



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta elektrotechnická  
Katedra elektroenergetiky**

**Posouzení vhodnosti bateriových systémů pro  
podpůrné služby v České republice a Kazachstánu**

**Assessing the suitability of battery systems for  
support services in the Czech Republic and  
Kazakhstan**

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektroenergetika

Vedoucí práce: Ing. Pavel Hrzina, Ph.D.

Bc. Vitaliy Vinogradov

---

Praha 2019

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vinogradov                      Jméno: Vitaliy                      Osobní číslo: 365447  
Fakulta/ústav: Fakulta elektrotechnická  
Zadávací katedra/ústav: Katedra elektroenergetiky  
Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management  
Studijní obor: Elektroenergetika

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Posouzení vhodnosti bateriových systémů pro podpůrné služby v České republice a Kazachstánu

Název diplomové práce anglicky:

Assessing the suitability of battery systems for support services in the Czech Republic and Kazakhstan

Pokyny pro vypracování:

- 1) Popište základní možnosti současných bateriových úložišť pro poskytování podpůrných služeb a to především z hlediska technologického.
- 2) Definujte prostředí trhu s elektřinou a podpůrnými službami z pohledu České republiky a Kazachstánu. Zaměřte se především na specifika obou zemí.
- 3) Na případové studii porovnejte podmínky pro provoz bateriových systémů v ČR a Kazachstánu, proveďte ekonomické i technické zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Legislativní předpisy z oboru energetiky ČR a Kazachstánu
- [2] Údaje o trhu s elektřinou pro ČR a Kazachstán
- [3] Technické údaje vybraných bateriových úložišť

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Pavel Hrzina, Ph.D., katedra elektrotechnologie FEL

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

Datum zadání diplomové práce: 02.03.2018

Termín odevzdání diplomové práce:

Platnost zadání diplomové práce: 30.09.2019

Ing. Pavel Hrzina, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Pavelu Hrzinovi, Ph.D. za veškerou pomoc při psaní této práce. Za důležité rady z pohledu obsahu, aktivní pomoc při hledání zdrojů potřebných informací. Za vstřícnost, podporu a trpělivost.

V Praze dne .....

.....

## Prohlášení

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

V Praze dne .....

.....

## Abstrakt

Tato diplomová práce se věnuje možnosti využití bateriových systémů pro zlepšení kvality dodávky elektřiny v České Republice a Kazachstánu.

V první části je popsána situace s vývojem OZE v České Republice a Kazachstánu.

Dále jsou popsány druhy bateriových systémů využívaných ve světě a jejich aplikace v elektrizačních soustavách, analyzována vhodnost různých technologií bateriových systémů pro podpůrné služby přenosové soustavy.

## Abstract

This thesis deals with the concept of use battery systems in the power grid with the purpose to improve the quality of supply in the Czech Republic and Kazakhstan.

The first part describes the situation with the development of RES in the Czech Republic and Kazakhstan.

In other part described the types of battery systems used in the world and their applications in power systems, the suitability of various battery systems for the support services of the power system.

## Seznam použitých zkratek

BRKO	biologicky rozložitelný odpad
DSO/PDS	provozovatel distribuční soustavy
ERÚ	energetický regulační úřad
ES	elektrizační soustava
EU	Evropská unie
FVE	fotovoltaická elektrárna
NPV	čistá současná hodnota, ekonomický ukazatel
NN	nízké napětí
VN	vysoké napětí
VVN	velmi vysoké napětí
ZVN	zvláště vysoké napětí
NER	National Energy Report
OZE	obnovitelné zdroje energie
OTE	Operátor trhu v ČR
PS	přenosová soustava
PpS	podpůrné služby
RZPR(S) / PR	regulační záloha primární regulace
RZSR / SR	regulační záloha sekundární regulace
RZMZ /MZ	regulační záloha minutové zálohy
SEK	státní energetická koncepce
TSO/PPS	provozovatel přenosové soustavy
VtE	větrná elektrárna

## Obsah

1.	ÚVOD.....	1
2.	OZE v ČESKÉ REPUBLICE a KAZACHSTÁNU .....	1
2.1.	Vývoj OZE v České Republice .....	1
2.2.	OZE v Kazachstánu .....	3
3.	PŘEHLED TECHNOLOGIÍ BATERIOVÝCH SYSTÉMŮ NA TRHU .....	5
3.1.	Klasické baterie .....	5
3.1.1.	Olověné baterie.....	5
3.1.2.	Lithiové baterie .....	6
3.2.	Průtokové baterie .....	6
3.2.1.	Vanadium – redoxové baterie.....	6
3.2.2.	Zinek – bromidová baterie .....	6
4.	VYUŽITÍ BATERIOVÝCH SYSTÉMŮ.....	7
4.1.	Obecný přehled možnosti využití bateriových systémů .....	7
4.2.	Využití bateriových systému v Evropě a ve světě .....	9
4.3.	Aplikace bateriových systému ve světě .....	10
4.4.	Aplikace bateriových systému v České Republice.....	14
4.5.	Aplikace bateriových systému v Kazachstánu.....	17
5.	PODPŮRNÉ SLUŽBY PpS .....	18
5.1.	PpS v České Republice.....	18
5.2.	Cena PpS v České Republice.....	23
5.3.	ES a PpS v Kazachstánu .....	25
6.	BATERIOVÉ SYSTÉMY PRO PODPŮRNÉ SLUŽBY .....	29
6.1.	Bateriové systémy pro podpůrné služby PS ČR.....	29
6.2.	Bateriové systémy pro podpůrné služby PS Kazachstánu.....	33
7.	PŘEDPOKLADY VYUŽITÍ BATERIOVÉHO SYSTÉMU V ČR .....	34
7.1.	Předpoklady technicko – ekonomického hodnocení“ .....	34
7.2.	Výsledky technicko – ekonomického hodnocení .....	35
7.3.	Citlivostní analýza.....	37
8.	SHRNUTÍ A ZÁVĚR .....	39
	ZDROJE .....	40

## 1. ÚVOD

Cílem této diplomové práce je zhodnocení a porovnání možnosti využití bateriových systémů pro zlepšení kvality dodávky elektřiny v České Republice a Kazachstánu. Popsaná problematika využití takových systémů v obou zemích z hlediska legislativy.

Vzhledem k vývoji a povinnému zavádění OZE do energetických systému skoro ve všech zemích, problematika akumulace energii přichází do popředí.

Vyhovující geografické a klimatické podmínky, jako například dostupnost moře, krajin s větším množstvím slunečných dnů atd., vedou k nerovnoměrnému rozložení OZE elektráren na území různých zemi, k velké koncentraci elektráren v částech s lepšími podmínkami. Kromě toho OZE nemůžeme považovat za plynule regulovatelné, na křivku výroby má značný vliv klimatické podmínky, mraky, počasí atd.

V důsledku těchto faktorů OZE elektrárny mohou ovlivňovat stabilitu ES. Respektive živelné pohromy mohou přivést k pozastavení dodávky elektřiny z OZE, což může způsobit Black Out. S rostoucím podílem OZE roste potřeba v akumulaci energii pro zmenšení negativního vlivu na ES a na její stabilitu.

Vývoj OZE v posledních letech v neposlední míře způsoben snahou EU o snížení emisí skleníkových plynů. Ve druhé kapitole popsán vývoj OZE v České republice a Kazachstánu. Strategie těchto zemi na zvětšení podílu OZE v ES.

V této práci jsou popsány různé technologie bateriových systému, vhodných pro podpůrné služby přenosové soustavy. Analyzovaná vhodnost bateriových systému z ekonomického a technologického hlediska pro Českou republiku a Kazachstán.

## 2. OZE v ČESKÉ REPUBLICE a KAZACHSTÁNU

### 2.1. Vývoj OZE v České Republice

V rámci Pařížské dohody [1], nahrazující po roce 2020 Kjótský protokol, země včetně České republiky a Kazachstánu, se zavázali ke snížení emisí skleníkových plynů do roku 2030 nejméně o 40 %, ve srovnání s rokem 1990. Což má za následek snížení podílu „klasické“ energetiky, a zvětšení podílu OZE v energetické bilanci.

Impulsem pro vývoj OZE také slouží dohoda evropských států [2] o dosažení 20% podílu OZE do roku 2020. S ohledem na potenciál, hospodářskou situaci, geografii pro každý



stát EU procentuální podíl OZE je odlišný. Pro Českou republiku podíl OZE stanoven na úrovni 13 %.

Podle dat Eurostatu [3] z roku 2017 Česká Republika splnila své závazky a už dosáhla podílu OZE na úrovni 14,9%.

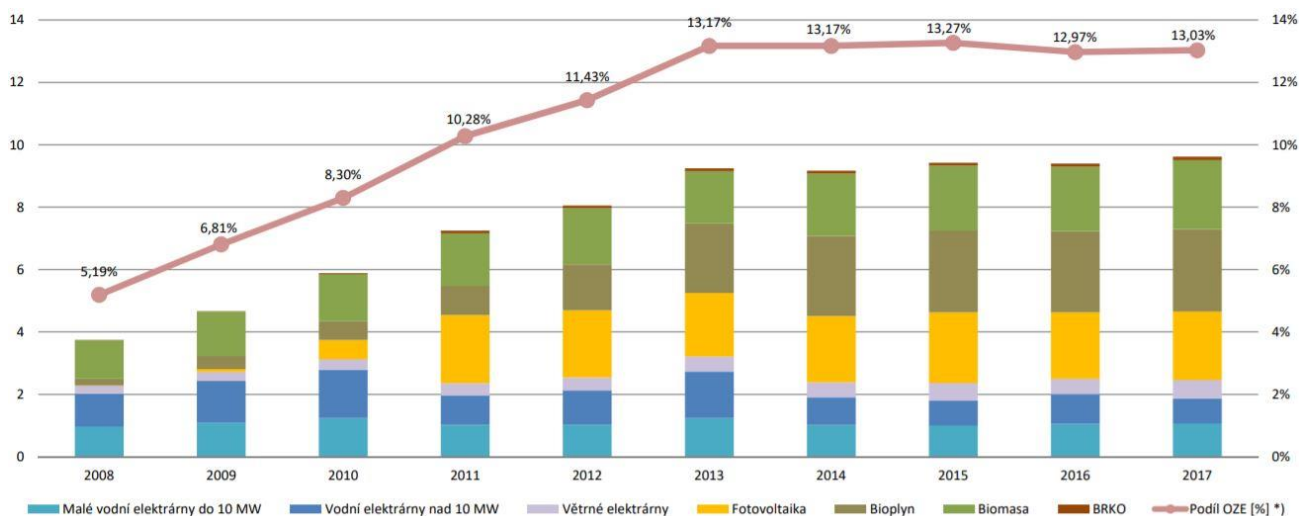
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Celkem OZE [MWh]	3 738 459	4 668 514	5 886 915	7 247 504	8 055 026	9 243 382	9 169 709	9 422 950	9 395 450	9 618 438
Malé vodní elektrárny do 10 MW	966 884	1 082 683	1 238 819	1 017 878	1 026 254	1 236 978	1 011 674	1 001 797	1 053 100	1 062 479
Vodní elektrárny nad 10 MW	1 057 451	1 346 937	1 550 655	945 276	1 102 912	1 497 762	897 549	793 010	947 388	806 985
Větrné elektrárny	244 661	288 067	335 493	397 003	415 817	480 519	476 544	572 612	496 957	591 038
Fotovoltaika	12 937	88 807	615 702	2 182 018	2 148 624	2 032 654	2 122 869	2 263 846	2 131 455	2 193 368
Bioplyn	213 632	414 235	598 755	932 576	1 472 142	2 241 300	2 566 699	2 614 188	2 600 546	2 638 977
Biomasa	1 231 210	1 436 848	1 511 911	1 682 563	1 802 591	1 670 327	2 007 039	2 090 855	2 067 443	2 211 352
BRKO	11 684	10 937	35 580	90 190	86 686	83 842	87 335	86 642	98 561	114 238

*zdroj dat: předchozí roční zprávy, výkaz ERÚ-E1, OTE, a.s. (od roku 2013)*

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tuzemská brutto spotřeba [MWh]	72 049 267	68 600 000	70 961 700	70 516 541	70 453 278	70 177 356	69 622 096	71 014 254	72 418 279	73 818 342
Podíl OZE [%] <sup>1)</sup>	5,19%	6,81%	8,30%	10,28%	11,43%	13,17%	13,17%	13,27%	12,97%	13,03%

Obrázek 1: Výroba elektřiny z OZE v ČR, zdroj výroční zprávy ERÚ [4]

Z tabulky je vidět že se zvětšil podíl OZE v energetice České republiky za posledních 10 let z necelých 5% v roce 2008 do 13% v roce 2013.



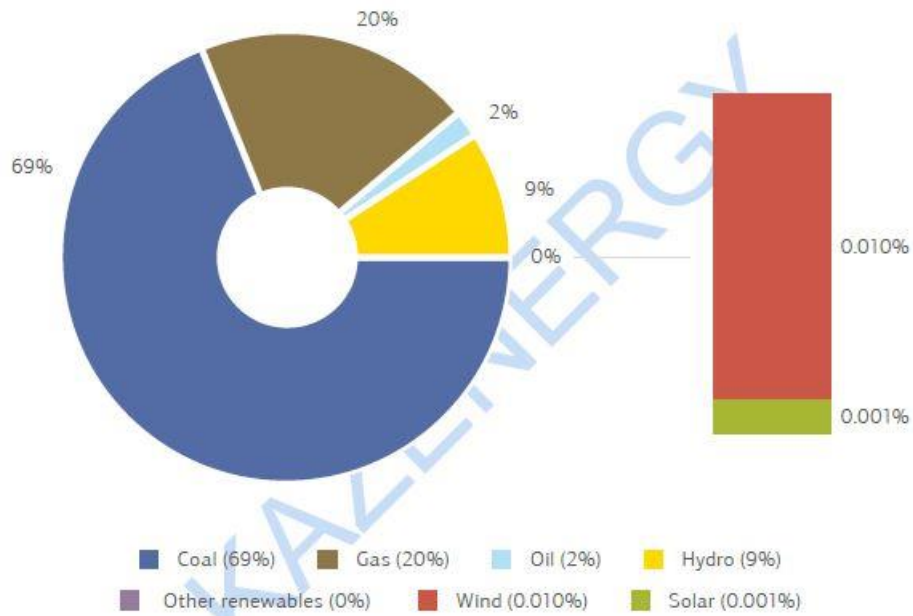
Obrázek 2: Vývoj výroby elektřiny z OZE, zdroj výroční zprávy Energetického regulačního úřadu 2017

Díky státní podpoře každoroční přírůst OZE do roku 2013 činil cca 2%. Z grafu vyplývá značný nárůst FVE elektráren mezi 2010 a 2011 rokem. V roce 2011 se změnila situace, byla provedena legislativní změna [5] a došlo ke snížení podpory velkých instalací téměř o polovinu.

Z grafů také vyplývá značný nárůst o více než trojnásobek u položky BRKO (biologicky rozložitelný odpad). V porovnání s FVE hodnoty BRKO jsou zanedbatelné

## 2.2. OZE v Kazachstánu

V současné době je uhlí hlavním zdrojem energií v energetickém sektoru Kazachstánu. Očekává se, že podíl se uhlí bude postupně snižovat, klesne pod 50% do roku 2030 a téměř do 40% v roce 2040 v důsledku nárůstu podílu výroby elektrické energií na zemní plyn (současně podíl plynu v energetické bilanci Kazachstánu je kolem 20%), obnovitelných zdrojů a jaderné energií [6].



Obrázek 3: Podíl paliv a technologií na výrobě elektřiny v roce 2015, zdroj KAZENERGY NER

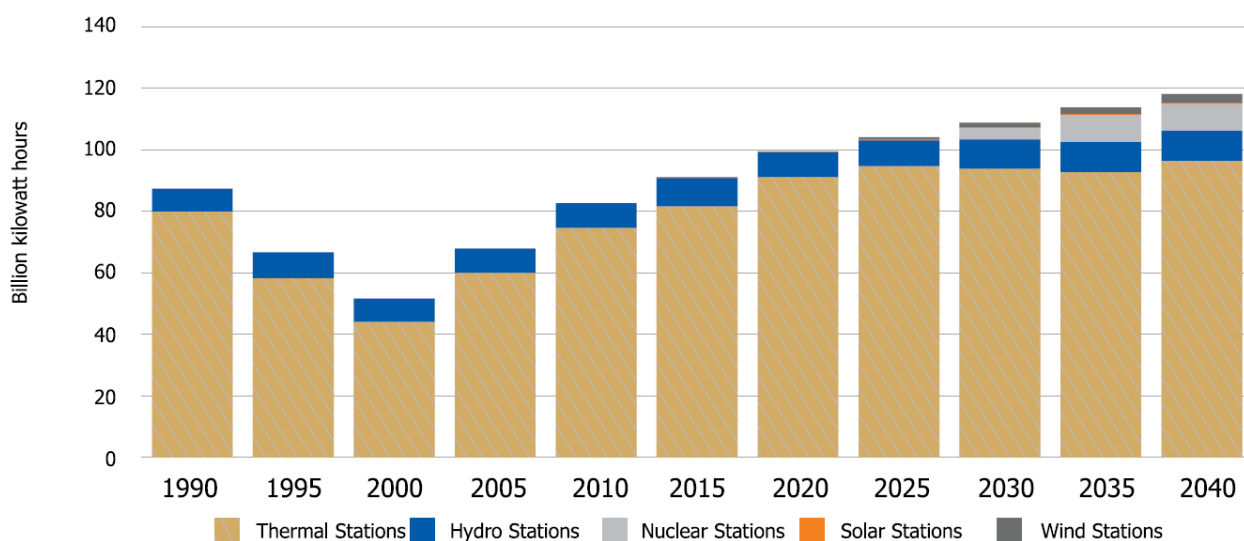
Jak bylo řečeno v předchozí kapitole Kazachstán je také účastníkem pařížské dohody. Kazachstán se snaží držet krok s evropskými kolegy, o čemž svědčí prováděná výstava EXPO v roce 2017, tématem které je «Energie budoucna», perspektiva vývoje OZE [7].

V souladu s poselstvím prezidenta Republiky Kazachstán - N.A. Nazarbajeva lidem Kazachstánu od 14. prosince 2012 roku o strategii „Kazachstán - 2050“: stát by měl patřit k 30 nejsilnějším ekonomikám světa [8].

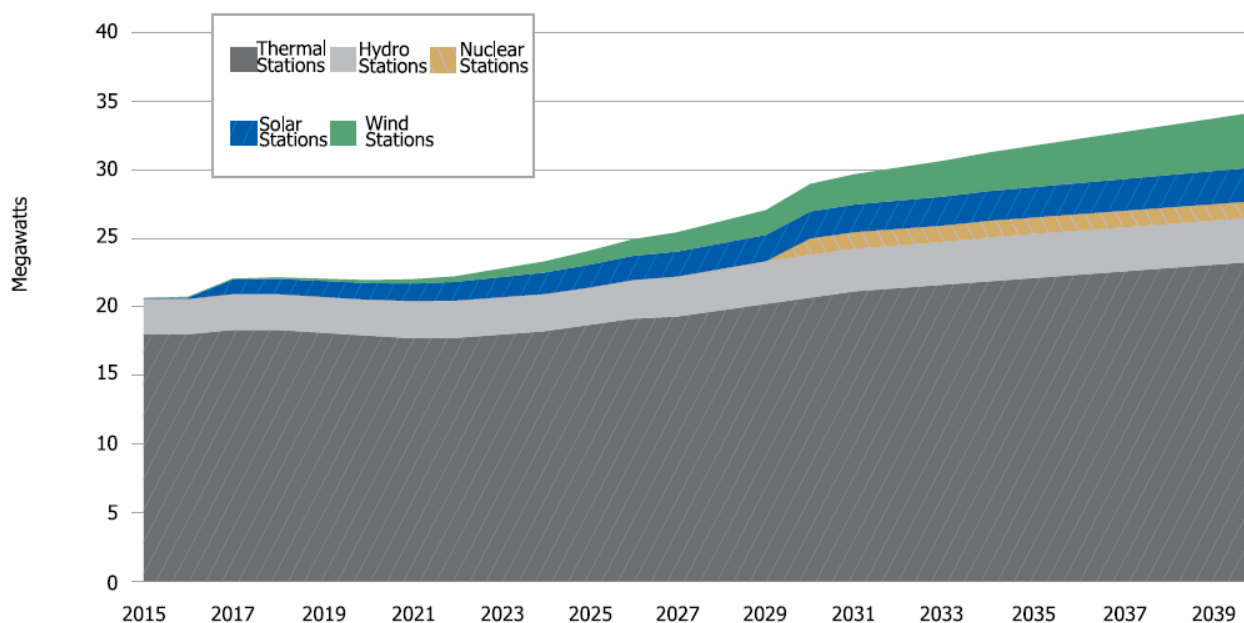
V této souvislosti Kazachstán zaměřil k plnému využití nejlepších světových technologií. Součástí této strategie je zavádění nejmodernějších technologií i v oblasti OZE. Pro tento účel byla vytvořena mezinárodní organizace “Green Bridge”[9].

V současné době podíl OZE v ES Kazachstánu nepřesahuje 1%. Cílem je 3 % v roce 2020. V souladu se strategií «Kazachstán 2050», podíl OZE v ES v roce 2030 by měl dosáhnout 30 %, a v

roce 2050 podle ambiciózních planu vlády už 50 % [10].



Obrázek 4: Podíl zdrojů na výrobě energii, odhad, zdroj NER

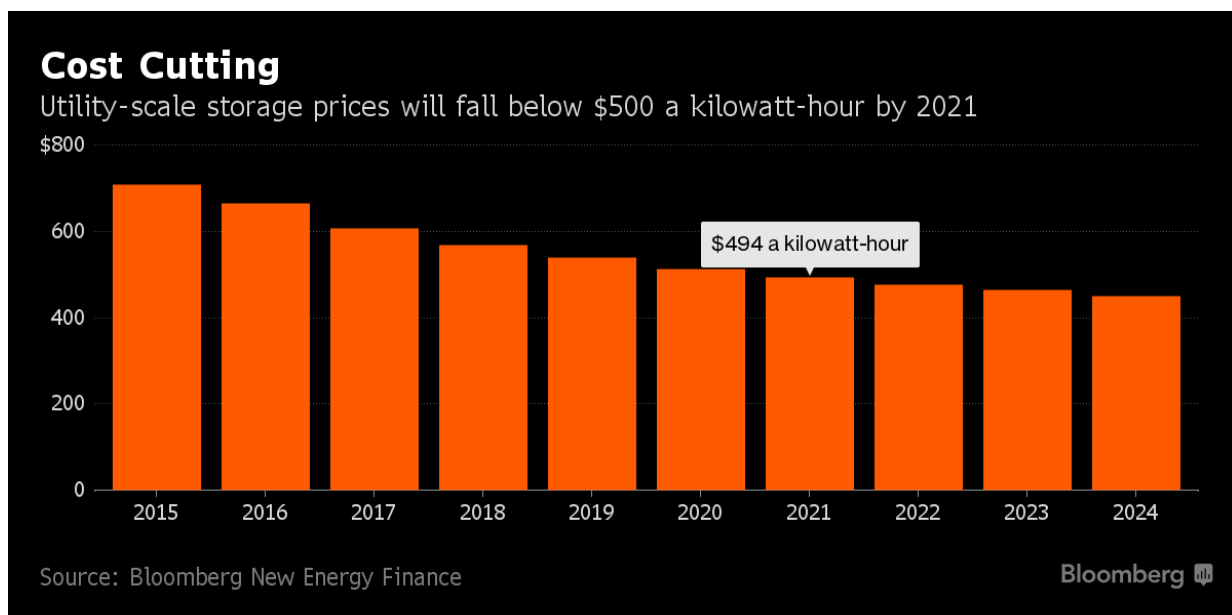


Obrázek 5: Energetická bilance do roku 2040, odhad, zdroj NER

Nehledě na přání vlády realizovat potenciál Kazachstánu v rozvoji obnovitelných zdrojů energie (vytvořením příznivých podmínek pro přilákání investic do segmentu) podíl výroby z obnovitelných zdrojů na celkové výrobní struktuře Kazachstánu zůstává relativně malý. Z důvodu přítomnosti značných zásob levného uhlí a dobře rozvinuté infrastruktury velkých uhelných elektráren zůstane v příštích dvou desetiletích nadále uhlí jako hlavní zdroj energie v bilanci výroby elektřiny.

### 3. PŘEHLED TECHNOLOGIÍ BATERIOVÝCH SYSTÉMŮ NA TRHU

S rostoucím zájmem a poptávkou v posledních letech, značně vzrostla výroba bateriových systémů, vzhledem k tomu se očekává mírný pokles cen na tuto technologii.



Obrázek 6: Predikce cen Bloomberg pro bateriové systémy, zdroj Bloomberg new energy finance

Níže je uveden základní přehled technologií vhodných pro podpůrné přenosové služby a technologií, které jsou dostupné na trhu. Technologií bateriových systémů neustále se rozvíjí, zlepšují se jejich parametry, vznikají další druhy baterií, avšak ty jsou na trhu nedostupné nebo jsou v současné době testované.

#### 3.1. Klasické baterie

##### 3.1.1. Olověné baterie

Olověné baterie je jedna z nejstarších technologií, která je technologicky zvládnutá a nabízí různé druhy baterií jako technologie AGM, VRLA, gelové atd... Kromě toho je tato technologie zdánlivě nejlevnější. Technologie olověných akumulátorů se již od počátku využívá v trakci, záložních systémech elektráren, jednotkách UPS, automobilech apod... Baterie však v současné době nenašli ve velké míře využití pro zajištění kvality dodávek elektřiny v distribučních a přenosových soustavách na úrovních výkonů jednotek MW vzhledem k malému počtu cyklů a malých nabíjecích proudů. Při přepočtu na tzv. užitečnou kapacitu navíc vychází tento systém dražší než běžné lithiové technologie. (Důvodem je menší dovolená hloubka vybití, která je u Pb akumulátorů 50 % a u Lithiových akumulátorů blízka 90 %).

### 3.1.2. Lithiové baterie

Akumulátory na základě lithia se rozvíjí především v posledních 20 letech, kdy se využívají především pro přenosná elektronická zařízení (mobily, tablety, notebooky atd..). Využití lithia v akumulátorech je různé a v současné době jsou na trhu dostupné různé technologie, jako jsou Lithium-ion, Lithium polymer,  $\text{LiFePO}_4$  a mnoho dalších... Každá technologie přináší určité výhody, ale celkově se baterie vyznačují především 3–5 krát větším počtem cyklů než olověné akumulátory a většími vybíjecími/nabíjecími proudy. V posledních několika letech se baterie začínají hojně využívat v energetice pro jejich dobré vlastnosti a ceny, která je v současné době již výhodnější než cena za uloženou kWh u olověné baterie. Na světě se již instalují systémy o výkonech 1–100 MW, které slouží pro zajištění kvality dodávky elektřiny a uložení elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

## 3.2. Průtokové baterie

### 3.2.1. Vanadium – redoxové baterie

Akumulační systém na bázi Vanadium – redoxové baterie se také rozvíjí v několika posledních pár letech. Tato technologie se vyznačuje jinou strukturou systému oproti jiným technologiím a to tím, že baterie obsahuje dvě nádrže, ve které jsou umístěné různé elektrolyty a ty jsou při nabíjení/vybíjení čerpány do elektrochemického článku, kde dochází elektrochemickým procesům. Kapacita baterie je pak dána velikostí nádrží na elektrolyt a výkon baterie je dán velikostí a typem elektrochemického článku. Baterie se především vyznačují tím, že při elektrochemických procesech tedy cyklech baterie nedochází k degradaci elektrolytu a baterie se vyznačují až 10–15 násobně větším počtem cyklů než lithiové baterie. Nevýhodou je však vysoká cena výroby elektrolytu, která je 1/3 z celkové ceny baterie, avšak po ukončení životnosti baterie je elektrolyt nadále neztrácí příliš na své hodnotě. Nevýhodou je však i nižší celková účinnost akumulačního systému. Ve světě se však baterie začínají využívat pro záložní zdroje a ukládání elektřiny z obnovitelných zdrojů. Současná technologie nabízí výkony akumulačního systému o do výkonu cca 500 kW.

### 3.2.2. Zinek – bromidová baterie

Jedná se o obdobu vanadium – redoxové baterie, avšak zde je jako elektrolyt využit bromid zinečnatý. Cena baterie je také velmi vysoká jako u vanadium – redoxové baterie a tento typ technologie se zatím využívá v malých systémech ukládání elektřiny v jednotkách kW. Takto malé systémy se vyznačují i nízkým počtem cyklů.

Tabulka 1 Porovnání bateriových systémů

Parametry	Olověný akumulátor	Lithiové baterie	Vanadium - redoxové baterie	Zinek – bromidová baterie
Maximální vybíjecí výkon baterie	řádově 1 MW	řádově 1 MW	řádově 0,1 MW	řádově 0,1 MW
Maximální nabíjecí výkon baterie	až 10 x menší než vybíjecí	řádově 1 MW	řádově 0,1 MW	řádově 0,1 MW
Kapacita baterií	řádově 1 MWh	řádově 1 MWh	řádově 1 MWh	řádově 1 MWh
Počet cyklů baterií	<3 000 (počet cyklů silně závisí na hloubce vybití)	7 000 – 10 000	10 000 – 100 000	2 000 – 3 000
Účinnost	70–85 %	92–98 %	70–82%	72–85 %
Životnost	5–15 let	10–20 let	10–20 let	10–15 let
Hloubka vybití baterie	<100 %	100 %	100 %	100 %
Cena	nízká	mírně vyšší	vysoká	vysoká
Běžné využití	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trakce</li> <li>• Staniční baterie</li> <li>• UPS</li> <li>• Automobily</li> <li>• Ukládání elektřiny z OZE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Přenosná zařízení</li> <li>• Elektromobily</li> <li>• Ve světě udržení kvality elektřiny a regulace</li> <li>• Ukládání elektřiny z OZE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Záložní zdroje</li> <li>• Ukládání elektřiny z OZE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ukládání elektřiny z OZE pro domácnosti</li> </ul>
Výrobci velkých akumulačních systémů	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Johnson Controls</li> <li>• HOPPECKE</li> <li>• Varta</li> <li>• Exide GNB a další...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LG Chem</li> <li>• Toshiba</li> <li>• Kokam</li> <li>• Samsung a další...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ImergyPower Systems</li> <li>• GILDEMEISTER</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redflow Energy Storage Solutions</li> </ul>

## 4. VYUŽITÍ BATERIOVÝCH SYSTÉMŮ

### 4.1. Obecný přehled možnosti využití bateriových systémů

Níže je stručně popsáno obecné využití bateriového systému elektřiny za pomoci bateriových systémů v energetice, průmyslu a domácnostech.

## Komu jsou bateriové systémy určeny?

## Jaké mají využití?

Spotřebitelé (velkoobdobatelé,  
domácnosti)

Výrobci elektrické energie  
(elektrárny)

Distributoři elektrické energie

Provozovatele přenosové  
soustavy

### Řízení frekvence v reálném čase

- Poskytování primární regulace - reakční doba méně než 1 sekunda
- Řízení frekvence unvitř firmy - spolehlivost a kvalita dodávky

### Energetická rezerva

- Záloha sítě - například 50 MW do 2 minut
- Pokrytí špičkové spotřeby - snížení rezervovaného příkonu
- Minimalizace využití vysokého tarifu - snížení nákladů

### Obnovitelné zdroje

- Pokrytí spotřeby v době nevýroby
- Uložení přebytečné energie v době přebytku

### Obchod s elektrickou energií

- Nákup energie mimo špičku a prodej ve špičce

### Podpora primárních zdrojů

- Zvýšení mobility točivých zdrojů elektrické energie
- Start ze tmy

## Praktické příklady využití

- **Bateriový systém na úrovni distribuční sítě sloužící pro primární regulaci frekvence**
  - ✓ Řízení frekvence v reálném čase
  - ✓ V případě využití vlastníkem přenosové soustavy podstatné snížení nákladů na nákup síťových služeb
  - ✗ Nutnost dobíjení baterií – omezení častého využívání
- **Bateriový systém jako energetická rezerva na úrovni velkoobdobatele**
  - ✓ Záloha sítě
  - ✓ Možnost startu ze tmy
  - ✓ Pokrytí špičkové spotřeby – snížení rezervovaného příkonu
  - ✗ Cena velkých bateriových systémů
- **Bateriový systém ve spojení s FV panely pro domácnosti**
  - ✓ Uložení přebytečné energie z FV panelů a její pozdější využití v době nevýroby = možno dimenzovat na maximální efektivitu využití energie z FV systému
  - ✓ Minimalizace využití vysokého tarifu = snížení nákladů
  - ✗ Nízká návratnost investic

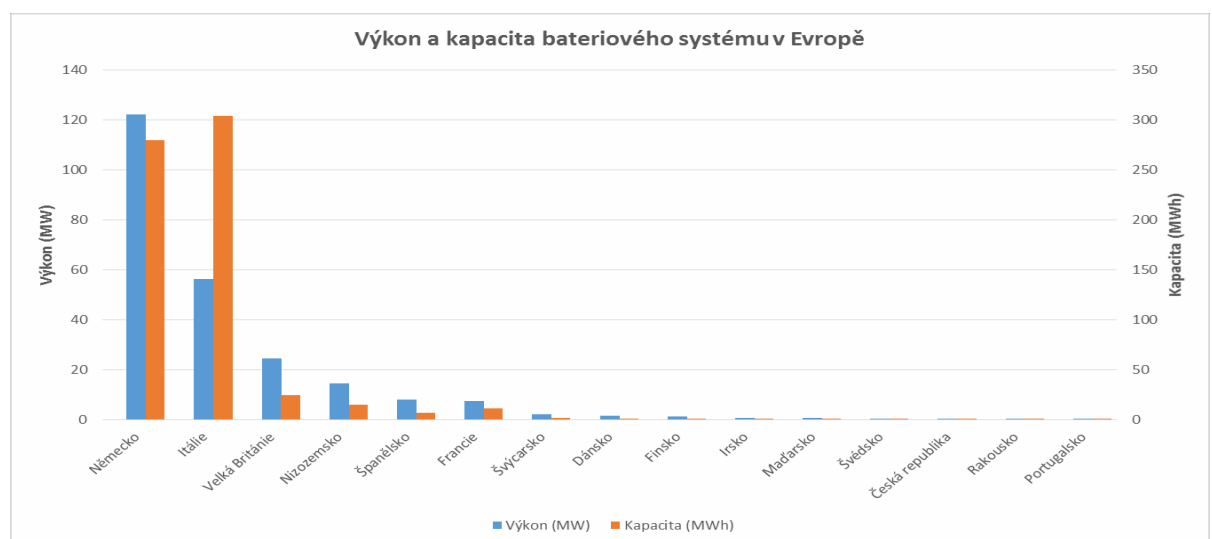
- **Vysokokapacitní bateriový systém pro využití na trhu s elektřinou**
  - ✓ Možnost dobíjení = nákupu energie mimo špičku a vybití = prodej energie ve špičce
  - ✗ Vysoká investice
- **Bateriový systém jako podpora konvenčních zdrojů elektřiny**
  - ✓ Zvýšení mobility (rychlost najetí bloku, regulace) dodávaného výkonu
  - ✓ Možnost startu ze tmy – najetí pomocí baterií

#### 4.2. Využití bateriových systémů v Evropě a ve světě

Podle Globální databáze akumulace energie (DOE GLOBAL ENERGY STORAGE DATABASE) [11] provozované americkým ministerstvem energetiky je v Evropě aktuálně v provozu 157 on-grid bateriových systémů, jejichž celkový instalovaný výkon dosahuje téměř 240 MW a celková kapacita přibližně 645 MWh. Mezi tyto projekty nejsou zahrnuty malé bateriové systémy, které jsou součástí domácích fotovoltaických elektráren. Z převážné většiny se jedná o bateriové systémy na základě lithiových článků různé technologie, a to pro jejich cenu a parametry. Mezi další využívané technologie pro on – grid bateriové systémy se využívají baterie vanadium – redox, technologie olověných akumulátorů lead – acid a dalších technologií.

Nejrozvinutějším trhem v této oblasti je Německo, kde uvedená databáze uvádí 38 velkých bateriových systémů s celkovým instalovaným výkonem 122 MW a s celkovou kapacitou téměř 280 MWh.

Bateriové systémy jsou nejčastěji využívány pro regulaci frekvence a napětí v soustavě, pro vyrovnávání výroby z větrných a fotovoltaických elektráren a dále jako záložní systémy pro dodávku elektřiny. Souhrnné statistiky za jednotlivé evropské státy, které mají podle uvedené databáze instalovány on-grid bateriové systémy, jsou uvedeny v následujícím grafu.



Obrázek 7: Přehled instalovaného výkonu a kapacity v bateriovém systému v Evropě, zdroj DOE



## Největší bateriový systém v Evropě

LG Chem Ltd. společně se společností Nidec ASI (výrobce výkonové elektroniky) plánuje instalaci bateriového systému o výkonu až 90 MW a kapacitě 140 MWh v německém Severní Porýní – Vestfálsko na přelomu roku 2016/2017. Bateriový systém bude rozdělen do několika celků po 15 MW, které budou instalovány na několik elektrárnách v Německu (Herne, Lünen a Duisburg-Walsum, Bexbach, Fenne a Weihe). Akumulace elektřiny bude především sloužit k udržení frekvence. Celková investice do akumulačního systému je odhadnuta ve výši 100 miliónu euro.

## Největší bateriový systém na světě

Americká společnost Tesla dokončila koncem roku 2017 v Austrálii instalaci největší lithium-iontové baterie na světě. Baterie za 8,4 miliardy korun, má výkon 100 megawattů, kapacitu 129 MWh a dokáže pokrýt spotřebu zhruba 30 tisíc domácností po dobu jedné hodiny.

### 4.3. Aplikace bateriových systému ve světě

#### Aplikace lithiové baterie

Šest velkých LG Chem lithium-iontových bateriových systémů bylo uvedeno do provozu 15. srpna 2016 ve elektrárně o výkonu 507 MW ve městě Lünen v Německu, kterou vlastní společnost STEAG. Tato instalace bateriového systému je jedna ze šesti instalací na elektrárnách v Německu jejich celkový výkon by měl být 90 MW. Dodavatelem baterií je společnost LG Chem a výkonovou elektroniku dodala společnost Nidec ASI. Instalovaný bateriový systém slouží především pro regulaci frekvence.

Tabulka 2 Aplikace lithium – iontové baterie

<b>Technologie</b>	Lithium – iontové baterie
<b>Výkon</b>	15 MW
<b>V provozu od</b>	15. 8. 2016
<b>Využití</b>	Regulace frekvence
<b>Umístění</b>	Lünen, Německo elektrárna společnosti STEAG (507 MW)
<b>Plánovaná životnost</b>	-
<b>Dodavatel baterie</b>	LG Chem
<b>Dodavatel výkonové a řídicí techniky</b>	Nidec ASI



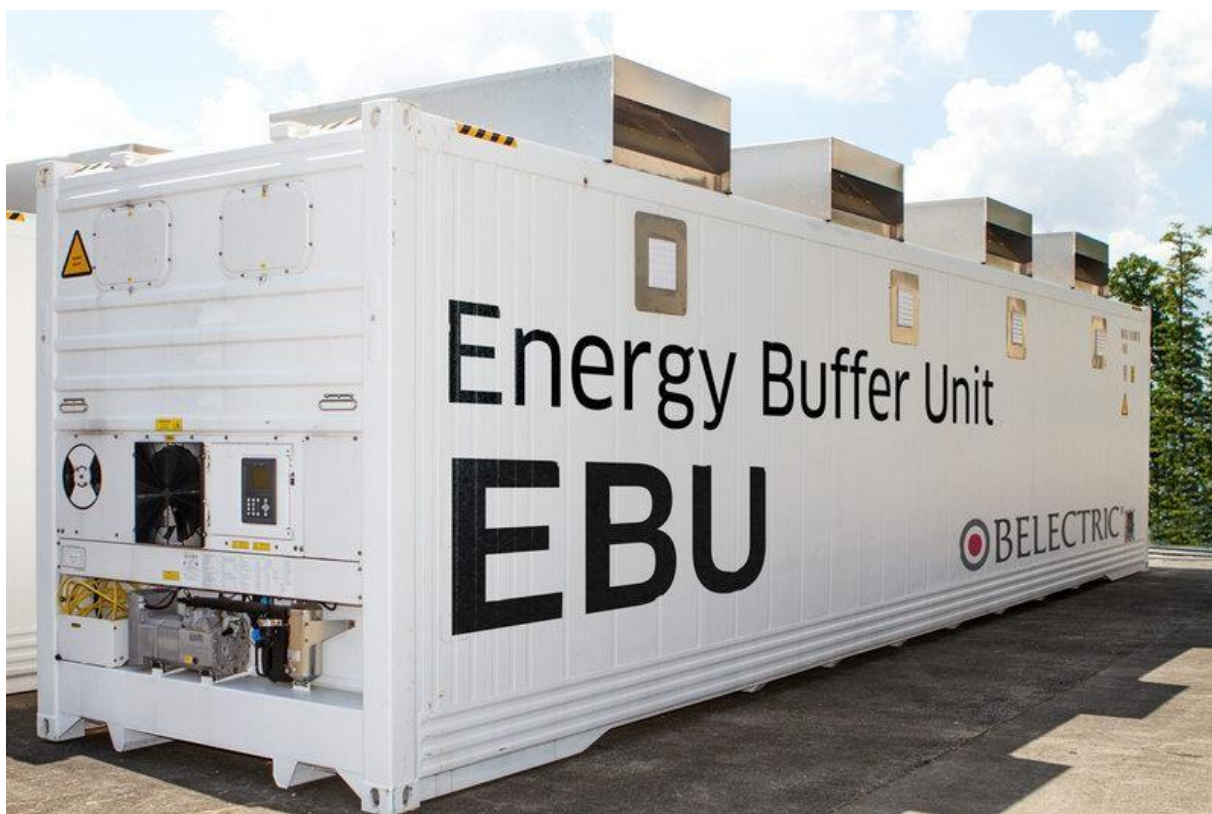
Obrázek 8: Instalace 15 MW lithium-iontových bateriových systémů na elektrárně ve městě Lünen

### Aplikace olověné baterie

Inovativní EBU jednotka (Energy Buffer Unit) využívající technologii olověných baterií použita jako energetická rezerva pro regulaci frekvence. V Alt Daberu v Německu stojí prototyp tohoto projektu postavený společností BELECTRIC GmbH, čímž bylo vytvořeno nákladově efektivní řešení komerčního využití velkých bateriových systémů v obchodní sféře integrací systému EBU a inteligentního řídicího systému společnosti BELECTRIC. Se jmenovitým výkonem 1500 kW, který je kompletně poskytnutelný v rozsahu milisekund, může být elektrická síť stabilizována rychle a vysoce účinným způsobem.

Tabulka 3 Aplikace olověné baterie

<b>Technologie</b>	Olověné baterie
<b>Výkon</b>	1,5 MW
<b>V provozu od</b>	18. 12. 2014
<b>Využití</b>	Regulace frekvence
<b>Umístění</b>	Alt Daber, Německo
<b>Plánovaná životnost</b>	15 let
<b>Dodavatel baterie</b>	Exide GNB
<b>Dodavatel výkonové a řídicí techniky</b>	GE a BELECTRIC GmbH



Obrázek 9: Instalace prototypu 1,5 MW olověného bateriového systému v Alt Daberu v Německu

### Aplikace vanadium-redoxové baterie

Bosch navrhl a vybudoval hybridní systém, který má celkovou kapacitu 3 MWh. Obsahuje lithium-ionovou paměťovou jednotku o výkonu 2 MWh a baterii s redoxním průtokem 1 MWh vanadia, zásobník energie pracuje s elektronickými ovládacími prvky a softwarem vyvinutým speciálně společností Bosch.

Jedna z největších hybridních baterií v Evropě uchová elektřinu vyrobenou na VtE v severní německé obci Braderup a podle potřeby ji přivádí zpět do elektrické sítě.

Tabulka 4 Aplikace vanadium-redoxové baterie

<b>Technologie</b>	Vanadium-redoxová baterie
<b>Výkon</b>	325 kW
<b>V provozu od</b>	11. 7. 2014
<b>Využití</b>	Podpora obnovitelných zdrojů, zajištění kvality a spolehlivosti dodávky a sledování zatížení (terciální regulace)
<b>Umístění</b>	Braderup, Německo
<b>Plánovaná životnost</b>	15 let
<b>Dodavatel baterie</b>	UniEnergy Technologies, Vanadis Power, Rongke Power
<b>Dodavatel výkonové a řídicí techniky</b>	UniEnergy Technologies, AEG Power Solutions



Obrázek 10: Vanadium - redoxový bateriový systém v Braderupu, Německo

### Aplikace zinek-bromidové baterie

Spolupráce Primus Power a Raytheon's Integrated Defense System na dodávce zinek-bromidového bateriového systému schopného ostrovního provozu a startu ze tmy pro Marine Corps Air Station (MCAS) v Miramaru v Californii. Bateriový systém Primus EnergyPod je integrován do již existujícího 230 kW fotovoltaického systému. Kombinace těchto systémů demonstruje několik schopností, jako jsou pokrytí špičkové spotřeby a zálohování kritických vojenských systémů.

Tabulka 5 Aplikace zinek-bromidové baterie

<b>Technologie</b>	Zinek-bromidová baterie
<b>Výkon</b>	250 kW
<b>V provozu od</b>	12. 12. 2015
<b>Využití</b>	Start ze tmy a podpora obnovitelných zdrojů
<b>Umístění</b>	San Diego, California, USA
<b>Plánovaná životnost</b>	20 let
<b>Dodavatel baterie</b>	Primus Power
<b>Dodavatel výkonové a řídicí techniky</b>	-



Obrázek 11: Instalace 250 kW zinek-bromidového bateriového systému v San Diegu v USA

#### 4.4. Aplikace bateriových systému v České Republice

##### **Lithium – iontová baterie v Mydlovarech**

U rozvodny 110/22kV v Mydlovarech E.ON a Siemens spustili první české velkokapacitní bateriové úložiště o výkonu 1,75MWh. První zařízení svého druhu v Česku, bude sloužit k vyrovnávání špiček v rozvodné síti. Kapacita by dokázala pokrýt denní spotřebu elektrické energie 100 rodinných domů.

Tabulka 6 Lithium – iontová baterie v Mydlovarech

<b>Technologie</b>	Lithium – iontové baterie
<b>Kapacita</b>	1,75 MWh
<b>V provozu od</b>	12. 2. 2018
<b>Využití</b>	Vyrovnaní spotřeby
<b>Umístění</b>	Mydlovary, ČR
<b>Plánovaná životnost</b>	20
<b>Dodavatel baterie</b>	Siemens
<b>Dodavatel výkonové a řídicí techniky</b>	Siemens



Obrázek 12: Lithium-iontový bateriový systém 1,75 MWh, Mydlovary, Česká Republika

### Lithium – iontová baterie v Prakšicích

V obci Prakšice nedaleko Uherského Hradiště spustila dne 30. listopadu skupina Solar Global velkokapacitní bateriové úložiště energie. Jedná se o vůbec první zařízení svého druhu v České republice. Baterie instalovaná Solar Global má kapacitu okolo 1,2 MWh a elektrická energie, která v ní bude akumulovaná, bude využitelná při výkyvech distribučních soustav nebo při zvýšené poptávce po energii. Baterie o výkonu 1 MW dokáže zásobovat 150 domácností po dobu jednoho dne.

Tabulka 7 Lithium – iontová baterie v Prakšicích

<b>Technologie</b>	Lithium – iontové baterie
<b>Kapacita</b>	1,2 MWh
<b>V provozu od</b>	30. 11. 2017
<b>Využití</b>	Akumulace přebytků energii Podpora obnovitelných zdrojů
<b>Umístění</b>	Prakšice, ČR
<b>Plánovaná životnost</b>	5000 cyklů
<b>Dodavatel baterie</b>	Alfen(NL)
<b>Dodavatel výkonové a řídicí techniky</b>	-



Obrázek 13: Lithium-iontový bateriový systém 1,2 MWh, Prakšice, Česká Republika

### Lithium – iontová baterie, Obořiště

Řešení od společnosti Energon Advanced Energetics - na rozdíl od dvou velkokapacitních úložišť, která již v České republice fungují - přichází se zásadní inovací, tzv. „all-in-one“ systémem. Ocelový kontejner o rozměrech 12,2 x 2,5 x 3,2 metrů obsahuje vedle Li-Ion baterií a střídačů rovnou i přípravu na vysokonapěťový rozvaděč a transformátor.

Tabulka 8 Lithium – iontová baterie, Obořiště

<b>Technologie</b>	Lithium – iontové baterie
<b>Kapacita</b>	1,3 MWh
<b>V provozu od</b>	24. 08. 2018
<b>Využití</b>	Regulace frekvence, Regulace napětí
<b>Umístění</b>	Obořiště, ČR
<b>Plánovaná životnost</b>	Min 6000 cyklů
<b>Dodavatel baterie</b>	LG Chem
<b>Dodavatel výkonové a řídicí techniky</b>	-



Obrázek 14: Lithium-iontový bateriový systém 1,3 MWh, Obořiště, Česká Republika

#### 4.5. Aplikace bateriových systému v Kazachstánu

Na již existující sluneční elektrárně v Kapšagaji 2 MW byla spouštěna do testovacího provozu baterie výkonu 250 kW od společností Primus Power. V případě úspěšného testování v plánech je zvětšení výkonu do 25 MW.

Tabulka 9 Zinek-bromidová baterie v Kapšagaji

<b>Technologie</b>	Zinek-bromidová baterie
<b>Výkon</b>	250 kW
<b>V provozu od</b>	11. 03. 2016
<b>Využití</b>	Podpora obnovitelných zdrojů
<b>Umístění</b>	Kapšagaj, Kazachstán
<b>Plánovaná životnost</b>	20 let
<b>Dodavatel baterie</b>	Primus Power
<b>Dodavatel výkonové a řídicí techniky</b>	-





Obrázek 15: Instalace 250 kW zinek-bromidového bateriového systému v Kapšagaji, Kazachstán

## 5. PODPŮRNÉ SLUŽBY PpS

PpS jsou prostředky pro zajištění systémových služeb (SyS). Jsou definovány jako činnosti fyzických nebo právnických osob pro zajištění provozování elektrizační soustavy a pro zajištění kvality a spolehlivosti dodávky elektřiny. Pomocí PpS je možno korigovat rozdíly mezi odběrem a výrobou, a to změnami spotřeby či výkonů výroby.

### 5.1. PpS v České Republice

Subjekty připojené do ES mají právo, nikoliv povinnost, při splnění technických a obchodních podmínek stanovených provozovatelem přenosové soustavy (PPS) nabízet PpS. Jejich ceny se vytvářejí na základě tržního principu. Výběr poskytovatelů PpS probíhá na základě otevřeného a nediskriminačního přístupu vůči všem uživatelům PS.

**Kategorie PpS nakupované na volném trhu prostřednictvím denního trhu s PpS (DT PpS) anebo nakupované prostřednictvím výběrových řízení (VŘ):**

- primární regulace frekvence bloku (PR)
- sekundární regulace výkonu bloku (SR)
- minutová záloha 5 minutová (MZ5)
- minutová záloha 15 minutová kladná (MZ15+)
- minutová záloha 15 minutová záporná (MZ15-)
- snížení výkonu (SV30)

## **Kategorie PpS nakupované prostřednictvím přímé smlouvy s poskytovatelem PpS:**

- sekundární regulace U/Q (SRUQ)
- schopnost ostrovního provozu (OP)
- start ze tmy (BS)

## **Výpomoc ze synchronně pracujících soustav:**

- havarijní smlouvy
- operativní dodávka elektřiny ze zahraničí a do zahraničí (EregZ)

Podmínky poskytování, certifikace a definice podpůrných služeb je blíže specifikováno v kodexu přenosové soustavy společnosti ČEPS a.s.[11] Níže jsou uvedeny základní popis podpůrných služeb z kodexu přenosové soustavy.[]

## **Primární regulace frekvence bloku**

Primární regulace f bloku je lokální automatická funkce zajišťovaná obvody primární regulace, spočívající v přesně definované změně výkonu elektrárenského bloku v závislosti na odchylce frekvence od zadané hodnoty.

Poskytovatel PpS primární regulace f bloku (PR) musí zajistit uvolnění požadované regulační zálohy (RZPR) do 30 sekund od okamžiku vzniku odchylky frekvence. Maximální rezervovaná velikost (RZPR) na bloku je uvolňována při změně kmitočtu o 200 mHz od zadané hodnoty (platí pro bloky do 300 MW) a pro bloky nad 300 MW se uvažuje s uvolněním maximální rezervované velikosti (RZPR) při změně kmitočtu o 100 mHz od zadané hodnoty.

Z důvodu omezení vlivu výpadků bloků poskytujících tuto PpS na souhrnnou zálohu, je stanovena maximální velikost vykupované (RZPR) od jednoho bloku 10 MW. Minimální velikost poskytovaná na jednom bloku je 3 MW, přičemž toto znamená pásmo poskytování podpůrné služby - 3 MW až + 3 MW.

## **Sekundární regulace**

Sekundární regulace P bloku (SR) je proces změny hodnoty výkonu regulovaného elektrárenského bloku, tak jak je požadováno sekundárním regulátorem frekvence a salda předávaných výkonů. Využitím regulační zálohy (RZSR) je dáno algoritmem sekundárního regulátoru Dispečinku ČEPS. Poskytovatel PpS sekundární regulace P bloku (SR) musí velikost (RZSR(+)) nebo (RZSR(-)) bloku realizovat určenou rychlostí nejpozději do 10 minut od požadavku.

Minimální rychlost změny výkonu bloku v rámci (RZSR) je 2 MW/min. Minimální certifikovaná velikost regulačního rozsahu na jednom bloku je 20 MW a minimální poskytovaná velikost (RZSR(+)) nebo (RZSR(-)) na jednom bloku je 10 MW. Pro maximální poskytovanou velikost RZSR na jednom bloku platí, že žádná z uvedených hodnot (RZSR(+)), (RZSR(-)), (RZSR), nepřekročí 70 MW.

### **Snížení výkonu (SV30)**

Služba je využívána pro snížení dodávky do ES a odregulování výkonové nerovnováhy při významné kladné odchylce v soustavě vzniklé nedodržením sjednaných diagramů v rozsahu přesahujícím možnost standardně určených velikostí PpS – (SR a MZt-). Minimální velikost zálohy zajišťované od jednoho poskytovatele této PpS je 30 MW a minimální doba, po kterou musí být garantováno její využití po aktivaci dispečerem ČEPS, je 24 hodin.

### **Minutová záloha (MZt) (t=5, 15, minut)**

Jedná se o zařízení, připojená k ES ČR, obvykle elektrárenské bloky, která jsou do t minut od příkazu Dispečinku ČEPS schopna poskytnout sjednanou regulační zálohu RZMZt ±. Minutovou zálohou se rozumí požadovaná změna výkonu, kladná nebo záporná, na svorkách poskytujícího zařízení.

Regulační minutová záloha kladná RZMZt+ může být realizována například: zvýšením výkonu bloku, odpojením čerpání (u PVE), nenajetím programovaného čerpání, odpojením odpovídajícího zatížení od ES ČR.

Regulační minutová záloha záporná RZMZt- může být realizována například: snížením výkonu bloku, připojením odpovídajícího zatížení k ES ČR.

Minimální velikost minutové regulační zálohy RZMZt pro t=15 a jednoho bloku, případně zařízení je 10 MW. Maximální výkon zařízení je 70 MW (pokud není s provozovatelem PS dohodnuto jinak). Doba aktivace služby není omezena.

Minimální velikost minutové regulační zálohy RZMZt pro t=5 u jednoho bloku, případně zařízení je 30 MW (pokud není s provozovatelem PS dohodnuto jinak). Maximální výkon zařízení, určuje ČEPS, a.s. Minimální doba, po kterou musí být garantováno poskytování 5-ti minutové regulační zálohy RZMZ5, jsou 4 hodiny a to i v případě aktivace této služby na konci intervalu její rezervace.

## **Sekundární regulace U/Q (SRUQ)**

Sekundární regulace U/Q je automatická funkce využívající celý certifikovaný (smluvně dohodnutý) regulační rozsah jalového výkonu bloků pro udržení zadané velikosti napětí v pilotních uzlech ES a zároveň rozděluje vyráběný jalový výkon na jednotlivé stroje.

Regulační proces má být aperiodický nebo maximálně s jedním překmitem a ukončený do 2 minut. Sekundární regulace U/Q musí být zároveň schopná spolupracovat s prostředky terciární regulace napětí a jalových výkonů.

## **Schopnost ostrovního provozu (OP)**

Jedná se o schopnost provozu elektrárenského bloku do vydělené části vnější sítě tzv. ostrova. Ostrovní provoz se vyznačuje velkými nároky na regulační schopnosti bloku.

Schopnost ostrovní provoz bloku je nezbytná pro předcházení a řešení stavu nouze a je legislativně podložena vyhláškou č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu. Ostrovní provoz bloku se vyznačuje značnými změnami systémových veličin – frekvence a napětí, což souvisí s tím, že blok pracuje do izolované části soustavy. Elektrárenský blok přechází automaticky do regulačního režimu ostrovního provozu při poklesu frekvence pod 49,8 Hz a při vzrůstu frekvence nad 50,2 Hz. Změny zatížení ostrova představují velké nároky na regulaci činného výkonu bloku. Zatížení je proměnné a tím vyvolané změny napětí a frekvence musí být blok schopen řešit svou autonomní regulací (na rozdíl od paralelního provozu, kdy jsou změny napětí a frekvence řešeny prostřednictvím systémových služeb).

## **Schopnost startu ze tmy (BS)**

Schopnost bloku - najetí bez pomoci vnějšího zdroje napětí - na jmenovité otáčky, dosáhnout jmenovitého napětí, připojení k síti a jejího napájení v ostrovním režimu.

Schopnost vybraných bloků pro start ze tmy je nezbytná pro obnovení dodávky po úplném nebo částečném rozpadu sítě a je legislativně podložena vyhláškou č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu, a je součástí plánu obnovy, popsaného v Kodexu PS. Výběr bloků schopných startu ze tmy provádí ČEPS v dohodě s poskytovatelem této služby.

## **EregZ**

Pod pojmem EregZ se zde rozumí přeshraniční dodávka elektřiny, uskutečněná na pokyn

dispečera (nikoliv automaticky). Lze jej tedy chápat jako speciální druh plánované zahraniční výměny. Jedná se o negarantovanou dodávku elektřiny a tím bez nutnosti rezervace přenosových kapacit. O možnosti jejich použití v reálném čase rozhoduje PPS na základě znalosti momentální situace v ES.

Tabulka 10 Rozdělení regulačních záloh a energií, zdroj Kodex přenosové soustavy

Čas	Dělení dle času	Dělení dle typu	Nakupovaná služba	Certifikace
30s	RZV regulační záloha vteřinová		RZPR regulační záloha primární regulace	Ano
5 min	RZ <sub>5</sub> regulační záloha dosažitelná do 5 minut	RZ <sub>5</sub> + regulační záloha kladná dosažitelná do 5 minut	RZMZ <sub>5</sub> regulační záloha minutová dosažitelná do 5 min.	Ano
15 min	RZ <sub>15</sub> regulační záloha dosažitelná do 15 minut	RZSR regulační záloha sekundární regulace	RZSR regulační záloha sekundární regulace (PE,JE,PPE)	Ano
		RZ <sub>15</sub> + regulační záloha kladná dosažitelná do 15 minut	RZMZ <sub>15</sub> + regulační záloha min. kladná dosažitelná do 15 min.	Ano
		RZ <sub>15</sub> - regulační záloha záporná dosažitelná do 15 minut	RZMZ <sub>15</sub> - regulační záloha min. záporná dosažitelná do 15 min.	Ano
30 min	RZ <sub>30</sub> regulační záloha dosažitelná do 30 minut	RZ <sub>30</sub> - regulační záloha záporná dosažitelná do 30 minut	RZSV <sub>30</sub> - regulační záloha snížení výkonu dosažitelná do 15 min.	Ne
Více než 30 min	RZ <sub>&gt;30</sub> regulační záloha dosažitelná v čase delším než 30 minut		EREG <sub>&gt;30</sub> + regulační energie kladná	Ne
			EREG <sub>&gt;30</sub> - regulační energie záporná	Ne
			EREGZ <sub>&gt;30</sub> + regulační energie zahraničí kladná	Ne
			EREG <sub>&gt;30</sub> - regulační energie zahraničí záporná	Ne

## 5.2. Cena PpS v České Republice

### **Platba za regulovanou zálohu**

Sjednaná cena v Kč je hrazena za každou MW.h skutečně poskytnuté regulační zálohy PpS, na základě odsouhlaseného vyhodnocení (dle Dohody PpS) až do výše sjednané pro danou hodinu podle všech jednotlivých smluv. Úhrada je prováděna za každou hodinu pouze za skutečně poskytnutou regulační zálohu PpS až do celkové sjednané výše.

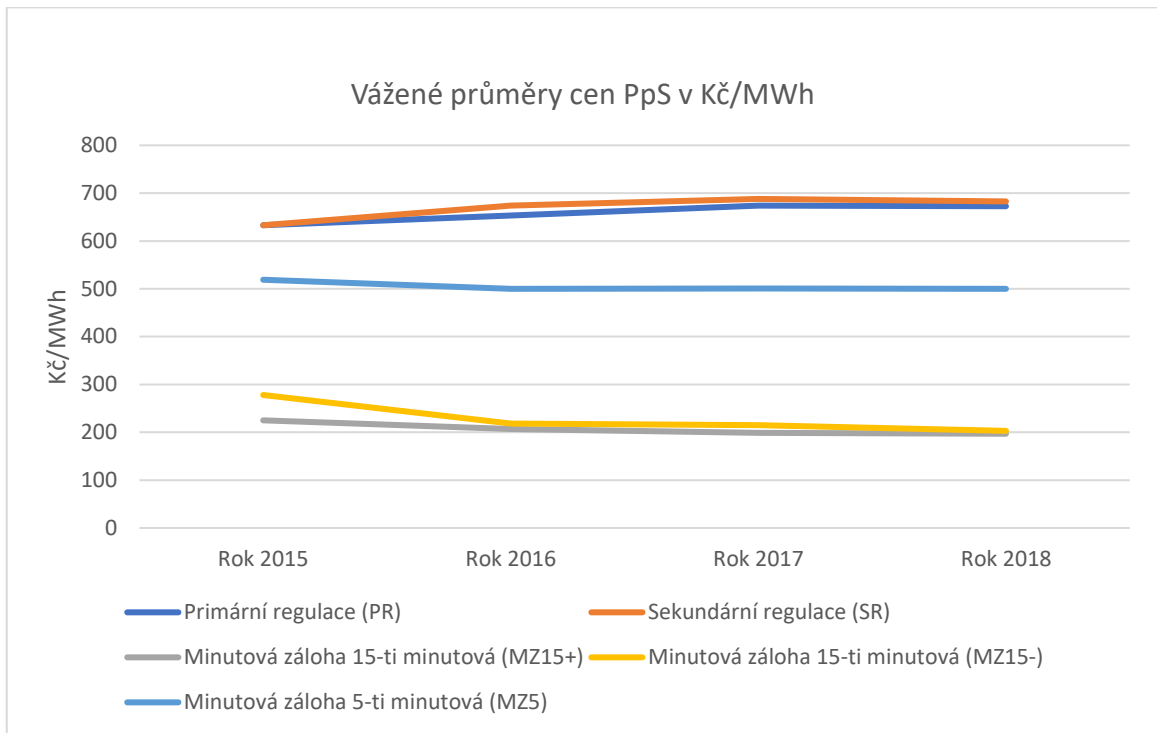
Struktura podpůrných služeb se od roku 2010 do roku 2015 několikrát změnila a od roku 2015 je ve stejné struktuře, jak je popsáno výše.

Zhruba 95 % PpS jsou nakoupeny dlouhodobými kontrakty uzavřené na základě výběrových řízení, která společnost ČEPS vypisuje na jednotlivé kategorie PpS. Výběrová řízení jsou vypisována písemně, nebo elektronicky prostřednictvím modulu Elektronické výběrové řízení v systému Damas Energy. Se zbývajících cca 5% poskytovaných podpůrných služeb je obchodováno na DT PpS v systému Damas Energy.

Ceny podpůrných služeb v jednotlivém roce se mírně liší v jednotlivých týdnech v roce, které jsou cenově rozděleny na poskytování služby v pracovní den, pracovní noc, nepracovní den a nepracovní noc. V grafu a tabulce níže jsou pro zjednodušení uvažovány průměry cen všech týdnů a všech pásem v daném roce.

*Tabulka 11 Vývoj vážených průměrů cen podpůrných služeb v ČR[12]*

PpS	Vážené průměry cen PpS v Kč/MW.h			
	Rok 2015	Rok 2016	Rok 2017	Rok 2018
<b>Primární regulace (PR)</b>	633	653	674	673
<b>Sekundární regulace (SR)</b>	633	674	688	683
<b>Minutová záloha 15-ti minutová (MZ15+)</b>	225	207	199	197
<b>Minutová záloha 15-ti minutová (MZ15-)</b>	278	218	215	203
<b>Minutová záloha 5-ti minutová (MZ5)</b>	519	500	501	500



Obrázek 15: Vývoj vážených průměrů cen podpůrných služeb v ČR, zdroj ČEPS

### **Snížení výkonu (SV30)**

Smlouva na poskytování PpS snížení výkonu je uzavřena mezi ČEPS a poskytovatelem. Cena dohodnutá ve smlouvě na poskytování této PpS je stanovena pro každý blok dodavatele jako pevná platba za každou hodinu poskytování služby. Ceny za poskytování nejsou dostupné vzhledem k tomu, že ceny se stanovují individuálně s dodavatelem služby.

### **Sekundární regulace U/Q (SRUQ)**

Smlouva na poskytování PpS snížení výkonu je uzavřena mezi ČEPS a poskytovatelem. Cena dohodnutá ve smlouvě na poskytování této PpS je stanovena pro každý blok dodavatele jako pevná platba za každou hodinu poskytování služby. Ceny za poskytování služby nejsou dostupné vzhledem k tomu, že ceny se stanovují individuálně s dodavatelem služby.

### **Start ze tmy (BS)**

Smlouva na poskytování PpS startu ze tmy je uzavřena mezi ČEPS a poskytovatelem. Cena dohodnutá ve smlouvě na poskytování této PpS je stanovena pro každý blok dodavatele jako pevná měsíční platba za poskytování služby. Ceny za poskytování služby nejsou dostupné vzhledem k tomu, že ceny se stanovují individuálně s dodavatelem služby.

## Ostrovní provoz (OP)

Smlouva na poskytování PpS ostrovního provozu je uzavřena mezi ČEPS a poskytovatelem, který je přímo vyveden do PS ČR. Cena dohodnutá ve smlouvě na poskytování této PpS je stanovena pro každý blok dodavatele jako pevná platba za každou hodinu poskytování služby. Ceny za poskytování služby nejsou dostupné vzhledem k tomu, že ceny se stanovují individuálně s dodavatelem služby.

### Platba za regulační energii

Při poskytování PpS dochází v důsledku řízení bloku v jeho regulačním rozsahu k dodávce energie, která může být odlišná od dodávky odpovídající diagramovému bodu bloku a vycházející ze sjednaných hodnot dodávek elektřiny. Tento rozdíl, pokud byl vyvolán požadavky Dispečinku ČEPS (a v jejich rozsahu) a je v příčinné souvislosti s poskytováním PpS, je označen jako regulační energie. Regulační energie může být kladná, je-li skutečná dodávka bloku vyšší než plánovaná (odpovídající diagramovému bodu bloku) nebo záporná, je-li nižší. ČEPS není odpovědná za úhradu dodávky/nedodávky regulační energie dodané nad/pod rámec hodnoty plánované v PP v důsledku využití výkonu bloků pro PpS a jejich regulace ve sjednaném pásmu PpS. Tato odpovědnost přísluší OTE.

Tabulka 12 Přehled plateb za regulační energii pro PpS

	PR	SR	MZ5, MZ15+, MZ15-	SV <sub>30</sub>	U/Q (SRUQ)	BS/OP
Platba za kladnou regulační energii	není	2 350 Kč/MWh	dle dohody	dle dohody	dle dohody (cca 6 – 8 Kč/MVArh)	není
Platba za zápornou regulační energii		1 Kč/MWh				není

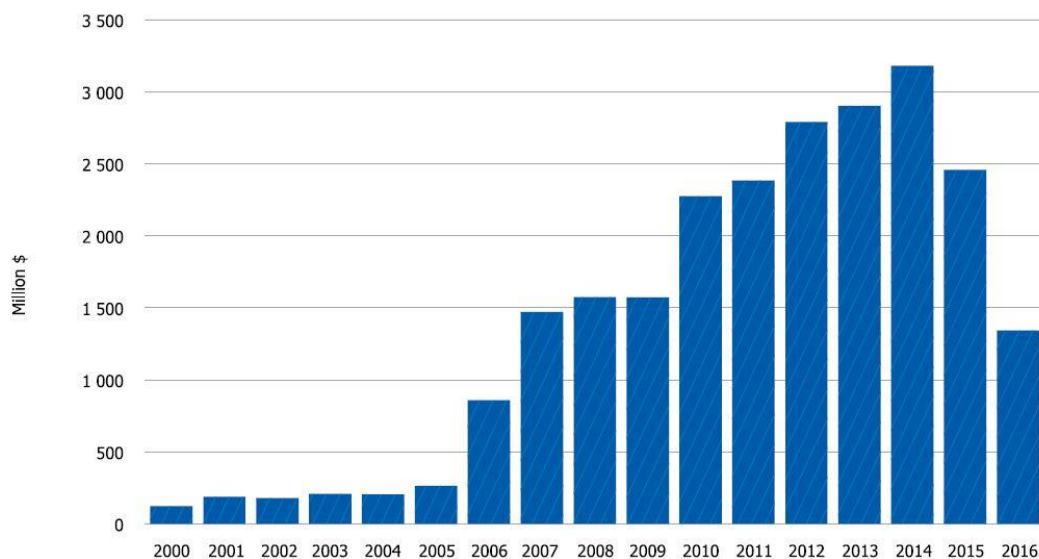
Platby za regulační energii pro sekundární regulaci stanovuje Cenové rozhodnutí ERÚ a pro PpS MZ5, MZ15+, MZ15-, SV30 a SRUQ jsou stanoveny smluvně. Platba za regulační energii se nevztahuje na primární regulaci, ostrovní provoz a startu ze tmy, jelikož při ní nedochází k dodávce regulační energie a jedná se pouze o regulaci výkonu nebo schopnosti najetí a provozu bloku.

### 5.3. ES a PpS v Kazachstánu

Od vyhlášení nezávislosti Kazachstán dosáhl významného pokroku při modernizaci svého energetického sektoru. To je zvláště pozoruhodné, neboť Kazachstán zdědil stárnoucí a



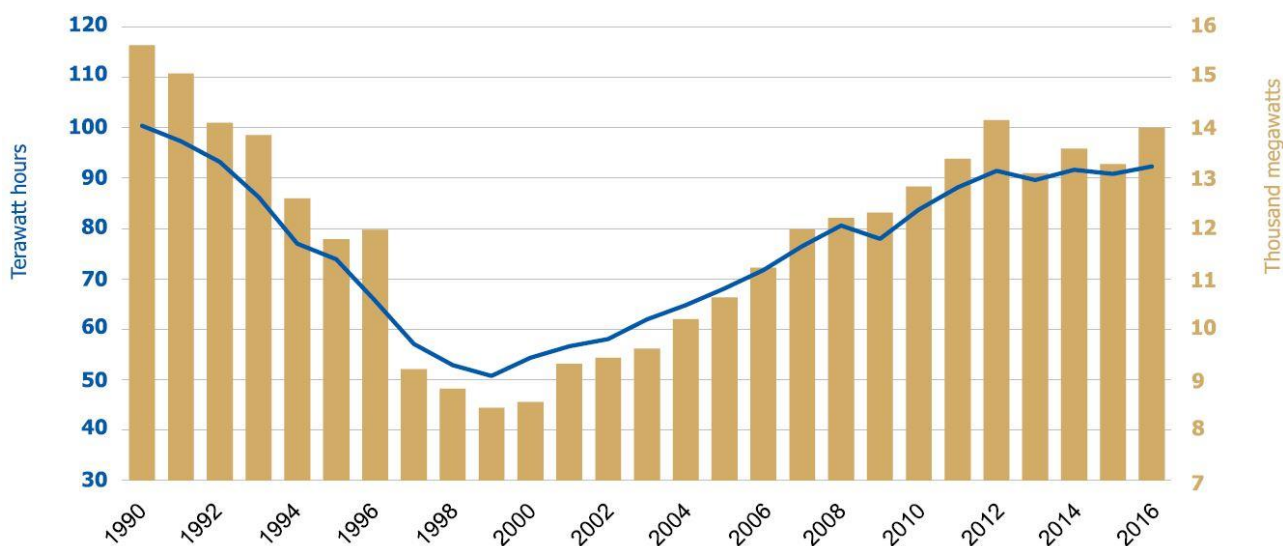
roztříštěný sovětský energetický systém, který v roce 1991 závislý na Rusku a Střední Asii dosáhl až 15 TWh ročně. Poslední desetiletí rozsáhlých investic však posílila svou vlastní kapacitu výroby a přenosu, což umožnilo Kazachstánu výrazně větší energetickou bezpečnost a nezávislost.



Obrázek 16: Investice do energetického sektoru Kazachstánu

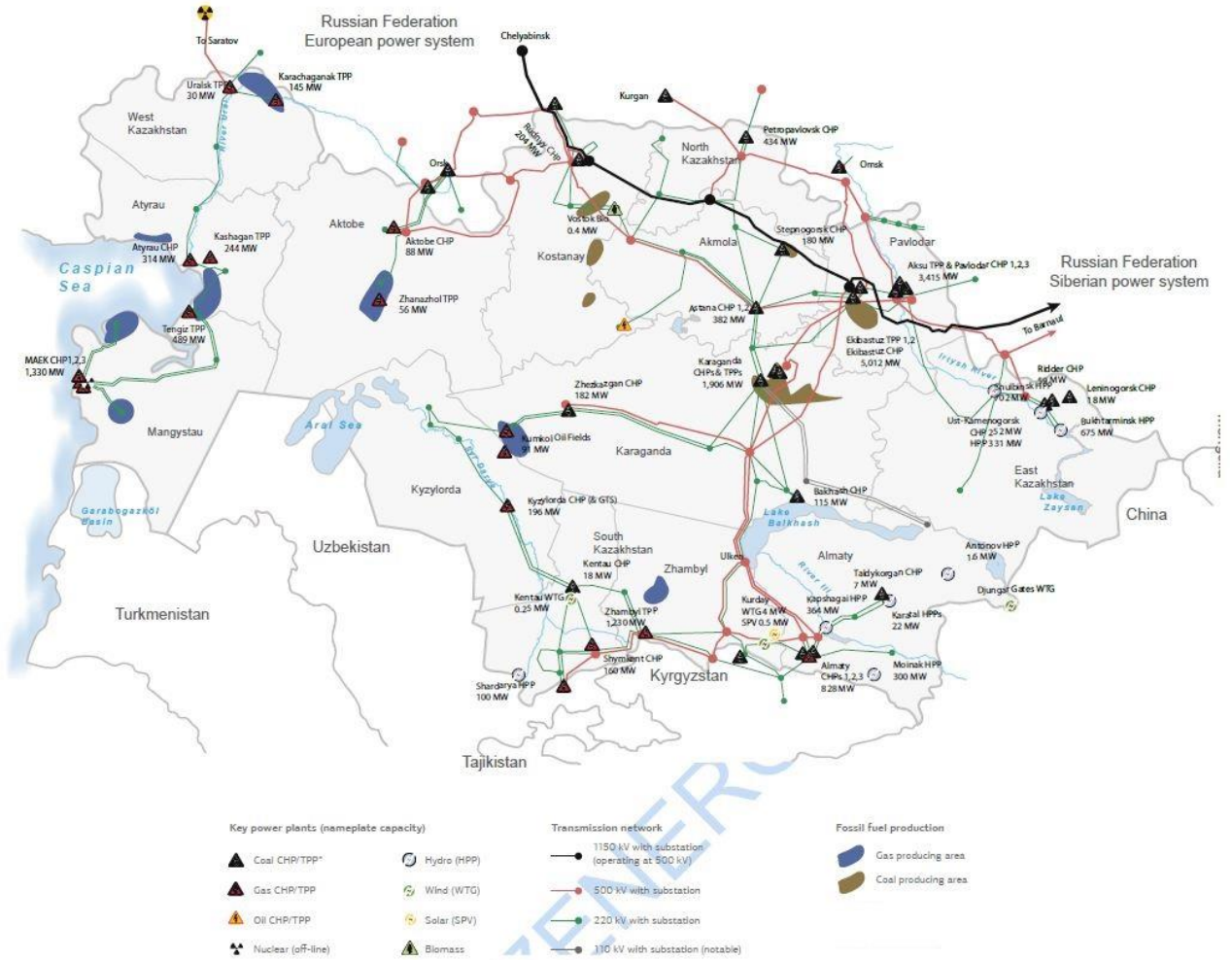
Příčinou poklesu investic v roce 2015 je zlevnění nafty skoro o dva krát. S poklesem cen nafty se zlevnila kazašská měna "tenge", a s tím se zmenšily investice v dolarovém ekvivalentu, jak je patrně z grafu.

Velké investování ve výrobu a v modernizaci rozvodných sítí Kazachstánu značně vylepšilo situaci. Výroba začala odpovídat spotřebě, a Kazachstán se nakonec stal exportérem malého množství energií do sousedních Zemi



Obrázek 17: Spotřeba elektrické energií v Kazachstánu, zdroj NER

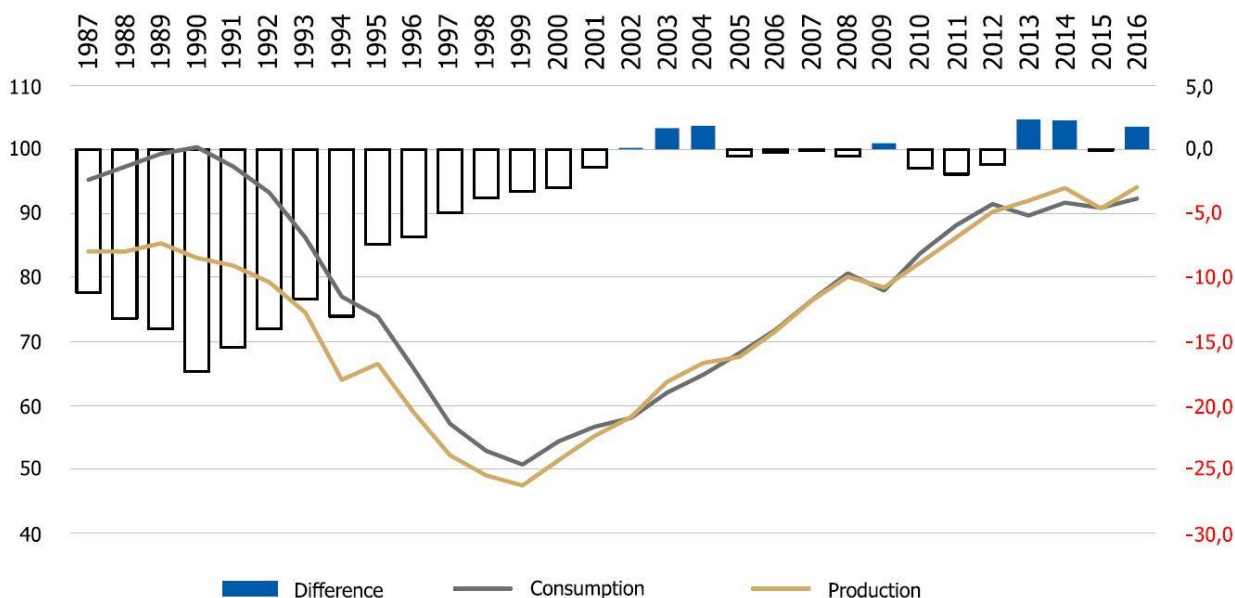
Navzdory velkým investičním záměrům, které Kazachstán učinil, jsou stále významné omezení sítě; proto je energetický sektor Kazachstánu analyzován jako tři zóny: Severní, Jih a Západ. Každá zóna je zásadně odlišná od ostatních oblastí, pokud jde o dynamiku nabídky a poptávky, generační mix, konektivitu a rovnováhu. Síťové spojení mezi severními a jižními zónami je omezené (dvě 500 kV vedení a 220 kV linka), ale neustále se zlepšuje, zatímco západní část je stále oddělena od ES Kazachstánu.



Obrázek 18: Mapa energetického sektoru Kazachstánu, zdroj NER

Okolo 92 % výkonu uhlé energie Kazachstánu je situováno v Severní části.

Od roku 2000 rostla výroba energie v Kazachstánu o průměrnou roční míru 3,8% (což je o něco větší než ve srovnání se současnými trendy spotřeby [3,4%]). Celkově vzrostla výroba energie od roku 2000 o 83%, zatímco spotřeba vzrostla o 70%.



Obrázek 19: Spotřeba a výroba energie (TWh) v Kazachstánu od roku 1987

Čisté dodávky z Ruska neustále klesají od vyhlášení nezávislosti v roce 1991, kdy dovoz energie z Ruska činil více než 50% (4 551,4 GWh) spotřeby západní zóny a poklesl pouze na 1% (154 GWh) v roce 2016.

V současné době si Rusko a Kazachstán každoročně vyměňují skromné objemy energie; nad určitým objemem obchodování mají obě země dohodu o vyrovnávání, kde hrají roli v oblasti podpory přeshraničních služeb.

Tato dohodu je obzvláště užitečné pro špičkovou podporu v Kazachstánu, stejně jako potenciálně vyrovnává své ambice v oblasti obnovitelných zdrojů do určité míry.

Účast na vyrovnávacím trhu je povinná pro všechny účastníky trhu. Nicméně, od roku 2008 funguje vyrovnávací trh v Kazachstánu v simulačním režimu. V roce 2015 ministerstvo energetiky opět odložilo zahájení ostrého provozu na začátek roku 2019.

Pokračující práce trhu v simulačním režimu předpokládá fyzické vypořádání nerovnováhy elektřiny provozovatelem soustavy na základě smluv uzavřených subjekty velkoobchodního trhu s provozovatelem ES. To však neznamená skutečné zápočty za zakoupenou – prodávanou elektrickou energii na vyrovnávacím trhu, a to ani v situaci, kdy se ruský energetický systém podílí na regulaci odchylek v kazašském systému (obě země se dohodly na dodržování nulové bilance). Avšak pravidla trhu jsou nepřehledná ve vztahu k odškodnění služeb skutečnému poskytovateli služeb (velkoobchodním výrobcům a spotřebitelům elektrické energie) za účelem vyvažování systému a nepředpokládají takové platby v budoucnu navzdory plánovanému růstu výroby elektřiny ze zdrojů s nepředvídatelným vzorem výroby (větrná a solární generace).

## 6. BATERIOVÉ SYSTÉMY PRO PODPŮRNÉ SLUŽBY

### 6.1. Bateriové systémy pro podpůrné služby PS ČR

V současné době není jak v Energetickém zákoně č. 458/2000 Sb. ani v Kodexu PS nijak specifikována ani zmíněna akumulace elektřiny. Není především specifikováno o zařazení akumulace elektřiny, tedy zda se jedná o výrobu elektřiny nebo odběratele elektřiny či jinak specifikována provozovna. Vzhledem k postupnému nárůstu užívání a žádostí o užívání akumulace elektřiny v energetice očekáváme změnu Energetického zákona i Kodexu PS, avšak v současné době není zřejmé, jak bude akumulace vyhodnocena. V současné době ani není zřejmé, zda při připojení akumulace k elektrizační soustavě je zapotřebí zřizovat licenci na výrobu elektřiny, která se vztahuje pouze na výrobní elektřiny, do kterých i spadají přečerpávací elektrárny, které slouží také jako akumulace elektřiny. V případě změny Energetického zákona může být na uskladňování elektřiny pohlíženo i také jako na podnikání v energetice a následně provozováno pod licenci na uskladňování elektřiny, obdobně jak je to u plynu v případě licence na uskladňování plynu.

V Kodexu PS není také blíže specifikována akumulace elektřiny a není jasné, zda podpůrné služby mohou i v případě splnění technických podmínek certifikace a jiných předepsaných technických podmínek poskytovat podpůrné služby. V Kodexu je nepřímo uvedeno, že podpůrné služby poskytují pouze elektrárenské bloky. Dále je v kodexu uvedeno, že pro potřeby části II. Kodexu PS se výrobní elektrické energie rozdělují do kategorií: parní elektrárny, vodní elektrárny, paroplynové elektrárny, jaderné elektrárny, plynové a spalovací elektrárny. V Kodexu PS je i uvedena specifikace potřebných záloh pro primární i sekundární regulaci, která je specifikována jako záloha točivá. Z výše uvedeného není jasné, zda lze považovat bateriový systém za elektrárenský blok a zda se zahrnuje do regulační zálohy.

Další otázkou ve využívání bateriových systémů pro podpůrné služby je v případě primární a sekundární regulace. Jedná se především o to, jak budou systémy hodnoceny v případě, že by se akumulace elektřiny tzv. „vybila“ nebo „nabyla“ a nemohla by v tu dobu poskytovat podpůrnou službu. Na rozdíl od elektrárenských bloků bateriový systém pracuje s omezenou kapacitou a né vždy je možné zajistit uložení dostatečné energie nebo její dodání do ES. V současné době toto Kodex PS neřeší a je zde pouze uvedeno, že v případě, kdy služba má být poskytována a daný elektrárenský blok již nemůže službu poskytnout, bude muset provozovatel elektrárenského bloku zaplatit vyměřené sankce. Vyhodnocení provozu v případě budoucího nastavení systému a zahrnutí akumulace elektřiny pro poskytování primární a sekundární regulace je zatím nejasné.

## **Primární regulace**

Primární regulace f bloku je lokální automatická funkce zajišťovaná obvody primární regulace, spočívající v přesně definované změně výkonu elektrárenského bloku v závislosti na odchylce frekvence od zadané hodnoty. Tato regulace vyžaduje rychlé výkonové změny o menší velikosti, které jsou časově proměnné a mění se výkon od záporné do kladné hodnoty. Bateriové systémy jsou velmi vhodné pro tuto regulaci, jelikož jejich výkonová změna na rozdíl od točivých strojů je téměř okamžitá (desítky milisekund).

V případě poskytování primární regulace bateriovým systémem dochází k méně hlubokým cyklům baterie, jelikož regulace rychle překmitává mezi kladnou a zápornou hodnotou. Malý počet cyklů zajistí delší životnost baterie. Nejvhodnějším zástupcem technologie bateriových systémů pro primární regulaci jsou baterie na bázi lithia, které jsou i pro tuto regulaci hojně využívány ve světě.

Minimální hranice výkonu poskytované pro primární službu jsou 3 MW a maximální je 10 MW, což jsou výkony již dosahované bateriovými systémy, které mohou být napojeny do napěťové hladiny 22 kV a výše. Při návrhu bateriového systému je zapotřebí nejdříve znát regulační křivku v daném místě a pro ni si stanovit kapacitu baterií, připojení do ES a následně stanovit ekonomiku projektu.

## **Sekundární regulace**

Sekundární regulace P bloku (SR) je proces změny hodnoty výkonu regulovaného elektrárenského bloku, tak jak je požadováno sekundárním regulátorem frekvence a salda předávaných výkonů. Využitím regulační zálohy (RZSR) je dáno algoritmem sekundárního regulátoru Dispečinku ČEPS. Při této regulaci však dochází k velkým výkonovým regulacím výkonu s pomalou změnou avšak s dlouhou dobou trvání. V tomto případě není bateriový systém příliš vhodný, jelikož dochází k velkým a častým výkonovým změnám, což by znamenalo při poskytování služby bateriovým systémem časté cyklování a to až několikrát za den. Velký počet cyklů u této regulace by nám způsobil malou životnost baterie.

Jediným zástupcem z bateriových systémů, který má možný velký počet cyklů je baterie vanadium – redoxová, avšak její cena je příliš vysoká a baterie disponuje menší účinností, tedy bude docházet ke značným ztrátám elektřiny.

Tato podpůrná služba není pro současnou technologii bateriových systémů příliš vhodná. Využití bateriových systémů pro tuto regulaci v dalších letech bude spíše možné najít při vhodné kombinaci akumulace elektřiny s jiným zdrojem elektřiny. Ani na světě není častá instalace bateriových systémů pro poskytování sekundární nebo jí podobné regulace. Napojení bateriového systému k elektrizační soustavě může být na napěťové hladině od 22 kV a výše.

### **Snížení výkonu (SV30)**

Tato podpůrná služba vyžaduje snížení výkonu bloku, tedy pro bateriové systémy tato varianta není vhodná, jelikož bateriový systém nemá kontinuální dodávku elektřiny do sítě jako klasické zdroje elektřiny. Bateriový systém však může být v této službě využit pro kvalitu dodávky elektřiny, zajištění regulace a podobně pro blok poskytující tuto podpůrnou službu.

### **Služby MZ5, MZ15+ a MZ15-**

Podpůrné služby minutové zálohy jsou z hlediska cyklů bateriových systémů nejvýhodnější, jelikož jejich aktivace se pohybuje maximálně v desítkách za rok, což umožňuje dlouho životnost baterie. V případě poskytování této služby je minimální poskytovaný výkon ve výši 10 MW pro 15 minutovou zálohu a 30 MW pro 5 minutovou zálohu, což jsou pro akumulací systémy už velké výkony, které však jsou investičně náročnější. Doba aktivace 15 minutové zálohy není omezena a pro 5 minutovou zálohu je doba aktivace minimálně 4 hodiny, což by v případě samostatných bateriových systémů znamenalo velké kapacity baterií, které by nebyly technicky možné a ekonomicky udržitelné.

Nejlepší využití bateriového systému pro poskytování minutových záloh je s kombinací klasických zdrojů elektřiny, které nemají dostatečně rychlou regulační změnu výkonu. Například tato kombinace je vhodná s parní turbínou, která má nedostačující rychlost změny výstupního výkonu. V případě ve spojení s bateriovým systémem v době požadavku na službu výkon přebírá bateriový systém. V průběhu poskytování služby je následně výkon na turbíně zvyšován a poskytovaný výkon bateriovým systémem postupně přebírá turbína. Bateriový systém tak poskytuje výkon jen v rámci několika max. desítek minut a jeho kapacita nemusí být příliš velká.

Vhodné pro tento typ služby jsou olověné baterie, jelikož jsou nejlevnější variantou a zde baterie jsou stále nabitě a k cyklování dochází jen zřídka. Jelikož je ale služba poskytována pro velké výkony a olověné akumulátory pro takto velké výkony nejsou běžné, jsou dobrou variantou bateriové systémy na základě lithia.

## **Sekundární regulace U/Q (SRUQ)**

Sekundární regulace napětí/jalového výkonu může být poskytována bateriovým systémem. V tomto případě však není hlavní technologií baterie, ale střídače v bateriovém systému, které jsou schopni pracovat s malým účínkem a tím dodávat jalový výkon do sítě. Tato služba není náročná na typ bateriového systému a pro tuto službu jsou vhodné veškeré druhy bateriových systému, každý s určitými výhodami pro dané nasazení. Cena regulační energie je však nízká, pohybuje se pouze od cca 6 – 8 Kč/MVArh. Vhodné je tuto podpůrnou službu kombinovat s dalším využitím baterie nebo s další podpůrnou službou.

## **Schopnost ostrovního provozu (OP)**

Bateriové systémy jsou použitelné i pro poskytování služby ostrovního provozu. V tomto případě není obecné pravidlo použití bateriového systému pro všechny případy. Bateriové systémy však mohou být užitečné pro práci elektrárenských bloků v ostrovním provozu. Bateriové systémy mohou například sloužit při výkonových změnách při odpojování/připojování od sítě, výkonovou/ frekvenční regulaci při ostrovním provozu a udržení kvality elektřiny v ostrovním provozu elektrárenského bloku.

Jako pouze samostatný bateriový systém pro poskytování podpůrné služby ostrovního provozu není za současných podmínek a technologie využitelný.

## **Start ze tmy (BS)**

Bateriové systémy jsou velkým přínosem pro start ze tmy elektrárenského bloku, které umí zajistit napájení hlavní technologie a tím rozjet elektrárenský blok, který následně převezme vlastní spotřebu. Tato služba může být vhodně kombinována se schopností ostrovního provozu a minutové zálohy nebo primární regulace.

Jako pouze samostatný bateriový systém pro poskytování podpůrné služby ostrovního provozu není za současných podmínek a technologie využitelný.

Tabulka 13 Přehled výhod a nevýhod použití bateriového systému pro poskytování jednotlivých PpS v ČR

	Olověné baterie	Lithiové baterie	Vanadium – redoxové baterie	Zinek – bromidové baterie
<b>Primární regulace</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nízká investice.</li> <li>✗ Při rychlých změnách výkonu elektromagnetická síla může zničit elektrody v baterii – úprava elektrod.</li> <li>✗ Snížená životnost malým počtem cyklů baterie.</li> <li>✗ Vyšší ztráty elektřiny při provozu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Větší životnost baterie.</li> <li>✓ Baterie zvládající rychlé změny výkonu.</li> <li>✗ Vyšší cena bateriového systému.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Velká životnost baterie.</li> <li>✓ Baterie zvládající rychlé změny výkonu.</li> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> <li>✗ Vyšší ztráty elektřiny při provozu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Baterie zvládající rychlé změny výkonu.</li> <li>✗ Snížená životnost malým počtem cyklů baterie.</li> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> <li>✗ Vyšší ztráty elektřiny při provozu.</li> </ul>
<b>Sekundární regulace</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nízká investice.</li> <li>✗ Při rychlých změnách výkonu elektromagnetická síla může zničit elektrody v baterii – úprava elektrod.</li> <li>✗ Malá životnost baterie.</li> <li>✗ Vysoké ztráty elektřiny při provozu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Malá životnost baterie.</li> <li>✗ Vyšší cena bateriového systému.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Velká životnost baterie.</li> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> <li>✗ Vysoké ztráty elektřiny při provozu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Malá životnost baterie.</li> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> <li>✗ Vysoké ztráty elektřiny při provozu.</li> </ul>
<b>Sekundární regulace U/Q</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nízká investice.</li> <li>✗ Vyšší náročnost na střídače.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Vyšší cena bateriového systému.</li> <li>✗ Vyšší náročnost na střídače.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> <li>✗ Vyšší náročnost na střídače.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> <li>✗ Vyšší náročnost na střídače.</li> </ul>
<b>MZ5/ MZ15+ / MZ15-</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nízká investice.</li> <li>✓ Vysoká životnost baterie.</li> <li>✗ Nutnost spolupráce s dalším zdrojem elektřiny.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vysoká životnost baterie.</li> <li>✗ Nutnost spolupráce s dalším zdrojem elektřiny.</li> <li>✗ Vyšší cena bateriového systému.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Velmi vysoká životnost baterie.</li> <li>✗ Nutnost spolupráce s dalším zdrojem elektřiny.</li> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vysoká životnost baterie.</li> <li>✗ Nutnost spolupráce s dalším zdrojem elektřiny.</li> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> </ul>
<b>Ostrovní provoz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nízká investice.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Vyšší cena bateriového systému.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> </ul>
<b>Start ze tmy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nízká investice.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Vyšší cena bateriového systému.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Vysoká cena bateriového systému.</li> </ul>

S pohledu užitečné kapacity, hloubky vybití a dalších parametru bateriové systémy založené na lithiové iontové technologii v značné míře zajímavější než olověné baterie. S vývojem technologií význam olověných baterií klesá.

## 6.2. Bateriové systémy pro podpůrné služby PS Kazachstánu

Jak bylo popsáno výše trh PpS elektrizační soustavy Kazachstánu fungují v simulačním režimu, bez finanční kompenzací při poskytnutí jakýchkoliv podpůrných služeb. Není proveditelné provést výpočty návratnosti investic do bateriového systému.

Současný podíl nestabilních OZE (kolem 1%) v energetické bilanci umožňují provádět regulaci ES bez rizika vzniku jakýchkoliv potíží. presto už se instalují systémy poblíž VtE a SE. Za přenosovou soustavu a kvalitu dodané energie v Kazachstánu zodpovídá statní společnost KEGOC a.s.



## 7. PŘEDPOKLADY VYUŽITÍ BATERIOVÉHO SYSTÉMU V ČR

Tabulka 14 Přehled napojení bateriového systému do ES

Techn. parametry připojení	PR	SR	MZ5	DT	RE
Připojení do soustavy	DS	PS	PS	DS	DS
Připojení na nap. hladinu	22 kV	110 kV	110 kV	22 kV	22 kV
Výkon připojený do ES	10 MW	30 MW	30 MW	10 MW	10 MW

Tabulka 15 Přehled investičních nákladů, provozních nákladů a výnosu pro bateriové systémy

Baterie	Ekonomické vstupy	PR*	SR	MZ5	DT	RE
Lithium	CAPEX	228,1 mil. Kč				
	OPEX	11,58 mil. Kč				
	Výnosy	39,3 mil. Kč				
Vanadium	CAPEX	1 219,0 mil. Kč				
	OPEX	21,9 mil. Kč				
	Výnosy	39,3 mil. Kč				
Pb	CAPEX					
	OPEX	Není uvažováno	Není uvažováno		Není uvažováno	Není uvažováno
	Výnosy					

Tabulka 16 Přehled ekonomických parametrů pro bateriové systémy

Baterie	Techn. parametry bateriového systému	PR	SR	MZ5	DT	RE
Lithium*	IRR	10,1 %	???	???	-	-
	NPV	135 mil. Kč	???	???	< 0 mil. Kč	< 0 mil. Kč
	Td	10,4 let	???	???	>21 let	>21 let
Vanadium	IRR	-	???	-	-	-
	NPV	< 0 mil. Kč	???	< 0 mil. Kč	< 0 mil. Kč	< 0 mil. Kč
	Td	>21 let	???	>21 let	>21 let	>21 let
Pb	IRR			???		
	NPV	Není uvažováno	Není uvažováno	???	Není uvažováno	Není uvažováno
	Td			???		

\* při době poskytování 16 hod/den a 8 hod/den nabíjení – vybíjení (příprava baterie)

### 7.1. Předpoklady technicko – ekonomického hodnocení

Pro obecný předpoklad technicko – ekonomického hodnocení využití bateriového systému pro primární regulaci frekvence uvažujeme s následujícím:

- Zahrnutí akumulace do Energetického zákona.
- Zahrnutí bateriového systému/ akumulace elektřiny pro poskytování podpůrných služeb v Kodexu PS.
- Energie dodaná nebo odebraná bateriovým systémem při poskytování služby PR a dobíjení nebo nabíjení baterie není zpoplatněna, tedy se silovou elektřinou není obchodováno ani se na ní nevztahují distribuční poplatky, vzhledem k tomu, že se jedná o regulaci elektrizační soustavy a nikoliv o vlastní spotřebu nebo výrobu elektřiny.
- Na ztráty v akumulačním systému se vztahují distribuční poplatky dané Cenovým rozhodnutím ERÚ a cena silové elektřiny na ztráty je ve výši 800 Kč/MWh.
- Na odebíraný výkon z ES se nevztahuje rezervovaná kapacita, jelikož se jedná o regulaci soustavy, a nikoliv o vlastní spotřebu nebo výrobu elektřiny.
- Uvažujeme s optimálním nastavením systému, tedy nedochází k neposkytnutí služby PR a bateriový systém není ze strany PS sankciován.

## 7.2. Výsledky technicko – ekonomického hodnocení

Výsledky jsou uvažovány pro poskytování primární regulace 16 hodin/den a 8 hodin/den nabíjení - vybíjení akumulace (příprava pro poskytování služby).

Tabulka 17 Parametry bateriového systému

Parametr	Hodnota	Jednotka
Výkon	10	MW
Kapacita	14	MWh
Účinnost celého cyklu baterie	94	%
Disponibilita bateriového systému	98	%
Disponibilita bateriového systému	8 585	h/rok

Tabulka 18 Ceny silové elektřiny a PpS

Parametr	Hodnota	Jednotka
Cena silové elektřiny na krytí ztrát	900	Kč/MWh
Cena za regulovanou zálohu PR	684	Kč/MW.h

Tabulka 19 Výstup

Parametr	Hodnota	Jednotka
Celkem přenesené energie	16 643	MWh
Ekvivalentních maximálních 100% DOD cyklů z přenesené energie	594	cyklů/rok
Celkem ztrát	999	MWh

Tabulka 20 CAPEX

Položka CAPEX	Cena
Akumulace + výkonová elektronika (4 MW, 6 MWh)	182 250 000 Kč
Trafostanice (transformátory, rozvodna, rozvody NN a VN )	29 000 000 Kč
Stavební práce, zabezpečení a datové připojení (úprava podloží, zastřešení, oplocení, EZS, internet apod...)	10 000 000 Kč
Poplatek za připojení do sítě provozovateli DS	1 920 000 Kč
Inženýring (EPC, projektová a povolovací dokumentace atd.)	5 000 000 Kč
<b>Celkem</b>	<b>228 170 000 Kč</b>

Tabulka 21 OPEX

Položka OPEX	Cena
Servis AKU - FIXNÍ	2 400 000 Kč
Servis AKU - VARIABILNÍ	80 286 Kč
Fond na náhradu baterií/ střídačů	7 453 091 Kč
Rezervovaná kapacita	0 Kč
Náklady na ztráty (silová elektřina, POZE, užití sítí, SYS, daň zel.)	1 047 511 Kč
Pojištění	500 000 Kč
Administrativa	100 000 Kč
Revize	100 000 Kč
<b>Celkem</b>	<b>11 580 888 Kč</b>

Tabulka 22 Výnosy

Položka výnosu	Cena
Platba za regulovanou zálohu	39 342 421 Kč
<b>Celkem</b>	<b>39 342 421 Kč</b>

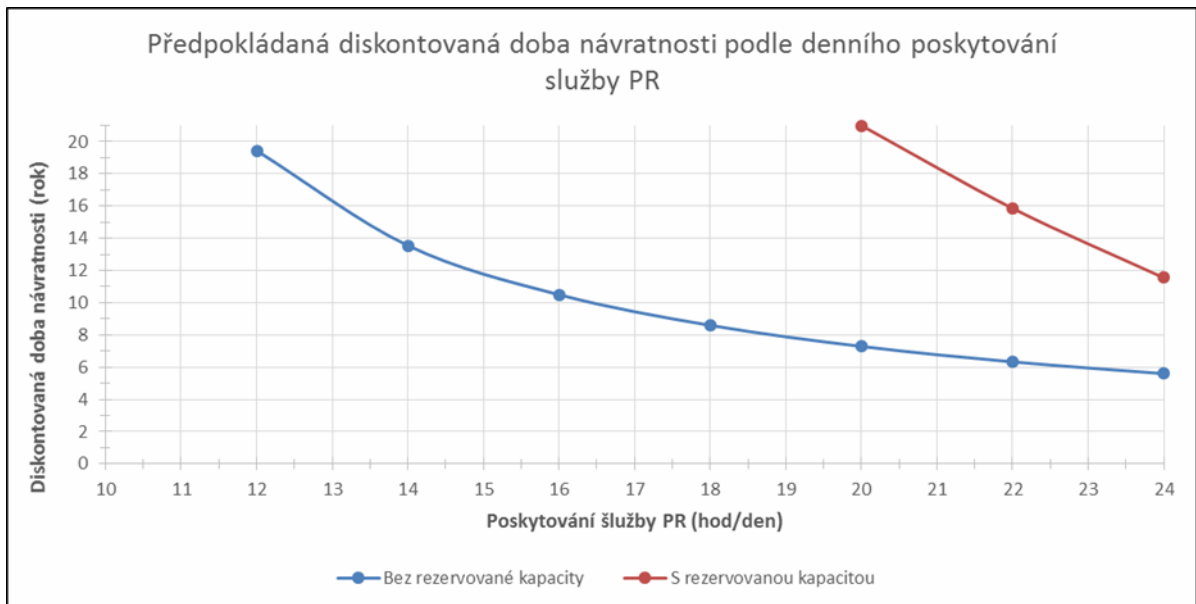
Tabulka 23 NPV

Čistá současná hodnota (NPV)	<b>135 448 455</b>
Vnitřní výnosové procento (IRR)	<b>10,1%</b>
Ukazatel ziskovosti (PI)	<b>59,4%</b>
Prostá doba návratnosti [let]	<b>8,22</b>
Reálná (dikontovaná) doba návratnosti [let]	<b>10,41</b>

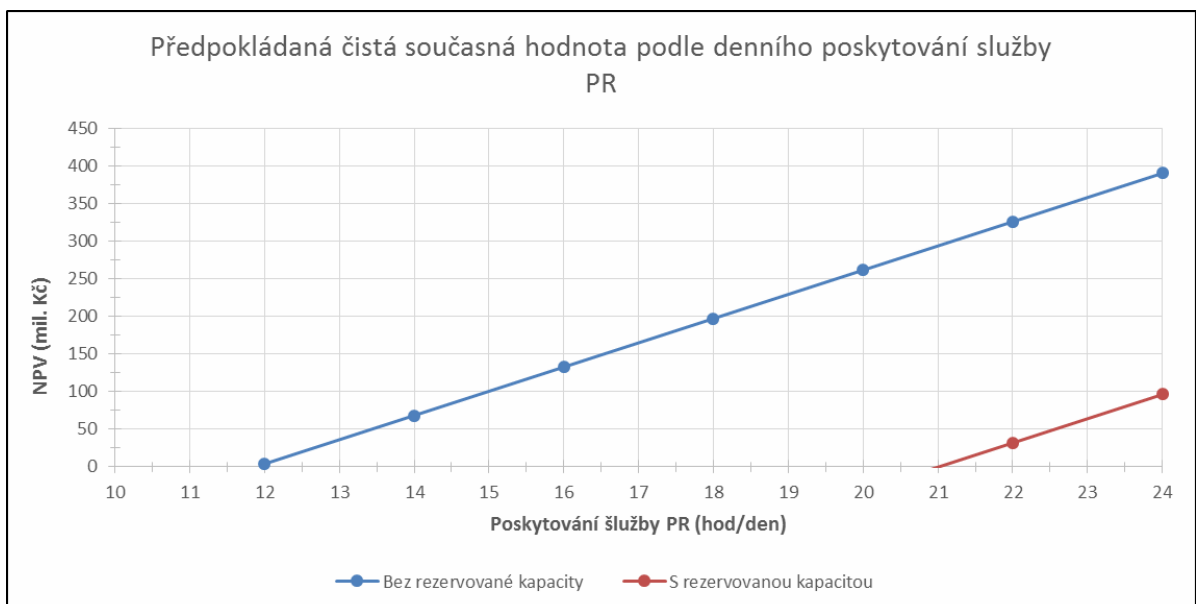
### 7.3. Citlivostní analýza

Tabulka 24 Citlivostní analýza

Denní poskytování služby PR	Doba nabíjení / vybíjení aku hod/den	Bez rezervované kapacity		S rezervovanou kapacitou	
		Diskontovaná doba návratnosti	NPV	Diskontovaná doba návratnosti	NPV
		Rok	Kč	Rok	Kč
24	0	5,60	390 591 645	11,55	96 407 029
22	2	6,33	326 161 546	15,86	31 976 931
20	4	7,29	261 731 448	21,00	-32 453 168
18	6	8,60	197 301 349	21,00	-96 883 266
16	8	10,50	132 871 251	21,00	-161 313 365
14	10	13,55	68 441 152	21,00	-225 743 463
12	12	19,44	4 011 054	21,00	-290 173 562
10	14	21,00	-60 419 045	21,00	-354 603 660
8	16	21,00	-124 849.143	21,00	-419 033 759
6	18	21,00	-189 279 242	21,00	-483 463 857
4	20	21,00	-253 709 340	21,00	-547 893 956



Obrázek 20: Předpokládaná diskontovaná doba návratnosti podle poskytování služby PR



Obrázek 21: Předpokládaná čistá současná hodnota podle denního poskytování služby PR

## 8. SHRNU TÍ A ZÁVĚR

### OZE

Nasazení nestabilních OZE (VtE, SE) do ES vyžaduje potřebnost bateriových systému pro zmenšení nepříznivého účinku na ES. Na rozdíl od Kazachstánu je v České republice prozatím větší nouze o bateriové systémy nejen z důvodu většího podílu OZE v elektrizační soustavě. ES České republiky je součástí jediného evropského elektrizačního systému.

Nehledě na závazek Kazachstánu pro snížení emisí CO<sub>2</sub> nelze opomíjet o značných zásobách levného zdroje – uhlí. Rychlé a neohleduplné nasazení velkého množství OZE elektráren bude mít za následek značné zvýšení ceny energie pro koncového spotřebitele

### Bateriové systémy pro PpS

Z výše uvedeného je patrné, že bateriové systémy jsou vhodné pro poskytování podpůrných služeb a to jako systémy samostatné nebo systémy kombinované s jiným zdrojem elektřiny. Za vhodnost bateriových systémů pro podpůrné služby svědčí i její rychlý rozvoj a instalace v posledních letech např. v Německu (122 MW) nebo Itálii (56 MW).

V současné době v české a kazašské legislativě není zvláště specifikována akumulace elektřiny a nejsou pro ně stanovena pravidla užití v energetice. Vzhledem k tomu, že chování akumulace elektřiny je rozdílné, než běžné chování elektrárenského bloku není zcela jasné, jak na akumulaci elektřiny pohlížet vzhledem k legislativním ustanovením.

V Kazachstánu navíc k tomu, prozatím není přizpůsoben trh PpS což má za následek vysokou rizikovost privátních investic do sektoru OZE včetně bateriových systému.

## ZDROJE

- [1] Pařížská dohoda [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_en)
- [2] Dohoda evropských států [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive>
- [3] Eurostat [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=t2020\\_31](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=t2020_31)
- [4] Energetický regulační úřad. [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy#2018>
- [5] Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: [http://www.eru.cz/documents/10540/2041142/ERV\\_12\\_2016/058c6730-a61f-4606-a51b-e72ada54c052](http://www.eru.cz/documents/10540/2041142/ERV_12_2016/058c6730-a61f-4606-a51b-e72ada54c052)
- [6] KAZENERGY National Energy Report [online]. [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <http://kazenergy.com/en/analyst/783/>
- [7] EXPO 2017 Astana [online]. [cit. 2019-01-07]. Dostupné z: <https://expo2017astana.com/en/>
- [8] Strategy Kazakhstan 2050 [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://strategy2050.kz/en/page/project/>
- [9] *Green Bridge* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <http://gbpp.org/en/about>
- [10] Green Energy Concept 2013. *International Energy Agency* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/kazakhstan/name-136648-en.php>
- [11] Kodex přenosové soustavy [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [12] Statistiky PpS [online]. [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/statistiky-pps>
- [13] KEGOC [online]. [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <https://www.kegoc.kz/report2014/eng2/rynok-energo.php>