



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

Państwowa służba geologiczna
Państwowa służba hydrogeologiczna

ZADANIE KAPS CO₂: MONITOROWANIE STATUSU PROJEKTÓW CCS



Warszawa 2020

ZADANIE KAPS CO2: MONITOROWANIE STATUSU PROJEKTÓW CCS

WYKONAWCY

dr inż. Adam Wójcicki
(główny wykonawca, koordynator)
mgr inż. Teresa Adamczak-Biały
mgr Jolanta Duczmańska-Kłonowska
dr Anna Feldman-Olszewska
dr hab. Marek Jarosiński
dr Maciej Kłonowski
prof. dr hab. Grzegorz Pieńkowski
mgr inż. Michał Roman
dr inż. Marcin Słodkowski
mgr Katarzyna Sobień
dr Maria Waksmundzka
dr hab. Hubert Wierzbowski

WARSZAWA 2020

1 - Inwentaryzacja aktualnie realizowanych projektów CCS.

1.1 Sprawozdanie

Na początku realizacji niniejszego przedsięwzięcia, w roku 2015, sporządzono listę realizowanych na świecie dużych¹ projektów (demonstracyjnych i komercyjnych) CCS/CCUS i zebrano dla nich podstawowe informacje dotyczące pełnego łańcucha CCS w oparciu o dostępne dane, w szczególności ze stron internetowych i publikacji (Global CCS Institute oraz projektu CGS Europe, CSLF, IEA, ETP ZEP, European CCS Demonstration Project Network, sieci naukowych badawczo-rozwojowych CO2GeoNet i CO2NET). Zinwentaryzowano wtedy 56 dużych projektów znajdujących się na różnych etapach realizacji oraz 7 projektów planowanych (do których doszły następnie, do roku 2017, kolejne 3). Lista dużych projektów CCS ulegała w kolejnych latach modyfikacji w miarę zmian statusu poszczególnych projektów, czy też anulowania/wstrzymania dotychczas zinwentaryzowanych projektów albo pojawiania się nowych. Analogicznie modyfikowana (uzupełniana, aktualizowana) była, w miarę dostępności nowych danych, baza odnośnych informacji na temat lokalizacji, statusu, rodzaju i parametrów instalacji wychwytu, transportu oraz opcji składowania dla dużych projektów CCS. Baza ta uzupełniana była też (m.in.) o dotyczące tych projektów dostępne informacje nt. składu strumienia CO₂, warunków geologicznego składowania CO₂ oraz sposobów nadzoru i kontroli bezpieczeństwa składowania (**Załączniki A, B**). Punktem startowym do powyższych analiz była strona [www Global CCS Institute](http://www.GlobalCCSInstitute.org) oraz raporty roczne Global CCS Institute i inne publikacje dostępne na stronie GCCSI. Wykorzystywano też informacje podawane przez inne organizacje i sieci naukowe badawczo-rozwojowe zaangażowane w przedmiotowym zakresie (w tym m.in. informacje zawarte w prezentacjach z konferencji sieci CO2GeoNet i BASRECCS, które odbyły się w ostatnich latach). Najbardziej aktualne dane, na koniec roku **2020**, mówią o **65** dużych projektach CCS znajdujących się na różnych etapach realizacji. Listę tę (i bazę) również sukcesywnie uzupełniano o przykładowe projekty pilotażowe pełnego łańcucha CCS (do końca roku 2020 zebrano informacje o **19** takich projektach). Baza zawiera ponadto informacje o 3 (przykładowych) dużych projektach CCS planowanych kilka lat temu w Polsce (co obejmuje m.in. rozpoczęty i zarzucony projekt demonstracyjny PGE Bełchatów) oraz o 10 projektach planowanych w roku 2015 i latach następnych, o których dalszym losie na ogół

¹ Przyjęto, że "duży" projekt to projekt osiągający minimum 0,4 mln ton CO₂/rok. W Decyzji KE z dnia 3 listopada 2010 r. (2010/670/UE), na którą powołuje się Art. 1 ust. 3 ustawy Pgg, projekt demonstracyjny to minimum 0,5 mln ton CO₂/rok, ale często zdarzają się projekty komercyjne CCS/CCUS o nieco mniejszej skali, stąd przyjęto umownie 0,4 mln ton CO₂/rok, a projekty jeszcze mniejsze zdefiniowano jako pilotażowe).

brak jest informacji. Ponadto w ramach niniejszego przedsięwzięcia zgromadzono informacje na temat projektów komercyjnych wykorzystujących CO₂ z „naturalnych” składowisk (złóż).

Projekty demonstracyjne i (duże) komercyjne (Załącznik A, zakładka „Projekty demo i kom CCS” oraz Załącznik B)

W trakcie realizacji niniejszego przedsięwzięcia weryfikowano, aktualizowano i/lub uzupełniano listę i bazę informacji dotyczących realizowanych na świecie projektów demonstracyjnych i (dużych) komercyjnych CCS. Obejmuje to, według stanu na koniec roku 2020, **65** aktywnych dużych projektów – tzn. aktualnie funkcjonujących (22), w trakcie uruchamiania (4), w budowie/realizacji (16) i na etapie prac studialnych (23) – oraz 26 projektów anulowanych, zamkniętych lub o niejasnym statusie (natomiast według stanu na koniec roku 2017 – Wójcicki i in., 2017 – było to odpowiednio 39 projektów aktywnych i 21 pozostałych). Większość aktywnych projektów zlokalizowana jest w Ameryce Północnej, dominują przy tym projekty CO₂-EOR, tzn. wspomagania wydobycia ropy naftowej przez zatłaczanie CO₂. Wspomnianą listę i bazę projektów CCS aktualizowano i/lub uzupełniano w oparciu

o najnowsze dostępne informacje dotyczące ich aktualnego statusu i podstawowych parametrów (rok uruchomienia, ilość wychwytywanego CO₂, % wychwytywanej emisji CO₂, skład strumienia CO₂, opcje wychwytu, opcje transportu, opcje składowania) oraz ich charakterystyki (opis projektu, dotychczasowe prace, konflikty interesów, warunki geologiczne, ryzyko składowania, instalacja wychwytu, status finansowania, projekty składowe, monitoring składowania CO₂). Poniżej przedstawiono status dużych projektów CCS (demonstracyjnych i komercyjnych), według stanu na koniec roku 2020.

Projekty aktualnie funkcjonujące, w kolejności uruchamiania, (aktualnie **22** aktywne):

- Terrell Natural Gas Processing Plant (*poprzednia nazwa – Val Verde Natural Gas Plants*) (USA),
- Enid Fertilizer (USA),
- Shute Creek Gas Processing Plant (USA),
- Sleipner CO₂ Storage (Norwegia),
- Great Plains Synfuels Plant and Weyburn-Midale (*poprzednia nazwa – Weyburn-Midale Storage Project*) (Kanada/USA),
- Snøhvit CO₂ Storage (Norwegia),
- Century Plant (USA),

- Petrobras Santos Basin Pre-Salt Oil Field CCS (Brazylia),
- Lost Cabin Gas Plant (USA),
- Coffeyville Gasification Plant (USA),
- Air Products Steam Methane Reformer (USA),
- Boundary Dam 3 Carbon Capture and Storage (Kanada),
- Uthmaniyah CO2 EOR Demonstration (Arabia Saudyjska),
- Quest (Kanada),
- Abu Dhabi CCS (Phase 1 being Emirates Steel Industries) (ZEA),
- Petra Nova Carbon Capture (USA),
- Illinois Industrial Carbon Capture and Storage (USA),
- CNPC Jilin Oil Field CO2 EOR (*poprzednia nazwa – PetroChina Jilin Oil Field EOR Project (Phase 2)*) (Chiny), *od 2018 roku (wcześniej był deklarowany jako czasowo wstrzymany projekt “w budowie/realizacji”)*,
- Gorgon Carbon Dioxide Injection (Australia), *od 2019 roku,*
- Qatar LNG, Katar, *od 2019/2020 roku,*
- Alberta Carbon Trunk Line ("ACTL") with North West Sturgeon Refinery CO2 Stream (Kanada), *od 2020 roku,*
- Alberta Carbon Trunk Line ("ACTL") with Agrium CO2 Stream (Kanada), *od 2020 roku.*

Jak widać z powyższego zestawienia, po roku 2017 zaczęło funkcjonować 5 dużych projektów CCS, a więc liczba dużych projektów aktualnie funkcjonujących wzrosła w latach 2018-2020 z 17 do 22. Z tego 2 projekty w USA (Lost Cabin Gas Plant i Petra Nova Carbon Capture zostały czasowo wstrzymane w ostatnich miesiącach 2020 roku).

Natomiast niewymieniony tu, niegdyś funkcjonujący, projekt In Salah CO2 Storage (Algieria) został zamknięty w 2016 roku (zatłaczanie zakończono w 2011 roku, potem jeszcze przez kilka lat prowadzono monitoring).

Projekty w trakcie uruchamiania, w kolejności planowanej daty uruchomienia (aktualnie 4 aktywne):

- Yanchang Integrated Carbon Capture and Storage Demonstration (Chiny),
- Sinopec Qilu Petrochemical CCS (Chiny), *zmiana statusu (poprzednio „w budowie/realizacji”),*

- Langskip CCS - Brevik Norcem (*dawniej podprojekt Norway Full Chain CCS - Norcem's cement works at Brevik*) (Norwegia), *zmiana statusu (poprzednio „w budowie/realizacji”) i wyodrębnienie w roku 2020 jako samodzielny projekt,*

- The ZEROS Project (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2020 roku),*

Realizacja projektu Kemper County Energy Facility (USA) została wstrzymana w połowie 2017 roku, po wybudowaniu elektrowni i testach instalacji wychwytu. Projekt nie będzie kontynuowany (ale w zbliżonej lokalizacji realizowany jest inny, na etapie prac studialnych – Project ECO2S: Early CO2 Storage Complex in Kemper County, USA).

W latach 2018-2020 ogłoszono 13 nowych dużych projektów CCS na etapie budowy/realizacji, tzn. wykorzystujących istniejące instalacje przemysłowe, głównie w USA.

Projekty w budowie/realizacji, w kolejności planowanej daty uruchomienia (aktualnie 16 aktywnych):

- Wabash CO2 Sequestration (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2019 roku),*

- San Juan Generating Station Carbon Capture (USA), *nowy projekt (ogłoszony pod koniec 2019 roku),*

- Santos Cooper Basin CCS Project (Australia), *nowy projekt (ogłoszony pod koniec 2020 roku),*

- Port of Rotterdam CCUS Backbone Initiative (Porthos) (Holandia), *nowy projekt (ogłoszony w 2018 roku, na miejsce innego, anulowanego – Rotterdam Opslag en Afvang Demonstratieproject (ROAD), Holandia),*

- Cal Capture (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2020 roku),*

- CarbonSAFE Illinois – Macon County (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2019 roku),*

- Abu Dhabi CCS Phase 2: Natural gas processing plant (ZEA), *nowy projekt (ogłoszony w 2019 roku),*

- CarbonNet (Australia),

- Lake Charles Methanol (USA),

- Langskip CCS - Fortum Oslo Varme (*dawniej podprojekt Norway Full Chain CCS - Klemetsrud waste-to-energy facility*) (Norwegia), *wyodrębnienie w roku 2020 jako samodzielny projekt,*

- Project Tundra (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2019 roku),*

- Integrated Midcontinent Stacked Carbon Storage Hub (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2019 roku),*

- Prairie State Generating Station Carbon Capture (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2020 roku)*,
- Plant Daniel Carbon Capture (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2020 roku)*,
- Mustang Station of Golden Spread Electric Cooperative Carbon Capture (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2020 roku)*,
- Gerald Gentleman Station Carbon Capture (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2020 roku)*.

Natomiast szereg projektów deklarowanych w latach 2015-2017 jako będące w budowie/realizacji (9) zostało wstrzymanych, anulowanych, lub ich status jest niejasny (szanse na realizację na ogół nikłe):

- Sargas Texas Point Comfort Project (USA),
- The Medicine Bow Project (USA),
- Spectra Energy's Fort Nelson CCS Project (Kanada),
- Hydrogen Energy California Project ("HECA") (USA),
- Don Valley Power Project (USA),
- Rotterdam Opslag en Afvang Demonstratieproject ("ROAD") (Holandia), na jego miejsce realizowany jest inny (Port of Rotterdam CCUS Backbone Initiative (Porthos)), *ogłoszony w 2018 roku*.
- Peterhead Gas CCS Project (Wielka Brytania),
- White Rose CCS Project (Wielka Brytania),
- Texas Clean Energy Project (USA).

W latach 2018-2020 ogłoszono 15 nowych dużych projektów CCS na etapie prac studialnych, głównie w USA.

Projekty na etapie prac studialnych, w kolejności planowanej daty uruchomienia (aktualnie **23** aktywne):

- Project Interseqt (dawniej OXY and White Energy Ethanol EOR Facility) (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2019 roku)*,
- Velocys' Bayou Fuels Negative Emission Project (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2020 roku)*,
- Caledonia Clean Energy (Wielka Brytania),
- Net Zero Teesside - CCGT Facility (d. The Clean Gas Project) (Wielka Brytania), *nowy projekt (ogłoszony w 2019 roku)*,

- Dry Fork Integrated Commercial Carbon Capture and Storage (CCS) (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2019 roku)*,
- The Illinois Clean Fuels Project (USA), *nowy projekt (ogłoszony pod koniec 2020 roku)*,
- South West Hub (Australia),
- Project ECO2S: Early CO₂ Storage Complex in Kemper County (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2019 roku)*,
- Drax BECCS Project (Wielka Brytania), *nowy projekt (ogłoszony w 2020 roku)*,
- Ervia Cork CCS (Irlandia), *nowy projekt (ogłoszony w 2018 roku)*,
- HyNet North West (Wielka Brytania), *nowy projekt (ogłoszony w 2018 roku)*,
- Hydrogen to Humber Saltend (Wielka Brytania), *nowy projekt (ogłoszony w 2018 roku)*,
- Net Zero Teesside (*poprzednia nazwa – Teesside Collective Project*) (Wielka Brytania),
- Korea-CCS 1 (Republika Korei),
- Korea-CCS 2 (Republika Korei),
- Huaneng GreenGen IGCC Large-scale System (Phase 3) (Chiny),
- China Resources Power (Haifeng) Integrated Carbon Capture and Sequestration Demonstration (Chiny),
- Acorn Scalable CCS Development (Wielka Brytania), *nowy projekt (ogłoszony w 2018 roku)*,
- Sinopec Shengli Power Plant CCS (Chiny),
- Hydrogen 2 Magnum (H2M) Project (Holandia), *nowy projekt (ogłoszony w 2018 roku)*,
- Northern Gas Network H21 North of England (Wielka Brytania), *nowy projekt (ogłoszony w 2018 roku)*,
- OXY and Carbon Engineering Direct Air Capture and EOR Facility (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2020 roku)*,
- LafargeHolcim Cement Carbon capture (USA), *nowy projekt (ogłoszony w 2020 roku)*.

Ponadto 14 projektów będących w latach 2015-2020 na etapie prac studialnych lub w fazie koncepcji zostało wstrzymanych, anulowanych, lub ich status jest nieznany na koniec 2020 roku (szanse na realizację na ogół nikłe):

Na etapie prac studialnych:

- *Quintana South Heart Project (USA),*

- *Mississippi Clean Energy Project (USA),*
- *Indiana Gasification (USA),*
- *C.GEN North Killingholme Power Project (Wielka Brytania),*
- *Shenhua Ordos CTL Project (Phase 2) (Chiny),*
- *Riley Ridge Gas Plant (USA),*
- *Bow City Power Plant CO2 Capture (Kanada),*
- *Sinopec Eastern China CCS (Chiny), wstrzymany w 2020 roku,*
- *Shenhua Ningxia CTL (Chiny), wstrzymany w 2020 roku,*
- *Shanxi International Energy Group CCUS (Chiny), wstrzymany w 2019 roku,*

W fazie koncepcji:

- *Shenhua Yulin Coal to Chemicals Project (Chiny),*
- *Nord CCS (Francja),*
- *NORCEM Cement (Norwegia), na jego miejsce jest realizowany inny projekt (część),*
- *Dongguan Taiyangzhou IGCC with CCS Project (Chiny).*

Status (nowego) projektu demonstracyjnego Datang Daqing CCS Project (Chiny) jest aktualnie niejasny, ale ma on duże szanse na realizację, gdyż funkcjonuje tam od wielu lat projekt pilotażowy.

Projekty planowane (Załącznik A, zakładka „Planowane projekty CCS”)

Według doniesień prasowych, **w latach 2015-2017 planowano kolejnych 10 projektów o różnej skali:**

- *YiHe Coal plant (Chiny),*
- *Ledvice (Czechy),*
- *Hodonin (Czechy),*
- *Hassyan Clean Coal (ZEA),*
- *Saline Joinche (Włochy),*
- *Husnes (Norwegia),*
- *CO2 solutions and EERC (USA),*

- Gulf Cryo (Kuwejt),
- Gundih CCS Pilot (Indonezja),
- Kurashiki (Japonia).

Większość z nich została najprawdopodobniej zarzucona lub wstrzymana – wyjątkiem jest tu projekt pilotażowy Gundih CCS Pilot, dla którego wiadomo cokolwiek po roku 2017, ale ostatnie informacje na jego temat pochodzą z lipca 2018 roku (aktualny status nieznany). Od roku 2018 nowe projekty planowane wymieniane są w kategorii "Projekty na etapie prac studialnych", gdyż nierzadko w przypadku tych ostatnich jedyne dostępne informacje na ich temat pochodzą z doniesień prasowych, na które powołuje się Global CCS Institute (i innych doniesień prasowych znalezionych w Internecie).

Projekty polskie (przykłady; Załącznik A, zakładka „Projekty polskie”)

Dla porównania zestawiono dostępne informacje (odnośnie lokalizacji, statusu, rodzaju i parametrów instalacji wychwytu, transportu oraz opcji składowania) dotyczące planowanych w ostatniej dekadzie w Polsce 2 projektów demonstracyjnych (projekty PGE Bełchatów i PKE/ZAK Kędzierzyn; anulowane odpowiednio w roku 2013 i 2011) oraz, przykładowo, 1 planowanego projektu „CCS ready” (projekt PGE Opole – dwa nowe bloki energetyczne „CCS ready”).

Projekty pilotażowe pełnego łańcucha CCS (przykłady; Załącznik A, zakładka „Projekty pilotażowe”)

Ponadto, w ramach tematu zebrano i zestawiono (w oparciu o dostępne dane, w szczególności Global CCS Institute, CSLF, IEA, ETP ZEP, sieci naukowych, oraz publikacje i informacje prasowe) podstawowe informacje na temat 19 wybranych, realizowanych na świecie (aktualnie funkcjonujących lub na innych etapach realizacji, względnie niedawno zakończonych, w przypadku których prowadzony jest dalej monitoring, kontynuowanych lub przewidzianych do kontynuacji jako projekty w większej skali) projektów pilotażowych CCS/CCUS, w kolejności alfabetycznej:

- Arkalon CO2 Compression Facility (USA),
- Bonanza Bioenergy CCUS EOR (USA),
- Clean Energy Systems Carbon Negative Energy Plant - Central Valley (USA),
- Core Energy CO2-EOR (USA),

- Daqing Oil Field EOR Demonstration Project (*d. Datang Daqing CCS Project oraz CNPC Daqing Oil Field CO₂-EOR demonstration*) (Chiny),
- Drax bioenergy carbon capture pilot plant (Wielka Brytania),
- Guohua Jinjie CCS Full Chain Demonstration (Chiny),
- Hydrogen Energy Supply Chain (HESC) project (Australia),
- Jingbian CCS Project / Jingbian Qiaojiawa pilot test (Chiny),
- Karamay Dunhua Oil Technology CCUS EOR Demonstration-Scale Facility (*d. Xinjiang Dunhua/Petrochemical Dunhua Methanol Plant*) (Chiny),
- Mikawa Post Combustion Capture Demonstration Plant (Japonia),
- Osaki CoolGen Project (Japonia).
- PCS Nitrogen (USA),
- PetroChina Changqing Oilfield EOR CCUS (*d. CNPC Changqing Oil Field Demonstration-Scale Facility*) (Chiny),
- Red Trail Energy BECCS Project (USA),
- Sinopec Zhongyuan Carbon Capture Utilization and Storage Pilot Project (Chiny),
- Tomakomai CCS demonstration pilot project (Japonia),
- Total Lacq CCS Project / Lacq Basin CCS Pilot Project (Francja),
- Wuqi Yougou pilot test (Chiny),

W powyższym zestawieniu najliczniej reprezentowane są projekty chińskie i amerykańskie (7 i 6 z 19), w których stosowane są rozmaite technologie wychwytu, zaś wśród opcji składowania przeważa EOR (druga w opcja Chinach i USA to formacje solankowe na lądzie). W dwóch spośród projektów chińskich (Jingbian CCS Project i Wuqi Yougou pilot test) prowadzono zatłaczanie do tego samego, dużego złoża ropy naftowej (do różnych pól w obrębie tego złoża), przy czym dostępna lokalizacja obu projektów odnosi się do instalacji wychwytu położonych w tym samym mieście i tym samym zakładzie przemysłowym (gazyfikacja węgla kamiennego). Pozostałe projekty chińskie funkcjonują w ramach zakładów petrochemicznych, elektrowni i instalacji przetwarzania gazu. Pilotażowe projekty amerykańskie są na ogół stosunkowo duże (jak na projekty pilotażowe) i oparte na sprawdzonych technologiach (w praktyce są to nieduże projekty komercyjne w skali pilotażowej), w tym dominuje produkcja biopaliw (etanol, biogaz) z zastosowaniem technologii CCS, co daje przedsięwzięcia o ujemnej emisji dwutlenku węgla, gdyż zamiast emisji CO₂ ze spalania paliw kopalnych mamy wychwytywanie i składowanie dwutlenku

węgla wytworzonego z (fermentacji i/lub spalania) biomasy (BECCS, bioenergia wraz z CCS); wyjątkiem jest tu projekt oczyszczania gazu ziemnego wydobywanego z formacji łupkowych z niepożądanych domieszek CO₂ (a to również sprawdzona technologia).

Z trzech projektów japońskich aktualnie funkcjonuje jeden (Tomakomai CCS demonstration pilot project), gdzie opcją składowania są formacje solankowe pod dnem morza, a dwa pozostałe są w trakcie uruchamiania i nie podano dla nich informacji dotyczących opcji składowania. Projekt francuski (Total Lacq CCS Project) obejmował zatłaczanie dwutlenku węgla do szczypanego złoża gazu ziemnego – aktualnie prowadzi się tam monitoring środowiskowy po zakończeniu zatłaczania. Projekt brytyjski (Drax bioenergy carbon capture pilot plant) ma przetestować rozwiązania technologiczne dla projektu demonstracyjnego przewidzianego w tej samej lokalizacji, analogicznie znajdujący się na wczesnym etapie realizacji projekt australijski (Hydrogen Energy Supply Chain) ma być wstępem do projektu komercyjnego.

Projekty CO₂-EOR w Ameryce Północnej

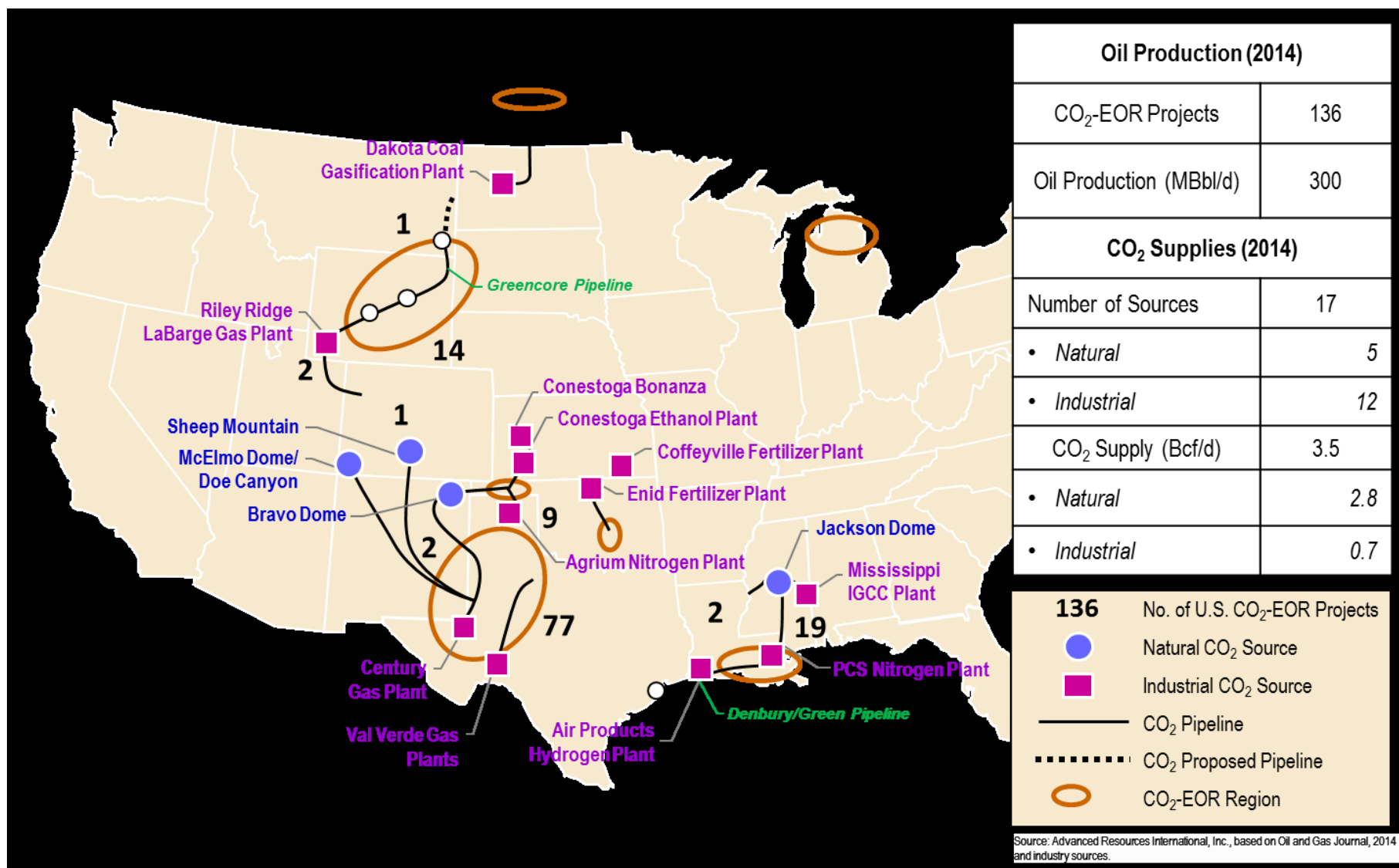
Dokonano także, dla porównania, inwentaryzacji informacji na temat projektów CCUS (CO₂-EOR) wykorzystujących CO₂ z „naturalnych” składowisk (złóż).

Według raportu DOE/NETL-2014/1681 z kwietnia 2015 roku (Wallace i in., 2015), w USA oraz w części przyległego obszaru Kanady istnieje sieć (50) rurociągów o łącznej długości około 7300 km, służących do transportu dwutlenku węgla (około 68 mln ton rocznie), budowanych sukcesywnie od pierwszej połowy lat 70 ubiegłego wieku. Sieć ta służy głównie do dostarczania dwutlenku węgla do złóż ropy dla wspomagania wydobywania (CO₂-EOR; **Rys. 1.1**).

Około 97% dwutlenku węgla transportowanego ww. rurociągami jest wykorzystywane do wspomagania wydobywania ropy naftowej (Eppink i in., 2014). W 2014 roku około 78% transportowanego tą siecią CO₂ pochodziło z pięciu dużych naturalnych „składowisk” (złóż), z których każde zawierało pierwotnie setki milionów ton dwutlenku węgla: Bravo Dome, Jackson Dome, McElmo Dome/Doe Canyon i Sheep Mountain (Edwards i Celia, 2018; Melzer, 2012; Wallace i in., 2015). Pozostałe 22% pochodziło z instalacji CCS/CCUS (w ostatnich latach, po oddaniu do użytku kolejnych instalacji CCS/CCUS, udział ten zwiększył się o dalsze kilka procent, tzn. obecnie wynosi blisko 30%; strona [www Global CCS Institute](http://www.GlobalCCSInstitute.org)). To ostatnie (instalacje CCS/CCUS) obejmuje pozyskiwanie CO₂ ze strumienia zawierającego metan, dwutlenek węgla i siarkowodór, pochodzącego ze złóż gazu ziemnego/CO₂ położonych na obszarze stanu Wyoming (złoża Big Piney – LaBarge oraz Madden; instalacje Shute Creek Gas Processing Plant i Lost Cabin Gas Plant) i w

południowo-zachodniej części stanu Teksas (basen Val Verde; instalacja Terrell Natural Gas Processing Plant) (Eppink i in., 2014), jak również wychwytywanie CO₂ w pozostałych instalacjach przemysłowych (produkcja nawozów sztucznych, produkcja paliw syntetycznych, produkcja wodoru, elektrownie i rafinerie; strona www [Global CCS Institute](http://www.GlobalCCSInstitute.org)). W związku z postępującym rozwojem technologii CCS/CCUS w USA, wspieranym przez politykę rządu i zachęty finansowe na szczeblu federalnym, planowana jest rozbudowa sieci transportu dwutlenku węgla w centralnej części USA, włączająca do niej liczne biorafinerie etanolu i inne zakłady przemysłowe emitujące około 40 mln ton CO₂ rocznie (Edwards i Celia, 2018). Ma to polegać na poszerzeniu istniejącej sieci rurociągów zlokalizowanych w stanach Wyoming i Teksas (**Rys. 1.1**) o około 2000 km w kierunku na północny wschód, przy czym łączna długość wszystkich nowych rurociągów (transportujących strumień dwutlenku węgla z rozpatrywanych instalacji przemysłowych oraz „pnia” zbierającego i integrującego to wszystko z istniejącą siecią transportową) ma wynieść około 7000 km. Oznaczałoby to podwojenie długości sieci transportowej dwutlenku węgla w Ameryce Północnej, do około 14 000 km (Edwards i Celia, 2018).

Zatłaczanie CO₂ do 136 złóż ropy w USA i Kanadzie pozwalało uzyskać dodatkową produkcję ropy naftowej wynoszącą około **17,4 mln m³** rocznie (300 tys. baryłek ropy dziennie; **Rys. 1.1**), a więc około połowy całkowitego zużycia ropy w Polsce (wg GUS, 2019, w roku 2018 zużycie ropy naftowej w Polsce, tzn. import + wydobywanie, wynosiło około 27 mln ton przy przeliczeniu na standardową wartość opałową; przyjmując gęstość ropy w przedziale 0,8÷0,9 t/m³, otrzymujemy 30-34 mln m³).



Rys. 1.1 Infrastruktura przesyłowa i produkcyjna CO₂-EOR w USA (oraz w Kanadzie; za Wallace i in., 2015).

1.2 Wykonanie (i aktualizacja) aplikacji GIS/WebGIS

Opracowywano dwie warstwy numeryczne GIS zawierające m.in.: lokalizację, status, typ i parametry (w miarę dostępności informacji) aktualnie realizowanych, tzn. docelowo według stanu na koniec 2020 roku, dużych projektów CCS/CCUS (demonstracyjnych i komercyjnych) oraz wybranych projektów pilotażowych (**Rys. 1.2 a i b**). Te podstawowe informacje dotyczące aktualnie realizowanych (aktywnych) projektów, wybrane z bazy projektów CCS (**Załącznik A**), zawarte są w następujących polach warstw numerycznych:

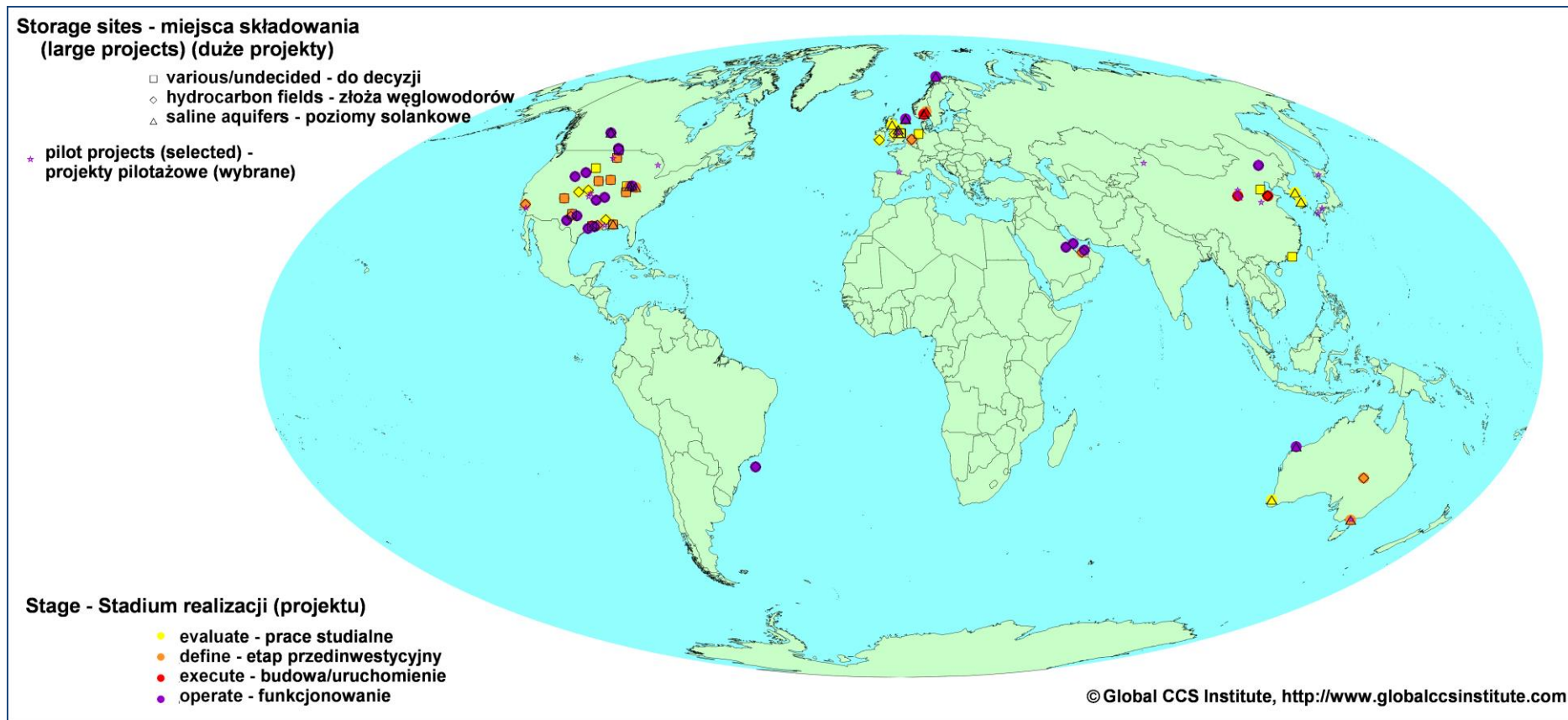
- NAZWA (nazwa projektu CCS/CCUS);
- STATUS (status/stopień zaawansowania projektu CCS/CCUS);
- OPCJA (opcja składowania, kod);
- MTCO2_ROK (roczna ilość wychwytywanego CO₂, mln ton);
- ROKUR (rok uruchomienia – faktyczny lub planowany);
- INSTALACJA (rodzaj zakładu przemysłowego/emitenta);
- WYCHWYT (rodzaj instalacji wychwytu);
- WYEMCO2 (% wychwytywanej emisji CO₂);
- SKSTRUM (skład strumienia);
- TRANSPORT (sposób i parametry transportu);
- SKLADOW (opcja składowania, opisowo).

Warstwy obejmujące projekty CCS/CCUS (tzn. demonstracyjne, komercyjne i pilotażowe) zostały wykorzystane w aplikacji GIS/WebGIS. W wersji *offline* aplikacja ta została opracowana jako projekt programu GIS (**Rys. 1.2 b**), natomiast wersja (finalna) *online* (na stronie niniejszego projektu; <http://skladowanie.pgi.gov.pl/ccsww/map/gis/>) wykorzystuje bibliotekę OpenLayers. Była ona sukcesywnie aktualizowana, tzn. docelowo według stanu na koniec 2020 roku. Ponadto zachowano na stronie niniejszego projektu wersję aplikacji *online*, opracowaną w ramach I etapu niniejszego przedsięwzięcia z wykorzystaniem serwisu Google Maps (projekty demonstracyjne i komercyjne oraz najbardziej podstawowe informacje dla tych projektów), która przedstawia stan na koniec 2017 roku. Porównanie obu aplikacji daje pojęcie co do postępów w zakresie wdrażania technologii CCS/CCUS na świecie w ciągu ostatnich 3 lat.

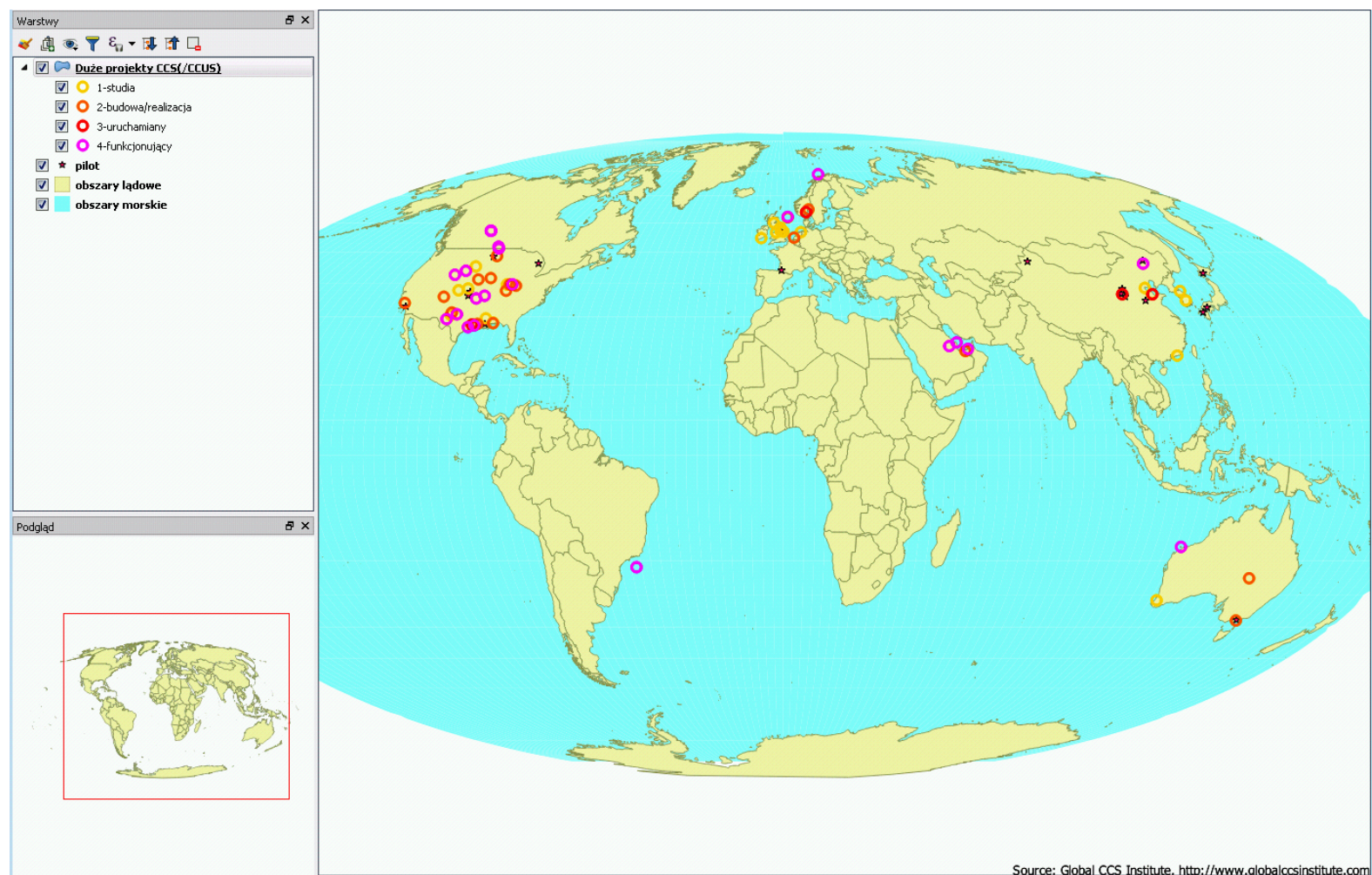
Aplikacja (*online*) GIS/WebGIS jest dostępna na stronie www projektu KAPSCO2 (<http://skladowanie.pgi.gov.pl/twiki/bin/view/KAPS/WebHome>; alternatywnie można wpisać w wyszukiwarce słowo kluczowe „KAPSCO2”) oraz zarchiwizowana na DVD (*offline*; projekt

programu Quantum GIS - należy pobrać i zainstalować aktualną wersję ze strony [www programu Quantum GIS](http://www.qgis.org/), katalog z warstwami numerycznymi (ccsww) skopiować na dysk C: komputera, a następnie kliknąć plik *world3.qgs*).

a)



b)



Rys. 1.2 Projekty CCS/CCUS aktualnie realizowane na świecie – stan na koniec 2020 roku (a - mapa przeglądowa; b - atrybuty warstwy numerycznej dla przykładowego projektu; koła oznaczają duże projekty, gwiazdki – projekty pilotażowe).