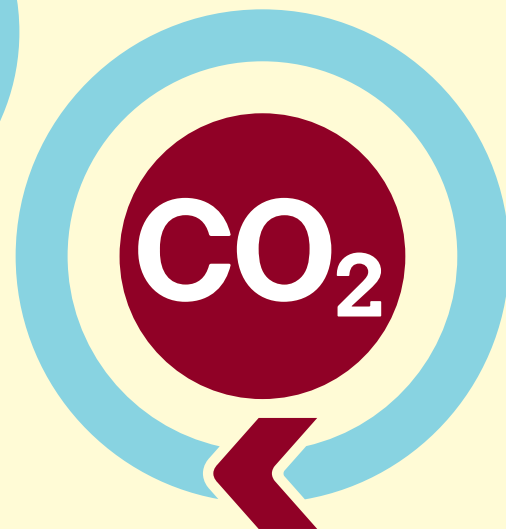
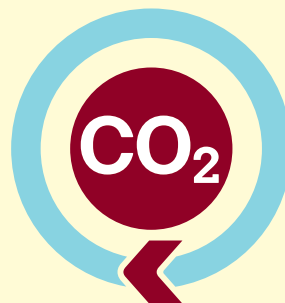
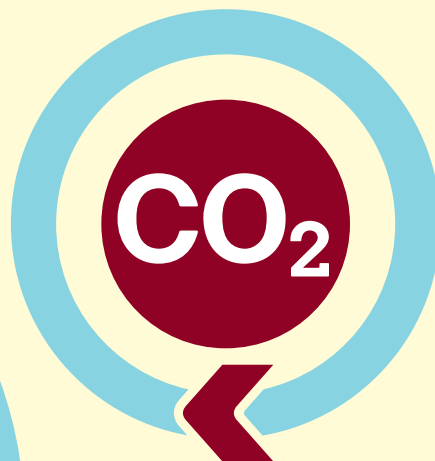
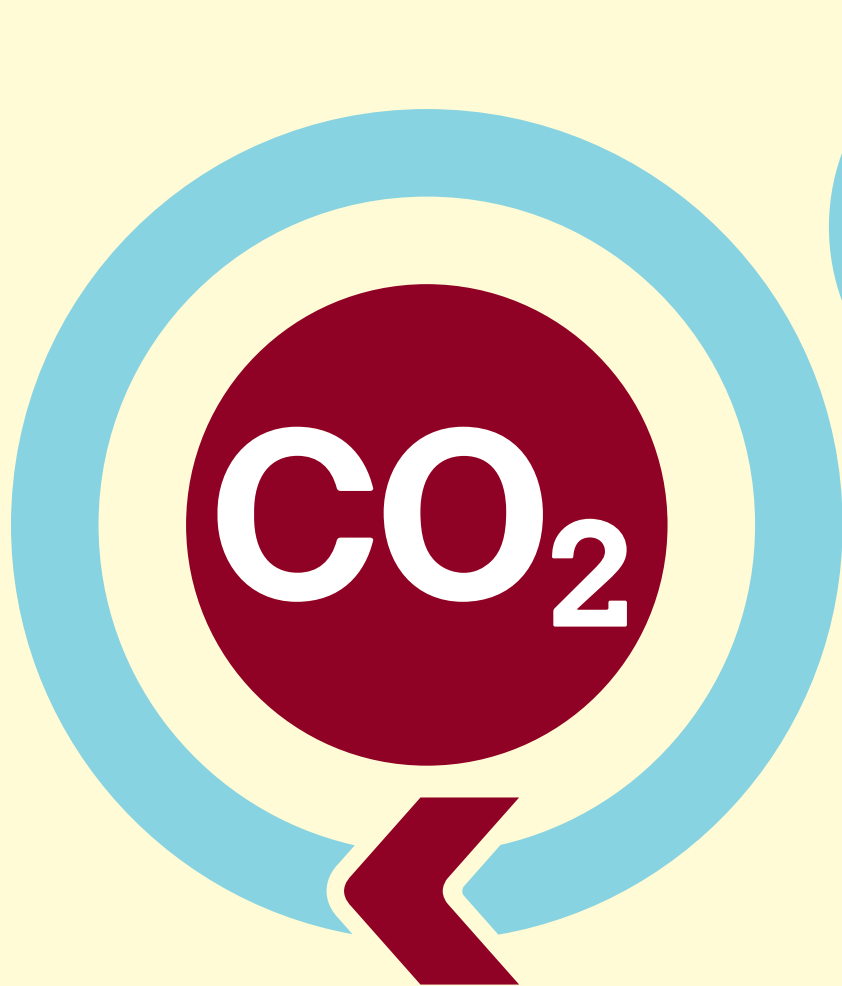




2012
KALENDARZ

Kalendarz został opracowany przez IGSMiE w ramach prac konsorcjum (PIG-PIB – lider, AGH, GIG, INiG, IGSMiE PAN i PBG) realizującego Krajowy Program „Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania”, na zlecenie Ministerstwa Środowiska, finansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

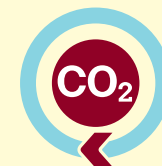


Materiały do kalendarza zostały opracowane w IGSMiE PAN w zespole:
dr hab. inż. Radosław Tarkowski, prof. IGSMiE PAN, mgr inż. Katarzyna Batkiewicz, mgr inż. Aleksandra Kutymba, dr inż. Wiesław Sroczyński, dr inż. Magdalena Wdowin,
akwarele wykonał Tomasz Trzupek



Redakcja i adaptacja kalendarza została wykonana przez PIG-PIB w zespole:
dr inż. Adam Wójcicki, mgr Anna Majewska, mgr Kamila Janus, mgr Dorota Obarowska, dr hab. Grzegorz Pieńkowski, prof. nadzw. PIG-PIB

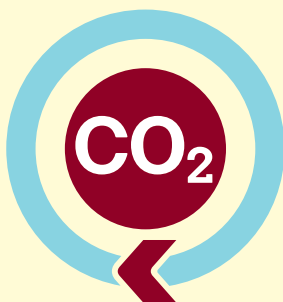




Dwutlenek węgla jest gazem cieplarnianym powodującym globalne ocieplenie

Czym jest globalne ocieplenie i jakie są jego skutki?

Globalne ocieplenie polega na wzroście średniej temperatury na powierzchni Ziemi. Następuje przesunięcie stref klimatycznych, stopowienie i pustynnienie lądów, topnienie lodowców, wzrost poziomu oceanu światowego i zatapianie nisko położonych lądów. Dalsze negatywne skutki to katastrofalne huragany, susze lub w innych rejonach powódzie, pożary i spadek bioróżnorodności. Zwierzęta zaczynają migrować, obszary występowania roślin przesuwają się ku obszarom chłodniejszym, a rafy koralowe wymierają.

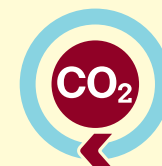


Jaki wpływ ma dwutlenek węgla na globalne ocieplenie?

Wyniki badań klimatologicznych współczesnych i dotyczących przeszłości geologicznej wskazują, że dwutlenek węgla (CO₂) należy do związków chemicznych, które przyczyniają się do globalnego ocieplenia klimatu. Obecnie w znacznej mierze za wzrost koncentracji tego gazu w atmosferze jest odpowiedzialny człowiek. Od początku ery przemysłowej, czyli przez ostatnie 160 lat, koncentracja antropogenicznego CO₂ w atmosferze wzrosła prawie o 1/3, głównie w wyniku spalania paliw kopalnych (węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny) w celu pozyskania energii elektrycznej i energii cieplnej, w procesach przemysłowych oraz w transporcie.

Niezbędne jest podjęcie natychmiastowych działań, mających na celu zatrzymanie wzrostu stężenia CO₂ w atmosferze – wynoszącego obecnie 0,0387% – przed wzrostem do krytycznego poziomu 0,045%. Światowi eksperci są zgodni, że powyżej tego poziomu poważne konsekwencje dla całego środowiska mogą być już nieodwracalne.

Styczeń 2012



Dwutlenek węgla
jest gazem cieplarnianym
powodującym globalne ocieplenie

Styczeń

Poniedziałek Wtorek Środa Czwartek Piątek Sobota Niedziela

						1
2	3	4	5	6 <i>Trzech Króli</i>	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

2012

Człowiek zakłóca naturalny obieg dwutlenku węgla w przyrodzie



Skąd się bierze dwutlenek węgla w atmosferze?

Dwutlenek węgla jest naturalną substancją występującą w powietrzu, niezbędną do życia. Ludzie i zwierzęta w procesie oddychania wdychają tlen, a wydychają dwutlenek węgla. Równowagę między tymi gazami zapewniają mikroorganizmy (sinice, glony) oraz rośliny zielone, które w ciągu dnia absorbują CO_2 w procesie fotosyntezy, w zamian oddając do atmosfery tlen. Dwutlenek węgla, jako jeden z gazów cieplarnianych obecnych w atmosferze (obok pary wodnej i metanu), zatrzymuje ciepło pochodzące z promieniowania słonecznego. Zwykle utrzymuje tyle ciepła, ile jest niezbędne do dalszego normalnego funkcjonowania życia na Ziemi. Spalanie paliw kopalnych (ropa naftowa, gaz ziemny, węgiel) w celu pozyskania energii elektrycznej, energii cieplnej, do celów przemysłowych i dla transportu powoduje jednak przyspieszony, nadmierny wzrost stężenia CO_2 w atmosferze, powyżej poziomu naturalnego, przyczyniając się do globalnych zmian klimatu.

Czy istnieją naturalne podziemne nagromadzenia dwutlenku węgla?

Dwutlenek węgla występuje w warunkach naturalnych pod ziemią w wielu miejscach, w postaci czystej lub w złożach, jako mieszanina z naturalnym gazem lub ropą, a także jest rozpuszczony w wodzie. W wielu formacjach geologicznych CO_2 jest naturalnie uwięziony i przez dziesiątki milionów lat nie zanotowano jego wycieków. Przykładem jest złożo Sleipner w Norwegii, gdzie eksploatuje się gaz ziemny z zawartością CO_2 wynoszącą 8–9%, a także złożo Borzęcin w Polsce, gdzie eksploatowany jest gaz ziemny o zawartości 0,35% CO_2 .

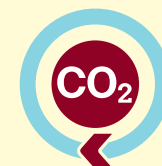
Czy istnieją naturalne wycieki dwutlenku węgla?

Zdarzają się sytuacje, kiedy CO_2 w sposób naturalny przemieszcza się ku powierzchni ziemi. Wówczas dwutlenek węgla częściowo rozpuszcza się w wodach podziemnych, częściowo zaś przenika do powietrza glebowego, tworząc lokalne ekshalacje. Na takich obszarach często są lokalizowane uzdrowiska, w których występują źródła naturalnie gazowanych wód mineralnych, nazywanych szczawami.

W Polsce najwięcej szczaw występuje w pasie o długości 60 km i szerokości 20 km ciągnącym się wzdłuż granicy ze Słowacją od Łomnicy Zdrój po Wysową. Pomiędzy Wysową a Łomnicą spotyka się również „suche” wycieki CO_2 . Obecnie znane są ekshalacje w: Wysowej, Tyliczu, Krynicy, Powroźniku, Jastrzębiku, Złockiem, Miliku i Łomnicy Zdroju. Pomiędzy Jastrzębikiem a Złockiem występuje największa z nich – mofeta im. Henryka Świdzińskiego, uznana za pomnik przyrody. Ilość ulatniającego się tam gazu wynosi około 15 tys. $\text{m}^3/\text{dobę}$, co teoretycznie mogłoby stwarzać zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi mieszkających w okolicznych wioskach, jednak takiego zagrożenia nie stwierdzono. Atrakcję stanowią „bulgotki” – miejsca wyraźnego i bardzo efektywnego bulgotania, czyli wypływu szczaw, z których wydziela się gazowy dwutlenek węgla.

W przeciwieństwie do tlenku węgla (CO) dwutlenek węgla nie jest gazem trującym – groźny staje się wtedy, kiedy jego stężenie w otoczeniu nadmiernie wzrasta i zaczyna brakować tlenu. Taki sam „duszący” efekt będzie wywoływało nadmierne stężenie każdego innego gazu, np. azotu czy gazów szlachetnych.

Luty 2012



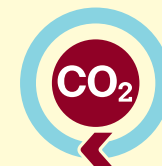
Człowiek zakłóca naturalny obieg dwutlenku węgla w przyrodzie



Luty

Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29				

2012



Rozwój przemysłu powoduje wzrost zawartości dwutlenku węgla w atmosferze

Jakie są sposoby zmniejszania emisji dwutlenku węgla do atmosfery?

Najbardziej znanymi sposobami zmniejszania emisji CO₂ do atmosfery są:

- wzrost wydajności spalania paliw kopalnych;
- zastąpienie węgla innym paliwem, np. gazem ziemnym, emitującym podczas spalania znacznie mniej CO₂;
- większe wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (ogniw słonecznych, elektrowni wiatrowych i geotermii);
- sekwestracja dwutlenku węgla.

Co to jest sekwestracja dwutlenku węgla?

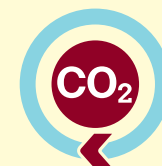
Sekwestracja dwutlenku węgla to wychwytywanie i bezpieczne składowanie CO₂, który w innym przypadku byłby wyemitowany do atmosfery. Pod tym terminem rozumie się czynności związane z wychwytywaniem i oddzielaniem CO₂, jego transportem oraz podziemnym składowaniem. Przyjęta definicja sekwestracji odpowiada znaczeniu *Carbon Capture and Storage* (CCS) w literaturze anglojęzycznej.

Po co składujemy dwutlenek węgla pod powierzchnią ziemi?

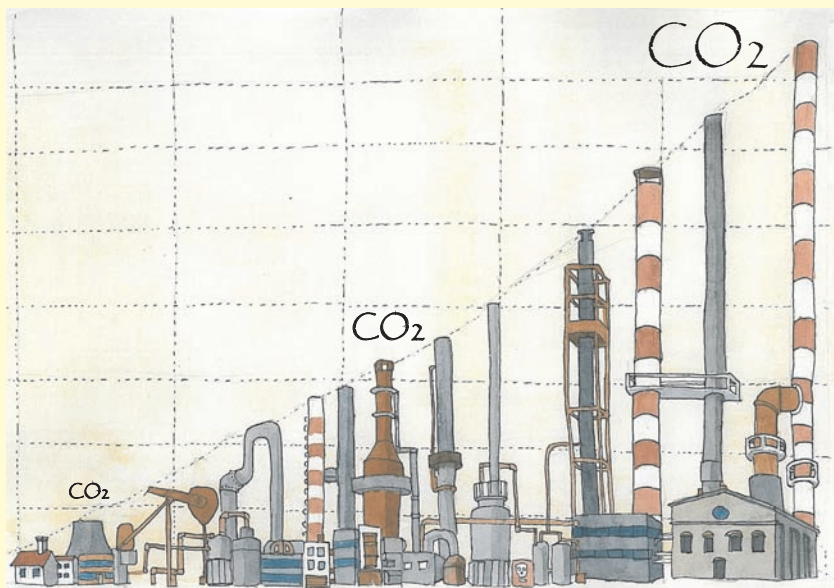
Powszechnie wiadomo, że działalność człowieka zaburza cykl obiegu węgla na Ziemi. Przez ostatnie 160 lat spalanie paliw kopalnych (węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny) w celu pozyskania energii elektrycznej i energii cieplnej w procesach przemysłowych i transporcie sprawiło, że zwiększyła się ilość CO₂ emitowanego do atmosfery, przyczyniając się do zmian klimatu. Dlatego też należy przedsięwziąć poważne i natychmiastowe działania, umożliwiające powstrzymanie wzrostu stężenia CO₂ w atmosferze.

Wiadomo również, że świat, w którym żyjemy, jest bardzo uzależniony od paliw kopalnych, a nasza transformacja w społeczeństwo bazujące na przyjaznym dla środowiska (wolnym od emisji gazów cieplarnianych) źródle energii będzie wymagać czasu i znacznych nakładów finansowych. Najważniejszym z obecnie możliwych rozwiązań tego problemu może być sekwestracja CO₂ w głębokich formacjach geologicznych, która pozwoli na ograniczenie emisji tego gazu do atmosfery przy dalszym wykorzystywaniu dotychczasowego źródła energii, jakim są paliwa kopalne.

Marzec 2012



Rozwój przemysłu powoduje wzrost zawartości dwutlenku węgla w atmosferze

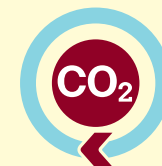


Marzec

Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

2012

Opinia społeczna odgrywa istotną rolę w działaniach związanych z podziemnym składowaniem dwutlenku węgla



Jaka jest opinia społeczna

dotycząca zmian klimatu oraz podziemnego składowania dwutlenku węgla?

Wszyscy są zgodni, że zmiany klimatyczne stanowią poważne zagrożenie dla ludzi i środowiska. W celu zapobieżenia tym zmianom, konieczne jest przedsięwzięcie odpowiednich środków zaradczych. Za najbardziej szkodliwe surowce wykorzystywane do produkcji energii, a jednocześnie powodujące największą emisję CO₂, uważa się: węgiel kamienny i brunatny oraz ropę naftową. Opinie dotyczące konieczności wprowadzenia natychmiastowych, kosztownych środków zapobiegawczych są już jednak podzielone. Społeczności lokalne odczuwają obawy związane z wdrażaniem nowych technologii tego typu. Takie reakcje społeczne mogą powodować zastój i opóźnienie w ich realizacji.

Opinia społeczeństwa odnośnie wdrażania podziemnego składowania CO₂ zależy od miejsca lokalizacji instalacji. Lokalizacja poza obszarem zamieszkania odbierana jest pozytywnie, natomiast w pobliżu siedzib ludzkich – negatywnie. Jest to spowodowane obawą, że technologia ta może mieć negatywny wpływ zarówno na ludzi i ich bezpieczeństwo, jak i na środowisko oraz że ryzyko związane z technologią CCS jest wyższe od korzyści jakie ona niesie.

Zaufanie społeczne odnośnie podziemnego składowania CO₂ mogą wesprzeć zwłaszcza te organizacje pozarządowe, które są świadome konieczności wprowadzenia zrównoważonych rozwiązań. Budowa zaufania społecznego to także rola rządu, samorządów i instytucji badawczych, posiadających niezbędną w tym zakresie wiedzę.

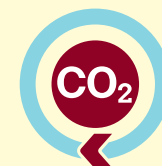
Jakie korzyści będzie niosło uruchomienie instalacji CCS w Polsce?

Uruchomienie instalacji CCS w Polsce będzie niosło za sobą wiele korzyści, takich jak:

- możliwość wykorzystywania paliw kopalnych z jednoczesnym ograniczeniem zmian klimatycznych (polska energetyka jest oparta w 90% na paliwach kopalnych);
- rozwój polskiej gospodarki – „czysta” technologia węglowa przyczyni się do zwiększenia zainteresowania realizacją kolejnych podobnych projektów w Polsce i Europie;
- zmniejszenie bezrobocia – powstaną nowe „zielone” miejsca pracy;
- rozwój wiedzy i umiejętności związanych z technologią CCS;
- wsparcie gminy przez inwestora, przede wszystkim w postaci znacznych korzyści finansowych wynikających z ustawowych opłat.

Dla kopalni węgla brunatnego w Bełchatowie jest realizowana instalacja CCS na skalę demonstracyjną, co umożliwi komercyjne upowszechnienie tej technologii w dużych blokach energetycznych opalanych paliwami kopalnymi.

Kwiecień 2012



Opinia społeczna odgrywa istotną rolę w działaniach związanych z podziemnym składowaniem dwutlenku węgla



Kwiecień

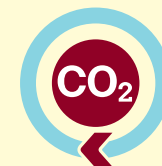
Poniedziałek Wtorek Środa Czwartek Piątek Sobota Niedziela

						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Wielkanoc

2012

Bezpieczeństwo podziemnego składowania dwutlenku węgla jest zapewnione regulacjami prawnymi



Czy istnieją uregulowania prawne dotyczące podziemnego składowania dwutlenku węgla?

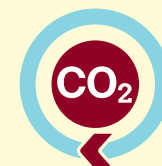
Przyjęcie przez UE zobowiązań dotyczących redukcji emisji dwutlenku węgla powstającego w procesie spalania paliw kopalnych, w celu ograniczenia efektu cieplarnianego oraz spowolnienia obserwowanych zmian klimatycznych na kuli ziemskiej, stanowiło przesłanie do ustanowienia dyrektywy 2009/31/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. (dyrektywa CCS). Dyrektywa CCS wyznacza ramy prawne do prowadzenia działalności w zakresie składowania CO₂ w górotworze, w tym w podziemnych wyrobiskach górniczych, przy założeniu, że stosowana technologia wychwytywania i składowania CO₂ będzie bezpieczna dla ludzi i środowiska.

Jak będą wyznaczone granice podziemnego składowiska dwutlenku węgla, kto będzie o tym decydował, w jakim trybie i kiedy?

Składowanie CO₂ w formacjach geologicznych odbywa się bezbiornikowo, przy wykorzystaniu takich procesów jak: wypełnianie porów i szczelin skalnych, wypieranie solanek, rozpuszczanie w płynach złożowych oraz chemiczne wiązanie CO₂ przez minerały i skały. Granice podziemnych składowisk są wyznaczone na podstawie przesłanek geologicznych. Obejmują one przestrzeń wykorzystywaną do geologicznego składowania CO₂ (warstwę naturalnie chłonną, tzw. warstwę zbiornikową), warstwy izolacyjne, a także

otaczające je obszary geologiczne, które mogą mieć wpływ na ogólną integralność i bezpieczeństwo składowania (tzw. drugorzędne formacje uszczelniające). Wymienione elementy środowiska geologicznego składają się na kompleks podziemnego składowania CO₂. Na powierzchni obszar składowiska CO₂ będą wyznaczały granice obszaru górniczego, w obrębie którego przedsiębiorca będzie uprawniony do podziemnego składowania CO₂ oraz do prowadzenia niezbędnych robót górniczych. Zgodnie z obowiązującym prawem, unijnym i krajowym, zarówno poszukiwanie lokalizacji składowiska CO₂, jak też jego podziemne składowanie wymaga uzyskania pozwolenia – w Polsce jest to koncesja Ministra Środowiska. Wniosek o udzielenie koncesji na podziemne składowanie CO₂ musi zawierać m.in.: opis składowiska wraz z kompleksem podziemnego składowania CO₂ oraz projektowane położenie obszaru górniczego i terenu górniczego, przedstawione zgodnie z wymaganiami dotyczącymi map górniczych, z zaznaczeniem granic podziału terytorialnego kraju.

Maj 2012



Bezpieczeństwo podziemnego składowania dwutlenku węgla jest zapewnione regulacjami prawnymi

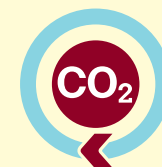


Maj

Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
	1 Święto Pracy	2	3 Święto Konstytucji	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27 Zielone Świątki
28	29	30	31			

2012

Aby pozbyć się nadmiaru dwutlenku węgla z atmosfery, należy...



Na czym polega technologia CCS?

Dwutlenek węgla przeznaczony do geologicznego składowania pochodzi z obiektów przemysłowych, które emitują go w ogromnych ilościach (ze spalania węgla lub oleju opałowego). Do takich obiektów zaliczają się: elektrownie, rafinerie, zakłady przetwarzające gaz ziemny, produkujące amoniak, cement, wodór i etylen oraz żelazo i stal. Tam w specjalnych instalacjach przebiega proces wychwytywania CO₂. Następnie CO₂ jest transportowany do miejsca składowania, najlepiej rurociągami, ewentualnie cysternami samochodowymi (bądź tankowcami morskimi lub rzecznyymi). Dwutlenek węgla przeznaczony do transportu jest poddawany działaniu wysokiego ciśnienia, co zapewnia jego kompresję, a więc wyraźny spadek jego objętości, pozwalający na jednorazowy przewóz dużej ilości tego gazu. Po dostarczeniu na miejsce składowania, CO₂ jest zatłaczany pod wysokim ciśnieniem do górotworu, do głębokich formacji geologicznych.

W jaki sposób odbywa się wychwytywanie dwutlenku węgla?

Średnia zawartość CO₂ w gazach spalinowych w tradycyjnych elektrowniach wynosi 10–14%. Tylko nieliczne zakłady przemysłowe emitują czysty dwutlenek węgla. Dlatego, aby rozpatrywać podziemne składowanie, należy najpierw oddzielić i wychwycić CO₂ z emitowanego gazu. Należy odrzucić często spotykany mit, że pod ziemią zatłaczane

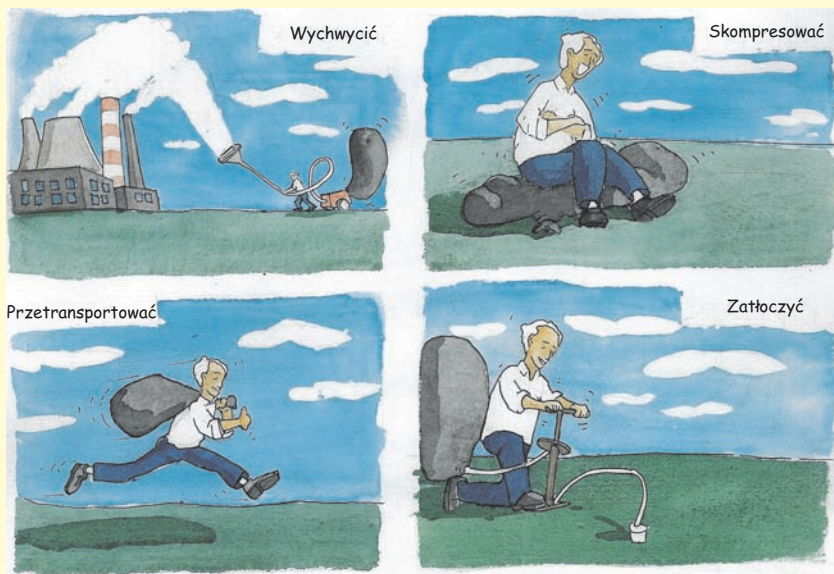
są „spaliny” – dlatego wprowadzono technologię wychwytu stanowiącą ogromną większość kosztów całej technologii CCS, aby otrzymać skoncentrowany strumień CO₂ (o zawartości większej bądź równej 95%):

- **Wychwytywanie po spalaniu**, polegające na usuwaniu CO₂ ze spalin. Aby stosować tę technologię, należy zastąpić komin wieżą absorpcyjną, w której spaliny wchodzą w kontakt z substancjami absorbującymi CO₂. Następnie ogrzanie w innym urządzeniu (regeneratorze) powoduje uwolnienie stężonego CO₂ i regenerację absorbentu.
- **Wychwytywanie przed spalaniem** – eliminuje powstanie CO₂ w trakcie typowego spalania. Paliwo poddaje się odpowiedniej reakcji, w wyniku której powstaje CO i H₂ (gaz syntezowy). W obecności pary wodnej CO zostaje przekształcone w CO₂, w wyniku czego powstaje CO₂ i H₂. Dwutlenek węgla jest oddzielany od gazów w jednostce wychwytywania, a wodór jest kierowany do turbiny gazowej, która wytwarza prąd elektryczny.
- **Tlenowe spalanie węgla** polega na wykorzystaniu do spalania powietrza wzbogaconego w tlen, poprzez wcześniejsze usunięcie z niego azotu. Dzięki temu powstaje łatwa do dalszego rozdzielania mieszanina CO₂ i pary wodnej.

Czerwiec 2012



Aby pozbyć się nadmiaru dwutlenku węgla z atmosfery,
należy...

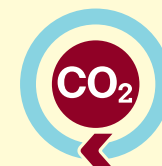


Czerwiec

Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
				1	2	3
4	5	6	7 <i>Boże Ciało</i>	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

2012

Najlepsze miejsca do składowania dwutlenku węgla



Gdzie pod ziemią możemy składować dwutlenek węgla?

Dwutlenek węgla pod ziemią może być składowany:

- w złożach ropy naftowej i gazu ziemnego (w wyeksploatowanych złożach, bądź może być wykorzystywany do zwiększenia wydobywania);
- w głębokich formacjach skalnych zawierających wody solankowe;
- w głębokich nieeksploatowanych pokładach węgla.

W złożach ropy naftowej i gazu ziemnego

W szczerpanych złożach ropy i gazu CO₂ wypełnia w skałach pory, które niegdyś były w sposób naturalny wypełnione tymi węglowodorami. Najlepiej, aby złoża ropy i gazu były wykorzystywane do składowania CO₂ zaraz po lub krótko przed ich szczerpaniem, ponieważ w niektórych przypadkach zatłaczanie CO₂ może się przyczynić do dodatkowego odzysku tych kopalin. W praktyce zabieg ten jest nazywany intensyfikacją wydobywania ropy naftowej lub gazu *Enhanced Oil Recovery* (EOR) i *Enhanced Gas Recovery* (EGR). EOR poprzez zatłaczanie CO₂ jest obecnie stosowane w niektórych złożach ropy, które są eksploatowane już nawet od ponad 30 lat. Wzrost produkcji ropy lub gazu może zrównoważyć koszty wychwytywania i składowania dwutlenku węgla.

Naturalne pułapki utrzymywały w złożu ropę naftową, gaz ziemny lub wodę przez miliony lat, podobnie będą utrzymywać zatłoczony CO₂. Warunki geologiczne tych złóż zostały dokładnie poznane. W dodatku przemysł naftowy używa na szeroką skalę doładnych modeli komputerowych podziemnego zachowania kopalin w złożu. Niektóre modele już przystosowano do projektów dotyczących zatłaczania dwutlenku węgla.

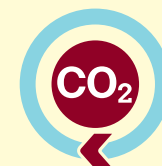
W głębokich formacjach skalnych zawierających wody solankowe

Są to struktury geologiczne w obrębie porowatych skał zawierających solankę, czyli wodę, która jest nieużyteczna ze względu na wysoką mineralizację. Takie formacje powszechnie występują na całym świecie, nie tylko na obszarach o znaczącej produkcji ropy czy gazu. Formacje te spełniają wszystkie konieczne kryteria, aby zapewnić skuteczne uwięzienie dwutlenku węgla. Zatłoczony CO₂ ma kontakt z płynem występującym pierwotnie w danej skale przeznaczonej do składowania, z czasem rozpuszcza się w solance, może też podlegać reakcjom chemicznym z otaczającymi skałami. Głębokie poziomy wód solankowych mają potencjalnie największą pojemność składowania dwutlenku węgla.

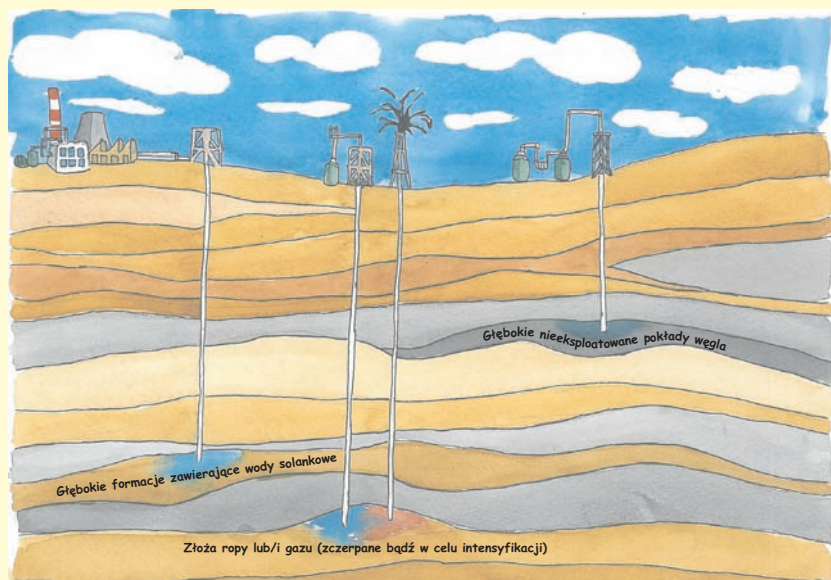
W głębokich nieeksploatowanych pokładach węgla

Dwutlenek węgla może „wchodzić” w bardzo małe przestrzenie, zwane mikroporami, wewnątrz struktury węgla. Dwutlenek węgla, który wszedł w strukturę węgla jest związany tak mocno, że pozostanie na miejscu nawet bez obecności szczelnych skał nadkładu. Węgiel zwykle zawiera w swojej strukturze metan uwięziony w mikroporach, który w niektórych przypadkach może zostać zastąpiony przez CO₂. W takim przypadku wyparty metan może być odzyskany i wykorzystany jako paliwo. Jest to metoda eksploatacji metanu nazywana wykorzystaniem CO₂ do zwiększenia odzysku metanu z pokładów węgla (*Enhanced Coal Bed Methane* ECBM).

Lipiec 2012



Najlepsze miejsca do składowania dwutlenku węgla



Lipiec

Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

2012

Zatłaczany dwutlenek węgla zmniejsza swoją objętość



Na jaką głębokość będzie zatłaczany dwutlenek węgla?

Dwutlenek węgla będzie zatłaczany na głębokość powyżej 800 m, gdyż wtedy przechodzi w tzw. stan nadkrytyczny. To znaczy, że będzie miał właściwości cieczy, czyli bardzo dużą gęstość, ale nadal pozostanie gazem. Jego objętość zmniejszy się z 1000 m³ na powierzchni do ok. 3,8 m³ na głębokości 800 m i do 2,7 m³ na głębokości 2 km. Taka zmiana objętości sprawia, że geologiczne składowanie wielkich ilości CO₂ w warunkach panujących na dużych głębokościach jest niezwykle wydajne.

Co się dzieje z dwutlenkiem węgla zatłoczonym pod ziemię?

Dwutlenek węgla jest zatłaczany do odpowiedniej struktury geologicznej (pułapki) składającej się z porowatej skały zbiornikowej i przykrywającej ją skały uszczelniającej. CO₂ wypełnia przestrzeń porową skał, która w większości przypadków jest wypełniona solanką. Wraz z zatłoczeniem CO₂ zaczynają funkcjonować mechanizmy pułapkowania:

- gromadzenie CO₂ pod nieprzepuszczalnym nadkładem;
- rozpuszczanie CO₂ w solance;
- mineralizacja.

Gromadzenie CO₂ pod nieprzepuszczalnym nadkładem

Ponieważ CO₂ jest lżejszy od wody, po wtłoczeniu do struktury geologicznej wypełnionej solanką zaczyna się przemieszczać ku stropowi. Ruch ten zatrzymuje się,

kiedy CO₂ napotyka na nieprzepuszczalne warstwy skalne (skały uszczelniające), znajdujące się tuż powyżej skał, do których został zatłoczony. Skały nadające się do składowania CO₂ są zwykle oddzielone od powierzchni ziemi przez wiele dodatkowych warstw gęstych i nieprzepuszczalnych skał o dużej miąższości zwanych drugorzędnymi uszczelnieniami.

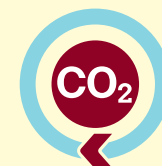
Rozpuszczanie CO₂ w solance

Po pewnym czasie większość zatłoczonego CO₂ rozpuści się w solance występującej w przestrzeni między porami w zbiorniku (tak jak np. cukier rozpuszcza się w wodzie i powstaje słodki napój). W wyniku tego woda zawierająca CO₂ stanie się cięższa od wody bez CO₂, co spowoduje jej migrację w dół. W ten sposób będzie zachodziło ciągłe odnawianie kontaktu pomiędzy solanką a dwutlenkiem węgla, co zwiększy ilość CO₂, który może zostać rozpuszczony w dużej przestrzeni.

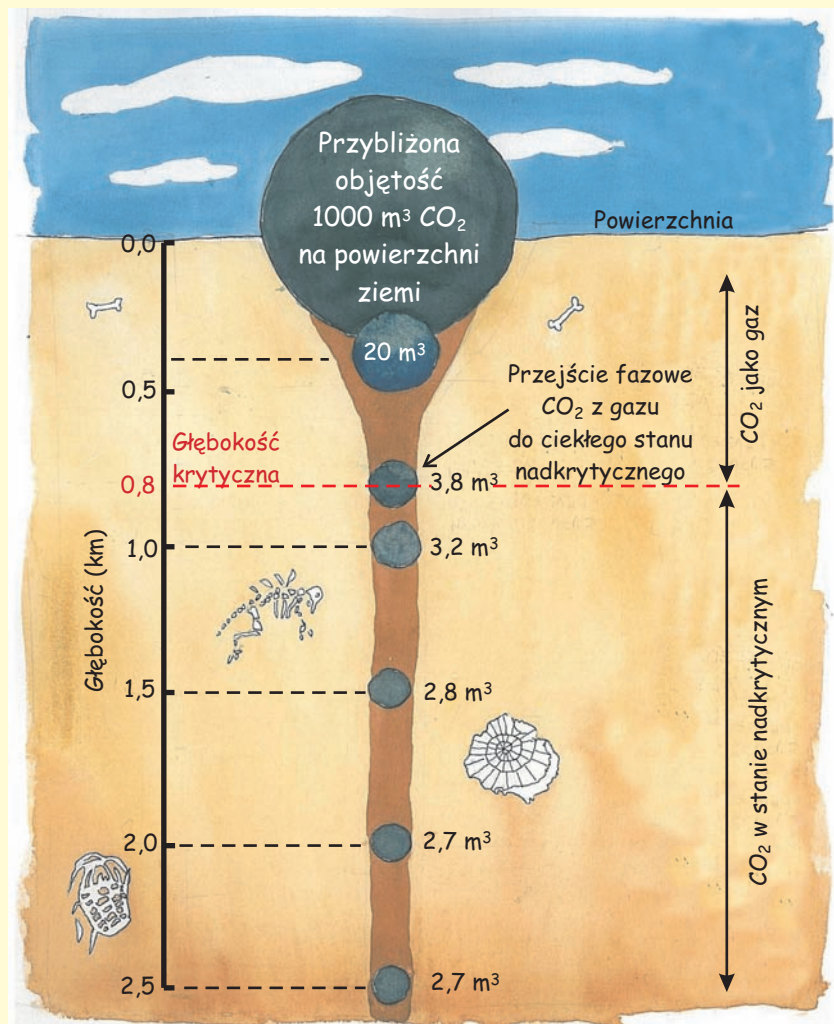
Mineralizacja

Dwutlenek węgla, szczególnie w połączeniu z solanką znajdującą się w zbiorniku, może reagować z minerałami budującymi skały, tworząc nowe minerały. Proces ten, potencjalnie zajmujący tysiące lat, znany jako mineralne pułapkowanie, zapewnia najtrwalszą formę pułapkowania.

Sierpień 2012



Zatłaczany dwutlenek węgla zmniejsza swoją objętość

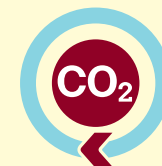


Sierpień

Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15 Wniebowzięcie NMP	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

2012

Sleipner w Norwegii – działająca instalacja zatłaczania dwutlenku węgla



Czy działają już jakieś instalacje zatłaczania dwutlenku węgla?

Na świecie istnieje już wiele dużej skali projektów demonstracyjnych geologicznego składowania CO₂, dzięki którym miliony ton tego gazu zostały już uwieszone pod powierzchnią ziemi. W wielu przypadkach CO₂ jest składowany od kilkunastu lat i nie odnotowano w tym czasie żadnych wycieków tego gazu na powierzchnię.

Przykładowe instalacje zatłaczania CO₂ do formacji geologicznych to:

- **Sleipner w Norwegii**, gdzie wydobywany jest gaz ziemny zawierający do 9% CO₂. Gaz jest oczyszczany, a oddzielony CO₂ jest wtłaczany do poziomu wodonośnego zawierającego solankę, zalegającego ponad złożem gazu. Od 1996 r. zatłaczanie CO₂ wynosi ok. 1 Mt/rok, a więc pod ziemią znalazło się tam już ponad 15 mln ton CO₂.
- **Weyburn w Kanadzie**, gdzie zatłacza się CO₂ w celu lepszego szczypania złoża ropy naftowej. Od 2000 r. do górotworu wprowadza się ok. 1,8 Mt/rok, a więc w sumie już ok. 20 mln ton CO₂, eksploatując dzięki temu dodatkowe miliony ton ropy.
- **In Salah w Algierii**, gdzie podobnie jak w Weyburn, zatłacza się dwutlenek węgla do poziomu wodonośnego solankowego, z tą różnicą, że poziom ten leży poniżej poziomu gazonośnego. Od 2004 r. wielkość zatłaczania CO₂ wynosi tam ok. 1 Mt/rok.

Istnieje również wiele projektów badawczych o mniejszej skali, gdzie zatłaczane są mniejsze ilości CO₂, na przykład w Ketzin koło Poczdamu w Niemczech. Jest tam przeprowadzany eksperyment zatłaczania dwutlenku węgla na lądzie do poziomu wodonośnego solankowego, na obszarze zamieszkałym. Do chwili obecnej zatłoczono tam ok. 45,5 tys. ton CO₂.

Inne projekty są w trakcie realizacji, powstaje także wiele nowych, które wkrótce będą wdrażane na całym świecie.

W przypadku naszego kraju jak dotąd są realizowane dwa przedsięwzięcia związane z zatłaczaniem CO₂ do głębokich formacji geologicznych:

- **Złoże Borzęcin**, gdzie od 1995 r. zatłacza się odpadowy gaz kwaśny (zawierający 60% CO₂ oraz siarkowodor i węglowodory), będący produktem oczyszczania eksploatowanego tu gazu ziemnego. Wtłaczany pod ziemię gaz kwaśny służy jednocześnie do wspomagania wydobycia gazu ziemnego (EGR). W Borzęcinie zatłoczono już w sumie kilka tysięcy ton gazów.
- **Kaniów**, gdzie przeprowadzono eksperyment zatłaczania CO₂ do głębokich, nieeksploatowanych pokładów węgla z uzyskiem metanu (ECBM). Wprowadzono tam do pokładów węgla ok. 700 ton CO₂, a obecnie prowadzi się monitoring produkcji metanu i oddziaływania na środowisko.

Wrzesień 2012

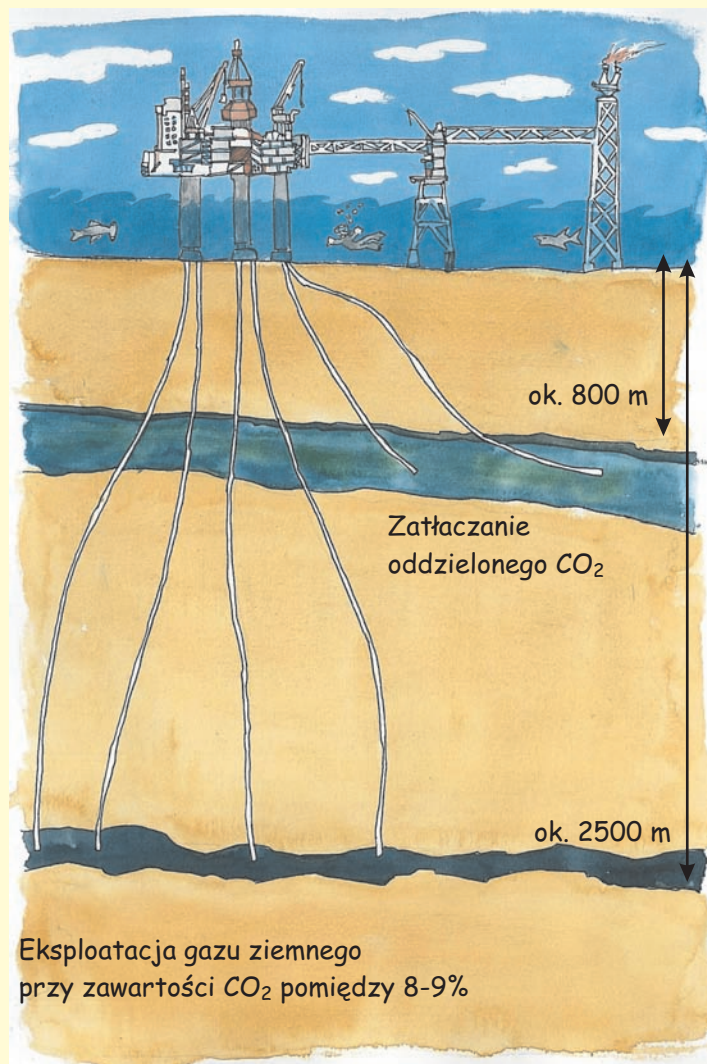


Sleipner w Norwegii – działająca instalacja zatlaczania dwutlenku węgla

Wrzesień

Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

2012



Szczegółowe analizy miejsc składowania dwutlenku węgla



Czy zatłoczony dwutlenek węgla pozostanie pod ziemią?

Dwutlenek węgla pozostanie pod powierzchnią ziemi, ponieważ będzie zatłaczany tylko i wyłącznie do struktur geologicznych, w których istnieją naturalne mechanizmy pułapkowania, czyli takie ułożenie nieprzepuszczalnych skał, które pozwala zatrzymać płyny (takie jak CO₂) migrujące ku górze (kształt odwróconego „do góry nogami” kielicha). Drogą, którą CO₂ może wyciec i kontynuować wędrówkę ku powierzchni, są uskoki w skałach nadkładu. Mogą to być także opuszczone głębokie otwory wiertnicze, zwykle wiercone w celu poszukiwania ropy naftowej i gazu ziemnego, które przebijają się do struktury przeznaczonej do składowania CO₂. Bardzo ważne jest więc, aby dokładnie rozpoznać warunki geologiczne miejsca przeznaczonego do składowania i zatłaczać CO₂ jedynie wtedy, gdy zostanie potwierdzony brak większych uskoków w skałach nadkładu oraz po zidentyfikowaniu i zabezpieczeniu znajdujących się tam starych otworów wiertniczych.

Jakie kryteria muszą być spełnione, aby zapewnić bezpieczeństwo składowania?

W celu zagwarantowania bezpieczeństwa podziemnego składowania CO₂ należy zapewnić odpowiednie warunki geologiczne, prawidłowy przebieg procesu zatłaczania oraz monitoring.

- **Odpowiednie warunki geologiczne** – budowa geologiczna potencjalnych składowisk musi być dokładnie przeanalizowana i scharakteryzowana, ponieważ tylko struktury o odpowiednich właściwościach geologicznych zostaną dopuszczone do składowania. Najważniejsze kryteria, które muszą zostać spełnione, to:
 - nieprzepuszczalny nadkład skał;

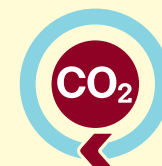
- brak uskoków i nieciągłości w strukturze przeznaczonej do składowania, a przede wszystkim w izolujących skałach nadkładu;
- odpowiednia przepuszczalność i porowatość skał zbiornikowych, w których będzie składowany CO₂;
- wystarczająca pojemność struktury do składowania;
- głębokość zapewniająca utrzymanie CO₂ w stanie nadkrytycznym;
- korzystny, antyklinalny kształt struktury – w rodzaju kopuły.

• **Prawidłowy proces zatłaczania:**

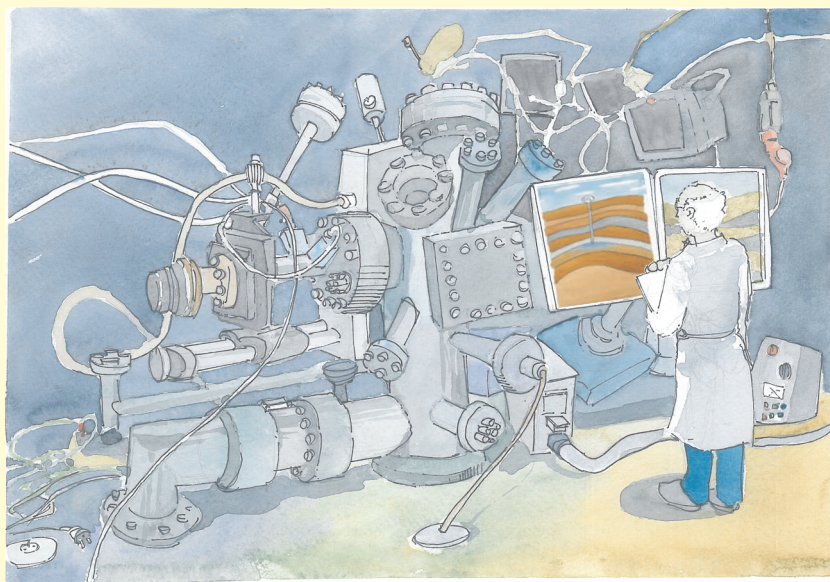
- ciągła kontrola ciśnienia zatłaczania, które powinno być utrzymywane poniżej ciśnienia szczelinowania, czyli ciśnienia wywołującego pękanie struktury skał;
- kontrola wydajności zatłaczania;
- zapewnienie szczelności otworu bądź otworów zatłaczających (także otworów, które nie służą do zatłaczania, ale znajdują się w obrębie struktury do składowania CO₂ – np. stare otwory wiertnicze).

- **Monitoring** – zatłaczanie CO₂ musi być właściwie monitorowane przed rozpoczęciem procesu, w trakcie i po jego zakończeniu. Musi ono uwzględniać:
 - monitorowanie podpowierzchniowego rozmieszczania się CO₂ (przy zastosowaniu gazów śladowych, użyciu próbników otworowych znajdujących się w otworach zatłaczających oraz technik sejsmicznych);
 - monitorowanie miejscowego wpływu na środowisko (jakość powietrza, oddziaływanie na biosferę – rośliny i zwierzęta).

Październik 2012



Szczegółowe analizy miejsc składowania dwutlenku węgla



Październik

Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

2012

Komputerowe modelowanie procesu składowania dwutlenku węgla



Skąd wiemy, co się dzieje z dwutlenkiem węgla zatłoczonym pod ziemię?

Nasza wiedza na temat procesów pułapkowania CO₂ pochodzi z czterech głównych źródeł. Są to:

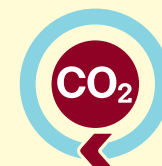
- **Pomiary laboratoryjne** – badania procesu mineralizacji, przepływu i rozpuszczania mogą być przeprowadzone na próbkach skalnych, dających wyobrażenie o krótkotrwałych procesach zachodzących na niewielką skalę.
- **Symulacje numeryczne** są wykorzystywane do przewidywania zachowania CO₂ w długim czasie, a pomiary laboratoryjne służą do ich kalibrowania.
- **Badania naturalnych zbiorników CO₂**, w których gaz ten (głównie pochodzenia wulkanicznego) został uwięziony pod ziemią na długi czas, często na wiele milionów lat. Miejsca te nazywane „naturalnymi odpowiednikami” dostarczają informacji na temat przyszłego zachowania się składowanych gazów i długoterminowych konsekwencji obecności CO₂ pod powierzchnią ziemi.
- **Monitorowanie istniejących demonstracyjnych projektów geologicznego składowania CO₂**, takich jak Sleipner (na obszarze morskim Norwegii), Weyburn (Kanada), In Salah (Algieria) i K12-B (na obszarze morskim Holandii). Wyniki symulacji w krótkim przedziale czasu mogą być porównane z rzeczywistymi danymi i pomóc w ulepszeniu istniejących modeli numerycznych.

Na czym polegają symulacje numeryczne składowania dwutlenku węgla i po co się je przeprowadza?

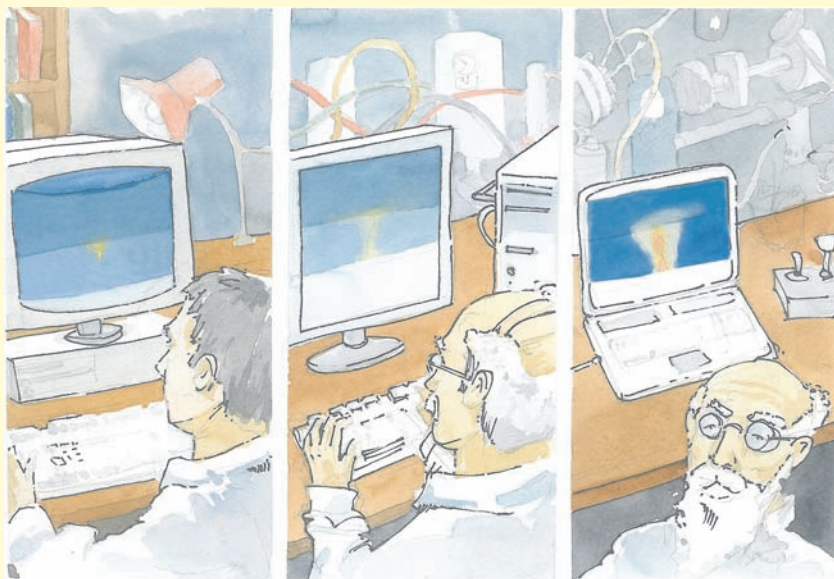
Komputerowa symulacja procesu składowania CO₂ pod powierzchnią ziemi polega na stworzeniu w pamięci komputera złoża wirtualnego, będącego modelem złoża rzeczywistego. Model taki buduje się na podstawie dostępnych danych geofizycznych, geologicznych, wyników badań laboratoryjnych i wyników pomiarów złożowych.

Badając i analizując zachowanie się tego wirtualnego złoża, można wyciągnąć wnioski odnośnie obiektu rzeczywistego. Podstawą metody symulacyjnej jest modelowanie matematyczne, w wyniku którego uzyskuje się układy równań i zależności opisujących w przybliżeniu zjawiska zachodzące w rzeczywistym złożu.

Listopad 2012



Komputerowe modelowanie procesu składowania dwutlenku węgla



Listopad

Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
			1 Wszystkich Świątecznych	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11 Święto Niepodległości
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

2012

Miejsca składowania będą monitorowane



Jaki jest cel monitoringu podziemnego składowania dwutlenku węgla?

W wypadku awarii mogą wystąpić zagrożenia dla środowiska i ludzi. Takim sytuacjom pozwala zapobiec monitoring podziemnego składowania CO₂. Głównym celem monitoringu jest śledzenie lokalizacji gazu pod ziemią, kontrola czy otwory w trakcie zatłaczania i po jego zakończeniu nie wykazują nieszczelności, weryfikacja ilości CO₂ wprowadzanego pod ziemię oraz kontrola parametrów związanych z procesem zatłaczania. Poza tym prowadzi się stałą kontrolę jakości wód podziemnych, ekosystemów oraz wszelkich parametrów mogących mieć znaczenie dla bezpieczeństwa ludzi. Monitoring dotyczy nie tylko składowania, ale także wychwytu i transportu CO₂, a więc całego procesu CCS.

W jaki sposób przebiega monitoring i jakie są jego metody?

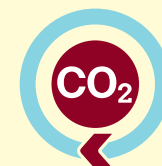
W monitoringu podziemnego składowania CO₂ są stosowane techniki pomiarowe zapożyczone z innych gałęzi przemysłu, włączając w to przemysł naftowy, magazynowanie gazu ziemnego, składowanie odpadów ciekłych i niebezpiecznych w formacjach geologicznych, monitoring wód podziemnych, badania ekosystemów i inne.

W ramach monitoringu prowadzi się zarówno bezpośrednie pomiary stężenia CO₂ w powietrzu, glebie, wodach podziemnych, jak i pośrednie, mające na celu lokalizację tego gazu w strukturze skalnej.

Bezpośrednie metody pomiarowe detekcji CO₂ polegają na monitoringu koncentracji CO₂ w powietrzu glebowym w pobliżu otworu zatłaczającego lub otworów zlikwidowanych, a okresowo w pobliżu otworów i ujęć wodnych. Wykonuje się je przy wykorzystaniu analizatorów, czujników chemicznych, chromatografów i spektrometrów masowych. Zdalne wykrywanie wycieków CO₂ do atmosfery może odbywać się także za pomocą satelitów przy zastosowaniu detektorów podczerwieni, a także laserów lotniczych LIDAR i DIAL pracujących na różnych częstotliwościach. Do bezpośredniego monitoringu przemieszczania się CO₂ pod powierzchnią ziemi wykorzystuje się także metody geochemiczne i wskaźnikowe polegające na badaniu płynu pobranego ze złoża.

Pośrednie metody detekcji polegają na śledzeniu chmury ciekłego CO₂ pod powierzchnią ziemi. Do tych metod monitoringu zaliczamy: profilowanie otworowe, monitoring geofizyczny, pomiary deformacji powierzchni terenu. Monitoring geofizyczny za pomocą metod sejsmicznych pozwala uzyskać sejsmiczne zdjęcia 3D obrazujące przemieszczanie się CO₂ w złożu, a pomiary deformacji powierzchni terenu mogą być wykonywane przy zastosowaniu najnowszych urządzeń zwanych pochyłomierzami, w połączeniu z metodami monitoringu satelitarnego i lotniczego. Technika taka była stosowana w wykrywaniu naturalnych ekshalacji CO₂ pochodzących z odgazowania wulkanu Mammoth Mountain w Kalifornii.

Grudzień 2012



Miejsca składowania będą monitorowane



Grudzień

Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
Wigilia	Boże Narodzenie					
31						

2012

