

Energetyka konwencjonalna odnawialna i jądrowa

Wykład 5 - 30.X.2018

Zygmunt Szepliński

Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów

szef@fuw.edu.pl

<http://www.fuw.edu.pl/~szef/>

Linie wysokiego napięcia



Sieć wysokiego napięcia (WN) – elektroenergetyczna sieć przesyłowa, w której wynosi od 60 do 220 kV (w Polsce 110 kV). Sieć ta służy do przesyłania energii elektrycznej na duże odległości. Sieć najwyższych napięć (NN) – to sieć przesyłowa, w której napięcie elektryczne jest równe lub większe niż 200 kV

Słup przelotowy linii 750 kV.

Linie wysokiego napięcia

Rozważmy linię o napięciu 400kV ze Śląska do Warszawy z prądem 500 A. Przesyłanie mocy to:

$$P = U \cdot I = 4 \cdot 10^5 \text{ V} \cdot 5 \cdot 10^2 \text{ A} = 2 \cdot 10^8 \text{ W} = 200 \text{ MW}$$

Opór linii przesyłowej to 0,1 Ω /km. Przy 300 km $R=30 \Omega$.

Straty na ciepło wydzielone na linii przesyłowej to:

$$U = I \cdot R \quad P = U \cdot I = (I \cdot R) \cdot I = I^2 R$$

Wobec tego moc tracona na ciepło to:

$$P = I^2 R = (500 \text{ A})^2 \cdot 30 \Omega = 7,5 \cdot 10^6 \text{ W} = 7,5 \text{ MW}$$

Straty to 3,25% mocy dostarczanej!!!

Wyższe napięcie to wyższa moc dostarczana, dłuższa linia to większe straty

Czerwone linie
-istniejące 400kV
Zielone linie
-220 kV
Przerywane
-planowane
Źródło:

<http://www.pse.pl>



30.X.2018

Wytwarzanie rzeczy

Fazy życia rzeczy

- I etap istnienia rzeczy określamy jako „**dobra konsumpcyjne**”.
- Kiedy rzecz zostaje kupiona i przyniesiona do domu, przechodzi **transformację z „dobra konsumpcyjnego” w „rupieć”**.
- Rupieć towarzyszy swojemu właścicielowi przez miesiące, a nawet lata.
 - Ostatecznie rupieć przeistacza się w swą ostateczną postać – staje się „**śmieciem**”.

Na każdym z etapów ponosimy koszty energetyczne, wytwarzania, transportu, eksploatacji i wreszcie utylizacji.

O całkowitym koszcie zwykle decyduje 1 lub dwa etapy

Fazy życia rzeczy

Faza S: Surowce - przygotowanie. Koszt energetyczny tej fazy zawiera również transport surowców do miejsca ich przetwarzania.

Faza P: Produkcja. W koszt energetyczny tej fazy należy wliczyć także pakowanie i dalsze transportowanie.

Faza W: Wykorzystywanie.

Faza U: Utylizacja. Ten etap wiąże się nie tylko z wydatkowaniem energii na umieszczenie rzeczy na wysypisku lub recyklingu, ale również na eliminację związanych z tym zanieczyszczeń.

Wybieramy do analizy:

Zamiast szacować szczegółowo, jak wiele energii pochłania stała produkcja i transport wszystkich rzeczy, rzućmy okiem na kilka typowych przykładów:

- opakowania z napojami,
- komputery, tablety, baterie,
 - Prasa, książki, ulotki,
 - samochody,
 - domy.

Skupimy się na kosztach energetycznych faz S i P.

Energię zużytą do wyprodukowania rzeczy określa się czasem mianem **szarej energii** lub energii zawartej w rzeczach.

Szara energia zawarta w materiałach

Materiał	Energia wewnętrzna [kWh/kg]
Paliwa kopalne	10
Drewno	5
Papier	10
Szkło	7
Plastik -PET	30
Aluminium	40
Stal	6

1 kWh=3,6 MJ, przyjmujemy 1 kWh $\approx$ 4 MJ

Opakowania

Typ opakowania	Szara energia
Puszka od piwa, coli etc.	0,6 kWh
Butelka PET $\frac{1}{2}$ l	0,7 kWh
Opakowanie styropianowe	0,2 kWh

Średnia szara energia to ok. 10 kWh/kg

Wyrzucamy dziennie 200 g opakowań $\approx$ 2 kWh/d

miasto 300 g

wieś 100 g

Komputery, tablety, baterie

Sprzęt	Szara energia
Komputer	1800 kWh
Tablet	600 kWh
Telefon komórkowy	300 kWh
Baterie AA (0,001 kWh)	1 kWh

Średnia szara energia to ok. 10 kWh/kg

Co 3 lata komputer $\approx 2\text{kWh/d}$

Co 2 lata tablet $\approx 1\text{kWh/d}$

Co 2 lata telefon $\approx 0,5\text{ kWh/d}$

2 baterie AA miesięcznie $\approx 0,1\text{ kWh/d}$

Razem elektronika $\approx 3,5\text{ kWh/d}$

Prasa, książki, ulotki

Przykłady i masa papieru	Szara energia
GW 80 str. (150g)	0,15 kWh
Polityka 110 str (200g)	0,2 kWh
Gala (kolorowy brukowiec)	0,2 kWh
Ulotki, brak książek	

Średnia szara energia to ok. 10 kWh/kg

**Kupujemy lub dostajemy 200 g papieru dziennie,
co daje $\approx 2 \text{ kWh/d}$**

Recykling oszczędza połowę energii !!!

Dom

Materiał budowlany	Szara energia/kg
Drewno budowlane	0,7 kWh
Płyta MDF, sklejka etc.	3 kWh
Opakowanie styropianowe	0,2 kWh
Granit budowlany	2,5 kWh
Cement	1,5 kWh
Cegła	0,6 kWh
Plastik generalnie	25 kWh
Szkło	4 kWh
Stal	12 kWh
Aluminium	47 kWh

Dom budujemy dla 3 osób na 100 lat.

120 000 kWh/3 os= 40 000kWh/osobę.

100 lat to 36 500 dni więc mamy: ≈ 1 kWh/d

Samochód

Samochód to ok. 80 000 kWh szarej energii
Jeśli wymieniamy co 15 lat ≈ 5000 dni,
dostajemy ≈ 16 kWh/d

Drogi

Koszt 1m drogi to:	10 000 kWh
Utrzymanie przez 40 lat to:	25 000 kWh
Razem:	35 000 kWh

$$\frac{35000 \text{ kWh}}{40 \text{ lat}} = \frac{35000 \text{ kWh}}{40 \cdot 365 \text{ dni}} \approx 2 \text{ kWh/d}$$

Razem samochód i drogi $16 + 2$ kWh/d $\approx$ **18 kWh/d**

Paliwo do auta w transporcie $\approx$ **27 kWh/d**

Transport

W/g danych brytyjskich koszty energetyczne transportu na osobę dziennie wynoszą:

Typ transportu	Energia/d
Transport drogowy	7 kWh/d
Transport wodny	4 kWh/d
Woda i oczyszczanie ścieków	0,5 kWh/d
Sprzedaż rzeczy (transport)	0,5 kWh/d

Całkowite koszty energetyczne transportu na osobę dziennie wynoszą $\approx$ **12 kWh/d**

Podsumowanie zużycia (wykład 4)

Dzienny koszt wytwarzania i transportu rzeczy:

Opakowania	2 kWh/d
Elektronika -wytwarzanie	3 kWh/d
Prasa, książki, ulotki	2 kWh/d
Dom	1 kWh/d
Samochód+drogi	18 kWh/d
Transport rzeczy	12 kWh/d

Razem	38 kWh/d

Dotychczasowe obliczenia zużycia

Policzone dzienne zużycie energii:

Spoczynek i praca	5 kWh/d
Transport codzienny	27 kWh/d (1 kWh/d)
Transport wakacyjny	6 kWh/d
Higiena osobista	6 kWh/d
Posiłki, Pranie, zmywanie	5 kWh/d
Ogrzewanie, dom i praca	40 kWh/d
Oświetlenie i elektronika	9 kWh/d
Żywność o energii 3kWh/d	15 kWh/d
Wytwarzanie i transport rzeczy	38 kWh/d

Razem **151 kWh/d**

1 kWh=3,6 MJ → 151 kWh/d= 543 MJ,
543 MJ to ok. 18 kg węgla a to 67 kg CO₂ dziennie,

Nasz wkład to **24,5 tony CO₂ rocznie !!!**

Energia wiatrowa

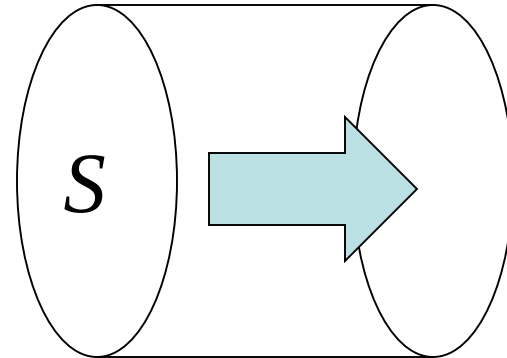
Energia wiatrowa

Farmy wiatrowe i pojedyncze wiatraki. Ile energii możemy wygenerować z jednostki powierzchni ?

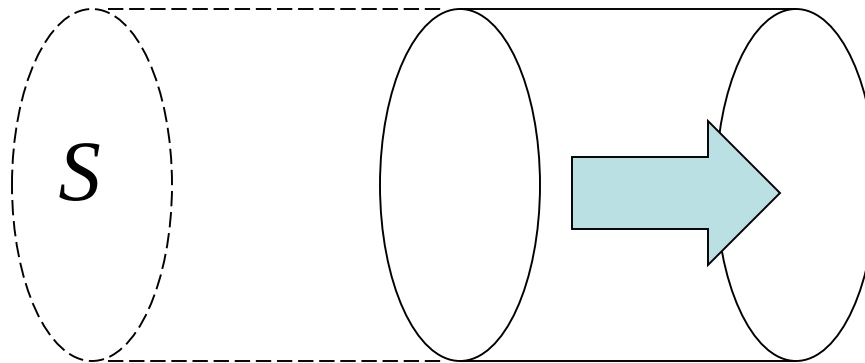


Fizyka energii wiatrowej

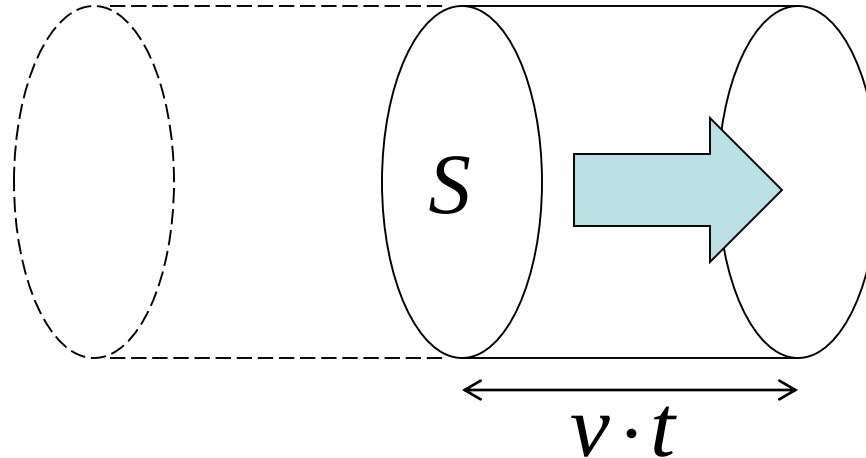
Obręcz o powierzchni S
wystawiona na wiatr o
prędkości v .



To samo po chwili (1 s później)



Fizyka energii wiatrowej



**Masa przemieszczonego
powietrza:**

$$m = \rho V = \rho S v t$$

Energia kinetyczna przemieszczonego wycinka powietrza:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \rho S v t v^2 = \frac{1}{2} \rho S t v^3$$

Fizyka energii wiatrowej

Gęstość powietrza:

$$\rho = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**Typowa (duża)
prędkość wiatru:**

$$v \approx 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**Moc z obręczy
o powierzchni S:**

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1}{2t} \rho S t v^3 = \frac{1}{2} \rho S v^3$$

**Moc z 1 m²
Powierzchni:**

$$P_s = \frac{1}{2} \rho v^3$$

Moc z 1 m² powierzchni

Dla prędkości wiatru 6m/s :

$$P_s = \frac{1}{2} 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left(6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^3 \approx 140 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Moc wiatraka

Jeśli prędkość wiatru wychodzącego z wirnika spada do 1/3 prędkości wiatru wchodzącego to wiatrak może osiągnąć sprawność 50% (50% mocy wychwytyuje wirnik)

Przyjmijmy średnicę wiatraka $\Phi=25$ m i wysokość kolumny 32 m (10 pięter). Moc takiego wiatraka to:

$$P = 50\% \cdot P_s \cdot \frac{\pi \cdot \Phi^2}{4} = 50\% \cdot 140 \frac{W}{m^2} \cdot \frac{\pi}{4} (25m)^2 \approx 34kW$$

Aby, oszacować ile energii możemy uzyskać należy określić:

- ile wiatraków,
- jaka średnica pojedynczego wiatraka
- jak gęsto mają być rozmieszczone

Wprowadzenie - ciekawostki

Świat

- Rekordowa popularność energetyki wiatrowej na świecie
- 369,6 GW - moce farm wiatrowych na koniec 2014
- 51 GW - przyrost nowych globalnych mocy

Polska

- 23,4% - przyrost produkcji energii elektrycznej z farm wiatrowych
- 5 miejsce w Europie pod względem nowych przyłączy w Europie
- 9 miejsce w Europie pod względem całkowitej mocy farm wiatrowych

Dane za 2014 rok

Sytuacja na świecie

- 369,6 GW - globalna moc farm wiatrowych na koniec 2014 roku
- 51,4 GW - nowe przyłączenia farm wiatrowych w 2014 roku
- 44% - przyrost nowych przyłączy względem roku poprzedniego

Sytuacja w Europie

Europejski system elektroenergetyczny

910,1 GW – całkowita moc elektrowni konwencjonalnych i OZE

14,8 GW całkowity przyrost mocy w systemie, w tym

11,4 GW przypadało na energetykę wiatrową

13,1-18,7 mld euro wynosiła wartość inwestycji

W okresie Od 2000 do 2014 roku:

91,1% łącznie na energetykę odnawialną i gaz

56,2% na odnawialne źródła energii

29,4% nowych mocy przypadało na energetykę wiatrową

Farmy wiatrowe w Polsce

- ❑ 38,1 GW - całkowita moc zainstalowana w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym (spadek o 285 MW) w 2014 roku.
- ❑ Elektrownie wiatrowe są głównym źródłem energii elektrycznej wśród OZE, wyprzedzając te oparte o biomasę.
- ❑ 4,1 GW - łączna moc farm wiatrowych w Polsce, VI 2015 roku
- ❑ 1,0 GW - elektrownie oparte o biomasę, VI 2015
- ❑ 444,3 MWh - energia farm wiatrowych przyłączona w 2014 roku
- ❑ 7,2 TWh - produkcja energii elektrycznej przez źródła wiatrowe
- ❑ 158,7 TWh - całkowita produkcja energii elektrycznej

Rozmieszczenie wiatraków

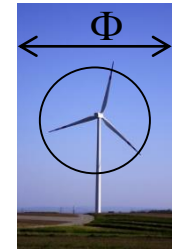
Jak gęsto da się rozmieścić wiatraki? Jeśli staną zbyt gęsto, to wiatraki na nawietrznej pozbawią wiatru wiatraki na zawietrznej. Eksperci twierdzą, że wiatraki powinny dzielić co najmniej pięciokrotność ich średnicy.

Moc generowana przez wiatraki na jednostkę powierzchni gruntu na której zbudowano farmę:

$$\frac{\text{Moc wiatraka}}{\text{Powierzchnia na wiatrak}} = \frac{34kW}{(5\Phi)^2} = \frac{34kW}{(125m)^2} \approx 2 \frac{W}{m^2}$$

30.X.2018

EKOJ - Wykład 5



5Φ



27/21

Ile możemy wygenerować mocy?

W Polsce na 1 osobę przypada 8000 m², co daje nam moc całkowitą rzędu 16 kW na osobę.

$$2\text{W/m}^2 \cdot 8000\text{m}^2/\text{osobę} = 16\text{kW}/\text{osobę}$$

$$16\text{kW}/\text{osobę} \cdot 24\text{h} \approx 400\text{kWh}/\text{osobę} \text{ dziennie}$$

Ale, czy możemy pokryć 100% kraju wiatrakami (może 10%). Wtedy mamy tylko **40 kWh/d ???**. Co z dniami bezwietrznymi? Gdzie tereny dla miast etc.? Całkowita moc z 10% powierzchni Polski to: $2\text{W/m}^2 \cdot 31,2 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \approx 60\text{GW}$ co daje nam moc potrzebną w kraju, ale to nierealne.

Farma Karcino k/ Kołobrzegu

Farma posiada 17 turbin Vestas typu V90-3 o średnicy wirników 90 m, zamontowanych na wieżach o wysokości 105 m. W tym miejscu o bardzo dobrych warunkach wiatrowych i na tak dużej wysokości **średnia prędkość wiatru wynosi 7 m/s**. Łączna moc szczytowa wynosi 51 MW i przypada na powierzchnię 6 km², czyli moc maksymalna farmy wynosi 8,5 W/m². Uruchomiona w 2010 roku farma ma wytwarzać 120 GWh rocznie, co oznacza średnią produkcję **mocy na jednostkę powierzchni równą 2,3 W/m²**. Trochę więcej niż w obliczeniach, jest to jednak przykład elektrowni położonej w szczególnie sprzyjającym miejscu i wyposażonej w bardzo wysokie wiatraki.

Ile możemy wygenerować mocy?

Farma Karcino ma turbiny o średnicy wirników 90 m.
Jaka jest moc takich wiatraków z jednostki powierzchni?

$$P = 50\% \cdot P_s \cdot \frac{\pi \cdot \Phi^2}{4} = 50\% \cdot 140 \frac{W}{m^2} \cdot \frac{\pi}{4} (90m)^2 \approx 440kW$$

Moc generowana przez wiatraki $\Phi=90m$ na jednostkę powierzchni:

Moc wiatraka

Powierzchnia na wiatrak

$$= \frac{440kW}{(5\Phi)^2} = \frac{440kW}{(450m)^2} \approx 2,2 \frac{W}{m^2}$$

Moc generowana przez wiatraki $\Phi=25m$ na jednostkę powierzchni:

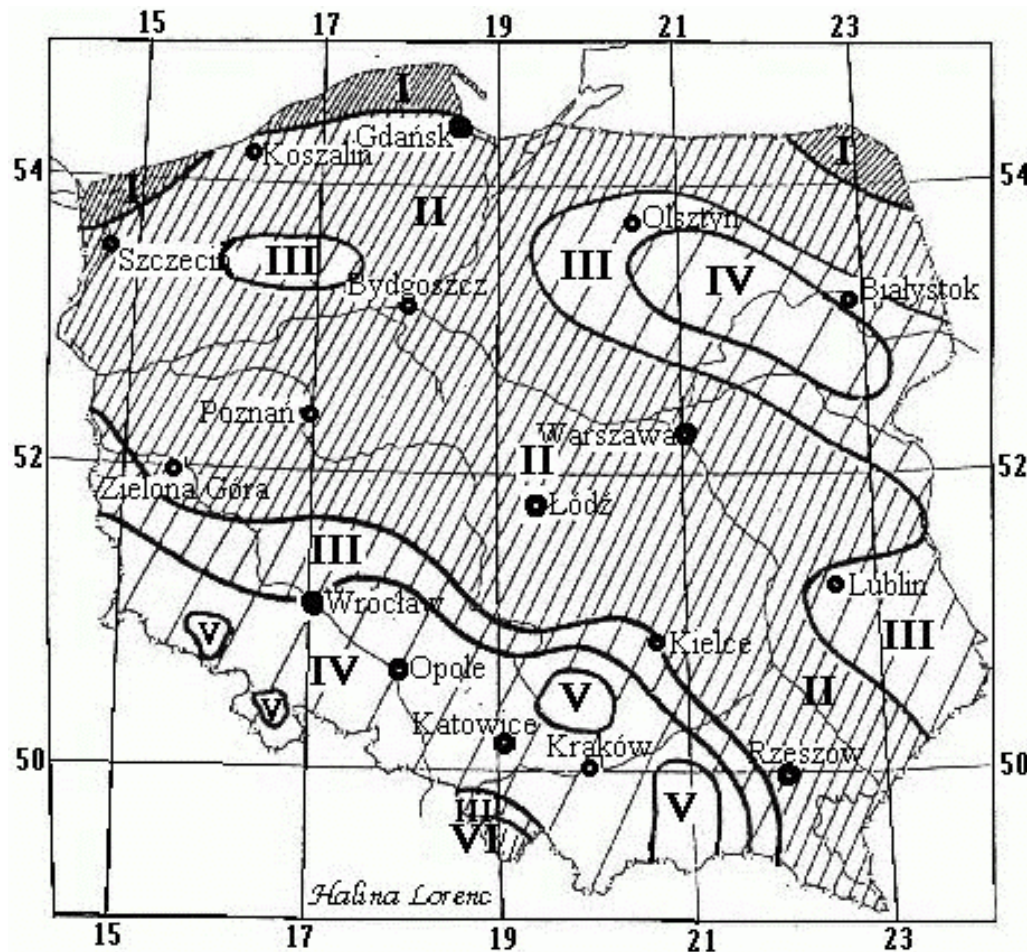
Moc wiatraka

Powierzchnia na wiatrak

$$= \frac{34kW}{(5\Phi)^2} = \frac{34kW}{(125m)^2} \approx 2 \frac{W}{m^2}$$

Możemy nieco zyskać na większej prędkości wiatru!

Strefy prędkości wiatrów



MAPA WIATRÓW W POLSCE

STREFY:

I - wybitnie korzystna $w = 5,0 - 6,0 \text{ m/s}$
II - korzystna $w = 4,5 - 5,0 \text{ m/s}$
III - dość korzystna $w = 4,0 - 4,5 \text{ m/s}$
IV - niekorzystna $w = 3,5 - 4,0 \text{ m/s}$
V - wybitnie niekorzystna $w < 3,5 \text{ m/s}$
VI - strefy wyłączone – wysokie partie gór

Fizyka energii wiatrowej

Moc z 1 m²

Powierzchni

wirnika turbiny:

$$P_s \left(6 \frac{m}{s} \right) = \frac{1}{2} \rho v^3 = \frac{1}{2} 1,25 \frac{kg}{m^3} \left(6 \frac{m}{s} \right)^3 \approx 140 \frac{W}{m^2}$$

Moc z 1 m² powierzchni

farmy:

$$P = 50\% \cdot P_s \cdot \frac{\pi \cdot \Phi^2}{4 \cdot (5\Phi)^2} = 50\% \cdot 140 \frac{W}{m^2} \cdot \frac{\pi}{100} \approx 2 \frac{W}{m^2}$$

**Moc zależy
od v³, więc:**

Strefa	Prędkość wiatru [m/s]	Moc [W/m ²]
I	5,0 - 6,0	1,15 - 2,0
II	4,5 - 5,0	0,84 - 1,15
III	4,0 - 4,5	0,58 - 0,84
IV	3,5 - 4,0	0,4 - 0,58
V	< 3,5	< 0,4

Energia wiatrowa – udział w rynku

Poniższa tabela przedstawia udział energii wiatru w krajowym zużyciu energii elektrycznej w kolejnych latach^[1]:

Rok	Produkcja energii (GWh)	Roczny wzrost	Udział w rynku energii
2004	142,3		0,10%
2005	135,3	-4,9%	0,09%
2006	388,4	+187,1%	0,26%
2007	494,2	+27,2%	0,32%
2008	790,2	+59,9%	0,51%
2009	1029	+30,2%	0,69%
2010	1485	+44,3%	0,96%
2011	3126	+110,5%	1,98%
2013	5822	+41%	4,2%
2015	7200	+15%	4,6%

Pracujące elektrownie wiatrowe w Polsce - wg stanu w 2003 r

Lp	Lokalizacja	Moc zainstalowana [kW]		Ilość (szt)	Rok uruchomienia	Typ elektrowni
		jednostkowo	całkowita			
1	Swarzewo II (koło Pucka), woj. pomorskie	600	1200	2	1997	TW-600, Tacke, Niemcy
2	Rembertów (koło Tarczyna), woj. mazowieckie	250	250	1	1997	LW-250, Lagerwey, Holandia
3	Starbienino woj. pomorskie	250	250	1	1997	N-27/250, Nordex, Dania-Niemcy
4	Nowogard (k. Szczecina)	225	225	1	1999	Vestas V-29-225, Dania
5	Rytro (k. Nowego Sącza)	160	320	2	1994	EW-160, Nowomag S.A. Polska
6	Wroclki (koło Torunia), woj. kujawsko-pomorskie	160	160	1	1995	EW-160, Nowomag S.A. Polska
7	Kwilcz (koło Poznania)	160	160	1	1996	EW-160, Nowomag S.A. Polska
8	Zawoja (koło Bielska Białej)	160	160	1	1995	EW-160, Nowomag S.A. Polska
9	Sowiniec, gm. Mosina k/Poznań	160	160	1	2001	EW-160, Nowomag S.A. Polska
10	Stup (koło Legnicy)	160	160	1	1997	EW-160, Nowomag S.A. Polska
11	Wróblek Szlachecki (koło Rymanowa)	160	320	2	2000	EW-160, Nowomag S.A. Polska
12	Kielno-Bożanka (Szemud) woj. pomorskie	55	55	1	2002	b.d.
13	Zwarcienko k.Choczewa woj. pomorskie	160	320	2	2001	EW-160, Nowomag S.A. Polska
14	Wojkowice (koło Będzina)	30	30	1	1997	Zefir 12 A, Dr Ząber, Polska
15	Lisewo k.Gniewina, woj. pomorskie	150	150	1	1991	NTK 25/150, Nordtank, Dania
16	Swarzewo (koło Pucka) woj. pomorskie	95	95	1	1991	DANmark, Dania
17	Cisowo k/Darłowa, woj. zachodniopomorskie	132	660	5	1999	SeeWind – Niemcy
18	Wiżajny k/Suwałk	300	600	2	2000	WindMaster Holandia
19	Barzowice k/Darłowa woj. zachodniopomorskie	833	5 000	6	2001	V830 Vestas Dania
20	Dąbrówka k/Gorzowa Wielkopolskiego	100	200	2	2001	używane turbiny produkcji holenderskiej
21	Górzyc Wielkie	5	5	1	2001	ZEFIR 6 A Dr Ząber Nowy Sącz Polska
22	Cisowo k/Darłowa, woj. zachodniopomorskie	2000	18 000	9	2001 2002	V 2000 Vestas Dania
23	Zagórze k/Wolina, woj. zachodniopomorskie	2000	30 000	15	2003	V 2000 Vestas Dania

Źródło: Materiały z konferencji „Rozwój energetyki wiatrowej w Polsce wobec dotychczasowych regulacji prawnych” Sopot 10.01.2003 r.

Nowe farmy wiatrowe

Miejscowość	Moc zainstalowana	Data uruchomienia
Bogdaniec	30 MW	
Bukowsko	18 MW	Faza konstrukcyjna
Ciepłowody	40 MW	Faza konstrukcyjna
Darłowo	250 MW	Uruch.2013
Golice	38 MW	2012
Goraj	22 MW	
Górzycza	28 MW	2012
Górzycza	58 MW	
Iłża	54 MW	2014
Jarogniew	20 MW	Faza konstrukcyjna
Kisielice	63 MW	Faza konstrukcyjna
Kończewo	42 MW	Faza konstrukcyjna
Myszęcín	22 MW	
Nowa Niedzwica	50 MW	
Pelplin	48 MW	Uruch. 12.2011
Projekt Słowiński	240 MW	Faza konstrukcyjna
Rzepin	58 MW	
Skurpie	43,7 MW	2015
Sława	82 MW	
Stara Góra^[14]	5 MW	2013
Stypułów	28 MW	
Szczaniec	70 MW	
Warblewo	40 MW	Faza konstrukcyjna

Przemysłowe farmy wiatrowe w Polsce

http://pl.wikipedia.org/wiki/Elektrownie_wiatrowe_w_Polsce

Zawiera spis wszystkich istniejących farm wiatrowych powyżej 5 MW oraz farmy znajdujące się w fazie konstrukcyjnej.

Zawiera listę 34 farm wiatrowych.

Obecna produkcja farm wiatrowych to:

~ 0,25 kWh/osobę dziennie (2012)

~ 0,52 kWh/osobę dziennie (2015)

Energia wiatrowa

Rok	Produkcja energii wiatrowej (GWh) według GUS	Roczny wzrost ^[a]	Całkowita produkcja energii elektrycznej w Polsce (GWh)	Udział w produkcji energii el. ^[b]
2000	5,4 ^{[9][c]}		145 200 ^[10]	0,00%
2001	14 ^[9]	≈+159%	145 600 ^[10]	0,01%
2002	61 ^[9]	+336%	144 100 ^[10]	0,04%
2003	124,0 ^[11]	+103%	151 600 ^[10]	0,08%
2004	142,3 ^[11]	+15%	154 200 ^[10]	0,09%
2005	135,5 ^[11]	-5%	156 900 ^[10]	0,09%
2006	256,1 ^[11]	+89%	161 700 ^[10]	0,16%
2007	521,6 ^[11]	+104%	159 300 ^[10]	0,33%
2008	836,8 ^[11]	+60%	155 500 ^[10]	0,54%
2009	1077,3 ^[11]	+29%	151 700 ^[10]	0,71%
2010	1664,3 ^[11]	+54%	157 658 ^[10]	1,06%
2011	3204,5 ^[11]	+93%	163 548 ^[10]	1,96%
2012	4746,6 ^{[11][2]}	+48%	162 139 ^[10]	2,93%
2013	6003,8 ^{[2][d]}	+26%	164 557 ^[10]	3,65%
2014	7675,6 ^[2]	+28%	159 058 ^[12]	4,83%
2015	10 858,4 ^[2]	+41%	164 944 ^[12]	6,58%
2016	12 600 ^[13]	+16%	166 083 ^[14]	7,59%

https://pl.wikipedia.org/wiki/Energetyka_wiatrowa_w_Polsce

Podsumowanie (energia wiatrowa)

Dzienny przyczynek do wytwarzania energii
odnawialnej przez instalacje wiatrowe

2% powierzchni kraju to 2.3,12 tys km².

$$6,24 \cdot 10^9 \text{m}^2 \cdot 2 \text{W/m}^2 \cdot 24 \text{h} / 31,2 \cdot 10^6 \text{osób} \\ = 9,6 \text{kWh/d}$$

Abstrahujemy od kosztów!

Energia wiatrowa

9,6 kWh/d

Dziś mamy

0,5 kWh/d

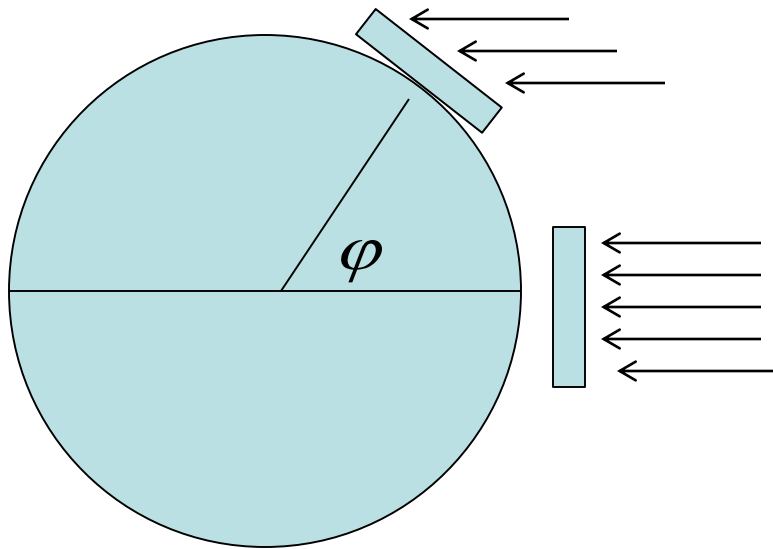
Policzone dzienne zużycie energii:

151 kWh/d

Energia słoneczna

Energia słoneczna

Moc promieniowania słonecznego w południe bezchmurnego dnia wynosi 1000 W/m^2 . Oznacza to 1000 W/m^2 powierzchni skierowanej w stronę słońca, nie zaś m^2 powierzchni ziemi.



$$\frac{P_W}{P_R} = \cos \varphi = \cos(53^\circ) \cong 0,6$$

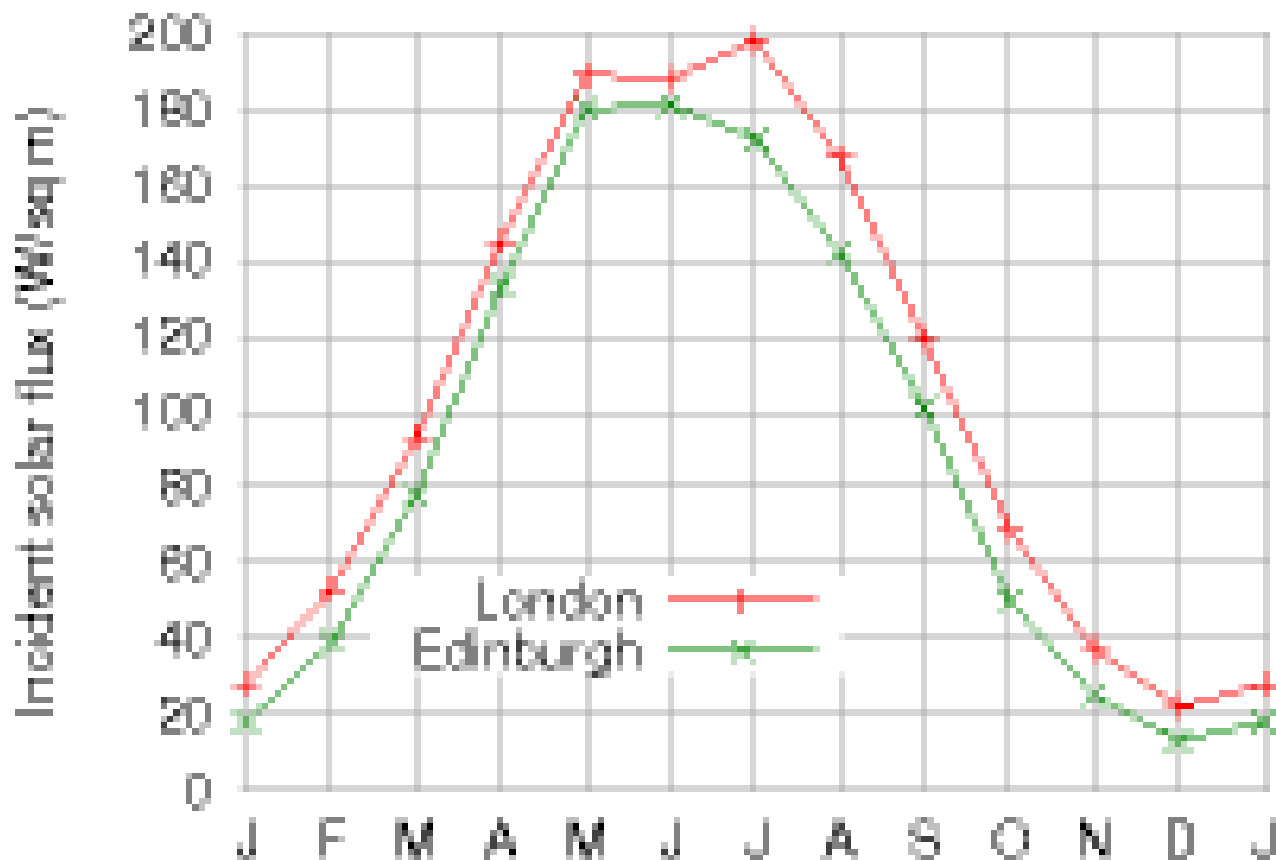
W Polsce 41% dni bezchmurnych.

Moc średnia do mocy w południe to ok. 32%

$$P_W = P_R \cdot 0,6 \cdot 0,41 \cdot 0,32 \cong 100 \text{ W} / \text{m}^2$$

Energia słoneczna

Średnia moc promieniowania słonecznego zmienia się również wraz z porami roku.



Przekształcenie energii słonecznej w moc użytkową

Solary



Panele fotowoltaiczne:



Biomasa:



Pożywienie:

Przekształcenie energii słonecznej w moc użytkową

- 1. Panele fototermiczne (tzw. solary):** używając promieni słonecznych do bezpośredniego ogrzewania budynków lub wody.
- 2. Panele fotowoltaiczne:** wytwarzając prąd elektryczny.
- 3. Biomasa:** wykorzystując drzewa, bakterie, algi, kukurydzę, soję lub oleje roślinne do wytwarzania paliw, związków chemicznych lub jako materiałów budowlanych.
- 4. Pożywienie:** to samo co w przypadku biomasy, za wyjątkiem tego, że rośliny są wykorzystywane jako jedzenie dla ludzi i zwierząt.

Ogniwo fotowoltaiczne

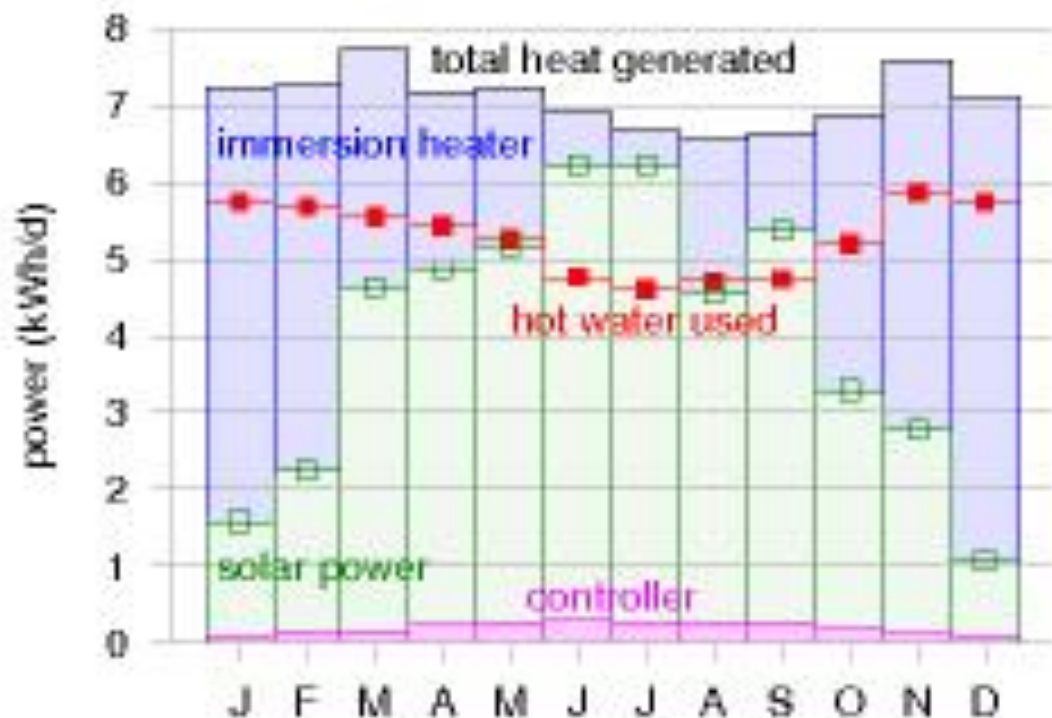
Ogniwo fotowoltaiczne to urządzenie służące do bezpośredniej konwersji energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną, poprzez wykorzystanie półprzewodnikowego złącza typu p-n, w którym pod wpływem fotonów, o energii większej niż szerokość przerwy energetycznej półprzewodnika, elektrony przemieszczają się do obszaru *n*, a dziury (nośniki ładunku) do obszaru *p*. Takie przemieszczenie ładunków elektrycznych powoduje pojawienie się różnicy potencjałów, czyli napięcia elektrycznego.

Po raz pierwszy efekt fotowoltaiczny zaobserwował A.C. Becquerel w 1839 r. w obwodzie oświetlonych elektrod umieszczonych w elektrolicie, a obserwacji tego zjawiska na granicy dwóch ciał stałych dokonali 37 lat później W. Adams i R. Day.

Panele fototermiczne

Przyjmijmy 10m² na osobę. Panele fototermiczne zamieniają moc promieniowania słonecznego w ciepłą wodę z efektywnością 50%.

$$P = 50\% \cdot 10m^2 \cdot 100 \frac{W}{m^2} \cdot 24h \approx 12kWh$$



Ceny pakietu solarnego (przykład)

- 2 x pionowy, płaski kolektor słoneczny Logasol CKN 2.0s
- 1 x podgrzewacz biwalentny c.w.u. Logalux SM200/5 W o pojemności 200l
- 1 x dwupionowa stacja pompowa Logasol KS0105
- 1 x naścienny regulator solarny Logamax SC20
- 1 x naczynie wzbiorcze o pojemności 18dm³
- 1 x płyn solarny Tyfocor L 45:55% o pojemności 20 litrów

Dotacja z NFOŚiGW dla pakietu 2xSILVER+

- Koszty kwalifikowane

[liczba płyt] x [powierzchnia apertury kolektora] x [jednostkowy koszt kwalifikowany]

$$2 \times 2 \text{ m}^2 \times 5\,500 \text{ zł/m}^2 = \mathbf{11\,000 \text{ zł}}$$

- Wysokość dotacji

[koszty kwalifikowane] x 45%

$$11\,000 \text{ zł} \times 0,45 = \mathbf{4\,950 \text{ zł}}$$

Parametry kolektorów 2x2m²

Zakładana temp. c.w.u. w zasobniku	50°C
Zapotrzebowanie na energię do przygotowania c.w.u. [kWh/rok]	6700
Całkowita energia uzyskana z pola kolektorów [kWh/rok]	3500
Realnie energia (wydajność 80%) [kWh/rok]	2800
Energia z kolektorów do podgrzewu c.w.u. do zakładanej temperatury [kWh/rok]	2800
Energia uzupełniająca z dodatkowego źródła ciepła [kWh/rok]	3900
Stopień pokrycia zapotrzebowania na energię grzewczą przez kolektory	42%

Kolektory - zwrot inwestycji

2 panele po 2m² z dodatkami to koszt ok. 11 000 zł.

Moc słoneczna 4m² × 100W/m² = 400W

Wydajność kolektora 80% ⇒ Moc z paneli = 320W

Energia /dzień ⇒ 320W × 24h = 7,7 kWh

Energia /rok ⇒ 7,7 kWh × 365 dni ≈ 2800 kWh

Wartość wytworzonej rocznie energii cieplnej
2800 kWh × 0,5 zł/kWh = 1400 zł

Zwrot nakładów po 8 latach

Przy dotacji 45% zwrot nakładów po 5 latach

Podsumowanie (kolektory)

Dzienny przyczynek do wytwarzania energii odnawialnej od paneli fototermicznych na osobę

Abstrahujemy od kosztów!

Energia fototermiczna

12 kWh/d

Razem

12 kWh/d

Policzone dzienne zużycie energii: **151 kWh/d**