



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Czyste energie

Wykład 1

Wprowadzenie do odnawialnych źródeł energii w Polsce

dr inż. Janusz Teneta

C-3 pok. 8 (parter), e-mail: romus@agh.edu.pl

Wydział EAIiB
Katedra Automatyki i Robotyki

AGH Kraków 2020

Materiały do pobrania:

home.agh.edu.pl/romus/OZE

Rynek energii elektrycznej w Polsce w roku 2018

- Moc zainstalowana w KSE (+5,8% /2017) 45 939 MW
- Moc osiągalna (+5,4% /2017) 45 650 MW
- Średnie zapotrzebowanie na moc (+1,5%) 23 322,7 MW
- Max. Zapotrzebowanie na moc (+0,8%) 26 447,6 MW
- Produkcja energii brutto (-0,38%) 165 214 GWh
- Zużycie energii brutto (+1,66%) **170 932 GWh**
- Lider „Wytwarzanie”: PGE 42,9%
- Lider „Sprzedaż”: PGE (po przejęciu spółek EDF)
- Główne źródła energii : węgiel kamienny i brunatny, a w OZE energia wiatrowa

Źródło : URE –raport roczny z rynku energii

WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI

CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego

DLA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2018 rok

Publikacja: grudzień 2019

2018

Wskaźniki emisji w [kg/MWh] dla energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacjach do spalania paliw:

	[kg/MWh]
Dwutlenek węgla (CO ₂)	792
Tlenki siarki (SO _x /SO ₂)	0.704
Tlenki azotu (NO _x /NO ₂)	0.653
Tlenek węgla (CO)	0.285
Pył całkowity	0.037

Wskaźniki emisji w [kg/MWh] dla odbiorców końcowych energii elektrycznej:

	[kg/MWh]
Dwutlenek węgla (CO ₂)	765
Tlenki siarki (SO _x /SO ₂)	0.681
Tlenki azotu (NO _x /NO ₂)	0.631
Tlenek węgla (CO)	0.275
Pył całkowity	0.036

2017

dla energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacjach spalania:

wskaźnik dla:	wartość wskaźnika [kg/MWh]
CO ₂	814
SO ₂	0,762
NO _x	0,775
CO	0,277
Pyłu całkowitego	0,046

dla odbiorców końcowych energii elektrycznej:

wskaźnik dla:	wartość wskaźnika [kg/MWh]
CO ₂	778
SO ₂	0,729
NO _x	0,741
CO	0,265
Pyłu całkowitego	0,044

2016

dla energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacjach spalania:

wskaźnik dla:	wartość wskaźnika [kg/MWh]
CO ₂	806
SO ₂	0,844
NO _x	0,850
CO	0,260
Pyłu całkowitego	0,054

dla odbiorców końcowych energii elektrycznej:

wskaźnik dla:	wartość wskaźnika [kg/MWh]
CO ₂	781
SO ₂	0,818
NO _x	0,824
CO	0,252
Pyłu całkowitego	0,053



5. Bilans wyprodukowanej energii elektrycznej

Wielkość produkcji energii elektrycznej wykazana z instalacji do spalania paliw w raportach do Krajowej bazy za rok 2018 wyniosła:

151 423 321 MWh

W przypadku analizy mającej na celu określenie wskaźników emisji dla energii elektrycznej u odbiorców końcowych – bilans energii elektrycznej, wyrażonej w MWh, w 2018 roku wyglądał następująco:

• wielkość wyprodukowanej energii elektrycznej w instalacjach spalania [1]	151 423 321	
• wielkość wyprodukowanej energii elektrycznej z wody [3]	2 197 000	
• wielkość wyprodukowanej energii elektrycznej z wiatru i innych OZE [3]	11 958 000	OZE
• straty i różnice bilansowe [2]	- 8 894 000	8,55%
Bilansowana ilość energii elektrycznej u odbiorców końcowych wyniosła więc:	156 684 321	+0,3% r/r

W bilansie straty i różnice bilansowe odejmuje się od energii wyprodukowanej, gdyż pomniejszają one ilość energii będącej w dyspozycji odbiorców końcowych.

8. Zmiana wskaźników emisyjności dla roku 2017 w porównaniu z latami 2014 - 2016

Poniżej zestawiono wielkości wskaźników emisyjności dla roku 2017 na tle wielkości z lat 2014 - 2016 wskazując kierunek zmian w ich wartościach.

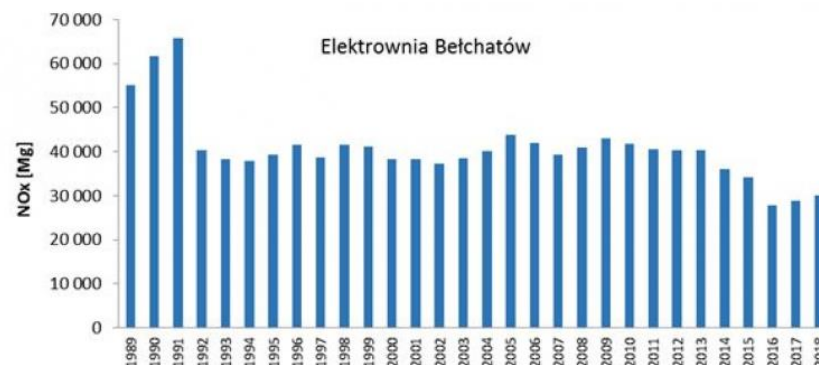
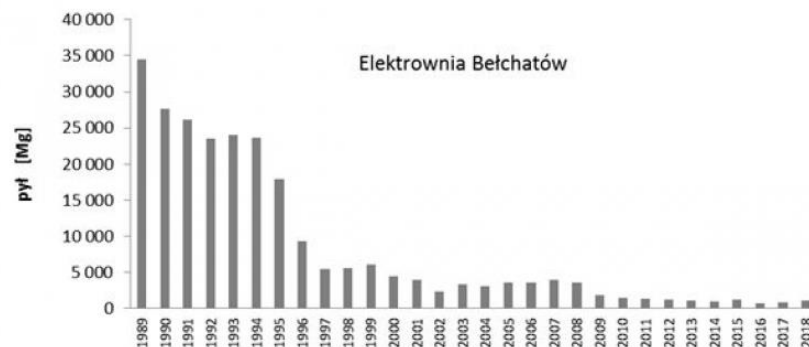
wskaźnik dla:	wartość wskaźnika [kg/MWh]									
	dla instalacji spalania					u odbiorców końcowych				
	2014	2015	2016	2017	$\frac{2017}{2016}$	2014	2015	2016	2017	$\frac{2017}{2016}$
CO ₂	823	810	806	814	+ 0,99%	825	798	781	778	- 0,38%
SO ₂	1,572	1,539	0,844	0,762	- 9,72%	1,577	1,516	0,818	0,729	- 10,88%
NO _x	1,049	0,968	0,850	0,773	- 9,06%	1,053	0,954	0,824	0,739	- 10,32%
CO	0,234	0,238	0,260	0,277	+ 6,54%	0,235	0,234	0,252	0,265	+ 5,16%
pyłu całkowitego	0,064	0,063	0,054	0,046	- 14,81%	0,064	0,062	0,053	0,044	- 16,98%

Produkcja energii elektrycznej i ciepła z węgla brunatnego

Wielkości emisji zanieczyszczeń w roku 2017 w wyniku spalania paliw w Elektrowni Bełchatów

Wskaźniki emisji za rok 2017

	Dla ciepła	Dla energii elektrycznej
	[kg/GJ]	[kg/MWh]
SO ₂	0,065	1,110
NO _x	0,048	0,815
Pył	0,002	0,025
CO	0,042	0,757
CO ₂	67	1143



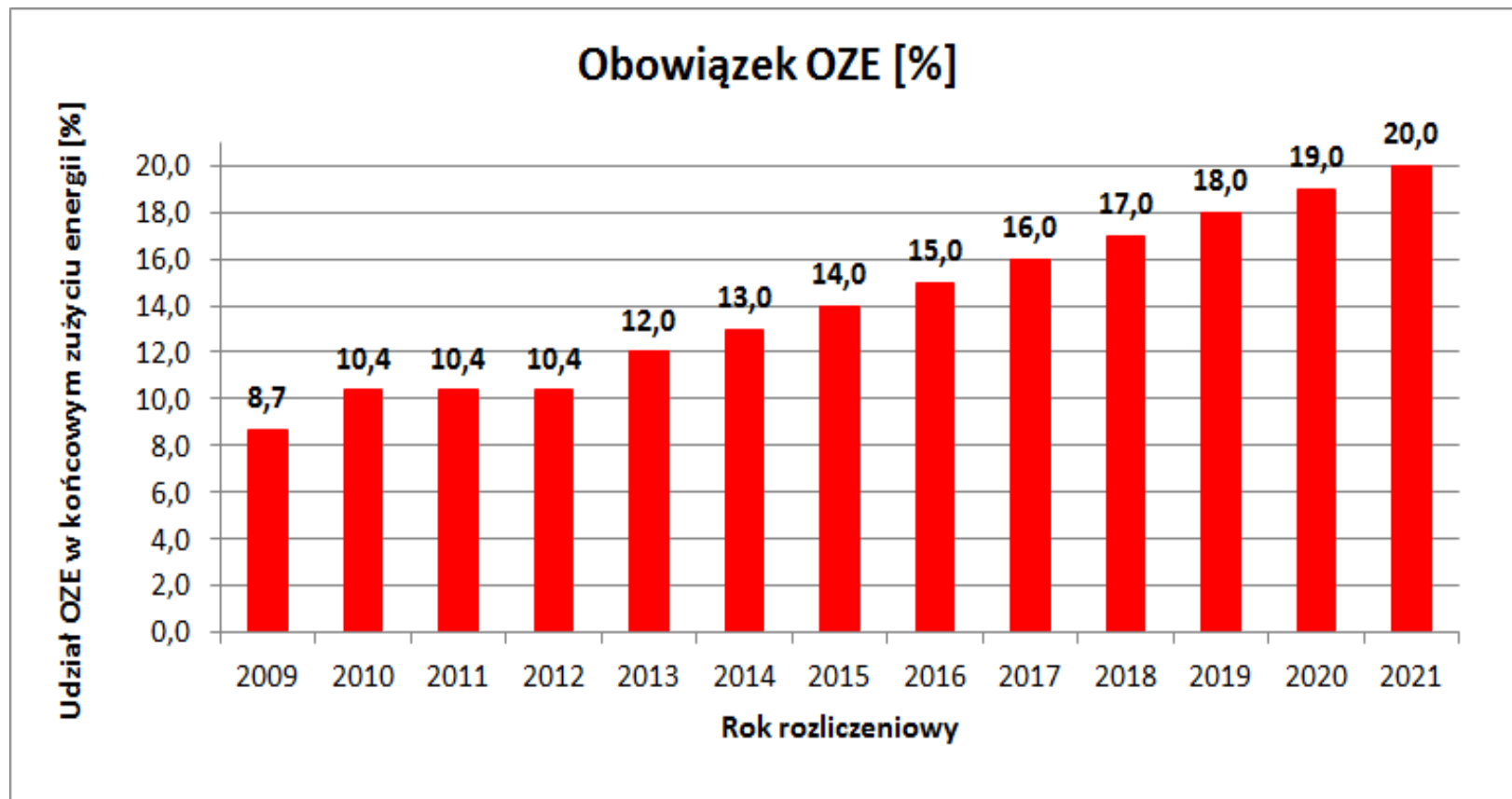
Źródło: <https://elbelchatow.pgegiek.pl/Ochrona-srodowiska/Wskazniki-emisji>

Emisje do środowiska przy produkcji energii elektrycznej

Elektrownia	moc [MW]	Paliwo	Produkcja MWh	Ekwiw. CO ₂ kg/ MWh	SO ₂ kg/ MWh	NOx kg/ MWh	Pył kg/ MWh	Odpady kg/ MWh	Ścieki m ³ /MWh
Jaworzno III (II)	190	biomasa, miał i muł węglowy	1070540,19	757,28	0,55	0,63	0,03	152,89	1,65
Jaworzno III (III)	1345	miał węglowy mazut	6366667,34	944,47	0,43	0,74	0,02	104,00	0,83
Łaziska	1155	węgiel kamienny	4111515,00	944,00	0,83	0,80	0,04	135,00	0,85
Łagisza	700	węgiel kamienny	2218803,00	842,50	1,06	1,03	0,07	111,50	0,46
Siersza	546	węgiel kamienny	1620120,57	949,34	1,66	1,05	0,11	118,52	1,11
Stalowa Wola	355	biomasa , wegiel kamienny	426957,74	801,92	2,69	1,72	0,12	81,54	0,15
Rybnik	1790	węgiel kamienny	7236976		0,52	1,25	0,07	135,27	
TAURON Polska Energia S.A. 2017		węgiel kamienny, węgiel brunatny, gaz ziemny, OZE		810,43	0,804	0,774	0,049		
KOBIZE spalanie 2016				806	0,844	0,85	0,054		
Średnia dla województwa śląskiego				909,78	0,727	0,972	0,054	122,94	

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportów środowiskowych

Krajowy Plan Działań w zakresie OZE (cele krajowe dla energii elektrycznej)



Źródło: Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 18 października 2012 r. (DZ. Ust. z 2012 poz. 1229)

Moc instalacji OZE w Polsce

Rodzaj instalacji OZE	Moc zainstalowana [MW], wg stanu na 30.06.2019 r.*						
	2005 r.	2006 r.	2007 r.	2008 r.	2009 r.	2010 r.	2011 r.
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]
Instalacje wykorzystujące biogaz	31,972	36,760	45,699	54,615	70,888	82,884	103,487
Instalacje wykorzystujące biomasę	189,790	238,790	255,390	231,990	252,490	356,190	409,680
Instalacje wykorzystujące energię promieniowania słonecznego					0,001	0,033	1,125
Instalacje wykorzystujące energię wiatru	83,280	152,560	287,909	451,090	724,657	1 180,272	1 616,361
Instalacje wykorzystujące hydroenergię	852,495	934,031	934,779	940,576	945,210	937,044	951,390
Łącznie	1 157,537	1 362,141	1 523,777	1 678,271	1 993,246	2 556,423	3 082,043
wzrost r/r		204,604	161,636	154,494	314,975	563,177	525,620
		+17,7%	+11,9%	+10,1%	+18,8%	+28,3%	+20,6%

Rodzaj instalacji OZE	Moc zainstalowana [MW], wg stanu na 30.06.2019 r.*								
	2012 r.	2013 r.	2014 r.	2015 r.	2016 r.	2017 r.	2018 r.	2019 r.	
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	
Instalacje wykorzystujące biogaz	131,247	162,241	188,549	212,497	233,967	235,373	237,618	239,009	
Instalacje wykorzystujące biomasę	820,700	986,873	1 008,245	1 122,670	1 281,065	1 362,030	1 362,870	1 467,962	
Instalacje wykorzystujące energię promieniowania słonecznego	1,290	1,901	21,004	71,031	99,098	103,896	146,995	259,256	
Instalacje wykorzystujące energię wiatru	2 496,748	3 389,541	3 833,832	4 582,036	5 807,416	5 848,671	5 864,443	5 881,158	
Instalacje wykorzystujące hydroenergię	966,103	970,128	977,007	981,799	993,995	988,377	981,504	972,512	
Łącznie	4 416,088	5 510,684	6 028,637	6 970,033	8 415,541	8 538,347	8 593,430	8 819,897	
wzrost r/r	1 334,045	1 094,596	517,953	941,396	1 445,508	122,806	55,083	226,467	
		+43,3%	+24,8%	+9,4%	+15,6%	+20,7%	+1,5%	+0,6%	+2,6%

*Dane tabelaryczne dotyczące poszczególnych rodzajów instalacji odnawialnego źródła energii obejmują instalacje, które uzyskały:

- koncesję na wytwarzanie energii elektrycznej,
 - wpis do rejestru działalności regulowanej prowadzonego przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki (rejestr wytwórców energii w małej instalacji);
 - wpis do rejestru działalności regulowanej prowadzonego Dyrektora Generalnego Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa (rejestr wytwórców biogazu rolniczego);
- oraz mikroinstalacje, wnioskujące o wydanie świadectw pochodzenia.

źródło: URE

Produkcja energii z OZE w Polsce

Ilość energii elektrycznej wytworzonej z OZE w latach 2005 - 2019, potwierdzonej świadectwami pochodzenia, wydanymi do dnia 30.06.2019 r.*

Rodzaj instalacji OZE	Ilość [MWh]						
	Okres wytwarzania energii elektrycznej						
	2005 r.	2006 r.	2007 r.	2008 r.	2009 r.	2010 r.	2011 r.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Instalacje wykorzystujące biogaz	104 465,281	116 691,863	161 767,939	220 882,924	295 311,766	363 595,743	430 537,322
Instalacje wykorzystujące biomasę	467 975,678	503 846,206	545 764,936	560 967,435	601 088,244	635 634,844	1 101 188,962
Instalacje wykorzystujące energię promieniowania słonecznego	-	-	-	-	1,328	1,672	177,805
Instalacje wykorzystujące energię wiatru	135 291,628	257 037,412	472 116,429	806 318,563	1 045 166,230	1 823 297,061	3 128 672,517
Instalacje wykorzystujące hydroenergię	2 175 559,099	2 029 635,604	2 252 659,312	2 152 943,187	2 375 778,804	2 922 051,638	2 316 833,384
Instalacje wykorzystujące technologię współspalania biomasy, biopłynów, biogazu lub biogazu rolniczego z innymi paliwami	877 009,321	1 314 336,612	1 797 217,058	2 751 954,127	4 287 815,430	5 243 251,417	5 999 582,057
Łącznie	3 760 301,007	4 221 547,697	5 229 525,674	6 493 066,236	8 605 161,802	10 987 832,375	12 976 992,047

Źródło: Raport Prezesa URE

Rodzaj instalacji OZE	Ilość [MWh]							
	Okres wytwarzania energii elektrycznej							
	2012 r.	2013 r.	2014 r.	2015 r.	2016 r.	2017 r.	2018 r.	2019 r.
(1)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
Instalacje wykorzystujące biogaz	530 524,345	665 143,194	803 435,552	875 773,032	1 006 425,160	1 035 254,601	1 010 541,996	268 530,942
Instalacje wykorzystujące biomasę	2 209 928,971	3 928 038,893	4 623 815,704	4 736 199,204	4 619 210,232	3 514 789,021	4 057 522,720	407 308,363
Instalacje wykorzystujące energię promieniowania słonecznego	1 177,532	1 418,771	4 514,874	43 289,925	80 629,284	81 685,006	94 547,876	14 125,868
Instalacje wykorzystujące energię wiatru	4 612 893,792	6 078 433,878	7 640 802,091	10 706 934,242	12 495 422,273	14 951 718,568	12 790 976,725	5 759 558,373
Instalacje wykorzystujące hydroenergię	2 031 724,612	2 439 500,536	2 181 462,160	1 829 456,571	779 536,250	803 646,156	565 258,706	194 500,653
Instalacje wykorzystujące technologię współspalania biomasy, biopłynów, biogazu lub biogazu rolniczego z innymi paliwami	7 088 695,428	3 785 104,165	4 462 167,696	4 260 440,561	1 194 468,274	1 000 565,525	833 080,179	165 876,551
Łącznie	16 474 944,680	16 897 639,437	19 716 198,077	22 452 093,535	20 175 691,473	21 387 659,777	19 351 928,202	6 809 900,750
Postanowienia o odmowie wydania świadectwa pochodzenia		68 595,208	15 309,471	9 246,072	16 567,246	28 306,699	3 988,182	0,000
Wnioski "w toku" na dzień 30.06.2019 r.**		33 772,635	4 001,243	292,157	212 181,307	38 589,590	124 489,733	1 534 654,608
w tym wnioski dot. wyłącznie jednostek wykorzystujących biomasę		33 772,635	1 516,452	0,000	192 154,509	35 811,931	82 844,799	725 410,596

Prognozy rynku energii

źródło: Krajowy Plan na Rzecz Energii i Klimatu na lata 2021–2030 (Ministerstwo Aktywów Państwowych 2020)

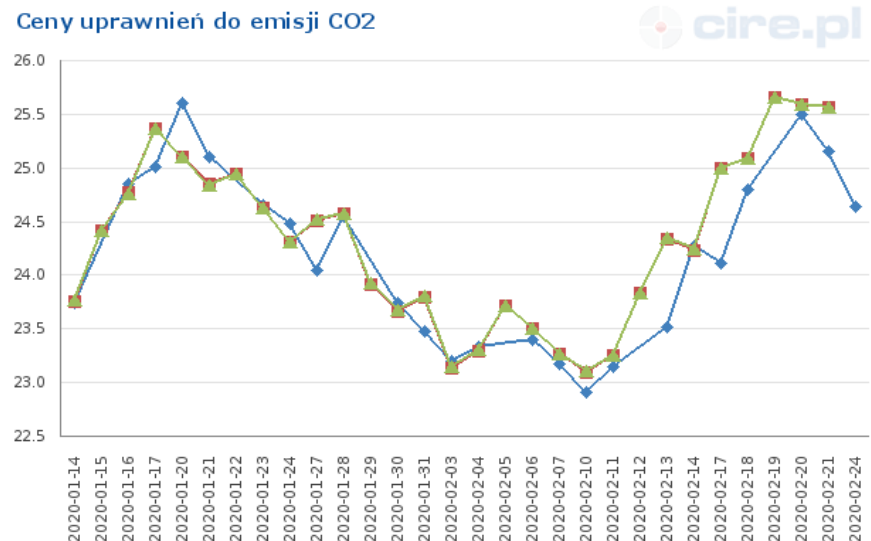
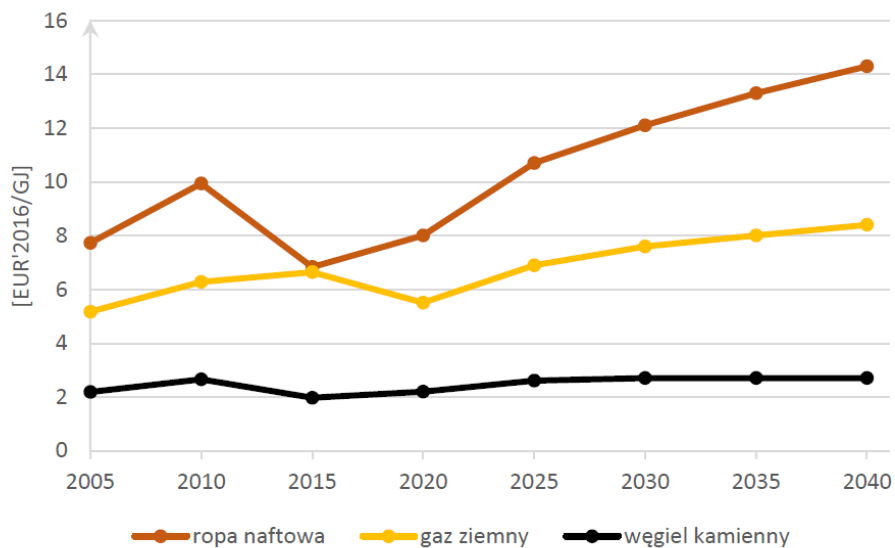


Tabela 11. Ceny uprawnień do emisji CO₂ w systemie EU ETS [EUR'2016/tCO₂]

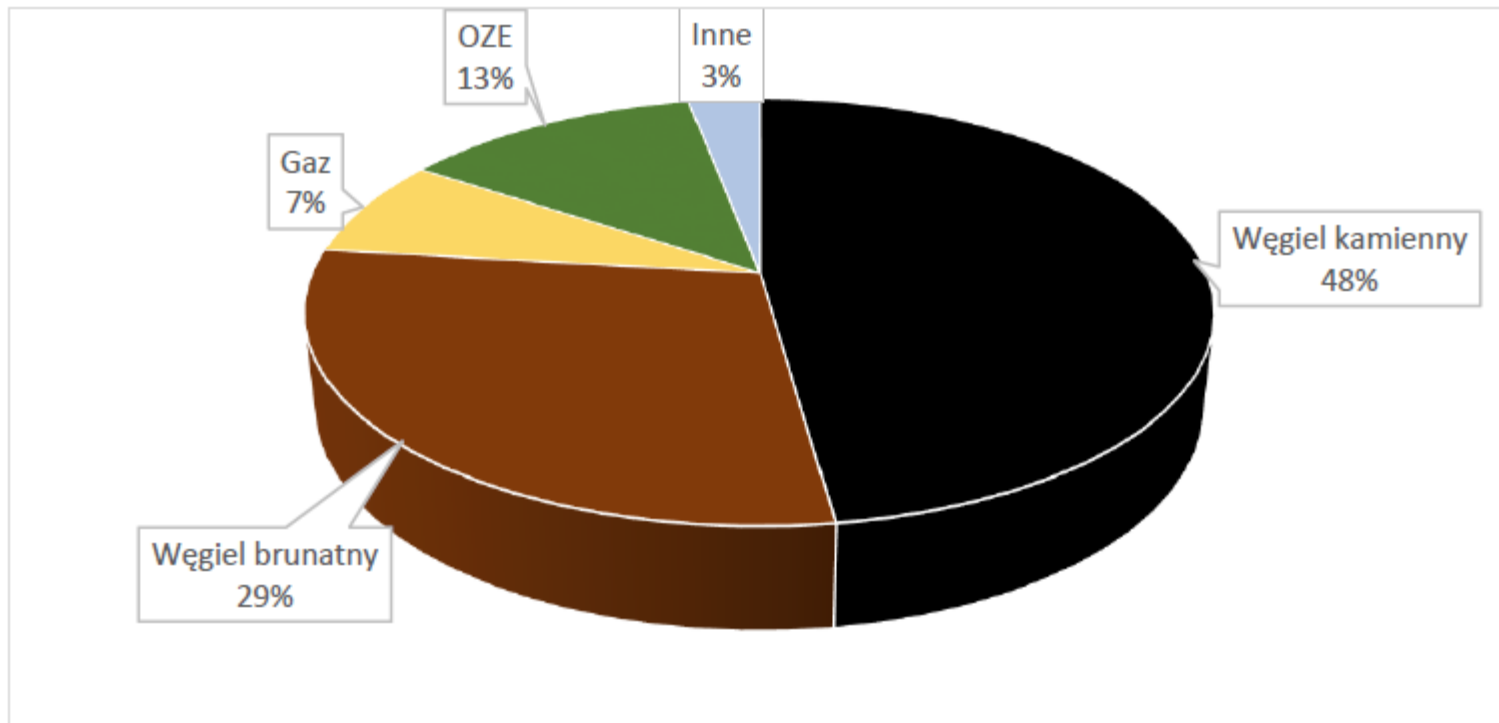
	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Cena za 1 uprawnienie	0	12	8	17	21	30	35	40

Źródło: ARE SA na podstawie MAE, KE, Thomson Reuters, KfW Bankengruppe

Styczeń - Luty 2020: 22,8 – 25,5 EUR/tCO₂

Wytwarzanie energii z podziałem na źródła

źródło: Krajowy Plan na Rzecz Energii i Klimatu na lata 2021–2030 (Ministerstwo Aktywów Państwowych 2020)



Rysunek 5. Struktura produkcji energii elektrycznej wg nośników w 2018 r.

Prognozy rynku energii

źródło: Krajowy Plan na Rzecz Energii i Klimatu na lata 2021–2030 (Ministerstwo Aktywów Państwowych 2020)

[%]	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
udział energii z OZE w zużyciu końcowym energii brutto	6,9%	9,3%	11,9%	15,0%	18,4%	23,0%	25,8%	28,5%
udział energii z OZE w elektroenergetyce	3,1%	7,0%	13,4%	22,1%	24,8%	31,8%	36,0%	39,7%
udział energii z OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie	10,2%	11,7%	14,5%	17,4%	22,7%	28,4%	31,5%	34,4%
udział energii z OZE w transporcie (z multiplikatorami)	1,6%	6,6%	6,4%	10,0%	11,2%	14,0%	17,7%	22,0%

Źródło: Opracowanie własne ARE S.A., Eurostat

[%] Projekt ze stycznia 2019	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
udział energii z OZE w zużyciu końcowym energii brutto	6,9%	9,3%	11,9%	13,2%	13,9%	15,2%	16,9%	18,0%
udział energii z OZE w elektroenergetyce	2,7%	6,6%	13,0%	15,0%	16,5%	19,4%	23,9%	25,9%
udział energii z OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie	10,2%	11,7%	14,5%	15,6%	16,5%	17,7%	18,8%	19,7%
udział energii z OZE w transporcie (z multiplikatorami)	1,6%	6,6%	6,4%	10,0%	10,4%	11,2%	12,1%	13,0%

udział technologii w zużyciu energii z OZE w elektroenergetyce [%]	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
elektrownie wodne	55,6%	22,7%	10,7%	6,1%	6,1%	4,6%	4,0%	3,5%
elektrownie wiatrowe	5,3%	16,4%	44,0%	59,9%	56,9%	59,9%	59,9%	61,5%
elektrownie fotowoltaiczne	0,0%	0,0%	0,3%	5,1%	9,7%	10,6%	14,1%	16,5%
elektrownie biomasowe	36,3%	57,0%	41,0%	24,4%	20,8%	18,2%	15,0%	11,5%
elektrownie biogazowe	2,9%	3,9%	4,1%	3,9%	5,7%	6,1%	6,5%	6,5%
odnawialne odpady komunalne	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,6%	0,5%	0,5%	0,5%

Zapotrzebowanie gospodarstwa domowego na energię

➤ **Energia elektryczna**

- Oświetlenie
- AGD i RTV
- Elektronarzędzia
- Klimatyzacja / ogrzewanie

➤ **Energia cieplna**

- Centralne ogrzewanie
- Ciepła woda użytkowa

Zapotrzebowanie gospodarstwa domowego na energię

➤ **Energia elektryczna (20-30%)**

- Oświetlenie
- AGD i RTV

➤ **Energia ciepła (70-80%)**

- Centralne ogrzewanie
- Ciepła woda użytkowa

➤ **Termomodernizacja**

- Wymiana starych okien na okna zespolone
- Docieplenie ścian i stropów

➤ **Efektywność energetyczna**

- Wymiana oświetlenia na żarówki LED
- Wymiana urządzeń AGD na urządzenia lepszej klasy energetycznej

➤ **Oszczędzanie energii**

- Wyłączanie urządzeń z trybu czuwania
- Czujnikowe sterowanie oświetleniem i ogrzewaniem

➤ **Optymalizacja taryf sieciowych**

- Wybór właściwych grup taryfowych
- Dopasowanie profili godzinowych zużycia energii do okresów doby, w których energia sieciowa jest tańsza

➤ **Wybór tańszych źródeł energii**

- Zmiana sprzedawcy energii
- OZE?

Zapotrzebowanie budynku na energię ciepłą (ogrzewanie)

Rok budowy	E_a [kWh/(m ² *rok)]
Do 1966	350
Od 1967 do 1985	260
Od 1986 do 1992	200
Od 1993 do 1997	160
Od 1998 do 2007	120
Dom energooszczędny	80
Dom nisko energetyczny	45
Dom pasywny	15

Źródło: Żurawski J., Energooszczędność w budownictwie część II – energochłonność, Izolacje 2/2008

Odnawialne źródła energii klasyfikacja wg ustawy o OZE

- **Energia wiatru**
- **Energia promieniowania słonecznego**
- **Energia aerothermalna**
- **Energia geothermalna**
- **Energia hydrothermalna**
- **Hydroenergia**
- **Energia otrzymywana z biomasy**
- **Energia otrzymywana z biogazu**
- **Energia otrzymywana z biogazu rolniczego**
- **Energia fal, prądów i pływów morskich**
- **Energia otrzymywana z biopłynów**

Co to są odnawialne źródła energii ?

Ustawa o Odnawialnych Źródłach Energii z 20 lutego 2015

Art. 2 pkt 22

Odnawialne źródło energii - odnawialne źródło energii – odnawialne, niekopalne źródła energii obejmujące energię wiatru, energię promieniowania słonecznego, energię aerotermalną, energię geotermalną, energię hydrotermalną, hydroenergię, energię fal, prądów i pływów morskich, energię otrzymywaną z biomasy, biogazu, biogazu rolniczego oraz z biopłynów;

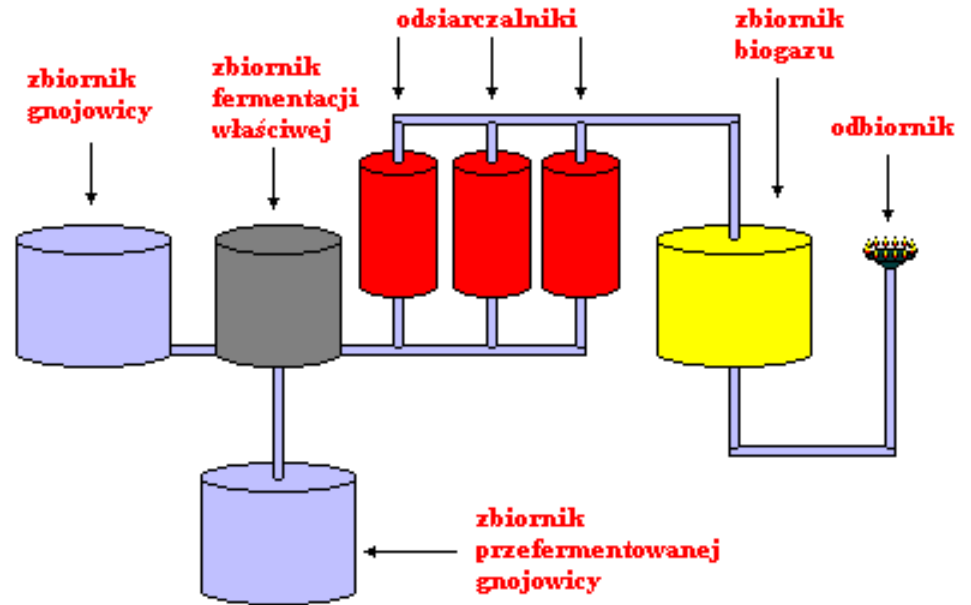
Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE

Biomasa – ulegająca biodegradacji część produktów, odpadów lub pozostałości pochodzenia biologicznego z rolnictwa (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi), leśnictwa i związanych działów przemysłu, w tym rybołówstwa i akwakultury, a także ulegającą biodegradacji część odpadów przemysłowych i miejskich.

Biogaz

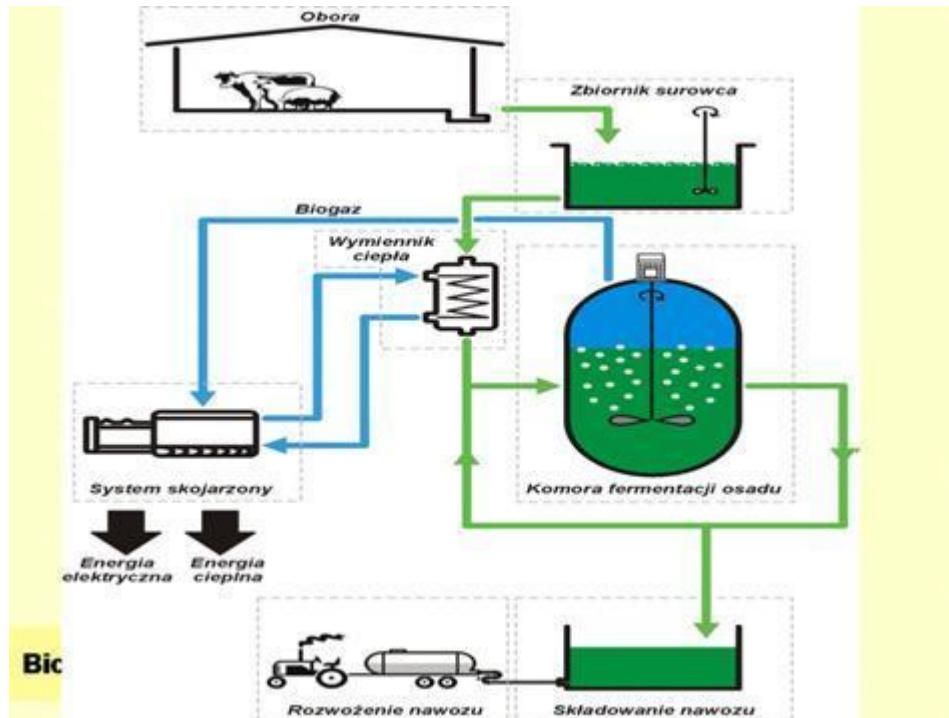
Surowiec : **odpady organiczne**
(rolnicze i komunalne)

Produkt : **metan** + CO₂
+ CO + H₂O + H₂ +
szkodliwe związki
siarki i azotu

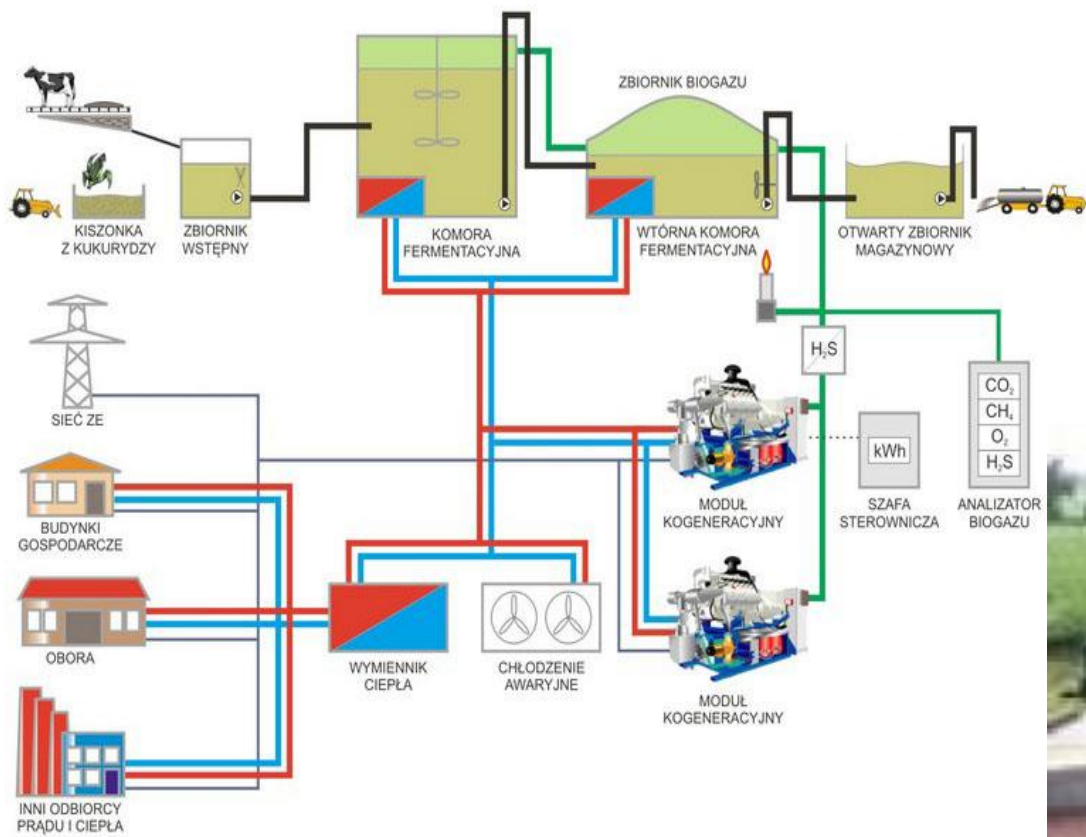


źródło: <http://www.bioenergia.eco.pl/biogaz.html>

Biogaz – przykład instalacji przydomowej



Biogaz – przykład dużej instalacji rolniczej





AGH

Biogaz – przykład instalacji komercyjnej

Toruń: instalacja biogazowa pracuje z mocą 698 kW_e oraz 770 kW_t - utylizując 440 m³/h gazu wysypiskowego pozyskiwanego z przyzmy z odpadami komunalnymi o wysokości ok. 18 m i podstawie ok. 14 ha



źródło: <http://www.biogaz.torun.pl/>



AGH

Biomasa

Surowiec : produkty pochodzenia **roślinnego** (słoma, słonecznik, rzepak, wierzba energetyczna, odpady tartaczne)

Produkt : **paliwo** energetyczne (wykorzystywane głównie w procesie spalania)



źródło: <http://www.zielonaenergia.pl>
<http://www.zielony-wegiel.pl/>

Biomasa – siano



Biomasa – eksperymentalna plantacja wierzby energetycznej



Powierzchnia: ok 180m²

Sadzonek: 1000 szt.

Międzyrzędzia: 65 cm.

Sadzonki w rzędach 35 cm.

Przeznaczenie: poznawcze +
matecznik z sadzonkami na
właściwą plantację.

Docelowo: ok 0,5ha (20 tyś.
sadzonek) co ma zrównoważyć
6 ton węgla potrzebnego do
ogrzania w sezonie domu
200m²

Koszty:

Sadzonki – 65pln z transportem (allegro), wynajęcie glebogryzarki –
200 pln, nawozy (NPK) – ok 100 pln, środki ochrony roślin ok 50 pln,

Własna praca (dość sporo) – bezcenna ;)

Biomasa – eksperymentalna plantacja wierzby energetycznej

Źródło: www.iagro.pl



Sadzenie: ręczne wbijanie sztobrów w przygotowaną ziemię (połowa kwietnia 2013)

Sprawdzanie wyników (połowa listopada 2013):
Przyjęło się ok 95% sadzonek
Średnio 3 pędy z karpki
Długość pędów 1,5-3,2m
Wilgotność ok 52%

Biomasa – eksperymentalna plantacja wierzby energetycznej



Biomasa – eksperymentalna plantacja wierzby energetycznej



Biomasa – eksperymentalna plantacja wierzby energetycznej

Zielony, wierzbowy żywopłot



Obecnie



Docelowo

Źródło: forum.muratordom.pl

Wartości opałowe różnych paliw

Paliwo	Wartość opałowa w GJ/t
gaz propan-butan	45
lekki olej opałowy	42
ciężki olej opałowy	40
węgiel	27
koks	↓ 25 ↑
drewno opałowe suche	19

Biopaliwo	Wilgotność w %	Wartość energetyczna w MJ/kg	Gęstość w kg/m ³	Zawartość popiołu w % s. m.
zrębki	20-60	6-16	150-400	0,6-1,5
pelety	7-12	16,5-17,5	650-700	0,4-1
słoma żółta	10-20	14,3	90-165	4
słoma szara	10-20	15,2	90-165	3
drewno kawałkowe	20-30	11-22	380-640	0,6-1,5
kora	55-65	18,5-20	250-350	1-3

Paliwo	Zawartość popiołu w %
węgiel	22,2
zrębki drzewne	0,3 - 2,2

Źródło: www.biomasa.org/edukacja



AGH

Wartości opałowe różnych paliw

Rodzaj biomasy	Wilgotność biomasy %	Wartość opałowa w stanie świeżym MJ·kg ⁻¹	Wartość opałowa w stanie suchym MJ·kg ⁻¹
Słoma pszenna	15–20	12,9–14,1	17,3
Słoma jęczmienna	15–22	12,0–13,9	16,1
Słoma rzepakowa	30–40	10,3–12,5	15,0
Słoma kukurydziana	45–60	5,3–8,2	16,8
Pył drzewny	3,8–6,4	15,2–19,1	15,2–20,1
Trociny	39,1–47,3	5,3	19,3
Zrębki wierzby	40–55	8,7–11,6	16,5
Pelety	3,6–12	16,5–17,3	17,8–19,6
Brykiety ze słomy	9,7	15,2	17,1
Brykiety drzewne	3,8–14,1	15,2–19,7	16,9–20,4

Rodzaj słomy	Wilgotność %	Wartość energetyczna MJ·kg ⁻¹	Gęstość kg·m ⁻³	Zawartość popiołu % s.m.
Słoma żółta	10-20	14,3	90-165	4,0
Słoma szara	10-20	15,2	90-165	3,0

Źródło: I. Niedziółka, A. Zuchniarz: „Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego”

Schemat kotła na biomase



Kotły, piece i kominki na biomase

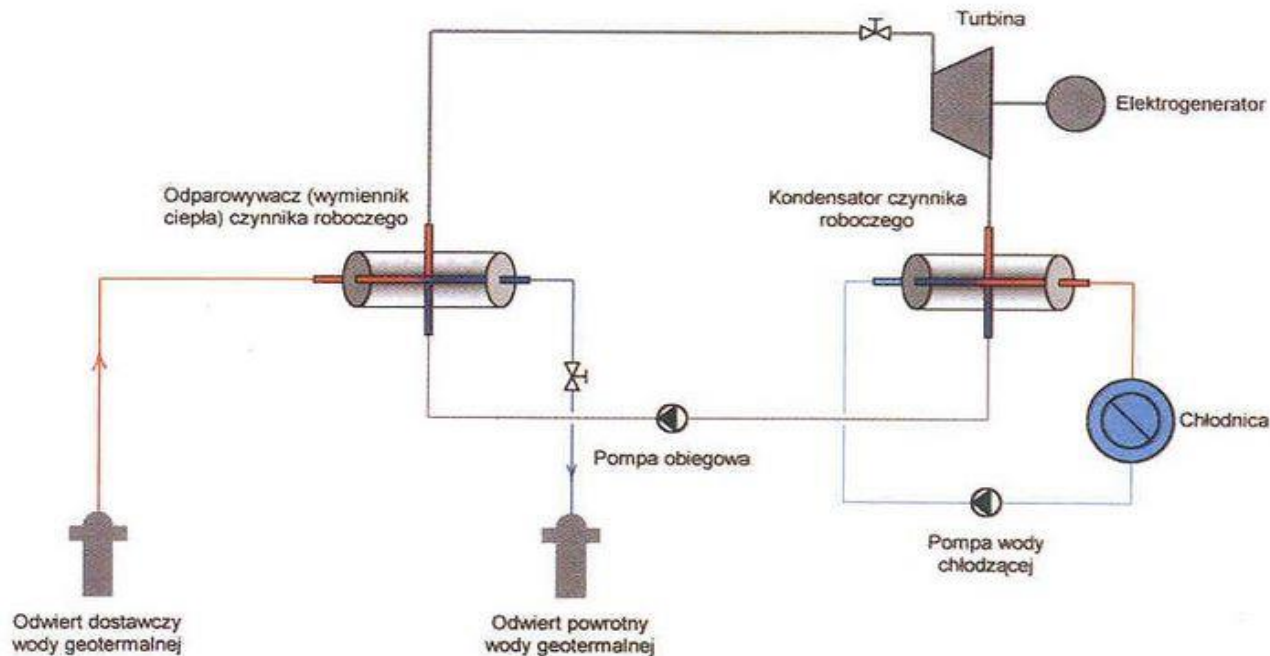


Źródło: www.instalacjebudowlane.pl

Geotermia – schemat instalacji

Surowiec : ciepło Ziemi
(głównie głębinowych wód termalnych)

Produkt : energia cieplna



źródło: <http://www.gigawat.net.pl/> , <http://www.pgi.gov.pl>



Stacja geotermalna w Bańskiej Niżnej- Szaflarach

- Inwestor : PEC Geotermia Podhalańska S.A.
- Odwierty produkcyjne (2) w Bańskiej , pow. 2,7km (3400m –PGP3)
- Wydajność: 670m³/h przy temp. 80-86°C
- Odległość do otworów chłonnych (2) w Białym Dunajcu 1,3-1,7 km.
- Temperatura zdawanej wody 46°C
- Magistrala ciepłownicza do Zakopanego 13 km.
- Szczytowa ciepłownia geotermalno-gazowa w Zakopanem

Rodzaje wymienników ciepła w PC



Poziomy wymiennik gruntowy (0,5m poniżej poziomu przemarzania gruntu)



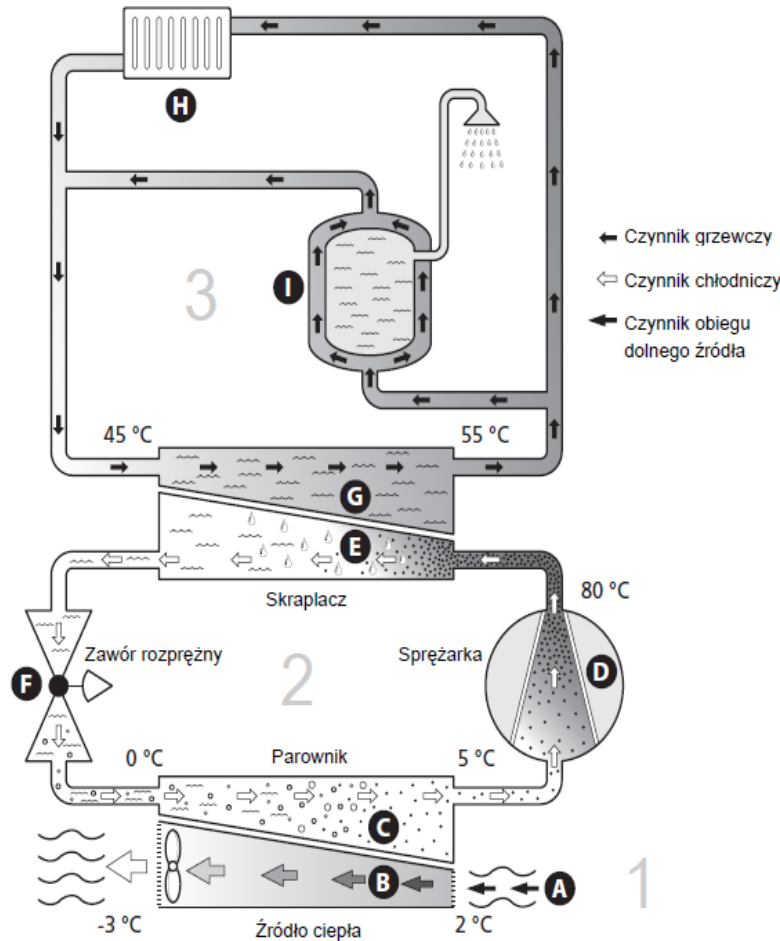
Pionowy wymiennik gruntowy (40-150m)



Pompa ciepła typu powietrze-woda

Źródło: Waldemar Joniec „Pompy Ciepła”, Ekspert Budowlany 3/2009

Pompa ciepła powietrze-woda zasada działania



Powietrze zewnętrzne

- A** Powietrze zewnętrzne jest zasysane do pompy ciepła.
- B** Następnie wentylator kieruje powietrze do parownika pompy ciepła. Tutaj powietrze oddaje energię cieplną do czynnika chłodniczego, a temperatura powietrza spada. Zimne powietrze zostaje wyprowadzone z pompy ciepła.
- Obieg czynnika chłodniczego*
- C** Czynnik chłodniczy – gaz, który krąży w obiegu zamkniętym w pompie ciepła – również przepływa przez parownik. Czynnik chłodniczy ma bardzo niską temperaturę wrzenia. W parowniku czynnik chłodniczy odbiera energię cieplną z powietrza zewnętrznego i zaczyna wrzeć.
- D** Gaz powstający podczas wrzenia jest kierowany do zasilanej elektrycznie sprężarki. W wyniku sprężania gazu rośnie ciśnienie oraz znacznie wzrasta jego temperatura, od 5 °C do ok. 80 °C..
- E** Ze sprężarki gaz jest wtłaczany do wymiennika ciepła (skraplacza), gdzie oddaje energię cieplną do systemu grzewczego budynku, po czym ulega schłodzeniu i skrapla się.
- F** Ponieważ ciśnienie jest nadal wysokie, czynnik chłodniczy zostaje przetłoczony przez zawór rozprężny, gdzie dochodzi do spadku ciśnienia, aby czynnik chłodniczy powrócił do temperatury pierwotnej. Czynnik chłodniczy zakończył pełny cykl, ponownie jest kierowany do parownika i cały proces powtarza się.
- Obieg czynnika grzewczego*
- G** Energia cieplna wytwarzana przez czynnik chłodniczy w skraplaczu jest odbierana przez wodę w systemie grzewczym (czynnik grzewczy), która zostaje podgrzana do 55 °C (temperatura zasilania).
- H** Czynnik grzewczy krąży w obiegu zamkniętym i przenosi energię cieplną podgrzanej wody do ogrzewacza c.w.u. i grzejników/ogrzewania podłogowego budynku.

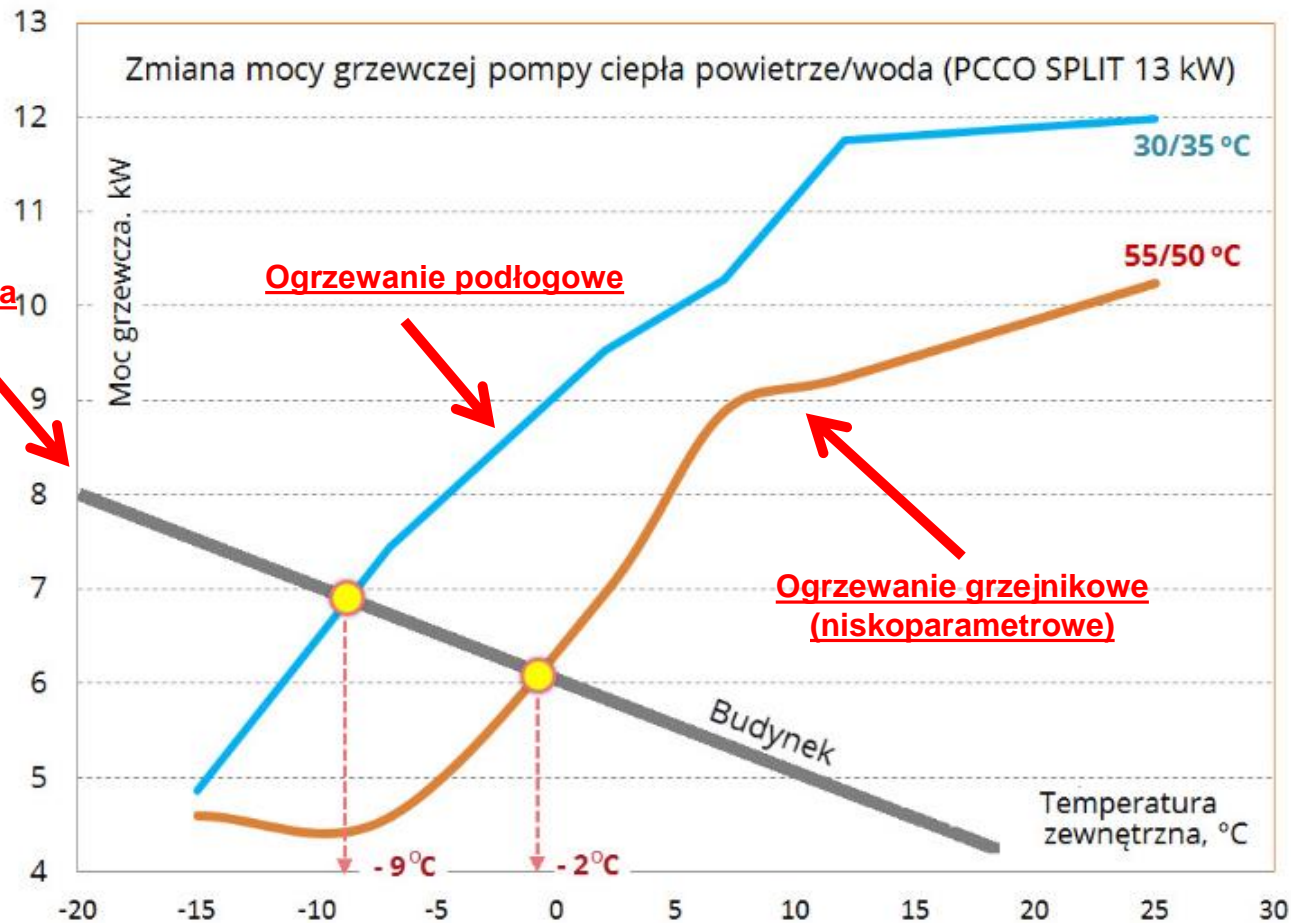
źródło: www.nibe.pl

Pompa ciepła powietrze-woda parametry

Znamionowa moc cieplna	Prated	6,3	kW	Sezonowa efektywność energetyczna ogrzewania pomieszczeń	η_s	147	%
Deklarowana wydajność ogrzewania pomieszczeń przy częściowym obciążeniu i temperaturze zewnętrznej T_j				Deklarowany wskaźnik efektywności ogrzewania pomieszczeń przy częściowym obciążeniu i temperaturze zewnętrznej T_j			
$T_j = -7^\circ\text{C}$	Pdh	5,5	kW	$T_j = -7^\circ\text{C}$	COPd	2,48	-
$T_j = +2^\circ\text{C}$	Pdh	4,1	kW	$T_j = +2^\circ\text{C}$	COPd	3,80	-
$T_j = +7^\circ\text{C}$	Pdh	2,9	kW	$T_j = +7^\circ\text{C}$	COPd	4,45	-
$T_j = +12^\circ\text{C}$	Pdh	3,3	kW	$T_j = +12^\circ\text{C}$	COPd	5,26	-
$T_j = \text{dwuwart.}$	Pdh	5,5	kW	$T_j = \text{dwuwart.}$	COPd	2,48	-
$T_j = \text{TOL}$	Pdh	5,7	kW	$T_j = \text{TOL}$	COPd	2,34	-
$T_j = -15^\circ\text{C}$ (jeżeli TOL < -20°C)	Pdh		kW	$T_j = -15^\circ\text{C}$ (jeżeli TOL < -20°C)	COPd		-
Temperatura dwuwartościowa	T_{biv}	-7	$^\circ\text{C}$	Min. temperatura powietrza zewnętrznego	TOL	-10	$^\circ\text{C}$
Wydajność w okresie cyklu w interwale	Pcyc		kW	Efektywność energetyczna cyklu	COPcyc		-
Współczynnik strat	Cdh	0,99	-	Maks. temperatura zasilania	WTOL	65	$^\circ\text{C}$
Pobór mocy w trybach innych niż aktywny				Podgrzewacz pomocniczy			
Tryb wyłączenia	P_{OFF}	0,025	kW	Znamionowa moc cieplna	P_{sup}	0,0	kW
Tryb wyłączonego termostatu	P_{TO}	0,01	kW				
Tryb czuwania	P_{SB}	0,025	kW	Rodzaj pobieranej energii	Elektryczna		
Tryb włączonej grzałki karteru	P_{CK}	0,037	kW				
<i>Inne parametry</i>							
Regulacja wydajności	Zmienny			Znamionowy przepływ powietrza (powietrze-woda)		2 400	m^3/h
Poziom mocy akustycznej, w pomieszczeniu/na zewnątrz	L_{WA}	35 / 53	dB	Znamionowe natężenie przepływu czynnika grzewczego			m^3/h
Roczne zużycie energii	Q_{HE}	3 472	kWh	Natężenie przepływu solanki w pompach ciepła solanka-woda lub woda-woda			m^3/h
Informacje kontaktowe	NIBE Energy Systems – Box 14 – Hannabadsvägen 5 – 285 21 Markaryd – Sweden						

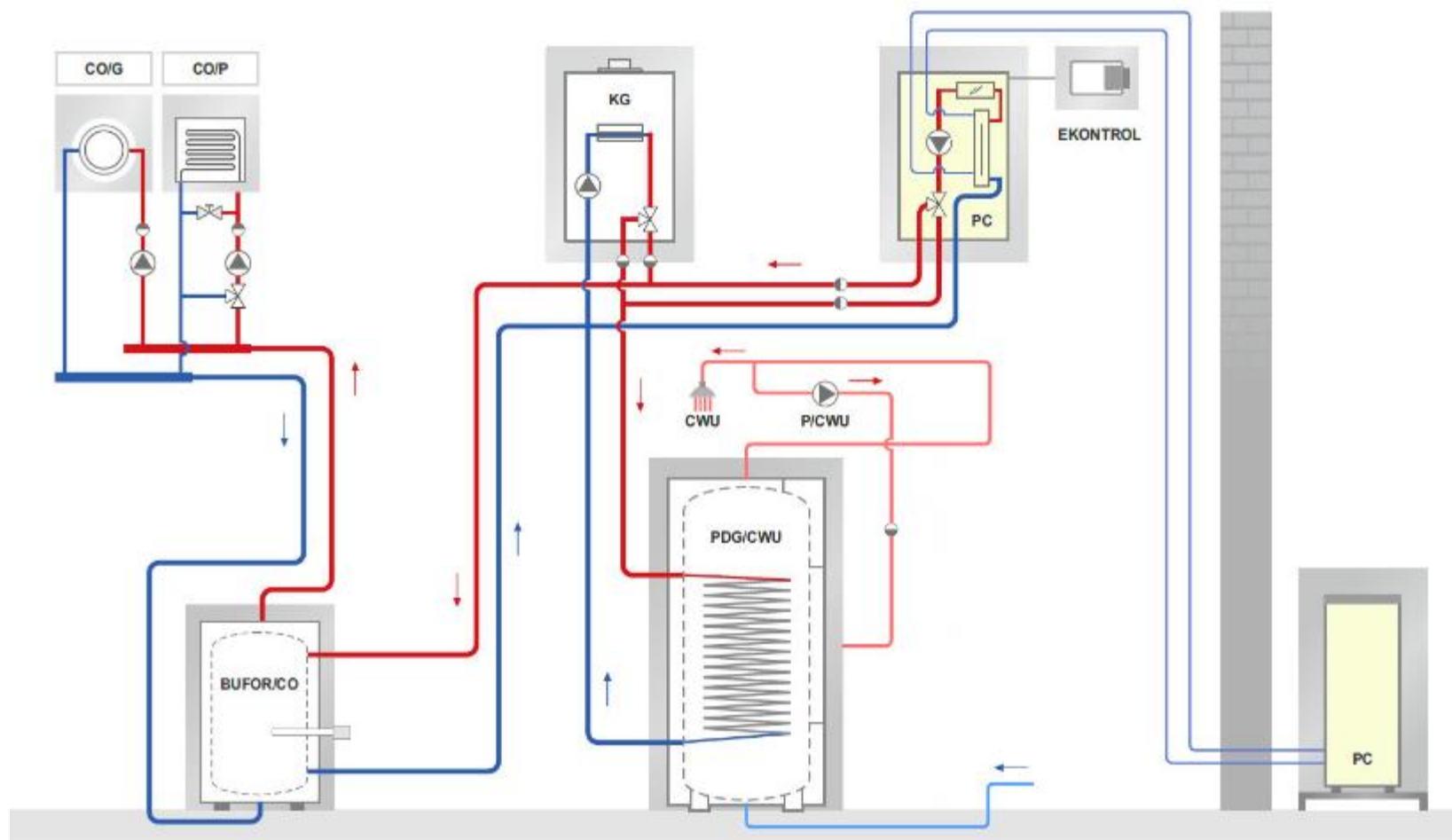
źródło: www.nibe.pl

Pompa ciepła powietrze-woda wyznaczanie punktu biwalencyjnego



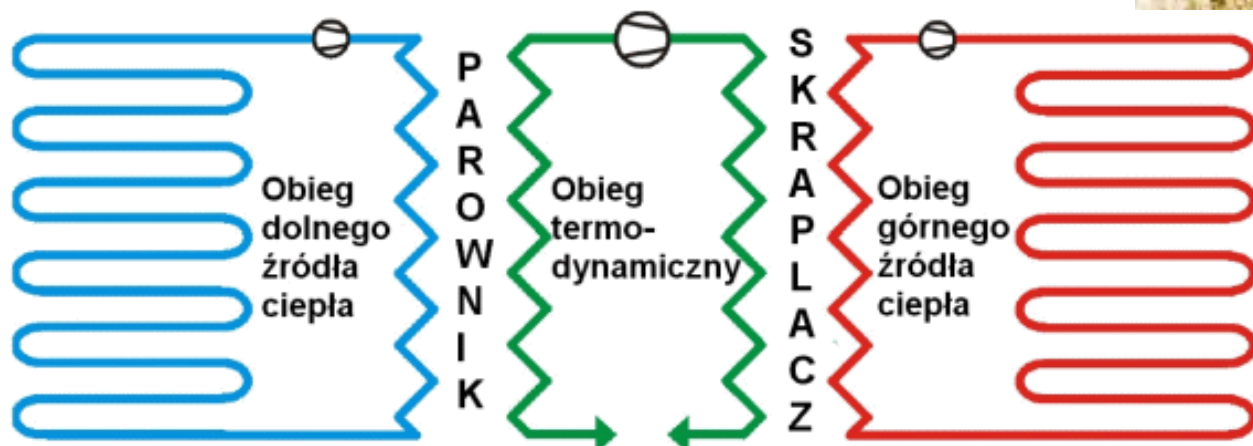
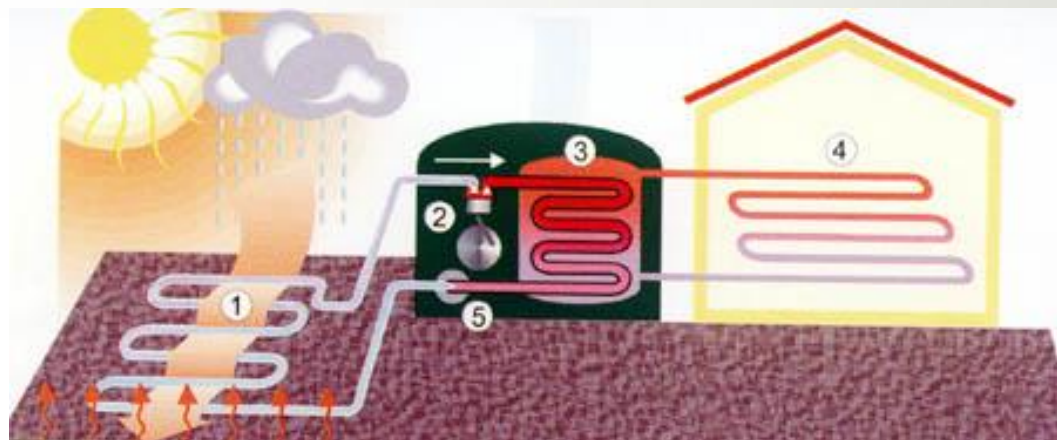
źródło: www.hewalex.pl

Pompa ciepła powietrze-woda w instalacji centralnego ogrzewania



źródło: www.hewalex.pl

Pompa ciepła woda-woda zasada działania



źródło: www.solarshop.pl , <http://www.epco-pc.com>



Pompy ciepła woda-woda parametry

Pompy ciepła "HIBERNATUS" typu woda / woda z pojedynczą instalacją ziemniczą – typoszereg W2W0E do W29W3E

Model pompy	W10/W35 wg PN-EN 255				W10/W50 wg PN-EN 255				Max. Prąd pracy	Gabaryty szer .x gł. x wys	Masa	Głośność
	Moc grzewcza [kW]	Moc chłodnicza [kW]	Pobór mocy el. [kW]	COP	Moc grzewcza [kW]	Moc chłodnicza [kW]	Pobór mocy el. [kW]	COP				
W2W0E	8,80	7,10	1,80	4,89	8,00	5,80	2,30	3,48	3,90	650 x 500 x 920	110	48
W3W0E	12,50	10,30	2,30	5,43	11,30	8,30	3,10	3,65	5,30	650 x 500 x 920	120	48
W4W0E	14,40	11,90	2,70	5,33	13,10	9,70	3,60	3,64	6,00	650 x 500 x 920	125	45
W5W0E	17,60	14,50	3,30	5,33	16,20	12,00	4,40	3,68	7,30	650 x 500 x 920	130	45
W6W0E	20,70	17,00	3,90	5,31	19,20	14,20	5,30	3,62	8,40	650 x 500 x 920	140	55
W8W0E	23,00	19,10	4,20	5,48	21,10	15,50	5,90	3,58	11,00	650 x 500 x 920	150	55
W9W0E	26,60	21,40	5,50	4,84	24,10	17,70	6,70	3,60	12,50	650 x 650 x 920	205	55
W10W0E	31,40	26,20	5,50	5,71	28,70	21,40	7,70	3,73	13,50	650 x 650 x 920	210	56
W12W0E	37,80	30,80	7,30	5,18	34,10	25,50	9,10	3,75	15,20	650 x 650 x 920	215	55
W14W0E	41,90	35,00	7,30	5,74	38,30	28,50	10,30	3,72	17,80	650 x 650 x 920	225	58
W16W3E	45,50	37,00	8,90	5,11	41,40	30,70	11,30	3,66	17,90	800 x 850 x 1020	280	52
W20W3E	55,70	45,10	11,10	5,02	50,60	37,50	13,80	3,67	22,40	800 x 850 x 1020	300	52
W24W3E	71,60	59,30	13,00	5,51	65,70	48,40	18,30	3,59	30,20	800 x 850 x 1020	320	52
W29W3E	90,50	75,00	16,30	5,55	81,30	59,90	22,60	3,60	38,10	800 x 850 x 1020	340	52

źródło: <http://www.hibernatus.pl>



Pompy ciepła glikol-woda parametry

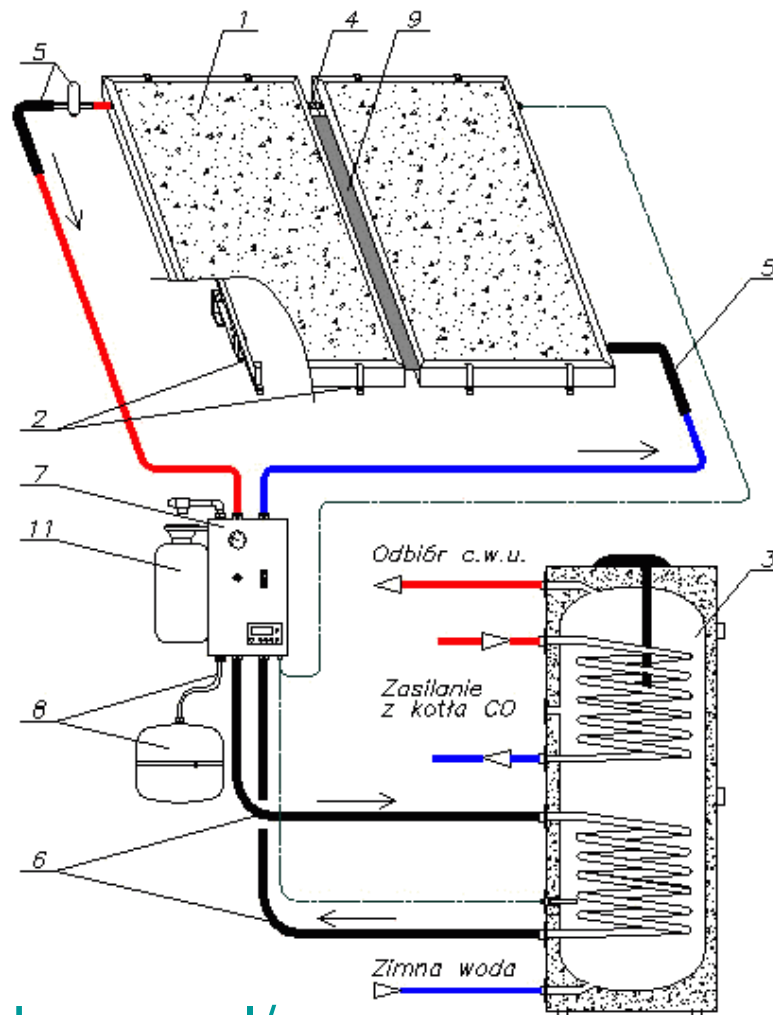
Pompy ciepła "HIBERNATUS" typu roztwór glikolu / woda z pojedynczą instalacją żiębniczą – typoszereg W2G0E do W29G3E

Model pompy	B0/W35 wg PN-EN 255				B0/W50 wg PN-EN 255				Max. Prąd pracy	Gabaryty Szer .x gł. x wys	Masa	Głośność
	Moc grzewcza	Moc chłodnicza	Pobór mocy el.	COP	Moc grzewcza	Moc chłodnicza	Pobór mocy el.	COP				
	[kW]	[kW]	[kW]		[kW]	[kW]	[kW]					
W2G0E	6,40	4,80	1,60	4,00	5,90	3,90	2,20	2,68	3,90	650 x 500 x 920	110	48
W3G0E	8,90	6,90	2,20	4,05	8,30	5,50	2,90	2,86	5,30	650 x 500 x 920	120	48
W4G0E	10,30	7,90	2,50	4,12	9,60	6,30	3,40	2,82	6,00	650 x 500 x 920	125	45
W5G0E	12,70	9,70	3,10	4,10	11,90	7,90	4,10	2,90	7,30	650 x 500 x 920	130	45
W6G0E	15,10	11,70	3,60	4,19	14,20	9,50	4,90	2,90	8,40	650 x 500 x 920	140	55
W8G0E	16,60	12,70	4,10	4,10	15,60	10,00	6,00	2,60	11,00	650 x 500 x 920	150	55
W9G0E	19,10	14,50	4,90	3,90	17,50	11,80	6,10	2,87	12,50	650 x 650 x 920	205	55
W10G0E	22,70	17,60	5,50	4,13	21,30	14,10	7,60	2,80	13,50	650 x 650 x 920	210	56
W12G0E	26,90	20,70	6,50	4,14	24,80	17,00	8,20	3,02	15,20	650 x 650 x 920	215	55
W14G0E	30,30	23,40	7,20	4,21	27,80	18,10	10,20	2,73	17,80	650 x 650 x 920	225	58
W16G3E	33,10	25,30	8,20	4,04	30,40	20,60	10,30	2,95	17,90	800 x 850 x 1020	280	52
W20G3E	40,20	30,80	9,90	4,04	37,30	25,30	12,70	2,94	22,40	800 x 850 x 1020	300	52
W24G3E	52,00	39,90	12,70	4,09	48,70	31,60	18,00	2,71	30,20	800 x 850 x 1020	320	52
W29G3E	64,80	49,70	15,90	4,08	60,00	38,60	22,50	2,67	38,10	800 x 850 x 1020	340	52

źródło: <http://www.hibernatus.pl>

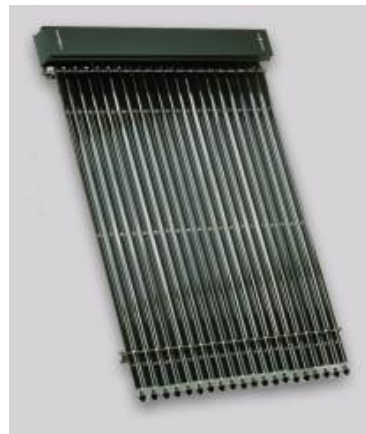
Budowa kolektora słonecznego

- 1 Kolektor słoneczny 2 szt.
- 2 uchwyt dachowy ocynkowany na jeden kolektor 2 szt.
- 3 podgrzewacz 1 szt.
- 4 śrubunek 3" 2 szt.
- 5 zestaw przyłączeniowy kolektora 1 kpl.
- 6 zestaw przyłączeniowy podgrzewacza 1 kpl.
- 7 zespół pompy ze sterownikiem 1 szt.
- 8 zespół naczynia przeponowego 1 kpl.
- 9 profil między kolektory 1 szt.
- 10 płyn do instalacji 20 kg
- 11 pompa do napełniania instalacji 1 szt.
- 12 otulina 18/9



źródło: <http://darmowa-energia.eko.org.pl/>

Typy kolektorów słonecznych



źródło: <http://darmowa-energia.eko.org.pl/>

Woda – mała elektrownia wodna (MEW)

Surowiec : energia **kinetyczna** nurtu rzek i strumieni, energia **potencjalna** różnicy poziomów wód

Produkt : energia **elektryczna** lub mechaniczna



źródło: <http://www.biogaz.torun.pl/>

Wiatr : Farmy wiatrowe Cisowo / okolice Darłówka

Surowiec :
energia
kinetyczna
wiatru

Produkt : energia
elektryczna lub
mechaniczna



źródło: <http://www.energiaeco.pl/>

Wiatr : Farmy wiatrowe Cisowo / okolice Darłówka



Farma wiatrowa Cisowo

- Turbiny 2MW
- Wieże 78 m
- Łopata śmigła 40 m
- Łączna moc 20MW
- Rocznie do 55GWh
- Koszt ok. 100 mln zł
(w roku 2001 – dzisiaj
ok 60mln zł)
- **Wsp. wyk. mocy 31%**

źródło: <http://www.energiaeco.pl/>



Turbina wiatrowa VESTAS v80

WIRNIK

Średnica:	80 m
Powierzchnia:	5.027 m ²
Liczba obrotów:	16,7 obr/min
Obroty:	9-19 obr/min
Liczba łopat wirnika:	3
Regulacja mocy:	System OptiSpeed™ oraz system regulacji skoku łopat.
Hamulec aerodynamiczny:	trzy niezależne cylindry hydrauliczne

WIEŻA

Wysokość (w przybliżeniu):	60-67-78-100 m
----------------------------	----------------

DANE TECHNICZNE

Prędkość początkowa wiatru:	4 m/s
Nominalna prędkość wiatru:	15 m/s
Prędkość wiatru przy funkcji stop:	25 m/s

GENERATOR

Typ:	Asynchroniczny z systemem Optispeed™	
Moc nominalna:	2.000 kW	2.000 kW
Dane techniczne:	50 Hz	60 Hz
	690 V	690 V
	905-	1.090-
	1.915 obr/min	2.300 obr/min

SKRZYNIA BIEGÓW

Typ:	1 pozycja planetarna/2 pozycje śrubowe
------	----------------------------------------

STEROWANIE

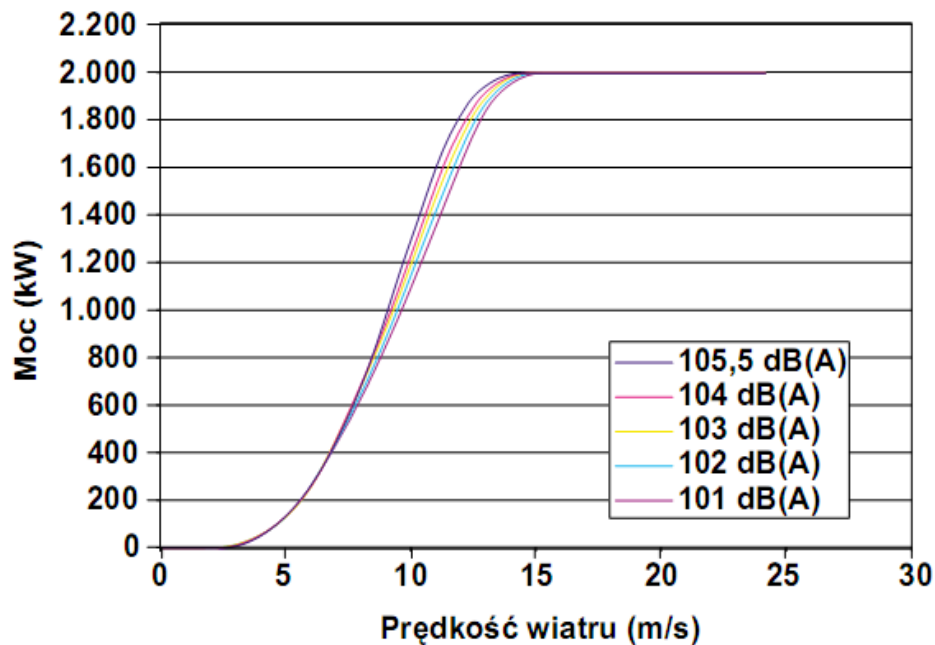
Typ:	Komputerowy nadzór nad wszystkimi funkcjami turbiny z możliwością zdalnego nadzoru. Regulacja za pomocą systemów OptiSpeed™ oraz OptiTip® (regulacja ustawienia łopat)
------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

CIĘŻARY

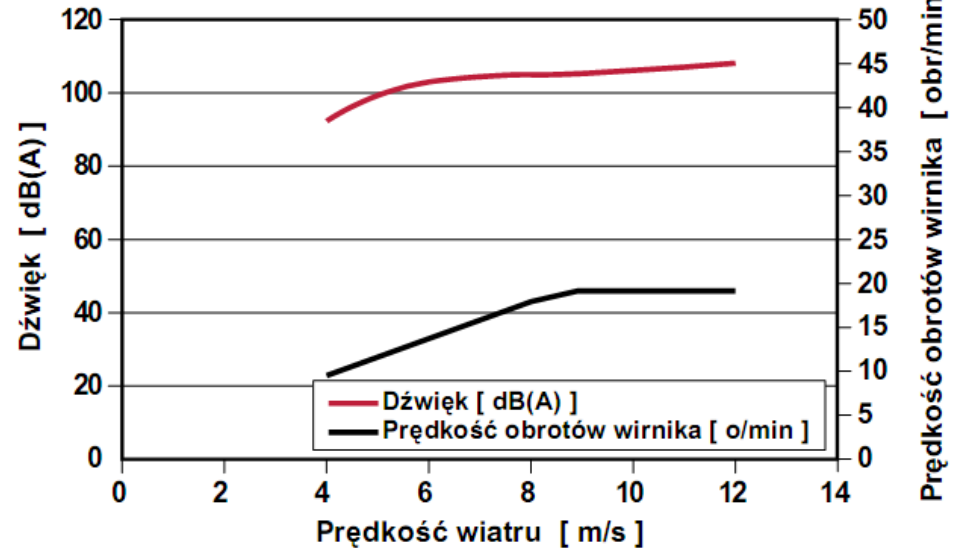
	(60 m)	(67 m)	(78 m)	(100 m)
Wieża:	110 t	130 t	170 t	220 t
Gondola:	61 t	61 t	61 t	61 t
Wirnik:	34 t	34 t	34 t	34 t
Ogółem:	205 t	225 t	265 t	365 t

Turbina wiatrowa VESTAS v80

Krzywa mocy modelu V80-2,0 MW



Prędkość wiatru/poziom hałasu



Farmy wiatrowe a ekologia



Krajobraz

Foto: J.Teneta



Ptaki

Hałas

Ciekawe wiatraki spotkane pod Warszawą



Foto: J.Teneta





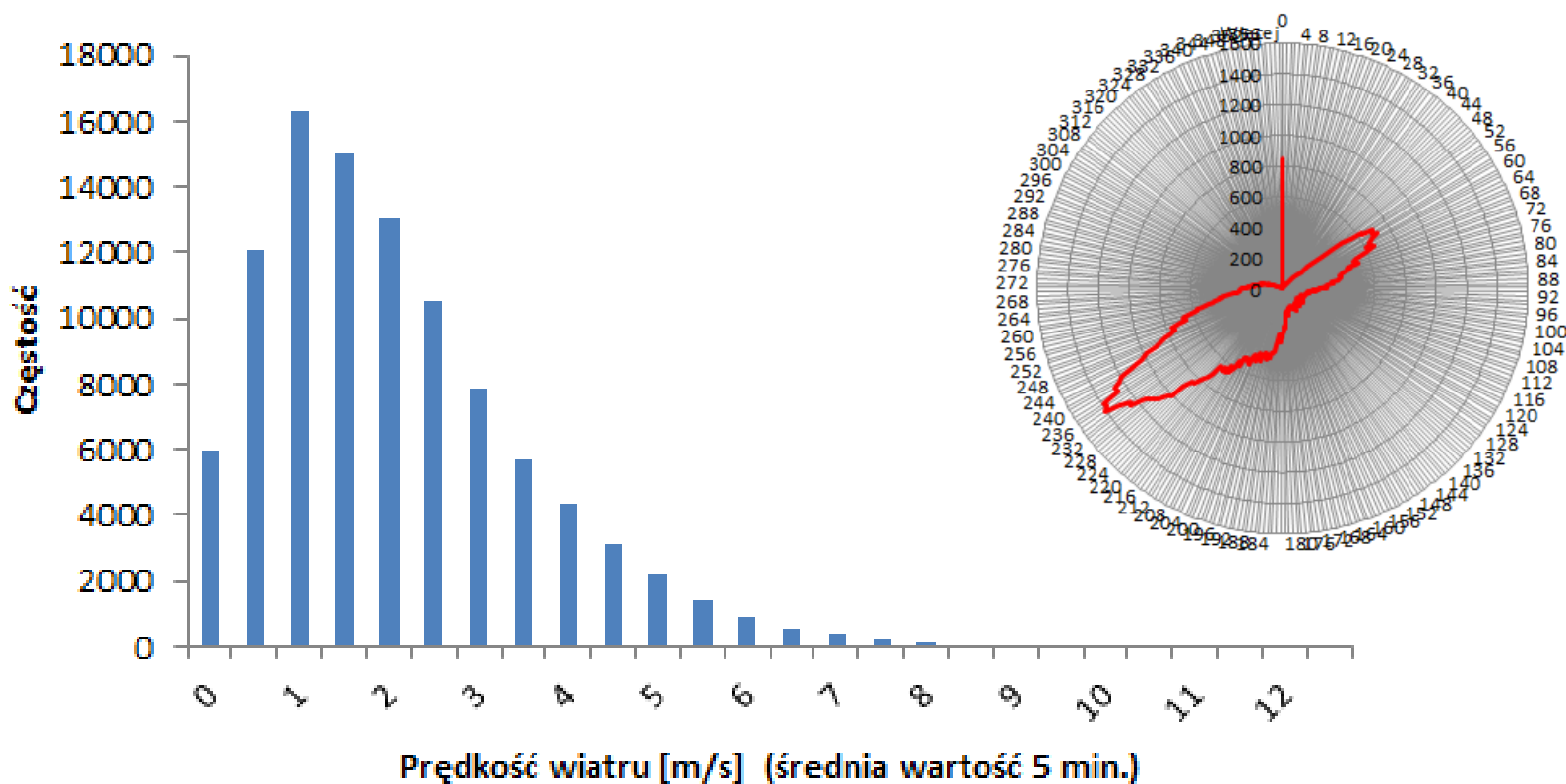
Nasze pomiary – stacja meteo na dachu budynku C3, AGH Kraków



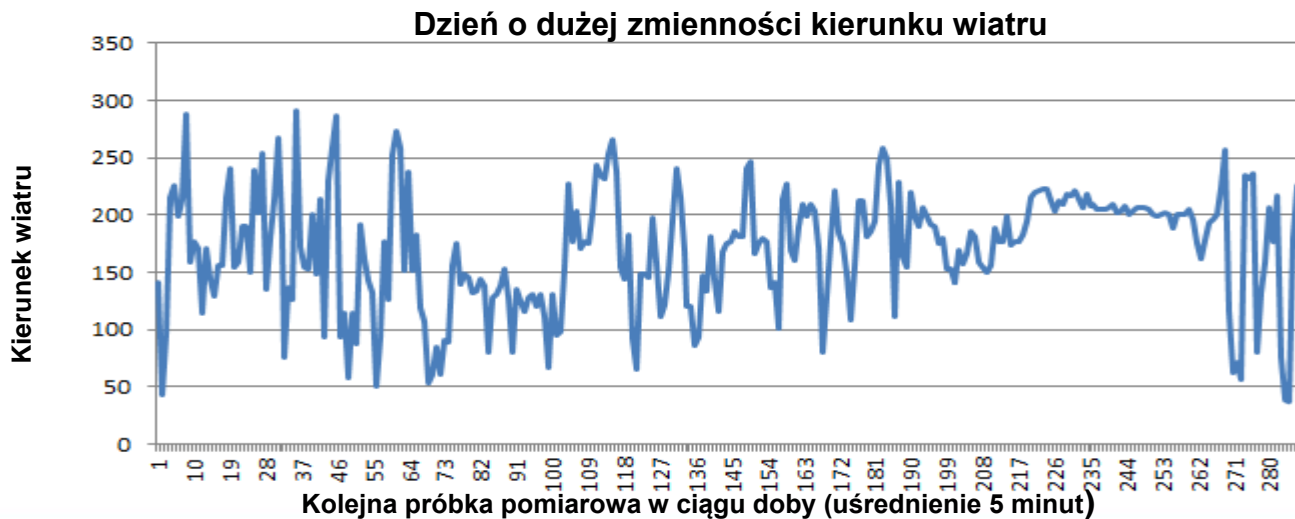
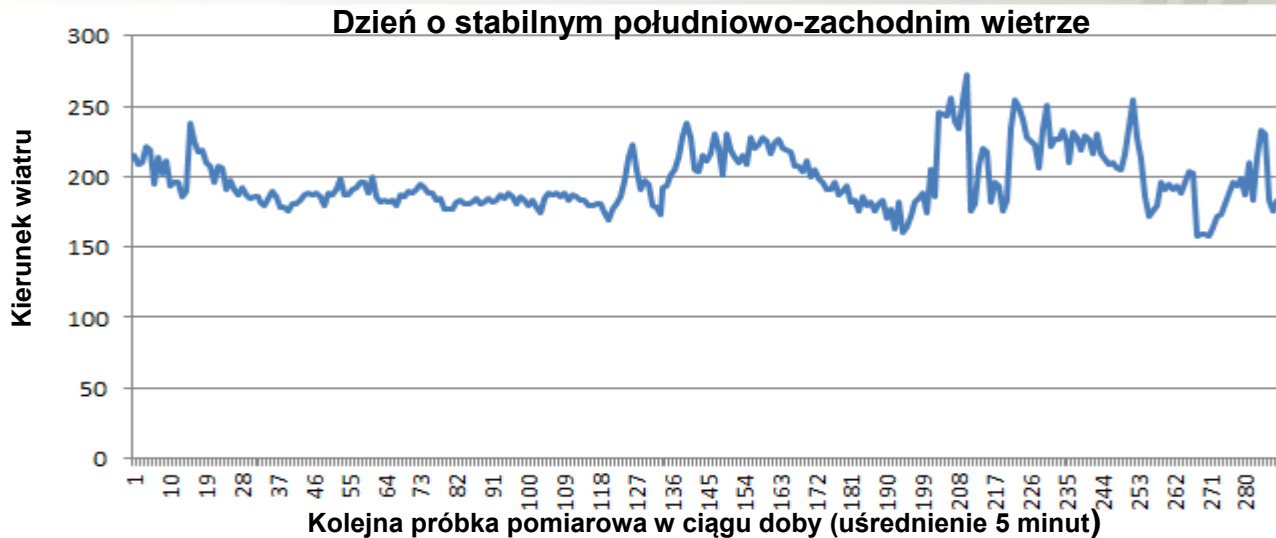
Foto: J.Teneta

Prędkości i kierunek wiatru

Histogramy prędkości i kierunku wiatru AGH C3 rok 2017



Kierunek wiatru AGH C3



Turbiny wiatrowe o osi pionowej

Savonius



Darrieus



źródło: <http://en.wikipedia.org>

Turbiny wiatrowe o osi pionowej

5kW VAWT



źródło: www.generatorzy-wiatropwe.pl

Segmentowe turbiny wiatrowe o osi poziomej



Tabela produkcji energii elektrycznej przez turbinę RB 1 (kąt nachylenia dachu - 30°, wysokość montażu - 8m, wysokość dachu - 1m):

Turbina RB1	Długość turbiny	Moc kW	Produkcja KWh Wroclaw 3.5 m/s	Produkcja KWh Warszawa/Gdańsk 4.4 m/s	Produkcja KWh Łeba 5.3 m/s	Produkcja KWh Ustka 5.9 m/s
1 (5 wimików)	6.5m	2,7 kW	2,664 kWh	3,462 kWh	4,977 kWh	5,295 kWh
2 (10 wimików)	13m	5,4 kW	5,328 kWh	6,924 kWh	9,954 kWh	10,590 kWh

Wykres wykorzystania wiatru w turbinie Ridgeblade:

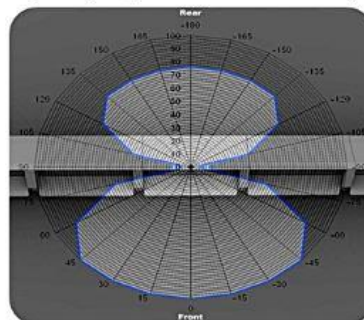


Tabela produkcji energii elektrycznej przez turbinę RB 2 (kąt nachylenia dachu - 15°, wysokość montażu - 8m, wysokość dachu - 1m):

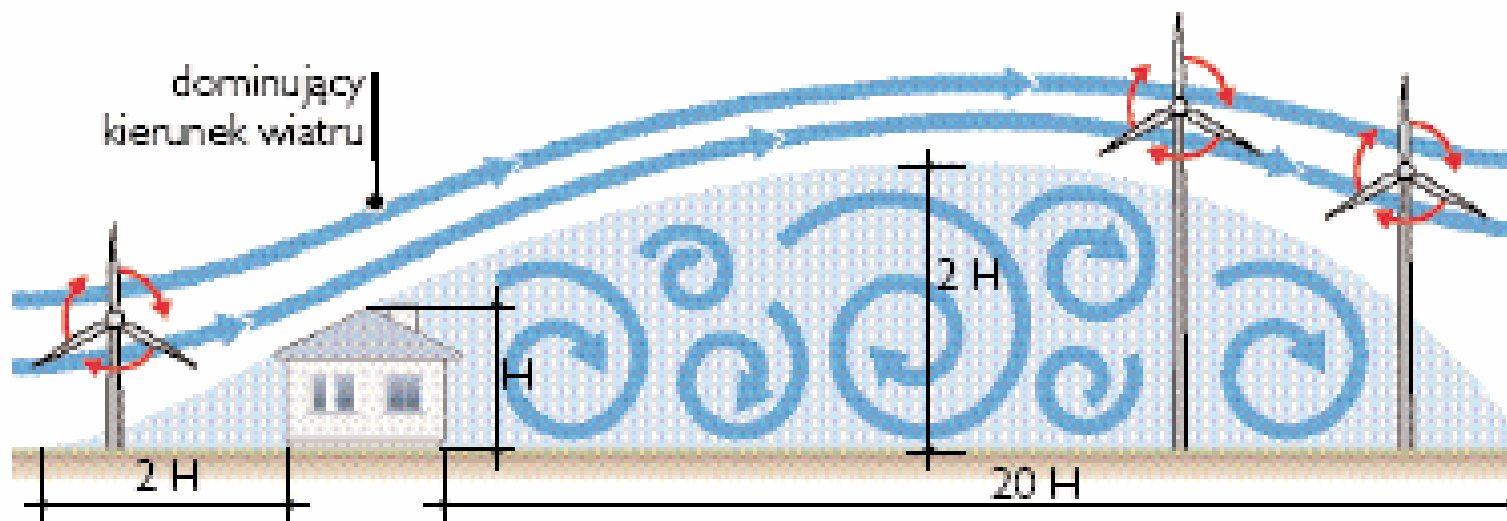
Turbina RB2	Długość turbiny	Moc kW	Produkcja KWh Wroclaw 3.5 m/s	Produkcja KWh Warszawa/Gdańsk 4.4m/s	Produkcja KWh Łeba 5.3m/s	Produkcja KWh Ustka 5.9 m/s
1 (10 wimików)	13m	5,4 kW	6,258 kWh	7,248 kWh	11,608 kWh	12,440 kWh
2 (20 wimików)	26m	10.8 kW	12,516 kWh	14,496 kWh	23,216 kWh	24,880 kWh
5 (50 wimików)	65m	27 kW	31,290 kWh	32,240 kWh	58,040 kWh	62,200 kWh
10 (100 wimików)	130m	54 kW	62,580 kWh	72,480 kWh	116 08 MWh	124 4 MWh
13 (500 wimików)	169m	70.2 kW	81,354 kWh	94,224 kWh	150 904 MWh	161 72 MW



źródło: <http://www.wiatraki.murat.pl/>

Wpływ otoczenia na pracę turbiny wiatrowej

USYTUOWANIE ELEKTROWNI – WARUNKI LOKALNE



4 Zasady umieszczania przydomowych elektrowni wiatrowych. Wirlnik i łopaty powinny znajdować się w strefie laminarnych (niezaburzonych) strug wiatru. Ponieważ za przeszkodami powstają zawirowania, wiatraki lepiej umieszczać przed przeszkodami, bo wówczas mogą być niższe i stać bliżej przeszkody

źródło: forum.muratorodom.pl

Sprawność turbin wiatrowych

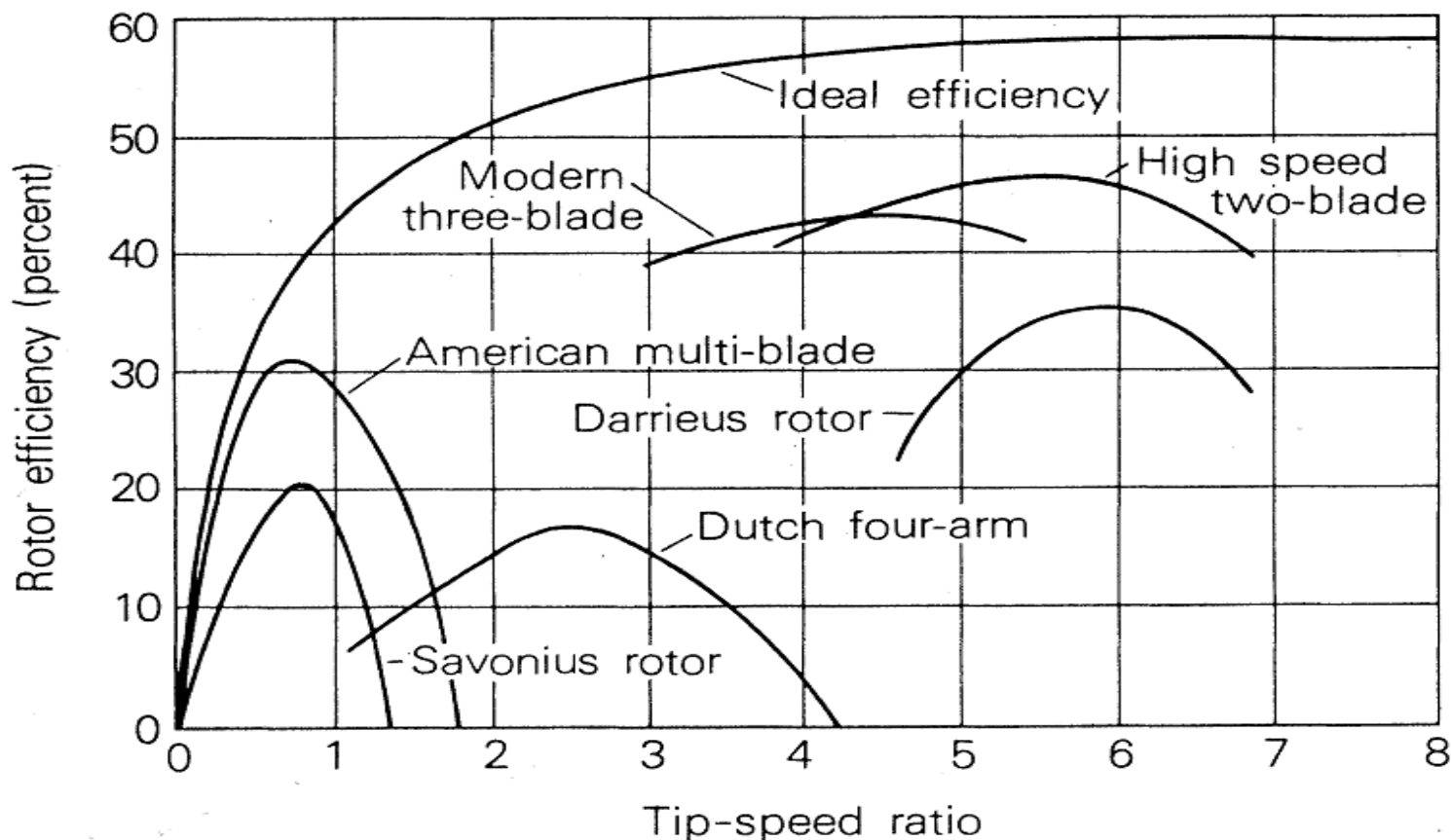


FIGURE 4-4

Rotor efficiency versus tip speed ratio for rotors with different numbers of blades. Two-blade rotors have the highest efficiency. (Source: Eldridge, F.R., *Wind Machines*, Energy Research and Development Administration, Washington, DC, Report AER-75-12937, p. 55, 1975.)

Sprawność turbin wiatrowych

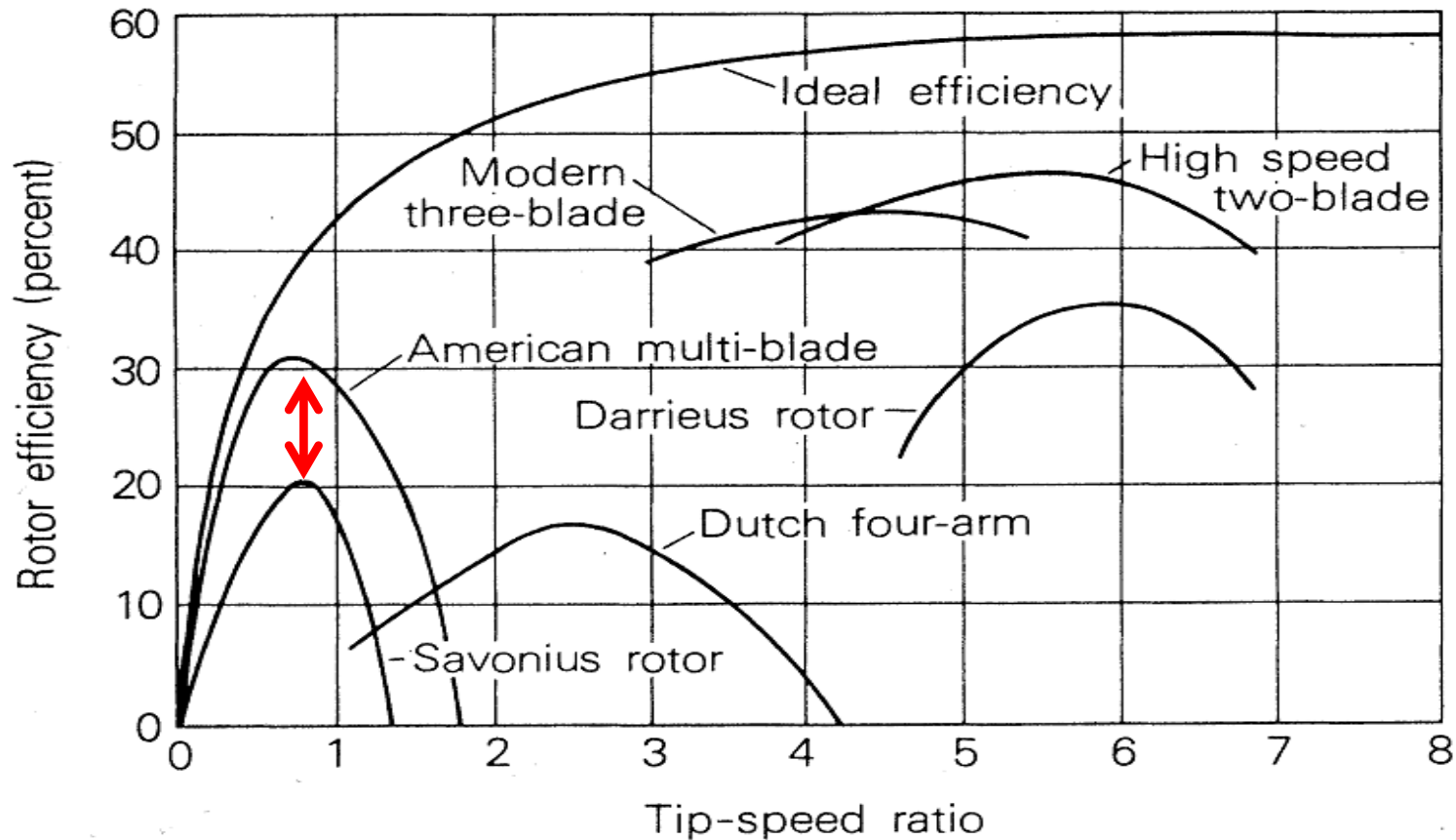
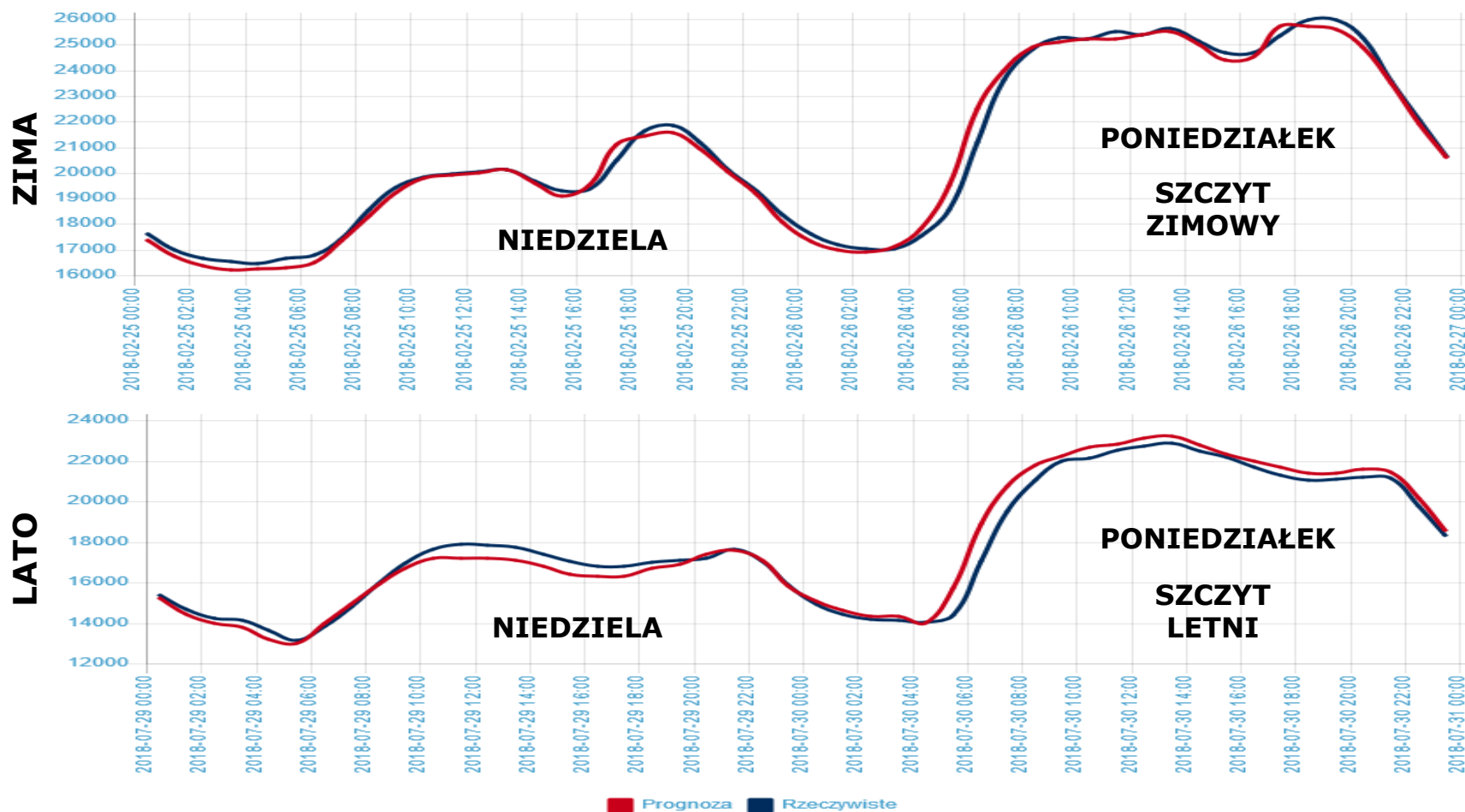


FIGURE 4-4

Rotor efficiency versus tip speed ratio for rotors with different numbers of blades. Two-blade rotors have the highest efficiency. (Source: Eldridge, F.R., *Wind Machines*, Energy Research and Development Administration, Washington, DC, Report AER-75-12937, p. 55, 1975.)

Szczytowe zapotrzebowanie na moc w KSE

Źródło: pse.pl



Praca farm wiatrowych przy zimowym i letnim szczycie zapotrzebowania na moc w KSE

Szczyt zimowy 25.01.2019 26 504 MW

Szczyt letni 4.06.2018 23 245 MW

Godzina	Sumaryczna generacja źródeł wiatrowych	
	[MWh]	[MWh]
1	1 198,073	851,562
2	1 095,635	832,317
3	1 037,198	745,539
4	942,399	649,326
5	795,439	609,817
6	684,196	564,314
7	624,498	427,339
8	588,562	276,921
9	514,772	297,160
10	458,034	368,711
11	367,551	484,912
12	318,296	731,764
13	287,513	985,176
14	261,657	1 157,777
15	232,947	1 306,105
16	199,374	1 429,855
17	206,275	1 606,433
18	306,176	1 620,026
19	392,249	1 417,515
20	512,065	1 171,268
21	606,640	1 008,593
22	636,968	1 037,540
23	635,041	1 033,152
24	669,093	965,480

Źródło: pse.pl, Praca KSE – generacja źródeł wiatrowych



Dziękuję za uwagę !!!

**To już jest koniec
Bo nie ma już nic
Jesteście wolni
Możecie iść...**

