

CCUS activities in Poland

Krzysztof Makowski

Senior Expert

Environment Unit, Energy Department

Ministry of Energy, Poland

Chatou, France 05 November 2019 r.

CSLF Technical Group Meeting



MINISTRY OF ENERGY

ul. Krucza 36/Wspólna 6 00-522 Warszawa faks **22 695 8196** me@me.gov.pl www.me.gov.pl



MINISTRY
OF ENERGY

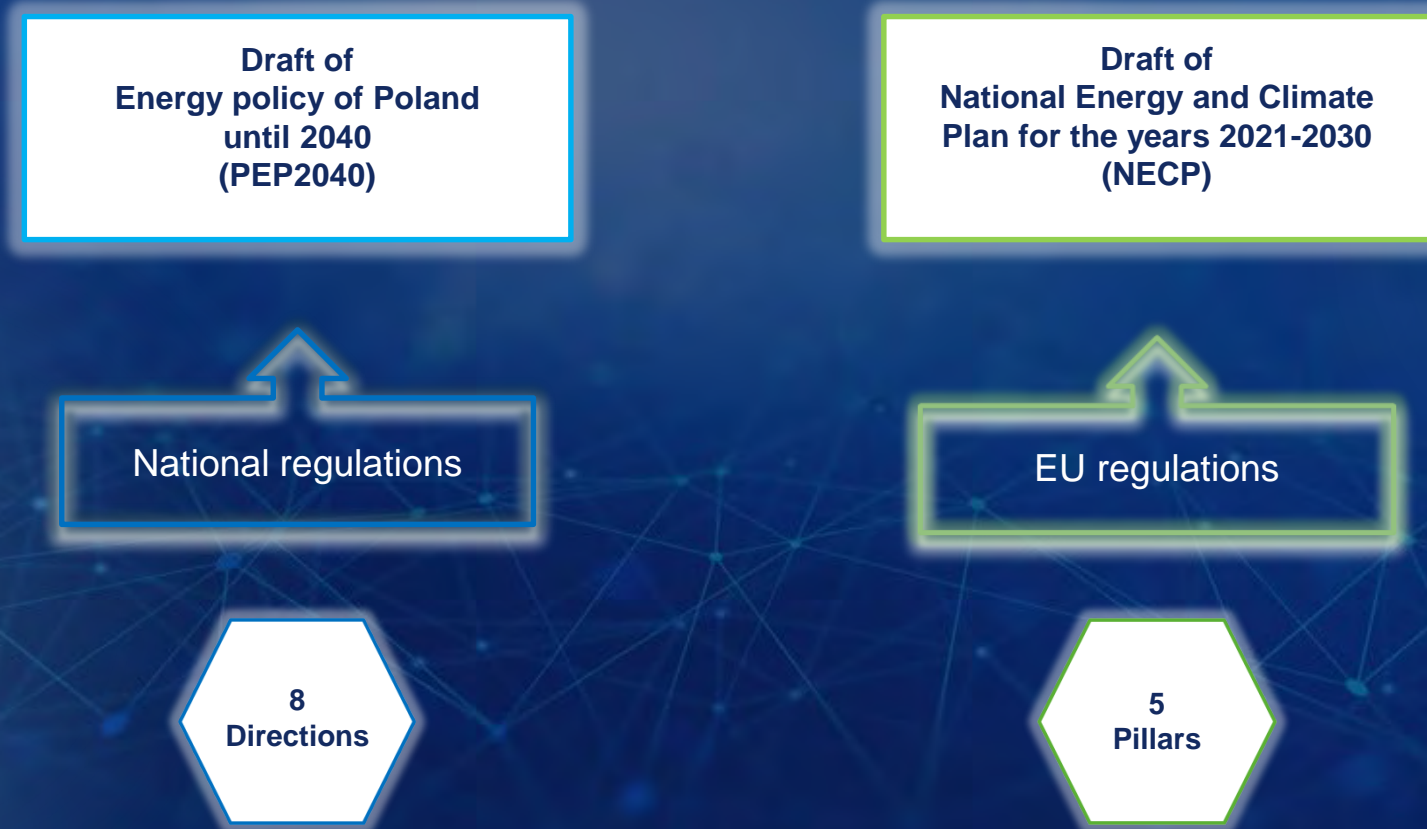
Energy in Poland



PEP2040

NECP

LONG TERM ENERGY POLICY DOCUMENTS



PEP2040 INDICATORS and ENERGY TARGETS

60%
SHARE OF
COAL IN
ELECTRIC
ITY
PRODUCT
ION IN
2030

21% RES
IN GROSS
FINAL
ENERGY
CONSUMP
TION IN
2030

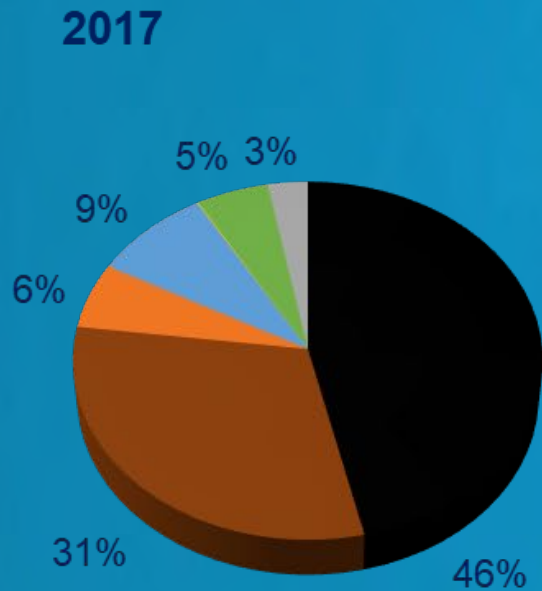
LAUNCHING OF
NUCLEAR
ENERGY FROM
2033

30% REDUCTION
OF CO₂ EMISSION
BY 2030
(COMPARED TO
THE YEAR **1990**)

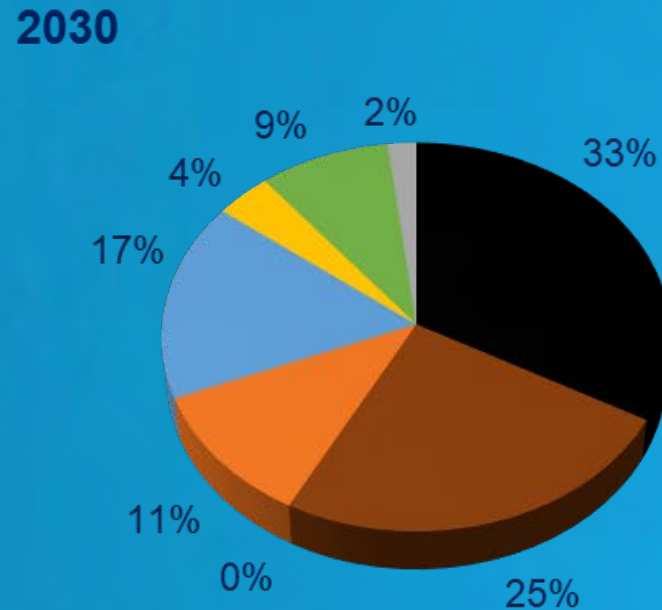
INCREASE OF ENERGY
EFFICIENCY up to **23%**
BY 2030 (IN CONNECTION
TO THE PRIMARY
ENERGY FORECAST OF
2007)

LAUNCH OF
NUCLEAR
ENERGY IN
2033

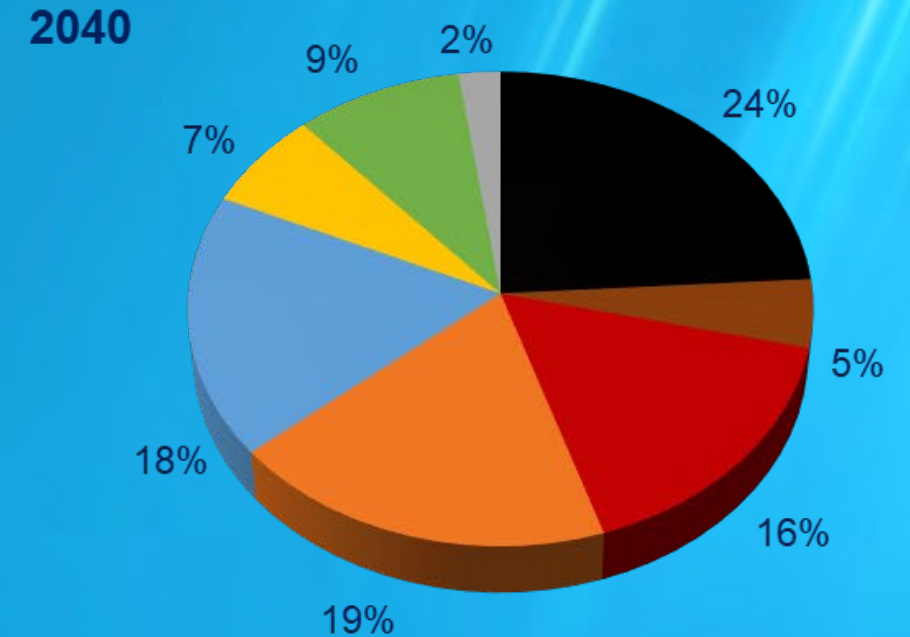
ELECTRICITY GENERATION BY FUEL IN YEARS: 2017, AND GOALS FOR 2030, 2040



170 TWh



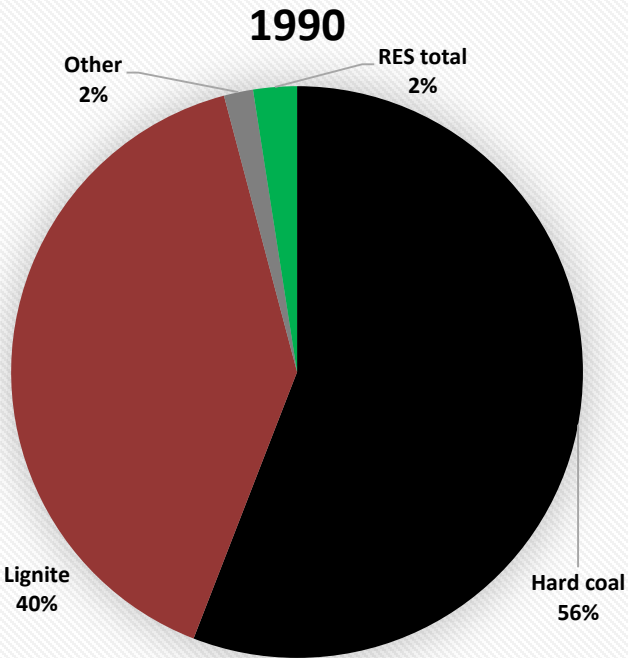
197 TWh



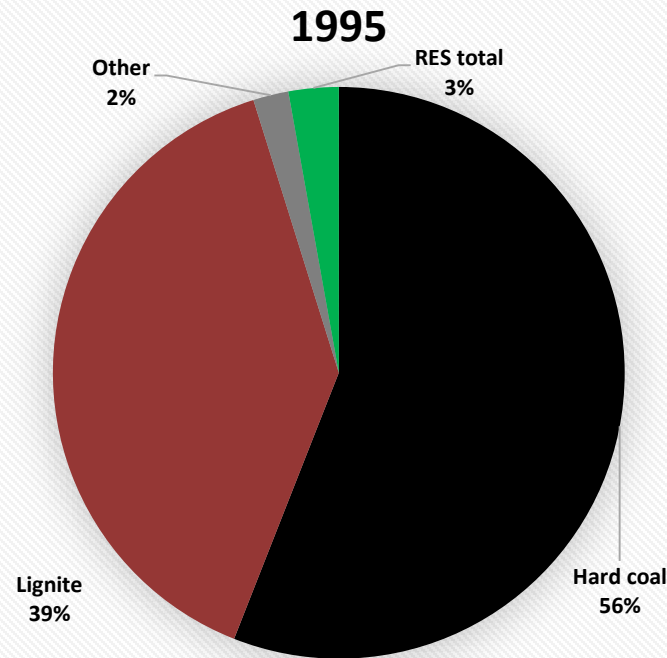
222 TWh



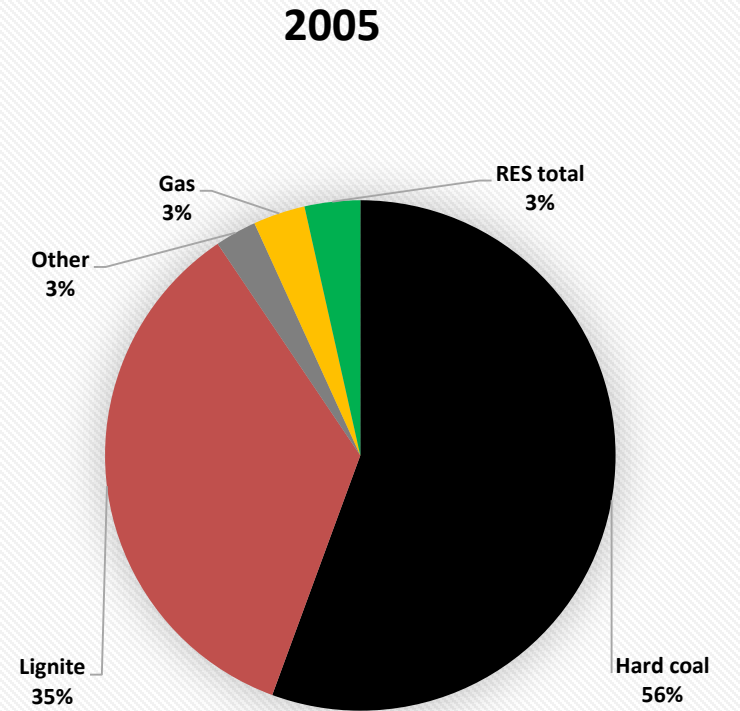
ELECTRICITY GENERATION BY FUEL IN YEARS: 1990, 1995, 2005



136 TWh



139 TWh



157 TWh



CCS and CCU activities: Scientific and Research Centers



CCUS Scientific and research base

- Central Mining Institute (GIG)
- Institute for Chemical Processing of Coal (IChPW)
- AGH University of Science and Technology
- Polish Geological Institute
- Silesian University of Technology
- Czestochowa University of Technology



The Ministry of Energy supervises these institutes



CCS – laboratory infrastructure

Poland has modern laboratories for Clean Coal Technologies (CCTs) and a technological centre - The Clean Coal Technology Centre. The Centre is a joint investment project of The Central Mining Institute (*GIG*) and The Institute for Chemical Processing of Coal (*ICHPW*).

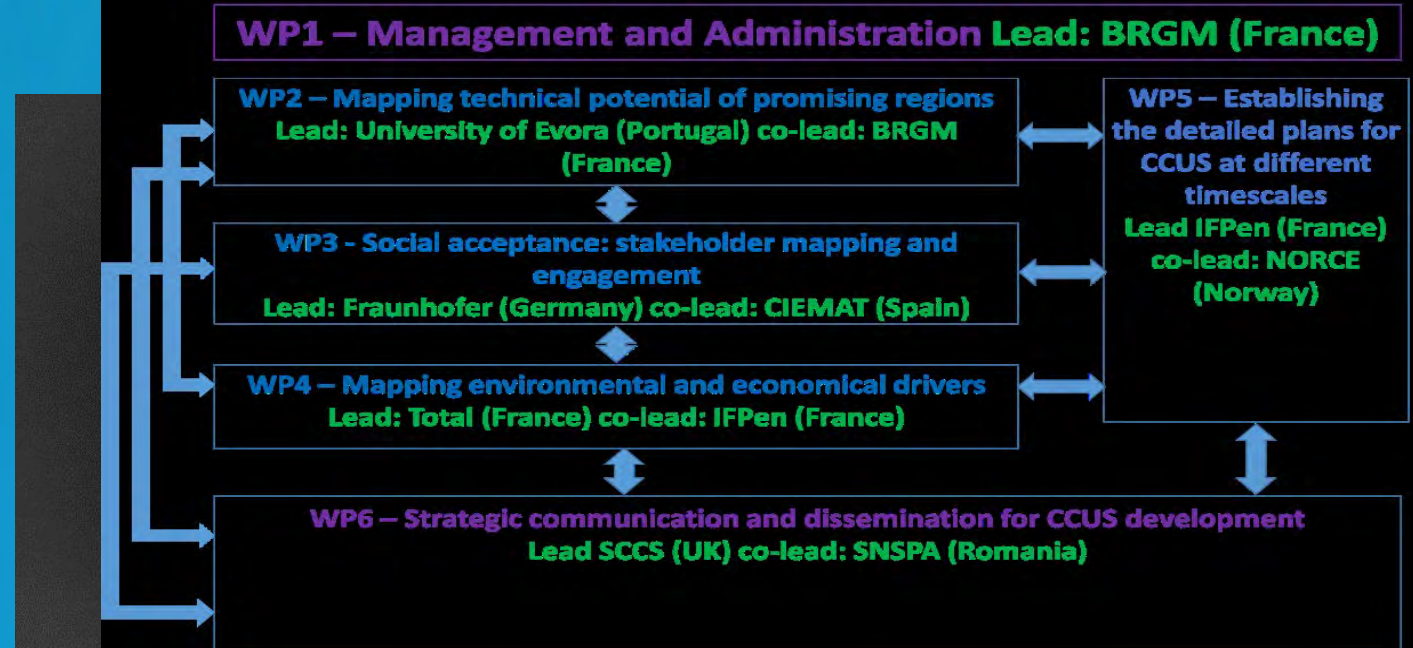
The CCT Centre comprises three parts:

- 1) Technological unit on the premises of *ICHPW* in Zabrze.
- 2) Laboratories in *GIG*, Katowice,
- 3) Technological unit on the premises of the “Barbara” Experimental Mine in Mikołów

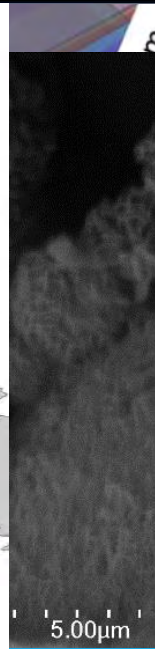
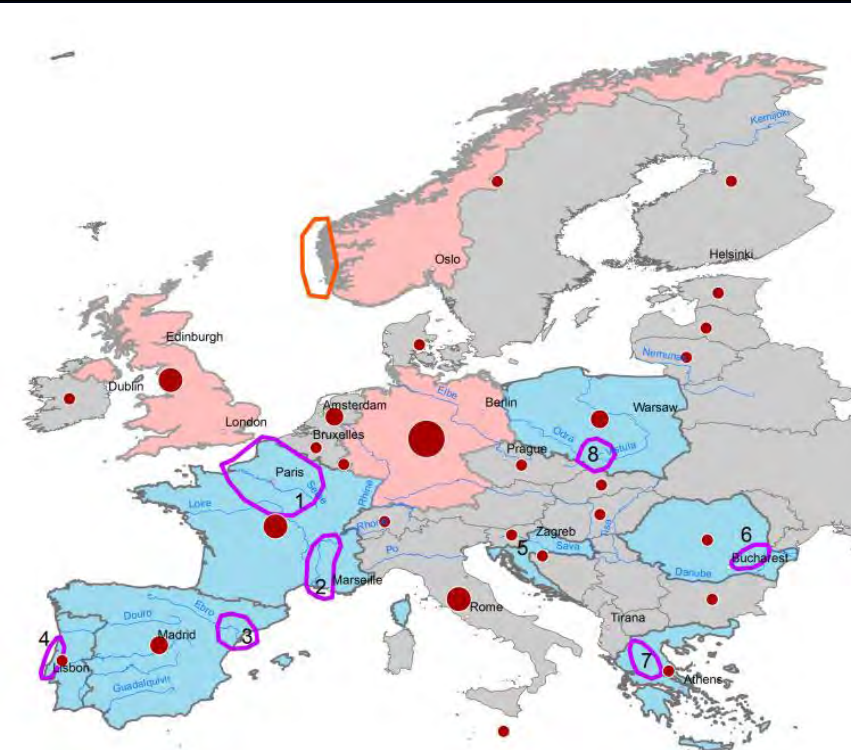
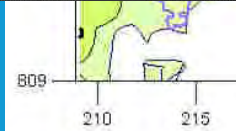


GIG activity - projects

- RECOPOL Project (2001 – 2005)
- Study Of Safe CO2 Storage On The Example Of Silesian Agglomeration (2008 – 2010)
- TOPS Project (2013 – 2017)
- COALBYPRO Project (2017 – 2020)
- STRATEGY CCUS (2019 – 2022)



SU3500 15.0kV 5.9mm x1.7



MINISTRY OF ENERGY



GŁÓWNY
INSTYTUT
GÓRNICZWA

Laboratory scale tests of coal-based hydrogen production with CO₂ capture in the aspect of clean coal technologies

Adam Smoliński

Laboratory of Coal Processing
Department of Energy Saving and Air Protection
Central Mining Institute
Plac Gwarkow 1, 40-166, Katowice, Poland
E-mail: smolin@gig.katowice.pl

Renewable Energy 35 (2010) 397-404



Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene



Steam gasification of selected energy crops in a fixed bed reactor

Adam Smoliński*, Krzysztof Stańczyk, Natalia Howaniec

Department of Energy Saving and Air Protection, Central Mining Institute, Pl. Gwarkow 1, 40-166 Katowice, Poland

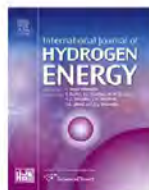
INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY 36 (2011) 2038-2043



Available at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/he



Steam gasification of energy crops of high cultivation potential in Poland to hydrogen-rich gas

Natalia Howaniec, Adam Smoliński*



Adam SMOLIŃSKI^{1*} and Natalia HOWANIEC¹

ENVIRONMENT FRIENDLY COAL PROCESSING TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF POLISH ENERGY SECTOR

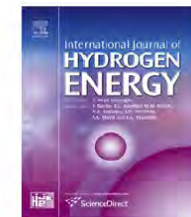
INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY 36 (2011) 14455-14463



Available at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/he



Steam co-gasification of coal and biomass derived chars with synergy effect as an innovative way of hydrogen-rich gas production

Renewable Energy 36 (2011) 1836-1842

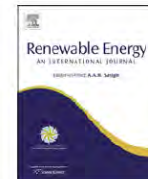
1



Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene



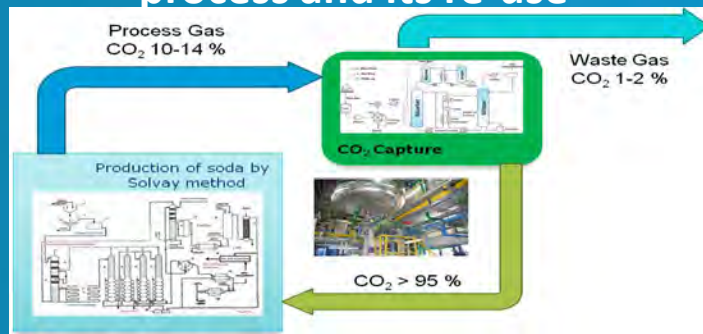
A comparative experimental study of biomass, lignite and hard coal steam gasification

A. Smoliński*, N. Howaniec, K. Stańczyk

Central Mining Institute, Department of Energy Saving and Air Protection, Pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice, Poland

ICHPW – CCU related activities

The improvement of sodium carbonate production in Solvay Process. Using chemical absorption to separate CO₂ from gases derived from ammonia soda process and its re-use



CO₂ as a feedstock for gasification



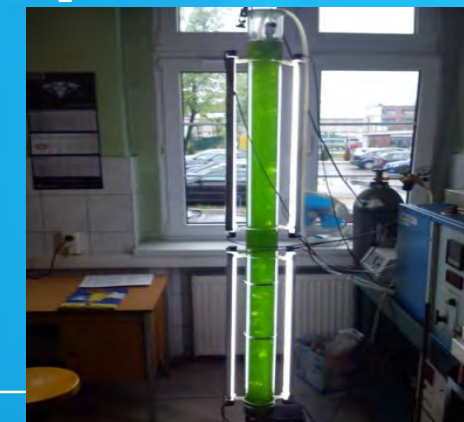
Methanol and DME synthesis



Dry reforming
 $\text{CO}_2 + \text{CH}_4 \rightleftharpoons 2\text{CO} + 2\text{H}_2$



CO₂ for algae cultivation





NCBR supports of the Polish research units and enterprises in developing their abilities to create and use solutions based on scientific research results.

In the years 2007 – 2018 NCBR has supported nearly 40 projects associated with CCUS, for example:

- I. Development of a Technology for Highly Efficient „Zero-emission” Coal-fired Power Units Integrated with CO₂ Capture
- II. Oxy-combustion Technologies for Pulverized Coal (PC) and Fluidized Bed Combustion (FBC) Boilers with CO₂ Capture



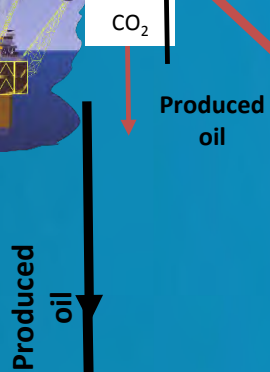
The National Centre for Research and Development – examples

Economically efficient and socially accepted CCS/EOR processes

Acronym: PRO_CCS

This project is funded from Norway Grants in the Polish-Norwegian Research Programme operated by the National Centre for Research and Development

Storage sites which may be used as a relief for EOR

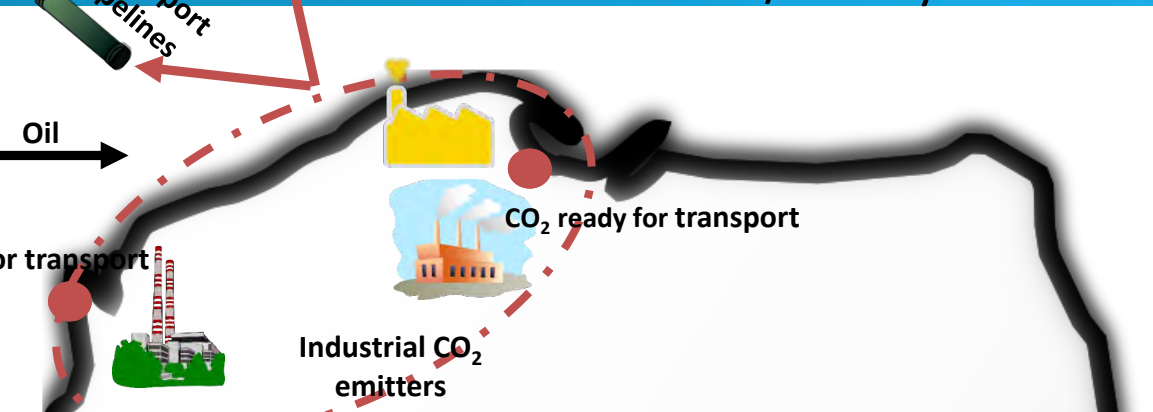


CO₂ transport by ship



Offshore CCS/EOR systems

CO₂ transport by pipelines



1001/ERA-CHEMISTRY/2008	Chemiczna aktywacja dwutlenku węgla i metanu	Politechnika Warszawska
2BIOENERGY/ICOCAD/04/2016	Opracowanie innowacyjnej koncepcji wykorzystania strumienia odpadowego dwutlenku węgla w biorafineriach	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
3BIOENERGY/ICOCAD/06/2016	Opracowanie innowacyjnej koncepcji wykorzystania strumienia odpadowego dwutlenku węgla w biorafineriach (ICOCAD)	KONSUN Sp. z o.o.
4POIR.01.01.02-00-0139/16	Technologia implementacji, łączenia probiotyków i ekstraktów roślinnych z ekstrakcji nadkrytycznej CO2 w struktury multifunkcyjnego ekopreparatu czyszczącego i myjącego	GRUPA INCO SPÓŁKA AKCYJNA
5POIR.01.02.00-00-0034/16	Optymalizacja produkcji sody i produktów sodopochodnych poprzez wykorzystanie załężonych strumieni odpadowych CO2 wraz z procesem chemisorpcji ditlenku węgla w zawieszinie podestylacyjnej celem poprawy własności wapna posodowego	CIECH R&D SP. Z O.O.
6POIR.01.02.00-00-0035/16	Opracowanie technologii wytwarzania innowacyjnych, hybrydowych olejów bazowych otrzymanych z zastosowaniem CO2 i /lub polialkilenoglikoli o polepszonych właściwościach użytkowych.	PCC ROKITA SPÓŁKA AKCYJNA
7POIR.01.02.00-00-0197/16	Innowacyjne wymienniki ciepła z naturalnym czynnikiem chłodzącym CO2 - przełomowe technologie dostosowane do pojazdów elektrycznych.	VALEO AUTOSYSTEMY SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ
8POIR.01.02.00-00-0273/17	Opracowanie i wdrożenie procesu technologicznego przetwarzania odpadów z kotłów fluidalnych z wykorzystaniem CO2 do produkcji zamiennika cementu.	TAURON WYTWARZANIE S.A.
90150/R/T02/2007/IT1	Studium bezpiecznego składowania CO2 na przykładzie aglomeracji śląskiej	Główny Instytut Górnicwa w Katowicach
10BG2/DIOX4SHELL/14	Opracowanie wytycznych do zaprojektowania innowacyjnej technologii wydobycia gazu z łupków przy użyciu ciekłego CO2 na drodze analiz numerycznych i badań eksperymentalnych	Polskie Górnicwa Naftowe i Gazownictwo S.A.
11INNOTECH-K1/IN1/23/154760/NCBR/12	Modernizacja techniki i technologii przerobu pyłów stalowniczych (EAFD) ze szczególnym uwzględnieniem zmniejszenia emisji CO2 oraz innych aspektów ekologicznych.	Instytut Metali Nieżelaznych w Gliwicach
12LIDER/026/527/L-5/13/NCBR/2014	Katalizowana kompleksami metali przejściowych synteza nienasyconych związków krzemo- i bioorganicznych w sprężonym CO2- zielona perspektywa dla stosowanej katalizy metaloorganicznej	Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
13M-ERA.NET2/2016/04/2017	Innowacyjne węglanowo-ceramiczne materiały kompozytowe jako technologie wychwytu i utylizacji CO2 dla zrównoważonej energetyki MOCO3	Politechnika Warszawska
14M-ERA.NET2/2017/3/2018	Wykorzystanie CO2 do produkcji biopaliw (CH4 i etanol) w nowych systemach BioElectroCathode	Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia
15N R06 0004 06/2009	Opracowanie dedykowanej aplikacji komputerowej dla kreowania strategii wysokosprawnej dużej kogeneracji, przy uwzględnieniu kryteriów ekonomicznych i środowiskowych, w tym emisji CO2	Politechnika Śląska
16N R07 0006 06/2009	Opracowanie prototypu kompaktowego regeneratora ciepła dla palnika regeneracyjnego o wysokim stopniu podgrzewu powietrza spalania i niskiej emisji CO2 i NOX do pieców metalurgicznych	Politechnika Śląska
17NCBR/FENCO-NET1/2013	Wychwytywanie CO2 w procesach po spalaniu wykorzystując zeolity impregnowane związkami aminowym - CO2ZeoCap	Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
18NR05-0024-10/2011	Zastosowanie nowych aktywatorów w procesie usuwania CO2 roztworem węglanów potasu - poprawa wskaźników energetycznych procesu	Instytut Nowych Syntez Chemicznych w Puławach
19PBS1/A5/18/2012	Opracowanie nowej generacji, ekologicznych, bezpiecznych w stosowaniu kosmetyków i producentów chemii gospodarczej z udziałem ekstraktów roślinnych otrzymanywanych w warunkach nadkrytycznego CO2	Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Puławskiego w Radomiu
20Pol-Nor/211319/8/2013	High-efficiency adsorption technology based on advanced CO2 sorbents for near zero emission from energy and other industrial plants - VOMENCO2	Politechnika Częstochowska
21Pol-Nor/232738/101/2014	Mild Oxy Combustion for Climate and Air - MOCCA	Politechnika Śląska
22Pol-Nor/237761/98/2014	Post-Combustion CO2 Capture on New Solid Sorbents and Application in a Moving Bed Reactor - Wychwytywanie CO2 ze spalin przy użyciu nowych sorbentów stałych oraz ich zastosowanie w reaktorze z ruchomym łóżem - SolSorb	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
23Pol-Nor/234198/100/2014	Physicochemical effects of CO2 sequestration in the Pomeranian gas bearing shales - SHALESEQ	Państwowy Instytut Geologiczny - PIB
24Pol-Nor/234830/103/2014	Economically efficient and socially accepted CCS/EOR processes - PRO_CCS	Politechnika Śląska
25Pol-Nor/235083/104/2014	Innovative Idea for Combustion of Solid Fuels via Chemical Looping Technology - NewLoop	Instytut Energetyki w Warszawie
26Pol-Nor/235294/99/2014	Multifield CO2 Storage for Environment and Energy - MUSE	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków
27Pol-Nor/236877/102/2014	Impact of potential leakage from the sub-seabed CO2 storage site on marine environment at relevant hydrostatic pressure - CO2MARINE	Uniwersytet Gdański
28SP/E/1/67484/10	1. Opracowanie technologii dla wysokosprawnych zero-emisyjnych bloków węglowych zintegrowanych z wychwytem CO2 ze spalin	Politechnika Śląska
29SP/E/2/66420/10	2. Opracowanie technologii spalania tlenowego dla kotłów pyłowych i fluidalnych zintegrowanych z wychwytem CO2	Politechnika Częstochowska
30STAIR/2/2016	Innowacyjne urządzenia do zintensyfikowanego usuwania CO2 z gazów odlotowych	Politechnika Łódzka
31POIG.01.03.01-24-029/08	SYSTEM ZARZĄDZANIA LIKWIDACJĄ EMISJI CO2 ZE ZWAŁOWISK ODPADÓW POWĘGLOWYCH	Główny Instytut Górnicwa
32POIG.01.03.01-26-021/12	Technologia uprawy mikroglonów w bioreaktorach zamkniętych z recyklingiem CO2 i innych odpadów z biogazowni.	Politechnika Częstochowska
33POIG.01.03.02-28-079/12	Uzyskanie ochrony własności intelektualnej na urządzenie do intensywnego pochłaniania CO2.	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
34POIG.01.04.00-06-013/11	Opracowanie innowacyjnej technologii produkcji metanolu w procesie fotoredukcji ditlenku węgla (CO2).	Ekobenz Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością
35POIG.01.04.00-06-029/11	Katalityczna metoda redukcji zanieczyszczeń - w tym CO2 - pochodzących ze spalania węgla brunatnych	SMF POLAND Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością
36POIG.01.04.00-14-178/11	Prace badawczo-rozwojowe nad Inteligentnym Systemem Utylizacji CO2	Biocarbo Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością
37POIG.01.04.00-22-001/10	Technologia wykorzystania odpadowego CO2 jako medium chłodniczego w układach trójgeneracji	Grupa Izolacje Sp. z o.o. Sp. k.
38POIG.01.04.00-22-074/11	Hydrodynamiczne napędy odzysku mocy krążącej w układach trójgeneracji z odpadowym czynnikiem chłodniczym na bazie CO2	Grupa Izolacje Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.k.
39POIG.01.04.00-30-112/11	Opracowanie nowej technologii produkcji etanolu przemysłowego, drożdży i skroplonego CO2	ADD Wioletta Kosecka

CCS and CCU activities Power Sector



Belchatow CCS DEMO Project

- The Belchatow project (PGE SA) was significantly advanced. It was the idea of constructing a full-scale (1.8 Mt/a) capture plant using Alstom's advanced amines technology at the new 858 MWe lignite-fired unit.
- The EU EEPR grant was awarded by the European Commission to the project. The project was also submitted to the EU NER 300 program and probably from Norewegian Finance Mechanism. However, due to difficulties with closing a financial plan the project was stopped in 2013. The unit is built as CO2 capture ready.

Power Plant and CCP Integration, Bełchatów CCS Project, as planned



Other Projects

Ostrołęka C

- The project for the construction of a new block at Ostrołęka C Power Plant is to be adapted to any possible superstructure with a CO₂ capture instance in the future – CCS ready.
- However, are conducted early conceptual work on equipping the newly built block with CO₂ capture installation with the possibility of its utilization (CCU) - methanol production.

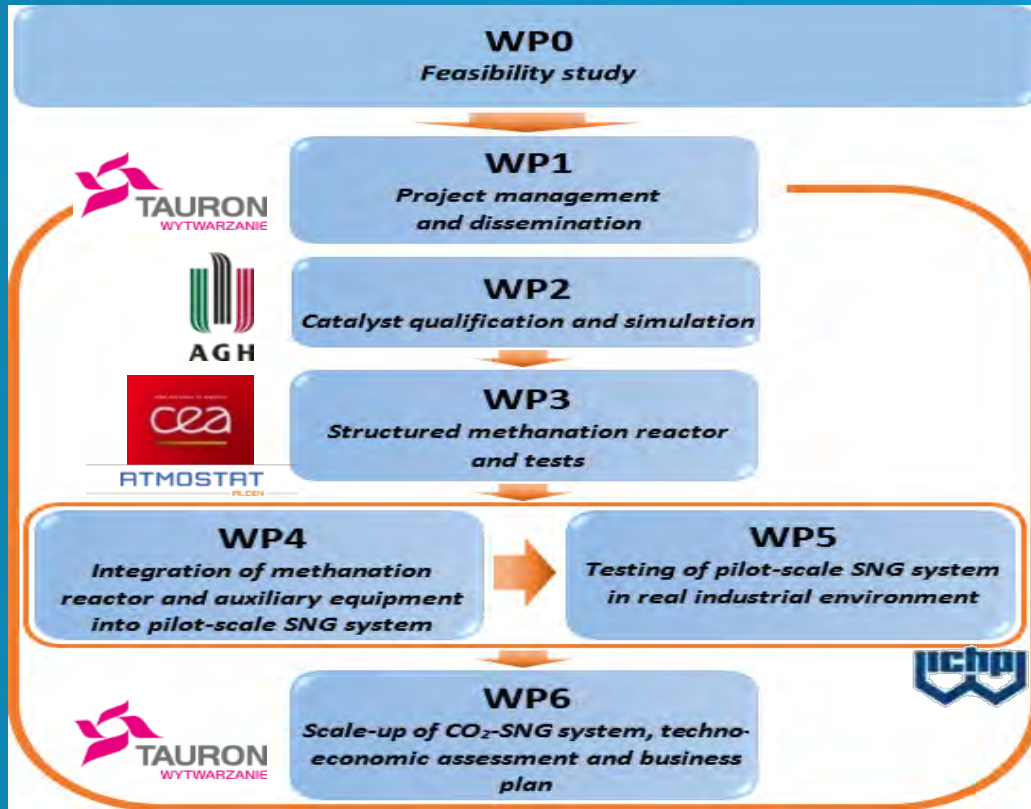
Northern Lights Project

- The Ministry of Energy provided support to a representative of Equinor and enabled contact with representatives of companies possibly interested in the development of CCS technology. It can be added that some Polish energy companies are interested in a pilot project on CO₂ storage in the North Sea.



Project of POWER to GAS type – „CO₂SNG”

CO₂ methanation system for electricity storage through SNG production



TAURON Wytwarzanie

➔ The Project leader, responsible for building and testing the installation, which is integrated with CO₂ capture installation

CEA (French Alternatives Energies and Atomic Energy Commission)

➔ Pilot research/tests of the first reactor 3-4 m³/h. Assumptions for the demonstration installation.

ATMOSTAT

➔ Development and delivery of modular structured reactor for demonstration installation

RAFAKO

➔ Co-designing of the demonstration installation, supervising construction works on the installation, commercialization of the project results

IChPW

➔ Testing the demonstration-scale installation in real industrial environment, Carbon Capture plant upscaling

AGH Kraków

➔ Kinetic analysis of methanation reaction on different catalysts

Exergon

➔ thermodynamic modeling of the process with simulations of various variants, contribution in preparing Feasibility Study and Business Case

West Technology & Trading

➔ Preparing process documentation required for designing and purchase of devices and equipment and their integration

Main technical risks

Long-term stabilizing of the installation effectiveness (eg. aging of catalysts), durability

Successful upscaling – from demo installation to full-scale commercial unit



MINISTRY OF ENERGY



Project of POWER to GAS type – „CO₂SNG”

CO₂ methanation system for electricity storage through SNG production

Problems

electricity producers are forced to reduce CO₂ emission

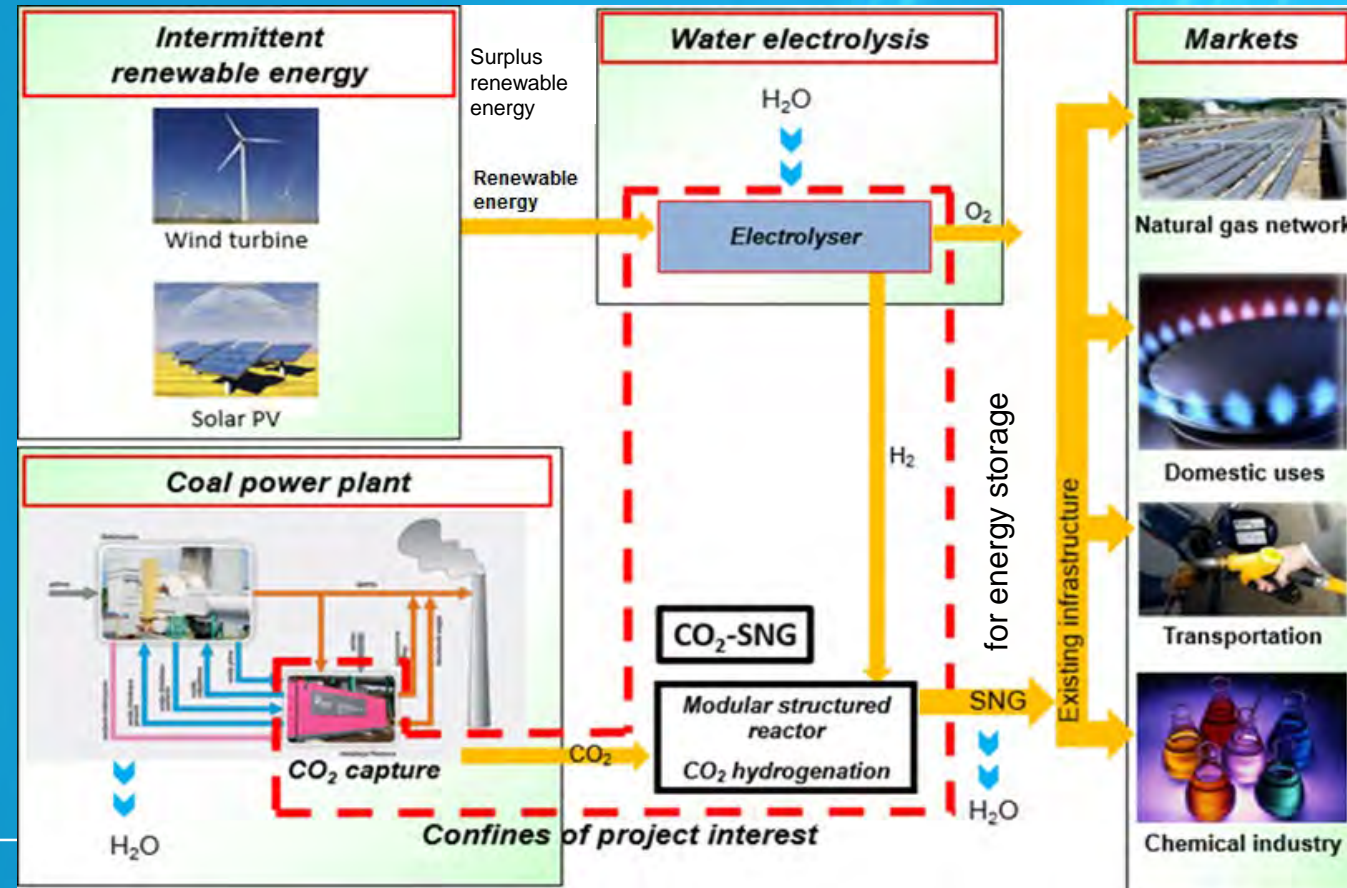
renewable energy sources are promoted in the EU – there is a big challenge in building renewable electricity storage potential

the EU is strongly dependent on external natural gas supply

Solution:

- utilization of captured CO₂ for synthesis gas production
- utilization of hydrogen generated with the use of renewable energy
- chemical energy storage

Business opportunity



Development of Amina based Carbon Capture technology

CLEAN COAL TECHNOLOGIES CENTRE

PS: „Advanced technologies for energy production”

PS: „Advanced technologies for energy production”

2000

2011

2012

2013

2015

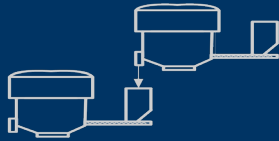


Laboratory installation for the absorption process studies

Laboratory stand for CO₂ separation, 5 m³/h

BFB cold modl, φ350 mm

CFB cold model, φ250 mm



Modelling and numerical simulations



Installation for CO₂ separation, 100 m³/h

Mobile pilot plant for CO₂ separation (Tauron, Elektrownia Łaziska), 200 m³/h

Classic absorption – desorption system

ADVANCED PROCESS MODIFICATION DEVELOPMENT (split flow, heat recuperation)

RESEARCHES

- Gaining of knowledge and experience
- Little interest in the economics of the process

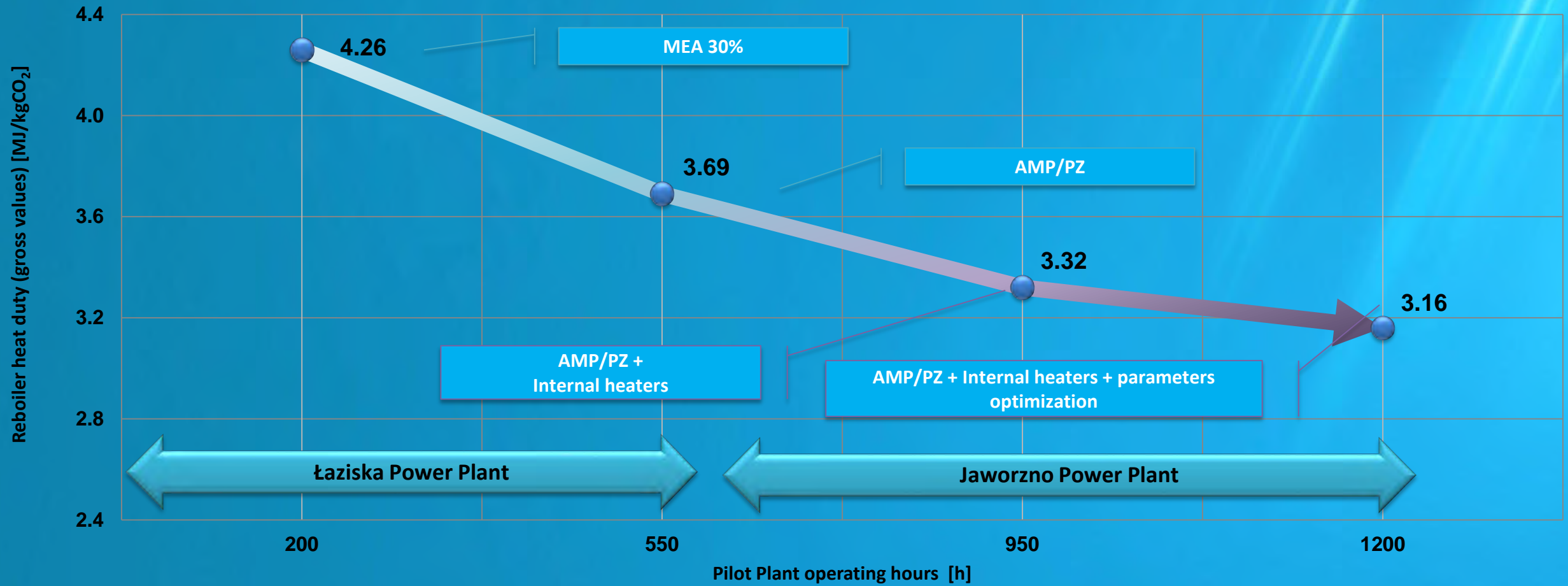
MARKET

- Cooperation with industrial partners
- Feasibility studies and novel technologies implementation



INSTITUTE FOR CHEMICAL PROCESSING OF COAL

Results – IChPW reboiler heat duty reduction road map

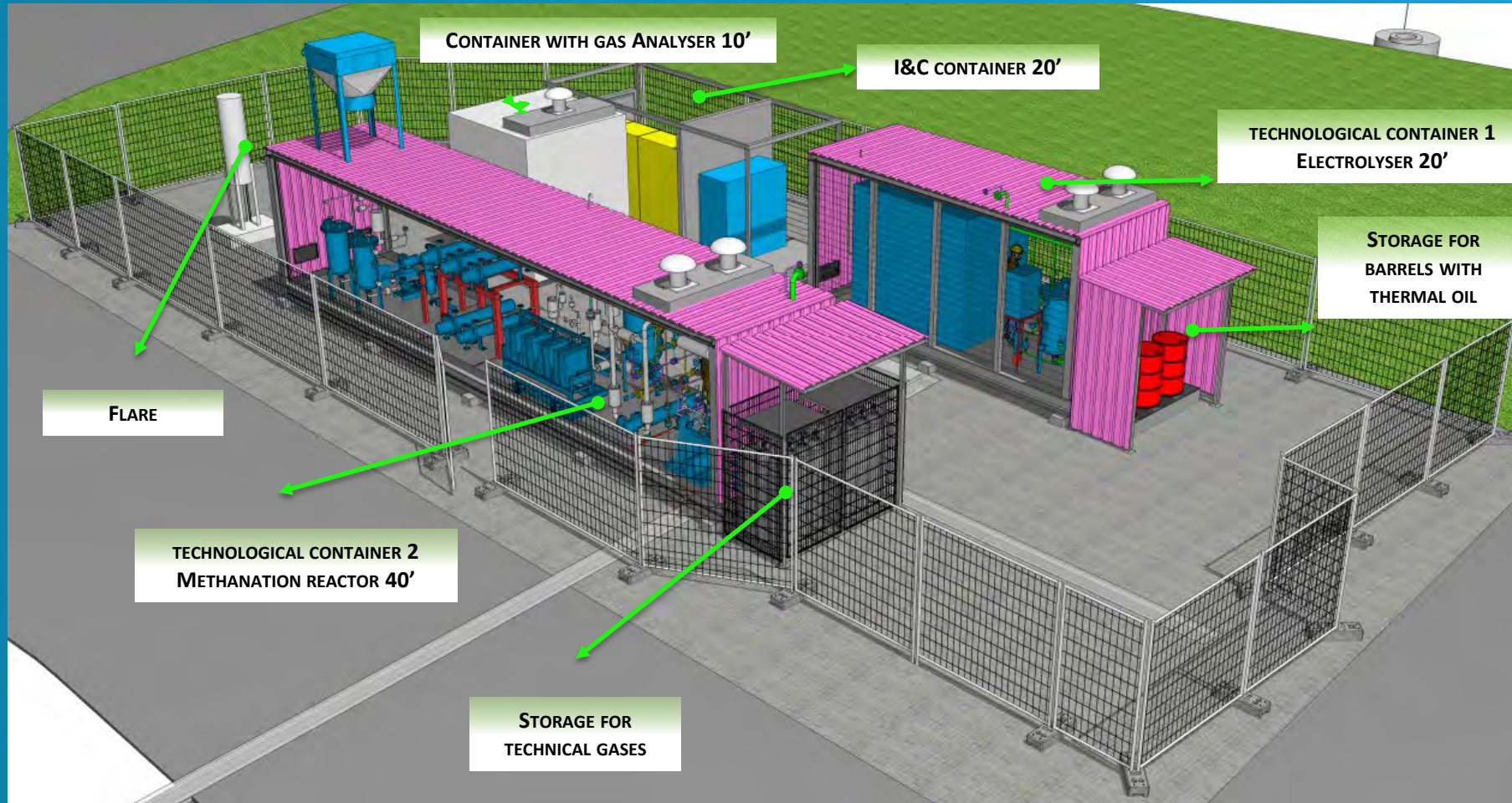


View of the CO2SNG Plant



CONSTRUCTION & ENGINEERING

View - 3D Model – December 2016

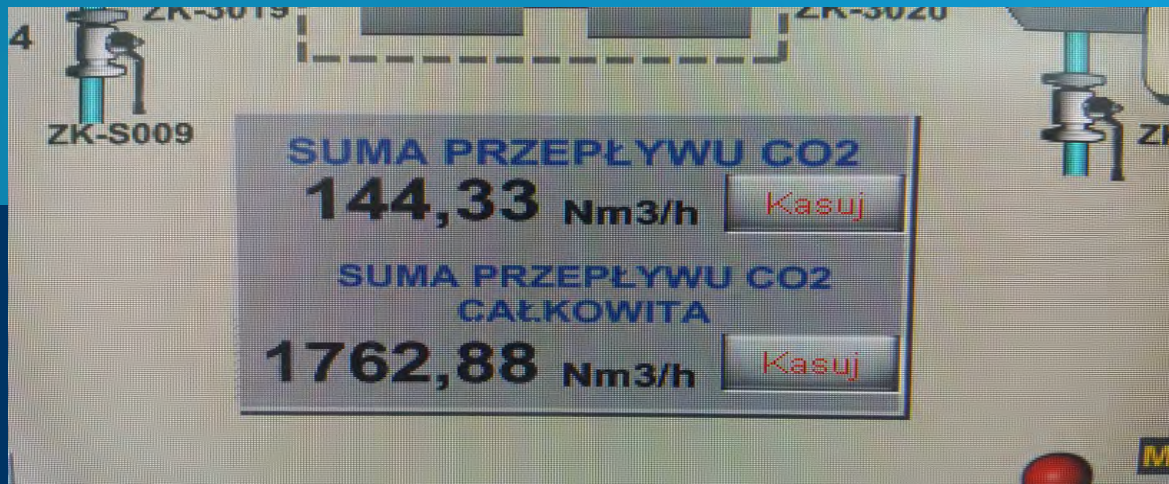


Parameters of the process gas at the methanation reactor inlet

PARAMETER	UNIT	VALUE
Volume flow	Nm ³ /h	4,5 – 22,53
Mass flow	kg/h	2,1 – 10,52
H ₂ Content	% obj.	80% ± 1%
CO ₂ Content	% obj.	20% ± 1%
H ₂ /CO ₂	-	4 ± 0,01
H ₂ O Content	% obj.	<2,0
CO Content	% obj.	<0,1
O ₂ Content	% obj.	<0,1
Sulphur compounds content (SO ₂ , H ₂ S...)	ppm	<1,0

Conclusions CO2-SNG

1. **I stage reactor** with temperature 300 °C gives possibility to reach 70- 91% **conversion rate depending on pressure**
2. **II stage reactor improves** conversion rate significantly up to 99.3% (4-14 p.p) in temperatures range 330-350 °C
3. **Long run with stable parameters** confirmed stabilization of the process with high conversion rate for CO2 captured from flue gas of one Taurons' power plant.



Possible use of products from the installation

CO₂-SNG Installation

SNG

Injection of SNG
to existing gas network



CNG

Using CNG as fuel for car engines



Thank you for attention!

Questions?

