



AGH

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

CZYSTA ENERGIA

**Prof. dr hab. inż. Andrzej Gołaś
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Kierownik Katedry Systemów Energetycznych
i Urządzeń Ochrony Środowiska
Członek Komitetu Polityki Naukowej RP
Kraków, 20.01.2012**

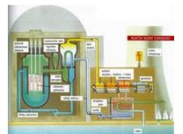
Źródła energii elektrycznej

Drogi transmisji

Odbiorca



Elektrownie węglowe



Elektrownie atomowe



Elektrownie wiatrowe



Elektrownie wodne



Elektrownie solarne



Elektrownie biomasowe i biogazowe

Fotowoltaika



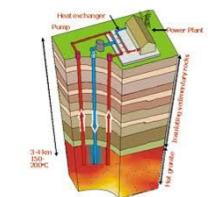
Systemy Inteligentne



Instalacje solarne



Instalacje geotermalne

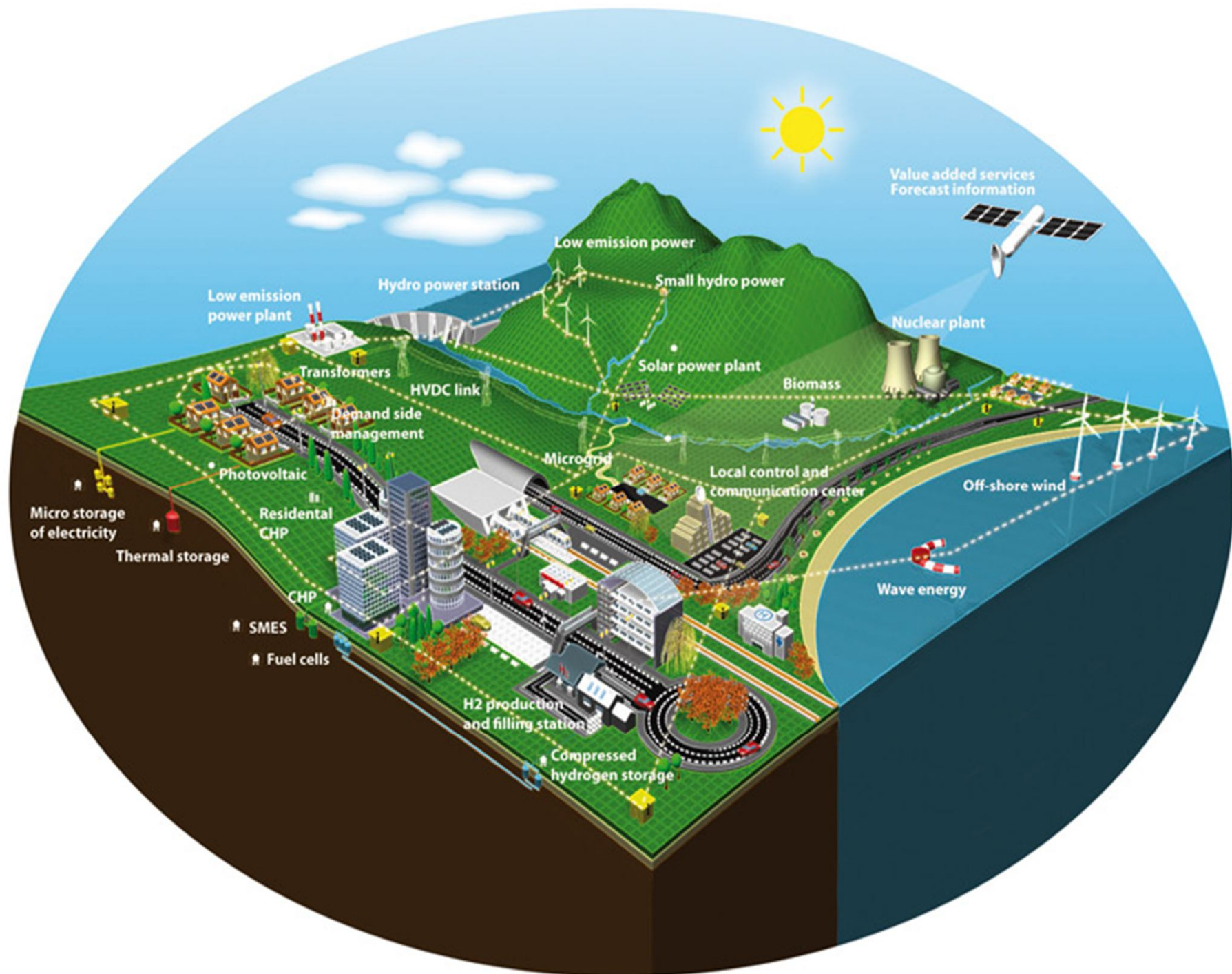


Pompy ciepła



Ogniwa paliwowe



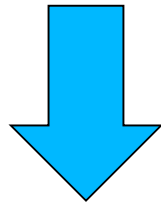




CZYSTA ENERGIA

BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE

- to stan gospodarki umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię, w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniona, przy minimalizacji negatywnego oddziaływania sektora energii na środowisko i warunki życia społeczeństwa



- stopień zrównoważenia popytu i podaży na energię i paliwa
- stopień zrównoważenia i zróżnicowania struktury nośników energii tworzących krajowy bilans paliwowy
- stopień zdywersyfikowania źródeł dostaw przy akceptowalnym poziomie kosztów oraz przewidywanych potrzebach
- i inne



CZYSTA ENERGIA

Prognoza zużycia energii pierwotnej w świecie [mld toe]

Nośnik energii pierwotnej	2000		2020		2050	
	mld toe	%	mld toe	%	mld toe	%
Węgiel (kamienny i brunatny)	2,1	23%	3,4	25%	4,2	21%
Ropa naftowa	3,4	34%	3,8	28%	4,1	20%
Gaz ziemny	2,0	21%	3,2	24%	4,5	23%
Energia jądrowa	0,6	7%	0,9	6%	2,7	13%
Pozostałe nośniki	0,5	13%	2,3	17%	4,5	23%
Ogółem :	8,6	100%	13,6	100%	20,0	100%

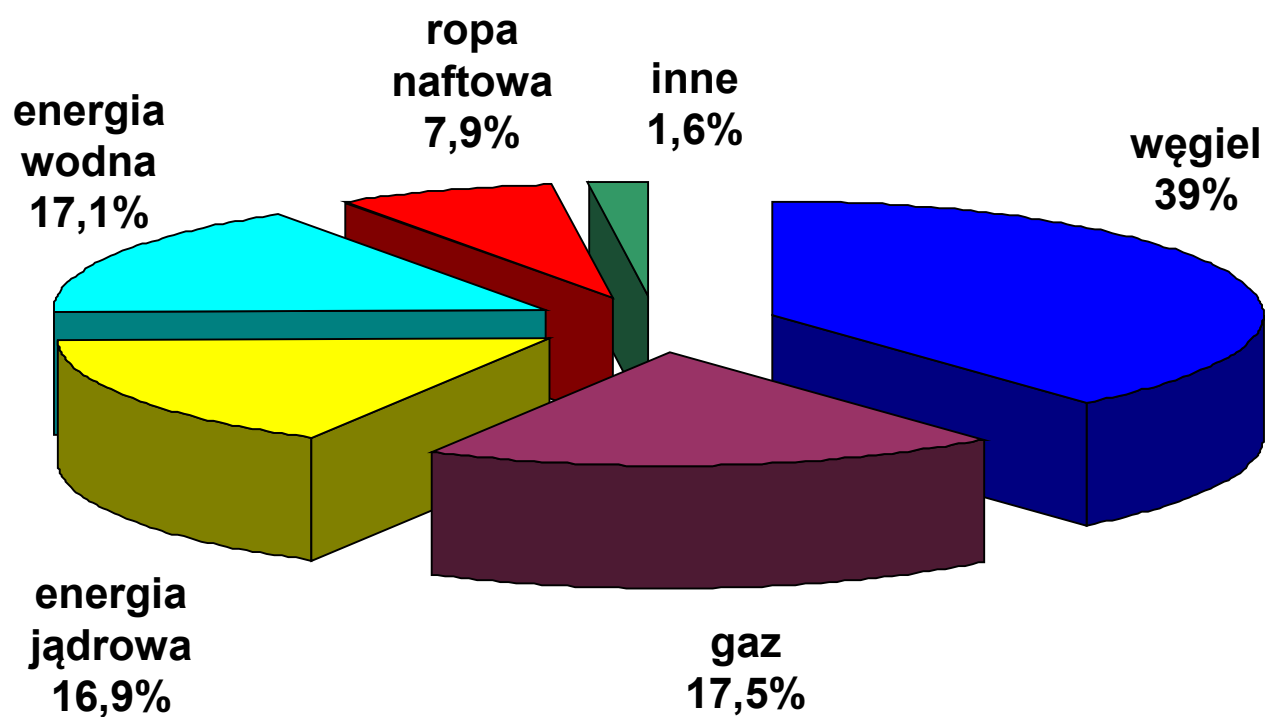


CZYSTA ENERGIA

Prognoza wielkości i struktury wytwarzania energii elektrycznej w świecie

Nośnik energii pierwotnej	2000		2010		2020	
	[TWh]	[%]	[TWh]	[%]	[TWh]	[%]
Węgiel	6 013	39,0	7 467	37,7	9 763	37,7
Ropa naftowa	1 215	7,9	1 442	7,3	1 489	5,9
Gaz ziemny	2 676	17,5	4 698	23,7	7 745	29,9
Energia jądrowa	2 599	16,9	2 467	12,4	2 369	9,2
Energia wodna	2 630	17,1	3 341	16,9	3 904	15,1
Pozostałe nośniki	246	1,6	395	2,0	603	2,3
Ogółem :	15 379	100	19 989	100	25 881	100

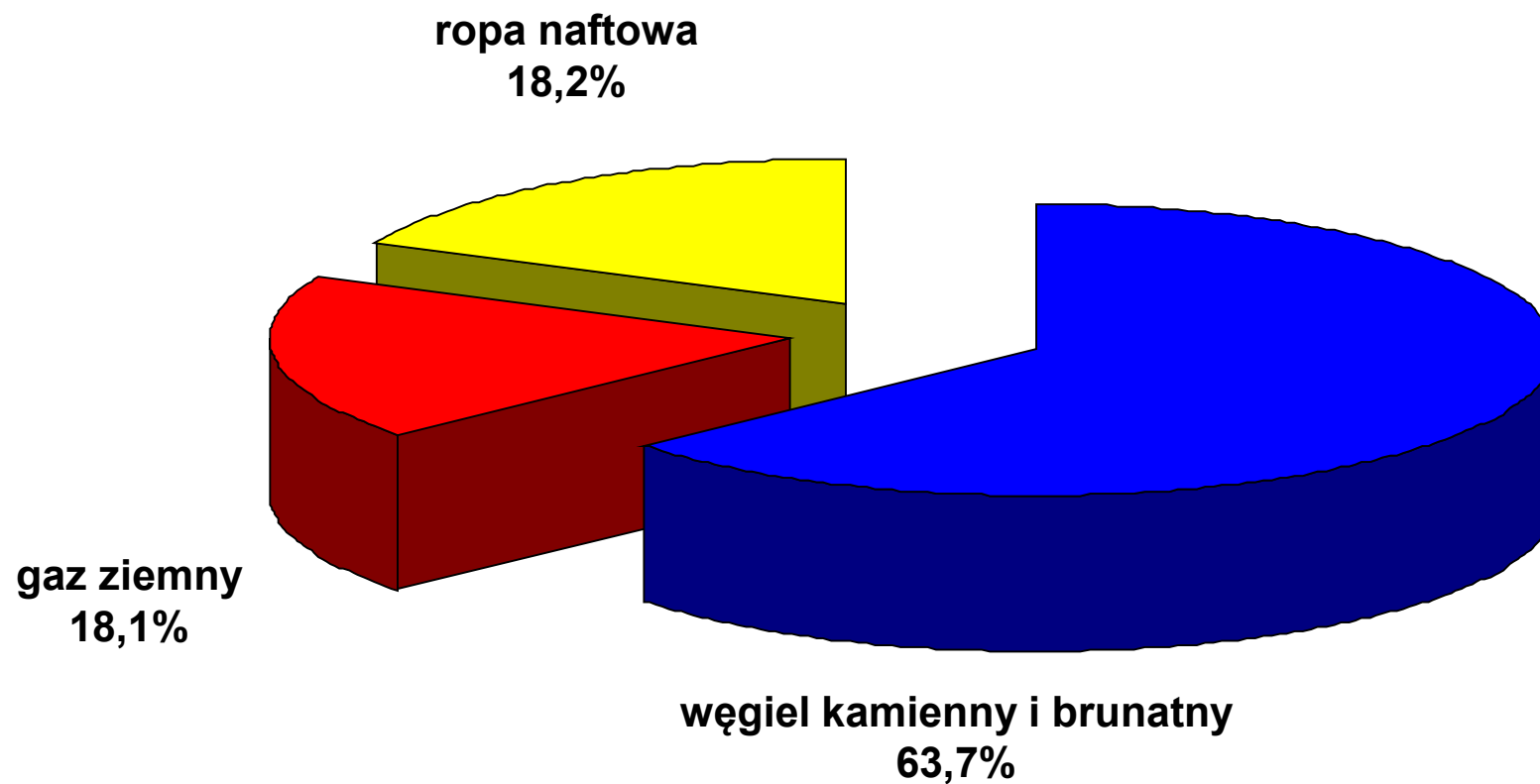
UDZIAŁ POSZCZEGÓLNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII PIERWOTNEJ W PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ





CZYSTA ENERGIA

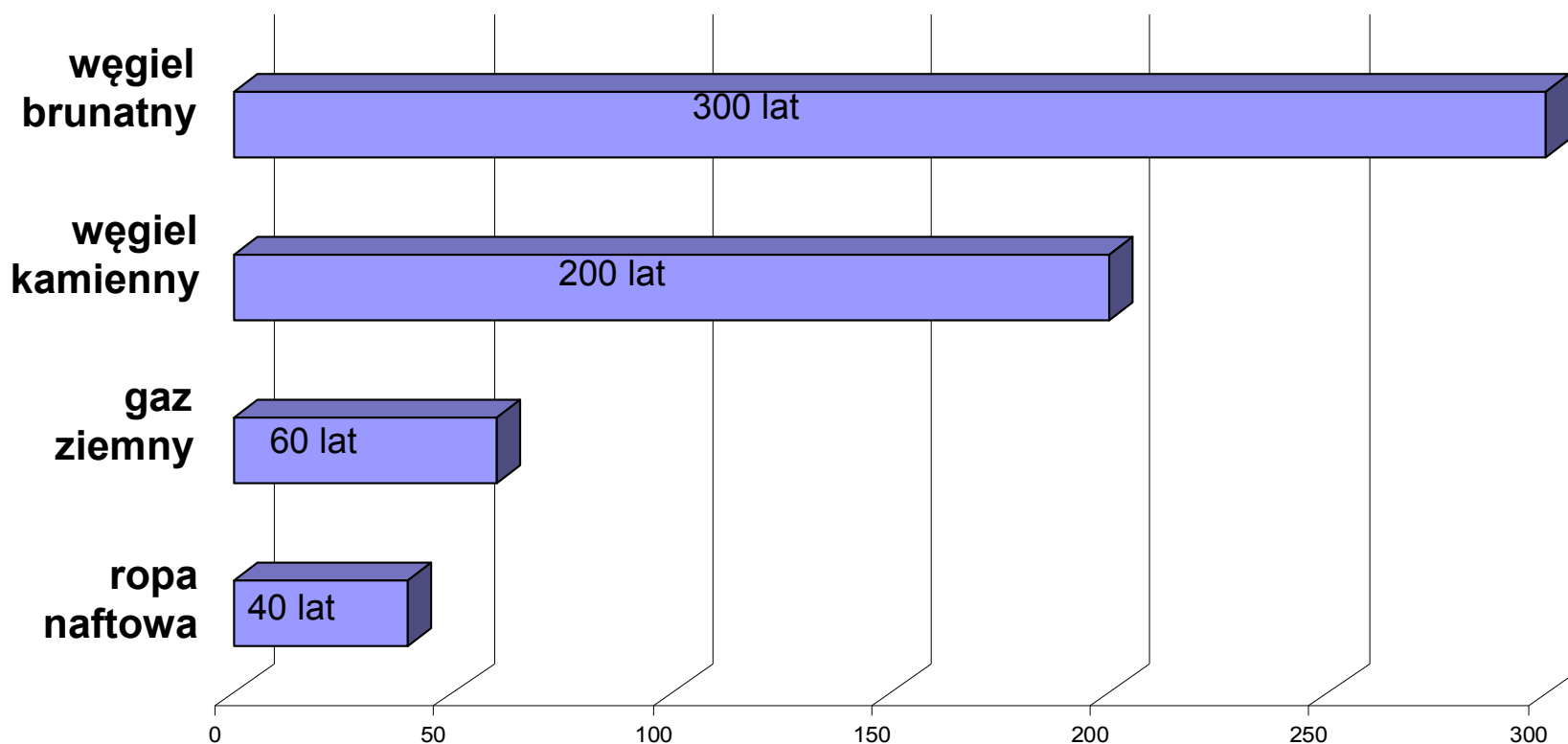
STRUKTURA ŚWIATOWYCH ZASOBÓW PALIW KOPALNYCH [%] po przeliczeniu na toe





CZYSTA ENERGIA

PROBLEM WYSTARCZALNOŚCI ŚWIATOWYCH ZASOBÓW PODSTAWOWYCH NOŚNIKÓW ENERGII PIERWOTNEJ [lata]

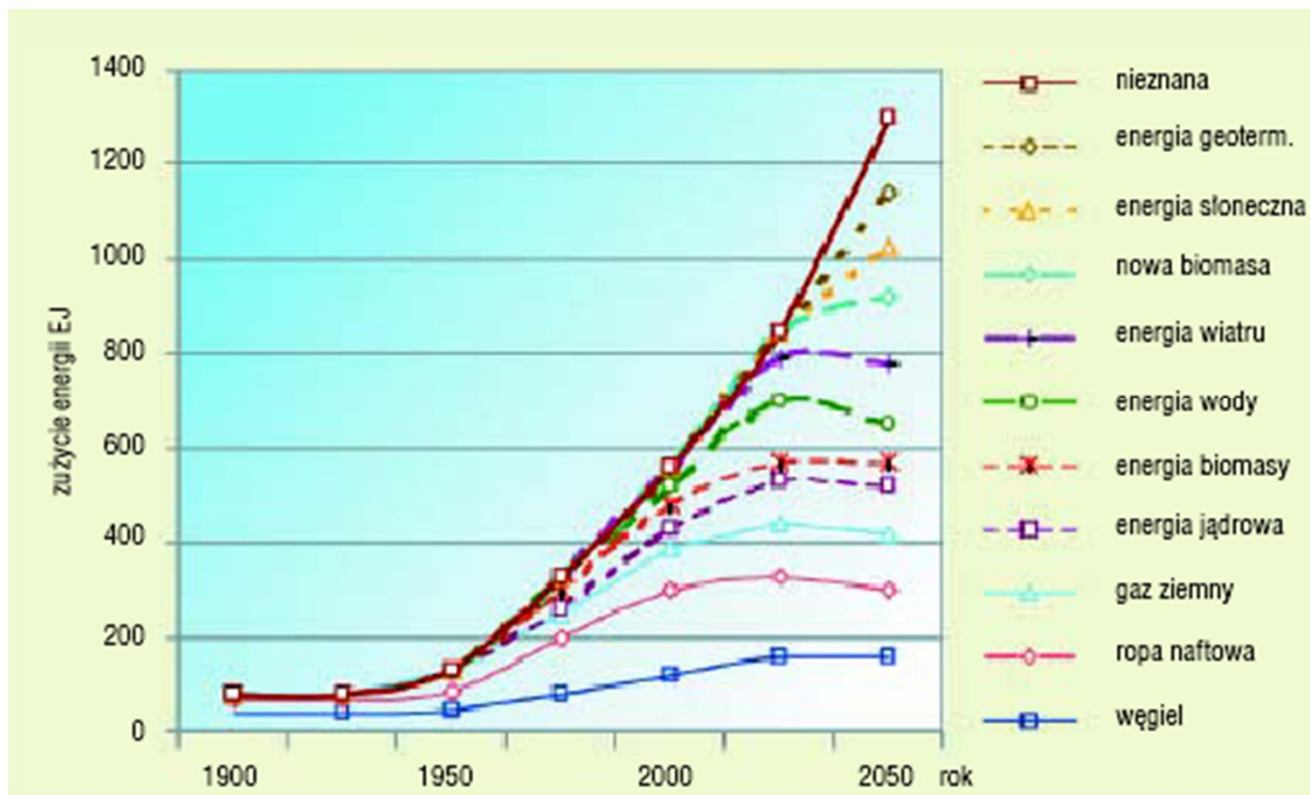




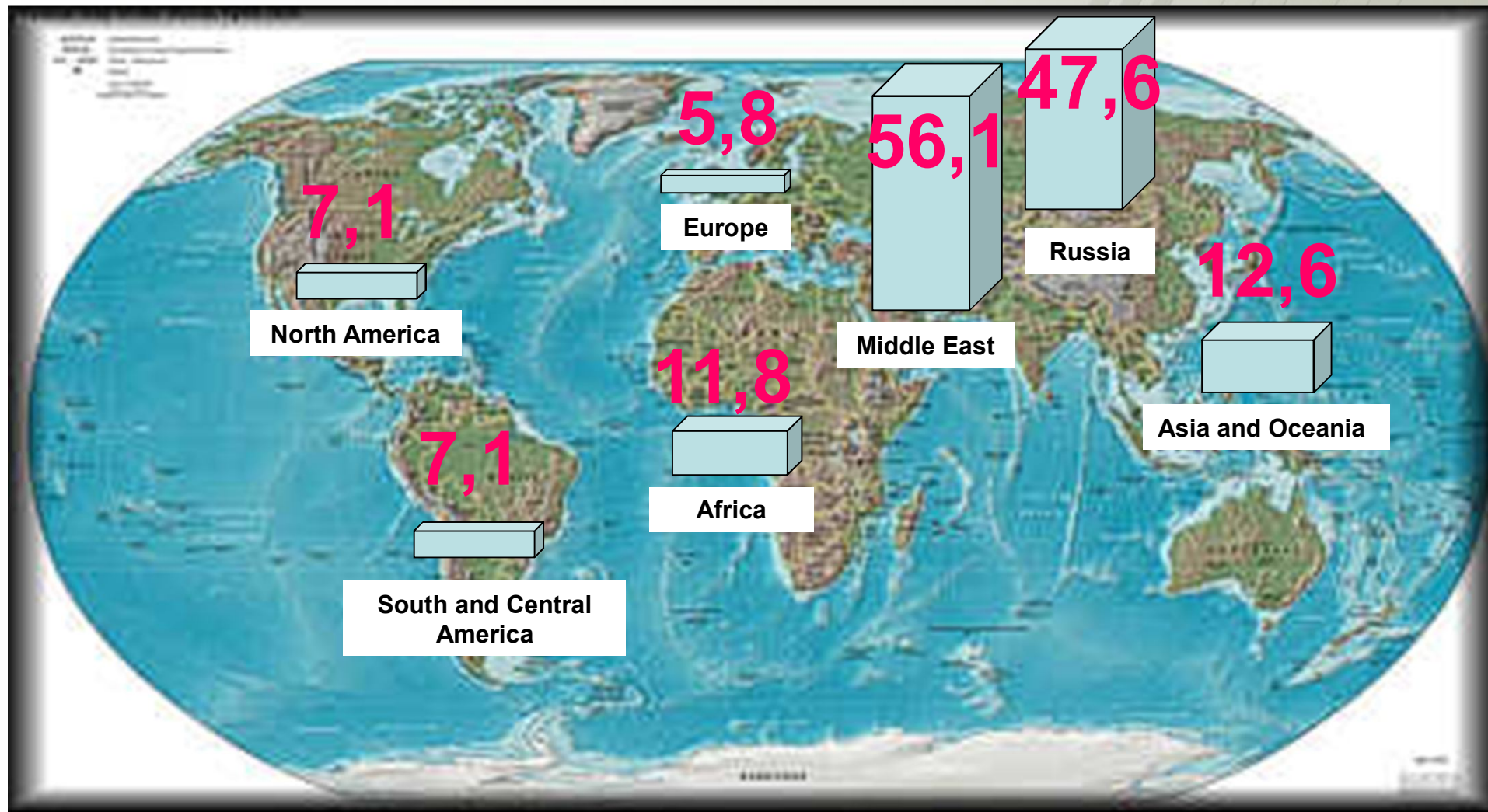
CZYSTA ENERGIA

KRAJE O WYSOKIM UDZIALE WĘGLA W PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ (źródło WCI)

Kraj	%	Kraj	%	Kraj	%
Polska	94,7	Indie	70,1	Dania	55,1
RPA	92,2	Kazachstan	69,9	Niemcy	52,2
Chiny	77,5	Czechy	61,8	USA	52,2
Australia	76,9	Grecja	60,4	Indonezja	39,7

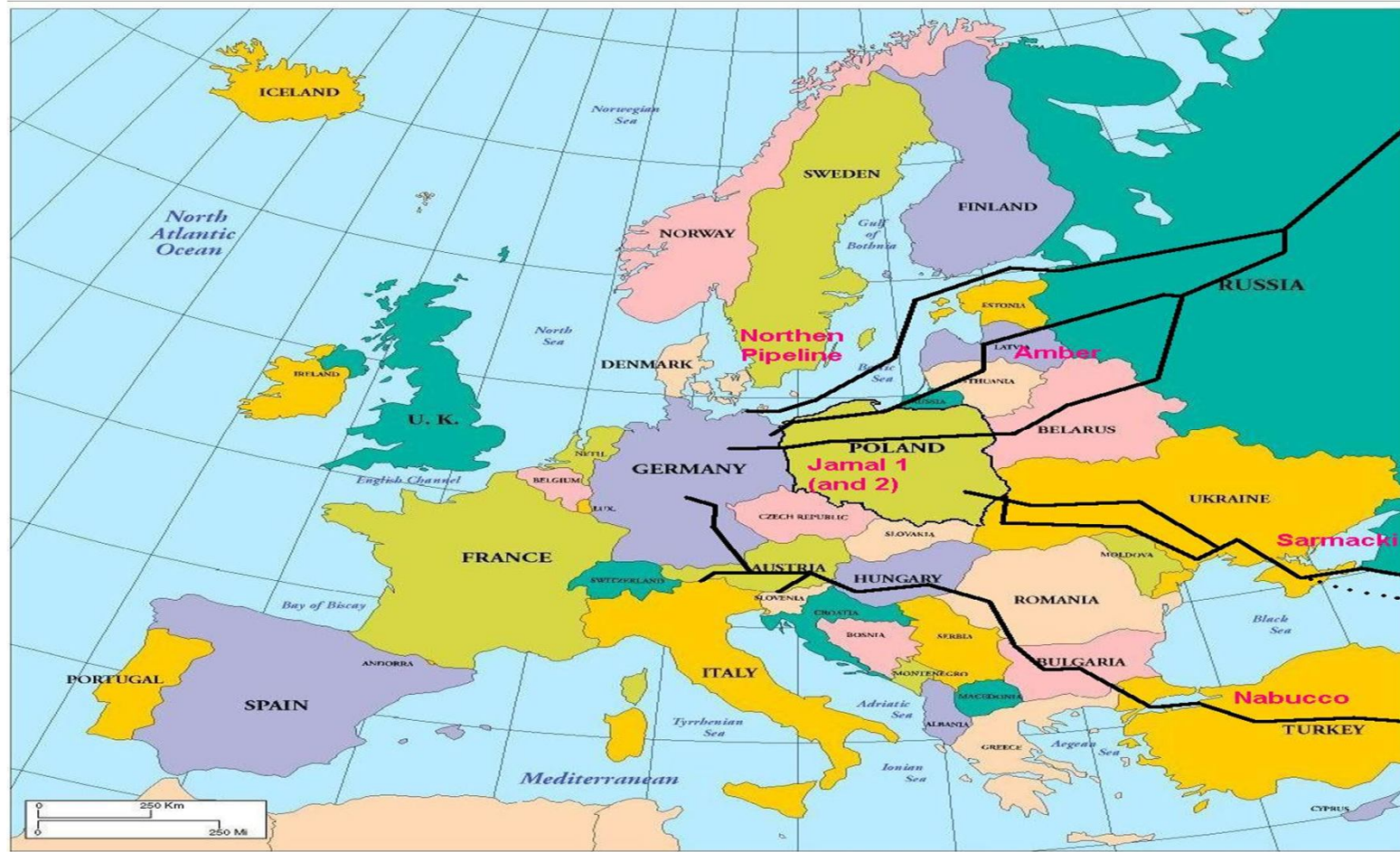


Zmiana struktury wykorzystania energii z różnych nośników w latach 1900–2000 oraz przewidywane ich wykorzystanie do 2050



Stocks of natural gasses in the world (10³ billion m³)

GAS TRANSPORTATION FROM ASIA TO POLAND AND EUROPE (ROUTES)



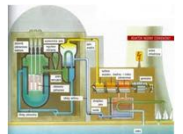
Źródła energii elektrycznej

Drogi transmisji

Odbiorca



Elektrownie węglowe



Elektrownie atomowe



Elektrownie wiatrowe



Elektrownie wodne



Elektrownie solarne



Elektrownie biomasowe i biogazowe

Fotowoltaika



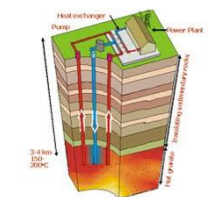
Systemy Inteligentne



Instalacje solarne



Instalacje geotermalne



Pompy ciepła

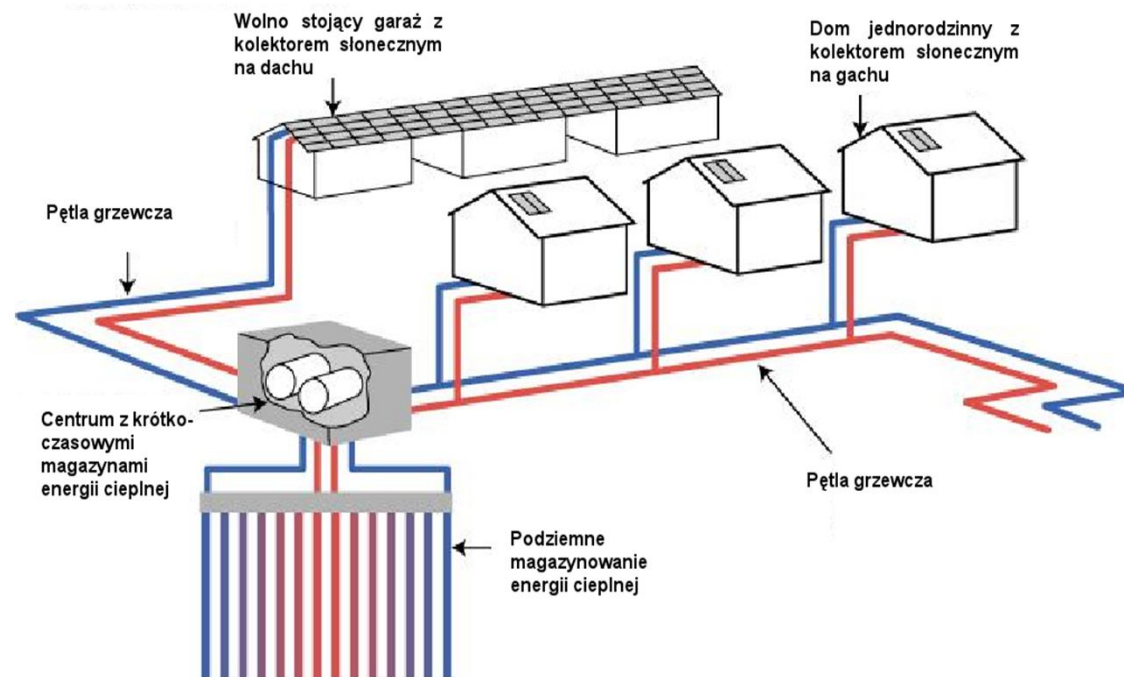


Ogniwa paliwowe



Magazynowanie energii cieplnej

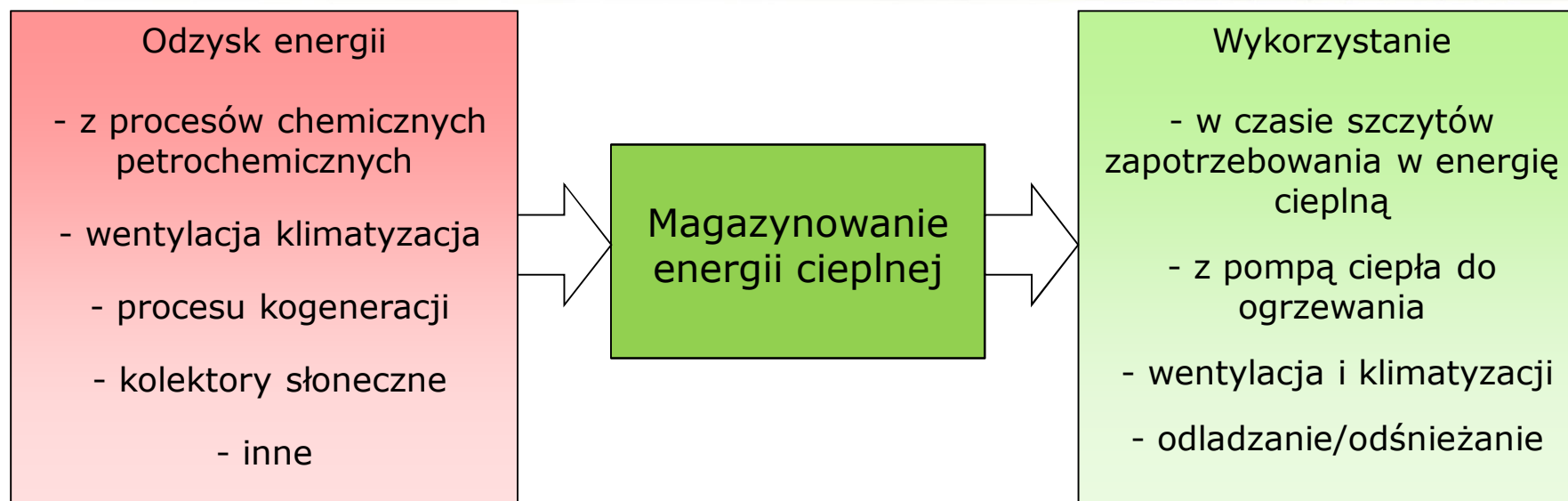
Szeroko poruszane tematy poszanowania energii, zrównoważonego rozwoju i redukcji emisji CO₂ w ostatnich latach powodują wdrażanie coraz bardziej efektywnych technologii pozyskiwania energii odnawialnej.



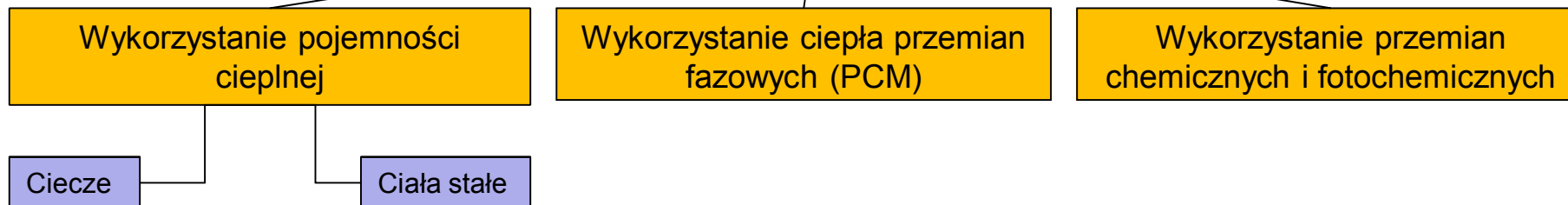
W praktycznych zastosowaniach najpoważniejszym problemem jest sezonowy i losowy charakter źródeł energii odnawialnej.



Wzajemne dopasowanie wydajności źródła energii do również zmiennego zapotrzebowania na energię to właściwie jest problem efektywnego magazynowania energii.



Sposoby magazynowania energii





AGH

Magazynowanie energii cieplnej

Magazyny energii cieplnej

Podstawowe magazyny energii cieplnej

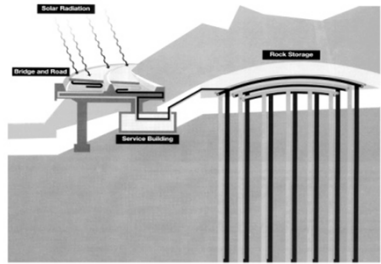
Podziemne zbiorniki ciepła UTES

Zbiorniki wodne, stawy słoneczne

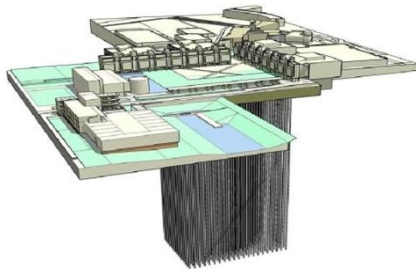
Kanały przewodowe w ziemi
BTES

Otwory drążone w skałach, jaskinie skalne

Warstwy wodonośne
ATES



System magazynowania energii cieplnej (Szwajcaria)



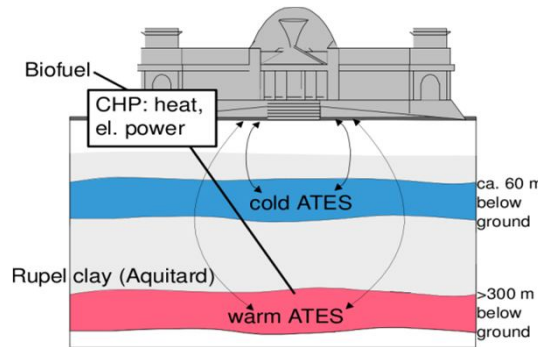
Gruntowy magazyn energii cieplnej University of Ontario Institute of Technology



Zbiornik wodny w elektrociepłowni Vattenfall w Warszawie



Staw słoneczny El Paso Texas



Magazyn energii cieplnej wykorzystujący warstwy wodonośne gruntu - Berlin „Bundestag”



Magazynowanie energii cieplnej

Podziemny magazyn energii cieplnej

W rocznym cyklu pracy systemu można wyróżnić dwie zasadnicze fazy:

Magazynowanie energii. Taki przypadek jest możliwy wówczas gdy akumulator gruntowy jest rozładowany tzn. gdy temperatura medium zasilającego jest wyższa od temperatury medium na powrocie.



Instalacja przy porcie lotniczym
Sztokholm – Arlanda



Odzyskiwanie energii. Energia cieplna z akumulatora jest przekazywana do systemu grzewczego za pośrednictwem pompy ciepła do ogrzewania budynku lub w przypadku zapotrzebowania energii na niskim poziomie temperaturowym do odładzania/odśnieżania za pomocą węzownic umieszczonych pod powierzchnią gruntu.

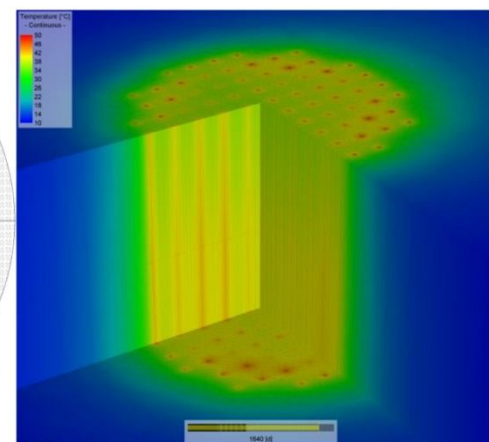
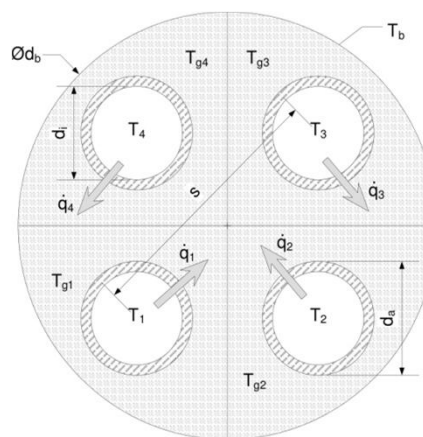
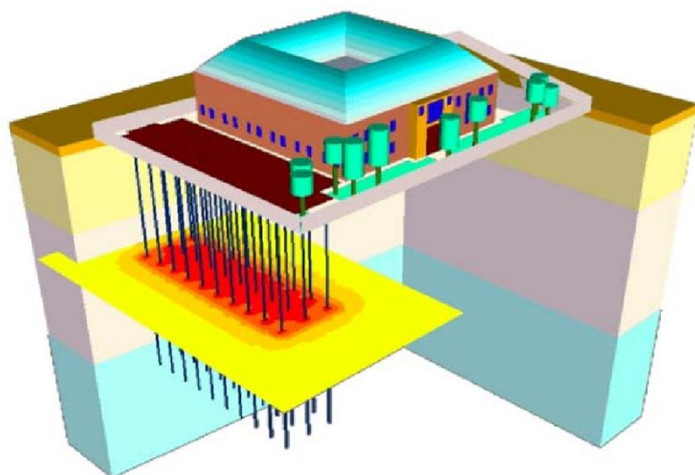


AGH

Magazynowanie energii cieplnej

Podziemny magazyn energii cieplnej

Jednym ze sposobów taniego magazynowania energii cieplnej w ilości mającej znaczenie gospodarcze są akumulatory podziemne. Sezonowe magazynowanie energii w górotworze jest najciekawszym i rokującym największe nadzieje przykładem wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych i ciepła odpadowego.



Aby systemy z magazynami gruntowymi mogły działać efektywnie niezbędne jest przeprowadzenie analizy teoretycznej dynamiki procesów zachodzących w magazynach i ich otoczeniu, oraz przeprowadzenie symulacji i eksperymentów.

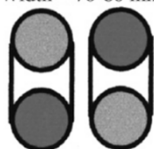
Ogólne parametry wpływające na efektywność podziemnym magazynów energii cieplnej:

- właściwości fizyczne i cieplne górotworu,
- parametry konstrukcyjne wymienników ciepła,
- parametry eksploatacyjne.

Single U-pipe
Pipe diameter = 25-32 mm
Width = 50-70 mm



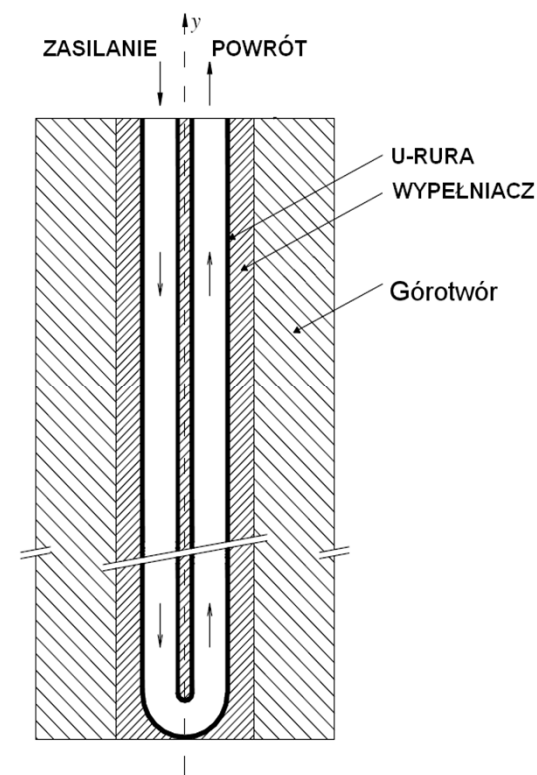
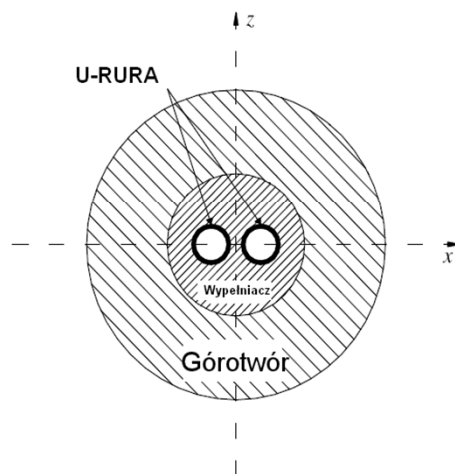
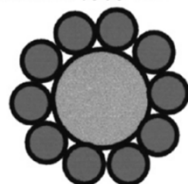
Double U-pipe
Pipe diameter = 25-32 mm
Max. Width = 70-80 mm



Simple Coaxial
External diameter = 40-60 mm



Complex Coaxial
Max. width = 70-90 mm



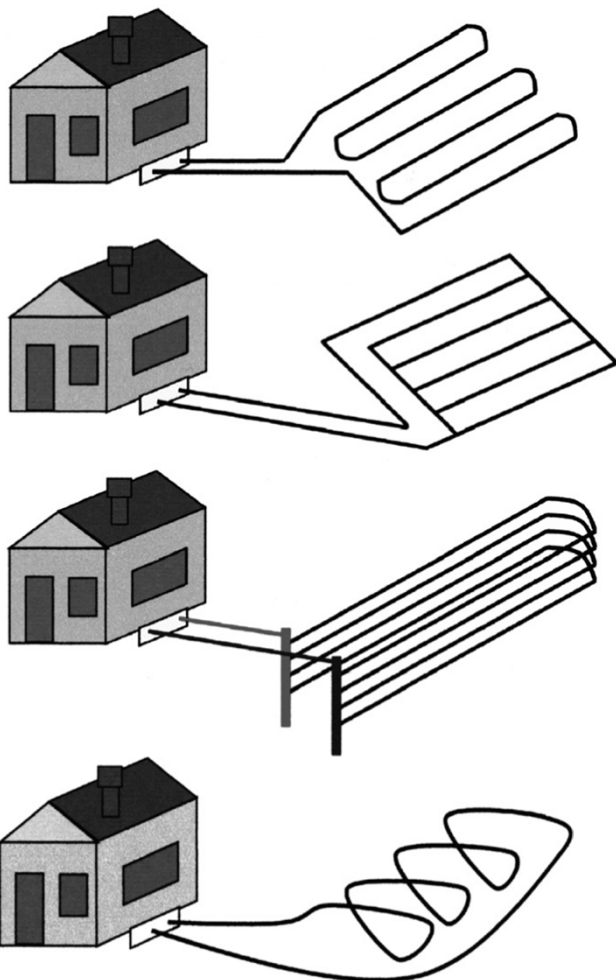


Magazynowanie energii cieplnej

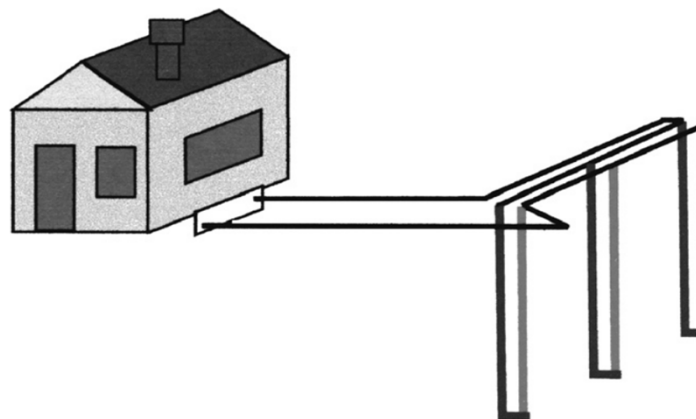
AGH

Podział gruntowych wymienników ciepła

Poziome gruntowe wymienniki ciepła



Pionowe gruntowe wymienniki ciepła



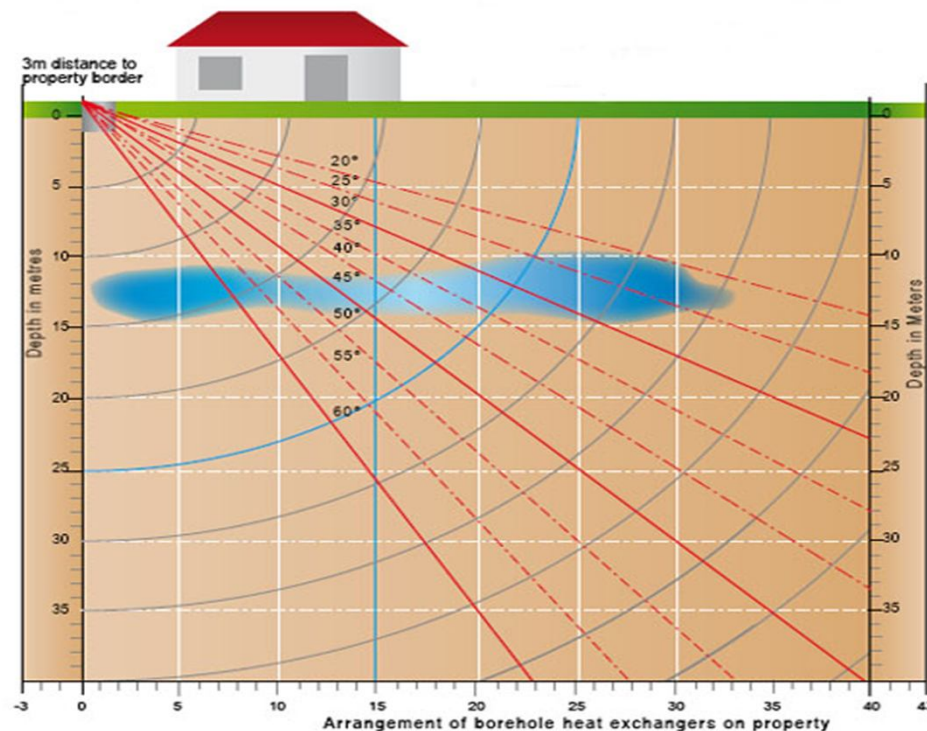
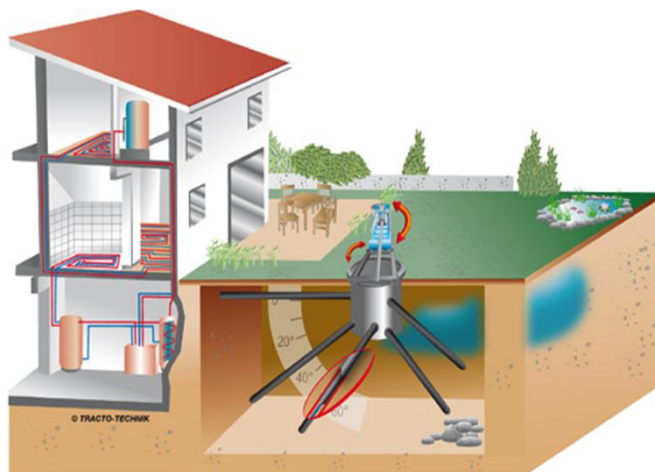


AGH

Magazynowanie energii cieplnej

Podział gruntowych wymienników ciepła

Pionowe pochyłe (promieniowe) gruntowe wymienniki ciepła





Magazynowanie energii cieplnej

Podziemny magazyn energii cieplnej

Aby rozwiązać problem efektywnego podziemnego magazynowania energii cieplnej niezbędne jest opracowanie narzędzia prognostycznego. Przeprowadzenie wielu symulacji oraz weryfikacji doświadczalnej.

Najstarsze modele analityczne to:

- model źródła liniowego (Kelvin's line source),
- model źródła cylindrycznego.

W ostatnich latach rozwijanych jest wiele modeli numerycznych opartych na:

- metodzie różnic skończonych,
- metodzie elementów skończonych,
- metodzie objętości skończonej.



AGH

Magazynowanie energii cieplnej

Równania opisujące fizykę zjawiska

Zaniedbując wymianę ciepła na drodze konwekcji transport ciepła w gruncie może być opisany równaniem różniczkowym nieustalonego przewodzenia ciepła czyli równaniem Fouriera - Kirchhoffa.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = c_g \rho_g \frac{\partial T}{\partial t}$$

Gdzie:

ρ_g – gęstość gruntu [kg/m³],

c_g – ciepło właściwe gruntu [J/(kg·K)],

$\lambda_{x,y,z} = \lambda$ – współczynnik przewodzenia ciepła gruntu [W/(m·K)],

Przepływ płynu U-rurce

- w równania ruchu płynu rzeczywistego, zwane równaniami Naviera – Stokesa,
- równanie ciągłości przepływu,

$$\rho \cdot \left(\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right) + \rho g_x \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho v_x) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho v_y) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho v_z) = 0$$

$$\rho \cdot \left(\frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2} \right) + \rho g_y$$

$$\rho \cdot \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right) + \rho g_z$$

- równanie wymiany ciepła dla przepływu płynu.

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v_x \frac{\partial T}{\partial x} + v_y \frac{\partial T}{\partial y} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\lambda_w}{\rho_w \cdot c_w} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + g_{x,y,z}$$

gdzie:

v_x, v_y, v_z – składowe wektora prędkości przepływu [m/s],

$T=T(x,y,z,t)$ – temperatura [K],

ρ_w – gęstość czynnika [kg/m³],

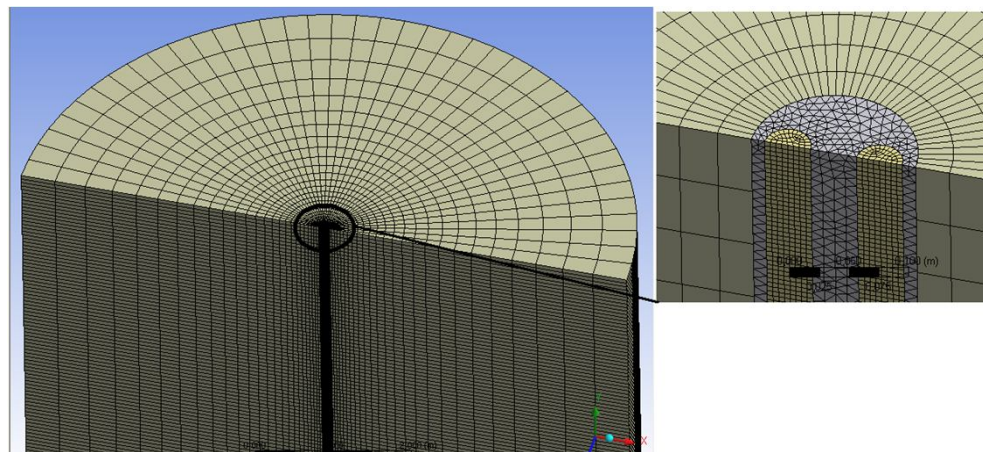
μ – lepkość dynamiczna czynnika [Pa·s],

c_w – ciepło właściwe czynnika [J/(kg·K)],

$g_{x,y,z}$ – składowa przyspieszenia ziemskiego [m/s²],

λ_w – współczynnika przewodzenia ciepła czynnika [W/(m·K)].

Analizie poddano 100 h pracy podziemnego magazynu energii z jednym pionowym U-rurowym wymiennikiem ciepła o głębokości 90 m. Analiza magazynowania energii.



Badany obszar podzielono na ok. 6 mln elementów



AGH

Magazynowanie energii cieplnej

Warunki początkowe i brzegowe

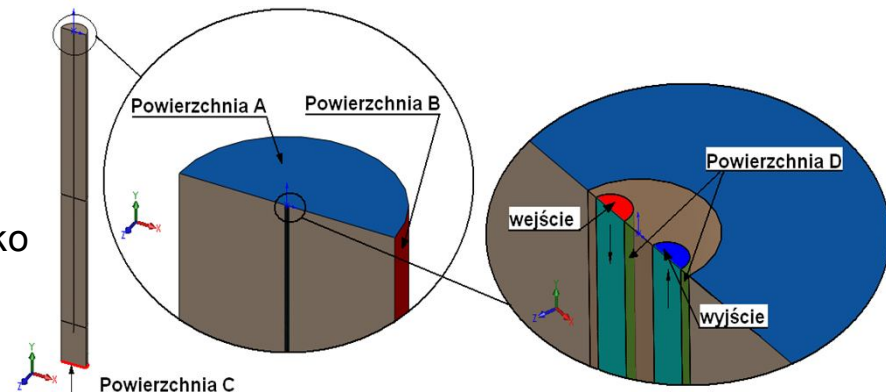
- przyjęto warunek początkowy, który opisuje w sposób ilościowy fakt wzrostu temperatury gruntu o 3 K na każde 100m głębokości, $T(x, y, z, t) = T_a + G \cdot (y - h)$ dla $t = 0$
- na powierzchni (A) oraz (B) przyjęto warunek brzegowy I rodzaju (Dirichleta),
 $T(x, y, z, t)|_{A,B} = T_a + G \cdot (y - h)$ dla $t \in \langle 0, 100[h] \rangle$
- na powierzchni (C) przyjęto gęstość strumienia ciepła geotermalnego $q = 0,06 [W/m^2]$,
- prędkość przepływu wody na powierzchni (D) badanego modelu U-rury jest równa zero,
- zdefiniowany strumień masy na wejściu do gruntowego wymiennika ciepła - $0,34 [kg/s]$,
- temperatura cieczy na wejściu do gruntowego wymiennika ciepła jest równa - $353 [K]$.

gdzie:

T_a - przyjęta temperatura na głębokości 15m [K]

G - współczynnik uwzględniający wzrost temperatury wraz ze wzrostem głębokości [K/m]

h - głębokość od której temperaturę można zapisać jako funkcję liniową

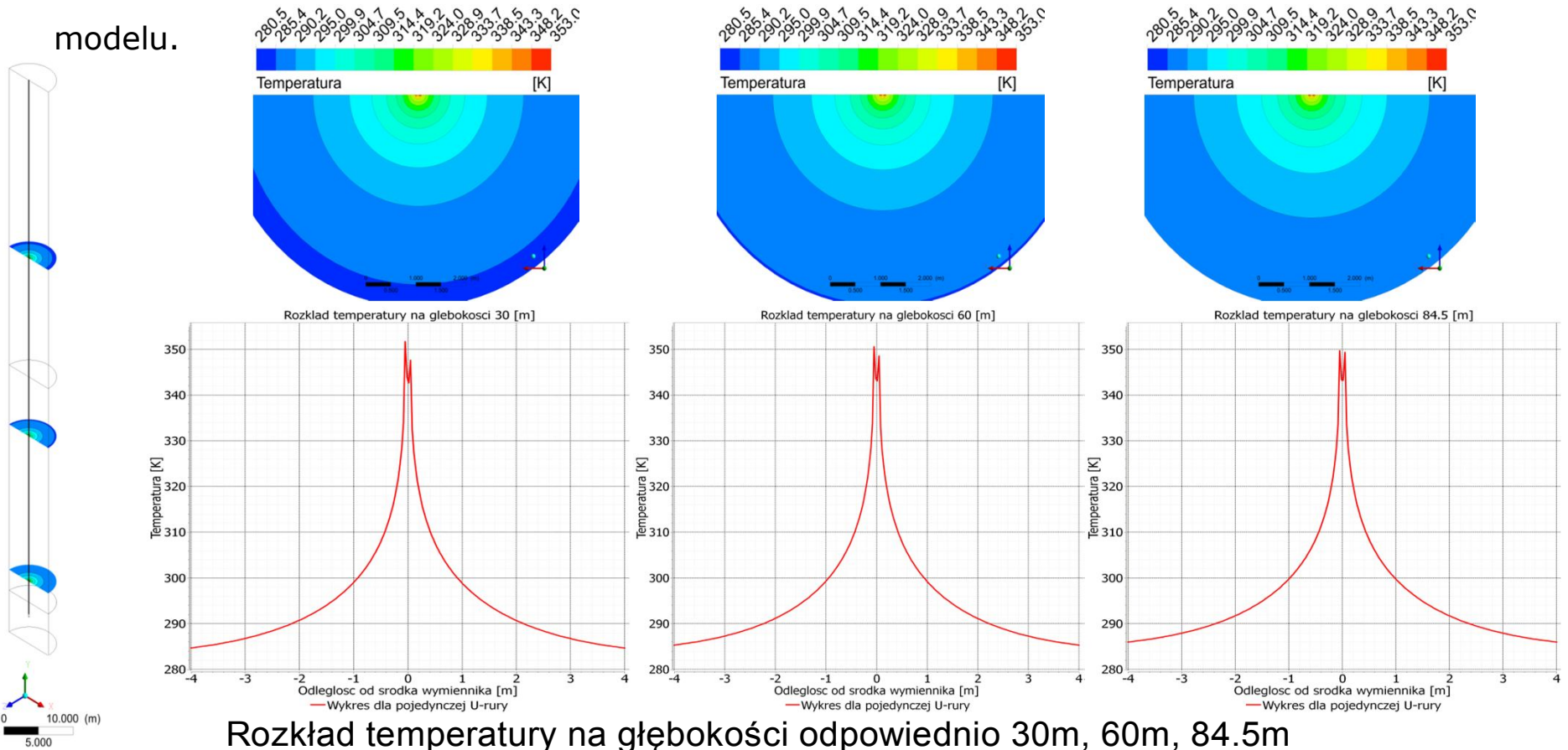




Magazynowanie energii cieplnej

AGH Obliczenia z wykorzystaniem Metod Numerycznych

Do obliczeń numerycznych został wykorzystany pakiet ANSYS CFX oparty na metodzie objętości skończonej. Obliczenia przeprowadzono na komputerach ACK Cyfronet AGH. W wyniku obliczeń uzyskano przestrzenne rozkłady pola parametrów fizycznych badanego modelu.



Rozkład temperatury na głębokości odpowiednio 30m, 60m, 84.5m

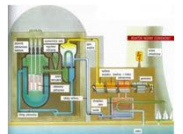
Źródła energii elektrycznej

Drogi transmisji

Odbiorca



Elektrownie węglowe



Elektrownie atomowe



Elektrownie wiatrowe



Elektrownie wodne



Elektrownie solarne



Elektrownie biomasowe i biogazowe

Fotowoltaika



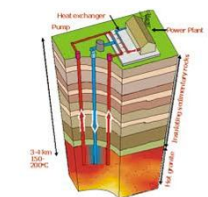
Systemy Inteligentne



Instalacje solarne



Instalacje geotermalne



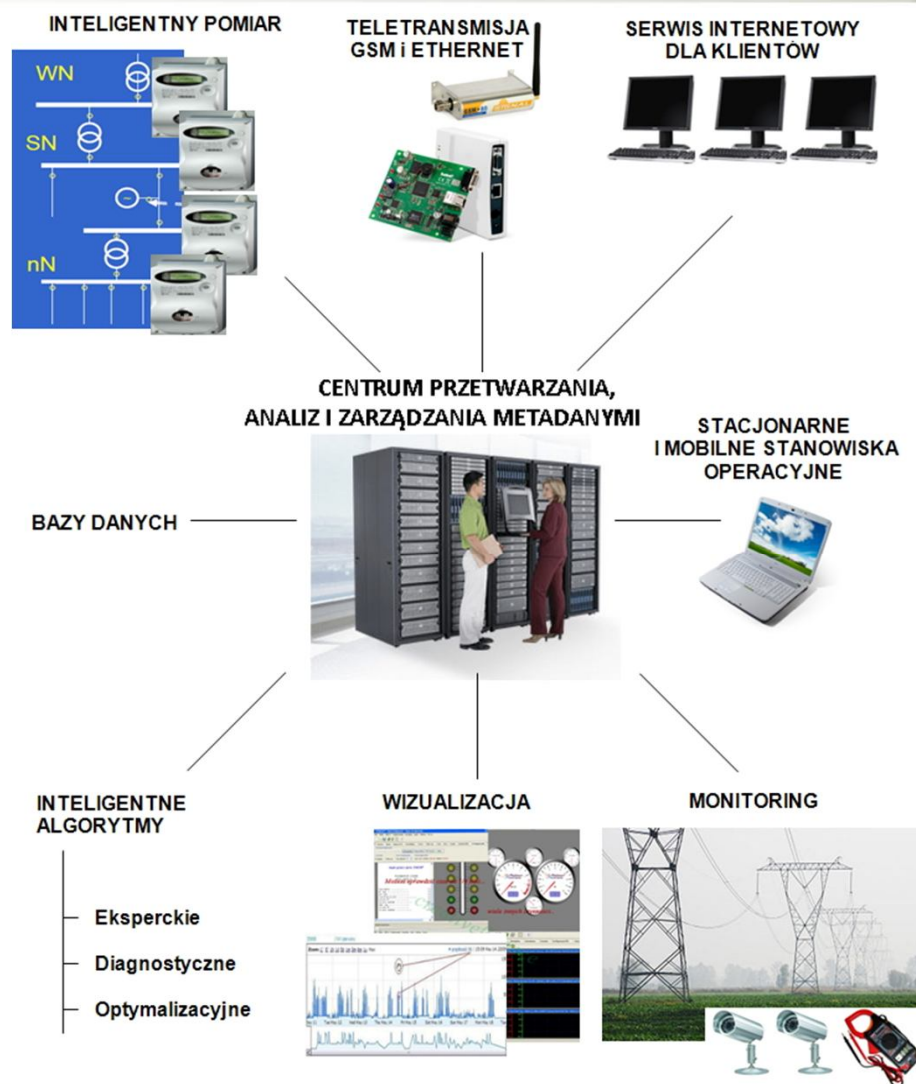
Pompy ciepła



Ogniwa paliwowe



Inteligentny system zarządzania przesyłem i dystrybucją energii w zakresie oddziaływań na środowisko





Inteligentny system zarządzania przesyłem i dystrybucją energii w zakresie oddziaływań na środowisko

Inteligentny system na podstawie zebranych danych samodzielnie podejmuje decyzje dotyczące racjonalnych działań (sterowanie, zarządzanie). System quasi-inteligentny spełnia rolę ekspercką.

Elementy systemu:

- istniejąca infrastruktura przesyłowa ewoluująca w kierunku sieci z rozproszonymi źródłami energii,
- platforma informatyczna,
- systemy zarządzania: eksperckie, diagnostyczne, optymalizacyjne.

Cel budowy systemu: minimalizacja kosztów, zwiększenie niezawodności przesyłu i jakości energii, ochrona środowiska.



Inteligentny system zarządzania przesyłem i dystrybucją energii w zakresie oddziaływań na środowisko

AGH Zadania inteligentnych sieci elektroenergetycznych:

- wprowadzenie telemetrycznych systemów monitoringu zużycia i kontroli bilansu energii, inteligentne pomiary,
- optymalizacja przesyłu energii,
- wzrost jakości dostaw energii,
- wzrost niezawodności systemu,
- predykcja strategii rozwoju sieci, inwestycji, zakupów, standardów,
- budowa baz danych oraz eksperckich systemów zarządzania,
- ochrona środowiska (dyrektywy: IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control, IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, OZEE - optymalizacja zużycia energii elektrycznej),
 - pole elektromagnetyczne,
 - hałas,
 - zakłócenia RTV,
 - niszczenie krajobrazu,
 - nadprodukcja ozonu,
- dokładne i szybkie wyznaczenie miejsca awarii sieci energetycznej,
- predykcja i diagnostyka stanu technicznego,
- monitorowanie zużycia elementów konstrukcyjnych,
- serwis internetowy dla klientów:
 - możliwość sprawdzania stanu licznika
 - elektroniczne faktury itp.

Większe awarie systemowe

Data awarii	Czas trwania, h	Kraj, obszar	Przyczyny, skutki
10.11.1965	30	USA: Nowy Jork, New Jersey, Pensylwania Kanada: Nowa Anglia, Ontario	uszkodzone zabezpieczenie w hydroelektrowni <i>Ontario</i> , 30 mln ludzi pozbawionych dostaw energii, niedostarczona moc 20 GW
13.08.1977	25	USA: cały Nowy Jork z przedmieściami	uszkodzenie linii WN, 12 mln odbiorców pozbawionych dostaw energii
Luty 1983	8	Singapur	2,5 mln odbiorców pozbawionych energii
08.01.1987	12	Polska Północny-Wschód, Ostrołęka	uszkodzenia w liniach przesyłowych wywołane mrozem i wiatrem, uszkodzenia w elektrowni <i>Ostrołęka</i>
10.08.1996	10	USA Kalifornia	warunki atmosferyczne – upał, zwiększenie zwisów, „wypada” linia WN międzystanowa, 15 mln odbiorców pozbawionych energii, brak generacji 28 GW
12.08.1997	8	Belgia	warunki atmosferyczne (wiatr) spowodowały samoczynne wydzielenie się systemu krajowego poprzez wyłączenie linii międzynarodowych, głęboki deficyt mocy w belgijskim systemie elektroenergetycznym
5.01.1998	ponad 12	Kanada	burza śnieżna 100 linii WN, 1,5 mln bez energii, miesiąc usuwanie skutków
Marzec 1999	2	Brazylia: Rio de Janeiro	26 mln odbiorców pozbawionych energii
14.08.2003	ponad 12	USA i Kanada	rekordowa awaria – objęła swoim zasięgiem 8 stanów USA i dwie prowincje w Kanadzie, 60 mln odbiorców pozbawionych energii, niektóre duże miasta nawet 29 h, brak generacji 61 GW
28.08.2003	kilka	Wielka Brytania	0,5 mln mieszkańców południowego Londynu i północno-zachodniej części Kentu bez energii elektrycznej, ewakuowano metro
23.09.2003	kilka	Szwecja, Dania	awaria linii WN, wyłączenie szwedzkich el. jądrowych, 2 mln ludzi w południowej Szwecji i wschodniej Danii pozbawionych dostaw energii
28.09.2003	ponad 20	Włochy	przeciążona linia 400 kV <i>Francia – Włochy</i> na terytorium Szwajcarii wyłączona od godz. 3.00, lawinowe wyłączenia wszystkich elektrowni we Włoszech, 4 ofiary śmiertelne
24.11.2005	kilka	Niemcy	północno-zachodnie Niemcy, osady sadowe z równoczesnym wiatrem pozbawiły energii elektrycznej odbiorców, znaczne straty wywołane awarią powodują do dziś trwające dyskusje na temat przyczyn uszkodzeń linii
05.11.2006	2	Niemcy, Francja	nagle wyłączenie dwóch linii przesyłowych <i>Niemcy – Francja</i> , na kilka godzin pozbawionych energii 5 mln odbiorców we Francji i regionach przygranicznych Niemiec, Włoch i Hiszpanii, poważne zagrożenie systemu UPTE

Przykłady awarii sieci powstałe w wyniku oblodzenia i szadzi na Świecie i w Europie



Skutki burzy śnieżnej w Niemczech, 24-25 listopada 2005 – linie *E.ON-u*



Inny przykład wpływu osadów lodowych na pracę systemu elektroenergetycznego to awaria w Islandii, która miała miejsce w dniach 1–2 marca 2000 r. Zmierzona średnica szadzi wyniosła od 8 do 12 cm. Przęsło o rozpiętości 268 m i osad lodowy na przewodzie.

Przykłady awarii sieci powstałe w wyniku oblodzenia i szadzi na Świecie i w Europie



Burza lodowa w styczniu 1998 roku w Kanadzie – Hydro Quebec spowodowała połamanie się ogromnej liczby drzew, zniszczenie infrastruktury elektroenergetycznej, doprowadzając do braku zasilania w energię elektryczną na bardzo rozległym obszarze kraju.



Awarii spowodowanej burzą śnieżną i „lodowym” deszczem, którą zanotowano w połowie stycznia 2008 r. w południowych Chinach. Uszkodzone słupy przez skrzywienie konstrukcji oraz w wyniku zjawiska „galopady” w przewodzie odgromowym.



Awarie sieci w styczniu 2010 roku na obszarach objętych właściwością operatora ENION S.A. (województwo małopolskie, śląskie)

-W dniach 8 - 10 stycznia 2010 r. występowały uszkodzenia linii WN, SN i nN przede wszystkim na terenie Oddziału ENION w Częstochowie oraz w nieco mniejszej skali na obszarze podległym Oddziałowi ENION w Będzinie.

-Od 15 stycznia 2010 r. uszkodzenia linii występowały w okolicach Jury Krakowsko-Częstochowskiej oraz częściowo Myszkowa i Zawiercia.

- W dniach 28-29 stycznia 2010 r. na wyżej wskazanych terenach zniszczenia występowały w mniejszej skali.

- 10 stycznia – krytyczny moment:

- uszkodzone linie 110 kV (WN) – 31 szt.

- liczba stacji 110kV/SN pozbawionych napięcia – 13 szt.

- uszkodzone linie SN – 148 szt.

- liczba stacji SN/nN pozbawionych napięcia – 2313 szt.

- liczba odbiorców pozbawionych zasilania – 112 tyś.

- 15 stycznia 2010 r. – 39,5 tyś. odbiorców pozbawionych zasilania.

- 18 stycznia 2010 r. - liczba odbiorców bez zasilania utrzymywała się na stabilnym poziomie, sięgając średnio w ciągu doby ok. 36,3 tys. odbiorców.

- od 24 stycznia 2010 r. - liczba odbiorców pozbawionych zasilania systematycznie spadała – osiągając w dniu 28 stycznia o godz. 0:00 stan ok. 1,2 tys. odbiorców, ale załamanie pogody spowodowało wzrost tej liczby do ok. 18,5 tyś. odbiorców.

- w dniu 31 stycznia 2010 r. wszystkim odbiorcom z terenów dotkniętych skutkami awarii przywrócono zasilanie.

Do dnia 1 lutego 2010 r.:

- stwierdzono uszkodzenie 38 stanowisk słupowych WN – do tego dnia naprawiono 36 z nich, co stanowi 95% ogółu uszkodzonych;

- uszkodzeniu uległo nieco ponad 200 km linii sieci SN, w tym 1365 słupów - do tego dnia naprawiono 1276 słupów, tj. 93% ogółu uszkodzonych;

- uszkodzeniu uległo 11 stacji słupowych SN/nN - do tego dnia naprawiono 8;

- uszkodzeniu uległo ponad 600 słupów sieci nN – do tego dnia trwała inwentaryzacja powyższych szkód. Odbudowano ponad 100 km sieci nN.

- Sytuacja na dzień 1 lutego:

- uszkodzone linie 110kV - 1 szt.

- liczba stacji 110kV/SN pozbawionych napięcia - 0 szt.

- uszkodzone linie SN - 9 szt.

- liczba stacji SN/nN pozbawionych napięcia - 0 szt.

- szacunkowa liczba odbiorców pozbawiona napięcia - 0 odbiorców

- Zgodnie z informacją przedsiębiorcy w odniesieniu do całego roku 2008, liczba wówczas uszkodzonych słupów wynosiła 111 dla linii SN i 379 dla linii nN. W styczniu 2010 r. liczby te wynosiły odpowiednio: 1365 uszkodzonych słupów SN i 640 dla linii nN.



Koncepcja systemu ciągłego monitoringu sieci Założenia do budowy systemu

1. Rozproszony system monitoringu
2. Identyfikacja wybranych parametrów
3. Transmisja bezprzewodowa danych
4. Właściwa lokalizacja podsystemów rozproszonego systemu monitoringu
5. Zminimalizowanie negatywnych oddziaływań linii i środowiska na działanie systemu
6. Integracja z systemami Informacji Przestrzennej GIS oraz bazami danych np. ORACLE
7. Konieczna współpraca energetyków z instytucjami meteorologicznymi, szczególnie przy przewidywaniu tak ekstremalnych warunków atmosferycznych, a wymiana informacji powinna odbywać się co najmniej codziennie!
8. Współdziałanie ze służbami i systemami zarządzania kryzysowego
9. Współdziałanie ze służbami informacyjnymi i mediami
10. Współdziałanie z odbiorcami energii elektrycznej

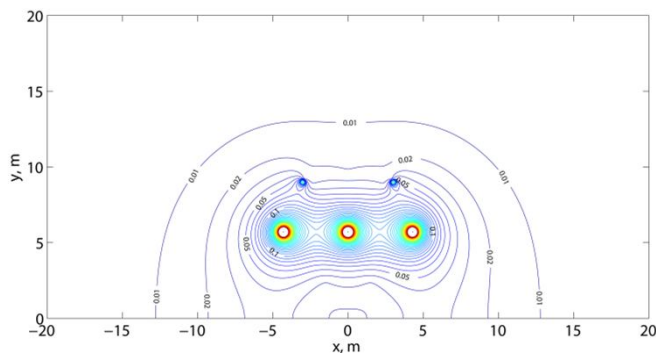


Pomiary wybranych parametrów z wykorzystaniem systemu monitoringu

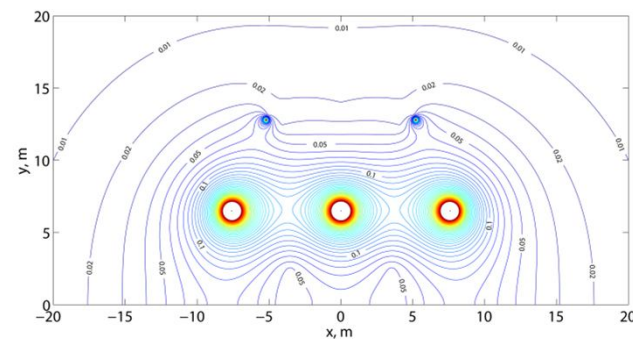
1. Pomiar napięć i prądów
2. Pomiar pola akustycznego
3. Pomiar natężenia pola magnetycznego
4. Pomiar natężenia pola elektrycznego
5. Pomiar naprężeń i odkształceń mechanicznych
6. Pomiar drgań konstrukcji
7. Pomiar temperatury przewodu i otoczenia - wykorzystanie kamer termowizyjnych
8. Monitoring warunków meteorologicznych – prędkość i kierunek wiatru, temperatura i wilgotność powietrza, zachmurzenia, opady atmosferyczne, osady atmosferyczne i nasłonecznienie
9. Pomiar klasycznym systemem wizyjnym warstwy oblodzenia i szadzi (ois)
10. Pomiar systemem wyposażonym w kamerę szybkoobrazową (ois)
11. Pomiar systemem wyposażonym w kamerę stereometryczną (ois)

Rozkłady natężenia pola elektrycznego o częstotliwości sieciowej

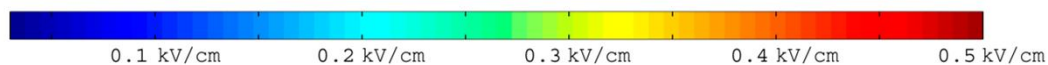
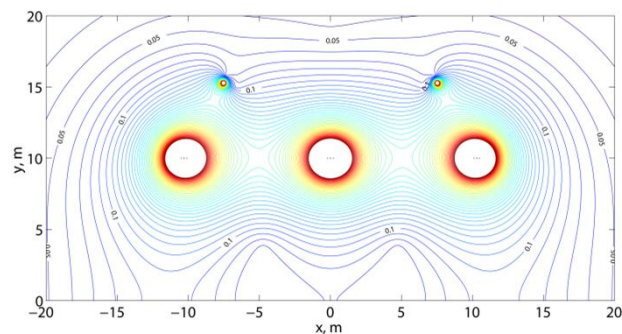
(a)



(b)

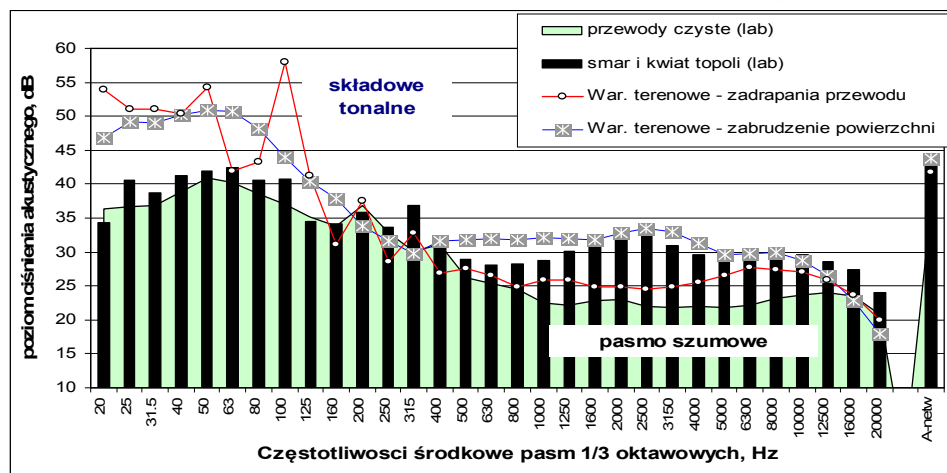


(c)

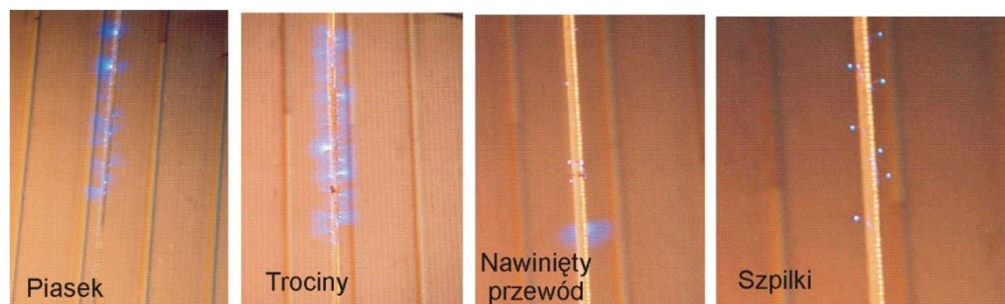


Obrazy natężenia pola elektrycznego w środku przęsła jednotorowych linii w układzie płaskim o napięciu znamionowym 110 kV (a), 220 kV (b) i 400 kV (c)

Przykład widma sygnału akustycznego ulotu z jego charakterystycznymi cechami (w warunkach laboratoryjnych i terenowych) oraz efekt wizualny ulotu z części przewodu z symulowanym uszkodzeniem lub zabrudzeniem.



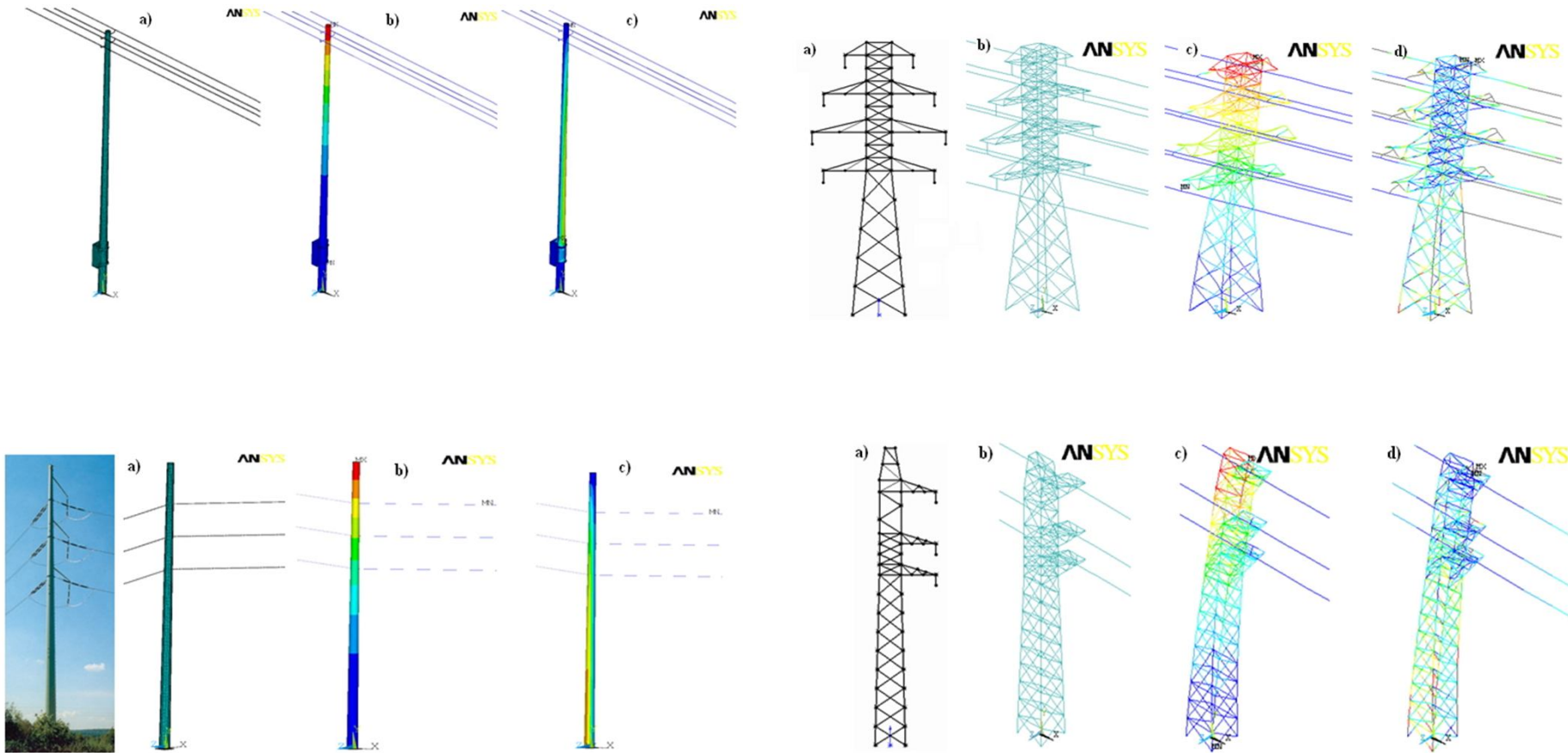
Przykład widm sygnału akustycznego ulotu w warunkach terenowych i laboratoryjnych



Wizualny efekt ulotu wybranych rodzajów symulowanych uszkodzeń i zabrudzeń powierzchni przewodów stosowanych podczas badań laboratoryjnych

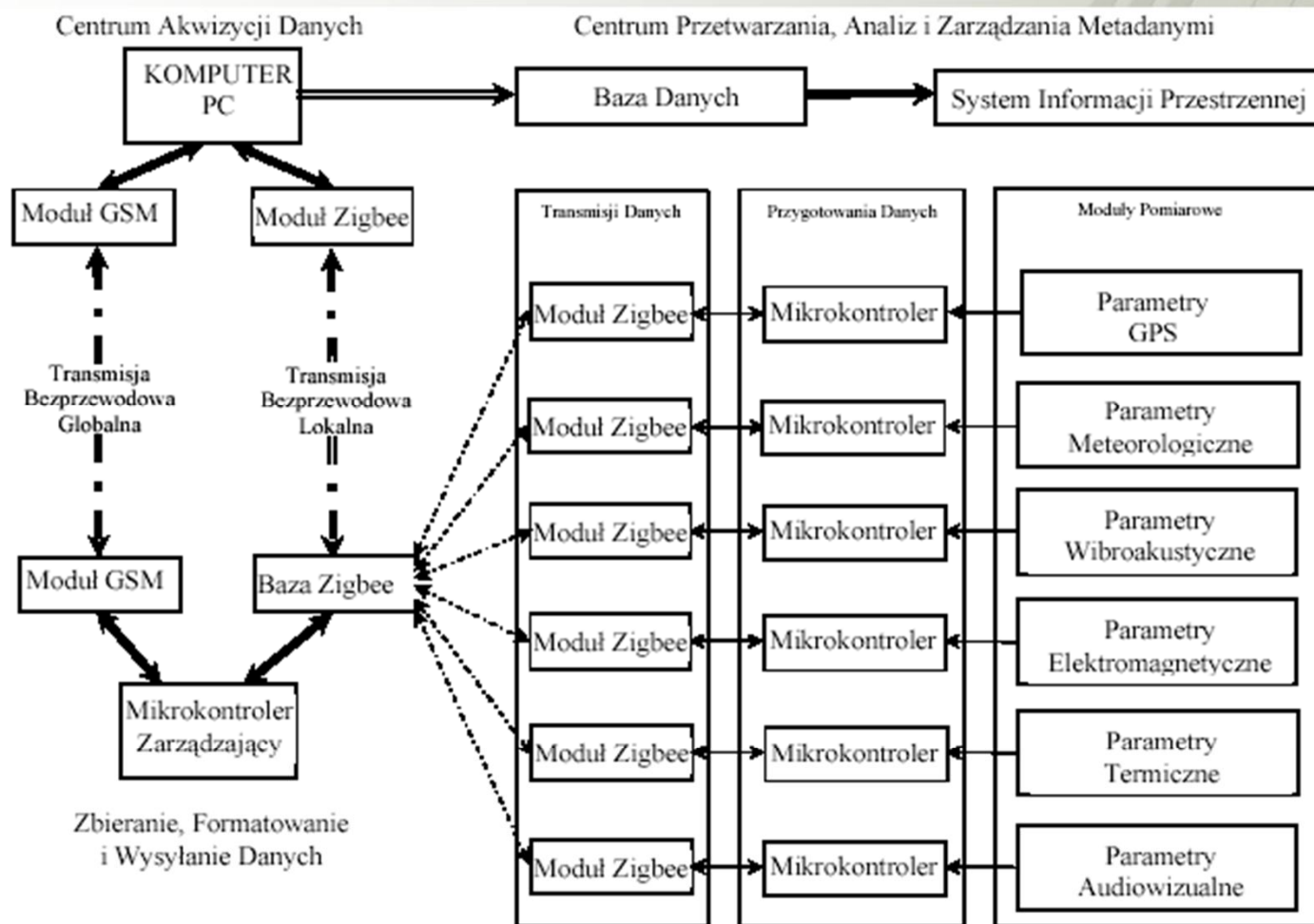


AGH Badania odkształceń i naprężeń słupów linii energetycznych



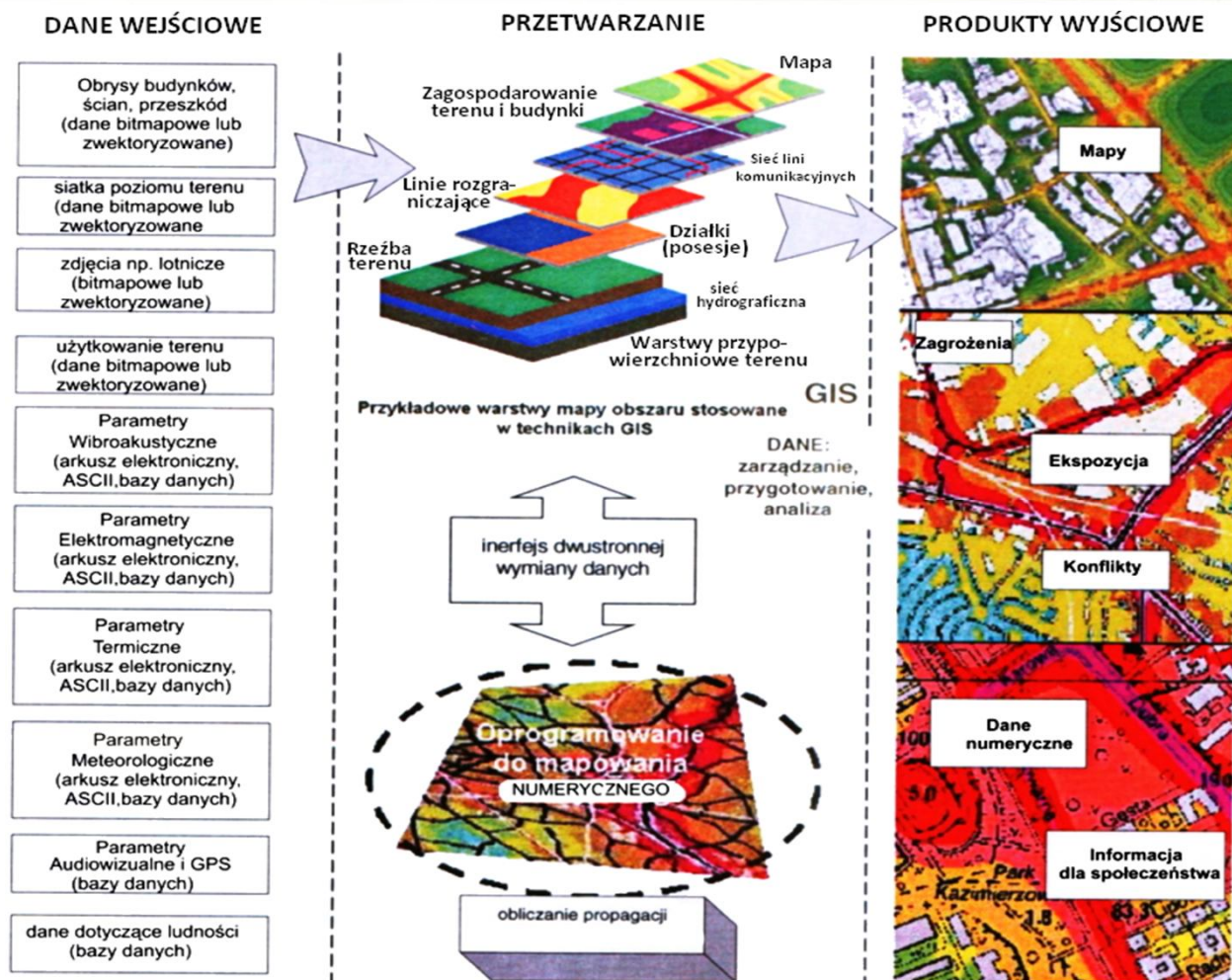
Modele słupów. a – model CAD, b – podział na elementy skończone; c – rozkład odkształceń; d – rozkład naprężeń

Koncepcja systemu ciągłego monitoringu sieci



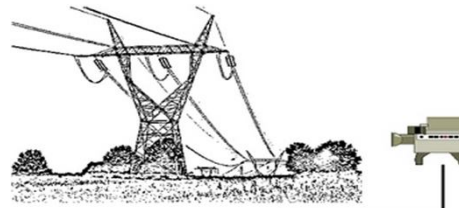
Rozproszony System Monitoringu wybranych parametrów wraz z Centrum Przetwarzania, Analiz i Zarządzania Metadanymi

Konceptcja systemu ciągłego monitoringu sieci



Centrum Przetwarzania, Analiz i Zarządzania Metadanymi

Konceptcja systemu ciągłego monitoringu sieci



Wstępne przetwarzanie
kompresja
zmiany formatu
...

Szyfrowanie

Przesyłanie

Schemat monitoringu wizyjnego



Podsumowanie

Zachodzi, więc pilna potrzeba zaprojektowania i wykonania rozproszonego ciągłego systemu monitoringu, który stanowić będzie element składowy inteligentnego systemu wspomagającego zarządzanie przesyłem i dystrybucją energii elektrycznej (Smart Grid).

W ramach prowadzonych prac powinien zostanie zaprojektowany i zrealizowany rozproszony system monitoringu umożliwiający pomiar następujących parametrów:

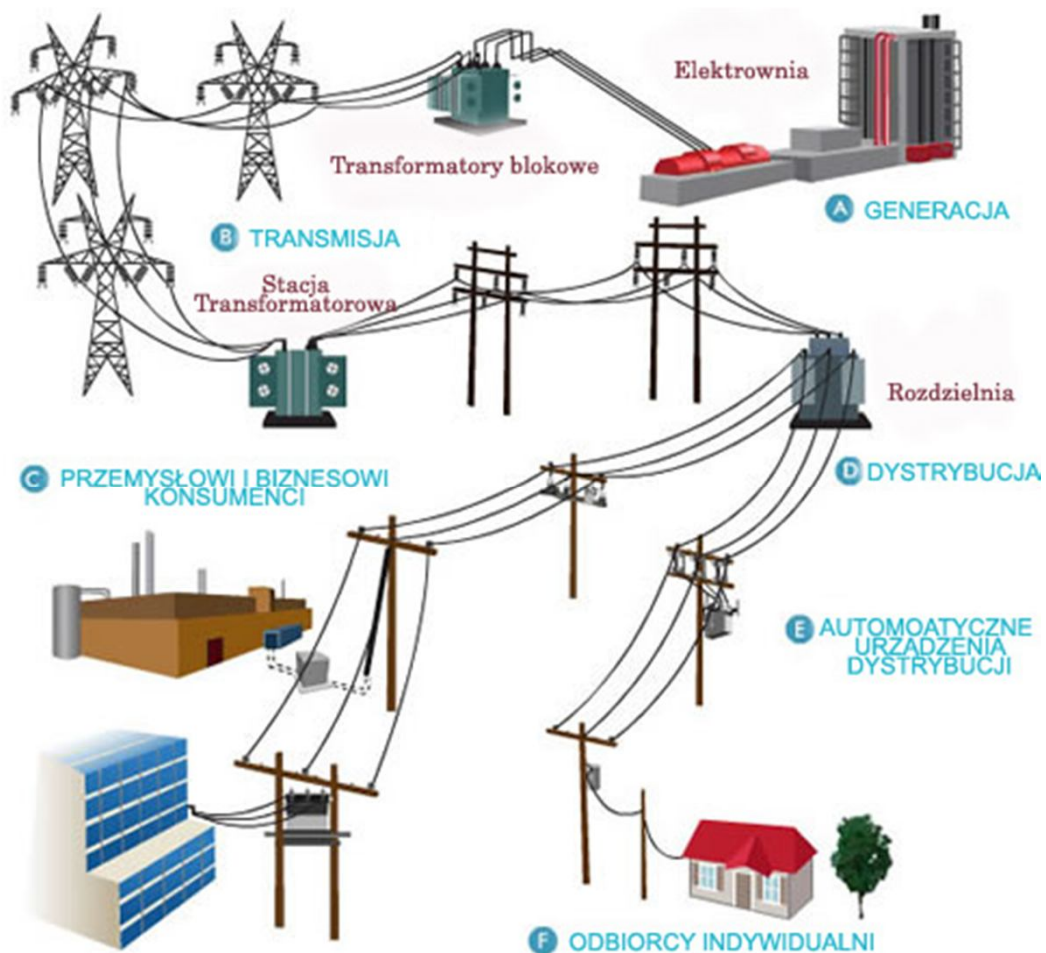
- Pomiar napięć i prądów;
- Pomiar pola akustycznego, pola magnetycznego, pola elektrycznego, naprężeń mechanicznych, drgań konstrukcji;
- Monitoring warunków meteorologicznych – prędkość i kierunek wiatru, temperatura i wilgotność powietrza, zachmurzenia, opady atmosferyczne, osady atmosferyczne i nasłonecznienie;
- Pomiar warstwy oblodzenia i szadzi klasycznym systemem wizyjnym, kamerą szybkoobrazową lub kamerę stereometryczną;
- Pełna integracja z systemami Informacji Przestrzennej GIS oraz bazami danych np. ORACLE i wymiana danych z instytucjami meteorologicznymi i służbami zarządzania kryzysowego, służbami informacyjnymi i mediami oraz odbiorcami energii elektrycznej.



AGH

Prognozowanie stanów awaryjnych

Niezawodność elektroenergetycznej infrastruktury napowietrznych linii przesyłowych w procesie transmisji energii elektrycznej.



- Integracja elektrowni oraz odbiorców w jedną całościową strukturę.
- Energia elektryczna kierowana do odbiorców indywidualnych, instytucji publicznych, przemysłu oraz centrów komercyjno biznesowych.

Prognozowanie stanów awaryjnych

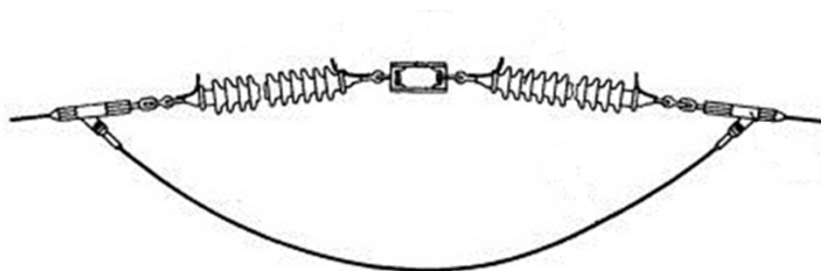
Możliwe skutki awarii napowietrznych linii przesyłowych:

- pozostawienie tysięcy ludzi bez energii elektrycznej,
- „unieruchomienie” przemysłu i komunikacji,
- pożar,
- uszkodzenie lub zniszczenie konstrukcji słupa elektroenergetycznego,
- koszty związane z awarią.

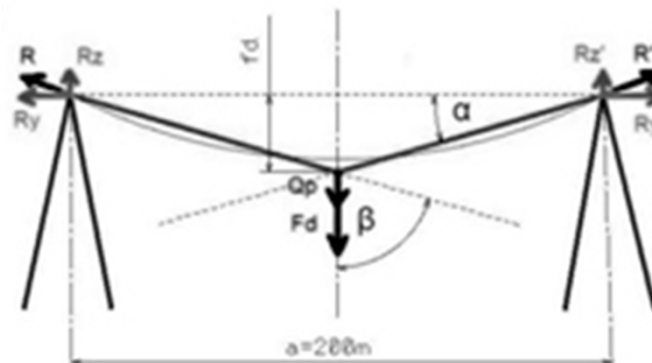


Przyczyny powstawania awarii związanych z uszkodzeniem konstrukcji słupa:

- błędy wykonania konstrukcji słupa,
- zmiana rozkładu sił oddziałujących na koronę słupa w stanie awaryjnym,
- warunki atmosferyczne i siły,
- starzenie konstrukcji.



Połączenie przewodów roboczych z poprzecznikiem za pomocą izolatora



Schematyczny rozkład sił w wyniku oparcia się drzewa o przewody

Prognozowanie stanów awaryjnych

W jaki sposób zapobiegać awariom napowietrznych linii przesyłowych?

Ocena stanu technicznego konstrukcji słupa elektroenergetycznego, poprzez monitorowanie i przetwarzanie wybranych wielkości.

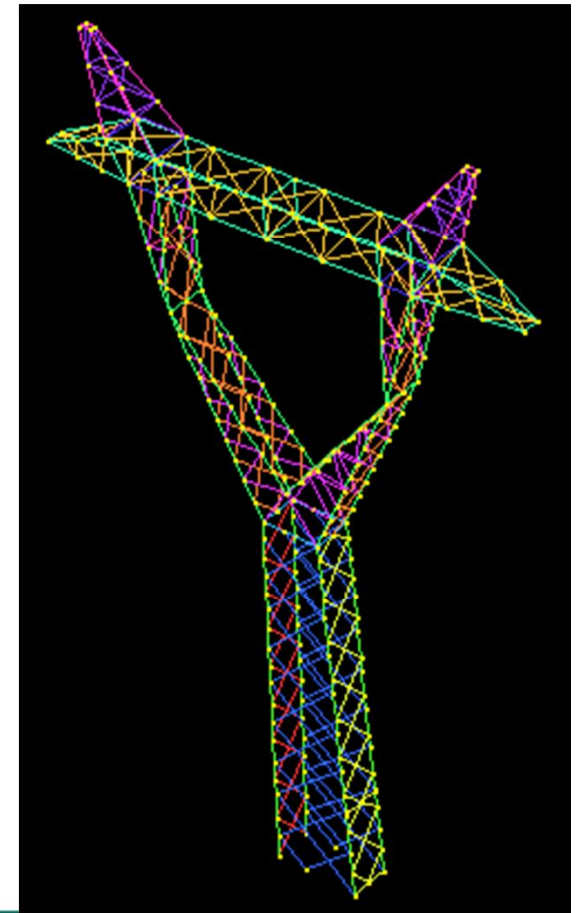
Prognozowanie stanów awaryjnych na podstawie historii wykonanych badań oraz badań bieżących.

Szybkie usuwanie usterek na podstawie zdiagnozowanych stanów awaryjnych.



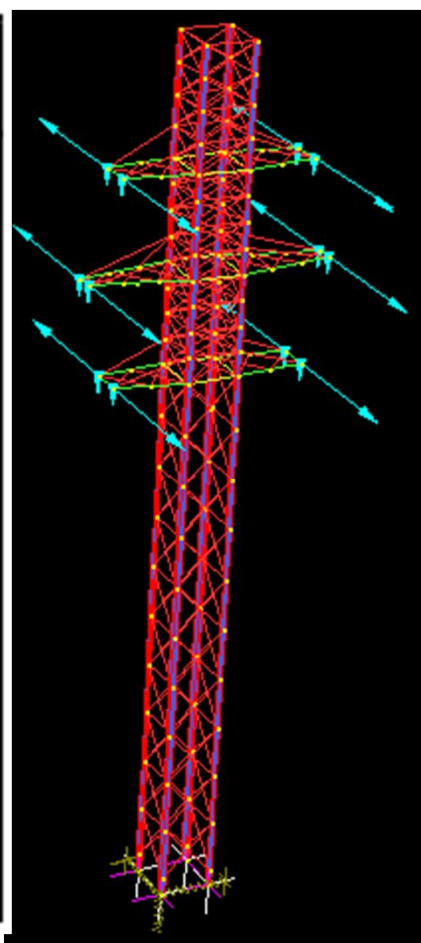
Detekcja uszkodzeń elementów konstrukcji słupa elektroenergetycznego

1. Model numeryczny słupa i jego analiza modalna
2. Eksploatacyjna analiza modalna konstrukcji słupa
3. Porównanie częstości drgań własnych modeli i proces dostrajania modelu numerycznego
4. Diagnozowanie rzeczywistej konstrukcji słupa na podstawie modelu numerycznego

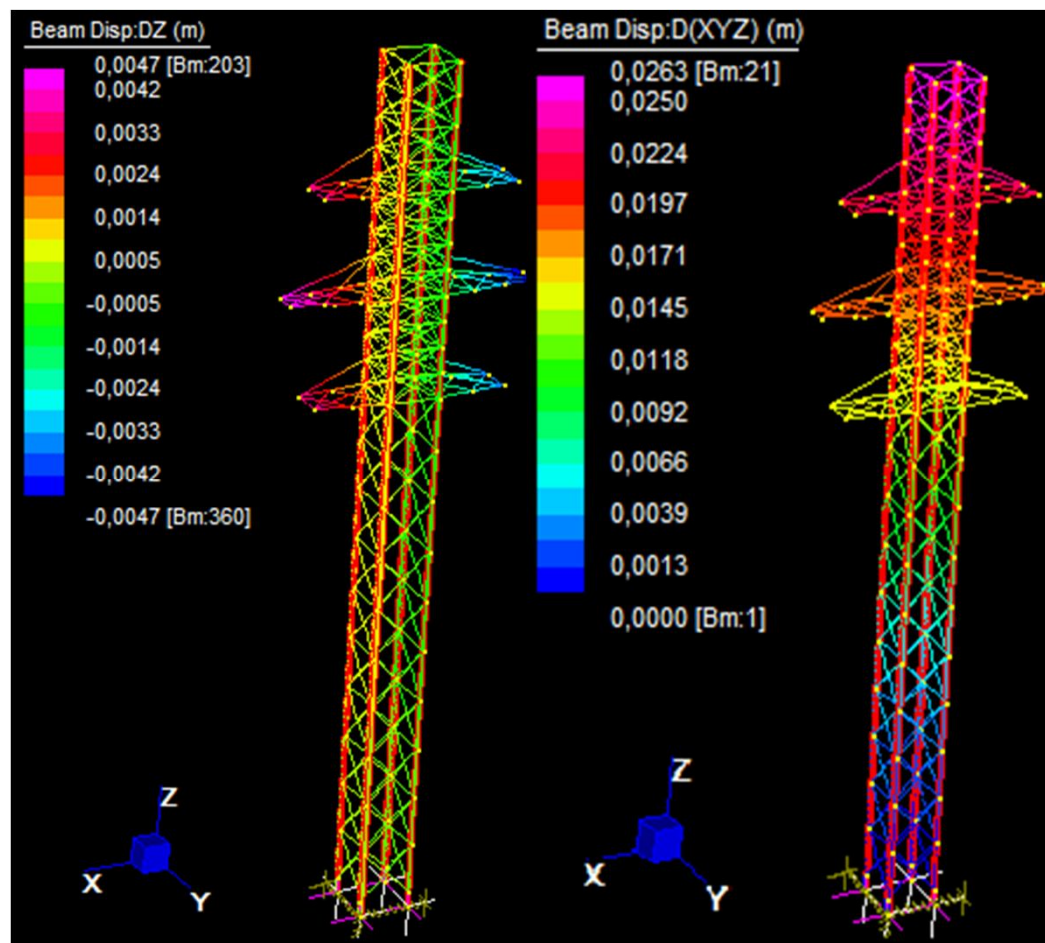


Wybrane częstotliwości i postaci drgań własnych dla modelu słupa O24

LP	Częstotliwość
	[Hz]
1	2.61572043E+00
2	2.61715651E+00
3	3.74698737E+00
4	4.63772124E+00
5	5.71685313E+00
6	1.04026781E+01
7	1.14885439E+01
8	1.15875934E+01
9	1.38300837E+01
10	1.38513256E+01
11	1.39255911E+01
12	1.39259958E+01
13	1.65056208E+01
14	2.14273776E+01
15	2.31635726E+01
16	2.35937006E+01
17	2.54190109E+01
18	2.65329903E+01
19	2.65538164E+01
20	2.66193290E+01



Model MES słupa O24



Postacie drgań własnych dla częstotliwości własnej 2,61572 Hz

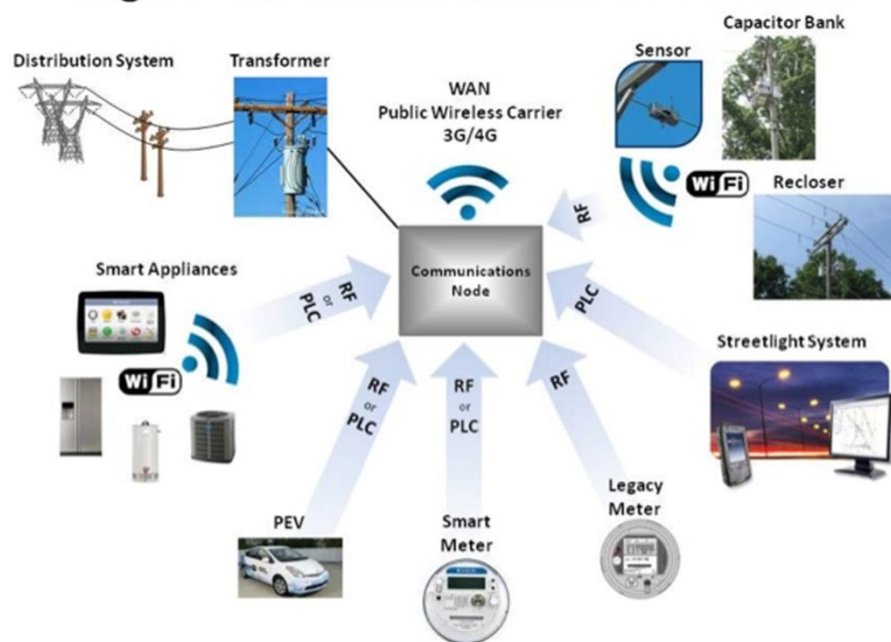
Częstotliwości drgań własnych modelu słupa O24

Diagnostyka prowadzona na podstawie otrzymanych wyników:

- porównywanie modelu numerycznego z konstrukcją rzeczywistą,
- wykonywanie badań w określonych odstępach czasu,
- prowadzenie historii wykonanych badań,
- analiza i ocena wyników badań,
- prognozowanie stanów awaryjnych, próba predykcji kolejnych zmian w konstrukcji.

Bezpieczeństwo danych

Digital Grid Communications Overview



- Technologia Smart Grid nieustannie zwiększa ilość danych, które są monitorowane, transmitowane, składowane, przetwarzane i analizowane.

- Informacje transmitowane z urządzeń konsumentów, rodzą problem bezpieczeństwa prywatności takich danych.

- Przykładowo konkretne urządzenia mogą być zdalnie identyfikowane poprzez odczyt ich podpisów drogą elektryczną. Dodatkowo same odczyty stanów liczników przesyłane są różnymi kanałami komunikacji.

Wszystkie procesy związane z zarządzaniem informacją wymagają odpowiedniej polityki Cyber Bezpieczeństwa, mającej na celu ochronę danych a przede wszystkim samych konsumentów przed wrogim działaniem osób nieuprawnionych.

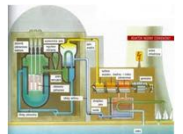
Źródła energii elektrycznej

Drogi transmisji

Odbiorca



Elektrownie węglowe



Elektrownie atomowe



Elektrownie wiatrowe



Elektrownie wodne



Elektrownie solarne



Elektrownie biomasowe i biogazowe

Fotowoltaika



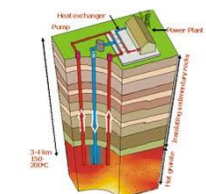
Systemy Inteligentne



Instalacje solarne



Instalacje geotermalne



Pompy ciepła



Ogniwa paliwowe





Inteligentny budynek

Inteligentny budynek (również *inteligentny dom*, *system zarządzania budynkiem*) - określenie wysoko zaawansowanego technicznie budynku.

Inteligentny budynek posiada system czujników i detektorów oraz jeden, zintegrowany system zarządzania wszystkimi znajdującymi się w budynku instalacjami.

Dzięki informacjom pochodzącym z różnych elementów systemu, budynek może reagować na zmiany środowiska wewnątrz i na zewnątrz, co prowadzi do maksymalizacji funkcjonalności, komfortu i bezpieczeństwa oraz minimalizacji kosztów eksploatacji i modernizacji.

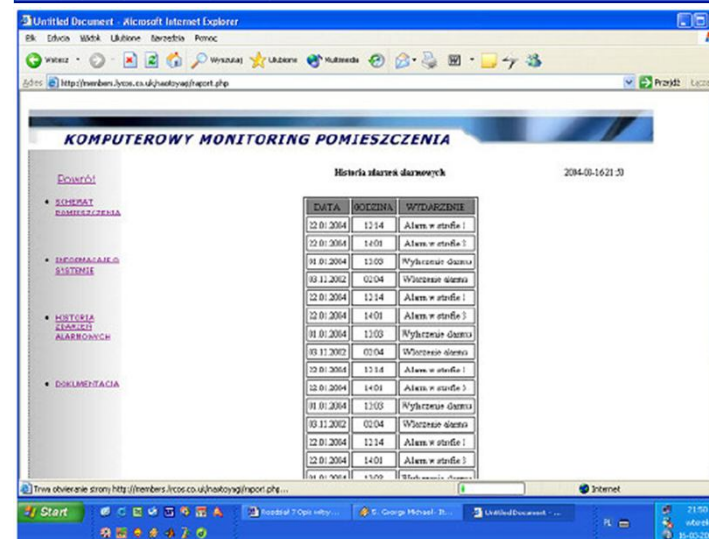
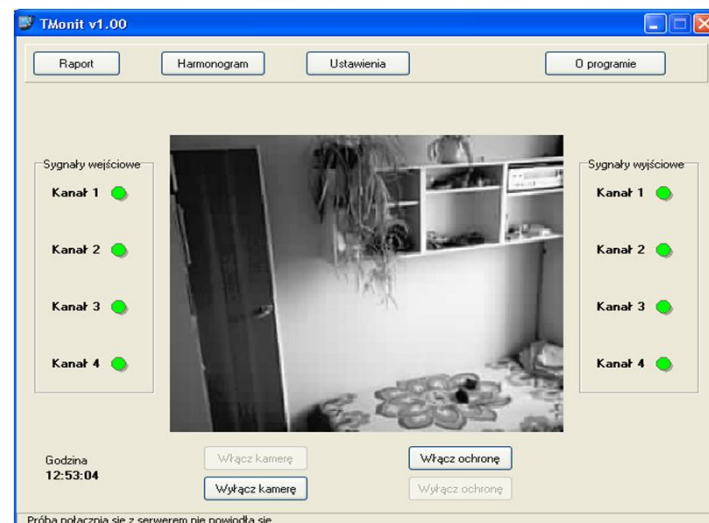
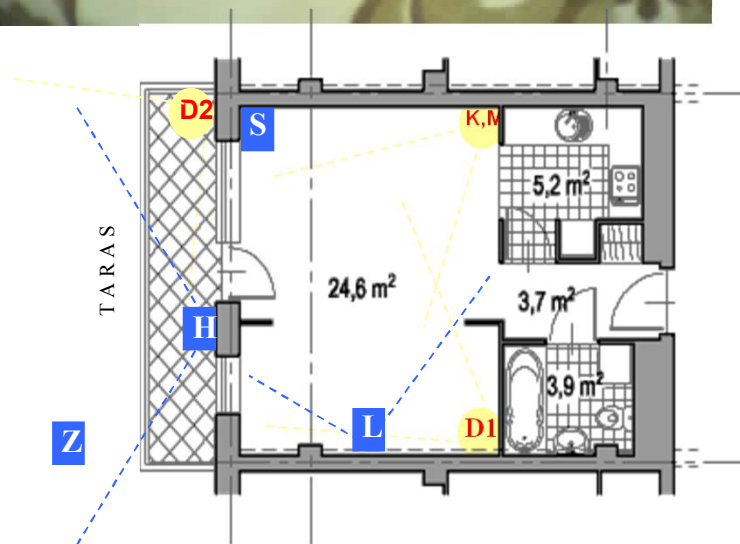
System inteligentnego budynku nie może wpływać negatywnie na ludzi znajdujących się w jego środowisku.



System zarządzania budynkiem (ang. *BMS - Building Management Systems*) znajduje zastosowanie w budynkach biurowych, przemysłowych i instytucji. Polem działania tego systemu jest integracja, kontrola, monitorowanie, optymalizacja i raportowanie takich elementów jak:

- sieć teleinformatyczna,
- sterowanie oświetleniem wewnętrznym i zewnętrznym w zależności od stanu,
- obecności osób w pomieszczeniach oraz ruchu, w oparciu o natężenia światła itp.,
- sterowanie ogrzewaniem osobnych pomieszczeń,
- sterowanie wentylacją, klimatyzacją i filtracją w oparciu o parametry jakości powietrza tj. zawartość dwutlenku węgla i wilgotność,
- symulacja obecności,
- ochrona bytu i mienia,
- system alarmowy i monitoringu,
- system przeciwpożarowy,
- system kontroli dostępu,
- system zasilania UPS,
- system pogodowy,
- obsługa urządzeń audio-video i innych codziennego użytku,
- złożony system personalizacji,
- system sterowania oddymianiem pożarowym, sterowanie i monitorowanie klap przeciwpożarowych.

Podsystemy Inteligentnego budynku





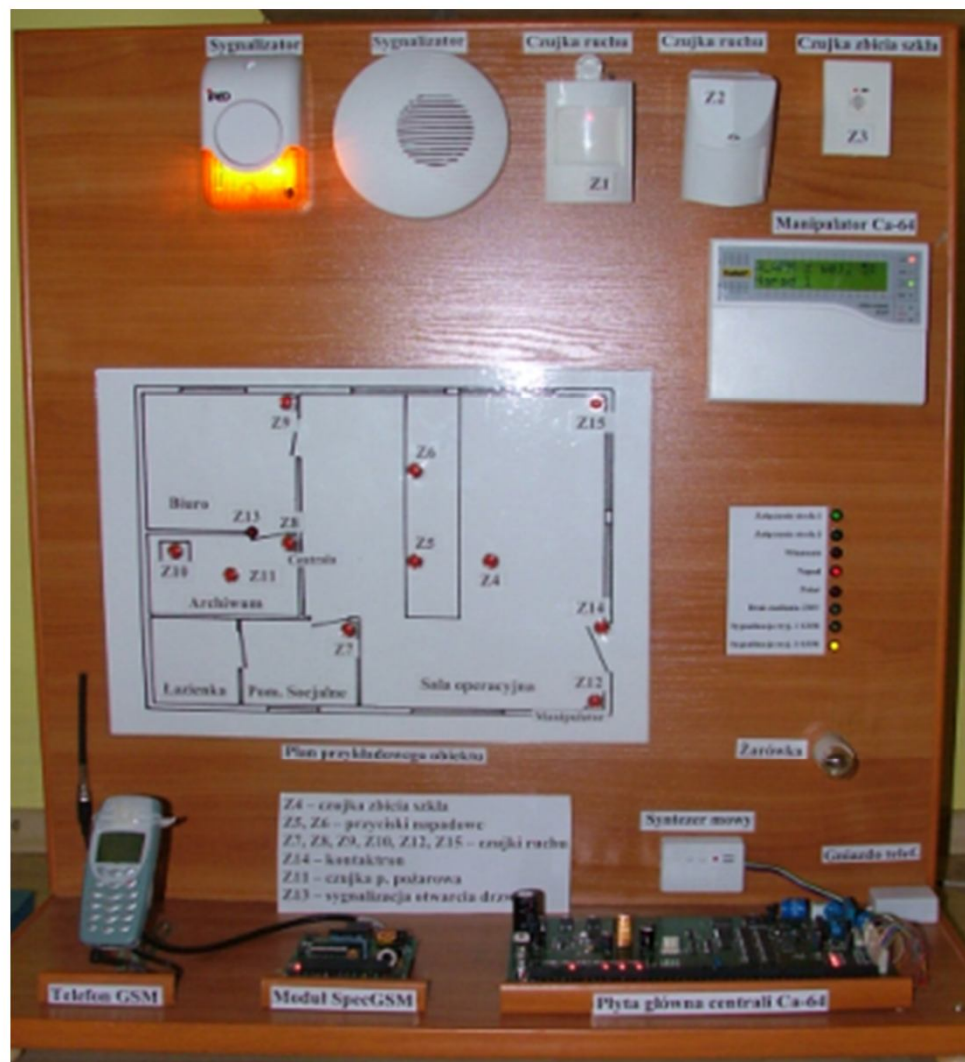
AGH

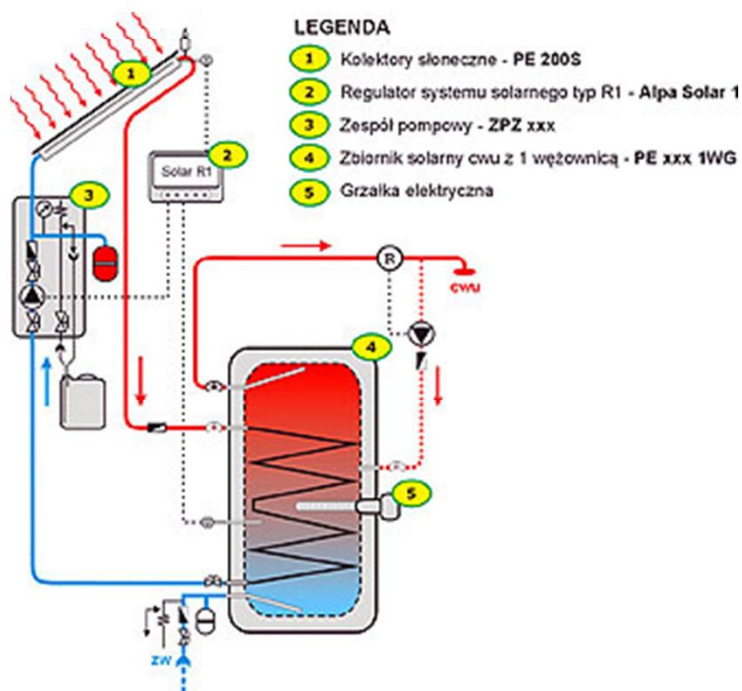
Podsystemy Inteligentnego budynku



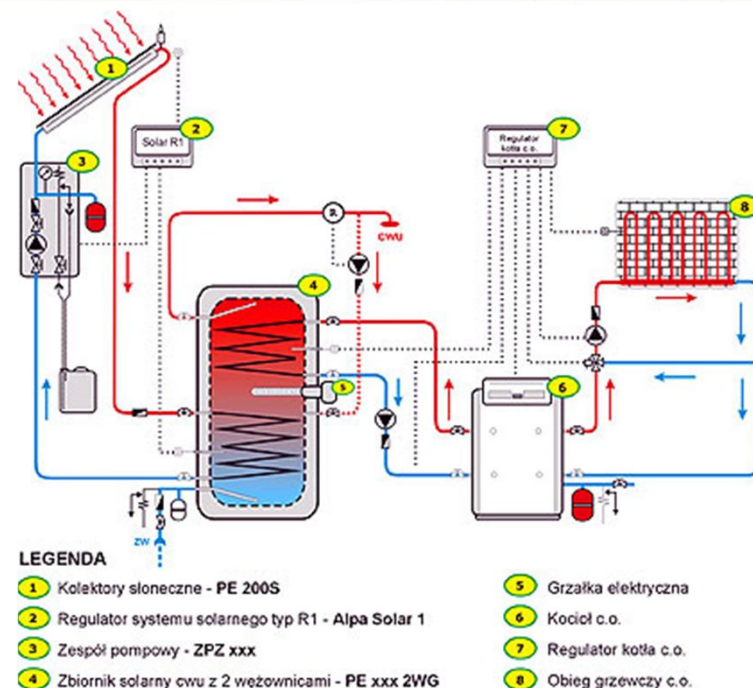
Lista zdarzeń : wszystkie zdarzenia

Nr	Data	Godz.	ZDARZENIE	Szczegóły	P	S/	^
425	4.05.2008	18:50	Restart modułu/systemu	Dload64 na RS-232	1	1	
426	4.05.2008	18:47	Zezwolenie na dostęp serwis	LCD:LCD adres 0	U: Mast	1	1
427	4.05.2008	18:42	Zapamiętanie ustawień w par		1	1	
428	4.05.2008	18:40	Zapamiętanie ustawień w par		1	1	
429	4.05.2008	18:38	Zapamiętanie ustawień w par		1	1	
430	4.05.2008	18:38	Zapamiętanie ustawień w par		1	1	
431	4.05.2008	18:36	Niskie napięcie akumulator	M:Pyta główna	1	1	
432	4.05.2008	18:32	Restart modułu/systemu	Dload64 na RS-232	1	1	
433	4.05.2008	18:27	Skasowanie alarmu	S:Strefa 1, U: Mast	1	1	
434	4.05.2008	18:27	Koniec naruszenia wejścia	S:Strefa 1, W:Napa	1	1	
435	4.05.2008	18:27	Alarm PANIC głośny	S:Strefa 1, W:Napa	1	1	
436	4.05.2008	18:26	Restart modułu/systemu	Dload64 na RS-232	1	1	
437	4.05.2008	18:25	Skasowanie alarmu	S:Strefa 1, U: Mast	1	1	
438	4.05.2008	18:25	Koniec naruszenia wejścia	S:Strefa 1, W:Napa	1	1	
439	4.05.2008	18:25	Alarm PANIC głośny	S:Strefa 1, W:Napa	1	1	
440	4.05.2008	18:25	Skasowanie alarmu	S:Strefa 1, U: Mast	1	1	
441	4.05.2008	18:25	Koniec naruszenia wejścia	S:Strefa 1, W:Napa	1	1	
442	4.05.2008	18:25	Alarm PANIC głośny	S:Strefa 1, W:Napa	1	1	



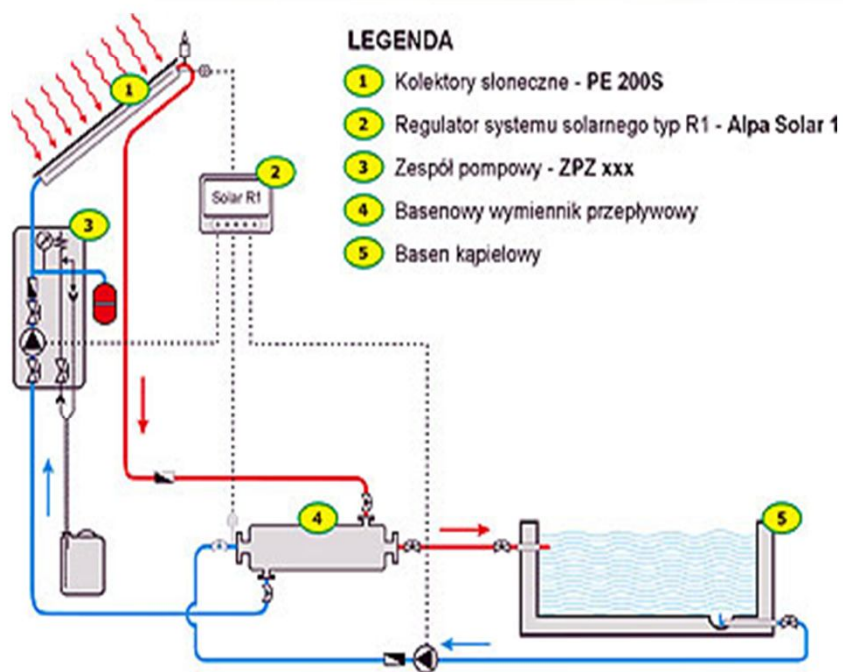


Schemat przykładowej instalacji solarnej do przygotowania ciepłej wody użytkowej, system solarny ze zbiornikiem CWU wyposażonym w jedną wężownicę spiralną oraz grzałkę elektryczną.

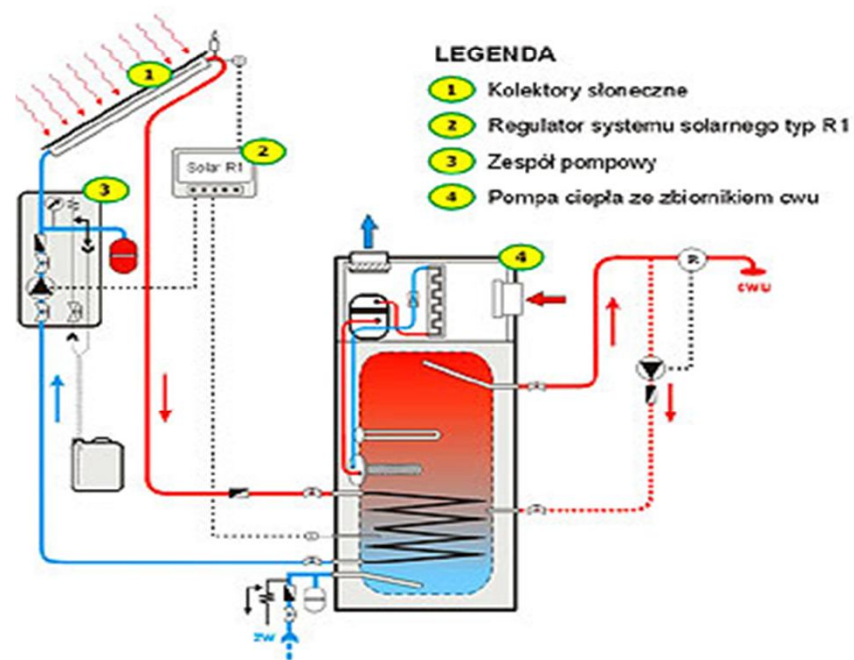


Schemat przykładowej instalacji grzewczej do CWU współpracującej z kotłem C.O., system solarny ze zbiornikiem wyposażonym w dwie wężownice spiralne i grzałkę elektryczną.

Podsystemy Inteligentnego budynku



Schemat przykładowej instalacji solarnej do ogrzewania wody basenowej, kolektory słoneczne ogrzewają wodę basenową wykorzystując do tego celu basenowy wymiennik przepływowy.



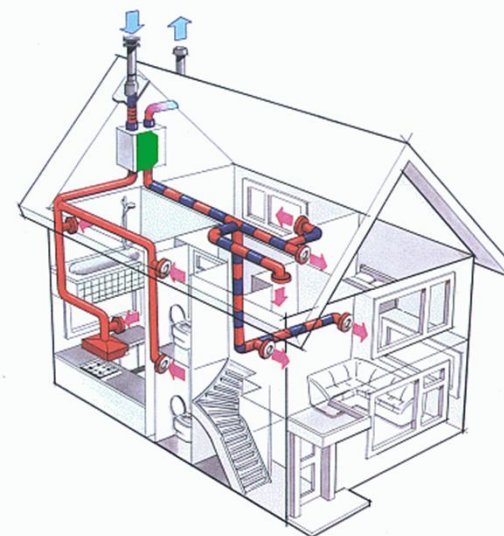
Schemat przykładowej instalacji grzewczej z pompą ciepła do ciepłej wody użytkowej, system solarny z pompą ciepła typu powietrze/woda, posiadającą zabudowany zbiornik do CWU, pompa ciepła zintegrowana ze zbiornikiem zapewnia dogrzewanie ciepłej wody użytkowej uzyskując energię odpadową z wentylacji pomieszczeń.

Podsystemy Inteligentnego budynku

Obecnie najczęściej wykonuje się energooszczędną wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła czyli tzw. rekuperacją. Rekuperator zapewnia wymianę ciepła pomiędzy usuwanym a świeżym powietrzem. Świeże powietrze z zewnątrz budynku przepływa przez wymiennik ciepła (rekuperator), znajdujący się w centrali wentylacyjnej, gdzie jest ogrzewane przez ciepło odebrane powietrzu usuwanemu z budynku. W ten sposób można wyeliminować straty ciepła usuwanego bez kontroli wentylacją naturalną ponad dach. Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła umożliwia obniżenie strat ciepła przez wentylację o 40% - 60%.

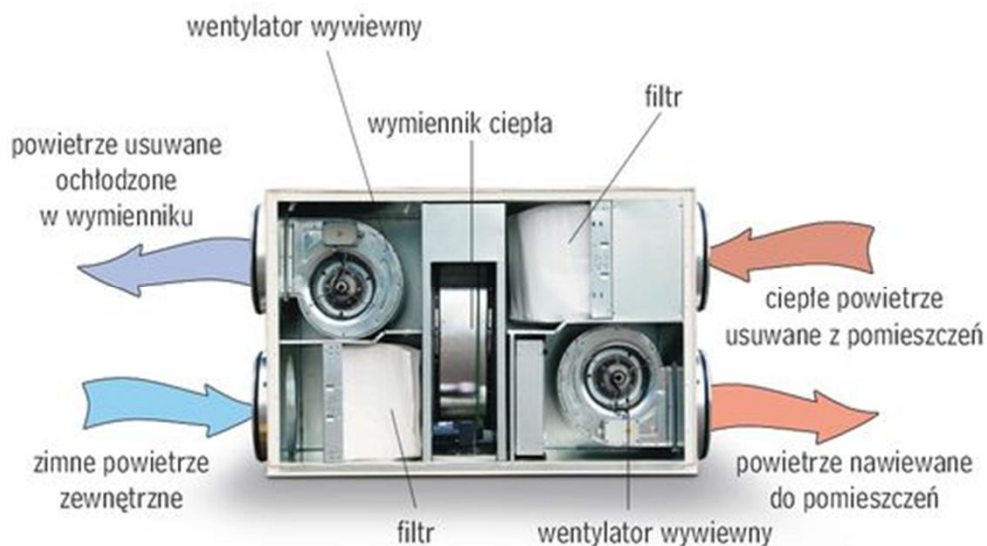
Zalety wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła to:

- filtracja powietrza (mniej kurzu w budynku),
- skuteczne usuwanie przykrych zapachów,
- brak występowania przewiewów,
- likwidacja hałasu drogowego,
- eliminacja nadmiernej pary wodnej z budynku,
- możliwość stałego dopływu świeżego powietrza,
- **gwarancja znacznej oszczędności kosztów ogrzewania,**
- brak konieczności budowy niektórych kanałów wentylacyjnych.

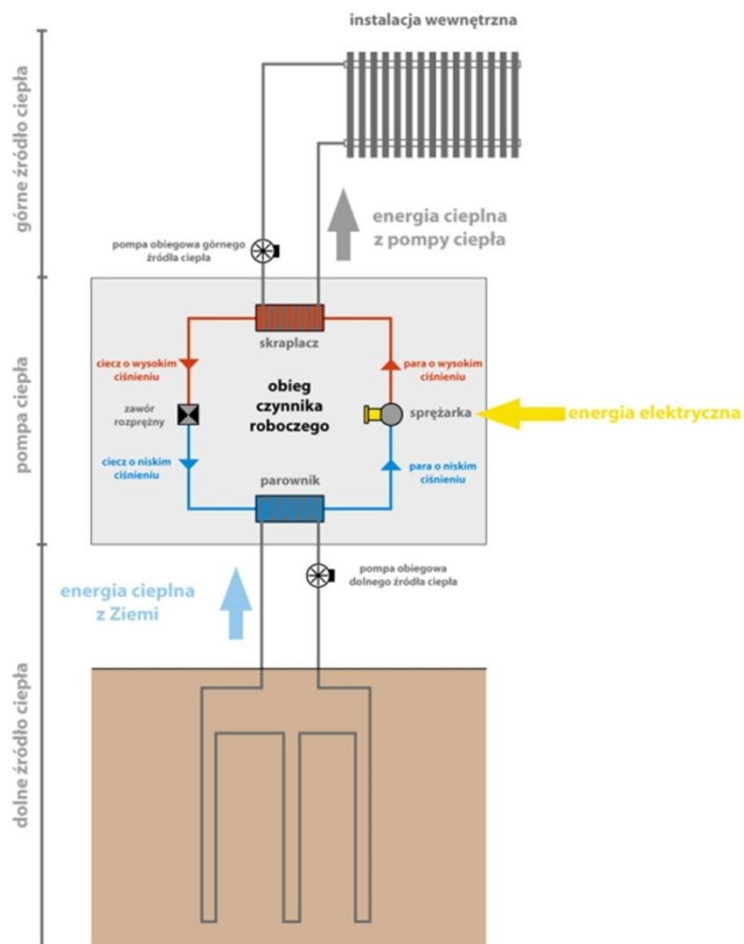


Przykład systemu wentylacyjnego z odzyskiem ciepła

Podsystemy Inteligentnego budynku



Przykład centrali wentylacyjnej z obrotowym wymiennikiem (rekuperatorem) ciepła – budowa i zasada działania



Schemat budowy oraz działania pompy ciepła



Pompa ciepła, pobierająca ciepło z gruntu przez kolektor pionowy



Pompa ciepła, pobierająca ciepło z gruntu przez kolektor poziomy



Pompa ciepła, pobierająca ciepło z wody przez układ dwóch studni głębinowych



Pompa ciepła, pobierająca ciepło z wody przez kolektor poziomy

Podsystemy Inteligentnego budynku

Wskaźnik EK określa roczne zapotrzebowanie budynku na energię końcową na potrzeby ogrzewania (ewentualnie chłodzenia), wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej, odniesione do 1 m² powierzchni użytkowej o regulowanej temperaturze. Jest to ilość energii, która powinna zostać dostarczona w celu zapewnienia utrzymania obliczeniowej temperatury wewnętrznej, niezbędnej wentylacji oraz dostarczenia ciepłej wody użytkowej.

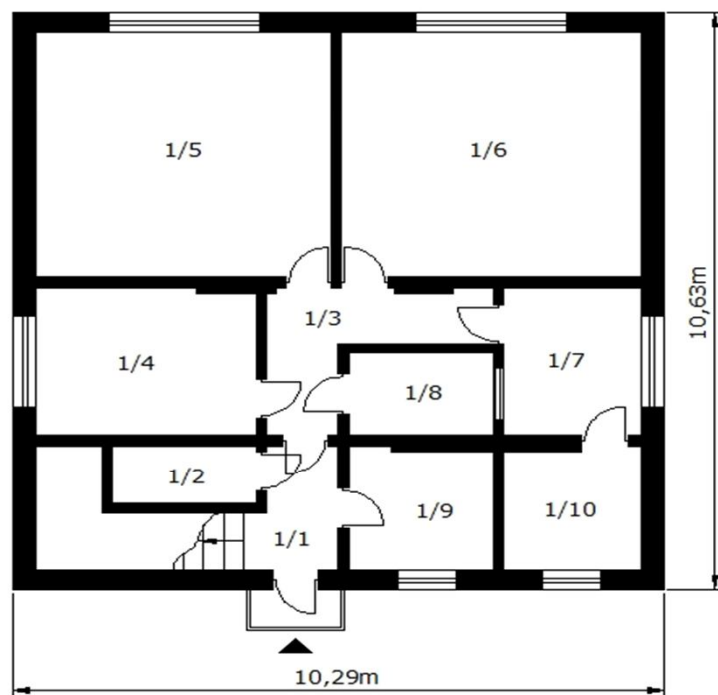
EP jest wskaźnikiem, podawanym w kWh/m²rok, wyrażającym zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną. Wynika on z odpowiedniego przemnożenia energii końcowej przez współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii końcowej do budynku. EP uwzględnia zapotrzebowanie na energię pomocniczą (energia elektryczna), natomiast EK nie.

Klasyfikacja energetyczna budynków

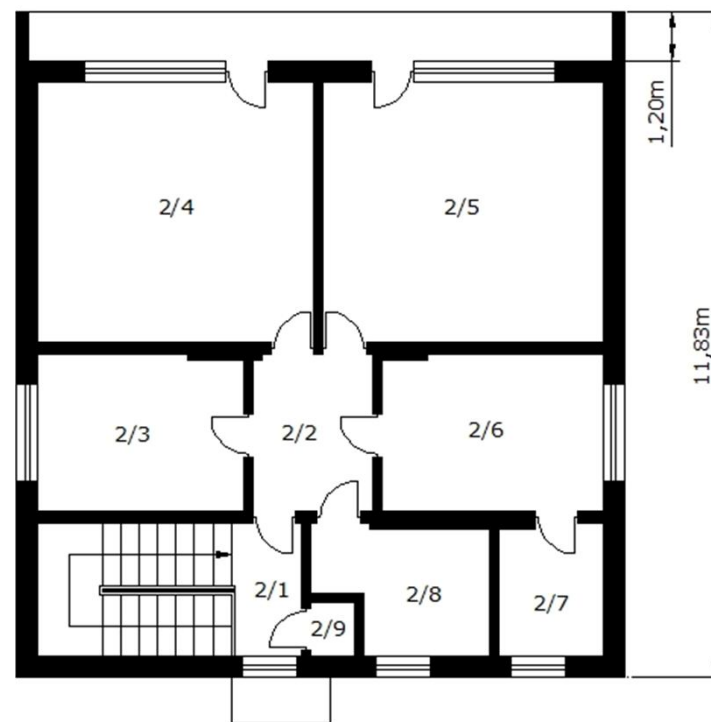
Klasyfikacja energetyczna budynków wg Stowarzyszenia na rzecz Zrównoważonego Rozwoju		
Klasa	Budynek mieszkalny	Wskaźnik EP [kWh/m ² K]
A	niskoenergetyczny	20 do 45
B	energooszczędny	45 do 80
C	średnioenergooszczędny	80 do 100
D	średnioenergochłonny	100 do 150
E	energochłonny	150 do 250
F	bardzo energochłonny	ponad 250

Podsystemy Inteligentnego budynku

Obiektem badań jest budynek mieszkalny jednorodzinny, wolnostojący, podpiwniczony dla którego zostanie obliczone zapotrzebowanie energetyczne. Budynek ten składa się z niskiego i wysokiego parteru oraz nieużytkowanego poddasza (strychu). Wysokość pomieszczeń niskiego parteru wynosi 2,5m natomiast wysokiego parteru 2,65m.

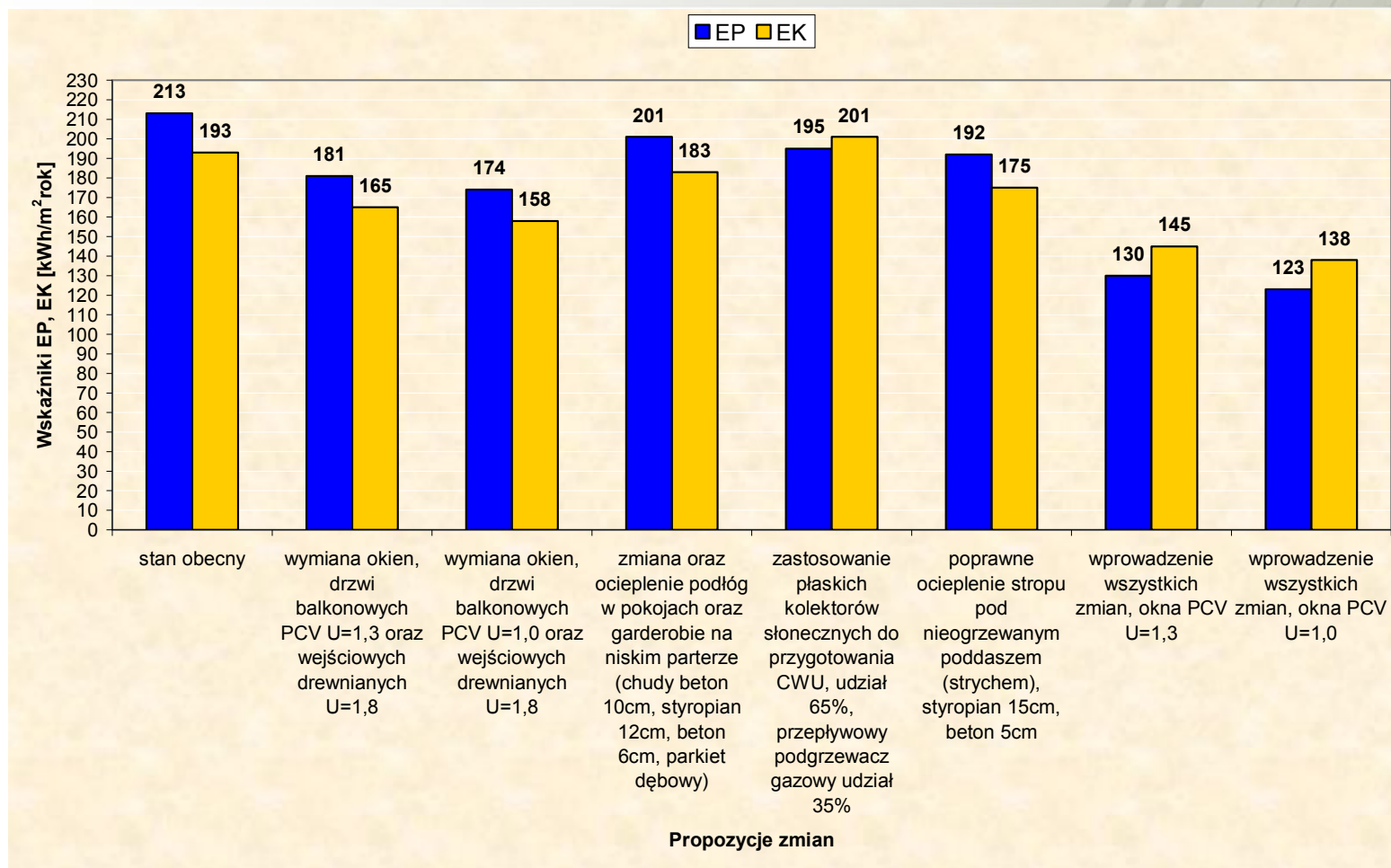


Rzut niskiego parteru obiektu badań



Rzut wysokiego parteru obiektu badań

Podsystemy Inteligentnego budynku



Wykres zmian wskaźników EP oraz EK od stanu obecnego w zależności od proponowanych zmian w obiekcie badań

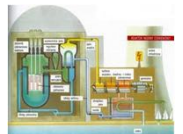
Źródła energii elektrycznej

Drogi transmisji

Odbiorca



Elektrownie węglowe



Elektrownie atomowe



Elektrownie wiatrowe



Elektrownie wodne



Elektrownie solarne



Elektrownie biomasowe i biogazowe

Fotowoltaika



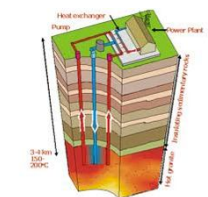
Systemy Inteligentne



Instalacje solarne



Instalacje geotermalne



Pompy ciepła



Ogniwa paliwowe





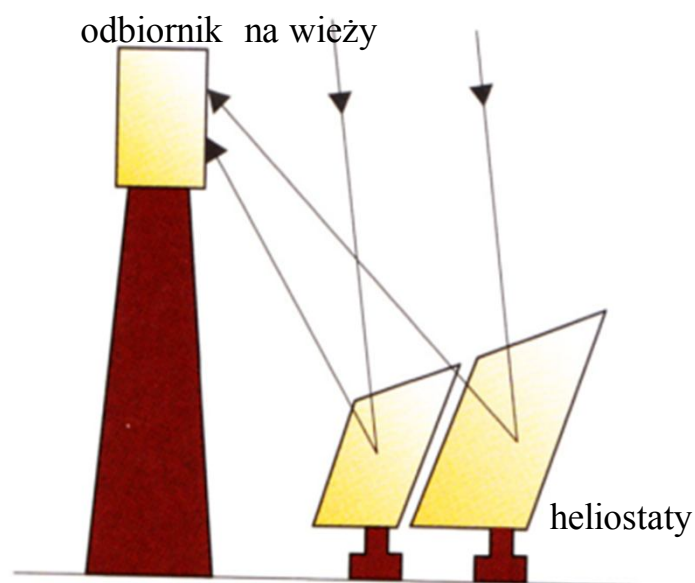
Słoneczne instalacje energetyczne z kolektorami skupiającymi

Słoneczne systemy z kolektorami skupiającymi można podzielić na trzy główne grupy w zależności od sposobu odbioru przez czynnik obiegowy energii słonecznej skupionej przez układ optyczny:

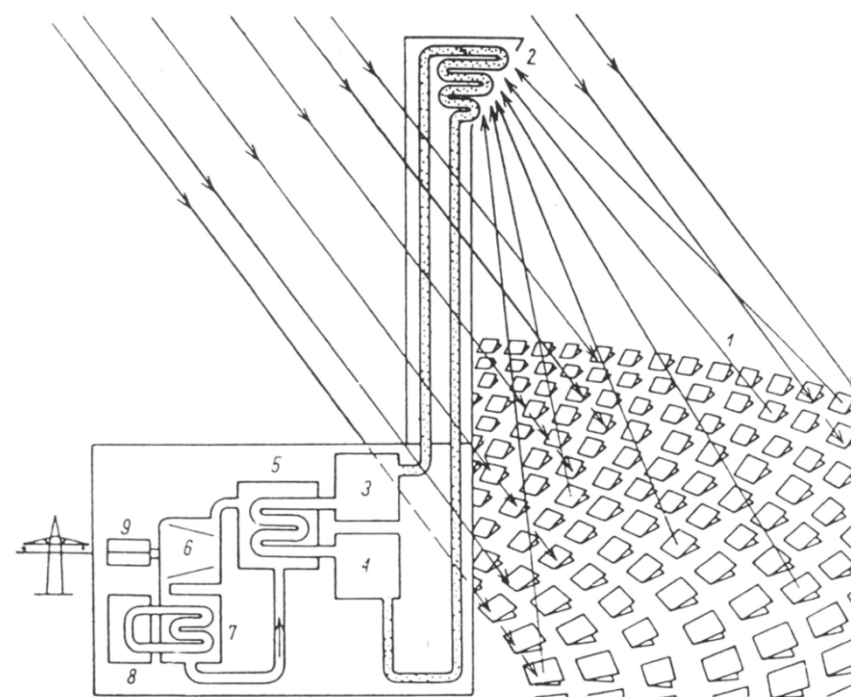
- a) układy z odbiornikiem centralnym – umieszczonym na wieży i polem heliostatów (układ skupiający Fresnela); w Europie oznaczane przez CSP (Central Solar Power), w USA – CRS (Central Receiver System)
- b) układy wykorzystujące technologię odbiorników rozproszonych (USA – SPT – Solar Parabolic Trough, w europie DCS – Distributed Collectors Systems); w układach tych przez wiele usytuowanych jeden za drugim kolektorów parabolicznych liniowych przebiega jeden odbiornik w postaci długiej rury;
- c) układy z kolektorami parabolicznymi dyskowymi w postaci talerzy o kształcie paraboloidy obrotowej i odbiornikiem punktowym usytuowanym w ognisku paraboloidy (Solar Dish).

Słoneczne instalacje energetyczne z kolektorami skupiającymi

Układy z odbiornikiem centralnym – umieszczonym na wieży i polem heliostatów



Układy z odbiornikiem centralnym – umieszczonym na wieży i polem heliostatów

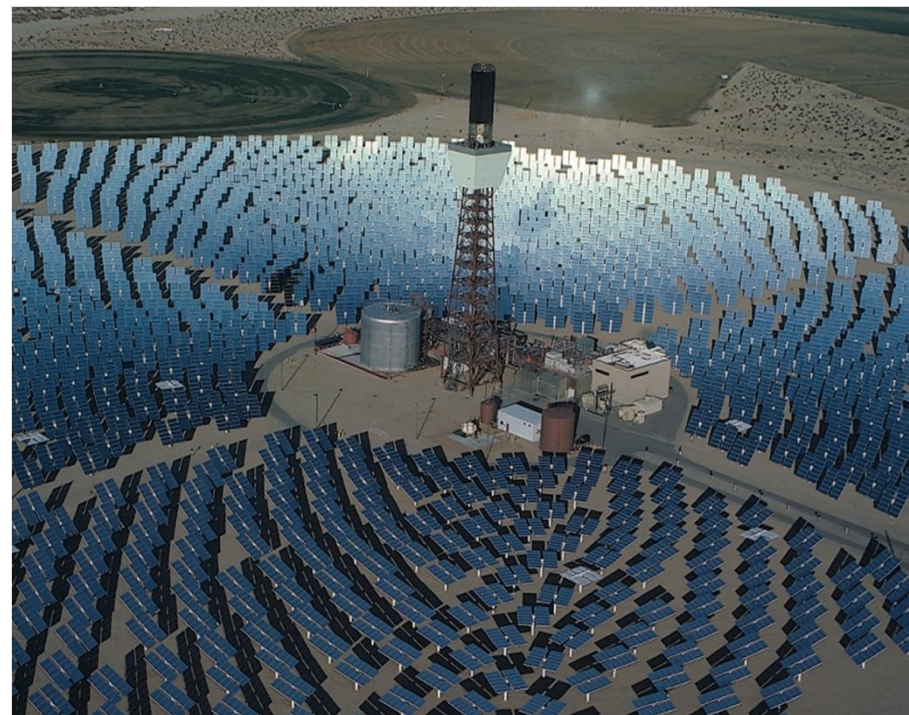


1 – heliostaty, 2 – absorber, 3, 4 – zbiorniki sodu, 5 – wytwornica pary, 6 – turbina parowa, 7 – skraplacz, 8 – chłodnia, 9 – generator

Elektrownia zasilana energią słoneczną

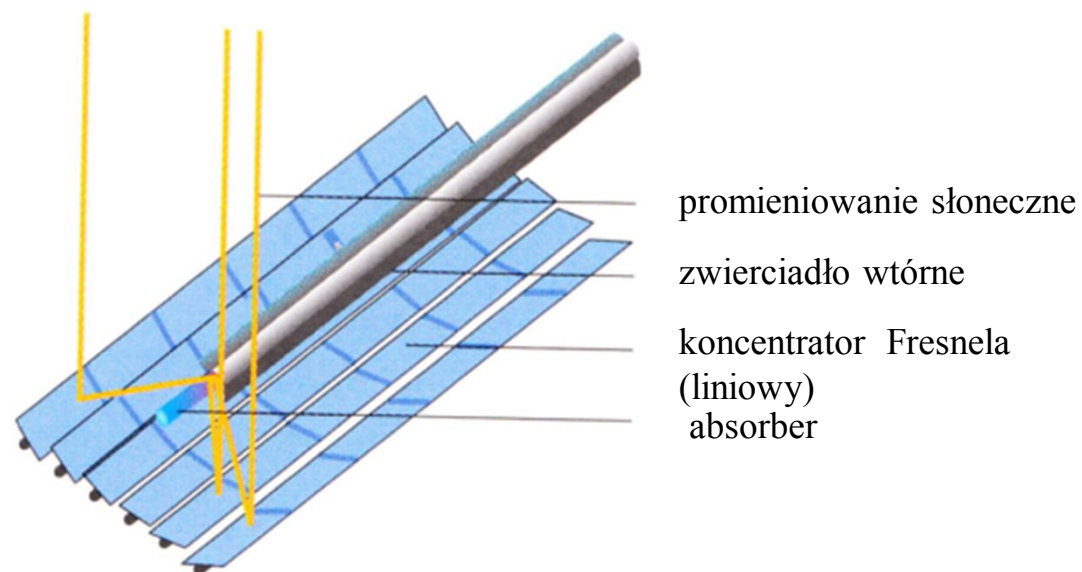
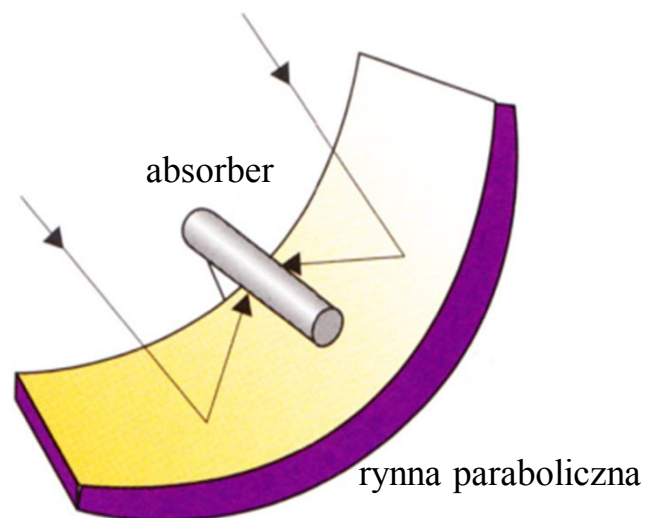
Słoneczne instalacje energetyczne z kolektorami skupiającymi

Układy z odbiornikiem centralnym – umieszczonym na wieży i polem heliostatów



Elektrownia zasilana energią słoneczną w ośrodku badawczym w de Almeria w Hiszpanii

Układy wykorzystujące technologię odbiorników rozproszonych



Liniowe kolektory skupiające

Układy wykorzystujące technologię odbiorników rozproszonych



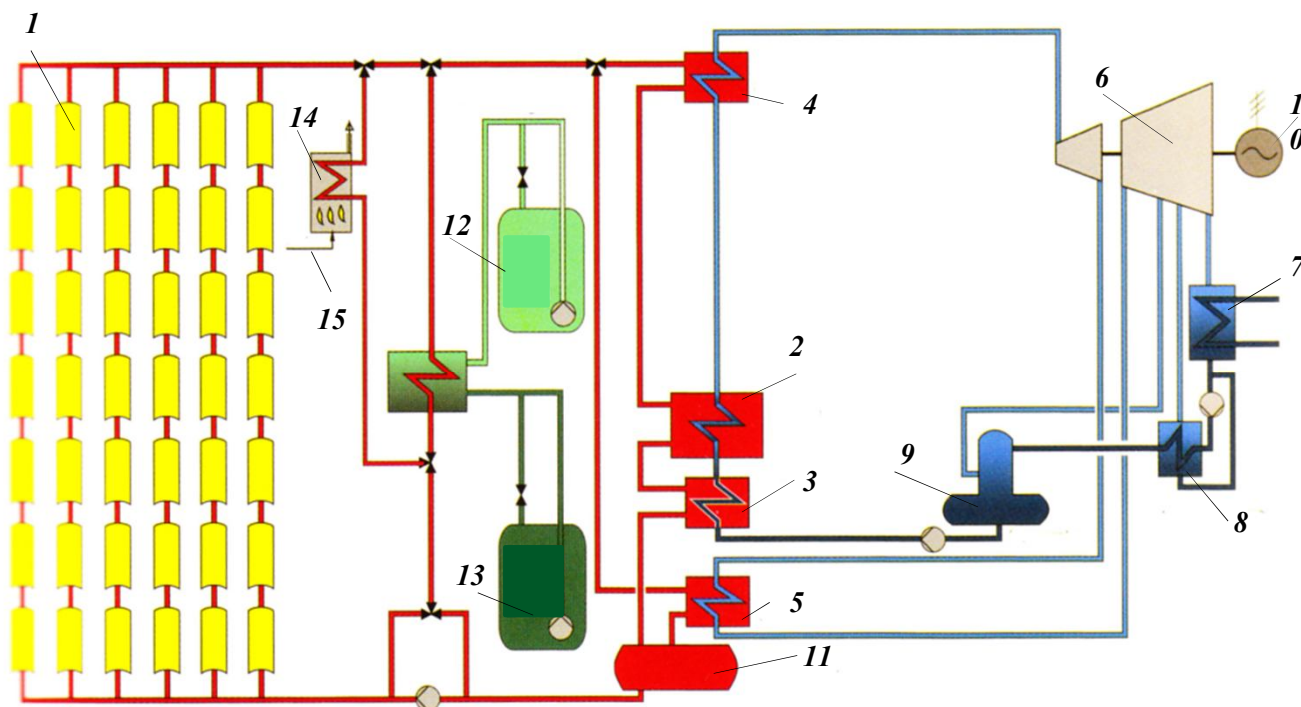
rynna paraboliczna



koncentrator Fresnela

Kolektory skupiające w ośrodku badawczym w de Almeria w Hiszpanii

Słoneczne instalacje energetyczne z kolektorami skupiającymi

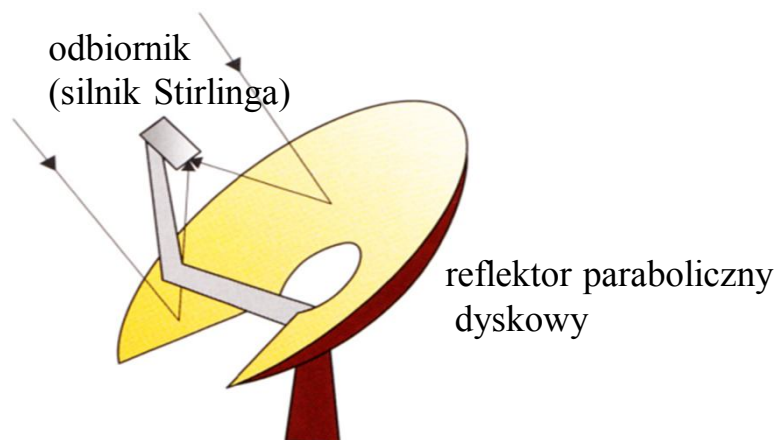


Schemat 50 MW_{el} elektrowni słonecznej ANDASOL I z kolektorami skupiającymi z rynnami parabolicznymi i magazynowaniem energii cieplnej

1 – pole słoneczne, 2 – wytwornica pary, 3 – słoneczny podgrzewacz wody, 4 – słoneczny przegrzewacz pary, 5 – słoneczny wtórny przegrzewacz pary, 6 – turbina, 7 – skraplacz, 8 – regeneracyjny podgrzewacz skroplin, 9 – odgazowywacz, 10 – generator, 11 – zbiornik wyrównawczy, 12 – zbiornik gorącej solanki, 13 – zbiornik zimnej solanki, 14 – kocioł rezerwowy, 15 – paliwo

Słoneczne instalacje energetyczne z kolektorami skupiającymi

Układy z kolektorami parabolicznymi dyskowymi w postaci talerzy o kształcie paraboloidy obrotowej i odbiornikiem punktowym usytuowanym w ognisku paraboloidy.



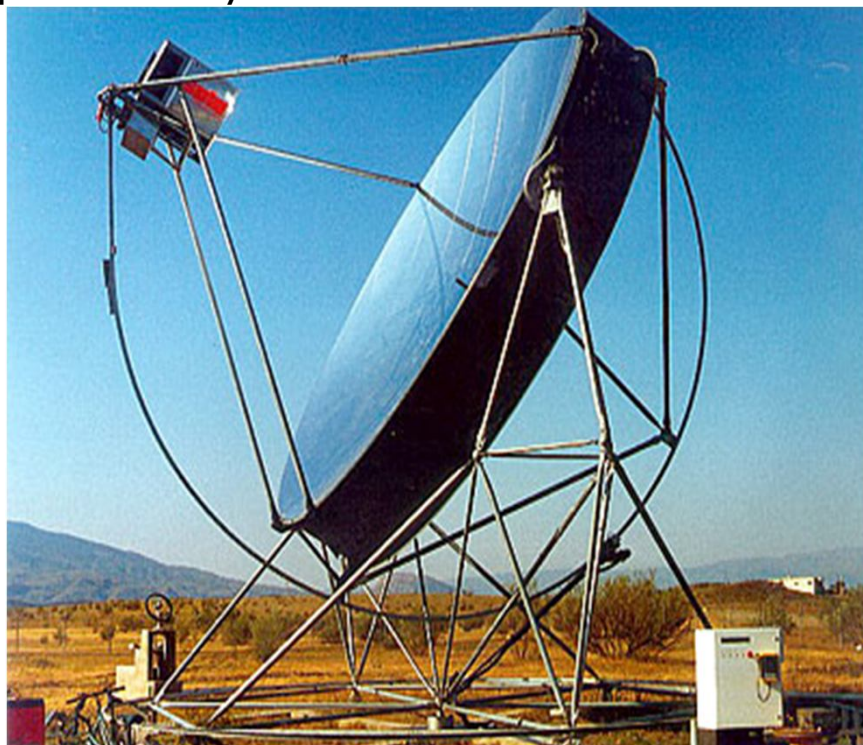
Kolektor paraboliczny dyskowy z odbiornikiem usytuowanym w ognisku paraboloidy



Kolektor paraboliczny dyskowy z silnikiem Stirlinga

Słoneczne instalacje energetyczne z kolektorami skupiającymi

Układy z kolektorami parabolicznymi dyskowymi w postaci talerzy o kształcie paraboloidy obrotowej i odbiornikiem punktowym usytuowanym w ognisku paraboloidy



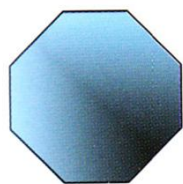
Kolektor układu DISTAL II o mocy 50 kW_t i silnikiem Stirlinga o mocy 10 kW_{el}



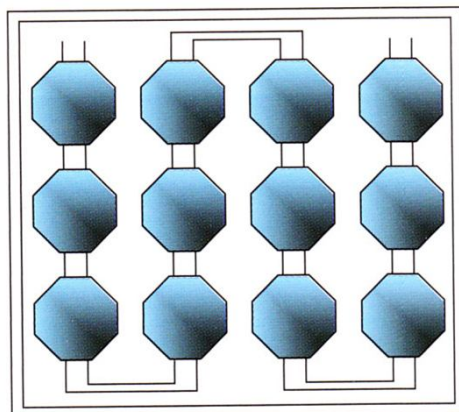
Kolektor skupiający paraboliczny z układem nadążnym

de Almería, Hiszpania

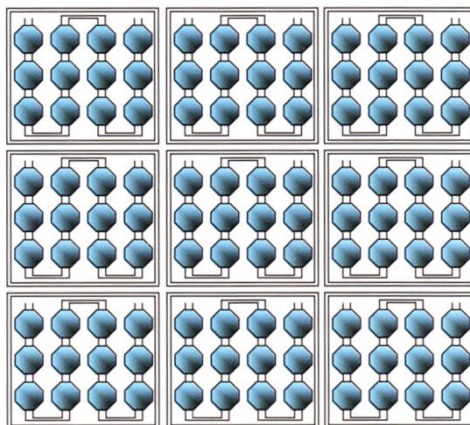
Ogniwa fotowoltaiczne



ogniwo
fotowoltaiczne



moduł ogniw
fotowoltaicznych



macierz ogniw
fotowoltaicznych



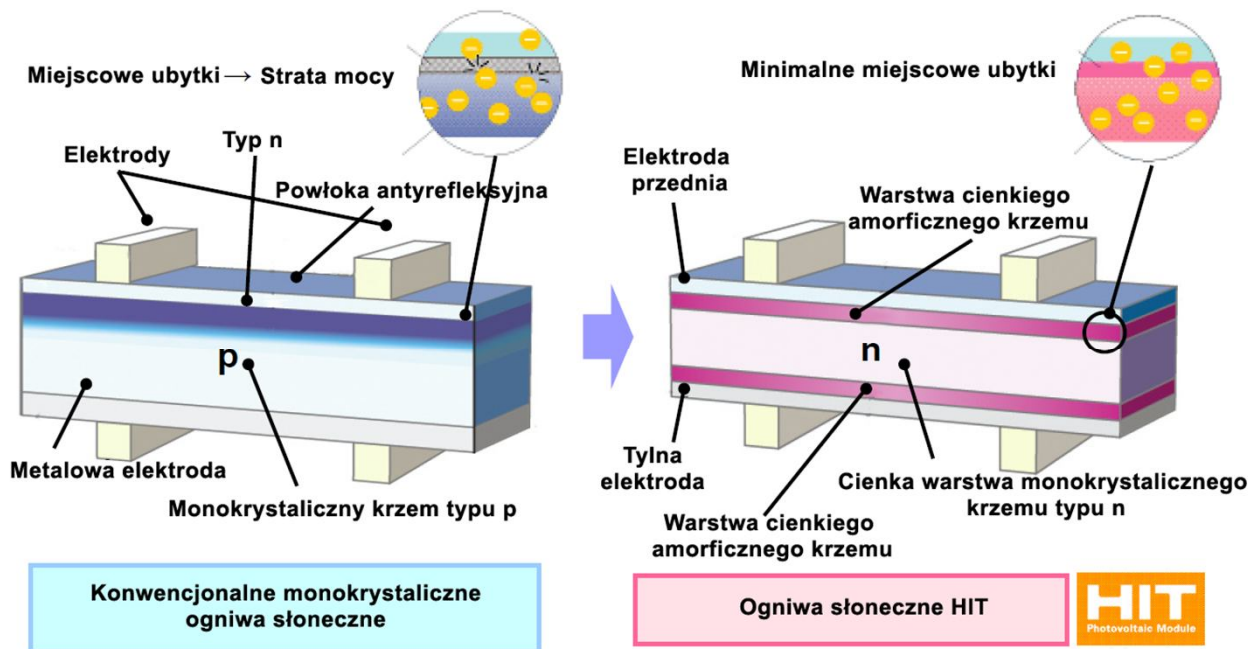
bateria
fotowoltaiczna

Ogniwa fotowoltaiczne

Ogniwa fotowoltaiczne



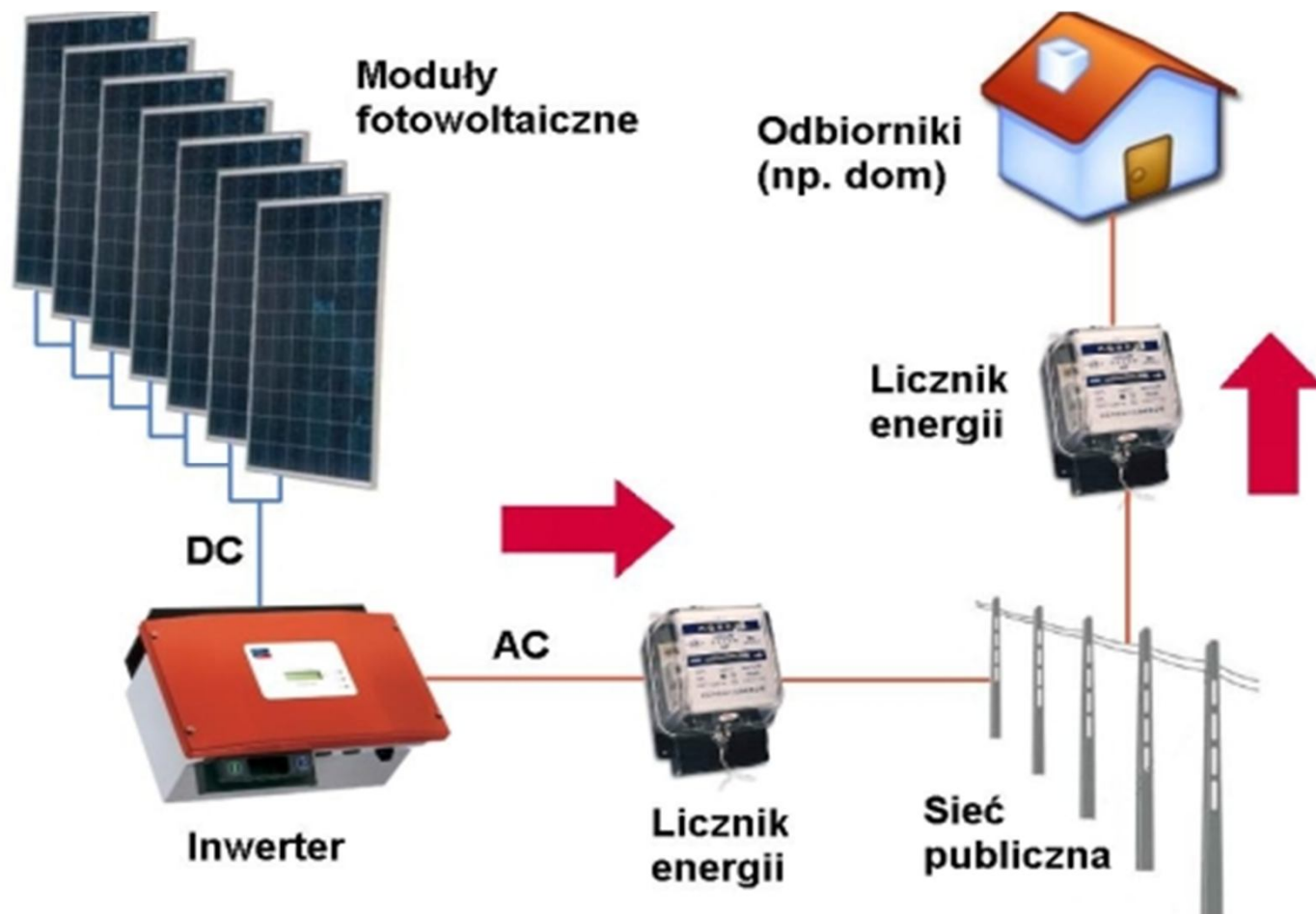
Bateria fotowoltaiczna
HIT-N230



Budowa ogniwa monokrystalicznego konwencjonalnego i w technologii HIT

Baterie fotowoltaiczne firmy SANYO Electric wykorzystują moduły z technologią HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer – heterozłączone z cienką warstwą amorficznego Si). Sprawność baterii 23%.

Ogniwa fotowoltaiczne



Schemat układu elektrowni fotowoltaicznej



Farma fotowoltaiczna na terenie gminy Wierzchosławice

2 października 2011 r. odbyło się otwarcie farmy fotowoltaicznej wybudowanej na terenie Gminy Wierzchosławice, należącej do spółki Energia Wierzchosławice sp. z o.o. Blisko 5 tysięcy paneli słonecznych wytwarza energię elektryczną o mocy 1 MW.



Solar Stadion w Kaohsiung, Tajwan

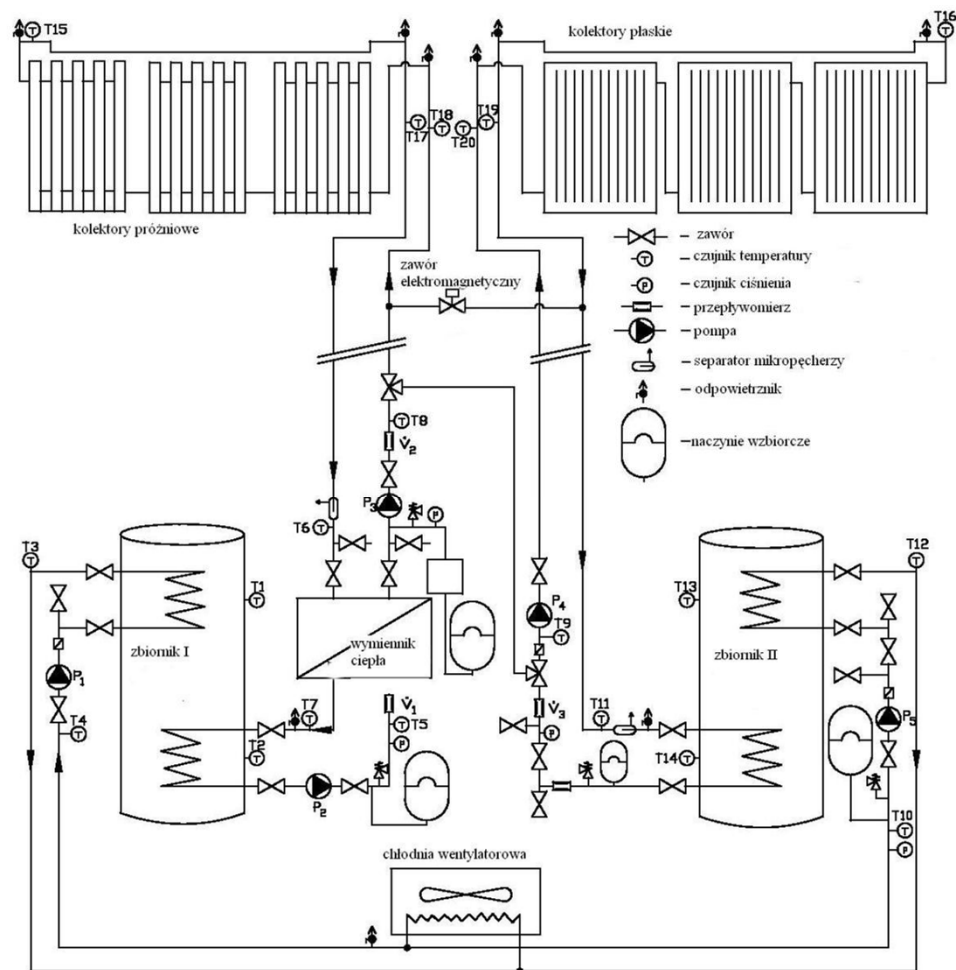
Stadion na 55 000 widzów.
8844 paneli generuje energię elektryczną pozwalającą zasilić cały stadion. Ogniwa fotowoltaiczne są w stanie wygenerować 1,14 GWh energii elektrycznej rocznie.



Stadion Stade de Suisse w Bernie

Stadion Stade de Suisse posiada zainstalowane na dachu ogniwa fotowoltaiczne na powierzchni 12000 m².
Zainstalowano 7000 paneli. W ciągu roku elektrownia słoneczna na dachu Stade de Suisse produkuje około 1,2 MWh energii elektrycznej.

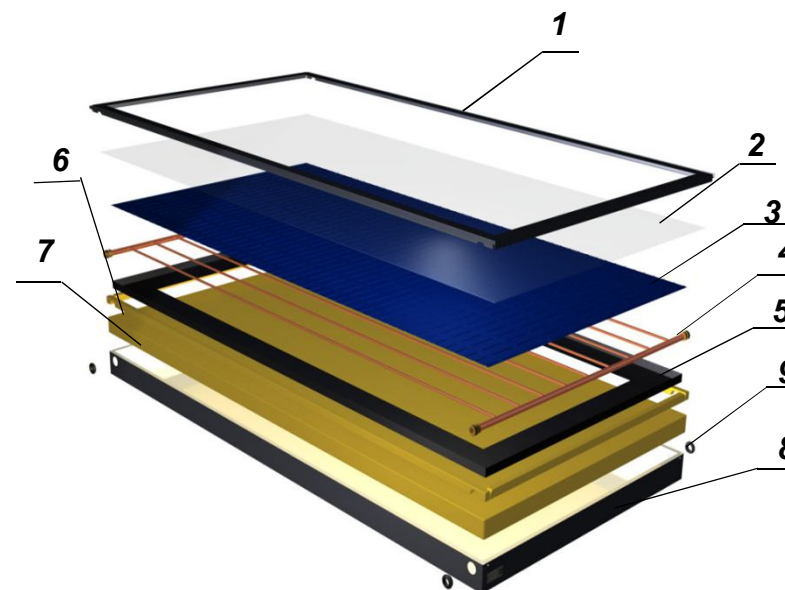
Stanowisko laboratoryjne do badania konwersji energii słonecznej na energię ciepłą



Schemat stanowiska do badania efektywności konwersji energii słonecznej na energię ciepłą



Płaskie kolektory słoneczne Hewalex
KS 2000TLP zamontowane na
dachu budynku B3



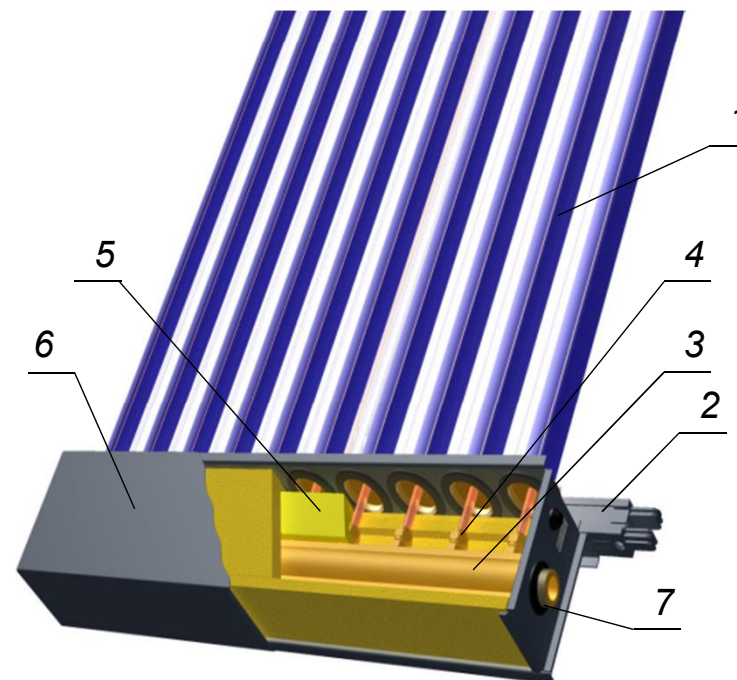
Budowa kolektora Hewalex – KS 2000 :

1. Obramowanie kolektora
2. Szyba solarna
3. Absorber kolektora (pokrycie czarny chrom lub TiNOx classic)
4. Orurowanie absorbera.
5. Welon szklany
6. Izolacja boczna
7. Izolacja dolna
8. Aluminiowa obudowa kolektora
9. Uszczelka gumowa

Stanowisko laboratoryjne do badania konwersji energii słonecznej na energię ciepłą



Próżniowe kolektory słoneczne
Hewalex KSR 10 zamontowane na
dachu budynku B3



Budowa kolektora:

1. Próżniowa rura szklana z wbudowanym absorberem (pokrycie TiNOx classic)
2. Stelaż kolektora
3. Zespół rozdzielacza z dwoma przyłączami GZ 1".
4. Złącza zaciskowe
5. Izolacja ze sztywnej pianki poliuretanowej
6. Obudowa kolektora
7. Uszczelka gumowa

Stanowisko laboratoryjne do badania konwersji energii słonecznej na energię ciepłą



Fragmenty wyposażenia stanowiska w pomieszczeniu laboratoryjnym



Chłodnica wentylatorowa



Zasobnik ciepłej wody
Hewalex VF300 2S

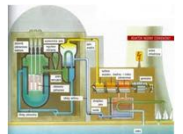
Źródła energii elektrycznej

Drogi transmisji

Odbiorca



Elektrownie węglowe



Elektrownie atomowe



Elektrownie wiatrowe



Elektrownie wodne



Elektrownie solarne



Elektrownie biomasowe i biogazowe

Fotowoltaika



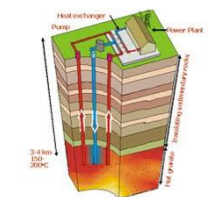
Systemy Inteligentne



Instalacje solarne



Instalacje geotermalne

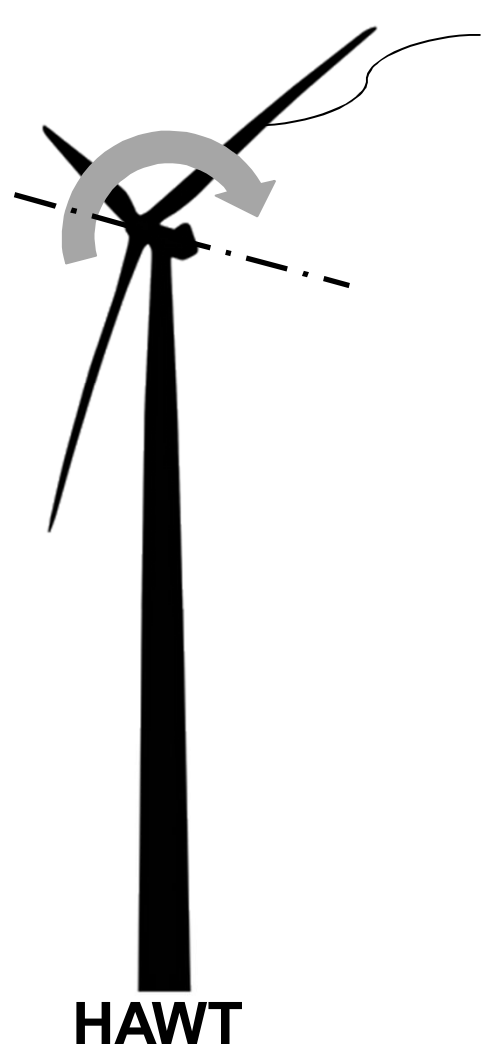


Pompy ciepła



Ogniwa paliwowe

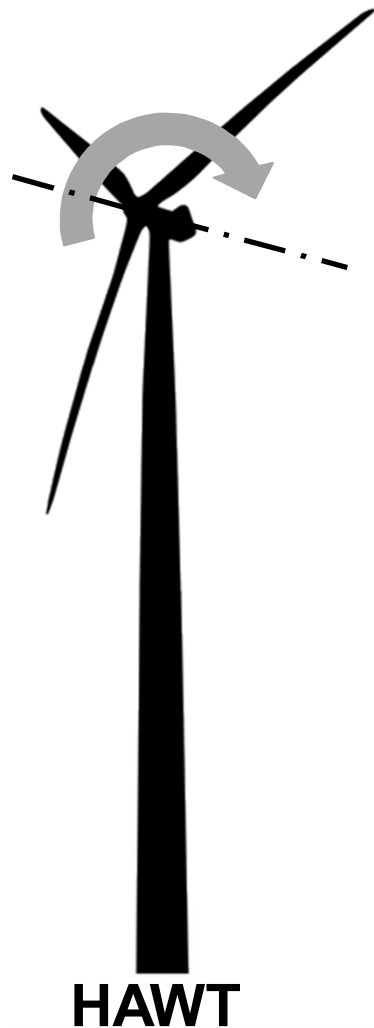




mała elektrownia wiatrowa (EW) o poziomej osi obrotu

→ Mała EW – czyli EW o mocy nominalnej mniejszej niż 30 kW (zastosowania przydomowe: ok 2-10 kW)

→ o poziomej osi obrotu – skrót z jęz. ang.: HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine)



Moc EW :

→ zgodnie z teorią strumieniową dla HAWT [2]

→ ~ (prędkość wiatru przed EW)³

→ ~ (średnica wirnika)²

$$P_{EW.MAX} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_{in}^3 \cdot C_P \quad (1)$$

maksymalna moc
wygenerowana
przez EW

gęstość
powietrza

współczynnik mocy z
uwzględnieniem strat
aerodynamicznych, sprawność
elektromechaniczną.

Zwiększenie mocy EW :

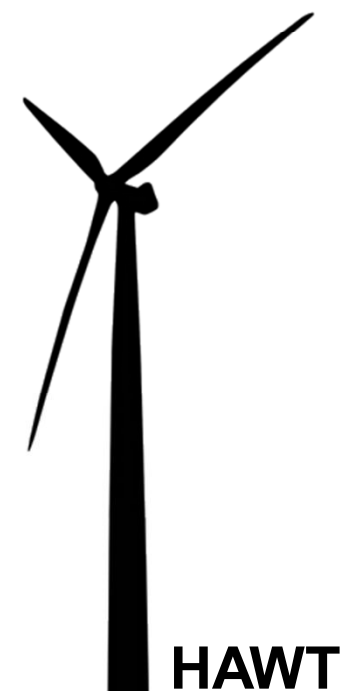
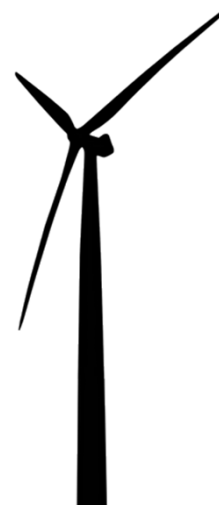
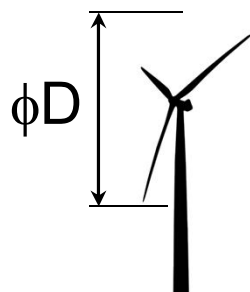
→ zgodnie z teorią strumieniową dla HAWT

→ \sim (prędkość wiatru przed EW)³

najprościej → \sim (średnica wirnika)² : $\uparrow D \Rightarrow \uparrow P_{EW.MAX}$

... ale:

- ↑ Wymiary
- ↑ Materiał
- ↑ Teren
- ↑ Koszty
- ...



Zwiększenie mocy EW :

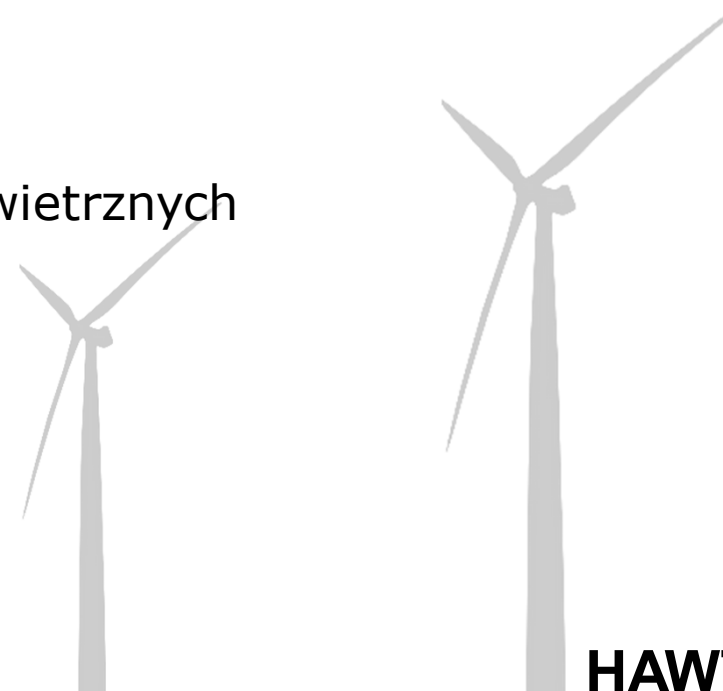
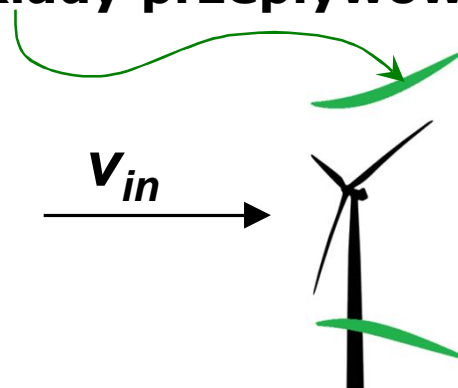
→ zgodnie z teorią strumieniową dla HAWT

alternatywa → \sim (prędkość wiatru przed EW)³ : $\uparrow v_{in} \Rightarrow \uparrow P_{EW.MAX}$

→ \sim (średnica wirnika)²

→ wykreowanie dogodniejszych warunków wietrznych

↳ **dotychczasowe układy przepływowe**

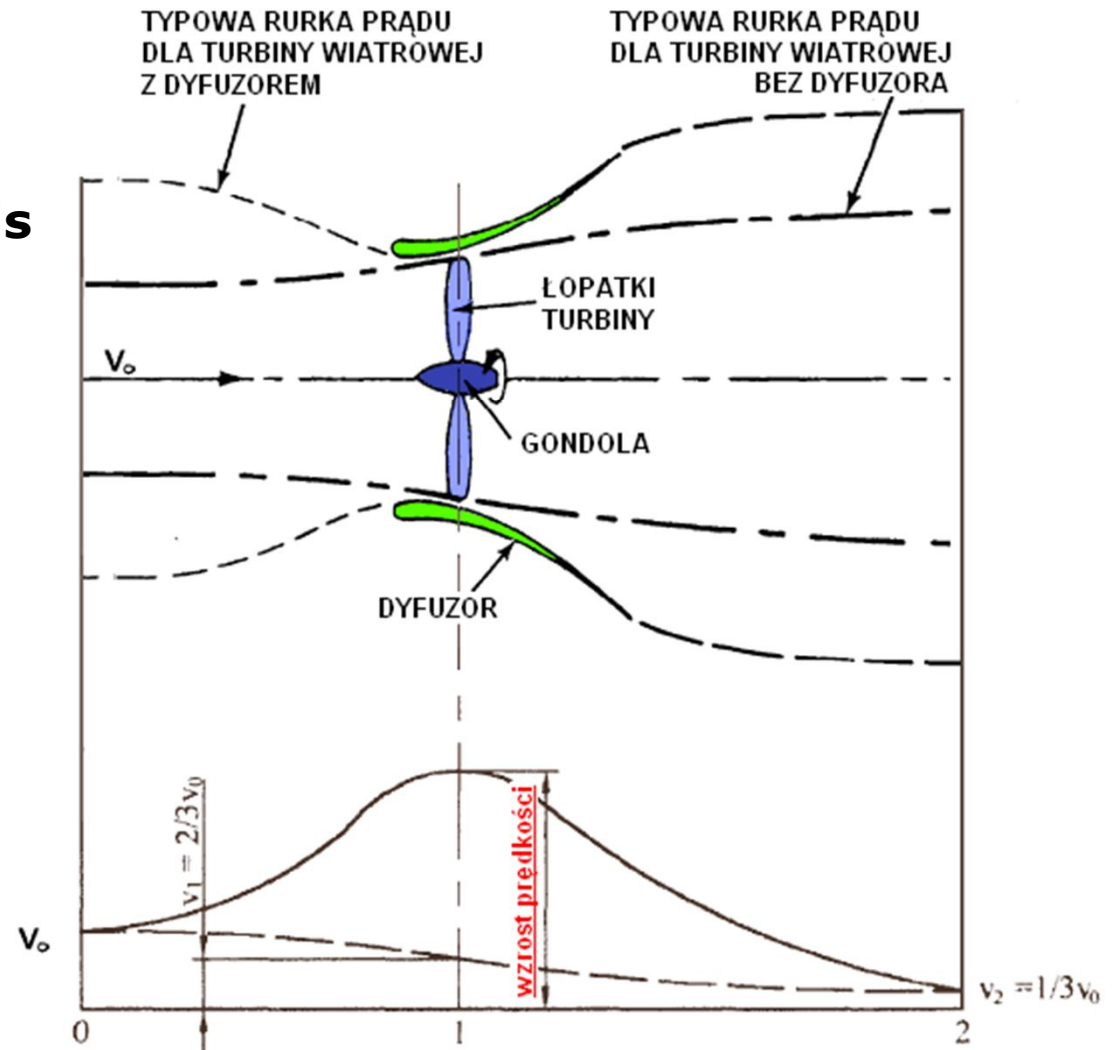


→ Pierwsze prace: 1/2 XX w.

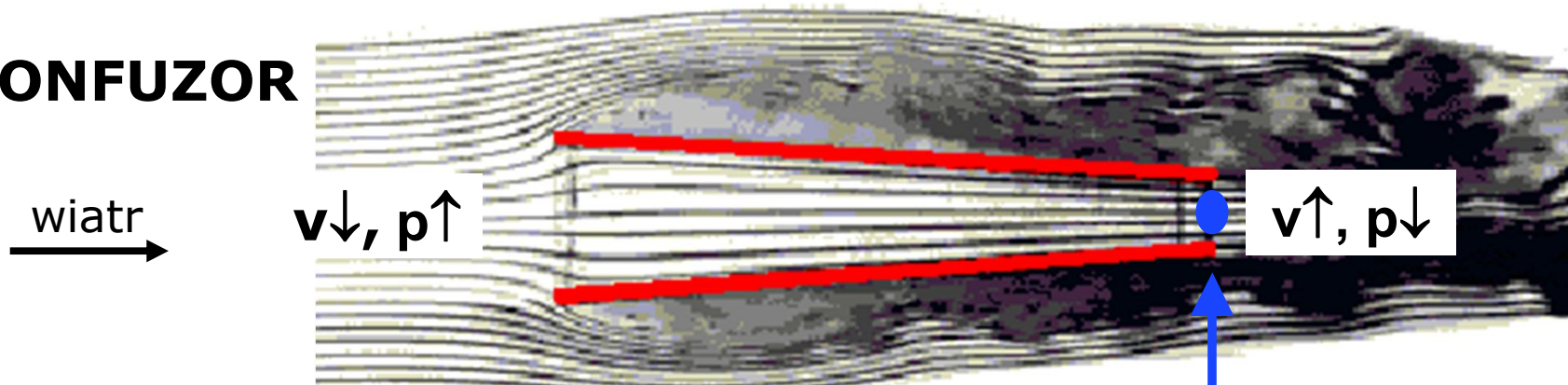
→ Znaczące badania:

Gilbert, Foreman, Igra, Lewis

- z j.ang.: DAWT (Diffuser Augmented Wind Turbine).
- W ich badaniach doświadczalnych stwierdzono, że następuje wzrost strumienia masy, a zatem prędkości powietrza.

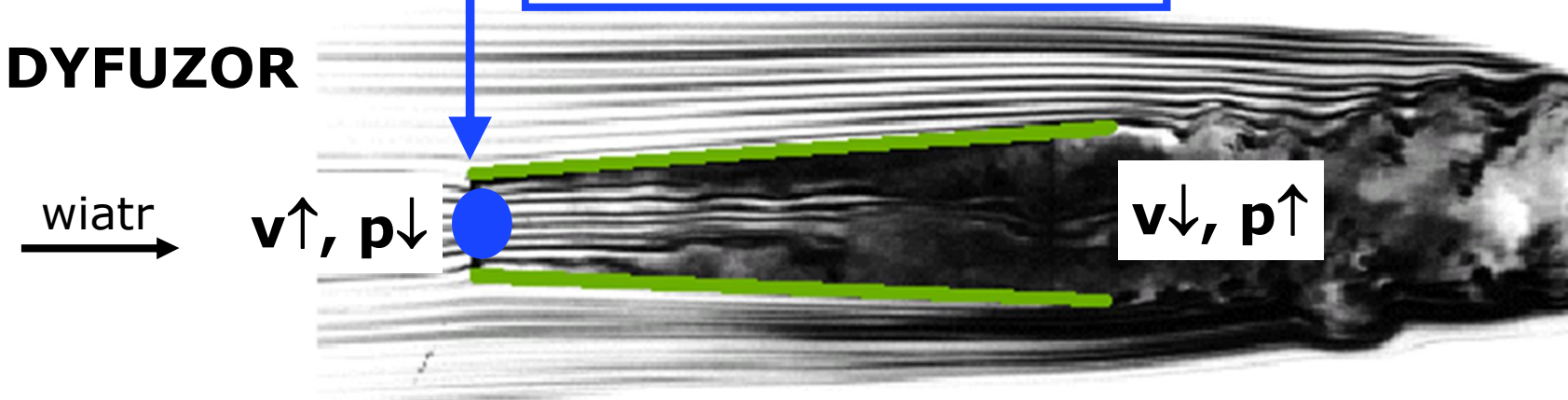


KONFUZOR



**UMIEJSCOWIENIE
TURBINY WIATOWEJ**

DYFUZOR



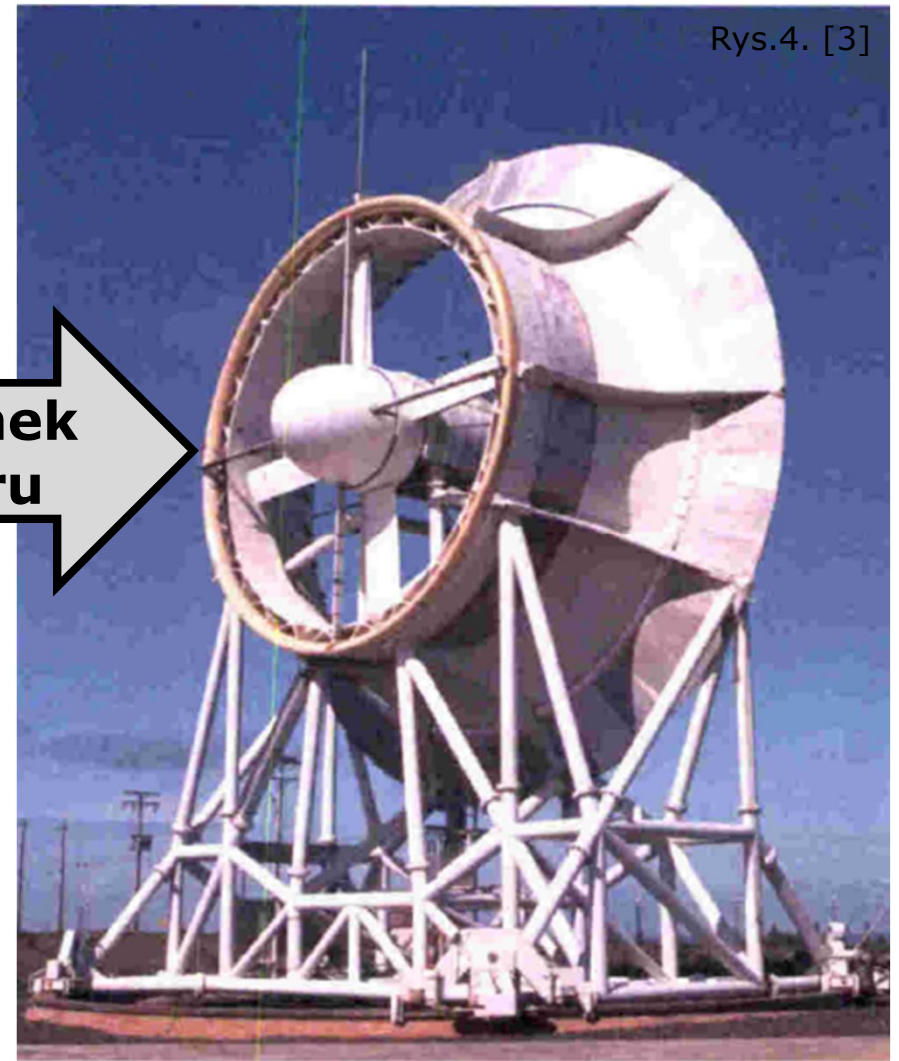
W oparciu o wyniki tych prac, zbudowano w 1997 roku pierwszy prototyp elektrowni wiatrowej o nazwie **Vortec 7**, wykorzystującej dyfuzor.

Jednak:

- Zbyt duża konstrukcja
- Ciężar → masa → koszty
- Nieopłacalne ekonomicznie
- Zakończone niepowodzeniem



kierunek wiatru





Małe elektrownie wiatrowe

Studium analityczno-krytyczne badania zagraniczne - obecnie

Badania prowadzone nad DAWT m.in. w:

- USA (Clarkson University)
- Japonii (RIAM Kyushu University)
- Nowej Zelandii (University of Auckland)
- Wielkiej Brytanii (Rutherford Appleton Laboratory, Chilton)
- Holandii (Delft University of Technology)
- Niemczech (Universität Stuttgart)



Badania doświadczalne, analizy przepływu powietrza z zakresu CFD, rozwiązania komercyjne.



Małe elektrownie wiatrowe

Studium analityczno-krytyczne badania zagraniczne - obecnie

Jednak większość projektów konkretnych rozwiązań konstrukcyjnych zakończona niepowodzeniem:

- Twierdzenia/wnioski nie poparte prawidłowymi badaniami (np. mniejszy hałas, mniejsze drgania konstrukcji),
- Błędne założenia niepoparte badaniami doświadczalnymi (np. kilkukrotny oczekiwany wzrost mocy),
- Nieopłacalne ekonomicznie rozwiązania,
- Badania numeryczne niezweryfikowane, znacznie odbiegające od rzeczywistych warunków wietrznych.



Małe elektrownie wiatrowe

Studium analityczno-krytyczne badania w Polsce

Prace prowadzone są w kilku ośrodkach badawczych:

- Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (obudowa rurowa, konfuzor)
- Instytut Lotnictwa w Warszawie (turbina wiatrowa konfuzorowo-kominowa)
- Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (przydomowe siłownie wiatrowe)
- Politechnika Poznańska (hałas turbin wiatrowych)
- Politechnika Śląska (drgania, dynamika łopaty wirnika EW)
- AGH (przepływ płynu w dyfuzorze, charakterystyki turbin wiatrowych, własności przepływów turbulentnych, przepływ w otoczeniu śmigła/przez palisadę łopatkową, własności aeroakustyczne w turbulentnym przepływie)



Małe elektrownie wiatrowe

Studium analityczno-krytyczne badania w Polsce

- AGH rozprawy doktorskie:
- **P. Skotniczy**: Przepływ płynu nieściśliwego w dyfuzorach prostokątnych, 2004.
- **Ł. Stępniewski, K. Pytel**: Ocena wpływu warunków pracy i parametrów konstrukcyjnych elektrowni wiatrowych na możliwości energetycznego wykorzystania wiatru, 2001 ⇒ otwarty tunel aerodynamiczny
- **J. Młodawski**: Aerodynamiczne charakterystyki przepływów w otoczeniu łopatkowych wentylatorów promieniowych, 1998.
- **P. Pytko**: Badania wybranych własności przepływów zawirowanych, 1995.
- **E. Foremniak**: Badania eksperymentalne przepływów turbulentnych płynów newtonowskich w obszarze mieszania się strug, 2000.
- **P. Strzelczyk**: Charakterystyki przepływów otoczeniu śmigła w strudze o niskiej turbulencji, 1997.
- **J. Ostrowski**: Budowa systemu pomiaru i rejestracji parametrów energetycznych wiatru w aspekcie energetyki wiatrowej, 2003.

Małe elektrownie wiatrowe

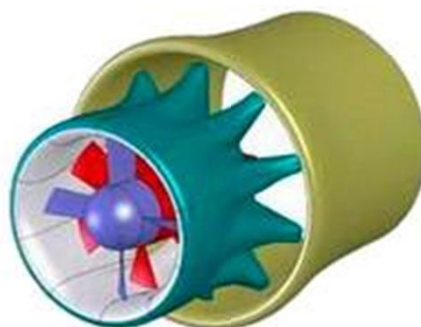
Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych



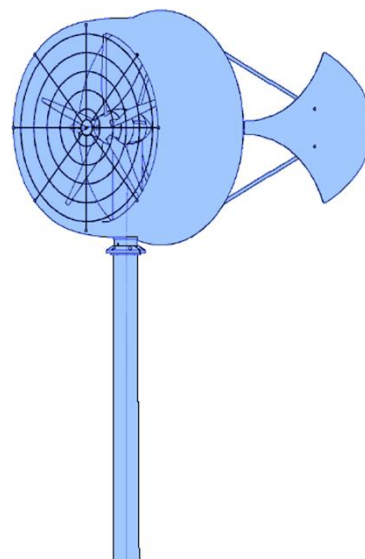
Rys. WindLens



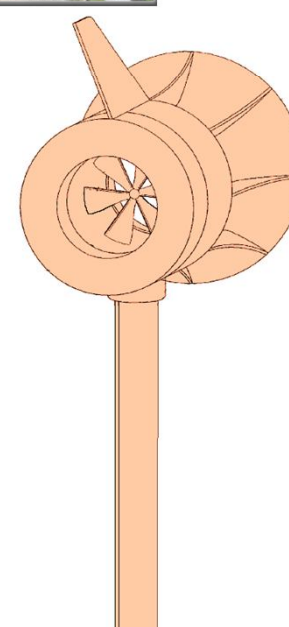
Rys. WindLens



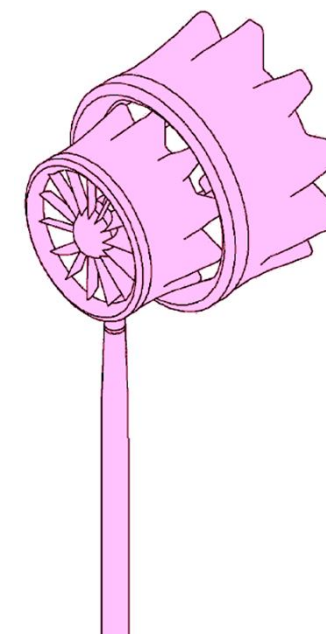
Rys. FloDesign



Rys. Enflo



Rys. Patent1



Rys. Patent2



Małe elektrownie wiatrowe

Uzasadnienie

1. Słabe warunki wietrzne w decydującej części kraju, średnioroczna prędkość wiatru rzędu 2-5 m/s, która stanowi około 60% wiatrów w Polsce, często dyskwalifikują możliwość budowy elektrowni wiatrowych w tych rejonach.
2. Zastosowanie na potrzeby małej energetyki - może mieć zastosowanie dla budownictwa (oświetlenie, ogrzewanie), rolnictwa (zasilanie energetyczne gospodarstw rolnych), drobnej przedsiębiorczości, inżynierii środowiska i ekologii – co może stanowić element programu wdrożeń odnawialnych źródeł energii w strategii zrównoważonego rozwoju kraju, redukcji zanieczyszczeń środowiska oraz praktycznego wykorzystania zasobów energetycznych w Polsce.



Małe elektrownie wiatrowe

Uzasadnienie

3. Powstają liczne nowatorskie rozwiązania techniczne tego typu, jednak często brak jest wiarygodnych badań potwierdzających skuteczność ich deklarowanych możliwych osiągnięć i parametrów.

4. Ocena pod względem ekonomicznym celowości rozbudowy/komplikacji konstrukcji elektrowni wiatrowej.



Stanowisko do badania małych elektrowni wiatrowych



Małe elektrownie wiatrowe

Fizyka zjawiska - założenia

- Badane modele są trójwymiarowe, kartezjański układ współrzędnych (x, y, z)
- płyn nieściśliwy, a zatem:
$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$
- płyn newtonowski - właściwości termofizyczne, t.j. gęstość, lepkość są stałe, ponadto nie występują reakcje chemiczne oraz przemiany fazowe,
- pominięto wpływ sił grawitacji,
- przepływ płynu traktowany jest jako ustalony, czyli:
$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0$$
- pominięto wymianę temperatury,

→ Turbulentny model przepływu powietrza k-ε, → uśrednione równania

Reynoldsa (RANS: Reynolds-Averaged Navier-Stokes):

$$v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left(\overline{\tau_{xy}} + \tau_{xy}^* \right) \quad (2)$$

$$v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \left(\overline{\tau_{yz}} + \tau_{yz}^* \right) \quad (3)$$

$$v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left(\overline{\tau_{zx}} + \tau_{zx}^* \right) \quad (4)$$

→ Równania ciągłości części średniej i fluktuacyjnej prędkości mają postać:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial v_x'}{\partial x} + \frac{\partial v_y'}{\partial y} + \frac{\partial v_z'}{\partial z} = 0 \quad (5)$$

→ Dodatkowe równania dla modelu k-ε :

$$\tau_{xy}^* = \mu \left(\bar{v}_{x,y} + \bar{v}_{y,x} \right) - \frac{2}{3} \bar{\rho} k \delta_{xy} \quad (6)$$

$$\tau_{yz}^* = \mu \left(\bar{v}_{y,z} + \bar{v}_{z,y} \right) - \frac{2}{3} \bar{\rho} k \delta_{yz} \quad (7)$$

$$\tau_{zx}^* = \mu \left(\bar{v}_{z,x} + \bar{v}_{x,z} \right) - \frac{2}{3} \bar{\rho} k \delta_{zx} \quad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\bar{\rho} k) + (\bar{\rho} k \bar{v}_x)_{,x} = (\bar{\tau}_{xy} \cdot \bar{v}_x)_{,x} - \bar{\rho} \varepsilon + (\mu_k k_{,x})_{,x} \quad (9)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\bar{\rho} k) + (\bar{\rho} k \bar{v}_y)_{,y} = (\bar{\tau}_{yz} \cdot \bar{v}_y)_{,y} - \bar{\rho} \varepsilon + (\mu_k k_{,y})_{,y} \quad (10)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\bar{\rho} k) + (\bar{\rho} k \bar{v}_z)_{,z} = (\bar{\tau}_{zx} \cdot \bar{v}_z)_{,z} - \bar{\rho} \varepsilon + (\mu_k k_{,z})_{,z} \quad (11)$$

→ Dodatkowe równania dla modelu k-ε:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\overline{p\varepsilon}) + (\overline{p\varepsilon v_x})_{,x} = c_{\varepsilon 1}(\overline{\tau_{xy} \cdot \overline{v_y}})_{,y} - c_{\varepsilon 2} \overline{\rho} \frac{\varepsilon^2}{k} + (\mu_{\varepsilon} \varepsilon_{,x})_{,x} \quad (12)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\overline{p\varepsilon}) + (\overline{p\varepsilon v_y})_{,y} = c_{\varepsilon 1}(\overline{\tau_{yz} \cdot \overline{v_z}})_{,z} - c_{\varepsilon 2} \overline{\rho} \frac{\varepsilon^2}{k} + (\mu_{\varepsilon} \varepsilon_{,y})_{,y} \quad (13)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\overline{p\varepsilon}) + (\overline{p\varepsilon v_z})_{,z} = c_{\varepsilon 1}(\overline{\tau_{zx} \cdot \overline{v_x}})_{,x} - c_{\varepsilon 2} \overline{\rho} \frac{\varepsilon^2}{k} + (\mu_{\varepsilon} \varepsilon_{,z})_{,z} \quad (14)$$

→ Gdzie:

v_x, v_y, v_z – składowe wektora prędkości przepływu [m/s],

T – temperatura [K]

ρ – gęstość = 1,185 [kg/m³],

m – lepkość dynamiczna = 1,837e-5 [Pa·s],



Małe elektrownie wiatrowe

Fizyka zjawiska - założenia

→ Gdzie:

$\tau_{xy}^*, \tau_{yz}^*, \tau_{zx}^*$ - składowe tensora naprężeń turbulentnych w płynie,

k - energia kinetyczna turbulencji,

ε - dyssypacja energii kinetycznej turbulencji,

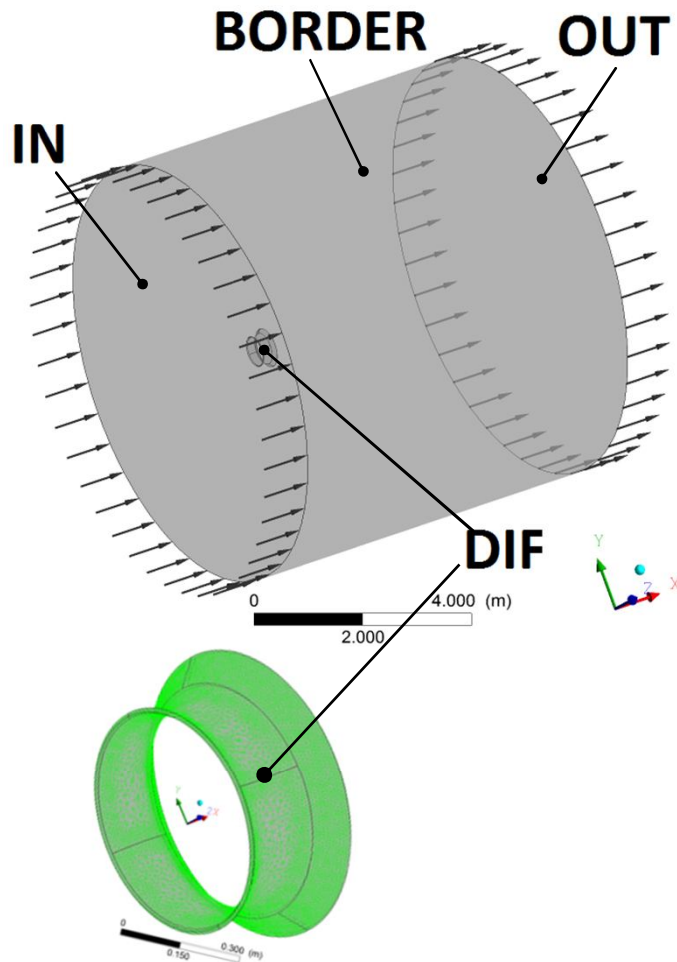
pozostałe stałe, których wartości wynoszą:

$$\mu_k = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \quad \mu_\varepsilon = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}$$

$$c_\mu = 0.09 \quad c_{\varepsilon 1} = 1.50$$

$$c_{\varepsilon 2} = 1.95 \quad \sigma_k = 1.00$$

$$\sigma_\varepsilon = 1.30, \quad \mu_t / \mu = 10,$$



Warunki brzegowe na powierzchniach (rys.):

→ **IN**: wlotowa - prędkość przepływu powietrza, średnia intensywność turbulencji na poziomie 5%

$$v_x|_{\text{IN}} = 10 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right], v_y|_{\text{IN}} = 0 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right], v_z|_{\text{IN}} = 0 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

→ **OUT**: wylotowa - ciśnienie równe ciśnieniu otoczenia,

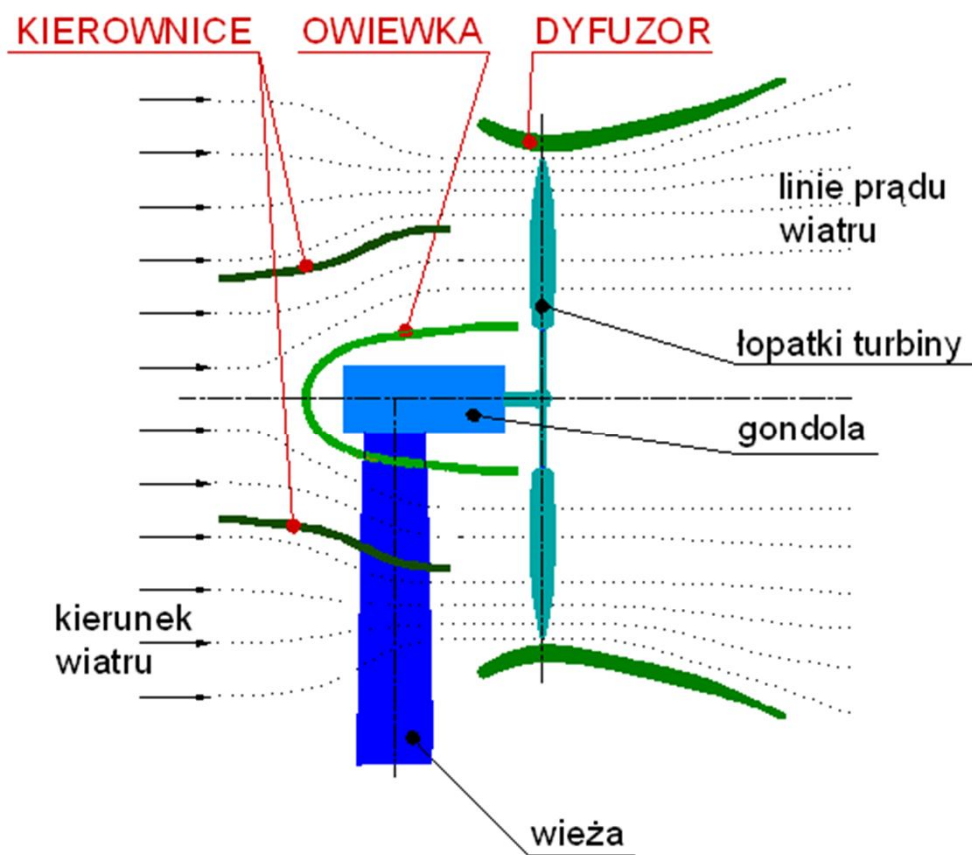
→ **DIF**: dyfuzora – warunek typu wall:

$$v_x|_{\text{DIF}} = 0 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right], v_y|_{\text{DIF}} = 0 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right], v_z|_{\text{DIF}} = 0 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

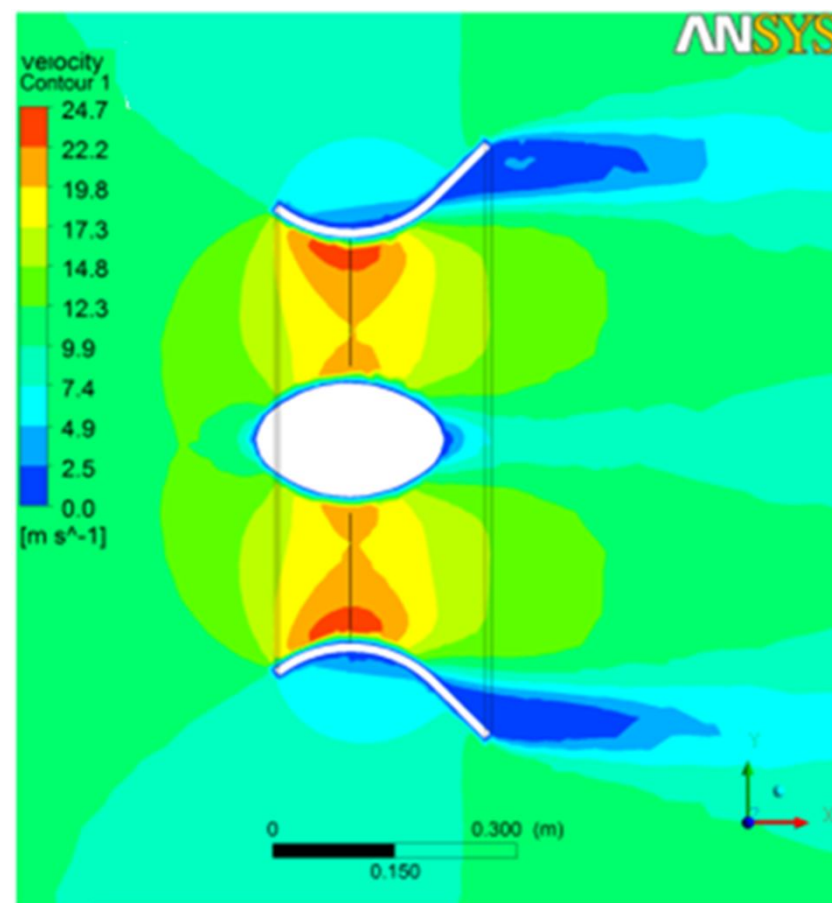
→ **BORDER**: brzeg – warunek wall free-slip:

$$v_{\text{normal}}|_{\text{BORDER}} = 0 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Rys. Oznaczenia do war.brzeg.



Schemat ideowy.



Pole rozkładu prędkości powietrza.



CZYSTA ENERGIA

Dziękuję za uwagę

**Prof. dr hab. inż. Andrzej Gołaś
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Kierownik Katedry Systemów Energetycznych
i Urządzeń Ochrony Środowiska
Członek Komitetu Polityki Naukowej RP
Kraków, 20.01.2012**