

Krzysztof Sowizdżał, Marek Stadtmüller  
*Instytut Nafty i Gazu, Kraków*

## Metodyka konstrukcji przestrzennych modeli szczelinowatości poziomów zbiornikowych

### Wprowadzenie

Znaczny udział zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego; zarówno w skali globalnej jak i krajowej, zakumulowany jest w węglanowych skałach zbiornikowych, z których większość cechuje się obecnością szczelinowatości [1, 8].

Występowanie naturalnych szczelin w poziomach zbiornikowych ropy naftowej i gazu ziemnego powoduje wysoką heterogeniczność i silną anizotropię parametrów petrofizycznych skały zbiornikowej, a więc ma bardzo duży wpływ na przepływ mediów złożowych i mechaniczną stabilność ośrodka skalnego oraz sprawia znaczne trudności w dokładnym oszacowaniu współczynnika szczypania. Odwzorowanie dystrybucji i orientacji sieci szczelin występujących w poziomie zbiornikowym ma istotne znaczenie na wielu etapach zarządzania złożem węglowodorów, m.in.: podczas lokalizacji otworów wiertniczych, w procesie wiercenia otworów, projektowania zabiegów stymulacyjnych, wyborze sposobu udostępnienia formacji oraz strategii eksploatacji złoża, a w konsekwencji powinno przyczynić się do zwiększenia stopnia szczypania złoża [1, 9, 10].

Ponadto, parametryzacja szczelinowatości w postaci przestrzennych modeli przepuszczalności szczelinowej w kierunkach horyzontalnych oraz w kierunku pionowym, a także obliczenie współczynnika  $\sigma$  (charakteryzującego łączność sieci szczelin z matrycą skalną) stanowi zestaw danych wejściowych (oprócz parametrów matrycy skalnej) dla procesu symulacji złóż o podwójnej porowatości i przepuszczalności.

Modelowanie szczelinowatości jest procesem kilkuetapowym, obejmującym zagadnienia z zakresu geologii strukturalnej, geofizyki, inżynierii złożowej, a także mechaniki górotworu. W celu scharakteryzowania szczelinowatości formacji skalnej wykorzystuje się (w miarę dostępności) następujące typy danych [1, 4, 6, 9, 10]:

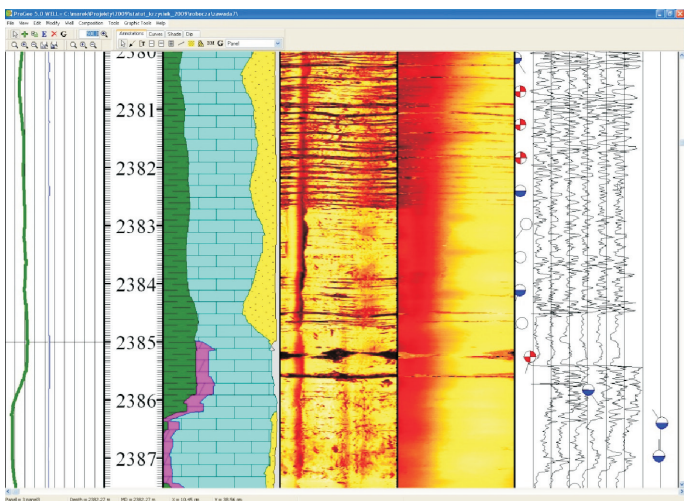
- geologiczno-strukturalne – regionalny oraz sedimentologiczny upad warstw, zaangażowanie tektoniczne obszaru badań, obecność dyslokacji regionalnych i lokalnych, litologia formacji zbiornikowej,
- wyniki ilościowej interpretacji danych geofizyki otworowej – w szczególności profilowań typu CAST, FMI, SED,
- opisy i zdjęcia rdzeni wiertniczych,
- sejsmiczne – w postaci wybranych atrybutów sejsmicznych, będących potencjalnymi wskaźnikami szczelinowatości,
- parametry zarejestrowane w procesie wiercenia (ucieczki płuczki wiertniczej, nagłe wzrosty zgazowania płuczki, postęp wiercenia),
- dane z wychodni – jeżeli analizowana formacja skalna występuje na powierzchni, wówczas można zebrać szacunkowe dane odnośnie orientacji głównych systemów szczelin, a także intensywności zeszczelinowania,
- wyniki interpretacji testów otworowych.

Prezentowany artykuł przedstawia przykład zastosowania metodyki modelowania szczelinowatości poziomu zbiornikowego w górnourajskich skałach węglanowych. Praca została wykonana za pomocą oprogramowania Petrel, Schlumberger oraz Interactive Petrophysics, Synergy.

## Analiza danych CAST

Podstawowym zestawem danych umożliwiających wykonanie analizy szczelinowatości formacji skalnej wzdłuż profilu odwiertu są zinterpretowane pomiary otworowe (objętościowy model budowy ośrodka skalnego, wraz z porowatością), pomiary upadomierza (dające możliwość określenia upadów strukturalnych poszczególnych fragmentów analizowanego profilu) oraz – odgrywające decydującą rolę – dane z pomiarów szeroko rozpowszechnionych aktualnie w przemyśle naftowym tzw. imagerów, których przykładem jest sonda akustyczna CAST (*Circumferential Acoustic Scanning Tool*), firmy Halliburton.

Sonda CAST umożliwia uzyskanie graficznego obrazu ścian odwiertu (rozdzielczość pionowa 0,005 m) poprzez pomiar amplitudy AMP i czasu TT propagacji odbitej fali akustycznej. Zastosowanie odpowiednio dobranej palety kolorów pozwala na rozpoznanie szczegółów budowy ośrodka skalnego, a w szczególności nieciągłości, które mogą być interpretowane jako szczeliny. Przykładowe zestawienie danych wejściowych GW, dla stropowej partii utworów jury w jednym z odwiertów zlokalizowanych na obszarze badań, zamieszczono na rysunku 1 (interpretacja ULTRA i SED – Geofizyka Kraków Sp. z o.o.).



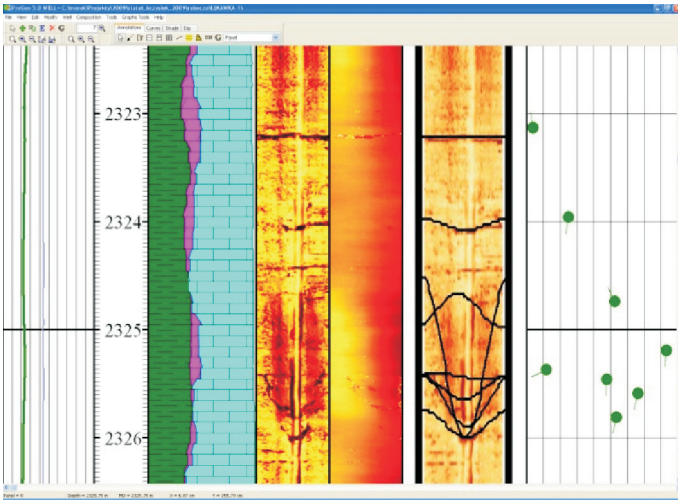
Rys. 1. Przykładowe zestawienie danych wejściowych GW dla określenia szczelinowatości ośrodka skalnego: (od lewej: prof. gamma i średnicy; głębokość; model składu mineralogicznego i porowatości ULTRA; mapa amplitud AMP; mapa czasu T (skała pozioma przewyższona 3x), dane SED – wraz interpretacją upadów)

Olbrzymia różnorodność form szczelinowatości występująca w naturze sprawia, że prawidłowa interpretacja ich przebiegu i typu nie jest zadaniem łatwym do wykonania. Zmienność litologiczna i strukturalna górotworu powoduje

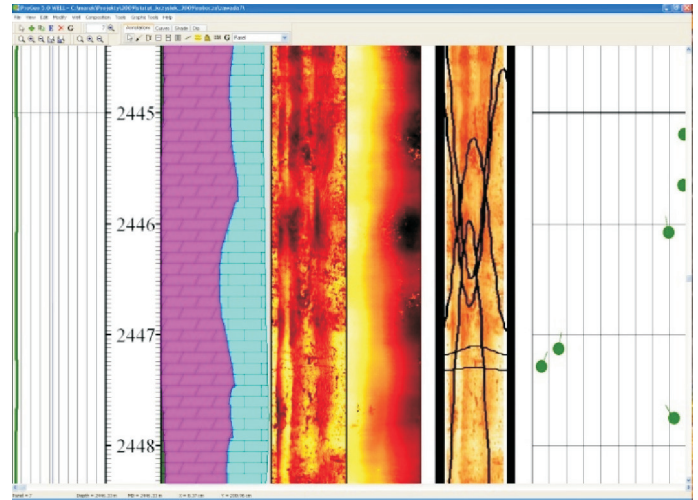
wzajemne maskowanie poszukiwanych efektów, dlatego też podstawowym zadaniem jest rozpoznanie różnic pomiędzy warstwowaniem, laminacją, ogólnie pojętymi niezgodnościami kątowymi występującymi w górotworze, a szczelinowatością. W tym celu w procesie interpretacji należy posługiwać się wszelkimi dostępnymi informacjami geologicznymi, opisami rdzeni, danymi wiertniczymi (strefy ucieczek płuczki itp.) oraz innymi danymi GW, z których najistotniejsze miejsce zajmują dane upadomierza. Interpretacja upadu strukturalnego czy sedymentacyjnego wykonana na danych SED pozwala na stosunkowo proste rozpoznanie go na obrazie CAST. Szczegółowa analiza rejestrowanych obrazów CAST pozwala na sformułowanie kilku prawidłowości, użytecznych w procesie interpretacji szczelinowatości ośrodka skalnego:

- pojedyncze szczeliny ukośne (lub zespoły takich szczelin) charakteryzują się regularnym, sinusoidalnym obrazem na zapisie CAST i są stosunkowo łatwo rozpoznawalne na tle zwięzłych skał otaczających (przykłady zamieszczono na rysunku 2),
- bardzo często obserwowane struktury owalne są wynikiem wzajemnego przecinania się systemów szczelin ukośnych, o stosunkowo dużym kącie upadu i przeciwnych kierunkach zapadania (ten rodzaj obserwowanych struktur zamieszczono na rysunku 3),
- stosunkowo często można również obserwować struktury liniowe (pionowe lub prawie pionowe), będące oznaką obecności szczelin prawie pionowych, których ślady można dostrzec na przestrzeni wielu metrów profilu odwiertu (przykłady tego typu szczelin zestawiono na rysunku 4),
- równie często obserwuje się strefy z bardzo nieregularną siatką spękań, która może być wynikiem superpozycji wielu różnych systemów szczelin ukośnych o różnych kątach i kierunkach zapadania (przykłady tego typu struktur zestawiono na rysunku 5); siatka szczelin rozwinięta jest w obrębie wapieni o niejednorodnej strukturze bulastej,
- obraz CAST, który stanowi podstawę do analizy szczelinowatości ośrodka skalnego, w znaczący sposób zależy od litologii (przykład różnic w zapisie dla litologii dolomitycznej i wapiennej zebrano na rysunku 6).

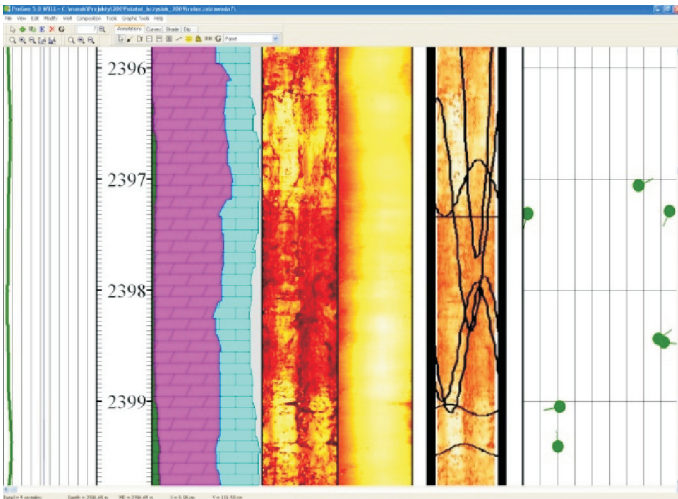
Ważnym problemem w analizie szczelinowatości ośrodka skalnego jest rozpoznanie typu występującej szczelinowatości – z punktu widzenia możliwości migracji mediów złożowych, czyli rozpoznanie stopnia otwartości szczelin. Pomiary CAST pozwalają na tego typu analizę z użyciem



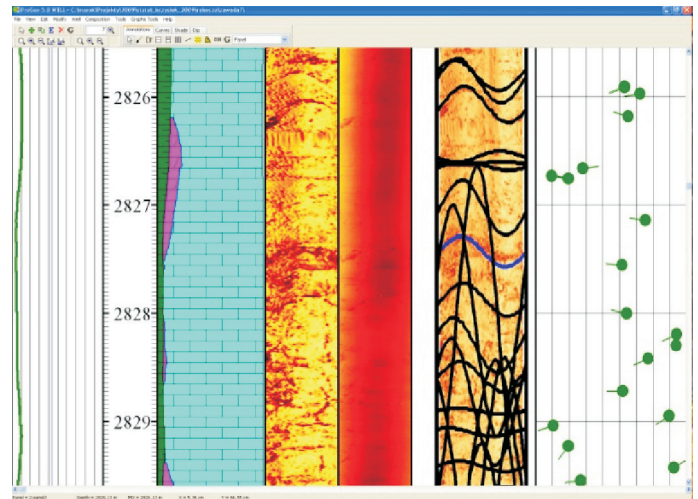
Rys. 2. Pojedyncze szczeliny ukośne, zarejestrowane w marglistych wapieniach jury górnej



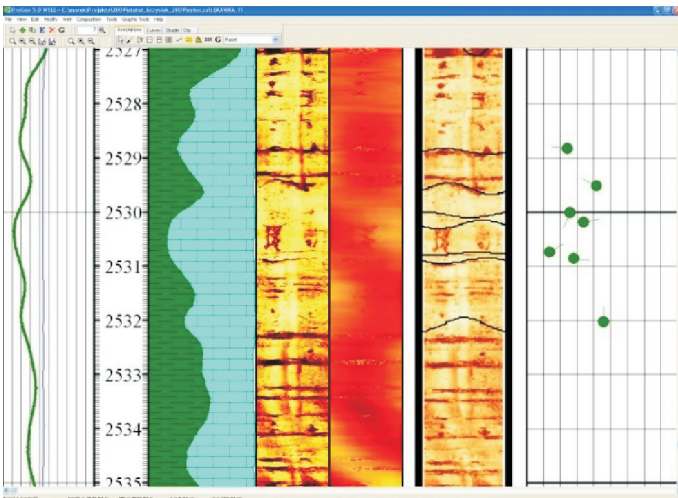
Rys. 3. Przykład struktur owalnych, będących wynikiem przecinania się dwóch systemów szczelin ukośnych o przeciwnych kierunkach upadu



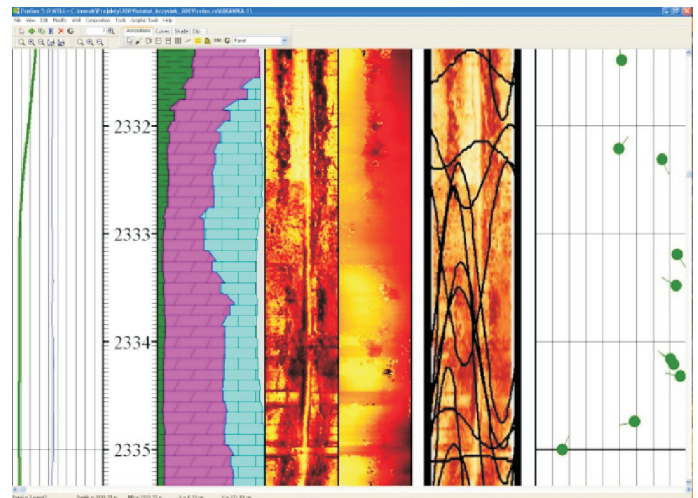
Rys. 4. Przykład obserwowanych na obrazie CAST struktur liniowych, świadczących o obecności systemu szczelin pionowych (lub prawie pionowych) w dolomitach jury górnej



Rys. 5. Przykład szczelin nieregularnych, będących wynikiem obecności wielu różnych systemów szczelin ukośnych, przecinających oś odwiertu pod różnymi kątami, w różnych kierunkach



Rys. 6. Przykład zestawu szczelin zarejestrowanych na obrazie CAST: po lewej w zailonych wapieniach J3; po prawej w dolomitach wapnitych J3



zapisu czasu propagacji fali odbitej TT. Obecność na obrazie TT ciemnych kolorów (długie czasy propagacji) wskazuje na możliwość występowania szczelin otwartych. W praktyce większość szczelin obecnych w górotworze jest zamknięta i stanowi jedynie potencjalne drogi migracji, po zastosowaniu zabiegów intensyfikacyjnych. Określenie przebiegu pojedynczych płaszczyzn wyzna-

czających kierunek i kąt upadu struktur identyfikowanych jako szczeliny wykonano przy użyciu oprogramowania *Interactive Petrophysics v.3.5* firmy Synergy, w opcji *Interactive Deep Picking*, którego licencja jest w posiadaniu INiG w Krakowie. Oprogramowanie to umożliwia określenie przebiegu szczelin z automatycznym wprowadzeniem korekty na bieżącą trajektorię odwiertu i zmiany średnicy.

### Analiza statystyczna interpretacji szczelinowości

Wyniki interpretacji szczelin na profilowaniach CAST (głębokość, kąt upadu oraz azymut upadu poszczególnych szczelin) zostały wprowadzone do systemu PETREL w postaci danych punktowych. Dane te spełniają dwójaką rolę: pozwalają na obliczenie parametru intensywności zeszczelinowania w postaci logu, a także dokonania podziału całości obserwowanych szczelin na grupy charakteryzu-

jące się odmienną orientacją. W niniejszej pracy autorzy, obserwując znaczne zróżnicowanie wartości azymutów upadów szczelin, podjęli się modelowania sieci szczelin, z uwzględnieniem ich podziału na grupy. Rozdziału dokonano posługując się wizualizacją płaszczyzn szczelin w postaci rzutu stereograficznego (rysunek 7).

Wydzielając trzy grupy szczelin, skupione wokół dominujących azymutów upadu, dokonano jednocześnie wstępnej eliminacji punktów o wartościach upadu zbliżonych do upadu warstwowania utworów górnej jury.

Wyniki interpretacji profilowań CAST posłużyły także do obliczenia parametru intensywności zeszczelinowania, który został policzony zarówno dla całości obserwowanych szczelin, jak również z podziałem na grupy szczelin, różniące się azymutem ich upadu. Wykorzystano w tym celu równanie [7, 9]:

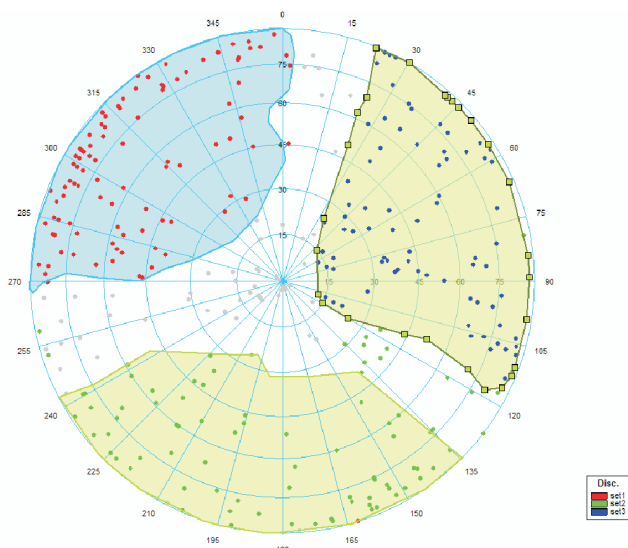
$$Intensity (MD) = (Cum(MD + W/2) - Cum(MD - W/2))/W$$

gdzie:

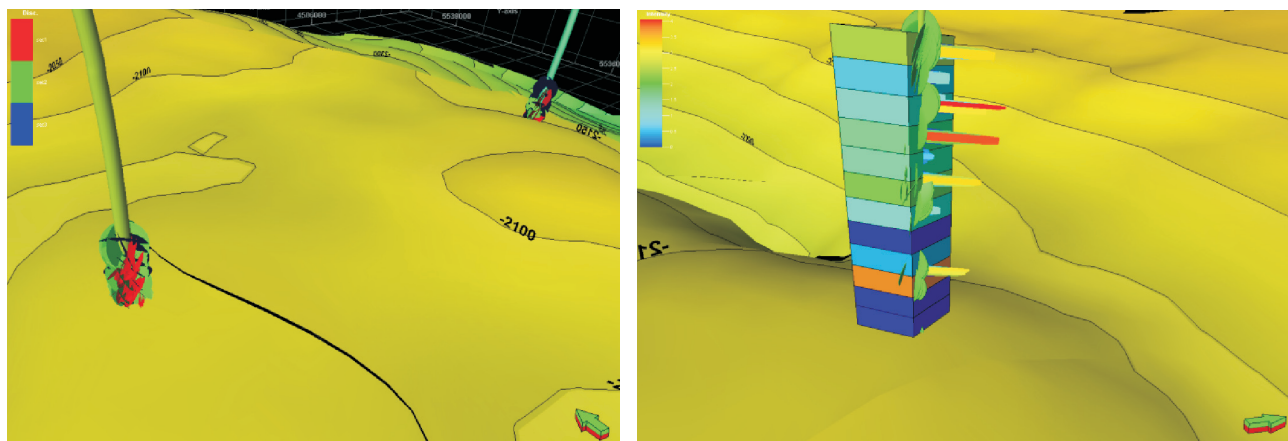
*Cum* – wartość skumulowana,

*MD* – głębokość według miary wiertniczej, na której została stwierdzona szczelina,

*W* – szerokość ruchomego okna obliczania intensywności zeszczelinowania.



Rys. 7. Stereonet obrazujący zmienność upadu i azymutu upadu szczelin obserwowanych w otworach Ł-1 i Z-7K



Rys. 8. Wizualizacja płaszczyzn szczelin przecinających osie otworów wiertniczych (po lewej) oraz obliczonego logu intensywności i wyniku jego uśredniania w blokach grida

## Integracja danych otworowych z danymi sejsmicznymi i strukturalnymi

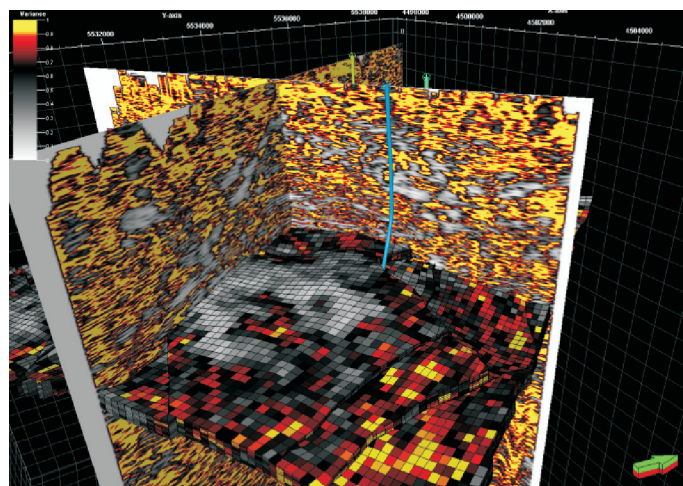
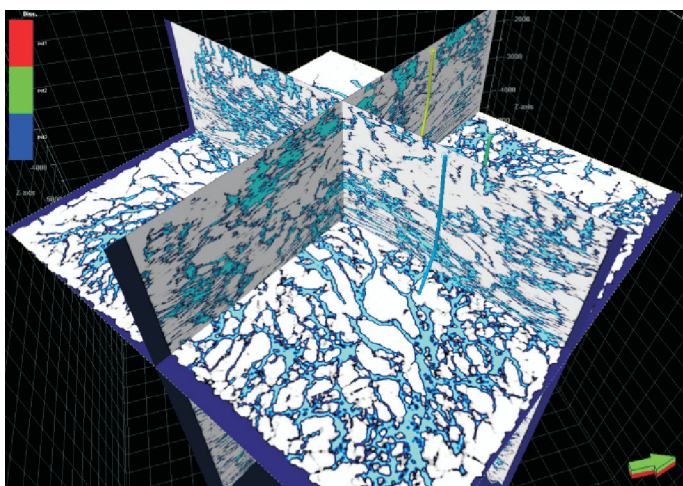
Obliczenie wiarygodnego, przestrzennego rozkładu intensywności zeszcelinowania ma istotne znaczenie dla poprawnego odwzorowania przestrzennego rozmieszczenia sieci szczelin w obrębie analizowanego poziomu zbiornikowego o charakterze szczelinowym. Parametr ten, w następnym kroku modelowania, decyduje o gęstości sieci szczelin w każdym bloku obliczeniowym modelu 3D.

W niniejszej pracy, trudności wiarygodnego odtworzenia intensywności szczelinowania wynikały z faktu, iż autorzy dysponowali danymi (profilowania CAST) umożliwiającymi obliczenie tego parametru tylko w dwóch otworach wiertniczych. W celu uzyskania możliwie najbardziej wiarygodnego odtworzenia zmienności parametrów intensywności dla poszczególnych grup szczelin, wykorzystano wskaźniki zeszcelinowania (*fracture drivers*);

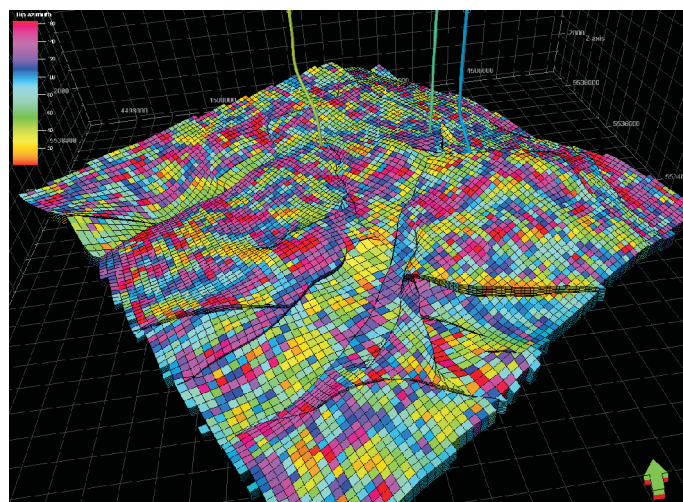
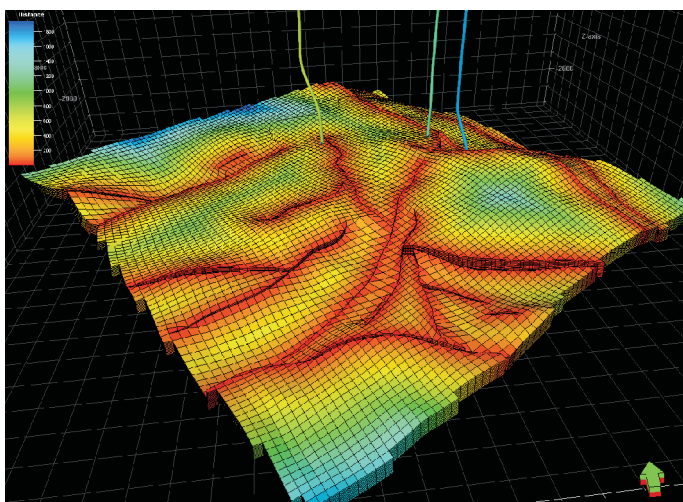
zarówno w postaci atrybutów sejsmicznych, jak również pewnych cech strukturalnych analizowanego poziomu zbiornikowego.

Jako potencjalne wskaźniki zeszcelinowania wytypowano grupę atrybutów sejsmicznych identyfikujących nieciągłości w obrębie ośrodka skalnego (wybrano je na podstawie danych literaturowych) oraz kilka parametrów strukturalnych związanych z zaangażowaniem procesów tektonicznych na analizowanym obszarze (m.in.: krzywizna powierzchni strukturalnej, odległość od uskoku, kąt upadu powierzchni strukturalnej, azymut maksymalnej krzywizny powierzchni strukturalnej).

Ograniczona dostępność danych otworowych determinowała konieczność szerokiego wykorzystania ww. wskaźników zeszcelinowania; zarówno jako danych



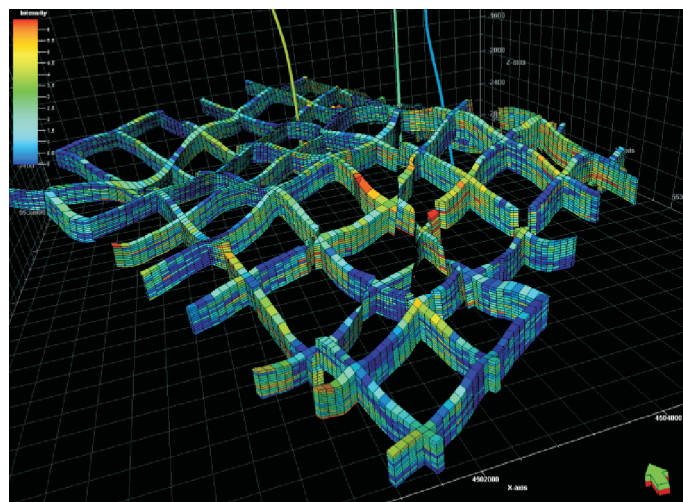
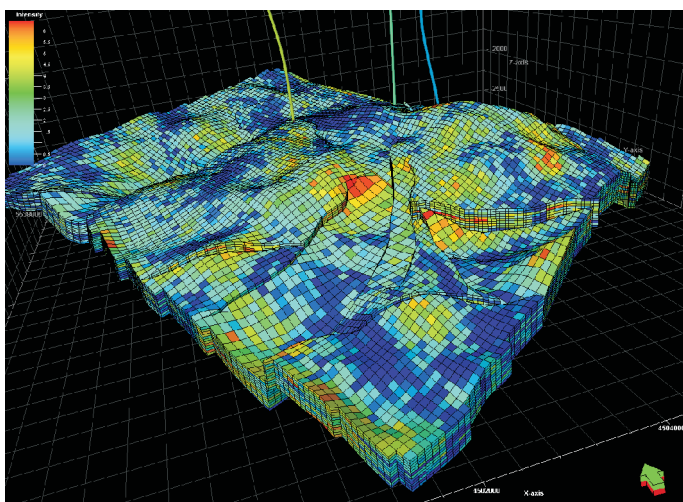
Rys. 9. Wizualizacja atrybutów Ant-track (po lewej) i Chaos (po prawej) z wynikiem resamplingu wolumenu sejsmicznego w obrębia grida 3D



Rys. 10. Wizualizacja strukturalnych wskaźników szczelinowości; odległość od uskoku (po lewej) oraz azymutu maksymalnej krzywizny

sterujących rozkładami intensywności zeszczerelinowania w opcji co-kriging, jak również w celu oszacowania charakteru anizotropii intensywności zeszczerelinowania (definiowanie wariogramów). Jako że współczynniki korelacji pomiędzy pojedynczymi parametrami sejsmicznymi lub strukturalnymi oraz obliczonymi w profilach otworów logami intensywności nie były zadowalające, podjęto próbę wykorzystania kombinacji większej liczby parametrów sterujących, w postaci tzw. meta-atrybutów [5]. W tym celu wykorzystano sieci neuronowe (algorytm *Neural Net*), poszukując meta-atrybutów intensywności zeszczerelinowania, które pozwolą na uzyskanie maksymalnej wartości współczynnika korelacji pomiędzy uśrednionymi w interwałach pionowej rozdzielczości modelu logami intensywności – dla poszczególnych grup szczelin – oraz wartościami meta-atrybutu – dla tej grupy szczelin. W ten sposób opracowany w profilach otworów model estymacji dla danych otworowych i dostępnych przestrzennie wskaźników szczelinowatości został wykorzystany do konstrukcji przestrzennego modelu intensywności dla poszczególnych grup szczelin. Proces ten wykonano w dwóch etapach: w pierwszej kolejności, algorytmem *Neural Net* wykonano model przestrzenny meta-atrybutu intensywności

zeszczerelinowania dla danej grupy szczelin. Parametru tego nie można jednak bezpośrednio wykorzystać do skonstruowania nieciągłego modelu sieci szczelin, gdyż algorytm *Neural Net* nie zachowuje prawdziwych wartości parametru nadzorującego proces poszukiwania korelacji, a więc dane w profilach otworów (obliczone na podstawie interpretacji CAST) zostają zastąpione przez wartości wynikające z zastosowanego modelu estymacji sieciami neuronowymi. Ponadto ograniczona reprezentatywność parametrów sterujących (*fracture drivers*) w profilach otworów wiertniczych powoduje, że otrzymany meta-atrybut zeszczerelinowania posiada niefizyczny zakres zmienności (np. intensywność  $< 0$  lub kilkakrotnie przekraczająca wartości maksymalne obserwowane w otworach). Nie mniej jednak, uzyskany w ten sposób meta-atrybut intensywności zeszczerelinowania opisuje charakter zmienności statystycznej i stanowi parametr sterujący rozkładem finalnego grida intensywności zeszczerelinowania oraz wykorzystywany jest w co-kringu algorytmu estymacyjnego lub symulacyjnego. Obserwowane współczynniki korelacji pomiędzy meta-atrybutami intensywności zeszczerelinowania i intensywnością zeszczerelinowania, dla wyróżnionych trzech grup szczelin wynosiły od 0,48 do 0,64.

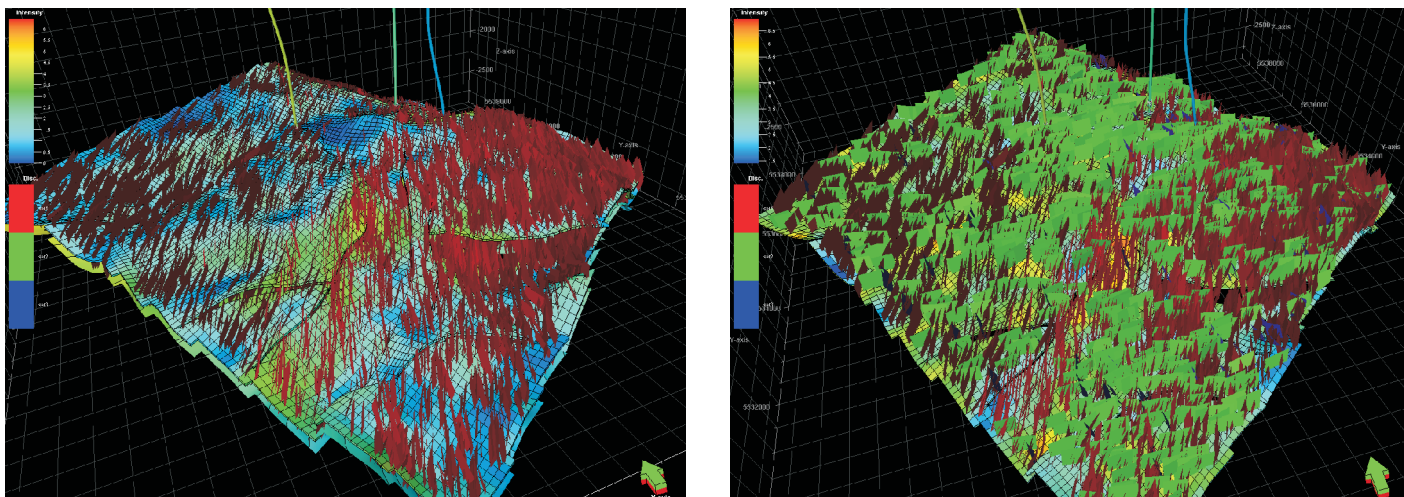


Rys. 11. Wizualizacje przestrzenne modeli 3D intensywności zeszczerelinowania dla jednej z wydzielonych grup szczelin

### Modelowanie nieciągłej sieci szczelin (DFN – *Discrete Fracture Network*)

Obliczone rozkłady przestrzenne intensywności zeszczerelinowania dla wydzielonych grup szczelin stanowiły parametry definiujące gęstość dystrybucji szczelin w nieciągłym modelu systemów szczelin. Innymi wielkościami, których zdefiniowanie było konieczne w procesie obliczania przestrzennego modelu sieci szczelin, były: średnie, minimalne i maksymalne parametry geometrii szczelin dla danej grupy, zakładany kształt szczelin, ich wydłużenie oraz dane definiujące orienta-

cję szczelin (wyniki statystycznej analizy danych punktowych reprezentujących obserwowane szczeliny, tj. średni upad i średni azymut upadu) oraz współczynnik koncentracji – wyznaczający rozrzut orientacji modelowanej sieci szczelin od założonych wartości średnich. Rezultatem tego etapu prac było uzyskanie modelu DFN, obrazującego rozkład sieci szczelin poszczególnych grup, w postaci płaszczyzn rozmieszczonych w obrębie konstruowanego modelu (rysunek 12).



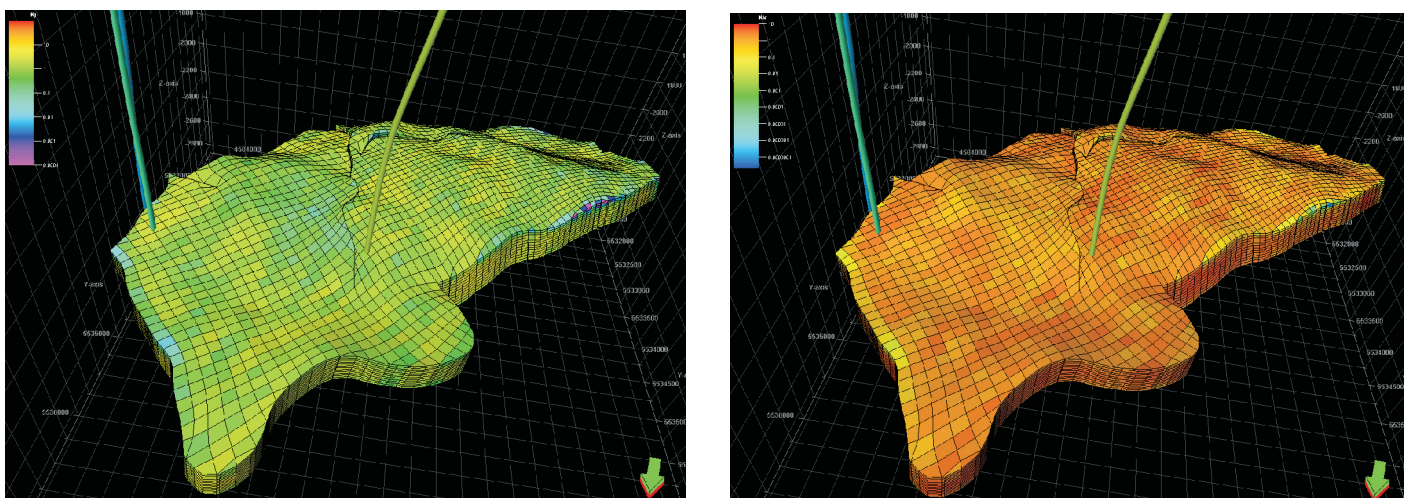
Rys. 12. Wizualizacje przestrzenne nieciągłego modelu szczelin (po lewej – szczeliny grupy I; po prawej – sieć szczelin grup I, II i III)

### Parametryzacja systemu szczelin

Finalnym procesem charakteryzacji szczelinowości złóż/poziomów zbiornikowych o podwójnej porowatości jest obliczenie: przestrzennych modeli przepuszczalności sieci szczelin w kierunkach horyzontalnych i w kierunku pionowym ( $i, j, k$ ), współczynnika sigma (współczynnik łączności sieci szczelin z matrycą skalną) oraz porowatości szczelinowej. Parametryzacja nieciągłego modelu szczelin została wykonana metodą Oda, będącą statystycznym szacunkiem przepuszczalności, bazującym na całkowitej powierzchni szczelin w każdym bloku obliczeniowym oraz parametrach liczbowych tych szczelin.

W tym celu konieczne było obliczenie rozwartości i przepuszczalności poszczególnych szczelin w obrębie

konstruowanego modelu. Jest to zagadnienie złożone, wymagające integracji dostępnych danych: wyników pomiarów laboratoryjnych i opisów rdzeni wiertniczych, interpretacji profilowań geofizyki otworowej oraz wyników opróbowania otworów wiertniczych. W niniejszej pracy przepuszczalność pojedynczych szczelin w obrębie modelu DFN obliczono stosując formuły zamieszczone w pozycji literaturowej [9]. Niskie wartości przepuszczalności szczelinowej, jakie uzyskano w finalnych modelach  $k_i$ ,  $k_j$  i  $k_k$ , są efektem kalibracji przepuszczalności pojedynczych szczelin w taki sposób, aby przepuszczalność szczelinowa odpowiadała (była mniejsza lub zbliżona) przepuszczalności uzyskanej z testu otworowego.



Rys. 13. Wizualizacja modelu przepuszczalności szczelinowej;  $k_j$  – kierunek horyzontalny (po lewej) i  $k_k$  – kierunek pionowy (po prawej)

## Podsumowanie

1. Odtworzenie charakterystyki szczelinowości poziomów zbiornikowych o podwójnej porowatości stwarza nadzieję na pełniejsze zrozumienie mechanizmów przepływu mediów złożowych, a w konsekwencji pozwala osiągnąć wyższy współczynnik szcerpania tego typu złóż.
2. W niniejszej pracy przedstawiono metodykę konstrukcji przestrzennych, nieciągłych modeli sieci szczelin (*Discrete Fracture Network*), będącą rezultatem interpretacji profilowań CAST oraz integracji wyników tej interpretacji z danymi sejsmicznymi i strukturalnymi, przedstawionymi w formie gridów 3D.
3. Wykorzystując teoretyczne formuły [9], obliczono przepuszczalność poszczególnych szczelin wchodzących w obręb przestrzennego modelu sieci szczelin. W tym celu w pierwszej kolejności obliczono długość poszczególnych szczelin, jako funkcję ich powierzchni, a następnie rozwartość szczelin (*aperture*), jako funkcję ich długości. Ostatecznym etapem obliczeń było wykorzystanie formuły wiążącej rozwartość szczeliny z jej przepuszczalnością, z wykorzystaniem współczynnika kalibracyjnego. Współczynnik ten wyznaczono stosując – jako parametr kalibracyjny – wynik interpretacji przepuszczalności z testu otworowego.
4. W oparciu o nieciągły model sieci szczelin wykonano obliczenie parametrycznych, przestrzennych modeli przepuszczalności szczelinowej (w trzech kierunkach:  $k_i, k_j, k_k$ ) oraz porowatości szczelinowej i współczynnika sigma.
5. Z uwagi na znaczną złożoność zagadnienia szczelinowości poziomów zbiornikowych, tematyka ta wymaga kontynuacji, szczególnie takie jej aspekty jak: możliwość określania rozwartości szczelin (*aperture*) na podstawie rejestrowanych obrazów ścian odwiertu, wpływ historii tektonicznej obszaru i poziomu zbiornikowego na typ i orientację sieci szczelin, możliwości detekcji intensywności zeszczelinowania oraz określania orientacji i geometrii sieci szczelin w oparciu o dane sejsmiczne, parametryzacja sieci szczelin (przepuszczalność szczelin) oraz kalibracja finalnych modeli przepuszczalności szczelinowej w oparciu o dane dynamiczne (wyniki opróbowania otworów, a także symulacje złóż węglowodorów o podwójnej porowatości).

Artykuł nadesłano do Redakcji 21.01.2010 r. Przyjęto do druku 21.01.2010 r.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Raczkowski

## Literatura

- [1] Aguilera Roberto: *Naturally fractured reservoirs*. PennWell Publishing Company, 1980.
- [2] Halliburton – CAST training notes.
- [3] Interactive Petrophysics v. 3.5 – Help Manual.
- [4] Iwera O.G., et al.: *The challenges of numerical simulation of a complex fractured carbonate reservoir with available disparate data sets*. SPE 91691.
- [5] Jędrzejowska-Tyczkowska H., et al.: *Analiza efektywności zróżnicowanych zbiornikowych atrybutów sejsmicznych typu przestrzennego w procesie tworzenia geostatystycznych modeli złóż w kolektorach węglanowych*. INiG, Kraków, 2005.
- [6] Nelson Ronald A.: *Geologic analysis of naturally fractured reservoirs*. Gulf Publishing Company, 1985.
- [7] Petrel v. 2009.1 – Manual.
- [8] Schlumberger – *Characterization of Fractured Reservoirs* ([www.slb.com/carbonates](http://www.slb.com/carbonates)).
- [9] Schlumberger – *Fracture modeling course*, 2009.
- [10] Singh Sunil K., et al.: *Mapping fracture corridors in naturally fractured reservoirs: an example from Middle East carbonates*. First Break, vol. 26, May 2008.

Mgr inż. Krzysztof SOWIŹDŹAŁ – absolwent Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, o specjalności geologia naftowa i geotermia. Od 2003 roku pracownik Instytutu Nafty i Gazu; w latach 2003-2006 zatrudniony w Zakładzie Inżynierii Naftowej; od 2006 roku do chwili obecnej w Zakładzie Geologii i Geochemii. Zajmuje się zagadnieniem konstrukcji przestrzennych, statycznych modeli złóż węglowodorów oraz obszarów poszukiwawczych.

Mgr inż. Marek STADTMÜLLER – absolwent Wydziału Geologiczno-Poszukiwawczego AGH, specjalność geolog górniczy. W latach 2006-2008 kierownik Ośrodka Interpretacji i Metodyki Geofizyki Wiertniczej Geofizyka Kraków Sp. z o.o. Od 2008 roku główny specjalista w Zakładzie Geologii i Geochemii ING w Krakowie. Specjalista z zakresu analiz danych geofizyki wiertniczej i petrofizyki.