

Moderné prístupy a algoritmy pre odhad kondície a bezpečnosti batérií

Fakulta elektrotechniky
a informatiky, STU

Miroslav Mikolášek
miroslav.mikolasek@stuba.sk

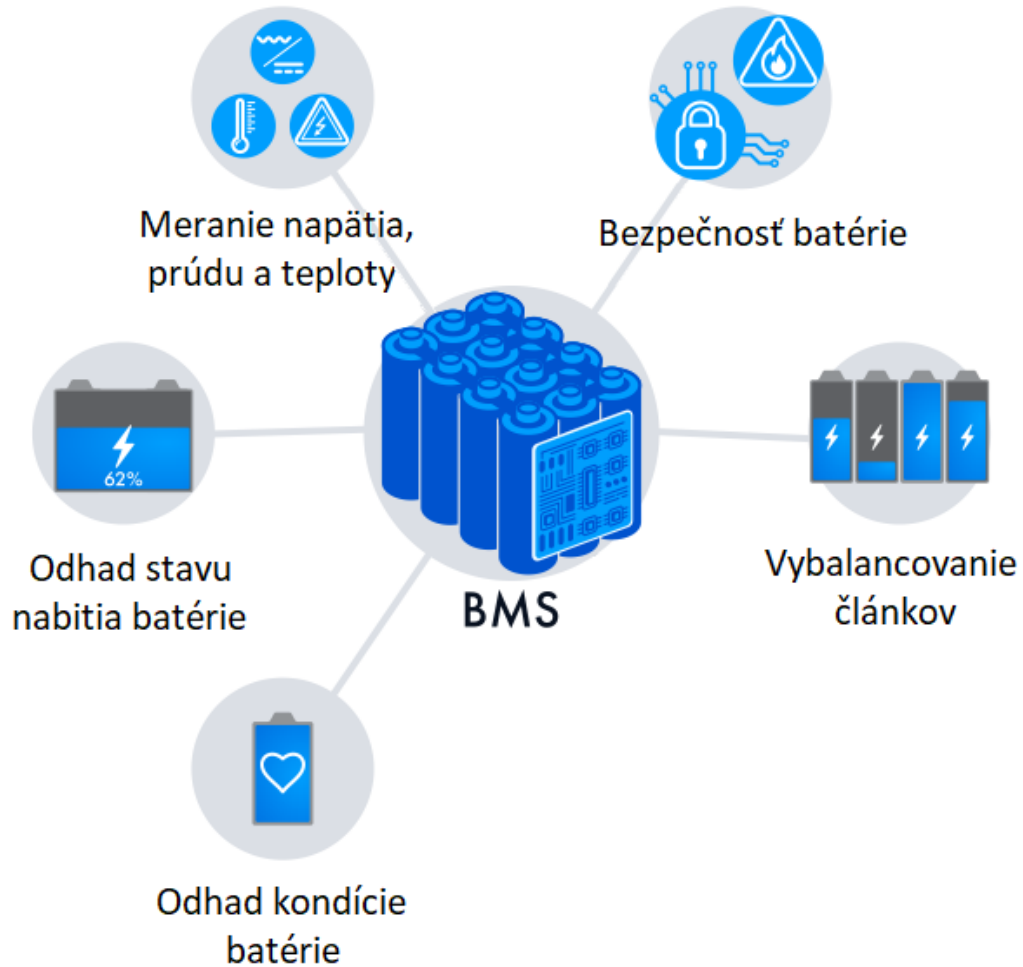




- **Prečo odhad kondície a bezpečnosti batérií?**
- **Najnovšie výskumné trendy**
- **EU projekty**
- **Výskumné aktivity na STU**

A blue-tinted background image showing a person plugging a charging cable into an electric car. The person is wearing a white shirt and is positioned in the center of the frame. The car is a dark color, and the charging cable is a light color. The overall scene is set against a light blue background.

Prečo odhad kondície
a bezpečnosti batérií?



Prečo monitorovanie/odhad stavov?

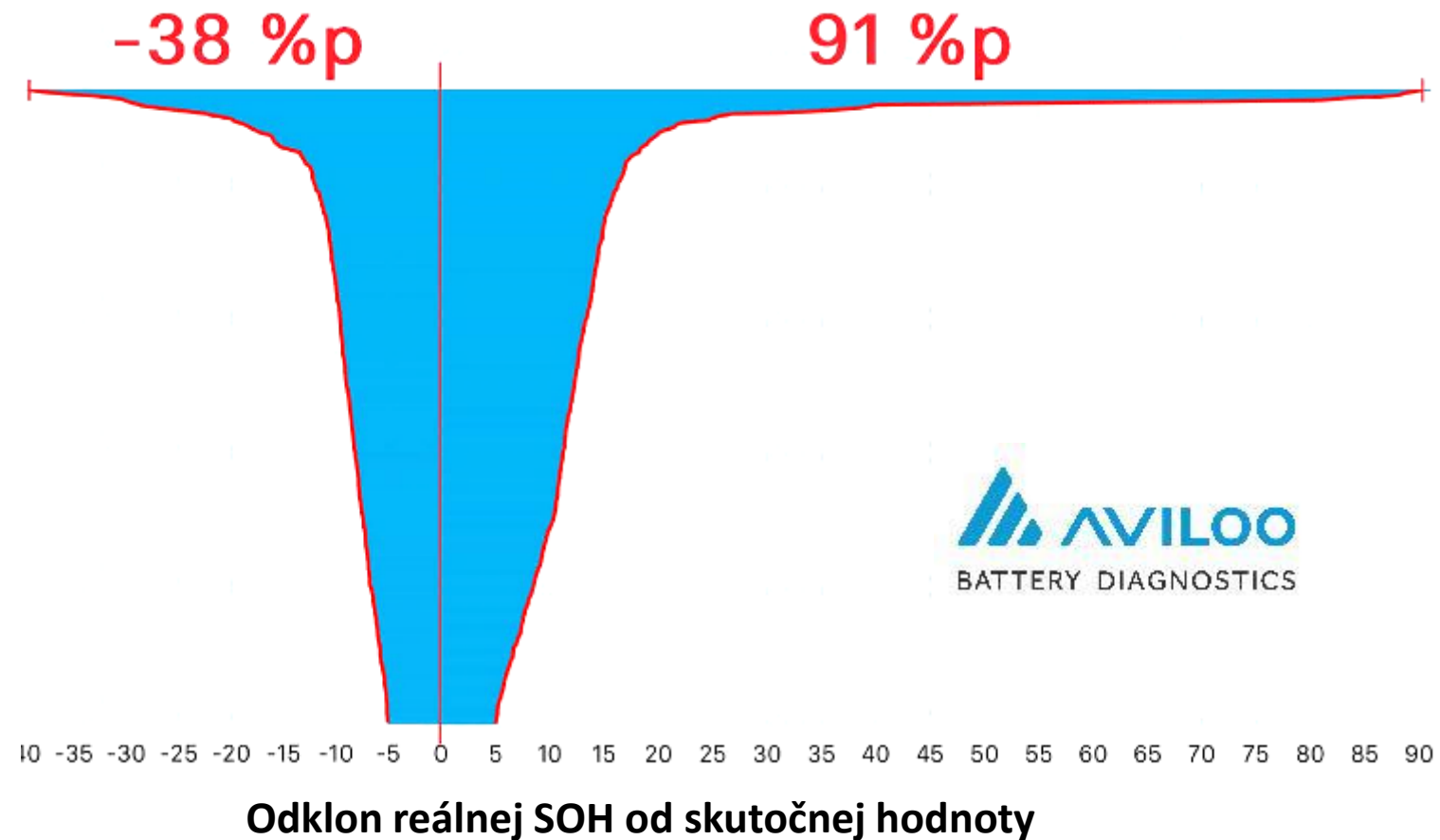
- Faktory ovplyvňujúce životnosť
- Faktory ovplyvňujúce bezpečnosť
- Životnosť/kondícia (SOH), stav nabitia (SOC), stav bezpečnosti (SOS)

Prečo potrebujeme algoritmy a modely?

- Zvyšujú presnosť odhadu stavov
- Umožňujú spracovať veľa dát
- AI modely a digitálne dvojčatá

Výzvy v oblasti určenia životnosti:

- Zložitá chémia batérií a procesy degradácie
- Podmienky v reálnom svete vs. laboratórne podmienky
- Neúplné cykly nabíjania/vybíjania
- Nepresnosti algoritmu používaného na určenie stavu batérie





Aký je stav bezpečnosti elektromobilov?

- Viacero štatistických dát hovorí o väčšej bezpečnosti elektromobilov
- 10-60 krát menšia pravdepodobnosť požiaru pre elektromobily v porovnaní so spaľovacími automobily.

(National Transportation Safety Board and Bureau of Transportation Statistics

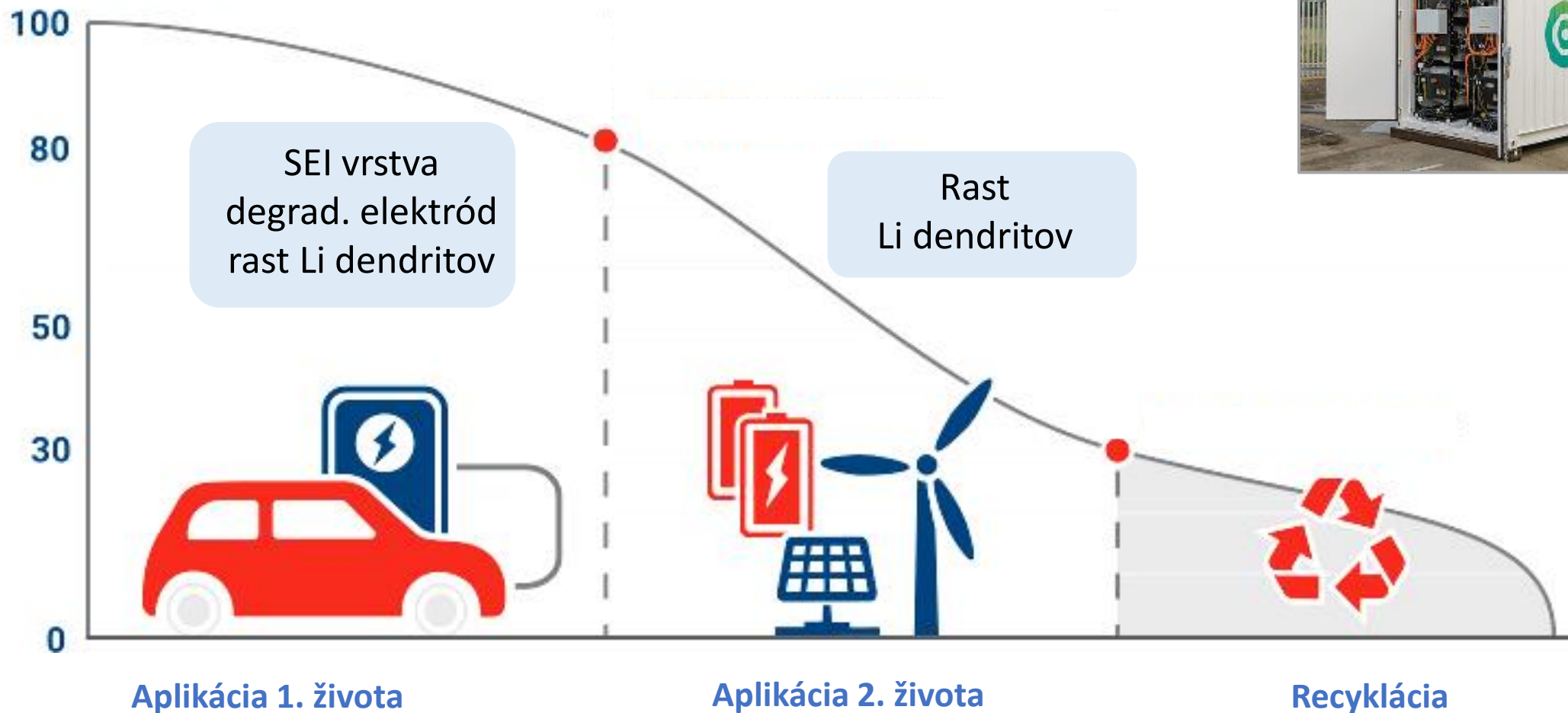
<https://www.recurrentauto.com/research/are-electric-vehicles-safe>, <https://www.autocar.co.uk/car-news/electric-cars/how-much-fire-risk-are-electric-vehicles>



Dôraz na bezpečnosť

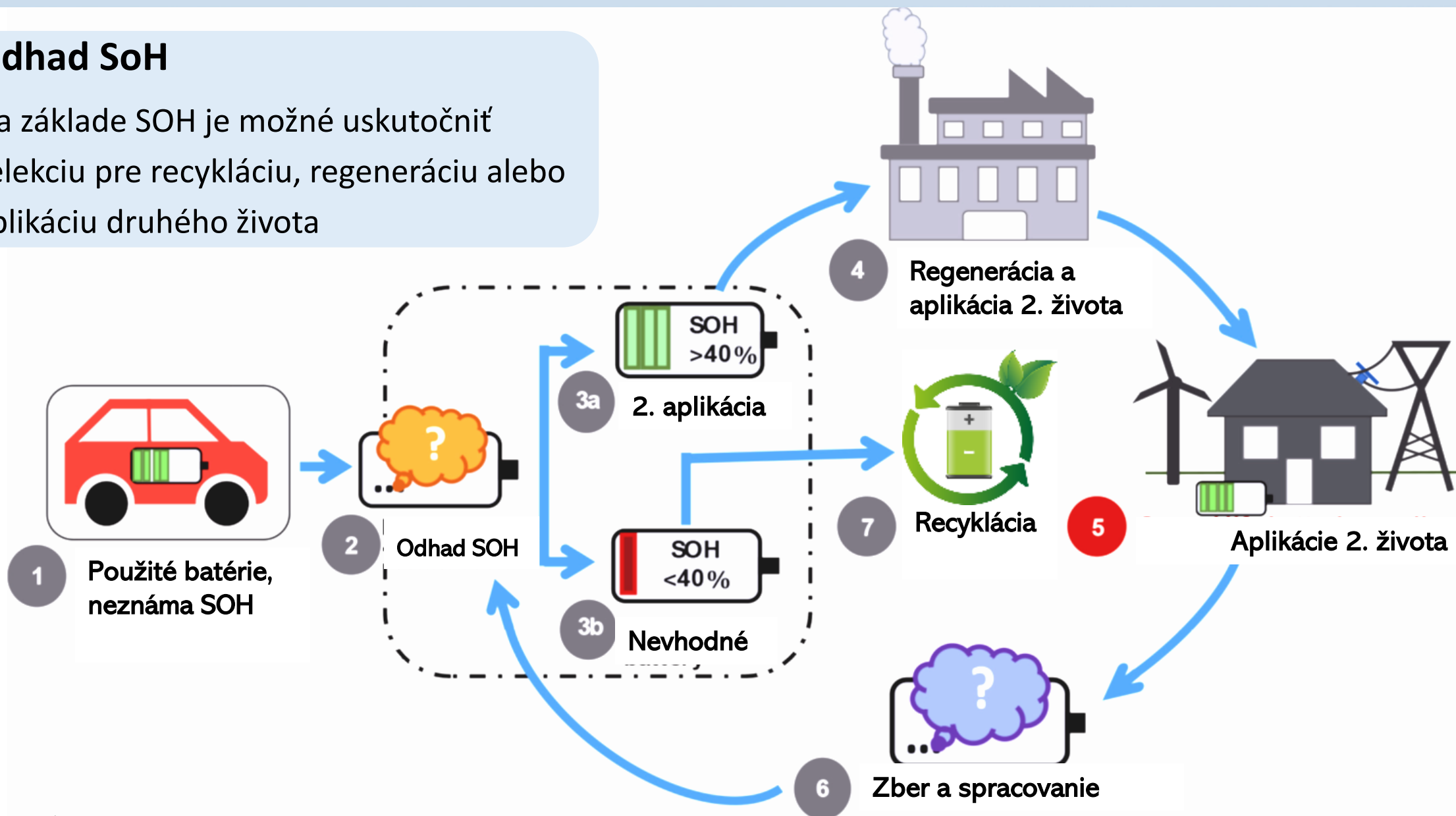
- Používanie bezpečnejších batérií
- Vývoj nových technológií batérií
- Vývoj metód včasného varovania

Kapacita batérie %



Odhad SoH

Na základe SOH je možné uskutočniť selekciu pre recykláciu, regeneráciu alebo aplikáciu druhého života



The background features a light blue overlay on a photograph of an electric car being charged. A charging cable is plugged into the car's charging port, and the car's sleek design and wheels are visible. The overall aesthetic is clean and modern, emphasizing sustainable technology.

Výskumné trendy EU projekty

Zrýchlený vývoj rozhraní a materiálov batérií

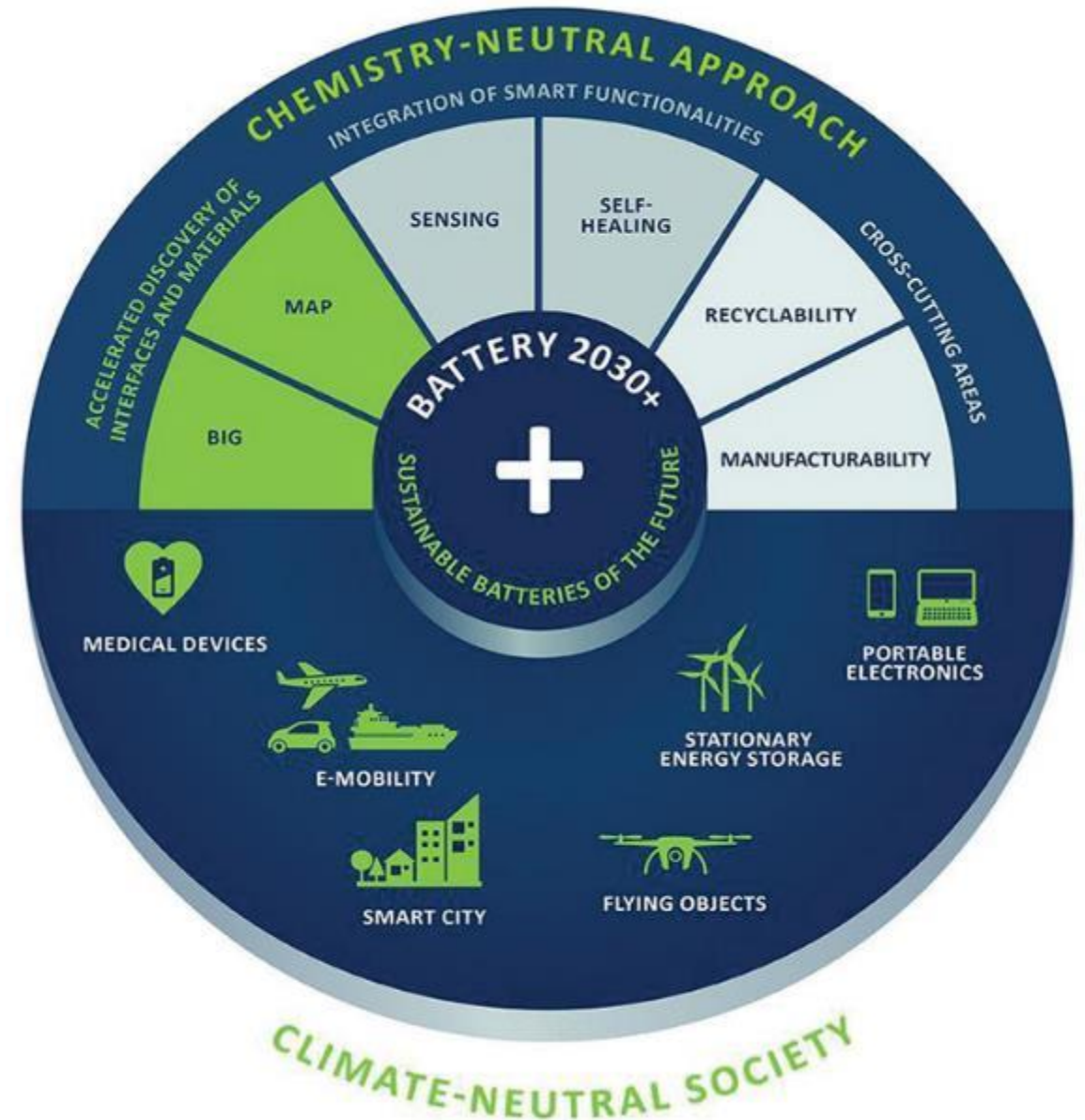
- Rozhrania batérií (BIG)
- Nové materiály (MAP)

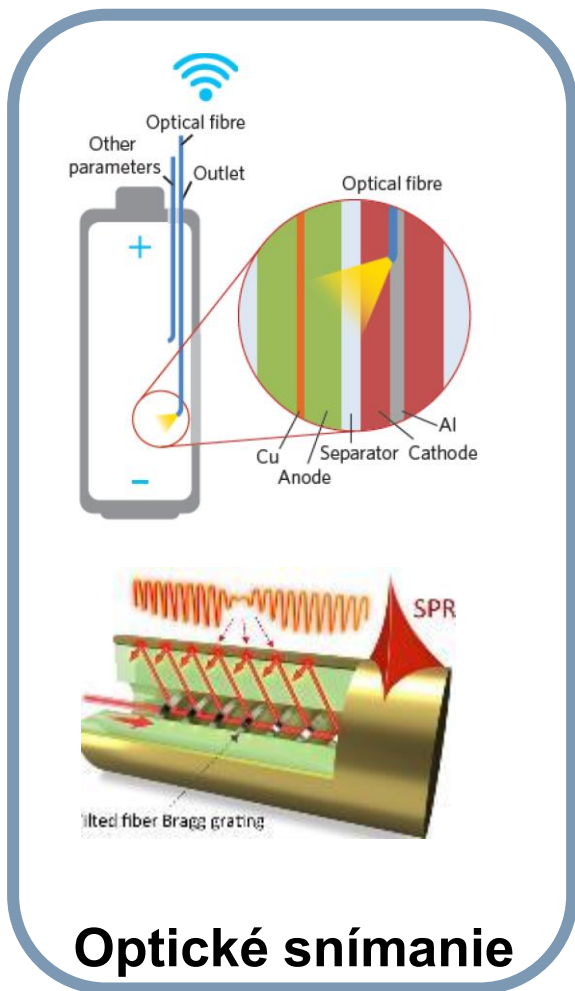
Integrácia inteligentných funkcií

- Pokročilé snímanie
- Samoliečiace funkcionality

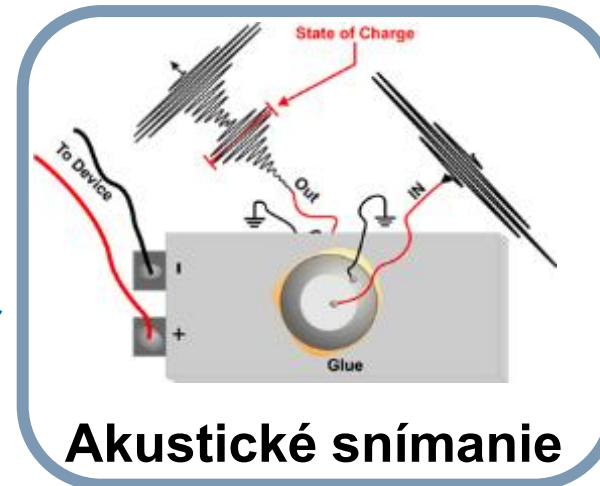
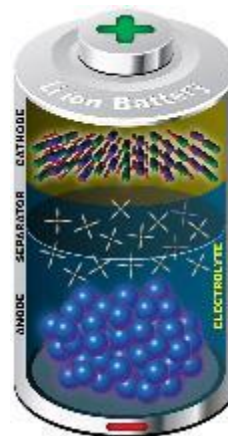
Prierezové oblasti

- Vyrobitel'nosť
- Recyklovateľnosť

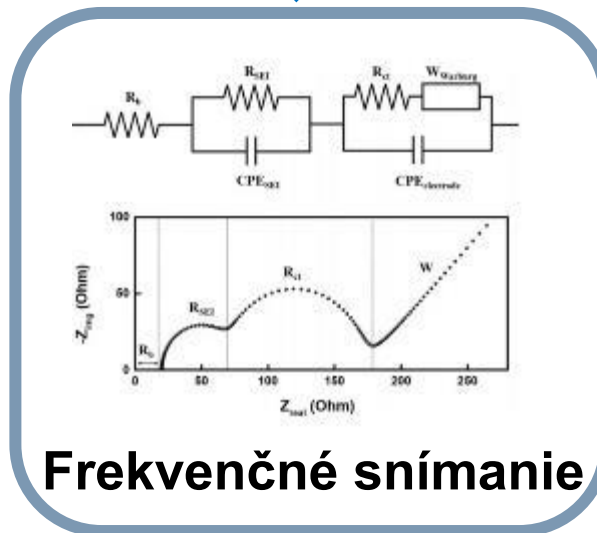




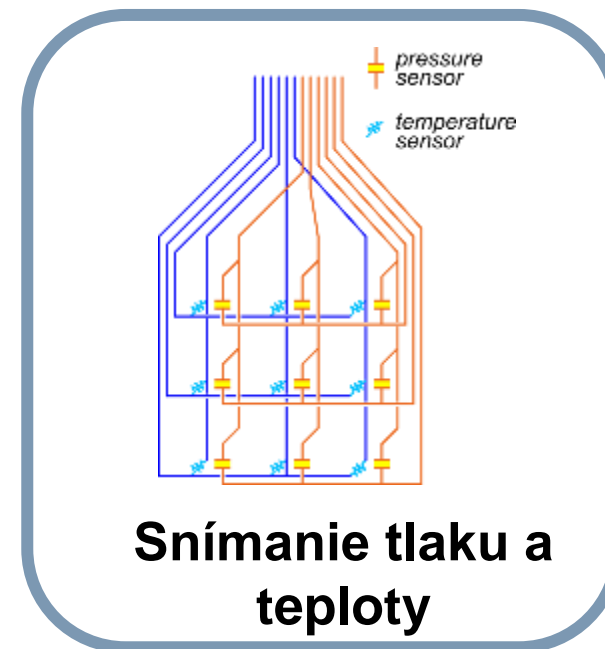
Optické snímanie



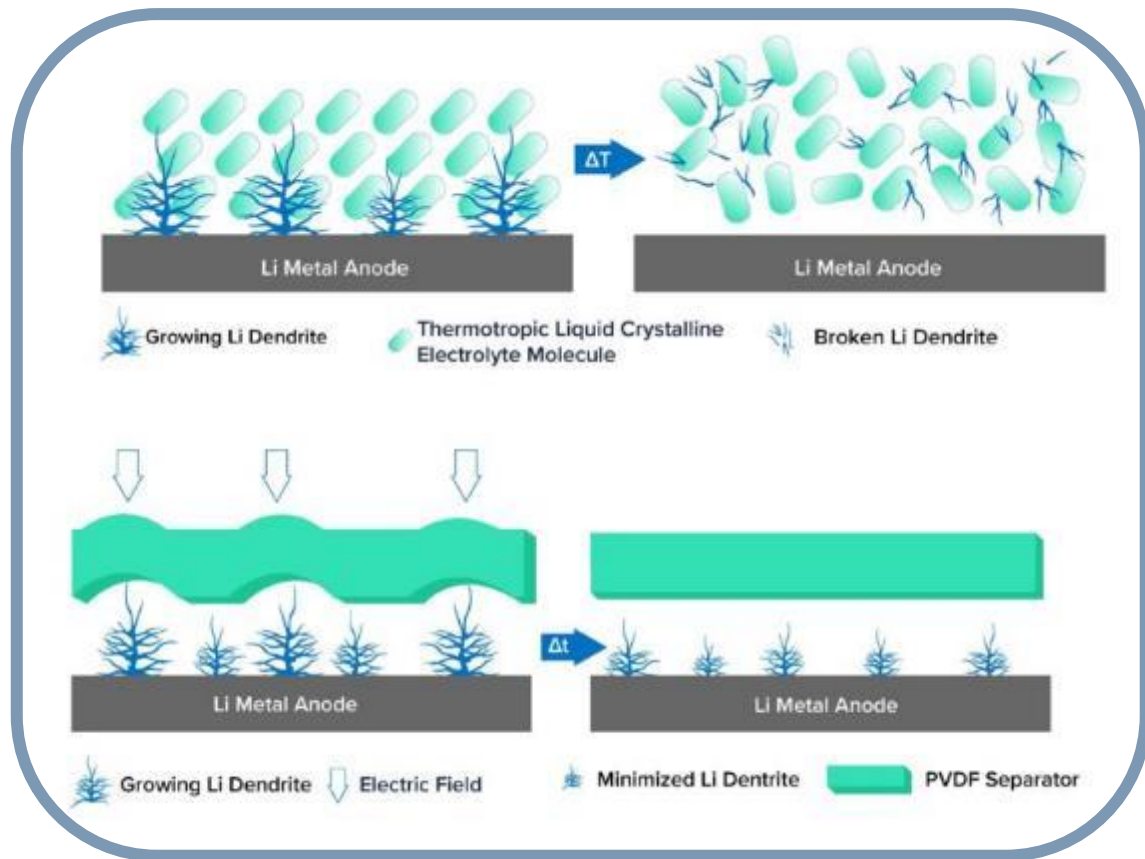
Akustické snímanie



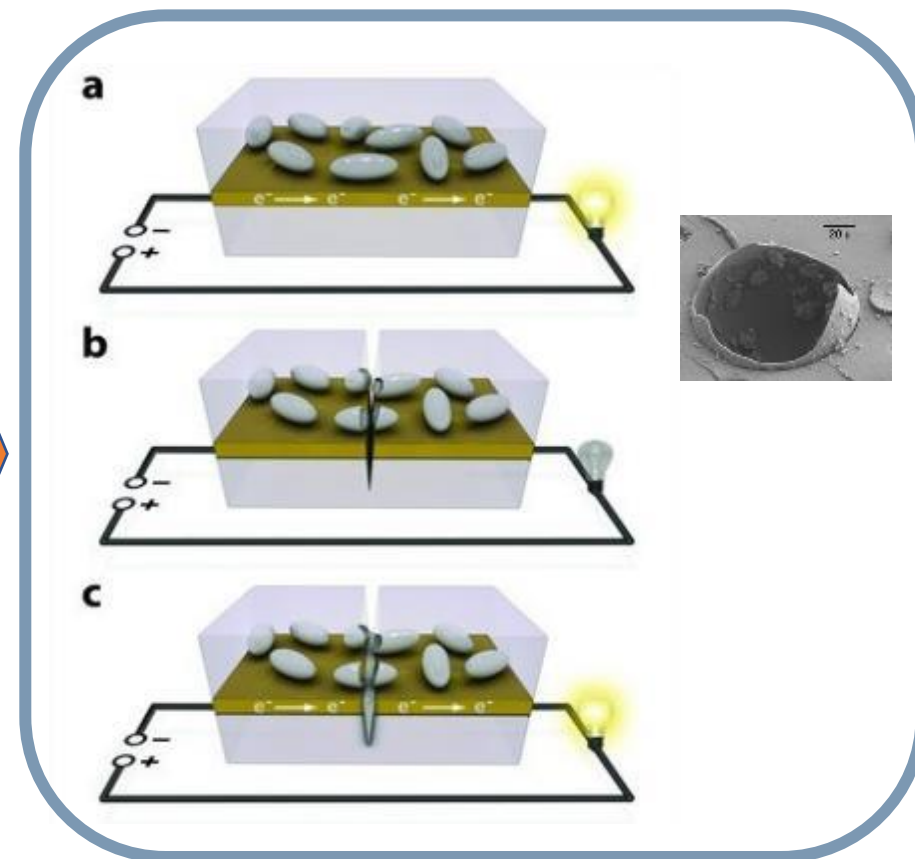
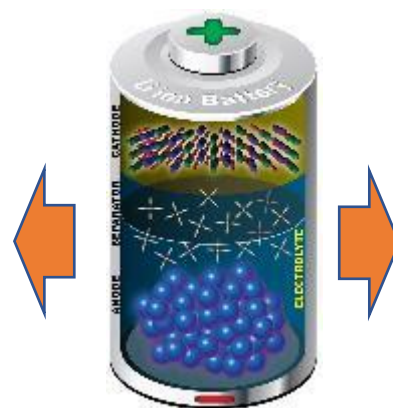
Frekvenčné snímanie



Snímanie tlaku a teploty



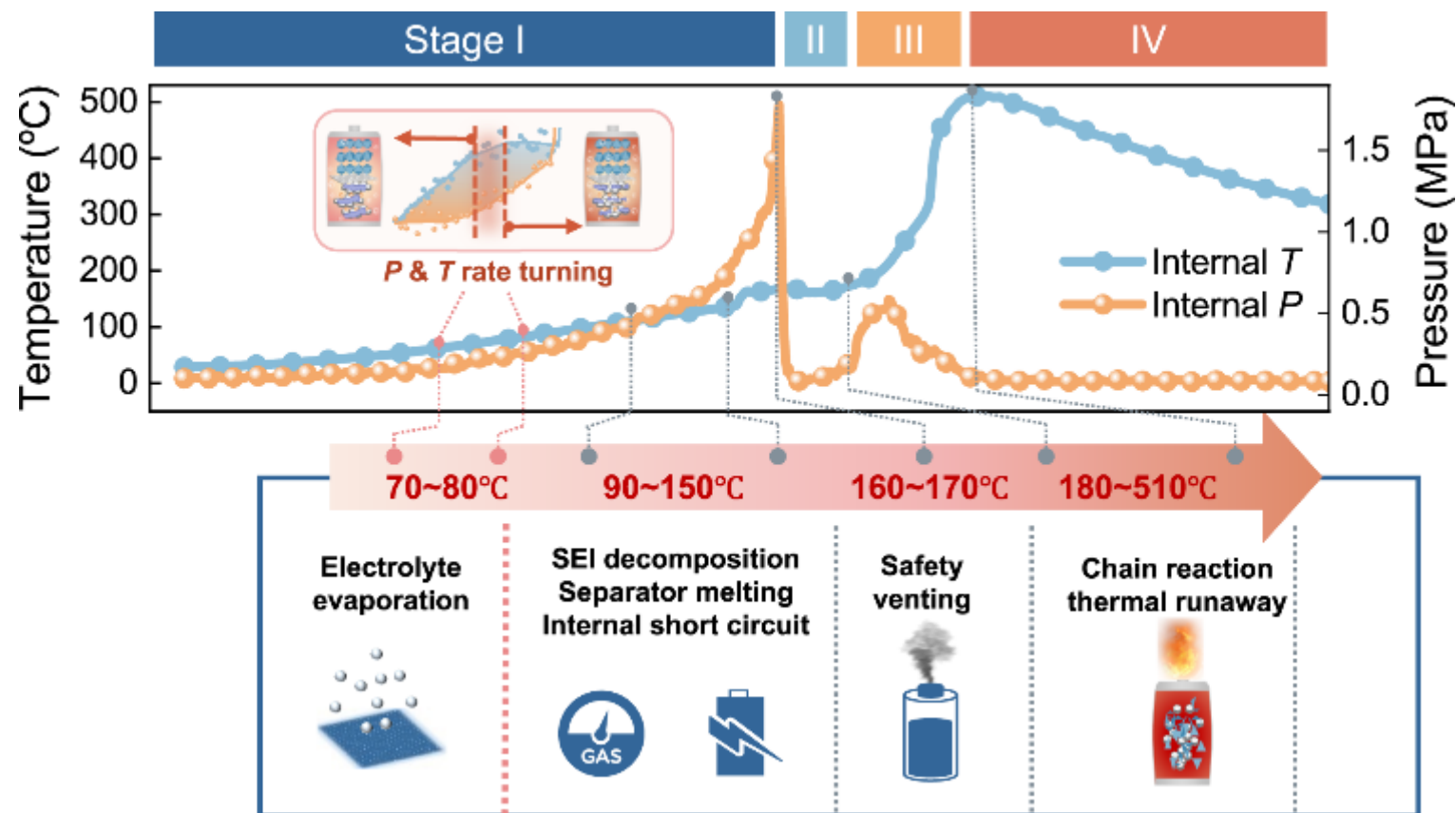
Potlačenie rastu Li dendritov

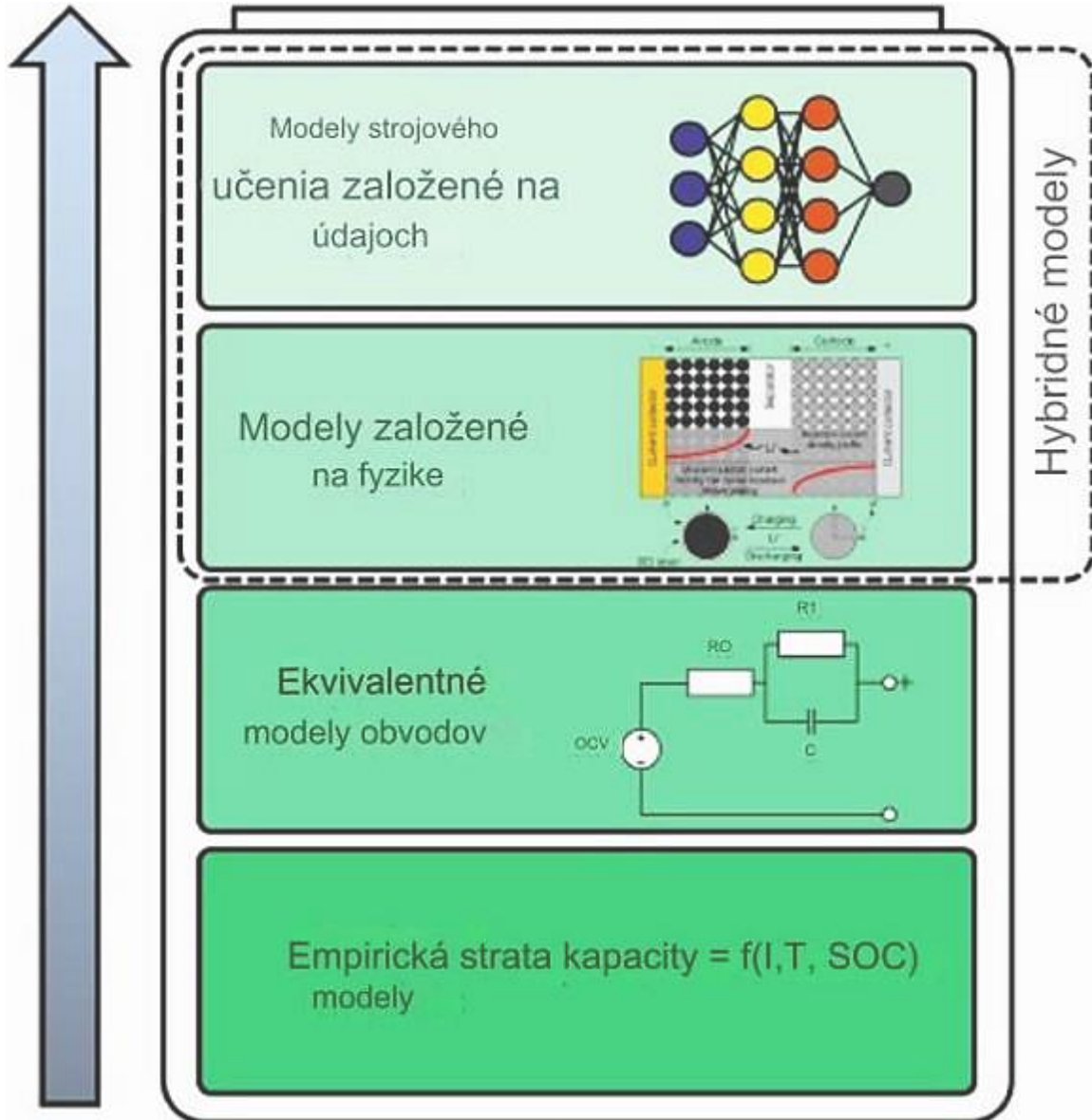


Vodivé kapsule pre obnovenie vodivého prepojenia

Nové senzorické prístupy

- Odhad vnútornej teploty
- Meranie tlaku
- Včasné varovanie
- Detekcia uvoľnených plynov



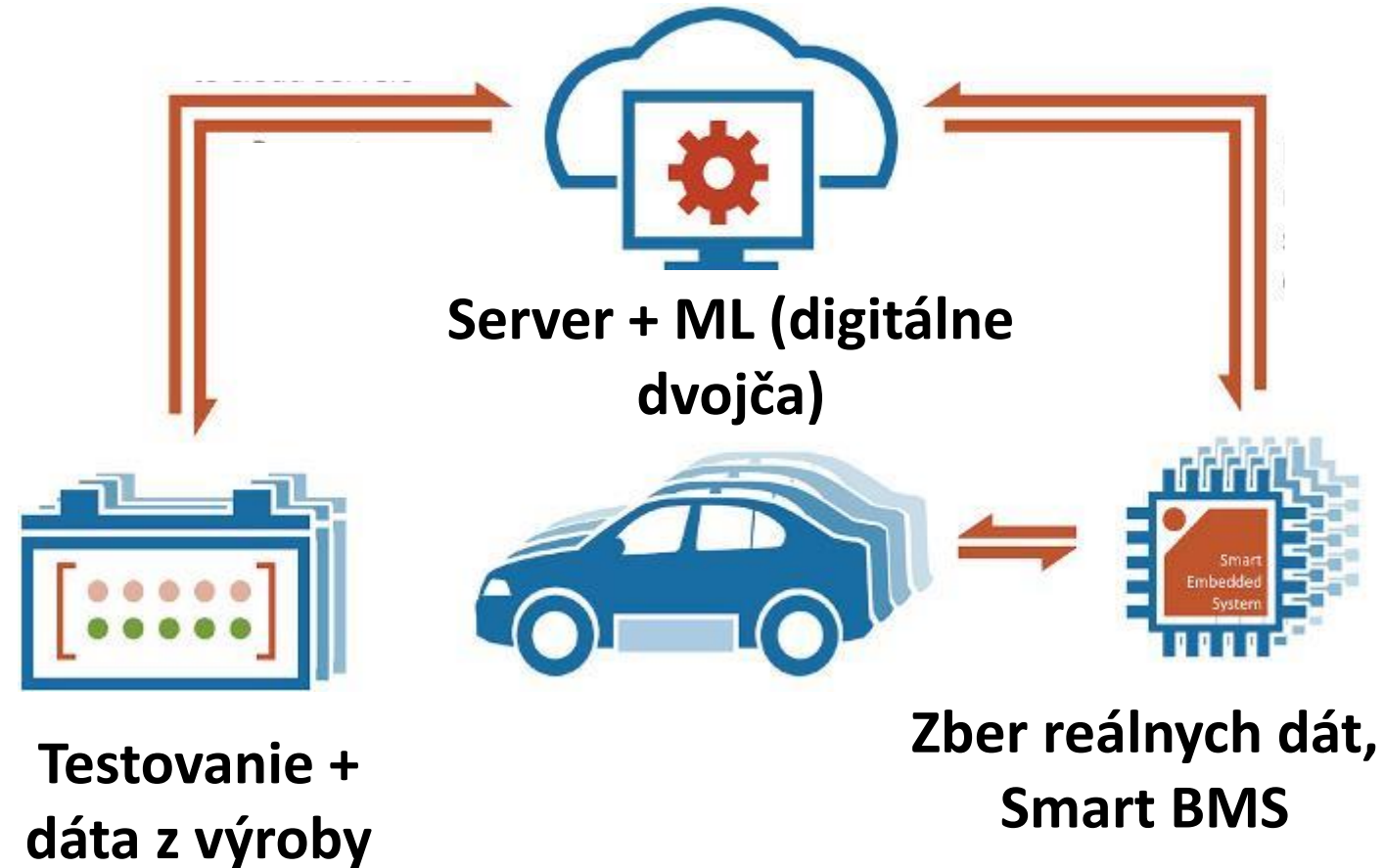


Matematické modely

- Algoritmy – ekvivalentné obvody
- Fyzikálne modely - poskytujú základné pochopenie správania batérie
- Modely založené na údajoch (strojové učenie) - zachytávajú pravidlá degradácie v reálnom svete.
- Hybridné modely – fyzikálne informované modely strojového učenie - robustnejší odhad stavov.

Online zber a spracovanie:

- Strojové učenie (ML) - prístup založený na údajoch.
- Analýzou údajov z reálneho sveta sa algoritmy ML môžu naučiť zložité vzorce degradácie.
- Presnejšia predpovedať stavov.
- Využitie digitálnych dvojčat - virtuálna replika, ktorá odráža skutočnú batériu v reálnom čase.





Vytváranie spoľahlivejších a výkonnejších batérií zabudovaním senzorov a samoopravných funkcií na detekciu degradácie a opravy poškodenia prostredníctvom pokročilého systému správy batérií

Inteligentné senzory a samoliečiace funkcie pre dlhú životnosť batérie s možnosťou výroby a ekonomickej recyklovateľnosťou



HEALING BAT tiež vytvorí sadu nástrojov pozostávajúcu zo samoliečiacich materiálov, snímačov batérií a systémov správy batérií (BMS) s cieľom maximalizovať výkon vyvinutej Li-S batérie z hľadiska kvality, spoľahlivosti a životnosti.

Vývoj technológie snímania pre lítium-iónové batérie, ktorá v reálnom čase meria vnútornú teplotu článku batérie, tlak, vodivosť a impedanciu rôznych častí článku.



Projekt BAT4EVER sa zameriava na samoliečiace mechanizmy mikropoškodenia a straty materiálu generovaného počas opakujúcich sa cyklov nabíjania a vybíjania



Výskumné aktivity na STU

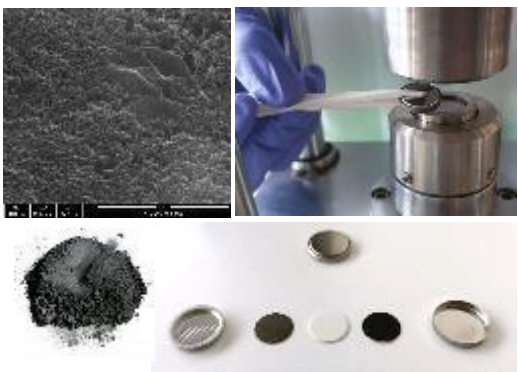


Ústavy venujúce sa oblasti batérií:

- Ústav elektroniky a fotoniky (ÚEF)
- Ústav automobilovej elektroniky (ÚAMT)
- Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky (ÚEAE)
- Ústav informatiky a matematiky (ÚIM)

Výskum a vývoj v oblasti batériových systémov je silne interdisciplinárny odbor, spájajúci oblasti elektrotechniky, informatiky a kybernetiky

Výskum v oblasti materiálov



"smart" batériové systémy, BMS algoritmi, bezpečnosť a životnosť



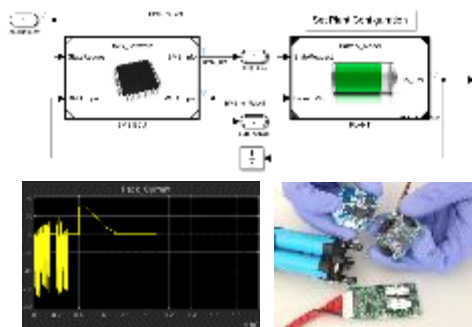
R & D

- Analýza degradácie/starnutia
- Odhad a predikcia stavov SOC, SOH, SOS...
- "Inteligentné" snímanie, senzory
- Stratégie rýchleho nabíjania, regenerácia
- Bezpečnosť baterie
- Prototypovanie batériových systémov
- Matematické modely a digitálne dvojčatá

Batérie/
superkondenzátory



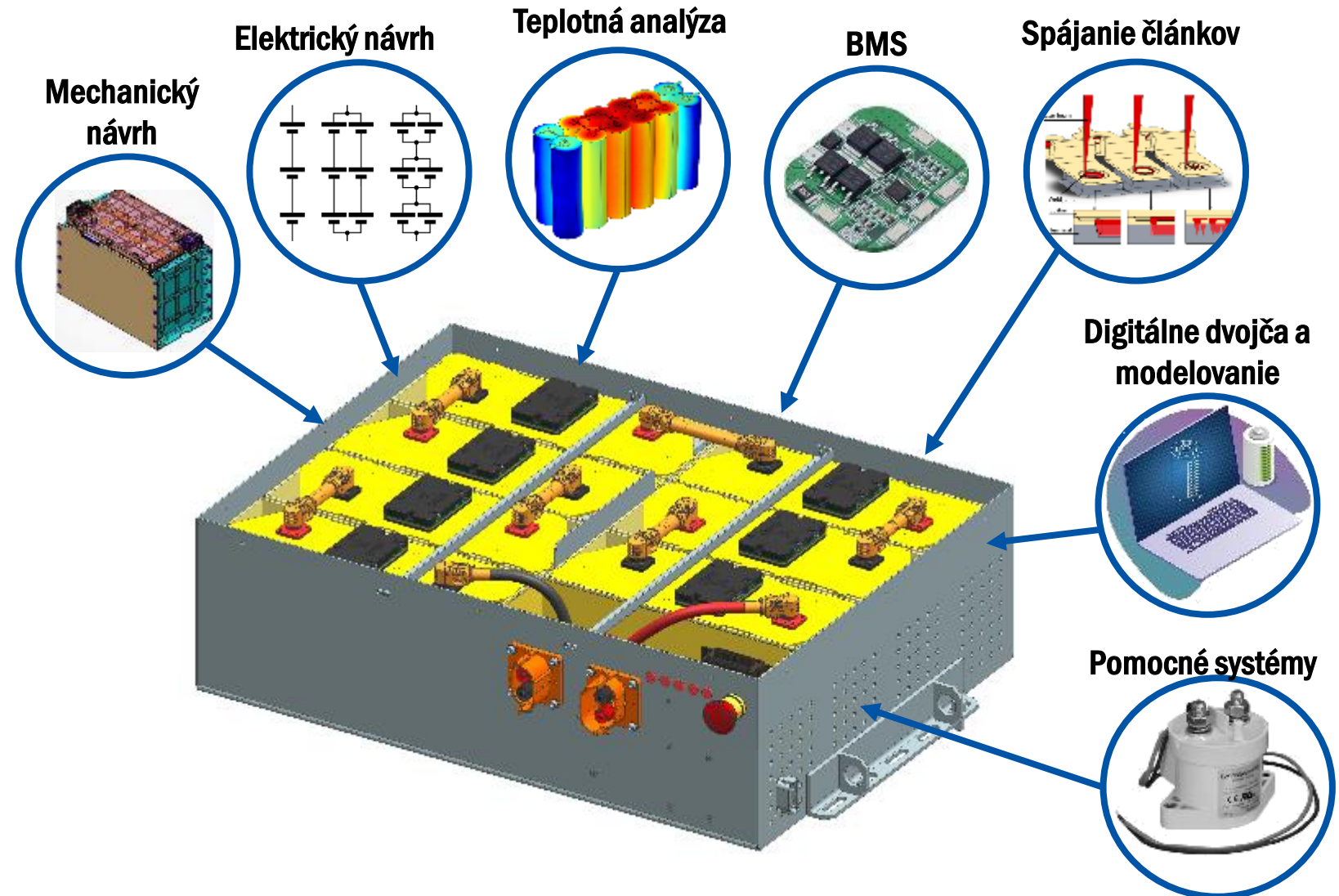
Cyklické testovanie, analýza zdrojov degradácie



Simulácia/modelovanie

Batériové systémy

- Návrh batériových systémov
- Simulácia a modelovanie
- Teplotný manažment
- Digitálne dvojča a systémy
- BMS a výkonové el. systémy
- „Stuba green“ team / prototypy

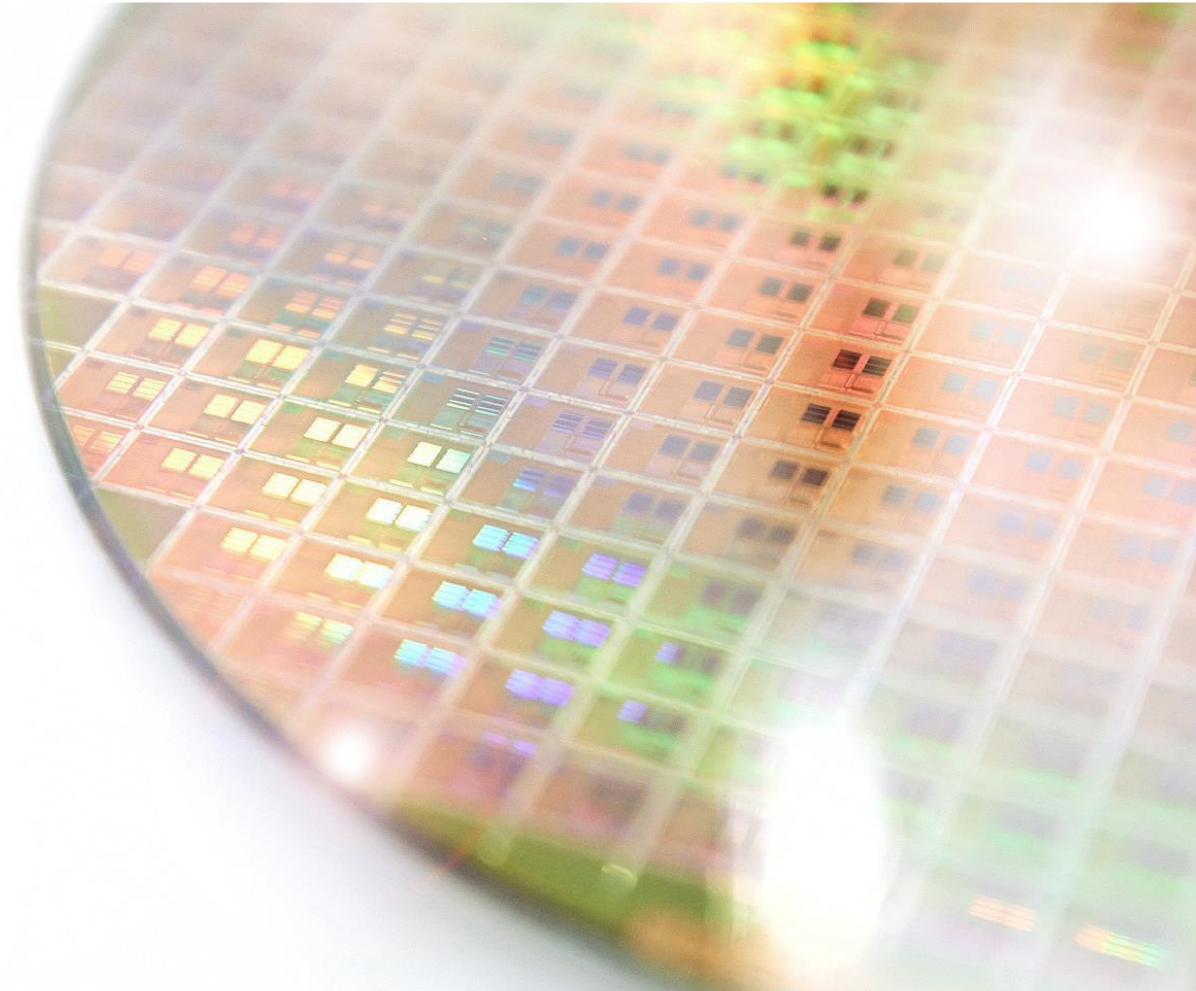


IPCEI Microelectronics:

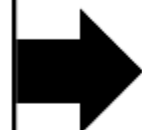
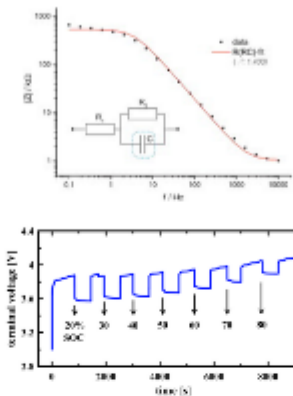
- Energeticky účinné čipy
- Výkonové polovodiče
- Senzory
- Pokročilé optické zariadenia
- Zložené materiály

Spolupráca s STU:

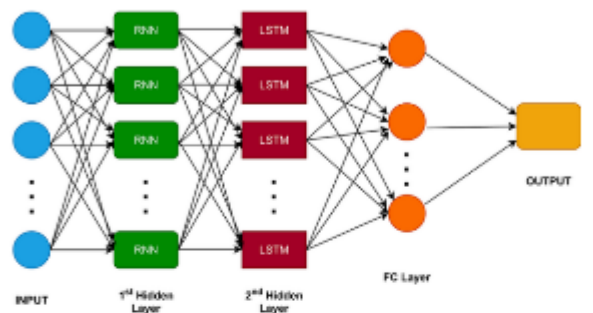
- Metódy včasného varovanie teplotného úniku batérie
- Podpora PhD študentov
- Nové bezpečnostné štandardy GB 38031-2020



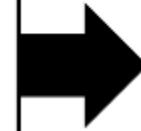
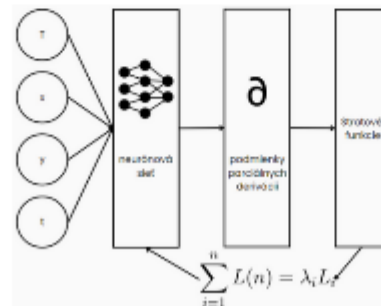
EIS + Pulse fitting analýza



Hybridný RNN-LSTM model umelej inteligencie



Fyzikálna vrstva v predpovednom modeli



Výstup

- Predikcia tepelného úniku v reálnom čase
- Monitorovanie stavov batérie v reálnom čase



Fyzikálne informovaný model umelej inteligencie

Odhad **vnútornej teploty** (EIS, Pulzné meranie)

Identifikácia rastu **Li dendritu** (Pulzné merania)



„Inovatívne batérie a batériové systémy pre aplikácie v e-mobilite (BATSYS)“

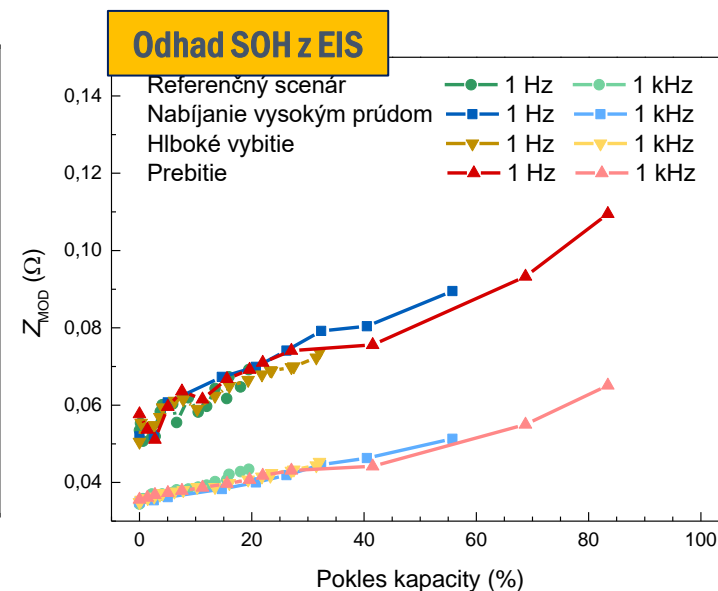
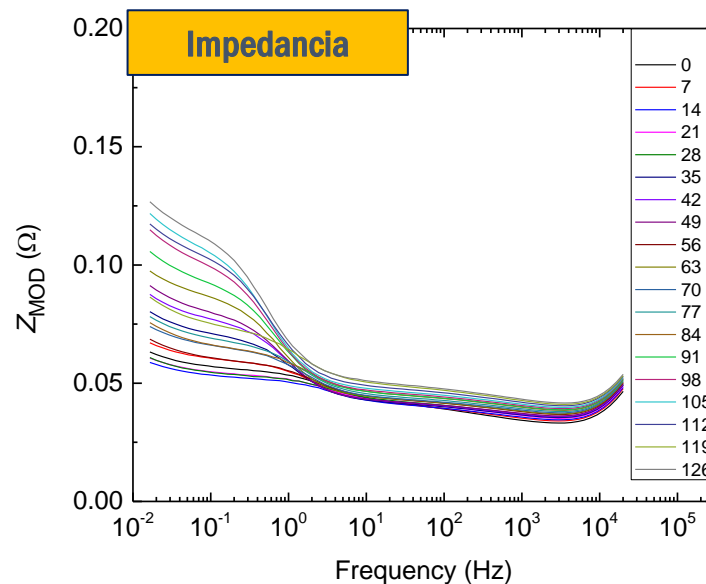
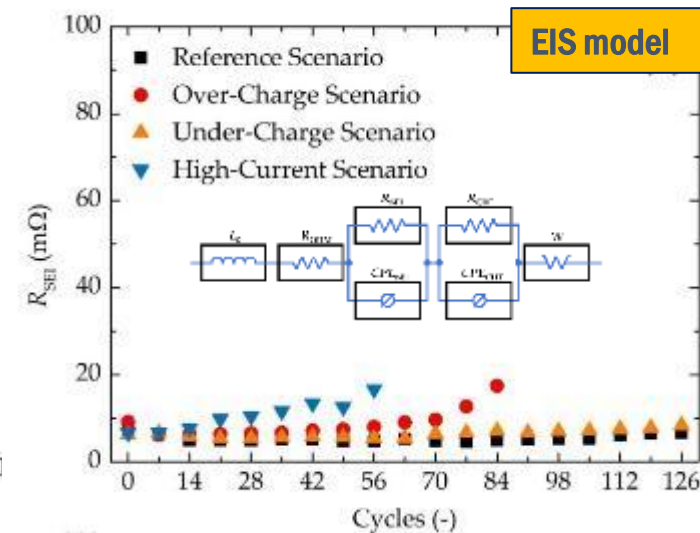
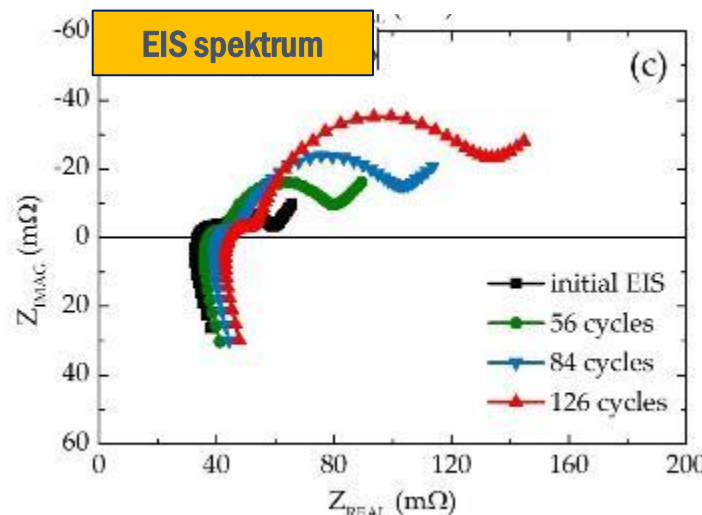
Projekt zameraný na:

- Diagnostiku a analýzu výkonnostných parametrov a procesov degradácie Li-ion batérií a batériových systémov
- Vývoj nových **snímacích** prístupov pre batérie
- Návrh a konštrukciu batériových modulov s **inovatívnymi metódami snímania** ich stavov
- Vývoj **matematických modelov a digitálnych dvojčiat** pre e-mobilitu

Senzorické prístupy – odhad SOH

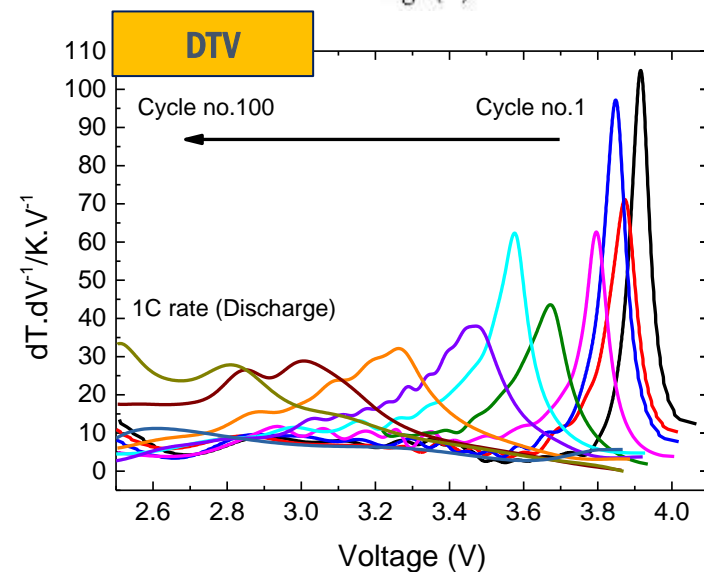
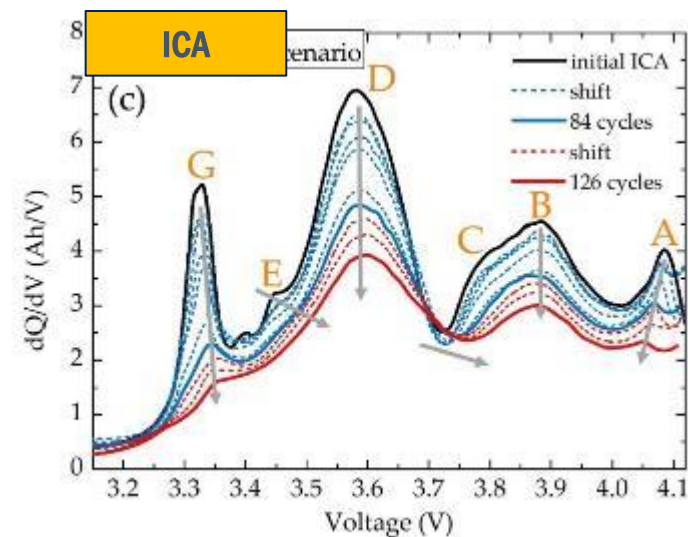
- Frekvenčné merania (EIS)
- Vhodné pre odhad viacerých stavov (SOH, SOC, SOS)
- Možnosť náhrady za pulzné merania

Implementovateľnosť do BMS systémov

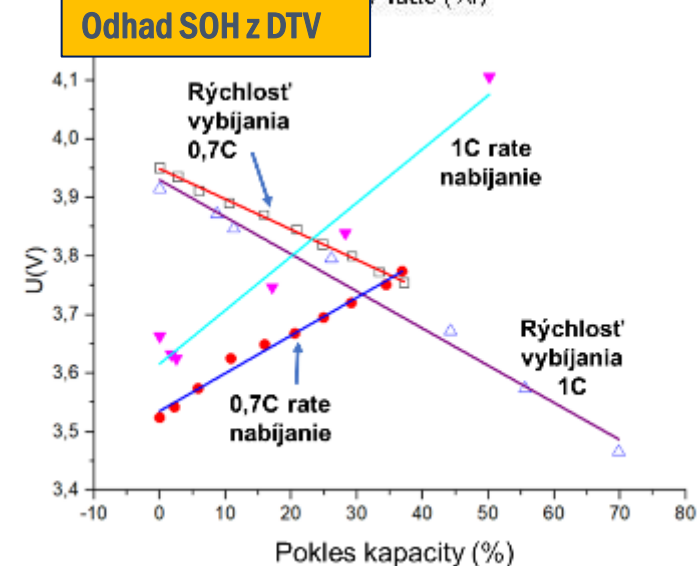
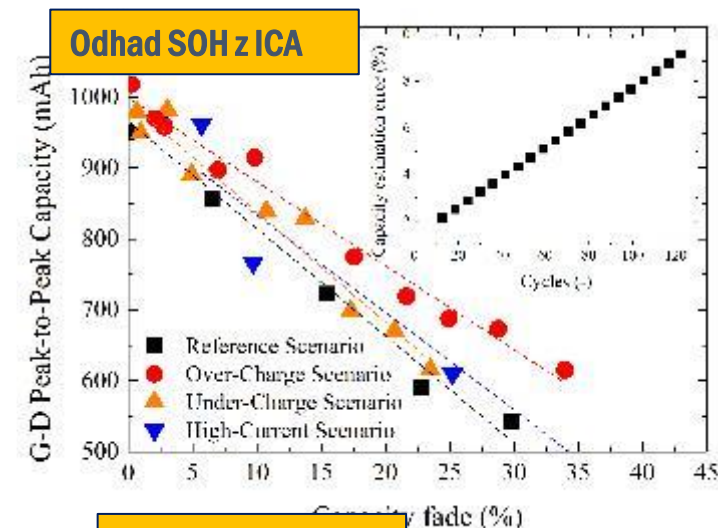


Senzorické prístupy – odhad SOH

Inkrementálna kapacitná analýza
(ICA) – umožňuje odhad SOH

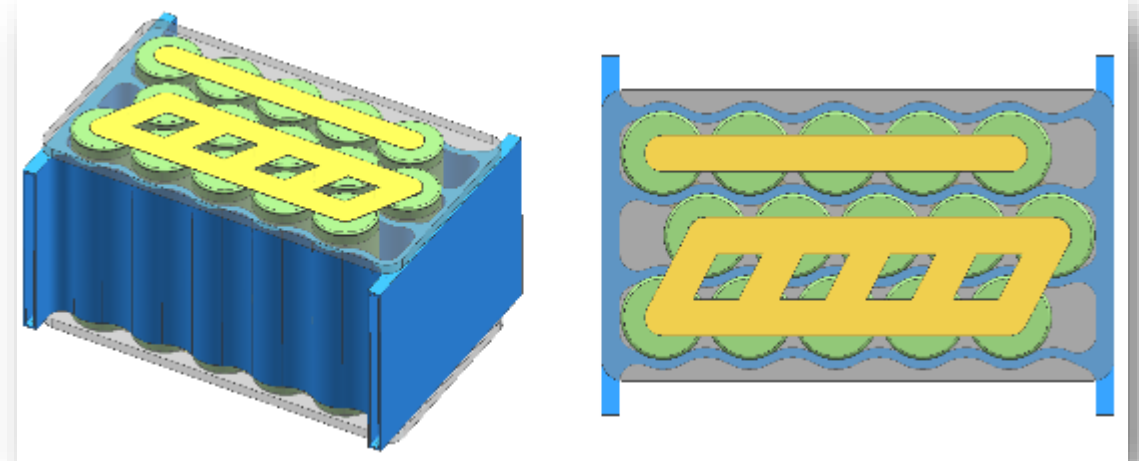
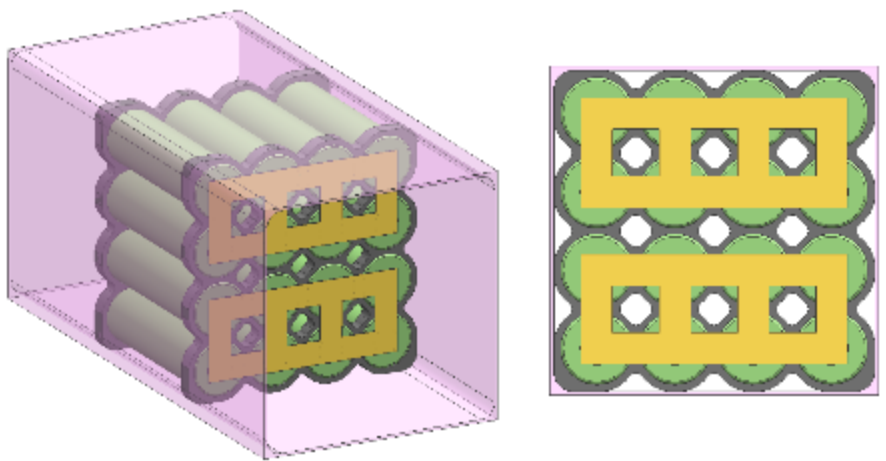
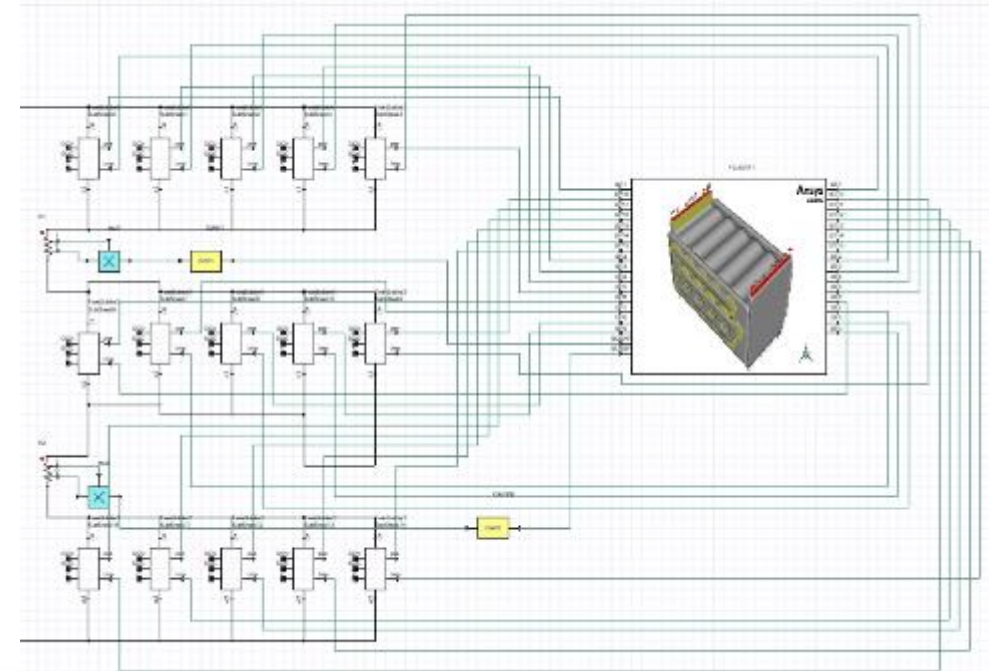


Diferenciálna teplotná
voltametria DTV – Odhad SOH



Matematické modely (pre digitálne dvojčatá)

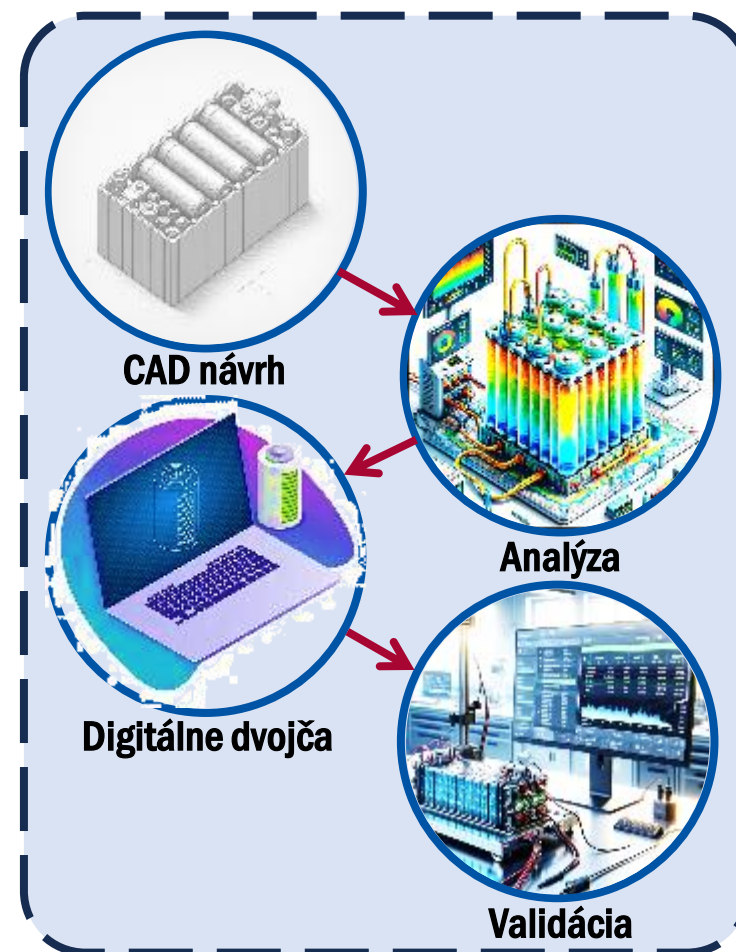
- **Návrhy batériových modulov** vhodných pre simulácie aj experimenty
- Multifyzikálne FEM a CFD simulácie
- Simulácia v Comsol, Matlab Ansys



„Fostering Research Excellence of STU in Digital Twinning for Sustainable and Safe Electric Vehicles“

Projekt zameraný na:

- Internacionalizácia a vytváranie sietí pre excelentný výskum
- Zvyšovanie excelentnosti výskumu STU
- Profesionalizácia riadenia a správy výskumu STU
- Pripravuje sa projekt Twinning zameraný na tematiku digitálnych dvojčiat batériových systémov - Linz Center of Mechatronics a University of Twente.

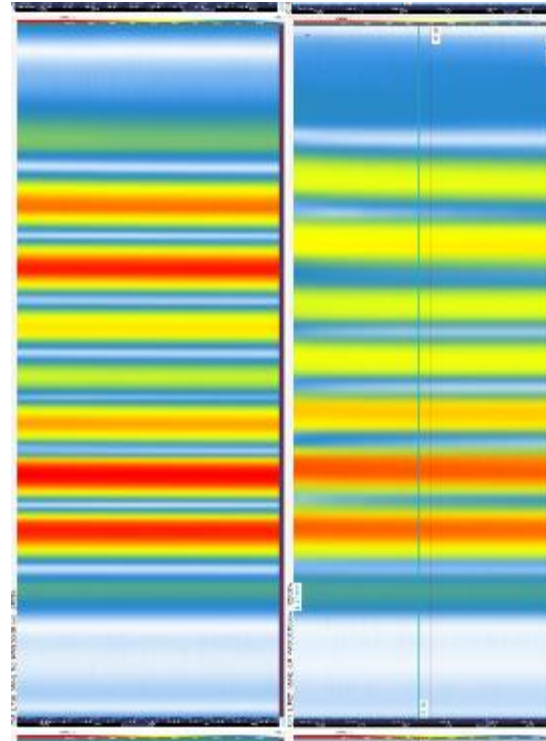


Využitie akustickej spektroskopie

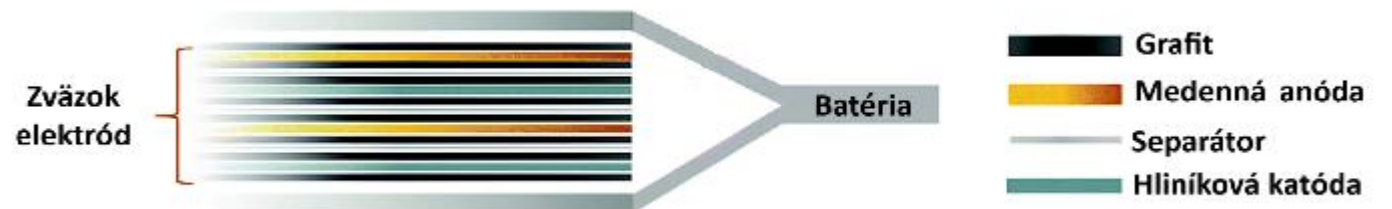
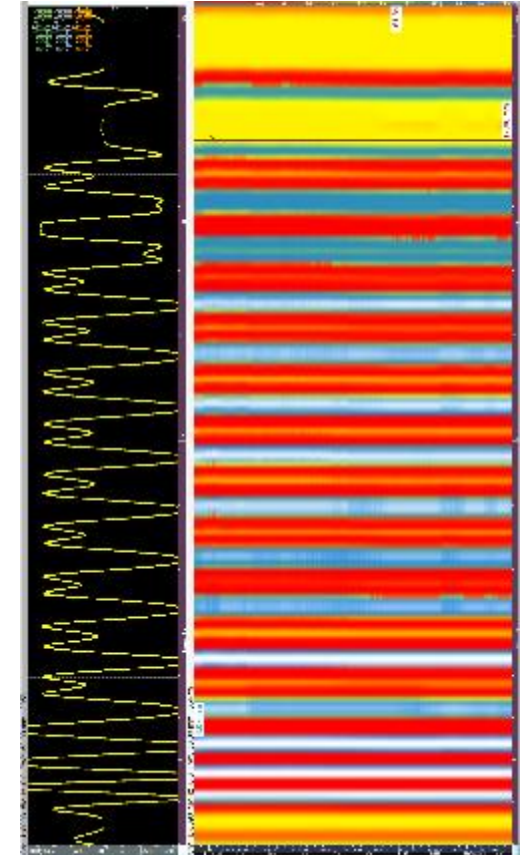
- Presný odhad stavov (SOC, SOH, SOS)
- Identifikácia defektov



Vybitá (3.40V)

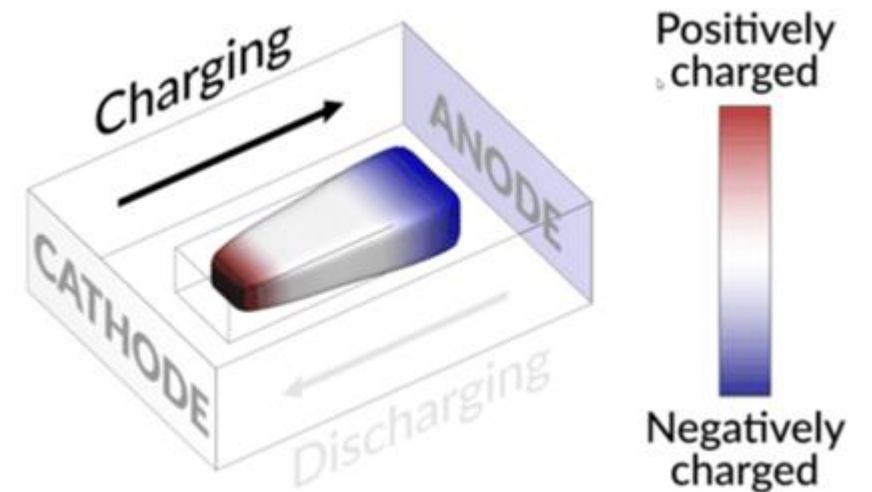
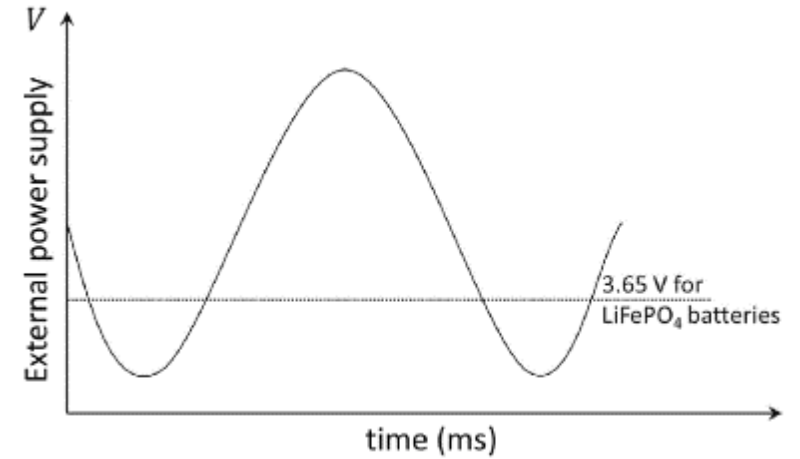
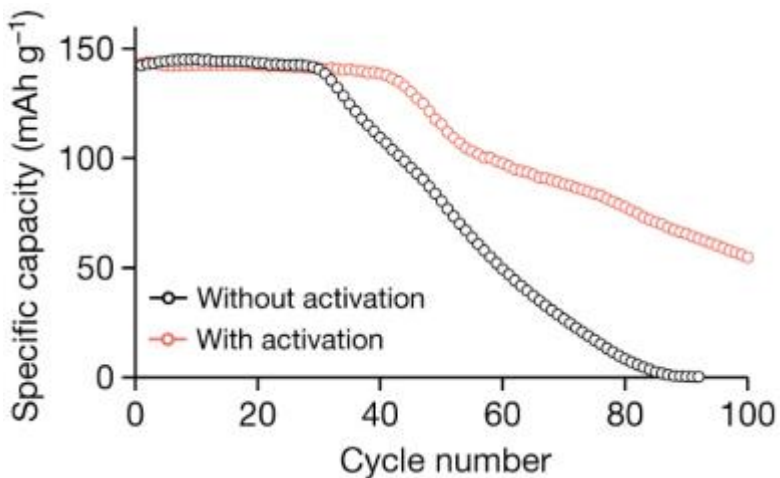


Nabitá (4.16V)



Prístupy pre regeneráciu/predĺženie životnosti batérií:

- Teplotné šoky
- Pulzné/sínusové nabíjanie
- Reaktivácia neaktívnych Li iónov
 - Dočasné zníženie potenciálu negatívnej elektródy
- Reaktivácia izolovaného lítia pulzným vybíjaním





Domáce projekty

- Projekt **APVV-20-0111**: Towards lithium-based batteries with improved lifetime
- Projekt **APVV-22-0132**: Zero-Excess Solid-State Lithium Batteries
- Projekty plánu obnovy (TIK Next Mobility, ENSAMAT, atď.)

Výchova talentov

- STUBA Green Team
- EPS pre vesmírne aplikácie
- Vznik nových predmetov
- SK EBA akadémia
- Študentské pobyty: RWTH Aachen Univerzity, NTNU-Nórsko, Taiwan.



Ďakujem za pozornosť

miroslav.mikolasek@stuba.sk

www.fei.stuba.sk

