

A large, three-dimensional red sign with white text is the central focus of the image. The sign is composed of several rectangular blocks stacked together, creating a sense of depth. The text is in a bold, sans-serif font. The background shows a modern exhibition space with a high ceiling, industrial-style lighting fixtures, and other red and white architectural elements. The overall aesthetic is clean and contemporary.

**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ**

Bateriové systémy pro stacionární úložiště energie

Autor: Tomáš Kazda

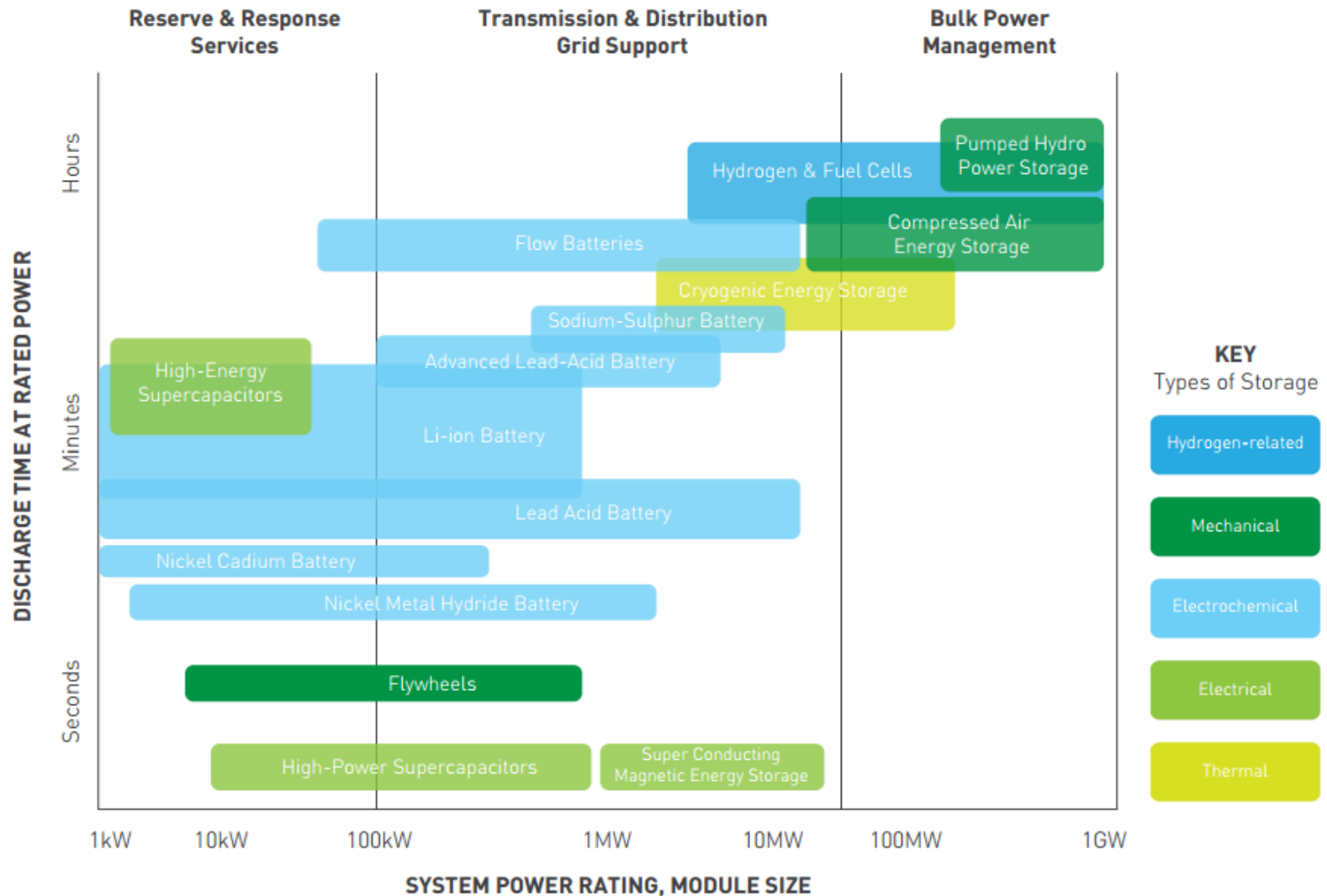
26.6.2018

Ukládání energie

Systemy ukládání elektrické energie:

- ***Elektro-mechanické systémy***
 - Přečerpávací vodní elektrárny
 - Systémy se stlačeným vzduchem
 - Setrvačníky
- ***Elektrochemické systémy***
 - Bateriové systémy
 - Systémy využívající vodíkovou technologii
- ***Termální systémy***
 - Systémy využívající roztavených solí
 - Systémy využívající ohřáté vody

Ukládání energie



Ukládání energie

Využití:

- **Správa sítě** – řízení stability sítě
- **Řízení nákladů domácností** – uložením energie v době přebytku z FV panelů a jejich využití později
- **Řízení časů spotřeby** – ukládání energie v době jejího přebytku za nízkou ceny a její následná spotřeba v době vysoké tarifní ceny
- **Záloha systémů v případě výpadku dodávky energie**

Ukládání energie

Přečerpávací vodní systémy:

- Jedná se o nejstarší systém skladování energie
- V současnosti je jejich celosvětový instalovaný výkon přibližně 184,2 GW (odpovídá přibližně 94%)
- Účinnost technologie se pohybuje okolo 75 %
- Poskytuje vysoké výkony překračující 1000 MW
- Složitá konstrukce s nutností zásahu do okolní krajiny a nutností posouzení environmentálních vlivů
- V ČR – Dalešice (450 MW/ 2,3 GWh), Dlouhé stráně (650 MW/ 3,2 GWh), Štěchovice (45 MW/0,22 GWh)

Ukládání energie

Systemy se stlačeným vzduchem:

- Nadzemní zásobníky - výkony jsou v rozmezí 3 - 15 MW (vybití 2 - 4 h)
- Přírodní podzemní úložiště – výkon ve 100 MW (desítky hodin)
- Účinnost technologie až 70 %
- Skládá se ze dvou částí samotného prostoru úložiště a výkonové části
- Omezené možnosti použití celosvětově asi 5 větších aplikací

Ukládání energie

Setrvačníky:

- Přeměna elektrické energie do energie kinetické
- Jeden z nejstarších typů ukládání energie
- Výstupní výkon až desítky MW
- Vysoký počet cyklů, rychlá odezva
- Nízko-rychlostní (do 6000 ot/min)
- Vysoko-rychlostní
- Použití jako UPS nebo v automobilovém průmyslu
- AV ČR – 28 kWh/70 MW, JET Fusion Flywheel 400 MW G.B.

Bateriové systémy

- *Lithno-iontové akumulátory*
- *Vanadové-redoxní (průtočné) akumulátory*
- *Olověné akumulátory*
- *Ni-Cd nebo Ni-MH akumulátory*
- *Sodík-Síra vysokoteplotní akumulátory*
- *Superkondenzátory*

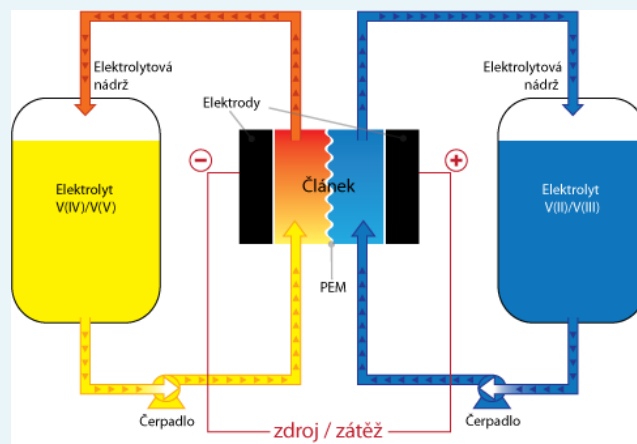
Bateriové systémy

Typ akumulátoru	Gravimetrická hustota energie [Wh/kg]	Volumetrická hustota energie [Wh/l]
Superkondenzátory	20	10
Olověný akumulátor	40	70
Vanadové-redoxní	35	40
Ni-Cd	50	100
Ni-MH	100	240
Li-Ion	260	700
Pokročilé Li-Ion	~ 350 – 400	~ 900
Post lithiové	>500	>1000
Na-Ion	~ 150	~ 400

Bateriové systémy

Vanadové-redoxní (průtočné) akumulátory:

- Na rozdíl od klasických akumulátorů není aktivní materiál pevný, ale je tekutý uložený v nádržích a během nabíjení a vybíjení je postupně přečerpáván.
- Kapacita akumulátorů je určena velikostí zásobníků a maximální výkon velikostí elektrod
- S velikostí zásobníku klesá cena na Wh
- Dosahují vysokého počtu cyklů (přes 10000)
- Účinnost technologie se pohybuje okolo 85 %
- Je zapotřebí udržovat teplotu v rozmezí 10-35°C



Bateriové systémy

Vanadové-redoxní (průtočné) akumulátory:

Největší instalované stacionární uložště:

Primus Power – Astana Kazachstán 25 MW po dobu 4 hodin – účel: optimalizace sítě při přerušování dodávek z OZE

Dalian VFB – polostrov Dalian Čína 20 MW po dobu 4 hodin (ve výstavbě) – účel: vyrovnávání zatížení sítě při extrémních podmínkách počasí (finální řešení 200 MW/800 MWh)

Minami Hayakita Substation Hokkaido Electric Power – Hokkaido Japonsko 15 MW po dobu 4 hodin – účel: optimalizace sítě při přerušování dodávek z FV a větrných elektráren

Jihočeský vědeckotechnický park – České Budějovice 30 kW po dobu 4 hodin a 20 minut – účel: uchovávání energie z FV panelů a pro případ nouzového zdroje energie

Bateriové systémy

Olověné akumulátory:

- Nejstarší známá technologie akumulátorů.
- Jeho výhodou je všeobecná známost technologie a menší cena plus krátkodobě dodávat vysoké výkony
- Nevýhodou je malá volumetrická a gravimetrická kapacita
- Krátká životnost při hlubokém vybíjení takže baterie musí být pro danou aplikaci naddimenzovány
- Účinnost technologie se pohybuje okolo 85 %

Bateriové systémy

Olověné akumulátory:

Největší instalované stacionární uložště:

Notrees Wind Energy Storage Project – uložště s kapacitou 24 MWh připojené k větrné elektrárně 153 MW určené k uchovávání přebytků energie (Bude nahrazeno Li-Ion akumulátory 36 MWh). USA, Texas

Kaheawa II Wind Project – uložště s kapacitou 20 MWh a o výkonu 10 MW po dobu 45 min připojené k větrné elektrárně sloužící k pokrytí části spotřeby ostrova Maui na Havaji

Shiura Wind Park – uložště s kapacitou 10,5 MWh a o výkonu 4,5 MW po dobu 2 hodin a 20 minut připojené k větrné elektrárně sloužící k vyrovnávání požadavků sítě. Japonsko



Bateriové systémy

Superkondenzátory:

- Jsou schopny reagovat na zvýšené proudové požadavky jelikož pracují na jiném principu než baterie
- Jejich nevýhodou je však malá gravimetrická a volumetrická kapacita.
- Nevýhodou je také vyšší samovybíjení v porovnání se standardními akumulátory
- Výhodou je vysoká účinnost přesahující 99%

Bateriové systémy

Superkondenzátory:

Největší instalované stacionární uložistě:

GigaCapacitor Rosh Pinna Test Project – uložistě s výkonem 15 MWh po dobu 10 hodin. Jedná se o experimentální uložistě. Izrael, Rosh Pinna

Endesa STORE: La Palma Project – jedná se o komplexní systém uložistě s kapacitou 20 MWs a o výkonu 4 MW v superkondenzátorech, 0,5 MW výkonu v setrvačnicku a Li-Ion akumulátory o výkonu 1 MW a kapacitě 3 MWh. Účelem systému je zvýšit spolehlivost provozu ostrovní sítě. La Palma, Mallorca, Španělsko

Bateriové systémy

Ni-Cd nebo Ni-MH akumulátory :

- Výhodou je vyšší energetická a gravimetrická hustota energie než v případě olověných akumulátorů
- Další výhodou je dobrá spolehlivost a velký rozsah pracovních teplot ten je však u Ni-MH menší.
- Nevýhodou je pak přítomnost kadmia, paměťový efekt v případě Ni-Cd akumulátorů a vyšší pořizovací cena, než v případě olověných akumulátorů.

Bateriové systémy

Ni-Cd nebo Ni-MH akumulátory :

Největší instalované stacionární uložště:

Golden Valley Electric Association (GVEA) Battery Energy Storage System (BESS) – uložště s kapacitou 6,75 MWh a maximálním výkonem 20 MW. Slouží jako záložní zdroj pro případy pokrytí výpadů sítě. USA, Aljaška



Bateriové systémy

Sodík-Síra vysokoteplotní akumulátory :

- Výzkum těchto akumulátorů započal v 60. letech 20. století
- Jedná se o jedny z nejvíce otestovaných typů baterií pro stacionární uložení energie pokrývajících velké kapacity v řádech 100 MWh.
- Výhodou je dobrá životnost několik tisíc cyklů
- Účinnost se pohybuje mezi 75-85%
- Nevýhodou je pak velikost systému a nezbytnost systém držet na vysoké teplotě pohybující se mezi 300-350°C.



Bateriové systémy

Sodík-Síra vysokoteplotní akumulátory :

Největší instalované stacionární uložště:

Kyushu Electric - Buzen Substation - Mitsubishi Electric / NGK Insulators – uložště s kapacitou 300 MWh a maximálním výkonem 50 MW. Slouží k balancování dodávek a požadavků sítě. Japonsko, Buzen

Rokkasho Village Wind Farm - Futamata Wind Development – uložště s kapacitou 238 MWh a maximálním výkonem 34 MW. Systém je připojen k větrným elektrárnám o výkonu 51 MW. Japonsko, Rokkasho

Terna SANC Project – uložště s maximálním výkonem 12 MW a kapacitou 96 MWh. Jedná se o největší uložště energie využívající NaS akumulátory v Evropě. Itálie

Bateriové systémy

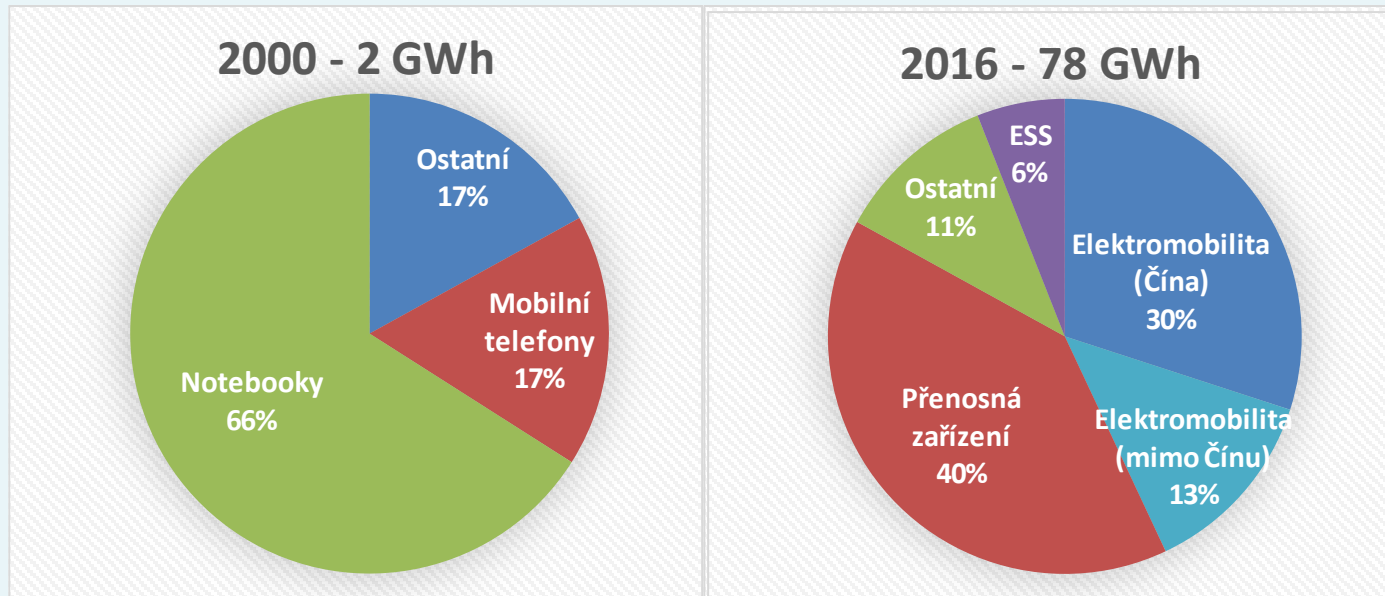
Li-Ion akumulátory :

- Jedná se o nejnovější bateriovou technologii která se stále rozvíjí.
- Dosahuje nevyšší gravimetrické a volumetrické hustoty energie.
- Výhodou je dlouhá životnost a malé samovybíjení
- Poměrně široké možnost optimalizace akumulátoru k danému použití
- Účinnost technologie až 95%
- Nevýhodou je pak citlivost na správné zacházení s akumulátorem a menší rozsah provozních teplot v porovnání s Ni-Cd akumulátory.
- V současné době je dle Global energy storage database 79 % výkonu realizovaných bateriových uložišť nebo úložišť ve fázi realizace pomocí Li-Ion akumulátorů

Bateriové systémy

Li-Ion akumulátory :

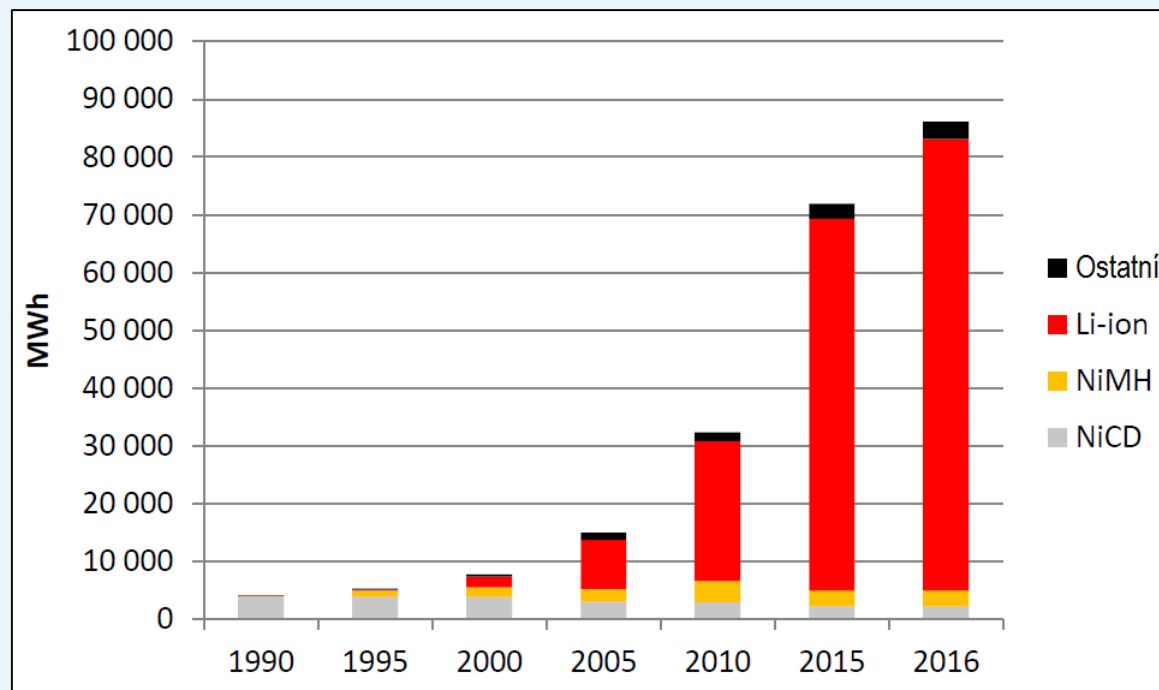
- V roce 2011 tvořili baterie pro stacionární a průmyslové aplikace asi 1 % z vyrobených článků v roce 2016 se jednalo již o 6 %.
- Do konce 2020 chce Korea vystavět takřka 2 GWh
- Dle agentury Bloomberg se předpokládá že do roku 2024 bude celková kapacita bateriových systémů určených pro uskladnění energie 81 GWh



Bateriové systémy

Li-Ion akumulátory :

Od roku 1991 kdy byly Li-Ion akumulátory uvedeny na trh se jejich kapacita ztrojnásobila z původních 80 Wh/kg na ~ 250 Wh/kg a současně cena poklesla desetinásobně z původních 3200 \$/kWh na 200 \$/kWh.



Bateriové systémy

Li-Ion akumulátory :

Největší instalované stacionární uložště:

Minami-Soma Substation - Tohoku Electric / Toshiba – uložště s kapacitou 40 MWh a maximálním výkonem 40 MW. Slouží k balancování dodávek z OZE. Japonsko, Minamisoma , Fukushima Prefecture

Gyeongsan Substation ESS - 48 MW ESS - KEPCO / Woojin / LG Chem – uložště s kapacitou 12 MWh a maximálním výkonem 48 MW. Systém je určený k regulaci frekvence sítě. Korea

Kingfisher Project – uložště s maximálním výkonem 100 MW a kapacitou 100 MWh. Jedná se o uložště energie spojené s FV elektrárnou o výkonu 100 MW. Austrálie

Notrees Battery Storage Project – uložště s maximálním výkonem 36 MW a kapacitou 24 MWh. Jedná se o uložště energie spojené s větrnou elektrárnou o výkonu 153 MW. USA



Bateriové systémy

Li-Ion akumulátory :

Hornsedale Power Reserve (TESLA) – uložistiště s kapacitou 129 MWh a maximálním výkonem 100 MW. Slouží k balancování dodávek z OZE 315 MW . Austrálie

Kauai battery systém (TESLA) – uložistiště s kapacitou 52 MWh v kombinaci s FV elektrárnou 13 MW. Havaj ušetří se 6 mil litrů nafty.



AES Alamos Energy Storage Array – uložistiště s maximálním výkonem 100 MW a kapacitou 400 MWh. Jedná se o uložistiště energie spojené s větrnou elektrárnou o výkonu 153 MW. USA

Bateriové systémy

Li-Ion akumulátory :

- Další možností je využití druhého života baterií pro výrobu stacionárních uložišť energie – Projekt společností Vattenfall, Bosch, BMW – vytváření bateriových kontejnerů o kapacitě 2,8 MWh a výkonu 2 MW (jeden kontejner je složen z baterií získaných ze 100 elektromobilů)
- V roce 2010 – 0,348 GWh pro elektromobily
- V roce 2016 – 33,5 GWh pro elektromobily



Bateriové systémy

Li-Ion akumulátory :

- Obdobný projekt společností Chubu Electric Power, Toyota – testovací instalace o kapacitě 10 MWh založené na Ni-MH akumulátorech z hybridů a následně z Li-Ion

