

ALICJA BYRSKA-RAPAŁA\*, ALINA KOZARKIEWICZ-CHLEBOWSKA\*

## Zastosowanie metody trzech punktów do estymacji zasobów złoża węglowodorów

### Słowa kluczowe

Zasoby złoża węglowodorów, rozkład zasobów, metoda wolumetryczna, symulacja, centyle rozkładu, analiza wrażliwości

### Streszczenie

Celem artykułu jest przedstawienie metody trzech punktów, która służy do oceny wielkości zasobów pojedynczego złoża węglowodorów. Metoda ta, należąca do grupy metod wolumetrycznych, oferuje prostotę procedur obliczeniowych połączoną z odpowiednią dokładnością oszacowania.

W metodach wolumetrycznych zasoby złoża są obliczane jako iloczyn kilku parametrów geologicznych, takich jak powierzchnia, miąższość, porowatość itd. Ze względu na ryzyko i niepewność, każdy z parametrów jest przedstawiany nie w postaci pojedynczej wartości, lecz jako rozkład prawdopodobieństwa. W rezultacie oszacowane zasoby złoża przyjmują również postać statystycznego rozkładu zmiennej losowej. Rozkład ten można uzyskać w wyniku symulacji metodą Monte Carlo. Metoda trzech punktów, która może być uznana za metodę alternatywną, zamiast tysiąca iteracji symulacyjnych, wymaga zastosowania estymatorów Pearsona-Tuckeya. Pozwalają one na wyznaczenie średniej, wariancji oraz innych charakterystyk liczbowych rozkładu zasobów złoża węglowodorów.

W pierwszej części artykułu zostały zaprezentowane założenia i główne procedury obliczeniowe metody trzech punktów. W części drugiej zaprezentowano przykład praktycznego wykorzystania tej metody, jak również pokazano wyniki porównania rezultatów oszacowania zasobów złoża ropy naftowej metodą trzech punktów i metodą symulacyjną. Analizowany przypadek i przeprowadzone testy statystyczne potwierdziły, że obie metody dają porównywalne wyniki.

---

\* Dr inż., Wydział Zarządzania AGH, Kraków.

## Wprowadzenie

Każda wstępna ocena efektywności eksploatacji złoża węglowodorów wymaga oszacowania jego zasobów. Oszacowanie zasobów jest natomiast na tyle wiarygodne, na ile wiarygodne są dane wykorzystane do obliczeń i zastosowane metody obliczeniowe. Ocena zasobów złoża węglowodorów była przedmiotem licznych analiz i wielu opracowań i nadal pozostaje tematem, który interesuje wielu geologów, inżynierów naftowych oraz menedżerów firm poszukiwawczych. Metody szacowania zasobów złóż ulegały ciągłemu doskonaleniu, a w ostatnich latach wiele nowych metod — bardziej dokładnych i wiarygodnych — zostało wprowadzonych do praktyki przemysłu naftowego. Jednym z czynników, który powinien być brany pod uwagę przy okazji wyboru metody szacowania zasobów złoża jest również prostota wymaganych procedur obliczeniowych. Metody oceny zasobów powinny być traktowane jako odpowiednie narzędzie dla inżynierów i geologów praktyków, którzy nie zawsze są ekspertami w takich dziedzinach jak statystyka matematyczna czy informatyka.

Celem tego artykułu jest przedstawienie metody trzech punktów, która służy do oceny wielkości zasobów pojedynczego złoża węglowodorów. Metoda ta, należąca do grupy metod wolumetrycznych, ma jedną ważną zaletę — jest nią prostota procedur obliczeniowych połączona z odpowiednią dokładnością oszacowania.

W pierwszej części artykułu zaprezentowano założenia i główne procedury obliczeniowe. W części drugiej podano przykład praktycznego wykorzystania metody trzech punktów oraz zaprezentowano porównanie wyników oszacowania zasobów złoża metodą trzech punktów i metodą symulacyjną.

### 1. Metody szacowania zasobów złóż węglowodorów

Dokładne zaprezentowanie metodyki szacowania wielkości zasobów złóż węglowodorów wykracza poza ramy tego artykułu. Zainteresowany czytelnik może się z nimi zapoznać w literaturze przedmiotu (np. Ikoku 1984). Wydaje się jednak konieczne przynajmniej krótkie przypomnienie podstawowych metod oceny wielkości zasobów wykorzystywanych przez przemysł naftowy. I tak wyróżnia się trzy podstawowe grupy metod:

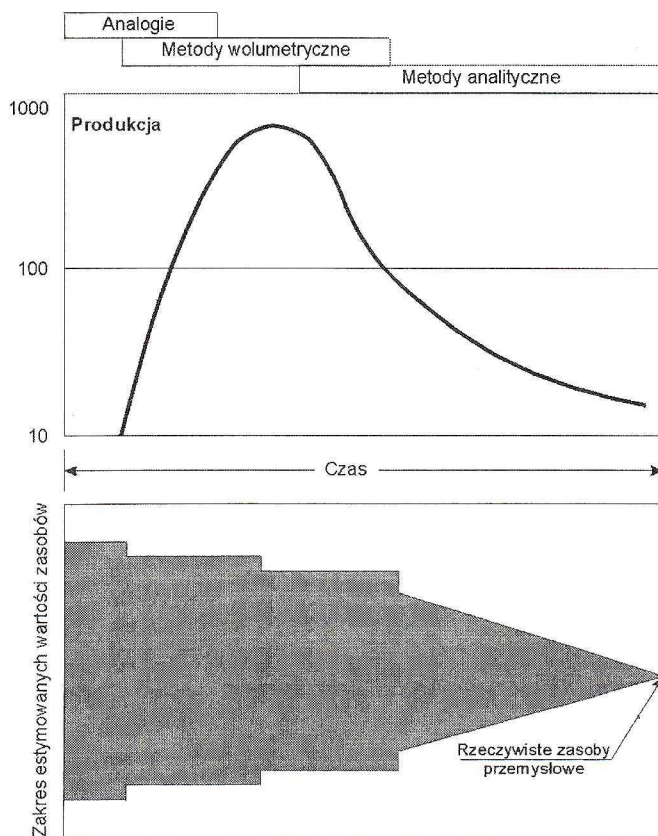
1. **Metody oparte na analogiach** — są wykorzystywane głównie w pierwszych fazach poszukiwań, zanim jeszcze rozpoczną się zasadnicze prace wiertnicze. Podstawą szacunku zasobów są dane z podobnych basenów i obiektów geologicznych oraz odwiertów już wykonanych na danym obszarze, przy czym analizowane podobieństwo dotyczy takich elementów jak skały osadowe, budowa pułapki czy dynamika złoża.

2. **Metody wolumetryczne** — są wykorzystywane w fazie, gdy jeden lub kilka odwiertów jest już wykonanych na złożu i dostępne są dokładne profile geologiczne, pomiary ciśnienia itp., tzn. dostępne są informacje pozwalające oszacować powierzchnię, miąższość i inne parametry złoża. Zasoby węglowodorów szacowane są wówczas jako iloczyn szeregu parametrów, takich jak: powierzchnia, miąższość, porowatość, współczynnik szcerpania, współczynnik nasycenia. Metody te dają dużo większą dokładność oszacowania niż metody oparte na analogiach.

3. **Metody analityczne** — są to metody wykorzystywane w ostatniej fazie eksploatacji, tzn. wówczas, gdy produkcja znajduje się w fazie spadku. Ta grupa obejmuje takie metody jak symulacja, metody bilansowe i analiza funkcji spadku wydobywania.

Każda poprawna procedura obliczania zasobów złoża węglowodorów musi uwzględniać ryzyko i niepewność, które są stałymi elementami procesu poszukiwań i eksploatacji złóż. Uwzględnianie ryzyka i niepewności powoduje z kolei, że wielkość zasobów złoża bardzo często podawana jest nie jako jedna wartość, lecz jako pewien przedział wartości lub jako statystyczny rozkład prawdopodobieństwa. Zachodzi przy tym znana zależność — im dokładniejsze dane wykorzystywane są do obliczeń, tym węższy zakres wartości wynikowych otrzymywanych w procesie obliczeń. Prawidłowość tę zaprezentowano na rysunku 1.

W przypadku obliczeń przeprowadzanych z wykorzystaniem metod wolumetrycznych uwzględnianie ryzyka i niepewności oznacza w praktyce, że każdy z parametrów wejściowych (powierzchnia, miąższość, porowatość itd.) jest podawany nie jako pojedyncza wartość, lecz jako rozkład prawdopodobieństwa, a w konsekwencji wynik obliczeń — wielkość zasobów — przyjmuje również postać rozkładu zmiennej losowej. Rozkład ten można uzyskać wykorzystując



Rys. 1. Metody szacowania zasobów i dokładność oszacowania a przebieg procesu eksploatacji złoża

Fig. 1. Reserves estimation methods and precision of evaluation with reference to the process of reserves exploitation

metody symulacyjne, np. symulację metodą Monte Carlo. Metoda Monte Carlo wymaga jednak precyzyjnych ustaleń zarówno co do postaci rozkładów parametrów wejściowych, jak i tysiąca iteracji obliczeniowych. W rezultacie metoda Monte Carlo wymaga w praktyce zastosowania specjalnego oprogramowania komputerowego.

## 2. Metoda trzech punktów

Metoda trzech punktów może być postrzegana jako metoda alternatywna do metod symulacyjnych. Metoda ta została opracowana i wdrożona przez koncern Chevron, a następnie zaadaptowana na potrzeby innych firm naftowych. Jej użytkownicy postrzegają metodę trzech punktów jako metodę stosunkowo prostą, a jednocześnie dostatecznie precyzyjną (Otis, Schneidermann 1997).

Podobnie jak w innych metodach wolumetrycznych, zasoby przemysłowe  $Q$  są obliczane jako iloczyn kilku parametrów:

$$Q = A \cdot h \cdot \phi \cdot R \cdot s$$

gdzie:

- A — powierzchnia złoża,
- h — miąższość,
- $\phi$  — porowatość,
- R — współczynnik szczypania zasobów,
- s — ilość węglowodorów w  $1 \text{ m}^3$  przestrzeni porowej.

Główne założenia metody trzech punktów są następujące:

- parametry są statystycznie niezależne,
- zasoby przemysłowe są zmienną losową o rozkładzie logarytmiczno-normalnym,
- postać rozkładu logarytmiczno-normalnego można określić dostatecznie dokładnie obliczając momenty zwykle pierwszego i drugiego rzędu  $m(Q)$  i  $m_2(Q)$ , gdzie:

$$m(Q) = m(A) \cdot m(h) \cdot m(\phi) \cdot m(R) \cdot m(s)$$

$$m_2(Q) = m_2(A) \cdot m_2(h) \cdot m_2(\phi) \cdot m_2(R) \cdot m_2(s)$$

Pierwszym etapem procedury obliczeniowej jest oszacowanie parametrów wejściowych  $A$ ,  $h$ ,  $\phi$ ,  $R$  i  $s$ . Każdy z parametrów musi być opisany za pomocą trzech wartości: P5, P50 i P95 (stąd zresztą wzięła się nazwa tej metody obliczeniowej). Interpretacja tych wartości jest następująca:

- P5 — oznacza taką wartość parametru, że istnieje 5-procentowe prawdopodobieństwo pojawienia się wartości mniejszej (piąty centyl),
- P50 — mediana,
- P95 — oznacza taką wartość parametru, że istnieje 95-procentowe prawdopodobieństwo pojawienia się wartości mniejszej (dziewięćdziesiąty piąty centyl),

A zatem w metodzie trzech punktów do opisu każdego parametru stosuje się miary jego zasięgu (rozpiętości skali wartości).

Po oszacowaniu wymaganego zestawu danych wejściowych, za pomocą estymatora Pearsona-Tuckey'a oblicza się pierwszy i drugi moment zwykły każdego parametru (Pearson, Tuckey 1965). I tak moment zwykły rzędu pierwszego oblicza się według wzoru:

$$m = P50 + 0,185 \cdot \Delta$$

Moment rzędu drugiego oblicza się jako:

$$m_2 = (P95)^2 + 0,185 \cdot \Delta^2$$

Wartość  $\Delta$  wyznaczana jest ze wzoru:

$$\Delta = P95 + P5 - 2 \cdot P50$$

Dla przykładu, w przypadku parametru A obliczenia po uproszczeniu wzorów wyglądają następująco:

$$m(A) = 0,185 \cdot P5(A) + 0,63 \cdot P50(A) + 0,185 \cdot P95(A)$$

$$m_2(A) = 0,185 \cdot P5(A)^2 + 0,63 \cdot P50(A)^2 + 0,185 \cdot P95(A)^2$$

W taki sam sposób obliczane są momenty zwykłe pierwszego i drugiego rzędu pozostałych parametrów złoża. Iloczyn momentów pierwszego rzędu poszczególnych parametrów jest wartością średnią zasobów złoża  $m(Q)$ .

W następnym kroku należy obliczyć wariancję  $\sigma^2$  każdego z parametrów. Wariancję parametru A oblicza się w sposób następujący:

$$\sigma^2(A) = \ln \frac{m_2(A)}{m(A)^2}$$

Ta sama reguła pozwala na wyznaczenie wariancji pozostałych parametrów. Znajomość wariancji parametrów pozwala z kolei na wyznaczenie wariancji naturalnego logarytmu zasobów Q, która jest sumą wariancji poszczególnych parametrów:

$$\sigma^2(Q) = \sigma^2(A) + \sigma^2(h) + \sigma^2(\phi) + \sigma^2(R) + \sigma^2(s)$$

Można zauważyć, że na tym etapie obliczeń zostają wyznaczone dwa podstawowe parametry rozkładu wielkości zasobów:  $m(Q)$  i  $\sigma^2(Q)$ , które dostatecznie dokładnie charakteryzują szukany rozkład wielkości Q. Możliwe jest również obliczenie dowolnego centyla rozkładu logarytmiczno-normalnego według wzoru:

$$Q_x = P50(Q) \cdot \exp[\sigma \cdot z(x)]$$

gdzie:

$P50(Q)$  — mediana rozkładu zasobów

$$P50(Q) = m(Q) \cdot \exp(-0,5 \cdot \sigma^2)$$

$x$  — rząd centyla,

$z(x)$  — wartość odpowiadająca centylowi rzędu  $x$  rozkładu normalnego standaryzowanego.

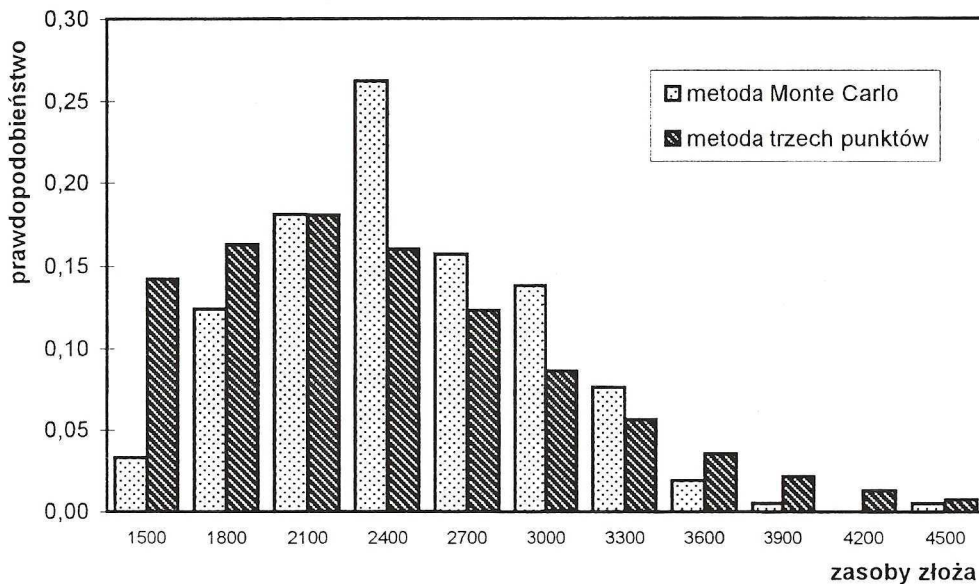
Przedstawiona powyżej procedura obliczeniowa może być realizowana w praktyce za pomocą dowolnego arkusza kalkulacyjnego, bez konieczności posługiwania się specjalistycznym oprogramowaniem. Tym niemniej warto jeszcze raz podkreślić fakt, że — podobnie jak w przypadku wielu innych metod — metoda trzech punktów jest na tyle dokładna, na ile precyzyjna jest estymacja parametrów wejściowych. Błędnie oszacowane dane wejściowe prowadzić będą zawsze do niewłaściwego oszacowania wielkości złoża.

### 3. Przykład zastosowania metody trzech punktów

Aby zaprezentować przykład praktycznego wykorzystania metody trzech punktów wybrano jeden przykładowy obiekt geologiczny z obszaru Niżu Polskiego. Dla porównania zasoby ropy naftowej w wybranym obiekcie oszacowano metodą trzech punktów oraz metodą symulacji Monte Carlo.

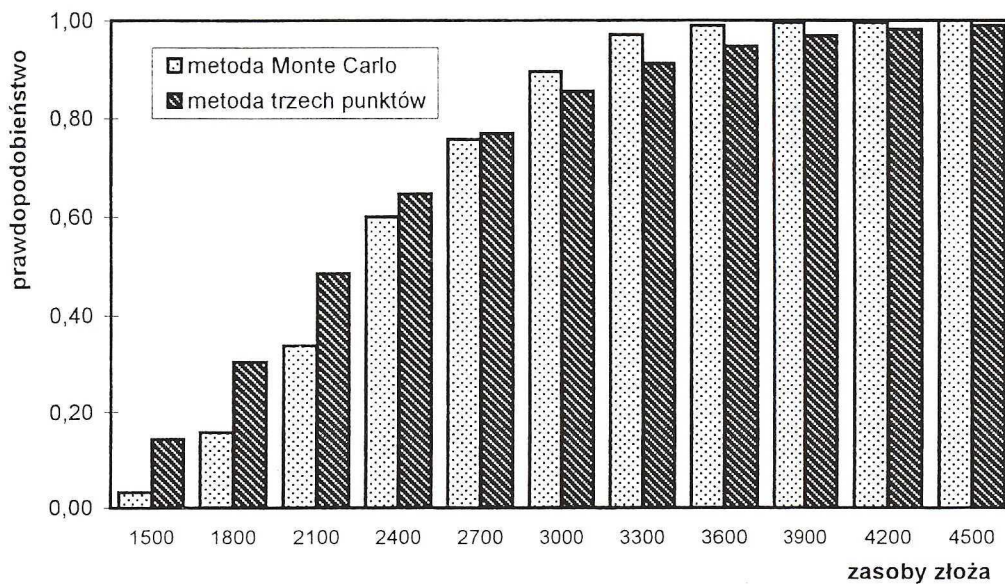
Oszacowanie zasobów metodą Monte Carlo wykonano za pomocą specjalnego oprogramowania komputerowego przeznaczonego do oceny opłacalności eksploatacji obiektów ropo- i gazonośnych — programu ALI. Dokładny opis założeń i procedur obliczeniowych zastosowanych w programie ALI można odnaleźć np. w pracy Łuckiego (1995). Ponieważ w tym programie powierzchnia złoża, miąższość i porowatość traktowane były jako zmienne o rozkładach trójkątnych, a pozostałe parametry przyjmowano jako wartości zdeterminowane, takie same założenia zostały przyjęte w metodzie trzech punktów. Miało to na celu zapewnienie porównywalności wyników uzyskiwanych za pomocą obu metod.

W tabeli 1 przedstawiono dane wejściowe, a w tabeli 2 rezultaty obliczeń przeprowadzonych za pomocą metody trzech punktów i metody symulacyjnej. Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono graficznie porównanie rozkładów wielkości zasobów ropy naftowej w obiekcie wyestymowane za pomocą obu metod — na rysunku 2 zaprezentowano postaci rozkładów prawdopodobieństwa, na rysunku 3 postaci dystrybuant. Jak wynika z obu rysunków, różnica otrzymanych rozkładów nie jest znaczna. Rozkład zasobów uzyskany metodą symulacyjną jest rozkładem o nieco większej średniej i mniejszym odchyleniu standardowym. Pamiętać jednak należy, że ponowne obliczenia symulacyjne dla tego samego zbioru danych mogą czasami prowadzić do nieco innych rezultatów końcowych.



Rys. 2. Porównanie rozkładów zasobów złoża ropy naftowej wyestymowanych metodą trzech punktów i metodą Monte Carlo

Fig. 2. Comparison of probability distributions of oil reserves estimated with the three-point method and Monte Carlo simulation



Rys. 3. Porównanie dystrybuant rozkładów zasobów złoża ropy naftowej wyestymowanych metodą trzech punktów i metodą Monte Carlo

Fig. 3. Comparison of cumulative distributions of oil reserves estimated with the three-point method and Monte Carlo simulation

TABELA 1

Dane wejściowe i obliczenia w metodzie trzech punktów

TABLE 1

Input data and calculations in the three-point method

Parametr	Dane wejściowe			Obliczenia		
	P5	P50	P95	pierwszy moment zwykły	drugi moment zwykły	wariancja
Powierzchnia złoża [km <sup>2</sup> ]	7,1	9,8	13,6	10,004	104,049	0,0390
Miąszość [m]	17,7	24,5	33,9	24,981	648,720	0,0388
Porowatość	0,045	0,059	0,078	0,060	0,004	0,0281
Ilość ropy w 1 m <sup>3</sup> przestrzeni zbiornika [kg]	748	748	748	748	559 504	0
Współczynnik szczyrpania	0,2	0,2	0,2	0,2	0,040	0

TABELA 2

Parametry złoża ropy naftowej — porównanie wyników uzyskanych metodą trzech punktów i metodą symulacyjną

TABLE 2

Oil reserves parameters — comparison of the results obtained by the three-point method and simulation method

Parametr	Metoda trzech punktów	Metoda symulacyjna
Średnie zasoby [tys. t]	2 240,3	2 330,7
Wariancja zasobów	560 201,6	267 177,5
Odchylenie standardowe	748,5	516,9
Mediana	2 124,8	2 285,5

Aby stwierdzić jednoznacznie czy istnieje statystycznie istotna różnica pomiędzy wyestymowanymi rozkładami należy zastosować odpowiednie testy statystyczne. Najpopularniejszym testem, który służy do weryfikacji hipotezy, że dwie populacje mają taki sam rozkład (lub — jednoznacznie — że dwie próby pochodzą z tej samej populacji) jest test Kołmogorowa-Smirnowa. Test ten wykorzystuje statystykę  $\lambda$ , która opiera się na największej różnicy pomiędzy dystrybuantami analizowanych rozkładów. W przypadku porównania wyników uzyskanych metodą symulacyjną i metodą trzech punktów wartość obliczonej statystyki  $\lambda$  wynosi 0,347, podczas gdy statystyka krytyczna odcinająca prawostronny obszar krytyczny ma wartość 1,36 (na poziomie istotności 0,05). Porównanie obu tych wartości prowadzi do wniosku, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o równości dystrybuant. Do takich samych wniosków można dojść stosując test rangowanych znaków (Greń 1975). Obliczona według zasad tego testu statys-



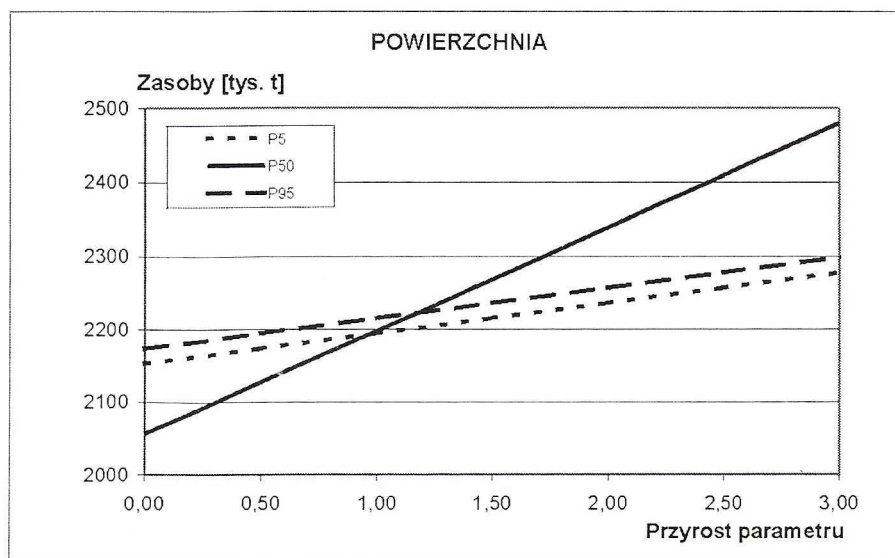
tyka T ma wartość 27, podczas gdy statystyka odcinająca lewostronny obszar krytyczny przyjmuje wartość 11. A zatem test rangowanych znaków również potwierdza brak statystycznie istotnej różnicy uzyskanych rozkładów. Obie metody można zatem traktować jako równie precyzyjne narzędzia szacowania wielkości zasobów złóż węglowodorów.

#### 4. Analiza wrażliwości

Jak stwierdzono w rozdziale 1, ocena zasobów odbywa się w warunkach niepewności co do wielkości parametrów wejściowych. Często stosowanym sposobem uwzględniania niepewności w takim przypadku jest zastosowanie metody analizy wrażliwości (analizy czułości), która — ogólnie rzecz biorąc — polega na szukaniu odpowiedzi na pytania „Co by było, gdyby...”.

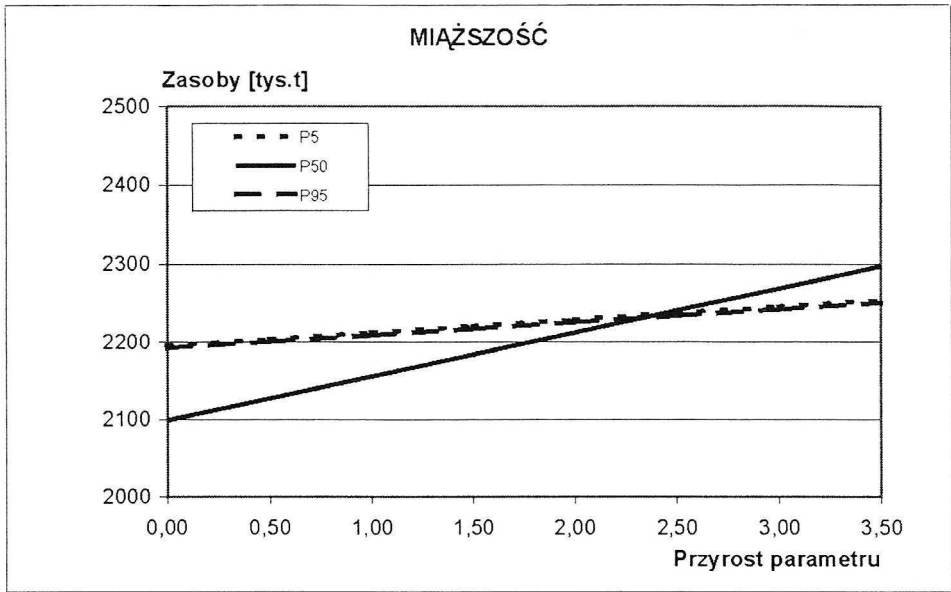
Analiza wrażliwości w przypadku metody trzech punktów polegała na badaniu wpływu zmian wartości centyli P5, P50 i P95 w odniesieniu do trzech podstawowych parametrów geologicznych, tzn. powierzchni, miąższości i porowatości. Jednorazowo zmieniano tylko jeden analizowany parametr, wartości pozostałych pozostawiając bez zmian. Wyniki tak przeprowadzonej analizy przedstawiono na rysunkach 4, 5 i 6.

Jak wynika z rysunków, wzrost każdego z tych parametrów pociąga za sobą wzrost zasobów złoża — co było łatwe do przewidzenia. Interesującym spostrzeżeniem może być jednak porównanie znaczenia zmiany mediany (P50) w stosunku do pozostałych centyli. W przypadku każdego parametru geologicznego zmiana mediany powoduje dużo większą zmianę wyników obliczeń aniżeli zmiana centyli P5 i P95. Wynika stąd jednoznacznie, że przy określaniu wartoś-



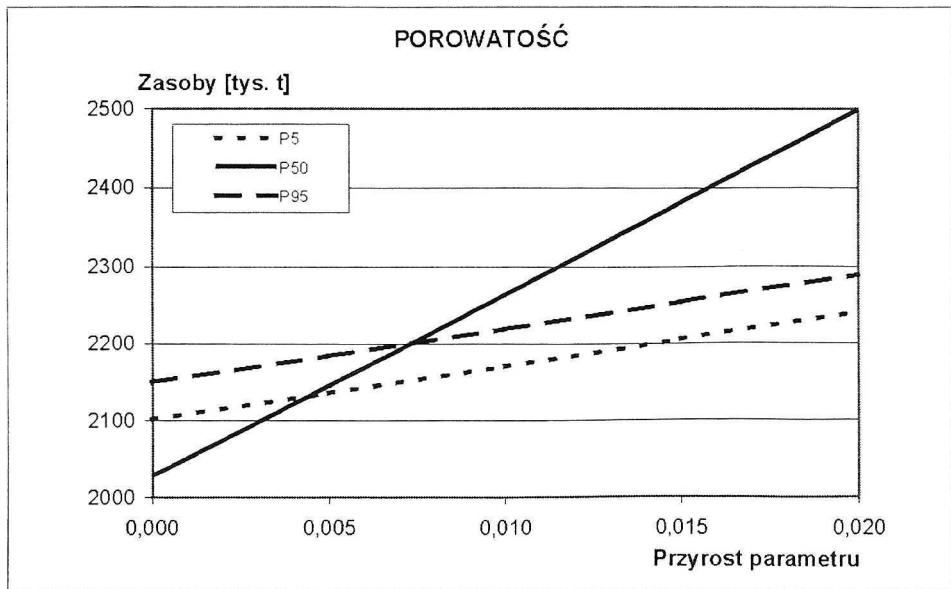
Rys. 4. Wpływ oszacowania centyli powierzchni złoża na wyniki oceny zasobów uzyskane metodą trzech punktów

Fig. 4. The influence of estimation of areal extend percentiles on the results of reserves appraisal obtained by the three-point method



Rys. 5. Wpływ oszacowania centyli miąższości złoża na wyniki oceny zasobów uzyskane metodą trzech punktów

Fig. 5. The influence of estimation of thickness percentiles on the results of reserves appraisal obtained by the three-point method



Rys. 6. Wpływ oszacowania centyli porowatości złoża na wyniki oceny zasobów uzyskane metodą trzech punktów

Fig. 6. The influence of estimation of porosity percentiles on the results of reserves appraisal obtained by the three-point method

ci danych wejściowych szczególnie istotne jest poprawne oszacowanie mediany, gdyż błąd popełniany w przypadku mediany wpływa najbardziej na wartość otrzymanych zasobów, a zatem i na decyzje podejmowane na podstawie obliczeń.

Siłę oddziaływania zmian każdego parametru na wartość wyników końcowych można ocenić obliczając współczynnik  $\delta$ :

$$\delta = \text{przyrost zasobow} / \text{przyrost parametru}$$

(Byrska-Rapała i in. 1991). Wartości tego współczynnika w analizowanym przypadku wynoszą odpowiednio:

— powierzchnia:	P50	141
	P5 i P95	41
— miąższość:	P50	57
	P5 i P95	17
— porowatość:	P50	235
	P5 i P95	69

Analiza wyników wskazuje jednoznacznie, że zmiana porowatości oddziałuje najsilniej na wielkość obliczanych zasobów.

### Wnioski

Wartość każdej firmy eksploatującej złoża węglowodorów zależy bezpośrednio od wielkości zasobów jakimi dysponuje. Chociaż takie czynniki jak cena ropy i gazu, koszty eksploatacji, wielkości podatków czy stóp procentowych wpływają na ostateczną ocenę rentowności każdej inwestycji, to jednak w przypadku oceny złóż ich zasobność pozostaje czynnikiem kluczowym. Dlatego też metody oceny wielkości zasobów pozostają w centrum zainteresowania inżynierów i menedżerów firm naftowych.

Zaprezentowana w tym artykule metoda trzech punktów może być traktowana jako ważne narzędzie ułatwiające proces oceny wielkości złoża. Podstawową zaletą oceny metodą trzech punktów jest jej prostota, gdyż — jak wspomniano — procedura obliczeniowa może być z łatwością zrealizowana za pomocą dowolnego arkusza kalkulacyjnego. Warto podkreślić również fakt, że metoda ta uwzględnia ryzyko i niepewność, gdyż każdy z parametrów wejściowych podawany jest za pomocą trzech wartości charakterystycznych (trzech centyli): 5%, 50% i 95%, chociaż jednocześnie nie jest wymagane założenie co do postaci rozkładu tych parametrów. Inną, równie ważną zaletą prezentowanej metody jest możliwość łatwej korekty wyników oszacowania w miarę pozyskiwania danych z prac wiertniczych. Jak pokazał analizowany przypadek i przeprowadzone testy statystyczne, metoda trzech punktów daje rezultaty zbliżone do innej powszechnie stosowanej metody — symulacji metodą Monte Carlo.

## LITERATURA

- Byrska-Rapała A., Kozarkiewicz A., Łucki Z., 1991: Analiza wrażliwości oceny ekonomicznej wartości złoża ropy naftowej. *Gosp. Sur. Miner.* 7/1, s. 27 — 47.
- Byrska-Rapała A., Kozarkiewicz-Chlebowska A., 1999: Application of the three-point method to hydrocarbon reserves estimation. *Mat. The Mining Příbram Symposium nt. Mathematical Methods in Geology*, Praga, Republika Czeska, MA9, s.1 — 4.
- Caldwell R.H., Heather D.J., 1991: How to evaluate hard-to-evaluate reserves. *Journal of Petrol. Technol.* 43/8, s. 998—1003.
- Garb F.A., 1985: Oil and gas reserves classification, estimation, and evaluation. *Journal of Petrol. Technol.* 37/3, s. 373—390.
- Greń J., 1975: *Statystyka matematyczna. Modele i zadania*. PWN, Warszawa.
- Ikkoku C.U., 1984: *Natural Gas Reservoir Engineering*, John Wiley & Sons, N. York.
- Keefer D., Bodily S.E., 1983: Three-point approximations for continuous random variables. *Management Science* 29/5, s. 595—609.
- Łucki Z., 1995: Ocena inwestycji i podejmowanie decyzji w górnictwie naftowym i gazownictwie. *Polska Fundacja Promocji Kadr*, Kraków.
- Murtha J.A., 1997: Monte Carlo Simulation: its status and future. *Journal of Petrol. Technol.* 49/4, s. 361—373.
- Otis R.M., Schneidermann N., 1997: A process for evaluating exploration prospect. *AAPG Bulletin* 81/7, s. 1087—1109.
- Pearson E.S., Tuckey W., 1965: Approximate means and standard deviations based on distances between percentage points of frequency curves. *Biometrika* 52/3—4, s. 533—546.

ALICJA BYRSKA-RAPAŁA, ALINA KOZARKIEWICZ-CHLEBOWSKA

## APPLICATION OF THE THREE-POINT METHOD TO HYDROCARBON RESERVES ESTIMATION

## Key words

Hydrocarbon reserves, reserves distribution, volumetric method, simulation, percentiles, sensitivity analysis

## Abstract

The main aim of this paper is to present the three-point method of hydrocarbon reserves estimation for a single prospect. This volumetric method can be regarded as a very useful and precise tool, despite the fact that it does not require complicated mathematical figures. In the volumetric method hydrocarbon recoverable reserves are calculated as multiplication of a number of parameters, such as areal extent of prospect, net pay, porosity etc. Because of the uncertainty, each parameter is represented as a distribution and, consequently, recoverable reserves have to be expressed as a probability distribution. This distribution can be obtained in Monte Carlo simulation process. The three-point method, which can be considered as an alternative to Monte Carlo simulation, instead of thousands of iterations, requires Pearson-Tuckey estimators for mean and variance. On the basis of these two parameters the distribution of reserves as well as other characteristics such as mode, median, percentiles can be calculated.

In the first part of the article the assumptions as well as the main calculating procedures of the three-point method have been presented. In the next part, on the basis of a real prospect appraisal, the three-point method and Monte Carlo simulation method have been compared. The results of the case study as well as statistical tests have confirmed that the three-point method produces the results comparable with more complicated Monte Carlo simulation.