

Anita Łupińska, Piotr Błachowski  
BSiPG GAZOPROJEKT SA, Wrocław

## Projekty infrastruktury naziemnej dla zagospodarowania złóż ropy i gazu ziemnego z zastosowaniem komputerowych obliczeń procesowych

Zagospodarowanie złoża to wydobycie płynu złożowego na powierzchnię, uzdatnienie do wymaganych parametrów i przygotowanie do dalszej przeróbki lub ekspedycji. Projekt infrastruktury naziemnej związanej z zagospodarowaniem złoża gazu obejmuje przede wszystkim:

- strefy przyodwiertowe,
- ośrodek zbioru i uzdatniania gazu (OZUG),
- rurociągi łączące strefy przyodwiertowe z OZUG,
- gazociąg spedycyjny.

W strefach przyodwiertowych budowane są instalacje umożliwiające przyjęcie płynu złożowego, a także instalacje wtrysku inhibitorów hydratów, korozji i innych środków chemicznych; niekiedy następuje tu także wstępna separacja płynu złożowego.

Zasadnicze instalacje do uzdatniania gazu przeważnie lokalizuje się w ośrodku jęgo zbioru. Stopień skompliko-

wania instalacji OZUG zależy głównie od rodzaju (składu) płynu złożowego, parametrów PVT oraz programu produkcji poszczególnych produktów. Instalacja uzdatniania gazu może stanowić rozległą i skomplikowaną strukturę układów technologicznych, wzajemnie ze sobą powiązanych.

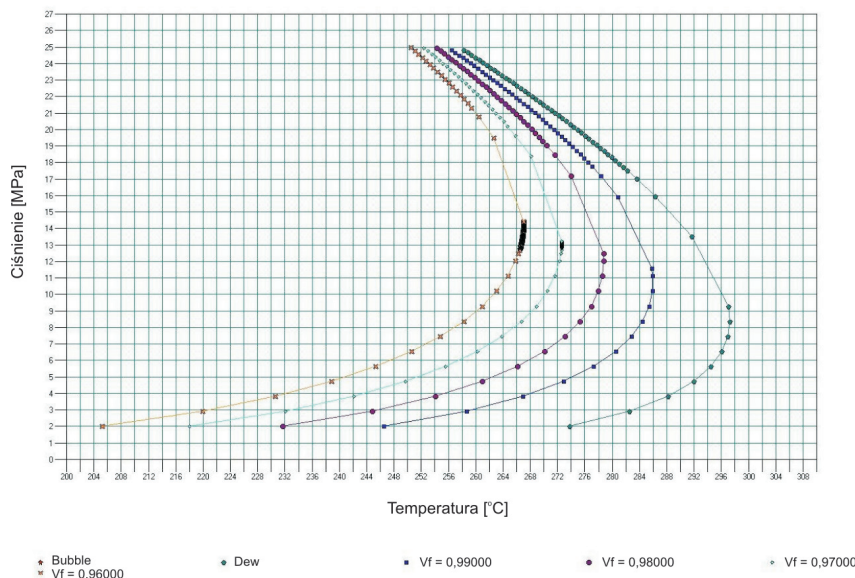
Wraz z rozwojem systemów komputerowych rozwinęły się możliwości projektowania. Nierozwiązywalne dawniej układy równań obecnie stały się podstawą obliczeń, a żmudne iteracje wykonywane są w kilka minut – zamiast kilku tygodni. Przed projektantami otworzyły się nowe możliwości, ale stanęły także nowe wymagania. Krótki czas obliczeń pozwala na dokonywanie analiz opcji, dzięki czemu możliwe jest zoptymalizowanie instalacji według potrzeb inwestora, a uwzględnienie podczas projektowania wielu dodatkowych czynników pozwala przewidzieć sytuacje niepożądane na obiekcie i zapobiegać ich skutkom.

### Płyn złożowy

Przed rozpoczęciem obliczeń niezbędne jest uzyskanie danych wejściowych. W przypadku projektowania infrastruktury naziemnej związanej z zagospodarowaniem złoża gazu danymi takimi są: skład płynu złożowego oraz parametry PVT na głowicy. Szczególnie ważny jest tutaj skład płynu złożowego (który już na początku może determinować profil produkcyjny), a także sekwencje zabiegów, wymaganych do uzyskania poszczególnych produktów o określonej jakości. Projektant na podstawie danych wejściowych oraz wymaganego profilu produkcji określa, jakim procesom ma być poddany płyn złożowy,

przy jakich parametrach PVT oraz jaki rodzaj produktu można z niego uzyskać (gaz wysokometanowy, LPG, kondensat stabilizowany, LNG).

Wykorzystanie modeli matematycznych pozwala na dokładne określenie zawartości faz (ciekłej i gazowej) dla zadanego składu chemicznego, w różnych warunkach temperatury i ciśnienia. Wiedza ta pozwala m.in. na wyznaczenie optymalnych warunków separacji i przeciwdziałania wytworzeniu się dwóch faz – przy wymaganej jednej. Prezentowany na rysunku 1 wykres fazowy wygenerowano dla przykładowego składu płynu złożowego. Oblicze-



nia procesowe – zwłaszcza wykonane w początkowych etapach projektowania – pozwalają na wstępny dobór wielkości oraz ilości urządzeń i umożliwiają określenie zapotrzebowania na teren, a także obliczenie ilości niezbędnych mediów pomocniczych (jak np. MDEA – w procesach odsiarczania, czy też TEG – w procesie osuszania gazu).

Rys. 1. Wykres fazowy przykładowego składu płynu złożowego

### Przykłady obliczeń procesowych

#### Warunki powstawania hydratów

Hydraty metanu tworzą się w określonych warunkach temperatury i ciśnienia. Zjawisko to jest niebezpieczne, gdyż może doprowadzić do zaczopowania rurociągu – w niektórych przypadkach iniekcja inhibitorów hydratów konieczna jest już przy głowicy. Na podstawie składu chemicznego przepływającego medium można określić parametry tworzenia się hydratów oraz niezbędną ilość inhibitora – przykładowe wyniki takich obliczeń zamieszczono w tabelicy 1.

#### Transport płynu złożowego

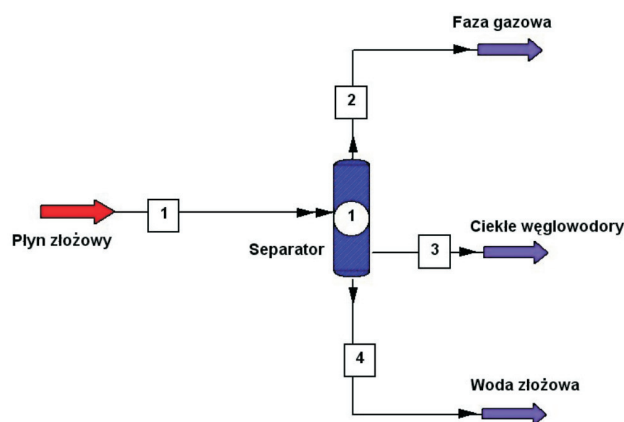
Tabela 1. Parametry tworzenia się hydratów

	Temperatura [°C]	Ciśnienie [MPa]
Obecne parametry strumienia	34,00	33
Punkt hydratowy	19,14	33
P.h. z 20-proc. metanolem	8,70	33

Obliczenie parametrów transportu płynu złożowego rurociągiem może się odbywać przy wykorzystaniu modeli jedno- lub dwufazowych. Wykorzystanie odpowiedniego oprogramowania pozwala na uwzględnienie: grubości ścianki, średnicy rurociągu, grubości i rodzaju izolacji, temperatury otoczenia, prędkości wiatru lub opływającej rurociąg wody, głębokości posadowienia, minimalnej prędkości zapobiegającej powstawaniu czopów, współczynnika szorstkości, ukształtowania terenu, a także rodzaju i ilości armatury. Wykorzystując te informacje projektant dobiera optymalną średnicę rurociągu oraz określa konieczność zastosowania izolacji.

#### Separacja trójfazowa płynu złożowego

Pierwszym procesem, któremu płyn złożowy jest poddawany w ośrodku zbioru i uzdatniania gazu (OZUG) jest separacja – w procesie separacji trójfazowej płyn ten podlega rozdzieleniu na gaz, ciekłe węglowodory (kondensat) oraz wodę złożową. Poprzez wykorzystanie zaawansowanych modeli termodynamicznych można określić parametry, które zapewnią najlepszy – z punktu widzenia dalszych procesów – rozdział na poszczególne fazy. Po dokonaniu symulacji separacji, projektant dysponuje wiedzą na temat parametrów PVT oraz ilości i składu poszczególnych faz – co stanowi podstawę doboru urządzeń o odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej i spełniających wymogi procesu. Schemat procesu separacji przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Schemat procesu separacji

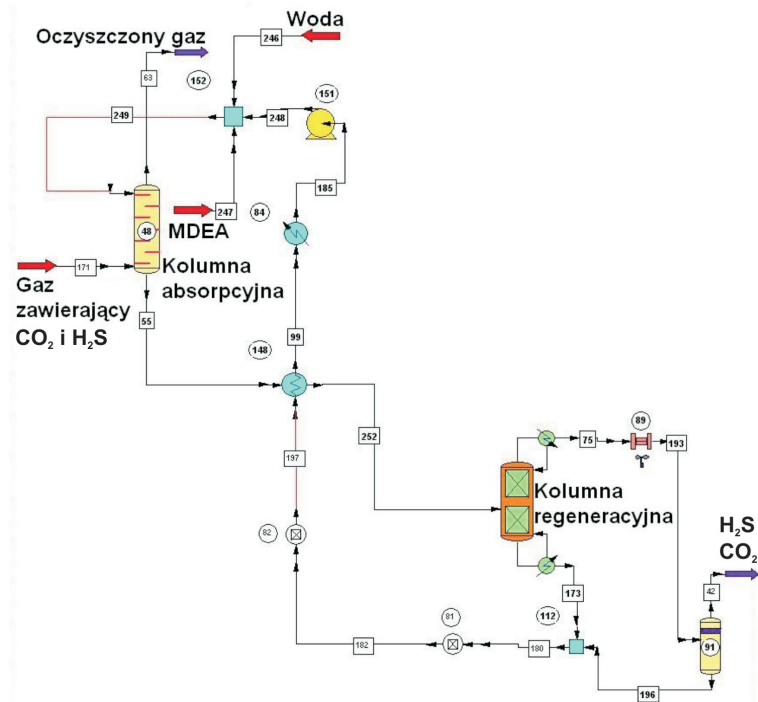
#### Instalacja usuwania H<sub>2</sub>S i CO<sub>2</sub>

Surowy gaz może zawierać w swym składzie zanieczyszczenia, takie jak: siarkowodor oraz dwutlenek węgla.

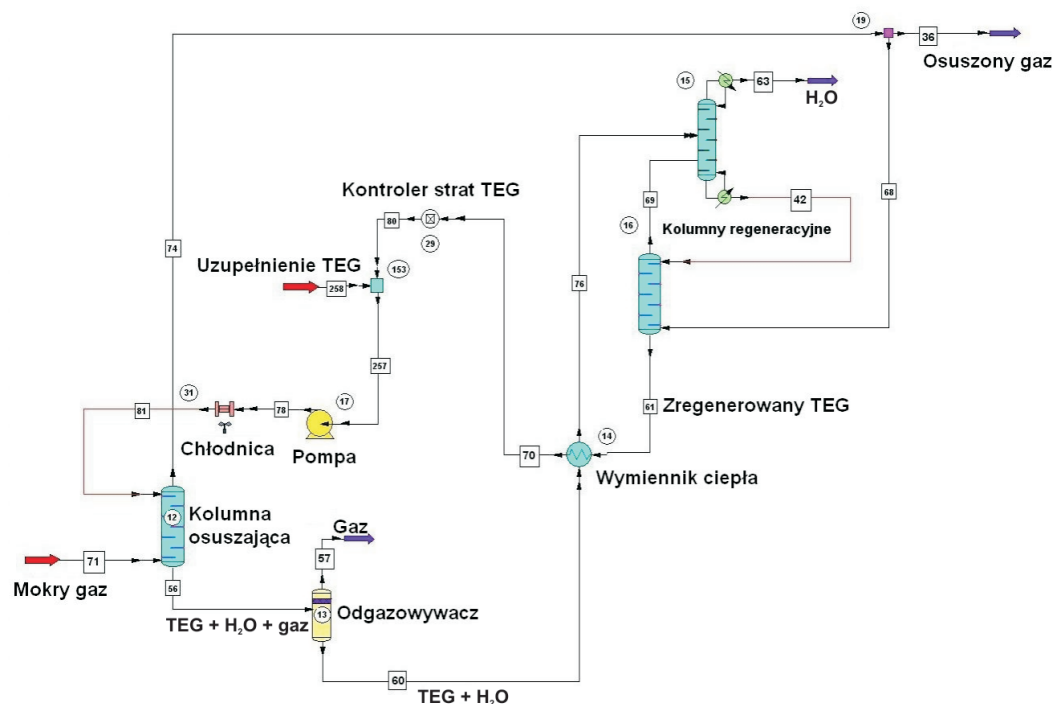
W zależności od koncentracji tych związków, gaz należy oczyścić do poziomu wymaganego w specyfikacji gazociągu przesyłowego lub do poziomu wymaganego innymi procesami prowadzonymi w OZUG. Zadaniem projektanta jest dobranie właściwego modelu termodynamicznego do przeprowadzenia poszczególnych obliczeń procesowych oraz odpowiedniego medium oczyszczającego, a także określenie optymalnych parametrów pracy instalacji. Na schemacie procesowym (rysunek 3) przedstawiono przykładową instalację oczyszczania gazu z siarkowodoru i dwutlenku węgla z wykorzystaniem roztworu DEA (dwuetanolaminy).

### Instalacja osuszania gazu

Odseparowany gaz, oczyszczony z  $H_2S$  i  $CO_2$ , poddawany jest procesowi osuszania; najczęściej w tym celu wykorzystywany jest proces absorpcyjnego usuwania wody z zastosowaniem trójetylenowego glikolu (TEG). Stosując

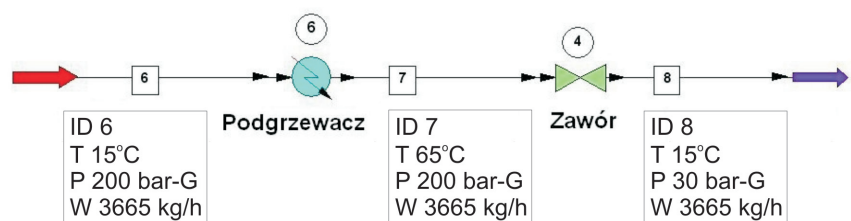


Rys. 3. Schemat procesowy instalacji aminowej do usuwania  $H_2S$  i  $CO_2$



Rys. 4. Schemat procesowy instalacji usuwania  $H_2O$  z wykorzystaniem TEG (trójetyloglikolu)

odpowiedni model obliczeniowy można zasymulować pracę instalacji, dobrać ilość medium osuszającego i określić optymalne parametry pracy PVT. Gaz osuszany jest do poziomu określonego specyfikacją lub do poziomu wymaganego innymi procesami prowadzonymi



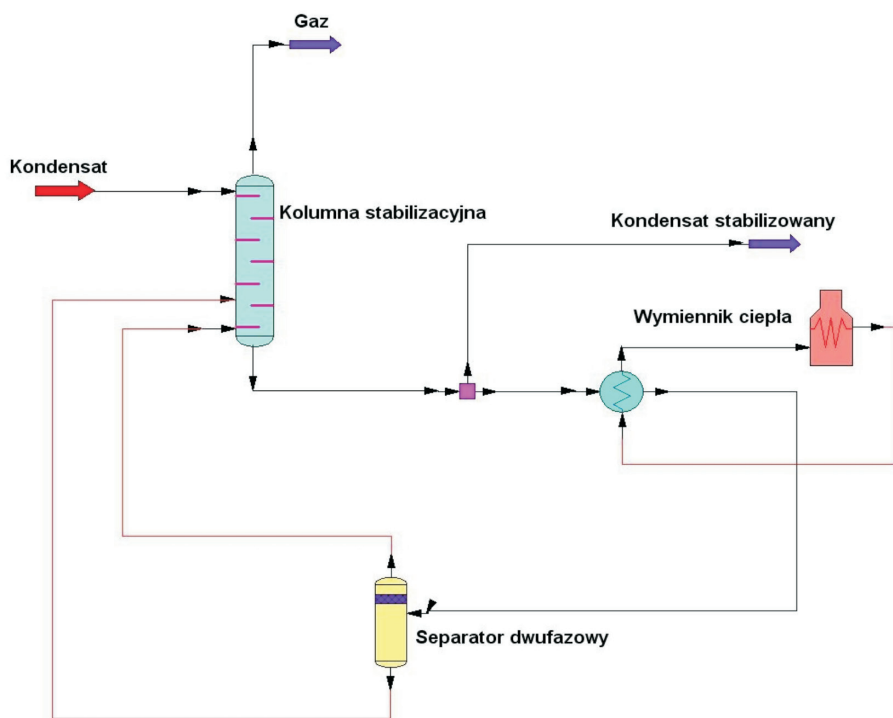
Rys. 5. Efekt Joule'a-Thomsona

w OZUG. Instalacja osuszania wraz z kolumną regeneracyjną glikolu przedstawiona została na rysunku 4.

### Efekt Joule'a-Thomsona

Wykorzystanie oprogramowania pozwala również określić efekt Joule'a-Thomsona podczas redukcji ciśnienia, a także ilość ciepła, jaką należy dostarczyć do układu, aby zapobiec ujemnym skutkom tego efektu (rysunek 5).

W niektórych przypadkach schłodzenie gazu można osiągnąć poprzez jego rozprężenie, dzięki czemu – bez użycia dodatkowego medium chłodzącego – możliwe jest uzyskanie niskiej temperatury jego, pozwalającej np. na separację niskotemperaturową płynu złożowego.



Rys. 6. Proces stabilizacji kondensatu

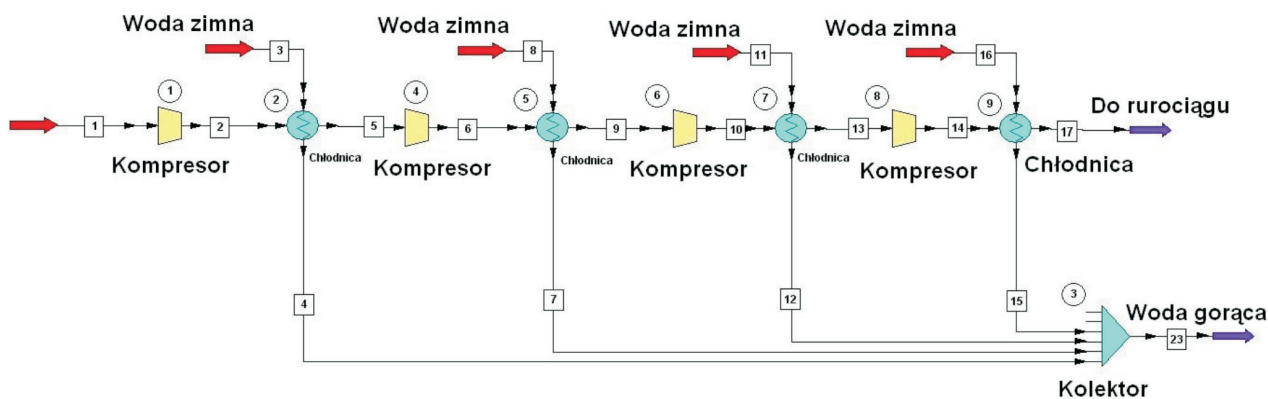
### Stabilizacja kondensatu

Ciekłe węglowodory, po separacji trójfazowej, powinny zostać ustabilizowane do poziomużądanego przez rafinerię. Poziom ten określony jest wielkością RVP (*Reid Vapor Pressure*), tzn. prężnością par według Reida. Głównym elementem układu stabilizacji jest kolumna stabilizacyjna, pozwalająca uzyskać wymagane wartości RVP.

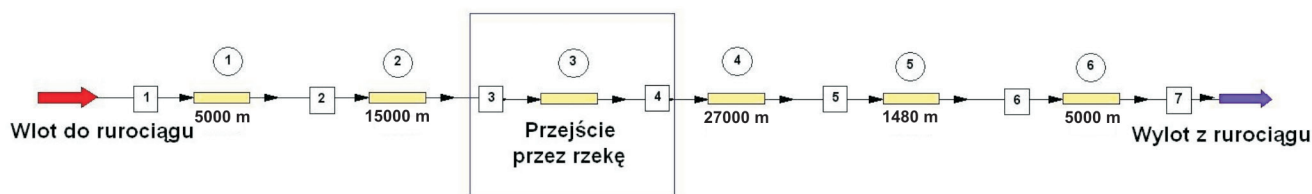
Dzięki oprogramowaniu można dobrać optymalne parametry jej pracy, określić ilość półek oraz moc elementów grzewczych. Przykładowy schemat procesowy stabilizacji kondensatu przedstawiono na rysunku 6.

### Transport do odbiorcy końcowego

Po oczyszczeniu gaz jest transportowany do odbiorcy końcowego. Przy wykorzystaniu oprogramowania można wyznaczyć moce sprężarek oraz chłodziń, a także określić średnicę rurociągu i opracować optymalny wariant jego trasy. Schemat procesowy stacji kompresorów przedstawiono na rysunku 7, natomiast przykładowy rurociąg – na rysunku 8.



Rys. 7. Stacja kompresorów



Rys. 8. Rurociąg



## Podsumowanie

Wykorzystanie wspomaganych komputerowo technik oraz zaawansowanego oprogramowania stało się codziennością przy projektowaniu procesów eksploatacji złóż węglowodorów. Czas poświęcany w przeszłości na żmudne, „ręczne” obliczenia dla procesu, obecnie można wykorzystać na rozważenie kilku opcji i uwzględnienie różnych scenariuszy, bądź też wykorzystać go na optymalizację tego procesu. Pamiętać jednak należy, że nawet najdoskonalszy komputer nie zastąpi człowieka w procesie twórczego myślenia i tylko projektant z odpowiednią wiedzą może właściwie zinterpretować wyniki obliczeń oraz przyjąć najlepsze rozwiązania.

Należy także mieć świadomość, że nawet najdokładniejsze obliczenia nie zawsze oddają rzeczywiste zachowania (np. uzdatnianego płynu złożowego), a szczegółowy projekt takich instalacji – jak np. układ osuszania gazu lub odsiarczania itp. – może przedstawić jedynie ich producent, bowiem tylko on ma warunki do weryfikacji poczynionych założeń i otrzymanych wyników na zbudowanej instalacji oraz posiada prawa patentowe do poszczególnych rozwiązań. Główną rolą projektanta jest wyznaczenie technologii mających zastosowanie w danym przypadku oraz określenie warunków pracy instalacji.

Artykuł nadesłano do Redakcji 21.07.2011 r. Przyjęto do druku 4.08.2011 r.

*Recenzent: dr hab. inż. Jan Lubaś, prof. INiG*



Anita ŁUPIŃSKA – pracownik Biura Studiów i Projektów Gazownictwa GAZOPROJEKT SA. Osiągnięcia naukowe: stopień doktora nauk technicznych uzyskany w 2008 roku na Politechnice Wrocławskiej; współautorka 16 publikacji naukowych w czasopiśmie polskich i zagranicznych. Zainteresowania: inżynieria chemiczna i procesowa, hobbystyczne pisanie recenzji sprzętu komputerowego, gry komputerowe.



Piotr BŁACHOWSKI – pracownik Biura Studiów i Projektów Gazownictwa GAZOPROJEKT SA. Magister inżynier mechanik, dyplom 1984; Inżynier inżynierii środowiska, dyplom 2000; uprawniony projektant wg prawa budowlanego. Zainteresowania: gaz i ropa, szachy błyskawiczne.

## ZAKŁAD SYMULACJI ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW I PMG

- sporządzanie ilościowych charakterystyk złóż naftowych (konstruowanie map cyfrowych dla podstawowych wielkości złożowych);
- analizy geostatystyczne dla potrzeb projektowania modeli złóż naftowych, w tym PMG i obliczeń wolumetrycznych wielowymiarowych i wielofazowych;
- konstruowanie kompletnych symulacyjnych modeli złóż;
- wszechstronne badania symulacyjne dla potrzeb:
  - » weryfikacji zasobów płynów złożowych,
  - » wtórnych metod zwiększania wydobywania (zatłaczanie gazu lub wody, procesy WAG, procesy wypierania mieszanego, oddziaływanie chemiczne),
  - » optymalizacji rozwiercania i udostępniania złóż,
  - » prognozowania złożowych i hydraulicznych (w tym termalnych) charakterystyk odwiertów (w szczególności poziomych) dla celów optymalnego ich projektowania,
  - » sekwestracji CO<sub>2</sub>;
- projektowanie, realizacja i wdrażanie systemów baz danych dla potrzeb górnictwa naftowego.

**Kierownik:** dr Wiesław Szott

**Adres:** ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno

**Telefon:** 13 436-89-41 w. 104

**Faks:** 13 436-79-71

**E-mail:** wieslaw.szott@inig.pl

