

UNIA ENERGETYCZNA: IMPLIKACJE DLA POLSKI

**BADANIA NAUKOWE PROWADZONE W POLSCE W
ZAKRESIE ENERGII I KIERUNKI KSZTAŁCENIA
ENERGETYKÓW**

Tadeusz Chmielniak

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych

Politechnika Śląska

18 09 2017 Gliwice

WPROWADZENIE I

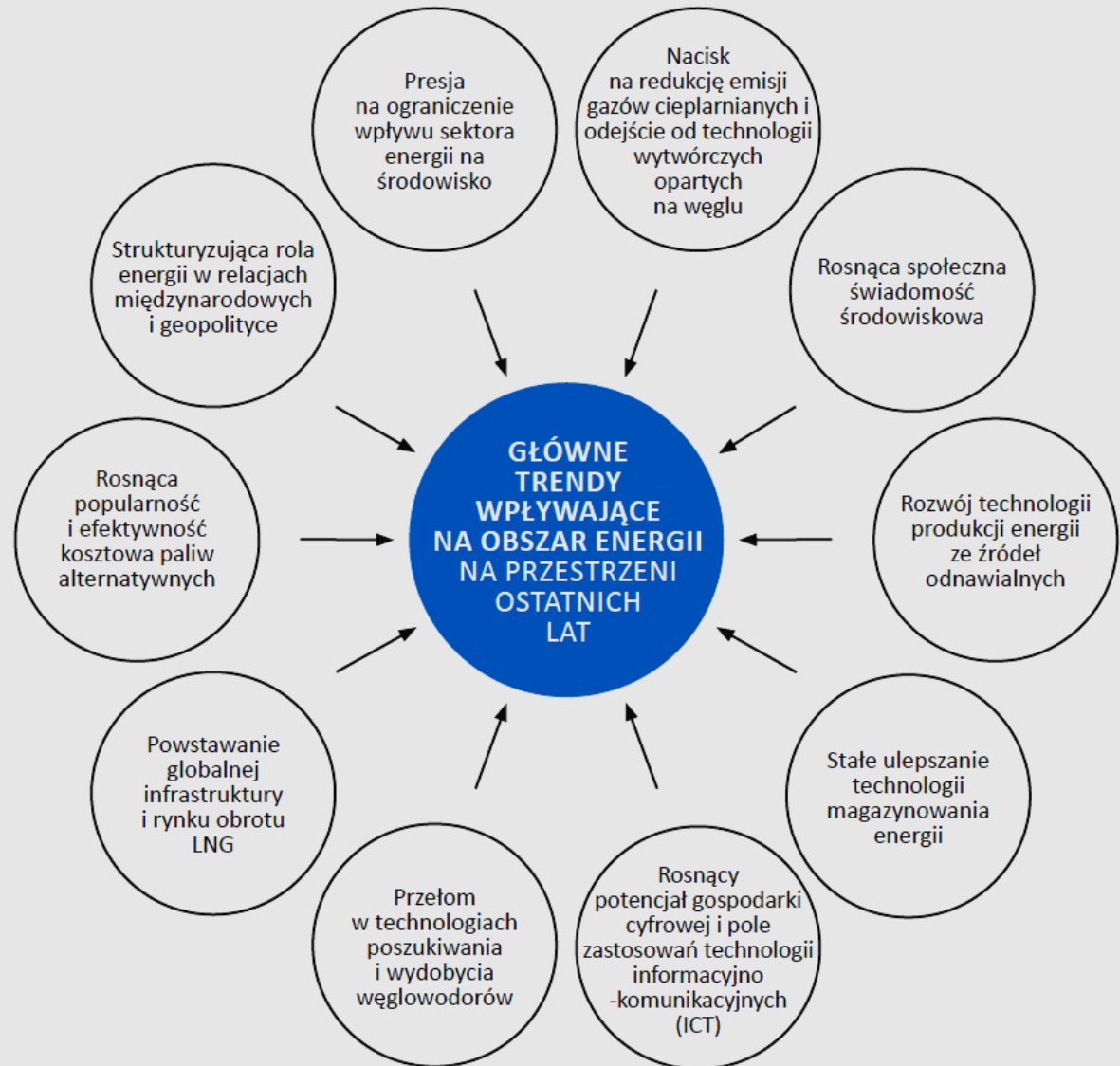
Energetyka została zaliczona w Polsce do dyscyplin naukowych stosunkowo niedawno (2008). Nie oznacza to jednak, że jej metody badawcze i zakres merytoryczny został ostatecznie uformowany. W ostatnim bowiem okresie czasu, w związku z różnymi nowymi koncepcjami generacji i konwersji energii oraz sięganiem do innych niż klasyczne zasoby paliw, rozszerza się dowolność definicyjna, co utrudnia określenie „tożsamości” badawczej *energetyki* jako dyscypliny naukowej. Przywoływane najczęściej definicje *energetyki* odwołują się do aspektów technologicznych objętych pojęciem *Systemu energetycznego*. Zazwyczaj wyróżniamy w nim podsystemy : *paliw stałych, paliw ciekłych, gazowniczy (gazoenergetyczny), elektroenergetyczny, energetyki jądrowej, ciepłowniczy (ciepłoenergetyczny)*. W klasycznym ujęciu *Energetyka* jako kierunek nauczania i dyscyplina naukowa skupia uwagę na zagadnieniach charakterystycznych dla czterech ostatnich podsystemów, co nie oznacza, że obca jest jej tematyka dwóch pierwszych podsystemów, przynajmniej w zakresie charakterystyk paliwowych i energochłonności procesowych. Ważnym jest przy tym współdziałanie innych dyscyplin naukowych, w tym głównie: *Górnictwa i geologii inżynierskiej, Elektrotechniki oraz Budowy i eksploatacji maszyn*. Akcentowanie systemowego podejścia do analiz energetycznych już stosunkowo wcześniej legło u podstaw sformułowania *energetyka kompleksowa* i było powodem powołania Komitetu Problemów Energetyki PAN.

WPROWADZENIE II

Dla rozwoju dyscypliny naukowej ważne nie jest tylko określenie dziedziny ale także autonomicznego warsztatu naukowego. Problem jest o tyle złożony, że do rozwiązania wielu problemów powszechnie uznanych za energetyczne, musimy sięgać do osiągnięć naukowych i metod badawczych charakterystycznych dla innych dyscyplin naukowych (*fizyki, mechaniki i wytrzymałości materiałów, budowy i eksploatacji maszyn, inżynierii procesowej, informatyki, inżynierii materiałowej, metrologii i sterowania* i wielu innych, w tym *nauk ekonomicznych i społecznych*). Podstawowym pytaniem jest jakich rozstrzygnięć oczekujemy od dyscypliny naukowej energetyka.

Najogólniej rzecz biorąc jej aparat metodologiczny powinien rozstrzygać o optymalnej (z uwzględnieniem odpowiadających danemu stanowi rozwoju nauki i techniki oraz wybranym celom społecznym kryteriów) konwersji pierwotnych zasobów przyrody w pożądane końcowe (użytkowe) postaci energii (np. elektryczność, ciepło, chłód, nowe paliwa). To sformułowanie obejmuje także poszukiwanie nowych procesów i ich optymalnych organizacji niekoniecznie już dziś spełniających kryteria ekonomiczne dla praktycznych zastosowań.

WPROWADZENIE III



WPROWADZENIE IV

Efektywne i elastyczne wytwarzanie energii oraz wykorzystanie surowców łączące ograniczenie wpływu na środowisko z bezpieczeństwem energetycznym

Zwiększenie elastyczności i efektywności wytwarzania energii z węgla i alternatywne sposoby jego wykorzystania

Dywersyfikacja technologii wytwarzania i wykorzystania energii

Upowszechnienie transportu elektrycznego, rozwój przemysłu elektromobilności oraz przejście do elastycznej sieci energetycznej z wykorzystaniem systemów magazynowania energii

Ekologiczne i efektywne energetycznie miasto

FINANSOWANIE NAUKI

- Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
- Narodowe Centrum Nauki
- Instytucje przemysłowe
- Programy Europejskie i inne międzynarodowe

DOŚWIADCZENIE. POTENCJAŁ BADAWCZY

Projekt Strategiczny: ZAAWANSOWANE TECHNOLOGIE POZYSKIWANIA ENERGII

Cztery Zadania:

**Zad.1 OPRACOWANIE TECHNOLOGII DLA WYSOKOSPRAWNYCH „ZERO –
EMISYJNYCH” BLOKÓW WĘGLOWYCH ZINTEGORWANYCH Z WYCHWYTEM CO₂
ZE SPALIN**

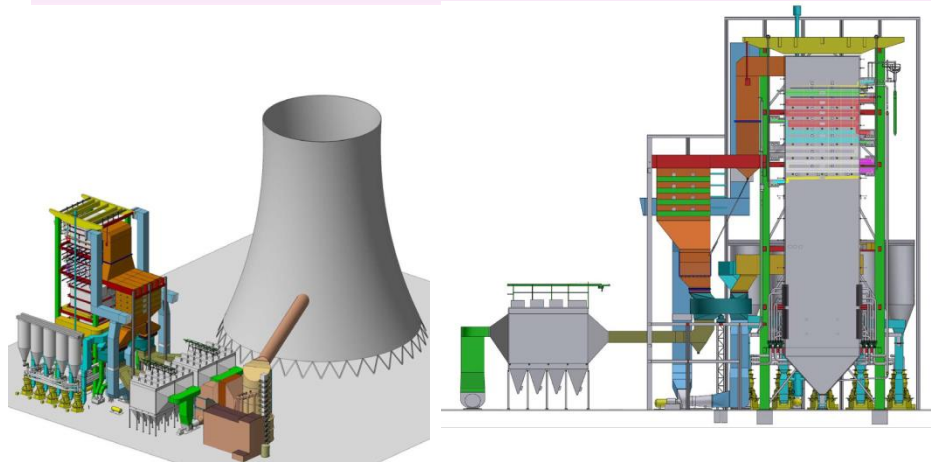
**Zad.2. OPRACOWANIE TECHNOLOGII SPALANIA TLENOWEGO DLA KOTŁÓW
PYŁOWYCH I FLUIDALNYCH ZINTEGORWANYCH Z WYCHWYTEM CO₂ ZE SPALIN**

Zad.3. ZGAZOWANIE NAZIEMNE I PODZIEMNE

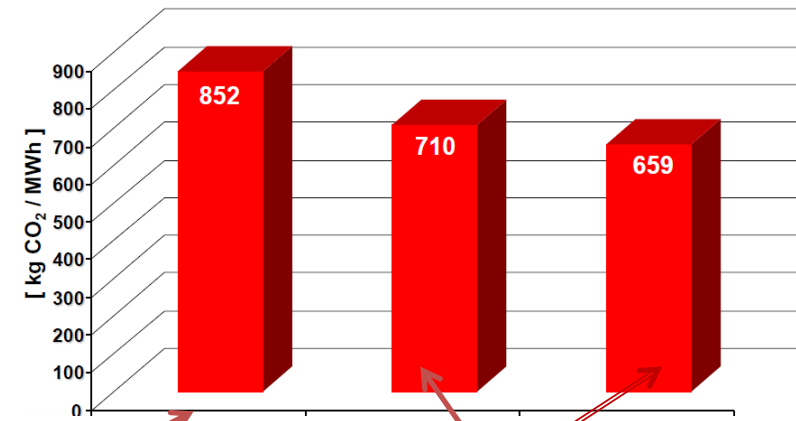
Zad.4. TECHNOLOGIE ENERGETYCZNE BIOMASY I ODPADÓW

NOWE IDEE I KONCEPCJE. NOWE PARAMETRY PARY

Opracowanie projektów koncepcyjnych bloków nadkrytycznych (wyniki RAFAKO S.A. w PS *Zaawansowane technologie pozyskiwania energii, zad.1*)



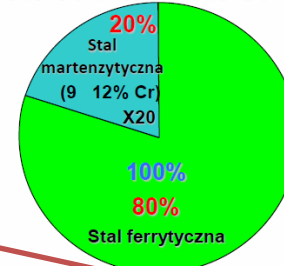
Ilość wygenerowanego CO₂ na 1MWh



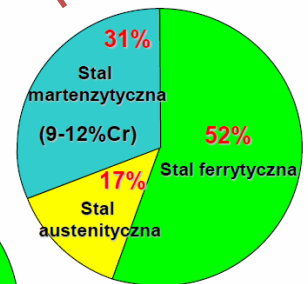
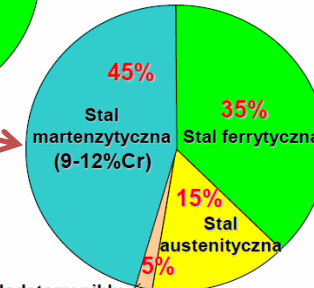
540°C / 182bar
540°C / 44bar

540°C / 135bar
540°C / 23bar

600°C / 285bar
610°C / 59bar



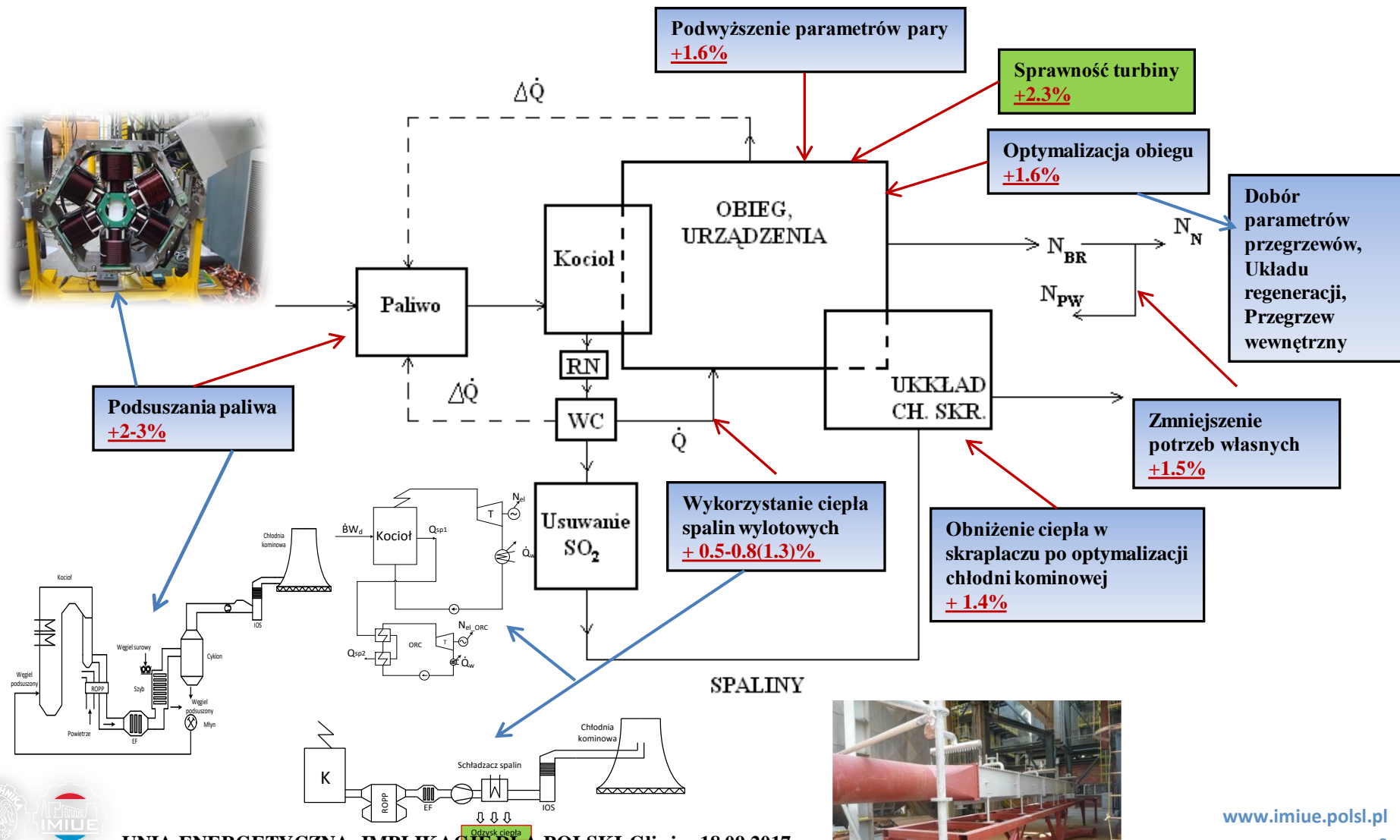
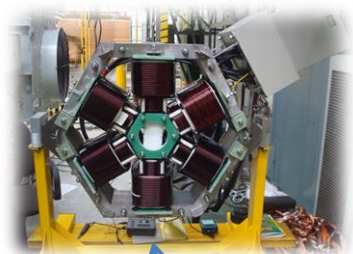
653°C / 303bar
672°C / 60bar



Temperatura pary pierwotnej - 653°C
Temperatura pary wtórnej - 672°C
Ciśnienie pary pierwotnej - 303 bar

SCR - emisja NO_x - 100 mg/mn³ przy CCS - 30 mg/mn³
IOS - emisja SO₂ - 100 mg/mn³ przy CCS - 25 mg/mn³
Stężenie pyłu za elektrofiltrem - 30 mg/mn³ przy CCS - 10 mg/mn³
Stężenie pyłu za IOS - 10 mg/mn³ przy CCS - 5 mg/mn³
Stężenie CO <100 mg/mn³

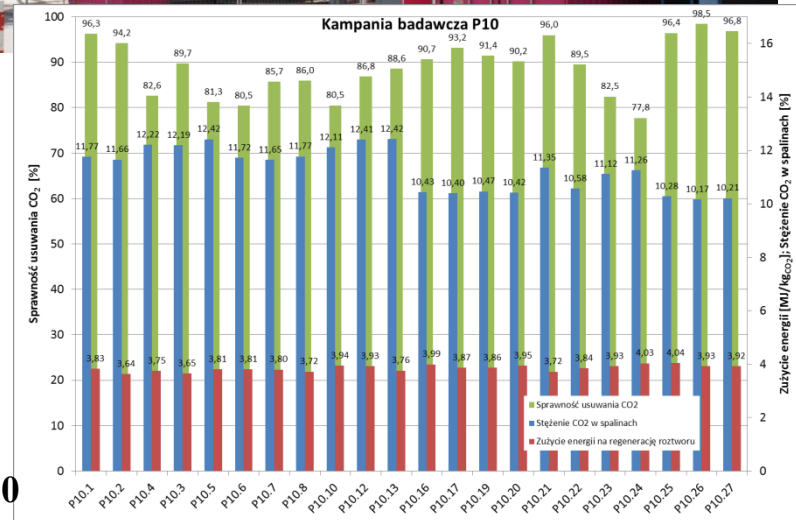
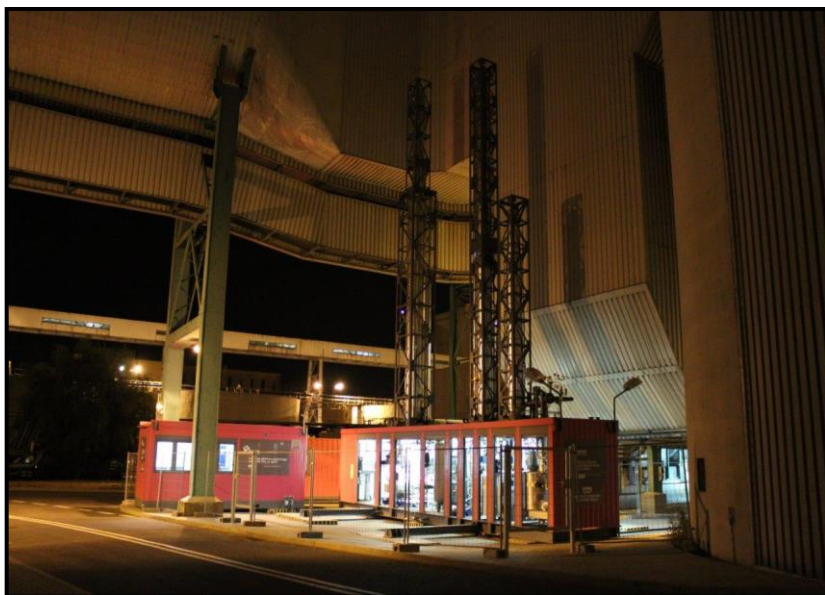
NOWE IDEE I KONCEPCJE. POTENCJAŁ WZROSTU SPRAWNOŚCI



NOWE IDEE I KONCEPCJE. WYCHWYT I TRANSPORT DITLENKU WĘGLA.

Rozruch Instalacji Pilotowej w Elektrowni Jaworzno – 2014

Rozruch Instalacji Pilotowej w Elektrowni Łaziska – 26.04.2013



Przeprowadzono testy, w których energia regeneracji r-ru została zmniejszona do poziomu **3,60 MJ/kgCO₂** przy sprawność powyżej 90 % i czystości strumienia wydzielonego CO₂ powyżej 95%.

BADANIA NAUKOWE. Paliwa kopalne

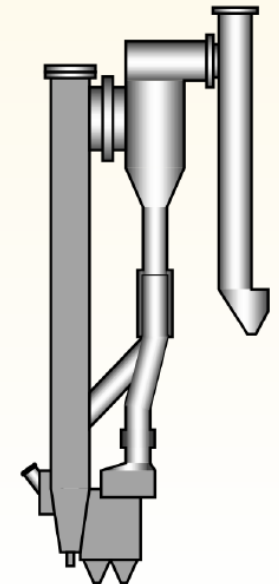
European Industrial Initiative on CO₂ Capture and Storage (CCS)

Key actions to enable the cost-competitive deployment of CCS by 2020-25

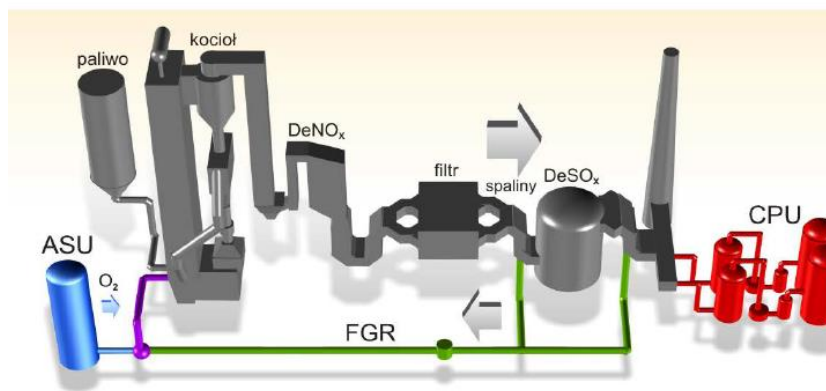
	-2020	2020-2030	2030+
Develop robust, non-toxic and environmentally friendly liquid solvents with energy requirement < 2.5 GJ/tonne of CO ₂ for power and industrial sectors	Yellow	Green	Green
Develop robust, non-toxic and environmentally friendly liquid solvents with energy requirement < 1.5 GJ/tonne of CO ₂ for power and industrial sectors	Red	Red	Yellow
Calcium looping (a.k.a. carbonate looping): scale up and validate Circulating Fluidised Bed carbonator and alternative calciner designs; address issues related to chemical and mechanical stability of sorbent	Yellow	Yellow	Green
Develop high-temperature solid sorbents other than natural CaO/CaCO ₃	Red	Yellow	Green
Low-temperature solid sorbents: increase capacity, adsorption rates and selectivities under low partial pressures of CO ₂	Red	Yellow	Green
Membranes: develop cheaper and more robust membrane modules with high permeability and selectivity	Red	Yellow	Green
Cryogenics: demonstrate anti-sublimation process	Yellow	Green	Green
Hydrates: increase selectivity and kinetics	Red	Yellow	Green
Gas turbine development for CO ₂ (exhaust gas recycling) and/or O ₂ enrichment: adapt and optimise configuration for CO ₂ - and/or O ₂ -enriched atmospheres (in particular combustion stabilities) and advance cost-effective schemes, including system optimisation	Red	Yellow	Green
Minimise overall energy penalty for flue gas cleaning and CO ₂ compression system and in the steam cycle configuration	Yellow	Green	Green
Membrane-supported liquid solvents: increase selectivity and kinetics	Red	Red	Yellow

SPALANIE TLENOWE

Oxy-fuel boilers			
Boiler refractories and heat exchanger materials (EA): long-term testing to address issues of slagging, fouling and corrosion related to specific oxy-fuel flue gas conditions	Yellow	Green	Green
Sulphur chemistry (EA): investigate formation of various (gaseous) sulphur species (capturing in fly ash, SO ₃ formation, reduction of recycled SO ₂ /SO ₃) and direct desulphurisation without intermediate calcination steps	Yellow	Green	Green
Lean fuels (low-volatile coals, anthracite, petcoke). Investigate boiler designs in oxy-fuel conditions	Yellow	Green	Green
Adapt and validate CFD modelling in oxy-combustion conditions (EA)	Yellow	Green	Green
CFB bed material behaviour: improve heat extraction from solid loop, in situ sulphur removal	Yellow	Green	Green
Develop and undertake pilot studies of PF and CFB boiler designs for high O ₂ concentration: investigate combustion and heat management	Yellow	Yellow	Green
Develop novel pressurised oxy-fuel combustion concepts	Yellow	Yellow	Green
Develop lagging oxy-fuel boilers	Yellow	Yellow	Green
Improve operation with multiple/dirty fuels/biomass in oxy-fuel CFB and co-fired in oxy-fuel PF	Red	Yellow	Green
Improve boilers designed for both air-firing and oxy-fuel mode	Yellow	Green	Green
Improve oxy-fuel burners for oxy-fuel operation in boilers	Yellow	Green	Green

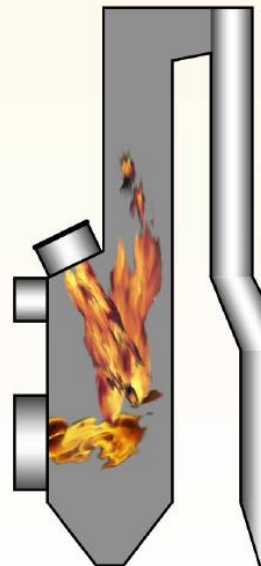


Spalanie w kotle fluidalnym



COLOUR CODES

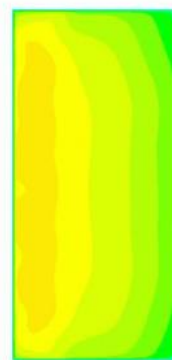
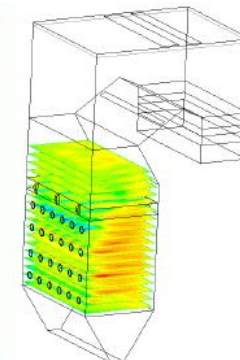
Green requires progression from pilots to demonstration/early commercial
Yellow requires applied research, including pilots
Red requires basic research



Spalanie w kotle pyłowym



Spalanie powietrzne



Spalanie tlenowe



SPALANIE TLENOWE c.d.

Oxy-fuel gas turbine				
Compressor and turbine development for operation with a CO ₂ /H ₂ O mixture as working medium	Yellow	Yellow	Green	Green
Improve knowledge of heat transfer in CO ₂ /H ₂ O mixtures in design of new cooling schemes (EA)	Yellow	Yellow	Green	Green
Improve design of process control systems for the semi-closed CO ₂ /H ₂ O gas turbine with massive recirculation of the working medium	Yellow	Yellow	Green	Green
Develop steam bottoming cycle design to match the gas turbine operating parameters	Yellow	Green	Green	Green
Investigate oxy-fuel gas turbine combustion of gaseous fuel with O ₂ in a CO ₂ and H ₂ O environment under high pressure (EA)	Yellow	Yellow	Green	Green
Undertake basic investigation of oxy-fuel gas turbine combustor design in order to enable complete and stable combustion of the fuel under altered (compared to air) heat transfer conditions	Red	Yellow	Green	Green
Investigate oxygen mixing in the gas turbine process	Yellow	Yellow	Green	Green
Develop flameless oxy-fuel combustion	Yellow	Yellow	Green	Green
Develop gas turbine designs for both air-firing and oxy-fuel mode	Red	Yellow	Green	Green
Develop flue gas recycling technologies (materials, components) to ensure safe and efficient operation	Yellow	Green	Green	Green

COLOUR CODES

Green requires progression from pilots to demonstration/early commercial plants

Yellow requires applied research, including pilots

Red requires basic research

BADANIA NAUKOWE. Paliwa kopalne

Nowe technologie węglowe

- **Nowe materiały**
- **Elastyczność cieplna(w tym nowe układy technologiczne)**
- **Zgazowanie i technologie poligeneracyjne**
- **Spalanie tlenowe**
- **Nowe maszyny i urządzenia energetyczne**
- **Procesy dekarbonizacji i ich integracja z obiegiem cieplnym**

Nowe technologie gazowe

- **Nowe generacje turbin gazowych(materiały , sposoby chłodzenia, turbiny wodorowe, itd.)**
- **Układy gazowo –parowe z turbinami nowej generacji**
- **Elastyczność cieplna UGP**
- **Procesy dekarbonizacji i ich integracja z obiegiem cieplnym**

Ogniwa paliwowe(SOFC)

Układy hybrydowe(UPG + SOFC; IGCC + SOFC)

PROGRAMY SEKTOROWE.

Obszary badawcze programu sektorowego (wybrane)

- **ELASTYCZNE SYSTEMY ENERGETYCZNE**
- **ENERGETYKA ROZPROSZONA**
- **CCS/CCU**
- **INTELIGENTNE SYSTEMY SIECIOWE**
 - **Magazynowanie energii**
 - **Smart city**
 - **Inteligentny pomiar**
 - **Smart Grid**
- **ZINTEGROWANE PROJEKTY MIĘDZYSEKTOROWE**
 - **Referencyjna elektrownia bezemisyjna i bezodpadowa**
 - **Poligeneracja - technologie węglowe dla przemysłu chemicznego i energetyki**

PROGRAMY SEKTOROWY. I konkurs

1. **Półprzezroczyste jednozłączowe ogniwa fotowoltaiczne i wysokowydajne nieprzezroczyste ogniwa tandemowe na bazie materiałów perowskitowych do zastosowań BIPV i BAPV.** SAULE SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ
2. **Opracowanie platformy pozwalającej na zagregowanie potencjału wytwórczego i regulacyjnego rozproszonych źródeł energii odnawialnej i zasobników energii oraz wybranych kategorii odbiorów sterowalnych.** TAURON Ekoenergia spółka z ograniczoną odpowiedzialnością
3. **Opracowanie przemysłowej konstrukcji węglanowych ogniw paliwowych oraz ceramicznych elektrolizerów dających możliwość integracji z instalacjami energetycznymi power-to-gas.** TAURON Wytwarzanie S.A.
4. **Hybrydowe układy adsorpcyjne do redukcji emisji rtęci z zastosowaniem wysokoefektywnych komponentów polimerowych.** SBB Energy Spółka Akcyjna, "Elektrownia Pątnów II" Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.
5. **Elastyczność istniejących bloków energetycznych przy ograniczonych nakładach inwestycyjnych.** RAFAKO S.A, BIURO STUDIÓW, PROJEKTÓW I REALIZACJI "ENERGOPROJEKT-KATOWICE" SPÓŁKA AKCYJNA W KATOWICACH, TAURON WYTWARZANIE SPÓŁKA AKCYJNA
6. **Opracowanie wysokosprawnej technologii przetwarzania odpadów (w tym RDF) bogatych w poliolefiny na paliwa płynne oraz komponenty chemiczne w oparciu o innowacyjny układ pre- oraz post-reakcyjny.** Green Park VI Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością
7. **Innowacyjne usługi systemowe magazynów energii zwiększające jakość i wydajność wykorzystania energii elektrycznej.** ENEA OPERATOR SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,
8. **Magazyn energii adaptujący farmę PV do pracy w inteligentnych sieciach elektroenergetycznych.** PGE Energia Odnawialna S.A., CIM-mes Projekt Sp. z o.o.
9. **Opracowanie wysokosprawnej kompaktowej siłowni kogeneracyjnej małej mocy zasilanej biomasą (BioCHP) dla energetyki rozproszonej.** TERMO2POWER SPÓŁKA AKCYJNA.
10. **Magazyn energii adaptujący farmę PV do pracy w inteligentnych sieciach elektroenergetycznych.** PGE Energia Odnawialna S.A., CIM-mes Projekt Sp. z o.o.

Tematyka zróżnicowana. Nakłady stosunkowo niewielkie. Mała ilość tematów związanych z energetyką scentralizowaną i wymaganiami konkluzji BAT. Duże zainteresowanie zagadnieniami magazynowania energii

ZASADNICZE DOKUMENTY DETERMINUJĄCE PRZYSZŁOŚĆ ENERGETYKI W POLSCE

- **Na poziomie UE:**
 - porozumienie paryskie z 2015 r.
 - rewizja ETS (MSR, LRF, derogacje i kompensacje, MF),
 - Dyrektywa IED oraz konkluzje BAT.

- **Na poziomie kraju:**
 - kształt rynku mocy,
 - zasady implementacji konkluzji BAT,
 - rozwój OZE,
 - przyszła Polityka Energetyczna Polski.

PAKIET ZIMOWY

Wobec dużej dynamiki zmian technologicznych w energetyce podstawowym problem jest określenie sposobu transformacji od obecnego stanu technologicznego do stanu pożądanego z punktu widzenia efektywności energetycznej, ekologicznej i bezpieczeństwa energetycznego kraju. Istnieje wiele ograniczeń i niepewności. Ważną ograniczenia wynikają z polityki klimatycznej. Dla perspektywy krótko i średnioterminowej istotnym warunkiem kształtowania ścieżki technologicznej jest ograniczenie emisji ditlenku węgla do 550 mg / kWh wytworzonej energii elektrycznej. Ogranicza to inwestycje w zakresie technologii węglowych. Możliwe są instalacje węglowe z częściowym wychwytem CO₂ lub układy wielopaliwowe (węglowo – gazowe, węglowo – biomasowe, węgiel + odpady). Wymagane są badania optymalizujące te struktury technologiczne. W obecnym stanie rozwoju technologii (brak dojrzałych technologii magazynowania energii) nie jest możliwy bezpieczny system energetyczny oparty tylko o źródła odnawialne. Muszą być one rezerwowane przez źródła regulowane. Z tego powodu określenie właściwego miksu technologicznego ma podstawowe znaczenie. Polskie ośrodki badawcze i przemysłowe nie powinny rezygnować z ustalenia takiej ścieżki technologicznej, która gwarantowała konkurencyjność innowacyjność i ekonomiczna polskiej energetyki.

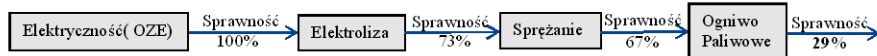
MAGAZYNOWANIE ENERGII



H ₂ gas turbine			
Develop and improve new burner concepts based on dry low NOx burner technology without the need for large amounts of diluents			
Validate numerical design tools for detailed resolution of the fuel/air mixing and combustion			
Develop and test in relevant conditions new cooling technologies, high-temperature materials and hot path coatings			

ENERGETYKA WODOROWA

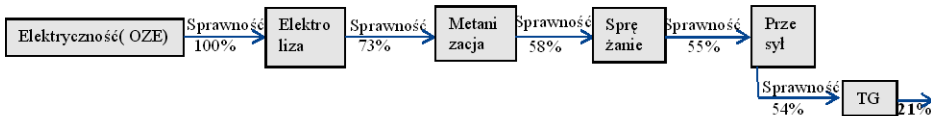
Elektryczność – Elektryczność (Power to Power)



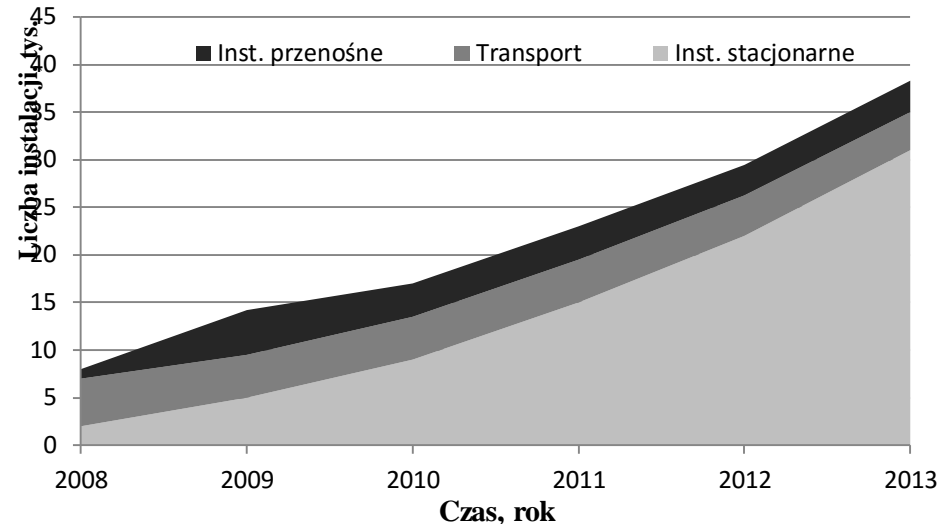
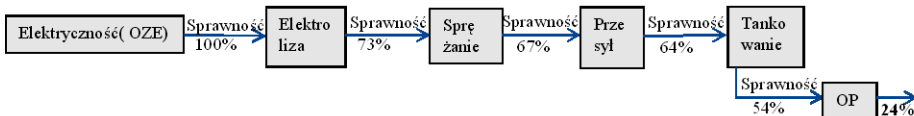
Elektryczność – Gaz (mieszanka H₂ + CH₄)



Elektryczność – Gaz(metanizacja)



Elektryczność – paliwo wodorowe



Przykładem są kompleksowe badania prowadzone w Projekcie: *Magazynowanie energii w postaci wodoru w kawernach solnych* (Konsorcjum Hestor: Grupa LOTOS SA – Lider, Akademia Górniczo – Hutnicza w Krakowie, Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Górnictwa Surowców Chemicznych "CHEMKOP", Politechnika Śląska, Politechnika Warszawska). Program obejmuje zagadnienia wytwarzania (elektroliza), transportu, magazynowania (poszukiwanie kawern solnych, ładowanie, wyladowanie, scenariusze energetycznego wykorzystania wodoru). Program jest w trakcie realizacji. Z innych badań należy wymienić analizy dotyczące wskazań perspektywicznych struktur geologicznych do magazynowania wodoru oraz analizy systemowe różnych opcji energetycznego wykorzystania wodoru.

SMART CITY. ASPEKTY ENERGETYCZNE

Inteligentne budownictwo

Zrównoważona mobilność miejska,

w tym optymalna infrastruktura zasilania w energię i paliwa i optymalne struktury transportowe

Mikrokogeneracja

Klastry energetyczne

Wiele programów UE i krajowych

Wzrastające kompetencje merytoryczne

Luki w kształceniu

KSZTAŁCENIE

Uczelnie, śledząc zmiany w głównych obszarach swej odpowiedzialności za kształcenie, ciągle poszukują nowych rozwiązań programowych, służących lepszemu dopasowaniu sylwetki absolwenta do zmian społeczno - gospodarczych i pełniejszemu wykorzystaniu potencjału merytorycznego swych pracowników. Wysiłki te doprowadziły między innymi do uruchomienia studiów *Energetyka* (z propozycją rozpoczęcia starań o uruchomienie tego kierunku wystąpił nasz Wydział już w czasie XV Zjazdu Termodynamików -1993). Został on uruchomiony w 2002, zaś Wydział rozpoczął kształcenie w zakresie studiów stacjonarnych magisterskich od 01.10.2003r. Pierwsi absolwenci opuścili Wydział w roku akademickim 2008/2009(159 mgr inż. i 10 inż.). Studia niestacjonarne I stopnia zaoczne uruchomiono od roku akad. 2005/2006 . Łączna liczba absolwentów na studiach stacjonarnych przekroczyła liczbę 500. Obecnie uprawnienia dla kształcenia energetyków na studiach I i II stopnia ma kilka Wydziałów. Kilka Wydziałów ma także uprawnienia kształcenia dr n.t , 3 Wydziały dr hab. Uprawnienia formalne to jedna strona zagadnienia. Odpowiedniość zakresu kształcenia do dynamicznie zmieniającej się energetyki to druga sprawa. W tym zakresie konieczne są ciągle wysiłki doskonalące.

KSZTAŁCENIE c.d.

- **Rozwój metod określenia potencjału termodynamicznego, ekologicznego i ekonomicznego nowych klas technologii energetycznych – zwiększenie kompetencji w zakresie wspomagania decyzji inwestycyjnych i rozwoju dydaktyki**
- **Energetyka źródeł odnawialnych (nowe metody uszlachetniania biomasy, nowe generacje urządzeń i silników). Systemy integracji technologii źródeł odnawialnych z energetyką systemową**
- **Badania nad technologiami magazynowania energii**
- **Energetyka wodorowa(produkcja wodoru, jego magazynowanie, sprężanie i transport, ogniwa paliwowe stacjonarne i mobilne w transporcie, spalanie wodoru w turbinach gazowych i silnikach tłokowych inne)**
- **CCU**
- **Inteligentne zarządzanie zużyciem energii (sieci inteligentne, udział odbiorców, energetyka prosumencka),**
- **Koncepcje i budowa układów energetycznych opartych o nowe procesy fizyko chemiczne i koncepcje integracyjne**
- **Maszyny i urządzenia w termicznej utylizacji odpadów i paliw gorszej jakości**
- **Nowe konstrukcje maszyn i urządzeń energetycznych(silniki cieplne i przepływowe maszyny robocze, urządzenia kotłowe i inne) dla nowych technologii energetycznych, w tym dla energetyki skali prosumenckiej**
- **Optymalizacja i kontrola procesów eksploatacyjnych**
- **Doskonalenie algorytmów oceny bezpieczeństwa technologicznego i informacyjnego w zakresie energetyki**
- **Racjonalizacja użytkowania energii**

WNIOSKI

Transformacja technologiczna w energetyce jest nieunikniona. Główną motywacją określenia jej zasadniczych kierunków jest stopień wyczerpywalności pierwotnych zasobów przyrody, w tym głównie paliw, bezpieczeństwo energetyczne w skali globu, regionów oraz krajów, ekologiczne uwarunkowania rozwoju a także, co nigdy nie jest bez znaczenia, warunki ekonomiczne. W tym kontekście podstawowym obowiązkiem jest nieustanna dyskusja nad optymalnym, w danych warunkach, wyborem kierunków badań naukowych i działalności technicznej, ciągle podejmowanie prób doskonalenia procesu kształcenia. Bardzo istotnym jest także poszukiwanie najefektywniejszych sposobów współdziałania z instytucjami przemysłowymi. **Od aktywności i skuteczności w tych dziedzinach zależy czy będziemy w stanie wnieść do rozwoju technologicznego energetyki nowe i oryginalne wartości, czy też skazemy się na adaptację rozwiązań innych. **Racjonalne przyspieszenia transformacji systemu energetycznego wymaga ciągłego poszerzenia wiedzy w społeczeństwie. Tylko w ten sposób można uniknąć powstania wrogości wobec jednej klasy technologii i przecenienia roli innych. Jest to zadanie kierowane nie tylko do całego systemu edukacji ale także polityków i działaczy gospodarczych .****

DZIEKUJĘ ZA UWAGĘ

tadeusz.chmielniak@polsl.pl