

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE



FAKULTA HUMANITNÍCH STUDIÍ

Katedra sociální a kulturní ekologie

Bc. Jan Zlonický

**Domácí elektrárny – dostupnost a ekonomická
opodstatněnost technologií pro domácí výrobu
elektrické energie pro rodinné domy v ČR**

Diplomová práce

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jan Weinzettel, Ph.D.**

Praha 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci vypracoval samostatně. Všechny použité prameny a literatura byly řádně citovány. Práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 29. června 2017

Jan Zlonický

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Doc. Ing. Janu Weinzettelovi, Ph.D. za nekonečnou trpělivost a čas, který konzultacím a připomínkování této práce věnoval. Děkuji také vedoucímu Katedry sociální a kulturní ekologie PhDr. Ivanu Ryndovi za to, že mne svým řečnickým uměním a pedagogickým nadšením ke studiu tohoto oboru přivedl.

Samozřejmě také děkuji za podporu své rodině a blízkým, bez kterých bych se neobešel.

Abstrakt

Tato práce se zaměřuje na otázku, zda je v ČR možné provozovat systém pro domácí výrobu elektřiny za ekonomicky přijatelných podmínek, případně s jakými předpoklady. V práci jsou stručně shrnuty kontexty ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje, vlastnosti aktuálních technologií potřebných k vybudování systému k výrobě elektřiny v rámci rodinného domu se zaměřením na fotovoltaické systémy a popis aktuálních legislativních a administrativních bariér týkajících se problematiky. Ekonomické hledisko (náklady a návratnost investice) je pak zkoumáno v závislosti na různých podmínkách, přičemž tato práce se soustředí zejména na geografické podmínky, legislativní a administrativní podmínky, státní podporu, průběh výroby a spotřeby elektřiny v domácnosti a scénáře vývoje ceny elektřiny. Technologie pro domácí výrobu elektřiny tím dává do kontextů, které se týkají obyvatel České republiky. Výsledky tohoto zkoumání ukazují, že systémy pro fotovoltaickou výrobu elektřiny v rodinných domech v podmínkách České republiky se vyplatí za předpokladu, že jsou přebytky vyrobené elektřiny efektivně využity například k ohřevu teplé užitkové vody; jejich prodej do distribuční sítě se nevyplatí. Baterie pro akumulaci elektřiny jsou stále ještě poměrně drahé a doba návratnosti investice u fotovoltaických systémů, kde jsou využívány, je výrazně delší, než u těch, kde instalována není.

Klíčová slova

udržitelný rozvoj, obnovitelné zdroje energie, fotovoltaika, akumulace energie, management na straně spotřeby, návratnost investice

Abstract

This thesis focuses on the question whether it is economically viable to operate a system for household electricity production and if so, what are the necessary conditions to do so. In the text of this thesis a brief summary of environmental protection and sustainable development is presented, followed by the description and current state of technologies needed to construct systems for electricity production in the scale of family houses with focus on photovoltaic systems, and a description of the current legislation and administrative barriers related to this subject. Economic view (costs and return of investment) is examined in relation to multiple conditions, focus of this examination being on the geographical conditions, legislation and administrative conditions, state subsidies, electricity production and consumption profiles in the household and electricity price development scenarios. Technologies for household electricity production are therefore put into the context relevant to the citizens of the Czech Republic. The results of this work show, that the systems for photovoltaic electricity production in family houses in the conditions of the Czech Republic are economically viable with the premise that the surpluses of electricity produced are effectively consumed, for example for water heating; selling them to the power grid is not profitable. Batteries for electricity accumulation are still relatively expensive and the payback period of the photovoltaic systems where the batteries are used is much longer than in those without them.

Key words

sustainable development, renewable energy sources, photovoltaic, energy accumulation, demand side management, payback period

Obsah:

1.	Úvod.....	11
2.	Teoretické zakotvení	15
2.1	Vývoj společnosti a spotřeby energie	15
2.2	Dopady na životní prostředí.....	16
2.3	Energetika	19
2.3.1	Energetika z obecného pohledu	19
2.3.2	Energetika v České republice.....	23
2.3.3	Role malých systémů výroby energie, chytré sítě.....	28
3.	Technologie systémů domácí výroby elektřiny a jejich kontext.....	33
3.1	Zdroje energie	34
3.1.1	Solární	34
3.1.2	Větrné.....	36
3.1.3	Ostatní zdroje	37
3.2	Měnič a řídicí jednotka	37
3.3	Akumulace elektrické energie	39
3.3.1	Baterie	40
3.3.2	Výroba vodíku (a jiných látek)	42
3.3.3	Záložní zdroje energie.....	43
4.	Podmínky ovlivňující provoz systémů k domácí výrobě elektřiny.....	45
4.1	Klimatické podmínky	45
4.1.1	Sluneční záření	45
4.1.2	Povětrnostní podmínky	50
4.2	Spotřeba v domácnosti.....	52
4.2.1	Domácnost.....	53
4.2.2	Modelová domácnost a její spotřeba energie	55

4.3	Legislativní a administrativní podmínky.....	58
4.3.1	Stavební řízení	58
4.3.2	Licence k výrobě elektřiny a jejímu prodeji, připojení k distribuční soustavě	61
4.3.3	Podpora a dotace.....	63
5.	Výstavba a provoz systémů k domácí výrobě elektřiny z ekonomického hlediska ..	69
5.1	Faktory ovlivňující výrobu a spotřebu elektřiny	69
5.1.1	Volba nastavení a zdroje výroby elektřiny	69
5.1.2	Nastavení velikosti systému a využití elektřiny	70
5.2	Ekonomické faktory – návratnost investice	79
5.2.1	Cena elektřiny.....	79
5.2.2	Dotace na pořízení	91
5.2.3	Zavedení systému s vyrovnávacím obdobím výroby/spotřeby (net-meteringu)	93
5.2.4	Náklady na pořízení v poměru k finančním přínosům	95
6.	Závěr	109
	Seznam použitých zkratk	113
	Seznam tabulek a grafů.....	114
	Literatura	116
	Přílohy	131

1. Úvod

Moderní lidská společnost se pyšní nepřeborným množstvím technických vynálezů. Každý den se můžeme dočíst o dalších pokrocích na poli vědy a mnohé z nich jsou během několika let uvedeny do stavu, kdy jsou využívány v každodenním životě. Počítače, jedna z nejprominentnějších oblastí současného technologického vývoje, zdvojnásobí své možnosti zhruba každý rok až dva (Moorův zákon) [Moore, 1965]. Tyto technologie jsou ale téměř vždy nějakým způsobem spojeny se spotřebou energie. Občas inovace přinese snížení spotřeby, často však naopak vede k nahrazení lidské práce stroji, což vede ke zvýšení nároků na energii – zejména energii elektrickou.

Lidská společnost se stala velmi závislou na energii ze zdrojů mimo lidskou či zvířecí práci a obrátila se k využívání neobnovitelných zdrojů energie, tedy energie získávané ze spalování uhlí, ropy a plynu nebo z jaderného štěpení. Již od vynálezu parního stroje se tato závislost neustále prohlubuje. Zajištění energetické bezpečnosti tak dnes patří k nejdůležitějším oblastem politiky. Všechny dostupné analýzy se shodují, že v následujících třiceti letech dojde k výraznému globálnímu růstu spotřeby energie a dá se očekávat její horší dostupnost a vyšší cena [Hrubý; Lukášek, 2015].

V souvislosti s hrozbou přerušení dodávek strategických surovin nebo energie je tato problematika reflektována také v Bezpečnostní strategii ČR, přičemž v tomto dokumentu je definovaná prioritou vlády „*vytvářet předpoklady pro diverzifikované dodávky strategických surovin a v domácím prostředí pak předpoklady pro stabilní dodávky elektřiny a pro tvorbu strategických rezerv státu.*“ [MZV ČR, 2015: 12]. Pro zajištění tohoto úkolu je kromě větší diverzifikace zdrojů v této strategii vytyčeno využívání domácích energetických zdrojů a zamezení nepříznivému vychýlení energetického mixu ve prospěch surovin, na kterých je Česká republika závislá, podpora stávající infrastruktury včetně budování ostrovních provozů (tedy provozů nezávislých na distribuční síti energie), udržení dostatečných regulačních kapacit, udržení vlivu státu v klíčových energetických společnostech a omezení vlivu společností hájících zájmy jiných států. Posledním z uvedených opatření v této strategii je podpora vědy, výzkumu a rozvoje lidských zdrojů v oblasti energetiky [MZV ČR, 2015]. Takzvaný „blackout“ (rozsáhlý výpadek dodávek elektřiny) je noční můrou mnoha techniků, ale v podstatě i běžných lidí (po blackoutu v Austrálii se zájem o technologie firmy Tesla pro využívání obnovitelných zdrojů energie a jejich akumulaci údajně zvýšil až 30x) [Web1].

Alternativní zdroje energie k fosilním palivům se tak staly velmi zajímavou oblastí zkoumání. A nejrozšířenější z nich – technologie přetvářející energii slunce, větru a tekoucí vody – se dostávají na úroveň technologické dostupnosti, kdy má smysl o jejich využívání ve větším měřítku uvažovat i na úrovni jednotlivce a domácnosti. Takové využití obnovitelných zdrojů energie může být dobré jak pro přírodu a společnost, tak pro člověka jako jednotlivce – tyto technologie jsou zpravidla šetrnější k životnímu prostředí, poskytují jedinci více nezávislosti a v neposlední řadě se mohou vyplatit i z ekonomického hlediska.

V současnosti je tedy možno uvažovat o využití obnovitelných zdrojů energie nejen v kontextu národních sítí, ale i jako o možnosti omezení závislosti na centrálních rozvodech energií pro jednotlivé domácnosti a dosažení částečné až plné soběstačnosti a potenciálních finančních úspor. Tyto systémy měly dříve pro svou nákladnost využití spíše v oblastech, kde nebylo možno realizovat klasické připojení, ale v současnosti již lze za vhodných podmínek uvažovat o jejich výhodnosti i v oblastech, kde by takové připojení nebylo problematické ani zvláště nákladné.

Rozšíření těchto technologií by mohlo mít za důsledek nejen celkové snížení nákladů na energie pro domácnost v dlouhodobějším horizontu, ale také by se mohlo potenciálně promítnout do celkově vyššího využívání obnovitelných zdrojů energie až k decentralizaci výroby energií oproti schématu výroby, jak je známe dnes. Tím by byla snížena závislost na fosilních palivech, jejichž zásoby jsou omezené a jejichž využívání v současné míře značně poškozují životní prostředí. Pro některé osoby může být energetická nezávislost také krokem k větší osobní svobodě nebo k zabezpečení v případě obav z globálního blackoutu.

Náklady na elektřinu obvykle dosahují tisíců korun měsíčně, když se však běžný člověk začne zajímat o to, zda by si nemohl zřídit systém na domácí výrobu elektřiny, čeká ho probírání vcelku nepřehlednou změti informací – o rychle vyvíjejících se technologiích, o různých možnostech i nabídkách firem, které poskytují tyto možnosti takzvaně „na klíč“ i rozporuplných tvrzení o výhodnosti či nevýhodnosti těchto řešení.

Pokud si však takový člověk chce udělat přesnější obrázek o tom, co všechno dnes je a není možné a zda se mu to vyplatí, a nechce se vydávat zcela na milost a nemilost dodavateli, který mu nabízí zpravidla jen své preferované řešení, čeká ho tak spousta vyhledávání a zkoumání informací. Tato práce by měla tuto základní orientaci usnadnit. Hlavní výzkumnou otázkou tedy je:

- 1) Je v ČR možné provozovat systém pro domácí výrobu energií za ekonomicky přijatelných podmínek, případně s jakými předpoklady?

Dílčím cílem této práce je zpracovat přehled:

- 1) aktuálního stavu a dostupnosti technologií pro domácí výrobu elektřiny v ČR
- 2) administrativních a legislativních bariér pro zřízení a provoz těchto technologií

Práce má za cíl shrnout prostřednictvím rešerše stávajících českých i zahraničních textů vlastnosti aktuálních technologií potřebných k vybudování systému k výrobě elektřiny v rámci rodinného domu. Dále pak popis aktuálních legislativních a administrativních bariér týkajících se problematiky – stavebního řízení, ochranného pásma a licence k výrobě a prodeji elektřiny. Ekonomické hledisko (náklady a návratnost investice) je pak zkoumáno v závislosti na různých podmínkách, přičemž tato práce se soustředí zejména na geografické podmínky, legislativní a administrativní podmínky, státní podporu, průběh spotřeby energie v domácnosti a scénáře vývoje ceny elektřiny. Výpočty pro zhodnocení ekonomického hlediska jsou kromě výše uvedených podmínek založeny na modelovém příkladu domácnosti v rodinném domě a nabídkách oslovených dodavatelských firem, které se instalací fotovoltaických systémů zabývají.

Technologie pro domácí výrobu elektřiny tím dává do kontextů, které se týkají obyvatel České republiky – ať už dostupnost a fungování technologií či administrativní a legislativní podmínky pro jejich provoz.

2. Teoretické zakotvení

Následující podkapitoly lehce nastiňují problematiku energetiky z hlediska ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje, po kterých následují podkapitoly věnované obdobnému nastínění energetiky ve světě a u nás se zaměřením na výrobu elektřiny.

2.1 Vývoj společnosti a spotřeby energie

V podstatě veškerý život na zemi je závislý na energii ze slunce. Paprsky slunečního záření dopadající na zemi způsobují mnoho jevů, které formují podobu světa i našeho života v něm – proudění větru, déšť i mořské proudy.

Lidská společnost je již od pradávna závislá na různých formách této energie. Vše, co jíme, má v této energii původ – rostliny i zvířata. Na rozdíl od většiny jiných druhů se však člověk naučil využívat tuto energii v mnoha různých formách a závislost lidí na vnějších zdrojích energie je čím dál tím vyšší [Smil, 2007].

Za jeden z prvních zlomových kroků vedoucí k dnešnímu stavu by se dal považovat začátek využívání ohně, následovaný ochočováním zvířat a využívání jejich práce. Tyto kroky společně s přechodem od lovecko-sběračských společenství ke společenstvím zemědělským (neolitická revoluce zhruba mezi 10. a 8. tisíciletím před naším letopočtem) vedly k nárůstu počtu lidí a k částečnému uvolnění pracovních sil – již nebylo třeba, aby se všichni věnovali výhradně shánění potravy, a dochází k rozvoji řemesel. S rozvojem vědy, poznání a technologií se člověk naučil využívat i další zdroje. Objevují se tak technologie sloužící k přeměně energie přírodních jevů na práci užitečnou lidem, například větrné a vodní mlýny či plachetnice.

Obrovský zlom však nastává v období průmyslové revoluce v 18. a 19. století našeho letopočtu – přichází objev parního stroje, který umožňuje biomasu, ale především ropu a uhlí, přeměnit na práci. Parní stroj přináší obrovský rozmach industrializace, který je provázen mnoha změnami ve společnosti i v přírodě. Do té doby fungovaly vcelku uzavřené stabilní toky energie v lidských hospodářstvích, kde se vše, co se vyprodukovalo, vcelku rychle vrátilo do přírody. Veškerá využívaná energie pocházela přímo či nepřímo z biomasy, ať už šlo například o vypěstované obilniny a zeleninu nebo o dřevo získané z okolních lesů. Právě masivní využívání „nových“ zdrojů snadno dostupné energie v podobě fosilních paliv

(a později využívání jaderné energie) však vede k velkým zásahům do přírody. V kombinaci s obrovským rozvojem dalších technologií a exponenciálním nárůstem lidské populace tak dochází k obrovskému tlaku na přírodu – jak v čerpání zdrojů, tak v jejím zahlcování odpady [Moldan, 2009].

2.2 Dopady na životní prostředí

Od začátku průmyslové revoluce do dnešního dne se situace změnila nesmírně rychlým tempem, které v historii nemá obdoby. Lidská činnost je již i z celoplanetárního hlediska natolik významná, že je mluví o nové geologické epoše – Antropocénu. V této době (jejíž začátek není přesně určen, ale bývá symbolicky slučován s vynálezem parního stroje roku 1784) dochází ke změnám v několika významných ohledech – především dochází k obrovskému úbytku biodiverzity, dochází ke změnám klimatu, ale také k velkým změnám v koloběhu vody, přemísťování velkého množství materiálů a změnám ve skladbě sedimentů [Crutzen; Stoermer, 2009].

Značná část těchto změn je způsobena zvyšováním spotřeby energie, ale také jím „umožněna“. Změny tohoto rozsahu nebyly v preindustriální době v lidských možnostech. Ve větším měřítku se o poškozování životního prostředí lidskou rukou začalo mluvit v sedmdesátých letech dvacátého století, kdy se tato problematika začínala dostávat do širšího povědomí.

Jedním z prvních významných milníků na cestě k dnešnímu chápání životního prostředí byla „Deklarace konference OSN o životním prostředí“, která vznikla roku 1972 ve Stockholmu. Tato konference byla první konferencí OSN zaměřující se na tato témata – jejím výsledkem bylo mimo jiné zřízení speciálního orgánu OSN pro životní prostředí (UNEP) a formulování několika dodnes platných základních myšlenek. Tou hlavní je uznání, že lidstvo je závislé na svém životním prostředí, je jím formováno a samo ho formuje, přičemž vliv člověka na přírodu exponenciálně narůstá a dosahuje míry, která nemá historické obdoby. Životní prostředí, jak přírodní tak lidmi vytvořené či upravené, je pro člověka a jeho blahobyt neodlučitelnou složkou, stejně jako je důležité pro ekonomický růst. Lidstvo by tedy mělo dbát na jeho ochranu, protože člověk mu může svým vlivem výrazně prospět, nebo ho také výrazně poškodit, či dokonce nevratně zničit. Deklarace dále mluví o potřebě globální spolupráce

na ochraně životního prostředí pro aktuální i budoucí generace, včetně odpovědnosti každého jedince a je tak hrubě formulován základ tzv. udržitelného rozvoje [UNEP, 1972].

Trvale udržitelný rozvoj byl podrobněji rozpracován v rámci publikace „Naše společná budoucnost“ (Our common future) vydané v roce 1987, kde je také formulována dodnes uznávaná definice trvale udržitelného rozvoje – trvale udržitelný rozvoj je takový druh růstu, který umožňuje naplnění potřeb generací současných, aniž by ohrožoval možnost budoucích generací naplnit potřeby jejich.

Problémem udržitelného rozvoje v oblasti energetiky je stále rostoucí spotřeba energií. Rozvinuté země mají obrovskou spotřebu energie na člověka i na jednotku hrubého národního produktu (HNP), což je značným problémem samo o sobě, nicméně vzhledem ke stoupající spotřebě v zemích rozvojových se dostává předpokládaná spotřeba energie do obrovských čísel. K udržitelnému rozvoji je tedy třeba nejen budovat další elektrárny, primárně využívající obnovitelné zdroje, ale také zvýšit snahu o užívání a rozšíření energeticky úsporných opatření a technologií, aby energetickou poptávku bylo do budoucna vůbec možno uspokojit.

Dalším tématem je problematika globálního oteplování (nebo přesněji globální změny klimatu) – vlivem především vysokého a stále rostoucího využívání fosilních paliv (ale i dalších činností) dochází k uvolňování CO₂ do ovzduší, což zvyšuje působení tzv. skleníkového efektu, přičemž dochází ke zvyšování teploty až o několik stupňů celsia, což s sebou nese mnoho problémů, od tání ledovců, přes větší extremity v počasí až po posun přirozených oblastí výskytu různých živočichů a rostlin. Tento problém je ještě posilován odlesňováním, čímž je snížena schopnost přírody se s CO₂ vypořádat. CO₂ není jediným plynem způsobujícím působícím na změny klimatu, nicméně je vypouštěn v největším množství. Největší množství CO₂ je z fosilních paliv uvolňováno při spalování uhlí, následuje ropa – zemní plyn je pak z tohoto úhlu pohledu zdrojem „nejčistším“. V boji se změnou klimatu je třeba snížit emise CO₂ i dalších skleníkových plynů, zlepšit monitorování vyvíjejících se jevů, výzkum problematiky, rozvoj mezinárodních programů na boj proti nim a v neposlední řadě také přijetí strategií, které umožní se se změnou vyrovnat.

S nadměrným užíváním fosilních paliv ale i spalováním dřeva souvisí také další problém – kromě CO₂ se do vzduchu uvolňují další nečistoty – zejména oxidy síry a dusíku, ale i další těkavé organické látky. Tyto látky kazí ovzduší a způsobují rozsáhlé poškozování přírody stovky i tisíce kilometrů daleko od zdroje. Oxidy síry a dusíku se totiž během přenosu mění na kyselinu, která pak padá zpět na zem spolu s deštěm a způsobuje velké škody na lesních porostech, zakyseluje půdu i vodu, což snižuje populace ryb a dalších vodních živočichů, ale ničí také budovy a další lidská díla. Pro boj s tímto problémem je tedy třeba při spalování

tyto látky z kouře odstraňovat a šířit technologie, které tyto emise omezí nebo odstraní, a to nejen v zemích rozvinutých, ale i rozvojových, jejichž vliv bude čím dál významnější.

Velkým problémem je pak také problematika jaderné energie. V době vydání byly aktuálními událostmi například havárie atomové elektrárny v Černobylu, ale i problémy s ozbrojováním a odzbrojováním nukleárních arsenálů. Důraz je kladen na zvážení výnosnosti výstavby atomových elektráren (je třeba započítat rizika i náklady na údržbu a uskladnění odpadu apod.), dostatečné monitorování, rozvoj technologie a maximální snahy o předcházení haváriím a jejich případné odstraňování a kompenzace poškozených. Jaderná energetika by však měla být jen pomůckou k překlenutí k období dosažení dostatečného zásobování potřeb lidstva energiemi z obnovitelných zdrojů. [WCED, 1991]. Odklon od atomových elektráren byl znovu posílen po havárii ve Fukušimě v roce 2011 [Kiyar; Wittneben, 2012].

Obecně je tedy třeba do budoucna rozvíjet zejména energeticky úsporné technologie, omezit využívání fosilních paliv a dalších neobnovitelných zdrojů, zabránit poškozování přírody i životního prostředí a přecházet co nejrychleji na energii z obnovitelných zdrojů. Při tom všem je třeba nejen nezanedbávat a nezneužívat rozvojové země, ale přímo je aktivně podporovat a pomáhat jim dosáhnout těchto cílů [WCED, 1991].

„Naše společná budoucnost“ se spolu s dalšími dokumenty (například Agenda 21) zabývá plány na zajištění udržitelného rozvoje, tedy jak se má společnost rozvíjet, aby byla planeta zachována v takovém stavu, aby se nám na ní dobře žilo. V opačném směru pak byly definovány takzvané „Planetární meze“.

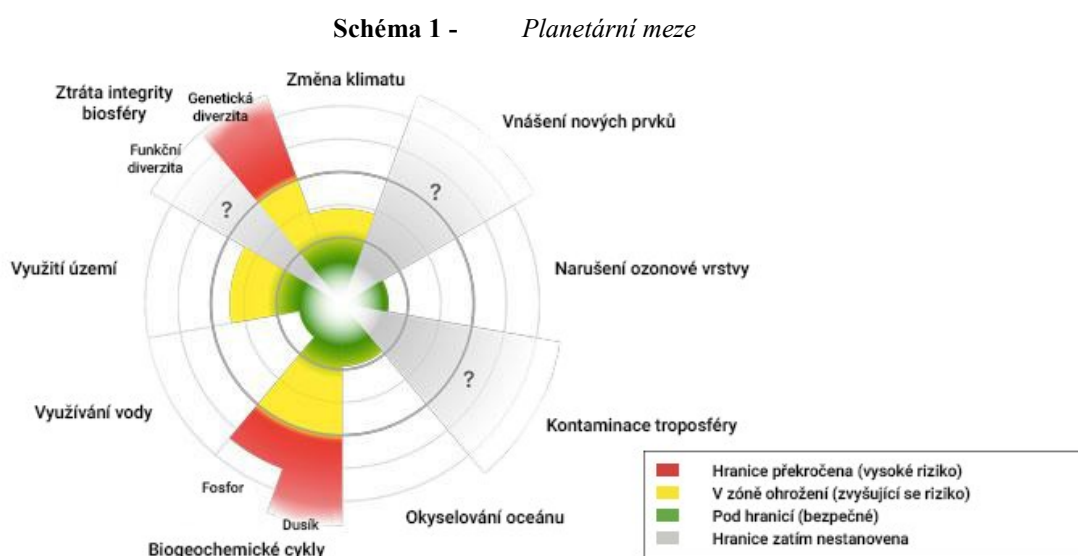
Planetární meze, které byly poprvé prezentovány v roce 2009 Johanem Rockströmem, si nekladou za cíl určit, jakým způsobem by měly být problémy trvale udržitelného rozvoje řešeny, ale snaží se definovat hranice (nikoli překážky), které by neměly být překročeny, pokud chceme zabránit náhlým nebo neodvratným změnám v podmínkách života na zemi. Zde je důležité si uvědomit, že se nejedná o zachování života, ale o zachování podmínek pro fungování lidské společnosti, jak ji známe teď.

Oblasti jednotlivých hranic (po aktualizaci v roce 2015) jsou: změna klimatu, narušení ozonové vrstvy, okyselování oceánu, ztráta integrity biosféry (původně redukce biodiverzity), kontaminace troposféry, využívání vody, biogeochemické cykly dusíku a fosforu, využití území a vnášení nových prvků (původně chemická kontaminace). Nejzávažnější je podle autorů globální klimatická změna, dále pak okyselování oceánů a ničení ozónu. Planetární meze se snaží definovat takzvané zlomové body (tipping points), kdy se změny začnou zrychlovat, popř. začne narůstat počet environmentálních rizik a katastrof (ničivé povodně, tornáda, atd.).

Tyto body by měly být objektivně měřitelné a kvantifikovatelné a v současnosti jsou indikátory určeny již pro všechny oblasti kromě kontaminace troposféry, vnášení nových prvků a funkční diverzity (podskupina ve změnách integrity biosféry). Podle aktualizovaného a zpřesněného výzkumu jsme meze již přesáhli ve 4 z těchto oblastí: změna klimatu, biogeochemický cyklus dusíku a fosforu, ztráta integrity biosféry a využití území [Steffen; Richardson; et al., 2015].

Na překročení těchto mezí má mimo jiné významný dopad také současné nastavení systémů výroby a spotřeby elektřiny.

Následující schéma znázorňuje jednotlivé planetární meze a jejich stav.



2.3 Energetika

2.3.1 Energetika z obecného pohledu

Současný vývoj v produkci a spotřebě energie není dlouhodobě udržitelný [Hirschnitz-Gabers; et al., 2016]. Fosilní paliva, která byla dosud naším hlavním zdrojem energie, ubývají a jejich užívání způsobuje poškozování životního prostředí i našeho zdraví. Jak již ale bylo řečeno, je třeba počítat s tím, že spotřeba energie nadále poroste – především vlivem růstu světové populace a industrializací dosud málo rozvinutých, ale lidnatých regionů. Analýzy

ukazují, že nejpозději do konce 21. století musí být implementovány rozsáhlé změny systému energetiky v globálním měřítku s největším důrazem na odklon od fosilních paliv jako primárních zdrojů energie [Sawin, 2004].

Dle publikace „Perspektivy české energetiky: Současnost a budoucnost,“ která vznikla v souvislosti s českou národní energetickou koncepcí, bude úbytek energie z fosilních paliv možné z velké části nahradit z již existujících zdrojů, jako jsou například jaderná energie a obnovitelné zdroje – vodní energie, větrná energie, bioenergie, geotermální energie, ale také velmi slibná solární energie. U všech těchto zdrojů je však třeba ještě dosáhnout pokroku v oblasti výzkumu a vývoje, který umožní jejich dostatečně efektivní využití. Mezi slibné směry vývoje patří například umělá fotosyntéza, jaderné reaktory 4. generace a jaderná fúze. Klíčem však není pouze hledání způsobů, jak vyrobit více energie, ale také jak energii ušetřit a efektivně ji skladovat. V následujících odstavcích jsou shrnuty současné možnosti funkčních technologií transformace energie pro využití člověkem a její distribuce.

Fosilní paliva

Odhaduje se, že světové zásoby snadno dobytelného uhlí vydrží i při zvýšené spotřebě ještě 200 let, problémem však budou dostupné zásoby ropy. Současné navrhované alternativní postupy těžby jsou nákladné a způsobují environmentální problémy. Zásoby zemního plynu nejsou příliš dobře zmapovány, některé odhady tvrdí, že plynu bude málo již koncem tohoto století, jiné predikují dalších 150 až 200 let. Naděje jsou kladeny do těžby břidlicového plynu, nicméně ani ta není bezproblémová.

Využívání fosilních paliv, které bylo v posledních desetiletích jedním z dominantních zdrojů energie, je však velmi problematické i pokud odhlédneme od dopadů jejich těžby. Využívání (spalování) fosilních paliv pro energetické účely totiž vede k uvolňování nežádoucích látek, které mají nepříznivé dopady na zdraví i životní prostředí. Jedná se například o oxidy síry a dusíku, které způsobují okyselení prostředí, škodlivých pevných prachových částic, ale především velkého množství oxidu uhličitého (CO₂), který prostřednictvím takzvaného skleníkového efektu přispívá ke globální změně klimatu [Braniš; Hůnová, 2011]. Globální změna klimatu je spojena s růstem průměrné teploty, přičemž panuje shoda (zakotvená deklarací OSN), že tento nárůst by se měl omezit na maximálně 2° C oproti teplotě v předindustriální době [UNFCCC, 2009]. Pokud se však má tento cíl dodržet, je třeba přechod na jiné zdroje energie, přičemž studie odhadují, že nejméně třetina v současnosti známých zásob ropy, polovina zásob zemního plynu a 80 % zásob uhlí by měla zůstat nevyužita. [McGlade; Etkins, 2015].

Energie z biomasy

Význam bioenergie pravděpodobně poroste, ale je třeba postupovat uvážlivě, zejména s ohledem na využívání zemědělské půdy pro produkci potravy a průmysl dřeva a papíru pro zajištění potřeb rostoucí populace. Zvýšená produkce biopaliv také ohrožuje biodiverzitu. Využití biomasy by se tedy mělo soustředit na lokální úroveň s důrazem na zbytky po dřevařském průmyslu a zemědělské produkci.

Vodní energie

Z globální hlediska je v současné době vodní síla nejdůležitějším obnovitelným zdrojem energie. V rozvinutých částech světa jsou však možnosti zvyšování využití vodní energie pro produkci elektřiny omezené, protože jejich potenciál je již téměř vyčerpán.

Solární energie

Přímé sluneční záření je nejúčinnějším obnovitelným zdrojem energie. Současný technologický pokrok dává naději, že solární energie v budoucnu nahradí velkou část úbytku energie z fosilních paliv, zatím je však solární energetika pro tuto úlohu nedostatečně účinná, drahá a nespolehlivá. Je třeba dořešit technologie a soustředit produkci do vhodných lokalit, například pouštních oblastí severní Afriky. Daleko nejdůležitější je však vyřešení problému se skladováním energie. Plány na masové nahrazování fosilních zdrojů solárními, pokud by byly technologicky reálné, je nutno řešit i z hlediska bezpečnosti a spolehlivosti dodávek a v rámci mezinárodní kooperace celé Evropské unie.

Větrná energie

Potenciál větrné energie je oproti solární energii podstatně omezenější a silně závislý na povětrnostních podmínkách v daném regionu a dostupnost se tak v různých lokalitách velmi liší. Problémem jsou kromě environmentálních vlivů také nespolehlivost dodávek a jejich závislost na aktuálním počasí a její masovější využití je velmi závislé na možnostech skladování energie. Výhodné však může být vzájemné doplňování solárních a větrných zdrojů energie a využívaná kapacita těchto dvou zdrojů v posledních letech významně roste.

Jaderná energie

V roce 2014 fungovalo ve 30 státech světa zhruba 440 jaderných reaktorů, které produkovaly okolo 14 % elektřiny a v Evropě dokonce 30 %. Podíl jaderné energie, stejně jako

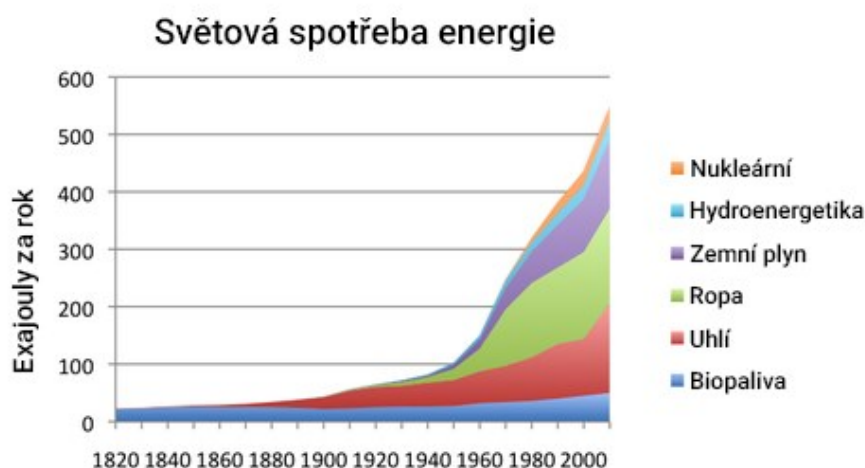
plány na výstavbu dalších jaderných elektráren, se výrazně omezil po havárii ve Fukušimě. Ve výstavbě je okolo 60 reaktorů a plánuje se výstavba dalších 150. V polovině 21. století by pak mělo být v provozu nebo ve výstavbě dalších zhruba 320 reaktorů ve 46 státech, z nichž část však pouze nahradí odstavované starší bloky. Kromě rizika selhání reaktoru je také problém se skladováním jaderného odpadu a tyto problémy jsou předmětem odborných i veřejných diskusí. V dohledné budoucnosti se počítá s dokončením vývoje reaktorů 4. generace, které by měly být levnější, menší, spalovaly by současný jaderný odpad a generovaly méně odpadu dalšího, který by měl navíc kratší dobu poločasu rozpadu.

Akumulace energie a přenos energie

Nedostatečná možnost akumulace energie je jedním z hlavních problémů ve využití stávajících systémů využití energie, které omezují masovější rozšíření zejména solárních a větrných zdrojů. Evropský systém není připraven na to, aby transportoval energii z míst, kde je možno obnovitelné zdroje efektivně využívat, do míst, kde je energie spotřebována. Příkladem jsou neplánované toky elektřiny ze severního do jižního Německa přes Českou republiku, které přetěžují a poškozují naši přenosovou soustavu. Pokud by se podařilo vyřešit problém s transportem a skladováním energie, bylo možné implementovat obnovitelné zdroje energie v kooperaci mezi několika státy. Obnovitelné zdroje v různých oblastech by se tak mohly vzájemně doplňovat a energii produkovat i v době, kdy lokální zdroje nejsou k dispozici. K tomu je však třeba ještě rozsáhlý výzkum s financováním odpovídajícím jeho významnosti [Drábová; Pačes; et al., 2014].

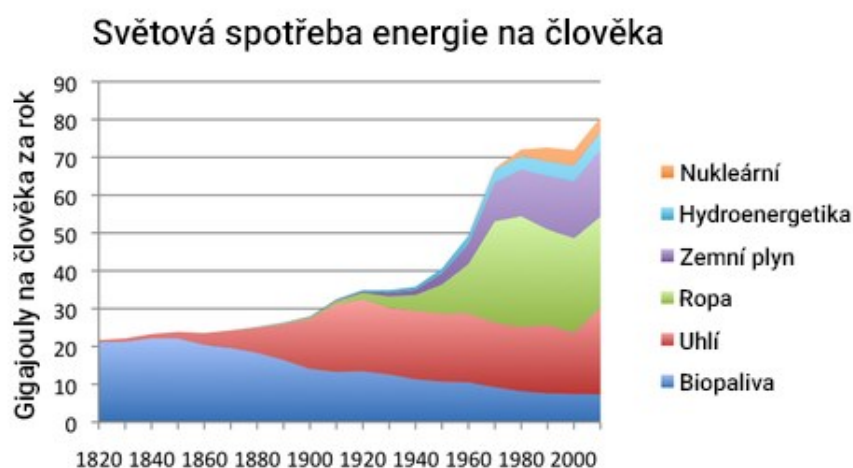
Následující grafy znázorňují vývoj spotřeby energie ve světě a zastoupení jednotlivých zdrojů. První graf ukazuje celkovou spotřebu, druhý pak spotřebu přepočtenou na jednoho člověka.

Graf 1 - Vývoj světové spotřeby energie 1820–2000



Zdroj: [Odkaz2]

Graf 2 - Vývoj spotřeby energie na člověka 1820–2000



Zdroj: [Odkaz2]

2.3.2 Energetika v České republice

Možnosti využití různých zdrojů jsou silně závislé na podnebných, geografických a geologických podmínkách daného regionu. Proto nelze přebírat zkušenosti z různých oblastí bez analýzy a modifikace podle místních podmínek. Je tedy možné vytvořit jednotnou evropskou energetickou politiku, a mohlo by to přinést značné výhody, nicméně ideální energetický mix se může v různých oblastech i velmi významně lišit.

Projekty v oblasti energetiky jsou investičně náročné, většina energetických zdrojů a systémů má životnost několik desítek let a projekty i jejich ekonomická návratnost jsou dlouhodobého charakteru. Vzhledem k tomu, že na stabilitě dodávek energie je velmi silně závislá nejen bezpečnost společnosti, ale i její sociální klima, je třeba provádět změny v této oblasti spíše konzervativním než radikálním způsobem. V energetice se tak projevuje značná setrvačnost a potřeba stability nejen v oblasti nastavení technologických podmínek a ekonomického či právního prostředí. Na druhé straně je však třeba, aby energetika byla otevřená i poměrně rychlým reakcím na případné změny v podmínkách, které mohou být dány technologickým pokrokem, nálezem nových surovinných zdrojů nebo změnou mezinárodní situace.

Zdroje energie lze kombinovat mnoha způsoby a při hledání optimálního nastavení jsou tak uplatňovány základní čtyři pohledy:

- 1) Ekonomické optimum minimalizuje cenu dodávané energie a riziko její změny.
- 2) Energetické optimum zaručuje stálost a kvalitu dodávek energie při různých situacích a poptávce.
- 3) Bezpečnostní optimum diverzifikuje či minimalizuje závislost dodávek energie na vnějších dodavatelích a nečekaných změnách přírodních podmínek.
- 4) Politické optimum odráží názory voličů.

Tato čtyři hlediska mohou jít proti sobě a často se tak děje. Navíc se všechna uvedená optima mění v čase – mění se ceny, poptávka i politická situace domácí i zahraniční.

Technologické inovace v energetice se obtížně konkrétně předpovídají, ale je velmi vysoká pravděpodobnost, že v delším horizontu, například třiceti let, dojde k zásadnímu objevu nebo postupným technologickým změnám vedoucím k celkové změně hospodaření s energií. Sázet na konkrétní nevyzkoušenou technologii budoucnosti je tedy velmi riskantní, stejně jako spoléhat na současné energetické zdroje v horizontu přesahujícím 30 let [Drábová; Pačes; et al., 2014].

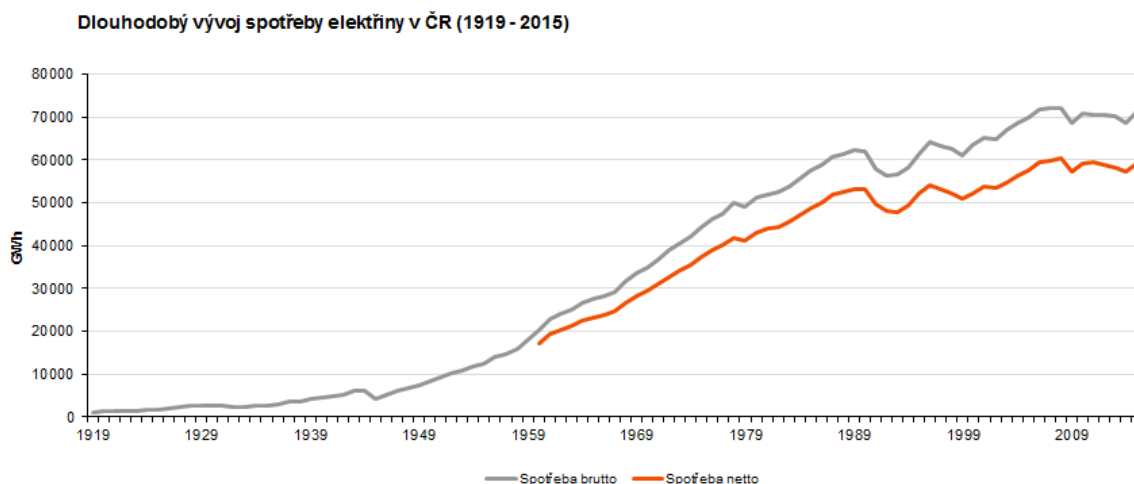
Z výše zmíněného plyne nutnost existence dlouhodobější státní energetické koncepce, která se nemění s každými volbami a zajišťuje pro energetiku stabilní prostředí. Tato koncepce byla v České republice vládou schválena naposledy v roce 2015 na období dalších 25 let [MPO ČR, 2014]. Detailnější formu a parametry energetického mixu má smysl definovat v horizontu maximálně dvaceti až třiceti let, protože v delším období je mimo jiné díky vědeckému vývoji a pokroku situace příliš nepředvídatelná. Pro toto delší období je tedy vhodné nastavovat spíše velmi rámcové trendy a nechávat cestou otevřenou více možnostem. V další části tohoto textu se zaměřím zejména oblast elektřiny, která je pro tuto práci nejvýznamnější.

Velmi významnou specifikou elektřiny je jen velmi omezená možnost jejího skladování. Je tak třeba mít neustále dostatečný výkon zdrojů, aby bylo možno uspokojit momentální poptávku, a nalezení všestranně vhodného řešení se v nejbližších letech nedá očekávat [Drábová; Pačes; et al., 2014].

Spotřeba elektřiny v České republice je dána strukturou a úrovní průmyslu, jeho zaměřením i životní úrovní, vybavením a spotřebou domácností. Vývoj je v tomto směru poměrně stabilní – střední hodnota v roce 2016 byla 72 418,4 TWh brutto [ERÚ, 2017]. Maximální spotřeba tepla i elektřiny je do značné míry dána našimi klimatickými podmínkami a nastává v zimním období, kdy může dosahovat zhruba 11,5 GW. V průběhu dne se poptávka samozřejmě mění také a minima dosahuje v ranních hodinách, kdy se může pohybovat okolo 5,5 GW. Z toho vyplývá, že naše energetická soustava musí počítat se značnými výkyvy [Drábová; Pačes; et al., 2014].

Následující graf znázorňuje vývoj spotřeby elektřiny v České republice od roku 1919 do roku 2015.

Graf 3 - Vývoj spotřeby elektřiny v ČR do roku 2015



Tuzemská netto spotřeba (TNS) = Spotřeba velkoobděratelů i maloobděratelů + spotřeba provozovatelů přenosové a distribuční soustavy+ technologická vlastní spotřeba elektřiny na výrobu tepla

Tuzemská brutto spotřeba (TBS) = Tuzemská netto spotřeba + spotřeba na přečerpávání přečerpávacích vodních elektráren + celkové ztráty + technologická vlastní spotřeba elektřiny na výrobu elektřiny

Zdroj: [Odkaz3]

Zdroje elektřiny v České republice musí tyto výkyvy pokrýt, či případné rozdíly importovat/exportovat. Z tohoto pohledu máme u nás čtyři typy zdrojů:

A) Akumulační zdroje, kam lze elektřinu ukládat a odebírat podle potřeby.

- B) Špičkové zdroje, odkud lze elektřinu odebírat podle přání odběratele a jejichž výkon lze velmi rychle měnit v čase.
- C) Zdroje základního zatížení, odkud lze elektřinu odebírat podle přání odběratele, ale jejichž výkon nelze rychle měnit v čase.
- D) Intermitentní zdroje, z nichž odebíraný výkon závisí na externích parametrech a nelze je efektivně řídit.

Z pohledu energetika je tedy nejvyšší preference zdrojů A a B. Zdroje C může kombinovat se zdroji A i B při rozdělení poptávky na stálou a proměnlivou část. Zdroje D musí ze své podstaty mít zálohu pro případ, že nebudou k dispozici.

V České republice je stále nejvýznamnější podíl uhelných zdrojů (typ C), které ještě v roce 2000 dodávaly více než 70 % elektřiny, v roce 2016 se však tento poměr díky zvýšení kapacit jaderných elektráren (typ C) a obnovitelných zdrojů (zpravidla typ D) snížil na hodnotu 50,88 % (43,91 % hnědé uhlí a 6,97 % černé uhlí) [Web2]. Uhlí je stále velmi významným zdrojem dodávek elektřiny, jeho zásoby se však postupně vyčerpávají a značná část jejich zásob leží na našem území pod existujícími sídelními celky nebo chráněnými, ekologicky cennými oblastmi. Dalšími problémy jsou značné ekologické dopady spojené jak s těžbou, tak se spalováním uhlí, které vytváří mnoho emisí. V některých oblastech České republiky, zejména během klimatické inverze, je situace s poléťavým prachem, aerosoly a dalšími škodlivinami velmi vážná, což je do značné míry způsobováno využíváním fosilních paliv, zejména právě uhlí. [Drábová; Pačes; et al., 2014].

Druhým nejvýznamnějším zdrojem jsou jaderné elektrárny (Temelín a Dukovany), které v roce 2016 vyrobily 30,36 % elektřiny v České republice [Web2]. V dlouhodobém výhledu se počítá s dalším rozšířením s možností, že tento zdroj přesáhne 50 % produkované elektřiny a nahradí tak značnou část energie dosud získávané z uhlí, přičemž v roce 2040 by podle stávající Energetické koncepce České republiky měl dosáhnout cca 48,8 % [MPO ČR, 2014].

Dalším významným zdrojem jsou zdroje plynové (typ B), jejichž podíl na výrobě elektřiny činil v roce 2016 8,40 % [Web2]. V dodávkách plynu jsme zcela závislí na dovozu z Ruska a Norska, přičemž právě závislost celé Evropské unie na vnějších dodávkách plynu je stále se zvětšující problém. Transportní cesty plynu se stále více mění, Česká republika přestává být tranzitní zemí a je zřejmé, že spotřeba plynu pro energetické potřeby se bude v Evropě zvyšovat, což může představovat značné ekonomické i bezpečnostní riziko. Situaci může značně změnit, pokud se potvrdí optimismus spojovaný s těžbou břidlicového plynu.

Vzhledem ke svým vlastnostem jsou plynové zdroje velmi vhodné k vykrývání špiček ve spotřebě a nestability v produkci zdrojů typu D. Mezi výhody plynu patří také to, že ho lze

v poměrně velkém množství skladovat přímo na našem území a v porovnání s uhelnými zdroji má jeho spalování zhruba poloviční až třetinové emise oxidu uhličitého, třetinové až čtvrtinové emise oxidů dusíku a téměř nevznikají prachové částice ani oxidy síry [Web3].

Vodní zdroje jsou u nás využívány již dlouhodobě, ale jejich možnosti (v roce 2015 2,67 %, v roce 2016 pouze 1,15 % [Web2]) jsou již do značné míry vyčerpány a další rozšíření bude spíše ve formě malých zdrojů a potenciálně několika větších přehrad. Důležitá je pružnost těchto zdrojů, které také mohou vykrývat výpadky zdrojů typu D. Přečerpávací elektrárny, které jsou v České republice tři (Dlouhé Stráně, Dalešice a Štěchovice II) [Web4], jsou totiž jedinými zdroji typu A, které máme, přičemž jejich sečtený výkon je 1175 MW a v roce 2015 vyrobily celkem 1276 GWh elektřiny [Web5]. Ostatní vodní zdroje, za předpokladu dostatečného stavu vody, jsou pak typu B.

Vzhledem ke geografickým podmínkám v České republice jsou zde možnosti využití solární a větrné energie (typ D) spíše omezené. Oblastí s pravidelným a dostatečně silným a stabilním větrem není mnoho a nacházejí se spíše v horských chráněných přírodních oblastech.

Sluneční svit při stávající technologii neumožňuje efektivně využívat solární energii k produkci elektřiny ve větším měřítku, ale je o něco příznivější jako zdroj tepla pro domácnosti. Negativa neuvážených dotací se v nedávné době projevila jak u nás, tak v dalších zemích Evropské unie a je zřejmé, že podpora by v budoucnu měla být zaměřena hlavně na decentralizované malé zdroje uspokojující místní spotřebu, pro které by také měl být vytvořen prostor v energetické koncepci České republiky [Drábová; Pačes; et al., 2014].

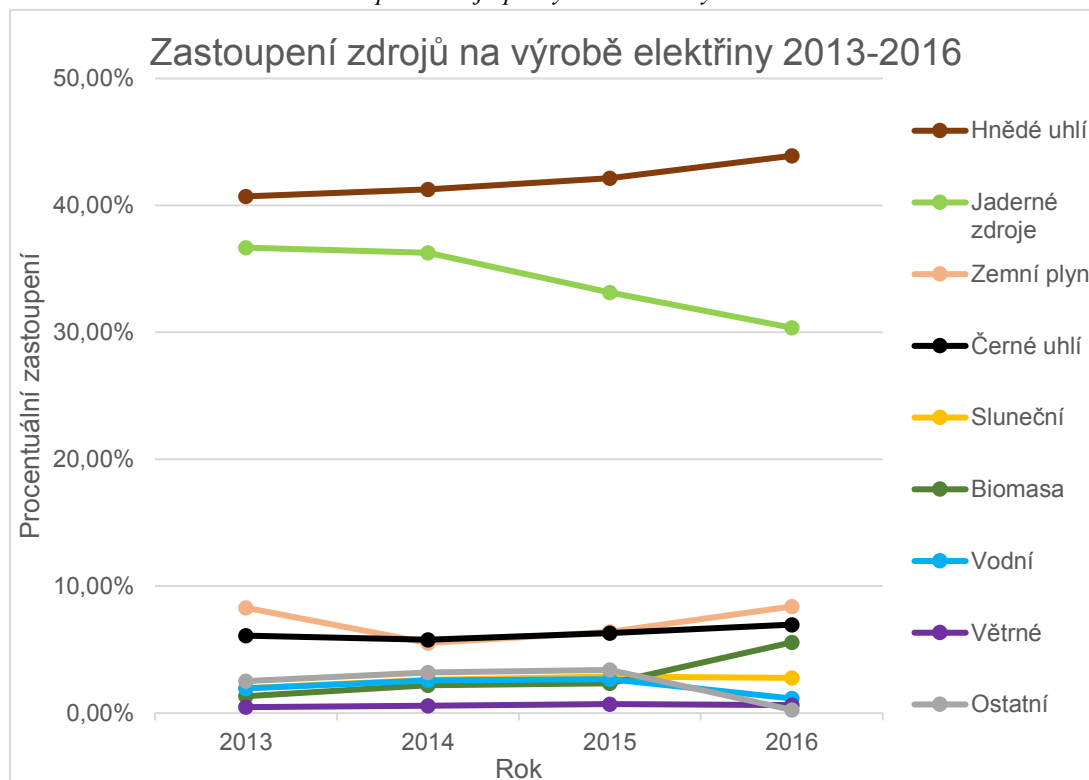
Využití biomasy, což jsou dnes zdroje typu C a potenciálně typu B, by mělo být dominantně zaměřeno na decentralizované zdroje hlavně tepla nebo na kogenerační využití. Je však třeba dbát na to, aby jejich využívání neohrožovalo výrobu potravin a nezhoršovalo ekologické podmínky. Jistý nevyužitý potenciál pro náhradu uhlí má i spalování odpadů, které by také mohlo odlehčit skládkám, přičemž je ale třeba zajistit, aby nekonkurovalo recyklaci [Drábová; Pačes; et al., 2014].

Geotermální energie má u nás velmi omezený potenciál, který spočívá hlavně v oblasti vytápění a klimatizace. Její ekonomicky opodstatněné využívání v širším měřítku je případně záležitostí vzdálenější budoucnosti. Geotermální elektrárny, které by u nás potřebovaly několik pětikilometrových vrtů, jsou i ve světě zatím spíše ve fázi vývoje a testů. Je zřejmé, že geotermální energie nemůže výrazně v dohledné budoucnosti ovlivnit energetickou bilanci ČR, ale mohla by být zajímavou alternativou pro vytápění rodinných domů a případně celých městských aglomerací [Škvařil, 2008].

Celková struktura zdrojů energie u nás se mění jen pozvolna, přičemž nejradikálnější změnou byla dostavba jaderné elektrárny Temelín. Obnovitelných zdrojů energie přibývá, ale ani při významných dotacích nedokázaly nahradit významnější část fosilních zdrojů [Drábová; Pačes; et al., 2014].

Následující graf pro představu shrnuje zastoupení zdrojů elektřiny v České republice v několika posledních letech.¹

Graf 4 - Zastoupení zdrojů při výrobě elektřiny v ČR 2013–2016



Zdroj: [Web2]

2.3.3 Role malých systémů výroby energie, chytré sítě

Elektrická přenosová soustava v ČR byla budována, aby odpovídala tehdejšímu schématu výroby energie, tedy rozvádění elektřiny od několika velkých zdrojů k periferiím. Soustava většiny západní Evropy je synchronizována, aby byl možný volný obchod s elektřinou, a vlivem toho dochází i k neplánovaným tokům energie mezi jednotlivými státy [Web6].

¹ Komplettní tabulku s hodnotami v procentech lze najít v příloze 1

S výrazným navýšením různých zdrojů elektřiny v síti (zejména s nástupem obnovitelných zdrojů energie – solárních a větrných elektráren) se však mohou v tomto uspořádání začít projevovat různé problémy. Může tak docházet například k situaci, kdy se přenosová soustava České republiky dostane pod enormní zátěž (až přetížení) vlivem přetoků z okolních zemí, na které nemá příliš vliv a není technicky připravena na to se s nimi vypořádat. Taková situace nastala ve velkém měřítku například na přelomu roku 2014 a 2015, kdy k přetokům došlo při vysokém výkonu velkých větrných elektráren na severu Německa – v tomto období produkovaly až 30 GW, což je zhruba 1,5 násobku celého instalovaného výkonu ze všech zdrojů v České republice. Druhým hlavním důvodem byla neadekvátní přenosová kapacita vedení vysokého napětí do těžiště spotřeby elektřiny – jižního Německa (a dále do Rakouska). To vedlo k nutnosti nákladných bezpečnostních opatření na straně distributorů v České republice, které tato opatření přišla jen za prosinec 2014 a leden 2015 zhruba na 60 milionů korun [ČEPS, 2015].

Tento problém a jemu podobné se ale objevují a nadále budou objevovat také kvůli šíření menších zdrojů u nás – jak již bylo uvedeno v kapitole týkající se energetiky, výkyvy v produkci nestabilních zdrojů energie (typu D) je nutné vyrovnávat flexibilnějšími zdroji (typu A a B). Kromě zdrojů energie se však také výrazně vyvíjejí možnosti řízení a koordinace distribuce energie i spotřeby a do určité míry i akumulace. Již delší dobu se tak mluví o přechodu na takzvané „Chytré sítě“.

Chytré sítě umožňují komunikaci (výměnu informací) mezi všemi částmi této sítě a to oběma směry. Jsou tak předávána data o výrobě elektřiny, o její spotřebě, ale také třeba o trhu s energií. Na základě těchto dat a predikcí (vytvořených například na dlouhodobé analýze dat a předpovědi počasí) může celá tato síť lépe reagovat na změny ve výrobě a spotřebě celku – pokud se tedy například blíží období zvýšené větrnosti, uhelné elektrárny se mohou připravit na snižování výkonu a akumulární jednotky mohou začít dodávat do sítě s tím, že brzy budou přebytky energie, které jim umožní „levnou“ energii opět naakumulovat a uložit ji na dobu, kdy jí bude nedostatek [Bayindir; Colak; Fulli, 2016].

K fungování této sítě tak patří i značná míra automatizace, založená jak na aktuálním stavu, tak na predikcích. Dálkově tak je možno vypínat a zapínat spotřebiče ve vhodnou dobu (to se částečně děje už delší dobu v podobě dálkového spínání bojlerů, přímotopů a podobných zařízení v době nízkého tarifu elektřiny), nebo regulovat výrobu a akumulaci energie.

Pokud má dojít k výraznému rozšíření využívání lokálních obnovitelných zdrojů energie, je takováto síť v podstatě nezbytná, protože současné schéma neumožňuje výkyvy ve spotřebě a tvorbě energie efektivně regulovat. Zároveň také taková síť otevře mnohé příležitosti k šetření

energií, jejímu efektivnímu využívání, ale také k rozšíření o další zařízení, vedoucí k jejímu zlepšení. Poměrně velká pozornost je věnována například možnosti elektromobilů, které mohou být výrazně šetrnější k životnímu prostředí, než automobily s klasickým spalovacím motorem, a které se technologicky i cenově stávají čím dál tím dostupnějšími. Akumulační baterie těchto automobilů by se pak mohly stát součástí této chytré sítě, a jejich akumulaci a vyrovnávací potenciál (pouštění energie zpět do sítě v době nedostatku a její odběr při přebytecích) by při jejich rozšíření do běžného užívání byl značný [Juul; Meibom, 2011].

Výhody takového propojení zdrojů energie a jednotlivých spotřebičů, včetně případného elektromobilu, by se samozřejmě projevily i v případě lokální malé chytré sítě [Kempton; Tomić, 2005]. Dostupnost takového řešení je prosazována například firmou Tesla, která se (ve spolupráci se svou dceřinou společností Solarcity) snaží k úspěchu s prodejem nových elektromobilů (Model 3) připojit i úspěch s prodejem dostupných akumulacičních baterií pro domácnost (Powerwall 2 – podrobněji v podkapitole věnující se akumulaci) a střešními taškami s funkcí solárních panelů (Solar roof tile), které by měly být dostupné při dobrém poměru cena/výkon.[Web7].

Následující schémata znázorňují rozdíly ve struktuře klasické a chytré energetické sítě.

Schéma 2 - Schéma klasické a chytré sítě



Zdroj: [Odkaz4]

Přechod na chytré sítě je poměrně významným tématem a ve spojení s ním někteří autoři (popularizací tohoto tématu se zabývá např. J. Rifkin) hovoří o takzvané třetí industriální revoluci, tedy o přelomu s obrovským významem pro lidskou společnost. Tato změna je charakterizovaná změnou využívání energie a přenosu informací, přičemž terminologicky

navazuje na první industriální revoluci (vynález parního stroje a železnice, telegraf) a druhou industriální revoluci (sériová výroba, automobilismus, rozhlas a televize). Pro úspěšnou realizaci této třetí průmyslové revoluce je identifikováno pět pilířů, které jsou základem nového schématu a u kterých je třeba, aby se rozvíjely současně, jinak nebude výsledná struktura fungovat. Těmito pilíři jsou přechod na obnovitelné zdroje energie, přeměna všech budov na mikroelektrárny, využití vodíku a dalších metod ukládání energie ve všech částech budov i infrastruktury, přechod na chytré sítě a nahrazení spalovacích motorů v dopravě za elektromotory s možností připojení do chytré sítě pro nákup a prodej energie dle potřeby. Sdílení informací v masivním měřítku, ke kterému dochází díky internetu již dnes, může vést k transformaci centrálně řízených ekonomik k ekonomikám spolupracujícím (Jeremy Rifkin mluví až o přechodu k „věku empatie“). To může zásadně změnit i to, jak lidé pracují – omezení velkovýroby a velkých továren a více lidí pracujících ve službách, IT, stavebnictví a logistice. Budování nové infrastruktury může vytvořit tisíce nových podnikatelských příležitostí a miliony pracovních míst. Vizí je, že statisíce firem v distribuovaných a kolaborativních vztazích bude fungovat více jako ekosystém, než jako trh [Rifkin, 2011].

To je však spíše jedna z představ budoucnosti a mnohé technologie bude ještě třeba značně rozvinout, než bude vůbec možné takovou transformaci plně realizovat, i když už samozřejmě některé prvky této proměny můžeme sledovat již dnes. Významným ukazatelem použitelnosti technologií pro výrobu energie je tzv. EROEI – energy return on energy investment (poměr množství vyrobené energie ku energii vložené, občas uváděno také pouze pod zkratkou EROI). EROEI technologií pro získávání energie z obnovitelných zdrojů by pak měla dosahovat alespoň hodnoty 5 (poskytne 5x více energie, než kolik bylo spotřebováno na její výrobu), pokud má být považována za dlouhodobě udržitelnou [Hall; Murphy, 2011].

Výpočet EROEI může být poměrně složitý a je mnoho postupů. U technologií solárních panelů, které jsou nejvýznamnější složkou výroby energie ve většině malých systémů, se vývoj výrazně posunul – od roku 1975 do roku 2006 se poměr EROEI desetkrát zvýšil (za stejné období také klesla cena cca na jednu dvacetinu ceny z roku 1975) [Alsema; de Wild-Scholten, 2007]. To bylo dáno počáteční obtížností výroby a nízkou účinností těchto panelů, které tak byly využívány primárně pro napájení technologií ve vesmíru. Technologie však výrazně pokročila a solární panely tak vynášejí výrazně více – podle použité technologie se jejich EROEI udává v rozsahu 8,4 až 34,2 [Bhandari; et al., 2015].

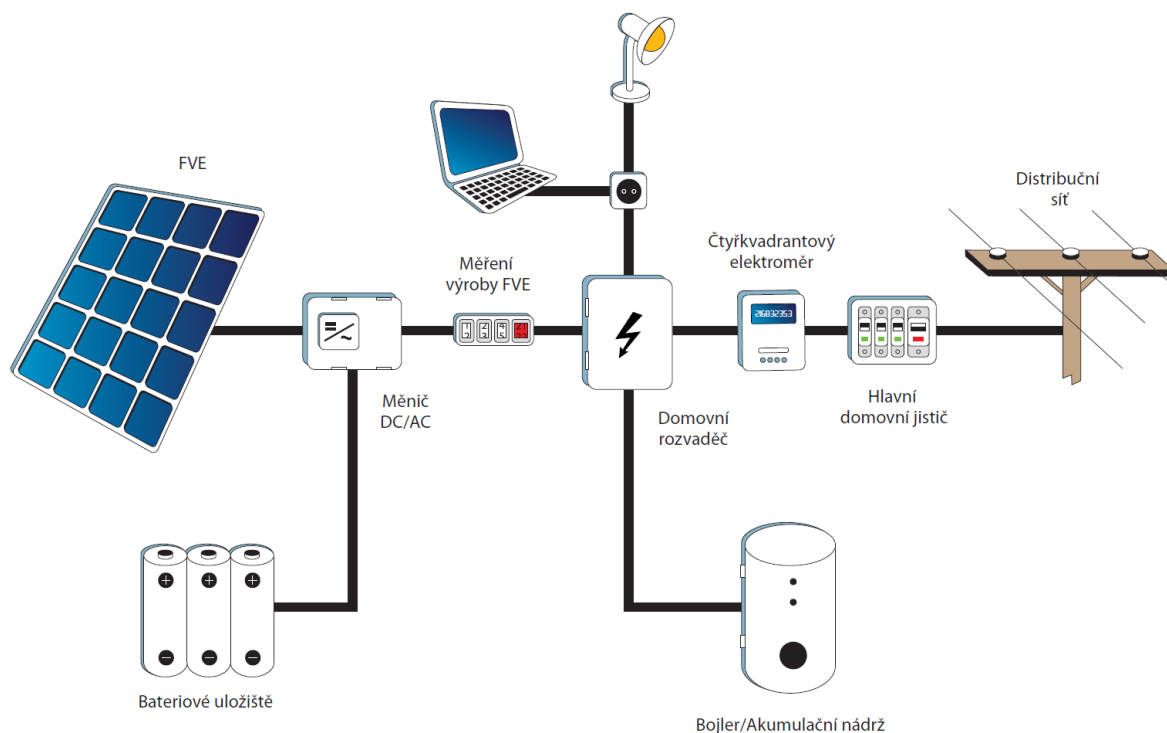
Výše uvedené hodnoty zní velmi pozitivně a lze očekávat, že obdobná studie by s novějšími daty vykazovala hodnoty ještě o něco vyšší (výzkum pracoval s daty z let 2000–2013), nicméně je třeba k nim přistupovat obezřetně, protože výpočet EROEI je výrazně

závislý na zvolené metodě a výsledky se tako mohou poměrně dramaticky lišit, přičemž je třeba vzít v úvahu také podmínky a způsob využití dané technologie. Pro systém na výrobu elektřiny z fotovoltaických panelů v oblastech s mírnějším osluněním (např. Německo, ale i u nás) po započtení veškeré spotřebované energie – tedy nejen energie spotřebované na výrobu panelů, ale také na jejich transport, montáž, kabely, transformátor a další nezbytné komponenty systému – tak lze najít také hodnoty „rozšířeného“ EROEI dosahující pouze okolo 0,82, který tedy nejen že nedosahuje „potřebné“ hodnoty 5, ale ani hodnoty 1. Je tedy možné, že ve výsledku se na tvorbu některých těchto systémů více energie spotřebuje, než kolik jí poté systém vyrobí [Ferroni; Hopkirk, 2016]. Tuto problematiku bude tedy třeba nadále sledovat, pokud má „třetí průmyslová revoluce“ opravdu nastat.

3. Technologie systémů domácí výroby elektřiny a jejich kontext

Systémy pro domácí výrobu elektřiny mají několik základních komponent. Každý systém musí přirozeně mít zdroj elektřiny (například fotovoltaické panely nebo větrná turbína), na které navazuje měnič, který proměnlivé vlastnosti elektrického proudu z fotovoltaického proudu upravuje pro potřeby dalších zařízení a spotřebičů. Součástí měniče nebo jako samostatné zařízení je pro správný chod systému řídicí jednotka, která bude určovat, jaké má mít elektřina vlastnosti a jak má být využita. Na měnič jsou zpravidla připojeny měřiče množství získané elektřiny a případné akumulátory (baterie), kam se ukládají případné přebytky elektřiny pro pozdější využití. Dále už pak systém může připomínat v podstatě standardní rozvody elektřiny v domě a v případě že je takový systém připojen na již existující rozvody, není třeba do nich obvykle příliš zasahovat. V případě že je systém napojen na distribuční síť elektřiny, je samozřejmě také třeba sledovat obousměrné toky elektřiny vhodným elektroměrem. Následující schéma znázorňuje systém s fotovoltaickými panely, kde jsou přebytky elektřiny ukládány do baterií a využívány pro ohřev teplé užitkové vody v bojleru.

Schéma 3 - Schéma fotovoltaického systému s bateriemi a bojlerem



Zdroj: [Odkaz5]

V následujících podkapitolách jsou jednotlivé technologické prvky těchto systémů popsány podrobněji.

3.1 Zdroje energie

Hlavními obnovitelnými zdroji energie jsou energie solární, proudění větru a vody a energie geotermální. Jak je popsáno níže, většina těchto zdrojů není pro většinu rodinných domů v České republice dostatečně dostupná, nadále tedy jako hlavní zdroj energie budu považovat energii sluneční využívanou prostřednictvím fotovoltaických panelů.

3.1.1 Solární

Přímá energie ze slunečního záření je využívána v energetických systémech dvěma způsoby – přeměnou na energii elektrickou a tepelnou. K přeměně slunečního záření na elektrinu se využívají fotovoltaické panely, k přeměně na energii tepelnou pak panely fototermické.

V současné době a pravděpodobně i v příštích desetiletích jsou fotovoltaické a fototermické panely nejvyužívanějšími technologiemi v malých instalacích k získávání energie z obnovitelných zdrojů. Je to dáno jejich rychlým technologickým rozvojem, snižováním jejich ceny a relativně snadnou instalací i minimální údržbou [Motlík; et al., 2007].

Z našeho hlediska jsou důležité především fotovoltaické panely, s jejichž pomocí je přeměňována energie slunečního záření na energii elektrickou. Počátky těchto zařízení leží v roce 1839 u objevu fotoelektrického jevu A. E. Becquerelem, založeném na poznatku, že proud mezi elektrodami ponořenými v kapalině se mění v závislosti na intenzitě osvětlení². Dalším důležitým objevem v tomto směru bylo zjištění popsané roku 1887 H. R. Hertzem, že elektrický výboj ve vzduchu vznikne snáze mezi elektrodami, na které dopadá ultrafialové záření.

Zlomovým bodem byla výroba fotovoltaického článku roku 1954 v Bellových laboratořích. Tento článek byl již vyroben z monokrystalického křemíku a jeho účinnost se pohybovala okolo 6 % a již v roce 1958 se začaly fotovoltaické články využívat na kosmických družicích.

² Jedná se o pozorovaný jev H.R.Hertzem, dnes víme, že fyzikální vztahy jsou v tomto směru složitější.

První fotovoltaické články však byly extrémně nákladné a na jejich výrobu se spotřebovalo více energie, než kolik vytvořili za celou dobu své životnosti. Velký rozvoj fotovoltaiky spojený s ropnými krizemi 70. let však díky intenzivnímu výzkumu a rozšiřování těchto technologií přinesl snižování ceny, prodloužení životnosti i energetické náročnosti výroby. Panely tedy již dlouho vyrobí mnohonásobně více energie, než kolik je spotřebováno na jejich produkci [Web8].

Fotovoltaické články se vyvíjejí extrémně rychle a o současném stavu lze tedy psát jen velmi omezeně. Nejběžnější dostupné monokrystalické křemíkové solární panely dosahují účinnosti okolo 15–18 %, neúčinnější modely na otevřeném trhu pak až přes 22 % [Web9]. Experimentální prototypy kombinující různé technologie pak mohou dosáhnout i účinnosti přes 46 % [Web10]. Této účinnosti však články dosahují jen za specifických podmínek (například natáčení panelů, příznivá koncentrace světla atd.), jejich pořízení je velmi nákladné a pokles jejich ceny na takovou míru, aby byly ekonomicky výhodné, bude ještě pravděpodobně mnoho let trvat.

Rozvoj se však rozhodně netýká jen účinnosti, ale i dalších vlastností. Objevují se tak například ultralehké, tenké a flexibilní články, rozšiřující možnosti umístění panelů [Bulović; Jean; Wang, 2016] nebo barevné články pro estetické účely [Zhang; et al., 2015]. Celá škála výzkumů se také týká samotných materiálů, ze kterých jsou články vyráběny. Může se jednat například o články z kadmia teluridu, slibující výrazné zlevnění výroby [Burst; et al., 2016], barvocitlivé články (DSSC – dye sensitized solar cells) [Mack; Kobayashi, 2011], nebo články snadno recyklovatelné, vyrobené převážně z biologických materiálů, jejichž cílem je omezit využívání neobnovitelných zdrojů [Zhou; et al., 2013].

Jednou z velmi zajímavých oblastí výzkumu jsou takzvané perovskity – skupina materiálů, které mohou nahrazovat nebo doplňovat ve výrobě článků dosud dominující křemík. S perovskity se začalo ve výrobě solárních panelů experimentovat až v roce 2009, ale účinnost článků na jejich bázi stoupla z úvodních cca 3,8 % na 22,1 % na počátku roku 2016. Tyto materiály mají samozřejmě i své nevýhody, jako například že články z nich vyrobené obvykle obsahují jedovaté olovo nebo to, že se snadno rozpouštějí ve vodě, ale i tak jsou do nich vkládány velké naděje [Saliba; et al., 2016].

Obecně je účinnost fotovoltaických panelů závislá na množství dopadajícího slunečního světla, a při instalaci výrazně záleží kromě zvolené technologie také na orientaci panelu, jeho sklonu a zastínění. Kromě účinnosti je u panelů dobré také sledovat jejich schopnost pracovat s difuzním zářením – o kterém je více v kapitole 4.1.1.

3.1.2 Větrné

Přeměna energie z větru je založena na relativně dobře známém principu turbíny. Mechanická energie proudění vzduchu je pomocí „lopatek“ větrníku zachycována a přenášena na rotaci hřídele v generátoru (v principu velmi podobně jako u vodních elektráren). Generátor posléze přeměňuje mechanickou energii na elektrickou využitím elektromagnetické indukce (proměnlivé magnetické pole působící na vodič). Tento princip byl popsán Michaelem Faradaiem již v roce 1831 a vývoj v této oblasti se týká v poslední době převážně způsobu „zachycování“ proudění vzduchu. Rychlost větru a jeho stálost jsou také hlavními omezujícími faktory jak z hlediska technického, tak z pohledu situace v ČR, která nemá pro malé větrné elektrárny na většině území dobré podmínky. Na rozdíl od fotovoltaických panelů však mohou produkovat energii v podstatě nezávisle na denní době nebo ročním období (odhlédneme-li od změn v povětrnostních podmínkách v závislosti na těchto faktorech) [Klein, 2009].

Základní rozdělení větrných elektráren, kromě velikosti, je dle postavení osy rotoru – tedy na vertikální a horizontální. U vertikálních zařízení nezáleží na směru větru, u horizontálních je třeba, aby se zařízení pro optimální fungování podle směru větru natáčelo.

Konkrétních typů větrných elektráren a jejich rotorů je samozřejmě mnoho. Vertikální rotory mají zpravidla tvar klasické „vrtule“ se dvěma nebo třemi listy, u horizontálních pak jsou dva základní typy.

Prvním jsou rotory typu „Savonius“, které mají rotor, tvořený dvěma přesazenými válcovými plochami, tedy vypuklou a vydutou plochou na společné svislé ose, přičemž otáčivý pohyb je vyvolán rozdílem tlaku proudícího vzduchu (větru) právě na tuto vypuklou a vydutou plochu.

Druhým typem jsou rotory „Darrieus“, které již více využívají vztakového principu. Jejich rotor je tvořen aerodynamicky tvarovanými štíhlými lištami uspořádaných kolem osy rotoru na jednoduchých úchytech [Web11].

Účinnost horizontálních rotorů je v porovnání s klasickou podobou větrných elektráren s horizontální osou rotoru se třemi listy výrazně nižší – maximálně zhruba 80 % pro typ Darrieus a 44 % pro typ Savonius [Zhou; et al., 2013].

Z hlediska náročnosti na rychlost větru jsou údajně k sehnání zařízení, která začínají fungovat již od rychlosti větru 0,2 m/s [Web12], zpravidla však fungují až od rychlosti větru 3 m/s.

3.1.3 Ostatní zdroje

3.1.3.1 Vodní

Hlavní výhodou vodních elektráren oproti větrným a solárním elektrárnám je větší stabilita výkonu – kombinací příznivého vodního toku (se stálým průtokem s menším ovlivněním srážkovou situací a s dobrým spádem) a vhodně zvolených technologií lze dosáhnout i velmi stabilního přísunu elektřiny. Zároveň je však jejich velmi limitujícím faktorem právě závislost na přítomnosti využitelného vodního toku v okolí domu.

Vzhledem k tomu, že naprostá většina domů se nachází v lokalitách, kde není možnost tohoto zdroje využít, nebudu jej v této práci dále rozvádět, přestože v případech kdy tato možnost existuje, může být potenciálně zajímavou variantou. Za tuto možnost se však dají považovat i relativně malé toky, vzhledem k tomu, že nejmenší dostupné vodní turbíny jsou schopny fungovat již od spádu 0,6 metru a průtoku 4 litry za sekundu. [Web13].

3.1.3.2 Geotermální

Geotermální energie bohužel se současnými technologiemi není vhodná pro výrobu elektřiny v domácnostech. Výroba elektřiny je realizována pouze ve větším měřítku, obvykle za pomoci vrtů hlubokých několik kilometrů a/nebo s využitím termálních pramenů.

Geotermální energie je nicméně poměrně dobře využitelná pro ohřívání objektů, na úrovni domů zpravidla pomocí tepelného čerpadla, jehož využití může výrazně snížit nároky na elektřinu potřebnou k vytápění domu.

3.2 Měnič a řídicí jednotka

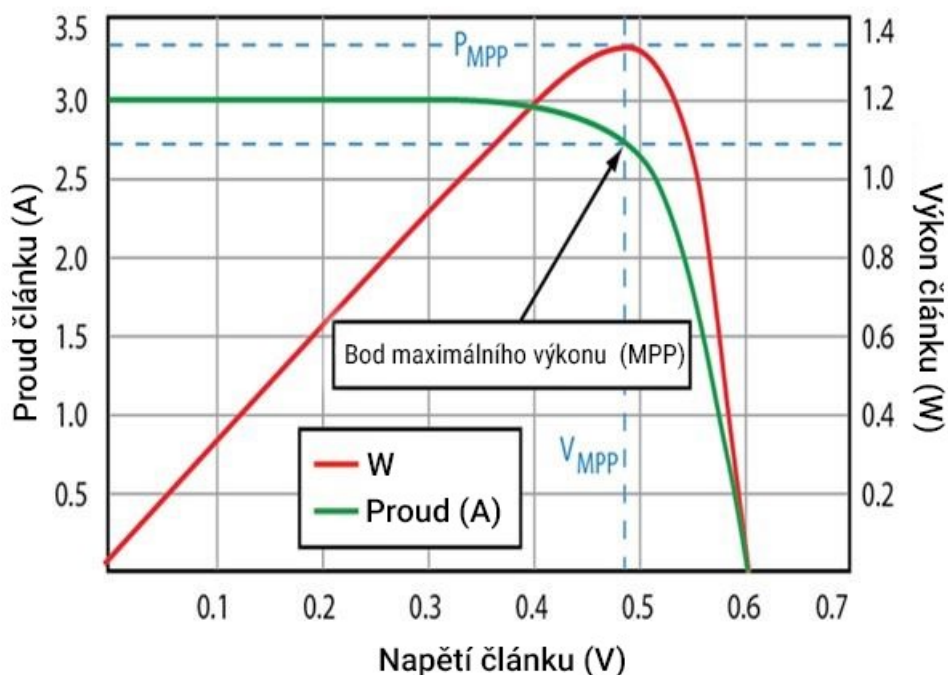
Měnič (nebo také střídač či invertor) je zařízení, které umožňuje stejnosměrný proud (DC) z fotovoltaických panelů přeměnit na střídavý proud (AC), který pak dodává do elektrických rozvodů domu nebo do distribuční sítě. Střídač je tak nezbytnou součástí každé instalace, s výjimkou specifických izolovaných rozvodů pracujících pouze se zařízeními

využívajícími stejnosměrný proud. Měnič také zajišťuje, aby elektřina měla správné napětí pro využívání v běžných rozvodech, tedy zpravidla 230V.

Kromě základního měniče je také třeba zmínit takzvaný měnič MPP (nebo také MPPT – maximum power point tracker). Ten může být samostatným zařízením, nebo být již integrován do měniče určeného pro fotovoltaické systémy. Toto zařízení sleduje aktuální výkon fotovoltaických panelů a umožňuje jim pracovat v optimálním napětí a snižuje tak ztráty, které vznikají, když jsou fotovoltaické panely „nuceny“ dodávat elektřinu jen v napětí pevně určeném. Vlastnosti měniče MPP jsou prospěšné i při běžném provozu, kdy se výkon panelů mění podle osvitů a teploty, ale vyniknou zejména když pro provoz fotovoltaiky nejsou ideální podmínky (například je zvýšená oblačnost), kdy mohou zvýšit množství využitelné energie až zhruba o 30 % [Ezinwannea; Zhongwena; Zhijunb, 2017].

Následující graf znázorňuje vztah proudu a napětí v panelu k množství využitelné energie.

Graf 5 - Křivky MPP bodu



Zdroj: [Odkaz6]

Ve většině měničů jsou zabudována různá stejnosměrná i střídavá ochranná zařízení (např. ochrana proti přepólování, ochrana před přetížením, monitorování izolace a síťová ochranná zařízení) a dosahují účinnosti okolo 95 %. Záleží však na typu měniče, kterých je dnes obrovské množství.

Kromě účinnosti měniče je při jeho pořizování také dobré zjistit jaká je charakteristika proudu který z něj odchází do domu, potažmo spotřebičů – žádoucí je aby na výstupu měniče bylo napětí s čistě sinusovým průběhem, přičemž některé levnější modely mají „modifikovaný“ výstup, který může způsobovat některým elektrospotřebičům potíže (např. HiFi sestava, satelit atd.) [Mareček, 2013].

Řídící jednotka (například takzvaný WATTrouter) je monitorovací a zařízení se spouštěcími prvky, které sleduje výkon FVE a je naprogramován tak, aby při nárůstu výkonu spouštěl různá elektrická zařízení v domě tak, aby byla elektřina v domě optimálně spotřebována. Tato zařízení mohou být také součástí měniče určeného pro fotovoltaické systémy a obvykle umožňují dohled nad systémem s pomocí počítače.

3.3 Akumulace elektrické energie

Možnost akumulace energie je jedním z klíčových prvků domácích systémů k získávání energie z obnovitelných zdrojů a velmi důležitou složkou při kalkulaci pokrytí spotřeby domácnosti vlastní výrobou elektřiny s ohledem na průběh výroby a spotřeby elektřiny. V měřítku potřebném pro případné naplnění energetických potřeb v domácnosti patří také k nejvýznamnějším finančním položkám při pořizování takového systému. Domácnost v rodinném domě může spotřebovat okolo 9 kWh za den plus energii potřebnou k vytápění a ohřevu teplé vody. K pokrytí těchto potřeb na jediný den by bylo zapotřebí například zhruba dvou baterií s nominální kapacitou 6,7 kWh, z nichž cena jedné se pohybuje okolo 107 000 Kč s DPH, celkem tedy pouze za nominální akumulační kapacitu 13,4 kWh okolo 214 000 Kč. Ani tato kapacita by však nebyla dostačující k pokrytí všech potřeb domácnosti, pokud by bylo delší dobu zataženo či nefoukal vítr.

Jak již bylo zmíněno dříve, jednou z hlavních nevýhod obnovitelných zdrojů energie (zejména solární a větrné, které jsou nejdostupnější) je jejich proměnlivost. Solární panely tedy v době svého nejvyššího výkonu pravděpodobně produkují více elektřiny, než kolik domácnost v daný moment spotřebuje, na druhou stranu pak v době kdy slunce nesvítí, nevyrábí energii žádnou. Pro maximalizaci využití energie je tedy dobré ukládat nadprodukcí pro dobu kdy je produkce energie nedostatečná.

Jedinou možností, jak elektřinu dlouhodoběji akumulovat, je přeměnit ji na jinou formu energie. Větší instalace mají pro ukládání energie a jako záložní zdroj možnost využít pro velmi

krátkou dobu například superkapacity, které dodávají energii v rámci vteřin, maximálně desítek vteřin, z dlouhodobého pak například přečerpávací zásobníky, kde je energie uložena bez problémů i na velmi dlouho (zpětně je z nich pak elektřina získávána klasickou vodní turbínou). Na úrovni domácnosti jsme však výrazně limitováni a nabízí se tak prakticky jen dva způsoby jak elektřinu akumulovat.

Prvním způsobem jsou akumulční baterie všeho druhu, od klasických olověných přes lithium-iontové po různé nové typy, přičemž baterie jsou vhodné pro akumulaci v řádu dnů až týdnů, protože dochází k postupnému samovolnému vybíjení (rychlost vybíjení záleží na typu baterie). Druhým způsobem je výroba chemických látek, které lze snadno přeměnit zpět na energii, přičemž se může jednat obvykle také o bezproblémové dlouhodobé skladování (dané vlastnostmi chemické látky a možnostmi jejího skladování) – v tomto směru se mluví především o výrobě vodíku, která by zároveň dávala možnost přenášet tuto energii do automobilů či jiných zařízení [Čermáková; Douček; Polák, 2012].

Formou akumulace energie je také využití elektřiny k vytápění či ohřevu teplé užitkové vody (TUV), které lze provádět s časovým odstupem od jejich využití (pomocí bojleru či akumulční nádrže), přičemž však tuto energii již příliš nelze přeměnit zpět na elektřinu.

Následující podkapitoly podrobněji popisují vlastnosti různých forem akumulace elektřiny využitelné v domácnostech.

3.3.1 Baterie

Baterií pro využití v domácnostech je mnoho druhů, založených na různých technologiích a interakcích různých nosičů energie. Při jejich výběru je dobré kromě jmenovité kapacity a ceny dbát také přinejmenším na čtyři další vlastnosti: napětí, počet nabití, životnost (v letech) a účinnost nabíjení a vybíjení, a rychlost s jakou dochází k samovybíjení (ztrátě uložené elektřiny) [Mulder; Ridder; Six, 2010]. Co se týče technologií samotných, je na trhu několik druhů založených na různých látkách, mezi které kromě klasické na bázi olova a kyseliny patří například lithium-ionové (Li-ion), sodíko-sírnaté (NaS) nikl-kadmiové (NiCd) a nikl-metal hydridové (NiMH) [Nair; Garimella, 2010].

Z těchto technologií je stále asi nejrozšířenější klasická baterie na bázi olovo-kyselina, nicméně jejich velké rozšíření může mít potenciálně negativní dopady na životní prostředí [McKenna; et al., 2013] a rozšiřují se už novější technologie. Díky vlastnostem jako je vysoká účinnost a vysoká energetická hustota (baterie se stejnou kapacitou se dají zhotovit znatelně

menší) a díky velkému rozvoji této technologie je v současnosti zřejmý nástup lithium-ionových baterií [Divya; Østergard, 2009].

Do budoucna může být v této oblasti také zajímavá možnost využití baterií z automobilů poté, co jejich kapacita a účinnost klesnou natolik, že pro provoz automobilů již nebudou vhodné. To je dáno zejména tím, že u domácích aplikací nejsou zdaleka tak vysoké požadavky na energetickou hustotu jako u automobilů [Mulder; Ridder; Six, 2010].

Při volbě kapacity baterie je třeba nastavit vhodnou velikost nejen kvůli dostatečné kapacitě, ale také proto, že intenzivní nabíjení a hluboké vybití baterií (u většiny technologií) obvykle výrazně snižuje jejich životnost. Baterie s větší kapacitou tedy při obdobné zátěži projde méně cykly vybití a nabití, přičemž nenastává tak často hluboké vybití a je tak znatelně prodloužena její celková životnost [Jossen; Garche, 2004].

Z nových technologií se jeví jako slibné pro využití v domácnostech s obnovitelnými zdroji energie například sodíko-ionové baterie a baterie s technologií „flow“ (baterie nemá pevnou a tekutou složku, ale obě složky jsou tekuté a k jejich reakci dochází přes membránu). Sodíko-ionová baterie je slibná zejména proto, že sodík je podstatně dostupnějším prvkem než lithium, ale vzhledem k tomu, že je stejně jako lithium alkalickým kovem, mohly by se na tento druh baterií dát přenést metody a technologie které již byly pro lithiové baterie vyvinuty [Hong; et al., 2013]. Sodíko-ionové baterie sice mají nižší energetickou hustotu, než baterie lithium-ionové, nicméně jak již bylo uvedeno, nároky v domácnostech na tuto vlastnost nejsou tak vysoké jako například u automobilů [Palomares; et al., 2012].

Účinnost ukládání (nabíjení a zpětný odběr) elektřiny v akumulátorech na bázi lithia se pohybuje v rozsahu zhruba 85–95 %, u těch na bázi olova pak mezi 60–90 %, přičemž životnost u obou těchto typů přesahuje deset let [Web14].

Za novinku v oblasti baterií se dá považovat například baterie H3DA, jejíž výroba byla spuštěna v minulém roce a která je založena na speciálním nanomateriálu. Tato technologie má umožňovat jednoduchou a tudíž levnou výrobu velkých článků vhodných pro využití v energetice, navíc s dlouhou životností, rychlým nabíjením a účinností 97 %. Pokud by se všechny tyto vlastnosti prokázaly, mohlo by to znamenat značné snížení nákladů na akumulační kapacity, výrazně podporující ekonomickou výhodnost systémů pro domácí výrobu elektřiny [Web15].

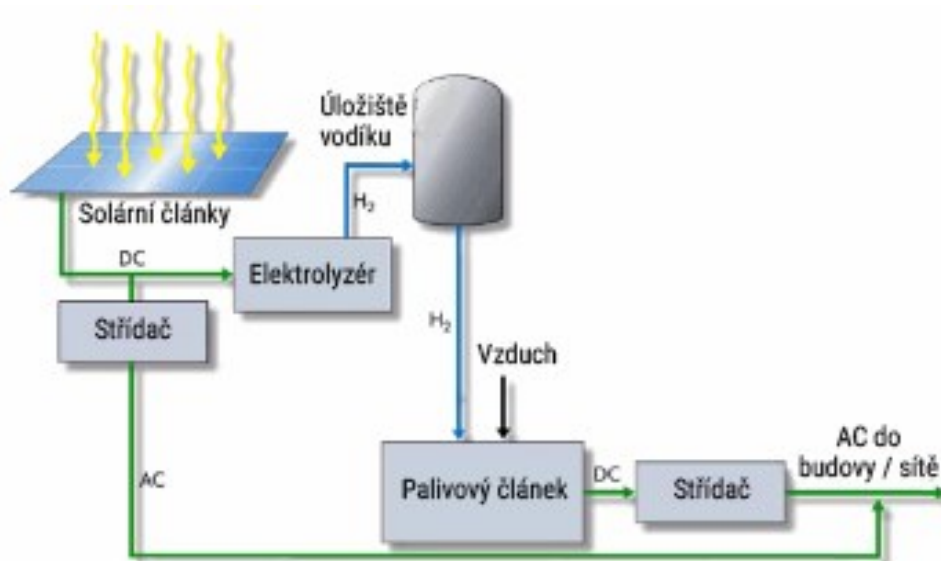
3.3.2 Výroba vodíku (a jiných látek)

Jak již bylo zmíněno, elektřinu lze skladovat v podstatě pouze přeměnou na energii jinou. Výroba vodíku (a dalších, převážně plyných látek) přeměňuje elektřinu na energii chemických vazeb látek, které je posléze snadné opět přeměnit na energii elektrickou.

Hlavní výhodou této metody ukládání energie je možnost vyrobenou látku dlouhodobě skladovat bez větších obtíží a ztrát energie (baterie ztrácí energii relativně rychle) a se snadno škálovatelnou maximální kapacitou (například přidáním další vodíkové tlakové nádoby), případně škálovatelnost jednotlivých komponent (zejména elektrolyzér, nádrž pro skladování, palivový článek) [Bocklisch; Böttiger; Paulitschke, 2014]. Hlavními nevýhodami je potenciální nebezpečnost vyrobených látek a nízká energetická účinnost – nejdříve je pomocí elektřiny třeba látku vyrobit (účinnost okolo 54 %) a posléze ji na elektřinu opět přeměnit (účinnost okolo 37 %) [Bianchia; et al., 2014]. Vlastnosti této metody by však také mohly umožňovat akumulaci v takovém měřítku, že například přebytky elektřiny z fotovoltaiky ve slunečních letních dnech by byly v této formě uchovány až pro spotřebu v zimě, což klasické akumulátory prakticky neumožňují. Velké naděje jsou kladeny do vodíku jako hlavní látky pro tento typ ukládání, zejména pro možnost jeho výroby pomocí elektrolyzy z vody (s vedlejšími produkty pouze v podobě tepla a kyslíku), malé dopady na životní prostředí a relativně vysokou účinnost konverze z vodíku zpět na elektřinu [Ledjeff, 1990].

Systém pro ukládání energie pomocí výroby vodíku obsahuje oproti základnímu fotovoltaickému systému tři hlavní komponenty – elektrolyzér pro výrobu vodíku, úložiště pro jeho skladování a palivový článek pro jeho zpětnou přeměnu na elektřinu. Takový systém bývá často nazýván systémem hybridním a následující schéma znázorňuje zapojení takového systému.

Schéma 4 - Schéma hybridního fotovoltaického systému s možností akumulace vodíku



Zdroj: [Web16]

Elektrolyzátor je zařízení provádějící elektrolyzu k výrobě vodíku a to navíc s dostatečným tlakem pro jeho další účinné skladování [Web 16].

Účinnost systému pro výrobu vodíku a jeho zpětnou přeměnu na elektřinu s pokračujícím výzkumem rok za rok stoupá a zároveň klesá cena až o 25 % za rok [Web17]. Technologické řešení takového systému již bylo také mnohokrát navrženo (např. [Zoulias; Lymberopoulos, 2007], [Jallouli; Krichen, 2012] a [Zafar; Dincer, 2014]) i experimentálně ověřeno (např. [Hamada; et al., 2011] a [Valverde; et al., 2013]), nicméně se zatím do využití příliš nerozšířilo, což se ovšem s pokrokem technologie a zvyšující se dostupností může v nejbližších letech rychle změnit. V současné době je toto řešení tedy technicky možné, včetně zcela samostatné ostrovní instalace, nicméně je také velmi nákladné [Lacko; et al., 2014].

3.3.3 Záložní zdroje energie

Asi největší slabinou systémů pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů je jejich nestálost. Pokud přestane foukat vítr nebo když zapadne slunce, elektřina přestane být dodávána. Tento problém lze do značné míry řešit nebo alespoň redukovat s pomocí zařízení na akumulaci energie (především baterie), nicméně jejich kapacita bývá značně omezená.

Nejlépe dostupným a také nejlogičtějším a nejrozšířenějším způsobem je samozřejmě záložní připojení na centrální distribuční síť. To s sebou nese nejen možnost získávat energii

v případě jejího nedostatku z vlastního systému na výrobu elektřiny, ale také možnost v odesílat do distribuční sítě vlastní přebytky, ideálně je tam „prodávat“ at' už za cenu tržní, nebo dokonce zvýhodněnou (dotovanou), která však již není poskytována novým fotovoltaickým systémům a v současnosti je tedy dostupná pouze na elektřinu z větrných a vodních turbín.

Nicméně existují i další možnosti, které bývají využívány zejména v případech, kdy připojení do distribuční sítě není možné, není praktické nebo je nežádoucí z jiných důvodů. Těmito záložními zdroji jsou zejména generátory na principu spalování (například benzínu či oleje), případně se sem dají zařadit i pokročilejší technologie například palivových článků na vodík (vodík může být dovážen, nemusí být vyráběn přímo v domě).

Naprostá většina rodinných domů však možnost připojení k distribuční síti má, nebudu tedy tyto možnosti hlouběji rozvádět.

4. Podmínky ovlivňující provoz systémů k domácí výrobě elektřiny

Podmínky ovlivňující provoz systémů k výrobě elektřiny jsou poměrně široké, v této práci se zaměřuji na ty, které lze považovat za nejdůležitější. Těmi jsou zejména klimatické podmínky, spotřeba v domácnosti a její průběh a legislativní a administrativní podmínky. Tyto podmínky ovlivňují jak množství vyprodukované energie a možnosti jejího využití, tak náklady na pořízení těchto systémů, a jsou popsány v následujících podkapitolách.

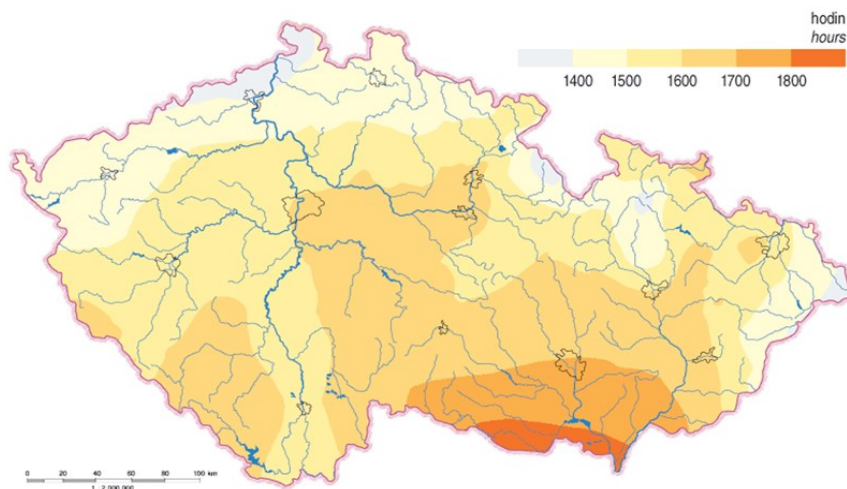
4.1 Klimatické podmínky

4.1.1 Sluneční záření

Klíčovým faktorem při využívání fotovoltaických a fototermických panelů je sluneční záření, které je z lokálního hlediska poměrně proměnlivé. Dochází jak ke změnám v průběhu roku, kdy v létě je jeho intenzita výrazně vyšší než v zimě, tak i ke změnám v průběhu dne. Nejvyšší intenzita slunečního záření, a tedy i největší dodávka energie, kterou lze přeměnit na elektřinu (nebo v případě fototermických panelů k získávání tepla), je v poledne. Tento fakt je pro provoz zařízení k získávání energie ze slunečního záření klíčový ze dvou důvodů. Zaprvé určuje optimální umístění a sklon solárních panelů a za druhé je pak nejdůležitějším prvkem pro odhad množství získané energie v jednotlivých částech dne. Celkový roční úhrn dopadající sluneční energie tedy ovlivňuje zejména zeměpisná poloha (související také s klimatickými podmínkami), orientace fotovoltaického systému vzhledem ke slunci, celková doba slunečního svitu, nadmořská výška a v neposlední řadě i čistota ovzduší.

Počet hodin slunečního svitu bez oblačnosti se také mění v souvislosti se zeměpisnou polohou, přičemž v České republice je to obvykle 1400–1700 hodin za rok. Následující mapa zobrazuje počet hodin slunečního svitu na území ČR.

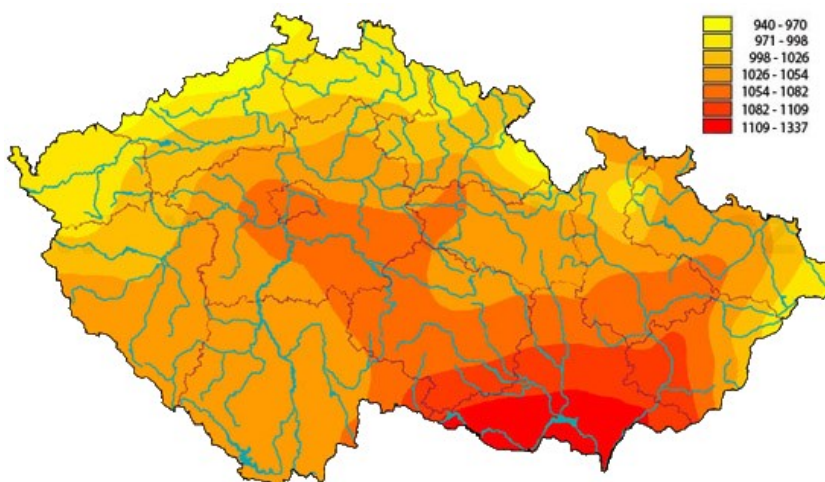
Schéma 5 - Mapa trvání slunečního svitu v ČR (hodin za rok)



Zdroj: [Odkaz7]

Druhým takto silně geograficky podmíněným faktorem je roční úhrn globálního slunečního záření v České republice, obvykle vyjadřovaný ve wattech na metr čtvereční. Tento údaj je pro zvážení vhodnosti lokality lepší, vzhledem k tomu že již přímo vyjadřuje množství energie, které bude možné využít. Níže uvedená mapa ukazuje přibližné hodnoty této energie za rok, přičemž je počítána energie dopadající na vodorovnou plochu. V Praze je to okolo 1100 kWh na metr čtvereční, v Brně okolo 1170 kWh/m² (dle databáze PVGIS [Odkaz8]).

Schéma 6 - Mapa ročních úhrnů slunečního svitu v ČR (kWh/m²)

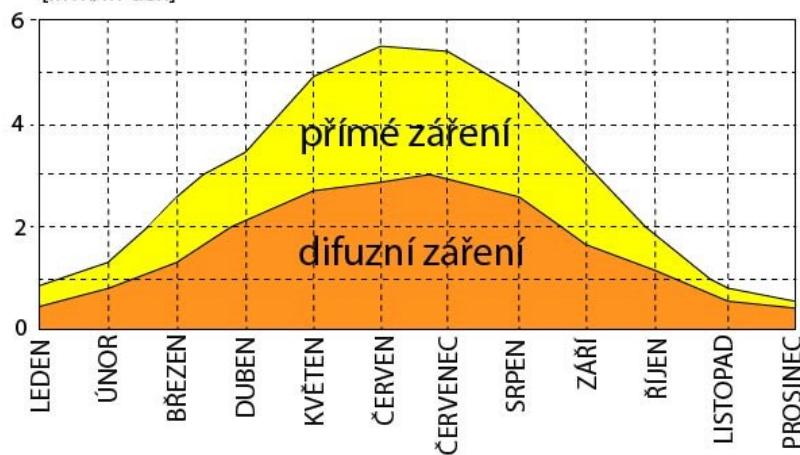


Zdroj: [Odkaz9]

Intenzita záření v poledne je za zamračených dnů 40–200 W/m². Za jasných dnů pak 600–1000 W/m². Nabídka záření na zemský povrch kolísá také vlivem otáčení Země kolem Slunce. V zimě přijímá severní polokoule méně energie než v létě, protože dny jsou kratší a Slunce je níže nad horizontem.

V průběhu roku také dochází ke změně množství a „druhu“ slunečního záření. Při průchodu zemskou atmosférou je část slunečního záření pohlcena, rozptýlena, odražena nebo vyzářena. Při jasné obloze dopadá největší část záření na Zemi, aniž by změnilo směr. Toto záření se nazývá přímé a pro fotovoltaické panely je nejnázve využitelné. Rozptylem přímého záření v mracích a částech v atmosféře vzniká záření difúzní, které na zemi přichází ze všech směrů. Souhrn přímého a difúzního záření se označuje jako globální záření. Níže uvedený graf ukazuje poměr těchto záření v jednotlivých měsících. V letním období tvoří difúzní záření přibližně polovinu záření globálního. V zimě je díky častému oblačnému počasí tento podíl podstatně vyšší. V celoročním průměru obnáší podíl difúzního záření asi 60 % [Web18].

Graf 6 - Intenzita slunečního záření a jeho složení v jednotlivých měsících
[kWh/m²den]



Zdroj: [Odkaz10]

Při výběru technologie solárních panelů je dobré tyto poměry zvážit, vzhledem k jejich schopnosti přeměny difuzního záření, která se může poměrně hodně lišit a přitom být důležitá, zejména v zimních měsících, kdy je primárně k dispozici sluneční záření difuzního typu.

Jak již bylo zmíněno výše, záleží však kromě slunečního záření směřujícího do oblasti také na orientaci a sklonu panelu samotného. U fotovoltaiky se zpravidla pracuje pokud možno co nejbližší optimálnímu úhlu a orientaci.

Z hlediska orientace je pro maximalizaci dopadajícího slunečního záření nejlepší orientace přímo k jihu, protože z tohoto směru svítí slunce v největší intenzitě (v době okolo poledne). Tato orientace je tedy určitě nejvhodnější, pokud jde u konkrétní instalace čistě o maximalizaci výkonu. V případě, že nám jde o co největší pokrytí spotřeby v domácnosti (viz kapitola věnovaná spotřebě v domácnosti), může být teoreticky z hlediska produkční křivky výhodnější jihovýchodní/jihozápadní orientace, která sice sníží celkovou produkci systému, nicméně posune její maximální produkci více k ranním (jihovýchodní orientace) nebo k večerním hodinám (jihozápadní orientace). Optimální sklon pro panely je v České republice udáván okolo 35 stupňů, nicméně mírné odchylky od tohoto ideálního sklonu a orientace nemají na celkovou produkci příliš velký vliv [Web19].

Vliv orientace a sklonu panelu na množství dopadajícího slunečního záření orientačně ukazuje níže uvedený graf, na kterém je možné vidět, že množství energie nad 95 % z maxima při optimálním sklonu lze dosáhnout i při odchylce okolo 40 stupňů k východu či západu nebo sklonu mezi 15 a 50 stupni.

Graf 7 - Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu (kWh/m^2)



Zdroj: [Odkaz11]

K orientaci a sklonu panelů se váže také možnost jejich úpravy v průběhu dne i roku. Při jednoosém natáčení sklonu panelů lze zvýšit množství získané energie jen zhruba o 3,5 % oproti fixně uloženým panelům v optimální poloze (35 stupňů s orientací přímo k jihu). Při uložení na fixně nakloněné ose, která se natáčí optimálně na ose východ-západ, lze získat zhruba o 24,8–25,6 % více energie oproti fixnímu uložení panelů. Při natáčení v obou osách

(skon panelu, osa východ-západ) však tento rozdíl může dosáhnout až zhruba 28 % [Staněk, 2012].

Velmi užitečnou pomůckou pro orientační určování využitelného množství slunečního záření je aplikace vytvořená s podporou Joint Research Centre Evropské komise, které je veřejně dostupná online [Odkaz8] – s její pomocí lze získat odhad na základě konkrétní geografické polohy, sklonu a orientace solárního panelu případně i s mapou horizontu a dalších specifikací.

Velkým problémem pro produkci elektřiny z fotovoltaických panelů je však kromě samotného množství slunečního záření také zastínění, a to jak případnými dalšími panely (hrozí spíše u větších solárních polí nebo při instalaci na ploché střechy) tak jinými objekty – vegetací, jinými budovami nebo dalšími prvky umístěnými na střeše, jako je komín nebo antény.

Při zastínění části fotovoltaického článku se zmenší ozařovaná plocha článku a tím se sníží i proud generovaný článkem. Při spojení článků do fotovoltaického panelu, kde může být zapojeno např. 72 článků do série, pak dojde k omezení generovaného proudu v celé větvi. Zastíněný článek na fotovoltaickém panelu se totiž chová jako spotřebič a ostatní články musí tento článek napájet. Tento jev mohou omezit překlenovací diody. V ideálním případě by však takové diody musely být přes každý článek, kde by pak však docházelo k vysokému úbytku napětí na těchto diodách. Ve fotovoltaických panelech jsou proto zapojeny většinou maximálně tři.

Pokud je část fotovoltaického panelu zastíněná, zastíněné články nejsou schopné produkovat tolik proudu jako nezastíněné články. Jestliže jsou všechny články spojené sériově, musí každým článkem protékat stejný proud. Nezastíněné články pak nutí procházet zastíněnými články více proudu, než je jejich proud nakrátko. Jediný způsob, jak mohou články pracovat s větším proudem, než je jejich proud nakrátko, je pracovat v oblasti záporného napětí, což však způsobuje ztráty v systému. Vynásobením tohoto proudu záporným napětím dostaneme záporný (ztrátový) výkon produkovaný zastíněnými články. Jinými slovy, zastíněné články přemění tento výkon na teplo. Zastíněné články pak způsobí pokles celkové voltampérové charakteristiky sériově spojených článků. Vliv tohoto zastínění je také závislý na tom, jak je panel zastíněn – například je mnohem horší zastínění jednoho článku ze 75 % než tří článků z 25 % [Macháček, 2007].

Vzhledem k tomu, že například u klasických křemíkových fotovoltaických panelů dochází již při zastínění jedné řady článků na panelu (ze šesti řad na panelu použitém při experimentu) k poklesu výkonu panelu zhruba o jednu třetinu, je velmi důležité zastínění eliminovat nebo alespoň minimalizovat. Přesné propady ve výkonu však extrémně záleží

na směru zastínění, technologii i konkrétním modelu panelu a způsobu zapojení panelů [Staněk, 2012].

Za zmínku stojí také vliv teploty na účinnost fotovoltaických panelů. S rostoucí teplotou účinnost přeměny slunečního záření na elektřinu klesá. Tyto rozdíly nejsou zásadní (v řádu procent), ale je dobré je brát v potaz. Rozdíl mezi experimentální instalací s větranou dutinou mezi střešní krytinou a fotovoltaickými panely a instalací, kde jsou fotovoltaické panely přímo integrovány do střešní krytiny (potažmo samy o sobě plní funkci střešní krytiny) dosahuje teplotního rozdílu v horkých dnech více než 10° C. U panelů bez větracího otvoru také dosahují rozdíly teplot mezi horními a spodními částmi instalací výrazně vyšších hodnot, než u instalací s větracím otvorem (za stejných podmínek například o 7° C větší rozdíl), což se také negativně projevuje na výkonu celé fotovoltaické soustavy – v době maximálních rozdílů teplot mezi větranou a nevětranou variantou se pohyboval v experimentu rozdíl v produkci okolo 4,7 %, celodenní produkce pak byla u nevětraného modelu o 3,6 % nižší [Staněk, 2012]. Při rozhodování o možnosti instalace fotovoltaických panelů v podobě střešní krytiny tak stojí za zvážení volba modelů „solárních tašek“ s integrovanou větrací dutinou, která tyto rozdíly alespoň částečně sníží.

4.1.2 Povětrnostní podmínky

Závislost větrných turbín je podobná jako u slunečního záření pro fotovoltaické panely – jedná se o poměrně proměnlivý zdroj, který je ovlivněný zejména geografickými podmínkami, včetně nadmořské výšky a okolního terénu. Větrná energie je kinetická energie pohybu vzduchových hmot způsobená rozdíly slunečního záření na Zemi. Energie z větru, která je k dispozici pro přepočítání do rotační energie, se zvyšuje s kvadrantem síly větru. To znamená, že pokud se rychlost větru zdvojnásobí, větrná energie se zvýší čtyřikrát.

Nízko nad povrchem země je vítr velmi nestabilní a pro větrné turbíny spíše nevhodný, je proto dobré tyto turbíny instalovat výše, zpravidla na stožáry či jiné nosné konstrukce. Rychlost větru s výškou nad povrchem roste přibližně exponenciálně, což souvisí s odpory, víry a třením vzduchového proudu, které při povrchu vzniká. Je tedy nutné z této rychlosti dopočítat skutečnou průměrnou rychlost větru ve výšce, kde je umístěna osa rotoru ³.

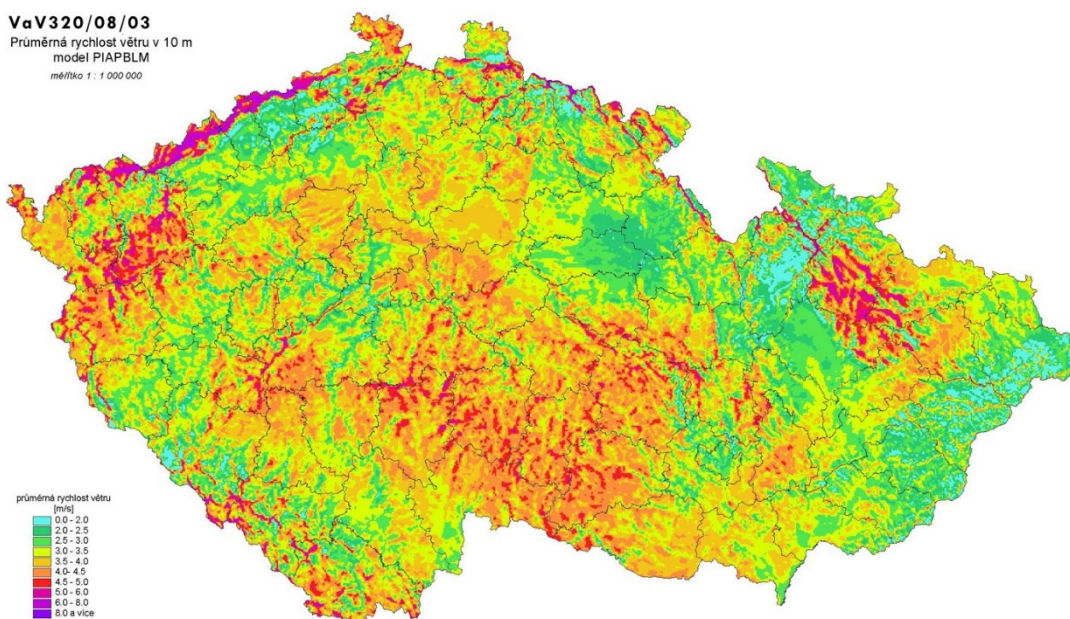
³ Tuto rychlost „lze dopočítat podle vztahu:

Průměrná rychlost větru se stanovuje z absolutní četnosti naměřených rychlostí větru. Většina elektráren dosahuje maximálního (nominálního) výkonu při rychlosti větru kolem $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, takže v oblasti s průměrnou rychlostí větru $4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dosahuje elektrárna instalovaného výkonu pouze několik hodin za rok.

Před konečným výběrem lokality se na vytipovaném místě doporučuje provést dlouhodobé měření rychlosti větru (minimálně jeden rok). Poté se vypočítá předpokládané množství vyrobené elektřiny pomocí četnosti větru a výkonové křivky vybrané větrné elektrárny [Web21].

V České republice se opravdu vhodné podmínky pro využití větrných turbín vyskytují jen na poměrně málo lokalitách. Mapa níže znázorňuje průměrnou rychlost větru v deseti metrech nad zemí.

Schéma 7 - Mapa průměrné rychlosti větru v 10m nad zemským povrchem v ČR



Zdroj: [Odkaz12]

Jak lze vidět na mapě, průměrná rychlost větru se na území České republiky pohybuje okolo 3 až 3,5 m/s, vyšší rychlost větru se pak vyskytuje zpravidla ve vyšších polohách a na

$$c_{h_2} = c_{h_1} \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^a$$

c_{h_2} [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] rychlost větru v požadované výšce; c_{h_1} [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] rychlost větru ve výšce, ve které byla hodnota rychlosti měřena; h_1 [m] výška měření rychlosti c_{h_1} ; h_2 [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] požadovaná výška, ve které je rychlost větru c_{h_2} ; a [-] exponent, jehož velikost se odvozuje od reliéfu krajiny – od 0,12 pro otevřenou krajinu u pobřeží po 0,24 pro zvlhčenou krajinu s porostem stromů a se sousedícími budovami.“ [Web20]

výrazně exponovaných místech. Nejvyšší rychlosti větru lze očekávat na horských hřebenech, kde však zpravidla nestojí obytné domy a o výstavbě větrné elektrárny zde obvykle nejde uvažovat ani z environmentálních důvodů. Nejnižší rychlosti větru jsou pak přirozeně v kotlinách, údolích a na úpatích hor.

Rychlost větru také snižuje takzvaná drsnost zemského povrchu – rozsáhlejší lesní porosty nebo i hustší okolní zástavba (což je případ velké části rodinných domů) se mohou podílet na snížení rychlosti větru i o desítky procent. Kombinace těchto „nepříznivých“ faktorů může vést k průměrným rychlostem větru i pod 2 m/s [Web20].

Větrná energetika má v České republice nepochybně potenciál. Jedná se v současnosti údajně o nejlevnější zdroj obnovitelné energie a dle odhadů jsou v České republice podmínky pro instalaci větrných elektráren s kapacitou až 5800 MW, samozřejmě při zachování respektu k ochraně přírody a krajiny [Web22]. Tyto odhady však platí zejména pro velké větrné elektrárny, umístěné výše nad povrchem a mimo lidská sídla, která se obvykle nacházejí v oblastech větru méně exponovaných.

Pro domácnosti, potažmo rodinné domy však tak příznivé podmínky nejsou. Větrné turbíny obvykle začínají produkovat elektřinu až od rychlosti okolo 3,5 m/s, což je rychlost pro většinu lidských sídel nadprůměrná (obvykle leží spíše v nižších polohách, v zástavbě s dalšími budovami nebo poblíž lesních porostů) a většinu času by tedy neprodukovala turbína elektřinu vůbec. Instalace přímo na střechu navíc v praxi nepřináší příliš dobré výsledky [Web23], pokud se nejedná o výškové budovy, případně alespoň o budovy s plochou střechou nad hranicí okolních struktur [Ledo; Kosasih; Cooper, 2011]. Výkonová křivka větrných elektráren obvykle k maximálnímu výkonu sice poměrně prudce stoupá, ale jak již bylo řečeno, v naprosté většině lokalit tohoto výkonu nebude dosahovat vůbec, nebo jen výjimečně. V úvahu tedy malé větrné turbíny připadají zejména v lokalitách s nadstandardně příznivými větrnými podmínkami nebo v případech, kdy se snažíme dosáhnout maximální nezávislosti a kde se větrná turbína může dobře doplňovat s energií ze solárních panelů [Web24].

4.2 Spotřeba v domácnosti

Pro provoz systému výroby elektřiny je jedním z velmi důležitých faktorů znalost průběhu spotřeby elektřiny v domácnosti. Nejvýznamnější je vztah mezi množstvím aktuálně potřebné elektřiny a schopností systému tuto energii v danou chvíli dodat a to ve dvou rovinách

– jaký je systém schopen poskytnout maximální momentální výkon a jak velkou část spotřeby dokáže pokrýt v delším časovém měřítku. Proměnlivost výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů pak určuje nutnost záložních zdrojů energie včetně její případné akumulace.

Elektřina se v domácnostech může spotřebovávat na vytápění, ohřev teplé užitkové vody (TUV), provoz domovních technologií, domácích elektrospotřebičů a umělého osvětlení. U vytápění a ohřevu TUV máme jiné a často levnější a k přírodě šetrnější způsoby, jak je zajistit, u ostatních kategorií je elektřina v současnosti nezastupitelná.

Ke zjištění spotřeby v domácnosti se dá dostat dvěma způsoby – buď ze statistických dat, nebo výpočtem na základě odhadu vybavenosti domácnosti elektrickými spotřebiči, jejich příkonu a doby provozu.

„Statistická zjišťování v této oblasti jsou zaměřená zejména na roční hodnoty spotřeby užívatelské elektrické energie domácností v kWh/rok a na jejich vybavenost elektrickými spotřebiči. Podrobnější průzkumy dále uvádí rozklad roční spotřeby pro jednotlivé spotřebiče nebo jejich skupiny dle účelu (chlazení potravin, osvětlení, praní, vaření atd.) Tyto výstupy jsou prezentovány jako průměry zjišťovaných souborů. Kromě hodnot spotřeby jsou nedílnou součástí statistických zjišťování také základní ukazatele popisující domácnost či bytovou jednotku – klíčové jsou zejména počet členů domácnosti a podlahová plocha bytové jednotky. Tyto údaje jsou často neúplné, o to však důležitější.“ [Staněk, 2012].

4.2.1 Domácnost

Pro uvažování o systému k výrobě elektřiny je základní premisou prostor, kde tyto systémy zřídit a vzhledem k době návratnosti investice také dlouhodobost tohoto stavu – budeme tedy uvažovat o rodině samostatně žijící ve vlastním rodinném domě⁴. Plocha bytů v rodinných domech na základě Sčítání lidí, domů a bytů v roce 2001 byla 96,7 m² [Web25]. Průměrná rozloha bytu pro čtyři osoby v roce 2011 pak dosáhla 104 m² užitkové plochy (z toho 77,7 metrů obytné plochy) [MMR ČR, 2014]. Pro domy dokončené v letech 1997 – 2009 dosahuje užitková plocha dokonce 147,5 m² (z toho 96,5m² obytné plochy) [Web26]. Tato plocha je pro naše účely důležitá ze dvou hlavních důvodů – částečně může ovlivňovat spotřebu energie (uvažujeme zejména osvětlení, vytápění předpokládáme jiným způsobem) a vztah

⁴ Dle SLDB 2001 bylo v ČR celkem 1 901 126 rodinných domů, s celkovým počtem bytů v rodinných domech 2 256 072, tzn. v průměru cca 1,19 bytu na rodinný dům (tedy zhruba každý pátý rodinný dům má dvě nebo více bytových jednotek, jinak jsou samostatné).

k ploše střechy, kde je třeba od množství zastavěné plochy odvodit, zda má dům na střeše dostatek místa pro instalaci potřebného výkonu fotovoltaických panelů.

Množství energie spotřebované na výrobu tepla – ať už vytápění nebo ohřev TUV – se zásadně liší v závislosti na mnoha faktorech. Jedním z nejvýznamnějších faktorů je energetická náročnost domu, tedy zejména zateplení (fasády, střechy, izolační vlastnosti oken atd.), dále pak hraje roli umístění domu (místní geografické a klimatické podmínky), spotřeba teplé vody, teplota na kterou je byt vytápěn a další. Rozdíly v množství spotřebované energie se také liší podle způsobu vytápění a elektřina ve většině případů není tou nejekonomičtější ani tou nepříznivější pro životní prostředí, na druhou stranu však bývá pro uživatele variantou nejpohodlnější a nejdostupnější. Podle údajů „Sčítání domů, lidí a bytů“ z roku 2011 je elektřina používána k vytápění pouze ve 2,76 % bytů v rodinných domech [MMR ČR, 2014], podle výzkumu Energo 2015, který vzhledem k zaměření na tuto problematiku je asi spolehlivější je tento podíl 14 %. Podle výzkumu Energo 2015 je pak elektřina využívána k ohřevu vody v 60,5 % rodinných domů [Web 27].

Jak je zmíněno výše, výpočet spotřeby energií na výrobu tepla je velmi náročný a variabilní. V této práci proto nebudu nadále energii spotřebovanou na vytápění zahrnovat do kalkulací, u energie spotřebované na ohřev TUV je výpočet obdobně komplikovaný (respektive velmi závislý na zvycích spotřebitele), lze však říci, že dle odborných výpočtů se může jednat o zhruba 2600 kWh za rok na sprchování a koupele [Larsen; Nesbakken, 2004], tuto hodnotu je však třeba navýšit ještě o energii na další činnosti, jako je například úklid domácnosti a tato spotřeba bude také pravděpodobně vyšší, pokud jsou v domácnosti více než tři osoby. Pro účely této práce tedy budu považovat za využitelné na ohřev teplé užitkové vody všechny přebytky elektřiny (v modelovém případě maximálně 2730 kWh/rok).

Významným faktorem ve spotřebě elektřiny je také samozřejmě vybavenost domácnosti elektrospotřebiči. Nejaktuálnější informace v této problematice jsou výsledky studie Energo 2015 realizované Českým statistickým úřadem, které byly zveřejněny v únoru 2017 (zpracovaná data lze najít v publikaci Spotřeba paliv a energií v domácnostech).

Ve výzkumu Energo jsou do spotřeby elektřiny počítány především tyto okruhy: vaření, osvětlení, chlazení (klimatizace), „velké“ domácí spotřebiče a další spotřeba (nezařaditelná do ostatních kategorií, například sekání trávy). Dle metodiky využití ve studii Energo 2015 se mezi „velké“ domácí spotřebiče řadí zejména: chladnička s mrazákem, chladnička, samostatný mrazák, automatická pračka (včetně pračky se sušičkou), sušička prádla, myčka nádobí, televizor a výpočetní technika. Spotřeba těchto spotřebičů je kromě doby jejich využití závislá na jejich energetické třídě. Na základě aktuálně platné legislativy se spotřebiče dělí

do deseti tříd od nejméně úsporné třídy „G“ po nejušpornější „A+++“. Následující tabulka ukazuje podíly spotřeby elektřiny v jednotlivých okruzích.

Tabulka 1 - Spotřeba elektřiny v domácnosti podle využití

Celkem	Vytápění	Ohřev TUV	Vaření	Osvětlení a spotřebiče	Chlazení	Ostatní užití
100,0 %	14,3 %	20,4 %	16,5 %	40,6 %	0,4 %	7,8 %

Zdroj: [ČSÚ, 2017]

Spotřeba jednotlivých elektrospotřebičů se postupně snižuje a v tomto směru je také vedena snaha v rámci Evropské unie, nicméně domácnosti jsou vybaveny čím dál tím větším množstvím rozličných spotřebičů, a celková spotřeba elektřiny tak neklesá, z dlouhodobého hlediska se očekává naopak její výrazný nárůst – do roku 2050 zhruba o 29% oproti stavu v roce 2014 [Web28].

Tabulka 2 - Vybavenost domácností elektrospotřebiči dle Energo 1997/2004/2015

Spotřebič	Energo 1997	Energo 2004	Energo 2015
automatická pračka	74,7 %	88,5 %	94,4 %
sušička prádla	3,3 %	1,9 %	5,1 %
chladnička	98,1 %	99,4 %	99,7 %
mraznička	65,2 %	70,1 %	22,1 %
myčka nádobí	3,3 %	13,2 %	36,5 %
počítač	12,4 %	34,5 %	71,1 %
klimatizace	0,4 %	0,3 %	1,1 %
elektrický sporák	16,3 %	35,9 %	41,9 %

Zdroj: [Web30], [ČSÚ, 2017]

4.2.2 Modelová domácnost a její spotřeba energie

V případě, že nejsou pro spotřebu domácnosti konkrétní data a je tedy třeba obecnější přístup, jsou často využívány takzvané typové diagramy dodávky (TDD) energie. Tvorbu těchto diagramů upravuje vyhláška 541/2005 Sb. o pravidlech trhu s elektřinou – TDD rozdělují celkovou spotřebu do různých fází roku podle typického tuzemského spotřebitele na základě dlouhodobého sledování. Typové diagramy dodávky zachycují spotřebu různých typů odběrných míst elektřiny v každou hodinu každého dne kalendářního roku, respektive rozložení celkové roční spotřeby do jednotlivých hodin. Tyto diagramy jsou vytvářeny a zveřejňovány operátorem trhu s energií (OTE) a to v různých variantách podle regionů a podle použitého tarifu. Pro potřebu této práce je nejdůležitější TDD třídy 4 – tedy typový diagram dodávek

pro domácnosti bez tepelného využití energie (vytápění a ohřev vody), v sazbách D01d, D02d a D61d [Web30]. Tato odběrová křivka je pro nás důležitá, protože umožňuje sledovat agregovaný průběh spotřeby, v domácnosti, bez vlivu tepelného využití, které je velmi individuální, jak bylo popsáno výše.

Spotřeba v domácnostech je průměrně 2015 kWh za rok dle Energo 2004 [Web29], dle REMODECE je to pak 2124 kWh pro české domácnosti a 2637 kWh průměr domácností v Evropě [Web31].

Vzhledem k nemožnosti určit obecný vzorec pro univerzálně platný model spotřeby, budu nadále pracovat s modelovým příkladem, na němž lze pozorovat a ilustrovat vlivy různých faktorů na provoz a návratnost systému pro výrobu elektřiny.

Model je převzatý z již citované publikace „Fotovoltaika pro budovy“. Jedná se o model přízemního rodinného domu v lokalitě Praha – Karlov se zastavěnou plochou 99,2 m² (užitková plocha 80,7 m²), kde na základě vybavenosti spotřebiči spočítal autor spotřebu domácnosti zhruba na 3400 kWh za rok.

Následující tabulky uvádí započítané spotřebiče v domácnosti, jejich jmenovitý příkon a celkovou roční spotřebu energie.

Tabulka 3 - Jmenovitý příkon a celková spotřeba elektrospotřebičů v modelové domácnosti

Spotřebič	Jmenovitý příkon [kW]	Spotřebič	Spotřeba [kWh/rok]
Sporák se sklokeramickou varnou deskou a troubou s grilem	8,1 (3 fáze)	Vaření	460
Mikrovlnná trouba	1,2	Myčka nádobí	268
Rychlovarná konvice	1,6	Pračka	214
Kávovar	1,0	Osvětlení	536
Kuchyňský robot	0,4	Lednička	502
Cirkulační digestoř	0,3	Spotřební elektronika	766
Myčka nádobí	2,0	Ostatní	345
Kombinovaná chladnička	0,2	Uživatelská elektřina celkem	3091
Vysavač	1,2	Pomocná elektřina celkem	309
Žehlička	1,2	Celková spotřeba	3400
Pračka	2,3		
Vysoušeč vlasů	1,5		
PC a elektronika (TV, DVD...)	0,8		
Ostatní zásuvky a rezerva	2,0		
Osvětlení	0,7		
Celkem elektrospotřebiče	24,5		

Zdroj: [Staněk, 2012]

Tento uvedený model počítá s instalací systému fototermických panelů (solárních kolektorů) k pokrytí části energií pro ohřev teplé užitkové vody, který spotřebuje na provoz čerpadla cca 75 kWh za rok (započítáno v pomocných energiích).

Celková spotřeba 3400 kWh je znatelně vyšší, než je průměrná hodnota zjištěná například ve výše zmiňovaném výzkumu REMODECE (2637 kWh/rok), tento rozdíl však můžeme přičíst v obecně vyšší spotřebě v rodinných domech a částečně také časovému odstupu, kdy mohlo dojít v mezičase k celkovému navýšení spotřeby domácnostech vlivem navyšování vybavenosti domácností elektrospotřebiči.

Kromě energie spotřebované fototermickým systémem je třeba také započítat spotřebu, která nemůže být napájena fotovoltaickými panely – v tomto modelu se jedná o elektrický sporák (roční spotřeba cca 460 kWh), u kterého je třeba počítat se zapojením na tři fáze, přičemž z praktického hlediska je výrazně jednodušší, pokud je fotovoltaicky napájena pouze jedna z nich, kvůli omezeným možnostem nerovnoměrné distribuce proudu mezi jednotlivé fáze⁵. Dvě třetiny jeho spotřeby je tedy třeba dodávat z distribuční sítě nebo z jiného zdroje elektřiny. V neposlední řadě je pak třeba započítat, že takový systém má omezení v maximálním množství okamžité dodávky energie a při zapnutí více spotřebičů s vyšším příkonem tak může docházet k problémům, respektive k nutnosti odběru energie z jiného než fotovoltaického zdroje, stejně jako se to děje při potřebě více fází. Autorem byl stanoven limit množství okamžité spotřeby, který je možné napájet fotovoltaickým systémem a to na 85 % [Staněk, 2012].

Tabulka 4 - Shrnutí spotřeby energie v modelovém domě

Specifikace spotřeby	Roční úhrn
Celková spotřeba energie	3400 kWh
Odečet dvou fází elektrického sporáku	-220 kWh
Spotřeba na 1 fázi	3180 kWh
Započitatelná spotřeba pro napájení FV systémem	2700 kWh

Zdroj: [Staněk, 2012]

Výsledná spotřeba, ze které je možné část pokrýt energií z fotovoltaických panelů, je tedy v tomto modelovém případě zhruba 2700 kWh za rok.

Pro výpočet průběhu spotřeby autor využil jako základ výše zmíněnou křivku typového diagramu za celý rok (k zaznamenání rozdílů spotřeby v letním a zimním období) v hodinových

⁵ Většina měničů umí rozdělovat proud z FV víceméně jen rovnoměrně, muselo by se tedy složitě sledovat, které spotřebiče jsou na které fázi zapojeny a spouštěny, tak, aby nedocházelo k přetížení některé z nich.

krocích, na které následně aplikoval „šum“⁶, simulující zapínání jednotlivých spotřebičů a vznik odběrových špiček. S tímto modelem budu nadále pracovat, zejména pak v kapitole 5.1 Faktory ovlivňující výrobu a spotřebu elektřiny.

4.3 Legislativní a administrativní podmínky

Kromě technologických možností a limitů, klimatických podmínek a spotřeby v domácnosti jsou významným prvkem při zřizování i provozu systému k výrobě elektřiny také podmínky legislativní a administrativní. Tyto podmínky mohou mít podobu bariér či povinností spojených s domácí výrobou elektřiny, kterými jsou například technické požadavky na tato zařízení a jejich registraci, nebo naopak podobu podpůrnou, například v podobě daňových úlev nebo dotace na pořízení systému, jako je tomu v programu Nová zelená úsporám. Následující podkapitoly shrnují nejdůležitější informace z této oblasti.

4.3.1 Stavební řízení

Instalace solárních panelů s sebou nese úpravy minimálně na střeše domu, kde je instalována. Na základě stavebního zákona je tedy nutné se zamyslet, zda není třeba stavební povolení. Bohužel hned na úvod je třeba říci, že podle dostupných informací není v tomto směru výklad stavebních úřadů jednotný.

Ač to vzhledem k podobnosti vzhledu i způsobu instalace nemusí být zřejmé, je i zde třeba rozlišovat solární panely fotovoltaické a fototermické. Podle stavebního zákona č. 183/2006 Sb. jsou solární kolektory pro ohřev vody zařízením, které nevyžaduje stavební povolení ani ohlášení. To je stanoveno v § 103 odst. 1 b 6):

"Stavební povolení ani ohlášení stavebnímu úřadu nevyžadují: ... 6. topné agregáty, čerpadla a zařízení pro solární ohřev vody" [Web32].

Pro fototermické panely je tedy situace relativně jednoduchá – stavební povolení není třeba, a je možno je tedy instalovat v tomto směru bez omezení. Vzhledem k tomu že nevzniká stavební řízení, je možné bez povolení instalovat fototermická zařízení i v chráněných krajinných oblastech a dalších ochranných zónách.

⁶ Metodiku aplikace šumu převzal autor publikace „Fotovoltaika pro budovy“ z: ZAPLATÍLEK, K.; DOŇAR, B. 2006. *MATLAB – začínáme se signály*. 1. vyd.: Praha, BEN – technická literatura. 272 s. ISBN 80-7300-200-0

Pokud chcete zařízení instalovat v památkové zóně nebo rezervaci (případně je dokonce sám dům kulturní památkou), je samozřejmě povolení třeba, konkrétně se jedná o závazné stanovisko obecního úřadu obce s rozšířenou působností ⁷. Národní památkový ústav v těchto případech dokonce doporučuje konzultovat stavební záměry ještě před podáním žádosti – „Památkáři z Národního památkového ústavu jsou vám k dispozici pro bezplatné konzultace. Nejlepší bude, když je pozvete přímo na místo plánovaných prací, kde vám vysvětlí, které z obecných zásad památkové péče se na vás vztahují a proč. Poradí vám také, jak nejlépe technicky i esteticky sloučit tyto zásady s vaším záměrem“ [Web33].

U fotovoltaických panelů je situace komplikovanější, může u nich totiž záležet na výkladu konkrétního stavebního úřadu či dokonce úředníka.

Při obvyklé instalaci na střechu budovy je rozhodujícím bodem, zda bude instalace vyhodnocena jako součást stavby bez úpravy vzhledu budovy – pokud tak bude vyhodnocena, není třeba ani stavební povolení, ani ohlášení ⁸. V případě, že bude instalace vyhodnocena jako úprava vzhledu budovy, stavební ohlášení nebo povolení potřeba je. Přísněji jsou posuzovány zpravidla instalace, kdy panely nekopírují rovinu střechy, ale jsou oproti ní v nadzvednuté poloze. Přesné vymezení případů, kdy stačí ohláška, je uvedeno v § 104–107. Dle § 108 stavebního zákona je pak třeba ve všech ostatních případech stavební povolení [Web34].

V případě umístění panelů samostatně mimo budovy se může na instalaci opět vztáhnout výjimka – podle § 103 odst. 1 písm. e) bod 9 stavebního zákona není u staveb pro výrobu energie vyžadováno stavební povolení ani ohlášení stavebnímu úřadu v případě, že jejich výkon nepřesáhne 20 kWp (Wp je jednotka označující maximální výkon fotovoltaických panelů při optimálních podmínkách). Pokud tedy Vámi plánovaná fotovoltaická elektrárna nepřesáhne špičkový výkon 20 kWp, pak ji při umístění na pozemku nemusíte ohlašovat ani žádat o stavební povolení.

⁷ Související právní předpisy:

- Úmluva o ochraně architektonického dědictví Evropy, publikovaná pod č. 73/2000 Sb.m.s.
- Úmluva o ochraně archeologického dědictví Evropy (revidovaná), publikovaná pod č. 99/2000 Sb.m.s.
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platném znění.
- Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb.
- Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 503/2006 Sb., o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření.
- Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 526/2006 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení stavebního zákona ve věcech stavebního řádu.
- Zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, v platném znění

⁸ Podle stanoviska Ministerstva pro místní rozvoj je možné posoudit takové instalace podle §103 odst. 1 písm. b) bod 2. stavebního zákona jako záměr, který pro svoji realizaci nevyžaduje stavební povolení ani ohlášení stavebnímu úřadu.

Ve všech případech ovšem platí, že pokud si nejste jistí, jak postupovat a zda bude instalace povolena, je nejbezpečnější zaslat předem písemný dotaz na místní stavební úřad (jedná se o tzv. žádost o předběžnou informaci podle § 139 Správního řádu).

4.3.1.1 Ochranné pásmo

V roce 2016 došlo k několika změnám, které instalaci fotovoltaických systémů usnadnily – jedna z nich je zrušení ochranného pásma pro fotovoltaické elektrárny s instalovaným výkonem do 10 kWp. Ochranné pásmo vzniká okolo zařízení k výrobě elektřiny na základě zákona 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) [Web35].

Tento zákon stanovuje, že ochranné pásmo je určeno k zajištění spolehlivého provozu zařízení elektrizační soustavy a k ochraně života, zdraví a majetku osob. Ochranné pásmo vzniká dnem nabytí právní moci územního rozhodnutí o umístění stavby nebo územního souhlasu s umístěním stavby. Pokud není podle stavebního zákona vyžadován ani jeden z těchto dokladů, potom dnem uvedení zařízení elektrizační soustavy do provozu.

V ochranném pásmu výroby elektřiny a elektrické stanice je zakázáno:

- a) zřizovat bez souhlasu vlastníka těchto zařízení stavby či umisťovat konstrukce a jiná podobná zařízení, jakož i uskladňovat hořlavé a výbušné látky,
- b) provádět bez souhlasu jeho vlastníka zemní práce,
- c) provádět činnosti, které by mohly ohrozit spolehlivost a bezpečnost provozu těchto zařízení nebo ohrozit život, zdraví či majetek osob,
- d) provádět činnosti, které by znemožňovaly nebo podstatně znesnadňovaly přístup k těmto zařízením.

Okolo fotovoltaických instalací zřízených před rokem 2016 vznikalo množství rozporů, souvisejících s omezováním práv (výše zmíněnými nařízeními) vlastníků pozemků sousedících s pozemky, na kterých byly fotovoltaická zařízení instalována. Tyto rozpory byly přirozeně ještě zvýšeny tím, že pro některé instalace nebylo třeba stavební řízení (viz výše) a majitelé okolních pozemků tedy neměli šanci vznik tohoto ochranného pásma nijak ovlivnit. I v případě, že pro zřízení fotovoltaické instalace bylo vedeno stavební řízení, majitelé okolních pozemků se o nich nemuseli dozvědět, protože některé stavební úřady zveřejňují informace o zahájení stavebního řízení pouze na svých webových stránkách a vývěskách úřadu, které přirozeně

většina vlastníků nemovitostí pravidelně nesleduje. Zřízení ochranného pásma je pak také některými právními znalci považováno za tak zásadní zásah do majetkových práv, že by k nim měl být vyžadován dokonce aktivní souhlas majitelů okolních pozemků a nemovitostí [Web36].

Pro účely rodinných domů nemají pravděpodobně systémy pro výrobu elektřiny nad 10 kWp příliš smysl, vzhledem k tomu, kolik energie dokáže domácnost přímo využít, ale také proto, že na střeších, kam jsou obvykle instalovány, není dostatek vhodného prostoru pro instalaci většího výkonu⁹. Pro instalace fotovoltaických systémů tedy zpravidla není třeba o ochranném pásmu uvažovat.

4.3.2 Licence k výrobě elektřiny a jejímu prodeji, připojení k distribuční soustavě

Jak již bylo zmíněno dříve, díky změnám v minulém roce došlo k několika zjednodušením pro provoz malých systémů k výrobě elektřiny. Jednou z těchto změn je novela § 3 odst. 3 zák. č. 458/2000 Sb., energetického zákona. Podle něj již na rozdíl od dřívějšího stavu není zapotřebí pro provoz výroby elektřiny určené pro vlastní spotřebu s instalovaným výkonem do 10 kW licence ERÚ pro výrobu elektřiny a to přesto, že je taková výroba připojena k distribuční soustavě. Jedinou podmínkou zákona je, že ve stejném odběrném místě nesmí být připojena jiná výroba provozovaná pod licenci.

Další z těchto změn je nová vyhláška o připojování č. 16/2016 Sb., platná od počátku února 2016. Tato vyhláška definuje zcela novou kategorii výroben – tzv. mikrozdroje.

Mikrozdroj je instalace s maximálním výkonem do 10 kW včetně, se jmenovitým střídavým fázovým proudem do 16 A na fázi a připojenou k distribuční soustavě. Mikrozdroy musí být rovněž vybaven zařízením, které zamezuje dodávce elektřiny do distribuční soustavy v místě připojení, s výjimkou krátkodobých přetoků elektřiny do distribuční soustavy, které slouží pro reakci omezujícího zařízení, ale které nezvýší hodnotu napětí v místě připojení. Pro tyto tzv. mikrozdroje pak vyhláška stanovuje zjednodušený proces připojení.

Pokud žadatel prokáže, že maximální hodnota impedance proudové smyčky v místě připojení je pro zdroje do 16 A na fázi 0,47 Ω a pro zdroje do 10 A na fázi 0,75 Ω , pak mu na připojení vzniká nárok. Provozovatel distribuční soustavy ho v takovém případě musí připojit a připravit novou smlouvu nebo dodatek ke stávající smlouvě o připojení vlastníka mikrozdroje

⁹ Pro dosažení výkonu 10 kWp pomocí polykrystalických fotovoltaických panelů po 260 Wp s účinností 16,1 %, je třeba zhruba 38 panelů. Bylo by tedy třeba zhruba 64 m² nestíněné plochy s vhodným sklonem a orientací.

jako zákazníka (odběratele). V případě, že chcete elektřinu prodávat zpět do sítě (nebo systém nesplňuje technické požadavky), je třeba klasická (nezjednodušená) žádost o připojení [Web37].

V případě využití možnosti připojení v režimu „mikrozdroje“, je třeba do systému začlenit zařízení zabraňující přetokům vyrobené energie zpět do sítě – pokud k přetokům do sítě přesto dojde, vystavuje se majitel takového zařízení pokutám zhruba ve výši od 37,- do 1497,- Kč za kWh, přičemž částka stoupá s rostoucím podílem přetoků z celkového instalovaného výkonu. Výše těchto pokut je stanovena a upravována Energetickým regulačním úřadem [ERÚ, 2016].

Klasická žádost o připojení může být vhodnou volbou i v případě, že systém splňuje podmínky mikrozdroje, a to právě z důvodu možnosti prodeje přebytků elektřiny zpět do sítě (ke kterému díky změně zákona nebude potřebovat licenci). Klasická žádost o připojení je o něco obsáhlejší, než žádost zjednodušená a v praxi bývá vyžadováno ještě zpracování studie připojitelnosti, které dokládá vliv systému na distribuční soustavu. Provozovatel distribuční soustavy má nicméně také právo po provozovateli výroby požadovat úhradu podílu na oprávněných nákladech připojení. Jeho výše se odvíjí od výše požadovaného rezervovaného výkonu. Neuhrazení uvedeného podílu nebo zálohy na něj pak může v konkrétním případě znamenat i ztrátu práva na připojení výroby k distribuční soustavě na základě uzavřené smlouvy o připojení [Web38].¹⁰

Další možností je samozřejmě také vybudovat ostrovní systém, tedy systém na výrobu energie, který pokrývá všechny potřeby domácnosti a dům není připojen na elektrickou distribuční síť. Pro takovou variantu není třeba kromě případného stavebního řízení žádná smlouva ani licence, pokud majitel nečerpá podporu v podobě dříve získaných zelených bonusů [Web39].

V neposlední řadě došlo v legislativě také ke změně v danění příjmů z výroby elektřiny. Novela zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, podle které není příjem z prodeje elektřiny vyrobené ve výrobě do 10 kW a provozované v souladu se zákonem bez licence, příjmem z podnikání. Jde o tzv. ostatní příjem. Tato novela tak umožňuje inkasovat platby za nespotebované přebytky elektřiny, dodané do elektrizační soustavy, i nepodnikatelům. Tento příjem pak provozovatel výroby zahrne mezi své ostatní nepodnikatelské příjmy a řádně ho zdaní – pokud takto získané příjmy nepřesáhnou v úhrnu s „ostatními příjmy“ částku 30 000 Kč za rok, budou navíc od daně z příjmů osvobozeny [Web40].

¹⁰ Podrobnosti o technických požadavcích na připojení je možno projít například na stránkách ČEZ [Odkaz13]

4.3.3 Podpora a dotace

„Pojem podporované zdroje energie vychází ze zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a změně některých zákonů. Podporovanými zdroji energie se rozumí zejména obnovitelné zdroje energie (tj. energie biomasy a bioplynu, sluneční energie, větrná energie, vodní energie atd.), druhotné zdroje, vysokoúčinná kombinovaná výroba elektřiny a tepla, biometan a decentralní výroba elektřiny.

Účelem uvedeného zákona je především podpořit využití uvedených zdrojů z důvodu ochrany klimatu a životního prostředí a zajištění zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě primárních energetických zdrojů k dosažení stanovených cílů.“ [Web41]

Podpora obnovitelných zdrojů je v České republice v současnosti realizovaná zejména dvěma způsoby. Prvním jsou dotace na zřízení podporovaného zdroje energie, která je prováděna prostřednictvím programu „Nová zelená úsporám“ (navazuje na původní program „Zelená úsporám“). Druhým způsobem jsou pak dotace přímo na vyrobenou energii a to buď v podobě garantovaných výkupních cen, nebo v podobě takzvaného zeleného bonusu.

Dalším způsobem podpory je pak snížená daň z přidané hodnoty z 21 % na 15 % na pořízení komponent i práci při instalaci fotovoltaického systému na rodinný dům.

4.3.3.1 Nová zelená úsporám

Program Nová zelená úsporám poskytuje širokou škálu dotací na různé druhy úspor energií. Dotace pro rodinné domy jsou rozděleny do tří oblastí: A) snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů, B) výstavba nových rodinných domů s velmi nízkými energetickými nároky a C) efektivní využití zdrojů energie [Web42].

Pro zřizování nových zdrojů energie je určena podoblast C.3 – Instalace solárních termických a fotovoltaických (FV) systémů. Při splnění podmínek lze čerpat podporu na zařízení nového systému na využívání energie ze slunce (ostatní obnovitelné zdroje bohužel nejsou zařazeny) v rozsahu 35 000–100 000 Kč, kde nejvyšší částka je určena pro fotovoltaické systémy s akumulací elektřiny a celkovým využitelným ziskem alespoň 3 000 kWh/rok [Web42].

Jednotlivé kategorie a výši podpory pro ně ukazuje následující tabulka.

Tabulka 5 - Maximální výše podpory podle typu systému

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč]
C.3.1	Solární termický systém na přípravu teplé vody	35 000
C.3.2	Solární termický systém na přípravu teplé vody a přitápění	50 000
C.3.3	FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	35 000
C.3.4	FV systém bez akumulace elektřiny s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	55 000
C.3.5	FV systém s akumulací elektřiny a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	70 000
C.3.6	FV systém s akumulací elektřiny a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000 \text{ kWh.rok}^{-1}$	100 000

Zdroj: [Web42]

Podporu lze čerpat na systémy instalované do dokončených rodinných domů i novostaveb, a je samozřejmě nutné splnit několik podmínek, mezi něž patří minimální hodnota účinnosti u fototermických systémů a maximální instalovaný výkon 10 kWp u fotovoltaických systémů.

Pro podoblast C.3.6, která je pro účely této práce nejdůležitější, lze základní podmínky shrnout do několika bodů¹¹:

- Celkový využitelný zisk v budově, tzn. roční množství vyrobené elektřiny použité v domě, dosáhne ročně alespoň 3000 kWh.
- Celkový využitelný zisk v budově (min. 3000 kWh) zároveň tvoří alespoň 70 % elektřiny vyrobené z FVE. Tzn. maximálně 30 % výroby může přetéct do sítě.
- FVE je připojena k distribuční soustavě a to až po 1. 1. 2016
- Měnič musí mít minimální účinnost 94 %, MPP tracker 98 %
- Systém musí být vybaven baterií o velikosti alespoň 1,75 kWh na každý instalovaný kWp fotovoltaiky

Pro systémy bez akumulace elektřiny je pak zpravidla dostupná podpora podle bodu C.3.4, kde je hlavní podmínkou využívat přebytky elektřiny pro výrobu tepla. Pro všechny fotovoltaické systémy, které mohou získat podporu, je pak společné, že Instalovaný výkon fotovoltaické elektrárny nepřesáhne 10 kWp, minimální účinnost panelů je 10 % pro tenkovrstvé a 15 % pro mono a polykrystalické a že panely budou umístěny na rodinném domku, nikoli například na zahradě [Web43].

¹¹ Pro podmínky udělení dotace je vypracován podrobný manuál dostupný na online na portálu programu Nová zelená úsporám [Odkaz14].

4.3.3.2 Dotované výkupní ceny a zelený bonus

Jak již bylo zmíněno výše, druhá forma podpory se vztahuje přímo k vyrobené elektrické energii a je rozdělena na dotovanou výkupní cenu a zelený bonus. Pro jeden systém výroby energie lze najednou využívat pouze jeden z těchto bonusů, nicméně mezi nimi lze jednou ročně přecházet. Dotována je pouze elektřina určená k dalšímu využití a nezapočítává se tedy energie spotřebovaná na technologický provoz systému a jeho ztráty (například při převodu stejnosměrného na střídavý proud). Výši těchto bonusů stanoví každý rok ERÚ a zveřejňuje je mimo jiné na svých webových stránkách [Web44].

Dotovaná výkupní cena

V případě výkupních cen má vykupující povinnost od výrobce elektřiny z OZE vykoupit veškerý objem elektřiny naměřené v předávacím místě výroby elektřiny a distribuční nebo přenosové soustavy a dodané do elektrizační soustavy za cenu stanovenou aktuálním cenovým rozhodnutím. U výkupních cen funguje takzvaná garance patnáctileté prosté návratnosti ze zákona (§ 12 zákona č.165/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů)¹², tato cena je po dobu životnosti výroby zachována jako minimální s pravidelnou 2% indexací, s výjimkou výroben využívajících biomasu, bioplyn nebo biokapaliny (u těch je počítána i na základě aktuální ceny paliv a může tedy teoreticky i klesnout).

Vyúčtování takto vykoupené elektřiny se provádí na základě hodnot naměřených měřidlem příslušného provozovatele v předávacím místě výroby elektřiny a distribuční soustavy nebo přenosové soustavy. Výkupní ceny jsou po zadání výroby do systému Operátora trhu s energií (OTE) fakturovány přímo povinně vykupujícímu. Výkupní cena je na rozdíl od zeleného bonusu účtována včetně DPH [Web45].

Zelený bonus

Zelený bonus na elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů energie vyplácí OTE za veškerou vyrobenou (a účelně spotřebovanou elektřinu včetně té, která je spotřebována přímo v místě výroby) a naměřenou stanoveným měřidlem s výjimkou technologické vlastní spotřeby elektřiny. Při podpoře formou zelených bonusů si musí výrobce najít sám svého

¹² Vztahuje pouze na podporu formou výkupní ceny za podmínky splnění technických a ekonomických parametrů stanovených vyhláškou č. 347/2012 Sb. (dříve č. 475/2005 Sb.).

odběratele elektřiny a s ním si sjednat cenu. Část vyrobené elektřiny je také možné využít pro vlastní spotřebu a s obchodníkem sjednat smlouvu pouze na dodávku nespotřebovaných přebytků (v případě, že dochází k přetokům do elektrizační soustavy bez smlouvy o dodávce, jedná se o neoprávněnou dodávku bez nároku na podporu). Zelený bonus je zpravidla spojen s vyšším výnosem korespondujícím se zvýšeným rizikem daným prodejem vyrobené elektřiny za aktuální ceny oproti dotované a garantované výkupní ceně. Zelené bonusy jsou výrobcí vypláceny přímo prostřednictvím OTE [Web45].

Pro fotovoltaické systémy připojené po roce 2013 bohužel nejsou již dotované ceny ani zelený bonus podporovány, nicméně pro větrné elektrárny (a další zdroje) stále dostupné jsou. Obecně platí, že čím později byla výrobní elektřina zprovozněna a připojena, tím nižší jsou na ni poskytovány dotace. Následující tabulka pro představu uvádí dotace pro větrné elektrárny.

Tabulka 6 - Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu pro větrné elektrárny

Datum uvedení výroby do provozu		Jednotarifní pásmo provozování	
od (včetně)	do (včetně)	Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
-	31. 12. 2003	4 009	3 509
1. 1. 2004	31. 12. 2004	3 622	3 122
1. 1. 2005	31. 12. 2005	3 446	2 946
1. 1. 2006	31. 12. 2006	3 146	2 646
1. 1. 2007	31. 12. 2007	3 091	2 591
1. 1. 2008	31. 12. 2008	3 015	2 515
1. 1. 2009	31. 12. 2009	2 750	2 250
1. 1. 2010	31. 12. 2010	2 573	2 073
1. 1. 2011	31. 12. 2011	2 517	2 017
1. 1. 2012	31. 12. 2012	2 462	1 962
1. 1. 2013	31. 12. 2013	2 294	1 794
1. 1. 2014	31. 12. 2014	2 137	1 637
1. 1. 2015	31. 12. 2015	2 060	1 560
1. 1. 2016	31. 12. 2016	1 969	1 469
1. 1. 2017	31. 12. 2017	1 930	1 430

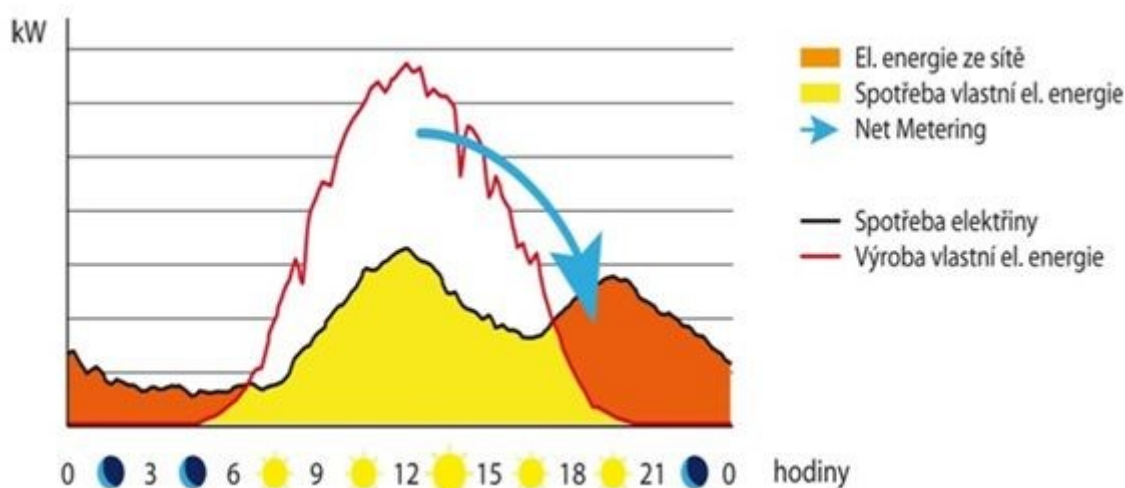
Zdroj: [ERÚ, 2015]

4.3.3.3 Systém s vyrovnávacím obdobím výroby/spotřeby (net-metering)

Jedním z významných typů podpory pro rozvoj malých obnovitelných zdrojů energie je takzvaný net-metering (občas také nazývaný net-billing). Tento nástroj se používá v některých zemích svým způsobem již od osmdesátých let (v USA) a funguje na jednoduchém

principu – výrobce energie dodává přebytečnou elektřinu ze svého systému do distribuční sítě a následně může v předem stanoveném období z distribuční sítě elektřinu opět čerpat pro vlastní potřebu. Dalo by se také říci, že se jedná o formu virtuální akumulace. Účet za elektřinu, který výrobce platí, je následně spočítán rozdílem jeho výroby a spotřeby za dané období [Web46]. Následující graf zjednodušeně ilustruje bilanční účtování na základě net-meteringu.

Graf 8 - Bilanční účtování na základě net-meteringu



Zdroj: [Odkaz15]

Pravidla v dané lokalitě pro net-metering jsou stanovena legislativně či upravena vyhláškou místního regulátora. Konkrétní podoba už záleží na dohodě mezi odběratelem elektřiny (vlastníkem OZE), obchodníkem s elektrickou energií, a místní distribuční společností.

Jedním z hlavních faktorů je nastavení délky zúčtovacího období a způsob vyrovnávání. V ideálním případě (který v USA funguje) je pro bilanci výroby a odběru energie celý kalendářní rok, ale může být i kratší – například měsíc či dokonce jen den. V případě že bylo z distribuční sítě více čerpáno než dodáváno, rozdíl uživatel doplatí klasickým způsobem, a pokud naopak dodal víc než spotřeboval, je mu buď vyplacena předem stanovená cena za kWh (obvykle jen do určité výše) nebo je přebytek přenesen jako „kredit“ do dalšího období.

Net-metering tak na rozdíl od garantovaných výkupních cen slouží primárně ke snižování nebo až „vynulování“ účtů za elektřinu. Cílem je tedy spíše ušetřit než vydělat a výrobou z vlastního obnovitelného zdroje energie (OZE) spíše vyrovnat svou roční spotřebu, než pokrýt okamžitou spotřebu v každou denní dobu. Tyto okolnosti umožňují instalovat menší a levnější

zdroje a v kombinaci s nízkou administrativní náročností se tak jedná o účinnou pobídku k pořízení obnovitelného zdroje elektřiny [Web47].

Následující tabulka stručně shrnuje hlavní přínosy a náklady net-meteringu.

Tabulka 7 - Přínosy a náklady net-meteringu

Přínosy	Náklady
Úspora za nepoužité fosilní palivo a z toho plynoucí snížení emisí	Náklady na správu net meteringu
Úspora na investicích do přenosové a distribuční soustavy	Snížení příjmů energetických společností na údržbu infrastruktury
Snížení ztrát v síti	
Úspora za správu dodávek elektřiny (Velmi nepravděpodobné, náklady na správu jsou v podstatě nezávislé na objemu dodané energie.)	
Snížení nákladů na plnění závazků ohledně emisí CO ₂ a rozvoje obnovitelné energie	

Zdroj: [Web47]

Přestože net-metering výrazně napomohl rozvoji OZE v USA, má také samozřejmě své nevýhody. Jedním z nejvýznamnějších je takzvané „přehazování“ nákladů na údržbu sítě a další služby správce distribuční sítě na uživatele, kteří v režimu net-meteringu nefungují.

Jednou z odpovědí na tento problém je takzvaná „solar value“, která je jakýmsi spojením net-meteringu a u nás fungující zelené úsporám. V tomto systému vlastník OZE dodává veškerou svou spotřebu do distribuční sítě a naopak z ní čerpá jako běžný zákazník. Na rozdíl od net-meteringu však není jeho účet za elektřinu snižován přímým odečítáním energie, kterou do distribuční sítě dodal, ale o částku, za kterou energii dodal do distribuční sítě. Tato částka (cena za kWh) pak může být kalkulována různě, ale vždy se odvíjí od tržní ceny energie a zohledňuje výše zmíněné náklady na údržbu distribuční sítě a další služby [Web48].

V České republice v současnosti net-metering nefunguje, nicméně se o něm již delší dobu debatuje a ani představitelé velkých energetických společností ho zcela nezamítají¹³ a stojí tedy za to o něm uvažovat i v našich podmínkách.

¹³ Například dle vyjádření ČEZ [Odkaz16]

5. Výstavba a provoz systémů k domácí výrobě elektřiny z ekonomického hlediska

Návratnost investice do zřízení systému pro domácí výrobu energie je daná mnoha faktory, přičemž v této kapitole se pokusím stručně znázornit vlivy těch nejvýznamnějších z nich.

Pro účely této práce rozdělím vlivy do dvou skupin. První skupinou faktorů jsou ty, které ovlivňují výrobu a spotřebu elektřiny, jedná se tedy například o množství energie vyrobené, spotřebované a případně prodané.

Druhou skupinou jsou faktory ekonomické, tedy například za kolik se energie nakupuje a prodává, nebo jaké lze získat dotace.

5.1 Faktory ovlivňující výrobu a spotřebu elektřiny

5.1.1 Volba nastavení a zdroje výroby elektřiny

Jedním z prvních rozhodnutí, které je třeba učinit při rozhodování o podobě systému pro domácí výrobu elektřiny je, zda bude systém ostrovní (bez připojení na distribuční síť) a zda bude mít implementovány způsoby k akumulaci energie (zpravidla baterie), či nikoli.

Zdroje energie jsou pro naše účely dostupné v zásadě tři – solární, větrné a vodní (podrobně viz kapitola 3.2.1). Vodní zdroje mohou být potenciálně zajímavé, nicméně v České republice je k nim přístup pouze u velmi malého zlomku rodinných domů, zejména vezmeme-li v potaz požadavky na průtok a spád vodního toku, navíc v kombinaci s potřebnými právy na užívání toku a s ohledem na ochranu životního prostředí.

Větrná energie je výrazně dostupnějším zdrojem, nicméně ani ta není příliš nakloněna malým instalacím. Větrné turbíny je třeba pro dobré fungování umístit do vyšších poloh nad povrchem, což narušuje vzhled okolí (krajinný ráz) zpravidla více než fotovoltaické panely umístěné na střeše domu. Kombinace větrného a solárního zdroje energie pak navíc z ekonomického hlediska díky výraznému snižování cen fotovoltaických panelů není ani nijak výhodná [Bocklisch; Linder, 2016].

Po zvážení těchto okolností vychází obvykle nejlépe čistě fotovoltaický systém, čemuž odpovídá i zastoupení provozoven solárních a větrných elektráren, kdy podle udělených licencí pro provozy do 10 kWp v roce 2012 bylo uděleno Energetickým regulačním úřadem pouze 20 licencí na provoz větrných elektráren a 7652 na provoz solárních elektráren [Web50]. U těchto čísel je však třeba brát v úvahu masivní podporu, která byla solárním elektrárnám poskytována.

Pokud odhlédneme od faktorů z oblasti naprosté vlastní energetické soběstačnosti, ať už jsou důvody pro ni ideové nebo jen jako ochrana před rozsáhlejším blackoutem distribuční sítě, ostrovní varianta bohužel v současné době zatím není ekonomicky validní, pokud se nejedná o zvláštní oblast, kde by připojení na distribuční síť obnášelo výrazné vstupní náklady (vybudování vedení a přípojky). Kvůli proměnlivosti dodávané energie z obnovitelných zdrojů je totiž k dosažení naprosté soběstačnosti třeba velmi vysoká akumulací kapacita v kombinaci s výrazným navýšením instalovaného výkonu zdrojů k výrobě elektřiny [Bocklisch; Linder, 2016]. Změna této situace je závislá na snížení ceny technologií pro rozsáhlejší akumulaci, zejména pokud by se stala dostupnější varianta umožňující dlouhodobé ukládání například v podobě vodíku [Lacko; et al., 2014].

5.1.2 Nastavení velikosti systému a využití elektřiny

5.1.2.1 Optimální instalovaný výkon

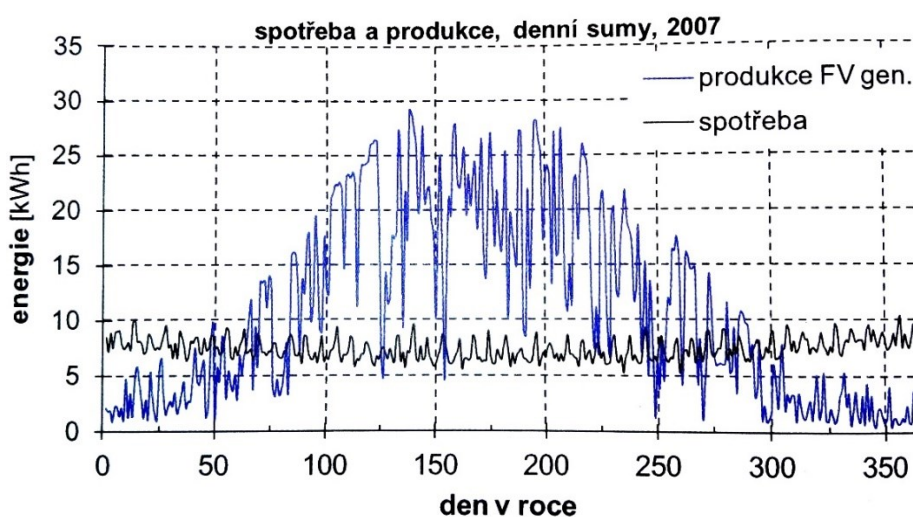
Při určování optimálního instalovaného výkonu je kromě základních technických a klimatických či geografických omezení třeba zohlednit několik důležitých faktorů. Mezi nejdůležitější patří spotřeba v domácnosti a její průběh, načež následují ekonomické podmínky – požadavky pro získání případné podpory (v našem případě aktuálně z programu „Nová zelená úsporám“), cena elektřiny a aktuální cena technologií (zejména fotovoltaických panelů, měniče a akumulací kapacit).

Pro základní spotřebu v domácnosti využíváme modelovou domácnost popsanou v kapitole 4.2.2, jejíž výsledná spotřeba je zhruba 3105 kWh za rok. Pro výpočet průběhu spotřeby pak existuje několik přístupů, které se dělí na tři hlavní směry – metody založené na zkušenosti (odhadu či empirickém měření), metody analytické a metody založené na simulacích. Hlavní nevýhodou empirických metod je zpravidla jejich platnost pro velmi omezenou oblast a sadu vnějších okolností, analytické bývají víceméně orientační a simulační

jsou složité a náročné na vstupní data i výpočetní kapacitu [Arun; Banerjee; Bandyopadhyay, 2007].

Pro naši modelovou domácnost (viz kapitola 4.2.2) již naštěstí byla tato kalkulace vytvořena. Ta byla provedena na základě typizované křivky odběru v domácnostech bez využití elektřiny k výrobě tepla (TDD 4) a celkové uživatelské i podpůrné spotřeby, ze kterých byly vytvořeny modely průběhu spotřeby a jejich překryvu s produkcí fotovoltaického systému, která byla počítána na základě klimatických údajů v dané lokalitě (Praha – Karlov). Následující graf znázorňuje překryv denní produkce fotovoltaického systému a denní spotřeby elektřiny v domácnosti v roce 2007.

Graf 9 - Průběh produkce a spotřeby v modelové domácnosti



Zdroj: [Staněk, 2012]

Na grafu lze vidět denní sumy produkce a spotřeby energie, které však nevypovídají plně o překryvu produkce a spotřeby. Znamená to, že mezi dnem 100 a 250 se obvykle vyprodukuje více elektřiny, než kolik se jí spotřebuje, nicméně v hodinách okolo poledne vzniká nadprodukce a elektřina musí být přeměněna na jinou energii (teplo nebo uložena do baterií) nebo dodána (prodána) do distribuční sítě. Ve večerních hodinách naopak už fotovoltaické panely elektřinu neprodukují a musí tak být elektřina získávána z baterií nebo nakupována z distribuční sítě.

Hlavní slabinou těchto modelů pro účel této práce je, že se nemusí jednat o zcela optimální variantu instalací k dané spotřebě, u varianty s akumulací by pro obdobné pokrytí vlastní spotřeby stačilo pravděpodobně instalovat zhruba o 1 kWp méně, tyto přebytky ovšem mohou být využívány ke snížení spotřeby jiné energie na ohřev teplé užitkové vody.

5.1.2.1.1 Varianta systému bez možnosti akumulace

Následující tabulka stručně shrnuje poměry výroby a spotřeby elektřiny v modelové domácnosti v případě, že jsou instalovány fotovoltaické panely o výkonu 4,5 kWp a není instalována akumulací kapacita (baterie), celkové ztráty systému jsou v modelu počítány na 20 % (ztráty ve vedení, měniči atd.) Spotřeba, která není pokryta z fotovoltaického zdroje, je kryta odběrem z distribuční sítě.

Tabulka 8 - Výroba a spotřeba v modelové domácnosti bez akumulace

Spotřeba domácnosti	
Spotřeba uživatelské a pomocné EE	3400 kWh/rok
Spotřeba fáze s FV zdrojem	3180 kWh/rok
Započitatelná spotřeba fáze s FV zdrojem	2700 kWh/rok
Bilance elektřiny v domě	
Produkce FV systému	3860 kWh/rok
Přímo využitelná produkce	1130 kWh/rok
Přebytky	2730 kWh/rok
Odběr ze sítě	1570 kWh/rok

Zdroj: [Staněk, 2012]

Celkem je tedy započitatelná spotřeba fáze s fotovoltaickým zdrojem kryta z 42 %, k čemuž je využito 39 % produkce elektřiny. Zbývajících 71 % musí být využito jinak – buď dodáním do distribuční sítě, nebo zužitkováním například k ohřevu teplé užitkové vody (případně kombinace těchto dvou).

V této variantě je tedy úspora cca 1130 kWh za rok, které nebudou muset být odebrány z distribuční sítě, a přebývá 2730 kWh, které je možné prodat, nebo využít jiným způsobem, v našem případě primárně k ohřevu teplé užitkové vody.

5.1.2.1.2 Varianta systému s možností akumulace

Při připojení akumulací technologie je pak třeba počítat se zvýšením ztrát systému, které jsou pro tento modelový příklad shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 9 - Ztráty při zapojení akumulací technologie

Ztráta	Hodnota
AC/DC konverze při dobíjení akumulátorů	10 %
Dobíjení akumulátorů	10 %
DC/AC konverze při vybíjení akumulátorů	10 %

Zdroj: [Staněk, 2012]

Účinná kapacita akumulátorů (kolik je z nich skutečně možno získat energie) je pak předpokládána na 80 % jmenovité hodnoty (tedy z plně nabitě kapacity baterie 1kWh získáme cca 0,8 kWh energie).

Následující tabulka stručně shrnuje vztah spotřeby elektřiny v modelové domácnosti v případě, že jsou instalovány fotovoltaické panely o výkonu 4,5 kWp a je instalována akumulací kapacita (baterie) s účinnou kapacitou 4,5 kWh (5,6 kWh jmenovité kapacity)

Tabulka 10 - *Výroba a spotřeba v modelové domácnosti s možností akumulace*

Spotřeba domácnosti	
Spotřeba uživatelské a pomocné EE	3400 kWh/rok
Spotřeba fáze s FV zdrojem	3180 kWh/rok
Započitatelná spotřeba fáze s FV zdrojem	2700 kWh/rok
Bilance elektřiny v domě	
Produkce FV systému	3860 kWh/rok
Přímo využitelná produkce	1130 kWh/rok
Elektřina využitelná prostřednictvím akumulace	760 kWh/rok
Přebytky	1698 kWh/rok
Odběr ze sítě	1510 kWh/rok

Zdroj: [Staněk, 2012]

Celkem je tedy započitatelná spotřeba fáze s fotovoltaickým zdrojem kryta ze 70 %, k čemuž je využito 49 % produkce elektřiny. Celkem 44 % musí být opět využito jinak – buď dodáním do distribuční sítě, nebo zužitkováním například k ohřevu TUV (případně kombinace těchto dvou). Zbývající energie (cca 7 % produkce) je spotřebováno na ztráty při akumulaci.

V této variantě je tedy úspora cca 1890 kWh za rok, které nebudou muset být odebrány z distribuční sítě, a přebývá 1698 kWh, které je možné prodat, nebo využít jiným způsobem.

5.1.2.2 Výpočet optimálního instalovaného výkonu a akumulací kapacity

Vzhledem k ostatním okolnostem, zejména ceně elektřiny (viz kapitola 5.2.1.), můžeme považovat za optimální takové nastavení, které maximalizuje vlastní spotřebu a tím přináší největší úspory a zároveň minimum nevyužitých přebytků, které zvyšují náklady na pořízení fotovoltaického systému.

Taková kalkulace byla provedena autorem publikace právě pro případ modelové domácnosti, tedy domácnosti, která se svým průběhem blíží typovým diagramům dodávek třídy 4 (TDD4) – jedná se o domácnost s typickou ranní a večerní špičkou spotřeby bez tepelného využívání elektřiny (respektive v našem případě jsou na ohřev teplé vody využívány pouze

přebytky). Výsledky této kalkulace lze orientačně použít i pro další domácnosti tohoto typu a způsob provedení autorova výpočtu lze shrnout následovně:

Vhodná kapacita akumulátorů je dána především denní spotřebou v domácnosti a schopností fotovoltaického zdroje je nabíjet – výrazné navýšení využitelné produkce probíhá do 60 % průměrné denní spotřeby, pak dochází už jen k pomalému nárůstu. Účinnou kapacitu akumulátorů ve výši 60 % průměrné denní spotřeby lze tedy považovat za optimální nastavení pro domácnosti tohoto typu ¹⁴.

Nejdůležitějšími vztahy pro výpočet optimální konfigurace instalovaného výkonu fotovoltaických panelů jsou vztahy tří faktorů – spotřeba domácnosti, instalovaný výkon a kapacita akumulátorů. Tyto faktory jsou převedeny do formy bilančních ukazatelů:

Index soběstačnosti = využitelná produkce fotovoltaického zdroje/spotřeba

Index využitelnosti produkce = využitelná produkce fotovoltaického zdroje/produkce fotovoltaického zdroje

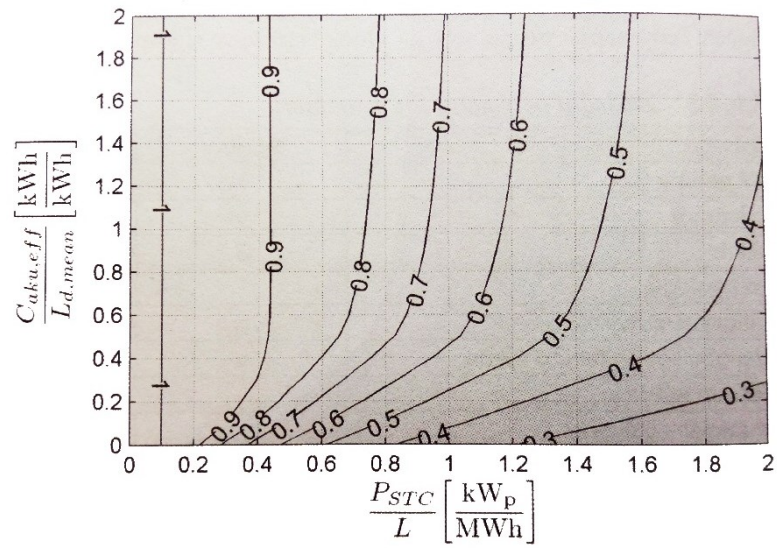
Index exportu = dodávka do sítě/produkce fotovoltaického zdroje

Průběh těchto indexů je vyneseno do grafů s osami tvořenými klíčovými faktory. Horizontální osa je vyjádřena poměrem mezi instalovaným výkonem fotovoltaických panelů v kWp (P_{STC}) a roční spotřebou v MWh (L). Na vertikální ose je pak vyneseno poměr mezi účinnou kapacitou akumulátorů v kWh ($C_{aku,eff}$) a průměrnou denní spotřebou také v kWh ($L_{d,mean}$). Průměrná denní spotřeba je zde definována jako roční spotřeba vydělená 365, přičemž se zde počítá pouze s roční spotřebou, která může být kryta produkcí fotovoltaických panelů (tedy ne spotřebou zařízení, která jsou zapojena výhradně na jiné zdroje). Grafy těchto indexů jsou uvedeny níže:

¹⁴ Podrobnější zdůvodnění tohoto výpočtu lze najít v [Staněk, 2012] str. 199–204.

Graf 10 - Index využitelnosti produkce

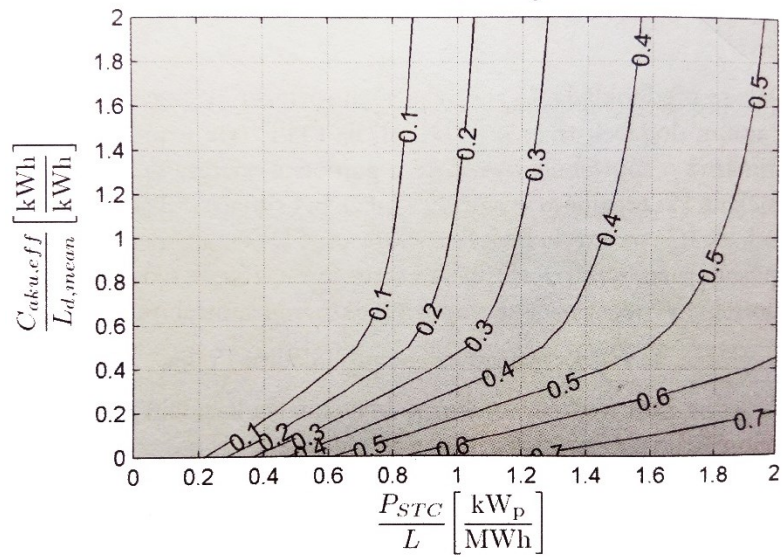
index využitelnosti produkce, f_u



Zdroj: [Staněk, 2012]

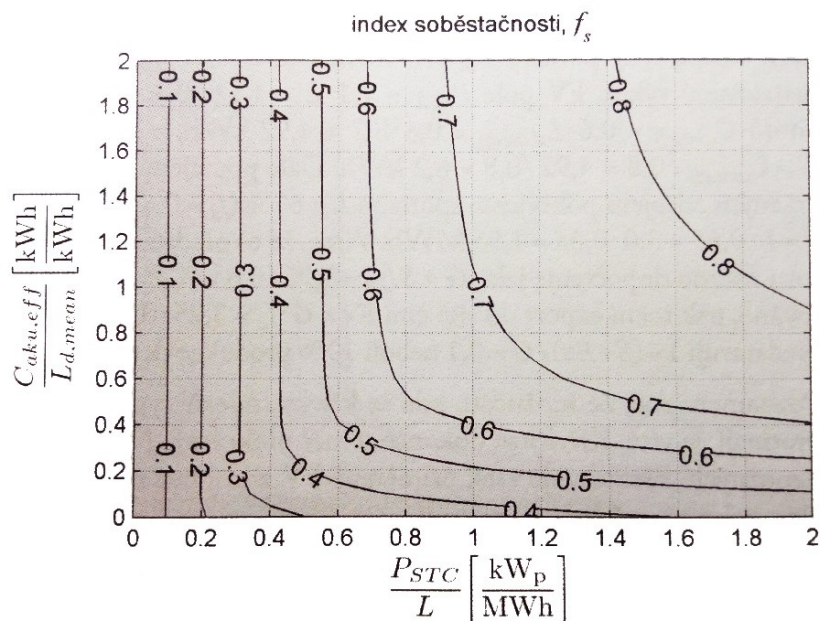
Graf 11 - Index exportu

index exportu, f_e



Zdroj: [Staněk, 2012]

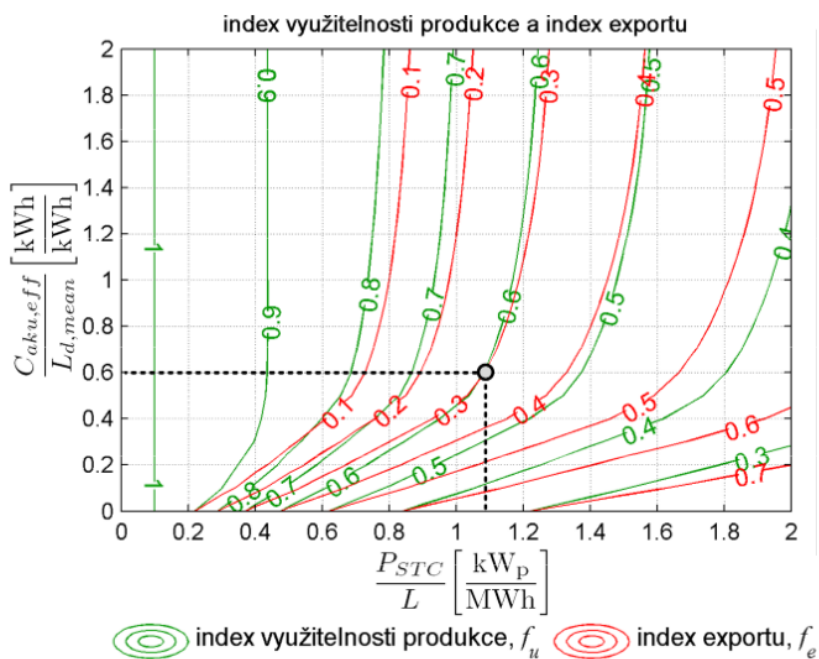
Graf 12 - Index soběstačnosti



Zdroj: [Staněk, 2012]

Následující graf znázorňuje současně index využitelnosti produkce a index exportu a interpretaci těchto bilančních ukazatelů pro konkrétní případ – pokud je započitatelná roční spotřeba L 3 MWh, průměrná denní spotřeba $L_{d,mean}$ tedy 8,2 kWh a stanovíme si, že využitelnost produkce fotovoltaických panelů f_u by měla být 60 % a export nejvíce 30 %, můžeme na překryvu těchto dvou grafů určit optimální nastavení splňující tyto parametry.

Graf 13 - Index využitelnosti produkce a index exportu



Zdroj: [Staněk, 2012]

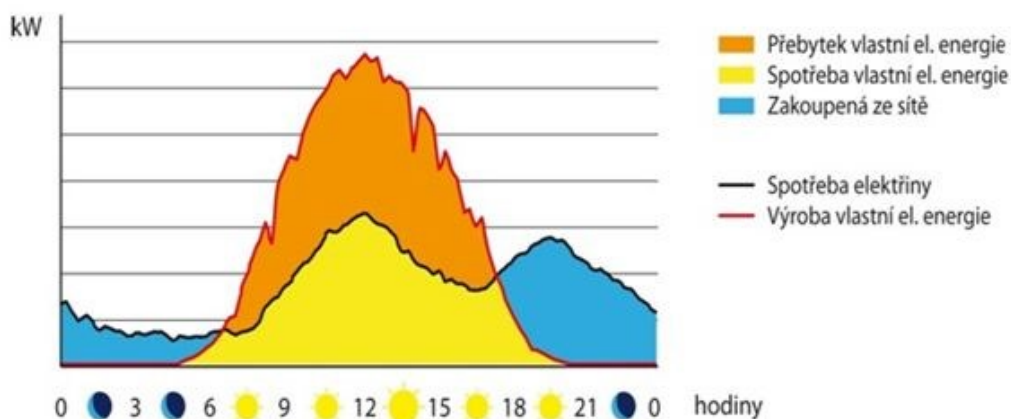
Na grafu je možno odečíst jedno z možných řešení vyjádřené poměry P_{STC}/L rovný 1,1 a $C_{aku,eff}/L_{d,mean}$ rovný 0,6. Z toho plyne instalovaný výkon fotovoltaických panelů $P_{STC}=1,1*L=1,1*3,0=3,3$ kWp a účinná kapacita akumulátorů $C_{aku,eff}=0,6*L_{d,mean}=0,6*8,2=4,92$ kWh. Dále se dá použít graf indexu soběstačnosti, abychom odhadli, že navrženým zdrojem pokryjeme spotřebu L z 65 % ($f_s=0,65$), z čehož vyplývá roční využitelná produkce $S=L*0,65=3*0,65=1,95$ MWh. Z těchto údajů lze také dopočítat, že celková produkce takového systému je 3,25 GWh za rok, a přebytky činí 0,98 GWh za rok. Navržené řešení dále není podle autora jediné možné vzhledem k tomu, že křivky indexů využitelnosti a exportu se protínají na více místech, představuje však přiměřený fotovoltaický zdroj bez nutnosti velké kapacity akumulátorů, ale s pokrytím větší části spotřeby [Staněk, 2012].

5.1.2.3 Přizpůsobení průběhu spotřeby domácnosti

Kromě celkové spotřeby elektřiny je extrémně důležitým faktorem její průběh. Jak již bylo popsáno v kapitole věnující se fotovoltaickým panelům, jejich produkce je závislá především na slunečním svitu, potažmo na denní době s charakteristickou špičkou v poledne (u panelů orientovaných k jihu). Stejně tak je denní dobou výrazně ovlivněna spotřeba v domácnosti, která je charakteristická dopolední a večerní špičkou. Velká část spotřeby energie se tak za normálních okolností odehrává mimo dobu, kdy fotovoltaické panely produkují elektřinu.

Následující graf ilustruje průnik křivek spotřeby a výroby elektřiny a tedy i množství energie, které je třeba dodat ze „záložního systému“, nejčastěji tedy z distribuční sítě.

Graf 14 - Graf průniku výroby a spotřeby elektřiny



Zdroj: [Odkaz15]

Přizpůsobením průběhu spotřeby domácnosti se tedy skýtá možnost navýšení využitelnosti elektřiny z fotovoltaických panelů a to jejím přesunutím z ranních či večerních hodin do doby kolem poledne, kdy dosahuje produkce fotovoltaických panelů maxima a vznikají tak největší přebytky. Taková úprava chování spotřebitele bývá nazývána „demand side management“ (DSM, management na straně spotřeby).

Úpravu spotřeby je třeba vnímat v širším kontextu chování domácnosti. Úspory na energii díky fotovoltaickému systému totiž mohou vést poměrně neintuitivně k celkovému navýšení spotřeby domácnosti, protože se sníží u uživateli vnímaná hodnota energie [Keirstead, 2007].

Přesun spotřeby se může realizovat dvěma způsoby – buď manuálním přepínáním spotřebičů uživatelem, nebo automaticky, ať už jednoduchým časovačem, nebo složitějšími automatizovanými metodami pracujícími obvykle s určitou formou predikce či algoritmů, zahrnujícími například práci s daty předpovědi počasí nebo informacemi o historii spotřeby v domácnosti [Zong; et al., 2012]. V případě, že je součástí systému i akumulací kapacita, může být jeho kapacita samozřejmě také započítána, přičemž zařízení pro měření a úpravu spotřeby na základě těchto informací bývají umístěny u měniče [Web50].

Při počítání úpravy spotřeby je třeba důsledně rozlišovat mezi přímou spotřebou a energií uloženou do akumulacích prostředků (ať už baterií, vodíku nebo jinak), protože akumulace energie s sebou nese vždy větší či menší ztráty energie a je tedy vždy lepší smysluplné využití energie v době její výroby místo jejího ukládání [Li; Danzer, 2014].

Dle review k tomuto tématu lze dosáhnout pomocí managementu na straně spotřeby zvýšení využitelnosti produkce fotovoltaického systému o 2 % až 15 % produkce, přičemž větší změny lze dosáhnout u systému, který má menší instalovaný výkon, a má tedy menší již existující překryv spotřeby s produkcí [Luthander; et al., 2015].

V našem modelovém případě je nejsnáze přesunutelná spotřeba pračky a myčky nádobí, u kterých lze i bez dalších technických úprav zpravidla nastavit dobu spuštění. Roční spotřeba těchto dvou spotřebičů je zhruba 482 kWh (268 kWh myčka nádobí, 214 kWh pračka) z 2700 kWh, tedy zhruba 12,49 % z celkové roční produkce fotovoltaického 3860 kWh. Výše tohoto podílu však nemůže být v našem započítatelná celá, vzhledem k tomu, že nevíme, jak velká část jejich spotřeby se prolíná s produkcí fotovoltaického systému bez využití managementu na straně spotřeby. Tento překryv se bude také velmi lišit podle dané domácnosti, budeme tedy pro účely této práce počítat, že bez managementu je jejich spotřeba pokryta z deseti procent (48,2 kWh) a v případě aplikace managementu spotřeby je jejich spotřeba kryta z devadesáti procent (433,8 kWh). Rozdíl ve využitelnosti je tedy počítán jako 321 kWh ročně, což je zhruba 8,31 % roční produkce a spadá tedy zhruba doprostřed rozpětí uváděného ve studiích k tomuto

tématu. Pro zjednodušení počítám tuto hodnotu stejnou pro systémy s akumulací i bez akumulace, přestože v praxi by zde pravděpodobně byly drobné rozdíly.

Hodnoty pokrytí spotřeby elektřiny produkcí fotovoltaického systému s využitím managementu na straně spotřeby pro náš modelový příklad jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 11 - Pokrytí spotřeby produkcí FV systému ve vztahu k DSM

	Systém bez akumulace		Systém s akumulací	
	bez DSM	s DSM	bez DSM	s DSM
Produkce FV systému	3860 kWh/rok	3860 kWh/rok	3860 kWh/rok	3860 kWh/rok
Přímo využitelná produkce	1130 kWh/rok	1451 kWh/rok	1130 kWh/rok	1451 kWh/rok
Energie z akumulace	-		760 kWh/rok	760 kWh/rok
Přebytky	2730 kWh/rok	2409 kWh/rok	1698 kWh/rok	1377 kWh/rok
Dodávka ze sítě	2270 kWh/rok	2449 kWh/rok	1510 kWh/rok	1189 kWh/rok

5.2 Ekonomické faktory – návratnost investice

Pro zjištění návratnosti investice je třeba počítat s několika faktory, které ovlivňují buď potřebnou výši investice, nebo výslednou úsporu na základě reálné výroby a spotřeby elektřiny tak, jak jsou popsány v předchozí kapitole. V následujících podkapitolách jsou popsány vlivy vývoje cen elektrické energie (EE) jak při nákupu, tak při prodeji, využití elektřiny ohřevu teplé užitkové vody, dotací, teoretického zavedení net-meteringu a samozřejmě také pořizovacích nákladů systémů pro výrobu energie, ať už s možností akumulace, nebo bez ní.

Čísla uváděná v této podkapitole jsou pro přehlednost zaokrouhlena na celé dvě desetinná místa či na celé koruny, toto zaokrouhlení však nebylo využíváno při výpočtech, aby nedošlo ke zkreslení výsledků.

5.2.1 Cena elektřiny

Základním faktorem ovlivňujícím úspory je bezpochyby cena elektřiny. Cena elektřiny pro koncového zákazníka, neboli spotřebitele, se skládá z dvou hlavních složek. První složku tvoří cena za dodávku elektřiny, kde záleží na nabídce energetických společností, neboli dodavatelů elektřiny. Druhou část pak tvoří regulované položky ceny, o které se v České republice stará Energetický regulační úřad (ERÚ). Každá položka pak může být buď fixní či variabilní podle toho, zda je pevně stanovena (v některých složkách na základě velikosti

hlavního jističe), nebo je počítána na základě skutečně spotřebovaného množství elektřiny [Web51]. Následující tabulka shrnuje jednotlivé položky ceny a jejich zařazení.

Tabulka 12 - Přehled složek ceny elektřiny pro koncového zákazníka

Regulované složky		Typ
Distribuce elektřiny	Plat za příkon jističe	Fixní
	Cena za distribuované množství elektřiny	Variabilní
Související služby	Systémové služby	Variabilní
	Činnost zúčtování OTE	Variabilní
	Podpora výkupu elektřiny	Variabilní
DPH	Daň z přidané hodnoty	Variabilní
	Daň z elektrické energie	Variabilní
Neregulované složky		Typ
Dodávka elektřiny	Pevná cena za měsíc	Fixní
	Cena za dodávku	Variabilní

Zdroj: [Novotný, 2015]

Regulovaných položek vázaných na množství dodané elektřiny je více a k výsledné ceně je také nutno přičíst daň z elektřiny a daň z přidané hodnoty.

Měsíční plat za příkon a cena za distribuované množství elektřiny slouží ke krytí nákladů na ztráty v distribuci elektřiny, náklady spojené s měřením spotřeby a na udržování a rozvoj distribuční soustavy. Obě položky určuje Energetický regulační úřad na základě povolených nákladů, odpisů a přiměřeného zisku. Tyto položky se u jednotlivých distribučních společností liší a díky odlišným investičním strategiím se liší i trendy jejich vývoje.

Položky za související služby jsou u všech obchodníků s elektřinou stejné, jejich výši určuje Energetický regulační úřad cenovým rozhodnutím vždy v listopadu na následující rok. Platba za systémové služby slouží ke krytí všech uznatelných nákladů společnosti ČEPS, a. s., která kromě přenosu elektřiny vedením velmi vysokého napětí provádí regulaci výroby a spotřeby v elektrizační soustavě tak, aby v každém okamžiku výroba odpovídala okamžité spotřebě. K tomuto účelu nakupuje od jednotlivých poskytovatelů takzvané podpurné služby. Kromě toho slouží tato platba podobně jako u distribučních soustav ke krytí nákladů na ztráty v přenosové soustavě a na udržování a rozvoj přenosové soustavy.

Platba za činnost zúčtování operátora trhu s energií slouží ke krytí uznatelných nákladů společnosti OTE, a. s., která organizuje trh s elektrickou energií, provádí zúčtování odchylek a další činnosti.

Položka „podpora výkupu elektřiny“ z OZE (obnovitelné zdroje energie), KVET (kombinovaná výroba elektřiny a tepla) a DZ (druhotné zdroje) slouží ke krytí nákladů státu

na výkup elektřiny z podporovaných zdrojů na základě zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře využívání obnovitelných zdrojů a zákona č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon).

Neregulované složky, pevné měsíční poplatky i cena za dodávku elektřiny jsou určovány jednotlivými obchodníky na tržním principu. Cena za dodávku elektřiny se odvozuje od ceny na energetické burze [Web51].

V České republice dodavatelé poskytují nabídky v tzv. jednotarifní sazbě nebo dvoutarifní sazbě. Jednotarifní sazba znamená, že cena za odebíranou elektřinu je v průběhu dne stále stejná. Dvoutarifní sazba pak umožňuje odběr elektřiny ve dvou různých cenových hladinách. V nízkém tarifu (NT), který je levnější, ale obvykle je možno ho odebírat jen v některých hodinách a při splnění podmínek (např. využívání elektrospotřebičů s akumulací kapacitou, jako jsou akumulční kamna nebo bojler). Ve vysokém tarifu (VT) je elektřina dražší, ale je dostupná stále a bez dalších podmínek. Dvoutarifní režim pro domácnosti zpravidla vyžaduje jako podmínku využívání elektřiny k výrobě tepla (ať už pro ohřev vody či pro vytápění) [Web52].

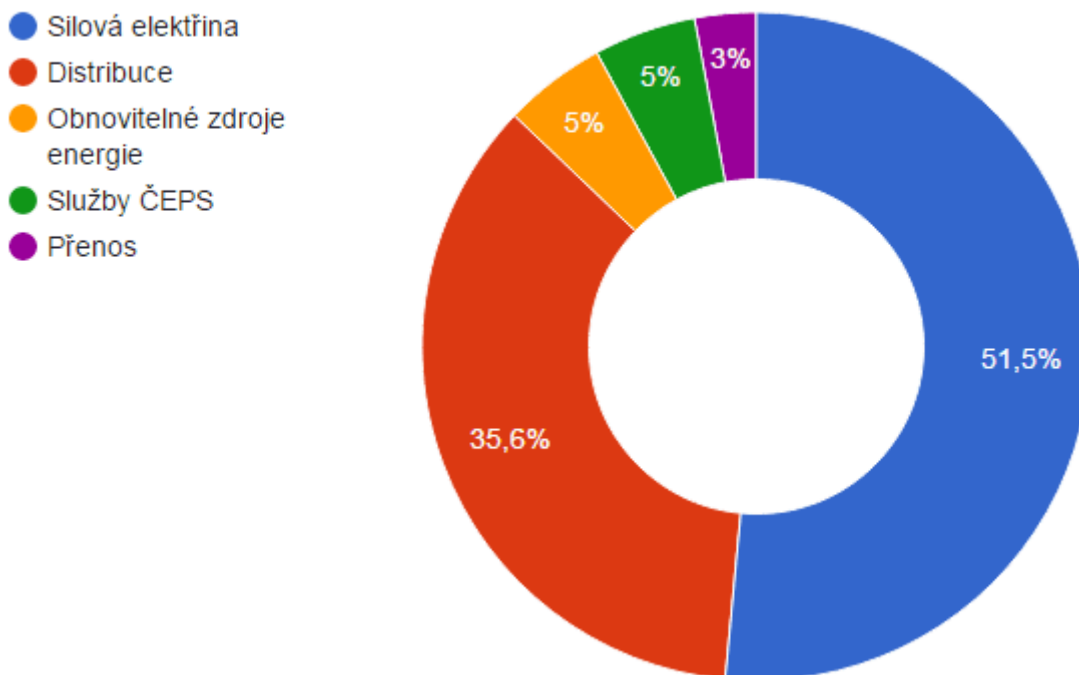
Někteří obchodníci nabízejí fixaci ceny na delší období, například dva roky, které je pro zákazníka výhodné pouze pokud bude cena elektřiny na burze růst. V protikladu k tomu jsou nabízeny smlouvy, u nichž je cena vázána na vývoj cen na burze, čímž se riziko ztráty nebo možnost zisku při změnách cen na energetické burze přenáší na zákazníka, pro kterého je pak výhodnější, pokud cena elektřiny na burze klesá.

Posledními složkami jsou pak daně. Daň z elektřiny se vztahuje na množství dodané energie s tím, že dodavatel ji neúčtuje, pokud veškerá dodaná elektřina pochází z obnovitelných zdrojů, což je ovšem poměrně neobvyklé [Web51]. Sazba daně z elektřiny je pro všechny odběratele stejná a činí v současnosti 28,30 Kč/MWh. Daň z přidané hodnoty (DPH) se vztahuje na součet všech výše uvedených položek, včetně daně z elektřiny a činí v současnosti 21% [Web53].

Následující schéma znázorňuje přibližný poměr jednotlivých položek v ceně elektřiny pro koncového zákazníka.

Schéma 8 - Schéma složení ceny elektřiny pro koncového zákazníka

Co tvoří cenu elektřiny



Zdroj: [Odkaz17]

Pro výpočty úspor na nákladech na energii je třeba rozdělit tyto náklady na dvě části – náklady na spotřebu pomocné a užitkové elektřiny, jak je popsány v kapitole 4.2.2 a náklady na energii k ohřevu teplé užitkové vody. Tyto dva typy úspor jsou popsány v následujících dvou podkapitolách, třetí a čtvrtá podkapitola je pak věnována variantám využití přebytků energie – jejímu prodeji nebo využití k ohřevu teplé vody. Pátá podkapitola stručně popisuje vliv zavedení net-meteringu.

5.2.1.1 Současná cena a schémata vývoje ve vztahu k úsporám na nákupu elektřiny

Současná celková cena elektřiny pro koncového zákazníka je v našem modelovém případě (spotřeba 3400 kWh ročně, tarif D02d, jistič 3x25A, lokalita Praha) při uzavření smlouvy s dodavatelem PRE na dobu neurčitou bez fixace ceny (tarif komfort) dle ceníku v následujícím složení:

Tabulka 13 - Celková roční platba za EE v modelovém domě

Položka	Cena s DPH	Celkem v modelovém případě za rok
Cena za spotřebu kWh	1,44Kč/kWh	4 902,80 Kč
Cena za odběrné místo	95,59 Kč/měsíc	1 147,08 Kč
Cena za distribuci MWh	1,88 Kč/kWh	6 395,94 Kč
Za příkon podle jističe	111,32 Kč/měsíc	1 335,84 Kč
Podpora OZE ¹⁵	65,38 Kč/A/měsíc	1 683,00 Kč
Systemové služby	0,11 Kč/kWh	386,48 Kč
Činnost OTE	5,93 Kč/měsíc	71,16 Kč
Daň z elektřiny	0,03 Kč/kWh	1 16,42 Kč
Celkem¹⁶		16 039 Kč

Zdroj: [Web54]

Ceny uvedené v tabulce jsou zaokrouhleny na celé haléře (dvě desetinná místa). Celkové náklady modelové domácnosti by tedy byly zhruba 16 038 Kč za rok a průměrná cena jedné kWh je v tomto případě tedy zhruba 4,72 Kč, s poklesem spotřeby by však cena na kWh lehce rostla vlivem zvyšujícího se podílu fixních položek.

Z těchto částek je na základě údajů o výrobě a spotřebě v modelové domácnosti možno spočítat roční úspory na nákladech na elektřinu (bez ohřevu TUV, ta je kalkulována zvlášť) při stávající ceně elektřiny, jak je shrnuto v následující tabulce.

¹⁵ Maximálně 495 Kč/odebraný MWh [Web55].

¹⁶ Automatický kalkulátor počítá z neznámého důvodu částku vyšší – cca 16393,2 Kč/rok [Odkaz18].

Tabulka 14 - Roční úspory při stávající ceně EE

Položka	Cena s DPH	Cena na kWh	Celkem bez FV	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
Nákup kWh/rok			3 400	2 270	1 949	1 510	1 189
Cena za spotřebu kWh	1,442 Kč/kWh	1,44	4 903	3 273	2 810	2 177	1 715
Cena za odběrné místo	95,59 Kč/měsíc	x	1 147	1 147	1 147	1 147	1 147
Cena za distribuci MWh	1 881,16 Kč/MWh	1,88	6 396	4 270	3 666	2 841	2 237
Za příkon podle jističe	111,32 Kč/měsíc	x	1 336	1 336	1 336	1 336	1 336
Podpora OZE	65,38 Kč/A/měsíc[1]	0,50	1 683	1 124	965	747	589
Systémové služby	113,67 Kč/MWh	0,11	386	258	222	172	135
Činnost OTE	5,93 Kč/měsíc	x	71	71	71	71	71
Daň z elektrické energie	34,24 Kč/MWh	0,03	116	78	67	52	41
Celkem (Kč)			16 039	11 557	10 284	8 543	7 270
Úspora (Kč)				4 482	5 755	7 496	8 769

Oproti výsledkům v této tabulce je však pravděpodobné, že se cena elektřiny bude měnit. Pokud chceme zohlednit i tento fakt, je třeba se podívat na vývoj ceny elektřiny.

Následující tabulka shrnuje vývoj ceny elektřiny v tarifu D02d pro koncového spotřebitele od roku 1991 do roku 2014¹⁷ [Novotný, 2015] a to jak cenu elektřiny v korunách, tak vyjádřenou v meziročním procentuálním nárůstu. Poslední sloupec ukazuje tento procentuální nárůst po očištění od inflace [Web56] [Web57].

¹⁷ V tomto místě by bylo vhodnější moci pracovat až s údaji do roku 2016, nepodařilo se mi nicméně najít zdroj, který by obsahoval průměrnou cenu energie pro koncového zákazníka za celé toto období – vzhledem k tomu, že v tomto výpočtu nesledují primárně cenu elektřiny v Kč, ale její procentuální nárůst, je pro mne významější jednotnost metodiky jejího výpočtu, než připojení posledních dvou let s rizikem jiného způsobu jejího stanovení.

Tabulka 15 - Vývoj ceny EE bez inflace 1991 - 2014

Rok	Cena energie [Kč]	Procentuální nárůst [%]	Inflace [%]	Nárůst bez inflace [%]
1991	0,62	X	56,60	x
1992	1,02	64,52	11,10	7,92
1993	1,07	4,90	20,80	-6,20
1994	1,17	9,35	10,00	-11,45
1995	1,32	12,82	9,10	2,82
1996	1,52	15,15	8,80	6,05
1997	1,76	15,79	8,50	6,99
1998	2,04	15,91	10,70	7,41
1999	2,54	24,51	2,10	13,81
2000	2,96	16,54	3,90	14,44
2001	3,45	16,55	4,70	12,65
2002	3,80	10,14	1,80	5,44
2003	3,65	-3,95	0,10	-5,75
2004	3,79	3,84	2,80	3,74
2005	3,80	0,26	1,90	-2,54
2006	4,09	7,63	2,50	5,73
2007	4,39	7,33	2,80	4,83
2008	4,71	7,29	6,30	4,49
2009	5,21	10,62	1,00	4,32
2010	5,13	-1,54	1,50	-2,54
2011	5,28	2,92	1,90	1,42
2012	5,44	3,03	3,30	1,13
2013	5,59	2,76	1,40	-0,54
2014	5,01	-10,38	0,40	-11,78
Průměrný nárůst		10,26	5,10	2,71

Zdroje: [Novotný, 2015], [Web56], [Web57]

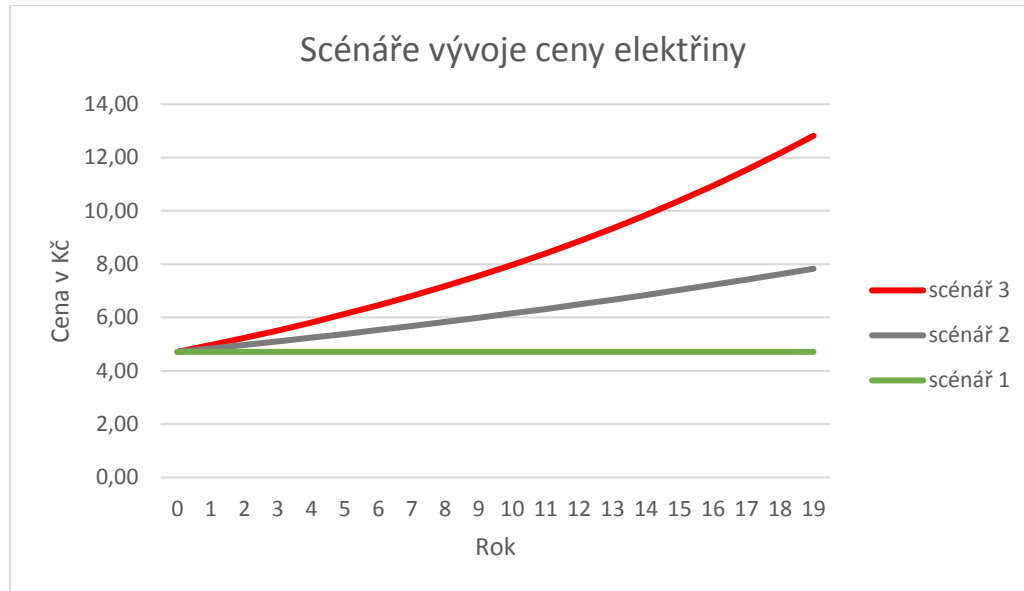
Přestože jsou v růstu cen elektřiny zřetelné poměrně silné výkyvy, v tomto dlouhodobějším horizontu lze sledovat průměrný nárůst o 2,71 % ročně po očištění o inflaci. Nárůst ceny v roce 1992 je výrazně vyšší než v ostatních letech a v jiném kontextu bych pravděpodobně tuto hodnotu vyřadil, aby nezkreslovala dlouhodobější vývoj, v tomto případě však reflektuje vysokou inflaci předchozího roku a po jejím odečtení je dostatečně korigována.

Vzhledem k výrazné nejistotě a množství faktorů, které cenu energie ovlivňují, zkusíme počítat se třemi scénáři:

- 1) cena energie zůstane ve stávající výši a cena tedy poroste pouze o inflaci
- 2) cena energie poroste podobně, jako v dlouhodobém průměru o 2,71 % ročně a o inflaci
- 3) cena poroste dvakrát rychleji, než v posledních dvaceti letech, celkem tedy o 5,42 % ročně a o inflaci

Následující graf znázorňuje vývoj ceny elektřiny podle jednotlivých scénářů. Rok 0 značí rok uvedení do provozu (v tomto případě rok 2017), rok 19 je pak posledním rokem kdy počítáme s provozem systému.

Graf 15 - Scénáře vývoje elektřiny očištěné od inflace



Jako maximální doba návratnosti je stanoveno 20 let, což je minimální předpokládaná životnost systému – z komponentů systému je nejnižší životnost uváděna u baterií, kde se dá v případě baterií na bázi lithia očekávat životnost zhruba 20 let [de Oliveira e Silva; Hendrick, 2017], přičemž výrobci dávají záruku 5 až 10 let, v delším období je třeba čekat značné náklady na obnovu některých komponent. Reálně bude případný zájemce přirozeně chtít dosáhnout doby návratnosti podstatně kratší.

Následující tabulka ukazuje celkové úspory různých variant systému za dvacet let na nákupu elektřiny v jednotlivých scénářích.¹⁸

¹⁸ Detailní tabulky s vývojem po rocích v jednotlivých scénářích lze najít v příloze 2.1

Tabulka 16 - Celkové úspory (v Kč) dle varianty systému a scénáře vývoje ceny EE

Scénář	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
Scénář 1	89 633	115 095	149 917	175 379
Scénář 2	116 934	150 151	195 579	228 797
Scénář 3	154 777	198 744	258 875	302 842

5.2.1.2 Prodej přebytků elektřiny

V současné době není pro nové zdroje poskytována žádná podpora prodeje elektřiny z fotovoltaických zdrojů (viz kapitola 4.3.3). Při prodeji elektřiny z těchto zdrojů je tak získávána pouze tržní cena silové energie bez dalších bonusů. Současná cena elektřiny na burze je zhruba 0,81 Kč za kWh (k 12. 6. 2016), přičemž ale z dlouhodobého hlediska docházelo spíše k poklesu. Na následujícím grafu je možné vidět vývoj ceny elektřiny od roku 2008, přičemž v tomto roce dosáhla cena maxima okolo 2,2 Kč/kWh a od té doby klesala až k minimu 0,6 Kč/kWh v roce 2016. Od té doby opět došlo k mírnému nárůstu, nicméně se z těchto trendů na dlouhodobý vývoj usuzuje jen obtížně [Odkaz19].

Graf 16 - Vývoj ceny elektřiny na burze 2008–2017



Zdroj: [Odkaz19]

Pro vytvoření rámcové představy opět aplikujeme tři scénáře – cena energie bez nárůstu, cena s nárůstem 2,71 % za rok a cena s nárůstem 5,42 % za rok. Vývoj cen energií a celkem získané finance za prodej elektřiny po dvaceti letech shrnuje následující tabulka¹⁹.

Tabulka 17 - Celkové zisky (v Kč) z prodeje EE dle variant a scénářů za 20 let

	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM	Celkem s FV bez akumulace s DSM	Celkem S FV s akumulací bez DSM	Celkem s FV s akumulací s DSM
Scénář 1	44 226	39 026	27 508	22 307
Scénář 2	57 696	50 912	35 886	29 102
Scénář 3	76 369	67 389	47 500	38 520

Jak je možno vidět v této tabulce, při prodeji elektřiny lze získat (v případě nárůstu její ceny dle scénáře tři v nejjednodušším systému, kde je prodáváno cca 2730 kWh za 20 let) až 76 368 Kč, což je průměrně zhruba 3 818 Kč ročně. Je však třeba vzít v potaz také fakt, že při prodeji elektřiny je třeba vést patřičnou administrativu a prodávanou energii vykazovat.

Příjmy z prodeje elektřiny vyrobených z obnovitelných zdrojů v zařízeních o výkonu do 10 kWp jsou osvobozeny od daně z příjmů (viz kapitola 4.3.2), nicméně v těchto výpočtech není zahrnuto snížení množství vyprodukované energie vlivem klesající produkce fotovoltaických panelů (cca 0,5–1 % ročně, s obvyklou garancí 80 až 85 % výkonu po 25 letech podle typu a výrobce panelu).

Cena elektřiny ve scénáři 3, kde je počítán nárůst 5,42 % za rok, je i po dvaceti letech velmi podobná ceně elektřiny v roce 2008 a ani tento scénář tak nelze považovat za nereálný.

V případě, že chceme žádat o dotace na zřízení systému, je třeba prodej přebytků omezit na maximálně 30 % celkové produkce, což v našem modelovém případě vychází cca na 1140 kWh. V tomto případě budou všechny systémy prodávat maximum a zbytek využívat jiným způsobem. Následující tabulka shrnuje zisk v případě žádání o dotaci podle jednotlivých scénářů²⁰

¹⁹ Detailní tabulky s vývojem po rocích v jednotlivých scénářích lze najít v příloze 2.2

²⁰ Detailní tabulky s vývojem po rocích v jednotlivých scénářích lze najít v příloze 2.3

Tabulka 18 - Zisky z prodeje (v Kč) EE při prodeji 1140 kWh/rok

	Scénář 1	Scénář 2	Scénář 3
Cena EE v roce 0	0,81	0,81	0,81
Cena EE v roce 19	0,81	1,35	2,20
Celkem za prodej EE	1 846	2 409	31 890

Tento poslední případ však téměř jistě v realitě nastávat nebude – pokud je systém schopen využívat energii jinak, v téměř všech případech se to vyplatí výrazně více než preferovat prodej před vlastní spotřebou, vzhledem k cenám silové elektřiny v poměru k vysokým přidruženým poplatkům.

5.2.1.3 Využívání přebytků k ohřevu teplé užitkové vody

Jak již bylo popsáno dříve, elektřina za obvyklých okolností není nejekologičtější, ani nejlevnější energií k výrobě tepla, může však být nejdostupnější a velmi uživatelsky přívětivou variantou. V případě, že vznikají v systému přebytky elektřiny, mohou se stát velmi výhodným prostředkem pro snižování nákladů na ohřev TUV.

Pro výpočet úspor při využívání elektřiny, kterou není možné využít přímo nebo s využitím akumulace (v bateriích), k ohřevu TUV je opět dobré znát cenu elektřiny a její vývoj, obdobně jako v předchozích podkapitolách.

V případě, že je využívána voda k přípravě teplé užitkové vody, však již není vhodné počítat jednotarifní distribuční sazby, protože lze za tímto účelem nakupovat elektřinu v nízkém tarifu (v rámci distribuční sazby D25d). Ceny elektřiny ve vysokém a nízkém tarifu jsou shrnuty v následující tabulce spolu s náklady bez využití elektřiny z fotovoltaického systému. Na ohřev vody počítám v této tabulce roční spotřebu ve výši maximálního množství, které by mohlo být nahrazeno z fotovoltaických panelů, tedy 2730 kWh, ve vysokém pak stále dle modelu, tedy 3400 kWh.

Tabulka 19 - Náklady na EE při ohřevu TUV ve VT a NT

Položka	Cena s DPH ve vysokém tarifu	Celkem bez FV za rok ve vysokém tarifu	Cena s DPH v nízkém tarifu	Celkem bez FV za rok v nízkém tarifu
Nákup kWh/rok		3400		2730
Cena za spotřebu kWh	1,80 Kč/kWh	6 130	1,07 Kč/kWh	2 927
Cena za odběrné místo	95,59 Kč/měsíc	1 147	95,59 Kč/měsíc	1 147
Cena za distribuci MWh	1,82 Kč/kWh	6 187	1,82 Kč/kWh	4 968
Za příkon podle jističe	140,36 Kč/měsíc	1 336	140,36 Kč/měsíc	1 336
Podpora OZE ²¹	65,38 Kč/A/měsíc	1 683	65,38 Kč/A/měsíc	1 351
Systémové služby	0,11 Kč/kWh	386	0,11 Kč/kWh	310
Činnost OTE	5,93 Kč/měsíc	71	5,93 Kč/měsíc	71
Daň z elektrické energie	0,03 Kč/kWh	116	0,03 Kč/kWh	93
celkem		17 057		12 204

Zdroj: [Web54]

Pro zpřesnění kalkulace by bylo dobré ještě snížit náklady na elektřinu převodem jejich části do nízkého tarifu, který je při tomto typu využití aktivní obvykle 8 hodin denně. Nízký tarif je však aktivní zpravidla v noci, kdy je spotřeba v domácnosti nejnižší a z dostupných dat nejsem schopen určit, jak velká část spotřeby by se do nízkého tarifu přesunula, tento rozdíl tedy nezahrnuji. Nárůst v ceně elektřiny ve vysokém tarifu na modelovou spotřebu je v tomto případě zhruba 1 023 Kč za rok, úspory oproti ohřevu vody elektrickou energií z distribuční sítě pak 12 204 Kč za rok.

Následující tabulka shrnuje celkové úspory za 20 let při využívání elektřiny k ohřevu TUV podle jednotlivých scénářů vývoje cen v sazbě D25d a podle variant systému.²²

²¹ Maximálně 495 Kč/odebraný MWh – zdroj: [Web55]

²² Detailní tabulky s vývojem po rocích v jednotlivých scénářích lze najít v příloze 2.4.

Tabulka 20 - Úspory při využití přebytků na ohřev TUV

	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
Úspora na přímé spotřebě	89 972	115 530	150 484	176 042
Úspora na ohřevu vody	89 633	115 095	149 917	175 380
Celkem	179 605	230 625	300 401	351 422
Úspora na přímé spotřebě	125 768	161 495	210 355	246 082
Úspora na ohřevu vody	116 934	150 151	195 579	228 797
Celkem	242 702	311 646	405 935	474 879
Úspora na přímé spotřebě	156 245	200 630	261 330	305 715
Úspora na ohřevu vody	154 777	198 744	258 875	302 842
Celkem	311 022	399 374	520 205	608 557

Jak lze vidět, využití přebytků elektřiny k ohřevu vody je výrazně výhodnější, než její prodej, je však třeba nezapomenout, že ohřev vody by vůbec nemusel být zajišťován elektřinou a náklady na jiné zdroje (a tedy i úspory) by mohly být nižší.

5.2.2 Dotace na pořízení

Jak již bylo popsáno v kapitole 4.3.3.1, v současné době je možno čerpat dotaci na pořízení fotovoltaického systému. Pro naše potřeby jsou relevantní podoblasti podpory C.3.4, C.3.5 a C.3.6, typ systému a maximální podpora jsou pro přehlednost znovu uvedeny v následující tabulce

Tabulka 21 - Maximální výše podpory podle typu systému

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč]
C.3.4	FV systém bez akumulace elektřiny s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	55 000
C.3.5	FV systém s akumulací elektřiny a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	70 000
C.3.6	FV systém s akumulací elektřiny a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000 \text{ kWh.rok}^{-1}$	100 000

Zdroj: [Web58]

Pro získání dotace je pak třeba splnit několik podmínek.

- 1) *Celkový využitelný zisk v budově činí alespoň 1700/3000 kWh a maximální přetok do sítě 30% z celkové produkce fotovoltaického systému*

Tuto podmínku náš modelový systém splňuje částečně. V původní podobě je možné dosáhnout na podporu podoblasti C.3.5, pro dosažení C.3.6 by bylo třeba zvýšit využití vyprodukované elektřiny alespoň na 3000 kWh ročně, přičemž i varianta s akumulací a aplikací DSM počítá s využitím pouze s cca 2483 kWh, což je zhruba 65,3 % produkce.

Pro naplnění této podmínky by bylo tedy třeba zvýšit využití elektřiny v domácnosti pomocí dalšího smysluplného spotřebiče – nejlépe a nejjednodušeji pravděpodobně připojením bojleru pro ohřev TUV, kam by byly ukládány přebytky produkce místo jejich prodeje do sítě, jak je popsáno v předchozí podkapitole. Toto řešení zároveň umožní se kvalifikovat na dotaci podoblasti C.3.4, pokud bude instalovaný měrný objem bojleru nebo akumulací nádrže odpovídat podmínkám.²³

Validita tohoto řešení závisí na způsobu, jakým je v domě řešena dodávka teplé vody a ve většině případů by mělo být možno najít jednoduché a technicky proveditelné řešení vedoucí k úspoře financí, které by jinak byly vynaloženy na ohřev teplé vody, ať už jakýmkoli způsobem.

Je zde také dobré uvést, že případný celkový zisk z prodeje elektřiny (ve stávající legislativní úpravě většinou nepodléhající zdanění) není závislý na variantě systému či aplikaci DSM a vzhledem k zastropování na 30 % produkce pro naplnění podmínek dotací je poměrně nízký – shrnuji ho v následující tabulce.

Tabulka 22 - Zisky z prodeje 1140 kWh/rok EE za 20 let dle scénářů

	Scénář 1 (0 %)	Scénář 2 (2,71 %)	Scénář 3 (5,4 %)
Celkem za prodej EE	19 391	25 669	34 539
Průměrný výnos za rok	970	1 283	1 727

Je tedy na zvážení majitele fotovoltaického systému, zda prodej elektřiny, kde je zisk za rok v rozmezí 969 – 1 726 Kč stojí za administrativní zátěž s prodejem spojenou, zejména pokud je k dispozici varianta s využitím přebytků k výrobě tepla.

- 2) *Systém musí být vybaven baterií o velikosti alespoň 1,75 kWh na každý instalovaný kWp fotovoltaiky*

²³ Minimální měrný objem instalovaného zásobníku teplé vody nebo akumulací nádrže je 80 l·kWp-1 instalovaného výkonu (v modelovém případě 360l). Do objemu se nezapočítává objem zásobníku nebo akumulací nádrže, který je zároveň ohříván prostřednictvím termického solárního systému. Pokud je výpočtem potřeby teplé vody a objemu vody potřebného pro akumulaci přebytků el. energie doloženo, že pro splnění ostatních podmínek postačuje objem nižší, lze navrhnout objem nádrže vyhovující tomuto výpočtu, minimálně však 120 litrů.

Tato podmínka bohužel není v našem modelovém příkladu naplněna. Při instalované kapacitě 4,5 kWp je instalováno 5.6 kWh jmenovité kapacity akumulátorů, což představuje zhruba 1,24 kWh akumulátoru na instalovaný kWp. I při snížení instalovaného výkonu fotovoltaických panelů na 3,5 kWp by byl poměr pouze zhruba 1,6 kWh na 1 kWp. Tuto podmínku tedy vnímám jako limitující a její zařazení vede k výrazné podpoře variant s bateriemi na bázi lithia oproti ostatním typům baterií vzhledem k tomu, že v případě využití akumulátorů na bázi lithia lze žádat o tuto dotaci ve sníženém limitu 1,25 kWh na kWp, která je modelovým systémem téměř splněna (stačí například navýšení akumulační kapacity na cca 5,7 kWh).

3) Měníč musí mít minimální účinnost 94 %, MPP tracker 98 %, instalovaný výkon FVE nepřesáhne 10 kWp, minimální účinnost panelů je 10 % pro tenkovrstvé a 15 % pro mono a polykrystalické a panely musí být umístěny přímo na rodinném domku

Tyto podmínky jsou čistě technické a byly naplněny i ve zde uvažovaném modelovém případě. Při nákupu nových zařízení by nemělo být obtížné je naplnit, přesto je třeba na ně při výběru komponent brát ohled, protože na trhu jsou stále zařízení, která tyto podmínky nenaplnují.

V případě zájmu o čerpání dotací se tedy jeví v našem modelovém případě jako nezbytné instalovat technologie pro tepelné využívání zbývající produkce tepelné energie a pro oblasti podpory C.3.5 a C.3.6 instalace akumulátorů na bázi lithia.

5.2.3 Zavedení systému s vyrovnávacím obdobím výroby/spotřeby (net-meteringu)

Jak již bylo popsáno dříve v kapitole 4.3.3.3, net-metering je způsob účtování celkové bilance elektřiny, kde energie dodaná do sítě je odečítána od energie ze sítě odebrané. Klíčovým faktorem je zde délka zúčtovacího období, přičemž obvykle se jedná o období jednoho roku, zda jsou případné přebytky na straně dodávky elektřiny do sítě převedeny do dalšího období, proplaceny (obvykle do určitého limitu) nebo vynulovány, záleží opět na nastavení daného systému.

Případné zavedení takového systému je velkým krokem ke zvýšení výhodnosti pořízení technologií k domácí výrobě elektřiny. Odpadá jím nutnost řešit nákladné technologie akumulace a průběh spotřeby. Akumulace a aplikace managementu na straně spotřeby v tomto případě nehraje roli, úspora je založena pouze na cenách elektřiny a jejím vyrobeném množství s maximem na úrovni vlastní spotřeby, přičemž toto maximum v modelovém případě

signifikantně převyšuje výrobu elektřiny, pokud bereme v potaz možnost využití elektřiny k výrobě ohřevu teplé užitkové vody. Rozdíl mezi využíváním a nevyužíváním přebytků k ohřevu TUV činí v modelovém případě 460 kWh. Následující tabulka shrnuje úspory na nákladech na nákup elektřiny v sazbě D02d v modelovém případě podle jednotlivých scénářů a ve variantách s využitím elektřiny k ohřevu vody (spotřeba veškeré vyrobené energie, tedy 3840 kWh) a bez něj (spotřeba 3400 kWh / rok)²⁴.

Tabulka 23 - Úspory při zavedení net-meteringu bez využití EE k ohřevu TUV a s ním

Varianta spotřeby EE	Scénář 1 (0 %)	Scénář 2 (2,71 %)	Scénář 3 (5,4 %)
Spotřeba bez ohřevu TUV (3400 kWh)	320780,00	418483,43	553916,87
Spotřeba s ohřevem TUV (3860 kWh)	357260,00	466074,54	616909,84

Jak lze zjistit porovnáním s předchozími výsledky, ve variantě, kdy je využívána celá suma vyrobené elektřiny, jsou ušetřené náklady velmi podobné variantě, kdy je v systému využívána akumulace, aplikován management na straně spotřeby a přebytky také využívány k ohřevu vody. Je to samozřejmě dáno tím, že v obou případech je využito maximální množství vyrobené elektřiny, se zásadním rozdílem, že pořízení technologií v tomto případě je výrazně levnější (není třeba akumulace) a zůstává zcela nedotčen uživatelský komfort (není třeba úprava spotřeby – aplikace DSM).

²⁴ Detailní tabulky s vývojem po rocích v jednotlivých scénářích lze najít v příloze 2.5.

5.2.4 Náklady na pořízení v poměru k finančním přínosům

Vzhledem k nepřehlednému množství možných technických řešení se v této kapitole zaměřím nikoli na kalkulaci nákladů konkrétních systémů, ale na shrnutí technických požadavků, které tyto systémy musí splňovat a maximální částku, za kterou musí být pořízeny, aby byla návratnost investice maximálně 20 let, přičemž je počítána i doba návratnosti u ukázkových systémů, pokud 20 let nepřesahuje.

V těchto výpočtech nepočítám s cenou budoucích výnosů vzhledem k tomu, že ceny elektřiny jsou v jednotlivých scénářích počítány bez vlivu inflace, která však s inflací také poroste

5.2.4.1 Celkový finanční přínos fotovoltaických systémů

V první řadě je třeba sečíst celkové přínosy (ušetřené náklady) z jednotlivých variant, které určují, kolik systém může maximálně stát, aby byla jeho ekonomická návratnost 20 let.

5.2.4.1.1 Systémy bez akumulace energie

Následující tabulka shrnuje celkové úspory ve variantě systému bez akumulace a bez aplikace DSM. Pro tuto variantu lze získat přidáním zařízení pro využití přebytečné energie k ohřevu teplé užitkové vody podporu ve výši až 55 000 Kč.

Tabulka 24 - Celkové úspory v systému bez akumulace a bez DSM

	Cena EE scénář 1 (0 %)	Cena EE scénář 2 (2,71 %)	Cena EE scénář 3 (5,42 %)
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace			
Uspořeno na přímé spotřebě	89 633	116 934	154 777
Zisk z prodeje EE	44 226	57 696	764 50
Celkem	133 859	174 630	231 227
Využití EE, prodej přebytků a dotace (ohřev TUV)			
Uspořeno na přímé spotřebě	89 633	116 934	154 777
Zisk z prodeje EE	18 468	24 093	31 924
Uspořeno na ohřevu TUV	112 403	146 639	194 096
Dotace	55 000	55 000	55 000
Celkem	275 505	342 666	435 797
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace			
Uspořeno na přímé spotřebě	89 972	125 768	156 245
Uspořeno na ohřevu TUV	192 995	251 777	333 259
Dotace	55 000	55 000	55 000
Celkem	337 966	432 545	544 505

Následující tabulka shrnuje celkové úspory ve variantě systému bez akumulace, ale s aplikací DSM. Pro tuto variantu lze také získat přidáním zařízení pro využití přebytečné energie k ohřevu teplé užitkové vody podporu ve výši až 55 000 Kč.

Tabulka 25 - Celkové úspory v systému bez akumulace a s aplikací DSM

	Cena EE scénář 1 (0 %)	Cena EE scénář 2 (2,71 %)	Cena EE scénář 3 (5,42 %)
Využití EE a prodej přebytků			
Uspořeno na přímé spotřebě	115 095	150 151	198 744
Zisk z prodeje EE	39 026	50 912	67 389
Celkem	154 121	201 063	266 133
Využití EE, prodej přebytků a dotace (ohřev TUV)			
Uspořeno na přímé spotřebě	115 530	161 495	200 630
Zisk z prodeje EE	18 468	24 093	31 890
Uspořeno na ohřevu TUV	89 711	117 035	154 911
Dotace	55 000	55 000	55 000
Celkem	278 709	357 623	442 431
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace			
Uspořeno na přímé spotřebě	115 530	161 495	200 630
Uspořeno na ohřevu TUV	170 302	222 173	294 074
Dotace	55 000	55 000	55 000
Celkem	340 832	438 667	549 704

Jak je vidět z těchto souhrnů, aplikace základního managementu na straně spotřeby se vyplatí v obou variantách systému bez akumulace, přičemž se rozdíl v přínosech přirozeně zvyšuje s velikostí nárůstu ceny elektřiny. Využívání elektřiny k ohřevu teplé užitkové vody však tyto rozdíly téměř eliminuje a i největší rozdíl je zhruba 5 200 Kč za dvacet let, tedy zhruba pouhých 260 Kč za rok.

Přidání systému pro využití elektřiny k ohřevu teplé užitkové vody přináší dramatický nárůst přínosů, v porovnání s ostatními variantami bez akumulace je přínos téměř dvojnásobný. Je to dáno tím, že se zužitkuje všechna vyrobená elektřina místo toho, aby byla její část prodávána za relativně nízké částky do distribuční sítě. Rozdíl mezi aplikací DSM a využitím větších přebytků k ohřevu teplé užitkové vody je tak z finančního hlediska pouze rozdílem mezi sazbami za elektřinu, které nejsou v tomto měřítku zásadní.

Přestože je z těchto výpočtů jasné, že využívání přebytků elektřiny k ohřevu teplé užitkové vody místo jejich prodeje se vyplatí prakticky vždy, je dobré připomenout, že úspory jsou zde kalkulovány v porovnání s náklady, které by jinak byly vydány na elektřinu v nízkém tarifu sazby D25d. Elektřina se sice používá k ohřevu teplé užitkové vody ve více než 60 % domácností, ale pokud by byla voda ohřívána jiným způsobem, například plynem místo elektřiny, úspory by také byly jiné a pravděpodobně nižší.

Nakonec je dobré uvést i případ zavedení net-meteringu. V tomto případě má jednoznačně smysl nejjednodušší a nejlevnější varianta systému, tedy bez akumulace a bez aplikace managementu na straně spotřeby. V případě že by net-metering byl zaveden, je prakticky jisté, že by byla ukončena podpora na pořizování těchto systémů a platí tedy hodnoty uvedené v podkapitole 5.2.3.

5.2.4.1.2 Systémy s akumulací energie

Následující tabulka shrnuje celkové úspory ve variantě systému s akumulací do baterií a bez aplikace DSM. Pro tuto variantu lze získat přidáním zařízení pro tepelné využití přebytečné energie podporu ve výši až 100 000 Kč, pokud bude instalována akumulací kapacita prostřednictvím baterií na bázi lithia s kapacitou alespoň 5,7 kWh.

Tabulka 26 - Celkové úspory v systému s akumulací a bez DSM

	Cena EE scénář 1 (0 %)	Cena EE scénář 2 (2,71 %)	Cena EE scénář 3 (5,42 %)
Využití EE a prodej přebytků			
Uspořeno na přímé spotřebě	149 917	195 579	258 875
Zisk z prodeje EE	27 508	35 886	47 500
Celkem	177 425	231 465	306 374
Využití EE, prodej přebytků a dotace (ohřev TUV)			
Uspořeno na přímé spotřebě	150 484	210 355	261 330
Zisk z prodeje EE	18 468	24 093	31 890
Uspořeno na ohřevu TUV	39 447	51 462	68 117
Dotace	100 000	100 000	100 000
Celkem	308 399	385 910	461 337
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace			
Uspořeno na přímé spotřebě	150 484	210 355	261 330
Uspořeno na ohřevu TUV	120 038	156 600	207 280
Dotace	100 000	100 000	100 000
Celkem	370 522	466 955	568 610

Následující tabulka shrnuje celkové úspory ve variantě systému s akumulací do baterií, ale s aplikací DSM. Pro tuto variantu lze stejně jako u předchozího systému získat přidáním zařízení pro tepelné využití přebytečné energie podporu ve výši až 100 000 Kč, pokud bude instalována akumulací kapacita prostřednictvím baterií na bázi lithia s kapacitou alespoň 5,7 kWh.

Tabulka 27 - Celkové úspory v systému s akumulací a s aplikací DSM

	Cena EE scénář 1 (0 %)	Cena EE scénář 2 (2,71 %)	Cena EE scénář 3 (5,42 %)
Využití EE a prodej přebytků			
Uspořeno na přímé spotřebě	175 380	228 797	302 842
Zisk z prodeje EE	22 307	29 102	38 520
Celkem	197 687	257 899	341 362
Využití EE, prodej přebytků a dotace (ohřev TUV)			
Uspořeno na přímé spotřebě	176 042	246 082	305 715
Zisk z prodeje EE	18 468	24 093	31 890
Uspořeno na ohřevu TUV	16 754	21 858	28 931
Dotace	100 000	100 000	100 000
Celkem	311 265	392 033	466 537
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace			
Uspořeno na přímé spotřebě	176 042	246 082	305 715
Uspořeno na ohřevu TUV	97 346	126 995	168 095
Dotace	100 000	100 000	100 000
Celkem	373 388	473 077	573 810

I u variant s akumulací platí téměř vše, co je napsáno u variant bez akumulace a z těchto souhrnů je opět vidět, že aplikace základního managementu na straně spotřeby se jednoznačně vyplatí, pokud nejsou přebytky využívány k ohřevu teplé užitkové vody, přičemž se rozdíl zvyšuje s velikostí nárůstu ceny elektřiny.

Zásadní je ovšem také fakt, že při využívání přebytků k ohřevu teplé užitkové vody jsou rozdíly mezi systémy s bateriemi a bez nich relativně malé i přes rozdílnou výši dotace.

5.2.4.2 Náklady na pořízení fotovoltaického systému

Pro každý systém je třeba zajistit následující položky, jejichž celková cena musí být nižší než ušetřené náklady a zisky:

- Fotovoltaické panely (v modelovém případě o výkonu 4,5 kWp)
- Měnič
- Řídící jednotka s MPPT (často je součástí měniče)
- Kabely, přepět'ové ochrany a další podpůrné elektroinstalace
- Instalační materiály, zejména k ukotvení fotovoltaických panelů
- Práce při instalaci
- Údržba (práce i náhradní díly)

U některých variant pak:

- Akumulátory (pro variantu s akumulací)
- Náklady na pořízení a údržbu systému pro tepelné využití elektřiny, tedy bojler či akumulací nádrž (v případě žádání o dotaci z programu Nová zelená úsporám)

Na základě okolností popsanych v předchozích kapitolách je žádoucí, aby použité komponenty splňovaly podmínky pro získání podpory z programu Nová zelená úsporám, tedy – měnič musí mít minimální účinnost 94 %, MPP tracker 98 %, minimální účinnost panelů 10 % pro tenkovrstvé a 15 % pro mono a polykrystalické, baterie musí být na bázi lithia.

Pro různé nastavení systému jsou třeba trochu jiné specifikace, tyto specifikace lze rozdělit na čtyři varianty:

Varianta 1: základní, pouze fotovoltaické panely a zařízení pro umožnění vlastního využití v domě prodej do sítě

Varianta 2: varianta 1 + instalace bojleru umožňující ohřev vody k ukládání energie, která není využita ostatními spotřebiči (prodej do sítě až terciální)

Varianta 3: varianta 1 + akumulční baterie s kapacitou alespoň 5,7 kWh a zařízeními pro řízení jejich vybíjení a nabíjení

Varianta 4: varianta 1 + akumulční baterie s kapacitou alespoň cca 5,7 kWh a zařízeními pro řízení jejich vybíjení a nabíjení + instalace bojleru umožňující ohřev vody k ukládání energie, která není využita ostatními spotřebiči

Pro kalkulaci orientačních nákladů na pořízení těchto systémů byly osloveny²⁵ firmy zabývající se instalací fotovoltaických systémů. Podařilo se získat položkovou kalkulaci systému ve variantě 3 od firmy Ostrovní elektrárny, s.r.o. ta je shrnuta v následující tabulce²⁶

Tabulka 28 - *Položkový rozpočet fotovoltaického systému ve variantě 4 (Ostrovní elektrárny, s.r.o.)*

Položka	Počet jednotek	Cena za jednotku	DPH	celkem
Materiál				
Fotovoltaické panely	18	4123,97	15	85366,179
Uchycení panelů (sady po 3 ks)	6	3793,39	15	26174,391
Měnič s MPPT	1	78504,13	15	90279,7495
Baterie Li-ion 6,7 kWh	1	93181,82	15	107159,093
Příslušenství a základová deska k baterii	1	8815,81	15	10138,1815
Elektromateriál k FVE včetně přepět'ové ochrany	1	13174	15	15150,1
Celkem za materiál				334267,694
Služby				
Sestavení a konfigurace před odesláním	1	11165,2	15	12839,98
Výchozí revizní zpráva	1	3600	15	4140
Návrh, dokumentace, technická podpora	1	2500	15	2875
Montážní práce - instalace panelů	18	600	15	12420
Montážní práce - připojení elektrárny	1	4000	15	4600
Doprava	400	8	15	3680
Celkem za služby				40554,98
Celkem materiál a služby				374822,674

²⁵ Text oslovovacího emailu lze najít v příloze 3.1

²⁶ Kompletní zaslanou kalkulaci lze najít v příloze 3.2

Pro variantu 1, 2, a 4 se bohužel od firmy Ostrovní elektrárny, s.r.o. položkové kalkulace získat nepodařilo, nicméně byly zaslány celkové kalkulace firmou SVP solar, s.r.o.²⁷:

Varianta 1.	188 945 Kč
Varianta 2.	198 817 Kč + bojler s topným tělesem 2kW
Varianta 3.	406 479 Kč
Varianta 4.	415 972 Kč + bojler s topným tělesem 2kW

Dle informací od firmy Ostrovní elektrárny, s.r.o. je možné obvykle k ohřevu teplé užitkové vody (nebo jiné využití přebytků k ohřevu tepla) využít již existující instalované zařízení.²⁸ Pokud takové zařízení instalováno není, pohybují se ceny bojlerů s tímto příkonem a kapacitou 200l zhruba od 6 000 Kč výše.

Pro další porovnání tedy budeme uvažovat orientačně tyto ceny pořízení jednotlivých variant systému:

Tabulka 29 - Pořizovací ceny dle variant systému

Varianta	Cena	Nabídka od
Varianta 1	188 945	SVP solar, s.r.o.
Varianta 2	204 817	SVP solar, s.r.o.
Varianta 3	374 823	Ostrovní elektrárny, s.r.o.
Varianta 4	380 823	Ostrovní elektrárny, s.r.o.

Náklady na údržbu celého systému jsou pak dle informací od firmy Ostrovní elektrárny, s.r.o. zanedbatelné – pouze na omývání panelů. Tato informace však samozřejmě nekalkuluje s náklady v případě pozáruční poruchy některého z prvků, které jsou rizikem investice.

Jak lze vidět v položkové kalkulaci, navrhovaná instalovaná kapacita baterie je zhruba o 1kWh vyšší, než jaké byly minimální požadavky, dá se tedy očekávat o něco vyšší míra využití energie, než jak bylo v modelovém případě kalkulováno.

Z výše uvedených nabídek lze odvodit, že cena na pořízení kWp systému je při této velikosti (4,6 kWp) je zhruba 41 075 Kč, při přidání odpovídající akumulací kapacity (60 % denní spotřeby) je to pak zhruba 81 483 Kč, tedy přibližně dvojnásobek.

²⁷ Celou zaslánou odpověď lze najít v příloze 3.3

²⁸ **Dotaz:** U varianty k ohřevu vody není uvedeno samotné zařízení pro ohřev vody (bojler) – je nějaké speciální zařízení, které k tomuto účelu doporučujete, nebo stačí jakýkoli elektrický bojler s dostatečným objemem? (a tedy pokud už nějaký bojler je v domě instalován, vznikají pouze náklady na jeho připojení k FV, není třeba dalších úprav?)

Odpověď: Ano, stačí jakýkoliv bojler nebo odporový spotřebič (teplovzdušné vytápění/ podlahovka/ heatflow/ infra) s nom. výkonem okolo 2–2,5kW, bez nutnosti úprav. Středový výstup, i když modif. sinusovka, je kompatibilní s termostaty i případnou jednoduchou elektronikou bojlerů.

5.2.4.2.1 Klimatické a geografické podmínky

Klimatické podmínky ovlivňují v především produkci elektřiny a jejich vliv je popsán podrobněji v kapitole 4.1.

V našem modelovém případě se počítá s lokalitou Praha – Karlov. Dle databáze PVGIS této lokalitě dopadá na metr čtvereční horizontální plochy zhruba 1102 kWh za rok. Nejnižší hodnoty dopadu slunečního záření jsou v oblasti severozápadních Čech u hranic s Německem, kde se pohybují minima okolo 1030 kWh, nejvyšší pak na jižní Moravě u hranic s Rakouskem kde se maxima pohybují okolo 1230 kWh. Následující shrnuje tyto údaje a jejich procentuální rozdíly.

Tabulka 30 - Rozdíly v množství dopadající energie v rámci ČR

Lokalita	Dopadající energie	Rozdíl proti modelu
Severozápadní Čechy	1030 kWh/rok	-6,64 %
Praha	1102 kWh/rok	0 %
Jižní Morava	1230 kWh/rok	+11,61 %

Jedná se tedy o rozdíl cca -6,64 % až +11,61 %. To jsou také rozdíly, jak je třeba upravit instalovaný výkon fotovoltaických panelů k dosažení srovnatelného množství vyprodukované energie.

Na základě položkové kalkulace firmy Ostrovní elektrárny, s.r.o. lze určit i orientační náklady na instalaci jednoho panelu (v tomto případě s výkonem 260 Wp). Cena na elektromateriál je orientačně počítána jako 1%.

Tabulka 31 - Orientační náklady na pořízení a instalaci jednoho FV polykrystalického panelu (260 Wp)

Položka	Cena
Fotovoltaický panel	4742,57
Uchycení panelu	1452,68
Elektromateriál	151,5
Montážní práce – instalace panelu	690
Celkem	7036,75

I v oblastech s nejnižším množstvím dopadající sluneční energie by měla stačit instalace jednoho dodatečného panelu pro dosažení podobných výsledků. V oblastech s nejvyšším množstvím dopadající sluneční energie pak lze naopak jeden panel (maximálně dva) oproti modelovému případu odebrat.

V případě vyšší míry dopadu sluneční energie nevzniká v podstatě žádný problém – celková dopadající energie je kombinací nejen síly slunečního svitu, ale také doby, po kterou v lokalitě každý den slunce svítí, takže by celková využitelná energie i s méně panely měla být podobná. V případě nižší míry dopadu sluneční energie a tedy při potřebě instalovat vyšší výkon fotovoltaických panelů může vznikat problém s poměrem instalovaného výkonu k instalované akumulaci kapacitě potřebné pro získání dotace.

Celkově jsou tedy rozdíly na pořízení fotovoltaického systému k výrobě elektřiny ovlivněny rozdíly v množství dopadajícího záření relativně malé, v řádu zhruba 2%, což se v celkové ceně relativně snadno ztratí a rozdíly mezi nabídkami jednotlivých dodavatelů budou pravděpodobně znatelně větší (i v závislosti na zvolených technologických prvcích a jejich výrobcích).

5.2.4.3 Porovnání nákladů, úspor a výnosů

K zjištění ekonomické výhodnosti je nutné porovnat všechny dříve uvedené okolnosti a varianty z pohledu jejich výnosů ku nákladům. Následující tabulky shrnují rozdíly mezi náklady na pořízení různých variant systému a finančními přínosy, které tyto systémy za dvacet let poskytnou. Roční výnos v procentech vypočítán jako rozpočtení rozdílu mezi náklady a přínosy na 20 let v poměru k vloženým nákladům. Návratnost je pak počítána jako konec roku, kdy součet finančních přínosů dorovná nebo přesáhne vložené náklady, písmenem x jsou označeny varianty, u nichž návratnost investice přesahuje 20 let a tedy i minimální očekávanou životnost systému.

Tabulka 32 - Porovnání nákladů a přínosů, scénář 1

Varianta	Přínosy (20 let)	Náklady	Rozdíl v Kč	Roční výnos v %	Návratnost
Bez akumulace a bez DSM					
Využití EE a prodej přebytků	133859	188 945	-55 086	-2,06	x
Využití EE, prodej přebytků a dotace	275843,22	204 817	71 026	1,29	13
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	337966,38	204 817	133 149	1,97	10
Bez akumulace a s DSM					
Využití EE a prodej přebytků	154121	188 945	-34 824	-1,13	x
Využití EE, prodej přebytků a dotace	278708,8	204 817	73 892	1,33	13
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	340831,96	204 817	136 015	2,00	10
S akumulací a bez DSM					
Využití EE a prodej přebytků	177425	374 823	-197 398	-5,56	x
Využití EE, prodej přebytků a dotace	308399,002	380 823	-72 424	-1,17	x
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	370522,162	380 823	-10 301	-0,14	x
S akumulací a s DSM					
Využití EE a prodej přebytků	197687,0154	374 823	-177 136	-4,48	x
Využití EE, prodej přebytků a dotace	311264,578	380 823	-69 558	-1,12	x
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	373387,738	380 823	-7 435	-0,10	x
Net-metering					
Bez ohřevu TUV	320780	188 945	131 835	2,05	11
S ohřevem TUV	357260	204 817	152 443	2,13	11

Tabulka 33 - Porovnání nákladů a přínosů, scénář 2

Varianta	Přínosy (20 let)	Náklady	Rozdíl v Kč	Roční výnos v %	Návratnost
Bez akumulace a bez DSM					
Využití EE a prodej přebytků	174630	188 945	-14 315	-0,41	x
Využití EE, prodej přebytků a dotace	351500,2734	204 817	146 683	2,09	11
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	432544,955	204 817	227 728	2,63	9
Bez akumulace a s DSM					
Využití EE a prodej přebytků	201063	188 945	12 118	0,30	20
Využití EE, prodej přebytků a dotace	357622,6963	204 817	152 806	2,14	11
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	438667,3778	204 817	233 850	2,67	9
S akumulací a bez DSM					
Využití EE a prodej přebytků	231465	374 823	-143 358	-3,10	x
Využití EE, prodej přebytků a dotace	385910,2456	380 823	5 087	0,07	20
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	461337,337	380 823	80 514	0,87	16
S akumulací a s DSM					
Využití EE a prodej přebytků	257899	374 823	-116 924	-2,27	x
Využití EE, prodej přebytků a dotace	392032,6684	380 823	11 210	0,14	20
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	473077,3499	380 823	92 254	0,98	15
Net-metering					
Bez ohřevu TUV	418483	188 945	229 538	2,74	10
S ohřevem TUV	466075	204 817	261 258	2,80	10

Tabulka 34 - Porovnání nákladů a přínosů, scénář 3

Varianta	Přínosy (20 let)	Náklady	Rozdíl v Kč	Roční výnos v %	Návratnost
Bez akumulace a bez DSM					
Využití EE a prodej přebytků	231227	188 945	42 282	0,91	17
Využití EE, prodej přebytků a dotace	437265,4795	204 817	232 448	2,66	10
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	544504,6169	204 817	339 688	3,12	8
Bez akumulace a s DSM					
Využití EE a prodej přebytků	266134	188 945	77 189	1,45	16
Využití EE, prodej přebytků a dotace	442464,7046	204 817	237 648	2,69	10
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	549703,8419	204 817	344 887	3,14	8
S akumulací a bez DSM					
Využití EE a prodej přebytků	306374	374 823	-68 449	-1,12	x
Využití EE, prodej přebytků a dotace	461371,3029	380 823	80 548	0,87	17
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	568610,4402	380 823	187 787	1,65	14
S akumulací a s DSM					
Využití EE a prodej přebytků	341362	374 823	-33 461	-0,49	x
Využití EE, prodej přebytků a dotace	466570,5279	380 823	85 748	0,92	16
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	573809,6653	380 823	192 987	1,68	14
Net-metering					
Bez ohřevu TUV	553917	188 945	364 972	3,29	9
S ohřevem TUV	616910	204 817	412 093	3,34	9

Následující tabulka shrnuje návratnost investice v letech a roční výnos v procentech pro všechny varianty systému a scénáře vývoje ceny elektřiny. U návratnosti jsou zeleně označeny varianty s návratností do 15 let, červeně s návratností 20 let nebo vyšší. U ročních výnosů jsou označeny zeleně s ročním výnosem vyšším než jedno procento, červeně s výnosem nulovým či záporným.

Tabulka 35 - Shrnutí návratnosti a ročních výnosů

Varianta	Návratnost (v letech)			Roční výnos (v %)		
	Scénář 1	Scénář 2	Scénář 3	Scénář 1	Scénář 2	Scénář 3
Bez akumulace a bez DSM						
Využití EE a prodej přebytků	x	x	17	-2,06	-0,41	0,91
Využití EE, prodej přebytků a dotace	13	11	10	1,29	2,09	2,66
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	10	9	8	1,97	2,63	3,12
Bez akumulace a s DSM						
Využití EE a prodej přebytků	x	20	16	-1,13	0,30	1,45
Využití EE, prodej přebytků a dotace	13	11	10	1,33	2,14	2,69
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	10	9	8	2,00	2,67	3,14
S akumulací a bez DSM						
Využití EE a prodej přebytků	x	x	x	-5,56	-3,10	-1,12
Využití EE, prodej přebytků a dotace	x	20	17	-1,17	0,07	0,87
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	x	16	14	-0,14	0,87	1,65
S akumulací a s DSM						
Využití EE a prodej přebytků	x	x	x	-4,48	-2,27	-0,49
Využití EE, prodej přebytků a dotace	x	20	16	-1,12	0,14	0,92
Využití EE, přebytky na ohřev a dotace	x	15	14	-0,10	0,98	1,68
Net-metering						
Bez ohřevu TUV	11	10	9	2,05	2,74	3,29
S ohřevem TUV	11	10	9	2,13	2,80	3,34

Jak je patrné z výše uvedených výsledků, nejlepší návratnosti dosahuje zavedení net-meteringu, který by byl nejvýhodnější variantou i bez dalších dotací. Pokud tuto hypotetickou množinu vyřadíme, je zřejmé, že nejlepší návratnost mají systémy bez akumulace s aplikací managementu na straně spotřeby a využívání přebytků k výrobě tepla místo jejich prodeje.

Je zde také dobré připomenout, že scénáře pro vývoj ceny elektřiny byly počítány bez inflace, reálné finanční přínosy tedy pravděpodobně budou vyšší (průměrná míra inflace od roku 1994 do roku 2014 byla zhruba 4,07 % [Web56]), což je třeba zohlednit i při zvažování vhodnosti investice do fotovoltaického systému oproti jiným možnostem investic.

6. Závěr

Předmětem této práce je na základě rešerše existujících českých i zahraničních textů stručně popsat nejdůležitější technologie, které se využívají v domácích systémech pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů a jejich využitelnost a dostupnost v podmínkách České republiky. Pozornost je směřována na podmínky související s klimatem a geografii místa, kde je systém zřizován (v této práci zejména množství dopadající sluneční energie), spotřebu v domácnosti, legislativní a administrativní podmínky, včetně státní podpory, a zhodnocení vlivu těchto podmínek na ekonomickou výhodnost pořízení a provozu těchto systémů.

Hlavní výzkumnou otázkou je, zda je v ČR možné provozovat systém pro domácí výrobu energií za ekonomicky přijatelných podmínek, případně s jakými předpoklady.

V České republice je jednoznačně nejdostupnějším zdrojem pro výrobu elektřiny z OZE sluneční záření, přeměna proudění větru nebo vody je dostupná pouze v omezených lokalitách, proto jsem se zaměřil na systémy založené na výrobě elektřiny z fotovoltaických panelů. Možnost zřízení těchto systémů do instalovaného výkonu 10 kWp není legislativně ani administrativně příliš složitá, samozřejmě však jsou třeba základní potřebné podmínky – vlastní střechu s vhodným sklonem a orientací, pokud možno mimo chráněné zóny (například památkové), které by zřízení takového systému omezovaly. Instalace mimo střechy staveb (v této práci především rodinných domů) je komplikovanější, bez možnosti aplikace snížené daně a vzhledem k záboru půdy také potenciálně nežádoucí.

Množství elektřiny vyrobené ve fotovoltaických systémech je závislé na množství sluneční energie, která na ně dopadá a souvisí s orientací a sklonem fotovoltaických panelů, přičemž maxima výkonu dosahují při jižní orientaci a sklonu okolo 35°. Klimatické a geografické podmínky na území České republiky jsou pak v tomto směru relativně podobné, množství dopadajícího slunečního záření se na většině území pohybuje zhruba v rozmezí od 1050 do 1200 kWh za rok na metr čtvereční. K dosažení podobných výnosů elektřiny se tak jednotlivé systémy vzhledem k podílu ceny fotovoltaických panelů (okolo 7 000 Kč na 260 Wp) liší v celkové pořizovací ceně v rozmezí zhruba $\pm 3,5$ % u systémů bez akumulace do baterií a ± 2 % u variant s bateriemi. To však může v některých případech znamenat například zkrácení nebo prodloužení návratnosti zhruba o rok.

Důležitým faktorem je samotná konfigurace systému a způsob jejího užívání. V předchozích kapitolách jsou popsány možnosti zahrnující zřízení akumulační kapacity

elektřiny v systému (baterie), aplikaci managementu na straně spotřeby (DSM) a způsob nakládání s přebytky – jejich prodej či využívání k výrobě tepla (primárně teplé užitkové vody).

Hlavními nevýhodami systémů pro výrobu elektřiny z OZE je nestabilita jejich produkce, která je závislá na vnějších faktorech, a rozdíl mezi dobou, kdy je elektřina vyráběna a kdy je spotřebována.

Tento rozdíl lze řešit dvěma základními způsoby – prvním je aplikace managementu na straně spotřeby (DSM), druhým pak akumulace elektřiny.

Aplikace DSM se dá realizovat změnou chování členů domácnosti nebo využíváním různě komplikovaných technologií. Drobnou úpravou chování a využitím základního časovače tak například je možné přesunout spínání automatické pračky a myčky do doby maximální produkce fotovoltaických systémů a dosáhnout tím zvýšení využitelnosti energie okolo 8 %.

Druhou možností je akumulace elektřiny. Z výsledků uvedených v předchozích kapitolách vcelku jednoznačně vychází, že náklady na akumulaci se sice snižují, nicméně prakticky jsou využitelné pouze baterie různého typu (aktuálně primárně baterií na bázi lithia) a ceny za ně jsou stále poměrně vysoké.

Ekonomické kalkulace byly provedeny na základě převzatého modelového příkladu rodinného domu s roční spotřebou 3400 kWh, instalovaným výkonem fotovoltaických panelů 4,5 kWp a jmenovitou akumulační kapacitou baterií 5,6 kWh. Ceny pořízení pak byly zjištěny oslovením firem s poptávkou na kalkulaci dodání systémů splňující požadované specifikace.

Dle provedených výpočtů jsou ceny na pořízení baterií stále vysoké a v porovnání se systémy bez akumulace jejich návratnost není srovnatelná. Pokud by cena elektřiny zůstala na dnešní úrovni, systémy s akumulací dokonce ani s dotací nemají očekávatelnou návratnost za minimální dobu své životnosti, která je v této práci počítána na dvacet let, i když je pravděpodobné, že většina komponent vydrží i déle.

Pokud by cena mírně stoupala, což je pravděpodobnější, návratnost systémů s akumulací energie do baterií se pohybuje okolo patnácti let, v případě efektivního využívání přebytků.

S přebytky lze nakládat dvěma základními způsoby – odeslat je do distribuční sítě, nebo je využít k výrobě tepla (v této práci výrobu tepla počítám jako využití k ohřevu teplé užitkové vody).

Díky úpravám v legislativě, z nichž většina nabyla účinnosti v roce 2016, které zřízení těchto systémů relativně usnadňují, je prodej elektřiny relativně administrativně jednoduchý a u malých elektráren do 10 kWp je obvykle osvobozen od daně z příjmů, nicméně u nových provozů již nelze elektřinu z fotovoltaických zdrojů prodávat za dotovanou cenu a cena kWh se v současnosti na burze pohybuje okolo 0,81 Kč, přičemž je zde ještě otázka, za jakou cenu,

a zda vůbec, bude ochoten poskytovatel elektřinu vykupovat vzhledem k tomu, že tuto povinnost nemá danou zákonem. Vzhledem k tomu, že pro koncového odběratele se současná cena kvůli přidruženým poplatkům (za distribuci, za odběrné místo atd.) pohybuje okolo 4,72 Kč za kWh, je jednoznačně výhodnější variantou maximálně (ale efektivně) využít vlastní produkci elektřiny, místo jejího prodeje.

Jako způsob tohoto využití se nabízí již zmíněný ohřev teplé užitkové vody. Elektřina sice není nejlevnějším způsobem jejího ohřevu, je však velmi uživatelsky komfortní a její ohřev je bez problémů možný i s časovým předstihem před jejím využitím. Počítáme-li takto využitou elektřinu jako úsporu ve výši nákladů, které bychom jinak vynaložili na nákup elektřiny k ohřevu vody v nízkém tarifu, stává se tento faktor zcela zásadním při počítání návratnosti investice – finanční přínosy se u systémů s akumulací do baterií zvýší zhruba o dvě třetiny, u systémů bez akumulace se zhruba zdvojnásobí, čemuž také odpovídá zkrácení doby návratnosti investice.

Celkově lze tedy říci, že investice do domácího fotovoltaického systému bez baterií se vyplatí prakticky vždy, pokud jsou přebytky energie využívány k ohřevu vody, a to i v případě, že by cena elektřiny zůstala na stávající hodnotě. V případě nárůstu ceny elektřiny je možno uvažovat i o systému s bateriemi, kde se pak návratnost pohybuje okolo patnácti let, jak již bylo zmíněno výše. Systémy, kde nejsou přebytky využívány k ohřevu vody (nebo jiným dostupným a efektivním způsobem), se prakticky nevyplatí.

Toto zjednodušené shrnutí se příliš nemění ani v závislosti na poskytovaných dotacích, které jsou v současnosti až 55 000 Kč u systémů bez akumulace a až 100 000 Kč u systémů s akumulací. Tyto dotace zajisté zvyšují atraktivitu pořízení těchto systémů, vyšší dotace na systémy s akumulací však ani zdaleka nepokrývají vysoké náklady, které jsou k přidání baterií do systému třeba.

Zajímavou alternativou k dotacím by bylo zavedení takzvaného net-meteringu, tedy systému účtování s vyrovnávacím obdobím výroby a spotřeby, které by i bez poskytování jakékoliv další dotace mohlo zkrátit návratnost investice do systémů bez akumulace na zhruba 10 let.

Jako největší slabinu této práce vnímám, že v provedených výpočtech není zahrnuto snižování množství vyprodukované energie vlivem klesající produkce fotovoltaických panelů (cca 0,5–1 % ročně, s obvyklou garancí 80 až 85% výkonu po 25 letech podle typu a výrobce panelu). Dalším problematickým bodem je vycházení z převzatého modelového příkladu. Konkrétní poměr přímo využitelné elektřiny, celková spotřeba a tedy i výše úspor se bude měnit případ od případu, věřím však, že identifikované trendy jsou za popsáných okolností platné.

Klimatické podmínky jsou dlouhodobě konstantní, ale legislativní, administrativní a především finanční a technologické podmínky se relativně rychle mohou měnit. Shrnutí informací a prozkoumání okolností typu této práce by tak bylo dobré průběžně opakovat, v nejbližší době se zaměřením zejména na možnosti akumulace elektřiny, v delším horizontu pak třeba s výhledem na chytré sítě a šíření elektromobilů.

Seznam použitých zkratek

ČEPS – Česká elektrická přenosová soustava (společnost ČEPS, a. s.)

ČR – Česká republika

ČSÚ – Český statistický úřad

DSM – management na straně spotřeby (demand side management)

DZ – druhotné zdroje

EE – elektrická energie

ERoEI – energetická návratnost (energy return on energy investment)

ERÚ – Energetický regulační úřad

EU – Evropská unie

FV – Fotovoltaický

KVET – Kombinovaná výroba elektřiny a tepla

MMR ČR – Ministerstvo pro místní rozvoj České republiky

MPO ČR – Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky

MZV ČR – Ministerstvo zahraničních věcí České republiky

NT – nízký tarif

OTE – Operátor trhu s elektřinou (společnost OTE, a. s.)

OZE – obnovitelný zdroj energie

SLDB – Sčítání lidí, domů a bytů

TDD – Typový diagram dodávky (zde užíváno ve spojení s dodávkami elektřiny)

TUV – teplá užitková voda

VT – vysoký tarif

Seznam tabulek a grafů

Grafy:

Graf 1 – Vývoj světové spotřeby energie 1820 – 2000	23
Graf 2 – Vývoj spotřeby energie na člověka 1820 – 2000	23
Graf 3 – Vývoj spotřeby elektřiny v ČR do roku 2015	25
Graf 4 – Zastoupení zdrojů při výrobě elektřiny v ČR 2013–2016	28
Graf 5 – Křivky MPP bodu	38
Graf 6 – Intenzita slunečního záření a jeho složení v jednotlivých měsících	47
Graf 7 – Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu (kWh/m ²)	48
Graf 8 – Bilanční účtování na základě net-meteringu	67
Graf 9 – Průběh produkce a spotřeby v modelové domácnosti	71
Graf 10 – Index využitelnosti produkce	75
Graf 11 – Index exportu	75
Graf 12 – Index soběstačnosti	76
Graf 13 – Index využitelnosti produkce a index exportu	76
Graf 14 – Graf průniku výroby a spotřeby elektřiny	77
Graf 15 – Scénáře vývoje elektřiny očištěné od inflace	86
Graf 16 – Vývoj ceny elektřiny na burze 2008–2017	87

Tabulky:

Tabulka 1 – Spotřeba elektřiny v domácnosti podle využití	55
Tabulka 2 – Vybavenost domácností elektrospotřebiči dle Energo 1997/2004/2015 ...	55
Tabulka 3 – Jmenovitý příkon a celková spotřeba elektrospotřebičů v modelové domácnosti	56
Tabulka 4 – Shrnutí spotřeby energie v modelovém domě	57
Tabulka 5 – Maximální výše podpory podle typu systému	64
Tabulka 6 – Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu pro větrné elektrárny	66
Tabulka 7 – Přínosy a náklady net-meteringu	68
Tabulka 8 – Výroba a spotřeba v modelové domácnosti bez akumulace	72
Tabulka 9 – Ztráty při zapojení akumulační technologie	72
Tabulka 10 – Výroba a spotřeba v modelové domácnosti s možností akumulace	73
Tabulka 11 – Pokrytí spotřeby produkcí FV systému ve vztahu k DSM	79
Tabulka 12 – Přehled složek ceny elektřiny pro koncového zákazníka	80
Tabulka 13 – Celková roční platba za EE v modelovém domě	83
Tabulka 14 – Roční úspory při stávající ceně EE	84
Tabulka 15 – Vývoj ceny EE bez inflace 1991 – 2014	85
Tabulka 16 – Celkové úspory (v Kč) dle varianty systému a scénáře vývoje ceny EE ...	87
Tabulka 17 – Celkové zisky (v Kč) z prodeje EE dle variant a scénářů za 20 let	88

Tabulka 18 – Zisky z prodeje (v Kč) EE při prodeji 1140 kWh/rok	89
Tabulka 19 – Náklady na EE při ohřevu TUV ve VT a NT	90
Tabulka 20 – Úspory při využití přebytků na ohřev TUV	91
Tabulka 21 – Maximální výše podpory podle typu systému	91
Tabulka 22 – Zisky z prodeje 1140 kWh/rok EE za 20 let dle scénářů	92
Tabulka 23 – Úspory při zavedení net-meteringu bez využití EE k ohřevu TUV a s ním	94
Tabulka 24 – Celkové úspory v systému bez akumulace a bez DSM	96
Tabulka 25 – Celkové úspory v systému bez akumulace a s aplikací DSM	96
Tabulka 26 – Celkové úspory v systému s akumulací a bez DSM	98
Tabulka 27 – Celkové úspory v systému s akumulací a s aplikací DSM	98
Tabulka 28 – Položkový rozpočet fotovoltaického systému ve variantě 4 (Ostrovní elektrárny, s.r.o.)	100
Tabulka 29 – Pořizovací ceny dle variant systému	101
Tabulka 30 – Rozdíly v množství dopadající energie v rámci ČR	102
Tabulka 31 – Orientační náklady na pořízení a instalaci jednoho FV polykrystalického panelu (260 Wp)	102
Tabulka 32 – Porovnání nákladů a přínosů, scénář 1	104
Tabulka 33 – Porovnání nákladů a přínosů, scénář 2	105
Tabulka 34 – Porovnání nákladů a přínosů, scénář 3	106
Tabulka 35 – Shrnutí návratnosti a ročních výnosů	107

Schémata:

Schéma 1 – Planetární meze	19
Schéma 2 – Schéma klasické a chytré sítě	30
Schéma 3 – Schéma fotovoltaického systému s bateriemi a bojlerem	33
Schéma 4 – Schéma hybridního fotovoltaického systému s možností akumulace vodíku	43
Schéma 5 – Mapa trvání slunečního svitu v ČR (hodin za rok)	46
Schéma 6 – Mapa ročních úhrnů slunečního svitu v ČR (kWh/m ²)	46
Schéma 7 – Mapa průměrné rychlosti větru v 10m nad zemským povrchem v ČR	51
Schéma 8 – Schéma složení ceny elektřiny pro koncového zákazníka	82

Literatura

Poznámka autora: Práce obsahuje relativně vysoké množství použitých zdrojů označených „WebX“. Spolehlivost zdrojů dostupných z webu je samozřejmě vždy sporná, v případě této práce se však jedná převážně o relativně spolehlivé informace, jako jsou například zákony, vědecké a recenzované články či údaje Českého statistického úřadu, které však nebyly vydány v samostatných publikacích a primárním nebo jediným místem zveřejněním je právě web. Někde jde o dlouhodobé odborné stránky, které se na danou problematiku specializují a do značné míry tak garantují i odbornost a spolehlivost jednotlivých příspěvků.

Skupina „Odkazy“ pak obsahuje webové zdroje, ze kterých nebyl čerpán textový obsah, ale pouze obsah grafický (schémata, grafy), nebo na které je odkazováno jako na užitečný nástroj.

Pro zjednodušení dohledávání informací odkazy ve formě „Dostupné z“ uvádím i u některých publikací a článků, které jsou na internetu veřejně dostupné v plném rozsahu a které se mi podařilo v této formě dohledat.

Publikace a články:

ALSEMA, E. A.; DE WILD-SCHOLTEN, M. J. Reduction of Environmental Impacts in Crystalline Silicon Photovoltaic Technology, An Analysis of Driving Forces and Opportunities, In: *MRS Fall 2007, Boston*, p. 26–29.

ARUN,P.; BANERJEE, R.; BANDYOPADHYAY, S. 2007. Sizing curve for design of isolated power systems. In: *Energy for Sustainable Development, 11/4*, p. 21–28.

BAYINDIR, R.; COLAK, I.; FULLI, G. 2016. Smart grid technologies and applications. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 66*, p. 499–516.

BRANIŠ, M.; HŮNOVÁ, I.; et al. *Atmosféra a klima. Aktuální otázky znečištění ovzduší*. 1. vyd. Praha: Karolinum. 352 s. ISBN 978-80-246-3118-9

BHANDARI, K. P.; et al. 2015. Energy payback time (EPBT) and energy return on energy invested (EROI) of solar photovoltaic systems: a systematic review and meta-analysis. In: *Renew. Sustain. Energy Rev., 47*, p. 133–141.

BIANCHIA, M.; et al. 2014. Storage Solutions for Renewable Production in Household Sector Energy. In: *Procedia, 61*, p. 242–245, *The 6th International Conference on Applied Energy – ICAE2014*.

- BOCKLISCH, T.; BÖTTIGER, M.; PAULITSCHKE, M. 2014. Multi-storage hybrid system approach and experimental investigations. In: *Energy Proc 2014*, 46, p. 186–193.
- BOCKLISCH, T.; LINDER, J. 2016. Technical and Economic Investigation and Comparison of Photovoltaic – Wind Energy – Hybrid Systems with Battery and Heat-storage Path. In: *Energy Procedia*, 99, p. 350–359.
- BURST, J. M.; et al. 2016. CdTe solar cells with open-circuit voltage breaking the 1 V barrier. In: *Nature Energy 1*, Article number: 16015 (2016). Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/nenergy201615> 26.6.2017 16:57:13
- BULOVIĆ, V.; JEAN, J.; WANG, A. 2016. In situ vapor-deposited parylene substrates for ultra-thin, lightweight organic solar cells. In: *Organic Electronics*, 31, p. 120–126.
- CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. 2000. The Anthropocene. In: *Global Change Newsl.*, 41, p. 17–18. Dostupné z: <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf> 26.6.2017 13:32:15
- ČSÚ. 2017. *Spotřeba paliv a energií v domácnostech*. 1. vyd.: Praha, Český statistický úřad. 121 s. ISBN 978-80-250-2751-6. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/50619982/ENERGO_2015.pdf/86331734-a917-438a-b3c2-43a5414083fc?version=1.4 26.6.2017 23:20:28
- DIVYA, K. C.; ØSTERGAD, J. 2009. Battery energy storage technology for power systems—an overview. In: *Electr Power Syst Res 2009*, 79/4, p. 511–520.
- ČEPS. 2015. *Mimořádná situace v PS ČR vlivem enormní výroby ve větrných parcích v Německu na přelomu roku 2014/2015*. 27 s. Dostupné z: http://www.ceps.cz/CZE/Media/Tiskove-zpravy/Documents/Analyza_mimoradna_situace_PSCR_2015_CZ.pdf 26.6.2017 15:26:36
- ČERMÁKOVÁ, J.; DOUČEK, A.; POLÁK, L. 2012. Energy Accumulation by Hydrogen Technologies. In: *Acta Polytechnica*, 52. Dostupné z: <https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/ap/article/viewFile/1584/1416> 26.6.2017 21:13:01
- DE OLIVEIRA E SILVA, G.; HENDRICK, P. 2017. Photovoltaic self-sufficiency of Belgian households using lithium-ion, batteries, and its impact on the grid. In: *Applied Energy*, 195, p. 786–799.
- DRÁBOVÁ D., PAČES V.; et al. 2014. *Perspektivy české energetiky: Současnost a budoucnost*. 1. vyd.: novela BOHEMICA. 348 s. ISBN 978-80-87683-26-2

- ERÚ. 2016. Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 7/2016 ze dne 25. listopadu 2016, kterým se stanovují ceny za související službu v elektroenergetice a další regulované ceny. In: *Energetický regulační věstník, Energetický regulační úřad, ročník 16, Jihlava, 84 s.* Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/2041142/ERV_10_2016/022f2fcf-55c0-4dde-9d8e-d0024602dc43 27.6.2017 18:15:59
- ERÚ. 2017. *Čtvrtletní zpráva o provozu ES ČR, IV. čtvrtletí 2016.* 37 s. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/2298821/Ctvrtletni_zprava_2016_IV_Q.PDF/ad22f9a4-4f90-4f59-bef4-f1a384722302 26.6.2017 14:42:53
- EZINWANNEA, O.; ZHONGWENA, F.; ZHIJUNB, L. 2017. Energy Performance and Cost Comparison of MPPT Techniques for Photovoltaics and other Applications. In: *Energy Procedia, 107*, p. 297–303.
- FERRONI, F. HOPKIRK, R. J. 2016. Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation. In: *Energy Policy, Volume 94*, p. 336–344.
- HALL, C. A.; MURPHY, D. J. 2011. Energy return on investment, peak oil and the end of economic growth. In: *Ann. N. Y. Acad. Sci., Spec. Issue Ecol. Econ. 1219*, p. 52–72.
- HAMADA, Y.; et al. 2011. Hybrid utilization of renewable energy and fuel cells for residential energy systems. In: *Energy Build., 43*, p. 3680–3684
- HIRSCHNITZ-GABERS, M.; et al. 2016. Key drivers for unsustainable resource use – categories, effects and policy pointers. In: *Journal of Cleaner Production, Volume 132*, p. 13–31.
- HONG, S. Y.; et al. 2013. Charge carriers in rechargeable batteries: Na ions vs. Li ions. In: *Energy Environ Sci 2013, 6/7*, p. 2067–2081.
- HRUBÝ, Z.; LUKÁŠEK, L. 2015. *Energetická bezpečnost České republiky*. 1. vyd. Praha: Karolinum. 160 s. ISBN 978-80-246-2974-2
- JALLOULI, R.; KRICHEN, L. 2012. Sizing, techno-economic and generation management analysis of a stand alone photovoltaic power unit including storage devices. In: *Energy, 40*, p. 196–209.
- JOSSEN, A.; GARCHE, J. 2004. Operation conditions of batteries in PV applications. In: *Sol Energy 2004, 76/6*, p. 759–769.
- JUUL, N.; MEIBOM, P. 2011. Optimal configuration of an integrated power and transport system. In: *Energy, 36/5*, p. 3523–3530.
- KEIRSTEAD, J. 2007. Behavioural responses to photovoltaic systems in the UK domestic sector. In: *Energy Policy 2007, 35/8*, p. 4128–4141.

- KEMPTON, W.; TOMIĆ, J. 2005. Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue. In: *Journal of Power Sources*, 144/1, p. 268–279.
- KIYAR, D.; WITTNEBEN, B. 2012. Nuclear Energy in the European Union after Fukushima: Political and Economic Considerations. In: *CESifo DICE Report 3/2012*.
Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/264541536_Nuclear_Energy_in_the_European_Union_after_Fukushima_Political_and_Economic_Considerations 26.6.2017 13:49:15
- KLEIN, Z. 2009. *Větrné elektrárny od A do Z*. Diplomová práce na: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra fyziky, vedoucí práce: Petr Sládek. 77 s. Dostupné z:
https://is.muni.cz/th/77876/pedf_m/Diplomova_prace.pdf 26.6.2017 17:18:23
- LACKO, R.; et al. 2014. Hydrogen energy system with renewables for isolated households: The optimal system design, numerical analysis and experimental evaluation. In: *Energy and Buildings*, 80, p. 106–113.
- LARSEN, B. M.; NESBAKKEN, R. 2004. Household electricity end-use consumption: results from econometric and engineering models. In: *Energy Economics*, 26, p. 179–200.
- LEDJEFF, K. 1990. Comparison of storage options for photovoltaic systems. In: *International Journal of Hydrogen Energy*, 15/9, p. 629–633.
- LEDO, L.; KOSASIH, P. B.; COOPER, P. 2011. Roof mounting site analysis for micro-wind turbines. In: *Renewable energy*, 36, p. 1379–1391.
- LI, J.; DANZER, M. A. 2014. Optimal charge control strategies for stationary photovoltaic battery systems. In: *J Power Sources*, 258, p. 365–373.
- LUTHANDER, R.; et al. 2015. Photovoltaic self-consumption in buildings: A review. In: *Applied Energy*, 142, p. 80–94.
- NAIR, N. K. C.; GARIMELLA, N. 2010. Battery energy storage systems: assessment for small-scale renewable energy integration. In: *Energy Build 2010*, 42/11, p. 2124–2130.
- MACK, J.; KOBAYASHI, N. 2011. Low Symmetry Phthalocyanines and Their Analogues. In: *Chem Rev. 2011*, 111/2, p. 281–321. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/49699461_Low_Symmetry_Phthalocyanines_and_Their_Analogues 26.6.2017 17:04:28
- MACHÁČEK, Z. 2007. Faktory nepříznivě ovlivňující činnost fotovoltaických systémů. In: 28. *Nekonvenční zdroje energie: Sborník referátů celostátní konference*.

- MAREČEK, J. 2013. *Návrh systému fotovoltaických panelů pro rodinný dům*. Bakalářská práce na: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektrotechniky, vedoucí práce: Jiří Pěcha. 46 s. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=68462 26.6.2017 21:09:16
- MCGLADE, Ch.; ETKINS, P. 2015. The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C. In: *Nature* 517, 187–190.
- MCKENNA, E.; et al. 2013. Economic and environmental impact of lead-acid batteries in grid-connected domestic PV systems. In: *Appl. Energy* 2013, 104, p. 239–249.
- MMR ČR; ODBOR POLITIKY BYDLENÍ. 2014. *Vybrané údaje o bydlení 2013*. 1. vyd.: Praha, Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. 179 s. ISBN 978-80-87147-55-9. Dostupné z: <https://www.mmr.cz/getmedia/0f40fca0-0fb5-4fb3-b7ec-9fe33f7bc67f/Vybrane-udaje-bydleni-2013.pdf> 26.6.2017 23:15:04
- MOLDAN, B. 2009. *Podmaněná planeta*. 1. vyd.: Praha, Karolinum. 336 s. ISBN 978-80-246-1580-6
- MOORE, G, E. 1965. Cramming more components onto integrated circuits. In: *Electronics*, 38/8. Dostupné z: <https://drive.google.com/file/d/0By83v5TWkGjvQkpBcXJKT111TTA/view> 26.6.2017 12:24:32
- MOTLÍK, J; et al. 2007. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR*. 1. vyd.: Praha, ČEZ, a. s. 183 s. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/oze-cr-all-17-01-obalka-in.pdf> 26.6.2017 16:34:23
- MPO ČR. 2014. *Státní energetická koncepce České republiky*. Praha. 145 s. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument158059.html> 26.6.2017 14:54:58
- MULDER, G.; RIDDER, F. D.; SIX, D. 2010. Electricity storage for grid-connected household dwellings with PV panels. In: *Sol. Energy* 2010, 84/7, p. 1284–1293.
- MZV ČR; kolektiv autorů. 2015. *Bezpečnostní strategie České republiky*. Praha. 23 s. ISBN 978-80-7441-005-5 Dostupné z: http://www.mocr.army.cz/images/id_40001_50000/46088/Bezpecnostni_strategie_2015.pdf 26.6.2017 12:46:21
- NOVOTNÝ, P. 2015. Vývoj cen elektřiny v ČR a v zahraničí. Diplomová práce na: České vysoké učení technické, Fakulta elektrotechnická, vedoucí práce: Jiří Vašíček. 62 s. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/61678/F3-DP-2015-Novotny-Pavel-Vyvoj%20cen%20elektriny%20v%20CR%20a%20v%20zahranici.pdf?sequence=2&isAllowed=y> 27.6.2017 20:13:53

- PALOMARES, V.; et al. 2012. Na-ion batteries, recent advances and present challenges to become low cost energy storage systems. In: *Energy Environ Sci.*, 5/3, p. 5884.
- RIFKIN, J. 2011. *The third industrial revolution: How lateral power is transforming energy, the economy, and the world*. New York: Palgrave Macmillan. 291 s. ISBN 978-0-230-11521-7
- SALIBA, M.; et al. 2016. A molecularly engineered hole-transporting material for efficient perovskite solar cells. In: *Nature Energy* 1, Article number: 15017 (2016).
- SAWIN, J. 2004. *Mainstreaming Renewable Energy in the 21st Century*, World watch paper 169. 76 s. ISBN 1-878071-73-4 Dostupné z: <http://www.worldwatch.org/system/files/EWP169.pdf> 26.6.2017 14:20:02
- SMIL, V. 2007. *Energy in Nature and Society, General Energetics of Complex Systems*. 1. vyd.: London, The MIT Press. 496 s. ISBN: 9780262693561
- STANĚK, K. 2012. *Fotovoltaika pro budovy*. 1. vyd: Grada Publishing pro Katedru konstrukcí pozemních staveb Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze, Praha. 224 s. ISBN 978-80-247-4278-6
- STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; et al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. In: *Science*, 347, p. 6219. Dostupné z: <http://www-ramanathan.ucsd.edu/files/pr210.pdf> 26.6.2017 14:02:01
- ŠKVARIL, J. 2008. *Obnovitelné zdroje v České republice*. Diplomová práce na: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, vedoucí diplomové práce: Jan Fiedler. 96 s. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=43318 26.6.2017 15:18:30
- UNEP. 1972. *Stockholm declaration*. Stockholm. 4. str. Dostupné z: <http://staging.unep.org/Documents.Multilingual/Default.Print.asp?DocumentID=97&ArticleID=1503&l=en> 26.6.2017 14:18:08
- UNFCCC. 2009. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Report of the Conference of the Parties on its Fifteenth Session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009. Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its Fifteenth Session. In: *United Nations Climate Change Conf. Report 43*. Dostupné z: <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/eng/11a01.pdf> 26.6.2017 14:28:30
- VALVERDE, L.; et al. 2013. Modeling, simulation and experimental set-up of a renewable hydrogen-based domestic microgrid. In: *Int. J. Hydrogen Energy*, 38, p. 11672–11684.
- WCED. 1991. *Naše společná budoucnost: světová komise pro životní prostředí a rozvoj*. Překlad Korčák, Pavel. 1. vyd.: Praha, Academia. 297 s. ISBN 80-85368-07-2.

ZAFAR, S.; DINCER, I. 2014. Energy, exergy and exergoeconomic analyses of a combined renewable energy system for residential applications. In: *Energy Build.*, 71, p. 68–79.

ZHANG, W.; et al. 2015. Highly Efficient Perovskite Solar Cells with Tunable Structural Color. In: *Nano Lett.*, 15/3, p. 1698–1702. dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl504349z> 26.6.2017 16:52:59

ZHOU, Y.; et al. 2013. Recyclable organic solar cells on cellulose nanocrystal substrates. In: *Scientific Reports* 3, Article number: 1536 (2013).

ZONG, Y.; et al. 2012. Model predictive controller for active demand side management with PV selfconsumption in an intelligent building. In: *IEEE PES innovative smart grid technologies conference Europe. Berlin, 2012.*

ZOULIAS, E. I.; LYMBEROPOULOS, N. 2007. Techno-economic analysis of the integration of hydrogen energy technologies in renewable energy-based stand-alone power systems. In: *Renew. Energy*, 32, p. 680–696.

Online zdroje:

Web1 – LAMBERT, Fred. 2016. *Tesla Powerwall sees a '30 times' increase in demand after Australia's blackouts*. Dostupné z: <https://electrek.co/2016/10/13/tesla-powerwall-sees-a-30-times-increase-in-demand-after-australias-blackouts/> 26.6.2017 12:59:55

Web2 – OTE. *Národní energetický mix*. Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/statistika/narodni-energeticky-mix/narodni-energeticky-mix> 26.6.2017 14:43:25

Web3 – TZB-INFO; Český plynárenský svaz. *Při spalování zemního plynu uvolňuje pouze 50 % emisí CO2 oproti hnědému uhlí*. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/12175-pri-spalovani-zemniho-plynu-uvolnuje-pouze-50-emisi-co2-oproti-hnedemu-uhli> 26.6.2017 15:03:23

Web4 – ČEZ. *Vodní elektrárny ČEZ v České republice*. dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/vodni-elektrarny-cez/ceska-republika.html> 26.6.2017. 15:06:42

Web5 – OENERGETICE.CZ. *Přečerpávací vodní elektrárny v České republice*. dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrarny-cr/precerpavaci-vodni-elektrarny-v-ceske-republice/> 26.6.2017. 15:08:01

Web6 – GALETKA, Martin. 2016. *Přenosová soustava elektrické energie*. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/13676-prenosova-soustava-elektricke-energie> 26.6.2017 15:22:47

Web7 - TESLA. dostupné z: https://www.tesla.com/en_EU 26.6.2017 15:57:37

Web8 – BECHNÍK, Bronislav. 2014. *Stručná historie fotovoltaiky*. Dostupné na <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11652-strucna-historie-fotovoltaiky> 26.6.2017 16:38:26

Web9 – SOLAR TECHNOLOGY. *Update: SunPower Solar Panel Sets New World Record for Efficiency 7*. Dostupné z: <http://us.sunpower.com/blog/2015/10/08/sunpower-offers-customers-most-efficient-solar-panels-commercially-available-today/> 26.6.2017 16:42:47

Web10 – ISE FRAUNHOFER. *New world record for solar cell efficiency at 46% – French-German cooperation confirms competitive advantage of European photovoltaic industry*. Dostupné z: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2014/new-world-record-for-solar-cell-efficiency-at-46-percent.html> 26.6.2017 26.6.2017 16:45:02

Web11– KOČ, Břetislav. 2016. *Větrné elektrárny V. – Malé větrné elektrárny v ČR*. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/14174-vetrne-elektrarny-v-male-vetrne-elektrarny-v-cr> 26.6.2017 17:23:18

Web12 – WINDTRONICS. *BTPS 6500 Wind Turbine - Blade Tip Power System*. Dostupné z: http://www.energyforever.cz/vfdata/Vetrne_elektrarny/New-2011-International-Catalog.pdf 26.6.2017 20:40:32

- Web13 – KALINA, František. 2008. *Domáci vodní elektrárny v praxi*. Dostupné z: http://www.ceskaenergetika.cz/nezarazene_clanky/domaci_vodni_elektrarny_v_praxi.html 26.6.2017 20:56:49
- Web14 – TOŠER, P.; VACULÍK, S.; BAČA, P. 2013. *Náklady na akumulaci elektřiny v sekundárních člancích*. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/10362-naklady-na-akumulaci-elektřiny-v-sekundarnich-clancich> 26.6.2017 21:38:06
- Web15 – ZILVAR, J. 2016. *HE3DA spustila výrobu baterií. Bude pohánět i elektromobily Tesla?* Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/akumulace-elektřiny/15144-he3da-spustila-vyrobu-baterii-bude-pohanet-i-elektromobily-tesla> 26.6.2017 21:40:35
- Web16 – BAČA, P. 2011. *Akumulace energie z OZE - vodíkové hospodářství*. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/7134-akumulace-energie-z-oze-vodikove-hospodarstvi> 26.6.2017 21:54:13
- Web17 – HYDROGEN EUROPE. *The ultimate guide to fuel cells and hydrogen technology*. Dostupné z: http://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2016/02/FCH_Brochure_V2SP.pdf 26.6.2017 21:57:49
- Web18 – CHMEL, L.; HAMERNÍK, I. *Aplikace solárních fotovoltaických systémů*. Dostupné z: <https://publi.cz/books/91/06.html> 26.6.2017 22:19:32
- Web19 – BECHNÍK, B. 2014. *Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů*. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu> 26.6.2017 22:22:22
- Web20 – SMARTPOWER.VSB.CZ. *Povětrnostní podmínky*. Dostupné z: http://smartpower.vsb.cz/Documents/Povetrnostni_podminky.pdf 26.6.2017 22:35:21
- Web21 – ŠKORPÍK, J. *Využití energie větru*. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/vyuziti-energie-vetru.html> 26.6.2017 22:39:46
- Web22 - CHALUPA, Š.; HANSLIAN, D. 2015. *Analýza větrné energetiky v ČR*. Dostupné z: http://www.csve.cz/img/wysiwyg/file/KomoraOZE_analyza-potencial-OZE_dilci-VTE.pdf 26.6.2017 22:44:12
- Web23 – GIPE, P. 2006. *Urban Turbines: what are they and what makes sense*. Dostupné z: <http://www.wind-works.org/articles/UrbanWindTurbines.html> 26.6.2017 22:47:58
- Web24 – HANSLIAN, D. 2012. *Větrné podmínky pro malé větrné elektrárny*. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/8358-vetrne-podminky-pro-male-vetrne-elektrarny> 26.6.2017 22:52:45
- Web25 – ČSÚ. *Sociální vývoj, Bydlení*. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/13-1131-05-casova_rada-4_2_bydleni 26.6.2017 22:56:14

Web26 – ČSÚ. 2011. *Analyza bytové výstavby v územích České republiky - 1997 až 2009*. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/analyza-bytove-vystavby-v-uzemich-ceske-republiky-1997-az-2009-c2qnphtbkw> 26.6.2017 23:02:52

Web27 – ČSÚ. 2017. *Statistika&my, Co ukázalo Energo 2015*. Dostupné z: <http://www.statistikaamy.cz/2017/02/co-ukazalo-energo-2015/> 26.6.2017 23:07:47

Web28 – OTE. 2014. *Predikce očekávaného dlouhodobého vývoje spotřeby elektřiny ČR*. Dostupné z: http://www.ote-cr.cz/o-spolecnosti/Zpravy_OTE/predikce-ocekavaneho-dlouhodobeho-vyvoje-spotreby-elekriny-cr 26.6.2017 23:23:27

Web29 – ČSÚ. 2005. *Spotřeba energie v domácnostech ČR – 2003*. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-energie-v-domacnostech-cr-2003-xug3dqigvl> 26.6.2017 23:29:47

Web30 – ERÚ. 2005. *Příloha č. 4 k vyhlášce č. 541/2005 Sb., Třídy typových diagramů dodávek*. 1 str. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/474995/Priloha_4_541.pdf/91493ff9-be09-4af0-8791-87b36410b071 26.6.2017 23:27:28

Web31 – ISR - UNIVERSITY OF COMBRA. *Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe*. 96 s. Dostupné z: http://remodece.isr.uc.pt/downloads/REMODECE_PublishableReport_Nov2008_FINAL.pdf 26.6.2017 23:37:19

Web32 – *Zákon č. 183/2006 Sb, Stavební zákon*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183/zneni-20170101> 26.6.2017 23:50:18

Web33 – NPÚ. *Podrobný průvodce krok za krokem*. Dostupné z: <https://www.npu.cz/cs/opravujete-pamatku/jak-postupovat/podrobny-pruvodce> 26.6.2017 23:53:47

Web34 – SOLARNIEXPERTI.CZ. 2015. *Potřebujete stavební povolení na montáž FVE?* Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/je-potreba-stavebni-povoleni-nebo-ohlaska-na-instalaci-fotovoltaickych-panelu/> 26.6.2017 23:55:15

Web35 – *Zákon č. 458/2000 Sb., Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458> 27.6.2017 0:18:45

Web36 – VONDRÁČKOVÁ, P. 2011. *Rödl & Partner: Ochranné pásmo solární elektrárny*. Dostupné z: http://www.roedl.com/fileadmin/user_upload/Roedl_Czech_Republic/clanky/2011/Solarnews_03.02.2011_PVO.pdf 27.6.2017 0:21:31

Web37 – 16/2016 Sb., Vyhláška o podmínkách připojení k elektrizační soustavě. Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/vyhlasiky-platne/vyhlasika-16_2016-ucinnost-od-01_02_2016.pdf 27.6.2017 0:23:59

Web38 – FRANK BOLD ADVOKÁTI; NEČAS, F. 2016. *Ostrovní systém vs. připojení elektrárny k síti*. Dostupné z: <http://www.fbadvokati.cz/novinky/energetika/pripojeni-fotovoltaicke-elektrarny-do-site> 27.6.2017 18:21:40

Web39 – DOUCHA, P. 2016. *Možnosti připojení domácí elektrárny v roce 2016*. <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/13918-moznosti-pripojeni-domaci-elektrarny-v-roce-2016> 27.6.2017 18:24:39

Web40 – Zákon č. 586/1992 Sb., Zákon o daních z příjmů. Dostupné z: <http://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-586-1992-sb-o-danich-z-prijmu/uplne/> 27.6.2017 18:27:00

Web41 – ERÚ. *Podporované zdroje energie*. Dostupné z: <https://www.eru.cz/poze> 27.6.2017 18:29:23

Web42 – MŽP. *Nová zelená úsporám, 3. výzva pro rodinné domy - obecné informace*. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/> 27.6.2017 18:46:57

Web43 – ZILVAR. J. 2015. *Příspěvek na fotovoltaiku pro rodinné domy v Nové zelené úsporám*. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info/13476-prispevek-na-fotovoltaiku-pro-rodinne-domy-v-nove-zelene-usporam> 27.6.2017 18:55:28

Web44 – ERÚ. *Cenová rozhodnutí*. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/poze/cenova-rozhodnuti> 27.6.2017 18:57:47

Web45 – ERÚ. *Často kladené dotazy, 7. Jaký je rozdíl mezi zeleným bonusem a výkupní cenou?*. Dostupné z: Zdroj: <http://www.eru.cz/poze/casto-kladene-dotazy#7> 27.6.2017 19:01:44

Web46 – ZILVAR. J. 2014. *Proč používat Net metering*. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/11201-proc-pouzivat-net-metering> 27.6.2017 19:11:32

Web47 – ZILVAR. J. 2013. *Jak funguje net metering*. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/9862-jak-funguje-net-metering> 27.6.2017 19:13:47

Web48 – ZILVAR. J. 2016. *Revize net meteringu v USA*. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/14750-revize-net-meteringu-v-usa> 27.6.2017 19:15:46

Web49 – ŠKOPKOVÁ, H. 2013. *Výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů v českých domácnostech podle licencí Energetického regulačního úřadu*. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/10067-vyroba-elektricke-energie-z-obnovitelných-zdroju-v-ceskych-domacnostech> 27.6.2017 19:35:02

Web50 – RÖPCKE, I. 2012. From power converter to energy manager. In: *Pv Mag*, 2012/6. Dostupné z: https://www.pv-magazine.com/magazine-archive/from-power-converter-to-energy-manager_10007085/ 27.6.2017 20:00:25

Web51 – BECHNÍK, B. 2012. *Z čeho se skládá cena elektřiny*. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/8306-z-ceho-se-sklada-cena-elektřiny> 27.6.2017 20:09:14

Web52 – ČEZ. *Podmínky distribučních sazeb Skupiny ČEZ*. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/pds-domacnost.pdf> 27.6.2017 20:17:32

Web53 – CENYENERGIE.CZ. *Daň z elektřiny*. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/dan-z-elektřiny/#/promo-ele> 27.6.2017 20:19:17

Web54 – PRE. *Komfort - Ceník elektřiny pro domácnosti*. Dostupné z: <https://www.pre.cz/Files/domacnosti/elektřina/archiv-produktu/2017/cenik-produktu-komfort-od-1-1-2017/> 27.6.2017 20:22:16

Web55 – MPO. 2016. *Vláda dnes schválila na rok 2017 dotace pro POZE ve výši 26,185 mld. Kč*. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument181112.html> 27.6.2017 20:24:05

Web56 – ČSÚ. *Tab. 03.04 Míra inflace, vývoj spotřebitelských cen vybraných výrobků v České republice*. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/20541931/3201814_0304.xlsx/e18eb46b-711e-465a-921b-40ba97ea85a3?version=1.0 27.6.2017 20:34:23

Web57 – ČSÚ. *Inflace - druhy, definice, tabulky*. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/mira_inflace 27.6.2017 20:31:54

Web58 – MŽP. *Nová zelená úsporám, podmínky oblasti podpory č. 3*. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/podminky-oblasti-podpory-c-3-vyzva> 27.6.2017 20:42:18

Odkazy:

Odkaz1 – <http://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/planetary-boundaries/about-the-research/the-nine-planetary-boundaries.html> 26.6.2017 13:54:41

Odkaz2 – <https://ourfiniteworld.com/2012/03/12/world-energy-consumption-since-1820-in-charts/> 26.6.2017 14:32:32

Odkaz3 – <https://www.cez.cz/edee/content/img/o-spolecnosti/cisla-statistiky/2016/dlouhodoby-vyvoj-cr.png> 26.6.2017 14:43:25

Odkaz4 – <http://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/7864-inteligentni-rozvodne-site> 26.6.2017 14:44:23

Odkaz5 – <https://www.premereni.cz/cs/o-spolecnosti/clanky/jaka-jsou-pro-a-proti-fotovoltaicke-elektrarny-na-strese-rodinneho-domu/> 26.6.2017 16:16:32

Odkaz6 – https://www.researchgate.net/figure/298882952_fig3_Fig-23-C-V-curve-of-MPP 26.6.2017 16:56:22

Odkaz7 – http://www.elektrozestrechy.cz/img/mapa_slun_svitu.png 26.6.2017 22:14:05

Odkaz8 – <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> 26.6.2017 22:15:11

Odkaz9 – http://www.elektrozestrechy.cz/img/rocní_uhry.png 26.6.2017 22:16:10

Odkaz10 – <https://publi.cz/books/91/images/pics/Staticke-animace/740x360/2.jpg> 26.6.2017 22:15:58

Odkaz11 – <http://oze.tzb-info.cz/docu/zpravy/0148/014865o1.jpg> 26.6.2017 22:23:24

Odkaz12 – <http://www.ufa.cas.cz> 26.6.2017 22:38:08

Odkaz13 – http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicke-informace/cez-distribuce_pripojovacipodminkyve_201206_preview7.pdf 27.6.2017 20:46:26

Odkaz14 – http://www.novazelenausporam.cz/file/818/nzu_zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd-3-vyzva_11-2016.pdf 27.6.2017 20:56:22

Odkaz15 – <http://www.nazeleno.cz/komentar-zavedeni-net-meteringu-mohou-domacnosti-usetrit-za-elektřinu.aspx> 27.6.2017 20:46:11

Odkaz16 – <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2014030201/cez-zavedeni-net-meteringu-je-smysluplne-ale-schazi-potrebná-legislativa#.WDXoMvnhCUk> 27.6.2017 20:46:02

Odkaz17 – <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektrické-energie/cena-1-kwh/> 27.6.2017 20:45:21

Odkaz18 – <https://www.pre.cz/cs/domacnosti/elektrina/komfort/> 6.6.2017 19:20:58

Odkaz19 – <http://www.kurzy.cz/komodity/cena-elekriny-graf-vyvoje-ceny/> 12.6.2017
18:42:32

Přílohy

Seznam příloh:

1	Tabulka energetického mixu zdrojů EE v ČR	2
2.1	Tabulky úspor na nákupu EE dle variant systému a scénáře vývoje ceny EE po jednotlivých rocích	3
2.2	Tabulky výnosů z prodeje EE dle variant systému a scénáře vývoje ceny EE po jednotlivých rocích	7
2.3	Tabulka výnosů z prodeje EE – 1140 kWh/rok	10
2.4	Tabulky úspor za 20 let při využívání elektřiny k ohřevu TUV podle jednotlivých scénářů vývoje cen v sazbě D25d a podle variant systému	11
2.5	Tabulky úspor na nákladech na nákup elektřiny v sazbě D02d při zavedení net-meteringu	17
3.1	Text emailu k oslovení firem o kalkulaci nabídek FV systémů	18
3.2	Položková kalkulace systému ve variantě 4 od firmy Ostrovní elektrárny, s.r.o. ...	19
3.3	Nabídka všech variant od firmy SVP solar, s.r.o	20
4	Projekt diplomové práce	21

Tabulka energetického mixu zdrojů EE v ČR

Zdroje energie	2013	2014	2015	2016
Obnovitelné zdroje celkem	5,68 %	10,95 %	11,77 %	10,11 %
– Sluneční	1,96 %	2,63 %	2,88 %	2,77 %
– Větrné	0,47 %	0,57 %	0,71 %	0,63 %
– Vodní	1,93 %	2,56 %	2,67 %	1,15 %
– Biomasa	1,33 %	2,19 %	2,34 %	5,57 %
– Ostatní	0,00 %	2,99 %	3,17 %	0,00 %
Fosilní zdroje celkem	57,65 %	52,77 %	55,10 %	59,53 %
– Hnědé uhlí	40,71 %	41,27 %	42,15 %	43,91 %
– Černé uhlí	6,11 %	5,78 %	6,31 %	6,97 %
– Zemní plyn	8,30 %	5,52 %	6,41 %	8,40 %
– Ropa a ropné produkty	0,01 %	0,06 %	0,05 %	0,05 %
– Druhotné zdroje a ostatní	2,52 %	0,14 %	0,18 %	0,20 %
Jaderné zdroje celkem	36,67 %	36,28 %	33,13 %	30,36 %

Tabulky úspor na nákupu EE dle variant systému a scénáře vývoje ceny EE po jednotlivých rocích

Scénář 1 – nárůst ceny EE 0 %

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
1	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
2	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
3	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
4	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
5	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
6	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
7	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
8	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
9	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
10	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
11	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
12	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
13	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
14	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
15	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
16	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
17	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
18	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
19	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
Celkem	89633,18	115095,35	149917,45	175379,62

Scénář 2 – nárůst ceny EE 2,71 %

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
1	4603,11	5910,72	7699,01	9006,62
2	4727,86	6070,90	7907,65	9250,70
3	4855,98	6235,42	8121,95	9501,39
4	4987,58	6404,40	8342,06	9758,88
5	5122,74	6577,96	8568,13	10023,35
6	5261,57	6756,23	8800,32	10294,98
7	5404,16	6939,32	9038,81	10573,97
8	5550,61	7127,38	9283,76	10860,53
9	5701,03	7320,53	9535,35	11154,85
10	5855,53	7518,91	9793,76	11457,15
11	6014,21	7722,68	10059,17	11767,63
12	6177,20	7931,96	10331,77	12086,54
13	6344,60	8146,92	10611,77	12414,08
14	6516,54	8367,70	10899,34	12750,50
15	6693,14	8594,46	11194,72	13096,04
16	6874,52	8827,37	11498,09	13450,94
17	7060,82	9066,59	11809,69	13815,47
18	7252,17	9312,30	12129,73	14189,86
19	7448,70	9564,66	12458,45	14574,41
Celkem	116933,73	150151,19	195579,42	228796,88

Scénář 3 – nárůst ceny EE 5,42 %

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
1	4724,12	6066,10	7901,40	9243,38
2	4979,69	6394,28	8328,86	9743,45
3	5249,09	6740,21	8779,46	10270,57
4	5533,07	7104,85	9254,42	10826,21
5	5832,41	7489,22	9755,09	11411,91
6	6147,94	7894,39	10282,84	12029,29
7	6480,54	8321,48	10839,14	12680,07
8	6831,14	8771,67	11425,54	13366,07
9	7200,71	9246,22	12043,66	14089,17
10	7590,27	9746,44	12695,22	14851,40
11	8000,90	10273,72	13382,03	15654,86
12	8433,75	10829,53	14106,00	16501,78
13	8890,01	11415,41	14869,14	17394,53
14	9370,96	12032,98	15673,56	18335,57
15	9877,93	12683,96	16521,50	19327,53
16	10412,33	13370,17	17415,31	20373,15
17	10975,63	14093,49	18357,48	21475,33
18	11569,42	14855,95	19350,62	22637,15
19	12195,32	15659,66	20397,49	23861,82
Celkem	154776,89	198744,49	258874,62	302842,22

Tabulky výnosů z prodeje EE dle variant systému a scénáře vývoje ceny EE po jednotlivých rocích

Scénář 1 – nárůst ceny EE 0 %

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
1	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
2	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
3	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
4	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
5	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
6	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
7	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
8	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
9	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
10	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
11	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
12	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
13	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
14	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
15	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
16	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
17	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
18	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
19	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
Celkem	44226,00	39025,80	27507,60	22307,40

Scénář 2 – nárůst ceny EE 2,71 %

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
1	2271,23	2004,17	1412,65	1145,60
2	2332,78	2058,48	1450,94	1176,64
3	2395,99	2114,27	1490,26	1208,53
4	2460,93	2171,56	1530,64	1241,28
5	2527,62	2230,41	1572,12	1274,92
6	2596,12	2290,86	1614,73	1309,47
7	2666,47	2352,94	1658,49	1344,96
8	2738,73	2416,71	1703,43	1381,40
9	2812,95	2482,20	1749,59	1418,84
10	2889,18	2549,47	1797,01	1457,29
11	2967,48	2618,56	1845,71	1496,78
12	3047,90	2689,52	1895,73	1537,35
13	3130,50	2762,40	1947,10	1579,01
14	3215,33	2837,27	1999,87	1621,80
15	3302,47	2914,16	2054,06	1665,75
16	3391,96	2993,13	2109,73	1710,89
17	3483,89	3074,24	2166,90	1757,26
18	3578,30	3157,56	2225,62	1804,88
19	3675,27	3243,12	2285,94	1853,79
Celkem	57696,39	50912,31	35885,89	29101,81

Scénář 3 – nárůst ceny EE 5,42 %

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	2211,30	1951,29	1375,38	1115,37
1	2331,15	2057,05	1449,93	1175,82
2	2457,50	2168,54	1528,51	1239,55
3	2590,70	2286,08	1611,36	1306,74
4	2731,11	2409,98	1698,69	1377,56
5	2879,14	2540,60	1790,76	1452,23
6	3035,19	2678,30	1887,82	1530,94
7	3199,70	2823,47	1990,14	1613,91
8	3373,12	2976,50	2098,01	1701,39
9	3555,94	3137,83	2211,72	1793,60
10	3748,67	3307,90	2331,59	1890,82
11	3951,85	3487,18	2457,97	1993,30
12	4166,04	3676,19	2591,19	2101,33
13	4391,84	3875,44	2731,63	2215,23
14	4629,88	4085,49	2879,68	2335,29
15	4880,82	4306,92	3035,76	2461,86
16	5145,36	4540,36	3200,30	2595,30
17	5424,24	4786,44	3373,76	2735,96
18	5718,23	5045,87	3556,62	2884,25
19	6028,16	5319,36	3749,38	3040,58
Celkem	76449,96	67460,79	47550,20	38561,03

Tabulka výnosů z prodeje EE – 1140 kWh/rok

	scénář 1	scénář 2	scénář 3
cena EE v roce 0	0,81	0,81	0,81
cena EE v roce 1	0,81	0,83	0,85
cena EE v roce 2	0,81	0,85	0,90
cena EE v roce 3	0,81	0,88	0,95
cena EE v roce 4	0,81	0,90	1,00
cena EE v roce 5	0,81	0,93	1,05
cena EE v roce 6	0,81	0,95	1,11
cena EE v roce 7	0,81	0,98	1,17
cena EE v roce 8	0,81	1,00	1,23
cena EE v roce 9	0,81	1,03	1,30
cena EE v roce 10	0,81	1,06	1,37
cena EE v roce 11	0,81	1,09	1,45
cena EE v roce 12	0,81	1,12	1,52
cena EE v roce 13	0,81	1,15	1,61
cena EE v roce 14	0,81	1,18	1,69
cena EE v roce 15	0,81	1,21	1,79
cena EE v roce 16	0,81	1,24	1,88
cena EE v roce 17	0,81	1,28	1,98
cena EE v roce 18	0,81	1,31	2,09
cena EE v roce 19	0,81	1,35	2,20
Celkem za prodej EE	18468,00	24093,00	31890,19

Tabulky úspor za 20 let při využívání elektřiny k ohřevu TUV podle jednotlivých scénářů vývoje cen v sazbě D25d a podle variant systému

Scénář 1 – úspora na přímé spotřebě EE

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	4820,24	6189,53	8062,17	9431,46
1	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
2	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
3	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
4	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
5	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
6	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
7	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
8	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
9	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
10	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
11	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
12	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
13	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
14	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
15	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
16	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
17	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
18	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
19	4481,66	5754,77	7495,87	8768,98
Celkem	89971,76	115530,11	150483,75	176042,10

Scénář 1 – úspora na ohřevu TUV

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
1	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
2	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
3	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
4	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
5	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
6	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
7	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
8	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
9	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
10	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
11	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
12	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
13	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
14	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
15	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
16	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
17	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
18	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
19	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
Celkem	192994,62	170301,85	120038,41	97345,64

Scénář 2 – úspora na přímé spotřebě EE

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	4820,24	6189,53	8062,17	9431,46
1	4950,87	6357,27	8280,66	9687,06
2	5085,04	6529,55	8505,06	9949,57
3	5222,84	6706,50	8735,55	10219,21
4	5364,38	6888,25	8972,28	10496,15
5	5509,76	7074,92	9215,43	10780,59
6	5659,07	7266,65	9465,17	11072,75
7	5812,43	7463,57	9721,68	11372,82
8	5969,95	7665,84	9985,14	11681,02
9	6131,73	7873,58	10255,73	11997,58
10	6297,90	8086,95	10533,66	12322,71
11	6468,58	8306,11	10819,12	12656,66
12	6643,88	8531,21	11112,32	12999,65
13	6823,92	8762,40	11413,47	13351,94
14	7008,85	8999,86	11722,77	13713,78
15	7198,79	9243,76	12040,46	14085,43
16	7393,88	9494,27	12366,76	14467,14
17	7594,25	9751,56	12701,89	14859,20
18	7800,06	10015,83	13046,12	15261,89
19	8011,44	10287,26	13399,67	15675,48
Celkem	125767,88	161494,86	210355,12	246082,10

Scénář 2 – úspora na ohřevu TUV

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
1	9911,24	8745,85	6164,57	4999,19
2	10179,83	8982,86	6331,63	5134,66
3	10455,71	9226,30	6503,22	5273,81
4	10739,06	9476,33	6679,46	5416,73
5	11030,08	9733,14	6860,47	5563,53
6	11329,00	9996,91	7046,39	5714,30
7	11636,02	10267,83	7237,35	5869,16
8	11951,35	10546,08	7433,48	6028,21
9	12275,23	10831,88	7634,93	6191,57
10	12607,89	11125,43	7841,83	6359,37
11	12949,57	11426,93	8054,35	6531,70
12	13300,50	11736,59	8272,62	6708,71
13	13660,94	12054,66	8496,81	6890,52
14	14031,15	12381,34	8727,07	7077,25
15	14411,40	12716,87	8963,57	7269,05
16	14801,95	13061,50	9206,49	7466,04
17	15203,08	13415,47	9455,98	7668,37
18	15615,08	13779,02	9712,24	7876,18
19	16038,25	14152,44	9975,44	8089,62
Celkem	251777,07	222172,52	156599,81	126995,25

Scénář 3 – úspora na přímé spotřebě EE

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	4820,24	6189,53	8062,17	9431,46
1	5081,02	6524,38	8498,34	9941,70
2	5355,90	6877,35	8958,10	10479,55
3	5645,65	7249,42	9442,73	11046,49
4	5533,07	7104,85	9254,42	10826,21
5	5832,41	7489,22	9755,09	11411,91
6	6147,94	7894,39	10282,84	12029,29
7	6480,54	8321,48	10839,14	12680,07
8	6831,14	8771,67	11425,54	13366,07
9	7200,71	9246,22	12043,66	14089,17
10	7590,27	9746,44	12695,22	14851,40
11	8000,90	10273,72	13382,03	15654,86
12	8433,75	10829,53	14106,00	16501,78
13	8890,01	11415,41	14869,14	17394,53
14	9370,96	12032,98	15673,56	18335,57
15	9877,93	12683,96	16521,50	19327,53
16	10412,33	13370,17	17415,31	20373,15
17	10975,63	14093,49	18357,48	21475,33
18	11569,42	14855,95	19350,62	22637,15
19	12195,32	15659,66	20397,49	23861,82
Celkem	156245,14	200629,82	261330,37	305715,05

Scénář 3 – úspora na ohřevu TUV

Rok	Celkem s FV bez akumulace a bez DSM za rok	Celkem s FV bez akumulace s DSM za rok	Celkem s FV s akumulací bez DSM za rok	Celkem s FV s akumulací s DSM za rok
0	9649,73	8515,09	6001,92	4867,28
1	10171,78	8975,76	6326,62	5130,60
2	10722,07	9461,35	6668,89	5408,17
3	11302,14	9973,21	7029,68	5700,75
4	11913,58	10512,76	7409,99	6009,16
5	12558,11	11081,50	7810,87	6334,26
6	13237,50	11681,01	8233,44	6676,94
7	13953,65	12312,95	8678,87	7038,16
8	14708,55	12979,08	9148,39	7418,93
9	15504,28	13681,25	9643,32	7820,29
10	16343,06	14421,40	10165,02	8243,37
11	17227,22	15201,60	10714,95	8689,33
12	18159,21	16024,01	11294,63	9159,43
13	19141,62	16890,91	11905,67	9654,95
14	20177,19	17804,70	12549,77	10177,28
15	21268,77	18767,94	13228,71	10727,87
16	22419,41	19783,28	13944,38	11308,25
17	23632,30	20853,56	14698,77	11920,03
18	24910,81	21981,74	15493,98	12564,90
19	26258,48	23170,95	16332,20	13244,66
Celkem	333259,48	294074,02	207280,07	168094,62

**Tabulky úspor na nákladech na nákup elektřiny v sazbě D02d při zavedení
net-meteringu**

Varianta bez ohřevu TUV

Rok	scénář 1	scénář 2	scénář 3
0	16039,00	16039,00	16039,00
1	16039,00	16473,66	16906,71
2	16039,00	16920,09	17821,36
3	16039,00	17378,63	18785,50
4	16039,00	17849,59	19801,79
5	16039,00	18333,31	20873,07
6	16039,00	18830,14	22002,30
7	16039,00	19340,44	23192,63
8	16039,00	19864,57	24447,35
9	16039,00	20402,90	25769,95
10	16039,00	20955,82	27164,11
11	16039,00	21523,72	28633,68
12	16039,00	22107,01	30182,77
13	16039,00	22706,11	31815,65
14	16039,00	23321,45	33536,88
15	16039,00	23953,46	35351,23
16	16039,00	24602,60	37263,73
17	16039,00	25269,33	39279,70
18	16039,00	25954,13	41404,73
19	16039,00	26657,48	43644,72
Celkem	320780,00	418483,43	553916,87

Varianta s ohřevem TUV

Rok	scénář 1	scénář 2	scénář 3
0	17863,00	17863,00	17863,00
1	17863,00	18347,09	18829,39
2	17863,00	18844,29	19848,06
3	17863,00	19354,97	20921,84
4	17863,00	19879,49	22053,71
5	17863,00	20418,23	23246,82
6	17863,00	20971,56	24504,47
7	17863,00	21539,89	25830,16
8	17863,00	22123,62	27227,57
9	17863,00	22723,17	28700,58
10	17863,00	23338,97	30253,28
11	17863,00	23971,46	31889,99
12	17863,00	24621,08	33615,24
13	17863,00	25288,31	35433,82
14	17863,00	25973,63	37350,79
15	17863,00	26677,51	39371,47
16	17863,00	27400,47	41501,46
17	17863,00	28143,03	43746,69
18	17863,00	28905,70	46113,39
19	17863,00	29689,05	48608,12
Celkem	357260,00	466074,54	616909,84

Text emailu k oslovení firem o kalkulaci nabídek FV systémů

Dobrý den,

v rámci své diplomové práce pracuji mimo jiné s údajem ceny pořízení fotovoltaického systému. Rád bych Vás proto tímto poprosil, zda byste mi nebyli ochotni zaslat orientační kalkulaci ceny při objednání kompletního fotovoltaického systému včetně dopravy a instalace.

Základní specifikace:

Fotovoltaické panely s výkonem 4,6 kWp instalované na střechu přízemního rodinného domu s krytinou z pálených tašek a dostatečnou nestíněnou plochou s vhodnou orientací i sklonem. Součástí kalkulace systému by měly být měnič a zařízení pro MMPT (mohou být zvlášť i kombinované) a další součásti zajišťující možnost vlastního využití v domě i prodej do sítě, včetně montážních a kotvicích materiálů (kabely, nosné prvky FV panelů atd.).

Varianta 1: základní, pouze fotovoltaické panely a zařízení pro umožnění vlastního využití v domě prodej do sítě, viz výše

Varianta 2: varianta 1 + instalace bojleru umožňující ohřev vody k ukládání energie, která není využita ostatními spotřebiči (prodej do sítě až terciální)

Varianta 3: varianta 1 + akumulční baterie s kapacitou alespoň cca 5,7 kWh a zařízeními pro řízení jejich vybíjení a nabíjení

Varianta 4: varianta 1 + akumulční baterie s kapacitou alespoň cca 5,7 kWh a zařízeními pro řízení jejich vybíjení a nabíjení + instalace bojleru umožňující ohřev vody k ukládání energie, která není využita ostatními spotřebiči

Použité komponenty musí splňovat podmínky pro získání podpory z programu Nová zelená úsporám tedy – měnič musí mít minimální účinnost 94 %, MPP tracker 98 %, minimální účinnost panelů 10 % pro tenkovrstvé a 15 % pro mono a polykrystalické, baterie musí být na bázi lithia.

Dopravu prosím uveďte v částce za vzdálenost (např. 100 Kč/km).

Velmi vítanou informací jsou také Vámi odhadované roční náklady na údržbu (v horizontu 20 let)

Vzhledem k termínu dokončení práce prosím o případné zaslání kalkulací ceny jednotlivých variant nejpozději do pátku 23. 6. 2017.

V případě zaslání Vaší kalkulace samozřejmě uvedu informace o Vaší firmě (pokud si nebudete přát jinak)

Na případné doplňující dotazy rád odpovím.

S úctou a pozdravem

Jan Zlonický

Položková kalkulace systému ve variantě 4 od firmy Ostrovní elektrárny, s.r.o.

Ostrovní elektrárny s.r.o.

Náves 112
75119 Víkoš
Česká republikaIČ: 04618262
DIČ: CZ04618262mobil: tel: +420-608812787
www: www.ostrovní-elektrarny.cz fax:
e-mail: fakturace@ostrovní-elektrarny.cz

C 64449 vedená u Krajského soudu v Ostravě



Vystavená nabídka

NV17198

OSTROVNÍ-ELEKTRÁRNÝ.CZ
VAŠE CESTA K NEZÁVISLOSTIPlatba:
Doprava:

Datum

vystavení: 15.06.2017
platnost do: 22.06.2017

Vystavil(a): Martin Kolařík

Odběratel

Zákazník

Konečný příjemce
ZákazníkIČ:
DIČ:

Nabídka pro instalační firmy, obsahuje slevy na zboží a 21% DPH, obvykle se jim odstraní poslední tři položky.
Pro koncového zákazníka je třeba zrušit VO slevy a změnit DPH na 15%.

Označení dodávky	PLU	Počet m. j.	Cena za m. j.	Sazba	Základ	DPH	Celkem
Fotovoltaický panel 260Wp BENQ poly	100207	18,00 ks	4 123,97	15 %	74 231,40	11 134,71	85 366,11
Sada pro uchycení 3 panelů na střešní tašku	700319	6,00 sada	3 793,39	15 %	22 760,33	3 414,05	26 174,38
<i>Použití KU35</i>							
- Střešní hák SOLAR HZ1		36,00 ks					
- Vrut do dřeva SOLAR VDT		72,00 ks					
- Hliníkový profil SOLAR SH 3,15m		12,00 ks					
- Šroub s plochou hlavou SOLAR T10		36,00 ks					
- Přírubová matice SOLAR ML10		36,00 ks					
- Sřídový úchyt SOLAR SU70		24,00 ks					
- Krajiní úchyt KU50/KU46/KU43/KU41		24,00 ks					
- Šroub s válcovou hlavou SOLAR I 8/30		48,00 ks					
- Čtyřhranná matice SOLAR MČ8		48,00 ks					
Měnič EasySolar 48V/5000VA/70-100 1xMPPT 1 500062		1,00 ks	78 504,13	15 %	78 504,13	11 775,62	90 279,75
Baterie Li-Ion 48V 121Ah 6,7 kWh ESS 3.0 vč. B1300051		1,00 ks	93 181,82	15 %	93 181,82	13 977,27	107 159,09
Příslušenství a základová deska		1,00	8 815,81	15 %	8 815,81	1 322,37	10 138,18
Elektromateriál k FVE vč. přepětové ochrany		1,00	13 174,95	15 %	13 174,95	1 976,24	15 151,19
Sestavení a konfigurace před odesláním		1,00	11 165,20	15 %	11 165,20	1 674,78	12 839,98
Výchozí revizní zpráva		1,00	3 600,00	15 %	3 600,00	540,00	4 140,00
Návrh, dokumentace, technická podpora		1,00	2 500,00	15 %	2 500,00	375,00	2 875,00
Montážní práce - instalace panelů - jen enduser		18,00	600,00	15 %	10 800,00	1 620,00	12 420,00
Montážní práce - připojení elektrárny - jen enduser		1,00	4 000,00	15 %	4 000,00	600,00	4 600,00
Doprava pracovníků - jen enduser		400,00 km	8,00	15 %	3 200,00	480,00	3 680,00

Nabídka všech variant od firmy SVP solar, s.r.o

Vážený pane Zlonický,

Posílám ceny Vašich variant:

1. 164 630,- Kč + DPH 15%
2. 172 885,- Kč + DPH 15% (přibyl Wattrouter, www.solarcontrols.cz)+ kombinovaný bojler 400 l s el. tělesem 2 kW (ceny bojleru a tělíska čerpejte na www.dzd.cz)
3. 353 460,- Kč + DPH 15% (přibyly baterie 6 kWh s bateriovým managementem a komunikující elektroměr Smart Meter, střídač je hybridní)
4. 361 715,- Kč + DPH 15%)+ kombinovaný bojler 400 l s el. tělesem 2 kW

Ceny obsahují i administrativu kolem připojení FVE do sítě.

Ceny neobsahují bojler, el. těleso v něm (snadno si najdete), napojení Wattrouteru (osazen v domovním rozváděči) a tělesa v bojleru, vyřízení dotace a odborný posudek k dotaci
Střídače a baterie: Fronius (www.fronius.cz). Panely 260 Wp – 18 ks

Hodně zdaru.

Libor Veselý

obchodní zástupce | SVP solar, s.r.o. |

U Rakovky 436 | 148 00 Praha 4 | Czech Republic

M +420 734 202 979| T +420 273 132 007 | E vesely@svp-solar.cz

www.svp-solar.cz | www.solar-eshop.cz

Projekt diplomové práce



Fakulta humanitních studií UK

katedra magisterského oboru

Sociální a kulturní ekologie

U Kříže 8/661, 158 00 Praha 5-Jinonice

Projekt diplomové práce (DP) oboru sociální a kulturní ekologie

1. Jméno studenta, tituly: Jan Zlonický, Bc.
2. Osobní číslo (UKČO): 12243102
3. Rok imatrikulace na FHS UK (bak. studium, jinak mag. studium): 2009
4. Datum zápisu na katedru sociální a kulturní ekologie FHS UK (alespoň měsíc, rok): 23.9.2013
5. Názvy všech předchozích bakalářských (magisterských) prací, škola, obor a rok, kde a kdy byly obhájeny:

Bakalářská práce „Vliv fáze menstruačního cyklu partnerky na mužskou žárlivost“, Studium humanitní vzdělanosti FHS UK, Praha, září 2013

6. Předběžný název DP:
Domácí elektrárny – dostupnost a ekonomická opodstatněnost technologií pro domácí výrobu elektrické energie pro rodinné domy v ČR
7. Obecný kontext (souvislosti tématu, širší rámec [zasazení „do světa“]):

Energetika patří mezi nejdůležitější témata jak politiky, tak (trvale) udržitelného rozvoje. S rozvojem technologií je možno uvažovat o využití obnovitelných zdrojů energie nejen v kontextu národních sítí, ale i jako o možnosti vyvážení se ze závislosti na centrálních rozvodech energií pro jednotlivé domácnosti a dosažení částečné až plné soběstačnosti.

Tyto systémy měly dříve pro svou nákladnost využití spíše v oblastech, kde nebylo možno realizovat klasické připojení, ale v současnosti již lze za vhodných podmínek uvažovat o jejich výhodnosti i v oblastech, kde by takové připojení nebylo problematické ani zvláště nákladné.

Rozšíření těchto technologií by mohlo mít za důsledek nejen celkové snížení nákladů na energie pro domácnost v dlouhodobějším horizontu, ale také by se mohlo potenciálně promítnout i do celkově vyššího využívání OZE až k částečné decentralizaci výroby energií oproti schématu výroby, jak je známe dnes. Tím by byla snížena závislost na fosilních palivech, jejichž zásoby jsou omezené a jejichž využívání v současné míře značně poškozují životní prostředí. Pro některé osoby může být energetická nezávislost také krokem k větší osobní svobodě nebo k zabezpečení v případě obav z globálního black-outu.

8. Předmět zkoumání (vlastní předmět práce [zasazení „do vědy“]):
Práce má za cíl shrnout vlastnosti a dostupnost aktuálních technologií potřebných k vybudování systému k výrobě elektrické energie v rámci rodinného domu. Dále pak popis aktuálních legislativních a administrativních bariér týkajících se problematiky a ekonomického hlediska (dostupnost a návratnost investice) v závislosti na různých podmínkách. Práce se soustředí zejména na geografické podmínky, legislativní a administrativní podmínky, spotřební vzorce energií v domácnosti a scénáře vývoje ceny elektřiny.

9. Hlavní vstupní hypotéza nebo hypotézy (2–4 na výběr): pro práci 1–2, možno však formulovat výzkumné otázky, event. jen výzkumný problém:

Jaký je aktuální stav a dostupnost technologií pro domácí výrobu elektrické energie v ČR?

Jaké jsou administrativní a legislativní bariéry pro zřízení a provoz těchto technologií?

Je v ČR možné provozovat systém pro domácí výrobu energií za ekonomicky přijatelných podmínek, případně s jakými předpoklady?

10. Metodologický postup: metody a techniky, které budou v práci použity:

Metodou je rešerše českých i zahraničních textů zabývajících se tematikou. Dále pak analýza nákladů ke zřízení systému výroby elektřiny pro rodinný dům a jeho provoz a návratnost takové investice za různých podmínek v ČR.

11. Cíl DP (kromě ověření hypotéz a teoretického přínosu např. praktický přínos, vypracování metodologie, základ pro řešení problémů v praxi atd.):

Výsledkem práce by měl být přehled aktuálně dostupných technologií a zpřehlednění poměrně složité problematiky pro případné zájemce o tyto systémy. Zpracování problematiky by mohlo přinést rozšíření využívání těchto technologií domácnostmi a tím i redukcí spotřeby fosilních paliv a podporu lokální soběstačnosti.

12. Čím budou rozšířeny dosavadní znalosti (vědecká „přidaná hodnota DP“):

Systematický přehled zmiňovaných technologií a vyčíslení jejich ekonomické dostupnosti a návratnosti v kontextu některých proměnných okolností a podmínek v ČR.

13. Jaké bude (bude-li) jejich teoretické zobecnění a přínos:

Práce by potenciálně mohla přinést vodítka k tomu, jakých podmínek a cen technologií by bylo třeba dosáhnout, aby se tyto systémy v budoucnu mohly více šířit.

14. Struktura DP (předběžný obsah – názvy oddílů a kapitol):

1. Úvod
2. Teoretické zakotvení
 - 2.1 Udržitelný rozvoj
 - 2.2 Role malých systémů výroby energie
 - 2.3 Terminologie
3. Technologické fungování systémů pro výrobu elektrické energie
 - 3.1 Celkové fungování, hlavní výhody a nevýhody
 - 3.2 Technologické komponenty systému
 - 3.2.1 Zdroje energie
 - 3.2.1.1 Solární
 - 3.2.1.2 Větrné
 - 3.2.1.3 Ostatní
 - 3.2.1.4 Záložní zdroje energie
 - 3.2.1.2 Akumulace energie

- 2.3.1.3 Řídící jednotky a měniče
 - 4. Podmínky ovlivňující provoz systémů k domácí výrobě elektrické energie
 - 4.1 Klimatické podmínky
 - 4.1.1 Povětrnostní podmínky
 - 4.1.2 Sluneční podmínky
 - 4.2 Spotřeba v domácnosti
 - 4.2.1 Topení a ohřev vody
 - 4.2.2 Obecné elektrospotřebiče a svícení
 - 4.2.3 Modelová domácnost a její vzorce spotřeby energie
 - 4.3 Legislativní a administrativní podmínky
 - 4.3.1 Legislativní podpora a bariéry budování ostrovních energetických systémů
 - 4.3.2 Potřebné administrativní úkony k vybudování a provozu ostrovních energetických systémů
 - 5. Výstavba a provoz systémů k domácí výrobě elektrické energie z ekonomického hlediska
 - 5.1 Výstavba systému
 - 5.2 Provoz a údržba systému
 - 5.3 Návrh investice
 - 5.3.1 Návrh investice v závislosti na klimatických podmínkách ČR
 - 5.3.2 Návrh investice v závislosti na připojení k rozvodovým sítím a akumulaci energie
 - 5.3.3 Návrh investice v závislosti na vývoji cen energií
 - 5.3.4 Návrh investice v závislosti na daňové zátěži výroby energie
 - 5.3.5 Návrh investice v závislosti na podmínkách a přizpůsobení chování členů domácnosti
 - 6. Diskuse
 - 7. Závěr
15. Předběžná bibliografie k tématu:
- BRUNDTLAND, G. H. a kol. *Naše společná budoucnost. (Zpráva světové komise pro životní prostředí.)* Praha: Academia, 1991. ISBN 80-85368-07-2
- Rifkin, Jeremy. *The Third Industrial Revolution: The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World.* Palgrave Macmillan Trade, 2013. ISBN 978-0230341975
- TRUXA, Jan; MURTINGER, Karel. *Solární energie pro váš dům.* 1. vyd. Praha: CPRESS, 2010. 107 s. ISBN 9788025132418
- TRUXA, Jan; BERANOVSKÝ, Jiří. *Alternativní energie pro váš dům.* 2. vyd. Praha: Vydavatelství ERA, 2004. 152 s. ISBN 978-80-86517-89-6
- MATUŠKA, Tomáš. *Solární zařízení v příkladech.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2013. 254 s. ISBN 978-80-247-3525-2

QUASHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. Přeložil Václav Bartoš. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2010. 296 s. ISBN 978-80-247-3250-3

MASTNÝ, Petr, a kol. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. 254 s. ISBN 978-80-01-04937-2

Vydání a spotřeba domácností statistiky rodinných účtů za rok 2010. Praha: Český statistický úřad, 2011. 125 s.

Prezentace výsledků výběrového zjišťování ENERGO 2004. Praha: Český statistický úřad, 2005 (dostupné na: http://www.czso.cz/csu/tz.nsf/i/energo_2004)

HOLMAN, Robert. *Ekonomie*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství C. H. Beck, 1999. 726 s., ISBN 80-7179-255-1.

16. Předpokládaný vedoucí DP: Ing. Jan Weinzettel, Ph.D.

17. Důvod volby tématu (dosavadní znalosti, zájem, praxe a zájem studenta):¹

Považuji energetické systémy pro rodinné domy a ostrovní energetické systémy obecně za zajímavou alternativu k běžným rozvodným sítím a jejich rozšíření, ke kterému bych tímto rád přispěl, by mohlo přinést snížení poškozování životního prostředí vlivem klasické energetiky spoléhajících primárně na fosilní paliva.

Praha 16.6.2015

diplofant
Bc. Jan Zlonický

vedoucí DP
Ing. Jan Weinzettel, Ph.D.

vedoucí katedry SKE
PhDr. Ivan Rynda

¹ nepovinné