



Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ»

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΣΥΡΙΓΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΔΑΛΚΑΦΟΥΚΗΣ ΑΡΓΥΡΙΟΣ

ΜΠΑΝΤΟΥΝΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ:

Δρ. ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΚΕΡΜΑΝΙΔΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΑ

ΠΑΤΡΑ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΞΗΡΑΣ ΓΙΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ	9
1 Γενικά	9
1.1 Μεταφορά και εγκατάσταση γεωτρύπανου	10
1.2 Προσκόμιση και αποκόμιση γεωτρητικού συγκροτήματος	10
1.2.1 Περιγραφή	10
1.2.2 Επιμέτρηση – Πληρωμή	11
1.2.3 Μετακίνηση Γεωτρητικού Συγκροτήματος	12
1.2.4 Περιγραφή	12
1.2.5 Επιμέτρηση – Πληρωμή	12
1.3 Προμήθεια νερού για τις ανάγκες της Γεωτρήσεως	12
1.3.1 Γενικά	12
1.3.2 Κατασκευή δικτύου νερού	13
1.3.3 Εγκατάσταση και λειτουργία υδραντλίας	13
1.3.4 Μεταφορά νερού με βυτιοφόρο όχημα	13
1.3.5 Επιμέτρηση – Πληρωμή	14
1.4 Πληρωμή οπής Γεώτρησης	14
1.4.1 Περιγραφή	14
1.4.2 Επιμέτρηση – Πληρωμή	14
1.5 Σήμανση και εξάρτηση Γεώτρησης	15
1.5.1 Περιγραφή	15
1.5.2 Επιμέτρηση – Πληρωμή	15

	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ	16
2.1	Γενικά	16
2.2	Περιστροφικές δειγματοληπτικές Γεωτρήσεις	17
2.3	Μέθοδος απευθείας διάτρησης με καροταρία	18
2.4	Μέθοδος απευθείας διάτρησης και επένδυσης με σωλήνες	18
2.5	Περιστροφική διάτρηση και μηχανολογικός εξοπλισμός	19
2.5.1	Γενικά	19
2.5.2	Περιστροφικό Γεωτρύπανο	21
2.5.3	Το σύστημα ανάρτησης, καθέλκυσης και ανέλκυσης της διατρητικής στήλης	30
2.5.4	Το σύστημα περιστροφής	36
2.5.5	Οι αντλίες	39
2.5.6	Ο μηχανισμός ασφαλείας	40
2.5.7	Ο υποθαλάσσιος εξοπλισμός	44
2.6	Χρήση άλλων μεθόδων	47
2.7	Η Μέθοδος Wire- Line	47
2.8	Γεωτρήσεις δι'εκπλύσεως	48
2.9	Γεωτρήσεις δι' εδαφολυπτών AUGER	53
2.10	Δελτία Γεωτρήσεων	56
2.11	Γεωτρητικός εξοπλισμός και τυποποίησή του	58
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Δειγματοληψία Γεωτρήσεων	61
3	Δειγματοληψία κατά την εκτέλεση Γεωτρήσεως	61
3.1	Γενικά	61
3.2	Δειγματολήπτες με έμβολο	67
3.3	Σουηδικός δειγματολήπτης	70
3.4	Διαιρετός δειγματολήπτης	72
3.5	Σωληνωτός δειγματολήπτης λεπτού τοιχώματος	75
3.6	Σκοπός	77
3.7	Πυρήνα βράχων	77

3.8	Εδαφικοί παράμετροι για ανάλυση σωρού και σχεδίου	80
3.9	Χρήση αδαμαντοκορώνας	82
3.9.1	Περιγραφή	82
3.10	Απόληψη πυρήνα	83
3.11	Μέτρα βελτίωσης της πυρηνοληψίας	86
3.12	Επιμέτρηση – Πληρωμή	89
	 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΚΟΠΤΙΚΑ ΑΚΡΑ	90
4.1	Εισαγωγή	90
4.2	Κοπτικά με έλασμα (drag bits)	91
4.3	Κοπτικά με περιστρεφόμενους κώνους	93
4.3.1	Το τρίκωνο κοπτικό	96
4.4	Αδαμαντοκορώνες ή αδαμαντοκοπτικά	106
4.4.1	Ταξινόμηση αδαμαντοκοπτικών	116
4.5	Μηχανισμός αποσύνθεσης του πετρώματος	117
4.6	Παράμετροι λειτουργίας των κοπτικών	124
4.6.1	Μηχανικές παράμετροι	127
	 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ	131
5.1	Εισαγωγή	131
5.1.1	Σκοπός της σωλήνωσης	132
5.2	Τύποι σωλήνωσης	134
5.2.1	Σωλήνωση οδηγός	136
5.2.2	Σωλήνωση επαφής	138
5.2.3	Επιφανειακή σωλήνωση	138
5.2.4	Ενδιάμεση ή προστατευτική σωλήνωση	139
5.2.5	Παραγωγική σωλήνωση	140
5.2.6	Σωλήνωση liner	141
5.3	Διαδικασία σωλήνωσης και εξοπλισμός	142
5.3.1	Προετοιμασία της γεώτρησης	142

5.3.2	Προετοιμασία της στήλης σωλήνωσης	144
5.3.3	Καταβίβαση της στήλης σωλήνωσης	144
5.4	Χαρακτηριστικά της σωλήνωσης	145
5.4.1	Συνδεσμοί και σπειρώματα	152
5.5	Σχεδιασμός της σωλήνωσης	152
5.5.1	Γενικές αρχές του σχεδιασμού της σωλήνωσης	152
5.5.2	Εκτίμηση του βάθους έδρασης της σωλήνωσης	158
5.5.3	Επιλογή του μεγέθους της σωλήνωσης	158
5.5.4	Επιλογή μηχανικών χαρακτηριστικών	161
5.5.5	Κριτήρια μηχανικού σχεδιασμού σωλήνωσης	162
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΤΣΙΜΕΝΤΩΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ	164
6.1	Γενική τσιμέντωση	165
6.2	Τσιμέντωση τελικής σωλήνωσης	171
6.3	Προπαρασκευή και χαρακτηριστικά πολφού τσιμέντου	172
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : ΚΕΚΛΙΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	176
7.1	Εισαγωγή	176
7.2	Ορισμοί	179
7.3	Γεωμετρικοί παράμετροι τροχιάς	183
7.4	Βασικοί τύποι τροχιάς	189
7.5	Εφαρμογές	191
7.6	Μηχανολογικός εξοπλισμός	200
7.6.1	Όργανα πρόσδωσης παρέκκλισης	200
7.6.2	Διάταξη Β.Η.Α	204
7.6.3	Το σύστημα Eastman Whipstock για την όρυξη γεωτρήσεων μικρού στόχου	205
7.6.4	Το σύστημα Telepilote	206
7.6.5	Πολυκρυσταλλικά συμπαγή αδαμαντοτρύπανα	208
7.6.6	Διατρητικά στελέχη από αλουμίνιο	208

7.6.7	Κινητήρες πυθμένα	212
7.6.8	Ενιαίο σύστημα οδήγησης στη κορυφή του γεωτρυπάνου	213
7.6.9	Σύστημα εκτέλεσης μετρήσεων κατά τη διάτρηση	217
7.6.10	Σύστημα οδήγησης του κοπτικού άκρου	220
7.6.11	Σύστημα γεωπροσανατολισμού της γεώτρησης	222
7.7	Σχεδιασμός κεκλιμένων – οριζόντιων γεωτρήσεων	225
7.7.1	Μέθοδοι υπολογισμού της τροχιάς	226
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ^ο : ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ	230
8.1	Έλεγχος της παρουσίας και της ποιότητας υδρογονανθράκων	230
8.2	Ολοκλήρωση σωληνωμένων γεωτρήσεων	231
8.3	Ολοκλήρωση μη σωληνωμένων γεωτρήσεων	232
8.4	Χρήση διατρητού liner	233
8.5	Έλεγχος εισόδου άμμου	234
8.6	Αύξηση διαπερατότητας με υδραυλική ρωγμάτωση ή χρήση οξέων	237
8.7	Επιφανειακή ολοκλήρωση	241
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ^ο : ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΕΣ	243
9.1	Υδροέρευνες	243
9.2	Εντοπισμός υδροφόρων στρωμάτων	248
9.3	Μετρήσεις ειδικών συνθηκών	250
9.4	Γεωλογικά ρήγματα	253
9.5	Κατασκευαστικά στοιχεία γεώτρησης	255
9.5.1	Γενικά	255
9.5.2	Επιλογή γεωτρυπάνου	255
9.5.3	Σωληνώσεις γεωτρήσεων	258
9.5.4	Φίλτρα και χαλίκωμα γεωτρήσεων	260
9.5.5	Έλεγχος κατακόρυφης θέσης και ευθυγραμμίας των σωληνώσεων	262
9.5.6	Σημείο αναρόφησης της γεώτρησης	265

9.6	Αξιοποίηση γεωτρήσεων	266
9.6.1	Ταυτότητα γεώτρησης	266
9.6.2	Επιλογή αντλίας	269
9.6.3	Γεωτρήσεις σε εδάφη μικρής υδροφορίας	270
	Πηγές – Βιβλιογραφία	281

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή μας εργασία έχει ως σκοπό τη συστηματική διερεύνηση και καταγραφή των τεχνικών προδιαγραφών δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, οι οποίες πηγάζουν από τον Ε(101-83), καθώς και των μεθόδων διαμόρφωσης μιας γεώτρησης, με τον απαραίτητο μηχανολογικό εξοπλισμό. Αναφέρεται καταρχάς στη δειγματοληψία και στα κοπτικά άκρα των γεωτρήσεων τα οποία είναι απαραίτητα για τη διάνοιξη μιας γεώτρησης. Ακολούθως αναλύεται περιγραφικά ο σχεδιασμός σωληνώσεων καθώς και η τσιμέντωση σε κεκλιμένες και οριζόντιες γεωτρήσεις. Παρουσιάζονται επίσης οι υδρογεωτρήσεις και η αξιοποίησή τους και τέλος η σειρά εργασιών που διαμορφώνουν το γεωτρητικό φρέαρ σε παραγωγικό σύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΞΗΡΑΣ ΓΙΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ (Ε 101 – 83)

1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα στοιχεία των παρακάτω Τεχνικών Προδιαγραφών, καλύπτουν γενικά τις απαιτήσεις των δειγματοληπτικών Γεωτρήσεων κάθε είδους γεωτεχνικών ερευνών, με βάση τους κανόνες της Τεχνικής και της Επιστήμης.

Σε ορισμένες όμως ειδικές περιπτώσεις Γεωτεχνικών Ερευνών, που ανάγονται σε ειδικά θέματα μελέτης, θα συμπληρώνονται από τον Μελετητή με ειδικές προδιαγραφές.

Σκοπός των υπόψη δειγματοληπτικών γεωτρήσεων είναι:

(α) Η συγκέντρωση στοιχείων για τη δομή και σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών.

(β) Η λήψη δειγμάτων από διάφορα βάθη για εργαστηριακές δοκιμές.

(γ) Η εκτέλεση μέσα στη γεώτρηση δοκιμών για τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των σχηματισμών στο φυσικό τους περιβάλλον.

(δ) Ο προσδιορισμός του προσανατολισμού των στρώσεων, ρηγμάτων και άλλων τεκτονικών χαρακτηριστικών των γεωλογικών σχηματισμών.

(ε) Η ανίχνευση και ο εντοπισμός υδροφόρων στρωμάτων και ο προσδιορισμός των υδραυλικών χαρακτηριστικών των γεωλογικών σχηματισμών, όπως π.χ. η υδροπερατότητα.

Το είδος του υπεδάφους και οι απαιτήσεις του έργου που μελετάται, καθορίζουν το είδος και τον τρόπο της δειγματοληψίας ή των επί τόπου δοκιμών, που πρέπει να γίνουν.

Την ευθύνη για τον καθορισμό του προγράμματος της γεωτεχνικής έρευνας και των διαφόρων στοιχείων που χαρακτηρίζουν μία προς εκτέλεση δειγματοληπτική γεώτρηση έχει ο Μελετητής του έργου, ως και ο ειδικός, για τις υπόψη εργασίες Μελετητής.

Έτσι θα καθορίζεται από αυτόν :

α) Ο σκοπός της γεωτρητικής έρευνας, β) Η θέση κάθε γεωτρήσεως, τόσο πάνω στον τοπογραφικό χάρτη με κατάλληλη κλίμακα, όσο και επί τόπου, γ) Το ενδεικτικό βάθος κάθε γεωτρήσεως· δ) Η ελάχιστη διάμετρος της οπής της γεωτρήσεως , η κλίμακα και η διεύθυνση της. ε) Το είδος, η διάμετρος και η συχνότητα των δειγμάτων που θα ληφθούν καθώς και τα είδη και η συχνότητα όλων των επί τόπου δοκιμών και μετρήσεων που θα γίνουν κατά τη διάρκεια της εκτελέσεως της γεωτρήσεως.

στ) Σύντομη περιγραφή των γεωλογικών σχηματισμών που αναμένονται να βρεθούν στη γεώτρηση.

1.1. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ

1.2 Προσκόμιση και Αποκόμιση Γεωτρητικού Συγκροτήματος

1.2.1 Περιγραφή

Η παράγραφος 1.2 αφορά στην μεταφορά ενός γεωτρυπάνου με το σύνολο του γεωτρητικού εξοπλισμού από την αποθήκη του αναδόχου της εκτελέσεως του έργου μέχρι την πρώτη θέση της γεωτρήσεως καθώς και την αντίστροφη κίνηση για την αποκόμιση αυτών μετά το τέλος της εργασίας από την τελευταία θέση γεωτρήσεως.

1.2.2 Επιμέτρηση - Πληρωμή

Η αποζημίωση του Αναδόχου αφορά την δαπάνη για την εισκόμιση και αποκόμιση ενός γεωτρητικού συγκροτήματος απ' την αποθήκη του αναδόχου στην πρώτη θέση της γεωτρήσεως και εγκατάσταση του στη θέση αυτή, περιλαμβανομένων των κάθε φύσεως εξαρτημάτων και σχετικών υλικών σωληνώσεων επενδύσεων γεωτρήσεων, συσκευών εισπιέσεως, κλπ, αντλιών προμηθείας και ανυψώσεως ύδατος, εργαλείων, μεταφορικών μέσων, ανταλλακτικών και κάθε εν γένει μηχανήματος, καθώς και των δαπανών προετοιμασίας συσκευασίας φορτοεκφορτώσεων, ασφαλίσεων, τυχόν φθορών, ναύλων και μηχανημάτων και του προσωπικού (όταν μεσολαβεί και θαλάσσια διαδρομή), δαπανών για την διαμόρφωση χώρου εργασίας και την εγκατάσταση του γεωτρυπάνου, κλπ.

Στην τιμή δεν συμπεριλαμβάνονται οι δαπάνες για την διάνοιξη, επισκευή ή συντήρηση των οδών προσπελάσεων μέχρι τη θέση της πρώτης γεωτρήσεως. Τυχόν απαιτούμενη μεταφορά του γεωτρητικού συγκροτήματος με την χρήση του βαρούλκου του γεωτρυπάνου αποζημιώνεται με τις ώρες εργασίας γεωτρυπάνου και προσωπικού που διαρκεί η εργασία αυτή.

1.2.3 Μετακίνηση γεωτρητικού συγκροτήματος από την θέση μιας γεωτρήσεως σε άλλη θέση.

1.2.4 Περιγραφή

Το άρθρο αυτό αφορά στην μετά το τέλος κάθε γεωτρήσεως διαδικασία που ακολουθείται για την προετοιμασία και την μεταφορά του γεωτρύπανου και του γεωτρητικού εξοπλισμού με την βοήθεια άλλου μηχανήματος ή με αυτοκίνηση από την προηγούμενη στη νέα θέση και εγκατάσταση για την έναρξη της νέας γεωτρήσεως.

1.2.5 Επιμέτρηση - Πληρωμή

Οι μετακινήσεις του γεωτρύπανου και του γεωτρητικού εξοπλισμού από θέση γειτονική σε θέση γεωτρήσεως, θα πληρώνονται με βάση την εργασία του γεωτρητικού συγκροτήματος κατά τους χρόνους αποσυναρμολογήσεως, μετακινήσεως, συναρμολογήσεως και εγκαταστάσεως.

1.3 Προμήθεια νερού για τις ανάγκες της Γεωτρήσεως.

1.3.1 Γενικά.

Ο Ανάδοχος έχει την υποχρέωση να προμηθεύσει το αναγκαίο νερό για την εκτέλεση των γεωτρήσεων και των σχετικών δοκιμών. Το νερό της γεωτρήσεως θα είναι καθαρό, εκτός αν υπάρχουν διάφορες οδηγίες του Μελετητή ή του Επιβλέποντος.

Η δαπάνη για τη χρήση νερού στις γεωτρητικές εργασίες συμπεριλαμβάνεται στις τιμές διατήσεως μέχρι του ποσού που αντιστοιχεί στο ποσοστό 10% της αξίας των εργασιών διατήσεως. Το υπόλοιπο της δαπάνης για τη χρήση νερού αποζημιώνεται ανάλογα με τον τρόπο προμήθειας νερού, όπως προσδιορίζεται παρακάτω.

Για να διατυπωθεί η αξίωση καταβολής του υπολοίπου της δαπάνης (πέραν του ποσοστού 10%) πρέπει α) η προμήθεια και η μεταφορά του νερού να έχουν γίνει κατά το οικονομικότερο τρόπο

(χρήση βυτιοφόρου, αγωγός μεταφοράς, αντλητικά ζεύγη) πάντοτε με την παραδοχή αποθηκεύσεως του νερού για μείωση του κόστους και

β) να έχει προηγηθεί σχετική έγκριση του εργοδότη για το σύστημα προμηθείας και μεταφοράς νερού.

1.3.2 Κατασκευή δικτύου νερού

Το νερό θα μεταφέρεται με κατάλληλο δίκτυο σωλήνων. Η διάταξη των δικτύων μεταφοράς νερού θα λαμβάνει υπόψη την τοπογραφία που υπάρχει, τις θέσεις και την προτεραιότητα των γεωτρήσεων όπως αυτές δίνονται από τον Μελετητή και τις υψομετρικές διαφορές που υπάρχουν.

1.3.3 Εγκατάσταση και λειτουργία υδραντλίας

Ο Ανάδοχος έχει την υποχρέωση να εγκαταστήσει τις αντλίες που χρειάζονται για την τροφοδοσία του νερού που είναι απαραίτητο για τις ανάγκες των ερευνητικών εργασιών.

1.3.4 Μεταφορά νερού με βυτιοφόρο όχημα

Στην περίπτωση που θα απαιτηθεί η μεταφορά του νερού με βυτιοφόρο όχημα, τότε ο Ανάδοχος θα φροντίσει να διαθέσει στο εργατάξιο βυτιοφόρο όχημα κατάλληλο να κινηθεί προς τις θέσεις των γεωτρήσεων. Το πλήθος των βυτιοφόρων οχημάτων θα οριστεί ανάλογα με τις ανάγκες των γεωτρήσεων και με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται αδιάκοπα η τροφοδοσία του γεωτρυπάνου με νερό.

1.3.5 Επιμέτρηση - Πληρωμή

α. Η μέτρηση και η πληρωμή του δικτύου γίνεται με βάση το πραγματικό συνολικό μήκος του δικτύου σωλήνων που θα πρέπει επίσης να αναγράφεται στα ημερήσια δελτία ή το ημερολόγιο του έργου.

β. Η μέτρηση και η πληρωμή των ωρών λειτουργίας των υδραντλιών γίνεται με βάση τις πραγματικές ώρες λειτουργίας των υδραντλιών, που θα πρέπει επίσης να αναγράφονται στα ημερήσια δελτία ή το ημερολόγιο του έργου.

γ. Η μέτρηση και η πληρωμή του χρόνου απασχολήσεως των βυτιοφόρων γίνεται με βάση τις ώρες απασχολήσεως κάθε βυτίου στο εργατάξιο που θα πρέπει επίσης να αναγράφεται στα ημερήσια δελτία ή το ημερολόγιο του έργου.

1.4 Πλήρωση οπής Γεωτρήσεως

1.4.1 Περιγραφή

Μετά το τέλος της γεωτρήσεως και αν δεν απαιτείται η διατήρηση της οπής της γεωτρήσεως με κατάλληλο υλικό, σύμφωνα με τις υποδείξεις του εποπτεύοντος Εδαφομηχανικού ή Γεωλόγου. Η πληρωμή της οπής είναι τελείως απαραίτητη για λόγους ασφαλείας σε περίπτωση οπών μεγάλης διαμέτρου και κατά την κρίση του Εργοδότη στις άλλες περιπτώσεις.

1.4.2 Επιμέτρηση - Πληρωμή

Η μέτρηση και η πληρωμή της πληρώσεως της γεωτρήσεως θα γίνεται με βάση τα πραγματικά μέτρα πληρώσεως οπής γεωτρήσεως.

1.5 Σήμανση και εξάρτηση γεωτρήσεως

1.5.1 Περιγραφή

Όταν τελειώνει η εκτέλεση μιας γεωτρήσεως θα γίνεται σήμανση της γεωτρήσεως με την κατασκευή βάσης από σκυρόδεμα με διαστάσεις 30 εκ. και με βάθος 40 εκ. από την επιφάνεια του εδάφους. Πάνω στη βάση αυτή θα σημειώνονται τα στοιχεία της γεωτρήσεως με χάραξη ή με ανεξίτηλο βαφή. Η εργασία αυτή μπορεί να παραληφθεί στις περιπτώσεις εκείνες που δεν κρίνεται απαραίτητη η σήμανση της γεωτρήσεως, μετά το τέλος της εκτελέσεώς της.

Μετά το τέλος της εκτελέσεως της γεωτρήσεως θα γίνεται οριζοντιογραφική και υψομετρική εξάρτηση της κεφαλής της.

1.5.2 Επιμέτρηση - Πληρωμή

Η μέτρηση και πληρωμή των εργασιών σήμανσης και εξάρτησης των γεωτρήσεων θα γίνει με βάση τον πραγματικό αριθμό των γεωτρήσεων, οι κεφαλές των οποίων σημάνθηκαν και εξαρτήθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

2.1 Γενικά: Σαν γεώτρηση ορίζεται η εργασία εκείνη, όπου με ειδικό μηχανικό εξοπλισμό, διανοίγεται διάτρημα με καθορισμένο βάθος, τελική διάμετρο και καθορισμένη διεύθυνση. Η εργασία γίνεται με περιστροφική ή κρουστική διάταξη για δειγματοληψία εδάφους ή πετρώματος, με τη βοήθεια συνήθως νερού ή αέρα.

Οι γεωτρήσεις διακρίνονται σε κατηγορίες που είναι δυνατόν να συνοψισθούν στα παρακάτω:

Ως προς το βάθος:

- Σε αβαθείς, με μέγιστο βάθος τα 500 μέτρα και με ιπποδύναμη κινητήρα γεωτρύπανου από 50 μέχρι 150 HP.
- Σε βαθιές, με μέγιστο βάθος τα 4000 μέτρα και με ιπποδύναμη κινητήρα γεωτρύπανου από 1000 μέχρι 2000 HP και
- Σε υπερβαθείς, με μέγιστο βάθος που δυνατόν να υπερβεί και τα 7000 μέτρα και με ιπποδύναμη κινητήρα γεωτρύπανου που υπερβαίνει τους 2000 HP.

Ως προς τον σκοπό:

- Σε ερευνητικές, που διακρίνονται σε μεταλλειολογικής έρευνας, για τον εντοπισμό και καθορισμό κοιτασμάτων και γεωτεχνικής έρευνας, με σκοπό τον καθορισμό των γεωτεχνικών δεδομένων, για την αντιμετώπιση προβλημάτων κυρίως έργων Πολιτικού Μηχανικού.
- Σε παραγωγικές ή εκμετάλλευσης, κυρίως φυσικών αερίων και υγρών καυσίμων, ύδατος και στην διάνοιξη σηράγγων με τη μέθοδο της ολομέτωπης προσβολής.

- Σε βοηθητικές, όπως τοποθέτησης οργάνων, τσιμεντενέσεων, αποστραγγίσεων, καταβιβασμού του υπόγειου ορίζοντα (well points), έρευνα διαπερατότητας.

Ως προς τη μέθοδο διάτρησης:

- περιστροφικές, όπου η προχώρηση γίνεται με υδραυλική πίεση και περιστροφή της γεωτρηκής στήλης δειγματοληψίας.

- κρουστικές, όπου η προχώρηση γίνεται κρουστικά χωρίς την λήψη πυρήνων (καρότων).

Ως προς την μέθοδο εξαγωγής του υλικού:

- Με την μέθοδο έκπλυσης (διοχέτευση υγρού διάτρησης), όπου διακρίνουμε τη:

- Μέθοδο κανονικής έκπλυσης, με διοχέτευση υγρού διάτρησης υπό πίεση διαμέσου των σωληνωμένων τοιχωμάτων του γεωτρήματος και επιστροφή του μέσω των κοίλων στελεχών της διατρητικής στήλης.

- Με την ξηρά μέθοδο (φραγμός), με διακοπή των υγρών έκπλυσης.

2.2 Περιστροφικές δειγματοληπτικές γεωτρήσεις

Η επιτυχία μιας Γεωτεχνικής έρευνας εξαρτάται κυρίως από την όσο το δυνατόν καλύτερη δειγματοληψία, σε όλο το βάθος του εδάφους που θα επηρεαστεί από την κατασκευή ενός έργου.

Η μέθοδος που αποδίδει την καλύτερη ποιότητα δειγμάτων εδάφους ή πετρώματος, με τις συνθήκες που δυνατόν να επικρατούν στο χώρο δειγματοληψίας, είναι η περιστροφική διάτρηση, και απόληψη πυρήνων με ειδικούς για κάθε περίπτωση πυρηνοσυλλέκτες (σωλήνες, δειγματολήπτες,

καροταρίες), που ανασύρουν τα δείγματα στην επιφάνεια του εδάφους από το βάθος διάτρησης.

Η χρήση μιας από τις μεθόδους περιστροφικής διάτρησης εξαρτάται από την ποιότητα του εδάφους που διατρήται. Έτσι κυρίως διακρίνουμε δύο μεθόδους:

2.3 Μέθοδος απευθείας διάτρησης με καροταρία.

Η πρώτη αυτή μέθοδος διάτρησης και δειγματοληψίας, χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που τα εδαφικά στρώματα μετά τη διάτρηση είναι δυνατόν να παραμείνουν στη θέση τους, χωρίς στο διάτρημα να παρατηρηθούν καταπτώσεις ή διογκώσεις των τοιχωμάτων του.

Κατά τη μέθοδο αυτή, η διάτρηση των επιφανειακών εδαφικών σχηματισμών, μέχρι το συμπαγές υπόβαθρο, γίνεται με περιστροφή της διατρητικής στήλης μέσα από κοίλες κοπτικές κεφαλές (κορώνες) και με απόληψη του δείγματος με δειγματολήπτες εδάφους ή πυρηνοσυλλέκτες, ενώ στη συνέχεια γίνεται χρήση και εφαρμογή σωλήνων για την επένδυση και προστασία του διατρήματος από κατολισθήσεις των τοιχωμάτων.

Στην περίπτωση αυτή η διάτρηση είναι δυνατόν να γίνεται με μονή κυρίως καροταρία (σωλήνα), για τα εδάφη και κοπτικής κεφαλής σκληρών μετάλλων (π.χ. καρβίδια του τουγκστενίου), ή διπλή για τα πετρώματα, με κοπτική κεφαλή με κόκκους ή σκόνη διαμαντιών (διαμαντοκορώνα), ανάλογα της σκληρότητάς τους.

2.4 Μέθοδος απευθείας διάτρησης και επένδυσης με σωλήνες επένδυσης.

Η δεύτερη μέθοδος διάτρησης και δειγματοληψίας, χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που τα εδαφικά στρώματα που διατρήονται, δεν παραμένουν στην θέση τους και στο διάτρημα παρατηρούνται καταπτώσεις των τοιχωμάτων, με κίνδυνο απώλειας της γεώτρησης ή και του εξοπλισμού γεώτρησης.

Στη περίπτωση της δεύτερης αυτής μεθόδου, η διάτρηση των επιφανειακών εδαφικών σχηματισμών, μέχρι το συμπαγές πέτρωμα, γίνεται απ' ευθείας με την χρησιμοποίηση σωλήνων επένδυσης που φέρουν στο πρόσθιο άκρο της στήλης κοπτική κεφαλή.

Στη μέθοδο αυτή, η διάτρηση κατά το δυνατόν γίνεται με τηλεσκοπική επένδυση του γεωτρήματος, με αρχική διάτρηση μονής κυρίως καροταρίας για τα εδάφη και κοπτικής κεφαλής σκληρών μετάλλων (π.χ. καρβίδια του τουγκστενίου), ή διπλής για τα πετρώματα, κοπτικής κεφαλής με κόκκους ή σκόνη διαμαντιών (διαμαντοκορώνα).

Στη συνέχεια ακολουθεί επαναδιάτρηση διεύρυνσης και προώθηση της σωλήνωσης επένδυσης μέχρι του πυθμένα του γεωτρήματος. Η κοπτική κεφαλή της σωλήνωσης επένδυσης (κορώνες πέλματος σωλήνων, Casing Shoe Bit), είναι συνήθως όμοια με την κοπτική κεφαλή του πυρινοσυλλέκτη ή και μιας τάξης κατώτερης από άποψη κοπτικής ικανότητας. Αυτό γίνεται επειδή έχουμε μόνον διεύρυνση του διατρήματος για την εισχώρηση της σωλήνωσης επένδυσης.

Στις μεθόδους αυτές θα πρέπει να συνυπολογίζεται πάντοτε και η δυσμενής ή ευνοϊκή επιρροή που εξασκεί στα τοιχώματα του γεωτρήματος, για τη συγκράτησή του, η ροή του νερού ή των υγρών έκπλυσης (π.χ. λάσπη μπετονίτου), κατά τη γεώτρηση.

2.5 ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΔΙΑΤΡΗΣΗ-ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

2.5.1 Εισαγωγή

Η ιστορική περίοδος της πετρελαϊκής βιομηχανίας ξεκίνησε το 1859 στην περιοχή Titusville της Pennsylvania, όταν για πρώτη φορά το πετρέλαιο βγήκε από ένα πηγάδι βάθους 69,5 ποδιών (~21 μέτρων) υπό μορφή πίδακα. Πριν το γεγονός αυτό μεγάλος αριθμός πηγαδιών είχαν ορυχθεί για παραγωγή νερού ή νάφθας για στεγανοποιήσεις, φωτισμό ή και ιατρικές χρήσεις. Η όρυξη των πηγαδιών βασιζόταν σε ένα απλό κρουστικό σύστημα, το οποίο περιελάμβανε ένα ογκώδες κοπίδι όμοιο με σμίλη γλύπτη που, μέσω μιας βαριάς ράβδου, συνδεόταν στην

επιφάνεια με δοκό κινούμενη κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Η θραύση του πετρώματος γινόταν με την απότομη πτώση του κοπιδιού. Η αποκομιδή των θρυμμάτων, η οποία έπρεπε να γίνεται κατά διαστήματα, ακολουθούσε περίπου την ακόλουθη διαδικασία: Το πηγάδι γέμιζε νερό και ένα λασπώδες μίγμα προέκυπτε από το νερό και τα θρύμματα. Ένα κυλινδρικό εργαλείο που έφερε στο ένα άκρο υποτυπώδη βαλβίδα κατέβαινε στον πυθμένα κενό, γέμιζε με το λασπώδες μίγμα, η βαλβίδα έκλεινε και το εργαλείο ανελκύετο στην επιφάνεια. Το 1900 ο Antony Lucas κατέδειξε την αποτελεσματικότητα της περιστροφικής διάτρησης με την ανακάλυψη του κοιτάσματος Spindeltop στο Texas. Ήταν ο πρώτος που συνδύασε τη χρήση της περιστροφικής διάτρησης με τη συνεχή εισπίεση λάσπης. Από τότε η τεχνολογία της περιστροφικής διάτρησης έχει αποκτήσει τεράστια εφαρμογή παγκοσμίως και έχει ενσωματώσει σημαντικά τεχνολογικά επιτεύγματα.

Στην περιστροφική διάτρηση χρησιμοποιούνται τρίκωνα κοπτικά άκρα το οποία φέρουν δόντια ή κοπτικά άλλου τύπου, όπως αδαμαντοκορώνες και πολυκρυσταλλικά αδαμαντοτρύπανα (Polycrystalline Diamond Compacts-PDC). Η αποσύνθεση του πετρώματος γίνεται με ταυτόχρονη περιστροφή του κοπτικού και άσκηση πίεσης επί αυτού. Γενικώς, το κοπτικό περιστρέφεται με την περιστροφή ολόκληρης της διατρητικής στήλης (διατρητικών στελεχών και αντιβάρων) μέσω της περιστροφικής τράπεζας η οποία εδράζεται επί της υποδομής του γεωτρύπανου. Η δύναμη (βάρος) επί του κοπτικού ασκείται μέσω στελεχών με μεγάλο πάχος τοιχωμάτων (αντιβάρων και βαριών στελεχών), τα οποία τοποθετούνται στη διατρητική στήλη αμέσως πάνω από το κοπτικό άκρο. Σοβαρό πλεονέκτημα αποτελεί η συνεχής κυκλοφορία ρευστού το οποίο εισπιέζεται μέσω της διατρητικής στήλης και του κοπτικού και μεταφέρει τα θρύμματα στην επιφάνεια, έτσι ώστε το μέτωπο κοπής (επαφή κοπτικού-πετρώματος) να είναι συνεχώς ελεύθερο από τα προκύπτοντα θρύμματα. Η μεταφορά των θρυμμάτων γίνεται μέσω του δακτυλίου της γεώτρησης (διάκενο μεταξύ διατρητικής στήλης και τοιχωμάτων γεώτρησης). Το ρευστό που επιστρέφει στην επιφάνεια ακολουθεί διαδικασία καθαρισμού και επανάχρησης.

2.5.2 Περιστροφικό γεωτρύπανο

Το περιστροφικό γεωτρύπανο (σχήμα 2.1) είναι μια σύνθετη συνδεσμολογία μηχανικών μερών που πρέπει να εξυπηρετεί τις παρακάτω λειτουργίες:

Εφαρμογή βάρους επί του κοπτικού

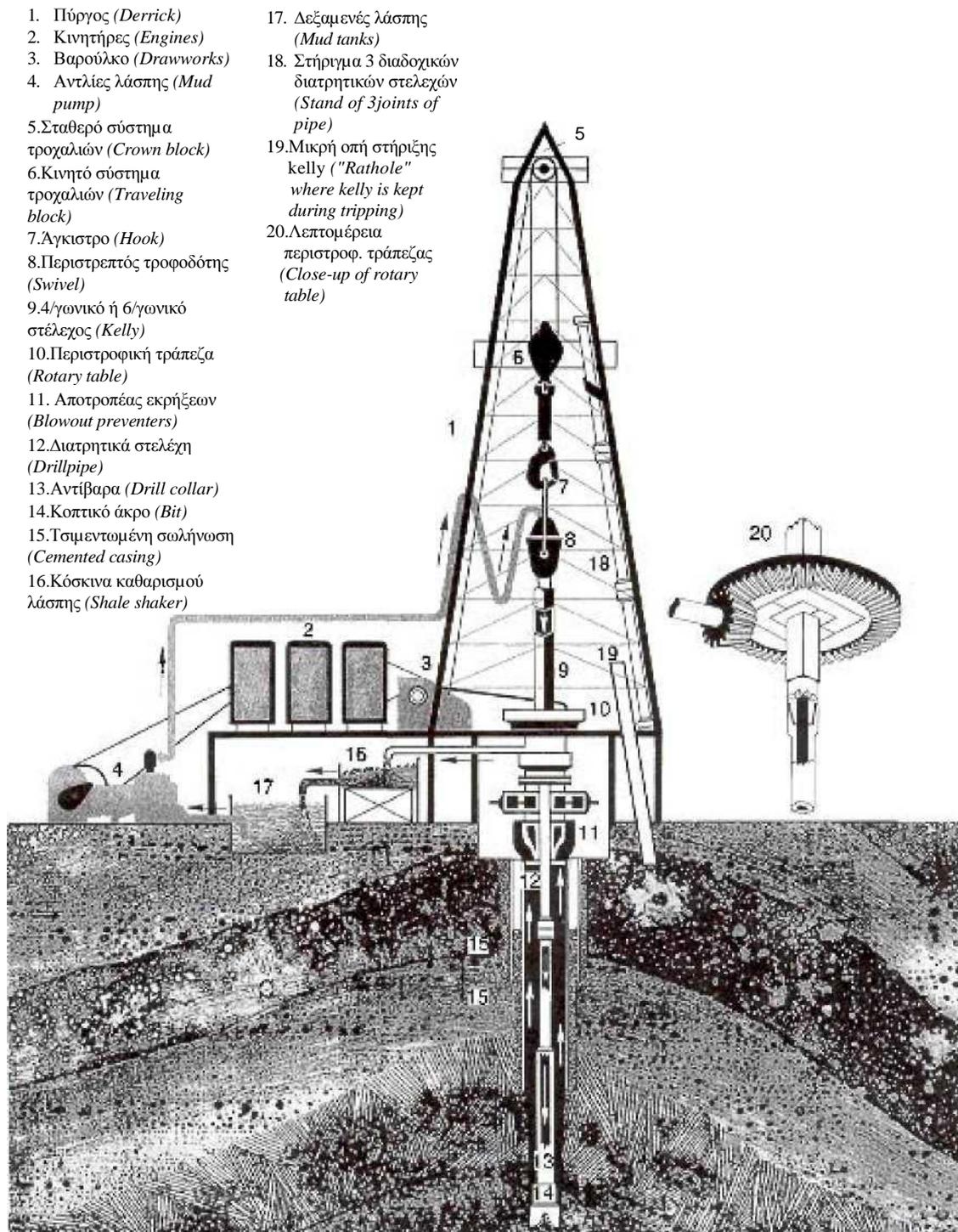
Περιστροφή του κοπτικού

Κυκλοφορία του ρευστού διάτρησης

Βοηθητικές μετακινήσεις του εξοπλισμού που βρίσκεται στο υπέδαφος

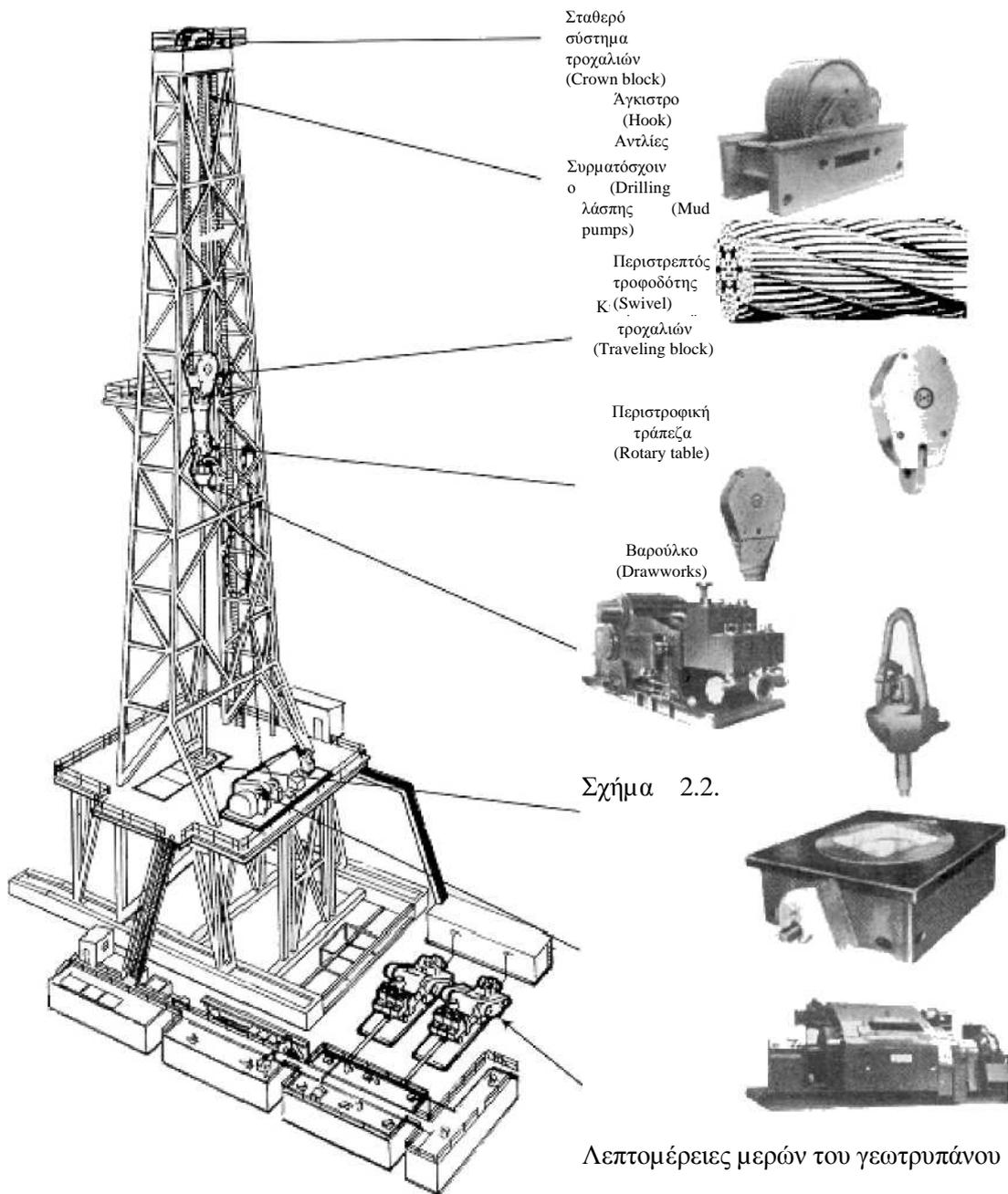
Καταγραφή και έλεγχο των παραμέτρων της διάτρησης

Ασφάλεια λειτουργίας του εξοπλισμού και εκτέλεσης του έργου



Σχήμα 2.1. Σχηματική διάταξη περιστροφικού γεωτρύπανου ξηράς

Λεπτομέρειες ορισμένων μερών του γεωτρητικού εξοπλισμού παρουσιάζονται και στο σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2.

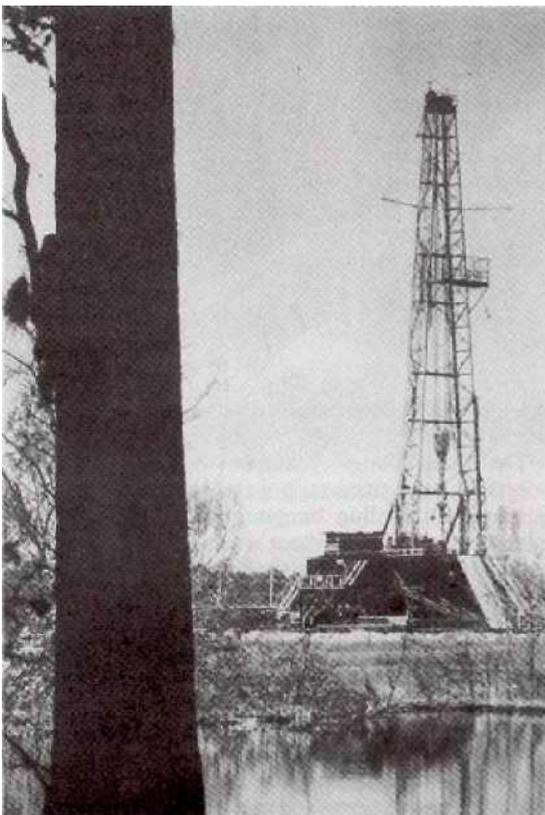
Λεπτομέρειες μερών του γεωτρυπάνου

Τα περιστροφικά γεωτρύπανα διακρίνονται σε χερσαία (onshore) και θαλάσσια γεωτρύπανα (offshore). Στα χερσαία γεωτρύπανα οι κύριες σχεδιαστικές παράμετροι αφορούν στη δυνατότητα (ευκολία) μεταφοράς τους και το μέγιστο βάθος λειτουργίας τους. Διακρίνονται, επομένως σε συμβατικά (conventional) και κινητά (mobile). Εντούτοις, το κόστος επέβαλλε

την κατασκευή χερσαίων γεωτρυπάνων με πύργους μεταφερόμενους και επαναχρησιμοποιούμενους. Τμήματα των νέου τύπου γεωτρυπάνων αποσυνδέονται και μεταφέρονται στη θέση επιλογής όπου και συναρμολογούνται εκ νέου.

Στα κινητά εντάσσονται τα αρθρωτά (*jackknife*) και τα αυτομεταφερόμενα (*self portable*). Το αρθρωτό γεωτρύπανο (σχήμα 2.3) συναρμολογείται με πύργους επί του εδάφους και ακολούθως ανυψώνεται σαν ενιαία μονάδα.

Τα αυτομεταφερόμενα γεωτρύπανα (σχήμα 2.4), τα οποία είναι κατάλληλα για μέσου βάθους γεωτρήσεις, είτε φέρονται επί τροχοφόρων ή ερπυστριοφόρων συστημάτων, είτε ρυμουλκούνται. Μαζί με τον πύργο φέρονται και τα άλλα μέρη του γεωτρυπάνου όπως κινητήρες και ανυψωτικοί μηχανισμοί.



Σχήμα 2.3. Αρθρωτό χερσαίο γεωτρύπανο



Σχήμα 2.4. Αυτομεταφερόμενο χερσαίο γεωτρύπανο

Οι κύριες παράμετροι σχεδιασμού των θαλάσσιων γεωτροπάνων είναι το μέγιστο βάθος νερού όπου μπορούν να λειτουργήσουν και η ευκολία μεταφοράς. Διακρίνονται σε σταθερές κατασκευές [εδραζόμενες επί του πυθμένα (bottom support)] και σε πλωτές (floating). Οι σταθερές εξέδρες εμφανίζουν περιορισμένες κινήσεις υπό την επίδραση του κυματισμού και των θαλάσσιων ρευμάτων. Είτε συνδέονται με τον πυθμένα της θάλασσας με πασσάλους που εισχωρούν σ' αυτόν, είτε στηρίζονται πάνω του με επίπεδη θεμελίωση.

Οι πρώτες είναι μεταλλικά χωροδικτυώματα ευρύτερα γνωστά ως jackets, οι δεύτερες αναφέρονται ως πλατφόρμες βαρύτητας και κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στις πλωτές κατασκευές ανήκουν οι πλωτές ημιβυθιζόμενες πλατφόρμες (semi-submersible) και τα γεωτρητικά σκάφη (drill-ship).

Οι πλατφόρμες βαρύτητας, λόγω των μεγάλων διαστάσεων και του μεγάλου βάρους δεν χρειάζονται πρόσθετα μέσα συγκράτησης.

Για παράδειγμα, η πλατφόρμα βαρύτητας CONDEEP η οποία έχει τοποθετηθεί στο πεδίο Brent της Β. Θάλασσας σε βάθος νερού 145 μέτρα, έχει στη βάση διατεταγμένα 16 κατακόρυφα κυλινδρικά σώματα διαμέτρου 20 μέτρων και ύψους 50 μέτρων, που χρησιμοποιούνται ως αποθηκευτικοί χώροι ή χώροι ερματισμού. Η θεμελίωση και οι τρεις πυλώνες είναι κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το συνολικό της βάρος κυμαίνεται από 200000t έως 820000t ανάλογα τον ερματισμό.

Οι εξέδρες τύπου jacket (σχήμα 2.5 και 2.6) θεμελιώνονται στον πυθμένα με πασσάλους που διέρχονται μέσα από κοίλα κυλινδρικά στοιχεία στήριξης του χωροδικτυώματος, τα οποία όμως διατάσσονται και περιμετρικά για την εξασφάλιση της στήριξης. Ανάλογης μορφής είναι οι εξέδρες στον Πρίνο (Θάσος) σε βάθος θάλασσας 45 μέτρων, ενώ οι πάσσαλοι έχουν εισχωρήσει στον πυθμένα κατά 50 μέτρα. Οι μεγαλύτερες σε μέγεθος

τέτοιες πλατφόρμες είναι οι COGNAT και BULL WINKLE εγκατεστημένες στον κόλπο του Μεξικού σε βάθος νερού 315 και 415 μέτρα αντίστοιχα. Οι εγκαταστάσεις αυτές μπορεί να είναι είτε αυτοδύναμες, δηλαδή να φέρουν όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για τις εργασίες της διάτρησης επί αυτών, καθώς και τα απαραίτητα καταλύματα και τους χώρους δραστηριότητας του προσωπικού, είτε υποστηριζόμενες, οπότε μέρος του γεωτρητικού εξοπλισμού ή/και της εστίασης του προσωπικού βρίσκεται σε συνοδευτικό πλωτό.



Σχήμα 2.5. Εξέδρα τύπου jacket (αυτοδύναμη)



Σχήμα 2.6. Εξέδρα τύπου jacket (υποστηριζόμενη)

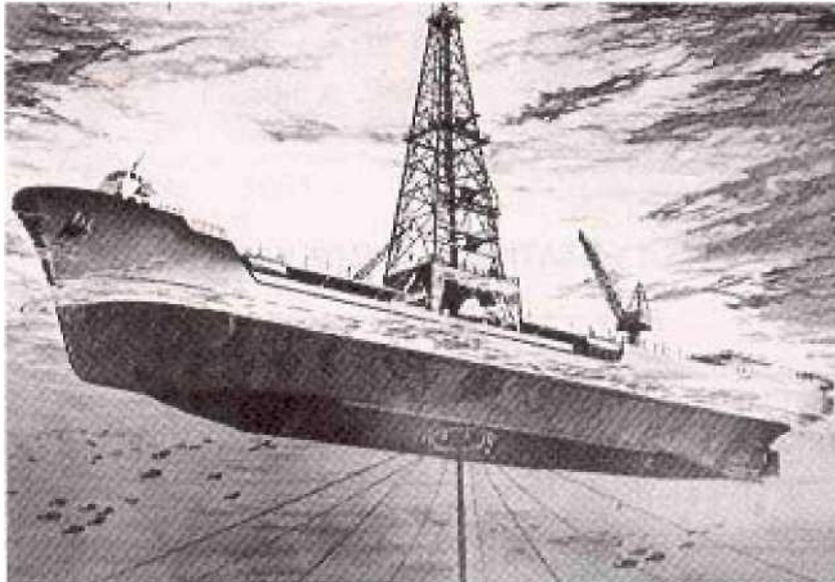
Οι εξέδρες τύπου **jackup** (σχήμα 2.7) είναι οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες σήμερα κατασκευές για την όρυξη υποθαλάσσιων γεωτρήσεων. Αποτελούνται από μια κατασκευή τύπου φορτηγίδας (μπάρτζας) και τρεις ή πέντε πυλώνες (πόδια) οι οποίοι, όταν εκτείνονται, στηρίζουν το πλωτό μέρος. Η κατασκευή είναι πλήρως αυτοδύναμη (φέρει όλο τον απαιτούμενο εξοπλισμό για τις εργασίες και το προσωπικό επί αυτής) και συνοδεύεται από ένα εφεδρικό πλοiάριο για λόγους ασφαλείας. Το jackup ρυμουλκείται, με ανυψωμένους τους πυλώνες, στη θέση του έργου. Οι πυλώνες κατέρχονται, εδράζονται επί του πυθμένα και το πλωτό μέρος ανυψώνεται στον αέρα. Μετά το πέρας της διάτρησης, οι πυλώνες ανυψώνονται εκ νέου και η εξέδρα ρυμουλκείται σε νέα θέση.



Σχήμα 2.7. Εξέδρα τύπου jackup



Σχήμα 2.8. Πλωτή ημιβυθιζόμενη πλατφόρμα



Σχήμα 2.9. Γεωτρητικό σκάφος

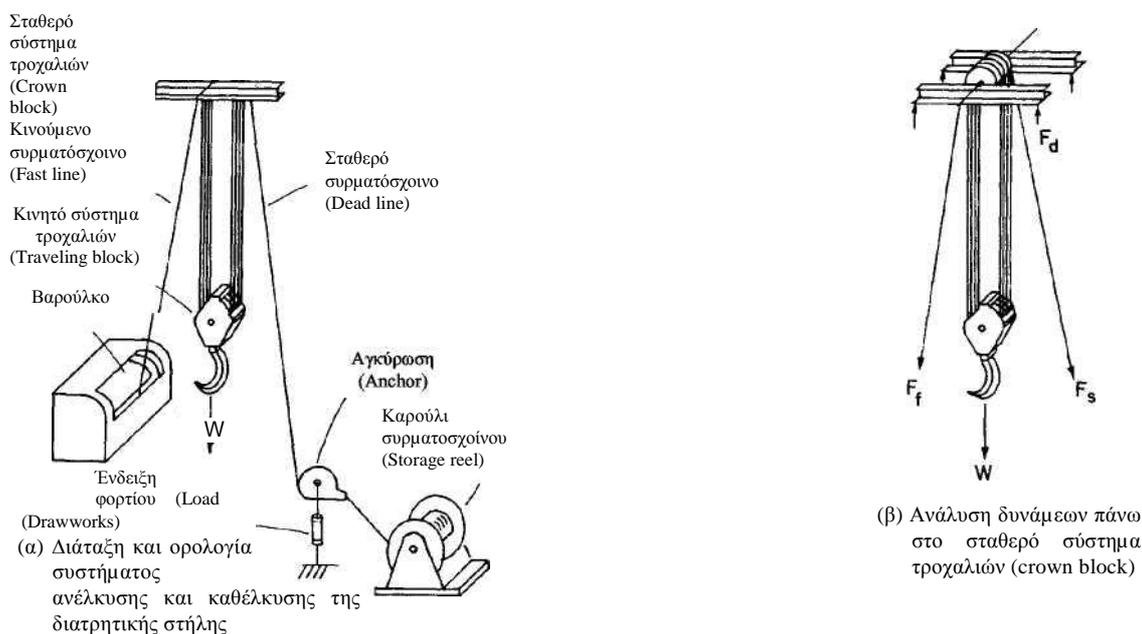
Οι ημιβυθιζόμενες πλατφόρμες (semi-submersibles) (σχήμα 2.8) αποτελούν τη γνωστότερη εξέλιξη στις πλωτές εξέδρες. Διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: με πολλαπλές γάστρες (multi-hull) ή πολλαπλούς πυλώνες (multi-legs). Μεταφέρονται στη θέση του έργου ρυμουλκούμενες ή αυτοπροωθούμενες, με τους πυλώνες εκτός νερού. Φέρουν έλικες πρόωσης για κίνηση και ρύθμιση της ακριβούς θέσης της εξέδρας πάνω από τη θέση της γεώτρησης, ανάλογα με τον κυματισμό και τα θαλάσσια ρεύματα. Έχουν καλύτερη δυναμική συμπεριφορά σε κυματισμούς έναντι των γεωτρητικών σκαφών, μεγάλη επιφάνεια καταστρώματος και υψηλή ταχύτητα μεταφοράς (7-10 κόμβοι). Το κόστος κατασκευής και συντήρησης όμως είναι υψηλό και παρουσιάζουν μειωμένες δυνατότητες διέλευσης από τις διώρυγες Σουέζ και Παναμά στην περίπτωση διηπειρωτικής μεταφοράς.

Τα γεωτρητικά σκάφη (drill-ships) (σχήμα 2.9) είναι συμβατικά πλοία εφοδιασμένα με τον απαραίτητο γεωτρητικό εξοπλισμό και σύστημα αγκύρωσης πολλαπλών κλάδων, που επιτρέπει τον προσανατολισμό κατά τη διεύθυνση πρόσπτωσης των κυμάτων, με στόχο τη μείωση των

κινήσεων. Αυτό επιτυγχάνεται με κυλιόμενη έδραση του γεωτρυπάνου που επιτρέπει την περιστροφή του κατά τον κατακόρυφο άξονά του.

2.5.3 Το σύστημα ανάρτησης, καθέλκυσης και ανέλκυσης της διατρητικής στήλης

Οι λειτουργίες του συστήματος είναι η ανέλκυση και η καθέλκυση της διατρητικής στήλης, της σωλήνωσης ή άλλου βοηθητικού εξοπλισμού από και προς τη γεώτρηση. Περιλαμβάνει τον πύργο και την υποδομή του γεωτρυπάνου, το σταθερό και το κινητό σύστημα τροχαλιών και το βαρούλκο. Η σχηματική απόδοση του συστήματος παρουσιάζεται στο σχήμα 2.10.



Σχήμα 2.10. Σχηματική απόδοση του συστήματος ανέλκυσης και καθέλκυσης.

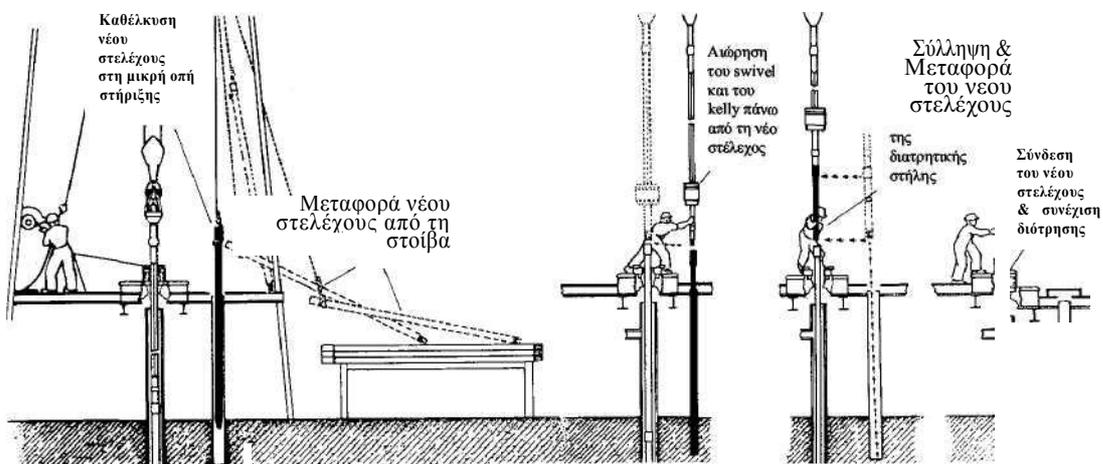
Από τις λειτουργίες, οι κύριες, οι οποίες πραγματοποιούνται σε συνεχή βάση, είναι:

α. Η συναρμολόγηση των διατρητικών στελεχών ή, άλλως, η πρόσθεση διατρητικών στελεχών στη διατρητική στήλη καθώς η όρυξη του πηγαδιού εξελίσσεται. Η λειτουργία αυτή αποδίδεται παραστατικά στο σχήμα 2.11.

Για λόγους καλύτερης κατανόησης των χειρισμών της διατρητικής στήλης παρατίθεται το σχήμα 2.12 το οποίο δίδει την εξέλιξη της διάτρησης κατά φάσεις. Κάθε φάση αναλύεται ακολούθως στα σχετικά Κεφάλαια. Θα πρέπει να αναφερθεί, επιγραμματικά, και στο παρόν Κεφάλαιο, ότι πριν την εγκατάσταση του γεωτρυπάνου, ανοίγεται μια μεγάλη σε διάμετρο οπή οδηγός (conductor), η οποία επενδύεται με σωλήνωση και τσιμεντώνεται το διάκενο μεταξύ σωλήνωσης και τοιχωμάτων της οπής. Η οπή οδηγός

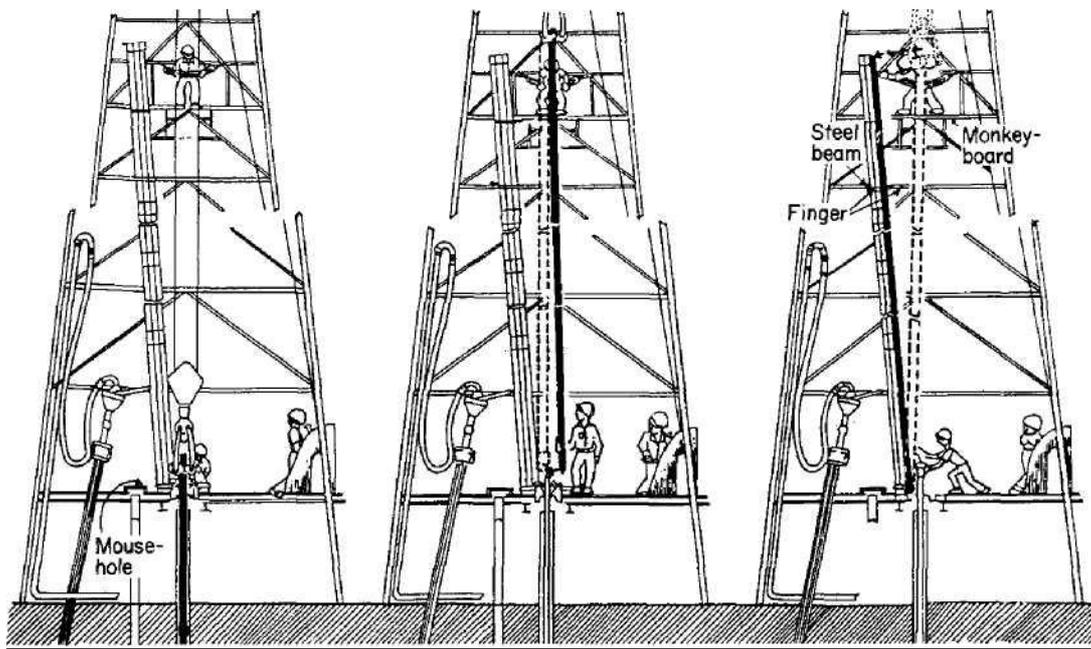
υποδέχεται τα άγκιστρα των σωληνώσεων, με τις οποίες επενδύεται το εσωτερικό της γεώτρησης και το μηχανισμό ασφαλείας.

Η διάτρηση ξεκινά με διάμετρο μικρότερη αυτής της οπής οδηγού και προχωρεί μέχρι κάποιου βάθους. Το τμήμα που έχει διατρυθεί, σωληνώνεται και τσιμεντώνεται το διάκενο μεταξύ σωλήνωσης και τοιχωμάτων του πηγαδιού. Ομοίως διεξάγεται η όρυξη και των τμημάτων που ακολουθούν, έως το τελικό βάθος. Η γεώτρηση αποκτά τηλεσκοπικό σχήμα (σε τομή), μειούμενης διαμέτρου αυξανόμενου του βάθους.



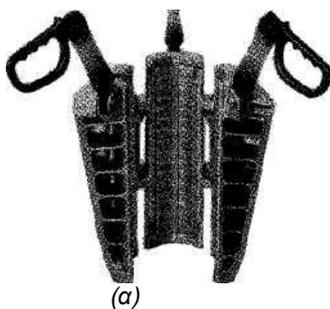
Σχήμα 2.11 και 2.12 Συναρμολόγηση διατρητικών στελεχών

β. Η ανέλκυση της διατρητικής στήλης από τη γεώτρηση στην επιφάνεια για την αλλαγή τμήματος της κατώτερης συνδεσμολογίας της (π.χ. κοπτικό, σταθεροποιητές, βαριά διατρητικά στελέχη κ.λπ.) και η καθέλκυσή της ξανά μέσα στο πηγάδι για τη συνέχιση της διάτρησης. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται στο σχήμα 2.13. Στο εξής οι χρόνοι αυτοί θα αναφέρονται ως χρόνοι «μανούβρας».



Σχήμα 2.13. Ανέλκυση και καθέλκυση διατρητικής στήλης

Στον πρόσθετο βοηθητικό εξοπλισμό, για τη συγκράτηση και την ακινητοποίηση της διατρητικής στήλης κατά τις μετακινήσεις της, ανήκουν μεταξύ άλλων και οι λεγόμενες λαβές, οι οποίες είναι διαφορετικής μορφής ανάλογα τον τύπο των στελεχών στον οποίο αναφέρονται (διατρητικά στελέχη, αντίβαρα ή σωληνώσεις) (σχήμα 2.14).

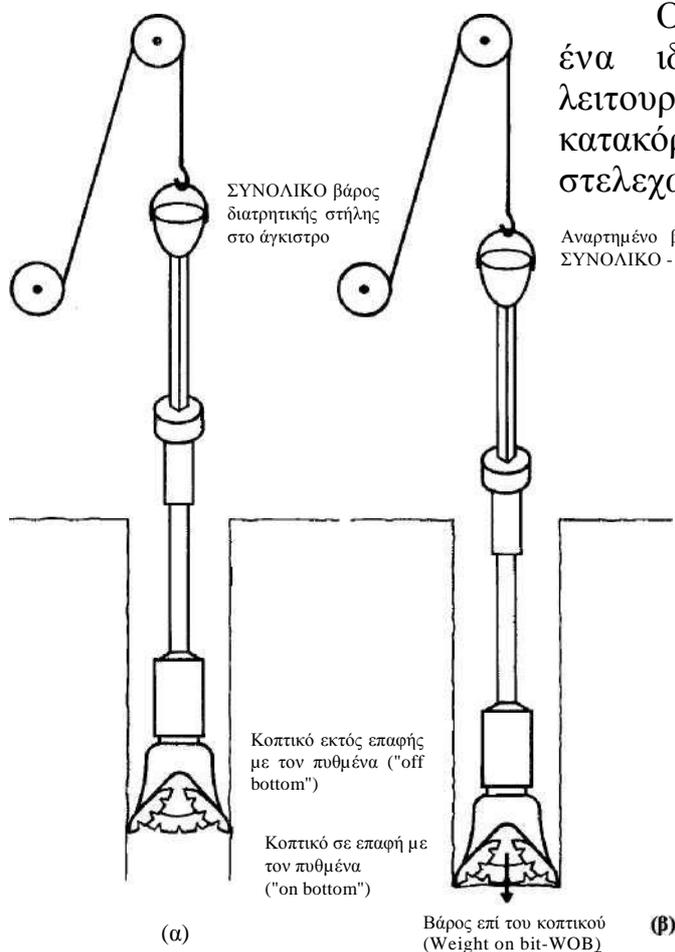


(b)



Σχήμα 2.14. Λαβές ακινητοποίησης διατρητικών στελεχών (a), αντιβάρων (b).

Παράλληλα των λειτουργιών αυτών, το σύστημα ανάρτησης συμβάλλει στην άσκηση του βάρους επί του κοπτικού (weight on bit), κύρια παράμετρο στην πραγματοποίηση της αποσύνθεσης του πετρώματος. Το βάρος εξασφαλίζεται από τα αντίβαρα και τα βαριά διατρητικά στελέχη, τα οποία τοποθετούνται αμέσως επάνω από το κοπτικό άκρο. Το συνολικό βάρος της διατρητικής στήλης είναι κάθε φορά γνωστό από την καταγραφή του φορτίου του άγκιστρου όταν το κοπτικό δεν είναι σε επαφή με τον πυθμένα της γεώτρησης [σχήμα 2.15 (α)]. Το βάρος επί του κοπτικού είναι η διαφορά μεταξύ της πρώτης τιμής και της καταγραφής του φορτίου του άγκιστρου όταν το κοπτικό εδράζεται στον πυθμένα της γεώτρησης [σχήμα 2.15 (β)].



Ο πύργος του γεωτροπάνου έχει ένα ιδιαίτερο ρόλο σε αυτές τις λειτουργίες, καθώς παρέχει το κατακόρυφο ύψος για την ανύψωση των στελεχών ή την καταβίβασή τους. Όσο

μεγαλύτερο είναι το ύψος του πύργου, τόσο περισσότερα στελέχη μπορούν να χειριστούν ταυτόχρονα και επομένως οι νεκροί χρόνοι μειώνονται δραστικά. Τα διατρητικά στελέχη που συνήθως χρησιμοποιούνται έχουν μήκος 27 ft ή 30 ft. Ανάλογα με το ύψος του πύργου, τμήματα αποτελούμενα από δύο, τρία ή και τέσσερα συναρμολογημένα στελέχη μπορούν να διευθετηθούν ταυτόχρονα, έτσι ώστε οι μετακινήσεις της

Σχήμα 2.15. Έλεγχος βάρους επί του κοπτικού

διατρητικής στήλης να γίνονται γρήγορα και αποτελεσματικά.

Επιπλέον, ο πύργος καθορίζει το μέγιστο φορτίο που μπορεί να φέρει, καθώς και

την αντοχή του γεωτροπάνου

σε καταπονήσεις λόγω ανέμου. Συνήθως εξετάζεται η περίπτωση όπου όλη η διατρητική στήλη είναι εκτός πηγαδιού και στηρίζεται επί του πύργου, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.13, ενώ η διεύθυνση του ανέμου είναι προς την φορά στήριξης των στελεχών, οπότε, τα φορτία που προκύπτουν είναι πολύ μεγάλα.

Η υποδομή του πύργου αναλαμβάνει τα συνολικά φορτία (πύργου και περιστροφικής τράπεζας) και τα μεταφέρει στο έδαφος. Το ύψος της πρέπει να είναι ικανό για να τοποθετηθεί κάτω από αυτήν το σύστημα ασφαλείας (αποτροπέας εκρήξεων).

Η κατασκευή της υποδομής θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του εδάφους στην περιοχή του προς εκτέλεση έργου.

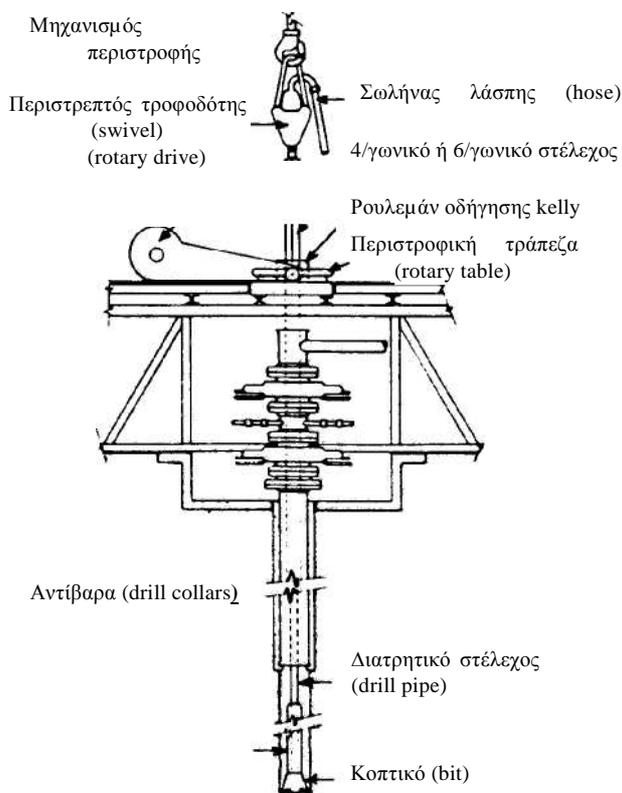
Το βαρούλκο είναι από τα σημαντικότερα λειτουργικά μέρη του γεωτρυπάνου (σχήματα 2.1 και 2.2). Με τη βοήθειά του γίνονται όλοι οι χειρισμοί της διατρητικής στήλης και των σωληνώσεων.

Το βασικό του τμήμα αποτελείται από ένα τύμπανο στο οποίο μεταδίδεται η κίνηση από τους κινητήρες. Το τύμπανο φέρει ελικοειδείς αύλακες όπου περιελίσσεται το συρματόσχοινο το οποίο διέρχεται από το σταθερό σύστημα τροχαλιών και καταλήγει στο αποθηκευτικό καρούλι (storage reel) και την αγκύρωση (anchor), έτσι ώστε να ισοκατανέμονται τα φορτία επί όλων των σημείων έδρασης του γεωτρυπάνου (σχήμα 2.10).

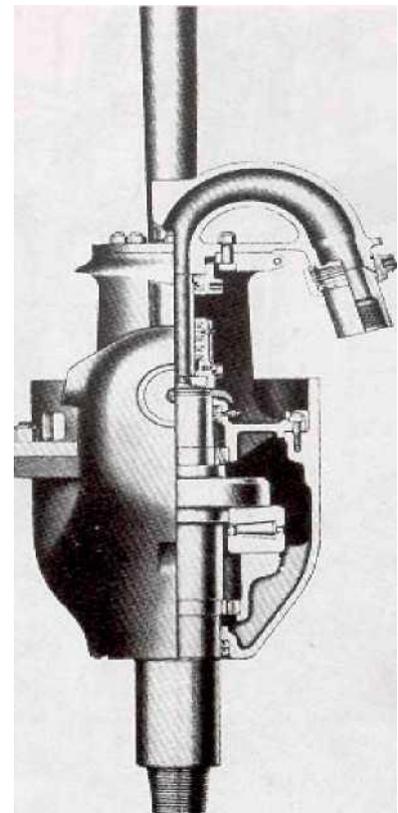
Το βαρούλκο φέρει εν σειρά σύστημα υδραυλικών και μηχανικών φρένων για την ακινητοποίησή του.

2.5.4 Το σύστημα περιστροφής

Το σύστημα περιστροφής περιλαμβάνει τον περιστρεπτό τροφοδότη (swivel), το εξαγωνικό ή τετραγωνικό στέλεχος (kelly), την περιστροφική τράπεζα (rotary table), τον κύριο τριβέα (ρουλεμάν) (master bushing), τα ρουλεμάν οδήγησης του kelly (kelly drive bushing), και τη διατρητική στήλη (drill string) (σχήμα 2.16).



Σχήμα 2.16. Σχηματική παρουσίαση του συστήματος περιστροφής



Σχήμα 2.17. Περιστρεπτός τροφοδότης

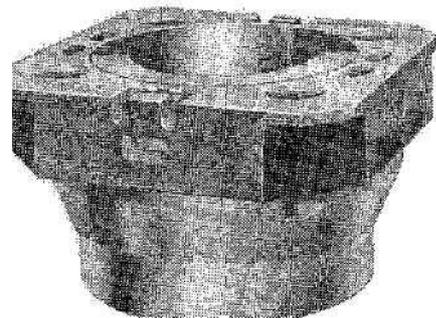
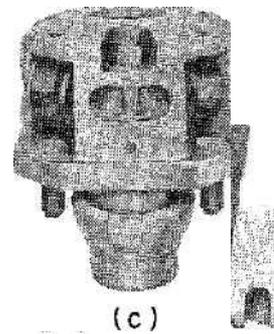
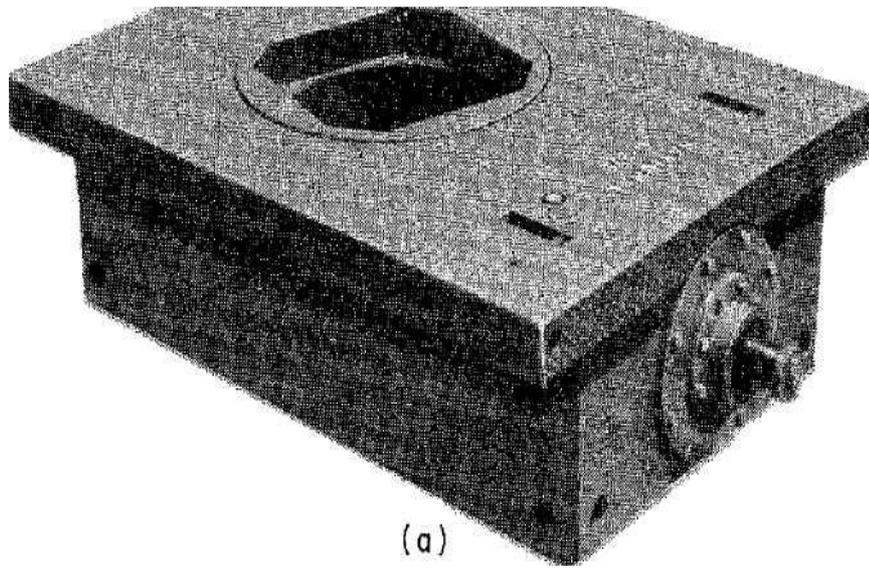
Ο περιστρεπτός τροφοδότης (σχήμα 2.17) συνδέεται με το 4/γωνικό ή 6/γωνικό στέλεχος και αναρτάται από το άγκιστρο. Είναι το πρώτο περιστρεφόμενο τμήμα του συστήματος και έχει τρεις βασικές λειτουργίες: 1. Αποτρέπει τη μεταφορά της περιστροφής στα μέρη του εξοπλισμού που είναι υπεράνω του άγκιστρου. Αυτό εξασφαλίζεται με την περιστροφή μόνο του μισού κατώτερου τμήματος του τροφοδότη. 2. Φέρει το βάρος της διατρητικής στήλης αφού επ'αυτού συναρμολογείται το kelly και ακολουθεί η υπόλοιπη

διατηρητική στήλη. 3. Μέσω του τροφοδότη (ως εκ τούτου και το όνομα) εισπνέζεται το ρευστό διάτρησης εντός του kelly και της διατηρητικής στήλης.

Το kelly, είναι το πρώτο στέλεχος της διατηρητικής στήλης και έχει 4/γωνική ή 6/γωνική διατομή. Αναλυτικά στοιχεία για το kelly και τα στελέχη δίδονται στο Κεφάλαιο του σχεδιασμού της διατηρητικής στήλης.

Η ροπή στρέψης μεταδίδεται στο kelly μέσω των ρουλεμάν οδήγησης τα οποία προσαρμόζονται μέσα στην περιστροφική τράπεζα (σχήμα 2.18).

Η περιστροφική τράπεζα (σχήμα 2.18) φέρει τον κύριο τριβέα ο οποίος περιστρέφεται και στο άνοιγμά του εδράζονται τα ρουλεμάν οδήγησης του Kelly. Οι διαστάσεις του ανοίγματος πρέπει να είναι ικανές για να διευκολύνεται η δίοδος των κοπτικών που θα χρησιμοποιηθούν. Εντός του ανοίγματος τοποθετούνται και οι λαβές για τους χειρισμούς της διατηρητικής στήλης.

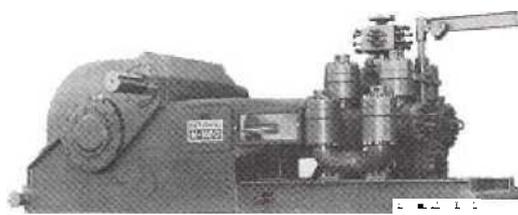


Σχήμα 2.18. Σύστημα περιστροφής :
Περιστροφική τράπεζα (a), κύριος
τριβέας (b), ρουλεμαν οδήγησης του
kelly(c)

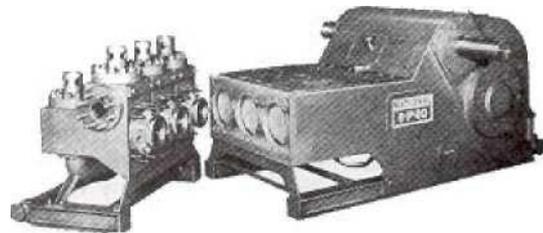
2.5.5 Οι αντλίες

Οι αντλίες αποτελούν το βασικό μέρος του συστήματος κυκλοφορίας των ρευστών. Αναλυτικά στοιχεία αναφέρονται στο σχετικό Κεφάλαιο που αφορά στα ρευστά διάτρησης.

Οι αντλίες εξασφαλίζουν την απαιτούμενη παροχή και πίεση του ρευστού μέσα στη γεώτρηση και ειδικότερα στον πυθμένα της πηγαδιού, ώστε η αποκομιδή των θρυμμάτων της διάτρησης να είναι αποτελεσματική. Οι αντλίες μπορεί να διαθέτουν δύο (duplex) ή τρεις (triplex) εμβολοφόρους κυλίνδρους (σχήμα 2.19).



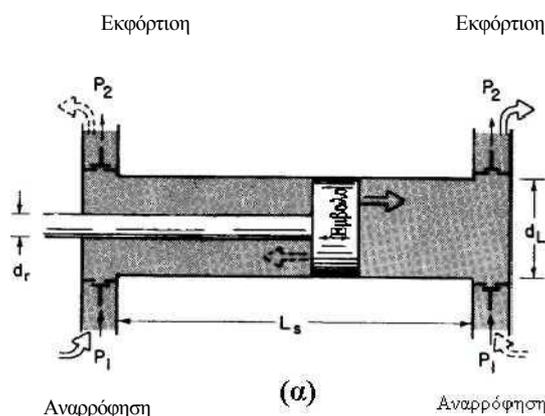
(α) Αντλία δύο κυλίνδρων
(Duplex design)



(β) Αντλία τριών κυλίνδρων
(Triplex design)

Σχήμα 2.19. Αντλίες δύο και τριών κυλίνδρων

Οι διπλού τύπου αντλίες είναι, συνήθως, αντλίες διπλής δράσης, δηλαδή αντλούν (αναρρόφηση-suction) και κατά την προς τα εμπρός αλλά και κατά την προς τα πίσω κίνηση του εμβόλου [σχήμα 2.20 (α)]. Η τριπλού τύπου αντλίες είναι απλής δράσης, δηλαδή αντλούν μόνο κατά την προς τα πίσω κίνηση του εμβόλου.

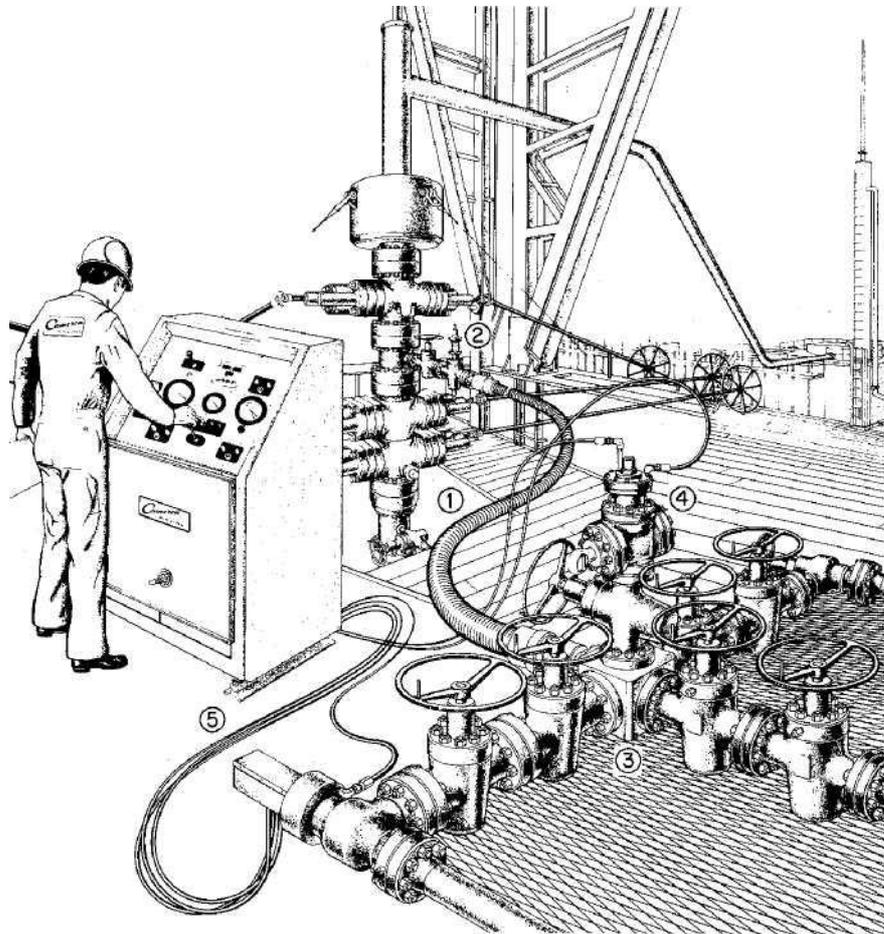


Σχήμα 2.20. Σχηματική λειτουργία αντλιών διπλού και τριπλού τύπου

2.5.6 Ο μηχανισμός ασφαλείας

Ο βασικός έλεγχος των πιέσεων μέσα στη γεώτρηση εξασφαλίζεται από την υδροστατική πίεση που ασκεί το κυκλοφορούν ρευστό μέσα στο πηγάδι. Εάν οι ιδιότητες του ρευστού διάτρησης είναι ανεπαρκείς για αυτή τη λειτουργία, μπορεί να συμβεί ανεξέλεγκτη εισροή ρευστών (νερό, πετρέλαιο, αέριο) μέσα στη γεώτρηση από τους διατρυόμενους σχηματισμούς, με σοβαρότατους κινδύνους για το προσωπικό και το έργο στο σύνολό του. Σε μια τέτοια περίπτωση, η γεώτρηση πρέπει να απομονωθεί (σφραγιστεί) για την αποφυγή εκτινάξεων (kicks) ή/και εκρήξεων (blowouts). Παράλληλα, θα πρέπει να προετοιμαστεί το σχέδιο επέμβασης για τη σταδιακή εκτόνωση και αποκατάσταση του πηγαδιού. Η διεθνής πραγματικότητα έχει, δυστυχώς, καταγράψει αρκετά σοβαρά ατυχήματα που οφείλονται στον ελλιπή έλεγχο των γεωτρήσεων.

Ο εξοπλισμός με τον οποίο επιτυγχάνεται το σφράγισμα και η εκτόνωση της γεώτρησης περιλαμβάνει τον αποτροπέα εκτινάξεων και εκρήξεων (BOP), που είναι η κύρια μονάδα και τον συμπληρωματικό εξοπλισμό του (βαλβίδες, βάνες, σύστημα πολλαπλών διακλαδώσεων-manifold, πίνακας ελέγχου κ.λπ.) (σχήμα 2.21).

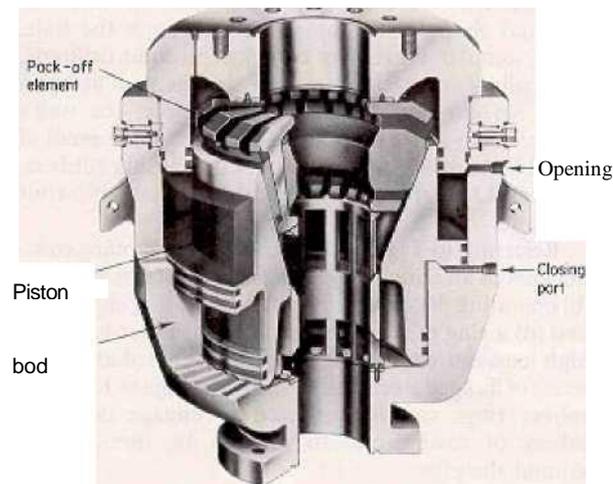


Σχήμα 2.21. Σύστημα ασφαλείας

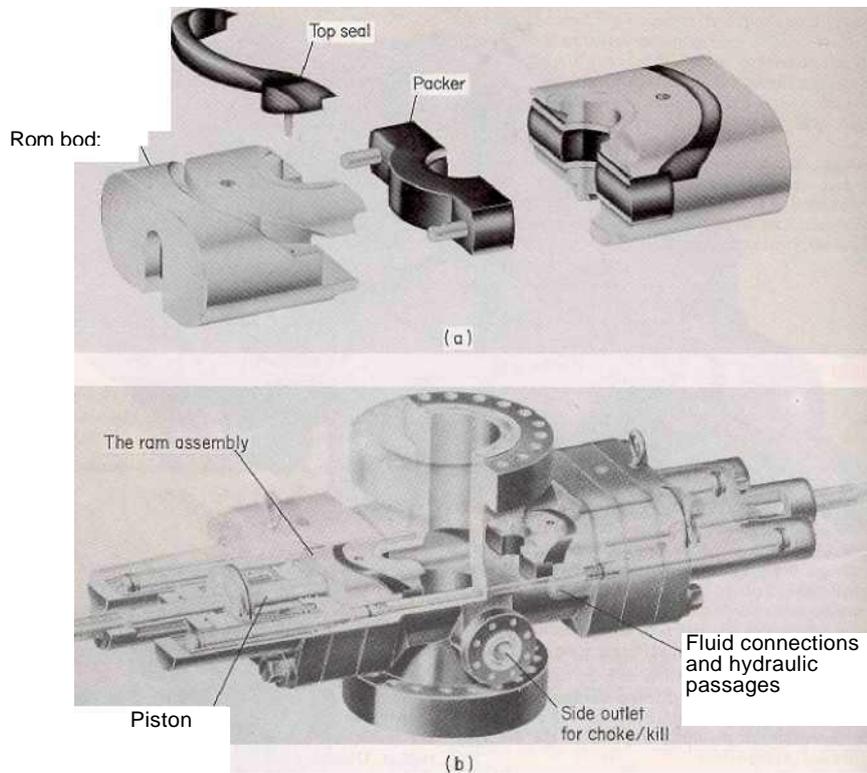
Το BOP τοποθετείται κάτω από την υποδομή του γεωτρύπανου και μέσα στην οπή οδηγό (σχήμα 2.12 και 2.16). Η διατρητική στήλη διέρχεται μέσω του BOP. Αποτελείται από δύο μέρη τα οποία δρουν ως ισχυρές σύνθετες βαλβίδες. Το ένα, το οριζόντιο, φέρει δακτυλιοειδή έμβολα (σχήμα 2.22) και είναι σχεδιασμένο να διακόπτει τη λειτουργία οποιουδήποτε μέρους του εξοπλισμού διέρχεται από αυτό ανεξαρτήτως μεγέθους και τύπου. Όταν δημιουργηθεί πρόβλημα και η διατρητική στήλη είναι εκτός γεώτρησης σφραγίζεται πλήρως το άνοιγμα του πηγαδιού, ενώ όταν η διατρητική στήλη βρίσκεται μέσα στη γεώτρηση τα έμβολα συμπιέζονται στεγανά σε κάθε σημείο της επιφάνειάς της. Επομένως, μπορεί να σφραγίζει τον δακτύλιο της γεώτρησης υπό την παρουσία kelly, διατρητικών στελεχών, αντιβάρων, βαριών διατρητικών στελεχών ή και σωλήνωσης (η αποτροπή της εκτίναξης ρευστού μέσα από τη διατρητική στήλη εξασφαλίζεται από βαλβίδες ασφαλείας που τοποθετούνται στην κορυφή και στο τέλος του kelly ή και από βαλβίδες που τοποθετούνται στις συνδέσεις των διατρητικών στελεχών). Το BOP φέρει

βαλβίδες εξόδου για την ελεγχόμενη έξοδο του ρευστού στην επιφάνεια και βαλβίδες εισόδου για τη διοχέτευση νέου ρευστού με ιδιότητες ικανές να αντιμετωπίσουν τις πιέσεις που επικρατούν στη γεώτρηση.

Το δεύτερο, το κατακόρυφο, αποτελεί μια συνδεσμολογία τύπων εμβόλων τα οποία συνδέονται το ένα επί του άλλου και εξυπηρετούν συγκεκριμένες διαμέτρους και τύπους στελεχών, ενώ αντέχουν σε διαφορετικά μεγέθη πιέσεων. Επομένως, ανάλογα με την προχώρηση της γεώτρησης (βάθος), τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό και τον επιθυμητό βαθμό ασφάλειας, μπορούν να προστίθενται διαδοχικά τμήματα του εξοπλισμού. Κάθε τμήμα του εξοπλισμού φέρει έμβολα με ημικυκλικές εγκοπές [σχήμα 2.23 (a)] που προσαρμόζονται στα διατηρητικά στελέχη, ή χωρίς εγκοπές, για τα αντίβαρα και τα βαριά διατηρητικά στελέχη.



Σχήμα 2.22. Οριζόντιο τμήμα BOP



Σχήμα 2.23. Κατακόρυφα τμήματα BOP

Στην περίπτωση της διάτρησης υπό χαμηλή πίεση, της διάτρησης με αφρό, αέρα ή λάσπη ενισχυμένη με αέρα, οπότε η πίεση που ασκεί το ρευστό είναι μικρότερη από την πίεση που επικρατεί στον πυθμένα της γεώτρησης (under balanced drilling), χρησιμοποιείται και πρόσθετο τμήμα BOP το οποίο είναι περιστρεφόμενο και τοποθετείται επάνω από τη

διάταξη του κανονικού BOP. Η κυκλοφορία του ρευστού γίνεται μέσω του πρόσθετου BOP και όχι μέσω του περιστρεπτού τροφοδότη, για να υπάρχει μεγαλύτερος έλεγχος.

2.5.7 Ο υποθαλάσσιος εξοπλισμός

Όταν η διάτρηση πραγματοποιείται με πλωτό μέσο, απαιτείται η χρήση ειδικού εξοπλισμού για να διατηρεί το πλωτό σε σταθερή θέση πάνω από τη γεώτρηση και να εξισορροπεί τις πλευρικές και κατακόρυφες μετακινήσεις του που προκαλούνται από τον κυματισμό.

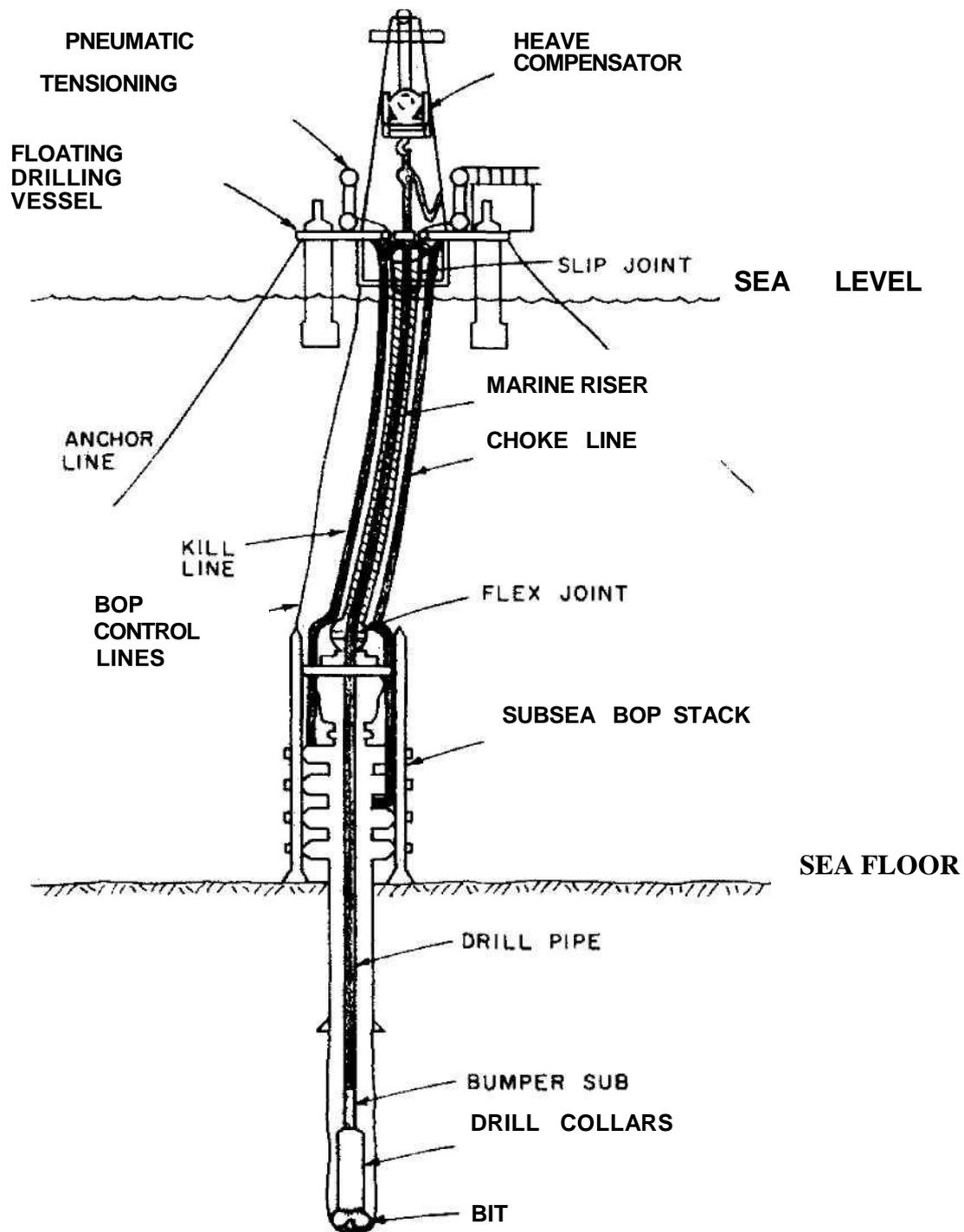
Στα γεωτρητικά σκάφη, ο πύργος του γεωτρυπάνου σχεδιάζεται έτσι ώστε να μπορεί να αντέχει κλίση του σκάφους έως και 20ο, με όλο τον εξοπλισμό (διατρητική στήλη) να στηρίζεται επί του πύργου. Εξειδικευμένος βοηθητικός εξοπλισμός χρησιμοποιείται για τους χειρισμούς της διατρητικής στήλης σε έντονες καιρικές συνθήκες. Ο εξοπλισμός αυτός βοηθά στη γρήγορη τοποθέτηση των στελεχών οριζόντια επί της πλατφόρμας του γεωτρυπάνου, ανά δυο ή τρία στελέχη μαζί, και όχι κατακόρυφα στηριζόμενα επί του πύργου.

Τα περισσότερα πλωτά συγκρατούνται με συστήματα αγκύρωσης. Ένα τυπικό σύστημα αγκύρωσης περιλαμβάνει περισσότερες από 10 θέσεις αγκύρωσης, σε διάταξη ανάλογη με τη διεύθυνση του στατιστικά ισχυρότερου ανέμου που μπορεί να πνεύσει στην περιοχή. Εάν η επιφάνεια του πυθμένα δεν επιτρέπει συμβατική αγκύρωση, τότε χρησιμοποιούνται ειδικά αγκύρια τα οποία τοποθετούνται σε οπές εντός του πυθμένα καλυμμένες με τσιμέντο. Τα περισσότερα συστήματα αγκύρωσης σχεδιάζονται έτσι ώστε να μην επιτρέπουν οριζόντια μετατόπιση του πλωτού μεγαλύτερη από το 5% του βάθους του νερού της περιοχής, υπό τις πλέον σφοδρές καιρικές συνθήκες. Επομένως, μια ανοχή 1% του βάθους νερού είναι εφικτή για τις συνηθισμένες συνθήκες. Κάποια πλωτά φέρουν έλικες που μπορούν να κρατούν σε σταθερή θέση την πλωτή εξέδρα χωρίς αγκύρωση. Είναι τα λεγόμενα δυναμικά συστήματα σταθεροποίησης, τα οποία όμως απαιτούν συνεχή παρακολούθηση, έλεγχο και αυτόματη επαναφορά της εξέδρας στην επιθυμητή θέση. Το κόστος

τους είναι μεγάλο αφού απαιτούνται μεγάλες καταναλώσεις καυσίμου για τη λειτουργία των ελίκων. Η χρήση τους είναι οικονομικά αποδεκτή στις περιπτώσεις όπου προγραμματίζονται συχνές αλλαγές της θέσης της εξέδρας ή τα μήκη των αγκυροβολίων καθιστούν την αγκύρωση αντικοινωνική λύση. Τα δυναμικά συστήματα σταθεροποίησης δεν χρησιμοποιούνται, συνήθως, σε βάθη μικρότερα των 1000 μέτρων. Σε κάθε περίπτωση, ο έλεγχος της θέσης του γεωτρύπανου σε σχέση με τη θέση της οπής πρέπει να είναι μόνιμος και συνεχής.

Για την πραγματοποίηση της διάτρησης χρησιμοποιείται ένας εύκαμπτος σωλήνας (riser) ο οποίος οδηγεί τη λάσπη από τον πυθμένα της γεώτρησης στο δάπεδο της πλατφόρμας (σχήμα 2.24). Ένας εύκαμπτος σύνδεσμος (flex joint), ο οποίος τοποθετείται στο κατώτερο σημείο του riser, επιτρέπει την οριζόντια μετατόπιση της πλωτής κατασκευής. Ένας ολισθαίνων σύνδεσμος (slip joint), ο οποίος τοποθετείται στην κορυφή του riser, επιτρέπει την κατακόρυφη μετατόπιση της πλωτής κατασκευής.

Ο μηχανισμός ασφαλείας BOP εδράζεται επί του πυθμένα, κάτω από τον riser. Αυτό επιτρέπει την απομόνωση της γεώτρησης σε περίπτωση σφοδρών καιρικών συνθηκών οπότε μπορεί να επιβάλλεται η αποσύνδεση του riser. Από την άλλη πλευρά, θα ήταν πολύ δύσκολος ο σχεδιασμός ενός riser και ενός ολισθαίνοντος συνδέσμου που να αντέχουν στις πιέσεις που μπορεί να συναντηθούν κατά την όρυξη της γεώτρησης.



Σχήμα 2.24. Σχηματική παρουσίαση εξοπλισμού για υποθαλάσσια διάτρηση

2.6 Χρήση άλλων μεθόδων

Εκτός από αυτές τις δύο κύριες μεθόδους διάτρησης και δειγματοληψίας, που συγκρατούν τα τοιχώματα του διατρήματος και διευκολύνουν τη δειγματοληψία.

Στις μεθόδους αυτές θα αναφερθούμε κατά την παρουσίαση του διατρητικού εξοπλισμού δειγματοληψίας (π.χ. στη δειγματοληψία δειγματολήπτη με έμβολο). Η κυριότερη είναι:

2.7 Η Μέθοδος διάτρησης Wire-Line

Κατά τη διάτρηση και δειγματοληψία αναπόφευκτο μειονέκτημα είναι η εισαγωγή και εξαγωγή της διατρητικής στήλης με τα δειγματοληπτικά εξαρτήματα. Η εργασία αυτή απαιτεί μεγάλο χρόνο και μάλιστα όταν το βάθος του διατρήματος είναι μεγάλο και τα πετρώματα κατακερματισμένα, ο χρόνος διεξαγωγής της γεώτρησης αυξάνει πολλαπλάσια. Επί πλέον όταν κατά την αρχή της διάτρησης συναντώνται εναλλαγές στρωμάτων αργίλων, άμμων και αμμοχαλίκων ή και στη συνέχεια κατακερματισμένα πετρώματα, όπου η διατήρηση του διατρήματος είναι σχεδόν αδύνατη και όπως έχει αναφερθεί, υπάρχει κίνδυνος απώλειας των γεωτρητικών οργάνων, τότε εκτός του παράγοντος χρόνου, υπάρχει και η απαίτηση επένδυσης του γεωτρήματος

με αύξηση του κόστους της γεώτρησης.

Για την αποφυγή όλων αυτών των μειονεκτημάτων εισαγωγής και εξαγωγής της διατρητικής στήλης και επένδυσης του γεωτρήματος, εφαρμόζεται η μέθοδος Wire line drilling.

Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται εξοπλισμός που περιλαμβάνει πυρηνοσυλλέκτη ανεξάρτητο της διατρητικής στήλης, που αποτελείται από ειδικούς σωλήνες επένδυσης. Η διάμετρος των ειδικών αυτών σωλήνων της στήλης διάτρησης έχει διάμετρο κατ' ολίγο μεγαλύτερη του ειδικού πυρηνοσυλλέκτου. Η διάτρηση γίνεται με τη διατρητική στήλη των σωλήνων, που στο άκρο της φέρει απ' ευθείας διατρητική κεφαλή (κορώνα), με εκγλύφανο (φρέζα) και στο εσωτερικό των σωλήνων κινείται ο

πυρηνосуλλέκτης, σχηματίζοντας έτσι διπλό πυρηνосуλλέκτη. Ο πυρηνосуλλέκτης εισάγεται και ασφαρίζεται στο άκρο της στήλης των στελεχών και κατά τη διάτρηση λειτουργεί σαν υποδοχέας του πυρήνα (καρότου).

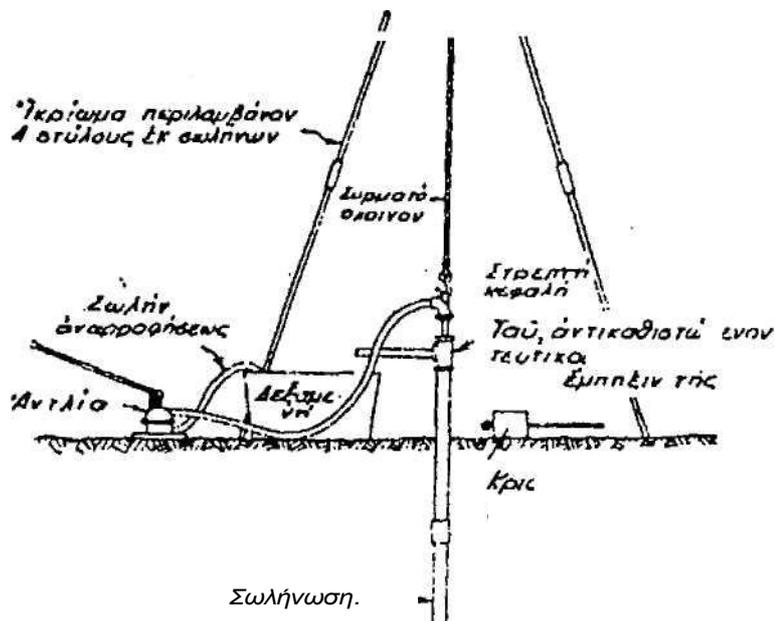
Η εισαγωγή και εξαγωγή του πυρηνосуλλέκτου γίνεται με διάταξη αρπαγής που προσαρμόζεται σε αιχμή ακοντίου που φέρει στην κεφαλή του ο πυρηνосуλλέκτης. Ο εξοπλισμός 'αλίευσης' έχει την αυτή εξωτερική διάμετρο με τον πυρηνосуλλέκτη και απαιτεί βαρούλκο για την εισαγωγή και εξαγωγή του. Μετά την πλήρωση ή μη, περαιτέρω προχώρηση του συστήματος δειγματοληψίας σε διάτρηση, εισάγεται το σύστημα αλίευσης, απελευθερώνεται από τη διατρητική στήλη ο πυρηνосуλλέκτης και εξάγεται. Η εισαγωγή νέου κενού πυρηνосуλλέκτη γίνεται πάλι με το σύστημα αλίευσης ή εάν υπάρχει νερό στο γεώτρημα αφήνεται ελεύθερο να πέσει στο κενό των στελεχών.

2.8 Γεωτρήσεις δι' Εκπλύσεως. Το απλούστερο συγκρότημα εκτέλεσης γεωτρήσεων δι' εκπλύσεως (Mohr 1943) περιλαμβάνει κατά κανόνα τα εξής κύρια εξαρτήματα : α) Αριθμός τεμαχίων σωλήνος, μήκους 1,50 m και διαμέτρου 2,5 ιντσών (64 mm), τα οποία χαρακτηρίζονται ως σωλήνωση (ή επένδυση) της γεωτρήσεως και χρησιμεύουν για την συγκράτηση των τοιχομάτων της διανοιγόμενης οπής.

β) Κριός για την έμπηξη της σωληνώσεως εντός του εδάφους, γ) Ικρίωμα για τον χειρισμό του κριού και της σωληνώσεως και δ) Σωλήνα εκπλύσεως, διαμέτρου I ίντσας (25 mm) σε τεμάχια μήκους 1,50 ή 3,00 m. Μέσω καταλλήλου ελεύθερης στρεπτής κεφαλής, το ανώτερο άκρο του σωλήνα εκπλύσεως συνδέεται με εύκαμπτο σωλήνα. Το κατώτερο άκρο του σωλήνα εκπλύσεως εφοδιάζεται με κοπτικό άκρο (κοπίδι), φέρνει οπές, για των οποίων διοχετεύεται νερό υπό πίεση εντός της σωληνώσεως της γεωτρήσεως. Το εν λόγω συγκρότημα περιλαμβάνει επίσης μικρή

δεξαμενή για την αποχέτευση του νερού, καθώς και χειροκίνητη ή μηχανοκίνητη αντλία.

Προκειμένου να αρχίσει η εκτέλεση γεωτρήσεως δι' εκπλύσεως (βλ. σχήμα 1), διαμορφώνεται το ικρίωμα και στη συνέχεια εμπεγνύεται εντός του εδάφους των τεμαχίων σωληνώσεως μέχρι βάθους 1,20 m περίπου. Στο ανώτερο άκρο της σωληνώσεως προσαρμόζεται ταυ με τη διακλάδωση αυτού οριζοντίως. Εντός της διακλαδώσεως εισάγεται οριζόντιος σωλήνας μικρού μήκους. Ακολούθως, τοποθετείται η δεξαμενή στο κάτω άκρο του οριζόντιου σωλήνα και πληρείται με νερό. Ο σωλήνας εκπλύσεως τίθεται σε κατακόρυφη θέση μέσω συρματόσχοινου, διερχόμενου από τροχαλία κειμένης στην κορυφή του ικριώματος, και καταβιβάζεται μέχρις ότου εισέλθη στο πάνω άκρο της σωληνώσεως. Μετά ταύτα, τίθεται σε λειτουργία η αντλία, οπότε το νερό διοχετεύεται μέσω της στρεπτής κεφαλής από την δεξαμενή προς τον σωλήνα εκπλύσεως και στη συνέχεια μέχρι του κοπτικού άκρου, από του οποίου εκρέει και ανυψώνεται δια μέσου του δακτυλοειδούς χώρου, του σχηματιζόμενου μεταξύ του σωλήνα εκπλύσεως και της σωληνώσεως της γεωτρήσεως. Μ' αυτό το τρόπο, το νερό επιστρέφει τελικά μέσω του ταυ και του εν συνεχεία αυτού του οριζόντιου σωλήνα στην δεξαμενή, και μεταφέρει θραύσματα εδαφικού υλικού.



Σχ 2. Συγκρότημα εκτελέσεως γεωτρήσεων δι' έκπλύσεως (κατά τον Mohr 1943)

Κατά τη διάρκεια της κυκλοφορίας αυτής του νερού, ο σωλήνας εκπλύσεως υποβάλλεται σε κατακόρυφη παλινδρόμηση και περιστρέφεται σε κάθε πρόσκρουση αυτού στον πυθμένα της οπής, με τέτοιο τρόπο ώστε να προκαλεί τεμαχισμό του εδάφους. Ούτε, η γεώτρηση προχωρεί με τέτοια παλινδρόμηση του σωλήνα και της ταυτοχρόνου εκπλύσεως της οπής. Πρόσθετα τεμάχια σωληνώσεως εμπηγνύονται, οσάκις αυτό είναι αναγκαίο. Κατά τη πρόοδο της γεωτρήσεως εξετάζεται συνεχώς το χρώμα και η γενική εμφάνιση του μείγματος εδάφους και νερού, το οποίο εξέρχεται δια της οπής. Οσάκις παρατηρείται εμφανής μεταβολή, διακόπτεται η διοχέτευση του νερού και λαμβάνεται δείγμα του εδάφους μέσω δειγματολήπτη (βλ. περαιτέρω δειγματοληψίες). Τέτοια δείγματα λαμβάνονται οπωσδήποτε ανά 1,50 m βάθους, έστω και αν ο χαρακτήρας του εδάφους εμφανίζεται αμετάβλητος.

Η διαδικασία αυτή πρέπει να τηρείται επιμελώς, διότι αλλιώς ενδέχεται να προκύψουν εσφαλμένα συμπεράσματα περί των συνθηκών του εδάφους. Εν τούτοις, ακόμη και όταν η δειγματοληψία γίνεται λεία ευσυνειδήτως, είναι δυνατόν να μην εντοπισθεί η παρουσία αργιλικών στρώσεων πάχους μέχρι 1,00 m περίπου, κειμένων μεταξύ στρωμάτων άμμου.

Όταν διακόπτεται η γεώτρηση προκειμένου να ληφθεί δείγμα, το εντός της σωληνώσεως νερό πρέπει να αφήνεται να έρχεται σε κατάσταση ισορροπίας. Κατά το στάδιο αυτό δέον όπως προσδιορίζεται το υψόμετρο της στάθμης του φρεατίου ορίζοντος. Το υψόμετρο αυτό καταγράφεται στη συνέχεια στο τηρούμενο δελτίο της γεωτρήσεως. Δεν είναι σπάνιο να παρατηρηθεί ανύψωση του νερού των βαθύτερων στρωμάτων, τα οποία κείνται εγγύτερον της επιφάνειας του εδάφους. Πιθανή αποτυχία στη εξακρίβωση μιας τέτοιας

καταστάσεως ενδέχεται να έχει σοβαρές συνέπειες. Σημειωτέον ότι η αντίθετη κατάσταση σε σπάνιες μόνο περιπτώσεις απαντάται.

Η προηγούμενη περιγραφή απλού συγκρότημα πλεονεκτεί κατά το ότι ο πεπειραμένος και ευσυνείδητος εργοδηγός δύναται συνήθως να εντοπίσει μεταβολές του χαρακτήρα των εδαφικών υλικών εκ της αντιστάσεως, την οποία συναντά ο σωλήνας εκπλύσεως κατά την παλινδρόμηση και περιστροφή αυτού, καθώς και εκ του χρώματος του νερού εκπλύσεως. Ως εκ τούτου, δύναται συχνά να προσδιορίζει τα υψόμετρα των ορίων μεταξύ διαφόρων στρωμάτων ή φακών με καλή προσέγγιση και να διακόπτει τη γεώτρηση για τη λήψη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων εξ' όλων των συναντώμενων υλικών. Οι άλλοι μέθοδοι γεωτρήσεως, καθώς και τα τελειότερα συγκροτήματα εκτελέσεως γεωτρήσεων δι' εκπλύσεως, δεν εμφανίζουν το πλεονέκτημα αυτό. Εν τούτοις χρησιμοποιούνται ευρέως, διότι είναι οικονομικότερα και ταχύτερα. Οι ατέλειες τους, σε ότι αφορά τον εντοπισμό των μεταβολών των συνθηκών του υπεδάφους, δέον όπως αντισταθμίζονται δια της συχνότερης και συνεχούς λήψεως δειγμάτων.

2.9 Γεωτρήσεις δι' Εδαφοληπτών AUGER.

Οι γεωτρήσεις μικρού βάθους γίνονται σχεδόν, κατά κανόνα, μέσω χειροκίνητου εδαφολήπτη auger. Ο εδαφολήπτης αυτός, ο οποίος είναι συνήθως παρόμοιος προς τον εμφανιζόμενο στο σχήμα 2α, περιστρέφεται εντός του εδάφους, ούτως ώστε να εισχωρήσει σε μικρό βάθος, ακολούθως δε ανασύρεται μετά του περικλειομένου υπ' αυτού εδαφικού υλικού.

Το υλικό τούτο αφαιρείται προς εξέταση, ο δε εδαφολήπτης επανεισάγεται στην οπή και περιστρέφεται εκ νέου. Εάν, συνέπεια πλευρικής συνθλίψεως ή καταπτώσεως, η οπή δε διατηρείται ανοιχτή, με τρόπο ώστε να επιτρέπει την εκ νέου εισαγωγή του

εδαφολήπτη, θα πρέπει να επενδύεται αυτή δια σωληνώσεως με διάμετρο κατά μεγαλύτερη από την διάμετρο του εδαφολήπτη.

Η σωλήνωση πρέπει να εισάγεται μέχρι την άνω επιφάνεια του επόμενου προς απόληψη δείγματος, ο δε υπ' αυτής περικλεισμένος χώρος να καθαρίζεται δια του εδαφολήπτη. Εν συνεχεία τοποθετείται ο εδαφολήπτης εντός της καθαρής οπής και περιστρέφεται υπό το κατώτερο άκρο της σωλήνωσης προς λήψη του δείγματος. Γεωτρήσεις δι' εδαφολήπτη auger δε δύναται να εκτελεσθούν σε αμμώδη εδάφη κάτω από την στάθμη του φρεατίου ορίζοντος, διότι στην περίπτωση αυτή το εδαφικό υλικό δεν προσφύεται στον εδαφολήπτη.

Τα λαμβανόμενα δείγματα συνεκτικών εδαφών περιέχουν όλα τα στερεά συστατικά των, η δομή όμως αυτών έχει τελείως καταστραφεί και η σε νερό περιεκτικότητα των ενδέχεται να είναι μεγαλύτερη σε σχέση στο επί τόπου έδαφος.

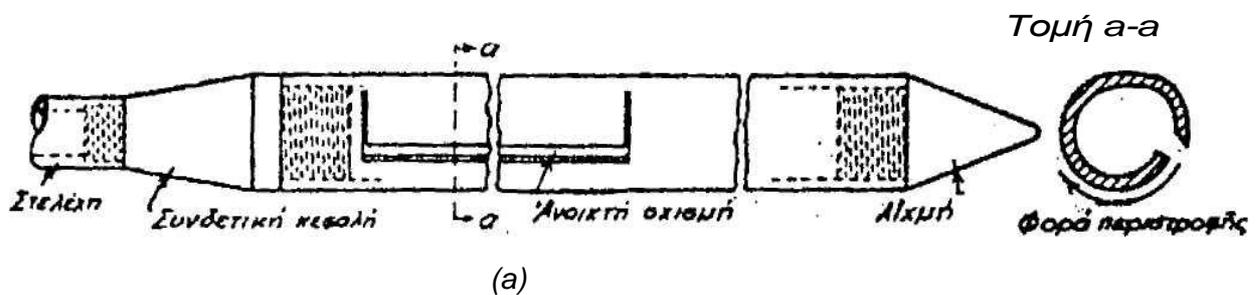
Έτσι στις διενεργούμενες δι' εδαφοληπτών auger γεωτρήσεις εξακολουθεί να υφίσταται η ανάγκη χρησιμοποίησης

πραγματικών δειγματοληπτών, πρέπει να θεωρούνται ως αντιπροσωπευτικά του χαρακτήρα του αδιατάρακτου εδάφους.

Εάν σχετικώς σταθερό έδαφος ως π.χ. στρώση χολικών, κείται υπεράνω μαλακού στρώματος, δεν είναι σπάνιο να μη καταστεί δυνατός, δια του εδαφολήπτη auger, ο εντοπισμός της πραγματικής θέσεως του μεταξύ των δύο στρωμάτων ορίου.

Αναφέρεται περίπτωση καθώς δεν γίνεται αντιληπτή η ύπαρξη ενστρώσεως εκ μαλακής αργίλου, πάχους 2,50 m, κειμένης μεταξύ χαλικωδών στρωμάτων μεγάλου πάχους. Άλλοτε πάλι, το όριο μεταξύ στρώσεως χολικών και του υπερκειμένου στρώματος μαλακής αργίλου προσδιορίστηκε σε θέση ευρισκόμενη περί τα 3,00 m κάτωθεν της πραγματικής. Τέτοια σφάλματα παρατηρούνται, οσάκις η σωλήνωση προχωρεί κάτωθεν της στάθμης στην οποία εργάζεται ο εδαφολήπτης, με αποτέλεσμα να προωθεί ή παρασύρει χάλικα εντός της αργιλικής στρώσεως. Τα σφάλματα αυτά δύναται να αποφευχθούν, εάν τηρείται το κοπτικό άκρο βαθύτερο της σωλήνωσης και στη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση, την οποία επιτρέπει η φύση του εδάφους.

Με τη χρησιμοποίηση κατάλληλου μηχανοκίνητου συγκροτήματος, δύναται να εκτελεσθούν γεωτρήσεις δι' εδαφολήπτη auger, ξεκινώντας σε βάθος μεγαλύτερο των 30 μ. και με διάμετρο της τάξεως του ενός μέτρου. Οι μετά συνεχείς πτερυγίου εδαφολήπτες auger περιλαμβάνουν λεπίδες (πτερύγια) σε ολόκληρο το μήκος των, οι οποίοι περιστρέφονται εντός του εδάφους. Καθώς προχωρεί η γεώτρηση, προσαρμόζονται διαδοχικώς πρόσθετα πτερύγια στο ανώτερο άκρο το εδαφολήπτη, εν συνεχεία δε περιστρέφεται το όλο συγκρότημα κ.ο.κ. Τα προϊόντα εκσκαφής φθάνουν στην επιφάνεια του εδάφους μέσω των πτερυγίων, η εξακρίβωση όμως του βάθους εκ του οποίου προέρχονται αυτά δεν είναι δυνατή.



(a)
 Σχ. 2. (a) Δειγματολήπτης με λεπίδα.

Ως εκ τούτου, ο εδαφολήπτης πρέπει να ανασύρεται επανειλημμένως, για να εξετάζεται το υφιστάμενο στον πυθμένα της οπής υλικό, ή, κατά προτίμηση, για τη λήψη κανονικού δείγματος. Ο μετά κοίλο στελέχους εδαφολήπτης auger (βλ. σχήμα 3) αποτελεί παραλλαγή του μετά συνεχούς περυγίου, επιτρέπει δε τη λήψη δείγματος υπό το κατώτερο άκρο του, χωρίς να είναι αναγκαία η εξαγωγή αυτού εκ της οπής. Επί πλέον, ο εδαφολήπτης δεν απαιτεί τη διάταξη σωληνώσεως.

2.10 Δελτία Γεωτρήσεων.

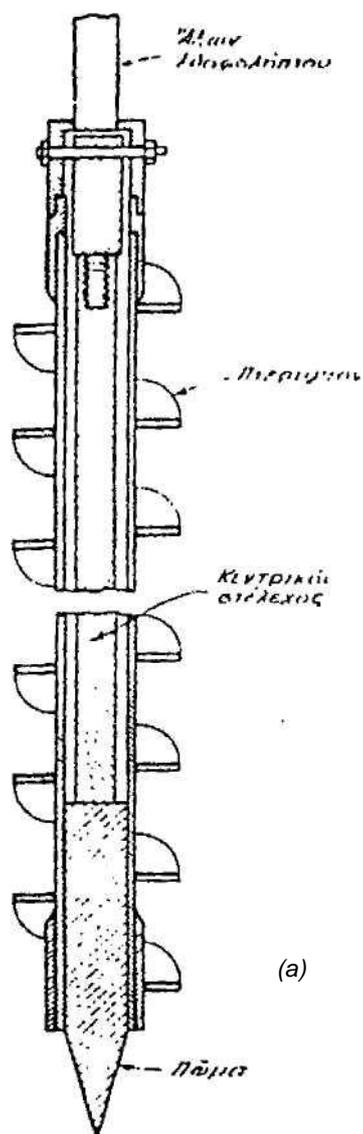
Ανεξαρτήτως της μεθόδου εκτελέσεως των ερευνητικών γεωτρήσεων, τα υπό του επιβλέποντος μηχανικού ή του εργοδηγού τηρούμενα επί τόπου δελτία πρέπει να αναφέρουν την ημερομηνία διενεργείας της γεωτρήσεως, τη θέση αυτή αναφορικός προς το δεδομένο σύστημα συντεταγμένων, καθώς και το υψόμετρο της επιφάνειας του εδάφους σε σχέση προς γνωστή μόνιμο χωροσταθμική αφετηρία.

Επίσης πρέπει να περιλαμβάνουν τα υψόμετρα του φρεατίου ορίζοντος και της άνω επιφάνειας των συναντώμενων διαδοχικών στρωμάτων, καθώς και τις τιμές της αντοχής, οι οποίες προσδιορίζονται εκ της προτύπου δοκιμής διεισδύσεως (βλ. περαιτέρω). Επί πλέον, πρέπει να σημειώνεται ο τύπος των χρησιμοποιούμενων εξαρτημάτων, το βάθος στον οποίο γίνεται τυχόν αλλαγή αυτών, καθώς και η αιτία, που προκάλεσε την αλλαγή αυτή. Οι ημιτελείς ή εγκαταλειφθείσες γεωτρήσεις πρέπει να περιγράφονται με την αυτήν προσοχή, ως εάν είχαν αποπερατωθεί επιτυχώς. Τα δελτία αυτά πρέπει να περιέχουν οτιδήποτε παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια της εργασίας αξιόλογο στοιχείο, ως π.χ. τα υψόμετρα στα οποία το νερό εκπλύσεως χάνεται εκ της οπής κ.λ.π.

Εάν η βάση των θεμελίων πρόκειται να τοποθετηθεί υπό το φρεάτιο ορίζοντα, συνιστάται όπως τουλάχιστον μία γεώτρηση μετατρέπεται σε φρέαρ παρατηρήσεως, εκ του οποίου να λαμβάνονται στοιχεία περί της διακυμάνσεως του φρεατίου ορίζοντος κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Εάν δεν προβλέπεται διάστρωση σκυροδέματος υπό το φρεάτιο ορίζοντα, δέον όπως λαμβάνονται εκ διαφόρων γεωτρήσεων δείγματα νερού, βάρους 4 χιλιογράμμων περίπου, προκειμένου να υποβληθούν σε χημική ανάλυση, για να εξακριβωθεί εάν το εδαφικό νερό περιλαμβάνει

επιβλαβή συστατικά σε ποσότητα επαρκή ώστε να προσβάλλεται το σκυρόδεμα. Εάν τέλος υπάρχουν ενδείξεις ότι το νερό περιέχει αέρια, η ανάλυση πρέπει να εκτελείται επί τόπου, αμέσως μετά τη λήψη των δειγμάτων.

Τα στοιχεία των εν λόγω δελτίων πρέπει να παρουσιάζονται υπό την μορφή τομής της γεωτρήσεως. Στην τομή αυτή τα όρια μεταξύ των διαφόρων στρωμάτων δέον όπως σχεδιάζονται στα πραγματικά των υψομέτρων. Προς τούτο πρέπει να χρησιμοποιείται κατάλληλη κλίμακα για τις κατακόρυφους διαστάσεις.



Σχ. 3. Εδαφολήπτης auger με κοίλο στέλεχος, (α) Εδαφολήπτης εφοδιασμένος με πώμα στο κατώτερο άκρον του κατά τη διάνοιξη της οπής.

2.11 Γεωτρητικός εξοπλισμός και τυποποίηση του.

Μια δειγματοληπτική περιστροφική γεώτρηση, υδραυλικής προώθησης, αποσκοπεί στη λήψη εδαφικών ή βραχωδών δειγμάτων για τον καθορισμό, μετά από τον Εργαστηριακό έλεγχο, της εδαφικής τομής και των χαρακτηριστικών παραμέτρων του εδάφους στη θέση ενός έργου.

Για το λόγο αυτό στα γεωτρήματα χρησιμοποιείται ο κατάλληλος εξοπλισμός γαιώτρησης και δειγματοληψίας. Τον εξοπλισμό αυτόν είναι δυνατόν να τον κατατάξουμε σε τρεις ομάδες:

Εξοπλισμός επιφανείας.

Στον εξοπλισμό επιφανείας περιλαμβάνονται: γεωτρήματα, αντλίες, πύργοι ή ιστοί ανύψωσης και άλλα βοηθητικά μηχανήματα.

Εξαρτήματα διάτρησης και δειγματοληψίας.

Στα εξαρτήματα διάτρησης και δειγματοληψίας, περιλαμβάνονται: στελέχη διάτρησης, σωλήνες επένδυσης, δειγματολήπτες και άλλα βοηθητικά εξαρτήματα.

Όργανα επί τόπου δοκιμών.

Στα όργανα των επί τόπου δοκιμών, περιλαμβάνονται: συσκευές, εξαρτήματα και όργανα ελέγχου, για την πραγματοποίηση δοκιμών εντός και εκτός γεωτρήσεων.

Δυστυχώς δεν υπάρχει τυποποίηση του κύριου εξοπλισμού γεωτρήσεων, εκτός από αυτές που αφορούν τη σχεδίαση διαφόρων εξαρτημάτων που εξυπηρετούν παρόμοιους σκοπούς. Έτσι έχουμε ότι: Ένα γεωτρήσιμο χαρακτηρίζεται από την ικανότητα του για διάτρηση μέχρι ορισμένου βάθους σε μέτρα ή πόδια.

Οι μηχανισμοί προώθησης και περιστροφής χαρακτηρίζονται από τη μέγιστη διάμετρο στελέχους ή σωλήνα επένδυσης, που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί.

Οι αντλίες κατασκευάζονται για να παρέχουν ορισμένη ποσότητα νερού, για ορισμένη πίεση νερού. Οι πύργοι για την χρησιμοποίηση του συρματόσχοινου του τυμπάνου έλξης, έχουν ορισμένο ύψος ανάλογα με την ικανότητα διάτρησης του γεωτροπάνου.

Σχετική όμως τυποποίηση υπάρχει στα εξαρτήματα αδαμαντοφόρου γεωτρητικού εξοπλισμού. Η τυποποίηση αυτή αφορά τις διαστάσεις σε εξαρτήματα διάτρησης και δειγματοληψίας, όπως η εξωτερική και εσωτερική διάμετρος από στελέχη, σωλήνες επένδυσης, δειγματολήπτες, κοπτικά άκρα (κορώνες) και εκγλύφανα (φρέζες).

Η τυποποίηση αυτή προέρχεται από χώρες που παράγουν τα υλικά αυτά, όπως οι Η.Π.Α., ο Καναδάς, η Σουηδία, η πρώην Σοβιετική Ένωση, η Ιαπωνία και η Αυστραλία και αφορά τις ίδιες χώρες με διαστάσεις σε πόδια/ίντσες ή μέτρα/χιλιοστά, με κύρια χαρακτηριστική διάμετρο στις γεωτρήσεις 3 ' για τις Η.Π.Α., Μ. Βρετανία και 76mm για την Σουηδία και Γαλλία. Κατ' αυτό τον τρόπο έχουν καθιερωθεί δύο πρότυπα τυποποιήσεων:

2 Των Η.Π.Α. , τυποποίηση DCDMA (DCDMA Standards) και

3 Της Σουηδίας, μετρική τυποποίηση (Metric standards), που εφαρμόζεται από την CRAELIUS.

Όπως παρακάτω θα αναφερθεί και θα αναλυθεί, η παρουσίαση των πρότυπων διαστάσεων κατά DCDMA (Diamond Core Drill Manufacturers Association), δίνεται με τα κεφαλαία γράμματα E, A ,B ,N σαν πρώτο γράμμα και σαν δεύτερο το γράμμα ομάδος 'X' ή 'W' ενώ σε περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και τα γράμματα σχεδιασμού 'M', 'G' και 'T'.

Σήμερα ο Οργανισμός τυποποιήσεων καλύπτει με προδιαγραφές, στο σύνολο ή εν μέρει, διαμαντοκορώνες, εκγλύφανα (φρέζες), πυρηνосуλλέκτες (καροταρίες), στελέχη διάτρησης, συνδέσμους (μούφες), περιβλήματα σωλήνων και δειγματολήπτες, με τάσεις συνεχούς επέκτασης των τυποποιήσεων.

Στη Ελλάδα τεχνικές εταιρείες όπως π.χ. η Tecnodrill, κατασκευάζουν όλο το διατρητικό εξοπλισμό που απαιτείται σε γεωτρητικές

εργασίες και κατά τις δύο τυποποιήσεις (DCDMA Standards και Metric standards).

Η χρήση γραμμάτων σαν ονόματα για τον εξοπλισμό διαμαντοδιατρήσεων, έτσι ώστε να δίνεται η ευκαιρία σχετικής κατάταξης της διαμέτρου του διατρήματος ήταν λογική και εύχρηστη. Το σύστημα ονοματολογίας αυτό, συνεχίζεται μέχρι σήμερα, σε τρόπο που τα πρώτα γράμματα E,A,B και N, που αντιστοιχούν στο μέγεθος της διαμαντοκορώνας, να προσδιορίζουν προσεγγιστικά και το μέγεθος του διατρήματος. Τα τέσσερα μεγέθη διαμαντοδιατρητικού εξοπλισμού δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στο ίδιο διάτρημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

3. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ

3.1 Γενικά

Η λήψη διαφόρων δειγμάτων από το υπέδαφος, θα γίνεται με την εφαρμογή των κανόνων της Τεχνικής και τη χρήση κατάλληλων δειγματοληπτών. Σκοπός της δειγματοληψίας, είναι ο καθορισμός της δομής και της γεωτεχνικής τομής του υπεδάφους, καθώς και η διαμόρφωση κατάλληλων δοκιμίων για το προσδιορισμό στο εργαστήριο εδαφομηχανικής των φυσικών και των μηχανικών ιδιοτήτων του υπεδάφους. Η δειγματοληψία διαχωρίζεται σε δύο κατηγορίες δειγμάτων :

α. Αδιατάρακτο δείγμα θεωρείται κάθε δείγμα που λαμβάνεται με κατάλληλη τεχνική λήψη του και με χρήση δειγματολήπτη, που εξασφαλίζει την ελάχιστη διατάραξη του εδαφικού ιστού του, ώστε το δείγμα αυτό να είναι κατάλληλο για τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους

Τρόπος Λήψεως

Αδιατάρακτα δείγματα θα λαμβάνονται κυρίως σε μαλακά συνεκτικά εδάφη με ειδικούς δειγματολήπτες. Η συχνότητα δειγματοληψίας αδιατάρακτων δειγμάτων καθορίζεται από τον Μελετητή.

Για την επιτυχία της δειγματοληψίας θα πρέπει: α. Ο δειγματολήπτης να εισχωρεί στο υπέδαφος αργά με πίεση που ασκείται με τη βοήθεια του υδραυλικού συστήματος του γεωτρύπανου και όχι με κρούσεις.

β. Να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο μήκος, εισχωρήσεως του δειγματολήπτη μέσα στο έδαφος. Το μήκος αυτό θα πρέπει

οπωσδήποτε να είναι μικρότερο από το μήκος του πουκάμισου του δειγματολήπτη ώστε να αποφεύγεται συμπίεση και επομένως διαταραχή του δείγματος.

γ. Κατά την είσοδο του δείγματος μέσα στο δειγματολήπτη να μειωθεί το ελάχιστο η υπερπίεση που δρα στην επάνω επιφάνεια του δείγματος. Γι' αυτό επιβάλλεται η προσαρμογή κατάλληλης βαλβίδας εκτονώσεως της υπερπιέσεως.

δ. Να χρησιμοποιούνται δειγματολήπτες με το ελάχιστο δυνατό πάχος τοιχωμάτων, ώστε να μειωθούν αντίστοιχα οι τριβές κατά την είσοδο του δειγματολήπτη στο έδαφος.

ε. Για όλους τους τύπους δειγματοληψίας, ο δειγματολήπτης να συντηρείται με επιμέλεια και να διατηρείται εντελώς καθαρός ώστε όλες οι συνδέσεις και τα κινούμενα τεμάχια να εργάζονται ελεύθερα. Πριν από την έναρξη της δειγματοληψίας να ελέγχεται η κανονική λειτουργία του δειγματολήπτη.

στ. Για όλα τα είδη δειγματοληπτών να διανοίγεται η σπή μέχρι τα βάθος που θα ληφθεί το αδιατάρακτο δείγμα. Η σπή να καθαρίζεται με επιμέλεια από τα διάφορα εδαφικά υλικά έτσι ώστε να μην διαταρέσσεται το έδαφος που προορίζεται για τη δειγματοληψία.

Εάν η στάθμη δειγματοληψίας βρίσκεται πάνω από τον υπόγειο ορίζοντα και το έδαφος διαταράσσεται με διαβροχή (π.χ. λεπτή χαλαρή άμμος), συνιστάται ο καθαρισμός της οπής να γίνεται με κοχλιωτό δειγματολήπτη τύπου Auger " εν ξηρώ ". Στα λεπτόκοκκα υλικά με μικρή υδατοπερατότητα ή σε ήδη κορεσμένα υλικά, ο καθαρισμός συνιστάται να γίνεται με πλύση και με χρησιμοποίηση πτερυγιωτών κοπιδιών που βοηθούν στην αναμόχλευση του διαταραγμένου τμήματος του υπεδάφους.

Στην περίπτωση που είναι απόλυτα επιθυμητή η λήψη δείγματος και δεν είναι δυνατή η εισχώρηση του δειγματολήπτη με πίεση μέσα σε σκληρό υπέδαφος είναι δυνατόν, ύστερα από έγκριση του Επιβλέποντα να εφαρμοστούν ελαφρές κρούσεις στον δειγματολήπτη με τη βοήθεια των διατρητικών στελεχών. Επίσης δεν θα χρησιμοποιείται ελετηριωτή στεφάνη συγκρατήσεως του δείγματος, γιατί κατά την είσοδο του στο δειγματολήπτη διαταράσσεται περιορισμένα. Όταν επιβάλλεται η χρησιμοποίηση ελατηριωτής στεφάνης για την συγκράτηση του δείγματος λόγω της φύσεως του εδάφους, απαιτείται η έγκριση του Επιβλέποντα.

Επίσης στην περίπτωση που χρησιμοποιείται για λίπανση της γεωτρήσεως θιξοτροπικό αιώρημα αντί για καθαρό νερό, αυτό θα έχει την μικρότερη δυνατή πυκνότητα.

Τυχόν παρεκκλίσεις ή παραλλαγές, στα παραπάνω, που επιβάλλονται λόγω της φύσεως του εδάφους για να καταστεί δυνατή η δειγματοληψία, θα σημειώνονται στο μητρώο γεωτρήσεως ιδιαίτερα.

β. Διαταραγμένο δείγμα θεωρείται κάθε δείγμα που από την τεχνική λήψη του και τον δειγματολήπτη που χρησιμοποιήθηκε, έχει υποστεί διατάραξη του εδαφικού του ιστού, ώστε να θεωρείται ακατάλληλο για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων και

να είναι κατάλληλο μόνο για τον προσδιορισμό των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους. Είναι δυνατόν κατά την κρίση του Μελετητή και σύμφωνη γνώμη του Επιβλέποντα, ορισμένα από τα δείγματα αυτά, λόγω της φύσεως του εδάφους και του τρόπου δειγματοληψίας, να θεωρηθούν ημιδιαταραγμένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους.

Η τεχνική λήψεως ενός δείγματος καθώς και ο τύπος δειγματολήπτη που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτώνται και καθορίζονται από το είδος και τη δομή του υπεδάφους.

Τρόποι λήψεως διαταραγμένου δείγματος.

Αντιπροσωπευτικά διαταραγμένα δείγματα από το υπέδαφος μπορούν να λαμβάνονται με κρούσεις ή και με περιστροφή.

Δείγματα με κρούσεις

Η λήψη των δειγμάτων γίνεται με τον πρότυπο δειγματολήπτη TERZAGHI κατά την εκτέλεση της πρότυπης δοκιμής διεισδύσεως (S.P.T.) ή με ειδικούς δειγματολήπτες παχέος τοιχώματος με ποδοβαλβίδα, εφ' όσον απαιτείται, για την συγκράτηση του δείγματος. Η προδιαγραφή (SPT) περιγράφεται στο τεύχος "Προδιαγραφές Δοκιμών Υπαίθρου".

Δείγματα με περιστροφή

Δειγματολήπτης απλού σωλήνα.

Η δειγματοληψία θα γίνεται με περιστρεφόμενο δειγματολήπτη απλού χαλύβδινου σωλήνα κατάλληλου μήκους και διαμέτρου κατά περίπτωση. Στο κάτω μέρος του δειγματολήπτη βιδώνεται κοπτικό άκρο, ενώ στο επάνω μέρος προσαρμόζεται κεφαλή για την σύνδεση του με τα στελέχη διατρήσεως. Η κυκλοφορία του νερού γίνεται μέσα από τον

δειγματολήπτη κατά την προχώρηση της γεωτρήσεως και το δείγμα διαταράσσεται από τον συνδυασμό διαβροχής και περιστροφής.

Η συγκράτηση του δείγματος συνήθως γίνεται με τη διακοπή της κυκλοφορίας του υγρού διατρήσεως 20 εκ. περίπου πριν από το τέλος της δειγματοληψίας (φραγμός).

Δειγματολήπτης λεπτού τοιχώματος.

Δειγματολήπτης αδιατάρακτου δείγματος είναι ο δειγματολήπτης λεπτού τοιχώματος τύπου Shelby, ο οποίος είναι κατάλληλος για δειγματοληψίες όλων των εδαφών που έχουν κάποια συνοχή, εκτός από τα σκληρά ή χαλικομιγή συγκολλημένα εδάφη.

Δεν συνιστάται η χρήση του σε εδάφη πολύ μαλακά και υγρά, γιατί στην περίπτωση αυτή δεν συγκρατείται το μείγμα μέσα στον δειγματολήπτη κατά την εξαγωγή του.

Αποτελείται από απλό σωλήνα λεπτού τοιχώματος μέγιστου πάχους 2 χλστ περίπου που επάνω άκρο του βιδώνεται σε κεφαλή που φέρει βαλβίδα απομονώσεως του νερού και του αέρα, ενώ το κάτω άκρο του διαμορφώνεται σε κοπτικό πέλμα.

Ο δειγματολήπτης προσαρμόζεται στο άκρο της διατρητικής στήλης και προωθείται κατά τη δειγματοληψία με αργό ρυθμό, με την υδραυλική πίεση του γεωτρύπανου, μέσα στο έδαφος. Μετά το τέλος της δειγματοληψίας και την εξαγωγή του δείγματος στην επιφάνεια, αποχωρίζεται ο σωλήνας με το περιεχόμενο εδαφικό δείγμα από την κεφαλή του δειγματολήπτη και στη συνέχεια το σύνολο σωλήνας - δείγμα συσκευάζεται με κατάλληλο τρόπο για την μεταφορά του στο Εργαστήριο Εδαφομηχανικής.

Δειγματολήπτης με εσωτερικό πλαστικό πουκάμισο.

Αποτελείται από σωλήνα με τοιχώματα πάχους 6 χλστ περίπου και κεφαλή που συνδέεται στην κορυφή του με τα στελέχη της διατρητικής στήλης. Στο σημείο συνεδέσεως παρεμβάλλεται σφαιρική βαλβίδα για την απομόνωση των νερών. Στο κάτω άκρο του βιδώνεται κοπτικό πέλμα. Μέσα στο σωλήνα υπάρχει δεύτερος σωλήνας πλαστικός ο οποίος και δέχεται το εδαφικό δείγμα κατά τη διεύσδυση του δειγματολήπτη στο έδαφος. Η προώθηση του δειγματολήπτη γίνεται αργά με την υδραυλική πίεση της κεφαλής γεωτρύπανου. Ο εξωτερικός σωλήνας του δειγματολήπτη μπορεί να είναι διαιρετός (Split Tube Sampler) ή μη διαιρετός (Solid Tube Sampler) και στο κάτω άκρο του κοντά στο κοπτικό πέλμα, είναι δυνατόν να τοποθετηθούν βαλβίδες (Trap Valve) ή ελασματοφόρες στεφάνες (Basket Valve) για τη συγκράτηση των εδαφών που διαρρέουν. Μετά την αφαίρεση του εξωτερικού σωλήνα, το δείγμα διατηρείται μέσα στον εσωτερικό σωλήνα (πουκάμισο), με το οποίο και μεταφέρεται στο εργαστήριο Εδαφομηχανικής, αφού συσκευαστεί.

Δειγματοληψία " εν ξηρώ "

α. Δειγματοληψία με διακοπή του κυκλοφορούντος ύδατος (φραγμός) στο χαμηλότερο τμήμα του δείγματος, με μήκος περί τα 20 εκ. Με την χρησιμοποίηση περιστροφικού δειγματολήπτη απλού ή διπλού σωλήνα και με διακοπή της κυκλοφορίας του νερού κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας (φραγμός), λαμβάνεται διαταραγμένο δείγμα από το υπέδαφος που υφίσταται διαταραχή του ιστού του και παρουσιάζει αλλοιώσεις των ιδιοτήτων του (κυρίως ως προς την φυσική υγρασία) λόγω υπερθερμάνσεώς του.

Ετσι θα πρέπει να αποφεύγεται η σε μεγάλο μήκος συνεχής εν ξηρώ διάτρηση (φραγμός) και δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα είκοσι (20) εκατοστά. Επίσης η ταχύτητα περιστροφής του δειγματολήπτη κατά την εν ξηρώ δειγματοληψία διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα ώστε να περιορίζεται κατά το δυνατό η υπερθέρμανση που αναπτύσσεται στο κοπτικό άκρο του δειγματολήπτη και στο εδαφικό δείγμα.

Κατά την αφαίρεση του εδαφικού δείγματος από τον δειγματολήπτη αποκόπτεται και απορρίπτεται το τμήμα εκείνο του δείγματος, που έχει επηρεαστεί υπερβολικά από την υψηλή θερμοκρασία που έχει αναπτυχθεί κατά την εν ξηρώ διάτρηση και που δεν είναι κατάλληλο για εργαστηριακές εξετάσεις και δοκιμές.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε εδάφη που είναι αδύνατη η διεύθυνση με απλή πίεση και που η περιστροφική κίνηση του δειγματολήπτη με σύγχρονη κυκλοφορία ύδατος προκαλεί θρυμματισμό και απόπλυση του εδαφικού υλικού.

β. Διάνοιξη κατακόρυφης γεωτρήσεως σε μαλακά πετρώματα χωρίς τη χρησιμοποίηση νερού (εν ξηρώ διάτρηση).

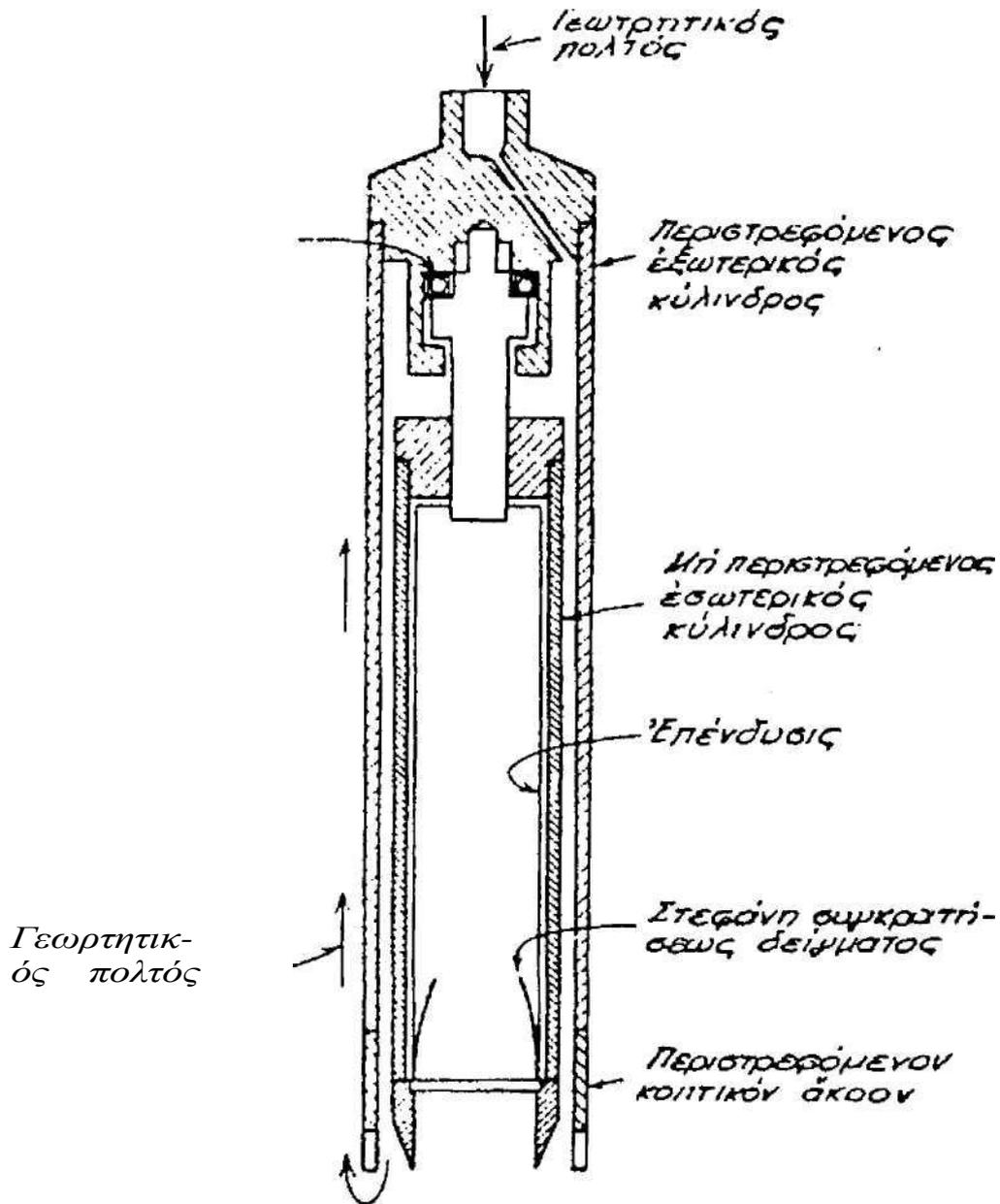
Πολλές φορές, λόγω της φύσεως του εδάφους καθώς και σε ειδικές περιπτώσεις γεωτρήσεων ειδικού ελέγχου, χρησιμοποιείται η εν ξηρώ διάτρηση σε τμήμα της γεωτρήσεως ή ακόμη και σε όλο το μήκος της (εν ξηρώ γεώτρηση).

3.2 Δειγματολήπτες με έμβολο.

Μέρος της διατάραξης που έχει σχέση με τους σωληνωτούς δειγματολήπτες, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μαλακά ανομοιόμορφα, συμπαγή εδάφη, παρατηρείται γιατί τα διάφορα τμήματα του επί τόπου εδάφους δεν αντιπροσωπεύονται μέσα στο δείγμα στο πραγματικό τους πάχος. Πράγματι, όταν ο κενός δειγματολήπτης αρχίζει να προχωρεί προς τα κάτω, η πρόσφυση και η τριβή πάνω στην εξωτερική επιφάνεια του, σε συνδυασμό με την υπάρχουσα αστάθεια του

πυθμένα της γεώτρησης, είναι δυνατό να προκαλέσουν εισχώρηση του εδάφους μέσα στο σωλήνα με γρηγορότερο ρυθμό από την ταχύτητα της καθόδου αυτού.

Εξάλλου, όταν ο δειγματολήπτης γεμίσει εν μέρει, η πρόσφυση και η τριβή μεταξύ του σωλήνα και του δείγματος έρχονται σε αντίθεση με την παρακάτω λήψη εδαφικού υλικού. Σε ακραίες περιπτώσεις το αρχικό τμήμα του δείγματος ενδέχεται να ενεργεί σαν πώμα, το οποίο μπορεί να απωθεί τις μαλακές φλέβες ή τις ενστρώσεις, οι οποίες χωρίς άλλο, εισχωρούν μέσα στον δειγματολήπτη. (Hvorslev, 1948).



Σχ.5 Σχηματική παράσταση των κύριων χαρακτηριστικών του δειγματολήπτη Denison.

Τα μειονεκτήματα αυτά μπορούν να περιορισθούν σημαντικά με την τοποθέτηση εμβόλου μέσα στο σωληνωτό δειγματολήπτη. Αυτό το έμβολο φράζει το κατώτερο άκρο του σωλήνα, μέχρι ο δειγματολήπτης να φτάσει στη στάθμη της πάνω επιφάνειας του δείγματος που έχει ληφθεί. Στη συνέχεια, το έμβολο παραμένει σ' αυτή τη στάθμη και σε επαφή με το έδαφος, ενώ ο σωλήνας συνεχίζει γύρω από το έμβολο και περνάει μέσα από το έδαφος. Κατά τη διάρκεια του αρχικού σταδίου της διεισδύσεως του σωλήνα, η παρεμβολή του εμβόλου εμποδίζει την εισαγωγή δείγματος που να έχει μεγαλύτερο μήκος από το τμήμα του σωλήνα που έχει περάσει μέσα στο έδαφος. Στο τελικό στάδιο, η πάνω επιφάνεια του δείγματος δεν μπορεί να αποκολληθεί από το έμβολο χωρίς να δημιουργηθεί κενό.

Συμπερασματικά, κάτω το αναφερόμενο στάδιο, το έμβολο υποβοηθάει την εισχώρηση του δείγματος μέσα στο σωλήνα. Αφού προχωρήσει ο σωλήνας το έμβολο σταθεροποιείται στη νέα θέση του, και ολόκληρο το συγκρότημα περιστρέφεται, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο διαχωρισμός του δείγματος από το προκείμενο έδαφος. Στη συνέχεια, το έμβολο και ο σωλήνας ανασύρονται από την οπή.

Οι δειγματολήπτες με έμβολο, που έχουν μικρό δείκτη επιφανειών, μπορούν να παράσχουν άριστης ποιότητας δείγματα συμπαγών εδαφών, ακόμα και όταν αυτά είναι πολύ μαλακά και ευαίσθητα. Η ανάγκη τοποθέτησης ιδιαίτερου στελέχους για το έμβολο, που διέρχεται μέσα από τα στελέχη του γεωτρύπανου μπορεί να παραμερισθεί με τη χρησιμοποίηση ενός κατάλληλου υδραυλικού μηχανισμού (Osterberg, 1952).

3.3 Σουηδικός Δειγματολήπτης.

Ακόμη και στους δειγματολήπτες με έμβολο, το μήκος του εξασφαλιζόμενου δείγματος είναι αρκετά περιορισμένο και δεν μπορεί να υπερβεί τα 1,00 έως 1,50 m. Επιπλέον, καθώς το μήκος του δείγματος

αυξάνεται, ο βαθμός διατάραξης του εδάφους γίνεται μεγαλύτερος. Αν εξουδετερωθούν η πρόσφυση και η τριβή μεταξύ του σωλήνα και του δείγματος, αυτό θα μπορεί να εισχωρεί ελεύθερα μέσα στο δειγματολήπτη, χωρίς να προκαλείται διαταραχή του εδάφους στο κάτω μέρος του κοπτικού άκρου. Επίσης, θα είναι δυνατή η λήψη δειγμάτων, με πολύ μεγαλύτερο μήκος. Οι επιδιώξεις αυτές πραγματοποιούνται στον Σουηδικό δειγματολήπτη (σχήμα 6), στον οποίο το εσωτερικό του σωλήνα επενδύεται με μία σειρά λεπτών κατακόρυφων χαλύβδινων ταινιών (Kjellman κ.ά., 1950). Οι εν λόγω ταινίες εκτυλίσσονται σε κατάλληλες θήκες που είναι διατεταγμένες δίπλα από το κατώτερο άκρο του δειγματολήπτη, και διατηρούνται σε επαφή με το έδαφος αμέσως μόλις αυτό εισχωρήσει μέσα στο σωλήνα. Οι ταινίες δεν μετακινούνται κατακόρυφα με το έδαφος, καθώς ο σωλήνας προχωρεί γύρω απ' αυτά, προς τα κάτω . Οι θήκες των ταινιών είναι διατεταγμένες στο τμήμα της αιχμής του σωλήνα το οποίο έχει μεγαλύτερη διάμετρο, αλλά βρίσκεται αρκετά ψηλότερα από το άκρο της, έτσι ώστε ο δείκτης επιφανειών να έχει μικρή τιμή. Παρ' όλο που η συσκευή αυτή είναι πολύπλοκη, έχουμε λάβει απ' αυτή αδιατάρακτα δείγματα, με πολύ μεγάλο μήκος μέχρι π.χ. 18,00 m από πολύ ευαίσθητους αργίλους και ιλείς.

3.4 Διαιρετός Δειγματολήπτης.

Για την λήψη δειγμάτων από ερευνητικές γεωτρήσεις, ο δειγματολήπτης προσαρμόζεται στο κάτω άκρο εκπλύσεως του σωλήνα ή των στελεχών, για αντικατάσταση του κοπτικού άκρου.

Ο δειγματολήπτης κατεβαίνει μέχρι τον πάτο της οπής και στη συνέχεια πιέζεται ή μπαίνει μέσα στο έδαφος για τη λήψη του δείγματος, η οποία τελικά βγαίνει από την οπή.

Οι δειγματολήπτες που, συνήθως, χρησιμοποιούνται για ερευνητικές γεωτρήσεις αποτελούνται από ένα μέρος σωλήνα, μήκους 30 ως 60 cm και έχουν εσωτερική διάμετρο 38 mm(1,5 ίντσα) περίπου. Ολος ο σωλήνας είναι χωρισμένος σε δύο ίσα τμήματα, όπου το καθένα έχει μορφή ημικυκλίου στο σημείο της τομής. Γι' αυτό το λόγο ονομάζεται διαιρετός δειγματολήπτης. Όταν γίνεται η λήψη του δείγματος, τα δύο τμήματα του δειγματολήπτη συγκρατούνται από τα άκρα των εσωτερικών κοχλιωμένων μερών του σωλήνα μικρού μήκους. Το ένα από τα τεμάχια χρησιμεύει για την σύνδεση του δειγματολήπτη με το σωλήνα εκπλύσεως. Το δεύτερο, έχει αιχμηρό "τελείωμα" και χρησιμεύει για κοπτικό άκρο κατά τη διάρκεια της έμπηξης του δειγματολήπτη μέσα στο έδαφος.

Κατά την τεχνική αυτή, η οποία συνήθως ακολουθείται, ο δειγματολήπτης βγαίνει από το έδαφος με τον εργοδηγό, ο οποίος εξετάζει και κατατάσσει το υλικό και στη συνέχεια τοποθετεί μία μικρή ποσότητα μέσα σ' ένα γυάλινο δοχείο, το οποίο κλείνεται καλά και μετά στέλνεται στον αρμόδιο μηχανικό για μικροσκοπική εξέταση. Κατά προτίμηση πρέπει να εξάγονται δείγματα μεσαίου μεγέθους, με το δειγματολήπτη, τα οποία στη συνέχεια συσκευάζονται αεροστεγώς ; ονομάζονται κάπως με προσδιοριστούν οι χαρακτηριστικές ιδιότητες του εδάφους. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών πρέπει να χρησιμοποιείται κάποια ποσότητα από κάθε δείγμα.

Το υπόλοιπο πρέπει να διατηρείται μέσα στο δοχείο για να είναι δυνατή η εξέταση του από τους ενδιαφερόμενους.

Τα αργιλικά δείγματα που προέρχονται από πολύ διαπερατά εδάφη είναι πάντα συμπυκνωμένα, έστω και αν το επί τόπου έδαφος είναι «χαλαρό» ή όχι πολύ πυκνό. Έτσι, τα τελευταία αυτά δείγματα, δεν μπορούν να μας δώσουν στοιχεία για την σχετική πυκνότητα του εδάφους αν και η ιδιότητα αυτή έχει πολύ μεγαλύτερη σημασία από τα χαρακτηριστικά των μεμονωμένων κόκκων του εδάφους.

Η πιο απλή μέθοδος για την απόκτηση ορισμένων στοιχείων που αφορούν το βαθμό συμπύκνωσης του εδάφους, απαιτούνται για την διεύθυνση του διαιρετού δειγματολήπτη μέσα στο έδαφος σε βάθος 30 cm. Το βάρος του πρότυπου κριού ανέρχεται σε 64 Kg, και το ύψος της πτώσης του σε 76 cm. Ο πρότυπος διαιρετός δειγματολήπτης έχει τις διαστάσεις που φαίνονται στο σχήμα.⁷ Αυτός προσαρμόζεται στα στελέχη και κατεβαίνει μέχρι το πάτο της γεωτρήσεως, ύστερα από τον καθαρισμό της, με ρεύμα νερού ή με εδαφολήπτη auger. Αφού φτάσει ο δειγματολήπτης στο πάτο, ο κριός αρχίζει να ενεργεί στην κεφαλή των στελεχών, μέχρι να εισχωρήσει ο δειγματολήπτης περίπου 15 cm μέσα στο έδαφος. Σ' αυτό το σημείο αρχίζει η δοκιμή διεύθυνσης, καθώς ο εργοδηγός σημειώνει τον αριθμό κρούσεων, οι οποίες απαιτούνται για την διεύθυνση του δειγματολήπτη κατά 30 cm που θα γίνει στη συνέχεια. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται "πρότυπος δοκιμή διεύθυνσης" και πρέπει να διεξάγεται σ' όλες τις περιπτώσεις, δεδομένου ότι παρέχει ουσιαστικότερα στοιχεία με πολύ λιγότερη πρόσθετη εργασία.

Κατά τη λήψη δείγματος από τελείως ή σχεδόν μη συμπαγή άμμου, η οποία βρίσκεται κάτω από το φρεάτιο ορίζοντα, το εδαφικό υλικό ενδέχεται να πέσει από το δειγματολήπτη, καθώς αυτός σηκώνεται από τον πάτο της οπής. Ο συλλέκτης καθαρισμού δεν παρέχει, στην

προκειμένη περίπτωση, ικανοποιητικά αποτελέσματα γιατί η ανακίνηση που χρειάζεται για το τελείωμα της προκαλεί αποβολή των λεπτών συστατικών.

Για την εξασφάλιση δειγμάτων άμμου, με όλα τα συστατικά τους, είναι ανάγκη να χρησιμοποιηθούν άλλες συσκευές, όπως είναι ο δειγματολήπτης με χαλύβδινη ελατηριωτή στεφάνη που συγκρατεί το δείγμα. Η στεφάνη προσαρμόζεται στα τοιχώματα του κατώτερου άκρου του δειγματολήπτη. Κατά την ανύψωση του δειγματολήπτη τα ελατηριωτά εξαρτήματα λυγίζουν προς το κέντρο του δείγματος και άμα δεν παρεμβληθούν μεταξύ τους χονδρόκοκκο σωματίδια, ενώνονται και σχηματίζουν κυρτή βάση, η οποία συγκρατεί το δείγμα.

Αν δεν γίνει, τελικά, η συγκράτηση του δείγματος από τον δειγματολήπτη με ελατηριωτή στεφάνη, τότε μπορούν να ληφθούν δείγματα, που περιλαμβάνουν σχεδόν όλα τα συστατικά του εδάφους από τρύπες που έχουν διάμετρο 10 cm (4 ιντσών) μέσω του δειγματολήπτη με λεπίδα. Αυτός έχει εσωτερική διάμετρο 64 mm (2 1/2 ιντσών) και μήκος 760 mm (30 ιντσών). Το κατώτερο άκρο του φράζεται με κωνικό πώμα. Το μισό μέρος του δειγματολήπτη που βρίσκεται στο επάνω μέρος, έχει κατακόρυφη σχισμή. Η μία πλευρά της σχισμής προεξέχει και είναι μυτερή και σχηματίζει έτσι λεπίδα. Ολος ο δειγματολήπτης μπαίνει μέσα στον πυθμένα της οπής και περιστρέφεται. Με αυτό τον τρόπο, η λεπίδα διώχνει το εδαφικό υλικό, το οποίο συσσωρεύεται αρχικά στο κάτω μέρος του δειγματολήπτη και στη συνέχεια και στο πάνω μέρος αυτού. Αυτό το δείγμα που λαμβάνεται είναι διαταραγμένο και τα συστατικά του, εν μέρει διαχωρισμένα. Η απώλεια όμως λεπτών συστατικών είναι πολύ περιορισμένη.

Αν συναντηθεί στρώμα χαλίκων τότε δεν είναι δυνατή η λήψη δειγμάτων από τρύπες μικρής διαμέτρου, όπως π.χ. 6,5 cm (2 1/2 ιντσών) Υπάρχει ακόμα η περίπτωση να είναι αδύνατη η έμπηξη του σωλήνα μέσα σ' αυτό το στρώμα, με αποτέλεσμα να εγκαταλειφθεί η

γεώτρηση. Έτσι, η επόμενη γεώτρηση θα πρέπει να έχει σωλήνωση η οποία θα έχει διάμετρο τουλάχιστον 10 cm (4 ιντσών).

3.5 Σωληνωτός Δειγματολήπτης Λεπτού Τοιχώματος.

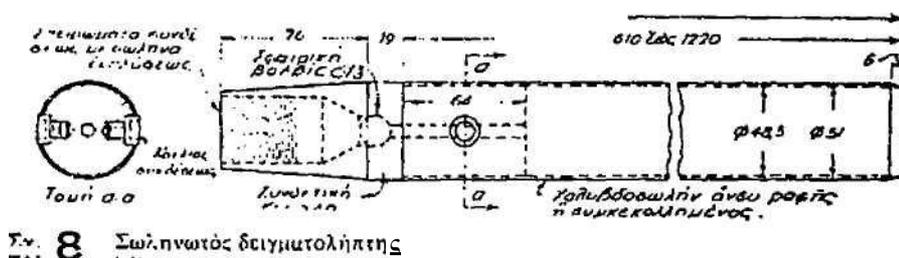
Εάν η φύση του έργου που προορίζεται για κατασκευή, απαιτεί την εξασφάλιση βάσιμων στοιχείων για την διατμητική αντοχή ή για την σχέση τάσεως - παραμορφώσεως του εδάφους, τότε ο βαθμός διαταράξεως των δειγμάτων πρέπει να ελαττώνεται στην ελάχιστη τιμή, η οποία επιτρέπει την επωφελή χρησιμοποίηση αυτών των στοιχείων. Οποσδήποτε κάποια διατάραξη του εδάφους είναι αναπόφευκτη, ανεξάρτητα από τον τύπο του δειγματολήπτη που χρησιμοποιούμε.

Ο βαθμός διαταράξεως εξαρτάται απ' τον τρόπο που ο δειγματολήπτης να εισχωρήσει μέσα στο έδαφος με διαδοχικές κρούσεις ενώ τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν ο δειγματολήπτης ωθείται μέσα στο έδαφος με μεγάλη αλλά σταθερή ταχύτητα. Για δειγματολήπτες με δεδομένη διάμετρο που εισάγονται μέσα στο έδαφος μ' αυτό τον τρόπο ο βαθμός διαταράξεως εξαρτάται από το δείκτη επιφανειών,

$$AR(\%)= 100 \times \frac{Dc^2-Di^2}{Di^2}$$

όπου στο D_c είναι η εξωτερική διάμετρος του δειγματολήπτη και D_i η εσωτερική. (Hvorslev 1948). Ο δείκτης επιφανειών του δειγματολήπτη που έχει χρησιμοποιηθεί στην πρότυπη δοκιμή διεισδύσεως είναι 112%. Η τιμή πάντως του A_r δεν πρέπει να ξεπερνάει το 20% περίπου, για να περιορίζεται η διατάραξη στο ελάχιστο.

Αν οι ερευνητικές γεωτρήσεις έχουν σωληνώσεις εσωτερικής διαμέτρου 6,5 cm (2,5 ίντσών), ο μεγαλύτερος δειγματολήπτης, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί, είναι αυτός που έχει εξωτερική διάμετρο 5 cm (2 ίντσες).



3.6 Σκοπός.

Τα προϊόντα ανορύξεως των ερευνητικών γεωτρήσεων είναι ανεπαρκή για να παράσχουν ικανοποιητικά στοιχεία περί των τεχνικών χαρακτηριστικών των απαντώμενων εδαφών, ή έστω περί του πάχους και του βάθους των διαφόρων στρωμάτων.

Αντιθέτως, οι ενδείξεις αυτές οδηγούν συχνά σε παρερμηνείες, έχει γίνει δε πολλές φορές υπαίτιοι καταστροφής των θεμελίων. Για την ορθή διαπίστωση του τύπου των υλικών του υπεδάφους απαιτείται όπως ληφθούν δείγματα, που περιέχουν όλα τα συστατικά των υλικών αυτών στις πραγματικές τους αναλογίες.

Επί πλέον, ο προσδιορισμός των ενδιαφερόντων τη εδαφομηχανική ιδιοτήτων, όπως είναι η αντοχή, η συμπιεστικότητα και η διαπερατότητα, ενδέχεται να καθιστά επιβεβλημένη τη διενέργεια εργαστηριακών δοκιμών επί σχετικώς άθικτων ή ακόμα και επί τελείως αδιατάρακτων δειγμάτων. Ο αναγκαίος χρόνος και η αντίστοιχη δαπάνη αυξάνονται με ταχύ ρυθμό, όσο αυστηρότερες είναι οι τιθέμενες απαιτήσεις αναφορικός προς το ανεκτό βαθμό διαταράξεως του δείγματος και όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος αυτού. Βάση των στοιχείων, τα οποία προκύπτουν από τα δείγματα, δύναται να ληφθεί απόφαση περί της ενδεχομένης ανάγκης εφαρμογής τελειότερων μεθόδων δειγματοληψίας.

3.7 Πυρήνα Βράχων :

Τα βράχια σε αντίθεση των εδαφών δεν μπορούν να διασπαστούν αμέσως με το χέρι και δεν θα διαλυθούν σε πρώτο, στεγνοί και υγροί κύκλοι. Άθικτα βράχια είναι πολύ δυνατά, αλλά συνήθως κομμάτια βράχων χωρίζονται από διακοπές όπως ενώσεις, ρήγματα, υποστρώσεις και τέμνουσα πλάνα. Αυτές οι διακοπές μειώνουν την

δύναμη μεγάλων μαζών άθικτου βράχου. Ο διεθνής σύλλογος Μηχανικών βράχων συστήνει ότι το βράχος πρέπει να ταξινομηθεί βάσει του υλικού βράχου, απόσταση, προσανατολισμό, σκληρότητα και γέμιση της μάζας βράχου. (Deere 1963). Οπότε σε καταστάσεις όπου οι βάσεις πρόκειται να μεταφερθούν σε μέσα υπόστρωμα, έρευνα του υποστρώματος γίνεται να αποφασισθεί η ανάβαση επιφάνεια βράχους, το είδος βράχου, βάθος και σχέδιο ασβεστόλιθο, και διακοπές όπως πλάνα στρωμάτων και ενώσεων. Τα 3 ιντσών (75 mm) εξωτερική διάμετρο, διπλού σωληναρίου, μέγεθος N πυρήνα διάτρηση κυλίνδρου με μη κυλινδρικό εσωτερικότερα κύλινδρο γενικά χρησιμοποιούνται για καλής ποιότητας πυρήνα βράχων. Μετά από την αφαίρεση των πυρήνων από τον κύλινδρο του πυρήνα, θα πρέπει να τοποθετούνται σε ξύλινες ή μεταλλικές πυρήνες στην σειρά που παίρνονται.

Αυτές οι πυρήνες μετά εξετάζονται για ταυτότητα και ταξινόμηση σε εργαστήριο πυρήνων.

Για μηχανολογικούς σκοπούς, αναγνώριση βράχων και ταξινόμηση περιορίζονται μόνο σε πλατιές βασικές τάξεις. Βασισμένο στη σειρά μη περιορισμένη συμπιεσμένη δύναμη και αναγνώριση πεδίου περιγραφής, τα βράχια μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την δύναμη τους. Σύμφωνα με την ταξινόμηση που βλέπουμε στον πίνακα 3.1, βράχια βαθμολογούνται από ταξινόμηση R0 έως R6. Το R0 είναι εξαιρετικά αδύναμο βράχο που μπορεί να χαραχθεί από το νύχι του αντίχειρα και έχει μία απεριόριστη συμπιεσμένη δύναμη λιγότερο από 20 Kips / τετραγ. πόδια (1 MPa) ενώ το R6 είναι εξαιρετα δυνατό βράχο έχοντας απεριόριστη συμπιεστική δύναμη μεγαλύτερη από 5000 Kips / τετραγ. πόδια (250 MPa) που μπορεί μόνο να χτυπηθεί από γεωλογικό σφυρί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 Ταξινόμηση βράχου σε σχέση με την δύναμη (Καναδέζικο Ίδρυμα Μηχανολογικό Βοήθημα εγχειρίδιο 1985)

Δύναμη Βαθμό Ταξινόμηση	Πεδίο Αναγνωριστικής Μεθόδου	Σειρα Απεριόριστης Συμπιεστικής Δύναμης	
		MPa	Kip/ft ²
R0 Εξαιρετικά αδύναμο	Χαραγμένο με νύχι αντίχειρα	<1	<20
R1 Πολύ αδύναμο	Τρίβεται υπό δυνατά κτυπήματα γεωλογικού σφυριού, μπορεί να ξεφλουδισθεί με σουγιά	1-5	20-100
R2 Αδύναμο βράχο	Μπορεί να ξεφλουδισθεί από σουγιά με δυσκολία, ελαφρές χαραξίες γίνονται	5-25	100-500
R3 Μετρίως δυνατό	Δεν μπορεί να ξυστεί ή ξεφλουδισθεί με σουγιά. Δείγμα μπορεί να ραγισθεί με ένα έντονο κτύπημα γεωλογικού σφυριού	25-50	500-1000
R4 Δυνατό	Δείγμα απαιτεί περισσότερο από ένα κτύπημα γεωλογικού σφυριού να ραγισθεί	50-100	1000-2000
R5 Πολύ δυνατό	Δείγμα απαιτεί πολλά κτυπήματα γεωλογικού σφυριού να ραγισθεί	100-250	2000-5000
R6 Εξαιρετικά δυνατό	Δείγμα μπορεί μόνο να χτυπηθεί από γεωλογικό σφυρί	>250	> 5000

3.8 .ΕΛΔΑΦΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΩΡΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΟΥ.

Η ποιότητα και η δύναμη βραχικής μάζας είναι εξαιρετικά εξαρτώμενο στα διαστήματα μη συνέχισης (συνέπειας) που μπορούν να μετρηθούν επανθίσεις στρώματος (προεξοχές βράχου από το έδαφος), αυλάκια, πυρήνες τρυπανιού και παρατηρώντας τις οπές γεωτρήσεων με φωτογραφικές μηχανές οπής γεώτρησης και περισκόπια. Καθώς υποδεικνύεται στο πίνακα 2, τα διαστήματα ασυνεπειών μπορούν να ποικίλουν από εξαιρετικά κοντά (λιγότερο από 0,06 πόδια, 0,02 m), ως εξαιρετικά πλατύ (μεγαλύτερο από 18 πόδια, 6 m). Αυτές οι ασυνέπειες θα πρέπει να αποφασίζονται μετρώντας τις αποστάσεις μεταξύ παρακείμενων ασυνεπειών πάνω από ένα ελάχιστο, δειγματολογικό μήκος 10 ποδιών.

Ποιότητα : Ονομασία ποιότητας βράχου (RQD) εξηγείται ως :

$$\text{RQD} = \frac{\text{Μήκος πυρήνα σε κομμάτια 4 ιντσών \& μακρύτερα}}{\text{Μήκος διαδρομής πυρήνα}} \times 100$$

Το RQD είναι ένα ευρετήριο γενικής ποιότητας βράχου για μηχανολογικούς σκοπούς. Εμμέσως μετρά τον αριθμό ραγίσματα και ποσό μαλάκωσης ή αλλαγής σε μάζα βράχου.

Είναι αποφασισμένο ότι από τους πυρήνες των βράχων που έχουν αποκτηθεί χρησιμοποιώντας διπλοσωλήνες πυρηνικών βαρελιών, (κυλίνδρων) τουλάχιστον NX μέγεθος (54 mm σε διάμετρο) αθροίζοντας το μήκος πυρήνα επαναφερόμενο και μετρώντας μόνο αυτά τα κομμάτια πυρήνα ήχου που είναι 4 ίντσες (100 mm) μακρός ή περισσότερο. Αποφασίζοντας για το RQD εάν ο πυρήνας σπασμένος από τον χειρισμό ή κατά τη διάρκεια γεώτρησης (διάτρησης), τα σπασμένα κομμάτια θα πρέπει να προσαρμοστούν και να μετρηθούν ως

άθικτο κομμάτι. Πίνακα 3 διαθέτει RQD ταξινόμηση και αντιστοιχία RQD αξίες που χρησιμοποιούνται σαν ευρετήριο ποιότητας βράχων για βάσεις μηχανολογικών σκοπών.

Για περαιτέρω λεπτομέρειες πάνω στην Βόρειο Αμερικάνικη εξάσκηση γεωτεχνικής εξερεύνησης, οι αναγνώστες μπορούν να παραπεμφθούν στο Riggs (1986).

Πίνακα 2 Ταξινόμηση βράχου όσων αφορά στα διαστήματα και μη συνέχισης (Καναδέζικο εγχειρίδιο, Ίδρυμα Μηχανολογίας 1985)

Ταξινόμηση διαστημάτων	Πλάτος διαστημάτων (m)	πόδια(ft)
------------------------	---------------------------	-----------

Εξαιρετικά κοντά	< 0.02	< 0.06
Πολύ κοντά	0.02-0.06	0.06- 0.18
Κοντά	0.06-0.20	0.18- 0.60
Μετρίως κοντά	0.20-0.60	0.60- 1.80
Πλατιά	0.60-2.00	1.80- 6.00
Πολύ πλατιά	2.00-6.00	6.00-18.00
Εξαιρετικά πλατιά	> 6	> 18

Πίνακα 3 Προσδιορισμό ποιότητας βράχου RQD (Deere et al 1967).

RQD Ταξινόμηση	RQD Αξία (%)
Εξαιρετικό	790
Καλώς	75-90
Μέτριο	50-75
Φτωχό	25-50
Πολύ φτωχό	< 25

3.9 Χρήση Αδαμαντοκορώνας.

3.9.1 Περιγραφή.

Η χρησιμοποίηση κοπτικού άκρου με διαμάντια θα γίνεται στις ακόλουθες περιπτώσεις :

- α. Όταν συναντιέται σκληρός βραχώδης σχηματισμός.
- β. Όταν απαιτείται βελτίωση στην απόληψη πυρήνα για το πέτρωμα που διατρέεται
- γ. Όταν επιβάλλεται ο περιορισμός της πιθανής αποκλίσεως της γεωτρήσεως.

3.10 Απόληψη Πυρήνα.

Η λήψη δειγμάτων μέσω της εμπήξεως σωλήνων με λεπτά τοιχώματα μέσα στο έδαφος δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί, αν το έδαφος είναι πολύ σκληρό ή συμπαγές, ώστε να μην επιτρέπει τη διείσδυση του δειγματολήπτη χωρίς σπάσιμο της αιχμής του ή της παραμόρφωσης του σωλήνα.

Εξάλλου, στην περίπτωση εμπήξεως του σωλήνα μέσω κρούσεων με το επάνω μέρος αυτού, προκαλείται υπερβολική διατάραξη του εδαφικού υλικού, ιδιαίτερα αν αυτό είναι μαλακό. Όταν οι αποθέσεις περιέχουν διαδοχικά μαλακές και σκληρές στρώσεις, η επιτυχής απόληψη δειγμάτων μέσω σωληνωτών ή μέσω εμβόλου δειγματοληπτών είναι πολύ αμφίβολη.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες η εφαρμογή του δειγματολήπτη Pitcher μπορεί να αποδειχτεί ικανοποιητική. Αυτός αποτελεί ουσιαστικά σωληνωτό δειγματολήπτη, στον οποίο γίνεται εφαρμογή της μεθόδου για την απόληψη πυρήνα από τον βράχο. Τα κύρια χαρακτηριστικά του δειγματολήπτη Pitcher φαίνονται στο σχήμα 4 , Κατά τη διάρκεια της γεώτρησης και κατά τον καταβιβασμό του δειγματολήπτη, ο σωλήνας με τα λεπτά τοιχώματα είναι αναρτημένος από τον κοπτικό κύλινδρο.

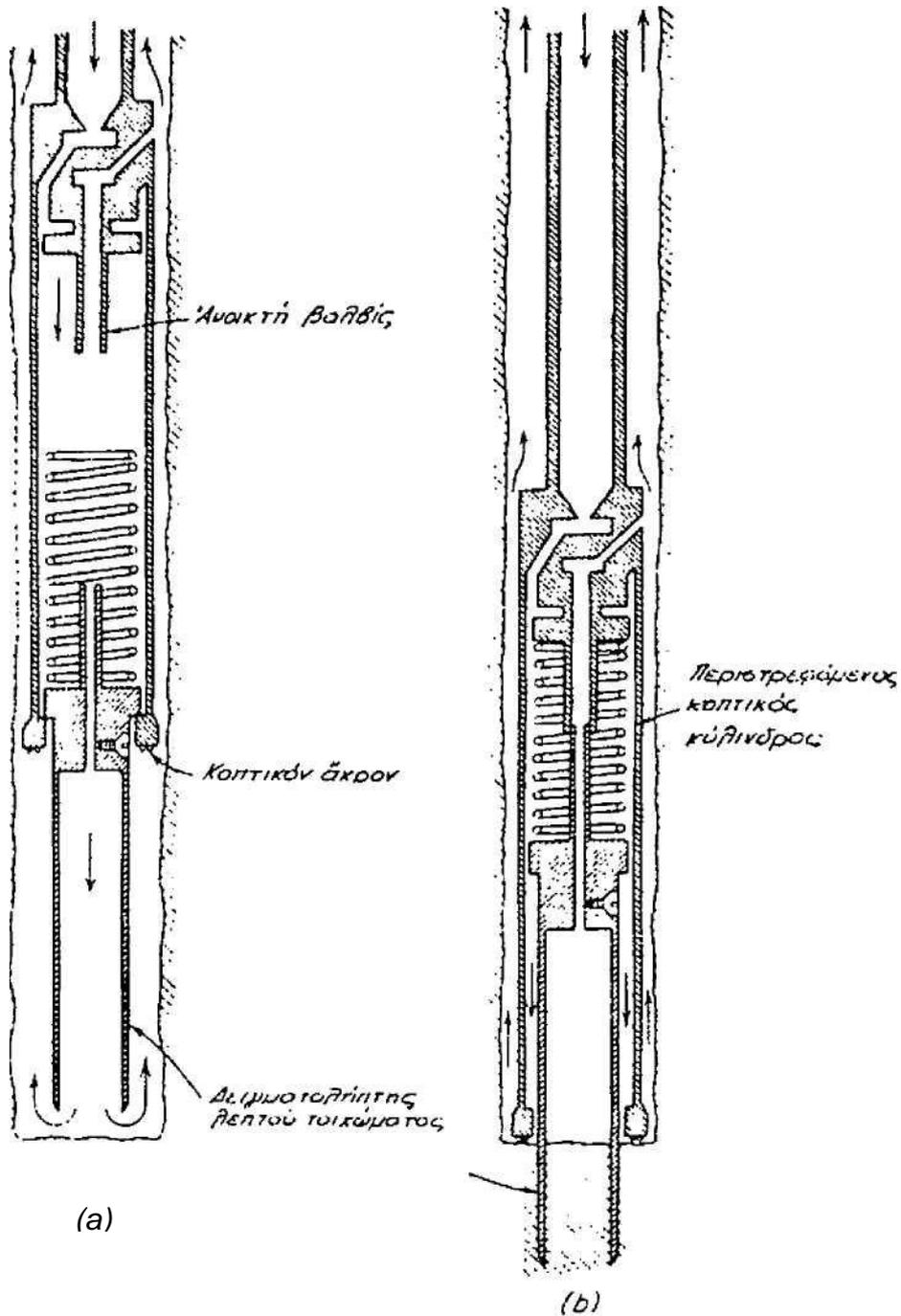
Συγχρόνως διοχετεύεται γεωτρητικός πολτός προς το κάτω μέρος μέσω του σωλήνα ο οποίος απομακρύνει τα θραύσματα του εδαφικού υλικού από τον πάτο της γεωτρήσεως.

Όταν συναντήσει ο σωλήνας τον πυθμένα, αυτός ωθείται προς τα πάνω σε σχέση προς τον κύλινδρο, έτσι ο γεωτρητικός πολτός συνεχίζει την εξής διαδρομή : αρχικά διοχετεύεται στο κάτω μέρος του δικτυλοειδούς χώρου μεταξύ του σωλήνα και του κυλίνδρου, και στη συνέχεια στο κάτω μέρος του περιστρεφόμενου κυλίνδρου, και τελικά προς τα πάνω παράλληλα με τον κύλινδρο. Αν το έδαφος το οποίο

προορίζεται για δειγματοληψία, είναι μαλακό, το ελατήριο το οποίο βρίσκεται στη κεφαλή του σωλήνα διατηρεί την αιχμή του αρκετά στο κάτω μέρος του κυλίνδρου τότε ο σωλήνας τοποθετείται μέσα στο έδαφος όπως ακριβώς στην περίπτωση του συνηθισμένου σωληνωτού δειγματολήπτη. Αν όμως το έδαφος είναι σκληρό τότε το ελατήριο συμπιέζεται μέχρι να ακουμπήσει η αιχμή του σωλήνα πάνω στο σημείο του κατώτερου άκρου του κυλίνδρου.

Καθώς περιστρέφεται ο κύλινδρος, ανοίγει ένα δακτυλιοειδές κενό γύρω από την εδαφική μάζα, πάνω στην οποία τοποθετείται ο σωληνωτός δειγματολήπτης. Έτσι προστατεύεται το δείγμα από την παραπάνω διάβρωση από τον κυκλοφορούντα πολτό. Με αυτή τη διάταξη ο δειγματολήπτης προσαρμόζεται από μόνος του στη συνεκτικότητα του εδάφους. Μια άλλη παραλλαγή της μεθόδου απόληψης του πυρήνα από το βράχο, παράλληλη με την εισαγωγή του δείγματος μέσα στον κύλινδρο έχει εφαρμοστεί ευρύτατα από το Στρατιωτικό Σώμα

Μηχανικού και από την υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων των ΗΠΑ. Σύμφωνα μ' αυτή την παραλλαγή χρησιμοποιείται κατάλληλη συσκευή η οποία χαρακτηρίζεται ως δειγματολήπτης Denison (Johnson, 1940). Ο γεωτρητικός πολτός εισάγεται μέσα στην γεώτρηση, ενώ αιωρείται, μέσω σειράς κοίλων στελεχών. Ο κύλινδρος απόληψης του πυρήνα είναι διατεταγμένος μέσα σ' έναν άλλον μεγαλύτερο κύλινδρο (σχήμα 5), ο οποίος είναι εφοδιασμένος με κοπτικούς οδόντες στο κατώτερο σημείο του.



Σχ. 4 . Σχηματική παράσταση δειγματολήπτη Pitcher, (a) Σωληνωτός δειγματο- λήπτης, αναρτημένος από τον κοιτικό κύλινδρο, κατά την διάρκεια εισαγωγής του εντός της Γεώτρησης. (b) Έμπηξη του σωλήνα εντός μαλακού εδάφους, μέσω του ελατηρίου.

Καθώς συνεχίζεται η γεώτρηση ο εξωτερικός κύλινδρος περιστρέφεται. Ο γεωτρητικός πολτός διοχετεύεται προς τα κάτω μέσα από τον δακτυλιοειδή χώρο μεταξύ των δύο κυλίνδρων, και ρέει μέσα από τα κενά των κοπτικών οδόντων και υψώνεται προς το πάνω μέρος της γεώτρησης, διερχόμενος μεταξύ του εξωτερικού κυλίνδρου και των τοιχωμάτων της οπής. Ο δειγματολήπτης έχει μήκος 61 cm (24 ιντσών) και εξωτερική διάμετρο 15 cm περίπου (6 ιντσών) και περιλαμβάνει κυλινδρική επένδυση μικρού πάχους, η οποία παραμένει στο δείγμα κατά τη διάρκεια της αφαίρεσης του από τον δειγματολήπτη. Επίσης έχει στεφάνι συγκράτησης του δείγματος.

Καθώς συνεχίζεται η γεώτρηση, ο δειγματολήπτης τοποθετείται μέσα στο έδαφος μέσω γρύλλων οι οποίοι ασκούν πίεση η οποία κυμαίνεται μεταξύ ενός και δύο τόνων. Η αντίδραση των γρύλλων εξισορροπείται με το ικρίωμα της γεώτρησης.

Με το δειγματολήπτη Denison έχουν ληφθεί με επιτυχία δείγματα από ξερών έως και σκληρών συνεκτικών εδαφών, καθώς και από μαλακούς αργιλικούς σχιστόλιθους. Σε πολλές περιπτώσεις ήταν δυνατή η απόληψη δειγμάτων, με μικρή διατάραξη ακόμα και από ελαφριά συνεκτική ή βρώμικη άμμο. Παρ' όλα αυτά στην περίπτωση χρησιμοποίησής του σε καθαρή άμμο που βρίσκεται κάτω από το φρεάτιο ορίζοντα, είναι δυνατόν να εξαρθεί ο δειγματολήπτης κενός από την γεώτρηση. Τέλος, εάν συναντήσουμε χαλικοειδείς στρώσεις, υπάρχει το ενδεχόμενο να παρεμποδίζεται η εκτέλεση της γεώτρησης σε τέτοιο βαθμό, ώστε να εγκαταλειφθεί.

3.11 Μέτρα βελτίωσης της πυρηνοληψίας

Η δειγματοληψία στα διάφορα πετρώματα δεν είναι πάντοτε ικανοποιητική. Κριτήριο της ικανοποιητικής ή μη πυρηνοληψίας, αποτελεί το ποσοστό επί τοις εκατό απολήψεως πυρήνα σε σχέση με το

όλο μήκος του πετρώματος που έχει διατηρηθεί. Το εν λόγω επί τοις εκατό ποσοστό απολήψεως πυρήνα, εξαρτάται κυρίως από :

α. Το είδος του πετρώματος και τη φυσική κατάσταση του (αποσαθρωμένο ή μη, κερματισμένο, βαθμός διαγενέσεως και μεταμόρφωσης κλπ.).

β. Το είδος του εξοπλισμού διατρήσεως που χρησιμοποιείται και της μηχανικής καταστάσεως αυτού.

γ. Την τεχνική της διατρήσεως και πυρηνοληψίας που ακολουθείται, το είδος, για την συγκεκριμένη περίπτωση δειγματολήπτη - πυρηνολήπτη που χρησιμοποιείται, καθώς και το είδος του κοπτικού άκρου (σκληρομέταλλο ή από διαμάντια).

δ. Την εμπειρία χειριστού εκτέλεσης της γεώτρησης.

ε. Το μέγεθος των κραδασμών της γεωτρητικής στήλης και την ταχύτητα διάτρησης.

στ. Το νερό που διοχετεύεται κάθε φορά στη γεώτρηση καθώς και την πίεση του.

ζ. Την λειοτρίβηση του πυρήνα που λαμβάνεται κλπ.

Κατόπιν όλων των ανωτέρω, για τη βελτίωση της πυρηνοληψίας, τόσο από την πλευρά ποσοστού πυρηνοληψίας, όσο και από την πλευρά καταστάσεως του πυρήνα που λαμβάνεται, θα παίρνονται διάφορα προληπτικά μέτρα όπως :

1. Μείωση, όσο γίνεται των κραδασμών της γεωτρητικής στήλης που έχουν σαν αποτέλεσμα να θραύεται ο πυρήνας που λαμβάνεται. Αυτό πραγματοποιείται με το να διατηρείται το σύνολο του γεωτρητικού μηχανικού εξοπλισμού σε καλή κατάσταση και με κατάλληλη μείωση της ταχύτητας προώσεως (Feed Rate) της ατράκτου (τσοκ), καθώς και της ταχύτητας περιστροφής της γεωτρητικής στήλης.

2. Μείωση της ταχύτητας διατρήσεως (με μείωση της περιστροφής και προώσεως της ατράκτου (τσοκ) -διατρητικής στήλης) ιδιαίτερα σε κατακερματισμένα ή μαλακά πετρώματα.

3. Μείωση στο ελάχιστο της παροχής του διοχετευμένου στηγεώτρηση νερού και της πίεσεως του, ιδίως σε μαλακέςαργίλους και μάργες και σε αποσαθρωμένα γενικά πετρώματα. Κατά περίπτωση, η παροχή νερού μπορεί να διακοπεί πλήρως και η γεώτρηση να εκτελεσθεί στην ξηρά.

4. Διακοπή της προχωρήσεως της γεωτρήσεως σε περίπτωση εμφράξεως της εισόδου του πυρηνολήπτη με θραύσματα πυρήνα, που θα είχε σαν συνέπεια τη περαιτέρω καταστροφή του πυρήνα λόγω αδυναμίας εισόδου του στον πυρηνολήπτη. Η εν λόγω έμφραξη συμβαίνει συνήθως σε κερματισμένα πετρώματα ή σε περίπτωση συχνών εναλλαγών διαφόρων πετρωμάτων και συνοδεύεται από απότομη αύξηση της πίεσεως του νερού της διατρήσεως και από απότομη μείωση της ταχύτητας της διατρήσεως. Η προσπάθεια αποφράξεως μπορεί να γίνει με αύξηση της παροχής και της πίεσεως του νερού με σύγχρονη ανύψωση της διατρητικής στήλης, κατά ορισμένα εκατοστά από τον πυθμένα της οπής.

Στην περίπτωση που δεν υπάρξουν αποτελέσματα η διατρητική στήλη θα πρέπει να εξαχθεί ώστε να καθαριστεί η είσοδος του πυρηνολήπτη. Σε περιπτώσεις πετρωμάτων που δημιουργούν κινδύνους τέτοιων εμφράξεων, η μεθοδολογία της διατρήσεως θα πρέπει να περιλαμβάνει την επανεξαγωγή του δειγματολήπτη σε συχνότερα διαστήματα της τάξεως των 50 έως 100 εκατοστών.

5. Αύξηση της διαμέτρου της γεωτρήσεως, ιδίως σε κατακερματισμένα ή αποσαθρωμένα πετρώματα.

6. Αντικατάσταση της κορώνας από σκληρομέταλλο με αδαμαντοκορώνα. Επίσης χρησιμοποίηση ειδικού τύπου κοπτικών άκρων, όπως πολυβαθμιδωτών αδαμαντοκορώνων κλπ.

7. Χρησιμοποίηση του πλέον κατάλληλου κάθε φορά δειγματολήπτη (πυρηνολήπτη) ανάλογα με το είδος και την φυσική κατάσταση του πετρώματος που γίνεται η γεώτρηση, (π.χ. δειγματολήπτης απλού ή διπλού τοιχώματος, δειγματολήπτης τύπου Denison κλπ.).

3.12 Επιμέτρηση - Πληρωμή

α. Στη δειγματοληψία με διακοπή του κυκλοφορούντος ύδατος (φραγμός) θα καθορίζεται πρόσθετη αποζημίωση για το φραγμό ανά τεμάχιο.

β. Στην εν ξηρώ διάτρηση θα καθορίζεται πρόσθετη αποζημίωση για την ανά μέτρο εν ξηρώ προχώρηση, ανάλογα με τη διάμετρο της διατρήσεως και πέρα από την ανά μέτρο αποζημίωση γεωτρήσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ο

ΚΟΠΤΙΚΑ ΑΚΡΑ

4.1 Εισαγωγή

Το κοπτικό άκρο αποτελεί την «καρδιά» της διατηρητικής διαδικασίας. Το κοπτικό θραύει το πέτρωμα υπό τη συνδυασμένη δράση του βάρους που ασκείται επί αυτού και της περιστροφικής κίνησης. Το κοπτικό και η συνεργασία του με τη διατηρητική στήλη (βάρος-επί-του-κοπτικού, ευστάθεια και ακαμψία της κατώτερης συνδεσμολογίας), καθώς και η λάσπη διάτρησης (απομάκρυνση των θρυμμάτων, λίπανση και ψύξη του κοπτικού) αποτελούν παράγοντες πρωτεύουσας σημασίας για την περιστροφική όρυξη γεωτρήσεων.

Κατά συνέπεια, η επιλογή του κατάλληλου κοπτικού είναι καθοριστικής σημασίας για την επιτυχία ενός προγράμματος όρυξης και θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα ακόλουθα:

- Εφόσον η βασική λειτουργία κάθε κοπτικού είναι η θραύση (ή η κοπή) του πετρώματος, θα πρέπει να επιλέγεται το κοπτικό που θα εκμεταλλεύεται καλύτερα τα φυσικά χαρακτηριστικά, τις αδυναμίες και τη δομή του πετρώματος, και θα επιτυγχάνει έτσι αποτελεσματικότερη όρυξη.

- Τα θρύμματα που παράγονται από τη δράση του κοπτικού θα πρέπει να απομακρύνονται όσο το δυνατό πιο άμεσα από την πυθμένα της γεώτρησης και να μεταφέρονται στην επιφάνεια.

- Καθώς η αντικατάσταση ενός κοπτικού επισύρει μανούβρες (μη παραγωγικός χρόνος - αύξηση του κόστους), θα πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά η διάρκεια ζωής του κοπτικού που επιλέγεται κάθε φορά.

Οι βασικοί τύποι κοπτικών που χρησιμοποιούνται σήμερα στην περιστροφική όρυξη βαθιών γεωτρήσεων και σε ενδογεωτρητικές εργασίες (down-the-hole operations - DHT operations) είναι:

- *Κοπτικά με περιστρεφόμενους κώνους (Roller Cone Bits-RCB ή Rolling Cutter Bits ή rock bits)*
- *Αδαμαντοκορώνες (diamond bits)*
- *Πολυκρυσταλλικά συμπαγή αδαμαντοτρύπανα (Polycrystalline Diamond Compact bits- PDC)*

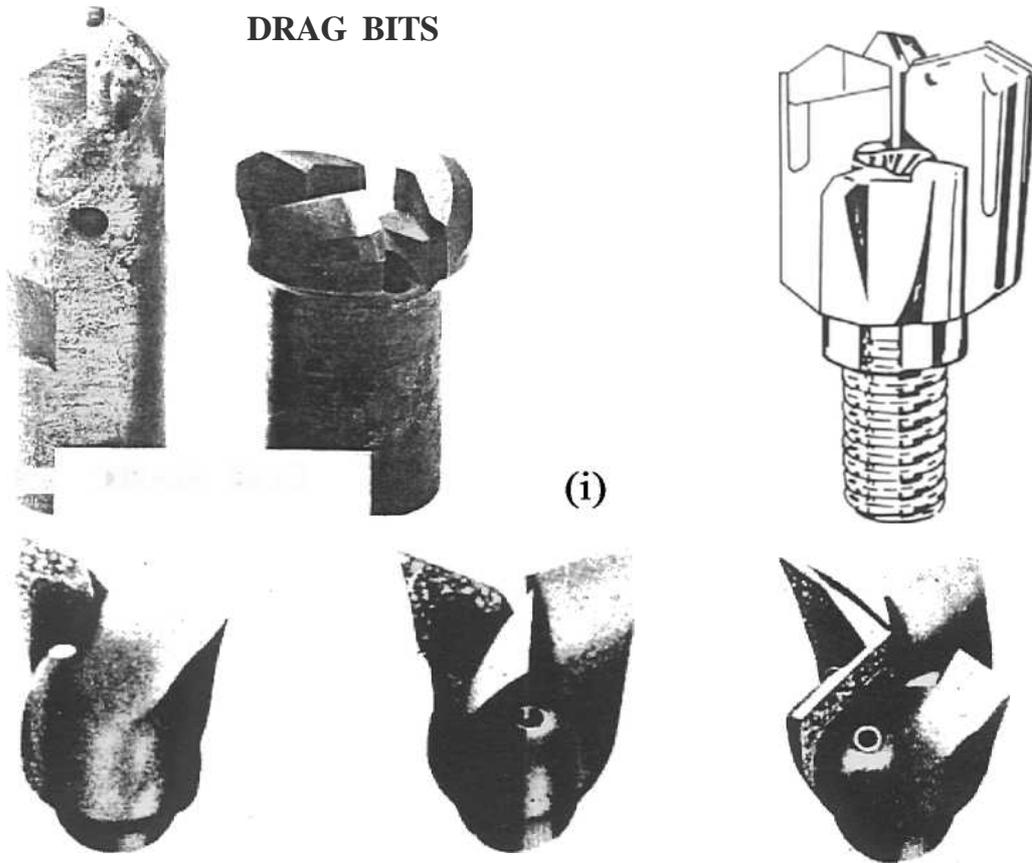
Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται επίσης *augers* (ελικοειδή κοπτικά) και *κοπτικά με ελάσματα (drag bits)*, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως και στη μεταλλευτική βιομηχανία. Τα κοπτικά αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται κυρίως κατά την έναρξη όρυξης μιας βαθιάς γεώτρησης ή κατά την όρυξη γεωτρήσεων μικρού βάθους.

4.2 Κοπτικά με ελάσματα (drag bits)

Τα κοπτικά με ελάσματα αποτελούν τον παλαιότερο τύπο κοπτικών που χρησιμοποιήθηκαν στην περιστροφική όρυξη γεωτρήσεων. Το πρώτο κοπτικό αυτού του τύπου διέθετε δύο ελάσματα (two-blade fishtail bit). Σήμερα κατασκευάζονται σε πολλούς τύπους, με ένα ή περισσότερα κοπτικά ελάσματα (cutter blades) διάφορων σχημάτων (σχήμα 4.1). Τα

κοπτικά ελάσματα είτε είναι ενσωματωμένα στο κυρίως σώμα του κοπτικού, είτε στερεώνονται πάνω σε αυτό και περιστρέφονται όλα μαζί σαν μια μονάδα μαζί με τη διατρητική στήλη. (ii)

Κοπτικό με δύο ελάσματα Κοπτικό με τρία ελάσματα Κοπτικό με τέσσερα ελάσματα



Σχήμα 4.1. Χαρακτηριστικά παραδείγματα κοπτικών (i) με ελάσματα και (ii) με χαλύβδινα ελάσματα επικεκαλυμμένα με καρβίδιο του βολφραμίου (hardfacing)

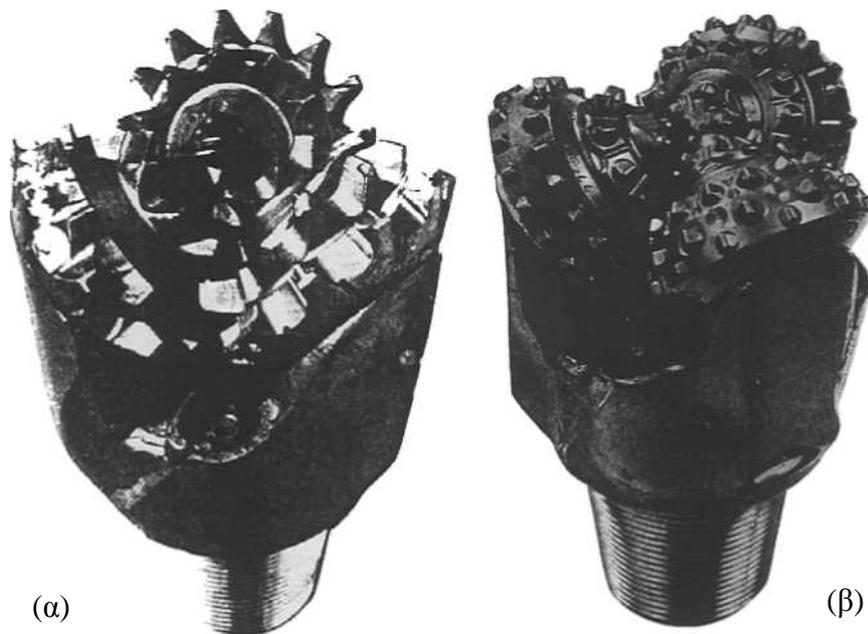
Το κοπτικό με ελάσματα χρησιμοποιείται κυρίως σε μαλακούς και κολλώδεις (gummy), μη συνεκτικούς σχηματισμούς. Τα παραγόμενα από την όρυξη θρύμματα τείνουν να προσκολλώνται πάνω στα ελάσματα του κοπτικού, ελαττώνοντας έτσι την αποτελεσματικότητά του. Η απόδοση του κοπτικού βελτιώνεται σημαντικά με την επιλογή του κατάλληλου μεγέθους ακροφυσίων (bit nozzles), έτσι ώστε να είναι διαθέσιμη στο κοπτικό η μέγιστη δυνατή υδραυλική ισχύς. Σε σκληρότερους και πιο συνεκτικούς σχηματισμούς επιταχύνεται σημαντικά η φθορά του κοπτικού και μειώνεται ο ρυθμός προχώρησης.

4.3 Κοπτικά με περιστρεφόμενους κώνους (roller cone bits-RCB ή rolling cutter bits ή rock bits)

Τα κοπτικά με περιστρεφόμενους κώνους (cones) ή κοπτήρες (cutters) περιόρισαν σημαντικά, μετά την εμφάνισή τους το 1920, τη χρήση των κοπτικών με ελάσματα. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη προσαρμοστικότητά τους, καθώς μπορούν να διατρύουν όλους τους τύπους των σχηματισμών και στο ότι επιτυγχάνουν έλεγχο στην κατευθυνόμενη διάτρηση. Επιπλέον, οι

τεχνολογικές εξελίξεις επαύξησαν τη διάρκεια της λειτουργικής ζωής του κοπτικού, μειώνοντας σημαντικά το χρόνο αντικατάστασής του (χρόνος μανούβρας).

Ένα κοπτικό με περιστρεφόμενους κώνους αποτελείται από τρία τμήματα: την άτρακτο (*shank*), τα σκέλη (*bit legs*), πάνω στα οποία προσαρμόζονται οι κώνοι, και τους τριβείς (*journal pins*). Κάθε κώνος έχει ομόκεντρες σειρές οδόντων οι οποίοι αλληλοεμπλέκονται (*interfit*) με τους οδόντες του γειτονικού κώνου. Οι οδόντες είτε είναι ενσωματωμένοι πάνω στον κώνο και κατασκευασμένοι από το ίδιο μέταλλο με αυτόν (*milled teeth bit*) (σχήμα 4.2α) είτε είναι ένθετοι, από καρβίδιο του βολφραμίου (*tungsten carbide insert bit*) (σχήμα 4.2β).



Σχήμα 4.2. Τύποι κοπτικών με περιστρεφόμενους κώνους: (α) με ενσωματωμένους οδόντες, (β) με ένθετους οδόντες

Καθώς η άτρακτος του κοπτικού περιστρέφεται με τη διατρητική στήλη, οι κώνοι περιστρέφονται επίσης γύρω από τον άξονά τους. Κατά την περιστροφή του κώνου οι οδόντες που φέρει έρχονται διαδοχικά σε επαφή με τον πυθμένα της γεώτρησης προκαλώντας τοπικά τη θραύση του πετρώματος.

Οι κώνοι και οι οδόντες έχουν σχήμα και θέση που βελτιώνει την αποδοτικότητα της όρυξης και την απομάκρυνση των θρυμμάτων. Η λάσπη διάτρησης εκρέει μέσω ακροφυσίων που βρίσκονται πάνω στην άτρακτο του κοπτικού με αποτέλεσμα την απαγωγή των θρυμμάτων και την ψύξη του κοπτικού, ενώ βοηθάει επίσης σημαντικά στη βελτίωση της θραύσης του πετρώματος.

Τα κοπτικά με ενσωματωμένους οδόντες (σχήμα 4.2α) είναι εφοδιασμένα με οδόντες οι οποίοι έχουν διαμορφωθεί πάνω στους κώνους με μηχανουργική επεξεργασία (milled). Συχνά η πρόσοψη (leading face) των οδόντων είναι επενδεδυμένη με καρβίδιο του βολφραμίου που επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής τους.

Σε μαλακά πετρώματα, όπου τα θρύμματα παράγονται με χαμηλά θλιπτικά φορτία, αλλά δεν απομακρύνονται αμέσως, χρησιμοποιούνται κοπτικά με αραιή διάταξη λεπτών και μακρών οδόντων.

Για σκληρότερα πετρώματα μέσης αντοχής, χρησιμοποιούνται κοπτικά με κοντούτερους οδόντες διατεταγμένους σε μικρότερες αποστάσεις μεταξύ τους.

Γενικά τα κοπτικά με ενσωματωμένους οδόντες είναι κατάλληλα για μαλακούς σχηματισμούς, οι οποίοι απαιτούν για την όρυξή τους μέτριο βάρος-επί-του-κοπτικού.

Τα κοπτικά με ένθετους (εμφυτευμένους) οδόντες (σχήμα 4.2β) περιλαμβάνουν παρεμβύσματα (inserts) ή κομβία (buttons) από καρβίδιο του βολφραμίου τα οποία πρεσάρονται μέσα σε ειδικές οπές διαμορφωμένες πάνω στους περιστρεφόμενους κώνους. Ανάλογα με το σχήμα και την πυκνότητα των παρεμβυσμάτων, τα κοπτικά αυτού του τύπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μαλακούς ή σκληρούς σχηματισμούς. Γενικά οι πιο μαλακοί σχηματισμοί απαιτούν για την όρυξή τους κοπτικά με αιχμηρά, ημιοξύληκτα (sharp, semi-pointed) παρεμβύσματα σε μεγάλες αποστάσεις, ενώ οι σκληροί σχηματισμοί ορύσσονται καλύτερα με κοπτικά που φέρουν μεγάλο αριθμό στρογγυλεμένων κομβίων.

Υπάρχουν τρεις τύποι κοπτικών με περιστρεφόμενους κώνους:

- Το *δίκωνο κοπτικό* (*two cone bit*), το οποίο χρησιμοποιείται μόνο από την πετρελαϊκή βιομηχανία και κατασκευάζεται μόνο με ενσωματωμένους οδόντες, ενώ η χρήση του περιορίζεται σε μαλακούς σχηματισμούς (όπου ο καθαρισμός του κοπτικού από τα θρύμματα είναι δύσκολος).

■ Το *τρίκωνο κοπτικό* (*three cone bit*), το οποίο είναι το πιο ευρέως διαδεδομένο και περιλαμβάνει είτε ενσωματωμένους, είτε ένθετους οδόντες από καρβίδιο του βολφραμίου.

■ Το *τετράκωνο κοπτικό* (*four cone bit*), το οποίο κατασκευάζεται μόνο με ενσωματωμένους οδόντες και χρησιμοποιείται σε γεωτρήσεις μεγάλης διαμέτρου (26 in ή μεγαλύτερες), μέσα σε μαλακούς κυρίως σχηματισμούς.

4.3.1 Το τρίκωνο κοπτικό (*three cone bit*)

Το τρίκωνο κοπτικό περιλαμβάνει τρεις κώνους, καθένας από τους οποίους είναι προσαρμοσμένος πάνω σε ένα σκέλος, μέσω κατάλληλης διάταξης τριβέων (ρουλεμάν). Ο κάθε κώνος περιστρέφεται γύρω από έναν πείρο (pin) που αποτελεί προέκταση του σκέλους του κοπτικού. Στα σχήματα 4.3 και 4.4 παρουσιάζονται τρίκωνα κοπτικά με ενσωματωμένους και ένθετους οδόντες, αντίστοιχα.

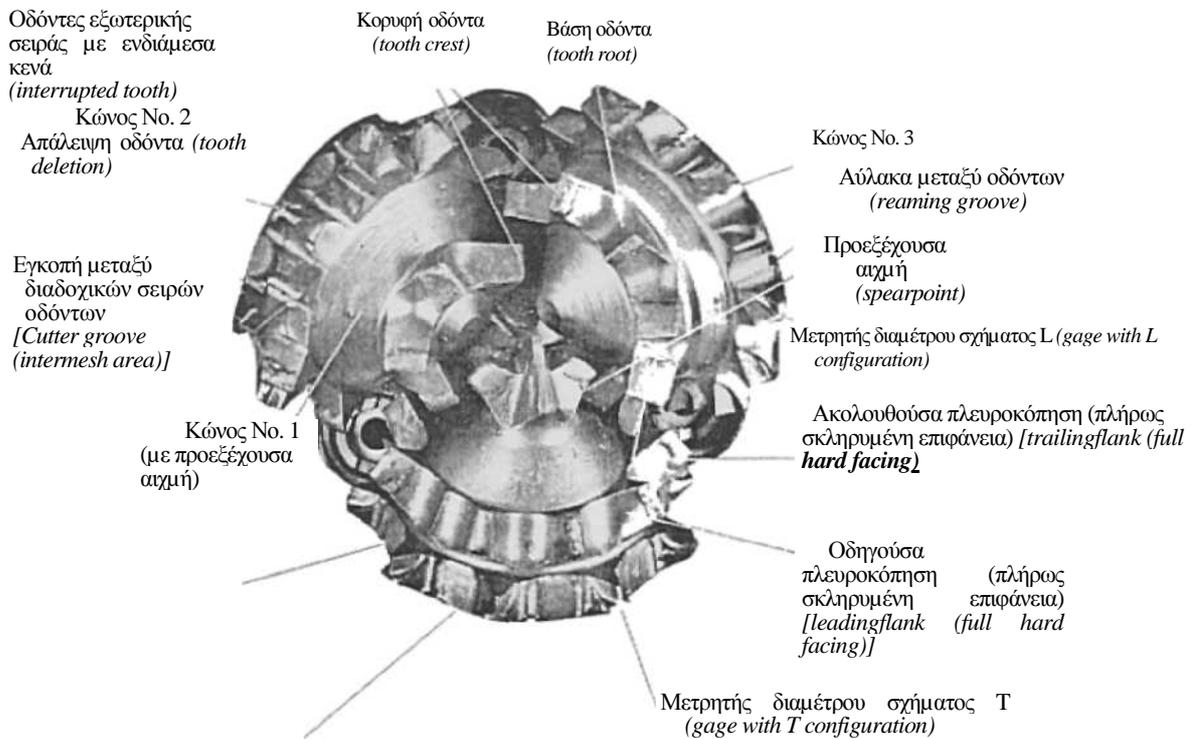
Τα τρία σκέλη είναι συγκολλημένα μεταξύ τους και σχηματίζουν την κυλινδρική άτρακτο του κοπτικού, που φέρει εξωτερικό σπείρωμα ώστε να βιδώνεται στο άκρο της διατηρητικής στήλης. Κάθε σκέλος είναι εφοδιασμένο με ένα άνοιγμα (για την κυκλοφορία των ρευστών), το μέγεθος του οποίου μπορεί να μειωθεί με την προσαρμογή ακροφυσίων διαφορετικών μεγεθών. Τα ακροφύσια επιτρέπουν την έξοδο της λάσπης με μεγάλη ταχύτητα ώστε να επιτυγχάνεται αποτελεσματική απομάκρυνση των θρυμμάτων.

Η λάσπη κυκλοφορεί μέσω της διατηρητικής στήλης, περνάει μέσα από το άνοιγμα του κυλινδρικού στελέχους και μέσα από τα τρία ακροφύσια. Αν όλα τα ακροφύσια έχουν το ίδιο μέγεθος, καθένα παραλαμβάνει το ένα τρίτο της ποσότητας του ρευστού.

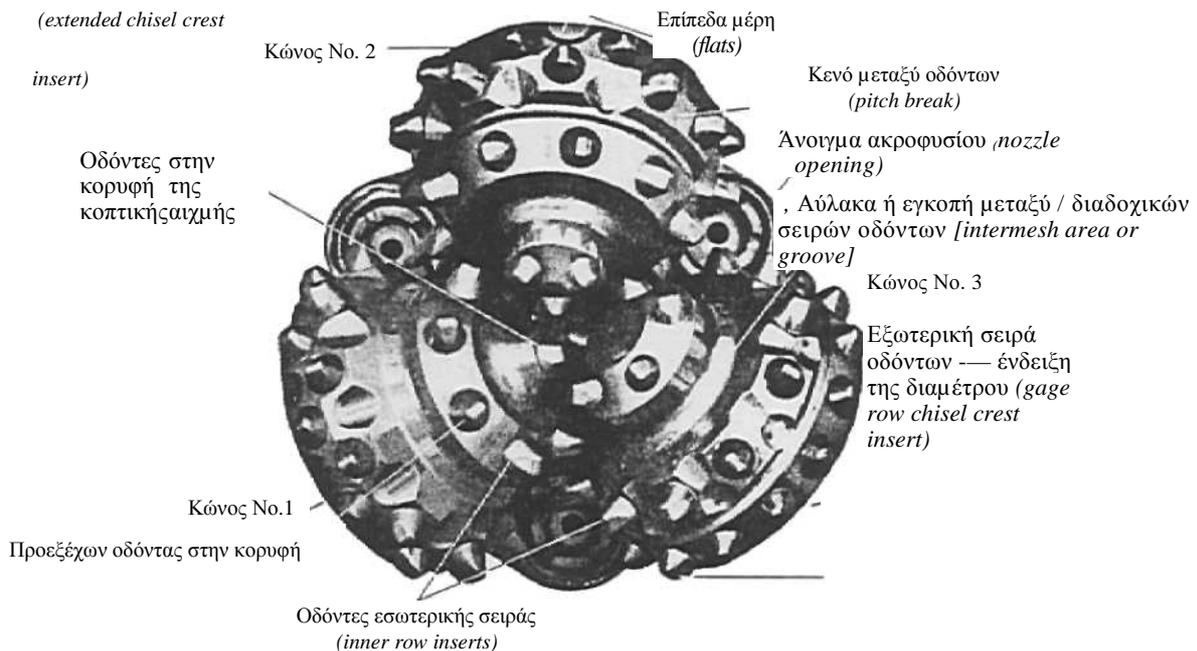
Μεγάλης σημασίας είναι η διάταξη των οδόντων σε κάθε κώνο και η σχέση των οδόντων των κώνων μεταξύ των. Οι εσωτερικές γραμμές των

οδόντων τοποθετούνται σε κάθε κώνο με τρόπο που να επιτρέπεται να αλληλεμπλέκονται. Τούτο βοηθά στο να εξασφαλίζεται περισσότερη διαθέσιμη επιφάνεια για τον καλύτερο σχεδιασμό του κοπτικού, καλύτερος καθαρισμός και μεγαλύτερη κάλυψη στην επιφάνεια προσβολής από δεδομένο αριθμό οδόντων (από τα περισσότερα κοπτικά καλύπτεται το 70% της επιφάνειας προσβολής).

Η εξωτερική σειρά οδόντων σε κάθε κώνο δεν αλληλεμπλέκεται. Αυτή η σειρά καλείται να επιτελέσει την πιο σκληρή εργασία. Λόγω της κυκλικής γεωμετρίας, περισσότερο πέτρωμα πρέπει να απομακρύνεται από τον εξωτερικό δακτύλιο του πυθμένα γεγονός δύσκολο διότι το πετρώματα έχει την τάση να μένει προσαρτημένο στα τοιχώματα του πυθμένα. Κάποια από τα δόντια της εξωτερικής σειράς σχεδιάζονται με ενδιάμεσα κενά (interruption) που επιτρέπουν στο δόντι να δημιουργεί κατά την κοπή μικρότερα θρύμματα από το μέγεθος που θα αντιστοιχούσε στο κανονικό μέγεθος του δοντιού έτσι ώστε τα αυτά να μην ενσφηνώνονται μεταξύ των δοντιών.



Σχήμα 4.3. Ονοματολογία τρίκωνων κοπτικών με ενσωματωμένους οδόντες (milled teeth bit)



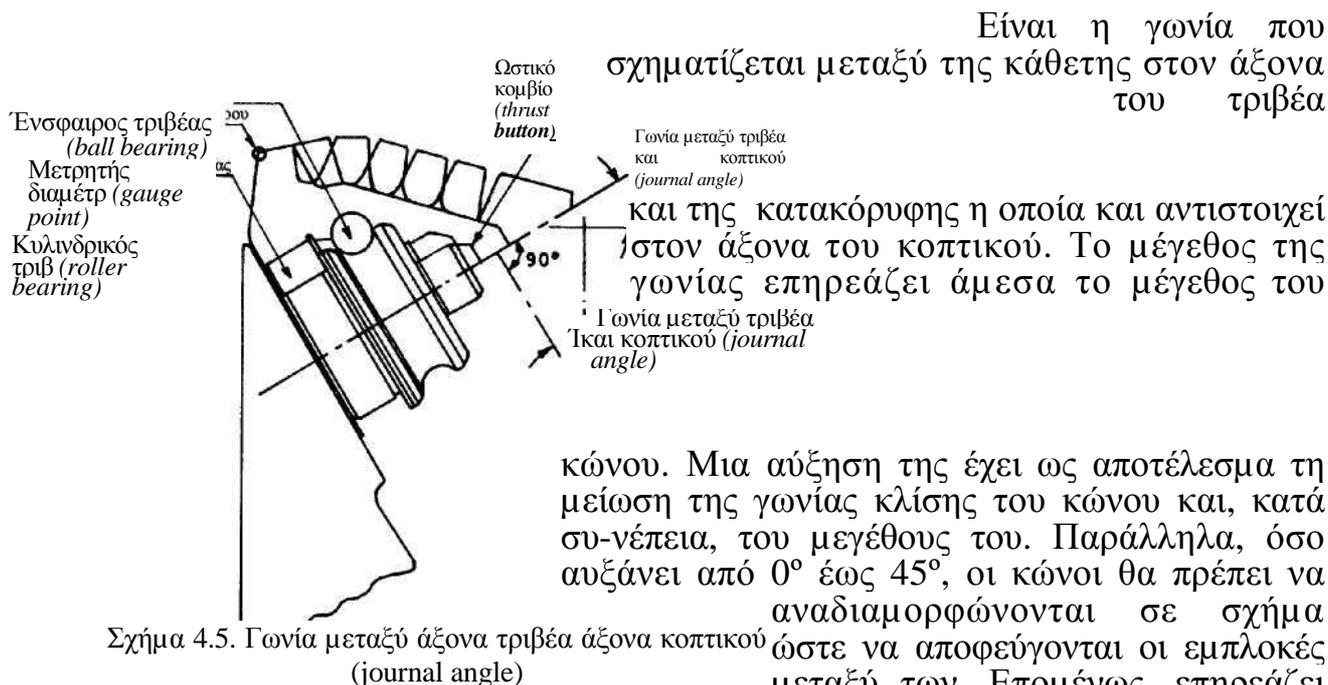
Σχήμα 4.4. Ονοματολογία τρίκωνων κοπτικών με ένθετους οδόντες από καρβίδιο του βολφραμίου (tungsten carbide insert bit)

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το σχεδιασμό ενός τρίκωνου κοπτικού αφορούν στον τύπο και τη σκληρότητα του σχηματισμού που ορύσσεται και τη διάμετρο της γεώτρησης. Η σκληρότητα του σχηματισμού υπαγορεύει τον τύπο και τις ιδιότητες του υλικού κατασκευής των οδόντων του κοπτικού.

Παράμετροι σχεδιασμού τρίκωνων κοπτικών

Ο σχεδιασμός των διαφόρων τμημάτων του τρίκωνου κοπτικού υπαγορεύεται κυρίως από τις ιδιότητες του σχηματισμού και τη διάμετρο της γεώτρησης. Τα τρία σκέλη και οι τρεις τριβείς¹ (η εσωτερική δομή του κώνου, δηλαδή) είναι πανομοιότυπα, αλλά το σχήμα και η κατανομή των οδόντων πάνω στους τρεις κώνους διαφέρουν. Ο σχεδιασμός θα πρέπει να διασφαλίζει ότι τα φορτία θα κατανέμονται εξίσου στα τρία σκέλη, ώστε να αποφευχθεί η υπερφόρτιση ενός. Οι παράμετροι σχεδιασμού και κατασκευής τρίκωνων κοπτικών για μαλακούς και σκληρούς σχηματισμούς είναι:

1. Γωνία μεταξύ του άξονα του τριβέα (ρουλεμάν) και του άξονα του κοπτικού (journal angle) (σχήμα 4.5)



Σχήμα 4.5. Γωνία μεταξύ άξονα τριβέα άξονα κοπτικού (journal angle)

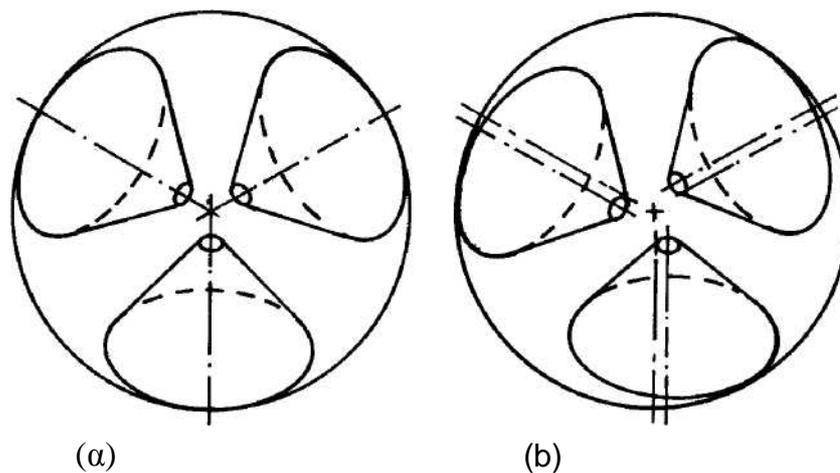
2. Μέγεθος μετατόπισης (μη εκκεντρότητα) κώνου (*cone offset size*)

Ως μετατόπιση κώνου ορίζεται η οριζόντια απόσταση μεταξύ του άξονα του κοπτικού και του κατακόρυφου επιπέδου που διέρχεται από τον άξονα του τριβέα του κώνου, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.6b. Πρακτικά το μέγεθος της μετατόπισης δείχνει το πόσο μπορούν να κινηθούν οι κώνοι χωρίς να τμήσουν τον άξονα της γεώτρησης.

Η μη εκκεντρότητα προκαλεί περιοδική διακοπή της περιστροφής του κώνου, καθώς το κοπτικό περιστρέφεται και αποξέει τον πυθμένα. Τότε το τρίκωνο κοπτικό δρα περισσότερο σαν κοπτικό με ελάσματα. Αυτή η δράση τείνει να αυξάνει την ταχύτητα διάτρησης στους περισσότερους σχηματισμούς. Εντούτοις, προκαλεί ταχύτερη φθορά του κοπτικού σε σκληρούς και φθοροποιούς σχηματισμούς. Επομένως, μετατόπιση των κώνων ενδείκνυται για τη διάτρηση μαλακών και ενδιάμεσης σκληρότητας σχηματισμών.

¹ Το περίβλημα του τριβέα (ρουλεμάν) αποτελεί τη βάση του, η οποία ονομάζεται και κουζινέτο (journal).

Τα σκληρά πετρώματα χαρακτηρίζονται από υψηλή διατμητική αντοχή και ορύσσονται αποδοτικά υπό τη δράση αυξημένου θλιπτικού φορτίου (μεγάλο βάρος-επί-του-κοπτικού). Μέσω του κοπτικού εφαρμόζεται πάνω στο πέτρωμα πίεση μεγαλύτερη από τη θλιπτική αντοχή του, ακριβώς στο σημείο κάτω από τον οδόντα, με αποτέλεσμα το θρυμματισμό του σχηματισμού. Η αποξεστική δράση (scraping), επομένως, προκαλεί λείανση των οδόντων χωρίς αποτέλεσμα.



Σχήμα 4.6. Έκκεντροι κώνοι (α), κώνοι με μετατόπιση (β)

Η μετατόπιση των κώνων εκφράζεται πολλές φορές ως η γωνία που πρέπει να διαγράψει ο κώνος για να περάσει μέσω του άξονα της γεώτρησης (άξονας του κοπτικού). Η γωνία μεταβάλλεται από 4° για μαλακούς σχηματισμούς έως 0° για πολύ σκληρούς σχηματισμούς.

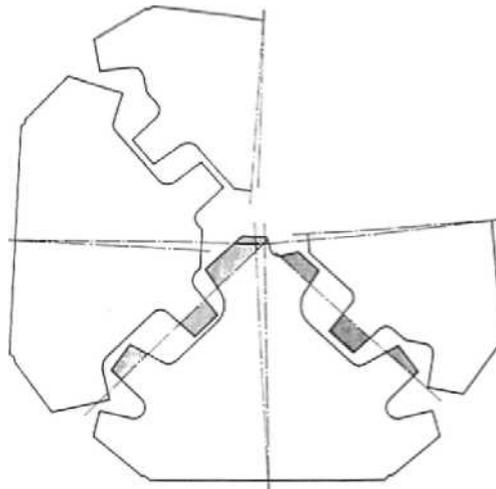
3. Οδόντες

Το μήκος και η γεωμετρία των οδόντων επιλέγονται ανάλογα με τη σκληρότητα του διατρύμενου πετρώματος. Τα κριτήρια του σχεδιασμού των οδόντων αφορούν στην:

(α) Απόσταση και αλληλεμπλοκή (interfitting) μεταξύ των οδόντων.

Η απόσταση μεταξύ των οδόντων εξαρτάται από την αντοχή και το ύψος του οδόντα. Τα μεγάλα διαστήματα μεταξύ των οδόντων επιτρέπουν την εύκολη απομάκρυνση των θρυμμάτων και τον

αυτοκαθαρισμό του κοπτικού. Η αλληλεμπλοκή των οδόντων των κώνων (σχήμα 4.7) επιδρά στον καθαρισμό του πυθμένα της γεώτρησης από τα θρύμματα και στην αποδοτικότερη διάτρηση, όπως έχει ήδη αναφερθεί.



Σχήμα 4.7 Αλληλεμπλοκή των οδόντων

(β) Σχήμα και μήκος των οδόντων. Οι μακριοί, λεπτοί και αραιοί οδόντες χρησιμοποιούνται στη όρυξη μαλακών σχηματισμών, που βοηθούν την εισχώρηση μέσα στο σχηματισμό και την απόσπαση (σχίσσιμο) μεγαλύτερων θρυμμάτων.

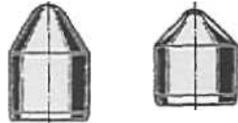
Για σκληρούς
σχηματισμούς



Ovoid

Ogive

Για
μέτριους έως
σκληρούς
σχηματισμούς



Conical 90° chisel

Για μέτριους
έως μαλακούς
σχηματισμούς

Super scoop snoop chisel
chisel



Wedge crested chisel



Σχήμα 4.8. Σχήματα ένθετων οδόντων από
καρβίδιο του βολφραμίου

πυκνοί, ώστε να αντέχουν τα μεγάλα θλιπτικά φορτία που απαιτούνται για τη θραύση του πετρώματος. Σε αυτήν την περίπτωση οι οδόντες δεν προορίζονται για να τρυπήσουν το πέτρωμα, αλλά απλά να το παραμορφώσουν υπό την εφαρμογή υψηλών θλιπτικών φορτίων.

(γ) *Τύποι οδόντων.* Το τρίγωνο κοπτικό μπορεί να έχει ενσωματωμένους ή ένθετους, εμφυτευμένους οδόντες. Οι ενσωματωμένοι οδόντες επεξεργάζονται για να αποκτήσουν σκληρή επίστρωση από καρβίδιο του βολφραμίου. Τα κοπτικά με ενσωματωμένους οδόντες είναι κατάλληλα για τη διάτρηση πολύ μαλακών έως μαλακών σχηματισμών, όπου απαιτούνται μέτρια φορτία για τη θραύση του πετρώματος. Για την όρυξη σκληρών πετρωμάτων απαιτούνται ένθετοι οδόντες (ή κομβία - βίδια). Υπάρχουν διάφοροι τύποι κομβίων, ανάλογα με τη σκληρότητα του διατρόμενου πετρώματος (σχήμα 5.8). Τα κομβία με σχήμα σμίλης (chisel-shaped) χρησιμοποιούνται για τη διάτρηση μαλακότερων σχηματισμών, ενώ τα στρογγυλεμένα ή ημισφαιρικά κομβία χρησιμοποιούνται για τη διάτρηση μέτριων έως σκληρών σχηματισμών. Το ωειδές σχήμα είναι το ανθεκτικότερο για τη σύνθλιψη και το θρυμματισμό πολύ σκληρών σχηματισμών.

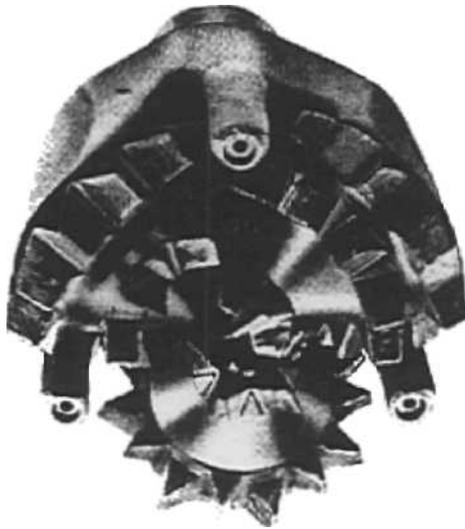
Υδραυλική συμπεριφορά τριγωνων κοπτικών

Τα συμβατικά τρίγωνα κοπτικά διαθέτουν μια μονή δίοδο (στο κέντρο) για τη διέλευση του ρευστού κατά μήκος του άξονα του κοπτικού. Το ρευστό κατά την έξοδό του «πλένει» το κοπτικό από το εσωτερικό των κώνων,

αλλά όχι πολύ αποτελεσματικά. Αυτού του τύπου τα κοπτικά συναντώνται σήμερα μόνο σε γεωτρήσεις πολύ μεγάλης διαμέτρου.

Τα περισσότερα τρίκωνα κοπτικά διαθέτουν τρία ακροφύσια εκροής (jet nozzles), καθένα από τα οποία βρίσκεται μεταξύ των σκελών των δύο γειτονικών κώνων (σχήματα 4.5 και 4.6). Η λειτουργία του ρευστού που εξέρχεται με ταχύτητα από τα ακροφύσια είναι να διατηρεί καθαρούς τους κώνους, να ψύχει τους τριβείς και, ιδιαίτερα, να σαρώνει τα θρύμματα προς τα πάνω. Ορισμένα κοπτικά διαθέτουν και προτεταμένα ακροφύσια (σχήμα 4.9). Πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις έδειξαν ότι η ένταξη ενός τέταρτου ακροφύσιου στο κέντρο του τρίκωνου κοπτικού βοηθά στον καθαρισμό του «νεκρού σημείου» που βρίσκεται στην κεντρική περιοχή του

κοπτικού και ενισχύει επίσης, σε κάποιο βαθμό, τον καθαρισμό των κώνων.



Σχήμα 4.9. Κοπτικό με προτεταμένα ακροφύσια

Ταξινόμηση τρίκωνων κοπτικών

Ο Διεθνής Σύνδεσμος Εργοληπτών Γεωτρήσεων-ΔΣΕΓ (International Association of Drilling Contractors-IADC) ενέκρινε το 1972 ένα σύστημα ταξινόμησης των κοπτικών με περιστρεφόμενους κόνους. Σύμφωνα με αυτό, κάθε κοπτικό χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο τριών (3) αριθμητικών κωδικών. Το 1987 ο IADC περιέλαβε κι έναν τέταρτο αλφαριθμητικό κωδικό (Πίνακας 4.1). Το 1992, το σύστημα επεκτάθηκε περαιτέρω για να περιλαμβάνει περισσότερους τύπους κοπτικών.

Ο πρώτος κωδικός ή ψηφίο ορίζει τη σειρά ταξινόμησης που σχετίζεται με τη δομή των οδόντων. Για τα κοπτικά με ενσωματωμένους οδόντες (milled tooth), ο πρώτος κωδικός φέρει τα νούμερα 1 έως 3, που περιγράφουν μαλακά, μέτρια και σκληρά πετρώματα, αντίστοιχα. Τα μαλακά πετρώματα (αριθμός 1) απαιτούν μακριούς, λεπτούς και αραιούς οδόντες για αποδοτική διάτρηση. Οι μέτριοι σχηματισμοί (αριθμός 2) απαιτούν κοντούς και λιγότερο αραιούς οδόντες προκειμένου να αντέχουν τα υψηλά θλιπτικά φορτία. Οι σκληρότεροι σχηματισμοί (αριθμός 3) απαιτούν πολύ κοντούς και πυκνούς οδόντες για μέγιστη διάρκεια ζωής του κοπτικού και αποδοτική διάτρηση. Τα κοπτικά με ένθετους οδόντες φέρουν ως πρώτο κωδικό τους αριθμούς 4 έως 8, ανάλογα επίσης με την σκληρότητα των σχηματισμών, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.1.

Ο δεύτερος κωδικός σχετίζεται με την περαιτέρω υποδιαίρεση της σκληρότητας του σχηματισμού και φέρει τους αριθμούς 1 έως 4. Οι αριθμοί αυτοί υποδηλώνουν διαβάθμιση σκληρότητας από το μαλακότερο στο σκληρότερο σχηματισμό της κάθε ομάδας.

Ο τρίτος κωδικός περιγράφει τα μηχανολογικά και σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του κοπτικού, όπως π.χ. στεγανούς ή μη στεγανούς τριβείς, τύπος λιπαντικού των τριβέων κ.λπ.

Ο τέταρτος κωδικός περιγράφει επιπλέον στοιχεία των κοπτικών σε σχέση με τις κοπτικές ακμές, τους τριβείς, τα στεγανά (seals), την υδραυλική συμπεριφορά και τις ειδικές εφαρμογές.

Τα τρίκωνα κοπτικά είναι διαθέσιμα σχεδόν σε οποιαδήποτε διάσταση μεταξύ 3³/8 -25 in. Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι επίσης διαθέσιμα σε οποιοδήποτε τύπο κοπτικών δομών και συστήματος ακροφυσίων.

4.4 Αδαμαντοκορώνες ή αδαμαντοκοπτικά (*diamond bits*)

Υπάρχουν τρεις τύποι αδαμαντοκοπτικών, ανάλογα με το είδος των φερόμενων διαμαντιών:

- Αδαμαντοκορώνες με φυσικά ή συνθετικά διαμάντια,
- Πολυκρυσταλλικά συμπαγή αδαμαντοκοπτικά (polycrystalline diamond compact bits -PDCbits),
- Θερμικά σταθερά πολυκρυσταλλικά αδαμαντοκοπτικά (thermally stable polycrystalline diamond bits -TSP bits).

Οι παραπάνω τρεις τύποι κοπτικών διαφέρουν ως προς τη φύση των κοπτικών στοιχείων τα οποία θραύουν το πέτρωμα με μηχανικά διαφορετικό τρόπο.

1. Οι αδαμαντοκορώνες παρουσιάζουν διαφορετική δομή από τα κοπτικά με περιστρεφόμενους κώνους (σχήμα 4.10). Δεν περιλαμβάνουν κινούμενα μέρη και καθώς το διαμάντι είναι το πιο σκληρό γνωστό ορυκτό, τα αδαμαντοκοπτικά είναι κατάλληλα για μέτριους και σκληρούς, λειαντικούς σχηματισμούς. Τα αδαμαντοκοπτικά παρουσιάζουν επίσης εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής σε σύγκριση με τους άλλους τύπους κοπτικών, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η ανάγκη αντικατάστασής τους. Χρησιμοποιούνται έτσι στις περιπτώσεις που απαιτείται το κοπτικό να λειτουργεί για περισσότερο χρόνο, μειώνοντας το χρόνο μανούβρας, (π.χ. βαθιές γεωτρήσεις και θαλάσσιες γεωτρήσεις, όπου το κόστος λειτουργίας του γεωτρήσανου είναι πολύ υψηλό).

Πίνακας 4.1. Ταξινόμηση τριώνων κοπτικών κατά IADC (International Association of Drilling Contractors)

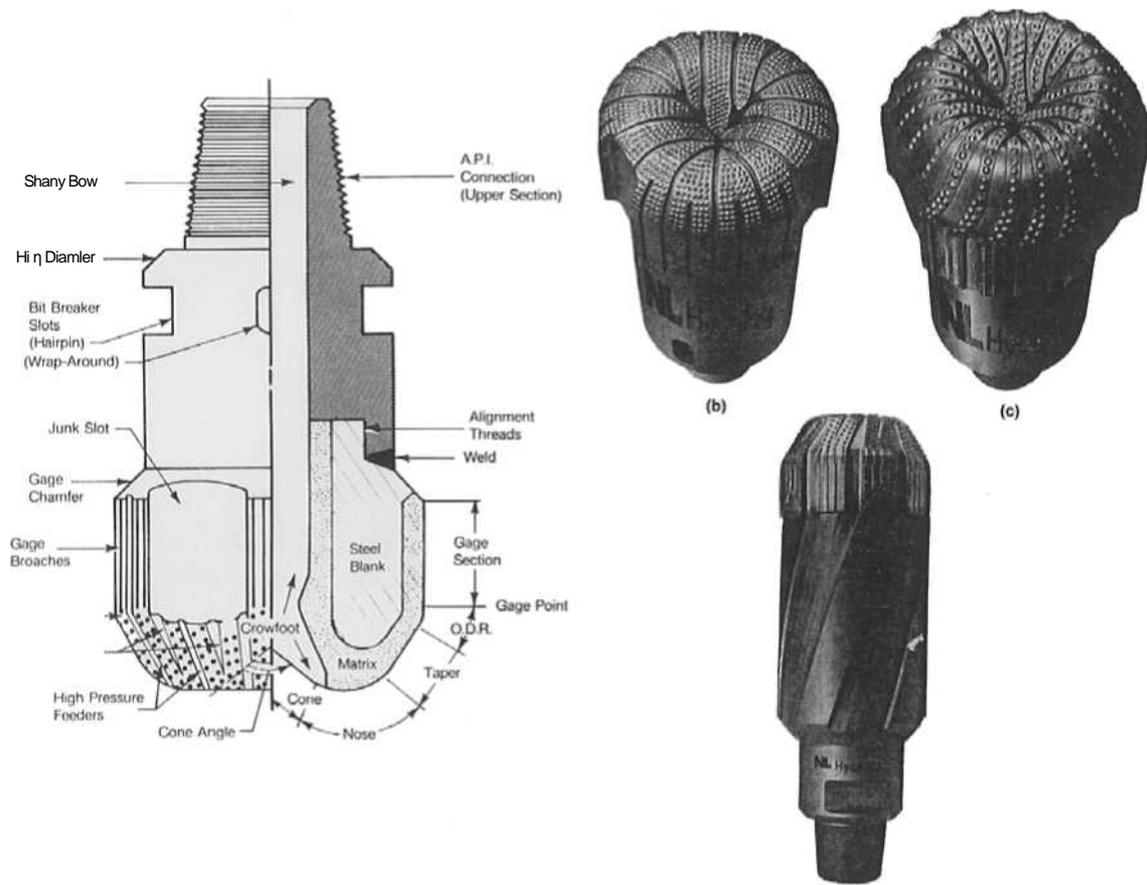
	Son is	Formation*	Type.	Standard roller IIL-L.IIIII!	Roller bearing Air-tooled	Roller hcurig Gugf protected	Sealed roller bearing	Sealed roller bearing Gage protected	Scaled friction bearing	Scaled friction bearing Gage protected
				1	2	3	4	5	6	7
Muled tooth bits	1	Soft formations with low compressive strength and high driltobility	1							
			2							
			3							
			4							
	2	Medium to medium hard (urinations with high comprcssiie strength	1							
			2							
			3							
			4							
	3	Hani semi-abrasive and abrasive formations	1							
			2							
			3							
			4							
	A	Soft formations with low compressive strength and 111 i!] driliability	1							
			2							
			3							
			4							
IS	5	Soft to medium formations with low compressive strength	1							
			2							
			3							
			4							
	6	Medium hard formations with high compressive strength	1							
			2							
			3							
			4							
	7	Hard semi-abrasive and abrasive format ions	1							
			2							
			3							
			4							
8	Extremely hard and abrasive formations	1								
		2								
		3								
		4								

Additional letter

Λ = bits with friction-sealed bearings suited for air drilling
 C - jet bits with a central nozzle D = special bits lor deviated wells
 E = jet bits with elongated nozzles

G = bits with reinforced protected gage
 J = bits with slanted nozzles
 R = bits with reinforced welds for cable-tool drilling
 S = bits with standard steel teeth

X = bits with wedge-shaped inserts
 Y = bits with conical inserts Z = its with inserts other than wedge-or cone-shaped



Σχήμα 4.10. (a) Μέρη αδαμαντοκορώνας (ονοματολογία), (b) αδαμαντοκορώνα για σκληρούς σχηματισμούς, (c) αδαμαντοκορώνα για μαλακούς σχηματισμούς, και (d) αδαμαντοκορώνα για όρυξη με ενδογεωτρητικούς κινητήρες

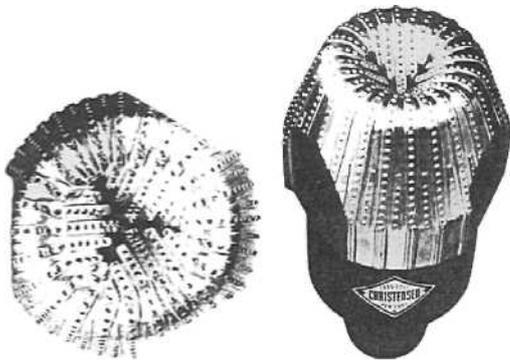
Τα κοπτικά στοιχεία ενός αδαμαντοκοπτικού αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό διαμαντιών μικρού μεγέθους, γεωμετρικά κατανεμημένων μέσα σε μια μήτρα από καρβίδιο του βολφραμίου και χάλυβα. Η γεωμετρική κατανομή των διαμαντιών στη μετώπη του κοπτικού βοηθά στο να βελτιώνεται η κοπτική αλληλεπίδρασή τους (cutting interaction). Οι αδαμαντοκορώνες κατασκευάζονται είτε ως κοπτικά διάτρησης, είτε ως κοπτικά πυρηνοληψίας, σε συνδυασμό με δειγματοσυλλέκτη (core barrel) για τη λήψη πυρήνων από τον υπό έρευνα σχηματισμό. Όταν τα διαμάντια είναι σχετικά μεγάλου μεγέθους (έως και 130 λίθοι/καράτι)¹, τότε εμφυτεύονται στην επιφάνεια της στεφάνης και κατασκευάζονται τα κοπτικά κόκκου. Τα κοπτικά αυτά είναι κατάλληλα για τη διάτρηση μαλακών και μέτριας σκληρότητας σχηματισμών. Όταν τα διαμάντια είναι μικρά, 200-4500 λίθοι/καράτι, είτε παρουσιάζουν κοκκομετρία 18-50 mesh, αναμειγνύονται με το υλικό της στεφάνης και κατεργάζονται σε υψηλές θερμοκρασίες όπου και συσσωματώνονται. Έτσι κατασκευάζονται τα κοπτικά κόνεως. Τα κοπτικά κόνεως είναι κατάλληλα για τη διάτρηση πολύ σκληρών, φθοροποιών ή ρωγματομένων σχηματισμών. Κατά τη διάτρηση, με την ομαλή φθορά και της στεφάνης, νέες κοπτικές ακμές εκτίθενται προς χρήση, με αποτέλεσμα να διατηρείται μια σχετικά σταθερή διατρητική συμπεριφορά του κοπτικού μέχρι την πλήρη φθορά του.

Το διαμάντι είναι το πιο σκληρό ορυκτό που είναι γνωστό και έχει τιμή 10 στην κλίμακα Mohs της σκληρότητας των ορυκτών. Η κλίμακα Mohs κυμαίνεται από την τιμή 1 (1 καράτι= 0,2 gr)

για πολύ μαλακό πέτρωμα (τάλκης), έως την τιμή 10 για τα σκληρότερα ορυκτά (διαμάντι). Η θερμική αγωγιμότητα του διαμαντιού είναι επίσης η μεγαλύτερη μεταξύ όλων των ορυκτών, γεγονός που επιτρέπει στο διαμάντι να απορροφά θερμότητα από τις κοπτικές ακμές πολύ γρήγορα. Αυτή είναι μια σημαντική ιδιότητα στην προστασία από την απώλεια διαμαντιών λόγω καύσης ή θερμικής θραύσης.. Η αντοχή του σε συμπίεση είναι περίπου 80000 bar (το καρβίδιο του βολφραμίου έχει αντοχή σε συμπίεση 50000 bar, ενώ ο χάλυβας

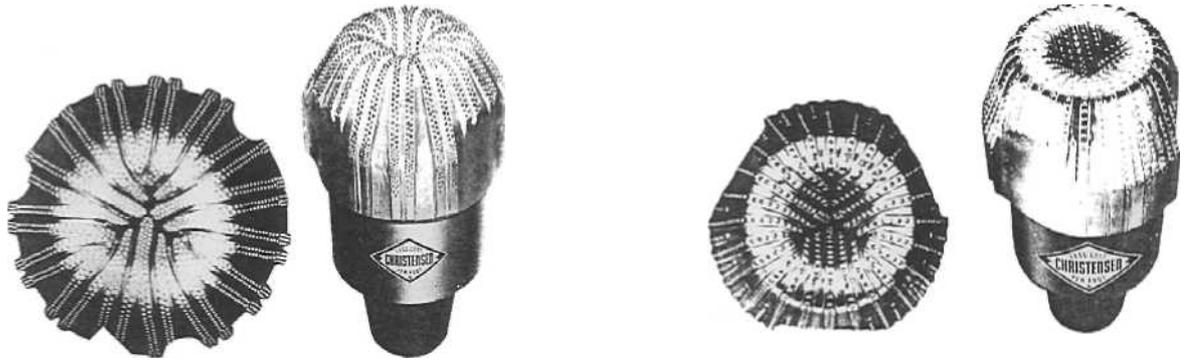
C.45 έχει 15000 bar). Το σημείο τήξης του είναι πολύ υψηλό (3650°C), αλλά σε θερμοκρασία 1450°C μετατρέπεται επιφανειακά σε γραφίτη (γραφίτιση). Ο περιορισμός σε φυσικά διαμάντια και η υψηλή τιμή τους, οδήγησε στην ανάπτυξη συνθετικών διαμαντιών (από γραφίτη σε υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες) τα οποία είναι σήμερα ανταγωνιστικά με τα μικρού μεγέθους φυσικά διαμάντια. Όσο μεγαλώνει το μέγεθος του κόκκου τόσο το φυσικό διαμάντι υπερτερεί. Η κατασκευή συνθετικών διαμαντιών περιορίζεται στην πράξη σε κοκκομετρίες από 200 λίθους/καράτι και άνω.

Στο σχήμα 4.11 παρουσιάζονται αδαμαντοκορώνες με διάφορα προφίλ στεφάνης.



Ο σχεδιασμός της πρέπει να εξασφαλίζει σωστή κοπή του πετρώματος, έγκαιρη απομάκρυνση των θρυμμάτων, σωστή ψύξη του κοπτικού και αντιμετώπιση πλευρικών καταπονήσεων (σταθερότητα). Στρογγυλά ή ημιστρόγγυλα προφίλ παρέχουν καλύτερη εκμετάλλευση των διαμαντιών, μεγαλύτερη σχετικά ταχύτητα διάτρησης και χρήση σε μεγάλο εύρος σκληρότητας των σχηματισμών. Το μέγεθος των διαμαντιών που χρησιμοποιού-νται καθορίζει τον τύπο του πετρώματος που θα διατρηθεί. Η ποιότητα των διαμαντιών, το φορτίο της στεφάνης (το συνολικό βάρος των διαμαντιών που φέρει το κοπτικό σε καράτια) και ο οπλισμός (αριθμός λίθων/μονάδα επιφάνειας κοπής) σε ένα δεδομένο αδαμαντοκο-πτικό εξαρτώνται από τον προγραμματιζόμενο ρυθμό προχώρησης και το μέγεθος των θρυμμάτων. Όταν ορύσσονται σκληροί σχηματισμοί σε αργούς ρυθμούς προχώρησης, τα θρύμ-ματα είναι πολύ μικρά και πιο εύκολο να καθαριστούν. Στην περίπτωση αυτή προτιμώνται μικρά διαμάντια για να εξασφαλίσουν μέγιστη πίεση (θλίψη) στο μέτωπο όρυξης, χωρίς να εμποδίζουν

την απομάκρυνση των θρυμμάτων. Στους πιο μαλακούς σχηματισμούς, απαιτείται μικρότερο θλιπτικό φορτίο πάνω στο μέτωπο όρυξης.



Σχήμα 4.11. Τύποι αδαμαντοκοπτικών

Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα διαμάντια για να κόβουν μεγαλύτερα κομμάτια πετρώματος και να αφήνουν περισσότερο χώρο για τη διέλευση των θρυμμάτων. Αν και υπάρχουν γενικοί κανόνες για την επιλογή των διαμαντιών, ο καλύτερος οδηγός είναι η εμπειρία από τα προηγούμενα κοπτικά.

Όπως για κάθε κοπτικό, η απόφαση χρήσης αδαμαντοκορώνας θα πρέπει να βασίζεται σε ανάλυση κόστους. Η εμπειρία δείχνει ότι τα αδαμαντοκοπτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν οικονομικά στις ακόλουθες περιπτώσεις:

1. Όπου η ζωή των κοπτικών με περιστρεφόμενους κώνους είναι πολύ μικρή, είτε εξαιτίας φθοράς των τριβέων ή των οδόντων, είτε εξαιτίας θραύσης των οδόντων.

2. Όταν ο ρυθμός προχώρησης είναι πολύ αργός (1,5 m/h ή λιγότερο), είτε επειδή η πυκνότητα της λάσπης είναι υψηλή, είτε επειδή το γεωτρύπανο δεν διαθέτει επαρκή υδραυλική ισχύ.

3. Σε γεωτρήσεις με διάμετρο 6 in ή μικρότερη, όταν η ζωή των κοπτικών με περιστρεφόμενους κώνους είναι περιορισμένη.

4. Κατά την αύξηση της κλίσης στις κατευθυνόμενες γεωτρήσεις.

5. Όταν το βάρος πάνω στο κοπτικό είναι περιορισμένο.

6. Στην όρυξη με ενδογεωτρητικούς κινητήρες (τουρμπίνες), όπου οι υψηλές ταχύτητες περιστροφής ενισχύουν την εισχώρηση της κορώνας μέσα στο σχηματισμό.

Η χρήση των αδαμαντοκορώνων περιορίζεται σε ορισμένους μέτριους έως πολύ σκληρούς και ρωγματισμένους σχηματισμούς, όπου τα διαμάντια μπορούν να εκτεθούν σε ισχυρές προσκρούσεις. Οι σχηματισμοί που περιέχουν πυρίτη ή θειούχο σίδηρο μειώνουν τη ζωή των κοπτικών αυτών καταστρέφοντας τα διαμάντια.

2. Τα πολυ κρυσταλλικά συμπαγή αδαμαντοκοπτικά (Polycrystalline Diamond Compact - PDC Bits) αποτελούν ουσιαστικά τη νέα γενιά του

παλαιού κοπτικού με ελάσματα (drag ή fishtail bit) και δεν περιλαμβάνουν κινούμενα μέρη. Αποτελούνται από ένα αριθμό κοπτικών στοιχείων καθένα από τα οποία περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό κοπτικών ακμών. Οι κοπτικές ακμές κατασκευάζονται με συγκόλληση μιας στρώσης (πάχους λίγων δεκάτων του χιλιοστού) βιομηχανικών (πολυκρυσταλλικών) διαμαντιών (με τυχαίο προσανατολισμό) πάνω σε ένα υπόστρωμα κόνεως καρβιδίων του βολφραμίου, υπό υψηλή πίεση και θερμοκρασία. Η κοπτική ακμή εμπεριέχει πολλούς κρυστάλλους διαμαντιών ενωμένους μεταξύ των έτσι ώστε να σχηματίζουν ένα τετράεδρο. Οι κοπτικές ακμές έχουν τη σκληρότητα και την αντίσταση σε φθορά του διαμαντιού ενισχυμένη και από την αντοχή σε πρόσκρουση της συγκεκριμένης δια κόνεως στρώσης καρβιδίων του βολφραμίου. Οι ακμές είτε συγκολλούνται μέσα στη μήτρα του κοπτικού η οποία είναι από καρβίδιο του βολφραμίου, είτε εμφυτεύονται ως ειδικά διαμορφωμένα βίδια (studs) καρβιδίων του βολφραμίου (κοπτήρες-cutters) επί χαλύβδινης μήτρας του κοπτικού (σχήμα 4.12).

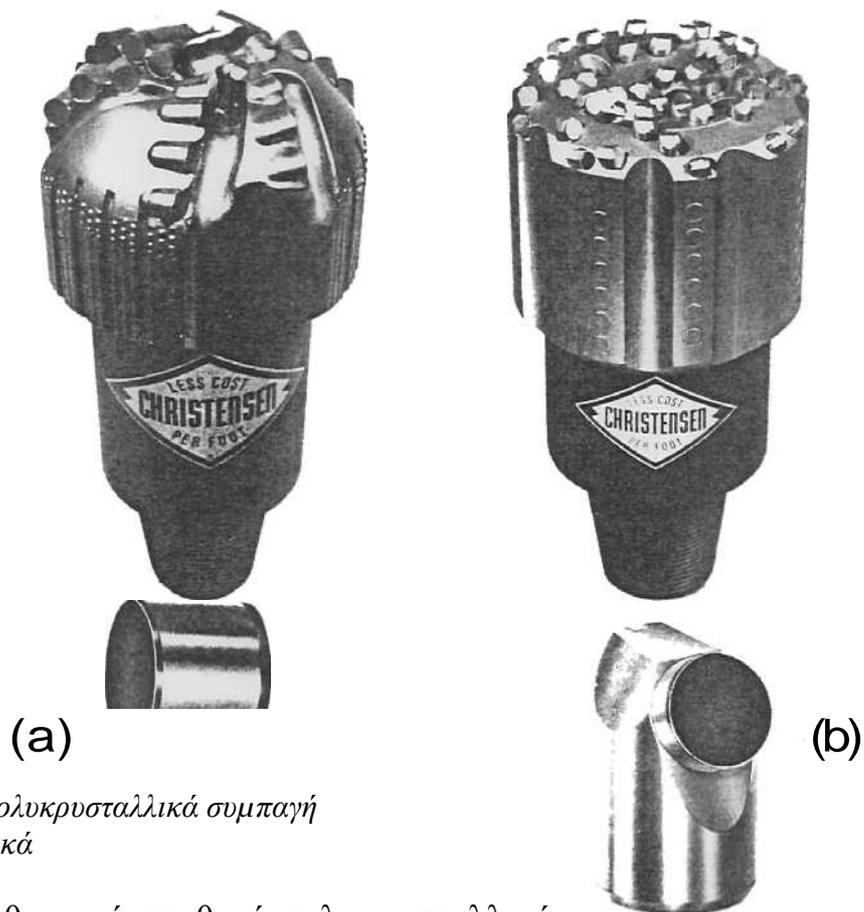
Τα πολυκρυσταλλικά αδαμαντοκοπτικά παρουσιάζουν ορισμένα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά που ενισχύουν τη διατηρητική τους ικανότητα όπως:

- Η έλλειψη κινούμενων μερών μειώνει την πιθανότητα αστοχίας του κοπτικού.
- Δεν απαιτούνται μεγάλα βάρη πάνω στο κοπτικό. Αυτό το χαρακτηριστικό τα καθιστά κατάλληλα στον έλεγχο της απόκλισης της τροχιάς, σε κεκλιμένες γεωτρήσεις.
- Ο συνδυασμός χαμηλού βάρους στο κοπτικό και μη κινούμενων μερών τα καθιστά κατάλληλα για όρυξη με ενδογεωτρητικούς κινητήρες.

Όσο αυξάνει η εμπειρία από τη χρήση τους και βελτιώνονται τα χαρακτηριστικά τους τα πολυκρυσταλλικά αδαμαντοκοπτικά μπορούν να ορύσσουν (χωρίς αλλαγή) 3-4 φορές μεγαλύτερο πάχος σχηματισμού, σε

σύγκριση με τα κοπτικά με περιστρεφόμενους κώνους (αν δεν παρουσιάζονται προβλήματα με κολλώδεις σχηματισμούς) και μάλιστα με 2/πλάσιους ή 3/πλάσιους ρυθμούς.

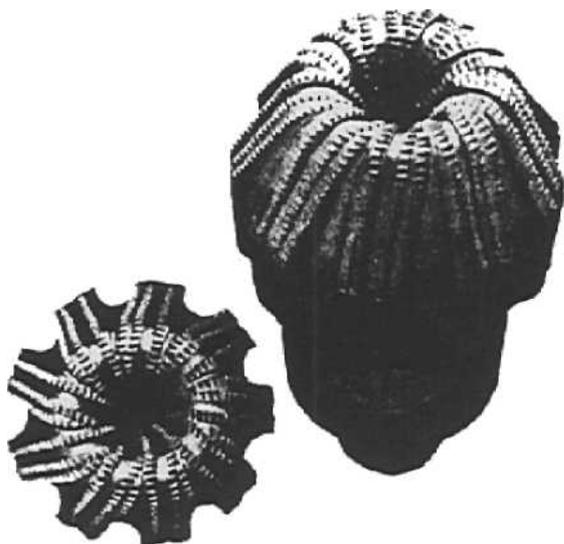
Το κυριότερο μειονέκτημα των πολυκρυσταλλικών αδαμαντοκοπτικών είναι ότι είναι ευαίσθητα σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 800°C.



Σχήμα 4.12. Πολυκρυσταλλικά συμπαγή αδαμαντοκοπτικά

3. Τα θερμικά σταθερά πολυκρυσταλλικά αδαμαντοκοπτικά (thermally stable polycrystalline diamond bits -TSP bits) αποτελούν την πιο πρόσφατη εξέλιξη στα αδαμαντοκοπτικά. Σε αντίθεση με τα πολυκρυσταλλικά αδαμαντοκοπτικά, τα αδαμαντοκοπτικά TSP έχουν υποστεί κατεργασία που εξαλείφουν τα μη συμβατά στοιχεία από την άποψη της θερμικής διαστολής και γι' αυτό μπορούν να αντέχουν στις θερμοκρασίες που απαιτούνται για την κατασκευή μια μήτρας καρβιδίου. Το τριγωνικό τους σχήμα έχει οξύληκτες ακμές για τη διάτμηση του πετρώματος

(σχήμα 4.13). Τα διαμάντια TSP χρησιμοποιούνται συχνά σε συνδυασμό με τα φυσικά διαμάντια.



Σχήμα 4.13. Θερμικά σταθερά πολυκρυσταλλικά αδαμαντοκοπτικά

4.4.1 Ταξινόμηση αδαμαντοκοπτικών

Η ταξινόμηση των αδαμαντοκοπτικών, σύμφωνα με τον Διεθνή Σύνδεσμο Εργοληπτών Γεωτρήσεων-ΔΣΕΓ (International Association of Drilling Contractors-IADC) βασίζεται σε ένα σύστημα τεσσάρων κωδικών, ώστε να είναι συνεπής με την ταξινόμηση των κοπτικών με περιστρεφόμενους κώνους.

Ο πρώτος κωδικός είναι ένας αλφαριθμητικός χαρακτήρας που ορίζει τον τύπο του κοπτικού στοιχείου ως εξής:

D : με φυσικά διαμάντια

M : με μήτρα από καρβίδιο του βολφραμίου και διαμάντια PDC

S : με μήτρα από χάλυβα και διαμάντια PDC

T : με θερμικά διαμάντια TSP

O : άλλος τύπος

Ο δεύτερος κωδικός είναι ένας αριθμός από το 1 έως το 4 και εκφράζει τη σκληρότητα των πετρωμάτων από μαλακά έως σκληρά.

Ο τρίτος κωδικός σχετίζεται με την περαιτέρω υποδιαίρεση της σκληρότητας του σχηματισμού και φέρει τους αριθμούς 1 έως 4. Οι αριθμοί αυτοί υποδηλώνουν διαβάθμιση σκληρότητας από το μαλακότερο στο σκληρότερο σχηματισμό της κάθε ομάδας.

Ο τέταρτος κωδικός είναι από 1 έως το 9 και ορίζει το προφίλ της στεφάνης και το πεδίο χρήσης του κοπτικού (με ενδογεωτρητικούς κινητήρες, για πλευρική όρυξη, για δειγματοληψία, άλλες εφαρμογές). Ο Πίνακας 4.2 δίδει την τυπική ταξινόμηση των αδαμαντοκορωνών.

Τα αδαμαντοκοπτικά δεν είναι γενικά διαθέσιμα σε οποιοδήποτε μέγεθος πάνω από τις 15 in. Τα αδαμαντοκοπτικά γενικά κατασκευάζονται κατά παραγγελία.

4.5 Μηχανισμός αποσύνθεσης του πετρώματος

Για την αποτελεσματική λειτουργία ενός κοπτικού, ο μηχανικός γεωτρήσεων θα πρέπει να αντιληφθεί τους βασικούς μηχανισμούς αποσύνθεσης του πετρώματος οι οποίοι περιλαμβάνουν έννοιες όπως ενσφήνωση, απόξεση και λείανση, διάβρωση από εκτοξευόμενο ρευστό, κρούση και λειοτρίβηση. Κατά ένα τρόπο οι μηχανισμοί αυτοί είναι αλληλεξαρτώμενοι. Παρά το γεγονός ότι κάποιος από αυτούς είναι κυρίαρχος για ένα δεδομένου τύπου κοπτικό, στη διαδικασία της αποσύνθεσης υπεισέρχονται περισσότεροι του ενός μηχανισμοί.

Τα κοπτικά με ελάσματα σχεδιάστηκαν για να διατρύουν με ενσφήνωση των ελασμάτων έτσι ώστε να φθείρονται με αργό ρυθμό.

Και τούτο διότι όταν σβαρνίζουν, αποξέουν και λειοτριβούν, η προχώρηση είναι αργή και η φθορά γρήγορη. Η ελικοειδής κίνησή των συμβάλλει στην αφαίρεση του τμήματος του πετρώματος από το κέντρο της γεώτρησης. Το σχήμα 4.14 παρουσιάζει το μηχανισμό αποσύνθεσης του πετρώματος με τη χρήση κοπτικών με ελάσματα.

Κατακόρυφη δύναμη (*bit weight force*) εφαρμόζεται στην κοπτική ακμή ως αποτέλεσμα του βάρους που ασκείται στο κοπτικό.

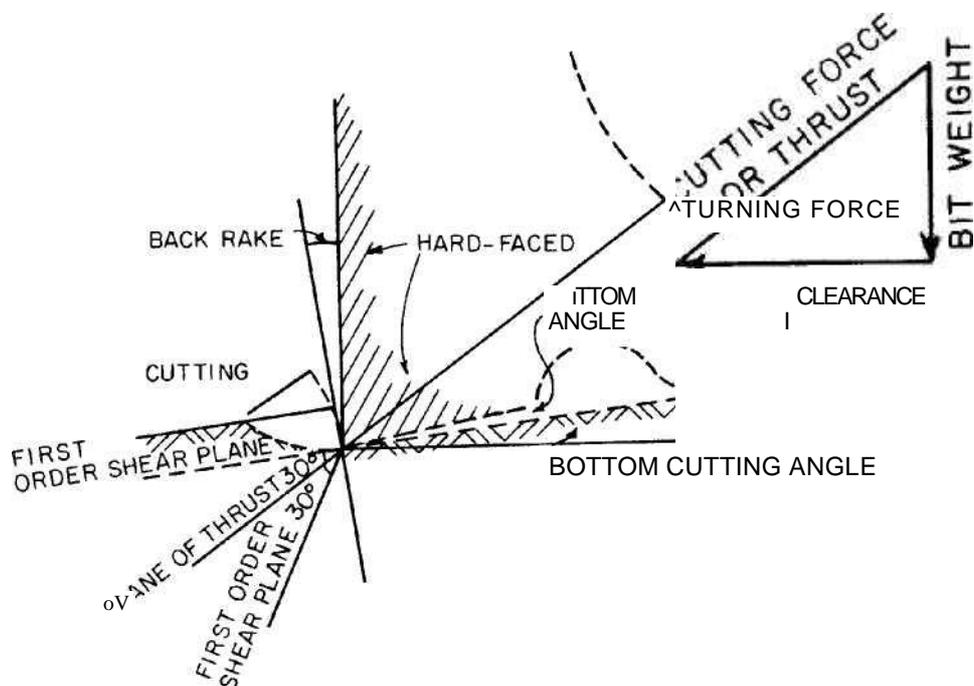
Οριζόντια δύναμη (*turning force*) εφαρμόζεται επίσης στην κοπτική ακμή λόγω της ροπής στρέψης που αναπτύσσεται κατά την περιστροφή του κοπτικού. Το αποτέλεσμα της δράσης των δύο δυνάμεων αυτών είναι η **δύναμη διείδυσης (*thrust force*)**. Η διείδυση της κοπτικής ακμής προκαλεί πλευρική θραύση του πετρώματος (υπερνίκηση της διατμητικής αντοχής του σχηματισμού-shear strength), η οποία ξεκινά από τη θέση της εγκοπής με κατεύθυνση τη φορά της περιστροφής.

Πίνακας 4.2. Ταξινόμηση αδαμαντοκορωνών

MANUFACTUR 1:

EI

		BIT DESIGN FEATURES									
FORMATION	IADC SERIES NUMBER	STEP TYPE 1	LONG TAPE# 2	SHORT TAPE# 3	NON-TAPER 4	DOWNHOLE MOTOR 5	SIDE-TRACK# 0	OIL BASE 7	CORE EJECTOR β	OTHER 9	
SOFT	D1	0		Rockut 1	Rockut 27		Rockut II		Rockut 27		
		1	MΩ-lfi				MT128P				
		2		MD-38	MD-34		MT18P	MD-43ST	MD-38		
		3	MD-503	MD-3U	MD-315						
		4	Mn-1Q7		MT)-?62						
MEDIUM SOFT	D2	0		Rockut 1	Rockut 26		Rockut 1		ROCKUT 26		
		1									
		2	MD-196	MD-261	MD-262		MT-51P	MD-A3ST			
		3		MD-311	MD-34		MD-262		MD-38		
		4									
MEDIUM	D3	0		Rorkiir. III	Rockut 26		Rockut 26		Rockut 26		
		1									
		2		MD-261	MD-331		MT-51P	MD-411ST	MD-262		
		3		MD-311			MD-262			MD-28	
		4					MD-331				
MEDIUM HARD	D4	0									
		1						MD-331			
		2			MD-331		MT-1iP	MΩ-ά11ST			MD-28
		3					MII-H1				
		4			MD-262	MD-A1	MD-262				
HARD	D5	0									
		1									
		2				MD-41	MT54P	MD-411ST		MD-37	
		3				MD-24				MD-23	
		4			MD-210	MD-240					



Σχήμα 4.14. Αποσύνθεση πετρώματος με τη χρήση κοπτικών με ελάσματα

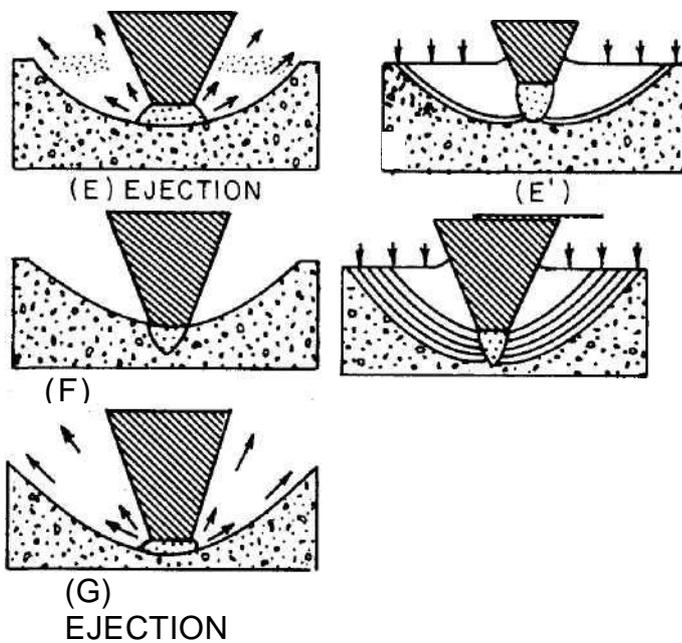
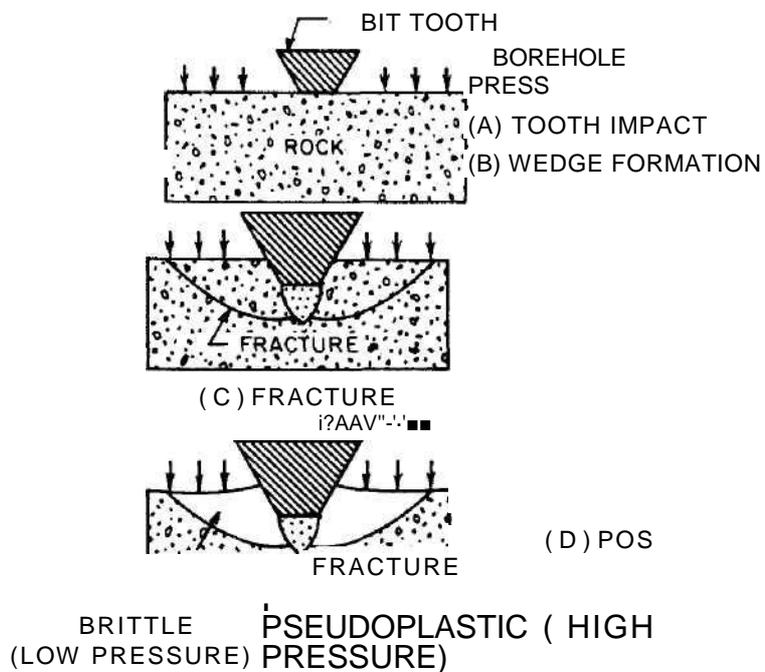
Η γωνία μεταξύ της κοπτικής ακμής και της επιφάνειας προσβολής (*bottom clearance angle*) αποτρέπει το σβάρνισμα του πυθμένα και επομένως τη φθορά του κοπτικού. Η γωνία αυτή δεν πρέπει, εντούτοις, να είναι μεγάλη για να αποφεύγεται η έντονη διείδυση της ακμής (βαθύ σκάψιμο), όταν ο λόγος βάρος-επί-του-κοπτικού/ροπή στρέψης είναι πολύ μεγάλος.

Τα κοπτικά με περιστρεφόμενους κώνους και με μηδενική μετατόπιση κώνων (*offset*) σχεδιάστηκαν για την διάτρηση σκληρών και ψαθυρών σχηματισμών, όπως έχει ήδη αναφερθεί, και όπου οι ρυθμοί προχώρησης είναι σχετικά μικροί και το κόστος μεγάλο. Η μελέτη του μηχανισμού της αποσύνθεσης του πετρώματος στην περίπτωση της χρήσης τέτοιου τύπου κοπτικών βασίστηκε στην εκτέλεση βασικών πειραμάτων όπου έγινε προσπάθεια να προσομοιωθούν οι συνθήκες που επικρατούν στον πυθμένα της γεώτρησης.

Ο Maurer (1965), μελέτησε τα φαινόμενα θεωρώντας τη συμπεριφορά ενός διεϊσδυτή (οδόντα-σφήνα) υπό αξονική φόρτιση επί ενός πετρώματος και διατύπωσε τη *θεωρία των κρατήρων*. Παρατήρησε, κατά τη διάρκεια των πειραμάτων του, ότι ο μηχανισμός των κρατήρων

επηρεάζεται σημαντικά από τη διαφορά της πίεσης που επικρατεί στον πυθμένα και της πίεσης του σχηματισμού (βλέπε και Κεφάλαιο 3 σχετικά). Όσο μικρότερη ήταν αυτή η διαφορά, το θρυμματισμένο πέτρωμα κάτω από τον κοπτήρα εκτοξεύετο από τον κρατήρα, ενώ σε μεγάλες διαφορές πιέσεων το θρυμματισμένο πέτρωμα παραμορφώνονταν, επιδεικνύοντας μια πλαστική συμπεριφορά και δεν μπορούσε να απομακρυνθεί με ευκολία. Σε κάθε περίπτωση, η θεωρία των κρατήρων του Maurer αποδίδεται στο σχήμα 4.15.

Καθώς εφαρμόζεται αξονική φόρτιση στον κοπτήρα (*bit tooth*) [σχήμα 4.15-(A)], η πίεση κάτω από αυτόν αυξάνει έως ότου υπερβεί τη θλιπτική αντοχή του πετρώματος οπότε, κάτω από τον κοπτήρα δημιουργείται μια περιοχή η οποία έχει συνθλιβεί και έχει μορφή κρατήρα (*crushed wedge*) [σχήμα 4.15-(B)]. Καθώς η αξονική δύναμη αυξάνει, το υλικό κάτω από τον κοπτήρα συμπιέζεται και ασκεί έντονες πλευρικές δυνάμεις στο συμπαγές τμήμα του πετρώματος (*solid rock*), το οποίο περιβάλλει την περιοχή του κρατήρα, έως ότου η διατμητική τάση υπερβεί τη διατμητική αντοχή του και το πέτρωμα ρωγματοωθεί (*fracture*) [σχήμα 4.15-(C)].

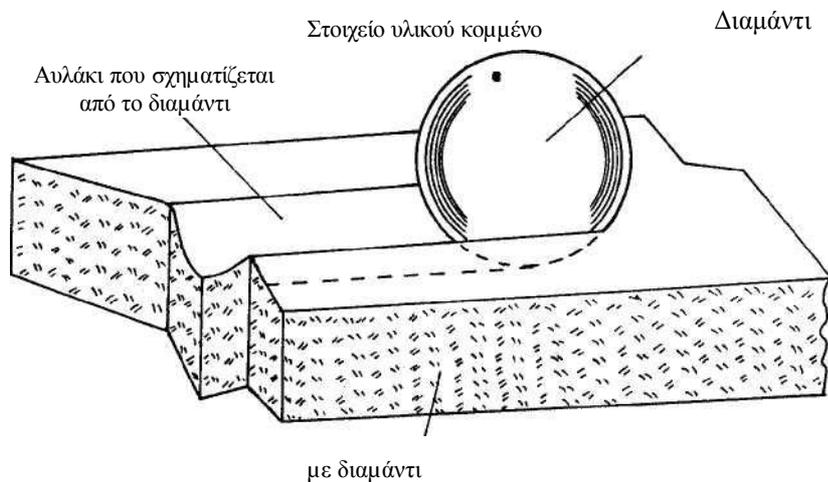


Σχήμα 4.15. Μηχανισμός αποσύνθεσης του πετρώματος στην περίπτωση κοπτικών με περιστρεφόμενους κώνους (θεωρία των κρατήρων)

Με τη συνεχή αύξηση της φόρτισης του κοπτήρα, προκύπτουν συνακόλουθες (διαδοχικές) ρωγματώσεις δημιουργώντας μια έντονα θρυμματισμένη ζώνη (broken rock) [σχήμα 4.15-(D)]. Σε χαμηλές διαφορές πιέσεων, το θρυμματισμένο πέτρωμα απομακρύνεται (ejection) εύκολα από τον κρατήρα [σχήμα 4.15-(E)]. Ο κοπτήρας ακολούθως μετατοπίζεται προς τον πυθμένα του κρατήρα και ο ίδιος μηχανισμός επαναλαμβάνεται [σχήμα 4.15-(F,G)]. Σε υψηλές διαφορές πιέσεων, η κατακόρυφη πίεση και η τριβή μεταξύ των θρυμμάτων εμποδίζει την απομάκρυνσή τους από τον κρατήρα [σχήμα 4.15-(E')]. Καθώς η φόρτιση του κοπτήρα αυξάνει, επέρχεται μετατόπιση των επιπέδων ρωγμάτωσης παράλληλα προς το επίπεδο της αρχικής ρωγμάτωσης [σχήμα 4.15-(F',G')]. Έτσι εμφανίζεται μια πλαστική παραμόρφωση και οι κρατήρες που δημιουργούνται καλούνται ψευδοπλαστικοί κρατήρες.

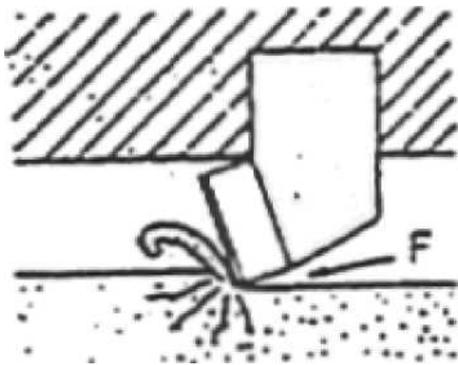
Τα κοπτικά με περιστρεφόμενους κώνους και με μεγάλη μετατόπιση των κώνων (offset) εμπεριέχουν όλους τους μηχανισμούς για την αποσύνθεση του πετρώματος. Η διατηρητική συμπεριφορά των κοπτικών αυτών είναι περισσότερο πολύπλοκη από αυτή που χαρακτηρίζει τα κοπτικά χωρίς offset (για σκληρούς σχηματισμούς). Κάθε κώνος κυλά και σβανίζει εναλλάξ με αποτέλεσμα να εμφανίζεται και διείδυση και απόξεση.

Οι αδαμαντοκορώνες λόγω του μικρού μεγέθους των διαμαντιών και του κατά κάποιο τρόπο τυχαίου και ακανόνιστου σχήματός τους, θραύουν το πέτρωμα με ένα συνδυασμό διάτμησης (shearing) και σύνθλιψης (crushing). Οι Appl, Rowley και Bridwell (1974) ανέπτυξαν μια θεωρία για τη δράση των αδαμαντοκορώνων θεωρώντας διαμάντια σφαιρικού σχήματος. Σύμφωνα με αυτή, η αποσύνθεση του πετρώματος επιτυγχάνεται αρχικά με τη διείδυση των διαμαντιών στο σχηματισμό και στη συνέχεια με το έντονο σβανισμό των. Είναι μια λειτουργία όμοια με το όργωμα του χώματος με αλέτρι (plowing action) (σχήμα 4.16).



Σχήμα 4.16. Αποσύνθεση πετρώματος με αδαμαντοκορώνα

Ο μηχανισμός θραύσης του πετρώματος από ένα πολυκρυσταλλικό αδαμαντοκοπτικό (PDC bit) παρουσιάζεται στο σχήμα 4.17. Οι κοπτικές ακμές είναι συναρμολογημένες με τέτοιο τρόπο ώστε να αποσυνθέτουν το πέτρωμα λόγω διατμητικής αστοχίας, γεγονός που περιορίζει τη χρήση των πολυκρυσταλλικών αδαμαντοκοπτικών σε μαλακούς και μέτριας σκληρότητας σχηματισμούς. Κατά την όρυξη η κοπτική επιφάνεια παρέχει μία συνεχή αιχμηρή κοπτική ακμή, που οφείλεται στο συνεχές ακόνισμα (micro chipping) της αδαμάντινης πλευράς, ως αποτέλεσμα της φθοράς, και στη σταδιακή αποκάλυψη νέων κοπτικών επιφανειών. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι απαραίτητο για την αποδοτική κοπή του πετρώματος.



Σχήμα 4.17. Μηχανισμός αποσύνθεσης πετρώματος με πολυκρυσταλλικό αδαμαντοκοπτικό (PDC bit)

4.6 Παράμετροι λειτουργίας των κοπτικών

Η ταχύτητα προχώρησης της γεώτρησης (ταχύτητα διάτρησης) εξαρτάται από μια σειρά παραμέτρων που αφορούν στη λειτουργία του κοπτικού και ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

- *Τεχνικές παράμετροι* διάτρησης:

- ο Μηχανικές παράμετροι (βάρος-επί-του-κοπτικού, ταχύτητα περιστροφής, τύπος κοπτικού)

- ο Υδραυλικές παράμετροι (παροχή λάσπης, πίεση λάσπης, τύπος και χαρακτηριστικά ρευστού διάτρησης, όπως πυκνότητα, ιξώδες κ.λπ.)

- *Ιδιότητες πετρώματος* (μηχανικές, ορυκτολογικές, φθοροποιές)

Στις *ερευνητικές γεωτρήσεις*, τα χαρακτηριστικά των σχηματισμών είναι σχετικά άγνωστος παράγοντας. Επομένως, δεν μπορεί να μπορεί να υπάρξει ιδανικός συνδυασμός κοπτικού και πετρώματος. Για την όρυξη των ερευνητικών γεωτρήσεων απαιτείται στενή συνεργασία μεταξύ γεωλόγων και μηχανικών γεωτρήσεων.

Στις γεωτρήσεις *περιχάραξης* οι σχηματισμοί είναι γνωστοί αφού έχει προηγηθεί ερευνητική γεώτρηση. Η φύση και το πάχος των στρώσεων που θα ορυχθούν μπορούν, κατά συνέπεια, να προβλεφθούν με ικανοποιητικό βαθμό βεβαιότητας και το κοπτικό επιλέγεται ώστε να ταιριάζει στον τύπο του πετρώματος. Υπάρχουν αρκετοί τύποι κοπτικών που μπορούν να διατρήσουν σωστά ένα δεδομένο σχηματισμό. Η συγκριτική μελέτη της συμπεριφοράς των κοπτικών στις προηγηθείσες γεωτρήσεις επιτρέπει οι υπόλοιπες γεωτρήσεις περιχάραξης να ορυχθούν ταχύτερα και πιο

οικονομικά. Η βέλτιστη επιλογή θα είναι το κοπτικό που δίνει τη χαμηλότερη τιμή ανά πόδι ορυσσόμενης γεώτρησης, κάτω από καλές τεχνολογικές συνθήκες.

Στις γεωτρήσεις περιχάραξης καταρτίζεται ένα πρόγραμμα κοπτικών που λαμβάνει υπόψη όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες, όπως τα αποτελέσματα των διαγραφιών, τα δεδομένα χρήσης και απόδοσης των προηγούμενων κοπτικών, τις τεχνικές παραμέτρους της διάτρησης των ερευνητικών γεωτρήσεων της περιοχής, τη γεωλογική και πετροφυσική περιγραφή των σχηματισμών.

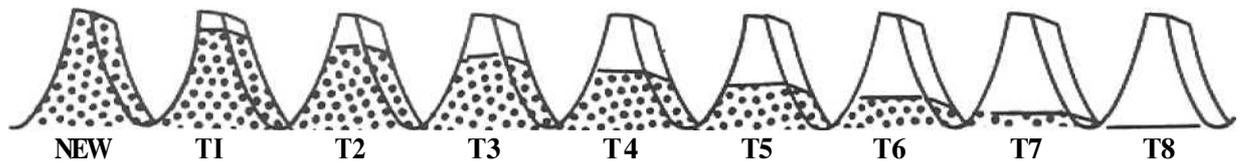
Οι μηχανικοί γεωτρήσεων πάντα τείνουν να επιλέγουν κοπτικά για σκληρότερους σχηματισμούς από αυτά που χρειάζονται πραγματικά. Καθώς αυτά τα κοπτικά είναι ανθεκτικότερα, υπάρχει λιγότερος κίνδυνος αποχωρισμού των κώνων και των οδόντων.

Ο έλεγχος της φθοράς του κοπτικού όταν αυτό ανελκυθεί στην επιφάνεια οδηγεί σε χρήσιμα συμπεράσματα, όπως:

- Ένα κοπτικό του οποίου οι τριβείς έχουν φθαρεί θα πρέπει να αντικατασταθεί από άλλο κατάλληλο για πιο μαλακούς σχηματισμούς.
- Ένα κοπτικό με δραματική πτώση του ρυθμού προχώρησης, το οποίο ανελκύεται με εντελώς φθαρμένους οδόντες, αλλά χωρίς να παρατηρείται σημαντική χαλάρωση στους κώνους, θα πρέπει να αντικατασταθεί από άλλο για σκληρότερους σχηματισμούς.
- Ένα κοπτικό με σημαντική απώλεια διαμέτρου, αλλά κανονική φθορά στους οδόντες και τους τριβείς, θα πρέπει να αντικατασταθεί από άλλο το οποίο να προστατεύεται καλά γύρω από το εξωτερικό του και να έχει ελάχιστη εκκεντρότητα.

Η φθορά του κοπτικού διαβαθμίζεται με βάση κλίμακα από 1 έως 8, η οποία εκφράζει την απώλεια που έχει υποστεί το αρχικό μήκος των οδόντων και συμβολίζεται με το γράμμα T συνοδευόμενο από ένα αριθμό. Εάν για παράδειγμα σε ένα κοπτικό έχει φθαρεί το μισό του αρχικού μήκους (ύψους)

των οδόντων του, αξιολογείται ως φθαρμένο κατά τα 4/8 και συμβολίζεται ως T-4 (σχήμα 4.18).



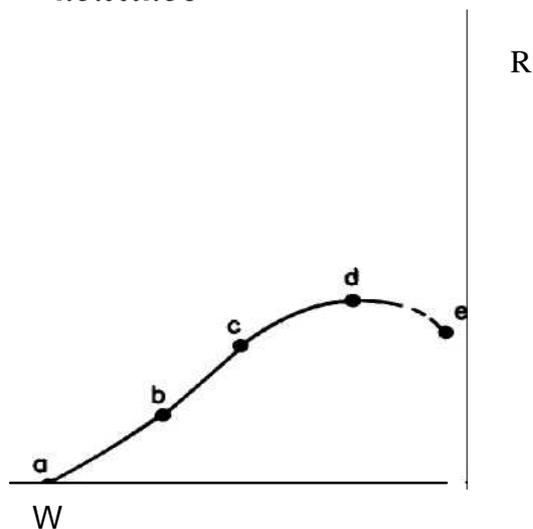
Σχήμα 4.18. Διαβάθμιση και συμβολισμός φθοράς κοπτικών με ενσωματωμένους οδόντες

Επειδή, τις περισσότερες φορές, είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η συνολική κατάσταση του κοπτικού λόγω ανομοιόμορφης φθοράς των οδόντων (κάποιοι έχουν φθαρεί περισσότερο ή άλλοι έχουν σπάσει), το κοπτικό χαρακτηρίζεται από τη σειρά των οδόντων που έχει υποστεί τη μεγαλύτερη φθορά. Τα σπασμένα δόντια συμβολίζονται ως BT.

Οι εμφυτευμένοι οδόντες έχουν σκληρές κοπτικές δομές με αποτέλεσμα να λειαινούνται δυσκολότερα. Η φθορά που υφίστανται είναι συνήθως εκρίζωση ή θραύση. Διαβαθμίζονται κατά τρόπο ανάλογο με τον προαναφερθέντα, οι συμβολισμοί όμως εκφράζουν το κλάσμα των οδόντων που έχουν εκριζωθεί ή σπάσει επί του συνόλου των οδόντων που εξαρχής είχε το κοπτικό.

4.6.1 Μηχανικές παράμετροι

A. Βάρος επί του κοπτικού



Σχήμα 4.19. Μεταβολή ταχύτητας διάτρησης με το βάρος επί του κοπτικού

Εργαστηριακές μελέτες και δοκιμές πεδίου έχουν δείξει ότι όταν, υπό σταθερή ταχύτητα περιστροφής, το βάρος που εφαρμόζεται στο κοπτικό (W) αυξάνει, παρουσιάζεται βελτίωση του ρυθμού προχώρησης (R). Η αύξηση είναι ευθέως ανάλογη του βάρους επί του κοπτικού, όταν το ρευστό διάτρησης διατηρεί το μέτωπο κοπής καθαρό (αποτελεσματική απαγωγή θρυμμάτων) (σχήμα 4.19). Ο βασικός κανόνας είναι:

- 1 τόνος ανά ίντσα διαμέτρου κοπτικού, για μαλακούς σχηματισμούς, και
- 3 τόνους ανά ίντσα, για σκληρούς σχηματισμούς.

Ωστόσο, η ταχύτητα προχώρησης προσεγγίζει μια μέγιστη τιμή όταν το βάρος επί του κοπτικού υπερβεί τη θλιπτική αντοχή του σχηματισμού.

Πάνω από αυτό το όριο οποιοδήποτε επιπλέον βάρος υποστηρίζεται από το σώμα του κώνου το οποίο πιέζεται πάνω στο σχηματισμό. Ως αποτέλεσμα, η ζωή του τριβέα μειώνεται χωρίς να αυξάνεται ανάλογα και ο ρυθμός προχώρησης.

Το μέγιστο βάρος επί του κοπτικού περιορίζεται επίσης από το σχεδιασμό του, δηλαδή τον τύπο του κοπτικού:

- Ένα κοπτικό με μακριούς οδόντες, για μαλακούς σχηματισμούς, θα διαθέτει σχετικά μικρούς τριβείς, ήτοι είναι ικανό να αντέχει μικρότερα θλιπτικά φορτία.
- Ένα κοπτικό με κοντούς οδόντες, για σκληρούς σχηματισμούς, θα έχει σημαντικά μεγαλύτερους τριβείς και θα αντέχει σε υψηλότερα θλιπτικά φορτία.

Το βάρος επί του κοπτικού μπορεί επίσης να περιοριστεί από το βάρος των αντιβάρων που χρησιμοποιούνται στη διατηρητική στήλη. Αν ασκείται πάνω στο κοπτικό μεγαλύτερο βάρος από αυτό που παρέχουν τα αντίβαρα, υπάρχει κίνδυνος:

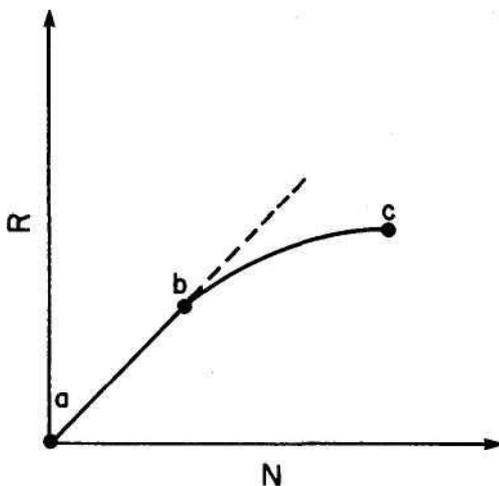
- λυγισμού και αστοχίας της στήλης,
- αποσταθεροποίησης των μαλακών σχηματισμών,
- ανάπτυξης κεκαμμένων τμημάτων μέσα στη γεώτρηση, όπου οι σχηματισμοί παρουσιάζουν μεγάλες γωνίες κλίσης (dip angles).

Όταν ένα καινούργιο κοπτικό καταβιβάζεται στη γεώτρηση, δεν εφαρμόζεται αμέσως πάνω του το μέγιστο βάρος. Αν το κοπτικό που ανελκύθηκε προηγουμένως ήταν του ίδιου τύπου αλλά φθαρμένο, το ανάγλυφο του πυθμένα της γεώτρησης δεν θα είναι το αναμενόμενο. Αν το μέγιστο βάρος ασκηθεί απότομα, η ανομοιόμορφη κατανομή του φορτίου πάνω στους κώνους και τα δόντια μπορεί να προκαλέσει γρήγορη φθορά. Αυτό είναι ακόμα πιο σημαντικό όταν το κοπτικό που ανελκύθηκε έχει χάσει το διαμέτρημά του (undergauge). Για τους παραπάνω λόγους τα πρώτα εκατοστά της γεώτρησης θα πρέπει να ορύσσονται με το καινούργιο κοπτικό υπό μικρό βάρος και χαμηλή ταχύτητα περιστροφής.

B. Ταχύτητα περιστροφής

Το βάρος επί του κοπτικού σχετίζεται άμεσα με την ταχύτητα περιστροφής. Οι δύο παράμετροι δεν μπορούν να αυξάνουν συνεχώς χωρίς να προκαλούν εξαιρετικά έντονες συνθήκες φόρτισης στη διατρητική στήλη και στο κοπτικό.

Μελέτες δείχνουν ότι η ταχύτητα προχώρησης αυξάνει ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής σε μαλακούς σχηματισμούς με την προϋπόθεση ότι ο πυθμένας καθαρίζεται αποτελεσματικά από τα θρύμματα (σχήμα 4.20). Συνήθως, ταχύτητες περιστροφής έως 300 rpm επηρεάζουν θετικά και γραμμικά την ταχύτητα διάτρησης. Σε υψηλότερες τιμές παρατηρείται επανάθραυση των θρυμμάτων και η ταχύτητα διάτρησης μειώνεται.



Σχήμα 4.20. Μεταβολή της ταχύτητας διάτρησης με την ταχύτητα περιστροφής σε μαλακούς σχηματισμούς

Σε σκληρούς σχηματισμούς η ταχύτητα διάτρησης αυξάνει γραμμικά με την ταχύτητα περιστροφής σε χαμηλές τιμές της δεύτερης (έως περίπου 75 rpm). Όσο σκληρότερος ο σχηματισμός, τόσο χαμηλότερη η μέγιστη ταχύτητα περιστροφής πέραν της οποίας δεν παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας διάτρησης. Όσο μεγαλύτερο το βάρος στο κοπτικό, τόσο χαμηλότερη η βέλτιστη ταχύτητα περιστροφής.

Η ταχύτητα περιστροφής μπορεί να περιορίζεται επίσης από:

Δονήσεις που προκαλούνται πάνω στη διατρητική στήλη (φαινόμενο συντονισμού που μπορεί να προκαλέσει κόπωση και αστοχία).

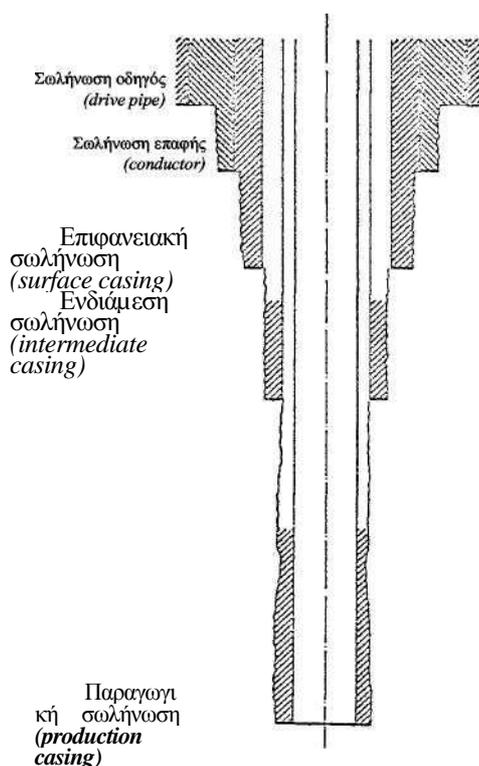
Ορισμένους τύπους κοπτικών (με ένθετους οδόντες) οι οποίοι ενεργούν συνθλίβοντας το πέτρωμα. Εδώ ο παράγοντας βάρος είναι περισσότερο σημαντικός. Υπερβολική ταχύτητα περιστροφής μπορεί να προκαλέσει μείωση στο ρυθμό προχώρησης και καταστροφή των οδόντων. Τριβές που αναπτύσσονται σε κεκλιμένες γεωτρήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ο

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ

5.1 Εισαγωγή

Η σωλήνωση είναι μια σημαντική φάση κατά τη διάνοιξη μιας γεώτρησης. Με τον όρο "σωλήνωση" περιγράφεται η διαδικασία επένδυσης της γεώτρησης από την επιφάνεια του γεωτρυπάνου μέχρι το τελικό βάθος, από στήλη αλληλοκοχλιώμενων σωλήνων διαφόρων διαμέτρων (σχήμα 5.1), σύμφωνα με το εκάστοτε πρόγραμμα της γεώτρησης. Η σωλήνωση εκτελείται κατά στάδια, όσο αυξάνει το βάθος διάτρησης.



Σχήμα 5.1. Η σωλήνωση μιας γεώτρησης συνίσταται από στήλη αλληλοκοχλιώμενων σωλήνων διαφορετικής διαμέτρου

5.1.1 Σκοπός της σωλήνωσης

Οι σκοποί που εξυπηρετεί η σωλήνωση έχουν εν συντομία ως εξής:

- Συγκράτηση των τοιχωμάτων της γεώτρησης όταν υπάρχουν γύρω χαλαροί ή έντονα ρωγματισμένοι σχηματισμοί.
- Έμφραξη των ρωγμών που υπάρχουν στα τοιχώματα της γεώτρησης, για την αποφυγή εισροής εντός της γεώτρησης νερού ή άλλων διαβρωτικών διαλυμάτων που υπάρχουν στους σχηματισμούς.
- Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται επίσης η καλή κυκλοφορία της λάσπης και παρεμποδίζεται η μόλυνση των γειτονικών υδροφόρων οριζόντων από τα ρευστά διάτρησης.
- Έλεγχος των πιέσεων και προστασία των ασθενών σχηματισμών από τα ρευστά διάτρησης, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν τη ρωγμάτωσή τους.
- Απομόνωση των ζωνών ανωμάτων πιέσεων.
- Σφράγιση των διαπερατών ζωνών όπου μπορεί να εμφανιστεί διακοπή της ομαλής κυκλοφορίας της λάσπης διάτρησης (*lost circulation zones*).
- Απομόνωση υδροφόρων οριζόντων.
- Κατάλληλη σύνδεση του εξοπλισμού της γεώτρησης με τον εξοπλισμό της επιφάνειας (*wellhead equipment*) (π.χ. *christmas tree*). Τοποθέτηση του μηχανισμού ασφαλείας (*B. O. P.*) για τον έλεγχο των πιέσεων.
- Εκμετάλλευση κοιτασμάτων προκειμένου περί παραγωγικών γεωτρήσεων. Συνήθως η παραγωγή γίνεται δια μέσου ειδικού τύπου σωλήνων (*tubing*) τοποθετημένων εντός της σωλήνωσης.
- Εξασφάλιση γεώτρησης δεδομένης διαμέτρου και βάθους, στοιχείων απαραίτητων για τη διεξαγωγή των παραγωγικών δοκιμών και την

εγκατάσταση του παραγωγικού εξοπλισμού (completion equipment).

- *Απομόνωση περατών σχηματισμών (porous media) με ρευστά για να αποφευχθεί τυχόν «μόλυνση» της ζώνη εκμετάλλευσης. Αυτό επιτυγχάνεται με το συνδυασμό σωλήνωσης και τσιμεντώσης, με στόχο την απρόσκοπτη παραγωγή από τη ζώνη εκμετάλλευσης.*
- *Στις θαλάσσιες γεωτρήσεις η σωλήνωση επιτρέπει επίσης την επιστροφή της λάσπης από το δακτύλιο της γεώτρησης στην εξέδρα.*

Προκειμένου να επιτευχθούν οι παραπάνω λειτουργίες, η σωλήνωση θα πρέπει να συνδέεται σταθερά με το σχηματισμό με τη βοήθεια της τσιμεντώσης. Η τσιμεντωμένη σωλήνωση καθίσταται έτσι ένα αναπόσπαστο τμήμα του συστήματος ελέγχου των πιέσεων. Ανάλογα με τον τύπο των σχηματισμών που διατρύονται σε μια γεώτρηση, πρέπει να τοποθετηθούν ορισμένες στήλες σωλήνωσης. Όσο η γεώτρηση προχωρεί σε μεγαλύτερο βάθος, μέσω της σωλήνωσης που έχει ήδη εγκατασταθεί μέσα στη γεώτρηση, διέρχεται και τοποθετείται νέα σωλήνωση μικρότερης διαμέτρου.

5.2 Τύποι σωλήνωσης

Η σωλήνωση γίνεται κατά στάδια, ανάλογα με το βάθος, το είδος των σχηματισμών και των αναγκών της γεώτρησης. Κάθε στάδιο σωλήνωσης εξυπηρετεί συγκεκριμένους σκοπούς, ανάλογα με τα προβλήματα που παρουσιάζονται σε αυτό το τμήμα της γεώτρησης.

Η σωλήνωση ενός τμήματος της γεώτρησης έχει πάντοτε διάμετρο λίγο μικρότερη από αυτή του κοπτικού που χρησιμοποιήθηκε για τη διάνοιξη του συγκεκριμένου τμήματος, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ο θεωρητικά απαιτούμενος χώρος (ανοχή) για την ανεμπόδιστη κάθοδό της. Στην πράξη, η κάθοδος της σωλήνωσης σπάνια πραγματοποιείται μόνο με τη επίδραση της βαρύτητας. Συνήθως απαιτείται ταυτόχρονη πρόωση και περιστροφή.

Μετά την κάθοδο της σωλήνωσης του πρώτου σταδίου, ακολουθεί τσιμέντωση του δακτυλίου μεταξύ των εξωτερικών τοιχωμάτων της σωλήνωσης και των πλευρικών τοιχωμάτων της γεώτρησης. Στη συνέχεια καθελκύεται η διατηρητική στήλη με κοπτικό της αμέσου μικρότερης τυποποιημένης διαμέτρου, ώστε να συνεχιστεί η γεώτρηση μέχρι το βάθος που έχει προγραμματιστεί για το δεύτερο στάδιο σωλήνωσης. Με την επανάληψη της παραπάνω διαδικασίας η σωλήνωση φτάνει στο ίδιο περίπου τελικό βάθος με τη γεώτρηση (πρακτικά σταματάει λίγο ψηλότερα). Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι η σωλήνωση του κάθε σταδίου δεν αρχίζει από το βάθος που τελειώνει η αμέσως μεγαλύτερης διαμέτρου σωλήνωση του προηγούμενου σταδίου, αλλά φτάνει μέχρι την επιφάνεια όπου και στερεώνεται. Αυτό έχει ως φυσική συνέπεια το μήκος της σωλήνωσης να είναι πολλαπλάσιο του μήκους της γεώτρησης και να παρατηρείται μια μεγάλη επικάλυψη (overlapping) σωληνώσεων διαφορετικών διαμέτρων στα ανώτερα τμήματα της γεώτρησης.

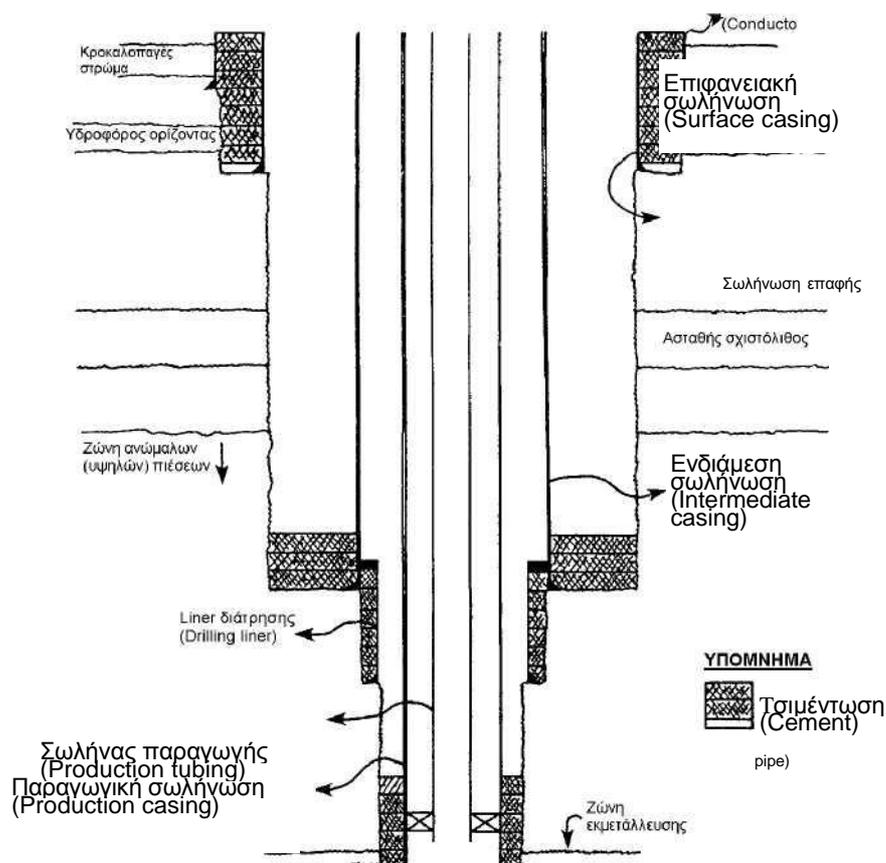
Στην παραπάνω τεχνική εξαίρεση μπορεί να αποτελέσει το τελευταίο στάδιο, όπου η μικρότερης διαμέτρου σωλήνωση (liner) δεν φτάνει μέχρι την

επιφάνεια, αλλά αναρτάται με ειδικό σύστημα (hanger) από το τελευταίο τμήμα της σωλήνωσης του προηγούμενου σταδίου.

Οι τύποι σωλήνωσης που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι ακόλουθοι:

- σωλήνωση οδηγός (*drive or structural pipe*)
- σωλήνωση επαφής (*conductor pipe*)
- επιφανειακή σωλήνωση (*surface casing*)
- ενδιάμεση σωλήνωση (*intermediate casing*)
- παραγωγική σωλήνωση (*production casing*)
- σωλήνωση liner (*liner casing*)

Οι παραπάνω τύποι σωλήνωσης δεν χρησιμοποιούνται σε όλες τις γεωτρήσεις. Οι συνθήκες οι οποίες αναμένονται κάθε φορά αναλύονται προσεκτικά προκειμένου να προσδιοριστεί ο τύπος και ο αριθμός των στηλών σωλήνωσης που θα απαιτηθούν για την επένδυση της γεώτρησης. Στο σχήμα 5.3 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ των διαφόρων τύπων σωλήνωσης.



Σχήμα 5.3.

Τυπική συνδεσμολογία διαφόρων τύπων σωλήνωσης

5.2.1 Σωλήνωση οδηγός (drive or structural pipe)

Πριν αρχίσει η διάτρηση τοποθετείται ένα πρώτο στάδιο σωλήνωσης μεγάλης διαμέτρου, σε βάθος 100-300 ft, η οποία καλείται *σωλήνωση οδηγός* (*drive pipe or structural pipe*). Η σωλήνωση αυτή (α) συμβάλλει στην κυκλοφορία της λάσπης διάτρησης, (β) εμποδίζει να παρασυρθούν οι χαλαροί σχηματισμοί της επιφάνειας από τα ρευστά διάτρησης (washout), και (γ) εξασφαλίζει τη σταθερότητα του εδάφους πάνω στο οποίο εδράζει το γεωτρήσιμο. Συνήθως τοποθετείται και τσιμεντώνεται από τις εταιρείες που αναλαμβάνουν την

προετοιμασία του χώρου της γεώτρησης και συνδέεται με τη γραμμή επιστροφής της λάσπης διάτρησης (mud return line).

Στις θαλάσσιες γεωτρήσεις που ορύσσονται από σταθερή εξέδρα, η σωλήνωση οδηγός κατέρχεται από την επιφάνεια έως τον πυθμένα της θάλασσας. Αποτελείται από στελέχη διαμέτρου 26, 30 ή 36 in με πάχος τοιχώματος 1 in, τα οποία συγκολλούνται (welded) το ένα με το άλλο καθώς η στήλη προχωρά μέσα στη θάλασσα.

5.2.2 Σωλήνωση επαφής (*conductor pipe*)

Είναι η πρώτη πραγματική στήλη σωλήνωσης που τοποθετείται μέσα στη γεώτρηση, σε βάθος συνήθως λίγων εκατοντάδων μέτρων από την επιφάνεια, εντός των χαλαρών σχηματισμών.

Πιο συγκεκριμένα, η σωλήνωση επαφής τοποθετείται σε 600-1.000 ft βάθος από την επιφάνεια ώστε (α) να προλαμβάνει την αποκόλληση των χαλαρών σχηματισμών κοντά στην επιφάνεια, (β) να απομονώνει τους υδροφόρους ορίζοντες που βρίσκονται σε μικρό βάθος, και (γ) να προστατεύει τη γεώτρηση από εκλύσεις αερίων και τα θεμέλια του γεωτρήσανου από διεισδύσεις λάσπης διάτρησης. Παρέχει επίσης το κανάλι επιστροφής της λάσπης διάτρησης. Στις υποθαλάσσιες γεωτρήσεις η σωλήνωση επαφής διακρίνεται σε:

- *Marine conductor*: Χρησιμοποιείται σε θαλάσσιες γεωτρήσεις όπου το B.O.P. τοποθετείται πάνω στην εξέδρα, η οποία είναι συνήθως σταθερή.

- *Marine riser*: Χρησιμοποιείται σε θαλάσσιες γεωτρήσεις στις περιπτώσεις όπου το B.O.P. τοποθετείται στον πυθμένα της θάλασσας. Το riser ανέρχεται μέχρι την επιφάνεια της θάλασσας.

5.2.3 Επιφανειακή σωλήνωση (*surface casing*)

Η επιφανειακή σωλήνωση εμποδίζει την αποκόλληση των χαλαρών σχηματισμών που συναντώνται σε μικρά βάθη και θα πρέπει να σταματά εντός κατάλληλων, ανθεκτικών σχηματισμών, όπως ο σκληρός ασβεστόλιθος. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ότι ο σχηματισμός στο πέλμα της σωλήνωσης (*casing shoe*) δεν θα ρωγματωθεί υπό τη δράση υψηλών υδροστατικών πιέσεων που μπορεί να αναπτυχθούν αργότερα. Η επιφανειακή σωλήνωση παρέχει επίσης προστασία από εκτινάξεις ή εκρήξεις, λόγω εσωτερικών πιέσεων, που μπορεί να συμβούν σε μικρό βάθος, καθώς συνεχίζεται η διάτρηση. Το βάθος που φτάνει η επιφανειακή

σωλήνωση κυμαίνεται, ανάλογα με το είδος των σχηματισμών που μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στη γεώτρηση, από 300 έως 5.000 ft. Τέτοιου είδους "προβληματικοί σχηματισμοί", που χρειάζεται να επενδυθούν με επιφανειακή σωλήνωση, είναι περατές ζώνες όπου μπορεί να εμφανιστεί διακοπή της ομαλής κυκλοφορίας της λάσπης (thief zones), αμμόλιθοι που περιέχουν νερό (water sands), ρηχές ζώνες που περιέχουν υδρογονάνθρακες (shallow hydrocarbon zones), τμήματα κατευθυνόμενων γεωτρήσεων αυξανόμενης κλίσης (build-up sections of deviated wells).

Το βάθος τοποθέτησης αυτής της στήλης σωλήνωσης είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές όπου αναμένονται ανώμαλες πιέσεις.

Αν η σωλήνωση αυτή δεν προχωρήσει σε αρκετό βάθος μπορεί η αντοχή του σχηματισμού στη θέση έδρασής της να μην είναι επαρκής για να αντιμετωπίσει μια αιφνίδια εισροή όταν η όρυξη θα συνεχιστεί στο επόμενο τμήμα.

5.2.4 Ενδιάμεση ή προστατευτική σωλήνωση (intermediate or protection casing)

Η ενδιάμεση (ή προστατευτική) σωλήνωση χρησιμοποιείται για την απομόνωση σχηματισμών οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στην όρυξη της γεώτρησης (π.χ. σχιστόλιθοι με τάση αποκόλλησης (sloughing shale), ζώνες διακοπής της ομαλής κυκλοφορίας της λάσπης, ζώνες υψηλών πιέσεων κ.λπ.). Ανάλογα με τον αριθμό των προβλημάτων που απαντώνται είναι δυνατό να απαιτηθούν αρκετές στήλες ενδιάμεσης σωλήνωσης ανάμεσα στην επιφανειακή σωλήνωση και στο τελικό βάθος της γεώτρησης (σχήμα 5.3).

Το βάθος τοποθέτησης της ενδιάμεσης σωλήνωσης εξαρτάται από την πίεση των πόρων του σχηματισμού και τη βαθμίδα ρωγμάτωσης (βλέπε Κεφάλαιο 3). Κατά την όρυξη το βάρος της λάσπης εξισορροπεί την πίεση πόρων, αλλά δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την αντοχή των ρηχών ζωνών.

Η πιο σημαντική λειτουργία της ενδιάμεσης σωλήνωσης σχετίζεται με την ύπαρξη ανώμαλα υψηλών πιέσεων πόρων του σχηματισμού. Καθώς για τον έλεγχο και την εξισορρόπηση αυτών των πιέσεων απαιτείται μεγαλύτερη πυκνότητα λάσπης, θα πρέπει να προστατευτούν οι ασθενέστεροι σχηματισμοί, προκειμένου να αποφευχθεί διακοπή της ομαλής κυκλοφορίας της λάσπης. Η ενδιάμεση σωλήνωση προστατεύει τους σχηματισμούς κάτω από την επιφανειακή σωλήνωση από τις πιέσεις της λάσπης υψηλής πυκνότητας. Επίσης, όταν, κάτω από ζώνες ανωμάτων πιέσεων, συναντώνται ζώνες με κανονικές πιέσεις, η τοποθέτηση μιας δεύτερης στήλης ενδιάμεσης σωλήνωσης επιτρέπει τη μείωση της πυκνότητας της λάσπης και η διάτρηση προχωρά βαθύτερα με πιο οικονομικούς όρους.

Η ενδιάμεση σωλήνωση τσιμεντώνεται σε ύψος αρκετών εκατοντάδων μέτρων πάνω από την έδρασή της. Αν χρειαστεί μπορεί να εφαρμοστεί σωλήνωση κατά στάδια για την απομόνωση ρηχότερων σχηματισμών χωρίς να απαιτείται η τσιμεντώση ολόκληρου του ύψους από την έδραση της σωλήνωσης και πάνω.

5.2.5 Παραγωγική σωλήνωση (*production casing*)

Η παραγωγική σωλήνωση αποτελεί το τελευταίο στάδιο σωλήνωσης και στοχεύει: (α) στην απομόνωση των παραγωγικών ζωνών (*producing zones*) από άλλους σχηματισμούς (π.χ. αμμόλιθους που περιέχουν νερό), (β) στον έλεγχο των ρευστών του σχηματισμού (*reservoir fluid control*), (γ) στην επιλεκτική παραγωγή σε περίπτωση που αυτή γίνεται από πολλές ζώνες (*multizone production*) και (δ) στην προστασία του ειδικού τύπου σωλήνων παραγωγής (*tubing*). Επίσης αποτελεί τη βάση για το τελειώμα της γεώτρησης (*well completion*), και για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνει πλήρης έλεγχος των πιέσεων πριν την τοποθέτηση του εξοπλισμού τελειώματος. Με τη σωλήνωση αυτή ολοκληρώνεται τυπικά η όρυξη μιας γεώτρησης.

Η συνηθέστερη διάμετρος για την παραγωγική σωλήνωση είναι 7 in (177,8 mm).

5.2.6 Σωλήνωση liner (*liner casing*)

Ένα liner είναι μια σχετικά μικρού μήκους σωλήνωση (3.000 ft έως 5.000 ft συνήθως). Η σωλήνωση liner δεν φτάνει μέχρι την επιφάνεια, αλλά αναρτάται από την ενδιάμεση σωλήνωση, με τη βοήθεια ειδικής διάταξης (*packer and slips*) που ονομάζεται *διάταξη ανάρτησης του liner (liner hanger)*. Ανάμεσα στο πάνω τμήμα του liner και την έδραση της ενδιάμεσης σωλήνωσης, από όπου αναρτάται το liner, παρατηρείται επικάλυψη των στηλών σωλήνωσης μήκους 300-500 ft.

Τα πλεονεκτήματα του liner είναι: (α) η μείωση του κόστους της παραγωγικής σωλήνωσης, καθώς και του χρόνου τοποθέτησης και τσιμεντώσης, και (β) η μείωση του μήκους της σωλήνωσης με τη μικρότερη διάμετρο, γεγονός που επιτρέπει τη χρήση ικανοποιητικού μεγέθους *ειδικών σωλήνων παραγωγής (production tubing)*.

Τα liners διάτρησης (και παραγωγής) χρησιμοποιούνται συχνά σαν μια οικονομικά αποδοτική μέθοδος για να επιτυγχάνεται έλεγχος της πίεσης ή της βαθμίδας ρωγμάτωσης χωρίς τοποθέτηση μιας στήλης σωλήνωσης που θα φθάνει ως την επιφάνεια. Όταν χρησιμοποιείται ένα liner, η αμέσως προηγούμενη στήλη σωλήνωσης, συνήθως η ενδιάμεση,

θα πρέπει να ελέγχεται ως προς τις πιέσεις διάρρηξης και θλίψης κατά την όρυξη του μη σωληνωμένου τμήματος της γεώτρησης κάτω από το liner.

Στα μειονεκτήματα του liner περιλαμβάνονται: (α) πιθανή διαρροή κατά μήκος της διάταξης ανάρτησης του liner, (β) δυσκολία για την επίτευξη καλής τσιμεντώσης λόγω του πολύ περιορισμένου δακτυλίου ανάμεσα στο liner και τα τοιχώματα της γεώτρησης, (γ) περισσότερο πολύπλοκες διαδικασίες σωλήνωσης και τσιμεντώσης, και (δ) η προηγούμενη στήλη

θα πρέπει να έχει επαρκείς διαστάσεις ώστε να αντέχει στην ίδια πίεση διάρρηξης όπως και το liner.

5.3 Διαδικασία σωλήνωσης και εξοπλισμός

5.3.1 Προετοιμασία της γεώτρησης

Όταν το κοπτικό φτάσει στο προγραμματισμένο βάθος όπου θα γίνει η σωλήνωση, η γεώτρηση θα πρέπει να προετοιμαστεί για την εργασία αυτή.

Καταρχήν, είναι, συνήθως, απαραίτητο να εκτελεστούν ορισμένες μετρήσεις-διαγραφίες (loggings), όπως:

ο **Caliper log** για να προσδιοριστεί με ακρίβεια ο όγκος του διακένου μεταξύ της σωλήνωσης και των τοιχωμάτων της γεώτρησης και να προσδιοριστεί η απαιτούμενη ποσότητα γαλακτώματος τσιμέντου.

ο **Μετρήσεις διεύθυνσης (αζιμούθιου) και παρέκκλισης της τροχιάς**, για να σχηματιστεί μια εικόνα της καμπυλότητας της γεώτρησης και να προσδιοριστεί το βάθος όπου παρουσιάζονται απότομες αλλαγές στη γωνία κλίσης ή το αζιμούθιο.

ο **Μετρήσεις μέγιστης θερμοκρασίας** για τον προσδιορισμό του χρόνου πήξης του τσιμέντου σε βαθιές γεωτρήσεις.

Οι παραπάνω μετρήσεις μπορούν να γίνονται και κατά τη διάρκεια της όρυξης αφού είναι απαραίτητες και στους γεωλόγους για τον εντοπισμό και την αναγνώριση των διατρυόμενων σχηματισμών.

Όταν ολοκληρωθούν οι διαγραφίες και πριν την κάθοδο της σωλήνωσης καθελκύεται η διατρητική στήλη για δύο λόγους:

- Για να ελεγχθεί η σταθερότητα των τοιχωμάτων της γεώτρησης, και

- Για να κυκλοφορήσει και πιθανόν για να βελτιωθούν οι ιδιότητες της λάσπης (plastic viscosity and yield value), διαδικασία απαραίτητη κυρίως όταν πρόκειται η σωλήνωση να κατέβει σε μεγάλο βάθος, οπότε είναι αναγκαίο να μειωθούν οι πιέσεις (surge pressures) που ασκούνται στον πυθμένα της γεώτρησης όταν καταβιβάζεται η σωλήνωση.

5.3.2 Προετοιμασία της στήλης σωλήνωσης

Αφορά, κυρίως, στη συναρμολόγηση, πάνω στη στήλη της σωλήνωσης, του απαραίτητου πρόσθετου εξοπλισμού (σχήμα 5.5) ο οποίος περιλαμβάνει:

- Το πέλμα (*shoe*) και το στέλεχος προσγείωσης (*landing collar*), τα οποία βιδώνονται πάνω στη στήλη της σωλήνωσης με τρόπο ώστε να μην αστοχήσει η σύνδεση όταν αργότερα συνεχιστεί η όρυξη μέσω της σωλήνωσης,
- Οι κεντρωτήρες (*centralizers*), οι οποίοι τοποθετούνται στο κάτω μέρος της στήλης, σταθμίζονται με το πέλμα της σωλήνωσης που έχει προηγηθεί και διατηρούν τη νέα στήλη σωλήνωσης σε ομόκεντρη θέση σε σχέση με τη διάμετρο της γεώτρησης.
- Οι αποξεστήρες (*scratchers*), οι οποίοι τοποθετούνται στο κάτω μέρος της στήλης ή και ψηλότερα για να καθαρίζουν το επίστρωμα που έχει δημιουργηθεί από την κυκλοφορία της λάσπης στα διαπερατά τμήματα της γεώτρησης.

5.3.3 Καταβίβαση της στήλης σωλήνωσης

Η σωλήνωση θα πρέπει να κατέβει όσο το δυνατό πιο γρήγορα, καθώς ο χρόνος που απαιτείται είναι μη παραγωγικός (όπως ισχύει για κάθε είδους μανούβρα). Η ταχύτητα καθόδου θα πρέπει να ελέγχεται ανάλογα με τις αντιστάσεις που αναπτύσσονται στο πηγάδι από το ρευστό διάτρησης.

Όταν η στήλη της σωλήνωσης έχει φθάσει στη σωστή της θέση, η λάσπη τίθεται σε κυκλοφορία και σταματά μόνο όταν:

- Η επιστροφή δεν περιέχει θρύμματα
- Το περιεχόμενο αέριο είναι λιγιστό και σταθερό
- Δεν παρατηρείται εισροή ρευστών από τους σχηματισμούς
- Ο συνολικός όγκος της κυκλοφορούσας λάσπης είναι

ομοιογενής.

Ακολουθεί η διαδικασία της τσιμέντωσης.

5.4 Χαρακτηριστικά της σωλήνωσης

Η σωλήνωση μπορεί να είναι ένας σφυρήλατος σωλήνας από ατσάλι χωρίς ραφή (κατασκευάζεται από θερμοκατεργασμένο χάλυβα και, αν είναι απαραίτητο, με επακόλουθο ψυχρό φινίρισμα του σωλήνα ώστε να πάρει το επιθυμητό σχήμα ή μπορεί να αποτελείται από επίπεδα ελάσματα τα οποία κόβονται, μορφοποιούνται οι δύο άκρες των και συγκολλούνται (electric flash welding ή electric resistance welding), χωρίς την προσθήκη επιπλέον μετάλλου, ώστε να σχηματιστεί ο επιθυμητός σωλήνας. Ορισμένοι ηλεκτροσυγκολλητοί σωλήνες περνούν από βαφή η οποία αυξάνει το όριο ελαστικότητας κατά την διεύθυνση στην οποία υποβάλλεται σε καταπόνηση και το μειώνει κατά τις κάθετες προς αυτή διευθύνσεις.

Το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Πετρελαίου (API) δίνει οκτώ διαφορετικές κατηγορίες σωλήνωσης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1. Η κατηγορία της σωλήνωσης εκφράζεται με ένα γράμμα και ένα διψήφιο ή τριψήφιο αριθμό, π.χ. N-80. Το γράμμα αυτό είναι ένας γενικός ορισμός της ποιότητας του χάλυβα και της θερμικής του κατεργασίας. Τα αριθμητικά ψηφία εκφράζουν το ελάχιστο όριο ελαστικότητας σε χιλιάδες psi. Π.χ. η κατηγορία N-80 έχει ελάχιστο όριο ελαστικότητας ίσο με 80.000 psi.

Ως όριο ελαστικότητας (yield strength) ορίζεται από το API η εφελκυστική τάση που απαιτείται για να προκύψει συνολική επιμήκυνση ανά μονάδα μήκους 0,005, σε ένα τυπικό δείγμα δοκιμών.

Το μέσο όριο ελαστικότητας είναι συνήθως 10.000 psi μεγαλύτερο από το ελάχιστο όριο ελαστικότητας (π.χ. 90.000 psi για την κατηγορία N-80). Η ελάχιστη τιμή του ορίου ελαστικότητας χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς διάρρηξης και αστοχίας, ενώ το

μέσο όριο ελαστικότητας λαμβάνεται υπόψη στις εκτιμήσεις των διαξονικών τάσεων, στοιχεία ιδιαίτερα απαραίτητα στο σχεδιασμό της σωλήνωσης.

*Πίνακας 5.1. Κατηγορίες σωλήνωσης σύμφωνα με το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Πετρελαίου
Ελάχιστη συνολική αντοχή εφελκυσμού (minimum ultimate tensile strength)*

<i>Κατηγορία (Grade)</i>	<i>Ελάχιστο όριο ελαστικότητας (minimum yield strength) (psi)</i>	<i>Ελάχιστη συνολική Αντοχή Εφελκυσμού (psi)</i>
H40	40.000	60.000
J55	55.000	75.000
K55	55.000	95.000
C75	75.000	95.000
L80	80.000	95.000
N80	80.000	100.000
C90	90.000	100.000
C95	95.000	105.000
P110	110.000	125.000

Ακολουθούν οι πιο συνήθεις κατηγορίες σωλήνωσης, κατά API, και τα πεδία εφαρμογής τους:

H-40 Σωλήνωση χαμηλής κατηγορίας με ελάχιστο yield strength 40.000 psi. Κατάλληλη μόνο για επιφανειακή σωλήνωση και ελαφριές περιπτώσεις.

J-55 Σωλήνωση καλής ποιότητας χάλυβα με ελάχιστο yield strength 55.000 psi και συνολική εφελκυστική αντοχή 75.000 psi. Είναι μια αξιόπιστη σωλήνωση για την πετρελαϊκή βιομηχανία και συναντάται πιο συχνά σε γεωτρήσεις πετρελαίου από οποιαδήποτε άλλη κατηγορία σωλήνωσης. Τα τελευταία χρόνια τείνει να εκτοπιστεί ολοκληρωτικά από την επόμενη κατηγορία.

K-55 Σωλήνωση αρκετά καλής ποιότητας χάλυβα με ελάχιστο yield strength 55.000 psi, αλλά με συνολική εφελκυστική αντοχή 95.000 psi.

C-75H κατηγορία C, γενικά, βρίσκει εφαρμογή σε περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από την έντονη παρουσία H₂S.

Σπάνια χρησιμοποιείται σε μη διαβρωτικό περιβάλλον, καθώς είναι ακριβότερη από κάποιες υψηλότερες κατηγορίες σωλήνωσης. Σωλήνωση από χάλυβα ελεγχόμενης αντοχής και σκληρότητας, με ελάχιστο yield strength 75.000 psi. Ο χάλυβας έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται σε μετρίως διαβρωτικές συνθήκες. Συνήθως απαιτεί ειδική παραγγελία και είναι πιο ακριβή από άλλους τύπους σωλήνωσης, ακόμα και μεγαλύτερης yield αντοχής.

N-80 Σωλήνωση από χάλυβα υψηλής ποιότητας, με ελάχιστο yield strength 80.000 psi. Αποτελεί το στάνταρντ της βιομηχανίας για γεωτρήσεις μέσου βάθους, σχετικά υψηλές πιέσεις και η χρήση της είναι πολύ διαδεδομένη. Πρόκειται για χάλυβα σκληρού κράματος, και δεν είναι κατάλληλη για διαβρωτικές συνθήκες, όπου η κατηγορία "C" είναι προτιμότερη.

L-80H κατηγορία L παρουσιάζει την ίδια αντοχή σε διάρρηξη, αστοχία και εφελκυσμό με την κατηγορία N. Ωστόσο, η σκληρότητα της σωλήνωσης παίζει σημαντικό ρόλο στην ψαθυροποίηση που εμφανίζεται σε

περιβάλλον πλούσιο σε H₂S. Από την άποψη αυτή, λοιπόν, η κατηγορία L είναι πιο κατάλληλη για όξινο, διαβρωτικό περιβάλλον από την κατηγορία N, γιατί παρουσιάζει μεγαλύτερη σκληρότητα. Διαφέρει από την κατηγορία N-80 μόνο ως προς την εγγυημένη σκληρότητα του χάλυβα. Για το λόγο αυτό είναι κατάλληλη για ελαφρώς όξινο περιβάλλον, όπου η σκληρότητα της κατηγορίας N-80 μπορεί να παρουσιάσει προβλήματα λόγω ψαθυροποίησης.

C-95 Μεταλλουργικά όμοια και με την ίδια θερμική κατεργασία όπως και η κατηγορία C-75, είναι κατάλληλη για σχετικά βαθιές γεωτρήσεις και υψηλές πιέσεις σε μετρίως διαβρωτικό περιβάλλον.

P-105 Σωλήνωση από χάλυβα πολύ υψηλής αντοχής για βαθιές γεωτρήσεις και συνθήκες υψηλών πιέσεων. Αν και είναι μια στάνταρντ κατηγορία του API είναι πιθανό να απαιτήσει ειδική παραγγελία και είναι πολύ ακριβή.

P-110 Ίδια με την προηγούμενη με περισσότερο έντονες ιδιότητες.

V-150 Χρησιμοποιείται μόνο σε πολύ βαθιές γεωτρήσεις και συνθήκες εξαιρετικά υψηλών πιέσεων.

Οι διαστάσεις της σωλήνωσης αφορούν:

(1) την εξωτερική διάμετρος (*outside diameter*) και πάχος τοιχώματος (*wall thickness*),

(2) το μήκος σωλήνωσης (*length of joint*), και

(3) το βάρος ανά μονάδα μήκους (*weight per unit length*).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, χρησιμοποιούνται διαφορετικά μεγέθη σωλήνωσης στα διάφορα τμήματα της γεώτρησης, προκειμένου η διάτρηση να προχωρήσει ομαλά μέχρι το τελικό βάθος. Καθώς οι πιέσεις ποικίλουν κατά μήκος των διαφορετικών τμημάτων της γεώτρησης, θα μπορούσε θεωρητικά να εφαρμοστεί σωλήνωση με την ίδια εξωτερική διάμετρο σε όλο το μήκος της γεώτρησης, αλλά με διαφορετικό πάχος τοιχώματος ή/και διαφορετικά μηχανικά χαρακτηριστικά (π.χ. κατηγορία χάλυβα). Με τον τρόπο αυτό, η πιο βαριά σωλήνωση (*heavy or high grade casing*) μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις

ζώνες των υψηλών πιέσεων ή κοντά στην επιφάνεια, όπου τα εφελκυστικά φορτία είναι μεγάλα. Αυτός ο τρόπος σωλήνωσης είναι και ο πιο οικονομικός.

Κατά το σχεδιασμό της σωλήνωσης, εκτός από την εξωτερική διάμετρο, εξετάζεται, επίσης, η εσωτερική και η *ωφέλιμη διάμετρος (drift diameter)*. Η ωφέλιμη διάμετρος της σωλήνωσης αναφέρεται στη διάμετρο ενός εμβόλου που διέρχεται από τη σωλήνωση, χωρίς την εμφάνιση αδικαιολόγητων τάσεων. Η ωφέλιμη διάμετρος είναι ελαφρώς μικρότερη της εσωτερικής. Κατά τη διάτρηση, ωφέλιμη διάμετρος θεωρείται η διάμετρος του κοπτικού που μπορεί να διέλθει με ασφάλεια διαμέσου της σωλήνωσης.

Η ονομαστική διάμετρος της σωλήνωσης είναι η εξωτερική διάμετρος του σώματος του στελέχους. Υπάρχουν 14 μεγέθη σε ίντσες:

$$4\frac{1}{2} - 5 - 5\frac{1}{2} - 6\frac{5}{8} - 7 - 7\frac{5}{8} - 8\frac{5}{8} - 9\frac{5}{8} - 10\frac{3}{4} - 11\frac{3}{4} - 13\frac{3}{8} - 16 - 18\frac{5}{8} - 20$$

Οι μεγαλύτερες διαμέτροι χαρακτηρίζονται ως Line Pipe.

Σύμφωνα με το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Πετρελαίου ορίζονται τρία εύρη μηκών, εντός των οποίων θα πρέπει να κατασκευάζεται κάθε στέλεχος της σωλήνωσης (Πίνακας 6.2). Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η σωλήνωση εύρους 3, ώστε να μειωθεί ο αριθμός των συνδέσμων που απαιτούνται για τη στήλη.

Πίνακας 5.2. Εύρη μηκών στελεχών σωλήνωσης

A/A		Εύρος μήκους (ft)	Μέσο μήκος (ft)
Εύρος	1	16-25	22
Εύρος	2	25-34	31
Εύρος	3	πάνω από 34 έως 48	42

Το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Πετρελαίου ορίζει τρία μεγέθη για το βάρος της σωλήνωσης:

- (1) το ονομαστικό βάρος (*nominal weight*),
- (2) το βάρος του κυρίως σώματος της σωλήνωσης (*plain end weight*), και
- (3) το συνολικό βάρος κυρίου σώματος και συνδέσμων (*threaded and coupled weight*).

Ο όρος "ονομαστικό βάρος" χρησιμοποιείται κυρίως για λόγους αναγνώρισης των διαφορετικών τύπων σωλήνωσης, προκειμένου για την ταξινόμησή τους. Εκφράζεται σε lb/ft ή kg/m. Το ονομαστικό βάρος δεν είναι το πραγματικό βάρος της σωλήνωσης και συνήθως υπολογίζεται θεωρώντας το θεωρητικό βάρος ανά πόδι για σωλήνωση μήκους 20 ft (εκτός από το κύριο σώμα περιλαμβάνονται και οι σύνδεσμοι).

Το ονομαστικό βάρος σε pounds/ft στην πραγματικότητα ορίζει το πάχος του στελέχους μέσω μιας εξίσωσης η οποία ορίζεται στις προδιαγραφές του API (API 5CT). Για παράδειγμα, μια σωλήνωση 9% είναι διαθέσιμη στα ακόλουθα ονομαστικά βάρη:

Ονομαστικό βάρος (lb/ft)	32.30	36	40	43.50	47	53.50	58.40	61.10	71.80
Πάχος τοιχώματος	7.90	8.90	10	11.10	12	13.80	15.10	15.90	19.10

Από τον παραπάνω πίνακα καθίσταται εμφανές ότι η εσωτερική διάμετρος μειώνεται όσο αυξάνει το ονομαστικό βάρος.

Μηχανικά, η σωλήνωση υπόκειται στη δράση των ακόλουθων φορτίων:

- Θλίψη (*collapse*): Αναφέρεται σε αστοχία προς τα μέσα (*inwards*) της σωλήνωσης λόγω υδροστατικών πιέσεων που ασκούνται στο

εξωτερικό της. Κατά τη διάρκεια της καθόδου της σωλήνωσης αυτή η πίεση μπορεί να είναι μεγαλύτερη στον πυθμένα της σωλήνωσης όπου η πίεση της λάσπης είναι υψηλότερη.

- Διάρρηξη (burst): Αυτή η καταπόνηση προκαλείται από την εσωτερική πίεση όταν η διαφορά της από την εξωτερική πίεση, κατά μήκος του τοιχώματος της σωλήνωσης, είναι πολύ μεγάλη. Η διαφορική αυτή είναι μεγαλύτερη στην επιφάνεια λόγω της πίεσης της αντλίας της λάσπης και μειώνεται με το βάθος.

- Εφελκυσμός (tension): Οφείλεται στο βάρος της σωλήνωσης. Η εφελκυστική δύναμη μειώνεται από την άνωση (η σωλήνωση βρίσκεται μέσα στο ρευστό της διάτρησης). Η μέγιστη εφελκυστική δύναμη αναπτύσσεται στην κορυφή της σωλήνωσης.

Η *αντοχή σε αστοχία (collapse strength)* είναι η μέγιστη εξωτερική (υδροστατική) πίεση (collapse pressure) που μπορεί να ασκηθεί στη σωλήνωση χωρίς να προκληθεί αστοχία των τοιχωμάτων της. Η *πίεση θλιπτικής αστοχίας* είναι η ελάχιστη εξωτερική πίεση η οποία θα προκαλέσει αστοχία των τοιχωμάτων της σωλήνωσης υπό την απουσία εσωτερικής πίεσης και αξονικού φορτίου.

- Οι Πίνακες του Παραρτήματος 3 για το σχεδιασμό της σωλήνωσης παρέχουν όλα τα στοιχεία σχετικά με τη διαστασιολόγηση των σωληνώσεων και τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους.

5.4.1 Σύνδεσμοι και σπειρώματα (*couplings and threads*)

Ο σύνδεσμος είναι ένα μικρό τμήμα της σωλήνωσης και χρησιμοποιείται για να ενώνει δύο διαδοχικά στελέχη σωλήνωσης. Κάθε στέλεχος σωλήνωσης είναι εφοδιασμένο με *εξωτερικό σπείρωμα (externally threaded)* στα δύο άκρα του. Ο πιο κοινός τύπος συνδέσμου διαθέτει *εσωτερικό σπείρωμα (internally threaded)* σε κάθε ένα από τα δύο άκρα του. Το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Πετρελαίου ορίζει ότι ο σύνδεσμος θα πρέπει να είναι της ίδιας κατηγορίας (grade) με το κυρίως σώμα της σωλήνωσης. Γενικά, η σωλήνωση και ο σύνδεσμος χαρακτηρίζονται από τον τύπο του σπειρώματος με τον οποίο είναι εφοδιασμένα (Πίνακες Παραρτήματος 3).

Υπάρχουν διάφοροι τύποι συνδέσμων που διαφοροποιούνται ως προς το μήκος, το πάχος και το σχήμα του σπειρώματος. Σύμφωνα με το API, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθοι τέσσερις τύπους συνδέσμων:

- Short round threads and couplings (CSG) (σύνδεσμοι με κυλινδρικό σπείρωμα μικρού μήκους)
- Long round threads and couplings (LCSG) (σύνδεσμοι με κυλινδρικό σπείρωμα μεγάλου μήκους)
- Buttress threads and couplings (BCSG) (σύνδεσμος με τραπεζοειδές σπείρωμα)
- Extreme line threads (XCSG). Το σπείρωμα διαμορφώνεται απευθείας πάνω στο ένα άκρο του στελέχους της σωλήνωσης, το οποίο στη συνέχεια συνήθως ενισχύεται (σε πάχος) με σφυρηλάτηση.

5.5 Σχεδιασμός της σωλήνωσης

5.5.1 Γενικές αρχές σχεδιασμού της σωλήνωσης

Ο σχεδιασμός ενός προγράμματος σωλήνωσης ξεκινάει με τον ακριβή προσδιορισμό (και τα γεωλογικά χαρακτηριστικά) των θέσεων της γεώτρησης στην επιφάνεια και στο τελικό βάθος, καθώς και με το μέγεθος της

παραγωγικής σωλήνωσης που θα χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση που η γεώτρηση συναντήσει κοίτασμα. Ο αριθμός και τα μεγέθη των ειδικού τύπου σωληνοειδών παραγωγής (tubing strings), καθώς και ο τύπος του υπο-επιφανειακού εξοπλισμού παραγωγής (subsurface artificial lift equipment), τα οποία ενδεχομένως θα χρησιμοποιηθούν μέσα στη γεώτρηση, καθορίζουν την ελάχιστη εσωτερική διάμετρο της παραγωγικής σωλήνωσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα όρυξης μιας ερευνητικής γεώτρησης κάτω από την αναμενόμενη παραγωγική ζώνη. Ο μηχανικός γεωτρήσεων θα πρέπει να σχεδιάσει ένα πρόγραμμα που θα περιλαμβάνει μεγέθη κοπτικών άκρων, μεγέθη σωλήνωσης, κατηγορίες και βάθη έδρασης στηλών σωλήνωσης, το οποίο θα επιτρέπει την ασφαλή όρυξη και το τελείωμα της γεώτρησης με τρόπο που να ανταποκρίνεται στον επιθυμητό παραγωγικό εξοπλισμό.

Σε γενικές γραμμές, ο σχεδιασμός της σωλήνωσης επηρεάζεται από: (α) τις συνθήκες φόρτισης κατά την όρυξη της γεώτρησης και την παραγωγή, (β) τα μηχανικά χαρακτηριστικά (αντοχή) της διαθέσιμης σωλήνωσης και του σχηματισμού

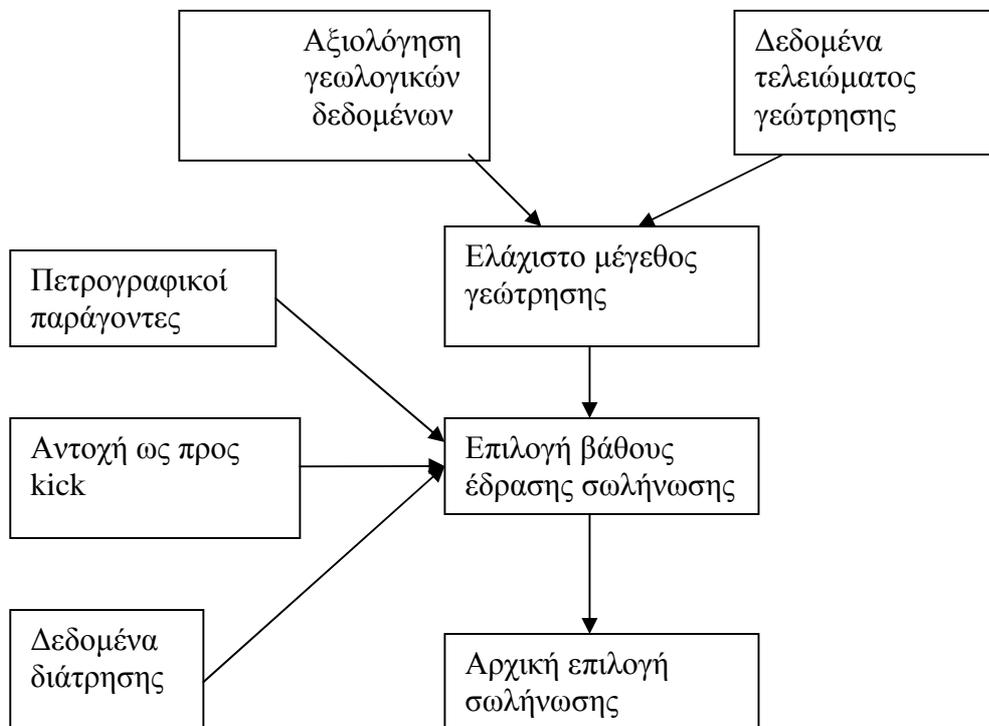
όπου εδράζεται (casing seat) το πέλμα της (casing shoe), (γ) το βαθμό φθοράς που μπορεί να υποστεί η σωλήνωση καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής της γεώτρησης, και (δ) τους διαθέσιμους τύπους σωλήνωσης (casing availability).

Πριν το σχεδιασμό των διαφόρων τμημάτων της σωλήνωσης απαιτείται ανάλυση των αναμενόμενων συνθηκών υπό τις οποίες θα ορυχθεί και θα λειτουργήσει η γεώτρηση. Τα ακόλουθα βασικά στοιχεία θα πρέπει να αξιολογηθούν και να χρησιμοποιηθούν ως βάση για το σχεδιασμό της σωλήνωσης. Ο κατάλογος μπορεί να αλλάξει ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες σε κάθε ξεχωριστή γεώτρηση.

- *Ευστάθεια γεώτρησης (hole stability):*
 - μη συνεκτικοί σχηματισμοί (unconsolidated formations)
 - διογκούμενοι άργιλοι (swelling clays)
 - κατακρημνίσεις ή εκπλύσεις τοιχωμάτων (collapse/washout)
 - ζώνες απώλειας ρευστών (fluid loss zones)
 - πλαστικοί σχηματισμοί (plastic formations)
 - καθίζηση (subsidence)
 - απομονωμένες ζώνες (zone isolation)
- *Πιέσεις και ευστάθεια σχηματισμού (formation pressure and integrity):*
 - σχηματισμοί υψηλής ευστάθειας (high integrity formations)
 - σχηματισμοί χαμηλής ευστάθειας (low integrity formations)
 - σχηματισμοί υψηλών πιέσεων (high pressure formations)
 - σχηματισμοί υψηλής διαπερατότητας (high permeable formations)
 - ολοκληρωμένος έλεγχος του πηγαδιού (well control integrity))
- *Ρευστά διάτρησης, καθαρισμός γεώτρησης και προφυλάξεις τσιμέντωσης (drilling fluids, hole cleaning):*
 - απώλειες πίεσης, πυκνότητα κυκλοφορούντων ρευστών και αποδοτικότητα αντλιών
 - καθαρισμός της γεώτρησης (από τα θρύμματα)
 - ζώνες που περιέχουν ρευστά με H₂S ή CO₂
 - θερμοκρασία σχηματισμού
 - χημική σύσταση λάσπης / φυσικές ανοχές (physical tolerances)
- *Γεωμετρία γεώτρησης/καμπυλόγραμμα τμήματα (hole curvature):*
 - σημεία παρέκκλισης τροχιάς (kick-off points)
 - σημεία μείωσης κλίσης τροχιάς (drop-off points)
 - κλίσεις γεώτρησης (hole angles)
 - ένταση κεκαμμένου τμήματος τροχιάς (dog leg severity)
 - ρυθμοί αύξησης/μείωσης της κλίσης (build-up/drop-off rates)

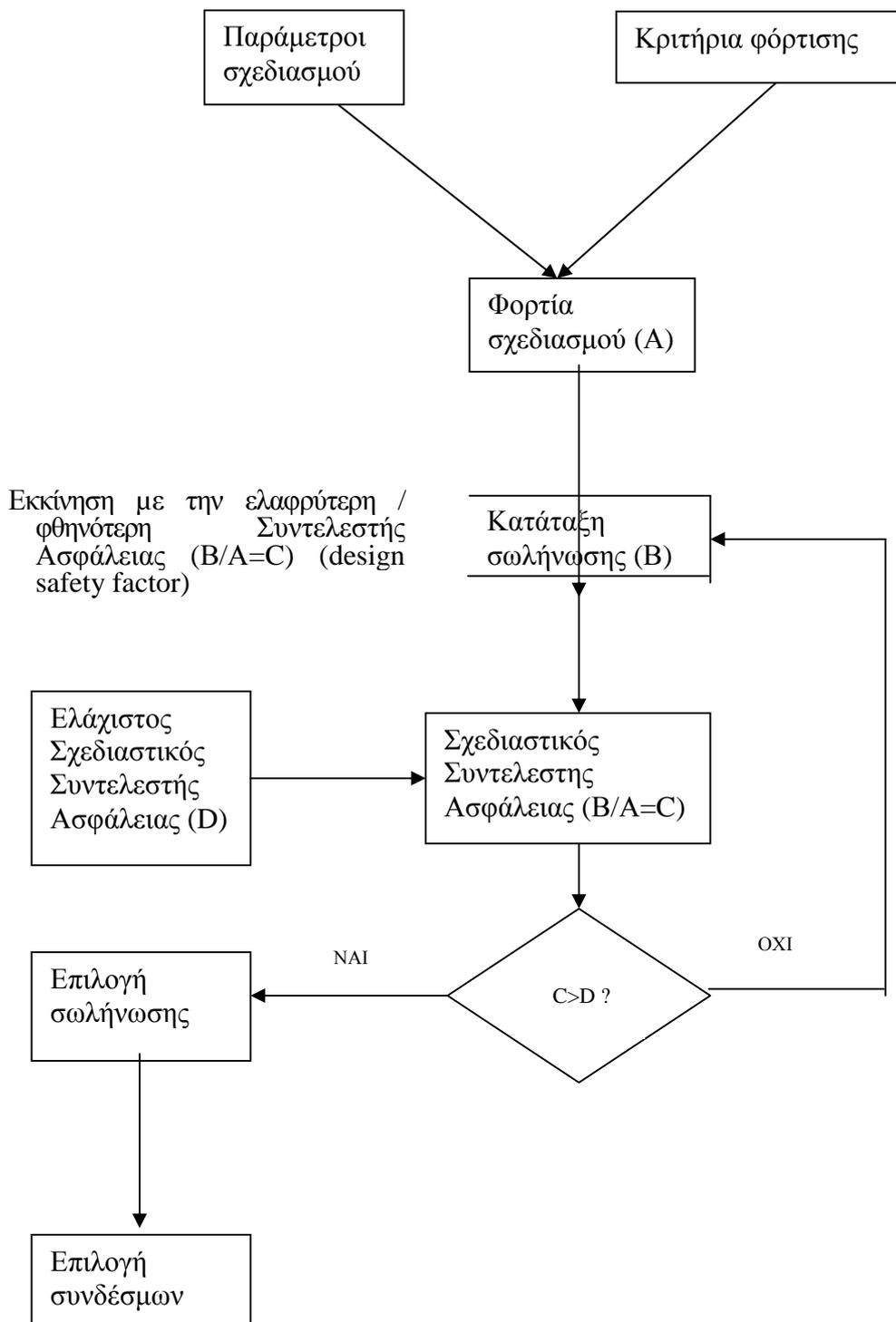
- πιθανή όρυξη πλευρικών τμημάτων (side tracks).
- *Μηχανικός εξοπλισμός:*
 - δυνατότητες ανέλκυσης/περιστροφής γεωτρυπάνου (drilling rig hoisting/rotating capability)
 - δυνατότητες διατρητικής στήλης και κατώτερης συνδεσμολογίας (drill string and bottom-hole- assembly capability)
 - εφελκυστική αντοχή σωλήνωσης, αντοχή σε διάρρηξη και θλίψη (casing tensile strength, burst and collapse capability)
 - μηχανική φθορά της ήδη εγκατεστημένης σωλήνωσης
 - διαθεσιμότητα εξοπλισμού
- *Οικονομία του έργου:*
 - κόστος εξοπλισμού
 - ρυθμός διάτρησης (penetration rate)
 - πιλοτικές γεωτρήσεις (pilot holes)
 - χρονική διάρκεια του έργου (time versus depth profile)
 - πρωτεύοντες και δευτερεύοντες στόχοι (primary and secondary objectives)

Κατά την προετοιμασία του προγράμματος μιας γεώτρησης, η πρώτη φάση αφορά τον προσδιορισμό του βάθους μέχρι του οποίου θα φτάσει κάθε στήλη σωλήνωσης και θα τσιμεντωθεί. Για την εκτίμηση του βάθους έδρασης μιας στήλης σωλήνωσης θα πρέπει να εξεταστούν οι γεωλογικές συνθήκες με έμφαση στις πιέσεις των σχηματισμών (*formation pressures*) και τις βαθμίδες ρωγμάτωσης (*fracture gradients*), αλλά και σε ενδεχόμενα προβλήματα που μπορεί να ανακύψουν κατά την όρυξη. Θα πρέπει, επίσης, να ληφθούν υπόψη οι διεθνείς κανονισμοί και οι σχετικές νομοθετικές διατάξεις. Η φάση αυτή καλείται *αρχικό στάδιο σχεδιασμού της σωλήνωσης* (σχήμα 5.6)



Σχήμα 5.6. Διάγραμμα ροής ενεργειών κατά το αρχικό στάδιο σχεδιασμού της σωλήνωσης

Η επόμενη φάση, η οποία καλείται *στάδιο λεπτομερούς σχεδιασμού της σωλήνωσης* (σχήμα 5.7), αφορά στον προσδιορισμό των παραμέτρων εκείνων που επηρεάζουν την αστοχία της σωλήνωσης, και, κατά συνέπεια, την επιλογή της καταλληλότερης για κάθε περίπτωση κατηγορίας. Το πρόγραμμα σωλήνωσης που θα σχεδιαστεί θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές που έχουν τεθεί για το τελείωμα (completion) της γεώτρησης και την παραγωγή.



Σχήμα 5.7. Διάγραμμα ροής ενεργειών κατά το στάδιο λεπτομερούς σχεδιασμού της σωλήνωσης

5.5.2 Εκτίμηση του βάθους έδρασης της σωλήνωσης

Η εκτίμηση του αριθμού των σωληνώσεων και του βάθους έδρασης κάθε μιας βασίζεται σε γενικές γραμμές στις *βαθμίδες πίεσης πόρων (pore-pressure gradients)* και τις *βαθμίδες ρωγμάτωσης (fracture gradients)* των σχηματισμών που πρόκειται να διατηρηθούν. Η εκτίμηση του βάθους έδρασης ξεκινά για την κατώτερη σωλήνωση που θα τοποθετηθεί μέσα στη γεώτρηση και προχωρεί προς την επιφάνεια. Κατά την αρχική, δηλαδή, φάση ο σχεδιασμός της σωλήνωσης γίνεται *από κάτω προς τα πάνω (bottom-up approach)*. Στο Κεφάλαιο 3, το οποίο αναφέρεται στην εκτίμηση των γεωμηχανικών παραμέτρων, παρουσιάζεται αναλυτικά, και μέσα από εφαρμογές η διαδικασία προσδιορισμού του βάθους στο οποίο θα εκτελεστεί κάθε σωλήνωση.

5.5.3 Επιλογή του μεγέθους της σωλήνωσης

Το μέγεθος κάθε σωλήνωσης καθορίζεται από την εσωτερική διάμετρο που θα πρέπει να έχει η στήλη της παραγωγικής σωλήνωσης και τον αριθμό των στηλών ενδιάμεσης σωλήνωσης που απαιτούνται ώστε η γεώτρηση να φτάσει στο βάθος-στόχο. Προκειμένου η παραγωγική σωλήνωση να τοποθετηθεί εντός της γεώτρησης, το μέγεθος του κοπτικού που θα χρησιμοποιηθεί στην όρυξη του τελευταίου τμήματος της γεώτρησης θα πρέπει να είναι ελαφρώς μεγαλύτερο από την εξωτερική διάμετρο των συνδέσμων της παραγωγικής σωλήνωσης. Το επιλεγμένο μέγεθος κοπτικού θα πρέπει να εξασφαλίζει επαρκές *διάκενο (clearance)* μεταξύ των συνδέσμων της σωλήνωσης και των τοιχωμάτων της γεώτρησης ώστε να επιτρέπει την εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού της σωλήνωσης (κεντροπήρες και αποξεστήρες). Το κοπτικό που χρησιμοποιείται στην όρυξη του κατώτερου τμήματος θα πρέπει επίσης να διέρχεται από το ήδη σωληνωμένο τμήμα της γεώτρησης. Αυτό με τη σειρά του καθορίζει το ελάχιστο μέγεθος της αμέσως υψηλότερης στήλης σωλήνωσης. Με τον ίδιο

τρόπο, επιλέγονται το μέγεθος του κοπτικού και της σωλήνωσης για τα πιο ρηχά (επιφανειακά) τμήματα της γεώτρησης.

Στο Παράρτημα 3 επισυνάπτεται το διάγραμμα επιλογής μεγέθους κοπτικών άκρων και διαμέτρων σωληνώσεων έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή ακολουθία διαμέτρων στη γεώτρηση αλλά και η τυποποίηση των μεγεθών που είναι διαθέσιμα στην αγορά.

Στον Πίνακα 3.3 του Παραρτήματος 3 δίδονται, λεπτομερέστερα, η εσωτερική διάμετρος και η ωφέλιμη διάμετρος (drift diameter) για διάφορα τυπικά μεγέθη σωλήνωσης και ονομαστικό βάρος/πόδι (άλλως, πάχος του τοιχώματος της σωλήνωσης). Οι κατασκευαστές σωλήνωσης εγγυώνται ότι ένα κοπτικό μικρότερο από την ωφέλιμη διάμετρο περνά με ασφάλεια από οποιονδήποτε σύνδεσμο της σωλήνωσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα κοπτικά που είναι μεγαλύτερα από την ωφέλιμη διάμετρο, αλλά μικρότερα από την εσωτερική διάμετρο της σωλήνωσης διέρχονται επίσης ασφαλώς από αυτήν.

Επομένως, θα πραγματοποιηθούν 5 σωληνώσεις και το βάθος έδρασης κάθε σωλήνωσης θα είναι:

Σωλήνωση επαφής: 0 - 200 ft

Επιφανειακή: 0 - 2.000ft

Ενδιάμεση προστατευτική: 0 - 4.000ft

Ενδιάμεση προστατευτική: 0 - 11.400 ft

Παραγωγική: 0 - 15.000ft

(2) Η παραγωγική σωλήνωση που θα τοποθετηθεί στη γεώτρηση έχει μέγεθος 7 in. Σύμφωνα με το διάγραμμα επιλογής κοπτικών και σωλήνωσης (σχήμα Π3.1 - Παράρτημα 3) τα σενάρια τα οποία μπορούν, με ασφάλεια, να ακολουθηθούν έχουν ως εξής:

Σενάριο 1		Σενάριο 2	
<i>Κοπτικό</i>	<i>Σωλήνωση</i>	<i>Κοπτικό</i>	<i>Σωλήνωση</i>
8 1/2	7 (παραγωγική)	8 ³ /4	7 (παραγωγική)
12 1/4	9 ⁵ /8 (ενδιάμεση)	14 ³ /4	10 ³ /4 (ενδιάμεση)
17 1/2	13 ³ /8 (ενδιάμεση)	20	16 (ενδιάμεση)
	20 (επιφανειακή)		24 (επιφανειακή)

Υπενθυμίζεται ότι οι διακεκομμένες γραμμές δεν συνιστούν ευρέως ακολουθούμενη πρακτική, και πιθανά να εγκυμονούν τεχνικά προβλήματα.

Το σενάριο 2, αποδεκτό από τεχνικής πλευράς, αποδεικνύεται οικονομικά επιβαρημένο, δεμένου των μεγαλύτερων διαμέτρων κοπτικών (μεγαλύτερος όγκος εξορυσσόμενου υλικού), αλλά και μεγαλύτερων διαμέτρων σωληνώσεων, επομένως, μεγαλύτερο κόστος προμήθειας του σχετικού εξοπλισμού.

5.5.4 Επιλογή μηχανικών χαρακτηριστικών

Εφόσον υπολογιστεί το μήκος (βάθος έδρασης) και η εξωτερική διάμετρος της στήλης σωλήνωσης, θα πρέπει να προσδιοριστούν στη συνέχεια τα μηχανικά χαρακτηριστικά της σωλήνωσης που θα απαρτίζει τη στήλη. Η έννοια του *μέγιστου φορτίου* (*maximum load concept*) αποτελεί τη βασική αρχή του μηχανικού σχεδιασμού της σωλήνωσης. Το αποτέλεσμα ενός τέτοιου σχεδιασμού θα είναι ένα μια στήλη σωληνώσεων ικανή να αντέχει τις αναμενόμενες εσωτερικές και εξωτερικές πιέσεις (*διάρρηξη & θλίψη*), καθώς και τις τάσεις που προκύπτουν από το ίδιο βάρος της (*εφελκυσμός*). Οι τρεις αυτοί τύποι φορτίων αποτελούν και τα *βασικά κριτήρια του σχεδιασμού*. Στο σχεδιασμό θα πρέπει, επίσης, να προσδιοριστεί το *περιθώριο ασφάλειας* (*safety margin*), το οποίο είναι απαραίτητο για να αντιμετωπιστεί η αναμενόμενη φθορά της σωλήνωσης και τυχόν άγνωστες τάσεις που μπορεί να εμφανιστούν λόγω μηχανικής φθοράς, διάβρωσης και άλλων φαινομένων (π.χ. θερμότητα).

Υπάρχουν, όμως, και άλλοι παράγοντες που έχουν βαρύνουσα σημασία, όπως:

- η παρουσία υδρόθειου (H_2S)
- η παρουσία διοξειδίου του άνθρακα (CO_2)
- η παρουσία αλάτων
- η ύπαρξη εγκοίλων εντός των σχηματισμών (*cavernous formations*)

Ο σχεδιασμός διέπεται και από την *αρχή του ελάχιστου κόστους* (*minimum-cost casing design*). Επομένως, θα πρέπει, σε όλα τα βάθη, να χρησιμοποιούνται οι πιο οικονομικοί τύποι σωλήνωσης και συνδέσμων που ανταποκρίνονται στις αναμενόμενες συνθήκες φόρτισης. Το ελάχιστο δυνατό κόστος επιτυγχάνεται όταν επιλέγεται η σωλήνωση της χαμηλότερης κατηγορίας, με το ελάχιστο δυνατό βάρος ανά πόδι, η οποία είναι ικανή να αντεπεξέλθει στις συνθήκες φόρτισης.

5.5.5 Κριτήρια μηχανικού σχεδιασμού σωλήνωσης

Τα κριτήρια μηχανικού σχεδιασμού της σωλήνωσης αφορούν στα εξής φορτία:

- Πίεση διάρρηξης (*burst pressure*)
- Πίεση θλιπτικής αστοχίας (*collapse pressure*)
- Εφελκυστική τάση (*tensile force*)
- Διαξονικές τάσεις (*biaxial effects*)

(α) Ο σχεδιασμός ξεκινά συνήθως από τον έλεγχο των συνθηκών διάρρηξης. Εφόσον προσδιοριστούν οι συνθήκες διάρρηξης, επιλέγεται η φθηνότερη κατηγορία σωλήνωσης που είναι σε θέση να ανταπεξέλθει στις δεδομένες συνθήκες. Ακολούθως, υπολογίζονται οι πιέσεις που μπορεί να προκαλέσουν θλιπτική αστοχία και η κατηγορία σωλήνωσης που επιλέχθηκε, ελέγχεται για την αντοχή της τις πιέσεις αυτές. Αν οποιοδήποτε τμήμα της δεν είναι ικανό να αντέξει τις αναμενόμενες πιέσεις θλιπτικής αστοχίας, αντικαθίσταται από σωλήνωση μεγαλύτερης κατηγορίας.

(β) Στη συνέχεια, υπολογίζονται τα εφελκυστικά φορτία. Ελέγχονται τα όρια ελαστικότητας της επιλεγμένης κατηγορίας σωλήνωσης. Όπως και παραπάνω, αν τα αναμενόμενα εφελκυστικά φορτία ξεπερνούν τα όρια ελαστικότητας σε κάποιο τμήμα της σωλήνωσης αυτό αντικαθίσταται από σωλήνωση υψηλότερης κατηγορίας ή μεγαλύτερου βάρους. Τα εφελκυστικά φορτία χρησιμοποιούνται, επίσης, για την επιλογή του κατάλληλου τύπου συνδέσμου.

Ο συνδυασμός του εφελκυστικού φορτίου με τις εξωτερικές πιέσεις καλείται *διαξονική τάση*. Εξαιτίας της διαξονικής τάσης μειώνεται η αντοχή της σωλήνωσης στην εξωτερική πίεση. Επομένως, οποιοδήποτε τμήμα της σωλήνωσης, που έχει επιλεχτεί με τα παραπάνω κριτήρια, δεν ανταποκρίνεται στην αναμενόμενη διαξονική τάση πρέπει να αντικατασταθεί από σωλήνωση υψηλότερης κατηγορίας.

Γραφική μέθοδος προσδιορισμού μηχανικών χαρακτηριστικών

Κατά τη μέθοδο αυτή κατασκευάζεται, κατ' αρχήν, ένα *διάγραμμα πίεσης-βάθους* (*pressure-depth graph*). Οι μονάδες επί του διαγράμματος τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε το διάγραμμα να ξεκινά από το μηδέν, το οποίο τοποθετείται στην κορυφή του και αντιστοιχεί σε μηδενικό βάθος και μηδενική πίεση. Πάνω στο διάγραμμα αποτυπώνονται οι *γραμμές διάρρηξης* (*burst lines*) και *θλιπτικής αστοχίας* (*collapse lines*) οι οποίες υπολογίζονται για κάθε τύπο σωλήνωσης. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά που αφορούν στην αντοχή σε διάρρηξη και θλίψη (*strength values*) των διαθέσιμων κατηγοριών σωλήνωσης αποτυπώνονται πάνω στο διάγραμμα με την μορφή κατακόρυφων γραμμών. Η επιλογή της κατάλληλης σωλήνωσης γίνεται με τρόπο ώστε η σωλήνωση που επιλέγεται, να ανταποκρίνεται στις αναμενόμενες πιέσεις διάρρηξης και θλίψης.

Οι διαφορετικές σωληνώσεις που απαιτούνται για την ασφαλή όρυξη μιας γεώτρησης ως το βάθος-στόχο, εξυπηρετούν διαφορετικές λειτουργίες όπως έχει προαναφερθεί. Κατά συνέπεια, τα κριτήρια σχεδιασμού (και ο προσδιορισμός των φορτίων) εφαρμόζονται με διαφορετικό τρόπο για κάθε τύπο σωλήνωσης. Η ανάλυση και ο προσδιορισμός των φορτίων για κάθε περίπτωση και ο συνδυασμός του ελέγχου των ορίων τους είναι ιδιαίτερα σύνθετη υπόθεση και επομένως, δεν θεωρείται ότι μπορεί να αποτελέσει αντικείμενό του παρόντος εγχειριδίου. Υλικό που αναφέρεται στο θέμα αυτό είναι έτοιμο και θα είναι στη διάθεση κάθε ενδιαφερόμενου για περισσότερες λεπτομέρειες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΤΣΙΜΕΝΤΩΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Η τσιμεντώση αποτελεί μια δομική εργασία στην όρυξη γεωτρήσεων. Με τον όρο τσιμεντώση εννοούμε τη διαδικασία πλήρωσης ενός τμήματος της γεώτρησης με μίγμα υλικών που έχουν ως βάση το τσιμέντο, γνωστό με τον όρο *πολφός ή γαλάκτωμα (slurry)*. Το μίγμα αυτό είναι ικανό να πήζει, να στερεοποιείται και να μεταβάλεται σε ένα συμπαγές και πρακτικά αδιαπέρατο υλικό. Η τσιμεντώση αφορά στο τμήμα του δακτυλίου μεταξύ του εξωτερικού μέρους της σωλήνωσης και των τοιχωμάτων της γεώτρησης. Ο πολφός εισπιέζεται είτε κατά μήκος της σωλήνωσης, η οποία πρόκειται να τσιμεντωθεί, είτε διαμέσου των διατρητικών στελεχών. Στην συνέχεια ωθείται προς τα πάνω μέσα από το δακτύλιο ανάμεσα από τη σωλήνωση και τη γεώτρηση μέχρι του προκαθορισμένου ύψους.

Η τσιμεντώση χρησιμοποιείται ευρέως στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Προστασία της επένδυσης (σωλήνωσης) της γεώτρησης από τα ρευστά και τα αέρια των σχηματισμών που μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση του μετάλλου.
- Υποστήριξη των τοιχωμάτων της γεώτρησης, όταν υπάρχουν χαλαροί σχηματισμοί.
- Κατασκευή δακτυλίων υψηλής αντοχής, ικανών να αντέξουν μεγάλες αξονικές πιέσεις.
- Δημιουργία διαχωριστικών ασπίδων για την προστασία των παραγωγικών ζωνών από την κατάκλυση ρευστών.
- Συγκράτηση της σωλήνωσης.
- Προστασία από απώλειες της λάσπης διάτρησης.

6.1 Βασική τσιμέντωση

Πολφός τσιμέντου εισπιέζεται, μέσω της σωλήνωσης, στο δακτύλιο γύρω από τη σωλήνωση και των τοιχωμάτων του πηγαδιού, όπου αφήνεται να στερεοποιηθεί, έτσι ώστε να συνδεθεί η σωλήνωση με το σχηματισμό. Καμία άλλη διαδικασία στη διάτρηση ή στην ολοκλήρωση μιας γεώτρησης δεν είναι τόσο σημαντική στην παραγωγική ζωή της, όσο μια επιτυχής βασική (πρωτογενής) τσιμέντωση. Η βασική τσιμέντωση πραγματοποιείται αμέσως μετά την τοποθέτηση της σωλήνωσης στη γεώτρηση. Ο σκοπός της είναι να επιτευχθεί:

- *αποτελεσματικός διαχωρισμός ζωνών,*
- *σύνδεση της σωλήνωσης με το σχηματισμό, προστασία της ίδιας της σωλήνωσης,*
- *προστασία των παραγωγικών στρωμάτων,*
- *ελαχιστοποίηση του κινδύνου εκρήξεων εξαιτίας ζωνών υψηλής πίεσης, και*
- *απομόνωση (σφράγιση) ζωνών όπου έχει σημειωθεί απώλεια κυκλοφορίας λάσπης ή σχηματισμών με προβλήματα κατά τη διάτρηση σε μεγαλύτερα βάθη.*

Ανάλογα με το βάθος της γεώτρησης και τις αναμενόμενες συνθήκες στον πυθμένα (κυρίως θερμοκρασία), χρησιμοποιούνται χημικά πρόσθετα στο τσιμέντο για να προσδώσουν συγκεκριμένες ιδιότητες. Ο πολφός παρασκευάζεται με έντονη ανάμιξη τσιμέντου και νερού που εκτοξεύεται με πίεση. Το προκύπτον μίγμα οδηγείται σε δεξαμενή όπου ελέγχονται ιδιότητες όπως η πυκνότητα και το ιξώδες. Ακολουθώντας, αντλείται μέσω ισχυρών αντλιών (τριπλού τύπου) και εισπιέζεται στη σωλήνωση μέσω της κεφαλής τσιμέντωσης. Η κεφαλή

τσιμέντωσης ενώνει την κορυφή της σωλήνωσης με το σύστημα αντλιών. Η τσιμέντωση πραγματοποιείται ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα (σχήμα 6.1):

- Πριν από κάθε άλλη εργασία, πρέπει να λάβει χώρα *συνεχής κυκλοφορία λάσπης διάτρησης μέσα στη γεώτρηση (circulating mud)* ώστε να επιτευχθεί πλήρης καθαρισμός του πηγαδιού.

- Στην κορυφή της σωλήνωσης *τοποθετούνται δύο πώματα (plugs) τσιμέντωσης*. Το ευρισκόμενο στην κορυφή (*top cementing plug*) είναι συμπαγές, ενώ το κατώτερο (*bottom cementing plug*) φέρει διάφραγμα συγκεκριμένης αντοχής.

- Η μεσαία βαλβίδα της κεφαλής τσιμέντωσης ανοίγει και ο *πολφός τσιμέντου διοχετεύεται μεταξύ των δύο πωμάτων (pumping slurry)*. Το κατώτερο πώμα οδηγείται, με την εισπίεση του τσιμέντου, μέσα στη σωλήνωση έως ότου το πώμα «καθίσει» στο *υποστηρικτικό κολάρο (float collar)* που βρίσκεται μέσα στη σωλήνωση. Συνεχίζοντας την εισπίεση, το διάφραγμα του κατώτερου πώματος διαρρηγνύεται, επιτρέποντας στο μίγμα του τσιμέντου να διέλθει και τελικά να καταλάβει το χώρο γύρω από τη σωλήνωση.

- Με τη διοχέτευση του απαιτούμενου όγκου τσιμέντου, η *εισπίεση σταματά και η βαλβίδα κορυφής της κεφαλής τσιμέντωσης τίθεται σε λειτουργία*. Μέσω αυτής, λάσπη διάτρησης εισπιέζεται στο σύστημα και το πώμα κορυφής οδηγείται (*displacing*) μέσα στη σωλήνωση έως ότου επικαθίσει στο κατώτερο πώμα. Όπως αναφέρθηκε, το πώμα κορυφής είναι συμπαγές και, επομένως, δεν επιτρέπει τη διέλευση λάσπης.

- Οι *εργασίες σταματούν (end of job)* και το σύστημα αφήνεται για να σταθεροποιηθεί το τσιμέντο.

Όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 6.1, το διάστημα μεταξύ του υποστηρικτικού κολάρου και του πέλματος (*shoe*) της σωλήνωσης καλύπτεται από τσιμέντο. Τόσο το τσιμέντο αυτό, όσο και τα μηχανικά μέρη που υποβοηθούν την τσιμέντωση (πώματα, κολάρο κ.λπ.), διατρύονται για να προχωρήσει η επόμενη φάση όρυξης.

Ο έλεγχος των εργασιών γίνεται μέσω καταγραφικών της πίεσης που επικρατεί στη σωλήνωση και στο δακτύλιο σε κάθε χρονική στιγμή. Για

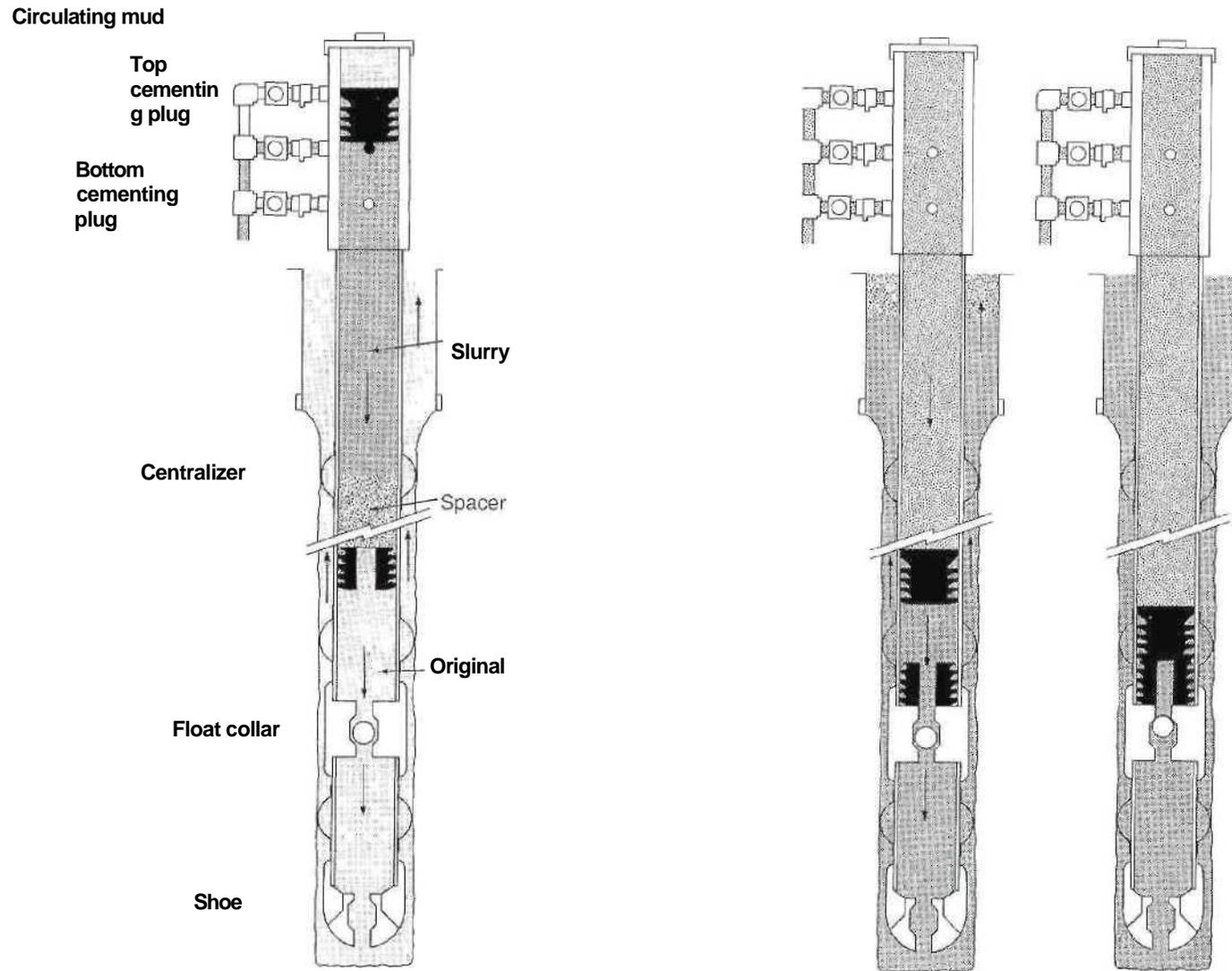
παράδειγμα, όταν το κατώτερο πώμα φτάσει στο υποστηρικτικό κολάρο η πίεση στη σωλήνωση αυξάνει. Όταν διαρρηχθεί το διάφραγμα η πίεση μειώνεται και επανέρχεται στα αρχικά επίπεδα περίπου (λόγω της διαφορετικής πυκνότητας της λάσπης διάτρησης και του τσιμέντου). Όταν δε το πώμα κορυφής επικαθίσει του κατώτερου πώματος η πίεση αυξάνει έντονα.

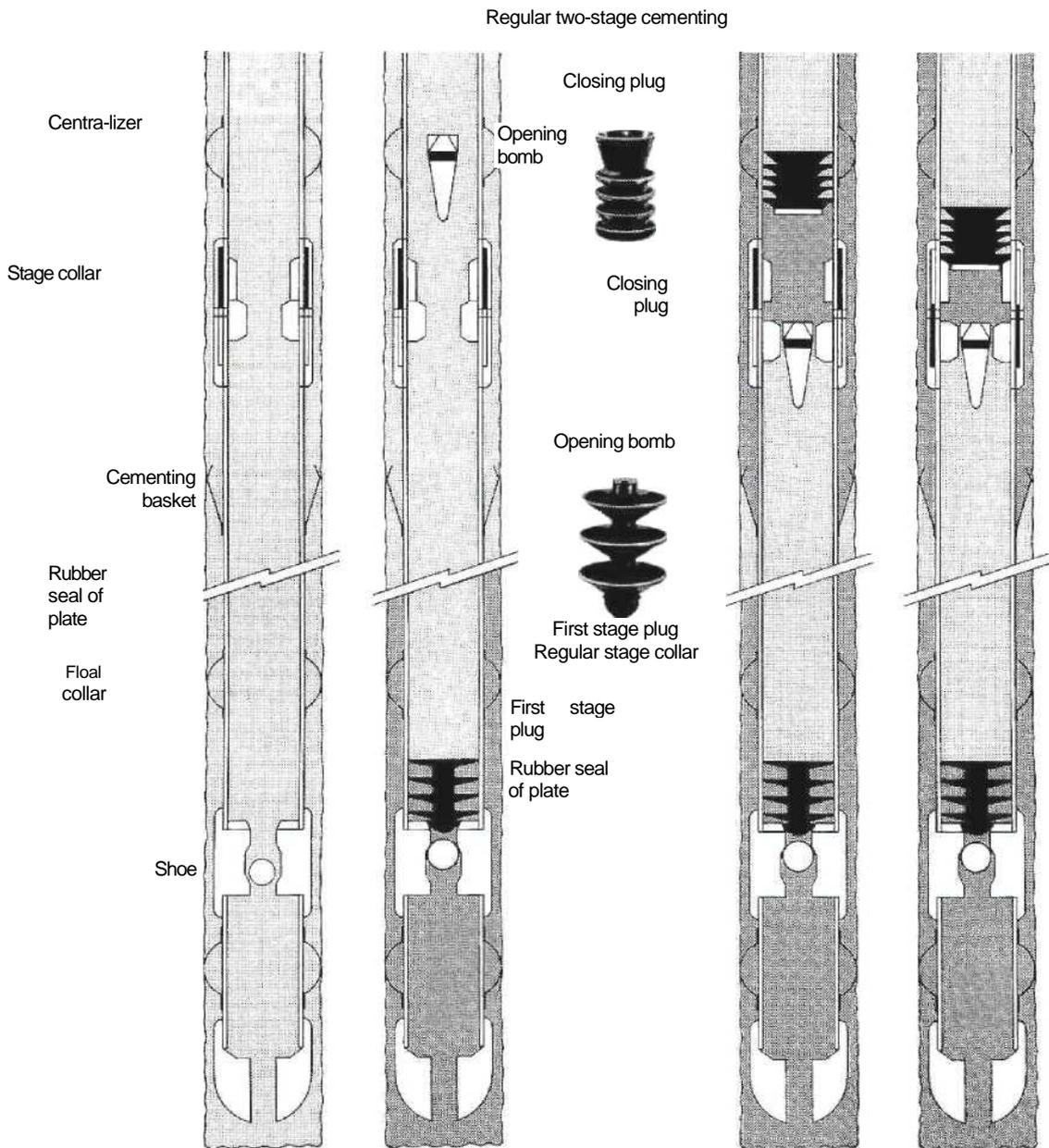
Σε γεωτρήσεις μεγάλης διαμέτρου, η τσιμεντώση μπορεί να γίνει και με τη χρήση της διατρητικής στήλης μέσα στο πηγάδι. Η διατρητική στήλη αποτελεί, σε αυτές τις περιπτώσεις, το μέσο διοχέτευσης της λάσπης και του τσιμέντου.

Για την αποφυγή ρύπανσης του τσιμέντου από τη λάσπη (αλλαγή ιδιοτήτων του γαλακτώματος), χρησιμοποιείται *ενδιάμεσο ρευστό (spacer)*, συνήθως νερό, το οποίο διασφαλίζει τη μη επαφή τσιμέντου και λάσπης.

Η *βασική τσιμεντώση* μπορεί να εκτελεστεί *ενιαία*, όπως έχει περιγραφεί ανωτέρω, ή *κατά στάδια*. Κατά την τσιμεντώση σε περισσότερα από ένα στάδια, π.χ. δύο στάδια (*two-step cementing*) (σχήμα 6.2), είναι δυνατόν να τοποθετηθεί τσιμέντο γύρω από το κατώτερο μέρος της σωλήνωσης, το πέλμα (*shoe*), και ακολούθως να τοποθετηθεί τσιμέντο στο δακτύλιο. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί *πρόσθετα συστήματα κολάρων και πωμάτων (stage collars, stage plugs)* τα οποία τοποθετούνται μαζί με τη σωλήνωση στο απαιτούμενο βάθος.

Primary casing cementing





Σχήμα 6.2. Τσιμεντώση σε δύο στάδια

Το πρώτο στάδιο της τσιμεντώσης πραγματοποιείται με τον ήδη γνωστό τρόπο. Αφού στερεοποιηθεί ο πολφός, και ενώ το υπόλοιπο εσωτερικό μέρος της σωλήνωσης είναι πλήρες με λάσπη διάτρησης, *πίπτει δια της βαρύτητας μηχανισμός (opening bomb)* ο οποίος επικάθεται στο *ενδιάμεσο ειδικό κολάρο (stage collar)*, συμβάλλοντας στο άνοιγμα και κλείσιμο των πλευρικών οπών του κολάρου αυτού και εξασφαλίζοντας την επικοινωνία του εσωτερικού της σωλήνωσης με το δακτύλιο. Μόλις ο μηχανισμός φθάσει στο κολάρο, ασκείται πίεση κατά 1200-1500 psi περίπου μεγαλύτερη

αυτής της κυκλοφορίας της λάσπης, η οποία και επιφέρει το άνοιγμα των πτερυγίων του κολάρου.

Το *δεύτερο στάδιο τσιμέντωσης* πραγματοποιείται με την εισπίεση του πολφού διαμέσου του πλευρικού ανοίγματος του κολάρου στο δακτύλιο. Πολφού που σταδιακά καταλαμβάνει το τμήμα του δακτυλίου πάνω από το στερεοποιημένο τσιμέντο του πρώτου σταδίου.

Οι λόγοι για τους οποίους μπορεί να είναι απαραίτητη η τσιμέντωση κατά στάδια είναι:

- Επιτρέπει την αποτελεσματική τσιμέντωση μεγάλου μήκους δακτυλίου με μικρούς, κατά στάδια, χρόνους εισπίεσης ώστε να αποφεύγονται προβλήματα στερεοποίησης του τσιμέντου σε μη ελεγχόμενους χρόνους.
- Μειώνονται οι πιέσεις στις αντλίες αφού δεν απαιτείται να υποστηριχτεί στο δακτύλιο μεγάλου μήκους στήλη τσιμέντου.
- Επιτρέπει την τσιμέντωση σε περίπτωση ειδικών σχηματισμών.
- Ελαχιστοποιεί τις απώλειες ή τους κινδύνους θραύσης του σχηματισμού, μειώνοντας την υδροστατική πίεση που επικρατεί στο δακτύλιο.
- Επιτυγχάνεται αποτελεσματική τσιμέντωση στο πέλμα κάθε προηγηθείσας σωλήνωσης.

6.2 Τσιμέντωση τελικής σωλήνωσης (*liner*)

Η τσιμέντωση της τελευταίας σωλήνωσης η αναφερόμενη ως *liner* (πουκάμισο) είναι σχετικά δύσκολο να πραγματοποιηθεί επιτυχώς. Μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν την εργασία της τσιμέντωσης αυτής είναι:

- Το βάθος και η διάμετρος της γεώτρησης.
- Το βάθος και η διάμετρος της σωλήνωσης *liner*.
- Το κεντράρισμα της σωλήνωσης.
- Οι ιδιότητες του γαλακτώματος.
- Ο τύπος κυκλοφορίας.
- Η πρόπλυση ή η εκκαθάριση της γεώτρησης.

Η σωλήνωση *liner* είναι η μόνη η οποία δεν φθάνει μέχρι την επιφάνεια. Συνδέεται με την αμέσως προηγούμενη σωλήνωση μέσω συστήματος ανάρτησης, επικαλύπτοντας διάστημα 80-150 μέτρων μέσα σε αυτήν. Η τσιμέντωση του *liner* γίνεται συνήθως στα βάθη όπου συναντώνται οι παραγωγικοί σχηματισμοί. Μετά τη φάση της τσιμέντωσης, ακολουθεί η *πλευρική διάτρηση (perforation)* του *liner* και του τσιμέντου έτσι ώστε να αποκατασταθεί η επικοινωνία μεταξύ του παραγωγικού σχηματισμού και του εσωτερικού της γεώτρησης. Είναι, επομένως, ιδιαίτερα σημαντικό η τσιμέντωση να είναι υψηλών προδιαγραφών, ώστε να είναι δυνατόν να γίνει η επιλεκτική απομόνωση των παραγωγικών ζωνών και να αποκλειστεί η μη ελεγχόμενη εισροή ρευστών (νερού ή αερίου).

Για την τσιμέντωση του *liner* χρησιμοποιείται η διατρητική στήλη, η οποία συγκρατείται στο *liner* με ειδικό *πώμα (liner plug)*. Ο πολφός εισπνέζεται έως ότου καλυφθεί ο απαιτούμενος όγκος. Ακολούθως τοποθετείται στη διατρητική στήλη *διαχωριστικό πώμα (wiper plug)* το οποίο, ταυτόχρονα, καθαρίζει τα πλευρικά τοιχώματα της στήλης από το τσιμέντο. Ακολουθεί η εισπίεση λάσπης που οδηγεί το πώμα μέχρι το κατώτερο κολάρο, συμπαρασύροντας και το μηχανισμό συγκράτησης της

διατηρητικής στήλης με το liner. Έχοντας απελευθερωθεί η διατηρητική στήλη, ανασύρεται στην επιφάνεια ενώ, ταυτόχρονα, με αντίστροφη κυκλοφορία λάσπης, γίνεται καθαρισμός του συστήματος.

6.3 Προπαρασκευή και χαρακτηριστικά πολφού τσιμέντου

Ο πολφός τσιμέντου που εισπίζεται στις γεωτρήσεις αποτελείται από τσιμέντο, νερό και χημικά πρόσθετα. Το τσιμέντο τύπου Portland είναι αυτό που χρησιμοποιείται περισσότερο. Παρασκευάζεται από ασβεστόλιθο, σχιστόλιθο, άργιλο και σκωρίες μέσα σε περιστροφική κάμινο, στους 2000-2600ο F. Το προκύπτον προϊόν που ονομάζεται clinker, ψύχεται, αναμειγνύεται με μικρό ποσοστό (5%) με γύψο και λειοτριβείται. Υλικά όπως άμμος, βωξίτης και οξειδία του σιδήρου μπορούν να προστεθούν για να προσδώσουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και να προκύψουν οι διαφορετικοί τύποι τσιμέντου Portland, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Αμερικανικού Ινστιτούτου Πετρελαίου (API) (Πίνακας 6.1). Στους Πίνακες 6.2 έως 6.4 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των τύπων τσιμέντου Portland, καθώς και η απόδοσή τους σε παραγόμενο πολφό (slurry yield). Όταν μιλάμε για απόδοση αναφερόμαστε στον όγκο του πολφού που προκύπτει ανά σακί ξηρού τσιμέντου όταν αυτό αναμιχθεί με την αντίστοιχη ποσότητα νερού.

Καθώς προστίθεται νερό στο τσιμέντο, λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις μεταξύ των διαφόρων συστατικών του τσιμέντου, με αποτέλεσμα να προκύπτει ένα μίγμα με αυξημένο ιξώδες.

Ο χρόνος πήξης του πολφού ισοδυναμεί με το χρόνο που απαιτείται ώστε το γαλάκτωμα να μεταβεί σε κατάσταση που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις αντλίες και εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{Χρόνος πήξης} = \text{χρόνος προπαρασκευής} + \text{χρόνος εισπίεσης} + \text{χρόνος ασφάλειας}$$

(6.1)

Ο χρόνος προπαρασκευής εξαρτάται από τη συνολική απαιτούμενη ποσότητα ξηρού τσιμέντου και πρόσθετων, καθώς και από το ρυθμό ανάμιξης (σακιά/λεπτό). Ο χρόνος εισπίεσης εξαρτάται από τη συνολική χωρητικότητα της σωλήνωσης και το ρυθμό εισπίεσης, ο οποίος είναι ισοδύναμος με την ταχύτητα λειτουργίας της αντλίας. Ο χρόνος ασφάλειας αντιστοιχεί σε 30-60 λεπτά. Ο χρόνος πήξης μπορεί να αυξηθεί ή να ελαττωθεί με την πρόσθεση συγκεκριμένων χημικών όπως: επιταχυντές (χλωριούχο ασβέστιο, χλωριούχο νάτριο) ή επιβραδυντές (λιχνοσουλφόνες, παράγωγα σελουλόζης ή γλυκόζης).

Η *πυκνότητα* του ξηρού τσιμέντου είναι $3,14 \text{ g/m}^3$. Η πυκνότητα του πολφού είναι συνάρτηση της μάζας και του όγκου του ξηρού τσιμέντου, αλλά και του νερού που χρησιμοποιείται για την ανάμιξη. Γαλακτώματα με υψηλότερες τιμές πυκνότητας μπορούν να προκύψουν με τη μείωση της ποσότητας του νερού ή με την πρόσθεση ουσιών μεγάλης ειδικής πυκνότητας (βαρύτης, ιλμενίτης, αιματίτης). Για τη μείωση της πυκνότητας προστίθενται ουσίες μικρής ειδικής πυκνότητας (μπεντονίτης, διατομικές γαίες, ποζολάνη).

Η πυκνότητα του πολφού, ρ_{π} , θα πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε:

$$\rho_{\pi} = \rho_{\lambda} + 0,4 \quad (6.2)$$

όπου

ρ_{λ} : η πυκνότητα της λάσπης διάτρησης.

Η πυκνότητα του διαχωριστικού ρευστού (spacer), ρ_{spa} , πρέπει να είναι:

$$\rho_{spa} = \rho_{\lambda} + 0,1 \quad (6.3)$$

Η υποστηρικτική αντοχή, F (σε lb), του τσιμεντένιου περιβλήματος προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$F = 0,969 \times T_c \times d \times H \quad (6.4)$$

όπου:

T_c : η αντοχή σε μοναξονική θλίψη (σε *psi*),

d : η εξωτερική διάμετρος της σωλήνωσης (σε *in*), και

H : το ύψος της στήλης τσιμέντου (σε *ft*).

Πίνακας 6.1. Σύσταση τσιμέντου (προδιαγραφές API)

Τύπος κατά API (API Class)	Συστατικά				Λεπτότητα (<i>fineness</i>) (cm^2/g)	Αναλογία νερού/τσιμέντου
	C ₃ S (%)	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF		
A	53	24	8	8	1.500-1.900	0,46
B	47	32	3	12	1.500-1.900	0,46
C	70	10	3	13	2.000-2.400	0,56
D	26	54	2	12	1.100-1.500	0,38
G	52	32	8	12	1.400-1.600	0,44
H	52	32	8	12	1.200-1.400	0,38
J	53,8		38,8		1.240-2.480	0,44
	SiO ₂		CaO			0,435

Πίνακας 6.2. Ιδιότητες τσιμέντου (προδιαγραφές API)

Τύπος τσιμέντου	Νερό ανάμ. Gal/σακί	Πυκνότητα πολφού (lb/gal)	Απόδοση σε πολφό (ft ³ /σακί)	Προσεγγ. χρόνος πήξης (113°F) (hr)	Αντοχή σε θλίψη μετά από 24 hr (110°F) (psi)
A	5,2	15,6	1,18	2 1/2	4.000
C	6,3	14,8	1,32	1 3/4	2.700
G	5,0	15,8	1,15	1 3/4	3.000
H	4,3	16,5	1,05	2	3.700

Πίνακας 6.3. Επίδραση ενός θερμοκρασίας στην αντοχή του τσιμέντου τύπου A

Αντοχή σε θλίψη (psi)

Χρόνος Πήξης (hr)	80° F	100° F	120° F	140° F	160° F
8	203	1.110	2.320	2.235	2.900
12	750	1.710	2.600	3.420	4.150
24	1.570	2.720	3.740	4.580	5.190

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο ΕΙΔΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

ΚΕΚΛΙΜΕΝΕΣ & ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

7.1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια των δυο τελευταίων δεκαετιών υπήρξε μία θεαματική ανάπτυξη, αποδοχή και εφαρμογή ενός τεχνικής όρυξης κεκλιμένων και οριζοντίων γεωτρήσεων γνωστή με τον όρο «κατευθυνόμενη διάτρηση». Η *κατευθυνόμενη διάτρηση* ήταν φυσικό να αναδειχθεί γρήγορα σε μια υποσχόμενη τεχνική, αφού όλοι οι ενδιαφερόμενοι παράγοντες έδωσαν έγκαιρα έμφαση και προτεραιότητα στην έρευνα, στην ανάπτυξη ή/και στη βελτίωση τεχνικών που περιορίζουν το κόστος και το χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση ενός τέτοιου μεγάλου γεωτρητικού προγράμματος. Ως τη δεκαετία του 1960, οι συνεχείς βελτιώσεις ενός εφαρμοζόμενες στα πλαίσια ενός τεχνικής μεθόδους, η εισαγωγή σύγχρονου και παράλληλα η βελτίωση του διαθέσιμου μηχανολογικού εξοπλισμού, σε συνδυασμό με την ανακάλυψη μεγάλων διαστάσεων υποθαλάσσιων κοιτασμάτων, συντελούν δραστικά στην κατάκτηση νέων πεδίων και στην επέκταση των εφαρμογών ενός τεχνικής. Δυστυχώς όμως το απαιτούμενο αυξημένο κόστος όρυξης και τελειώματος μιας κεκλιμένης-οριζόντιας γεώτρησης –πάντα σε σύγκριση με εκείνο μιας συμβατικής κατακόρυφης γεώτρησης-, και οι τότε επικρατούσες οικονομικές συνθήκες, αποτέλεσαν σημαντική τροχοπέδη όσον αφορά στην ευρεία υιοθέτηση ενός τεχνικής κατά την περίοδο αυτή. Στην ιστορική ενός διαδρομή, παράγοντες ενός:

- η μοναδική ευχέρεια των κεκλιμένων-οριζοντίων γεωτρήσεων να προσεγγίζουν - με εξαιρετική μάλιστα ακρίβεια - δύσκολα προσεγγίσιμους ή και απλησίαστους από τη συμβατική τεχνική «σηματισμούς στόχους»,

- οι συνεχείς και ραγδαίες βελτιώσεις που επιτεύχθηκαν στην

τεχνική, η χρησιμοποίηση νέων, υψηλής αντοχής υλικών και ο σχεδιασμός σύγχρονων, εξελιγμένων και εξειδικευμένων οργάνων,

- το ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για ενός περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνεπάγεται η υλοποίηση ενός προγράμματος διάτρησης,

- η επιβεβλημένη ανάγκη ανακάλυψης νέων κοιτασμάτων (αναφερόμαστε σε κοιτάσματα)

- υδρογονανθράκων) ή κοιτασμάτων που με την εφαρμογή της συμβατικής κατακόρυφης διάτρησης θα χαρακτηρίζονταν ως "οριακά εκμεταλλεύσιμα",

- τα οικονομικά αποτελέσματα ως συνέπεια της έμπρακτα αποδεδειγμένης δυνατότητας αύξησης της παραγωγικότητας και του τελικού ποσοστού απόληψης ενός κοιτάσματος μέσω οριζόντιων παραγωγικών γεωτρήσεων,

επικράτησαν κατά τη δεκαετία του 1980 και συνέβαλλαν στην επανεμφάνισή της στο διεθνές προσκήνιο. Η έκρηξη σημειώνεται ωστόσο στα τελευταία χρόνια της ίδιας δεκαετίας και αποτελεί γεγονός που όχι απλά διατηρείται ως σήμερα, αλλά εξαπλώνεται διεθνώς με αυξανόμενη ένταση και συνεχώς επιταχυνόμενους ρυθμούς.

Νέοι παράγοντες -πέραν των προαναφερόμενων- επιβάλλουν θα λέγαμε σήμερα την κατευθυνόμενη διάτρηση, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται περιπτώσεις, όπως:

- η ανάπτυξη κοιτασμάτων που βρίσκονται κάτω από πυκνοκατοικημένες περιοχές, ή σε περιοχές όπου λόγω του δύσβατου τοπογραφικού ανάγλυφου η προσέγγισή τους καθίσταται από δυσχερής ως και αδύνατη,

- η προσέγγιση, από ξηράς, παράκτιων σχηματισμών,

- η ανάπτυξη σχηματισμών που βρίσκονται κάτω από ή πλευρικά ενός δόμου άλατος,

- η ταυτόχρονη προσβολή πολλών ζωνών παράλληλης στρωμάτωσης,
- η ταυτόχρονη προσβολή πολλών παραγωγικών σχηματισμών μικρών διαστάσεων, διεσπαρμένων στον ίδιο χώρο,
- η όρυξη γεώτρησης με σκοπό την προσέγγιση και στη συνέχεια αχρήστευση μιας γειτονικής -εξαιρετικά προβληματικής- γεώτρησης,
- προγράμματα όρυξης πολλαπλών γεωτρήσεων από το ίδιο επιφανειακό -χερσαίο ή θαλάσσιο- σημείο,
- η ανάπτυξη-εκμετάλλευση υποθαλάσσιων σχηματισμών μεγάλης επιφανειακής εξάπλωσης (η πλειοψηφία των έργων).

Φυσικό επακόλουθο ήταν η όρυξη κεκλιμένων-οριζοντίων γεωτρήσεων, από σχεδόν ανύπαρκτη παρουσία πριν από μερικές δεκαετίες, να αντιπροσωπεύει σήμερα το 50% των γεωτρήσεων που έχουν ορυχθεί διεθνώς.

7.2 Ορισμοί

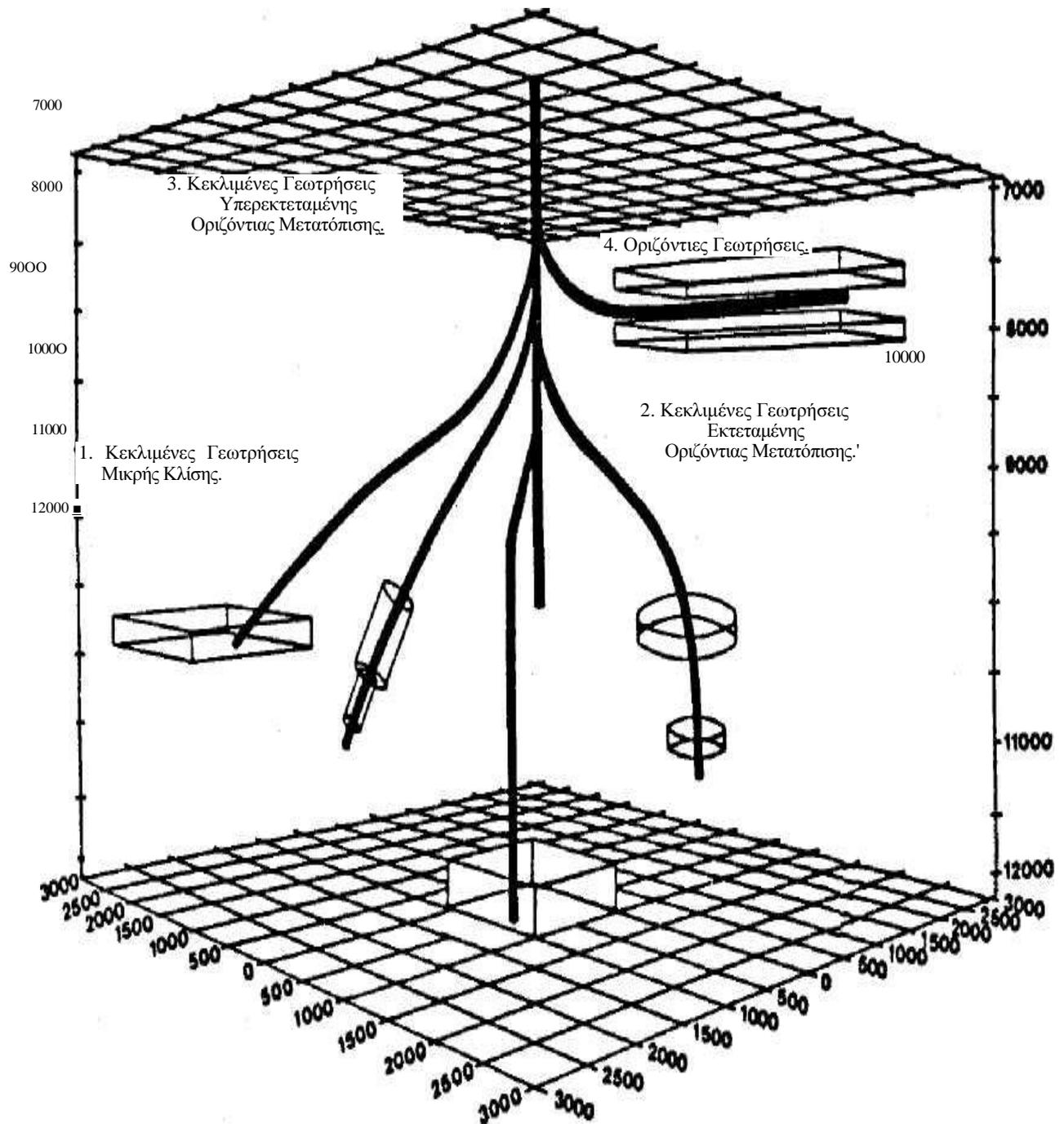
Ως *κατευθυνόμενη διάτρηση (directional drilling)*, χαρακτηρίζεται η τεχνική όρυξης υπό συνθήκες προγραμματισμένης και ελεγχόμενης παρέκκλισης από την κατακόρυφη διεύθυνση. Η επιθυμητή παρέκκλιση προσδίδεται στη γεώτρηση ώστε αυτή ακολουθώντας το συντομότερο κατά το δυνατόν δρόμο, να προσεγγίσει έναν ή και περισσότερους προκαθορισμένους γεωλογικούς "σχηματισμούς στόχους", οι οποίοι βρίσκονται σε κάποια οριζόντια απόσταση ως προς τη θέση εγκατάστασης του γεωτρύπανου στην επιφάνεια, (σχήμα 7.1).

Ο ίδιος όρος είχε χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει την τεχνική ελαχιστοποίησης της -ανεπιθύμητης- παρέκκλισης γεωτρήσεων που όφειλαν να είναι κατακόρυφες, (τη λεγόμενη *φυσική παρέκκλιση*, που οφείλεται κύρια στην εναλλαγή των χαρακτηριστικών των πετρωμάτων και στη συμπεριφορά της διατρητικής στήλης εντός της γεώτρησης), γνωστή με τον όρο, *συμβατική κατευθυνόμενη διάτρηση (conventional directional drilling)*.

Σήμερα, ο γενικός όρος *ελεγχόμενη κατευθυνόμενη διάτρηση (deviation control)*, καλύπτει τόσο την τεχνική διατήρησης της παρέκκλισης κατακόρυφων γεωτρήσεων εντός καθορισμένων αποδεκτών ορίων (της τάξης των 3°-5°), όσο και την τεχνική πρόσδωσης παρέκκλισης σε μια γεώτρηση που είναι αναγκαίο να ορυχθεί υπό κλίση σύμφωνα με προκαθορισμένο πρόγραμμα, ώστε να προσεγγίσει οριζόντια μετατοπισμένο "σχηματισμό στόχο". Υπό την ευρύτερή του έννοια λοιπόν, ο παραπάνω όρος εκφράζει:

Η *διάτρηση κεκλιμένων γεωτρήσεων με εκτεταμένη οριζόντια μετατόπιση (extended-reach drilling)* και η *οριζόντια διάτρηση (horizontal drilling)* δανείζονται μεθόδους και εξοπλισμό από την κατευθυνόμενη διάτρηση κεκλιμένων γεωτρήσεων (όπου η μέγιστη γωνία κλίσης της

γεώτρησης δεν υπερβαίνει τις 60ο-65ο, ενώ συχνά η έναρξη της όρυξης στην επιφάνεια πραγματοποιείται με το γεωτρύπανο υπό κλίση). Για το λόγο αυτό και γίνεται χρήση του σύνθετου όρου *"κατευθυνόμενη διάτρηση κεκλιμένων-οριζοντίων γεωτρήσεων"*.



Σχήμα 7.1. Κατευθυνόμενη διάτρηση: κεκλιμένες & οριζόντιες γεωτρήσεις

Η διεθνώς αποδεκτή ταξινόμηση (σχήμα 7.2) των οριζοντίων γεωτρήσεων -με βάση το μήκος της "ακτίνας καμπυλότητας"- σε:

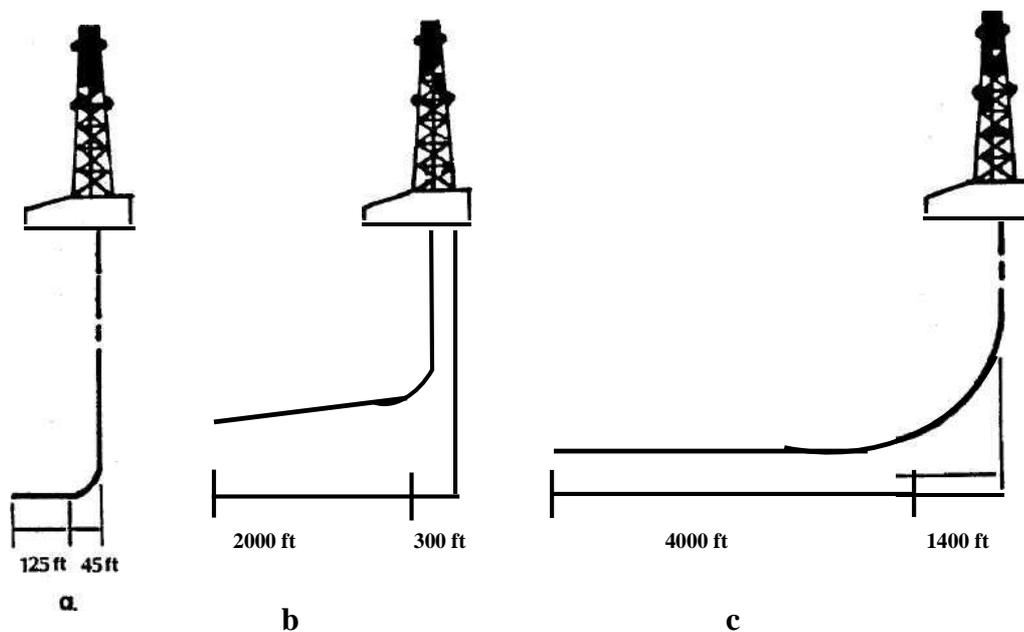
- "οριζόντιες γεωτρήσεις μικρής ακτίνας καμπυλότητας" (ultra-short ή short-radius horizontal wells, σχήμα. 7.2.α.),
- "οριζόντιες γεωτρήσεις μέσης ακτίνας καμπυλότητας" (medium-radius horizontal wells, σχήμα 7.2.β.),

■ *"οριζόντιες γεωτρήσεις μεγάλης ακτίνας καμπυλότητας"* (long-radius horizontal wells, σχήμα 7.2.γ.), επιτρέπει όχι μόνο τη σωστή επιλογή του κατάλληλου τύπου τροχιάς -λαμβάνοντας υπόψη τις επικρατούσες σε κάθε περίπτωση συνθήκες-, αλλά και την κατά το δυνατόν τυποποίηση του απαραίτητου ειδικού μηχανολογικού εξοπλισμού και των βοηθητικών τεχνικών.

Η *διάτρηση κεκλιμένων γεωτρήσεων με εκτεταμένη οριζόντια μετατόπιση*", όπως και ο όρος υπονοεί, αποτελεί τεχνική που εφαρμόζεται για να προσδώσει γρήγορα στη γεώτρηση μεγάλη κλίση (μεγαλύτερη από 60ο-65ο) και που επιτρέπει την επίτευξη μεγάλης "οριζόντιας μετατόπισης" για την προσέγγιση απομακρυσμένων "σηματισμών στόχων".

Η "οριζόντια μετατόπιση" μιας κεκλιμένης γεώτρησης -κατά την οποία επιτυγχάνεται και η μέγιστη επιθυμητή γωνία κλίσης- αποτελεί την ενεργή ακτίνα δράσης του γεωτροπάνου.

Σύμφωνα με τον διεθνώς αποδεκτό ορισμό, μια κεκλιμένη γεώτρηση χαρακτηρίζεται ως *εκτεταμένης μετατόπισης* μόνο αν το "ολικό μετρούμενο βάθος" της είναι ίσο ή μεγαλύτερο τουλάχιστον κατά δύο φορές από το "πραγματικό κατακόρυφο βάθος" της. Ενώ ως *κεκλιμένες γεωτρήσεις υπέρ-εκτεταμένης οριζόντιας μετατόπισης (mega extended reach wells)* χαρακτηρίζονται εκείνες που ο παραπάνω λόγος υπερβαίνει την τιμή 3/1. Με κριτήριο δε το επιτεύξιμο "πραγματικό κατακόρυφο βάθος" τους, οι κεκλιμένες γεωτρήσεις με εκτεταμένη οριζόντια μετατόπιση διακρίνονται σε "μικρού, μέσου ή μεγάλου βάθους" (*shallow, medium, deep extended-reach wells*).



Σχήμα 7.2. Ταξινόμηση των οριζοντίων γεωτρήσεων με βάση το μήκος της "ακτίνας καμπυλότητας"

Η οριζόντια διάτρηση αποτελεί μια "προχωρημένη" τεχνική για την όρυξη μεγάλου μήκους οριζοντίων ή σχεδόν οριζοντίων τμημάτων εντός ενός ή πολλών ταυτοχρόνως παραγωγικών σχηματισμών, με βασικό σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητάς τους. Τα οριζόντια τμήματα, που στην ουσία αποτελούν μεγάλου μήκους και υψηλής διαπερατότητας αγωγούς, συμβάλλουν στην αύξηση της επιφάνειας προσβολής του κοιτάσματος και στην αύξηση της αντλητικής ικανότητας της γεώτρησης. Αυτό οφείλεται κυρίως στην επίτευξη αυξημένης επιφάνειας επαφής μεταξύ γεώτρησης και παραγωγικού σχηματισμού, σε σύγκριση με εκείνη μιας κατακόρυφης ή μιας κεκλιμένης γεώτρησης.

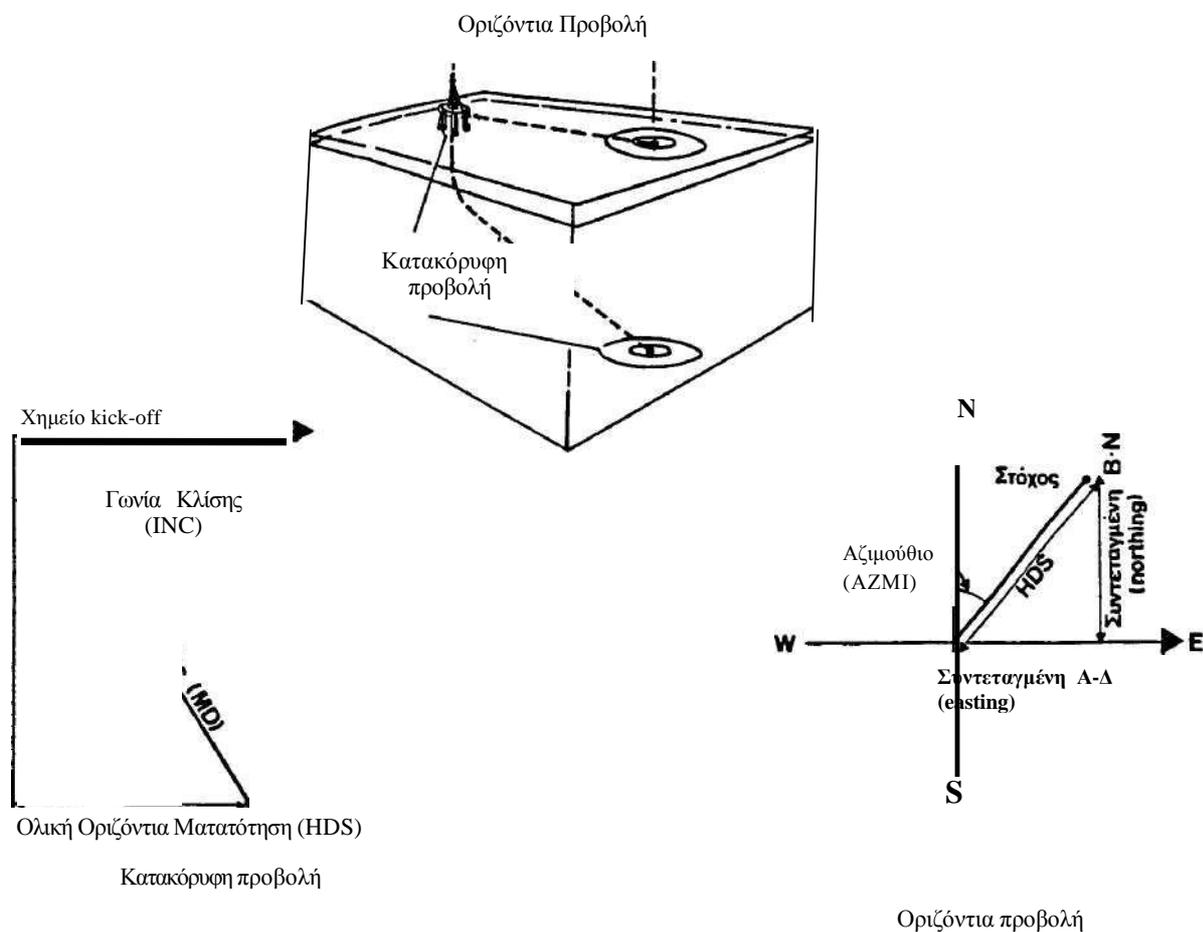
7.3 Γεωμετρικοί παράμετροι τροχιάς

Μια κεκλιμένη αλλά και μια συμβατική κατακόρυφη γεώτρηση σχεδόν

ποτέ δεν διευθύνεται στον 2-διάστατο χώρο, αλλά παρουσιάζει συνεχείς αλλαγές στον προσανατολισμό της τόσο κατά την οριζόντια όσο και κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Αυτό οφείλεται κύρια στις συχνές εναλλαγές των χαρακτηριστικών των πετρωμάτων που συναντά η γεώτρηση στην πορεία της, αλλά και στις τεχνικές προδιαγραφές και δυνατότητες που παρέχει ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός.

Σαν συνέπεια, τόσο ο σχεδιασμός όσο και η θεώρηση της τροχιάς κρίνεται αναγκαίο να πραγματοποιούνται στον 3-διάστατο χώρο. Η τροχιά που ακολουθεί μια κεκλιμένη-οριζόντια γεώτρηση χαρακτηρίζεται στη γενική περίπτωση από τις παρακάτω παραμέτρους (σχήμα 7.3):

Γωνία Κλίσης (Inclination Angle ή Drift Angle, I). Ορίζεται η γωνία μεταξύ της κατακόρυφης διεύθυνσης και της εφαπτομένης σε οποιοδήποτε σημείο της τροχιάς.



Σχήμα 7.3. Αναπαράσταση τροχιάς κεκλιμένης γεώτρησης στον 3-διάστατο χώρο. Γεωμετρικές παράμετροι τροχιάς

Γωνία Διεύθυνσης ή Αζιμούθιο (Direction Angle ή Azimuth, A).

Ορίζεται η γωνία -μετρούμενη στο οριζόντιο επίπεδο- μεταξύ της διεύθυνσης του Βορρά και της εφαπτομένης επί οποιουδήποτε σημείου της τροχιάς. Ορίζονται ωστόσο η διεύθυνση του μαγνητικού Βορρά (με βάση το γήινο μαγνητικό πεδίο) και η διεύθυνση του γεωγραφικού Βορρά (με βάση τη θέση του Βόρειου πόλου), δυο διευθύνσεις που στην γενική περίπτωση δεν ταυτίζονται. Επειδή δε στην πράξη ο μαγνητικός Βορράς μετράται με τη χρήση πυξίδας, απαιτείται διόρθωση της τιμής αυτής ώστε να βρεθεί η γωνία διεύθυνσης ως προς τον γεωγραφικό -πραγματικό- Βορρά. Η τιμή της γωνίας διόρθωσης είναι ίση με τη γωνία μεταξύ του μαγνητικού και του γεωγραφικού Βορρά, (γνωστή ως "μαγνητική απόκλιση", *magnetic declination* ή *declination angle*). Όταν ο μαγνητικός Βορράς μετράται ανατολικά του γεωγραφικού, η τιμή της μαγνητικής απόκλισης πρέπει να προστίθεται στη μετρούμενη με την

πυξίδα τιμή, ώστε να προκύπτει η πραγματική τιμή της γωνίας διεύθυνσης ως προς το γεωγραφικό Βορρά. Στην αντίθετη περίπτωση όπου υπάρχει μαγνητική απόκλιση προς τα δυτικά, η τιμή αυτή πρέπει να αφαιρείται από τη μετρούμενη τιμή της γωνίας διεύθυνσης.

Γωνιακές Συνθήκες (Angular Conditions). Ορίζεται το ζεύγος των επιθυμητών ή επιτεύξιμων γωνιών κλίσης και διεύθυνσης σε κάθε σημείο κατά μήκος της τροχιάς και εκφράζει με αναλυτικό τρόπο τον υφιστάμενο προσανατολισμό της γεώτρησης στο ίδιο σημείο. Ειδικότερα ο όρος "*αρχικές γωνιακές συνθήκες*" χρησιμοποιείται για να εκφράσει

τις γωνιακές συνθήκες στο αρχικό σημείο παρέκκλισης. Ο όρος "*τελικές γωνιακές συνθήκες*" αφορά στις γωνιακές συνθήκες με τις οποίες προσεγγίζεται το τελικό "σημείο στόχος" όπου θα καταλήξει η γεώτρηση, ενώ ο όρος "*ενδιάμεσες γωνιακές συνθήκες*" για τις γωνιακές συνθήκες κατά την προσέγγιση οποιοδήποτε άλλου ενδιάμεσου σημείου στην πορεία της γεώτρησης.

Πραγματικό Κατακόρυφο Βάθος (True Vertical Depth, TVD). Ορίζεται η κατακόρυφη απόσταση κάθε σημείου της τροχιάς από την επιφάνεια.

Οριζόντια Μετατόπιση / Απόσταση (Horizontal Displacement ή Drift, HDS). Ορίζεται η οριζόντια απόσταση κάθε σημείου της τροχιάς από την κατακόρυφο που διέρχεται από τη θέση έναρξης της γεώτρησης στην επιφάνεια.

Ολικό Μετρούμενο Βάθος (Measured Depth, MD). Ορίζεται το ολικό διάστημα που ορύσσεται για την προσέγγιση του τελικού στόχου ή κάποιου ενδιάμεσου σημείου πάνω στην τροχιά της γεώτρησης.

Συντεταγμένες B-N και A-Δ (Coordinates N-S, E-W) ενός σημείου της τροχιάς. Ορίζονται οι αποστάσεις κάθε σημείου της τροχιάς (προβαλλομένου στο οριζόντιο επίπεδο), κατά τις διευθύνσεις B-N και A-Δ, από ένα καθορισμένο σημείο αναφοράς. Σαν τέτοιο επιλέγεται συνήθως η τομή των

αξόνων B-N και A-Δ της μαγνητικής πυξίδας. Οι συντεταγμένες στην διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται και ως "*northing*" (Συντεταγμένη B-N) και "*easting*" (Συντεταγμένη A-Δ).

Σημείο "Kick-off" (*kick-offpoint, KOP*). Ορίζεται το σημείο που βρίσκεται στο βάθος όπου αρχίζει η πρώτη παρέκκλιση της γεώτρησης από την κατακόρυφη διεύθυνση.

Σταθμός (*Survey Station*). Ονομάζεται κάθε σημείο της τροχιάς, όπου εκτελούνται μετρήσεις με σκοπό τον έλεγχο της πορείας της γεώτρησης.

Στόχος (*Target, Target point ή Objective*). Χαρακτηρίζεται ο γεωλογικός σχηματισμός που αποτελεί τη ζώνη ενδιαφέροντος του εκάστοτε προγράμματος διάτρησης. Ο ίδιος όρος χρησιμοποιείται ακόμα είτε αναφερόμαστε σε δεδομένο σημείο -σημειακός στόχος- που είναι το προκαθορισμένο σημείο όπου θα καταλήξει η γεώτρηση εντός του παραγωγικού σχηματισμού, είτε σε τμήμα του παραγωγικού σχηματισμού καθορισμένων διαστάσεων στον χώρο.

Επιπρόσθετα ο όρος "*ενδιάμεσος στόχος*", χαρακτηρίζει οποιοδήποτε γεωλογικό σχηματισμό ή σημείο εντός του γεωλογικού υποβάθρου που η γεώτρηση οφείλει να προσεγγίσει ή να αποφύγει, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις του εκάστοτε γεωτρητικού έργου.

Γωνία "Dog-leg". Ορίζεται κάθε απότομη αλλαγή στην πορεία της γεώτρησης μεταξύ δύο σημείων-σταθμών, η οποία οφείλεται είτε σε αλλαγή της γωνίας κλίσης (αλλαγή πορείας στο κατακόρυφο επίπεδο), είτε σε αλλαγή της γωνίας διεύθυνσης (αλλαγή πορείας στο οριζόντιο επίπεδο), είτε σε ταυτόχρονη αλλαγή των δύο γωνιών (αλλαγή πορείας στον 3-διάστατο χώρο).

Ένταση του "Dog-leg" (Dog-leg severity). Πρόκειται για τη γωνία "dog-leg", εκφρασμένη επί ενός καθορισμένου διαστήματος (συνήθως ανά 100 ft ή 30 m).

Ρυθμός Build-up (Build-up rate). Ορίζεται ο ρυθμός αύξησης της Γωνίας Κλίσης, εκφρασμένος σε deg ανά δεδομένο διατηρηθέν μήκος τμήματος (συνήθως ανά 100 ft ή 30 m).

Ρυθμός Drop-off (Drop-off rate). Ορίζεται ο ρυθμός μείωσης της Γωνίας Κλίσης εκφρασμένος σε deg ανά δεδομένο διατηρηθέν μήκος τμήματος (συνήθως ανά 100 ft ή 30 m).

Ρυθμός μεταβολής της Γωνίας Διεύθυνσης (Turn rate). Ορίζεται ο λόγος της μεταβολής της γωνίας διεύθυνσης προς καθορισμένο μήκος διατηρηθέντος τμήματος (συνήθως ανά 100 ft ή 30 m). Σε ορισμένες περιπτώσεις το μήκος αυτό δεν είναι το πραγματικό -δηλαδή το ολικό μετρούμενο μήκος τροχιάς- αλλά η προβολή αυτού του μήκους στο οριζόντιο επίπεδο. Πρόκειται δηλαδή για 100 ft ή 30 m μήκους μετρούμενου πάνω στην οριζόντια προβολή της τροχιάς.

Τμήμα "Build-up" (Build-up section). Ορίζεται κάθε καμπυλόγραμμο τμήμα της τροχιάς κατά το οποίο η γωνία κλίσης συνεχώς αυξάνεται έως τη μέγιστη επιθυμητή τιμή.

Εφαπτομενικό τμήμα (Tangent ή Straight ή Hold section). Ορίζεται το τμήμα που ακολουθεί διεύθυνση εφαπτομενική σε κάποιο σημείο του καμπυλόγραμμου τμήματος και κατά μήκος του οποίου οι γωνίες κλίσης και διεύθυνσης παραμένουν σταθερές και ίσες με τις αντίστοιχες παραμέτρους του κοινού σημείου επαφής μεταξύ των δύο τμημάτων.

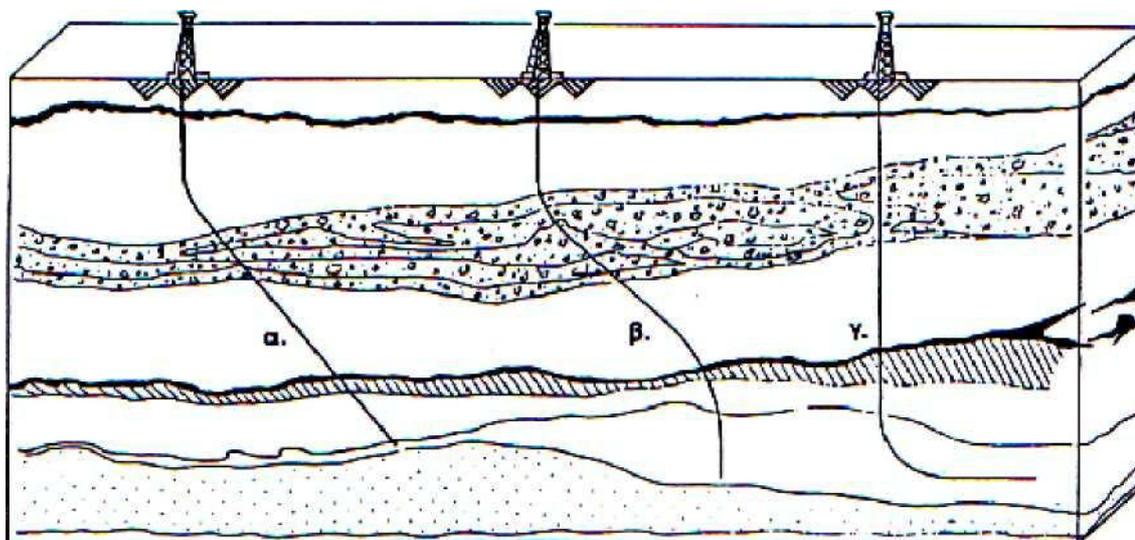
Τμήμα "Drop-off" (Drop-off section). Ορίζεται το τμήμα που συνήθως ακολουθεί το εφαπτομενικό τμήμα, κατά μήκος του οποίου η γωνία κλίσης σταδιακά ελαττώνεται έως ότου προσεγγιστεί η επιθυμητή τιμή, κατά την επαφή ή τη διέλευση της γεώτρησης διαμέσου του στόχου.

Βασικά σημεία (Critical points) τροχιάς. Ορίζεται κάθε σημείο πάνω στην τροχιά που αποτελεί αφετηρία ή κατάληξη ενός τμήματος δεδομένου τύπου, -όπως είναι το βασικό σημείο ebu (end-of build-up point), ή το βασικό σημείο sdo (start-of drop-off point), σημείο όπου τελειώνει το τμήμα αύξησης και σημείο όπου αρχίζει το τμήμα μείωσης της καμπυλότητας αντίστοιχα.

Γωνία προσανατολισμού (Tool-face orientation angle). Πρόκειται για μέγεθος που προκύπτει από το συνδυασμό των επιτεύξιμων γωνιακών συνθηκών σε κάθε σημείο της γεώτρησης, εκφράζει τον προσανατολισμό της στην ίδια θέση και μετράται σε κλίμακα από 0ο-90ο ή από 90ο-0ο προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά του υφιστάμενου προσανατολισμού.

7.4 Βασικοί τύποι τροχιάς

Αν και κατά το στάδιο του αρχικού σχεδιασμού διερευνούνται και αξιολογούνται όλες οι πιθανά αποδεκτές μορφές της τροχιάς (η γενική μορφή περιλαμβάνει συνήθως κάποιο συνδυασμό μεταξύ καμπυλόγραμμων και εφαπτομενικών τμημάτων ανάλογα και με τις ειδικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περίπτωση), τρεις κυρίως είναι οι βασικοί τύποι τροχιάς που εφαρμόζονται στην πράξη (σχήμα 7.4):



Σχήμα 7.4. Βασικοί τύποι τροχιάς κεκλιμένων & οριζόντιων γεωτρήσεων

Τύπος I (σχήμα 8.4.α). Τροχιά ευθείας παρέκκλισης (*slant type* ή *build-and-sail type* ή *build-and-hold type*)

Μετά την αρχική παρέκκλιση στο σημείο kick-off -το οποίο συνήθως τοποθετείται σε μικρό βάθος-, ακολουθεί τμήμα αύξησης της γωνίας κλίσης (*build-up* τμήμα) έως ότου επιτευχθεί η μέγιστη επιθυμητή τιμή. Η τιμή αυτή διατηρείται σταθερή κατά το ακόλουθο εφαπτομενικό τμήμα, ώσπου να προσεγγιστεί ο στόχος της γεώτρησης. Η βασική γεωμετρική μορφή της τροχιάς αποτελείται κατά σειρά ξεκινώντας από την επιφάνεια, από τα παρακάτω τμήματα:

- κατακόρυφο τμήμα,
- τμήμα αύξησης της καμπυλότητας,
- εφαπτομενικό τμήμα.

Τύπος II (σχήμα 7.4.β). Τροχιά τύπου S (*S-type* ή *build-sail and drop type* ή *build-hold and drop type*)

Η γεώτρηση συνήθως παρεκκλίνει από την κατακόρυφη διεύθυνση σε μικρό βάθος και ακολουθεί τμήμα αύξησης της γωνίας κλίσης (*build-up* τμήμα) ως την επιθυμητή μέγιστη τιμή. Η τιμή αυτή διατηρείται σταθερή

κατά το επόμενο εφαπτομενικό τμήμα και στη συνέχεια μειώνεται βαθμιαία (τμήμα drop-off) ώστε η τροχιά να επιστρέψει στην κατακόρυφη διεύθυνση. Η βασική γεωμετρική μορφή της τροχιάς αποτελείται κατά σειρά ξεκινώντας από την επιφάνεια, από τα παρακάτω τμήματα:

- κατακόρυφο τμήμα,
- τμήμα αύξησης της καμπυλότητας,
- ενδιάμεσο εφαπτομενικό τμήμα,
- τμήμα μείωσης της καμπυλότητας,
- τελικό εφαπτομενικό τμήμα.

Τύπος III (σχήμα 7.4.γ). Τροχιά τύπου J ή τύπου L (J-type ή L-type)

Μοιάζει με τον τύπο τροχιάς ευθείας παρέκκλισης, μόνο που η παρέκκλιση της γεώτρησης πραγματοποιείται συνήθως σε πολύ μεγαλύτερο βάθος. Μετά το καμπυλόγραμμο τμήμα αύξησης της γωνίας κλίσης, ακολουθεί το ευθύγραμμο ή εφαπτομενικό τμήμα υπό οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια διεύθυνση και με μεταβλητό -ανάλογα με την περίπτωση- μήκος έως το στόχο. Η βασική γεωμετρική μορφή της τροχιάς αποτελείται κατά σειρά ξεκινώντας από την επιφάνεια, από τα παρακάτω τμήματα:

- κατακόρυφο τμήμα,
- τμήμα αύξησης της καμπυλότητας,
- εφαπτομενικό τμήμα.

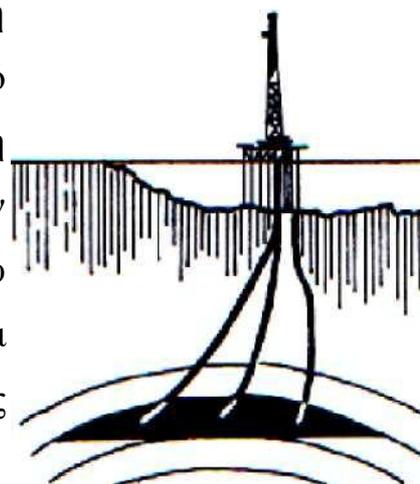
7.5 Εφαρμογές

Αν και στις περισσότερες των περιπτώσεων η κατευθυνόμενη διάτρηση εφαρμόζεται για την όρυξη γεωτρήσεων παραγωγής, εντούτοις δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου κεκλιμένες ή οριζόντιες γεωτρήσεις ορύσσονται για να χρησιμοποιηθούν ως όργανα συλλογής πληροφοριών κατά τη φάση της

έρευνας. Επιπρόσθετα, τυγχάνουν εφαρμογής και σε μια σειρά ειδικών περιπτώσεων, που αν και όχι τόσο συνηθισμένες δεν πρέπει ωστόσο να αγνοηθούν. Οι βασικές περιπτώσεις εφαρμογής των κεκλιμένων-οριζοντίων γεωτρήσεων εξετάζονται στη συνέχεια.

1. Ανάπτυξη υποθαλάσσιων κοιτασμάτων (σχήμα 7.5)

Αποτελεί ίσως την πλέον συνηθισμένη περίπτωση όρυξης κεκλιμένων γεωτρήσεων. Από ένα σημείο, που μπορεί να ανήκει σε μία πλωτή εξέδρα, ξεκινά ένας μεγάλος αριθμός κεκλιμένων γεωτρήσεων με σκοπό την πλήρη κάλυψη του υποθαλασσίου κοιτάσματος (αναφέρονται περιπτώσεις εξεδρών στην Β. Θάλασσα από τις οποίες έχουν ορυχθεί έως και 60 γεωτρήσεις).



Σχήμα 7.5

Με την εφαρμογή αυτής της τεχνικής, γνωστής διεθνώς με τον όρο "ανάπτυξη κοιτασμάτων με πολλαπλές γεωτρήσεις" (*multiwell development*), μειώνεται δραστικά το υψηλό κόστος διάτρησης μεγάλου αριθμού γεωτρήσεων που απαιτείται για την ανάπτυξη ενός σημαντικού αριθμού υποθαλάσσιων κοιτασμάτων -μεγάλων κατά κανόνα διαστάσεων- τα οποία σε περίπτωση εφαρμογής της συμβατικής τεχνικής θα χαρακτηρίζονταν ως "οικονομικά μη εκμεταλλεύσιμα".

2. Κοιτάσματα σε δυσπρόσιτες περιοχές ή περιοχές όπου υφίστανται ειδικοί περιορισμοί (σχήμα 7.6)

Πολλές φορές η εγκατάσταση του γεωτρυπάνου ακριβώς πάνω από τον προκαθορισμένο "σχηματισμό στόχο" είναι δυσχερής ή/και αδύνατη, ενώ η τοποθέτησή του σε κάποια λογική απόσταση αποτελεί μια πρόσφορη εναλλακτική λύση.

Έτσι η όρυξη κεκλιμένων-οριζοντίων γεωτρήσεων αποτελεί τη μόνη λύση σε περιπτώσεις δομών που βρίσκονται κάτω από στρώματα πάγων στις αρκτικές περιοχές, κάτω από λίμνες, από όχθες ή εκβολές ποταμών, κάτω από ανώμαλο τοπογραφικό ανάγλυφο (λόφους, βουνά κ.λπ.), ή κάτω από πυκνοκατοικημένες περιοχές.

Κάτι ανάλογο συμβαίνει και στις περιοχές όπου υφίστανται ειδικοί περιορισμοί ως προς τη διατηρητική δραστηριότητα (δρόμους διεθνών θαλασσιών μεταφορών, σιδηροδρομικές αρτηρίες, όρια αλλαγής ιδιοκτησιακών στοιχείων μεταξύ διαφόρων φορέων έρευνας ή εκμετάλλευσης), ή ακόμα σε περιοχές όπου υφίστανται ειδικοί περιορισμοί όσον αφορά στην εγκατάσταση και λειτουργία εξέδρων (όπως για παράδειγμα λόγω τουριστικής ανάπτυξης ή λόγω προστασίας του περιβάλλοντος).

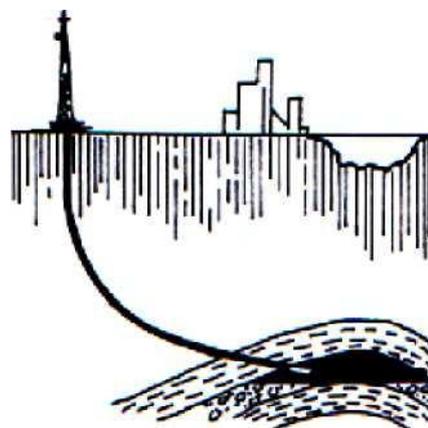
3. Διάτρηση γύρω από δόμο άλατος (σχήμα 7.7)

Στην περιοχή γύρω από έναν δόμο άλατος δημιουργούνται γεωλογικές δομές ενδιαφέροντος, καθώς υλικό διαπυρισμού διεισδύει και παραμορφώνει τα υπερκείμενα του δόμου ιζήματα. Κοιτάσματα πετρελαίου που εντοπίζονται στις πλευρές ή κάτω από δόμο άλατος, προσεγγίζονται επιτυχώς με κεκλιμένες γεωτρήσεις με σκοπό την παράκαμψη του δόμου, καθώς η διάτρηση μέσω αυτού ενέχει σοβαρά τεχνικά προβλήματα.

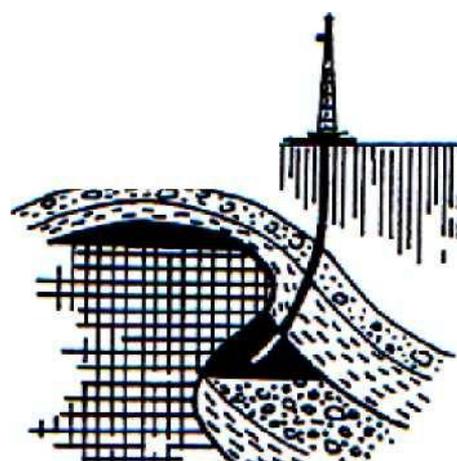
4. Περιπτώσεις ατυχημάτων κατά τη διάτρηση (σχήμα 7.8)

Κατά την προχώρηση μιας γεώτρησης είναι πιθανόν να συμβούν ατυχήματα όπως, αποκοχλίωση, θραύση, μερική ή ολική ενσφήνωση της διατρητικής στήλης, ολίσθηση τμημάτων της σωλήνωσης καθώς και πτώσεις σιδηρών εργαλείων μέσα στο πηγάδι.

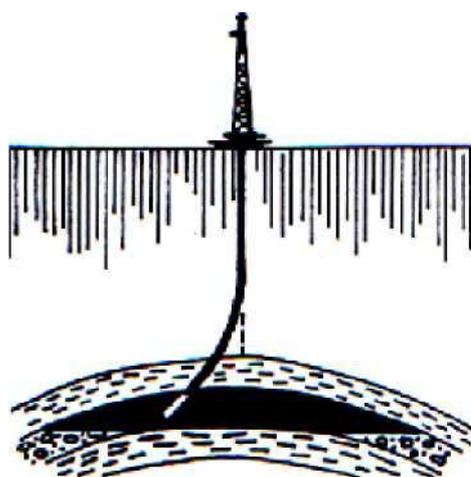
Αν η εργασία αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών (αλίευση) αποτύχει, τμήματα του εξοπλισμού παραμένουν αναγκαστικά μέσα στη γεώτρηση, καθιστώντας αδύνατη τη συνέχιση της διάτρησης. Στις περιπτώσεις αυτές, η αντιμετώπιση είναι η αλλαγή της πορείας της γεώτρησης πάνω από το σημείο όπου έχει παρουσιαστεί το πρόβλημα, με διάτρηση υπό κλίση (γνωστή με τον όρο "πλευρική όρυξη"-sidetracking).



Σχήμα 7.6.



Σχήμα 7.7



Σχήμα 7.8.

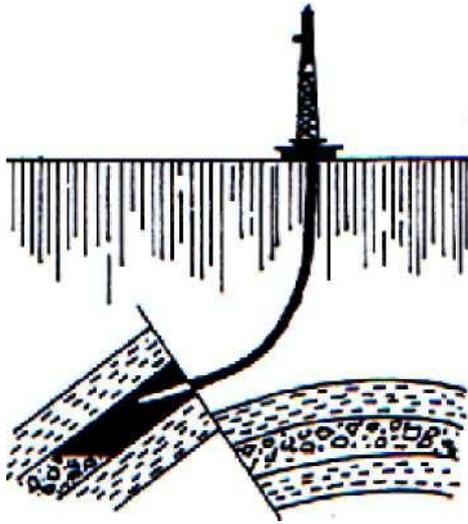
5. Διάτρηση υπό εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η συνέχιση της διάτρησης καθίσταται δύσκολη ή και αδύνατη. Για παράδειγμα, γεώτρηση που συναντά στην πορεία της ρήγμα είναι ιδιαίτερα ασταθής. Για να αποφευχθούν οι κίνδυνοι αυτοί, ενδείκνυται η όρυξη κεκλιμένης γεώτρησης που παρεκκλίνει με στόχο είτε να αποφύγει, είτε να περάσει κάθετα μέσα από το ρήγμα (σχήμα 7.9).

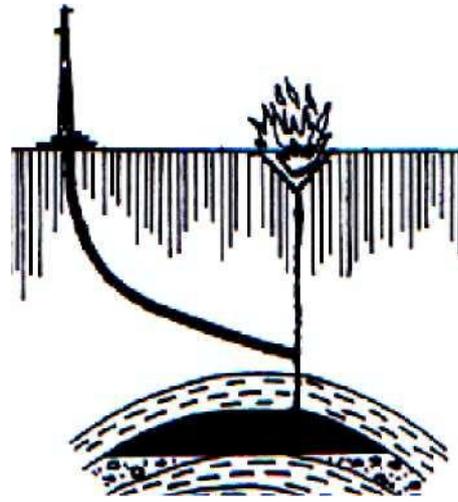
Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις όπου απαιτείται η αχρήστευση ("σκότωμα") μιας εξαιρετικά προβληματικής γεώτρησης (π.χ. ανάφλεξη, ανεξέλεγκτη εισροή ρευστών). Για τον σκοπό αυτό, από επιφανειακό σημείο σε κάποια απόσταση από την προβληματική γεώτρηση ορύσσεται άλλη κεκλιμένη βοηθητική γεώτρηση (*relief well*), που τέμνει την πρώτη σε προκαθορισμένο σημείο και χρησιμοποιείται για τη διοχέτευση υλικών πλήρωσης όπως, υψηλής πυκνότητας λάσπη ή γαλάκτωμα τσιμέντου (σχήμα 7.10).

6. Έρευνα περιοχών ευρείας

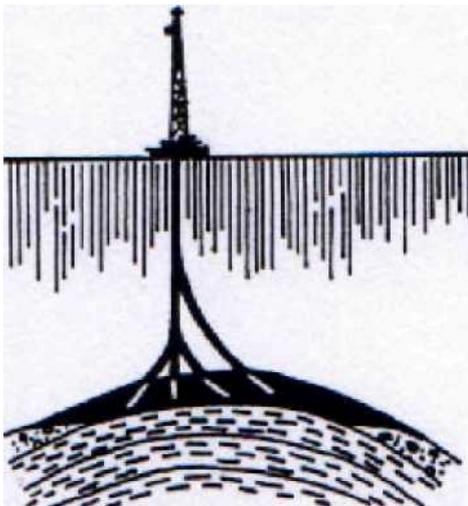
Μεγάλης έκτασης, συχνά κρίνεται πιο οικονομική η όρυξη πολλαπλών κεκλιμένων τμημάτων με αφετηρία μια κατακόρυφη γεώτρηση (σχήμα 7.11) παρά η διάτρηση πολλών κατακόρυφων γεωτρήσεων. Αξίζει δε να αναφερθεί ότι σήμερα με τη ραγδαία εξέλιξη της οριζόντιας διάτρησης, η όρυξη μιας οριζόντιας γεώτρησης εντός του υπό έρευνα γεωλογικού υποβάθρου θεωρείται -παρά το υψηλότερο κόστος διάτρησης σε σχέση με τη συμβατική τεχνική- εξαιρετικά αποτελεσματική για τη συλλογή πληροφοριών όσον αφορά στα χαρακτηριστικά του ευρύτερου γεωλογικού χώρου, αλλά και του σχηματισμού ή των σχηματισμών ενδιαφέροντος προς όλες τις διευθύνσεις ανάπτυξής του(ς) στο χώρο (σχήμα 7.12).



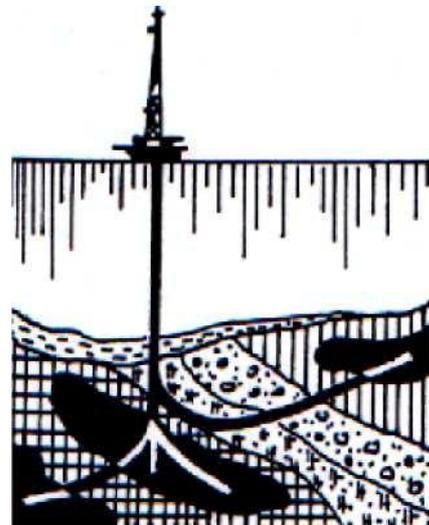
.Σχήμα 7.9



Σχήμα 7.10.



Σχήμα 7.11.



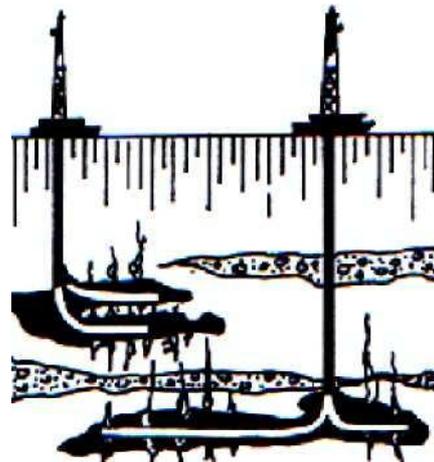
Σχήμα 7.12.

7. Ανάπτυξη "οριακών" ή "φτωχών" κοιτασμάτων με στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας και του τελικού ποσοστού απόληψής τους.

Η επιλεκτική εφαρμογή της όρυξης κεκλιμένων γεωτρήσεων υπό κλίση μεγαλύτερη των 65ο και οριζοντίων γεωτρήσεων μικρού, μέσου ή μεγάλου τόξου καμπυλότητας σε περιπτώσεις που παρουσιάζουν ευνοϊκά χαρακτηριστικά, έχει επανειλημμένα αποδειχθεί στην πράξη ότι έχει εξαιρετικά θετικές επιπτώσεις στο κόστος της παραγωγής. Αναφέρονται προγράμματα όρυξης ενός ή πολλών οριζοντίων (με κλίση μεγαλύτερη από 86ο) καναλιών αποστράγγισης (drainholes) από τον πυθμένα ή από διαφορετικά καθ' ύψος σημεία μιας κατακόρυφης ή μιας κεκλιμένης γεώτρησης με σκοπό την ανάπτυξη:

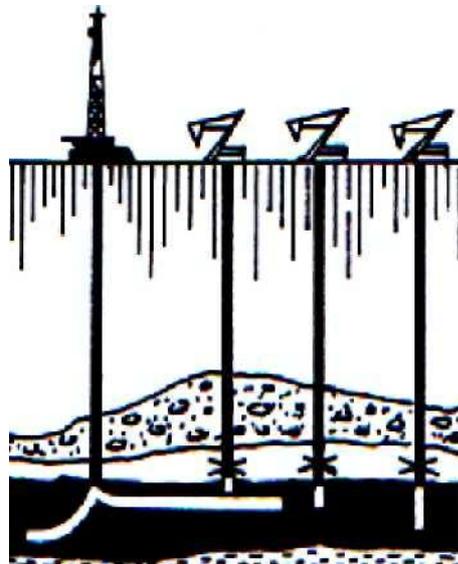
- φυσικά ρωγματωμένων ζωνών με συστήματα ρωγμάτωσης κατακόρυφης ή ακανόνιστης διεύθυνσης (σχήμα 7.13),
- αβαθών συγκεντρώσεων πετρελαίου με εκτεταμένη οριζόντια ανάπτυξη, ή
- μικρού πάχους και μικρής διαπερατότητας κοιτασμάτων που έχουν ιδιαίτερα χαμηλή παραγωγικότητα.

Προγράμματα όρυξης οριζοντίων γεωτρήσεων έχουν με επιτυχία εφαρμοσθεί και σε συνδυασμό με μεθόδους τριτογενούς παραγωγής, σε περιπτώσεις ανάπτυξης κοιτασμάτων που υπέρκεινται υδροφόρου στρώματος ή υπόκεινται αερίου καλύμματος ή βρίσκονται μεταξύ αερίου καλύμματος και υδροφόρου στρώματος, (σχήμα 7.14). Ο στόχος είναι η αποτελεσματική αντιμετώπιση της πρόωρης εμφάνισης αερίου ή νερού στον πυθμένα της γεώτρησης ή η εισπίεση υπέρθερμου ατμού ή θερμού νερού, με σκοπό την προώθηση μεγαλύτερου όγκου πετρελαίου προς τις παραγωγικές γεωτρήσεις.



8. Ειδικές εφαρμογές.

Άλλες, λιγότερο συχνές, αλλά εξίσου ενδιαφέρουσες περιπτώσεις εφαρμογής της κατευθυνόμενης διάτρησης αποτελούν:

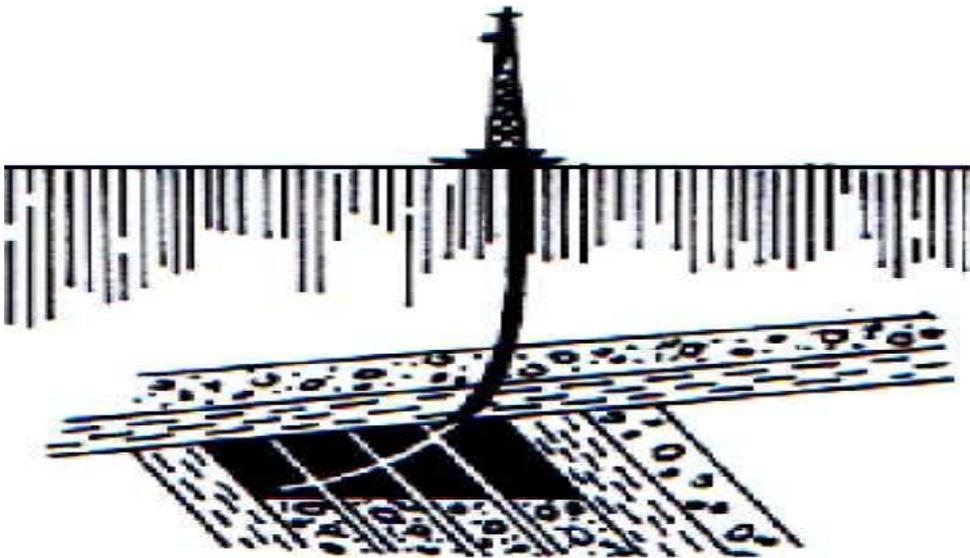


- Η ταυτόχρονη ανάπτυξη -με μια γεώτρηση- πολλών σχηματισμών που βρίσκονται στον ίδιο χώρο (σχήμα 7.15). Είναι δε δυνατόν οι "σχηματισμοί στόχοι" να εντοπίζονται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο και επομένως, για την προσέγγισή τους, να απαιτείται αλλαγή μόνο στη γωνία κλίσης της γεώτρησης ή να κατανέμονται ανομοιόμορφα στον χώρο. Στην τελευταία αυτή περίπτωση, για την προσέγγιση του επόμενου "σχηματισμού στόχου" απαιτείται και αλλαγή στη γωνία διεύθυνσης, γεγονός που επιβάλλει το σχεδιασμό της γεώτρησης στον 3-διάστατο χώρο.

- Η ανάπτυξη γεωθερμικών πεδίων με χρήση κεκλιμένων

γεωτρήσεων για την εισπίεση νερού.

- Η ανάκτηση μεθανίου από μεταλλευτικές δραστηριότητες.
- Η εγκατάσταση και διέλευση αγωγών μεταφοράς φυσικού αερίου (π.χ. κάτω από λίμνες ή όχθες ποταμών ή περιοχές με δύσβατο τοπογραφικό ανάγλυφο).
- Η προσέγγιση, δειγματοληψία, απομάκρυνση ή επιτόπια αντιμετώπιση αποθέσεων αποβλήτων, στο υπέδαφος περιβαλλοντικά ευαίσθητων περιοχών.



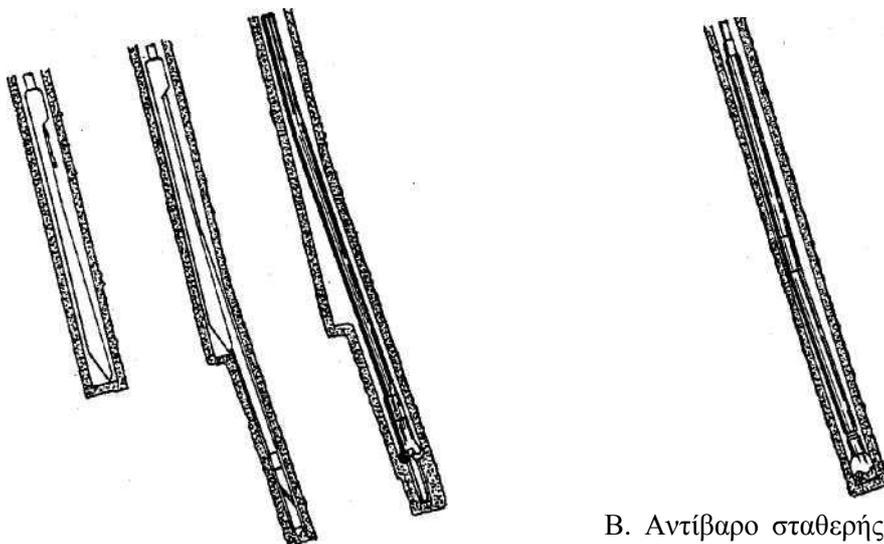
Σχήμα7.15.

7.6 Μηχανολογικός εξοπλισμός

Είναι απαραίτητο να αναφερθούν τα βασικά στοιχεία του μηχανολογικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στην όρυξη κεκλιμένων και οριζόντιων γεωτρήσεων και που στη διάρκεια του χρόνου αποδείχθηκαν βήματα-σταθμοί στην εξέλιξη της κατευθυνόμενης διάτρησης.

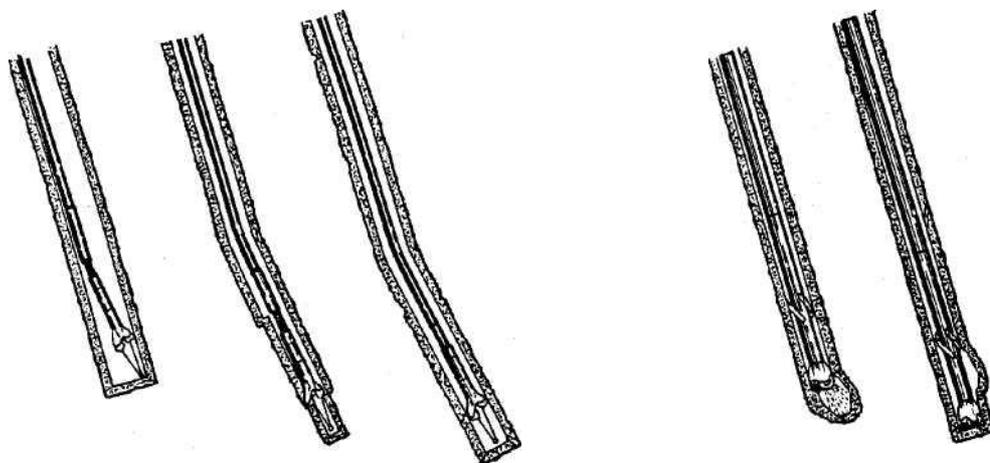
7.6.1 Όργανα πρόσδωσης παρέκκλισης

Η αρχική παρέκκλιση από την κατακόρυφη διεύθυνση -σημείο κορ- προσδίδεται στη γεώτρηση με τη χρησιμοποίηση ειδικών οργάνων, στην αρχή δανεισμένων από τη συμβατική κατευθυνόμενη διάτρηση. Οι σφήνες (*whipstocks*) μόνιμης τοποθέτησης ή ανακλήσιμες, τα αντίβαρο σταθερής ή μεταβλητής κλίσης (*bent-subs*), τα αρθρωτά εργαλεία (*knuckle-joint*), ή τα ειδικά κοπτικά άκρα για την όρυξη μαλακών σχηματισμών με τη βοήθεια των κυκλοφορούντων ρευστών διάτρησης (*jetting-bits*) (σχήμα 7.16Α, Β, Γ και Δ αντίστοιχα) ήταν από τα πρώτα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόσδωση της αρχικής παρέκκλισης στο επιλεγμένο "σημείο κορ".



A. Σφήνα μόνιμης τοποθέτησης

B. Αντίβαρο σταθερής ή μεταβλητής κλίσης και κινητήρας πυδμενα.



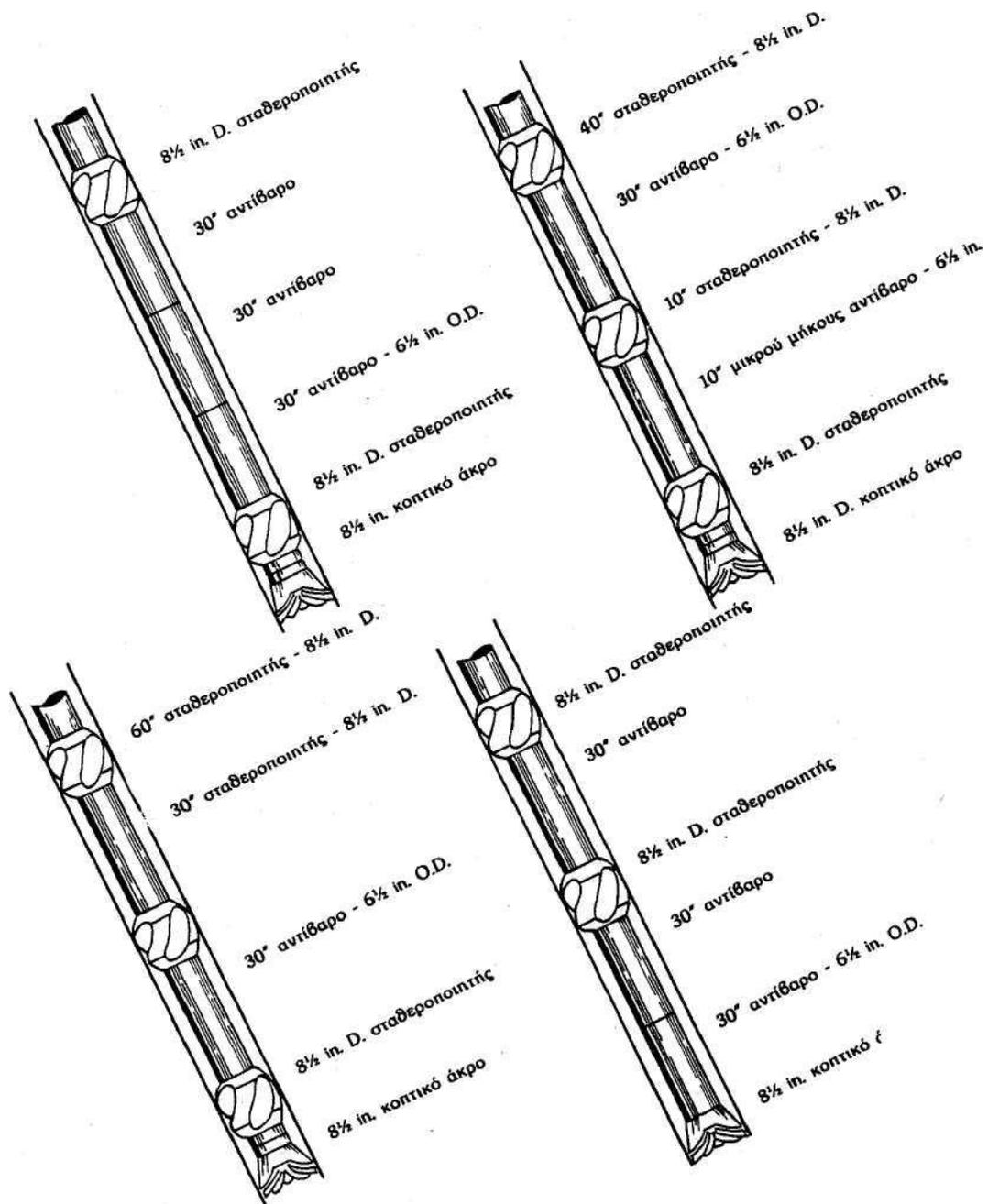
Γ. Ειδικό εργαλείο διάτρησης με άρθρωση.

Δ. Ειδικό κοπτικό άκρο 'jetting bit'

Σχήμα 7.16. Όργανα πρόσδωσης παρέκκλισης

Μετά το σημείο αυτό (κορ) η σταδιακή μεταβολή στον προσανατολισμό της γεώτρησης επιτυγχάνεται με αλλαγές στο βάρος επί του κοπτικού, με τη χρήση ειδικών κοπτικών άκρων ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες ή με τη χρησιμοποίηση διαφόρων τύπων διατάξεων της κατώτερης συνδεσμολογίας της διατηρητικής στήλης (*Bottom-Hole-Assemblies-B.H.A.s*), ανάλογα με ποιο τμήμα της γεώτρησης ορύσσεται.

Στο σχήμα 7.17 παρουσιάζονται χαρακτηριστικοί τύποι B.H.A. που χρησιμοποιούνται στην πράξη, ενώ στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις πλέον αξιοσημείωτες προσπάθειες σχεδιασμού σύγχρονων τύπων B.H.A.



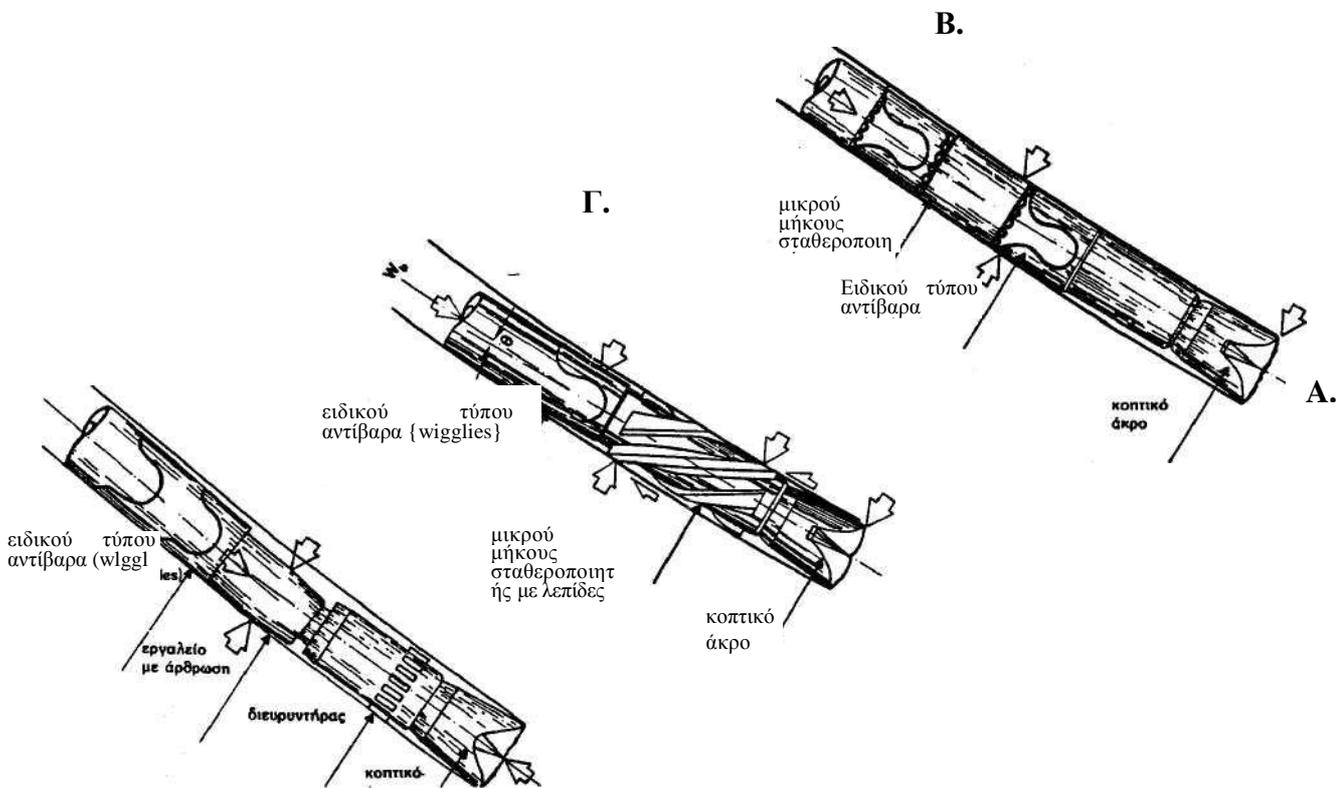
Σχήμα 7.17. Χαρακτηριστικές διατάξεις κατώτερης συνδεσμολογίας της διατρητικής στήλης

- 1. Όρυξη τμημάτων αύξησης της καμπυλότητας*
- 2. Όρυξη εφραπτομενικών τμημάτων*
- 3. Όρυξη τμημάτων μείωσης της καμπυλότητας*
- 4. Όρυξη υπό σταθερό προσανατολισμό*

7.6.2 Διάταξη B.H.A. (κοπτικό άκρο-διευρυντήρας-αρθρωτό εργαλείο-ειδικά αντίβαρα)

Τα *ειδικά αντίβαρα (wiggles)* (σχήμα 7.18Α) είναι κανονικά αντίβαρα, έχουν όμως μικρότερο μήκος και φέρουν αρθρώσεις. Προσδίδουν στη διάταξη βάρος αλλά και ευκαμψία, καθώς οι αρθρώσεις τους επιτρέπουν να διέρχονται το καμπυλόγραμμο τμήμα της τροχιάς με ελάχιστη κοπή των τοιχωμάτων της γεώτρησης. Η όλη διάταξη περιστρέφεται από την επιφάνεια και παρέχει ρυθμό μεταβολής της γωνίας κλίσης ως και 30/ft.

Στον πλέον σύγχρονο τύπο, αντί του εργαλείου με άρθρωση και του διευρυντήρα, χρησιμοποιούνται *μικρού μήκους σταθεροποιητές (short stabilizers)*, που φέρουν λεπίδες στην εξωτερική τους επιφάνεια (σχήμα 7.18Β). Το καμπυλόγραμμο τμήμα δημιουργείται καθώς με την περιστροφή της στήλης, οι λεπίδες κοντά στο κοπτικό άκρο κόβουν το πάνω τοίχωμα της γεώτρησης, ενώ οι λεπίδες προς το κάτω τοίχωμα λειτουργούν ως υπομόχλιο. Η ίδια διάταξη B.H.A. μπορεί να χρησιμεύσει και σαν μηχανισμός διάτρησης του εφαπτομενικού ή του οριζοντίου τμήματος της γεώτρησης. Μόνο που στην περίπτωση αυτή οι σταθεροποιητές με λεπίδες αντικαθίστανται από *σταθεροποιητές που φέρουν δόντια στην εξωτερική τους επιφάνεια* (σχήμα 7.18Γ). Οι σταθεροποιητές αυτοί συνδυάζονται με μικρού μήκους αντίβαρα (*wiggles*) και αποτελούν τους πλέον ασφαλείς τρόπους διάτρησης των προαναφερθέντων τμημάτων.

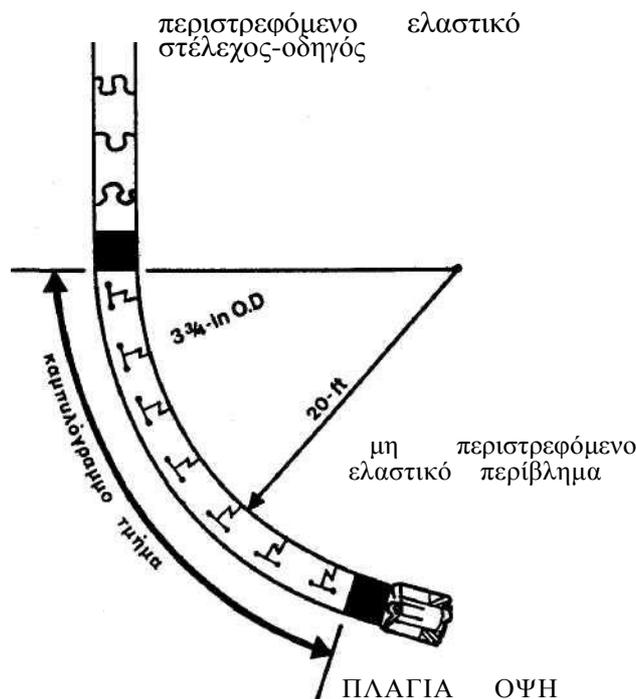


Σχήμα 7.18. Εναλλακτικές διατάξεις B.H.A. με ειδικά αντίβαρα (wiggles)

7.6.3 Το σύστημα *Eastman Whipstock* για την όρυξη γεωτρήσεων μικρού στόχου

Το σύστημα *Eastman Whipstock* που ανέπτυξε η εταιρεία Texas Eastern Drilling Systems, χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την όρυξη οριζοντίων γεωτρήσεων μικρού τόξου (σχήμα 7.19). Ο ταχύτετος ρυθμός μεταβολής της γωνίας κλίσης (1,5ο-3ο/ft), σε σύγκριση με εκείνον που επιτυγχάνεται μέσω της συνήθους τεχνικής της οριζόντιας διάτρησης (1ο-5ο/100 ft), επιτρέπει την αλλαγή της πορείας της γεώτρησης από την κατακόρυφη στην οριζόντια διεύθυνση εντός πολύ μικρού διαστήματος (30 ft ως 60 ft, ανάλογα με το αν χρησιμοποιείται το μικρής ή το μεγάλης διαμέτρου σύστημα).

Το σύστημα περιλαμβάνει τον μηχανισμό πρόσδωσης αρχικής παρέκκλισης (σφήνα μεγάλης παρέκκλισης), τον μηχανισμό διάτρησης του καμπυλόγραμμου τμήματος (μηχανισμός που φέρει αρθρώσεις και σχηματίζει τόξο υπό ακτίνα 20 ft-40 ft για να διέρχεται το καμπυλόγραμμο τμήμα) και τον μηχανισμό διάτρησης του ευθύγραμμου-οριζοντίου τμήματος (κοπτικό άκρο-μηχανισμός σταθεροποίησης-στέλεχος οδηγός), συνολικού μήκους 200 ft-300 ft.



Σχήμα 7.19. Το σύστημα Eastman

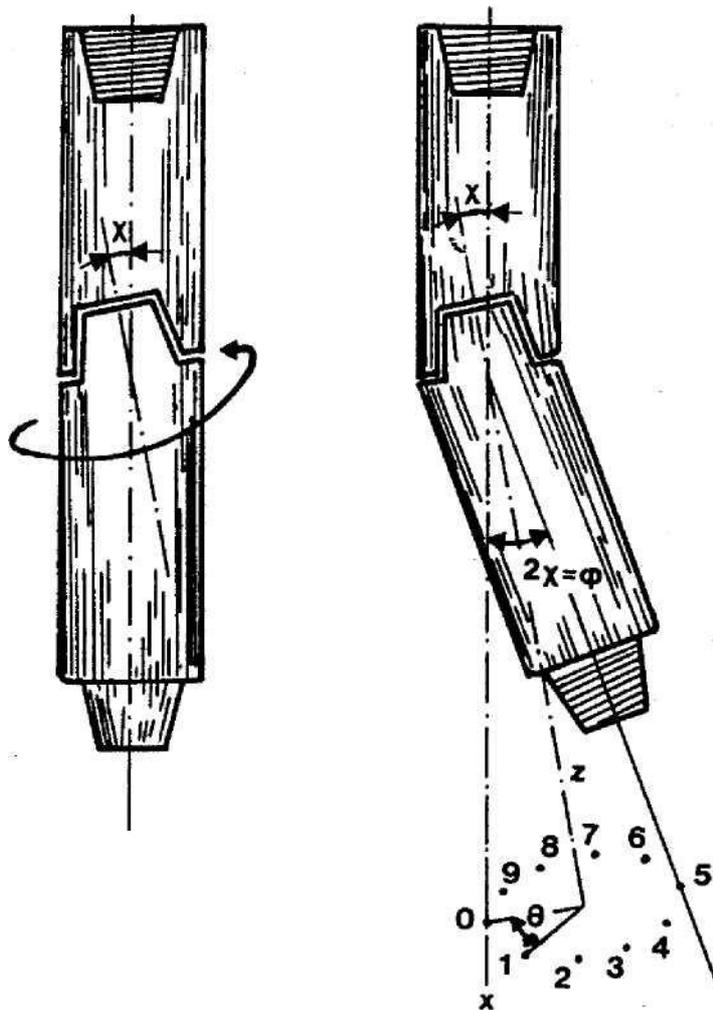
Whipstock για την όρυξη γεωτρήσεων μικρού τόξου

7.6.4 Το σύστημα Telepilot

Το σύστημα Telepilot (σχήμα 7.20) κατασκευάστηκε για να αντιμετωπιστεί η ανάγκη ανέλκυσης της διατρητικής στήλης στην επιφάνεια κάθε φορά που απαιτείται μεταβολή στην πορεία της γεώτρησης και ως εκ τούτου τοποθέτηση άλλου τύπου αντιβάρων με παρέκκλιση (bend-subs). Αποτελείται από ένα αντίβαρο με μεταβλητή κλίση, η λειτουργία του οποίου καθορίζεται από την επιφάνεια. Σε μια σειρά δέκα διαφορετικών θέσεων, το

αντίβαρο αυτό μπορεί να πραγματοποιήσει στροφή 360ο στο οριζόντιο επίπεδο, με ταυτόχρονη μεταβολή στη γωνία κλίσης (από 0ο ως μια μέγιστη τιμή που συνήθως είναι 2,5ο ή 3ο). Η επιθυμητή γωνία κλίσης επιλέγεται από την επιφάνεια με τηλεχειρισμό (ως εκ τούτου και ο χαρακτηρισμός του ως *remote controlled bent-sub*).

Στο σύστημα περιλαμβάνονται τα πλέον σύγχρονα όργανα εκτέλεσης μετρήσεων που αφορούν στην πορεία της γεώτρησης καθώς και *κινητήρας πυθμένα (downhole motor)* που τοποθετείται πίσω από το κοπτικό άκρο και έχει την δυνατότητα -με την κυκλοφορία της λάσπης- να το θέτει σε περιστροφή, χωρίς την ανάγκη περιστροφής του συνόλου της στήλης από την επιφάνεια. Το όλο σύστημα έχει επανειλημμένα αποδειχθεί ότι αποτελεί μηχανισμό εξαιρετικής ακρίβειας, που λειτουργεί εξίσου αποτελεσματικά κατά την όρυξη τόσο του καμπυλόγραμμου όσο και του εφαπτομενικού-οριζοντίου τμήματος της γεώτρησης.



Σχήμα 7.20. Τηλεχειριζόμενο αντίβαρο με κλίση

7.6.5 Πολυ κρυσταλλικά συμπαγή αδαμαντοτρώπανα

Η χρήση πολυκρυσταλλικών συμπαγών αδαμαντοτρυπάνων (*Polycrystalline Diamond Compact Bits-PDC Bits*), σε συνδυασμό με κινητήρες πυθμένα, συνέβαλλε στην αύξηση του χρόνου λειτουργίας και του διατρυθέντος μήκους από δεδομένη διάταξη διατρητικής στήλης μέσα στη γεώτρηση, καθώς και στην αύξηση του ρυθμού διάτρησης.

Λόγω της εξαιρετικής αντοχής τους επιτρέπουν τη διάτρηση μεγάλου μήκους με συνεχή λειτουργία ενός μόνο τύπου Β.Η.Α. Έχουν βασικά υποκαταστήσει πλέον τα τρίκωνα κοπτικά, ιδίως στις περιπτώσεις όρυξης κεκλιμένων γεωτρήσεων με εκτεταμένη οριζόντια μετατόπιση και στις οριζόντιες γεωτρήσεις μεγάλου τόξου.

Ανακοινώσεις όπως αυτή της εταιρείας Hughes Christensen, για τη διάτρηση μήκους 162.117 ft σε συνολικά είκοσι έξι (26) περιπτώσεις όρυξης τμημάτων γεωτρήσεων στον τομέα Denver-Julesberg Basin του Colorado, χρησιμοποιώντας κοπτικά PDC διαμέτρου $7\frac{7}{8}$ in, με 75.013 ft συνεχή λειτουργία χωρίς συντήρηση, 1.494 hr συνολικό χρόνο λειτουργίας και ρυθμό διάτρησης κατά μέσον όρο 108,43 ft/hr, δεν αποτελούν πλέον για το παρόν, πολύ δε περισσότερο για το μέλλον, αξιοπερίεργες ειδήσεις.

7.6.6 Διατρητικά στελέχη από αλουμίνιο

Η χρήση στελεχών από αλουμίνιο στη σύνθεση της στήλης είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος για την αντιμετώπιση των *αυξημένων δυνάμεων τριβής* μεταξύ διατρητικής στήλης και τοιχωμάτων γεώτρησης, του κύριου ίσως προβλήματος που συνδέεται με την όρυξη υπό κλίση. Η ανάπτυξη έντονων δυνάμεων τριβής, αντιμετωπίστηκε αποτελεσματικά χάρη στη δραστική μείωση του βάρους της στήλης, με τη χρήση των πολύ ελαφρύτερων διατρητικών στελεχών από αλουμίνιο, σε σύγκριση με εκείνα από χάλυβα, (Πίνακας 7.1). Η αποτελεσματικότητα των στελεχών από αλουμίνιο θα πρέπει να συνδυαστεί και με άλλες παραμέτρους όπως, η κυκλοφορία λάσπης με βάση το πετρέλαιο (oil-based mud) και, επομένως, υψηλή λιπαντική ικανότητα, η χρησιμοποίηση κινητήρων πυθμένα, καθώς και η ελάττωση των συχνών και απότομων αλλαγών (dog-legs) στην πορεία της γεώτρησης.

Πίνακας 7.1. Μηχανικά χαρακτηριστικά διατρητικών στελεχών από χάλυβα και από αλουμίνιο

	Χάλυβας Τύπος E	Αλουμίνιο
Εξωτ. διάμετρος στελέχους	5,00	5,15
Εσωτ. διάμετρος στελέχους	4,28	4,10
Εξωτ. διάμετρος συνδέσμου	7,00	7,00
Βάρος (lb/ft)		
• στον αέρα	21,40	13,20
• σε λάσπη ειδικού βάρους 10 lb/gal	18,10	8,49
• σε λάσπη ειδικού βάρους 12 lb/gal	17,50	7,56
• σε λάσπη ειδικού βάρους 14 lb/gal	16,80	6,62
Όριο εφελκυσμού (1000 lb.)	396,00	442,00
Όριο στρέψης (1000 lb.ft)	41,00	44,00
Όριο διάρρηξης (1000 psi)	13,00	11,40
Όριο αστοχίας (1000 psi)	8,10	9,50
Μέτρο ελαστικότητας (10^6 psi)	30,00	10,60

Η βελτιωμένη ευκαμψία των στελεχών από αλουμίνιο μειώνει περαιτέρω την ανάπτυξη δυνάμεων τριβής στις επιφάνειες επαφής με τους συνδέσμους, αυξάνοντας έτσι το χρόνο ζωής τους λόγω μειωμένων φθορών από καταπονήσεις. Ενώ εξαιτίας της ελαστικότητάς τους, τα στελέχη από αλουμίνιο κάμπτονται διπλάσια από τα χαλύβδινα πριν αποκτήσουν μόνιμη παραμόρφωση, χωρίς να υπολείπονται καθόλου ως προς τις μηχανικές τους ιδιότητες.

Η δυνατότητα χρησιμοποίησης *σύνθετης διατρητικής στήλης*, στη σύνθεση της οποίας συνδυάζονται στελέχη από χάλυβα και στελέχη από αλουμίνιο, επέτρεψε την τροποποίηση της τυπικής διάταξής της κατά τρόπο που να εξυπηρετεί τις ειδικές συνθήκες διάτρησης μιας κεκλιμένης ή οριζόντιας γεώτρησης. Στη νέα της μορφή, η στήλη φέρει στελέχη από αλουμίνιο στο οριζόντιο ή και στο κεκλιμένο τμήμα της, ώστε να μειωθεί δραστικά το βάρος της στο σύνολό, αλλά και τοπικά στα τμήματα εκείνα που

λόγω σχήματος συνεισφέρουν κατά πολύ στην ανάπτυξη των δυνάμεων τριβής. Ταυτόχρονα, τα τμήματα αυτά συμβάλλουν στη δημιουργία και άλλων σημαντικών τεχνικών προβλημάτων όπως, ο μη επαρκής καθαρισμός της γεώτρησης, η δυσχέρεια επιβολής του αναγκαίου επί του κοπτικού βάρους, η δυσκολία μετακίνησης του διατηρητικού εξοπλισμού και η αυξημένη τάση ενσφήνωσής του.

Με βασικό σκοπό τη δραστική μείωση του βάρους της στήλης, καταργείται η τοποθέτηση αντιβάρων πίσω από το κοπτικό άκρο. Αντίβαρα τοποθετούνται μόνο στο κεκλιμένο τμήμα -όπου η γωνία κλίσης είναι περί τις 40°-60°-, ενώ στο ανώτερο τμήμα της στήλης ως την επιφάνεια χρησιμοποιούνται διατηρητικά στελέχη αυξημένου βάρους. Με τη διάταξη αυτή, το ανώτερο, αυξημένου βάρους τμήμα της στήλης ωθεί προς τα εμπρός το κατώτερο, ελαφρύτερο τμήμα, προσδίνοντας ταυτόχρονα το απαιτούμενο για τη λειτουργία του κοπτικού άκρου βάρος. Επειδή ο συνδυασμός αυτός έχει ως αποτέλεσμα ένα σημαντικό τμήμα της στήλης να βρίσκεται υπό πίεση περιλαμβάνει *κινητήρα πυθμένα* ώστε μέσω αυτού να τίθεται σε περιστροφή το κοπτικό άκρο και να ελαχιστοποιείται η ανάγκη περιστροφής του συνόλου της στήλης από την επιφάνεια.

Στην περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται *κινητήρας πυθμένα* ή κρίνεται αναγκαία και η περιστροφή της στήλης από την επιφάνεια, απαιτείται η χρήση νέου τύπου και μεγάλης ισχύος γεωτρυπάνων ή κατάλληλα τροποποιημένων συμβατικών γεωτρυπάνων, εφοδιασμένων με το *ενιαίο μηχανικό σύστημα οδήγησης στην κορυφή (top-drive system)*.

7.6.7 Κινητήρες πυθμένα

Η περιστροφή του κοπτικού άκρου είναι δυνατόν να γίνεται είτε μέσω του κλασσικού συστήματος περιστροφής της διατρητικής στήλης (περιστροφική τράπεζα), είτε μέσω ενός *κινητήρα πυθμένα*. Στην πρώτη περίπτωση το κοπτικό άκρο συνδέεται απευθείας με τη διατρητική στήλη και ο συνδυασμός τους περιστρέφεται στο σύνολό του από την επιφάνεια. Στην δεύτερη περίπτωση παρεμβάλλεται κινητήρας πυθμένα μεταξύ του κοπτικού και της στήλης, η στήλη δεν περιστρέφεται ενώ ο κινητήρας πυθμένα ενεργοποιείται καθώς η λάσπη διέρχεται μέσω αυτού και προσδίδει την απαιτούμενη περιστροφή στο κοπτικό άκρο.

Εξαιτίας του ειδικού αυτού ρόλου, η χρήση των κινητήρων πυθμένα έτυχε ευρύτατης αποδοχής στην όρυξη κεκλιμένων και οριζοντίων γεωτρήσεων, όπου η ανάγκη περιστροφής από την επιφάνεια τόσο μεγάλου μήκους και βάρους διατρητικής στήλης αποτελεί σημαντικότατο πρόβλημα. Η χρήση τους συνδέεται άμεσα με το σχεδιασμό και την ανάπτυξη των σύγχρονων *συστημάτων οδήγησης* της γεώτρησης, δηλαδή χαρακτηριστικών διατάξεων του κατώτερου τμήματος της διατρητικής στήλης που στην απλούστερη μορφή τους περιλαμβάνουν ένα αντίβαρο υπό κλίση, τον κινητήρα πυθμένα και το κοπτικό άκρο (συνήθως τύπου PDC).

Οι συνεχείς ερευνητικές προσπάθειες των τελευταίων ετών στο σχεδιασμό και στη βελτίωση των χαρακτηριστικών των κινητήρων πυθμένα είχαν ως αποτέλεσμα να διατίθεται σήμερα μεγάλη ποικιλία στην αγορά με διαφορές στο *μέγεθος, στην ταχύτητα περιστροφής τους αλλά και στην περιστροφή που αποδίδουν στο κοπτικό άκρο* ανάλογα με τις συνθήκες διάτρησης και τον τύπο του κοπτικού. Η τοποθέτησή τους πάνω στη διατρητική στήλη και ο συνδυασμός τους με άλλα όργανα, διαφοροποιούν μεταξύ τους τα διαθέσιμα συστήματα οδήγησης (σχήμα 7.22).

7.6.8 Ενιαίο σύστημα οδήγησης στην κορυφή του γεωτρυπάνου (top-drive system)

Το σύστημα αυτό (σχήμα 7.23) έχει πλήρως αντικαταστήσει τη χρήση της περιστροφικής τράπεζας και διαχειρίζεται από την θέση του πάνω στον πύργο του γεωτρυπάνου όλες τις βασικές λειτουργίες: *ανέλκυση και καθέλκυση διατρητικής στήλης, κοχλίωση, αποκοχλίωση, αποθήκευση στελεχών, περιστροφή διατρητικής στήλης, επιβολή βάρους επί του κοπτικού, κυκλοφορία λάσπης*. Παράλληλα, παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια για την προώθηση και περιστροφή στήλης τόσο μεγάλου μήκους και αυξημένου βάρους, αλλά και την κυκλοφορία της λάσπης κάθε φορά που αυτό κρίνεται αναγκαίο και με στόχο την αντιμετώπιση των επικρατούντων δυσχερών συνθηκών διάτρησης (εξαιτίας κυρίως της ανάπτυξης δυνάμεων τριβής κατά τη λειτουργία της στήλης μέσα στη γεώτρηση).

Στο σχήμα 7.24 παρουσιάζονται τα βασικά στάδια λειτουργίας του συστήματος, στην εκτέλεση των οποίων πρωταρχικό ρόλο παίζει η παρουσία ενός κινητήρα μεγάλης ισχύος και ανυψωτικής ικανότητας. Αν και οι σχετικές μελέτες είναι περιορισμένες και δεν έχουν ακόμα αποτιμηθεί ποσοτικά τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του ωστόσο, είναι γεγονός η αποτελεσματικότητά του στην περιστροφή και στη μετακίνηση των διατρητικών στελεχών με την ταυτόχρονη κυκλοφορία λάσπης.

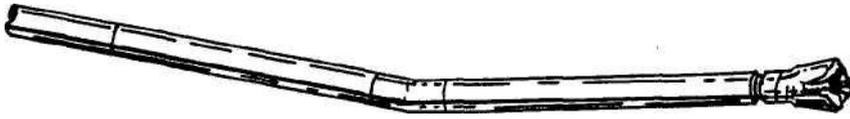
Αλλα εξίσου σημαντικά πλεονεκτήματα που σχετίζονται με τη χρήση του συστήματος αυτού αποτελούν:

- η δυνατότητα προώθησης, ανέλκυσης και αποθήκευσης των διατρητικών στελεχών ανά τριάδες (triples), συνολικού μήκους 90 ft,
- η μείωση κατά ένα τρίτο του χρόνου που απαιτείται για την κοχλίωση ή την αποκοχλίωση των στελεχών,
- η δυνατότητα διάτρησης "προς τα πίσω" (backreaming) με σκοπό τη διεύρυνση ή την απόξεση των τοιχωμάτων του τμήματος της γεώτρησης που έχει ήδη διανοιχθεί, χωρίς να απαιτείται απομάκρυνση του αντίστοιχου

τμήματος της στήλης από τη γεώτρηση αλλά απλή ανύψωσή του,

- η δυνατότητα προώθησης των στοιχείων της σωλήνωσης προς τη γεώτρηση υπό περιστροφή και ταυτόχρονη κυκλοφορία λάσπης,

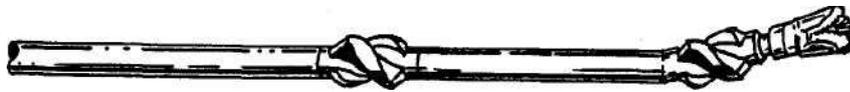
- η εκτέλεση των διαδικασιών που σχετίζονται με τη διακίνηση και την αποθήκευση διατρητικών στελεχών μεγάλου βάρους με αυτοματοποιημένα συστήματα από απόσταση (ασφάλεια εργαζομένων).



A. Κινητήρας - Αντίβαρο υπό παρέκκλιση - Κοπτικό άκρο.

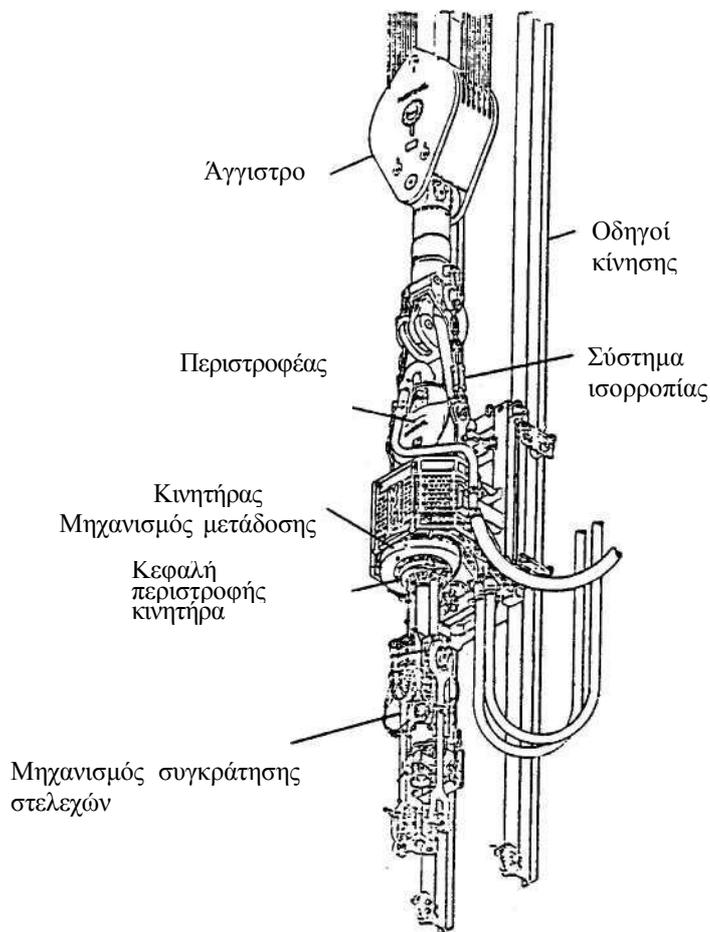


B. Κινητήρας υπό κλίση - Αντίβαρο υπό κλίση - Κοπτικό άκρο.

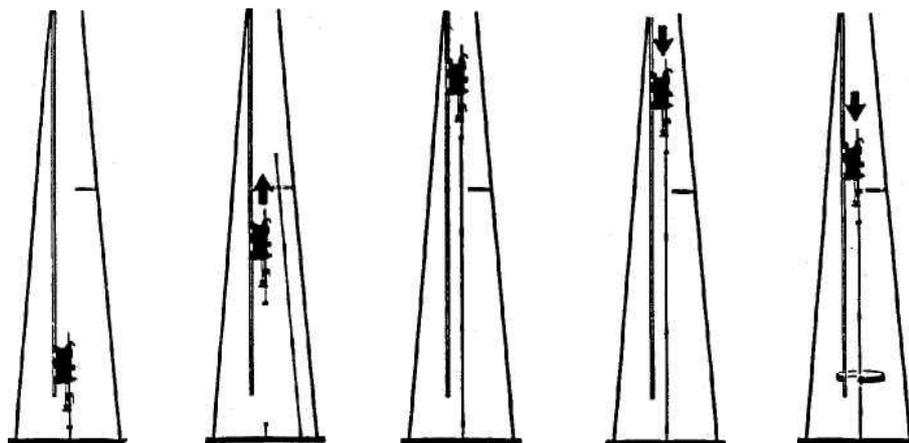


Γ. Σταδεροποιητής - Κινητήρας υπό κλίση - Σταδεροποιητής - Κοπτικό άκρο.

Σχήμα 7.22. Διατάξεις B.H.A. με χρήση κινητήρα πυθμένα



Σχήμα 7.23. Σύστημα οδήγησης στην κορυφή του γεωτρύπανου (top-drive system)



Ανύψωση κινητήρα

Εναρξη κυκλοφορίας λάσπης

- Ανύψωση στελεχών σε τριάδες (triples)
- Πρόσδεση κινητήρα στα διατρητικά στελέχη

Εναρξη διάτρησης

Διακοπή κυκλοφορίας λάσπης
Αποδέσμευση κινητήρα από διατρητική στήλη

Πρόσδεση

Πρόσδεση στελεχών στη διατρητική στήλη

Σχήμα 7.24. Στάδια λειτουργίας του συστήματος top-drive

Αν και οι θεωρητικές εκτιμήσεις συνηγορούν στο ότι η χρήση του συστήματος είναι δυνατό να μειώσει το κόστος όρυξης κατά 20-25%, ωστόσο στην πράξη τα αποτελέσματα δεν είναι ακόμα τόσο ευνοϊκά. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι κατά την όρυξη έξι (6) κεκλιμένων γεωτρήσεων από την ίδια θαλάσσια εξέδρα κοντά στο νησί Mustang, Texas, Η.Π.Α., επιτεύχθηκε κατά μέσο όρο μείωση 11,3% και 6% στο χρόνο και στο κόστος όρυξης αντίστοιχα (Πίνακας 7.2).

Στα πλαίσια άλλου προγράμματος όρυξης έξι (6) οριζοντίων γεωτρήσεων με εκτεταμένη οριζόντια μετατόπιση στον τομέα Winter, Alberta, Καναδάς, η χρήση του ενιαίου συστήματος οδήγησης στην κορυφή του γεωτρύπανου εκτιμάται ότι συνέβαλλε σε μείωση του κόστους όρυξης περίπου 10%, σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατίθενται στον Πίνακα 7.3.

Πίνακας 7.2.

Γεώτρηση	Κόστος Top Drive (S)	Εξοικονόμηση χρόνου (hr)	Ακαθάριστο κέρδος (S)	Κέρδος/γεώτρηση (S)
1	29.900	21	27.300	-2.600
2	21.500	40	52.000	30.500
3	20.900	18	18.800	-2.100
4	18.500	16	16.700	-1.800
5	17.400	14	13.800	-3.600
6	18.450	15	15.500	-2.950
Σύνολο	126.650	124	144.100	17.450

Πίνακας 7.3.

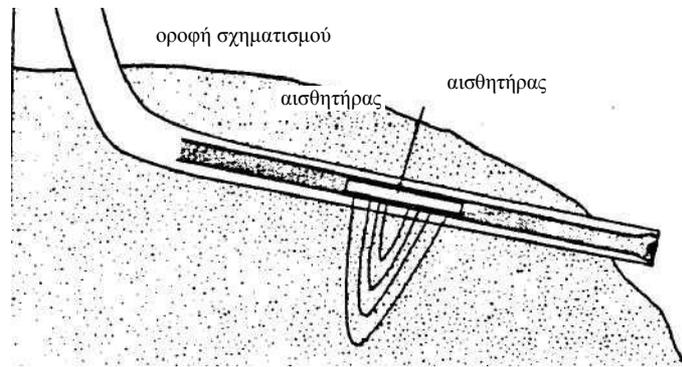
	Γεώτρηση 1	Γεώτρηση 2	Γεώτρηση 3
Μείωση χρόνου:			
• διάτρησης γεώτρησης	13.7	13.8	6.4
• ολοκλήρωσης γεώτρησης	9.2	10.1	5.0
Μείωση κόστους:			
• διάτρησης γεώτρησης	7.2	7.6	2.8
• ολοκλήρωσης γεώτρησης	5.0	4.6	2.2

7.6.9 Συστήματα εκτέλεσης μετρήσεων κατά τη διάτρηση (Measurements-While-Drilling Systems-M.W.D)

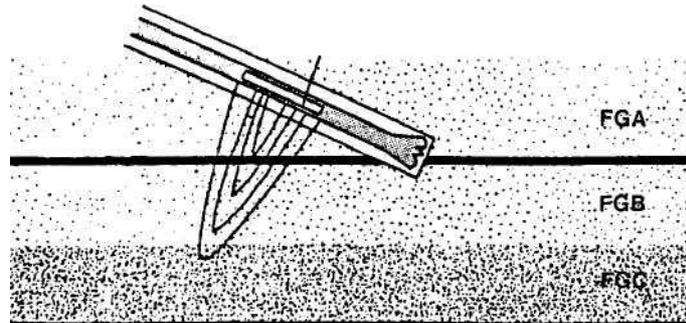
Επαναστατική μπορεί να χαρακτηριστεί η χρήση, από το 1976, των

συστημάτων *M.W.D.*, αρχικά ως οργάνων εκτέλεσης μετρήσεων που αφορούν στην πορεία της γεώτρησης και στη συνέχεια ως οργάνων καταγραφής μιας σειράς παραμέτρων που σχετίζονται τόσο με τη διάτρηση όσο και με το περιβάλλον εντός του οποίου πραγματοποιείται αυτή.

Η τεχνική των συστημάτων βασίζεται στη χρήση "προχωρημένης" τεχνολογίας *αισθητήρων (sensors)*, που τοποθετούνται σε μικρή απόσταση πίσω από το κοπτικό άκρο, (σχήμα 7.25). Τα στοιχεία αυτά παρακολουθούν σε συνεχή βάση την πορεία της γεώτρησης, τις παραμέτρους διάτρησης και τις ιδιότητες των πετρωμάτων, καθιστώντας δυνατή την απόκτηση *πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο (real-time data)*, συγχρόνως με τη διάτρηση.



Σχήμα 7.25. Χρήση συστήματος M.W.D. για τον εντοπισμό των ορίων του σχηματισμού

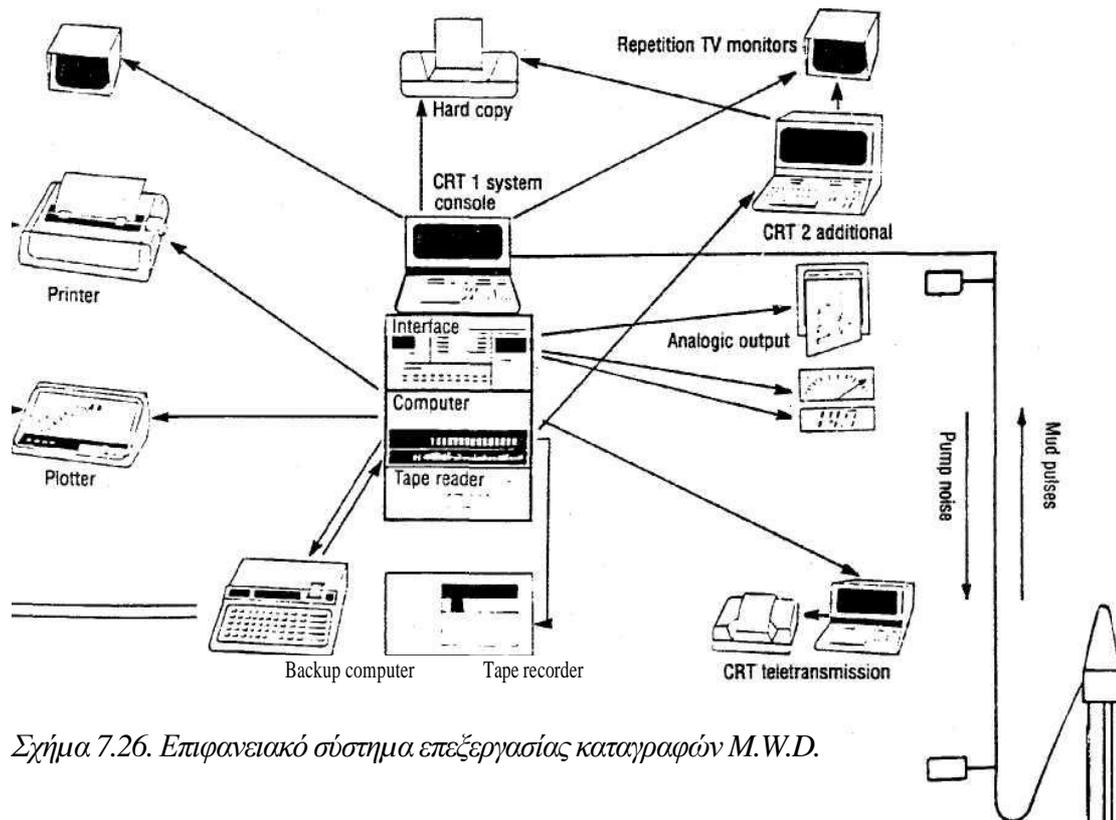


Οι πληροφορίες που συλλέγονται, μεταφέρονται στην επιφάνεια -συνήθως κάθε φορά που κατόπιν εντολής αρχίζει ή σταματά η κυκλοφορία της λάσπης- (σχήμα 7.26), και στη συνέχεια μέσω κατάλληλης διαδικασίας παρουσιάζονται στην επιφάνεια υπό αναλογική ή ψηφιακή μορφή και καταγράφονται, ώστε μετά την επεξεργασία τους να είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων και η λήψη αποφάσεων για τη συνέχιση της διάτρησης. Ο αρχικός σκοπός χρησιμοποίησης των συστημάτων M.W.D. ήταν η εκτέλεση μετρήσεων που αφορούν στην πορεία της γεώτρησης ταυτόχρονα με την όρυξη της (*real time directional surveys*) και στον προσανατολισμό των οργάνων πρόσδωσης παρέκκλισης (*toolface angles*). Η χρήση τους σήμερα έχει επεκταθεί σε ένα πολύ ευρύτερο φάσμα. Υπάρχει δυνατότητα εκτέλεσης μετρήσεων που αφορούν στις παραμέτρους της διάτρησης σε πραγματικό χρόνο (*downhole data while drilling*), όπως είναι το βάρος-επί-του-κοπτικού, η ταχύτητα περιστροφής, η ταχύτητα διάτρησης, η πίεση και η θερμοκρασία εντός και εκτός των διατρητικών στελεχών.

7.6.10 Συστήματα οδήγησης του κοπτικού άκρου (*Steerable drilling systems*)

Μια συνηθισμένη διάταξη ενός συστήματος οδήγησης περιλαμβάνει το κοπτικό άκρο, τον κινητήρα πυθμένα, τα όργανα M.W.D. και τους σταθεροποιητές (σχήμα 7.27). Ο σχεδιασμός της διάταξης καθορίζεται από τον τύπο της τροχιάς της γεώτρησης και ποιο συγκεκριμένα από τις γωνιακές συνθήκες υπό τις οποίες θα διατρυθεί το επόμενο τμήμα. Στόχος είναι η αποφυγή της ανέλκυσης της διατρητικής στήλης στην επιφάνεια κάθε φορά που απαιτείται αλλαγή του προσανατολισμού της τροχιάς της γεώτρησης. Η οδήγηση του κοπτικού επιτυγχάνεται:

- κάθε φορά που απαιτείται αλλαγή στη πορεία του ("orienting mode") και
- κάθε φορά που απαιτείται συνέχιση της διάτρησης υπό σταθερή πορεία ("rotating mode").



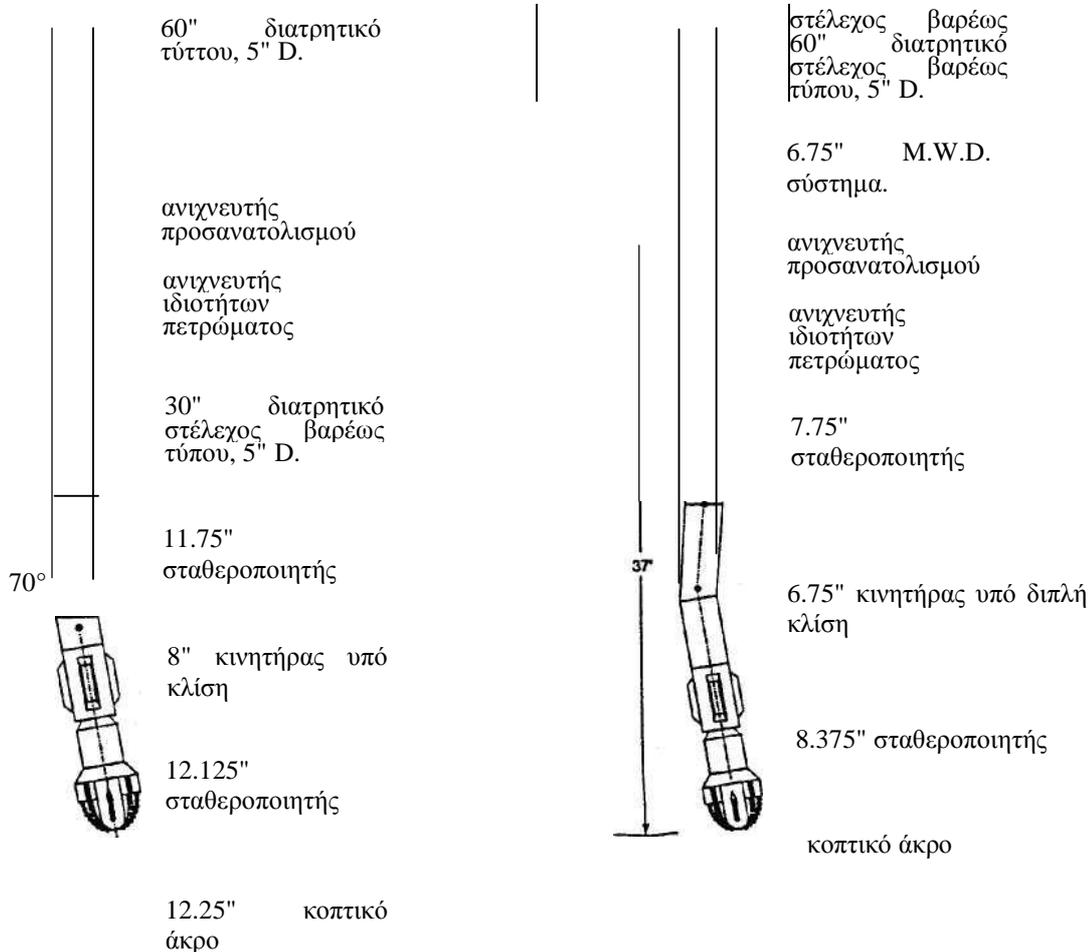
Σχήμα 7.26. Επιφανειακό σύστημα επεξεργασίας καταγραφών M.W.D.

Στην πρώτη περίπτωση η διατρητική στήλη δεν περιστρέφεται από την επιφάνεια -αν και υπάρχει η δυνατότητα αυτή σε περίπτωση που χρειαστεί- ενώ το κοπτικό άκρο περιστρέφεται μέσω του κινητήρα πυθμένα που τοποθετείται ακριβώς πίσω του. Η υπόλοιπη διάταξη του κατώτερου τμήματος της στήλης είναι κατά τέτοιο τρόπο σχεδιασμένη, ώστε να προσδίδει στο κοπτικό άκρο πλευρική δύναμη που το ωθεί σε παρέκκλιση από την υφιστάμενη πορεία.

Στη δεύτερη περίπτωση και ενώ συνεχίζεται η περιστροφή του κοπτικού άκρου μέσω και του κινητήρα πυθμένα, το σύνολο της διατρητικής στήλης περιστρέφεται από την επιφάνεια μέσω της περιστροφικής τράπεζας. Εξαιτίας αυτής της κίνησης της στήλης, η πλευρική δύναμη που ωθεί το κοπτικό εκτός πορείας δεν δρα πλέον σημειακά, αλλά καθ' όλη την περίμετρο του. Ως αποτέλεσμα μηδενίζεται η τάση παρέκκλισής του και η γεώτρηση ακολουθεί σταθερή πορεία.

7.6.11 Συστήματα γεωπροσανατολισμού της γεώτρησης (steerable systems)

Η επιτυχημένη προσέγγιση του προκαθορισμένου "σημείου εισόδου" της γεώτρησης εντός του στόχου ενδιαφέροντος (π.χ. παραγωγική ζώνη), αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την έκβαση του γεωτρητικού προγράμματος. Η επιτυχία του κρίνεται άμεσα από την επιτυχημένη ή μη προσέγγιση του συγκεκριμένου σημείου, μέσω προκαθορισμένης τροχιάς και με πολύ μικρά περιθώρια παρέκκλισης τόσο από αυτή, όσο και από τη θέση του εν λόγω σημείου. Αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία λόγω:



Σχήμα 7.27. Συστήματα οδήγησης κοπτικού άκρου

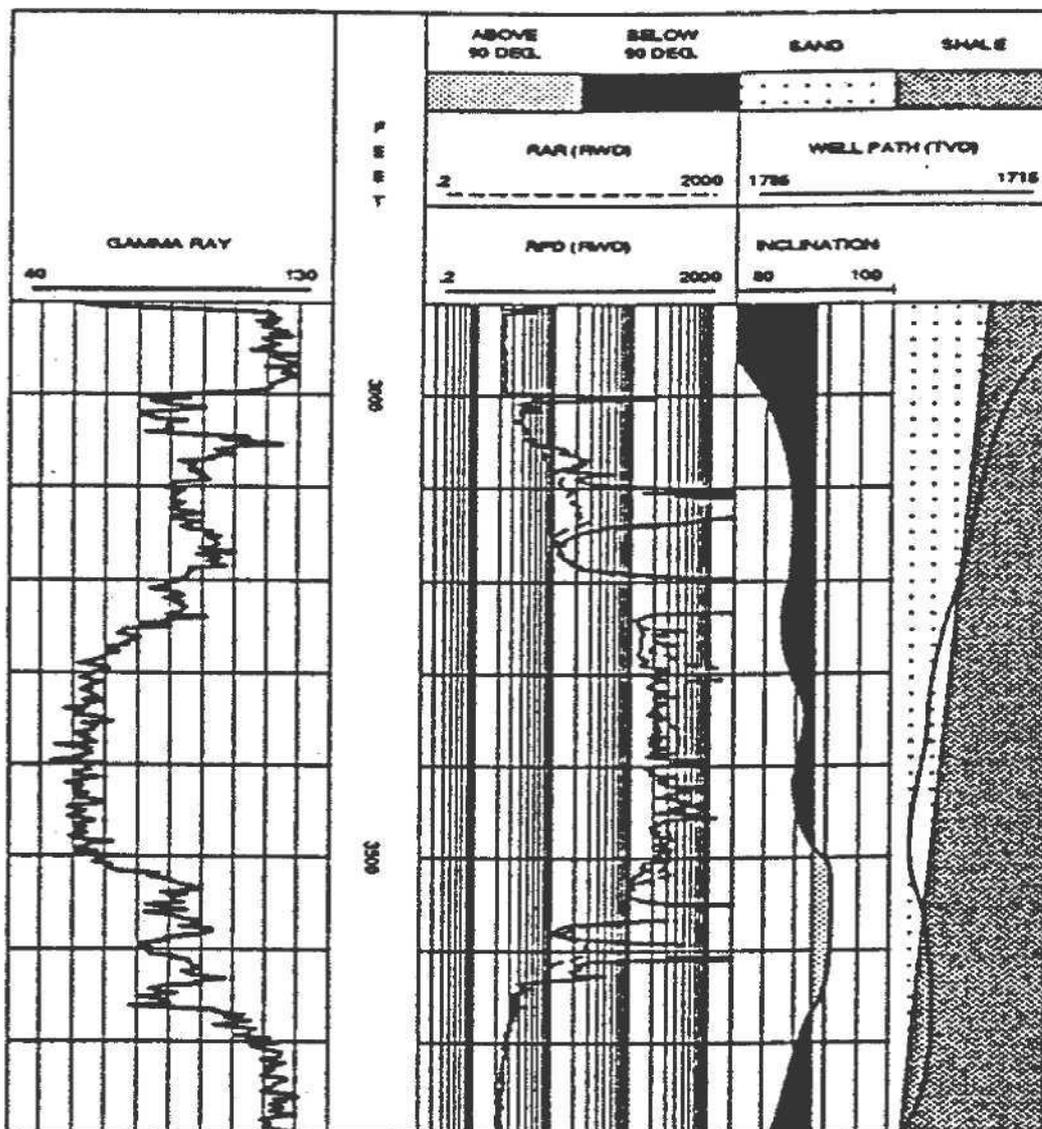
■ της αδυναμίας να καθοριστεί με ακρίβεια η θέση του στόχου, αφού τόσο οι γεωφυσικοί όσο και οι γεωλόγοι με τη χρήση του υπάρχοντος εξοπλισμού δεν είναι σε θέση να προσδιορίσουν επακριβώς το βάθος του και,

■ των εξαιρετικά περιορισμένων αποδεκτών ορίων προσέγγισης της ζώνης ενδιαφέροντος ειδικά όταν πρόκειται για σχηματισμούς μικρού πάχους, σε μεγάλο βάθος και σε μεγάλη οριζόντια απόσταση από τη θέση έναρξης της γεώτρησης στην επιφάνεια.

Ένα μικρό λάθος στον προσδιορισμό της κλίσης του σχηματισμού ενδιαφέροντος μπορεί να οδηγήσει μια οριζόντια γεώτρηση εκτός της παραγωγικής ζώνης. Αυτό που επομένως ενδιαφέρει είναι η προσαρμογή της πορείας της γεώτρησης ως προς τη χωρική τοποθέτηση του "σχηματισμού στόχου", η θέση του οποίου συνεχώς επαναπροσδιορίζεται

και αποσαφηνίζεται με τη λήψη και επεξεργασία νέων, κάθε φορά, μετρήσεων.

Η εκτέλεση μετρήσεων μέσω των συστημάτων *M. W.D.* ταυτόχρονα με τη διάτρηση, από τις ειδικές διατάξεις διαφόρων τύπων *διαγραφιών (Loggings-While-Drilling Systems-L.W.D.)* αφορούν ιδιότητες των πετρωμάτων εντός των οποίων ορύσσεται η γεώτρηση (σχήμα 7.28). Οι μετρήσεις αυτές επιτρέπουν τη σαφή οριοθέτηση των σχηματισμών στο επόμενο διάστημα που θα διατρυθεί (περίπου στα επόμενα 20 πόδια), τη διαστρωμάτωση, ρωγματώσεις, ρήγματα, τυχόν ύπαρξη ρευστών, τη διεπιφάνεια διαφορετικού τύπου ρευστών κλπ. Με τον όρο *γεωπροσανατολισμός* αναφερόμαστε στην εκτέλεση των μετρήσεων που συμβάλλουν στον προσανατολισμό της πορείας της γεώτρησης σε πραγματικό χρόνο, τη καταγραφή των πληροφοριών που αφορούν στα γεωλογικά χαρακτηριστικά του υπεδάφους και στις φυσικές ιδιότητες των πετρωμάτων εντός των οποίων πραγματοποιείται η όρυξη και στην ορθολογική συσχέτισή τους με τη χρήση της πληροφορικής. Βρίσκει κυρίως εφαρμογή κατά τη φάση προσέγγισης και διέλευσης μέσω της επιλεγμένης ζώνης ενδιαφέροντος και έχει ως αποτέλεσμα τη βελτιστοποίηση της τοποθέτησης της γεώτρησης εντός της παραγωγικής ζώνης.



Σχήμα 7.28. Συνδυασμός μετρήσεων M.W.D. και L.W.D.

7.7 Σχεδιασμός κεκλιμένων-οριζόντιων γεωτρήσεων

Στη φάση του αρχικού σχεδιασμού, επιβάλλεται να προσδιοριστεί η θέση πολλαπλών σημείων επί του άξονα της γεώτρησης σε σχέση με σημείο έναρξης της στην επιφάνεια. Οι παράμετροι που προσδιορίζουν ακριβώς τη θέση κάθε σημείου στο χώρο είναι: η γωνία κλίσης, η γωνία διεύθυνσης, το ολικό μετρούμενο βάθος, το πραγματικό κατακόρυφο βάθος, η ολική οριζόντια μετατόπιση και οι συντεταγμένες A-Δ και B-N,. έτσι όπως αυτές έχουν οριστεί στην ενότητα 7.2 του παρόντος Κεφαλαίου. Η τροχιά μιας γεώτρησης μπορεί να αλλάζει μόνο ως προς την κλίση ή μόνο ως προς τη διεύθυνση, μπορεί όμως να αλλάζει ταυτοχρόνως και προς τις

δύο παραμέτρους ακολουθώντας μια ελικοειδή μορφή στο χώρο. Η βασική μορφή της τροχιάς μπορεί να περιλαμβάνει τέσσερα διαφορετικού τμήματα, είτε χωριστά είτε σε συνδυασμούς (σχήμα 7.29).

1. Τμήμα μεταβολής της γωνίας κλίσης-καμπυλόγραμμο τμήμα (τμήμα 1-2)
2. Εφαπτομενικό ευθύγραμμο τμήμα με σταθερές γωνίες κλίσης και διεύθυνσης (τμήμα 2-3)
3. Τμήμα ελικοειδούς στροφής (μεταβολή της γωνίας διεύθυνσης) (τμήμα 3-4).
4. Τμήμα ταυτόχρονης μεταβολής των γωνιών κλίσης και διεύθυνσης (τμήμα 4-5)

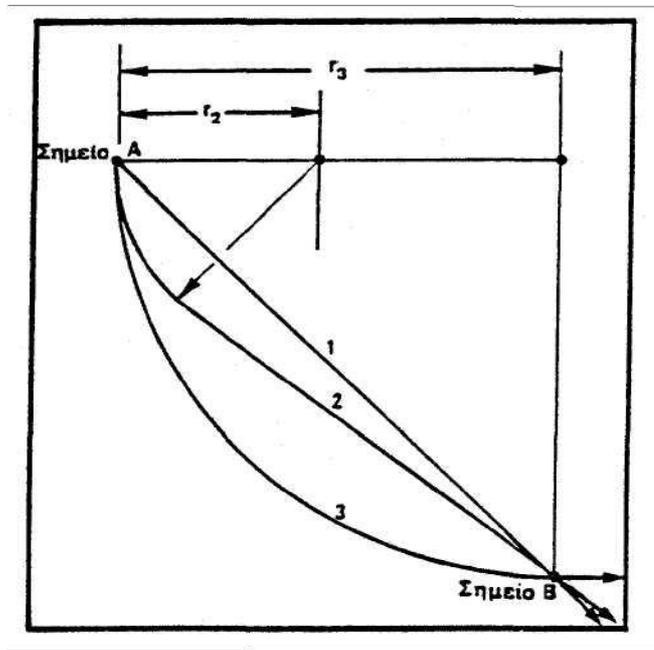
Εάν η τροχιά μεταβάλλεται μόνο ως προς τη γωνία κλίσης, επομένως, κείται σε ένα κατακόρυφο επίπεδο, ο σχεδιασμός είναι απλός. Μια γραφική επίλυση του προβλήματος αποτελεί η απεικόνιση στο σχήμα 7.30 όπου παρουσιάζονται τρεις πιθανοί τρόποι σχεδιασμού. Η τροχιά (1) έχει σχεδιαστεί με μηδενική ακτίνα καμπυλότητας ώστε να μην υπάρχει καμπυλόγραμμο τμήμα, η τροχιά (3) έχει σχεδιαστεί με τη μέγιστη ακτίνα καμπυλότητας και δεν υπάρχει εφαπτομενικό τμήμα και η τροχιά (2) αποτελεί ενδιάμεση μορφή και περιλαμβάνει καμπυλόγραμμο αρχικά τμήμα και εφαπτομενικό στη συνέχεια. Έτσι, το συνολικό μήκος της τροχιάς μπορεί να κυμαίνεται από μια ελάχιστη τιμή (τροχιά 1) έως μια μέγιστη τιμή (τροχιά 3). Στην πράξη, βέβαια, αντιμετωπίζονται πολύ πιο σύνθετες μορφές με συνεχείς αλλαγές τόσο στο κατακόρυφο όσο και στο οριζόντιο επίπεδο.

7.7.1 Μέθοδοι υπολογισμού της τροχιάς

Η ανάγκη ελέγχου της πορείας της γεώτρησης, οδήγησε στην ανάπτυξη αναλυτικών μεθόδων οι οποίες, με τη βοήθεια τριγωνομετρικών σχέσεων, υπολογίζουν τις παραμέτρους που απαιτούνται για τον προσδιορισμό της

τροχιάς της γεώτρησης. Κατά τη φάση της όρυξης, επί καθορισμένων σημείων (i) της τροχιάς εκτελούνται μετρήσεις που αφορούν:

- στη γωνία κλίσης (I_i)
- στη γωνία διεύθυνσης (A_i), και
- στο διατρυθέν διάστημα (MD_i) σε κάθε σημείο (i).



Σχήμα 7.30. Εναλλακτικές μορφές της τροχιάς μεταξύ δύο σημείων σταθμών Α και Β

Τα σημεία αυτά ονομάζονται σταθμοί (survey stations). Με βάση τις μετρήσεις αυτές, προσδιορίζονται οι υπόλοιπες παράμετροι των σημείων όπως:

- το πραγματικό κατακόρυφο βάθος (TVDi),
- η ολική οριζόντια μετατόπιση (HDSi)
- η συντεταγμένη Α-Δ (EWi), και
- η συντεταγμένη Β-Ν (NSi),

έτσι ώστε τα σημεία να είναι απολύτως προσδιορισμένα στο χώρο, αλλά και να είναι εφικτή η γραφική αναπαράσταση της τροχιάς. Είναι εφικτό, έχοντας το σύνολο των παραμέτρων για κάθε σταθμό, να προσδιοριστεί η ακριβής θέση και ενδιάμεσων σημείων της τροχιάς ώστε να υπάρξει η αναλυτική μορφή της.

Οι μετρήσεις παρέχονται σε τριάδες (P_i , A_i , MD_i) για κάθε σταθμό i . Θεωρώντας τις μετρήσεις αυτές σε δύο συνεχόμενους σταθμούς i και $i+1$ προσδιορίζουμε, μέσω των αναλυτικών μεθόδων, τις μεταβολές των παραμέτρων:

- μεταβολή πραγματικού κατακόρυφου βάθους μεταξύ σταθμού i και

$i+1$ (ΔVD),

- μεταβολή οριζόντιας μετατόπισης μεταξύ σταθμού i και $i+1$ (ΔD)
- μεταβολή συντεταγμένης $A-\Delta$ μεταξύ σταθμού i και $i+1$ (ΔE) και
- μεταβολή συντεταγμένης $B-N$ μεταξύ σταθμού i και $i+1$ (ΔN)

Κάθε τέτοια μεταβολή από το σταθμό i στο σταθμό $i+1$, προστίθεται στην αντίστοιχη τιμή του προηγούμενου σταθμού (i) για να προκύψουν οι κανονικές τιμές στο σταθμό $i+1$.

Πρακτικά, για κάθε σημείο στο χώρο πρέπει να είναι ορισμένες οι συντεταγμένες (x,y,z) ως προς ένα τρισσορθογώνιο σύστημα αναφοράς. Στην περίπτωσή μας, το 3/ορθογώνιο σύστημα αξόνων είναι αυτό που διέρχεται από το σημείο έναρξης της γεώτρησης στην επιφάνεια ή το σημείο πρώτης παρέκκλισης (kop) και για το οποίο ισχύει:

- ◆ Ο θετικός ημιάξονας των x , να ταυτίζεται με τον άξονα μαγνητικής πυξίδας που καθορίζει την Ανατολή, ενώ ο αρνητικός με τη Δύση.

- ◆ Ο θετικός ημιάξονας των y , να ταυτίζεται με τον άξονα που καθορίζει το Βορρά, ενώ ο αρνητικός το Νότο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Στην περίπτωση όπου μια γεώτρηση έχει επιτυχές αποτέλεσμα (κυρίως αναφερόμαστε στην όρυξη γεωτρήσεων στον τομέα των υδρογονανθράκων), πρέπει να ακολουθήσει μια σειρά εργασιών που διαμορφώνουν το πηγάδι σε παραγωγικό σύστημα. Οι εργασίες αυτές αποβλέπουν, αφενός, στον έλεγχο της ποιότητας των υδρογονανθράκων και, αφετέρου, στην απρόσκοπτη παραγωγή. Οι εργασίες αυτές είναι γνωστές με τον όρο *ολοκλήρωση (τελείωμα-completion)* της γεώτρησης. Παρά το γεγονός ότι το θέμα της ολοκλήρωσης των γεωτρήσεων άλλοτε εντάσσεται στον τομέα της διάτρησης και άλλοτε στον τομέα της παραγωγής (σαν μια διαδικασία που συνδέει τις δύο φάσεις) θεωρήθηκε χρήσιμη η αναφορά του, έστω και εν συντομία, για να δοθεί μια περισσότερο ολοκληρωμένη προσέγγιση.

8.1 Έλεγχος της παρουσίας και της ποιότητας των υδρογονανθράκων

Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται πριν την έναρξη των κυρίως εργασιών ολοκλήρωσης. Χρησιμοποιούνται ειδικά δειγματοληπτικά όργανα (*formation testers*) τα οποία λειτουργούν στο περιβάλλον της γεώτρησης, χωρίς δηλαδή να είναι απαραίτητο να έχει αφαιρεθεί η λάσπη διάτρησης. Με τη βοήθεια των οργάνων αυτών είναι δυνατή η δειγματοληψία υγρού ή αερίου από το σχηματισμό ενδιαφέροντος. Τα δειγματοληπτικά όργανα προσαρμόζονται στο άκρο της διατρητικής στήλης και εισάγονται στη γεώτρηση (σχήμα 8.1, Α). Όταν το όργανο φθάσει στο βάθος στο οποίο υπάρχουν ενδείξεις υδρογονανθράκων, απομονώνεται το υπερκείμενο τμήμα της γεώτρησης με ένα ειδικό πάωμα (*packer*) το οποίο διαστέλλεται αυτομάτως όταν το δειγματοληπτικό όργανο φθάσει στο σημείο της

δειγματοληψίας (σχήμα 8.1, Β). Οι βαλβίδες στο κατώτερο τμήμα του δειγματοληπτικού οργάνου επιτρέπουν την είσοδο των ρευστών μέσα σε αυτό σε συνδυασμό και με την υποπίεση που διαμορφώνεται μέσα στη διατρητική στήλη (σχήμα 8.1, Γ). Όταν συλλεχθεί ικανή ποσότητα δείγματος, γίνεται ανέλκυση της διατρητικής στήλης, το πώμα συστέλλεται για να επιτρέψει την άνοδο της στήλης, οι βαλβίδες του δειγματοληπτικού οργάνου κλείνουν και το δείγμα συγκρατείται μέσα στο δειγματολήπτη (σχήμα 8.1 Δ). Καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας καταγράφεται και η πίεση στο δειγματοληπτικό όργανο με αποτέλεσμα να υπάρχει ένδειξη για τις πιέσεις που επικρατούν μέσα στο σχηματισμό.

8.2 Ολοκλήρωση σωληνωμένων γεωτρήσεων

Όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 2, η παραγωγική σωλήνωση είναι η στήλη η οποία επενδύει τη γεώτρηση σε όλο το βάθος της και καλύπτει και την παραγωγική ζώνη. Τοποθετείται στο πηγάδι και τσιμεντώνεται. Η σωλήνωση, με το πέρας της τοποθέτησής της, παραμένει γεμάτη λάσπη από τη διάτρηση αλλά και από την τσιμεντώση. Το σύστημα καθαρίζεται με την κυκλοφορία ρευστών περισσότερο συμβατών με το περιβάλλον της παραγωγικής ζώνης, όπως νερό ή πετρέλαιο. Για την αποκατάσταση της επικοινωνίας μεταξύ του παραγωγικού σχηματισμού και του τμήματος της γεώτρησης γύρω από τον πυθμένα της, η σωλήνωση *διατρύπεται περιμετρικά (perforation)*.

Για τον σκοπό αυτό ειδική συσκευή καταβιβάζεται στη γεώτρηση με συρματόσχοινο, εκπυρσοκροτεί και διατρύπα τη σωλήνωση, την τσιμεντώση και τον σχηματισμό. Στο σχήμα 8.2 παρουσιάζεται μια τέτοια συσκευή η οποία λειτουργεί περίπου όμοια με ένα όπλο τύπου bazookas. Το αποτέλεσμα είναι η διαμόρφωση ενός διάτρητου τμήματος στη γειτονία του

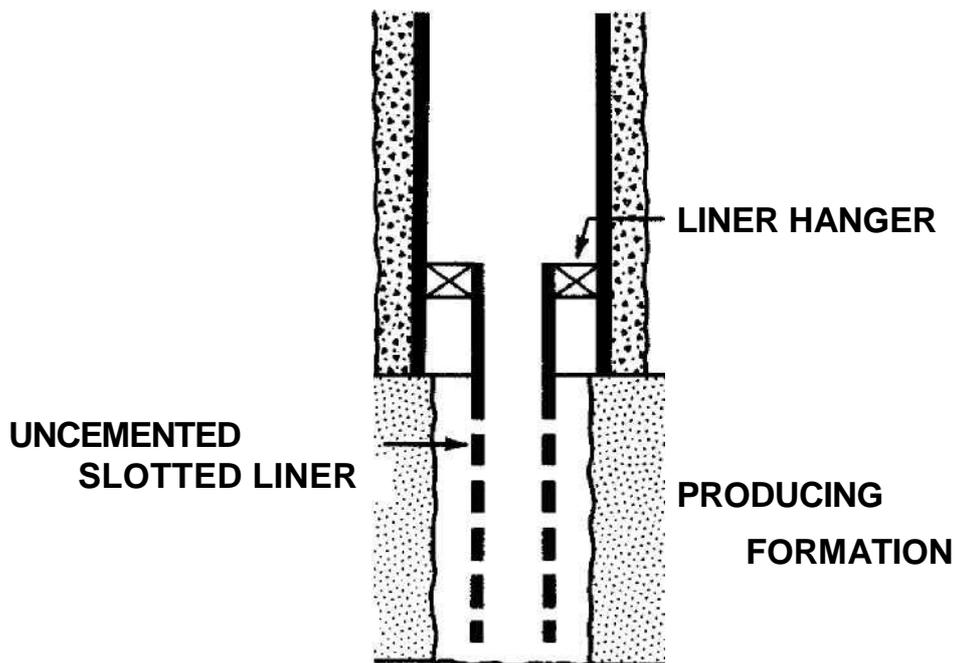
παραγωγικού σχηματισμού, έτσι ώστε το πετρέλαιο ή το αέριο να μπορεί να ρέει από την παραγωγική ζώνη μέσα στη γεώτρηση και από εκεί να αντλείται στην επιφάνεια.

8.3 Ολοκλήρωση μη σωληνωμένων γεωτρήσεων

Αν και δεν αποτελεί πλέον συνηθισμένη διαδικασία, ακολουθείται στις περιπτώσεις όπου μόνιμη σωλήνωση μέσα στον παραγωγικό σχηματισμό δεν είναι απαραίτητη. Η ολοκλήρωση μιας μη σωληνωμένης γεώτρησης (απουσία της παραγωγικής σωλήνωσης) περιλαμβάνει τις ακόλουθες εργασίες: Η γεώτρηση ορύσσεται κανονικά και επενδύεται με σωλήνωση έως το βάθος που βρίσκεται η οροφή του παραγωγικού σχηματισμού. Η διάτρηση της παραγωγικής ζώνης γίνεται με κοπτικό άκρο μικρότερης διαμέτρου από τη διάμετρο της τελευταίας σωλήνωσης (σχήμα 8.1), δεν σωληνώνεται και αποτελεί το τμήμα επικοινωνίας και ροής των ρευστών προς τη γεώτρηση. Η τεχνική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε συνεκτικούς σχηματισμούς, άλλως είναι επικίνδυνο να προκληθούν μεγάλες καταπτώσεις από την πίεση και τη ροή των ρευστών.

8.4 Χρήση διάτρητου liner

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, η γεώτρηση ορύσσεται και σωληνώνεται κανονικά έως το βάθος που συναντάται η παραγωγική ζώνη. Διαφοροποιείται στο ότι το τμήμα του παραγωγικού σχηματισμού δεν αφήνεται ελεύθερο (χωρίς σωλήνωση), αλλά επενδύεται με διάτρητο liner (φέρει μακρόστενες σχισμές), το οποίο αναρτάται από ειδικά άγκιστρα στο εσωτερικό της τελευταίας σωλήνωσης (σχήμα 8.1). Το διάτρητο liner βοηθά στην αποφυγή κατάρρευσης των τοιχωμάτων ή εμφράξεων του κατώτερου μέρους της γεώτρησης. Η τεχνική αυτή δεν είναι εφαρμόσιμη σε μαλακούς σχηματισμούς που έχουν την τάση να διαμερίζονται σε μικρού μεγέθους τεμαχίδια τα οποία μπορούν να διέλθουν το διάτρητο liner. Είναι γενικά χρήσιμη τεχνική, διότι αφήνει ελεύθερο το σχηματισμό και επιτρέπει την παραγωγή από όλο το τμήμα του το οποίο βρίσκεται σε επαφή με τη γεώτρηση.



Σχήμα 8.1. Ολοκλήρωση της γεώτρησης με χρήση διάτρητου liner

8.5 Έλεγχος εισόδου άμμου (*sand control*)

Στην περίπτωση μαλακών παραγωγικών σχηματισμών συχνά συναντάται το φαινόμενο της αποσάθρωσης του σχηματισμού από τη ροή των ρευστών. Ως αποτέλεσμα, κόκκοι άμμου να συμπαρασύρονται και να εισέρχονται στη γεώτρηση. Το φαινόμενο αυτό είναι δυνατόν να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα είτε στις εγκαταστάσεις άντλησης που είναι τοποθετημένες μέσα στο πηγάδι, είτε στον εξοπλισμό παραγωγής και επεξεργασίας που είναι στην επιφάνεια. Οι τεχνικές που συνδυάζονται με τις εργασίες ολοκλήρωσης και οι οποίες συμβάλλουν στην αποφυγή της εισόδου της άμμου μέσα στη γεώτρηση είναι:

- *Χρήση χαλικόφιλτρων (gravel packing)*
- *Η συγκόλληση των κόκκων της άμμου (sand consolidation)*

Σε κάθε περίπτωση αναφερόμαστε σε εργασίες που ακολουθούν αυτές που εκτελούνται σε σωληνωμένο τμήμα της γεώτρησης (βλέπε ενότητα 8.2).

Κατά την εφαρμογή της *τεχνικής με χαλικόφιλτρα (gravel packing)*, το διάτρητο τμήμα της σωλήνωσης περιβάλλεται από ένα στρώμα χαλίκων που δρα σαν φίλτρο. Τα χαλικόφιλτρα είτε δημιουργούνται επί τόπου, είτε είναι προκατασκευασμένα και τοποθετούνται στη γεώτρηση μαζί με τη σωλήνωση. Στην περίπτωση όπου τα χαλικόφιλτρα δημιουργούνται επί τόπου, η εισαγωγή των χαλίκων στη γεώτρηση μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

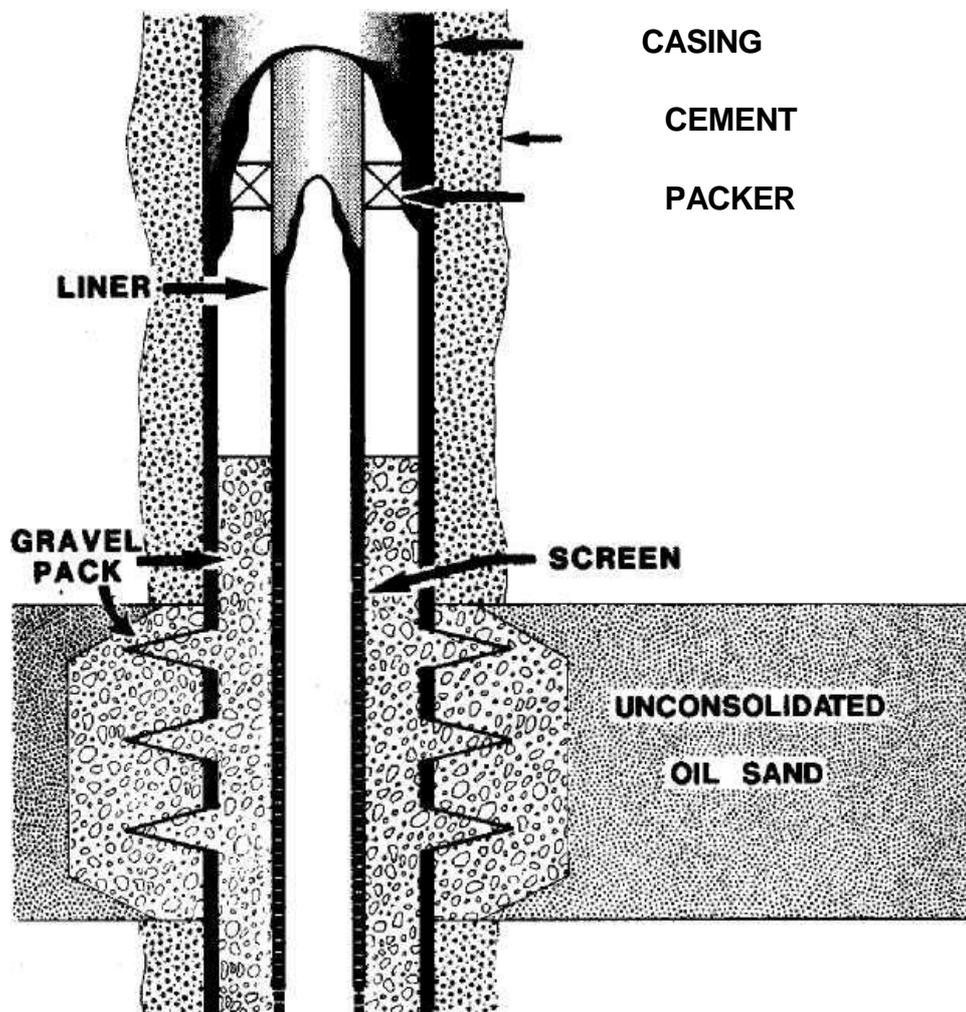
- Με αντίστροφη κυκλοφορία. Η λάσπη, στην οποία έχουν προστεθεί χαλίκια διοχετεύεται προς τον πυθμένα της γεώτρησης, μέσω του δακτυλίου και επιστρέφει στην επιφάνεια, μέσω της διατηρητικής στήλης, αφού τα χαλίκια συγκρατηθούν από τις οπές του διάτρητου τμήματος της σωλήνωσης.

- Με κανονική κυκλοφορία. Η λάσπη με τα χαλίκια διοχετεύεται από τη διατηρητική στήλη και επιστρέφει από τον δακτύλιο. Στην περίπτωση αυτή, όπως και στην προηγούμενη, μπορεί να προηγηθεί

έκπλυση του σχηματισμού πίσω από τη σωλήνωση ώστε να σχηματιστεί κοιλότητα και τα χαλίκια στη συνέχεια εισπιέζονται και εισχωρούν και στο χώρο πίσω από το διάτρητο τμήμα της σωλήνωσης.

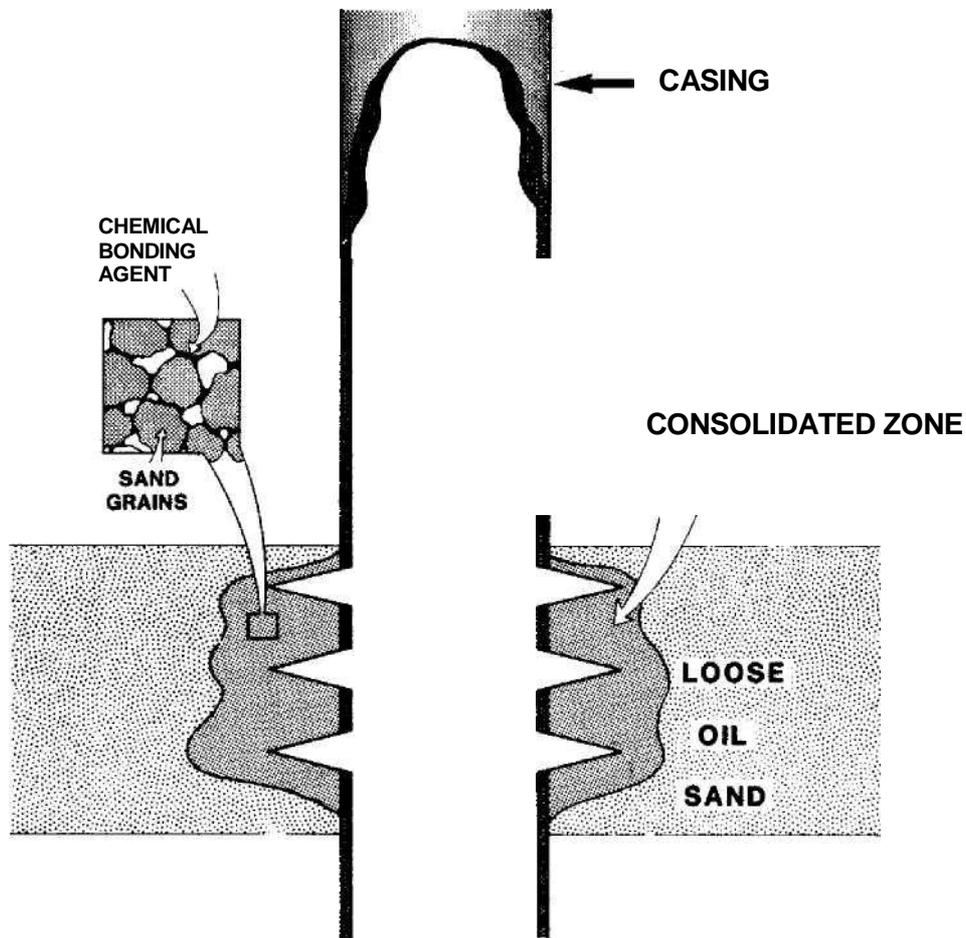
- Με τη βαρύτητα. Τα χαλίκια εισάγονται στο δακτύλιο και καθιζάνουν με την επίδραση της βαρύτητας.

Μετά την τοποθέτηση ή τη δημιουργία των χαλικόφιλτρων, τοποθετείται πρόσθετη επένδυση/σωλήνωση επίσης διάτρητη (το κατώτερο τμήμα της έχει μορφή σίτας) με ανοίγματα πολύ μικρότερα του μεγέθους των χαλίκων, έτσι ώστε να αποτρέπεται η είσοδος των χαλίκων μέσα στη γεώτρηση αλλά να επιτρέπεται η ροή των ρευστών. Προστατευτικό πώμα (packer) απομονώνει το διάκενο μεταξύ των δύο διάτρητων σωληνώσεων, έτσι ώστε η ροή των ρευστών να γίνεται αποκλειστικά μέσω της εσωτερικής σωλήνωσης (σχήμα 8.5).



Σχήμα 8.5. Έλεγχος της εισόδου της άμμου με τη χρήση χαλκόφιλτρων

Η τεχνική της συγκόλλησης (*consolidation*) των κόκκων της άμμου βασίζεται στην εισπίεση εποξικών ρητινών μέσα στη γεώτρηση, οι οποίες, διοχετεύονται μέσω της διάτρητης σωλήνωσης εντός του παραγωγικού σχηματισμού, συγκολλούν τους κόκκους της άμμου και σταθεροποιούν τα τοιχώματα του σχηματισμού. Επιτρέπουν δε τη ροή των ρευστών (σχήμα 8.6).

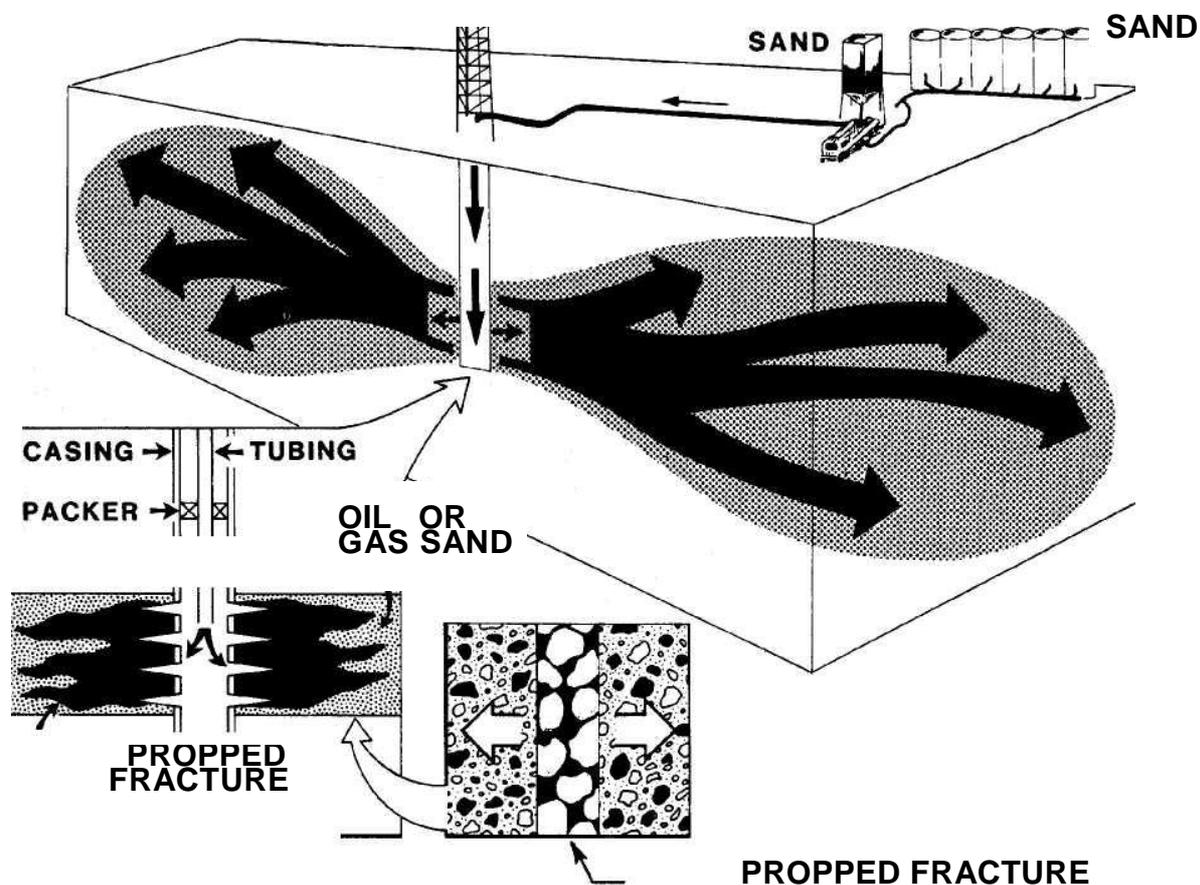


Σχήμα 8.6. Έλεγχος της εισόδου άμμου με συνένωση των κόκκων της

8.6. Αύξηση διαπερατότητας με υδραυλική ρωγμάτωση ή χρήση οξέων

Στην περίπτωση της αύξησης της διαπερατότητας με υδραυλική ρωγμάτωση (*hydraulic fracturing*) χρησιμοποιείται υγρό, συνήθως πετρέλαιο ή νερό που έχει υποστεί κατάλληλη επεξεργασία για να αυξηθεί το ιξώδες του. Το ρευστό εισπνέζεται (υπό μεγάλη πίεση) μέσα στη γεώτρηση. Διεισδύει στις ρωγμές και τους πόρους του παραγωγικού σχηματισμού μέσω του διάτρητου τμήματος της σωλήνωσης, διευρύνει και

επιμηκύνει τις ρωγματώσεις. Στο υγρό προστίθεται συνήθως άμμος ή μικρά μεταλλικά ή γυάλινα σφαιρίδια τα οποία επικάθονται στις ρωγμές και τις διατηρούν ανοικτές (σχήμα 8.7) (*ρωγή υποστηριζόμενη με κόκκους άμμου-sand propped fracture*). Τούτο είναι απαραίτητο δεδομένου ότι κατά τη διάρκεια της παραγωγής και τη σταδιακή μείωση της πίεσης του κοιτάσματος, επέρχεται συμπίεση του παραγωγικού σχηματισμού με αποτέλεσμα τη βαθμιαία μείωση του πορώδους και της διαπερατότητας του πετρώματος.



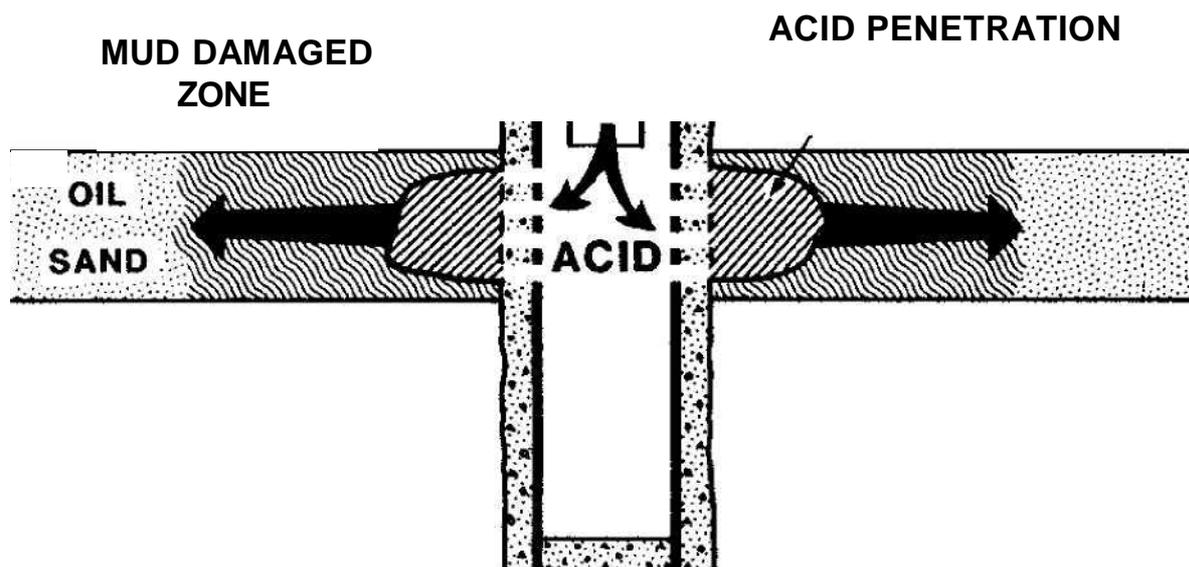
Σχήμα 8.7. Αύξηση της διαπερατότητας με υδραυλική ρωγμάτωση

Η περίπτωση της αύξησης της διαπερατότητας με χρήση οξέων (*acid treatment*), εφαρμόζεται όταν ο παραγωγικός σχηματισμός είναι ασβεστόλιθος ή δολομίτης. Χρησιμοποιείται υδροφθορικό ή υδροχλωρικό οξύ ή/και μίγμα των δύο. Στο οξύ προστίθενται και ειδικά πρόσθετα για τη μείωση της διάβρωσης των χαλύβδινων εξαρτημάτων της γεώτρησης (σχήμα 8.8). Σε μερικές περιπτώσεις γίνεται συνδυασμός της πρώτης τεχνικής (υψηλή πίεση) με τη χρήση οξέως που εισπνέζεται στο πέτρωμα. Επίσης μπορεί να γίνει και διαδοχική εφαρμογή των δύο μεθόδων: πρώτα εισπίεση πετρελαίου ή νερού και στη συνέχεια κατεργασία με οξύ.

Σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί πετρέλαιο με τασιενεργές ουσίες οι οποίες μειώνουν την επιφανειακή τάση του νερού και διασπούν το γαλάκτωμα πετρελαίου και νερού που ενδεχομένως έχει δημιουργηθεί στους

πόρους του πετρώματος και εμποδίζει (μπλοκάρει) την έξοδο του πετρελαίου προς τη γεώτρηση.

Οι τεχνικές αυτές μπορούν να εφαρμόζονται και κατά τη διάρκεια της παραγωγικής ζωής του κοιτάσματος, όποτε εκτιμάται ότι προκύπτουν προβλήματα ροής των ρευστών.

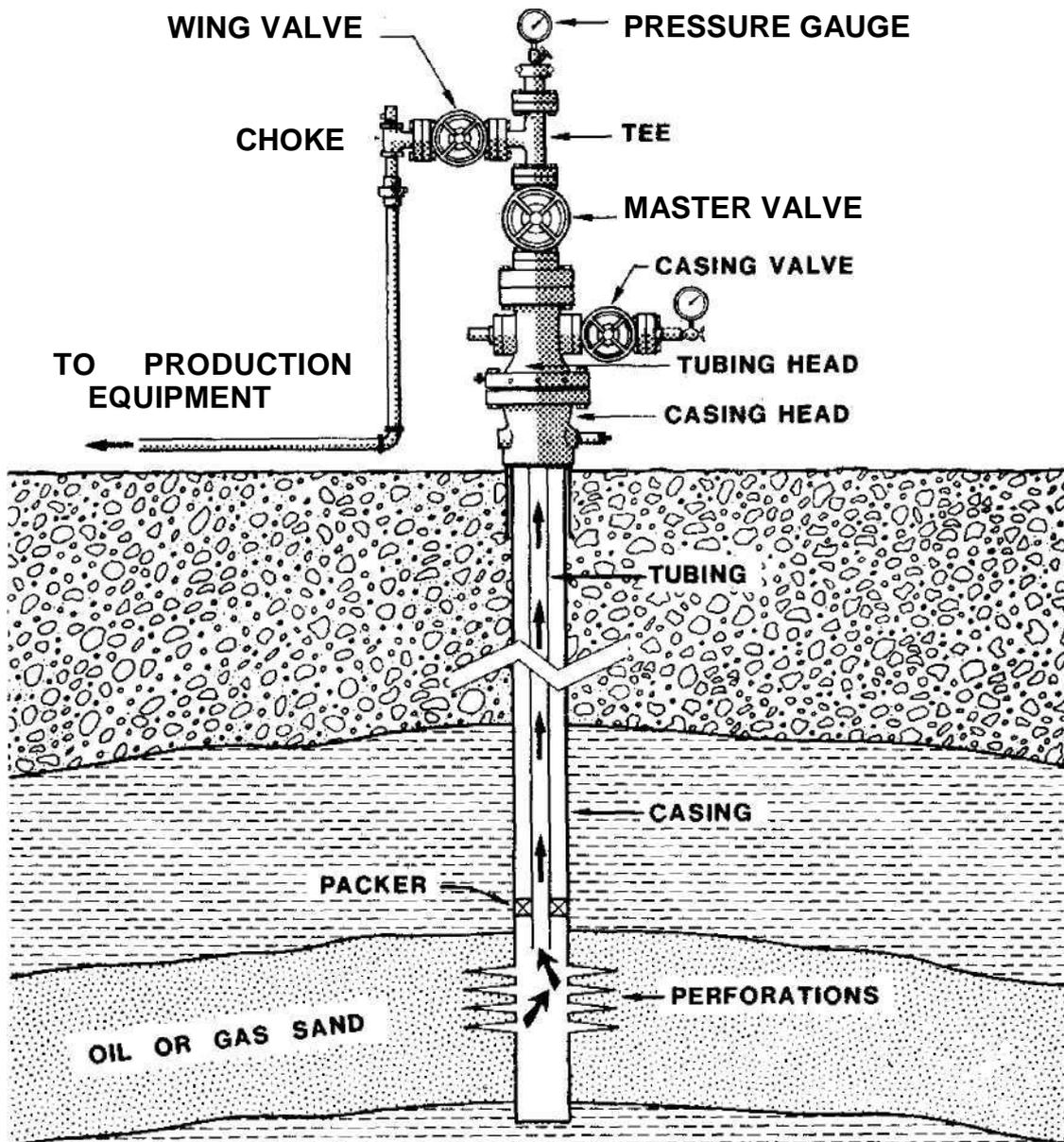


Σχήμα 8.8. Κατεργασία με οξέα

8.7 Επιφανειακή ολοκλήρωση (Christmas tree)

Το τελευταίο στάδιο στην ολοκλήρωση της διαδικασίας για την μετατροπή της γεώτρησης σε παραγωγικό σύστημα, αποτελεί η εγκατάσταση στην κορυφή (κεφαλή) της γεώτρησης του εξοπλισμού, ο οποίος συνδέει τον πυθμένα της γεώτρησης με τις εγκαταστάσεις διαχωρισμού και επεξεργασίας στην επιφάνεια. Ο εξοπλισμός αυτός αποτελεί το σύστημα ελέγχου και ρύθμισης της ροής των ρευστών και αποτελείται κυρίως από βαλβίδες, μανόμετρα, όργανα ρύθμισης της πίεσης (παροχής), ροόμετρα και γραμμές ροής. Η διάταξή τους στο χώρο δίδει την αίσθηση χριστουγεννιάτικου δένδρου και έχει επικρατήσει η περιγραφή του με την ορολογία *Christmas tree* (σχήμα 8.9). χειροκίνητο χειρισμό και φέρει αυτόματο σύστημα διακοπής της λειτουργίας της για λόγους ασφάλειας. Η πλευρική βαλβίδα (*wing valve*) επίσης συμβάλλει στην απομόνωση της γεώτρησης. Η διάταξη μπορεί να φέρει περισσότερες από μία κύριες ή πλευρικές βαλβίδες. Η βαλβίδα στραγγαλισμού (*choke*) είναι

εκείνη που ρυθμίζει τη ροή του ρευστού κατά τη μετάβασή του από την υψηλότερη πίεση που επικρατεί στην κεφαλή της γεώτρησης, στη χαμηλότερη που διαμορφώνεται στον αγωγό μεταφοράς του στις εγκαταστάσεις διαχωρισμού.



Σχήμα 8.9. Κεφαλή της γεώτρησης (Christmas tree)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο

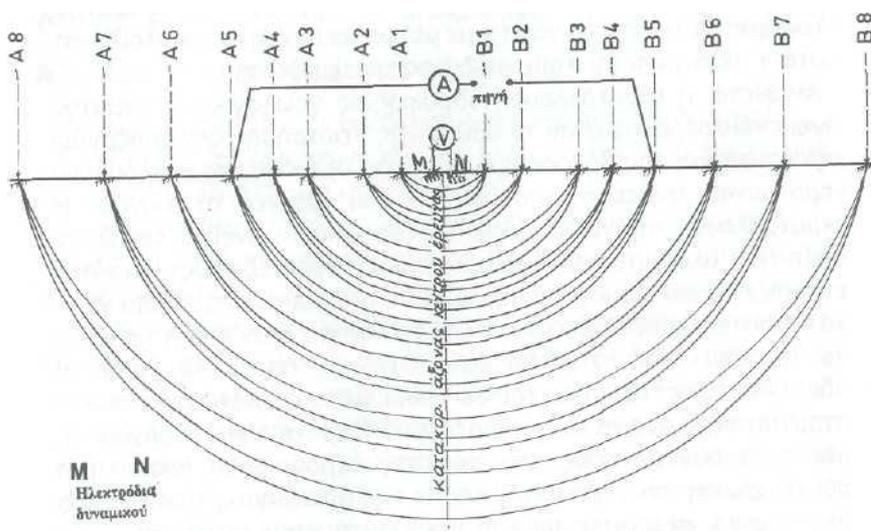
ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΕΣ

9.1. Υδροέρευνες

Με τα σημερινά δεδομένα, πιο αποτελεσματική μέθοδος εντοπισμού νερού είναι η χρήση της διάταξης ΣΛΟΥΜΠΕΡΖΕ (SCHLUMBERGER).

Η διάταξη ΣΛΟΥΜΠΕΡΖΕ Βασίζεται στη μέτρηση της ειδικής αντίστασης του εδάφους σε διαδοχικά στρώματα του.

Σύμφωνα μ' αυτή τη μέθοδο, καρφώνουμε στο έδαφος δύο ηλεκτρόδια ρεύματος, δύο ηλεκτρόδια δυναμικού (τάσης) κι' ένα ηλεκτρόδιο γης σύμφωνα με το σχ. 9.2.



Σχ. 9.2. Ανάπτυξη μέτρησης με τη διάταξη ΣΛΟΥΜΠΕΡΖΕ σε απλοποιημένη μορφή.

Στη διάταξη αυτή περιλαμβάνονται:

α) Ένα μιλιβολτόμετρο V με το οποίο μετράμε τη διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα σημεία Μ και Ν πάνω στο έδαφος, που προκύπτει από το γινόμενο FM σύμφωνα με το νόμο του Ωμ.

β) Τα ηλεκτρόδια Μ και Ν κατά προτίμηση μη πολούμενα, τα οποία μας διευκολύνουν στην καταγραφή της διαφοράς δυναμικού μεταξύ τους.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το δυναμικό που προκαλείται από το ρεύμα Ι και την αντίσταση του εδάφους, επηρεάζεται από το φυσικό δυναμικό του εδάφους που είναι αξιόλογο.

Γι' αυτό το λόγο, στο όργανο μέτρησης υπάρχει ειδική διάταξη αντιστάθμισης με την οποία εξαφανίζουμε το φυσικό δυναμικό πριν από κάθε μέτρηση, αν αυτό ξεπεράσει το $\pm 0,1$ mV.

γ) Τα ηλεκτρόδια Α Β μέσα από τα οποία διαβιβάζουμε ένα ηλεκτρικό ρεύμα από την πηγή Π και κλείνει κύκλωμα μέσα από το έδαφος ακολουθώντας την πορεία των γραμμών Δ1, Δ2, Δ3, Δ4 κ.λπ.

δ) Ένα μιλιαμπερόμετρο Α, με το οποίο μπορούμε να μετρήσουμε την ένταση του ρεύματος Ι σε mA που ρέει μέσα από τους αγωγούς, τα ηλεκτρόδια ρεύματος και το έδαφος.

ε) Ένα ηλεκτρόδιο Γ, απαραίτητο για τον έλεγχο καλής λειτουργίας των ηλεκτροδίων Α και Β, στο οποίο συνδέουμε τον ακροδέκτη γείωσης του οργάνου και το οποίο πρέπει υποχρεωτικά να ισαπέχει από τα ηλεκτρόδια Α-Β και Μ-Ν.

Όσο απλή φαίνεται σχεδιαστικά η διάταξη για τη μέτρηση της ειδικής αντίστασης, τόσο πολύπλοκα είναι από πλευράς μηχανημάτων και από πλευράς διαδικασίας μέτρησης.

Τα ηλεκτρόδια Α-Β μετακινούνται μετά από κάθε μέτρηση σε προκαθορισμένες αποστάσεις, ώστε να εξασφαλισθεί οικονομία μαθηματικών υπολογισμών, λαμβανομένου υπόψη ότι για κάθε θέση των ηλεκτροδίων ΑΒ και ΜΝ γίνεται ένας ξεχωριστός υπολογισμός.

Για ευκολία των πράξεων, έχει επικρατήσει η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων Α και Β σε αποστάσεις από το κέντρο μέτρησης κατά 3, 2,

- 4, - 5, - 6,4, - 8, - 10, - 13, - 16, - 20, - 25, - 32, - 40, - 50, - 6, 4, - 80,
- 100, - 130, - 160, - 200, - 250, - 320, - 400 - μέτρων κ.ο.κ. Σε περιπτώσεις που μία από τις παραπάνω αποστάσεις συμπίπτει με εμπόδιο (δρόμο, βράχο, κτίριο, ή έδαφος γενικά που δεν προσφέρεται για κάρφωμα πασσάλου, το σημείο μέτρησης μετατοπίζεται ανάλογα και στις δύο πλευρές βγάζοντας διαφορετικό συντελεστή K για τη συγκεκριμένη απόσταση ή παραλείποντας τη (μια) μέτρηση μόνο όταν αυτή είναι πρακτικά αδύνατη.

Αντίθετα, τα ηλεκτρόδια δυναμικού M και N τοποθετούνται σε αποστάσεις που απέχουν συνήθως από το κέντρο μέτρησης 1 μ, 5μ, και 20 μ. ενώ σε ειδικές περιπτώσεις μπορούν να τοποθετηθούν σε διαφορετικές αποστάσεις (10 ή 30 ή 40 ή 80 μ.) με την προϋπόθεση ότι θα ισχύει η σχέση $AB/2 \geq 3MN/2$

Τέτοια ανάγκη μπορεί να προκύψει σε πολύ αγώγιμα εδάφη (άργιλος, άνθρακας, κ.λπ.) που παρατηρείται σοβαρή μείωση του δυναμικού, καθώς και σε περιπτώσεις αδυναμίας τήρησης της αποστάσεως των 20 μ. από την ύπαρξη εμποδίων. Για κάθε μέτρηση υπολογίζεται η φαινόμενη ειδική αντίσταση του εδάφους.

Οι μεταβολές της φαινόμενης ειδικής αντίστασης του εδάφους σε συνδυασμό με τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής, δίνουν τη δυνατότητα για την ορθή διάγνωση ενδεχόμενης υδροφορίας.

Για περιοχές που για οποιοδήποτε λόγο δεν καλύπτονται από φύλλο γεωλογικού χάρτη, απαιτείται οπωσδήποτε η συμμετοχή εμπείρου γεωλόγου στο συνεργείο μέτρησης για την επί τόπου λήψη των γεωλογικών στοιχείων της περιοχής, απαραίτητων για τη σωστή ερμηνεία της καμπύλης που θα προκύψει από τη μέτρηση και τους μαθηματικούς υπολογισμούς.

Σε πολλές περιπτώσεις τα στοιχεία της μέτρησης δίνονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, ο οποίος σύμφωνα με ειδικό πρόγραμμα τα επεξεργάζεται και καταγράφει τα σχετικά αποτελέσματα μαζί με τη σχετική καμπύλη.

Σ' αυτό το σημείο θα πρέπει να τονισθεί ότι πάντα υπάρχει κίνδυνος παρερμηνείας κάποιου τμήματος της καμπύλης.

Για τον περιορισμό τέτοιων παρερμηνειών απαιτείται μεγάλη προσοχή στο στάδιο της μέτρησης, λήψη όσο το δυνατό περισσότερων στοιχείων της περιοχής στην οποία έγινε η μέτρηση και ακριβής εντοπισμός του σημείου μέτρησης πάνω στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής.

Το πρόσωπο που θα χειρισθεί το όργανο μέτρησης και θα κατευθύνει το βοηθητικό προσωπικό του συνεργείου, πρέπει να είναι ηλεκτρολόγος ή ηλεκτρονικός ή γεωλόγος, με σοβαρή εμπειρία σε τέτοιες μετρήσεις, ικανός ν' αποτρέψει κάθε κίνδυνο λήψης παραπλανητικών στοιχείων.

Τέτοια παραπλανητικά στοιχεία θα μπορούσαν να προκύψουν στις παρακάτω περιπτώσεις:

1) Από συρματοπλέγματα (φράχτες) στο χώρο μέτρησης, ικανά να βραχυκυκλωθούν τα ρεύματα μέτρησης και να επιφέρουν διαφοροποίηση στο αποτέλεσμα της μέτρησης.

2) Από υπόγεια μεταλλικά δίκτυα σωληνώσεων.

3) Από κάθε είδους μεταλλικά στοιχεία που θα μπορούσαν να βρεθούν μέσα στο έδαφος ή παράλληλα με τον άξονα μέτρησης, ικανά να βραχυκυκλώσουν τα ηλεκτρόδια μέτρησης (τοίχοι από οπλισμένο σκυρόδεμα, γέφυρες κ.λπ.).

4) Από διαρροή στα καλώδια μέτρησης.

5) Από ταυτόχρονη λειτουργία χωματουργικών ή κρουστικών μηχανημάτων που θα μπορούσαν να μεταβάλουν το φυσικό δυναμικό του εδάφους στην περιοχή μέτρησης.

6) Από την έντονη παρουσία αγώγιμου υλικού (άνθρακα, μεταλλεύματος, αλμυρού νερού) ικανού να προκαλέσει σοβαρή μείωση του υπό μέτρηση δυναμικού, οπότε αυξάνει η εκατοστιαία αναλογία απόκλισης (ποσοστό σφάλματος).

7) Από τη διασταύρωση του άξονα μέτρησης με γεωλογικό ρήγμα, πράγμα

που μπορεί να εντοπισθεί μόνο αν οι αριθμητικές πράξεις γίνονται αμέσως και επί τόπου στο στάδιο της μέτρησης.

8) Από την παρουσία σαθρών μαργαϊκών ασβεστόλιθων, ικανών να δώσουν παραπλανητικά στοιχεία υδροφόρου στρώματος, λαμβανομένου υπόψη ότι δίνουν αντιστάσεις ανάλογες μ' εκείνες των χαλαρών κροκαλών.

9) Από μη τήρηση των ορθών αποστάσεων και κατευθύνσεων κατά το κάρφωμα των ηλεκτροδίων.

10) Από προκαθορισμό της γραμμής μέτρησης σε ανισοκλινή πορεία.

11) Από κακή συντήρηση του οργάνου μέτρησης και των ηλεκτροδίων δυναμικού.

12) Από κακό μηδενισμό (αντιστάθμιση) του φυσικού δυναμικού του εδάφους.

13) Από κακές επαφές ηλεκτροδίων και οργάνων.

14) Από κακή τροφοδότηση τάσης.

15) Από αριθμητικά λάθη σε πράξεις.

16) Από επιρροή επαγωγικών τάσεων στα καλώδια μέτρησης και μεταβολή του φυσικού δυναμικού του εδάφους, από παραπλήσια δίκτυα υψηλής ή μέσης τάσης.

17) Από κακό χειρισμό των οργάνων μέτρησης.

18) Από κακό (ανεπαρκές) κάρφωμα των ηλεκτροδίων.

19) Από κακή χρήση των καλωδίων ρεύματος, όταν αυτά χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και ως μετροταινίες για τις μεγάλες αποστάσεις.

Απ' όσα προαναφέρθηκαν και όσα η πείρα απέδειξε, οι πιο αποτελεσματικές μετρήσεις αυτού του είδους γίνονται σε συνεργασία ηλεκτρολόγου ή ηλεκτρονικού εξειδικευμένου στις μετρήσεις με πλήρη γνώση της συμπεριφοράς του συνόλου των οργάνων και έμπειρου γεωλόγου εξειδικευμένου στην ερμηνεία των καμπυλών σε συνδυασμό με τα γεωλογικά στοιχεία του χώρου.

Αντίθετα, τόσο η ερμηνεία της καμπύλης από μη ειδικευμένο γεωλόγο, όσο και η έκφραση γνώσης από γεωλόγο μόνο με την ανάγνωση του γεωλογικού χάρτη της περιοχής, χωρίς μετρήσεις, μπορούν να οδηγήσουν τον πελάτη τους σε μια αποτυχημένη και πολυδάπανη γεώτρηση.

Ίσως, κάποιοι, να εκφράσουν διαφορετική άποψη για το ποιος είναι πιο ειδικός και αρμόδιος να διενεργήσει μια αποτελεσματική μέτρηση και να εκφράσει την τελική γνώμη.

Πριν όμως εκφράσει γνώμη για τα παραπάνω, καλό είναι να λάβει θέση στον τρόπο αντιμετώπισης των 19 στοιχείων που προαναφέρθηκαν και μπορούν να τον παραπλανήσουν, καθώς και στην αχαλίνωτη δράση πολλών όψιμων μάγων. Των μάγων που κατά δήλωση τους εντοπίζουν το νερό με το μαγικό ραβδί, το ρολόι, τα κλειδιά, τα σύρματα κ.λπ. που τόσα δεινά έχουν προκαλέσει στους ανύποπτους καλλιεργητές.

9.2. Εντοπισμός υδροφόρων στρωμάτων

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 9.1, τα υδροφόρα στρώματα εντοπίζονται μετά από την ερμηνεία της καμπύλης, σε συνδυασμό με την

απόσταση των ηλεκτροδίων ρεύματος.

Το πραγματικό βάθος ενός υδροφόρου στρώματος προσδιορίζεται σε συνδυασμό με την απόσταση από τη θέση του οργάνου μέχρι την τελευταία θέση του ηλεκτροδίου ρεύματος και το είδος του εδάφους πάνω στο οποίο γίνεται η μέτρηση. Σ' εδάφη που παρουσιάζουν εναλλαγές αργίλων, άμμων, ψαμιτών και κροκαλών το βάθος του υδροφόρου στρώματος βρίσκεται στο 35-40% του AB (70-80% του AB/2). Σε καθαρή άργιλο και σε μαργαϊκό ασβεστόλιθο, έχει παρατηρηθεί ότι το βάθος του υδροφόρου στρώματος φθάνει και στο 45% του A.B. (ή 90% του AB/2).

Κάτι ανάλογο συμβαίνει όταν κύριο συστατικό του εδάφους είναι ο σχιστόλιθος. Για τους παραπάνω λόγους, το κάθε υδροφόρο στρώμα προσδιορίζεται σε μέσο βάθος σε σχέση με τα παραπάνω αναφερόμενα κατά περίπτωση με απόκλιση $\pm 10\%$.

Όταν από τη μέτρηση προκύπτει η ύπαρξη ενός μόνο υδροφόρου στρώματος θα πρέπει να είμαστε πιο προσεκτικοί στην ερμηνεία της καμπύλης που θα προκύψει από τα στοιχεία της μέτρησης.

Ακόμη πιο προσεκτικός πρέπει να είναι ο ερευνητής όταν από τις μετρήσεις προκύπτουν πολύ μεγάλες αντιστάσεις (άνω των 1000 Ω) διότι τότε μια οριζοντίωση της καμπύλης μέτρησης (ένδειξη υδροφορίας) μπορεί να έχει προέλθει από παρεμβολή αγωγίμου (αργιλικού) υλικού και όχι από νερό.

Τέτοια φαινόμενα μπορούν π.χ. να παρατηρηθούν σε περιοχές που καλύπτονται από σχιστόλιθους (εμπλουτισμένους ή μη με χαλαζιακό υλικό και γνεύσιο) όταν μεταξύ δύο τέτοιων στρωμάτων παρεμβάλλεται στρώμα από υλικά που έχει σημαντικά μεγαλύτερη αγωγιμότητα.

9.3. Μετρήσεις Ειδικών Συνθηκών

Το έδαφος δεν προσφέρεται πάντοτε για την ολοκληρωτική μέτρηση στο επιθυμητό βάθος.

Στη δυσκολία ή και αδυναμία μιας μέτρησης, θα μπορούσαν να συντελέσουν οι παρακάτω παράγοντες:

1) Αδυναμία ανάπτυξης καλωδίων προς την επιθυμητή κατεύθυνση

Τούτο θα μπορούσε να συμβεί όταν παρεμβάλλονται δύσβατοι Χώροι όπως μεγάλο ποτάμι ή λεωφόρος με μεγάλη κίνηση ή κτίσματα ή απότομη αλλαγή του εδάφους (υπερυψωμένος βράχος ή γκρεμός) ή έντονη και ακανθώδης βλάστηση που εμποδίζει το πέρασμα. Σ' αυτή την περίπτωση εξετάζεται το ενδεχόμενο να πραγματοποιηθεί η μέτρηση σε διάταξη ορθής γωνίας (Διάταξη HALF SCHLUMBERGER). Σ' αυτή την διάταξη το ένα από τα δύο καλώδια συνδέεται μόνιμα με σταθερό ηλεκτρόδιο που βρίσκεται σε διπλάσια απόσταση από το κέντρο της μέτρησης σε σχέση με την προβλεπόμενη μέγιστη ανάπτυξη του άλλου καλωδίου. Τα ηλεκτρόδια Μ και Ν τοποθετούνται εκατέρωθεν του σημείου μέτρησης σ' ευθεία με τη γραμμή διαδρομής του κινητού ηλεκτροδίου ρεύματος.

Στη συνέχεια πραγματοποιούνται οι διαδοχικές μετρήσεις μόνο με τη μετακίνηση του ενός ηλεκτροδίου στα τακτά διαστήματα, ενώ ο συντελεστής Κ διπλασιάζεται

2) Υπόγεια δίκτυα και μεταλλικά στοιχεία

Πολλές φορές καλούμαστε να ερευνήσουμε ένα σημείο που περιέχει υπόγειες μεταλλικές σωληνώσεις ή υπόγεια καλώδια με μεταλλικό περίβλημα ή υπόγεια δίκτυα ηλεκτροφωτισμού που συνοδεύονται από γυμνό χάλκινο αγωγό γείωσης.

Άλλες φορές υπάρχουν συνεχόμενα όρθια συρματοπλέγματα ή συρματοπλέγματα που μετά την καταστροφή τους (πέσιμο) ακολούθησε

κάποια διαμόρφωση ή επίχωση του χώρου, με αποτέλεσμα να χωθούν μέσα σ' αυτόν.

Τέτοια μεταλλικά στοιχεία θα μπορούσαν να επιδράσουν δυσμενέστατα σε μια μέτρηση από βραχυκύκλωμα της τάσης.

Τέτοια προβλήματα αντιμετωπίζονται συνήθως σε κατοικημένες και οικοπεδοποιημένες περιοχές.

Σ' αυτές τις περιοχές, ο ερευνητής θα πρέπει πριν από τη μέτρηση ν' ανιχνεύσει το χώρο με ανιχνευτή μετάλλων και καλωδίων.

Πριν, όμως, από την ανίχνευση του χώρου, θα πρέπει να εξηγήσει στον πελάτη του, ότι ανιχνεύει το χώρο μέτρησης για ενδεχόμενη ύπαρξη μετάλλων, για να μην προκαλέσει υποψίες ότι πρόκειται για ραβδοσκόπο. Αν, από την ανίχνευση προκύψει ένδειξη ύπαρξης μετάλλου σε μεγάλη έκταση κατά μήκος της μέτρησης, ο ερευνητής θα πρέπει να λάβει τα κατάλληλα μέτρα, όπως:

α) Να μετατοπίσει (αν γίνεται) το σημείο της μέτρησης.

β) Να παραβλέψει κάποιες μετρήσεις, αν αυτές δεν είναι κρίσιμες στη διαμόρφωση κι' ερμηνεία της καμπύλης μέτρησης.

γ) Να δημιουργήσει (αν γίνεται) διάταξη μέτρησης σε ορθή γωνία.

δ) Να μην πραγματοποιήσει τη μέτρηση.

3) Εμπόδια στην τοποθέτηση ηλεκτροδίων δυναμικού

Τα ηλεκτρόδια δυναμικού καλό είναι να τοποθετούνται σε τυποποιημένες αποστάσεις των 1 μ., 5 μ., και 20 μ. από το σημείο μέτρησης.

Οι θέσεις του 1 μ. και των 5 μ. εύκολα μπορούν να βρεθούν στο χώρο της μέτρησης. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις, δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση ηλεκτροδίων σε απόσταση 20 μ. Τέτοιο πρόβλημα μπορεί να προκύψει όταν υπάρχει ασφαλτοστρωμένος χώρος (δρόμος) ή ανυπέβλητο εμπόδιο ή βύθιση τάσης από έντονα αγώγιμο έδαφος κ.λπ.

Σ' αυτές τις περιπτώσεις αν επιβάλλεται η αύξηση της απόστασης MN πέρα από τα 5 μ. μπορούμε να ορίσουμε τη θέση των ηλεκτροδίων δυναμικού σε απόσταση 10 μ. ή 13 μ. ή 16 μ ή 40 μ με τις παρακάτω προϋποθέσεις:

α) Να μη γίνει μέτρηση με τα παραπάνω ηλεκτρόδια πριν η απόσταση $AB/2$ ξεπεράσει το τριπλάσιο του $MN/2$.

β) Να χρησιμοποιηθούν συντελεστές K για τις αντίστοιχες θέσεις των ηλεκτροδίων δυναμικού (M-N) σε συνδυασμό με τις αποστάσεις (A-B).

Η μέτρηση με τα ηλεκτρόδια M-N σ' απόσταση 40 μ από το σημείο μέτρησης, επιβάλλεται συνήθως σε περιπτώσεις μεγάλων αγωγιμοτήτων του εδάφους, πράγμα που συμβαίνει όταν συναντάμε καθαρή άργιλο ή στρώματα από άνθρακα ή μεταλλεύματα ή αλμυρό νερό. Στον παρακάτω πίνακα δίδονται οι συντελεστές K για διάφορες θέσεις των ηλεκτροδίων M-N ώστε ο ερευνητής που θα διενεργήσει μια τέτοια μέτρηση, να μην ακολουθήσει τη διαδικασία πολλαπλών υπολογισμών του κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α1
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ Κ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ

$$K = ((AB/2)^2 - (MN/2)^2) / MN) \times \pi$$

Απόσταση	Συντελεστής Κ για διάφορα ΜΝ/2				
	ΑΒ/2(μ)	ΜΝ/2 =10μ	ΜΝ/2 =13μ	ΜΝ/2 =16μ	ΜΝ/2 =20μ
64	627	474	377	290	-
80	980	753	603	471	-
100	1554	1187	936	754	-
130	2638	2021	1633	1295	600
145	3285	2518	2037	1619	762
160	4003	3071	2487	1978	942
180	5071	3891	3154	2510	1209
200	6264	4810	3900	3108	1507
225	7932	6093	4942	3943	1924
250	9797	7528	6108	4875	2390
320	-	-	-	8007	3956

Σημείωση:

Οι αποστάσεις ΑΒ/2 στα 145, 180 και 225 μ. θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε ειδικές συνθήκες (όταν υπάρχουν εμπόδια στις παραπλήσιες θέσεις ή όταν θέλουμε να διακρίνουμε τις μεταβολές της καμπύλης με μεγαλύτερη ακρίβεια).

9.4. Γεωλογικά ρήγματα

Τα γεωλογικά ρήγματα κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά την υδροφορία κάποιων σημείων ή ζωνών του

εδάφους. Τα ρήγματα αυτά όταν βρίσκονται μέσα σε αργιλικά εδάφη και προσχώσεις, σπάνια παρουσιάζουν κάποιο ενδιαφέρον.

Αντίθετα, όταν τα ρήγματα βρίσκονται μέσα σε σκληρά πετρώματα (ασβεστόλιθος, μάρμαρο, κ.λπ.) μπορούν να συντελέσουν στη συγκέντρωση ή στην αποστράγγιση του νερού. Με απλά λόγια άλλοτε φέρνουν νερό κι' άλλοτε το αποστραγγίζουν και το απομακρύνουν.

Με τα παραπάνω δεδομένα μπορούμε να πούμε ότι τα γεωλογικά ρήγματα παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον (πιθανής υδροφορίας) στα χαμηλότερα τους σημεία και μικρότερο στα υψηλότερα.

Σε κάθε γεωλογικό χάρτη φαίνονται τα κύρια ρήγματα της περιοχής. Ένας έμπειρος γεωλόγος μπορεί να τα προσεγγίσει περισσότερο ή και να τα εντοπίσει, έστω κι αν δεν διαθέτει τα απαραίτητα όργανα.

Με κατάλληλες μετρήσεις είναι δυνατός ο απόλυτος εντοπισμός ενός ρήγματος, με την προϋπόθεση ότι ο ερευνητής διαθέτει την απαραίτητη πείρα.

Πολλές φορές, κατά τη διάρκεια κάποιας υδροέρευνας (γεωηλεκτρικής διασκόπησης) παρατηρείται ξαφνική μείωση του δυναμικού και κατ' επέκταση της φαινόμενης ειδικής αντίστασης. Έτσι, παρατηρούμε την καμπύλη των μετρήσεων να παρουσιάζει σχήμα V ή κάτι ανάλογο.

Σε μια τέτοια περίπτωση, αφού βεβαιωθούμε ότι δεν πρόκειται για βραχυκύκλωμα από κάποιο μεταλλικό δίκτυο, μπορούμε ν' αναζητήσουμε τη θέση του ρήγματος με κατάλληλη μέτρηση του φυσικού δυναμικού του εδάφους, σε μια ειδική διαδρομή κάθετη (ή σχεδόν κάθετη) προς το ρήγμα.

Απ' αυτή τη μέτρηση μπορεί να προσδιορισθεί τόσο η θέση του ρήγματος, όσο και η ενδεχόμενη άσκηση πιέσεων από το νερό.

Με τέτοιες μετρήσεις έχουμε επιτύχει τον εντοπισμό και την αξιοποίηση γεωλογικών ρηγμάτων μεγάλης υδροφορίας.

Επικρατεί η άποψη ότι αν γίνει μια γεώτρηση μέσα σε γεωλογικό Ρήγμα, αυτή διατρέχει ένα μικρό κίνδυνο παραμόρφωσης της σωλήνωσης σε κάποιες περιπτώσεις σεισμών.

9.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

9.5.1. Γενικά

Η γεώτρηση δεν είναι μια απλή τρύπα που θα μας δώσει το νερό. Πολλοί παράγοντες είναι εκείνοι που θα μπορούσαν να επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά την κατασκευή (ανόρυξη) μιας γεώτρησης. Κύρια στοιχεία που θα μπορούσαν να επιδράσουν πάνω στην ποιότητα μιας γεώτρησης είναι:

α) Ο ίδιος ο γεωτρυπανιστής. Πολλά πράγματα μπορούν να εξαρτηθούν από την ικανότητα και την επιμέλεια του προσώπου που χειρίζεται το γεωτρύπανο.

β) Το γεωτρύπανο. Η κατάσταση λειτουργίας όλων των μηχανημάτων που αποτελούν ή συνοδεύουν το γεωτρύπανο θα μπορούσαν από την πλευρά τους να επηρεάσουν την ποιότητα της γεώτρησης.

γ) Τα υλικά και ο τρόπος σωλήνωσης,

δ) Η διάμετρος της γεώτρησης,

ε) Το πραγματικό βάθος της γεώτρησης, στ) Η θέση των φίλτρων.

ζ) Η ορθή εφαρμογή της μελέτης (όταν υπάρχει)

η) Η τήρηση των νομικών διατάξεων που ισχύουν σε κάθε περίπτωση.

θ) Ο καθαρισμός και η λήψη στοιχείων της άντλησης

ι) ΌΤΙ άλλο θα μπορούσε να επηρεάσει την ποιότητα του έργου.

9.5.2. Επιλογή γεωτρύπανου

Για την κατασκευή των γεωτρήσεων χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση τα κατάλληλα γεωτρύπανα. Τα γεωτρύπανα διακρίνονται σε κρουστικά και περιστροφικά.

Τα κρουστικά γεωτρύπανα πλεονεκτούν σε γεωτρήσεις που γίνονται σε Βραχώδη εδάφη, αλλά μειονεκτούν στην ανάγκη Βοηθητικών σωληνώσεων και στη μικρή απόδοση τους σε προσχωσιγενή και γενικά σε μαλακά εδάφη.

Τα περιστροφικά γεωτρύπανα είναι ταχύτερα στη διάτρηση, κατά κύριο λόγο στα γαιώδη και προσχωσιγενή εδάφη και μπορούν να διανοίγουν απ' ευθείας γεωτρήσεις μεγάλων διαμέτρων.

Γι' αυτό το λόγο σήμερα χρησιμοποιείται σε ευρύτερη κλίμακα το περιστροφικό γεωτρύπανο.

Το γεωτρύπανο που θα χρησιμοποιηθεί για την ανόρυξη μιας γεώτρησης θα πρέπει να είναι κατάλληλο για τον επιδιωκόμενο σκοπό.

Σαν κύρια στοιχεία επιλογής, που δεν είναι και τα μόνα, αναφέρονται τα παρακάτω:

1. Η δυνατότητα του γεωτρύπανου να διατρήσει όλα τα γεωλογικά στρώματα που θα συναντήσει κατά την ανόρυξη της γεώτρησης με την επιθυμητή διάμετρο και στο επιθυμητό Βάθος.

Υπάρχουν γεωτρύπανα περιορισμένων δυνατοτήτων, που κατά την εξέλιξη της γεώτρησης στην αδυναμία τους να διατρήσουν ένα σκληρό πέτρωμα, μειώνουν τη διάμετρο της τρύπας.

2. Την ικανότητα καθαρισμού με αέρα όσο διαρκεί το άνοιγμα της γεώτρησης. Τούτο κρίνεται απαραίτητο σε περιπτώσεις αναμενόμενης μικρής υδροφορίας, όπου δεν εξασφαλίζεται η δυνατότητα καθαρισμού με στροβιλοφόρο αντλία.

3. Η σαφής προσφορά του γεωτρυπανιστή περί του είδους της εργασίας που πρόκειται να εκτελέσει.

Τόσο η προσφορά όσο και η κατ' επέκταση αυτής συμφωνία, πρέπει να περιλαμβάνουν τα εξής στοιχεία:

- α) Το ελάχιστο και το μέγιστο Βάθος.

β) Τη διάμετρο της οπής

γ) Τη διάμετρο του σωλήνα

δ) Το υλικό του σωλήνα (πλαστικός ή σιδερένιος)

ε) Αν ο σωλήνας είναι πλαστικός, επιβάλλεται διευκρίνηση ότι θα είναι κατάλληλος για γεώτρηση ορισμένων ατμοσφαιρών (9-12) και όχι αποχετεύσεων.

στ) Αν είναι σιδηροσωλήνας γαλβανισμένος, πρέπει ν' αναφέρεται το πάχος, το γαλβάνισμα πριν ή μετά τη ραφή και ο τρόπος σύνδεσης των σωλήνων μεταξύ τους. Διευκρινίζεται ότι ο σιδηροσωλήνας των γεωτρήσεων πρέπει να γαλβανίζεται μετά την κατασκευή του και όχι να κατασκευάζεται με γαλβανισμένη λαμαρίνα, διότι τότε οι συγκολλήσεις στις ραφές θα καταστρέψουν το γαλβάνισμα.

Διευκρινίζεται ακόμη ότι η ορθή σύνδεση των σωλήνων γίνεται με σπείρωμα και μούφα και όχι με συγκόλληση.

ζ) Οι θέσεις, ο αριθμός και το είδος των φίλτρων.

η) Η ποιότητα του υλικού που θ' αποτελέσει το χαλικόφιλτρο. Διευκρινίζεται και σ' αυτό το σημείο, ότι το χαλίκι που θα χρησιμοποιηθεί σε φίλτρο έξω από το σωλήνα της γεώτρησης, πρέπει να μην είναι θραυστό ούτε με κόκκους σταθερού μεγέθους. Αυτό πρέπει να προέρχεται από ποτάμι ή σπάνια από θάλασσα, τέτοιο ώστε η κοκκομετρική του διαβάθμιση να βρίσκεται ανάμεσα στο μέγεθος κόκκου φακής και κόκκου φασολιού.

θ) Η κατάσταση στην οποία θα παραδοθεί η γεώτρηση, από πλευράς καθαρισμού και δοκιμαστικής άντλησης.

ι) Ποιες είναι οι υποχρεώσεις του πελάτη από τη στιγμή της έναρξης του έργου μέχρι και τη στιγμή της παράδοσης του.

Σύμφωνα με όσα επικρατούν σήμερα στην αγορά και κυρίως όταν πρόκειται για γεωτρήσεις μικρών παροχών για εξυπηρέτηση περιορισμένων αναγκών,

πολλά από τα παραπάνω δεν τηρούνται με την ανοχή των πελατών, που επιδιώκουν μικρό το κόστος της γεώτρησης.

Ανεξάρτητα όμως από την επικρατούσα κατάσταση, επιβάλλεται να βρει ο αναγνώστης στις σελίδες του παρόντος τον ορθό τρόπο κατασκευής και τα στοιχεία σύμφωνα με τα οποία θα συγκρίνει τις προσφορές που θα πάρει και θα ελέγξει την ποιότητα του έργου.

9.5.3. Σωληνώσεις γεωτρήσεων

Μετά τη διάνοιξη και τον πρώτο καθαρισμό μιας γεώτρησης, αφού κριθεί επαρκής η ποσότητα του νερού που βρήκαμε, ακολουθεί η σωλήνωση της.

Η διάμετρος των σωλήνων που θα χρησιμοποιήσουμε εξαρτάται από τη διάμετρο της οπής και το σκοπό της γεώτρησης.

Διευκρινίζεται ότι η αύξηση της διαμέτρου ενώ στις μικρές παροχές (μέχρι 50 M³ ανά ώρα) δεν συντελεί στην αύξηση της παροχής νερού, σε μεγαλύτερες παροχές ελάχιστα προσφέρει. Ωστόσο, η διάμετρος των 200 ΠΠΠ (8") είναι η πιο συνηθισμένη, όταν η παροχή δεν ξεπερνά τα 100 κυβ. μέτρα ανά ώρα.

Για τη σωλήνωση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε γαλβανισμένους σιδηροσωλήνες ή πλαστικούς ειδικούς για γεωτρήσεις.

Οι σωλήνες των γεωτρήσεων, ανεξάρτητα αν είναι σιδερένιοι ή πλαστικοί, πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους με σπειρώματα κατά τρόπο που ν' αποκλείεται η αποσύνδεση τους μέσα στο έδαφος.

Από τους παραπάνω σωλήνες, οι γαλβανισμένοι σιδηροσωλήνες πλεονεκτούν σε αρχική αντοχή, αλλά μειονεκτούν στη μακροχρόνια φθορά τους από οξείδωση. Αντίθετα, οι πλαστικοί σωλήνες (PVC) πλεονεκτούν στην απεριόριστη αντοχή, αφού δεν οξειδώνονται. Σε ειδικές όμως περιπτώσεις όπου από την άντληση δημιουργούνται γύρω από τη γεώτρηση μεγάλα κενά

και πτώσεις βράχων πιθανόν να παρουσιάζουν περισσότερα προβλήματα από τους σιδηροσωλήνες σε παραμορφώσεις. Κάτι τέτοιο όμως δεν αντιμετωπίζεται συχνά και δε θα μπορούσε να αποτελέσει λόγο για τον αποκλεισμό του πλαστικού σωλήνα.

Σε περιπτώσεις που κατά τη διάνοιξη της οπής της γεώτρησης διαπιστωθεί η ύπαρξη στρώματος από καθαρή άργιλο, θα πρέπει ν' αποφεύγουμε την τοποθέτηση φίλτρου πλαστικού κοντά στην περιοχή της καθαρής αργίλου, διότι αυτό κινδυνεύει να καταστραφεί από πλευρικές πιέσεις, όταν (ως συνήθως) διογκωθεί η άργιλος.

Η διογκωση της αργίλου απειλεί σχεδόν όλα τα φίλτρα, πολύ όμως περισσότερο τα φίλτρα των πλαστικών σωλήνων και τους σιδηροσωλήνες μικρού πάχους (2-3 mm).

Γενικά: Όταν ο σωλήνας της γεώτρησης είναι πλαστικός επιβάλλεται ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή παραμόρφωσης του στα σημεία των φίλτρων. Γι' αυτό το λόγο, σε γεωτρήσεις μεγάλου βάθους τα ενδιάμεσα φίλτρα πρέπει να κατασκευάζονται με διάτρηση (με τρυπάνι), στα όρια των πραγματικών αναγκών μας ώστε να μην προκαλείται ενδιάμεση μείωση της αντοχής του σωλήνα ή να αναζητούνται φίλτρα με μεγαλύτερη αντοχή σε πίεση, από εκείνη των σωλήνων, ώστε ν' αποφεύγεται μια ανεπιθύμητη παραμόρφωση των φίλτρων.

Η χρησιμοποίηση σε γεωτρήσεις πλαστικών σωλήνων αποχετεύσεων είναι απαράδεκτη, διότι αντιμετωπίζεται ο κίνδυνος της αποσύνδεσης, της μη κατακόρυφης τοποθέτησης, της περιορισμένης αντοχής και της στρέβλωσης της κατά το χαλίκωμα.

Κατά τη σωλήνωση της γεώτρησης πρέπει να παρεμβάλλονται τα κατάλληλα φίλτρα κατά τρόπο που μετά την αποπεράτωση της να βρίσκονται στα δάθη των υδροφόρων στρωμάτων.

9.5.4. Φίλτρα και χαλίκωμα γεωτρήσεων

Όπως προαναφέρθηκε, σε κάθε υδροφόρο στρώμα πρέπει, ν' αντιστοιχεί κι ένα φίλτρο ικανό να επιτρέπει την είσοδο στη σωλήνωση όλου του νερού που προέρχεται από το υδροφόρο στρώμα, χωρίς καμιά αντίσταση.

Τα φίλτρα είναι διάτρητα τεμάχια από σωλήνα της ίδιας διαμέτρου μ' εκείνη της σωλήνωσης.

Οι οπές των φίλτρων πρέπει να είναι ανάλογες με την περιεκτικότητα του εδάφους σε άμμο.

Όταν ο σωλήνας της γεώτρησης είναι πλαστικός επιβάλλεται ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή παραμόρφωσης του στα σημεία των φίλτρων. Γι' αυτό το λόγο, σε γεωτρήσεις μεγάλου βάθους τα ενδιάμεσα φίλτρα πρέπει να κατασκευάζονται με διάτρηση (με τρυπάνι), στα όρια των πραγματικών αναγκών μας ώστε να μην προκαλείται ενδιάμεση μείωση της αντοχής του σωλήνα.

Όταν υπάρχει λεπτόκοκκη άμμος, πρέπει το φίλτρο να έχει πολλές μικρές οπές (σχισμές).

Αφού τοποθετηθεί ο σωλήνας, ελέγχεται για την κατακόρυφη τοποθέτηση του, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, και στη συνέχεια γεμίζουμε το κενό που μεσολαβεί ανάμεσα στο σωλήνα και το τοίχωμα της γεώτρησης με χαλίκι ειδικής κοκκομετρικής σύνθεσης.

Για τη μείωση της πίεσης του χαλικιού πάνω στα φίλτρα πολλοί επιδιώκουν τη μερική πλήρωση του διακένου μέχρι το ύψος του ανώτερου υδροφόρου στρώματος αφήνοντας το υπόλοιπο τμήμα της γεώτρησης αν είναι σκληρό χωρίς χαλίκι. Τούτο όμως δεν θα μπορούσε να γίνει αν έχουμε

μαλακά χώματα και επιφανειακά νερά στα ανώτερα σημεία της γεώτρησης ικανά να προκαλέσουν καταπτώσεις χωμάτων στο κενό που θ' αφήσουμε.

Αυτή η μέθοδος του κενού, μειονεκτεί επίσης επειδή αδυνατούμε να ελέγξουμε την ενδεχόμενη ροή του χαλικιού προς τα κάτω, όταν αντλείται το λεπτόκοκκο υλικό και δημιουργούνται κενά στις θέσεις των υδροφόρων στρωμάτων. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να χαλικώνεται όλη η γεώτρηση και να παραμένει οπή για τη συμπλήρωση του χαλικιού.

Οι κόκκοι αυτού του χαλικιού πρέπει να έχουν διάμετρο τέτοια, ώστε να μην περνάνε από τις σχισμές του φίλτρου, να συγκρατούν τη λεπτόκοκκη άμμο και ταυτόχρονα να επιτρέπουν το πέρασμα του νερού. Πρέπει ακόμη να μην εμποδίζουν τη ροή του χαλικιού (χαλίκωμα) κατά τη ρίψη του στα κενά της γεώτρησης. Στην πράξη πρόκειται για λεπτόκοκκο χαλίκι απαλλαγμένο από άμμο που λαμβάνεται από ποτάμια και ακτές μετά από διπλό κοσκίνισμα, που εξασφαλίζει την απομάκρυνση της άμμου (ψιλό κόσκινο) και του χονδρού χαλικιού (μεσαίο κόσκινο).

Χαρακτηριστικά μπορούμε να πούμε, ότι το υλικό της χαλίκωσης πρέπει να έχει κόκκους μεγαλύτερους από τον κόκκο φακής και όχι μεγαλύτερους από τον κόκκο ρεβυθιού. Σημειώνεται ότι δεν πρέπει να χρησιμοποιείται θραυστό υλικό, όπως είναι το γαρμπίλι ή οι διάφορες ψηφίδες.

Το διάκενο ανάμεσα στο σωλήνα και στο τοίχωμα της γεώτρησης που πρέπει να χαλικωθεί πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των 50 mm και των 100 mm. Αυτό σημαίνει ότι η διάμετρος της γεώτρησης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη διάμετρο της σωλήνωσης κατά

100-200 mm

Σ' αυτό το σημείο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι έχει εφαρμογή το παράρτημα Α της 140120/13 -10 - 87 απόφασης του Υπουργού Γεωργίας.

9.5.5. Έλεγχος κατακόρυφης θέσης και ευθυγραμμίας των σωληνώσεων

Οι σωληνώσεις μιας γεώτρησης πρέπει να βρίσκονται σε κατακόρυφη θέση. Πρέπει επίσης να εξασφαλίζεται η ευθύγραμμη τοποθέτηση τους. Όταν γίνεται η γεώτρηση πρέπει να ελέγχεται η κατακόρυφη θέση του γεωτρήπανου. Πριν από τη διενέργεια της γεώτρησης πρέπει να οριζοντιώνεται το έδαφος ώστε το γεωτρή-πανο να πάρει την κατάλληλη θέση που θα βοηθήσει στην κατακόρυφη διάνοιξη της οπής. Μετά τη σωλήνωση της γεώτρησης και πριν από το χαλίκωμα της πρέπει να γίνεται ο πρώτος έλεγχος κατακόρυφης και ευθύγραμμης θέσης της σωλήνωσης.

Αυτός ο έλεγχος μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

α) Με τη χρήση σωλήνα της αμέσως μικρότερης διαμέτρου.

Μέσα στη γεώτρηση κρεμάμε ένα σωλήνα μήκους 10-12 μ., διαμέτρου μικρότερης από εκείνη της σωλήνωσης κατά 15-20 mm. Έτσι, όταν σε γεώτρηση με σωλήνα 8" κρεμάσουμε σωλήνα 7 1/2", μήκους 10-12 μ., πρέπει αυτός να κινηθεί μέσα στη γεώτρηση χωρίς εμπόδια, ενώ το συρματόσχοινο της ανάρτησης του να μην απομακρυνθεί αισθητά από την αρχική του θέση, που πρέπει να βρίσκεται στο κέντρο του σωλήνα της γεώτρησης.

β) Με μεταλλικό κύλινδρο - Ωμόμετρο.

Κατ' αυτήν ρίχνουμε στο κέντρο του σωλήνα μικρό μεταλλικό κύλινδρο διαμέτρου 20-30 χιλ. (ζύγι κτίστη) με μονωμένο αγωγό που συνδέεται αγωγίμα με τον κύλινδρο και απομονώνεται από το νερό του σωλήνα, με πλαστική επένδυση (ψιλό συρματόσχοινο με πλαστική επένδυση). Όταν ο σωλήνας της γεώτρησης δεν είναι κατακόρυφος, ο μεταλλικός κύλινδρος μετά από κάποιο βάθος θα έλθει σε επαφή με το τοίχωμα του μεταλλικού σωλήνα, οπότε ένα Ωμόμετρο συνδεδεμένο στο άκρο του καλωδίου και στο σωλήνα να δείξει μηδενική αντίσταση. Η μέτρηση αυτή προϋποθέτει ύπαρξη

μεταλλικού σωλήνα γεώτρησης και αργή κίνηση του εμβαπτιζόμενου κυλίνδρου, ώστε πριν από κάθε μέτρηση να βρίσκεται σε πραγματική ακινησία.

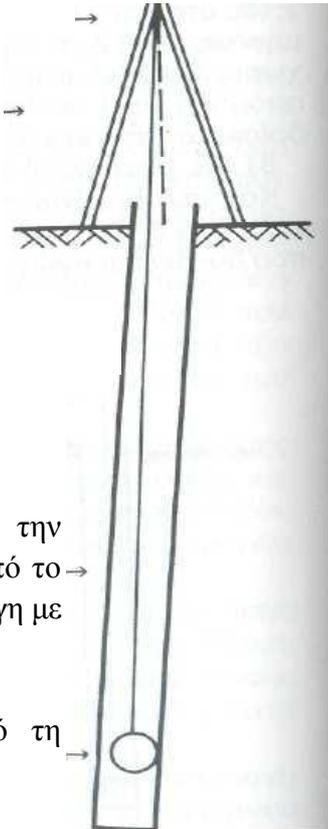
Όπως γνωρίζουμε, και το νερό είναι αγωγίμο. Δεν παρουσιάζει όμως μηδενική αντίσταση όπως η επαφή με το μεταλλικό σωλήνα.

γ) Με ανάρτηση μεταλλικής σφαίρας από σταθερό σημείο.

Αν πάνω από το κέντρο της γεώτρησης δημιουργήσουμε ένα σταθερό σημείο ανάρτησης (Σχ. Γ2) και με τη βοήθεια μικρής αυλακωτής τροχαλίας κρεμάσουμε μέσα στο σωλήνα της γεώτρησης μια μεταλλική σφαίρα ή ένα μεταλλικό κύλινδρο με διάμετρο λίγο μικρότερη από την εσωτερική διάμετρο του σωλήνα, η διαδρομή της σφαίρας ή του κυλίνδρου μέσα στη σωλήνωση δεν θα πρέπει να προκαλεί αισθητή μετακίνηση του σύρματος ανάρτησης από το κέντρο του σωλήνα.

Σημεία ανάρτησης

Τρίποδες ανάρτησης



Όταν η γεώτρηση αποκλίνει από την κατακόρυφη θέση το νήμα απομακρύνεται από το κέντρο του σωλήνα. Η απόκλιση είναι ανάλογη με το βάθος και την κλίση της σωλήνωσης.

Σφαίρα με διάμετρο λίγο μικρότερη από τη διάμετρο του σωλήνα.

Σχ. Γ2 Έλεγχος κατακόρυφης θέσης με μεταλλική σφαίρα

δ) Με τη χρήση φωτοκαθετόμετρου.

Η μέτρηση αυτή προϋποθέτει τη διάθεση ειδικού επιστημονικού οργάνου που εισάγεται στη γεώτρηση συνοδευόμενο από ειδική φωτογραφική μηχανή, κλισίμετρο και πυξίδα.

Στην πράξη όμως μόνο σε γεωτρήσεις με σοβαρό επιστημονικό ενδιαφέρον μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή η μέθοδος.

9.5.6. Σημείο αναρρόφησης στις γεωτρήσεις

Όταν αντλούμε νερό από γεώτρηση, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για τον καθορισμό του σημείου αναρρόφησης σε διαφορετική στάθμη από εκείνη των φίλτρων. Αν η αναρρόφηση γίνει ακριβώς μέσα από το φίλτρο υπάρχει κίνδυνος να προκληθεί υποπίεση στο σημείο αναρρόφησης με συνέπεια την παραμόρφωση του φίλτρου, τη στένωση της σωλήνωσης και τον εγκλωβισμό της αντλίας μέσα στη γεώτρηση.

Γι' αυτό το λόγο, κατά το στάδιο των σωληνώσεων πρέπει να καταγράφεται η διαδοχή αδιάτρητων (τυφλών) σωλήνων και φίλτρων ώστε μετά την αποπεράτωση της σωλήνωσης να γνωρίζουμε με ακρίβεια τις θέσεις των φίλτρων καθ' όλο το βάθος της σωλήνωσης για να μπορούμε να αποφύγουμε τη σύμπτωση σημείου αναρρόφησης και φίλτρου.

Σε ειδική πινακίδα μέσα στο αντλιοστάσιο πρέπει ν' αναγράφονται οι κατακόρυφες αποστάσεις (βάθη) των φίλτρων από την επιφάνεια του εδάφους, ώστε και σε περίπτωση μελλοντικής επέμβασης να είναι εύκολος ο εντοπισμός της αρχής και του τέλους κάθε φίλτρου.

9.6 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Η αξιοποίηση μιας γεώτρησης αποτελεί το επόμενο βήμα μετά την ανόρυξη, τη σωλήνωση, το χαλίκωμα και τη δοκιμαστική άντληση.

Η δοκιμαστική άντληση που αποβλέπει και στον καθαρισμό της γεώτρησης, είναι εκείνη που θα μας δώσει την πραγματική ταυτότητα της γεώτρησης και σε συνδυασμό με τις ανάγκες μας σε νερό, θα μας οδηγήσει στην ορθή επιλογή της αντλίας που θα χρησιμοποιήσουμε.

9.6.1. Ταυτότητα γεώτρησης

Στο στάδιο της ανόρυξης και της δοκιμαστικής άντλησης, πρέπει να παίρνουμε τα διάφορα στοιχεία που θα μπορούν στη συνέχεια να μας βοηθήσουν σε διάφορες παραπέρα επιλογές μας.

Τέτοια στοιχεία είναι:

α) Η διαδοχή και τα πάχη των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών, που έκοψε το γεωτρύπανο μέχρι το τέλος της γεώτρησης.

β) Το ολικό βάθος της γεώτρησης και οι θέσεις που μπήκαν τα φίλτρα της σωλήνωσης σε σχέση με το βάθος.

γ) Τα βάθη όπου συναντήθηκαν υδροφόρα στρώματα.

δ) Η στάθμη του νερού σε κατάσταση ηρεμίας (όταν δεν γίνεται άντληση).

ε) Η στάθμη του νερού και η παροχή με πλήρη άντληση (η μεγαλύτερη δυνατή παροχή σε κυβ. μέτρα ανά ώρα).

στ) Η στάθμη του νερού με άντληση μικρότερων παροχών. Με γνωστά τα παραπάνω στοιχεία και τις πραγματικές μας ανάγκες σε νερό, μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγεθος του

αντλητικού συγκροτήματος που πρέπει να προμηθευθούμε ώστε να εξασφαλίζουμε μια οικονομική άντληση στα όρια των αναγκών

μας σε νερό και των δυνατοτήτων παροχής της γεώτρησης. Όταν οι ανάγκες μας ικανοποιούνται με μικρότερη παροχή από

εκείνη που θα μπορούσε να δώσει η γεώτρηση, συμφέρει η περιορισμένη άντληση, διότι μικραίνει το βάθος της επιφάνειας του νερού, μ' αποτέλεσμα να γίνεται μικρότερο το ολικό μανομετρικό ύψος και το πρόσθετο ύψος τριβών μέσα στο σωλήνα. Έτσι έχουμε μείωση της απορροφούμενης ισχύος και του κόστους της άντλησης και κατ' επέκταση έχουμε φθηνότερο νερό.

Έχει παρατηρηθεί σε ορισμένες αγροτικές περιοχές μια τάση πολλών αγροτών, να χρησιμοποιήσουν αντλία μεγαλύτερη από εκείνη που έχει ο γείτονας τους και ο συγχωριανός τους.

Έτσι φθάνουν στη χρήση αντλιών μεγάλης παροχής έξω από τις δυνατότητες της γεώτρησης, μ' αποτέλεσμα να λειτουργεί η αντλία χωρίς νερό ή ν' αντλείται το νερό από αδικαιολόγητα μεγαλύτερο βάθος.

Τούτο έχει σαν αποτέλεσμα την ταχεία φθορά της αντλίας από την κακή υδρολίπανση και υπερθέρμανση και το υψηλό κόστος άντλησης από αύξηση του ολικού μανομετρικού ύψους (βάθος και τριβές).

Έχει ακόμη παρατηρηθεί το φαινόμενο εγκατάστασης δυσανάλογα μεγάλων κινητήρων, χωρίς να υπάρχει λόγος.

Σε μία άντληση με πομόνα 20m^3 ανά ώρα από μέγιστο βάθος 120 μ. και πρόσθετο μανομετρικό 60μ. χρειαζόταν κινητήρας ελάχιστης ισχύος

$$N = \frac{Q \cdot H}{270 \cdot \eta} = \frac{(20 \times 180)}{270 \times 0,8} = \frac{3600}{216} = 16,7 \text{ HP}$$

Παίρνοντας οποιαδήποτε πρόσθετα μέτρα ασφάλειας, θα έπρεπε ο ιδιοκτήτης ν' αγοράσει κινητήρα 20-25 HP. Ας δεχόμεθα έστω και 30 HP, όχι όμως και 75 HP που ζητούσε ο καλλιεργητής επειδή τέτοιο κινητήρα είχε και ο γείτονας του.

Άλλος ιδιοκτήτης, πριν δοκιμάσει τη γεώτρηση του να διαπιστώσει τις δυνατότητες της σε παροχή νερού, προμηθεύτηκε υποβρύχιο αντλητικό συγκρότημα ισχύος 75 HP, ενώ από παραπλήσιες γεωτρήσεις του ίδιου βάθους (100 μ) είχε διαπιστωθεί παροχή 10 m³ ανά ώρα. Η άντληση 10 m³ ανά ώρα σε ολικό μανομετρικό ύψος 150 μ απαιτεί κινητήρα ισχύος 10 HP και καθ' υπερβολή 15 HP.

Η εγκατάσταση αντλητικού συγκροτήματος με μεγαλύτερο ^Κινητήρα και μεγαλύτερη παροχή θα έχει για τον καλλιεργητή τις παρακάτω συνέπειες:

1. Η αντλία ζητάει από τη γεώτρηση πολύ περισσότερο νερό από τη δυνατότητα της. Έτσι έχουμε ξηρή λειτουργία σε μεγάλο ποσοστό και θέρμανση του κινητήρα, πράγμα που οδηγεί στην ταχεία φθορά κινητήρα και αντλίας.

2. Το κόστος του αντλητικού συγκροτήματος είναι υψηλό χωρίς λόγο.

3. Ακολουθεί αδικαιολόγητα υψηλό κόστος ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και συντήρησης και ηλεκτρικής παροχής από τη ΔΕΗ.

4. Ένας πολύ μεγάλος κινητήρας έχει δυσανάλογα μεγάλο ποσοστό απωλειών, αφού η πρόσθετη ισχύς προσθέτει δυσανάλογα μεγάλο ποσοστό κενής λειτουργίας.

5. Η απότομη άντληση κάποιου αποθέματος νερού (με μεγάλη παροχή σε μικρό χρόνο) έστω κι αν υπάρχει διάταξη επιτήρησης στάθμης, προκαλεί αύξηση του μανομετρικού ύψους από αδικαιολόγητα πρόσθετες τριβές του νερού στο δίκτυο.

6. Η αδικαιολόγητη αύξηση της ισχύος, προκαλεί αδικαιολόγητα μεγάλο βάρος αντλίας και σωλήνων μέσα στη γεώτρηση με φυσικό επακόλουθο τη δύσκολη εισαγωγή κι εξαγωγή της στη γεώτρηση και αυξάνει τον κίνδυνο ζημίας.

7. Μια παραπέρα μείωση της παροχής της γεώτρησης μπορεί να καταστήσει εντελώς αδύνατη την άντληση και ν' αχρηστευθεί το υψηλού κόστους συγκρότημα.

Όλα τα παραπάνω, πρέπει να κάνουν τον ιδιοκτήτη της γεώτρησης πολύ προσεκτικό στην επιλογή της αντλίας, στη σωλήνωση και γενικά στον τρόπο εγκατάστασης της.

9.6.2. Επιλογή αντλίας

Τα στοιχεία που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι εκείνα που θα επηρεάσουν την επιλογή μας.

Σε γενικές γραμμές θα μπορούσαμε να πούμε τα εξής:

1. Όταν η παροχή της γεώτρησης είναι μεγαλύτερη από 10 κυβ. μέτρα ανά ώρα και η έκταση που θ' αρδεύσουμε είναι μεγαλύτερη από 20 στρέμματα, συμφέρει η εγκατάσταση πομόνας χωρίς ν' αποκλείεται η εξέταση λύσης και με υποβρύχιο συγκρότημα

2. Όταν η παροχή είναι μικρότερη από 10 κυβ. μέτρα ανά ώρα ή η αρδεύσιμη έκταση είναι μικρότερη από 20 στρέμματα κρίνεται πιο συμφέρουσα η επιλογή του υποβρύχιου αντλητικού συγκροτήματος, αφού πρέπει να εξετάσουμε τόσο το αδικαιολόγητα υψηλό

και μη αποσβέσιμο κόστος όσο και τον κίνδυνο δυσλειτουργίας αν με την πάροδο του χρόνου μειωθεί η παροχή της γεώτρησης.

3. Αν η παροχή της γεώτρησης είναι μικρότερη από 6 κυβ. μέτρα ανά ώρα, τότε μόνο υποβρύχιο αντλητικό συγκρότημα μπορούμε να επιλέξουμε, αφού η πομόνα δε μπορεί ν' ανταποκριθεί στην άντληση τόσο μικρών ποσοτήτων.

Για αυτό το σημείο θα πρέπει ν' αναφερθεί ότι πριν από την εγκατάσταση υποβρύχιου αντλητικού συγκροτήματος πρέπει να καθαρισθεί η γεώτρηση με *πομόνα* (αν το επιτρέπει η παροχή) ή με αέρα.

Ο καθαρισμός της γεώτρησης πρέπει να είναι τέτοιος ώστε ν' αποκλεισθεί η φθορά της υποβρύχιας αντλίας από περιεκτικότητα άμμου ή λάσπης στο αντλούμενο νερό. Άλλωστε όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 9.1, η δοκιμαστική άντληση πέρα από τον καθαρισμό της γεώτρησης, μας διευκολύνει δίνοντας μας την πραγματική ταυτότητα της γεώτρησης.

9.6.3. Γεωτρήσεις σε εδάφη μικρής υδροφορίας

Σε πολλές περιπτώσεις γίνεται μια γεώτρηση σ' έδαφος μικρής υδροφορίας. Τέτοιες γεωτρήσεις επιβάλλονται όταν δεν υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις ενώ το νερό, έστω και λίγο, κρίνεται απαραίτητο.

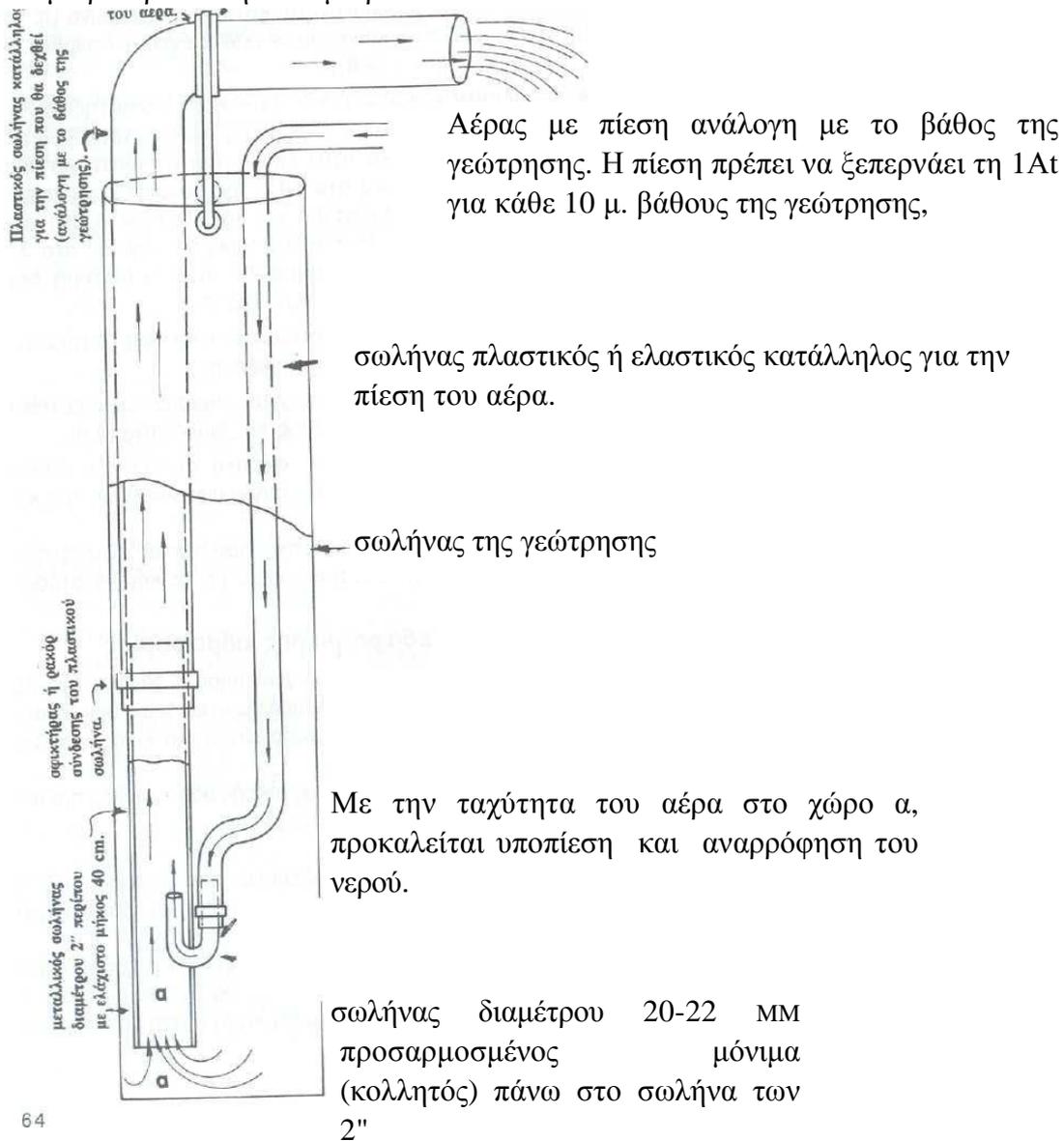
Όταν γίνονται γεωτρήσεις σ' έδαφος μικρής υδροφορίας, πρέπει να παίρνονται τα παρακάτω αναγκαία μέτρα:

1. Αέρας

Το γεωτρύπανο πρέπει να συνοδεύεται από αεροσυμπιεστή ικανό να βοηθήσει στον έλεγχο της υδροφορίας και απαραίτητο για τον καθαρισμό της γεώτρησης.

Σε περιπτώσεις που το έδαφος είναι χαλαρό και η χρήση αέρα Μπορεί να προκαλέσει κατάρρευση των χαλαρών τοιχωμάτων, ο αέρας θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμαστική άντληση με τη χρήση τζιφαριού.

Αγκύρωση του πλαστικο Το τζιφάρι αποτελείται από τεμάχιο σωλήνα 2" και μικρότερο σωλήνα διαμέτρου 20-22 MM.



64

Σχ. Δ1 καθαρισμός γεώτρησης με αέρα. (Αντληση νερού με τζιφάρι)

Στο σχέδιο Δ1 φαίνεται η άντληση με τζιφάρι όταν η μικρή ποσότητα νερού δεν επιτρέπει τη χρήση στροβιλοφόρου αντλίας (πομόνας) για τη δοκιμαστική άντληση και τον καθαρισμό της γεώτρησης.

Σημειώνεται ότι η υποβρύχια αντλία δεν προσφέρεται για τον καθαρισμό της γεώτρησης, διότι απειλείται να καταστραφεί από τα υλικά που θα συνοδεύουν το ακάθαρτο νερό (άμμος, λάσπη, κλπ.).

2. Επιλογή αντλίας

Σε γεωτρήσεις μικρής παροχής, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή και εγκατάσταση της αντλίας.

Όταν υπάρχει ηλεκτρική παροχέτευση, υπάρχουν δύο δυνατότητες:

α) Επιλογή υποβρύχιου αντλητικού συγκροτήματος παροχής λίγο μικρότερης από την παροχή της γεώτρησης, ώστε να μην κινδυνεύει από ξηρή λειτουργία.

β) Επιλογή υποβρύχιου αντλητικού συγκροτήματος με παροχή μεγαλύτερη από την παροχή της γεώτρησης, σύμφωνα με τον πίνακα Δ1, με τον όρο ότι η αντλία θα λειτουργεί αυτόματα με τη Βοήθεια αυτόματου διακόπτη και διακόπτη στάθμης στη γεώτρηση. Με μια τέτοια αντλία θα μπορούμε να παίρνουμε το νερό λίγο-λίγο αυτόματα και να το δίνουμε κατά περίπτωση σε δεξαμενή ή σε πιεστικό δοχείο ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό.

Αντίθετα, όταν δεν υπάρχει ηλεκτρική τροφοδότηση, σαν μοναδική λύση για την άντληση από γεώτρηση, κρίνεται η ηλεκτρογεννήτρια ισχύος ανάλογης με την ισχύ του αντλητικού συγκροτήματος.

Οποσδήποτε, η ισχύς της γεννήτριας πρέπει πάντα να είναι υπερδιπλάσια της ισχύος του αντλητικού συγκροτήματος, ώστε ν' αντέχει στο μεγάλο ρεύμα που απορροφάει ο κινητήρας της αντλίας στο στάδιο της αρχικής εκκίνησης του.

Το μεγάλο βάθος μιας γεώτρησης δεν διευκολύνει την εγκατάσταση φυγόκεντρης αντλίας.

Η εγκατάσταση αντλίας με εγχυτήρα (τζιφάρι) σπάνια κρίνεται σκόπιμη με τον περιορισμό ότι, όταν δεν χρησιμοποιείται αέρας, το βάθος άντλησης στη γεώτρηση είναι μικρότερο από 30 μ.

Άλλος παράγοντας που περιορίζει τη χρήση αντλιών με υδραυλικό εγχυτήρα (τζιφάρι) είναι ο πολύ μικρός βαθμός απόδοσης και το υψηλό κόστος αγοράς.

Σ' αυτό το σημείο αρκεί να σημειωθεί ότι το κόστος μιας αντλίας με υδραυλικό τζιφάρι είναι μεγαλύτερο από το κόστος γεννήτριας και υποβρύχιας αντλίας της ίδιας απόδοσης.

Πέρα όμως από το κόστος, η χωρίς πρόσθετη δαπάνη ύπαρξη ρεύματος έστω και από γεννήτρια σ' ένα ακίνητο θα μπορούσε να λύσει πολλά πρόσθετα προβλήματα, όπως είναι:

α) Η εξυπηρέτηση κι άλλων ηλεκτρικών μηχανημάτων στον ίδιο χώρο.

β) Η εξυπηρέτηση άλλων αναγκών σε άλλους χώρους με τη μεταφορά της γεννήτριας.

γ) Η αυτόματη εκκίνηση του συγκροτήματος με τη βοήθεια διάταξης συσσωρευτή, μίζας και συστήματος αυτόματης εκκίνησης.

δ) Ο ηλεκτροφωτισμός του χώρου αφού η έλλειψη ρεύματος ήταν η αιτία αγοράς της γεννήτριας.

Στους παρακάτω πίνακες Δ1-Δ4 δίδονται τα χαρακτηριστικά των αντλιών και των σωλήνων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε γεώτρηση μικρής παροχής, σε σχέση με το ολικό μανομετρικό ύψος.

Σημειώνεται ότι στο ολικό μανομετρικό ύψος θα πρέπει να περιλαμβάνονται αθροιστικά:

α) Το βάθος της γεώτρησης (βάθος στάθμης κατά την άντληση),

β) Η υψομετρική διαφορά από το στόμιο της γεώτρησης, μέχρι εκεί που βγαίνει το νερό.

γ) Το πρόσθετο μανομετρικό ύψος που προκαλείται από τριβές του νερού μέσα στο σωλήνα.

δ) Η τυχόν πρόσθετη πίεση που απαιτείται στις περιπτώσεις που το νερό οδηγείται σε πιεστικό δοχείο ή εκτοξευτήρες (μπεκ ή κανονάκια).

Το άθροισμα των περιπτώσεων (α-δ) πρέπει να υπολογίζεται σωστά, ώστε να γίνεται σωστή επιλογή της αντλίας.

Στους πίνακες Δ6 και Δ7 δίδονται οι απώλειες τριβών για σιδηροσωλήνες και πλαστικούς σωλήνες αντίστοιχα που στην πράξη σημαίνουν πρόσθετο μανομετρικό ύψος για κάθε 100 μ. σωλήνα.

Τα προηγούμενα παραδείγματα μπορούν να βοηθήσουν τον αναγνώστη στην ορθή επιλογή του υλικού άντλησης (σωλήνων, αντλιών, καλωδίων).

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ1

Επιλογής αντλητικού συγκροτήματος και σωλήνα για αυτόματη άντληση από γεώτρηση πολύ μικρής παροχής (0,1-3 m³/ώρα).

Παροχή γεώτρησης m ³ /ώρα	Ολικό μανομ. ύψος m	Επιλογή αντλίας αυτόμ. λειτουργίας		Χαρακτηριστικά σωλήνα οτη γεώτρηση	
		παροχή m ³ /ώρα	μανόμετρ. ύψος (m)	Υλικό	Διάμ.
0,1-0,5	40	1-1,5	40	ΠΛΑΣΤ 6 At	32
»	60	»	60	» »	»
»	80	»	80	» 10 At	»
»	100	»	100	» »	»
0,5-1	40	1,5-2	40	»6 At	»
»	60	»	»	» »	»
»	80	»	»	» 10 At	»
»	100	»	»	» »	»
»	120	»	»	Σιδηρ.	»
»	140	»	»	»	»
1-2	40	3-4	40	ΠΛΑΣΤ. 6 At	40
»	60	»	60	» »	»
»	80	»	80	» 10 At	»
»	100	»	100	» »	»
»	120	»	120	Σιδηρ.	1 1/2"
»	140	»	140	»	1 1/2"
»	160	»	160	»	1 1/2"
2-3	40	4-5	40	ΠΛΑΣΤ. 6 At	50
»	60	»	60	» »	»
»	80	»	80	» 10 At	»
»	100	»	100	» »	»
»	120	»	120	Σιδηρ.	1 1/2"
»	140	»	140	» »	1 1/2"
»	160	»	160	» »	1 1/2"

ΠΛΑΣΤ-6 At = Σωλήνας από πολυαιθυλένιο τεχν. άρδευσης πίεσης 6 At

ΠΛΑΣΤ-10 At - Σωλήνας από πολυαιθυλένιο τεχν. άρδευσης πίεσης 10 At

Η διάμετρος του πλαστικού σωλήνα είναι εξωτερική

Δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί κοινός πλαστικός σωλήνας ποτίσματος, διότι κινδυνεύει να παραμορφωθεί στο ξεκίνημα του κινητήρα.

Σιδ. 1 1/2" = Σιδηροσωλήνας 1 1/2". Ο σωλήνας πρέπει να αντέχει στην εξαγωγή του αντλητ. συγκροτήματος, από τη γεώτρηση.

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ2

Επιλογής αντλητικού συγκροτήματος και σωλήνα για αυτόματη άντληση από γεώτρηση μικρής παροχής (4-6 m³/ώρα).

Παροχή γεώτρησης m ³ /ώρα	Ολικό μανομ. ύψος m	Επιλογή αντλίας		Χαρακτηριστικά σωλήνα στη γεώτρηση	
		παροχή m ³ /ώρα	ολικό μανόμετρ. ύψος (m)	Υλικό και Πίεση	Διάμ.
4-5	40	5-6	40	ΠΛΑΣΤ 6 At	50 mm
»	60	»	60	» 6 At	»
»	80	»	80	» 10 At	»
»	100	»	100	» 10 At	»
»	120	»	120	Σιδηροσωλ.	2"
»	140	»	140	»	2"
»	160	»	160	»	2"
»	200	»	200	»	2"
5-6	40	6-7	40	ΠΛΑΣΤ 6 At	63 mm
»	60	»	60	» 6 At	»
»	80	»	80	» 10 At	»
»	100	»	100	» 10 At	»
»	120	»	120	Σιδ/ληνας	2"
»	140	»	140		2"
»	160	»	160	»	2"
»	200	»	200	»	2"

ΠΛΑΣΤ 6 At = σωλήνας πολυαιθυλενίου τεχν. άρδευσης (μαύρος) 6 At
 ΠΛΑΣΤ 10 At = σωλήνας πολυαιθυλενίου τεχν. άρδευσης (μαύρος) 10 At

Ο σιδηροσωλήνας πρέπει να είναι χωρίς ραφή με βαθύ σπείρωμα να αντέχει στο ολικό βάρος αντλίας και σωλήνα.

Συνιστάται η αποφυγή λεπτού (μαλακού) σωλήνα, που θα μπορούσε να περιστραφεί και να φράξει στο ξεκίνημα τον κινητήρα.

Αν η αντλία έχει ανεπίστροφη βαλβίδα, αυτή πρέπει να αφαιρείται για την αποφυγή πρόσθετου βάρους του νερού κατά το βγάλσιμο της αντλίας, κι αν χρειάζεται να μπαίνει έξω από τη γεώτρηση.

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ3

Επιλογή αντλητικού συγκροτήματος και σωλήνα, για συνεχόμενη άντληση από γεώτρηση μικρής παροχής (χωρίς αυτόματες εκκινήσεις της αντλίας, αλλά με διάταξη αυτόματης στάσης σε περίπτωση ξηρής λειτουργίας).

Παροχή γεώτρησης m ³ /ώρα	Ολικό μανομ, ύψος m	Επιλογή αντλίας		Χαρακτηριστικά σωλήνα στη γεώτρηση	
		παροχή m ³ /ώρα	ολικό μανομετρ. ύψος (m)	Υλικό και πίεση	Διάμ.
3	60	2-2,5	60	ΠΛΑΣΤ 6 At	40 mm
»	80	»	80	» 10 At	»
»	100	»	100	» 10 At	»
»	120	»	120	Σιδ/λήνας	1 1/2"
»	140	»	»	»	»
»	200	»	200	»	1 1/2"
4	60	3-3,5	60	ΠΛΑΣΤ 6 At	40 mm
»	80	»	80	» 10 At	»
»	100	»	100	» 10 At	»
»	120	»	120	Σιδ/ληνας	1 1/2"
»	140	»	140	»	1 1/2"
»	200	»	200	»	1 1/2"
5	60	4-4,5	60	ΠΛΑΣΤ 6 At	50 mm
»	80	»	80	» 10 At	»
»	100	»	100	» 10 At	»
»	120	»	120	Σιδ/λήνας	2"
»	140	»	140	»	2"
»	200	»	200	»	2"

Στις μικρές παροχές επιβάλλεται αυτόματη διάταξη επιτήρησης στάθμης και διακόπτης ροής, για την αποφυγή ζημιάς στην αντλία από ξηρή λειτουργία.

Ο πλαστικός σωλήνας πρέπει να είναι πάντα μονοκόμματος από πολυαιθυλένιο (τεχν. άρδευσης) για να αντιστέκεται στη ροπή στρέψης του κινητήρα κατά το ξεκίνημα.

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ4

Επιλογή αντλητικού συγκροτήματος και σωλήνα, για συνεχόμενη άντληση από γεώτρηση μικρής παροχής (μόνο με διάταξη στάσης σε περίπτωση ξηρής λειτουργίας).

Παροχή γεώτρησης m ³ /ώρα	Ολικό μανομ. ύψος m	Επιλογή αντλίας		Χαρακτηριστικά σωλήνα στη γεώτρηση	
		παροχή m ³ /ώρα	ολικό μανομετρ. ύψος (m)	Υλικό και πίεση	Διάμε.
6	60	5-5,5	60	ΠΛΑΣΤ 6 At	50 mm
»	80	»	80	» 6 At	»
»	100	»	100	» 10 At	»
»	120	»	120	Σιδ/λήνας	2"
»	140	»	140	»	2"
»	200	»	200	»	2"
7	60	6-6,5	60	ΠΛΑΣΤ. 6 At	63 mm
»	80	»	80	» 10 At	»
»	100	»	100	» 10 At	»
»	120	»	120	Σιδ/λήνας	2"
»	140	»	140	»	2"
»	200	»	200	»	2"
8	60	7-7,5	60	ΠΛΑΣΤ 6 At	63 mm
»	80	»	80	» 10 At	»
»	100	»	100	» 10 At	»
»	120	»	120	Σιδ/λήνας	2"
»	140	»	140	»	2"
»	160	»	160	»	2"
»	200	»	200	»	2"

Πάντοτε στη συνεχή λειτουργία, η παροχή της αντλίας δεν πρέπει να ξεπερνάει το 90% της δυναμικότητας (παροχής) της γεώτρησης, αν πρόκειται για υποβρύχια και το 80% αν πρόκειται για στροβιλοφόρο αντλία (πομόνα), διότι πάντοτε περιμένουμε μια μείωση παροχής της γεώτρησης.

Σε μια παραπέρα μείωση κλείνουμε λίγο τη βάννα στην έξοδο του σωλήνα (κατάθλιψη) για την εξισορρόπηση της παροχής άντλησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ5
ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ
(Ανάλογα με την παροχή και την απόσταση)

Παροχή σε m ³ /ώρα	Διάμετρος σωλήνα για κάθε απόσταση μεταφοράς σε mm							
	100m	200m	300m	400m	500m	600m	800m	1000m
1	mm 25	mm 25	mm 25	mm 25	mm 25	mm 32	mm 32	mm 40
2	25	25	25	32	32	32	40	40
3	32	32	32	40	40	40	50	50
4	32	32	40	40	50	50	63	63
5	40	40	50	50	63	63	63	63
8	40	50	50	50	63	63	63	75
10	50	50	63	63	63	63	75	75
15	63	63	63	75	75	75	75	90
20	63	75	75	75	90	90	90	90
25	75	75	90	90	90	90	90	110
30	75	90	90	90	90	110	110	110
35	90	90	90	90	110	110	110	110
40	90	90	110	110	110	110	110	110
45	90	110	110	110	110	110	140	140
50	90	110	110	110	110	140	140	140

60	110	110	110	110	140	140	140	140
70	110	110	110	140	140	140	140	140
80	110	140	140	140	140	140	160	160
100	140	140	140	140	160	160	160	160
120	140	140	140	160	160	160	160	160
140	140	140	160	160	160	200	200	200
160	140	160	160	160	200	200	200	200
180	140	160	160	200	200	200	250	250
200	160	160	200	200	200	250	250	250

ΠΗΓΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ν. Παπαχαρίσης , Ι. Γραμματικόπουλος , Ν. Μάνου-Ανδρεάδη,
«Γεωτεχνική Μηχανική» Έρευνα – Γεωτρήσεις – Εργαστήριο Β’
Έκδοση 2003, Εκδοτικός οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε.
2. Μιλτιάδη Κάπου, «Υπόγεια Νερά – Υδροέρευνες – Γεωτρήσεις»
Έκδοση 1994.
3. www.metal.ntua.gr , Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών
Μάθημα «Τεχνολογία Γεωτρήσεων», Καθηγ. Σ. Σταματάκη.