

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Analýza návratnosti fotovoltaických systémů instalovaných
v Evropské unii**

**Analysis of Payback Period of Photovoltaic Systems Installed in the
European Union**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Studijní obor: Elektrotechnika a management
Vedoucí práce: Ing. Ladislava Černá, Ph.D.

Tereza Trunkátová
Praha 2020

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Trunkátová** Jméno: **Tereza** Osobní číslo: **465864**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Analýza návratnosti fotovoltaických systémů instalovaných v Evropské unii

Název bakalářské práce anglicky:

Analysis of Payback Period of Photovoltaic Systems Installed in the European Union

Pokyny pro vypracování:

1. Identifikujte a srovnajte systémy podpor PV systémů ve vybraných zemích EU.
2. Analyzujte energetické potřeby modelového rodinného domu.
3. Navrhněte a optimalizujte PV systém pro tento vybraný objekt.
4. Proveďte ekonomické vyhodnocení modelového PV systému pro vybrané státy EU.

Seznam doporučené literatury:

LUQUE, A., HEGEDUS, S. Handbook of photovoltaic science and engineering [online]. 2. Hoboken, NJ: Wiley, c2011. ISBN 978-0-470-97466-7. Available at: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0470976128.html>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Ladislava Černá, Ph.D., katedra elektrotechnologie FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **07.02.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14.08.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2021**

Ing. Ladislava Černá, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studentky

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 14.8. 2020

Tereza Trunkátová

Poděkování

Děkuji vedoucí práce paní Ing. Ladislavě Černé, Ph.D. za veškeré odborné rady a připomínky, jež vedly ke zdárnému dokončení této práce. Dále děkuji panu Ing. Tomášovi Králíkovi, Ph.D. a paní Ing. Michaele Makešové za užitečné poznámky k ekonomické části této práce a také panu Ing. Zdeňkovi Macháčkovi z firmy Silektro s.r.o. za vyhotovení nabídky na fotovoltaické systémy. Poděkování patří také mé rodině za vytrvalou podporu během studia.

Abstrakt:

Bakalářská práce pojednává o podobě státních podpor pro fotovoltaické systémy ve vybraných zemích Evropské unie. V další části práce se specifikuje modelový objekt, pro nějž je fotovoltaický systém navržen a následně je provedena analýza návratnosti investice do takového FV systému v podmínkách zkoumaných zemí.

Klíčová slova:

Fotovoltaika, fotovoltaický systém, obnovitelné zdroje energie (OZE), státní podpora fotovoltaických elektráren

Abstract:

The bachelor thesis discusses the form of state support schemes for photovoltaic systems in selected countries of the European Union. The next part of the work specifies the model object for which the photovoltaic system is designed. After that the PV system has been analysed in the conditions of the studied countries using economical evaluation such as payback period of investment.

Keywords:

Photovoltaics, photovoltaic system, renewable energy sources (RES), state support scheme for photovoltaic power plants

Obsah

Úvod.....	1
1 Systémy podpor FVE ve vybraných zemích EU	2
1.1 Česká republika	2
1.1.1 Historie podpor	2
1.1.2 Současnost.....	8
1.2 Slovenská republika	9
1.2.1 Historie podpor	9
1.2.2 Současnost.....	11
1.3 Spolková republika Německo	11
1.3.1 Historie podpor	12
1.3.2 Současnost.....	14
1.4 Italská republika	15
1.4.1 Historie podpor	16
1.4.2 Současnost.....	17
1.5 Španělské království.....	17
1.5.1 Historie podpor	17
1.5.2 Současnost.....	21
1.6 Švédské království.....	21
1.6.1 Historie a současnost podpor	21
2 Analýza energetické potřeby modelového domu.....	23
2.1 PSI-teorie.....	23
2.2 Load Profile Generator – Generátor zatížení	24
2.2.1 Modelový dům	26
3 Návrh a optimalizace FV systému pro modelový dům.....	28
3.1 Typy modulů	28
3.1.1 Monokrystalický křemíkový modul.....	28
3.1.2 Multikrystalický křemíkový modul	29
3.1.3 Tenkovrstvé FV moduly	29
3.2 Fotovoltaické systémy.....	30
3.2.1 Off-grid systémy	30
3.2.2 On-grid systémy	31
3.2.3 Hybridní FV systémy	31
3.3 Navržený FV systém	31
3.3.1 FV systém bez akumulačního zařízení.....	32
3.3.2 FV systém s akumulačním zařízením	36
4 Ekonomické vyhodnocení modelové FVE pro vybrané státy EU	37

4.1	Modelování roční energetické bilance domácnosti.....	38
4.1.1	Modelování FV systému bez akumulátoru.....	38
4.1.2	Modelování FV systému s akumulátorem.....	39
4.2	Vstupní data ekonomického hodnocení.....	42
4.2.1	Výdaje.....	42
4.2.2	Úspory a příjmy.....	45
4.3	Výpočet cash flow.....	47
4.4	Kritéria ekonomické efektivnosti.....	47
4.4.1	Čistá současná hodnota – NPV.....	48
4.4.2	Vnitřní výnosové procento – IRR.....	48
4.4.3	Diskontovaná doba návratnosti investice – DPP.....	49
4.5	Ekonomické hodnocení.....	49
4.6	Porovnání podpor.....	51
5	Citlivostní analýza.....	54
6	Závěr.....	57
	Použité zdroje.....	59
	Přílohy.....	70
	Přehled veličin modelu.....	70
	Seznam použitých zkratk.....	71
	Seznam použitých veličin.....	72
	Ukázka realizace výpočtu CF.....	73
	Bez akumulátoru.....	73
	S akumulátorem.....	75
	Grafické znázornění DCF jednotlivých států.....	77
	Česká republika.....	77
	Slovensko.....	78
	Německo.....	79
	Itálie.....	80
	Španělsko.....	81
	Švédsko.....	82
	Seznam obrázků.....	83
	Seznam tabulek.....	83
	Seznam grafů.....	84

Úvod

Každým rokem nabývá otázka obnovitelných zdrojů (OZE) na důležitosti, ať už se bavíme o hledisku ekologickém či alespoň částečné energetické soběstačnosti jednotlivých států na dovozu surovin pro výrobu elektrické energie.

Světové populaci se zvyšuje závislost na elektrické energii, tudíž jsou kladeny vyšší nároky na množství její dodávky. Ta v dnešní době závisí především na konvenčních zdrojích, jimž se snižují zásoby fosilních paliv. Alternativu však nabízejí již zmíněné zdroje obnovitelné. Tyto zdroje můžeme považovat za nevyčerpatelné a dle Zákona č. 265/2012 Sb. mezi ně řadíme energie větru, slunečního záření, geotermální energie, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu. Navíc je v zájmu každého státu snížení závislosti na dovozu fosilních paliv a dosažení určité soběstačnosti.

Z ekologického hlediska se klade větší důraz na opouštění konvenčních zdrojů, jelikož jsou tyto zdroje velkým producentem CO₂ a dalších skleníkových plynů, jež vypouštějí do atmosféry a podílejí se tak na zvyšování skleníkového efektu.

Fotovoltaické systémy získávají elektrickou energii přímo ze slunečního záření a patří tím mezi obnovitelné zdroje energie.

1 Systémy podpor FVE ve vybraných zemích EU

Evropská unie (EU) si vytyčila v energetickém sektoru cíle, kterých chtěla dosáhnout do roku 2020. Tento plán byl stanoven v roce 2007 a přijat v předpisech v roce 2009. Nazván byl 20/20/20 a stanovoval tři klíčové cíle. Za prvé se jednalo o snížení emisí skleníkových plynů o 20 % oproti roku 1990. Jako druhý bod byl 20% podíl OZE na celkové spotřebě elektrické energie a jako poslední bylo zvýšení energetické účinnosti o 20 %.

Členské státy Evropské unie, mimo jiné, následně přijaly závazné vnitrostátní cíle na zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie, které byly přizpůsobeny na základě jejich možností splnění. Tento plán má za úkol podněcovat státy k rychlejšímu rozvoji – především k rozmachu obnovitelných zdrojů. Obnovitelné zdroje jsou náročné na počáteční investici, i když jsou provozní náklady takřka nulové, tak rentabilita bývá pro potenciálního investora neatraktivní. Aby tedy bylo možné cíle naplnit, musí jednotlivé státy změnit neatraktivnost investic do OZE prostřednictvím podpor. Od roku 2009, kdy vyšla směrnice č. 2009/28/ES „o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES na svém území OZE podporovat“ [1], mají všechny země EU povinnost podpory OZE.

Navazující plán, po plánu 20/20/20, je stanoven do roku 2030 a spočívá ve snížení skleníkových plynů o 40 % vzhledem k roku 1990, zvýšení energetické účinnosti o 32,5 % a 32% podíl OZE na celkové spotřebě elektrické energie [2].

1.1 Česká republika

Cíl obnovitelných zdrojů České republiky ke splnění 20/20/20, byl stanoven 13% podílem na konečné spotřebě elektrické energie [1]. Pro rok 2030 byl předložen návrh Evropské komisi na navýšení tohoto cíle o 9 % na celkových 22 % [2].

1.1.1 Historie podpor

Fotovoltaické elektrárny (FVE) byly na území České republiky až do roku 2001 stavěny a provozovány spíše sporadicky. To se mohlo změnit v roce 2002, kdy byla zavedena podpora formou garantované výkupní ceny elektřiny, která stanovila výkupní ceny na 6 340 Kč/MWh. I s touto podporou se však investice do FV elektrárny nacházela pod hranicí rentability [3].

1.1.1.1 Výkupní ceny a zelené bonusy

Vstupem České republiky do Evropské unie, který proběhl 1. dubna 2004, se musel změnit přístup k podpoře obnovitelných zdrojů obecně. Sama Evropská unie si vytyčila cíle podílu OZE na pokrytí celkové spotřeby elektrické energie v Evropě. Česká republika se zavázala k 8% podílu elektrické energie vyrobené z OZE určené pro celkovou tuzemskou spotřebu.

Základním dokumentem byla Směrnice 77/2001/ES neboli „Směrnice Evropského parlamentu a rady o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou“. Dle této směrnice byl vytvořen, schválen a následně uveden zákon č. 180/2005 Sb., (k nalezení ve Sbírce zákonů č. 66), jehož znění je „Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)“. Tento zákon garantoval návratnost investic do 15 let. Dále předepisoval Energetickému regulačnímu úřadu (ERÚ) způsob nastavení podpory obnovitelných zdrojů, diferencované ceny pro různé kategorie OZE (vzhledem k různým investičním a provozním nákladům jednotlivých typů), uděloval výrobcí právo na přednostní připojení výroby do elektrizační soustavy a dával výrobcí možnost volby mezi dvěma systémy podpor [4].

První systém podpor představoval tzv. garantované výkupní ceny (*Feed-in tariff, FIT*). Kupujícím byl buďto provozovatel přenosové sítě nebo provozovatel sítě distribuční, přičemž docházelo k výkupu veškeré elektrické energie vyrobené FV systémem uvedenými subjekty. Výkupní cena setrvala fixní, jelikož nebyla závislá na tržních cenách elektrické energie. Volba podpory uvedenou formou vedla k výraznému zlepšení provozních podmínek FV systémů, neboť garance výkupních cen se stanovila na následujících 20 let. Výše garantované výkupní ceny byla dána výkupní cenou v roce, ve kterém došlo k uvedení elektrárny do provozu. Garantovaná doba rentability investice díky tomu odpovídala patnácti rokům. Podpora ve formě garantovaných výkupních cen nešla uplatnit u společné výroby elektrické energie z obnovitelného a neobnovitelného zdroje [5].

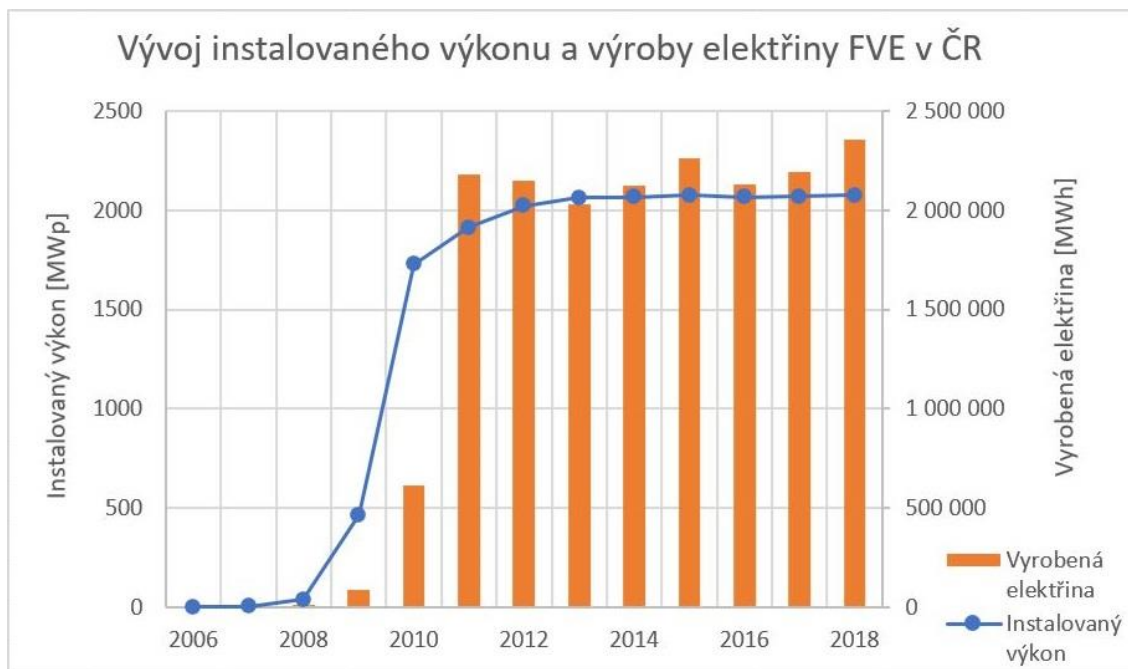
Druhým systémem podpor byly tzv. zelené bonusy (*Feed-in premium, FIP*). Do role kupujícího se dostal obchodník s elektřinou nebo oprávněný zákazník. Při tzv. vlastní spotřebě výrobcem mohlo dojít k nespotebování veškeré vyrobené elektrické energie a nabízela se tudíž možnost prodeje přebytků. Zelený bonus funguje jako příplatek k tržní ceně elektrické energie (cena za silovou elektřinu), čímž odpadá potřeba fixace cen. Tato podpora předpokládá uzavření smlouvy mezi výrobcem a zákazníkem o prodeji a dodávce elektrické energie za tržní cenu s následným zeleným bonusem, který byl hrazen provozovatelem přenosové případně distribuční sítě. Prodej za tržní cenu s sebou nesl větší riziko než podpora ve formě garantovaných výkupních cen, ale zároveň poskytoval možnost vyššího výnosu [6].

Výše výkupních cen a zelených bonusů byla každoročně stanovena Energetickým regulačním úřadem a následně uvedena v Energetickém regulačním věstníku a na internetových stránkách tohoto orgánu. K výkupním cenám se přidával limit meziročního poklesu či nárůstu její výše na 5 % vzhledem k ceně v předchozím roce. Výkupní ceny a zelené bonusy nešlo kombinovat, provozovatel FVE si musel vybrat jednu z těchto podpor a mohl ji změnit jednou ročně.

V roce 2009 došlo k rozdělení výše výkupních cen i zelených bonusů pro FV systémy dle instalovaného výkonu a to do 30 kWp (včetně) a nad 30 kWp. Rok 2011 s sebou přinesl nové rozdělení výkonové skupiny nad 30 kWp na další dvě, a to do 100 kWp (včetně) a nad 100 kWp. Zvýhodnění probíhalo pro malé systémy, vzhledem k vyšším pořizovacím nákladům na kWh [7].

V letech 2008 až 2010 docházelo ve světě k velkému nárůstu instalovaného výkonu FVE a tento trend se nevyhnul ani České republice. Příčinou rozmachu FV systémů byl pokles cen fotovoltaických technologií díky vysoké produkci nových FV panelů v Číně. Garantované výkupní ceny pro FV systémy vystavěné v roce 2009 byly v tomto roce stanoveny na 12 890 Kč/MWh pro elektrárny s instalovaným výkonem do 30 kW a 12 790 Kč/MWh pro FVE s instalovaným výkonem nad 30 kW [8].

Kombinace nízkých cen FV technologií a vysoké garantované ceny výkupu na následujících 20 let s příslibem maximálně 5% meziročního poklesu těchto cen zvýšila rentabilitu investic do FVE, jež se namísto 15 let pohybovala pod hranicí 11 let. Vzniklá situace způsobila velký zájem investorů tuzemských i zahraničních, především z Německa, a profitovaly z ní také banky, které poskytovaly úvěry na počáteční investice. V důsledku souběhu všech uvedených faktorů došlo k velkému nárůstu instalovaného výkonu, který z 39,5 MWp v roce 2008 vzrostl ve velmi krátkém intervalu 2 let na 1 727 MWp [9]. Hovoří se tak o solárním boomu, během něhož došlo k výstavbě největších solárních parků na území ČR jako jsou FVE Ralsko, FVE Vepřek, FVE Ševětín nebo FVE Brno – Letiště Tuřany.



Graf 1: Vývoj instalovaného výkonu a výroby elektrické energie FVE v ČR (2006-2018) [9]

Přestože během solárního boomu došlo k vysokému nárůstu instalovaného výkonu FV elektráren v souladu s cílem 20/20/20, důsledky tohoto vývoje jsou spíše negativní a trvají fakticky až dodnes. Dne 20. 5. 2010 nabyl účinnosti Zákon č. 137/2010 Sb., který novelizoval Zákon 180/2005 Sb. „o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)“. Novela zákona dávala právo Energetickému regulačnímu úřadu snižovat garantované výkupní ceny pro obnovitelné zdroje elektrické energie, jejichž doba návratnosti se tou dobou pohybovala pod hranicí 11 let tak, aby návratnost investice byla navýšena na původních 15 let [10]. Jelikož se tato novela vztahovala na výkupní ceny elektrické energie pro zařízení uvedená do provozu v roce 2011, tak v konečném důsledku spíše navýšila potřebu připojení nových FV k síti do konce roku 2010. Výrazné snížení výkupních cen a zeleného bonusu popisuje následující tabulka (tabulka 1) reflektující cenové rozhodnutí ERÚ 2/2010, kdy výkupní ceny klesly, např. pro FV zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW vystaveným v roce 2010, z 12 500 Kč/MWh na 7 500 Kč/MWh a zelené bonusu z 11 500 Kč/MWh na 6 500 Kč/MWh [11].

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedeným do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	7500	6500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW do 100 kW včetně a uvedeným do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	5900	4900
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 100 kW a uvedeným do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	5500	4500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedeným do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12500	11500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedeným do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12400	11400
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedeným do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13420	12420
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedeným do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13320	12320
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008	14300	13300
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	14660	13660
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006	6990	5990

Tabulka 1: Cenového rozhodnutí ERÚ 2/2010 [11]

Pokračování solárního boomu vyvolalo další vládní reakci v podobě dvou novelizací Zákona č. 180/2005 Sb. První novela přišla se Zákonem č. 330/2010 Sb. Tento zákon změnil podporu FV systémů, kterou nově mohl nárokovat majitel zařízení s instalovaným výkonem do 30 kWp, přičemž vzniklo nové omezení nařizující umístění systému pouze na střešní konstrukce nebo obvodové zdi budovy evidované v katastru nemovitostí [12]. Druhá novela, Zákon č. 402/2010 Sb., s účinností od 1. 1. 2011 zaváděla daň za elektrickou energii vyrobenou slunečním zářením. Novela se zaměřila na elektrickou energii vyrobenou v zařízeních uvedených do provozu po čas solárního boomu, tedy od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2010, a dodanou do sítě v období od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2013. Tzv. solární daň byla odváděna ve výši 26 % v případě podpory výkupních cen (28 % v případě zeleného bonusu) po dobu 3 let [13]. Zavedení daně cílilo na zmírnění dopadu solárního boomu na celkovou cenu elektřiny pro koncového zákazníka, jelikož příspěvek na podporu OZE je její součástí. Nárůst výše tohoto příspěvku, který v roce 2006 činil 28 Kč/MWh, v roce 2013 dosáhla výše 583 Kč/MWh. V roce 2014 se příspěvek snížil na 495 Kč/MWh a zbytek byl doplacen z financí získaných ze solárních daní čili ze státní poklady [14].

V prvním čtvrtletí roku 2020 Ministerstvo průmyslu a obchodu opětovně vládě předložilo návrh novely zákona o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. Cílem novely tohoto zákona je pomocí kontrol zjistit přiměřenost výše podpory OZE, a zdali tedy nedochází k její překompenzaci. V případě FV elektráren se kontroly týkají těch, které byly uvedeny do provozu od 1. 1. 2006 do 31. 12. 2015 a které měly ve třech po sobě jdoucích letech podporu přesahující 200 000 € (cca 5,3 mil. Kč). V případě že elektrárna pobírá vyšší podporu, než by měla, bude ji podpora snížena. Jako kritérium k určení případné překompenzace slouží vnitřní výnosové procento investice [15].

Vysoký nárůst instalovaného výkonu se projevil i na provozování přenosové sítě. V roce 2010 společnost ČEPS, která v České republice garantuje bezpečný a spolehlivý provoz elektrizační soustavy, požádala distribuční společnosti o pozastavení žádostí na připojení do sítě nových FV systémů. Důvod spočíval v neregulovatelnosti FV systémů a velkých nárocích na stabilitu sítě. Tento tzv. stop-stav trval téměř 2 roky [16].

Zákon č. 180/2005 Sb., byl k 1. 1. 2013 nahrazen Zákonem č. 165/2012 Sb. neboli: „Zákonem o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů“ a společně s jeho novelou č. 310/2013 Sb. ukončily veškeré podpory FV systémů. Podpora ve formě výkupních cen se vztahovala pouze na FV výroby s instalovaným výkonem do 30 kWp postavených na střeších či fasádách, které musely být uvedeny do provozu nejpozději k 31. prosinci 2013, poté již zanikl nárok na garantované výkupní ceny a zelené bonusy. Zákon navíc nově osvobodil od placení solární daně FV systémy s instalovaným výkonem do 30 kWp s umístěním na střeších nebo obvodových zdích na obytných prostorách evidovaných v katastru nemovitostí [17]. Pro zbylé FV systémy uvedené do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010 proběhlo snížení solární daně na 10 % v případě výkupních cen a 11 % v případě

zelených bonusů. Daň je stále v platnosti a vztahuje se na veškerou elektrickou energii vyrobenou v těchto zařízeních od 1. ledna 2014. V roce 2013 navíc došlo i k dalšímu rozdělení výkupních cen a zelených bonusů dle instalovaného výkonu a to do 5 kWp (včetně) a výkonu od 5 kWp do 30 kWp s vyšší podporou pro malé systémy [18]. Od 1. 1. 2014 se tedy zastavil nárok na podporu elektřiny vyrobené z OZE. V rámci konce podpory lze roky 2013 až 2019 považovat za dobu stagnace FVE z hlediska instalací o velkých výkonech.

1.1.1.2 Zelená úsporám

Program Zelená úsporám byl projekt Ministerstva životního prostředí ČR spravovaný Státním fondem životního prostředí. Tento program nabízel dotace na energetické úspory na vytápění a zvýšení podílu OZE v obytných domech (jak bytových, tak i rodinných), jejichž realizace byla financována z výnosů prodeje emisních povolenek. Emisní povolenky představují oprávnění na vypouštění skleníkových plynů do atmosféry, které musí každá výrobní, vypouštějící tyto plyny do ovzduší uhradit na základě vypuštěného množství.

Program poskytoval jednorázové nevratné finanční dotace na instalace a cílí na několik segmentů bydlení. Mezi tyto segmenty patří: úspory energie na vytápění v podobě zateplování rodinných a bytových domů, výstavba rodinných a bytových domů v „pasivním“ standardu, výměna neekologického vytápění (např. kotel na uhlí) za nízkoemisní zdroje na biomasu a účinná tepelná čerpadla či jejich samotná instalace do novostaveb, instalace solárních termických systémů a fotovoltaických systémů, nakonec dotaci na přípravu a realizaci projektové dokumentace s odborným posudkem [19].

Dotace se mohly čerpat od 22. dubna 2009 do 31. prosince 2012. Vyhrazená částka odpovídala cca 20,5 mld. Kč a z administrovaných 80 tisíc žádostí, jich bylo vyplaceno více než 74 tisíc za více jak 20,3 mld. Kč [20]. Po ukončení programu v roce 2013 došlo k představení navazujícího dotačního programu s názvem Nová zelená úsporám.

1.1.1.3 Nová zelená úsporám (NZÚ)

Nová zelená úsporám je nový dotační program se zaměřením na podporu úspor energií obytných budov (komplexní nebo dílčí zateplení), efektivní využití zdrojů energie, zvýšení podílu OZE v obytných domech a výstavbu nízkoenergetických domů. Jeho financování opět zajišťují zdroje Státního fondu životního prostředí, jehož příjem stojí na výnosech z prodeje emisních povolenek.

Nová zelená úsporám podporuje renovace rodinných a bytových domů (zateplení fasády, střechy, stropů, výměnu oken a dveří), stavbu rodinných a bytových domů v tzv. pasivním standardu (pasivní domy), výstavbu solárních termických a fotovoltaických systémů, výstavbu zelené střechy, využití tepla z odpadní vody, systémy řízeného větrání se zpětným získáváním tepla (ZZT) – rekuperace, výměnu zdrojů tepla za tepelná čerpadla, kotle na biomasu a pořízení a instalaci dobíjecích stanic pro osobní vozidla u bytových domů.

O podporu mohou požádat vlastníci nebo stavebníci rodinných a bytových domů, a to jak fyzické osoby, tak i právnické osoby. Tato podpora je určena pro stávající domy i novostavby s platností do 31. prosince 2021 nebo do vyčerpání alokovaných finančních prostředků [21].

1.1.2 Současnost

Jak již bylo zmíněno, v současné době neexistuje podpora ve formě garantované výrobní ceny ani zeleného bonusu (ukončeno zneplatněním zákona). Přestože je systém podpor v rámci výkupních cen a zelených bonusů ukončen, stále se musí stanovovat jejich hodnoty, aby došlo ke splnění návratnosti FVE dle Zákona č. 165/2012 Sb. Stanovené hodnoty již neudělovaných podpor pro nové instalace popisuje převzatá tabulka z Energetického regulačního věstníku ze dne 26. 9. 2019 (tabulka 2).

Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon [kW]		Jednotarifní pásmo provozování	
od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)	Výkupní ceny [Kč/kWh]	Zelené bonusy [Kč/kWh]
-	31.12.2005	-	-	8,35	7,282
01.01.2006	31.12.2007	-	-	17,529	16,458
01.01.2008	31.12.2008	-	-	17,096	16,025
01.01.2009	31.12.2009	0	30	16,04	14,805
01.01.2009	31.12.2009	30	-	15,922	15,851
01.01.2010	31.12.2010	0	30	14,939	13,704
01.01.2010	31.12.2010	30	-	14,821	13,75
01.01.2011	31.12.2011	0	30	8,963	7,728
01.01.2011	31.12.2011	30	100	7,054	5,983
01.01.2011	31.12.2011	100	-	6,573	5,502
01.01.2012	31.12.2012	0	30	7,219	5,984
01.01.2013	30.06.2013	0	5	3,917	2,682
01.01.2013	30.06.2013	5	30	3,252	2,017
01.07.2013	31.12.2013	0	5	3,434	2,2
01.07.2013	31.12.2013	5	30	2,794	1,559

Tabulka 2: Stanové výše výkupních cen a zelených bonusů k 30. 9. 2019 [22]

Jediná podpora pro domácnosti, která momentálně v ČR probíhá, je program Nová zelená úsporám. Dotace je ve formě investiční podpory. Žádosti se podávají v podobě online formuláře do 31. prosince 2021 nebo do vyčerpání finančních prostředků. Nynější stanovené výše podpor pro FV systémy popisuje následující tabulka (tabulka 3).

Typ systému	Výše podpory [Kč]
FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	35 000
FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	55 000
FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	70 000
FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3000 \text{ kWh.rok}^{-1}$	100 000
FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 4\,000 \text{ kWh.rok}^{-1}$	150 000
FV systém efektivně spolupracující se systémem vytápění a přípravy teplé vody s tepelným čerpadlem	150 000
FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000 \text{ kWh.rok}^{-1}$	80 000

Tabulka 3: Přehled dotací na FVE v rámci Nová zelená úsporám [23]

1.2 Slovenská republika

Slovenská republika se zavázala 14% podílem OZE na tuzemské spotřebě elektrické energie do roku 2020. Národním energetickým plánem a klimatickým plánem přislíbila navýšení tohoto podílu na 19,2 % do roku 2030 [24].

1.2.1 Historie podpor

Slovenská republika vstoupila do Evropské unie v roce 2004. Přijala tak závazky vyplývající z tohoto členství, včetně závazků k podpoře obnovitelných zdrojů energie. Jedna z prvních podpor fotovoltaických elektráren byla dána výnosem slovenského Úřadu pro regulaci síťových odvětví SR (ÚRSO) č. 2/2006, který ustanovil podporu v podobě pevných výkupních cen (FIT). Výkupní cena se stanovila na základě druhu obnovitelného zdroje, data uvedení do provozu, použité technologie výroby elektrické energie a velikosti instalovaného výkonu. Omezující podmínka pro určení její výše dále spočívala v návratnosti počáteční investice do 12 let [25]. Výnosem ÚRSO č. 02/2008 se výkupní ceny stanovily dle data uvedení do provozu. Pro FVE uvedené do provozu do 31. prosince 2004 nabývala jejich výše 12 000 Sk/MWh, pro FVE uvedené do provozu od 1. ledna 2005 do 31. prosince 2008 byla 12 800 Sk/MWh a pro FVE uvedené do provozu od 1. ledna 2009 13 500 Sk/MWh [26].

Velký zlom ve vývoji na poli OZE nastal v roce 2009, kdy vešel v platnost zákon č. 309/2009 „o podpoře obnovitelných zdrojů energie a kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET)“. Pro OZE stanovoval formu podpory, podmínky výroby, práva a povinnosti výrobců elektrické energie a práva a povinnosti dalších účastníků trhu s elektřinou. Distributorům určoval povinnost odebírat elektrickou energii vyrobenou z OZE a jejich přednostního připojení do distribuční soustavy. Podpora probíhala formou garantovaných výkupních cen po dobu 15 let, jejichž výše byla každoročně stanovena slovenským Úřadem pro regulaci sítových odvětví [27]. V témže roce pak proběhlo rozdělení výše výkupních cen dle instalovaného výkonu FVE a to: instalovaný výkon do 100 kW (včetně) na 430,72 EUR/MWh a nad 100 kW na 425,12 EUR/MWh [28].

Během solárního boomu v letech 2009 až 2011 došlo k několikanásobnému překročení žádaného instalovaného výkonu FVE. Vzhledem k vysokým garantovaným výkupním cenám a poklesu cen technologií se výsledná cena elektrické energie pro koncového zákazníka vyvíjela negativním způsobem. V roce 2011 proto skončila podpora v podobě garantovaných výkupních cen na výstavby pozemních FV elektráren s výkonem nad 100 kW. Podpora tedy probíhala pro FVE s výkonem do 100 kW postavených na střechách a fasádách budov, o dva roky později pouze s výkonem do 30 kW [29].

V roce 2014 vešla v platnost další úprava zákona č. 309/2009, jež představila termín malý zdroj. Toto zařízení bylo definováno jako zdroj obnovitelné energie o instalovaném výkonu do 10 kW (včetně). Úprava se vztahovala na domácnosti, jimž měl zdroj pokrýt vlastní spotřebu a přebytek pak mohl vlastník prodat do sítě. V roce 2014 byl navíc nařízen stop-stav pro připojení nových zdrojů obnovitelné energie nad 10 kW do distribuční sítě, který trval až do roku 2019 [30].

Podpora malých zdrojů pro domácnosti přišla v roce 2015, ve kterém se zavedl národní projekt v rámci Operačního programu *Kvalita životního prostredia* tzv. *Zelená domácnostiam* pod záštitou příspěvkové organizace Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky, a to *Slovenské inovačné a energetické agentúry* (SIEA). Tento projekt byl zaměřený na podporu instalace nových obnovitelných zdrojů energie (do 10 kW) v domácnostech financovaných z evropských fondů. Zdroje ztrácely nárok na výkup přebytečné elektrické energie za cílem spotřeby co největšího množství elektrické energie v místě výroby za účelem minimalizování proměnlivé dodávky do distribuční soustavy, a tím i snížení vlivu OZE na její stabilitu. Podporovanými typy OZE na výrobu elektrické energie byly fotovoltaické moduly a větrné turbíny. K pokrytí výroby tepla pro potřeby domácnosti sloužila podpora solárních kolektorů, kotlů na biomasu a tepelných čerpadel. Během tohoto programu, jenž trval od roku 2015 až do roku 2018, se v rámci podpory uvolnilo 45 miliónů euro.

K instalaci obnovitelných zdrojů energie o výkonu 141 MW bylo využito více jak 41 miliónů euro, přičemž fotovoltaické systémy představovaly se svými 3673 realizacemi přibližně 20 % všech instalovaných zařízení [31]. Do 31. 12. 2019 probíhala stále podpora ve formě výkupních cen pro FVE s instalovaným výkonem do 30 kW na střechách či fasádách, která již ale nepředstavovala tak lukrativní investici jako v letech za solárního boomu.

1.2.2 Současnost

V roce 2020 došlo na Slovensku k zásadní změně systému podpor OZE a KVET (kombinovaná výroba elektřiny a tepla). Od provozovatelů zařízení do 500 kW již nebude výkup probíhat od distribučních společností, ale je zaveden tzv. výkupce, subjekt vybíraný formou aukce nebo určený na základě povolení. Aukce a povolení vypisuje slovenské Ministerstvo hospodářství každý rok na určité množství elektrické energie, které musí z distribuční soustavy výkupce odebrat. Prvním výkupcem se stala společnost *Slovenský plynárenský priemysl, a.s.*, která bude dané vyhrané množství elektrické energie vykupovat po dobu 2 let a to od 1.1. 2020 [32].

Další podpora spočívá ve formě investiční dotace projektu *Zelená domácnostiam II* (viz tabulka 4). Projekt začal v roce 2019 a navazuje na projekt *Zelená domácnostiam I*, opět se tudíž zaměřuje na využívání malých zdrojů obnovitelné energie (do 10 kW) v rodinných a bytových domech. Rozpočet odpovídá 48 miliónům euro a realizuje jej opět Slovenská inovační a energetická agentura. Zcela zásadní je v případě FVE na Slovensku již návrh výrobního zdroje, jelikož přebytečnou energii, kterou není domácnost schopna využít nebo si ji uložit do akumulárního prvku, se dodává do distribuční soustavy zdarma.

Investiční podpora výstavby domácího FV systému	
Sazba [€/kW]	500
Maximální příspěvek [€]	1500

Tabulka 4: Podpora výstavby fotovoltaického systému pro rodinný dům na Slovensku [33]

Elektrická energie vyrobená z obnovitelných zdrojů může být na Slovensku oproštěna od spotřební daně. Výsledná výše daně se vypočítává na základě množství vyrobené elektrické energie v MWh a odpovídajícího daňového tarifu [34].

1.3 Spolková republika Německo

Německo se zavázalo k podílu 17 % zelené energie (vyrobené z OZE) na celkové domácí spotřebě do roku 2020, 40 % až 45 % do roku 2025, 55 % až 60 % do roku 2035 a nejméně 80 % do roku 2050 [35], čímž se řadí mezi největší propagátory obnovitelných zdrojů elektrické energie na světě.

1.3.1 Historie podpor

Spolková republika Německo začala podporovat obnovitelné zdroje elektrické energie v porovnání s jinými státy velmi brzy. Již v roce 1991 vešel v platnost zákon „o napájení elektřiny z obnovitelných zdrojů energie do veřejné sítě“. V rámci zákona měly obnovitelné zdroje přístup do rozvodné sítě. Distribučním společností (dodavatelům elektrické energie) uložil povinnost nákupu a odměny takto vyrobené zelené elektrické energie zavedením výkupních cen. Ty byly hrazeny výhradně dodavateli a jejich konečnými zákazníky. Výkupní cena se vypočítává pro každý rok jako procento průměrného příjmu za kWh z dodávek elektřiny dodavatelem všem konečným zákazníkům v předchozím roce. Fotovoltaické elektrárny získaly nejvyšší odměnu, která činila 90 % tohoto příjmu. Zákon se vztahoval na zdroje o výkonu menším než 5 MW [36]. Tento zákon byl v roce 2000 nahrazen zákonem o obnovitelných zdrojích energie (EEG neboli *Erneuerbare-Energien-Gesetz*).

V roce 1991 došlo k vyhlášení čtyřletého programu na propagaci instalací domácích fotovoltaických elektráren se jmenovitou kapacitou 1-5 kWp s názvem „1000 Střech“. Podpora probíhala v podobě grantu, který poskytoval 70% pokrytí investice a 50 % montážních nákladů. Navazující program zaměřený na rozvoj v tomto sektoru se nazýval „100 000 Střech“, jehož cíl spočíval v navýšení jmenovité kapacity fotovoltaických elektráren o 300 MWp do roku 2003. V roce 2002 došlo k navýšení zmíněného cíle na 1000 MWp. Součástí programu zahrnovala i podporu instalace nebo rozšíření FV systémů větších než 1 kW ve formě úvěru se sníženou úrokovou sazbou o 4,5 %. Konečná nainstalovaná jmenovitá kapacita FV systémů se navýšila na 345,5 MW [37].

Zákon o obnovitelných zdrojích energie z roku 2000 (EEG 2000) zaručoval připojení k síti a prioritu výkupu energie vyrobenou z OZE. Navíc garantoval kompenzaci nákladů v plné výši k pokrytí skutečné výše investice dle velikosti a technologie na základě garantovaných výkupních cen (FIT). Fixní výše výkupních cen byla majitelům OZE vyplácena po dobu 20 let, po této době došlo k jejímu snížení. Po skončení programu 100 000 Střech v roce 2003, nadále existovala iniciativa k pokračování v podpoře střešních FV systémů. Výsledek se dostavil v podobě rozdělení výše výkupních cen dle velikosti systému, které pro malé instalace byly vyšší než pro ty velké. O rok později vešel v platnost zákon EEG 2004, ve kterém se přizpůsobila výše výkupních cen probíhajícím změnám na trhu. Došlo na rozdělení FV systémů dle místa instalace. Střešní systémy nově spadaly do skupin dle výkonu, a to instalace s výkonem do 30 kW, menším než 100 kW a větším než 100 kW, jimž byly stanoveny jednotlivé výkupní ceny s 5% meziročním poklesem. Stanovený pokles pro samostatně stojící instalace potom odpovídal 6 % [38].

Na zákon EEG 2004 navázal zákon EEG 2009, ve kterém podléhaly výkupní ceny dalším změnám. V případě malých systémů došlo k nepatrnému snížení výkupních cen, ale pro velké systémy ceny klesly významně. Meziroční pokles dosahoval úrovně 8–10 % v závislosti na velikosti systému. Současně byl

pokles regulován v závislosti na vývoji nově postavených instalací. Pokud nově instalovaný FV systém dosahoval kapacit vyšších, než se předpokládalo, přistoupilo se ke snížení výkupní ceny o další 1 % a naopak. Tato novela také zavedla prémii určenou pro spotřebitele vlastní elektrické energie se systémy do 30 kW. Ta spočívala v tom, že ji majitel zdroje získal za každou vlastní spotřebovanou kWh a společně s ušetřenými náklady za elektrickou energii tak tato úspora rostla, než kdyby stejné množství prodal za tržní cenu distribuční společnosti. Výkupní ceny byly stále pro střešní instalace vyšší než pro volně stojící. Pro střešní instalace se navíc zavedl i maximální výkon na 1 MW, jehož překročení vedlo k úplnému ukončení podpory v podobě výkupních cen [39].

Rok 2009 s sebou taktéž přinesl Program obnovitelné energie KfW (program *KfW Erneuerbare Energien*). Tento program bankovní společnosti KfW (*Kreditanstalt für Wiederaufbau*) podporoval a stále podporuje využívání obnovitelných zdrojů energie prostřednictvím různých finančních balíčků obsahujících půjčky s nízkými úroky [40].

Během solárního boomu, kdy se s prudce klesající cenou FV modulů snížila nákladovost a zvýšila výnosnost investice, však Německo dokázalo velmi rychle reagovat (na rozdíl např. od ČR). Zákon EEG z roku 2009 v roce 2010 podlehl novelizaci ve fotovoltaické oblasti, kdy k 1. 6. 2010 došlo k drastickému snížení výkupních cen o 8-13 % v závislosti na typu systému. Ty byly od 1. října 2010 sníženy o další 3 %. Lepší podporu dostala vlastní spotřeba, jež se dočkala rozšíření o všechny FV systémy s výkonem do 500 kW. V tomto případě se začalo rozlišovat mezi vyšším tarifem v případě vlastní spotřeby vyšší než 30 % celkového vyprodukovaného množství elektrické energie a nižším tarifem, jestliže byla tato spotřeba nižší než 30 % [41].

Německo se v roce 2010 zavázalo ke kompletní energetické transformaci (*Energiewende*). Tato přeměna spočívá v přechodu od energie z fosilních a jaderných paliv na obnovitelné zdroje energie a hospodárnějšímu nakládání s energiemi, za účelem snížení emisí skleníkových plynů. Cíle této transformace spočívají ve snížení skleníkových plynů až o 95 % do roku 2050 v porovnání s úrovní v roce 1990, zvýšení podílu energie z OZE na konečné spotřebě elektrické energie na 18 % do roku 2020, 40 % až 45 % do roku 2025, 55 % až 60 % do roku 2035 a nejméně 80 % do roku 2050, kompletní vyřazení jaderné energie do konce roku 2022 (rozhodnutí bylo učiněno po havárii jaderné elektrárny Fukušima v roce 2011) a kompletní vyřazení uhelných elektráren do roku 2038 [42].

Vzhledem k solárnímu boomu, díky němuž proběhl celkem nekontrolovatelný nárůst instalovaného výkonu fotovoltaických systémů, muselo dojít k dalším přizpůsobením. Ty byly učiněny díky EEG 2012. Pro fotovoltaické systémy stále definuje postup přístupu těchto zařízení k síti a zaručoval garantované výkupní ceny po dobu 20 let, jež ale podléhaly půlročním úpravám pro regulaci celkového instalovaného výkonu v Německu. I když mělo být oprávnění k vlastní spotřebě ukončeno v roce 2012, tak díky EEG 2012 zůstalo v platnosti až do konce roku 2013. O rok později došlo retrospektivně

k novelizaci tohoto zákona k 1. dubnu 2012, díky němuž pokračovalo snižování výkupních cen. Od této doby probíhala jejich regulace měsíčně, a navíc proběhlo přepracování tříd odměn dle velikosti FV systémů: do 10 kW, do 40 kW, do 1000 kW a do 10 000 kW. Dále došlo k omezení celkového cíle dotovaných FVE na 52 GW [41].

Zákon EEG 2014 představoval důležitý krok pro další rozmach obnovitelných zdrojů energie za účelem splnění energetické transformace. Pro lepší řízení rozvoje byly každé technologii obnovitelných zdrojů energie stanoveny kvantitativní cíle pro roční expanzi. FV systémy měly předepsanou expanzi o 2,5 GW brutto (celková výroba elektrické energie na svorkách generátoru) ročně. Do této doby probíhala podpora především ve formě garantovaných výkupních cen (FIT). Klasické vyplácení v podobě FIT si mohli vybrat výrobci se systémy do 500 kWp. EEG 2014 však začíná propagovat model přímého prodeje elektrické energie výrobcem na trhu. Tento systém si mohli vybrat výrobci se zařízeními do 10 MWp. Elektrická energie pak byla výrobcem prodávána přímo na trhu s premií, která je vypočítána jako rozdíl mezi FIT a průměrnou tržní cenou za kWh. Podpora k výstavbě nových instalací, které nevyhovovaly již zmíněným podporám, přišla v podobě aukčního systému. Nově museli majitelé OZE, s výkonem větším než 10 kWp, využívat právo na odměnu za vlastní spotřebu platit 30 % příspěvku na podporu OZE z ceny pro konečného zákazníka. V roce 2017 se tento poplatek zvýšil na 40 % z ceny [43].

Roky 2015 a 2016 lze považovat za experimentální, kdy se vyhodnocovalo, jaký typ aukcí bude v Německu vyhovovat nejlépe. V roce 2016 proběhla také první aukce pro pozemní FVE, která nabývala přeshraničních rozměrů, a to s Dánskem [44].

V roce 2017 byla uskutečněna další novela zákona EEG, EEG 2017, ve které došlo ke změně pravidel podpory OZE, za cílem snížení nákladů na *Energiewende*, kdy přestávají platit garantované výkupní ceny pro další typy OZE s instalovaným výkonem nad 750 kW (střešních FVE, *onshore/offshore* větrných elektráren – VTE a elektráren na biomasu) a jsou taktéž nahrazeny veřejnými aukcemi s ročním stanoveným limitem instalovaného výkonu. Toto ustanovení pomáhá kontrolovat tempo růstu OZE [44].

1.3.2 Současnost

V současnosti probíhá hned několik typů podpor jak pro fotovoltaické systémy, tak i pro zbylé typy zařízení OZE.

Provozovatel FV systémů se jmenovitým výkonem do 100 kW má nárok na podporu v podobě garantované výkupní ceny za množství elektrické energie skutečně přiváděné do sítě. Úroveň ceny je stanovena dle EEG 2017, vyplácena po dobu 20 let, dále závisí na velikosti systému (<10 kW, 10-40 kW a 40-100 kW) a data uvedení do provozu [45].

Majitelé FV systémů se jmenovitým výkonem od 100 kW do 750 kW jsou povinni prodat vyrobené množství elektrické energie přímo na trhu. Obdržená částka za prodej se skládá z tržní ceny elektrické energie a prémie (FIP).

Aukční systém je provozován od roku 2014 pro pozemní FVE a od roku 2017 i pro střešní instalace FVE s instalovaným výkonem nad 750 kW. Pro tyto FVE již neplatí garance výkupních cen na 20 let, ale přecházejí do systému tržních aukcí. Princip spočívá v tom, že stát vyhlásí požadovaný výkon v MW, maximální výši podpory a technické podmínky. Následně uspořádá aukci, které se mohou zúčastnit jak tuzemské, tak i zahraniční subjekty. Vítězí zpravidla ten, kdo nabídne nejnižší cenu podpory, za jakou je ochoten vyrábět elektrickou energii. Podpora se vyplácí po dobu 20 let ve formě prémie k tržní ceně (FIP). Aukce se konají třikrát za rok a jsou založeny na systému „*pay as bid*“, čili zúčastněné subjekty získají takovou podporu, jakou v aukci nabídnou. Maximální roční instalovaný výkon dosahuje 600 MW. Předpokladem je, že výše podpory stanovené aukčním způsobem bude nižší, než kdyby byla stanovena státem administrativně. Aukce prokazatelně fungují úspěšně, neboť při prvních aukcích v roce 2014 se průměrná cena 1 MWh pohybovala okolo 90 €, kdežto v roce 2018 dosahovala pouhých 43,3 €/MWh [46].

Program obnovitelné energie KfW standard poskytuje nízkouúrokový úvěr s fixním úrokem po dobu 5 nebo 10 let na investice do zařízení OZE bez ohledu na použitým typu technologie [47].

V rámci Programu obnovitelné energie KfW je dále poskytována půjčka s nízkým úrokem na investici do bateriových systémů k FVE do 30 kWp. Půjčku lze získat za účelem pořízení baterie do nových systémů nebo pro systémy již uvedené do provozu a to po 31. 12. 2012. Tuto půjčku nelze kombinovat s jinými půjčkami v rámci programu KfW a je adresována především společností. Výjimku tvoří majitelé FV systémů provozující vlastní spotřebu [47].

V případě vlastníků střešních FV systémů do jmenovitého výkonu 100 kW zavedl EEG 2017 možnost podpory při dodávkách vyrobené elektrické energie nájemcům ve stejném obytném prostoru. Předchozí programy EEG takovýto postup neumožňovaly, jelikož vyrobená elektrická energie nebyla dodána do sítě a neměla tudíž nárok na jakoukoliv odměnu za její výkup. Tato odměna má pevnou podpůrnou sazbu za kWh, jež však nedosahuje výše výkupní ceny, na druhou stranu nepodléhá dalším poplatkům v podobě příspěvku na OZE [47].

1.4 Italská republika

Itálie se zavázala k navýšení podílu energie z OZE na celkové spotřebě elektrické energie o 17 % do roku 2020. Do roku 2030 by chtěla tento podíl navýšit na celkových 30 % [48]. Režim podpor pro obnovitelné zdroje spravuje společnost GSE – „*Gestore dei Servizi energetici*“ (neboli Manažer energetických služeb) pod záštitou italského Ministerstva hospodářství a financí.

1.4.1 Historie podpor

Od roku 1993 podporuje Itálie výrobu elektrické energie z fotovoltaických a větrných elektráren sníženou sazbou daně z přidané hodnot (DPH), která činí 10 %. Na počátku 21. století byla Itálie jednou ze zemí s největším růstem fotovoltaických systémů hned po Německu a Španělsku.

V roce 2005 vznikl v zemi první podpůrný program na rozvoj obnovitelných zdrojů „*Conto Energia*“. Tato podpora spočívala v garantovaných výkupních cenách po dobu 20 let. V následujících 7 letech bylo zavedeno těchto programů celkem 5, které se lišily podmínkami a výšemi garantovaných cen. K největšímu nárůstu počtu fotovoltaických systémů došlo během třetího programu „*Conto Energia*“, který probíhal v letech solárního boomeru (2010-2011). „*Conto Energia*“ byl ukončen v roce 2013, což vedlo ke zpomalení růstu instalovaného výkonu [49].

V roce 2008 vznikl pod záštitou GSE zjednodušený režim nákupu/prodeje tzv. „*ritiro dedicato*“. Tento systém umožňuje prodání elektrické energie z OZE společnosti GSE, která ji dále prodá na volném trhu. GSE lze v tomto případě tedy považovat za prostředníka mezi producenty a trhem. Jestliže majitel FVE praktikuje i jiné podpory, uplatňuje se jeho zdroj v zavedeném systému v případě, nepřesahuje-li jmenovitá kapacita zdroje 100 kW. Pokud jiné podpory nevyužívá, nesmí jmenovitá kapacita zdroje přesáhnout 1 MW. Tito výrobci si i nadále mohou vybrat, prodají-li vyrobené množství elektrické energie za tržní cenu či za cenu minimální garantovanou. Zaručené minimální ceny jsou kalkulovány pro každý rok. Od roku 2015 musí provozovatelé, kteří si vybrali tento program, platit GSE poplatek na uhrazení nákladů na zprostředkování. Tento poplatek se nevztahuje na zdroje s instalovaným výkonem do 3 kW [50].

Výše poplatku na náklady placené Manažerovi energetických služeb (GSE)	
Instalovaný výkon [kW]	Poplatek [€/kW]
$3 < P \leq 20$	0,7
$20 < P \leq 200$	0,65
$P < 200$	0,6

Tabulka 5: Výše poplatku na náklady placené Manažerovi energetických služeb (GSE) [50]

Pro výrobce elektrické energie, především střešních instalací FVE, je výhodnější alternativní režim nazvaný „*scambio sul posto*“ a platí pro zdroje OZE, jejichž výkon nepřesahuje 500 kW. Elektrická soustava slouží jako virtuální akumulátor pro energii vyrobenou producentem, již ale v daný okamžik nespotřebuje, a kterou si následně vybere ze sítě, když ji potřebuje. Jednou ročně se pak vypočítává rovnováha mezi dodanou a spotřebovanou elektřinou. Pokud je tato hodnota záporná, musí výrobce zaplatit za odebranou elektřinu na pokrytí vlastní spotřeby. Jestli je však hodnota kladná, výrobce obdrží kredit, který mu bude sloužit k úhradě případných budoucích záporných hodnot (zůstatků) [51]. Uvedený režim představuje alternativní variantu a nelze jej kombinovat s režimem „*ritiro dedicato*“.

1.4.2 Současnost

I při dnešních nízkých nákladech (v porovnání s minulostí) neprobíhají od roku 2013 žádné podpůrné programy v podobě garantovaných výkupních cen na fotovoltaické elektrárny. Elektřina OZE je tak podporována úlevami na daních a režimy „*ritiro dedicato*“ a „*scambio sul posto*“. Ministerstvo pro místní rozvoj plánuje od roku 2018 návrh vyhlášky, který by měl podpořit nové programy OZE, návrh však stále podléhá změnám v přípravném řízení.

1.5 Španělské království

Obnovitelné zdroje energie by měly mít ve Španělsku v roce 2020 18% podíl na celkové domácí spotřebě. V národním energetickém a klimatickém plánu je ambice tento podíl zvýšit na 32 % do roku 2030 [52].

1.5.1 Historie podpor

Historie podpor obnovitelných zdrojů ve Španělsku začíná během roku 1980 jako reakce na markantní zdražení dovážené ropy. Toto zdražení vyvolalo několik otázek o zajištění dodávek el. energie a snížení závislosti na dovozu neboli energetické soběstačnosti. Odpovědí na tyto otázky byl „Zákon o zachování energie“ (*Ley 82/1980 de Conservación de la Energía*). Bohužel pro FVE se podpora týkala pouze vodních elektráren [53].

Po liberalizaci trhu s elektřinou zákonem o elektrické energii (*Ley 54/1997 del Sector Eléctrico*), mohlo dojít k většímu rozmachu podpor obnovitelných zdrojů. Bylo tak učiněno královskou vyhláškou 2818/1998 „o výrobě a dodání elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie nebo ze zdrojů odpadu a kogenerace“ (*Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de Energía Eléctrica por Instalaciones Abastecidas por Recursos o Fuentes de Energía Renovables, Residuos y Cogeneración*). Tato vyhláška uznávala nekonkurenceschopnost obnovitelných zdrojů energie na volném trhu. Podpora probíhala formou prémie k tržní ceně. Pro fotovoltaické elektrárny s instalovaným výkonem do 5 kWp (za předpokladu, že národní instalovaný výkon nepřesahoval 50 MWp) byla výše podpory stanovena na 60 peset / kWh, jinak podpora odpovídala 30 peset / kWh. Jako problematické se ale ukázaly podmínky dosažení podpory FVE, jež byly příliš přísné [54].

Zlomový bod pro podpory OZE (FVE nevyjímaje) představovala královská vyhláška 436/2004. Tato vyhláška stanovovala podpory, které zohledňovaly následující faktory: množství elektrické energie dodávané do sítě, efektivní příspěvek ke zlepšení životního prostředí, energetická účinnost a vynaložené investiční náklady. Producent elektrické energie si mohl vybrat mezi dvojím způsobem prodeje své vyrobené elektrické energie. První způsob spočíval v prodeji elektřiny distribuční společnosti. V tomto případě byla výkupní cena (FIT) elektřiny dána regulovanou sazbou. Regulovaná sazba sestávala

z procent průměrné neboli referenční sazby elektřiny vypočítávané každý rok a vyplácení měla na starost distribuční společnost. Pro FVE s instalovaným výkonem do 100 kW odpovídala výše regulované sazby 575 % průměrné sazby během prvních 25 let od data uvedení do provozu a 460 % poté. Pro FVE s instalovaným výkonem nad 100 kW dosahovala sazba 300 % během prvních 25 let od uvedení do provozu a 240 % poté. Druhý způsob prodeje byl v případě FV systémů s instalovaným výkonem nad 100 kW, přímý prodej elektrické energie na trhu prostřednictvím nabídkového systému, přičemž správu zajišťoval operátor trhu, nebo prostřednictvím bilaterální smlouvy. Výsledná prodejní cena vycházela z tržního průměru (nebo v případě smlouvy z ceny sjednané) s doplněnou přírůžkou za motivační účast na trhu a přidanou prémie (zelený bonus, FIP). FIP odpovídal 250 % průměrné sazby prvních 25 let od data uvedení do provozu a 200 % poté. Motivační účast na trhu dosahovala 10 % průměrné sazby za elektřinu. Procentuální limity byly stanoveny dle skupiny nebo podskupiny, do které zařízení patřilo a dle instalovaného výkonu. Volba mezi sazbou a prémie platila po dobu jednoho roku, poté se mohl výrobce opět rozhodnout pro změnu režimu podpory. Zvláštnost španělského přístupu spočívala ve faktu, že výkupní ceny i prémie byly vypláceny po celou dobu provozu daného zařízení (ne po dobu definovanou zákonem), přestože po určitém počtu let docházelo k jejich snížení (jako v případě FV systémů po 25 letech) [55].

V roce 2007 nahradila královskou vyhláškou 436/2004 nová královská vyhláška s označením 661/2007. Tato vyhláška ztraktivnovala obnovitelné zdroje a byla jedním z hlavních důvodů, proč došlo k jejich velkému rozmachu. Základní režim odměn zůstal zachován dle 436/2004 tj. výrobce si mohl vybrat ze dvojího způsobu prodeje vyrobené elektrické energie, a to prodej za garantovanou výkupní cenu (pevně danou, *Feed-in tariff*) nebo prodejem přímo na trhu, kdy obdrží cenu sjednanou (nebo tržní) a k ní prémie (*Feed-in premium*), už ale nedostává motivační pobídku k účasti na trhu. Při používání podpory v podobě prémie, podléhala míra ziskovosti elektrárny především tržní ceně. Před vyhlášením zákona 661/2007 došlo k nárůstu cen ropy, díky kterým začala tržní cena za kWh narůstat a ti, co si tento systém vybrali, začali profitovat. Vzniklá situace však měla negativní dopad na trh s energiemi a vláda tak zavedla strop výše tržních cen a jejich minima. Výše těchto finančních odměna navíc byla co 4 roky revidována [56].

Výše výkupních cen FVE dle instalovaného výkonu	
Instalovaný výkon	Výkupní cena [c€/kWh]
$P \leq 100 \text{ kW}$	44
$100 \text{ kW} < P < 10 \text{ MW}$	42
$10 \text{ MW} < P < 50 \text{ MW}$	23

Tabulka 6: Výše výkupních cen FVE dle instalovaného výkonu dle španělského zákona 661/2007 [56]

Po dobu účinnosti vyhlášky 661/2007 narostl instalovaný výkon fotovoltaických elektráren více, než se předpokládalo. Španělsko se tak stalo jednou ze zemí s největším instalovaným výkonem FVE na světě. Jako reakce na tak velký a nekontrolovatelný boom v roce 2008 vznikla další královská vyhláška 1578/2008, ve které došlo k rozdělení FVE do dvou skupin. První skupinou byly FVE umístěné na střechách nebo fasádách, pevných a uzavřených konstrukcí určených pro obytné, servisní či průmyslové použití (typ I.). Tato skupina se dále dělila na podskupiny dle výkonu, a to s jmenovitým výkonem menším nebo rovnajícím se 20 kW (typ I.1) a s výkonem větší než 20 kW (typ I.2) a nižším než 2 MW. Druhou skupinu představovaly FVE nezahrnuté do skupiny první (typ II.), avšak dosahující výkonu maximálně 10 MW. Snížení regulovaných cen dle typu FV systému je uvedené v tabulce níže (tabulka 7) [57].

Typ FVE		Výkupní cena [c€/kWh]
Typ I. pevně umístěné	Podtyp I.1. $P \leq 20$ kW	34
	Podtyp I.1. 20 kW < $P < 2$ MW	32
Typ II. (ostatní)		32

Tabulka 7: Rozdělení FV systémů dle jmenovitých výkonů [57]

Rozdělení do skupin za současného snížení regulované ceny zpomalilo výstavbu nových FVE. V roce 2010 proběhlo další snížení podpor v rámci FVE, a to vynásobením regulovaných sazeb koeficienty: pro FVE typu I.1 koeficientem 0,95, typu I. 2 koeficientem 0,75 a typu II. koeficientem 0,55 [58]. K dalšímu potlačení výstavby nových instalací FVE došlo v roce 2013 v podobě odebrání premií (FIP) na dobu neurčitou, tudíž se vyrobená el. energie prodávala za tržní cenu. FIT se tak stal jedinou aktivní podporou [59].

V roce 2014 byl zaveden tzv. Zvláštní režim podporování, během něhož došlo k nahrazení regulovaných výkupních cen tzv. "zvláštní odměnou". Tato odměna byla vyplácena nad tržní cenu elektřiny, aby se docílilo přiměřené ziskovosti instalace. První základní rozdíl mezi výkupní cenou a odměnou spočíval v délce vyplácení podpory. U regulovaných výkupních cen se vyplácela fixní suma po celou dobu výroby elektrické energie bez jakéhokoli omezení dle modelu čím vyšší výroba, tím vyšší příjmy. Naproti tomu odměna byla vyplácena na základě výše instalovaného výkonu s omezením na částku nezbytnou pro udržení konkurenceschopnosti na trhu za současného zajištění přiměřené míry návratnosti. Odměna navíc podléhala revizi každé 3 nebo 6 let, kdy mohlo dojít k její úpravě kvůli odchylkám tržních cen. Další rozdíl v případě výkupních cen spočíval ve faktu, že ceny se stanovily na základě typu použité technologie a datem uvedení FV systému do provozu. Výše odměny se odvíjela od parametrů zařízení a jejího dalšího srovnávání při provozu dle různých kategorií k teoretickým standardním zařízením se standardními náklady na chod systému [60].

O rok později nabyl účinnosti zákon 900/2015 o vlastní spotřebě elektrické energie vyrobené z obnovitelných zdrojů, jenž cílil na zajištění rozvoje této činnosti a jeho slučitelnosti s technickou a ekonomikou udržitelností přenosové a distribuční soustavy. Nicméně bránil v dosažení plného potenciálu zdroje pro vlastní spotřebu, a to hned z několika důvodů. Vlastníkům zařízení stanovoval poplatky za přístup k přenosovým a distribučním sítím jako příspěvek na pokrytí nákladů uvedené sítě. Dále upravoval maximální kapacitu zařízení pro vlastní spotřebu, jež musela být stejná nebo nižší než dohodnutá smluvní kapacita s distribuční společností. Vlastníci se dále dělili do 2 skupin. První měli zdroj pro vlastní spotřebu s maximální instalovanou kapacitou do 100 kW, kteří nedostávali žádné finanční odměny za přebytečnou elektrickou energii dodanou do sítě. Druzí neměli stanovený limit instalovaného výkonu a jejich přebytečná elektrická energie dodaná do sítě mohla být dále prodána na trhu s elektřinou, avšak se stanoveným poplatkem za každou MWh dosahujícího 0,5 €/MWh za současného 7% zdanění jejich výnosu. Vlastní vyrobená elektrická energie dále podléhala poplatku za kWh v případě, že množství spotřebované elektrické energie převyšovalo 10 kWh. Přidání akumulačního prvku do systému podléhalo také dodatečné dani. Kolektivní vlastní spotřeba byla zakázána až do roku 2017, kdy po zrušení zákazu nedošlo k zavedení žádné další regulace [61].

V roce 2017 byla vyhlášena další královská nařízení, která sloužila k regulaci Zvláštního režimu podporování. Tato nařízení přidělovala prémiový tarif na FVE v pevninské soustavě dle výběrového řízení v podobě aukčního systému. Jedna z největších aukcí proběhla v témže roce a to přidělením 3,5 GW instalovaného výkonu [62].

Během roku 2018 došlo ke schválení královského zákona 15/2018, který upravoval podmínky vlastní spotřeby. Tento zákon vyzdvihl vlastní spotřebu elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Základ spočíval v několika zásadách. Nejprve byly odstraněny všechny poplatky pro vlastní spotřebu elektrické energie z OZE a došlo i ke zmírnění registračních povinností pro zdroje nepřesahující instalovanou kapacitu 100 kW. Zařízení bez přebytků nebo s přebytky do 15 kW nově nevyžadovaly povolení k připojení do sítě. Kompenzace v případě prodeje přebytků elektrické energie byla definována až o rok později. Vlastní spotřeba se od roku 2019 dělí na dva hlavní typy. Prvním typem je vlastní spotřeba bezpřebytku, kdy navíc zařízení musí mít mechanismus, který mu zabráňuje dodávání energie do sítě. Druhý typ popisuje vlastní spotřebu s přebytkem, který lze dodat do sítě. V tomto případě mohou nastat dvě situace. Výrobce a spotřebitel se mohou dobrovolně rozhodnout pro kompenzaci přebytku. Při této volbě musí výrobce a spotřebitel uzavřít smlouvu o dodávce elektrické energie a zjednodušeném kompenzačním mechanismu. Výnos z prodaného přebytku nepodléhá dani ani poplatku 0,5 €/MWh. Ke kompenzaci lze přistoupit ve chvíli, kdy se jedná o primární zdroj energie z OZE, jehož celkový výkon nepřesahuje 100 kW. Výrobce, jehož přebytky pocházejí ze zdroje s instalovanou kapacitou vyšší než 100 kW musí tuto nadbytečnou energii prodat na trhu a je povinen zaplatit poplatky i 7% daň [63].

1.5.2 Současnost

V současné době stále probíhá aukční systém podpor pro velké instalace a program Zvláštního režimu podporování. Odměna v tomto programu je zprostředkována jako prémie k tržní ceně (podobné jako FIP), ale vypočítává se na základě přiměřené ziskovosti standardní FVE (dané státem) se standardními náklady a výnosy. Výjimečným úkazem ve Španělsku jsou však první velké, státem nedotované, instalace typu Don Rodrigo o výkonu 175 MW [64]. Domácí FV systémy se dočkaly podpory pouze ve formě prodeje přebytků vlastní spotřeby. V některých částech Španělska probíhá podpora v podobě snížení daní.

1.6 Švédské království

Vzhledem k cílům EU 20/20/20 přislíbilo Švédské království největší podíl OZE na hrubé konečné spotřebě elektrické energie o hodnotě 49 %. Do roku 2040 má však ze zemí EU nejambicióznější cíle, a to přejít na elektrický systém, jenž bude tvořen ze 100 % obnovitelnými zdroji [65].

1.6.1 Historie a současnost podpor

Ve Švédsku probíhala a stále probíhá podpora obnovitelných zdrojů energie především formou snížení daní. První sníženou daň představovala daň z nemovitostí platná od roku 1985. Snížení daně se týkalo ale pouze větrných elektráren, jinak se její výše pro ostatní zdroje elektrické energie shodovala. Druhá daňová úleva přišla v podobě tzv. snížené daně energetické, probíhající od roku 1995. Švédsko vybírá daň za spotřebu elektřiny, což s sebou nese i zdanění vlastní spotřeby. Od placení této daně byly oprostěny generátory elektrické energie s kapacitou nižší než 50 kW. V případě obnovitelných zdrojů rozhoduje o výši maximální výrobní kapacity typ zdroje. Elektrická energie, vyrobená fotovoltaickými elektrárnami s výrobní kapacitou nižší než 255 kW, nepodléhala zdanění v případě, že ke spotřebě energie docházelo v místě shodném s instalací FV systému [66]. Rok 2015 přinesl poslední daňovou úlevu, tentokrát pro mikroproducenty elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Právo na uplatnění této úlevy se udělovalo fyzickým a právnickým osobám, jež dodávaly přebytečnou obnovitelnou energii v místě připojení, ve kterém elektřinu zároveň i odebírali a v tomto místě disponovali jističem nejvýše na 100 A. Základ pro snížení daně představoval počet kWh, který byl do sítě dodán za jeden kalendářní rok. Tyto kWh se započítávaly od data připojení zdroje. Nejvyšší počet kWh, za který se může snižovat daň nesmí překročit počet zakoupených kWh v témže roce. Navíc byl určen maximální počet dodaných kWh, který nesmí mít větší hodnotu než 30 000 kWh na osobu či na místo připojení (v případě připojení vícero osob v jednom místě). Snížení ve výši 0,057 €/kWh potom představuje prémii za dodanou přebytečnou elektrickou energii do sítě [67].

V roce 2005 začala jedna z prvních dotačních podpor na instalaci veřejných fotovoltaických elektráren, která byla ukončena v roce 2008. V následujícím roce došlo k představení nové dotační podpory na instalaci FVE, a to i do soukromých prostor, jejichž výstavba se musela realizovat od 1. července 2009 a dokončena do 31. prosince 2013. Podpora cílila na fotovoltaické elektrárny instalované na budovách a připojené k síti. Po ukončení v roce 2013 byla podpora s obměnami několikrát prodloužena až do zahájení současného programu, v němž probíhá do 31. prosince 2020. Dotace spočívá v procentuálním uhrazení investičních nákladů.

Investiční podpora na FVE		
Zahájení podpory	Původní datum ukončení podpory	Maximální pokrytí investičních nákladů
14.04.2005	31.12.2008	70 %
01.07.2009	31.12.2011	55 % pro velké společnosti
		60 % pro ostatní
01.01.2011	31.12.2012	45 %
01.02.2013	31.12.2016	35 %
01.01.2015	31.12.2016	30 % pro společnosti
		20 % pro ostatní
13.10.2016	31.12.2019	30 % pro společnosti
		20 % pro ostatní
01.01.2018	31.12.2020	30 %
08.05.2019	31.12.2020	20 %

Tabulka 8: Velikost, trvání a původní datum ukončení investiční podpory pro Švédsko [68]

Za účelem navýšení využití OZE byl v roce 2003 ve Švédsku představen obchod se zelenými certifikáty. Systém spočívá v tom, že výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů dostává od vlády zelený certifikát za každou vyrobenou MWh. Vyrobenou elektrickou energii dále prodá za obvyklou tržní cenu dodavatelům elektřiny, kteří jsou povinni vlastnit určité procento zelených certifikátů. Zajištění odbytu elektrické energie z obnovitelných zdrojů je vymáháno systémem kvót, jelikož dodavatelé elektřiny mají závazek zakoupit i zelené certifikáty představující podíl elektrické energie, kterou dodávají. Vláda vydává zelené certifikáty na dobu nejvýše 15 let provozu výrobního zařízení a představují další výnos pro výrobce. V počátcích se tento systém pro fotovoltaické instalace jevil nevýhodně, jelikož nezohledňoval, z jakého obnovitelného zdroje se elektrická energie vyrábí. Prémie v podobě prodeje certifikátu byla stanovena vzhledem k vysokým nákladům instalace velmi nízko a nezatraktivňovala případnou investici. Pro malého výrobce, jako v případě majitele domácího FV systému, neexistovala skoro žádná motivace do systému investovat hned z několika důvodů. Jedním z hlavních důvodů bylo, že tento malý systém nemusel ani požadovanou 1 MWh vyrobit. Mnoho majitelů považovalo certifikáty za nevýhodné, jelikož se získávaly jen za dodanou přebytečnou energii do sítě a měření se nejčastěji provádělo mezi budovou a sítí. Aby vlastník získal certifikát za zelenou energii využitou v rámci vlastní spotřeby, musel by instalovat další interní elektroměr a hradit u něj poplatek za měření. U menších

domovních systémů by tak s těmito dodatečnými náklady nemusel certifikát vycházet jako výhodný. Další důvod spočíval ve faktu, že výrobce mohl velmi obtížně hledat kupce, jenž by vykupoval pouze malé množství zelených certifikátů. V roce 2012 se Švédsko dohodlo s Norskem na spoluvytvoření trhu se zelenými certifikáty. V dnešní době má systém zelených certifikátů uplatnění především pro velké FV systémy a solární parky [68].

Všechny zmíněné podpory stále probíhají. Největší podíl na rozmachu domácích FV systémů mají daňové úlevy podporující vlastní spotřebu a investiční podpory.

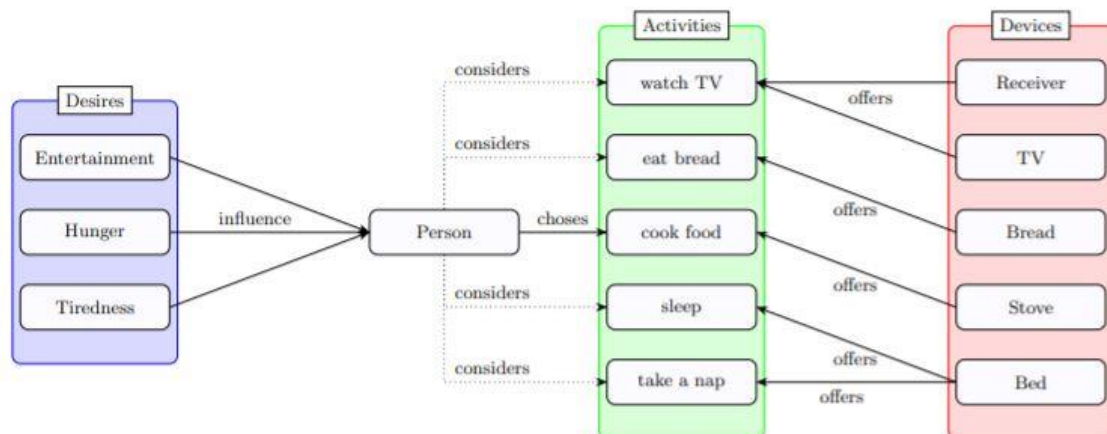
2 Analýza energetické potřeby modelového domu

Pro analýzu energetické potřeby modelového domu byl použit nástroj/program tzv. *Load Profile Generator* (dále LPG) neboli Generátor zatížení. Tento modelovací nástroj slouží k vytváření předpokládané energetické spotřeby v domácnostech, jako např. elektrické energie či vody, na základě námi zadaných parametrů. Výstup tohoto programu může nadále sloužit jako vstup pro ostatní simulace. Mezi typické aplikace, pracující s uvedenými výstupy, se řadí výzkum systémů obnovitelných zdrojů energie, simulace nízkonapěťových sítí a výzkum inteligentních sítí. LPG byl vyvinut Noahem Pflugradtem na Technické univerzitě Chemnitz [69].

2.1 PSI-teorie

Základem programu generátoru zatížení byla velmi zjednodušená PSI-teorie lidského chování (*Principles of Synthetic Intelligence – Principy syntetické inteligence*) německého psychologa Dietricha Dörnera. Tato teorie se zaměřuje na integraci kognitivních procesů (poznávací procesy jako jsou vnímání, citění, paměť, představivost, kterými člověk poznává své okolí), emocí a motivace. PSI teorie je neobvyklá v kognitivní psychologii v tom, že emoce nejsou explicitně definovány, ale vycházejí ze změn vnímání, výběrů akcí, plánování a přístupu do paměti [70].

2.2 Load Profile Generator – Generátor zatížení



Obrázek 1: Výběr aktivity pro maximální uspokojení tužeb [69]

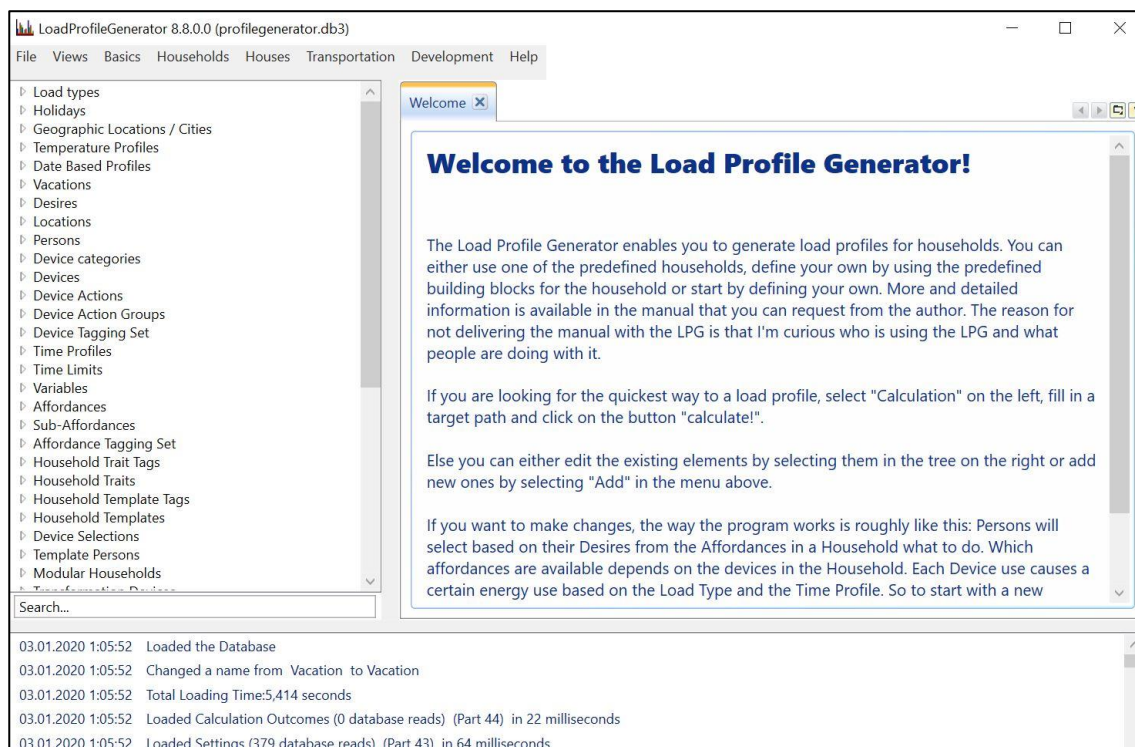
Simulace chování staví na modelu potřeb, tj. na chování, které je řízeno na základě matematického mapování potřeb. Rozhodování k výběru aktivity spočívá ve vyhodnocení, která aktivita simulované osobě poskytne maximální uspokojení v daném okamžiku. Ústředním prvkem je tedy osoba, kterou ovlivňují její touhy, ať už se jedná o hlad, únavu nebo zábavu. Tyto touhy následně eliminují různé činnosti, mezi kterými osoba vybírá, zhodnotí si očekávané uspokojení z každé činnosti a vybere si tu, která slibuje maximální uspokojení. Pokud tedy osoba pociťuje únavu, pak si volí spánek, pokud má hlad, bude vařit atd. Každá činnost má přiřazené spotřebiče, nábytek či jiné prostředky, které slouží k jejímu splnění. Aby tento model fungoval, tak každá touha roste v každém okamžiku. Pro vytvoření realistického chování rostou touhy v jiném časovém kroku např. hlad roste 4 až 6 hodin, zatímco spánek 10 až 18 hodin [69]. Jakmile se stává touha dostatečně silnou, následuje její uspokojení.

LPG poskytuje uživatelské rozhraní, které uživateli pomáhá sestavit seznam přání a prostředí, jež simulovaným lidem umožňuje naplnění jejich tužeb. Jako prostředí slouží buď dům nebo domácnost, obsahující zařízení, jež nabízí lidem možné činnosti.

LPG obsahuje velké množství již předdefinovaných osob, zařízení a domácností. Uživatel si však může libovolně nasimulovat ty osoby a domácnosti, které potřebuje. Profily zatížení simulované domácnosti se liší dle osob tuto domácnost obývajících, jelikož každý z nich má svou individuální křivku zatížení. Na rozdíl od většiny případů, ve kterých se využívají průměrné profily rodin, LPG rozlišuje křivky zatížení administrativního pracovníka, pracovníka na směny, studenta na vysoké škole, žáka nebo obyvatele v důchodovém věku.

Funkce LPG spočívá v provedení simulace chování lidí v domácnosti. Nasimulovaná osoba si volí své aktivity na základě současných tužeb, které jsou definovány uživatelem. Volené aktivity přiřazují libovolný počet zařízení/spotřebičů v domácnosti (dle aktivity), které mají každý jiný energetický profil.

LPG umí rozlišit autonomní zařízení a zařízení ovládané simulovanými osobami. Mezi autonomní zařízení patří např. lednice, čerpadla či záložní zařízení. Ovládané zařízení mohou být např. televize, sporák, světla... Avšak zařízení mohou být zařazena do obou těchto kategorií, jedná-li se např. o televizi v pohotovostním režimu (*stand-by*). Díky tomu umožňuje modelování různých typů zatížení jako jsou: spotřeba elektřiny, vody, plynu, nebo třeba vytápění [69].



Obrázek 2: Ukázka programu Load Profile Generator 8.8.0.0

Složení vlastní nepředdefinované domácnosti se dá rozložit do několika kroků:

- 1) Základní vytvoření domácnosti – spočívá ve vytvoření základního modelu domácnosti. Zde se volí touhy osob, samotné osoby a jejich *sick days*, spotřebiče, činnosti pro simulované osoby a časové rozpětí trvání provozu různých spotřebičů či činností.
- 2) Další detaily o domácnosti – zde se vytvoří další závislosti, jako jsou např. prázdniny, svátky, přidání autonomních spotřebičů, geografické umístění domácnosti, klimatické podmínky tohoto umístění, další činnosti osob a společné činnosti osob v domácnosti (např. společný oběd).
- 3) Další rozšíření – týká se samotného domu. Jaká je jeho spotřeba, systém vytápění, jestli využívá elektrickou energii k ohřevu vody, případné využití plynu, či zda již má instalovanou fotovoltaickou elektrárnu.

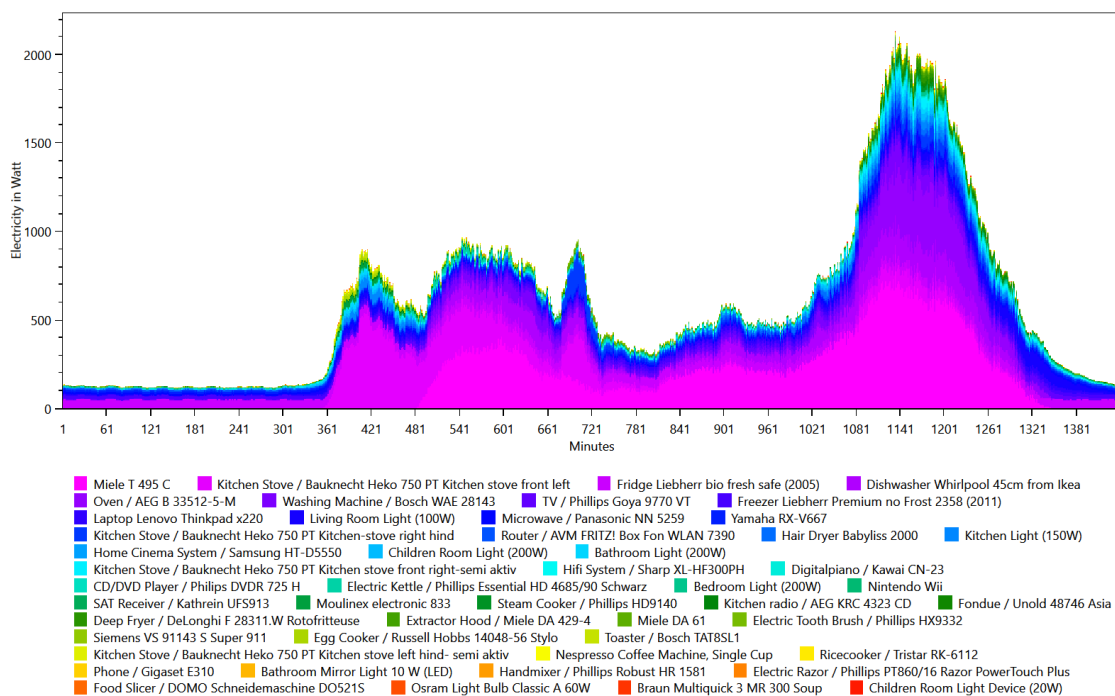
- 4) Spotřebiče – zde se definují příkony, typické časy užití spotřebičů a *stand-by* spotřeby. Dále jsou některé spotřebiče zařazeny do různých skupin. V případě že simulovaná osoba chce např. vařit, využije při této činnosti nejen sporák či troubu (z hlediska spotřeby elektrické energie), ale i digestoř, popř. rychlovarnou konvici, pasivně navíc využívá i lednici, jež umožňuje vaření realizovat.
- 5) Úplné sestavení domácnosti – zde již vrcholí sestavení úplné domácnosti. Vybírá se její velikost, přidávají se simulovaní obyvatelé, přiřazují se jim činnosti, které jsou už propojeny se spotřebiči, volí se kategorie, do níž osoby spadají, ve smyslu pracující, nepracující, studenti, žáci či důchodci.

Výsledkem kalkulace LPG je komplexní analýza, jež graficky zpracovává, jak rodina tráví ročně čas, kolik spotřebuje vody a srovnává aktivity jednotlivých členů domácnosti.

2.2.1 Modelový dům

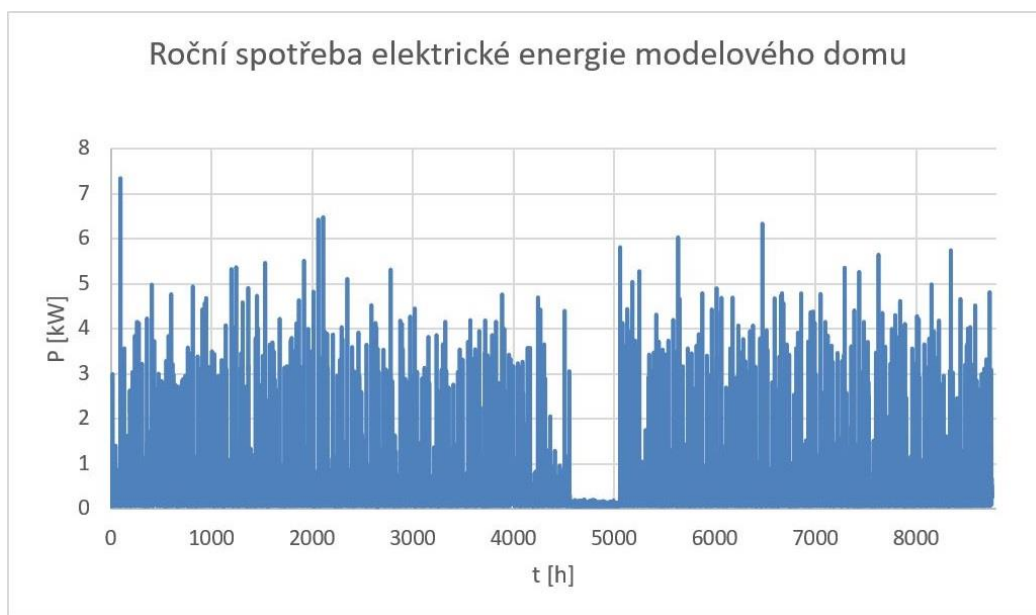
Dům nasimulovaný v LPG obývá jedna předdefinovaná domácnost. Tuto domácnost tvoří rodina o čtyřech členech: Emil (43), Melanie (39), Tobias (13) a Laura (9). Oba rodiče pracují a děti chodí do školy. Dům má kondenzační kotel, jenž slouží na pokrytí vytápění celého objektu a ohřívání vody. Elektrickou energii tudíž spotřebovávají pouze zařízení z kategorie běžných domácích spotřebičů.

Jedním z výstupů programu LPG je obrázek níže (obrázek 3). Ten obsahuje seznam spotřebičů a jejich využití za jeden den, tedy denní diagram spotřeby. Do 361. minuty neboli 6 hodiny ránní, jsou v činnosti jen spotřebiče v pohotovostním režimu a lednice, tudíž odběr elektrické energie nabývá minima. Avšak po 6 h ránní začíná regulérní den rodiny a nastává první denní maximum. K největšímu nárůstu spotřeby elektrické energie dochází při druhém maximu dne cca od 19 h, kdy se sejde celá rodina doma.



Obrázek 3: Denní spotřeba elektrické energie modelového domu, výstup z LPG

Pro roční spotřebu modelového domu však lépe poslouží výstup z LPG ve formát.csv, který obsahuje hodinové odběry elektrické energie modelového domu po celý rok. Po jejich zpracování v excelu vychází roční spotřeba modelového domu na **4 607,2 kWh**. Bylo provedeno i grafické zpracování, na němž je patrné, že rodina nebude v červenci doma, jelikož jede na dovolenou a spotřeba elektrické energie setrvává na minimu. Jelikož není elektrická energie využita na vytápění ani na ohřev vody, nelze tak pozorovat markantní rozdíly ve spotřebě mezi jednotlivými měsíci v roce.



Graf 2: Roční spotřeba elektrické energie modelového domu

3 Návrh a optimalizace FV systému pro modelový dům

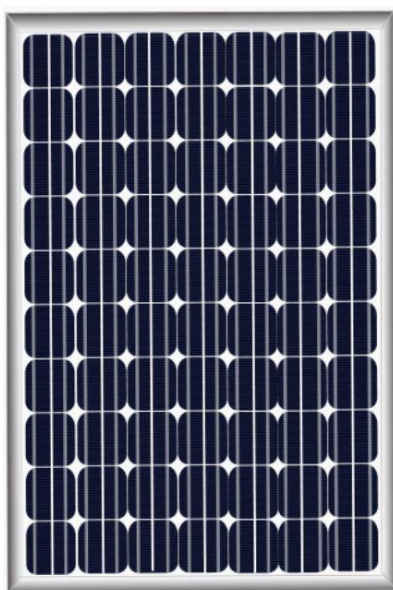
Základní prvek fotovoltaického systému tvoří FV modul. Jedná se o sérioparalelní zapojení FV článků, které jsou zapojeny dle potřeby celkového výstupního napětí a proudu. Sériové zapojení slouží pro dosažení vyššího napětí, kdežto paralelní pro získání vyššího proudu.

3.1 Typy modulů

Nejpoužívanějším materiálem pro výrobu FV článků (modulů) je křemík. Typy fotovoltaických modulů můžeme rozdělit do několika skupin dle typu výroby.

3.1.1 Monokrystalický křemíkový modul

V tomto případě se modul skládá z monokrystalických křemíkových článků. Pro jejich výrobu se musí vyrobit jednolitý ingot křemíku. Nejběžnější výrobní technikou je Czochralského metoda, kdy je zárodek monokrystalu vložen do kelímku z křemenného skla, jenž se plní roztaveným křemíkem a dopantem (polovodičem typu N či P). Zárodek se pak pomalu vytahuje z taveniny, vytváří se pevná krystalová struktura za vzniku ingotu. Ingot je dále drátovou diamantovou pilou rozřezán na velmi tenké destičky o požadované velikosti, na které je pomocí difuze vytvořena vrstva opačného polovodiče pro vytvoření PN přechodu [71]. Díky čistotě křemíku v ingotu mají monokrystalické moduly zpravidla nejvyšší účinnost ze všech typů modulů, jež se pohybuje okolo 20 %. Monokrystalické články lze na první pohled rozeznat, neboť články jsou zaoblené a mají jednolitou barvu, a to buď černou nebo tmavě modrou [72]. Vzhledem k náročné technologii výroby a vysoké účinnosti článků se jedná o jeden z nejdražších typů modulů.



Obrázek 4: Příklad monokrystalického modulu [72]

3.1.2 Multikrystalický křemíkový modul

Multikrystalické fotovoltaické moduly představují zařízení jednodušší na výrobu a vzhledem k nižší účinnosti, ve srovnání s monokrystalickými moduly, jsou i levnější. Výroba multikrystalického FV článku probíhá za účasti mnoha fragmentů křemíku, jež jsou roztaveny a formovány do bloků, které se následně nařezávají na destičky. To je patrné i na jejich vzhledu, jelikož jsou články modré a většinou pravoúhlé. Použité fragmenty křemíku se často získávají jako odpadní materiál z výroby monokrystalů. Účinnost multikrystalických článků se pohybuje okolo 15 až 17 % [73].



Obrázek 5: Příklad polykrystalického modulu [72]

3.1.3 Tenkovrstvé FV moduly

Tyto moduly jsou na rozdíl od monokrystalických či polykrystalických FV modulů vyráběny z různých materiálů. Na pevný povrch např. sklo nebo plast je nanášena tenká vrstva polovodivé látky jako amorfni křemík, slitina telur a kadmia (CdTe) nebo slitiny mědi, india, gallia a selenu (CIGS). Tyto moduly mají nejnižší účinnost ze všech uvedených typů, proto představují vhodný typ pro instalace o velkých plochách, kde není potřeba vysokého instalovaného výkonu na plochu. Účinnost závisí na použitém materiálu, přičemž se pohybuje okolo 11 %. Výrobní technologie je jednodušší než u krystalických modulů a snižuje tím náklady na investici. Také jejich instalace může být levnější, jelikož jsou lehčí než předešlé druhy modulů a umožňují tak snadnější manipulaci. Oproti monokrystalickým nebo polykrystalickým modulům podléhají zpravidla rychlejší degradaci [74].



Obrázek 6: Příklad tenkovrstvého FV modulu [72]

3.2 Fotovoltaické systémy

Fotovoltaické systémy se dělí do tří skupin, přičemž každá z těchto skupin má svá specifika:

- 1) FV systémy bez připojení k elektrizační soustavě (*off-grid* systémy)
- 2) FV systémy s připojením k elektrizační soustavě (*on-grid* systémy)
- 3) Hybridní FV systémy

3.2.1 Off-grid systémy

Off-grid systémy, nebo též nesprávně ostrovní systémy, pracují nezávisle na elektrické rozvodné síti. Tyto systémy se nejčastěji používají v místech, jež nedisponují dostatečnou infrastrukturou a její rozšíření je příliš technicky či finančně náročné, nebo kde není možné rozšířit elektrickou rozvodnou síť a vybudovat elektrickou přípojku, např. odlehlé chaty, zahrádkářské osady, horské sruby či odlehlé průmyslové systémy [4].

3.2.1.1 Systémy off-grid s přímým napájením

Přímé napájení spočívá jen v propojení FV modulu se samotným spotřebičem. Při zvolení tohoto systému je nutné brát v potaz, že se vyplatí jen v případě, kdy nevádí, že spotřebiče fungují jen při dostatečně velké intenzitě slunečního záření [4].

3.2.1.2 Systémy off-grid s akumulací elektrické energie

Tento systém se skládá z fotovoltaického modulu, regulátoru, akumulátoru a spotřebiče. Při dostatečně velké intenzitě slunečního záření začne fotovoltaický modul vyrábět elektrickou energii, kterou nastřádá akumulátor na dobu bez slunečního záření. Optimální nabíjení a vybíjení zajišťuje regulátor. K systému lze připojit jak spotřebiče na stejnosměrný proud, tak i spotřebiče na střídavý, a to přidáním střídače. Tento systém se nejčastěji používá pro rodinné chaty a domy bez elektrické přípojky [4].

3.2.2 On-grid systémy

On-grid systémy jsou systémy připojené k elektrické síti. Tyto systémy se staví ze dvou důvodů. Prvním je instalace systému pro dodání elektrické energie do sítě za účelem zisku. Příkladem mohou být FVE stavěné na polích tzv. solární parky. Druhý může nastat v případném dodání a prodeje přebytků vyrobené elektrické energie u domácností praktikujících vlastní spotřebu [4].

3.2.3 Hybridní FV systémy

Tyto FV systémy jsou kombinací *on-grid* systému a *off-grid* systému s akumulátorem. Používají se v místech, u nichž lze předpokládat celoroční provoz. Jako jeho hlavní výhodu můžeme považovat schopnost odebírání elektrické energie z baterie případně ze sítě dle aktuální potřeby. Privátně se v objektu spotřebovává vyrobená elektrická energie z FV panelů nebo je ukládána do akumulátorů a uschována pro případnou pozdější potřebu. Jestliže jsou akumulátory nabitý na požadovanou úroveň, vyráběná elektrická energie FV systémem se začne dodávat do sítě. Naopak v zimních měsících nemusí množství vyrobené a uložené elektrické energie stačit na pokrytí veškeré spotřeby a systém musí zahájit odběr ze sítě [75].

3.3 Navržený FV systém

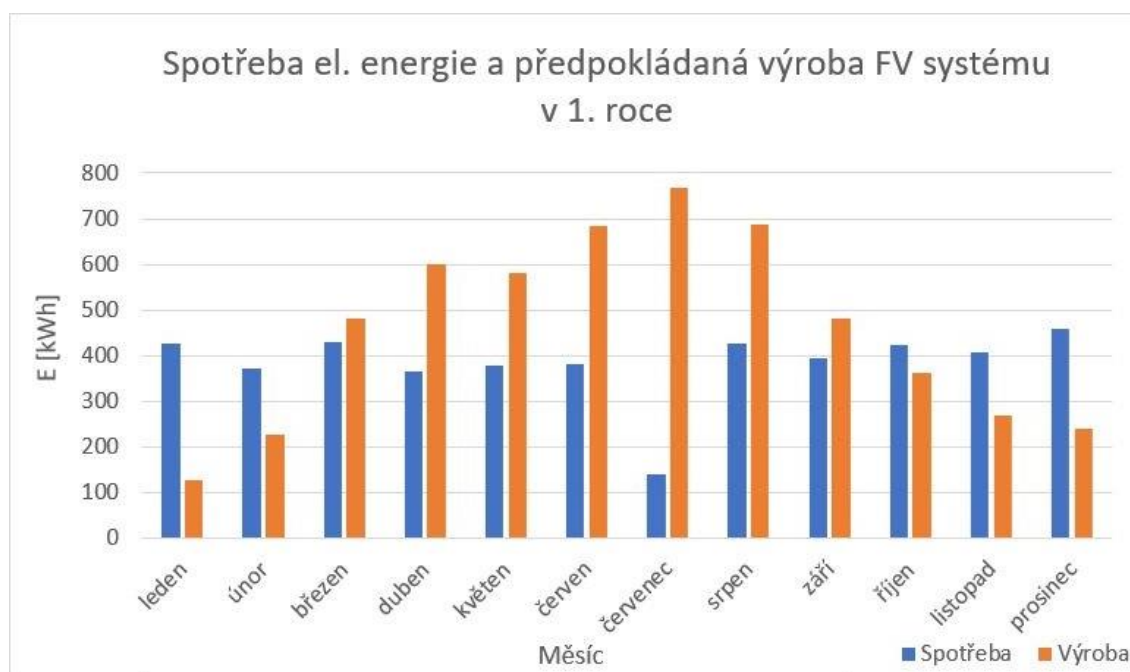
Pro návrh FV systému bude použit reálný dům nacházející se ve Staré Vsi nad Ondřejnicí, ulicí Nad Pekárnou č. popisným 679 v Moravskoslezském kraji. Dům má sedlovou střechu, která má sklon 45°. Použita bude jen část střechy s orientací na jihozápad, tedy s azimutem 225° (systém PVGIS uvedenou orientaci považuje za úhel 45°). Sklon ani orientace nejsou ideální vzhledem k tomu, že v České republice je maximální výroba elektrické energie FV systémem dána sklonem 35° a orientací na jih. Střecha má nicméně výhodnější odchylku od jižní ideální pozice, a to na jihozápad. Ta je výhodnější asi o 5–7 % než jihovýchodní, neboť v odpoledních hodinách bývá zpravidla nižší oblačnost [76]. V případě montáže FV systému ve zbylých zkoumaných státech platí stejné parametry instalace jako v České republice, vychází se tedy z toho, že modelový dům je naprosto shodný s domem představeným výše. Lokace všech uvažovaných domů představuje následující tabulka (tabulka 9).

Stát	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka
Česka republika	49°43'57.7" N	18°11'22.6"E
Slovensko	48°29'52.8"N	18°04'15.6"E
Německo	49°39'57.6"N	9°15'43.2"E
Itálie	42°23'56.4"N	12°54'25.2"E
Španělsko	39°50'42.0"N	3°39'10.8"W
Švédsko	59°34'01.2"N	14°54'57.6"E

Tabulka 9: Lokality umístění modelových domů

Systémy jsou navrženy dle nabídky firmy Silektro s.r.o. První systém bez akumulátoru je typem *on-grid* a druhý systém s akumulátorem potom představuje systém hybridní. Oba dva mají stejný instalovaný výkon o hodnotě 5,44 kWp, jehož výše byla určena pro pokrytí roční spotřeby 4,6 MWh. Vzhledem ke shodnému instalovanému výkonu vyrábí oba systémy stejné množství energie určené aplikací PVGIS.

Online nástroj PVGIS slouží pro odhad výroby vyrobené elektrické energie z FV systémů. Výpočet je prováděn na základě dat ze satelitních měření a pozemních meteorologických stanic. PVGIS vyvíjí Společné výzkumné středisko Evropské komise od roku 2001 [77].



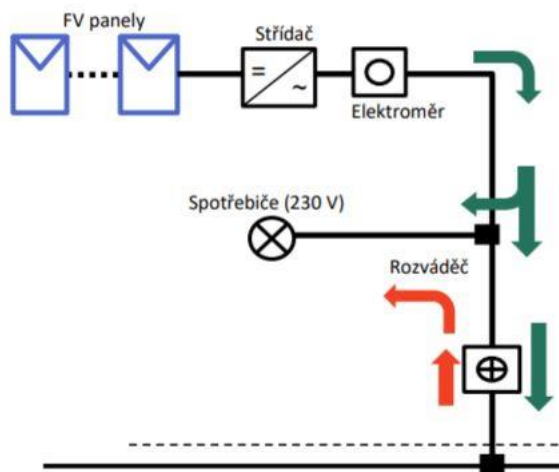
Graf 3: Spotřeba el. energie a předpokládaná výroba FV systému v 1. roce

3.3.1 FV systém bez akumulačního zařízení

V prvé řadě se musí specifikovat, jaký typ instalace FV systému budou modelové domácnosti využívat. Zásadní vliv na pokrytí spotřeby domácnosti FV systémem má již samotná struktura elektroinstalace domu. Představené scénáře provozu FV systému počítají s variantou, kdy každý z domů ve zkoumaném

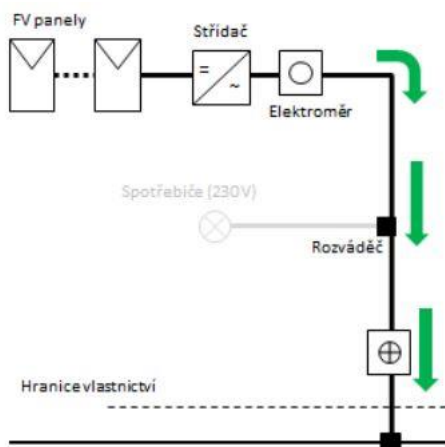
státě disponuje třífázovou přípojkou a všechny přivedené fáze využívá k pokrytí energetické spotřeby. Nelze zajistit, že v každý moment provozu takovéto domácnosti dochází k symetrickému zatížení fází z čehož plyne požadavek na instalaci asymetrických střídačů. Takovéto střídače rozdělí energii dle okamžitého nerovnoměrného třífázového zatížení a tímto způsobem zajistí maximální využití energie produkované fotovoltaickým systémem. Obrázek 7 potom reflektuje všechny možné toky energie v soustavě domu připojeného k distribuční síti a vybaveného FV systémem bez akumulátoru.

Způsob připojení fotovoltaické elektrárny:



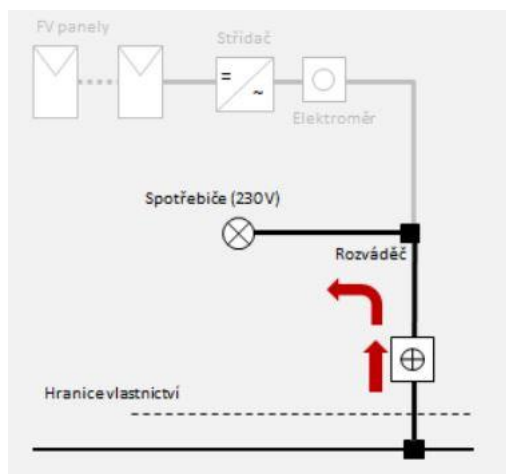
Obrázek 7: Způsob zapojení FV elektrárny bez akumulačního zařízení [78]

Způsob připojení odpovídá režimu s vlastní spotřebou. V tomto typu zapojení mohou nastat 4 situace. První situace (obrázek 8) nastává, jestliže FV elektrárna vyrábí elektrickou energii, avšak neexistuje žádná vlastní spotřeba. Veškerá vyrobená elektrická energie je tedy dodávána do distribuční soustavy.



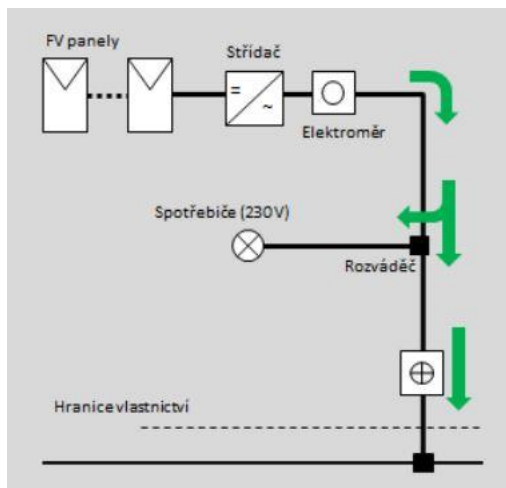
Obrázek 8: Výroba FV systému, bez vlastní spotřeby, dodání do sítě [78]

Druhá extrémní situace (obrázek 9) může nastat, když FV systém nevyrábí žádnou elektrickou energii (ve večerních hodinách) a v objektu je spotřebovávána elektrická energie dodávaná pouze z distribuční soustavy.



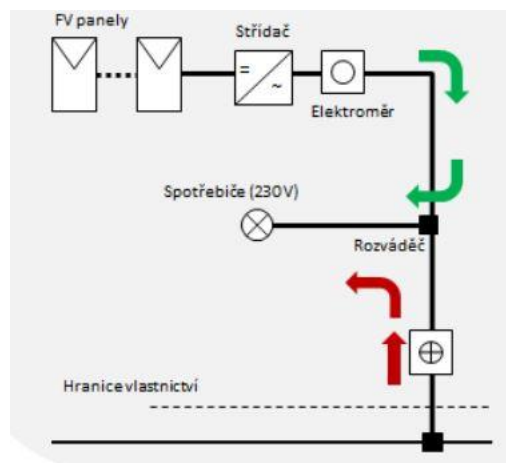
Obrázek 9: FV systém nevyrábí, vlastní spotřeba je pokryta ze sítě [78]

V případě velké intenzity slunečního záření vyrábí FV systém úměrně vyšší množství elektrické energie. Ta může být z části spotřebována v objektu a zbytek (tedy přebytek), je prodáván do distribuční soustavy (obrázek 10).



Obrázek 10: FV systém vyrábí, pokryje spotřebu, přebytky dodává do sítě [78]

Jestliže FV systém vyrábí elektrickou energii, která ale nestačí na celkové pokrytí vlastní spotřeby, dochází k jejímu dokoupení z distribuční soustavy (obrázek 11).



Obrázek 11: FV systém nezvládá pokrýt vlastní spotřebu a musí se odebírat elektrická energie ze sítě [78]

V níže uvedené tabulce jsou k nalezení parametry systému a použité komponenty. Elektrárna je navržena firmou Silekto s.r.o. ve střední cenové relaci a pracující s vysokou účinností díky volbě kvalitních komponent. Předpokládaná roční výroba stanovená výrobcem je v prvním roce 5067 kWh. Použitý třífázový beztransformátorový střídač Fronius Symo 5.0-3-M v sobě integruje i dva nezávislé sledovače bodu maximálního výkonu (tzv. *MPPT*), čímž je zajištěna práce FV systému při maximální možné účinnosti vzhledem k charakteristice zátěže.

Parametry FV systému bez akumulátoru	
Instalovaný DC výkon	5,44 kWp
Počet modulů	16 ks
Celková plocha FV modulů	26 m ²
Počet střídačů	1 ks
Použité komponenty	
Fotovoltaické moduly	
Typ FV modulu	Solar Fabrik 340 W S2 half cut
Výrobce	Solar Fabrik
Technologie	Monokrystalický křemík
Střídač	
Typ střídače	Fronius Symo 5.0-3-M
Výrobce	Fronius
Jmenovitý výkon	5000 W
Rozměry	645 x 431 x 204 mm
Hmotnost	20 kg

Tabulka 10: Parametry FV systému bez akumulátoru a použité komponenty

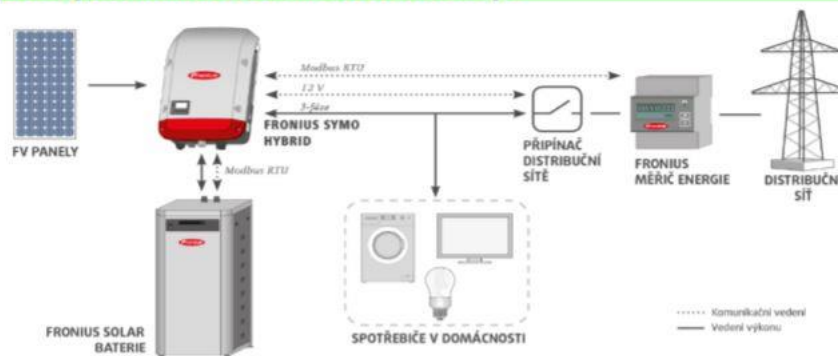
3.3.2 FV systém s akumulčním zařízením

V tomto případě se jedná o hybridní FV systém o výkonu 5,44 kWp s akumulátorem o kapacitě 9,6 kWh. Předpokládaná roční výroba stanovená výrobcem je v prvním roce 5067 kWh. Princip činnosti hybridního systému je vysvětlen v kapitole 3.2.3, přičemž jsou na něj z hlediska implementace v domácnosti kladeny stejné nároky jako na systém bez akumulátoru. Řešení systému s akumulátorem tak využívá shodných fotovoltaických panelů jako systém bez akumulace, avšak disponuje jiným modelem střídače. Střídač RCT Power Storage DC 6.0 z hlediska použité technologie koresponduje se střídačem systému bez akumulace (tj. třífázový, beztransformátorový s dvěma nezávislými *MPPT*) a jeho použití vychází z volby LiFePO₄ akumulátoru RCT Power Battery 9.6. Řešení s akumulací navíc disponuje záložním systémem řízení dodávek elektrické energie při poruše sítě RCT Power Switch. Parametry systému jsou uvedeny v tabulce níže a schéma vystihuje obrázek 12.

Parametry FV systému s akumulátorem	
Instalovaný DC výkon	5,44 kWp
Počet modulů	16 ks
Celková plocha FV modulů	26 m ²
Počet střídačů	1 ks
Kapacita akumulátoru	9,6 kWh
Použité komponenty	
Fotovoltaické moduly	
Typ FV modulu	Solar Fabrik 340 W S2 half cut
Výrobce	Solar Fabrik
Technologie	Krystalický křemík - mono
Střídač	
Typ střídače	RCT Power Storage DC 6.0
Výrobce	RCT
Akumulátor	
Typ akumulátoru	RCT Power Battery 9.6
Výrobce	RCT
Příslušenství	
Typ	RCT Power Switch (backup)
Výrobce	RCT

Tabulka 11: Použité komponenty v hybridním FV systému s akumulátorem

Způsob připojení hybridní fotovoltaické elektrárny:



Obrázek 12: Způsob připojení hybridní FV elektrárny [79]

Přestože je předpokládaná roční výroba stanovená výrobcem v 1. roce 5067 kWh, tak pro výpočet budou použita přesnější data z programu PVGIS, který určil roční výrobu elektrické energie FV systémem v ČR na přibližných 5508 kWh.

4 Ekonomické vyhodnocení modelové FVE pro vybrané státy EU

Ekonomické vyhodnocení bude provedeno pro všechny zmíněné státy čili Českou republiku, Německo, Slovensko, Španělsko, Itálii a Švédsko. Investorem ve všech těchto případech bude nepodnikatelský subjekt, tedy rodina, která má shodnou roční spotřebu elektrické energie v každém státě, jejíž hodnota činí 4 607,2 kWh. Elektrická energie není spotřebovávána pro vytápění objektu, ohřev vody ani v případě jižních států pro napájení klimatizace. Lišit se bude množství vyrobené elektrické energie FV systémem v závislosti na zeměpisných údajích, cenách elektrické energie (cena nákupu z distribuční sítě a prodeje do této sítě), investičních nákladech, cenách práce, výše pojištění a podmínkách, potažmo benefitech podpůrného programu pro FVE v daném státě. Výnosnost investice do FV systému bude v každém státě hodnocena nezávisle na daňovém systému takového státu (s výjimkou daně z přidané hodnoty), přičemž v každém ze zkoumaných států budou použity shodné konfigurace FV systému (bez akumulátoru a s akumulátorem). Aby mohlo dojít ke srovnání vlivu státních podpor, bude v druhé fázi hodnocena výnosnost FV systému s konstantní výrobou pro všechny státy.

K ekonomickému vyhodnocení poslouží tzv. kritéria ekonomické efektivity. Tato kritéria ukazují, zdali a v jaké míře se investice vyplatí. Uplatnění těchto kritérií spočívá ve stanovení jednotlivých veličin jako jsou *Cash flow* (*CF*), diskont, náklady na počáteční investici a dobu životnosti projektu. Pro určení *CF* se však musí nejdříve určit energetická bilance domácnosti.

4.1 Modelování roční energetické bilance domácnosti

Energetickou bilanci domácnosti, jež disponuje FV systémem, lze vnímat jako stanovení množství elektrické energie, která se v průběhu roku musí nakupovat od provozovatele distribuční soustavy nebo naopak do distribuční soustavy dodávat. Další zkoumanou veličinou, nutnou pro ekonomické zhodnocení provozu FV systému, je vlastní spotřeba – tedy okamžité pokrytí (v tomto případě hodinové) spotřeby domácnosti energií vyráběnou nebo akumulovanou FV instalací. Vstupní hodnoty ročního vyhodnocení energetické bilance domácnosti představují hodinové spotřeby (E_{SPO}) typické domácnosti generované pomocí LPG a hodinová výroba (E_{VYR}) navrženého FV systému (výkon 5,44 kWp) stanovená na základě databáze PVGIS-SARAH pro rok 2016 ve zkoumaných lokalitách. Výstupní hodnoty modelu jsou množství prodávané a nakupované energie, dále i vlastní spotřeba (označováno i jako samospotřeba). V rámci práce jsou porovnány dva základní scénáře provozu FV systému. V prvním případě domácnost nevyužívá akumulačního prvku a k pokrytí vlastní spotřeby dochází pouze při aktivní výrobě elektrické energie FV systémem. Druhý případ potom počítá s připojením akumulátoru o kapacitě 9,6 kWh do soustavy.

4.1.1 Modelování FV systému bez akumulátoru

Pro případ výpočtu nakupované (E_{NAK}) a prodávané (E_{PRO}) energie na hodinové bázi stačí provést porovnání výroby (E_{VYR}) a spotřeby (E_{SPO}) přes parametr ΔE , kde:

$$\Delta E = E_{VYR} - E_{SPO} \quad (1)$$

Výsledkem je okamžitý hodinový přebytek ($\Delta E > 0$), případně hodinový nedostatek ($\Delta E < 0$) elektrické energie v domácnosti. Přímou na základě velikosti ΔE potom je dále možné rozhodovat o nutnosti prodeje nebo nákupu elektrické energie, přičemž celková prodávaná elektrická energie odpovídá:

$$E_{PRO} = \sum \Delta E, \text{ pro } \Delta E > 0 \quad (2)$$

Množství nakupované elektrické energie lze tedy analogicky vyjádřit jako:

$$E_{NAK} = -\sum \Delta E, \text{ pro } \Delta E < 0 \quad (3)$$

Přičemž součet je proveden na zkoumaném období. Pro účely reprezentace typického roku je tak provedeno měsíční vyhodnocení. Energetické pokrytí vlastní spotřeby (E_{VLAST}) domácnosti z FV systému lze stanovit jako rozdíl celkové vyrobené energie a energie prodané ve stanoveném období (tedy totožném jako v předchozích dvou případech výpočtu nákupu a prodeje).

$$E_{VLAST} = -E_{PRO} + \sum E_{VYR} \quad (4)$$

Tímto způsobem jsou určeny jednotlivé hodnoty energií (E_{NAK} , E_{PRO} a E_{VLAST}) popisující roční provoz domácnosti. Pro účely výpočtu peněžního toku a ekonomického vyhodnocení se operuje pouze s hodnotami E_{PRO} a E_{VLAST} , jež představují základ příjmů (i ve smyslu úspor) plynoucích z vlastnění FV systému a fakticky snižují hodnotu množství nakupované energie, na niž není pohlíženo jako na výdaj, neboť k nákupu energie dochází i v případě, že domácnost FV systémem nedisponuje.

4.1.2 Modelování FV systému s akumulátorem

Disponuje-li domácnost akumulacním prvkem, modelování energetické bilance na základě sledování hodinové výroby/spotřeby takovéto domácnosti se stává značně komplikovanější. V případě hodinového přebytku elektrické energie totiž může docházet k akumulaci této energie na základě okamžitého stavu akumulacního prvku. Naopak při nedostatku energie (hodinová spotřeba je větší jak vyrobená energie FV systémem) potom lze spotřebu pokrýt z akumulátoru (opět dle jeho okamžitého stavu). Popsané chování akumulátoru s konečnou kapacitou má samozřejmě vliv na množství prodávané/nakupované energie a zásadním způsobem mění především velikost vlastní spotřeby. Kromě sledování bilance ΔE (shodně s předchozím případem) je tudíž nezbytné navíc počítat i s hodinovými přetoky energie mezi akumulátorem a aktuální spotřebou (příp. výrobou) za současného sledování stavu akumulátoru.

Okamžitý hodinový stav akumulátoru ($STAV_AKU$) a množství nakupované (E_NAK_1), potažmo prodávané (E_PRO_1) energie mimo krajní případy stavu akumulátoru (tj. akumulátor není plně vybitý nebo nabitý), lze stanovit na základě formulace bilančních podmínek modelované soustavy s nastavitelným parametrem kapacity akumulátoru (KAP_AKU). Hlavním rozhodovacím kritériem zůstává, stejně jako v případě modelování chování FV systému bez akumulátoru, parametr ΔE ($DELTA_E$). Stav akumulátoru ($STAV_AKU$) je potom definován jako součet předchozího stavu akumulátoru a přírůstků nebo úbytků energie vycházejících z bilančních podmínek (B1 – B4), tedy jako:

$$STAV_AKU_i = STAV_AKU_{i-1} + B1 + B2 + B3 + B4 \quad (5)$$

Bilanční podmínky vracejí při pravdivosti zadaného logického výrazu hodnotu dle definovaného výpočtu, v opačném případě nulu, přičemž formulace rozhodující logiky umožňuje vždy platnost pouze jedné z logických podmínek. Jinými slovy pouze jeden z členů B1 – B4 může být nenulový. Obdobným způsobem dochází k výpočtu celkového množství nakupované (E_NAK) a prodávané energie (E_PRO), kde

$$E_NAK = E_NAK_1 + E_NAK_2 \quad (6)$$

$$E_PRO = E_PRO_1 + E_PRO_2 \quad (7)$$

Přičemž velikosti E_NAK_1 a E_PRO_1 se svazují s bilančními podmínkami B2 a B3 (společně pro akumulátor). Velikosti E_NAK_2 a E_PRO_2 potom závisí na zvláštních podmínkách zmíněných dále.

Formulace bilančních podmínek je pro potřeby tohoto textu uvedena v pseudokódu, konkrétní implementaci obsahují elektronické přílohy práce.

Podmínka B1 reprezentuje nabíjení akumulátoru v případě, že celý přebytek výroby lze do akumulátoru uložit.

```
IF (DELTA_E > 0 && STAV_AKU < KAP_AKU && DELTA_E <= (KAP_AKU - STAV_AKU))
{
  B1 = DELTA_E
} ELSE {
  B1 = 0
}
```

Podmínka B2 zohledňuje variantu, kdy celý přebytek výroby do akumulátoru uložit nelze, a tak zbytek energie, jež se do akumulátoru nevešla, je prodáván (člen E_PRO_1).

```
IF (DELTA_E > 0 && STAV_AKU < KAP_AKU && DELTA_E > (KAP_AKU - STAV_AKU))
{
  B2 = KAP_AKU - STAV_AKU
  E_PRO_1 = DELTA_E - (KAP_AKU - STAV_AKU)
} ELSE {
  B2 = 0
  E_PRO_1 = 0
}
```

Podmínka B3 vstupuje v platnost ve chvíli, kdy hodinovou spotřebu energie nelze celou pokrýt z energie uložené v akumulátoru a zbývající požadovanou energii je nutné dokoupit z distribuční sítě (reprezentováno členem E_NAK_1).

```
IF (DELTA_E < 0 && STAV_AKU > 0 && |DELTA_E| > STAV_AKU) {
  B3 = - STAV_AKU
  E_NAK_1 = |DELTA_E| - STAV_AKU
} ELSE {
  B3 = 0
  E_NAK_1 = 0
}
```

Poslední možná varianta a tím i poslední bilanční podmínka B4 popisuje stav, kdy je hodinovou spotřebu elektrické energie možné celou pokrýt energií uloženou v akumulátoru. Žádnou další energii tak není třeba nakupovat a současně je přes B4 zaveden úbytek energie na akumulátoru.


```

IF (DELTA_E < 0 && STAV_AKU > 0 && |DELTA_E| <= STAV_AKU) {
B4 = DELTA_E
} ELSE {
B4 = 0
}

```

Jako poslední zbývá určit velikost nákupu (a prodeje) v krajních stavech akumulátoru. V případě, že akumulátor je zcela vybitý a FV systém spotřebu nepokrývá, odpovídá hodinový nákup energie přímo spotřebě, tedy $|\Delta E|$. Takovýto nákup je zaveden pomocí již zmiňovaného členu E_NAK_2 .

```

IF (DELTA_E < 0 && STAV_AKU = 0) {
E_NAK_2 = |DELTA_E|
} ELSE {
E_NAK_2 = 0
}

```

Naopak v případě zcela nabitého akumulátoru a v důsledku činnosti FV systému dochází k nadvýrobě elektrické energie (spotřeba je plně pokryta a energie z výroby přebývá), dochází k prodeji ΔE reprezentovaného členem E_PRO_2 .

```

IF (DELTA_E > 0 && STAV_AKU = KAP_AKU) {
E_PRO_2 = DELTA_E
} ELSE {
E_PRO_2 = 0
}

```

Výše zmíněné výpočty jsou provedeny pro každou hodinu provozu. K získání dat pro ekonomické zhodnocení provozu FV systému je nutné, stejně jako v případě FV systému bez akumulátoru, zavést do výpočtu zkoumaný časový interval, na němž budou hodinové nákupy/prodeje posčítány. V tomto případě se opět bude jednat o jednotlivé měsíce v modelovém roce. Celková měsíční prodaná elektrická energie tak odpovídá součtu hodinových prodejů v měsíci:

$$E_{PRO} = \sum E_{PRO} \quad (8)$$

Stejným způsobem lze stanovit celkovou měsíční výši nákupů jako:

$$E_{NAK} = \sum E_{NAK} \quad (9)$$

Poslední hledanou veličinou je velikost vlastní spotřeby, jež při zavedení parametru E_SPO pro spotřebovanou hodinovou energii domácnosti odpovídá:

$$E_{VLAST} = \sum (E_{SPO} - E_{NAK}) \quad (10)$$

E_{VLAST} tak reprezentuje součet rozdílů hodinových spotřeb a nákupů energie domácnosti v měsíci. Tímto způsobem jsou ze vstupních datových souborů získány jednotlivé měsíční bilance (E_{NAK} , E_{PRO} a E_{VLAST}) pro FV systém s akumulátorem.

Lze si všimnout, že systém s akumulátorem je modelován tak, aby akumulátor maximálně využíval svou kapacitu. Při vyšších spotřebách dochází k úplnému vybití akumulátoru a při přetrvávající nadvýrobě je akumulátor udržován v nabitém stavu. Reálně však takový provoz představuje nežádoucí chování zkracující životnost zařízení. Optimalizace provozu akumulátoru ale není předmětem této práce, akumulátor je pro potřeby této práce vnímán jako ideální zařízení, jež v průběhu fungování ani nesnižuje svou kapacitu ani nepodléhá další degradaci. Další zanedbání potom spočívá v zahájení provozu FV systému s akumulátorem z nulového stavu nabití k prvnímu dni (a první hodině) provozu v roce. Ve skutečnosti by provoz akumulátoru pro ekonomickou analýzu v nadcházejících letech měl začínat ze stavu nabití odpovídajícímu poslednímu dni (a hodině) provozu. Uvedená energetická ztráta způsobená „vynulováním“ akumulátoru je však v kontextu celkového ročního cyklu marginální.

4.2 Vstupní data ekonomického hodnocení

Vstupními daty pro ekonomické hodnocení se rozumí pořizovací výdaje, výdaje na provoz, údržbu a servis, a pak také příjmy za nenakoupenou a prodanou elektrickou energii. Doba životnosti byla určena dle předpokládané životnosti modulu (ze záruky na výkon modulů) na 25 let pro všechny komponenty, i když ve skutečnosti je životnost některých komponent nižší.

4.2.1 Výdaje

4.2.1.1 Pořizovací cena FV systému

Pořizovací náklady obsahují nejen veškeré potřebné komponenty (FV panely, střídač, konstrukce, montážní materiál...), ale i služby v podobě revize či celkové montáže FVE. Celková cena je následně uvedena i s DPH. Nacenění bylo provedeno firmou Silektro s.r.o. pro systém jak bez akumulátoru, tak i s ním a dalšími potřebnými komponenty pro správný chod systému.

Nacenění FV systému bez akumulátoru			
Položka	ks	Cena za MJ	Cena celkem (bez DPH)
Fotovoltaický modul Solar Fabrik 340W S2 halfcut	16	3 390 Kč	54 240 Kč
Střídač napětí Fronius Symo 5.0-3-M	1	32 060 Kč	32 060 Kč
Konstrukce pro šikmé střechy (vert.)	16	1 040 Kč	16 640 Kč
Služby – Projektová dokumentace elektro – pro PDS	1		4 710 Kč
Služby – Revize	1		2 670 Kč
Montážní materiál (včetně přepětových ochran, jističů, rozváděčů)	1		24 660 Kč
Montáž (včetně dopravy)	1		31 362 Kč
Celkem			166 342 Kč
Celková částka s DPH (15 %)			191 293 Kč

Tabulka 12: Nacenění FV systému bez akumulátoru

Nacenění FV systému s akumulátorem			
Položka	ks	Cena za MJ	Cena celkem (bez DPH)
Fotovoltaický modul Solar Fabrik 340W S2 halfcut	16	3 390 Kč	54 240 Kč
Konstrukce pro šikmé střechy (vert.)	16	1 040 Kč	16 640 Kč
RCT Power Storage DC 6.0	1	56 250 Kč	56 250 Kč
RCT Power Battery 9.6	1	158 900 Kč	158 900 Kč
RCT Power switch (backup)	1	33 800 Kč	33 800 Kč
Služby – Projektová dokumentace elektro – pro PDS	1		4 710 Kč
Služby – Revize	1		2 670 Kč
Montážní materiál (včetně přepětových ochran, jističů, rozváděčů)	1		18 660 Kč
Montáž (včetně dopravy)	1		32 762 Kč
Celkem			378 632 Kč
Celková částka s DPH (15 %)			435 427 Kč

Tabulka 13: Nacenění FV systému s akumulátorem

V případě ostatních států byl přepočít z CZK na EUR proveden dle aktuálního kurzu ze dne, kdy byla udělena nabídka a to hodnotou 27,145 Kč/€ [80]. Projektová nabídka FV systému se pro účely ekonomického porovnání evropských států považuje za shodnou, přestože je evidentní, že ceny použitých výrobků a materiálů se v jednotlivých státech budou lišit. Variabilními veličinami jsou ceny služeb ve vybraných státech a daně z přidané hodnoty (DPH), jejichž přehled poskytuje tabulka 14.

Stát	DPH
Česko	15 % (snížená sazba)
Slovensko	20 % (základní sazba)
Německo	19 % (základní sazba)
Itálie	10 % (snížená sazba)
Španělsko	21 % (základní sazba)
Švédsko	25 % (základní sazba)

Tabulka 14: Výše DPH jednotlivých států [81]

Návrh FV systému byl vytvořen jako nabídka firmou Silekro s.r.o. pro zákazníka v ČR, proto cena práce (montáž, revize, projektová dokumentace, doprava) odpovídá současným tržním cenám těchto služeb v ČR. Aby navržený projekt mohl představovat počáteční investici do FV systému i v jiných zemích EU a nemusela se pro každou zkoumanou zemi zadávat další pohledávka, je nutné ceny zmíněných služeb v českém projektu přepočítat dle ceny práce (tzv. *labour cost*) v uvažované cizí zemi. Cena prací, předcházejících zpuštění systému, popř. cena servisních prohlídek se spočítá dle vzorce (11). Ceny práce (zmíněné *labour cost*) pro zkoumané země se nacházejí v tabulce 15.

$$\frac{\text{Cena provedené práce v ČR (Kč)}}{\text{Kurz (Kč /€)}} \cdot \text{Hodinová cena práce v jiné zemi EU (€/h)} \quad (11)$$

$$= \text{Cena provedené práce v jiné zemi (€)}$$

Stát	Cena práce
Česko	13,5 €/h
Slovensko	12,5 €/h
Německo	35,6 €/h
Itálie	28,8 €/h
Španělsko	21,8 €/h
Švédsko	36,3 €/h

Tabulka 15: Cena práce EU [81]

Dle vzorce (11) je patrné, že cena provedené práce na FV systému v cizí zemi odpovídá součinu teoretického počtu hodin trvání prací v cenách práce pro ČR a hodinové ceny práce (tedy *labour cost*) odpovídající země, pro niž je celková cena provedených prací hledána [82].

4.2.1.2 Pojištění a revize

FV systém lze pojistit zvlášť nebo se může upravit stávající pojištění domácnosti, přičemž předpokládané navýšení pojistky odpovídá 13 % hodnoty investice [83]. Výše pojistky v případě cizích států odpovídá stejnému procentu jako pojistka ČR, s tím že základ pro výpočet hodnoty pojistného

odpovídal pořizovací ceně FV systému v daném státě. Revize se servisem byla stanovená na každé 3 roky [84]. Dále bude předpokládán růst cen za pojištění a servis o 2 % ročně, dle inflačního cíle ČNB, který je platný od roku 2010. Pro zjednodušení byla míra inflace pro všechny státy nastavena shodně na výše zmíněnou hodnotu.

Pojištění pro FV systém bez aku.	249 Kč
Pojištění pro FV systém s aku.	566 Kč
Revize	2 670 Kč

Tabulka 16: Ceník pojištění a revize pro systém v ČR

Cena revize odpovídá další formě lidské práce, čímž je jasně dáno, že tato položka představuje v různých zemích taktéž variabilní prvek a opět závisí na ceně práce v příslušné zemi. Proto se cena revize dopočítává stejným způsobem jako cena montáže dle vzorce (11), s tím že za *Cenu provedené práce* v ČR dosadíme cenu revize (tabulka 16).

4.2.2 Úspory a příjmy

4.2.2.1 Úspora za nenakoupenou elektrickou energii (samospotřeba)

Jedním z hlavních důvodů, proč domácnosti investují do FV systému, je úspora za nenakoupenou elektrickou energii. V případě, že domácnost disponuje FV systémem, snižuje množství nakupované elektrické energie ze sítě a cena této nenakoupené elektrické energie odpovídá právě ceně, kterou by domácnost musela zaplatit distribuční společnosti za pokrytí vlastní energetické spotřeby. Pro zjednodušení se pro výpočet vybraly průměrné ceny elektrické energie z dat Eurostatu druhé poloviny roku 2019. Ve skutečnosti by úspora nenabývala takových velkých hodnot, jelikož by cena ušetřené elektrické energie byla dána pouze složkou variabilní.

Stát	Cena elektrické energie včetně daní a poplatků [€/kWh]
Česko	0,177
Slovensko	0,1585
Německo	0,2873
Itálie	0,2341
Španělsko	0,2394
Švédsko	0,2076

Tabulka 17: Ceny elektrické energie ve vybraných státech EU [86]

První rok provozu FVE v ČR	Bez FVE	S FVE bez aku.	S FVE s aku.
Množství nenakoupené elektrické energie [kWh]	0	1 218	3 127
Cena elektrické energie [Kč/kWh]	4,61	4,61	4,61
Úspory celkem [Kč]	0	5 617	14 416

Tabulka 18: Úspory za první rok provozu FV systému v ČR

Po prvním roce provozu FV systému je nutné počítat s růstem cen elektrické energie a poklesem výkonu panelu. Určení růstu cen elektrické energie není jednoduché. Jako za jednu možnost jejího odhadu můžeme považovat inflační cíl ČNB, jehož hodnota je 2 %. Vzhledem k měnícímu se trhu s elektřinou, kdy se opouští od konvenčních zdrojů za podporou OZE, což má za následek navyšování cen za tuto energii pro koncového zákazníka, a z dat českého statistického úřadu lze předpokládat, že tento růst bude rychlejší. Růst ceny elektrické energie je pro všechny státy určen na 3 % za rok [87]. Pokles výkonu panelu je v následujících letech zohledněn konstantou degradace panelu. Ačkoliv tato konstanta může nabývat různých hodnot, vzhledem k velmi rozdílným podmínkám provozu FV systému ve vybraných státech, je pro všechny zkoumané případy konstanta stanovena na -0,6 % ročně, jelikož výrobci uvádějí snižování vyrobené energie na -0,4 až -0,8 % za rok.

4.2.2.2 Příjem za prodané přebytky

Provozovatel FV systému musí zajistit odbyt případných přebytků elektrické energie. Tento přebytek se nejčastěji prodá za předem určenou cenu distributorem, či za cenu tržní (tj. obchodní ceny v přenosové soustavě), nebo v případě Slovenské republiky je toto množství energie dodáno do sítě bez jakékoliv finanční kompenzace. Nejčastěji volenou společností pro nákup elektrické energie je v Moravskoslezském kraji, ve kterém se nachází i navržený FV systém pro ČR, společnost ČEZ a. s. Tato společnost nabízí program pro domácnosti s FV systémem s názvem Elektřina pro soláry. Podmínkou pro žádost tohoto produktu je uzavření smlouvy s obchodníkem o sdružených službách dodávky elektřiny do odběrného místa, ve kterém je provozována výrobní elektřina s instalovaným výkonem do 10 kW. Smlouva se uzavírá na 3 roky a výhodou spočívá v tom, že za přebytky dodané do sítě, se vypočte sleva z provozu výrobní. Velkou nevýhodou tohoto produktu je, že sleva se sice vypočítává za přebytky dodané do sítě, avšak za podmínky, že objem dodaných přebytků musí odpovídat maximálně objemu elektřiny spotřebovaného v odběrném místě [88]. Pro vyhodnocení FV systému v České republice byl zvolen výhodnější produkt, který nabízí společnost Bohemia energy a to Bonus S-Power, jenž umožňuje 100% prodej přebytků za aktuální tržní cenu.

Výkup přebytků Bonus S-Power [Kč/kWh]	1,34
Poplatek za službu [Kč/kWh]	0,36
Celkem [Kč/kWh]	0,98

Tabulka 19: Výkup přebytků Česká republika [89]

První rok provozu FVE v ČR	Bez FVE	S FVE bez aku.	S FVE s aku.
Množství prodávané elektrické energie (přebytky) [kWh]	0	4 290	2 376
Cena elektrické energie [Kč/kWh]	0,98	0,98	0,98
Celkem [Kč]	0	4 204	2 329

Tabulka 20: Příjem za první rok provozu FV systému v ČR

4.3 Výpočet cash flow

Cash flow (CF) zahrnuje jak kladné finanční toky (příjmy), tak toky záporné (výdaje). „Jedná se tedy o rozdíl mezi příjmy a výdaji peněžních prostředků ve sledovaném období“ [90], jež byly uvedeny v kapitole 4.2. V této práci bude peněžní tok reprezentován částkami za nenakoupenou elektrickou energii, případným prodejem energie do sítě a provozními výdaji. Výpočet peněžního toku lze zjednodušeně napsat jako:

$$CF_0 = -investice \quad (12)$$

$$CF_t = -provozní výdaje + prodej přebytků + úspory za nenakoupenou energii \quad (13)$$

Jak bylo předesláno v kapitole 4.2.2.1, při provozu FV systému dochází v čase ke změnám jeho funkčnosti a přirozeným vnějším ekonomickým dějům. Změnu funkčnosti reflektuje konstanta degradace panelu (D), čímž se simuluje snižování výroby elektrické energie v rámci životního cyklu FV systému. Ekonomické děje potom představují růst cen elektrické energie včetně inflace (R) a inflace jako taková (parametr I , zásadní pro provozní výdaje). Uvedené faktory ovlivňují výsledný peněžní tok v jednotlivých letech dle rozepsaného předpisu pro peněžní tok CF_t dle vzorce (14).

$$CF_t = -V \cdot (1 + I)^t + E_{PRO} \cdot C_{VYK} \cdot (1 + R)^t - [E_{PRO} \cdot (1 + D)^t - E_{PRO}] \cdot C_{VYK} \cdot (1 + R)^t + E_{VLAST} \cdot C_{NAK} \cdot (1 + R)^t - [E_{VLAST} \cdot (1 + D)^t - E_{VLAST}] \cdot C_{NAK} \cdot (1 + R)^t \quad (14)$$

Kde V jsou výdaje (pojištění), jež se v každém třetím roce navyšují o revizi. E_{PRO} odpovídá množství prodané energie v daném roce za cenu výkupu C_{VYK} . Úsporu energie představuje E_{VLAST} , jež by byla zakoupena za cenu nákupu C_{NAK} . Počítadlo let životního cyklu FV systému (životnost investice) do výpočtu zanáší parametr t , který je v prvním roce provozu roven nule a s každým dalším rokem inkrementuje.

4.4 Kritéria ekonomické efektivity

Cash flow představuje absolutní veličinu, která nezohledňuje čas, kdy jsou peněžní toky vytvářeny, a ani riziko, při němž jsou peněžní toky produkovány [91]. Pro aplikování ekonomických kritérií se musí určit tzv. diskont (r) též nazýván jako časová cena peněz nebo diskontní úroková míra.

Diskont bude určen na základě úrokové míry, za kterou je potenciální investor ochoten investovat do projektu s daným rizikem. Úroková míra v tomto případě bude určena na základě proti-inflačního dluhopisu České republiky. Proti-inflační dluhopis kopíruje cenu inflace, jež je v této práci brána z dlouhodobého cíle ČNB (tedy 2 %), a k ní je navíc navýšen o 0,5 % ročně [92]. Investiční riziko do FV systému je bráno jako nízké, a tak je jeho výše určena na 0,5 %. Celkový diskont tak odpovídá součtu procentuálních faktorů, tedy 3 %. Pro zjednodušení lze diskont považovat pro všechny státy za konstantní, přestože je ve skutečnosti míra inflace a výše státních dluhopisů v jednotlivých státech různá.

4.4.1 Čistá současná hodnota – NPV

NPV je finanční veličina vyjadřující součet současných (diskontovaných) hotovostních toků (*cash flow*), které plynou z investice za určitou dobu. Počítá pouze s budoucím *cash flow* a ukazuje, zdali se za zvolenou dobu životnosti projekt vyplatí ($NPV > 0$) či ne ($NPV < 0$). Pro vyhodnocení je třeba znát diskontní sazbu, která charakterizuje časovou hodnotu peněz a riziko, přičemž se nemění se dobu životnosti investice. Čím vyšší je *NPV*, tím je investice výhodnější.

$$NPV = \frac{\sum_{t=0}^T CF_t}{(1+r)^t} = \frac{\sum_{t=1}^T CF_t}{(1+r)^t} - INV \quad (15)$$

Kde CF_t odpovídá peněžnímu toku stanovenému podle rovnice (14), parametr r představuje diskont, T dobu životnosti investice a t aktuální rok, pro nějž je peněžní tok počítán. Velikost investice, tedy pořizovací cena FV systému včetně DPH, je značena *INV*.

4.4.2 Vnitřní výnosové procento – IRR

Vnitřní výnosové procento je finanční veličina, pro kterou vychází diskontní sazba taková, že $NPV = 0$. Vlastně nám říká, kolik procent na hodnocené investici vyděláme/proděláme, zvážíme-li časovou hodnotu hotovostních toků. Čím vyšší hodnoty *IRR* nabyde, tím je investice výnosnější.

$$\frac{\sum_{t=0}^T CF_t}{(1+r)^t} = \frac{\sum_{t=1}^T CF_t}{(1+r)^t} - INV = 0 \quad IRR = r \quad (16)$$

4.4.3 Diskontovaná doba návratnosti investice – DPP

Diskontovaná doba návratnosti investice je finanční veličina, která říká, za jak dlouho se diskontovaný hotovostní tok příjmů vyrovná původním nákladům na investici. *DPP (Discounted payback period)* se považuje za efektivní, jestliže je kratší než životnost investice. Při konstantních diskontovaných hotovostních tocích se DPP spočítá jako:

$$DPP = \frac{\text{náklady na investici}}{\frac{\sum_{t=0}^T CF_t}{(1+r)^t}} \quad (17)$$

Pokud není hotovostní tok konstantní, doba návratnosti se zjistí postupným načítáním ročních částek těchto toků do té doby, než se jejich součet bude rovnat investičním nákladům.

4.5 Ekonomické hodnocení

Ekonomické vyhodnocení bude učiněno jednotlivě pro všech 6 států. Vstupní parametry jsou jasně definovány v předešlých kapitolách. Výpočet se realizuje dle tří zmíněných kritérií s již aplikovanou státní podporou pro domácí FV systémy.

V České republice vlastníci domácího FV systému s instalovaným výkonem do 10 kW, dle pravidel provozování mikrozdroje, nemají povinnost obstarávání licence pro provoz od Energetického regulačního úřadu. Provozovatelé jsou navíc osvobozeni od daně z příjmů za prodanou elektřinu do částky 30 000 Kč/rok. Fotovoltaický systém bez akumulace elektrické energie bez tepelného využití přebytků či FV systém, jež nespolupracuje se systémem vytápění a přípravy teplé vody s tepelným čerpadlem nemá nárok na investiční podporu NZÚ. Naopak navržená HVFE spadá pod typ systému s akumulací elektřiny a celkovým využitelným ziskem ≥ 3000 kWh/rok. V následujících výsledcích se již zohledňuje investiční podpora NZÚ, jejíž hodnota byla vyčíslena na 100 000 Kč.

V případě Slovenské republiky lze malý zdroj s instalovaným výkonem do 10 kW připojit a provozovat ve dvou režimech, a to v podnikatelském či nepodnikatelském. Z důvodu uplatnění slovenské investiční podpory Zelená domácnostem II, budou navržené systémy provozovány v režimu nepodnikatelském, jelikož se za případné přebytky (dodané do distribuční sítě) nemůže získávat žádná kompenzace [33]. Investiční podpora lze využít pro oba systémy, a to stejnou částkou v hodnotě 1 500 €.

Ve Švédsku obchodníci s elektřinou vykupují přebytky nejčastěji za cenu uvedenou na evropské energetické burze *Nord pool*. Pro výpočet byla vzata průměrná cena z roku 2019 z *Day-ahead* švédského trhu pro sektor SE3 – Stockholm a k ní byla připočtena prémie 0,057 €/kWh. Dále se využilo 20% státní investiční podpory [93].

Podpora v Německu nabývá podoby garantovaných výkupních cen, na které může být vznešen nárok až poté, co je zařízení registrováno a zapsáno v novém registru kmenových dat trhu německé federální síťové agentury. Dle [94] bude výkupní cena stanovena na 0,0944 €/kWh. Výkupní ceny jsou celkem vysoké vzhledem k faktu, že nákup odpovídá 0,2873 €/kWh. Oba navržené systémy jsou osvobozeny od placení EEG poplatku, jelikož jejich instalovaný výkon nepřesahuje 10 kW.

Malé fotovoltaické systémy nenalézají ve Španělsku žádných národních podpor. Podpory existují pouze na regionální úrovni. Příjem za prodej přebytků je tedy dán smlouvou mezi provozovatelem a obchodní společností s elektřinou, cena výkupu tak byla stanovena dle [95] na 0,05 €/kWh.

Pro ekonomický výpočet v Itálii byl zvolen režim *ritido dedicato*, čili zjednodušený prodej přes italského Manažera energetických služeb GSE. Výkup bude proveden za zaručenou minimální cenu, jejíž hodnota je pro tento rok nastavena na 40 €/MWh [96]. K aktualizaci zaručených minimálních výkupních cen dochází na konci každého roku. Vzhledem k tomu, že od roku 2013 se ceny jen mírně navyšují, bude pro výpočet použita cena v základu konstantní, podléhající pouze nastavenému růstu cen elektrické energie. Mezi další výdaje v Itálii patří poplatek GSE, jehož výše dosahuje 0,7 €/kW pro jednotky s kapacitou od 3 do 20 kW s omezením na 10 000 €/rok.

Ekonomické porovnání FV systému bez akumulátoru s aplikovanými podporami						
	Česko	Slovensko	Německo	Itálie	Španělsko	Švédsko
Počáteční investice	7 047 €	5 727 €	10 073 €	8 520 €	8 477 €	8 538 €
Cena nákupu elektřiny [€/kWh]	0,17	0,16	0,29	0,23	0,24	0,21
Cena výkupu elektřiny [€/kWh]	0,04	0,00	0,10	0,04	0,05	0,10
Revize	98 €	91 €	259 €	210 €	159 €	264 €
Výše pojištění	9,2 €	9,0 €	13,1 €	11,1 €	11,0 €	13,9 €
Forma podpory	-	Investiční	FIT	Výkup za garantovanou min. cenu	-	Investiční + prémie k výkupu
NPV	190 €	-1 909 €	2 788 €	1 802 €	6 333 €	2 279 €
IRR	3,22 %	-0,18 %	5,43 %	4,68 %	8,32 %	5,10 %
DPP	25 let	Více než 25 let	17 let	21 let	14 let	20 let

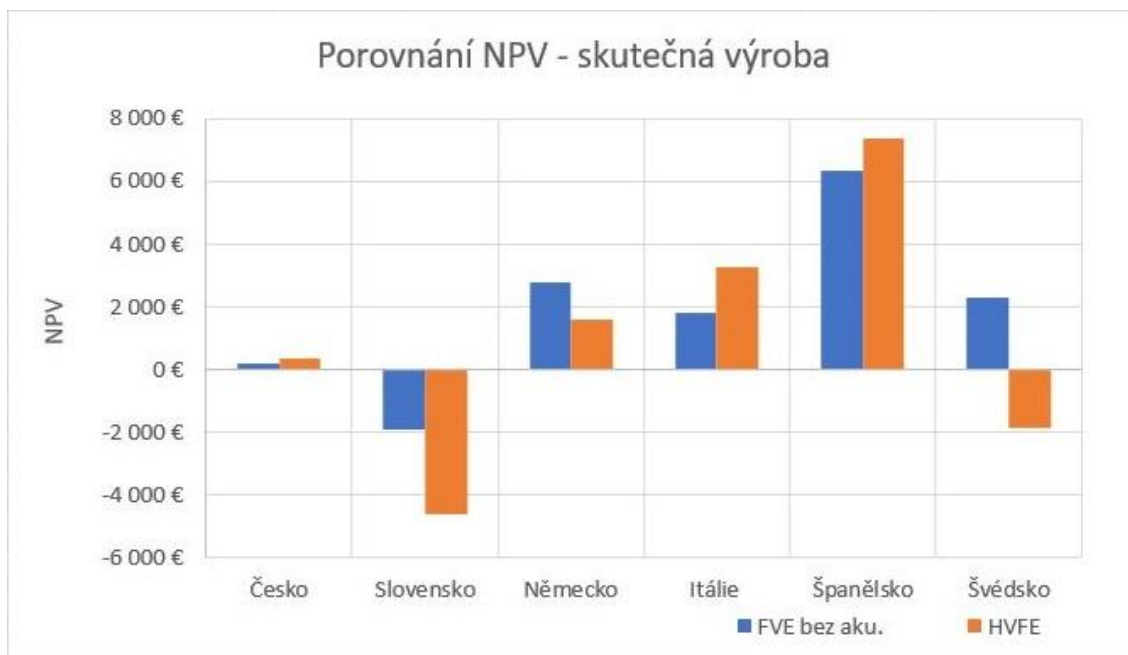
Tabulka 21: Ekonomické porovnání FV systému bez akumulátoru s aplikovanými podporami ve vybraných státech EU

Ekonomické porovnání HFVE s aplikovanými podporami						
	Česko	Slovensko	Německo	Itálie	Španělsko	Švédsko
Počáteční investice	12 357 €	15 107 €	19 480 €	17 187 €	17 978 €	16 446 €
Cena nákupu elektřiny [€/kWh]	0,17	0,16	0,29	0,23	0,24	0,21
Cena výkupu elektřiny [€/kWh]	0,04	0,00	0,10	0,04	0,05	0,10
Revize	98 €	91 €	259 €	210 €	159 €	264 €
Výše pojištění	21 €	22 €	25 €	22 €	23 €	27 €
Forma podpory	Investiční	Investiční	FIT	Výkup za garantovanou min. cenu	-	Investiční + prémie k výkupu
NPV	347 €	-4 629 €	1 593 €	3 282 €	7 374 €	-1 859 €
IRR	3,23 %	0,12 %	3,70 %	4,52 %	6,11 %	2,01 %
DPP	25 let	Více než 25 let	23 let	21 let	18 let	Více než 25 let

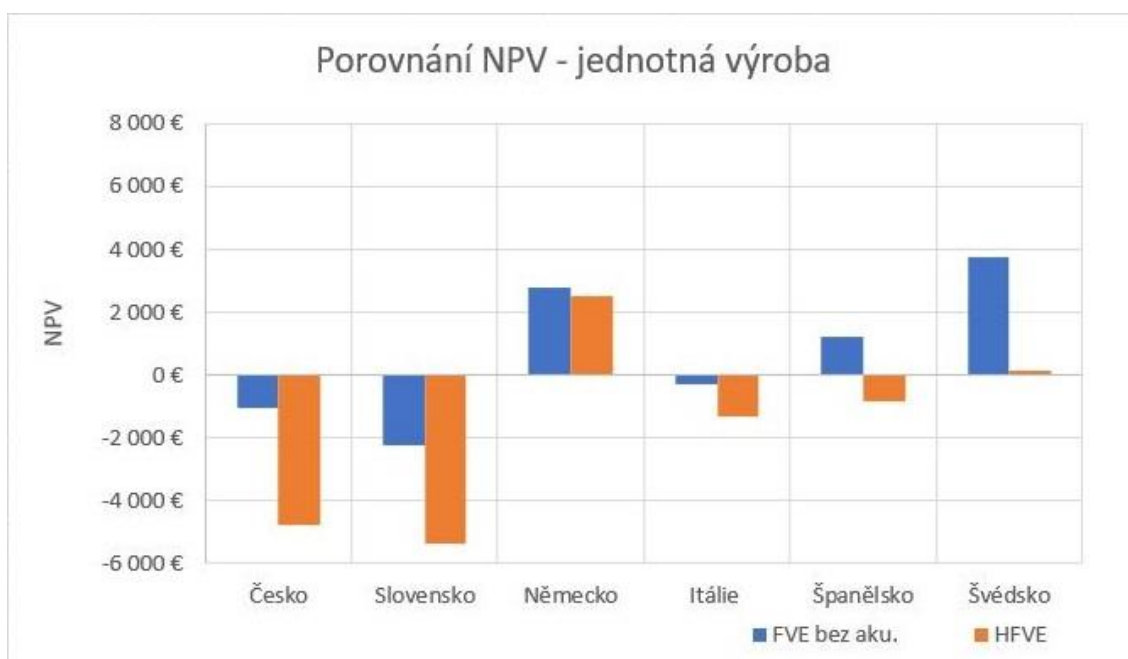
Tabulka 22: Ekonomické porovnání FV systému s akumulátorem a s aplikovanými podporami ve vybraných státech EU

4.6 Porovnání podpor

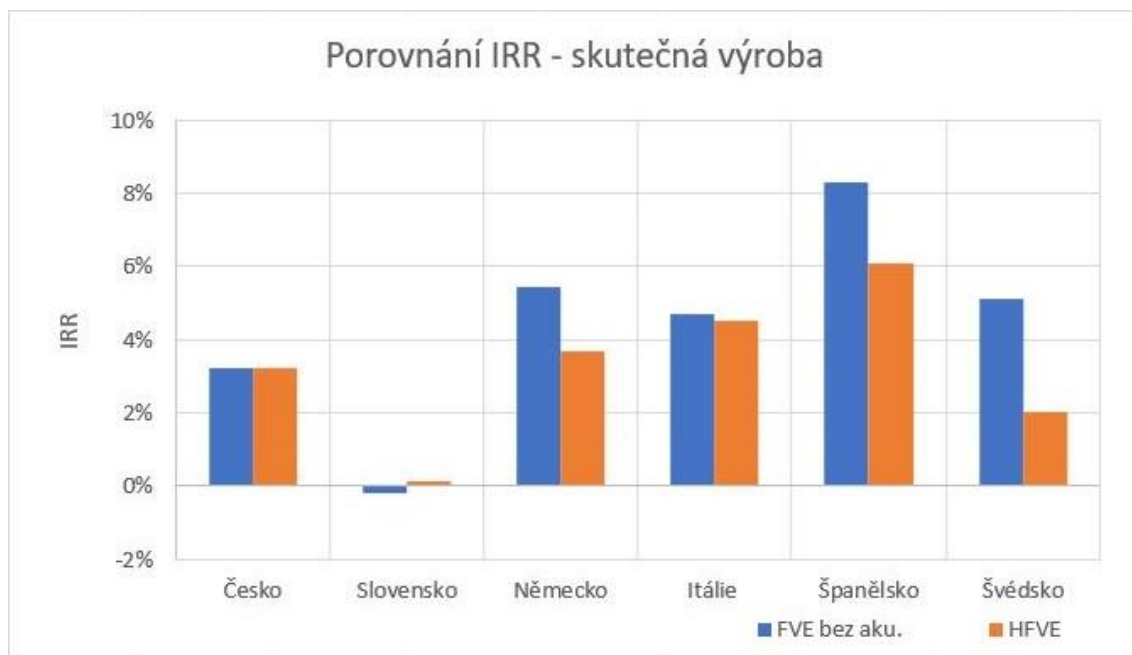
Porovnání podpor mezi zkoumanými státy EU je založeno na výše uvedených kritériích ekonomického hodnocení (tedy *NPV* a *IRR*). Návržnost investice kromě velikosti podpory zcela zásadním způsobem ovlivňuje množství vyrobené energie v dané lokalitě (reálně i spotřeba v místě, ta je ale ve srovnání jednotlivých domácností v základu shodná). Aby srovnávaná ekonomická kritéria operovala pouze s aplikovanými podporami, předpokládá se v rámci tohoto hodnocení shodná výroba elektrické energie ve všech uvedených státech. Jako společný výrobní profil FV systému byl zvolen ten německý, neboť tato výroba probíhá přibližně na střední hodnotě zeměpisných šířek porovnávaných lokací. Graf 4 a graf 6 zaznamenávají hodnoty *NPV* a *IRR* jednotlivých států při skutečném výrobním profilu v uvedeném místě obou konfigurací FV systému (tj. bez akumulace a s akumulací). Po zavedení hodnot odpovídajících německé výrobě do modelu dochází ke změně *NPV* a *IRR* ve zkoumaných zemích dle grafu 5 a grafu 7.



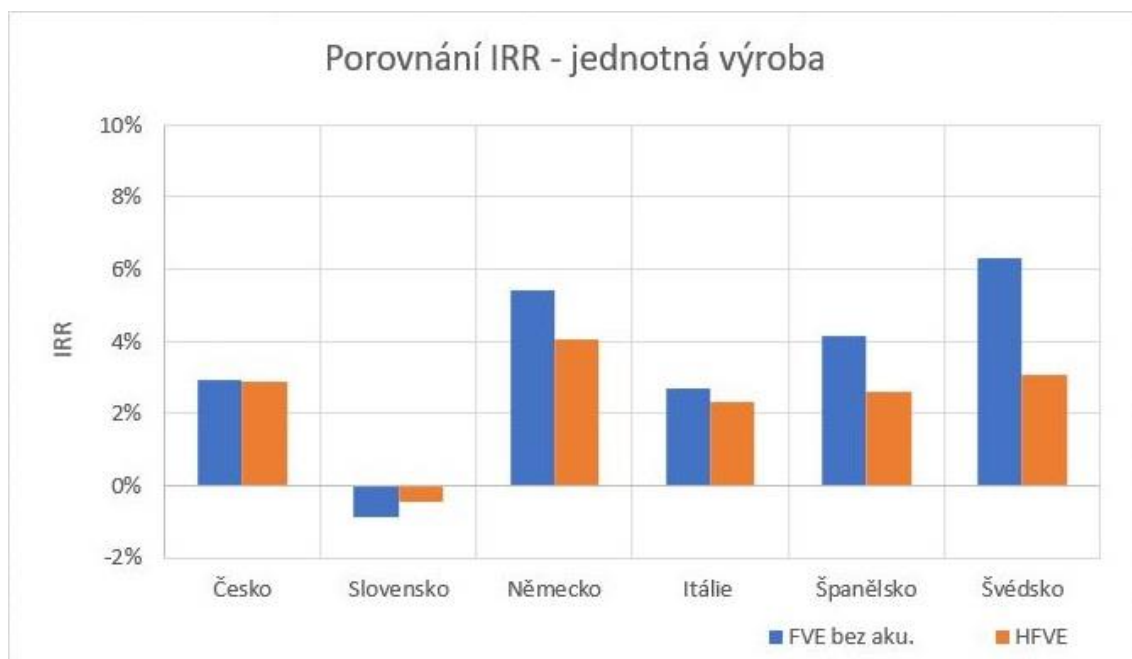
Graf 4: Porovnání NPV jednotlivých států při skutečné výrobě



Graf 5: Porovnání NPV jednotlivých států při jednotné výrobě dle Německa



Graf 6: Porovnání IRR jednotlivých států při skutečné výrobě



Graf 7: Porovnání IRR jednotlivých států při jednotné výrobě dle Německa

FV systém bez aku při jednotné výrobě						
	Česko	Slovensko	Německo	Itálie	Španělsko	Švédsko
NPV	-1 044 €	-2 264 €	2 788 €	-319 €	1 185 €	3 719 €
IRR	2,95 %	-0,89 %	5,43 %	2,68 %	4,13 %	6,30 %
DPP	Více než 25 let	Více než 25 let	17 let	Více než 25 let	22 let	17 let

Tabulka 23: Ekonomické vyhodnocení států s FVE při konstantní výrobě

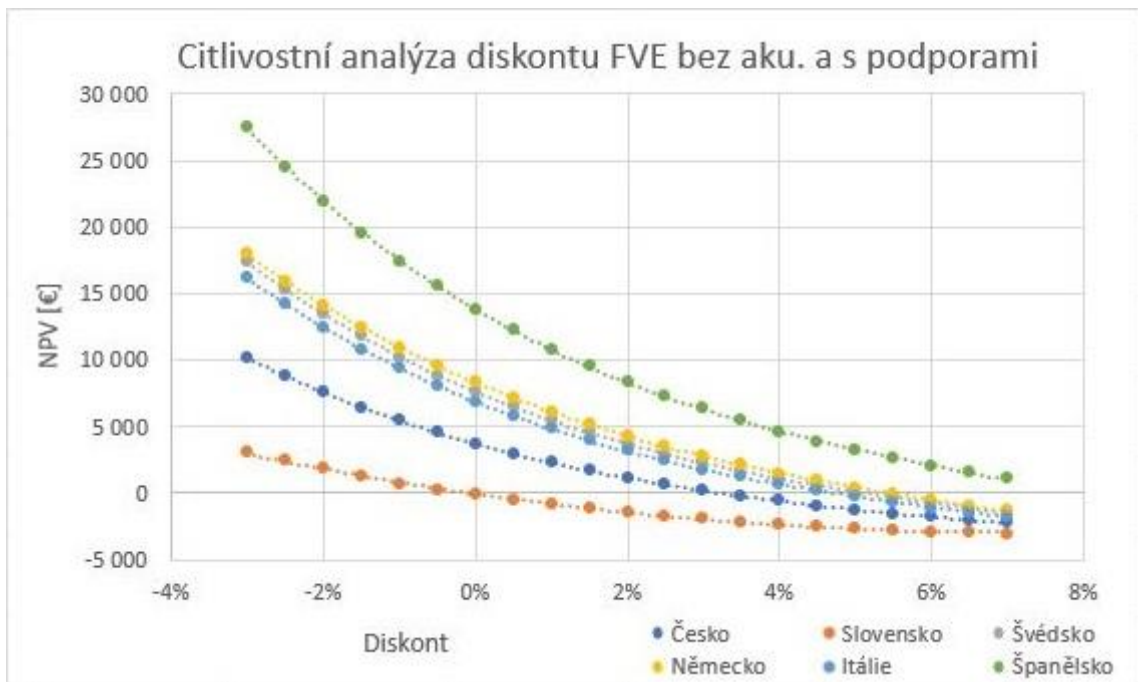
HFVE při jednotné výrobě						
	Česko	Slovensko	Německo	Itálie	Španělsko	Švédsko
NPV	-4 757 €	-5 388 €	2 512 €	-1 330 €	-843 €	151 €
IRR	2,88 %	-0,43 %	3,70 %	2,33 %	2,60 %	3,08 %
DPP	Více než 25 let	Více než 25 let	23 let	Více než 25 let	Více než 25 let	25 let

Tabulka 24: Ekonomické vyhodnocení států s HFVE při konstantní výrobě

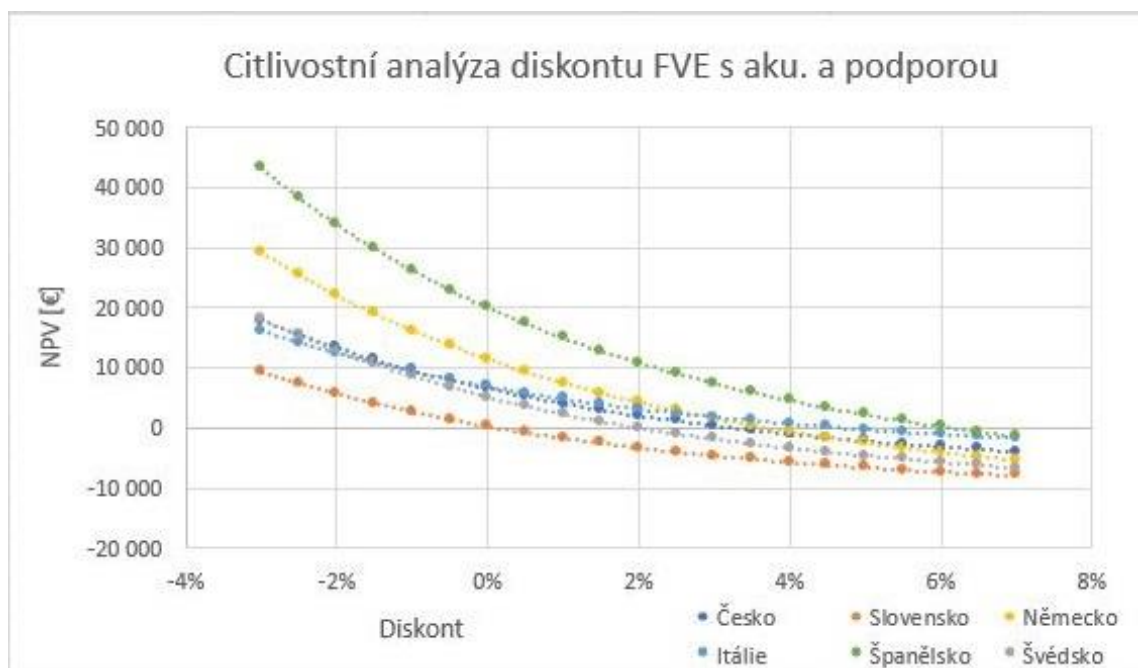
5 Citlivostní analýza

Cílem citlivostní analýzy je zkoumání vlivu zvolených faktorů na výnosnost investice, v tomto případě reprezentované čistou současnou hodnotou investice. Tato práce ukazuje citlivostní analýzy pro všechny realizované projekty FV systému. Jako první faktor byla zvolena diskontní úroková míra, jež v základním výpočtu odpovídá 3 % a jejíž vliv na *NPV* zaznamenávají průběhy na grafu 8 a grafu 9.

Citlivostní analýza diskontu FV systému bez akumulátoru ukázala, že při snižujícím se diskontu stoupá výše *NPV*. Díky vysoké výrobě elektrické energie analýza poukázala na výhodnost aplikování navrženého FV systému ve Španělském království, jelikož i při poměrně vysokém diskontu (vzhledem k této málo rizikové investici) vychází *NPV* stále kladné a investování se vyplácí. Přestože má FV systém v Itálii větší potenciál, co se týče jeho výrobní křivky, tak při porovnávání výsledku *NPV* Švédska a *NPV* Itálie při shodném diskontu, se Švédsko ukazuje jako lepší místo pro investici. Příčinou je aplikovaná 20% investiční podpora. Další extrém představuje Slovenská republika, ve které by se investice do domácí FVE vyplatila pouze tehdy, byla-li by výše diskontu záporná, což je velmi nepravděpodobný stav výchozích podmínek, ze kterých se diskont určoval. Při velké investici do HFVE již citlivostní analýza diskontu příslušné elektrárny vykazuje závislost s výrobními křivkami v jednotlivých státech, jež dále určuje pořadí přechodu ukazatele *NPV* z kladné hodnoty na zápornou.



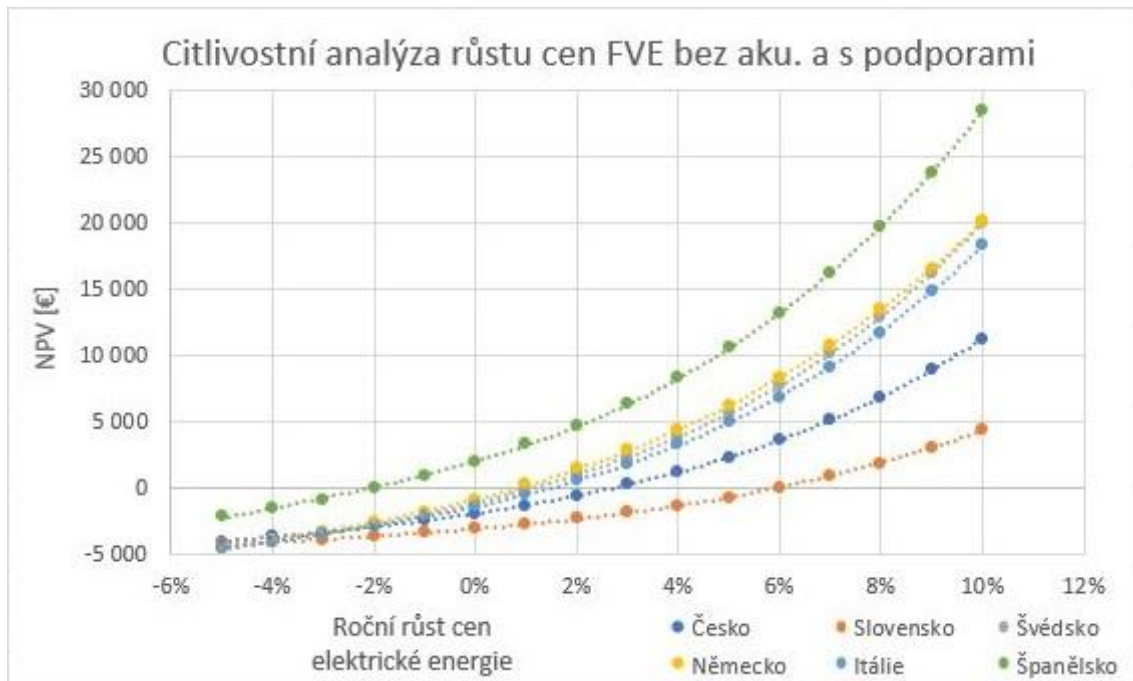
Graf 8: Citlivostní analýza diskontu FVE bez akumulátoru



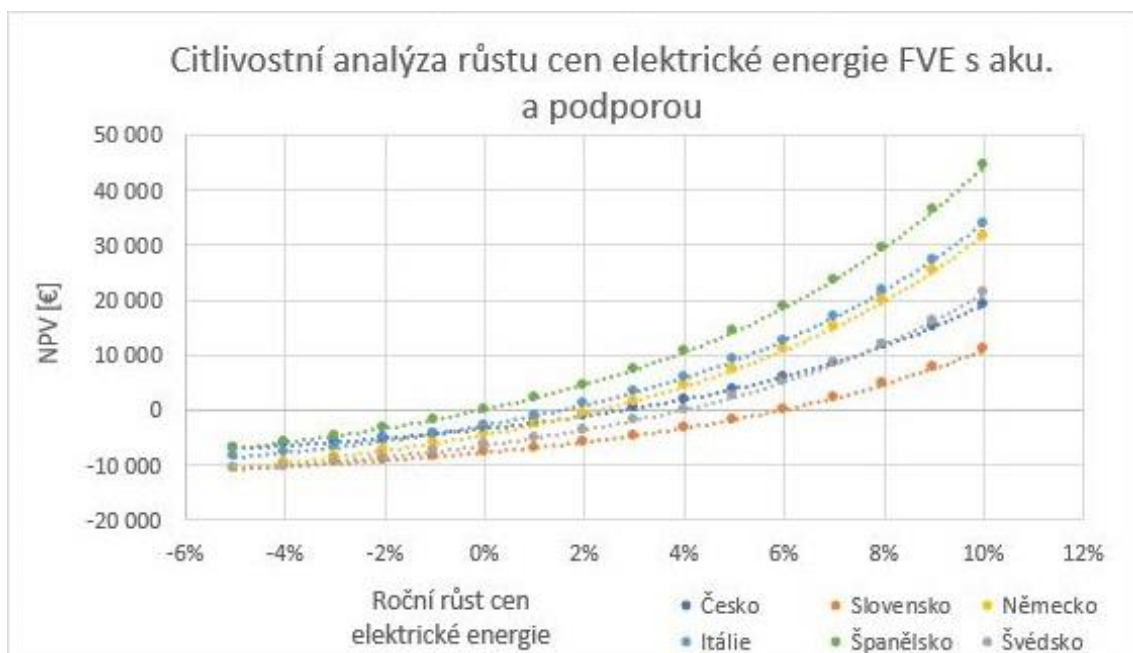
Graf 9: Citlivostní analýza diskontu FVE s akumulátorem

Druhý zkoumaný vliv představuje růst cen elektrické energie, opět stanovený na 3 % a reflektovaný průběhy na grafu 10 a grafu 11. Za zajímavost citlivostní analýzy růstu cen FVE bez akumulátoru lze považovat opět situace vzniklou v případě Španělska. Většině systémů prospívá zvyšující se růst cen elektrické energie, jelikož v tomto případě domácnosti více a více vydělávají na ušetřené elektrické energii. Kdežto v již zmiňovaném Španělsku je NPV kladné i v případě, že by tento růst klesl, a to

na hodnotu přibližnou -1 %. Nejhůře opět dopadlo Slovensko, jež by začalo být výhodné s kladným NPV až při 7% nárůstu cen. Obdobně jako v předchozí citlivostní analýze HFVE i zde, již nemají státní podpory takový vliv, aby zcela zastínily výrobní křivky FV systému v příslušných státech.



Graf 10: Citlivostní analýza ročního růstu cen FVE bez akumulátor ČR



Graf 11: Citlivostní analýza ročního růstu cen FVE s akumulátorem a podporou ČR

6 Závěr

První část této bakalářské práce nabývala teoretického charakteru a zaměřovala se na výzkum podpor fotovoltaických systémů ve zvolených státech Evropské unie. Zvolenými státy byly Česká republika, Slovenská republika, Spolková republika Německo, Italská republika a Švédské a Španělské království.

Z pravidla lze hlavní podpory OZE domácích FV systémů rozdělit do 3 skupin, a to podpora investiční, podpora formou určité peněžní kompenzace za prodej přebytků v podobě garantovaných výkupních cen či premií k tržní ceně elektrické energie a novější trend podpory, spočívající ve využití distribuční sítě jako virtuálního akumulátoru. Mezi druhotné podpory pak lze řadit jakékoliv snížení daní či výhodné půjčky.

První typ podpory využívá Česko, Slovensko a Švédsko. Společným znakem investičních podpor v případě Česka a Slovenska je apelování na vysokou vlastní spotřebu, jež by měla mít za následek minimalizaci dodávek elektrické energie do distribuční sítě za cílem udržení její stability. Tohoto faktu je v případě Česka docíleno omezením výše podpory a v případě Slovenska nulovou kompenzací za případné dodané přebytky do distribuční sítě. Švédsko, jako jediné z vybraných států, aplikuje podporu domácích FV systémů hned dvojím způsobem, a to investiční podporou, která je v této severské zemi nastavena tak, aby pokryla výši daně z přidané hodnoty, jež nabývá nejvyšší hodnoty ze všech 6 vybraných států a premii k tržní ceně. Naopak Itálie a Německo poskytují podporu především garantovanými cenami výkupu. Podpora v podobě virtuálního akumulátoru se v této práci neřešila.

Druhá část práce se věnovala ekonomickému vyhodnocení domácího FV systému pro domácnost, jejíž roční spotřeba byla programem LPG vyčíslena na 4 607,2 kWh. Mezi hlavní vstupy lze mimo jiné zařadit počáteční investici, cenu nákupu elektrické energie, cenu výkupu elektrické energie a případnou státní podporu.

Počáteční investice byla brána pro všechny státy jednotná, až na rozdílné položky, jež souvisely s vykonanou prací (*labour cost*) a konečným zdaněním v jednotlivých státech. Cena práce i DPH zastávaly velmi významnou roli při určení výše investice, jelikož v případě Německa a Švédska ji učinily v některých případech až o čtvrtinu dražší oproti ostatním státům (bez aplikování podpor na počáteční investici). Po aplikaci investičních podpor se tento rozdíl projevil ještě více při porovnání Německa a Slovenska, kdy FV systém bez akumulace elektrické energie vyšel v Německu o polovinu draž.

Důležitost podpor v podobě vyšších výkupních cen je patrná z kapitoly 4.6. Německo a Švédsko jsou jediné dva státy, jež disponují výkupními cenami, které jsou až o polovinu vyšší než v případě zbylých států. Přestože by byla investice v těchto dvou státech jedna z nejvyšších, tak z grafických zpracování je zřejmé, že ukazatelé *NPV* a *IRR* (při jednotné výrobě) je určují jako země, ve kterých se vyplatí domácí FV systém díky státním podporám pořídit. Naopak i po aplikování samotných investičních podpor se investice do domácího FV systému v případě Česka a Slovenska nevyplatila.

Asi jako za nejzajímavější výsledek této práce lze považovat výhodnost pořízení FV systému bez akumulace elektrické energie ve Španělsku, kde podpory na státní úrovni neexistují. Při ekonomickém porovnávání bylo jasné, že výroba elektrické energie FV systémem bude nejvyšší, přesto při jednotné výrobě vycházejí ukazatelé *NPV* a *IRR* v její prospěch. Jedním z důvodů je poměrně levná cena práce, snižující počáteční investici a roční výdaje (pojištění, revize), jež je třetí nejnižší mezi vybranými zeměmi. Dalším činitelem je ušetření za nenakoupenou elektrickou energii, jež je cenově druhá nejdražší a v poslední řadě cena výkupu, která je i bez aplikování podpor vysoká.

Z ekonomického hlediska se hybridní FV systém nedočkal přívných výsledků. Za viníka se dá určit velmi vysoká pořizovací cena. Vyšší investice tohoto druhu již vyžaduje individuální přizpůsobení zařízení dle výrobních křivek FV systému v dané lokalitě příslušného státu.

Vyhodnocení výsledků této práce může být provedeno dvojnásobným způsobem. Za ten první se dá považovat, nahlížení na výhodnost investice do FVE z pohledu vlivu podpor, kdy je zanedbána výroba v jednotlivých státech. V případě FV systému bez akumulace by pro místo instalace představovalo jednoznačnou volbu Švédsko následované Německem a Španělskem. V ostatních státech by se investice do navrženého systému nevyplatila. Navrženou hybridní fotovoltaickou elektrárnu lze při jednotné výrobě doporučit pouze pro Německo. Investice by mohla být učiněna i ve Švédsku, jelikož ukazatel *NPV* nabývá kladných hodnot a $IRR > r$, ale vzhledem k vysoké počáteční investici, nízkému *NPV* a k hodnotě *IRR*, jež není zas o tolik vyšší než diskontní úroková míra, nelze tuto investici s jistotou doporučit. Při zahrnutí skutečné výroby elektrické energie FV systémem bez akumulace se dostává do popředí Španělsko následované Německem, Švédskem a Itálií. Hybridní systém lze na základě spočtených ekonomických ukazatelů doporučit pro Španělsko, Itálii a Německo. Česká republika má u obou navržených systémů *NPV* kladné *IRR* nepatrně vyšší, nežli je diskontní úroková míra a opět nelze tuto investici s jistotou doporučit. Slovenská republika je jediná země, ve které se nedá za v práci definovaných podmínek doporučit ani jeden z navržených systémů.

K navýšení uplatnění obou popisovaných FV systémů by mohlo dojít v případě dalšího využití přebytků elektrické energie. Přebytky elektrické energie by se mohly dále využít k ohřevu vody či výtoku celého objektu, v případě jižních států by se potom dalo uvažovat o instalaci klimatizace.

Použité zdroje

- [1] BUDÍN, Jan. Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů. *OEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky* [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energeticka-legislativa-cr/narodni-akcni-plan-cr-pro-energii-z-obnovitelnych-zdroju>
- [2] *Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu* [online]. 2019 [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/cs_final_necp_main_cs.pdf
- [3] MOTLÍK, Jan, Libor ŠAMÁNEK, Josef ŠTEKL, et al. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice* [online]. Praha: ČEZ, 2007, 131–138 [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/oze-cr-all-17-01-obalka-in.pdf>
- [4] KREJCAR, Rostislav. *Výroba elektrické energie z vybraných obnovitelných zdrojů a systém jejich podpory* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: http://www.mmr.cz/getmedia/b24893e4-fa25-430b-9b3e-7f3c71ca823c/5_090918-Obnovitelne-zdroje_ERU_Krejcar
- [5] POLÁK, Roman. Podpora výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů – TZB-info. *TZB-info – Stavebnictví. Úspory energií. Technická zařízení budov.* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/5454-podpora-vykupu-elekriny-z-obnovitelnych-zdroju>
- [6] Zelený bonus | sluneční elektrárna. *Fotovoltaické elektrárny na klíč – prodej, projekt, zapojení | fotovoltaika* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <http://www.elbenenergy.cz/zeleny-bonus.htm>
- [7] JANDA, Karel, Štěpán KRŠKA a Jan PRŮŠA. Česká fotovoltaická energie: Modelový odhad nákladů na její podporu. *Politická ekonomie* [online]. 2014, **2014**(3), 328-331 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://polek.vse.cz/pdfs/pol/2014/03/02.pdf>
- [8] ČESKO. Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 8/2008 ze dne 18. listopadu 2008., kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů. *ERÚ – Home page* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/480797/CR_8-2008_OZE-KVET-DZ.pdf/69f0f88b-013f-4857-8fb2-63a844f9c0db
- [9] BUFKA, Aleš, Jana VEVERKOVÁ a Diana ANDRONIC. *Obnovitelné zdroje energie v roce 2017: Výsledky statistického zjišťování* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2018, , 52 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2018/12/Obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2017-new.pdf>

- [10] ČESKO. Zákon č. 137/2010 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-137>
- [11] ČESKO. Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 2/2010 ze dne 8. listopadu 2010., kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů. In: *ERÚ – Home page* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/480387/2_2010_OZE-KVET-DZ+final.pdf/68acd3f7-a0be-42d2-8881-461b9f402698
- [12] ČESKO. Zákon č. 330/2010 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-330>
- [13] ČESKO. Zákon č. 402/2010 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-402>
- [14] DIVIŠOVÁ, Michaela. Jak to bylo a je s fotovoltaikou v Česku | Peníze.cz. *Peníze.cz - Půjčky, Kurzy měn, Akcie, Hypotéky, Bydlení, Daně* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.penize.cz/nakupy/275131-jak-to-bylo-a-je-s-fotovoltaikou-v-cesku>
- [15]. FAQ - Solární asociace. *Úvod - Solární asociace* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.solarniasociace.cz/cs/prekompezace/faq>
- [16] MURTINGER, Karel. Solární energie 2010: Řešení krize v nedohlednu. *Nazeleno.cz – Chytrá řešení pro každého* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/solarni-energie-2010-reseni-krize-v-nedohlednu/>
- [17] ČESKO. Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165>
- [18] ČESKO. Zákon č. 310/2013 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 407/2012 Sb., a další související

zákony. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-310>

[19] Zelená úsporám - Popis programu. *Zelená úsporám - Aktuality* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://archiv.zelenausporam.cz/www.zelenausporam.cz/sekce/470/popis-programu/index.html>

[20] HRBEK, Jakub. Historie I - Program Zelená úsporám. *Nová zelená úsporám - Dotace pro úsporné bydlení* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8198696-Historie-i-program-zelena-usporam.html>

[21] O programu – Nová zelená úsporám. *Nová zelená úsporám - Dotace pro úsporné bydlení* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/o-programu/>

[22] ČESKO. Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 3/2019 ze dne 26.září 2019., kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie. In: *ERÚ – Home page* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/5228943/ERV6_2019.pdf/7c470e71-3e3c-4f67-a6bd-5945852961d6

[23] Rodinné domy – zdroje energie. *Nová zelená úsporám - Dotace pro úsporné bydlení* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie/>

[24] *Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021 - 2030: spracovaný podľa nariadenia EP a Rady (EÚ) č. 2018/1999 o riadení energetickej únie a opatrení v oblasti klímy* [online]. Bratislava: Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky, 2019, , 8 - 9 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.mhsr.sk/uploads/files/IjkPMQAc.pdf>

[25] SLOVENSKO. Výnos úradu pre reguláciu sieťových odvetví z 21. júna 2006 č. 2/2006., ktorým sa ustanovuje rozsah cenovej regulácie v elektroenergetike a spôsob jej vykonania, rozsah a štruktúra oprávnených nákladov, spôsob určenia výšky primeraného zisku a podklady na návrh ceny. In: *Úrad pre reguláciu sieťových odvetví* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: http://www.urso.gov.sk/sites/default/files/vynos_02-2006_sk.pdf

[26] SLOVENSKO. Výnos úradu pre reguláciu sieťových odvetví z 28. júla 2008 č. 2/2008., ktorým sa ustanovuje regulácia cien v elektroenergetike. In: *Úrad pre reguláciu sieťových odvetví* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: http://www.urso.gov.sk/sites/default/files/vynos_02-2008_sk.pdf

- [27] SLOVENSKO. Zákon č. 309/2009 Z. z., zákon o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby a o zmene a doplnení niektorých zákonov. In: *Zákony pre ludi.sk* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2009-309>
- [28] SLOVENSKO. Výnos úradu pre reguláciu sieťových odvetví z 9. septembra 2009 č. 7/2009., ktorým sa mení a dopĺňa výnos Úradu pre reguláciu sieťových odvetví z 28. júla 2008 č. 2/2008, ktorým sa ustanovuje regulácia cien v elektroenergetike v znení neskorších predpisov. In: *Úrad pre reguláciu sieťových odvetví* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: http://www.urso.gov.sk/sites/default/files/vynos_07-2009_sk.pdf
- [29] *Analýza vývoja výkupných cien elektriny vyrobenej zo slnečnej energie* [online]. Martin: Úrad pre reguláciu sieťových odvetví, 2013, , 3 - 6 [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <http://www.urso.gov.sk/sites/default/files/Analyza-vyvoja-vykupnych-cien-FVE%20.pdf>
- [30] Inštalácia OZE: Malý zdroj podľa zákona č. 309/2009 - EnergiaWeb.sk. *EnergiaWeb.sk - všetko o energii ISSN 1339-7680* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://www.energiaweb.sk/2016/06/12/instalacia-oze-maly-zdroj-podla-zakona-c-3092009/>
- [31] ZD1 Archív – Zelená domácnostiam. *Zelená domácnostiam – Podpora využívania obnoviteľných zdrojov energie v domácnostiach* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://zelenadomacnostiam.sk/sk/zd1-archiv/>
- [32] Štátom vytendrovaný výkupca elektriny z OZE má súpera | Články | ENERGO KLUB. *ENERGO KLUB* [online]. 28. 10. 2019 [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://energoklub.sk/sk/clanky/statom-vytendrovany-vykupca-elektriny-z-oze-ma-supera/>
- [33] Fotovoltické panely – Zelená domácnostiam. *Zelená domácnostiam – Podpora využívania obnoviteľných zdrojov energie v domácnostiach* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://zelenadomacnostiam.sk/sk/zariadenia/podporovane-zariadenia/fotovolticke-panely/>
- [34] VALACH, Boris. Renewable energy policy database and support: single: tax regulation mechanisms (exemption from excise tax). *Renewable energy policy database and support: Start* [online]. 10.01.2019 [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/slovakia/single/s/res-e/t/promotion/aid/tax-regulation-mechanisms-exemption-from-excise-tax/lastp/187/>

- [35] Europe 2020 targets: statistics and indicators for Germany. *European Commission, official website* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/eu-economic-governance-monitoring-prevention-correction/european-semester/european-semester-your-country/germany/europe-2020-targets-statistics-and-indicators-germany_en
- [36] Electricity Feed-In Law of 1991 ("Stromeinspeisungsgesetz") – Policies - IEA. *IEA – International Energy Agency* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.iea.org/policies/3477-electricity-feed-in-law-of-1991-stromeinspeisungsgesetz>
- [37] EICHELBRÖNNER, Matthias a Jan-Benjamin SPITZLEY. German Experience on the Support Mechanism and Technical Aspects of Grid Connectivity of Solar PV Rooftop-Systems. *Www.eclareon.com* / [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://www.eclareon.com/sites/default/files/presentation_solar_guidelines_mnre_round_table_20032012.pdf
- [38] Informationsportal Erneuerbare Energien - Erneuerbare-Energien-Gesetz. *Informationsportal Erneuerbare Energien - Startseite* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/eeg.html>
- [39] WISSING, Lothar. *National Survey Report of PV Power Applications in Germany 2008* [online]. Jülich: International energy agency, 2009, , 7 - 21 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/nsr_2008_DEU.pdf
- [40] KfW Renewable Energies Programme (KfW-Programm Erneuerbare Energien) – Policies - IEA. *IEA – International Energy Agency* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.iea.org/policies/4898-kfw-renewable-energies-programme-kfw-programm-erneuerbare-energien>
- [41] GRÜNDINGER, Wolfgang. *What drives the Energiewende?* [online]. Berlin, 2015 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.wolfgang-gruendinger.de/wp-content/uploads/2015/06/6-renewables.pdf>. Disertace. Humboldt-Universität zu Berlin, Philosophische Fakultät III, Institut für Sozialwissenschaften. Vedoucí práce Ellen M. Immergut.
- [42] MORRIS, Craig a Martin PEHNT. *Energetická transformace: Německá Energiewende* [online]. 28. listopadu 2012 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://www.dataplan.info/img_upload/5c84ed46aa0abfec4ac40610dde11285/german-energy-transition_cz.pdf

- [43] ALTENHÖFER-PFLAUM, Georg a Renate HORBELT. *National Survey Report of PV Power Applications in GERMANY 2016* [online]. [cit. 2020-08-09]. Dostupné z: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/National_Survey_Report_of_PV_Power_Applications_in_Germany_-_2016.pdf
- [44] TRMALOVÁ, Eliška. *Obnovitelné zdroje energie v aukčním mechanismu – model pro Českou republiku*. Brno, 2018. Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Fakulta sociálních studií, Katedra mezinárodních vztahů a evropských studií
- [45] WIRTH, Harry. *Recent Facts about Photovoltaics in Germany* [online]. Freiburg: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2020, , 9 - 11 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>
- [46] *Germany 2020 - Energy Policy Review* [online]. , 83 - 97 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/germany-2020-energy-policy-review.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- [47] STERNKOPF, Tim. Renewable energy policy database and support: tools list. *Renewable energy policy database and support* [online]. 11. 01. 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/germany/tools-list/c/germany/s/res-e/t/promotion/sum/136/lpid/135>
- [48] *Integrated national energy and climate plan* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/it_final_necp_main_en.pdf
- [49] Conto Energia. *GSE* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/conto-energia>
- [50] SCHWARZ, Jasmin. Premium tariff (Ritiro dedicato). *Renewable energy policy database and support* [online]. 07.02.2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/italy/single/s/res-e/t/promotion/aid/feed-in-tariff-ii-ritiro-dedicato/lastp/151/>
- [51] Market Info Italy Photovoltaics. *Home – Global Alliance Powerfuels* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://www.powerfuels.org/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/3207_Market_Info_Italy_Photovoltaic.pdf
- [52] *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/es_final_necp_main_es.pdf

[53] ŠPANĚLSKO. Ley 82/1980, de 30 de diciembre, sobre conservación de energía. In: *Global / Home :: Economist & Jurist* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://global.economistjurist.es/BDI/legislacion/legislaciongeneral/emergentelegislacion.php?id=1242523>

[54] ŠPANĚLSKO. Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración. In: *BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1998-30041>

[55] ŠPANĚLSKO. Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. In: *BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2004-5562>

[56] ŠPANĚLSKO. Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. In: *BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado* [online]. [cit. 2020-05-05]. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-10556>

[57] ŠPANĚLSKO. Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología. In: *BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-15595>

[58] ŠPANĚLSKO. Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. In: *BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-17976>

[59] ŠPANĚLSKO. Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico. In: *BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-7705>

[60] ALTOZANO, Hermenegildo. Spain – The Renewable Energy Law Review - Edition 2 - TLR - The Law Reviews. *The Law Reviews* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://thelawreviews.co.uk/edition/the-renewable-energy-law-review-edition-2/1196447/spain>

- [61] *National Survey Report of PV Power Applications in SPAIN - 2016* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/National_Survey_Report_of_PV_Power_Applications_in_Spain_-_2016.pdf
- [62] BELLINI, Emiliano. Spain's auction allocates 3.5 GW of PV capacity – pv magazine International. *Pv magazine International – Photovoltaic Markets and Technology* [online]. 26 July 2017 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.pv-magazine.com/2017/07/26/spains-auction-allocates-3-5-gw-of-pv-capacity/>
- [63] DONOSO, Jose. *National Survey Report of PV Power Applications in Spain 2018* [online]. , 4 - 18 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/NSR_Spain_2018.pdf
- [64] SOUČEK, Ondřej. V Evropě se pomalu začíná vyplácet stavět solární parky bez pomoci státu | E15.cz. *E15.cz - Byznys, politika, ekonomika, finance, události* [online]. 15. května 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/tema/jak-uspet-v-digitalni-dobe/v-evrope-se-pomalu-zacina-vyplacet-stavet-solarni-parky-bez-pomoci-statu-1358894>
- [65] *Sweden's Integrated National Energy and Climate Plan* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/se_final_necp_main_en.pdf
- [66] ŠVÉDSKO. Lag (1994:1776) om skatt på energi. In: *Sveriges riksdag* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-19941776-om-skatt-pa-energi_sfs-1994-1776
- [67] VÅGERÖ, Oskar. Renewable energy policy database and support: single. *Renewable energy policy database and support: Start* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/sweden/single/s/res-e/t/promotion/aid/tax-regulation-mechanisms-iii-tax-reduction-for-micro-production-of-renewable-electricity/lastp/199/>
- [68] LINDAHL, Johan, Cristina STOLTZ, Amelia OLLER-WESTERBERG a Jeffrey BERARD. *National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2018* [online]. , 1 - 45 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/NSR_Sweden_2018.pdf
- [69] PFLUGRADT, Noah Daniel. *Modellierung von Wasserund Energieverbräuchen in Haushalten*. Chemnitz, 2016. Dizertační práce. Technischen Universität Chemnitz, Fakultät Maschinenbau.
- [70] AYLETT, Ruth. The PSI model of emotion, personality and action. *Mathematical and Computer Sciences – Heriot-Watt University* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.macs.hw.ac.uk/~ruth/psi-refs.html>

- [71] POULEK, Vladislav a Martin LIBRA. Konstrukce a výroba fotovoltaických článků a panelů. *ELEKTRO* [online]. 2010(3), 6-9 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40646.pdf>
- [72] Types of Solar Panels: On the Market and in the Lab [2020]. *Solar Magazine / Solar Industry News and Insights* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://solarmagazine.com/solar-panels/>
- [73] Fotovoltaické panely – 3 základní typy | BCE.cz. *Fotovoltaická elektrárna na klíč pro váš dům* | bce [online]. 13. října 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.bce.cz/3-typy-fotovolatickych-panelu/>
- [74] SENDY, Andrew. Polycrystalline vs Monocrystalline solar panels: Which is the best type, and why? *Compare solar companies, solar panels, and solar prices* | *SolarReviews* [online]. 28 May 2020 [cit. 2020-08-09]. Dostupné z: <https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels>
- [75] Hybridní fotovoltaický systém | SOLARENVI a.s. *SOLARENVI a.s. - solární elektrárny, tepelná čerpadla, sluneční kolektory* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.solarencvi.cz/a-7-hybridni-fotovoltaicky-system.html>
- [76] Ekowatt: vliv sklonu a orientace. *Ekowatt* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://fotovoltaika.ekowatt.cz/vliv-sklonu-orientace.php>
- [77] The PVGIS project, a bit of background | EU Science Hub. *European Commission, official website* [online]. 02.12.2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/jrc/en/PVGIS/about/who>
- [78] Způsoby zapojení solárních elektráren. *Home* | *Silektro* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.silektro.cz/solarni-elektrarny/o-fotovoltaice/zpusoby-zapojeni-solarnich-elektraren>
- [79] Hybridní FVE. *Home* | *Silektro* [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.silektro.cz/solarni-elektrarny/reseni/hybridni-fve>
- [80] 7.5.2020, kurzy historie, kurzovní lístek čnb 7.5.2020, historie kurzů měn | *Kurzy.cz. Kurzy měn, akcie, komodity, zákony, zaměstnání - Kurzy.cz* | *Kurzy.cz* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/kurzy-men/kurzy.asp?A=H&M=6&D=07.05.2020>
- [81] Sazby DPH v EU v roce 2020 - Eurofiscalis. *Représentant fiscal TVA Union européenne | Cabinet TVA internationale* [online]. 1. Ledna 2020 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.eurofiscalis.com/cs/sazby-dph-2020/>

- [82] KOLAKOVIC, Ines a Denis LEYTHIENNE. Labour costs in the EU. *Eurostat newsrelease* [online]. 31 March 2020, 2020(52) [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/10624905/3-31032020-BP-EN.pdf/055df0e0-980d-27b9-a2a9-83b143d94d5b>
- [83] Pojištění FV systému - SVP Solar. *Domů - SVP Solar* [online]. 23. 5. 2009 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.svp-solar.cz/pojisteni-fv-systemu/>
- [84] *FVE Servis - kompletní servisní činnost pro FVE* [online]. [cit. 2020-08-09]. Dostupné z: <http://www.fve-servis.cz/>
- [85] Cílování inflace v ČR - Česká národní banka. *Česká národní banka* [online]. [cit. 2020-08-09]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/cilovani/>
- [86] Electricity price statistics - Statistics Explained. *European Commission, official website* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics&oldid=434059&fbclid=IwAR1crfC4QACSTwh_InGZM8xQdOff45DKDsRZxkN8R9ucxWZs4oy-1MQvTdI
- [87] Zdražování v Česku loni táhlo bydlení. Inflace dosáhla 2,8 procenta — ČT24 — Česká televize. *ČT24 — Nejdůvěryhodnější zpravodajský web v ČR — Česká televize* [online]. 13. 1. 2020 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/3028091-ceny-v-cesku-loni-v-prumeru-stoupily-o-28-procenta>
- [88] Elektřina pro soláry. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2018/moo/20180401-ele-pro-solary.pdf>
- [89] Uvažujete o pořízení malé solární elektrárny? Poradíme, jak na výkup přebytků - Novinky.cz. *Novinky.cz – nejčtenější zprávy na českém internetu* [online]. 13. 5. 2019 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/komerční-clanky/clanek/uvazujete-o-porizeni-male-solarni-elektřiny-poradime-jak-na-vykup-prebytku-40282824>
- [90] DAVID, Mareš. *Nové trendy ve financích a ekonomice*. Praha: Wolters Kluwer ČR, 2017. ISBN 978-80-7552-920-6
- [91] KNÁPKOVÁ, Adriana, Drahomíra PAVELKOVÁ, Daniel REMEŠ a Karel ŠTEKER. *Finanční analýza*. 3., kompletně aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0563-2

[92] ONDRÁČKOVÁ, Kamila. Stát nabízí v osmém upisovacím období dva typy státních dluhopisů | E15.cz. *E15.cz - Byznys, politika, ekonomika, finance, události* [online]. 19. června 2020 [cit. 2020-08-09]. Dostupné z: https://www.e15.cz/finexpert/investujeme/stat-nabizi-v-osmem-upisovacim-obdobi-dva-typy-statnich-dluhopisu-1370790?fbclid=IwAR3pOsHU3lKQrFT3CU8JxhTqpeIOh5Dz0Wzt-B4S_OhFSOGn-y_uH7xnRIQ

[93] Market data | Nord Pool. *Nord Pool* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/SE/Yearly/?view=table>

[94] MÄRTEL, Christian. Aktuelle Einspeisevergütung für Photovoltaik Anlagen 2020. *Solar – Verbraucherportal zu Solaranlagen & Solarenergie* [online]. 3. August 2020 [cit. 2020-08-09]. Dostupné z: <https://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/wirtschaftlichkeit/einspeiseverguetung>

[95] Compensación de Excedentes: primeras experiencias en clientes. *SOLARMAT | Placa Solar, Kit Solar, Autoconsumo | Tu tienda online de Placas Solares y Energía Solar de Confianza - SOLARMAT* [online]. 3 enero, 2020 [cit. 2020-08-09]. Dostupné z: <http://www.solarmat.es/blog/compensacion-excedentes-primeras-experiencias-clientes-solarmat/>

[96] Prezzi minimi garantiti per l'anno 2020. *GSE* [online]. [cit. 2020-08-09]. Dostupné z: https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Servizi%20per%20te/RITIRO%20DEDICATO/Altri%20contenuti/Prezzi%20minimi%20garantiti%202020.pdf

Přílohy

Přehled veličin modelu

Veličina	Jednotka	Popis
E_SPO	<i>kWh</i>	Okamžitá hodinová spotřeba domácnosti
E_VYR	<i>kWh</i>	Okamžitá hodinová výroba FV systému
DELTA_E	<i>kWh</i>	Okamžitý hodinový rozdíl výroby a spotřeby
B1	<i>kWh</i>	Změna stavu nabití akumulátoru dle podmínky B1
B2	<i>kWh</i>	Změna stavu nabití akumulátoru dle podmínky B2
B3	<i>kWh</i>	Změna stavu nabití akumulátoru dle podmínky B3
B4	<i>kWh</i>	Změna stavu nabití akumulátoru dle podmínky B4
STAV_AKU	<i>kWh</i>	Okamžitá úroveň nabití akumulátoru
KAP_AKU	<i>kWh</i>	Kapacita akumulátoru
E_PRO_1	<i>kWh</i>	Prodej energie v příslušné hodině při splnění podmínky B2
E_PRO_2	<i>kWh</i>	Prodej energie v příslušné hodině při plně nabitém akumulátoru
E_NAK_1	<i>kWh</i>	Nákup energie v příslušné hodině při splnění podmínky B3
E_NAK_2	<i>kWh</i>	Nákup energie v příslušné hodině při plně vybitém akumulátoru
E_PRO	<i>kWh</i>	Výsledná prodávaná energie v příslušné hodině
E_NAK	<i>kWh</i>	Výsledná nakupovaná energie v příslušné hodině
E_VLAST	<i>kWh</i>	Vlastní spotřeba domácnosti v příslušné hodině

Seznam použitých zkratek

CZK		Česká koruna
ČEPS		Česká energetická přenosová soustava
ČEZ		České energetické závody
ČNB		Česká národní banka
ČR		Česká republika
DPH		Daň z přidané hodnoty
EEG	<i>Erneuerbare-Energieren-Gesetz</i>	Německý zákon o obnovitelných zdrojích energie
ERÚ		Energetický regulační úřad
EU		Evropská unie
EUR		Euro
FIP	<i>Feed-in premium</i>	Zelený bonus
FIT	<i>Feed-in tariff</i>	Výkupní cena
FVE		Fotovoltaická elektrárna
GSE	<i>Gestore dei Servizi energetici</i>	Italský manažer energetických služeb
HFVE		Hybridní fotovoltaická elektrárna
Kč		Koruna česká
KfW	<i>Kreditanstalt für Wiederaufbau</i>	Německá bankovní skupina KfW
KVET		Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
LPG	<i>Load Profile Generator</i>	Generátor zatížení
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>	Sledovač bodu maximálního výkonu
NZÚ		Nová zelená úsporám
OZE		Obnovitelné zdroje energie
PSI	<i>Principles of Synthetic Intelligence</i>	Principy syntetické inteligence
PVGIS	<i>Photovoltaic Geographical Information system</i>	Fotovoltaický geografický informační systém
SIEA		Slovenská inovační a energetická agentura
Sk		Slovenská koruna
SR		Slovenská republika
ÚRSO		Slovenský úřad pro regulaci síťových odvětví
VTE		Větrná elektrárna
ZZT		Zpětné získávání tepla

Seznam použitých veličin

Veličina	Jednotka	Popis (anglicky)	Popis
CF	€ popříp. Kč	<i>Cash flow</i>	Hotovostní tok
NPV	€ popříp. Kč	<i>Net present value</i>	Čistá současná hodnota
IRR	1	<i>Internal rate of return</i>	Vnitřní výnosové procento
DPP	Rok	<i>Discounted payback period</i>	Diskontovaná doba návratnosti investice
T	Rok		Životnost investice
r	1		Diskontní úroková míra
D	1		Konstanta degradace panelu
R	1		Konstanta ročního růstu cen elektrické energie
V	€ popříp. Kč		Roční výdaje
I	1		Inflace
E_{PRO}	kWh		Prodávaná elektrická energie
E_{VLAST}	kWh		Vlastní spotřeba elektrické energie
C_{VYK}	€/kWh popříp. Kč/kWh		Výkupní cena elektrické energie
C_{NAK}	€/kWh popříp. Kč/kWh		Cena nákupu elektrické energie
ΔE	kWh		Rozdíl vyrobené a spotřebované el. energie
E_{NAK}	kWh		Nakoupená elektrická energie
E_{SPO}	kWh		Spotřebovaná elektrická energie
E_{VYR}	kWh		Vyrobena elektrická energie FV systémem

Ukázka realizace výpočtu CF

Bez akumulátoru

Vstupní data	
Celková roční spotřeba domácnosti [kWh]	4607
Celková roční výroba FV systému [kWh]	5508
Roční nakupovaná elektrická energie [kWh]	3389
Roční prodávaná elektrická energie [kWh] (přebytky)	4290
Nenakoupená roční elektrická energie [kWh] (samospotřeba)	1218
Investice	191 293 Kč
Cena elektřiny [Kč/kWh]	4,61
Cena výkupu elektřiny [Kč/kWh]	0,98
Konstanta ročního růstu cen elektřiny	3%
Konstanta roční degradace panelů	0,6%
Roční výdaje na pojištění [Kč]	249
Revize [Kč]	2670
Diskont	3%
Inflace	2%

Podpora
Žádná

Výkup přebytků Bonus S-Power [Kč/kWh]	1,34
Poplatek za službu [Kč/kWh]	0,36
Celkem [Kč/kWh]	0,98

Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Investice	-191 293	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Přjem za prodej přebytků		4 204	4 304	4 406	4 510	4 617	4 725	4 836	4 949	5 064	5 182	5 301
Úspory za nenakoupenou elektrickou energii (samospotřeba)		5 617	5 750	5 887	6 026	6 168	6 313	6 461	6 612	6 766	6 923	7 083
Výdaje na provoz		-249	-254	-3037	-264	-269	-3222	-280	-286	-3420	-297	-303
Celkové CF	-191 293	9 572	9 801	7 256	10 273	10 516	7 816	11 017	11 276	8 410	11 807	12 081
DCF	-191 293	9 293	9 238	6 641	9 127	9 071	6 546	8 958	8 901	6 446	8 786	8 727
Kumulativní CF	-191 293	-181 722	-171 921	-164 665	-154 392	-143 876	-136 060	-125 043	-113 767	-105 357	-93 549	-81 469
Kumulativní DCF	-191 293	-182 001	-172 763	-166 122	-156 995	-147 924	-141 378	-132 420	-123 519	-117 073	-108 287	-99 559
NPV	5 150 Kč											
IRR	3,22%											

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 423	5 547	5 674	5 803	5 934	6 068	6 204	6 343	6 484	6 627	6 773	6 922	7 073	7 226
7 246	7 412	7 581	7 753	7 929	8 108	8 290	8 475	8 663	8 855	9 050	9 248	9 450	9 655
-3629	-315	-322	-3851	-335	-341	-4087	-355	-362	-4337	-377	-384	-4602	-400
9 040	12 644	12 953	9 705	13 529	13 834	10 407	14 462	14 785	11 145	15 446	15 785	11 920	16 481
6 340	8 610	8 551	6 229	8 431	8 370	6 113	8 248	8 186	5 991	8 061	7 998	5 864	7 871
-72 429	-59 785	-46 851	-37 146	-23 617	-9 783	624	15 087	29 871	41 017	56 463	72 249	84 168	100 649
-93 219	-84 609	-76 059	-69 829	-61 399	-53 029	-46 916	-38 668	-30 482	-24 491	-16 429	-8 431	-2 567	5 304

S akumulátorem

Vstupní data	
Celková roční spotřeba domácnosti [kWh]	4607
Celková roční výroba FV systému [kWh]	5508
Roční nakupovaná elektrická energie [kWh]	1480
Roční prodávaná elektrická energie [kWh] (přebytky)	2376
Nenakoupená roční elektrická energie [kWh] (samospotřeba)	3127
Investice	435 427 Kč
Cena elektřiny [Kč/kWh]	4,61
Cena výkupu elektřiny [Kč/kWh]	0,98
Konstanta ročního růstu cen elektřiny	3%
Konstanta roční degradace panelů	0,6%
Roční výdaje na pojištění [Kč]	566
Revize [Kč]	2670
Diskont	3%
Inflace	2%

Podpora	
Dotace NZÚ (FV systém s akumulací elektřiny a celkovým využitelným ziskem ≥ 3000 kWh.rok-1)	Výše dotace 100 000 Kč

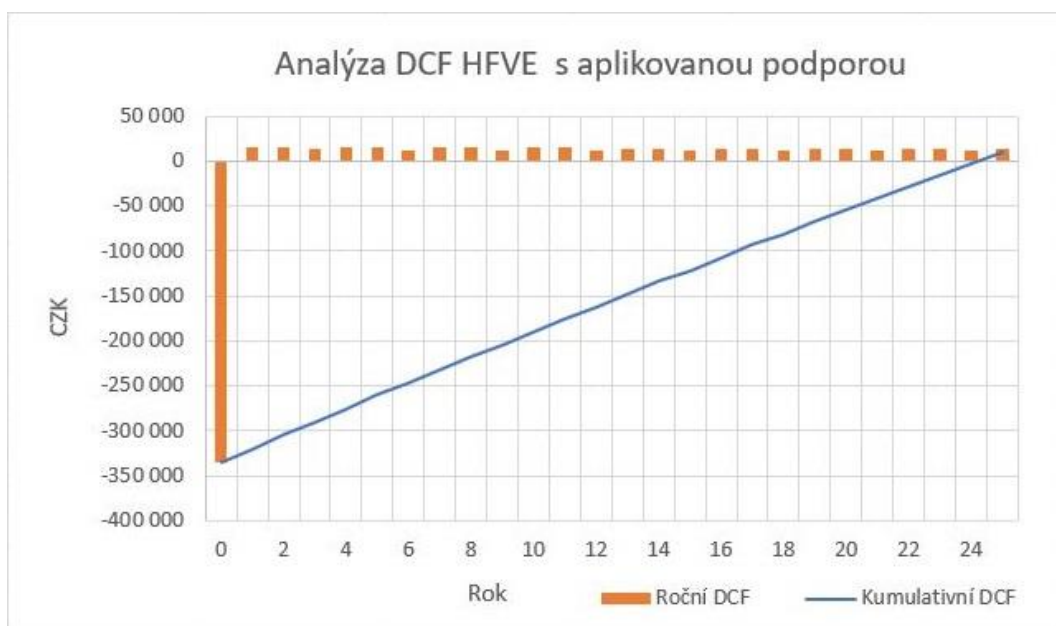
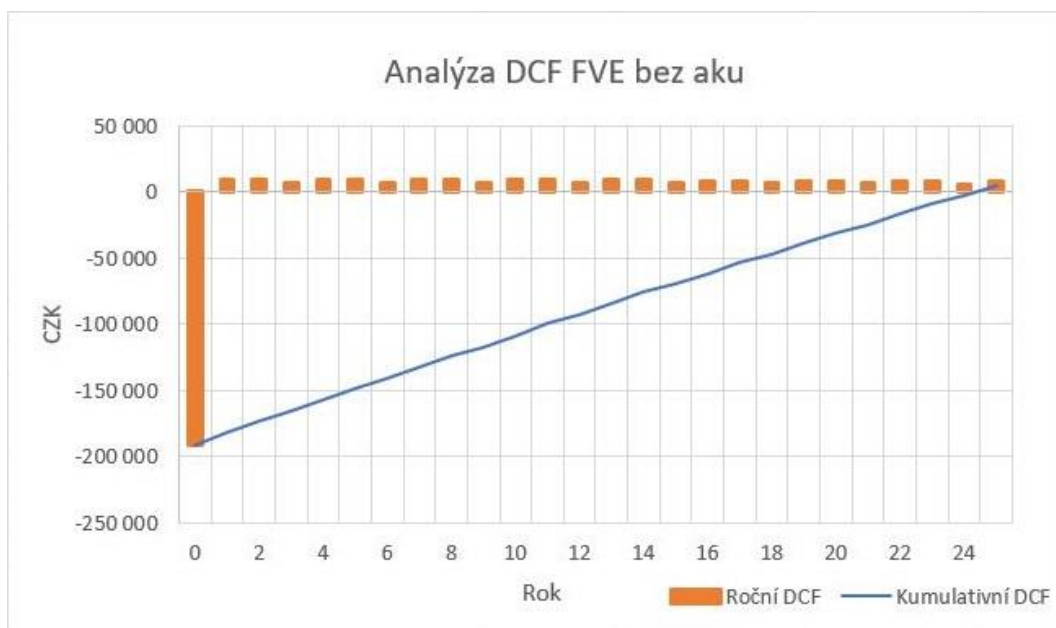
Výkup přebytků Bonus S-Power [Kč/kWh]	1,34
Poplatek za službu [Kč/kWh]	0,36
Celkem [Kč/kWh]	0,98

Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Investice s aplikovanou podporou	-335 427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Příjem ze prodeje přebytků	2 329	2 384	2 441	2 499	2 558	2 618	2 679	2 742	2 806	2 871	2 937	2 997
Úspory za nenakoupenou elektrickou energii (samospotřeba)	14 416	14 759	15 109	15 467	15 832	16 204	16 584	16 971	17 366	17 769	18 179	18 597
Výdaje na provoz	-566	-577	-367	-601	-613	-3573	-637	-650	-3792	-676	-690	-690
Celkové CF	-335 427	16 178	16 566	14 184	17 365	17 777	15 249	18 626	19 063	16 380	19 663	20 426
DCF	-335 427	15 707	15 615	12 980	15 429	15 335	12 771	15 144	15 048	12 554	14 854	14 756
Kumulativní CF	-335 427	-319 248	-302 682	-288 499	-271 134	-253 357	-238 108	-219 482	-200 419	-184 039	-164 077	-143 651
Kumulativní DCF	-335 427	-319 720	-304 105	-291 125	-275 696	-260 361	-247 591	-232 446	-217 398	-204 844	-189 990	-175 234
NPV	9 406 Kč											
IRR	3,23%											

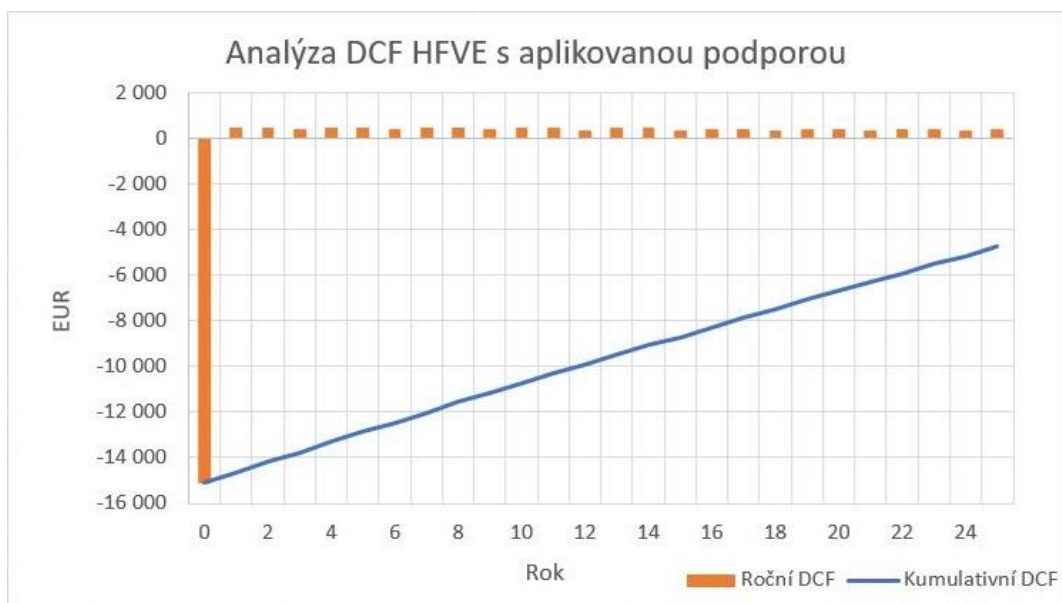
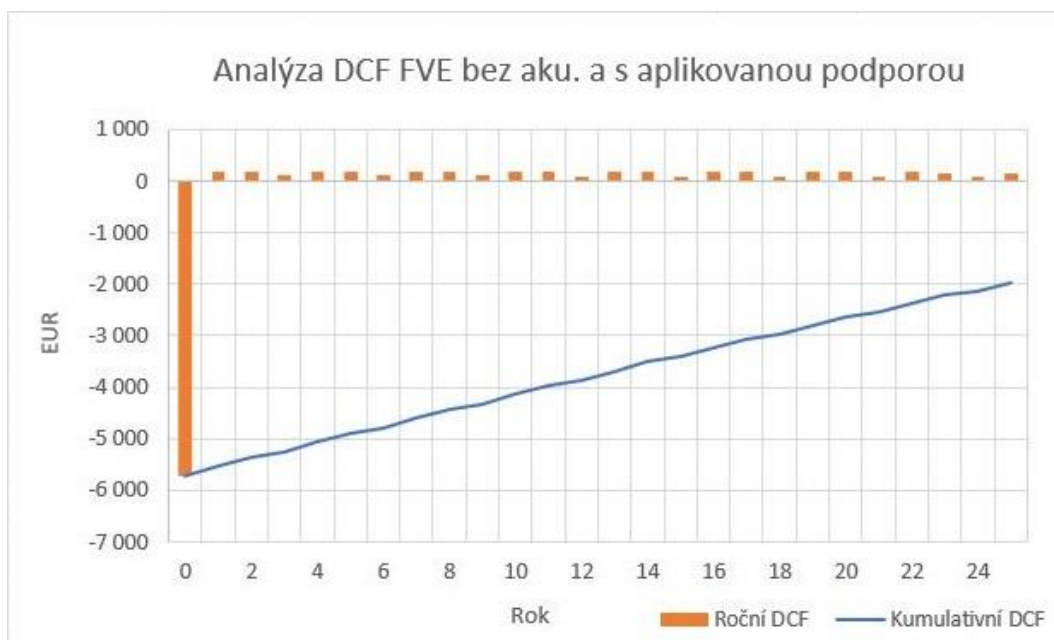
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 005	3 073	3 144	3 215	3 288	3 362	3 437	3 514	3 592	3 672	3 753	3 835	3 918	4 003
18 597	19 023	19 458	19 900	20 350	20 809	21 276	21 751	22 235	22 727	23 227	23 736	24 254	24 780
-4024	-718	-732	-4270	-762	-777	-4531	-808	-825	-4809	-858	-875	-5103	-910
17 578	21 379	21 869	18 845	22 876	23 394	20 182	24 457	25 003	21 590	26 122	26 696	23 069	27 873
12 329	14 558	14 458	12 096	14 256	14 154	11 855	13 947	13 843	11 606	13 633	13 527	11 349	13 312
-126 073	-104 694	-82 825	-63 980	-41 103	-17 709	2 473	26 930	51 932	73 523	99 645	126 341	149 410	177 283
-162 905	-148 847	-133 889	-121 793	-107 537	-93 383	-81 529	-67 581	-53 738	-42 132	-28 499	-14 972	-3 624	9 688

Grafické znázornění DCF jednotlivých států

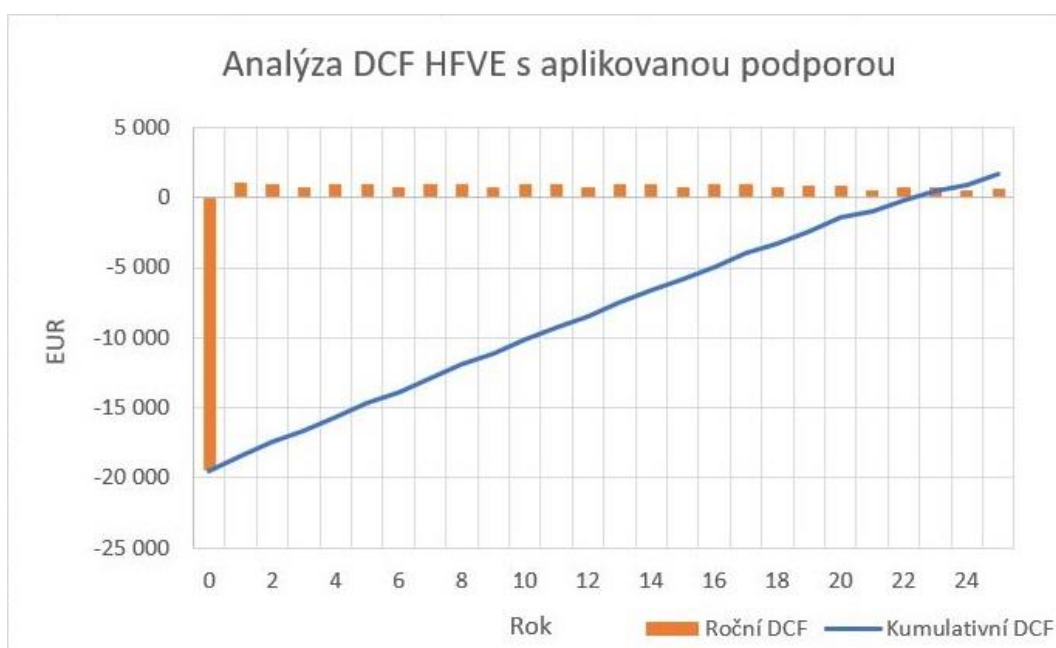
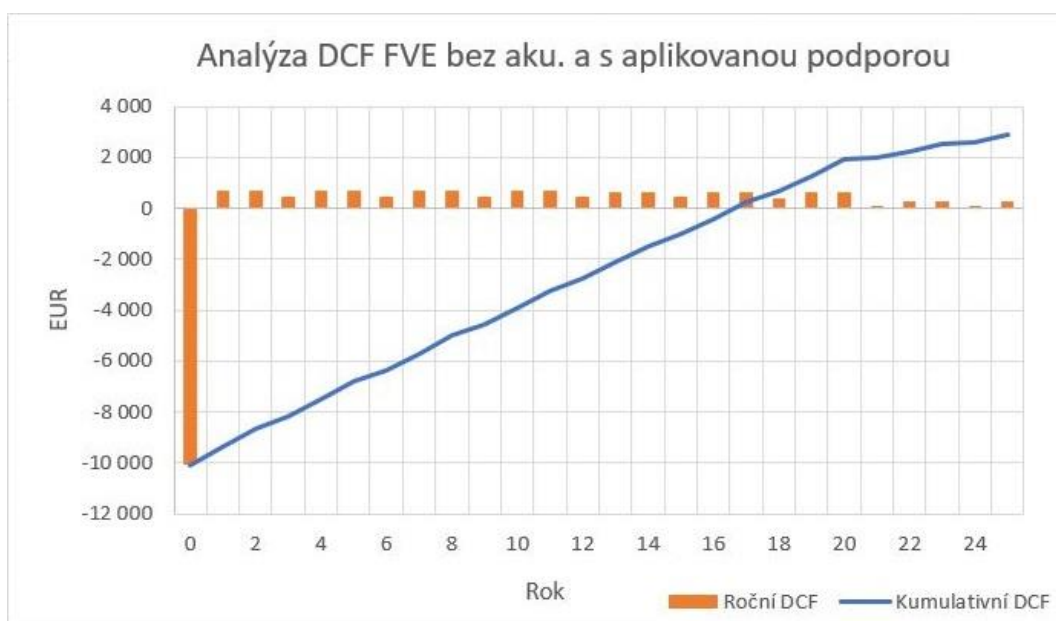
Česká republika



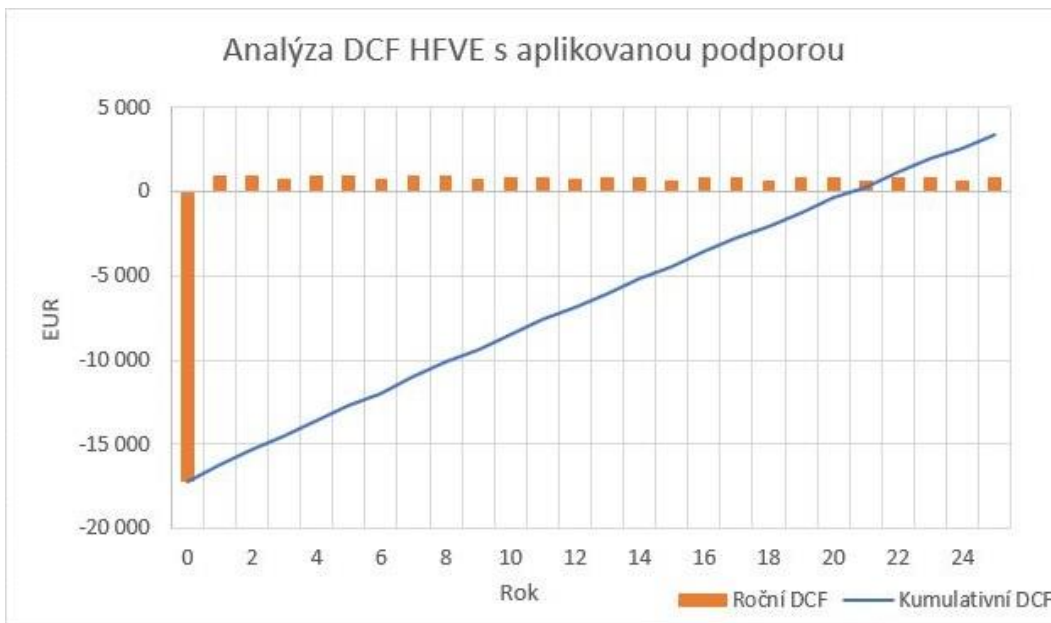
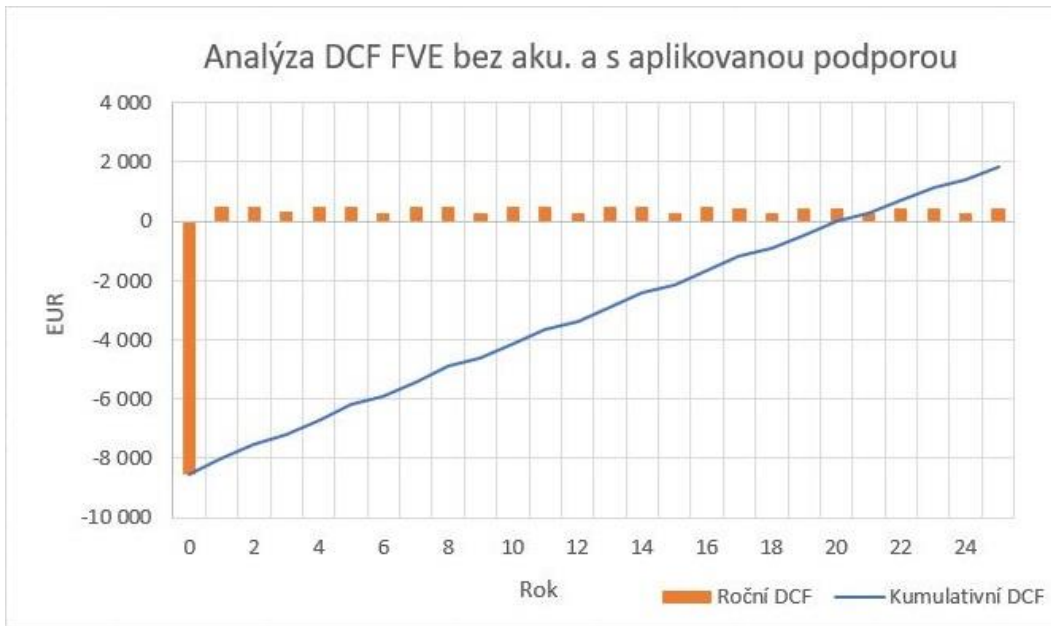
Slovensko



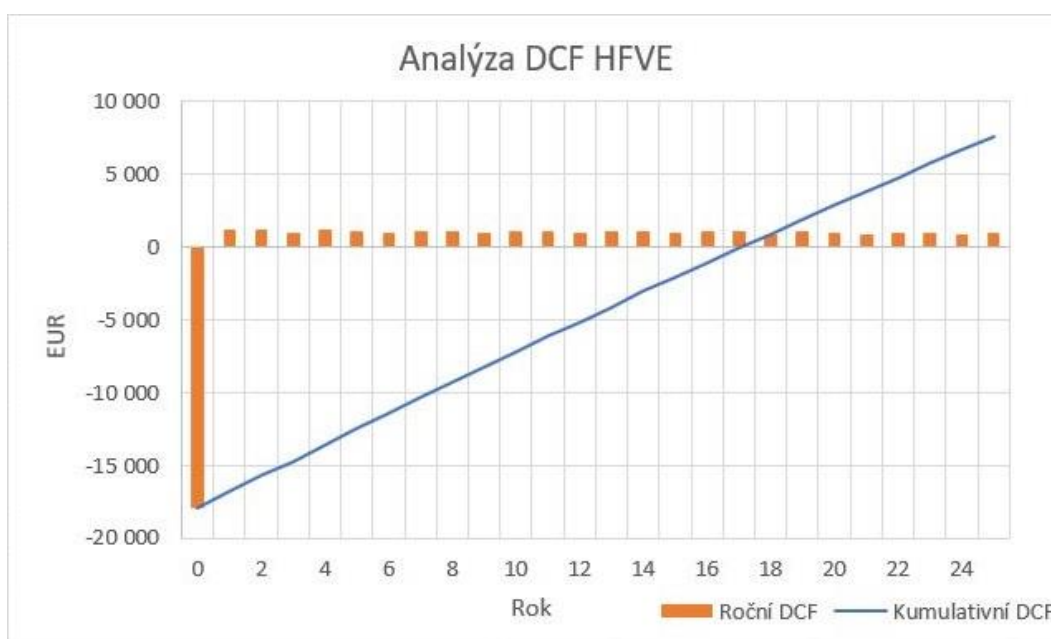
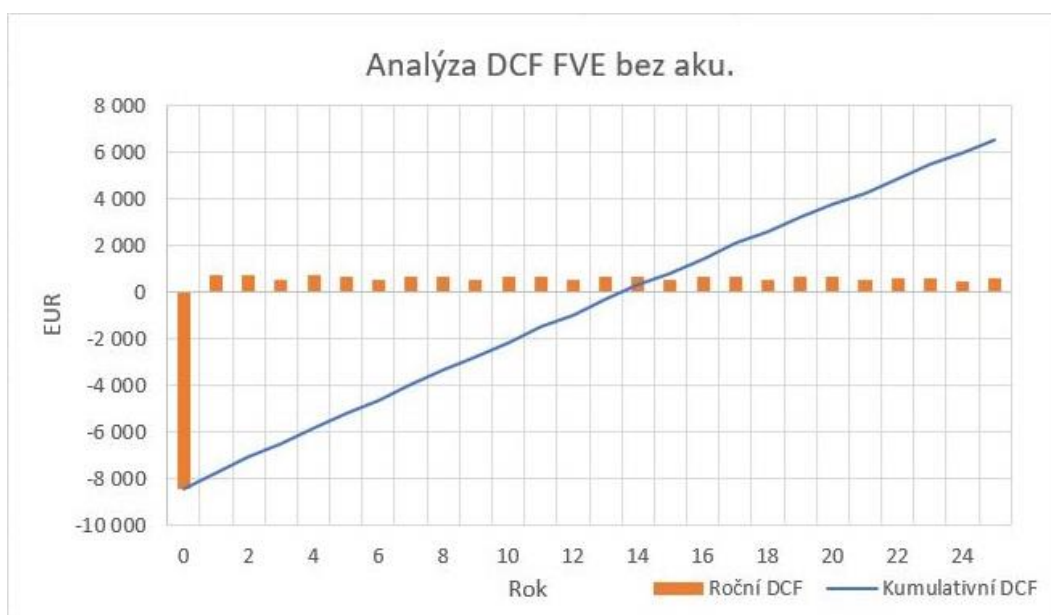
Německo



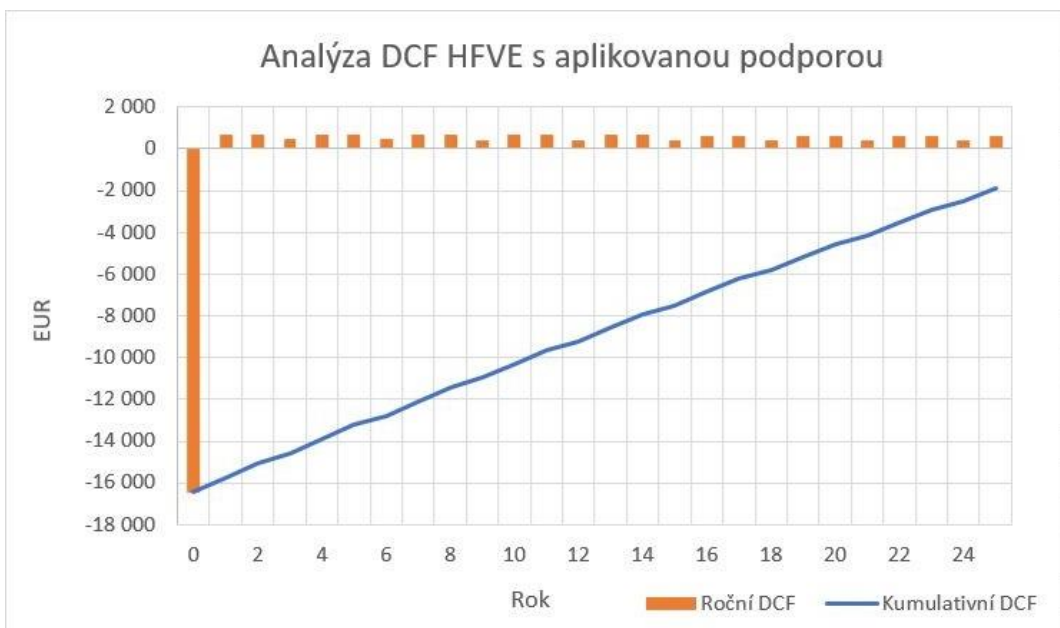
Itálie



Španělsko



Švédsko



Seznam obrázků

Obrázek 1: Výběr aktivity pro maximální uspokojení tužeb [69]	24
Obrázek 2: Ukázka programu Load Profile Generator 8.8.0.0	25
Obrázek 3: Denní spotřeba elektrické energie modelového domu, výstup z LPG	27
Obrázek 4: Příklad monokrystalického modulu [72]	28
Obrázek 5: Příklad polykrystalického modulu [72]	29
Obrázek 6: Příklad tenkovrstvého FV modulu [72]	30
Obrázek 7: Způsob zapojení FV elektrárny bez akumulčního zařízení [78]	33
Obrázek 8: Výroba FV systému, bez vlastní spotřeby, dodání do sítě [78]	33
Obrázek 9: FV systém nevyrábí, vlastní spotřeba je pokryta ze sítě [78]	34
Obrázek 10: FV systém vyrábí, pokryje spotřebu, přebytky dodává do sítě [78]	34
Obrázek 11: FV systém nezvládá pokrýt vlastní spotřebu a musí se odebírat elektrická energie ze sítě [78]	35
Obrázek 12: Způsob připojení hybridní FV elektrárny [79]	37

Seznam tabulek

Tabulka 1: Cenového rozhodnutí ERÚ 2/2010 [11]	5
Tabulka 2: Stanové výše výkupních cen a zelených bonusů k 30. 9. 2019 [22]	8
Tabulka 3: Přehled dotací na FVE v rámci Nová zelená úsporám [23]	9
Tabulka 4: Podpora výstavby fotovoltaického systému pro rodinný dům na Slovensku [33] ..	11
Tabulka 5: Výše poplatku na náklady placené Manažerovi energetických služeb (GSE) [50]	16
Tabulka 6: Výše výkupních cen FVE dle instalovaného výkonu dle španělského zákona 661/2007 [56]	18
Tabulka 7: Rozdělení FV systémů dle jmenovitých výkonů [57]	19
Tabulka 8: Velikost, trvání a původní datum ukončení investiční podpory pro Švédsko [68]	22
Tabulka 9: Lokality umístění modelových domů	32
Tabulka 10: Parametry FV systému bez akumulátoru a použité komponenty	35
Tabulka 11: Použité komponenty v hybridním FV systému s akumulátorem	36
Tabulka 12: Nacenění FV systému bez akumulátoru	43
Tabulka 13: Nacenění FV systému s akumulátorem	43
Tabulka 14: Výše DPH jednotlivých států [81]	44
Tabulka 15: Cena práce EU [81]	44
Tabulka 16: Ceník pojištění a revize pro systém v ČR	45
Tabulka 17: Ceny elektrické energie ve vybraných státech EU [86]	45
Tabulka 18: Úspory za první rok provozu FV systému v ČR	46
Tabulka 19: Výkup přebytků Česká republika [89]	46
Tabulka 20: Příjem za první rok provozu FV systému v ČR	47
Tabulka 21: Ekonomické porovnání FV systému bez akumulátoru s aplikovanými podporami ve vybraných státech EU	50
Tabulka 22: Ekonomické porovnání FV systému s akumulátorem a s aplikovanými podporami ve vybraných státech EU	51
Tabulka 23: Ekonomické vyhodnocení států s FVE při konstantní výrobě	53
Tabulka 24: Ekonomické vyhodnocení států s HFVE při konstantní výrobě	54

Seznam grafů

Graf 1: Vývoj instalovaného výkonu a výroby elektrické energie FVE v ČR (2006-2018) [9]	4
Graf 2: Roční spotřeba elektrické energie modelového domu.....	27
Graf 3: Spotřeba el. energie a předpokládaná výroba FV systému v 1. roce.....	32
Graf 4: Porovnání NPV jednotlivých států při skutečné výrobě.....	52
Graf 5: Porovnání NPV jednotlivých států při jednotné výrobě dle Německa.....	52
Graf 6: Porovnání IRR jednotlivých států při skutečné výrobě.....	53
Graf 7: Porovnání IRR jednotlivých států při jednotné výrobě dle Německa.....	53
Graf 8: Citlivostní analýza diskontu FVE bez akumulátoru.....	55
Graf 9: Citlivostní analýza diskontu FVE s akumulátorem.....	55
Graf 10: Citlivostní analýza ročního růstu cen FVE bez akumulátor ČR.....	56
Graf 11: Citlivostní analýza ročního růstu cen FVE s akumulátorem a podporou ČR.....	56