



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ

ΑΕΜ

ΠΕΤΡΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

5176

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΝΔΡΕΑΣ ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2018



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Συνθήκες για την ύπαρξη ταμιευτήρων	4
1.2 Καθεστώτα πίεσης ρευστών	6
1.3 Πίεση στη ζώνη των υδρογονανθράκων	7
1.4 Φύση των ρευστών στον ταμιευτήρα	9
1.5 Ογκομετρική (PVT) συμπεριφορά μιγμάτων υδρογονανθράκων	9
1.6 Συντελεστής απόληψης – Recovery Factor	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 18

2.1 Δειγματοληψία ρευστών	18
2.2 Σημασία του τύπου ρευστού του ταμιευτήρα	21
2.3 Γενικές οδηγίες για ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας	23
2.4 Επιλογή σημείων δειγματοληψίας	23
2.5 Καθορισμός απαιτούμενων μετρήσεων	24
2.6 Καθορισμός κατάλληλου προγράμματος δειγματοληψίας	25
2.7 Επισκόπηση δειγματοληψίας	27
2.8 Διαδικασίες δειγματοληψίας	28
2.9 Δειγματοληψία ρευστού από βάθος	28
2.9.1 Δειγματοληψία παραγωγής	29
2.9.2 Δειγματοληψία με εξοπλισμό δοκιμών παραγωγής του σχηματισμού	30
2.10 Επιφανειακή δειγματοληψία ρευστών από ταμιευτήρες	32
2.10.1 Σφάλματα που σχετίζονται με την επιφανειακή δειγματοληψία	33
2.10.2 Μέθοδοι δειγματοληψίας διαχωριστή	34
2.11 Δειγματοληψία μη πιεσμένων ρευστών υδρογονανθράκων	35
2.11.1 Συλλογή δειγμάτων για ανάλυση	36
2.11.2 Δειγματοληψία από δεξαμενές πετρελαίου	36
2.11.3 Δειγματοληψία ρευστών υδρογονανθράκων	37
2.12 Δειγματοληψία νερού σε πετρελαιοφόρα πεδία	38
2.12.1 Ανάγκη για ανάλυση νερού	38
2.12.2 Μετρήσεις που πρέπει να πραγματοποιούνται σε δείγματα νερού	38
2.12.3 Δειγματοληψία νερού κατά τη διάρκεια του DST	39
2.12.4 Δειγματοληψία επιφάνειας	39

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 44

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 45

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1.1. Παγίδα σε μορφή αντικλίνου
Σχήμα 1.2. Παγίδευση πετρελαίου σε ρήγμα
Σχήμα 1.3. Ισορροπία βαθμίδων πίεσης υπερκειμένων και ρευστών
Σχήμα 1.4. Ισορροπία πιέσεων σε σύστημα νερού-πετρελαίου-αερίου (στατική ισορροπία)
Σχήμα 1.5. Παραγωγή ρευστών υδρ/κων (α) αρχική πίεση υψηλότερη της πίεσης σημείου φυσαλίδας, (β) χαμηλότερη της πίεσης σημείου φυσαλίδας
Σχήμα 1.6. Εξάρτηση των ογκομετρικών παραμέτρων από την πίεση
Σχήμα 1.7. Εφαρμογή των PVT παραμέτρων για τη συσχέτιση των όγκων όταν η πίεση του ταμιευτήρα είναι υψηλότερη της πίεσης του σημείου φυσαλίδας
Σχήμα 1.8. Εφαρμογή των PVT παραμέτρων για τη συσχέτιση των όγκων όταν η πίεση του ταμιευτήρα είναι χαμηλότερη της πίεσης του σημείου φυσαλίδας
Σχήμα 1.9. Μεταβολή της παραμέτρου R σε συνάρτηση με τη μέση πίεση του ταμιευτήρα
Σχήμα 1.10. Πρωτογενής απόληψη πετρελαίου που προκύπτει από την επέκταση πετρελαίου νερού και αερίου
Σχήμα 2.1. Σχηματική απεικόνιση των δειγμάτων δειγματοληψίας και των σφαλμάτων μέτρησης
Σχήμα 2.2. Γενικό διάγραμμα φάσεων για ρευστά ταμιευτήρων
Σχήμα 2.3. Ο όγκος του διαχωριστή-αερίου που συλλέγεται ως συνάρτηση της πίεσης, του λόγου αερίου/πετρελαίου και του όγκου του λαδιού
Σχήμα 2.4. Μέθοδος δειγματοληψίας νερού για αποφυγή αέρα
Σχήμα 2.5. Εναλλακτική μέθοδος για συλλογή δειγμάτων νερού απαλλαγμένα από αέρα
Σχήμα 2.6. Διαχωριστής πετρελαίου/νερού και σύστημα φιλτραρίσματος δειγμάτων νερού

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 2.1. Προτεινόμενες μετρήσεις ιδιοτήτων ρευστών
Πίνακας 2.2. Οδηγίες για τη δειγματοληψία ρευστών ταμιευτήρα
Πίνακας 2.3. Οδηγίες για δειγματοληψία ρευστών από βάθος
Πίνακας 2.4. Γενικές οδηγίες για τη δειγματοληψία ρευστών στην επιφάνεια

1.1 Συνθήκες για την ύπαρξη ταμιευτήρων

Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο μπορούν να συγκεντρωθούν σε τεράστιες ποσότητες μέσα στα πορώδη πετρώματα που καλούνται ταμιευτήρες. Ορισμένες φορές, αυτές οι μεγάλες συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων περιβάλλονται από αδιαπέρατο πέτρωμα, που ονομάζεται πέτρωμα κάλυμμα (cap rock), το οποίο εμποδίζει τους υδρογονάνθρακες να κινηθούν ανοδικά προς την επιφάνεια και υδροφόρο ορίζοντα.

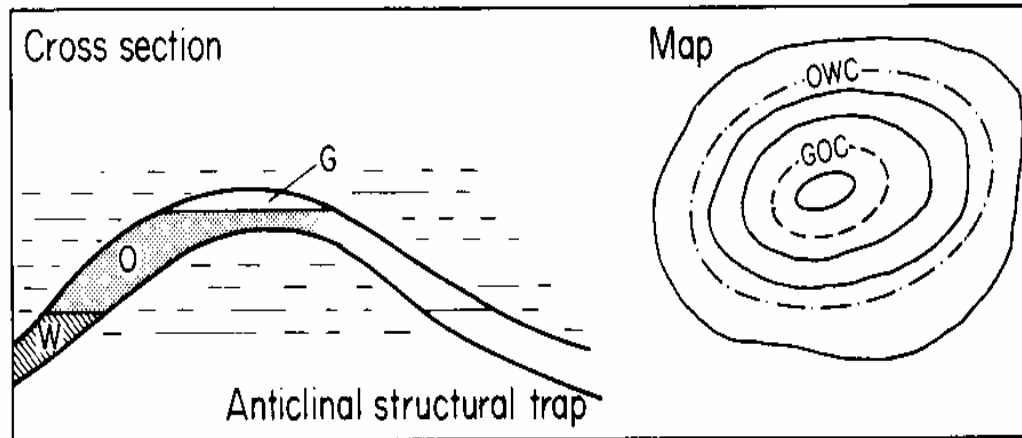
Όταν ανακαλύπτουμε συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων, αυτές βρίσκονται σε μια κατάσταση ισορροπίας όσον αφορά το καθεστώς πίεσης σε όλο το διαθέσιμο όγκο πόρων. Μια τέτοια συγκέντρωση μπορεί να αναφερθεί και ως δεξαμενή (pool). Ταμιευτήρες οι οποίοι βρίσκονται σε διαφορετικές συνθήκες πίεσης ή σε διαφορετικούς στρωματογραφικούς ορίζοντες μπορούν να συγκροτούν ένα πετρελαϊκό πεδίο

Μια ιζηματογενής λεκάνη η οποία παρέχει τις συνθήκες για να δημιουργηθεί συγκέντρωση πετρελαίου, αποτελεί το περιβάλλον στο οποίο μπορούν να δημιουργηθούν συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων. Οι συνθήκες αυτές αφορούν:

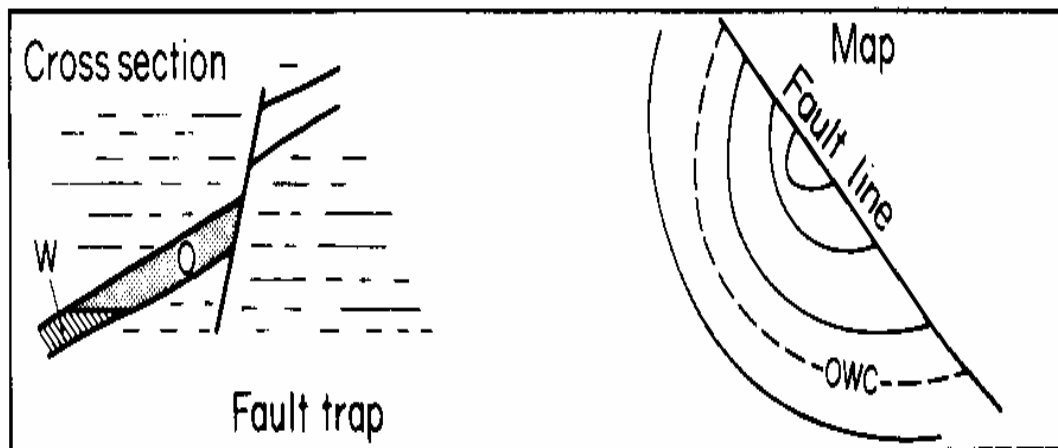
- 1) Την πηγή των υδρογονανθράκων
- 2) Το σχηματισμό και τη μετανάστευση των υδρογονανθράκων
- 3) Το μηχανισμό παγίδευσης των υδρογονανθράκων

Πιο συγκεκριμένα, μέσα σε ένα μητρικό πέτρωμα στο οποίο δημιουργήθηκαν το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, αποτελούνται από μικροσκοπικά μόρια υδρογονανθράκων τα οποία σχηματίστηκαν από το κηρογόνο. Το κηρογόνο, όμως, καταλαμβάνει χώρο μικρότερο από αυτό των υδρογονανθράκων. Για το λόγο αυτό οι υδρογονάνθρακες αποβάλλονται και εισέρχονται σε σχηματισμούς που βρίσκονται γύρω από το μητρικό πέτρωμα και είναι κορεσμένοι με νερό. Έτσι, οι υδρογονάνθρακες ακολουθούν μια ανοδική πορεία στο νέο σχηματισμό, διότι είναι ελαφρύτεροι του νερού. Αυτή η αργή κίνηση είναι γνωστή ως μετανάστευση. Σε πρώτη φάση έχουμε τη μετανάστευση των υδρογονανθράκων από το μητρικό πέτρωμα σε ένα πιο πορώδες γειτονικό σχηματισμό και ονομάζεται πρωτογενής μετανάστευση, ενώ η κίνηση των υδρογονανθράκων σε ανώτερα τοπογραφικά σημεία στον πορώδη σχηματισμό-ταμιευτήρα που βρίσκονται μέχρι να παγιδευτούν ονομάζεται δευτερογενής μετανάστευση.

Οι γεωλογικές δομές που μπορούν να παίξουν το ρόλο παγίδας ώστε να δημιουργηθεί μια συγκέντρωση πετρελαίου είναι δύο και χωρίζονται στις τεκτονικές που αποτελούν την πιο συχνή περίπτωση και τις στρωματογραφικές. Οι τεκτονικές παγίδες συναντώνται με τη μορφή αντικλίνων, ρηγμάτων και δόμων.



Σχήμα 1.1. Παγίδα σε μορφή αντικλίνου.



Σχήμα 1.2. Παγίδευση πετρελαίου σε ρήγμα.

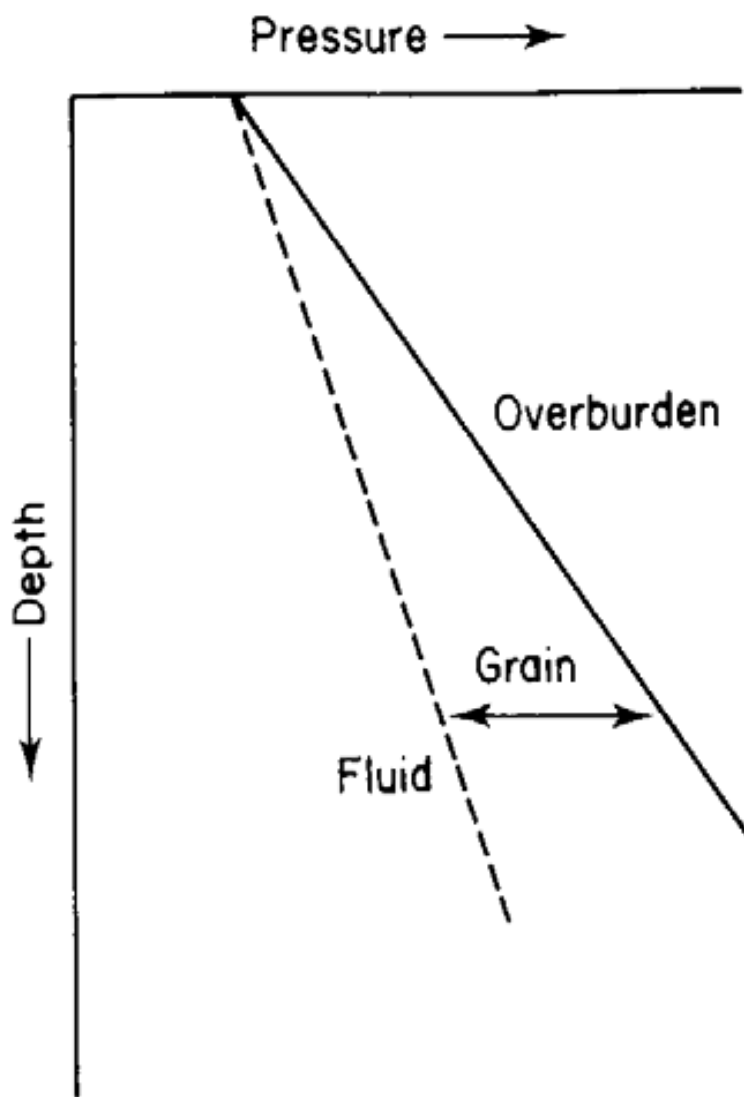
http://old-2017.metal.ntua.gr/uploads/2908/Mihaniki_Petroleum_Simeioseis_Kefalaio_2.pdf

Οι τεκτονικές παγίδες στις περισσότερες περιπτώσεις εκτείνονται σε μεγάλα πάχη ιζημάτων με τεράστιες διαστάσεις. Η αποθηκευτική ικανότητα ενός αντικλίνου διαφέρει ανάλογα με το ύψος παγίδευσης κάθε αντικλίνου, δηλαδή την απόσταση από την κορυφή αυτού μέχρι το κατώτερο επίπεδο του αντικλίνου όπου αυτό είναι κλειστό. Σημαντικό ρόλο παίζει και η συμμετρία του αντικλίνου, αν δηλαδή το αξονικό επίπεδο είναι κατακόρυφο ή κεκλιμένο, διότι από τη συμμετρία εξαρτάται και το ύψος παγίδευσης. Όσον αφορά τις στρωματογραφικές παγίδες, αυτές διακρίνονται σε πρωτογενείς και διαγενετικές. Οι πρώτες δημιουργούνται από απόθεση φακοειδών ενστρώσεων οι οποίες είναι διαπερατές μέσα στα αδιαπέρατα ιζήματα, ενώ οι δεύτερες δημιουργούνται κατά τη διαδικασία της διαγένεσης από την πλευρική μεταβολή της περατότητας μέσα στον ιζηματογενή ορίζοντα.

1.2 Καθεστώς πίεσης ρευστών

Κοιτάσματα υδρογονανθράκων συνήθως συναντάμε σε βάθη μεταξύ 500-4000m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Εφόσον στις ιζηματογενείς λεκάνες έχουμε συγκέντρωση νερού και εναπόθεση οργανικού ιζήματος με συνέπεια το σχηματισμό και παγίδευση υδρογονανθράκων, περιμένουμε την ύπαρξη μια τοπικής βαθμίδας πίεσης.

Η συνολική πίεση που ασκείται σε οποιοδήποτε βάθος, στο συνολικό βάρος των λιθολογικών σχηματισμών και των ρευστών είναι γνωστή ως υπερπίεση. Η υπερπίεση αυξάνεται γραμμικά σε σχέση με το βάθος στις περισσότερες ιζηματογενείς λεκάνες και έχει μια τυπική βαθμίδα πίεσης της τάξης 1 psi/ft.



Σχήμα 1.3. Ισορροπία βαθμίδων πίεσης υπερκειμένων και ρευστών.

http://old-2017.metal.ntua.gr/uploads/2908/Mihaniki_Petroleon_Simeioseis_Kefalaio_2.pdf

Σε ένα συγκεκριμένο βάθος, η υπερπίεση μπορεί να θεωρηθεί ίση με το σύνολο της πίεσης των ρευστών και της πίεσης κόκκων που ασκούνται μεταξύ των μεμονωμένων σωματιδίων του βράχου. Συνεπώς, προκύπτει ο τύπος: $OP=FP+GP$, όπου $OP=Overburden\ pressure$, $FP=Fluid\ pressure$ και $GP=Grain\ pressure$. Όταν η υπερπίεση παραμένει σταθερή σε κάθε συγκεκριμένο βάθος τότε ισχύει $d(FP)=-d(GP)$. Έτσι, μια συγκεκριμένη μείωση στην πίεση των κόκκων θα οδηγήσει αντίστοιχα σε μια αύξηση της πίεσης των ρευστών, αλλά και αντίστροφα. Η πίεση του νερού που υπάρχει στην περιοχή του ταμιευτήρα επηρεάζει την πίεση των ρευστών στις στήλες των υδρογονανθράκων. Η πίεση του νερού για συγκεκριμένο βάθος σε μια τέλεια περίπτωση μπορεί να προσδιοριστεί από τον τύπο $P_w=(dp/dD)_{water} * D + 14.7$ (psia), όπου το (dp/dD) αποτελεί το βαθμό πίεσης του νερού και εξαρτάται από τη χημική σύνθεση (αλμυρότητα) και για καθαρό νερό έχει τιμή 0.4335 psi/ft. Το εύρος των τιμών για το νερό των ταμιευτήρων κυμαίνεται από 0.44 psi/ft έως 0.53 psi/ft.

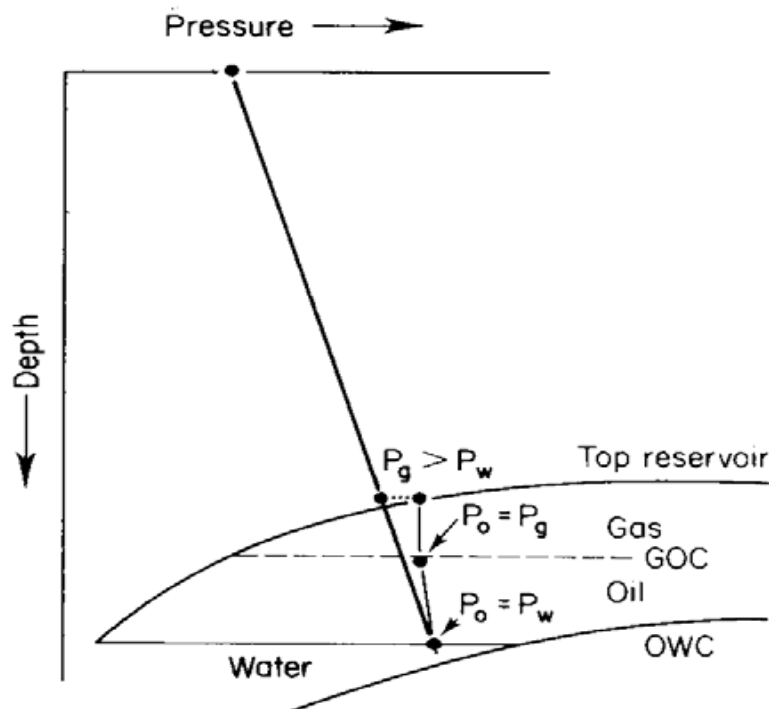
Λόγω μετακίνησης κλειστών δομών ή λόγω ιδιαίτερων συνθηκών εναπόθεσης, η τιμή της πίεσης του ταμιευτήρα μπορεί να αποκλίνει από τις σύνηθες τιμές. Έναν μηχανισμό στον οποίον οφείλεται συχνά η υπερπίεση των ταμιευτήρων αποτελεί η γρήγορη συμπίεση των σχιστόλιθων, διότι το νερό που έχει δεσμευτεί δεν προλαβαίνει να διαφύγει ώστε να υπάρξει αποκατάσταση της υδροστατικής ισορροπίας.

Η υδροστατική πίεση μπορεί να μεταβάλλεται όσο απομακρυνόμαστε από τον ταμιευτήρα προς την επιφάνεια. Οποιαδήποτε δομή φέρει υδρογονάνθρακες κι έχει σημαντικό ανάγλυφο, όταν η πίεση στην επαφή υδρογονανθράκων και νερού είναι κανονική, αναμένεται να εμφανίζει ανώμαλα υψηλές πιέσεις στην κορυφή του σχηματισμού. Αυτό συμβαίνει επειδή η πυκνότητα του νερού είναι μεγαλύτερη της πυκνότητας των υδρογονανθράκων και συνεπώς η μεταβολή της πίεσης με το βάθος θα είναι μικρότερη.

1.3 Πίεση στη ζώνη των υδρογονανθράκων

Στο βάθος στο οποίο η πίεση της υδατικής φάσης είναι ίδια με την πίεση της πετρελαϊκής φάσης έχουμε την επαφή πετρελαίου και νερού (oil-water contact- OWC). Το βάθος όπου η πίεση του νερού ισούται με την πίεση του πετρελαίου ορίζει το επίπεδο ελεύθερου νερού, καθώς σε κάποιους ταμιευτήρες, λόγω τριχοειδών φαινομένων, η ζώνη κορεσμού σε νερό με ποσοστό 100% μπορεί να βρίσκεται πάνω από το επίπεδο ελεύθερου νερού.

Αυτό που παίζει το σημαντικότερο ρόλο για το μηχανικό είναι η τιμή της υδροστατικής πίεσης κοντά στον ταμιευτήρα που φέρει τους υδρογονάνθρακες. Επειδή, όμως η αλατότητα μπορεί να μεταβάλλεται σημαντικά σε σχέση με το βάθος, παρουσιάζεται μια μη φυσιολογική υδροστατική πίεση η οποία μπορεί να προσδιοριστεί από τη εξίσωση $p_w = (dp/dD)_{water} * D + 14.7 + C$ (psia) όπου το C αποτελεί μία σταθερά η οποία είναι θετική αν το νερό είναι υπερπιεσμένο ή αρνητική αν το νερό είναι υποπιεσμένο.



Σχήμα 1.4. Ισορροπία πιέσεων σε σύστημα νερού-πετρελαίου-αερίου (στατική ισορροπία).

http://old-2017.metal.ntua.gr/uploads/2908/Mihaniki_Petroleum_Simeioseis_Kefalaio_2.pdf

Στο βάθος όπου παρουσιάζεται η επαφή πετρελαίου-νερού, η πίεση P_w δίνεται από τη μέση βαθμίδα πίεσης του νερού από ένα επίπεδο αναφοράς, όπως για παράδειγμα το επίπεδο της θάλασσας και εκφράζεται γραμμικά ως: $P_w = D_{owc} \times (dp/dD)_{water} + C_1$ με το C_1 να αποτελεί σταθερά που εκφράζει πιθανή υποπίεση ή υπερπίεση.

Οπότε για το βάθος D_{owc} θα ισχύει $P_{o(owc)} = P_{w(owc)}$. Η πίεση στη ζώνη των υδρογονανθράκων ή αλλιώς η πίεση πάνω από την επαφή πετρελαίου-νερού, είναι η πίεση στην επαφή η οποία έχει ελαττωθεί ανάλογα με τη βαθμίδα πίεσης (dp/dD) των υδρογονανθράκων. Επειδή το πετρέλαιο παρουσιάζεται με μικρότερη πυκνότητα από αυτή του νερού, υπάρχει και μικρότερη μεταβολή της πίεσης αυτού σε σχέση με το νερό καθώς προχωράμε σε μεγαλύτερα βάθη με αποτέλεσμα οι τιμές πίεσης νερού και πετρελαίου να αποκλίνουν, πράγμα που παρουσιάζεται και διαγραμματικά στο σχήμα 4, με αυτή του πετρελαίου να διατηρεί υψηλότερες τιμές. Επομένως η πίεση σε οποιοδήποτε βάθος D πάνω από την επαφή νερού-πετρελαίου υπολογίζεται ως εξής: $P_o(D) = P_o(owc) - [\rho_o * g * (D_{owc} - D)]$ όπου ρ_o η πυκνότητα του πετρελαίου και g η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Κατά αντίστοιχο τρόπο στην επαφή αερίου-πετρελαίου (Gas-Oil contact) ισχύει: $P_o(goc) = P_g(goc)$. Ενώ η πίεση στην αέρια φάση στην κορυφή του ταμιευτήρα (D_T) υπολογίζεται ως εξής: $P_g(D_T) = P_{owc} - [\rho_o * g * (D_{owc} - D_{goc})] - [\rho_g * g * (D_{goc} - D_T)]$

Οι απότομες εκτινάξεις αερίου (gas-kicks) που συμβαίνουν κατά την όρυξη των γεωτρήσεων, ευθύνονται για τυχόν διαφορές στις τιμές πίεσης που υπολογίζονται σε βάθος D_T από την τελευταία εξίσωση και την υδροστατική πίεση στο ίδιο βάθος.

Για να υπολογισθούν τα αποθέματα των υδρογονανθράκων, είναι πολύ βασικό να προσδιοριστούν οι θέσεις των επαφών νερού-πετρελαίου και πετρελαίου-αερίου. Η θέση τους συνήθως δίνεται από ένα εύρος βαθών μέχρι να γίνει ο ακριβής προσδιορισμός των θέσεων τους από συσχετισμό δεδομένων διάφορων πηγαδιών.

1.4 Φύση των ρευστών στον ταμιευτήρα

Στο εσωτερικό των ταμιευτήρων οι συγκεντρώσεις των υδρογονανθράκων συνυπάρχουν με το νερό καθώς αυτό εμφανίζεται με τη μορφή του ενδογενούς νερού ή διαφορετικά οι υδρογονάνθρακες που συγκεντρώνονται στον ταμιευτήρα σχετίζονται με την ύπαρξη νερού καθώς αυτό εμφανίζεται με εκτεταμένους υδροφόρους ορίζοντες κάτω από ή παρακείμενα με αυτούς. Στη διάρκεια της παραγωγικής ζωής ενός ταμιευτήρα, θα εμφανίζονται σε αυτόν έως και τρεις διακριτές φάσεις των οποίων οι αναλογίες σύστασης και οι φυσικές ιδιότητες θα μεταβάλλονται ανάλογα με τις μεταβολές της πίεσης. Για την ανάλυση της απόδοσης ενός ταμιευτήρα, απαιτείται η πλήρης ανάλυση των φάσεων αυτών, ώστε να προσδιοριστούν οι φυσικές ιδιότητες των φάσεων που συνυπάρχουν σε ορισμένη χρονική στιγμή.

1.5 Ογκομετρική (PVT) συμπεριφορά μιγμάτων υδρογονανθράκων

Η εξίσωση $pV=ZnRT$ αποτελεί την καταστατική εξίσωση η οποία δίνει τη σχέση μεταξύ πίεσης-όγκου-θερμοκρασίας για ένα πραγματικό αέριο όπου:

p: η πίεση του αερίου

V: ο όγκος του αερίου

Z: ο συντελεστής απόκλισης που εκφράζει το βαθμό απόκλισης από την ιδανική κατάσταση

n: ο αριθμός των γραμμομορίων του αέρα

R: η παγκόσμια σταθερά των αερίων με τιμή $0,08205 \text{ (atm} \cdot \text{L)} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ και στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I) $8,314 \text{ (J)} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

T: η απόλυτη θερμοκρασία σε μονάδες Κέλβιν ($273 \text{ }^\circ\text{C}$)

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση μπορεί να γίνει ο συσχετισμός μεταξύ του όγκου που καταλαμβάνει το αέριο στην επιφάνεια και του όγκου του αερίου σε συνθήκες ταμιευτήρα και να δοθεί ο συντελεστής εκτόνωσης του αερίου E:

$E = P/P_0 \cdot T_0/T \cdot 1/Z = 35.37 \cdot P/Z \cdot T \text{ (scf/rcf)}$ όπου:

T₀: η θερμοκρασία σε standard συνθήκες

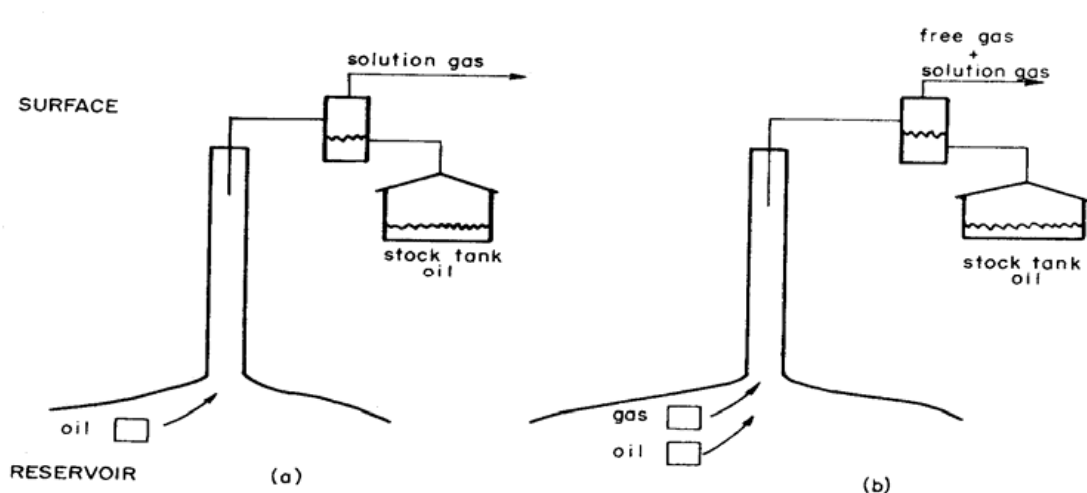
P₀: η πίεση σε standard συνθήκες

T: η θερμοκρασία του ταμιευτήρα ή κάποιου ενδιάμεσου σταδίου της παραγωγής στο οποίο θέλουμε να υπολογίσουμε το συντελεστή εκτόνωσης

P: η πίεση του ταμιευτήρα ή κάποιου ενδιάμεσου σταδίου της παραγωγής στο οποίο θέλουμε να υπολογίσουμε το συντελεστή εκτόνωσης

Για τον υπολογισμό του συντελεστή εκτόνωσης E γίνεται χρήση της καταστατικής εξίσωσης των αερίων στις εκάστοτε συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας του ταμιευτήρα και στις standard συνθήκες κι έπειτα γίνεται διαίρεση κατά μέλη στις δύο εξισώσεις που προκύπτουν.

Για να μετρηθεί η ογκομετρική συμπεριφορά του πετρελαίου πρέπει να γίνει υπολογισμός ενός αριθμού παραμέτρων από δείγματα πετρελαίου στο εργαστήριο οι οποίες ονομάζονται ογκομετρικές παράμετροι, διότι δεν υπάρχει μια τόσο απλή καταστατική εξίσωση που να περιγράφει την ογκομετρική συμπεριφορά του πετρελαίου. Οι ογκομετρικές παράμετροι του πετρελαίου χρησιμοποιούνται ώστε να εκφράσουν τη σχέση μεταξύ του όγκου που καταλαμβάνει το πετρέλαιο στην επιφάνεια και του όγκου που καταλαμβάνει το πετρέλαιο μέσα στον ταμιευτήρα, με τρόπο όμοιο με την παραπάνω εξίσωση.



Σχήμα 1.5. Παραγωγή ρευστών υδρ/κων (α) αρχική πίεση υψηλότερη της πίεσης σημείου φυσαλίδας, (β) χαμηλότερη της πίεσης σημείου φυσαλίδας.

http://old-2017.metal.ntua.gr/uploads/2911/Mihaniki_Petroleum_Simeioseis_Kefalaio_5.pdf

Όταν η πίεση στον ταμιευτήρα ξεπεράσει την πίεση του σημείου φυσαλίδας, τότε μέσα σε αυτόν υπάρχει μόνο η υγρή φάση, το πετρέλαιο. Παρατηρώντας και το σχήμα 1.5(α) γίνεται κατανοητό πως κατά της παραγωγή του υπερκορεσμένου αυτού πετρελαίου στην επιφάνεια γίνεται ένας διαχωρισμός μιας ποσότητας αερίου από το πετρέλαιο. Η ποσότητα (όγκος) αυτή εξαρτάται από τις συνθήκες διαχωρισμού που υπάρχουν στην επιφάνεια. Σε αυτή την περίπτωση είναι εύκολος ο συσχετισμός του όγκου του πετρελαίου και του αερίου που παράγονται στην επιφάνεια σε σχέση με τον όγκο αυτών που καταλαμβάνουν μέσα στον ταμιευτήρα καθώς το αέριο που υπάρχει στις συνθήκες ταμιευτήρα βρίσκεται διαλυμένο μέσα στο πετρέλαιο.

Από την άλλη πλευρά, αν η πίεση στον ταμιευτήρα είναι μικρότερη της πίεσης του σημείου φυσαλίδας τότε η κατάσταση είναι πολύπλοκότερη, διότι μέσα στον ταμιευτήρα πλέον

απαντώνται δύο φάσεις, το κορεσμένο υγρό πετρέλαιο και το ελεύθερο αέριο (δηλαδή το αέριο που έχει ήδη διαφύγει από το πετρέλαιο). Το αέριο που θα παραχθεί στην επιφάνεια θα αποτελείται από αέριο που βρισκόταν ελεύθερο στον ταμιευτήρα αλλά και αέριο που απελευθερώθηκε κατά τη διαδικασία παραγωγής. Οι ποσότητες διαλυμένου και ελεύθερου αερίου που βρίσκονταν στον ταμιευτήρα δε γίνεται να προσδιοριστούν, καθώς τα δύο αυτά μέρη είναι αδύνατο να διακριθούν στην επιφάνεια.

Η ταχύτητα ενός ρευστού σε ένα πορώδες μέσο είναι αντιστρόφως ανάλογη με την πυκνότητα του. Για το λόγο αυτό σε περίπτωση που βρισκόμαστε κάτω από το σημείο φυσαλίδας, για την ίδια διαφορά πίεσης στον ταμιευτήρα, το ελεύθερο αέριο κινείται αρκετά πιο γρήγορα από το πετρέλαιο. Η πυκνότητα του πετρελαίου είναι πενήντα φορές μεγαλύτερη αυτής του αερίου με αποτέλεσμα κατά τη διάρκεια παραγωγής η ποσότητα αερίου που παράγεται να είναι δυσανάλογη αυτής του πετρελαίου. Συνεπώς, σε πιέσεις που υπερβαίνουν το σημείο φυσαλίδας, ένα stb πετρελαίου παράγεται μαζί με όγκο αερίου που είναι αρκετά μεγαλύτερος από τον όγκο που είναι δυνατόν να είναι διαλυμένος στο πετρέλαιο.

Χρησιμοποιούνται ορισμένες βασικές ογκομετρικές παράμετροι οι οποίες προσδιορίζονται πειραματικά από δείγματα πετρελαίου και αερίου, ώστε να γίνει ο έλεγχος της συσχέτισης του όγκου των ρευστών που έχουν παραχθεί στην επιφάνεια και του όγκου των ρευστών που απολαμβάνονται από τον ταμιευτήρα.

- ***R_s: Λόγος διαλυμένου αερίου προς πετρέλαιο:*** Χαρακτηρίζει τον όγκο του αερίου (scf) που θα διαλυθεί σε ένα stb πετρελαίου όταν αυτά βρεθούν στις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης του ταμιευτήρα.

$$R_s = V_{g(sc)} / V_{o(sc)} \text{ (scf/stb)}$$

- ***B_o: Συντελεστής μεταβολής όγκου του πετρελαίου:*** Αποτελεί τον όγκο (σε βαρέλια) που καταλαμβάνει ένα stb πετρελαίου μαζί με το αέριο που είναι διαλυμένο σε αυτό μέσα στον ταμιευτήρα.

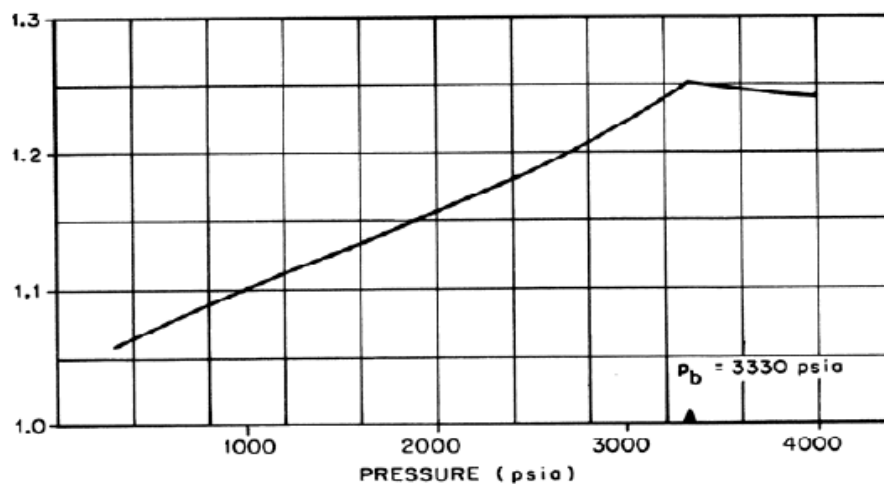
$$B_o = V_{o(rc)} / V_{o(sc)} \text{ (rb/stb)} \text{ όπου rc: reservoir conditions (συνθήκες ταμιευτήρα)}$$

- ***B_g: Συντελεστής μεταβολής όγκου του αερίου:*** Είναι ο όγκος (σε βαρέλια-rb) που ένα scf αερίου θα καταλαμβάνει σαν ελεύθερο αέριο μέσα στον ταμιευτήρα.

$$B_g = V_{g(rc)} / V_{g(sc)} \text{ (rb/scf)} \text{ Επίσης: } B_g = (P_o * T * Z) / (P * T_o)$$

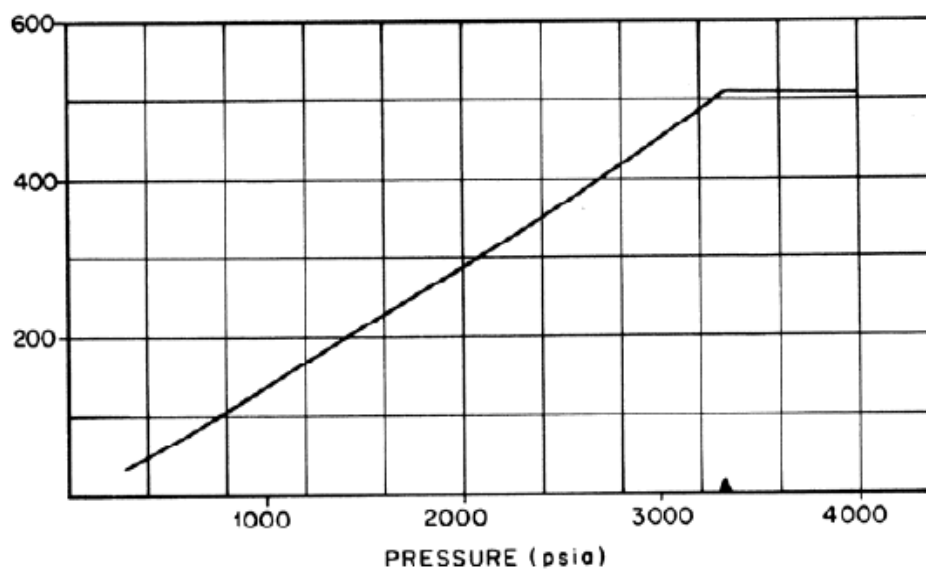
Οι τρεις παραπάνω παράμετροι αποτελούν συναρτήσεις της πίεσης, έχοντας ως δεδομένο πως η θερμοκρασία του ταμιευτήρα θεωρείται κατά τη διάρκεια της παραγωγής σταθερή. Οι μεταβολές των παραμέτρων αυτών σε σχέση με την πίεση παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.6. Συμβολίζοντας με B_{oi}, R_{si} και B_{gi} δίνουμε τις αρχικές συνθήκες του ταμιευτήρα. Η συσχέτιση όγκων στην επιφάνεια με τους όγκους στον ταμιευτήρα χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους αυτές δίνεται στα Σχήματα 1.7 και 1.8.

B_o
(rb/stb)

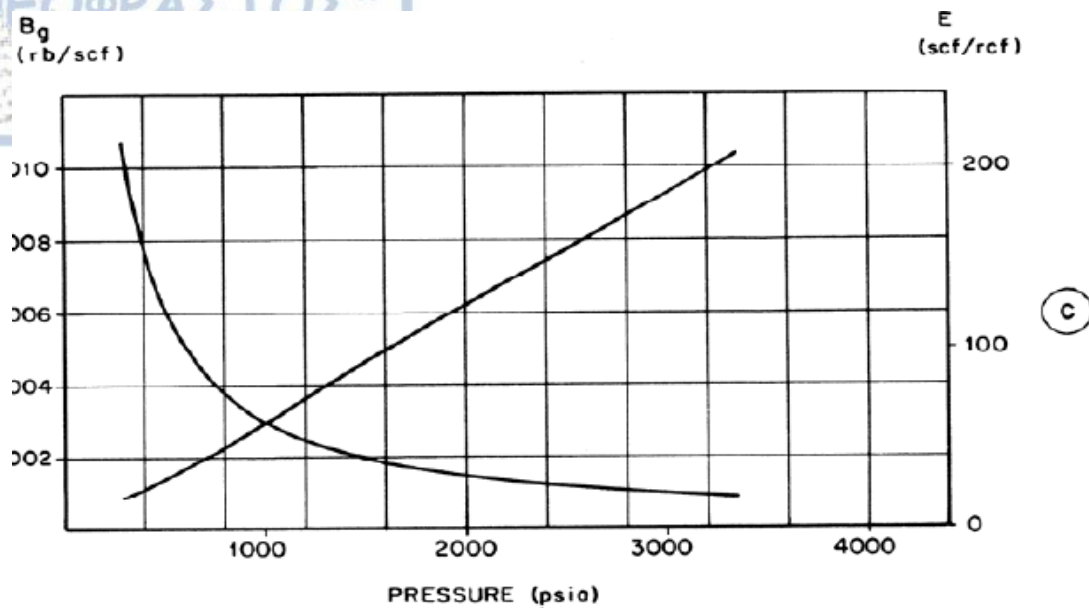


(a)

R_s
(scf/stb)



(b)



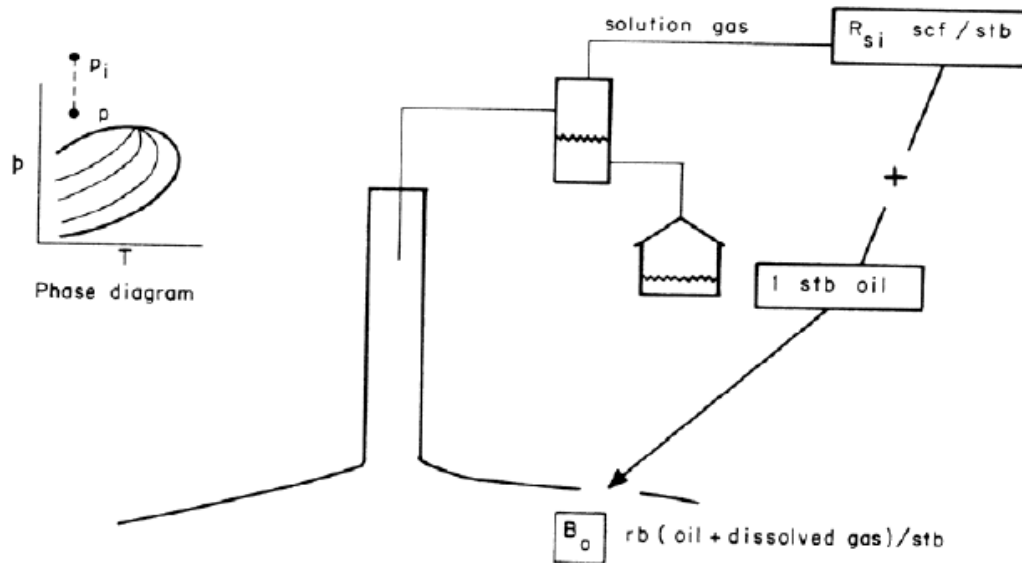
Σχήμα 1.6. Εξάρτηση των ογκομετρικών παραμέτρων από την πίεση.

http://old-2017.metal.ntua.gr/uploads/2911/Mihaniki_Petroleum_Simeioseis_Kefalaio_5.pdf

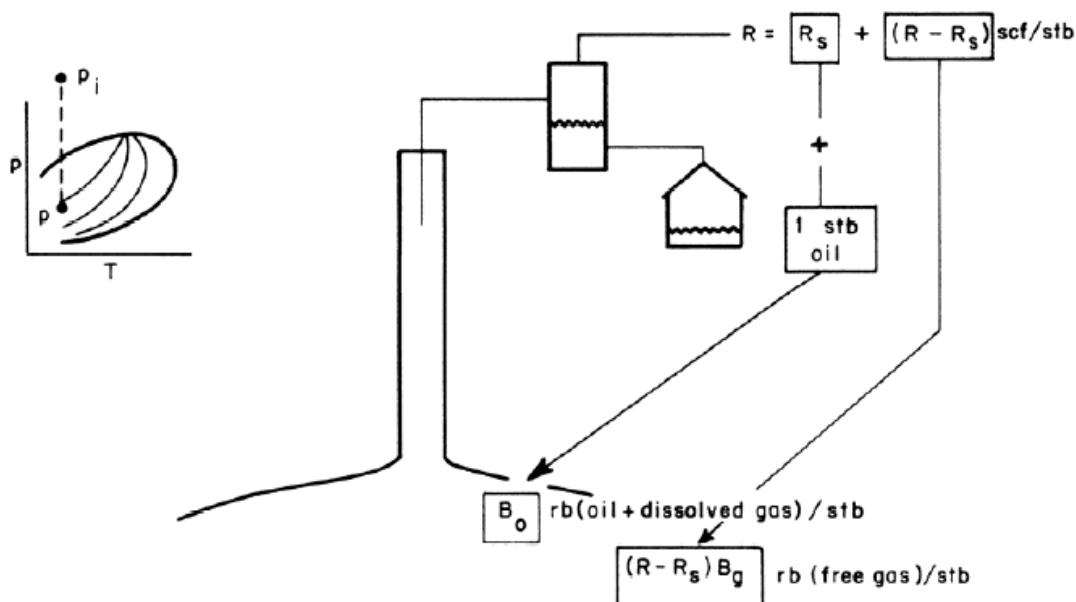
Στο σχήμα 7 παρατηρείται η περίπτωση κατά την οποία υπάρχει μείωση της πίεσης στον ταμιευτήρα με την τιμή της όμως να παραμένει μεγαλύτερη της πίεσης του σημείου φυσαλίδας. Βλέποντας το διάγραμμα φάσεων παρατηρούμε πως στον ταμιευτήρα υπάρχει μονάχα υποκορεσμένο πετρέλαιο το οποίο όταν παραχθεί στην επιφάνεια, για κάθε stb πετρελαίου θα συνοδεύεται κι από R_{si} scf αερίου. Εφόσον το πετρέλαιο του ταμιευτήρα είναι υποκορεσμένο συμπεραίνουμε πως θα μπορούσε να διαλυθεί περισσότερη ποσότητα αερίου σε αυτό αν ήταν διαθέσιμη. Οπότε, μέχρι η πίεση να γίνει μικρότερη της πίεσης του σημείου φυσαλίδας και το πετρέλαιο γίνει κορεσμένο, η τιμή του R_s θα παραμένει σταθερή. Η τιμή του R_s μικραίνει έπειτα από το σημείο φυσαλίδας. Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη και τον ορισμό των B_0 και R_s , όταν μεταφερθούν στον ταμιευτήρα R_{si} scf αερίου μαζί με ένα stb πετρελαίου θα διαλυθούν πλήρως σε αυτό καταλαμβάνοντας μαζί όγκο που θα ισούται με B_0 rb.

Στο σχήμα 6(a) παρουσιάζεται το B_0 να έχει μια μικρή αύξηση στην τιμή του καθώς η πίεση πέφτει από την αρχική της τιμή μέχρι το σημείο φυσαλίδας. Αποτελεί αποτέλεσμα της περιορισμένης εκτόνωσης του πετρελαίου λόγω της μικρής συμπιεστότητας εξαιτίας της μείωσης της πίεσης.

Υπάρχουν ορισμένες τυπικές αρχικές τιμές για τις παραμέτρους B_0 και R_s για πετρέλαια μέσης πηκτικότητας. Για το B_0 η τιμή αυτή είναι 1,25 rb/stb, ενώ για το R_s η τιμή αυτή είναι 500 scf/stb. Οι αρχικές αυτές τιμές θα μπορούσαν να μετατραπούν σε τιμές αρκετά μεγαλύτερες αν τα πετρέλαια ήταν μεγαλύτερης πηκτικότητας. Η καλύτερη περίπτωση θα ήταν η τιμή του B_0 να βρισκόταν όσο το δυνατόν πιο κοντά στη μονάδα, διότι σε αυτή την περίπτωση το πετρέλαιο θα παρουσιαζόταν σχεδόν απαλλαγμένο από διαλυμένο αέριο με αποτέλεσμα οι όγκοι που θα παράγονταν στην επιφάνεια να ήταν σχεδόν ίσοι με αυτούς που θα αφαιρούνταν από τον ταμιευτήρα.



Σχήμα 1.7. Εφαρμογή των PVT παραμέτρων για τη συσχέτιση των όγκων όταν η πίεση του ταμιευτήρα είναι υψηλότερη της πίεσης του σημείου φυσαλίδας.



Σχήμα 1.8. Εφαρμογή των PVT παραμέτρων για τη συσχέτιση των όγκων όταν η πίεση του ταμιευτήρα είναι χαμηλότερη της πίεσης του σημείου φυσαλίδας.

http://old-2017.metal.ntua.gr/uploads/2911/Mihaniki_Petroleum_Simeioseis_Kefalaio_5.pdf

Στο Σχήμα 1.8 παρουσιάζεται μια πολυπλοκότερη περίπτωση κατά την οποία η πίεση πέφτει σε τιμές κάτω από τις τιμές πίεσης του σημείου φυσαλίδας. Σε αυτή την περίπτωση κάθε ένα stb πετρελαίου παράγεται στην επιφάνεια μαζί με R scf αερίου, με το R ή διαφορετικά GOR (Gas-Oil-Ratio) να αποτελεί το λόγο του παραγόμενου αερίου προς το

παραγόμενο πετρέλαιο (scf/stb) και ο οποίος μετράται καθημερινά. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ένα μέρος του παραγόμενου αερίου υπήρχε από την αρχή διαλυμένο στο πετρέλαιο και με τη διαδικασία της παραγωγής απελευθερώθηκε, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα αερίου υπήρχε ήδη ελεύθερη στον ταμιευτήρα.

Στο Σχήμα 1.8 η ποσότητα R χωρίζεται σε δύο όρους: $R = R_s + (R - R_s)$, με τον όρο R_s να αντιστοιχεί στο αέριο (scf) το οποίο βρίσκεται διαλυμένο σε ένα stb πετρελαίου σε συνθήκες ταμιευτήρα και με τον όρο $(R - R_s)$ να αντιστοιχεί στο αέριο (scf) το οποίο βρίσκεται ελεύθερο στον ταμιευτήρα. Το αέριο αυτό σε συνθήκες ταμιευτήρα καταλαμβάνει όγκο ίσο με:

$$(R - R_s) \text{ (scf / stb)} * B_g \text{ (rb / scf)} = (R - R_s) * B_g \text{ (rb ελεύθερου αερίου / stb)}$$

Συνεπώς, το σύνολο του όγκου των υδρογονανθράκων που θα αποληφθεί από τον ταμιευτήρα ανά stb παραγόμενου πετρελαίου είναι:

$$UW / \text{stb} = B_o + (R - R_s) * B_g \text{ (rb)}$$

Σύμφωνα και με τα παραπάνω γίνεται αντιληπτός και ο σκοπός της έκφρασης του B_g σε (rb / scf), ώστε να μετατρέπονται αμέσως σε rb / stb οι λόγοι αερίων-πετρελαίου που είναι εκφρασμένοι σε scf / stb και να υπάρχει συμβατότητα με τις μονάδες του B_o . Για κοιτάσματα πετρελαίου γίνεται κυρίως χρήση του συντελεστή B_g , ενώ για κοιτάσματα αερίου γίνεται χρήση του συντελεστή εκτόνωσης E . Η μεταξύ σχέση των B_g και E είναι:

$$B_g \text{ (rb / scf)} = 1 / (5.615 * E)$$

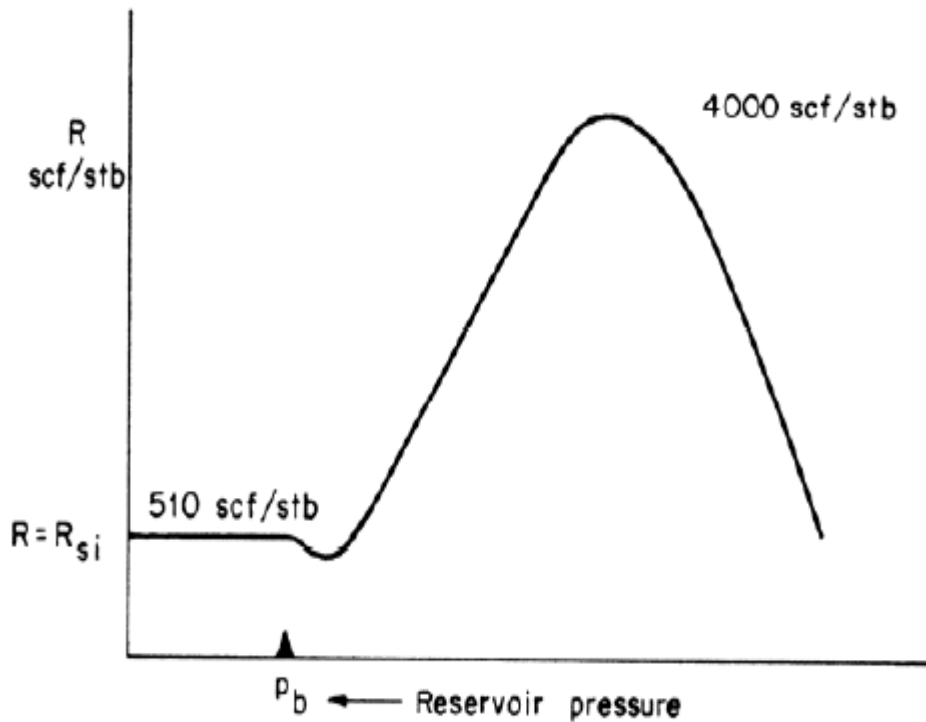
Ο συντελεστής B_g τις περισσότερες φορές παίρνει τιμές πολύ μικρές. Μια τυπική τιμή του E είναι περίπου 150 scf / rcf. Για μια τέτοια τιμή του E , το B_g θα συναντάται με τιμή 0.00119 rb / scf. Στο Σχήμα 6(c) παρουσιάζεται η μεταβολή με την πίεση των τιμών E και B_g . Όταν υπάρχουν μικρές μεταβολές της τιμής του Z και με δεδομένες τις ισοθερμοκρασιακές συνθήκες στον ταμιευτήρα, ισχύει :

$$E = (P / P_o) * (T_o / T) * (1 / Z) \sim C * P \text{ (Εξίσωση Ευθείας)}$$

$$B_g = (P_o * T * Z) / (P * T_o) \sim C * (1 / P) \text{ (Εξίσωση Υπερβολής)}$$

Όταν το εύρος των πιέσεων είναι μικρό, η σχέση ανάμεσα σε P και E είναι γραμμική, οπότε μπορεί να γίνει παρεμβολή και εξομάλυνση των δεδομένων

Στο σχήμα 1.9 παρουσιάζεται η μεταβολή του R με την πίεση.



Σχήμα 1.9. Μεταβολή της παραμέτρου R σε συνάρτηση με τη μέση πίεση του ταμιευτήρα.

http://old-2017.metal.ntua.gr/uploads/2911/Mihaniki_Petroleum_Simeioseis_Kefalaio_5.pdf

Ακόμη μια παράμετρος που χρησιμοποιείται πολύ συχνά είναι ο διφασικός ή αλλιώς συνολικός συντελεστής μεταβολής όγκου B_t . Ο διφασικός συντελεστής μεταβολής όγκου B_t εκφράζει τον όγκο σε βαρέλια (rb) που ένα stb πετρελαίου μαζί με το αέριο που είναι διαλυμένο σε αυτό μέσα στον ταμιευτήρα, αλλά και το αέριο που προέρχεται από αυτό ($R_{si} - R_s$) και παράγεται στην επιφάνεια ως ελεύθερο αέριο.

$$B_t = B_o + B_g * (R_{si} - R_s) \text{ (rb / stb)}$$

Το B_t είναι συνδυασμός των τριών βασικών ογκομετρικών παραμέτρων που έχουν ήδη οριστεί παραπάνω. Όταν οι πιέσεις ξεπερνάνε τις πιέσεις του σημείου φυσαλίδας ισχύει $R_{si} = R_s$ και $B_t = B_o$. Όταν οι πιέσεις βρίσκονται σε τιμές μικρότερες των πιέσεων του σημείου φυσαλίδας δεν θα πρέπει να γίνεται σύγχυση με το UW όπως ορίστηκε πιο πάνω.

Ορισμένες φορές απαντάται και ο συντελεστής μεταβολής όγκου του νερού B_w . Ο συντελεστής μεταβολής όγκου του νερού B_w και η συμπιεστότητα του νερού μπορούν να επηρεαστούν από αέρια και διαλυμένα άλατα. Όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις η επίδραση των παραγόντων αυτών αγνοείται και το B_w θεωρείται ίσο με τη μονάδα. Όταν η επίδραση των αερίων και των διαλυμένων αλάτων δε μπορεί να αγνοηθεί, για ογκομετρικούς υπολογισμούς χρησιμοποιείται η συμπιεστότητα του νερού και όχι το B_w .

1.6 Συντελεστής απόληψης – Recovery factor

Συντελεστής απόληψης (recovery factor) καλείται το κλάσμα των αρχικών επί τόπου αποθεμάτων σε υδρογονάνθρακες που είναι δυνατόν να αποληφθεί. Μπορεί να γίνει ένας διαχωρισμός του συντελεστή απόληψης σε δύο τύπους. Ο πρώτος καθορίζεται από τις υπάρχουσα οικονομική κατάσταση καθώς και από τους περιβαλλοντικούς και οικολογικούς περιορισμούς. Ο δεύτερος αφορά κυρίως την ποσότητα των υδρογονανθράκων που μπορεί να αποληφθεί από έναν ταμιευτήρα ανάλογα με τις ιδιότητες των ρευστών και του πετρώματος.

Οι δυο κατηγορίες της απόληψης υδρογονανθράκων ονομάζονται πρωτογενής και συμπληρωματικός. Η πρωτογενής απόληψη αφορά τον όγκο των υδρογονανθράκων που μπορεί να παραχθεί χάρη στη φυσική ενέργεια που είναι διαθέσιμη στον ταμιευτήρα και στον γειτονικό υδροφόρο ορίζοντα. Από την άλλη, η συμπληρωματική απόληψη υδρογονανθράκων αναφέρεται στην περίπτωση όπου προσδίδεται ενέργεια στο σύστημα ρευστού-ταμιευτήρα ώστε να παραχθεί το πετρέλαιο. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος συμπληρωματικής απόληψης είναι με τον ψεκασμό νερού στον ταμιευτήρα έτσι ώστε το πετρέλαιο να μετατοπιστεί προς τα φρέατα παραγωγής, αυξάνοντας την φυσική ενέργεια του συστήματος.

Ολόκληρος ο μηχανισμός της πρωτογενούς απόληψης στηρίζεται στην επέκταση των υγρών στη δεξαμενή και μπορεί να γίνει μια καλύτερη εκτίμηση του εφόσον ληφθεί υπόψη ο ορισμός της ισοθερμικής συμπιεστότητας.

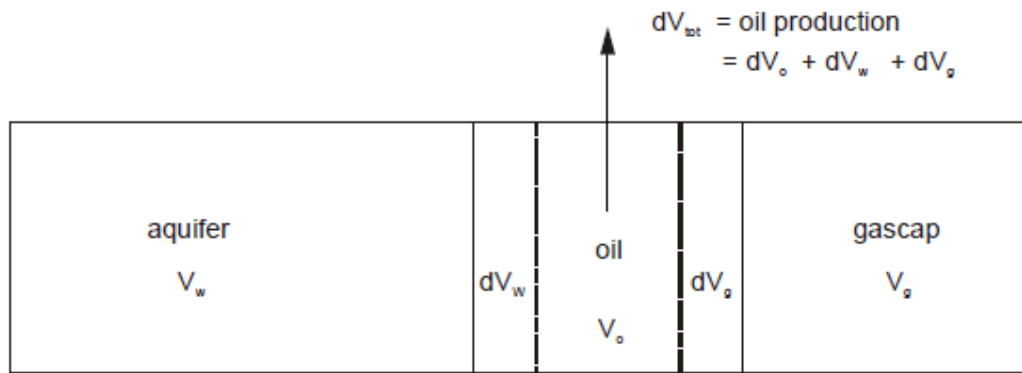
$$c = (-1/V) * (dV / dp)$$

Η ισοθερμική συμπιεστότητα εφαρμόζεται στην πλειοψηφία των υπολογισμών στη μηχανική των ταμιευτήρων, διότι καθώς παράγονται τα υγρά και αφαιρείται θερμότητα από τον ταμιευτήρα με τη μεταφορά, το πέτρωμα κάλυμμα και το βασικό πέτρωμα, τα οποία θεωρούνται πως λειτουργούν σαν πηγές θερμότητας άπειρης έκτασης, αυτομάτως αντικαθιστούν τη θερμότητα με αγωγιμότητα με σκοπό να διατηρηθεί η θερμοκρασία στα ίδια επίπεδα.

Το αρνητικό πρόσημο χρειάζεται στην παραπάνω εξίσωση επειδή η ισοθερμική συμπιεστότητα ορίζεται ως ένας θετικός αριθμός, ενώ η διαφορά dV / dp είναι αρνητική δεδομένου ότι τα υγρά επεκτείνονται όταν η πίεση μειωθεί. Όταν γίνεται μεμονωμένα η χρήση του ορισμού της ισοθερμικής συμπιεστότητας για να γίνει περιγραφή της εξάντλησης του ταμιευτήρα, είναι προτιμότερο να το εκφράσουμε με τη μορφή

$$dV = cV\Delta p$$

όπου το dV αναφέρεται σε επέκταση ενώ το dp σε μείωση της πίεσης όπου και οι δύο αριθμοί είναι θετικοί. Αποτελεί πολύ σημαντική εξίσωση, καθώς και τη βάση όλων των μορφών μηχανισμού πρωτοβάθμιας απόληψης. Στον ταμιευτήρα, αν το Δp λαμβάνεται ως πτώση της πίεσης από την αρχική σε κάποια χαμηλότερη τιμή πίεσης, $p_i - p$, τότε το dV θα πρέπει να θεωρείται μια αντίστοιχη αύξηση των υγρών, η οποία εκδηλώνεται ως παραγωγή.



Σχήμα 1.10. Πρωτογενής απόληψη πετρελαίου που προκύπτει από την επέκταση πετρελαίου νερού και αερίου.

[<http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/reservorios/Fundamentals%20of%20Reservoir%20Engineering%20%28L.P.%20Dake%29.pdf>]

Το διάγραμμα απεικονίζει το γεγονός πως για να γίνει παραγωγή πετρελαίου από έναν ταμειυτήρα, οι γεωτρήσεις πρέπει να γίνουν στη ζώνη του πετρελαίου. Αν ο ταμειυτήρας βρίσκεται σε επαφή με αγωγό αερίου και υδροφόρο ορίζοντα, λόγω της ομοιόμορφης πτώσης της πίεσης Δp σε όλο το σύστημα το πετρέλαιο που θα παραχθεί θα έχει συστατικά από το διαχωρισμό της επέκτασης του πετρελαίου και του νερού, έτσι:

$$dV_{TOT} = \text{παραγωγή πετρελαίου} = dV_o + dV_w + dV_g$$

στην οποία η ισορροπία εκφράζεται σε όγκους υγρών υπό συνθήκες ταμειυτήρα. Εφαρμόζοντας τον τύπο $dV = cV\Delta p$ η παραπάνω εξίσωση μπορεί να εκφραστεί ως

$$dV_{TOT} = c_o * V_o * \Delta p + c_w * V_w * \Delta p + c_g * V_g * \Delta p$$

Λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία για τις πιέσεις των τριών στοιχείων σε πίεση 2000 psia:

$$c_o = 15 * 10^{-6} / \text{psi}$$

$$c_w = 3 * 10^{-6} / \text{psi}$$

$$c_g = 500 * 10^{-6} / \text{psi}$$

γίνεται αντιληπτό πως η επέκταση του πετρελαίου και του νερού θα είχε σημαντική συμβολή στο dV_{TOT} μονάχα αν οι αρχικοί όγκοι του πετρελαίου και του νερού είναι μεγάλοι. Από την άλλη, ακόμη κι ένας αρκετά μικρός όγκος φυσικού αερίου θα μπορούσε να έχει σημαντική συμβολή στην παραγωγή του πετρελαίου λόγω της πολύ μικρής ισοθερμικής συμπίεσής του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Δειγματοληψία ρευστών

Ενώ η ποικιλία που εμφανίζεται στους ταμιευτήρες είναι τεράστια, οι μετρήσεις των παραγόμενων ιδιοτήτων πετρελαίου και αερίου που μπορούν να γίνουν στο πεδίο μελέτης δεν είναι αρκετές ώστε να μπορέσουν να δώσουν τους λεπτομερείς χαρακτηρισμούς που χρειάζεται η σύγχρονη μηχανική του πετρελαίου. Για τη σωστή διαχείριση των ταμιευτήρων, πέρα από την ανάλυση PVT (ανάλυση πίεσης-όγκου-θερμοκρασίας), σημαντικές πληροφορίες μπορούν να παρθούν κι από μετρήσεις που αφορούν το δυναμικό διάβρωσης, το σχηματισμό στερεών και τα μη υδρογονανθρακικά συστατικά, για:

- Το σχεδιασμό εγκαταστάσεων παραγωγής
- Τη συμβατότητα με το σύστημα σωλήνωσης
- Την αξία πώλησεως προϊόντων
- Τα έξοδα συντήρησης του διυλιστηρίου

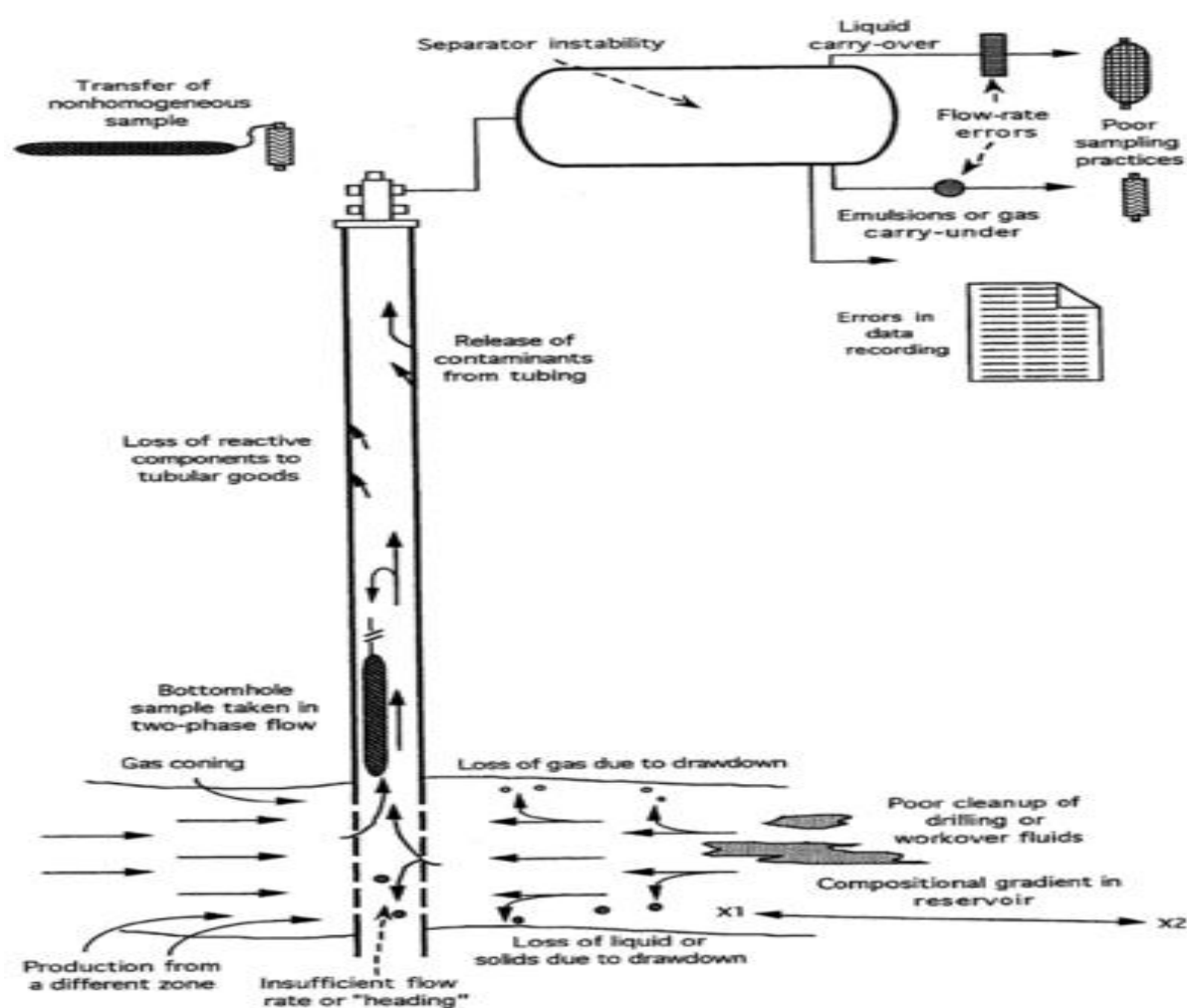
Με την έλλειψη τέτοιων δεδομένων ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος από τον αποδεκτό όταν λαμβάνονται οι αποφάσεις για δειγματοληψία και εργαστηριακές μελέτες. Πρέπει να λαμβάνονται δείγματα των ρευστών και να μεταβαίνουν σε εξειδικευμένα εργαστήρια ώστε να γίνονται οι απαραίτητες προηγμένες φυσικές και χημικές αναλύσεις. Τα συγκεκριμένα δείγματα πρέπει να λαμβάνονται από διαφορετικές τοποθεσίες όπως:

- Διαχωριστές (separators)
- Αγωγούς μεταφοράς (pipelines)
- Δεξαμενές (tanks)
- Οπή πηγαδιού (wellbores)
- Το σχηματισμό (the formation)

Οι μετρήσεις που γίνονται για τις ιδιότητες του ταμιευτήρα αποτελούν απόρροια μιας σειράς διαδικασιών που σχετίζονται με τη λειτουργία του εξοπλισμού, αλλά και με την απόδοση του ανθρώπινου δυναμικού. Οπότε γίνεται κατανοητό πως υπάρχουν περιθώρια για σφάλματα. Αποτελεί πρόκληση το ρευστό που εισέρχεται στο δοχείο δείγματος να είναι αντιπροσωπευτικό του όγκου υγρού που λαμβάνεται κατά τη δειγματοληψία. Επίσης, είναι εξίσου σημαντικό κατά τη διάρκεια του χειρισμού και της αποθήκευσης το δείγμα να παραμένει και πάλι αντιπροσωπευτικό, μέχρι και το πέρας όλων των απαιτούμενων μετρήσεων. Αν και ορισμένα προβλήματα μπορούν να εντοπιστούν με διαδικασίες ελέγχου στα δείγματα, δεν υπάρχει ποτέ απόλυτη βεβαιότητα πως το υγρό που μελετάται είναι πλήρως αντιπροσωπευτικό του ρευστού που βρίσκεται στον ταμιευτήρα. Εργαστηριακές μετρήσεις που γίνονται στα δείγματα μπορούν να δείξουν πως κάποιο ρευστό δεν αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείγμα (π.χ. η πίεση κορεσμού είναι σημαντικά υψηλότερη από την πίεση του ταμιευτήρα), όμως ακόμη και σε αυτή την περίπτωση το σφάλμα μπορεί να έχει προκύψει λόγω λάθους στα δεδομένα μετρήσεων του πεδίου και όχι στα ίδια τα δείγματα.

Συνεπώς, πρέπει να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα τα οποία θα βοηθήσουν να αποφευχθούν φτωχά δείγματα τα οποία θα αποδώσουν και εσφαλμένες μετρήσεις.

Το Σχήμα 2.1 που ακολουθεί αποτελεί ένα σχηματικό διάγραμμα στο οποίο εμφανίζονται οι πιο συνήθεις πηγές σφάλματος σε σχέση με τη συλλογή δειγμάτων παραγωγής και δεδομένων στο πεδίο. Σε κάθε πρόγραμμα δειγματοληψίας η καλή προετοιμασία είναι πολύ σημαντική. Ένας σωλήνας γεώτρησης ο οποίος έχει ρυθμιστεί λανθασμένα ή βιαστικά θα μπορούσε να παράγει διήθημα με λάσπη γεώτρησης, υγρά εργασίας ή προϊόντα αντίδρασης τα οποία σε σπάνιες περιπτώσεις μπορούν να παραμείνουν και έπειτα από μήνες παραγωγής. Σε ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας πρέπει να διασφαλίζεται πως χρησιμοποιούνται οι σωστές διαδικασίες ώστε να είναι βέβαιο πως τα δείγματα λαμβάνονται από τους ταμιευτήρες υπό τις καλύτερες συνθήκες.



Σχήμα 2.1. Σχηματική απεικόνιση των δειγμάτων δειγματοληψίας και των σφαλμάτων μέτρησης.

[https://petrowiki.org/File:Vol1_Page_175_Image_0001.png]

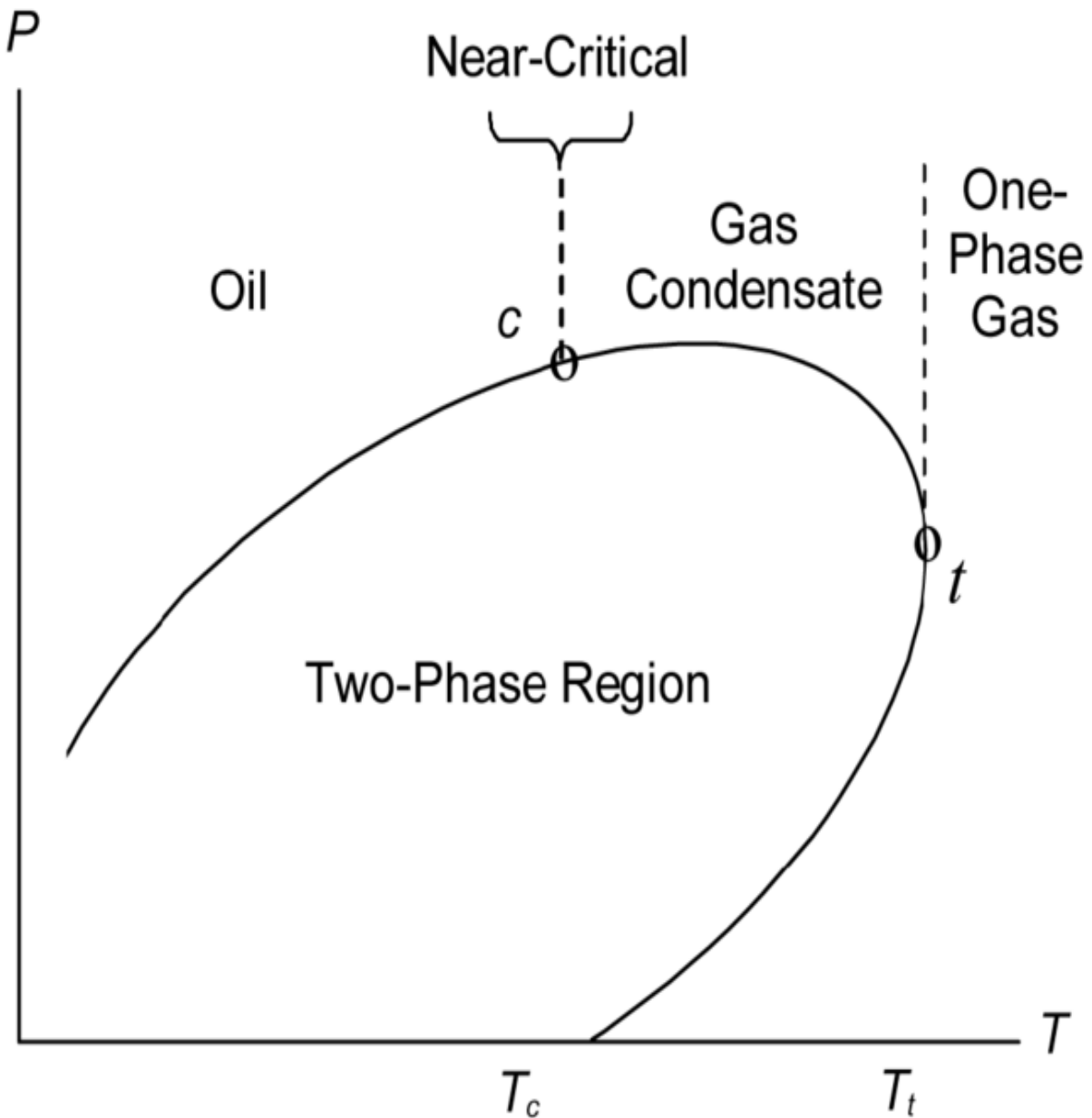
Το σχήμα 1 αναφέρεται κυρίως σε δραστηριότητες δειγματοληψίας που γίνονται σε σωληνωμένες γεωτρήσεις, αλλά τα δείγματα υπό πίεση μπορούν να ληφθούν με εργαλεία δοκιμής σχηματισμού σε γεωτρήσεις ανοιχτής οπής. Κατά τη δειγματοληψία υπάρχει

πιθανότητα να υπάρξει μόλυνση με διήθηση λάσπης ή υπερβολική μείωση της πίεσης. Ως αποτέλεσμα δε μπορεί να γίνει λήψη ποιοτικών δειγμάτων ανάλυσης πίεσης-όγκου-θερμοκρασίας (PVT). Η μόλυνση από λάσπη με βάση το πετρέλαιο (oil based mud – OBM) μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα προβληματική. Επιπλέον, για τη δειγματοληψία που συμβαίνει είτε από σωλήνες είτε από δεξαμενές πρέπει να έχει ληφθεί συγκεκριμένη μέριμνα ώστε το υγρό να είναι αντιπροσωπευτικό για τη θέση ή την κατάσταση που απαιτείται για τη μελέτη.

Ορισμένα σφάλματα που συμβαίνουν στο πεδίο μπορούν να δώσουν δείγματα που δε θα είναι αντιπροσωπευτικά των ρευστών του ταμιευτήρα. Από την άλλη, ενώ μπορεί να έχουν παρθεί σωστά δείγματα ρευστών για μελέτη αυτή να γίνει κάτω από λανθασμένες συνθήκες. Σφάλματα πίεσης και θερμοκρασίας μπορούν να επηρεάσουν τις μετρήσεις και την ερμηνεία τους, αλλά μία μελέτη πίεσης-όγκου-θερμοκρασίας (PVT) μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από λάθη που συμβαίνουν κατά τη μέτρηση της αναλογίας αερίου/πετρελαίου (gas/oil ratio – GOR). Η αξία των δειγμάτων μπορεί να μειωθεί ακόμη από λάθη ή μη καταγραφή που γίνεται σε βασικά δεδομένα όπως είναι αυτά της ώρας ή της ημερομηνίας δειγματοληψίας.

2.2 Σημασία του τύπου ρευστού του ταμιευτήρα

Ο τύπος του ρευστού που εμφανίζεται μέσα στον ταμιευτήρα αποτελεί μία από τις κυριότερες μεταβλητές για τη δειγματοληψία ρευστού από ταμιευτήρα. Βέβαια, συνήθως αυτό δε μπορεί να είναι γνωστό με βεβαιότητα, ενώ σε ερευνητικές γεωτρήσεις που δημιουργούνται μπορεί να αποτελεί μία εντελώς άγνωστη μεταβλητή στην αρχή των δοκιμών. Ο προσδιορισμός της ακριβούς φύσης του ρευστού που παρουσιάζεται εντός του ταμιευτήρα αποτελεί έναν από τους βασικούς στόχους τόσο της δειγματοληψίας όσο και της εργαστηριακής μελέτης. Στο Σχήμα 2.2 που εμφανίζεται παρακάτω αποτυπώνεται η σχέση μεταξύ των κύριων κατηγοριών των ρευστών που εμφανίζονται σε ταμιευτήρες υδρογονανθράκων όσον αφορά ένα γενικό διάγραμμα φάσεων. Το σχήμα του διαγράμματος φάσης είναι συγκεκριμένο για την πραγματική σύνθεση του ρευστού και παρουσιάζει τη σύγκριση μεταξύ της θερμοκρασίας του ταμιευτήρα και της θερμοκρασίας T_c του κρίσιμου σημείου, με την θερμοκρασία T_c να καθορίζει αν το ρευστό θα είναι αέριο ή πετρέλαιο. Αν η θερμοκρασία του ρευστού που υπάρχει στον ταμιευτήρα είναι μεγαλύτερη της T_c τότε το ρευστό θα εμφανίζεται ως αέριο και μπορεί να παρουσιάσει συμπεριφορά αερίου / συμπυκνώματος κι ένα σημείο δρόσου στη μείωση της πίεσης. Επίσης, αν η θερμοκρασία του ταμιευτήρα είναι μεγαλύτερη της θερμοκρασίας T_t (μέγιστη θερμοκρασία κατά την οποία δύο φάσεις ρευστών μπορούν να συνυπάρξουν), τότε το ρευστό θα παρουσιάσει συμπεριφορά αερίου χωρίς την παρουσία υγρού στον ταμιευτήρα κατά τη μείωση την πίεσης. Από την άλλη, αν η θερμοκρασία του ταμιευτήρα βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα από την T_c , τότε το ρευστό παρουσιάζει συμπεριφορά πετρελαίου κι ένα σημείο φυσαλίδας όταν η πίεση μειωθεί στην περιοχή δύο φάσεων. Τα ρευστά του ταμιευτήρα μπορούν να ταξινομηθούν ως κρίσιμα ρευστά ή ως σχεδόν κρίσιμα, εάν εμφανίζονται στον ταμιευτήρα τη στιγμή που σε αυτόν επικρατεί κρίσιμη θερμοκρασία ή θερμοκρασίες κοντά σε αυτήν. Τα ρευστά αυτά δεν εμφανίζουν ούτε σημείο φυσαλίδων ούτε σημείο δρόσου, αλλά όταν στην περιοχή δύο φάσεων μειωθεί η πίεση, σχηματίζουν αμέσως ένα σύστημα που περιλαμβάνει μεγάλες αναλογίες τόσο αερίου όσο και υγρού (π.χ., 60% αέριο και 40% υγρό κατ'όγκο).



Σχήμα 2.2. Γενικό διάγραμμα φάσεων για ρευστά ταμιευτήρων.

[https://petrowiki.org/File:Vol1_Page_180_Image_0001.png]

Η πίεση που υπάρχει στον ταμιευτήρα θα καθορίσει αν το ρευστό βρίσκεται στο όριο της περιοχής δύο φάσεων ή σε υψηλότερη πίεση από την περιοχή δύο φάσεων. Εφόσον βρίσκεται στο όριο της περιοχής δύο φάσεων το ρευστό αναφέρεται ως κορεσμένο, ενώ στην περίπτωση που το ρευστό βρίσκεται σε υψηλότερη πίεση από την περιοχή δύο φάσεων αναφέρεται ως μη κορεσμένο.

Ο τύπος του ρευστού του ταμιευτήρα αλλά και η κατάσταση κορεσμού επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η συλλογή των δειγμάτων ρευστού. Οι πληροφορίες που σχετίζονται με τον τύπο του ρευστού στον ταμιευτήρα και με την κατάσταση κορεσμού μπορούν να εκτιμηθούν μόνο κατά τη στιγμή του προγράμματος δειγματοληψίας και είναι ιδιαίτερα αβέβαιες όταν τα ρευστά πλησιάζουν τα όρια μεταξύ των διάφορων τύπων. Διάφοροι συσχετισμοί όπως οι ταχύτητες ροής των παραγόμενων ρευστών ή οι ιδιότητες που μετρήθηκαν στο χώρο της πηγής μπορούν να φανούν χρήσιμοι για την εκτίμηση του τύπου και της κατάστασης των ρευστών των ταμιευτήρων. Βέβαια, οι μέθοδοι αυτοί θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με μεγάλη προσοχή, ιδιαίτερα όταν οι ιδιότητες διαφέρουν σημαντικά από αυτές που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του συσχετισμού. Για αυτό το λόγο, αποτελεί καλή πρακτική να επιτρέπεται η ύπαρξη σφάλματος για το χαρακτήρα του ρευστού του ταμιευτήρα κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση του προγράμματος δειγματοληψίας.

2.3 Γενικές οδηγίες για ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας

Ανάλογα με τη γνώση που υπάρχει θα εξαρτηθούν και οι απαιτήσεις για τα δείγματα και τις εργαστηριακές μελέτες. Έτσι, θα ήταν ορθό να εκτελεστεί εκτεταμένη δειγματοληψία και σειρά εργαστηριακών μετρήσεων από ερευνητικές γεωτρήσεις, όταν από πριν δεν υπάρχει τίποτα γνωστό σε σχέση με τον ταμιευτήρα. Με τον τρόπο αυτό γίνεται δυνατή η απόκτηση των μοναδικών δεδομένων για τα ρευστά στα οποία θα βασιστεί η μελλοντική εργασία εξερεύνησης. Ωστόσο, οι αρχικές γεωτρήσεις που δημιουργούνται σε ένα πεδίο, ίσως να μη παρέχουν τα καλύτερα δείγματα, επειδή οι πρακτικές της γεώτρησης και των διαφόρων εργασιών δεν έχουν βελτιστοποιηθεί και η ανταπόκριση των γεωτρήσεων στα προγράμματα δοκιμών να απαιτεί αλλαγές που θα είναι επιζήμιες για τη δειγματοληψία των ρευστών. Όταν οι γεωτρήσεις δώσουν ορισμένα δείγματα που κρίνονται πιο αντιπροσωπευτικά της πιθανής παραγωγής, μπορεί να χρειαστεί να επαναληφθούν ορισμένες αναλύσεις κατά τη διάρκεια του σταδίου αξιολόγησης. Αντίθετα, η δειγματοληψία με καθυστέρηση στη φάση εκτίμησης μπορεί να χρειαστεί μόνο σε περιπτώσεις όπου οι επιφανειακές μετρήσεις υποδεικνύουν απροσδόκητο χαρακτήρα των ρευστών.

2.4 Επιλογή σημείων δειγματοληψίας

Το υπόγειο νερό μπορεί να υποστεί μεταβολές στη σύνθεση του τόσο πλευρικά όσο και με το βάθος στον ίδιο υδροφόρο ορίζοντα. Η εισβολή άλλων υδάτων καθώς και η εκφόρτωση και επαναφόρτιση του υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να είναι υπεύθυνη για τέτοιου είδους αλλαγές. Αποτελεί συνεπώς μια δύσκολη περίπτωση η συλλογή ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος νερού κάτω από την επιφάνεια. Είναι απαραίτητο να ληφθεί και να μελετηθεί ένας μεγάλος όγκος δειγμάτων, διότι το κάθε δείγμα αποτελεί ένα πολύ μικρό κομμάτι της συνολικής μάζας, το οποίο μπορεί να ποικίλει ευρέως στη σύνθεσή του. Επιπλέον, τα αέρια που υπάρχουν στα διαλύματα και τα υπερκορεσμένα διαλύματα παράγουν ιζήματα με το πέρασ του χρόνου κι έτσι τα δείγματα εμφανίζουν αλλαγές στη σύστασή τους. Αν υπάρχει δυνατότητα θα πρέπει να γίνεται η καλύτερη δυνατή επιλογή των χώρων δειγματοληψίας, ώστε να εντάσσονται σε ένα περιεκτικό δίκτυο για την κάλυψη μιας πετρελαιοπαραγωγικής γεωλογικής λεκάνης. Η σύνθεση του νερού πετρελαϊκού πεδίου ποικίλλει ανάλογα με τη γεωλογική δομή από την οποία προέρχεται. Σε ορισμένες περιπτώσεις, στο σημείο επαφής

πετρελαίου / νερού (oil / water contact) η αλατότητα θα αυξήσει τη δομή μέχρι το μέγιστο. Όταν σε κάποιο ταμιευτήρα βρίσκεται σε εξέλιξη η παραγωγή του πετρελαίου, υπάρχει μία τάση τα νερά να παρουσιάζονται πιο αραιωμένα. Μια τέτοια αραιώση μπορεί να προκύψει από την κίνηση νερού από κάποιο γειτονικό συμπιεσμένο στρώμα αργίλου σε ένα ταμιευτήρα πετρελαίου καθώς η πίεση μειώνεται με τη συνεχή απομάκρυνση πετρελαίου και άλμης.

2.5 Καθορισμός απαιτούμενων μετρήσεων

TABLE 4.1—RECOMMENDED FLUID-PROPERTY MEASUREMENTS (continued)			
Measurement	Application(s)	Method(s)	Timing
Stable isotopes in water	Origin of oilfield brines	Laboratory measurements	Producing wells flowing significant volumes of water
Radioactive element production or scaling	Safety, process design, sales specification	Specialized on-site measurements for radon (decay), others in laboratory	All exploration wells; on-site measurement if radon suspected; other wells as needed
Wax and asphaltene content	Production facility design, pipeline compatibility	Laboratory tests on oils and condensates as appropriate	All exploration wells; appraisal wells if content is variable
Refinery assay, paraffin/naphthene/aromatic analysis (PNA)	Sales specification, refinery use	Including large-scale distillation, PNA measurement	During appraisal stage if required
Biomarkers	Geochemistry, reservoir engineering	n-alkanes (GC), 13-C isotopes, hopanes/steranes by GCMS*	All exploration wells; other wells where fluids are sampled
Interfacial-tension measurements	Reservoir engineering, production facility design	Specialized PVT laboratory studies	Only after laboratory studies show high retrograde liquid level
Methanol content of condensate	Sales specification	Laboratory GC or other method	Exploration wells if methanol is used to prevent hydrates
Sulfate-reducing bacteria (SRB), organic acids	Corrosion, reservoir souring, drilling- or completion-fluid contamination	On-site SRB kit or accurate laboratory tests	All aqueous fluids used in or produced from wells
*Abbreviations: GC = gas chromatography, AAS = atomic absorption spectroscopy, ICP = inductively coupled plasma emission spectroscopy, GCMS = gas chromatography mass spectrometry			

Πίνακας 2.1. Προτεινόμενες μετρήσεις ιδιοτήτων ρευστών.

[https://petrowiki.org/File:Vol1_Page_177_Image_0001.png]

Το πρώτο μέλημα για την ανάπτυξη ενός προγράμματος δειγματοληψίας είναι να προσδιοριστεί ακριβώς ποιες μετρήσεις απαιτούνται να γίνουν. Ο Πίνακας 2.1 δίνει ένα ευρύ φάσμα των μετρήσεων που συνήθως εξετάζονται στις ερευνητικές γεωτρήσεις. Αυτός ο πίνακας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μία λίστα για το σωστότερο έλεγχο, μαζί με άμεσες επαφές με χρήστες σε άλλες λειτουργίες, για τον προσδιορισμό συγκεκριμένων απαιτήσεων για τη δειγματοληψία και τις επιτόπου μετρήσεις. Γενικά, αποτελεί σωστή επιλογή το να γίνει σχεδιασμός κι εκτέλεση όλων των εφαρμόσιμων μετρήσεων, εκτός εάν υπάρχουν ήδη διαθέσιμες επαρκείς πληροφορίες από προηγούμενες δοκιμές άλλων γεωτρήσεων. Το γεγονός πως δεν εντοπίζεται ένα ανεπιθύμητο συστατικό ή ότι μια μέτρηση αποδεικνύεται πως είναι "φυσιολογική" δεν πρέπει να θεωρείται ως σπατάλη πόρων, διότι μπορεί να

παράσχει βασικές πληροφορίες, ιδίως εάν τα δεδομένα είναι διαφορετικά σε άλλες γεωτρήσεις ή οι αλλαγές εντοπίζονται κατά τη διάρκεια της παραγωγή. Επιτόπου μετρήσεις πρέπει να γίνονται σε όλα τα αντιδρώντα συστατικά, επειδή οι συγκεντρώσεις μπορεί να μεταβάλλονται με το χρόνο και οι απώλειες εμφανίζονται συχνά κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και αποθήκευσης του δείγματος. Ο πίνακας 1 δεν αποτελεί τον πλήρη κατάλογο που πρέπει να ακολουθείται σε όλες τις γεωτρήσεις. Για διαφορετικές τοποθεσίες και σκοπούς είναι πιθανόν να απαιτούνται άλλες μετρήσεις.

2.6 Καθορισμός κατάλληλου προγράμματος δειγματοληψίας

Εφόσον, αρχικά, έχει καθοριστεί ποιες είναι οι απαιτούμενες μετρήσεις για τα ρευστά, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα κατάλληλο πρόγραμμα δειγματοληψίας, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος της εργασίας, την ποιότητα και την ποσότητα δειγμάτων και τις επακόλουθες μετρήσεις, τον επείγοντα χαρακτήρα των δεδομένων και την εφαρμογή πρακτικών με ασφάλεια. Το πρόγραμμα θα πρέπει να καθορίζει ποιος έχει τη γενική ευθύνη εάν μια αλλαγή απαιτείται στο πρόγραμμα, όπως συμβαίνει συχνά. Τα προγράμματα δειγματοληψίας θα πρέπει να αναπτύσσονται μαζικά με τους άλλους στόχους κάθε δοκιμαστικής γεώτρησης, διότι υπάρχει άμεση σύγκρουση σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως όταν η δοκιμή παραγωγής απαιτεί μεγάλες αναλήψεις ρευστών αερίου / συμπυκνώματος ως μέρος των δοκιμών ικανότητας ροής. Έτσι, στην περίπτωση μιας δοκιμής παραγωγής, το γενικό πλάνο πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

1. Καθορισμός του δυναμικού παραγωγής
2. Προσδιορισμός διαπερατότητας
3. Προσδιορισμός παράγοντα skin
4. Συλλογή δειγμάτων ρευστών

Το skin factor (παράγοντας skin) αποτελεί μια αριθμητική τιμή που χρησιμοποιήθηκε για να μοντελοποιήσει αναλυτικά τη διαφορά από την πτώση πίεσης που προβλέπει ο νόμος του Darcy λόγω του skin. Τυπικές τιμές για τον συντελεστή του skin factor κυμαίνονται από -6 για μαζική υδραυλική θραύση άπειρης αγωγιμότητας έως περισσότερο από 100 για ένα πακέτο χαλικιών με κακή εφαρμογή. Η τιμή αυτή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τιμή του kh. Για παράδειγμα, μια συνολική πτώση πίεσης 20-psi [138-kPa] που σχετίζεται με την επίδραση του skin θα μπορούσε να παράγει σχεδόν οποιοδήποτε παράγοντα skin, ανάλογα με την τιμή του kh. Για οποιαδήποτε δεδομένη πτώση πίεσης από την επίδραση του skin, ο παράγοντας του skin αυξάνεται αναλογικά καθώς αυξάνεται η kh.

Κάθε στόχος θα πρέπει να οριστεί με επαρκείς λεπτομέρειες ώστε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη να γνωρίζουν πλήρως τις υποχρεώσεις τους, αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα επίτευξης του στόχου. Οι στόχοι πρέπει να είναι ρεαλιστικοί και να επιτρέπουν τυχόν αλλαγές στην πορεία της διαδικασίας. Για τη δειγματοληψία των ρευστών αλλά και των επί τόπου αναλύσεων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω ερωτήματα ώστε να αποφασιστούν οι λεπτομερείς στόχοι της δειγματοληψίας:

1. Πόσες πληροφορίες είναι γνωστές για τα ρευστά του ταμειευτήρα;
2. Ποιός θα είναι ο καλύτερος τύπος δειγματοληψίας των ρευστών;

3. Ποια είναι η καταλληλότερη διαδικασία καθαρισμού και συντήρησης και πώς μπορεί να ολοκληρωθεί αυτό με άλλους στόχους δοκιμών;
4. Πόσα δείγματα υπάρχουν και αν οι συνεργάτες χρειάζονται αντίγραφα;
5. Πότε είναι ο ιδανικός χρόνος ώστε να παρθούν τα δείγματα;
6. Χρειάζονται επί τόπου αναλύσεις;
7. Ποιός θα εκτελέσει τις εργασίες δειγματοληψίας και ανάλυσης;

Οι λειτουργίες δειγματοληψίας ρευστών αντιμετωπίζονται συχνά από το προσωπικό της υπηρεσίας, αλλά επειδή υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις στα επίπεδα ικανότητας εντός του κλάδου και των ίδιων των εταιρειών παροχής υπηρεσιών, συνιστάται είτε η χρήση εξειδικευμένου προσωπικού εργαστηρίου είτε η στενή παρακολούθηση των εργασιών της υπηρεσίας.

TABLE 4.2—GUIDELINES FOR RESERVOIR-FLUID SAMPLING		
Type of Sample	Comments	Quantity Required
Surface separator	This method should be used routinely for all well tests in which fluids are produced into a separator. It can be used as the principal method or as a backup or cross check for other methods.	Minimum of two gas samples of 20-L volume, plus two liquid samples of 500 cm ³ (more gas may be needed at pressures below 100 psia)
Downhole or bottomhole	This method is recommended for all reservoir oils and may be successful with undersaturated gas/condensate fluids. Take backup surface samples in case fluid is diphasic downhole.	Minimum of two fluid samples (three, if possible) of approximately 500 cm ³
Wellhead	For dry gases or highly undersaturated fluids from high-pressure/high-temperature wells. This method can avoid downhole sampling costs. Take backup surface samples in case fluid is diphasic at the wellhead.	Minimum of two fluid samples of approximately 500 cm ³ for oils or high-pressure gas fluids; standard 20-L gas bottles can be used for low-pressure, dry-gas wells
Stock tank	Samples should be taken by flashing separator liquid or from a source of clean stock-tank liquid.	Two cans of 1-L volume or more, depending on tests required [possibly collect a jerrycan (a portable, sealed container holding 20 L of liquid) full of stock-tank oil].
Water	Samples should be collected from the water sight glass or clean sample tap on the water flowline.	Two glass or plastic bottles of 250-cm ³ volume or more, depending on tests required

Πίνακας 2.2. Οδηγίες για τη δειγματοληψία ρευστών ταμειυτήρα.

[https://petrowiki.org/File:Vol1_Page_179_Image_0001.png]

Οι γενικές οδηγίες για την επιλογή των μεθόδων δειγματοληψίας ρευστών από τον ταμειυτήρα και των απαιτούμενων ποσοτήτων δειγμάτων συνοψίζονται στον πίνακα 2.2. Για κάθε ρευστό θα πρέπει να γίνει συλλογή τουλάχιστον δύο ξεχωριστών δειγμάτων, τα οποία θα αναφέρονται ως διπλά ή επαναλαμβανόμενα δείγματα. Έτσι, οι πιθανότητες για απώλεια κάποιου δείγματος μειώνονται, διότι μπορεί να υπάρξει διαρροή κάποιου δείγματος ή να καταστραφεί κατά λάθος κατά τις εργαστηριακές εργασίες. Επίσης, επιτρέπει τη σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων ως μέρος των διαδικασιών ελέγχου ποιότητας.

2.7 Επισκόπηση δειγματοληψίας

Η πιο συνηθισμένη τεχνική δειγματοληψίας είναι αυτή με διαχωριστή επιφάνειας, αλλά το δείγμα ρευστού του ταμιευτήρα που ανασυνδυάζεται στο εργαστήριο μπορεί να υποστεί ορισμένα σφάλματα με τη μέτρηση GOR (Gas Oil Ratio). Τα δείγματα που βρίσκονται μέσα στη γεώτρηση δεν επηρεάζονται από τέτοιες ανακρίβειες, όμως απαιτείται το ρευστό να βρίσκεται σε μονοφασική κατάσταση όταν λαμβάνεται το δείγμα, πράγμα το οποίο μπορεί να βεβαιωθεί με σιγουριά μονάχα αργότερα στο εργαστήριο. Επιπλέον, δεν προτιμάτε η δειγματοληψία σε ταμιευτήρες αερίου/συμπυκνώματος, διότι αρκετοί είναι κορεσμένοι και οι φάσεις είναι πιθανόν να διαχωριστούν στο σωλήνα. Η ιδανική κατάσταση για ένα εργαστήριο είναι η λήψη τόσο δειγμάτων επιφάνειας όσο και δειγμάτων κάτω από το έδαφος, επειδή υπάρχει τότε μια επιλογή και μπορεί να αποκτηθεί μια καλή ιδέα για το πόσο αντιπροσωπευτικό είναι το προκύπτον ρευστό.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής παραγωγής, αποτελεί μια καλή επιλογή να γίνεται συλλογή δειγμάτων “εφεδρικού” ρευστού ακόμη κι αν το φρεάτιο δεν έχει καθαριστεί σωστά. Εάν η δοκιμή πρέπει να αποσυρθεί για κάποιο λόγο (γεφύρωση, απροσδόκητα επίπεδα υδρόθειου (H_2S) κ.λπ.), τα εφεδρικά δείγματα μπορεί να έχουν μεγάλη αξία, ακόμη και αν δεν είναι 100% αντιπροσωπευτικά. Εφόσον η δοκιμή ολοκληρωθεί με επιτυχία, τα εφεδρικά δείγματα μπορούν να απορριφθούν για να αποφευχθεί το κόστος της άσκοπης αποστολής και δοκιμής.

Εάν η δειγματοληψία αποτελεί μέρος ενός προγράμματος μακροπρόθεσμης παρακολούθησης, όπως αυτές που απαιτούνται από τις κυβερνητικές αρχές ή εκείνες που αποτελούν μέρος συμβάσεων θεματοφυλακής, οι μέθοδοι που ορίζονται στην κατάλληλη τεκμηρίωση ή στις συμβάσεις πρέπει να ακολουθούνται όσο το δυνατόν πληρέστερα, ακόμη και αν αυτό συνιστά διαφορές με τις διαδικασίες ή τις συστάσεις που αναφέρθηκαν ή των βιομηχανικών προτύπων που αναφέρονται εδώ. Η πλήρης χρήση αυτού του κειμένου και των κατάλληλων βιομηχανικών προτύπων θα πρέπει βεβαίως να γίνουν κατά τη θέσπιση νέων διαδικασιών και συμβάσεων που απαιτούν μακροπρόθεσμα προγράμματα δειγματοληψίας και μέτρησης.

Αν υπάρχει ανησυχία για το αν το ρευστό είναι ομοιογενές σε γραμμή ροής ή δεξαμενή, η καλύτερη προσέγγιση είναι να ληφθούν δείγματα από διαφορετικές τοποθεσίες και να γίνει σύγκριση μεταξύ τους. Σε μια γραμμή ροής υγρού τα δείγματα πρέπει να παίρνονται από την κορυφή και το κατώτερο μέρος, ενώ σε μια δεξαμενή τα δείγματα πρέπει να παίρνονται από διαφορετικά βάθη. Εάν τα δείγματα είναι πράγματι διαφορετικά, συνιστάται να εντοπίσετε ένα καλύτερο σημείο δειγματοληψίας (π.χ. όπου υπάρχει επαρκής αναταραχή για ομογενοποίηση του υγρού). Σε αντίθετη περίπτωση, η μόνη λύση μπορεί να είναι η ανάμιξη των δειγμάτων σε μία προσπάθεια παροχής ενός αντιπροσωπευτικού μέσου υγρού. Εάν, ωστόσο, ο σκοπός της δειγματοληψίας είναι να μελετηθεί η μη ομοιογένεια, πρέπει να ληφθούν ανάλογα δείγματα.

Όταν συλλέγονται δείγματα από drillstem tests (DSTs), οι οποίες δεν περιλαμβάνουν επιφανειακή παραγωγή, ο περιορισμένος όγκος ρευστού που παράγεται από τον ταμιευτήρα μπορεί να είναι ανεπαρκής για την απομάκρυνση του διηθήματος λάσπης ή άλλου μολυσμένου ή αλλαγμένου ρευστού. Έτσι, ακόμη και τα δείγματα που συλλέγονται από το τελευταίο ρευστό που εισέρχεται στο drillstem ενδέχεται να μην είναι πραγματικά αντιπροσωπευτικά. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα δείγματα σχηματισμού νερού, τα οποία είναι ευρύτερα ευαίσθητα σε μόλυνση από ρευστά γεώτρησης, υγρά πλήρωσης, τσιμέντα, ιχνοστοιχεία και οξέα, τα οποία περιέχουν πολλά διαφορετικά χημικά. Τα πιο αντιπροσωπευτικά δείγματα σχηματισμού νερού είναι συνήθως εκείνα που λαμβάνονται μετά την παραγωγή της πηγής πετρελαίου για μια χρονική περίοδο και όλα τα εξωτερικά ρευστά γειτονικά του φρέατος έχουν ξεπλυθεί.

Σε κάποιες περιπτώσεις, η δειγματοληψία των ρευστών μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα ώστε να αποφευχθεί ένα πρόβλημα, με σκοπό να εντοπιστεί η αιτία και να αποφευχθεί οποιαδήποτε επανεμφάνιση. Σε μία τέτοια περίπτωση, είναι απαραίτητο να γίνει καταγραφή όλων των συνθηκών λειτουργίας και τυχόν αλλαγών που μπορεί να συνέβαλαν στο πρόβλημα. Επίσης, μπορεί να είναι χρήσιμο να συλλεχθεί ένα δείγμα αναφοράς όταν η λειτουργία είναι κανονική, εάν αυτό είναι δυνατό (π.χ. ένα σποραδικό πρόβλημα ή μια παρόμοια εγκατάσταση που δεν επηρεάζεται), για να επιτρέπονται συγκρίσεις. Θα πρέπει επίσης να ενημερωθεί το προσωπικό του εργαστηρίου σχετικά με τις ανάγκες του δείγματος και τους τύπους αναλύσεων που θα μπορούσαν να εκτελεστούν.

2.8 Διαδικασίες δειγματοληψίας

Οι διαδικασίες δειγματοληψίας διαφέρουν ανάλογα με το αν τα ρευστά είναι υπό πίεση ή όχι. Παρακάτω θα γίνει ανάλυση των εξής περιπτώσεων:

- 1) Δειγματοληψία ρευστού από βάθος
- 2) Επιφανειακή δειγματοληψία ρευστών ταμιευτήρα
- 3) Δειγματοληψία μη πιεσμένων ρευστών υδρογονανθράκων
- 4) Δειγματοληψία νερού σε πετρελαιοφόρα πεδία

2.9 Δειγματοληψία ρευστού από βάθος

Η δειγματοληψία των ρευστών από βάθος, η οποία επίσης αναφέρεται ως δειγματοληψία πυθμένα, αποτελεί βασική συνιστώσα των περισσότερων προγραμμάτων δειγματοληψίας υδρογονανθράκων. Οι διαδικασίες που περιγράφονται εδώ ισχύουν για ρευστά ταμιευτήρων ή παραγωγικά ρεύματα πάνω από την πίεση περιβάλλοντος και είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένα στη βιομηχανία πετρελαίου. Το American Petroleum Institute δημοσιεύει μια λεπτομερή συνιστώμενη πρακτική, η οποία είναι το πιο πλήρες βιομηχανικό πρότυπο που καλύπτει τη δειγματοληψία υδρογονανθράκων υπό πίεση.

2.9.1 Δειγματοληψία παραγωγής

Κατά της διάρκεια της παραγωγής η διαδικασία δειγματοληψίας περιλαμβάνει τη λειτουργία ενός ειδικού ενσύρματου εργαλείου δειγματοληψίας στο φρεάτιο έτσι ώστε ένα δείγμα του ρευστού στο φρεάτιο να μπορεί να συλλέγεται υπό την αυξημένη πίεση της στήλης ρευστού. Το ρευστό πρέπει να βρίσκεται σε μονοφασική κατάσταση, οπότε απαιτείται μεγάλη προσοχή και καλή προετοιμασία. Οι σύγχρονοι δειγματολήπτες ενεργοποιούνται είτε από ένα χρονόμετρο με ένα μηχανικό ρολόι στο ίδιο το εργαλείο είτε από ένα ηλεκτρικό σήμα που μεταφέρεται από την ηλεκτρική γραμμή. Το προηγούμενο σύστημα είναι πιο κοινό, μπορεί να τρέξει με οποιαδήποτε καλωδιακή μονάδα, αλλά έχει το μειονέκτημα ότι χρειάζεται μια προκαθορισμένη καθυστέρηση για να επιτρέψει στο εργαλείο να ρυθμιστεί σωστά για δειγματοληψία. Ο δειγματολήπτης πρέπει να κατέβει στο φρεάτιο μέχρι να φτάσει σε μικρή απόσταση πάνω από το ανώτατο όριο του διάτρητου διαστήματος (εκτός αν υπάρχουν μηχανικοί περιορισμοί που εμποδίζουν το εργαλείο να φτάσει σε αυτό το βάθος) για να συλλέξει ένα δείγμα αντιπροσωπευτικό όλων των παραγόμενων διαστημάτων. Διάφορες εγκαταστάσεις γεωτρήσεων και σωληνώσεων είναι διαθέσιμες για δειγματολήπτες, οι οποίες επιτρέπουν τη λειτουργία τους χωρίς τη χρήση καλωδίων. Έτσι, μπορεί να γίνει συλλογή δειγμάτων σε φρέατα υψηλού κινδύνου όπου δεν επιτρέπονται οι εργασίες καλωδίων.

Ένα πλεονέκτημα της δειγματοληψίας ρευστού από βάθος είναι πως μπορεί να γίνει και χωρίς διαχωριστή στη γεώτρηση. Υπάρχουν πολλά προβλήματα τα οποία μπορεί να προκύψουν κατά τη δειγματοληψία ρευστών από βάθος. Αυτά είναι τα εξής:

- 1) το ρευστό γύρω από τον δειγματολήπτη μπορεί να είναι σε κατάσταση δύο φάσεων ή μπορεί να διαχωρίζεται στο φρεάτιο
- 2) ένα μηχανικό πρόβλημα με το εργαλείο μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένο άνοιγμα ή κλείσιμο της συσκευής
- 3) το ρευστό μπορεί να είναι μολυσμένο με νερό ή λάσπη γεώτρησης
- 4) το δείγμα ρευστού μπορεί να μην αναμειχθεί πλήρως πριν μεταφερθεί σε φιάλη μεταφοράς

Η χρήση μιας επισκόπησης πίεσης μπορεί να βοηθήσει στην επαλήθευση της θέσης οποιωνδήποτε διασυνδέσεων ρευστού στο φρεάτιο, αλλά η έλλειψη διεπαφής δεν εγγυάται ότι το υπάρχον ρευστό δεν έχει χάσει κανένα υλικό υπό μορφή συμπύκνωσης, κηρού ή ασφάλτου.

Αποτελεί συνηθισμένη πρακτική για τα δείγματα των ρευστών από βάθος να μεταφέρονται σε φρέατα στο εργοτάξιο. Αυτή η πρακτική προάγει την απόκτηση δείγματος υψηλής ποιότητας και μπορεί να επιτρέψει την πραγματοποίηση πρόσθετων δειγματοληπτικών ελέγχων ενώ βρίσκεται ακόμα στο εργοτάξιο. Εάν οι δειγματολήπτες παρέχονται από εταιρεία παροχής υπηρεσιών, η προσέγγιση αυτή μπορεί να μειώσει τα τέλη μίσθωσης για τους δειγματολήπτες. Θεωρείται σωστό, το σύνολο των δειγμάτων ρευστών από βάθος να μεταφέρεται με μια μοναδική διαδικασία και να είναι καλά αναμειγμένο (ομοιογενές). Οι πιο κοινοί δειγματολήπτες πλέον περιέχουν κινούμενα μεταλλικά μέρη για τη διευκόλυνση της

ανάμειξης και προτιμώνται. Οι γενικές οδηγίες που πρέπει να ακολουθούνται για τη δειγματοληψία ρευστών από βάθος παρουσιάζονται στον πίνακα 2.3.

TABLE 4.3—RECOMMENDATIONS FOR DOWNHOLE SAMPLING

1. Use downhole samples that open and close downhole rather than samplers that are open when run in.
2. It is preferable to choose piston samplers with a capacity less than that of sample bottles (e.g., 500 cm³ to permit entire transfer into a 600-cm³ sample bottle) and that contain a mechanical agitating device.
3. The sampler should be properly maintained, clean, and dry before use.
4. All available information should be considered in attempting to sample representative, monophasic fluid.
5. Sampler contents should be made monophasic and homogeneous by applying pressure and mixing the contents (rocking through 180° from the vertical) before transfer.
6. Pressure and volume measurements may enable an apparent bubblepoint to be observed that can be used to compare duplicate samples, or a rough compressibility value may be calculated to help identify the sampler contents.
7. If there is a possibility of high wax content, the sampler should be heated or thermally insulated to reduce cooling before transfer.
8. Sampling runs must be repeated as necessary to obtain a minimum of two (and preferably three) apparently representative samples.
9. A completed sampling-data sheet must be included with each sample bottle when it is placed in the shipping container.

Πίνακας 2.3. Οδηγίες για δειγματοληψία ρευστών από βάθος.

[https://petrowiki.org/File:Vol1_Page_186_Image_0001.png]

2.9.2 Δειγματοληψία με εξοπλισμό δοκιμών παραγωγής του σχηματισμού

Η συλλογή δειγμάτων ρευστού από ταμιευτήρα με εργαλεία δοκιμής σχηματισμού ήταν αρχικά ένα δευτερεύον όφελος για τη χρήση τους για τη μέτρηση των πιέσεων των πόρων. Τα εργαλεία δοκιμής σχηματισμού μπορούν να λάβουν δείγματα ρευστού από ταμιευτήρα χωρίς να παράγουν το φρεάτιο στην επιφάνεια. Το εργαλείο λειτουργεί συνήθως σε φρεάτιο με ανοιχτή σχισμή που περιέχει λάσπη γεώτρησης ή υγρό πλήρωσης. Μόλις το εργαλείο βρεθεί στο κατάλληλο βάθος, ένας ανιχνευτής ωθείται ενάντια στο σχηματισμό. Ο ανιχνευτής έχει σχεδιαστεί για να παρέχει σφράγιση πάνω στο τοίχωμα της γεώτρησης έτσι ώστε μόνο ρευστό σχηματισμού να μπορεί να ρέει μέσα στο εργαλείο. Οι σύγχρονοι δοκιμαστές σχηματισμού μπορούν γενικά να είναι εξοπλισμένοι με πολυάριθμες συσκευές σχεδιασμένες να συλλέγουν δείγματα ρευστού από ταμιευτήρες σε μια σειρά δειγμάτων θαλάμων. Τα εργαλεία αυτά έχουν το πλεονέκτημα της συλλογής δειγμάτων ρευστού

δεξαμενής χωρίς να εκτελείται δοκιμή διάτρησης (DST) και χωρίς να ρέει ρευστό στην επιφάνεια. Μπορούν να είναι χρήσιμα για την απόκτηση ρευστών από διάφορα διακριτά βάθη, βοηθώντας έτσι στον εντοπισμό πιθανών μεταβολών. Ωστόσο, το μειονέκτημα της χρήσης αυτής της τεχνικής είναι ότι υπάρχει περιορισμένος καθαρισμός πριν από τη δειγματοληψία. Συνεπώς, παρουσιάζεται το αρνητικό αποτέλεσμα της μόλυνσης με τη διήθηση της ιλύος με λάσπη του δείγματος ρευστού σχηματισμού. Τέτοια προβλήματα έχουν μειωθεί αισθητά με μεθόδους που επιτρέπουν τη συνεχή άντληση ρευστού δείγματος διαμέσου του δοχείου μέσα στην κοιλότητα της γεώτρησης ενώ έχει την ικανότητα να παρακολουθεί την ποιότητα του ρευστού του ταμιευτήρα που ρέει μέσα στο εργαλείο. Παρ' όλα αυτά, τα δείγματα που συλλέγονται τις περισσότερες φορές περιέχουν κάποια μόλυνση από διήθηση λάσπης και μερικές φορές από μικρές ποσότητες νερού που χρησιμοποιούνται για την πλήρωση των γραμμών σύνδεσης κατά την προετοιμασία του εργαλείου. Αν η λάσπη διάτρησης που χρησιμοποιείται έχει σχηματιστεί με βάση το νερό, αυτή η μόλυνση μπορεί εύκολα να διαχωριστεί στο εργαστήριο. Η μόλυνση είναι μια ανησυχία του HSE (health and safety – ομάδα που ασχολείται με την υγιεινή και την ασφάλεια) όταν τα δείγματα των ρευστών περιέχουν H₂S και CO₂.

Όταν η γεώτρηση έχει δημιουργηθεί με λάσπη η οποία βασίζεται στο πετρέλαιο (oil based mud-OBM), τότε κατά τη δειγματοληψία είναι δύσκολο να ανιχνευθεί τυχόν μόλυνση και αδύνατον να απομακρυνθεί. Έχουν αναπτυχθεί προηγμένα συστήματα φασματοσκοπικής ανίχνευσης για εργαλεία δοκιμής σχηματισμού, αλλά ο κλάδος αρχίζει τώρα να δέχεται ότι πάντα θα υπάρχουν προβλήματα με τη μόλυνση δειγμάτων δοκιμής σχηματισμού όταν χρησιμοποιείται λάσπη η οποία είναι βασισμένη στο πετρέλαιο (OBM). Έτσι, τα εργαστήρια έχουν αναπτύξει διάφορες μεθόδους για την αξιολόγηση του επιπέδου μόλυνσης και την εκτίμηση των πραγματικών φυσικών ιδιοτήτων του μη μολυσμένου ρευστού από τους ταμιευτήρες. Στην πραγματικότητα, το πρόβλημα αυτό δεν περιορίζεται σε δείγματα δοκιμής σχηματισμού επειδή σε ορισμένες περιπτώσεις, η δοκιμή παραγωγής μπορεί να μην καθαρίσει πλήρως το διήθημα λάσπης βασισμένης σε πετρέλαιο, ειδικά εάν υπήρξαν σημαντικές απώλειες κατά τη διάτρηση.

Τα εργαλεία δοκιμής σχηματισμού πρέπει να χρησιμοποιούνται από μηχανικούς και χειριστές καλωδίων με εμπειρία σε τέτοια εργαλεία. Φυσικά, μεταξύ των εργαλείων που διατίθενται στην αγορά υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Παρακάτω, θα δοθούν ορισμένες συστάσεις για την προώθηση μιας ποιοτικής διαδικασίας δειγματοληψίας:

- Ο προγραμματισμός πρέπει να βελτιστοποιεί την αντιστοιχία μεταξύ της ικανότητας του εργαλείου και των αναγκών δειγματοληψίας και ανάλυσης.
- Τα μεγέθη δειγμάτων που συλλέγονται πρέπει να είναι συμβατά με τα δοχεία αποθήκευσης, έτσι ώστε τα μεμονωμένα δείγματα να μπορούν να μεταφερθούν στο σύνολό τους.
- Οι θάλαμοι δειγμάτων που περιέχουν συσκευές ανάμιξης προτιμώνται επειδή διευκολύνουν την ομογενοποίηση του δείγματος πριν από τη μεταφορά. Όπου είναι δυνατόν, πρέπει να ληφθούν διπλά δείγματα από κάθε βάθος δειγματοληψίας.

- Για τον προσδιορισμό των βαθμίδων βάθους, τα δείγματα πρέπει να συλλέγονται από τουλάχιστον τρία διαφορετικά βάθη που καλύπτουν το διάστημα των αποθεμάτων. Όταν είναι διαθέσιμοι, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μετρητές ποιότητας υγρού για την εκτίμηση της καθαριότητας του υγρού που εισέρχεται στο εργαλείο.
- Ο ρυθμός δειγματοληψίας υγρών θα πρέπει να ρυθμίζεται, όπου είναι δυνατόν, για να ελαχιστοποιείται η άντληση πίεσης. Στην περίπτωση που αυτή η μέτρηση ή η εκτίμηση bubblepoint είναι διαθέσιμη, μπορούν να εκτελεστούν υψηλότεροι ρυθμοί δειγματοληψίας εντός των προδιαγραφών του εργαλείου.
- Εάν χρησιμοποιείτε λάσπη βασισμένη σε πετρέλαιο (OBM) στη διαδικασία γεώτρησης, πριν από τη δειγματοληψία ρευστών, επικοινωνήστε με ένα εργαστήριο, ικανό να αναλύσει τα μολυσμένα δείγματα, ώστε να δοθούν συμβουλές σχετικά με την ποσότητα δείγματος λάσπης και ρευστού που απαιτείται για ανάλυση. Για ορισμένες τεχνικές διόρθωσης απαιτούνται δείγματα από το ίδιο βάθος με διαφορετικά επίπεδα μόλυνσης με διήθηση.
- Η χρήση της αντλίας δοκιμής σχηματισμού για τη συμπίεση των δειγμάτων που συλλέγονται (μερικές φορές αναφέρεται ως "υπερπίεση") μπορεί να συμβάλει στη μείωση των αποτελεσμάτων της ψύξης, αλλά δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται εάν οι τελικές πιέσεις πρέπει να χρησιμοποιηθούν ως μέτρο της ποιότητας του δείγματος. Εάν πρέπει να αποφευχθεί ο διαχωρισμός φάσης από την ψύξη, οι μονοφασικοί θάλαμοι δειγμάτων πρέπει να επιλεγούν όπως περιγράφεται παρακάτω.
- Εάν δεν είναι δυνατή η εξάτμιση ρευστού μέσα στη γεώτρηση (π.χ. για λόγους ασφαλείας - H₂S κ.λπ.), πρέπει να χρησιμοποιηθούν μεγάλοι θάλαμοι δείγματος κατά την έναρξη της δειγματοληψίας για να χρησιμεύσουν ως θάλαμοι "χωματερής" για τη συλλογή δειγμάτων καλύτερης ποιότητας.
- Το βάθος και ο χρόνος δειγματοληψίας πρέπει να καταγράφονται μαζί με τον αύξοντα αριθμό κάθε θαλάμου.
- Εάν είναι δυνατόν, αποφύγετε τη χρήση λάσπης βασισμένης στο πετρέλαιο (OBM) κατά τη διάτρηση ή μεταβείτε στη λάσπη με βάση το νερό για πιθανά διαστήματα που φέρουν υδρογονάνθρακες. Ο χειρισμός και η μεταφορά των δειγμάτων δοκιμής σχηματισμού πρέπει να είναι σύμφωνα με τις γραμμές που περιγράφηκαν παραπάνω για δείγματα που παράγονται σε βάθος.

2.10 Επιφανειακή δειγματοληψία ρευστών από ταμιευτήρες

Η επιφανειακή δειγματοληψία ρευστών από ταμιευτήρες υδρογονανθράκων περιλαμβάνει κυρίως τη δειγματοληψία μεμονωμένων ρευμάτων αερίων και υγρών από διαχωριστή παραγωγής ή παρόμοια εγκατάσταση και είναι μακράν η πιο κοινή μέθοδος δειγματοληψίας πεπιεσμένων ρευστών υδρογονανθράκων. Συνήθως, ο στόχος της δειγματοληψίας διαχωριστή είναι να ληφθεί ένα ρευστό αντιπροσωπευτικό της παραγωγής ενός φρεατίου που εισέρχεται στο διαχωριστή στο σύνολο του, αλλά η μέθοδος μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να ληφθεί ένα ρευστό που αντιπροσωπεύει συνδυασμένη παραγωγή από έναν αριθμό φρεατίων σε ένα μόνο αέριο / μονάδα διαχωρισμού πετρελαίου. Και στις δύο

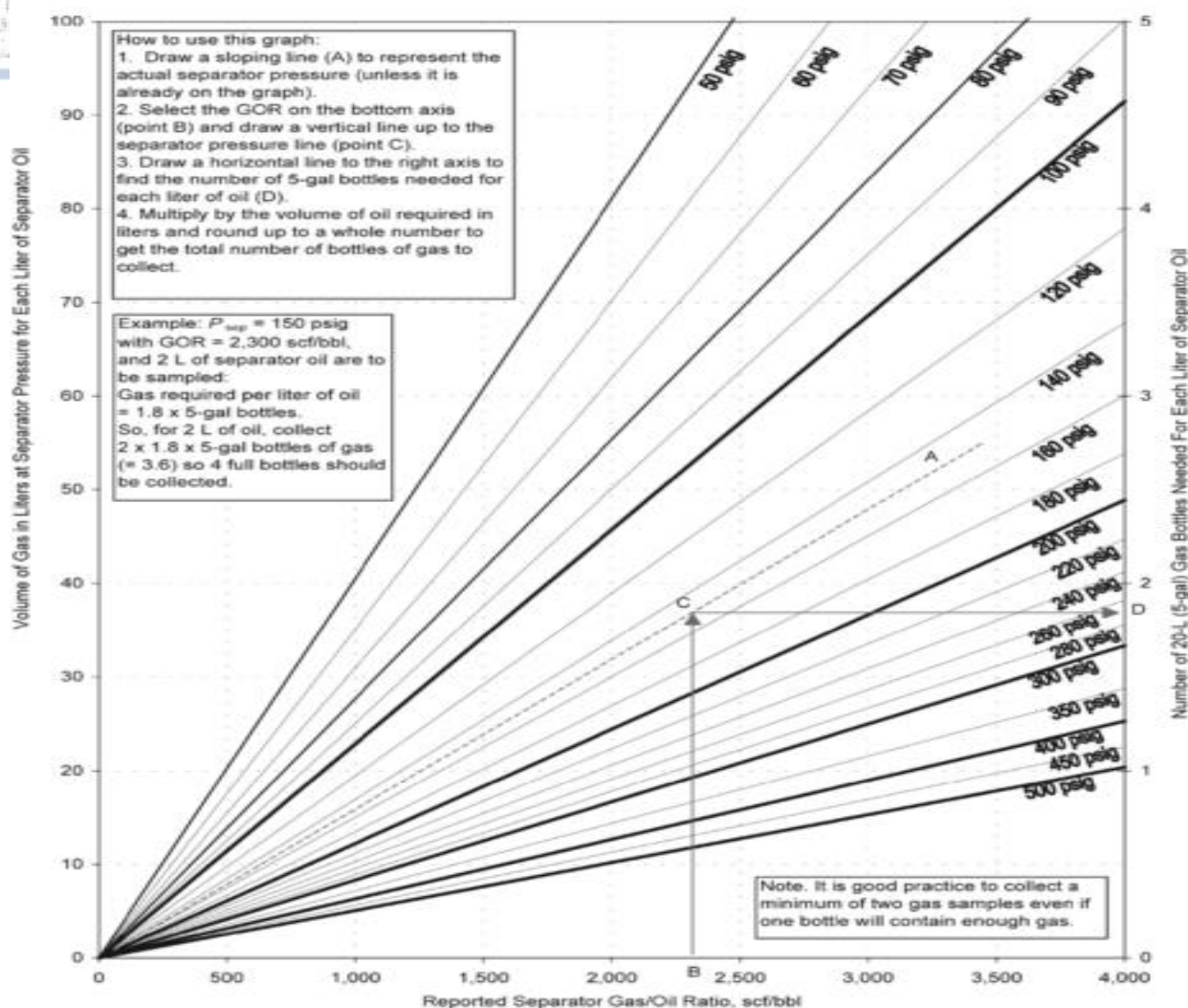
περιπτώσεις, ο στόχος είναι η συλλογή ξεχωριστών δειγμάτων του αερίου και του υγρού που εξέρχονται από τον διαχωριστή και η μέτρηση των ξεχωριστών ρυθμών ροής των δύο φάσεων και η απόκτηση του λόγου αερίου-πετρελαίου (Gas/Oil Ratio – GOR). Αν και οι δύο φάσεις δεν βρίσκονται ποτέ σε τέλεια ισορροπία, εφόσον τα δύο δείγματα είναι αντιπροσωπευτικά των ξεχωριστών ροών, είναι δυνατόν να αναμιχθούν τα δύο δείγματα μαζί στην ίδια αναλογία στην οποία παράγονται για να ληφθεί ένα ανασυνδυασμένο δείγμα που αντιπροσωπεύει το ρευστό που εισέρχεται τον διαχωριστή.

2.10.1 Σφάλματα που σχετίζονται με την επιφανειακή δειγματοληψία

Μερικά από τα μεγαλύτερα σφάλματα που επηρεάζουν τα δείγματα ρευστών έχουν να κάνουν με τη μέτρηση των ποσοστών ροής διαχωριστή-αερίου και υγρού, τα οποία παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο για τη διαδικασία ανασυνδυασμού στο εργαστήριο. Η καλή ακρίβεια συχνά θεωρείται ότι ανέρχεται περίπου σε ποσοστό 5%, αλλά ο αριθμός μπορεί να είναι πολύ χειρότερος, για παράδειγμα, εάν υπάρχει μεταφορά υγρού στο ρεύμα εξόδου αερίου (ή μεταφορά αερίου σε ένα πετρέλαιο με τάσεις να αφρίζει). Τα προβλήματα είναι ιδιαίτερα κοινά για δοκιμές παραγωγής αερίου, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολύ υψηλοί ρυθμοί ροής και υπάρχουν ειδικές τεχνικές για την προσπάθεια μέτρησης της μεταφοράς υγρών σε τέτοιες καταστάσεις. Ωστόσο, η βέλτιστη προσέγγιση περιλαμβάνει σωστή διαστασιολόγηση και ρύθμιση του διαχωριστή για τον ρυθμό παραγωγής. Μια άλλη σημαντική πηγή σφάλματος σε αυτόν τον τομέα συνεπάγεται σύγχυση σχετικά με το αν οι ρυθμοί ροής υγρού αναφέρονται σε συνθήκες διαχωρισμού ή σε συνθήκες δεξαμενής. Αυτό έχει σοβαρές επιπτώσεις στα ρευστά αερίου / συμπυκνώματος στα οποία η συρρίκνωση διαχωριστή-υγρού είναι τυπικά πολύ μεγαλύτερη από ό, τι στην περίπτωση ενός πετρελαίου.

Αν και υπάρχουν γενικές κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τους όγκους δειγμάτων που πρέπει να συλλεχθούν, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή κατά τη συλλογή δειγμάτων αερίων από διαχωριστές που λειτουργούν σε χαμηλές πιέσεις, επειδή η μικρότερη πυκνότητα μπορεί να οδηγήσει σε συλλογή ανεπαρκούς βάρους αερίου. Το Σχήμα 2.3 επιτρέπει την εκτίμηση της απαιτούμενης ποσότητας αερίου απλώς ως συνάρτηση της πίεσης διαχωριστή, του λόγου αερίου/πετρελαίου, και του όγκου του υγρού που απαιτείται.

Separator Gas Volume To Be Collected as a Function of Pressure, GOR, and Oil Volume
(For Oil Reservoir Fluid Recombination)



Σχήμα 2.3. Ο όγκος του διαχωριστή-αερίου που συλλέγεται ως συνάρτηση της πίεσης, του λόγου αερίου/πετρελαίου και του όγκου του λαδιού.

[https://petrowiki.org/File:Vol1_Page_190_Image_0001.png]

2.10.2 Μέθοδοι δειγματοληψίας διαχωριστή

Σύμφωνα με τις τρέχουσες τάσεις στη βιομηχανία πετρελαίου, προτείνεται η χρήση εκκενωμένων φιαλών για αέρια, ενώ για τα υγρά προτείνονται μπουκάλια με έμβολα. Σημαντική σημείωση αποτελεί η αποφυγή χρήσης υδράργυρου στις διαδικασίες δειγματοληψίας. Πρέπει να σημειωθεί πως για τα μπουκάλια με έμβολα έχουν αναφερθεί διαρροές όταν η δειγματοληψία συμβαίνει σε εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Επομένως, αποτελεί σωστή πρακτική να αποφεύγονται τέτοιες συνθήκες όποτε είναι δυνατό. Εάν δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αυτές οι μέθοδοι, θα πρέπει να χρησιμοποιείται επαναλαμβανόμενος καθαρισμός (τουλάχιστον πέντε φορές) για δείγματα αερίων και η μετατόπιση άλμης θα πρέπει να χρησιμοποιείται για υγρά δείγματα εκτός εάν υπάρχουν υψηλά επίπεδα H_2S ή CO_2 , οπότε προτιμάται να χρησιμοποιήσετε διαχωριστικό νερό

κορεσμένο με αέριο, εάν είναι διαθέσιμο. Οι βασικές κατευθυντήριες γραμμές που πρέπει να ακολουθούνται για τη δειγματοληψία ρευστών από την επιφάνεια δίδονται στον πίνακα 2.4.

TABLE 4.4—SURFACE-SAMPLING GUIDELINES

1. Sampling containers and equipment must be clean and dry.
2. The working pressure and temperature of the equipment must be at least equal to the pressure and temperature of the fluid to be sampled.
3. All sampling lines and pipework must be purged with at least three times their volume of fresh fluid before each sampling session.
4. Liquid samples are to be collected where possible by the use of piston bottles; the hydraulic fluid should be water or a 50% glycol/water mixture.
5. Liquid samples must be collected while controlling the pressure drop in the sample line to the minimum that will allow the sample bottle to be filled within 30 minutes or less; a volume of not more than 90% of the bottle capacity is to be collected, unless the bottle uses an integral gas buffer.
6. Sample pressure should be measured at the outlet end of the bottle to ensure that it is filling properly, and piston displacement should be monitored through the volume of hydraulic fluid collected.
7. A gas cap of at least 10% of the bottle capacity should be created for liquid samples by the release of additional hydraulic fluid.
8. Gas samples should be collected in evacuated bottles, with the vacuum being "topped up" on site if possible.
9. The gas-sampling rate should be selected to minimize cooling and reduce the likelihood of condensation occurring and being left in the sample lines.
10. Valves must be plugged and tagged before shipment.
11. A completed sampling-data sheet must be included with each sample bottle when it is placed in the shipping container.
12. In very important wells, or if there is a risk that the well test will be aborted, it is good practice to take some backup samples as early as possible (before rates are fully stable, and even before the well has cleaned up properly).

Πίνακας 2.4. Γενικές οδηγίες για τη δειγματοληψία ρευστών στην επιφάνεια.

[https://petrowiki.org/File:Vol1_Page_191_Image_0001.png]

2.11 Δειγματοληψία μη πιεσμένων ρευστών υδρογονανθράκων

Η δειγματοληψία των ρευστών από ένα ταμιευτήρα αποτελεί το κλειδί για την κατανόηση ενός ταμιευτήρα και του σχεδιασμού της επιφάνειας και του υπόγειου εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων. Ενώ πολλά δείγματα συλλέγονται μέσα στη γεώτρηση και άλλα στην επιφάνεια ενώ τα υγρά εξακολουθούν να υφίστανται πίεση, χρήσιμες πληροφορίες μπορούν επίσης να αντληθούν από δείγματα που συλλέγονται σε ατμοσφαιρική πίεση (μη συμπιεσμένα).

Η δειγματοληψία ρευστών υδρογονανθράκων μη πιεσμένων ή ατμοσφαιρικής πίεσης από τις γραμμές είναι σχετικά απλή, αλλά πρέπει να δοθεί προσοχή στην ανάγκη καθαρισμού των γραμμών δειγματοληψίας και των σωληνώσεων με τουλάχιστον τριπλάσιο όγκο φρέσκου ρευστού πριν από κάθε διαδικασία δειγματοληψίας. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε ορισμένες εγκαταστάσεις, όπου το σημείο δειγματοληψίας μπορεί να βρίσκεται στο τέλος ενός "dead-leg" ή μιας παγίδας στο οποίο έχει συλλεχθεί ή μένει στάσιμο το ρευστό για

μεγάλο χρονικό διάστημα. Γενικά, τα δείγματα ελαίου ή συμπυκνώματος πρέπει να συλλέγονται από μια βρύση δείγματος στην πλευρά του αγωγού ή στην κορυφή του αγωγού, για να αποφεύγεται το νερό ή τα ιζήματα που μπορεί να έχουν συσσωρευτεί στο κάτω μέρος του αγωγού. Τα δείγματα ατμοσφαιρικών αερίων συλλέγονται σπάνια, αλλά εάν αυτά απαιτούνται, πρέπει να συλλέγονται σε εκκενωμένους θαλάμους για να ελαχιστοποιείται η μόλυνση από τον αέρα.

Τα "dead-legs" είναι περιοχές ενός συστήματος σωληνώσεων που σπάνια εμφανίζεται ροή, αλλά εξακολουθούν να είναι εκτεθειμένες στη διαδικασία, ακόμα και αν δεν αποκόπτονται ρητά. Σε ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα διαχείρισης ακεραιότητας περιουσιακών στοιχείων, τα "dead-legs" πρέπει να παρακολουθούνται στενά επειδή είναι ιδιαίτερα επιρρεπή σε μόλυνση και διάβρωση. Τα "dead-legs" πρέπει να απομακρύνονται από το σύστημα όταν είναι δυνατόν ή τουλάχιστον να απομονώνονται και να αποστραγγίζονται τακτικά. Κάτι τέτοιο θα πρέπει να οδηγήσει σε βελτιώσεις στην απόδοση. Εάν η αφαίρεση των "dead-legs" δεν είναι δυνατή, τότε πρέπει να ληφθούν μέτρα για τη συνεχή παρακολούθησή τους για διάβρωση και άλλες ζημιές.

2.11.1 Συλλογή δειγμάτων για ανάλυση

Από αγωγούς οι οποίοι βρίσκονται υπό πίεση, καθώς και από θαλάμους οι οποίοι βρίσκονται υπό πίεση, μπορούν να συλλέγονται δείγματα υδρογονανθράκων τα οποία απαντώνται σε ατμοσφαιρική πίεση, όπως δείγματα τα οποία βρίσκονται μέσα στη γεώτρηση. Συνήθως, αυτό θα περιλαμβάνει την απελευθέρωση αερίου και τη συλλογή ελαίου ή συμπυκνώματος. Επειδή η διαδικασία διαχωρισμού που απελευθερώνει αέριο εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πίεση (η οποία μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική όταν το υγρό συλλέγεται σε μια κλειστή παγίδα), οι ιδιότητες των δειγμάτων που συλλέγονται με αυτόν τον τρόπο μπορεί να διαφέρουν. Επιπλέον, το υγρό σε ένα θάλαμο δειγματοληψίας μπορεί να είναι ήδη σε κατάσταση δύο φάσεων (ή μπορεί να έχει διαχωριστεί). Για το λόγο αυτό θεωρείται απαραίτητο να συλλέγεται υγρό από όλο το δείγμα ώστε να ελαχιστοποιείται η αβεβαιότητα στην ποιότητα του δείγματος.

2.11.2 Δειγματοληψία από δεξαμενές πετρελαίου

Η δειγματοληψία από δεξαμενές πετρελαίου αποτελεί μια περίπλοκη διαδικασία, διότι απαιτεί τη λήψη δειγμάτων από διαφορετικά βάθη ώστε να επιτρέπεται οποιαδήποτε αλλαγή ιδιοκτησίας ή διαχωρισμός που μπορεί να υπάρχει. Η διαδικασία που ακολουθεί είναι μια παραδοσιακή μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση και τη δοκιμή μιας δεξαμενής αργού πετρελαίου, που συχνά αναφέρεται ως "λειτουργία" όταν σχετίζεται με συναλλαγές custody-transfer.

Custody-transfer στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου αναφέρεται στις συναλλαγές που αφορούν τη μεταφορά φυσικής ουσίας από έναν φορέα εκμετάλλευσης σε άλλο. Αυτό περιλαμβάνει τη μεταφορά ακατέργαστου και εξευγενισμένου πετρελαίου μεταξύ δεξαμενών και δεξαμενόπλοιων, δεξαμενόπλοιων και πλοίων και άλλες συναλλαγές. Το custody-transfer στη μέτρηση υγρών ορίζεται ως σημείο μέτρησης (τοποθεσία) όπου το υγρό μετريέται για πώληση από το ένα μέρος στο άλλο. Κατά τη διάρκεια του custody-

transfer, η ακρίβεια έχει μεγάλη σημασία τόσο για την εταιρεία που παραδίδει το υλικό όσο και για τον τελικό παραλήπτη, κατά τη μεταφορά υλικού.

Παρακάτω θα δοθούν οι βασικές απαιτήσεις για τη μέθοδο αυτή.

- 1) Η δεξαμενή είναι κάθετη, μη συμπιεσμένη και έχει σταθερή οροφή με πλευρικές εξόδους. Η βαθμονόμηση για τον προσδιορισμό του ύψους του υγρού γίνεται με τη μέθοδο innage (μέθοδος για τον προσδιορισμό του βάθους του υγρού σε μια δεξαμενή, η οποία μετρείται από την επιφάνεια του υγρού στον πυθμένα της δεξαμενής ή σε ένα σταθερό σημείο αναφοράς).
- 2) Το ιξώδες του πετρελαίου είναι μικρότερο από 100 Saybolt seconds στους 100 ° F και είναι υγρό σε ατμοσφαιρική θερμοκρασία και πίεση.
- 3) Ένα θερμόμετρο, τοποθετημένο σε ειδική θήκη ανθεκτική σε χτυπήματα, κραδασμούς και αδιαπέραστη από τη χημική δράση των προϊόντων πετρελαίου και των υδρογονανθράκων (cup-case), χρησιμοποιείται για την ανάγνωση της θερμοκρασίας στη δεξαμενή του πετρελαίου.
- 4) Χρησιμοποιείται ένας κλέφτης για τη λήψη δειγμάτων υγρού από τη δεξαμενή. (Ο "κλέφτης" είναι ένας όρος της βιομηχανίας για ενός κατώτατου κλεισίματος δειγματολήπτη τύπου πυρήνα που χρησιμοποιείται για την εξασφάλιση δειγμάτων από επιλεγμένα βάθη σε δεξαμενές αποθήκευσης).
- 5) Η μέθοδος δοκιμής υδρομετρητή κλίμακας βαρύτητας API χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της βαρύτητας API του πετρελαίου. Η θερμοκρασία του πρέπει να είναι κοντά στους 60 ° F (± 5 ° F).
- 6) Το νερό και τα ιζήματα στο πετρελαίου προσδιορίζονται με τη μέθοδο φυγοκέντρωσης με σωλήνα σε σχήμα κώνου 203 mm (8 ίντσες).

2.11.3 Δειγματοληψία ρευστών υδρογονανθράκων

Παρακάτω θα σημειωθούν τα βασικά βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για τη δειγματοληψία ρευστών υδρογονανθράκων.

- 1) Απομόνωση της δεξαμενής που προορίζεται για έλεγχο
- 2) Χρήση κατάλληλων προφυλάξεων ασφαλείας και φιαλίδια φρέσκου αέρα εάν υπάρχει κίνδυνος H₂S.
- 3) Το εκάστοτε άτομο τοποθετείται σε ένα σημείο στήριξης ή σε κέλυφος δεξαμενής πριν φτάσει στην κορυφή. Αυτό εμποδίζει τη στατική ηλεκτρική εκκένωση σε επικίνδυνη περιοχή.
- 4) Το άτομο πρέπει να στέκεται στο πλάι της πόρτας ώστε κατά το άνοιγμα της φιάλης ο αέρας να φυσήξει το αέριο μακριά από το πρόσωπο
- 5) Μέτρηση της θερμοκρασίας. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση ενός θερμομέτρου στη δεξαμενή του πετρελαίου. Το θερμόμετρο πρέπει να είναι 12 ίντσες ή

περισσότερο από το κέλυφος της δεξαμενής και πρέπει να βυθίζεται στο πετρέλαιο για 5 λεπτά.

2.12 Δειγματοληψία νερού σε πετρελαιοφόρα πεδία

Τα νερά που εμφανίζονται στα πετρελαιοφόρα πεδία αναφέροντα ως άλμη, ειδικά όταν περιέχουν σημαντικές ποσότητες διαλυμένων αλάτων. Ορισμένες φορές στα νερά εμφανίζονται διαλυμένα αέρια καθώς και μικρές ποσότητες των βαρύτερων υδρογονανθράκων που υπάρχουν στα πετρέλαια. Το νερό μπορεί να υπάρχει σε έναν επιφανειακό διαχωριστή κατά τη διάρκεια της παραγωγής είτε από υγρό νερό στη ζώνη που δοκιμάζεται είτε από συμπύκνωση υδρατμών στο παραγόμενο αέριο ή ενδεχομένως από αμφοτέρα. Το νερό από υδροφορείς ή θαλασσινό νερό μπορεί επίσης να αναλυθεί σε σχέση με τις δραστηριότητες εγχύσεως νερού.

2.12.1 Ανάγκη για ανάλυση νερού

Η ανάλυση των νερών σε πετρελαιοφόρες περιοχές έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως η αναγνώριση της προέλευσης του παραγόμενου νερού, η περιγραφή των ιδιοτήτων του υδροφόρου ορίζοντα, η ερμηνεία των μετρήσεων συρματόσχοινου, η πρόβλεψη ζημιών στο σχηματισμό από την ασυμβατότητα των υδάτων, η διερεύνηση των τάσεων κλιμάκωσης στον εξοπλισμό επιφανείας, την ταυτοποίηση της παρουσίας βακτηριδίων, την αξιολόγηση των επιλογών διάθεσης και την περιβαλλοντική συμμόρφωση, καθώς και την πρόβλεψη και την παρακολούθηση της διάβρωσης. Οι αναλύσεις νερού μπορούν επίσης να είναι χρήσιμες για τη διάγνωση και τη διόρθωση πολλών προβλημάτων λειτουργίας πετρελαιοπηγών.

2.12.2 Μετρήσεις που πρέπει να πραγματοποιούνται σε δείγματα νερού

Σε περίπτωση συλλογής δειγμάτων για τη μέτρηση συστατικών ιχνοστοιχείων, βιολογικών ειδών ή αντιδραστικών χημικών ουσιών που ενδέχεται να επηρεαστούν από την αποθήκευση, το υλικό των δοχείων ή τις συνθήκες περιβάλλοντος, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιτόπιες αναλύσεις. Το API RP45 απαριθμεί τις ακόλουθες μετρήσεις που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν αμέσως στο πεδίο μετά τη δειγματοληψία και το φιλτράρισμα των πετρελαιοφόρων πεδίων:

- 1) PH
- 2) Θερμοκρασία
- 3) Αλκαλικότητα
- 4) Διαλυμένο οξυγόνο
- 5) CO₂
- 6) H₂S
- 7) Ολικός και εύτηκτος σίδηρος

- 8) Θολότητα σε ένα μη φιλτραρισμένο δείγμα
- 9) Ολικά αιωρούμενα στερεά με τουλάχιστον πρωτογενή διήθηση και πλύση που πραγματοποιείται στο πεδίο
- 10) Βακτήρια με διήθηση και / ή καλλιέργεια στο πεδίο και επώαση και μέτρηση που πραγματοποιείται στο εργαστήριο

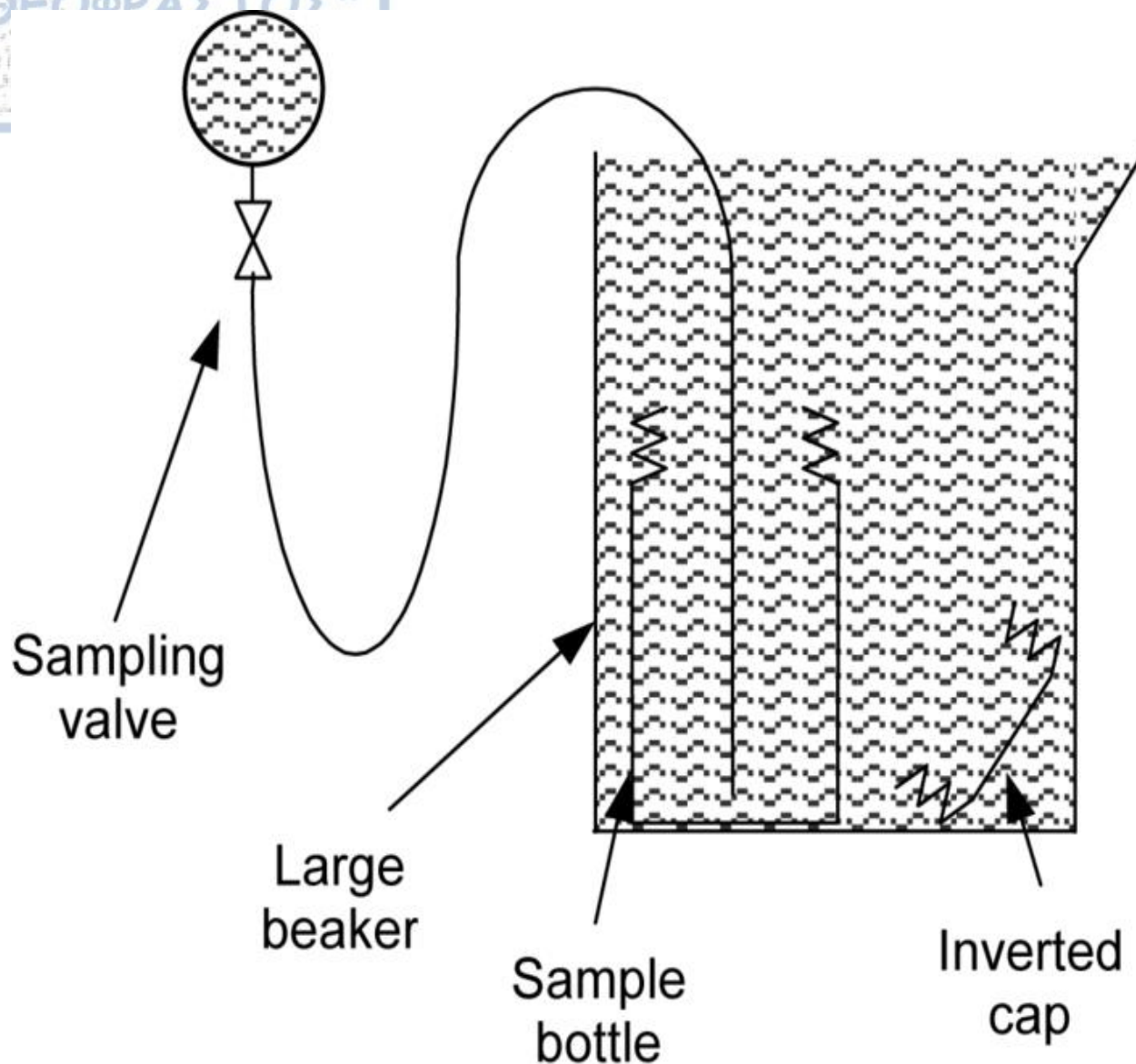
Για πολλές άλλες αναλύσεις απαιτούνται ειδικά μέτρα προετοιμασίας και συντήρησης στο πεδίο. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει οξίνιση με διάφορα οξέα, προσθήκη άλλων χημικών ουσιών, ψύξη [ιδανικά 39 ° F (4 ° C)] και αποθήκευση στο σκοτάδι. Εάν υπάρχει κάποια αβεβαιότητα σχετικά με τις συνθήκες αποθήκευσης των δειγμάτων, θα πρέπει να συμβουλευτείτε το εργαστήριο που θα εκτελέσει τις αναλύσεις. Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες, συνιστάται να διατηρείτε τα δείγματα δροσερά και έξω από το ηλιακό φως.

2.12.3 Δειγματοληψία νερού κατά τη διάρκεια του DST

Για μια δοκιμή DST που δεν ρέει στην επιφάνεια, πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή για να διαπιστωθεί εάν η δοκιμή έχει αρκετή ροή ρευστού για να επιτρέψει την είσοδο της αντιπροσωπευτικής άλμης του ταμιευτήρα μέσα στο εργαλείο. Καλύτερη επιλογή αποτελεί η δοκιμή του νερού μετά από κάθε αφαίρεση της βάσης του σωλήνα. Κανονικά, η συνολική περιεκτικότητα σε διαλυμένα στερεά θα αυξηθεί προς τα κάτω και θα γίνει σταθερή όταν λαμβάνεται καθαρό νερό σχηματισμού. Μια δοκιμή που ρέει νερό θα δώσει ακόμη μεγαλύτερη ασφάλεια για ένα μη μολυσμένο δείγμα. Εάν ληφθεί μόνο ένα δείγμα νερού DST για ανάλυση, πρέπει να ληφθεί ακριβώς πάνω από το εργαλείο, επειδή πρόκειται για το τελευταίο νερό που εισέρχεται στο εργαλείο και είναι λιγότερο πιθανό να εμφανίσει μόλυνση.

2.12.4 Δειγματοληψία επιφάνειας

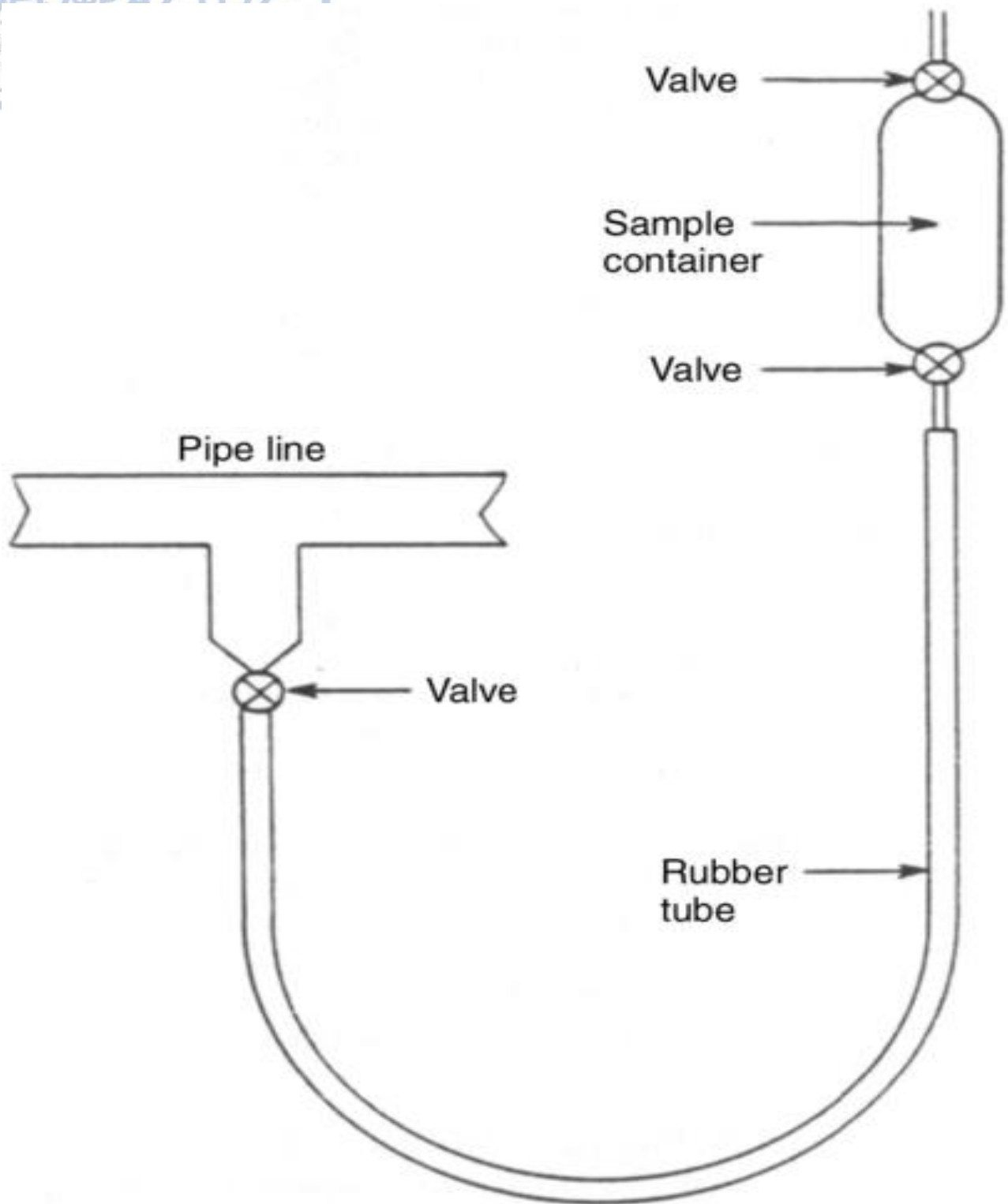
Η δειγματοληψία επιφάνειας χρησιμοποιείται συνήθως για τη λήψη δείγματος νερού σχηματισμού από βαλβίδα δειγματοληψίας στο φρεάτιο ή σε άλλο σημείο δειγματοληψίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας πλαστικός ή ελαστικός σωλήνας για τη μεταφορά του δείγματος από τη βαλβίδα δειγματοληψίας στο δοχείο. Το Σχήμα 2.4 δείχνει μια απλή μέθοδο εξαίρεσης του αέρα κατά την δειγματοληψία του νερού με αυτόν τον τρόπο. Αφού καθαριστεί η βαλβίδα δειγματοληψίας και ο αγωγός για να αφαιρεθεί οποιοδήποτε ξένο υλικό, το νερό παραδίδεται στον πυθμένα της φιάλης δείγματος, το οποίο τοποθετείται σε ένα μεγάλο, πολύ ψηλότερο δοχείο μέχρι το νερό να γεμίσει το ποτήρι και να ξεχειλίσει. Στη συνέχεια, το καπάκι βυθίζεται στο ποτήρι και αναστρέφεται για να εξαλείψει τις φυσαλίδες αέρα προτού αφαιρέσετε τον σωλήνα χορήγησης και κλείσετε τη φιάλη δείγματος κάτω από το νερό. Η τεχνική αυτή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν στο δείγμα πρέπει να προστεθούν όξινα ή άλλα συντηρητικά.



Σχήμα 2.4. Μέθοδος δειγματοληψίας νερού για αποφυγή αέρα.

[https://petrowiki.org/File:Vol1_Page_200_Image_0001.png]

Μια εναλλακτική τεχνική δειγματοληψίας για χρήση όταν υπάρχει διαθέσιμη καθαρή πηγή νερού παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.5. Εδώ, αφού καθαριστεί το σημείο δειγματοληψίας και ο αγωγός, το δείγμα συλλέγεται στον κύλινδρο δείγματος κλείνοντας τις δύο βαλβίδες. Το σύστημα αυτό δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για τη συλλογή δειγμάτων υπό πίεση νερού

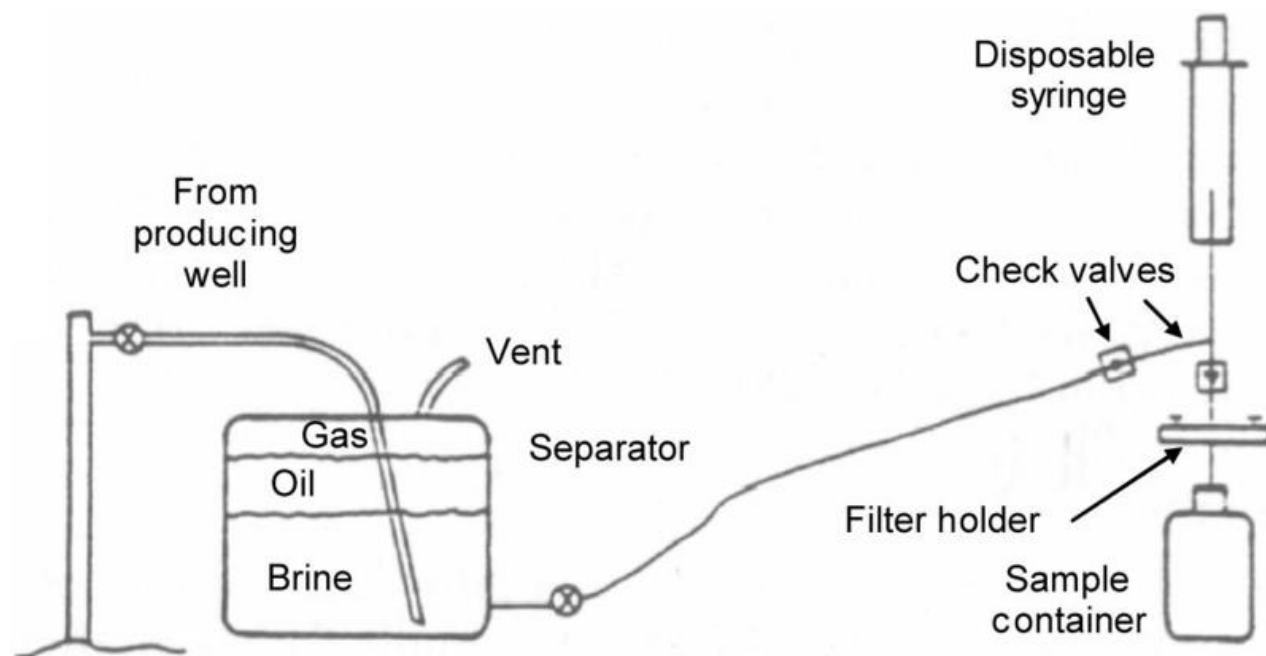


Σχήμα 2.5. Εναλλακτική μέθοδος για συλλογή δειγμάτων νερού απαλλαγμένα από αέρα.

[https://petrowiki.org/File:Vol1_Page_201_Image_0001.png]

Σε πολλά παραγωγικές γεωτρήσεις, μπορεί να είναι αδύνατο να εντοπιστεί ένα κατάλληλο σημείο δειγματοληψίας απαλλαγμένο από πετρέλαιο ή αέριο, όπως για την άντληση από φρεάτια στα οποία η άλμη θα ξεσπάσει στα κεφάλια και θα αναμιχθεί με πετρέλαιο. Σε

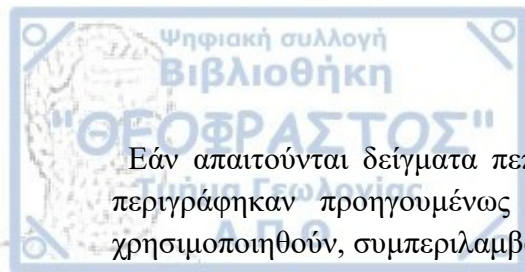
τέτοιες περιπτώσεις, ένα μεγαλύτερο δοχείο εξοπλισμένο με μια βρύση δειγματοληψίας κοντά στον πυθμένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δεξαμενή εκτόνωσης ή διαχωριστής πετρελαίου / νερού. Μια τέτοια συσκευή φαίνεται στο σχήμα 2.6. Αυτή η μέθοδος θα χρησιμεύσει για τη λήψη δειγμάτων που είναι σχετικά απαλλαγμένα από πετρέλαιο.



Σχήμα 2.6. Διαχωριστής πετρελαίου/νερού και σύστημα φιλτραρίσματος δειγμάτων νερού.

[https://petrowiki.org/File:Vol1_Page_201_Image_0002.png]

Για μερικές μετρήσεις, είναι απαραίτητο να ληφθεί δείγμα φιλτραρισμένο στο πεδίο. Το σύστημα φιλτραρίσματος που φαίνεται στο σχήμα 2.6 είναι απλό και οικονομικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες εφαρμογές. Αποτελείται από μια σύριγγα μίας χρήσης 50 mL, δύο βαλβίδες ελέγχου και ένα ενσωματωμένο στήριγμα φίλτρου δίσκου. Η θήκη φίλτρου έχει μέγεθος φίλτρων μεγέθους πόρου μεγέθους 47 mm, μεγέθους πόρων 0,45 μm, με δυνατότητα προσθήκης διαφόρων προφίλτρων. Η γραμμή πλήρωσης της σύριγγας θα πρέπει να συνδέεται με μια πηγή άλμης χωρίς πετρέλαιο ή αέριο, είτε απευθείας σε κατάλληλο σημείο δειγματοληψίας είτε στην έξοδο άλμης από κατάλληλο δοχείο διαχωρισμού, όπως φαίνεται στο σχήμα 6. Η άλμη τραβιέται μέσω της γραμμής εισόδου στη σύριγγα και στη συνέχεια εξαναγκάζονται μέσω του φίλτρου στη φιάλη συλλογής. Οι βαλβίδες ελέγχου επιτρέπουν τη χρήση της σύριγγας ως αντλία για την πλήρωση της φιάλης συλλογής χωρίς να χρειάζεται να ανοίξετε και να κλείσετε βαλβίδες. Αν το φίλτρο φράξει, μπορεί να αντικατασταθεί σε λίγα λεπτά. Απαιτούνται περίπου 2 λεπτά για τη συλλογή 250 mL δείγματος. Συνήθως λαμβάνονται δύο δείγματα, με το ένα να οξινίζεται σε PH 3 ή λιγότερο με πυκνό υδροχλωρικό ή νιτρικό οξύ. Το σύστημα μπορεί να καθαριστεί εύκολα ή να ξεπλυθεί με άλμη για να αποφευχθεί η μόλυνση.



Εάν απαιτούνται δείγματα πεπιεσμένου νερού, οι περισσότερες από τις διαδικασίες που περιγράφηκαν προηγουμένως για ρευστά υδρογονανθράκων υπό πίεση μπορούν να χρησιμοποιηθούν, συμπεριλαμβανομένης της δειγματοληψίας μέσα στη γεώτρηση. Οι φιάλες δείγματος εμβόλου είναι απαραίτητες επειδή το δείγμα δεν μπορεί να συλλεχθεί με τη μετατόπιση του νερού ή άλμης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αναπτύχθηκε το θέμα των ιδιοτήτων των ρευστών που εμφανίζονται εντός των ταμιευτήρων των υδρογονανθράκων. Οι ταμιευτήρες υδρογονανθράκων αποτελούν ενιαίες δεξαμενές με συγκεκριμένη σύσταση ρευστών, συγκεκριμένο όγκο, αλλά και καθορισμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Μέσα σε αυτά τα πορώδη πετρώματα που καλούνται ταμιευτήρες εμφανίζονται μεγάλες συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων. Βασική συνθήκη για τη δημιουργία μια συγκέντρωσης υδρογονανθράκων αποτελεί η ύπαρξη γεωλογικών δομών που θα παίζουν το ρόλο της παγίδας. Τα κοιτάσματα υδρογονανθράκων συναντώνται συνήθως σε βάθη από 500-4000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Σε οποιοδήποτε βάθος κι αν εμφανίζονται θα ασκείται μια συγκεκριμένη πίεση στο συνολικό βάρος των ρευστών και το σχηματισμών που καλείται υπερπίεση κι αυξάνεται γραμμικά σε σχέση με το βάθος. Σε κάποιο ορισμένο βάθος υπάρχει αντιστοιχία της πίεσης πετρελαίου και νερού με συνέπεια να υπάρχει επαφή ανάμεσα στις δύο φάσεις (oil-water contact). Αντίστοιχα, όταν η πίεση της αέριας φάσης συμπίπτει με αυτή της πετρελαϊκής φάσης υπάρχει επαφή ανάμεσα στις δύο φάσεις (gas-oil contact). Στη διάρκεια της παραγωγικής ζωής ενός ταμιευτήρα εμφανίζονται εντός του μέχρι και τρεις διακριτές φάσεις (πετρελαϊκή-αέρια-υδάτινη) με τις αναλογίες τους να μεταβάλλονται ανάλογα με τη μεταβολή πίεσης.

Για τη σωστή διαχείριση των ταμιευτήρων πρέπει να γίνονται αναλύσεις πίεσης-όγκου-θερμοκρασίας (PVT), καθώς και φυσικές και χημικές αναλύσεις από εξειδικευμένα εργαστήρια σε δείγματα ρευστών που θα έχουν ληφθεί από διαφορετικές τοποθεσίες. Πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ώστε να αποφευχθούν φτωχά δείγματα τα οποία θα δώσουν λανθασμένες μετρήσεις. Ένας από τους βασικούς στόχους τόσο της δειγματοληψίας αλλά και της εργαστηριακής μελέτης είναι ο προσδιορισμός της ακριβούς φύσης του ρευστού. Ο τύπος του ρευστού θα επηρεάσει και τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η δειγματοληψία αυτού. Ανάλογα με τις γνώσεις που υπάρχουν θα καθοριστούν και οι απαιτήσεις για τα δείγματα και τις εργαστηριακές μελέτες. Αν δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για τον ταμιευτήρα εκτελείται ένα εκτεταμένο πρόγραμμα ερευνητικών γεωτρήσεων ώστε να παρθεί ένα ορθό σύνολο πληροφοριών για τα ρευστά, όπου θα βασιστεί η μελλοντική εργασία εξερεύνησης. Αν υπάρχει δυνατότητα θα πρέπει να γίνεται η καλύτερη δυνατή επιλογή των χώρων δειγματοληψίας, ώστε να εντάσσονται σε ένα περιεκτικό δίκτυο για την κάλυψη μιας πετρελαιοπαραγωγικής γεωλογικής λεκάνης. Έχοντας γίνει σωστός καθορισμός των μετρήσεων που απαιτούνται, ακολουθεί η δημιουργία ενός κατάλληλου προγράμματος δειγματοληψίας λαμβάνοντας υπόψη το κόστος της εργασίας, την ποιότητα και την ποσότητα δειγμάτων και τις επακόλουθες μετρήσεις, τον επείγοντα χαρακτήρα των δεδομένων και την εφαρμογή πρακτικών με ασφάλεια. Το αν τα ρευστά βρίσκονται υπό πίεση ή όχι θα καθορίσει και τις διαδικασίες δειγματοληψίας οι οποίες είναι 1) Δειγματοληψία ρευστού από βάθος 2) Επιφανειακή δειγματοληψία ρευστών ταμιευτήρα 3) Δειγματοληψία μη πιεσμένων ρευστών υδρογονανθράκων 4) Δειγματοληψία νερού σε πετρελαιοφόρα πεδία

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γεωργακόπουλος Ανδρέας, "Κοιτασματολογία Πετρελαίου", Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
2. Σταματάκη Μ., Αυλωνίτης Γ., "Μηχανική Πετρελαίων", Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Τομέας Μεταλλευτικής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2001.
3. Dake.L.P., "Fundamentals Of Reservoir Engineering", Elsevier, The Netherlands.
4. PetroWiki, Published By SPE International, "Fluid Sampling", https://petrowiki.org/Fluid_sampling, επίσημη ιστοσελίδα.
5. PetroWiki, Published By SPE International, "Downhole Fluid Sampling", https://petrowiki.org/Downhole_fluid_sampling, επίσημη ιστοσελίδα.
6. PetroWiki, Published By SPE International, "Surface Sampling Of Reservoir Fluids", https://petrowiki.org/Surface_sampling_of_reservoir_fluids, επίσημη ιστοσελίδα.
7. PetroWiki, Published By SPE International, "Nonpressurized Hydrocarbon Fluid Sampling", https://petrowiki.org/Nonpressurized_hydrocarbon_fluid_sampling, επίσημη ιστοσελίδα.
8. PetroWiki, Published By SPE International, "Oilfield Water Sampling", https://petrowiki.org/Oilfield_water_sampling, επίσημη ιστοσελίδα.
9. The Oilfield Glossary – Schlumberger, "Skin Factor", https://www.glossary.oilfield.slb.com/en/Terms/s/skin_factor.aspx, επίσημη ιστοσελίδα.
10. Asset Integrity Intelligence – Inspectioneering, "Dead Legs", <https://inspectioneering.com/tag/dead+legs>, επίσημη ιστοσελίδα.
11. Wikipedia, The Free Encyclopedia, "Custody Transfer", https://en.wikipedia.org/wiki/Custody_transfer, επίσημη ιστοσελίδα.