

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Χ. ΧΑΒΑΝΙΔΗΣ

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Η/Υ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2016

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Χ. ΧΑΒΑΝΙΔΗΣ

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Η/Υ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας
Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας

Επιβλέπων Καθηγητής

Αναπληρωτής Καθηγητής Κωνσταντίνος Αλμπανάκης

© Κωνσταντίνος Χ. Χαβανίδης, Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας,
2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Η/Υ

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

στους γονείς μου...

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ	v
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 Ιζηματογενείς Λεκάνες και Δημιουργία Υδρογονανθράκων	1
1.2 Γεωλογικά Μοντέλα στην Έρευνα των Υδρογονανθράκων	3
1.2.1. Σχετικά με τη Μοντελοποίηση Λεκανών	3
1.2.2 Σκοπός της Μοντελοποίησης	3
1.2.3 Σύντομη Ιστορική Αναδρομή	4
1.2.4 Προέλευση Δεδομένων	5
1.2.5 Κυριότεροι Μέθοδοι Λήψης Δεδομένων	5
1.2.6 Εργαλεία Μοντελοποίησης	9
1.2.7 Δομή ενός Μοντέλου.....	10
1.2.8 Διεργασίες (workflows) Μοντελοποίησης	11
1.2.9 Μοντελοποίηση Ταμιευτήρων.....	12
1.3 Γεωλογία της Περιοχής Μελέτης	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΛΕΚΑΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ OpendTect	
2.1 Σχετικά με το πρόγραμμα OpendTect	17
2.2 Βασικές διεργασίες με χρήση του OpendTect.....	18
2.2.1 Ξεκινώντας μία νέα έρευνα (survey).....	18
2.2.2 Εισαγωγή νέου ορίζοντα	22
2.2.3 Εισαγωγή στοιχείων από γεώτρηση και αποτελεσμάτων διαγραφιών	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	28
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	30
ABSTRACT	30
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	31

ΠΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Η μοντελοποίηση των ιζηματογενών λεκανών αποτελεί μία διαδικασία στην οποία βασίζεται, σε ένα μεγάλο ποσοστό, η σύγχρονη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου για την εκτίμηση και εκμετάλλευση ενός κοιτάσματος υδρογονανθράκων. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εισαγωγή στις διάφορες διεργασίες που περιλαμβάνει η μοντελοποίηση λεκανών, με παράλληλη χρήση ενός εξειδικευμένου προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή (H/Y), στο οποίο πραγματοποιούνται κάποιες πολύ βασικές εργασίες.

Στο πρώτο μέρος, αναφέρονται ορισμένα στοιχεία που αφορούν τη διαδικασία της μοντελοποίησης των ιζηματογενών λεκανών. Περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, μία αναφορά στον όρο 'ιζηματογενής λεκάνη', οι κυριότερες διεργασίες στη μοντελοποίηση λεκανών, τα είδη και οι συνηθέστεροι τρόποι που λαμβάνονται τα δεδομένα, τα εργαλεία της μοντελοποίησης, καθώς επίσης και μία σύντομη ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη της διαδικασίας. Τέλος, αναφέρονται ορισμένα γενικά στοιχεία για την ιζηματογενή λεκάνη της Βορείου θάλασσας, από όπου προέρχονται τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στο δεύτερο μέρος της παρούσας εργασίας.

Στο δεύτερο μέρος, γίνεται χρήση του προγράμματος OpendTect (έκδοση 5.0.0) προκειμένου να ολοκληρωθούν κάποιες από τις πλέον βασικές διεργασίες των αρχικών σταδίων της μοντελοποίησης λεκανών: η έναρξη καινούργιου project, η εισαγωγή ενός ορίζοντα σε ένα προϋπάρχον μοντέλο και η εισαγωγή στοιχείων από γεωτρήσεις και αποτελεσμάτων διαγραφιών.

Στο τρίτο μέρος της εργασίας αναφέρονται ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα που μπορούν να προκύψουν για την χρησιμότητα των αρχικών διεργασιών στην κατασκευή ενός μοντέλου μίας ιζηματογενούς λεκάνης.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων Καθηγητή μου, Αναπλ. Καθ. Κ. Αλμπανάκη, τον Καθ. Α. Γεωργακόπουλο και τη Δρ. Κ. Κολιαδήμου για τη βοήθεια που μου προσέφεραν στη συγγραφή της παρούσας εργασίας. Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους γονείς μου, για τη συμπαράσταση και τη στήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Κωνσταντίνος Χαβανίδης
Θεσσαλονίκη, 2016

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιζηματογενείς Λεκάνες και Δημιουργία Υδρογονανθράκων

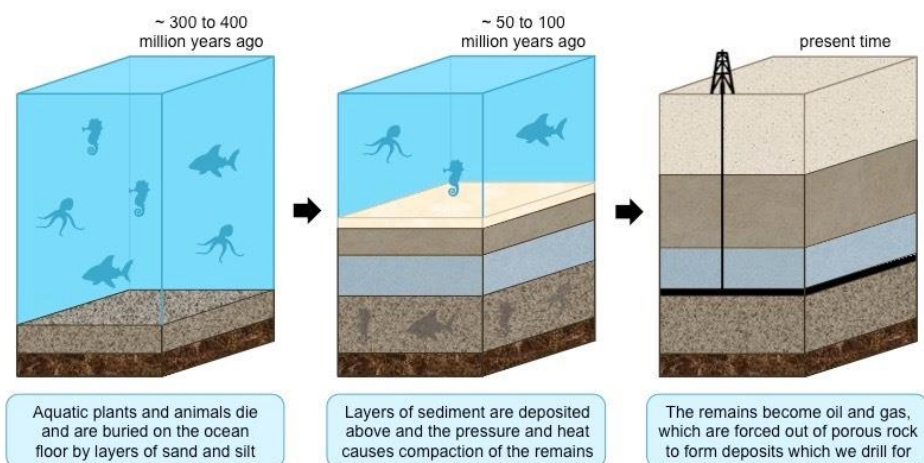
Με τον όρο ιζηματογενής λεκάνη εννοείται ένας κλειστός καθορισμένος χώρος μέσα στον οποίο λαμβάνει χώρα απόθεση υλικών. Αυτά είναι, κυρίως, ανόργανης (δε σχετίζονται με τους ζωντανούς οργανισμούς) προέλευσης, που χαρακτηρίζονται ως ιζήματα και προέρχονται από διάφορες γειτονικές (ή/και πιο μακρινές) περιοχές, με τη δράση φυσικών εξωγενών παραγόντων (νερό, αέρας). Οι λεκάνες αυτές οριοθετούνται, συνήθως, από συστήματα ρηξιγενών ζωνών, που συνδέονται με εφελκυστικά φαινόμενα και προκαλούν τη λέπτυνση του φλοιού. Σε μεγάλη πλειοψηφία, οι ιζηματογενείς λεκάνες αποτελούν υποθαλάσσιους χώρους, ενώ σπανιότερα αυτές βρίσκονται και στην ξηρά (για παράδειγμα στην περίπτωση μίας μεγάλης λίμνης).

Η απόθεση των ιζημάτων στις λεκάνες γίνεται μέσω των θαλασσιών ρευμάτων ή των ρευμάτων που προκαλούνται από ποταμούς, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις πραγματοποιείται εξαιτίας της κίνησης παγετώνων. Καθώς όλο και μεγαλύτερες ποσότητες ιζημάτων συσσωρεύονται στο χώρο της λεκάνης, το βάρος που ασκείται στα παλαιότερα ιζήματα προκαλεί τη διαγένεση αυτών και τη δημιουργία των ιζηματογενών πετρωμάτων.

Εκτός, όμως, από ανόργανα υλικά, στις ιζηματογενείς λεκάνες αποτίθενται και υλικά οργανικής προέλευσης, που προέρχονται από διάφορους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς που βρίσκονταν στο χώρο της λεκάνης ή κοντά σε αυτόν. Η μεγάλη τροφοδοσία σε οργανικά υλικά αποτελεί μία από τις κύριες προϋποθέσεις για τη δημιουργία κοιτασμάτων υδρογονανθράκων (πετρέλαιο και φυσικό αέριο) μέσα σε μία ιζηματογενή λεκάνη. Άλλη σημαντική προϋπόθεση είναι οι συνθήκες πάνω από το χώρο απόθεσης των ιζημάτων (οργανικών και ανόργανων) να είναι ανοξικές, δηλαδή οι ποσότητες οξυγόνου να είναι μηδενικές (ή ελάχιστες).

Επιπλέον, για το σχηματισμό υδρογονανθράκων απαιτείται η ύπαρξη ενός πετρώματος με ικανοποιητικές τιμές πορώδους, μέσα στο οποίο οι υδρογονάνθρακες μπορούν να κυκλοφορήσουν, καθώς επίσης και ενός αδιαπέρατου πετρώματος, το οποίο θα εμποδίζει τη διαφυγή των υδρογονανθράκων από το προηγούμενο. Το πορώδες πέτρωμα ονομάζεται ταμιευτήρας, ενώ το αδιαπέρατο πέτρωμα ονομάζεται πέτρωμα – κάλυμμα. Συνήθεις ταμιευτήρες αποτελούν οι ψαμμίτες, τα κροκαλοπαγή και οι ασβεστόλιθοι, ενώ πετρώματα – καλύμματα που συναντώνται συχνά είναι οι

εβαπορίτες (γύψος, ανυδρίτης, ορυκτό άλας) και τα αργιλικά πετρώματα. Τέλος, για την πλήρη δημιουργία (ωρίμανση) ενός κοιτάσματος πρέπει να παρέλθει κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (συνήθως της τάξεως των εκατομμυρίων ετών), ενώ και η θερμοκρασία στην οποία γίνεται η δημιουργία του είναι εξίσου σημαντική.



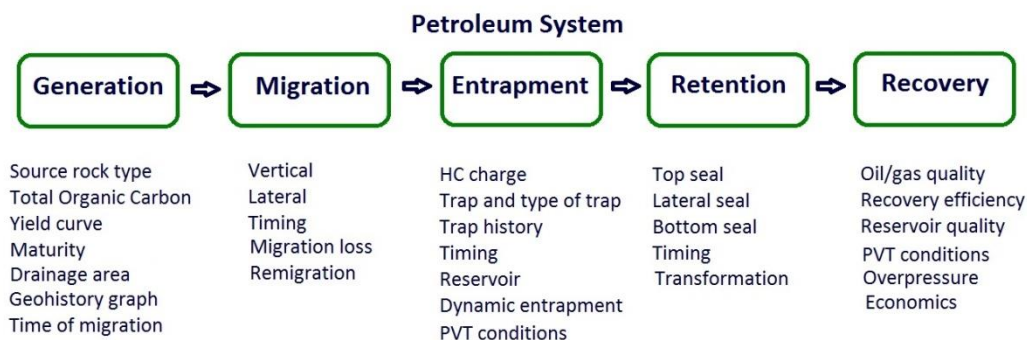
Εικόνα 1.1: Η δημιουργία ενός κοιτάσματος πετρελαίου (από <http://ib.bioninja.com.au/standard-level/topic-4-ecology/43-carbon-cycling/fossil-fuels.html>).

Υπάρχουν μόνο τέσσερα περιβάλλοντα στα οποία οι παραπάνω προϋποθέσεις ικανοποιούνται και αυτά είναι: οι λίμνες και τα έλη, οι παράκτιες λίμνες (λιμνοθάλασσες), τα δέλτα (κυρίως αυτά των μεγάλων ποταμών και ιδιαίτερα στις θερμές ζώνες) και τα ηπειρωτικά περιθώρια (περιοχές όπου ηπειρωτικός φλοιός έρχεται σε επαφή με ωκεάνιο φλοιό).

Τα πετρώματα μέσα στα οποία δημιουργούνται υδρογονάνθρακες ονομάζονται μητρικά πετρώματα. Οι ιζηματογενείς λεκάνες αποτελούν τις μεγαλύτερες αποθήκες πετρελαίου και φυσικού αερίου, ενώ τα αντίστοιχα κοιτάσματα είναι αυτά στα οποία κυρίως γίνεται εκμετάλλευση από τον άνθρωπο σήμερα.

Για την καλύτερη μελέτη ενός (ή περισσότερων) κοιτάσματος(-ων) υδρογονανθράκων μέσα σε μία ιζηματογενή λεκάνη χρησιμοποιείται η έννοια του πετρελαϊκού συστήματος. Αυτό ορίζεται ως το σύνολο των γεωλογικών στοιχείων και των διεργασιών που είναι απαραίτητα για τη συσσώρευση και τη δημιουργία ενός κοιτάσματος πετρελαίου και φυσικού αερίου και περιλαμβάνει το μητρικό πέτρωμα, τον ταμιευτήρα, το πέτρωμα – κάλυμμα, τη διαδικασία της μετανάστευσης και τον παράγοντα του χρόνου. Για τη μελέτη ενός τέτοιου συστήματος απαιτείται η ύπαρξη ενός δυναμικού μοντέλου που μπορεί να προσομοιώνει όλες τις διεργασίες που έχουν συμβεί στη λεκάνη μέσα στο γεωλογικό χρόνο. Για τη δημιουργία του μοντέλου λαμβάνονται υπόψη ποικίλες παράμετροι, που αφορούν το μητρικό πέτρωμα, τον

ταμιευτήρα και το σύστημα μεταφοράς των υδρογονανθράκων από το πρώτο στον δεύτερο, καθώς και κάθε άλλη παράμετρο της λεκάνης.



Σχήμα 1.1: Οι παράμετροι που εξετάζει ένα πετρελαϊκό σύστημα (από <http://www.mhnederlof.nl/petroleumsystem.html>).

1.2 Γεωλογικά Μοντέλα στην Έρευνα των Υδρογονανθράκων

1.2.1. Σχετικά με τη Μοντελοποίηση Λεκανών

Για την ακριβή ερμηνεία της δημιουργίας των κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου μέσα σε μία ιζηματογενή λεκάνη πραγματοποιείται η διαδικασία της μοντελοποίησης. Με αυτήν εξηγούνται, σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο βαθμό, οι φυσικές και χημικές διεργασίες που οδήγησαν στη δημιουργία των κοιτασμάτων, αλλά και οι διαδικασίες που σχετίζονται με την ωρίμανση των μητρικών πετρωμάτων και τη μετανάστευση των υδρογονανθράκων από αυτά στους ταμιευτήρες, όπου και δημιουργούνται τα κοιτάσματα. Για την ερμηνεία των παραπάνω, απαιτείται η μελέτη ποικίλων παραγόντων, όπως η σύσταση (οργανική και ορυκτολογική) και η δομή των ιζηματογενών πετρωμάτων της λεκάνης, όπως επίσης και οι διάφορες τεκτονικές δομές που μπορούν να παγιδεύσουν ή να συμβάλλουν στη μετανάστευση των υδρογονανθράκων.

1.2.2 Σκοπός της Μοντελοποίησης

Ο κυριότερος λόγος για τον οποίο γίνεται η μοντελοποίηση των λεκανών είναι για να υπολογιστούν τα αποθέματα σε υδρογονάνθρακες που περιέχονται μέσα σε έναν ταμιευτήρα, καθώς επίσης και η πορεία που αυτοί ακολούθησαν για να συσσωρευτούν μέσα στον ταμιευτήρα αυτό. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει εκτίμηση για άλλες θέσεις μέσα στον ταμιευτήρα όπου υπάρχει πιθανότητα να βρεθούν υδρογονάνθρακες, καθώς επίσης και να ανακαλυφθούν νέοι ταμιευτήρες στην ευρύτερη περιοχή. Παράλληλα, υπολογίζονται οι ποσότητες των υδρογονανθράκων που χάθηκαν κατά τη διαδικασία της μετανάστευσης, καθώς ο

αρχικός όγκος αυτών που δημιουργήθηκαν στο μητρικό πέτρωμα και ο όγκος που συγκεντρώθηκε στον ταμιευτήρα μπορούν να μετρηθούν.

Απώτερος σκοπός της μοντελοποίησης είναι η ελαχιστοποίηση του οικονομικού κινδύνου (ρίσκου) που συνοδεύει κάθε εργασία στην πετρελαϊκή βιομηχανία και η απώλεια όσο το δυνατό μικρότερων χρηματικών ποσών από τις εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο.

1.2.3 Σύντομη Ιστορική Αναδρομή

Η χρήση λογισμικών προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή για τη μοντελοποίηση ιζηματογενών λεκανών ξεκίνησε περίπου το 1980. Τα δεδομένα στα οποία βασιζόταν η διαδικασία ήταν σε μονοδιάστατη (1D) μορφή, όπως λαμβάνονταν από τις γεωτρήσεις. Το κύριο χαρακτηριστικό στο οποίο βασίστηκε η multi-1D προσομοίωση είναι ο συνδυασμός των γεωχημικών μοντέλων και της ροής θερμότητας με σκοπό τη δημιουργία χαρτών στους οποίους απεικονίζεται η γένεση και η μετανάστευση των υδρογονανθράκων, χαρακτηρίζοντας έτσι την ωριμότητα του μητρικού πετρώματος. Βασική παράμετρο για τη δημιουργία ενός μοντέλου αποτελεί η μεταβολή της θερμοκρασίας στο γεωλογικό χρόνο, κατά το σχηματισμό της λεκάνης. Μόλις υπολογισθούν οι μεταβολές της, εφαρμόζονται εξισώσεις που αφορούν την κινητικότητα των χημικών στοιχείων για να προσδιοριστεί ο βαθμός γένεσης των υδρογονανθράκων. Άλλες παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν είναι η πίεση των ρευστών στους πόρους, ο ρυθμός ιζηματογένεσης και το πορώδες των πετρωμάτων.

Το διάστημα 1990 – 1998 νέες, καινοτόμες δυνατότητες εισήλθαν στα λογισμικά προγράμματα μοντελοποίησης λεκανών. Οι σημαντικότερες προσθήκες ήταν ο διαχωρισμός των τριών ρευστών φάσεων (νερό, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) ενός πετρελαϊκού συστήματος, η απεικόνιση ειδικών γεωλογικών δομών (αλατούχοι δόμοι, μαγματικές διεισδύσεις κ.α.), όπως επίσης και η αναπαράσταση της ροής και της συμπεριφοράς των ρευστών. Οι εξισώσεις που διέπουν την κίνηση ενός οποιοδήποτε ρευστού βασίζονται στο νόμο του Darcy:

$$Q = \left(\frac{k}{\mu}\right) \left(\frac{A(p_1 - p_2)}{B L}\right)$$

όπου Q: η παροχή του ρευστού σε συγκεκριμένο χρόνο, k: η διαπερατότητα του γεωλογικού σχηματισμού, μ : το ιξώδες του ρευστού, A: η επιφάνεια διά μέσου της οποίας ρέει το ρευστό, $p_1 - p_2$: η πτώση της πίεσης, L: η απόσταση ροής του ρευστού και B: ο συντελεστής όγκου του σχηματισμού. Χρησιμοποιώντας παραλλαγές της παραπάνω εξίσωσης τα μοντέλα μπορούσαν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα για τις ροές των ρευστών στις δύο διαστάσεις (2D), ωστόσο η κατακόρυφη μετανάστευση των υδρογονανθράκων (δηλαδή η τρίτη διάσταση) δεν ήταν δυνατό να μελετηθεί και σε καμία περίπτωση δεν μπορούσε να αγνοηθεί. Συνεπώς, ο

συνδυασμός των 2D μοντέλων Darcy και σεισμικών μαζί με τη τεκτονική ανάλυση οδήγησαν στην εξέλιξη των μεθόδων μοντελοποίησης.

Από το 1998 και έπειτα, τα προγράμματα μοντελοποίησης λεκανών αναβαθμίστηκαν σημαντικά. Η δημιουργία τρισδιάστατων (3D) μοντέλων είναι, πλέον, εφικτή, ενώ και η ροή των πετρελαϊκών ρευστών απεικονίζεται, επίσης, στις τρεις διαστάσεις. Ωστόσο, για να επιτευχθούν τα παραπάνω απαιτούνται υπολογιστές αυξημένων δυνατοτήτων, καθώς δεν είναι σπάνια τα χαμηλής ανάλυσης αποτελέσματα που συχνά οδηγούν σε λανθασμένες εκτιμήσεις κατά τα στάδια αναζήτησης και εκμετάλλευσης κοιτασμάτων.

Τα τελευταία χρόνια έχουν προστεθεί πολλές νέες δυνατότητες στα λογισμικά προγράμματα μοντελοποίησης λεκανών που τα καθιστούν ένα απαραίτητο εργαλείο στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου, όπως επίσης και σε διεργασίες για την έρευνα και εκμετάλλευση κοιτασμάτων μεταλλικών ορυκτών. Ακόμα, όσο οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές αποκτούν καλύτερα χαρακτηριστικά, τόσο περισσότερο διευκολύνεται η κατασκευή και η ερμηνεία των τρισδιάστατων μοντέλων.

1.2.4 Προέλευση Δεδομένων

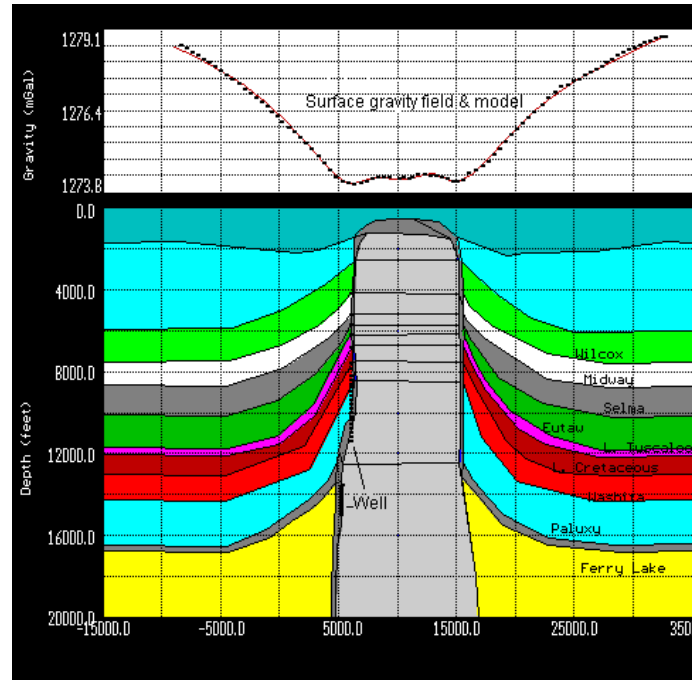
Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός μοντέλου λεκάνης προέρχονται από διάφορες πηγές. Αυτές είναι η τηλεπισκόπηση, η εκτέλεση γεωφυσικών μεθόδων και οι διαγραφίες σε γεωτρήσεις. Με τον όρο διαγραφίες εννοούνται όλες εκείνες οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται μέσα σε μία γεώτρηση και αφορούν χαρακτηριστικά και ιδιότητες των πετρωμάτων που δεν μπορούν να μετρηθούν στην επιφάνεια (για παράδειγμα: ειδική ηλεκτρική αντίσταση των πετρωμάτων, φυσικό δυναμικό κ.α.). Οι επιτόπου παρατηρήσεις στην ύπαιθρο και η μελέτη γεωλογικών χαρτών και εργασιών που πιθανώς έχουν δημοσιευθεί για την περιοχή όπου γίνεται η έρευνα βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση της γεωλογικής ιστορίας της περιοχής. Τέλος, η μελέτη της στρωματογραφίας ακολουθιών μπορεί να ερμηνεύσει πολύ καλά το γεωλογικό παρελθόν μίας ιζηματογενούς λεκάνης, καθώς αποκαλύπτει, μεταξύ άλλων, τις μεταβολές στο βασικό επίπεδο (επίπεδο της στάθμης της θάλασσας) που έχουν άμεσο αντίκτυπο στην παροχή και την απόθεση των ιζημάτων.

1.2.5 Κυριότεροι Μέθοδοι Λήψης Δεδομένων

Οι τρεις βασικότεροι τρόποι με τους οποίους λαμβάνονται τα δεδομένα για τη δημιουργία ενός μοντέλου είναι η βαρυτομετρική και οι σεισμικές γεωφυσικές μέθοδοι και οι γεωτρήσεις.

- **Βαρυτομετρική Μέθοδος**

Με αυτή τη μέθοδο ανιχνεύονται οι διακυμάνσεις στο βαρυντικό πεδίο της γης. Οι μεταβολές αυτές οφείλονται στη διαφορετική πυκνότητα που παρουσιάζουν οι γεωλογικοί σχηματισμοί.



Εικόνα 1.2: Η αναπαράσταση ενός αλατούχου δόμου με χρήση δεδομένων της βαρυτομετρικής μεθόδου (μέτρηση ανωμαλίας Bouguer) (από <http://www.microglacoste.com/bhg-saltprox.php>).

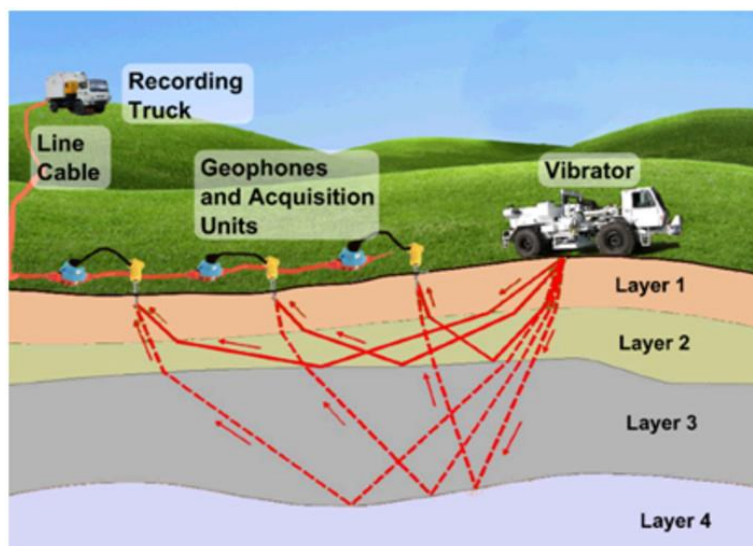
- **Σεισμικές Μέθοδοι**

Η εφαρμογή των σεισμικών μεθόδων γεωφυσικής διασκόπησης αποσκοπεί στη μελέτη των γεωλογικών στρωμάτων και δομών που υπάρχουν στο υπέδαφος σε βάθη σημαντικά μεγαλύτερα (μέχρι και αρκετών χιλιομέτρων) από την πλειοψηφία όλων των άλλων γεωφυσικών μεθόδων (ηλεκτρικές, μαγνητικές κ.α.). Στις σεισμικές μεθόδους εντάσσονται οι μέθοδοι της ανάκλασης και της διάθλασης. Οι μέθοδοι αυτοί στηρίζονται στη διαφορετική ελαστική συμπεριφορά των στρωμάτων λόγω της διαφορετικής πυκνότητάς τους.

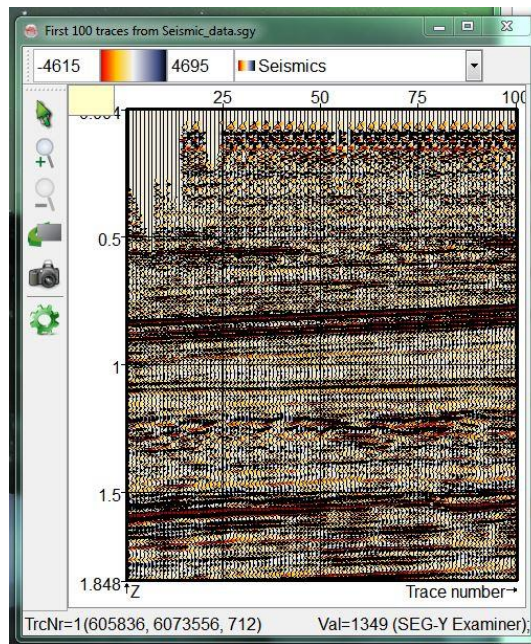
Πιο συγκεκριμένα, με τη μέθοδο της σεισμικής ανάκλασης γίνεται μέτρηση του χρόνου που απαιτείται ώστε ένα σεισμικό κύμα που ξεκινάει από την επιφάνεια να ανακλαστεί σε ένα στόχο (γεωλογικό σχηματισμό – ιζηματογενές στρώμα ή τεκτονική δομή) και να επιστρέψει και πάλι στην επιφάνεια. Η καταγραφή του απαιτούμενου αυτού χρόνου γίνεται με πολυάριθμους ειδικούς δέκτες στην επιφάνεια, που ονομάζονται γεώφωνα. Η κυριότερη εργασία που αφορά τη σεισμική ανάκλαση είναι η μετατροπή των παραπάνω χρόνων διαδρομής στα αντίστοιχα βάθη στα οποία

βρίσκονται οι γεωλογικοί στόχοι. Σημαντικό είναι, ακόμα, να είναι γνωστές οι ταχύτητες με τις οποίες διαδίδονται τα σεισμικά κύματα στα γεωλογικά στρώματα. Για να βρεθούν αυτές πρέπει να γίνει μία ιδιαίτερα σύνθετη προεργασία, η οποία βασίζεται στη θεωρία της επεξεργασίας σημάτων.

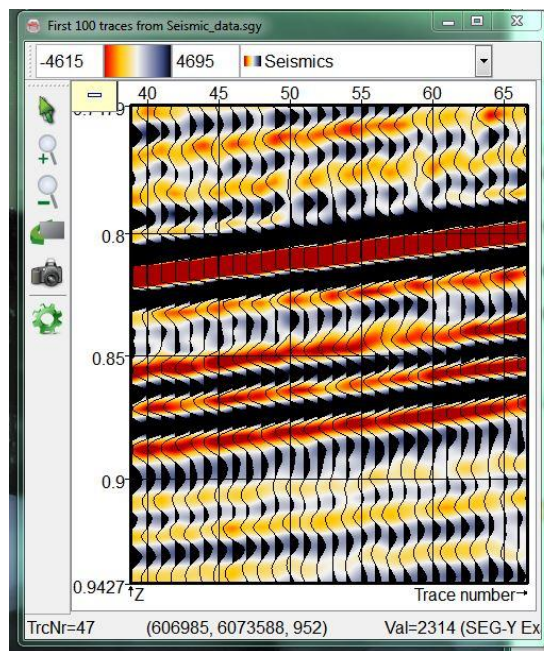
Όσον αφορά τη μέθοδο της σεισμικής διάθλασης, αυτή εφαρμόζεται (με πολλές παραλλαγές) για τον εντοπισμό της εσωτερικής δομής του εδάφους και για τη μελέτη του υποβάθρου. Γενικά, βασίζεται και αυτή στην καταγραφή του χρόνου που απαιτείται για τη διάθλαση ενός σεισμικού κύματος στην επιφάνεια μεταξύ δύο γεωλογικών στρωμάτων. Αποτελεί τη μέθοδο που αρχικά χρησιμοποιήθηκε στην πετρελαϊκή έρευνα, όμως σήμερα έχει αποκτήσει δευτερεύοντα χαρακτήρα. Ωστόσο, βρίσκει αρκετές άλλες εφαρμογές, ιδιαίτερα για τον εντοπισμό του υποβάθρου στην κατασκευή ενός τεχνικού έργου, καθώς επίσης και στην τεχνική σεισμολογία, για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών των πρώτων δεκάδων μέτρων του γήινου φλοιού.



Εικόνα 1.3: Αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας της σεισμικής μεθόδου της ανάκλασης. Τα σεισμικά κύματα παράγονται από την πηγή (vibrator), ανακλώνται στα ιζηματογενή στρώματα (layers), καταγράφονται στα γεώφωνα (geophones) και καταλήγουν στους σταθμούς καταγραφής (recording truck) για περαιτέρω επεξεργασία (από <http://www.geothermie.de/wissenswelt/glossar-lexikon/r/reflexionsseismik.html>).



Εικόνα 1.4: Η μορφή που λαμβάνονται τα αποτελέσματα των σεισμικών μεθόδων ανάκλασης (εικόνα από το πρόγραμμα OpendTect).



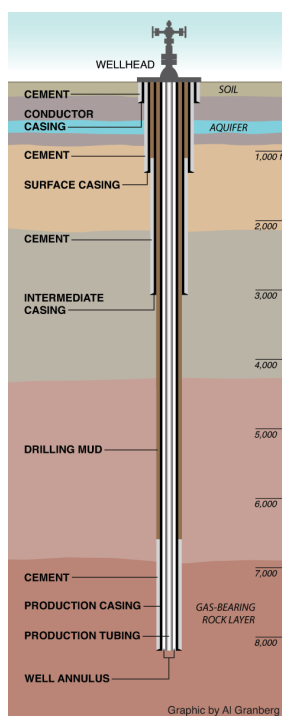
Εικόνα 1.5: Μεγέθυνση σε τμήμα της εικόνας 1.4.

- **Γεωτρήσεις**

Το περισσότερο χρήσιμο εργαλείο και αυτό που χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα στην βιομηχανία του πετρελαίου και του φυσικού αερίου είναι οι γεωτρήσεις. Αυτές πραγματοποιούνται αφού πρώτα έχουν ληφθεί επαρκή δεδομένα για την περιοχή όπου γίνεται η έρευνα από άλλες μεθόδους (γεωφυσικές, τηλεπισκόπηση κ.α.) και έχουν σημειωθεί οι δομές (στόχοι) μέσα στις οποίες είναι πιθανό να υπάρχουν κοιτάσματα υδρογονανθράκων. Η παρουσία κοιτασμάτων επιβεβαιώνεται μόνο με

την πραγματοποίηση γεωτρήσεων. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας του γεωλογικού μοντέλου των περιοχών μελέτης και την απαίτηση εξειδικευμένων τεχνικών και εξοπλισμού διάτρησης, οι γεωτρήσεις αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των οικονομικών εξόδων μίας εταιρίας κατά την πετρελαϊκή έρευνα.

Οι γεωτρήσεις χωρίζονται, κυρίως, σε ερευνητικές και παραγωγικές, με τη διαφορά να έγκειται (όπως μαρτυράει και η ονομασία της καθεμιάς) στο ότι οι πρώτες χρησιμοποιούνται στο στάδιο της έρευνας των υδρογονανθράκων ενώ οι δεύτερες πραγματοποιούνται κατά την παραγωγή (άντληση) τους. Τα στάδια της έρευνας και της παραγωγής των υδρογονανθράκων αποτελούν το λεγόμενο upstream κλάδο της βιομηχανίας πετρελαίου και φυσικού αερίου, ο οποίος ονομάζεται και ως E&P (exploration and production) τομέας. Πάντοτε, οι ερευνητικές γεωτρήσεις προηγούνται των παραγωγικών και επιβεβαιώνουν την ύπαρξη ή όχι ενός κοιτάσματος υδρογονανθράκων.



Σχήμα 1.2: Αναπαράσταση και ονοματολογία των τμημάτων μίας γεώτρησης (από <https://www.propublica.org/article/anatomy-of-a-gas-well-426>).

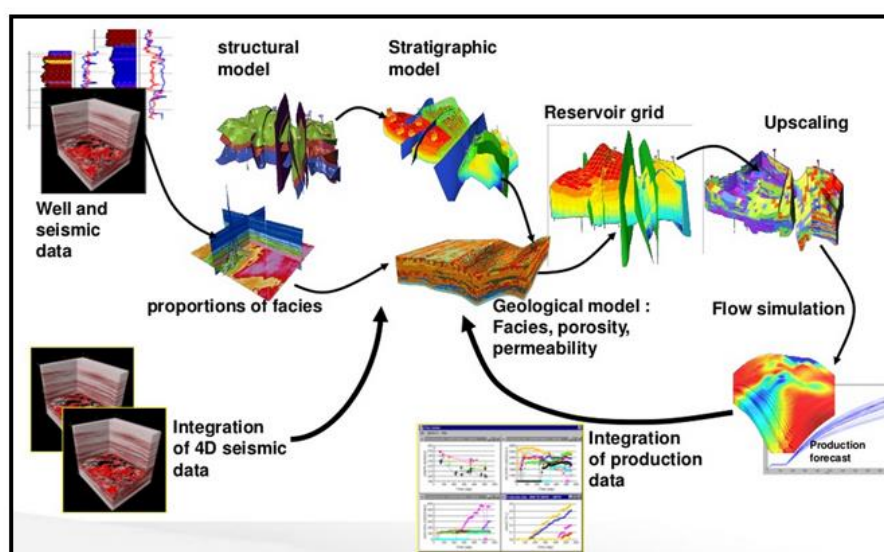
1.2.6 Εργαλεία Μοντελοποίησης

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί ορισμένα λογισμικά προγράμματα Η/Υ, τα οποία επιτρέπουν την εισαγωγή δεδομένων από διάφορες πηγές (όπως αναλύθηκαν παραπάνω), με σκοπό τη δημιουργία ενός γεωλογικού προσομοιώματος (μοντέλου) της περιοχής μελέτης. Στο μοντέλο αυτό απεικονίζονται όλες εκείνες οι διεργασίες και οι παράμετροι που αφορούν τη γεωλογική ιστορία της λεκάνης και των κοιτασμάτων υδρογονανθράκων που μπορεί αυτή να περιέχει. Ακόμα, τα σύγχρονα λογισμικά δίνουν τη δυνατότητα της συνεχούς τροφοδότησης με

περισσότερα ή νέα δεδομένα, για την κατασκευή ενός ακριβέστερου μοντέλου της περιοχής.

1.2.7 Δομή ενός Μοντέλου

Τα κυριότερα στοιχεία που είναι απαραίτητο να αποτυπωθούν σε ένα μοντέλο μίας ιζηματογενούς λεκάνης είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της και η εξέλιξή της στην πάροδο του γεωλογικού χρόνου. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά μίας λεκάνης είναι ο τρόπος σχηματισμού της, το είδος του αποθετικού περιβάλλοντος που δρούσε σε αυτή, οποιαδήποτε αλλαγή στη μορφολογία και στο τεκτονικό καθεστώς της κ.α.



Εικόνα 1.6: Τα στοιχεία που περιλαμβάνονται σε ένα μοντέλο ιζηματογενούς λεκάνης (από <http://www.oil-gasportal.com/reservoir-management/integrated-reservoir-modeling/>).

Αρχικά, κατασκευάζεται το γεωλογικό μοντέλο της περιοχής με τη μορφή που συναντάται σήμερα. Σημαντικό είναι στο στάδιο αυτό να αναπαρασταθούν (όσο το δυνατό ακριβέστερα) οι διεπιφάνειες μεταξύ των γεωλογικών σχηματισμών, δηλαδή τα όρια μεταξύ τους. Αυτές αναγνωρίζονται με τη βοήθεια των σεισμικών μεθόδων ανάκλασης. Ωστόσο, για τη σωστή κατασκευή του μοντέλου, τα δεδομένα από τα σεισμικά πρέπει να ταιριάζουν με τα δεδομένα που έχουν ληφθεί από τις ερευνητικές γεωτρήσεις (χαρακτηρισμός πετρωμάτων, βάθη κ.α.). Οι διεργασίες που γίνονται για να επιτευχθεί αυτό απαιτούν τον περισσότερο χρόνο στην μοντελοποίηση.

Στη συνέχεια, κάθε γεωλογικός σχηματισμός τοποθετείται στον αντίστοιχη χρονική περίοδο που δημιουργήθηκε και διαβρώθηκε. Ο συσχετισμός γίνεται με βάση τον χρονολογικό πίνακα. Συχνά, αναπαριστάται και η στάθμη του νερού της θάλασσας, στο σημείο όπου βρισκόταν την εποχή της απόθεσης και διάβρωσης του σχηματισμού.

Για τη μελέτη της μεταβολής των παραμέτρων της θερμοκρασίας, της πίεσης και της ροής των ρευστών είναι απαραίτητη η δημιουργία χαρτών και διαγραμμάτων όπου φαίνονται οι αντίστοιχες μεταβολές της μίας παραμέτρου σε σύγκριση με την άλλη (π.χ. οι μεταβολές της θερμοκρασίας ανάλογα με την πίεση). Για την κατασκευή τους πραγματοποιούνται κατάλληλες εργαστηριακές αναλύσεις. Για παράδειγμα, στα διαγράμματα που κατασκευάζονται για τη μελέτη της θερμοκρασίας των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών απεικονίζεται η μεταβολή κάποιας συγκεκριμένης παραμέτρου (κυρίως της ανακλαστικότητας του βιτρινίτη) με το βάθος. Ωστόσο, για την εύρεση των απαραίτητων για την κατασκευή των διαγραμμάτων τιμών πρέπει να είναι γνωστές οι συνθήκες που επικρατούσαν κατά την ταφή των ανόργανων και οργανικών υλικών. Αυτές φανερώνονται μέσω της διαδικασίας του back-stripping, που αναφέρεται παρακάτω.

Σημαντική είναι, επίσης, η αναπαράσταση του παλαιοπεριβάλλοντος πριν την απόθεση των ιζηματογενών στρωμάτων κατά χρονολογική σειρά (από το νεότερο στο παλαιότερο) και τη δράση της τεκτονικής (μετατόπιση στρωμάτων μέσω ρηγμάτων, πτύχωση και δημιουργία δομών παγίδευσης κ.α.). Η εργασία αυτή αποτελεί μία γεωφυσική μέθοδο ανάλυσης που είναι γνωστή ως back-stripping και λαμβάνει υπόψη της όλους τους παράγοντες που έδρασαν σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα σε μία λεκάνη, εκτός από αυτόν της απόθεσης των ιζημάτων. Χρησιμοποιούνται δεδομένα που λαμβάνονται από βιοστρωματογραφική ανάλυση και ανάλυση του πορώδους και τις μεταβολές που αυτό υφίσταται με την αύξηση του βάθους, καθώς επίσης και άλλα στοιχεία από βαθιές γεωτρήσεις. Η τεχνική αυτή είναι πολύ χρήσιμη, καθώς μπορεί να μελετηθεί πολύ καλά η συμπίεση που υφίστανται οι κατώτεροι ορίζοντες και η σχέση που αυτή μπορεί να έχει με τη γένεση των υδρογονανθράκων.

1.2.8 Διεργασίες (workflows) Μοντελοποίησης

Για την κατασκευή του μοντέλου μίας ιζηματογενούς λεκάνης υπάρχουν πολυάριθμες διεργασίες, που η πραγματοποίησή τους (πόσες και ποιες θα γίνουν) εξαρτάται από τα ζητούμενα της πετρελαϊκής έρευνας και τον τρόπο εργασίας των διαφόρων επιστημόνων. Ωστόσο, αρκετοί από τους παράγοντες που απαιτούνται για την ολοκλήρωσή τους δεν είναι πλήρως γνωστοί, ενώ και ο υπολογισμός τους είναι πολλές φορές δύσκολος. Παραδείγματος χάριν, η διαγένεση των ανθρακικών πετρωμάτων δεν μπορεί εύκολα να χαρακτηριστεί ως συν- ή μετα- ιζηματογενής. Σε ανάλογες περιπτώσεις, το μοντέλο κατασκευάζεται με έναν αυξημένο βαθμό αβεβαιότητας. Σύμφωνα με τους Hantschel & Kauerauf (2009), οι κυριότερες διεργασίες μοντελοποίησης είναι οι εξής:

- **Μελέτη του βαθμού ωρίμανσης του μητρικού πετρώματος**

Η συγκεκριμένη τεχνική πραγματοποιείται στις περιπτώσεις όπου δεν είναι πλήρως γνωστά τα χαρακτηριστικά της λεκάνης και απαιτούνται αποτελέσματα σε

σύντομο χρονικό διάστημα. Αρχικά, γίνεται προσαρμογή (calibration) του μοντέλου ως προς την πίεση και ακολουθεί μία δεύτερη προσαρμογή που αφορά τη θερμοκρασία. Είναι σημαντικό να προηγηθεί η προσαρμογή για την πίεση, καθώς μεταβολές σε αυτή μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στις θερμοκρασιακές μεταβολές (ή, ακόμα, και να τις προκαλούν). Έπειτα από αυτές, δημιουργείται μία αρχική εικόνα του βαθμού ωρίμανσης του μητρικού πετρώματος και της μέγιστης χωρητικότητας του ταμιευτήρα σε υδρογονάνθρακες. Ακολουθεί η κατασκευή ανάλογων χαρτών και διαγραμμάτων, ενώ με την εφαρμογή επιπρόσθετων τεχνικών μπορούν να εκτιμηθούν και άλλες παράμετροι, όπως οι απώλειες ορισμένων ποσοτήτων ρευστών.

- **Μελέτη της μετανάστευσης ανεξάρτητα από το πετρελαϊκό σύστημα**

Στη διεργασία αυτή, για τη μελέτη της θερμοκρασίας και της πίεσης δε λαμβάνονται υπόψη οι επιρροές του πετρελαϊκού συστήματος. Για παράδειγμα, στη μελέτη της θερμικής αγωγιμότητας των πετρωμάτων δεν εισέρχεται η επιρροή από τις ποσότητες πετρελαίου και φυσικού αερίου που μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη διαδικασία. Συνήθως, σε αυτή δημιουργούνται διάφορα πιθανά σενάρια που ερμηνεύουν τον τρόπο μετανάστευσης των παραχθέντων υδρογονανθράκων. Η μελέτη της ωρίμανσης και της συσσώρευσης των υδρογονανθράκων γίνεται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια σε σχέση με τη μελέτη του βαθμού ωρίμανσης του μητρικού πετρώματος. Το κάθε σενάριο μετανάστευσης πρέπει να μπορεί να εφαρμοστεί στις γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή όπου γίνεται η έρευνα, ενώ σε σημαντικό βαθμό εξαρτάται από τις δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών και τις προσωπικές επιλογές του επιστήμονα που κάνει τη μελέτη.

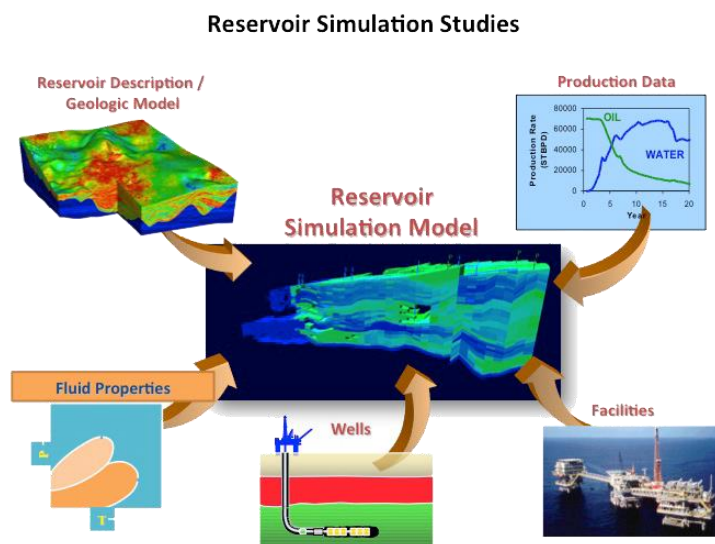
- **Μελέτη της μετανάστευσης σε σχέση με το πετρελαϊκό σύστημα**

Στην περίπτωση αυτή, υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ της πίεσης και της θερμοκρασίας και του πετρελαϊκού συστήματος της ιζηματογενούς λεκάνης. Το μεγαλύτερο πρόβλημα στη διαδικασία είναι ότι δεν μπορεί να αυτοματοποιηθεί, καθώς υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα στις παραμέτρους του πετρελαϊκού συστήματος, ενώ απαιτούνται και ισχυροί υπολογιστές που μπορούν να 'τρέχουν' τα υψηλής ανάλυσης 3D μοντέλα που προκύπτουν.

1.2.9 Μοντελοποίηση Ταμιευτήρων

Για τη μελέτη της συμπεριφοράς του ταμιευτήρα κατά την εκμετάλλευση (στο στάδιο της παραγωγής) πραγματοποιείται η διαδικασία της μοντελοποίησης του ταμιευτήρα. Αυτή παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με τη μοντελοποίηση λεκανών, αλλά και ορισμένες σημαντικές διαφορές. Η κυριότερη είναι ότι στη μοντελοποίηση λεκανών λαμβάνονται υπόψη όλες οι γεωλογικές διεργασίες που συνέβησαν κατά το παρελθόν στην έκταση ολόκληρης της λεκάνης, ενώ η μοντελοποίηση ταμιευτήρων επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στον τρόπο που επηρεάστηκε ένα συγκεκριμένο πέτρωμα – ταμιευτήρας από τις διεργασίες αυτές. Ακόμα, στη μοντελοποίηση

ταμιευτήρων ενδιαφέρει ιδιαίτερα ο τρόπος που θα συμπεριφερθεί ο ταμιευτήρας κατά τις διαδικασίες της παραγωγής, δηλαδή έπειτα από την ανθρώπινη παρέμβαση. Η μοντελοποίηση λεκανών, αντίθετα, δεν ασχολείται καθόλου με τον παράγοντα του ανθρώπου.



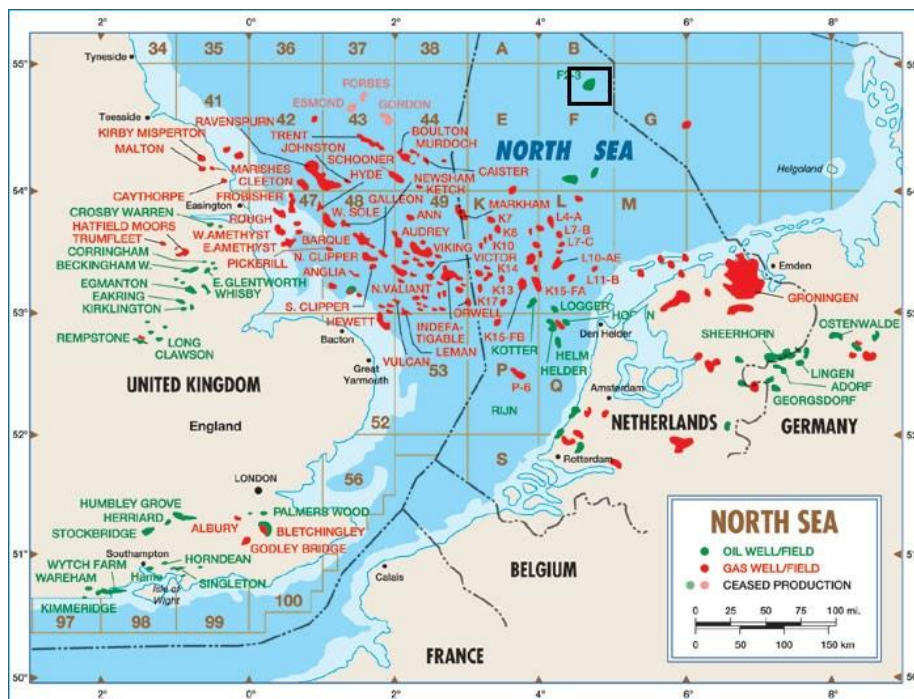
Εικόνα 1.7: Οι παράγοντες που περιλαμβάνει η μοντελοποίηση ταμιευτήρα (από <http://www.pe.tamu.edu/mceri/overview.html>).

1.3 Γεωλογία της Περιοχής Μελέτης

Η περιοχή από όπου έχουν ληφθεί τα δεδομένα, με βάση τα οποία πραγματοποιήθηκαν οι εργασίες που αναλύονται παρακάτω, βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Βόρειας θάλασσας. Αποτελεί μέρος του block F3, που γεωγραφικά ανήκει στην Ολλανδία. Γενικά, στο νότιο τμήμα της Βόρειας θάλασσας ανήκουν τα κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου της Ολλανδίας και της Νοτιοανατολικής Αγγλίας. Επίσης, αποτελεί το τμήμα της ηπειρωτικής κατωφέρειας της Μεγάλης Βρετανίας που παράγει τις μεγαλύτερες ποσότητες φυσικού αερίου (σε σύγκριση με τις υπόλοιπες περιοχές της Βόρειας θάλασσας που ανήκουν στη χώρα).

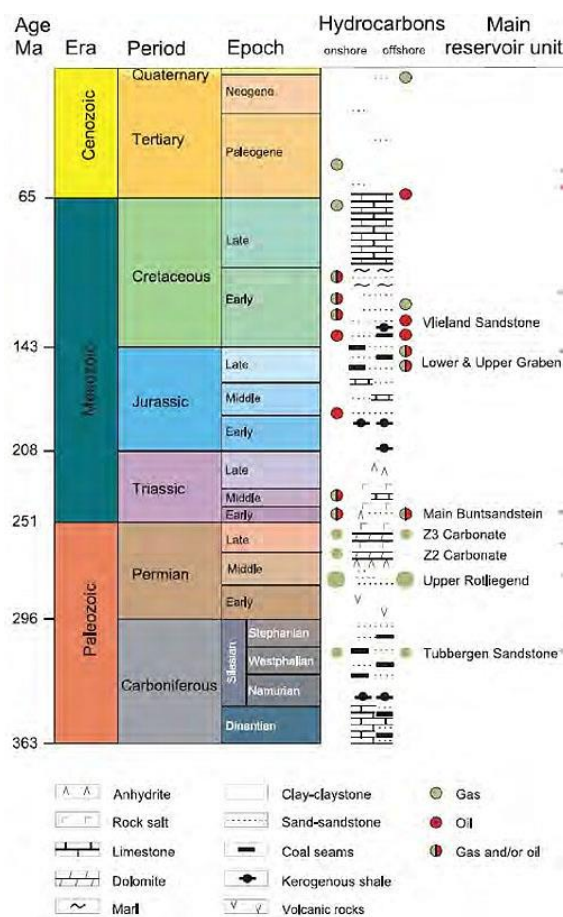


Εικόνα 1.8: Χάρτης της Βόρειας θάλασσας (από <http://kids.britannica.com/elementary/art-88480/north-sea>).



Εικόνα 1.9: Χάρτης του νοτίου τμήματος της λεκάνης της Βορείου θάλασσας. Με μαύρο πλαίσιο φαίνεται η γεωγραφική θέση των blocks F2 και F3 της Ολλανδίας (τροποποιημένο από <http://www.acorn-ps.com/web/page/oilgas/nsfiles/snsmap.htm>).

Το υπόβαθρο της περιοχής αποτελούν μεταμορφωμένα πλουτωνικά πετρώματα (παλαιοί γρανίτες και μονζονίτες), που θεωρούνται ισόχρονοι με την Καληδονική ορογένεση, που συνέβη στο Κάτω – Μέσο Παλαιοζωικό Αιώνα (Ορδοβίσιο – Σιλούριο). Ακολουθούν πετρώματα Δεβονίου ηλικίας, που συνιστούν τις Ομάδες του Banjaard και του παλαιού ερυθρού ψαμμίτη, που αποτελούνται από πετρώματα χερσαίας και λιμνοθαλάσσιας φάσης (ψαμμίτες, πηλοί, αργιλικοί σχιστόλιθοι κ.α.). Στο Λιθανθρακοφόρο σχηματίζονται τρεις Ομάδες (Farne, Ασβεστολίθων Λιθανθρακοφόρου, Limburg), που αποτελούνται από ανθρακικά και κλαστικά πετρώματα. Στο Πέρμιο ανήκουν τρεις Ομάδες: Rotliegend (κατώτερη και ανώτερη) και Zechstein. Στα πετρώματα των παραπάνω Ομάδων έχουν βρεθεί πολυάριθμα κοιτάσματα αέριων υδρογονανθράκων. Οι Ομάδες Rotliegend αποτελούνται από πορώδη πετρώματα (ψαμμίτες και κροκαλοπαγή), ενώ την Ομάδα Zechstein αποτελούν εβαποριτικά πετρώματα (ανυδρίτες, αλίτες, γύψοι) που καλύπτονται από αργιλικά πετρώματα.



Σχήμα 1.3: Δημιουργία κοιτασμάτων υδρογονανθράκων στη λεκάνη της Βόρειας θάλασσας με την πάροδο του γεωλογικού χρόνου (από <http://hub.globalccsinstitute.com/publications/independent-assessment-high-capacity-offshore-co2-storage-options/32-geological>).

Στα πετρώματα του Μεσοζωικού Αιώνα συναντώνται τα περισσότερα κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου στη λεκάνη, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.3. Στο Τριαδικό συναντώνται οι Γερμανικές Ομάδες (κατώτερη και ανώτερη). Ονομάζονται έτσι καθώς οι πλήρεις εμφανίσεις τους βρίσκονται σε περιοχές της Γερμανίας, όπου και μελετήθηκαν για πρώτη φορά. Αποτελούνται από πετρώματα ρηχής θαλάσσιας και λιμναίας φάσης (αργιλικά πετρώματα, ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες), καθώς επίσης και εβαπορίτες. Το Κάτω – Μέσο Ιουρασικό αποτελείται από αργιλικά πετρώματα, μέσα στα οποία βρίσκονται κλαστικά και ανθρακικά πετρώματα. Από γεωλογικής πλευράς, οι συνθήκες για το σχηματισμό κοιτασμάτων υδρογονανθράκων είναι ιδανικές, επειδή δημιουργούνται οι κατάλληλες δομές (πετρώματα – καλύμματα υπερκείμενα σε ταμιευτήρες, δομές παγίδευσης) για τη συσσώρευση κοιτασμάτων. Όλα τα πετρώματα της περιόδου αυτής αποτελούν την Ομάδα Altena. Στο Άνω Ιουρασικό – Κάτω Κρητιδικό σχηματίζονται οι Ομάδες Schieland, Scruff, Niedersachsen και Rijnland. Αυτές αποτελούνται από πετρώματα (κυρίως) αργιλικά, ψαμμιτικά, ασβεστιτικά και ηφαιστειακά και σχηματίζουν σημαντικά κοιτάσματα υδρογονανθράκων. Τέλος, στο Άνω Κρητιδικό, σημειώθηκε μία αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, σε παγκόσμια κλίμακα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασίας των θαλασσών (συνεπώς και της Βόρειας) να οδηγηθεί σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες και να επέλθει σημαντική εξάτμιση. Ολόκληρη η Ολλανδία, την περίοδο εκείνη, ήταν κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, οπότε λόγω της εξάτμισης, δημιουργήθηκαν συγκεντρώσεις κρητίδας (κιμωλίας) σημαντικού πάχους, που αποτελούν την ομώνυμη Ομάδα (Chalk Group).

Κατά τον Καινοζωικό Αιώνα (Τριτογενές, Τεταρτογενές) σχηματίζονται οι κατώτερη, μέση και ανώτερη Ομάδες της Βορείου θάλασσας. Η ονομασία τους δόθηκε ανάλογα με την περίοδο στην οποία σχηματίστηκαν. Έτσι, η κατώτερη ομάδα χρονολογείται στο Άνω Παλαιόκαινο – Μέσο Ηώκαινο, η μέση στο Άνω Ηώκαινο – Ολιγόκαινο και η ανώτερη στο Μειόκαινο – Τεταρτογενές. Τις ομάδες αυτές αποτελούν αποθέσεις ιζημάτων, με σημαντική (στα παλαιότερα) έως ανύπαρκτη (στα πολύ νεότερα) διαγένεση, όπως άμμοι, άργιλοι, ιλύες, κροκάλες κ.α., που έχουν θαλάσσια προέλευση (στο μεγαλύτερο μέρος τους). Σημαντική είναι η ύπαρξη σχηματισμών παγετώδους προέλευσης (π.χ. μοραίνες), που αποτέθηκαν κατά τις παγετώδεις περιόδους του Πλειστοκαίνου. Κοιτάσματα υδρογονανθράκων συναντώνται στην κατώτερη Ομάδα, ενώ και στις τρεις Ομάδες συναντώνται κοιτάσματα ανθράκων. Κατά το Ολόκαινο (10 Ka – σήμερα) παρατηρείται μία συνεχόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας, αποτέλεσμα της οποίας είναι η κάλυψη από θαλασσινό νερό εκτεταμένων περιοχών και η δημιουργία πολυάριθμων λιμνών μικρής έκτασης κοντά στην ακτογραμμή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΛΕΚΑΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ OpendTect

2.1 Σχετικά με το πρόγραμμα OpendTect

Το OpendTect είναι ένα πρόγραμμα ερμηνείας δεδομένων που έχουν ληφθεί με σεισμικές γεωφυσικές μεθόδους διασκόπησης του υπεδάφους και γεωτρήσεις. Η εταιρία που είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία του προγράμματος αυτού είναι η dGB Earth Sciences B. V., εταιρία που δραστηριοποιείται στην ανάπτυξη λογισμικών που χρησιμοποιούνται στην έρευνα πετρελαίου και φυσικού αερίου, με έτος ιδρύσεως το 1995. Το OpendTect αποτελεί το σημαντικότερο πρόγραμμα της παραπάνω εταιρίας, καθώς χρησιμοποιείται από εκατοντάδες χρήστες (μεμονωμένους και εταιρίες) και ακαδημαϊκά ιδρύματα. Ένας από τους λόγους που το πρόγραμμα έχει γνωρίσει μεγάλη επιτυχία είναι ότι η βασική του έκδοση (χωρίς τα πρόσθετα) παρέχεται δωρεάν μέσω διαδικτύου. Λαμβάνοντας το γεγονός αυτό ως αφορμή, αξίζει να αναφερθεί ότι το OpendTect παρέχεται στους χρήστες μέσω τριών αδειών: την απλή (GPL) άδεια, που αφορά όλους τους μεμονωμένους χρήστες και δεν περιλαμβάνει πρόσθετες παροχές (plugins), την εμπορική άδεια που αφορά εταιρίες ή ιδιώτες που δραστηριοποιούνται στην έρευνα πετρελαίου και φυσικού αερίου και περιλαμβάνει τις πρόσθετες παροχές που έχουν αναπτυχθεί από την dGB Earth Sciences και άλλες εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο (όπως η ARK CLS Limited) και παρέχεται κατόπιν πληρωμής, ενώ, τέλος, υπάρχει και η ακαδημαϊκή άδεια, που αφορά πανεπιστημιακά ιδρύματα και σχολές, η οποία παρέχεται δωρεάν και περιλαμβάνει τις πρόσθετες παροχές που έχουν αναπτυχθεί από την dGB Earth Sciences. Η τελευταία είναι αυτή που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία.

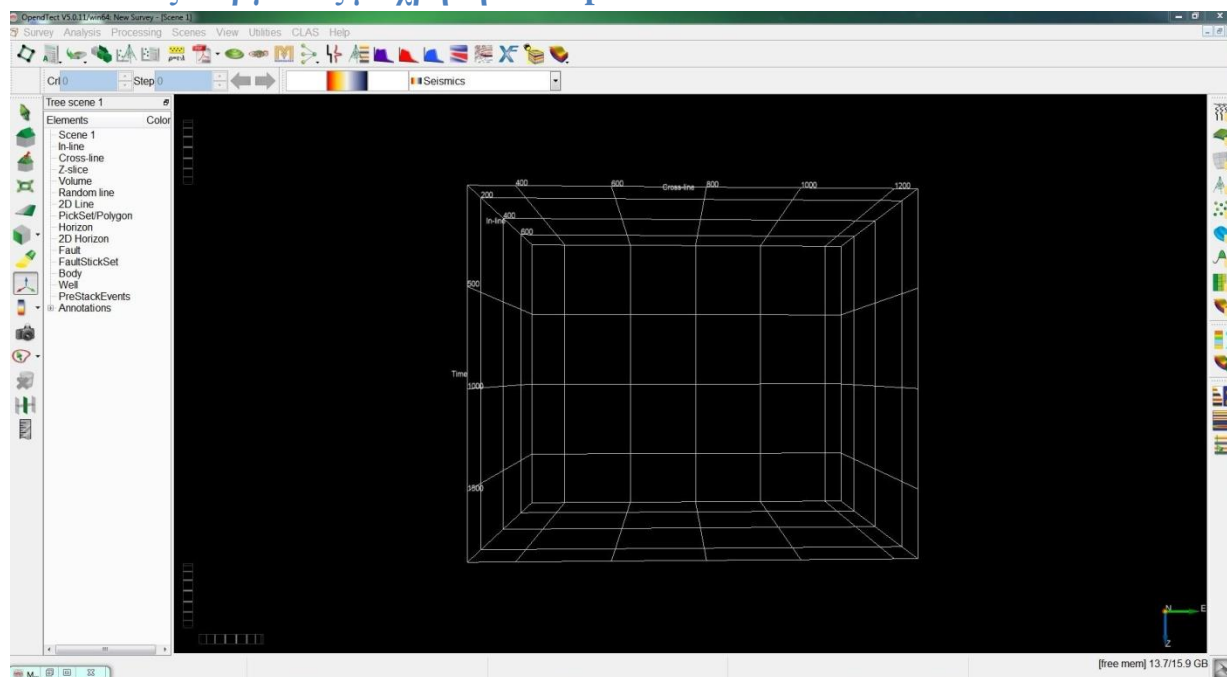
Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του προγράμματος OpendTect είναι η οπτικοποίηση και η ανάλυση τόσο δυσδιάστατων (2D) όσο και τρισδιάστατων (3D) δεδομένων, καθώς επίσης και άλλες χρήσιμες προσθήκες που κάνουν την εργασία αυτή ευκολότερη και πιο φιλική για τους χρήστες, όπως η δημιουργία φίλτρων για καλύτερη προβολή των αποτελεσμάτων, η απόδοση χαρακτήρων στα σεισμικά και στα δεδομένα γεωτρήσεων (ονομασία, τιμές διάφορων παραμέτρων, ηλικίες γεωλογικών σχηματισμών κ.α.), εργασία σε πολλά projects ταυτοχρόνως, υπολογισμός στο παρασκήνιο πολύπλοκων μαθηματικών τύπων και εφαρμογή τους στα γεωλογικά μοντέλα, καθώς επίσης και μετατροπή των αποτελεσμάτων σε μορφές κατάλληλες για προβολή και χρήση σε άλλα προγράμματα υπολογιστή (π.χ. Petrel, Adobe κ.α.). Η ύπαρξη των πρόσθετων αυξάνει σε μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες του προγράμματος σε περισσότερο εξειδικευμένους τομείς της μοντελοποίησης λεκανών.

Κατά διαστήματα, η εταιρία dGb Earth Sciences θέτει σε κυκλοφορία νέες ή αναβαθμισμένες εκδόσεις του OpendTect και των πρόσθετών του. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας είναι η 5.0.0.



Εικόνα 2.1: Το λογότυπο του προγράμματος OpendTect.

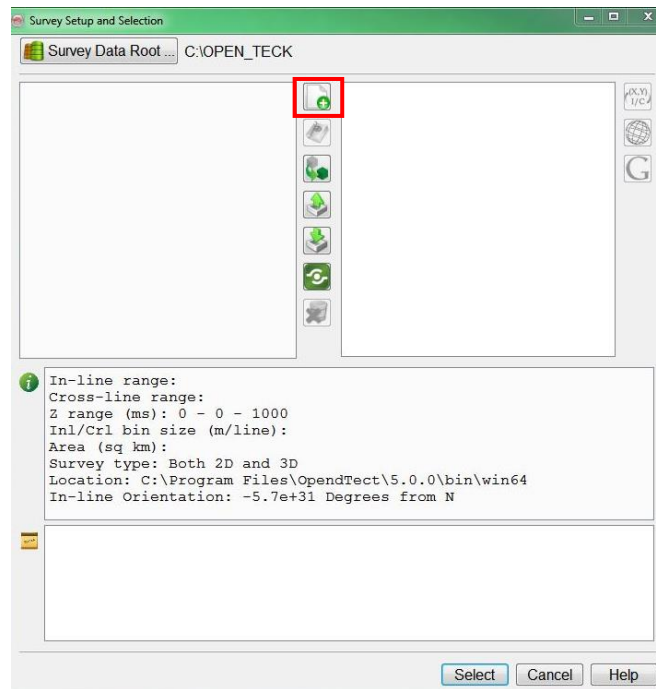
2.2 Βασικές διεργασίες με χρήση του OpendTect



Εικόνα 2.2: Η αρχική οθόνη του OpendTect.

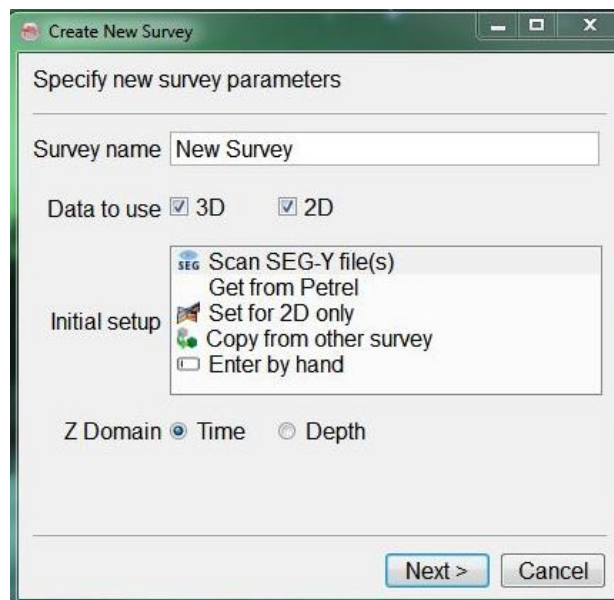
2.2.1 Ξεκινώντας μία νέα έρευνα (survey)

Για να ξεκινήσουμε μία νέα έρευνα στο OpendTect, επιλέγουμε από τη γραμμή μενού του προγράμματος τις εντολές Survey → Select/Setup Επιλέγουμε το εικονίδιο New Survey (εικόνα 2.3, στο κόκκινο πλαίσιο).



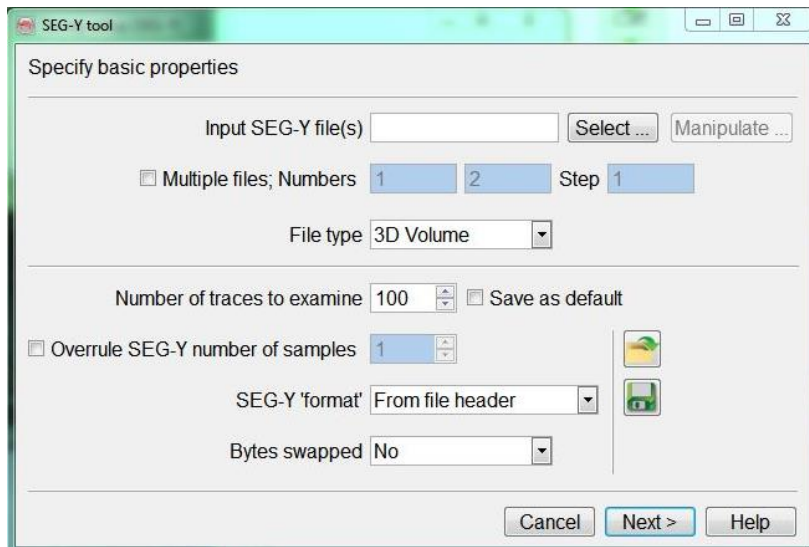
Εικόνα 2.3

Στο παράθυρο που εμφανίζεται, καθορίζουμε ένα όνομα για την καινούργια μας έρευνα (στο πεδίο Survey Name), επιλέγουμε το Scan SEG-Y file(s) (εφόσον υπάρχουν έτοιμα δεδομένα από την περιοχή μελέτης στον υπολογιστή), επιλέγουμε αν ο άξονας z θα απεικονίζει δεδομένα χρόνου ή βάθους και πατάμε το Next (εικόνα 2.4).



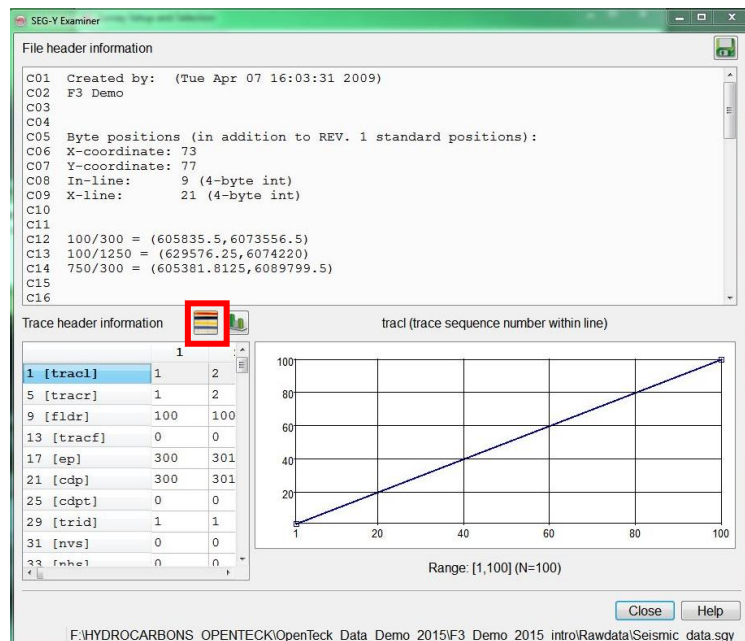
Εικόνα 2.4

Στο καινούργιο παράθυρο (εικόνα 2.5), επιλέγουμε το αρχείο που περιέχει τα δεδομένα που θέλουμε να φορτώσουμε (στο πλαίσιο Input SEG-Y file(s) επιλέγουμε Select ...).



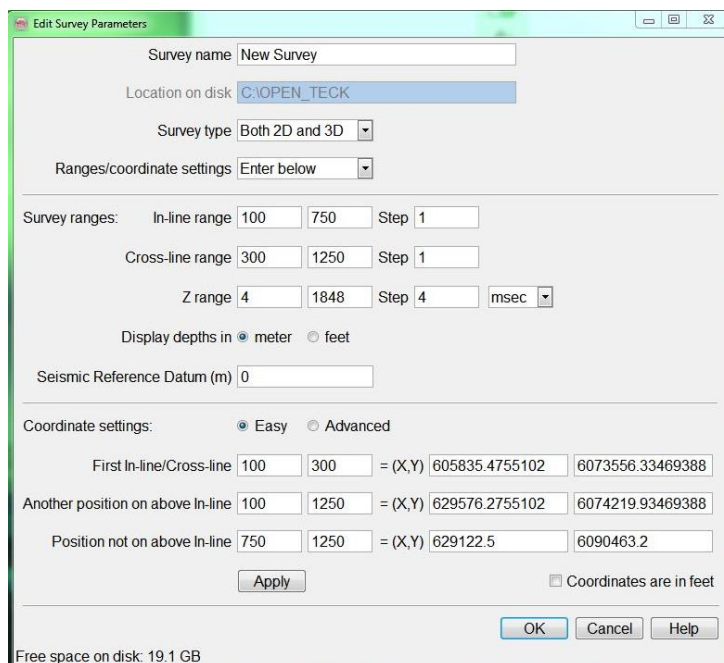
Εικόνα 2.5

Κάνοντας κλικ στο Next, το πρόγραμμα πραγματοποιεί ένα γρήγορο έλεγχο του αρχείου και συμπληρώνει αυτόματα όλες τις απαιτούμενες παραμέτρους για την εμφάνισή του στην οθόνη. Έπειτα εμφανίζονται δύο νέα παράθυρα: το πρώτο (εικόνα 2.6) περιέχει χρήσιμες πληροφορίες για τα δεδομένα που εργαζόμαστε, όπως οι συντεταγμένες της περιοχής μελέτης, ο τρόπος με τον οποίο το πρόγραμμα διάβασε τα δεδομένα κ.α., ενώ επιλέγοντας το κουμπί Seismic Viewer (το αριστερό κουμπί πάνω από τον πίνακα) μπορούμε να δούμε τη μορφή που έχουν οι σεισμικές καταγραφές (με κόκκινο πλαίσιο στην εικόνα 2.6, η μορφή τους είναι αυτή της εικόνας 1.4).



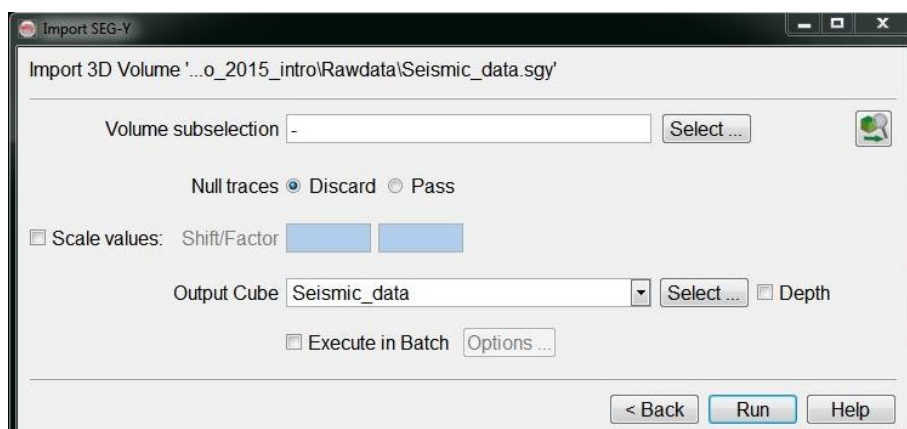
Εικόνα 2.6

Επιλέγοντας Run στο δεύτερο παράθυρο, το πρόγραμμα καθορίζει οριστικά τις παραμέτρους της νέας περιοχής έρευνας και μπορεί, πλέον, να την εμφανίσει. Επιλέγουμε OK στο νέο παράθυρο (εικόνα 2.7), στο οποίο φαίνεται ο τρόπος που ‘διαβάστηκαν’ τα δεδομένα από το πρόγραμμα.



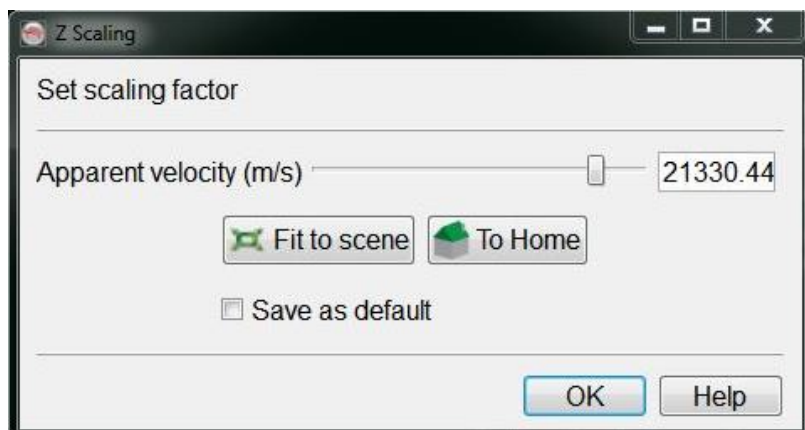
Εικόνα 2.7

Στο αρχικό παράθυρο επιλογής έρευνας έχει εμφανιστεί η καινούργια έρευνα που μόλις δημιουργήθηκε. Την επιλέγουμε, πατάμε Select (στο κάτω δεξιά τμήμα του παραθύρου) και στο νέο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε Yes. Τέλος, στο νέο παράθυρο που εμφανίζεται δίνουμε ένα καινούργιο όνομα στον κύβο που δημιουργήσαμε (στο πλαίσιο Output Cube, στην εικόνα 2.8). Συνηθίζεται το όνομα του κύβου να είναι ίδιο με αυτό του αρχείου από όπου προέρχονται τα δεδομένα του. Επιλέγουμε Run και έπειτα OK στο παράθυρο ειδοποίησης που εμφανίζεται.



Εικόνα 2.8

Ο νέος κύβος που δημιουργήθηκε χρειάζεται να υποστεί μία μικρή τροποποίηση ως προς τον κάθετο άξονα z, ώστε να μπορεί να μελετηθεί καλύτερα. Για το σκοπό αυτό, από τη γραμμή μενού επιλέγουμε View → Z-Scale Στο παράθυρο που ανοίγει (εικόνα 2.9) μετακινούμε το δείκτη της ταχύτητας (ή του βάθους, ανάλογα με την αρχική επιλογή μας) τόσο ώστε ο άξονας να βρεθεί στις επιθυμητές διαστάσεις και επιλέγουμε OK.



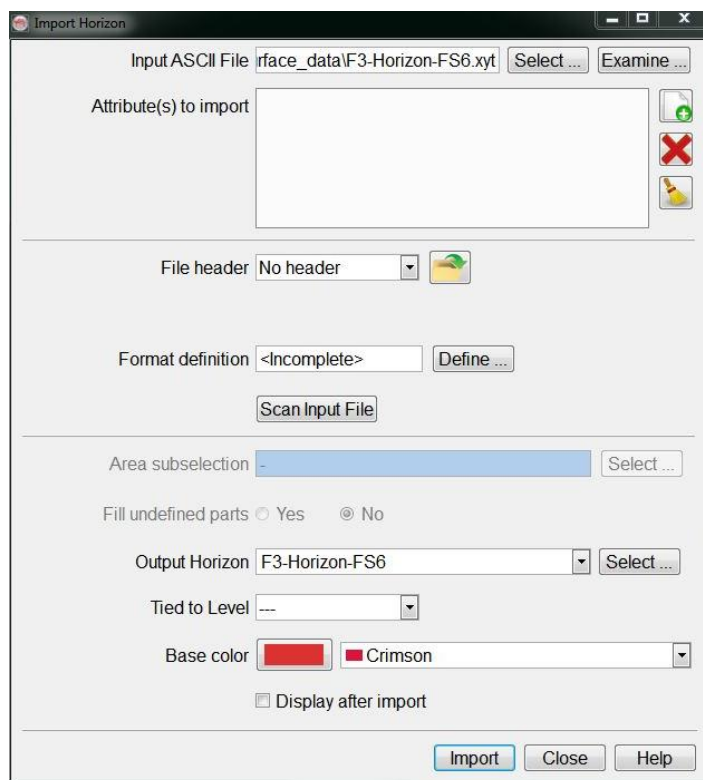
Εικόνα 2.9

2.2.2 Εισαγωγή νέου ορίζοντα

Με τον όρο ορίζοντα εννοείται ένα ιζηματογενές στρώμα (ή περισσότερα) που διαχωρίζεται σαφώς από τα υπόλοιπα σε μία ακολουθία και χαρακτηρίζει ένα συγκεκριμένο γεγονός που συνέβη στην ιζηματογενή λεκάνη (π.χ. πτώση της στάθμης της θάλασσας). Για να εισάγουμε έναν ορίζοντα στο OpendTect, επιλέγουμε από τη γραμμή μενού Survey → Import → Horizon → ASCII → Geometry 3D ... (ή Geometry 2D ... αν δουλεύουμε με δεδομένα σε δύο διαστάσεις). Εμφανίζεται το αντίστοιχο παράθυρο (εικόνα 2.10).

Στο πεδίο 'Input ASCII File' επιλέγουμε το Select ... και βρίσκουμε το αρχείο που περιέχει τον ορίζοντα που θέλουμε να φορτώσουμε. Αν κάνουμε κλικ στην επιλογή Examine ... μπορούμε να δούμε τα περιεχόμενα του αρχείου αυτού, τα οποία κατανέμονται σε τρεις στήλες. Συνήθως, οι δύο πρώτες αφορούν τις συντεταγμένες X και Y, ενώ η τρίτη στήλη αφορά την κάθετη συνιστώσα, Z, που αφορά στα βάθη και μετράται είτε σε milliseconds (ms) είτε σε μέτρα (m). Αυτό το καθορίζουμε πατώντας την επιλογή Define ... του πεδίου Format definition, ανάλογα με τον τρόπο που κατανέμονται τα δεδομένα στις τρεις στήλες του αρχείου.

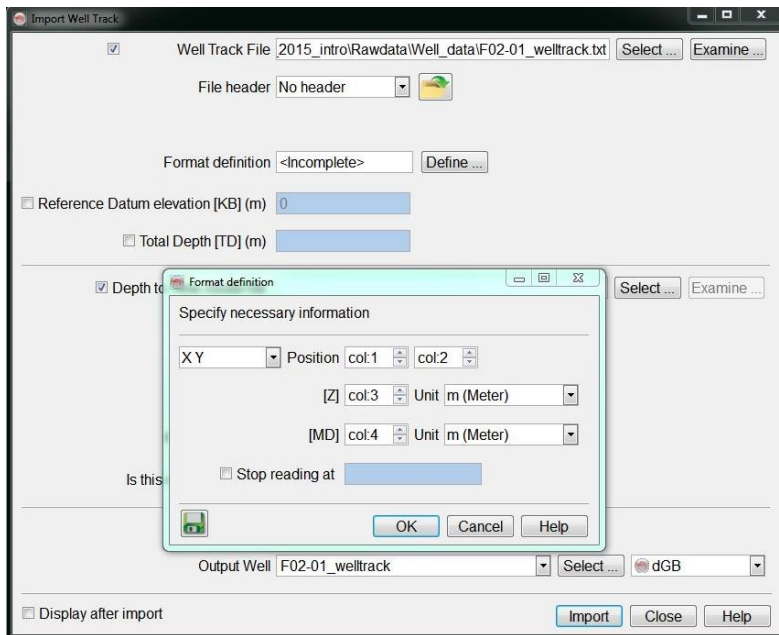
Δίνουμε ένα όνομα στον καινούργιο ορίζοντα (επιλογή Output Horizon), επιλέγουμε ένα χρώμα (επιλογή Base color) με το οποίο θέλουμε να εμφανίζεται στο πρόγραμμα και πριν πατήσουμε Import, επιλέγουμε το πεδίο 'Display after import', ώστε ο ορίζοντα να εμφανιστεί άμεσα αφού κλείσουμε το παράθυρο.



Εικόνα 2.10

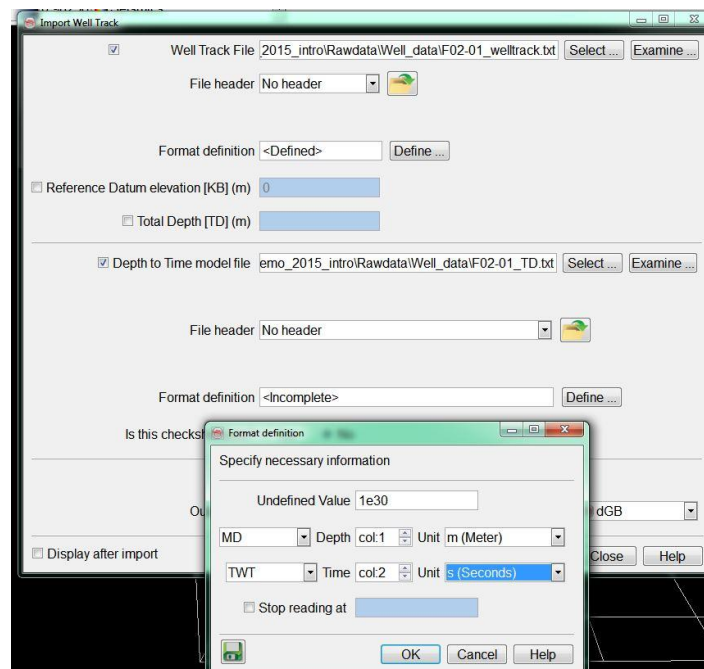
2.2.3 Εισαγωγή στοιχείων από γεώτρηση και αποτελεσμάτων διαγραφιών

Για να εισάγουμε μία γεώτρηση και τα στοιχεία που αυτή περιέχει επιλέγουμε στη γραμμή μενού Survey → Import → Wells → ASCII → Track ... Στο παράθυρο που ανοίγει, στο πεδίο 'Well Track File' επιλέγουμε το αρχείο όπου βρίσκεται η γεώτρηση που θέλουμε (πατώντας το Select ...) και βλέπουμε τα περιεχόμενά του επιλέγοντας το Examine ... Σε αυτό το αρχείο υπάρχουν τέσσερις στήλες που αφορούν τις συντεταγμένες X και Y, την κάθετη συνιστώσα, Z και το μετρούμενο βάθος (MD) στη γεώτρηση. Τα δύο τελευταία μετρώνται σε μονάδες μήκους (μέτρα, πόδια, ίντσες κ.α.). Στο πεδίο 'Format definition' καθορίζουμε τις στήλες που αντιστοιχούν στις παραπάνω ποσότητες, ανάλογα με το αρχείο που εργαζόμαστε (εικόνα 2.11).



Εικόνα 2.11

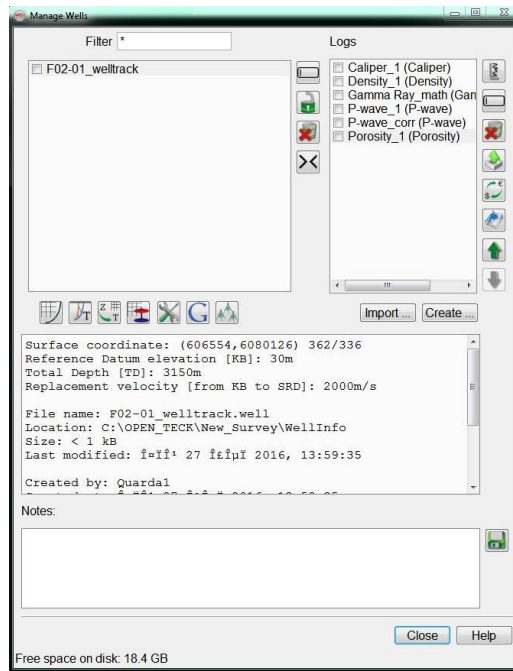
Στο πεδίο ‘Depth to Time model file’ επιλέγουμε το αρχείο που περιέχει τις ταχύτητες των σεισμικών κυμάτων. Επιλέγοντας Define ... στο πεδίο ‘Format definition’, καθορίζουμε τις στήλες που αντιστοιχούν στα βάθη (MD) και στις αντίστοιχες ταχύτητες (TWT) που έχουν τα σεισμικά κύματα, καθώς επίσης και τις μονάδες μέτρησής τους. Όλα τα παραπάνω πρέπει να βρίσκονται σε αντιστοιχία με τα δεδομένα που εργαζόμαστε (εικόνα 2.12).



Εικόνα 2.12

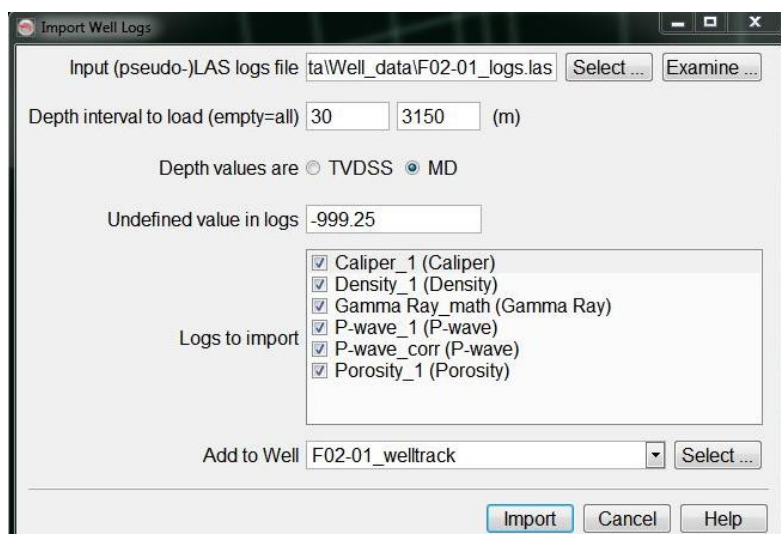
Επιλέγουμε Yes στο πλαίσιο ‘Is this checkshot data?’ και δίνουμε ένα όνομα στη γεώτρηση στο πλαίσιο ‘Output Well’. Τέλος, με την επιλογή ‘Display after import’ επιλεγμένη, κάνουμε κλικ στο Import.

Για να προσθέσουμε στοιχεία από διαγραφίες (logs) που πραγματοποιήθηκαν στη γεώτρηση, επιλέγουμε από τη γραμμή μενού Survey → Import → Wells → ASCII → Logs ... Εμφανίζεται το παράθυρο της εικόνας 2.13.



Εικόνα 2.13

Κάνουμε κλικ στην επιλογή Import ... και ανοίγει ένα νέο παράθυρο (εικόνα 2.14).



Εικόνα 2.14

Σε αυτό, στο πλαίσιο 'Input (pseudo-)LAS logs file' επιλέγουμε (πατώντας το Select ...) το αρχείο που περιέχει τα στοιχεία από τις διαγραφίες που θέλουμε να εμφανίσουμε στη γεώτρηση. Στο πλαίσιο 'Add to Well' επιλέγουμε σε ποια γεώτρηση θέλουμε να προσθέσουμε τα στοιχεία των διαγραφιών, ενώ στις επιλογές του πεδίου 'Logs to import' επιλέγουμε ποιες διαγραφίες θα εμφανίζονται (π.χ. ακτινοβολίας γάμμα, πορώδους, πυκνότητας κ.α.). Τέλος, επιλέγουμε Import και επιστρέφουμε στο προηγούμενο παράθυρο.

Κάνουμε κλικ στο εικονίδιο της Εισαγωγής Δεικτών (markers), που φαίνεται σε κόκκινο πλαίσιο στην εικόνα 2.15.



Εικόνα 2.15

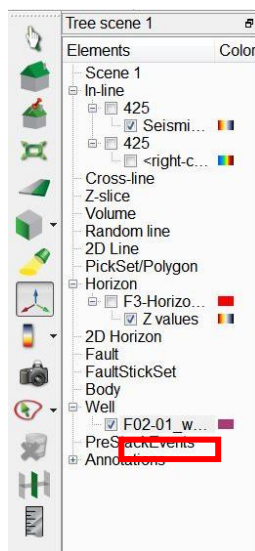
Ανοίγει το αντίστοιχο παράθυρο (εικόνα 2.16, με τα κελιά να είναι κενά). Μπορούμε να εισάγουμε δείκτες είτε αυτόματα από κάποιο αρχείο στον υπολογιστή, είτε μη αυτόματα (εισάγουμε τον κάθε δείκτη ξεχωριστά). Αν θέλουμε να εισάγουμε τους δείκτες αυτόματα, κάνουμε κλικ στο Import ... και επιλέγουμε το αρχείο που περιέχει τους δείκτες, καθορίζοντας και την ποσότητα που αντιστοιχεί στην κάθε στήλη (εργασία όμοια με την αρχική εισαγωγή της γεώτρησης στο πρόγραμμα). Τα αποτελέσματα εμφανίζονται όπως φαίνεται στο παρακάτω παράθυρο (ανάλογα και με τα δεδομένα που εργαζόμαστε):

	Name	MD (m)	TVD (m)	TVDSS (m)	Color
Marker 1	Seasurface	30	30	0	
Marker 2	MFS11	553.6	553.6	523.6	
Marker 3	FS11	612.9	612.9	582.9	
Marker 4	MFS10	683.31	683.3	653.3	
Marker 5	MFS9	716.65002441	716.6	686.6	
Marker 6	MFS8	748.49	748.5	718.5	
Marker 7	FS8	795.18	795.2	765.2	
Marker 8	FS7	927.2800293	927.3	897.3	
Marker 9	Truncation 1	1025.42004395	1025.4	995.4	

Εικόνα 2.16

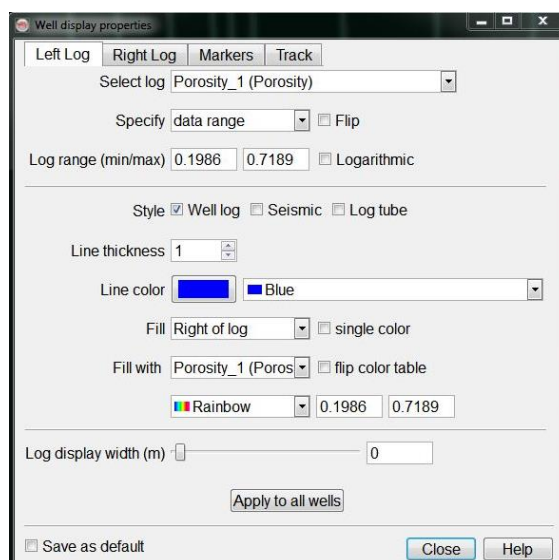
Στη στήλη για το χρώμα (Color) κάνουμε κλικ στο κάθε κελί και διαλέγουμε ένα χρώμα με το οποίο θέλουμε να εμφανίζεται ο αντίστοιχος δείκτης, το όνομα του οποίου φαίνεται στη δεύτερη στήλη (Name). Όταν ολοκληρώσουμε τη διαδικασία αυτή επιλέγουμε OK. Επιστρέφουμε στην αρχική οθόνη του προγράμματος (εικόνα 2.13).

Για να εμφανίσουμε τους δείκτες και τα στοιχεία των διαγραφιών, κάνουμε δεξί κλικ στο όνομα της γεώτρησης (στο αριστερό τμήμα της οθόνης) και επιλέγουμε Display → Properties ... (όπως φαίνεται στην εικόνα 2.17).

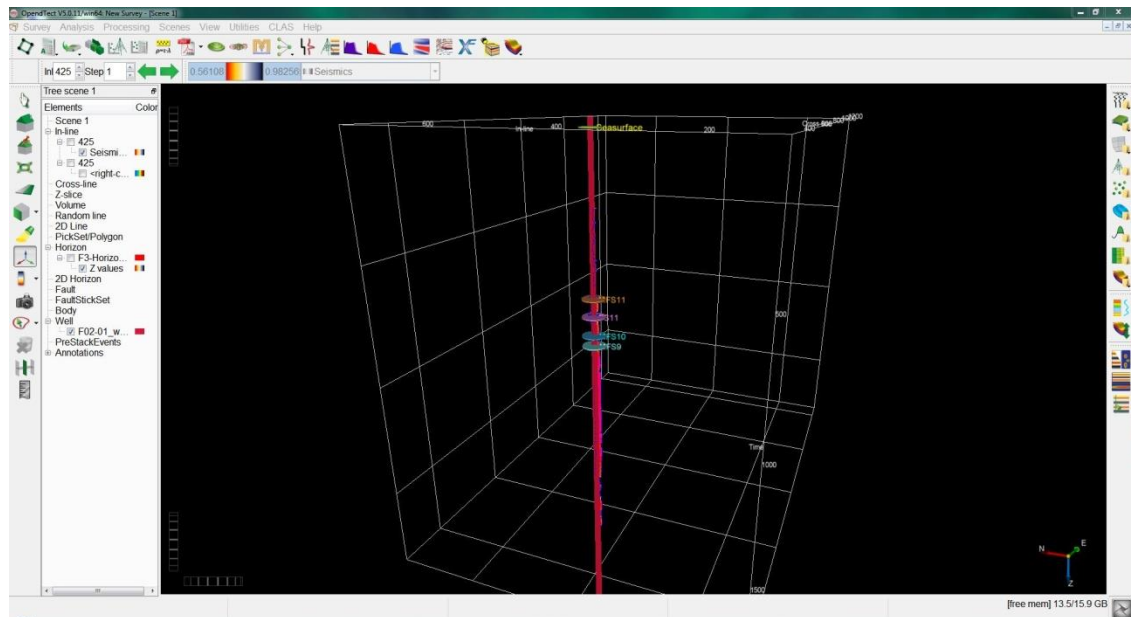


Εικόνα 2.17

Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται (εικόνα 2.18), στα πεδία 'Left Log' και 'Right Log' επιλέγουμε τα στοιχεία διαγραφιών που θα εμφανίζονται στα αριστερά και στα δεξιά της γεώτρησης, καθώς επίσης και τις ιδιότητές τους (χρώμα, πάχος γραμμών κ.α.). Ομοίως, στο πεδίο 'Markers' κάνουμε τις αντίστοιχες επιλογές για τους δείκτες και στο πεδίο 'Track' για τη γραμμή που παριστά τη γεώτρηση. Όταν κάνουμε τις αλλαγές που επιθυμούμε, κλείνουμε το παράθυρο επιλέγοντας Close.



Εικόνα 2.18



Εικόνα 2.19: Γεώτρηση με στοιχεία διαγραφιών και δείκτες, όπως απεικονίζεται στο OpendTect.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ερμηνεία των σεισμικών γεωφυσικών δεδομένων αποτελεί μία από τις δυσκολότερες και πιο απαιτητικές εργασίες στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου, καθώς απαιτεί πολύωρη ενασχόληση εκ μέρους του ερευνητή, ενώ και τα αποτελέσματα που προκύπτουν εξαρτώνται, σε πολύ μεγάλο βαθμό, από τις προσωπικές του εκτιμήσεις. Για το λόγο αυτό λογισμικά προγράμματα που διευκολύνουν την παραπάνω διαδικασία, όπως το OpendTect, αποτελούν βασικά εργαλεία των εταιριών που δραστηριοποιούνται στο χώρο και γνωρίζουν συνεχή ανάπτυξη.

Με τη δυνατότητα για την εισαγωγή ενός οριζόντα μπορεί να αναπαρασταθεί η μορφολογία του περιβάλλοντος κατά την περίοδο απόθεσης των ιζημάτων, καθώς οποιαδήποτε μορφολογική έξαρση ή ταπείνωση καλύπτεται από τις αντίστοιχες ποσότητες υλικών. Αυτό βοηθάει στην αρχική αναγνώριση πιθανών δομών παγίδευσης που έχουν καλυφθεί από νεότερα ιζήματα. Με την εισαγωγή πολλαπλών οριζόντων δίνεται η δυνατότητα της αναπαράστασης του παλαιοπεριβάλλοντος σε μεγάλες περιόδους του γεωλογικού χρόνου, καθώς τα προγράμματα μοντελοποίησης

επιτρέπουν την εμφάνιση ή μη επιλεγμένων οριζόντων (για παράδειγμα ορίζοντες παλαιότερους από κάποια συγκεκριμένη ηλικία).

Η προσθήκη στοιχείων που έχουν ληφθεί από γεωτρήσεις, σε συνδυασμό με αποτελέσματα διαγραφιών, δίνει τη δυνατότητα για την πλήρη κατασκευή του μοντέλου, καθώς κάθε γεωλογικός σχηματισμός, μαζί με τα χαρακτηριστικά του (π.χ. λιθολογία, πάχος, ηλικία), μπορεί να αναπαρασταθεί. Επιπλέον, μπορεί να γίνει ταύτιση των δεδομένων από τις σεισμικές μεθόδους με αυτά από τις γεωτρήσεις και τις διαγραφίες με σκοπό το μοντέλο να αναπαριστά όσο πιο πιστά γίνεται τις συνθήκες μέσα στην ιζηματογενή λεκάνη.

Οι διαδικασίες που περιγράφονται στην παρούσα εργασία (έναρξη νέας έρευνας, εισαγωγή οριζόντων, στοιχείων γεωτρήσεων και αποτελεσμάτων διαγραφιών) αποτελούν τις αρχικές διαδικασίες για την κατασκευή ενός μοντέλου μίας ιζηματογενούς λεκάνης, καθώς επίσης και αυτές πάνω στις οποίες στηρίζεται οποιαδήποτε περαιτέρω εργασία στη μοντελοποίηση λεκανών. Τα βήματα που ακολουθούνται για την πραγματοποίησή τους δεν εμφανίζουν σημαντικές διαφορές στα διάφορα προγράμματα μοντελοποίησης. Αυτό που μεταβάλλεται είναι ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να απεικονιστούν τα στοιχεία αυτά στον υπολογιστή, καθώς επίσης και οι δυνατότητες που δίνονται από τα προγράμματα για επιπρόσθετες αναλύσεις και εργασίες (π.χ. για την προσομοίωση της συμπεριφοράς των σχηματισμών έπειτα από την άντληση των αποθεμάτων τους σε υδρογονάνθρακες). Τέλος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η κατασκευή του μοντέλου μίας ιζηματογενούς λεκάνης είναι, σήμερα, απαραίτητη για τη συνέχεια τόσο των ερευνητικών όσο και των παραγωγικών διαδικασιών στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μοντελοποίηση των ιζηματογενών λεκανών αποτελεί, στη σημερινή εποχή, μία απαραίτητη διαδικασία που πραγματοποιείται στο τελευταίο στάδιο της αναζήτησης κοιτασμάτων υδρογονανθράκων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο). Με αυτή κατασκευάζεται ένα προσομοίωμα (μοντέλο) της περιοχής μελέτης, όπου αναπαριστώνται οι διάφορες διεργασίες που συνέβησαν με την πάροδο του γεωλογικού χρόνου στην ιζηματογενή λεκάνη και είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία, τη μετανάστευση και τη συσσώρευση των υδρογονανθράκων. Η διαδικασία της μοντελοποίησης λεκανών χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου το 1980. Έκτοτε, έχει γνωρίσει τεράστια ανάπτυξη, με την εισαγωγή νέων τεχνολογιών και δυνατοτήτων για καλύτερη και ακριβέστερη ερμηνεία της δημιουργίας και εξέλιξης των κοιτασμάτων υδρογονανθράκων. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του γεωλογικού μοντέλου μίας λεκάνης προέρχονται, κυρίως, από σεισμικές γεωφυσικές μεθόδους διασκόπησης του υπεδάφους (η μέθοδος της ανάκλασης είναι αυτή που χρησιμοποιείται συχνότερα) και από γεωτρήσεις. Η μοντελοποίηση πραγματοποιείται με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορα λογισμικά προγράμματα, όπως είναι το πρόγραμμα OpendTect, της εταιρίας dGB Earth Sciences. Το OpendTect διανέμεται μέσω διαδικτύου είτε δωρεάν είτε με την καταβολή χρηματικού ποσού για την απόκτηση των πλήρης έκδοσής του. Εκτός από το κύριο πρόγραμμα που αναπτύσσεται από την dGB Earth Sciences, έχουν αναπτυχθεί και άλλα προγράμματα (από την ίδια εταιρία ή άλλες), που χαρακτηρίζονται ως plugins (πρόσθετα) και καθιστούν το πρόγραμμα ικανό για πολλές περισσότερο εξειδικευμένες εργασίες στο πεδίο της μοντελοποίησης. Με την εισαγωγή οριζόντων, στοιχείων από γεωτρήσεις και αποτελεσμάτων διαγραφιών μπορεί να γίνει η κατασκευή ενός αρχικού γεωλογικού μοντέλου της ιζηματογενούς λεκάνης που βρίσκεται υπό μελέτη, το οποίο θα αποτελέσει τη βάση πάνω στην οποία θα στηριχθούν οι περαιτέρω ερευνητικές και παραγωγικές διαδικασίες της πετρελαϊκής βιομηχανίας.

ABSTRACT

Sedimentary basins modeling is, nowadays, a fundamental procedure that takes place in the last stage of exploration for hydrocarbon deposits (oil, natural gas). In basin modeling, a model of the study area is constructed, in which the different procedures that happened in the sedimentary basin during geologic time and caused the creation, migration and accumulation of hydrocarbons are represented. Basin modeling was first introduced in oil and natural gas industry in 1980. Since then, it has known a huge development, with use of new technologies and potentials for better and more precise interpretation of the creation and evolution of hydrocarbon deposits. The data that are used for the construction of a basin's geological model come, mostly, from seismic geophysical methods (reflection method is the one used more often) and drilling. Modeling is accomplished with the aid of computer software programs. For

this sake multiple software programs have been developed, such as OpendTect, from dGB Earth Sciences Company. OpendTect is a free-source program and is distributed complimentary or with cash payment for the full edition. Besides the main program, created by dGB Earth Sciences, more programs have been developed (from the same company or others), that are called plugins and make OpendTect capable of more specialized procedures in the field of basin modeling. An initial model of the sedimentary basin under study can be created with the insertion of horizons, elements from drillings and results from loggings. This model will become the base for the further upstream procedures in the oil and gas industry.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΡΘΡΑ – ΒΙΒΛΙΑ

Γεωργακόπουλος Α. (2013): Σημειώσεις μαθήματος Κοιτασματολογίας Πετρελαίου, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 464 σ. (Σημειώσεις στο Διαδίκτυο)

dGB Earth Sciences: OpendTect User Documentation, Version 5.0, 797 p.

Hantschel T., Kauerauf A. (2009): Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling, Springer, Berlin, 476 p.

Κουφός Γ. (2008): Μαθήματα Στρωματογραφίας, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 242 σ.

Overeem I., Weltje G. J., Bishop-Kay C., Kroonenberg S. B. (2001): The Late Cenozoic Eridanos delta system in the Southern North Sea Basin: a climate signal in sediment supply?, Basin Research 13, 293-312

Stenløkk J. : Basin Modeling: the concept, formation synthesis, modeling tools, Norwegian Petroleum Directorate, 50 p. (Notes on Internet)

Τσελέντης Α., Παρασκευόπουλος Π. (2013): Εφαρμοσμένη Γεωφυσική, Liberal Books, Αθήνα, 595 σ.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<https://www.dinoloket.nl/nomenclature-deep>

<http://www.epgeology.com/structural-geology-f21/structural-development-the-north-sea-basin-t417.html>

<http://www.deltawerken.com/Geology-of-the-Netherlands/112.html>