

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

<<ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ  
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ: ΜΕΘΟΔΟΙ, ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ  
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ>>



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ (Α.Μ. 5256)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΠΙΚΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2014

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας με θέμα την τεχνολογία υποθαλάσσιας εξόρυξης υδρογονανθράκων. Αφορμή για την συγγραφή της εργασίας αποτέλεσαν οι ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν τον τελευταίο καιρό σχετικά με τον εντοπισμό πιθανών κοιτασμάτων υδρογονανθράκων στον Ελλαδικό χώρο.

Το πρώτο μέρος της εργασίας αναφέρεται στις μεθόδους έρευνας, στον απαιτούμενο εξοπλισμό καθώς και στην περιγραφή των βασικών στοιχείων ενός ταμειυτήρα υδρογονανθράκων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται ο εξοπλισμός που απαιτείται για την ανάκτηση των υδρογονανθράκων, όπως επίσης γίνεται αναφορά σε οικονομικά, νομικά και περιβαλλοντικά θέματα που προκύπτουν. Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία για τις έρευνες στον Ελλαδικό χώρο καθώς και εκτιμήσεις για την αξιοποίηση των κοιτασμάτων.

Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Πίκιο Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ, για την καθοδήγηση που μου προσέφερε και τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα ενδιαφέρον θέμα.

Νικολόπουλος Γιώργος  
Ιανουάριος 2014

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην συγκεκριμένη Πτυχιακή εργασία εξετάζεται η υποθαλάσσια εξόρυξη υδρογονανθράκων. Η διάρθρωση των κεφαλαίων έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να καλυφθεί το συνολικό εύρος της επιχείρησης, δηλαδή, από το στάδιο της έρευνας για πιθανά κοιτάσματα υδρογονανθράκων, έως την τελική παραγωγή του κοιτάσματος.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικότερες μέθοδοι έρευνας για τον εντοπισμό των υποθαλάσσιων κοιτασμάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο εξοπλισμός που απαιτείται για τη διενέργεια της παραπάνω έρευνας.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται πιθανά δεδομένα και εμπειρίες από προηγούμενες έρευνες, που μπορούν να ληφθούν υπόψη σε μια έρευνα υδρογονανθράκων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε μεθόδους πιθανολογικού υπολογισμού επιτόπιων αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου καθώς και η κατηγοριοποίησή τους από την πετρελαϊκή κοινότητα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές γεωλογικές έννοιες ενός ταμειυτήρα υδρογονανθράκων.

Το έκτο και έβδομο κεφάλαιο περιλαμβάνουν την παρουσίαση των βασικών μοντέλων προσομοίωσης ενός ταμειυτήρα υδρογονανθράκων καθώς και τις βασικές εξισώσεις που περιγράφουν τα παραπάνω μοντέλα.

Στο όγδοο κεφάλαιο αναλύεται η ροή των ρευστών υδρογονανθράκων και η αλληλεπίδραση τους με τα τοιχώματα του ταμειυτήρα.

Στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι ενισχυμένης ανάκτησης πετρελαίου (EOR).

Στο δέκατο και ενδέκατο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία των δοκιμών παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου, καθώς και οι διαδικασίες που απαιτούνται για την παραγωγή, φόρτωση και μεταφορά των παραπάνω ορυκτών.

Στο δωδέκατο τρίτο και δέκατο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο συνολικό κόστος εξόρυξης καθώς και στις τιμές διάθεσης των προϊόντων.

Στο δέκατο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο βασικότερος εξοπλισμός που απαιτείται για την εξόρυξη των υδρογονανθράκων.

Τα κεφάλαια δεκαπέντε και δεκαέξι ασχολούνται με την ασφάλεια των εργαζομένων και την ασφάλεια περιβάλλοντος παρουσιάζοντας ενδεικτικούς τρόπους προστασίας.

Στο κεφάλαιο δεκαεπτά παραθέεται η κείμενη νομοθεσία τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Στο κεφάλαιο δεκαοκτώ παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν την εκμετάλλευση υδρογονανθράκων στον υποθαλάσσιο χώρο του Ελληνικού δυτικού τόξου.

Στο παράρτημα I της πτυχιακής, παρουσιάζονται δημοσιευμένες έρευνες για υδρογονάνθρακες του τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών [32].

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	i
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	ii
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	iii
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	vii
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	
Γεωπολιτική σημασία εκμετάλλευσης των υδρογονανθράκων .....	1
1. Πετρέλαιο .....	1
2.1 Φυσικό αέριο .....	2
2.2 Σχιστολιθικό φυσικό αέριο (shale gas).....	2
<b>1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΗ ΥΠΑΡΞΗΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΕΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</b>	
1.1 Αρχική μελέτη πεδίου ερευνών .....	3
1.2 Γεωφυσική έρευνα .....	3
1.3 Μέθοδοι έρευνας .....	4
1.3.1 Σεισμική έρευνα.....	5
1.3.2 Μαγνητική έρευνα .....	9
1.3.3 Βαρυτική έρευνα.....	9
<b>2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΧΕΤΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΑΥΤΗ ΤΗ ΔΙΑΠΙΣΤΩΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ</b>	
2.1 Υδρόφωνο .....	10
2.2 Γεώφωνο .....	11
2.3 Ηχητική πηγή .....	11
<b>3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΥΤΩΝ ΜΕ ΕΚΕΙΝΑ ΑΛΛΩΝ ΠΑΡΟΜΟΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΞΙΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΑΠΟ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ</b>	
3.1 Γενικά .....	12
<b>4. ΕΠΙΤΟΠΙΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ (ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ Ή ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ Ή ΜΗΠΩΣ ΚΑΙ ΤΑ ΔΥΟ ΑΥΤΑ ΜΑΖΙ) ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΑ ΥΠΟ ΕΡΕΥΝΑ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ</b>	
4.1 Εισαγωγή .....	13
4.2 Κατάταξη αποθεμάτων .....	13
4.3 Κατανομή κυριότητας ταμιευτήρα .....	14
<b>5. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΟΡΩΔΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΑΓΙΔΕΥΜΕΝΩΝ ΣΕ ΑΥΤΟΥΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ</b>	
5.1 Βασικές έννοιες .....	14
5.1.1 Ορισμός ταμιευτήρα υδρογονανθράκων .....	14
5.1.2 Ορισμός cap rock .....	15
5.1.3 Ορισμός ιζηματογενών πετρωμάτων .....	15
5.1.4 Διαπερατότητα ιζηματογενών πετρωμάτων .....	16
5.1.5 Ορισμός μητρικού πετρώματος.....	16

**6. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ <<ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ>> (UNDERGROUND RESERVOIR ENGINEERING)**

6.1 Μοντελοποίηση .....	17
6.2 Βασικά αριθμητικά μοντέλα προσομοίωσης ταμειυτήρα .....	17
6.2.1 Black oil model .....	17
6.2.2 Compositional model .....	18
6.2.3 Thermal model .....	18
6.2.4 Chemical flood model .....	18
6.3 Δεδομένα εισόδου μοντέλων .....	18

**7. ΕΞΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΓΙΑ ΠΟΛΥΦΑΣΙΚΗ ΡΟΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΣΕ ΠΟΡΩΔΗ ΜΕΣΑ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ**

7.1 Μονοφασική ροή .....	19
7.2 Διφασική ροή .....	20
7.2.1 Κορεσμός .....	20
7.2.2 Σχετική διαπερατότητα .....	21

**8. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΠΟΡΩΔΟΥΣ ΔΟΜΗΣ ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΡΟΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ (ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ) ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΜΕΣΑ ΣΤΟΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΑΥΤΟ**

8.1 Προτίμηση διαβροχής .....	21
8.2 Διεπιφανειακή τάση .....	22
8.3 Τριχοειδής πίεση .....	23

**9. ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (ENHANCED OIL RECOVERY METHODS)**

9.1 Πρωτογενής ανάκτηση πετρελαίου .....	24
9.2 Δευτερογενής ανάκτηση πετρελαίου .....	24
9.3 Τριτογενής ανάκτηση πετρελαίου .....	25

**10. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΥΡΕΘΕΝΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΟΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ**

10.1 Εισαγωγή .....	25
10.2 Αρχή λειτουργίας .....	26
10.3 Στοιχεία που εξετάζονται .....	26

**11. ΤΡΟΠΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΥΛΙΚΟΥ**

11.1 Φυσικό αέριο .....	27
11.2 Πετρέλαιο .....	28

**12. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΡΥΞΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ**

12.1 Κόστος έρευνας .....	29
12.2 Κόστος εξόρυξης .....	29
12.3 Κόστος μεταφοράς .....	29

**13. ΤΙΜΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ**

13.1 Τιμές διάθεσης προϊόντος .....	29
13.2 Σύγκριση κόστους – ωφέλειας προϊόντος .....	31

## **14. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΓΧΕΙΡΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ**

14.1 Πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου .....	31
14.1.1 Jack-up platforms .....	31
14.1.2 Tension leg platforms .....	32
14.1.3 Compliant towers .....	32
14.1.4 Fixed platform .....	33
14.1.5 Floating production system .....	33
14.2 Γεωτρύπανο .....	34
14.2.1 Βασικός εξοπλισμός γεωτρύπανου.....	34
14.2.2 Διατρητικές κεφαλές γεωτρύπανου .....	35
14.3 Αποτροπείας εκρήξεων (BOP) .....	35
14.4 Αντλίες .....	36

## **15. ΘΕΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΙΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ**

15.1 Εισαγωγή .....	37
15.2 Μέτρα ασφαλείας.....	38
15.2.1 Γενικοί κανόνες ασφαλείας .....	38
15.2.2 Σχέδιο εκκένωσης πλατφόρμας .....	38

## **16. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΠΙΘΑΝΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΟΛΥΝΣΗ**

16.1 Παράγοντες πρόκλησης θαλάσσιας μόλυνσης .....	39
16.2 Μέτρα προστασίας .....	39
16.3 Ατύχημα Macondo.....	40

## **17. ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΔΙΚΑΙΟΥ**

17.1 Βασικές έννοιες .....	41
17.1.1 Υφαλοκρηπίδα .....	41
17.1.2 Υφαλοπρανές .....	41
17.1.3 Υφαλοπλαίσιο .....	41
17.1.4 Ωκεάνιες άβυσσοι .....	41
17.2 Νομικοί ορισμοί .....	42
17.2.1 Νομικός ορισμός υφαλοκρηπίδας.....	42
17.2.2 Νομικός ορισμός αιγιαλίτιδας ζώνης .....	42
17.3 ΑΟΖ .....	42
17.4 Στρατηγικά αποθέματα .....	43

## **18. ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΕΞΟΡΥΞΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΟ <<ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΞΟ>> ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΤΟΞΟΥ**

18.1 Ιστορική αναδρομή .....	44
18.2 Πρόσφατες έρευνες .....	44
18.3 Περιοχές με πιθανά κοιτάσματα υδρογονανθράκων .....	45
18.3.1 Γεωλογικός συσχετισμός Ελλάδα – Αλβανίας – Ιταλίας.....	46
18.4 Κοίτασμα Durrresi (Αλβανία) .....	47
18.5 Διακρατικές σχέσεις στη Μεσόγειο .....	47
18.6 Δημόσιες συζητήσεις και θέσεις για το θέμα των υδρογονανθράκων στην Ελλάδα	48
18.7 Ενστάσεις για την έρευνα και εξόρυξη υδρογονανθράκων .....	48
18.7.1 Σεισμική δραστηριότητα .....	48
18.7.2 Επιπτώσεις στον τουρισμό .....	48
18.7.3 Επιπτώσεις στο θαλάσσιο οικοσύστημα .....	48
18.8 Οικονομικά οφέλη και πρώτες εκτιμήσεις .....	48
18.9 Χρονοδιάγραμμα έρευνας και εκμετάλλευσης.....	49

18.10 Ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν με στόχο την εκμετάλλευση των υδρογονανθράκων ..... 50

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ** ..... 51

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ** ..... 53

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

Δημοσιεύσεις σχετικά με τους υδρογονάνθρακες που εμφανίζονται στα πρακτικά του συνεδρίου της Ακαδημίας Αθηνών 2012 από τον καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας Πατρών Ζεληλίδη..... 57

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

### ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1 (Γεωλογική ιστορία της Γης).....	4
Εικόνα 1.2 (Ocean-bottom survey) .....	9
Εικόνα 5.1 (Διαδικασία σχηματισμού ιζηματογενών πετρωμάτων) .....	15
Εικόνα 10.1 (Well test flaring) .....	35
Εικόνα 11.1 (Δεξαμενόπλοιο/τάνκερ μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου LNG) .....	36
Εικόνα 11.2 (Υποθαλάσσιος αγωγός μεταφοράς πετρελαίου) .....	26
Εικόνα 14.1 (Jack up platform) .....	32
Εικόνα 14.2 (Tension leg platform) .....	32
Εικόνα 14.3 (Compliant towers) .....	33
Εικόνα 14.4 (Fixed platform) .....	33
Εικόνα 14.5 (Floating production platform) .....	34
Εικόνα 14.6 (Κυλινδρικές κεφαλές) .....	35
Εικόνα 14.7 (Διαμαντένιες κεφαλές) .....	35
Εικόνα 14.8 (Τυπική διάταξη BOP) .....	36
Εικόνα 14.9 (Τυπική διάταξη αντλίας πετρελαίου) .....	37
Εικόνα 16.1 (Ατύχημα στην πετρελαιοπηγή Macondo) .....	40
Εικόνα 18.1 (Πηγή του Ηροδότου Ζάκυνθος) .....	43
Εικόνα 18.2 (Πιθανές θέσεις κοιτασμάτων υδρογονανθράκων σύμφωνα με την PGS) .	45
Εικόνα 18.3 (Ιζηματογενείς λεκάνες Ελλάδας) .....	46
Εικόνα 18.4 (Σεισμικές έρευνες στο κοίτασμα Durrresi) .....	47
Εικόνα 18.5 (Λεκάνη Ηροδότου) .....	49

### ΣΧΕΔΙΑ

Σχέδιο 1.1 (Πρόοψη σεισμικής έρευνας) .....	5
Σχέδιο 1.2 (Σκαρίφημα σεισμικής έρευνας NATS) .....	6
Σχέδιο 1.3 (Σκαρίφημα σεισμικής έρευνας MAZ) .....	7
Σχέδιο 1.4 (Σκαρίφημα σεισμικής έρευνας WAZ) .....	8
Σχέδιο 2.1 (Πρότυπο σχέδιο υδροφώνου) .....	10
Σχέδιο 2.2 (Πρότυπο σχέδιο γεωφώνου).....	11
Σχέδιο 2.3 (Αρχή λειτουργίας ηχητικής) .....	12
Σχέδιο 8.1 (Διεπιφανειακή τάση συστήματος νερού πετρελαίου και πετρώματος) .....	22
Σχέδιο 17.1 (Διάταξη θαλάσσιου βυθού) .....	42

### ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 0.1 (Χημική σύσταση φυσικού αερίου) .....	2
---	---



Πίνακας 8.1 (Προτίμηση διαβροχής) .....	40
Πίνακας 13.1 (Σύγκριση τιμής πώλησης αργού πετρελαίου BPENT,WTI και OPEC κατά την τελευταία δεκαετία) .....	30
Πίνακας 16.1 (Ακριβότερα ατυχήματα σε πλατφόρμες εξόρυξης υδρογονανθράκων) ....	40

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **ΓΕΝΙΚΑ**

#### **1. ΓΕΩΠΟΛΙΤΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ**

Η διαπίστωση ύπαρξης ενός κοιτάσματος υδρογονανθράκων δεν συνεπάγεται την άμεση αξιοποίησή του. Αρκετές φορές κρίνεται ότι η ενδεχόμενη αξιοποίησή του είναι δυνατόν να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες καταστάσεις. Σημαντικότερο ρόλο σε κάθε περίπτωση αποτελεί η γενικότερη οικονομικοπολιτική δύναμη της κάθε χώρας και οι γεωστρατηγικές της συμμαχίες. Η ύπαρξη δυσμενών πολιτικών ή πολεμικών συνθηκών (πχ Μ. Ανατολή , Β. Αφρική), οι εδαφικές διαφορές μεταξύ δυο χωρών (πχ Ελλάδα- Τουρκίας) μπορούν να αποτελέσουν εμπόδιο για την εκμετάλλευσή τους.

Σαν ένα πιο πρόσφατο παράδειγμα θα μπορούσε να αναφερθεί αυτό της Κύπρου. Στην περίπτωση αυτή έπεται από μια σύμπραξη με μια ισχυρή χώρα όπως είναι το Ισραήλ, η Κύπρος κατάφερε να υπερκεράσει τα όποια εμπόδια υπάρχουν λόγω διαμάχης με τη γείτονα χώρα Τουρκία, και να ξεκινήσει διαδικασίες εκμετάλλευσής των υδρογονανθράκων.

#### **2. ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ**

##### **2.1 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ (Oil)**

Το πετρέλαιο είναι ένα παχύρευστο υγρό μίγμα υδρογονανθράκων αποτελούμενο από τον άνθρακα (80-87%) ως το βασικότερο συστατικό του , καθώς επίσης υδρογόνο (11-16%) ,οξυγόνο (<3%) , θείο (<4%) ,άζωτο (<1%) και άλλα στοιχεία σε μικρότερες συγκεντρώσεις. Η προέλευση του πετρελαίου οφείλεται στην αναερόβια διάσπαση φυτικών και ζωικών οργανισμών , οι οποίοι λόγω γεωλογικών φαινομένων εγκλωβίστηκαν σε υπόγεια πετρώματα (ταμιευτήρες) σε υπόγειες και υποθαλάσσιες περιοχές. Η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου ανέρχεται σε 42500 KJ/Kg. Για την καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων , στις 14 Νοεμβρίου 1960 οι πετρελαιοπαραγωγικές χώρες προχώρησαν στην σύσταση ενός οργανισμού (ΟΡΕC), ο οποίος καθορίζει την άντληση και πώληση του πετρελαίου.

## 2.2 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (Natural Gas)

Το ακατέργαστο φυσικό αέριο (**raw natural gas**) είναι ένα αέριο μίγμα υδρογονανθράκων (βλέπε πίνακα **0.1**) με βασικότερο συστατικό το μεθάνιο ( $CH_4$ ) σε αναλογία 70-90% καθώς και άλλα αέρια σε μικρότερες συγκεντρώσεις και βρίσκεται παγιδευμένο σε πετρώματα του υπεδάφους. Είναι άχρωμο, άοσμο, ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα ( $\rho_{σχ} = 0,55$ ), και παρουσιάζει φιλική συμπεριφορά προς το περιβάλλον λόγω της μη ύπαρξης μονοξειδίου του άνθρακα στην σύστασή του. Η μέση τιμή της θερμογόνου δύναμης του φυσικού αερίου ισούται με 54400 KJ/Kg [38].

### ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Στοιχείο	Περιεκτικότητα (%)
Μεθάνιο	70-90
Αιθάνιο	5-15
Προπάνιο	<5
Βουτάνιο	<2
Άλλοι υδρογονάνθρακες	<1

**Πίνακας 0.1 (Χημική Σύσταση Φυσικού Αερίου) [38]**

Η μεταφορά του φυσικού αερίου πραγματοποιείται με αγωγούς υψηλής πίεσης ή με ειδικά διαμορφωμένα δεξαμενόπλοια, αφού έχει προηγουμένως υγροποιηθεί. Τα μεγαλύτερα καταγεγραμμένα κοιτάσματα βρίσκονται στη Ρωσία (η οποία τροφοδοτεί το 1/4 των καταναλωτών της Ευρώπης), καθώς και στο Ιράν και Κατάρ.

## 2.3 ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΙΚΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (SHALE GAS)

Τα τελευταία χρόνια και ειδικότερα στις αρχές τις δεκαετίας του 1990, για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες της χώρας σε φυσικό αέριο αναπτύχθηκε στην Αμερική η έρευνα και εξαγωγή αερίου από σχιστόλιθο (shale gas). Η κίνηση αυτή σε βάθος χρόνου απέφερε τεράστιο οικονομικό όφελος τόσο στον τομέα της εξαγωγής φυσικού αερίου όσο και στους εγχώριους καταναλωτές καθώς η τιμή του υποδιπλασιάστηκε. Στον αντίποδα, πολλοί ερευνητές και οργανώσεις για την προστασία του περιβάλλοντος υποστηρίζουν ότι τα μειονεκτήματα εκμετάλλευσης του shale gas υπερκεράζουν τα όποια οφέλη προκύπτουν. Οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι στις περιοχές όπου γίνεται εξόρυξη του αερίου προκαλείται όχι μόνο έντονη σεισμική δραστηριότητα, αλλά και μόλυνση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα λόγω διαρροής σε αυτόν βαρέων μετάλλων. Στην Ευρώπη, οι λίγες χώρες που ξεκίνησαν παρόμοιες διαδικασίες έρευνας (Αγγλία – Γαλλία) αναγκάστηκαν να τις διακόψουν λόγω διαμαρτυριών και ενστάσεων από περιβαλλοντικούς φορείς και επιστήμονες.

Λέγεται ότι το shale gas στο μέλλον θα αποτελέσει σημαντική πηγή ενέργειας καθώς υπάρχουν διαθέσιμα κοιτάσματα σε πάρα πολλές χώρες (κυρίως στον ηπειρωτικό κορμό τους) τόσο υπόγεια όσο και υποθαλάσσια. Επί του παρόντος, οι όποιες έρευνες πραγματοποιούνται σε χερσαίες εκτάσεις, καθώς δεν έχει ακόμα εξελιχθεί αρκετά κάποια μέθοδος για την υποθαλάσσια εξόρυξη.

# 1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΗ ΥΠΑΡΞΗΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΕ ΣΥΓΚΡΕΚΡΙΜΕΝΕΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

## 1.1 ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΔΙΟΥ ΕΡΕΥΝΩΝ

Κοιτάσματα υδρογονανθράκων , μικρά ή μεγάλα , μπορούν να εντοπιστούν σε οποιοδήποτε μέρος του υπεδάφους της γης. Η εξόρυξή τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες κυρίως όμως οικονομικούς. Συχνά λαμβάνονται υπόψιν αποτελέσματα από έρευνες σε περιοχές με παρόμοιο γεωλογικό υπόβαθρο, και γίνεται μια αρχική εκτίμηση για την ύπαρξη ή μη σημαντικού κοιτάσματος. Μελετώντας τις αρχικές εκτιμήσεις , εάν οι ενδείξεις είναι ενθαρρυντικές, προωθείται η συνέχιση της έρευνας. Οι παραπάνω μελέτες εκτιμούν την ποσότητα υδρογονανθράκων που μπορεί να βρίσκεται αποθηκευμένη στην περιοχή και το κόστος έρευνας και εξόρυξης σε σχέση με τα οικονομικά οφέλη που θα προκύψουν στο μέλλον από την διαχείρισή της.

## 1.2 ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Όπως έχει αναφερθεί στην εισαγωγή , η γέννηση των υδρογονανθράκων οφείλεται στην καταβύθιση οργανικών και ανόργανων οργανισμών στο υπέδαφος. Οι καταβυθίσεις αυτές προέκυπταν ως αποτέλεσμα γεωμορφολογικών αλλαγών που συνέβαιναν λόγω διαφόρων παραγόντων : πχ φυσικών φαινομένων όπως σεισμοί , κατακλυσμοί , ηφαιστειακές εκρήξεις κ.α.

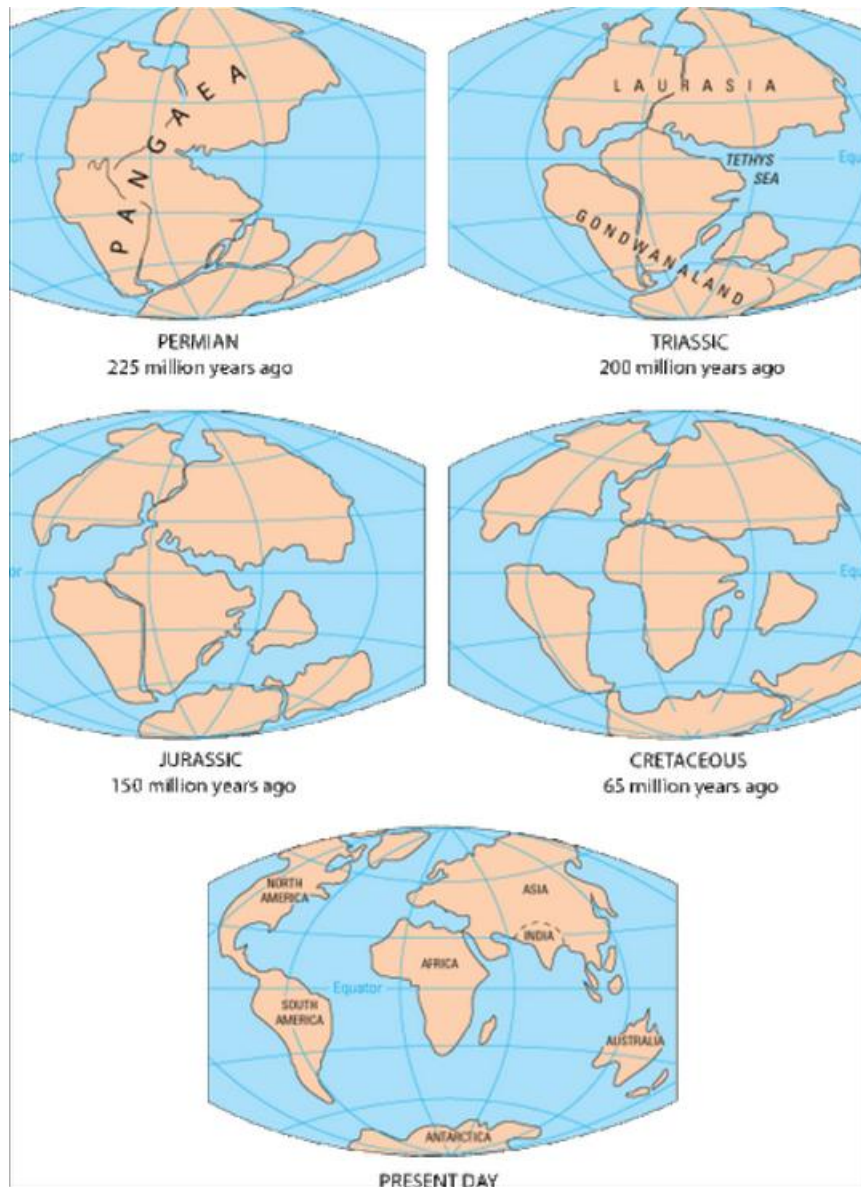
Στην παρακάτω εικόνα (**ΕΙΚΟΝΑ 1.1**) απεικονίζονται οι γεωλογικές μεταβολές που έχουν συντελεστεί στην Γη τα τελευταία 225 εκατομμύρια χρόνια. Με μια γρήγορη ματιά στον παρακάτω χάρτη , εστιάζοντας στις περιοχές όπου έχουν συμβεί οι μεγαλύτερες μορφολογικές αλλαγές, προκύπτει ότι στα σημεία εκείνα βρίσκονται τα μεγαλύτερα αποδεδειγμένα αποθηκευμένα αποθέματα υδρογονανθράκων :

α) Διαχωρισμός Αμερικής – Ευρώπης (πλούσια κοιτάσματα σε Ρωσία και ΗΠΑ).

β) Ένωση Β. και Ν. Αμερικής (πλούσια κοιτάσματα ειδικά στην Βενεζουέλα).

γ) Διαχωρισμός Ευρώπης – Αφρικής (πλούσια κοιτάσματα σε Σαουδική Αραβία και Κατάρ).

δ) Διαχωρισμός Ανταρκτικής - Ωκεανίας (μεγάλα αποθέματα υδρογονανθράκων, λιγότερα ωστόσο σε σχέση με τα παραπάνω).



**ΕΙΚΟΝΑ 1.1 ( ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ) [35]**

### 1.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Οι βασικότεροι μέθοδοι έρευνας τις οποίες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να διαπιστώσουμε την ύπαρξη υποθαλάσσιων κοιτασμάτων υδρογονανθράκων σε υπόγειους ταμειυτήρες, είναι οι ακόλουθες:

- 1) Σεισμική Έρευνα (seismic survey)
- 2) Μαγνητική Έρευνα (magnetic survey)

### 3) Βαρυτική Έρευνα (gravimetric survey)

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται κατά κόρον είναι η σεισμική, ενώ συχνά γίνεται συνδυασμός δύο ή περισσότερων μεθόδων για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

#### 1.3.1 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ (seismic surveys)

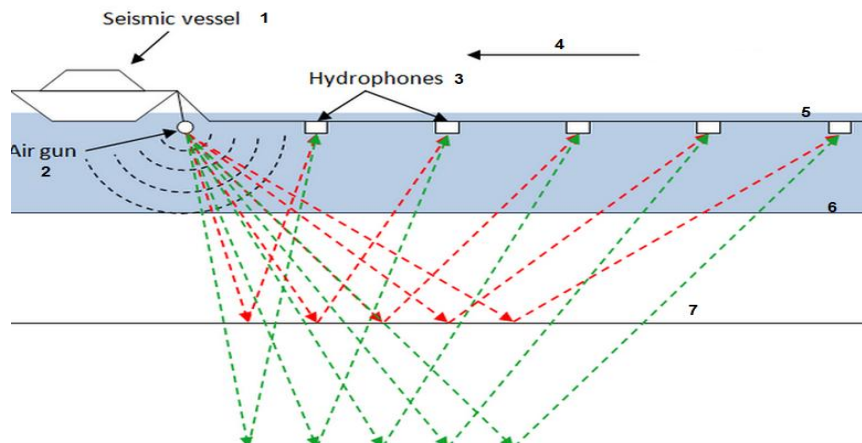
Αποτελεί την συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδο έρευνας κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Βασίζεται στην εξέταση της ταχύτητας μετάδοσης ενός τεχνητού σεισμού, ο οποίος πραγματοποιείται με ανάκλαση σεισμικών κυμάτων και χρήση αντίστοιχου εξοπλισμού, καθώς τα σεισμικά κύματα δεν διέρχονται εξ ολοκλήρου από υγρά. Για την πραγματοποίηση της έρευνας χρησιμοποιείται ένα ειδικά εξοπλισμένο σκάφος έρευνας (**vessel**) , μια ή περισσότερες ηχητικές πηγές (**airgun**) , υδρόφωνα (**hydrophones**) καθώς και κυματίζουσες ταινίες (**streamers**). Μειονέκτημα στην συγκεκριμένη μέθοδο αποτελεί το αλάτι της θάλασσας το οποίο δημιουργεί πρόβλημα κατά την μετάδοση των σεισμικών κυμάτων. Η έρευνα μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους : α) είτε με μετρήσεις ακριβώς κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (marine survey) , β) είτε με μετρήσεις στον πυθμένα της θάλασσας (Ocean-bottom). Παρακάτω αναλύονται αυτοί οι δυο τρόποι.

##### α) Marine survey (1D,2D,3D)

Η διάταξη του εξοπλισμού (πηγές και υδρόφωνα) , μπορεί να καθορίσει σε μεγάλο βαθμό την ακρίβεια και το εύρος των στοιχείων που θα προκύψουν.

Η έρευνα μπορεί να είναι μονοδιάστατη (1D),δισδιάστατη (2D), ή τρισδιάστατη (3D).

Η τυπική διάταξη του εξοπλισμού εμφανίζεται στο παρακάτω σχήμα το οποίο τροποποιείται ανάλογα με την μέθοδο που χρησιμοποιείται :



ΣΧΕΔΙΟ 1.1 ( ΠΡΟΟΨΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ) [33]

Όπου :

[1] Seismic vessel : ερευνητικό πλοίο

[2] Air gun: ηχητική πηγή

[3] Hydrophones : υδρόφωνα

[4] Κατεύθυνση κίνησης του σκάφους

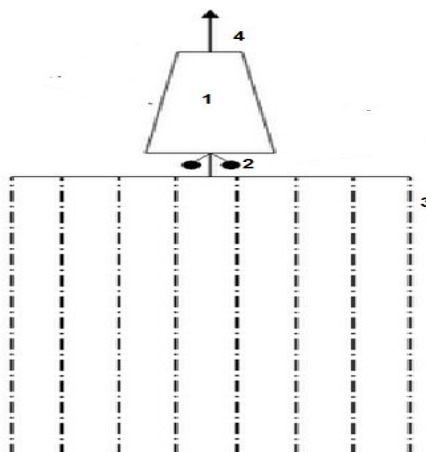
[5] Επιφάνεια της θάλασσας

[6] Πυθμένας της θάλασσας

[7] Ανακλώμενα σεισμικά κύματα

#### α1) Narrow – Azimuth Towed Streamer (NATS) (1D)

Για τη διεξαγωγή της έρευνας αυτής χρησιμοποιείται ένα ειδικά εξοπλισμένο σκάφος. Σε μια ορισμένη απόσταση από το σκάφος συνδέονται μια ή περισσότερες ηχητικές πηγές (συνήθως αεροβόλο) οι οποίες εκπέμπουν σήμα περίπου ανά 20sec και βρίσκονται επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας ,καθώς και μια σειρά ταινιών μήκους 6-8km επάνω στις οποίες είναι τοποθετημένα υδρόφωνα που βρίσκονται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Η μέθοδος αυτή είναι αποδεκτή για αρχικά στάδια έρευνας καθώς υπάρχουν δυσκολίες στον ακριβή εντοπισμό της θέσεως του κοιτάσματος.



ΣΧΕΔΙΟ 1.2 (ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ NATS) [33]

Όπου :

[1] : Ερευνητικό πλοίο

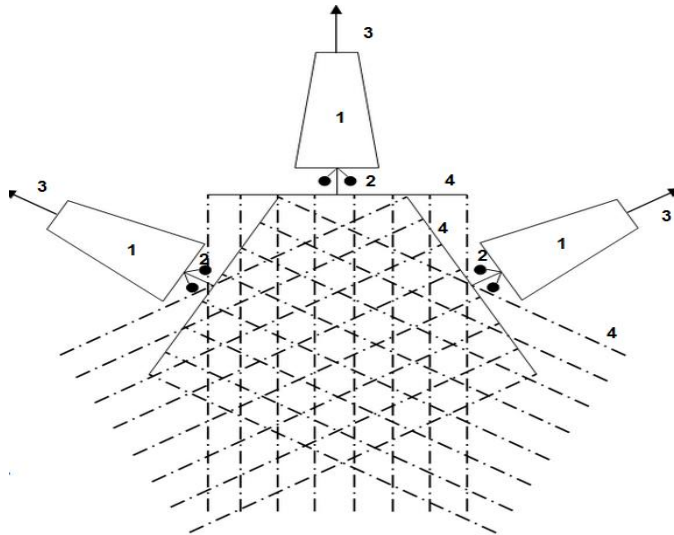
[2] : Ηχητικές πηγές

[3] : Κυματίζουσες ταινίες αποτελούμενες από συστοιχία υδροφώνων

[4] : Κατεύθυνση κίνησης του σκάφους

### α2) Multi – Azimuth Towed Streamer (MAZ) (2D)

Πρόκειται για την εξέλιξη της μεθόδου NATS. Χρησιμοποιούμε την NATS σε συνδυασμό διαφορετικών γωνιών προκειμένου να πάρουμε περισσότερα στοιχεία. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνουμε καλύτερη αποτύπωση του υπεδάφους καθώς και καλύτερη αναλογία σήματος/θορύβου.



**ΣΧΕΔΙΟ 1.3 (ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ MAZ) [33]**

Όπου :

[1] : Ερευνητικό πλοίο

[2] : Ηχητικές πηγές

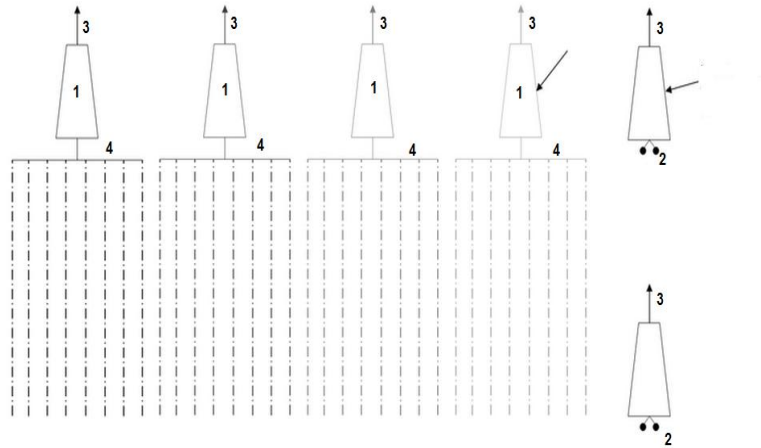
[3] : Κατεύθυνση κίνησης του σκάφους

[4] : Κυματίζουσες ταινίες αποτελούμενες από συστοιχία υδροφώνων



### α3) Wide – Azimuth Towed Streamer (WAZ) (3D)

Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιούνται τέσσερα πλοία στο καθένα από τα οποία συνδέεται ένα σετ 8 ταινιών , καθώς και 2 πλοία στην αρχή και το τέλος των ορίων της έρευνας που μεταφέρουν τις ηχητικές πηγές. Έτσι εξασφαλίζουμε ένα ακόμα μεγαλύτερο φάσμα μετρήσεων.



ΣΧΕΔΙΟ 1.4 (ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ WAZ) [33]

Όπου :

[1] : Ερευνητικό πλοίο

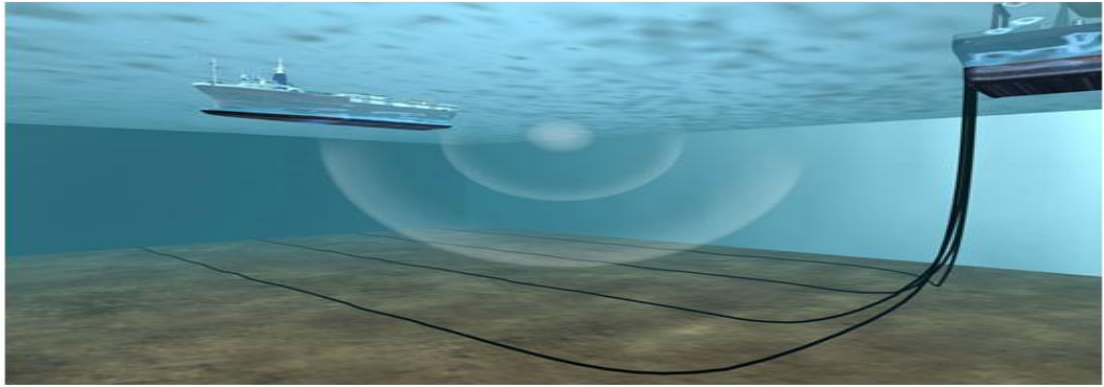
[2] : Ηχητικές πηγές

[3] : Κατεύθυνση κίνησης του σκάφους

[4] : Κυματίζουσες ταινίες αποτελούμενες από συστοιχία υδροφώνων

### β) Ocean – Bottom survey

Σε αυτή την έρευνα χρησιμοποιούνται ένα ειδικά εξοπλισμένο σκάφος , καλώδια πολύ μεγάλου μήκους τα οποία είναι τοποθετημένα στην επιφάνεια του πυθμένα της εξεταζόμενης υποθαλάσσιας περιοχής καθώς και ένα σετ από υδρόφωνα και γεόφωνα. Τα αποτελέσματα της έρευνας είναι περισσότερα και ποιοτικότερα σε σχέση με μία απλή έρευνα NATS , αλλά συχνά παρουσιάζει απαγορευτικά μεγάλο κόστος [33],[23],[27].



**EIKONA 1.2 (OCEAN –BOTTOM SURVEY) [33]**

### **1.3.2 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ (Magnetic Surveys)**

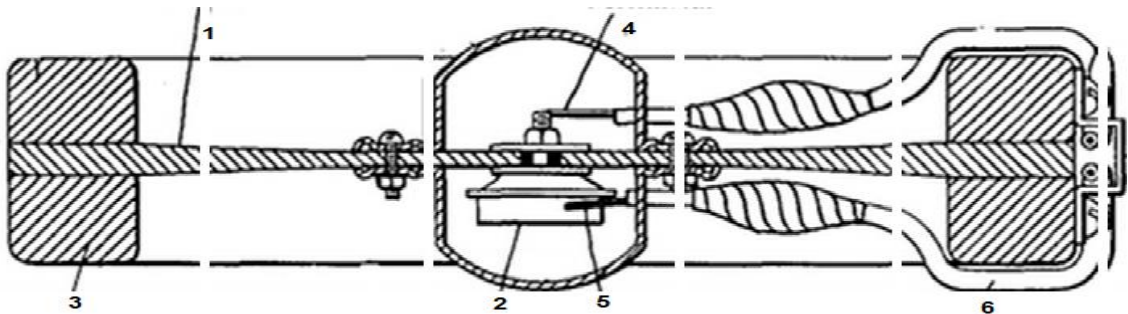
Σκοπός της μαγνητικής έρευνας είναι η καταγραφή τυχόν ανωμαλιών που θα προκύψουν κατά την δημιουργία ενός τεχνητού μαγνητικού πεδίου. Κάθε πέτρωμα παρουσιάζει διαφορετική τιμή μαγνητικής διαπερατότητας με βάση την περιεκτικότητά του σε μαγνητικά υλικά. Συγκεκριμένα στα ιζηματογενή πετρώματα η τιμή της μαγνητικής τους διαπερατότητας εξαρτάται από την ποσότητα και την κατανομή διάφορων μαγνητικών υλικών καθ' όλη την έκταση του πετρώματος σε κάθε στρώμα του. Οι ανωμαλίες αυτές οφείλονται στην άναρχη διασπορά των μαγνητικών υλικών μέσα στα ιζήματα , καθώς αυτό επηρεάζει την κρυσταλλική δομή τους . Στην πράξη, οι ανωμαλίες αυτές που καταγράφονται με τη βοήθεια πηνίων στα οποία διαχέεται ρεύμα, προκύπτουν λόγω της αλληλεπίδρασης του εφαρμοζόμενου τεχνητού μαγνητικού με το γήινο μαγνητικό πεδίο [2].

### **1.3.3 ΒΑΡΥΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ (Gravimetric Surveys)**

Κατά την βαρυτική έρευνα μελετάται η συμπεριφορά του πεδίου βαρύτητας της γης. Σε κάθε πέτρωμα αντιστοιχεί μια διαφορετική τιμή πυκνότητας με αποτέλεσμα στρώματα χαμηλής πυκνότητας να αποκλίνουν προς τα κάτω ενώ στρώματα υψηλής πυκνότητας να αποκλίνουν προς τα επάνω. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ομαδική συγκέντρωση ομοειδών πετρωμάτων. Η μεταβολή του βαρυτικού πεδίου καταγράφεται με τη βοήθεια ενός ελατηρίου ισορροπίας , όπου η μεταβολή του μήκους του αντιστοιχείται σε μεταβολή της βαρύτητας [2].

## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΧΕΤΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΑΥΤΗ ΤΗ ΔΙΑΠΙΣΤΩΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.

### 2.1 Υδρόφωνο (Hydrophone)



ΣΧΕΔΙΟ 2.1 (ΠΡΟΤΥΠΟ ΣΧΕΔΙΟ ΥΔΡΟΦΩΝΟΥ) [28]

Όπου :

- [1] : Διάφραγμα
- [2] : Μικρόφωνο
- [3] : Άκρο υδρόφωνου
- [4] : Τερματικό εξόδο
- [5] : Τερματικό εξόδο
- [6] : Μονωμένο Καλώδιο

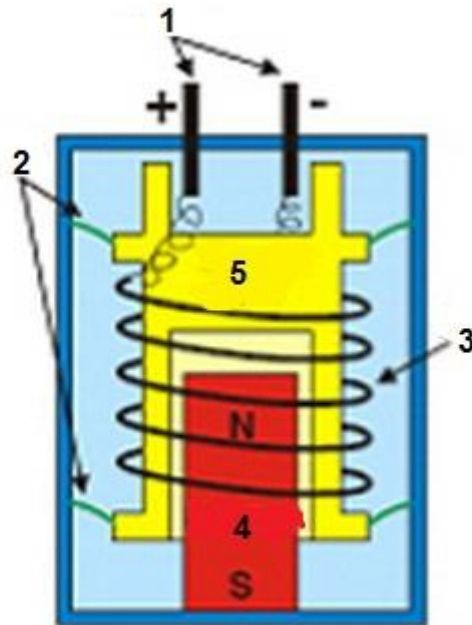
Το υδρόφωνο είναι μια συσκευή κατασκευασμένη από πιεζοηλεκτρικά [piezoelectric] υλικά. Τα υλικά αυτά έχουν την δυνατότητα να καταγράφουν τυχόν μεταβολές στην τιμή της πίεσης και με βάση αυτή τη μεταβολή να παράγουν ηλεκτρικό πεδίο. Σε αυτήν ακριβώς την ιδιότητα των πιεζοηλεκτρικών στηρίζεται η αρχή λειτουργίας του υδροφώνου :Η ακουστική πίεση δονεί το διάφραγμα της συσκευής το οποίο με την σειρά του παράγει ήχο μέσα στον κεντρικό θάλαμο. Ο παραγόμενος ήχος εντοπίζεται από το μικρόφωνο.

Τα υδρόφωνα τοποθετούνται ως επί το πλείστον κατά ομάδες:

1. σε σειρά (in line)
2. σε ορθογώνιο σχηματισμό (in rectangular)
3. σε κυκλικό σχηματισμό (in circular)
4. σε συνδυασμό όλων των παραπάνω.

Η χρήση των παραπάνω σχηματισμών διευκολύνει την επεξεργασία των λαμβανόμενων σημάτων [28].

## 2.2 ΓΕΩΦΩΝΟ (GEOPHONE)



ΣΧΕΔΙΟ 2.2 (ΠΡΟΤΥΠΟ ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΩΦΩΝΟΥ) [57]

Όπου :

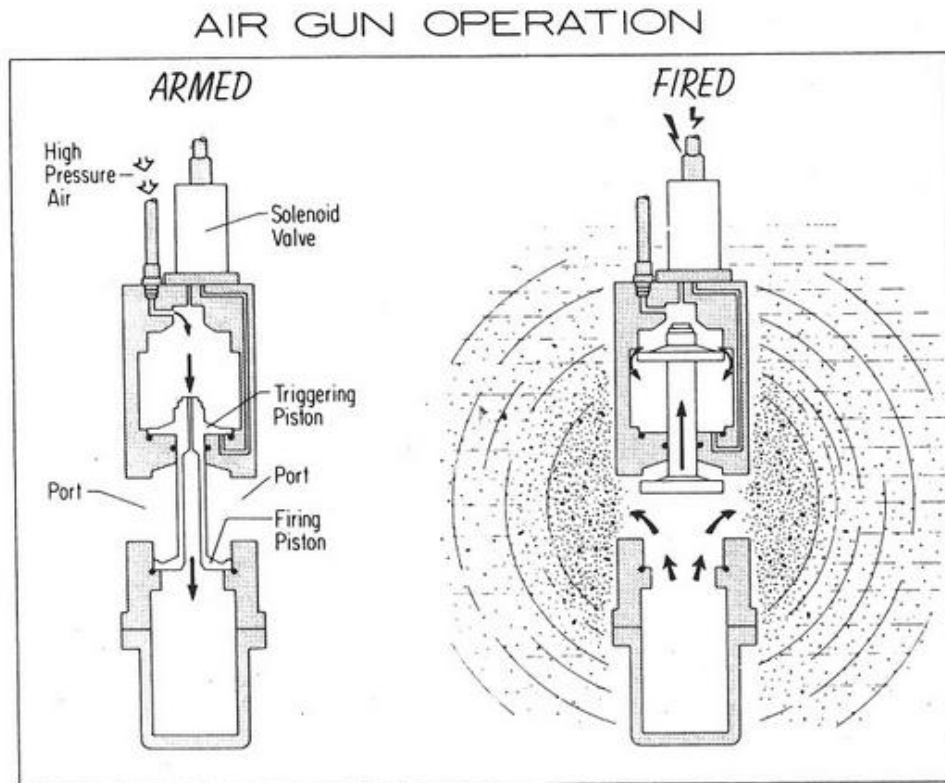
- [1] : Ακροδέκτες
- [2] : Ελατήρια
- [3] : Σπείρα Ελατηρίου
- [4] : Μαγνήτης
- [5] : Αδρανειακή Μάζα

Η αρχή λειτουργίας του γεωφώνου στηρίζεται στην αδρανειακή μάζα που είναι συνδεδεμένη σε μια σπείρα ελατηρίων και ένα μαγνήτη. Καθώς παράγονται σεισμικά κύματα, ο μαγνήτης μετακινείται προς τα πάνω ή προς τα κάτω, ενώ η μάζα λόγω αδράνειας παραμένει αμετακίνητη. Το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται παράγει μια τάση η οποία μπορεί να αναγνωσθεί με την προσθήκη ενός βολτόμετρου στους ακροδέκτες του γεωφώνου. Η τιμή της παραπάνω τάσης είναι ανάλογη της ταχύτητας με την οποία κινείται το εξεταζόμενο έδαφος [56].

## 2.3 ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΗΓΗ (SOUND SOURCE)

Η ηχητική πηγή δημιουργεί τα απαιτούμενα ακουστικά κύματα τα οποία καταγράφονται από τα υδρόφωνα και γεωφωνα , με τα αεροβόλα όπλα (air guns) να

χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον από τις εταιρίες εξερεύνησης υδρογονανθράκων. Το αεροβόλο αποτελείται από δυο θαλάμους, τον άνω θάλαμο ελέγχου και τον θάλαμο εκτόνωσης. Ο άνω θάλαμος τροφοδοτείται μέσω σωληνώσεων με αέρα υψηλής πίεσης που προέρχεται από συμπιεστή. Στη συνέχεια μέσω ενός στομίου προωθείται στον θάλαμο εκτόνωσης όπου με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών παλμών διαχέεται στην εξεταζόμενη περιοχή [13].



ΣΧΕΔΙΟ 2.3 (ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΠΗΓΗΣ) [58]

### 3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΥΤΩΝ ΜΕ ΕΚΕΙΝΑ ΑΛΛΩΝ ΠΑΡΟΜΟΙΩΝ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΞΙΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΑΠΟ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.

#### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα στοιχεία που προκύπτουν από προηγούμενες έρευνες, μελετώνται καθώς συμβάλουν στην εξαγωγή κάποιων πρώτων συμπερασμάτων αναφορικά με τις πιθανές θέσεις στις οποίες μπορεί να υπάρχουν παγιδευμένοι υδρογονάνθρακες καθώς και ο πιθανός τους όγκος.

Η σύγκριση των στοιχείων αυτών αφορά κυρίως τη δομή και σύνθεση των πετρωμάτων που απαρτίζουν τον εκάστοτε ταμιευτήρα. Πληροφορίες μπορούν να δοθούν και από την αναζήτηση ομοιοτήτων μεταξύ της στρωματογραφικής δομής των εξεταζόμενων τμημάτων. Εκτός από το καθαρά ερευνητικό κομμάτι εισάγονται συνεχώς νέες τεχνικές εντοπισμού που χρησιμοποιήθηκαν σε προηγούμενες έρευνες.

## **4. ΕΠΙΤΟΠΙΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ (ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ Ή ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ Ή ΜΗΠΩΣ ΚΑΙ ΤΑ ΔΥΟ ΑΥΤΑ ΜΑΖΙ) ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΑ ΥΠΟ ΕΡΕΥΝΑ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ.**

### **4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Σε κάθε ταμιευτήρα υδρογονανθράκων που ανακαλύπτεται, γίνεται μια πρώτη αξιολόγηση των δεδομένων που έχουν συγκεντρωθεί τόσο από τις έρευνες όσο και από τις πρώτες γεωτρήσεις. Ο υπεύθυνος μηχανικός με βάση τα στοιχεία που έχει στα χέρια του πρέπει να προβεί σε μια αρχική εκτίμηση για την έκταση του κοιτάσματος και το ποσοστό αυτού που μπορεί να ανακτηθεί. Στην διεθνή πετρελαική βιομηχανία η εκτίμηση αυτή εκφράζεται από τον κανόνα (**3P**) ή αλλιώς βαθμός εμπιστοσύνης.

### **4.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ**

Τα συνολικά αποθέματα υδρογονανθράκων τα οποία βρίσκονται παγιδευμένα μέσα στον ταμιευτήρα χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες με βάση την πιθανότητα εμφάνισής τους :

**α) proved (αποδεδειγμένα)** : Πρόκειται για υδρογονάνθρακες για τους οποίους τα στοιχεία των ερευνών αλλά και οι πρώτες ερευνητικές γεωτρήσεις επιβεβαιώνουν την ύπαρξή τους. Για να χαρακτηριστεί ένα κοιτάσμα ως αποδεδειγμένο θα πρέπει ο βαθμός εμπιστοσύνης του να ξεπερνά το 90% ( $P > 90\%$ ).

**β) unproved (μη-αποδεδειγμένα)** : Ως μη αποδεδειγμένα αναφέρονται τα αποθέματα για τα οποία τα στοιχεία από τις έρευνες και η γεωφυσική ανάλυση του εδάφους δεν πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές ώστε να χαρακτηριστούν ως αποδεδειγμένα κατά τη διάρκεια της εκτίμησής τους. Τα αποθέματα αυτά διακρίνονται σε :

**β1) probable (πιθανά)** : πρόκειται για αποθέματα για τα οποία τα στοιχεία των ερευνών υποδηλώνουν ότι είναι πιθανή η ανάκτηση τους. Για να χαρακτηριστεί ένα κοιτάσμα ως πιθανό θα πρέπει ο βαθμός εμπιστοσύνης του να είναι πάνω από 50% ( $P > 50\%$ ).

**β2) possible (δυνατά)** : τα αποθέματα αυτά με βάση τις εκτιμήσεις συγκεντρώνουν τις λιγότερες πιθανότητες για ανάκτηση. Για να χαρακτηριστεί ένα κοίτασμα ως δυνατό θα πρέπει ο βαθμός εμπιστοσύνης του να είναι πάνω από 10% ( $P > 10\%$ ).

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση βασίζεται στα δεδομένα των ερευνών και τις τρέχουσες οικονομοτεχνικές συνθήκες κατά την διάρκεια της πρώτης εκτίμησης. Με την πάροδο του χρόνου και λαμβάνοντας υπόψιν νέα στοιχεία και παραμέτρους, ο βαθμός εμπιστοσύνης των αποθεμάτων μπορεί να μεταβληθεί [29].

#### 4.3 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΥΡΙΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

Η εξόρυξη των υδρογονανθράκων πραγματοποιείται συχνά από κοινοπραξίες offshore . Το πρόβλημα που δημιουργείται είναι η ασυμφωνία ταύτισης των συνόρων που έχουν προσδιοριστεί για την έρευνα με τα σύνορα του ταμειυτήρα. Είναι λοιπόν διεθνής τακτική ο από κοινού καταμερισμός των αποθεμάτων μεταξύ των συμβαλλομένων πλευρών με βάση κάποιο τρισδιάστατο υπολογιστικό μοντέλο.

Το μοντέλο αυτό τροφοδοτείται με στοιχεία εγκεκριμένα από όλες τις ενδιαφερόμενες πλευρές και απεικονίζει την συμπεριφορά των περικλειομένων ρευστών και πετρωμάτων εντός του ταμειυτήρα. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ο εκτιμώμενος αρχικός όγκος αποθεμάτων σε στάνταρ συνθήκες. Καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας και όσο παρουσιάζονται νέα δεδομένα οι αρχικές αυτές εκτιμήσεις αλλάζουν με αποτέλεσμα να συμφωνούνται νέα όρια εκμετάλλευσης εντός του ταμειυτήρα [4].

## 5. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΟΡΩΔΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ, ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΑΓΙΔΕΥΜΕΝΩΝ ΣΕ ΑΥΤΟΥΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ.

### 5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

#### 5.1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

Ως Ταμειυτήρας ορίζεται ο χώρος αποθήκευσης συγκεντρωμένων υδρογονανθράκων εντός πορωδών , περατών, ιζηματογενών πετρωμάτων. Οι υδρογονάνθρακες περιβάλλονται από ένα αδιαπέραστο πέτρωμα(**Cap rock**) υπό σταθερή πίεση. Ένα πετρελαϊκό πεδίο μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερους του ενός ταμειυτήρες[39].

### 5.1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ CAP ROCK

Για τη συσσώρευση των υδρογονανθράκων σε μια συστοιχία πετρωμάτων , είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός φυσικού φράγματος, το οποίο θα εμποδίζει την μετακίνηση του κοιτάσματος προς την επιφάνεια. Το φράγμα αυτό είναι ένα αδιαπέραστο στρώμα το οποίο συγκρατεί τους υδρογονάνθρακες στα όρια του ταμιευτήρα[39].

### 5.1.3 ΟΡΙΣΜΟΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Ιζηματογενή είναι τα πετρώματα τα οποία σχηματίζονται από απόθεση ή καταβύθιση υλικών που βρίσκονται υπό διάλυση ή αιώρηση μέσα σε ένα ρευστό με αποτέλεσμα τη μετέπειτα συγκόλληση τους. Τα ιζηματογενή πετρώματα διακρίνονται σε 3 κατηγορίες:

- α) κλασικά ιζήματα : προϊόντα αποσάθρωσης αιωρούμενα στο νερό ή στον αέρα
- β) χημικά ιζήματα : που σχηματίστηκαν από συγκέντρωση ορυκτών στοιχείων τα οποία αποτέθηκαν κατευθείαν από υδατικά διαλύματα με ανόργανες χημικές διεργασίες
- γ) βιογενή ιζήματα : που προκύπτουν κατά την απόθεση ύλης φυτικών ή ζωικών οργανισμών.



**ΕΙΚΟΝΑ 5.1 (ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ) [1]**

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται η διαδικασία σχηματισμού ιζηματογενών πετρωμάτων. Τα οργανικά υλικά που καταβυθίζονται καταστρέφουν τα προϋπάρχοντα πετρώματα. Τα πετρώματα αυτά μεταναστεύουν στη συνέχεια λόγω φυσικών μεταβολών σε διαφορετικές περιοχές. Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους και εφόσον οι γεωλογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές τα πετρώματα αυτά αποτίθενται σε μια νέα περιοχή. Τέλος, μέσα



από μεταβολές τα πετρώματα αρχίζουν και αλλάζουν χαρακτηριστικά και μετατρέπονται σε ιζηματογενή[1].

#### 5.1.4 ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Διαπερατότητα είναι η διασύνδεση του χώρου μέσω των πόρων του πετρώματος που επιτρέπει τη ροή των υδρογονανθράκων στο πέτρωμα. Μονάδα μέτρησης της διαπερατότητας είναι το **Darcy** (  $1\text{Darcy} = 9.86923310^{-13}\text{m}^2$  στο SI).

$$u = \frac{\kappa \Delta P}{\mu \Delta \chi}$$

**ΣΧΕΣΗ 5.2 (Ορισμός τύπου διαπερατότητας) [23]**

Όπου:

$u$  : επιφανειακή ροή του πορώδους μέσου [ $\text{cm}^3/\text{s}$ ]

$\kappa$  : διαπερατότητα [Darcy]

$\Delta P$ : εφαρμοζόμενη διαφορά πίεσης [atm]

$\mu$  : δυναμικό ιξώδες ροής [Cr]

$\Delta \chi$  : πάχος του μέσου [cm]

#### 5.1.5 ΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗΤΡΙΚΟΥ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ

Μητρικά ονομάζονται τα λεπτόκοκκα ιζηματογενή πετρώματα τα οποία κατά τον σχηματισμό τους, κάτω από ειδικές ανοξικές συνθήκες ( $0 \text{ mg/L} < \text{συγκέντρωση οξυγόνου} < 0,5 \text{ mg/L}$ ), εκλύουν σημαντικές ποσότητες υδρογονανθράκων ικανές για την δημιουργία πετρελαίου. Η απόθεση των μητρικών πετρωμάτων εξαρτάται τόσο από την απορρόφηση των νεκρών οργανισμών στα κατώτερα στρώματα του υπεδάφους, όσο και από το μέγεθος των κόκκων και το ρυθμό ιζηματογένεσης του πετρώματος.

## **6.ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ <<ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ>> (UNDERGROUND RESERVOIR ENGINEERING)**

### **6.1 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ**

Σημαντικός παράγοντας σε κάθε ταμειυτήρα που ερευνάται είναι η αβεβαιότητα του συνολικού όγκου υδρογονανθράκων που βρίσκονται εγκλωβισμένοι σε αυτόν. Με βάση τα δεδομένα που προκύπτουν από τις έρευνες δημιουργείται ένα μαθηματικό μοντέλο το οποίο περιγράφει τις συνθήκες που επικρατούν εντός του ταμειυτήρα. Σκοπός της δημιουργίας του είναι η μελέτη κατά τη διάρκεια του χρόνου και η ανάλυση της συμπεριφοράς του ταμειυτήρα καθώς και η απόκτηση μιας καθαρότερης εικόνας αναφορικά με το συνολικό όγκο των παγιδευμένων υδρογονανθράκων στον ταμειυτήρα [8].

### **6.2 ΒΑΣΙΚΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ**

#### **6.2.1 BLACK-OIL MODEL**

Το παραπάνω μοντέλο χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες εξετάζονται:

- α) το είδος του ταμειυτήρα καθώς και πιθανοί εναλλακτικοί τρόποι σχεδιασμού για την μέγιστη εκμετάλλευση του κοιτάσματος.
- β) ο εξοπλισμός που θα τοποθετηθεί στο φρεάτιο για την ασφαλή άντληση των υδρογονανθράκων.
- γ) οι μεταβολές που παρουσιάζονται στην διεπιφάνεια μεταξύ νερού-πετρελαίου και νερού-φυσικού αερίου.
- δ) ο ρυθμός παραγωγής του ταμειυτήρα.
- ε) η μεταβολή της ροής εντός του ταμειυτήρα ως αποτέλεσμα τεχνητής έγχυσης νερού σε αυτόν.
- στ) η πλήρωση των γεωτρήσεων.
- ζ) η χρήση τεχνολογίας ανάκτησης WAG (Water-Alternating-Gas) [8].

### 6.2.2 COMPOSITIONAL MODEL

Αυτός ο τύπος μοντέλου χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της συνολικής ποσότητας υδρογονανθράκων που χάνεται κατά τη διαδικασία ανάκτησής τους καθώς και τρόπους μείωσης της παραπάνω απώλειας. Επίσης μελετάται η συγκέντρωση  $CO_2$  κατά την διαδικασία ανάκτησης από τον ταμειυτήρα μέσω έγχυσης νερού με στόχο την μείωση της ανομοιογένειας του ταμειυτήρα [8].

### 6.2.3 THERMAL MODEL

Το θερμικό αυτό μοντέλο εφαρμόζεται για τη εξαγωγή συμπερασμάτων κατά τη χρήση τριτογενούς ανάκτησης (EOR) με ατμό. Τα συμπεράσματα αυτά αφορούν την ποιότητα του ατμού που εισέρχεται στον ταμειυτήρα καθώς και την πίεση που επικρατεί κατά τη διάρκεια της ανάληψης [8].

### 6.2.4 CHEMICAL FLOOD MODEL

Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται για την ανάλυση της συμπεριφοράς του ταμειυτήρα κατά τη διάρκεια τριτογενούς ανάκτησης (EOR) [8].

## 6.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΔΟΔΟΥ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Τα δεδομένα που τροφοδοτούν τα μοντέλα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

α) **περιγραφή ταμειυτήρα** : συνολική γεωμορφολογική εικόνα του ταμειυτήρα, τιμές διαπερατότητας, πορώδους και υψομετρικών διαφορών μεταξύ των παγιδευμένων πετρωμάτων.

β) **ιδιότητες ροής** : καθορισμός τιμών των μεγεθών πίεσης, όγκου και θερμοκρασίας (PVT properties) καθώς και του ιξώδους της ροής.

γ) **στοιχεία παραγωγής** : στοιχεία αναφορικά με τους δείκτες παραγωγικότητας του ταμειυτήρα σαν συνάρτηση του χρόνου[8].

## 7. ΕΞΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΓΙΑ ΠΟΛΥΦΑΣΙΚΗ ΡΟΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΣΕ ΠΟΡΩΔΗ ΜΕΣΑ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.

### 7.1 ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΗ ΡΟΗ [70],[14]

Από την Αρχή Διατήρησης Μάζας προκύπτει η σχέση :

$$\frac{\partial(\rho * \varepsilon)}{\partial t} + \nabla * (\rho * \vec{u}) = q$$

[ΣΧΕΣΗ 7.1]

Όπου :

$\vec{u}$  : επιφανειακή ταχύτητα ρευστού

q : χαρακτηριστικό ροής γεώτρησης (φρέατος)

t : χρόνος

$\rho$  : πυκνότητα του ρευστού

$\varepsilon$  : τιμή πορώδους

Η παραπάνω εξίσωση τροποποιήθηκε από τον DARCY ως εξής :

$$\vec{u} = -\frac{K}{\mu} * (\nabla * p - \rho * \vec{g})$$

[ΣΧΕΣΗ 7.2]

Όπου :

$K$  : Διαπερατότητα

$\mu$  : Ιξώδες του ρευστού

$\vec{g}$  : Διάλυσμα βαρύτητας

$p$  : Πίεση του ρευστού

$\rho$  : Πυκνότητα του ρευστού

Με την εισαγωγή συντελεστών για την συμπιεστότητα του πετρώματος και την συμπιεστότητα του ρευστού :

$$C_r = \varepsilon^{-1} * \frac{d\varepsilon}{dp} \quad [\text{ΣΧΕΣΗ 7.3.1}]$$

$$C_f = \rho^{-1} * \frac{d\rho}{dp} \quad [\text{ΣΧΕΣΗ 7.3.2}]$$

Η σχέση 8.1 ξαναγράφεται ως :

$$\varepsilon * \rho * (C_r + C_f) * \frac{\partial p}{\partial t} - \nabla * \left( \rho * \frac{K}{\mu} * (\nabla * p - \rho * \vec{g}) \right) = q$$

[ΣΧΕΣΗ 7.4]

## 7.2 ΔΙΦΑΣΙΚΗ ΡΟΗ [70],[14]

### 7.2.1 ΚΟΡΕΣΜΟΣ

Κατά τη διφασική ροή το εξεταζόμενο σύστημα διακρίνεται σε δυο φάσεις : την διαβρέχουσα και τη μη-διαβρέχουσα φάση. Ο προσδιορισμός των φάσεων αυτών γίνεται μέσω του κορεσμού που παρουσιάζουν. Γενικά ισχύει ότι :

$$S = S_n + S_w = 1$$

[ΣΧΕΣΗ 7.5]

Όπου :

$S$  : (Saturation) : Συνολική Διαπερατότητα

$S_n$  : (Saturation-non wetting phase) : Μη Διαβρέχουσα φάση

$S_w$  : (Saturation wetting phase) : Διαβρέχουσα φάση

Το επίπεδο κορεσμού S μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια εκτοπισμού των φάσεων.

### 7.2.2 ΣΧΕΤΙΚΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ

Η σχετική διαπερατότητα  $k_{ra}$  (a=w,n) εξαρτάται από το επίπεδο κορεσμού των ρευστών του ταμιευτήρα.

$$\vec{u}_a = - \frac{K * k_{ra}}{\mu_a} * (\nabla * p_a - \rho_a * \vec{g})$$

[ΣΧΕΣΗ 7.6]

Η παραπάνω εξίσωση (8.6) λαμβάνοντας υπόψιν και την Αρχή Διατήρησης Μάζας μετασχηματίστηκε από τον Darcy σε :

$$\frac{\partial(\rho_a * S_a * \varepsilon)}{\partial t} + \nabla * (\rho_a * \vec{u}_a) = q_a$$

[ΣΧΕΣΗ 7.7]

## 8. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΠΟΡΩΔΟΥΣ ΔΟΜΗΣ ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΡΟΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ (ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ) ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΜΕΣΑ ΣΤΟΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΑΥΤΟ.

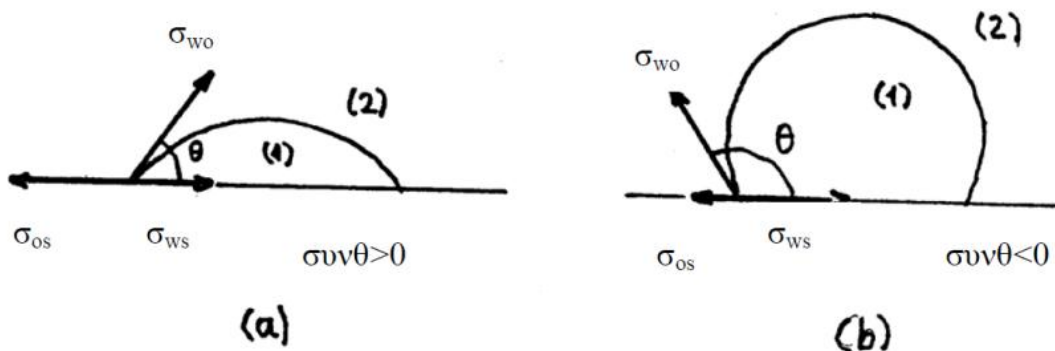
### 8.1 ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ (WETTABILITY)

Στο εσωτερικό ενός ταμιευτήρα συνυπάρχουν συχνά μη-αναμίξιμα ρευστά (όπως νερό - πετρέλαιο ή νερό - φυσικό αέριο) τα οποία βρίσκονται σε επαφή τόσο μεταξύ τους όσο και με την επιφάνεια του πετρώματος. Η ιδιότητα των κόκκων του πετρώματος να έρχεται σε επαφή μόνο με ένα από τα δυο ρευστά ονομάζεται προτίμηση διαβροχής. Στην περίπτωση κατά την οποία τα δυο μη-αναμίξιμα ρευστά καταλαμβάνουν τον πόρο ενός πετρώματος, η εξωτερική επιφάνεια καλύπτεται από την διαβρέχουσα φάση ενώ η μη

διαβρέχουσα φάση περιορίζεται στο κέντρο του πόρου. Η προτίμηση διαβροχής εξαρτάται τόσο από τη φύση του πετρώματος όσο και από τη σύσταση των επί μέρους φάσεων[4],[12],[22],[24],[26].

## 8.2 ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ (INTERFACIAL TENSION)

Ως διεπιφανειακή ονομάζεται η τάση που παρουσιάζεται σε ένα διφασικό μη αναμίξιμο σύστημα φάσεων και επιτρέπει την επαφή των επιφανειών των δυο φάσεων. Η τάση αυτή καθορίζει και την προτίμηση διαβροχής του πετρώματος καθώς αυτό προτιμά να διαβρέχεται από το ρευστό που εμφανίζει τη μικρότερη επιφανειακή τάση. Η προτίμηση διαβροχής εξαρτάται άμεσα από τη γωνία που σχηματίζεται (βλέπε **σχέδιο 8.1**) στο σημείο επαφής των τριών στοιχείων του συστήματος (νερό, πετρέλαιο, πέτρωμα). Όσο αυξάνεται η γωνία αυξάνεται και η προτίμηση διαβροχής του πετρώματος από πετρέλαιο. Στον παρακάτω πίνακα (βλέπε **πίνακα 8.1**) παρουσιάζονται συνοπτικά προτιμήσεις διαβροχής για σημαντικές τιμές γωνιών[4],[12],[22],[24],[26].



**ΣΧΕΔΙΟ 8.1 (ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΝΕΡΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ) [4]**

$\theta$	0	$0 < \theta < 90$	90	$90 < \theta < 180$	180
$\cos\theta$	1	$> 0$	0	$< 0$	-1
$\sigma_{os}, \sigma_{ws}$	$\sigma_{os} \gg \sigma_{ws}$	$\sigma_{os} > \sigma_{ws}$	$\sigma_{os} = \sigma_{ws}$	$\sigma_{os} < \sigma_{ws}$	$\sigma_{os} \ll \sigma_{ws}$
Προτίμηση Διαβροχής	<b>Πλήρης διαβροχή από νερό</b>	Προτίμηση διαβροχής από νερό	Ουδέτερη	Προτίμηση διαβροχής από πετρέλαιο	<b>Πλήρης διαβροχή από πετρέλαιο</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1 (ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ) [4]**

### 8.3 ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΠΙΕΣΗ

Η τριχοειδής πίεση  $P_C$  (capillary pressure)(βλέπε **σχέση 8.1**) ορίζεται ως η επικρατούσα διαφορά πίεσης που παρουσιάζεται μεταξύ δυο σημείων A και B, τα οποία βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους (σε απειροελάχιστη απόσταση), εκατέρωθεν της διεπιφάνειας, με το σημείο A να περιγράφει τη μη-διαβρέχουσα φάση:

$$P_C = P_A - P_B$$

**ΣΧΕΣΗ 8.1(ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΠΙΕΣΗ)**

Η σχέση 8.1 μπορεί να ξαναγραφεί ως:

$$P_C = P_{non-wetting\ phase} - P_{wetting\ phase}$$

**ΣΧΕΣΗ 8.2(ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΠΙΕΣΗΣ)**

Όπου:

$P_C$ : Τριχοειδής πίεση [Pa]

$P_{non-wetting\ phase}$ : Πίεση Μη-Διαβρέχουσας Φάσης [Pa]

$P_{wetting\ phase}$ : Πίεση Διαβρέχουσας φάσης [Pa]

Η τριχοειδής πίεση, περιγράφεται επίσης μέσα από την εξίσωση Young-Laplace (βλέπε **σχέση 8.3**), παρουσιάζοντάς την ως ανάλογη προς τη διεπιφανειακή τάση ( $\gamma$ ) καθώς και τη γωνία διαβροχής ( $\theta$ ) και αντιστρόφως ανάλογη προς την πραγματική ακτίνα ( $r$ ) που σχηματίζεται κατά τη διεπαφή.

$$P_C = \frac{2 * \gamma * \cos\theta}{r}$$

**ΣΧΕΣΗ 8.3(ΕΞΙΣΩΣΗ YOUNG-LAPLACE)**

Όπου:

$P_C$ : Τριχοειδής πίεση [Pa]

$\gamma$ : Διεπιφανειακή τάση [N]/[m]

$\cos\theta$ : συνημίτονο γωνίας διεπαφής [αδιάστατος αριθμός]

$r$ : Πραγματική ακτίνα [m]



Ο τριχοειδής αριθμός  $C_\alpha$  (βλέπε **σχέση 8.4**), αντιπροσωπεύει την επίδραση των ιξωδών δυνάμεων έναντι μιας επιφανειακής τάσης δια μέσου μίας διεπιφάνειας, και ορίζεται ως:

$$C_\alpha = \frac{\mu * u}{\gamma}$$

**ΣΧΕΣΗ 8.4 (Τριχοειδής αριθμός)**

Όπου:

$C_\alpha$  : Τριχοειδής αριθμός [αδιάστατος]

$\mu$  : Δυναμικό ιξώδες [Pa][sec]

$u$  : Χαρακτηριστική ταχύτητα [m]/[sec]

$\gamma$  : Διεπιφανειακή τάση [N]/[m]

## **9. ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (ENHANCED OIL RECOVERY METHODS)**

### **9.1 ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ**

Στην πρωτογενή ανάκτηση, το πετρέλαιο εξάγεται υπό πίεση, η οποία δημιουργείται από την παρουσία αερίου μέσα στον ταμειυτήρα. Πρόκειται για την οικονομικότερη μορφή ανάκτησης καθώς η μεταφορά των υδρογονανθράκων προς την επιφάνεια επιτυγχάνεται φυσικά, χωρίς την ανάγκη επιβολής εξωτερικής ενέργειας λόγω της διαφοράς πίεσης που επικρατεί στο εσωτερικό του ταμειυτήρα.

### **9.2 ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ**

Με την πάροδο του χρόνου και καθώς προχωρά η άντληση των υδρογονανθράκων η διαφορά πίεσης μέσα στον ταμειυτήρα ελαττώνεται, καθιστώντας την πρωτογενή ανάκτηση οικονομικά ασύμφορη. Στην περίπτωση αυτή η διαφορά πίεσης εντός του κοιτάσματος επιβάλλεται εξωτερικά με την έγχυση αερίου ή τη δημιουργία μιας τεχνητής πλημύρας με στόχο την διατήρηση σταθερής πίεσης στο εσωτερικό του κοιτάσματος ικανή ώστε να ωθεί το πετρέλαιο προς την επιφάνεια.

### 9.3 ΤΡΙΤΟΓΕΝΗΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Η τριτογενής ανάκτηση, γνωστή και ως Ενισχυμένη Ανάκτηση Πετρελαίου (EOR) πραγματοποιείται με την εισαγωγή ρευστών εντός του κοιτάσματος με στόχο την ελάττωση της τιμής του ιξώδους του και τη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς της ροής. Τα χρησιμοποιούμενα μέσα συμπεριλαμβανομένων και αερίων τα οποία αναμιγνύονται με το πετρέλαιο είναι:

- CO<sub>2</sub> (Διοξείδιο του άνθρακα)
- Ατμός
- Ατμοσφαιρικός Αέρας
- Οξυγόνο
- Πολυμερικά Διαλύματα
- Τζέλ (Πυκνώματα)
- Επιφανειοδραστικοί – Πολυμερικοί Σχηματισμοί
- Αλκαλικοί Επιφανειοδραστικοί – Πολυμερικοί Σχηματισμοί
- Άλλες Συνθέσεις Μικροοργανισμών

Η πρωτογενής εξόρυξη παρουσιάζει σημαντικούς περιορισμούς στην εξόρυξη του κοιτάσματος εν αντιθέσει με την δευτερογενή που προσφέρει αύξηση άντλησης έως και 1/3 σε σχέση με τη πρωτογενή. Τέλος η τριτογενής ανάκτηση μπορεί να αποδώσει μέχρι και το 1/2 του αρχικού περιεχομένου του ταμειυτήρα. Με βάση τα πρώτα στοιχεία που προκύπτουν από τις δοκιμαστικές γεωτρήσεις, οι εταιρίες εξόρυξης επιλέγουν την αρχική μέθοδο ανάκτησης που θα χρησιμοποιηθεί και στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψιν τα δεδομένα που προκύπτουν από την παραγωγή καθορίζεται ποιο είδος ανάκτησης θα χρησιμοποιηθεί.

## 10. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΥΡΕΘΕΝΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΟΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ.

### 10.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αποτελέσματα των ερευνών καταδεικνύουν τις θέσεις και την πιθανή ποσότητα υδρογονανθράκων που είναι παγιδευμένοι σε ένα ταμειυτήρα. Για να προχωρήσει η τελική φάση εξόρυξής τους πραγματοποιείται μια δοκιμαστική παραγωγή (well-test flaring) με

σκοπό να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τα οικονομοτεχνικά ζητήματα που προκύπτουν σχετικά με τη βέλτιστη οικονομικά συμφέρουσα ποσότητα υδρογονανθράκων που μπορεί να εξαχθεί καθώς και το κόστος παραγωγής και επεξεργασίας τους. Η παραπάνω διαδικασία ακολουθείται ξεχωριστά για κάθε τμήμα (φρεάτιο) του ερευνώμενου ταμιευτήρα.

## 10.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η αρχή λειτουργίας της δοκιμαστικής παραγωγής βασίζεται στην μεταβολή της ροής των υδρογονανθράκων εντός του φρεατίου. Για να μεταβληθεί η ροή επιβάλλεται εξωτερικά πίεση προς το φρεάτιο. Στη συνέχεια καταγράφεται και μοντελοποιείται η νέα τιμή πίεσης που επικρατεί στο φρεάτιο. Με βάση την μοντελοποίηση αυτή και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι κάθε πέτρωμα αντιδρά μοναδικά κατά την επιβολή πίεσης, καταλήγουμε σε μερικά πρώτα συμπεράσματα για την αξιοποίηση του φρεατίου.

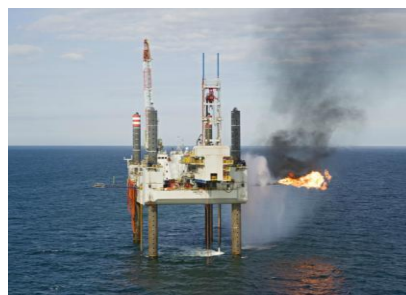
## 10.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΖΟΝΤΑΙ

Κατά τη διαδικασία της δοκιμαστικής παραγωγής εξετάζονται τα παρακάτω ζητήματα:

α) **Ποιότητα και σύνθεση του μίγματος των υδρογονανθράκων** : αποτελεί ανάλυση της << καθαρότητας>> των υδρογονανθράκων. Ως γνωστό, οι υδρογονάνθρακες βρίσκονται στον ταμιευτήρα υπό την μορφή διφασικού μίγματος. Έτσι εξετάζεται η σύνθεση των υδρογονανθράκων , το ποσοστό νερού που περιέχεται στο μίγμα καθώς και η παρουσία ξένων ουσιών και προσμίξεων μέσα σε αυτούς.

β) **Συνθήκες ροής εντός του κοιτάσματος** : απεικονίζονται οι αρχικές συνθήκες ροής που επικρατούν πριν την γεώτρηση, οι τελικές συνθήκες, και ο μέσος όρος τους με αποτέλεσμα να αξιολογείται ο ρυθμός με τον οποίο μπορεί να γίνει η εξόρυξη των υδρογονανθράκων.

γ) **Συνθήκες πίεσης εντός του κοιτάσματος** : αποτελεί ίσως μια από τις σημαντικότερες πληροφορίες που εξαγονται. Η διαφορά πίεσης που επικρατεί μέσα στον ταμιευτήρα επιτρέπει την εξόρυξη των υδρογονανθράκων με σχετικά χαμηλό κόστος. Με την πάροδο του χρόνου, καθώς η γεώτρηση προχωρά και μειώνονται τα αποθέματα του κοιτάσματος μειώνεται και η πίεση που επικρατεί στον ταμιευτήρα, με αποτέλεσμα η εξόρυξη μέρους του κοιτάσματος να θεωρείται ασύμφορη.



**EIKONA 10.1 ( WELL-TEST FLARING) [59]**

# 11. ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ, ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

## 11.1 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (NATURAL GAS)

Το φυσικό αέριο που ανακτάται από τον ταμιευτήρα υποβάλλεται αρχικά σε μια σειρά διεργασιών προκειμένου να βελτιωθούν κάποια από τα χαρακτηριστικά του. Το αέριο αποθηκεύεται σε δεξαμενές κοντά στο σημείο εξόρυξης του (όπως και το πετρέλαιο) συνήθως σε γειτονικούς άδειους ταμιευτήρες στους οποίους έχει σταματήσει η παραγωγή. Η επεξεργασία εξαρτάται από τη σύσταση του αερίου και τα χαρακτηριστικά του που πρέπει να βελτιωθούν ή να εξαλειφτούν.

Ένα από τα σημαντικότερα συστατικά που καθορίζουν την ποιότητα του φυσικού αερίου είναι το ποσοστό θειικών ενώσεων που υπάρχουν σε αυτό. Οι ενώσεις αυτές και κυρίως το υδρόθειο πέραν των άλλων προβλημάτων που προκαλεί, είναι ιδιαίτερα τοξικό (με συγκεκριμένα χαμηλά επιτρεπόμενα όρια παρουσίας του μέσα στο αέριο) και για το λόγο αυτό μέσω διαφόρων μεθόδων επιχειρείται η απάλειψή του. Επίσης πραγματοποιούνται εργασίες για την ελάττωση της υγρασίας του αερίου.

Η μεταφορά του φυσικού αερίου μπορεί να πραγματοποιηθεί με δυο τρόπους. Είτε μέσω δικτύου αγωγών (χερσαίων ή υποθαλάσσιων), είτε μέσω ειδικά διαμορφωμένων δεξαμενόπλοιων (tanker). Ο σχεδιασμός του δικτύου μεταφοράς πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη τόσο οικονομικούς (βέλτιστος οικονομικά τρόπος μεταφοράς) όσο και γεωμορφολογικούς παράγοντες (δυνατότητα διέλευσης αγωγού από συγκεκριμένες περιοχές).

Οι αγωγοί μεταφοράς φυσικού αερίου διακρίνονται σε χερσαίους και υποθαλάσσιους. Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι το φυσικό αέριο μεταφέρεται σε αέρια κατάσταση και σε συνθήκες σχετικά υψηλής πίεσης. Η μεταφορά του αερίου από τα σημεία παραγωγής προς τα σημεία επεξεργασίας πραγματοποιείται με αγωγούς μέσης και υψηλής πίεσης (20-100 bar) ενώ από τις μονάδες επεξεργασίας προς τους τελικούς καταναλωτές διοχετεύεται με σημαντικά χαμηλότερες πιέσεις της τάξης των (4-7 bar). Κατά μήκος των αγωγών τοποθετούνται συστήματα ασφαλείας για την καταγραφή της πίεσης που επικρατεί στο εσωτερικό του αγωγού με ταυτόχρονη ενημέρωση για την ομαλή ροή του αερίου και για τυχόν διαρροή που μπορεί να προκύψει. Τα στοιχεία αυτά λαμβάνονται και τα αναλύουν σε πραγματικό χρόνο τόσο οι μονάδες επεξεργασίας όσο και οι τερματικοί σταθμοί.

Εκτός από τους αγωγούς, μεταφορά φυσικού αερίου μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω ειδικά διαμορφωμένων δεξαμενόπλοιων (tanker). Στην περίπτωση αυτή το φυσικό αέριο υγροποιείται (LNG), και λόγω του χαμηλού ειδικού βάρους του (0,55) αυτό επιτρέπει την μεταφορά μεγαλύτερης συγκριτικά ποσότητας σε σχέση με την αέρια κατάσταση του σε αναλογία περίπου 1/600. Βασικό μειονέκτημα της παραπάνω μεθόδου αποτελεί η αυξημένη επικινδυνότητα μεταφοράς του λόγω της υψηλότερης αναφλεξιμότητας που παρουσιάζει όντας σε υγρή μορφή[5],[7],[19],[20].



**ΕΙΚΟΝΑ 11.1 (ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΙΟ / TANKER ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ LNG) [61]**

## 11.2 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Το αντλούμενο πετρέλαιο αποθηκεύεται και αυτό προσωρινά σε δεξαμενές κοντά στο σημείο εξόρυξής του, και στη συνέχεια μεταφέρεται στα διυλιστήρια για την περαιτέρω επεξεργασία του. Κατά την αποθήκευσή του στις προσωρινές δεξαμενές και για να καταστεί ασφαλέστερη η μεταφορά του πραγματοποιούνται εργασίες αφαίρεσης αέριων συστατικών που περιέχονται σε αυτό όπως το προπάνιο, μεθάνιο κ.α.

Η μεταφορά του πετρελαίου γίνεται είτε μέσω δικτύου αγωγών είτε μέσω ειδικά διαμορφωμένων δεξαμενόπλοιων (tanker). Όπως και στην περίπτωση του φυσικού αερίου ο οικονομικά επικερδέστερος τρόπος μεταφοράς είναι μέσω δεξαμενόπλοιων παρόλο που και στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχει υψηλή επικινδυνότητα πρόκλησης περιβαλλοντικού ατυχήματος λόγω διαρροής καυσίμου στη θάλασσα και σχηματισμού πετρελαιοκηλίδας.

Εναλλακτικά, το δίκτυο αγωγών αποτελείται από δυο είδη σωληνώσεων ανάλογα με τη φάση επεξεργασίας του πετρελαίου. Το ακατέργαστο (αργό) πετρέλαιο μεταφέρεται από το πεδίο παραγωγής μέσω συστήματος αγωγών ονομαζόμενου gathering lines (γραμμών συλλογής) διαμέτρου 50 έως 200 mm. Στη συνέχεια, οι αγωγοί αυτοί καταλήγουν στους αγωγούς trunk lines (βασικός κορμός σωληνώσεων) οι οποίοι διοχετεύουν το πετρέλαιο στις μονάδες τελικής επεξεργασίας του [5],[20].



**ΕΙΚΟΝΑ 11.2 ( ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ) [60]**

## **12. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΡΥΞΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΘΡΑΚΩΝ**

### **12.1 ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Το κόστος έρευνας περιλαμβάνει το κόστος του απαιτούμενου εξοπλισμού για την διεξαγωγή της έρευνας για υδρογονάνθρακες, το κόστος για το επιστημονικό (γεωλόγοι, μηχανικοί πετρελαίου, γεωφυσικοί) και τεχνικό προσωπικό που συμμετέχει στην έρευνα, καθώς και το κόστος έκδοσης των απαιτούμενων αδειών από τις αρμόδιες αρχές.

### **12.2 ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ**

Στο κόστος εξόρυξης περιλαμβάνεται ο εξοπλισμός που απαιτείται για την άντληση των υδρογονανθράκων, καθώς και το κόστος αγοράς ή ενοικίασης της εκάστοτε πλατφόρμας. Συνηθίζεται οι εταιρίες για λόγους οικονομίας, να προβαίνουν σε ενοικίαση ανά ημέρα εξοπλισμού ή πλατφόρμας, ώστε να μειωθεί το κόστος.

### **12.3 ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ**

Το κόστος μεταφοράς περιέχει το ποσό που πρέπει να δαπανηθεί για τη μεταφορά των υδρογονανθράκων από τις πλατφόρμες, προς τους σταθμούς περεταίρω επεξεργασίας τους. Το κόστος αυτό εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση της πλατφόρμας (απόσταση από τη στεριά), τον αριθμό των πετρελαιοφόρων πλοίων, καθώς και το μήκος των αγωγών.

## **13.ΤΙΜΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ**

### **13.1 ΤΙΜΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ**

Οι τιμές διάθεσης του πετρελαίου καθορίζονται μέσω συμβολαίων διάρκειας ενός έως δώδεκα μηνών. Οι βασικότεροι τύποι πετρελαίου που διαπραγματεύονται παγκοσμίως είναι το αργό πετρέλαιο τύπου BRENT για την αγορά της Ευρώπης όπου η τιμή του διαμορφώνεται στο IPE (INTERNATIONAL PETROLEUM EXCHANGE) , το αργό πετρέλαιο

τύπου WTI για την αγορά της Αμερικής όπου η τιμή του διαμορφώνεται στο NYME (NEW YORK MERCANTILE EXCHANGE), και τέλος το αργό πετρέλαιο τύπου DUBAI για την αγορά της Ασίας όπου η τιμή διαμορφώνεται στο DME (DUBAI MERCANTILE EXCHANGE).

Οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του πετρελαίου είναι μεταξύ άλλων [64] :

α) **προσφορά – ζήτηση** : η τιμή του πετρελαίου διαμορφώνεται κυρίως με βάση τον ρυθμό παραγωγής των πετρελαιοπαραγωγών χωρών σε συνάρτηση με τη ζήτηση. Σε περιόδους όπου παρατηρείται αύξηση της παραγωγής και μείωση της ζήτησης οι τιμές υποχωρούν, ενώ σε αντίθετη περίπτωση αυξάνονται. Η αγορά έχει τους κατάλληλους μηχανισμούς ώστε να προβαίνει σε άμεση διόρθωση των τιμών.

β) **ατυχήματα σε πετρελαιοπηγές** : ένα ενδεχόμενο ατύχημα σε μία πετρελαιοπηγή έχει ως συνέπεια την μείωση ή διακοπή της παραγωγής με αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής του πετρελαίου (βλέπε ατύχημα MACONDO).

γ) **πολιτικές και οικονομικές συνθήκες** : ο ενεργειακός πλούτος συνδέεται σε πολύ μεγάλο βαθμό με την οικονομία. Σε περιόδους οικονομικών κρίσεων παρατηρείται αύξηση της τιμής πώλησης. Επίσης, οι πολιτικές διαταραχές που μπορούν να συμβούν σε μία πετρελαιοπαραγωγική χώρα (πχ εμφύλιος πόλεμος, πολιτική αστάθεια) μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση της τιμής του πετρελαίου ή σε εμπάργκο πώλησης του προϊόντος προς τρίτες χώρες (βλέπε εμπάργκο Ιράν προς ευρωπαϊκές χώρες).

δ) **περιβαλλοντικά φαινόμενα** : η ανάπτυξη ακραίων καιρικών φαινομένων σε πετρελαιοπηγές προκαλεί ελάττωση της παραγωγής και άνοδο της τιμής πώλησης του πετρελαίου.

ε) **κερδοσκοπία** : λόγω του γεγονότος ότι η αγορά του πετρελαίου είναι κλειστή, έχει παρατηρηθεί ότι συχνά προκαλούνται τεχνητές ελλείψεις στην αγορά (συνήθως με μείωση του ρυθμού παραγωγής) με αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής του πετρελαίου.

Στον πίνακα που ακολουθεί (βλέπε **πίνακα 13.1**) απεικονίζονται οι αυξομειώσεις τιμών σε ετήσια βάση για τα πετρέλαια BRENT και WTI καθώς και στοιχεία από τον ΟΡΕΚ.

		Τύπος Πετρελαίου Brent	Τύπος Πετρελαίου WTI	Τύπος Πετρελαίου ΟΡΕΚ
α/α	Χρονολογία	Τιμή (\$/βαρέλι)	Τιμή (\$/βαρέλι)	Τιμή(\$/βαρέλι)
1	2002	24,99	26,18	24,36
2	2003	28,85	31,08	28,10
3	2004	38,26	41,51	36,05
4	2005	54,57	56,64	50,64
5	2006	65,16	66,05	61,08
6	2007	72,44	72,34	69,08
7	2008	96,94	99,67	94,45
8	2009	61,74	61,95	61,06
9	2010	79,61	79,48	77,45
10	2011	111,26	94,88	107,46
11	2012	111,63	94,05	109,45

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13.1 ( ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΙΜΗΣ ΠΩΛΗΣΗΣ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ BRENT WTI ΚΑΙ ΟΡΕΚ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΔΕΚΑΕΤΙΑ) [51] , [52] , [53]**

Οι παραπάνω τιμές αφορούν την πώληση του ακατέργαστου ( αργού ) πετρελαίου. Η τελική τιμή πώλησης του επεξεργασμένου πετρελαίου καθώς και των παραγώγων του στους καταναλωτές διαφέρει σε κάθε χώρα και εξαρτάται από την προβλεπόμενη κάθε φορά φορολόγηση που υφίσταται.

Η τιμολόγηση του φυσικού αερίου δεν ακολουθεί την παραπάνω διαδικασία. Η τιμολόγηση του εξαρτάται κατά πολύ μεγάλο βαθμό από το κόστος μεταφοράς του. Για την αγορά της Ευρώπης ο μεγαλύτερος προμηθευτής είναι η εταιρία ρωσικών συμφερόντων GASPROM.

### **13.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ – ΟΦΕΛΕΙΑΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ**

Η ανάλυση κόστους σε συνάρτηση με την ωφέλεια των υδρογονανθράκων μπορεί να συζητηθεί με βάση τον καθαρά οικονομικό τομέα, με βάση τις περιβαλλοντικές συνέπειες και τέλος με βάση την ανθρώπινη ζωή.

Στο καθαρά οικονομικό σκέλος, τα οφέλη που αποκομίζονται είναι μεγάλα, καθώς αυξάνεται η παραγωγή, έχοντας ως συνέπεια την ελάττωση των εισαγωγών καυσίμων από τρίτες χώρες, καθώς και την τιμή πώλησης των καυσίμων. Στην ουσία, τα προσδοκώμενα κέρδη υπερκαλύπτουν το όποιο αρχικό κεφάλαιο έχει επενδυθεί.

Οι περιβαλλοντικές συνέπειες και η ανθρώπινη ζωή ως συνάρτηση του κόστους ανάλυσης έχει προβληματίσει επανειλημμένως τους ειδικούς, χωρίς όμως να βρεθεί μια κοινά αποδεκτή λύση. Το γεγονός αυτό συμβαίνει, καθώς είναι εν μέρει υποκειμενική η εκτίμηση μιας θαλάσσιας καταστροφής, πόσο μάλλον η απώλεια μιας ανθρώπινης ζωής.

Σε γενικές γραμμές, τα οικονομικά οφέλη που παράγονται από την εκμετάλλευση των υδρογονανθράκων μετριάζονται από την επιβάρυνση του περιβάλλοντος(ατμοσφαιρική μόλυνση, μόλυνση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, πετρελαιοκηλίδες).

## **14. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΓΧΕΙΡΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ**

### **14.1 ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (OIL PLATFORMS)**

Πλατφόρμα εξόρυξης ονομάζεται η υπεράκτια κατασκευή η οποία φιλοξενεί τα μηχανήματα και το ανθρώπινο δυναμικό που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί μια εξόρυξη και τοποθετείται κυρίως μέσα στα όρια της υφαλοκρηπίδας. Οι πλατφόρμες μπορεί να είναι σταθερές ή κινητές , να βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας ή υποθαλάσσια. Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότερες από αυτές [11],[15],[17],[25].

#### **14.1.1 JACK-UP PLATFORMS**

Πρόκειται για μια σταθερή πλωτή πλατφόρμα εξόρυξης κατασκευασμένη από χάλυβα υψηλής αντοχής , με πόδια στήριξης και σύστημα ανέλκυσης. Με το σύστημα ανέλκυσης



αυξομειώνεται το ύψος της θέσης των ποδιών ανεβάζοντας προς την επιφάνεια την πλατφόρμα και βυθίζοντας τα πόδια. Έτσι με τη χρήση του μηχανισμού αυτού επιτυγχάνεται σταθερότερη εργασία στην επιφάνεια της πλατφόρμας επιλύοντας προβλήματα κακοκαιρίας (άνεμο , κύματα κ.α). Στην πλατφόρμα αυτή γίνονται γεωτρήσεις που δεν ξεπερνούν τα 100 μέτρα.



**EIKONA 14.1 ( JACK UP PLATFORM ) [34]**

#### **14.1.2 TENSION LEG PLATFORMS (T.L.P)**

Οι πλατφόρμες αυτές συγκροτούνται κάθετα στον πυθμένα με τανυστές. Σε κάθε πλατφόρμα υπάρχουν 4 τανυστές οι οποίοι συνδέονται κάθετα σε 4 κολώνες με άγκιστρα στον πυθμένα της θάλασσας. Η πλατφόρμα αυτή χρησιμοποιείται για εξορύξεις μέχρι τα 2200 μέτρα.



**EIKONA 14.2 (TENSION LEG PLATFORM) [36]**

#### **14.1.3 COMPLIANT TOWERS**

Οι πλατφόρμες αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως για ερευνητικούς σκοπούς και για αποθήκευση υδρογονανθράκων. Η αρχή λειτουργίας τους είναι παραπλήσια με των

σταθερών με τη διαφορά ότι πρόκειται για κατασκευές ψηλότερες και μικρότερου πλάτους. Το γεγονός αυτό τους δίνει τη δυνατότητα μικρής μετακίνησης, καθώς η στήριξή τους επιτυγχάνεται αποκλειστικά από τανυστήρες, το οποίο πρακτικά σημαίνει καλύτερη αντοχή σε φορτία που προκαλούνται από τον άνεμο.



**ΕΙΚΟΝΑ 14.3 (COMPLIANT TOWERS) [42]**

#### **14.1.4 FIXED PLATFORM**

Πρόκειται για πλατφόρμες οι οποίες κατασκευάζονται από σκυρόδεμα και χάλυβα και παρουσιάζουν εξαιρετική σταθερότητα. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε βάθος νερού μέχρι 1500 μέτρα, καθώς σε μεγαλύτερα βάθη αυξάνεται σημαντικά το κόστος κατασκευής και μεταφοράς.



**ΕΙΚΟΝΑ 14.4 (FIXED PLATFORM) [42]**

#### **14.1.5 FLOATING PRODUCTION SYSTEM**

Ο τρόπος στήριξης της συγκεκριμένης πλατφόρμας είναι παρόμοιος με τις πλατφόρμες TLP με τη διαφορά ότι οι τανυστές συνδέονται υπό γωνία και καταλήγουν σε

φρεάτια στον πυθμένα της θάλασσας . Η πλατφόρμα αυτή χρησιμοποιείται για διατρήσεις έως 2500 μέτρα.



**ΕΙΚΟΝΑ 14.5 (FLOATING PRODUCTION PLATFORM) [37]**

## **14.2 ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟ**

Το γεωτρύπανο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα (αν όχι το σημαντικότερο) κομμάτια του εξοπλισμού, καθώς αποτελεί το μέσο με το οποίο πραγματοποιείται η εξόρυξη των υδρογονανθράκων. Κατά τη διάρκεια των πρώτων off-shore γεωτρήσεων γινόταν χρήση γεωτρυπάνων κρουστικού τύπου, ενώ σήμερα όλο και περισσότερες εξορύξεις πραγματοποιούνται με γεωτρύπανο περιστροφικού τύπου (rotary drilling). Για την επιλογή του κατάλληλου γεωτρυπάνου εξετάζεται το βάθος νερού στην περιοχή, οι κλιματολογικές συνθήκες και τυχόν ακραία φαινόμενα που μπορεί να προκληθούν, η απόσταση της πλατφόρμας εξόρυξης από την κοντινότερη ακτή, καθώς και η διαθεσιμότητα των απαιτούμενων αναλώσιμων προϊόντων του εργαλείου [18].

### **14.2.1 ΒΑΣΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ**

Το περιστροφικό γεωτρύπανο αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη:

- α) **μηχανισμός κίνησης** : πρόκειται για το κομμάτι που παρέχει την απαιτούμενη δύναμη που χρειάζεται το γεωτρύπανο για να λειτουργήσει.
- β) **μηχανισμός ανέλκυσης** : πρόκειται για το κομμάτι που είναι υπεύθυνο για την ανέλκυση ή καθέλκυση του εξοπλισμού από και προς το πηγάδι.
- γ) **περιστροφικός μηχανισμός** : πρόκειται για το κομμάτι που τροφοδοτεί και περιστρέφει την κεφαλή του γεωτρυπάνου.
- δ) **κυκλοφορικός μηχανισμός** : πρόκειται για το κομμάτι που είναι υπεύθυνο για την κυκλοφορία των υγρών από και προς το πηγάδι.

### 14.2.2 ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΕΣ ΚΕΦΑΛΕΣ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ

Για την επιλογή της κατάλληλης κεφαλής εξετάζονται τα είδη των υπόγειων σχηματισμών πετρωμάτων που θα διατρηθούν, το είδος γεώτρησης που θα χρησιμοποιηθεί, και οι προσδοκώμενες θερμοκρασίες στη Γη. Οι κεφαλές του γεωτρήπανου κατατάσσονται σε δυο κατηγορίες:

α) **Κυλινδρικές κεφαλές** : η κατηγορία αυτή αποτελείται από χαλύβδινες κεφαλές καθώς και από κεφαλές χαλύβδινες ενισχυμένες με καρβίδιο του βολφραμίου (βλέπε **εικόνα 14.6**).

β) **Κεφαλές σταθερής κοπής** : στην κατηγορία αυτή συναντάμε πολυκρυσταλλικές διαμαντένιες κεφαλές (**βλέπε εικόνα 14.7**)[6].



**ΕΙΚΟΝΑ 14.6 (ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΕΣ ΚΕΦΑΛΕΣ) [62]**



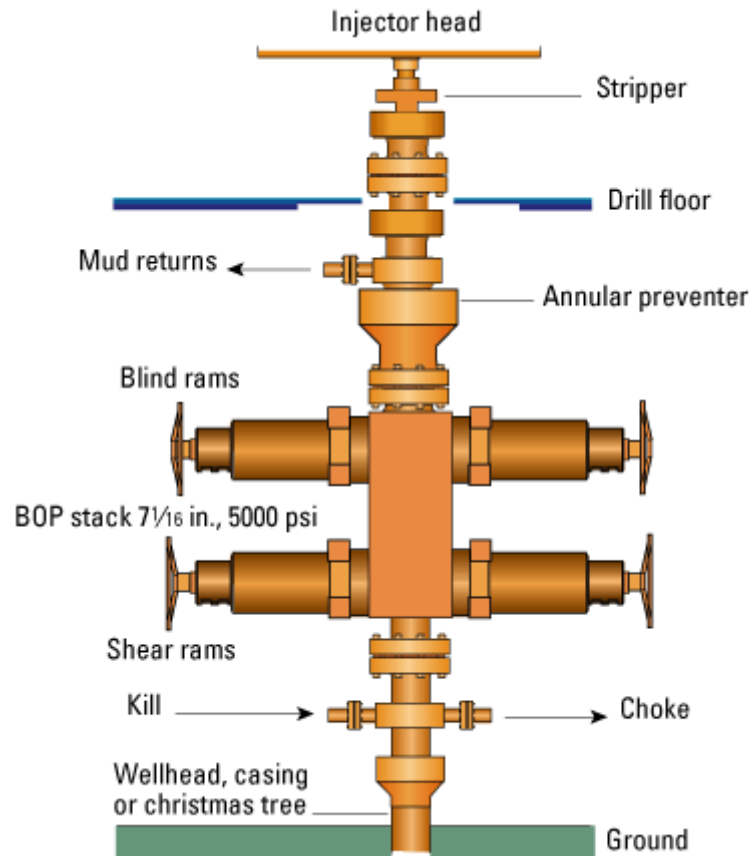
**ΕΙΚΟΝΑ 14.7 (ΔΙΑΜΑΝΤΕΝΙΕΣ ΚΕΦΑΛΕΣ) [63]**

### 14.3 ΑΠΟΤΡΟΠΕΑΣ ΕΚΡΗΞΕΩΝ (ΒΟΡ)

Ο αποτροπέας εκρήξεων ΒΟΡ (Blowout Preventer), είναι το βασικότερο κομμάτι του εξοπλισμού ασφαλείας σε μια πλατφόρμα εξόρυξης, καθώς αποτελεί το συνδετικό κρίκο μεταξύ του κατώτερου σημείου της πλατφόρμας και της επιφάνειας του φρεατίου, έχοντας ως

σκοπό την αποκοπή(σφράγιση) του φρεατίου από το υπόλοιπο δίκτυο σωληνώσεων, σε περίπτωση υπερβολικής αύξησης της πίεσης ή ενδεχόμενης διαρροής εντός του φρεατίου.

Τον BOP αποτελούν (βλέπε **σχέδιο 14.8**) μια σειρά από βαλβίδες στραγγαλισμού και εξουδετέρωσης της ροής(kill, choke valves), διατμητικά(shear rams) και τυφλά έμβολα(blind rams), καθώς και ειδικά σχεδιασμένες φλάντζες. Οι βαλβίδες στραγγαλισμού και εξουδετέρωσης ενεργοποιούνται ακαριαία σε περίπτωση υπέρβασης των προβλεπόμενων τιμών πίεσης εντός του φρεατίου. Το σφράγισμα του φρεατίου και των σωληνώσεων μεταφοράς των υδρογονανθράκων επιτυγχάνεται επίσης με τη βοήθεια εμβόλων και φλαντζών, κατασκευασμένων από ειδικό, ενισχυμένο καουτσούκ [8].



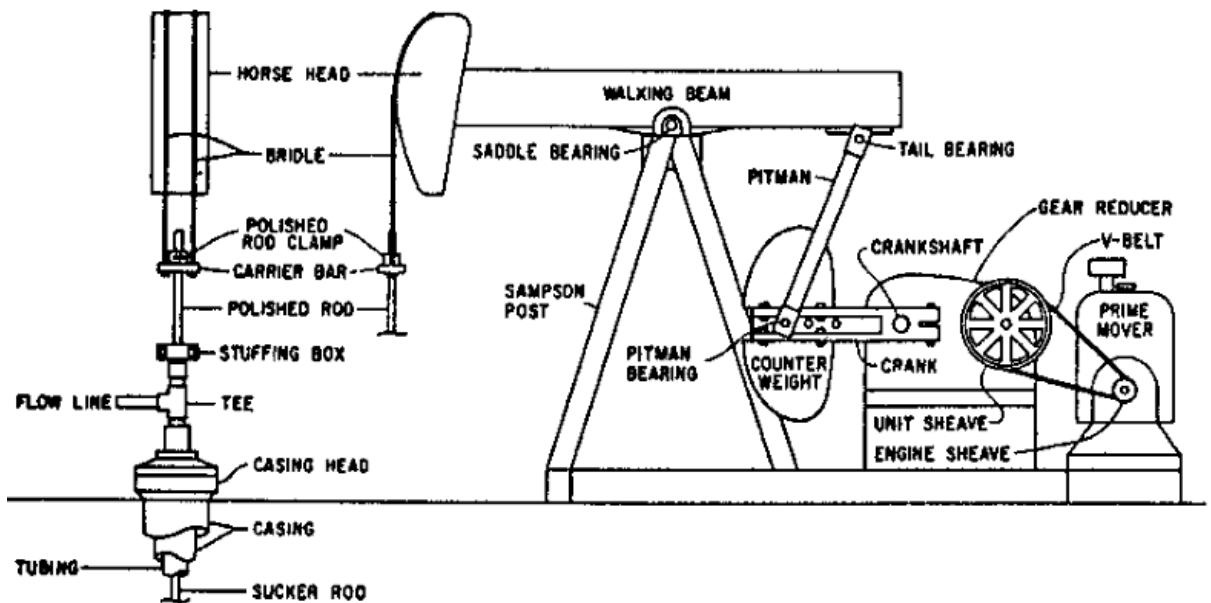
**ΣΧΕΔΙΟ 14.8 (ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ BOP) [65]**

#### 14.4 ΑΝΤΛΙΕΣ

Οι αντλίες χρησιμοποιούνται για την εξόρυξη των υδρογονανθράκων σε περιπτώσεις κατά τις οποίες, η πίεση που επικρατεί εντός του κοιτάσματος δεν επιτρέπει την ροή των υδρογονανθράκων προς την επιφάνεια με φυσικό τρόπο. Στις επιχειρήσεις εξόρυξης, ο πλέον χρησιμοποιούμενος τύπος αντλίας είναι το σύστημα beam pumping system.

Το σύστημα αυτό αποτελείται (βλέπε **σχέδιο 14.9**) από τη μονάδα κινητήριας δύναμης (prime mover), η οποία μπορεί να είναι είτε ένας ηλεκτροκινητήρας είτε μια μηχανή εσωτερικής καύσης, από έναν μειωτήρα (gear reducer) ο οποίος καθορίζει τις στροφές με τις οποίες θα δουλεύει η αντλία. Η περιστροφική κίνηση του κινητήρα μεταφέρεται αρχικά στη μανιβέλα (crank arm), και στη συνέχεια διαμέσου ενός βραχίονα (pitman) σε ένα μηχανισμό ο οποίος μετατρέπει την περιστροφική κίνηση σε ταλαντωτική. Η αντλία αποτελείται επίσης από ένα αντίβαρο (counterweight) το οποίο μειώνει τις ροπές που εμφανίζονται λόγω του

κινητήρα και του μειωτήρα, καθώς και ένα μηχανισμό που εξασφαλίζει ότι ο μηχανισμός ανάληψης λειτουργεί συνεχώς κάθετα (horse head, bridle) [9],[13],[10].



ΣΧΕΔΙΟ 14.9 (ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ)[9]

## 15. ΘΕΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΙΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

### 15.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι εργασίες που εκτελούνται σε μια πλατφόρμα υδρογονανθράκων ενέχουν υψηλό βαθμό επικινδυνότητας τόσο για το περιβάλλον όσο και για τους εργαζομένους σε αυτές. Οι κανόνες ασφαλείας που εφαρμόζονται παγκόσμια είναι αυστηροί και έχουν ως γνώμονα τόσο την πρόληψη των ατυχημάτων όσο και τη διαχείριση κρίσεων και έκτακτων περιστατικών που μπορούν να συμβούν.

## 15.2 ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

### 15.2.1 ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ [68]

- Κάθε εργαζόμενος είναι υποχρεωμένος να είναι εξοπλισμένος με κράνος, γάντια και ειδική στολή εργασίας.
- Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά τον χειρισμό μηχανημάτων(παραγωγής πετρελαίου και ανυψωτικά), καθώς και εργαλείων με μεταλλικά μέρη, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος εμφάνισης σπινθήρων.
- Για την αποκατάσταση μιας βλάβης πρέπει να ενημερωθεί ο υπεύθυνος βάρδιας, τόσο κατά την έναρξη των εργασιών, όσο και κατά τη λήξη τους.
- Σε περίπτωση που παρατηρηθεί πρόβλημα στο πηγάδι εξόρυξης ή στους αγωγούς μεταφοράς των προϊόντων, τα σημεία αυτά αποκόπτονται από το υπόλοιπο σύστημα.
- Παρακολούθηση για τυχόν διαρροή υδρόθειου και εφοδιασμός με ατομικές αναπνευστικές συσκευές σε περιπτώσεις κατά τις οποίες ξεπεραστούν τα όρια ασφαλείας(συγκέντρωση υδρόθειου στην ατμόσφαιρα > 500ppm).
- Διαρκής μετεωρολογική ενημέρωση από τις κατά τόπους αρμόδιες υπηρεσίες.
- Οι εργαζόμενοι που επισκευάζουν τον υποθαλάσσιο εξοπλισμό της πλατφόρμας(δύτες), παραμένουν στον θάλαμο αποσυμπίεσης.
- Σε κάθε πλατφόρμα υπάρχει υποχρεωτικά σύστημα πυρασφάλειας με αυτόματη και χειροκίνητη λειτουργία.
- Ο κάθε εργαζόμενος απασχολείται με συγκεκριμένο και σταθερό ωράριο(ανά βάρδιες).
- Οι εγκαταστάσεις διαμονής των εργαζομένων διαχωρίζονται από τις εγκαταστάσεις παραγωγής και επεξεργασίας.
- Απαγορεύεται το κάπνισμα στην πλατφόρμα, εκτός και εάν έχει προβλεφθεί η δημιουργία κατάλληλου κλειστού χώρου .

### 15.2.2 ΣΧΕΔΙΟ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των υπεράκτιων πλατφόρμων πετρελαίου σε σχέση με τις αντίστοιχες χερσαίες, είναι η μεγάλη απόστασή τους από τη στεριά. Ο παράγοντας αυτός δυσχεραίνει την άμεση πρόσβαση στην πλατφόρμα από σωστικά συνεργεία. Για το λόγο αυτό, πριν από την έναρξη των εργασιών, καταστρώνεται σχέδιο εκκένωσης της πλατφόρμας σε συνεργασία με τους υπεύθυνους ασφαλείας της επιχείρησης και τις τοπικές αρχές(λιμενικό, πυροσβεστική, αστυνομία).

Σε κάθε πλατφόρμα τοποθετούνται υποχρεωτικά σωσίβιοι λέμβοι(με δυνατότητα υποδοχής συγκεκριμένου αριθμού ατόμων), ενώ σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχει και διαθέσιμο ελικοδρόμιο. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα πραγματοποιούνται σεμινάρια και εικονικές ασκήσεις εκκένωσης της πλατφόρμας.

Η διεθνής νομοθεσία δεν καλύπτει πλήρως ποιός θα είναι ο υπεύθυνος για την εκκένωση της πλατφόρμας, καθώς αυτή δεν θεωρείται χερσαία επιχείρηση, αλλά ούτε και πλοίο. Η απόφαση αυτή λαμβάνεται από τον αντίστοιχο υπεύθυνο ασφαλείας της πλατφόρμας [25].

## **16. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΠΙΘΑΝΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΟΛΥΝΣΗ**

### **16.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΜΟΛΥΝΣΗΣ**

Σε κάθε επιχείρηση εξόρυξης υδρογονανθράκων ελλοχεύει ο κίνδυνος πρόκλησης ατυχήματος, έχοντας ως αποτέλεσμα την μόλυνση της περιβάλλουσας θαλάσσιας περιοχής, συνήθως υπό την μορφή πετρελαιοκηλίδας. Στις υποθαλάσσιες εργασίες εξόρυξης ο κίνδυνος είναι σημαντικά μεγαλύτερος σε σχέση με τις εργασίες στη στεριά. Οι πιθανοί παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε θαλάσσια μόλυνση είναι [21]:

- α) έκρηξη στο πηγάδι άντλησης
- β) κατάρρευση πλατφόρμας
- γ) σύγκρουση πετρελαιοφόρων πλοίων
- δ) αστοχία αγωγών μεταφοράς πετρελαίου
- ε) αστοχία εξοπλισμού
- στ) εκδήλωση πυρκαγιάς και εκρήξεων στην πλατφόρμα
- ζ) ανθρώπινο λάθος

### **16.2 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**

Σκοπός των μέτρων προστασίας είναι η αποφυγή δημιουργίας πετρελαιοκηλίδας ή ο περιορισμός της αν εμφανιστεί σε μεγάλη έκταση, αλλά και η προστασία των θαλάσσιων οργανισμών στην περιοχή της πλατφόρμας.

Για την αντιμετώπιση πετρελαιοκηλίδων χρησιμοποιούνται ειδικές χημικές ουσίες(βακτήρια και μικροοργανισμοί), οι οποίες διασπούν το πετρέλαιο που βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας, πετρελαιοφόρα πλοία τα οποία με τη σειρά τους αντλούν μέρος της



ποσότητας πετρελαίου που έχει διαχυθεί και τέλος ειδικά προστατευτικά φράγματα, τα οποία περιορίζουν την πετρελαιοκηλίδα σε έναν συγκεκριμένο χώρο.

Επίσης το νερό που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της εξόρυξης, καθαρίζεται μέσω ειδικών φίλτρων, πριν επανέλθει στη θάλασσα [16].

### 16.3 ΑΤΥΧΗΜΑ MACONDO



**ΕΙΚΟΝΑ 16.1 (ΑΤΥΧΗΜΑ ΣΤΗΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΠΗΓΗ MACONDO) [41]**

Στις 20 Απριλίου 2010 καταγράφηκε το μεγαλύτερο ατύχημα στην ιστορία της υποθαλάσσιας εξόρυξης υδρογονανθράκων (βλέπε **πίνακα 16.1**) στην πλατφόρμα άντλησης πετρελαίου της BP Macondo 252 στον κόλπο του Μεξικού με 11 εργαζομένους νεκρούς και τεράστιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις για την περιοχή. Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος του ατυχήματος αξίζει να αναφερθεί ότι μέχρι τον Αύγουστο του ίδιου έτους είχαν διαρρεύσει περίπου 5000000 βαρέλια πετρελαίου ξεπερνώντας το σημαντικότερο ως εκείνη την στιγμή ατύχημα της Αλάσκας το 1989 με διαρροή 257000 βαρέλια πετρελαίου. Επρόκειτο για την μεγαλύτερη επένδυση σε πόρους και ανθρώπινο δυναμικό σε όλο τον κόσμο, με συνολικό ύψος πενταετούς επένδυσης 52 δισεκατομμύρια \$. Η εταιρία τιμωρήθηκε με πρόστιμο 4 δις \$ από τα αμερικανικά δικαστήρια.

A/A	Έτος	Πλατφόρμα	Κόστος Ατυχήματος (\$)
1	2010	MACONDO	4.000.000.000
2	1988	Piper-Alpha	1.270.000.000
3	1984 & 1988	Enchova	461.000.000
4	1991	Sleipner A	365.000.000
5	1987	Mississippi Canyon 311 A	274.000.000

**ΠΙΝΑΚΑΣ 16.1 (ΑΚΡΙΒΟΤΕΡΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ) [40]**

## **17. ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΔΙΚΑΙΟΥ**

### **17.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ**

#### **17.1.1 ΥΦΑΛΟΚΡΗΠΙΔΑ**

Ως υφαλοκρηπίδα ορίζεται το τμήμα μιας υποθαλάσσιας περιοχής το οποίο αποτελεί νοητή συνέχεια μιας χερσαίας έκτασης και εκτείνεται σε απόσταση 130 – 200 m από την ακτή. Εξαιτίας του χαμηλού βάθους σε αυτή την περιοχή διαθλώνται οι ακτίνες του ήλιου με αποτέλεσμα την ύπαρξη πλούσιων βιολογικών πόρων τόσο στον πυθμένα (πετρέλαιο , φυσικό αέριο , θείο , άνθρακας , σίδηρος , χρυσός κ.α) όσο και στην επιφάνεια του βυθού (κασσίτερος , διαμάντια και άλλα βιομηχανικά ορυκτά) [3].

#### **17.1.2 ΥΦΑΛΟΠΡΑΝΕΣ**

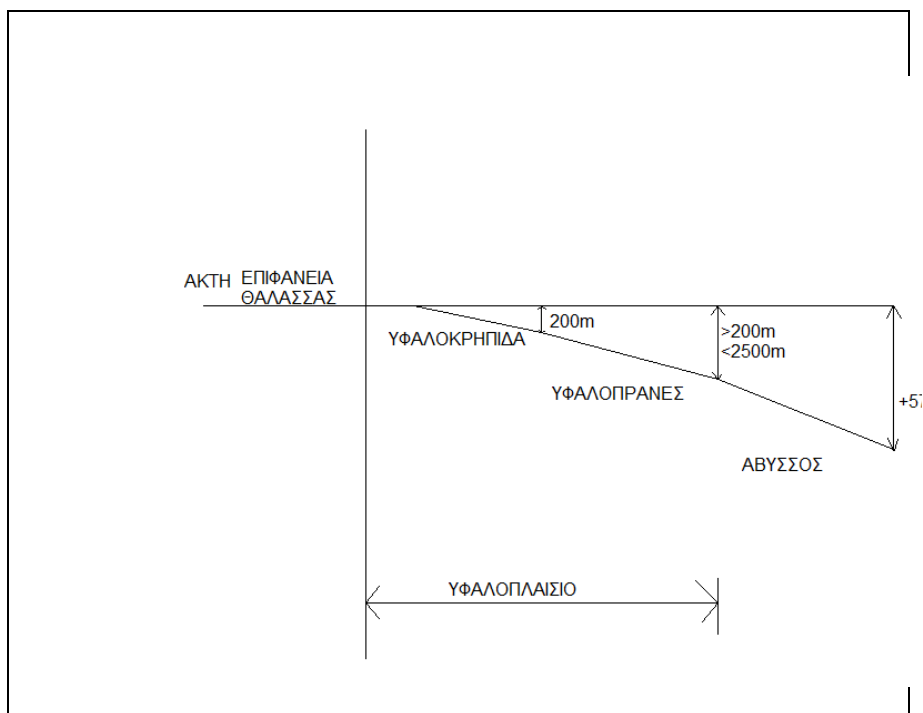
Πρόκειται για την υποθαλάσσια περιοχή με βάθος μεγαλύτερο των 200 μέτρων , κλίση εδάφους 30-45 μοιρών και πλάτους 16-32 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Το υφαλοπρανές εκτείνεται από το εξωτερικό όριο της υφαλοκρηπίδας (200 μέτρα) μέχρι περίπου τα 2500 μέτρα [3].

#### **17.1.3 ΥΦΑΛΟΠΛΑΙΣΙΟ**

Ως υφαλοπλαίσιο καλείται η συνολική έκταση που καταλαμβάνουν η υφαλοκρηπίδα και το υφαλοπρανές μαζί [3].

#### **17.1.4 ΩΚΕΑΝΙΕΣ ΑΒΥΣΣΟΙ**

Οι ωκεάνιες άβυσσοι αποτελούνται από υποθαλάσσιες περιοχές πολύ μεγάλου βάθους και διακρίνονται σε πεδιάδες της αβύσσου με μέγιστο βάθος τα 5700 μέτρα και σε λάκκους της αβύσσου με μέγιστο βάθος που ξεπερνά τα 5700 μέτρα [3].



**ΣΧΕΔΙΟ 17.1 (ΔΙΑΤΑΞΗ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΒΥΘΟΥ)**

## 17.2 ΝΟΜΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

### 17.2.1 ΝΟΜΙΚΟΣ ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΦΑΛΟΚΡΗΠΙΔΑΣ

Ο όρος υφαλοκρηπίδα αναφέρεται:

α) στην επιφάνεια του πυθμένα των υποθαλάσσιων περιοχών των παρακείμενων προς τις ακτές αλλά ευρισκομένων εκτός της αιγιαλίτιδος ζώνης μέχρι βάθους 200 μέτρων ή και πέραν του ορίου αυτού μέχρι του σημείου όπου το βάθος των υπερκείμενων υδάτων επιτρέπει την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων των εν λόγω περιοχών [3].

β) στο υπέδαφος των αντίστοιχων υποθαλάσσιων περιοχών που συνεχίζονται προς τις ακτές των νησιών. (ΣΥΝΔΙΑΣΚΕΨΗ ΓΕΝΕΥΗΣ 1958 ΑΡΘΡΟ 1)[3]

### 17.2.2 ΝΟΜΙΚΟΣ ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΙΓΙΑΛΙΤΙΔΑΣ ΖΩΝΗΣ

Αιγιαλίτιδα ζώνη είναι η Ζώνη Θάλασσας η παρακείμενη στην ακτή, πέραν από την ξηρά και τα εσωτερικά χωρικά ύδατα, πάνω στην οποία το κράτος ασκεί πλήρη κυριαρχία. Η κυριαρχία αυτή εκτείνεται στον εναέριο χώρο πάνω από την Αιγιαλίτιδα Ζώνη, όπως και στο βυθό και το υπέδαφος. Το μέγιστο πλάτος της Αιγιαλίτιδας Ζώνης δεν μπορεί να ξεπερνά τα 12νμ[3].

## 17.3 ΑΟΖ

Ως ΑΟΖ ή αλλιώς Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη (exclusive economic zone) αναφέρεται η θαλάσσια περιοχή στην οποία ένα κράτος έχει αποκλειστικά κυριαρχικά δικαιώματα εκμετάλλευσης. Η έκταση της είναι μικρότερη των 200 ναυτικών μιλίων από την

κοντινότερη ακτή και βρίσκεται πάντα εκτός της αιγιαλίτιδας ζώνης. Οι πρώτες προσπάθειες για καθορισμό ΑΟΖ πραγματοποιήθηκαν στη συνδιάσκεψη της Γενεύης το 1958, όμως μέχρι σήμερα εξαιτίας της περίπλοκης νομικής φύσης της έχει καταστεί αδύνατον η ομόφωνη αποδοχή του νομικού ορισμού της από όλα τα κράτη. Μέχρι τώρα ο αριθμός των κρατών που έχουν προχωρήσει σε ανακήρυξη ΑΟΖ ανέρχεται στα 150.

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες διαφωνίας για τον καθορισμό ΑΟΖ είναι ο συσχετισμός της με την αιγιαλίτιδα ζώνη. Αυτό συμβαίνει διότι χώρες με μικρό μήκος ακτογραμμών (πχ Ισραήλ , Τουρκία , Βενεζουέλα) περιορίζονται αισθητά στην διεκδίκηση ΑΟΖ[3] .

#### 17.4 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ

Για να διασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία των αγορών σε περιόδους ενεργειακών κρίσεων η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε την οδηγία 2006/67/ΕΚ [43] σύμφωνα με την οποία κάθε κράτος μέλος υποχρεούται να κρατά αποθηκευμένη μια σταθερή ποσότητα καυσίμων. Η ποσότητα αυτή προκύπτει από το μέσο όρο της προηγούμενης ετήσιας κατανάλωσης της χώρας σε βενζίνη αυτοκινήτων , καύσιμα αεροπλάνων και φωτιστικό πετρέλαιο.

Ως στρατηγικά λογίζονται τα αποθέματα που βρίσκονται στα λιμάνια εκφόρτωσης, στα πετρελαιοφόρα πλοία, στους αγωγούς μεταφοράς και στις δεξαμενές των διυλιστηρίων. Εξαιρούνται το αργό πετρέλαιο που βρίσκεται στις πηγές εξόρυξής του, τα καύσιμα που βρίσκονται στις δεξαμενές των πλοίων και οι ποσότητες που έχουν πωληθεί στους τελικούς καταναλωτές.

## 18. ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΕΞΟΡΥΞΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΟ << ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΞΟ>> ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΧΩΡΟΥ.



ΕΙΚΟΝΑ 18.1 (ΠΗΓΗ ΤΟΥ ΗΡΟΔΟΤΟΥ ΖΑΚΥΝΘΟΣ) [46]

## 18.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Οι έρευνες για τον εντοπισμό κοιτασμάτων υδρογονανθράκων στην Ελλάδα ξεκινούν στις αρχές του 20ού αιώνα κυρίως σε χερσαίες περιοχές και με την πάροδο του χρόνου επεκτείνονται και σε υποθαλάσσιες. Η πρώτη αναφορά ύπαρξης υδρογονανθράκων γίνεται από τον αρχαίο Έλληνα ιστορικό Ηρόδοτο μέσα από το βιβλίο του << Μελπομένη>>[47], στο οποίο κάνει λόγο για πηγή που αναβλύζει πίσσα στην λίμνη Κερί (στη Ζάκυνθο).

Οι πρώτες σεισμικές έρευνες πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή του Ιονίου και στην Β.Δ Πελοπόννησο όπου διαπιστώθηκε ύπαρξη υδρογονανθράκων στην περιοχή του Κατάκολου, και στη συνέχεια βορειότερα σε Θεσσαλονίκη και Καβάλα όπου και ανακαλύφθηκε το κοιτάσμα του Πρίνου. Η εκμετάλλευση του κοιτάσματος στο Κατάκολο δεν προχώρησε λόγω οικονομοτεχνικών λόγων ως ασύμφορη, ενώ το κοιτάσμα του Πρίνου παραμένει μέχρι σήμερα η μοναδική εκμεταλλεύσιμη γεώτρηση στην χώρα. Αναλυτικότερα, οι ερευνητικές προσπάθειες διακρίνονται χρονολογικά ( με βάση το ΥΠΕΚΑ) [67] στα εξής:

α) **Αρχές 20ού αιώνα έως αρχές δεκαετίας 60:** Σε αυτή τη χρονική περίοδο οι ερευνητικές προσπάθειες πραγματοποιήθηκαν αποκλειστικά σε χερσαίες περιοχές (on-shore) κυρίως στην δυτική Ελλάδα και στον Έβρο.

β) **Αρχές δεκαετίας 60 έως μέσα δεκαετίας 70 :** Ερευνώνται χερσαίες και υποθαλάσσιες περιοχές σε Αιτωλοακαρνανία, ΒΔ Πελοπόννησο, Ζάκυνθο, Παξούς, Θεσσαλονίκη, Θερμαϊκό κόλπο, Λήμνο, Επανομή και Θρακικό Πέλαγος. Οι παραπάνω έρευνες χαρτογράφησαν το γεωλογικό υπόβαθρο της Ελλάδας και εντόπισαν το κοιτάσμα του Πρίνου το οποίο λειτουργεί έως σήμερα.

γ) **Μέσα δεκαετίας 70 έως μέσα δεκαετίας 90 :** Το 1975 ιδρύεται η Δημόσια Εταιρία Πετρελαίου (ΔΕΠΑ) η οποία θα είναι αρμόδια για την έρευνα και εκμετάλλευση των υδρογονανθράκων, και παράλληλα το επόμενο έτος ψηφίζεται ο πρώτος νόμος για την εκμετάλλευση υδρογονανθράκων (468/76). Οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν από την ΔΕΠΑ αποκάλυψαν κοιτάσμα πετρελαίου στη θαλάσσια περιοχή του Κατάκολου και κοιτάσμα φυσικού αερίου στην περιοχή Επανομή Θεσσαλονίκης.

δ) **Μέσα δεκαετίας 90 έως αρχές 2000 :** Το 1995 πραγματοποιείται τροποποίηση του υφιστάμενου νόμου (468/76) και με ενσωμάτωση της κοινοτικής οδηγίας (94/22/EC) [55] ψηφίζεται ο νόμος (2289/95)[54] που αναφέρεται στο καθεστώς αδειοδοτήσεων των ερευνών. Το 1996 πραγματοποιείται ο πρώτος διεθνής γύρος παραχωρήσεων 6 περιοχών. Οι περιοχές που παραχωρήθηκαν τελικά ήταν 4 στην περιοχή της Δυτικής Ελλάδας και της Αιτωλοακαρνανίας. Ωστόσο, οι έρευνες δεν απέδωσαν τόσο λόγω προβλημάτων όσο και λόγω αποχωρήσεων των εταιριών από τη χώρα.

ε) **αρχές 2000 έως 2010 :** Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται στείρα από πλευράς ερευνών, καθώς δεν πραγματοποιήθηκε καμιά ερευνητική προσπάθεια, ενώ ταυτόχρονα το ελληνικό δημόσιο ανακάλεσε όλες τις παραχωρήσεις για έρευνα σε περιοχές που είχαν εκδοθεί στο παρελθόν.

## 18.2 ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Το Ελληνικό Δημόσιο ιδρύει το 2011 φορέα με την ονομασία << Ελληνική Διαχειριστική Εταιρία Υδρογονανθράκων ΑΕ (ΕΔΥΕ ΑΕ) [44] με αρμοδιότητες το συντονισμό για έρευνα και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων στον Ελλαδικό χώρο. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ανοικτός διαγωνισμός για την απόκτηση δικαιωμάτων έρευνας σε συγκεκριμένες περιοχές.

Ανάδοχος του διαγωνισμού προέκυψε η νορβηγική offshore εταιρία PGS η οποία πραγματοποίησε σειρά σεισμικών ερευνών σε ολόκληρο το δυτικό τόξο του Ιονίου και τη

νότια Κρήτη (βλέπε **εικόνα 18.2**). Τον Ιούλιο του 2013 η εταιρία με ανακοίνωση της γνωστοποίησε μέρος των σεισμικών δεδομένων που είχε επεξεργαστεί **[45]** κάνοντας λόγο για πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα οι παρατηρήσεις της (βλέπε **εικόνα 18.2**) επικεντρώθηκαν σε τρεις περιοχές :

- α) στην περιοχή του Β. Ιονίου
- β) στον κόλπο του Κατάκολου
- γ) στην περιοχή νοτίως της Κρήτης.

Η επεξεργασία και μελέτη των παραπάνω πληροφοριών καθώς και η ανακοίνωση των τελικών αποτελεσμάτων αναμένεται να ολοκληρωθεί μέχρι την άνοιξη του 2014.



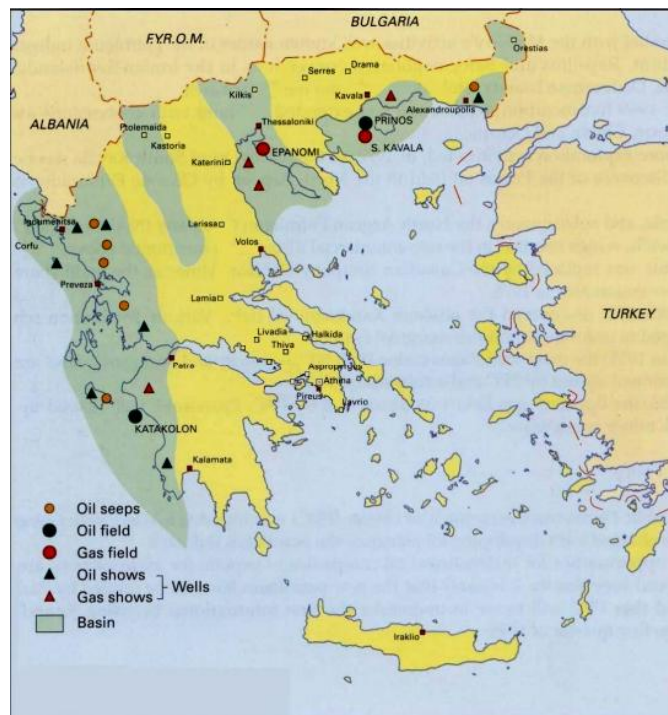
**ΕΙΚΟΝΑ 18.2 (ΠΙΘΑΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ PGS) [45]**

### **18.3 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΠΙΘΑΝΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ**

Η παρακάτω εικόνα (βλέπε **εικόνα 18.3**) παρουσιάζει τα επιβεβαιωμένα πετρελαϊκά συστήματα της χώρας και αποτελεί εμπειρία που αποκομίστηκε κατά τη διάρκεια των ερευνών τα τελευταία χρόνια. Παρατηρούμε λοιπόν ότι στην ευρύτερη περιοχή του δυτικού τόξου είναι καταγεγραμμένα τέσσερα κοιτάσματα πετρελαίου (Ιωάννινα, Πατραϊκός κόλπος, κόλπος Κατάκολου και Κυπαρισσιακός κόλπος) κυρίως σε χερσαίες περιοχές. Στοιχεία ένδειξης πετρελαίου και φυσικού αερίου σε υποθαλάσσιες περιοχές παρατηρούνται σε Κέρκυρα και Ζάκυνθο. Τα στοιχεία αυτά εκτιμήθηκαν από την PGS ως ένας πρώτος οδηγός για τις περιοχές που αξίζει να ερευνηθούν. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρθηκε τα στοιχεία

αυτά είναι σημαντικά, αλλά χρήζουν περαιτέρω έρευνας προκειμένου να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα.

Οι εκτιμήσεις για τρεις περιοχές που εμφανίζονται να περιέχουν κοιτάσματα στηρίχτηκαν στα πρώτα διαθέσιμα αποτελέσματα των σεισμικών ερευνών που πραγματοποιήθηκαν το 2012, στα αποτελέσματα προηγούμενων σεισμικών ερευνών στις ίδιες περιοχές, και τέλος στην γεωλογική σύγκριση των παραπάνω περιοχών με άλλες παρόμοιου γεωλογικού υπόβαθρου. Εξαιρέση αποτελεί η περίπτωση της Κρήτης για την οποία οι όποιες υποθέσεις πραγματοποιούνται μόνο με βάση τα δεδομένα των τελευταίων ερευνών, καθώς πρακτικά η περιοχή λόγω μεγάλου βάθους θεωρείτο αχαρτογράφητη [31].

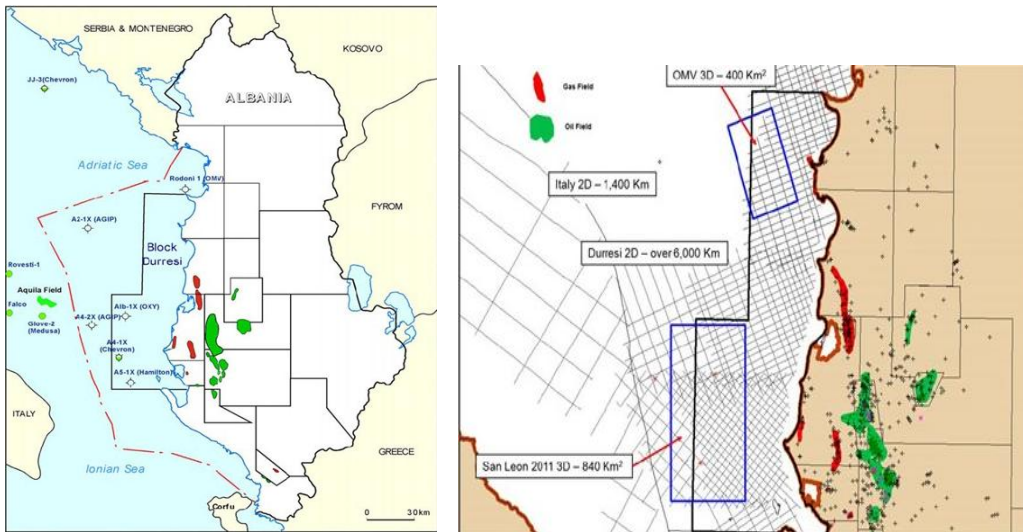


**ΕΙΚΟΝΑ 18.3 (ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΕΛΛΑΔΑΣ) [31]**

### **18.3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΕΛΛΑΔΑΣ – ΑΛΒΑΝΙΑΣ – ΙΤΑΛΙΑΣ**

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των ερευνητών το Ιόνιο πέλαγος αποτελεί ένα ανοικτό γεωλογικό σύστημα. Συγκρίνοντας την στρωματογραφία των εξεταζόμενων περιοχών με παρόμοιες σε Αλβανία και Ιταλία παρατηρούνται σημαντικές ομοιότητες στη μορφή, δομή και διάταξη των εκάστοτε πετρωμάτων. Συγκεκριμένα, η περιοχή των Παξών και η θαλάσσια περιοχή δυτικά της Κέρκυρας παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με την θαλάσσια περιοχή της ζώνης Απουλίας στη νότια Ιταλία, ενώ η περιοχή Κατάκολο συνδέεται με την περιοχή Kraps-Marinez Rosconec στη νοτιοδυτική Αλβανία [32].

## 18.4 ΚΟΙΤΑΣΜΑ DURRESI (ΑΛΒΑΝΙΑ)



**ΕΙΚΟΝΑ 18.4 ( ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΟ ΚΟΙΤΑΣΜΑ DURRESI) [49]**

Η ανακάλυψη του κοιτάσματος DURRESI (B. Ιόνιο) από την εταιρία SAN LEON ENERGY και η ανακοίνωση των αποτελεσμάτων των σεισμικών ερευνών 2D και 3D που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή ενισχύουν τις πιθανότητες για ύπαρξη υδρογονανθράκων στην περιοχή του Ιονίου [50].

## 18.5 ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ

Στις εξεταζόμενες περιοχές ενδιαφέροντος, οι από θαλάσσης συνορεύουσες χώρες είναι η Ιταλία και η Αλβανία όσον αφορά τα κοιτάσματα του Ιονίου Πελάγους και η Λιβύη, Αίγυπτος, Λίβανος και Συρία όσο αφορά τα κοιτάσματα νοτίως της Κρήτης. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι πέντε από τις έξι είναι πετρελαιοπαραγωγές χώρες με ημερήσια παραγωγή που ανέρχεται σε 16000 βαρέλια/ημέρα για την Αλβανία , 99.000 βαρέλια/ημέρα για την Ιταλία, 555.000 βαρέλια/ημέρα για την Αίγυπτο, 157.000 βαρέλια/ημέρα για την Συρία 10.000 βαρέλια/ημέρα για το Ισραήλ και 465.000 βαρέλια/ημέρα για τη Λιβύη [48] .

Οι συζητήσεις για την οριοθέτηση της ΑΟΖ μεταξύ της Ελλάδας και των παραπάνω χωρών βρίσκονται ακόμα σε πρώιμο στάδιο. Η αρχική συμφωνία για οριοθέτηση ΑΟΖ μεταξύ Ελλάδας-Αλβανίας το 2009 κρίθηκε αντισυνταγματική και ακυρώθηκε την αμέσως επόμενη χρονιά από ανώτατο δικαστήριο της Αλβανίας, ενώ μεταξύ Ελλάδας και Ιταλίας ισχύει ο κανόνας οριοθέτησης υφαλοκρηπίδας. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις, με την Αίγυπτο οι πρώτες διαβουλεύσεις για καταρχήν συμφωνία ξεκίνησαν το 2013, ενώ με Συρία, Λίβανο, Λιβύη και Ισραήλ δεν υπάρχει συμφωνία λόγω της πολιτικής αστάθειας που παρουσιάζεται στις περιοχές αυτές.

Για να τονιστεί η αναγκαιότητα της αναγνώρισης ΑΟΖ και από τις δυο συμβαλλόμενες πλευρές αξίζει να αναφερθεί η ύπαρξη κοιτάσματος υδρογονανθράκων με την ονομασία <<Πύρρος>> ακριβώς επάνω στα θαλάσσια σύνορα Ελλάδας – Ιταλίας.



## **18.6 ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΣΥΖΗΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΘΕΜΑ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Η συζήτηση για υδρογονάνθρακες στην Ελλάδα αναζωπυρώθηκε το 2012. Εάν κάνουμε μια αναδρομή στην τελευταία δεκαετία παρατηρούμε ότι οι δημόσιες αναφορές είναι ελάχιστες, οι περισσότερες εκ των οποίων μέσω τηλεοπτικών εκπομπών του δημοσιογράφου κ. Κώστα Χαρδαβέλα με τίτλο << Αθέατος Κόσμος>>. Στις εκπομπές αυτές φιλοξενήθηκαν κατά καιρούς έλληνες επιστήμονες οι οποίοι παρουσίαζαν στοιχεία και μελέτες, τα οποία υποδήλωναν αυξημένη πιθανότητα ύπαρξης υδρογονανθράκων στον ελλαδικό χώρο. Οι παραπάνω αναφορές έφτασαν μέχρι το ελληνικό κοινοβούλιο όπου και συζητήθηκαν, καταλήγοντας όμως στο συμπέρασμα ότι τα στοιχεία που επικαλούνταν οι εισηγητές δεν ήταν επαρκώς τεκμηριωμένα.

Από το 2012 και μετά το θέμα απασχόλησε περισσότερο τον τύπο με αποκορύφωμα δημοσίευμα της εφημερίδας Real News στις 09/12/2012 [69] σύμφωνα με το οποίο τρεις έλληνες επιστήμονες (Κονοφάγος Ηλίας, Φώσκολος Αντώνης και Λυγερός Νίκος) παρέδωσαν στον πρωθυπουργό απόρρητη έκθεση, αναφορικά με τα πιθανά κοιτάσματα υδρογονανθράκων στην Ελλάδα.

## **18.7 ΕΝΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΕΞΟΡΥΞΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ**

### **18.7.1 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ**

Η Ελλάδα είναι η έκτη πιο σεισμογενής χώρα στον κόσμο, με περίπου 160 δυνητικά ενεργά ρήγματα και την περιοχή του Ιονίου να κρατάει τα πρωτεία. Στην υποθαλάσσια περιοχή που περικλείεται μεταξύ δυτικά των Κυθίων, βορειοδυτικά της Κρήτης και μέχρι τα ανοικτά της Πύλου εντοπίζεται το μεγαλύτερο καταγεγραμμένο ρήγμα της Μεσογείου συνολικού μήκους 300 χιλιομέτρων.

### **18.7.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΥΡΙΣΜΟ**

Ο τουρισμός αποτελεί τη βαριά βιομηχανία της χώρας αντιπροσωπεύοντας το 16% του ΑΕΠ (στοιχεία 2013). Το ερώτημα που προκύπτει αφορά τις επιπτώσεις που θα μπορούσε να έχει μια ενδεχόμενη εξόρυξη υδρογονανθράκων σε τουριστικές περιοχές. Οι πρώτες αντιδράσεις προέκυψαν στο Κατάκολο, όπου βρίσκεται και το ομώνυμο κοιτάσμα με φορείς να διατυπώνουν τις επιφυλάξεις τους για το κατά πόσο θα ήταν δυνατή η συνύπαρξη πετρελαϊκών και τουριστικών επιχειρήσεων.

### **18.7.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ**

Τον Νοέμβριο του 2012 ο έλληνας ευρωβουλευτής Κρίτων Αρσένης κατέθεσε ερώτηση στο ευρωπαϊκό κοινοβούλιο σχετικά με τον κίνδυνο που διατρέχουν τα θαλάσσια θηλαστικά στην περιοχή του Ιονίου Πελάγους και της Κρήτης από τη χρήση των ηχητικών πηγών (sonar) κατά τη διάρκεια των σεισμικών ερευνών που εκτελούντο στην περιοχή. Η ευρωπαϊκή ένωση ζήτησε εξηγήσεις από την PGS, η οποία μέσω ανακοίνωσης της υποστήριξε ότι είχε λάβει όλα τα αναγκαία μέτρα προφύλαξης σε συνεργασία με το αρμόδιο υπουργείο.

## **18.8 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΠΡΩΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ**

Οι εκτιμήσεις για τα πιθανά υποθαλάσσια κοιτάσματα υδρογονανθράκων βασίζονται στα μέχρι στιγμής στοιχεία που έχουν προκύψει από τις σεισμικές έρευνες, στις ερευνητικές γεωτρήσεις που είχαν επιχειρηθεί τα προηγούμενα χρόνια, καθώς και στη γεωλογική

σύγκριση του υπεδάφους με παρόμοιες περιοχές όπου έχουν ανακαλυφθεί υδρογονάνθρακες. Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα πιθανά αποθέματα στο Ιόνιο Πέλαγος ανέρχονται σε 2 δις βαρέλια πετρελαίου καθώς και 300 δις  $m^3$  φυσικού αερίου με πιθανότητα επαλήθευσης 50%, ενώ για το θαλάσσιο χώρο της Κρήτης τα πιθανά αποθέματα υπολογίζονται σε 3,45 τρις  $m^3$  φυσικού αερίου. Στα παραπάνω δεν υπολογίζονται τα πιθανά κοιτάσματα στην Λεκάνη του Ηροδότου (βλέπε **εικόνα 18.5**) με εκτιμήσεις που κάνουν λόγο για 2 τρις  $m^3$  φυσικού αερίου.

Τα βασικότερα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν αναφέρονται τόσο στα πιθανά φορολογικά έσοδα για το δημόσιο με βάση την ακαθάριστη αξία των κοιτασμάτων, όσο και στην μείωση της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας για εισαγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου. Για να γίνει μια ουσιαστική πρόβλεψη των παραπάνω, θα πρέπει αφενός να καθοριστεί από την ελληνική πλευρά το ύψος της φορολόγησης των επιχειρήσεων που θα εμπλακούν (καθώς τα τελευταία χρόνια υπόκεινται σε συνεχείς μεταβολές), και αφετέρου να οριστικοποιηθούν τα αποτελέσματα των ερευνών ώστε να γνωρίζουμε ποιο ποσοστό των κοιτασμάτων είναι απολήψιμα[30].

Τα έξοδα για την διενέργεια σεισμικών ερευνών επιβάρυναν αποκλειστικά την εταιρία PGS, η οποία με τη σειρά της προσδοκά να κάνει απόσβεση πλώνοντας τις συγκεντρωμένες πληροφορίες σε υποψήφιους αγοραστές. Επίσης, το κόστος για τη διεξαγωγή των γεωτρητικών ερευνών, απαιτούμενου εξοπλισμού και διαδικασίας παραγωγής των υδρογονανθράκων θα βαραίνει αποκλειστικά τις εμπλεκόμενες εταιρίες. Με βάση λοιπόν τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι το ελληνικό δημόσιο δεν θα χρειαστεί να δαπανήσει για τις παραπάνω διαδικασίες. Για να προκύψει απόσβεση και κέρδος για τις εμπλεκόμενες εταιρίες η πρακτική που συνήθως ακολουθείται είναι η παραχώρηση εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων από αυτές για κάποιο χρονικό διάστημα με αντίβαρο τη φορολόγησή τους.



**ΕΙΚΟΝΑ 18.5 (ΛΕΚΑΝΗ ΗΡΟΔΟΤΟΥ) [66]**

## 18.9 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗΣ

Ενώ οι έρευνα για εντοπισμό κοιτασμάτων υδρογονανθράκων ξεκίνησε στη χώρα μας το 2012, η παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου δεν αναμένεται να ξεκινήσει πριν το 2022. Η ολοκλήρωση και μελέτη των σεισμικών ερευνών 2D και 2D χρειάζεται κατά μέσο όρο 2 χρόνια. Στη συνέχεια, αφού τα στοιχεία γνωστοποιηθούν στο εκάστοτε κράτος, αυτό

τιλοποιεί τα αντίστοιχα θαλάσσια οικόπεδα και σε συνεννόηση με το κοινοβούλιο και την Ευρωπαϊκή Ένωση προχωρά σε σύναψη συμβάσεων εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων. Η χρονική περίοδος που απαιτείται δεν είναι αυστηρά καθορισμένη. Κατόπιν πραγματοποιούνται οι ερευνητικές γεωτρήσεις για να καθοριστεί εάν είναι οικονομικά συμφέρον να αξιοποιηθεί το εξεταζόμενο κοίτασμα. Η διαδικασία αυτή χρειάζεται περίπου δυο χρόνια. Τέλος, εφόσον το κοίτασμα πληροί τις οικονομοτεχνικές προϋποθέσεις που καθορίζονται από την εταιρία αρχίζει η παραγωγή του. [31]

#### **18.10 ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΟΥΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ**

Σύμφωνα με τα μέχρι στιγμής στοιχεία η εξόρυξη υδρογονανθράκων πρέπει να θεωρείται δεδομένη. Ωστόσο, είναι πολύ πιθανόν κάποιοι από τους παρακάτω παράγοντες να καθυστερήσουν ή να προκαλέσουν προβλήματα στη διαδικασία εκμετάλλευσης.

Πρωταρχικό ζήτημα είναι ο καθορισμός ΑΟΖ μεταξύ της Ελλάδας και των υπόλοιπων εμπλεκόμενων χωρών. Χωρίς τον καθορισμό της ελαττώνεται η δυνητική περιοχή εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων, ενώ υπάρχει ενδεχόμενο τρίτες χώρες να αξιώσουν μέρος των κοιτασμάτων κάνοντας λόγο για ασαφή όρια κυριαρχίας στους αντίστοιχους ταμειυτήρες υδρογονανθράκων. Στη συνέχεια, θα πρέπει να καθοριστεί ένα σταθερό φορολογικό καθεστώς για τις εταιρίες που θα θελήσουν να επενδύσουν σε αυτό τον τομέα, και να περιοριστούν φαινόμενα γραφειοκρατίας και αδιαφάνειας.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τις τελευταίες δεκαετίες οι ενεργειακές ανάγκες παγκοσμίως αυξάνονται. Οι υδρογονάνθρακες αποτελούν την κύρια πηγή ενέργειας, καθώς οι εναλλακτικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν κατάφεραν μέχρι στιγμής να καλύψουν την παραπάνω ζήτηση. Σύμφωνα με τους εκπροσώπους των εταιριών εκμετάλλευσης πετρελαίου και φυσικού αερίου, **τα εύκολα αποθέματα τείνουν να εξαντληθούν**, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο βαθμός δυσκολίας ανακάλυψης και εκμετάλλευσης νέων κοιτασμάτων.

Η έρευνα και εξόρυξη υδρογονανθράκων μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια **δαπανηρή, χρονοβόρα και υψηλού ρίσκου επένδυση**. Ο χρονικός ορίζοντας που μεσολαβεί μεταξύ της έκδοσης των ερευνητικών αδειών και της έναρξης παραγωγής του κοιτάσματος ξεπερνάει τη μια δεκαετία. **Οι αρχικές εκτιμήσεις** για την ποσότητα των υδρογονανθράκων που βρίσκονται παγιδευμένοι μέσα σε ένα ταμειούτση **βασίζονται σε πιθανολογικές εκτιμήσεις** με βάση τα στοιχεία των ερευνών. **Εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων** αναφορικά με την ποσότητα, την ποιότητα και την αποληψιμότητα του κοιτάσματος προσφέρει **η πρώτη δοκιμαστική γεώτρηση**.

**Η μόλυνση του περιβάλλοντος**, είναι ένα θέμα το οποίο απασχολεί την διεθνή κοινότητα καθώς και την πετρελαϊκή βιομηχανία. Παρά τα **αυστηρότατα μέτρα ασφαλείας** τα οποία λαμβάνονται σε κάθε επιχείρηση, δεν έχει καταστεί δυνατή η αποφυγή πετρελαιοκηλίδων και άλλων φυσικών καταστροφών, με πιο πρόσφατο παράδειγμα την οικολογική καταστροφή που συνέβη στον κόλπο του Μεξικού ύστερα από το ατύχημα στην πλατφόρμα Macondo.

Στην Ελλάδα, οι συζητήσεις για την έρευνα και εξόρυξη υδρογονανθράκων αναζωπυρώθηκαν το 2012. Τα πρώτα δεδομένα που παρουσίασε η ερευνητική εταιρία PGS το 2013 κάνουν λόγο για πιθανά κοιτάσματα υδρογονανθράκων στο Ελληνικό Δυτικό τόξο, με σημείο αναφοράς τις περιοχές του βορείου Ιονίου Πελάγους, την θαλάσσια περιοχή του Κατάκολου, καθώς και νοτίως της Κρήτης. Τα στοιχεία αυτά επιβεβαιώνουν παλαιότερες μελέτες Ελλήνων και ξένων γεωλόγων (**μεταξύ των οποίων μελέτες καθηγητών του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών, οι οποίες παρουσιάζονται βιβλιογραφικά στο παράρτημα Ι**).

Τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, εξόρυξη πετρελαίου στην Ελλάδα γίνεται μόνο στο κοιτάσμα του Πρίνου στην Καβάλα, με την παραγωγή να ανέρχεται σε περίπου 2500 βαρέλια/ημέρα. Τον Ιανουάριο του 2014, η εταιρία BP ήρθε σε συμφωνία με την Ελληνική κυβέρνηση για την παραχώρηση εκμετάλλευσης του κοιτάσματος, με στόχο την διεξαγωγή νέων διερευνητικών γεωτρήσεων και το διπλασιασμό της ημερήσιας παραγωγής σε βάθος χρόνου.

Τα κεφάλαια που απαιτούνται για την εξόρυξη των υδρογονανθράκων ανέρχονται σε εκατοντάδες εκατομμύρια ευρώ, ποσό που δεν μπορεί να δαπανήσει μονομερώς η Ελλάδα. Παίρνοντας όμως ως παράδειγμα άλλες χώρες, οι διαδικασίες εξόρυξης μπορούν να ανατεθούν σε μια άλλη κοινοπραξία, με την Ελλάδα να παίρνει μέρος των εσόδων του κοιτάσματος, σημαντικά φορολογικά κέρδη, καθώς και μείωση της ενεργειακής της εξάρτησης από τρίτες χώρες.

Στον αντίποδα, υπάρχουν αρκετά θέματα που πρέπει να διευθετηθούν, ώστε να αποδώσει το παραπάνω μοντέλο, όπως:

α) **καθιέρωση σταθερού φορολογικού καθεστώτος**: ζήτημα που επικαλέστηκαν εταιρίες, οι οποίες ενδιαφέρονται για την αξιοποίηση κοιτασμάτων στον Πατραϊκό Κόλπο

β) **μείωση της γραφειοκρατίας:** είναι χαρακτηριστικό ότι η υπογραφή συμβάσεων για την εκμετάλλευση κοιτασμάτων στον Πατραϊκό Κόλπο ξεκίνησε πριν δυο χρόνια και ακόμα δεν έχει ολοκληρωθεί

γ) **θέσπιση αυστηρότατων κανόνων ασφαλείας:** κυρίως για ότι αφορά περιβαλλοντικά θέματα λόγω διαφόρων παραγόντων(προστατευόμενο θαλάσσιο οικοσύστημα, τουρισμός, αυξημένη σεισμική δραστηριότητα).

Κλείνοντας, μπορούμε να πούμε, ότι η πιθανή εκμετάλλευση των κοιτασμάτων υδρογονανθράκων είναι σε θέση να αποφέρει σημαντικά κέρδη για τα χώρα μας, τόσο σε οικονομικό όσο και σε ενεργειακό επίπεδο, πλην όμως η οποιαδήποτε απόφαση ληφθεί πρέπει να λάβει υπόψη και τυχόν αρνητικές συνέπειες που μπορεί να προκληθούν. Στο σχεδιασμό της παραπάνω απόφασης είναι αναγκαία η συνεργασία της Πολιτείας με το επιστημονικό προσωπικό της χώρας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Δούτσος Θ., Γεωλογία : Αρχές και Εφαρμογές, Leader Books A.E, 2000.
- [2] Καρώνης Δ., Λόης Ε., Τεχνολογία Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.
- [3] Ρούκουνας Ε., Διεθνές Δίκαιο, 1<sup>ος</sup> τόμος, Σάκουλας. Αντ, 2004.
- [4] Σταματάκη Σ., Αυλωνίτης Γ., Μηχανική Πετρελαίων, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, 2001.
- [5] Bai, Yong., Pipeline and Risers, Elsevier Ocean Engineering Books Series, vol. 3, 2001.
- [6] Baker Hughes Inteq, Drilling Engineering Workbook, A Distributed Learning Course, 1995.
- [7] Begges, H., Gas Production Operations, 3<sup>rd</sup> edition, Oil and Gas Consultants International Inc, Tulsa, 1991.
- [8] Bradley H., Petroleum Engineering Handbook, 3<sup>rd</sup> edition, Society of petroleum engineers (SPE) , Richardson, Texas, USA, 1992.
- [9] Brown, K., The Technology of Artificial Lift Methods, vol. 2a, PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma.
- [10] Castaneda, C., Pratt, J., Priest, T., Offshore Pioneers-Brown and Root, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1997.
- [11] Chakrabarti, S., Handbook of offshore Engineering, Volumes I and II, Elsevier, 2005.
- [12] Cosse, R., Basics of Reservoir Engineering, Editions Technip (I.F.P), Paris, France, 1993.
- [13] Daniel Hill A., Ehlig-Economides Christine., Economides Michael, Petroleum Production Systems, Prentice-Hall, Inc , 1994.
- [14] Economides, J., Valko, P., Hydraulic Fracture Mechanics, John Wiley & Sons Ltd, 1997.
- [15] Fee, D., O' Dea, J., Technology for Developing Marginal Offshore Oilfields, Taylor and Francis, 2005.
- [16] Fingas, M., The Basics of Oil Spill Cleanup, 2<sup>nd</sup> edition, Lewis Publishers, 2001.
- [17] Gatlin, C., Petroleum Engineering, Prentice-Hall Inc, 1960.
- [18] Hunter, N., Offshore Oil Drilling, Heinemann Library, 2011.
- [19] Ikoku, C., Natural Gas Production Engineering, Krieger Publishing Company, 1992.
- [20] Introduction to Oil and Gas Production, 5<sup>η</sup> έκδοση, American Petroleum Institute, 1996.

- [21] Orszulik, S., Environmental Technology in the Oil Industry, 2<sup>nd</sup> edition, Springer, 2008.
- [22] Saidi, A., Reservoir Engineering Of Fractured Reservoirs, Total Edition Presse, 1987.
- [23] Selley Richard C., Elements of Petroleum Geology, 2<sup>nd</sup> edition, Academic Press, 1998.
- [24] Αβραάμ Δ., «Σχετικές διαπερατότητες και καθεστώτα ροής δυο μη-αναμίξιμων ρευστών κατά την ροή τους σε πορώδη σώματα», Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πάτρα, 1996.
- [25] Λιαρόπουλος Α., <<Έρευνα-Διάσωση>>, <<Η περίπτωση Έρευνας – Διάσωσης σε Πλατφόρμα Άντλησης Υδρογονανθράκων (Υ/Α) στην Ελληνική Search and Rescue Region (SRR)>>, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Τμήμα Γεωγραφίας, 2013.
- [26] Συγγούνη Β., «Μια νέα μέθοδος μέτρησης της κλασματικής διαβροχής πορωδών μέσων από πειράματα εκτόπισης δυο φάσεων», Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πάτρα, 2007.
- [27] Marine Seismic Operations, An Overview, IAGC, March 2002.
- [28] Mohd Ikhwan Hadi Bin Yaakob, Micromachined Parametric Array Acoustic Transducers for Sonar Applications, Hydrophone: Designs and Principle, Underwater Robotics research group.
- [29] Petroleum Reserves Definition, Society of Petroleum Engineer, 1997.
- [30] Γρηγορίου Γ, Έρευνα υδρογονανθράκων στην Ελλάδα. Υπάρχει δρόμος προς την εκμετάλλευση; , Ελληνικοί υδρογονάνθρακες : από την έρευνα στην εκμετάλλευση, Ακαδημία Αθηνών, Αθήνα 2012.
- [31] Ζαφειρόπουλος Γ, Το πετρελαϊκό δυναμικό της χώρας με βάση τις μέχρι σήμερα έρευνες, Ελληνικοί υδρογονάνθρακες : από την έρευνα στην εκμετάλλευση, Ακαδημία Αθηνών, Αθήνα 2012.
- [32] Ζεληλίδης Α., Πιθανά πεδία υδρογονανθράκων σε ιζηματογενείς λεκάνες, τόσο στη χέρσο όσο και στη θάλασσα, εντός της ΑΟΖ της χώρας μας, Ακαδημία Αθηνών, Αθήνα 2012.
- [33] [http://en.wikipedia.org/wiki/Reflection\\_seismology](http://en.wikipedia.org/wiki/Reflection_seismology)
- [34] [www.corribgaspipeline.com](http://www.corribgaspipeline.com)
- [35] [http://factsanddetails.com/media/2/20120529-481px-Pangaea\\_to\\_present.gif](http://factsanddetails.com/media/2/20120529-481px-Pangaea_to_present.gif)
- [36] <http://www.2b1stconsulting.com/shell-in-progress-with-malikai-tension-leg-platform-in-malaysia/>
- [37] <http://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/30775-different-types-of-offshore-production-platforms-for-oil-extraction/>
- [38] <http://www.depa.gr/content/article/002002001002/65.html>
- [39] <http://www.sub-surfrocks.co.uk/glossary.html>
- [40] [http://home.versatel.nl/the\\_sims/rig/i-expense.htm](http://home.versatel.nl/the_sims/rig/i-expense.htm)
- [41] <http://blogs.ft.com/energy-source/2011/03/24/reasons-behind-failure-of-the-blowout-preventer-in-the-macondo-well/#axzz2j8NJkFHa>

[42] <http://maritime-connector.com/wiki/platforms/>

[43] Οδηγία 2006/67/EK του Συμβουλίου, της 24ης Ιουλίου 2006, περί υποχρεώσεως διατηρήσεως ενός ελαχίστου επιπέδου αποθεμάτων αργού πετρελαίου ή/και προϊόντων πετρελαίου από τα κράτη μέλη (κωδικοποιημένη έκδοση), Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων αριθ. L 217 της 08/08/2006 σ. 008-0015.

[44] Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, Τεύχος Πρώτο, αριθμός φύλλου 179, 22 Αυγούστου 2011.

[45] Δελτίο Τύπου εταιρίας PGS 04/07/2013

[46] [http://kavalaoil.blogspot.gr/2013/10/blog-post\\_26.html](http://kavalaoil.blogspot.gr/2013/10/blog-post_26.html)

[47] [el.wikisource.org/wiki/Ιστορία\\_\(Ηροδότου\)/Μελλπομένη](http://el.wikisource.org/wiki/Ιστορία_(Ηροδότου)/Μελλπομένη)

[48] <http://www.indexmundi.com/energy.aspx?country=>

[49] <http://www.sanleonenergy.com/operations-and-assets/albania-durresi-block.aspx>

[50] <http://www.sanleonenergy.com/media-centre/news-releases/2013/april/26/durresi-block,-albania-licence-extension.aspx>

[51] <http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=rwtc&f=a>

[52] <http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RB RTE&f=M>

[53] [http://www.opec.org/opec\\_web/en/data\\_graphs/40.htm?selectedTab=annually](http://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/40.htm?selectedTab=annually)

[54] Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, Τεύχος Πρώτο, αριθμός φύλλου 27, 8 Φεβρουαρίου 1995.

[55] Οδηγία 94/22/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 30ής Μαΐου 1994 για τους όρους χορήγησης και χρήσης των αδειών αναζήτησης, εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Αριθ. L 164/3.

[56] [http://www.geol.lsu.edu/jlorenzo/ReflectSeismol03/Geophones\\_files/geophones.htm](http://www.geol.lsu.edu/jlorenzo/ReflectSeismol03/Geophones_files/geophones.htm)

[57] [http://newsline.linearcollider.org/newsline/images/2007/20070809\\_ftr1\\_3.jpg](http://newsline.linearcollider.org/newsline/images/2007/20070809_ftr1_3.jpg)

[58] <https://woodshole.er.usgs.gov/operations/sfmapping/images/airgun.jpg>

[59] [http://www.swiftdrilling.com/news/carrack\\_east\\_a\\_succesfull\\_well\\_test](http://www.swiftdrilling.com/news/carrack_east_a_succesfull_well_test)

[60] <http://static.subseaworldnews.com/wp-content/uploads/2012/08/Abu-Dhabi-Crude-Oil-Pipeline-Is-Operational.jpg>

[61] <http://www.globalsecurity.org/jhtml/jframe.html#http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/images/tanker-Ing-image101.jpg>

[62] [http://www.rigzone.com/images/howitworks/drill\\_bit\\_1.jpg](http://www.rigzone.com/images/howitworks/drill_bit_1.jpg)

[63] [http://www.rigzone.com/images/howitworks/drill\\_bit\\_2.jpg](http://www.rigzone.com/images/howitworks/drill_bit_2.jpg)

[64] Φουρτούνας Αθανάσιος, Παράγοντες επηρεασμού της τιμής του Πετρελαίου και η συσχέτιση της τιμής του με Ευρώ και Δολάριο.



**[65]** [http://static.environmentalgraffiti.com/sites/default/files/images/Blowout-preventer---diagram-\\_opt517x600.jpg](http://static.environmentalgraffiti.com/sites/default/files/images/Blowout-preventer---diagram-_opt517x600.jpg)

**[66]**

[http://contentmcdn.ethnos.gr/filesystem/images/20111204/low/assets\\_LARGE\\_t\\_420\\_54006868.JPG](http://contentmcdn.ethnos.gr/filesystem/images/20111204/low/assets_LARGE_t_420_54006868.JPG)

**[67]** <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=765&language=el-GR>

**[68]** <https://www.osha.gov/SLTC/>

**[69]** <http://elliniki-aoz.blogspot.gr/2013/03/ydrogonathrakes-sto-ionio-kai-notia-ths-krhths-real-news.html>

**[70]** <http://folk.uio.no/kalie/papers/eacm-ressim.pdf>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

### ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΠΟΥ ΕΜΦΑΝΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ 2012 ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΠΑΤΡΩΝ ΖΕΛΙΛΙΔΗ [32]

- [1] Maravelis, A. & Zelilidis, A. 2012: Porosity-permeability and textural parameters of the Paleogene forearc sedimentary fill on Lemnos Island, NE Greece. *Turkish Journal of Earth Sciences*, v.21, 415-438.
- [2] Maravelis, A. & Makrodimitras, G. & Zelilidis, A. 2012: Hydrocarbon prospectivity in the Apulian platform and the Ionian zone, in relation to strike-slip fault zones, foreland and back-thrust basins of Ionian thrust, in Greece. *Oil and Gas European Magazine*.
- [3] Maravelis, A. & Zelilidis, A. 2012: Unraveling provenance from Eocene-Oligocene sandstones of the Thrake, North-east Greece by Caravviolo et al., 2011, *sedimentology*, doi:10.1111/j.1365-3091.2011.01248.x. Discussion. *Sedimentology*.
- [4] Maravelis, A., Manutsoglou, E., Konstantopoulos, P., Pantopoulos, G., Makrodimitras, G., Zoumpoulis, E. & Zelilidis, A. 2012: Hydrocarbon plays and prospectivity of the Mediterranean ridge. *Energy sources Part A – recovery utilization and environmental effects*.
- [5] Pantopoulos, G. & Zelilidis, A. 2012: Petrographic and geochemical characteristics of Paleogene turbidite deposits in the southern Aegean (Karpathos Island, SE Greece): Implications for provenance and tectonic setting. *Chemie der Erde/ Geochemistry*.
- [6] Maravelis, A., Panagopoulos, G., Piliotis, I., Pasadakis, N., Manutsoglou, E. & Zelilidis, A. 2012: Source-rock potential of the Late Miocene (Tortonian-Early Messinian) sediments of the Central Crete. Submitted to *Geochemistry International*.
- [7] Maravelis, A., Makrodimitras, G., Zelilidis, A. 2012: Hydrocarbon potential seen on Western Greece and the Greek Mediterranean region. An overview. Submitted to *Arabian Journal of Geosciences*.
- [8] Maravelis, A., Zelilidis, A. 2012: Paleoclimatology across the Eocene/Oligocene boundary, Lemnos Island, Northeast Aegean Sea, Greece. Submitted to *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*.

- [9] Maravelis, A., Makrodimitras, G., Zelilidis, A. 2012: Stratigraphic evolution and source rock potential of a Late Oligocene-Early/Middle Miocene continental slope system, Diapondia Islands, Ionian Sea, NW Greece. Submitted to Journal of Magazine.
- [10] Konstantopoulos, P., Maravelis, A. & Zelilidis, A. 2012: The geodynamic setting of Pindos foreland basin in SW Greece: Tectonic and sedimentary evolution. Submitted to Journal of Episodes.
- [11] Konstantopoulos, P., Maravelis, A. & Zelilidis, A. 2012: Hydrocarbon potential of late Eocene-early Oligocene turbidite deposits in w. Peloponnesus (SW Greece), based on bulk geochemical parameters of the organic material. Submitted to Journal of Petroleum Science and Eng.
- [12] Konstantopoulos, P. & Zelilidis, A. 2012: Sedimentation of submarine fan deposits in Pindos foreland basin, from late Eocene to early Oligocene, west Peloponnesus peninsula, Greece. Submitted to Geological journal.
- [13] Maravelis, A. & Zelilidis, A. 2011: Geometry and Sequence Stratigraphy of Shelf and Basin Floor to Slope Turbidite System, Lemnos Island, NE Greece. Stratigraphy and Geological Correlation/Stratigrafiya. Geologicheskaya Korrelyatsiya v.19, 2, p.205-220.
- [14] Maravelis, A. & Zelilidis, A. 2010: Organic geochemical characteristics of the late Eocene- early Oligocene submarine fans and shelf deposits on Lemnos Island, NE Greece. Journal of Petroleum Science and Engineering, v.71, 160-168.
- [15] Maravelis, A. & Zelilidis, A. 2010: Petrography and geochemistry of the late Eocene-early Oligocene submarine fans and shelf deposits on Lemnos Island, NE Greece. Implications for provenance and tectonic setting. Geological Journal, v.45, p. 412-433.
- [16] Zelilidis, A., Vakalas, J., Barkooy, A., Darwish, M. & Tewfik, N. 2008: Impact of transfer faults and intrabasinal highs in basin evolution and sedimentation processes. Application to potential hydrocarbons fields development. Advanced Science Letters, 1, 1-10.
- [17] Kiomourtzi, P., Passadakis, N. & Zelilidis, A. 2008: Source rock and depositional environment study of three hydrocarbon fields in Prinos- Kavala basin (North Aegean). Open Petroleum Engineering Journal, v.1, p16-29.
- [18] Avramidis, P. & Zelilidis, A. 2007: Potential source rocks, organic geochemistry and thermal maturation in the southern sepo-center (Kipourio-Grevena) of the Mesohellenic Basin, central Greece. International Journal of Coal Geology, 71(4), p. 554-567.
- [19] Kiomourtzi, P., Passadakis, N. & Zelilidis, A. 2007: Geochemical characterization of satellite hydrocarbon formations in Prinos-Kavala basin (North Greece). Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τόμος XXXX/2, σελ. 839-850.
- [20] Maravelis, A., Konstantopoulos, P., Pantopoulos, G. & Zelilidis, A. 2007: North Aegean sedimentary basin evolution during the Late Eocene to Early Oligocene based on sedimentological studies on Lemnos Island (NE Greece). Geologica Carpathica, 58, p. 455-464.
- [21] Konstantopoulos, P., Maravelis, A., Pantopoulos, G. & Zelilidis, A. 2007: Sedimentology submarine fans palaeocurrent analysis in Peloponnesus area of Pindos foreland basin. Ορυκτός Πλούτος, τ. 143, σελ. 49-55.
- [22] Getsos, K. & Zelilidis, A. 2006: Study on Mesozoic carbonates of the Ionian zone and their petroleum potential based on stable isotopes, total organic carbon, SEM and clay minerals (NW Greece). Proceeding of the 2<sup>nd</sup> International Conference on: Advances in

Mineral Resources Management and Environmental Geotechnology, Chania 2006, Greece, p. 453-458.

[23] Kokinou, E., Kamberis, E., Vafidis, A., Monopolis, D., Ananiadis, G. & Zelilidis, A. 2005: Deep seismic reflection data from offshore western Greece: a new crustal model for the Ionian Sea. *Journal of Petroleum Geology*, v.28.

[24] Πασαδάκης, Ν., Κουτσοθεοδώρου, Ε., Μανούσογλου, Ε., Παπακωνσταντίνου, Κ., Κιομουρτζή, Π. & Ζεληλίδης, Α. 2005: Συγκριτική αξιολόγηση πετρελαίων της λεκάνης Πρίνου-Καβάλας με χρήση βιοδεικτών. 2<sup>ο</sup> Συνέδριο της Επιτροπής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας και Γεωχημείας. Θεσσαλονίκη 2005, σελ. 309-317.

[25] Schmitz, U., Dobrova, H. & Zelilidis, A. 2005: The hydrocarbon Potential of Western Greece- Past E & P Results and Future Possibilities. AAPG annual meeting in Paris 2005.

[26] Vakalas, I., Ananiadis, G., Kontopoulos, N., Stoykova, K. & Zelilidis, A. 2004: Age determination and palaeogeographic reconstruction of Pindos foreland basin based on calcareous nannofossils. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τόμος XXXVI/2, σελ. 864-873.

[27] Ananiadis, G., Vakalas, I., Zelilidis, A. & Stoykova, K. 2004: Palaeogeographic evolution of Pindos basin during Paleogene using calcareous nannofossils. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τόμος XXXVI/2, σελ. 836-845.

[28] Vakalas, I., Ananiadis, G., Zelilidis, A., Kontopoulos, N. & Tsikouras, B. 2004: Provenance of Pindos foreland flysch deposits using scanning electron microscopy and microanalysis. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τόμος XXXVI/1, σελ. 607-614.

[29] Ananiadis, G., Vakalas, I., Kontopoulos, N. & Zelilidis, A. 2004: Hydraulic and statistical grain-size parameters of Pindos turbidite deposits. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τόμος XXXVI/2, σελ. 689-698.

[30] Vakalas, I., Ananiadis, G., Kontopoulos, N. & Zelilidis, A. 2004: Grain size statistical parameters and paleoflow velocity measurements of the Tertiary Pindos foreland basin turbidites. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τόμος XXXVI/2, σελ. 717-724.

[31] Zelilidis, A., Piper, D.J.W., Vakalas, J., Avramidis, P. & Getsos, K. 2003: Oil and gas plays in Albania: do equivalent plays exist in Greece?. *Journal of Petroleum Geology*, 26, 1, p. 29-48.

[32] Zelilidis, A. 2003: The geometry of fan-deltas and related turbidites in narrow linear basins. *Geological Journal*, 38, p. 31-46.

[33] Stoykova, Kr., Avramidis, P. & Zelilidis, A. 2003: Calcareous nannofossils Stratigraphy of the Tertiary submarine fan deposits, Pindos foreland basin, western Greece. *Geologica Carpathica*, 54, 2, p. 107-118.

[34] Zelilidis, A., Piper, D.J.W. & Kontopoulos, N. 2002: Sedimentation and basin evolution of the Oligocene – Miocene Mesohellenic basin, Greece. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 86 (1), p. 161-182.

[35] Avramidis, P., Zelilidis, A., Vakalas, I. & Kontopoulos, N. 2002: Interaction between tectonic activity and eustatic sea-level changes in the Pindos and Mesohellenic Basins, NW Greece: basin evolution and hydrocarbon potential. *Journal of Petroleum Geology*, 25 (1), p. 53-82.

- [36]** Avramidis, P. & Zeligidis, A. 2001: The nature of deep-marine sedimentation and palaeocurrent trends as an evidence of Pindos foreland basin fill conditions. *Episodes*, 24, No4, p. 252-256.
- [37]** Avramidis, P., Zeligidis, A. & Kontopoulos, N. 2000: Thrust dissection control of deep-water clastic dispersal patterns in the Klematia-Paramythia foreland basin, Western Greece. *Geological Magazine.*, 137, p. 667-685.
- [38]** Kontopoulos, N., Fokianou, T., Zeligidis, A., Alexiadis, Ch. & Rigakis, N. 1999: Hydrocarbon potential of the middle Eocene-middle Miocene Mesohellenic piggy-back basin (central Greece): A cause study. *Marine and Petroleum Geology*, 16, p. 811-824.
- [39]** Avramidis, P. & Zeligidis, A. 1998: Two different submarine fan lobe types and their relationship to basin evolution; implication to hydrocarbon reservoirs, western Greece. *Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας*, Τόμος XXXII, No 2, σελ. 165-173.
- [40]** Zeligidis, A. & Kontopoulos, N. 1997: Depositional environments of the Pentalophos formation in the Mesohellenic basin: Application to the concept of the hydrocarbon habitat. *Ορυκτός Πλούτος*, 102, σελ.45-52.
- [41]** Zeligidis, A., Kontopoulos, N., Avramidis, P. & Bouzos, D. 1997: Late Eocene to early Miocene depositional environments of the Mesohellenic basin, North-Central Greece: Implications for hydrocarbon potential. *Geologica Balcania*, 27, 1-2, 45-55.
- [42]** Doutsos, T., Koukouvelas, I., Zeligidis, A. & Kontopoulos, N. 1984: Intracontinental wedging and post-orogenic collapse in Mesohellenic Trough. *Geol.Rundsch.*, 83, 257-275.