

## 3D a 4D seizmické metody v současnosti

*Marina Sidorová, Gabriel Wittenberger a Marian Marcin<sup>1</sup>*

### 3D and 4D Seismic Technics Today

*Years ago, exploration was done through surface observations and „divining rods“ – now, it is done by satellites, microprocessors, remote sensing, and supercomputers. In the 1970' s, the exploration success rate was 14 percent, today, it is nearly 29 percent. Not so long ago, three – dimension (3D) seismic diagnostic techniques helped recover 25-50 percent of the oil in place – now, 4D seismic helps recover up to 70 percent of the oil in place. 3D and 4D seismic and earth imaging systems also help in understanding the subsurface flow of other fluids, such as groundwater and pollutants.*

*Seismic surveys – a technique in which sound waves are bounced off underground rock structures to reveal possible oil and gas bearing formation – are now standard fare for the modern petroleum industry. But today's seismic methods are best at locating „structural traps“ where faults or folds in the underground rock have created zones where oil can become trapped.*

**Key words:** streamers, time lapse seismic, ocean bottom cable, seismic acquisition

### Úvod

V polovici 90-tých rokov veľké ropné polia sveta boli už ťažené a 3D seizmika nepostačovala na objavenie nových ropných polí. Hľadali sa nové technológie pre prieskum nových ropných nálezísk a maximálne využitie už ťažených ropných polí. Výskum sa vrátil do úloh spracovania ložiska.

### História vývoja seizmiky

Ropný priemysel v polovici 90-tých rokov využíval údaje, ktoré poskytoval 3D seizmický prieskum za posledných 10 rokov. Počas tohoto obdobia sa zlepšovala kvalita a kvantita údajov ako aj ich cenová dostupnosť. Na získavanie údajov sa používali streamery (obr.1.). Streamery sú káble, ktoré sa umiestňujú na hladine mora, pozostávajú z elektrických vodičov spájajúcich hydrofóny a prenášajúcich seizmické dáta do seizmickej lode k ich zberu. Počiatočné vybavenie 3D seizmiky zahrňovalo len 2 streamery a spracovanie údajov sa zakladalo na princípoch 2D seizmiky. Metódy sa vyvinuli na takú úroveň, že seizmické lode ťahali až 12 streamerov. Pomocou týchto káblov sa získavali vysokokvalitné 3D údaje zo štvorcového kilometra každých 10 minút. Takýmto spôsobom získavané údaje sú efektívnejšie v porovnaní s údajmi z 2D seizmiky. Náklady za každý preplávaný kilometer boli nižšie.

Seizmický prieskum mal by mať svoje opodstatnenie v ropnom priemysle nie len na objavenie ropných a plynových polí ale aj napomáhať k zníženiu finančných nákladov vrtania na mori vo veľkých hĺbkach.

To viedlo k tomu aby sa ropný priemysel opäť sústredil na význam seizmických údajov. Ďalší nárast ťažby a vrtania ako aj možnosť vyhľadávania nových ropných polí nemohli byť zaručené dovtedy používanými metódami seizmickeho prieskumu. To mohlo priviesť veľa ropných spoločností k ich zániku, ale našťastie význam seizmiky vzrástol vo výskume a ťažobnom priemysle.

S narastajúcimi problémami v ropnom priemysle, súvisiacich s nízkou efektívnosťou vyťaženia ložísk a vtlačaním kvapalín, sa vyvinula nová seizmická metóda: TLS – Time Lapse Seismic. Jej základom je 3D seizmika s pridaním dimenzie uplynutého času od prvého prieskumu k nasledujúcim.

TLS je často chápaná ako 4D. 4D je lepšie charakterizovať ako proces, ktorý kombinuje všetky predchádzajúce údaje a nové pozorovania na správne pochopenie zmien v ložisku s časom.

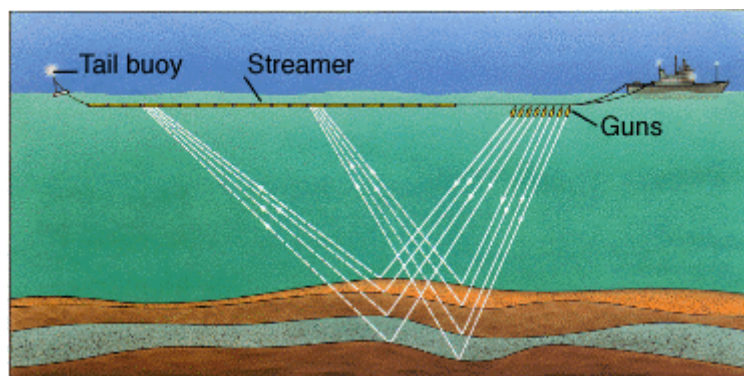
TLS nie je metóda na priame poskytnutie odhadu zmien nasýtenia hornín. K tomu sa vyžaduje 4D interpretácia, ktorá sa okrem seizmiky dopĺňa množstvom disciplín: geológia, geofyzika, petrofyzika a ložiskové inžinierstvo. 4D interpretácia sa zameriava hlavne na pochopenie premiestňovania kvapalín v ložisku, k rozhodovaniu o umiestnení nových vrtov a následných zásahov. Na obr.2. je znázornené premiestňovanie kvapalín od prvého seizmickeho prieskumu pred ťažbou až po štvrtý seizmický prieskum.

Najdôležitejšie výsledky získané zo štúdie 4D sú:

- identifikácia prekážok pre prúdenie kvapalín,
- cesty prúdenia,

<sup>1</sup> Ing. Marina Sidorová, Ing. Gabriel Wittenberger, Ing. Marian Marcin Phd., Ing. Erika Škvareková Phd., Katedra ropného inžinierstva FBERG TU, Park Komenského 19, 04384 Košice  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 3.9.2004)

- miesta vynechané uhl'ovodíkmi.



Obr. 1 Diagram zberu seizmických dát.  
Fig. 1 Diagram of marine seismic acquisition

Vďaka týmto informáciám, ktoré pomáhajú presnejšie určiť miesta pre umiestnenie nových vrtov, miesta pre zavrtávanie havarijných úhybov alebo rozširovanie vrtu, 4D sa stáva cenovo efektívnym podielom pri spracovaní ložiska.

### Metódy používané v súčasnosti

V súčasnosti pre morskú 4D seizmiku sa používajú tri hlavné metódy ktorými sú:

- konvenčný streamer,
- kábel umiestnený na morskom dne – OBC (ocean bottom cable),
- permanentne inštalovaný kábel OBC.

Výber metódy závisí od mnohých faktorov ako technických, ekologických a hlavne ekonomických. Napriek tomu, že existujú jednoznačné technické výhody použitia OBC z praktického hľadiska najmä pri prevedení s permanentným umiestnením, je táto metóda podstatne drahšia. Permanentne umiestnené OBC umožňujú časté pozorovanie ložiska s rýchlymi výsledkami, čo zvyšuje záujem ropných firiem o túto metódu. Streamerom získavané údaje z opakovaných 3D prieskumov, tzv. 4D, sa ukazujú ako najpopulárnejšie krátkodobé riešenia pre firmy v ropnom priemysle, ktoré chcú mať výhody z tejto technológie už teraz.

4D interpretácia ako seriózny koncept sa začala objavovať v polovici 90-tých rokov. Počiatočný experiment bol uskutočnený firmou BP na jej ropnom poli Foinaven západne od Shetlandských ostrovov. Rozhodujúcou a najpodstatnejšou požiadavkou pre prvý a následný prieskum bolo zaznamenávanie prúdenia uhl'ovodíkov v ložisku. Výsledky mali byť použité pre vrtanie a na optimalizáciu ťažby.

Pre tento experiment káble boli umiestnené pod morské dno, čo zaisťovalo ich polohu pre všetky etapy 4D projektu. Vplyvy šumu spôsobeného činnosťou vln na hladine mora boli vylúčené. Táto metóda, ktorá používa permanentne inštalovanie kábla, dovoľuje dosiahnuť úspešné a kvalitné seizmické údaje pre 4D interpretáciu.

Káble použité na ropnom poli Foinaven neboli vyrobené špeciálne pre tento účel a zakladali sa na štandardnom systéme ťahaného streameru, ktorý sa pripájal k pevnej konštrukcii kábla. Káble obsahovali len hydrofony a boli konštruované s viac ako 100 konektormi. Tento typ konštrukcie sa postupne prestáva používať a v súčasnosti už existuje nový systém so špeciálne vyrobenými káblami.

Spomedzi množstva technologických pokrokov tento systém prišiel v čase, keď ropný priemysel ovplyvňovali nízke ceny ropy a náklady na ťažbu rástli.

Metóda permanentného inštalovania kábla bola veľmi drahá a zariadenia nepreukázali dostatočnú spoľahlivosť. Hoci systém Foinaven nebol úspešný v dosiahnutí všetkých požiadaviek projektu, predsa bol obrovským úspechom. Dlhé káble boli úspešne umiestnené a ponorené v morskej hĺbke väčšej ako 500 m. Bol docielený požadovaný signál a boli interpretované zmeny v ložisku zo sady 3D údajov. Jedine náklady neboli rentabilné. Miesto toho priemysel hľadal iné riešenia na nájdenie kompromisu medzi nákladmi a návratnosťou. To znamenal návrat k overenej metóde ťahaného streameru.

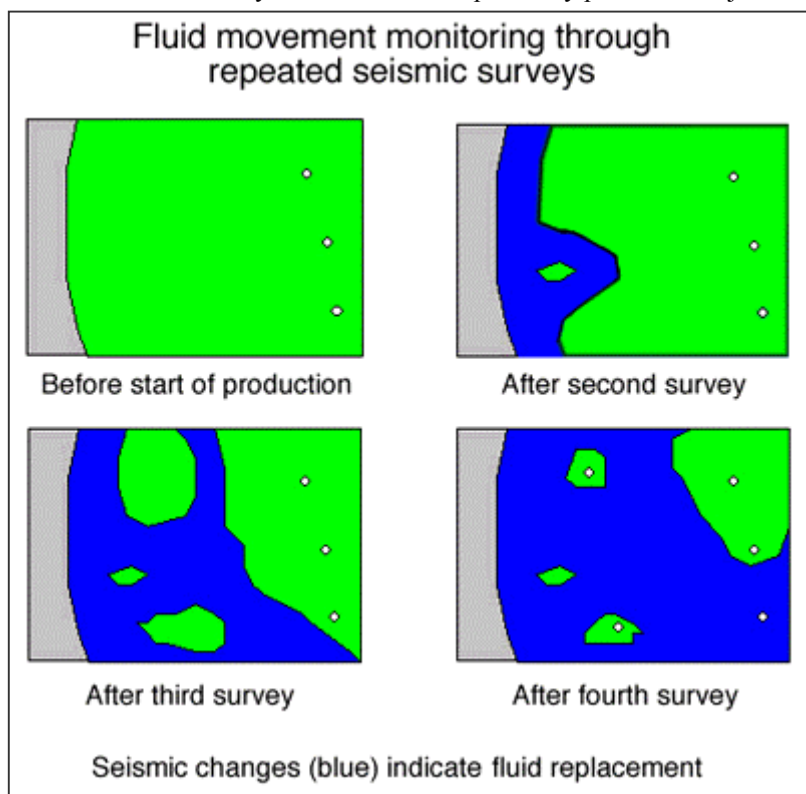
Na základe údajov, získaných z opakovaných 3D prieskumov s použitím ťahaného streamera a následnej 4D interpretácie, boli objavené nové ropné polia. Boli dokonca navrhnuté špeciálne systémy na udržiavanie streamerov v tej istej polohe počas celého prieskumu.

### Vplyvy na výsledné údaje seizmického prieskumu

Výsledky seizmických údajov sa postupne zlepšujú, ale niektoré skúmané oblasti môžu mať nepriaznivé vplyvy na výsledné hodnoty, ako sú príliv a odliv mora, počasie a morské prúdy, ktoré môžu znížiť kvalitu zistených výsledkov.

Seizmické údaje z produktívnych polí sa získavajú po časových intervaloch a je dôležité aby seizmické zberné procesy prebiehali v rovnakých podmienkach. Ak by sa dosiahli rovnaké podmienky, tak všetky rozdiely

a zmeny v seizmických údajoch, získaných v časovom odstupe od predchádzajúceho prieskumu, by sa vzťahovali na zmeny v ložisku. Avšak opakovaný prieskum nie je možné vykonať v tých istých podmienkach.



Obr.2. Mapy pozorovania zmien v ložisku opakovanými seizmickými prieskumami.  
Fig.2. Maps of reservoir changes observed through repeated seismic surveys

Ostáva len dúfať že rušivé vplyvy na výsledné hodnoty seizmických údajov budú zminimalizované alebo úplne odstránené.

Pri získavaní seizmických údajov pomocou ťahaného streamera sa stretávame s javmi, ktoré sa už nikdy nezopakujú, ako napríklad poloha streamera, ktorá závisí od stavu mora pri prílive a odlive. Činnosť vln na povrchu spôsobuje šumy na streamere. Zdrojové signály sú tiež závislé od intenzity výbuchu a typu zdroja. Na získanie presnejších údajov by sa mali používať rovnaké rozmery zdroja a jeho geometria a mala by sa zachovať tá istá poloha zdroja.

### Výhody nového systému permanentného inštalovania OBC

Systém permanentného inštalovania kábla má široké použitie u hlavných používateľov 4D, ktorí efektívne riadia mnohé ropné polia a zaoberajú sa seizmickými prieskumami. Systém umožňuje:

- presné zistiť premiestňovanie kvapalín v ložisku,
- nájsť nevyťažené priestory,
- pozorovať malé tlakové zmeny,
- monitorovať vtláčanie kvapalín a plynu.

Systém permanentného inštalovania sa stáva novým, menej nákladným a hlavne viac spoľahlivým a vysokokvalitným systémom.

Už v roku 2003 sa do tohto systému značne investovalo. V Severnom mori sa uskutočnil 4D skúšobný výskum, ktorý predpokladal že dôjde k rapidnému použitiu permanentne inštalovaných 4D systémov.

Tento systém prináša množstvo výhod v 4D seizmike. Má pomerne jednoduchú konštrukciu bez konektorov, ktorý používa pevné geofóny spolu s hydrofónmi. Je možné ich sériovo vyrábať za pomerne nízke ceny. Vysoká pevnosť, oceľové pancierovanie, malý priemer a malá váha umožňujú vyvíjať už doteraz rozvinuté systémy, ktoré sa stávajú prístupnými v ropnom a inom priemysle. To znamená že náklady na získavanie údajov a ich mobilizáciu budú nižšie. Systém umožňuje inštalovanie kábla v morskej hĺbke do 2000m a vďaka vývoju zariadení, schopných pracovať v podmienkach vysokého tlaku, bude možné umiestňovať systém vo väčších hĺbkach. Káble majú hydrofóny a 3 ortogonálne geofóny, ktoré poskytujú nie len bežné 4D údaje zo stlačiteľnej vlny hydrofónu ale aj 4D kombinované údaje z vln hydrofónu a vertikálneho geofónu. Pretínanie vlnových údajov pomáha zachytiť hlavné problémy v ložisku.

### Záver

4D interpretácia je v súčasnosti bežne aplikovaná známymi ropnými spoločnosťami. Rozšírenie modelovania o TLS údaje umožňuje identifikovať prekážky pre prúdenie média a určiť zásoby. Vďaka integrovaným procesom 4D interpretácie sa dosahuje maximálne ohodnotenie ložiska z TLS údajov.

4D nie je len rozšírením 3D seizmiky. Táto metóda má svoje vlastné kritéria, ktoré si vyžadujú nové prístupy a techniky, pričom niektoré sú iba v teoretickej rovine a sú predmetom rozvoja ropných spoločností a dodávateľov.

Procesy 3D seizmiky si vyžadujú značný počet obsluhujúceho personálu, ako napríklad navigátori, dozorný personál a spracovatelia. Aby sa zvýšil záujem o 4D je potrebné väčšinu týchto procesov zautomatizovať tak, aby zásah operátora bol potrebný iba v prípade vyskytu nejakého problému.

Na získanie najefektívnejších a najspoľahlivejších výsledkov zo 4D je potrebné brať do úvahy niektoré faktory a vplyvy, ktoré nám môžu skresľovať výsledné hodnoty .

*Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu „Možnosti uskladňovania rádioaktívnych odpadov v solných kavernách stredne hlbokých vrtoť“ VEGA 1/9365/02.*

#### Literatúra – References-

- [1] Donoghue, R.: New seabed systems promise to make time-lapse seismic data more accessible., E&P, marec 2003.
- [2] Dunlop, N., Dawson, Ch.: Could 4D unlock your field's value?, <http://ior.rml.co.uk/issue5/4d/Hydrosearch4D/hydrosearch>, 4d.htm. Sharp IOR e Newsletter, maj 2003.
- [3] Hay, A.: 4D seismic on demand is the goal., World oil, maj 2003.
- [4] New seismic technology.: [www.fe.doe.gov/news/techlines/02/tl\\_oil\\_ati2002.html](http://www.fe.doe.gov/news/techlines/02/tl_oil_ati2002.html) - 21k
- [5] EIKEN, O.: Improvements in 4D seismic acquisition., World oil, september 2003. [www.glossary.oilfield.slb.com](http://www.glossary.oilfield.slb.com)