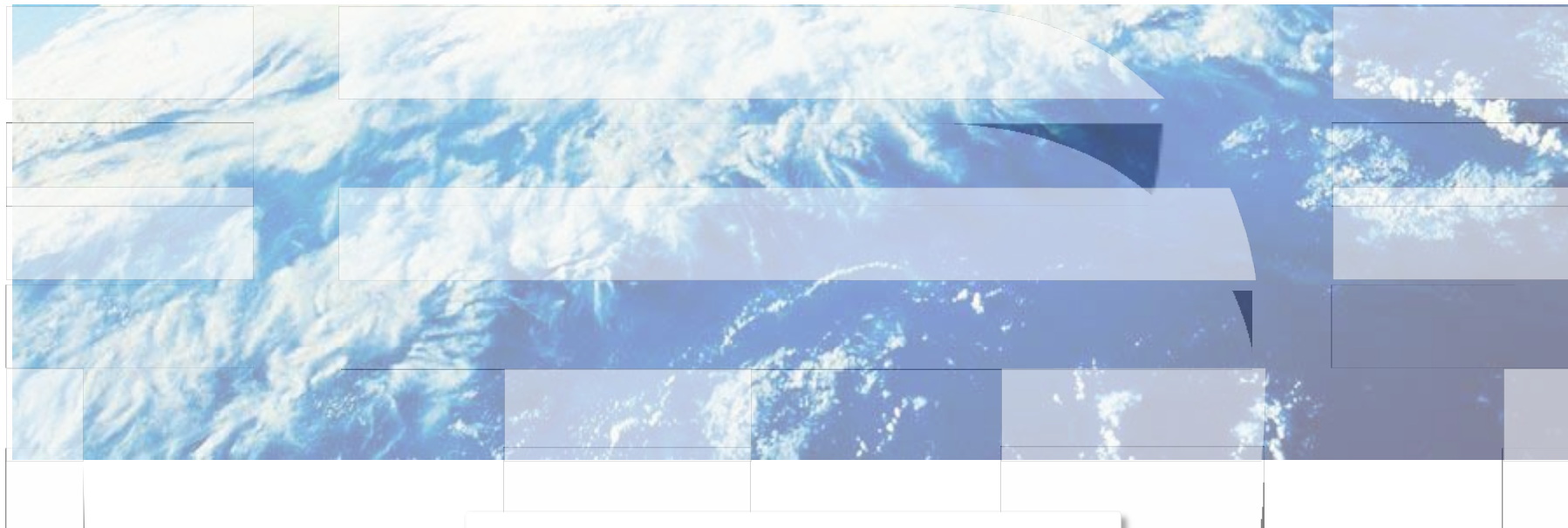
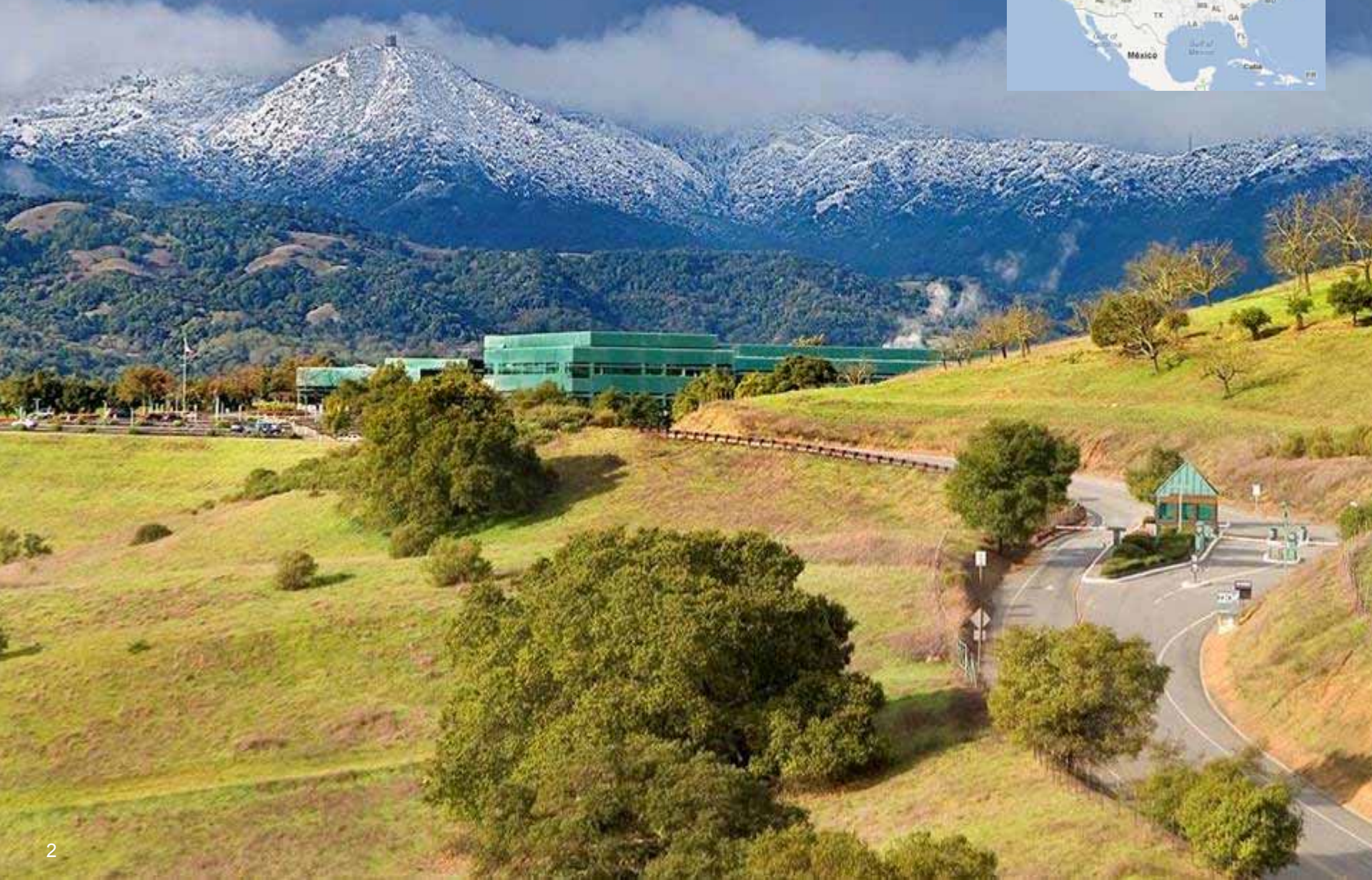


Technický pokrok v oblasti akumulátorových baterií



Ing. Libor Kozubík
Vedoucí sektoru energetiky
IBM Global Business Services

Laboratoře IBM, Almaden, San Jose, CA



PROJEKT “BATTERY 500”

➤ Cíl: Výzkum a vývoj technologie lithium-vzduchové baterie.

❖ Projekt je zaměřen na porozumění chemických pochodů Li/Air baterií a objasnění limitů jejich nabíjení, vývoj nových materiálů a architektur z pohledu skladby elektrického článku a vytvoření prototypů pro praktické využití v oblasti elektromobility a skladování energie.

❖ Cílem v oblasti elektromobility je zvýšení dojezdu elektromobilů na hodnotu 500 mil (800 km) použitím baterií s vysokou energetickou hustotou na bázi lithium-vzduchové technologie.

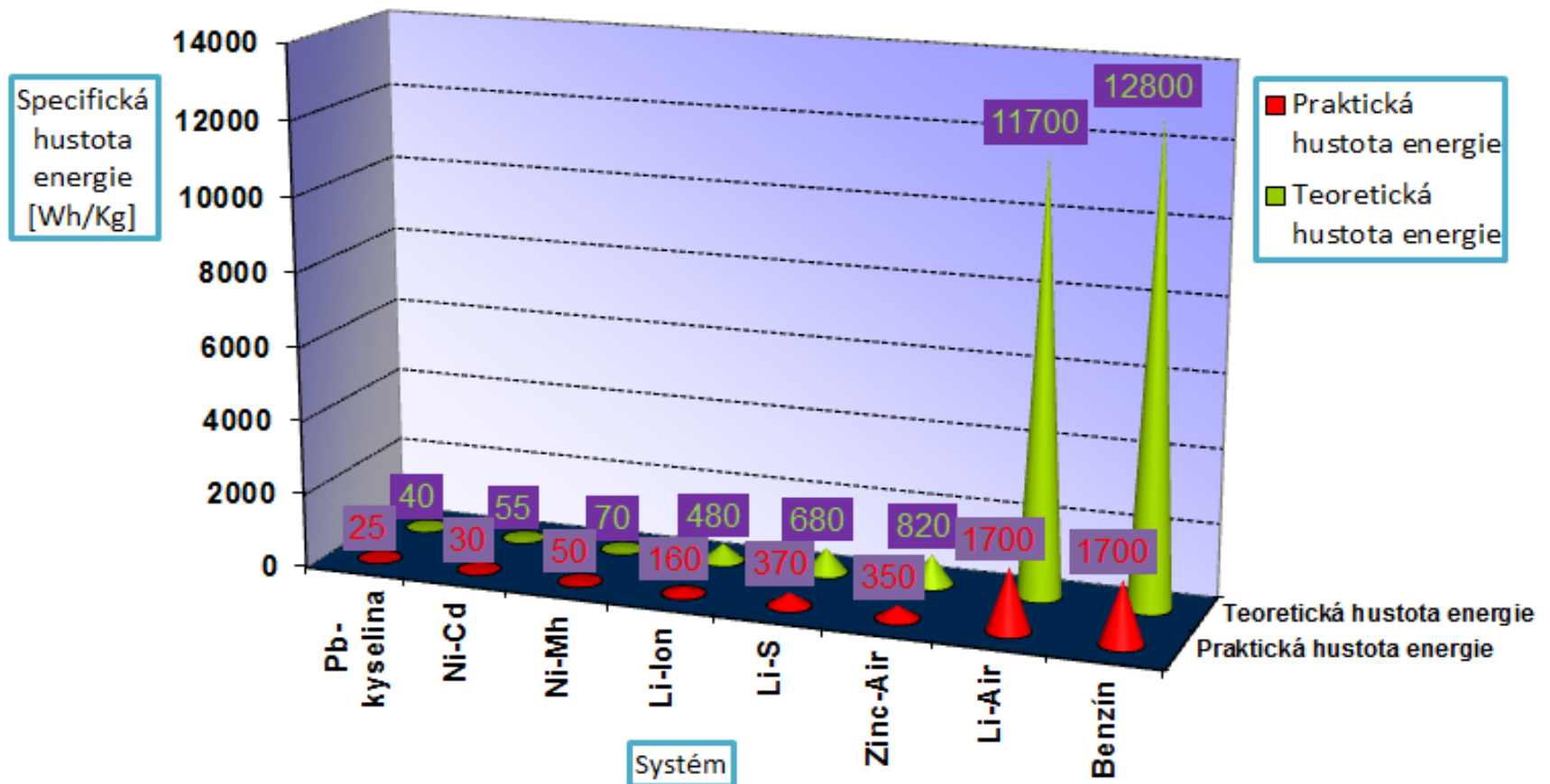


Zdroj: IBM Research Zurich

<http://www.youtube.com/watch?v=ZmHZhBqI500>

SROVNÁNÍ SPECIFICKÉ HUSTOTY ENERGIE RŮZNÝCH SYSTÉMŮ ČLÁNKŮ

Srovnání specifické hustoty energie různých systémů článků a benzínu



ZÁKLADNÍ PARAMETRY A FAKTA OKOLO LITHIUM-VZDUCHOVÉ TECHNOLOGIE I.

❑ Specifická hustota energie

- ❖ Specifická hustota chemické energie benzínu je zhruba 13000 Wh/kg.
- ❖ Současná hodnota specifické hustoty energie Li-ion baterií se typicky pohybuje v rozmezí 100 až 200 Wh/kg (na článek).
- ❖ Li-ion technologie je limitována chemickými omezeními, není tedy v zásadě možno zvyšovat jejich kapacitu tak, aby bylo dosaženo cílové hustoty 1700 Wh/kg.
- ❖ Oxidace 1kg kovu lithia uvolní okolo 11680 Wh chemické energie.
(*Teoretická hustota energie chemického systému Li-O₂*)
 - (Praktická hustota energie bude významně nižší...)
- ❖ Specifická hustota energie plně nabité lithium-vzduchové baterie bude ekvivalentem k zhruba ~15% teoretické specifické hustoty energie kovu lithia, čili zhruba 1700 Wh/kg.

ZÁKLADNÍ PARAMETRY A FAKTA OKOLO LITHIUM-VZDUCHOVÉ TECHNOLOGIE II.

❑ Objemová hustota energie baterie (měřená ve Wh/litr)

- ❖ Parametr definující kolik místa baterie zabere na místě aplikace.
- ❖ Jízda na vzdálenost 500 mil (800 km) vyžaduje baterii o kapacitě 125 kWh (při kalkulaci 250 Wh/míle), při předpokládaném objemu 300 l, pak celková specifická hmotnost baterie, se zahrnutím prostoru baterie, přívodů vzduchu a podpůrných vzduchových systémů, musí být nejméně 0,5 kg/l.

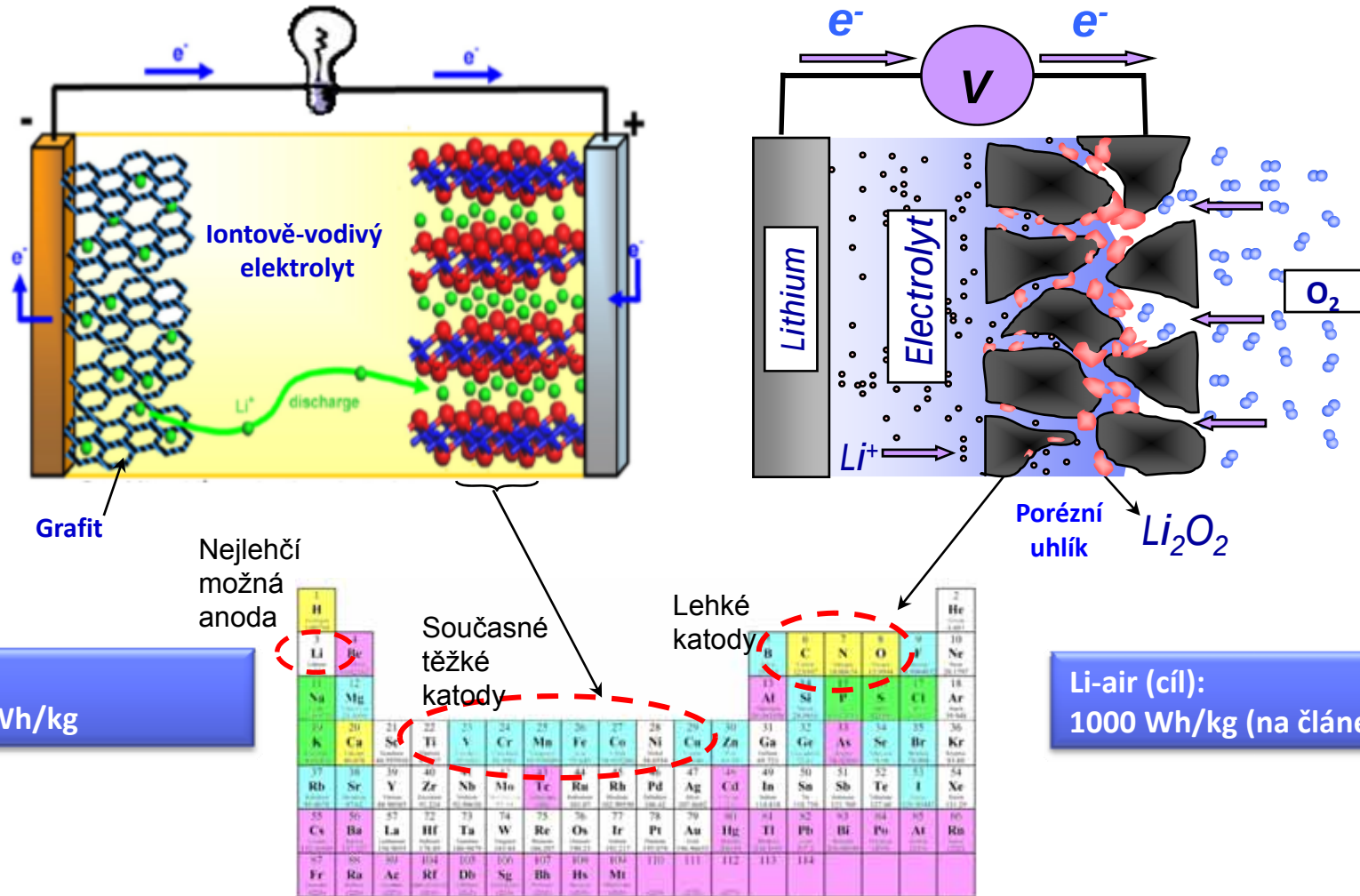
❑ Měrný výkon

- ❖ Systémy na bázi lithium – vzduch nabízejí poměrně vysoké energetické hustoty. Jejich měrný výkon (jednotka W/kg) je ovšem poměrně nízký.
- ❖ Baterie o výstupním výkonu 100kW, napětí článku 2,5V a proudové hustotě 25mA/cm² bude vyžadovat vnitřní reakční plochu cca 160 m², což je de-facto srovnatelné s vnitřní plochou lidských plic.

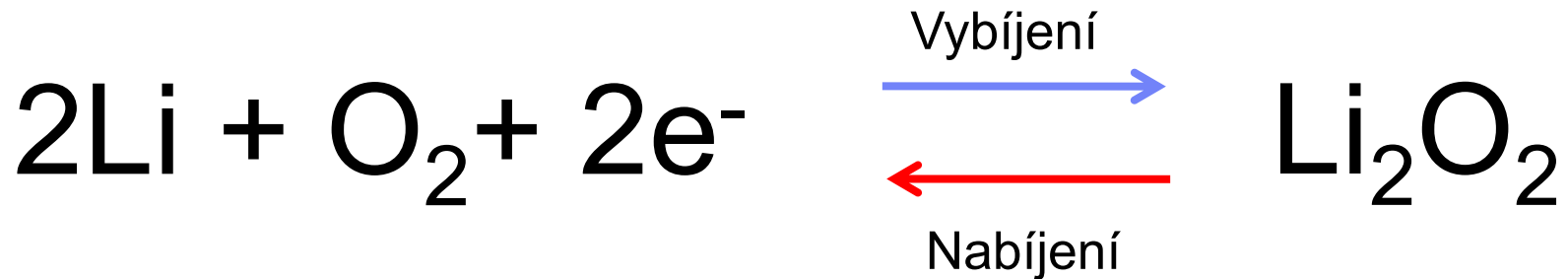
❑ Bezpečnost a životnost

- ❖ Bezpečnost a životnost použité technologie je jedním ze základních parametrů (reaktivnost lithia, použité elektrolyty)

LI-VZDUCHOVÝ ČLÁNEK JAKO ALTERNATIVA K LI-ION

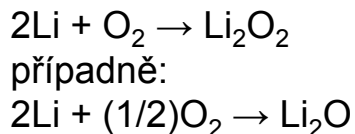


ZÁKLADNÍ REAKCE PROBÍHAJÍCÍ V APROTICKÉM LI-VZDUCHOVÉM ČLÁNKU

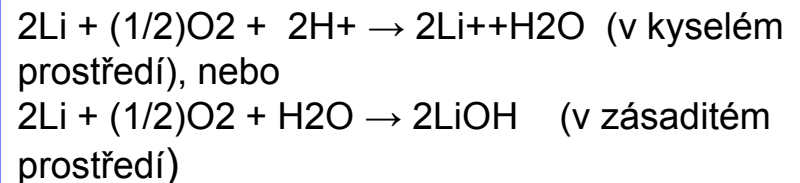


- Základní princip lithium – vzduchového článku je elektrochemická oxidace kovu lithia na anodě a redukce kyslíku obsaženého ve vzduchu na katodě.
- Reakce je podporována vhodným elektrolytem.

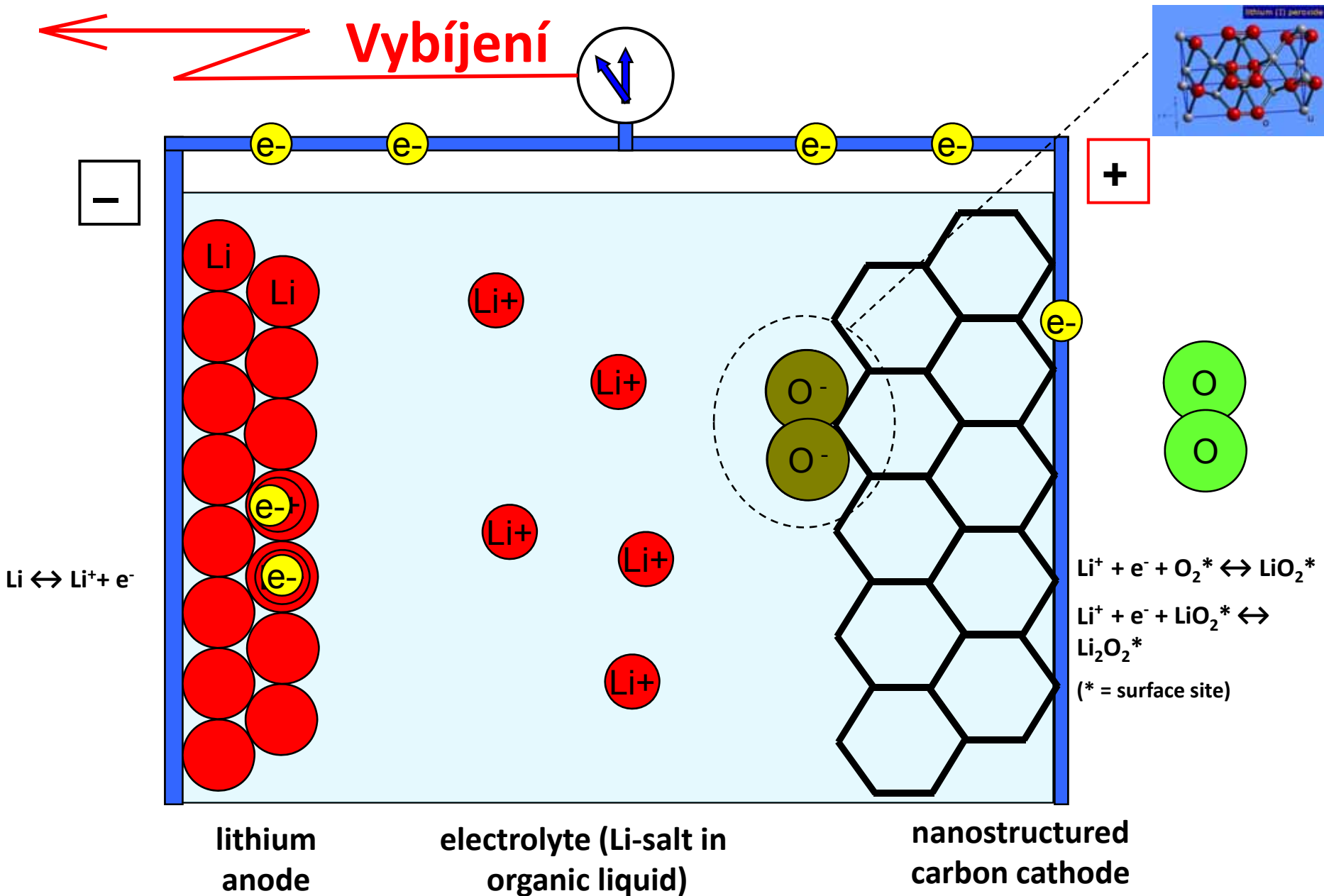
- **Základní reakce na straně katody při vybíjení článku se předpokládá tato:**



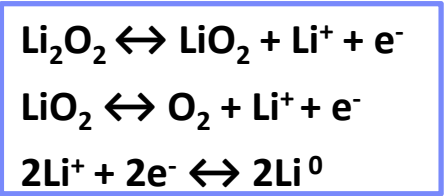
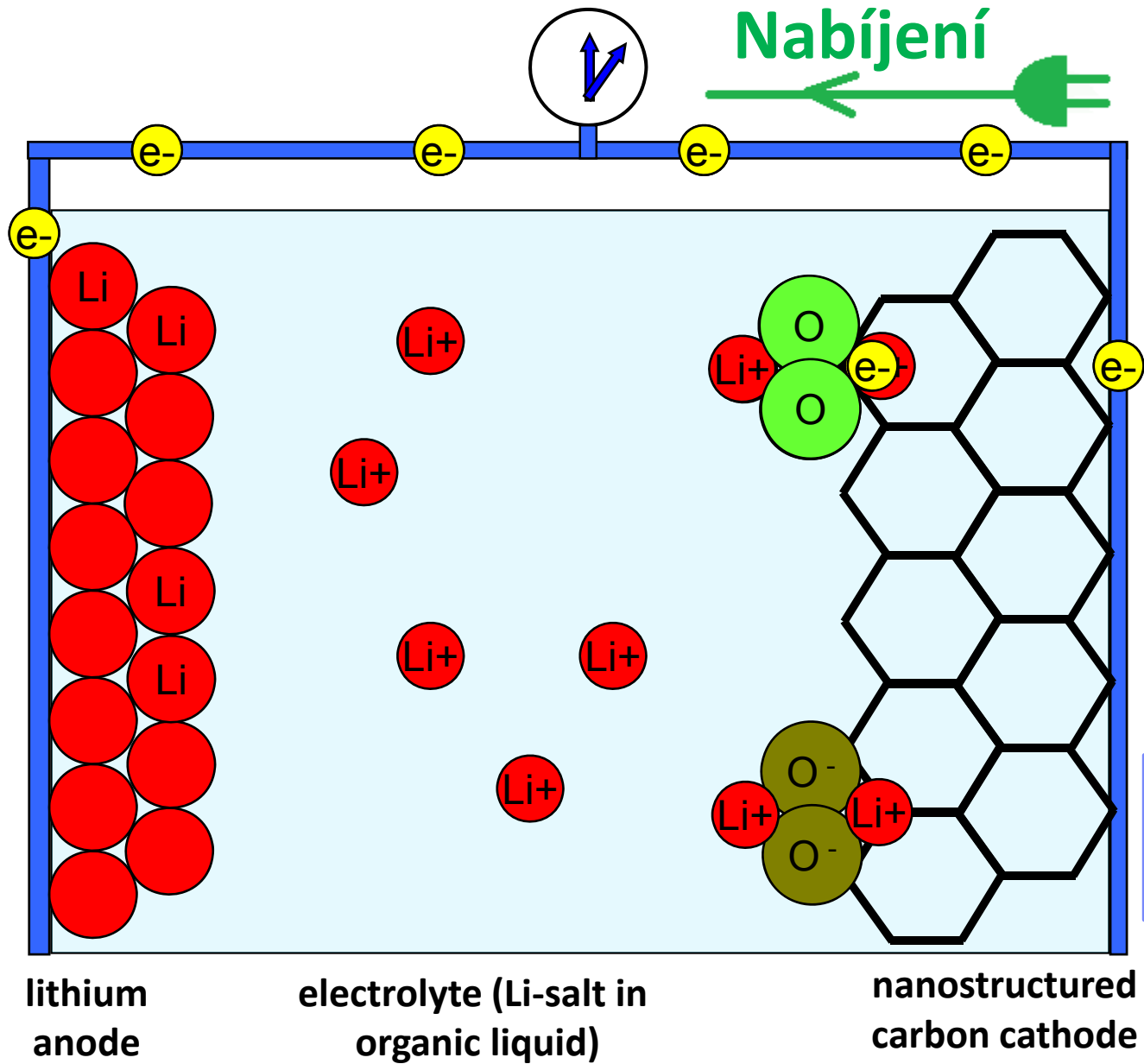
- **V případě vodného elektrolytu:**



PROVOZNÍ MODEL LITHIUM – VZDUCHOVÉHO ČLÁNKU S APROTICKÝM ELEKTROLYTEM (VYBÍJENÍ)



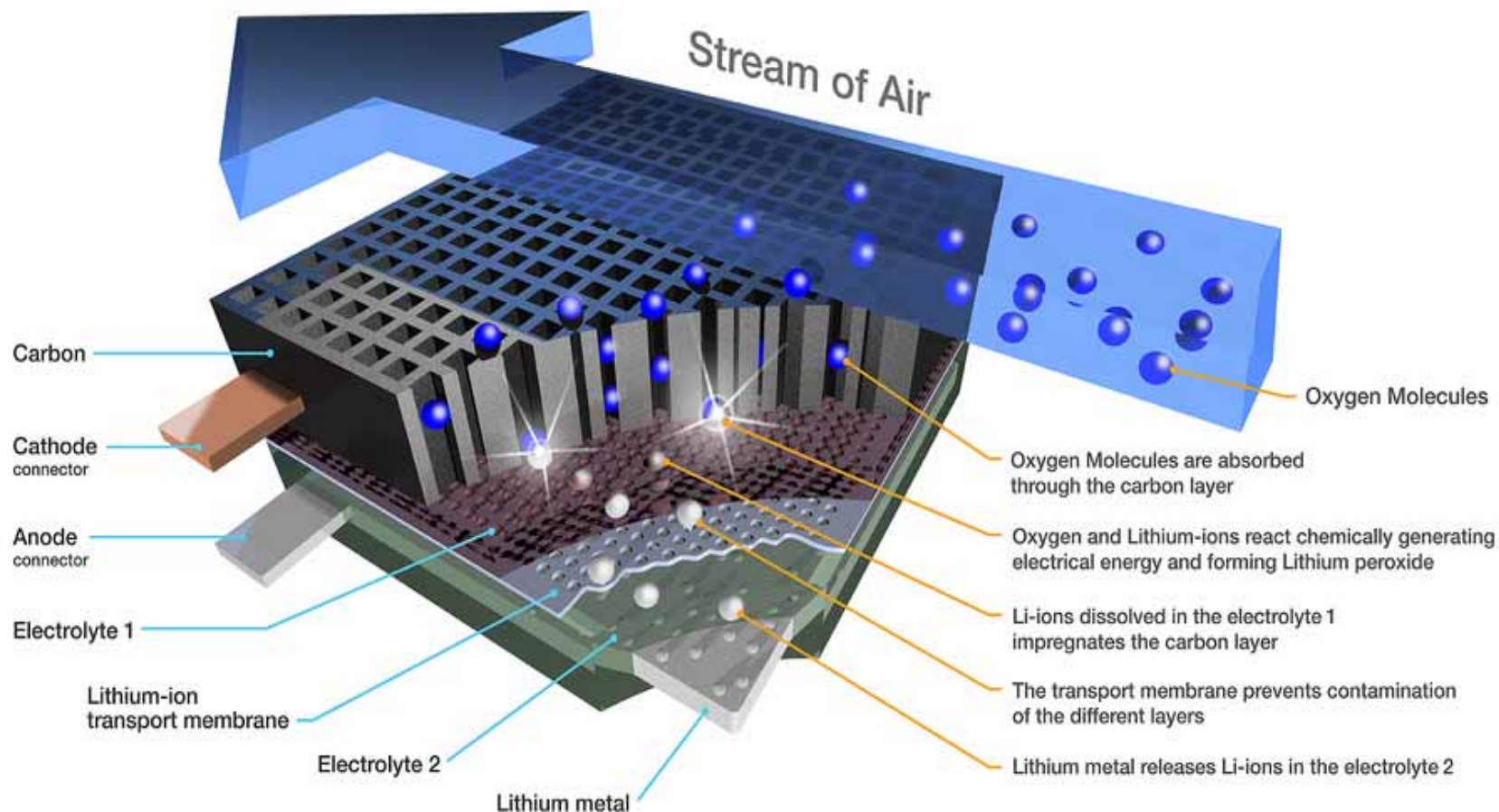
PROVOZNÍ MODEL LITHIUM – VZDUCHOVÉHO ČLÁNKU S APROTICKÝM ELEKTROLYTEM (NABÍJENÍ)



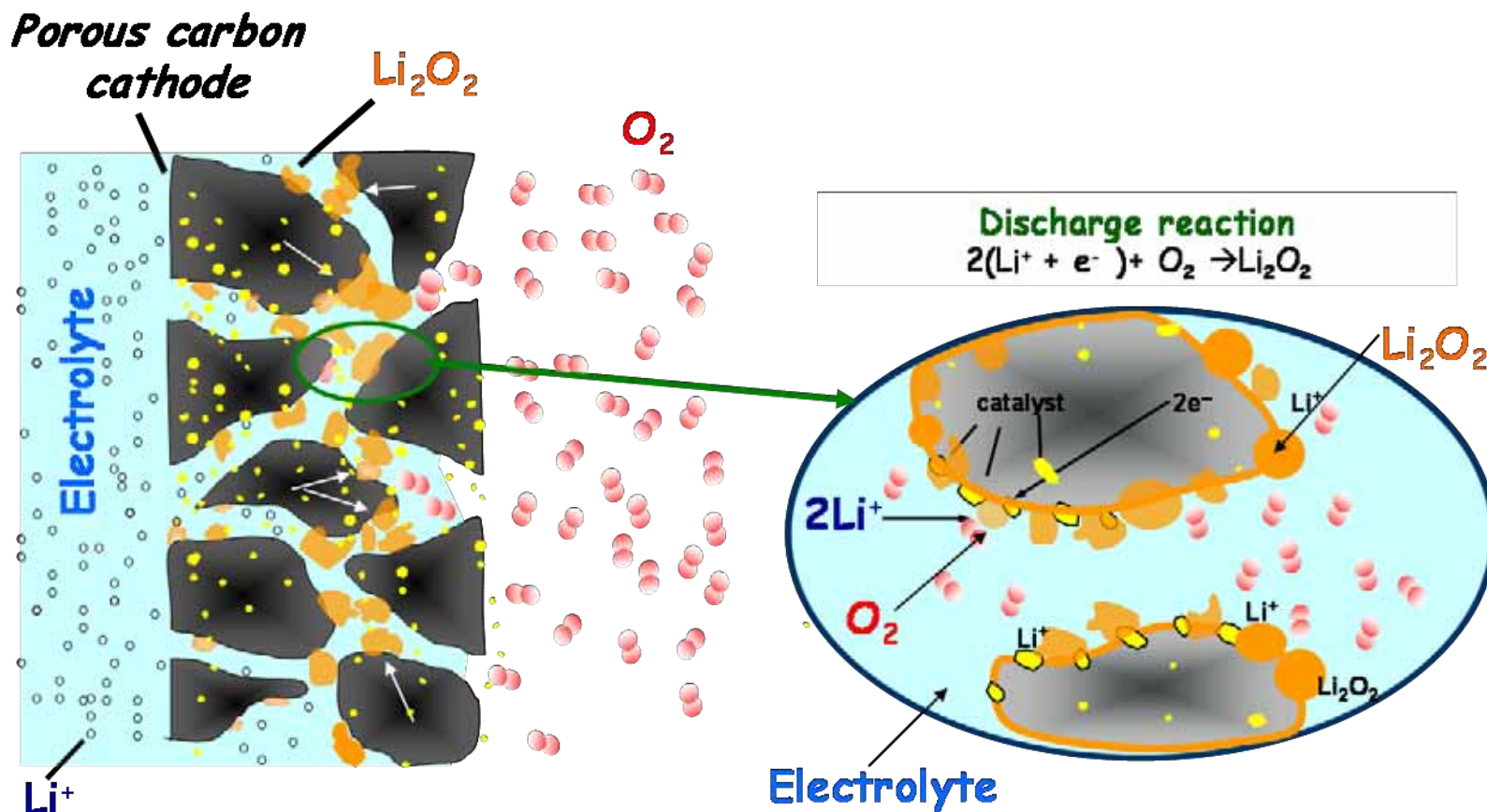
Battery 500



The Battery 500 technology is an open system using common air as a reagent which upon recharge releases oxygen back into the environment.

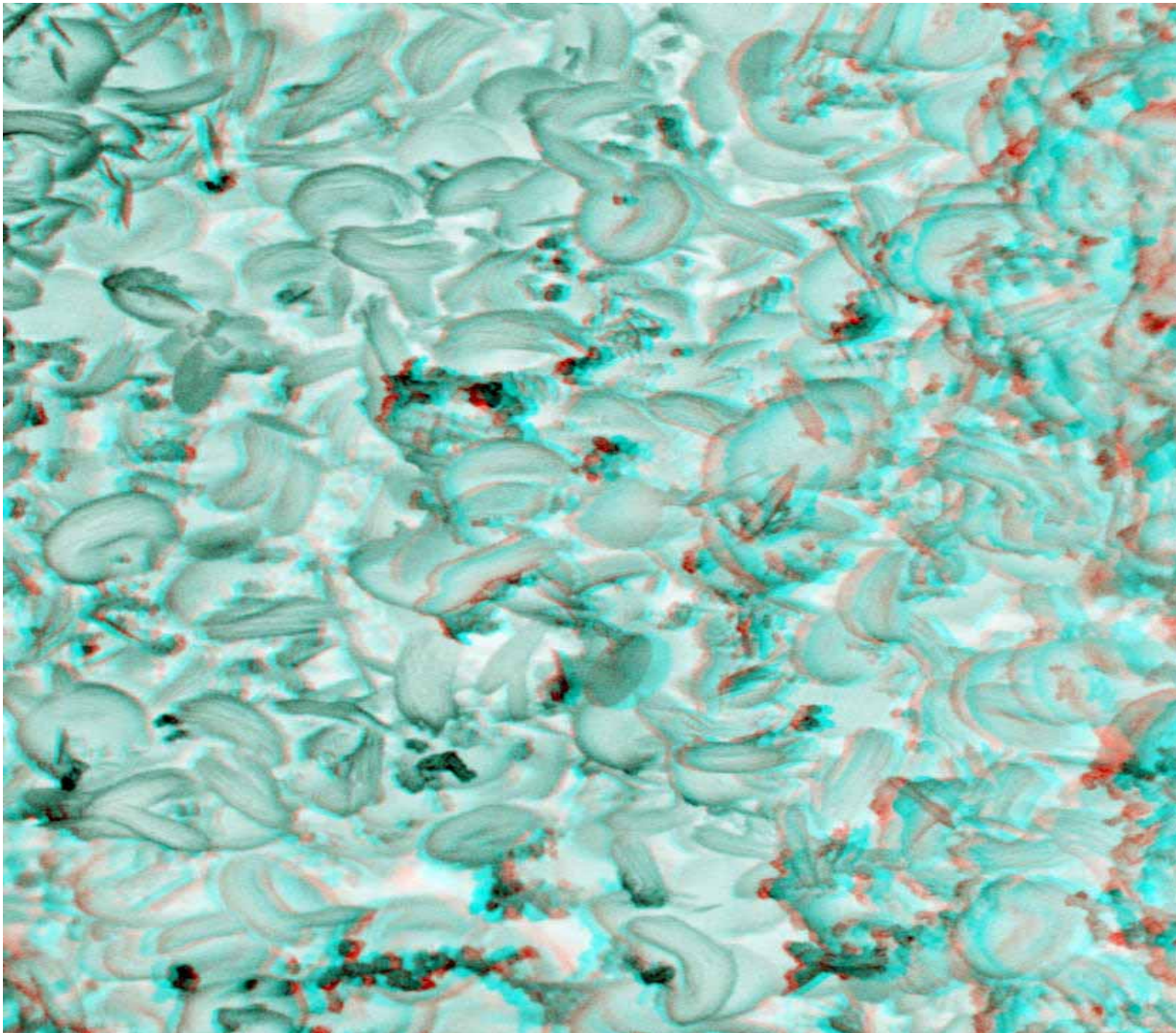


MIKROSKOPICKÝ POHLED NA APROTICKOU VZDUŠNOU KATODU



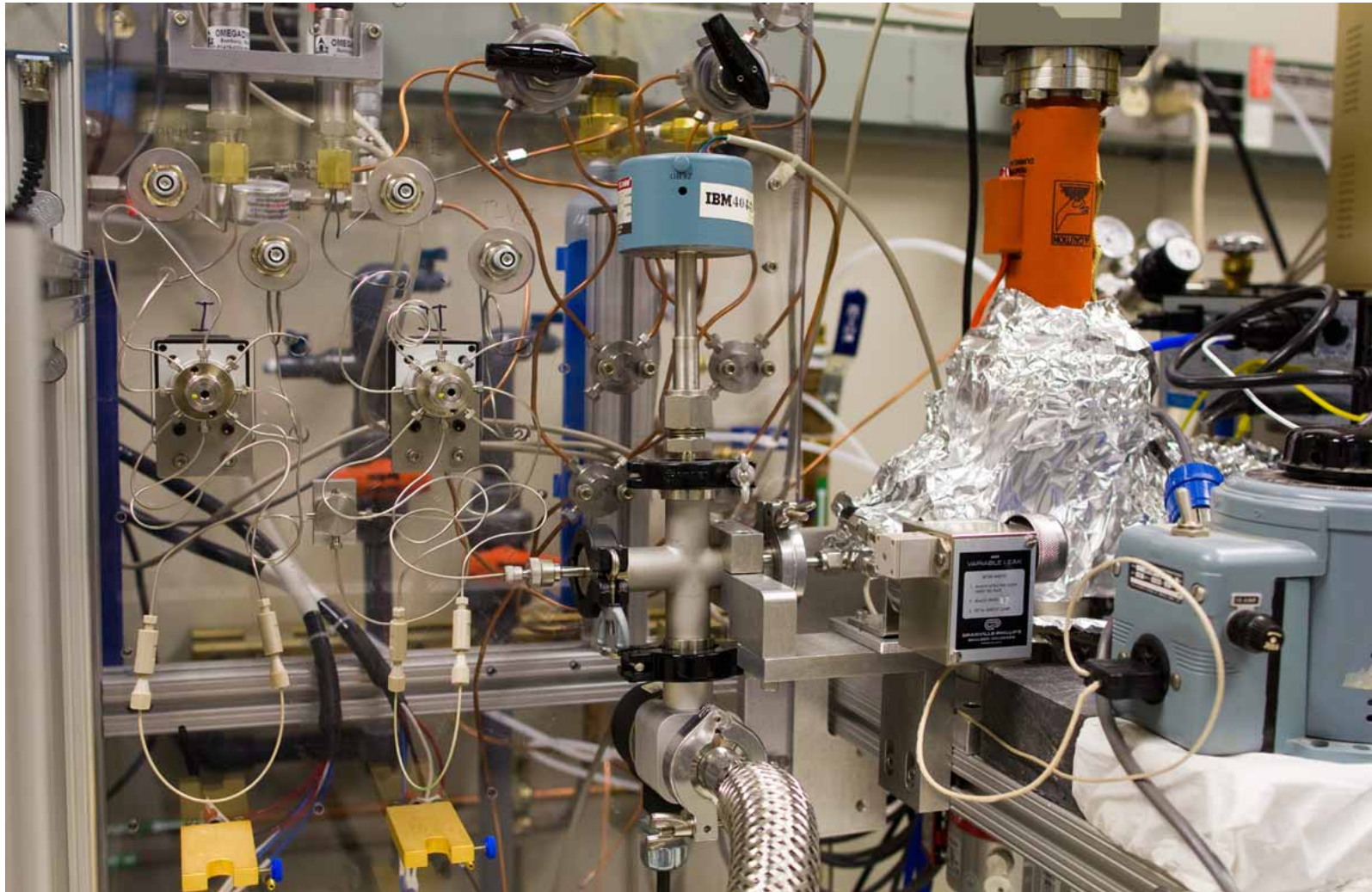
Zdroj: G. GirishKumar, B. McCloskey, A. C. Luntz, S. Swanson, and W. Wilcke, *J. Phys. Chem. Lett.*, **2010**, 1 (14), pp 2193–2203, July, 2010 (Perspective)

FOTOGRAFIE Z ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU – STRUKTURA Li_2O_2 NA UHLÍKOVÉ KATODĚ



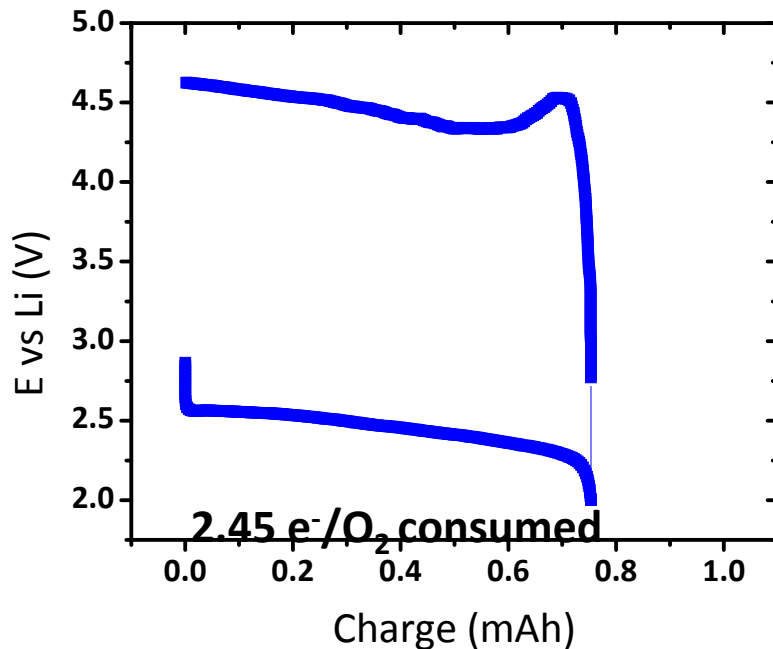
Hmota Li_2O_2 zcela překrývá uhlíkovou strukturu, což je pozitivní pro výslednou hustotu energie...

IBM ELECTROCHEMICKÝ HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETR



ELEKTROLYTY NA BÁZI APROTICKÝCH ROZPOUŠTĚDEL- POUŽITÝCH V LI-ION) – NEFUNGUJÍ ☹

- Rozpouštědla na bázi etylen karbonátu a dimethyl karbonátu (využívající $^{18}\text{O}_2$)
- Přítomnost O_2 v systému Li/Air mění charakter chemických reakcí ve srovnání s Li-ion

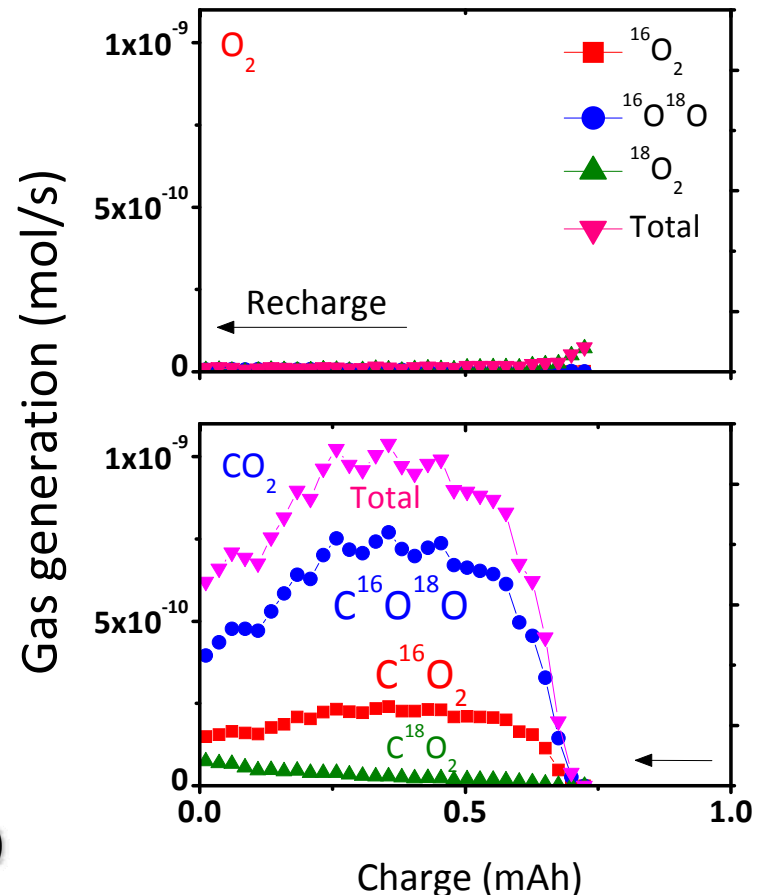


Discharge: -100 μA to 2V under $^{18}\text{O}_2$

Recharge: 100 μA under Ar

Carbon-based cathode (P50 Avcarb carbon paper only)

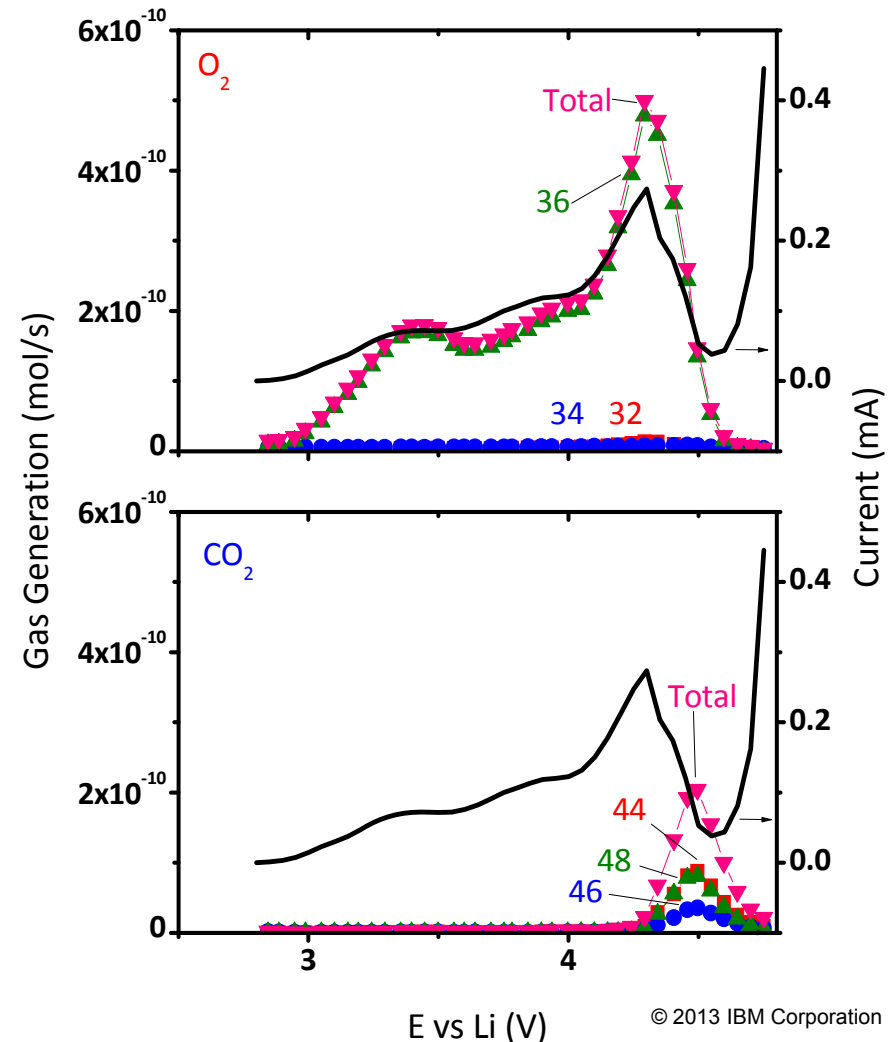
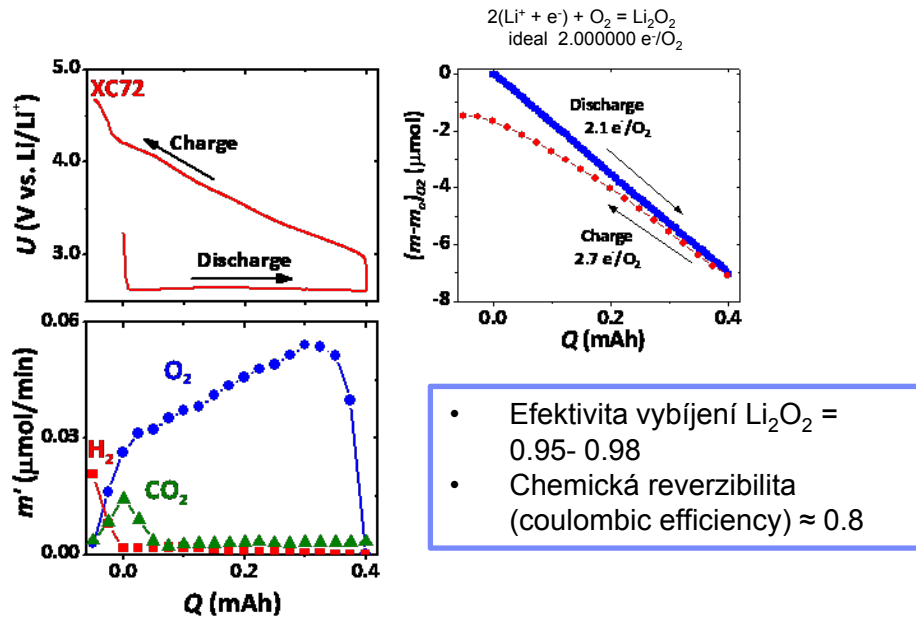
1N LiTFSI in 1:1 EC-DMC used as electrolyte



ELEKTROLYTY NA BÁZI DME VYKAZUJÍ SILNÝ VÝVOJ O_2 PŘI NABÍJENÍ – FUNKČNÍ 😊

DME = Dimethoxyethane je čirá a bezbarvá oxická a hořlavá kapalina, rozpouštědlo, mísitelná s vodou.

Vybíjení článku bylo provedeno v atmosféře $^{18}O_2$,
=> očekáván vznik molekul o relativní
molekulové hmotnosti 36u během procesu nabíjení



Závěr

2010

- ❖ Lithium - vzduchový (kyslíkový) článek **může být** dobíjen (a to jak pro aprotické, tak vodné systémy)
- ❖ Elektrolyty hrají kritickou roli v aprotických systémech
- ❖ IBM tým zkoumal několik elektrolytů umožňujících nabíjení v opakovaných cyklech.
- ❖ Byly naměřeny významné kapacity článků

2011

- ❖ Byly objeveny elektrolyty významně stabilnější než DME
- ❖ Využití katalyzátorů v Li/Air není potřebné
- ❖ Stabilita uhlíkové katody bude vyžadovat další studium
- ❖ Porozumění vodivosti struktury Li_2O_2 je klíčový faktor pro porozumění Li/Air systému

2012

- ❖ Úspěšné pokračování výzkumu vodivosti a elektrolytů
- ❖ Zapojení dalších partnerů do projektu.

20 Apr 2012: IBM today announced that two industry leaders -- Asahi Kasei and Central Glass -- will join its Battery 500.

<http://www.bloomberg.com/news/2013-02-21/lithium-air-battery-gives-ibm-hope-of-power-without-fires.html>

Závěr

- ❖ Významný pokrok od roku 2009
- ❖ Můžeme tvrdit, že reakce Lithium+Kyslík → Peroxid Lithný je vhodná elektrochemická reakce.

...Lithium/Air technologie je riskantní a dlouhodobý projekt, bude-li ovšem fungovat může změnit svět....

Děkuji

Otázky?

Vám za pozornost ...



■ Tato prezentace reprezentuje základní stručný souhrn problematiky týkající se lithium - vzduchové technologie z pohledu IBM výzkumníků z IBM Almaden Research Center, kteří se aktivně účastní na vývoji lithium - vzduchové baterie. Autor (Ing. Libor Kozubík) pouze zprostředkovává tyto poznatky v zastoupení společnosti IBM s autorizací výzkumného týmu IBM Almaden Research Center.

IBM