

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Využití distribuční sítě pro akumulaci elektrické energie z FVE**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tereza SEDLÁČKOVÁ**

Osobní číslo: **E15N0092P**

Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**

Studijní obor: **Technická ekologie**

Název tématu: **Využití distribuční sítě pro akumulaci elektrické energie z FVE**

Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište typy a způsoby provozu fotovoltaických systémů.
2. Analyzujte možnosti využití akumulace elektřiny z fotovoltaických systémů v ostrovním provozu i připojených k distribuční síti.
3. Zhodnoťte problematiku využití distribuční sítě pro akumulaci z FVE po stránce technické, energetické i legislativní. Uveďte zkušenosti v zemích EU.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **14. října 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2017**



Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

## **Abstrakt**

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na zhodnocení problematiky akumulace elektrické energie z fotovoltaických elektráren z hlediska technického, energetického a legislativního a uvedení příkladu této problematiky v jiných zemích EU. První kapitola pojednává o typech a způsobech provozu fotovoltaických systémů. Následující kapitola popisuje jednotlivé možnosti akumulace elektřiny z fotovoltaických systémů. Závěrečná část práce se věnuje zhodnocení problematiky akumulace elektřiny z fotovoltaických systémů.

## **Klíčová slova**

Fotovoltaické systémy, akumulace elektrické energie, lithium – iontové baterie, elektromobilita, připojení fotovoltaické elektrárny, energetický zákon

**Abstract**

This thesis is focused on the evaluation of photovoltaic power plant accumulation in terms of technical, energy and legislative aspects and an example of this issue in other EU countries. The first chapter deals with types and methods of operation of photovoltaic systems. The following chapter describes individual possibilities of electricity storage from photovoltaic systems. The conclusion of the thesis gives an evaluation of the issue of the accumulation of electricity from photovoltaic systems.

**Key words**

Photovoltaic systems, electric energy storage, lithium - iont batteries, electromobility, photovoltaic power plant connection, energy law

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 17.5.2017

Bc. Tereza Sedláčková

## **Poděkování**

Tímto bych velmi ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Janu Škorpilovi, Csc. a panu Ing. Josefu Ledvinovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>10</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>1 TYPY A ZPŮSOBY PROVOZU FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ</b> .....	<b>12</b>
1.1 FOTVOLTAICKÝ SYSTÉM .....	12
1.2 ROZDĚLENÍ FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ Z HLEDISKA KONSTRUKCE .....	13
1.3 TYPY FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ .....	13
1.3.1 Systémy ostrovní (grid off).....	13
1.3.2 Systémy síťové (grid on) .....	14
1.3.3 Systémy hybridní.....	15
1.3.4 Ohřev vody pomocí fotovoltaických modulů.....	16
1.4 ÚDRŽBA FV PANELŮ, SKLON A ORIENTACE PANELŮ, OCHRANA PROTI BLESKU A PŘEPĚTÍ.....	18
<b>2 MOŽNOSTI AKUMULACE ELEKTŘINY Z FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ</b> .....	<b>20</b>
2.1 KONDENZÁTORY .....	20
2.2 AKUMULÁTORY .....	21
2.2.1 Olověné akumulátory.....	21
2.2.2 Alkalické akumulátory.....	22
2.2.3 Akumulátory Zn – Br .....	22
2.2.4 Akumulátory Li – ion.....	23
2.2.5 Akumulátory Na – S.....	23
2.2.6 Baterie vzduch – kov.....	24
2.2.7 Akumulátory Mg - ion.....	24
2.2.8 Průtokové baterie .....	24
2.3 SETRVAČNÍKY .....	25
2.4 PŘEČERPÁVACÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY .....	26
2.5 AKUMULACE ENERGIE DO VODÍKU .....	26
2.6 AKUMULACE STLAČENÝM VZDUCHEM.....	27
2.7 SROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ AKUMULAČNÍCH ZAŘÍZENÍ .....	28
<b>3 PODMÍNKY TECHNICKÉ, ENERGETICKÉ A LEGISLATIVNÍ</b> .....	<b>31</b>
3.1 PODMÍNKY PŘIPOJENÍ FVE K SÍTI.....	31
3.1.1 Technické požadavky podle výkonu výroben .....	31
3.1.2 Hodnoty napětí a kmitočtu v síti.....	32
3.1.3 Nastavení ochrany.....	33
3.1.4 Uvedení výroby do trvalého provozu .....	33
3.1.5 Povinné podklady pro připojení k DS.....	34
3.1.6 Připojení FVE do 10 kW do sítě .....	34
3.2 LEGISLATIVA.....	36
3.2.1 Energetický zákon.....	36
3.2.2 Zákon o daních z příjmu .....	36
3.2.3 Zákon o podpoře výroby elektřiny z OZE .....	37
3.2.4 Zákon o podporovaných zdrojích energie .....	37
3.2.5 Vyhláška o podmínkách připojení k elektrizační soustavě.....	38
3.2.6 Legislativa pro akumulaci energie z FVE.....	39
3.3 NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM.....	40
3.4 PŘÍKLADY NABÍZENÝCH FV SYSTÉMŮ S AKUMULACÍ V ČR .....	40
3.5 NÁVRATNOST INVESTICE FVE S AKUMULACÍ .....	42
3.6 MOŽNOSTI VYUŽITÍ ELEKTROMOBILITY PRO AKUMULACI A DS .....	44
3.7 AKUMULACE ENERGIE A JEJÍ VYUŽITÍ.....	46



<b>4 AKUMULACE ELEKTRICKÉ ENERGIE Z FVE V ZEMÍCH EU .....</b>	<b>47</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>51</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>56</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>57</b>

## Seznam symbolů a zkratk

A	Ampér
DS	Distribuční soustava
EVA	Etylen-vinyl acetát
FV	Fotovoltaický
FVE	Fotovoltaická elektrárna
Hz	Herz
kg	Kilogram
kVA	Kilovoltampér
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatthodina
MPa	Megapascal
MVA	Megavoltampér
MWh	Megawatthodina
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
nn	Nízké napětí
OZE	Obnovitelné zdroje energie
V	Volt
vn	Vysoké napětí
Wp	Watt špičkového výkonu (wattpeak)

## **Úvod**

Využití obnovitelných zdrojů energie je v dnešní době velmi vyhledávané pro jejich ekologickou šetrnost k životnímu prostředí. Vzhledem k jejich nerovnoměrnému dodávání energie je akumulace získané energie velmi aktuálním tématem, které bude v budoucí době stále více rozebírané a podrobené dalším vývojovým technologiím.

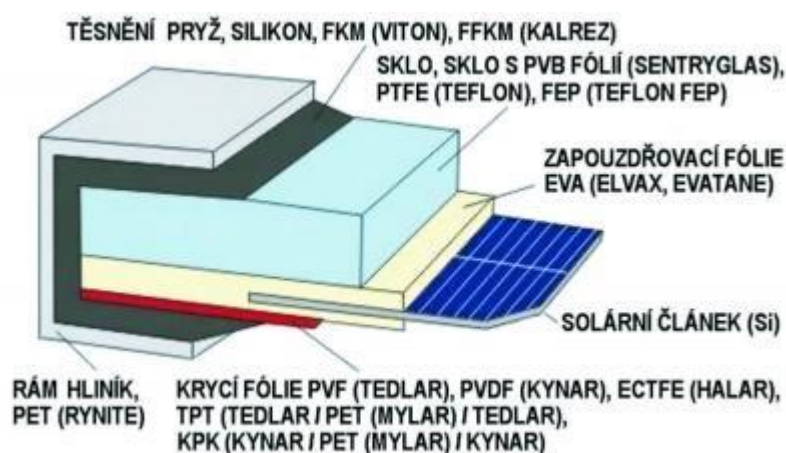
Práce je rozčleněna na čtyři hlavní kapitoly, ve kterých jsou rozebrány fotovoltaické systémy podle typu a způsobu provozu, analýza možností akumulace elektřiny z fotovoltaických elektráren a jejich výhody a nevýhody. Další část je věnována technické, energetické a legislativní problematice akumulace z fotovoltaických elektráren a v poslední části práce jsou uvedeny příklady projektů o skladování elektrické energie v dalších zemích EU.

# 1 Typy a způsoby provozu fotovoltaických systémů

## 1.1 Fotovoltaický systém

Fotovoltaický systém se skládá z několika částí:

- FV panelu, který je sestaven z křemíkových článků (amorfních, monokrystalických nebo polykrystalických), hliníkového rámu, fólie, tvrzeného skla a EVA zapouzdřovací fólie, což je znázorněno na obrázku 1.



Obr. 1: Fotovoltaický model [5]

- Střídače, který přeměňuje stejnosměrný proud na střídavý proud s vhodnými parametry
- Maximum power point tracker optimalizující maximální výkon použitých fotovoltaických panelů
- Vodiče k propojování
- Jistící, konstrukční a pomocné prvky
- Baterie nebo akumulační zásobník

## 1.2 Rozdělení fotovoltaických systémů z hlediska konstrukce

Fotovoltaické systémy se dělí z hlediska konstrukce na statické a otočné. Solární tracker je zařízení s pohyblivým stojanem a natáčí se vhodným směrem vůči Slunci a tím zajišťuje větší účinnost solárních panelů. Jednoosé solární trackery sledují směr slunečního záření. Dvousé solární trackery se dokážou otáčet i nastavit sklon zařízení. Solární trackery musí být rozmístěny s většími rozestupy, aby nedocházelo k vzájemnému stínění. Tato zařízení jsou více mechanicky namáhaná a je tedy nutné je více udržovat. Mohou zvyšovat výrobu energie až o 20 - 30%. V České republice jsou častěji stavěny fotovoltaické zařízení statická, z důvodu prostorových podmínek.

## 1.3 Typy fotovoltaických systémů

Podle provozu se dělí systémy na síťové fotovoltaické systémy též někdy označované jako grid on nebo v režimu „zeleného bonusu“, ostrovní (grid off nebo autonomní) a hybridní fotovoltaické systémy.

### 1.3.1 Systémy ostrovní (grid off)

Ostrovní systémy se využívají v místech, kde není snadno přístupné připojení k elektrické síti nebo by bylo příliš finančně nákladné. Mohou být instalovány na malých objektech, jako jsou například parkovací automaty, měřicí stanice, pouliční osvětlení, značení, ale také chaty v horských oblastech, na jachtách a karavanech apod. Ostrovní systémy potřebují ke svému provozu akumulátory. Výhodné jsou pro místa, kde není potřeba celoročního provozu, ideální jsou pro víkendové, sezónně využívané objekty.

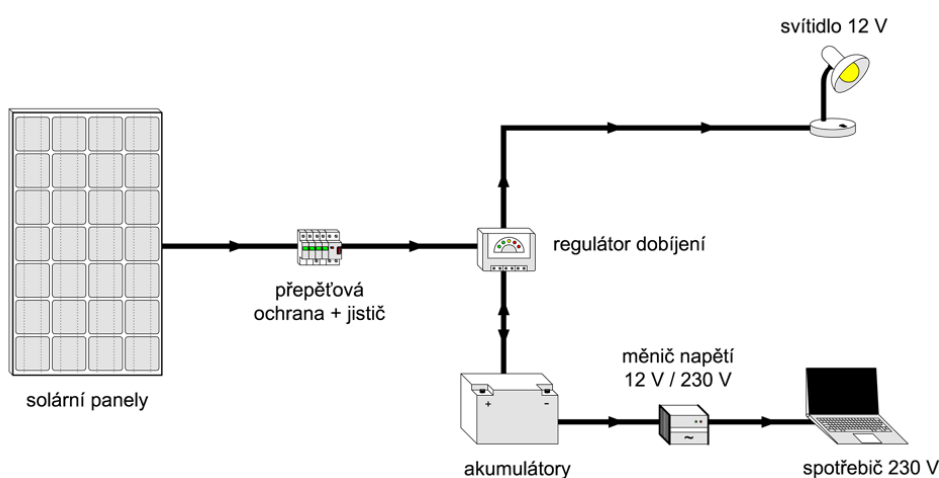
Výhody ostrovních systémů jsou nezávislost, šetrnost k životnímu prostředí, údržba, životnost, snížení ztrát při dodávání energie. Mezi nevýhody patří potřeba dalšího zdroje energie, pro celoroční provoz prvotní finanční náklady.

Ostrovní systémy s přímým napájením svou funkci vykonávají pouze za slunečního svitu. Využívají se např. pro pohon čerpadla pro výrobu teplé vody.

Ostrovní systémy s akumulací energie obsahují solární baterie pro fungování i v čase, kdy není dostatek slunečního záření (ve dne i v noci). Tento typ systémů se může využívat pro jachty, chaty, reklamy s osvětlením.

Základní části ostrovních systémů:

- Fotovoltaický panel
- Regulátor nabíjení, jehož součástí je sledovací zařízení kapacity akumulátorů
- Jistič, přepětová ochrana
- Akumulátor (olověný nebo na bázi lithia)
- Střídač
- Propojovací zařízení
- Připojené spotřebiče



Obr. 2: Ostrovní systém (grid off)[6]

Sledovací zařízení kapacity akumulátorů, které je součástí regulátoru dobíjení, odpojuje solární panel při přebití baterie. Kdyby došlo k vybití baterie, tak sledovací zařízení kapacity akumulátorů odpojí spotřebiče.

[1, 2, 5, 6, 7, 8]

### 1.3.2 Systémy síťové (grid on)

Síťové fotovoltaické systémy se instalují na větších objektech, které mají přípojku na veřejnou rozvodnou síť.

Výhodou grid on systémů je větší účinnost a snazší instalace oproti grid off systému. Není potřeba nákladné baterie a její údržba, síťový systém může být levnější. Solární panely vyrábí více energie, než jsou majitelé schopni využít, přebytečná energie je dodávána do veřejné rozvodné sítě. Energii je možné prodávat za cenu dohodnutou mezi dodavatelem a výrobcem. Velmi výhodné ceny za výkup energie byly do roku 2013.

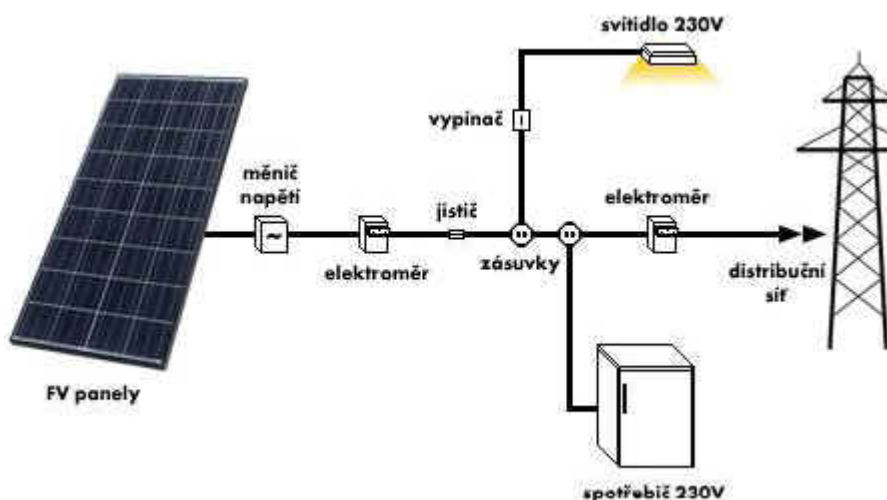
Při nedostatku je napájení naopak čerpáno z veřejné sítě.

Části fotovoltaického síťového systému:

- Fotovoltaické panely
- Propojovací zařízení
- Měníč napětí
- Elektroměr
- Měřicí, ochranné a indikační přístroje

Střídač neboli měnič napětí je zapojený pro převod stejnosměrného proudu na střídavý, který je možné dodat rozvodné síti. Při výpadku sítě se měnič napětí odpojí.

[1, 2, 5, 6, 7, 8]



Obr. 3: Síťový systém (grid on) [7]

### 1.3.3 Systémy hybridní

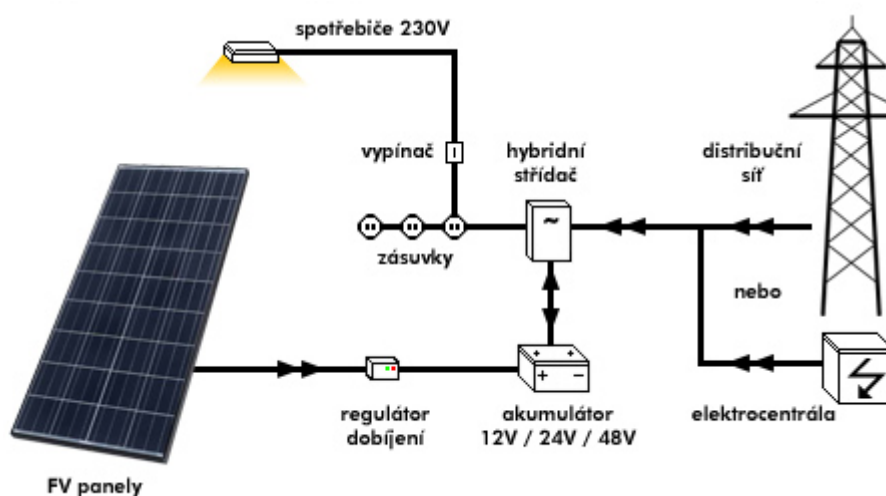
Hybridní systémy mohou být spojením grid off systémů se záložním napájením nebo grid on systémů s využitím úložné baterie. Jedná se tedy o kombinaci ostrovních a síťových systémů. Systém do veřejné sítě energii nedodává.

Výhodou je fungování nezávisle na rozvodné síti. V případě výpadku veřejné rozvodné sítě a přírodních pohrom, dokáže fungovat i po dobu několika dní. Hybridní systém spotřebovává elektřinu vyrobenou ze solárních panelů a zároveň ji může zálohovat pomocí akumulátorů.

Části hybridního systému:

- Fotovoltaické panely
- Propojovací zařízení
- Regulátor nabíjení a vybíjení
- Akumulátor
- Hybridní střídač
- Usměrňovač

[8, 9]



Obr. 4: Hybridní systém [8]

### 1.3.4 Ohřev vody pomocí fotovoltaických modulů

Ohřev vody pomocí fotovoltaických modulů je zařízení, které není připojené do sítě a není na něj potřeba povolení. Energie z fotovoltaických panelů se přeměňuje na teplo v zásobníku teplé vody. Po zahřátí vody se systém vypne a nedochází k přehřívání.

Výhodou je snadná instalace, minimální stavební úpravy do budovy, nepřehřívání panelů a nenáročná údržba. Fotovoltaické panely nepotřebují přímé sluneční záření pro svou funkci. Zařízení není finančně náročné, nepotřebuje střídač. Program Nová zelená úsporám dotuje fotovoltaický ohřev vody do 35 000 Kč. Technologii mohou využívat všechny typy bytových budov.

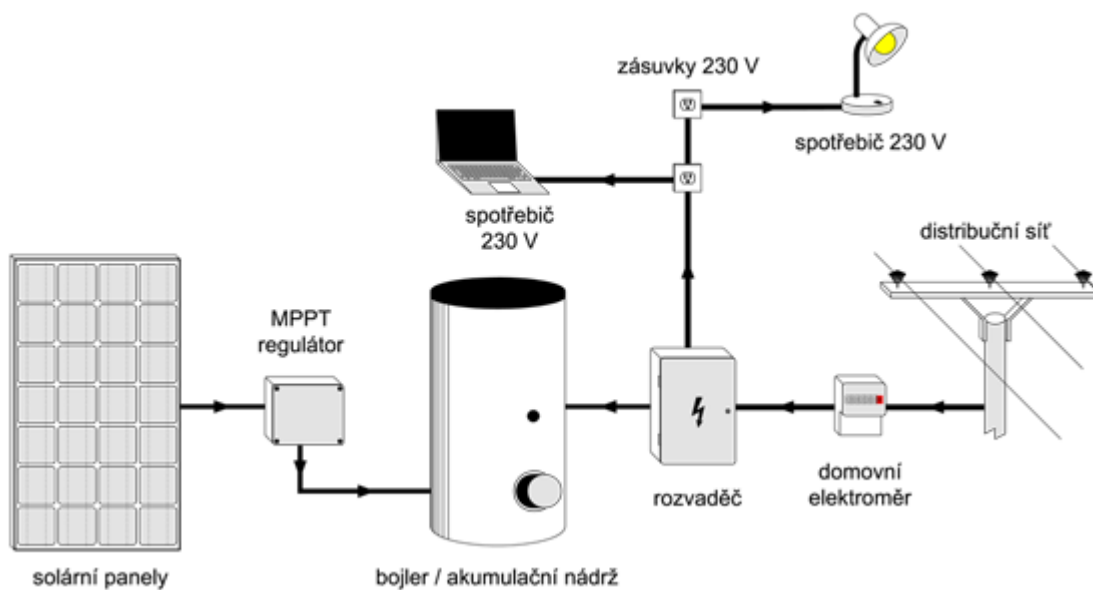
Nevýhodou je, že systém neumožňuje získanou energii spotřebovat jinde.



Části zařízení pro fotovoltaický ohřev vody:

- Fotovoltaické panely
- Kabely
- Regulátor
- Topné těleso zásobníku teplé vody
- Zásobník teplé vody (bojler)

[10]



Obr. 5: Ohřev vody pomocí fotovoltaických panelů [10]

## 1.4 Údržba FV panelů, sklon a orientace panelů, ochrana proti blesku a přepětí

### Údržba a životnost FV panelů

Údržba solárních panelů je nenáročná. Na povrchu je sklo a případné nečistoty se tedy bez lidského zásahu samy smyjí deštěm. Sníh sklouzne a tvrzené sklo chrání panely před kroupami. Pouze panely pod sklonem menším jak  $10^\circ$  mohou zachycovat a usazovat nečistoty u rámu, ale i tak se sníží výkon jen o jednotky procent. Životnost panelů je výrobci odhadována přibližně na 25 let, výkonnost se v průběhu životnosti pomalu snižuje zhruba na 80 %.

### Sklon a orientace panelů

Fotovoltaické panely je nejvhodnější směřovat na jih a to se sklonem přibližně  $30^\circ$  až  $49^\circ$  pro jejich největší energetický výkon. Sklon panelů je odlišný u jednotlivých druhů systémů. V zimním období, kdy je Slunce níže se doporučuje nastavit sklon na  $49^\circ$ . V letním období je Slunce výše na obloze a proto se nastavuje sklon pod úhlem  $30^\circ$ . Sklon panelů je ovlivněn především překážkami, které se mohou v blízkosti fotovoltaických modulů vyskytovat a tím je nutné úhel přizpůsobit, aby si moduly vzájemně nestínily. Velké solární parky mají úhel okolo  $20^\circ$  kvůli stínění. Návrh sklonu fotovoltaických panelů se může ještě před jejich instalací navrhnout počítačovou simulací.

### Ochrana proti přepětí a blesku

Zařízení jsou instalována na venkovních místech, jsou tedy ohrožená atmosférickému a indukovanému přepětí. Šířící se bleskový proud je příčinou přepětí, které způsobuje škody na zařízení. Důležitost ochrany proti přepětí a blesku je především z hlediska životnosti. Instalace fotovoltaického zařízení na budovy může zvýšit riziko pro elektrická zařízení v budově svedením bleskového proudu kabely. Elektromagnetické pole může v kabelových šachtách a roštech indukovat přepětí. Ochrana přepětí a blesku se určuje podle vypočtené hodnoty rizika pomocí souboru norem ČSN EN 62305-2. Ochrany závisí na tom, zda je nebo není objekt chráněn hromosvodem.

Objekty s hromosvodem mají podle normy ČSN EN 62305-1 ed. 2 (341390) předepsanou vzdálenost fotovoltaického zařízení od hromosvodu. V případě, kdy vzdálenost není dostatečná, musí se přímo spojit část hromosvodu s kovovým rámem

nebo se musí stínit stejnosměrné vedení.

U objektů bez hromosvodu se musí elektrotechnické rozvody opatřit svodiči přepětí (ochranou střídače, ochranou napájení z nn sítě). Pro objekty chráněné hromosvodem i ty bez hromosvodu se doporučuje uzemnění kovových konstrukcí.

[4, 11, 12]

## 2 Možnosti akumulace elektřiny z fotovoltaických systémů

Největší problém využívání obnovitelných zdrojů energie je kromě nerovnoměrného získávání elektrické energie především skladování elektrické energie. Možností akumulace elektřiny z fotovoltaických systémů je více, ale nevýhodou je krátkodobost a finanční nákladnost akumulace velkého množství energie. Je potřebné energii skladovat na delší dobu, protože nejvíce využíváme elektřinu v době večerů zimního období, kdy je výroba nulová na rozdíl od letních měsíců.

### 2.1 Kondenzátory

Způsob akumulace energie do kondenzátorů je možné využít pro malá zařízení. Jedná se o elektrickou akumulaci. Výhodou je životnost kondenzátorů a rychlé vybíjení. Nevýhodou je možnost akumulace elektrické energie do kondenzátorů pouze krátkodobě a kapacita kondenzátorů není příliš velká ani u kondenzátorů větších rozměrů. Hustota energie kondenzátorů je přibližně 0,2 Wh/ kg. Energie je v kondenzátorech ve formě kladných a záporných nábojů, které jsou odděleny vrstvou izolace.

Místo mezi kondenzátory a bateriemi z hlediska energetického je vyplněno **superkondenzátory**. Skládají se z hliníkových fóliových elektrod, mezi nimiž je dielektrikum, a na povrchu elektrod jsou velmi tenké vrstvy uhlíku, kde dochází k vázání náboje. Superkondenzátory mají hustotu energie řádově 10 Wh/ kg a vysokou účinnost, ale i tak je možné využívat je pouze na krátkou dobu.

Jejich výhodou je rychlost nabíjení a vybíjení, životnost, rychlost změny mezi nabíjením a vybíjením, neškodnost materiálů a schopnost pracovat i při nízkých teplotách až - 40 °C. Používají se v elektrických vozidlech.

Mezi nevýhody superkondenzátorů patří proměnlivost napětí, malá kapacita uložené energie, skoky napětí při vybíjení a nabíjení, cena a ztráty energie, které jsou větší než u akumulátorů.

[3, 14, 15]

## 2.2 Akumulátory

Elektrochemické akumulátory a baterie se dají po vybití opětovně nabít pomaleji než kondenzátory, protože energie je ve formě chemické sloučeniny a ne kladných a záporných nábojů. Hustota energie akumulátorů může dosahovat hodnot i 200 Wh/ kg, ale záleží na typu akumulátoru.

*"Reakční produkty se převádějí elektrickým proudem opět na původní reaktanty. Během nabíjení nabíjecím proudem z jiného zdroje se dodávaná elektrická energie mění v chemickou energii a během vybíjení se akumulovaná chemická energie opět mění v elektrickou energii dodávanou do elektrického obvodu, do kterého je akumulátor zapojen. Záporná elektroda je katodou během vybíjení a anodou během nabíjení. Při vybíjení zde reaktant oxiduje a volné elektrony předává záporné elektrodě. Kladná elektroda je anodou během vybíjení a katodou během nabíjení. Při vybíjení zde dochází k redukci reaktantu a volné elektrony reaktant přijímá z kladné elektrody."* (M. Libra, V. Poulek, 2010, str. 85)

### 2.2.1 Olověné akumulátory

Olověný akumulátor je chemický zdroj elektrického napětí. Elektrody jsou z olova a elektrolytem je roztok kyseliny sírové. Tyto akumulátory jsou stále nejčastěji používané. Využití nacházejí hojně v automobilovém průmyslu. Jmenovité napětí článku jsou 2 V. K poškození akumulátorů může dojít, když se nechá několik dní v nedostatečně nabitěm nebo vybitěm stavu. Na elektrodách se v době vybíjení přeměňuje síran z amorfního stavu na stav krystalický, což vede ke snížení kapacity akumulátoru.

Výhodou olověných akumulátorů je cena, schopnost pracovat i při nízkých teplotách, schopnost dodávat vysoké rázové proudy.

Hmotnost olověných akumulátorů je jednou z nevýhod. Dále také hustota energie se pohybuje přibližně mezi 30 - 40 Wh/ kg. Vzhledem k obsahu Pb a Cd může být negativně ovlivněno životní prostředí, proto je nutná ekologická likvidace.

[2, 15]

### 2.2.2 Alkalické akumulátory

Do skupiny alkalických akumulátorů se řadí nikl-kadmiové (Ni-Cd) a nikl-metalhydridové (NiMH) a nikl-ocelové (Ni-Fe) akumulátory. Jako elektrolyt je využíván roztok hydroxidu draselného, případně jiný hydroxid alkalického kovu.

**Ni-Cd akumulátory** mají katodu z niklu, anodu z kadmia. Jmenovité napětí článku dosahuje hodnot 1,2 V. Velké staniční baterie jsou vyráběny z kapalného elektrolytu a se zaplavenými elektrodami, přístrojové akumulátory jako hermetizované. Hustota energie je 40 - 60 Wh/ kg.

Ni-Cd akumulátory mají dobrou životnost a nečiní jim potíže dlouhodobé vybití. Naopak nevýhodou je snížení kapacity při pouze částečném vybití, samovybití při teplotách nad 25 °C, energetická účinnost je menší než u olověných akumulátorů a kadmium je nebezpečným odpadem.

Katoda **NiMH akumulátoru** je tvořena slitinou z Ni, Co, Mn, Al a vzácných kovů, anoda je oxid-hydroxidu niklitého. Hustota energie dosahuje hodnot 30 - 80 Wh/ kg.

Mezi výhody patří životnost, cena, rychlé nabíjení, dodávka velkých proudů, především kapacita, která je dvakrát větší než u Ni-Cd akumulátorů. Nevýhodou je samovybití při pokojových teplotách, hustota energie, velikost jmenovitého napětí (1,2 V).

**Ni-Fe akumulátory** už se téměř nepoužívají. Nahradily je Ni - Cd akumulátory, které mají větší účinnost, ale na druhou stranu obsahují nebezpečné Cd.

[2, 15, 16]

### 2.2.3 Akumulátory Zn – Br

U akumulátorů zinko-bromidových je elektrolyt oddělený od elektrod. Roztok  $ZnBr_2$  je mezi elektrodami. V průběhu nabíjení je na anodě kapalný brom, který se odčerpá do další nádrže. Na katodě kovový zinek. V průběhu vybíjení je to obrácené. Kapalný brom je odčerpán do první nádrže, kde dochází k reakci se zinkem a vzniká bromid zinečnatý.

Akumulátory Zn – Br je možné absolutně vybit. Jejich hustota energie je přibližně 50 Wh/ kg.

## 2.2.4 Akumulátory Li – ion

Kladná elektroda je u lithium-iontových baterií z uhlíku a záporná elektroda je tvořena sloučeninami lithia. Elektrolytem u Li-ion akumulátorů je organicky rozpuštěná lithiová sůl. Hustota energie je větší než 500 Wh/ kg.

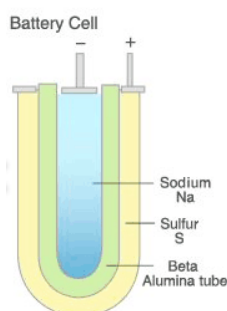
Výhodou lithium-iontových akumulátorů je nižší hmotnost ve srovnání s olověnými akumulátory. Napětí dosahuje vyšších hodnot, něco kolem 3 V. Samovybití je minimální a vzhledem k prvkům jsou akumulátory šetrné k životnímu prostředí.

Mezi nevýhody patří cena, životnost, časem dochází ke ztrátě kapacity. Akumulátory jsou citlivé na přebíjení a může dojít ke zničení, když nejsou jistěné kvůli velkému vybití.

[2, 15]

## 2.2.5 Akumulátory Na – S

U akumulátorů sodík-síra je na katodě tekutý kov síry, na anodě tekutý kov sodíku a elektrolytem je beta oxid hlinitý.



Obr. 6: Schéma sodíko-sírové baterie [17]

Výhodou je teoreticky vysoké číslo energie hustoty až 790 Wh/ kg, účinnost, minimální samovybití, životnost až 15 let, počet cyklů 4500, cena, šetrnost k životnímu prostředí.

Na-S akumulátor je schopný fungovat jen za vysokých teplot přibližně 300 °C, kdy se sodík a síra nachází v kapalném stavu. Nevýhodou je, že může dojít k hoření, výbuchu a to vlivem kontaktu sodíku se vzduchem a vodou. Ale pro velké zařízení jako jsou elektrárny to není omezujícím faktorem.

### 2.2.6 Baterie vzduch – kov

Baterie vzduch – kov neboli metal-air baterie vyrábí elektrickou energii kontaktem kyslíku ze vzduchu s kovy (lithium, zinek, hliník, hořčík). Kyslík je jako katoda, zinek jako anoda. Při nabíjení katalyzátory rozpouští kladnou elektrodu, vytváří v elektrolytu ionty hydroxyly, dochází k oxidaci a vzniká elektrický proud. Když je baterie nabitá, nastává redukce, kdy se kyslík naopak uvolňuje do vzduchu.

Mezi výhody patří dostupnost kovů a jejich cena. Materiály pro baterie vzduch-kov jsou neškodné pro životní prostředí, recyklovatelné. Hustota energie je třikrát větší než u Li-ion akumulátorů (teoreticky přibližně 1300 Wh/ kg). A výhodou je potřeba pouze jedné elektrody.

Velkou nevýhodou je obtížné nabíjení, kdy je potřebná častá výměna kovové elektrody. Je to nákladná technologie. Baterie jsou ovlivňovány změnami podmínek okolí, nečistotami a vlhkostí. Účinnost baterie je nízká, proto nejsou vhodným kandidátem pro akumulaci energie ze sítě.

Baterie vzduch – kov jsou zatím ve vývoji. Výzkumní pracovníci předpokládají velké využití v distribuční a přenosové soustavě, dopravní technologii. Momentálně jsou využívány ve vojenství.

[18]

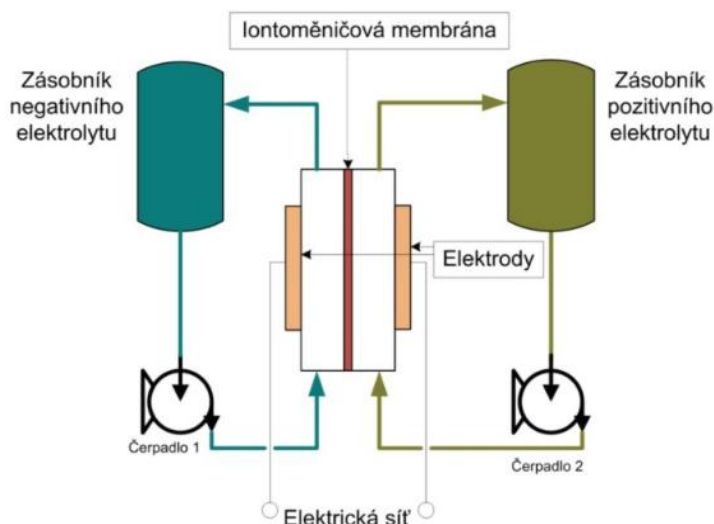
### 2.2.7 Akumulátory Mg - ion

Výzkumní pracovníci v Toyota výzkumném ústavu nahradili lithium u Li – ion baterií Magnesiumem. Hustota energie magnesium – iontové baterie by měla být vyšší než u Li – ion baterií, měly by mít větší koncentraci a také levnější náklady. Elektrolyt je stejný jako u Li – ion baterií, tedy rozpuštěná lithiová sůl a anoda je vyrobená z cínu.

### 2.2.8 Průtokové baterie

Průtokové baterie jsou typu Vanadium redoxní baterie (VRB), Zinko-bromidová baterie (Br-ZnBR), Bromid sodná baterie (PSB, Br/ S). Průtokové baterie mají anodu a katodu jako jiné baterie, ale elektrolyt je ve dvou nádržích. V bateriích dochází k chemické reakci vháněním elektrolytů pomocí čerpadel do reaktoru přes membránu. Akumulační kapacita je dána rozměrem nádrží, výkon a množství uvolněné energie jsou zase dány velikostí reaktoru. Napětí článku se pohybuje od 1,4 V do 2V.





Obr. 7: Schéma průtokové baterie[19]

Průtokové baterie mají výhodu v dlouhodobé akumulaci energie, neomezený počet cyklů je dán nezneškodněním elektrolytu, jelikož je ve dvou nádržích rozdělen na negativní a pozitivní. Účinnost průtokových baterií je cca 80 %, výhodou je stabilita, životnost, minimální samovybití, minimální náklady a dlouhodobější vybití není závadné. Změna stavu nabíjení a vybití je velmi rychlá, proto jsou baterie vhodné pro větrné a fotovoltaické systémy.

Nevýhodou průtokových baterií je iontoměničová membrána z důvodu její životnosti, nízká hustota energie a složitější zálohovací mechanismy.

[19]

### 2.3 Setrvačníky

Setrvačníky neboli mechanické akumulátory energie slouží pro akumulaci energie kinetické, tu je možné přeměnit zpět na elektřinu. Princip činnosti je založen na momentu setrvačnosti. Jsou využívány k akumulaci energie nejčastěji u dopravních prostředků, kdy je energie akumulována při brzdění.

Výhoda u setrvačnicků je jejich životnost a výkon. Nevýhodou je nízká hustota energie, která závisí na použitém materiálu. Zvýšení hustoty energie je možné při zvýšení otáček. Akumulace je možná krátkodobě.

## 2.4 Přečerpávací vodní elektrárny

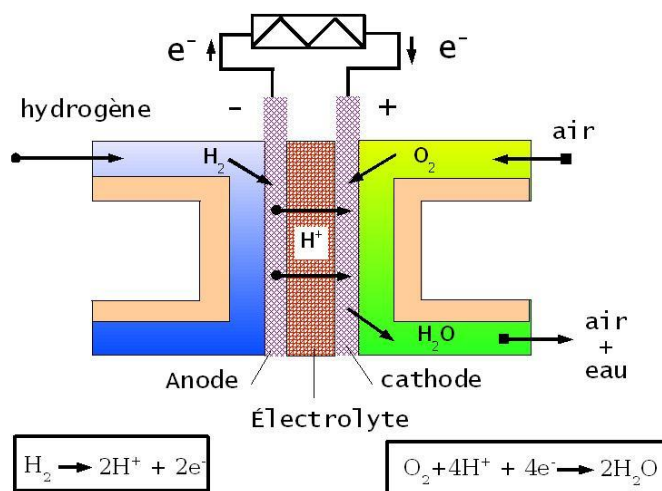
Přečerpávací vodní elektrárny fungují na principu dvou nádrží a využití potenciálové tlakové energie. V době, kdy je malá spotřeba energie se roztáčí turbíny díky přebytečné energii ze sítě a tím se přečerpává voda z dolní nádrže do horní. Při spotřebě energie je voda přepouštěna z horní do dolní nádrže. Voda je přepouštěna přes turbínu a generátor.

Výhodou přečerpávacích elektráren je vysoký výkon, delší doba akumulace, účinnost akumulace, najetí na plný výkon v krátkém časovém úseku, velká kapacita, provozní náklady.

Nevýhodou elektráren je potřebný velký rozdíl hladin mezi horní a spodní nádrží, ovlivnění krajiny v místě stavby, málo vhodných místo pro stavbu a náklady na výstavbu.

## 2.5 Akumulace energie do vodíku

Nejlepší vyhlídky do budoucna v oblasti vodíku mají palivové články. Palivové články jsou chemickým zdrojem napětí a přeměňují energii chemickou na elektrickou. Mají dvě elektrody, ke kladné elektrodě se přivádí okysličovadlo a k záporné elektrodě se přivádí palivo. Existuje několik druhů palivových článků, které jsou od sebe rozdílné typem elektrolytu, kterým může být kyselina fosforečná, hydroxid draselný, alkalické uhličitany, hydroxid sodný nebo se dělí podle teploty provozu. Nejvíce propracované články jsou ty, kde dochází ke slučování vodíku (palivo) a kyslíku (okysličovadlo) a produktem je pouze čistá voda.



Obr. 8: Schéma palivového článku [21]

Výhodami vodíku je účinnost, čistota a hmotnost paliva, neškodnost k životnímu prostředí, při spalování nedochází ke vzniku škodlivin, stálost elektrod, na kterých nestávají chemické reakce a tím pádem dlouhá životnost zařízení.

Mezi nevýhody se řadí výroba z primárních zdrojů energie, nejvíce ze zemního plynu, únikovost vodíku a tím způsobené křehnutí ocelí. Velkou nevýhodou je výbušnost vodíku.

Skladování vodíku je možné ve formě plynu i kapaliny, ale hustota energie je malá. Nejvyužívanější forma pro skladování jsou tlakové lahve. Pro skladování většího objemu vodíku se využívá metalhydridových materiálů, zabudováním do základního materiálu. Na úkor váhy, snížené kapacity a výšky nákladů.

[3, 20, 21]

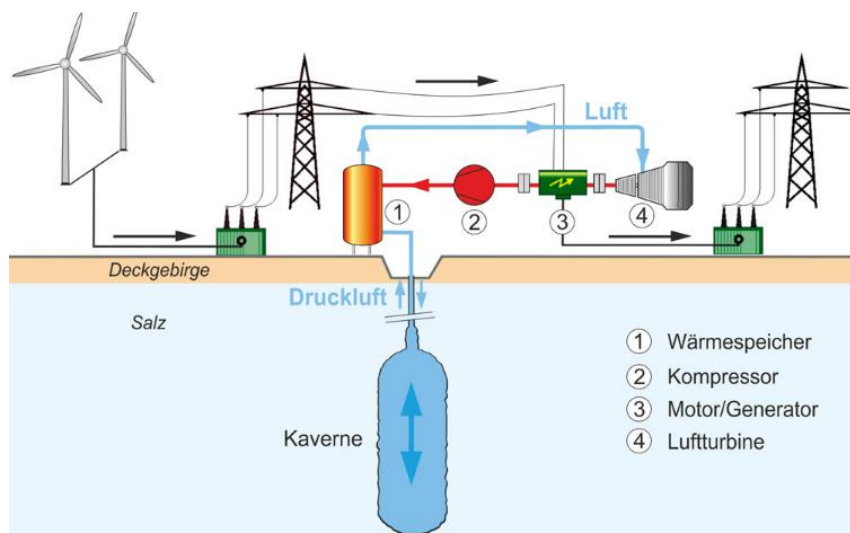
## 2.6 Akumulace stlačeným vzduchem

Akumulace energie do potenciální energie stlačeného plynu. Jedná se o skladování energie stlačeným vzduchem, systém CAES, což znamená Compressed Air Energy Storage. Energie je v době přebytku kompresorem přeměňovaná na tlakovou energii vzduchu, která se ukládá do podzemní jámy. Tlak vzduchu ukládaného do podzemní jámy je přibližně 7 MPa. V době nedostatku energie dochází k uvolňování stlačeného vzduchu z jámy a pohánění turbíny. Motor funguje jako generátor a kompresor funguje jako turbína, systém je podobný jako u přečerpávacích elektráren uvedených v kapitole (2.4). Tento systém je ideální pro obnovitelné zdroje energie.

Nevýhodou jsou změny teplot vzduchu, velká potřeba místa v zemi pro systém, nižší účinnost, únik stlačeného vzduchu.

Výhodou je možnost velkého množství akumulované energie, hmotnost, delší doba skladování, rychlost náběhu systému do několika minut.

CAES systémům slouží jako geologické podloží solné kaverny, porézní a skalnaté podloží. Nejvíce se využívají solné kaverny, jejichž náklady jsou nízké, výhodou je malý únik stlačeného vzduchu. Nevýhodou je potřeba horké vody k vytvoření solné kaverny.



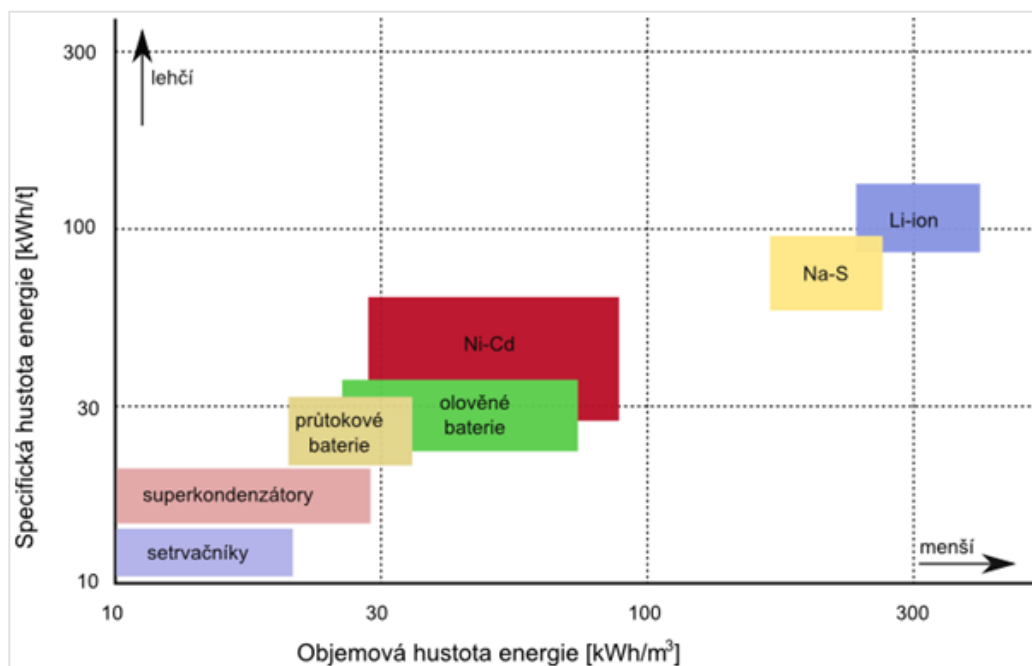
Obr. 9: Schéma CAES systému [22]

Pro vylepšení CAES systémů se začala vyvíjet nová technologie pro větší efektivitu a zvýšení účinnosti. AA CAES (Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage) na rozdíl od systému CAES by se teplo nevypouštělo do atmosféry, ale ukládalo do zásobníku. Při uvolňování stlačeného vzduchu na turbínu by se uložené teplo využilo na ohřátí vzduchu. Výhodou kromě zvýšené účinnosti a efektivnosti by také byla minimalizace vypouštění škodlivin do ovzduší.

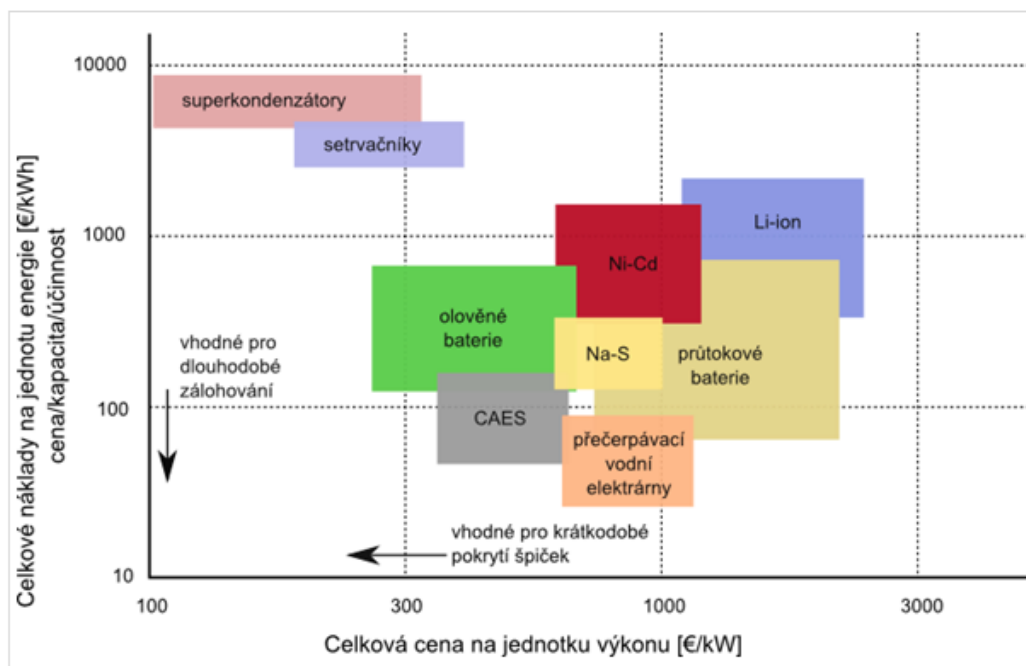
[22, 23]

## 2.7 Srovnání vlastností akumulačních zařízení

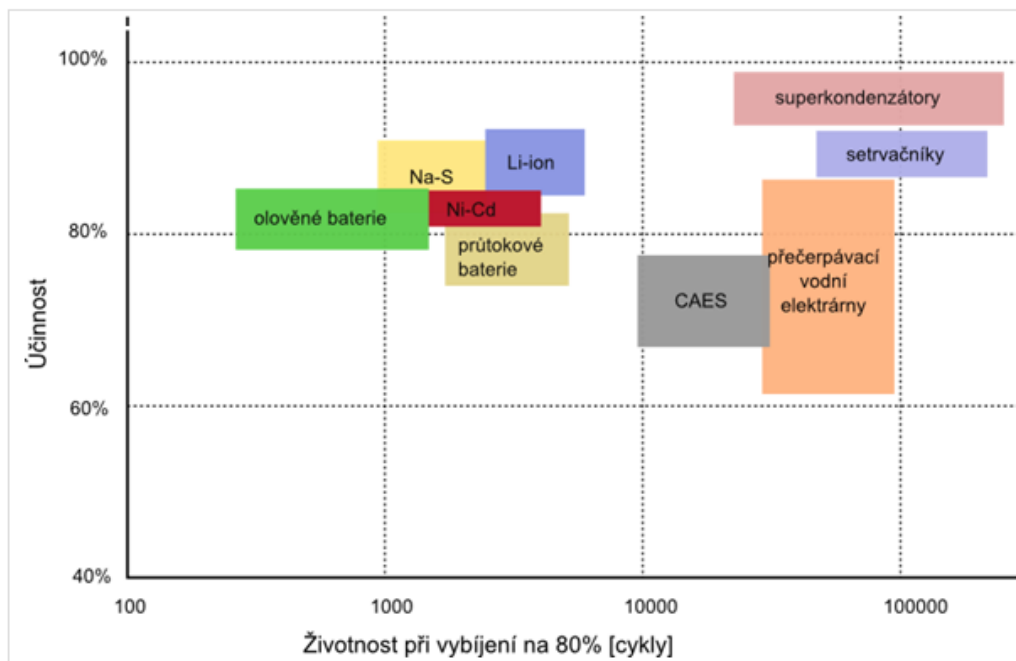
Zařízení pro akumulaci energie mají základní parametry, kterými jsou jejich životnost, účinnost, měrný výkon, hustota energie a samovybíjení. Podle těchto parametrů, na které jsou kladeny největší nároky, se volí vhodná technologie pro uchování energie. Na následujících obrázcích jsou znázorněny grafy srovnání vlastností. Hodnoty jsou pouze přibližné vzhledem k pokroku a vývoji technologií, čímž se mohou měnit.



Obr. 10: Závislost objemové hustoty energie na hustotě specifické [24]



Obr. 11: Závislost ceny na jednotku energie a celkové ceny [24]



Obr. 12: Závislosti účinnosti a životnosti [24]

## 3 Podmínky technické, energetické a legislativní

### 3.1 Podmínky připojení FVE k síti

#### Všeobecné podmínky připojení FVE k síti

Elektrická energie putuje k zákazníkovi pomocí přenosové a distribuční soustavy. Pro připojení výroby k distribuční soustavě je nutné vyplnit potřebné formuláře, které jsou k dispozici na stránkách provozovatelů distribučních soustav. Jedná se o Žádost výrobce elektřiny o připojení k distribuční soustavě a také o Dotazník pro vlastní výrobu. Podmínky pro provoz výroben a způsob jakým bude měření provedeno, udává provozovatel distribuční soustavy. Připojení výroben musí odpovídat platné legislativě, která je více rozepsána v následující kapitole (3.2). Výrobna nesmí měnit napětí v distribuční soustavě a kvalita elektrické energie nesmí být snížena.

#### 3.1.1 Technické požadavky podle výkonu výroben

Výrobní s výkonem do 30 kW připojené do nn sítí mají omezující hranici výkonu při jednofázovém připojení 4,6 kVA na fázi, kterou nesmí překročit. Přívodní vedení je u nn sítí vedeno k prvnímu jističímu bodu v místě připojení pro všechna vedení stejně jak pro kabelové, tak venkovní vedení. Při zřízení hlavního domovního vedení (HDV) musí být stejný počet vodičů se stejným průřezem jako má přípojka. Hlavní domovní vedení se nemusí zřizovat, pokud předacích míst v objektu je méně než tři. Potom je možné odbočení vést přímo z hlavní domovní skříně k elektroměru. U výroben s výkonem do 30 kW se nevyžaduje dálková regulace ani dálkové vypínání z dispečinku provozovatele distribuční soustavy.

Výrobní s výkonem od 30 kW do 100 kW řídí úrovněvý činný výkon relé přijímačem hromadného dálkového ovládání (HDO), který je majetkem provozovatele distribuční soustavy. Pokud hromadné dálkové ovládání nemá signál, tak se využívá k regulaci komunikační jednotka pro sběr informací, dat a měření (RTU – Remote Terminal Unit). Stejně jako relé přijímače HDO, tak i RTU je majetkem provozovatele distribuční soustavy. Provozovatel distribuční soustavy řídí výrobní ve stanovených podmínkách, které jsou dány energetickým zákonem. Výhodnější umístění přijímače HDO je v elektroměrovém rozvaděči, aby provozovatel distribuční soustavy měl volný přístup pro měření. Přijímač HDO je napájen odbočením přívodu hlavního jističe přes jednopólový

jistič do 6A.

Výrobní s vyšším výkonem řídí víceúrovňový činný výkon relé přijímačem hromadného dálkového ovládnání, který je majetkem provozovatele distribuční soustavy. Pokud hromadné dálkové ovládnání nemá signál, tak se využívá k regulaci komunikační jednotka pro sběr informací, dat a měření (RTU – Remote Terminal Unit), která je majetkem výrobce. Výrobní připojené do sítí vn a 110 kV mají povinnost zabezpečit plynulou regulaci jalového výkonu a jeho rozsah musí být použitelný v době několika minut podle instrukce dispečinku provozovatele distribuční soustavy. U připojení do nn není povinností zabezpečit plynulou regulaci jalového výkonu, ale může být vyžadována provozovatelem distribuční soustavy. FVE s výkonem 100 kW až 2000 kW mohou mít nežádoucí vliv na kvalitu elektrické energie. Z toho důvodu musí být zprůhledněná technická opatření pro omezení nežádoucího působení vyšších harmonických na kvalitu elektrické energie, která jsou stanovena legislativou. U FVE nad 2000 kW je potřeba omezit také dopad na úroveň signálu HDO. Nutná podmínka pro připojení k DS je především vliv na kvalitu elektrické energie a funkční zkouška. Podmínky vytyčené provozovatelem distribuční soustavy musí být splněny, jinak není možné povolit trvalý provoz výrobní paralelně se zařízeními distribuční soustavy.

[25]

### 3.1.2 Hodnoty napětí a kmitočtu v síti

Při normálních podmínkách za provozu nesmí dojít ke zvýšení napětí při připojení výroben v síti vn a 110 kV o překročení napětí o 2% a v sítích nn o 3%.

$$u_{vn} \leq 2\% \quad (1)$$

$$u_{nn} \leq 3\% \quad (2)$$

V době mimořádných dodávek se nesmí hodnota napětí zvýšit při provozu připojených výroben, odpojování generátorů více jak o 5% v sítích vn. Kmitočet napájecího napětí v síti se pohybuje v tolerančním intervalu od 48,5 do 50,5 Hz.



### 3.1.3 Nastavení ochran

Při vyřizování žádosti o připojení musí být určeno nastavení ochran a jejich působení a musí odpovídat standardům provozovatele distribuční soustavy. Především nesmí dojít ke zhoršení kvality dodávané elektřiny omezením práce opětného zapínání či regulací napětí a dalších automatik distribuční soustavy. FVE, jejichž výkon je v jedné fázi vyšší jak 4,6 kW musí mít centrální ochrany v místě přechodu výroby do distribuční sítě. Je to z důvodu, kdy nedojde k správné selektivní funkci integrovaných ochran. Pokud výrobce nemá uzavřenou smlouvu s distribuční soustavou o výkupu, je potřeba zabránit dodávání elektrické energie do distribuční soustavy ochranným zařízením (např. wattovým relé) zabezpečujícím odpojení výroby při překročení odběru v daném předacím místě. Všechna zařízení musí být zapojena v souladu s platnými pravidly provozování distribuční soustavy.

### 3.1.4 Uvedení výroby do trvalého provozu

Pro uvedení výroby do provozu je potřeba uzavřít Smlouvu o připojení a mít souhlas provozovatele distribuční soustavy. Výrobce musí požádat provozovatele distribuční soustavy o první připojení výroby, doložit potřebné dokumenty a splňovat technické podmínky, které určuje provozovatel distribuční soustavy. V případě bezproblémového prvního provozu spuštěného provozovatelem distribuční soustavy, výrobce obdrží protokol o splnění technických podmínek a výrobu může uvést do trvalého provozu. Provozovatel distribuční sítě má právo kontroly parametrů napětí, prvků zatěžujících distribuční soustavu, dopad na signál hromadného dálkového ovládání v předem domluveném zkušebním provozu pro posouzení zpětných vlivů na distribuční soustavu.

### Proces připojení FVE k síti v bodech

- Povolení stavebního úřadu pro výstavbu FVE, v některých případech pro výstavbu nové FVE na střechu nutné dodat územní souhlas stavebnímu úřadu u elektráren, jejichž instalovaný výkon je větší jak 20 kW.
- FVE, jejichž instalovaný výkon je menší, jak 20 kW nepožadují souhlas stavebního úřadu, ani mu to nemusí podle zákona č. 350/ 2012 Sb. Ohlašovat.
- Žádost provozovatele distribuční soustavy o připojení a schválení FVE. Na posouzení žádosti má provozovatel distribuční soustavy 30 dní.

- Studie přijatelnosti, kterou si může provozovatel vyžádat.
- Smlouva o připojení FVE uzavřená mezi provozovatelem sítě a žadatelem.

O podmínkách připojení k elektrizační soustavě pojednává vyhláška č. 16/2016 Sb., která nabyla účinnosti dne 1. 2. 2016.

### **3.1.5 Povinné podklady pro připojení k DS**

- Projektová dokumentace, kterou odsouhlasí provozovatel distribuční soustavy
- Schéma zdroje a jeho zapojení
- Protokol o revizi elektrického zařízení připojovaného k distribuční soustavě
- Dokumentace o ochranách a jejich nastavení
- Zpráva o bezpečnosti elektrického zařízení a jeho provozuschopnosti
- Plán elektrické přípojky
- Zpráva kolaudačního souhlasu
- Zpráva o měřících transformátorech proudu
- U výroben nad 100 kW provozní předpisy
- Smlouva o připojení/ Žádost o uzavření smlouvy a doložení uhrazených plateb

### **3.1.6 Připojení FVE do 10 kW do sítě**

Výrobní s výkonem do 10 kW provozované za jiným účelem než je podnikání, nemusí žádat Energetický regulační úřad o licenci. Vzhledem k dotacím a energetickému zákonu je častěji provozována výrobní připojená k distribuční soustavě než výrobní bez připojení (tzv. ostrovní systém).

Při standardním režimu připojení stačí žádost a uzavřít smlouvu o připojení s provozovatelem distribuční soustavy. Provozovatel výrobní je povinný uhradit náklady na připojení. Při neuhrazení může ztratit právo na připojení výrobní k distribuční soustavě.

Zjednodušený režim se týká mikrozdvoje, který je podle vyhlášky o podmínkách připojení k elektrizační soustavě definován jako zdroj elektrické energie pro výrobu elektřiny při paralelním provozu s distribuční sítí. Výrobní je mikrozdvojem, když jmenovitý fázový AC proud nepřekračuje 16 A na fázi, když instalovaný výkon je do 10 kW a když je vystavěna pro paralelní provoz s distribuční soustavou nízkého napětí.

Zjednodušený režim musí splňovat následující podmínky:

- Impedance proudové smyčky musí být menší než 0,47 Ohmů u zdrojů do 16 A a 0,75 Ohmů u zdrojů do 10 A. Velikost impedance lze měnit podle typu vodiče.
- Omezení přetoků elektřiny, které mohou být pouze krátkodobé. V opačném případě může dojít k uložení pokuty provozovateli mikrozdroje podle Energetického regulačního úřadu.
- Provozovatel výroby je povinný uzavřít smlouvu s provozovatelem distribuční soustavy.

Přebytečná energie u výroben bez licence může být díky smlouvě mezi provozovatelem výroby a obchodníkem s elektřinou vykoupena za tržní cenu. Finanční příjem z přetoků elektřiny u těchto výroben není příjmem z podnikatelské činnosti od 1. května 2016. Obecně jsou ale přetoky mikrozdrojů do DS zakázány. Jde tedy pouze o přechodný stav, kdy je nemožné připojení standardním způsobem.

[27]

## **3.2 Legislativa**

### **3.2.1 Energetický zákon**

Legislativní podmínky týkající se obnovitelných zdrojů energie jsou zakotveny především v Energetickém zákoně. Energetický zákon nabyl účinnosti dne 1. 1. 2001, kdy začala podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie v České republice. Zákon byl několikrát novelizován a aktuální znění bylo upraveno k 1. 1. 2016. Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (tzv. energetický zákon) má 6 částí. Vymezuje základní pojmy a pojednává o podnikání v energetických odvětvích, potřebných licencích, působnosti ministerstva, výstavbě výroby, právech vlastníka atd.

Část první pojednává o podmínkách licencí. Podle energetického zákona u výroben s instalovaným výkonem do 20 kW vyrábějících z obnovitelných zdrojů nemusí provozovatel prokazovat odbornou způsobilost. Státní energetická koncepce je zpracovávána ministerstvem stejně jako Národní akční plán zabývající se obnovitelnými zdroji energie. Ministerstvo dle zákona zabezpečuje dohodu o spolupráci států v projektech zabývajících se využitím energie z obnovitelných zdrojů, vypracovává zprávy, zveřejňuje informace. Energetický regulační úřad reguluje ceny, podporuje využívání obnovitelných zdrojů energie, řeší spory ohledně smluv, vydává záruku o původu elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Následující části zákona jsou o změnách zákonů např. o zřízení ministerstev, působnosti orgánů České republiky a živnostenského zákona.

### **3.2.2 Zákon o daních z příjmu**

Zákon č. 588/1992 Sb., o daních z příjmu. Příjmy z přetoků elektřiny u výroben bez licence se od 1. 5. 2016 nepovažují za příjmy z podnikatelské činnosti. Přebytková energie může být na základě smlouvy s obchodníkem prodávána za tržní cenu. V případě, že budou příjmy celkově sahat pod 30 000 Kč, jsou podle zákona osvobozeny od daně.

### 3.2.3 Zákon o podpoře výroby elektřiny z OZE

Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů, byl důležitým zákonem pro oblast obnovitelných zdrojů. Byl několikrát novelizován a byl zrušen ke dni 1. 1. 2013. Zákon č. 180/2005 Sb. byl nahrazen zákonem č. 165/2012 Sb.

### 3.2.4 Zákon o podporovaných zdrojích energie

Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů je v aktuálním znění od 5. 4. 2017.

Část první Hlava I – Pojednává o předpise EU a vymezuje základní pojmy, účelem zákona je ochrana životního prostředí.

Hlava II – Řeší Národní akční plán, závazné cíle v oboru obnovitelných zdrojů a jejich naplňování v České republice roku 2020. Státní energetická koncepce je podkladem ministerstvu pro Národní akční plán. Vyhodnocení se předává vládě minimálně jednou za dva roky.

Hlava III – Je o definici podpory z obnovitelných zdrojů. Národní akční plán obsahuje odhadnuté hodnoty výroby z obnovitelných zdrojů pro jednotlivé roky do roku 2020. Podpora elektřiny s využitím slunečního záření se podpora dotýká pouze výroben s instalovaným výkonem 30 kW, která se nachází na střeše nebo obvodové zdi budovy, jež je evidována v katastru nemovitostí. Dle zákona určuje hodnotu podpory Energetický regulační úřad. Další paragrafy pojednávají o podpoře z druhotných zdrojů, vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a s tím spojené práva a povinnosti subjektů, o formách podpory. Podpora může být formou zelených bonusů a výkupních cen, ale nemůže nastat kombinace těchto podpor. Pokud se kombinuje obnovitelný a neobnovitelný zdroj, nedá se využít forma podpory výkupních cen.

Hlava IV – Předmět odvodu z elektřiny ze slunečního záření je v období od 1. 1. 2014 do doby, kdy trvá právo na podporu elektřiny u zařízení zprovozněného od 1. 1. 2013 do 31. 12. 2010. Odvod z elektřiny ze slunečního záření platí výrobce. U zeleného bonusu na elektřinu platí odvod operátor trhu, u výkupní ceny vykupující. Základ odvodu je tvořen bez daně z přidané hodnoty a odvod neplatí výrobny s instalovaným výkonem do 30 kW. Odvody mají na starost finanční úřady, postup je

podle daňového řádu a spadá do státního rozpočtu.

Hlava V – Definuje podporu tepla z obnovitelných zdrojů.

Hlava VI – Pojednává o financování podpory elektřiny a provozní podpory tepla.

Hlava IX – Popisuje podmínky ohledně evidence původu elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla, záruku původu a s jejich nakládáním.

Hlava X – Řeší správní delikty, neoprávněné čerpání podpory. U výroben, které jsou připojené pomocí soustavy jiného státu k elektrizační soustavě České republiky a sluneční záření odebírají na území České republiky a začaly provoz ještě před nabytím zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů, je důležitý datum, kdy byla připojena výrobná k elektrizační soustavě jiného státu.

Následující části zákona obsahují paragrafy o změnách zákonů, např. o hospodaření energií, o změně energetického zákona, o změně zákona o odpadech.

### **3.2.5 Vyhláška o podmínkách připojení k elektrizační soustavě**

Vyhláška č. 16/2016 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě stanovuje podmínky připojení výroben elektřiny, podmínky odběrných míst k elektrizační soustavě pro zákazníky a podmínky připojení distribučních soustav. Vyhláška stanovuje dále způsob, jakým jsou rozděleny náklady na připojení se zajištěným výkonu a příkonu a také stanovuje pravidla, která posuzují požadavky na připojení.

### 3.2.6 Legislativa pro akumulaci energie z FVE

Současná situace týkající se systémů pro akumulaci energie a připojení tohoto zařízení k elektrizační soustavě není právně ošetřena. K zařízení pro akumulaci se přistupuje podle energetického zákona jako k zařízení přeměňující energii na elektřinu pomocí chemických vazeb. Elektřina ze zařízení není dodávána do distribuční soustavy, zařízení pro akumulaci slouží k optimalizaci vlastní spotřeby a uložená elektřina není předmětem podnikání, proto není potřebné žádat o licenci Energetický regulační úřad. I smlouva o připojení k distribuční soustavě může být beze změny při používání systémů pro skladování energie, když nedochází ke změně rezervovaného výkonu výroby. Podle vyhlášky č. 16/2016 Sb. se rezervovaným výkonem rozumí hodnota elektrického příkonu v MW v místě připojení k distribuční soustavě (přenosové soustavě) sjednaná s provozovatelem soustavy.

Pokud by se jednalo o podnikatelskou činnost, kdy by se energie dodávala do soustavy, licence by pravděpodobně potřebná byla. Nejasná situace nastává v případě, kdy provozovatel výroby již licenci má. Ze zákona jasně nevyplývá, zda musí dojít k nahlášení instalovaného zařízení pro akumulaci energie z FVE a souvisejících informací a dokladů pro získání licence Energetickému regulačnímu úřadu. Kvůli nejasnostem u systémů pro akumulaci energie by měli nastat změny v legislativě týkající se energetiky v České republice, aby bylo vše právně ošetřeno.

Nejenom Česká republika, ale i Evropská unie nemá právně definovanou akumulaci elektrické energie, nemá jednotnou právní úpravu, jež by podporovala technologii skladování elektrické energie. Zatím si každý stát právní stránku akumulace řeší sám, přestože Evropská unie podporuje technologie obnovitelných zdrojů energií, nenastavila právní podmínky akumulace, která je důležitá pro rozšíření technologií podporující obnovitelné zdroje energie. Evropská velmoc pro oblast FVE, Německo již podporuje domácnosti využívající systémy pro skladování elektrické energie a navrhuje pro ně daňové zvýhodnění.

### 3.3 Nová zelená úsporám

Podpora programu Nová zelená úsporám byla vyhlášena MŽP v roce 2016 a žádosti mohou být podávány až do roku 2021. Fotovoltaických systémů se týká oblast efektivního využívání zdrojů C 3. V tabulce jsou rozepsány jednotlivé podkategorie typu C.

Tab. 1 : Nová zelená úsporám - podkategorie C, (vlastní zdroj)

Značení oblasti	Solární FV systém	Využitelný zisk	Podpora v Kč	Výhody
C 3.3	Pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem		35 000	Vlastní el. energie pro ohřev vody, nahrazení těžkých termických panelů pro ohřev
C 3.4	Bez akumulace el. Energie s tepelným využitím přebytků	$\geq 1\,700 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	55 000	Vlastní el. energie pro potřebu domácnosti
C 3.5	<b>S akumulací elektrické energie</b>	$\geq 1\,700 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	75 000	Vlastní el. energie pro domácnost skladovaná do baterií s využitím v době malého svitu
C 3.6	<b>S akumulací elektrické energie</b>	$\geq 3000 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	100 000	Vlastní el. energie pro domácnost skladovaná do baterií s využitím v době malého svitu, výše dotace

Systémy připojené k DS musí mít instalovaný výkon do 10 kW. Podpora se týká zařízení připojených k DS po 1. 1. 2016 a instalovaných na stavbě, která je evidovaná v katastru nemovitostí.

### 3.4 Příklady nabízených FV systémů s akumulací v ČR

V České republice nabízí solární fotovoltaické systémy s akumulací například firma Solární Panely.CZ, s.r.o. sídlící v Brně nebo firma SPOZE s.r.o. sídlící v Brandýse nad Labem. Nabízené produkty dodržují podmínky pro program Nová zelená úsporám C 3.4, C 3.5 a C 3.6. Technické parametry včetně finančních nákladů vybraných systémů jsou uvedeny níže v tabulkách.



Tab. 2: Příklady vybraných solárních FV systémů, (zdroj vlastní)

Typ FV systému	Solární FV systém 2,25kWp / 2kW / 48V	Solární FV systém 3kWp / 2kW / 48V	Solární FV systém 3,57 kWp s akumulací do baterií
Výkon panelů	2,25 kWp	3 kWp	3,57 kWp
Hybridní měnič	Studer Innotec XTM - 1-fázový	Studer Innotec XTM - 1- fázový	Growatt 3000 HY - 1- fázový + wifi
Zařízení akumulace	4 trakční akumulátory 200 Ah/12 V	4 trakční akumulátory 200 Ah/12 V	Baterie Hoppecke AGM 135 4x12V
Solární panely	9 x Axitec 250 Wp	12 x Axitec 250 Wp	14 x polykrystalické moduly "Amerisolar 255 Wp"
Životnost FV panelů	cca 30 let	cca 30 let	cca 30 let
Záruka na FV modely	10 let	10 let	12 let
Záruka výkonu panelů	25 let	25 let	25 let
Potřebná plocha	15,3 m <sup>2</sup>	20,4 m <sup>2</sup>	22,8 m <sup>2</sup>
Stálý výkon měniče	2000 W	2000 W	3000 W
Monitoring a komunikace	Ne, možné dodání	Ne, možné dodání	
Cena s DPH	302 267 Kč	325 848 Kč	238 407 Kč
Dotace	100 000 Kč (C 3.6)	100 000 Kč (C 3.6)	100 000 Kč (C3.6)
Cena po odečtení dotace	202 267 Kč	225 848 Kč	138 407 Kč

Tab. 3: Příklady vybraných solárních FV systémů, (zdroj vlastní)

Typ FV systému	Solární FV systém 2,298 kWp s akumulací do baterií	Solární FV systém 5,1 kWp s akumulací do baterií	Solární FV systém 3,57 kWp akumulace přebytků do vody
Výkon panelů	2,298 kWp	5,1 kWp - 3f FVE	3,57 kWp
Hybridní měnič	Growatt 3000HY - 1- fázový	4 kW Fronius Hybrid 4.0 + Meter	4 kW Growatt 4000 TL
Zařízení akumulace	Baterie Hoppecke AGM 90 Ah 4x12V	Baterie Fronius LiFePO 4 7.5	zásobník vody pro NZÚ min 245 litrů
Solární panely	polykrystalické moduly Amerisolar 255 Wp - 9ks	20 x polykrystalické moduly "Amerisolar 255 Wp"	14 x polykrystalické moduly "Amerisolar 255 Wp"
Životnost FV panelů	cca 30 let	30 let	30 let
Záruka na FV modely	12 let	12 let	12 let
Záruka výkonu panelů	25 let	25 let	25 let
Potřebná plocha	14,7 m <sup>2</sup>	32,54 m <sup>2</sup>	22,8 m <sup>2</sup>
Stálý výkon měniče	3000 W	4000 W	4000 W
Monitoring a komunikace	RS-232/USB	WLAN-hotspot, webinterface	
Cena s DPH	198 460 Kč	465 510 Kč	174 917 Kč
Dotace	70 000 Kč (C 3.5)	100 000 Kč (C 3.6)	55 000 Kč (C 3.4)
Cena po odečtení dotace	128 460 Kč	365 510 Kč	119 917 Kč

Uvedené solární FV systémy se liší převážně počtem solárních panelů, s tím související plochou potřebnou pro FV pole a výkonem panelů.

### 3.5 Návratnost investice FVE s akumulací

Tab. 4: Závislost míry akumulace na celkové roční výnosy u výkonu FVE 4 kWp a roční výrobě 3 800 kWh, (zdroj vlastní)

Míra akumulace	0%	25%	50%	75%	90%	100%
Spotřeba z FVE (kWh/ rok)	0	950	1900	2850	3420	3800
Spotřeba ze sítě (kWh/ rok)	3800	3420	1900	950	380	0
Náklady na nákup energie ze sítě při aktuální ceně 3,71 Kč/ kWh	14 098 Kč	12 054 Kč	7 049 Kč	3 524 Kč	1 410 Kč	0 Kč
Ušetření za nenakoupenou energii při aktuální ceně 3,71 Kč/ kWh	0 Kč	3 524Kč	7 049 Kč	10 518 Kč	12 621 Kč	14 098 Kč

#### Návratnost investice FVE s akumulací do baterií

FVE s akumulací do baterií a výkonem 4 kWp o 16 ks fotovoltaických panelů, se pohybuje podle internetových zdrojů okolo 299 000 Kč. Za rok se vyrobí a zužitkuje přibližně 3800 kWh/ rok. Aktuální cena za nákup 1 kWh je 3, 71 Kč. Cena za dodání energie do sítě tzv. tržní cena je určena mezi dodavatelem a výrobcem elektřiny. Tato cena není podle klausule a velké konkurenci zveřejněna. V příkladu budu počítat s cenou 0,4 Kč/ kWh. Na FV systém do 10 kWp se vztahuje dotace programu Nová zelená úsporám typu C 3. 6, která činí 100 000 Kč. FVE s akumulací můžeme tedy pořídit za 199 000 Kč a při využití 90 % výroby vychází návratnost investice za 13,4 let. V příkladu je zanedbána potřebná výměna akumulčních dílů, která je vhodná po přibližně 10 letech provozování FVE.

Tab. 5: Hodnoty výnosů FVE, (zdroj vlastní)

Výkon FVE	4 kWp
Cena pořízení	299 000 Kč
Dotace C 3.6	100 000 Kč
Vyrobená energie v kWh/ rok	3800 kWh/ rok
kWh na kWp	950 kWh/ kWp
Úspora energie za rok při 90 % výroby FVE	3420 kWh/ rok
Náklady na nákup energie ze sítě při 3,71 Kč/kWh	3,71 Kč/ kWh
Cena elektřiny za kWh dodané do sítě	0,4 Kč/ kWh
Energetické úspory za první rok	12 688 Kč
Návratnost investic	13,4 let

$$\frac{3800}{4} = 950 \text{ kWh/kWp}$$

$$\frac{3800 * 90}{100} = 3420 \text{ kWh/rok}$$

$$3,71 * 3420 = 12\,688 \text{ Kč/rok ... ušetřím}$$

$$390 * 0,4 = 152 \text{ Kč/rok ... získám}$$

$$\frac{12\,688 + 152}{950} = 13,4 \text{ let}$$

### Návratnost investice FVE s akumulací do teplé vody

FVE s akumulací do teplé vody a výkonem 3 kWp, se pohybuje podle internetových zdrojů okolo 170 000 Kč. Za rok se vyrobí a využije přibližně 2900 kWh/rok. Aktuální cena za nákup 1 kWh je 3,71 Kč. Cena za dodání energie do sítě tzv. tržní cena je určena mezi dodavatelem a výrobcem elektřiny. Tato cena není podle klausule a velké konkurenci zveřejněna. V příkladu budu počítat s cenou 0,4 Kč/kWh. Na FV systém do 10 kWp se vztahuje dotace program za 115 000 Kč a při využití 80 % výroby vychází návratnost investice za 9,1 let. V příkladu je zanedbána potřebná výměna akumulčních dílů, která je vhodná po přibližně 10 letech provozování FVE.

Tab. 6: Hodnoty výnosů FVE, (zdroj vlastní)

Výkon FVE	3 kWp
Cena pořízení	170 000 Kč
Dotace C 3.4	55 000 Kč
Vyrobená energie v kWh/rok	2900 kWh/rok
kWh na kWp	967 kWh/kWp
Úspora energie za rok při 80 % výroby FVE	2320 kWh/rok
Náklady na nákup energie ze sítě při 3,71 Kč/kWh	3,71 Kč/kWh
Cena elektřiny za kWh dodané do sítě	0,4 Kč/kWh
Energetické úspory za první rok	8 607 Kč
Návratnost investic	9,1 let

$$\frac{2900}{3} = 967 \text{ kWh/kWp}$$

$$\frac{2900 * 80}{100} = 2320 \text{ kWh/rok}$$

$$3,71 * 2320 = 8\,607 \text{ Kč/rok ... ušetřím}$$

$$580 * 0,4 = 232 \text{ Kč/rok ... získám}$$

$$\frac{8\,607 + 232}{967} = 9,1 \text{ let}$$

### 3.6 Možnosti využití elektromobility pro akumulaci a DS

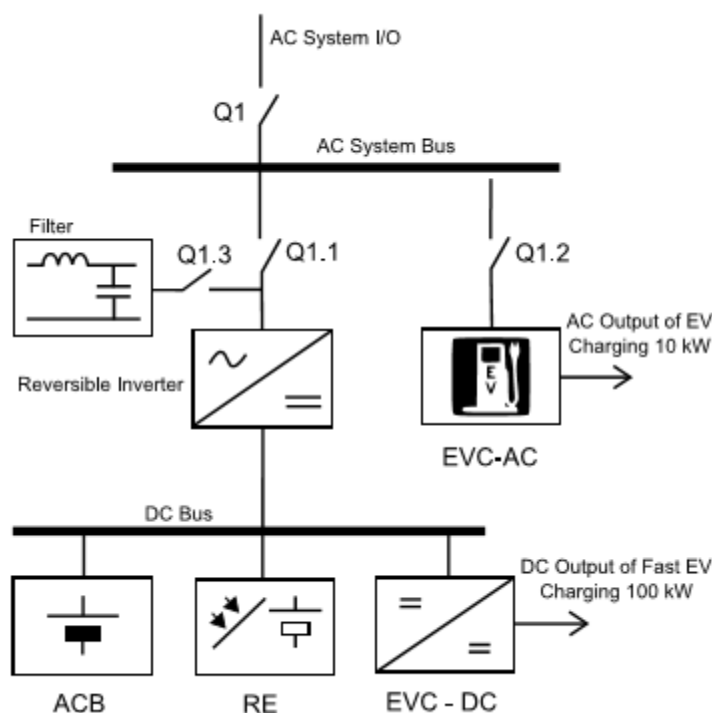
Při větším využívání obnovitelných zdrojů rostou také požadavky na rozvodnou síť, je potřeba zlepšení parametrů sítě a mezinárodní zapojení. Rozvíjí se technologie, vzniká větší podpora obnovitelných zdrojů, je potřebné vyvíjet akumulační zařízení, využívat energii pro elektromobilitu. Pokrokovou technologií jsou inteligentní neboli chytré sítě a jejich nástroje v angličtině zvané smart grids. Evropská Unie se zabývá a připravuje projekty Grid4EU, Smart Grids European Technology Platform a další zabývající se centralizovanou výrobou elektřiny z OZE. Přestože výroby s OZE jsou vítány, je důležité řešit které zapojit a jakým způsobem, aby nedocházelo k výkyvům v sítích.

Vzhledem k nízkým cenám a omezením za dodávání elektrické energie do distribuční sítě, je snaha najít jiné využití přebytků z FVE. Jedním z možností by mohlo být využití elektromobilů, kapacity baterií elektromobilů. Tenhle způsob je pro letošní a nadcházející roky velmi aktuální, protože se chystá podpora zelená elektromobility. Výhodou je, že možnost takto využít přebytky elektrické energie je možná pro nové i stávající FVE. Spojení elektromobility a DS vytvoří větší flexibilitu v elektrické síti, která pomůže zachovat soustavu v činnosti i s předpokládanou výrobou FVE. Proces nabíjení se může jevit jako nevýhoda elektromobilů kvůli rychlosti nabíjení, které se odhaduje přibližně na 6 až 10 hodin podle počtu fází. A nevýhodou je také vzdálenost dojezdu, který závisí na poměru akumulované energie a váhy baterie. Nabíjení elektromobilů probíhá v různou dobu a spojení s nabíjecí stanicí může způsobovat vysoké špičky při spotřebě v síti. Řešit se to může posílením distribuční sítě, což je finančně nákladné nebo postavením nabíjecí stanice, která má velmi malý dopad na síť. Problém většiny patentovaných metod je nemožné zpětné dodání elektrické energie do sítě z nabitého elektromobilu. V případě nepřipojení nabíjecí stanice je možné napájet síť z FVE a současně požívat nabíjecí stanici ke spotřebě energie. Při horších podmínkách provozu elektrické sítě se může spotřebovávat elektrická energie z připojeného akumulátoru elektromobilu, jež je připojen k nabíjecí stanici.

Složení akumulačního systému podle zařízení vybudovaného za podpory projektu ENET-Energy Units for Utilization of non Traditional Energy Sources v Ostravě:

- Blok ACB - LiFePO4 baterie
- Blok RE - zdroj OZE (FVE)
- Měnič k připojení FVE

- Blok EVC – DC – zařízení pro rychlé nabíjení elektromobilů
- Blok EVC – AC - Síťové připojení s nabíječkou
- Reverzibilní střídač napětí pro akumulaci přebytků v síti a pro přenos energie z FVE



Obr. 13: Mobilní akumulace [28]

Podle programů a návrhů zabývajících se rozvojem, bude akumulace elektřiny konkrétně využívání kapacity baterií fungovat podle daných pravidel pro regulaci výkonu distribuční soustavy (Vehicle to Grid). Výhodou elektromobilů je šetrnost k životnímu prostředí. Na rozdíl od fosilních paliv je značné snížení produkce CO<sub>2</sub> a dalších látek. Stabilita sítě a zlepšení jejích parametrů je jedním z cílů využívání elektromobility. Při větším rozšíření elektromobilů bude potřeba rozšířit síť nabíjecích stanic. Domácnost za rok spotřebuje přibližně 4000 kWh, elektromobil spotřebuje za rok přibližně 3300 kWh.

Nově v České republice přichází na trh baterie od Jana Procházky a firmy HE3DA. Jde o baterii, která má sloužit ke skladování energie a nahradit tak lithium – iontovou baterii. Výhodou baterie jsou menší rozměry, větší bezpečnost a menší finanční náklady oproti již zmiňované lithium – iontové baterii. Rozdíl mezi dostupnými bateriemi je

v odlišném lisování, které se u nové baterie provádí horizontálně, čímž se několikrát znásobila kapacita baterie. Firma vyrábí dvě varianty baterií. Jednu pro skladování energie a druhou pro elektromobily.

### **3.7 Akumulace energie a její využití**

Způsob akumulace elektrické energie může být kombinací výroby elektřiny a tepla pro překlenutí období mezi režimem spotřeby a výroby elektrické energie i tepla. Sezónní akumulace energie se využívá pro období přerušovaných dodávek elektřiny. Akumulovaná energie se může prodat výhodněji v době, kdy je cena za elektřinu vyšší než třeba v době, kdy je vyráběna. Skladovaná energie napomáhá regulovat napětí a frekvenci a může odlehčit distribuční a přenosovou soustavu změnou času nebo lokace pro výrobu či spotřebu. U systémů grid off akumulace energie zajišťuje dodávku energie i v době, kdy není možná výroba.

## 4 Akumulace elektrické energie z FVE v zemích EU

Téma akumulace energie z FVE je velmi aktuální a teprve se začíná rozvíjet. Především pro OZE, které nedokážou vyrábět energii rovnoměrně a jsou závislé na přírodních podmínkách, je akumulace energie významná. Na následujících stranách jsem uvedla pár způsobů akumulace, které vyvíjí v jiných státech EU.

### Německo

Německo je považováno v Evropě za velmoc v oblasti fotovoltaiky. Podpora solárních systémů funguje v Německu od roku 2013, jedná se o program Obnovitelné skladování energie. Podporu mohou čerpat výrobny, které minimálně 50 % vyrobené energie spotřebují. Na výstavbu FVE v Německu se vztahuje podpora banky Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) program obnovitelné zdroje energie standard – Fotovoltaika. Podpora může být pro jednotlivce, organizace i společnosti. Podpora německé banky KfW program Solarstromspeicher finanční podpora pro skladování elektrické energie se skládá z úrokové půjčky a dotace. Podpora je vydávána do roku 2018 a je na ní vyčleněno 30 milionů eur. V případě přetoků energie může být dle zákona EEG vykoupena za cenu kolem 12 centů za kWh. Podpora závisí na typu systému a umístění. Pouze 10 % vyroben se nachází na zemi, největší část systémů je na střechách budov, kde je podpora 40 %.

I v Německu jsou nejrozšířenější lithium-iontové baterie pro akumulaci elektrické energie z FVE. Pořizovací náklady na FV systémy s akumulací se pohybují okolo 6-15 tisíc euro. Fotovoltaické systémy s akumulací můžeme v Německu podle dostupných internetových zdrojů pořídit například u firmy Sollarwatt pro čtyřčlennou domácnost se spotřebou energie 4000 – 5500 kWh/ rok je vhodným řešením Store 5000. Systém se skládá z 18 FV modulů, které potřebují plochu o 30 m<sup>2</sup>. Průměrná výroba je 4800 kWh/ rok za cenu 13 999 eur (372 373 Kč). Firma ASD Automatic Storage Device GmbH sídlící v Umkirchu, byla v roce 2013 několikrát oceněna za přínos pro OZE. Firma se zabývá výrobou zařízení pro skladování energie. Firma FuSystemes má v nabídce tzv. skywind jedná se o spolupráci fotovoltaiky, větrných turbín a úložného systému. Výhodou je o 20 % více získané energie díky turbínám. A německá společnost Siemens v roce 2012 přišla se zařízením pro akumulaci energie Siestorage. Systém je vytvořen z lithium – ion baterií včetně výkonové elektroniky, řídicího zařízení a síťového připojení

o kapacitě 16 kWh. Při připojování dalších bateriových skříní je možné systém Siestorage rozšířit na kapacitu 2 MWh o výkonu systému až 8 MVA. Systém Siestorage je vhodný pro regulaci pletoků výkonu z OZE a k akumulaci energie, když je ze sítě odebíráno minimálně a později dodávat při velkém odběru. Výhodou je u ostrovních systémů, že dokáží kompenzovat nestabilitu sítě. Jiný projekt čerstvě vyvíjen v Německu je o využití kamenů pro skladování energie z OZE. Jedná se o přeměnu elektrické energie na tepelnou a uložení do zařízení, kde jsou kameny, které se ohřejí, a vznikne pára pohánějící turbíny. Nevýhodou projektu je krátkodobost akumulace.

## Itálie

V Itálii začínají vyrábět a akumulovat energii zahříváním písku, na který se nastaví zrcadla, po zahřátí začne z písku stoupat pára, která může pohánět turbíny. K výrobě elektrické energie může docházet i bez slunečního záření. Akumulace do baterií existuje už několik let a je dostupná pro veřejnost. Další typy akumulace se shodují s možnostmi uvedenými v kapitole 2. V Itálii bylo do roku 2014 nevhodné investovat do FV systému s akumulací z ekonomického hlediska. Asociace zabývající se fotovoltaickým průmyslem v Itálii se jmenuje Assosolare. V současné době ceny v Itálii klesají. Baterie s výkonem 3 kW se pohybují kolem 5 000 eur. Italský úřad pro elektřinu a plyn vydal dokument 574/2014/R/EEL řešící podmínky instalace a připojení k síti pro systémy s akumulací. Zařízení pro skladování musí splňovat podmínky dané normami CEI – 016 (vysoké napětí) a CEI – 021 (pro nízké napětí). V případě FV systému s akumulací pro vlastní spotřebu je daňový odpočet ve výši 50 % tzv. Ecobonus podle energetického GSE účtu zřízeného státem s propojením ministerstva vnitra pro podporu OZE. Výrobní do 20 kW nově zřízené jsou osvobozeny od platby poplatků energetického systému. V Itálii je cena za elektřinu 0,25 euro/ kWh, tržní cena za výkup elektřiny je 0,14 euro/ kWh. Výrobní a instalovaný výkon 3 kWp a baterií o 5,5 kWh vyjde v Itálii přibližně na 13 000 eur.

## Španělsko

Španělsko konkuruje baterií RaStore Solar System Rocket (lithium-iontová baterie) od společnosti Solar Rocket o kapacitě 3 -15 kW baterií Tesla. V jednom zařízení jsou lithium – iontové baterie spolu s elektronickým zařízením. Cena se pohybuje od 9 do 13 tisíc eur.

Ve Španělsku funguje forma podpory řízená královským dekretem. Cena za nákup



elektřiny se pohybuje kolem 0,182 euro za kWh (4,84 Kč/ kWh). V loňském roce došlo ve Španělsku ke schválení zákona o platbě za spotřebovanou i akumulovanou energii z vlastní FVE s výjimkou FVE do 10 kWp. Královská vyhláška (Real Decreto) reagující na solární boom ve Španělsku stanovuje, že nebude placeno FVE s instalovaným výkonem větším jak 100 kW za dodávání energie do distribuční sítě. Při nedodržení zákona, budou majitelé FVE postihnuti sankcí. Proti tomuto rozhodnutí vlády se odvolává spousta investorů. Nazývaná solární daň se netýká objektů na samotě a termických solárních panelů, které ohřívají vodu. Pro již instalované panely se musí platit 9 euro/ kW výkonu každého panelu za rok. Pro výroby nad 10 kW se budou k tomu platit ještě náklady na výrobu energie 5 centů za kWh. Ve Španělsku můžeme zakoupit FV systém s akumulací například od firmy Tienda Solar. Systém je tvořen 9 panely o 250 Wp, hybridním multifunkčním střídačem (4000 W) a čtyřmi bateriemi o 12 V. Cena FV systému s akumulací 4 kW Kit Premium vyjde na 8 457 eur (224 956 Kč). Španělská solární elektrárna Gemasolar je v provozu už pár let. Byla postavena jako první elektrárna, která vyrábí energii i v době bez slunečních paprsků. Funguje na principu zrcadel, která odráží paprsky slunce do věže s nádrží se solí. Dochází k přeměně elektrické energie na tepelnou a pomocí vzniklé páry z ohřáté soli dojde k pohonu turbín.

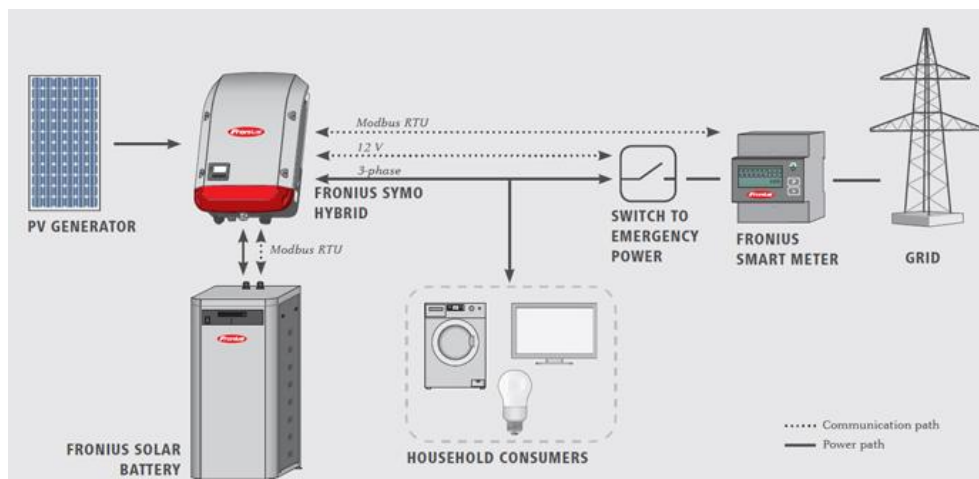
## Francie

Francie připravila na období 2017 až 2020 podporu pro nové fotovoltaické instalace. Výkupní ceny budou činit 1,32 euro/ kWh. Francie vyvinula sodíkovou baterii, která může nahradit nejrozšířenější lithium – iontovou baterii díky rychlosti vybíjení a nabíjení a také dostatkem potřebného materiálu na výrobu. Kupní cena u výroben do 9 kWp momentálně činí 10 centů/ kWh, u výroben nad 100 kWp je to 6 centů/ kWh podle nové vyhlášky z roku 2017, která mění podmínky nákupu elektřiny generované ze zařízení umístěného na budově s využitím FV systému.

## Rakousko

Rakouská firma Johammer e-mobility GmbH vyvíjí elektromotorku, která může sloužit jako akumulátor v domácnostech. Motorka obsahuje Li-ion baterii s kapacitou 12 kWh a stačí dobít jen jednou na dojezd 200 km. Investice do elektromotorky je 23 000 eur (611 800 Kč). V Rakousku je velká část energie získávána z OZE, v roce 1999 zakotvil v ústavě zákaz výroby energie z jádra. Momentálně v Rakousku není podpora FV systémů

s akumulací stejná pro všechny části Rakouska. Grant na FV systém s akumulací je 300 - 1000 euro/ kWh. Cena zařízení se pohybuje přibližně za 6000 – 15 000 eur podle výkonu. Rakouská firma Fronius International GmbH vstoupila na trh se zařízením Fronius Hybrid. FV systém obsahuje 10 FV modulů o 2,6 kW, hybridní měnič Symo Fronius a baterie pro ukládání elektrické energie Fronius Solar LiFeP04 o kapacitě 6 kWh.



Obr. 14: Energetický balíček od značky Fronius [30]

Fronius balíček obsahuje tří fázový měnič (4 kW) pro převod stejnosměrného proudu na střídavý, lithium – iontovou baterii (6 kWh) a inteligentní měřicí přístroje Fronius, který analyzuje přetoky energie, monitoruje a podává informaci o spotřebě energie.

Dva miliony eur byly vyčleněné v roce 2015 na projekt Underground Sun Storage skladování energie z větrné a solární energie do země. Jde o převedení elektřiny do vodíku s metanem a přečerpání do podzemní nádrže.

## Závěr

V mé diplomové práci jsem se v první kapitole zaměřila na popis FV systému a uvedla jsem typy FV systémů. Popsala jsem údržbu FV panelů a ochranu zařízení proti blesku. V druhé kapitole jsem nastínila možnosti akumulace elektřiny z FV systémů. U jednotlivých zařízení jsem analyzovala vlastnosti a uvedla tak výhody a nevýhody akumulčních zařízení a vložila jsem grafy srovnávající popsání zařízení. Následující kapitolu jsem věnovala podmínkám připojení FVE k síti. U legislativních podmínek jsem rozepsala Energetický zákon, Zákon o podporujících zdrojích energie a stávající právní situaci v oblasti akumulace energie z FVE. Dále jsem popsala aktuální podporu pro FV systémy s akumulací a vypočítala návratnost investice do FV systému. Také jsem zhodnotila možnosti elektromobility pro akumulaci a popsala způsoby využití akumulace energie. V závěru práce jsem nastínila příklady akumulace energie z FVE v jiných zemích EU.

V kapitole obsahující návratnost investice jsem počítala s FV systémem s akumulací o výkonu 4 kWp, na který se vztahuje podpora ve výši 100 000 Kč a systém lze pořídit za 299 000 Kč. Z orientačního výpočtu mi vyšla návratnost zařízení za 13 let. U FV systému s akumulací do teplé vody o výkonu 3 kWp, na který se vztahuje podpora ve výši 55 000 Kč a lze ho zakoupit za cenu 170 000 Kč, jsem návratnost investice vypočítala za 9 let. Bez akumulace není možné být energeticky soběstačný pouze z FVE. Při předpokládané době životnosti FV systémů, která se momentálně odhaduje na 20 let, se investice vrátí před uplynutím doby životnosti.

Zjistila jsem, že v Německu jsou výrobci podporováni ke spotřebě energie v rámci bonusů. Naopak ve Francii jsou náklady na FV systémy s akumulací vysoké a je tedy výhodnější veškerou vyrobenou energii prodat a všechnu energii ke spotřebě nakoupit. Jelikož ceny za výkup energie stále klesají, můžu konstatovat, že se vyplatí do akumulčního zařízení investovat.

V oblasti zásobování energií nabývají na celém světě stále většího významu decentralizované energetické zdroje orientované zejména na energie ze slunečního záření a větru. S tím souvisí i nutnost proměny energetické rozvodné sítě směrem k inteligentní energetické infrastruktuře vybavené systémy pro skladování elektrické energie. Rozvoj

v této oblasti je očekáván ve všech částech energetické soustavy – výroba, přenos a distribuce, spotřeba. Kapacita a umístění konkrétní akumulární technologie bude záviset na požadavcích na ní kladených. Na pořadu však bude k řešení také problematika ekonomická, legislativní a další. Celá výše uvedená oblast je na počátku vývoje, bude vyžadovat velký objem práce v mnoha směrech. Moje diplomová práce je malým příspěvkem k tomuto úsilí.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] HASELHUHN, R. Fotovoltaika, Budovy jako zdroj proudu. 1. české vydání. Ostrava – Plesná: HEL, 2010. 176 stran. ISBN 978-80-86167-33-6
- [2] MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J., TOMEŠ, M. Fotovoltaika. Elekřina ze Slunce. 2. vydání. Brno: EkoWATT, ERA group spol. s r.o., 2008. 81 stran. ISBN 978-80-7366-133-5
- [3] LIBRA, M., POULEK, V. Fotovoltaika. Teorie i praxe využití solární energie. 2. vydání. Praha: ILSA, 2010. 165 stran. ISBN 978-80-904311-5-7
- [4] STANĚK, K. Fotovoltaika pro budovy. 1. Vydání. Praha: GRADA Publishing, a. s., 2012. 224 stran. ISBN 978-80-247-4278-6
- [5] Autorský tým Czech energy a.s.: Fotovoltaické systémy pro výrobu elekřiny [online]. [cit. 8. 2. 2017] Dostupný z WWW: <<http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>>
- [6] Solární Experti s.r.o.: Jak funguje ostrovní fotovoltaický systém [online] 2015, [cit. 16. 2. 2017] Dostupný z WWW: <<https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-ostrovní-off-grid-fotovoltaický-system/>>
- [7] Systémy připojené k síti [online]. [cit. 16. 2. 2017] Dostupný z WWW: <<http://amsself.sweb.cz/fotovoltaika.htm>>
- [8] Informační portál o solární energii a jejím využití: Fotovoltaické solární systémy [online]. [cit. 16. 2. 2017] Dostupný z WWW: <<http://www.solarni-energie.info/fotovoltaicke-solarni-panely-kolektory.php>>
- [9] Solarenavi: Hybridní fotovoltaický systém [online]. [cit. 18. 2. 2017] Dostupný z WWW: <<http://www.solarenavi.cz/a-7-hybridni-fotovoltaický-system.html>>
- [10] Lunek, s.r.o., solární elektrárny, fotovoltaika: Hybridní systémy [online]. [cit. 18. 2. 2017] Dostupný z WWW: <<http://www.lunek.cz/produkty/hybridni-systemy/>>
- [11] Solární Experti s.r.o.: Jak funguje ohřev vody fotovoltaikou [online] 2016, [cit. 18. 2. 2017] Dostupný z WWW: <<https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-fotovoltaický-ohřev-vody/>>
- [12] Elektro časopis pro elektrotechniku: Ochrana solárních panelů a připojených zařízení před bleskem a přepětím fotovoltaikou [online] 2016, [cit. 18. 2. 2017] Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/ochrana-solarnich-panelu-a-pripojnych-zarizeni-pred-bleskem-a-prepetim--14488>
- [13] TZB-info: Ochrana před bleskem a přepětím pro solární články[online]. [cit. 18. 2. 2017] Dostupný z WWW: <<http://oze.tzb-info.cz/3593-ochrana-pred-bleskem-a-prepetim-pro-solarni-clanky>>

- [14] TZB-info: Superkondenzátory [online]. [cit. 1. 3. 2017] Dostupný z WWW: <<http://oze.tzb-info.cz/teorie-obnovitelna-energie/6710-superkondenzatory>>
- [15] Portál Nazeleno: Ukládání elektřiny z fotovoltaických a větrných elektráren [online]. [cit. 2. 3. 2017] Dostupný z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/ukladani-elektriny-z-fotovoltaickych-a-vetrnych-elektraren.aspx>>
- [16] Wikipedie: Nikl – kadmiový akumulátor [online]. 2017, [cit. 8. 3. 2015]. Dostupný z WWW: <[https://cs.wikipedia.org/wiki/Nikl-kadmiov%C3%BD\\_akumul%C3%A1tor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Nikl-kadmiov%C3%BD_akumul%C3%A1tor)>
- [17] O energetice: Sodíkové baterie – konstrukce, princip, činnost a aplikace [online]. [cit. 10. 3. 2017] Dostupný z WWW: <<http://oenergetice.cz/elektrina/akumulace-energie/sodikove-baterie-konstrukce-princip-cinnosti-a-aplikace/>>
- [18] O energetice: Metal – air baterie [online]. [cit. 10. 3. 2017] Dostupný z WWW: <<http://oenergetice.cz/elektrina/akumulace-energie/metal-air-kov-vzduchova-baterie/>>
- [19] O energetice: Průtoková baterie [online]. [cit. 15. 3. 2017] Dostupný z WWW: <<http://oenergetice.cz/technologie/elektroenergetika/prutokova-baterie/>>
- [20] TZB-info: Akumulace energie z OZE – vodíkové hospodářství [online], 2011. [cit. 19. 3. 2017] Dostupný z WWW: <<http://oze.tzb-info.cz/7134-akumulace-energie-z-oze-vodikove-hospodarstvi>>
- [21] Wikipedie: Palivový článek [online]. [cit. 19. 3. 2017]. Dostupný z WWW: <[https://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD\\_%C4%8D%C3%A1nek](https://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD_%C4%8D%C3%A1nek)>
- [22] Web kbb underground technologies: Druckluftspeicher/ CAES [online]. [cit. 25. 3. 2017]. Dostupný z WWW: <<http://www.kbbnet.de/teaserboxen/forschung-und-entwicklung/druckluftspeicher-caes/>>
- [23] Web Energy storage Association: Advanced Adiabatic Compressed [online]. [cit. 25. 3. 2017]. Dostupný z WWW: <<http://energystorage.org/advanced-adiabatic-compressed-air-energy-storage-aa-caes>>
- [24] TZB-info: Akumulace elektřiny [online], 2011. [cit. 30. 3. 2017] Dostupný z WWW: <<http://oze.tzb-info.cz/7435-akumulace-elektriny>>
- [25] ČEZ distribuce: Pravidla provozování DS [online], 2016. [cit. 10. 4. 2017] Dostupný z WWW: <<http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds/ppds-2016.html>>
- [26] ČEZ distribuce: Připojovací podmínky pro výrobní [online], 2016. [cit. 12. 4. 2017] Dostupný z WWW: <[file:///C:/Users/Uzivatel/Downloads/cezdistribuce\\_pripojovacipodminkyve\\_201206\\_preview7%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Uzivatel/Downloads/cezdistribuce_pripojovacipodminkyve_201206_preview7%20(2).pdf)>

- [27] Frank Bold advokáti: Připojení fotovoltaické elektrárny do 10 kW [online], 2016. [cit. 12. 4. 2017] Dostupný z WWW: <<http://www.fbadvokati.cz/novinky/energetika/pripojeni-fotovoltaicke-elektrarny-do-site>>
- [28] CHLEBIŠ P., TVRDOŇ M., BAREŠOVÁ K., HAVEL A. The System of Fast Charging Station for Electric Vehicles with Minimal Impact on the Electrical Grid [online], 2016. [cit. 12. 4. 2017] Dostupný z WWW: <[file:///C:/Users/Uživatel/Downloads/1318-9368-1-PB%20\(7\).pdf](file:///C:/Users/Uživatel/Downloads/1318-9368-1-PB%20(7).pdf)>
- [29] Solární Novinky: Akumulátor a kombinace malé fotovoltaické a větrné elektrárny jako řešení pro energetickou soběstačnost [online], 2015. [cit. 28. 4. 2017] Dostupný z WWW: <<http://www.solarninovinky.cz/?nove-produkty/2015051806/akumulator-a-kombinace-male-fotovoltaicke-a-vetrne-elektrarny-jako-reseni-pro-energetickou-sobestacnost>>
- [30] Fronius: Fronius Energy Package [online]. [cit. 8. 5. 2017] Dostupný z WWW: <[http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius\\_international/hs.xsl/83\\_35476\\_ENG\\_HTML.htm#.WRtLCNIT7IV](http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_international/hs.xsl/83_35476_ENG_HTML.htm#.WRtLCNIT7IV)>

## Seznam tabulek

<i>Tab. 1 : Nová zelená úsporám - podkategorie C, (vlastní zdroj)</i>	39
<i>Tab. 2: Příklady vybraných solárních FV systémů, (zdroj vlastní)</i>	40
<i>Tab. 3: Příklady vybraných solárních FV systémů, (zdroj vlastní)</i>	40
<i>Tab. 4: Závislost míry akumulace na celkové roční výnosy u výkonu FVE 4 kWp a roční výrobě 3 800 kWh, (zdroj vlastní)</i>	41
<i>Tab. 5: Hodnoty výnosů FVE, (zdroj vlastní)</i>	41
<i>Tab. 6: Hodnoty výnosů FVE, (zdroj vlastní)</i>	42



## Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Fotovoltaický model [5]</i>	11
<i>Obr. 2: Ostrovní systém (grid off)[6]</i>	13
<i>Obr. 3: Síťový systém (grid on) [7]</i>	14
<i>Obr. 4: Hybridní systém [8]</i>	15
<i>Obr. 5: Ohřev vody pomocí fotovoltaických panelů [10]</i>	16
<i>Obr. 6: Schéma sodíko-sírové baterie [17]</i>	22
<i>Obr. 7: Schéma průtokové baterie[19]</i>	24
<i>Obr. 8: Schéma palivového článku [21]</i>	25
<i>Obr. 9: Schéma CAES systému [22]</i>	27
<i>Obr. 10: Závislost objemové hustoty energie na hustotě specifické[24]</i>	28
<i>Obr. 11: Závislost ceny ne jednotku energie a celkové ceny[24]</i>	28
<i>Obr. 12: Závislosti účinnosti a životnosti[24]</i>	29
<i>Obr. 13: Mobilní akumulace [28]</i>	44
<i>Obr. 14: Energetický balíček od značky Fronius [30]</i>	49