

Wysokotemperaturowe zasobniki ciepła

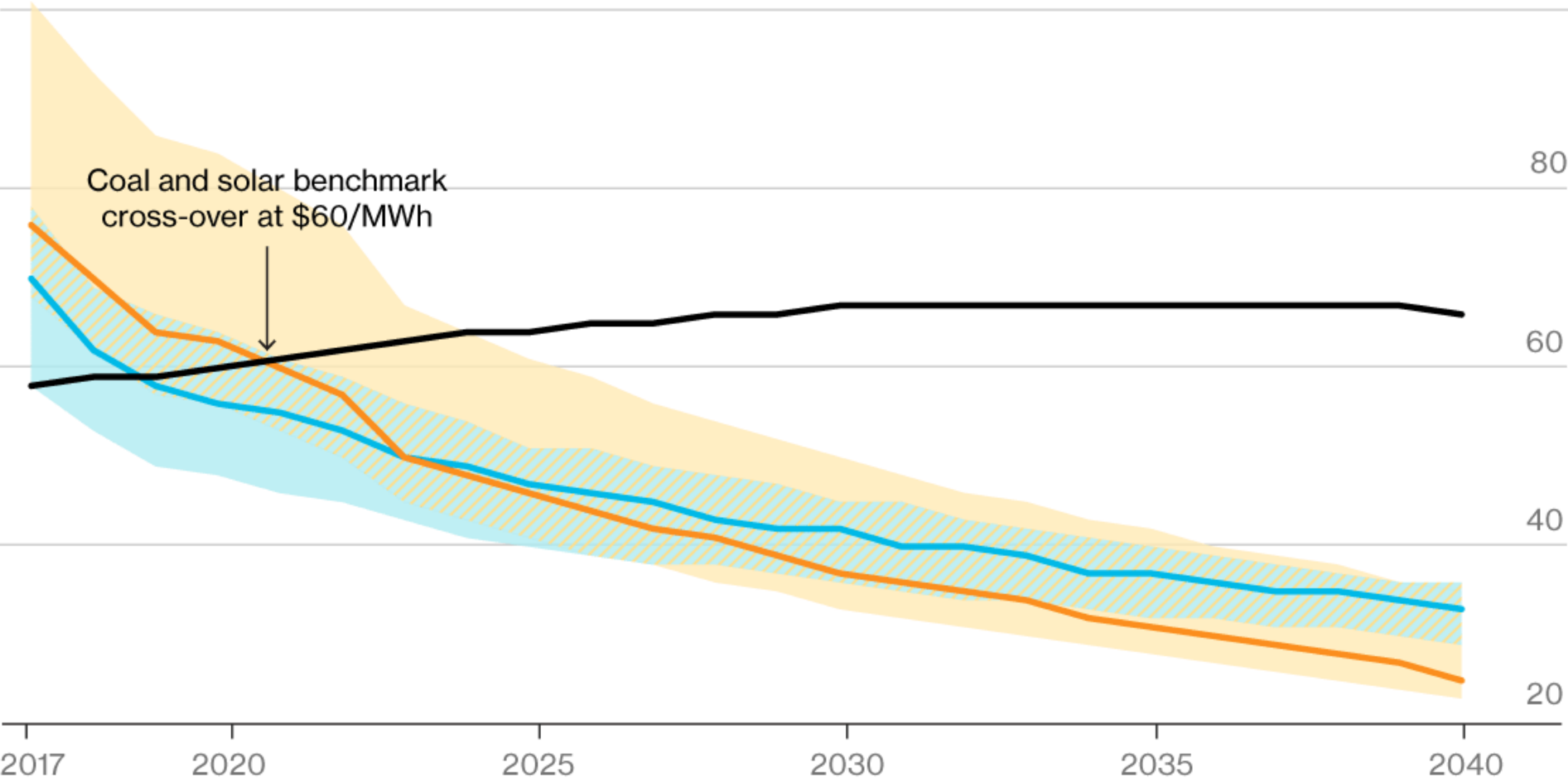
Autor: Jacek Skalmierski

China's Big Tipping Point

Within four years solar will be cheaper than coal

■ Coal ■ Onshore wind ■ Large solar farms

\$100 per megawatt hour



Levelized cost of energy based on realized load factors (2016 real). Source: BNEF



Światowa cena węgla (Amsterdam-Rotterdam-Antwerpia) : 97 USD/t

Ciepło spalania: 22 [GJ/t]

Cena odniesiona do energii: 15,87 [USD/MWh]

Cena gazu ziemnego na granicy Rosja-Polska (domyślna): 20 [USD/MWh]

Cena gazu po uwzględnieniu kosztów dystrybucji (około): 40 [USD/MWh]

Cena dolara: 3,56 [zł/USD]

Cena m³ gazu wynosi: 1,424 [zł/m³]

Zapotrzebowanie na energię przy produkcji wodoru: 50 [kWh/kg]

Ciepło spalania wodoru: 120 [MJ/kg]

Ciepło spalania wodoru: 33,33 [kWh/kg]

Koszt jednostkowy ciepła spalania wodoru: 37,5 [USD/MWh]

Jednostkowy koszt ciepła w przypadku akumulacji: [**25 USD/MWh**]

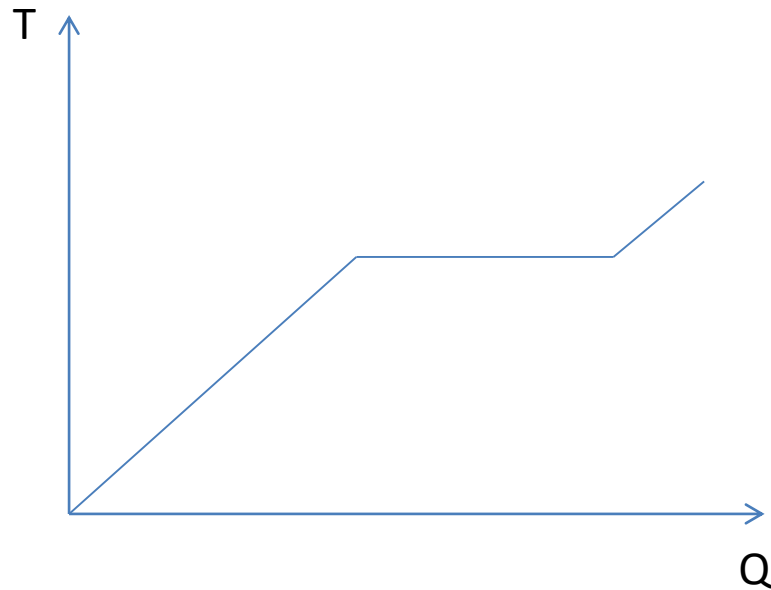
Glin (aluminium):

Temperatura topnienia: 660,32 [°C]

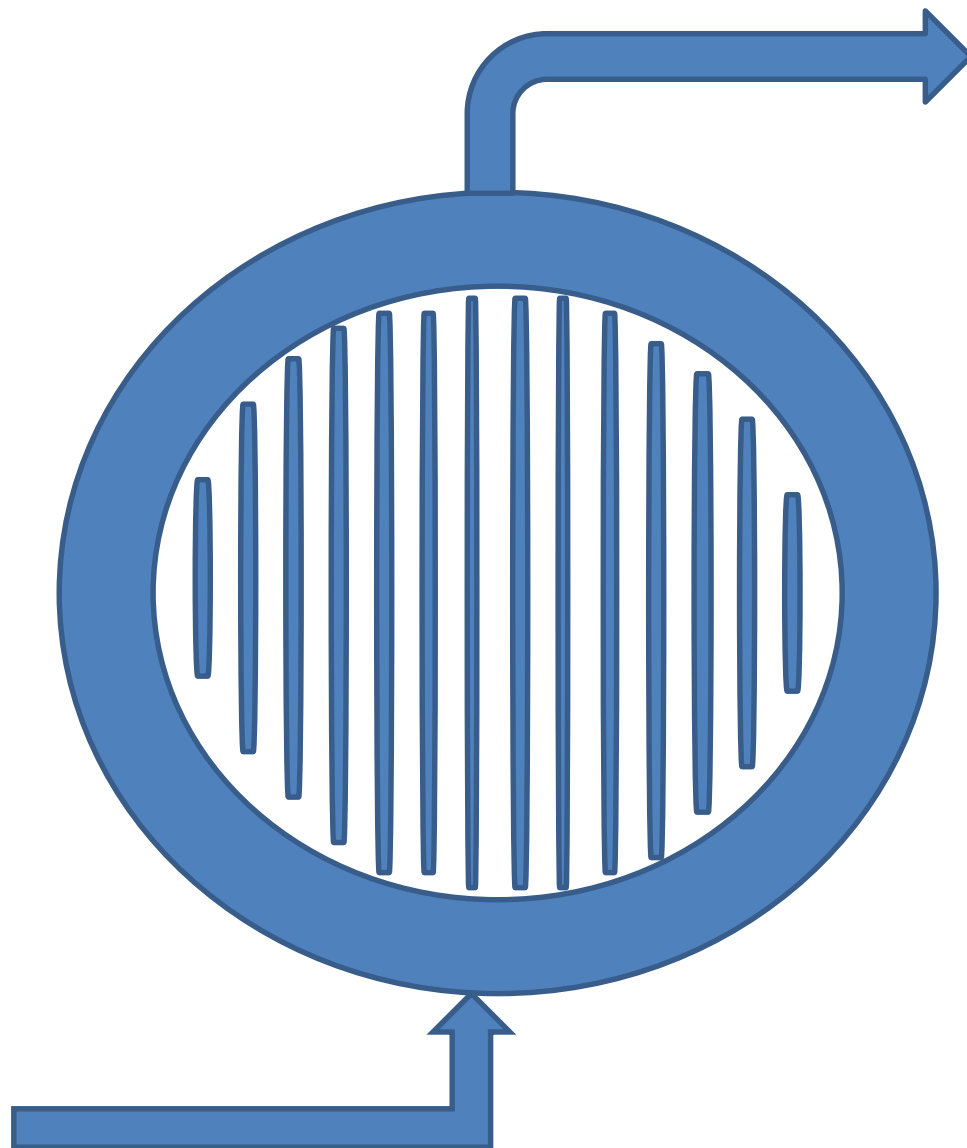
Gęstość: 2700 [kg/m³]

Ciepło topnienia 299,9 [kJ/kg]

Odwrotność obj. gęstość energii topnienia: 3,334 [dm³/kWh]



Akumulacja ciepła w procesie topnienia



Zasobnik ciepła

Obliczanie promienia kuli

Obliczanie objętości jednostkowej dla zakumulowania 1 [kWh]:

$$V_{jed.} = 6,668 \left[\frac{dm^3}{kWh} \right]$$

Obliczanie objętości dla zasobnika o pojemności 100 [MWh]:

$$V = Q \cdot V_{jed.} = 666,8283 \text{ [m}^3\text{]}$$

Obliczanie promienia kuli:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = 5,42 \text{ [m]}$$

Dla grubości izolacji cieplnej 2 [m] zewnętrzna kula ma promień 7,42 [m]

Obliczanie strat ciepła zasobnika

$$\dot{Q} = \frac{P \cdot \lambda \cdot \Delta T}{d}$$

$$dR_c = \frac{dx}{\lambda \cdot P}$$

$$R_c = \int_{r_2}^{r_1} \frac{dx}{4\pi\lambda x^2} = \frac{1}{4\pi\lambda} \int_{r_2}^{r_1} x^{-2} dx = \frac{1}{2\pi\lambda} \cdot \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

Wstawiając dane promieni określające położenie izolatora cieplnego i przyjmując $\lambda = 0,043$ [W/m·dec] otrzymujemy, opór cieplny wynosi: 0,184086 [dec/W].
Przy założeniu temperatury wewnątrz akumulatora cieplnego 660[°C] i temperatury otoczenia 20 [°C] strumień strat ciepła wynosi: 3,47664 [kW].
W ciągu doby zasobnik traci 0,08 % gromadzonej energii.

Parametry na wejściu turbiny

temperatura topnienia	660,32	°C
temperatura topnienia	933,47	K
entalpia na wejściu turbiny	3780	kJ/kg
entropia na wejściu turbiny	7,125	kJ/(kg*K)
ciśnienie	12	MPa
ciśnienie	12000000	Pa
różnica ciśnień	11995000	Pa

Parametry na wyjściu turbiny

ciśnienie na wyjściu turbiny	0,05	bar
ciśnienie na wyjściu turbiny	5	kPa
ciśnienie na wyjściu turbiny	0,005	Mpa
temperatura	306,05	K
temperatura	32,9	°C
wilgotność pary X	90%	
entalpia na wyjściu turbiny	2420	kJ/kg
entropia na wyjściu turbiny	7,6	kJ/(kg*K)

Wylizanie sprawności elektrowni:

różnica entalpii	1360	kJ/kg
entalpia parowania	2423,40	kJ/kg
entalpia parowania przy X=90%	2181,06	kJ/kg
sprawność generatora prądu	98,50%	
energia na wyjściu generatora	1339,6	kJ/kg
gęstość wody	0,0010052	m ³ /kg
energia pompowania	12,062	kJ/kg
sprawność silnika pompy	97%	
energia na wejściu silnika pompy	12,435	kJ/kg
energia na wyjściu elektrowni	1327,165	kJ/kg
energia dostarczona	3541,06	kJ/kg
sprawność	37,48%	

pojemność zasobnika energii	266,8139	MWh
pojemność zasobnika energii	266813,9	kWh
objętość kuli (środkowej)	1779191	dm ³
objętość kuli (środkowej)	1779,191	m ³
średnica kuli (środkowej)	7,517001	m
grubość izolacji	3,5	m
średnica kuli	11,017	m
procentowe straty ciepła na dobę	0,10%	