



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ-ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

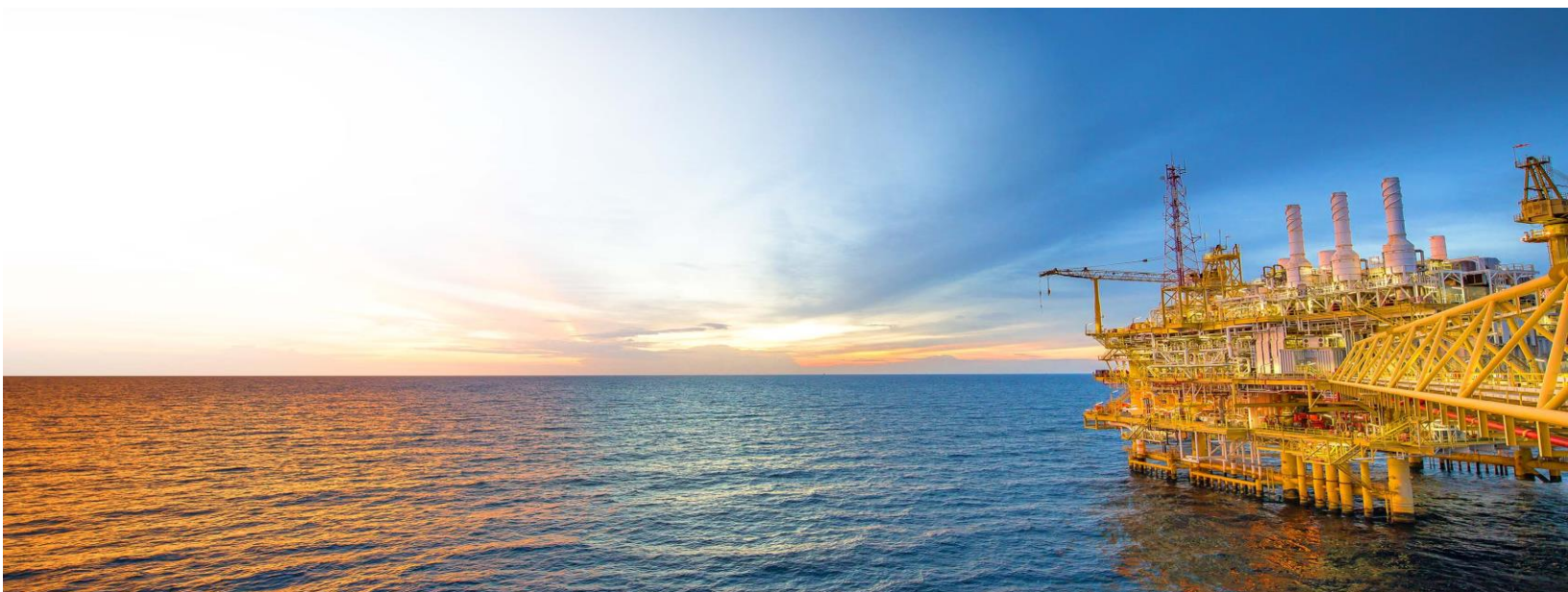


ΟΛΓΑ ΛΕΩΝΙΔΟΥ

Μεθοδολογίες εκτίμησης των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου:
γεωλογικά και ανακτήσιμα, με την σημερινή γνωστή τεχνολογία, αποθέματα

Oil and Gas reserves estimation methodologies: oil and gas in place and
recoverable reserves using existing technology

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2021





ΟΛΓΑ ΛΕΩΝΙΔΟΥ

Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5211

Μεθοδολογίες εκτίμησης των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου: γεωλογικά και ανακτήσιμα, με την σημερινή γνωστή τεχνολογία, αποθέματα

Oil and Gas reserves estimation methodologies: oil and gas in place and recoverable reserves using existing technology

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,
Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας,

Επιβλέπων

Γεωργακόπουλος Ανδρέας



© Όλγα Λεωνίδου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Μεθοδολογίες εκτίμησης των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου: γεωλογικά και ανακτήσιμα, με την σημερινή γνωστή τεχνολογία, αποθέματα– *Διπλωματική Εργασία*

©Olga Leonidou, School of Geology, Dept. of Mineralogy-Petrology-Economic Geology
2019

All rights reserved.

Oil and Gas reserves estimation methodologies: oil and gas in place and recoverable reserves using existing technology– *Bachelor Thesis*



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

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

<https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewipjuaXnMhIAhXfAmMBHeIjBD4Qjhx6BAgBEAI&url=https%3A%2F%2Fwww.ecoilandgas.com%2F&psig=AOvVaw38Qrud8a8L00arXg5F0mx6&ust=1572429803419457>



Οι πηγές ενέργειας αποτελούν κομμάτι της σύγχρονης εποχής. Ο μέσος άνθρωπος καταναλώνει αφάνταστες ποσότητες ενέργειας καθόλη την διάρκεια της ζωής του. Λόγω της ασύστολης αυτής σπατάλης ο άνθρωπος στράφηκε και στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Το φυσικό αέριο είναι το πλέον σύγχρονο αέριο καύσιμο που με την πάροδο διάφορων γεωλογικών περιόδων σχηματίστηκε σε μεγάλα βάθη και υπόγειες κοιλότητες. Πρόκειται για οικολογικό καύσιμο που έχει μεγάλο εύρος χρήσης στην καθημερινότητα αφού αποτελεί μια τεράστια πηγή ενέργειας.

Επί δεκαετίες χρησιμοποιείται από πολλές χώρες του κόσμου και η ζήτηση του συνεχώς και αυξάνεται. Μπορούμε επίσης να το συναντήσουμε στην υγροποιημένη του μορφή δηλαδή όπως είναι γνωστό Liquefied Natural Gas (LNG).

Η εκτίμηση των πόρων ξεκινά προσδιορίζοντας το έργο για το οποίο πρέπει να ποσοτικοποιηθούν τα αποθεματικά. Διαισθητικά, αυτή είναι η (αβέβαιη) ποσότητα πετρελαίου που θα ανακτηθεί από μία ή περισσότερες συγκεντρώσεις πετρελαίου. Πιο συγκεκριμένα, μια ποσότητα αποθεματικού ή πόρων είναι η ποσότητα πετρελαίου που θα ανακτηθεί ως απάντηση σε μια δεδομένη προσπάθεια για την απόκτησή του (δηλαδή, από ένα συγκεκριμένο σχέδιο ανάπτυξης ή έργο).

Η πρόβλεψη παραγωγής αποκαλύπτει ότι οι παραγόμενοι όγκοι εξαρτώνται από πληροφορίες πολύ πέρα από εκείνες που χρησιμοποιούνται στον χαρακτηρισμό των δεξαμενών και στη μηχανική και διαχείριση δεξαμενών. Τέλος τα στοιχεία των βραχυπρόθεσμων προβλέψεων λαμβάνονται συνήθως με την παρατήρηση της προηγούμενης προβλεψιμότητας της απόδοσης του εξοπλισμού, των τάσεων απόδοσης, της προβλεψιμότητας τους και ούτω καθεξής.

Εισαγωγή

Οι πηγές ενέργειας αποτελούν κομμάτι της σύγχρονης εποχής. Ο μέσος άνθρωπος καταναλώνει αφάνταστες ποσότητες ενέργειας καθόλη την διάρκεια της ζωής του. Λόγω της ασύστολης αυτής σπατάλης ο άνθρωπος στράφηκε και στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Παρόλα αυτά το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας, με τα σημερινά δεδομένα, παράγεται από μη ανανεώσιμες πηγές, όπως οι υδρογονάνθρακες. Στους υδρογονάνθρακες κατατάσσονται το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η διαδικασία ανάκτησης αυτών των υδρογονανθράκων είναι κάθε φορά διαφορετική και εξαρτάται κυρίως σε ποιά ποσοτητα, μορφή και περιοχή βρίσκεται το κοιτάσμα τους (Caldwell Heather, 2001).

Ο διαχωρισμός των αποθεμάτων αποτελεί μείζον θέμα. Τα τελευταία 60 χρόνια διάφορες οργανώσεις όπως Society of Petroleum Engineers (SPE) και World Petroleum Congresses (WPC) προσπάθησαν να ονομάσουν τις διαχωρίσεις των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου, διότι η έννοια "αποθέματα" δεν επαρκή για να προσδιορίσει της διαφορετικές μορφές και ποσότητες στις οποίες μπορεί να βρίσκεται το πετρέλαιο. Αυτή η προσπάθεια ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 1997 με την έγκριση του οργανισμού "SPE / WPC ορισμοί πετρελαιοκών αποθεμάτων". Επιπλέον, ήταν σημαντικό οι ορισμοί να παρέχουν επαρκή ευελιξία για τις χώρες και τις εταιρείες ώστε να προσαρμόσουν τα εσωτερικά τους συστήματα για να ανταποκριθούν στις ρυθμιστικές ή επιχειρηματικές τους υποχρεώσεις και ανάγκες (Crump, Hite, 2006).

Οι βασικές αρχές στις οποίες αναπτύχθηκαν αυτοί οι ορισμοί δημοσιεύθηκαν τον Ιανουάριο του 1996 στο τεύχος του περιοδικού Journal of Petroleum Technology και το τεύχος Ιουνίου 1996 του ενημερωτικού δελτίου του WPC. Ενώ οι ορισμοί αυτοί αποτελούν ένα σημαντικό βήμα προόδου τόσο στην αναφορά των αποθεματικών όσο και στη συμπερίληψη της τρέχουσας τεχνολογίας, περιορίστηκαν από αρκετές σημαντικές παραλείψεις. Μερικές από αυτές είναι (Crump, Hite, 2006):

1. Να αναγνωρίσουν τα οφέλη της προέκτασης των ορισμών ώστε να συμπεριληφθούν ποσότητες οι οποίες δεν είναι εκμεταλλεύσιμες κάτω από τις παρούσες οικονομικές συνθήκες. Και ποσότητες που δεν έχουν ακόμη ανακαλυφθεί.
2. Να καθοδηγήσουν σε πιθανές εφαρμογές μεθόδων εκμετάλλευσης αποθεμάτων και των αντίκτυπων αυτών στον οικονομικό προϋπολογισμό των επιχειρήσεων.
3. Να τονίσουν τους διάφορους διεθνείς κανονισμούς που παίζουν σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση και αναφορά των αποθεμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Το 1999, η επιτροπή αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου της SPE, σε συνεργασία με το WPC, ανέλαβε την ανάπτυξη ενός συστήματος ταξινόμησης των πόρων που θα περιλαμβάνει και θα συμπληρώνει τα αποθεματικά που εδραιώθηκαν το 1997. Σε αυτήν την προσπάθεια συμμετείχε η Αμερικανική Ένωση Γεωλόγων Πετρελαίου (AAPG), αργότερα εκείνο το έτος και εγκρίθηκε από τους τρεις οργανισμούς τον Φεβρουάριο του 2000. Με αυτούς τους νέους ορισμούς, η SPE, η WPC και η AAPG επιχειρούν να διορθώσουν, τουλάχιστον εν μέρει, ορισμένες από τις παραλείψεις διατηρώντας παράλληλα το πνεύμα των αρχών του ορισμού των αποθεμάτων.

1. Κεφάλαιο 1^ο – Ορισμοί και Χαρακτηριστικές Ιδιότητες του Φυσικού Αερίου

1.1 Ορισμοί Ουσιών και Στοιχείων του Φυσικού Αερίου

Τα αποθέματα των υδρογονανθράκων με τα συγχρόνα δεδομένα χωρίζονται σε βαθμίδες. Καθε βαθμίδα ορίζεται απο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, δηλαδή τα τεχνολογικά δεδομένα της εποχής, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα και τα γεωλογικά δεδομένα αλλά το κυριότερο χαρακτηριστικό είναι αν το υπό μελέτη κοίτασμα είναι οικονομικά ανακτήσιμο. Με αυτόν τον τρόπο οι περαιτέρω μελέτες διευκολύνονται. Βέβαια η κάθε μελέτη δεν στηρίζεται εξ ολοκλήρου σε αυτό τον διαχωρισμό.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποθέματα όπως διαχωρίζονται αναλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Πρωταρχικός διαχωρισμός είναι αν τα αποθέματα έχουν ανακαλύφθει ή όχι ακόμα (Discovered και Undiscovered). Επειτα πραθετονται με βάση τα προαναφερθεντα δεδομενα στις πιο κατω ομάδες. Το γεγονός όμως που θα πρέπει να τονιστεί είναι ότι απο όλες τις ομάδες που αναφέρονται πιο κάτω τα πιο σημαντικά απο οικονομικής πλευρας αποτελούν οι ομάδες που είναι χρωματισμένες στον **Πίνακα Νο.1**.

	DISCOVERED				UNDISCOVERED
Conventional	Reserves	Proven	Developed	Producing	Prospective Resources
				Non-Producing	
			Undeveloped		
		Unproven	Probable		
			Possible		
Unconventional	Economically unrecoverable recources	Contingent Resources			

Πίνακας 1: Ο διαχωρισμός των αποθεμάτων σε βαθμίδες.

Οι ορισμοί όπως αυτοί είναι γνωστοί σήμερα:

- **Conventional oil and gas:** Το πετρέλαιο και φυσικό αέριο που μπορεί να ανακτηθεί με την πρωτογενή και τη δευτερογενή ανάκτηση και ανέρχεται σε ποσοστό 20-40% του συνολικού πετρελαίου που βρίσκεται σε έναν ταμιευτήρα καλείται «συμβατικό» πετρέλαιο (conventional oil and gas).
- **Unconventional oil and gas:** Το υπόλοιπο ποσοστό που μπορεί εν μέρει να ανακτηθεί με εξειδικευμένες και δαπανηρές μεθόδους καλείται «μη-συμβατικό πετρέλαιο» (unconventional oil and gas).
- **Resources:** Γενικός ορισμός όλων των ποσοτήτων πετρελαίου και φυσικού αερίου που έχουν ανακαλυφθεί ή μη, ακόμα και αυτών που ήδη παρήχθησαν. Τα resources υποδιαιρούνται σε δύο κατηγορίες στα **discovered** και τα **undiscovered resources**.
 - **Discovered resources:** Όλες οι ανακαλυφθείσες μέχρι σήμερα ποσότητες πετρελαίου και φυσικού αερίου που βρίσκονται παγιδευμένες μέσα σε γεωλογικούς σχηματισμούς στο εσωτερικό της γης ή στην επιφάνεια της. Αυτή η ομάδα είναι πρακτικά εκείνη στην οποία συνεχίζονται οι μελέτες για διευκρινιστεί αν οι ποσότητες που βρέθηκε είναι εκμεταλλεύσιμη οικονομικά. Υποδιαιρείται στα Economically recoverable resources και Economically unrecoverable resources.
 - **Economically recoverable resources:** Όταν κριθεί πως κάποια ανακάλυψη πετρελαίου και φυσικού αερίου επιδέχεται εκμετάλλευσης με οικονομικά αποδεκτούς όρους.
 - **Economically unrecoverable resources:** Όταν μια ανακάλυψη πετρελαίου και φυσικού αερίου δεν είναι συμφέρουσα η εκμετάλλευση οικονομικά με τα υπάρχοντα δεδομένα. Υποομάδα θεωρούνται τα **contingent resources** όπου οι ποσότητες μελλοντικά είναι πιθανόν να είναι συμφέρουσες οι εκμεταλλεύσεις με βάση τα οικονομικά δεδομένα.
 - **Undiscovered resources:** Όλες οι μη ανακαλυφθείσες ποσότητες πετρελαίου και φυσικού αερίου που βρίσκονται παγιδευμένες μέσα σε

γεωλογικούς σχηματισμούς στο εσωτερικό της γης ή στην επιφάνεια της. Βέβαια υπάρχει η πιθανότητα ανάκτησης κάποιων μη ανακαλυφθέντων ποσοτήτων μελλοντικά. Αυτή η ομάδα χαρακτηρίζεται ως **Prospective resources**.

- **Reserves:** Εκείνες οι ποσότητες πετρελαίου και φυσικού αερίου που αναμένεται να ανακτηθούν κάτω από συγκεκριμένες τεχνολογικές συνθήκες λόγω εμπορικών και οικονομικών συμφερόντων από γνωστές συγκεντρώσεις.
- **Proven reserves:** Είναι οι ποσότητες που θα ανακτηθούν σχεδόν με βεβαιότητα με βάση τις υπάρχουσες τεχνολογικές συνθήκες και κάτω από οικονομικά αποδεκτούς όρους σε γνωστές συγκεντρώσεις. Η πιθανότητα αυτή αγγίζει το 90%. Γνωστά ως P90. Η κατηγορία αυτή υποδιαιρείται στα **developed** και **undeveloped**.
- **Proven developed:** Τα developed proven reserves είναι εκείνα που αναμένεται σύντομα να ανακτηθούν από γνωστές συγκεντρώσεις. Για να καταταχθεί κάποια συγκέντρωση σε αυτή την ομάδα θα πρέπει να έχει τοποθετηθεί ο κατάλληλος εξοπλισμός για να ξεκινήσει η ανάκτηση ή όταν το κόστος είναι σχεδόν μηδαμινό. Υποομάδες θεωρούνται τα **producing** και **non producing**.
- **Producing:** Στα producing κατατάσσονται τα developed proven reserves που θα ανακτηθούν από ανοιχτές και παραγωγικές γεωτρήσεις την ώρα της εκτίμησης.
- **Non producing:** Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται τα proven developed αλλά την χρονική στιγμή της εκτίμησης δεν είναι παραγωγικά.
- **Proven undeveloped:** Σε αυτή την ομάδα βρίσκονται όλα τα proven reserves τα οποία για διάφορους λόγους δεν βρίσκονται ακόμα υπό ανάπτυξη.
- **Unproven reserves:** Οι ποσότητες υδρογονανθράκων που κατατάσσονται στα unproven reserves είναι κυρίως βασισμένες σε γεωλογικά ή μηχανολογικά δεδομένα παρόμοια με εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν για να καταταχθούν ποσότητες στα proven reserves. Δυστυχώς όμως τεχνολογικές, μηχανολογικές και άλλες αβεβαιότητες τα τοποθετούν στα unproven reserves. Η ομάδα αυτή υποδιαιρείται με βάση την μελλοντική τους ανάκτηση στα probable και possible reserves.

- **Probable reserves:** Είναι οι ποσότητες υδρογονανθράκων που έχουν πιθανότητα ανάκτησης ίση με 50% με βάση τεχνολογικές και οικονομικές συνθήκες. Γνωστά ως P50.
- **Possible reserves:** Είναι οι ποσότητες υδρογονανθράκων που έχουν πιθανότητα ανάκτησης 10% με βάση τεχνολογικές και οικονομικές συνθήκες. Γνωστά ως P10.

Τα resources και τα reserves αποτελούν έννοιες διαφορετικές. Η κύρια διαφορά τους έγκειται στο γεγονός ότι τα reserves αποτελούν κομμάτι resources τα οποία λόγω ποσότητας, τεχνολογικής δυνατότητας και κυρίως οικονομικής οφέλιμης μπορούν να ανακτηθούν ενώ τα resources είναι ένας πιο γενικός ορισμός. Κυρίως τα resources αποτελούν αποτελέσματα ερευνητικών σταδίων για αυτό περιλαμβάνουν τα reserves, μη εκμεταλλεύσιμες ποσότητες ακόμα και αυτές που ήδη έχουν παραχθεί ή ακόμα και αυτών που δεν έχουν ανακαλυφθεί ακόμα.

1.2 Το Φυσικό Αέριο ως Χημική Ουσία

Το φυσικό αέριο είναι το πλέον σύγχρονο αέριο καύσιμο που με την πάροδο διάφορων γεωλογικών περιόδων σχηματίστηκε σε μεγάλα βάθη και υπόγειες κοιλότητες. Πρόκειται για οικολογικό καύσιμο που έχει μεγάλο εύρος χρήσης στην καθημερινότητα αφού αποτελεί μια τεράστια πηγή ενέργειας. Επί δεκαετίες χρησιμοποιείται από πολλές χώρες του κόσμου και η ζήτηση του συνεχώς και αυξάνεται. Μπορούμε επίσης να το συναντήσουμε στην υγροποιημένη του μορφή δηλαδή όπως είναι γνωστό Liquefied Natural Gas (LNG) (Παπανίκας, 2009).

Το φυσικό αέριο εξάγεται χρησιμοποιώντας μια ποικιλία μεθόδων ανάλογα με την γεωλογία, όπως κάθετη διάτρηση, οριζόντια διάτρηση και υδραυλική θραύση. Μετά την εξαγωγή του, ακολουθεί η μεταφορά και διανομή του μέσω αγωγών μεταφοράς στην περίπτωση του φυσικού αερίου (CNG) και μέσω ειδικών δεξαμενόπλοιων στην περίπτωση του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG). Αν και το φυσικό αέριο θεωρείται ως το ασφαλέστερο καύσιμο, ωστόσο μπορούν να συμβούν ατυχήματα κατά

την εξόρυξη, μεταφορά και χρήση του με αποτέλεσμα να επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις προς το περιβάλλον (Barcott, 2010).

1.3 Σύσταση και Ιδιότητες

Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο το οποίο εξάγεται από φρεάτια αερίων ή κατά την άντληση πετρελαίου. Συνυπάρχουν όμως σημαντικές ποσότητες αιθανίου, προπανίου, βουτανίου βαρύτεροι υδρογονάνθρακες, μικρές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακος, άζωτο, υδρατμούς, ήλιο και ενώσεις του θείου. Η ακριβής σύσταση του κυμαίνεται ανάλογα με τις γεωγραφικές περιοχές στις οποίες εντοπίζεται. Το μίγμα αυτό αποκαλείται και υγρό φυσικό αέριο. Το απαλλαγμένο από προσμίξεις καθαρό μεθάνιο, συχνά αποκαλείται και ξηρό φυσικό αέριο. Στους πίνακες Νο.2 και 3 δίδονται οι συστάσεις των τύπων φυσικού αερίου ανάλογα με την προέλευση τους.

	CH ₄ %	C ₂ H ₆ %	C ₃ H ₈ %	C ₄ H ₁₀ %	C ₅ ⁺ %	N ₂ %	CO ₂ %	H ₂ S %	He %	Hg %
Ολλανδία Groningen	81	2,8	0,4	0,2	0,1	14,3	0,9	-	0.03	0.002
Νορβηγία Ekofisk	85	8,4	2,9	1,0	0,15	0,4	2	10ppm	-	-
Γερμανία Solingen	85	1,5	0,07	0,03	2	12,5	0,5	-	0.03	1-5
Ινδονησία Arun	75	5,5	2,3	1,1	0,75	0,3	15	100ppm	-	0.2

ΗΠΑ Panhandle Texas	73,2	6,1	3,2	1,6	0,6	14,3	0,3	-	0.7	-
Γερμανία Wustrow	43	0,6	-	0,1	-	56	0,3	-	0.04	-
Γερμανία Sud- Oldenburg	77	0,1	-	-	-	7	8	8	-	-
Π.Σοβ. Ένωση Tenquiz	42	8,5	5,2	3,3	22	0,8	2.6	16	-	-
Καναδάς Bearberry	4	-	-	-	-	1	5	90	-	-

Πίνακας Νο.2 με τα τυπικά όρια διακύμανσης των κοιτασμάτων Φυσικού αερίου

Πίνακας Νο.3 Σύστασης Ρωσικού και Αλγερινού που εισάγονται στην Ελλάδα

Συστατικό- Ιδιότητες	Ρωσικό Φυσικό Αέριο		Αλγερινό Φυσικό Αέριο	
	Ελάχιστο (%)	Μέγιστο (%)	Ελάχιστο (%)	Μέγιστο (%)
CH ₄	85	-	85.65	96.60
C ₂ H ₆	-	7,00	3.20	8.50
C ₃ H ₈	-	3,00	-	3.00
κ-C ₄ H ₁₀	-	2,00	-	0.70
ι-C ₄ H ₁₀	-	-	-	0.52
C ₅ H ₁₂	-	1,00	-	0.23
CO ₂	-	3,00	-	-
N ₂	-	5,00	0.20	1.40
O ₂	-	0,02	-	-
H ₂ S	-	5 mg/m ³	-	0.83 mg/m ³
Δείκτης Wobbe	10850	12000	-	-
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη	8600 kcal/m ³	9200 kcal/m ³	9640 kcal/m ³	10650 kcal/m ³

Το Φυσικό Αέριο είναι άχρωμο, άγευστο και άοσμο. Κατά την φάση της διανομής του για εύκολο εντοπισμό σε περίπτωση διαρροών, προστίθεται τεχνητά η χαρακτηριστική μυρωδιά του. Είναι ελαφρύτερο του αέρα, επομένως σε περίπτωση διαρροής διαφεύγει στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος

έκρηξης σε αντίθεση με το υγραέριο που είναι βαρύτερο από τον αέρα με σχετική πυκνότητα (1,8). Το φυσικό αέριο έχει ΑΘΔ περίπου 9000-11000 kcal/Nm³. Για το υγραέριο αντίστοιχα είναι σημαντικά μεγαλύτερη και κυμαίνεται περίπου μεταξύ 23000-30000 kcal/Nm³. Τα όρια ανάφλεξης του φυσικού αερίου κυμαίνονται μεταξύ 4,5-15 %. Επομένως, σε περίπτωση που η περιεκτικότητα αέρα στο φυσικό αέριο είναι εκτός ορίων, δεν μπορεί να συντηρηθεί η καύση του.

Τα αέρια ομαδοποιούνται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το δείκτη Wobbe και τη θερμογόνο δύναμη. Η θερμογόνο δύναμη χαρακτηρίζει τη χημική περιεχόμενη ενέργεια σε ένα καύσιμο και διακρίνεται στην «Ανώτερη θερμογόνο δύναμη» (ΑΘΔ) και στην «Κατώτερη θερμογόνο Δύναμη» (ΚΘΔ). Ο δείκτης Wobbe συνδέεται με τη θερμογόνο δύναμη του αερίου και διαφοροποιείται και αυτός σε ανώτερο (W_o) και κατώτερο (W_u). Στην 1^η Οικογένεια καυσίμων ανήκουν τα τεχνητά αέρια (αέριο κωκερίας, αέριο πόλης) και στην 3^η Οικογένεια καυσίμων τα υγραέρια. Η 2^η Οικογένεια καυσίμων διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, την H (high) και την L (light). Το φυσικό αέριο που ανήκει στην κατηγορία (H) είναι το αέριο που προέρχεται από κλειστά κοιτάσματα αερίου και αυτό που ανήκει στην κατηγορία (L) είναι το αέριο που προέρχεται από κοιτάσματα πετρελαίου. Στην Ευρώπη μέχρι τώρα κυριαρχεί το Φυσικό αέριο τύπου (H) (<http://artinews.gr/%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%B4%CE%BB%CE%BF%CE%BD-%CF%84%CE%BF-%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B9%CE%BF.html>, <https://www.heraldopenaccess.us/openaccess/environmental-impacts-and-its-concerns-due-to-accidents-in-oil-gas-pipelines-around-india-a-mini-review>)

1.3 Εξόρυξη και Κατεργασία

Κατά τη διάρκεια κατολισθήσεων και καθιζήσεων του εδάφους, μεγάλες ποσότητες οργανικής ύλης καταβυθίστηκαν μέσα στη γη σχηματίζοντας πετρώματα. Με την πάροδο του χρόνου λόγω της καθίζησης όλων αυτών των μαζών γης, αναπτύχθηκαν υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες οι οποίες προκάλεσαν μια σειρά χημικών διεργασιών.

Αποτέλεσμα ήταν η μετατροπή της οργανικής ύλης σε υδρογονάνθρακες, οι οποίοι απορροφήθηκαν από πορώδεις πετρώματα και δημιούργησαν τα κοιτάσματα.

Κατά την πάροδο εκατομμυρίων ετών, το αέριο τμήμα των υδρογονανθράκων διαχωριζόμενο από το βαρύτερο υγρό τμήμα (πετρέλαιο), τείνει να ανέρχεται προς την επιφάνεια της γης. Καθώς το φυσικό αέριο αναδύεται παγιδεύεται σε δομές του υπεδάφους σχηματίζοντας τις κοιλότητες αερίου. Η ύπαρξη πορώδων πετρωμάτων οδηγεί στη συσσώρευση του φυσικού αερίου που εγκλωβίζεται στα μη διαπερατά πετρώματα και δεν επιτρέπει τη διέλευση του. Όσο μεγαλύτεροι είναι αυτοί οι σχηματισμοί τόσο μεγαλύτερη ποσότητα φυσικού αερίου μπορούν να παγιδεύσουν (Azelee et al, 2010)

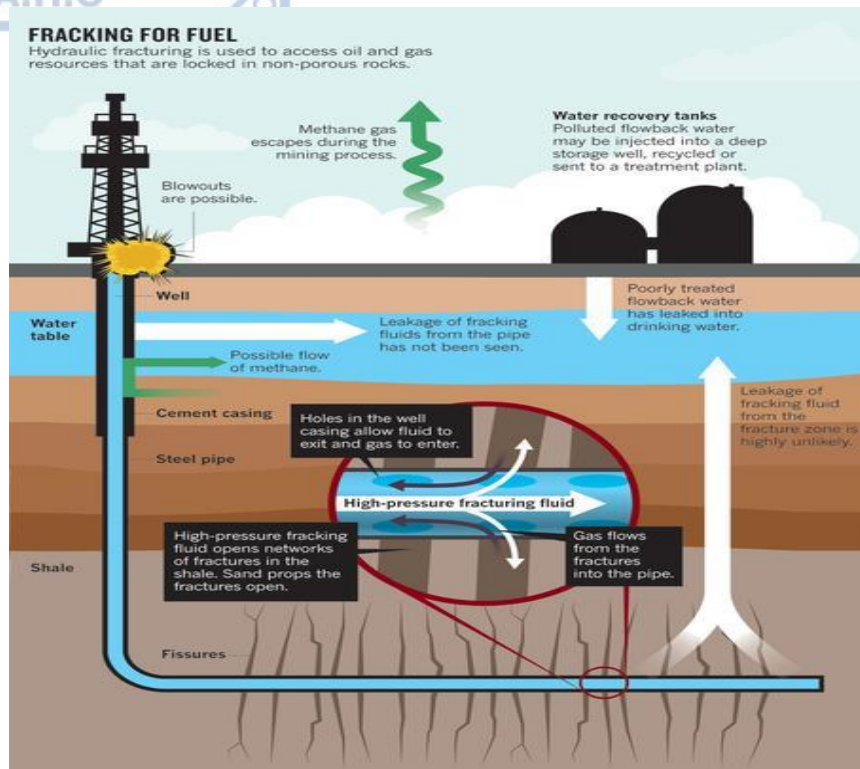
1.3.1 Τρόποι Εξόρυξης

Κάθετη Διάτρηση

Ανάλογα με την γεωλογία της περιοχής, η εξόρυξη του πραγματοποιείται με ποικιλία μεθόδων όπως κάθετη διάτρηση, οριζόντια διάτρηση και υδραυλική θραύση. Μέχρι την δεκαετία του 80' η μοναδική μέθοδος εξόρυξης ήταν με κάθετη διάτρηση. Σε ορισμένες περιπτώσεις όταν οι σχηματισμοί φυσικού αερίου βρίσκονται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια της γης ακολουθείται η εξόρυξη με την συγκεκριμένη μεθοδολογία μέχρι και σήμερα. Στην περίπτωση αυτή, τα φρεάτια τρυπιούνται κατευθείαν προς τη γη, απευθείας σε πορώδεις σχηματισμούς βράχου που συγκρατούν φυσικό αέριο. Το αέριο εξόρυξης της μεθόδου αυτής ονομάζεται και «συμβατικό» φυσικό αέριο.

Οριζόντια Διάτρηση

Άλλη μέθοδος εξόρυξης είναι η οριζόντια διάτρηση οποία εμφανίστηκε για πρώτη φορά στο Τέξας και στόχο είχε την πρόσβαση σε σχηματισμούς φυσικού αερίου που δεν ήταν αδύνατη η εξόρυξη τους για την εποχή εκείνη. Στην οριζόντια διάτρηση, χρησιμοποιείται ένας εύκαμπτος σωλήνας γεώτρησης με ένα οδηγούμενο τρυπάνι. Έχει τη δυνατότητα να λυγίσει ένα κατακόρυφο πηγάδι σε βάθος και στη συνέχεια να τρυπήσει οριζόντια μέσω εναπόθεσης φυσικού αερίου.

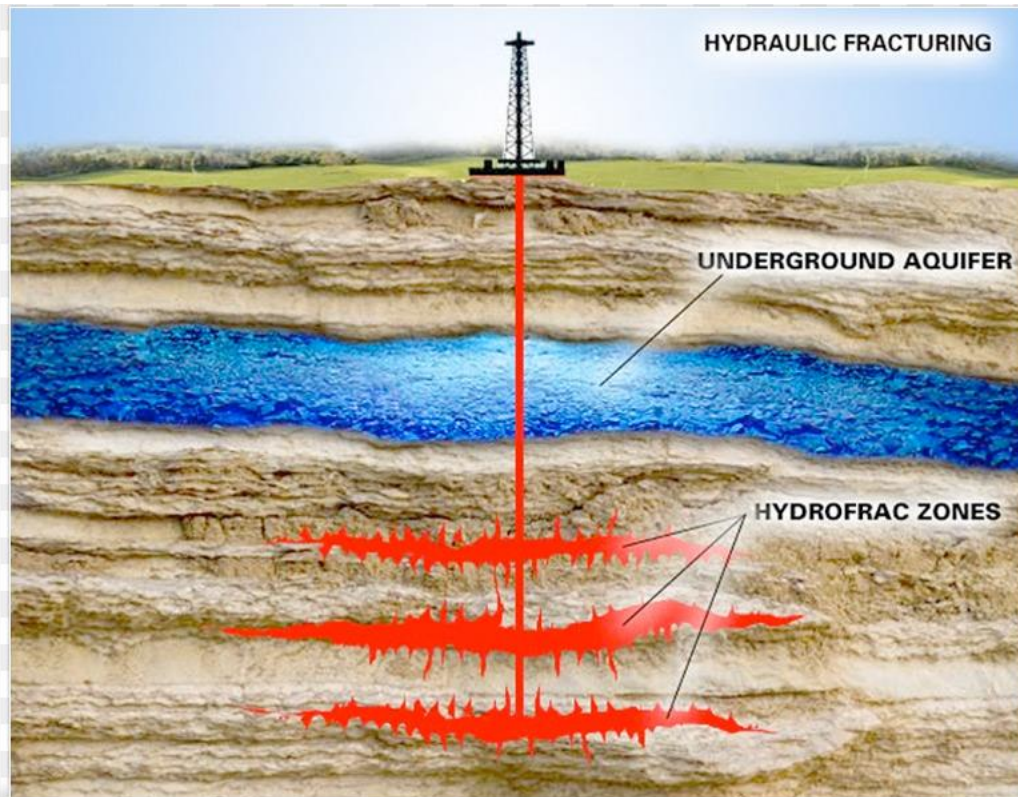


Υδραυλική Θραύση

Η υδραυλική ρωγμάτωση αποτελεί επίσης μέθοδο εξόρυξης. Σε αυτή τη περίπτωση η υδραυλική θραύση είναι μια διαδικασία που χωρίζει ανοιχτούς σχηματισμούς βράχου με ρεύματα νερού υψηλής πίεσης, χημικά και άμμο. Τα στηρίγματα άμμου ανοίγουν τα βράχια, τα οποία επιτρέπουν στο φυσικό αέριο να διαφύγει και να αποθηκευτεί ή να μεταφερθεί. Ωστόσο, το fracking απαιτεί τεράστιες ποσότητες νερού, οι οποίες μπορούν να μειώσουν ριζικά το υδάτινο περιβάλλον μιας περιοχής και να επηρεάσουν αρνητικά τους υδρόβιους οικοτόπους. Η διεργασία παράγει εξαιρετικά τοξικά και συχνά ραδιενεργά λύματα που, εάν υποστεί κακή διαχείριση, μπορούν να διαρρεύσουν και να μολύνουν υπόγειες πηγές νερού που χρησιμοποιούνται για πόσιμο, υγιεινή και βιομηχανική και γεωργική χρήση.

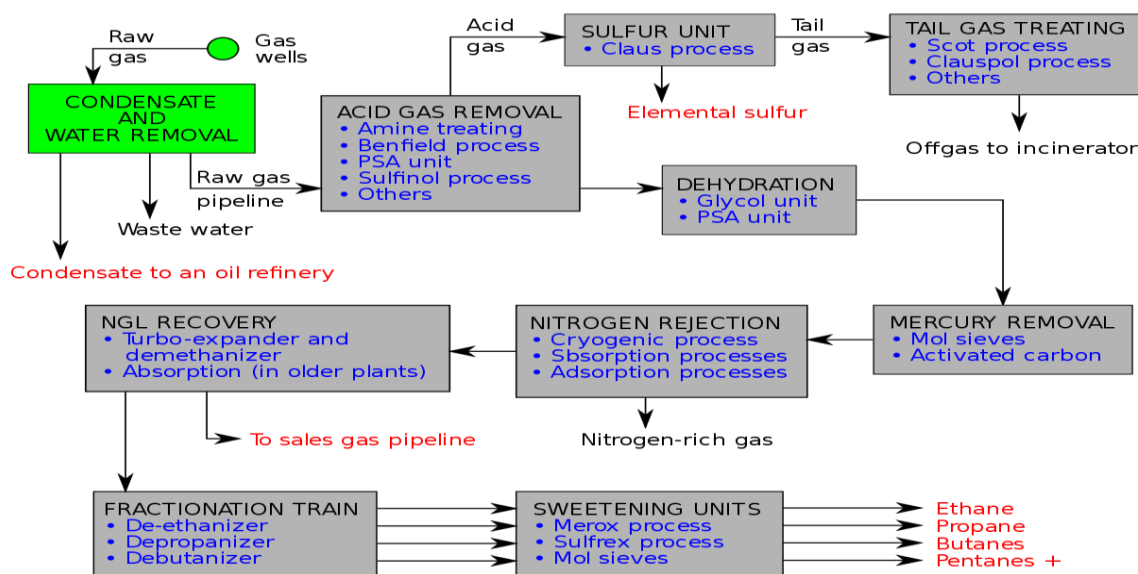
Επιπλέον, το fracking μπορεί να προκαλέσει μικρο-σεισμούς. Οι περισσότεροι από αυτούς τους σεισμούς είναι πολύ μικροσκοπικοί για να γίνουν αισθητοί στην επιφάνεια,

αλλά ορισμένοι γεωλόγοι και περιβαλλοντολόγοι προειδοποιούν ότι οι σεισμοί μπορεί να προκαλέσουν δομικές ζημιές σε κτίρια ή υπόγεια δίκτυα σωλήνων και καλωδίων. Λόγω αυτών των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, το fracking έχει επικριθεί και απαγορεύεται σε ορισμένες περιοχές. Σε άλλους τομείς, το fracking είναι μια προσοδοφόρα οικονομική ευκαιρία και παρέχει μια αξιόπιστη πηγή ενέργειας (Παπανίκας, 2009).



Το Φυσικό Αέριο υποβάλλεται σε κάποιες διεργασίες, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η μεταφορά του, η αποθήκευση και η κατανάλωση του. Όπως γνωρίζουμε το φυσικό αέριο που εξορύσσετε, βρίσκεται σε 2 φάσεις. Το φυσικό αέριο (CNG) το οποίο βρίσκεται στην αέρια μορφή και το υγροποιημένο φυσικό αέριο (NGL) που βρίσκεται στην υγρή μορφή. Το υγρό φυσικό αέριο (NGL) δεν υποβλήθηκε σε κατεργασίες και περιέχει περισσότερους βαρύτερους υδρογονάνθρακες. Συχνά το φυσικό αέριο που εξορύσσετε, καλείται και όξινο φυσικό αέριο αφού περιέχει όξινα αέρια όπως υδρόθειο (H_2S), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και οξείδια του αζώτου (NO_x). Το υδρόθειο και τα οξείδια

του αζώτου έχουν μεγάλη τοξικότητα και προκαλούν τεράστιες επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα. Επίσης τα αέρια αυτά συμβάλουν στη διάβρωση αγωγών και δεξαμενών και στην κρυστάλλωση τους σε περίπτωση υγροποίησης τους. Για τους πιο πάνω λόγους αμέσως μετά την εξόρυξη, το φυσικό αέριο υποβάλλεται σε κατεργασίες (Παπανίκας, 2009).



Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG)

Το 2020, το παγκόσμιο εμπόριο ΥΦΑ αντιστοιχούσε σε 356,1 MT, αύξηση 0,4% έναντι του 2019.

43 χώρες εισήγαγαν ΥΦΑ και 20 χώρες ήταν εξαγωγείς ΥΦΑ.

Για τη διευκόλυνση της μετακίνησης του φυσικού αερίου σε μεγάλες αποστάσεις, μπορεί να υγροποιηθεί και να συμπιεστεί με αποτέλεσμα τη δημιουργία του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Αρχικά το φυσικό αέριο υγροποιείται σε εξειδικευμένες εγκαταστάσεις και ακολούθως οδηγείται σε ειδικά δεξαμενόπλοια τα οποία διατηρούν το υγροποιημένο φυσικό αέριο στους -260 βαθμούς κελσίου.

Πλέον πολλές εταιρείες ζητούν έγκριση για την εξαγωγή του υγροποιημένου φυσικού αερίου αφού αποτελεί ευκολότερο τρόπο μεταφοράς του με αποτέλεσμα να ανέρχεται

μέχρι και το 50% της παραγωγής. Ειδικοί προβλέπουν ότι μέχρι το 2030, η ζήτηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου θα υπερδιπλασιαστεί. Για αυτό το λόγο, οι μεγάλες εταιρείες παραγωγής φυσικού αερίου όπως Chevron, Exxon Mobil, Royal Dutch Shell και Total, επενδύουν δισεκατομμύρια δολάρια στο υγροποιημένο φυσικό αέριο σε όλο τον κόσμο (<https://giignl.org/lng-markets-trade-0>)

1.4 Μεταφορά και Διανομή Φυσικού Αερίου

Σύμφωνα με το ν.2364/1995, Μεταφορά Φυσικού Αερίου κατονομάζεται η διέλευση του φυσικού αερίου. Τα κριτήρια επιλογής του τρόπου μεταφοράς είναι κυρίως γεωγραφικά, τεχνοοικονομικά και πολιτικά. Η μεταφορά του φυσικού αερίου πραγματοποιείται με τους εξής τρόπους (Ν.2364/1995):

- Μέσω θαλάσσης με ειδικά δεξαμενόπλοια σε υγρή μορφή
- Με επίγειους ή υποθαλάσσιους αγωγούς πίεσης μεγαλύτερης από 19 bar



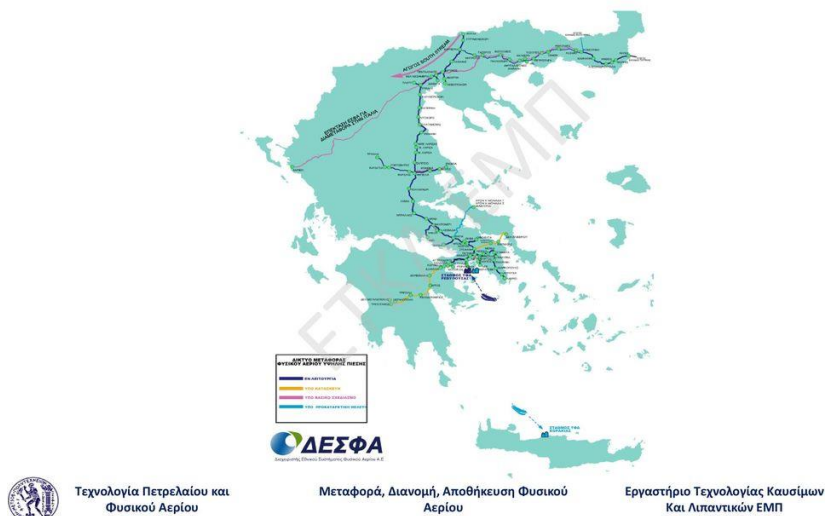
Στην Ελληνική επικράτεια, Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου, ή αλλιώς το σύνολο των εγκαταστάσεων του δικτύου μεταφοράς, μεταφέρει Φυσικό Αέριο από τα ελληνοβουλγαρικά (με Διαχειριστή την BULGARTRANGAZ), από τα ελληνοτουρκικά (με διαχειριστή BOTAS) και από τον τερματικό σταθμό υγροποιημένου φυσικού αερίου στη νήσο Ρεβυθούσα όπου μεταφέρεται το Αλγερινό Φυσικό Αέριο.

Αποτελείται από τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς υψηλής πίεσης από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα μέχρι την Αττική με συνολικό μήκος 512χλμ. με τους

κλάδους μεταφοράς υψηλής πίεσης με συνολικό μήκος 953χλμ., με σκοπό την τροφοδοσία της ανατολικής Μακεδονίας, Θράκης, Θεσσαλονίκης Βόλου, Τρικάλων, Οινόφυτων, Αλιβερίου, Κορίνθου, Θίσβης και Αττικής και τις εγκαταστάσεις υγροποιημένου φυσικού αερίου στη νήσο Ρεβυθούσα και άλλες απαραίτητες εγκαταστάσεις και υποδομές για τη μετακίνηση του αερίου.

Στην Ελλάδα, για την λειτουργία, διαχείριση, κατασκευή και εκμετάλλευση του Εθνικού Συστήματος Μεταφορά Φυσικού Αερίου υπεύθυνη εταιρία είναι η Διαχείριση Εθνικού συστήματος Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ) Α.Ε.

Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου



Το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου αποτελείται από:

- Κεντρικό αγωγό μεταφοράς και τους κλάδους του
- Μετρητικούς Σταθμούς (σύνορα Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου)
- Σταθμός Συμπίεσης (Νέα Μεσημβρία)
- Μετρητικούς και Ρυθμιστικούς σταθμούς
- Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής φορτίου
- Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης
- Σύστημα Τηλελέγχου και Τηλεπικοινωνιών

1.4.1 Σύστημα Διανομής Φυσικού Αερίου

Διανομή Φυσικού Αερίου ονομάζεται η διοχέτευση του φυσικού αερίου διαμέσου αγωγών πίεσης έως 19 bar.

Το Σύστημα Διανομής Φυσικού Αερίου αποτελείται από τους αγωγούς και τις εγκαταστάσεις που είναι απαραίτητες για την διανομή του φυσικού αερίου και σκοπό έχει την παροχή της απαιτούμενης ποσότητας, πίεσης και ποιότητας αερίου σε συνεχή ρυθμό στους καταναλωτές. Το σύστημα διανομής Φυσικού Αερίου αποτελείται από (Ν.2364/1995):

- Δίκτυο μέσης πίεσης
- Τομεακούς Σταθμούς Μέτρησης (υποβιβασμός πίεσης από 16 bar σε 4 bar)
- Δίκτυο χαμηλής πίεσης
- Αγωγούς παροχής
- Ρυθμιστές περιοχής (υποβιβασμός πίεσης για τροφοδοσία σε εσωτερικές εγκαταστάσεις)

Τα κριτήρια επιλογής του τρόπου μεταφοράς είναι κυρίως γεωγραφικά, τεχνοοικονομικά και πολιτικά. Το Φυσικό Αέριο, εισάγεται και μεταφέρεται κυρίως μέσω αγωγών. Οι αγωγοί μεταφοράς διακρίνονται ανάλογα με την πίεση σε:

- Αγωγούς υψηλής πίεσης (70 bar)
- Αγωγούς μέσης πίεσης (19 bar) που έχουν αποδέκτες βιομηχανικούς καταναλωτές
- Αγωγούς χαμηλής πίεσης (4 bar) που εξυπηρετούν κυρίως οικιακές, εμπορικές και βιομηχανικές χρήσεις

Οι αγωγοί υψηλής και μέσης πίεσης αποτελούνται από:

- Χαλύβδινους αγωγούς
- Μετρικηκούς σταθμούς



- Σταθμούς ρύθμισης πίεσης του αερίου
- Σταθμούς ρύθμισης ροής του αερίου
- Βαννοστάσια
- Διατάξεις καθαρισμού του αερίου
- Μονάδες αφύγρανσης του αερίου
- Συλλέκτες συμπυκνωμάτων
- Διατάξεις όσμησης του φυσικού αερίου
- Σταθμούς αποστολής και υποδοχής ξέστρων
- Κέντρα ελέγχου και διανομής
- Συστήματα επικοινωνιών και μεταφοράς δεδομένων
- Χώρους αποθήκευσης αερίου
- Συστήματα φραγής

1.4.2 Κατασκευή Δικτύων Μεταφοράς

Δίκτυο Υψηλής Πίεσης

Μετά από κατάλληλη μελέτη, για την κατασκευή επίγειων αγωγών ακολουθούν τα παρακάτω στάδια:

- Επιλογή όδευσης
- Διαστασιολόγηση του δικτύου
- Μεταφρά Υλικών
- Εκσκαφή χαντακιού
- Ηλεκτροσυκόλληση και έλεγχος συγκόλληση του αγωγού
- Μόνωση και έλεγχος μόνωσης των συγκολλήσεων
- Τοποθέτηση του αγωγού
- Αποκατάσταση επιφάνειας και κάλυψη του χαντακιού
- Υδραυλική δοκιμή



Σκοπός του δικτύου μέσης πίεσης είναι η διανομή του φυσικού αερίου σε μεγάλους καταναλωτές και τομεακούς σταθμούς ρύθμισης.

Για την κατασκευή και τοποθέτηση τους πραγματοποιείται μελέτη η οποία περιλαμβάνει:

- επιλογή όδευσης
- διαστασιολόγηση του δικτύου
- Κατάλληλη τοποθέτηση σωληνώσεων και βάνων

Δίκτυο Χαμηλής Πίεσης

Υπεύθυνο για την διανομή φυσικού αερίου στους καταναλωτές. Αφού πραγματοποιηθεί μελέτη για τον υπολογισμό φορτίου, στη συνέχεια διαχωρίζεται στους λειτουργικούς τομείς. Κάθε λειτουργικός τομέας αναπτύσσει διαφορετικό δίκτυο διανομής το οποίο τροφοδοτείται από δύο τομεακούς σταθμούς ρύθμισης. Η διαδικασία είναι η εξής:

- Μεταφορά και τοποθέτηση υλικών
- Εκσκαφή τάφρου
- Διάστρωση του πυθμένα
- Επίχωση
- Αποκατάσταση
- Μέτρα προστασίας του παροχευτικού αγωγού
- Διαδρομή σωλήνων
- Συνδέσεις πολυαιθυλενίου (με τη μέθοδο ηλεκτροσύντηξης)
- Υποβολή αγωγών σε δοκιμές
 - Πνευματική δοκιμή αντοχής στην πίεση
 - Πνευματική δοκιμή στεγανότητας

1.4.3 Κατασκευή Παροχετευτικού Αγωγού

Παροχετευτικός αγωγός είναι ο αγωγός που συνδέει τον αγωγό του δικτύου διανομής με τον μετρητή και ρυθμιστή παροχής του καταναλωτή. Η κατασκευή του ακολουθεί την εξής διαδικασία:

- Σύνδεση των τμημάτων του σωλήνα πολυαιθυλενίου με ηλεκτροσύντηξη
- Σύνδεση του εξαρτήματος μετάβασης από σωλήνα πολυαιθυλενίου σε μεταλλικό σωλήνα
- Σύνδεση του σωλήνα πολυαιθυλενίου με τη σέλα παροχής με ηλεκτροσύντηξη
- Σύνδεση σέλας με τον αγωγό διανομής
- Πνευματικές δοκιμές πίεσης και στεγανότητας του παροχετευτικού αγωγού
- Σύνδεση του με τον ρυθμιστή και τον μετρητή
- Διάτρηση του αγωγού διανομής και πλήρωση του παροχετευτικού αγωγού με αέριο

1.4.4 Έλεγχος Λειτουργίας και Συντήρησης Αγωγών

Αποτελεί ένα σημαντικό στάδιο για την σωστή λειτουργία των αγωγών και την αποφυγή τυχόν διαρροών. Το στάδιο αυτό αποτελείται από τους παρακάτω ελέγχους:

- Επιθεώρηση (Συστηματικός και περιοδικός έλεγχος των συνθηκών λειτουργίας για αποφυγή οποιουδήποτε κινδύνου προς το κοινό και για τις εγκαταστάσεις αερίου)
- Λειτουργία Μετρητικών και Ρυθμιστικών σταθμών (Δραστηριότητες που εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία του δικτύου μεταφοράς φυσικού αερίου)
- Χειρισμοί (Δραστηριότητες που μεταβάλλουν την κατάσταση των εγκαταστάσεων στο τμήμα λειτουργίας και συντήρησης)
- Ανίχνευση Διαρροών αερίου (Εξειδικευμένο ειδικό συνεργείο πραγματοποιεί περιπολίες για την ανίχνευση τυχόν διαρροών στο δίκτυο χαμηλής πίεσης)
- Εργασίες Συντήρησης (Εργασίες που πραγματοποιούνται για την επισκευή βλαβών και συντήρησης των εγκαταστάσεων)



- Έκτακτα Περιστατικά (Εξειδικευμένο προσωπικό σπεύδει άμεσα στο σημείο της βλάβης και πραγματοποιεί τις απαραίτητες εργασίες με σκοπό την ασφάλεια του κοινού και τη διατήρηση της ομαλής λειτουργίας των αγωγών)
- Συντονισμός με τρίτους παράγοντες (Υπάρχει συνεχής επαφή με όλες τις υπηρεσίες για την προστασία των εγκαταστάσεων από τυχόν ατύχημα που προκλήθηκε από τρίτους)
- Κεντρικός Έλεγχος (Παρακολούθηση από το θάλαμο ελέγχου των τηλεχειριζόμενων εγκαταστάσεων)

1.5 Κίνδυνοι και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Κατά τη Μεταφορά

Τα περισσότερα κυρίως ατυχήματα οφείλονται σε ανθρώπινο λάθος. Ωστόσο υπάρχουν αρκετές αιτίες για να συμβεί μια έκρηξη αγωγού φυσικού αερίου. Μερικές από τις αιτίες παρουσιάζονται πιο κάτω (Ν.2364/1995):

- Διάβρωση και αστοχία στον αγωγό λόγω περιβαλλοντικών παραγόντων
- Χτύπημα των αγωγών από παρέμβαση τρίτου
- Διάβρωση των αγωγών λόγω της συνεχόμενης άσκησης πίεσης με αποτέλεσμα την εμφάνιση ρωγμών στο μέταλλο
- Αστοχίες κατά την κατασκευή και σύνδεση σωλήνων
- Μηχανικές Αστοχίες των υλικών κατασκευής των αγωγών

Κίνδυνοι για την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων

Πυρκαγιά – έκρηξη

Αποτελεί τον σημαντικότερο κίνδυνο για τους εργαζομένους και μπορεί να προκληθεί από διαρροή φυσικού αερίου, από ολική ή ακόμα και μερική ρήξη του αγωγού σε χώρους όπου υπάρχουν πηγές ανάφλεξης.



- **Θόρυβος**

Το προσωπικό μπορεί να εκτεθεί σε υψηλές εντάσεις θορύβου που ξεπερνούν την ανώτερη οριακή τιμή έκθεσης των 87 dB(A), φτάνοντας ακόμη και σε τιμές 120 dB(A).

- **Υψηλή – χαμηλή θερμοκρασία**

- **Υπεριώδη ακτινοβολία**

Το προσωπικό κατά τη διάρκεια οποιαδήποτε εργασίας μπορεί να εκτεθεί στις υπεριώδεις ακτίνες ηλίου για αρκετή ώρα. Επίσης κατά την διαδικασία ηλεκτροσυγκόλλησης μπορούν να εκτεθούν σε υπεριώδη ακτινοβολία.

- **Ιοντίζουσα ακτινοβολία**

Λιερχόμενα οχήματα

Οι περισσότερες εργασίες πραγματοποιούνται σε δρόμους όπου δεν έχει διακοπεί η κυκλοφορία και υπάρχει κακή ορατότητα.

Εξοπλισμός

Αρκετές φορές λόγω της μη συντήρησης των μηχανημάτων και της χρήσης ακατάλληλων εργαλείων προκαλούνται ατυχήματα.

Ηλεκτρικό ρεύμα

Αρκετές εργασίες πραγματοποιούνται με τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος.

Χημικοί Παράγοντες

Οι εργαζόμενοι στο δίκτυο διανομής φυσικού αερίου εκτίθενται σε χημικούς παράγοντες.

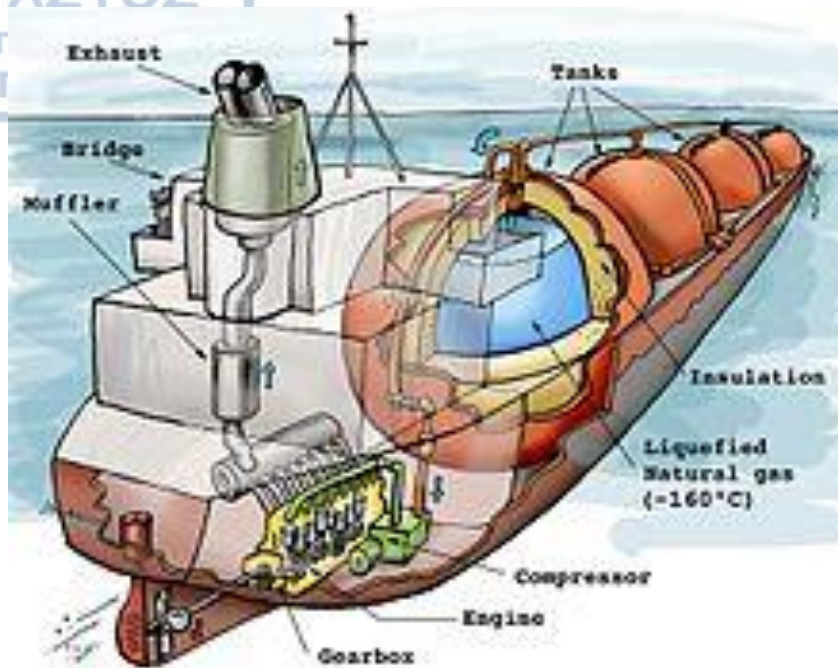
1.6 Μεταφορά Φυσικού Αερίου με Πλοία

Αναφερόμενοι στα πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων (Liquified gas carriers), θα λέγαμε πως τα πλοία αυτά μεταφέρουν υγροποιημένους αέριους υδρογονάνθρακες και

διακρίνονται σε δύο κυρίως τύπους, αυτόν της μεταφοράς υγροποιημένων αερίων πετρελαίου (Liquified Petroleum Gas, LPG) και τύπο μεταφοράς υγροποιημένων φυσικών αερίων (Liquified Natural Gas, LNG). Τα πρώτα αέρια αποτελούν προϊόντα της διύλισης πετρελαίου, όπως το βουτάνιο και προπάνιο, ενώ τα δευτερεύοντα αποτελούν άμεσους φυσικούς πόρους, όπως το μεθάνιο και εθάνιο, ή είναι αναμεμειγμένα με το αργό πετρέλαιο και συγκεντρώνονται στις πετρελαιοπηγές. Η εκφόρτωση γίνεται με αντλίες των πλοίων και η φόρτωση με αντλίες των τερματικών σταθμών (Seamanship International, 2017).

Αντίστοιχα, στα πλοία μεταφοράς LNG, τα αέρια αυτά σε αντίθεση με τα LPG δεν υγροποιούνται υπό συνθήκες πίεσης μόνο, και μεταφέρονται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (εθάνιο στους -104 και μεθάνιο στους -176) υπό ατμοσφαιρική πίεση. Όπως και στην περίπτωση των LPG οι δεξαμενές είναι ανεξάρτητες, συνήθως σφαιρικού τύπου, αλλά κατασκευάζονται από παχύ έλασμα αντιδιαβρωτικού κράμματος αλουμινίου πλαισιασμένο από θερμομόνωση.

Μέσα από τις γνώμες των ειδικών για τις αποκλειστικά οικονομικά ζώνες, για τους αγωγούς πετρελαίου, τους αγωγούς αερίου και άλλα συναφή θέματα, θα πρέπει να οριοθετηθεί και η έννοια του στοιχείου LPG και η μεταφορά του σε συγκεκριμένα είδη πλοίων προς φόρτωση και μεταφορά. Έτσι λοιπόν θα λέγαμε πως χαρακτηριστικά το LPG θα πρέπει να θεωρηθεί ως ένας πλωτός αγωγός που διαθέτει την ικανότητα να μεταφέρει αέριο. Με τον ίδιο τρόπο λοιπόν όπως τα πετρελαιοφόρα, τα πλοία LNG είναι ένα μέσο μεταφοράς ακάθαρτου πετρελαίου, από το μέρος από το οποίο εξάγεται το πετρέλαιο ή το αέριο, δηλαδή στον τόπο παραγωγής στον τόπο κατανάλωσης.



Εικόνα Νο.5 – Σημεία Λειτουργίας σε Ένα Πλοίο Τύπου LNG

Αναφερόμενοι στο τρόπο μεταφοράς φυσικού αερίου με πλοίο τύπου LNG και τα σύγχρονα δεδομένα τα οποία αναφέρονται σχετικά, θα μπορούσαν να σημειωθούν τα εξής. Τα πλοία αυτού του τύπου δεν είναι τίποτε άλλο από ένα είδος εμπορικών πλοίων ή/και δεξαμενόπλοιων των οποίων το φορτίο είναι το φυσικό αέριο και το οποίο βρίσκεται σε υγρή μορφή και όπου η μεταφορά του με τα συγκεκριμένα πλοία, διεξάγεται αντίστοιχα όπως και η μεταφορά του πετρελαίου (Seamanship International, 2017).



Εικόνα Νο.6 – Φωτογραφία Πλοίου Τύπου LNG με Ορθογώνια Τραπεζοειδής Δεξαμενή

θα πρέπει λοιπόν να σημειωθεί σχετικά πως η εμφάνιση αλλά και η ναυπήγηση των πρώτων πλοίων του συγκεκριμένου είδους έγινε στην δεκαετία του 1960. Την εποχή εκείνη έφεραν την ονομασία μεθανιοφόρα. Τα χαρακτηριστικά των δεξαμενών τους ήταν ότι το σχήμα έφερε τη μορφή ενός ορθογώνιου τραπεζοειδούς. Αργότερα όμως αυτό άλλαξε και έγινε σφαιροειδές, εκ των οποίων το πάνω μέρος τους ήταν υψηλότερο από το βασικό κατάστρωμα του πλοίου. Οι δεξαμενές τύπου μεμβράνης αναφέρονται στα σύγχρονα υγραεριοφόρα πλοία. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι εντός των συγκεκριμένων δεξαμενών, η μεταφορά των υγραερίων επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία πολύ χαμηλή.

Συγκεκριμένα, για κάποια από αυτά τα φορτία φθάνει στους -250°F , ή σε υψηλές πιέσεις. Το γεγονός αυτό της μεταφοράς των αερίων φορτίων είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο και γι' αυτό το λόγο και τα πλοία αυτού του τύπου θεωρούνται επικίνδυνα, αφού τα ατυχήματα είναι πολύ πιθανό να συμβούν. Δεν είναι τυχαίο ότι τα μέτρα ασφαλείας αλλά και οι περιορισμοί σε αυτού του τύπου τα πλοία είναι πολύ λεπτομερείς σε συνάρτηση με

τις αμοιβές των ναυτικών που ταξιδεύουν με αυτά. Με σκοπό επίσης να διεξαχθεί μια σωστή προσέγγιση αυτών των πλοίων στους λιμένες, θα πρέπει να υπάρχουν ειδικοί προβλήτες ιδίων ή συναφών εγκαταστάσεων και τα μέτρα ασφαλείας να είναι επίσης σχολαστικά. Επίσης, οι όποιες προβλέψεις για την αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων είναι απαραίτητη.

θα πρέπει να σημειωθεί επίσης πως το έτος 1976, η χωρητικότητα των ελληνικών πλοίων έφτανε τους 338.0000 κόρους επί της συνολικής παγκόσμιας χωρητικότητας που ήταν 372.000.000 κόρων. Περίπου δηλαδή του 0,9% της χωρητικότητας πριν 25 χρόνια άνηκε σε ελληνικά χέρια και σε αντίθεση με το σήμερα όπου το 46% των συγκεκριμένων πλοίων ανήκει σε Έλληνες εφοπλιστές. Να σημειωθεί ότι η αύξηση του αριθμού των πλοίων μπορεί να μην είναι εντυπωσιακή αλλά είναι σταθερή και ειδικά από τη στιγμή που η κατανάλωση υγραερίου και η παγκόσμια ανάγκη για αυτή διπλασιάστηκε σε μια δεκαετία.

Σύνθεση Τυπικού Φυσικού Αερίου και ΥΦΑ



Διάγραμμα Νο. 1 – Απεικόνιση Σύνθεσης Τυπικού Φυσικού Αερίου και Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Ειδικότερα, από το 1960 - 1970 από 20 σε 40 δισεκατομμύρια κυβικούς πόδες. Προκειμένου να κατανοήσει κάποιος την ικανότητα μεταφοράς αυτών των πλοίων, αναφέρεται ότι ένα κυβικό μέτρο αντιστοιχεί σε 600 κυβικά μέτρα φυσικού αερίου σε

κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Δηλαδή ένα πλοίο αυτού του τύπου με χωρητικότητα 90.000 ή 120.000 κυβικά μέτρα είναι σε θέση να μεταφέρει σε κάθε ταξίδι 50.000.000 ή και 70.000.000 κυβικά μέτρα φυσικό αέριο. Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης πως οι βασικοί τύποι των υγραεριοφόρων πλοίων που παρατηρούνται στις θαλάσσιες μεταφορές είναι οι εξής:

- Υγραεριοφόρα φυσικού αερίου τα οποία λέγονται και δεξαμενόπλοια
- Τα τάνκερς φυσικού αερίου ή διαφορετικά τα Liquifield Natural Gas
- Τα υγραεριοφόρα πετρελαϊκού τύπου τα οποία είναι τα δεξαμενόπλοια ή τα τάνκερς πετρελαϊκού τύπου - Liquid Petroleum Gas

Θεωρείται σημαντικό επίσης το γεγονός πως βασικά στοιχεία για αυτού του είδους πλοία, θεωρούνται οι ακόλουθες λεπτομέρειες μεταφοράς φορτίων τους ως εξής (Seamanship International, 2017):

- Σε κυβικά μέτρα έχει καθιερωθεί να υπολογίζεται η χωρητικότητα αυτών των πλοίων καθώς και να δηλώνεται σχετικά Το διεθνές σύμβολο που χρησιμοποιείται είναι το cbm

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι υπάρχουν διαφορές και πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τους αγωγούς μεταφοράς αερίου για μεγάλες αποστάσεις. Αυτά τα πλεονεκτήματα είναι εμφανή για τα πλοία μεταφοράς αερίου, αφού:

- Τα πλοία αυτά που μεταφέρουν υγροποιημένο αέριο, η ποσότητα που μεταφέρουν είναι συνήθως 160.000 κυβικά μέτρα υγροποιημένου αερίου.
- Η θερμοκρασία που μεταφέρεται το υγροποιημένο αέριο είναι στους -270oF περίπου.
- Υπάρχει πολύ μεγάλη συμύκνωση στο προϊόν με αποτέλεσμα η ποσότητα η οποία μπορεί να μεταφερθεί να είναι μεγάλη.
- Όσον αφορά την αγορά της Ρωσίας και των αγορών που μπορούν να προχωρήσουν στην αγορά αερίου από εκεί υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς του αερίου μέσω αγωγού .

2. Κεφάλαιο 2^ο – Αποθεματικά και Πόροι Πετρελαίου / Φυσικού Αερίου Καθώς και Χαρακτηριστικά που Εμπλέκονται Σχετικά

2.1 Αποθεματικά και Πόροι

Η εκτίμηση των πόρων ξεκινά προσδιορίζοντας το έργο για το οποίο πρέπει να ποσοτικοποιηθούν τα αποθεματικά. Διαισθητικά, αυτή είναι η (αβέβαιη) ποσότητα πετρελαίου που θα ανακτηθεί από μία ή περισσότερες συγκεντρώσεις πετρελαίου. Πιο συγκεκριμένα, μια ποσότητα αποθεματικού ή πόρων είναι η ποσότητα πετρελαίου που θα ανακτηθεί ως απάντηση σε μια δεδομένη προσπάθεια για την απόκτησή του (δηλαδή, από ένα συγκεκριμένο σχέδιο ανάπτυξης ή έργο) (spe.org, 2001).

Έτσι, ένα πεδίο μπορεί να έχει πόρους πετρελαίου σε πολλές κατηγορίες πόρων ταυτόχρονα. Ένα πεδίο με αποθέματα πετρελαίου μπορεί, για παράδειγμα, να έχει συσχετισμένο ή ελεύθερο αέριο, ή πιθανότητα βελτιωμένης ανάκαμψης, το οποίο δεν πληροί τις απαιτήσεις που ορίζονται από τους ορισμούς πόρων για να τα αναφέρει ως αποθεματικά, αλλά μπορεί να είναι ενδεχόμενοι πόροι. Το πεδίο μπορεί επίσης να έχει προοπτικούς (μη ανακαλυφθέντες) πόρους (spe.org, 2001).

Όταν η νέα ταξινόμηση πόρων εισήχθη το έτος 2000, επέτρεψε μια σαφέστερη διάκριση μεταξύ αβέβαιων ανακτήσιμων ποσοτήτων από ένα έργο δεδομένης λήξης και έργων διαφορετικής διάρκειας. Καθώς αυτό δεν διευκολύνθηκε όταν οι ορισμοί των αποθεματικών ήταν μόνοι, οι ορισμοί επιτρέπουν τη συμπερίληψη εμπορικά λιγότερο ώριμων πόρων στα πιθανά και πιθανά αποθεματικά. Σήμερα, αυτά θα μπορούσαν να ταξινομηθούν καλύτερα ως ενδεχόμενοι πόροι. Για να διασφαλιστεί η συνέχεια, η διαδικασία που περιγράφεται στην ενότητα «Αποδεδειγμένα αποθεματικά» επιτρέπει επομένως στους ενδεχόμενους πόρους να επηρεάσουν (την εύλογη βεβαιότητα) των αποδεδειγμένων αποθεματικών στον ίδιο βαθμό που θα είχε γίνει πριν. Στην πράξη, απαιτείται σαφώς κρίση. Πρέπει να είστε προσεκτικοί για να αποφύγετε τη συνεκτίμηση

ενδεχόμενων πόρων με ελάχιστο ή καθόλου εμπορικό δυναμικό. Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ο κίνδυνος να μην πραγματοποιηθούν ανώριμα δυναμικά (spe.org, 2001).

Τα αποθεματικά ομαδοποιούνται συνήθως με δύο βασικούς τρόπους:

Ως αποδεδειγμένες (1P) οντότητες αποθεματικού μόνο, από τις οποίες υπολογίζονται τα αποδεδειγμένα αποθεματικά

Σε αθροιστική βάση, από την οποία το Proved plus Probable (2P) ή το Proved plus Probable συν το πιθανό αποθεματικό (3P), υπολογίζεται.

Οι πιθανολογικές μέθοδοι ξεκινούν προσδιορίζοντας την οντότητα για την οποία ποσοτικοποιούνται τα αποθεματικά. Η ποσότητα του αποθεματικού που χαρακτηρίζεται ως αποδεδειγμένη, περιλαμβάνεται στο σενάριο αποδεδειγμένου αποθεματικού και μπορεί να περιγραφεί πλήρως σε όρους ποσότητας, ενώ όλες οι οντότητες πόρων που έχουν ανακαλυφθεί, συμπεριλαμβανομένων των αποδεδειγμένων αποθεματικών, περιλαμβάνονται σε μια πλήρη και αθροιστική κατηγορία πόρων που ανακαλύφθηκαν (spe.org, 2001).

Μια αποδεδειγμένη αποθεματική οντότητα μπορεί, για παράδειγμα, να είναι το πετρέλαιο που εκτιμάται ότι παράγεται από μια δεξαμενή βάσει ενός συγκεκριμένου αναπτυξιακού σχήματος, αγνοώντας οποιοδήποτε ποσοστό πετρελαίου που υπάρχει κάτω από το χαμηλότερο παρατηρούμενο ποσοστό πετρελαίου. Η εξεταζόμενη οντότητα πόρων που εξετάστηκε μπορεί επίσης να περιλαμβάνει συνεισφορές κάτω από το χαμηλότερο παρατηρούμενο πετρέλαιο, άλλα λιγότερο πλήρως παρατηρημένα αποθέματα και ορισμένους ενδεχόμενους πόρους, υπό την προϋπόθεση ότι εφαρμόζεται ορθή κρίση από αυτή την άποψη.

2.2 Αποδεδειγμένα Αποθεματικά (Proved Reserves)

Όταν υπολογίζονται αποδεδειγμένα αποθεματικά, η απαίτηση για βεβαιότητα για μια δεδομένη ποσότητα πρέπει να ικανοποιείται συγκεντρώνοντας τις πιθανολογικές

περιγραφές για κάθε μέρος που αποτελεί την ποσότητα ενδιαφέροντος, είτε πρόκειται για ένα μεμονωμένο έργο είτε για ένα χαρτοφυλάκιο έργων (spe.org, 2001). Οι ορισμοί απαιτούν, όταν χρησιμοποιούνται πιθανοτικές μέθοδοι, να υπάρχει τουλάχιστον 90% πιθανότητα (P90) ότι η ποσότητα που πραγματικά ανακτήθηκε θα είναι ίση ή μεγαλύτερη από την αναφερόμενη εκτίμηση. Οι ορισμοί συνεχίζουν να αναφέρουν ότι θα υπάρχει τουλάχιστον 50% πιθανότητα ότι οι ποσότητες που πραγματικά ανακτήθηκαν θα υπερβούν το άθροισμα των αποθεματικών 2P. Παρομοίως, θα υπάρχει τουλάχιστον 10% πιθανότητα ότι τα αποθεματικά 3P θα εξισωθούν ή θα ξεπεραστούν (spe.org, 2001).

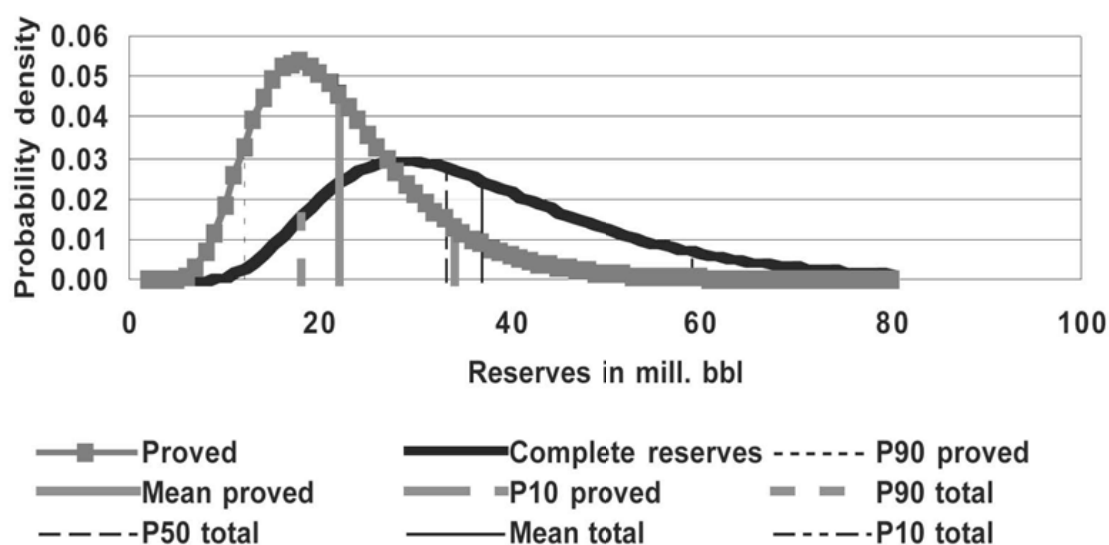
Εάν το P90 όλων των αποθεματικών ήταν η μόνη απαίτηση όσον αφορά τη βεβαιότητα των αποδεδειγμένων αποθεματικών, τότε τα αποδεδειγμένα αποθεματικά θα επηρεαστούν από εκτιμήσεις ανοδικών δυνατοτήτων. Για παράδειγμα, μια εκτίμηση P90 θα μπορούσε να περιλαμβάνει μια συνεισφορά από μια ποσότητα που οι ορισμοί αποκλείουν συγκεκριμένα από τη συμβολή σε ένα αποδεδειγμένο αποθεματικό και η οποία ταξινομείται ως Πιθανή. Στο παραπάνω παράδειγμα, η τιμή P90 θα επηρεαζόταν από ποσότητες κάτω από το χαμηλότερο παρατηρούμενο λάδι και από τις ποσότητες που θα αποκτηθούν μέσω ενός βελτιωμένου έργου ανάκτησης. Είναι σαφές ότι δεν θα ήταν σκόπιμο να επιτραπεί να αποδειχθούν αποδεδειγμένα αποθέματα από τέτοιες ανοδικές δυνατότητες.

Οι συμβατικές ντετερμινιστικές μέθοδοι δεν περιλαμβάνουν περισσότερο από την αναμενόμενη αξία οντοτήτων που πληρούν τις προϋποθέσεις για το αποδεδειγμένο σενάριο αποθεματικών για να χαρακτηριστούν ως αποδεδειγμένα αποθεματικά. Αυτό αντιπροσωπεύει ένα φυσικό ανώτατο όριο, σύμφωνα με τους ορισμούς. Οι ακόλουθες οδηγίες επιτυγχάνουν αυτό:

- ✓ Εκτιμώμενες ανακτήσιμες ποσότητες που είναι απόλυτα σύμφωνες με τα κριτήρια για την απόδειξη προσδιορίζονται τα αποθέματα και προσδιορίζεται το EV τους (ή πραγματοποιείται μία μόνο ντετερμινιστική ανάλυση).
- ✓ Σε όλες τις εκτιμήσεις αναγνωρίζονται οι ανακτήσιμες ποσότητες που είναι απόλυτα σύμφωνες με τα κριτήρια για τους πόρους που ανακαλύφθηκαν

οποιασδήποτε κατηγορίας (συμπεριλαμβανομένων των αποδεδειγμένων) και η τιμή P90 καθορίζεται για το πλήρες απόθεμα αυτών των ποσοτήτων πόρων που ανακαλύφθηκαν.

- ✓ Η τιμή που επιλέγεται ως αποδεδειγμένη αποθεματική ποσότητα θα πρέπει να είναι η χαμηλότερη του EV των αποδεδειγμένων αποθεματικών ποσοτήτων (ή καθορισμένης αποτιμητικής αποτιμημένης αξίας) ή της τιμής P90 για το πλήρες απόθεμα των ανακαλυφθέντων ποσοτήτων πόρων. Αυτές οι οδηγίες απεικονίζονται στο Διάγραμμα No.2.



Διάγραμμα No.2 - Πυκνότητα πιθανότητας αποθεματικών αποδεδειγμένης ποσότητας και πλήρους πόρου που ανακαλύφθηκε.

Η μέση (αναμενόμενη) αξία της αποδεδειγμένης αποθεματικής οντότητας είναι 22 εκατομμύρια bbl, ενώ η P90 του πλήρους πόρου που ανακαλύφθηκε είναι 18 εκατομμύρια bbl. Οι οδηγίες αναφέρουν ότι πρέπει να επιλεγούν 18 εκατομμύρια bbl ως ο αποδεδειγμένος αριθμός. Εάν το ανοδικό δυναμικό του πλήρους σεναρίου ήταν υψηλότερο, η αποδεδειγμένη τιμή θα μπορούσε να αυξηθεί μέχρι τη μέση τιμή του αποδεδειγμένου σεναρίου, ή 22 εκατομμύρια bbl. Στο άλλο παράδειγμα, όπου δεν υπάρχει ανάποδα πέρα από αυτό που έχει αναγνωριστεί ως αποδεδειγμένο, τότε το

αποδεδειγμένο αποθεματικό θα ήταν η κοινή αξία P90 της αποδεδειγμένης και πλήρους αποθεματικής ποσότητας, ή 12 εκατομμύρια bbl.

Στην πράξη, η τιμή P90 της ομάδας αποδεδειγμένων ποσοτήτων θα είναι ίση ή μικρότερη από την τιμή P90 της πλήρους κατηγορίας πόρων που ανακαλύφθηκε (εκτός από σπάνιες περιπτώσεις, για παράδειγμα όπου υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου). Όταν εργάζεται με πολλές ποσότητες συγκρίσιμου μεγέθους, το P (90) και οι αναμενόμενες τιμές της ομάδας αποδεδειγμένων ποσοτήτων θα πλησιάσουν το ένα το άλλο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η τιμή P (90) της ομάδας αποδεδειγμένων οντοτήτων είναι μια καλή προσέγγιση της τιμής που υπολογίζεται ως η ελάχιστη από την αναμενόμενη τιμή της ομάδας αποδεδειγμένων ποσοτήτων και η τιμή P (90) όλων των πόρων που ανακαλύφθηκαν. Όποτε αυτή η προσέγγιση είναι αποδεκτή, δεν είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι πλήρεις πόροι που ανακαλύφθηκαν κατά την εκτίμηση των αποδεδειγμένων αποθεμάτων.

2.3 Μη Αποδεδειγμένα Αποθεματικά (Unproved Reserves)

Οι ορισμοί δεν περιορίζουν τα αποθεματικά 2P και 3P με τον ίδιο τρόπο που περιορίζουν τα αποδεδειγμένα αποθεματικά. Η διατύπωση που χρησιμοποιείται είναι: "Γενικά, τα πιθανά αποθεματικά μπορεί να περιλαμβάνουν ..." Παρόμοια διατύπωση χρησιμοποιείται για τον ορισμό πιθανών αποθεματικών. Αυτές οι δηλώσεις είναι επεξηγηματικές και όχι εξαντλητικές. Προορίζονται ως κατευθυντήριες γραμμές όταν η πιθανότητα δεν υιοθετείται.

Από πιθανή άποψη, τα πιθανά αποθεματικά θα περιλαμβάνουν οντότητες που δεν θεωρούνται αποδεδειγμένα ή πιθανά αποθεματικά. Αυτό υπογραμμίζει περαιτέρω ότι ποσότητες άλλες από αυτές που αναφέρονται στους ορισμούς μπορούν να συμπεριληφθούν επίσης.

Κατά τη χρήση πιθανολογικών μεθόδων, οι τιμές P50 και P10 των οντοτήτων που περιλαμβάνονται στην πλήρη και αθροιστική κατηγορία αποθεματικών παρέχουν επομένως τα αποθεματικά 2P και 3P. Στο διάγραμμα Νο.2, η τιμή 2P είναι 33 εκατομμύρια bbl και η τιμή 3P είναι 59 εκατομμύρια bbl.

Εάν συγκεντρωθούν πολλές ανεξάρτητες οντότητες συγκρίσιμου μεγέθους, οι αναμενόμενες τιμές μπορούν, για όλες τις προθέσεις και σκοπούς, να χρησιμοποιηθούν αντί του P50. Στη συνέχεια, η συμβατική ντετερμινιστική μέθοδος και η πιθανοτική μέθοδος θα ενώνονται, καθώς η αναμενόμενη τιμή του αθροίσματος είναι ίση με το άθροισμα των αναμενόμενων τιμών (spe.org, 2001).

2.4 Contingent Resources and Undiscovered Resources

Τα σενάρια δεν λαμβάνονται υπόψη για ενδεχόμενες ανακτήσιμες ποσότητες και μη ανακαλύψιμους πόρους. Όταν χρησιμοποιούνται πιθανοτικές μέθοδοι, η χαμηλή εκτίμηση εκτιμάται ως P90 των ποσοτήτων που περιλαμβάνονται στη σχετική κατηγορία. Η καλύτερη εκτίμηση είναι ένα μέτρο της κεντρικής τάσης, όπως η αναμενόμενη τιμή και η υψηλή εκτίμηση είναι η τιμή P10. Οι ενδεχόμενοι πόροι, όπως υποδηλώνει το όνομα, εξαρτώνται από την υλοποίηση των σχεδίων ανάπτυξης και παραγωγής. Η πιθανότητα να συμβεί αυτό εκφράζεται έμμεσα και ποιοτικά χρησιμοποιώντας κατάλληλες κατηγορίες κατάστασης πόρων και ποσοτικά, όταν απαιτείται, μέσω της χρήσης πιθανοτήτων (spe.org, 2001).

2.6 Reserve Description

Τα αποθεματικά υπολογίζονται είτε μέσω μιας στατικής ανάλυσης, είτε μέσω μιας πρόβλεψης στο χρόνο των ποσοτήτων που θα παραχθούν (και πωληθούν) που δικαιούται να λάβει ο δημοσιογράφος.

2.6.1 Στατιστική Ανάλυση των Αποθεματικών

Στον υπολογισμό του στατικού και του ογκομετρικού αποθέματος, το στοιχείο GRV μιας δεξαμενής που περιέχει συσσώρευση πετρελαίου πολλαπλασιάζεται με αναλογία καθαρού προς ακαθάριστο όγκο βράχου, πορώδες, κορεσμό υδρογονανθράκων, συντελεστή μετατροπής όγκου για μετάβαση από δεξαμενή σε τυπικές συνθήκες, συντελεστής ανάκτησης, και ο συντελεστής δικαιωμάτων.

Στην πιθανοτική μέθοδο, κάθε παράγοντας στην εξίσωση αποθεματικών περιγράφεται με μια στατιστική κατανομή που αντιπροσωπεύεται από ένα pdf. Οι παράγοντες δεν είναι όλοι ανεξάρτητοι ο ένας από τον άλλο, και οι συσχετίσεις πρέπει να προσδιορίζονται και

να αντιπροσωπεύονται στον πιθανολογικό υπολογισμό των αποθεματικών. Το pdf που προκύπτει για το αποθεματικό είναι συχνά ασύμμετρο. Η έκφραση αβεβαιότητας (ή βεβαιότητας) με τη μορφή pdf είναι μια βελτίωση σχετικά με την περιγραφή της ποσότητας ή του αποθεματικού με μεμονωμένους αριθμούς και τον βαθμό εμπιστοσύνης που τους συνδέεται. Η βελτίωση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν υπάρχει μια βάση παρατήρησης για τον ποσοτικό προσδιορισμό (spe.org, 2001).

Μερικές φορές, η αβεβαιότητα των ταμιευτήρων παρατηρείται άμεσα. Τα σεισμικά δεδομένα παρατηρούν ολόκληρη τη δεξαμενή και οι παρατηρήσεις περιέχουν πληροφορίες σχετικά με την ανάλυση από την οποία μπορούν να προέρχονται τα pdf. Αντιθέτως, τα δεδομένα γεωτρήσεων είναι αντιπροσωπευτικά μόνο ενός μικρού μέρους της δεξαμενής. Ο εκτιμητής αποθεματικών θα πρέπει να αντλήσει από ένα τεράστιο σύνολο γνώσεων σχετικά με τις γεωεπιστήμες και την τεχνολογία για να συμπληρώσει τέτοιες άμεσες αλλά ελλιπείς παρατηρήσεις προκειμένου να αξιολογήσει τα αποθεματικά. Παρ' όλα αυτά, μια πιθανότητα

Η προσέγγιση επιτρέπει την εφαρμογή μιας πολύ ευρύτερης βάσης πληροφοριών από ό, τι μια ντετερμινιστική. Όταν αυτές οι πληροφορίες είναι κακές, μια πιθανολογική μέθοδος μπορεί να μην είναι καλύτερη από μια ντετερμινιστική προσέγγιση, αλλά, εκτός αν γίνει κατάχρηση, δεν θα είναι ποτέ χειρότερη.

2.6.2 Αποθεματικά ως το Άθροισμα των Προβλέψεων Πωλήσεων στο Χρόνο

Τα αποθεματικά μπορούν να υπολογιστούν αθροίζοντας εγκαίρως τις προβλέψεις πωλήσεων. Οι πληροφορίες σχετικά με την αβεβαιότητα στη μελλοντική παραγωγή έχουν από μόνες τους αξία πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που μπορεί να ληφθεί μέσω αξιολόγησης του αποθεματικού ποιότητας. Επιτρέπει, για παράδειγμα, μια ορθολογική ανάλυση της αξίας των πληροφοριών, της ευελιξίας και άλλων πραγματικών επιλογών. Αυτές οι επιλογές μπορούν με τη σειρά τους να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση της αξίας του έργου και τη βελτίωση της ποιότητας των προβλέψεων και των αποθεματικών παραγωγής (spe.org, 2001). Ορισμένες κατευθυντήριες αρχές για την παραγωγή προβλέψεων παραγωγής είναι:



✓ Προσδιορισμός των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται και κατατάσσεται η αβεβαιότητα στις προβλέψεις παραγωγής τους κατά σειρά σπουδαιότητας.

✓ Προσδιορισμός εξαρτήσεων μεταξύ παραγόντων και ανάπτυξη, όπου είναι δυνατόν, συγκεντρωτικών περιγραφές για την αντικατάσταση των πολύ εξαρτώμενων παραγόντων.

✓ Ανάπτυξη βασικών εναλλακτικών υλοποιήσεων των προβλέψεων παραγωγής με μεταβολή των παραγόντων που έχουν επαρκή επίδραση στις αβεβαιότητες και συσχετίζοντας τις προβλέψεις με τους παράγοντες που ποικίλλουν.

✓ Η χρήση των συσχετίσεων μαζί με πληροφορίες σχετικά με τα pdf των παραγόντων ποικίλλουν για την ανάπτυξη μεγάλων συνόλων προβλέψεων με σχετικές πιθανότητες ή ένα μεγάλο σύνολο αντιπροσωπευτικών εξοπλισμένες προβλέψεις.

✓ Εφαρμογή των τύπων εμπορικών συμφωνιών και φορολογικών πλαισίων για τον προσδιορισμό των δικαιωμάτων πρόβλεψη σε κάθε πρόβλεψη και αθροίστε τις με την πάροδο του χρόνου για να ληφθούν οι κατάλληλοι όγκοι δικαιωμάτων.

Στη γενική περίπτωση, δεν θα υπάρχει ούτε μια μοναδική πρόβλεψη P90 ούτε P10 στο χρόνο. Αυτό φαίνεται όταν γίνονται προβλέψεις διαφορετικών δυνατοτήτων παραγωγής χωρίς διαφορετικά αποθεματικά. Η υψηλή παραγωγή P10 νωρίς θα οδηγήσει σε χαμηλή παραγωγή P90 αργά και το αντίστροφο. Μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, όπως όταν το Βήμα 1 αναγνωρίζει ότι οι αβεβαιότητες εξαρτώνται από την αβεβαιότητα στα αποθεματικά μόνο, θα υπάρχουν τέτοιες μοναδικές σχέσεις. Συνιστάται επομένως να αποφύγετε την εκχώρηση pdf σε διανύσματα, όπως προβλέψεις εγκαίρως, και να τα διατηρήσετε σε κλίμακες όπως αποθεματικά.

Η πρόβλεψη παραγωγής αποκαλύπτει ότι οι παραγόμενοι όγκοι εξαρτώνται από πληροφορίες πολύ πέρα από εκείνες που χρησιμοποιούνται στον χαρακτηρισμό των δεξαμενών και στη μηχανική και διαχείριση δεξαμενών. Τα στοιχεία των βραχυπρόθεσμων προβλέψεων λαμβάνονται συνήθως με την παρατήρηση της προηγούμενης προβλεψιμότητας της απόδοσης του εξοπλισμού, των τάσεων απόδοσης,

της προβλεψιμότητας τους και ούτω καθεξής. Τα στοιχεία των μακροπρόθεσμων προβλέψεων εξαρτώνται περισσότερο από την αβεβαιότητα των ταμιευτήρων και από τα διαθέσιμα μέτρα για την αντιμετώπισή της μέσω της αλυσίδας παραγωγής μέχρι το σημείο πώλησης. Κατά την εκτίμηση των αποθεματικών σε πιθανοτική βάση χρησιμοποιώντας τις προβλέψεις παραγωγής εγκαίρως, καθίσταται πολύ σαφές ότι η εκτίμηση αποθεματικών απαιτεί μια διεπιστημονική ανάλυση (spe.org, 2001).

2.6.3 Παράμετροι και η Κατανομή της Αβεβαιότητάς τους

Η αβεβαιότητα στην εκτίμηση των αποθεμάτων πετρελαίου και των πόρων σχετίζεται με κάθε όρο στις εξισώσεις που τα περιγράφουν. Οι παράμετροι χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες ομάδες: δομικοί έλεγχοι, παράμετροι δεξαμενής, συντελεστής ανάκτησης (συμπεριλαμβανομένων των επιφανειακών εγκαταστάσεων) και δικαίωμα σε αποθεματικά.

2.6.4 Όγκος Δεξαμενής

Συνήθως, η μεγαλύτερη συμβολή στη συνολική αβεβαιότητα είναι στο GRV της δεξαμενής - πόσο μεγάλο είναι; Η αβεβαιότητα μπορεί να σχετίζεται με την έλλειψη ορισμού των ορίων των ταμιευτήρων από τα σεισμικά δεδομένα, τη μετατροπή από καιρό σε σεισμικές παρατηρήσεις σε βάθος, από τις βυθίσεις της κορυφής του σχηματισμού, από την ύπαρξη και τη θέση των βλαβών και από το εάν σφραγίζονται σε μετανάστευση και παραγωγή πετρελαίου. Είναι σημαντικό ότι το GRV εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ύψος της στήλης υδρογονανθράκων. Κανονικά, ο όγκος ενός πρίσματος δεξαμενής αυξάνεται αναλογικά με τον κύβο της στήλης. Ο ορισμός των αποδεδειγμένων αποθεματικών αναγνωρίζει αυτήν την ευαισθησία αποκλείοντας τους όγκους των βράχων κάτω από τους χαμηλότερους παρατηρούμενους υδρογονάνθρακες.

2.6.5 Παράμετροι Δεξαμενής

Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη η αβεβαιότητα που σχετίζεται με τις ιδιότητες του βράχου της δεξαμενής. Ενώ τα πετροφυσικά αρχεία καταγραφής και οι μετρήσεις στο εργαστήριο μπορεί να είναι αρκετά ακριβείς, τα δείγματα που συλλέγονται μπορεί να είναι αντιπροσωπευτικά μόνο για τους πιο ομοιογενείς σχηματισμούς. Ένας πυρήνας

πλάτους 4 ιντσών δεν είναι απαραίτητως αντιπροσωπευτικό δείγμα ενός θαμμένου και αλλοιωμένου δέλτα ποταμού, των υπερκείμενων πεδιάδων των καναλιών ποταμών με μαιάνδρους, μιας σειράς καταθέσεων παραλιών, θολών θαλάσσιων κατολισθήσεων ή άλλων γεωλογικών σχηματισμών. Μόνο σε σπάνιες περιπτώσεις μπορούν να εφαρμοστούν μετρήσεις πορώδους, αναλογία καθαρού προς ακαθάριστο, κορεσμός ρευστού και παράγοντες που επηρεάζουν τη ροή υγρού. Ως επί το πλείστον, βοηθούν στη ρύθμιση μιας ή περισσότερων εναλλακτικών (αβέβαιων) ερμηνειών.

Οι ιδιότητες υγρών είναι διαφορετικές. Οι διαδικασίες μεταφοράς και διάχυσης σε γεωλογικούς χρόνους έχουν γενικά εξασφαλίσει ένα μέτρο χημικής ισορροπίας μέσα σε μια παρθένα δεξαμενή. Αν και δεν είναι ασυνήθιστο να παρατηρούνται βαθμίδες στη σύνθεση υγρού, συχνά είναι συνεχείς και ομοιογενείς με τον τρόπο που ποικίλλουν. Μερικά καλά επιλεγμένα δείγματα μπορούν επομένως να παρέχουν μια αντιπροσωπευτική επιλογή των υγρών. Η δειγματοληψία και η ανάλυση μπορεί, ωστόσο, να αποτελέσουν σημαντική πηγή αβεβαιότητας. Οι δεξαμενές με αρχικές βαθμίδες στη σύνθεση ρευστού ή όπου έχουν σημειωθεί αλλαγές φάσης, θα διαταραχθούν από την παραγωγή. Εδώ, τα δείγματα κινδυνεύουν να μην είναι αντιπροσωπευτικά της ομάδας. μπορεί να παρερμηνευθούν εύκολα (spe.org, 2001).

2.6.6 Ανάκτηση από τις Δεξαμενές

Η ανάκτηση επηρεάζεται από το σχήμα του ταμιευτήρα, τις ιδιότητές του και τα περιεχόμενα ρευστού, καθώς και από τη στρατηγική αποστράγγισης. Όταν μια δεξαμενή προσδιορίζεται στενά, τα αποτελέσματα της πυκνότητας και της θέσης αποστράγγισης και της θέσης αποστράγγισης, μετατόπισης υγρού, εξάντλησης πίεσης και των σχετικών προφίλ παραγωγής και έγχυσης, μπορούν να μοντελοποιηθούν αριθμητικά. Οι ρεαλιστικές εναλλακτικές λύσεις, που εξαρτώνται από τις διαθέσιμες πληροφορίες και είναι σύμφωνες με τους ορισμούς, μπορούν να μοντελοποιηθούν για να εκτιμηθούν οι αβεβαιότητες.

Όταν μια δεξαμενή δεν ορίζεται καλά, η λεπτομερή αριθμητική μοντελοποίηση μπορεί να οδηγήσει σε υπολογισμούς ισορροπίας υλικού ή ακόμη και λιγότερο ακριβείς



μεθόδους. Αυτό μπορεί ακόμη και να είναι μια άμεση εκτίμηση της αβεβαιότητας όσον αφορά την απόδοση ανάκτησης, με βάση τα χαρακτηριστικά της δεξαμενής και των εγκαταστάσεων παραγωγής.

2.6.7 Ανάκτηση Προϊόντων Πωλήσεων από τις Πηγές Ταμιευτήρων

Το σημείο αναφοράς για τα αποθέματα είναι συνήθως ένα σημείο ασφαλούς πώλησης. Ο ποσοτικός προσδιορισμός αποθεματικών απαιτεί αξιολόγηση της ανάκτησης αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου από τη δεξαμενή και των αντίστοιχων προϊόντων πωλήσεων που κατασκευάζονται από τις ροές αργού με τη χρήση εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Η κατανάλωση και οι απώλειες πρέπει να ληφθούν υπόψη (spe.org, 2001).

3. Κεφάλαιο 3^ο – Λόγοι Γνώσεων Αποθεματικών Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου Καθώς και Μεθοδολογίες Εκτίμησης των Αποθεμάτων Αυτών

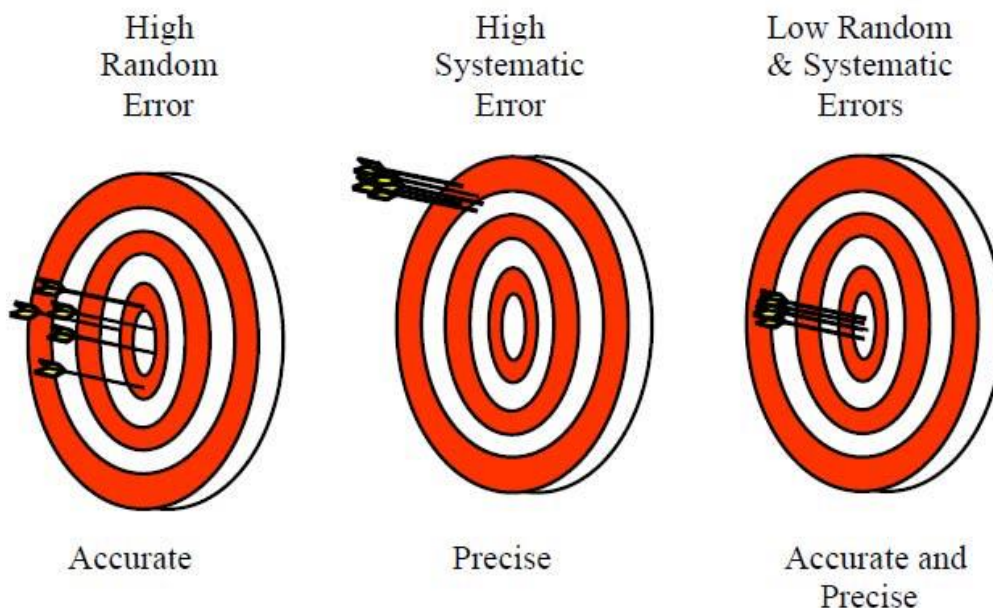
3.1 Λόγοι Γνώσεων Υφιστάμενων Αποθεματικών Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

Αναφερόμενοι στους λόγους γνώσεων αποθεματικών πετρελαίου και φυσικού αερίου, θα λέγαμε πως κάθε εκτίμηση από ανακριβή και ελλιπή δεδομένα με έλλειψη χρήσης ενός πλήρους μοντέλου για μια σχετική περίπτωση, περιέχει πάντα μια μεγάλη πιθανότητα αβεβαιότητας. Δεδομένου ότι υπάρχουν πάντα ανακριβή και ελλιπή δεδομένα καθώς και ελλιπές μοντέλο του πεδίου προσδιορισμού μέτρησης αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου, η αβεβαιότητα στις εκτιμήσεις αποθεμάτων είναι αναπόφευκτη ανεξάρτητα από τη μέθοδο εκτίμησης που χρησιμοποιήθηκε μέχρι την οριοθέτηση ενός σημείου αυτού του πεδίου.

Ωστόσο, υπάρχουν πολλές πηγές αβεβαιότητας σχετικά με την αξιολόγηση των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Όπως υποδεικνύει ο Caldwell (2001), οι πηγές αβεβαιότητας ταξινομούνται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες όπως: *ανακρίβεια μέτρησης, υπολογιστική προσέγγιση, έλλειψη δεδομένων και στοχαστικά συστήματα* τα οποία οριζούνται ως εξής.

- ✓ Ακρίβεια μέτρησης: Συνήθως όλες οι μετρήσεις στη βιομηχανία πετρελαίου, περιέχουν κάποια αβεβαιότητα που προκαλείται από την ανακρίβεια των οργάνων που χρησιμοποιούνται στη μέτρηση, την κακή βαθμονόμηση των οργάνων ή μπορεί να προκληθούν από τα ανθρώπινα σφάλματα κατά τη χρήση αυτών των οργάνων. Στη περίπτωση αυτή, τα χαμηλά επίπεδα ακρίβειας στις μετρήσεις καλούνται γενικά ως «τυχαία σφάλματα». Για να αυξηθεί το επίπεδο ακρίβειας, τα μέσα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Ωστόσο, στη βιομηχανία πετρελαίου, υπάρχει μικρή ευκαιρία για τη διενέργεια επαναλαμβανόμενων μετρήσεων λόγω του

υψηλού κόστους και / ή των κινδύνων ασφάλειας που αφορούν το πηγάδι, τον εξοπλισμό και το προσωπικό. Δεύτερον, τα δεδομένα που παράγονται από μη κατάλληλα βαθμονομημένα όργανα εμφανίζονται ως συνεπή στην ενότητα αποτελεσμάτων, ωστόσο τα δεδομένα είναι μεροληπτικά σε κάποια κατεύθυνση μακριά από τις σωστές τιμές. Αυτοί οι τύποι σφαλμάτων, δηλαδή τα συστηματικά σφάλματα, πρέπει να προσδιοριστούν για διόρθωση. Τέλος, ο ανθρώπινος παράγοντας πρέπει να συμπεριλαμβάνεται σε όλους τους τύπους μετρήσεων που πραγματοποιούνται μέσω ανθρώπινου δυναμικού και μπορεί να ελαχιστοποιείται με την πρόσληψη ειδικευμένου προσωπικού.



Σχήμα 1.1: Σύγκριση Υψηλών Τυχαίων Σφαλμάτων και Υψηλών Συστηματικών Σφαλμάτων κατά τον Caldwell και Heather (2001).

Επίσης σύμφωνα με τους Bu και Damsleth (1996) για μετρήσεις καταγραφής με κατάλληλα βαθμονομημένα όργανα, η τυπική σχετική αβεβαιότητα για το πορώδες υλικό είναι 5%, για κορεσμό νερού 20% και για απόλυτη διαπερατότητα 100%, με αντίθετες παράμετρους PVT όπου αναφέρουν σχετική αβεβαιότητα τόσο χαμηλή όσο 2%. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές δήλωσαν επίσης στην εργασία τους ότι, το 75% της αβεβαιότητας των αποθεμάτων, προκύπτει από την

αβεβαιότητα που σχετίζεται με τις δομικές γεωλογικές παραμέτρους και το 25% από αυτές προκύπτει λόγω της αβεβαιότητας των πετρο-φυσικών παραμέτρων.

- ✓ Υπολογιστική προσέγγιση: Όταν δεν είναι διαθέσιμες άμεσες μετρήσεις για μια συγκεκριμένη είσοδο (π.χ. κορεσμός νερού, Swc), θα πρέπει να χρησιμοποιήσει κανείς συσχετίσεις (Archie, Humble for Swc case), τύπους ή γραφικές παραστάσεις για τον υπολογισμό της κατά προσέγγιση τιμής της εισόδου. Ωστόσο, αυτές οι προσεγγίσεις περιλαμβάνουν ορισμένες αβεβαιότητες, επομένως φέρνουν αβεβαιότητα στα αποτελέσματα. Ένα άλλο παράδειγμα είναι ο υπολογισμός καθαρών παραγόμενων ποσοτήτων, ο οποίος δεν μπορεί να μετρηθεί άμεσα. Οι συσχετισμοί πορώδους / διαπερατότητας υλικού μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό των τιμών αποκοπής για τον υπολογισμό της καθαρής παραγόμενης ποσότητας. Ωστόσο, η επιλογή διαφορετικών στοιχείων, έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές διαφορές στους υπολογισμούς όγκου δεξαμενής.
- ✓ Έλλειψη δεδομένων: Σχεδόν σε κάθε αξιολόγηση, μπορεί να αντιμετωπιστεί μια έλλειψη δεδομένων. Προκειμένου να ολοκληρωθούν τα μέρη που λείπουν, αναφέρονται εύλογες υποθέσεις βάσει προσωπικής κρίσης. Σε αυτό το σημείο, προκύπτει πως η έννοια της προκατάληψης επηρεάζει την αξιολόγηση. Η προκατάληψη μπορεί να αναγνωριστεί σε τέσσερις βασικούς τύπους:
- ❖ Displacement Bias είναι η αλλαγή της κατανομής σε υψηλότερες ή χαμηλότερες τιμές και μπορεί να προκληθεί από κίνητρα και γνωστικές προκαταλήψεις. Η μεταβλητότητα είναι απλώς η τροποποίηση του σχήματος της καμπύλης κατανομής συχνότητας.
- ❖ Motivational Bias είναι η προσαρμογή των απαντήσεων λόγω προσωπικής ανταμοιβής ή τιμωρίας, συνειδητά ή υποσυνείδητα. Αυτός ο τύπος προκατάληψης μπορεί να προκύψει με τέτοιο τρόπο που, αν το κάνει λάθος, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε λιγότερη αβεβαιότητα αποτελεί ένδειξη επαγγελματικής επιτυχίας.

- ❖ Η γνωστική προκατάληψη προκύπτει από παράγοντες όπως η βάση γνώσεων, η υποκειμενική διαδικασία πληροφόρησης και τα αποτελέσματα των αναλογιών.

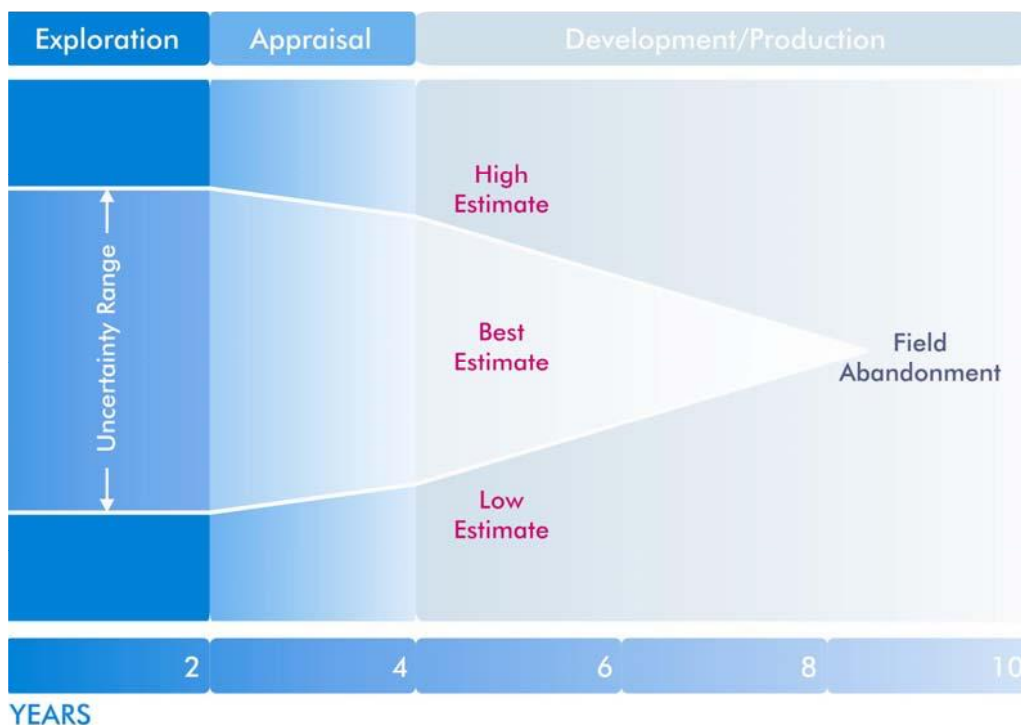
Αυτός ο τύπος προκατάληψης μπορεί να χαρακτηριστεί ως προκατάληψη εμπειρίας ή απειρίας. Όπως φαίνεται ότι όλοι αυτοί οι τύποι προκατάληψης έχουν μια ψυχολογική βάση και μόνο λόγω αυτής της κατάστασης παντού στον κόσμο, ενθαρρύνεται η ομαδική εργασία. Δηλαδή, κοινή χρήση όλων των πληροφοριών και προβολή τους από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Η ομαδική εργασία μειώνει γενικά τις προκαταλήψεις κατά την περίοδο αξιολόγησης.

- ✓ Στοχαστικά συστήματα: Παράγοντες που δεν εμπίπτουν στο πεδίο των γεωεπιστημών και της μηχανικής των δεξαμενών, *παίζουν* μερικές φορές σημαντικό ρόλο στα αποτελέσματα, όπως στην περίπτωση της τελικής ανάκαμψης (UR). Οι τιμές του φυσικού αερίου επηρεάζουν το οικονομικό όριο, άρα τον ανακτήσιμο όγκο αποθεματικών. Οι τεχνολογικές βελτιώσεις μπορεί να είναι μια άλλη άγνωστη πτυχή κατά τη στιγμή των τελικών εκτιμήσεων ανάκτησης. Ο Caldwell (2001) υπογραμμίζει τη σημασία των στοχαστικών συστημάτων στις εκτιμήσεις UR ως τέτοιες αβεβαιότητες οι οποίες μπορεί να κυριαρχούν σε αυτές που είναι εγγενείς. Με άλλα λόγια, ο συντελεστής ανάκτησης είναι η πιο περίπλοκη και αβέβαιη μεταβλητή που πρέπει να αντιμετωπίσουμε, δεδομένου ότι είναι συνάρτηση πολλών στοχαστικών συστημάτων που είναι εντελώς απρόβλεπτα.

Βάσει των παραπάνω, θα πρέπει να σημειωθεί ως παράδειγμα το να φανταστεί κανείς τις εκτιμήσεις αποθεμάτων για δύο διαφορετικά πεδία, το πρώτο είναι ένα μη εκπαιδευμένο πεδίο και το άλλο έχει πολλές δεξαμενές αξιολόγησης και παραγωγής πετρελαίου, όπου σε εκείνη τη περίπτωση διερωτάται ποια εκτίμηση αποθεματικού θα έχει μεγαλύτερη αβεβαιότητα. Η απάντηση είναι σίγουρα εκείνη στο ανεπτυγμένο πεδίο. Ο μοναδικός τρόπος προσδιορισμού της έκτασης της δεξαμενής, είναι η γεώτρηση. Επιπλέον, η ετερογένεια των δεξαμενών ενδέχεται να μην αποκαλυφθεί χωρίς πηγάδια αξιολόγησης ή δεδομένα παραγωγής. Όσον αφορά τις εκτιμήσεις των ανακτήσιμων αποθεμάτων, ο μηχανισμός κίνησης των δεξαμενών, η πίεση των δεξαμενών, η διαπερατότητα, οι

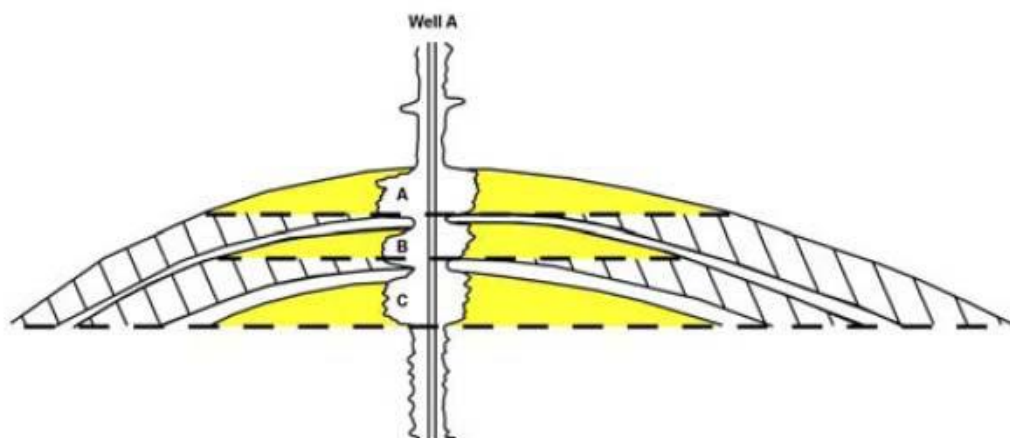
κορεσμοί υγρών κ.λπ. Μία πρόταση μπορεί κάλλιστα να συνοψίσει αυτό το σημείο, όσο περισσότερα δεδομένα, τόσο ακριβέστερες εκτιμήσεις αποθεματικών (Σχήμα 1.2).

Σχήμα 1.2 : Μείωση της αβεβαιότητας με την αύξηση του χρόνου και των δεδομένων.



3.2 Αβεβαιότητα στη Γεωμετρία και το Πάχος των Δεξαμενών για τον Προσδιορισμό Αποθεμάτων Πετρελαίου

Η κατακόρυφη έκταση μιας δεξαμενής καθορίζεται από τις επαφές ρευστού και οι οριζόντιες εκτάσεις της καθορίζονται από δομικά και στρατιγραφικά φράγματα. Στο Σχήμα 1.3, υπάρχει μια απεικόνιση που δείχνει τον πιθανό κίνδυνο σύγχυσης ότι η δεξαμενή είναι μια απλή συνδεδεμένη με πίεση ή τρεις χωριστές δεξαμενές με στρώσεις όπου το πρώτο σημαίνει υπερεκτίμηση του HC στη θέση του, δεδομένου ότι το όριο downdip γίνεται λανθασμένα κοινό, δηλαδή στο κάτω μέρος της δεξαμενής, άρα το μέσο καθαρό πάχος αυξάνεται λανθασμένα. Τα δεδομένα από μόνο του δεν είναι γενικά αρκετά για να διευκρινίσουν αυτήν την κατάσταση (Harrel et al., 2004).

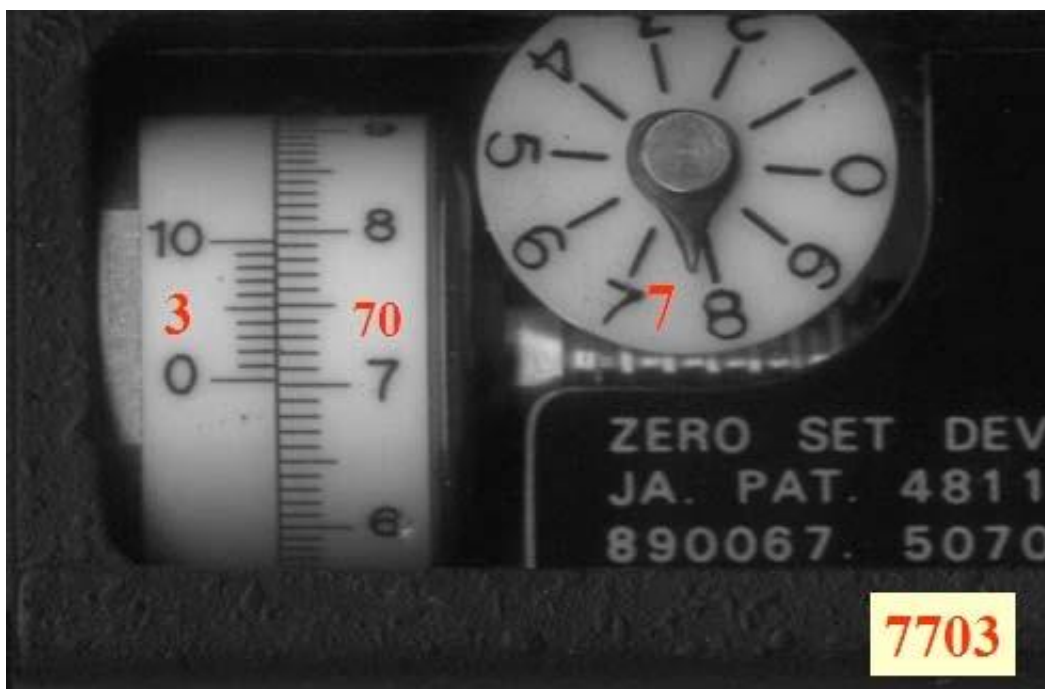


Σχήμα 1.3: Αβεβαιότητα στη σύνδεση διαφορετικών επιπέδων δεξαμενής από τους Harrel et. al., (2004).

Κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει μερικές αναλυτικές μεθόδους για να προσδιορίσει την ποσότητα μιας περιοχής με ακανόνιστο σχήμα. Αυτές οι μέθοδοι περιλαμβάνουν την τραπεζοειδή μέθοδο και την μέθοδο τριγώνου διπλού μεσημβρινού και όλες βασίζονται στο διαχωρισμό της περιοχής του θέματος σε μικρότερες με γνωστές περιοχές. Ωστόσο, τα μειονεκτήματα αυτών των μεθόδων είναι, πρώτον, ο χρόνος που καταναλώνεται για πλέγμα και υπολογισμός της περιοχής κάθε πλέγματος και, δεύτερον, η άγνωστη περιοχή έξω από τα πιο απομακρυσμένα πλέγματα.

Εκτός από πολλούς τύπους αναλυτικών μεθόδων, μια μηχανική μέθοδος, δηλαδή η χρήση Πλανημέτρων, είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τη μέτρηση της περιοχής μιας ακανόνιστης περιοχής στην βιομηχανία πετρελαίου. Παρόλο που, ηλεκτρονικά πλατόμετρα και λογισμικά είναι διαθέσιμα για τη βιομηχανία, τα Polar Planimeters χρησιμοποιούνται επίσης αυτήν τη στιγμή (Εικόνα Νο.3). Ο τροχός μέτρησης οδηγείται απευθείας στην επιφάνεια μέτρησης. Ενσωματώνεται σε έναν μηχανισμό μέτρησης με σύστημα ανάγνωσης κλήσης, τυμπάνου και Vernier με την τυπική μέγιστη χωρητικότητα μέτρησης 4 ψηφίων (Εικόνα Νο.4). Ωστόσο, όταν πρέπει να αξιολογηθούν πολύ μικρές περιοχές (μέγεθος μικρότερο από 1 τετραγωνικά εκατοστά / 6,5 τετραγωνικά εκατοστά σε χαρτί), το πολικό ή το τροχόμετρο (μηχανικό ή

ηλεκτρονικό) καθίσταται ανέκδοτο, καθώς η ανάλυση μέτρησης είναι μάλλον περιορισμένη.



Εικόνα Νο. 8 και 9: Ανάγνωση των αποτελεσμάτων από μια οθόνη Polar Planimeter.

3.3 Μέθοδοι Εκτίμησης Αποθεμάτων Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την εκτίμηση των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου που χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες ανά SPE / WPC / AAPG / SPEE σύμφωνα με τα συστήματα διαχείρισης πόρων πετρελαίου (2007). Πρώτη κατηγορία είναι οι μέθοδοι με την ονομασία *Analogy*, οι οποίες χρησιμοποιούνται γενικά σε πρώιμα στάδια ανάπτυξης και εξερεύνησης πετρελαίου και φυσικού αερίου. Όπως είναι γνωστό, σε αυτά τα αρχικά στάδια, οι άμεσα μετρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τον πόρο πετρελαίου ή/και φυσικού αερίου, είναι μάλλον περιορισμένες.

Αυτές οι μέθοδοι καθιερώνονται υπό την προϋπόθεση ότι η δεξαμενή, η οποία μπορεί να χαρακτηρίζεται ως μια *γειτονική παραγωγή*, είναι συγκρίσιμη με την υπό εξέταση δεξαμενή και τις ιδιότητες ρευστού. Με τα διαθέσιμα δεδομένα από αυτήν την ανάλογη δεξαμενή, ένα παρόμοιο σχέδιο ανάπτυξης μπορεί να σχεδιαστεί για τη συγκεκριμένη. Η αξιοπιστία αυτής της μεθοδολογίας εξαρτάται άμεσα από την εγκυρότητα της αναλογίας πόρων.

Η δεύτερη κατηγορία είναι οι ογκομετρικές μέθοδοι που χρησιμοποιούν τις βασικές ρευστές και γεωμετρικές ιδιότητες της δεξαμενής για να υπολογίσουν την ποσότητα του όγκου των υδρογονανθράκων στη θέση τους και την ανακτήσιμη ποσότητα με τη βοήθεια μαθηματικών εξισώσεων. Η ντετερμινιστική ή στοχαστική προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό των αποθεμάτων με ογκομετρικές μεθόδους.

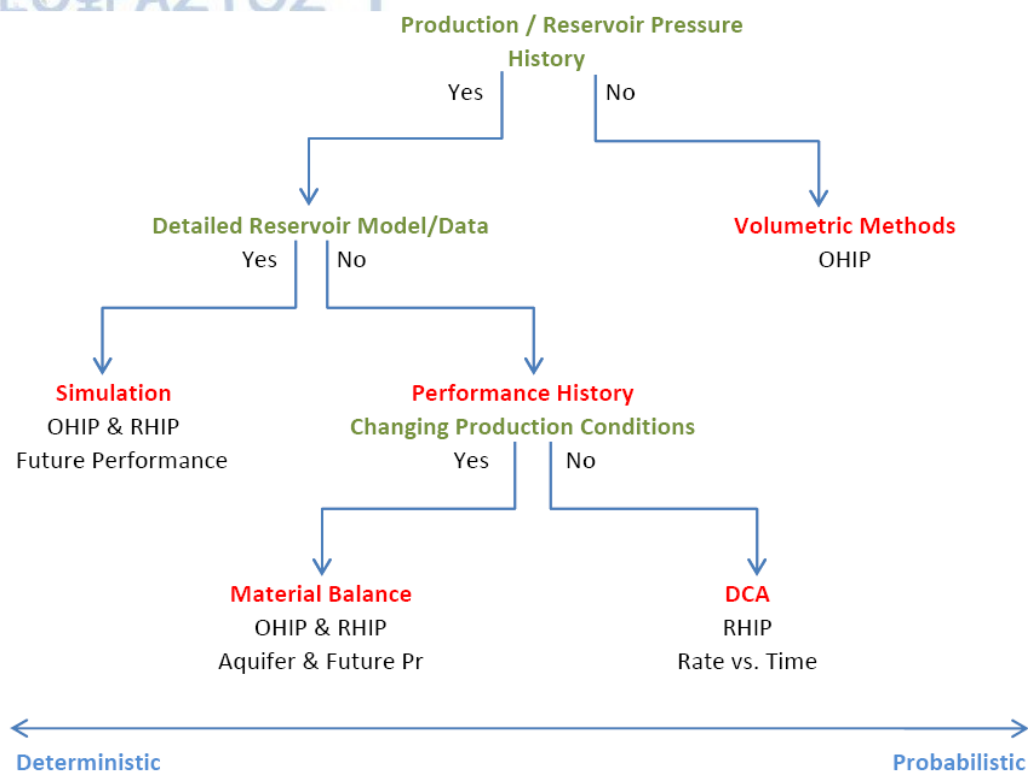
Τρίτη κατηγορία είναι οι εκτιμήσεις βάσει απόδοσης στις οποίες η συμπεριφορά πίεσης και ρυθμού του ταμιευτήρα χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των αποθεμάτων. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο εάν υπάρχουν επαρκή δεδομένα πίεσης και παραγωγής. Η ισορροπία του υλικού, η μείωση της παραγωγής και η ανάλυση της απόδοσης της παραγωγής θα συζητηθούν αργότερα στις προηγούμενες ενότητες αυτής της μελέτης.

Ανεξάρτητα από τις διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω, τα αποθεματικά μπορούν να εκτιμηθούν είτε με ντετερμινιστική προσέγγιση είτε με πιθανοτική προσέγγιση. Η Ντετερμινιστική Εκτίμηση είναι μια μεμονωμένη τιμή εντός ενός εύρους

πιθανών αποτελεσμάτων που λαμβάνονται από την Πιθανοτική προσέγγιση. Με άλλα λόγια, είναι μια μοναδική τιμή «καλύτερης εκτίμησης» μεταξύ άλλων πιθανών αποτελεσμάτων. Διότι, οι μεμονωμένες τιμές των παραμέτρων εισόδου που είναι ο καλύτερος αντιπροσωπευτικός της δεξαμενής χρησιμοποιούνται σε εξισώσεις για να πάρουν αποτελέσματα.

Η μέθοδος της Προπαμπιλιστικής Εκτίμησης (Probabilistic Estimate) είναι μια συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (PDF) για αποθεματικά που λαμβάνονται από μια σειρά PDF που ανήκουν σε κάθε παράμετρο εισαγωγής. Τα PDF εισαγωγής συνδυάζονται είτε αναλυτικά είτε με τυχαία δειγματοληψία (συνήθως χρησιμοποιώντας λογισμικό προσομοίωσης Monte Carlo) για τον υπολογισμό ενός πλήρους φάσματος και κατανομής πιθανών αποτελεσμάτων.

Επίσης η τεχνική Central Limit Theorem (Rice, 1995) διασφαλίζει ότι, η κατανομή του αθροίσματος πλησιάζει πάντα το στοιχείο log-normal, ανεξάρτητα από την πιθανότητα κατανομής των μεταβλητών εισόδου. Επομένως, τα αρχεία PDF για αποθεματικά, θεωρείται ότι είναι κανονικά (Capen, 1996). Δεδομένου ότι η πιθανολογική προσέγγιση χρησιμοποιείται γενικά με ογκομετρικές μεθόδους, αυτό το μέρος θα διατηρηθεί λεπτομερώς στο μέρος ογκομετρικών μεθόδων. Η χρήση πιθανολογικών εκτιμήσεων παρέχει μια επισκόπηση της ανάλυσης κινδύνου, έτσι βοηθά στην εσωτερική λήψη αποφάσεων και στη δημόσια αναφορά (Cheng et al., 2005).



Σχήμα Νο.1.3: Βέλτιστη εφαρμογή κάθε μεθόδου αξιολόγησης αποθεμάτων πετρελαίου ή /και φυσικού αερίου

Η περίληψη του Σχήματος 1.3 παραπάνω αναφέρεται στο γεγονός πως με υψηλή αβεβαιότητα, η χρήση πιθανολογικών μεθόδων θα είναι πιο σημαντική. Μετά την επίτευξη ενός σταθερού ιστορικού απόδοσης, η αβεβαιότητα στα δεδομένα, ως εκ τούτου, οι εκτιμήσεις αποθεματικών θα μειωθούν. Ωστόσο, η αβεβαιότητα σχετικά με το οικονομικό όριο, έτσι τα ανακτήσιμα αποθέματα παραμένει (Caldwell και Heather, 1991). Από την άλλη πλευρά, ο Sipes (1991) δηλώνει ότι με πιθανοτική ανάλυση, παρέχονται όλες οι λανθασμένες απαντήσεις εκτός από τη σωστή απάντηση. Ως εκ τούτου, η ανάλυση πιθανότητας δεν είναι αξιολόγηση των αποθεματικών, αλλά αξιολόγηση του κινδύνου.

Η απάντηση για τα παραπάνω σχόλια σχετικά με την πιθανολογική ανάλυση ήρθε από τους Caldwell και Heather (1991). Δηλώνουν τη σκέψη τους ως όλες εκείνες οι διαδικασίες που συνήθως συνδέονται με μια αξιολόγηση αποθεματικών απαιτούνται για

την έκφραση της εμπιστοσύνης των αποθεματικών μέσω ανάλυσης πιθανότητας. Η χρήση της ανάλυσης πιθανότητας δεν αναιρεί αυτό, αλλά ενισχύει μόνο την έκφραση του εύρους των απαντήσεων.

3.3.1 Ογκομετρικές Μέθοδοι Εκτίμησης Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

Η πιο πρακτική μέθοδος για την εκτίμηση αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου, είναι η ογκομετρική μέθοδος, η οποία χρησιμοποιεί μαθηματικές εξισώσεις για τον υπολογισμό των ανακτήσιμων υδρογονανθράκων που ήταν αρχικά στη θέση τους. Οι ογκομετρικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται γενικά στην πρώτη ζωή της δεξαμενής, ελλείψει επαρκών δεδομένων παραγωγής. Αυτές οι μέθοδοι, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο των εκτιμήσεων που έγιναν με άλλες μεθοδολογίες.

Η επιτυχία των ογκομετρικών μεθόδων σχετίζεται άμεσα με την εγκυρότητα των διαθέσιμων δεδομένων. Καθώς το πεδίο αναπτύσσεται με εκτίμηση ή πηγάδια παραγωγής, τα δεδομένα που αντιπροσωπεύουν το πεδίο συγκλίνουν με τα πραγματικά χαρακτηριστικά του πεδίου και ως εκ τούτου η εκτιμώμενη ποσότητα συγκλίνει με την πραγματική άγνωστη ποσότητα.

Όπως συζητήθηκε στη μελέτη "Gas Reservoir Engineering" από τους Lee και Wattenbarger (1996), τα σχήματα των φρεατίων, οι αναλύσεις πυρήνα, η πίεση πυθμένα οπών (BHP), οι πληροφορίες δείγματος ρευστού και δοκιμές φρεατίων, χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη δομών υπο-επιφανείας και στατιστικών διατομών. Επιπλέον, αυτοί οι χάρτες παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την εναέρια έκταση του ταμιευτήρα και τις ασυνέχειες των δεξαμενών (π.χ. σφάλματα, GWC). Με τη βοήθεια αυτών των δεδομένων, μπορεί να εκτιμηθεί ο όγκος των πόρων της δεξαμενής (PV).

3.3.2 Δεξαμενές Πετρελαίου Μονοακόρεστων Λιπαντικών

Για μια μονοφασική δεξαμενή λιπαντικού, μπορεί να δοθεί η ακόλουθη τυποποίηση για τον υπολογισμό του λαδιού δεξαμενών αποθεμάτων αρχικά στη θέση (STOIP) σε stb:

$$(5,615 \text{ ft}^3 = 1 \text{ bbl})$$

$$STOIP = \frac{A \cdot h \cdot \phi \cdot (1 - S_{wc})}{5.615 \cdot B_o}$$

Οι μεταβλητές και οι μονάδες για την εξίσωση είναι τα εξής:

ft² Μια περιοχή δεξαμενής

h_{net} Καθαρό πάχος δεξαμενής

Φ πορώδες στο κλάσμα

S_{wc} κορεσμός νερού σε κλάσμα συντελεστής όγκου σχηματισμού λαδιού

B_o συντελεστής όγκου σχηματισμού πετρελαίου (rb / stb)

Όσον αφορά το ανακτήσιμο πετρέλαιο στη θέση του (ROIP), μπορεί να πολλαπλασιαστεί με έναν παράγοντα ανάκτησης (RF) που είναι ένα κλάσμα που καθορίζει την αναλογία του ανακτήσιμου πετρελαίου προς το πραγματικό πετρέλαιο στη δεξαμενή

3.3.3 Ογκομετρικές Δεξαμενές Ξηρού Αερίου

Για μια μονοφασική δεξαμενή ξηρού αερίου, η σύνθεση είναι παρόμοια με μια μικρή αλλαγή στον παράγοντα όγκου σχηματισμού. Αυτή τη φορά το υγρό που εξετάζεται είναι ξηρό αέριο και χρησιμοποιείται ο συντελεστής όγκου σχηματισμού αερίου (Bg) αντί του B_o. Στη συνέχεια, το Gas Initial In Place (GIIP) στο scf μπορεί να βρεθεί με τη βοήθεια του Εξ. 3.3:

$$GIIP = \frac{A \cdot h \cdot \phi \cdot (1 - S_{wc})}{B_g}$$

όπου υπολογίζεται το Bg από:

$$B_g = \frac{p_i \cdot z_{sc} \cdot T_{sc}}{P_{sc} \cdot z_i \cdot T}$$

Όπου ο παράγοντας "i" αναφέρεται στις αρχικές συνθήκες της δεξαμενής και ο παράγοντας "sc" αναφέρεται σε τυπικές συνθήκες. Αρκεί να σημειώσει κανείς ότι εάν ο όγκος της δεξαμενής πρόκειται να υπολογιστεί σε stb αντί για scf, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας συντελεστής πολλαπλασιασμού 7758. Όσον αφορά το ανακτήσιμο αέριο στη θέση του (RGIP), ο συντελεστής ανάκτησης ανησυχεί. Και πάλι, ο πολλαπλασιασμός του GIIP με RF (Ανακτήσιμο αέριο / αέριο στη δεξαμενή) μας δίνει το RGIP:

$$RGIP = GIIP \cdot R_F$$

Οι τυπικοί συντελεστές ανάκτησης για τις ογκομετρικές δεξαμενές ξηρού αερίου είναι 80 - 90% κοινά στοιχεία (Lee και Wattenbarger, 1996). Υπάρχουν ωστόσο δύο σημαντικοί ορισμοί σχετικά με αυτόν τον τίτλο, που αναφέρονται στα παραπάνω. Μια ογκομετρική δεξαμενή περικλείεται πλήρως από χαμηλή διαπερατότητα ή εντελώς αδιαπέραστα φράγματα και δεν λαμβάνει υποστήριξη πίεσης από εξωτερικές πηγές, όπως ένας εγκλωβισμένος υδροφορέας. Στη συνέχεια, παραβλέποντας την επέκταση του βράχου και του νερού, μόνο η επέκταση του αερίου που προκύπτει από την παραγωγή φυσικού αερίου παραμένει ως πηγή συντήρησης πίεσης (Lee, Wattenbarger, 1996).

Δεύτερον, συνεπάγεται ένα ξηρό αέριο, ένα αέριο δεξαμενής αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο και μερικά μόρια HC ενδιάμεσου βάρους. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα φάσης ξηρού αερίου στο σχήμα 1.2, τα ξηρά αέρια δεν υφίστανται καμία αλλαγή φάσης λόγω μείωσης της πίεσης. Με άλλα λόγια, είναι αποκλειστικά αέριο στη δεξαμενή και επίσης στις συνθήκες διαχωριστή. Σημειώστε επίσης ότι το στεγνό δεν αναφέρεται στην απουσία νερού, αλλά υποδεικνύει ότι δεν υπάρχει υγρή μορφή HC στη δεξαμενή, τον

πηγάδι ή τον επιφανειακό εξοπλισμό κατά τη διάρκεια της παραγωγής (Lee, Wattenbarger, 1996, Spivey, 2008).

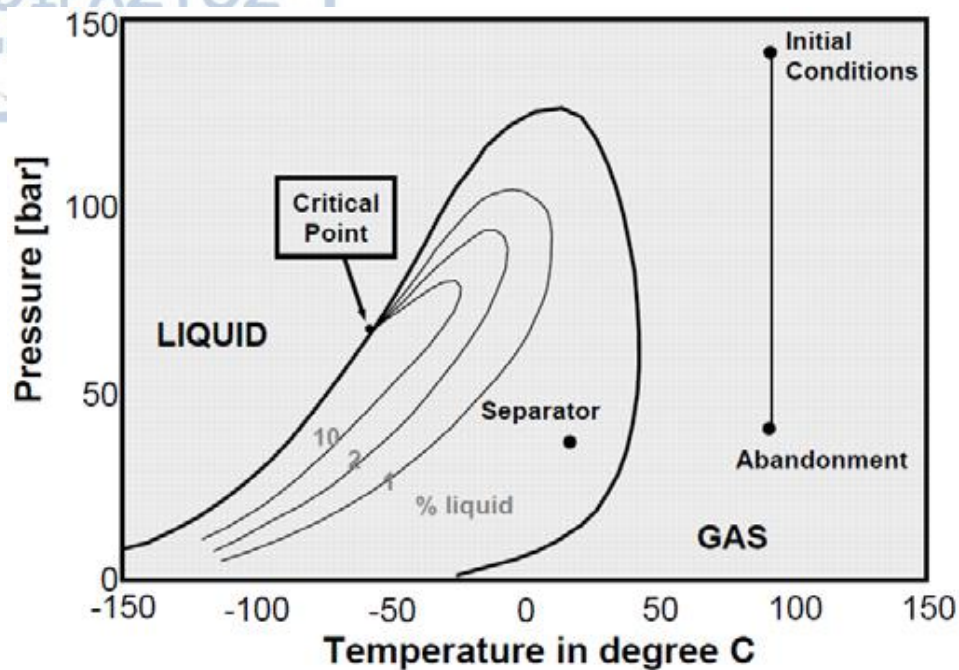
$$R_F = \frac{1 - E_v}{E_v} \frac{B_{gi}}{B_{ga}} \frac{S_{gr}}{S_{gi}} + \frac{1 - E_v}{E_v}$$

E_v volumetric sweep efficiency

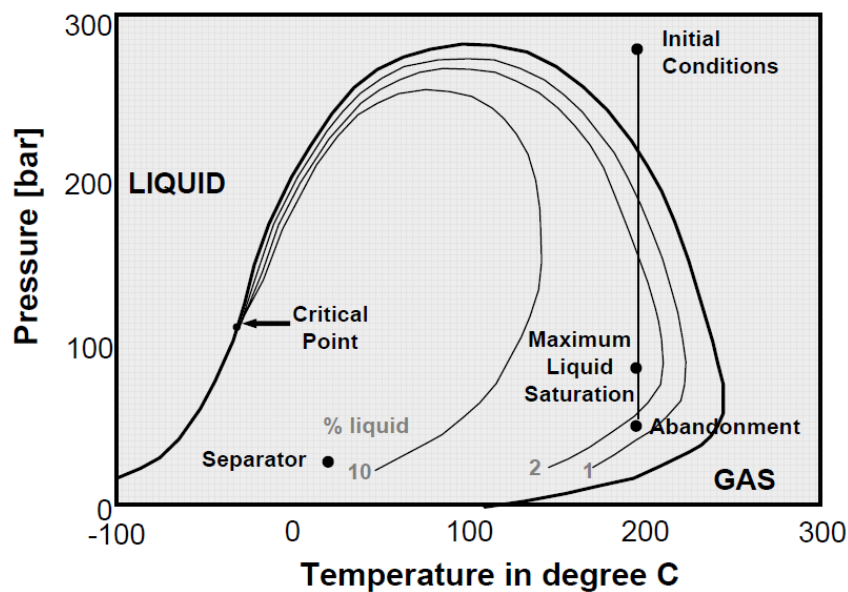
Όπως αναφέρθηκε από τους Lee και Wattenbarger (1996), οι τυπικοί συντελεστές ανάκτησης για τις δεξαμενές αερίου κίνησης νερού, είναι από κοινού 50 - 70%. Αυτή η μείωση του συντελεστή ανάκτησης σε σύγκριση με τις ογκομετρικές δεξαμενές ξηρού αερίου προκαλείται από την παγίδευση αερίου από την προσβολή του νερού. Επίσης, η ετερογένεια της δεξαμενής (π.χ. χορδές χαμηλής διαπερατότητας ή στρώσεις) μπορεί να μειώσει περαιτέρω την ανάκτηση αερίου.

3.3.4 Ογκομετρικές Δεξαμενές Υγρού Αερίου και Συμπυκνώματος

Αυτοί οι τύποι δεξαμενών έχουν πιο ενδιάμεσα και βαρύτερα μόρια υδρογονανθράκων. Ως συνέπεια της μείωσης της πίεσης και της θερμοκρασίας στη φάση παραγωγής, συνεπάγεται ο σχηματισμός υγρών στον εξοπλισμό φρεατίου και επιφανείας. Για δεξαμενή υγρού αερίου, η εκτίμηση του GIP απαιτεί τον υπολογισμό του B_{gi} . Αναλυτικά, λόγω της συμπύκνωσης αερίου σε επιφανειακές συνθήκες, οι ιδιότητες αερίου στην επιφάνεια και στο δοχείο είναι διαφορετικές. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητη η γνώση των ιδιοτήτων αερίου στις συνθήκες της δεξαμενής. Η ανάλυση του ανασυνδυασμού παραγόμενων επιφανειακών υγρών είναι η πιο ακριβής μέθοδος. Στην πραγματικότητα, η χρήση συσχετίσεων για τα επιφανειακά ρευστά παραγωγής δεδομένων μπορεί να είναι αρκετή για γενικές περιπτώσεις.



Σχήμα 1.4: Διάγραμμα φάσης για δεξαμενές υγρού αερίου μετά το Spivey (2008).



Σχήμα 1.5: Διάγραμμα φάσης για οπισθοδρομικές δεξαμενές συμπυκνωμάτων αερίου κατά το Spivey (2008).

3.3.5 Δοκιμές Ορίου Δεξαμενής (ακτίνες ερευνών και μέθοδοι αποσυγκέντρωσης)

Για τον προσδιορισμό των ορίων της δεξαμενής, η απομάκρυνση ή η συσσώρευση πρέπει να πραγματοποιηθεί έως ότου το φρεάτιο φτάσει στο καθεστώς ροής Pseudo Steady State (PSS). Χρησιμοποιώντας τη σχέση PSS, ο όγκος του ταμιευτήρα, ο οποίος είναι αντιστρόφως ανάλογος με την κλίση της πτώσης πίεσης με το χρόνο, μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής

$$A \square h = \frac{q \square B_o}{c_t \square \frac{P \square}{t \square}}$$

Ωστόσο, οι δοκιμές ορίων δεξαμενών είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν για δεξαμενές αερίου λόγω της υψηλής και μεταβλητής συμπιεστότητας αερίου και της χαμηλής διαπερατότητας. Εν τω μεταξύ, μια άλλη μέθοδος παρουσιάζεται από τους Whittle και Gringarten (2008) και Kuchuk (2009), που χρησιμοποιεί τα δεδομένα στο σημείο εκκίνησης της κλίσης της μονάδας. Η εξίσωση για την ελάχιστη απαιτούμενη ακτίνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό μιας δοκιμής που προσδιορίζει τα όρια της δεξαμενής (Spivey, 2008):

$$r_{inv} = 0.0324 \frac{k \square t \square^{1/2}}{c_t \square}$$

Ωστόσο, η παραπάνω εξίσωση ενδέχεται να μην λειτουργεί καλά όταν το πηγάδι βρίσκεται κοντά στα όρια, καθώς υποθέτει τις συνθήκες ημι-σταθερής κατάστασης που επιτυγχάνονται στην περιοχή αποστράγγισης του πηγαδιού. Η συνολική συμπιεσιμότητα (ct) μπορεί να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας κάθε κορεσμό φάσης με τη συμπιεστότητά του και την προσθήκη όλων συν τη συμπιεστότητα σχηματισμού:

$$ct = cf + \text{έτσι} \cdot co + sg \cdot cg + sw \cdot cw$$

Σφάλματα στις μετρήσεις πίεσης / ρυθμού, αβεβαιότητες σε βασικές παραμέτρους φρεατίου και δεξαμενής (κακή αντιστοίχιση με το μοντέλο ερμηνείας ή από τη μη μοναδικότητα του μοντέλου ερμηνείας), οδηγούν σε αβεβαιότητα στα αποτελέσματα ανάλυσης δοκιμών φρεατίων (Azi et al., 2008). Ο κύριος στόχος των δοκιμών ορίου δεξαμενής, είναι η κατανόηση του όγκου της εξεταζόμενης δεξαμενής.

Σε αυτό το σημείο η μέθοδος αποσυγκέντρωσης είναι χρήσιμη. Χρησιμοποιώντας την ανάλυση αποσυγκέντρωσης, περισσότερες πληροφορίες μπορούν να ληφθούν σχετικά με τις ιδιότητες της δεξαμενής, όπως τα όρια της δεξαμενής και τον όγκο των υδρογονανθράκων. Επειδή το deconvolution παρέχει μια ισοδύναμη σταθερή απόκριση μονάδας που θα δημιουργηθεί από μια δοκιμή μεταβλητού ρυθμού για ολόκληρη τη διάρκεια της δοκιμής, και ως εκ τούτου δίνει την ευκαιρία να ερμηνεύσει και να αναλύσει ολόκληρη τη διάρκεια της δοκιμής.

Ο κύριος στόχος των δοκιμών ορίου δεξαμενής, είναι η κατανόηση του όγκου της εξεταζόμενης δεξαμενής. Σε αυτό το σημείο η μέθοδος αποσυγκέντρωσης είναι χρήσιμη. Χρησιμοποιώντας την ανάλυση αποσυγκέντρωσης, περισσότερες πληροφορίες μπορούν να ληφθούν σχετικά με τις ιδιότητες της δεξαμενής, όπως τα όρια της δεξαμενής και τον όγκο των υδρογονανθράκων. Επειδή μέθοδος αποσυγκέντρωσης παρέχει μια ισοδύναμη σταθερή απόκριση μονάδας που θα δημιουργηθεί από μια δοκιμή μεταβλητού ρυθμού για ολόκληρη τη διάρκεια της δοκιμής, και ως εκ τούτου δίνει την ευκαιρία να ερμηνεύσει και να αναλύσει ολόκληρη τη διάρκεια της δοκιμής. Λεπτομερείς πληροφορίες και μερικές συζητήσεις σχετικά με τη «Μέθοδο Deconvolution» παρουσιάζονται παρακάτω σε έναν συγκεκριμένο τίτλο.

3.3.6 Μέθοδος Αποσυγκέντρωσης

Η μέθοδος αποσυγκέντρωσης χρησιμοποιείται στην ανάλυση παροδικής πίεσης από το 1960. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί (Kappa DFA, 2007):

Ο Onur (2007) συνοψίζει τη βασική αρχή λειτουργίας στη μέθοδο αποσυγκέντρωσης ως εξής:

«Ο πρωταρχικός στόχος της εφαρμογής αποσυγκρότησης πίεσης / ρυθμού είναι να μετατρέψει την απόκριση δεδομένων πίεσης από μια δοκιμή μεταβλητού ρυθμού ή μια ακολουθία παραγωγής σε ένα ισοδύναμο προφίλ πίεσης που θα είχε ληφθεί εάν το φρεάτιο παρήχθη με σταθερό ρυθμό για ολόκληρη τη διάρκεια την ιστορία της παραγωγής".

Ως εκ τούτου, αντί για μεταβλητούς ρυθμούς / πιέσεις, θα ληφθεί ένας σταθερός ρυθμός / απόκριση πίεσης σχετικά με το φρεάτιο του θέματος ή τη δεξαμενή με τη βοήθεια της ανάλυσης αποσυγκέντρωσης. Το κύριο μειονέκτημα της αποσυγκρότησης είναι ότι η αποσυγκρότηση είναι πολύ ευαίσθητη στις παραμέτρους εισόδου. Η ανάλυση οδηγεί σε μεγάλες αβεβαιότητες στην τιμή εξόδου. Ευτυχώς, με τις πρόσφατες μελέτες αναπτύχθηκαν ισχυροί αλγόριθμοι αποκάλυψης που είναι πιο ανεκτικοί σε σφάλματα.

Στο βιβλίο ανάλυσης δυναμικής ροής της Kappa Engineering (2007), η μέθοδος Deconvolution περιγράφεται στα απλά αγγλικά ως εξής:

«Η ουσία της νέας μεθόδου, είναι η βελτιστοποίηση. Αντί να βελτιστοποιήσουμε τις παραμέτρους του μοντέλου στο τέλος της ερμηνείας, παίρνουμε μια διακριτή αναπαράσταση του παραγώγου που αναζητούμε, και το μετατοπίζουμε και το λυγίζουμε μέχρι να τιμήσει τα επιλεγμένα δεδομένα μετά την ολοκλήρωση, για να μας δώσει μια απόκριση αλλαγής πίεσης μονάδας από το παράγωγο, και τη συνέλιξη, για να ληφθούν υπόψη οι τιμές.

Μόλις λάβουμε το παράγωγο, το ενσωματώνουμε για να πάρουμε την απόκριση πίεσης και να δείξουμε τόσο την πίεση όσο και το παράγωγο στο λογότυπο log-log. Δεδομένου ότι αυτή είναι η θεωρητική απόκριση για σταθερό ρυθμό, ταιριάζουμε τα αποδιαλυμένα δεδομένα με μοντέλα σχεδίασης, όχι μοντέλα με υπέρθεση.

Αν και έχουν αναπτυχθεί ισχυροί αλγόριθμοι αποσυγκρότησης που ελαχιστοποιούν την ευαισθησία στις παραμέτρους εισόδου, η ακρίβεια της αρχικής εισόδου πίεσης παραμένει βασική παράμετρος για τη λήψη της σωστής απολυμένης απόκρισης. Ιδιαίτερα, το μέρος

της καθυστερημένης απόκρισης επηρεάζεται από την αρχική πίεση. Το Kappa DFA Booklet (2007) εξηγεί τον λόγο για τον οποίο ειδικά το όψιμο τμήμα επηρεάζεται από την αρχική επιλογή πίεσης ως εξής:

Για τον ακριβέστερο προσδιορισμό της αρχικής πίεσης, οι δοκιμές μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να περιλαμβάνουν δύο ξεχωριστές συσσωρεύσεις. Όπως αναμένεται, τα οικόπεδα παραγώγων για ξεχωριστές συσσωρεύσεις θα πρέπει να δίνουν την ίδια απόκριση, επειδή όλα αυτά τα σήματα παραγώγων πίεσης ανήκουν στην ίδια δεξαμενή. Επομένως, η ακριβής αντιστοίχιση των απολυμένων σημάτων, ειδικά στο τελευταίο τμήμα, μπορεί να ληφθεί μόνο εάν η αρχική τιμή πίεσης είναι σωστή.

Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας χαμηλότερο p_i , η αρχική συσσώρευση πηγαίνει κάτω από την καθυστερημένη συσσώρευση και για υψηλότερο p_i , αντιστρόφως. Με βάση τα παραπάνω, μπορεί να εφαρμοστεί μια διαδικασία δοκιμής και σφάλματος για τη λήψη του σωστού p_i . Το γνωστό ολοκληρωμένο σύνολο των Van Everdingen και Hurst (1949) μπορεί να δοθεί με τον ακόλουθο τύπο, ο οποίος είναι μια έκφραση υπέρθεσης που ισχύει για γραμμικά συστήματα:

$$p_m(t) = p_i + \int_0^t q_m(t') \frac{dp_u(t-t')}{dt} dt'$$

Εάν η φάση του θέματος είναι αέριο, τα p_m , p_i και p_u θα πρέπει να αντικατασταθούν με τις παραστάσεις ψευδο-πίεσης πραγματικού αερίου $[m(p)]$, η οποία ορίζεται από τους Al-Hussainy et al. (1966).

Το κύριο πλεονέκτημα της αποσυγκέντρωσης στην εκτίμηση αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι ότι μπορεί κανείς να βρει τον ελάχιστο όγκο δεξαμενής καθορίζοντας το ελάχιστο μήκος του τελευταίου ορίου της δεξαμενής εάν το αποσυμπιεσμένο σήμα δεν ταυτοποίησε καθεστώς ψευδο-κατάστασης ροής που χαρακτηρίζεται από γραμμή κλίσης μονάδας στο λογάτυπο log-log του παραλυμένου παραγώγου Bourdet έναντι του χρόνου. Εν τω μεταξύ, παρουσιάζεται μια απεικόνιση της διαδικασίας υπολογισμού του ελάχιστου όγκου με τη χρήση της αποσυγκρότησης,

χρησιμοποιώντας ένα παράδειγμα συνθετικής περίπτωσης στο Κεφάλαιο 5.1 της ενότητας μελέτες περιπτώσεων.

3.3.7 Μέθοδοι Ισορροπίας Υλικού

Αυτή η μέθοδος ορίζεται απλώς ως η εφαρμογή της γνωστής αρχής «Διατήρηση της ύλης» σε δεξαμενές υδρογονανθράκων αναλύοντας τη συμπεριφορά πίεσης της δεξαμενής σε απόκριση της απόσυρσης υγρών από τη δεξαμενή. Η μέθοδος προϋποθέτει τη δεξαμενή ως δεξαμενή για την εκτίμηση των μέσων ιδιοτήτων ρευστού και του ιστορικού πίεσης. Η προϋπόθεση για τη χρήση αυτής της τεχνικής είναι ότι η δεξαμενή πρέπει να έχει φτάσει σε συνθήκες ημι-σταθερής κατάστασης (Demirmen, 2007). Επιπλέον, η αξιοπιστία της μεθόδου εξαρτάται κυρίως από την επάρκεια και την αξιοπιστία των δεδομένων πίεσης, παραγωγής και PVT.

3.3.8 Ισορροπία Υλικών Αερίου (Ογκομετρική εξάντληση)

Η μείωση της πίεσης της σχετικής δεξαμενής, είναι ευθέως ανάλογη με το αέριο που παράγεται από αυτήν τη δεξαμενή, το οποίο είναι ίσο με τη μεταβολή του όγκου του αρχικού αερίου στη συγκεκριμένη δεξαμενή. Εξηγώντας όλα αυτά σε εξισώσεις:

$$G(B_g - B_{gi}) = G_p B_g$$

Το αέριο G ήταν αρχικά στη θέση του (GIIP)

Το αέριο G_p παράχθηκε αθροιστικά

Συντελεστής όγκου σχηματισμού αερίου ρεύματος B_g

Συντελεστής όγκου αρχικού σχηματισμού αερίου B_{gi}

Γράφοντας την εξίσωση σε άλλη μορφή και εισάγοντας B_g ως την αναλογία του όγκου σε συνθήκες δεξαμενής προς τον όγκο σε τυπικές συνθήκες, μπορεί να σχηματιστεί μια εξίσωση που δίνει το αρχικό αέριο στη θέση του.

$$G \square B_{gi} = (G \square G_p) \square B_g$$

$$B_g = \frac{V_{rc}}{V_{sc}} = \frac{\frac{z_r \square n \square R \square T_r}{P_r}}{\frac{z_s \square n \square R \square T_s}{P_s}} = \frac{z_r}{P_r} \cdot \frac{T_r \square P_s}{T_s}$$

Τα άγνωστα της Εξίσωσης είναι η πίεση (p), ο συντελεστής συμπιεστότητας (z) σε αυτήν την πίεση και το αθροιστικό αέριο που παράγεται (Gp), τα οποία μπορούν να ληφθούν εύκολα από τις εκθέσεις πεδίου / παραγωγής.

Η κατάσταση είναι λίγο διαφορετική για τις δεξαμενές υγρού αερίου και τη δεξαμενή αερίου-συμπυκνωμάτων. Πριν προχωρήσουμε στις συζητήσεις σχετικά με τις αβεβαιότητες που προκαλούνται από την αμέλεια της υγρής φάσης κατά τον υπολογισμό του όγκου των δεξαμενών αερίου, οι ορισμοί μπορούν να βρεθούν παρακάτω για τις δεξαμενές αερίου που δεν είναι ξηρές.

Όπως αναφέρεται η ογκομετρική μέθοδος, η λέξη «Ξηρό» δεν υποδηλώνει την απουσία νερού. Ξηρά μέσα, ο υδρογονάνθρακας στη δεξαμενή βρίσκεται μόνο σε αέρια φάση. Όσον αφορά τους ορισμούς: Οι «δεξαμενές υγρού αερίου» παράγουν υγρά που είναι μονοφασικά στη δεξαμενή και δύο φάσεις σε πηγές πηγής και σε επιφανειακές εγκαταστάσεις. Από την άλλη πλευρά, οι «δεξαμενές αερίου συμπυκνωμάτων», ενεργούν σαν δεξαμενές υγρού αερίου έως ότου η πίεση των δεξαμενών μειωθεί κάτω από το σημείο δρόσου, και τότε υπάρχουν δύο φάσεις παντού (Spivey, 2008). Για να ξεπεραστούν τα λάθη που προκαλούνται από την αμέλεια των ποσοστών υγρής φάσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας ισοδύναμος ρυθμός ροής αντί του ρυθμού ξηρού αερίου (Spivey, 2008).

$$\frac{p}{z} = \frac{p_i}{z_i} \frac{1}{\frac{G_p}{G}}$$

Η κατάσταση είναι λίγο διαφορετική για τις δεξαμενές υγρού αερίου και τη δεξαμενή αερίου-συμπυκνωμάτων. Πριν προχωρήσουμε στις συζητήσεις σχετικά με τις αβεβαιότητες που προκαλούνται από την αμέλεια της υγρής φάσης κατά τον υπολογισμό του όγκου των δεξαμενών αερίου, οι ορισμοί μπορούν να βρεθούν παρακάτω για τις δεξαμενές αερίου που δεν είναι ξηρές.

Όπως αναφέρεται στην ενότητα Ογκομετρική μέθοδος, η λέξη «Ξηρό» δεν υποδηλώνει την απουσία νερού. Ξηρά μέσα, ο υδρογονάνθρακας στη δεξαμενή βρίσκεται μόνο σε αέρια φάση. Όσον αφορά τους ορισμούς, σημειώνεται πως οι «δεξαμενές υγρού αερίου» παράγουν υγρά που είναι μονοφασικά στη δεξαμενή και δύο φάσεις σε πηγές πηγής και σε επιφανειακές εγκαταστάσεις. Από την άλλη πλευρά, οι «δεξαμενές αερίου συμπυκνωμάτων», ενεργούν σαν δεξαμενές υγρού αερίου έως ότου η πίεση των δεξαμενών μειωθεί κάτω από το σημείο δρόσου, και τότε υπάρχουν δύο φάσεις παντού (Spivey, 2008).

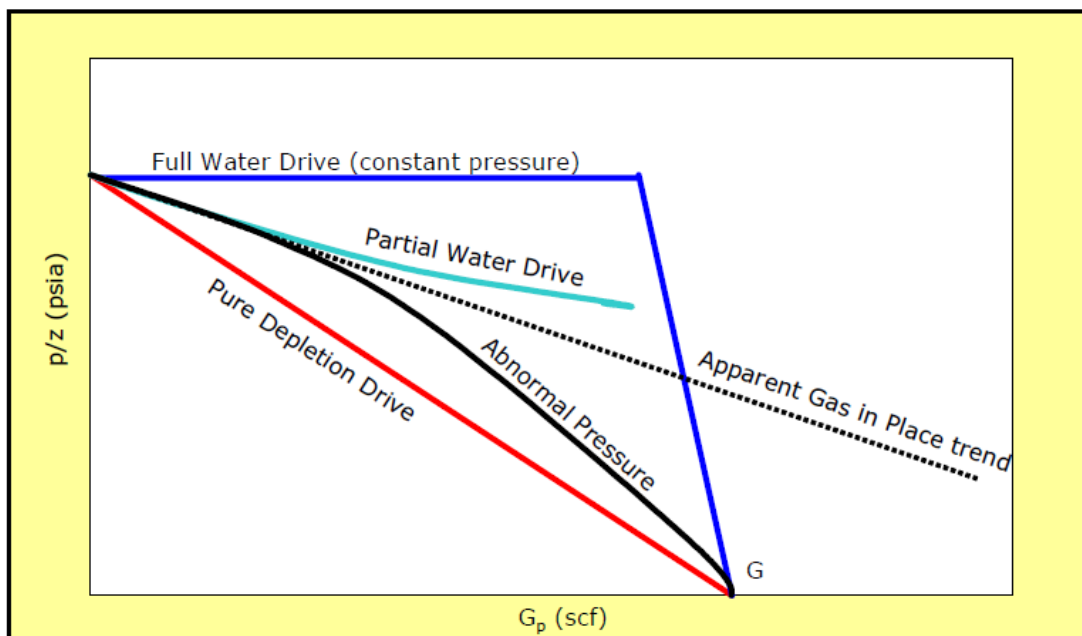
Για να ξεπεραστούν τα λάθη που προκαλούνται από την αμέλεια των ποσοστών υγρής φάσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας ισοδύναμος ρυθμός ροής αντί του ρυθμού ξηρού αερίου (Spivey, 2008)

$$V_{eq} = 133316 \cdot \frac{\square_o}{M_o}$$

$$q_w = q_g + 133316 \cdot \frac{\square_o}{M_o} \cdot q_o$$

Μία από τις κύριες αβεβαιότητες στην προσέγγιση p/z είναι η ευθεία του p/z έναντι της γραφικής παράστασης G_p . Οι αποκλίσεις από την ευθεία συμπεριφορά του p/z έναντι του G_p plot γενικά προκύπτουν από ένα από τα παρακάτω στοιχεία (Spivey, 2008):

- ✓ Επιπλέον ενέργεια στη συμπίεσιμότητα του σχηματισμού δεξαμενής
- ✓ Εισροή νερού
- ✓ Χαμηλή διαπερατότητα
- ✓ Ανεπαρκής χρόνος κλεισίματος
- ✓ Διαμερίσματα περιοχής ετερογένειας δεξαμενών
- ✓ Μεταβλητές ιδιότητες επιπέδου χωρίς εγκάρσια ροή
- ✓ Αλλαγή της αποστράγγισης
- ✓ Υγρά Wellbore



Σχήμα 1.6: Απόκλιση στο p/z Plot κατά τους Harrel et al., 2004.

Στην πρώιμη ζωή των δεξαμενών φυσικού αερίου, δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν εύκολα διάφορα εξαιρετικά αποτελέσματα. Σύμφωνα με τους Harrell et. al. (2004), τουλάχιστον το 25% της αναμενόμενης τελικής ανάκαμψης (EUR) θα πρέπει να παράγεται προκειμένου να υπάρχει πρόβλεψη για τα έκτακτα αποτελέσματα, εξ ου και οι αποκλίσεις από την ευθεία συμπεριφορά. Προσθέτουν επίσης ότι, οι πιέσεις των δεξαμενών που προηγουμένως έδειχναν ανώμαλη τάση θα πρέπει να μειωθούν σε κανονική περιοχή κλίσης πίεσης. Η συμπίκνωση και η μερική κίνηση νερού είναι τα δύο εμφανή παραδείγματα μηχανισμών κίνησης που δείχνουν τάσεις p/z πολύ παρόμοιες με την κίνηση καθαρής εξάντλησης.

Ακολουθούν ορισμένοι τύποι δεξαμενών για τους οποίους θα πρέπει να ληφθεί επιπλέον προσοχή κατά τη χρήση της μεθόδου p/z : Υπερυψωμένες δεξαμενές με κλίση πίεσης υψηλότερη από 0,6 psi / ft, δεξαμενές που εμφανίζουν σχετικά μικρή μείωση πίεσης κατά την παραγωγή, περιοχές που έχουν τάση για νερό εισροή, δεξαμενές που παράγουν με υψηλούς ρυθμούς.

Τέλος, οι Harrell et al. (2004) εφιστούν την προσοχή σε δεξαμενές υπερπίεσης που συνήθως εμφανίζουν γραμμική συμπεριφορά p/z έως ότου επιτευχθεί μια κανονική κλίση πίεσης. Τα αποτελέσματα της ογκομετρικής ανάλυσης θα είναι πιο σίγουρα έως ότου πραγματοποιηθεί μια δεύτερη τάση κάτω από την κανονική βαθμίδα πίεσης. Επίσης, η φόρτωση υγρού μπορεί να γίνει ένα άλλο ζήτημα και εάν ναι, αν υποθεθεί ότι η χαμηλή πίεση εγκατάλειψης μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη εκτίμηση του UR.

3.4 Μέθοδοι Ανάλυσης Ποσοστών

Κατά τη διάρκεια της παραγωγής, η περιοχή αποστράγγισης πετρελαίου επεκτείνεται και η πίεση της δεξαμενής μειώνεται, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για κλειστές δεξαμενές. Κατά συνέπεια, συμβαίνει φαινόμενο μείωσης του ρυθμού παραγωγής και αποστράγγισης πετρελαίου (Caldwell Heather, 2001). Η πιο σημαντική μεταβλητή για την εκτίμηση της περίπτωσης αυτής, είναι η «Ultimate Recovery» από τη μέθοδο Decline Curve Analysis (DCA) που αναφέρεται στο σχετικό οικονομικό όριο. Δηλαδή, μετριέται ο ρυθμός /

χρόνος κατά τον οποίο τα έσοδα της παραγωγής γίνονται λιγότερα από το λειτουργικό κόστος της μονάδας εξαγωγής / διύλισης πετρελαίου και παραγωγής φυσικού αερίου ().

Σύμφωνα με τους Harrell et al. (2004), τα τυπικά σφάλματα που σχετίζονται με το λειτουργικό κόστος της μονάδας εξαγωγής / διύλισης πετρελαίου και παραγωγής φυσικού αερίου, περιλαμβάνουν τα εξής:

i) Το προβλεπόμενο λειτουργικό κόστος είναι χαμηλότερο από το ιστορικό μέσο κόστος. Αυτή η στάση οδηγεί γενικά σε χαμηλότερο οικονομικό όριο, επομένως υπερεκτιμά τη μονάδα UR.

ii) Επαναλαμβανόμενα έξοδα πηγών ή εγκαταστάσεων. Ο ακριβής προσδιορισμός των περιοδικών εξόδων, μπορεί να μειώσει τα λάθη στους υπολογισμούς του λειτουργικού κόστους. Λανθασμένα, αν υποθέσουμε ότι ορισμένες δαπάνες ως μη επαναλαμβανόμενες θα οδηγήσει σε χαμηλό λειτουργικό κόστος, ως εκ τούτου υπερεκτίμηση της μονάδας UR.

iii) Παραδοχή σταθερού κόστους μονάδας. Σχεδόν σε όλες τις εγκαταστάσεις παραγωγής, το μοναδιαίο κόστος αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου με τη μείωση της παραγωγής. Τεχνητές τεχνικές ανύψωσης, συμπίεστές, επεξεργασίες νερού κ.λπ. θα αυξήσουν περαιτέρω το μοναδιαίο κόστος, πλησιάζοντας στο τέλος της διάρκειας παραγωγής. Από την άλλη πλευρά, το κόστος των δευτερογενών προϊόντων, θα πρέπει επίσης να συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς, οι οποίοι θα μειώσουν το μοναδιαίο κόστος.

iv) Αλλαγές στη διαδικασία ανάκτησης. Με άλλα λόγια, ο νέος μηχανισμός ανάκτησης που τίθεται σε λειτουργία, επηρεάζει σημαντικά το λειτουργικό κόστος. Αντίθετα, οι μεθοδολογίες καμπύλης απόρριψης, ενέχουν κάποιες κρίσιμες λειτουργίες όπως (Spivey, 2008):

Πρώτον, η μέθοδος DCA υποθέτει ότι, ό, τι κι αν ελέγχεται, η απόδοση του παρελθόντος θα παραμείνει για τον έλεγχο της μελλοντικής απόδοσης και η μέτρηση αυτή παραμένει σταθερή.

Δεύτερον, το σχήμα των καμπυλών μείωσης παραγωγής, ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο της δεξαμενής, τον μηχανισμό κίνησης και την ωριμότητα παραγωγής.

Τρίτον, τα σχήματα απόρριψης εφαρμόζονται συχνά με ακατάλληλο τρόπο.

Για να αποφευχθούν τα λανθασμένα αποτελέσματα από τις μεταβαλλόμενες συνθήκες παραγωγής, μπορεί να προτιμηθεί μια γραφική παράσταση ρυθμού έναντι αθροιστικής παραγωγής και έναντι του ρυθμού και του χρόνου. Επιπλέον, εάν προτιμάται ο ρυθμός έναντι του χρονοδιαγράμματος και υπάρχουν πολλές διακοπές παραγωγής, η χρήση ημερών παραγωγής αντί των ημερολογιακών ημερών, θα είναι πλεονασματική.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, εάν αυτά τα στοιχεία, ήταν αποτέλεσμα των συνεχών εργασιών, όλες οι τάσεις της πτώσης της μονάδας εξαγωγής / διύλισης πετρελαίου και παραγωγής φυσικού αερίου, αλλάζουν σχετικά, επειδή, η μείωση της κλίσης παραγωγής είναι συνάρτηση του όγκου ρυθμού / στραγγισμένου πόρου. Επιπλέον, εάν η σχετική καμπύλη μείωσης ανήκει σε ένα πεδίο που παράγει πολλά σημεία εξαγωγής πετρελαίου ή και φυσικού αερίου, η αλλαγή στον αριθμό των αγωγών εξόρυξης, φέρνει επίσης κάποια αβεβαιότητα στο σχήμα της νέας μείωσης παραγωγής.

Όσον αφορά την ομάδα αγωγών εξόρυξης, το σύνολο των προβλέψεων για την ατομική παραγωγή αγωγών εξορύξεων, παράγει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα από ό,τι προβλέπει το άθροισμα της παραγωγής των φρεατίων. Επειδή η συνολική παραγωγή προβλέψεων προϋποθέτει ότι όλα τα στοιχεία θα παραμείνουν στην ίδια αναλογία. Στο πλαίσιο αυτό, ο Agr (1945) προέβη σε έναν τύπο που αντιπροσωπεύει την πτώση του ρυθμού ροής της μονάδας εξαγωγής / διύλισης πετρελαίου και παραγωγής φυσικού αερίου:

$$q(t) = \frac{q_i}{(1 + b \cdot D_i \cdot t)^{1/b}}$$

Επίσης το στοιχείο D μπορεί να υπολογιστεί με:

$$D = \square \frac{dq / dt}{q}$$

με την εκθετική συνάρτηση:

$$q(t) = q_i \cdot e^{-D_i \cdot t}$$

ως κοίλη καμπύλη σε μια γραφική παράσταση $\log$ (ρυθμός) έναντι χρόνου

Η χρήση του $b = 0$ μετατρέπει τη γενική εξίσωση του Arp, σε εξίσωση Exponential Decline. Υποθέτοντας ότι η εκθετική πτώση ισχύει για τους ακόλουθους τύπους δεξαμενών αναφέρονται οι (Sprivey, 2008):

Δεξαμενές πετρελαίου:

- Πάνω από την πίεση σημείου φυσαλίδων
- Σημεία εξόρυξης με βαρύτητα
- Λύση κίνησης αερίου με επιβαρυντικές ποσότητες kg / ko

Δεξαμενές αερίου:

- Υψηλή πίεση δεξαμενής (συμπιεστές που μοιάζουν με υγρά)
- Αγωγοί εξόρυξης με προβλήματα φόρτωσης υγρού

Δεξαμενές πετρελαίου και φυσικού αερίου:

- Παράγεται με μικρή απορρόφηση σε σχέση με την πίεση της δεξαμενής
- Περιορισμένα σημεία σωληνώσεων σε σημεία εξορύξεων

Αναφέρεται επίσης η συνάρτηση:

$$q(t) = q_i \cdot (1 + b \cdot D \cdot t)^{-1/b}$$

Οι τιμές b μεταξύ 0 και 1 μετατρέπει τη γενική εξίσωση του Arp σε εξίσωση Hyperbolic Decline. Το Hyperbolic Decline ισχύει για τους ακόλουθους τύπους δεξαμενών (Spivey, 2008):

Δεξαμενές πετρελαίου:

- Κίνηση αερίου διαλύματος με ποσότητα kg / ko ($b = 0,3$)
- Αποστράγγιση βαρύτητας με ελεύθερη επιφάνεια ($b = 0,5$)
- Πλήρης κίνηση νερού ($b = 0,5$)
- Προτιμάται η αναλογία νερού-ελαίου έναντι αθροιστικής παραγωγής πετρελαίου

Δεξαμενές αερίου:

- Παραγωγή πίεσης = 0 ($b = 0,5$)
- Παραγωγή πίεσης = $0,1 * Pbar$ ($b = 0,4$)

Και οι δεξαμενές πετρελαίου και φυσικού αερίου:

- Πολυεπίπεδη δεξαμενή χωρίς διασταύρωση
- Το εκθετικό εξαρτάται από τον βαθμό παράδοσης / αντίθεση αποθήκευσης μεταξύ των επιπέδων
- Παρατηρήθηκε μέγιστο $b = 0,8$ για εξάντληση

Αξίζει να σημειωθεί ότι, η αντιμετώπιση των υπερβολικά φθινουσών στοιχείων δεξαμενής, θα προκαλέσει υποεκτίμηση της δεξαμενής. Στενές δεξαμενές αερίου, φυσικές *σπασμένες* δεξαμενές και δεξαμενές νερού είναι τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα δεξαμενών που μπορούν κατά λάθος να αντιμετωπίζονται ως εκθετικά φθίνουσες δεξαμενές.

Το εκθετικό « b » παρακμής είναι σταθερό εξαιρουμένων των φρεατίων αερίου. Για τα φρεάτια αερίου, το " b " είναι μια μεταβλητή και μειώνεται καθώς η δεξαμενή εξαντλείται σε σταθερή κατάσταση πίεσης κάτω τρύπας (Chen, 2002). Σε ορισμένες εξαιρετικές

συνθήκες το "b" μπορεί να είναι μεγαλύτερο από το 1. Ωστόσο, ο Chen (2002) απέδειξε ότι ο "μέσος όρος b" είναι μικρότερος από 1 στο στάδιο της εξάντλησης.

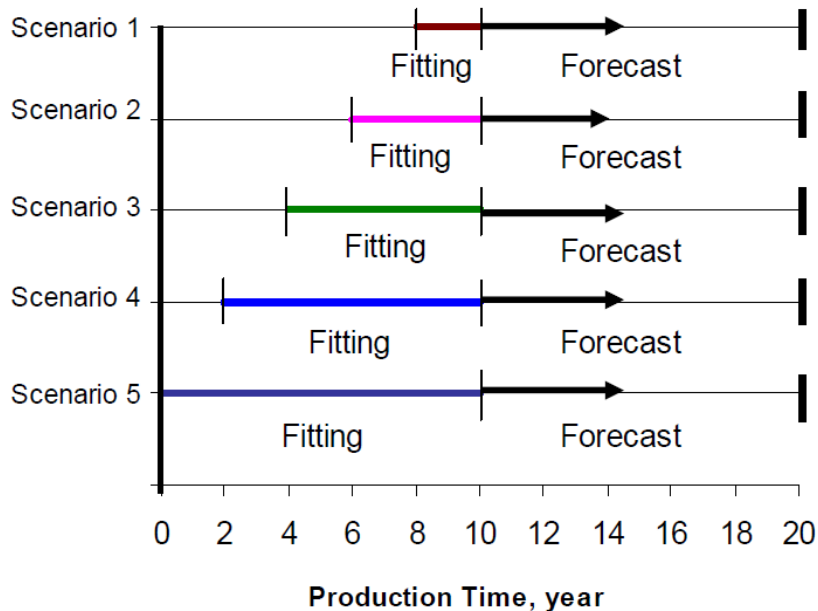
$$q(t) = q_i (1 + Di.t)$$

Η χρήση $b = 1$ μετατρέπει τη γενική εξίσωση της Aip σε *Harmonic Decline* εξίσωση.

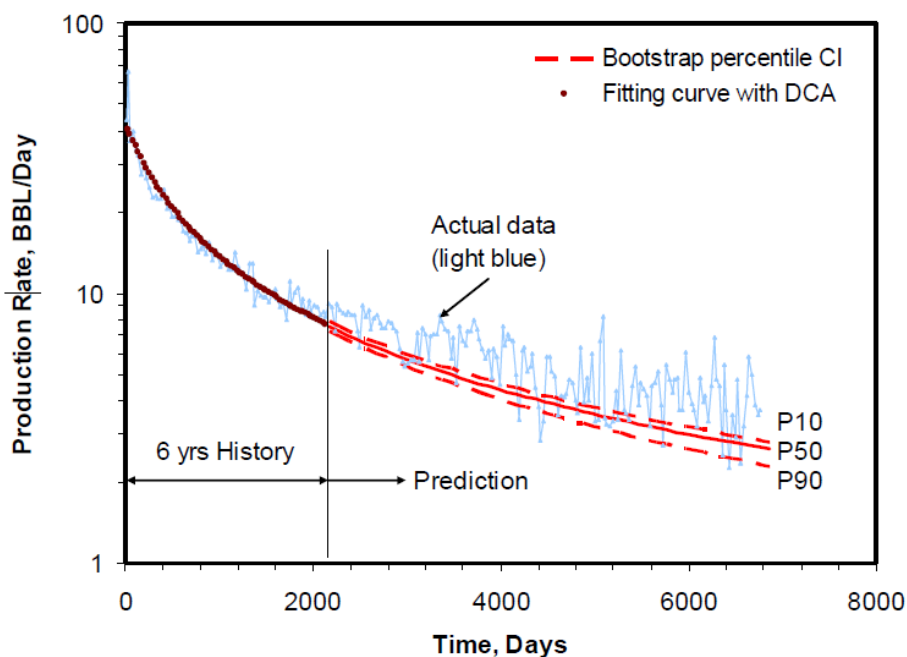
Υπάρχει μια άλλη ιδέα, ως το ποσοστό κάλυψης, που πρέπει να εισαχθεί σε αυτό το σημείο ανάλυσης. Ο Cheng (2005) ορίζει το ποσοστό κάλυψης ως: «Το ποσοστό κατά το οποίο ένα σύνολο εκτιμώμενων διαστημάτων εμπιστοσύνης με ένα καθορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης καλύπτει, ή παρένθεση, τις πραγματικές τιμές. Είναι ένα μέτρο αξιοπιστίας του ποσοτικού προσδιορισμού της αβεβαιότητας. Τα διαστήματα εμπιστοσύνης περιορίζονται με περισσότερα δεδομένα παραγωγής, ωστόσο αυτό δεν συνεπάγεται την αύξηση της εμπιστοσύνης στην εκτίμηση των αποθεμάτων (Cheng et al., 2005).

Σε αντίθεση με τις προσδοκίες, τα αυξημένα δεδομένα ιστορικού παραγωγής δεν βελτιώνουν πάντα την αξιοπιστία των προβλεπόμενων μελλοντικών επιδόσεων, εξ ου και τα υπόλοιπα αποθεματικά. Η χρήση των πιο πρόσφατων δεδομένων παραγωγής ελαχιστοποιεί την αβεβαιότητα στην πρόβλεψη της μελλοντικής απόδοσης. «Σχέδιο ανάλυσης προς τα πίσω» που αναφέρεται στον Cheng (2005) όπου είναι ένας τρόπος να δοθεί έμφαση στα πιο πρόσφατα δεδομένα παραγωγής. Η χρήση αυτής της προσέγγισης στη μέθοδο DCA ελαχιστοποιεί την αβεβαιότητα στις εκτιμήσεις αποθεματικών εξαλείφοντας τα αδύνατα σημεία της μεθόδου DCA, όπως αλλαγές στις συνθήκες λειτουργίας και άλλες διακυμάνσεις στα δεδομένα.

Η ουσία αυτής της προσέγγισης είναι να δουλέψουμε προς τα πίσω και να δημιουργήσουμε πολλές προβλέψεις από την ίδια χρονική στιγμή. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα συνδυάζονται για να σχηματίσουν μια συνολική πιθανότητα πρόβλεψης.



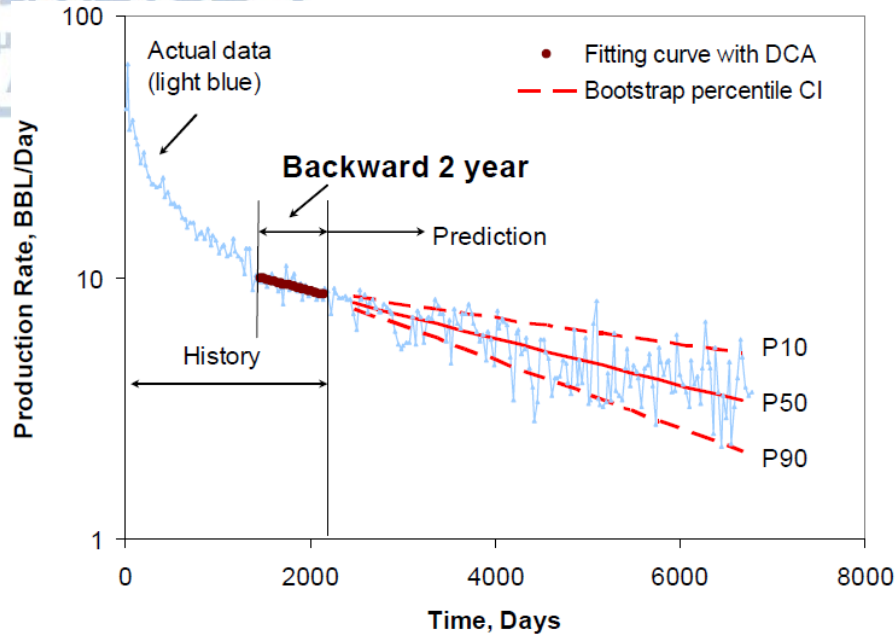
Σχήμα 1.7 - Διαδικασία ανάλυσης προς τα πίσω από τους Cheng et al. (2005).



Σχήμα 1.8: Παραδοσιακή προσέγγιση, η πραγματική απόδοση δεν καλύπτεται από το 80% διάστημα εμπιστοσύνης από τους Cheng et al., 2005.

Στα σχήματα 1.7 και 1.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των Cheng et al. (2005). Η μελέτη διεξήχθη σε ένα πηγάδι (δεξαμενή) με 19 χρόνια δεδομένων παραγωγής. Πρώτον, χρησιμοποιείται παραδοσιακή προσέγγιση στο Σχήμα 1.8, όπου όλα τα δεδομένα απόδοσης χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της μελλοντικής απόδοσης. Όπως φαίνεται, τα δεδομένα απόδοσης δεν καλύπτονται πλήρως από διάστημα εμπιστοσύνης 80%. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας την Ανάλυση προς τα πίσω, χρησιμοποιούνται μόνο δεδομένα 2 ετών και τα δεδομένα καλύπτονται από διάστημα εμπιστοσύνης 80%. Σύμφωνα με τους Cheng et al. (2005), η χρήση του πιο πρόσφατου 20% των δεδομένων παραγωγής δίνει επιτυχημένα αποτελέσματα.

Τα δεδομένα μεταβατικής περιόδου είναι ένα από τα κύρια προβλήματα που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των καμπυλών μείωσης. Η μεταβατική περίοδος θα πρέπει να εξαιρείται από τα αναλυθέντα δεδομένα για μια πιο αξιόπιστη πρόβλεψη μελλοντικών επιδόσεων και κατά συνέπεια αποθεματική εκτίμηση. Ωστόσο, ο καθορισμός του τέλους της μεταβατικής περιόδου (αρχή της σταθεροποιημένης περιόδου) είναι δύσκολο να ξεπεραστεί, ειδικά με βραχυπρόθεσμα δεδομένα παραγωγής. Σε αυτό το σημείο, η προσέγγιση προς τα πίσω είναι χρήσιμη με την εξάλειψη αυτού του προβλήματος δίνοντας έμφαση στα πιο πρόσφατα δεδομένα. Η συνολική τιμή P50 καθορίζεται με μέση τιμή των τιμών P50. Η τιμή P90 καθορίζεται λαμβάνοντας το ελάχιστο των τιμών P90 και η τιμή P10 καθορίζεται λαμβάνοντας το μέγιστο των τιμών P10 (Cheng et al., 2005).



Σχήμα 1.9: Σενάριο 2 ετών προς τα πίσω, η πραγματική απόδοση καλύπτεται από 80% διάστημα εμπιστοσύνης από τους Cheng et al. (2005)

Το δεύτερο κύριο πρόβλημα είναι η αλλαγή των συνθηκών λειτουργίας κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Χρησιμοποιώντας τα πιο πρόσφατα δεδομένα παραγωγής, αυτή η δυσμενής κατάσταση θα ελαχιστοποιηθεί και η Ανάλυση προς τα πίσω έρχεται ξανά στη διαδικασία παραγωγής. Προκειμένου να μειωθεί η αβεβαιότητα στη μέθοδο DCA , επιτελείται η (Spivey, 2008):

- Εκτίμηση της τάσης μείωσης σε σχετική βάση ολοκλήρωσης
- Συμπεριλάβετε τάσεις σε δευτερεύοντα προϊόντα
- Χρησιμοποίηση σε αναλογικά πεδία
- Επιλογή στο πιο κατάλληλο μοντέλο απόρριψης
- Συνδυασμό στη μέθοδο DCA με άλλες τεχνικές αξιολόγησης

Δυστυχώς, πρέπει να έχουμε κατά νου ότι, η ανάλυση καμπύλης απόρριψης είναι μια συμπληρωματική μέθοδος για τον έλεγχο άλλων μεθοδολογιών, αντί για μια διακριτή μέθοδο.

3.5 Αριθμητική Προσομοίωση Δεξαμενής

Η αριθμητική προσομοίωση δεξαμενής είναι η πιο ολοκληρωμένη μέθοδος εκτίμησης παραμέτρων αποθεματικών και δεξαμενών που μπορεί να αντιπροσωπεύει σύνθετες δεξαμενές και ποικίλες ιδιότητες δεξαμενής και πηγαδιών. Ωστόσο, απαιτεί περισσότερα δεδομένα από τις άλλες μεθόδους που συζητήθηκαν παραπάνω (Crump, Hite, 2006).

Η προσομοίωση δεξαμενής αντιπροσωπεύει τη δεξαμενή με μια σειρά διασυνδεδεμένων κυψελών (πλέγματα) το καθένα έχει ιδιωτικές ιδιότητες βράχου και ρευστού. Με τη βοήθεια υπολογιστών, ο καθορισμένος τύπος ροής προσομοιώνεται στο δημιουργημένο ταμιευτήρα. Υπολογισμοί ισοζυγίου υλικών και υπολογισμοί ροής Darcy για μετανάστευση ρευστών πραγματοποιούνται σε κάθε κελί. Η σύγκλιση της δημιουργημένης δεξαμενής στην πραγματική περίπτωση ελέγχεται από την αντιστοίχιση των ιστορικών δεδομένων με τα προσομοιωμένα δεδομένα. Ωστόσο, οι αγώνες ιστορικού δεν είναι μοναδικοί, δηλαδή διαφορετικά μοντέλα δεξαμενών μπορεί να ανταποκρίνονται με τον ίδιο τρόπο στην έκταση. Ως εκ τούτου, τα μοντέλα πρέπει να ελέγχονται με διαφορετικές πηγές δεδομένων (Caldwell Heather, 2001).

3.6 Μέθοδος Monte Carlo (MCM)

Η μέθοδος Monte Carlo αναφέρεται γενικά ως προσομοίωση Monte Carlo. Κυριολεκτικά, «προσομοίωση» σημαίνει *απομίμηση* της πραγματικής ζωής. Ομοίως, η διαδικασία Monte Carlo Simulation είναι μια απομίμηση ενός πραγματικού συστήματος για τη δημιουργία αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας τυχαία επιλεγμένες τιμές από ένα μοντέλο διανομής ως μεταβλητές εισόδου και υπολογίζοντας τα αποτελέσματα ξανά και ξανά. Ως εκ τούτου, το μοντέλο προσομοιώνεται και προκύπτει κατανομή πιθανότητας για τιμές εξόδου. Χωρίς μια τέτοια προσομοίωση, το μοντέλο του υπολογιστικού φύλλου αποκαλύπτει μόνο ένα αποτέλεσμα. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας το πρόσθετο "Monte

Carlo Simulation" για υπολογιστικά φύλλα, μπορεί να επιτευχθεί μια σειρά πιθανών αποτελεσμάτων με την πιθανότητα εμφάνισής τους (Crump, Hite, 2006).

Τα Crystall Ball TM, @RiskTM είναι παραδείγματα για εφαρμογές Monte Carlo που βασίζονται σε υπολογιστικό φύλλο. Η εξήγηση από πού προέρχεται το όνομα της προσομοίωσης MC μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της ιδέας με αυτήν τη μέθοδο. Το MC Simulation πήρε το όνομά του από τον παράδεισο τυχερών παιχνιδιών Monte Carlo, Μονακό. Δηλαδή, όπου τα κύρια αξιοθέατα είναι τα καζίνο, έτσι τα τυχερά παιχνίδια. Οι ζάντες ζαριών, κουλοχέρηδων, ρουλέτας παρουσιάζουν τυχαία συμπεριφορά, όπως ακριβώς και το MC Simulation για την επιλογή μεταβλητών τιμών.

Σε όλα τα υπολογιστικά φύλλα MC, ο χρήστης υποτίθεται ότι ορίζει μια κατανομή πιθανότητας για κάθε μεταβλητή εισόδου. Οι κανονικοί, τριγωνικοί, log-normal και ομοιόμορφοι τύποι διανομής μπορεί να είναι οικείοι, ωστόσο, υπάρχουν πολλοί λιγότερο γνωστοί τύποι όπως, beta, gamma, Weibull και Pareto. Σε αυτό το σημείο, τρεις βασικές πηγές έρχονται σε διάσωση για να καθορίσουν το μοντέλο διανομής, τα οποία είναι οι θεμελιώδεις αρχές, γνώμη εμπειρογνομόνων και ιστορικά δεδομένα (Murtha, 1993).

Από την άλλη πλευρά, η προσομοίωση MC έχει κάποια μειονεκτήματα. Ο Murtha (1993) ταξινομεί αυτά τα μειονεκτήματα σε τρία κύρια μέρη. Πρώτον, η τιμή του λογισμικού και οι χρήστες πρέπει να μάθουν λογισμικό, δεύτερον η γλώσσα πιθανότητας και στατιστικών θα πρέπει να είναι πολύ γνωστή και τρίτον τα αποτελέσματα είναι τόσο καλά όσο το μοντέλο και οι υποθέσεις εισαγωγής. Τα πρώτα δύο μειονεκτήματα είναι εύκολο να ξεπεραστούν, ωστόσο, το τρίτο πρέπει να απορριφθεί ή να ελαχιστοποιηθεί επιλέγοντας προσεκτικά μοντέλα και παραμέτρους εισόδου.

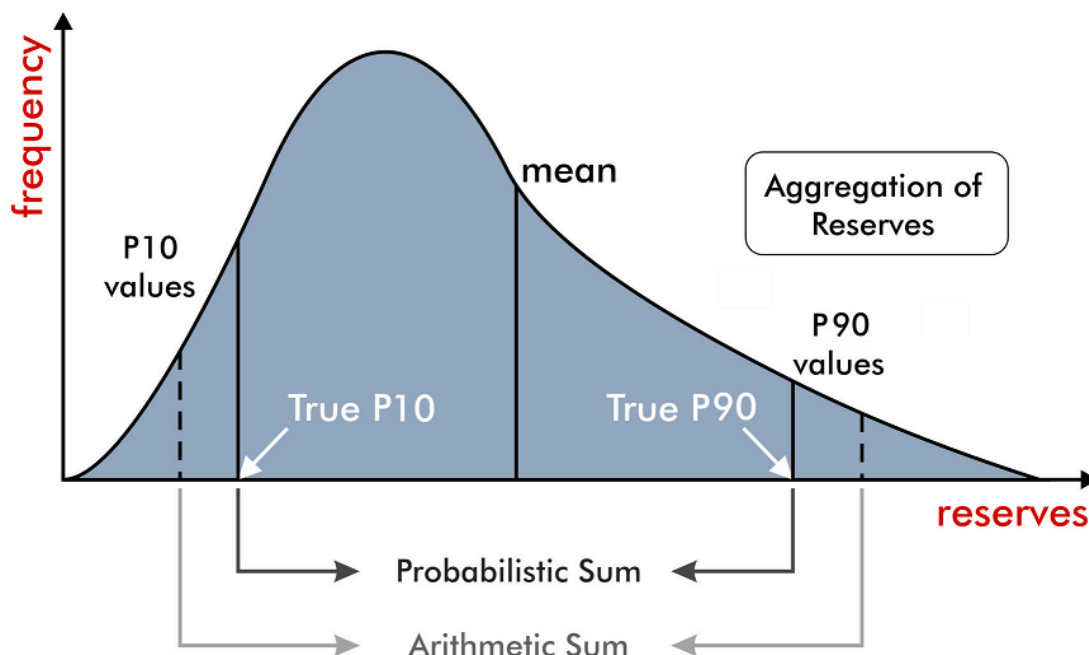
Το Monte Carlo Simulation μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιονδήποτε τύπο υπολογισμού που περιλαμβάνει εισόδους με κάποια αβεβαιότητα. Ως εκ τούτου, η MC Simulation μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις μεθόδους εκτίμησης. Για παράδειγμα, στο DCA, τόσο η αρχική παραγωγικότητα όσο και ο ρυθμός μείωσης, μπορούν να εκτελεστούν στην προσομοίωση MC ως τυχαίες μεταβλητές. Κατά συνέπεια, η πρόβλεψη παραγωγής γίνεται μια ζώνη αβεβαιότητας, και όχι μία καμπύλη.

Εν ολίγοις, εκτελώντας μια προσομοίωση MC, οι μεταβλητές εισόδου επαναλαμβάνονται επανειλημμένα από τις διανομές και χρησιμοποιούνται στην τελική εξίσωση για τον υπολογισμό των σεναρίων και επιτυγχάνονται επιτέλους πολλά σενάρια. Τέλος, η μοντελοποίηση όλων αυτών των σεναρίων θα δώσει στον χρήστη μια κατανομή πιθανότητας για το αποτέλεσμα, δηλαδή ένα ιστόγραμμα που δείχνει τη συχνότητα εμφάνισης όλων των σεναρίων.

3.7 Μέτρηση Συγκέντρωσης Αποθεμάτων Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

Ο Capen (1996, 2001) συνοψίζει αυτήν την περίπτωση στο άρθρο του ως: «ένας σκόπιμα συντηρητικός αριθμός. Η προσθήκη συντηρητικών αριθμών επιφέρει ακόμα περισσότερο συντηρητισμό». Οι εταιρείες ή οι χώρες θέλουν πάντα να γνωρίζουν τα συνολικά αποθέματά τους. Γίνονται δηλώσεις και προγραμματίζονται επενδύσεις σύμφωνα με αυτούς τους αριθμούς. Ωστόσο, εάν η συγκέντρωση (προσθήκη αποθεματικών αρκετών ταμειυτήρων) δεν γίνεται με πιθανοτικές μεθόδους, προκύπτουν στατιστικές στρεβλώσεις στις εκτιμήσεις αποθεματικών.

Το αριθμητικό άθροισμα θα μετατοπίσει το δείκτη P10 σε χαμηλότερη τιμή και το δείκτη P90 σε υψηλότερη τιμή. Ευτυχώς, η μέση τιμή δεν θα επηρεαστεί από αυτό το κοινό λάθος. Συνοψίζοντας, η χρήση αριθμητικού αθροίσματος αντί του πιθανοτικού αθροίσματος, οδηγεί σε εσφαλμένη υψηλή αβεβαιότητα και αυτή η κατάσταση επιδεινώνεται καθώς αυξάνεται ο αριθμός των προστιθέμενων αποθεματικών. Αυτή η διαφορά μεταξύ του αριθμητικού αθροίσματος και του πιθανοτικού συνόλου ονομάζεται «το φαινόμενο χαρτοφυλακίου».



Σχήμα 1.9: Επίδραση του αριθμητικού αθροίσματος των μεταβλητών εισόδου στις προκύπτουσες τιμές P90 και P10

Η αναγκαιότητα των πιθανολογικών εκτιμήσεων μπορεί να αποδειχθεί καλά από ένα παράδειγμα με ζάρια. Με βάση τις βασικές στατιστικές γνώσεις, όταν τυλίγεται ένας κύβος υπάρχει 1/6 πιθανότητα να εμφανιστεί κάποιος από τους αριθμούς 1 έως 6. Ποια είναι η πιθανότητα να εμφανιστεί ο ίδιος αριθμός όταν ρίχνεις τη μήτρα δύο φορές; Είναι προφανώς 1/36, όχι 1/3, 1/12 ή 1/6.

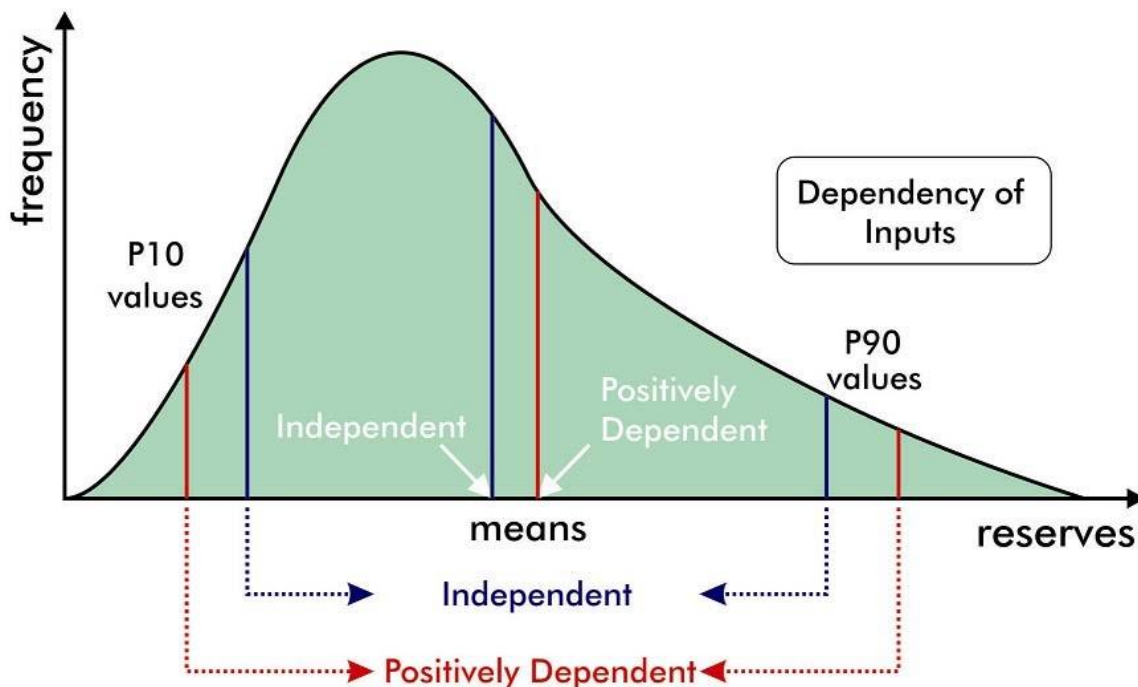
Ας χρησιμοποιήσουμε αυτήν τη λογική για να εκτιμήσουμε τα συνολικά στοιχεία μιας εταιρείας, τα οποία έχουν δύο ανεξάρτητα πεδία. Αφήνεται η τιμή P10 του πρώτου πεδίου να είναι X (δηλ. Πιθανότητα 90% του όγκου αυτού του πεδίου να είναι μεγαλύτερη ή ίση με X) και η τιμή P10 του δεύτερου πεδίου να είναι Y (δηλαδή 90% πιθανότητα του όγκου αυτού του πεδίου να είναι μεγαλύτερη από ή ίσο με το Y). Η τιμή P10 του συνόλου των περιουσιακών στοιχείων της εταιρείας θα είναι $X + Y$; Η απάντηση είναι προφανώς: «Όχι, δεν είναι». Η πιθανότητα του πραγματικού όγκου να είναι μεγαλύτερη ή ίση με το αριθμητικό άθροισμα 51 ($X + Y$), όπου θα πρέπει να είναι

υψηλότερο από 90%. Από άλλη άποψη, ο δείκτης P10 αντιστοιχεί σε όγκο δεξαμενής υψηλότερο από το αριθμητικό άθροισμα ($X + Y$) (Σχήμα 1.9).

Συνοψίζοντας με απλές λέξεις, έχοντας υπόψη τον όγκο των αποθεματικών ως αποδεδειγμένη αξία διατηρεί τον επενδυτή στην ασφαλή πλευρά, αλλά υπάρχει πολύ περισσότερος χώρος (90%) παραμένει για χειρότερες περιπτώσεις (το πραγματικό πορώδες να είναι μικρότερο από και ο πραγματικός κορεσμός νερού να είναι υψηλότερος από το αναμενόμενο κ.λπ.), δηλαδή μόνο αν όλα πάνε άσχημα, η πιθανότητα P10 γίνεται η πραγματική τιμή αποθεματικού. Όταν πρόκειται για προσθήκη δύο πεδίων, η πιθανότητα να πάνε τα πάντα άσχημα και για τα δύο πεδία είναι πολύ χαμηλότερη. Ως εκ τούτου, ο συνολικός όγκος αποθεματικών αντιστοιχεί στον ίδιο δείκτη πιθανότητας θα πρέπει να είναι υψηλότερος.

Οι εξαρτήσεις στις εισροές είναι ένα άλλο ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί στις εκτιμήσεις αποθεματικών, διαφορετικά τα τελικά αποτελέσματα περιλαμβάνουν σημαντικά στατιστικά λάθη. Εάν οι εισοδοί εξαρτώνται θετικά (συσχετίζονται) και αυτή η εξάρτηση αγνοείται, η τιμή P10 θα υπερεκτιμηθεί και η τιμή P90 θα υποτιμηθεί (Εικόνα 4.5). Επιπλέον, ο μέσος όρος της κατανομής θα υποτιμηθεί επίσης. Όσον αφορά την αρνητική εξάρτηση, αυτό το αποτέλεσμα θα αντιστραφεί.,

Λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή συχνότητα των εξαρτήσεων σε δεδομένα πραγματικού πεδίου (π.χ. πορώδες και κορεσμός HC, ή αποτελεσματικότητα περιοχής και ανάκτησης), η συνεκτίμηση αυτού του ζητήματος στις εκτιμήσεις αποθεματικών είναι εξαιρετικά σημαντική.



Σχήμα 1.10: Επίδραση της θετικής εξάρτησης των εισροών στο αποτέλεσμα των τιμών P90, P10 και των μέσων τιμών απαντώντας στο ερώτημα πώς μπορεί να εκτελεστεί η πιθανότητα συγκέντρωσης με εξαρτημένες μεταβλητές και χωρίς εξαρτημένες μεταβλητές

Η απάντηση είναι προφανής, χρησιμοποιώντας μεθόδους αξιολόγησης αβεβαιότητας, δηλαδή τη μέθοδο MC και AUPM. Σε αυτό το μέρος, θα εμφανίζονται μόνο οι εξισώσεις AUPM για τη διαδικασία συγκέντρωσης. Αυτές οι εξισώσεις ισχύουν για συσχετισμένες περιπτώσεις και μη συσχετισμένες περιπτώσεις. Αν το N είναι ο αριθμός των αποθεματικών που αθροίζονται, τότε:

$$ROIP_{\square} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ROIP_i$$

$$\sigma_{ROIP_{\square}}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sigma_{ROIP_i}^2$$

$$\sigma_{ROIP}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sigma_{ROIP_i}^2 + 2 \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} \frac{1}{N-i} \sum_{j=i+1}^N \sigma_{ROIP_i, ROIP_j} \sigma_{ROIP_i} \sigma_{ROIP_j}$$

Σύμφωνα με την μέθοδο CLT, η κατανομή πιθανότητας για τη συγκέντρωση των αποθεματικών είναι φυσιολογική. Ωστόσο, στον πραγματικό κόσμο, όπου η δειγματοληψία είναι πολύ περιορισμένη, η συνάθροιση προσεγγίζει την κανονική κατανομή πολύ αργά, συνεπώς υποθέτοντας ότι η κατανομή log-normal είναι έγκυρη στην έννοια της συγκέντρωσης (Onur, 2010c). Οι εξισώσεις που σχετίζονται και με τις δύο περιπτώσεις (κανονική υπόθεση και λογική-κανονική υπόθεση) δίνονται παρακάτω, ωστόσο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υποθέτοντας ότι η λογική κατανομή για συσσωμάτωση δίνει πιο ακριβή αποτελέσματα. Υποθέτοντας ότι η συγκεντρωτική κατανομή είναι φυσιολογική, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις:

$$P10_{ROIP_{\square}} = \mu_{ROIP_{\square}} - 1.28 \sigma_{ROIP_{\square}}$$

$$P50_{ROIP_{\square}} = \mu_{ROIP_{\square}}$$

$$P90_{ROIP_{\square}} = \mu_{ROIP_{\square}} + 1.28 \sigma_{ROIP_{\square}}$$

Όσον αφορά την λογική κανονική υπόθεση της συγκεντρωτικής κατανομής, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται εξισώσεις παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς ROIP / RGIP:

$$P10_{ROIP} = \exp\left(\ln ROIP - 1.28 \sqrt{\ln ROIP}\right)$$

$$P50_{ROIP} = \exp\left(\ln ROIP\right)$$

$$P90_{ROIP} = \exp\left(\ln ROIP + 1.28 \sqrt{\ln ROIP}\right)$$

Για τον υπολογισμό του log-normal μέσου όρου και της διακύμανσης ανήκουν στις συγκεντρωτικές εξισώσεις ROIP / RGIP, αντίστοιχα.

Η έννοια της συγκέντρωσης αναφέρεται από τις μεθόδους SPE / WPC / AAPG / SPEE (2007) ως «οι μέθοδοι συγκέντρωσης που χρησιμοποιούνται εξαρτώνται από τον επιχειρηματικό σκοπό. Συνιστάται, για σκοπούς αναφοράς, τα αποτελέσματα της αξιολόγησης να μην περιλαμβάνουν στατιστική συγκέντρωση πέρα από το πεδίο, την ιδιοκτησία ή το επίπεδο έργου. Τα αποτελέσματα που αναφέρουν πέρα από αυτό το επίπεδο θα πρέπει να χρησιμοποιούν αριθμητικό άθροισμα κατά κατηγορία, αλλά θα πρέπει να προειδοποιούν ότι το σύνολο Proved μπορεί να είναι μια πολύ συντηρητική εκτίμηση και το συγκεντρωτικό 3P μπορεί να είναι πολύ αισιόδοξο ανάλογα με τον αριθμό των στοιχείων στο σύνολο. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των 2P έχουν συνήθως μικρότερο αποτέλεσμα χαρτοφυλακίου που μπορεί να μην είναι σημαντικό σε ώριμες ιδιότητες όπου ο στατιστικός διάμεσος πλησιάζει το μέσο όρο της προκύπτουσας κατανομής.

Επίλογος – Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται σε θεωρητικό πλαίσιο και στη διεθνή βιβλιογραφία, η τιμή του αργού πετρελαίου και του φυσικού αερίου, θεωρητικά καθορίζεται από τις δυνάμεις της αγοράς, δηλαδή την προσφορά και τη ζήτηση. Στην πραγματικότητα όμως η τιμή του "μαύρου χρυσού" επηρεάζεται κι από άλλους παράγοντες, όπως για παράδειγμα η πολιτική αστάθεια που συνήθως επικρατεί στις τριτοκοσμικές χώρες παραγωγής, η κερδοσκοπία και οι καιρικές συνθήκες. Η πετρελαϊκή αγορά συνιστά αναμφισβήτητα την επιτομή της παγκοσμιοποίησης. Παρά τις προσπάθειες πολλών καταναλωτριών χωρών από τα μέσα της δεκαετίας του 1970, η εξάρτηση από εισαγόμενο πετρέλαιο παραμένει η αχίλλειος πτέρνα των περισσότερων αναπτυγμένων χωρών. [1][2][3][4][5][6][7][8][9][10]

Επίσης, η διεθνής βιβλιογραφία εξετάζει διεξοδικά την ιστορία της πετρελαϊκής βιομηχανίας και τη σχέση της με τη διεθνή πολιτική. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται στον τρόπο λειτουργίας της πετρελαϊκής αγοράς, το ρόλο των πετρελαϊκών εταιρειών, τη σχέση κράτους-εταιρειών, και την άνοδο του ΟΠΕΚ. Τέλος, αναλύει ενδελεχώς τη σχέση του πετρελαίου με ζητήματα ανθρωπίνων δικαιωμάτων, περιβαλλοντικής ασφάλειας, ενδοκρατικών και διακρατικών συγκρούσεων, και οικονομικής ανάπτυξης· και εστιάζει ουσιαστικά στις πετρελαϊκές βιομηχανίες των μεγαλύτερων πετρελαιοπαραγωγών χωρών του πλανήτη

Βάσει των όσων αναφέρονται παραπάνω, θα λέγαμε πως αρχικά, οι εγκαταστάσεις των εταιρειών εμπορίας πετρελαιοειδών, σχεδιάστηκαν και εξελίχθηκαν για να διεξάγεται ο εφοδιασμός κάτω από καθεστώς κρατικού μονοπωλίου. Το σχήμα εφοδιασμού της αγοράς, από πλήρως ελεγχόμενο μέχρι το 1992 από το κράτος, μετασχηματίστηκε βαθμιαία σε σχήμα ελεύθερης διαμόρφωσης τιμών, χωρίς να είναι δυνατή η ελεύθερη επιλογή από τις εταιρείες του προμηθευτού τους.

Οι εγκαταστάσεις, εκτός από τις απαραίτητες προσαρμογές που υπαγορεύονται από την αλλαγή αυτή, χρειάστηκαν και αναβάθμιση για λόγους ασφαλούς λειτουργίας και περιβαλλοντικούς. Ο ανταγωνισμός που αναπτύχθηκε επέβαλε επίσης σε κάθε εταιρεία τις αλλαγές εκείνες στο όλο σχήμα εφοδιασμού που θα οδηγούσαν σε μείωση του

κόστους. Οι απαραίτητες επενδύσεις παρεμποδίστηκαν πάντως από το υψηλό κόστος χρηματοδότησης αλλά και από τις δυσκολίες στη λήψη των σχετικών αδειών και τις αντιδράσεις τοπικών παραγόντων.

Μέχρι το 1992 οι τιμές πώλησης των πετρελαιοειδών καθορίζονταν από το Δημόσιο και τα χαμηλά περιθώρια απέφεραν επί σειρά ετών ζημίες στον κλάδο, η συσσώρευση των οποίων είχε ως συνέπεια τη συνεχή μείωση των ιδίων κεφαλαίων. Η συνεχής αύξηση του κύκλου εργασιών, αποτέλεσμα των αυξήσεων των φόρων επί των καυσίμων, δημιουργούσε εξάλλου την ανάγκη προσθέτων κεφαλαίων, τα οποία εξασφαλιζόνταν με δανεισμό.

Από το 1992-1993, οι τιμές διαμορφώνονται ελεύθερα, τα μεγέθη βελτιώνονται και προσεγγίζουν ή ελαφρά ξεπερνούν, τα αντίστοιχα μεγέθη του εμπορίου. Ο ανταγωνισμός που αναπτύχθηκε εν τούτοις κράτησε τα περιθώρια χαμηλά, με αποτέλεσμα την επιβάρυνση της οικονομικής ανάκαμψης ορισμένων εταιρειών του κλάδου, η οποία επηρεάστηκε δυσμενώς και από τον εμφανισθέντα αθέμιτο ανταγωνισμό.

Ο τελευταίος εμφανίστηκε είτε από εταιρείες που έχουν απαλλαγεί από το νόμο από ορισμένες υποχρεώσεις ή από κρατικές εταιρίες οι οποίες επιχορηγούνταν αφανώς. Οι νόμοι και οι διοικητικές πράξεις για την μετάβαση από το καθεστώς κρατικού μονοπωλίου σε καθεστώς ελεύθερης αγοράς υπαγορεύθηκαν από τις δεσμεύσεις της χώρας έναντι της Ευρωπαϊκής Ένωσης και οι κυβερνήσεις προσπαθούσαν να παρατείνουν το υφιστάμενο μονοπώλιο του κράτους.

Ενώ από το 1992 ισχύει καθεστώς ελεύθερης διαμόρφωσης των τιμών, οι εταιρείες εμπορίας δεν έχουν την ελευθερία επιλογής του προμηθευτού τους, γιατί το Δημόσιο εμμένει στη σύνδεση της υποχρέωσης των εταιρειών να τηρούν αποθέματα ασφαλείας με την προμήθεια των προϊόντων από ελληνικά και κυρίως από τα κρατικά διυλιστήρια. Επίσης οι νόμοι αυτοί περιέχουν διατάξεις που παρέχουν πλεονεκτήματα σε ορισμένες εταιρείες, με βάση τα οποία αυτές ανταγωνίζονται αθέμιτα τις υπόλοιπες.

Κατά τη περίοδο 1986-1998 ο όγκος παραγωγής του κλάδου αυξήθηκε 3% ετησίως, ενώ στο 10μηνο Ιαν.-Οκτ. 1999 μειώθηκε 7% σε ετήσια βάση. Μακροχρονίως στο ίδιο

διάστημα και σε όρους σταθερών τιμών η προστιθέμενη αξία του κλάδου αυξήθηκε 3,9% ετησίως, με αποτέλεσμα ο κλάδος να διπλασιάσει τη ποσοστιαία συμμετοχή του στη συνολική προστιθέμενη αξία της μεταποίησης (από 2,5% το 1986 σε 5,3% το 1998). Η μέση ετήσια απασχόληση ανά παραγωγική μονάδα αυξάνεται από 93 σε 234 άτομα, ωστόσο μετά το 1994 υπάρχει τάση για υποχώρηση. Η παραγωγικότητα αυξάνεται ταχέως 6,3% ετησίως και το πραγματικό μοναδιαίο κόστος εργασίας αυξάνεται 1,9% ετησίως.

Η ετήσια μεταβολή του όγκου των επενδύσεων είναι αρνητική (-15,5%) εξαιτίας των υψηλών επιπέδων αφετηρίας που απαιτούσε η αρχική δημιουργία και επέκταση των διυλιστηρίων. Μετά το 1994, ωστόσο, οι επενδύσεις ανακάμπτουν σε μία προσπάθεια εκσυγχρονισμού των εγκαταστάσεων του κλάδου.

Βάσει λοιπόν των όσων αναφέρονται παραπάνω, απορρέει πως η αύξουσα παραγωγική δραστηριότητα του κλάδου πετρελαιοειδών ακολουθεί επακριβώς τους ρυθμούς επέκτασης της εγχώριας ζήτησης και πολύ περισσότερο των ακόμη ταχύτερα διογκούμενων εξαγωγών για το διάστημα 1986 έως 1994. Μετά το 1994 ο κλάδος φαίνεται να διανύει φάση αναδίπλωσης στην εσωτερική του αγορά και περιορισμού της εξωστρέφειας και διεθνοποίησης, στη διάρκεια της οποίας η ανταγωνιστικότητά του επιβαρύνεται με το κόστος της μη έγκαιρης ένταξης της Ελλάδος στην ΟΝΕ. Από πλευράς ΕΕ οι μεγαλύτεροι ανταγωνιστές μας είναι η Γερμανία, η Βρετανία και η Ιταλία.

Παρά τα προβλήματα που προέκυψαν από τις αναταράξεις στην παγκόσμια αγορά πετρελαίου, αλλά και τη σημαντική υποχώρηση των τιμών του "μαύρου χρυσού" το 1998, τα τέσσερα μεγάλα διυλιστήρια της χώρας (δύο κρατικά, δύο ιδιωτικά) κατά τα έτη 1999 και 2000 κατέγραψαν εντυπωσιακή ανάκαμψη και βελτίωσαν περαιτέρω τα περιθώρια κέρδους και τη χρηματοοικονομική τους κατάσταση. Η μείωση του τζίρου τους το 1998 οφειλόταν μόνο στη μείωση των τιμών, αντίθετα με τους όγκους που ήταν σημαντικά αυξημένοι έναντι των προηγούμενων ετών.

Ειδικά για το 1998 είναι σημαντικό να αναφέρουμε τη μεταβολή της ανοδικής πορείας παραγωγής πετρελαίου θέρμανσης σε πτωτική, όπως και την επιτάχυνση του ρυθμού

μείωσης της παραγωγής μαζούτ, καθώς το 1997 ήταν το έτος έναρξης τροφοδοσίας με φυσικό αέριο. Το 2001 σημειώθηκαν σοβαρές διακυμάνσεις στις τιμές του αργού πετρελαίου, στις μεγάλες χρηματιστηριακές αγορές, με αποτέλεσμα, να δημιουργούνται εντάσεις, που δεν βοήθησαν στην ομαλή ανάπτυξη των επιχειρήσεων του κλάδου. Βεβαίως, οι συνθήκες αυτές δεν επηρέασαν μόνο τις ελληνικές επιχειρήσεις, καθώς οι μεγάλες πετρελαϊκές πολυεθνικές κατέγραψαν σημαντική υποχώρηση στα αποτελέσματά τους.

Τα διυλιστήρια είναι υποχρεωμένα να υλοποιήσουν μεγάλες επενδύσεις τα προσεχή έτη προκειμένου να καλύψουν τις νέες βελτιωμένες προδιαγραφές για την ποιότητα καυσίμου που έχει θεσπίσει η Ε.Ε. και να αξιοποιήσουν τις μεγάλες εξαγωγικές προοπτικές που διανοίγονται με την αποκατάσταση συνθηκών ομαλότητας και τη διέλευση πετρελαιοαγωγών από τα Βαλκάνια. Σημειώνεται επίσης πως στο κλάδο των πετρελαιοειδών, ο προσδιορισμός της γεωγραφικής αγοράς φαίνεται αρκετά σαφής.

Οι επιχειρήσεις σε αυτό το κλάδο προσφέρουν το προϊόν τους κατά κύριο λόγο στον Ελλαδικό χώρο. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα, όπως είδαμε, οι εξαγωγές πετρελαιοειδών τείνουν να εξανεμιστούν, αντίθετα, έχουμε αύξηση των εισαγωγών, ώστε να καλυφθεί η εγχώρια ζήτηση. Η μόνη εταιρία η οποία αναμένεται τα επόμενα έτη να έχει εμφάνιση στο εξωτερικό και πιο συγκεκριμένα στο χώρο των Βαλκανίων είναι τα Ελληνικά Πετρέλαια, η οποία όμως υπόκειται υπό κυβερνητικό έλεγχο και άρα δεν αναμένεται να έχει αντι-ανταγωνιστή συμπεριφορά έναντι των άλλων επιχειρήσεων του κλάδου, κάτι που θα αναλύσουμε και στη συνέχεια.

Ως εκ τούτου, οι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται σε αυτό το τομέα χαρακτηρίζονται από έντονη καθετοποίηση προς τα κάτω (downstream). Με άλλα λόγια όλες διαθέτουν δίκτυα διανομής και εμπορίας πετρελαιοειδών. Αντίθετα ορισμένες από αυτές (οι μικρότερες) δραστηριοποιούνται μόνο στο τελικό στάδιο, καθώς δεν διαθέτουν δικά τους διυλιστήρια. Το κόστος μεταφοράς πετρελαιοειδών είναι τεράστιο, ενώ μεταφορά αργού πετρελαίου πραγματοποιούν μόνο οι 3 μεγαλύτερες επιχειρήσεις που διαθέτουν και τα διυλιστήρια.

Επίσης η εγκατάσταση και λειτουργία ενός διυλιστηρίου απαιτεί ένα μεγάλο αριθμό έργων υποδομής (λιμάνια, δρόμους κ.τ.λ.), όπως και τεράστιο κόστος, με αποτέλεσμα η επιλογή της τοποθεσίας να γίνεται στρατηγικά. Δεδομένου λοιπόν του μεγάλου κόστους μεταφοράς επεξεργασμένου πετρελαίου από και προς το εξωτερικό, αλλά και της στρατηγικής επιλογής της τοποθεσίας, η μεταφορά των επιχειρήσεων σε άλλη γεωγραφική περιοχή έξω από τον Ελλαδικό χώρο, είναι εξαιρετικά δύσκολη.

Ο κλάδος παραγώγων πετρελαίου και άνθρακα χαρακτηρίζεται γενικά από υψηλά εμπόδια εισόδου, τα οποία αναμένεται να διατηρηθούν και στο μέλλον. Ας δούμε όμως τους λόγους. Οι οικονομίες κλίμακας και φάσματος στο κλάδο είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένες. Εάν η υποθετική επιχείρηση που επιθυμεί να εισέλθει στο κλάδο (potential entrant) επιθυμεί να δραστηριοποιείται μόνο στην εμπορία πετρελαιοειδών θα πρέπει να έχει ένα ικανό δίκτυο πρατηρίων που να της δίδει την ικανότητα να κάνει αρκετές πωλήσεις, ώστε να καλύπτει το κόστος αγοράς των πετρελαιοειδών από τις εταιρίες διύλισης, οι οποίες θα το προσφέρουν σε τιμή συνήθως υψηλότερη από ότι προσφέρουν στις θυγατρικές τους εταιρίες εμπορίας. Η δημιουργία νέου διυλιστηρίου απαιτεί όχι μόνο τεράστια αρχικά κεφάλαια αλλά και πολλά ακόμη που αναπτύσσουμε στη συνέχεια.

Είναι πιθανόν οι πελάτες της νέας επιχείρησης το πρώτο διάστημα λειτουργίας της να διστάζουν να προβούν σε αγορά από αυτή την εταιρία, με γνώμονα την ποιότητα του καυσίμου. Καθότι όμως ο βαθμός προσκόλλησης των πελατών στο κλάδο δεν είναι ιδιαίτερα υψηλός, αυτό δεν μπορεί να θεωρηθεί ως ισχυρό εμπόδιο εισόδου. Τα δίκτυα διανομής έχουν μεγάλη σημασία σε αυτό το κλάδο, καθότι η μεταφορά του πετρελαίου ενέχει σημαντικές δυσκολίες, λόγω του μεγάλου όγκου, του βάρους, αλλά και της επικινδυνότητας του προϊόντος.

Η εταιρία θα πρέπει είτε να δημιουργήσει το δικό της δίκτυο διανομής με την αγορά των κατάλληλων οχημάτων και τη στρατηγική επιλογή της τοποθεσίας των πρατηρίων της, είτε να συνεργαστεί με εταιρίες μεταφοράς, οι οποίες όμως έχουν ήδη συμβόλαια με τις υπάρχουσες εταιρίες πετρελαιοειδών. Η δημιουργία νέου δικτύου διανομής είναι

ιδιαίτερα δύσκολη στο κλάδο αυτό, συνυπολογίζοντας το γεγονός ότι για τη μεταφορά του πετρελαίου απαιτούνται έργα υποδομής στη περιοχή.

Μία εναλλακτική μορφή ενέργειας που τα τελευταία 3 έτη έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται σε υβριδική ακόμη μορφή (δηλαδή σε συνδυασμό με τη βενζίνη) για τη κίνηση των αυτοκινήτων είναι οι μπαταρίες νικελίου-υβριδίου μετάλλου (π.χ. Toyota Prius και άλλα μοντέλα στην Ιαπωνική αγορά). Η τεχνολογία αυτή αναμένεται να αναπτυχθεί τα επόμενα χρόνια και να εξαπλωθεί σε όλο και περισσότερα μοντέλα, αλλά και άλλα μέσα μεταφοράς. Επομένως οι διάφοροι τύποι μπαταριών, ως μορφή αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να αποτελέσουν ένα υποκατάστατο προϊόν στο μέλλον. Φυσικά δεν πρέπει να παραβλέπουμε τα τρόλεϊ, το μετρό και το προαστιακό σιδηρόδρομο, που χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια, η οποία όμως απαιτεί σε μεγάλο βαθμό και πάλι τη χρήση πετρελαίου για να παραχθεί.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό αυτού του κλάδου, που απορρέει από την έλλειψη υποκατάστατων προϊόντων, είναι η χαμηλή ελαστικότητα ζήτησης. Η μείωση της ζητούμενης ποσότητας που απορρέει από μια ποσοστιαία αύξηση της τιμής των πετρελαιοειδών είναι πάντοτε ιδιαίτερα μικρή, καθώς αυτά τα προϊόντα είναι από τα πλέον βασικά για την επιβίωση των καταναλωτών, ενώ υποκατάστατα προϊόντα στην ουσία δεν υφίστανται.

Το πετρέλαιο χρησιμοποιείται ως συντελεστής για τη παραγωγή της μεγάλης πλειοψηφίας όλων των προϊόντων που υπάρχουν σήμερα στην αγορά. Μια αύξηση στη τιμή των πετρελαιοειδών έχει άμεση επίπτωση στη τιμή όλων των προϊόντων και άρα στη ζητούμενη ποσότητά τους. Από την άλλη πλευρά, υπάρχει μια πλειάδα διαρκών αγαθών που απαιτούν τη χρήση πετρελαιοειδών για τη λειτουργία τους (οχήματα παντός είδους, αγροτικά μηχανήματα, παντός είδους μηχανές που χρησιμοποιούνται στη παραγωγική διαδικασία).

Η γκάμα των συμπληρωματικών προϊόντων είναι τόσο μεγάλη, που θα μπορούσαμε να πούμε ότι η μεταβολή της τιμής τους, που δύναται να επιφέρει μεταβολή στη ζητούμενη ποσότητα των πετρελαιοειδών, πρέπει να είναι τέτοια που να επιφέρει μεταβολή στο

επίπεδο του πληθωρισμού της χώρας. Με άλλα λόγια για να μεταβληθεί η ζητούμενη ποσότητα των πετρελαιοειδών σημαντικά θα πρέπει να μεταβληθεί σημαντικά και η τιμή μιας μεγάλης ποικιλίας προϊόντων. Τέλος, η μεταβολή της τιμής ενός μεμονωμένου προϊόντος δεν είναι εύκολο να επιφέρει μεταβολή της ζητούμενης ποσότητας των πετρελαιοειδών, και επομένως δεν μπορούμε να ξεχωρίσουμε εύκολα την επίδραση στη ζήτηση από ένα συμπληρωματικό προϊόν, με εξαίρεση όμως τα επιβατικά και επαγγελματικά αυτοκίνητα, η μεταβολή της τιμής των οποίων μπορεί να επηρεάσει τη ζήτηση πετρελαιοειδών μεσοπρόθεσμα.

Σε αυτήν την εργασία, εστιάσαμε κυρίως στην εκτίμηση του δυναμικού των αποθεμάτων άνθρακα με μεγαλύτερη ακρίβεια και οι μέθοδοι διάδοσης αβεβαιοτήτων προκύπτουν αναπόφευκτα κατά τη διάρκεια αυτών των εκτιμήσεων.

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την εκτίμηση αποθεματικών θα πρέπει να είναι το πρώτο βήμα στις εκτιμήσεις αποθεματικών. Στη συνέχεια, οι αβεβαιότητες που ενυπάρχουν στα στάδια εκτίμησης πρέπει να προσδιοριστούν και να προσπαθηθούν να ελαχιστοποιηθούν. Παρά όλους τους αγώνες με τις αβεβαιότητες, παραμένουν μερικά και αυτά τα υπολείμματα θα πρέπει να ποσοτικοποιηθούν, τότε ο όγκος των δεξαμενών θα πρέπει να παρουσιάζεται με πιθανοτικό τρόπο για να αντιπροσωπεύει όλες τις αβεβαιότητες.

Κατά την ποσοτικοποίηση των αβεβαιοτήτων, η μέθοδος AUPM μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί για το πιο ευρέως γνωστό MCM. Σε αυτήν την εργασία, και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται και συγκρίνονται. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι ανωτερότητες του AUPM έναντι του MCM.

Τέλος, εάν τα συνολικά αποθεματικά αθροίστηκαν ανήκουν σε μια συγκεκριμένη εταιρεία / χώρα, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το πιθανό άθροισμα για να ελαχιστοποιηθεί το εύρος αβεβαιότητας και να παρουσιαστούν σωστά οι δείκτες πιθανότητας. Το αριθμητικό άθροισμα οδηγεί πάντα σε σφάλματα ενώ συγκεντρώνει τα αποθεματικά. Μόνο εξαίρεση σε αυτό το μειονέκτημα είναι η συγχώνευση τέλεια συσχετισμένων αποθεμάτων. Ως εκ τούτου, η συγκέντρωση των αποθεματικών πρέπει να



αντιμετωπίζεται με πιθανοτικό τρόπο. Όσον αφορά τη διαδικασία πιθανότητας προσθήκης, η εξίσωση AUPM χρησιμοποιείται σε αυτή τη διατριβή και αυτή η μέθοδος έχει δώσει πολύ ακριβή αποτελέσματα.



Ελληνική Βιβλιογραφία

Bourne, J. (2010). Το μεγάλο δίλημμα. Άρθρο National Geographic, Τεύχος Οκτωβρίου.

Barcott, B. (2010). Μαύρες ώρες για το βάλτο. Άρθρο National Geographic, Τεύχος Οκτωβρίου. • <http://www.eurocharity.gr>

Γρηγορίου, Γ. (2012). Έρευνα υδρογονανθράκων στην Ελλάδα. Υπάρχει μέλλον;, παρουσίαση στην ημερίδα του ΤΕΕ, «Έρευνα και Εκμετάλλευση Υδρογονανθράκων στην Ελλάδα».

Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG), Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

Παπανίκας Δ. Γ., (2009), Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
Ψήφισμα ΕΕ. Σχετικά με την αντιμετώπιση των προβλημάτων της ασφάλειας των υπεράκτιων δραστηριοτήτων εκμετάλλευσης κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου (2011/2072(INI))

Επικύρωση του «υπεράκτιου πρωτοκόλλου» και της Σύμβασης Βαρκελώνης (βλ. IP/11/1260 και MEMO/11/740)

Seamanship International, (2017). «Types of Liquefied Gas Carriers», U.S.A., March 2007

Αγγλική Βιβλιογραφία

Al-Hussainy, R., Ramey, H.J.Jr., and Crawford, P.B., 1966. "The Flow of Real Gases Through Porous Media,": Journal of Petroleum Technology, 624-636.

Archer, R.A., Merad, M.B. and Blasingame, T.A., 2002. "Effects on Well Test Analysis of Pressure and Flowrate Noise," SPE 77533, presented at the SPE Annual Technical



Conference and Exhibition held in San Antonio, Texas, 29 September–2 October.

Arp, J.J., 1945. “Analysis of Decline Curves” Trans. AIME 160, 228-247.

Azi, A.C., Gbo, A., Whittle, T. And Gringarten, A.C., 2008. “Evaluation of Confidence Intervals in Well Test Interpretation Results,” SPE 113888, presented at the SPE Europec/EAGE Annual Conference and Exhibition, Rome, Italy, 9-12 June.

Aziz, K., 1989. “Ten Golden Rules for Simulation Engineers,” JPT, November. [1]Bu, T. and Damsleth, E., 1996. “Errors and Uncertainties in Reservoir Performance Predictions,” SPE 30604, SPE Formation Evaluation, September.

Caldwell R.H. and Heather D.I., 1991. “How to Evaluate Hard-To-Evaluate Reserves,” SPE 22025: presented at the SPE Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium, Dallas, USA, 11-12 April.

Caldwell R.H. & Heather, D.I., 2001. “Characterizing Uncertainty in Oil and Gas Evaluations,” SPE 68592: presented at the SPE Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium, Dallas, Texas, 2–3 April.

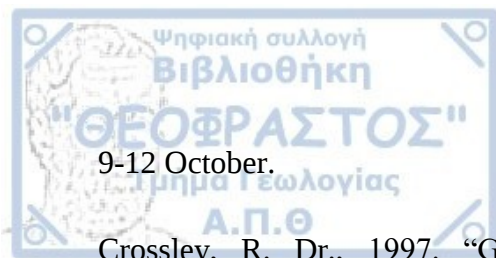
Capen, E.C., 1976. “The Difficulty of Assessing Uncertainty,” SPE Journal, August, p.843-850.

Capen E.C., 1999. “Probabilistic Reserves: Here at Last?,” SPE 73828, presented at the SPE Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium, Dallas, 20-23 March.

Capen, E.C., 1996. “A Consistent Probabilistic Definition of Reserves,” SPE 25830.

Chen, Y., 2002. “Estimating Gas Decline-Exponent Before Decline-Curve Analysis,” SPE 75693, presented at the 2002 SPE Gas Technology Symposium, Calgary, Alberta, Canada, 30 April - 2 May.

Cheng, Y., Wang, Y., McVay, D.A. and Lee, W.J., 2005. “Practical Application of a Probabilistic Approach to Estimate Reserves Using Production Decline Data”, SPE 95974, presented at SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, TX USA,



Crossley, R. Dr., 1997. "Geological Characterization of Reservoirs,": Robertson Petroleum Training Centre, Short Course Notes Presented to Turkish Petroleum Corporation in Ankara, 29 October - 7 November.

Cronquist, C., 1991. "Reserves and Probabilities: Synergism or Anachronism?": JPT, SPE 23586.

Crump, J.G. and Hite, R.H., 2006. "A New Method for Estimating Average Reservoir Pressure: The Muskat Plot Revisited," SPE 102730.

Demirmen, F., 2007. "Reserves Estimation: The Challenge for the Industry," SPE 103434.

DeSourcy, G.J., 1979. "Estimation Methods for Proved Recoverable Reserves of Oil and Gas," 10th World Petroleum Congress, p.269-277.

Didger v.4, 2008. Golden Software Inc., Colorado, USA. Ecrin v.4.12., 2009. User Manual, Kappa Engineering software, Sophia Antipolis, France.

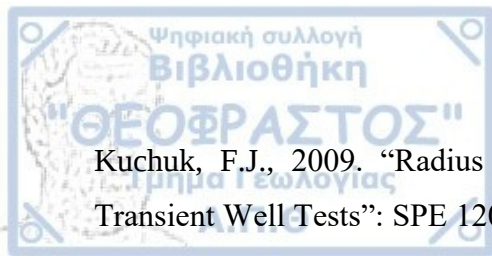
Ecrin v.4.12., 2009. Kappa Engineering software, Sophia Antipolis, France.

Goldman, L., 2000. "Risk Analysis and Monte Carlo Simulation,": Decisioneering, Inc..

Harrel, D.R., Hodgin, J.E. and Wagenhofer, T., 2004. "Oil and Gas Reserves Estimates: Recurring Mistakes and Errors,": SPE 91069: presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Houston, Texas, USA, 26-29 September.

Jonkman, R.M., Bos, C.F.M, Breunese, J.N., Morgan, D.T.K., Spencer, J.A. and Sondena, E., 2000. "Best Practices and Methods in Hydrocarbon Resource Estimation, Production and Emissions Forecasting, Uncertainty Evaluation, and Decision Making", SPE 77280, presented at SPE European Petroleum Conference, Paris, 24-25 October.

Kappa Engineering, 2007. "Dynamic Flow Analysis", Sophia Antipolis, France.



Kuchuk, F.J., 2009. "Radius of Investigation for Reserve Estimation from Pressure Transient Well Tests": SPE 120515, presented at SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, Bahrain, 15-18 March.

Kuchuk, F.J., Onur, M. and Hollaender F., 2010. "Convolution, Deconvolution and Nonlinear Estimation in Pressure Transient Formation and Well Testing".

Lee, J. and Wattenbarger R.A., 1996. "Gas Reservoir Engineering": SPE Textbook Series., Richardson, TX, USA.

Murtha, J.A., 1993. "Incorporating Historical Data Into Monte Carlo Simulation,": SPE 26245, presented at SPE Petroleum Computer Conference in New Orleans, July 11-14.

Onur, M., 2007. "Determination of Reservoir Boundaries and Reservoir Volumes by Deconvolution of Well Test Pressure/Rate Data," IPETGAS, May 29- 31, Ankara/Turkey.

Onur, M., 2009. "Notes on Estimating Average Reservoir Pressure,": ITU Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Course Notes.

Onur, M., 2010a. "A note on the Method of Crump and Hite for Estimating Average Reservoir Pressure,": ITU Petroleum and Natural Gas Engineering Department Department, Course Notes.

Onur, M., 2010b. "A note on Oil Material Balance Method for Slightly Compressible Fluid,": ITU Petroleum and Natural Gas Engineering Department Department, Course Notes.

Onur, M., 2010c. "Hacimsel Yöntemlerle Olasılıklı Rezerv Tahminleri,": Short Course: Presented to Turkish Petroleum Corporation, Ankara/Turkey, April.

Onur, M., Çınar, M., İlk, D., Valkô, P.P., Blasingame T.A. and Hegeman, P.S.,

2006. "An Investigation of Recent Deconvolution Methods for Well- Test Data Analysis," SPE 102575, presented at the SPE Annual Technical Congerence and



Exhibition, San Antonio, Texas, 24-27 September.

Onur, M., Sarak, H., and Türeyen, Ö.İ., 2009. “Probabilistic Reserve Estimation Based on Volumetric Methods for Oil, Gas and Geothermal Reservoirs,” presented at IPETGAS, May 13-15, Ankara.

Onur, M., Sarak, H., Türeyen, İ.Ö., 2009. “Hacimsel Yöntemlerle Tahmin Edilen Depolanmış Termal Enerji ve Üretilebilir Güçteki Belirsizliğin Tayin Edilmesi,”; presented at TESKON, May 6-9, Izmir/Turkey.

Onur, M., Türeyen, Ö.İ. and Sarak H., 2009. “Reservoir Engineering & Advanced Geothermal Engineering,”: ITU PNGE Department, Course Notes.

Parzen, E., 1962. “The Central Limit Theorem,”: Modern Probability Theory and Its Applications, John Wiley & Sons, 430.

Petrel v.2009.2, 2009. Schlumberger, TX, USA. Sipes, L.D. Jr., 1991. “Discussion of How to Evaluate Hard to Evaluate Reserves,”

Associated to SPE 22025 (Caldwell and Heather), SPE 23545.

SPE/WPC/AAPG/SPEE, 2007. “Petroleum Resources Management System”

Spivey, J. Dr., 2008. “Gas Reservoir Management,”: Petroskills, Short Course Notes Presented to Turkish Petroleum Corporation in Ankara, 10-14 March.

Van Everdingen, A.F. and Hurst, W., 1949. “Application of the Laplace Transformation to Flow Problems in Reservoirs,”: AIME, 186.

Whittle, T. and Gringarten A., 2008. “The Determination of Minimum Tested Volume from the Deconvolution of Well Test Pressure Transients,”: SPE 22025, presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, Colorado, 21-24 September.

SPE.ORG, 2001, Guidelines for the Evaluation of Petroleum Reserves and Resources. Society of Petroleum Engineers



<https://net.xekinima.org/einai-oi-upothalassies-exoruxeis-fusi/>

<https://www.economix.gr/2019/10/31/ti-kryvi-to-ypedafos-tis-elladas-se-petreleo-i-fysiko-aerio/>

<https://redlineagrinio.gr/greece/opinion/63420-perivallon-fysiko-aerio> (ΣΟΣ)

<http://artinews.gr/%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD-%CF%84%CE%BF-%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B9%CE%BF.html>