

Optimalizace procesu přípravy elektrolytu pro vanadovou redoxní průtočnou baterii

Autor Jiří Vrána

Školitel Juraj Kosek

Konzultanti Jaromír Pocedič a Petr Mazúr



VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE



NOVÉ TECHNOLOGIE
VÝZKUMNÉ CENTRUM
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

JURAJ KOSEK
Research Group cz



- Vanadová redoxní průtočná baterie
- Příprava elektrolytů
 - Konstrukce odlišných elektrolyzérů
 - Univerzální monitorovací systém
- Optimalizace systému
 - Modifikace elektrod
- Shrnutí výsledků a cíle
 - Probíhající stavba pilotní jednotky

Nárůst spotřeby elektřiny

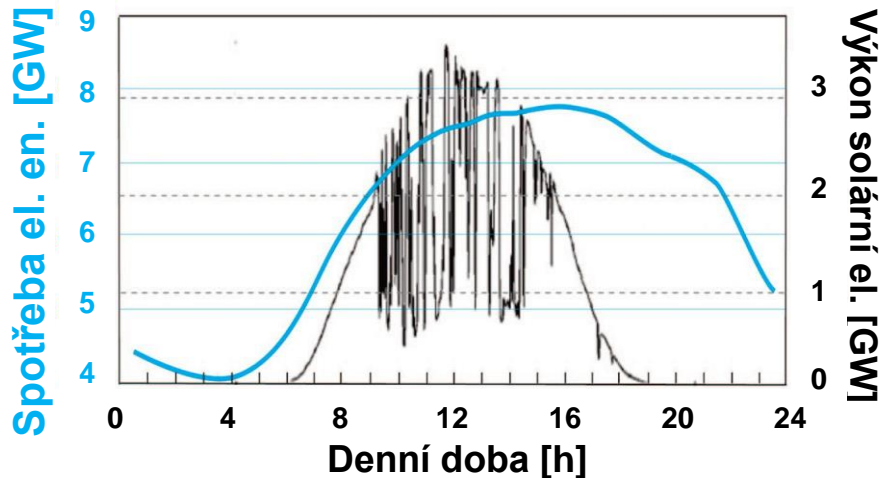
Alternativní zdroje energie

- Proměnný výkon
- Dodávka nekopíruje poptávku
- Kolísání ceny

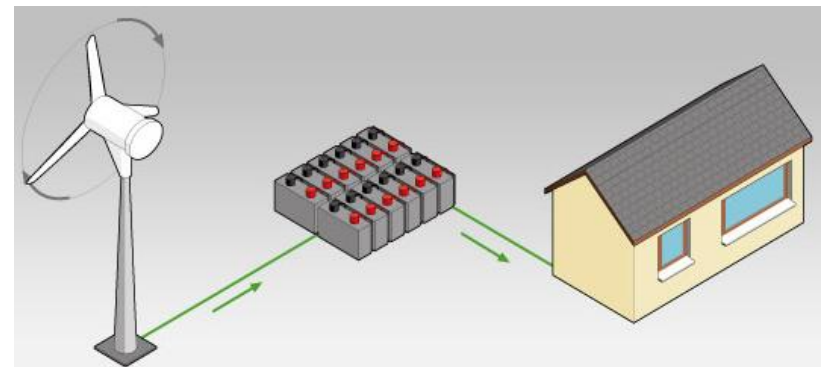
Přenosová soustava

- Pomalá modernizace
- Snaha zefektivnit přenos elektřiny

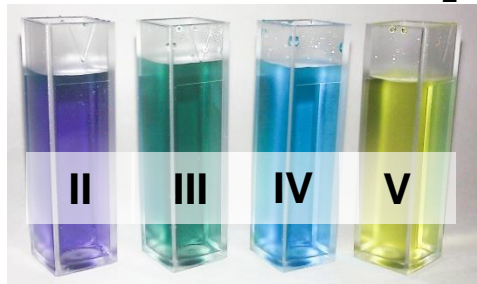
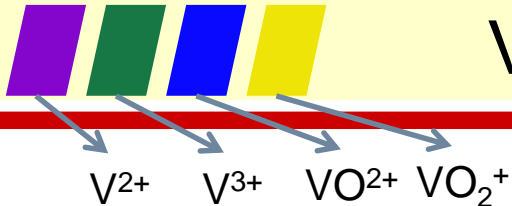
Solární elektrárna



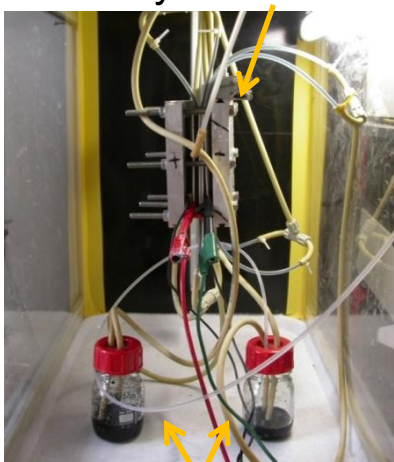
Jednoduchá „chytrá síť“



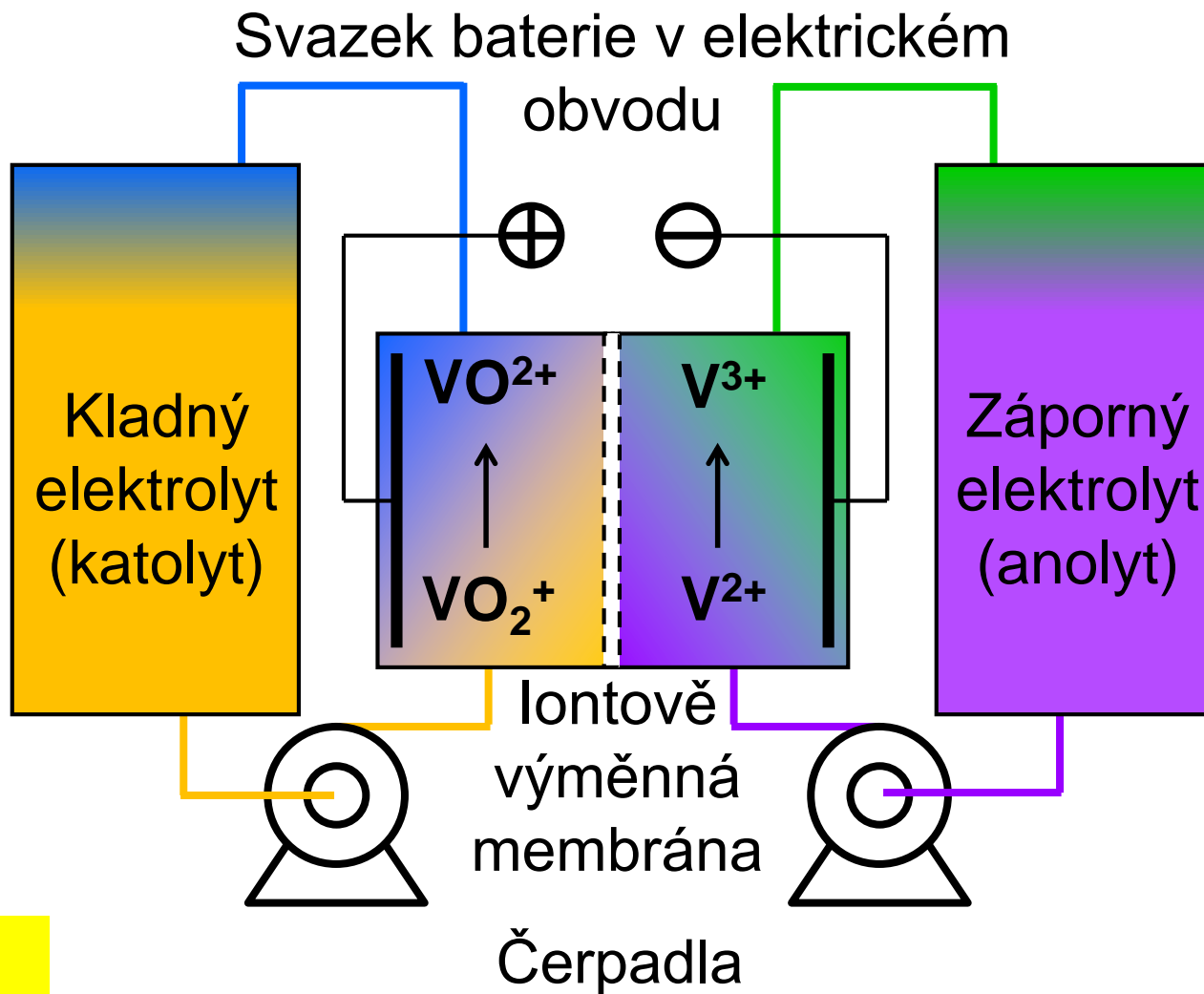
Vanadová redoxní průtočná baterie



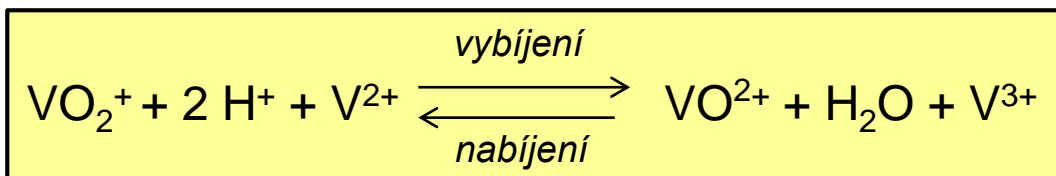
Vyvinutá cela



Elektrolyty



- Účinnost
- Regulovatelnost
- Spolehlivost



Experimentální systém pro přípravu elektrolytů

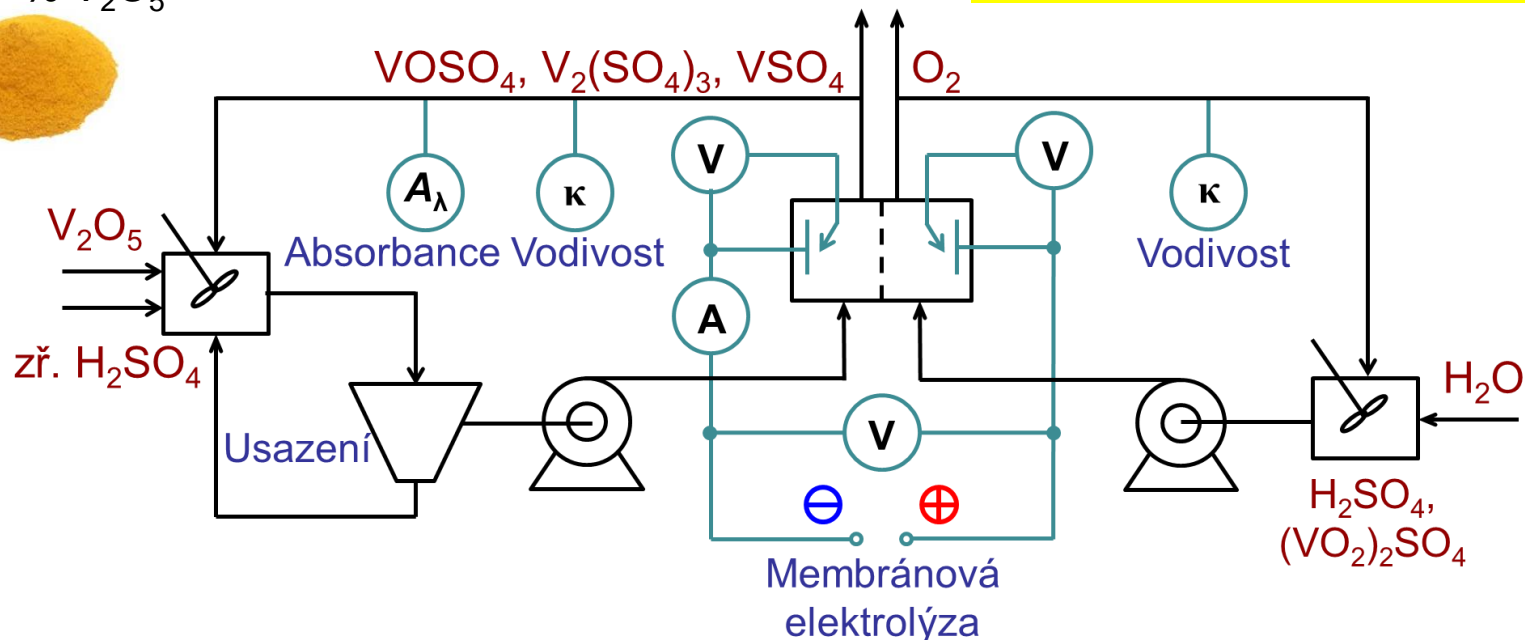
- Rozpouštění: oxid vanadičný
- Následné redukce:
je možno izolovat 5, 4, 3 i 2 mocné sírany vanadu
- Vedlejší reakce na katodě:
vývin vodíku (nežádoucí)

- Protireakce na anodě:
vývin kyslíku

Parametry systému:

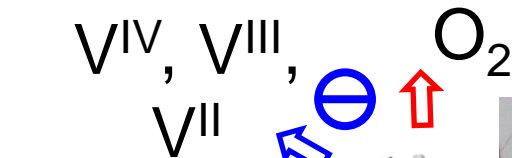
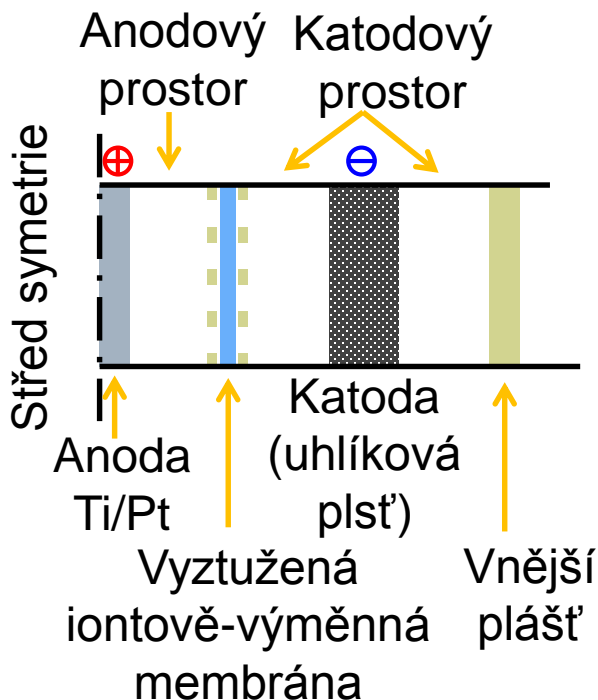
- Kapacita: litry/den
- Vsádkově i průtočně
- Monitorování kvality

99,7 % V_2O_5



Trubkový elektrolyzátor: elektrody koaxiálně

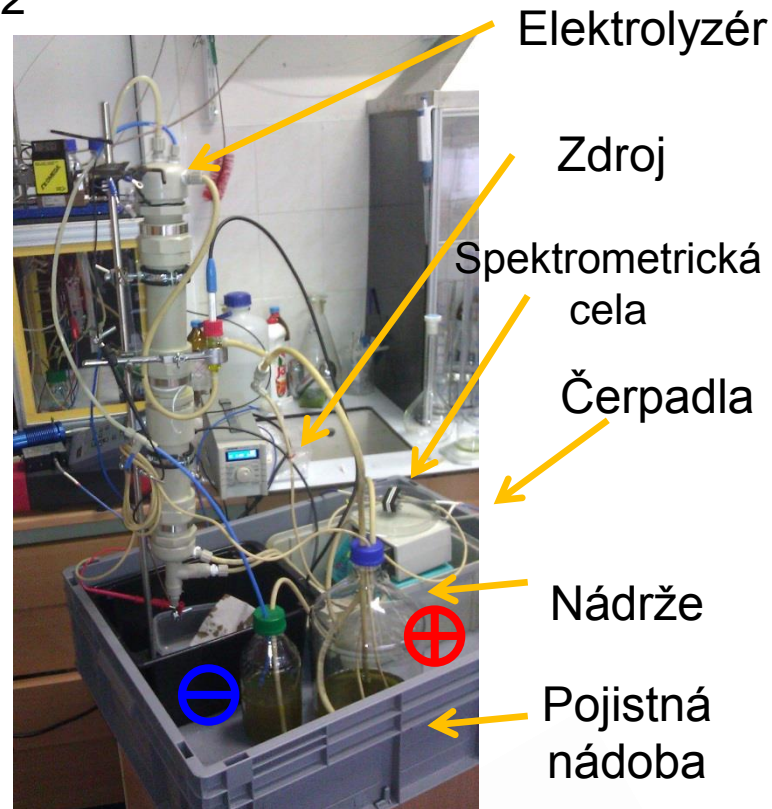
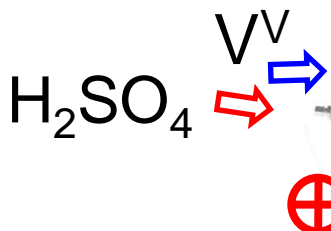
Geometrie



Plocha membrány:
225 cm²

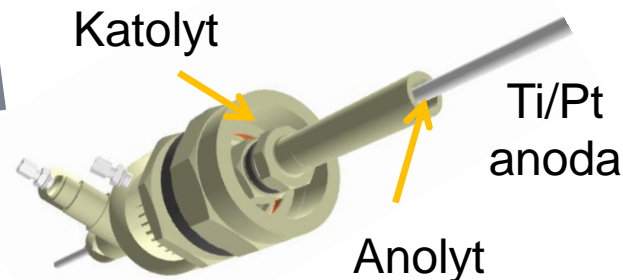
Objem katodového prostoru:
1,0 dm³

Celková délka:
85 cm



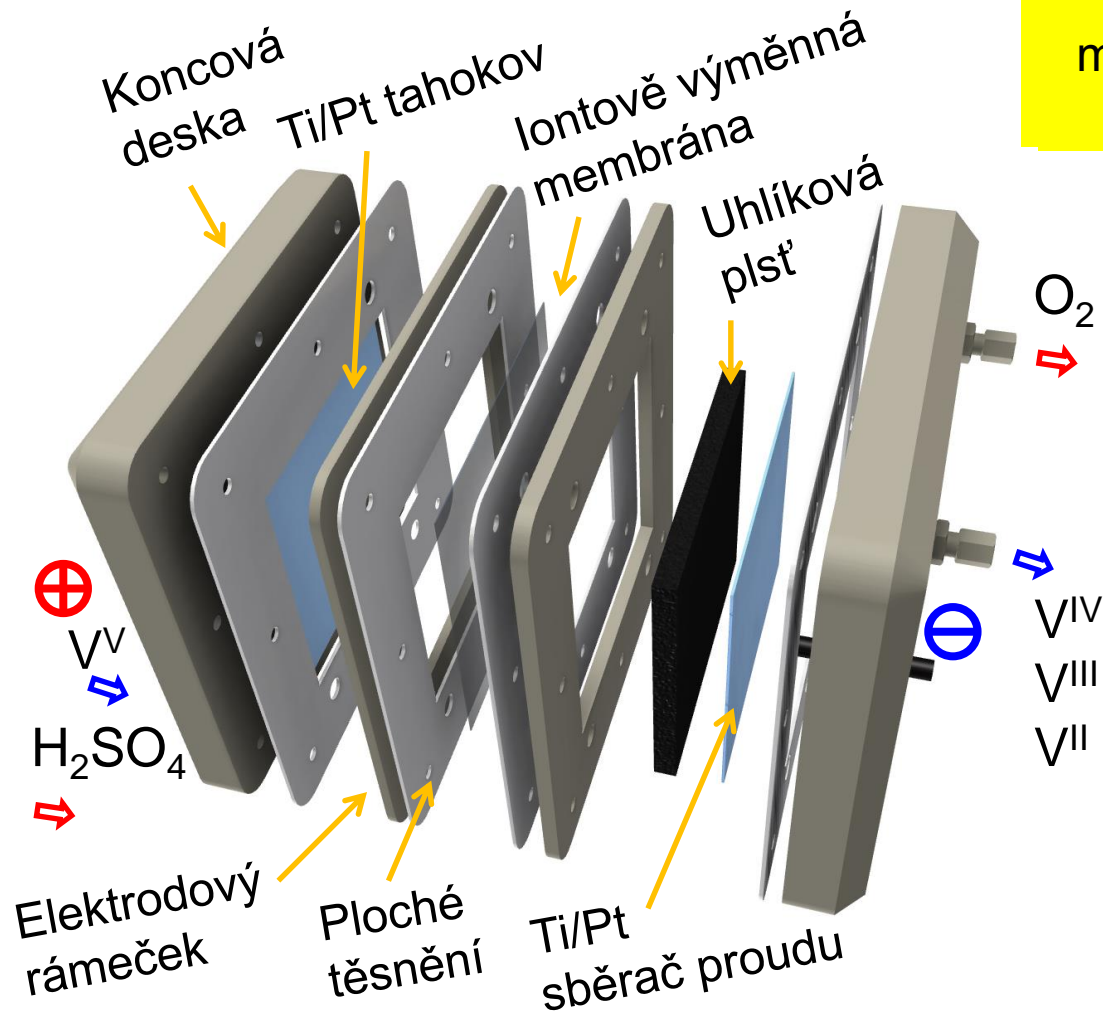
Odlišnost koaxiálního uspořádání:

- Proudové hustoty na katodě nižší než na anodě





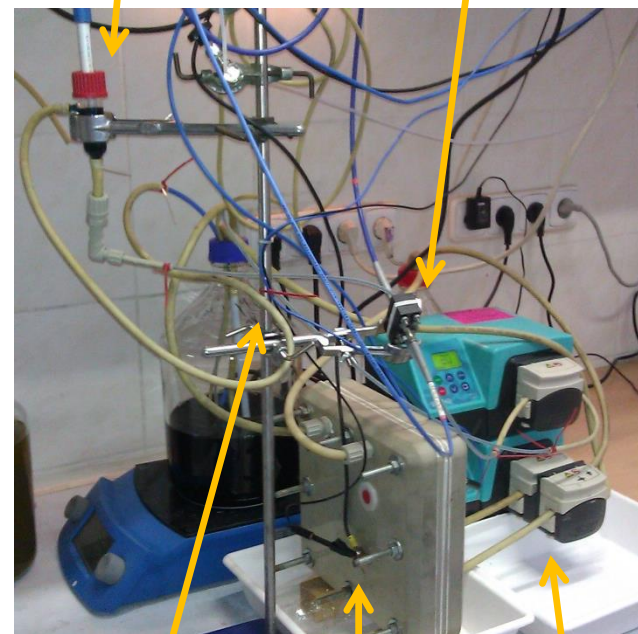
Deskový elektrolyzátor: elektrody planparalelně



Plocha
membrány:
225 cm²

Objem katodového
prostoru:
0,18 dm³

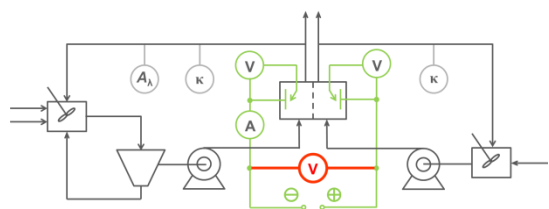
Konduktometrická
cela
Spektrometrická
cela



Nádrže
Elektrolyzátor
Čerpadla

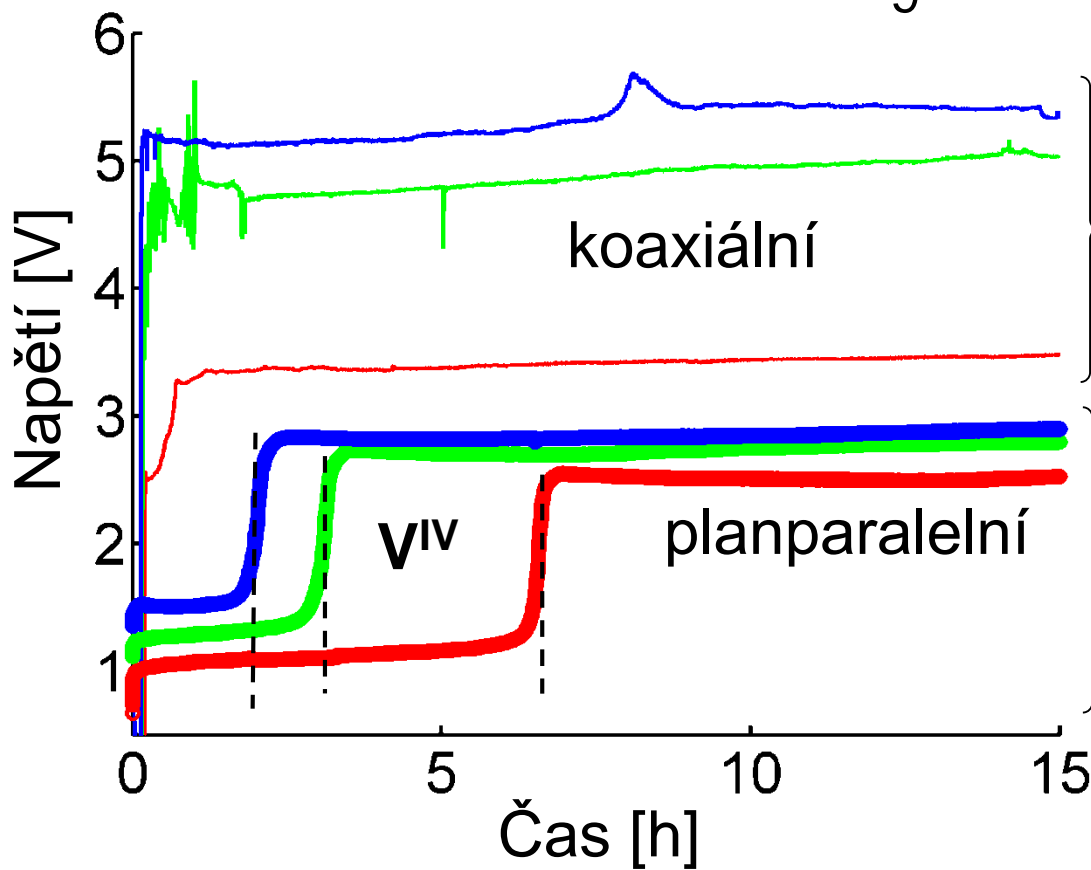


Monitorování napětí na elektrolyzátoru



Proud [A]

- 3
- 6
- 9



Parametry:

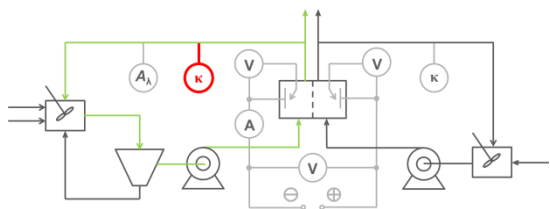
- Průtok 0,20 dm³/min
- Koncentrace složek
Vanad(V) 0,4 mol/l
H₂SO₄ 3 mol/l
- Objem 2 l

Vyšší odpor systému
Fluktuace
(zaplyňování anody)

Určení času redukce
 $V^V \rightarrow V^{IV}$



Iontová vodivost redukováného elektrolytu

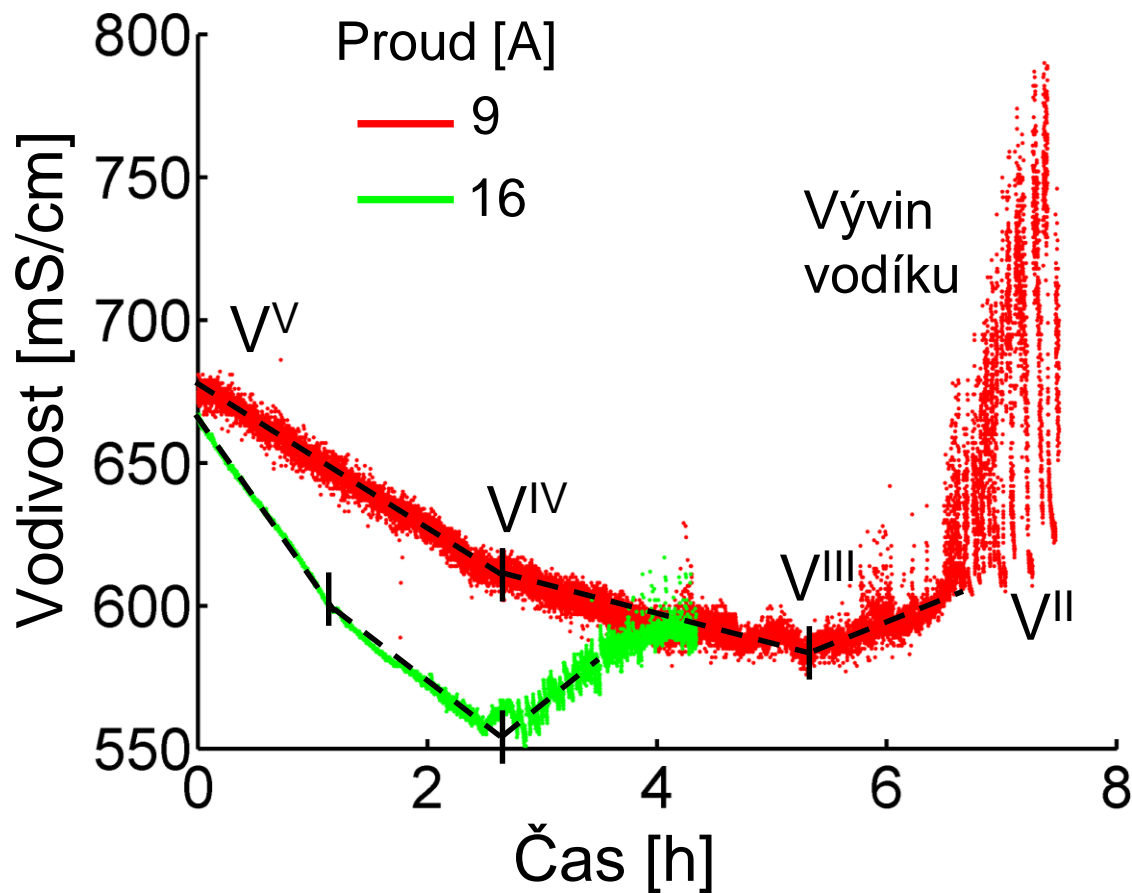


- Odlišná vodivost jednotlivých síranů vanadu
- Změna koncentrace H^+ v průběhu redukce



- Levná robustní metoda
- Nutno optimalizovat pozici sondy

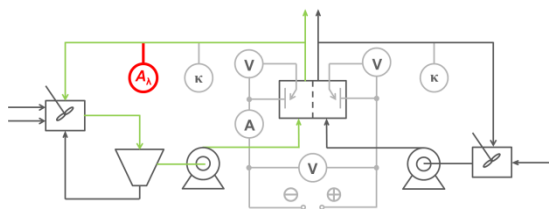
Fluktuace: bubliny nebo částice mezi elektrodami



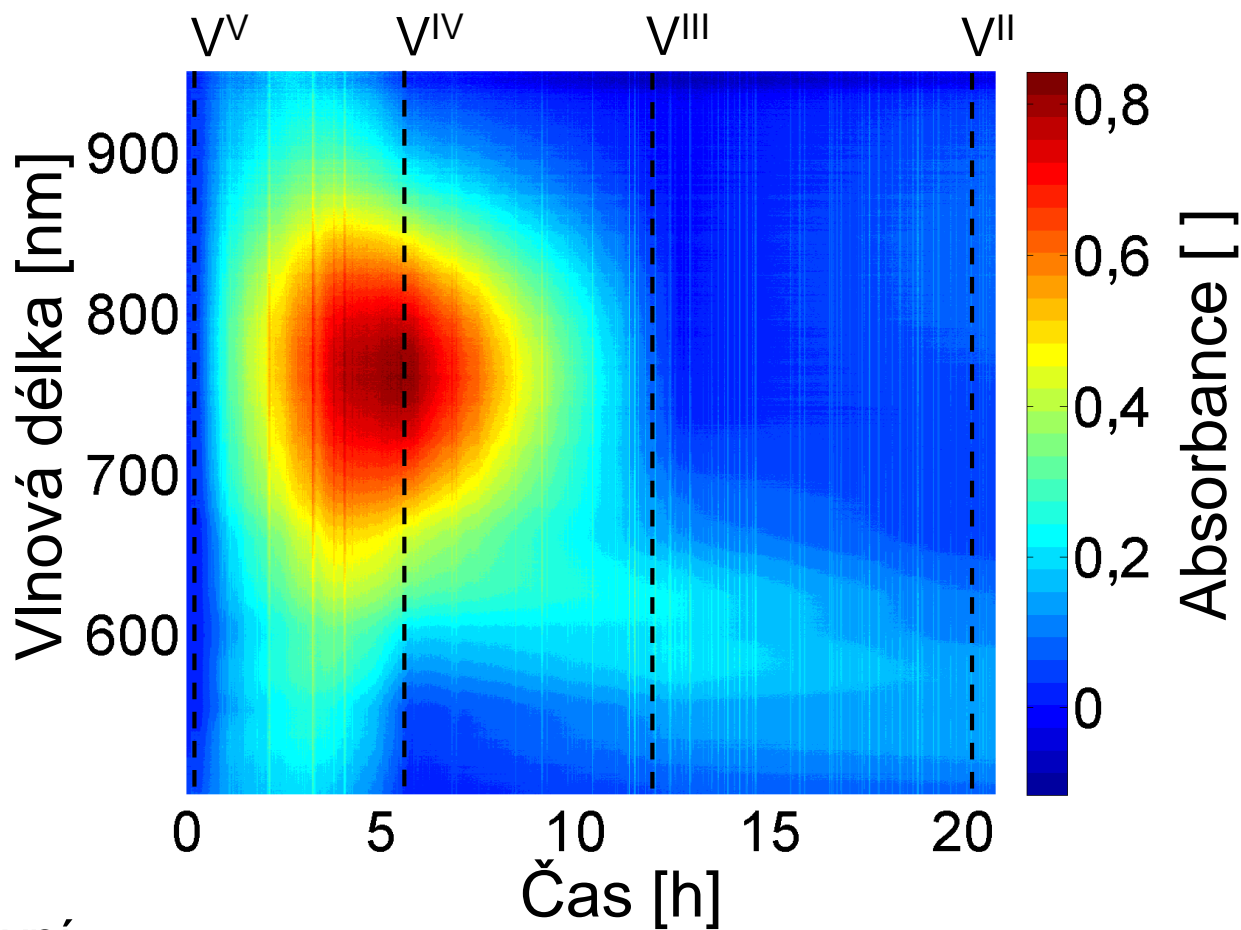
(Planparalelní systém s tepelně upravenou katodou)



Spektroskopie redukováného elektrolytu



Elektrolyty jsou různě barevné



- Odlišná absorpční maxima jednotlivých síranů vanadu
- Měření ve viditelné a přilehlé UV a IR oblasti
- Vyvinuta vlastní průtočná kyveta



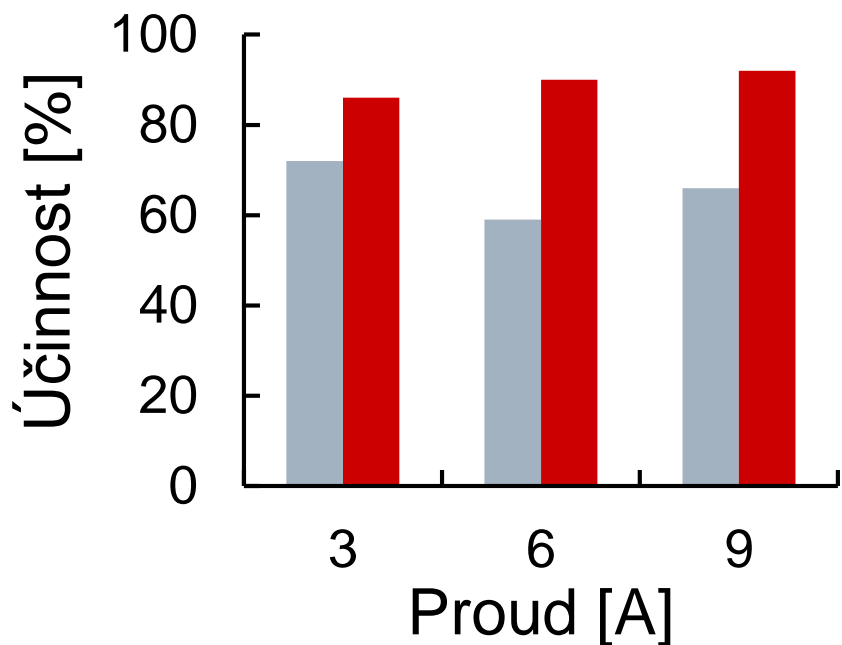
- Nutnost pořízení spektrofotometru
- Velmi přesná kvantitativní analýza

(Elektrolýza v koaxiálním systému při proudu 6 A)

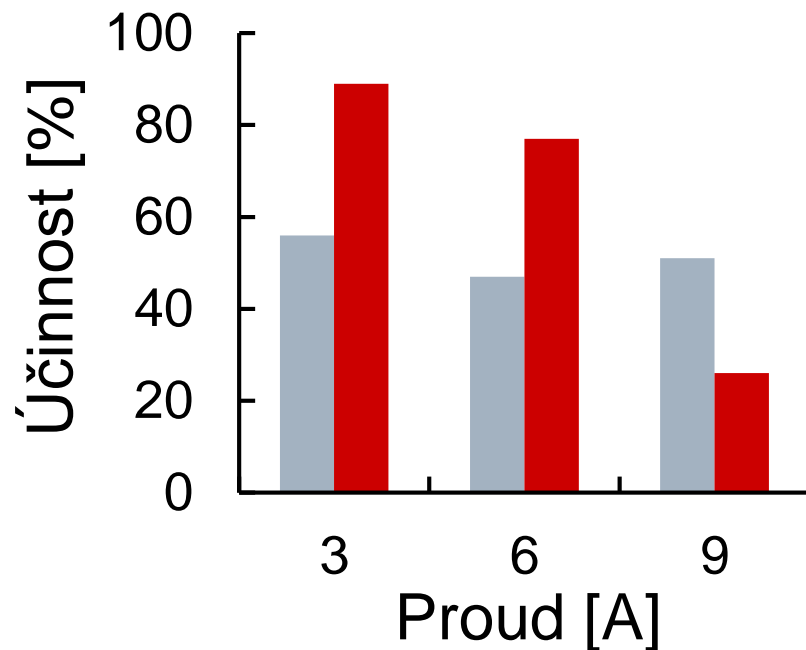


Účinnost redukce

vanad(V) → vanad(IV)



vanad(IV) → vanad(III)



$$\eta_c = \frac{Q}{Q_r}$$

Teoretický náboj

Spotřebovaný náboj

Uspořádání

■ Trubkové

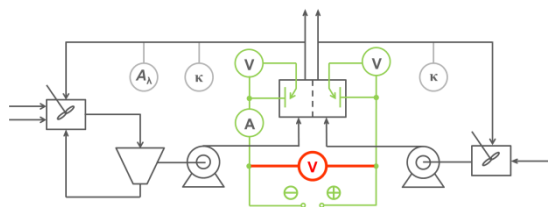
■ Deskové

Planparalelní systém výhodnější

- Celkově vyšší účinnost
- Snadná údržba
- Ale problém s účinností!



Tepelná modifikace uhlíkové plsti



Modifikace plsti
v pícce:

- Teplota 400 °C
- Doba zahřívání 30 h
- Atmosféra vzduch



- Vznik C–O a C=O skupin na povrchu uhlíkové plsti
- Zlepšení elektrodové kinetiky (ověřeno cyklickou voltametrií)



Dosaženo účinnosti **99,9 %** ve všech fázích redukce.



Zvětšování měřítka – pilotní jednotka

Temperace

Nádrž
na produkt

Nádrže
na elektrolyty
dané vsádky



Elektrolyzér



Motivace vývoje:

- Kapacita: 80 l/den
- Elektrolyt „na míru“
- Vysoká poptávka
- Vlastní baterie



Příprava elektrolytů do VRPB

Výsledky

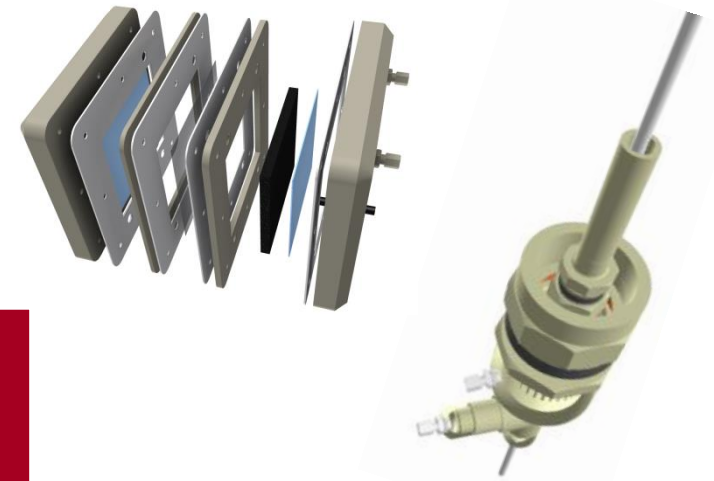
Laboratorní testovací VRPB

Návrh a konstrukce elektrolyzérů

Vývoj monitorovacího systému

Měření charakteristik elektrolyzérů

Optimalizace systému



Cíle

Dlouhodobé testy

Příprava elektrolytů
(≈ 100 l)

Vývoj poloprovodzní jednotky