

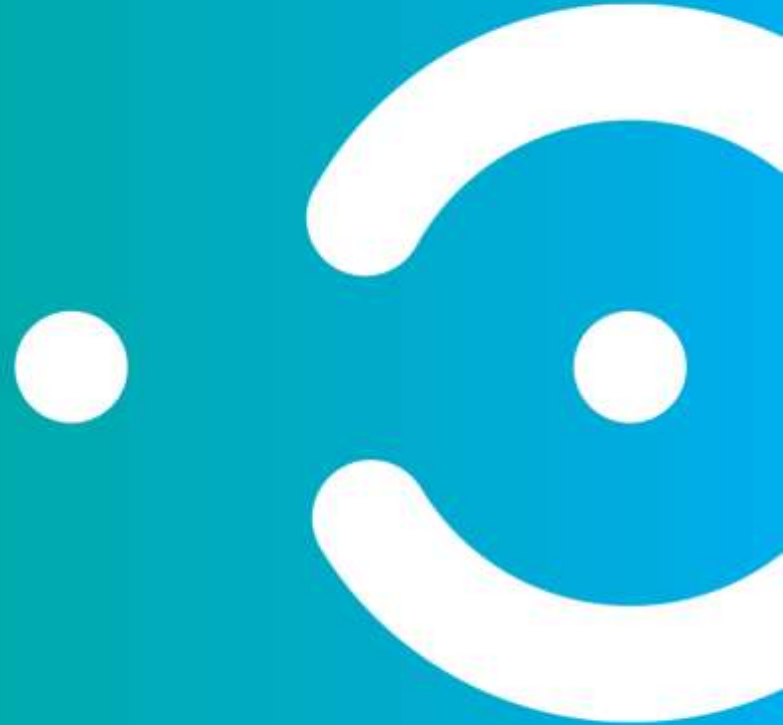
STAY·ON



Magazyny energii w technologii przepływowej – odpowiedź producentów baterii na zapotrzebowanie rynku energii

dr inż. Paweł Grabowski

Konferencja „Magazyny Energii”, PTPIREE, Kołobrzeg 8 listopada 2018



Agenda

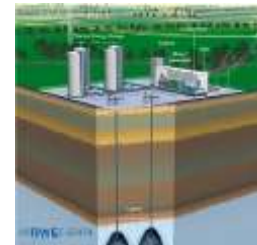
- Technologie magazynowania energii
- Dlaczego baterie przepływowe?
- Przegląd wybranych technologii przepływowych
- Dostępne rozwiązania w technologii przepływowej i ich cechy
- Przykłady instalacji magazynów energii
- Doświadczenia w Polsce
- Podsumowanie



- Elektrownie wodne szczytowo-pompowe
- Kinetyczne zasobniki energii
- Pneumatyczne zasobniki energii
- Ogniwa paliwowe
- Super-kondensatory
- Nadprzewodzące zasobniki energii
- **Elektrochemiczne zasobniki energii**



Źródło: Alstom Power



Źródło: RWE AG



Źródło: Vionx Energy

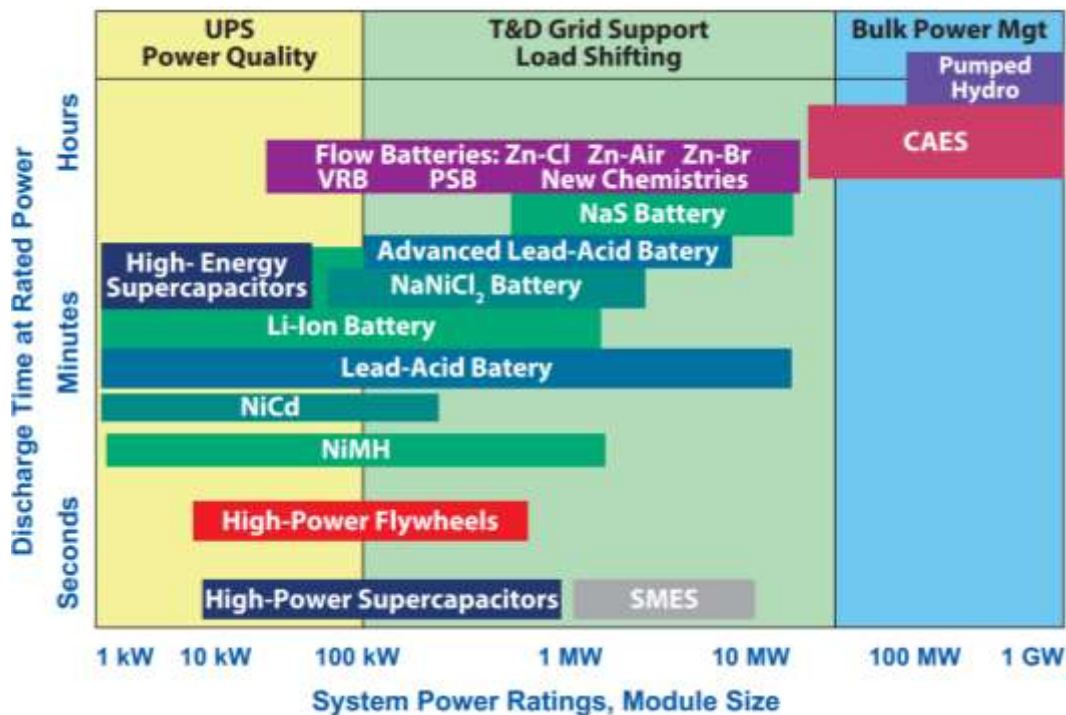


Źródło: CleanTechnica



Źródło: Boeing





Źródło: International Renewable Energy Agency
 „Electricity Storage And Renewables: Costs And Markets To 2030”, 2017 [IRENA2017]



Istotne zalety technologii przepływowej:

- Moc niezależna od energii
- Nieograniczona ilość cykli (standard **>20.000 cykli**)
- **Brak degradacji** (wybrani producenci)
- **Żywotność** systemów – min. 20 lat
- 100% **Recycling**
- **OPEX** bliski zeru!
- **Elastyczność** rozbudowy. Modułowość systemów.
- Uproszczony BMS
- **Bezpieczeństwo** – nie wybuchowe, nie palne

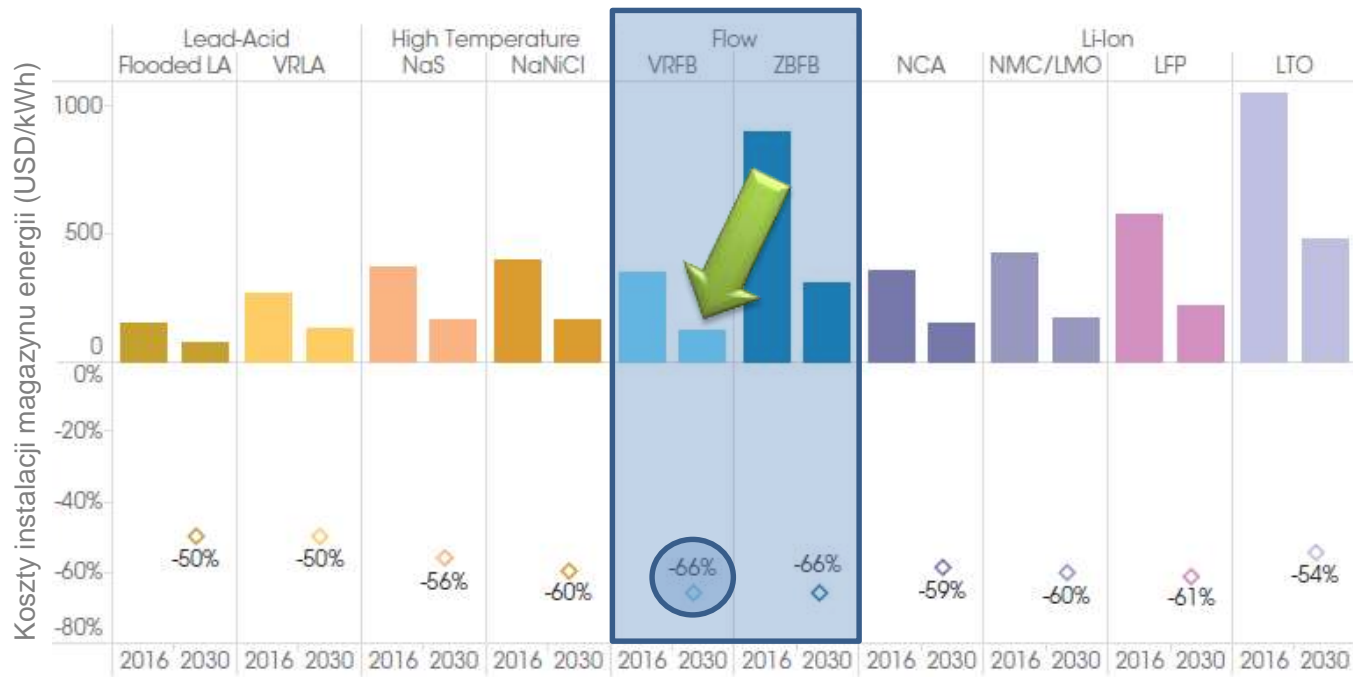
Wady – czy na pewno?

- Koszt – CAPEX porównywalny z Li-ion
- Sprawność – dla całego systemu ESS nieznacznie mniejsza w porównaniu z Li-Ion (*)
- Gęstość energii – czy dla energetyki ma to znaczenie?



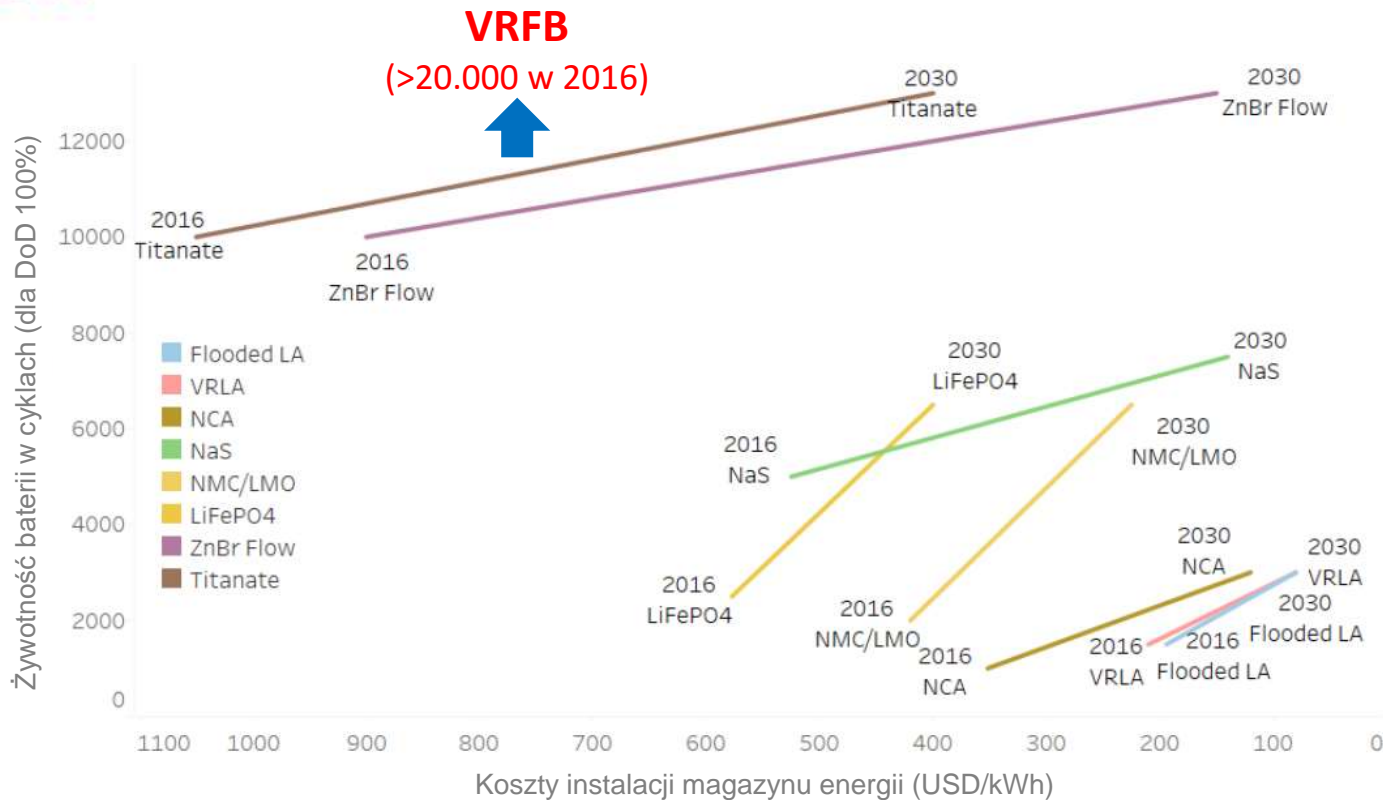
*) Źródło: Energy Storage Solutions <http://www.essinc.com>
„Dispatchable Solar Power”, 2018 [ESS2018]





*) Źródło: International Renewable Energy Agency
 „Electricity Storage And Renewables: Costs And Markets To 2030”, 2017 [IRENA2017]





*) Źródło: International Renewable Energy Agency
 „Electricity Storage And Renewables: Costs And Markets To 2030”, 2017 [IRENA2017]



Bezpieczeństwo systemowe baterii przepływowych:

- Ograniczone ryzyko porażenia i zwarcia – napięcie jedynie gdy przepływ elektrolitu (dotyczy tylko Wanadowych)
- Niewybuchowe
- Niepalne
- Brak energii „resztkowej”



Źródło: Energy Response Solutions „Energy Storage System Safety - Comparing Vanadium Redox Flow and Lithium-Ion Based Systems” [Energy Response Solutions, Inc. 2017]

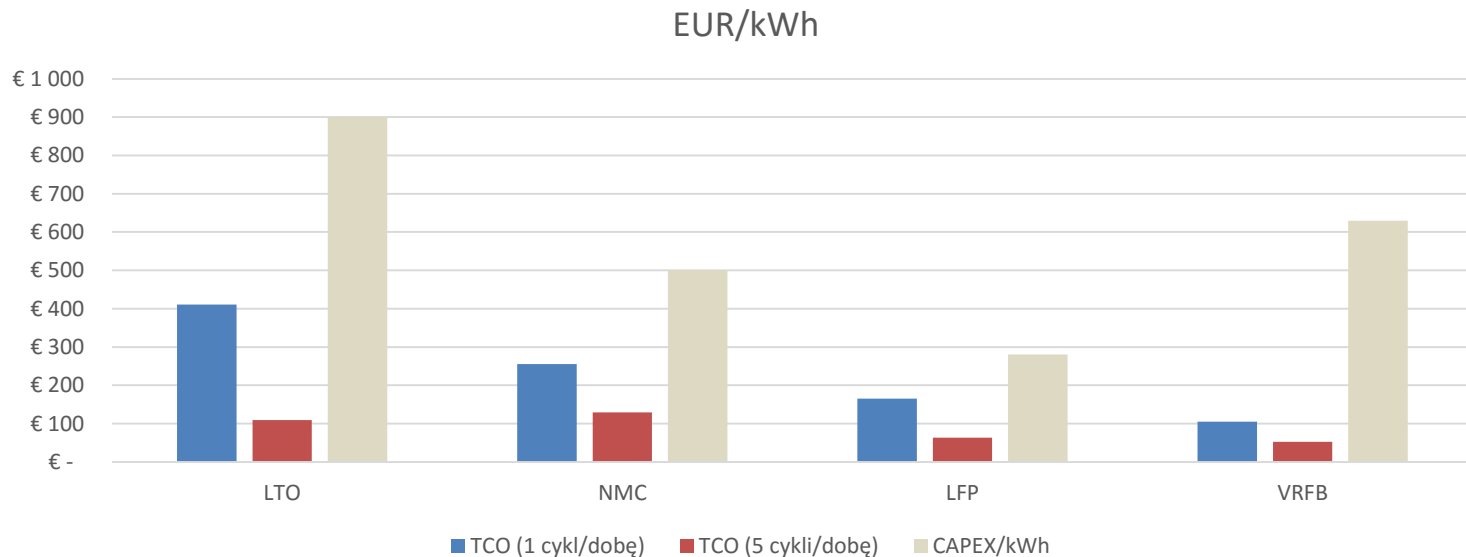
Risk	Lithium-ion	Flooded Cell	Sodium Sulfur	VRB Flow Battery
Voltage	X	X	X	
Arc-Flash/Blast	X	X	X	
Toxicity	X	X	X	X
Fire	X	X	X	
Deflagration	X	X		
Stranded Energy	X	X	X	

Energy Response Solutions „Energy Storage System Safety”

„This paper will address only Vanadium Redox as it is currently considered one of the safest flow battery technologies currently available. This is supported by operational and test data available from 20+ years of systems installed in various different applications, environmental conditions, and product configurations world-wide.



Porównanie technologii w kontekście CAPEX i TCO (OPEX+CAPEX)



Źródło: dr inż. Paweł Grabowski (2018) „Magazyny energii elektrycznej bez granic – koszty użytkowania”, EXPO PTAK, „Systemy energetyczne przyszłości oparte na OZE”



Inwestor decyduje o rozkładzie kosztów pomiędzy CAPEX i OPEX

Przykład dla magazynu energii 1MW / 4MWh

- CAPEX 300 € / kWh dla OPEX ~61 k€ / rok
- CAPEX 600 € / kWh dla OPEX ~1 k€ / rok

- TCO ~26 € / kWh*

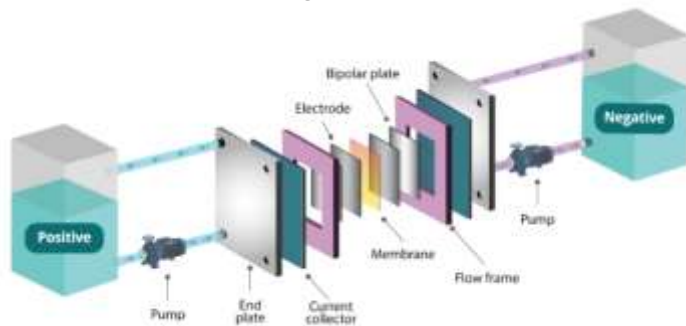
*) zakładając 12h rozładowania na dobę oraz wyłączając koszt energii i infrastruktury



Źródło: J.Gillespie „CapEx or OpEx through a lean lens”, Business 2 community [2018]



- Baterie przepływowe
 - Wanadowe (VRB)
 - Zinc-Bromine (ZNBR)
 - Iron-Chromium (ICB)
 - Inne (w tym organiczne)



Źródło: H2 Advanced Energy

System	Reactions	E_{cell}°	Electrolyte
Redox			
Al Vanadium ⁵	Anode: $V^{2+} \xrightarrow{\text{charge/discharge}} V^{3+} + e^-$ Cathode: $VO_2^+ + e^- \xrightarrow{\text{charge/discharge}} VO^{2+}$	1.4 V	H_2SO_4/H_2SO_5
Vanadium-Polyhalide ⁶	Anode: $V^{2+} \xrightarrow{\text{charge/discharge}} V^{3+} + e^-$ Cathode: $\frac{1}{2} Br_2 + e^- \xrightarrow{\text{charge/discharge}} Br^-$	1.3 V	$VCl_2-HCl/NaBr-HCl$
Bromine-Polysulfide ⁸	Anode: $2 S_2^{2-} \xrightarrow{\text{charge/discharge}} S_4^{2-} + 2e^-$ Cathode: $Br_2 + 2e^- \xrightarrow{\text{charge/discharge}} 2 Br^-$	1.5 V	$NaS_2/NaBr$
Iron-Chromium ⁷	Anode: $Fe^{2+} \xrightarrow{\text{charge/discharge}} Fe^{3+} + e^-$ Cathode: $Cr^{3+} + e^- \xrightarrow{\text{charge/discharge}} Cr^{2+}$	1.2 V	HCl/HCl
H_2-Br_2 ⁸	Anode: $H_2 \xrightarrow{\text{charge/discharge}} 2H^+ + 2e^-$ Cathode: $Br_2 + 2e^- \xrightarrow{\text{charge/discharge}} 2Br^-$	1.1 V	PEM ⁺ -HBr
Hybrid			
Zinc-Bromine	Anode: $Zn \xrightarrow{\text{charge/discharge}} Zn^{2+} + 2e^-$ Cathode: $Br_2 + 2e^- \xrightarrow{\text{charge/discharge}} 2 Br^-$	1.8 V	$ZnBr_2/ZnBr_2$
Zinc-Cerium ⁵	Anode: $Zn \xrightarrow{\text{charge/discharge}} Zn^{2+} + 2e^-$ Cathode: $2Ce^{4+} + 2e^- \xrightarrow{\text{charge/discharge}} 2Ce^{3+}$	2.4 V	CH_3SO_3H (both sides)

Źródło: T. Nguyen, R.F.Savinell „Flow batteries” [The Electrochemical Society Interface 2010]

Uwaga! Jedynie technologia wanadowa (VRB) jest w pełni* bezpieczna, bez-degradacyjna, z nieograniczoną ilością cykli oraz z wielogodzinną zdolnością rozładowczą bez zmniejszania mocy

*) nie uwzględniając aspektów toksyczności elektrolitu



Przykłady firm oferujących komercyjne rozwiązania:

- Vionx Energy (USA)
- PVH (USA)
- Prudent Energy (USA)
- Sumitomo (Japan)
- H2 Advanced Energy (Korea)
- Rongke Power (China)
- Green Rock (Austria)
- RedT (Wielka Brytania)
- Volterion (Niemcy)
- UET (USA)
- i wiele innych

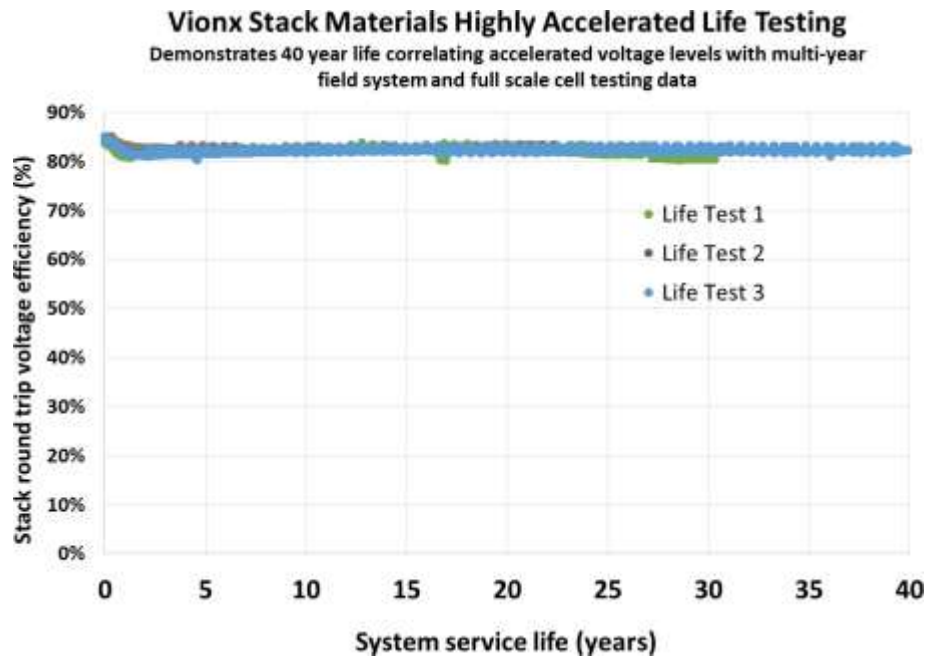


Główne czynniki wyróżniające producentów:

- Brak degradacji
- Pełna moc w całym procesie rozładowania
- Nieograniczona ilość cykli
- Gęstość mocy i energii
- Skalowalność
- Bezpieczeństwo
- Certyfikowana gwarancja pojemności



Przykładowy przebieg HALT* dla Vionx Energy (rozwiązanie bezdegradacyjne)



Źródło: Vionx Energy „VionxTechnology and Product Overview” [2018]

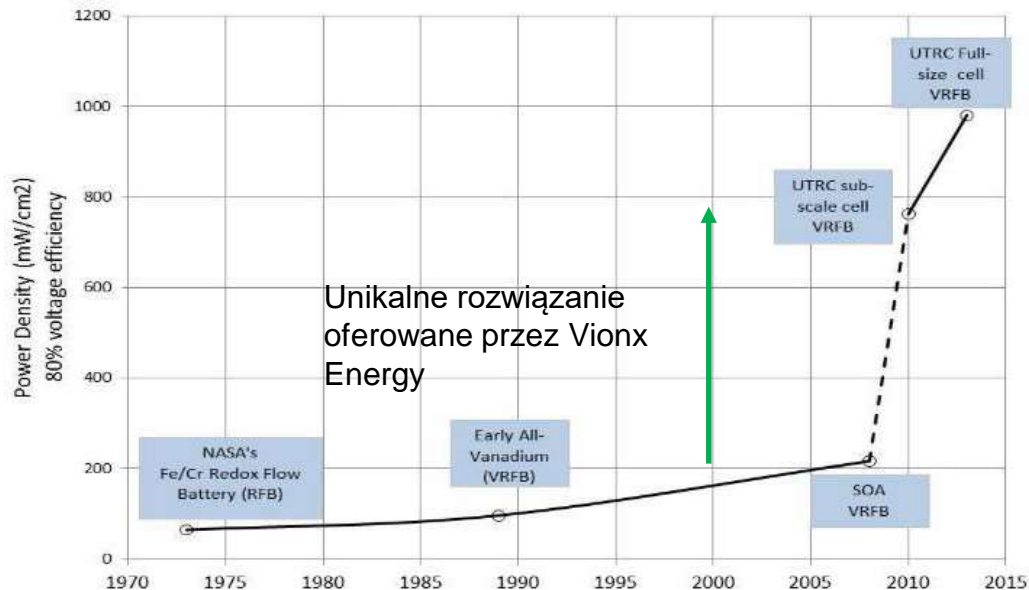
*) Highly Accelerated Life Test



Porównanie gęstości energii dla technologii przepływowych

Przykładowe porównanie gęstości mocy:

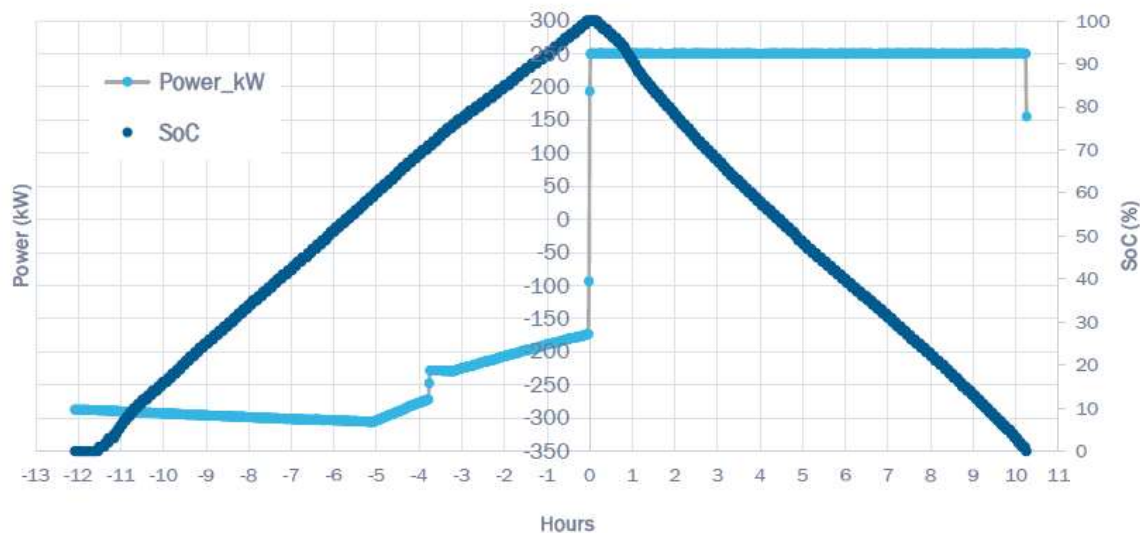
- Vionx Energy 4.05 kW/m²
- RedT 0,6 kW/m²
- Rongke/UET 0.96 kW/m²
- Sumitomo 1.15 kW/m²



Źródło: Vionx Energy „VionxTechnology and Product Overview” [2018]



Pełna moc w całym procesie rozładowania



Źródło: Vionx Energy „VionxTechnology and Product Overview” [2018]



Skalowalność systemowa



Źródło: Vionx Energy [2018]

Standardowe rozwiązania:

- elektrolit i ogniwa (z PCS) w osobnych kontenerach
- elektrolit i ogniwa we wspólnym kontenerze (osobno PCS)



Źródło: H2 Advanced Energy [2018]



Inne istotne cechy oferowane przez wybranych dostawców VRB:

- Dostępność gwarancji (ubezpieczenie komercyjne) na zachowanie parametrów pojemności
- Możliwość leasingowania elektrolitu
- Możliwość odsprzedania elektrolitu (w pełni wartościowego) po 20-letnim okresie użytkowania



**BATTERY SYSTEM WARRANTY INSURANCE
MASTER POLICY**

Master Policy Declarations



Dostępne krajowe dwukierunkowe przekształtniki energii

Rozwiązania katalogowe:

TAB. TYPOSZEREG: FALOWNIKI JEDNOFAZOWE I TRÓJFAZOWE, TYP BF1 MS 1-320 KVA (zwolniona zabudowa w szafie przemysłowej)			
Moc falownika	Znależniowe napięcie wejściowe DC	Trójfazowa*	
		Typ	Wymiary szkieletowy (szer. X wys. X gł.)
15 kVA	340 - 700	BF1z 10 T 340/400 MS	400 x 2000 x 800
15 kVA	340 - 700	BF1z 12 T 340/400 MS	400 x 2000 x 800
20 kVA	340 - 700	BF1z 20 T 340/400 MS	400 x 2000 x 800
25 kVA	340 - 700	BF1z 25 T 340/400 MS	400 x 2000 x 800
30 kVA	340 - 700	BF1z 30 T 340/400 MS	400 x 2000 x 800
40 kVA	340 - 700	BF1z 40 T 340/400 MS	400 x 2000 x 800
50 kVA	340 - 700	BF1z 50 T 340/400 MS	400 x 2000 x 800
60 kVA	340 - 700	BF1z 60 T 340/400 MS	400 x 2000 x 800
75 kVA	340 - 700	BF1z 75 T 340/400 MS	400 x 2000 x 800
100 kVA	340 - 700	BF1z 100 T 340/400 MS	400 x 2000 x 800
150 kVA	340 - 700	BF1z 150 T 340/400 MS	1200 x 2000 x 800
200 kVA	340 - 700	BF1z 200 T 340/400 MS	1400 x 2000 x 800
280 kVA	340 - 700	BF1z 280 T 340/400 MS	2400 x 2000 x 800
300 kVA	400 - 700	BF1z 300 T 400/430 MS	2400 x 2000 x 800
320 kVA	470 - 700	BF1z 320 T 570/430 MS	2400 x 2000 x 800

*jednofazowe na zamówienie

Rozwiązania na zamówienie:

- dostępny zakres napięciowy DC do 1000V
- dostępna moc do 1,5MW / jednostkę falownika



Sumitomo – 2MW/8MWh



Źródło: Global SEI [2017]

H2 – 260kW/1,54MWh



Źródło: H2 Advanced Energy [2018]

Rongke Power – 200MW/800MWh (w budowie)



Źródło: Electrek [2018]

Vionx – 0,5MW/3MWh



Źródło: Vionx Technology and product overview [2018]



EnerFLOW[®] 410

- Magazyn energii w technologii przepływowej VRB
- Moc nominalna: 15kW
- Pojemność: 100kWh
- Producent: H2
- Instalacja i serwis: Stay-On
- Miejsce instalacji
Centrum Badawcze PAN
Konwersja Energii Źródła
Odnawialne (KEZO)

Zapraszamy do KEZO do współpracy jak i na
zwiedzanie instalacji



Istotne zalety technologii przepływowej:

- Moc niezależna od energii
- Nieograniczona ilość cykli (standard **>20.000 cykli**)
- **Brak degradacji** (wybrani producenci)
- **Żywotność** systemów – min. 20 lat
- 100% **Recycling**
- **OPEX** bliski zeru!
- **Elastyczność** rozbudowy. Modułowość systemów.
- Uproszczony BMS
- **Bezpieczeństwo** – nie wybuchowe, nie palne

Główne czynniki wyróżniające producentów baterii przepływowych:

- Brak degradacji
- Pełna moc w całym procesie rozładowania
- Nieograniczona ilość cykli
- Gęstość mocy i energii
- Skalowalność
- Bezpieczeństwo
- Certyfikowana gwarancja pojemności

Rekomendowani dostawcy:

- **Vionx Energy** dla $P > 1\text{MW}$ i 4+ godz. pojemności
- **H2** dla $P < 1\text{MW}$ i 4+ godz. pojemności
- **APS Energia** – falownik dwukierunkowy



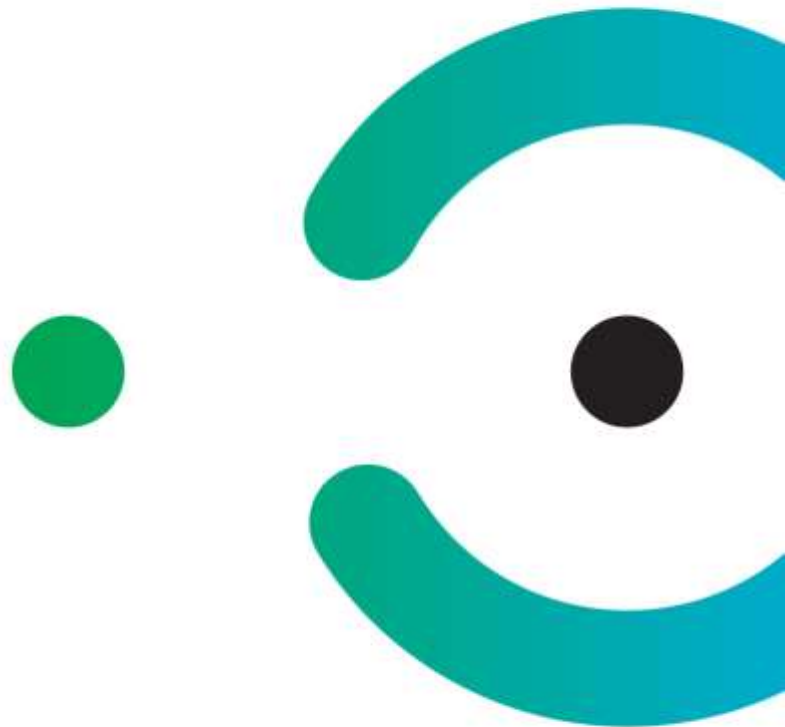
Kontakt:

Dr inż. Paweł Grabowski

Email: pawel.grabowski@stay-on.pl

Kom. 501 702 000

STAY-ON.PL



STAY·ON

