

# *PRZESTRZENNE (3D) MODELOWANIE KOMPUTEROWE WNETRZA ZIEMI – GEOMODELING*

*Wstęp do wykorzystania pakietu programów*

*Petrel 2007*

**Bartosz Papiernik**

**KRAKÓW**

**Kwiecień 2008**

Do opracowania wykładu wykorzystano fragmenty przygotowywanej pracy doktorskiej autora  
W partiach dotyczących zastosowania programu Petrel wykorzystano rysunki pochodzące z e z elektronicznej pomocy  
programu Petrel2007

Wykorzystywane do przygotowania wykładu programy Petrel 2007, Eclipse 100, zostały przekazane na WGGiOŚ  
AGH jako darowizna przez firmę Schlumberger Logelco Ins.

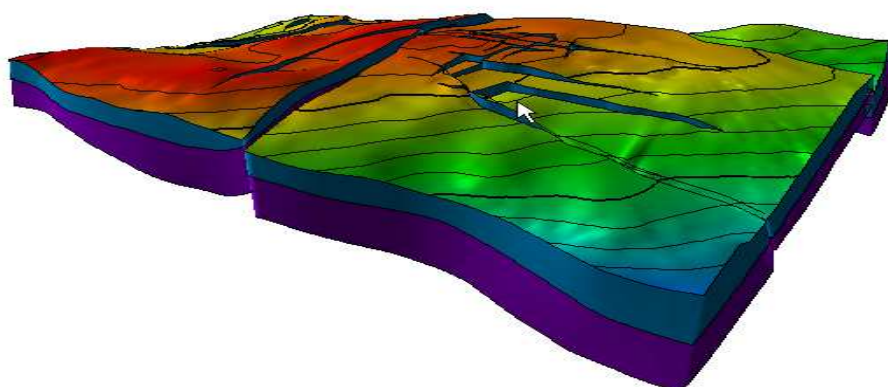
Materiały nie mogą być powielane bez zgody autora

## ***PRZESTRZENNE (3D) MODELOWANIE KOMPUTEROWE WNĘTRZA ZIEMI (GEOMODELING)***

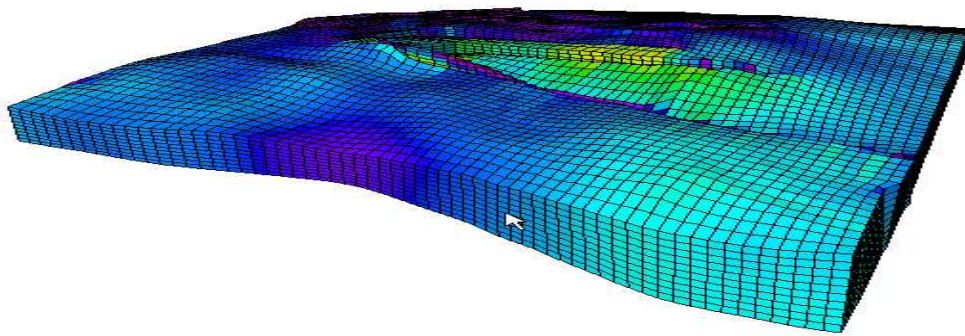
Współcześnie używane oprogramowanie komputerowe prezentują urozmaicony sposób „konstrukcji” modeli przestrzennych (3D). Obok oprogramowania bazującego na idei gridów 3D, budowanych na podstawie regularnych siatek interpolacyjnych 2D (Tipper 1992, Cosentino 2001, Dubrule 1998, 2003) [np., Petrel 2007, Power Model], istnieją programy należące do rodziny CAD, jak np., program GOCAD (Mallet 2002).

W uproszczeniu Geomodeling realizowany w poszukiwaniach naftowych z użyciem programu Petrel 2007 można przedstawić jako następującą sekwencję:

**Przedstawienie zmienności geologicznej w trzech wymiarach w wyniku rekonstrukcji osnowy stratygraficznej i zmienności tektonicznej**

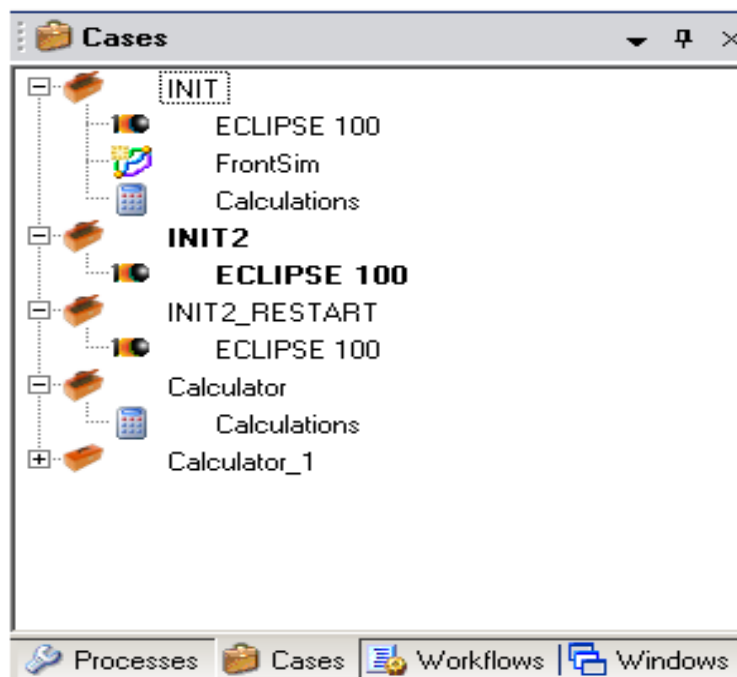


**Stworzenie trójwymiarowego modelu statycznego** obrazującego zmienność facjalną i zbiornikową (Property Model).



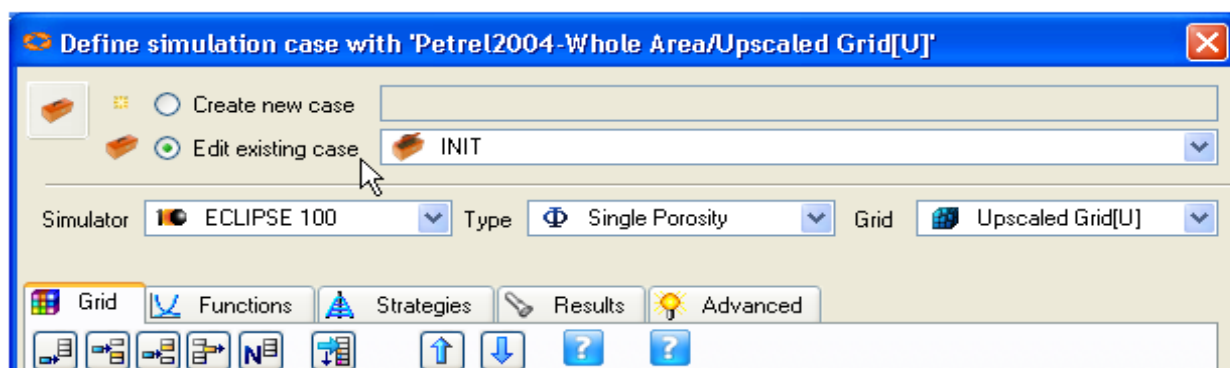
Grid 3D (źródło: elektroniczna pomoc programu Petrel 2007)

**Symulacja procesów złożowych i obliczenie zasobów (z wykorzystaniem programów do symulacji Eclipse 100 i Front Sim, uruchamianych z platformy Petrela).**



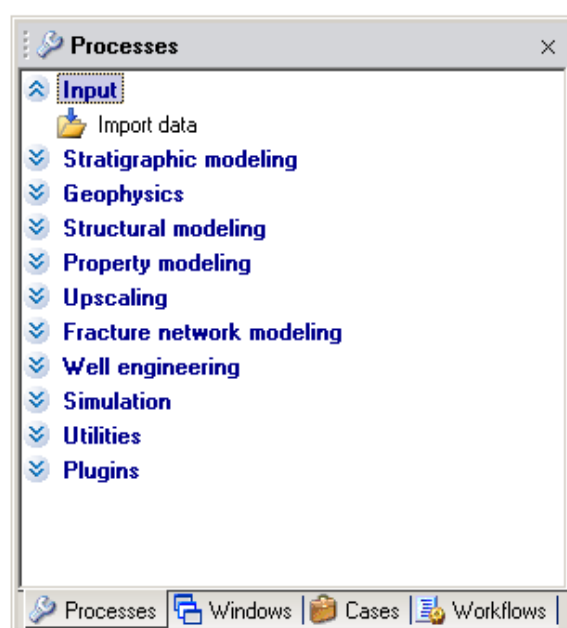
*Ilustracja 1: Idea symulacji z wykorzystaniem tzw. przypadków (Case) (źródło: elektroniczna pomoc programu Petrel 2007)*

**Wyniki obliczeń zapisywane są przez program jako „przypadki” – cases.**



## Geomodelowanie – w nieco większym zbliżeniu

Procesy niezbędne do opracowania modelu w programie Petrel 2007 są ukryte w zakładce Procesy. Za jej pośrednictwem uruchamiane są wszelkie



*Ilustracja 2: Okno procesów programu  
Petrel*

procedury niezbędne do wykonania interpretacji danych geologicznych, geofizycznych, prędkościowych, modelowania geometrii struktur, litofacji, własności zbiornikowych, optymalnego zaprojektowania odwiertów, symulacji

procesów w złożu czy obliczenia jego zasobów wraz z oceną prawdopodobieństwa (Uncertainty)

W praktyce badawczej pełen zakres czynności niezbędnych do opracowania statycznego modelu 3D jest niezwykle szeroki i w przypadku zastosowania pełnej procedury interpretacyjnej wymaga wykonania następujących zasadniczych etapów prac:

- ⌘ Opracowanie bazy danych otworowych oraz wykonanie geologicznej, geofizycznej i litologiczno-złożowej interpretacji profili wierceń 1D
- ⌘ Wizualizacja i interpretacja danych sejsmicznych (2D lub 3D) w domenie czasowej i ich konwersja czasowo-głębokościowa (opcjonalnie),
  - interpretacja strukturalna – ręczna bądź wspomagana przez program
  - interpretacja tektoniki nieciągłej
  - analiza atrybutów sejsmicznych
- ⌘ Opracowanie map strukturalnych w formie regularnych siatek interpolacyjnych [RSI] (gridów 2D) na podstawie danych:
  - sejsmicznych i otworowych
  - cyfrowanych map archiwalnych i danych otworowych
  - danych otworowych (na ogół tylko mapy prędkości średnich bądź interwałowych w przypadku potrzeby dokonania konwersji czasowo-głębokościowej).
- Stworzenie przestrzennego (3D) modelu strukturalnego z wykorzystaniem opracowanych RSI i interpretacji tektoniki nieciągłej:
  - Utworzenie sekwencji stratygraficznych (*Sequence, Zone*) wraz z dyslokacjami,
  - Wprowadzenie warstwowania wewnątrz sekwencji stratygraficznych (*layers*),
- Utworzenie modelu facjalnego lub litologicznego na podstawie danych otworowych
  - Uśrednienie danych litologicznych w profilach utworów (*wells upscaling, well model*),
  - Przestrzenne modelowanie zmienności facjalnej w wydzielonych sekwencjach i warstwach, z zastosowaniem algorytmów deterministycznych bądź stochastycznych,
- Modelowanie zmienności parametrów petrofizycznych (porowatości, zailenia, przepuszczalności) z wykorzystaniem wyników modelowań strukturalnych i litologiczno-facjalnych:
  - Tworzenie podstawowych modeli jak np. modele porowatości i zailenia dla poszczególnych sekwencji i litologii,
  - Tworzenie modeli pochodnych, takich jak np. jakość uszczelnień czy jakość skał zbiornikowych w sekwencjach stratygraficznych,

⌘ Modelowanie procesów złożowych to ogromny dział obsługiwany przede wszystkim przez inżynierów złożowych obejmuje ono:

- przekształcenie modelu geologicznego w model złożowy (mniejsza gęstość),
- symulację procesów eksploatacji złoża,
- obliczenie zasobów.

Wyniki modelowania 3D można przedstawiać w postaci rysunków pseudo trójwymiarowych – map i tzw. diagramów plotowych (*fence diagrams*) bądź w formie dwuwymiarowych map odzwierciedlających uśrednione wartości wybranych parametrów i sekwencji/warstw/ facji.

## TWORZENIE MODELU W PRAKTYCE

### IMPORT DANYCH

Aby rozpocząć pracę w programie Petrel należy zaimportować niezbędne dane. Zachowanie poprawnej kolejności importu danych pozwoli uniknąć błędów. Podstawowe dane niezbędne do rozpoczęcia pracy to dane otworowe, dane stratygraficzne analizy laboratoryjne, krzywe i geofizyczne. W dalszej kolejności importujemy dane sejsmiczne (w domenie głębokościowej bądź czasowej), gridy 2D, modele uskokowe, parametry symulacji czy też całe modele 3D opracowane w innych programach.

### TYPY IMPORTOWANYCH DANYCH

**Line data (XYZ data)** - linie, kontury, przebiegi linii sejsmicznych itp.

**Point data (XYZ data)** dane punktowe, średnie porowatości w odwiertach.

**Functions** np. funkcje zależności porowatości od przepuszczalności .

**Bitmaps.** (BMP, JPG, PCX, TIFF i TARGA)

**Gridded surfaces (2D maps).** Regularne siatki interpolacyjne tzw. gridy 2D – modele powierzchni, uskoków, itp. Obsługiwane formaty to:

IRAP classic grid ASCII

- IRAP classic grid BINARY
- IRAP classic layer BINARY
- Zmap+ grid ASCII
- EarthVision grid ASCII
- CPS-3 grid, ASCII

**Well trajectories with logs.** Np. punkty o współrzędnych XYZ położone wzdłuż trajektorii odwiertu, wraz z profilem krzywizny otworu (np. LAS 2.0 CWLS LOG ASCII), dane otworowe Irap RMS .

**Production data.** Interwały perforacji z wartościami, np. skumulowana produkcja ropy i gazu .

**3D seismic volumes** formaty SEG-Y i ZGY

**2D seismic lines** formaty SEG-Y i ZGY

**Fault Models.** Modele uskoków obliczone w programie Petrel

**3D grids with or without properties.** Np. Gridy 3D i symulacje przepływu obliczone w innych programach np. Eclipse

**Properties.** Modele własności petrofizycznych obliczone w programach Gslib, VIP, ECLIPSE, CMG.

**Streamlines.** Linie przepływu uzyskane w wyniku symulacji w programach FrontSim, 3DSL.

**Post-processing data.** ECLIPSE summary files.

**Simulation data.** Dane i rezultaty z programów ECLIPSE i FrontSim. Dane typu summary z programów Petrel i VIP

## IMPORT DANYCH OTWOROWYCH

Po ustaleniu układu współrzędnych do projektu należy zaimportować dane otworowe zachowując odpowiednią kolejność -najpierw lokalizację odwiertów (Well head), następnie ich krzywiznę, stratyografię (well tops) dane laboratoryjne i inne oraz krzywe geofizyki wiertniczej.

### Well Head

Pierwszy krokiem jest tzw import nagłówków (*well head*). Umożliwia on wprowadzenie do

| Column #       | 1    | 2    | 3          | 4          | 5          | 6           |
|----------------|------|------|------------|------------|------------|-------------|
| Attribute      | Name | UWI  | Surface X  | Surface Y  | KB         | Well symbol |
| Attribute name | Name | UWI  | Surface X  | Surface Y  | KB         | Well symbol |
| Attribute type | Text | Text | Continuous | Continuous | Continuous | Discrete    |
| Unit           |      |      | meter      | meter      | meter      |             |

Number of header lines: 0  
Undefined value: -999

☐ Use current window's settings  
☐ Custom date format

Example of format: 29.12.1977

Header info (first 30 lines):

| Line    | 1:  | WellName      | X-Coord        | Y-Coord  | KB    | Tc |
|---------|-----|---------------|----------------|----------|-------|----|
| Line 2: | A10 | 456979.063700 | 6782712.412000 | 0.000000 | 1499. |    |
| Line 3: | A15 | 456645.058100 | 6781579.733000 | 0.000000 | 1808. |    |
| Line 4: | A16 | 456510.405500 | 6784012.020000 | 0.000000 | 1805. |    |

OK for all OK Cancel

projektu podstawowych informacji o odwiercie obejmujących jego położenie geograficzne, głębokość końcową, numer itp.

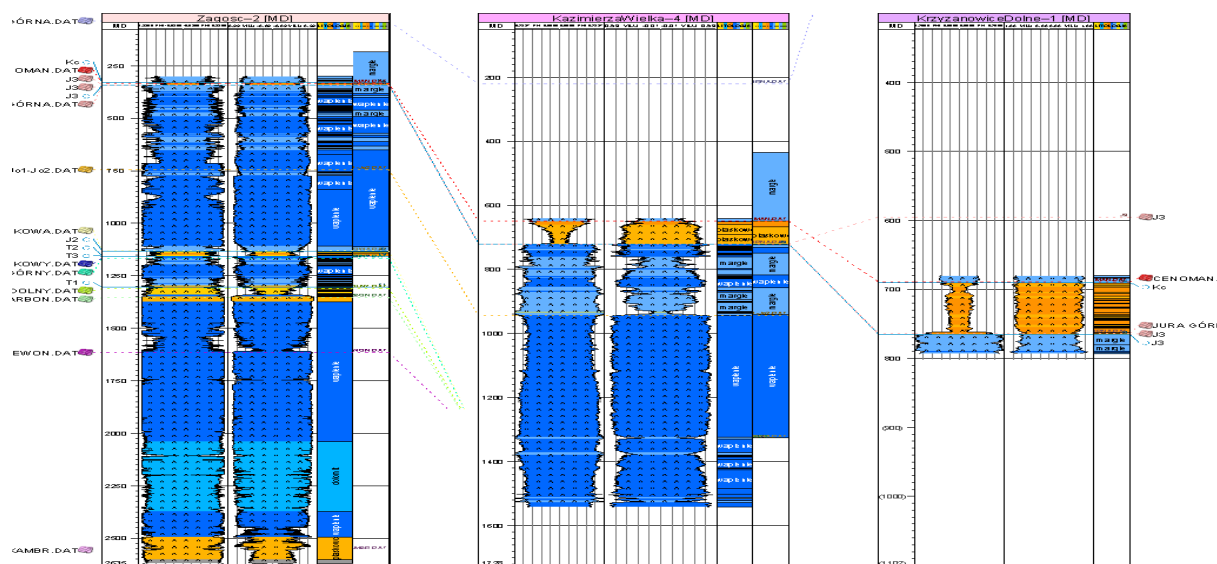
## ZARZĄDZANIE OTWORAMI – WELL MANAGER

Figure 1. Well manager tool.

|    | Name       | Folder                                     | Well symbol     | UWI | Surface X | Surface Y  | KB | TD (TVDSS) | TD (MD) | Spud |
|----|------------|--------------------------------------------|-----------------|-----|-----------|------------|----|------------|---------|------|
| 1  | A10        | 'Wells/Producers'                          | Oil             |     | 456979.06 | 6782712.41 | 0  | 2247       | 2416    |      |
| 2  | A15        | 'Wells/Producers'                          | Oil             |     | 456645.06 | 6781579.73 | 0  | 1988       | 2084    |      |
| 3  | B8         | 'Wells/Producers'                          | Oil             |     | 457746.94 | 6787092.61 | 0  | 2206       | 2472    |      |
| 4  | A16        | 'Wells/Producers'                          | Oil             |     | 456510.41 | 6784012.02 | 0  | 2053       | 2155    |      |
| 5  | B9         | 'Wells/Producers'                          | Oil             |     | 456727.66 | 6785559.45 | 0  | 2990       | 2992    |      |
| 6  | C2         | 'Wells/Injectors'                          | Injection water |     | 454635.00 | 6787607.12 | 0  | 2284       | 2470    |      |
| 7  | C4         | 'Wells/Injectors'                          | Injection water |     | 454640.19 | 6786210.63 | 0  | 2298       | 2564    |      |
| 8  | C5         | 'Wells/Injectors'                          | Injection water |     | 453503.72 | 6783001.80 | 0  | 2306       | 2337    |      |
| 9  | C6         | 'Wells/Injectors'                          | Injection water |     | 451503.84 | 6781798.24 | 0  | 2425       | 2473    |      |
| 10 | C3         | 'Wells/Injectors'                          | Injection water |     | 456244.15 | 6788724.75 | 0  | 2239       | 2434    |      |
| 11 | B1         | 'Wells/Other wells'                        | Gas             |     | 457324.81 | 6785978.89 | 0  | 2860       | 3014    |      |
| 12 | B2         | 'Wells/Other wells'                        | Abandoned oil   |     | 458003.13 | 6785817.93 | 0  | 2230       | 2627    |      |
| 13 | B4         | 'Wells/Other wells'                        | Oil             |     | 457617.89 | 6785129.58 | 0  | 2150       | 2757    |      |
| 14 | C1         | 'Wells/Other wells'                        | Gas             |     | 453062.30 | 6786798.36 | 0  | 2284       | 2367    |      |
| 15 | C7         | 'Wells/Other wells'                        | Proposed        |     | 452119.18 | 6784852.47 | 0  | 2378       | 2573    |      |
| 16 | Proposed 1 | 'Wells/Proposed wells'                     | Proposed        |     | 456002.62 | 6786166.13 | 0  | 2215       | 3728    |      |
| 17 | A-1        | 'Wells/Optimized wells/MyRun/Realization   | Undefined       |     | 455918.41 | 6782496.27 | 0  | 1907       | 1914    |      |
| 18 | A-2        | 'Wells/Optimized wells/MyRun/Realization   | Undefined       |     | 455918.41 | 6782496.27 | 0  | 1808       | 4131    |      |
| 19 | A-3        | 'Wells/Optimized wells/MyRun/Realization   | Undefined       |     | 455918.41 | 6782496.27 | 0  | 1902       | 3073    |      |
| 20 | A-1        | 'Wells/Optimized wells/Targets/Realization | Undefined       |     | 452905.03 | 6781834.74 | 0  | 2314       | 4472    |      |

## MODELOWANIE STRATYGRAFICZNE

Po zaimportowaniu podstawowych danych- takich jak „nagłówki” odwiertów i ich krzywizny oraz podstawowa stratygrafia wczasowej, a także krzywe geofizyczne dane są interpretowane bardziej szczegółowo, np., w wyniku korelacji międzyotworowej wydzielane są kolejne horyzonty (*well tops*).

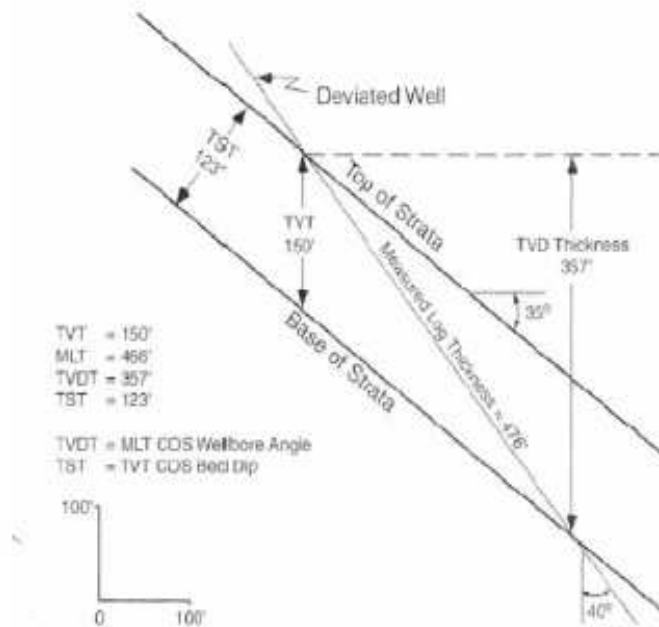


Interpretacja może być wykonywana w domenie czasowej bądź głębokościowej. Tryby wyświetlania profili wierć obejmują m.in.



**MD**- Measured depth (Głębokości odniesione do KB)

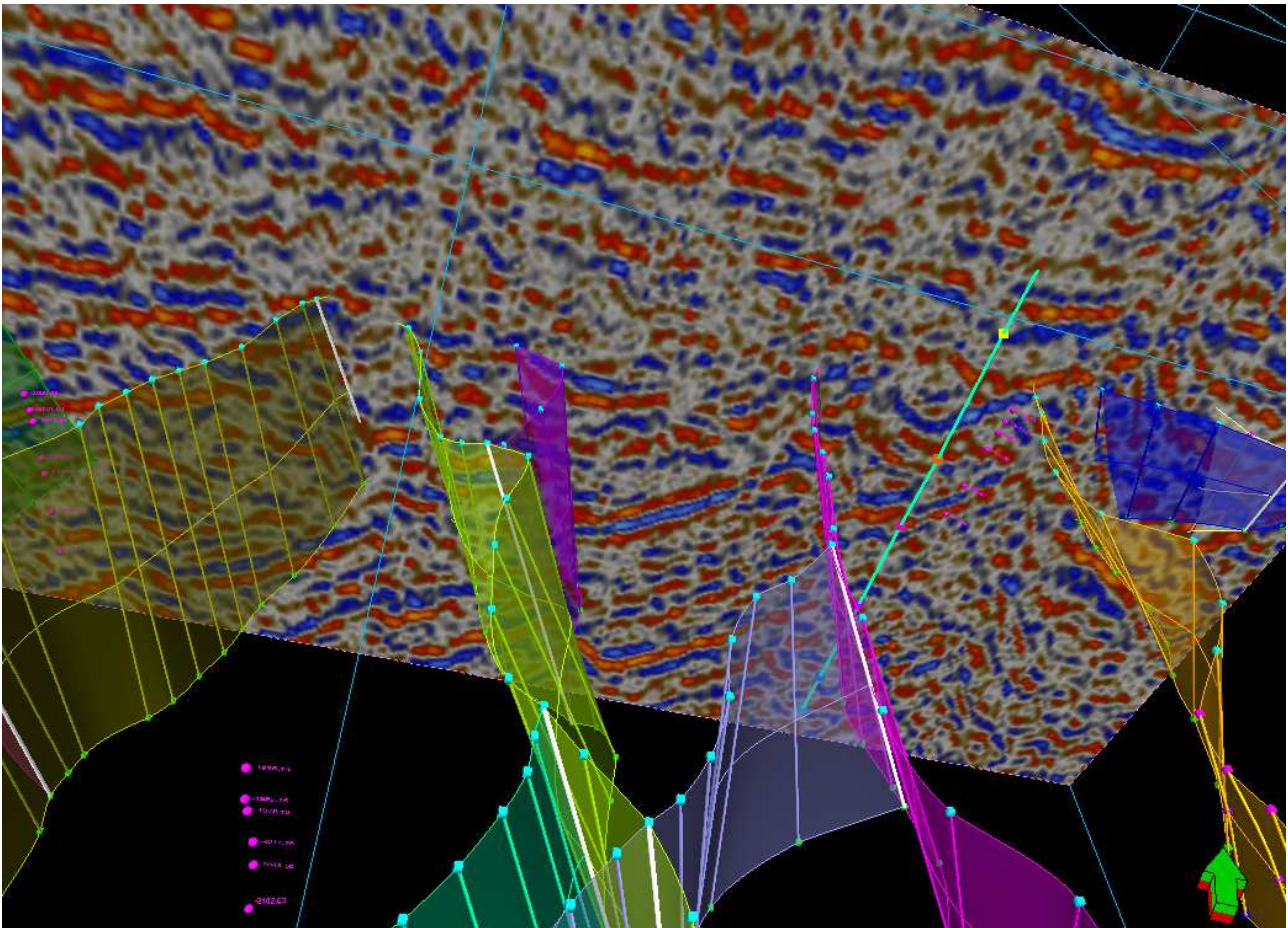
- **TVD**- True vertical depth (**Głębokość rzeczywista odniesiona do pionu**)
- **SSTVD**- Sub sea true vertical depth (**Głębokość rzeczywista odniesiona do pionu, w metrach poniżej poziomu morza**)
- **OWT** -One way time, requires a time relationship (Czas przejścia fali w jedną stronę, odniesiony do poziomu odniesienia profilu sejsmicznego)
- **TWT** -Two way time, requires a time relationship ((Czas przejścia fali w dwie strony, odniesiony do poziomu odniesienia profilu sejsmicznego)
- **TVT** -True vertical thickness, requires stratigraphic dip and azimuth data (rzeczywista miąższość pionowa -wymaga wiedzy o kącie i kierunku upadu warstw)
- **TST** -True stratigraphic thickness, requires stratigraphic dip and azimuth data (rzeczywista miąższość stratygraficzna warstw -wymaga wiedzy o kącie i kierunku upadu warstw)



## Intrepretacja geofizyki

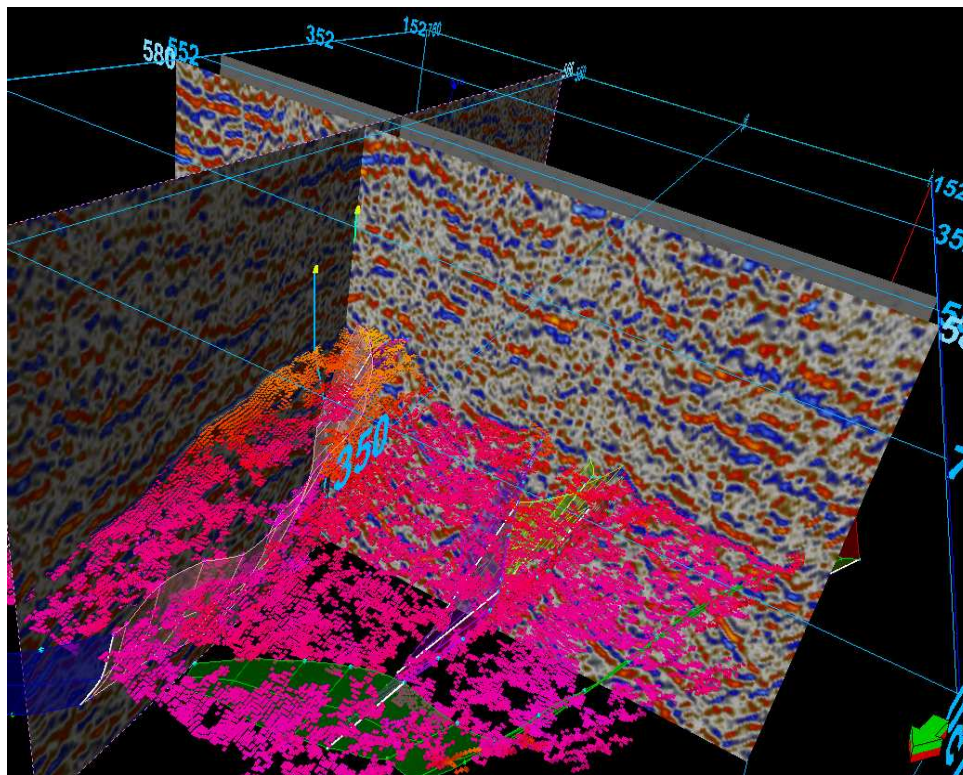
*Petrel 2007 umożliwia zaawansowaną interpretację sejsmiki 2D i 3D zarówno w domenie czasowej jak i głębokościowej. Wykorzystywane dane można importować do programu w formatach SGY i ZGY.*

Program jest wyposażony w bardzo nowoczesne narzędzia wspomagające interpretację uskoków (np. procedura Automatic Fault Extraction)



A także horyzontów sejsmicznych obejmującą techniki

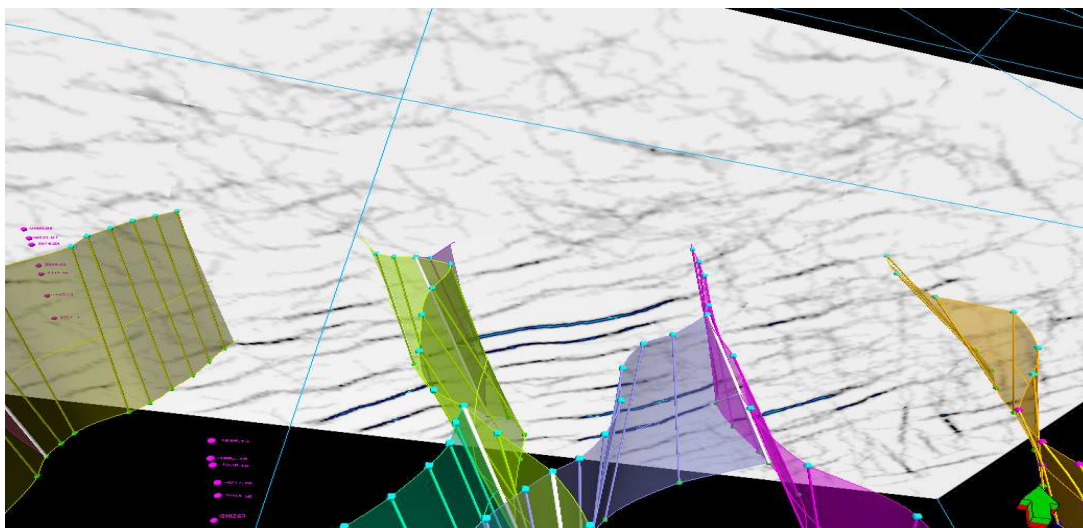
- ⌘ Manual interpretation (drawing)
- ⌘ Guided autotracking
- ⌘ Seeded 2D autotracking
- ⌘ Seeded 3D autotracking
- ⌘ Paintbrush autotracking
- ⌘ Active box autotracking



*Ilustracja 3: na podstawie danych szkoleniowych Petrel 2007*

Proces interpretacji i modelowania sejsmicznego wspomagają narzędzia umożliwiające analizę atrybutów sejsmicznych dla sejsmiki 2D i 3D

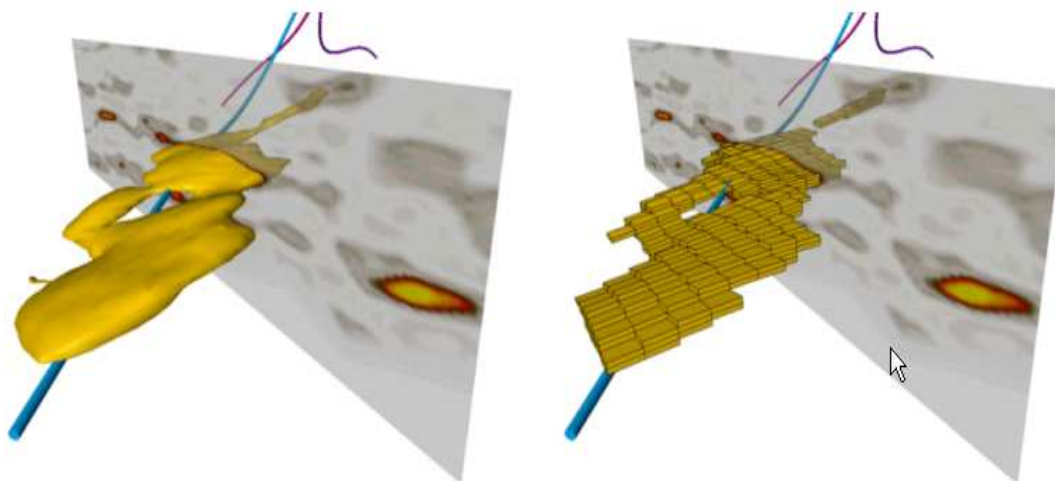




*Atrybut Ant Tracking (Na podstawie danych szkoleniowych Petrel 2007)*

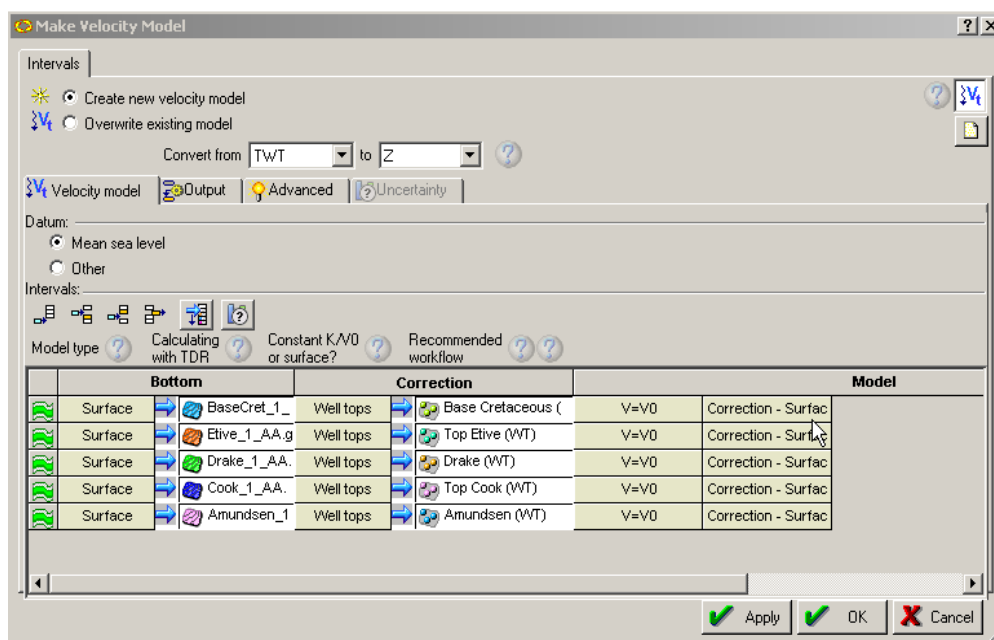
### **Modelowanie sejsmiczne**

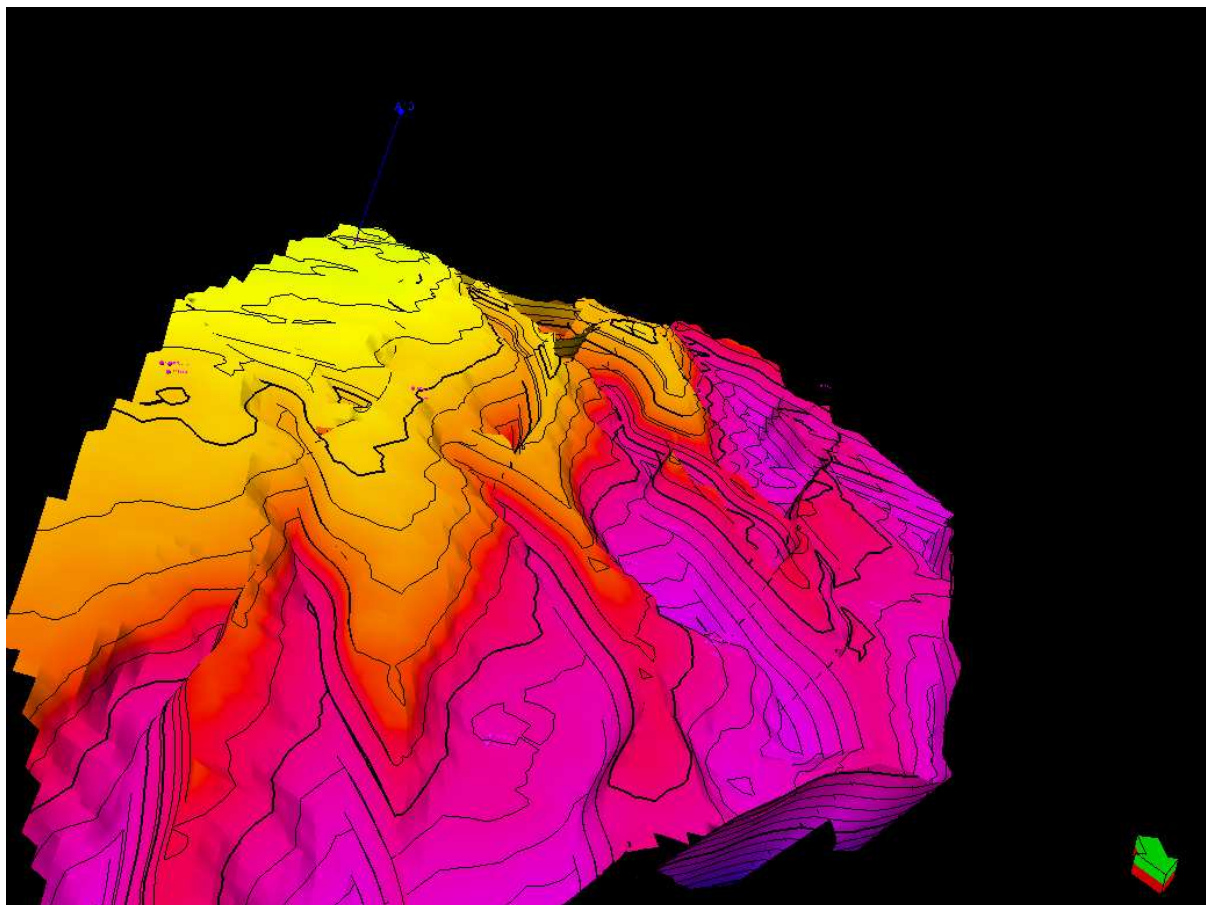
Na podstawie zdjęcia 3D możliwa jest automatyczna wyodrębnianie soczewek skał wykazujących podobny zapis atrybutowy zdjęcia sejsmicznego



*Wynik wykorzystania procedur 3D Volume Extraction i Seismic Geobody Assignment. W obrębie zdjęcia 3D wyodrębniono osad turbidytowy i zamieniono go w model 3D (Na podstawie danych szkoleniowych Petrel 2007)*

Wyniki interpretacji w domenie czasowej mogą być przeliczone do postaci map czasowych a następnie model głębokościowy za pośrednictwem tworzonego w Petrelu modelu prędkości





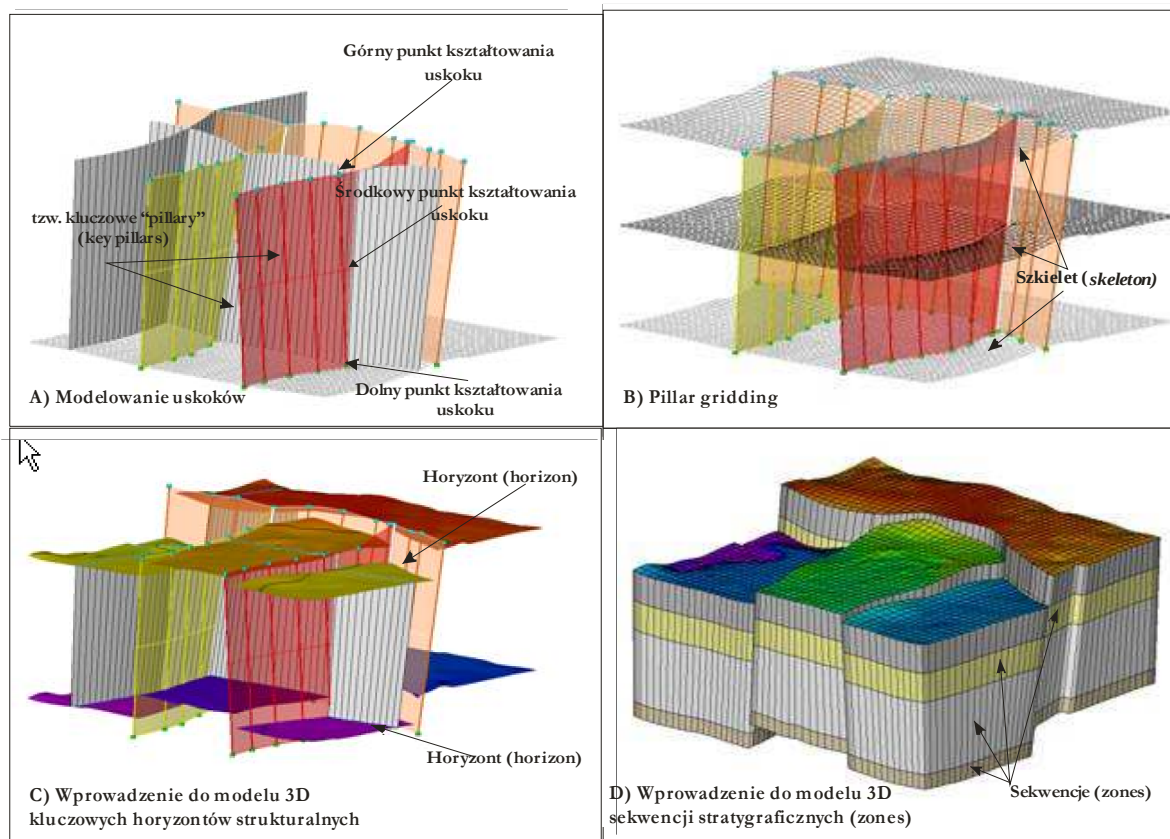
## Osnowa strukturalna modelu (*Structural framework*)

Przestrzenny model geologiczny składa się wielościanów, najczęściej nieregularnych konstruowanych na bazie zniekształconego równoległoboku. Przeciętny model statyczny (geologiczny) obejmuje współcześnie ok. 1 000 000 komórek (Dubrule 2003).

W filozofii modelowania reprezentowanej przez autorów programu Petrel 2005 pierwszy krok modelowania stanowi stworzenie przestrzennego modelu dyslokacji (*fault model*) na obszarze badań. Umożliwia on założenie pierwotnego, schematycznego gridu 3D obejmującego kolumny rozciągnięte równoległe do przebiegu dyslokacji między powierzchnią stropową i spagową modelu oraz trzema powierzchniami szkieletowymi (*skeleton*), powiązаныmi z przebiegiem uskoku za pośrednictwem górnego, środkowego i dolnego punktu kształtującego. Procedura ta jest określana jako, tzw. *pillar gridding*.

Utworzone komórki *pillar gridu* mają w płaszczyźnie XY nieregularny kształt determinowany przebiegiem dyslokacji.

Kolejnym krokiem jest wprowadzenie do modelu tzw. horyzontów czyli granic geologicznych powstałych z przekształcenia tzw. powierzchni (*surfaces*), najczęściej regularnych siatek interpolacyjnych RSI (=gridów 2D), obliczonych w Petrelu na podstawie wyników interpretacji sejsmiki i/lub danych otworowych (*well tops*), bądź importowanych w formie RSI (gridów) obliczonych w programach Zmap+, CPS-3, IRAP, EarthVision.



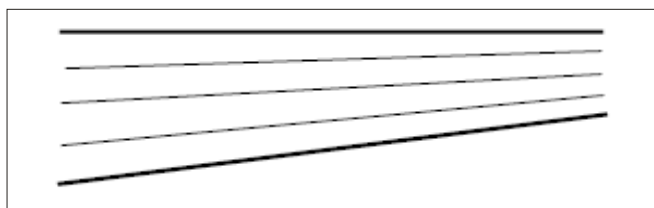
Pomiędzy, tak utworzone horyzonty można wprowadzać kolejne granice sekwencji stratygraficznych (*zones*), np. obliczane metodami superpozycyjnymi przez odjęcie modeli miąższości kolejnych warstw. W obrębie sekwencji można wprowadzić także sekwencje niższego rzędu (*sub-zones*).

W przypadku prostej budowy geologicznej lub regionalnego modelowania nie wymagającego wprowadzenia uskoku, możliwe jest opracowanie modelu z pominięciem etapu modelowania uskoku (*Fault model*) i związanego z nim etapu *Pillar gridding-u*. Model 3D jest wówczas budowany na podstawie gridów 2D powierzchni strukturalnej stropu i spagu warstwy (*surfaces*).

Procedura ta jest nazywana *Make Simple Grid*. Podstawą do opracowania modelu 3D są w tym przypadku mapy strukturalne stropu i spągu objętego modelowaniem interwału.

Finalny etap budowy osnowy stratygraficznej modelu stanowi wprowadzenie warstw (*layers*). Ich miąższość zawsze stanowi kompromis pomiędzy rozdzielczością oraz ilością danych wejściowych, a rozdzielczością modelu i jego całkowitą kubaturą. Miąższość warstw w poszczególnych sekwencjach można różnicować, biorąc pod uwagę miąższość sekwencji, a także jej znaczenie z punktu widzenia poszukiwań naftowych. Warstwy można wyznaczyć w sposób:

- proporcjonalny (wyznaczając stałą ilość warstw w całej sekwencji (*zone*),
- równoległe do stropu sekwencji, zachowując stałą miąższość warstw,
- równoległe do spągu sekwencji, zachowując stałą miąższość warstw,
- stosując warstwowanie ułamkowe (wyznaczając stałą proporcję poszczególnych warstw względem miąższości całej sekwencji stratygraficznej).

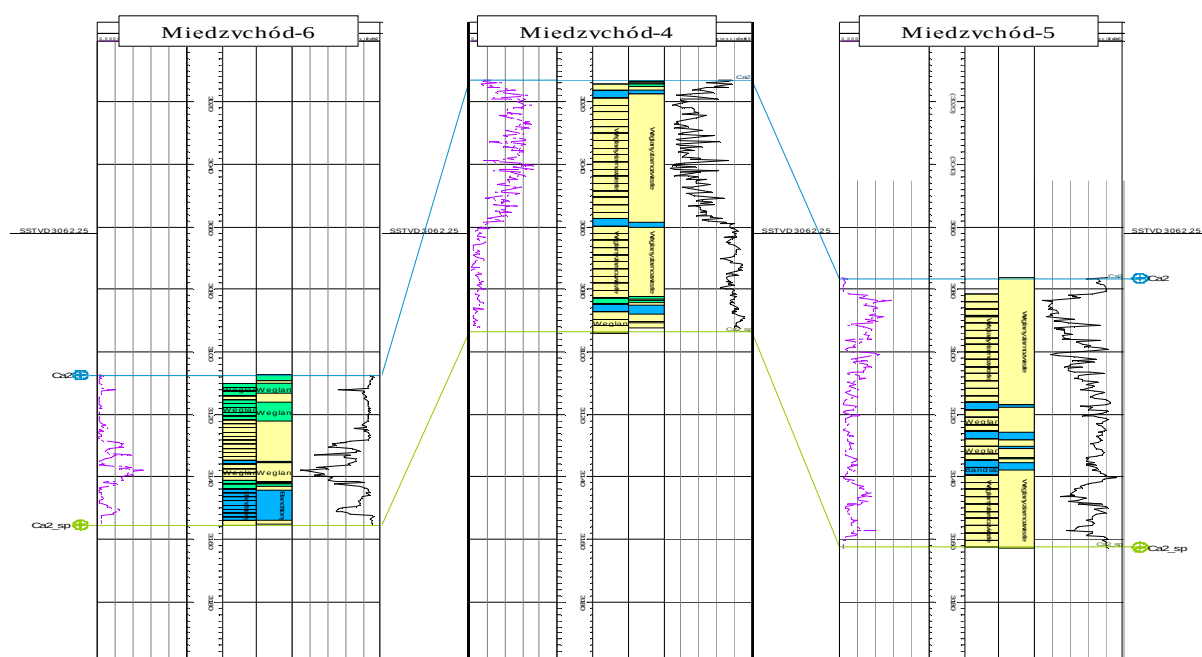


Rys.2.8 Sekwencja o warstwowaniu proporcjonalnym (*Proportional*)

### Model danych z otworów (*Upscaling/Well model*)

Pierwszy etap przekształcania osnowy strukturalnej w model litologiczno - zbiornikowy stanowi utworzenie tzw. modelu otworowego czy inaczej *upsaling* danych otworowych (Petrel 2005 Manual, Dubrule 2003) do postaci komórek (*cells*) rozlokowanych wzdłuż trajektorii wierceń. Procedura ta polega na przekształceniu dyskretnych lub ciągłych danych wejściowych w formę „zgeneralizowanego logu” o ilości komórek odpowiadającej gęstości warstwowania (*layering*) poszczególnych sekwencji (*sequences, zones*) stratygraficznych modelu. Dane wykorzystywane do stworzenia modelu otworowego obejmują ciągłe krzywe geofizyczne, dane laboratoryjne nieregularnie rozmieszczone w profilu otworu, a także dane dyskretne, takie jak zakodowana cyfrowo litologia, zmienność facjalna czy stratygrafia. Importowane do modelu dane mają postać krzywych geofizycznych (format „las” lub „lis”) bądź odpowiednio formatowanych plików tekstowych ASCII. Standardowe procedury *upsaling*’u obejmują szereg technik uśredniania.





Do najprostszych i często stosowanych należy metoda **średniej arytmetycznej**, wykorzystywana zwłaszcza do przetwarzania danych o dużej liczebności i ciągłej zmienności, takich jak np. zailenie czy porowatość, a znacznie rzadziej przepuszczalność. Metoda jest stosowana powszechnie względem danych punktowych (np. laboratoryjnych pomiarów porowatości).

**Arytmetyczna średnia ważona** jest stosowana dla tzw. danych liniowych czyli wykazujących równomierne próbkowanie, jak np. krzywe geofizyczne. Na ogół jako waga wykorzystywany jest dystans pomiędzy poszczególnymi próbkami w obrębie komórki czyli w praktyce miąższość atrybutu o danej wielkości.

Metoda **średniej harmonicznej** bywa wykorzystywana do uśredniania pionowej przepuszczalności efektywnej, gdy skała zbiornikowa jest zbudowana z naprzemianległych warstewek o jednorodnej przepuszczalności. Istotną zaletą opisywanej metody jest czułość na warstwy o niskich wartościach przepuszczalności (Warren, Price 1961, Ahmed 2001, Cosentino 2001). Zastosowanie tej metody daje dobre rezultaty, gdy uśredniany parametr wykazuje "lognormalny" rozkład zmienności.

Metoda **ważonej średniej harmonicznej** bywa stosowana, gdy uśredniane parametry mają zmienną liczebność w obrębie komórek. Podobnie jak w przypadku ważonej średniej arytmetycznej, jako waga wykorzystywany jest dystans pomiędzy próbkami w obrębie komórki.

Metoda **średniej geometrycznej** jest stosowana dla obliczania przepuszczalności gdy parametr ten nie wykazuje korelacji przestrzennej (Warren, Price 1961, Ahmed 2001, Cosentino 2001) oraz przejawia zmienność „lognormalną”.

Dla danych wykazujących nierównomierne odległości w obrębie komórek stosowana bywa metoda **ważonej średniej geometrycznej**. Obydwie metody geometryczne nie mogą być wykorzystywane dla danych obejmujących wartości ujemne.

Metoda **RMS (Root Mean Square)** polega na uśrednianiu danych w komórkach w sposób opisany przez poniższe równanie:

$$P_A = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2}{n}}$$

Uśrednianie metodą RMS powoduje systematyczne zawyżanie wyników

Metoda **Minimum** powoduje przypisanie do komórki najniższej wartości parametru odczytanej z populacji próbek wpadających w obręb komórki. Podobnie działa uśrednianie metodą **Maximum**, które jednak powoduje przypisanie do komórki **najwyższej** wartości parametru odczytanej z populacji próbek wpadających w obręb komórki.

Dla warstw o znacznej miąższości, oraz stosunkowo licznych zbiorów danych wykazujących zmienność normalną (także danych dyskretnych) wiarygodne wyniki można uzyskać stosując uśrednianie metodą medianową (**Median**).

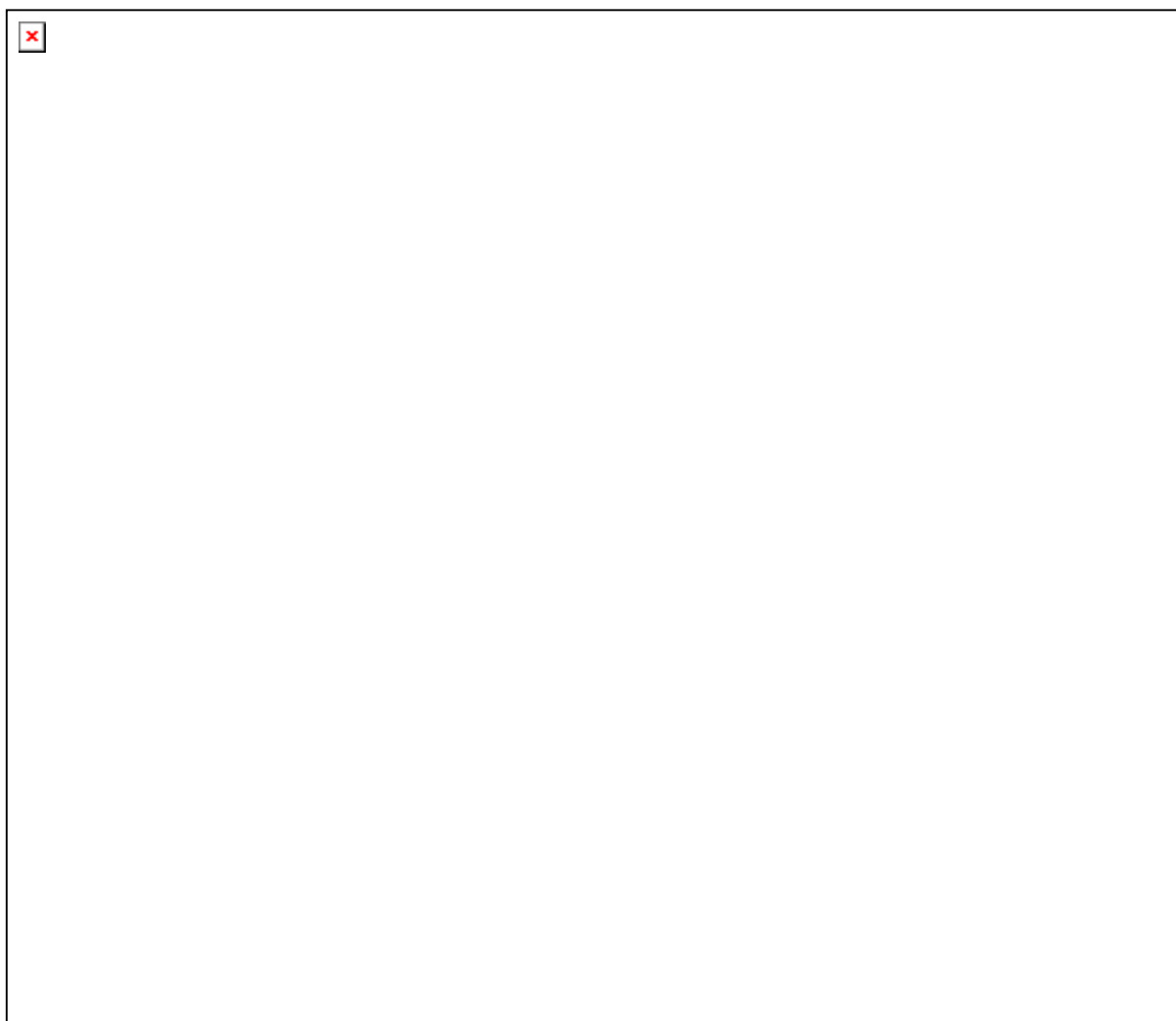
Do *upscaling*’u danych dyskretnych (przykładowo, tworzenia modelu litologicznego) można wykorzystać technikę uśredniania modalnego (**Most of**), która przypisuje komórce wartość najczęściej występującą (np. litologia 1) w próbkach znajdujących się w jej obrębie.

## **Modelowanie zmienności litofacji i parametrów zbiornikowych (PROPRETY MODELLING)**

Wewnętrzna zmienność litologiczna – facjalna modelu 3D można rekonstruować według dwóch podstawowych schematów. W prostszym zmienność litologiczna i facjalna oraz parametry zbiornikowe są modelowane niezależnie. Współcześnie modelowanie własności ośrodka geologicznego najczęściej odbywa się jednak według schematu

dwuetapowego. Pierwszym krokiem jest na ogół stworzenie modelu litologiczno-facjalnego, który wraz z wcześniej przyjętym typem warstwowania będzie w dalszej części sterował procesem interpolacji parametrów zbiornikowych. Niezależnie od przyjętego schematu modelowania, przestrzenna estymacja modelu 3D, odbywa się „wzdłuż” wyznaczonych warstw (*layers*), wg zasad interpolacji numerycznej znanych od lat 60-tych (Davis 1986, Swan, Sandilands 1992, Isaaks, Srivastava 1991, Mitas, Mitasowa 1999).

### **Model litologiczno-facjalny**



Model litologiczno - facjalny (bądź tylko litologiczny lub facjalny) jest konstruowany na podstawie bezpośrednich informacji geologicznych uzyskiwanych w trakcie wiercenia – zwiercin i rdzenia. Na ogół wspomagającą, choć czasami jedyną, informację ilościową stanowią kalibrowane danymi laboratoryjnymi wyniki interpretacji litologiczno-facjalnej krzywych geofizycznych. Dane litologiczne (facjalne) niezależnie od tego czy są to punktowe

20

Metoda najbliższego sąsiada należy do najprostszych deterministycznych technik obliczeniowych. Estymacja modelu litologiczno - facjalnego obejmuje dwa etapy. W pierwszym następuje podział przestrzeni modelu na zestaw wieloboków nazywanych poligonami Voronoia, Thiessena (Davis 1986, Mallet 2002). Wieloboki te są często nazywane strefami wyłącznego wpływu danych, gdyż oznaczają zasięg subregionów leżących najbliżej poszczególnych danych wejściowych. Końcowy etap obliczenia modelu polega na przypisaniu węzłom wpadającym w obręb poszczególnych poligonów Voronoia wartości danej znajdującej się w centrum wieloboku. Powstały model składa się z szeregu ostro ograniczonych bloków, przypominających nieregularne histogramy. Metoda ta, znana pod nazwami *Closest Point*, *Closest Neighbour*, *Nearest Neighbour*, *Polygon Fitting*, itp., bywa stosowana także do modelowania powierzchni 2D (*grid*, *RSI*).

Do algorytmów deterministycznych zaliczymy także używanych do modelowania zmienności facjalnej i litologicznej, tzw. kriging wskaźnikowy (*Indicator Kriging*). Algorytm ten podobnie jak inne odmiany krigingu, opiera procedurę estymacji na współczynnikach ważących, określonych dla danego zbioru danych na podstawie tzw. semiwariogramu czy wariogramu eksperymentalnego i modelowanego. Kriging wskaźnikowy umożliwia tworzenie bardzo wygładzonych model na podstawie dyskretnych danych (Deutsch, Journel 1992).

Bardziej zaawansowane są algorytmy stochastyczne, używane do obiektowego (*object-based*) bądź wskaźnikowego (*indicator*) modelowania zmienności litofacjalnej. Współcześnie wykorzystywane do modelowania zmienności facjalnej lub litofacjalnej algorytmy stochastyczne, wykorzystują podejście iteratywne, sekwencyjne lub bezpośrednie. (Dubrule 1998). W przypadku algorytmów iteracyjnych filozofia modelowania jest taka sama dla modeli obiektowych, jak i wskaźnikowych. Pierwszy obliczany model ma całkowicie losowy rozkład litologii (facji) i w trakcie kolejnych iteracji modelowane wartości są coraz lepiej dopasowane do wejściowych wartości granicznych (kształtu i geometrii obiektów, bądź obliczonych wariogramów wskaźnikowych, a także proporcji udziału poszczególnych facji). Różnica między modelowaniem obiektowym i wskaźnikowym polega na tym, że w pierwszym przypadku zmiany kolejnych iteracji są stosowane względem poszczególnych obiektów, a w drugim względem poszczególnych oczek (*voxels*) modelu 3D (Dubrule 1998).

Algorytmy sekwencyjne, takie jak *Sequential Indicator Simulation* (Deutsch, Journel 1992) stosowane są z dużym powodzeniem zarówno w modelowaniach obiektowych jak i



wskaźnikowych. Procedura obliczeniowa polega tu na stopniowym wypełnianiu modelu 3D wartościami. W każdej sekwencji obliczeniowej estymowane wartości są zgodne z wejściowymi wartościami granicznymi (procentowy udział facji, średnia, wariogram). Sekwencyjna estymacja trwa do momentu, gdy wypełniony jest cały model (Dubrule 1998). W modelach estymowanych z użyciem algorytmu SIS każda wydzielona facja (litologia) jest modelowana oddzielnie. W trakcie liczenia kolejnych facji części modelu zajęte przez poprzednio symulowaną fację są zablokowane (nie są brane pod uwagę).

Algorytmy bezpośrednie np. tzw. *Truncated Gaussian Functions*, (Ravenne, Beucher 1988, Rudkiewicz et al. 1990) polegają na wykonaniu symulacji spełniającej wymagania odpowiedniego wariogramu. Algorytmy takie bywały stosowane do obliczania zmienności litofacjalnej środowisk charakteryzujących się systematycznym przejściem między facjami, jak np. środowiska przybrzeżne czy deltowe. Przykładem algorytmu bezpośredniego jest dostępny w programie Petrel 2007, algorytm *Facies Transition Simulation*. Algorytmy bezpośrednie są stosowane tylko w przypadku modelowania wskaźnikowego (Dubrule 1998).

### **Modelowanie rozkładu parametrów zbiornikowych (*Property modeling*)**

Symulacja przestrzennej zmienności parametrów zbiornikowy stanowi ostatni etap konstruowania, trójwymiarowego modelu statycznego. Podstawowe parametry definiujące zmienność własności zbiornikowych ośrodka skalnego używane w modelowaniach 3D to:

- procentowy udział składników litologicznych (np. zailenia, zapiaszczenia, czy też w węglanach - zailenia, udziału kalcytu i dolomitu, itp.), określany na podstawie analizy rdzenia i zwiercin; interpretacji litologicznych krzywych geofizycznych,
- analizy atrybutów sejsmicznych, porowatość porowa i szczelinowa - liczona na podstawie danych laboratoryjnych (porometr helowy, porozymetr rtęciowy, itp.), profilowań geofizyki wiertniczej, czy też analizy atrybutów sejsmicznych.



Wymienione parametry umożliwiają stworzenie podstawowej wersji modelu statycznego, pozwalającego na ilościową rekonstrukcję przestrzennego rozkładu potencjalnych skał zbiornikowych i uszczelniających. W sytuacji, gdy analizowany obszar obejmuje nagromadzenie węglowodorów, do najważniejszych modelowanych parametrów należy nasycenie przestrzeni porowej węglowodorami ( $1-S_w$ ) obliczany na podstawie krzywych geofizycznych. Model tego parametru opcjonalnie może być dzielony na modele nasycenia przestrzeni porowej ropą i gazem.

Modele: strukturalny, miąższościowy, zailenia, porowatości i nasycenia przestrzeni porowej węglowodorami uzupełnione danymi złożowymi pozwalają policzyć na podstawie modelu statycznego zasoby – całkowite i wydobywalne.

Procedura modelowania zmienności petrofizycznej, jest stosunkowo prostsza, bowiem ciągły charakter zmienności danych wejściowych umożliwia zastosowanie klasycznych algorytmów interpolacyjnych. Jak już wyżej wspomniano współczesne modelowanie

zmienności petrofizycznej jest wykonywane w zależności od wcześniej policzonego modelu litologiczno – facjalnego. W programach najnowszej generacji, takich jak Petrel 2007, estymacja każdego parametru zbiornikowego czy złożowego odbywa w prosty intuicyjny sposób z uwzględnieniem proporcji litologii (litofacji) wydzielonych w otworach i w modelu litologiczno-facjalnym.

Ponieważ dane wejściowe do modelowania przestrzennej zmienności parametrów zbiornikowych wykazują zmienność ciągłą, do obliczenia modelu atrybutowego stosowane są inne algorytmy niż w przypadku modelu facjalnego. Na tym etapie pracy stosunkowo często wykorzystywane są techniki deterministyczne. Do najprostszych należy algorytm najbliższego sąsiada (*Closest, Closest Neighbour*). Nieco bardziej złożone są algorytmy z grupy „odwrotnej” odległości (*Moving Average* (Petrel 2007 Manual), *Weighted Average*). Jako technika wspomagająca inne algorytmy, aplikowane są tzw. algorytmy funkcyjne - na ogół trendy wielomianowe (Davis 1986, Goodman 1999 (Petrel 2007 Manual)). Najbardziej złożone algorytmy deterministyczne wykorzystywane do opracowania modelu petrofizycznego to kriging uniwersalny (Deutsch, Journel 1998) stosowany z (lub bez) trendem zewnętrznym (*External Drift*) (Dubrule 2003), wspomagany wykorzystaniem wariogramów analizowanych parametrów, bądź procedurami co-krigingu, transformacją danych oraz krzywymi prawdopodobieństwa zmian modelowanego parametru.

Oprócz metod deterministycznych do modelowania zmienności parametrów zbiornikowych wykorzystywane są również algorytmy stochastyczne oparte na podejściu iteratywnym, sekwencyjnym lub bezpośrednim (Dubrule 1998). Niezależnie od podejścia, algorytmy stochastyczne umożliwiają tzw. modelowanie warunkowane (*Conditional*), które gwarantuje, że w takcie każdej symulacji statystycznej modele 3D i otworowy, w miejscu przecięcia zawsze będą zgodne. Do najczęściej stosowanych algorytmów stochastycznych współcześnie należy sekwencyjny *Sequential Gaussian Simulation* SGS (Gomez-Hernandez, Journel 1993, Dubrule 1998 (Petrel 2007 Manual)).

# Symulacja

Przystąpienie do symulacji warunków złożowych wymaga odpowiedniego dostosowania modelu geologicznego oraz zdefiniowania w poprawny sposób własności fizykochemicznych i hydrodynamicznych ośrodka skalnego i mediów złożowych, zdefiniowania typu skały zbiornikowej (aquifer), historii wydobywania (jeśli dostępna). Jeśli symulacja przepływu dotyczy istniejących odwiertów, należy do programu wprowadzić informacje na temat ich krzywizny i konstrukcji. Symulacja może być wykonana także w odwiercie, który jest dopiero projektowany. W tym przypadku informacje o krzywiznie i konstrukcji otworu także są niezbędne.

## Upscaling

Model litologiczno złożowy na ogół jest bardzo szczegółowy. Dobrej jakości model w zależności od ilości jednostek stratygraficznych (zones) i wielkości badanego obszaru obejmuje od 1 do 10 milionów komórek. Dla celów symulacji przepływów w złożu model nie powinien się składać z więcej niż 100 000 węzłów. Ograniczenia te są nakładane przede wszystkim przez czasochłonność procedur obliczeniowych.

Cel ten można osiągnąć przeprowadzając całą procedurę modelowania geometrii i własności od nowa, dla „rzadszego” grida (procedury **Pillar Gridding** lub **Simple Gridding**).

Rozwiązaniem alternatywnym jest zastosowanie procedury **Upscalingu**.

**Upscaling** modelu obejmuje uproszczenie zarówno jego modelu strukturalnego (w tym wielkości poszczególnych komórek) i ilość warstw (**layers**) jak i modelu litologiczno – zbiornikowego (**Property Model**).

## Terminologia podstawowa Petrel 2007 (Elektroniczna pomoc programu Petrel)

### Podstawowa terminologia używana w programie Petrel obejmuje poniższą listę zwrotów

**3D Grid** - A network of horizontal and vertical lines used to describe a three dimensional geological model. Petrel uses the "Corner Point 3D Grid" technique.

**Artificial method** - Terminology used in the Make Surface process for creating a surface without using any input data.

**Attribute map** - A map based on a seismic attribute. Created by extracting data across a surface (a map of the average attribute within a certain offset from a surface or between two surfaces can also be extracted) from a seismic volume. The map can then be draped across this surface.

**Automatic legend** - A predefined template displaying the color table legend of a visualized object.

**Bitmap image** - An imported bitmap, e.g. a BMP or a JPG file. If given UTM coordinates, it can be draped over a surface.

**Bulk Volume** - Total rock volume.

**Cell Volume** - The volume of a single cell in a Petrel grid.

**Connected Volume** - The process of calculating connected volumes in a discrete 3D property. Can be used to search for connected channels.

**Contact Level** - The level of a Gas-Oil contact or an Oil-Water contact, normally at a constant depth.

**Contact Set** - A set of contacts defined by the user, to be used as input for volume calculation and/or for visualization.

**Cropping** - Creating a virtual volume by defining inline-, crossline-, and time-range.

**Crossline intersection** - Vertical seismic section perpendicular to the inline direction.

**Cross plot** - Two or more data sets plotted against each other in a Function Window (also called scatter plot).

**Datum** - A constant depth/time or surface used as a reference in measuring elevation.

**Depth Contours** - Contours for a horizon, representing equal depth or time values.

**Depth Conversion** - Converting Z-values, from time domain to depth domain.

**Display Window** - Window used for display of Petrel models. Two types of display windows are available: 2D and 3D.

**Dongle** - The same as a hardware key - Also called "software protection key". It controls the access and expiration dates of software modules.

**Drainage Area** - The area from which it is possible to produce hydrocarbons.

**Erosion Line** - Line defining truncation of one horizon against another.

**Fault Center Line** - Line connecting the midpoints of faulted pillars in a 3D grid.

**Fault Modeling** - The process of modeling fault planes in a three dimensional framework. The first step in fault modeling is creating key pillars.

**Fault Polygon** - An intersection line between a fault plane and a surface.

**Fault Stick (fault dip line)** - Lines describing the fault, usually from top to bottom.

**Fluid Constants** - Formation Volume Factors  $B_o$  for oil and  $B_g$  for gas. GOR: Gas-Oil-Ratio. Strictly speaking the Recovery Factor is not a fluid constant, but it is found in the Fluid Constants menu of the Volume Calculations menu.

**Formation Volume Factor** - The ratio between hydrocarbon volumes at surface conditions and the volumes at reservoir conditions ( $B_o$  and  $B_g$  for oil and gas, respectively).

**Function Bar** - Also called toolbar (in Microsoft terminology). Group of icons on a horizontal or vertical bar. These icons change as different processes are selected in the Process Diagram.

**Function window** - Plot window used for display of functions, cross plots, sample variograms and variogram models.

**Gas Saturation** - Gas fraction in a given fluid volume.

**Geological grid** - The finer 3D grid modeled in detail to represent the geology as accurately as possible. Commonly upscaled to a coarser grid for simulation.

**GIIP** - Gas initially in place.

**GOC** - Gas-oil-contact.

**GOR** - Gas-oil-ratio: the ratio of gas to oil in a volume.

**Gross rock volume** - Total rock volume.

**GSLIB** - Geostatistical Software Library for stochastic simulation.

**Guided Autotracking** - Automatic seismic interpretation. Is initiated by giving two points on a seismic intersection. The program will interpret between the two points according to user defined Autotracking Settings.

**GWC** - Gas-water-contact.

**Hardware Key** - The same as a "dongle" - also called "software protection key". It controls the access and expiration dates of software modules.

**HCPV** - Hydrocarbon pore volume.

**Histogram** - Display of frequency distribution of a data set.

**Histogram window** - Plot window used for display of histograms and cumulative distribution functions.

**Horizon** - The equivalent of a surface, except that a horizon is a surface in a 3D grid and an integrated part of the 3D model. Petrel's 3D grid means that a horizon can have multiple Z values at a single XY value whereas a surface can not. Horizons can be exported from a 3D grid, in which case they become 2D surfaces (regular 2D grids).

**Inline intersection** - An intersection parallel to the inline direction, i.e. the direction of seismic data acquisition.

**Intersection** - A cut through a three dimensional model (3D grid). Intersections can be plane surfaces with arbitrary direction and dip, but can also be cross sections along one of the main directions of a 3D grid (I, J, K directions).



**Intersection window** - Plot window used for generation of scaled plots of cross sections.

**Isochore** - A line connecting points of equal true vertical thickness. Similar to an isopach, but only equivalent when the rock layer is horizontal.

**Isopach** - A line connecting points of equal true stratigraphic thickness. Similar to an isochore, but only equivalent when the rock layer is horizontal.

**Isopleth** - A general term for a line on a map connecting points of equal value - a contour.

**K factor** - Increase or decrease of velocity with depth.

**Key Pillars** - The "building blocks" for creating fault planes in a three-dimensional model. Are created in the first step of fault modeling. Key Pillars have four basic shapes: vertical, linear, listric (3 shape points), and curved (5 shape points).

**Kriging** - Local estimation based upon an empirical solution.

**Line Data** - Input data with X, Y, Z values. Displayed as lines. Several import and export data formats are supported.

**Linvel** - Linvel describes the velocity at depth Z as a linear function:  $V = V_0 + K \cdot Z$ .

**Map window** - Plot window used for generation of scaled plots (2D maps), and for display of variogram maps created in Petrel.

**Maps** - 2D grids (imported or generated in Petrel).

**Menu Bar** - The Menu bar is a special Tool bar at the top of the screen that contains menus such as File, Edit, and View.

**Metafile** - Format used for copying or saving the view of the Plot window.

**Model** - The complete set of data needed to describe a three dimensional geological model. This includes the 3D grid structure with faults and horizons, well data, all cells with different properties, depth conversion model and volume calculations models.

**Modules** - Any of the self-contained software segments in Petrel, each designed for particular tasks.

**Monte Carlo Simulation** - Used for uncertainty evaluation; Distributions can be used for the different types of input data. By applying Monte Carlo simulation, it is possible to draw a random number from each of the distributions to get a value for the result. By running several realizations, it is possible to come up with a distribution of the result. In Petrel, the method is used to take care of the uncertainty range for the contact level, when calculating volumes.

**Net Volume** - The volume of rock that can produce hydrocarbons.  $\text{Net Volume} = \text{Bulk Volume} \cdot \text{Net/Gross}$ .

**Net/Gross** - The fraction of the bulk rock volume representing porous and permeable rock formation

**Nodes** - In a 3D grid, nodes are corner points of the grid cell. In a 2D grid they are intersection points between grid lines.

**Nugget** - The discontinuity at the origin of a Variogram model (i.e. the vertical distance between 0 and where the variogram model crosses the Y-axis).

**Oil Saturation** - Fraction of oil in a given fluid volume.

**OWC** - Oil-water-contact.

**Pick Mode** - Same as Select mode.

**Pillar Geometry** - Pillar shape geometry. One of four types: vertical, linear, listric, and curved.

**Pillar Gridding** - The process of creating the initial three-dimensional (3D) grid. This is done by using a combination of key pillars, trend lines and boundaries. The result is a three dimensional framework called a skeleton grid.

**Pillars** - There are two basic types of pillars in a 3D grid: faulted and non-faulted. The shape can be any of the four standards: vertical, straight, listric or curved. After the pillar gridding process, the key pillars are replaced with faulted pillars. Non-faulted pillars are inserted in the non-faulted area of the 3D grid.

**Plot window** - 2D viewers that can be used for intersections, diagrams, functions, plots, maps, 2D interpretation, etc.

**Pore Volume** - The porous volume of rock containing hydrocarbons.

**Processes tab** - Workflow scheme with different Process steps for modeling. For each Process step a new set of tools are available in the Function bar.

**Project File** - All model data is saved to a project file with the extension \*.pet. This file contains links to all related objects in a saved project. An associated project directory, <project\_name>.dat, containing all the data object files is also created, along with the project file.

**Property Models** - 3D models of petrophysical properties generated in Petrel based on well data and/or trends (deterministic or stochastic modeling).

**Random line** - A user defined cross section through a seismic data set.

**Range** - Describes where the variogram model reaches its plateau of the Variogram model (i.e. the separation distance where there is no correlation anymore between pairs of data values).

**Recoverable Gas** - Volume of gas, at surface conditions, that can be produced.

**Recoverable Oil** - Volume of oil, at surface conditions, that can be produced.

**Recovery Factor** - The fraction of the hydrocarbon volume that is possible to produce.

**Reservoir Modeling** - General term for a digital representation of reservoir characteristics in 3D.

**Sample variogram** - Variogram calculated for a sample data set using a direction and a search distance.

**SEG-Y** - A data exchange format developed by the SEG (Society of Exploration Geophysicists) for storing vast amounts of seismic data on magnetic tape. Seismic data stored in this format can be read on many different types of computers and geophysical processing systems.

**Seismic Attribute** - A property derived from the seismic amplitude.

**Seismic Cube** - Three-dimensional volume of seismic data.

**Select Mode** - Functionality for selecting objects in 3D and 2D. Used for quality control and editing.

**Shape Point** - Control points defining the shape of a key pillar or a pillar. Vertical and linear (key) pillars have 2 shape points, listric (key) pillars have 3 shape points and curved (key) pillars have 5 shape points.

**Simulation grid** - The 3D grid that will be exported and used for e.g. flow simulation. This grid is usually a coarser, upscaled version of the geological grid.

**Sill** - The variogram value at the plateau of the Variogram model (i.e. the variogram value where there is no correlation anymore between pairs of data values).

**Skeleton** - The skeleton is made up of the three grids created during Pillar Gridding. These three so-called skeleton grids are associated with Top-, Mid- and Base-Shape Points, but not related to the layering of the 3D grid.

**Status Bar** - Information on processes, coordinates, etc. in the user interface.

**Stereo Graphics** - True 3D effect is obtained by using the 3D glasses' option.

**Stochastic Modeling** - Randomly distributed properties generated in Petrel based on well data and/or trends.

**STOOIP** - Stock Tank Oil Originally In Place. Also called STOIIP (Stock Tank Oil Initially In Place). Volume of hydrocarbons at surface conditions.

**Structural Modeling** - Consists of Fault Modeling, Pillar Gridding and generation of 3D grids. All three operations are tied together into one single data model: a three dimensional grid.

**Summary files** - Files containing the result data of a simulation run for a simulation package.

**Surfaces** - 2D grids (imported or generated in Petrel). A surface is a simpler version of a horizon in Petrel, the major difference being that horizons are held in 3D grids (as opposed to 2D grids) and can therefore have multiple Z values at each XY point.

**Tabs** - Some panels and diagrams have tabs that can be selected to open new pages for that panel.

**Templates** - A centralized object describing the color table settings common to groups of data. Petrel comes with several predefined templates: depth and thickness color tables, property templates and seismic color tables.

**Thickness Contours** - Contours representing equal isochores in depth or time.

**Time slices** - Horizontal slice through the seismic cube.

**Title Bar** - The file name (project name) and location is displayed in the Title bar on top of the user interface.

**Tool Bar** - Icons for commonly accessed commands in the user interface. These tools are useful shortcuts for items that also can be found by accessing the Menu bar.

**Tools** - Icons for commonly accessed commands in the user interface.

**Trends** - User defined directions of grid cells (I- and J-directions) to be used as an aid in the Pillar Gridding process.

**V<sub>0</sub>** - Start value for Linvel function  $V_0 + K \cdot Z$  at  $Z=0$ .

**Variogram** - Measure of the variance between sample data pairs separated by a given distance in a given direction. Used for modeling the spatial correlation of a data set.

**Variogram map** - A contour map (2D plot) of the sample variogram surface.

**Variogram model** - Mathematical model used to describe the sample variogram.

**Velocity** - Velocity of P-wave (compression wave).

**Velocity model** - A model that describes the complete sequence of velocities and corrections in a geological section.

**Vertical Layering** - Sub-zonation of a 3D grid. Fine scale layering reflecting the depositional setting of specific zones.

**Viewing Mode** - In this mode, objects can be moved around in the Display windows.

**Viewport** - A limited rectangular area in the 2D viewer (Plot window) where the data objects are displayed.

**Volume Rendering** - Seismic Volume Rendering is the process of visualizing and extracting seismic volumes in 3D space.

**Well Correction** - Correction of surfaces at well entry points. Often used in depth conversion.

**Well Section window** - Plot window used for display of well sections used in the well correlation process.

**Well Trajectories** - Lines in space representing well paths.

**Zero line** - Line defining zero values for thickness or property data.

**ZGY** - It is possible to create a new brick representation of a seismic volume. Using the bricked format (ZGY), the seismic is stored in bricks rather than the traditional trace format. When seismic is displayed only the bricks needed are loaded into memory. Big bricks with low resolution are loaded into memory first, after which the program will start loading smaller bricks with high resolution.

**Zones** - A zone is defined by the volume between a top and a bottom horizon.