



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΕΤΑΛΕΙΟΛΟΓΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

**«ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ
ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Του

Δόγρανλη Ευστάθιου

Επιβλέπων Καθηγητής: Μπενάρδος Ανδρέας, Καθηγήτης Ε.Μ.Π

Αθήνα, Φεβρουάριος 2024



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΕΤΑΛΕΙΟΛΟΓΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

**«ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ
ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Του

Δόγρανλη Ευστάθιου

Επιβλέπων Καθηγητής: Μπενάρδος Ανδρέας, Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή της 06/03/2023:

Μπενάρδος Ανδρέας, Καθηγητής

Ζευγώλης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Νομικός Παύλος, Καθηγητής

Copyright ©, Δόγρανλης Ευστάθιος

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διπλωματική εργασία αποτελεί μία προσπάθεια ανάλυσης κόστους υπογείων έργων και υπογείων εκμεταλλεύσεων, με περισσότερη έμφαση στο κομμάτι της διάτρησης. Στο κομμάτι της διάτρησης αποφασίστηκε να δοθεί περισσότερο ενδιαφέρον στην σύγκριση δύο μεθόδων, της κάθετης και της οριζόντιας διάτρησης. Βασικός μοχλός σύγκρισης των δύο μεθόδων αποτέλεσε φυσικά το κόστος αλλά και ο χρόνος για κάθε περίπτωση. Για να γίνει αυτή η σύγκριση αναγκαίο ήταν να δημιουργηθεί ένα ιδεατό μέτωπο πάνω στο οποίο πάρθηκαν όλες οι παραδοχές.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω μία σειρά ανθρώπων για την συμβολή τους στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον καθηγητή μου και επιβλέποντα της διπλωματικής, τον κύριο Ανδρέα Μπενάρδο, για την εξαιρετική εμπειρία που αποκόμισα συνεργαζόμενος μαζί του σε αυτό το ενδιαφέρον θέμα. Η συνεργασία μας ανοίγει νέες προοπτικές στον ευρύτερο τομέα της Σχολής και εκτιμώ ιδιαίτερα την καθοδήγησή του καθώς και την υπομονή που επέδειξε κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Τέλος ευχαριστίες οφείλω στην οικογένεια μου, τον πατέρα μου, την μητέρα μου και τον αδερφό μου, που με γνώμονα τις δικές τους γνώσεις και εμπειρίες από παλαιότερες διπλωματικές και διδακτορικές εργασίες τους, βοήθησαν και στην εκπόνηση της δικιάς μου εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα υπόγεια έργα αποτελούν κατασκευές οι οποίες διεξάγονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Κατηγοριοποιούνται σε δύο μείζονες κατηγορίες, τα μεταλλευτικά και τα μη μεταλλευτικά. Στα μεταλλευτικά έργα, η υπόγεια κατασκευή χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την ανάκτηση πόρων από κάποιο κοίτασμα, ενώ στα μη μεταλλευτικά έργα, το ίδιο το υπόγειο έργο είναι ο αυτοσκοπός.

Τελικός σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η σύγκριση της κάθετης με την οριζόντια διάτρηση συναρτήσει του χρόνου και του κόστους. Για να επιτευχθεί αυτό δημιουργήθηκε και παρουσιάστηκε ένα ιδεατό μέτωπο πάνω στο οποίο εκτελέστηκαν οι δύο μέθοδοι, όπου και υπολογίστηκαν όλοι οι παράμετροι έτσι ώστε να προκύψουν τα κατάλληλα αποτελέσματα. Βασικότεροι παράμετροι για τον επιθυμητό υπολογισμό αποτέλεσαν η διαδικασία της διάτρησης και έπειτα της γόμωσης του μετώπου.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια:

Το πρώτο κεφάλαιο εξηγεί τις βασικές αρχές της κοστολόγησης γενικά, όχι μόνο για τα υπόγεια έργα. Παρουσιάζονται οι πιο διαδεδομένες τεχνικές ανάλυσης κόστους αλλά και τα δημοφιλέστερα λογισμικά που απασχολούν αυτόν τον τομέα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια εισαγωγή στα υπόγεια έργα, την σημασία τους στην εποχή μας και τους διάφορους τύπους υπογείων έργων που συναντάμε.

Το τρίτο κεφάλαιο συνδέει τα πρώτα δύο κεφάλαια και ασχολείται με την κοστολόγηση των υπογείων έργων και των υπογείων εκμεταλλεύσεων. Παρουσιάζονται τα κυριότερα κόστη που απασχολούν την επίτευξη ενός υπογείου έργου, καθώς και τις οικονομικές παραμέτρους που επηρεάζουν την επιλογή μεθόδου υπόγειας εκμετάλλευσης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, που αποτελεί και το βασικότερο κομμάτι της διπλωματικής εργασίας, παρουσιάζεται το ιδεατό μέτωπο και οι τεχνικές της οριζόντιας και της κατακόρυφης διάτρησης που θα χρησιμοποιηθούν πάνω σε αυτό. Αυτό το οποίο υπολογίζεται στο τέλος είναι το κόστος και ο χρόνος που χρειάστηκε για την κάθε μέθοδο.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα συγκεντρωτικά από την ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου και γίνεται η σύγκριση των δύο μεθόδων, ως προς ποια είναι προτιμότερη σύμφωνα με τον χρόνο και το κόστος.

Τέλος αναγράφονται όλες οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση της εργασίας.

ABSTRACT

Underground works are structures that are carried out below the ground surface. They are divided into two main categories, mining and non-mining. In mining projects, the underground structure is used to locate and recover resources from a mineral deposit, whereas in non-mining projects, the underground structure itself is the main objective.

The final aim of the diploma thesis is to compare vertical and horizontal drilling in terms of time and cost. To achieve this, an ideal front was created and presented on which the two methods were performed, where all parameters were calculated in order to obtain the appropriate results. The main parameters for the desired calculation were the process of drilling and then charging the front.

This diploma thesis consists of five chapters:

The first chapter explains the basic principles of costing evaluation in general, not only for underground projects. The most common cost analysis techniques and the most popular software in this field are also being presented.

The second chapter introduces the reader to underground structures, their importance in our times and the different types of underground structures that we encounter.

The third chapter links the first two chapters and deals with the costing of underground works and underground exploitation. The main costs involved in achieving an underground project are presented, as well as the economic parameters that influence the choice of underground exploitation method.

The fourth chapter, which is the main part of the diploma thesis, presents the ideal front and the techniques of horizontal and vertical drilling that will be used on it. What is calculated at the end is the cost and time taken for each method.

In the fifth and last chapter, the results of the analysis of the previous chapter are summarized and the two methods are compared as to which is preferable in terms of time and cost.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	7
ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	12
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	13
ΛΙΣΤΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	14
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
1.1 Η ορολογία της κοστολόγησης.....	15
1.2 Γενικές αρχές κοστολόγησης.....	16
1.3 Στόχος και σημασία της κοστολόγησης.....	16
1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την κοστολογική διαδικασία	17
1.6 Τεχνικές Κοστολόγησης	19
1.6.1 Παραμετρική μοντελοποίηση (Parametric Estimating).....	19
1.6.2 Αναλογική εκτίμηση – εκτίμηση από πάνω προς τα κάτω (Analogous / top down estimating).....	21
1.6.3 Ανιούσα εκτίμηση - από κάτω προς τα πάνω (bottom up estimating).....	22
1.6.4 Εκτίμηση μέσω εμπειρογνομόνων (expert judgment techniques)	22
1.6.5 Εκτίμηση τριών σημείων (PERT - 3 point estimation)	23
1.6.6 Αλγοριθμική μέθοδος (Algorithmic method)	24
1.7 Διάγραμμα ακριβείας τεχνικών κοστολόγησης.....	25
1.8 Λογισμικά υπολογισμού κόστους τεχνικών έργων.....	26
1.8.1 Πακέτο διαχείρισης Έργων ERGA από την εταιρεία 4M	26
1.8.2 ΤΕΥΧΗ.....	26

1.8.3 ERGO.....	27
1.8.4 ROES	27
1.8.5 Παρουσίαση και σύγκριση λογισμικών τεχνικών έργων.....	28
1.9 Λογισμικά υπολογισμού κόστους μεταλλευτικών έργων.....	28
1.9.1 Xeras Financial Modeling.....	28
1.9.2 Sage X3 - ERP	30
1.9.3 Sherpa Software	30
2. ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ	32
2.1 Χρησιμότητα και παράγοντες που ωθούν στην κατασκευή υπογείων έργων.....	32
2.2 Σημασία Υπογείων Έργων στην Σύγχρονη Εποχή.....	34
2.3 Τύποι Υπογείων Κατασκευών	34
2.4 Μέθοδος που επιλέχθηκε	37
2.5 Σχεδιασμός μεθόδου θαλάμων και στύλων	39
2.6 Απαιτήσεις και πεδίο εφαρμογής της μεθόδου.....	40
2.7 Τα θετικά και τα αρνητικά της μεθόδου	42
3. ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ	44
3.1 Οικονομική ανάλυση και μεταλλευτικά έξοδα.....	44
3.1.1 Λειτουργικές Δαπάνες	45
3.1.2 Δαπάνες Προσωπικού.....	46
3.1.3 Δαπάνες Αποσβέσεων.....	46
3.1.4 Λοιπά και απρόβλεπτα έξοδα	47
3.2 Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή μεθόδου υπόγειας εκμετάλλευσης	47
3.3 Ρυθμός παραγωγής μεθόδων υπόγειας εκμετάλλευσης.....	49

3.4 Απαιτούμενο κόστος για κάθε μέθοδο υπόγειας εκμετάλλευσης.....	50
3.5 Σχετικό κόστος των διάφορων μεθόδων.....	51
4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΙΔΕΑΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ	54
4.1 Παρουσίαση χαρακτηριστικών μετώπου	54
4.2 Περιπτώσεις χρήσης οριζόντιας ή κάθετης διάτρησης.....	56
4.3 Εξέταση οριζόντιας διάτρησης	56
4.3.1 Χρονική διάρκεια οριζόντιας διάτρησης	59
4.3.2 Χρονική διάρκεια γόμωσης	60
4.4 Κοστολόγηση οριζόντιας διάτρησης	61
4.4.1 Κοστολόγηση λειτουργικών δαπανών	61
4.4.2 Κοστολόγηση Διάτρησης.....	62
4.4.3 Κοστολόγηση Γόμωσης	65
4.4.4 Κοστολόγηση δαπανών προσωπικού.....	69
4.5 Εξέταση Κάθετης Διάτρησης.....	70
4.5.1 Χρονική διάρκεια κάθετης διάτρησης	73
4.5.2 Χρονική διάρκεια γόμωσης	73
4.6 Κοστολόγηση κάθετης διάτρησης	74
4.6.1 Κοστολόγηση λειτουργικών δαπανών	74
4.6.2 Κοστολόγηση Διάτρησης.....	75
4.6.3 Κοστολόγηση Γόμωσης	78
4.6.4 Κοστολόγηση δαπανών προσωπικού.....	81
5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	83
5.1 Σύγκριση μηκών διάτρησης.....	83
5.2 Σύγκριση χρονικής διάρκειας	83
5.3 Σύγκριση κόστους.....	86

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	93

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Διάγραμμα ακρίβειας τεχνικών κοστολόγησης	24
Εικόνα 1.2: Σύγκριση λογισμικών τεχνικών έργων	27
Εικόνα 1.3: Περιβάλλον XERAS Software	28
Εικόνα 1.4: Περιβάλλον Sage X3 – ERP	29
Εικόνα 1.5: Περιβάλλον Sherpa Software	30
Εικόνα 2.1: Σήραγγα στα Τέμπη Λάρισας	34
Εικόνα 2.2: Κατασκευή υπογείων αθλητικών εγκαταστάσεων (Gjonik Olympic Cavern Hall)	34
Εικόνα 2.3: Φρέαρ μεγάλων διαστάσεων (Shaft)	35
Εικόνα 2.4: Υπόγειος χώρος αποθήκευσης για logistics, εμπορεύματα κ.α., Louisville, USA	36
Εικόνα 2.5: Υπόγειο παρκινγκ στην πόλη Kansas, USA	37
Εικόνα 2.6: Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου θαλάμων και στύλων	38
Εικόνα 3.1: Ρυθμοί παραγωγής για διάφορες μεθόδους εκμετάλλευσης (Τερεζόπουλος, 2003)	49
Εικόνα 3.2: Ρυθμοί παραγωγής για διάφορες μεθόδους εκμετάλλευσης (CostMine, 2010)	49
Εικόνα 4.1: Διαστάσεις ιδεατού μετώπου	54
Εικόνα 4.2: Jumbo drill με έναν βραχίονα	56
Εικόνα 4.3: Τύποι διατρημάτων για την ανατίναξη μετώπου (Τσουτρέλη, 2001)	56
Εικόνα 4.4: Τομή σχεδίου οριζόντιας διάτρησης	57
Εικόνα 4.5: Τα βασικά μέρη ενός DTH μηχανήματος (Dr. Donald A. Bruce, 2013)	70
Εικόνα 4.6: Μηχάνημα Top Hammer	71
Εικόνα 4.7: Η διαφορετική θέση του κρουστικού στο Top Hammer και στο DTH μηχανήμα (Bonmach Q.D., 2019)	71
Εικόνα 4.8: Ρυθμός διάτρησης ειδών μαρμάρου στην περίπτωση της κάθετης και οριζόντιας διάτρησης (Servet D., 2013)	84

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1: Εκτιμώμενο κόστος εκμετάλλευσης για διάφορες μεθόδους εκμετάλλευσης (CostMine, 2003)	49
Πίνακας 3.2: Κόστος εκμετάλλευσης για διάφορες μεθόδους εκμετάλλευσης (Τερεζόπουλος, 2003)	50
Πίνακας 3.3: Σχετικό κόστος των διαφόρων μεθόδων υπόγειας εκμετάλλευσης (Τερεζόπουλος, 2003)	51
Πίνακας 4.1: Συνολικές δαπάνες διάτρησης στην περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης	64
Πίνακας 4.2: Συνολικές δαπάνες γόμωσης οριζόντιας διάτρησης	67
Πίνακας 4.3: Δαπάνες προσωπικού στην περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης	69
Πίνακας 4.4: Δαπάνες διάτρησης στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης	77
Πίνακας 4.5: Συνολικές δαπάνες γόμωσης κάθετης διάτρησης	79
Πίνακας 4.6: Δαπάνες προσωπικού στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης	81
Πίνακας 5.1: Μεγέθη διάτρησης για κάθε μέθοδο	82
Πίνακας 5.2: Συνολικά αποτελέσματα χρονικής διάρκειας για τις δύο μεθόδους	83
Πίνακας 5.3: Συγκεντρωτικά κόστη διάτρησης για τις δύο μεθόδους	85
Πίνακας 5.4: Συγκεντρωτικά κόστη γόμωσης για τις δύο μεθόδους	86
Πίνακας 5.5 Συγκεντρωτικά κόστη του προσωπικού για τις δύο μεθόδους	89
Πίνακας 5.6 Επί τις εκατό (%) διαφορά των δύο μεθόδων	89
Πίνακας 6.1: Συνολικός χρόνος διάτρησης και γόμωσης για κάθε μέθοδο	90
Πίνακας 6.2: Συνολικός κόστος διάτρησης και γόμωσης για κάθε μέθοδο	90

ΛΙΣΤΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 3.1: Βασικότερες λειτουργικές δαπάνες	44
Γράφημα 4.1: Δαπάνες διάτρησης στην περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης (%)	64
Γράφημα 4.2: Δαπάνες γόμωσης στην περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης (%)	68
Γράφημα 4.3: Δαπάνες διάτρησης στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης (%)	77
Γράφημα 4.4: Δαπάνες γόμωσης στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης (%)	80
Γράφημα 5.1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα χρονικής διάρκειας για τις δύο μεθόδους	83
Γράφημα 5.2: Συγκεντρωτικά κόστωι διάτρησης για τις δύο μεθόδους	85
Γράφημα 5.3: Συγκεντρωτικά κόστη γόμωσης για τις δύο μεθόδους	87

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη βιομηχανία και στην μεταλλευτική, μία από τις βασικές αρχές είναι η επίτευξη του μέγιστου δυνατού κέρδους, εφαρμόζοντας πάντα λογικές τακτικές για την εγγύηση της ασφάλειας των εργαζομένων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Για τη βελτιστοποίηση της οικονομικής απόδοσης, κατά την αξιολόγηση ενός επενδυτικού σχεδίου, συνήθως πραγματοποιείται λεπτομερής ανάλυση του κόστους.

Η πρακτική της κοστολόγησης των τεχνικών έργων αποτελεί, ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, αλλά και να υφίστανται παρακολούθηση σε όλο το σύνολο των φάσεων της διαδικασίας της κατασκευής των τεχνικών έργων. Ο κυριότερος στόχος της εκτίμησης του κόστους μιας κατασκευής, είναι να δοθούν οι απαραίτητες γνώσεις και πληροφορίες στα πλαίσια της λήψης αποφάσεων στο τεχνικό έργο, κάτι που συμπεριλαμβάνει παράλληλα και τα πεδία των προμηθειών και της τιμολόγησης, καθώς και της θέσπισης ενός συγκεκριμένου ποσού προς πληρωμή και τον έλεγχο των απαιτούμενων υλικών και ποσοτήτων που χρειάζονται για να λάβει χώρα το έργο.

1.1 Η ορολογία της κοστολόγησης

Κοστολόγηση είναι η διαδικασία που ακολουθείται για τον προσδιορισμό του κόστους ενός αγαθού , μιας υπηρεσίας , μιας δραστηριότητας ή μιας λειτουργίας . Η κοστολόγηση, σαν διαδικασία προσδιορισμού του κόστους, αναφέρεται στα αγαθά και στις υπηρεσίες που αγοράζονται, παράγονται και πωλούνται, στις επιχειρηματικές ή μη δραστηριότητες που αναπτύσσονται και γενικά στη λειτουργία οποιασδήποτε οργανωτικής υποδιαίρεσης της οικονομικής μονάδος (Φωτοπούλου, 2015).

Η κοστολόγηση βοηθά στον προσδιορισμό του αναγκαίου τιμολογίου για την πώληση ενός προϊόντος ή την προσφορά μιας υπηρεσίας, καθώς και στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τον τρόπο μείωσης του κόστους ή της βελτίωσης της αποδοτικότητας στην παραγωγή ή την παροχή.

1.2 Γενικές αρχές κοστολόγησης

Οι γενικές αρχές κοστολόγησης αποτελούν το θεμέλιο στοιχείο για τον προσδιορισμό του κόστους παραγωγής ή παροχής ενός προϊόντος ή υπηρεσίας. Οι βασικές αρχές αυτές περιλαμβάνουν (Huang, 2011):

1. Το κόστος πρέπει να αντανακλά όσο το δυνατόν περισσότερο τις αιτίες που το προκαλούν. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει σαφής συσχέτιση μεταξύ των δαπανών και των παραγόντων που τις προκαλούν.
2. Οι δαπάνες πρέπει να καταγράφονται μόνο όταν έχουν πραγματικά πραγματοποιηθεί. Αυτό εξαλείφει την προσαρμογή προβλεπόμενων δαπανών και διασφαλίζει ότι τα κόστη είναι βασισμένα στην πραγματικότητα.
3. Όλα τα κόστη, ακόμη και τα μικρά και δευτερεύοντα, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Ακόμη και αν μπορεί να φαίνονται ασήμαντα, μπορεί να επηρεάσουν το συνολικό κόστος και την απόδοση.
4. Τα έκτακτα ή μη κανονικά κόστη δεν πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στην κοστολόγηση. Αυτά τα κόστη σχετίζονται με απρόβλεπτα γεγονότα που είναι εκτός ελέγχου της επιχείρησης και δεν πρέπει να επηρεάζουν την κανονική λειτουργία της.
5. Παρελθοντικά κόστη δεν πρέπει να επιβαρύνουν μελλοντικές περιόδους. Αυτό διασφαλίζει την ακρίβεια της ανάλυσης κόστους και αποτρέπει την παραπληροφόρηση όσον αφορά την οικονομική κατάσταση της επιχείρησης.

1.3 Στόχος και σημασία της κοστολόγησης

Στόχος της κοστολόγησης είναι να δώσει στους αρμόδιους υπεύθυνους και ενδιαφερόμενους τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με το κόστος. Άρα η χρησιμότητα της κοστολόγησης εξαρτάται από την ανάγκη για πληροφόρηση, καθώς πολλές αποφάσεις στα πλαίσια του επιχειρηματικού ρίσκου είναι άμεσα συνδεδεμένες με την κοστολόγηση. Με τα στοιχεία που παρέχονται σ' αυτή θα μπορέσει η διοίκηση, να διαπιστώσει τυχόν υπεξαίρεσεις ή κλοπές ή σπατάλες, ποια τμήματα (κέντρα κόστους) της επιχείρησης είναι κερδοφόρα και ποια ζημιολόγα, ποια κατώτατα όρια τιμών πωλήσεων και άλλα. Δείχνει δηλαδή τις απώλειες που τυχόν

υπάρχουν έτσι ώστε η επιχείρηση να πάρει μέτρα για να τις αποφύγει και επομένως να γίνει πιο αποδοτική η παραγωγική διαδικασία (Μπέλλας, 2010).

Πιο συγκεκριμένα, με τη συστηματική κοστολόγηση επιδιώκεται:

- η εξεύρεση του, κατά το δυνατό, ακριβέστερου αποτελέσματος της επιχειρήσεως,
- η άσκηση τιμολογιακής πολιτικής,
- ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας της παραγωγικής διαδικασίας και
- η εξεύρεση του βαθμού της παραγωγικής δραστηριότητας στον οποίο η επιχείρηση επιτυγχάνει τον ευνοϊκότερο κόστος.

Με την διαδικασία της κοστολόγησης μπορεί να υπολογιστεί επίσης το κόστος της κάθε επιμέρους εργασίας. Το κάθε αυτοτελές αυτό τμήμα δραστηριότητας ή ευθύνης, το οποίο δημιουργεί κόστος, μπορεί να οριστεί και ως κέντρο κόστους. Η πραγματοποίηση της κοστολόγησης με την χρήση της ιδέας των κέντρων κόστους παρέχει ευελιξία και ευκολία στους υπολογισμούς ενός έργου, είτε αυτό πρόκειται για ένα απλό έργο, όπως η κατασκευή ενός εργαλείου, είτε επρόκειτο για ένα σύνθετο και μεγάλο έργο, όπως η κατασκευή ενός υπογείου πάρκινγκ. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι απλούστερο να υπολογισθούν τα επί μέρους κόστη ενός έργου πρώτα και στο τέλος να αθροιστούν για να προκύψει το τελικό κόστος. (Μπενάρδος & Καλιαμπάκος, 2010)

1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την κοστολογική διαδικασία

Η κοστολογική διαδικασία επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, και αυτοί περιλαμβάνουν (Πάγγειος, 1993):

1. Τύπος Επιχείρησης: Ο τύπος της επιχείρησης, όπως η βιομηχανία, ο τομέας υπηρεσιών, η κατασκευή, το λιανικό εμπόριο, επηρεάζει τον τρόπο κοστολόγησης. Διάφορες επιχειρήσεις έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και ανάγκες στη διαδικασία κοστολόγησης.
2. Μέγεθος και Κλίμακα Παραγωγής: Οι επιχειρήσεις με διαφορετικά μεγέθη και επιπλέον το μέγεθος της παραγωγής ή των πωλήσεων επηρεάζουν τον

τρόπο κοστολόγησης. Μεγάλες επιχειρήσεις μπορεί να χρειάζονται πιο σύνθετες μεθόδους κοστολόγησης από τις μικρές.

3. Είδος Προϊόντος ή Υπηρεσίας: Το είδος του προϊόντος ή της υπηρεσίας που παρέχεται επηρεάζει την κοστολογική διαδικασία. Για παράδειγμα, η κοστολόγηση μιας φυσικής παραγωγής διαφέρει από την κοστολόγηση υπηρεσιών.
 4. Μέθοδοι Παραγωγής: Ο τρόπος παραγωγής, όπως η μαζική παραγωγή, η εξατομικευμένη παραγωγή, ή η συνεχής παραγωγή, επηρεάζει τον τρόπο κοστολόγησης.
 5. Επιλογές Υλικών και Προμηθευτών: Οι επιλογές για υλικά και προμηθευτές επηρεάζουν το κόστος παραγωγής. Διάφοροι προμηθευτές και υλικά μπορούν να έχουν διαφορετικές τιμές και ποιότητες.
 6. Κύκλος ζωής του προϊόντος: Το στάδιο του κύκλου ζωής του προϊόντος, όπως η εισαγωγή, η ανάπτυξη, η ώριμη φάση, και η υποχώρηση, επηρεάζει την κοστολόγηση και την τιμολόγηση.
 7. Αγορά και Ανταγωνισμός: Οι συνθήκες στην αγορά και ο ανταγωνισμός επηρεάζουν την κοστολόγηση, καθώς η τιμολόγηση πρέπει να είναι ανταγωνιστική και να λαμβάνει υπόψη την ζήτηση και την προσφορά.
- 1.5 Μέθοδοι κοστολόγησης

Ο τρόπος που επιλέγονται οι μέθοδοι κοστολόγησης εξαρτάται από τον τρόπο παραγωγής που υιοθετεί η κάθε επιχείρηση. Υπάρχουν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις στην παραγωγή (Πλάλας - Πιλάγας, 2011):

- **Εξατομικευμένη παραγωγή:** χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι η επιχείρηση αναλαμβάνει να παράγει προϊόντα βάσει συγκεκριμένων παραγγελιών από τους πελάτες. Συνεπώς, η παραγγελία του κάθε πελάτη αποτελεί τον πυρήνα για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους. Ο υπολογισμός του κόστους ανά μονάδα προϊόντος προκύπτει βάσει του αριθμού των μονάδων που περιλαμβάνονται σε κάθε παραγγελία.

- **Συνεχής παραγωγή:** χαρακτηρίζεται από το ότι η επιχείρηση παράγει ένα τυποποιημένο (σε κάποιο βαθμό) προϊόν. Η παραγωγή του προϊόντος αυτού απαιτεί μία σειρά από επεξεργασίες, οι οποίες γίνονται σύμφωνα με μία σαφώς προκαθορισμένη ακολουθία. Ο υπολογισμός του κόστους θα γίνει για κάθε στάδιο επεξεργασίας της παραγωγικής διαδικασίας. Το ανά μονάδα κόστος κάθε σταδίου ή τμήματος επεξεργασίας θα είναι ο μέσος όρος που θα προκύψει διαιρώντας το συνολικό κόστος του για μια χρονική περίοδο δια του αριθμού των μονάδων οι οποίες παρήχθησαν στην περίοδο αυτή.

1.6 Τεχνικές Κοστολόγησης

Στον τομέα της κοστολόγησης, εντοπίζουμε ορισμένες κυρίαρχες τεχνικές που εφαρμόζονται κατά τη φάση του προϋπολογισμού ενός έργου, εκ των οποίων οι πιο διαδεδομένες είναι:

1. Η παραμετρική μοντελοποίηση (Parametric Estimating)
2. Αναλογική εκτίμηση – εκτίμηση από πάνω προς τα κάτω (Analogous / top down estimating)
3. Ανιούσα εκτίμηση - από κάτω προς τα πάνω (bottom up estimating)
4. Εκτίμηση μέσω εμπειρογνομόνων (expert judgment techniques)
5. Εκτίμηση τριών σημείων (PERT - 3 point estimation)
6. Αλγοριθμική μέθοδος (Algorithmic method)

1.6.1 Παραμετρική μοντελοποίηση (Parametric Estimating)

Τα παραμετρικά μοντέλα αποτελούν χρήσιμα εργαλεία για την προετοιμασία σε αρχικά στάδια, ιδίως όταν υπάρχει έλλειψη τεχνικών στοιχείων που θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως βάση για την υποστήριξη μιας πιο λεπτομερούς μεθόδου υπολογισμού (Dysert, 2008).

Ένα παραμετρικό μοντέλο εκτίμησης κόστους είναι μια μαθηματική αναπαράσταση των σχέσεων κόστους, που παρέχουν ένα λογικό μοντέλο συσχέτισης και πρόβλεψης μεταξύ των φυσικών ή λειτουργικών χαρακτηριστικών του έργου καθώς και των επακόλουθων κοστών.

Η παραμετρική εκτίμηση αποτελείται από σχέσεις κοστολόγησης και άλλες υπολογιστικές λειτουργίες που δημιουργούν μια λογική και επαναλαμβανόμενη συσχέτιση μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών, όπως παράμετροι σχεδιασμού ή φυσικά χαρακτηριστικά, και της εξαρτημένης μεταβλητής, που αντιστοιχεί στο κόστος. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιούνται σε αυτήν τη διαδικασία είναι γνωστές ως 'οδηγοί κόστους' και, συνήθως, αντιστοιχούν σε επιχειρησιακά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το συγκεκριμένο έργο που αξιολογείται.

Οι υπολογισμοί για την εκτίμηση χωρητικότητας και του εξοπλισμού ανήκουν στην κατηγορία των απλών παραμετρικών υπολογισμών. Σε πιο προχωρημένα παραμετρικά μοντέλα, συνήθως λαμβάνουν υπόψη διάφορες ανεξάρτητες μεταβλητές ή παράγοντες κόστους. Όπως και με άλλες υπολογιστικές μεθόδους, η παραμετρική εκτίμηση εξαρτάται από τη συλλογή και ανάλυση προηγούμενων δεδομένων κόστους του έργου, με σκοπό την ανάπτυξη σχέσεων εκτίμησης κόστους.

Μερικά πλεονεκτήματα της παραμετρικής εκτίμησης κόστους είναι τα παρακάτω (Qian, 2012):

- Αποδοτικότητα: Οι υπολογισμοί της απαιτούν λιγότερο χρόνο σε σχέση με λεπτομερείς μεθόδους, ενώ δεν απαιτείται εκτενής ανάλυση του έργου για την υποστήριξή τους.
- Αντικειμενικότητα: Απαιτεί ποσοτικούς συντελεστές παραγωγής που συνδέονται με αλγορίθμους που παρέχουν ποσοτικά αποτελέσματα.
- Συνέπεια: Εάν δύο εκτιμητές χρησιμοποιήσουν τις ίδιες παραμέτρους, θα καταλήξουν στο ίδιο συνεπαγόμενο κόστος. Επίσης, παρέχει συνεπή τεκμηρίωση και αιτιολόγηση των εκτιμήσεων.
- Ευελιξία: Προσφέρει κόστος για ποικίλες αρχικές μεταβλητές και μπορεί να εξάγει τιμές από έργα διαφορετικού μεγέθους ή φύσης. Τα μοντέλα είναι προσαρμόσιμα για ανάλυση ευαισθησίας του κόστους στις προτεινόμενες αλλαγές στον σχεδιασμό.

Η εξέλιξη των μοντέλων αυτής της μεθόδου έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο με τον πέρασμα του χρόνου, επωφελούμενη ιδιαίτερα από την πρόοδο της τεχνολογίας και της εξέλιξης του προγραμματισμού.

1.6.2 Αναλογική εκτίμηση – εκτίμηση από πάνω προς τα κάτω (Analogous / top down estimating)

Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν πολύ λίγες λεπτομέρειες διαθέσιμες για το έργο, και γι' αυτό δεν παρέχει μια εξαιρετικά αξιόπιστη εκτίμηση. Παρόλα αυτά, τα κύρια πλεονεκτήματά της περιλαμβάνουν το χαμηλό κόστος και τα άμεσα αποτελέσματα που προσφέρει (Usmani, 2012).

Στην αναλογική εκτίμηση, το κόστος του έργου υπολογίζεται μέσω σύγκρισης με παρόμοια έργα που έχουν ήδη πραγματοποιηθεί από την ίδια εταιρία. Για να χρησιμοποιηθεί αυτή η μέθοδος, είναι αναγκαίο να υπάρχει ένα λεπτομερές αρχείο με προηγούμενα έργα της εταιρίας. Το αρχείο πρέπει να είναι επαρκώς μεγάλο ώστε να παρέχει πληθώρα επιλογών για την ανάκτηση στοιχείων.

Στην αναλογική προσέγγιση για τον καθορισμό των καθηκόντων του έργου, η διαδικασία ξεκινά από τον στόχο του έργου και τον καταμερισμό του σε μικρότερα κομμάτια σχεδιασμού, γνωστά ως πακέτα εργασίας. Κάθε πακέτο εργασίας υφίσταται περαιτέρω διασπασμό με μεγαλύτερη λεπτομέρεια, και στη συνέχεια, τμήματα του έργου ανατίθενται στα μέλη της ομάδας για την εκτέλεση της εκτίμησης (Makar, 2015).

Η μέθοδος αυτή ξεχωρίζει για το χαμηλό κόστος υλοποίησης, αλλά και τη μικρότερη ακρίβεια σε σχέση με άλλες. Συγκεκριμένα, τα πλεονεκτήματά της περιλαμβάνουν:

- Χρηστική στα πρώτα στάδια της μελέτης έργου, λειτουργώντας με ελάχιστες λεπτομέρειες.
- Απλή τεχνική χωρίς υψηλές απαιτήσεις χρόνου.
- Δυνατότητα τμηματικής χρήσης για την εκτίμηση συγκεκριμένων εργασιών.

Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι η μικρότερη ακρίβεια εκτίμησης την καθιστά περισσότερο κατάλληλη για τα πρώτα στάδια του έργου, όπου η λεπτομερής πληροφορία είναι περιορισμένη.

1.6.3 Ανιούσα εκτίμηση - από κάτω προς τα πάνω (bottom up estimating)

Η ανιούσα εκτίμηση βασίζεται στην ιδέα ότι οι εργασίες ενός έργου μπορούν να αναλυθούν από μια ομάδα εργασίας και να υπολογιστούν ξεχωριστά. Κατά την ανιούσα εκτίμηση, κάθε εργασία διαιρείται σε μικρότερα τμήματα. Στη συνέχεια, οι εκτιμήσεις για αυτά τα τμήματα καθορίζουν τι ακριβώς απαιτείται για να πληροί τις απαιτήσεις του καθενός. Οι εκτιμήσεις αυτές συνοψίζονται για να δημιουργήσουν μια πιο ακριβή εκτίμηση για ολόκληρο το έργο. Με αυτόν τον τρόπο, η εκτίμηση για το έργο στο σύνολό του είναι συνήθως πολύ πιο ακριβής, καθώς επιτυγχάνεται λεπτομερής εξέταση κάθε μικρότερου τμήματος και στη συνέχεια, η συνδυαστική εκτίμηση παρέχει έναν λεπτομερή και ακριβή υπολογισμό για το συνολικό έργο.

Με βάση την περιγραφή, η ανιούσα εκτίμηση φαίνεται όντως ότι είναι η μέθοδος με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια και ασφάλεια στους υπολογισμούς της. Επιπλέον, προσφέρει τη δυνατότητα συνεργασίας πολλών ανθρώπων από διάφορα κομμάτια της παραγωγής, επιτρέποντας τους να συνεργαστούν με μέγιστη δυνατή ακρίβεια για την υλοποίησή της.

Η τεχνική αυτή αποδεικνύεται χρήσιμη για τη δημιουργία ενός λεπτομερούς προϋπολογισμού του έργου, την κατάρτιση χρονοδιαγραμμάτων και μηνιαίων προβλέψεων. Επιπλέον, συμβάλλει στον καθορισμό των αναγκαίων πόρων κατά τα βασικά στάδια του έργου, επιτρέποντας τη δημιουργία ενός πιο ακριβούς χρονοδιαγράμματος. Το κύριο μειονέκτημα, ωστόσο, είναι ότι απαιτεί περισσότερο χρόνο σε σχέση με άλλες μεθόδους που έχουν αναφερθεί προηγουμένως (Wu, 1997).

1.6.4 Εκτίμηση μέσω εμπειρογνώμων (expert judgment techniques)

Η τεχνική κρίσης εμπειρογνώμονα απαιτεί είτε τη διαβούλευση με έναν ειδικό στο λογισμικό κόστους είτε τη συμμετοχή μιας ομάδας εμπειρογνώμωνων. Σε αυτήν τη διαδικασία, οι εμπειρογνώμονες χρησιμοποιούν την εμπειρία και την γνώση τους για να καταλήξουν σε μια εκτίμηση του κόστους του έργου (Zulkefli, 2010).

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου κρίσης εμπειρογνώμωνων περιλαμβάνουν:

1. **Γέφυρωση Διαφορών:** Οι εμπειρογνώμονες μπορούν να ενοποιήσουν την εμπειρία τους από παρόμοια έργα του παρελθόντος με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του τρέχοντος έργου.

2. **Πρόβλεψη Αναγκών και Αλληλεπίδρασης:** Οι εμπειρογνώμονες μπορούν να προβλέψουν τις ανάγκες του έργου και την αλληλεπίδρασή του με νέες τεχνικές, όπως αρχιτεκτονική και πληροφορική.

Αυτά τα πλεονεκτήματα επιτρέπουν στη μέθοδο να είναι ευέλικτη και προσαρμοστική στις συγκεκριμένες απαιτήσεις και προκλήσεις του κάθε έργου (Wu, 1997).

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου κρίσης εμπειρογνομόνων είναι:

1. **Δυσκολία Ποσοτικοποίησης:** Η μέθοδος δυσκολεύει στο να παρουσιάσει ποσοτικά αποτελέσματα, καθώς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την προσωπική εκτίμηση και εμπειρία των εμπειρογνομόνων.
2. **Δυσκολία Τυποποίησης Κρίσιμων Παραγόντων:** Είναι δύσκολο να τυποποιηθούν οι κρίσιμοι παράγοντες που λαμβάνουν υπόψη οι ειδικοί στους υπολογισμούς τους.
3. **Μη Ασφαλής Χρήση ως Μοναδικό Όργανο Εκτίμησης:** Δεν είναι πάντα ασφαλές να χρησιμοποιείται ως το μοναδικό εργαλείο εκτίμησης, και συνήθως χρησιμοποιείται συνδυαστικά με άλλες μεθόδους.

1.6.5 Εκτίμηση τριών σημείων (PERT - 3 point estimation)

Η εκτίμηση τριών σημείων είναι μια προσέγγιση που συνδυάζει την απλή θεώρηση μέσου όρου με την τριγωνική (κανονική) κατανομή. Με τρεις χαρακτηριστικές τιμές για κάθε εργασία (τη βέλτιστη, τη χείριστη και την πιθανότερη τιμή), προσφέρει μια πιο πλήρη εικόνα των πιθανών αποτελεσμάτων.

Οι τιμές αυτές επιλέγονται από την ομάδα εργασίας και χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο εξισώσεων στατιστικής θεώρησης για τον υπολογισμό της τελικής εκτίμησης και της απόκλισης. Αυτή η μέθοδος συνδυάζει την επικουρική εμπειρία με τα στατιστικά εργαλεία για μια πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση (Misllick, 2009).

1.6.6 Αλγοριθμική μέθοδος (Algorithmic method)

Η αλγοριθμική μέθοδος είναι μια προσέγγιση που βασίζεται σε μαθηματικές εξισώσεις και σχεδιάζεται για την εκτέλεση εκτιμήσεων λογισμικού. Χρησιμοποιεί ιστορικά δεδομένα και εργαλεία όπως ο κώδικας προγράμματος, οδηγούς κοστολόγησης, μεθόδους σχεδιασμού και εκτιμήσεις ρίσκου. Οι αλγοριθμικές μέθοδοι έχουν σε μεγάλο βαθμό μελετηθεί και έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα τους, όπως τα μοντέλα COCOMO, το μοντέλο Putnam, και τα μοντέλα Function Point Analysis.

Αυτή η μέθοδος στηρίζεται σε πιο συστηματικούς υπολογισμούς και μαθηματικές σχέσεις, επιτρέποντας μια πιο ακριβή προσέγγιση για το κόστος (Wu, 1997).

Τα πλεονεκτήματα της αλγοριθμικής μεθόδου περιλαμβάνουν τα εξής:

- Είναι σε θέση να παράγει επαναλαμβανόμενες εκτιμήσεις, προσφέροντας σταθερότητα και αξιοπιστία στα αποτελέσματα.
- Είναι εύκολη η τροποποίηση των αρχικών δεδομένων και επίσης είναι εύκολη η προσαρμογή και βελτίωση των μαθηματικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται.
- Αποτελεί αποτελεσματική μέθοδο που μπορεί να υποστηρίξει μια "οικογένεια" εκτιμήσεων και να πραγματοποιήσει ανάλυση ευαισθησίας, επιτρέποντας την εξέταση του πώς διάφορες παράμετροι επηρεάζουν τα αποτελέσματα.
- Είναι αντικειμενικά βαθμονομημένο με βάση την εμπειρία από προηγούμενα έργα, προσφέροντας έναν σχετικά ασφαλές τρόπο αξιολόγησης βασισμένο σε προηγούμενες εκτιμήσεις.

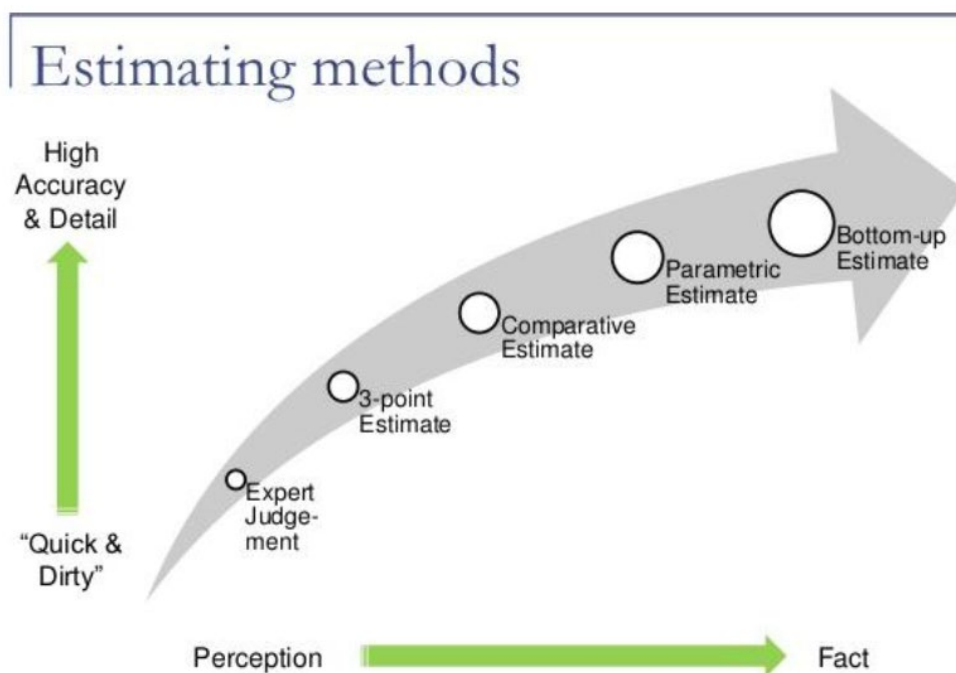
Τα μειονεκτήματα της αλγοριθμικής μεθόδου περιλαμβάνουν τα εξής:

- Η κακή συμπλήρωση των αρχικών δεδομένων, όπως ανακριβή νούμερα ή λάθος μονάδες, μπορεί να οδηγήσει σε ανακριβή αποτελέσματα. Είναι σημαντικό να διασφαλίζεται η εγκυρότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται.

- Δεν μπορεί πάντα να λάβει υπόψη εμπειρικούς παράγοντες που δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν. Ορισμένοι παράγοντες, όπως η δημιουργικότητα ή η ανθρώπινη εμπειρία, ενδέχεται να μην αντικατοπτρίζονται απόλυτα μέσα από μαθηματικά μοντέλα.

1.7 Διάγραμμα ακριβείας τεχνικών κοστολόγησης

Όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως για τις διάφορες τεχνικές εκτίμησης κόστους, γίνεται αντιληπτό ότι διαφέρουν σημαντικά ως προς το πόσο ακριβείς είναι και πόση λεπτομέρεια παρέχουν, επηρεάζοντας άμεσα την ποιότητα των αποτελεσμάτων τους. Το διάγραμμα στην εικόνα 1.1 ταξινομεί αυτές τις τεχνικές με αύξουσα σειρά, λαμβάνοντας υπόψη την ακρίβεια και τη λεπτομέρεια που καθένα από αυτά προσφέρει (Mislick, 2009).



Εικόνα 1.1 Διάγραμμα ακριβείας τεχνικών κοστολόγησης

Όπως παρατηρείται στην εικόνα 1.1, όσο πιο χαμηλά βρισκόμαστε στο διάγραμμα η εκτίμηση κόστους είναι σχετικά ανακριβής αλλά μπορεί να πραγματοποιηθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα, ενώ όσο πιο ψηλά βρισκόμαστε στην κλίμακα οι τεχνικές κοστολόγησης είναι πολύ πιο αξιόπιστες αλλά ταυτόχρονα πιο χρονοβόρες.

1.8 Λογισμικά υπολογισμού κόστους τεχνικών έργων

Για την ακριβέστερη και ταχύτερη προκοστολόγηση και παρακολούθηση του κόστους τεχνικών έργων, η χρήση προγραμμάτων Ηλεκτρονικού Υπολογιστή είναι σχεδόν απαραίτητη. Αυτά τα προγράμματα μπορεί να είναι είτε μικρότερα προγράμματα γραμμένα σε κάποιο λογιστικό φύλλο, όπως το Microsoft Excel ή το OpenOffice Calc, από τους ίδιους τους υπεύθυνους ενός έργου, είτε ολοκληρωμένα, ανεξάρτητα εμπορικά προγράμματα λογισμικού.

Στην Ελληνική αγορά είναι διαθέσιμα διάφορα προγράμματα λογισμικού όπως για παράδειγμα το πακέτο ERGA από την εταιρεία 4M, CostOS και On-Screen TakeOff από την Nomitech, MyManager Τεχνικό από την Qualisys Software, και το autocost το οποίο διατίθεται δωρεάν από την ιστοσελίδα www.treesoft.gr.

1.8.1 Πακέτο διαχείρισης Έργων ERGA από την εταιρεία 4M

Ένα από τα διαθέσιμα προγράμματα σχετικά με τη διαχείριση κόστους τεχνικών έργων, την προκοστολόγηση, και την παρακολούθηση του κόστους δημοσίων αλλά και ιδιωτικών έργων είναι το Πακέτο Διαχείρισης Έργων ERGA της εταιρείας 4M. Περιλαμβάνει, εκτός των άλλων, λογισμικό σχετικό με την διαχείριση του κόστους δημοσίων έργων (πρόγραμμα ΤΕΥΧΗ προκοστολόγησης και πρόγραμμα ERGO παρακολούθησης κόστους. Επίσης περιλαμβάνει το πρόγραμμα ROES για την οικονομική παρακολούθηση ιδιωτικών έργων. Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των τριών αυτών προγραμμάτων, των δυνατοτήτων τους και των λειτουργιών τους (4M, 2012).

1.8.2 ΤΕΥΧΗ

Το πρόγραμμα ΤΕΥΧΗ καλύπτει την προκοστολόγηση οποιουδήποτε έργου και παράγει το σύνολο των απαιτούμενων Τευχών Δημοπράτησης (Προμέτρηση, Αναλυτικό Τιμολόγιο, Τιμολόγιο Μελέτης, Κοστολόγηση-Προϋπολογισμό, Βασικές Τιμές). Συνοδεύεται με όλα τα αρχεία επίσημων άρθρων αλλά και χιλιάδες νέα άρθρα, καθώς επίσης και από τις πρόσφατες επίσημες τιμαριθμικές, οι οποίες ενημερώνονται ανά τρίμηνο από την 4M. Η εφαρμογή κυκλοφορεί για μεμονωμένους χρήστες ή για δίκτυο (client-server). Είναι αναπτυγμένη σε περιβάλλον windows και

είναι δυνατό να εγκατασταθεί σε όσους υπολογιστές έχουν Windows 2000 ή Windows XP.

1.8.3 ERGO

Το πρόγραμμα ERGO καλύπτει τις ανάγκες παρακολούθησης Δημόσιων Έργων από τη δημοπράτηση μέχρι την περάτωσή τους, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία. Το ERGO παρέχει άμεση παρακολούθηση των δαπανών και πληρωμών, εποπτεία στην έκδοση Λογαριασμών με εύκολη και γρήγορη καταχώρηση κινήσεων των υλικών και των απολογιστικών εργασιών. Ευελιξία στην κατάρτιση και στην δήλωση έγκρισης Ανακεφαλαιωτικών πινάκων, Αναθεωρητικών Λογαριασμών, Π.Π.Α.Ε. κλπ. Επίσης παρέχει ολοκληρωμένη διαχείριση των τιμών των συντελεστών αναθεώρησης εργασιών και υλικών, που ενημερώνονται ανά τρίμηνο από την 4Μ και πλήρη εικόνα της πορείας των εργασιών και της κίνησης των υλικών με πίνακες και διαγράμματα.

1.8.4 ROES

Το πρόγραμμα ROES είναι ένα Ολοκληρωμένο Πρόγραμμα Οικονομικής Παρακολούθησης Έργων. Οι ROES αναπτύχθηκαν για να καλύπτουν εύκολα και αποτελεσματικά όλες τις ανάγκες Οικονομικής Παρακολούθησης οποιουδήποτε έργου, με μοναδική προϋπόθεση την απλή καταχώρηση των πραγματοποιούμενων κινήσεων (εισπράξεις, πληρωμές κλπ). Πέρα από πολλές χρήσιμες δυνατότητες για πλήρη και λεπτομερή οικονομική παρακολούθηση, οι ROES αυτοματοποιούν ορισμένες διαδικασίες που είναι απαραίτητες σε κάθε έργο, αλλά που απαιτούν χρόνο και προσπάθεια, όπως είναι για παράδειγμα τα έντυπα για το Ελάχιστο Κόστος (ΕΚΚΟ) και το ΙΚΑ (Καταστάσεις).

1.8.5 Παρουσίαση και σύγκριση λογισμικών τεχνικών έργων

	ΤΕΥΧΗ	ERGO	ROES
Λειτουργία προγράμματος	Προκοστολόγηση	Παρακολούθηση κόστους	Παρακολούθηση κόστους
Απαιτούμενα στοιχεία	Προμετρήσεις	Επιμετρήσεις	Καταχώρηση εσόδων/εξόδων
Διευκολύνσεις με νομοθεσία δημοσίων έργων	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ
Ενσωμάτωση βιβλιοθήκης στοιχείων	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ

Εικόνα 1.2. Σύγκριση λογισμικών τεχνικών έργων

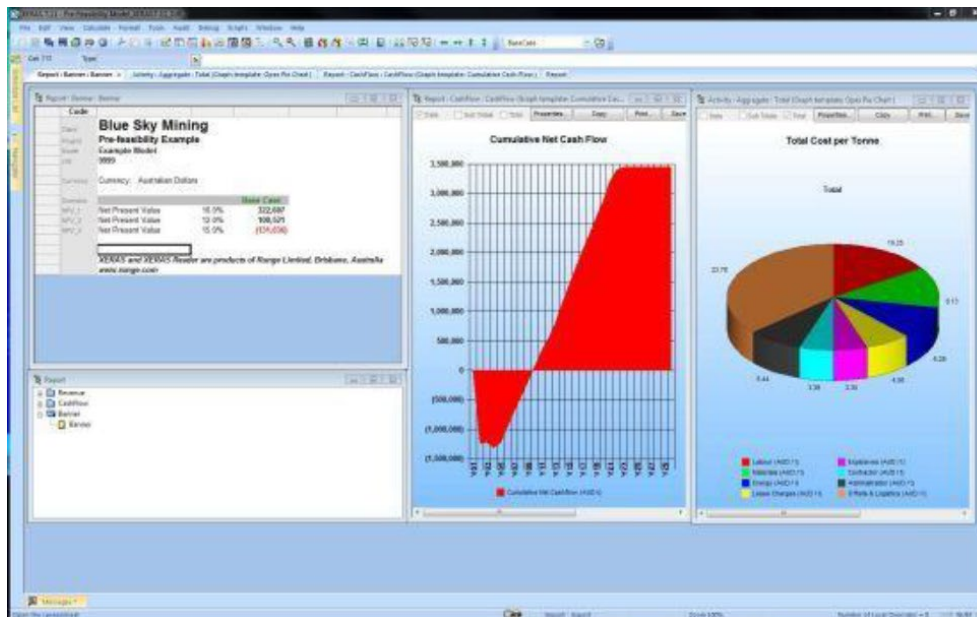
Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 1.2) παρουσιάζεται η βασική λειτουργία του κάθε προγράμματος που αναφέρθηκε προηγουμένως, τα απαιτούμενα στοιχεία που πρέπει να εισαχθούν για την εύρυθμη λειτουργία της εφαρμογής, αν ο χρήστης διευκολύνεται με τη νομοθεσία με την χρήση της εφαρμογής και τέλος αν μπορεί να γίνει ενσωμάτωση βιβλιοθήκης στοιχείων.

1.9 Λογισμικά υπολογισμού κόστους μεταλλευτικών έργων

Η κατηγορία λογισμικού που ασχολείται με την εκτίμηση και αξιολόγηση του κόστους έχει ως βασικό στόχο τον υπολογισμό διαφόρων πτυχών του κόστους σχετικά με εργασίες και τη βελτιστοποίησή τους. Κάποια ουσιώδη παραδείγματα, ειδικότερα για μεταλλευτικά έργα, περιλαμβάνουν τα παρακάτω.

1.9.1 Xeras Financial Modeling

Το Xeras Financial Modeling αποτελεί ένα εξαιρετικό εργαλείο για τη δημιουργία προϋπολογισμών και στρατηγικού σχεδιασμού, πλήρως ικανό να ανταποκριθεί σε βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες ανάγκες του προϋπολογισμού. Ορισμένες από τις κύριες ενότητες που περιλαμβάνει το πρόγραμμα είναι (Runge Pincock minargo, 2016):



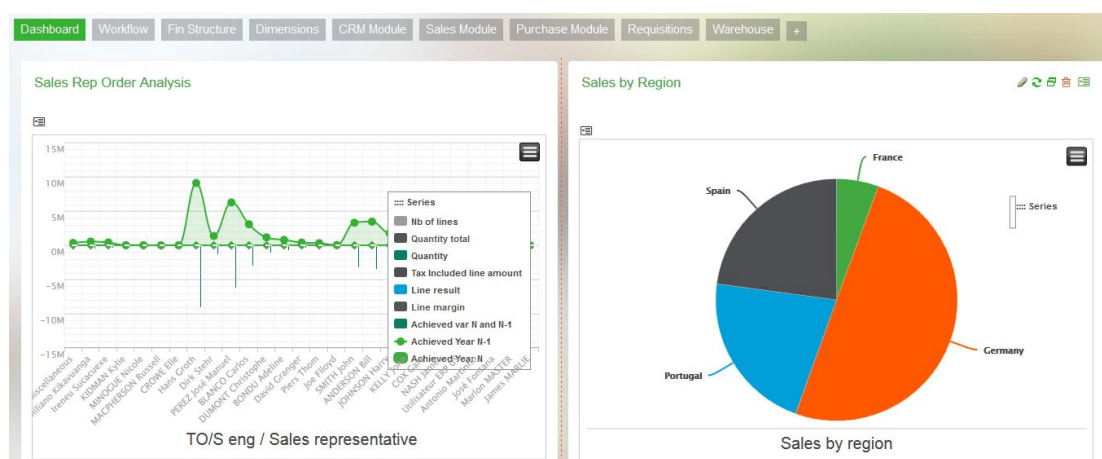
Εικόνα 1.3. Περιβάλλον Xeras Software

1. **XERAS for Strategic Financial Evaluation:** αποτελεί ένα ισχυρό σύστημα οικονομικής αξιολόγησης με ευρεία εστίαση, σχεδιασμένο για χρήση σε πρώιμα στάδια προκαταρκτικής μελέτης σκοπιμότητας. Λειτουργεί για προβλέψεις ταμειακών ροών σε πολλαπλά σενάρια εξόρυξης, ενισχύοντας την ανάπτυξη της πιο πρακτικής και επικερδούς στρατηγικής προσέγγισης στον τομέα της εξόρυξης, καθώς επίσης και για την αξιολόγηση της πραγματικής αξίας του κοιτάσματος και άλλων σχετικών παραγόντων.
2. **Xeras for operation budgeting:** αποτελεί ένα σύστημα προϋπολογισμού που στοχεύει στην πρόβλεψη της παραγωγής, των αναλώσιμων, του εξοπλισμού και των διοικητικών δαπανών για ένα μεταλλείο. Η χρησιμότητά του εκτείνεται στον υπολογισμό όλων των εργασιών στον τομέα του ορυχείου από μηδενική βάση, παρέχοντας μια σαφή εικόνα του προϋπολογισμού σε οποιαδήποτε χρονική περίοδο. Επιπλέον, συμβάλλει στη βελτίωση του οικονομικού σχεδιασμού και της πρόβλεψης για τη συνολική λειτουργία του μεταλλείου και άλλων σχετικών παραμέτρων.
3. **XERAS for Maintenance Budgeting:** παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει μια συνολική πρόβλεψη των δαπανών βάσει του προγράμματος συντήρησης για κάθε μονάδα εξοπλισμού. Εκτελεί πολλαπλά σενάρια για τη διερεύνηση αποτελεσματικών επιλογών και άλλες σχετικές παραμέτρους.

1.9.2 Sage X3 - ERP

Το Sage X3 - ERP αποτελεί ένα εξειδικευμένο πρόγραμμα που προσφέρει ευέλικτες λύσεις για τον σχεδιασμό και την οικονομική διαχείριση κοιτασμάτων. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα παρέχει έναν ισχυρό συνδυασμό εργαλείων που καλύπτουν τον προγραμματισμό εργασιών, την παραγωγή, την κοστολόγηση, τη χρηματοοικονομική ανάλυση και άλλα. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει επίσης μια ευέλικτη ροή εργασίας που καθοδηγεί τις διαδικασίες, όπως (Sage, 2016):

- Διαχείριση ροής εργασίας και εγγράφων
- Λογιστική διαχείριση εργασιών
- Ανάλυση διεργασίας και συναλλαγών
- Διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και προγραμματισμένη συντήρηση
- Εισαγωγή οικονομικών δεδομένων για το έργο με δυνατότητα υποβολής οικονομικών εκθέσεων
- Διαχείριση έργου και έλεγχος της διαδικασίας
- Διαχείριση συμβάσεων
- Ανθρώπινοι πόροι & μισθοδοσία.

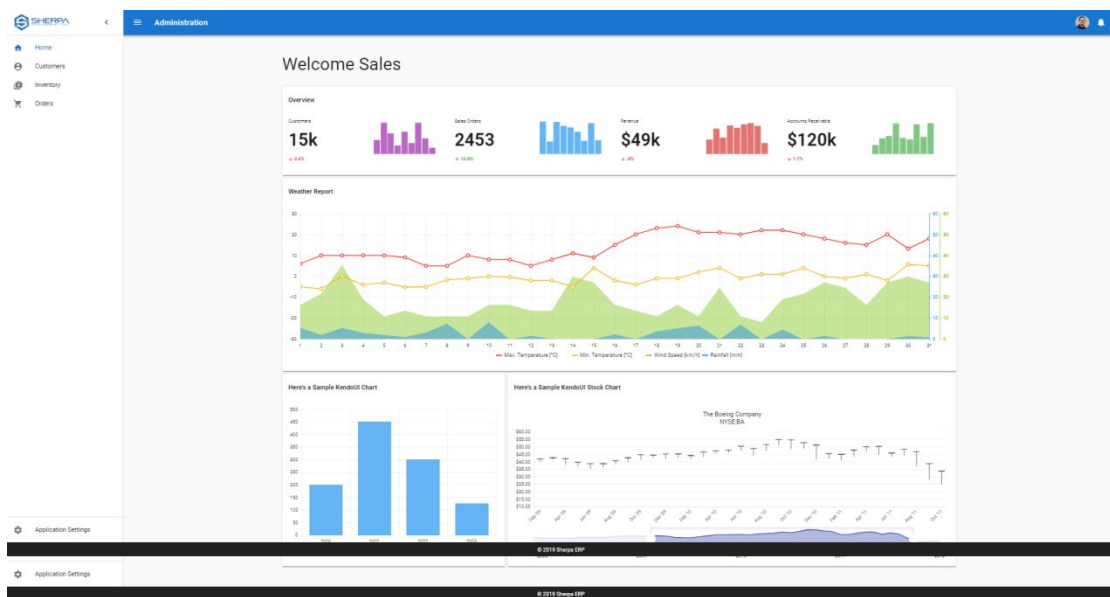


Εικόνα 1.4. Περιβάλλον Sage X3 - ERP

1.9.3 Sherpa Software

Το σύνολο του λογισμικού της εταιρίας Sherpa (Sherpa software, 2016):

1. Το **Sherpa Cost – Cost Estimating Software for Underground Mines** εκμεταλλεύεται τα δεδομένα παραγωγής και αποθέσεων που παρέχονται από τον χρήστη. Χρησιμοποιεί αυτά τα δεδομένα για να υπολογίσει πάνω από 800 παραμέτρους, οι οποίες εν συνεχεία χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του εξοπλισμού, της εργασίας και του κόστους προμήθειας. Ο χρήστης λειτουργεί μέσω αυτών των παραμέτρων, αλλάζοντας τες όσο χρειάζεται για την προσαρμογή του υπολογισμού στις συνθήκες μιας συγκεκριμένης θέσης.
2. Το **Sherpa Cost – Cost Estimating Software for Surface Mines** χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του κόστους εξόρυξης ανοιχτής εκσκαφής. Αξιοποιώντας τις διαδικασίες υπολογισμού με βάση τη μηχανική και συνδυάζοντας τις με στοιχεία κόστους από την Υπηρεσία Κόστους Μεταλλείων (CostMine), το Sherpa προσδιορίζει τα σχετικά κεφαλαιουχικά και λειτουργικά κόστη που συνδέονται με την ανάπτυξη της επιφάνειας και των ορυχείων.
3. Το **Sherpa Cost-Estimating Software for Placer Mines** είναι ένα πρόγραμμα που βασίζεται στα δεδομένα παραγωγής για να υπολογίσει απαιτούμενες παραμέτρους. Αυτές οι παράμετροι, με τη σειρά τους, χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα για την εκτίμηση του εξοπλισμού, των εργασιών και άλλων σχετικών παραγόντων.



Εικόνα 1.5. Περιβάλλον Sherpa Software

2. ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μία γενική αναφορά στα υπόγεια έργα, στην σημασία τους στην σημερινή εποχή, στα πλεονεκτήματα που προσφέρουν έναντι άλλων έργων, καθώς και στις διάφορες μεθόδους που μπορούν να πραγματοποιηθούν. Αυτές οι αναφορές αποσκοπούν έτσι ώστε στη συνέχεια να παρουσιαστούν οικονομικά στοιχεία για τις μεθόδους αυτές και να γίνει οικονομική ανάλυση για την διάνοιξη ενός ιδεατού μετώπου στην συνέχεια για διάφορες παραδοχές.

2.1 Χρησιμότητα και παράγοντες που ωθούν στην κατασκευή υπογείων έργων

Τον τελευταίο καιρό, παρατηρείται μια σημαντική αύξηση στον αριθμό και το μέγεθος των υπογείων κατασκευών, καθώς χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση διάφορων έργων υποδομής. Αυτή η εξέλιξη οφείλεται, κυρίως, στις αυξημένες απαιτήσεις ποιότητας και λειτουργικότητας των έργων, καθώς επίσης στην ανάγκη προστασίας και αναβάθμισης του βιοτικού επιπέδου του πληθυσμού. Συνολικά, αυτή αποτελεί μια αξιόπιστη και ρεαλιστική εναλλακτική λύση που μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα ζωής, τηρώντας παράλληλα αυστηρούς περιβαλλοντικούς όρους και να καλύψει τη ζήτηση για εξεύρεση χώρου (Μπενάρδος & Καλιαμπάκος, 2010).

Η αξιοποίηση του υπόγειου χώρου για την εγκατάσταση χρήσεων που δεν απαιτούν πολύτιμο επιφανειακό χώρο ή δεν είναι επιθυμητό να αναπτύσσονται επιφανειακά λόγω παραγόντων όχλησης, περιγράφεται με τον όρο "υπόγεια ανάπτυξη".

Όπως αναφέρει και η ITA (International Tunnelling Association) η χρησιμοποίηση του υπογείου χώρου είναι μία λύση για τις εξής περιπτώσεις (ITA-WG4, 2000):

- Εκεί όπου η διαθεσιμότητα επιφανειακού χώρου απουσιάζει, όπως στη δημιουργία χώρων στάθμευσης οχημάτων και την υλοποίηση έργων μετρό.
- Σε περιοχές όπου η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί προτεραιότητα, όπως στην κατασκευή οδικών και σιδηροδρομικών σηράγγων.

- Όπου υπάρχει δυνατότητα οικονομίας δαπανών, όπως στην αποθήκευση τροφίμων και ενέργειας.
- Για στρατηγικούς σκοπούς, όπως στα κέντρα επικοινωνιών και τους στρατιωτικούς χώρους.
- Από ανθρωπιστικής άποψης, όπως στη δημιουργία αποθεμάτων νερού και καταφυγίων.

Οι κινητήριοι παράγοντες που ενθαρρύνουν την υπόγεια ανάπτυξη περιλαμβάνουν τα εξής (Sterling & Godard, 2001):

1. Έλλειψη διαθέσιμου χώρου:

- Βελτιστοποίηση της χρήσης της γης μεταφέροντας δραστηριότητες υπόγεια, ελευθερώνοντας πολύτιμο επιφανειακό χώρο.
- Οι υπόγειες κατασκευές προσφέρουν δυνατότητες επέκτασης χωρίς τους περιορισμούς του εδάφους σε σχέση με το ιδιοκτησιακό καθεστώς.

2. Περιβαλλοντικοί λόγοι:

- Μεταφορά ρυπογόνων δραστηριοτήτων υπόγεια, προσφέροντας προστασία και απομόνωση του γεωλογικού μέσου.
- Βελτίωση της ποιότητας ζωής και μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από δραστηριότητες που μπορούν να μεταφερθούν υπόγεια.

3. Κοινωνικοοικονομικοί λόγοι:

- Μειωμένες ενεργειακές ανάγκες λόγω της σταθερής θερμοκρασίας υπογείου και του ελεγχόμενου περιβάλλοντος.
- Αυξημένη ασφάλεια των υπόγειων κατασκευών, καθώς οι προσβάσεις είναι ελεγχόμενες, και βελτιωμένη αντοχή τους σε σεισμικές δονήσεις, ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές με σεισμική δραστηριότητα, όπως ο Ελλαδικός χώρος.

2.2 Σημασία Υπογείων Έργων στην Σύγχρονη Εποχή

Τα υπόγεια έργα αποκτούν ιδιαίτερη σημασία στην αντιμετώπιση σύγχρονων προβλημάτων και ανταποκρίνονται σε πολλές σημαντικές ανάγκες της κοινωνίας. Αναλύοντας τη σημασία αυτών των έργων σε διάφορους τομείς, μπορούμε να επισημάνουμε τα εξής (Shina, 1989):

1. **Υποδομή και Μεταφορές:** Τα υπόγεια έργα, όπως σήραγγες και αυτοκινητόδρομοι, βοηθούν στην αντιμετώπιση της αυξημένης κυκλοφοριακής συμφόρησης και συμβάλλουν στη βελτίωση των συστημάτων μεταφορών.
2. **Ενέργεια και Περιβάλλον:** Η υπογειοποίηση των εγκαταστάσεων για την αποθήκευση ενέργειας και τη διαχείριση ανανεώσιμων πηγών συμβάλλει στη μετάβαση προς πιο βιώσιμες ενεργειακές πρακτικές.
3. **Κρίσεις και Εκτάκτων Αναγκών:** Οι υπόγειες δομές χρησιμοποιούνται για την προστασία από φυσικές καταστροφές, όπως σεισμούς και καταιγίδες, παρέχοντας ασφαλή καταφύγια κατά τη διάρκεια κρίσεων.
4. **Διαχείριση Υδάτων:** Υπόγειες δομές χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και διαχείριση υδάτων, βοηθώντας στην αντιμετώπιση προβλημάτων όπως η έλλειψη νερού ή οι πλημμύρες.
5. **Έρευνα και Εκμετάλλευση Πόρων:** Τα υπόγεια μεταλλευτικά έργα συμβάλλουν στην απόκτηση πολύτιμων πόρων, ενώ οι υπόγειες έρευνες παρέχουν στοιχεία για την κατανόηση της γης και των υποκείμενων φυσικών διεργασιών.

Συνολικά, τα υπόγεια έργα ανταποκρίνονται στην ανάγκη για αποδοτική, ασφαλή και βιώσιμη χρήση των πόρων και συνεισφέρουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής και της ανθεκτικότητας των κοινωνιών μας.

2.3 Τύποι Υπογείων Κατασκευών

Ως υπόγεια έργα αναφερόμαστε σε όλες εκείνες τις τεχνικές κατασκευές που πραγματοποιούνται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (Μπενάρδος &

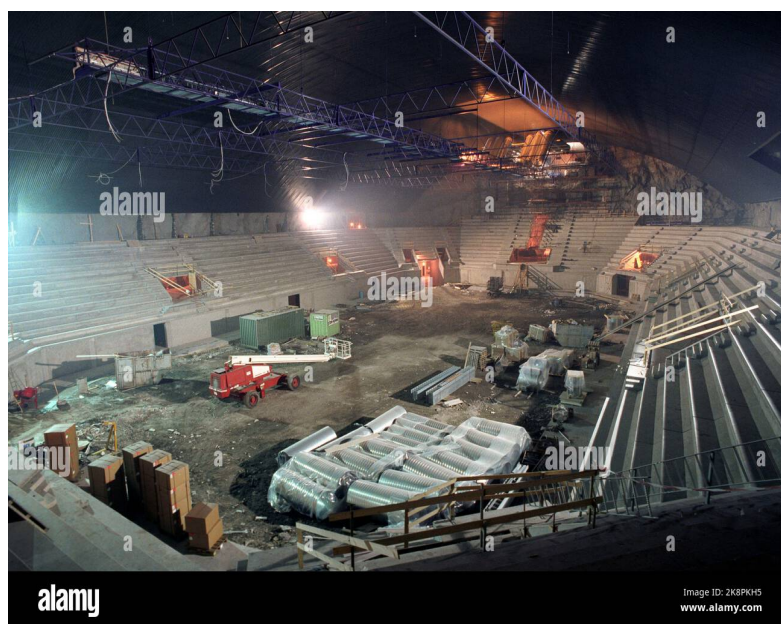
Καλιαμπάκος, 2010). Μια βασική διάκριση των υπογείων έργων γίνεται με βάση τη μορφή και το σχήμα τους, χωρίζονται δηλαδή σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Σήραγγες: Επικαλούμενοι τον όρο "σήραγγες", αναφερόμαστε σε τεχνικά διαμορφωμένες δίοδους που εκτείνονται κατά μήκος (οριζόντιες ή ελαφρά κλίνουσες) με διάμετρο διατομής που κυμαίνεται από 1 έως 15 μέτρα και μήκος που φθάνει μέχρι αρκετά χιλιόμετρα.



Εικόνα 2.1. Σήραγγα στα Τέμπη Λάρισης

- Θάλαμοι: Αναφερόμαστε σε ανοίγματα μεγάλων διαστάσεων, με πλάτος έως 35-40 μέτρα και μήκος που φτάνει τα 250 μέτρα



Εικόνα 2.2. Κατασκευή υπογείων αθλητικών εγκαταστάσεων (Gjovik Olympic Cavern Hall)

- Φρέατα: Τον όρο "φρέατα" χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε επιμήκεια κατακόρυφα ή σχεδόν κατακόρυφα ανοίγματα, με πλάτος έως 8 μέτρα και μήκος που φτάνει έως τα 500 μέτρα.



Εικόνα 2.3. Φρέαρ μεγάλων διαστάσεων (Shaft)

Οι παραπάνω τρεις κατηγορίες εξυπηρετούν διάφορους σκοπούς που είναι προφανείς. Οι σήραγγες χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία οδικών δικτύων (όπως αυτοκινητόδρομοι και σιδηρόδρομοι), τον εφοδιασμό με ύδρευση, την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και άλλων. Οι θάλαμοι χρησιμεύουν για την αποθήκευση προϊόντων, λειτουργούν ως χώροι logistics και φιλοξενούν διάφορες εγκαταστάσεις, από αθλητικές έως στρατιωτικές. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία και αποθήκευση αποβλήτων και λυμάτων. Τα φρέατα, τέλος, χρησιμοποιούνται συχνά για τη μεταφορά υλικών ή ανθρώπων από και προς τον κατακόρυφο άξονα, διευκολύνοντας την επικοινωνία μεταξύ υπογείου έργου και επιφάνειας.

Τα υπόγεια έργα διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, και συγκεκριμένα σε μεταλλευτικά και μη μεταλλευτικά. Η κύρια διαφοροποίηση ανάμεσα στις δύο αυτές κατηγορίες έργων έγκειται στον τελικό τους στόχο. Στα μεταλλευτικά έργα, η κυρίαρχη προσανατολισμένη στόχευση είναι η απόκτηση και η οικονομική εκμετάλλευση ενός οικονομικά ανταγωνιστικού κοιτάσματος μεταλλεύματος. Αντίθετα, στα μη μεταλλευτικά έργα, ο κύριος στόχος εστιάζεται στη δημιουργία και ανάπτυξη του ίδιου του έργου, με γνώμονα την εγκατάσταση και εκμετάλλευση ποικίλων χρήσεων του χώρου.

Σε μεταλλευτικά έργα δηλαδή, η προσπάθεια επικεντρώνεται στην ανακάλυψη και την απόκτηση επικερδών εστιασμένων αποθεμάτων μεταλλεύματος, ενώ στα μη μεταλλευτικά η επίκεντρη προσοχή είναι στον σχεδιασμό και την εφαρμογή του έργου για ποικίλες χρήσεις, πέραν της απλής μεταλλευτικής εκμετάλλευσης.

2.4 Μέθοδος που επιλέχθηκε

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέχθηκε να εφαρμοστεί η μέθοδος θαλάμων και στύλων. Αυτή η τεχνική έχει ευρεία εφαρμογή σε υπόγεια έργα, είτε πρόκειται για εξορυκτικές δραστηριότητες, είτε για τη δημιουργία υπόγειων χώρων και εγκαταστάσεων. Στην Ελλάδα, αλλά και παγκοσμίως, η μέθοδος θαλάμων και στύλων χρησιμοποιείται εκτενώς, είτε για την εξόρυξη βωξίτη, είτε για την υπόγεια εξόρυξη άνθρακα και άλλων ορυκτών (Μπενάρδος & Καλιαμπάκος, 2010).

Πολλά είναι τα παραδείγματα υπόγειων τεχνικών έργων που εφαρμόζουν αυτήν τη μέθοδο. Για παράδειγμα, χρησιμοποιείται για τη δημιουργία υπόγειων αποθηκευτικών χώρων, logistics (όπως στο Louisville, Kentucky), κτηριακών εγκαταστάσεων και χώρων στάθμευσης (όπως στο Sub-Tropolis, Kansas, Missouri). Επιπλέον, χρησιμοποιείται για την υπόγεια αποθήκευση καυσίμων και φυσικού αερίου, καθώς και για τη διάθεση επικίνδυνων αποβλήτων, προσφέροντας ουσιαστικές λύσεις σε πολλούς τομείς.



Εικόνα 2.4. Υπόγειος χώρος αποθήκευσης για logistics, εμπορεύματα κ.α., Louisville, USA



Εικόνα 2.5. Υπόγειο παρκινγκ στην πόλη Kansas, USA

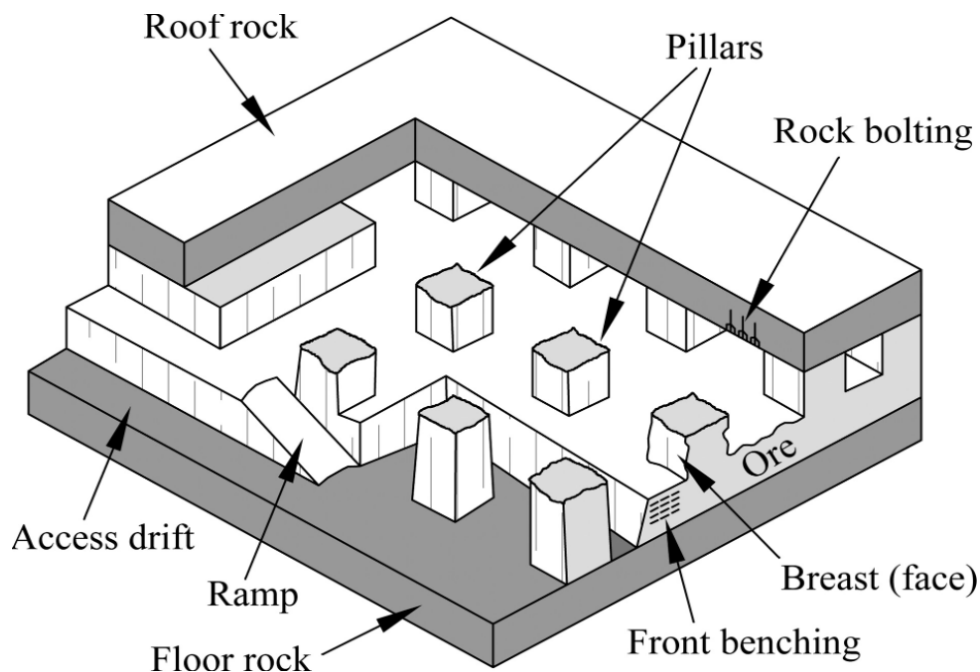
Η επιλογή της μεθόδου θαλάμων και στύλων θεωρήθηκε κατάλληλη για πολλούς λόγους (Sharma, 2009):

1. **Ευκολία σχεδιασμού και υπολογισμού:** Αρχικά, προσφέρει τη δυνατότητα εύκολου σχεδιασμού και υπολογισμού των παραμέτρων της, καθώς και της υποστήριξης, επιτρέποντας γενικότερη παρέμβαση για τη βελτιστοποίηση της ευστάθειας των στύλων.
2. **Υποστήριξη και ενίσχυση στύλων:** Παρέχει δυνατότητες υποβοήθησης της υποστήριξης των στύλων, είτε με λιθογόμωση είτε με τη διεύρυνση της διατομής τους στο έδαφος και την οροφή.
3. **Συνεχής επίβλεψη και ανίχνευση αστοχιών:** Παρέχει δυνατότητα συνεχούς επίβλεψης για τον εντοπισμό πιθανών αστοχιών ή προβλημάτων.
4. **Οικονομική μέθοδος:** Είναι αρκετά οικονομική, προσφέροντας αποτελεσματική λύση χωρίς υψηλό κόστος.

5. **Ευελιξία και δυνατότητες εκμηχάνισης:** Παρέχει ευελιξία και δυνατότητες εκμηχάνισης της διαδικασίας, προσαρμόζοντας τη δυναμικότητα της παραγωγής ανάλογα με τις συνθήκες.
6. **Λειτουργική αξιοποίηση του χώρου:** Παρέχει ικανοποιητική λειτουργική αξιοποίηση του χώρου, και μετά το πέρας της εκμετάλλευσης, διατηρώντας τον χώρο επιχειρησιακά χρήσιμο.

2.5 Σχεδιασμός μεθόδου θαλάμων και στύλων

Η μέθοδος θαλάμων και στύλων ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων εκμετάλλευσης με φυσική υποστήριξη, όπου η υποστήριξη του υπόγειου χώρου προέρχεται κυρίως από την εγκατάλειψη στύλων πετρώματος. Στη διαδικασία αυτή, αφήνονται ανάμεσα στους θαλάμους τμήματα του αρχικού πετρώματος, που λειτουργούν ως στύλοι, φέροντας και μεταβιβάζοντας το φορτίο από τα υπερκείμενα πετρώματα. Το ύψος και το πάχος των θαλάμων και των στύλων αποφασίζεται ανάλογα από την αντοχή του πετρώματος της οροφής και του ίδιου του μεταλλεύματος. Το σχήμα των στύλων είναι τις περισσότερες περιπτώσεις κανονικό στη διάταξη με κυκλική ή τετραγωνική δομή (Τερεζόπουλος, 2003).



Εικόνα 2.6. Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου θαλάμων και στύλων

Κατά τη διαμόρφωση των θαλάμων και στύλων, βασικός στόχος είναι η επίτευξη ισορροπίας ανάμεσα στη σταθερότητα των στύλων και την αποτελεσματική εξόρυξη του μεταλλεύματος. Για να εξασφαλιστεί η σταθερότητα των στύλων, πρέπει να δοθεί μεγάλη έμφαση στα μηχανικά χαρακτηριστικά τόσο του υλικού που εξορύσσεται όσο και του υπερκείμενου. Οι διαστάσεις του στύλου, όπως το πλάτος και το ύψος, μαζί με την αντοχή του πετρώματος, καθορίζουν τη συμπεριφορά του κατά τη φόρτιση. Κατά τη διαδικασία της εκσκαφής του πετρώματος, λόγω του κενού χώρου που δημιουργείται σε ένα συγκεκριμένο βάθος, παρατηρείται ανακατανομή των τάσεων που προκύπτουν από το υπερκείμενο πέτρωμα. Αυτό συμβαίνει λόγω του ειδικού βάρους και του βάθους της εκμετάλλευσης. Όταν οι τάσεις υπερβαίνουν την αντοχή του στύλου, τότε αυτός αστοχεί. Η αστοχία μπορεί να εκδηλωθεί με την αποκόλληση τμημάτων από τις παρειές του στύλου, τη δημιουργία ρωγμών και άλλων παρόμοιων προβλημάτων.

Ένας κρίσιμος παράγοντας για την πρόληψη των αστοχιών και την γενικότερη μελέτη της συμπεριφοράς του στύλου είναι ο λόγος πλάτους προς ύψος (W/H). Ερευνητικές εξετάσεις έχουν αποδείξει πειραματικά ότι η αντοχή του στύλου είναι ανάλογη του λόγου W/H . Σε πρόσθετο βαθμό, πειραματικά δοκιμαστικά έργα έχουν αποκαλύψει ότι η αύξηση του λόγου W/H έχει σημαντική επίδραση στην παραμένουσα αντοχή του στύλου. Η παραμένουσα αντοχή καθορίζεται ως η αντοχή των δοκιμών, που αντιστοιχεί σε παραμόρφωση τριπλάσια της παραμόρφωσης που υφίσταται το δοκίμιο κατά την αστοχία του.

Ενδεικτικά, όταν ο λόγος $\frac{W}{H} < 2$, τότε οι στύλοι δεν παρουσιάζουν μεταβολές στην παραμένουσα αντοχή τους. Ένα ακόμα σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι όταν ο λόγος $\frac{W}{H} \geq 5$, τότε παρουσιάζεται αύξηση της αντοχής τους και δεν μπορεί να υπάρξει αστοχία (Μπενάρδος & Καλιαμπάκος, 2010).

2.6 Απαιτήσεις και πεδίο εφαρμογής της μεθόδου

Η μέθοδος θαλάμων και στύλων αποτελεί μια τεχνική που δεν παρουσιάζει σημαντικούς περιορισμούς στο πεδίο εφαρμογής της, ειδικά όταν αναφερόμαστε σε τεχνικά έργα. Ο μοναδικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την εφαρμογή της

είναι η καταλληλότητα των πετρωμάτων όσον αφορά την ανθεκτικότητά τους. Αυτό είναι σημαντικό για να διασφαλιστεί ότι οι στύλοι θα είναι ικανοί να αντέξουν τις τάσεις που ασκούνται από τα υπερκείμενα βάρη και, ταυτόχρονα, να διασφαλιστεί ικανοποιητικό πλάτος στους θαλάμους (Μπενάρδος & Καλιαμπάκος, 2010).

Ωστόσο, στα εργασιακά πλαίσια των μεταλλευτικών έργων, η μέθοδος θαλάμων και στύλων εφαρμόζεται κυρίως σε στρωματοειδείς μεταλλοφορίες ιζηματογενούς προέλευσης. Παραδείγματα αυτών περιλαμβάνουν χαλκούχους σχιστόλιθους, διάφορα βιομηχανικά ορυκτά όπως ο ασβεστόλιθος, και στρώματα άνθρακα, μεταξύ άλλων (Τερεζόπουλος, 2003)

Εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά της μεθόδου, η εφαρμογή της προϋποθέτει τα εξής:

- Καίρια είναι η καταλληλότητα των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών του κοιτάσματος, με έμφαση στην ανθεκτικότητα του μεταλλεύματος, καθώς οι δημιουργούμενοι στύλοι αναλαμβάνουν καθοριστικό ρόλο στην υποστήριξη. Παράλληλα, η ανθεκτικότητα των περιβάλλοντων πετρωμάτων αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για τη σταθερότητα και ασφάλεια της διαδικασίας.
- Η τοποθεσία του κοιτάσματος στον χώρο αποτελεί σημαντικό κριτήριο, με βάση την προσβασιμότητα, το βάθος εντοπισμού, και άλλα γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Το κοίτασμα προτιμάται να βρίσκεται σε σχετικά μικρό βάθος, καθώς η τάση από τα υπερκείμενα στρώματα αυξάνεται με το βάθος, επηρεάζοντας την ασκούμενη τάση στον στύλο. Επιπλέον, συστήνεται να έχει ομαλό γεωμετρικό σχήμα, ιδίως κανονικό δάπεδο, με πάχος μη υπερβαίνον τα 7 μέτρα και κλίση από 0° έως 40° , με το τελευταίο να αποτελεί το μέγιστο επιθυμητό επίπεδο κλίσης.
- Συνιστάται η επιλογή μεταλλεύματος χαμηλής αξίας, έτσι ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμη η σημαντική απώλεια που προκύπτει από την αναγκαία εγκατάλειψη των στύλων.
- Επιθυμητοί Ρυθμοί Παραγωγής και Κόστος Παραγόμενου Προϊόντος.

2.7 Τα θετικά και τα αρνητικά της μεθόδου

Όπως προαναφέρθηκε η μέθοδος θαλάμων και στύλων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μεταλλευτικά αλλά και για τεχνικά έργα. Και στις δύο περιπτώσεις όμως υπάρχουν βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που πρέπει να αναφερθούν.

Για μεταλλευτικά έργα παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, εκ των οποίων τα πλεονεκτήματα είναι (Hustrulid – Bullock, 2001):

- Παρουσιάζει σημαντικά μικρότερη οπτική ρύπανση, κάτι που αποτελεί έναν από τους κύριους λόγους που οι υπαίθριες εκμεταλλεύσεις φαίνεται να θεωρούνται (σε όλες τις περιπτώσεις) ως καταστροφικές για το περιβάλλον.
- Ρυπαίνει σε πολύ μικρό βαθμό την ατμόσφαιρα καθώς οι περισσότερες διεργασίες πραγματοποιούνται υπόγεια.
- Οι καιρικές συνθήκες και τα ακραία καιρικά φαινόμενα έχουν λίγη έως μηδενική επίπτωση στην εύρυθμη λειτουργία της μεθόδου.
- Εξαιτίας της φυσικής υποστήριξης από το ίδιο το πέτρωμα, δεν χρειάζονται σχεδόν ποτέ επιπλέον τεχνικές υποστήριξης, κάτι που θα έφερνε αύξηση του κόστους.
- Από ένα σημείο της εκμετάλλευσης και μετά, δημιουργούνται χώροι αποθήκευσης των αχρήστων υλικών. Έτσι, δεν υπάρχει ανάγκη να μεταφέρονται αυτά τα υλικά μέχρι το εξωτερικό, γεγονός που θα συνεπαγόταν χρονικές και οικονομικές δαπάνες ανάλογα με την απόσταση μεταφοράς.
- Παρέχει τη δυνατότητα εκλεκτικής εξόρυξης και διαλογής εντός της περιοχής του εξορυκτικού μετώπου.
- Παρέχει επιλογές για την αποκομιδή του θραυσμένου υλικού εκ του υπογείου χώρου, είτε με τη χρήση αυτοματοποιημένων ταινιοδρόμων, είτε με μη αυτοματοποιημένες διαδικασίες, ή ακόμη και με τον συνδυασμό αμφότερων των προσεγγίσεων.

Και τα μειονεκτήματα είναι:

- Η εγκατάλειψη των στύλων για υποστηρικτικούς σκοπούς συνεπάγεται με σημαντικές απώλειες μεταλλεύματος. Το ποσοστό του κοιτάσματος που

αφήνεται ανεκμετάλλευτο υπό τη μορφή στύλων κυμαίνεται από 10% σε περιπτώσεις κοιτασμάτων με μικρό βάθος και ανθεκτικά πετρώματα έως 50% σε λιγότερο ανθεκτικά κοιτάσματα μεγάλου βάθους. Επιπλέον, οι απώλειες εντείνονται λόγω γεωμετρικών ατελειών στην οροφή και το δάπεδο.

- Υπάρχουν περιορισμένες συνθήκες ασφαλείας σε σύγκριση με άλλες μεθόδους. Οι μεγάλες διαστάσεις των κενών αποτελούν δυσμενή παράγοντα, καθώς δυσκολεύει τον έλεγχο της οροφής. Σε αυτήν την περίπτωση, δεν είναι πάντοτε εύκολο να ανιχνευθεί η παρουσία διασταυρωμένων επιπέδων με χαμηλότερη αντίσταση.

Για την πραγμάτωση τεχνικών έργων έχει τα εξής πλεονεκτήματα (Lee, 2013):

- Υπάρχει μεγάλο εύρος ως προς τα έργα που μπορούν να γίνουν υπογείως με αυτή τη μέθοδο, όπως είναι τα πάρκινγκ, αποθηκευτικοί χώροι, κ.α.
- Υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα χώρου και ευκαιρίες για ποικιλότητα αξιοποίησή του.
- Παρέχει δυνατότητες απομόνωσης, καθιστώντας την ιδανική για εγκαταστάσεις που απαιτούν αυξημένη προστασία και ασφάλεια.
- Προσφέρει αυξημένη προστασία του περιβάλλοντος, εφαρμόζοντας μέτρα όπως ο περιορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω της υπόγειας μεταφοράς ενός τμήματος του συγκοινωνιακού δικτύου.

Ενώ τα μειονεκτήματα είναι:

- Σημαντικές χρηματοδοτικές απαιτήσεις κατά την αρχική φάση της επένδυσης.
- Η επίδραση του παράγοντα της ψυχολογίας στον άνθρωπο, που παρατηρείται στην γενικότερη παρουσία και χρήση του υπογείου χώρου.

3. ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ

Η κοστολόγηση αναδεικνύεται ως καθοριστικό στοιχείο στην επιτυχημένη διεξαγωγή και διαχείριση μεταλλευτικών και μη μεταλλευτικών έργων, έχοντας επιδράσεις που αφορούν την οικονομική βιωσιμότητα, την αποτελεσματική διαχείριση πόρων, και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου υπερβολικών κοστών.

Ωστόσο, οι βασικές αρχές της εκμετάλλευσης, όπως η ασφάλεια του προσωπικού και η οικονομία του κοιτάσματος, επηρεάζουν σημαντικά τον τελικό προγραμματισμό του έργου. Αυτός ο προγραμματισμός στοχεύει στη βέλτιστη λειτουργία του μεταλλείου, συμπεριλαμβάνοντας τη μέθοδο εκμετάλλευσης, τη δυναμικότητα, το χρονικό προγραμματισμό της παραγωγής, τα έργα ανάπτυξης, την παραγωγικότητα και το κόστος της εκμετάλλευσης. Βασιζόμενοι σε όλα αυτά, εξάγουμε το τελικό οικονομικό αποτέλεσμα με το οποίο λαμβάνονται και οι τελικές αποφάσεις για την εκμετάλλευση του μεταλλείου. Στόχος του στρατηγικού προγραμματισμού του έργου αποτελεί η βελτιστοποίηση της παραγωγής με ταυτόχρονη διατήρηση ενός λειτουργικά εφικτού προτύπου εκμετάλλευσης.

Η εκτίμηση του κόστους συναντά συχνά αρκετές προκλήσεις στη μεταλλευτική βιομηχανία, καθώς δεν υπάρχει μια καθιερωμένη διαδικασία προσέγγισης. Σε αντίθεση με άλλους κλάδους, όπως η οικοδομική βιομηχανία, η διαδικασία αυτή παρουσιάζει σημαντική ποικιλία, όχι μόνο όσον αφορά τον τρόπο προσέγγισης, αλλά και όσον αφορά το πεδίο εφαρμογής της (Hustrulid – Bullock, 2001).

3.1 Οικονομική ανάλυση και μεταλλευτικά έξοδα

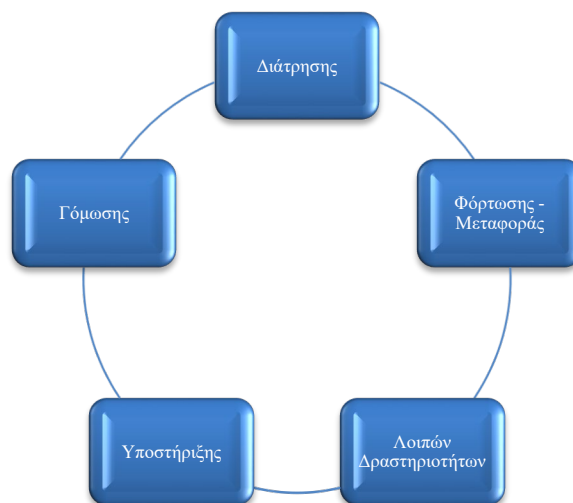
Κατά κύριο λόγο, οι δαπάνες σε υπόγεια μεταλλευτικά έργα μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες (Μπενάρδος – Καλλιαμπάκος, 2010):

- Λειτουργικές Δαπάνες
- Δαπάνες Προσωπικού
- Δαπάνες Αποσβέσεων

- Απρόβλεπτα Έξοδα

3.1.1 Λειτουργικές Δαπάνες

Οι βασικότερες λειτουργικές δαπάνες, όπως φαίνεται και στο γράφημα 3.1 είναι οι παρακάτω (Μπενάρδος – Καλλιαμπάκος, 2010):



Γράφημα 3.1. Βασικότερες λειτουργικές δαπάνες

Τα λειτουργικά έξοδα της επιχείρησης καλύπτουν όλες τις δαπάνες που συνδέονται με την καθημερινή λειτουργία και συντήρηση της επιχείρησης. Αυτές οι δαπάνες εστιάζονται στις βασικές λειτουργίες της επιχείρησης, περιλαμβάνοντας την παραγωγή, τη διοίκηση, το μάρκετινγκ, την έρευνα και ανάπτυξη, καθώς και τη χρηματοδότηση. Τα λειτουργικά έξοδα μπορεί να είναι είτε σταθερά είτε μεταβλητά, εξαρτώμενα από τον όγκο του εξορυγμένου μεταλλεύματος, και περιλαμβάνουν δαπάνες για εκρηκτικές ύλες, καύσιμα, ηλεκτρική ενέργεια και άλλα στοιχεία. Εξαιρούνται από αυτά τα έξοδα οι κεφαλαιουχικές δαπάνες και τα έξοδα που προκύπτουν από νέα σχέδια ή υλοποιήσεις, όπως η διερεύνηση νέων τμημάτων του κοιτάσματος. Στην περίπτωση της υπόγειας εκμετάλλευσης κοιτάσματος, τα λειτουργικά έξοδα κατανομούνται σε διάφορες δραστηριότητες, όπως η διάτρηση του μετώπου, η γόμωση των διατρημάτων, η φόρτωση και μεταφορά του μεταλλεύματος, καθώς και η υποστήριξη νέων υπογείων τμημάτων και άλλες δραστηριότητες όπως το ξεσκάρωμα και ο αερισμός του χώρου.

3.1.2 Δαπάνες Προσωπικού

Οι δαπάνες προσωπικού περιλαμβάνουν τις δαπάνες που σχετίζονται με τους μισθούς και τις κοινωνικές επιβαρύνσεις του προσωπικού που εργάζεται στο έργο, του υπεύθυνου του έργου και των συνεργαζόμενων εταιρειών. Κυριότερες από τις δαπάνες προσωπικού είναι:

- Οι γομωτές
- Οι χειριστές μηχανημάτων
- Το διοικητικό προσωπικό
- Λοιποί εργάτες που χρήζονται απαραίτητοι για τις επιμέρους δουλειές

Τα έξοδα που προορίζονται για το προσωπικό, είτε αυτό απασχολείται πλήρως, μερικώς ή για περιορισμένο χρονικό διάστημα, θεωρούνται αναγκαία για την εκτέλεση των καθηκόντων, προκειμένου να διασφαλιστεί η ικανοποιητική λειτουργία του έργου. Στη διαδικασία κοστολόγησης των εξόδων για το προσωπικό, υπάρχουν δύο βασικές απαιτήσεις. Πρώτον, είναι απαραίτητο να διευκρινιστούν ευκρινώς οι κατηγορίες των καθηκόντων που εκτελεί το συγκεκριμένο προσωπικό και δεύτερον, πρέπει να διασφαλιστεί η συστηματική καταγραφή του χρόνου που αφιερώνεται στο έργο.

3.1.3 Δαπάνες Αποσβέσεων

Το κόστος απόσβεσης αναφέρεται στη διαδικασία και το ποσό με το οποίο μια επιχείρηση αναλαμβάνει να καλύψει το κόστος ενός κεφαλαίου που έχει επενδυθεί σε ενεργητικά, όπως εξοπλισμός ή κτήρια, κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η απόσβεση αντιπροσωπεύει τη μείωση της αξίας των ενεργητικών αυτών λόγω φυσιολογικής φθοράς, χρήσης ή πάλης με την πάροδο του χρόνου.

Το κόστος απόσβεσης χρησιμοποιείται για να αντισταθμιστεί η μείωση της αξίας του ενεργητικού, και συνήθως καταγράφεται ως ετήσιο έξοδο στον λογαριασμό κέρδη και ζημιές μιας επιχείρησης. Η απόσβεση βοηθάει στον υπολογισμό του πραγματικού κόστους χρήσης και φθοράς των περιουσιακών στοιχείων κατά τη διάρκεια της ζωής τους (Hustrulid – Bullock, 2001).

3.1.4 Λοιπά και απρόβλεπτα έξοδα

Αυτά τα έξοδα προκύπτουν συνήθως από απρόβλεπτες συνθήκες, προβλήματα ή περιστατικά που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του έργου. Ορισμένα παραδείγματα απρόβλεπτων εξόδων σε μεταλλευτικά έργα μπορεί να περιλαμβάνουν (Membah, 2015):

- **Γεωλογικά ή Γεωτεχνικά Προβλήματα:** Ανακαλύψεις δυσχερών γεωλογικών συνθηκών ή άλλα τεχνικά ζητήματα που δεν ήταν προφανή κατά τον αρχικό σχεδιασμό.
- **Αναστολές λόγω Καιρικών Συνθηκών:** Κακές καιρικές συνθήκες που επηρεάζουν το χρονοδιάγραμμα και αυξάνουν τα έξοδα.
- **Εκτάκτως Αυξημένες Τιμές Υλικών:** Μεταβολές στις τιμές υλικών που δεν ήταν προβλεπόμενες κατά την αρχική εκτίμηση.
- **Ανακατασκευαστικά ή Αναδιοργανωτικά Μέτρα:** Αναγκαίες αλλαγές ή προσαρμογές στο σχέδιο λόγω απρόβλεπτων προκλήσεων.

Η διαχείριση των απρόβλεπτων εξόδων απαιτεί προσεκτική παρακολούθηση, ευελιξία και ανταπόκριση κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του έργου.

3.2 Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή μεθόδου υπόγειας εκμετάλλευσης

Η αναζήτηση της καταλληλότερης προσέγγισης για την εκμετάλλευση των υπόγειων μεταλλευτικών κοιτασμάτων αποτελεί ένα από τα βασικά θέματα προς διερεύνηση. Κατά την επιλογή μεταξύ διάφορων μεθόδων υπόγειας εκμετάλλευσης, λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράγοντες.

Στο πρώτο στάδιο της μελέτης, λαμβάνονται υπόψη τα γενικά φυσικά χαρακτηριστικά. Σε σχέση με τη γεωτεχνολογία, εξετάζεται η λιθολογία της περιοχής όπου εντοπίζεται το κοίτασμα, η πιθανή παρουσία υπόγειων υδάτων, καθώς και διάφορα δεδομένα που προκύπτουν από εργαστηριακές δοκιμές. Αυτές

περιλαμβάνουν την εφελκυστική αντοχή, τη θλιπτική αντοχή, το μέτρο ελαστικότητας, τον δείκτη Poisson, τη γωνία εσωτερικής τριβής, και το ειδικό βάρος.

Όσον αφορά το κοίτασμα, εξετάζεται γενικά ο σχηματισμός του (βάθος, κλίση, μέγεθος, σχήμα), καθώς και η κατανομή του μεταλλεύματος σε αυτό. Προσδιορίζεται η ύπαρξη ασυνεχειών και εξετάζονται άλλες σημαντικές παράμετροι.

Πέρα από τα βασικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος, είναι ζωτικής σημασίας να λαμβάνονται σοβαρά υπ' όψιν θέματα ασφάλειας και υγιεινής των εργαζομένων. Οι κατάλληλες συνθήκες εργασίας περιλαμβάνουν τη διασφάλιση σωστού αερισμού και κλιματισμού στο ορυχείο, την επαρκή υποστήριξη της οροφής και των παρειών, τη μείωση εκπομπής επικίνδυνων αερίων, σκόνης και θορύβου, καθώς και τον επαρκή βαθμό μηχανοποίησης των εργασιών. Ένας ακόμα κρίσιμος παράγοντας για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εκμετάλλευσης είναι η πιθανή περιβαλλοντική επίπτωση. Τέλος, δίνεται ιδιαίτερη και βαρύνουσα προσοχή στην οικονομική βιωσιμότητα του κοιτάσματος (Fenberg, 2007).

Η εκμεταλλευσιμότητα ενός κοιτάσματος από οικονομική άποψη εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται οι εξής:

1. **Παραγωγικότητα:** Η ικανότητα του κοιτάσματος να παράγει το επιθυμητό μέταλλευμα με αποτελεσματικό τρόπο.
2. **Περιεκτικότητα μεταλλεύματος:** Η ποσότητα και η ποιότητα του επιθυμητού μεταλλεύματος που περιέχεται στο κοίτασμα.
3. **Τιμή μεταλλεύματος:** Η αγοραστική αξία του μεταλλεύματος, που επηρεάζει τα έσοδα από την εκμετάλλευση.
4. **Κεφαλαιούχο κόστος:** Το αρχικό και επενδυτικό κόστος που συνδέεται με την ανάπτυξη του κοιτάσματος.
5. **Λειτουργικό κόστος:** Τα έξοδα που σχετίζονται με την καθημερινή λειτουργία του ορυχείου, όπως η εξόρυξη, η μεταφορά, και η επεξεργασία του μεταλλεύματος.

Η συνδυαστική αξιολόγηση αυτών των παραγόντων καθορίζει την οικονομική βιωσιμότητα ενός κοιτάσματος και επηρεάζει την απόφαση για τη συνέχιση ή μη της εκμετάλλευσης (Fenberg, 2007).

3.3 Ρυθμός παραγωγής μεθόδων υπόγειας εκμετάλλευσης

Σε κάθε επιχειρηματική δραστηριότητα, συμπεριλαμβανομένης και της μεταλλευτικής, η παραγωγικότητα, δηλαδή η μέτρηση της παραγωγικής ικανότητας, συνδέεται άμεσα με το κόστος εκμετάλλευσης. Κάποιοι από τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγικότητα είναι (Τερεζόπουλος, 2003):

- Η ανάλυση των συνθηκών στην αγορά και η εκτίμηση της τρέχουσας τιμής του προϊόντος.
- Η αξιολόγηση της ποιότητας και της ποσότητας του επιθυμητού μεταλλεύματος στο κοίτασμα.
- Η εκτίμηση του χρονικού διαστήματος που απαιτείται για την προετοιμασία και έναρξη της εκμετάλλευσης.
- Η ανάλυση του νομικού και πολιτικού πλαισίου που επηρεάζει τη λειτουργία και τα κόστη της εκμετάλλευσης.
- Η αξιολόγηση της διαθεσιμότητας και του κόστους των ενεργειακών πόρων και του νερού.
- Η εκτίμηση των φυσικών χαρακτηριστικών των γεωλογικών σχηματισμών και του μεταλλεύματος.
- Το σύνολο των έργων ανάπτυξης που απαιτείται, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή παραγωγή, συσχετιζόμενο με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος.
- Η ανάλυση των απαιτούμενων ανθρώπινων πόρων, του μεγέθους και της κατάρτισης που απαιτείται για την εκμετάλλευση.

Στις παρακάτω εικόνες (εικόνα 3.1, εικόνα 3.2) θα παρουσιαστούν οι ρυθμοί παραγωγής για διάφορους μεθόδους υπόγειας εκμετάλλευσης όπως αναφέρει ο Νικόλαος Τερεζόπουλος (2003) και το CostMine, τμήμα του InfoMine. Στους συγκεκριμένους πίνακες η παραγωγικότητα μετριέται σε πόσους τόνους εξορύσσονται σε μια μέρα.

Μέθοδος Εκμετάλλευσης	Ρυθμός Παραγωγής (tn/ημέρα)
Θάλαμων και στύλων	500 – 35.000
Κατακρήμιση πατώματος	>7.500
Επίμηκες μέτωπο	500 – 5.000
Διαδοχικών υποορόφων με κατακρήμιση οροφής	500 – 5.000
Κοπής και λιθογώμησης	200 – 2.000
Συμπτυσσόμενου μετώπου	100 – 2.000

Εικόνα 3.1. Ρυθμοί παραγωγής για διάφορες μεθόδους εκμετάλλευσης (Τερεζόπουλος, 2003)

Μέθοδος Εκμετάλλευσης	Ρυθμός Παραγωγής (tn/ημέρα)
Κοπή και Λιθογώμηση (συμβατική μέθοδος)	1.000
Εναλλακτικών Κοπών και λιθογομώσεων (με μηχανικά μέσα)	1.000
Συμπτυσσόμενου μετώπου	1.000
Υποχωρούντος μετώπου κατακόρυφου κρατήρα	2.000
Διαδοχικών ορόφων με κενά	4.000
Θάλαμοι και στύλοι	8.000
Διαδοχικών υποορόφων με κατακρήμιση οροφής	8.000
Κατακρήμιση πατώματος	30.000

Εικόνα 3.2. Ρυθμοί παραγωγής για διάφορες μεθόδους εκμετάλλευσης (CostMine, 2010)

3.4 Απαιτούμενο κόστος για κάθε μέθοδο υπόγειας εκμετάλλευσης

Ο προσδιορισμός του αναμενόμενου κόστους εκμετάλλευσης κατά τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού στην εξόρυξη αναδεικνύεται ως ο κρίσιμος παράγοντας για τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων. Κατανοούμε, εξάλλου, πως οι οικονομικές αποδόσεις ενός ορυχείου καθορίζουν εάν το κοίτασμα μπορεί να θεωρηθεί εκμεταλλεύσιμο ή απλώς ως μία προοπτική πηγή ορυκτών, πετρωμάτων ή ενεργειακών πρώτων υλών. Συνεπώς, η βιωσιμότητα του έργου κρίνεται μέσω των προβλέψιμων ροών μετρητών, οι οποίες προκύπτουν από την αντιπαραβολή των εκτιμώμενων δαπανών και εσόδων. Στους παρακάτω πίνακες δίνεται το εκτιμώμενο κόστος εκμετάλλευσης, ανά τόνο εξορυσσόμενου προϊόντος για τις βασικές μεθόδους υπόγειας εκμετάλλευσης.

Μέθοδος Εκμετάλλευσης	Κόστος (€/tn)
Κοπή και Λιθογώμηση (συμβατική μέθοδος)	55
Εναλλακτικών Κοπών και λιθογομώσεων (με μηχανικά μέσα)	42
Συμπτυσσόμενου μετώπου	41
Υποχωρούντος μετώπου κατακόρυφου κρατήρα	33
Διαδοχικών ορόφων με κενά	15
Θάλαμοι και στύλοι	17
Διαδοχικών υποορόφων με κατακρήμιση οροφής	18
Κατακρήμιση πατώματος	7

Πίνακας 3.1. Εκτιμώμενο κόστος εκμετάλλευσης για διάφορες μεθόδους εκμετάλλευσης (CostMine, 2003)

Μέθοδος Εκμετάλλευσης	Κόστος (€ / ton)
Θαλάμων και στύλων	9 - 26
Κατακρήμιση πατώματος	7 - 13
Επίμηκες μέτωπο	130
Διαδοχικών υποορόφων με κατακρήμιση οροφής	35 – 130
Κοπής και λιθογόμωσης	85 – 170
Συμπτυσσόμενου μετώπου	105 - 170

Πίνακας 3.2. Κόστος εκμετάλλευσης για διάφορες μεθόδους εκμετάλλευσης (Τερεζόπουλος, 2003)

Κατά τον μεταλλευτικό σχεδιασμό, μια βασική στρατηγική που διαδραματίζει καίριο ρόλο είναι η προσπάθεια επίτευξης μιας ισορροπίας μεταξύ υψηλού ρυθμού παραγωγής και ταυτόχρονα μειωμένου κόστους. Η συνεχής αναζήτηση για αυτήν την ιδανική ισορροπία αποτελεί κεντρικό στόχο, καθώς η επίτευξη αυτού του συνδυασμού επιφέρει ουσιαστικά οφέλη για την επιχείρηση.

Στην πραγματικότητα, αυτή η προσέγγιση αντικατοπτρίζει μία από τις κυριότερες παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εκμετάλλευσης για ένα κοίτασμα. Η επιτυχής σύγκλιση ανάμεσα στην αυξημένη παραγωγή και την ταυτόχρονη μείωση των λειτουργικών εξόδων αποτελεί κρίσιμη πτυχή που καθορίζει τη βιωσιμότητα και την επιτυχία μιας εξόρυξης (Gertsch, E. - R. Bullock).

3.5 Σχετικό κόστος των διάφορων μεθόδων

Το σχετικό κόστος αναφέρεται στο κόστος μιας επιλογής ή δραστηριότητας σε σχέση με άλλες εναλλακτικές δυνατότητες. Συχνά χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει τη σχετική οικονομική αποδοτικότητα μεταξύ διάφορων επιλογών και να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων.

Το σχετικό κόστος λαμβάνει υπόψη το κόστος μιας επιλογής σε σχέση με τα οφέλη που προκύπτουν από αυτήν, και πώς αυτό συγκρίνεται με τις εναλλακτικές

επιλογές. Είναι σημαντικό εργαλείο για την οικονομική ανάλυση και τη λήψη αποφάσεων σε περιβάλλον περιορισμένων πόρων, καθώς επιτρέπει την αξιολόγηση του κόστους σε σχέση με τα οφέλη.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.3), παρατίθεται μια σύγκριση του σχετικού κόστους για τις διάφορες τεχνικές υπόγειας εξόρυξης.

Μέθοδος Εκμετάλλευσης	Σχετικό Κόστος
Θαλάμων και στύλων	1,2
Κατακρήμισης προκαθορισμένου όγκου	1,0
Διαδοχικών ορόφων με κενά	1,3
Διαδοχικών ορόφων με κατακρήμιση οροφής	1,5
Υποχωρούντος μετώπου κατακόρυφου κρατήρα	4,3
Εναλλακτικών κοπών και λιθογομώσεων (με μηχανικά μέσα)	4,5
Εναλλακτικών κοπών και λιθογομώσεων (με εκρηκτικά)	9,7
Συμπτυσσόμενου μετώπου	6,7

Πίνακας 3.3. Σχετικό κόστος των διαφόρων μεθόδων υπόγειας εκμετάλλευσης (Τερεζόπουλος, 2003)

Όπως παρουσιάζεται και στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 3.3), τα σχετικά κόστη που προκύπτουν από τη διαδικασία εξόρυξης είναι, σε φυσιολογικές συνθήκες, περίπου δέκα φορές υψηλότερα, ανάλογα με την επιλεγείσα μέθοδο. Αυτά τα κόστη επηρεάζουν την τελική τιμή πώλησης του προϊόντος. Συγκριτικά με άλλες μεθόδους, η μέθοδος εναλλακτικών κοπών και λιθογομώσεων με εκρηκτικές ύλες – συμβατική

μέθοδος εμφανίζει το υψηλότερο σχετικό κόστος. Γενικώς, το υψηλό κόστος αυτής της μεθόδου οφείλεται στις ανάγκες για υλικά γεμίσματος και τη δημιουργία κλίσεων για τη μεταφορά του μεταλλεύματος. Οι προκλήσεις που παρουσιάζονται στον αερισμό και οι απαιτήσεις σε εξειδικευμένο προσωπικό αιτιολογούν αυτήν την εκτίμηση. Ειδικότερα, η συμβατική μέθοδος δεν χρησιμοποιεί εξοπλισμό εκμηχανισμού όπως ασύρματα μηχανήματα, συστήματα μεταφοράς (μεταφορικές ταινίες και άλλα) και πιο σύγχρονες τεχνικές. Επομένως, η μηχανοποιημένη μέθοδος κοπής και λιθογόμωσης παρουσιάζει μείωση κόστους έως και 40% σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο εξόρυξης.

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΙΔΕΑΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ

Σκοπός του κεφαλαίου είναι ο σχεδιασμός ενός ιδεατού μετώπου, πάνω στο οποίο θα εξεταστούν διάφορες παραδοχές και μέθοδοι, έτσι ώστε να γίνει σύγκριση μεταξύ κόστους – χρόνου για το κάθε σενάριο. Τα αποτελέσματα αυτά θα παρουσιαστούν αφού πρώτα γίνει περιγραφή των χαρακτηριστικών του μετώπου, των μηχανημάτων που θα χρησιμοποιηθούν και τις τεχνικές διάτρησης – γόμωσης. Βασικός και τελικός στόχος είναι να γίνει σύγκριση μεταξύ της κατακόρυφης και της οριζόντιας διάτρησης ενός μετώπου, πάντα συναρτήσει του χρόνου και του κόστους που χρειάζεται κάθε μέθοδος.

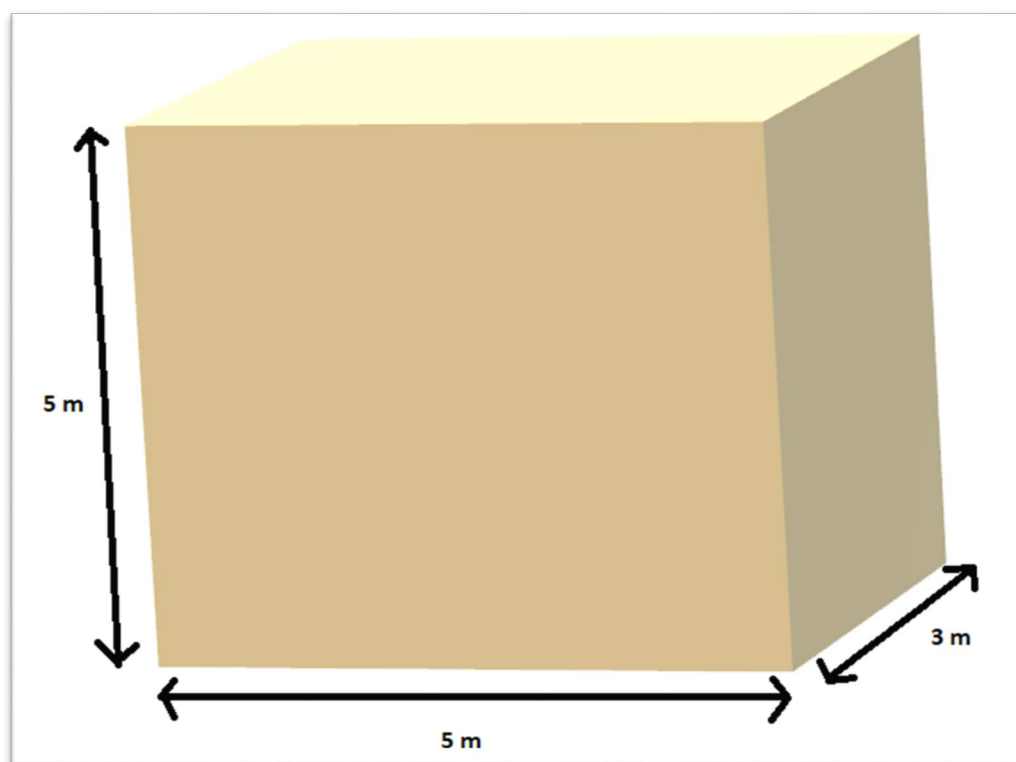
4.1 Παρουσίαση χαρακτηριστικών μετώπου

Στα υπόγεια μέτωπα εργασίας, η πιο διαδομένη τεχνική που χρησιμοποιείται για την εξόρυξη είναι η διάτρηση-ανατίναξη (drill and blast). Η κυρίαρχη μέθοδος διάτρησης είναι η μηχανική διάτρηση, που βασίζεται στην εφαρμογή καταστροφικών τάσεων στο πέτρωμα. Αυτές οι τάσεις προκαλούνται από διαδικασίες όπως οι κρούσεις, η απόξεση, η διείδυση και η διάβρωση, με στόχο τη δημιουργία ορυγμάτων για τοποθέτηση εκρηκτικών υλών. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τη διάτρηση εξαρτάται από παράγοντες όπως η γεωμετρία του διατρήματος, η σκληρότητα του πετρώματος και ειδικές συνθήκες όπως ο επιθυμητός ρυθμός διάτρησης, η παροχή ενέργειας και η ευελιξία που απαιτείται. Με τη χρήση της ανατίναξης, επιτυγχάνεται η διακοπή της συνέχειας του πετρώματος. Αυτό συμβαίνει είτε μέσω της μετάδοσης του κρουστικού παλμού που προκύπτει από την έκρηξη, είτε μέσω της απελευθέρωσης του ωστικού κύματος των αερίων που παράγονται κατά τη διάρκεια της έκρηξης (Αγιουτάντης, 2009).

Η εκσκαφή με διάτρηση και ανατίναξη πραγματοποιείται με την προσβολή στο πέτρωμα είτε σε ολόκληρο το μέτωπο ταυτόχρονα (full face excavation), είτε αρχικά στο άνω μέρος του μετώπου, ακολουθούμενο από το κάτω μέρος υπό τη μορφή βαθμίδας (top heading & bench blasting). Η επιλογή μεταξύ των δύο προσεγγίσεων εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του μετώπου, την αντοχή του πετρώματος, καθώς

και τον διαθέσιμο εξοπλισμό για διάτρηση, φόρτωση και μεταφορά υλικών. Η πρώτη προσέγγιση (full face excavation) είναι κατάλληλη για κοιτάσματα με πάχος 5 έως 7 μέτρα και μέτωπα διατομής έως 60 τ.μ., ενώ υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις μπορεί να επεκταθεί έως 80 τ.μ. Για κοιτάσματα με μέτριο πάχος (5 - 10 μέτρα), χρησιμοποιείται η προσέγγιση με σκαλοπάτια, ενώ για μεγαλύτερα πάχη άνω των 15 μέτρων προτείνεται η λιθογόμωση. Για διατομές άνω των 90 έως 100 τ.μ., εφαρμόζεται η δεύτερη προσέγγιση (top heading & bench blasting).

Για τις ανάγκες της πτυχιακής εργασίας, γίνεται η παραδοχή ότι το ιδεατό μέτωπο, το οποίο θεωρούμαι ότι είναι τύπος ασβεστόλιθου, διανοίγεται σε ένα στάδιο με την προσβολή ολόκληρης της διατομής του, καθώς αφορά έναν σχετικά περιορισμένο χώρο περίπου 25m^2 , με ύψος τα 5m, πλάτος τα 5m, και πάχος τα 3m.



Εικόνα 4.1. Διαστάσεις μετώπου

Στην παραπάνω εικόνα (εικόνα 4.1) απεικονίζεται σε τρισδιάστατη μορφή οι διαστάσεις του ιδεατού μετώπου.

Γενικότερα για την κατασκευή ενός υπογείου έργου ή μιας υπόγειας εκμετάλλευσης, το μοτίβο που ακολουθείται αποτελείται από ένα σύνολο επαναλαμβανόμενων εργασιών, οι οποίες είναι:

Διάτρηση → Γόμωση → Ανατίναξη → Αερισμό → Φόρτωση → Μεταφορά
Μεταλλεύματος → Ξεσκάρωμα → Υποστήριξη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα δοθεί περισσότερο έμφαση στα 2 πρώτα στάδια, δηλαδή στην διάτρηση και στην γόμωση, καθώς αυτά τα στάδια θα αποτελέσουν τις μεταβλητές και πάνω σε αυτά θα παρθούν οι διάφορες παραδοχές για να γίνει η σύγκριση των τελικών αποτελεσμάτων.

4.2 Περιπτώσεις χρήσης οριζόντιας ή κάθετης διάτρησης

Πριν ξεκινήσει η ανάλυση και η σύγκριση μεταξύ της οριζόντιας και της κατακόρυφης διάτρησης, απαραίτητο είναι να αναφερθεί σε ποιες περιπτώσεις καθίσταται δυνατόν να πραγματοποιηθούν οι 2 μέθοδοι.

Οι περιπτώσεις οι οποίες μπορεί να γίνει χρήση κάθετης διάτρησης είναι αυτές που το μηχάνημα θα έχει την δυνατότητα να βρεθεί στην πάνω επιφάνεια του μετώπου που μας ενδιαφέρει να εξορυχτεί. Οι μέθοδοι που παράγουν αυτή τη δυνατότητα είναι αυτοί που μπορούν να πραγματοποιηθούν με την χρήση βαθμίδων. Ονομαστικά αυτοί οι μέθοδοι μπορεί είναι η μέθοδος θαλάμων και στύλων, η μέθοδος διαδοχικών υποορόφων με κατακρήμνιση οροφής και η μέθοδος της κατερχόμενης λιθογόμωσης. Επίσης εννοείται ότι μπορεί να γίνει χρήση της κατακόρυφης διάτρησης και στην περίπτωση επιφανειακών εκμεταλλεύσεων.

Στις υπόλοιπες περιπτώσεις που δεν είναι δυνατόν η τοποθέτηση του μηχανήματος στο πάνω μέρος του μετώπου, η χρήση της οριζόντιας διάτρησης αποτελεί μονόδρομο.

4.3 Εξέταση οριζόντιας διάτρησης

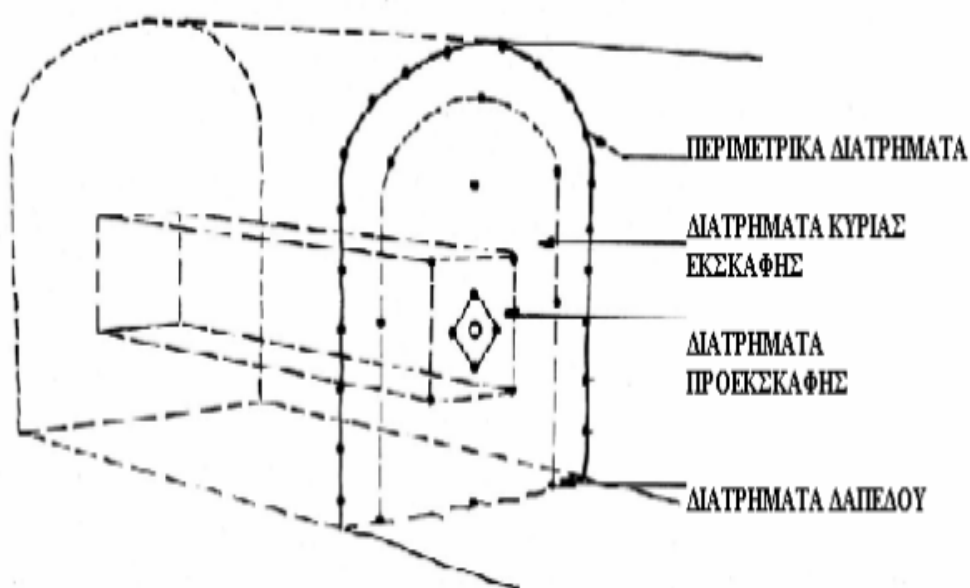
Στις υπόγειες εκμεταλλεύσεις, η διαδικασία της όρυξης των διατρημάτων γίνεται με τη χρήση μηχανημάτων διάτρησης, γνωστών ως "jumbo drills", τα οποία αποτελούνται συνήθως από σφύρες. Αυτές οι σφύρες λειτουργούν είτε με ηλεκτρική-

υδραυλική ενέργεια είτε με ντίζελ-υδραυλική ενέργεια. Σύμφωνα με τον Αγιουτάντη (2009), τέτοια συστήματα συνήθως διαθέτουν έναν έως τρεις βραχίονες που μπορούν να προσαρμόζονται σε διάφορες γωνίες για την προσβολή στα μέτωπα εξόρυξης. Συνήθως προτιμούνται ηλεκτροκίνητα συστήματα διάτρησης για τη διατήρηση καθαρού περιβάλλοντος εργασίας στο υπόγειο μέτωπο, καθώς δεν παράγονται καυσαέρια κατά τη λειτουργία τους, σε αντίθεση με τους εσωτερικής καύσης κινητήρες.



Εικόνα 4.2. Jumbo drill με έναν βραχίονα

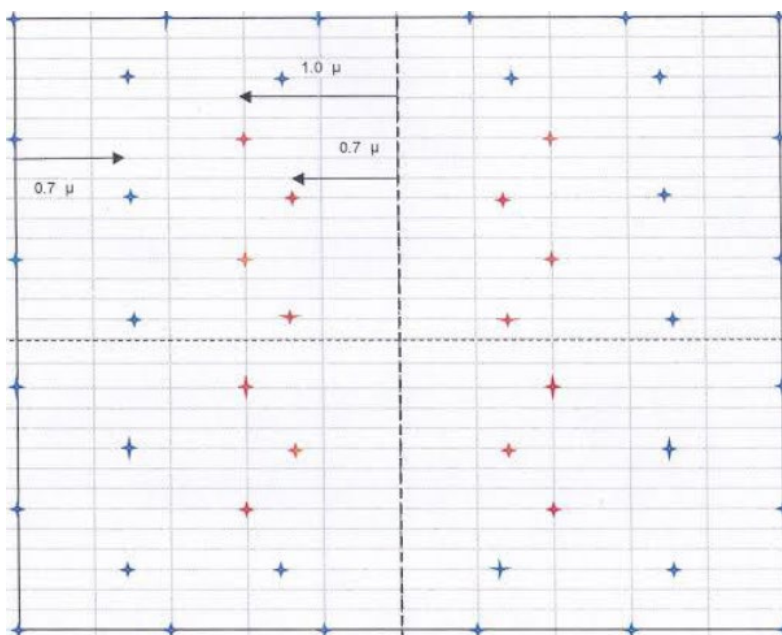
Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα ορυχθούν 48 διατρήματα, τα οποία θα έχουν διάμετρο 45 mm και μήκος τα 3 m. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο συνεχόμενων διατρημάτων ορίζεται στα 1,4 μέτρα, ενώ η μέγιστη απόσταση ορίζεται στα 2 μέτρα.



Εικόνα 4.3. Τύποι διατρημάτων για την ανατίναξη μετώπου (Τσουτρέλη, 2001)

Στην παραπάνω εικόνα (εικόνα 4.3) απεικονίζονται πάνω σε μία διατομή σήραγγας οι διαφορετικοί τύποι διατρημάτων που διανοίγονται. Η σωστή διάνοιξη τους πάνω στο μέτωπο θα αποτελέσει και τον σημαντικότερο παράγοντα για να πραγματοποιηθεί σωστά η διαδικασία της ανατίναξης.

Τα 6 κεντρικά διατρήματα λειτουργούν ως διατρήματα προεκσκαφής ή "cut holes". Κατά την ανατίναξη, εκρήγνυνται πρώτα, δημιουργώντας μια ελεύθερη επιφάνεια. Αυτή η επιφάνεια χρησιμοποιείται για την "αντανάκλαση" του κρουστικού κύματος που προκύπτει από την έκρηξη των υπόλοιπων διατρημάτων. Τα 22 διατρήματα που περιβάλλουν τα κεντρικά διατρήματα χαρακτηρίζονται ως διατρήματα κύριας εκσκαφής ή "storing holes". Τέλος, τα υπόλοιπα 20 διατρήματα ανήκουν στην κατηγορία των περιμετρικών ή περιφερειακών διατρημάτων, τα οποία χωρίζονται σε διατρήματα οροφής, παρειών και δαπέδου.



Εικόνα 4.4. Τομή σχεδίου οριζόντιας διάτρησης

Στην παραπάνω εικόνα (εικόνα 4.4), παρουσιάζονται οι θέσεις των 48 διατρημάτων πάνω στο μέτωπο.

Παρά το γεγονός ότι τα διατρήματα διανοίγονται σε μήκος 3 μέτρων, η τελική προχώρηση κάθε μετώπου φτάνει μόνο στα 2,8 μέτρα λόγω της περιορισμένης ικανότητας της εκρηκτικής ύλης. Αυτή η απόκλιση θεωρείται αποδεκτή, καθώς δεν υπερβαίνει το γενικό όριο του 10% του φορτίου. Με βάση αυτή την προϋπόθεση, ο

όγκος του υλικού που εξορύσσεται ανά ανατίναξη και ανά μέτωπο είναι 70 κυβικά μέτρα (in situ). Επιπλέον, κρίσιμος παράγοντας αποτελεί ο συντελεστής επιπλήσματος, που για τον ασβεστόλιθο ανέρχεται στο 1,3. Με βάση αυτόν, ο όγκος του θραυσμένου υλικού που εξορύσσεται ανά ανατίναξη και ανά μέτωπο είναι 91 κυβικά μέτρα.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας διάτρησης, επακολουθεί η φάση της γόμωσης. Μια ειδικευμένη ομάδα τεχνιτών, που περιλαμβάνει γομωτές και πυροδότες, χρησιμοποιώντας ειδική ανυψωτική πλατφόρμα, προχωρά στο εμπλήρωμα των διατρημάτων. Σε κάθε διάτρημα τοποθετούνται δύο φυσιγγία εκρηκτικού γαλακτώματος κυκλικής διατομής, με διαστάσεις 38 εκατοστά x 385 χιλιοστά. Το βάρος του κάθε φυσιγγίου ανέρχεται σε 0,51 κιλά. Τα καψύλλια χρησιμοποιούνται για την ανάφλεξη της εκρηκτικής ύλης που βρίσκεται μέσα στο διάτρημα. Τα καψύλλια περιλαμβάνουν δύο μονωμένους αγωγούς που μεταφέρουν την απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια για την ανάφλεξη του πυροκροτητή. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι να μετατραπεί η ενέργεια σε άλλη μορφή μέσω της πρόκλησης έκρηξης. Κάθε καψύλλιο παρουσιάζει μοναδικό χρόνο έναυσης και ανατίναξης, με σκοπό να δημιουργηθούν ελεύθερες επιφάνειες σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Αυτό γίνεται με στόχο την ανάκλαση του εκρηκτικού κύματος και τη δημιουργία του μέγιστου δυνατού αντίκτυπου στο πέτρωμα.

4.3.1 Χρονική διάρκεια οριζόντιας διάτρησης

Όπως προαναφέρθηκε, στο μέτωπο διανοίγονται 48 διατρήματα μήκους 3m, αυτό σημαίνει ότι το συνολικό μήκος της διάτρησης ισοδυναμεί με 144m. Για τις ανάγκες της εργασίας, λαμβάνουμε υπόψη μας μια μέση ταχύτητα διάτρησης που ανέρχεται στα 1,5 μέτρα ανά λεπτό. Απαιτείται επίσης 1 λεπτό για τον επανατοποθετημένο βραχίονα προκειμένου να είναι έτοιμος για τη διάτρηση του επόμενου τομέα. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα ο συνολικός χρόνος λειτουργίας του διατρητικού συστήματος jumbo με ένα βραχίονα ανά παραγωγικό μέτωπο είναι:

$$T_{\text{διάτρησης}} = \frac{L}{U_{\text{όρυξης}}} + t_{\text{επανατοποθέτησης}} \times \Delta$$

Όπου:

- $T_{\text{διάτρησης}}$ = ο συνολικός χρόνος λειτουργίας του διατρητικού συστήματος jumbo (min)
- L = το μήκος της ημερήσιας διάτρησης ανά μέτωπο (m)
- $U_{\text{όρυξης}}$ = η ταχύτητα όρυξης διατρήματος (m/min)
- $T_{\text{επανατοποθέτησης}}$ = ο χρόνος επανατοποθέτησης του βραχίονα (min/διάτρημα)
- Δ = ο αριθμός των διατρημάτων

Δηλαδή στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε $T_{\text{διάτρησης}} = 144\text{min}$ ή **2,4 hr**

4.3.2 Χρονική διάρκεια γόμωσης

Το δεύτερο στάδιο αποτελεί την γόμωση των διατρημάτων που διανοίχθηκαν στην προηγούμενη φάση εργασιών. Για την γόμωση 48 διατρημάτων σε μία φυσιολογική βάρδια χρειάζονται 3 ειδικευόμενοι εργάτες, οι οποίοι θα πραγματοποιήσουν την γόμωση με την βοήθεια μιας ανυψωτικής πλατφόρμας. Εμπειρογνώμονες έχουν δείξει ότι ένας εργαζόμενος για να γομώσει ένα διάτρημα, υπό κανονικές συνθήκες, χρειάζεται περίπου 2 λεπτά. Επίσης απαραίτητο είναι να ληφθεί υπόψη οι διάφορες καθυστερήσεις που οφείλονται στην ανυψωτική μηχανή που χρησιμοποιούν οι εργάτες, λόγω των μετακινήσεων της, αυτές οι καθυστερήσεις υπολογίζονται στα 15 λεπτά. Σύμφωνα με τις προαναφερθέντες παραδοχές υπολογίζεται ότι ο συνολικός χρόνος διεξαγωγής της διαδικασίας της γόμωσης σε κάθε μέτωπο παραγωγής είναι:

$$T_{\text{γόμωσης}} = \frac{n_1}{n_2} \cdot t_{\text{εργασίας}} + t_{\text{καθυστερήσεων}}$$

Όπου:

- $T_{\gamma\omicron\mu\omega\sigma\eta\varsigma}$ = ο συνολικός χρόνος της γόμωσης (min)
- n_1 = τα διατρήματα ανά μέτωπο
- n_2 = οι εργαζόμενοι ανά μέτωπο
- $t_{\epsilon\rho\gamma\alpha\sigma\iota\alpha\varsigma}$ = ο χρόνος εργασίας που απαιτείται για την γόμωση ενός διατρήματος ανά ένα εργαζόμενο (min)
- $t_{\kappa\alpha\theta\upsilon\sigma\tau\epsilon\rho\eta\sigma\epsilon\omega\nu}$ = οι διάφορες καθυστερήσεις (min)

Επομένως στο συγκεκριμένο παράδειγμα $T_{\gamma\omicron\mu\omega\sigma\eta\varsigma} = 46,8 \text{ min}$ ή $0,78 \text{ hr}$

4.4 Κοστολόγηση οριζόντιας διάτρησης

Η εκτίμηση του κόστους του συγκεκριμένου παραδείγματος θα πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο της ανιούσας εκτίμησης ή εκτίμησης από κάτω προς τα πάνω (bottom up estimating). Αυτή η μέθοδος είναι ικανή να παρέχει μια αξιόπιστη εκτίμηση του συνολικού κόστους του έργου με βάση τα ξεχωριστά κέντρα κόστους που το απαρτίζουν. Αναλυτικότερα, το τελικό κόστος προκύπτει με τον συνολικό υπολογισμό των λειτουργικών εξόδων, των εξόδων προσωπικού και των αποσβέσεων κεφαλαίου για κάθε ανεξάρτητη δραστηριότητα.

Για να επιτευχθεί μια αξιόπιστη εκτίμηση του κόστους για τα αναλώσιμα υλικά, τα μηχανήματα και τις εργασίες που περιγράφονται παρακάτω, λαμβάνονται υπόψη οι τρέχουσες συνθήκες της αγοράς. Είναι δυνατόν να υπάρξουν κάποιες αποκλίσεις από την πραγματικότητα με την πάροδο του χρόνου. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι ο Φόρος Προστιθέμενης Αξίας (Φ.Π.Α.) δεν περιλαμβάνεται στον υπολογισμό των δαπανών στην τιμολόγηση.

4.4.1 Κοστολόγηση λειτουργικών δαπανών

Όπως είχε αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο στα λειτουργικά έξοδα ενός έργου περιλαμβάνονται τα κόστη διάτρησης, γόμωσης, υποστήριξης, φόρτωσης-

μεταφοράς και λοιπά έξοδα. Παρακάτω θα γίνει ανάλυση του κόστους διάτρησης και γόμωσης.

4.4.2 Κοστολόγηση Διάτρησης

Σε κάθε μέτωπο, η διαδικασία ξεκινά με τη φάση της διάτρησης, κατά την οποία χρησιμοποιείται μηχάνημα (jumbo drill), το οποίο αποτελείται από αυτόνομες μονάδες δηζελο-υδραυλικών συστημάτων με έναν βραχίονα. Συνεπώς, όσον αφορά τα αναλώσιμα υλικά του συστήματος διάτρησης, το μηχάνημα χρησιμοποιεί 1 κοπτικό άκρο (κορώνα) και 1 κύριο στέλεχος.

Η διαδικασία της διάτρησης αποτελείται από τα παρακάτω έξοδα:

- Κόστος κοπτικών άκρων
- Κόστος στελεχών
- Κόστος λειτουργίας διατρητικού μηχανήματος

ο Κόστος κοπτικών άκρων

Κάθε κοπτικό άκρο έχει την ικανότητα να ορύσσει ημερήσια:

$$\delta 1 = \frac{X \cdot \mu}{\alpha 1} = 144 \text{ m}$$

Όπου:

- X = το συνολικό μήκος διάτρησης ανά μέτωπο (m)
- μ = ο αριθμός των μετώπων
- $\alpha 1$ = ο αριθμός των κορώνών

Ο συγκεκριμένος τύπος κοπτικού άκρου που χρησιμοποιείται έχει τη δυνατότητα να ορύσσει έως 500 μέτρα με βάση τις παρούσες γεωλογικές συνθήκες. Το κόστος

αγοράς του ανέρχεται στα 50 € χωρίς την προσθήκη Φόρου Προστιθέμενης Αξίας (Φ.Π.Α.).

Για τις ανάγκες της εργασίας θεωρείται ότι οι συνολικές ημέρες λειτουργίας του έργου ανέρχονται σε μία μέρα, κάτι το οποίο δεν αντιπροσωπεύει ένα πραγματικό έργο. Αυτή η παραδοχή δεν επηρεάζει το τελικό σκοπό της εργασίας, καθώς και για την κατακόρυφη διάτρηση θα χρησιμοποιηθεί η ίδια τιμή για τις συνολικές ημέρες λειτουργίας του έργου έτσι ώστε να επιτευχθεί η ορθή σύγκριση των 2 μεθόδων.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, η συνολική εκτίμηση του κόστους αγοράς για τα κοπτικά άκρα που απαιτούνται για την υπόγεια εκμετάλλευση ανέρχεται σε:

$$\text{Κκ. άκρων} = \left(\frac{\alpha_1 \cdot \text{Τκ.άκρων} \cdot \delta_1}{\delta_1'} \right) \cdot \Delta = 14,4 \text{ €}$$

Όπου:

- Τκ.άκρων = η τιμή πώλησης κάθε κορώνας (€)
- δ_1' = η διάρκεια ζωής κάθε κορώνας (m)
- Δ = οι συνολικές ημέρες λειτουργίας του έργου

ο **Κόστος στελεχών**

Έχοντας επιλέξει διατρητικό μηχάνημα ενός βραχίονα, θα απαιτείται και ένα κυρίως στέλεχος. Το κάθε στέλεχος όπως υπολογίστηκε προηγουμένως ορύσσει $\delta_1 = 144$ m. Η τιμή του στελέχους ανέρχεται στα 250 € και διάρκεια ζωής περίπου 5.000 m. Επομένως το κόστος αγοράς των στελεχών ανέρχεται στα:

$$\text{Κστελεχών} = \left(\frac{\alpha_2 \cdot \text{Τστελεχών} \cdot \delta_1}{\delta_2} \right) \cdot \Delta = 7,2 \text{ €}$$

Όπου:

- α_2 = ο αριθμός των στελεχών

· $T_{\text{στελεχών}}$ = το κόστος αγοράς κάθε στελέχους (€)

· δ_1 = η ημερήσια διάτρηση κάθε στελέχους (m)

· δ_2 = η διάρκεια ζωής κάθε στελέχους (m)

ο Κόστος λειτουργίας διατρητικού μηχανήματος

Πέραν από τα αναλώσιμα υλικά, ένα κύριο στοιχείο για τον ακριβή υπολογισμό του συνολικού κόστους στη φάση της διάτρησης είναι το κόστος λειτουργίας του εξοπλισμού. Το υπόγειο διατρητικό σύστημα jumbo που χρησιμοποιείται έχει κόστος λειτουργίας που ανέρχεται στα $T_{\text{διατρητικού}} = 35 \text{ €/h}$. Επίσης το διατρητικό σύστημα παραμένει στο μέτωπο για 144 min, δηλαδή $h_{\delta} = 2,4 \text{ hr}$. Σύμφωνα με τα παραπάνω, το κόστος λειτουργίας του διατρητικού μηχανήματος θα είναι:

$$K_{\text{διατρητικού}} = T_{\delta} \cdot h_{\delta} \cdot \Delta = 84 \text{ €}$$

Όπου:

· $T_{\text{διατρητικού}}$ = το κόστος λειτουργίας του jumbo διάτρησης (€/h)

· h_{δ} = ο ημερήσιος χρόνος λειτουργίας (h)

ο Συνολικό κόστος διάτρησης

Συνοψίζοντας τα έξοδα από την προμήθεια των αναλωσίμων υλικών όπως κορώνες και στελέχη, μαζί με τα λειτουργικά έξοδα του υπόγειου διατρητικού συστήματος jumbo, το συνολικό κόστος της διαδικασίας διάτρησης ανέρχεται σε:

$$K_{\text{ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ}} = K_{\text{κ.άκρων}} + K_{\text{στελεχών}} + K_{\text{διατρητικού}} = 105,6 \text{ €}$$

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1) και στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 4.1) συνοψίζονται τα κόστη για την διαδικασία της διάτρησης:

Δαπάνες Διάρτησης		
	Κόστος (€)	Ποσοστό (%)
Κκ.άκρων	14,4	13,6
Κστελεχών	7,2	6,9
Κδιατρητικού	84	79,5
Σύνολο	105,6	100

Πίνακας 4.1. Συνολικές δαπάνες διατήρησης στην περίπτωση της οριζόντιας διατήρησης



Γράφημα 4.1. Δαπάνες διατήρησης στην περίπτωση της οριζόντιας διατήρησης (%)

4.4.3 Κοστολόγηση Γόμωσης

Ο σχεδιασμός των εκρήξεων που προαναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου έχει ως στόχο να διατηρήσει τον ελάχιστο αριθμό απαραίτητων διατρημάτων και να μειώσει την ειδική κατανάλωση εκρηκτικών, με σκοπό να ελαχιστοποιήσει το συνολικό κόστος. Συγχρόνως, είναι απαραίτητο να επιτύχει η ανατίναξη, δηλαδή να εκραγούν όλα τα γεμάτα (με εκρηκτική ύλη) διατρήματα και να επιτευχθεί ο

επιθυμητός θρυμματισμός του πετρώματος. Για αυτόν τον λόγο η διαδικασία γόμωσης των διατηρημάτων περιλαμβάνει τη χρήση δύο φυσιγγίων εκρηκτικού γαλακτώματος και την πλήρωσή τους με A.N.F.O., φτάνοντας τα 2/3 του μήκους, σύμφωνα με την γνώση εμπειρογνώμων.

Όπως και για την διαδικασία της γόμωσης έτσι και η διαδικασία της διάτρησης περιλαμβάνει τα παρακάτω κόστη:

- Κόστος εκρηκτικού γαλακτώματος
- Κόστος A.N.F.O.
- Κόστος ηλεκτρικών καψυλλίων
- Κόστος καλωδίου σύνδεσης
- Κόστος λειτουργίας ανυψωτικής πλατφόρμας

ο **Κόστος εκρηκτικού γαλακτώματος**

Για ολόκληρο το μέτωπο έχει αναφερθεί ότι διανοίγονται 48 διατρήματα. Για την γόμωση των διατηρημάτων αυτών θα χρησιμοποιηθεί εκρηκτικό γαλάκτωμα για φυσιγγία διαστάσεων 38 x 385 mm και βάρους 0,51 kg, η τιμή των οποίων ανέρχεται στα $T_{\text{γαλατώματος}} = 1,5 \text{ €/kg}$. Επομένως θα έχουμε $K_{\text{εκρ.γαλακτώματος}} = 72 \text{ €}$

ο **Κόστος A.N.F.O.**

Στη συνέχεια, το κάθε διάτρημα γεμίζεται με την εκρηκτική ύλη A.N.F.O., η οποία έχει πυκνότητα $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$. Ο όγκος του A.N.F.O. μέσα στο κάθε διάτρημα ισούται με $V_{\text{ANFO,διατρήματος}} = 0,0015 \text{ m}^3$, άρα για όλα τα διατρήματα συνολικά χρειάζονται $V_{\text{ANFO,σύνολο}} = 0,072 \text{ m}^3$. Η σχέση του όγκου αυτού με τη μάζα, βασισμένη στην πυκνότητα της εκρηκτικής ύλης, όπως περιγράφεται στις τεχνικές προδιαγραφές του προϊόντος, είναι $M_{\text{ANFO,σύνολο}} = 57,6 \text{ kg}$. Θεωρώντας ότι μία μέση τιμή αγοράς A.N.F.O. αγγίζει τα 0,7 €/kg, τότε $K_{\text{ANFO}} = 40,32 \text{ €}$

ο **Κόστος ηλεκτρικών καψυλλίων**

Με παρόμοια λογική όπως για το κόστος του εκρηκτικού γαλακτώματος, υπολογίζεται και το κόστος των ηλεκτρικών πυροκροτητών, γνωστών και ως ηλεκτρικά καψύλλια. Κάθε φυσίγγιο εκρηκτικού γαλακτώματος εξοπλίζεται με ένα ηλεκτρικό καψύλλιο, το οποίο χρησιμοποιείται για την εκκίνηση της ανατίναξης και την προώθηση της εκρηκτικής δράσης στα γομωμένα διατρήματα. Μία πρόσφατη ενδεικτική τιμή για την αγορά ενός τεμαχίου ηλεκτρικού καψυλλίου είναι περίπου 0,80 €. Επομένως το συνολικό κόστος για τα 48 διατρήματα του μετώπου θα είναι $K_{\text{καψυλλίων}} = 38,4 \text{ €}$

ο Κόστος καλωδίου σύνδεσης

Για να προβεί στην πυροδότηση του ηλεκτρικού κυκλώματος, ο εξειδικευμένος εργάτης πρέπει να βρίσκεται σε ασφαλή θέση. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση του καλωδίου σύνδεσης, το οποίο ουσιαστικά αποτελεί την επέκταση του αγωγού του καψυλλίου, επιτρέποντας τη σύνδεσή του με τον κεντρικό ηλεκτρικό αγωγό. Επομένως πριν από κάθε ανατίναξη προστίθενται επιπλέον $L_{\text{καλωδίου}} = 13 \text{ m}$ μονόκλωνου αγωγού, οι οποίοι συνδέονται με τον κεντρικό αγωγό (δίκλωνο καλώδιο). Από εκεί ξεκινά η πυροδότηση μέσω ενός πυροκροτητή. Το καλώδιο σύνδεσης είναι διαθέσιμο στην αγορά με τιμή 0,15 €/m. Επομένως το συνολικό κόστος για το καλώδιο σύνδεσης θα είναι $K_{\text{καλωδίου}} = 2 \text{ €}$

ο Κόστος λειτουργίας ανυψωτικής πλατφόρμας

Αν και το ύψος της στοάς δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλο, οι εξειδικευμένοι εργάτες χρησιμοποιούν τόσο τακαδόρους όσο και ανυψωτικές πλατφόρμες για τη γόμωση των διατρημάτων. Όπως και στη διάτρηση, το κόστος λειτουργίας του εξοπλισμού αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τον ακριβή υπολογισμό του γενικού κόστους αυτής της φάσης, εκτός από τα αναλώσιμα υλικά. Οι προδιαγραφές του μηχανήματος και η εμπειρία από παρόμοιες εργασίες έχουν δείξει πως το κόστος λειτουργίας της ανυψωτικής πλατφόρμας ανέρχεται στα 35 €/h. Όπως υπολογίστηκε προηγουμένως η ανυψωτική πλατφόρμα μένει 0,78 h στο παραγωγικό μέτωπο. Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν $K_{\text{πλατφόρμας}} = 27,3 \text{ €}$

ο **Συνολικό κόστος γόμωσης**

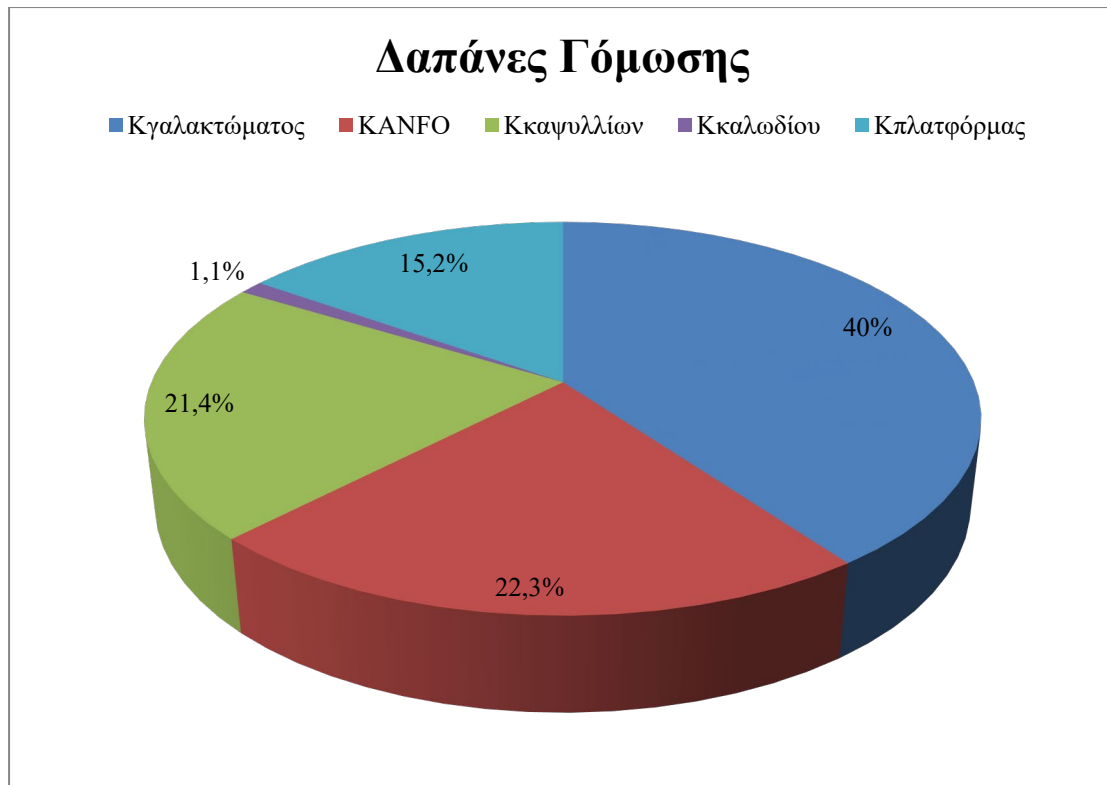
Συνυπολογίζοντας τις δαπάνες για την αγορά των υλικών (εκρηκτικό γαλάκτωμα, Α.Ν.Φ.Ο., ηλεκτρικά καψύλλια, καλώδιο σύνδεσης) και το κόστος λειτουργίας της ανυψωτικής πλατφόρμας, το συνολικό κόστος για τη φάση της γόμωσης εκτιμάται στα:

$$K_{\text{ΓΟΜΩΣΗΣ}} = K_{\text{γαλακτώματος}} + K_{\text{ANFO}} + K_{\text{καψυλλίων}} + K_{\text{καλωδίου}} + K_{\text{πλατφόρμας}} = 180 \text{ €}$$

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.2) και στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 4.2) συνοψίζονται τα κόστη για την διαδικασία της γόμωσης:

Δαπάνες Γόμωσης		
	Κόστος (€)	Ποσοστό (%)
K_{γαλακτώματος}	72	40
K_{ANFO}	40,3	22,3
K_{καψυλλίων}	38,4	21,4
K_{καλωδίου}	2	1,1
K_{πλατφόρμας}	27,3	15,2
Σύνολο	180	100

Πίνακας 4.2. Συνολικές δαπάνες γόμωσης οριζόντιας διάτρησης



Γράφημα 4.2. Δαπάνες γόμωσης στην περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης (%)

4.4.4 Κοστολόγηση δαπανών προσωπικού

Οι δαπάνες προσωπικού περιλαμβάνουν τα έξοδα που αφορούν στην αμοιβή των εργαζομένων, είτε αυτοί είναι χειριστές μηχανημάτων, εργάτες και τεχνικοί, είτε μηχανικοί ή μέλη του διοικητικού προσωπικού. Στην παρούσα διπλωματική εργασία ,επειδή γίνεται ανάλυση μόνο για την διάτρηση και την γόμωση, το προσωπικό θα αποτελείται από 3 άτομα, εκ των οποίων ένας θα είναι ο χειριστής του διατρητικού μηχανήματος, ένας θα είναι γομωτής και ένας εργάτης για τις λοιπές δουλειές.

Τα έξοδα για το προσωπικό διαφοροποιούνται ανάλογα με τον μισθό κάθε εργαζομένου που συμμετέχει στο τρέχον έργο, ο οποίος κυμαίνεται από 15,00 € έως 23,00 € ανά ώρα, ανάλογα με τον τύπο της εργασίας που εκτελεί. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.3) παρουσιάζεται το κόστος κάθε εργάτη για το μέτωπο σύμφωνα με τον χρόνο γόμωσης και διάτρησης που υπολογίστηκε προηγουμένως.

Δαπάνες Προσωπικού			
	Ωρομίσθιο (€)	Χρόνος απασχόλησης (hr)	Συνολικές δαπάνες (€)
Χειριστής Μηχανήματος	18	2,4	43,2
Γομωτής	21	0,78	16,4
Εργάτης	15	3,18	47,7
ΣΥΝΟΛΟ			107,3

Πίνακας 4.3. Δαπάνες προσωπικού στην περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης

Συνοψίζοντας το συνολικό κόστος για την διάτρηση, την γόμωση του μετώπου και τις δαπάνες προσωπικού με την μέθοδο της οριζόντιας διάτρησης είναι:

$$K_{OL} = K_{ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ} + K_{ΓΟΜΩΣΗΣ} + K_{ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ} = 392,85 \text{ €}$$

4.5 Εξέταση Κάθετης Διάτρησης

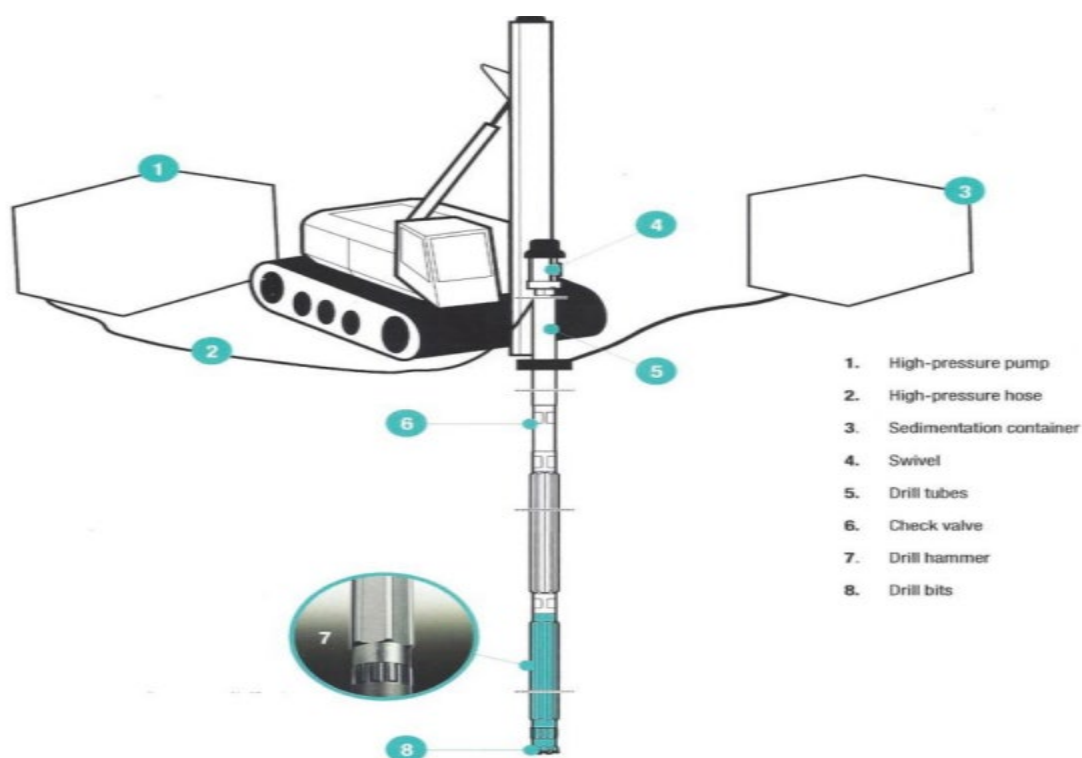
Στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης υπάρχουν κάποιες βασικές διαφορές σε σχέση με αυτήν της οριζόντιας. Μία βασική διαφορά είναι η επιλογή του μηχανήματος διάτρησης που χρησιμοποιείται καθώς για την συγκεκριμένη μέθοδο επιλέγονται μηχανήματα διαφορετικών χαρακτηριστικών. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι κατακόρυφης διάτρησης είναι η top hammer και η down the hole drilling (DTH).

Τόσο το "down-the-hole drilling" (DTH) όσο και το "top hammer drilling" είναι δύο τεχνικές διατρήσεων που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία της όρυξης και της κατασκευής για τον διάνοιξη του βράχου ή άλλων σκληρών υλικών. Υπάρχουν ορισμένες διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων (Bollat, 1993):

Down-the-Hole Drilling (DTH):

- **Τρόπος Λειτουργίας:** Στο DTH, το κέντρο του σφυριού βρίσκεται στο κάτω μέρος του σωλήνα διάτρησης, και το κρουστικό (και ταυτόχρονα ο αγωγός εκρηκτικού) τρυπάει το υλικό από πάνω προς τα κάτω.
- **Εφαρμογές:** Συνήθως χρησιμοποιείται σε βαθύτερες διατρήσεις και γεωτεχνικές εφαρμογές.

Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.5) απεικονίζονται τα οκτώ κυριότερα μέλη ενός μηχανήματος down the hole (DTH)



Εικόνα 4.5. Τα βασικά μέρη ενός DTH μηχανήματος (Dr. Donald A. Bruce, 2013)

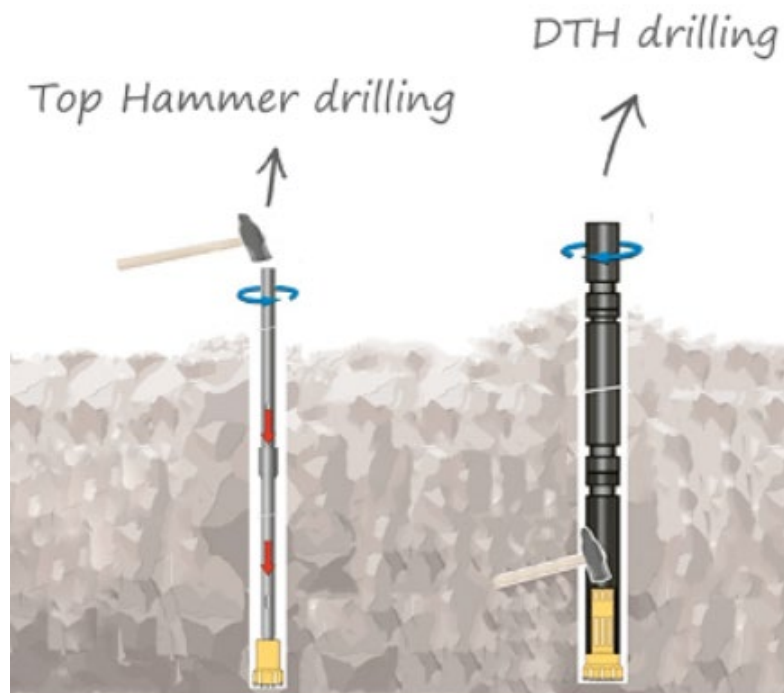
Top Hammer Drilling:

- **Τρόπος Λειτουργίας:** Στο Top Hammer Drilling, το κρουστικό βρίσκεται στην κορυφή του σφυριού, και τρυπάει το υλικό από επάνω προς τα κάτω.
- **Εφαρμογές:** Συνήθως χρησιμοποιείται σε πιο επιφανειακές εφαρμογές και διατρήσεις μικρότερου βάθους.



Εικόνα 4.6. Μηχάνημα Top Hammer

Στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 4.7) φαίνεται μια βασική διαφορά ανάμεσα στα δύο μηχανήματα, η οποία είναι η διαφορετική θέση του κρουστικού.



Εικόνα 4.7. Η διαφορετική θέση του κρουστικού στο Top Hammer και στο DTH μηχανήματα (Bonmach Q.D., 2019)

Το μηχανήμα που θα επιλεγεί για την κάθετη διάτρηση του μετώπου είναι αυτό με την μέθοδο top hammer. Η επιλογή αυτή έγινε διότι τα χαρακτηριστικά του ιδεατού μετώπου, όπως το μικρό σχετικά μήκος διάτρησης, ταιριάζουν καλύτερα με την χρήση του συγκεκριμένου μηχανήματος. Η επιφάνεια όρυξης στην περίπτωση της

κάθετης διάτρησης είναι μικρότερη, $5\text{ m} \times 3\text{ m} = 15\text{ m}^2$, επομένως θα χρειαστούν και λιγότερα διατρήματα. Πιο συγκεκριμένα θα διανοιχθούν 28 διατρήματα τα οποία θα έχουν διάμετρο 120mm και μήκος 5m.

4.5.1 Χρονική διάρκεια κάθετης διάτρησης

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στο μέτωπο διανοίγονται 28 διατρήματα μήκους 5 m. Αυτό σημαίνει ότι το συνολικό μήκος διάτρησης για το μέτωπο υπό εξέταση είναι 140 m. Εξαιτίας της κάθετης διάτρησης και την ύπαρξη της βαρύτητας, που στην συγκεκριμένη περίπτωση δρα θετικά, η μέση ταχύτητα διάτρησης θα είναι μεγαλύτερη από αυτή της οριζόντιας διάτρησης και θα είναι ίση με 2,5 m/min. Ο χρόνος επανατοποθέτησης του βραχίονα παραμένει ίδιος στο 1 m/διάτρημα. Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα ο χρόνος λειτουργίας του διατρητικού μηχανήματος στο μέτωπο θα είναι:

$$T_{\text{διάτρησης}} = \frac{L}{U_{\text{όρυξης}}} + t_{\text{επανατοποθέτησης}} \times \Delta = 84 \text{ min ή } 1,4 \text{ hr}$$

Όπου:

- $T_{\text{διάτρησης}}$ = ο συνολικός χρόνος λειτουργίας του διατρητικού συστήματος jumbo (min)
- L = το μήκος της ημερήσιας διάτρησης ανά μέτωπο (m)
- $U_{\text{όρυξης}}$ = η ταχύτητα όρυξης διατρήματος (m/min)
- $T_{\text{επανατοποθέτησης}}$ = ο χρόνος επανατοποθέτησης του βραχίονα (min/διάτρημα)
- Δ = ο αριθμός των διατρημάτων

4.5.2 Χρονική διάρκεια γόμωσης

Αμέσως επόμενη διαδικασία είναι αυτή της γόμωσης των διατρημάτων που διανοίχθηκαν πριν. Όπως και στην προηγούμενη μέθοδο θεωρείται ότι για την γόμωση των 28 διατρημάτων συνεργάζονται 3 εργάτες. Ο χρόνος που χρειάζεται ένας

εργαζόμενος για την γόμωση ενός διατρήματος ανέρχεται στα 2,5 min λόγω του μεγαλύτερου μήκους των διατρημάτων. Επιπρόσθετα πρέπει να αναφερθεί ότι δεν χρειάζεται η χρήση βοηθητικής ανυψωτικής μηχανής για προφανείς λόγους, οπότε οι διάφορες καθυστερήσεις μειώνονται στα 5 min. Σύμφωνα με αυτές τις παραδοχές ο συνολικός χρόνος της διαδικασίας της γόμωσης για το μέτωπο ανέρχεται στα:

$$T_{\text{γόμωσης}} = \frac{n_1}{n_2} \cdot t_{\text{εργασίας}} + t_{\text{καθυστερήσεων}} = 28,25 \text{ min ή } 0,48 \text{ hr}$$

Όπου:

- $T_{\text{γόμωσης}}$ = ο συνολικός χρόνος της γόμωσης (min)
- n_1 = τα διατρήματα ανά μέτωπο
- n_2 = οι εργαζόμενοι ανά μέτωπο
- $t_{\text{εργασίας}}$ = ο χρόνος εργασίας που απαιτείται για την γόμωση ενός διατρήματος ανά ένα εργαζόμενο (min)
- $t_{\text{καθυστερήσεων}}$ = οι διάφορες καθυστερήσεις (min)

4.6 Κοστολόγηση κάθετης διάτρησης

Όπως και στην οριζόντια διάτρηση, η εκτίμηση του κόστους και για την περίπτωση της κάθετης θα γίνει με την μέθοδο της ανιούσας εκτίμησης ή αλλιώς εκτίμηση από κάτω προς τα πάνω (bottom up cost estimating).

4.6.1 Κοστολόγηση λειτουργικών δαπανών

Για να υπολογιστούν οι λειτουργικές δαπάνες θα ακολουθηθεί παρόμοια διαδικασία όπως και στην οριζόντια διάτρηση. Παρότι οι λειτουργικές δαπάνες αποτελούνται από μία σειρά εργασιών διάτρησης – γόμωσης – υποστήριξης – φόρτωσης – μεταφοράς, παρακάτω θα εκτιμηθούν τα κόστη μόνο για την διαδικασία

της διάτρησης και της γόμωσης καθώς αυτές αποτελούν τις μοναδικές μεταβλητές στην σύγκριση του κόστους μεταξύ κάθετης και οριζόντιας διάτρησης.

4.6.2 Κοστολόγηση Διάτρησης

Όπως και στην οριζόντια διάτρηση έτσι και στην κάθετη οι εργασίες ξεκινάνε από το στάδιο της διάτρησης, κατά την οποία χρησιμοποιείται ένα μηχάνημα diesel top hammer με έναν βραχίονα. Επομένως τα αναλώσιμα υλικά είναι 1 κοπτικό άκρο και 1 κύριο στέλεχος

Επομένως τα έξοδα που θα υπολογιστούν για την φάση της διάτρησης είναι:

- Κόστος κοπτικών άκρων
- Κόστος στελεχών
- Κόστος λειτουργίας διατρητικού μηχανήματος

ο **Κόστος κοπτικών άκρων**

Κάθε κοπτικό άκρο έχει την ικανότητα να ορύσσει ημερήσια:

$$\delta l = \frac{X \cdot \mu}{\alpha 1} = 140 \text{ m}$$

Όπου:

- X = το συνολικό μήκος διάτρησης ανά μέτωπο (m)
- μ = ο αριθμός των μετώπων
- α1 = ο αριθμός των κορωνών

Ο συγκεκριμένος τύπος κοπτικού άκρου που χρησιμοποιείται έχει τη δυνατότητα να ορύσσει έως 500 μέτρα με βάση τις παρούσες γεωλογικές συνθήκες. Το κόστος αγοράς του ανέρχεται στα 80 € χωρίς την προσθήκη Φόρου Προστιθέμενης Αξίας (Φ.Π.Α.).

Οι μέρες λειτουργίας του συνολικού έργου θα θεωρηθεί ότι είναι μία μέρα, δηλαδή θα έχει την ίδια τιμή με αυτή της οριζόντιας διάτρησης έτσι ώστε να γίνει σωστή σύγκριση.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, η συνολική εκτίμηση του κόστους αγοράς για τα κοπτικά άκρα που απαιτούνται για την υπόγεια εκμετάλλευση ανέρχεται σε:

$$\text{Κκ. άκρων} = \left(\frac{\alpha_1 \cdot \text{Τκ.άκρων} \cdot \delta_1}{\delta_1'} \right) \cdot \Delta = 20,8 \text{ €}$$

Όπου:

- Τκ.άκρων = η τιμή πώλησης κάθε κορώνας (€)
- δ_1' = η διάρκεια ζωής κάθε κορώνας (m)
- Δ = οι συνολικές ημέρες λειτουργίας του έργου

ο **Κόστος στελεχών**

Έχοντας επιλέξει διατρητικό μηχάνημα ενός βραχίονα, θα απαιτείται και ένα κυρίως στέλεχος. Το κάθε στέλεχος όπως υπολογίστηκε προηγουμένως ορύσσει $\delta_1 = 140$ m. Η τιμή του στελέχους ανέρχεται στα 350 € και διάρκεια ζωής περίπου 5.000 m. Επομένως το κόστος αγοράς των στελεχών ανέρχεται στα:

$$\text{Κστελεχών} = \left(\frac{\alpha_2 \cdot \text{Τστελεχών} \cdot \delta_1}{\delta_2} \right) \cdot \Delta = 9,8 \text{ €}$$

Όπου:

- α_2 = ο αριθμός των στελεχών
- Τστελεχών = το κόστος αγοράς κάθε στελέχους (€)
- δ_1 = η ημερήσια διάτρηση κάθε στελέχους (m)
- δ_2 = η διάρκεια ζωής κάθε στελέχους (m)

ο **Κόστος λειτουργίας διατρητικού μηχανήματος**

Όπως είχε αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο ένα κύριο στοιχείο για τον ακριβή υπολογισμό του συνολικού κόστους στη φάση της διάτρησης είναι το κόστος λειτουργίας του εξοπλισμού. Το διατρητικό σύστημα top hammer που χρησιμοποιείται έχει κόστος λειτουργίας που ανέρχεται στα $T_{\text{διατρητικού}} = 35 \text{ €/h}$. Επίσης το διατρητικό σύστημα παραμένει στο μέτωπο για 84 min, δηλαδή $h_{\delta} = 1,4 \text{ hr}$. Σύμφωνα με τα παραπάνω, το κόστος λειτουργίας του διατρητικού μηχανήματος θα είναι:

$$K_{\text{διατρητικού}} = T_{\delta} \cdot h_{\delta} \cdot \Delta = 49 \text{ €}$$

Όπου:

- $T_{\text{διατρητικού}}$ = το κόστος λειτουργίας του jumbo διάτρησης (€/h)
- h_{δ} = ο ημερήσιος χρόνος λειτουργίας (h)

ο **Συνολικό κόστος διάτρησης**

Συνοψίζοντας τα έξοδα των αναλωσίμων υλικών που είναι οι κορώνες και στελέχη, μαζί με τα λειτουργικά έξοδα του διατρητικού συστήματος top hammer, το συνολικό κόστος της διαδικασίας διάτρησης ανέρχεται σε:

$$K_{\text{ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ}} = K_{\text{κ.άκρων}} + K_{\text{στελεχών}} + K_{\text{διατρητικού}} = 79,6 \text{ €}$$

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.4) και στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 4.3) συνοψίζονται τα κόστη για την διαδικασία της διάτρησης:

Δαπάνες Διάτρησης		
	Κόστος (€)	Ποσοστό (%)
Κκ.άκρων	20,8	26,1
Κστελεχών	9,8	12,3
Κδιατρητικού	49	61,6
Σύνολο	79,6	100

Πίνακας 4.4 Συνολικές δαπάνες διάτρησης στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης



Γράφημα 4.3. Δαπάνες διάτρησης στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης (%)

4.6.3 Κοστολόγηση Γόμωσης

Με την ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση του κόστους γόμωσης στην οριζόντια διάτρηση, η ίδια διαδικασία θα ακολουθηθεί και για τον υπολογισμό του κόστους και στην κάθετη διάτρηση. Η βασική διαφορά όμως σε αυτή

την περίπτωση θα είναι πως για την γόμωση κάθετων διατηρημάτων δεν χρειάζεται η λειτουργία της ανυψωτικής πλατφόρμας καθώς και τα 28 διατηρήματα βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Αυτό σημαίνει πως στο τέλος θα έχουμε έναν λιγότερο παράγοντα να υπολογίσουμε για το συνολικό κόστος της γόμωσης. Τα κόστη που θα υπολογίσουμε επομένως θα είναι:

- Κόστος εκρηκτικού γαλακτώματος
- Κόστος A.N.F.O.
- Κόστος ηλεκτρικών καψυλλίων
- Κόστος καλωδίου σύνδεσης

ο Κόστος εκρηκτικού γαλακτώματος

Για την κάθετη διάτρηση έχει αναφερθεί ότι διανοίγονται 28 διατηρήματα, για να γεμωθούν αυτά τα διατηρήματα θα χρησιμοποιηθεί εκρηκτικό γαλάκτωμα για φυσίγγια διαμέτρου 105 mm και βάρους 0,9 kg. Με την τιμή $T_{\text{γαλακτώματος}}$ να είναι 1,5 €/kg, τότε $K_{\text{εκρ.γαλακτώματος}} = 75,6 \text{ €}$

ο Κόστος A.N.F.O.

Το κάθε διάτρημα επίσης γεμίζεται στα 2/3 του όγκου του με την εκρηκτική ύλη A.N.F.O. (περιεκτικότητας $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$). Ο όγκος του A.N.F.O. μέσα στο κάθε διάτρημα δηλαδή θα ισούται με $V_{\text{ANFO,διατηρήματος}} = 0,0037 \text{ m}^3$, άρα για όλα τα διατηρήματα συνολικά χρειάζονται $V_{\text{ANFO,σύνολο}} = 0,105 \text{ m}^3$. Η σχέση του όγκου αυτού με τη μάζα, βασισμένη στην πυκνότητα της εκρηκτικής ύλης, είναι $M_{\text{ANFO,σύνολο}} = 84 \text{ kg}$. Θεωρώντας ότι μία μέση τιμή αγοράς A.N.F.O. αγγίζει τα 0,7 €/kg, τότε $K_{\text{ANFO}} = 48,8 \text{ €}$

ο Κόστος ηλεκτρικών καψυλλίων

Ο ηλεκτρικός πυροκροτητής, ή αλλιώς το ηλεκτρικό καψύλλιο χρησιμοποιείται για την εκκίνηση της ανατίναξης και την προώθηση της εκρηκτικής δράσης στα

γομωμένα διατρήματα. Με ενδεικτική τιμή αγοράς ενός ηλεκτρικού καψυλλίου να είναι περίπου 0,80 €, το συνολικό κόστος για τα 28 διατρήματα κυμαίνεται στα $K_{\text{καψυλλίων}} = 22,4 \text{ €}$

○ **Κόστος καλωδίου σύνδεσης**

Το κόστος καλωδίου σύνδεσης, που αποτελεί την επέκταση του αγωγού του καψυλλίου, θα παραμείνει το ίδιο και στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης. Επομένως πριν από κάθε ανατίναξη θα προστεθεί επιπλέον $L_{\text{καλωδίου}} = 13 \text{ m}$ μονόκλωνου αγωγού, οι οποίοι συνδέονται με τον κεντρικό αγωγό (δίκλωνο καλώδιο). Το καλώδιο σύνδεσης είναι διαθέσιμο στην αγορά με τιμή 0,15 €/m. Επομένως το συνολικό κόστος για το καλώδιο σύνδεσης θα είναι $K_{\text{καλωδίου}} = 2 \text{ €}$

○ **Συνολικό κόστος γόμωσης**

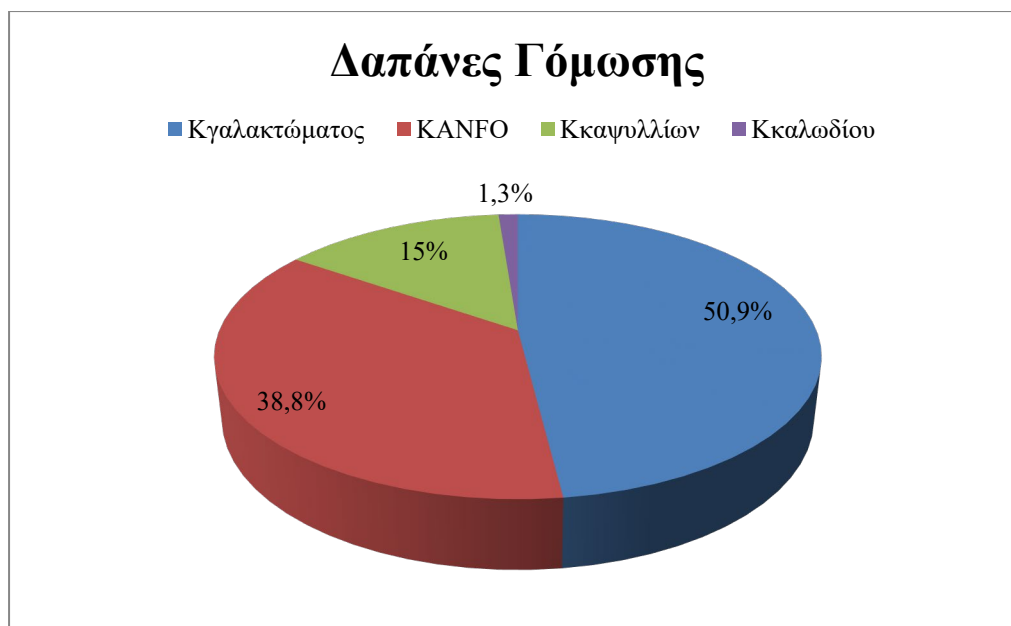
Συνυπολογίζοντας τις δαπάνες για την αγορά των υλικών (εκρηκτικό γαλάκτωμα, Α.Ν.Φ.Ο., ηλεκτρικά καψύλλια, καλώδιο σύνδεσης) και το κόστος λειτουργίας της ανυψωτικής πλατφόρμας, το συνολικό κόστος για τη φάση της γόμωσης εκτιμάται στα:

$$K_{\text{ΓΟΜΩΣΗΣ}} = K_{\text{γαλακτώματος}} + K_{\text{ANFO}} + K_{\text{καψυλλίων}} + K_{\text{καλωδίου}} = 158,8 \text{ €}$$

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.5) και στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 4.4) συνοψίζονται τα κόστη για την διαδικασία της γόμωσης:

Δαπάνες Γόμωσης		
	Κόστος (€)	Ποσοστό (%)
$K_{\text{γαλακτώματος}}$	75,6	50,9
K_{ANFO}	48,8	32,8
$K_{\text{καψυλλίων}}$	22,4	15
$K_{\text{καλωδίου}}$	2	1,3
Σύνολο	148,8	100

Πίνακας 4.5. Συνολικές δαπάνες γόμωσης κάθετης διάτρησης



Γράφημα 4.4. Δαπάνες γόμωσης στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης (%)

4.6.4 Κοστολόγηση δαπανών προσωπικού

Όπως και στην περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης, έτσι και σε αυτή την περίπτωση ο αριθμός των απασχολούμενων εργαζομένων θα είναι τρεις, ένας χειριστής του διατρητικού μηχανήματος, ένας γομωτής και ένας εργάτης για τις λοιπές δουλειές.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.6) παρουσιάζεται το κόστος κάθε εργάτη για το μέτωπο σύμφωνα με τον χρόνο γόμωσης και διάτρησης που υπολογίστηκε προηγουμένως.

Δαπάνες Προσωπικού			
	Ωρομίσθιο (€)	Χρόνος απασχόλησης (hr)	Συνολικές δαπάνες (€)
Χειριστής Μηχανήματος	18	1,4	25,2
Γομωτής	21	0,48	10,1

Εργάτης	15	1,88	28,2
ΣΥΝΟΛΟ			63,5

Πίνακας 4.6. Δαπάνες προσωπικού στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης

Συνοψίζοντας το συνολικό κόστος για την διάτρηση, την γόμωση του μετώπου και τις δαπάνες προσωπικού με την μέθοδο της κάθετης διάτρησης είναι:

$$\mathbf{K_{ΟΛ} = K_{ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ} + K_{ΓΟΜΩΣΗΣ} + K_{ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ} = 291,9 \text{ €}}$$

5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αφού υπολογίστηκαν οι χρόνοι και τα κόστη για τις δύο μεθόδους, αμέσως επόμενη διαδικασία είναι να παρουσιαστούν αυτά τα αποτελέσματα συνολικά έτσι ώστε να γίνει η σύγκριση τους. Στους παρακάτω πίνακες και στα παρακάτω γραφήματα αυτού του κεφαλαίου εμφανίζονται αυτά τα αποτελέσματα.

5.1 Σύγκριση μηκών διάτρησης

Στην περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης διανοίχθηκαν 48 διατρήματα διαμέτρου 45mm και μήκος 3m, δηλαδή το συνολικό μήκος διάτρησης ήταν 144m. Στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης διανοίχθηκαν 28 διατρήματα διαμέτρου 120mm αλλά με μήκος 5m, δηλαδή το συνολικό μήκος διάτρησης ήταν 140m. Δηλαδή παρόλο που ο αριθμός των διατρημάτων είναι σημαντικά μικρότερος στην δεύτερη περίπτωση, το τελικό μήκος διάτρησης παραμένει σχεδόν ίδιο λόγω του μεγαλύτερου μήκους διατρήματος. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1) παρουσιάζονται αυτά τα μεγέθη.

	Οριζόντια Διάτρηση	Κάθετη Διάτρηση
Αριθμός διατρημάτων	48	28
Διάμετρος διατρημάτων (mm)	45	120
Μήκος διατρημάτων (m)	3	5
Συνολικό μήκος διάτρησης (m)	144	140

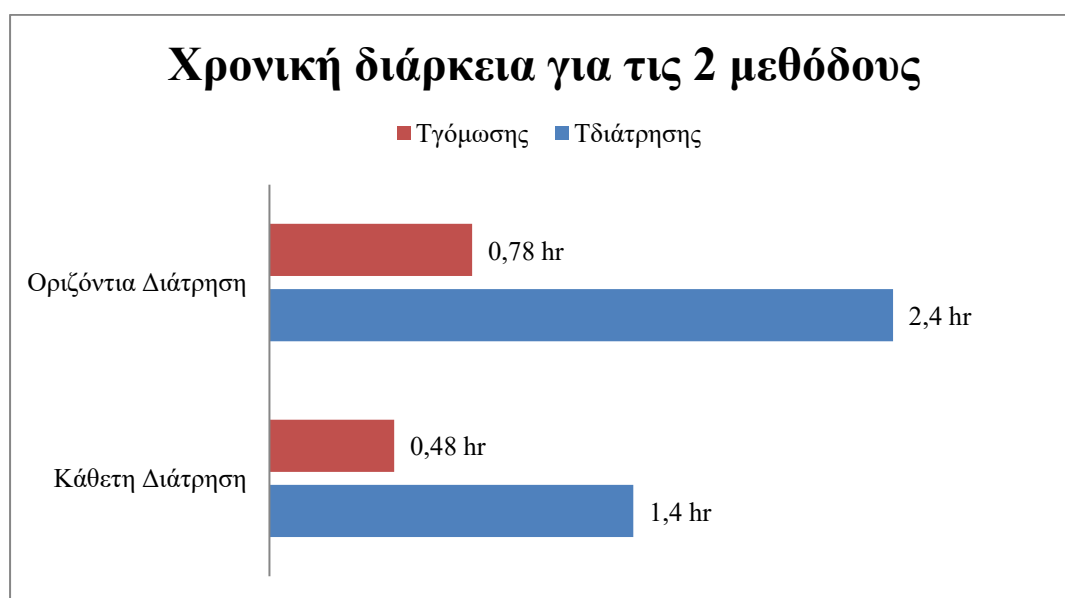
Πίνακας 5.1. Μεγέθη διάτρησης για κάθε μέθοδο

5.2 Σύγκριση χρονικής διάρκειας

Αρχικά θα συγκρίνουμε τους χρόνους διάτρησης και γόμωσης για κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις. Αυτή η σύγκριση παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.2) και στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 5.1).

	Οριζόντια Διάτρηση	Κάθετη Διάτρηση
T _{διάτρησης}	2,4 hr	1,4 hr
T _{γόμωσης}	0,78 hr	0,48 hr
Σύνολο	3,18 hr	1,88 hr

Πίνακας 5.2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα χρονικής διάρκειας για τις δύο μεθόδους



Γράφημα 5.1. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα χρονικής διάρκειας για τις δύο μεθόδους

Όπως παρατηρείται από τον συγκεντρωτικό πίνακα 5.1 αλλά και από το γράφημα 5.1, ο συνολικός χρόνος διάτρησης και γόμωσης είναι μικρότερος στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης. Ένας βασικός λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης η επιφάνεια πάνω στην οποία θα διανοιχθούν τα διατρήματα είναι μικρότερη από αυτή στην περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης. Αυτό σημαίνει ότι θα χρειαστούν και λιγότερα διατρήματα, επομένως η διαδικασία

θα γίνει πιο γρήγορα. Επιπρόσθετα, ο χρόνος μειώνεται σημαντικά διότι το μηχάνημα, με τον κάθετο προσανατολισμό του, χρησιμοποιεί την δύναμη της βαρύτητας ως πλεονέκτημα για να εισχωρήσει στην βραχώδη μάζα.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, ο χρόνος διάτρησης και γόμωσης στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης είναι κατά **41 %** ταχύτερος από την περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης.

Τα παραπάνω αποτελέσματα επιβεβαιώνονται από μία πρόσφατη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Kahraman της Τουρκίας, η οποία ως βασικό σκοπό είχε την σύγκριση του ρυθμού διάτρησης διαφόρων ειδών μαρμάρου όταν αυτή γινόταν κάθετα ή οριζόντια. Τα τέσσερα είδη μαρμάρου που μελετήθηκαν είναι:

- Travertine marble
- Beige marble
- White marble
- Lymra marble

Στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 5.1) παρουσιάζεται ο ρυθμός διάτρησης για αυτά τα είδη μαρμάρου και παρατηρείται ότι στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης η διαδικασία επιτυγχάνεται σε μικρότερο χρονικό διάστημα.

Length (m)	Drilling rate (cm/min)							
	Travertine		Beige		White		Lymra	
	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
1	26.1	31.3	12.8	17.1	14.4	17.4	17.1	22.1
2	23.7	26.1	14.2	15.7	12.6	16.8	19.2	23.6
3	24.5	28.3	14.0	15.0	14.6	15.7	21.1	25.4
4	25.0	29.0	14.7	17.2	13.6	19.4	20.7	26.7
5	20.9	29.9	12.7	17.9	13.0	18.5	19.8	26.1
Average	24.0	28.9	13.7	16.6	13.6	17.6	19.6	24.8

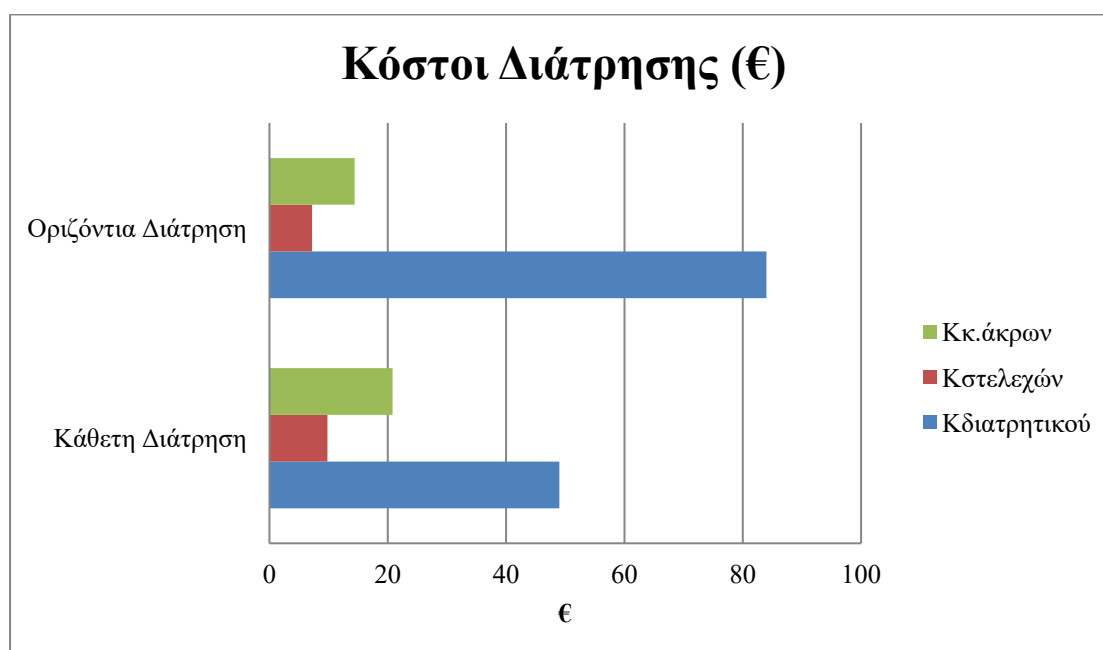
Εικόνα 5.1. Ρυθμός διάτρησης ειδών μαρμάρου στην περίπτωση της κάθετης και οριζόντιας διάτρησης (Servet D., 2013)

5.3 Σύγκριση κόστους

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα τελικά κόστη της κάθε μεθόδου. Πρώτα θα παρουσιαστούν τα συγκεντρωτικά κόστη διάτρησης στον Πίνακα 5.3 και στο Γράφημα 5.2.

Κόστος Διάτρησης (€)		
	Οριζόντια Διάτρηση	Κάθετη Διάτρηση
Κ _{κ.άκρων}	14,4	20,8
Κ _{στελεχών}	7,2	9,8
Κ _{διατρητικού}	84	49
Σύνολο	105,6	79,6

Πίνακας 5.3. Συγκεντρωτικά κόστη διάτρησης για τις δύο μεθόδους



Γράφημα 5.2. Συγκεντρωτικά κόστη διάτρησης για τις δύο μεθόδους

Από τον πίνακα (Πίνακας 5.2) και από το γράφημα (Γράφημα 5.2) μεταβαίνουμε στο συμπέρασμα ότι το κόστος του διατρητικού μηχανήματος είναι μεγαλύτερο στην

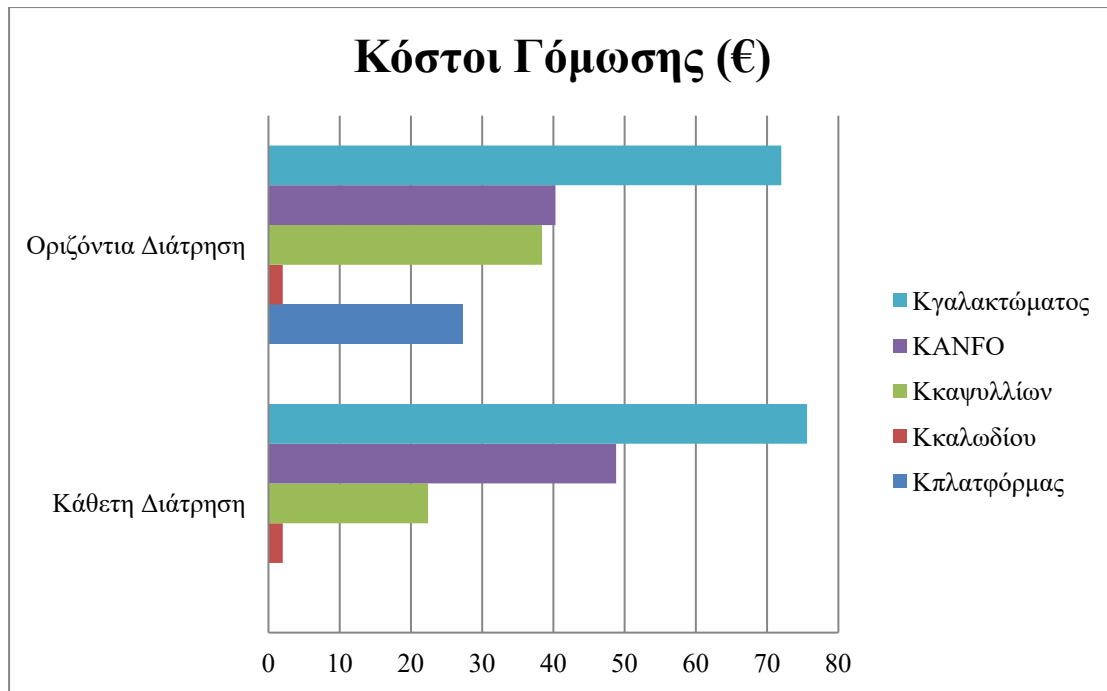
περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης ενώ το κόστος των κοπτικών άκρων είναι μεγαλύτερο στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης. Και τα δύο συμπεράσματα αυτά είναι λογικά αφού το διατρητικό μηχάνημα παραμένει για περισσότερο χρόνο στο μέτωπο στην περίπτωση της οριζόντιας διάτρησης διότι έχει να διανοίξει περισσότερα διατρήματα αλλά η διάμετρος της κορώνας είναι μικρότερη, που σημαίνει ότι είναι πιο φθηνή στην αγορά της.

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι τα κόστη διάτρησης για την κάθετη περίπτωση είναι κατά **25 %** οικονομικότερα από αυτά της οριζόντιας περίπτωσης.

Όσον αφορά τα κόστη γόμωσης, παρουσιάζονται παρακάτω στον Πίνακα 5.4 και στο Γράφημα 5.3.

Κόστος Γόμωσης (€)		
	Οριζόντια Διάτρηση	Κάθετη Διάτρηση
Κ _{γαλακτώματος}	72	75,6
Κ _{ANFO}	40,3	48,8
Κ _{καουλίων}	38,4	22,4
Κ _{καλωδίου}	2	2
Κ _{πλατφόρμας}	27,3	-
Σύνολο	180	148,8

Πίνακας 5.4. Συγκεντρωτικά κόστη γόμωσης για τις δύο μεθόδους



Γράφημα 5.3. Συγκεντρικά κόστη γόμωσης για τις δύο μεθόδους

Για την διαδικασία της γόμωσης παρατηρούνται τρεις διαφορές που αξίζει να αναλυθούν. Αρχικά το κόστος της εκρηκτικής ύλης A.N.F.O. είναι μεγαλύτερο στην κατακόρυφη μέθοδο, κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο αφού ο όγκος των διατρημάτων (5 m μήκος και διάμετρο 120 mm) που θα πρέπει να πληρωθούν με A.N.F.O. είναι μεγαλύτερος. Δεύτερον το κόστος των καψυλλίων είναι μικρότερο στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης διότι ο αριθμός των διατρημάτων, άρα και των καψυλλίων είναι μικρότερος. Τέλος, μεγάλο κέρδος για την μέθοδο της κάθετης διάτρησης είναι αυτό της μη ύπαρξης ανυψωτικής πλατφόρμας που θα επιβάρυνε το συνολικό κόστος.

Όπως και για τα κόστη διάτρησης, έτσι και για τα κόστη γόμωσης παρατηρείται ότι η περίπτωση της κάθετης διάτρησης είναι οικονομικότερη και σε αυτόν τον τομέα κατά **12 %**.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.5) θα γίνει σύγκριση μεταξύ των συνολικών δαπανών που αφορούν το προσωπικό

Κόστη Προσωπικού (€)		
	Οριζόντια Διάτρηση	Κάθετη Διάτρηση
Χειριστής μηχανήματος	43,2	25,2
Γομωτής	16,4	10,1
Εργάτης	47,7	28,2
Σύνολο	107,3	63,5

Πίνακας 5.5 Συγκεντρωτικά κόστη του προσωπικού για τις δύο μεθόδους

Όπως παρατηρείται από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 5.5), οι δαπάνες για το προσωπικό στην περίπτωση της κάθετης διάτρησης είναι πολύ λιγότερες σε σχέση με την οριζόντια διάτρηση. Αυτή η διαφορά είναι πλήρως αναμενόμενη διότι όπως υπολογίστηκε στα κεφάλαια χρονικής διάρκειας για την κάθε μέθοδο, η κάθετη διάτρηση και γόμωση χρειάζεται λιγότερο χρόνο από την οριζόντια, επομένως και οι εργαζόμενοι απασχολούνται λιγότερο.

Για τα κόστη του προσωπικού γίνεται αντιληπτό ότι η περίπτωση της κάθετης διάτρησης είναι προτιμότερη διότι είναι κατά **42 %** οικονομικότερη από αυτή της οριζόντιας διάτρησης.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.6) παρουσιάζεται η επί τις εκατό (%) διαφορά των 2 μεθόδων:

Επί τις εκατό (%) διαφορά της κάθετης διάτρησης	
Χρόνος διάτρησης και γόμωσης	41 % ταχύτερη η κάθετη διάτρηση
Κόστος διάτρησης	25 % οικονομικότερη η κάθετη διάτρηση
Κόστος γόμωσης	18 % οικονομικότερη η κάθετη διάτρηση
Κόστος προσωπικού	42 % οικονομικότερη η κάθετη διάτρηση

Πίνακας 5.6 Επί τις εκατό (%) διαφορά των δύο μεθόδων

Τέλος, ο παραπάνω πίνακας (Πίνακας 5.6) αποτελεί το βασικότερο και το τελικό κριτήριο σύγκρισης, το οποίο δείχνει ότι η μέθοδος της κάθετης διάτρησης και γόμωσης είναι ταχύτερη αλλά και οικονομικότερη σε όλους τους τομείς που ερευνήθηκαν.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κοστολόγηση αναδεικνύεται ως ένα αποτελεσματικό εργαλείο που συμβάλλει στην πιο εμπειριστατωμένη ανάλυση των διαφόρων κατασκευαστικών διαδικασιών. Μέσω της κοστολόγησης, είναι δυνατόν να αξιολογηθούν τα οικονομικά και χρονικά κοστολογικά στοιχεία που συνδέονται με κάθε πρακτική κατασκευής. Με βάση αυτή την ανάλυση, μπορεί να γίνει η επιλογή των βέλτιστων κατασκευαστικών πρακτικών, λαμβάνοντας υπόψη την ισορροπία μεταξύ ποιότητας, κόστους και απόδοσης. Έτσι, η κοστολόγηση συμβάλλει στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας στον τομέα της κατασκευής.

Επομένως γίνεται αντιληπτό ότι η μείωση του κόστους σε μεταλλευτικά και μη έργα είναι επιθυμητή από τον κάθε κατασκευαστή. Η διαδικασία της διάτρησης και της γόμωσης αποτελούν δύο από τις πιο χρονοβόρες και απαιτητικές διεργασίες που έχει να αντιμετωπίσει κάθε έργο.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύθηκαν δύο βασικές μέθοδοι διάτρησης ενός μετώπου, είτε αυτό πρόκειται να διανοιχθεί για κάποιο έργο είτε γιατί θα πραγματοποιηθεί εκμετάλλευση, οι οποίες είναι η κάθετη και η οριζόντια διάτρηση.

Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 6.1, Πίνακας 6.2) φαίνεται συγκεντρωτικά ο χρόνος και το κόστος για κάθε μέθοδο.

Συνολικός Χρόνος Διάτρησης και Γόμωσης	
Οριζόντια Διάτρηση	3,18 hr
Κάθετη Διάτρηση	1,88 hr

Πίνακας 6.1. Συνολικός χρόνος διάτρησης και γόμωσης για κάθε μέθοδο

Συνολικό Κόστος Διάτρησης και Γόμωσης	
Οριζόντια Διάτρηση	392,85 €
Κάθετη Διάτρηση	291,9 €

Πίνακας 6.2 Συνολικό κόστος διάτρησης και γόμωσης για κάθε μέθοδο

Έπειτα από τον υπολογισμό όλων των παραμέτρων για την κάθε μέθοδο συμπεραίνεται ότι για το ίδιο μέτωπο η περίπτωση της κάθετης διάτρησης είναι πιο αποδοτική, όχι μόνο ως προς το κόστος, αλλά και ως προς τον χρόνο. Απαραίτητο είναι να αναφερθεί πάλι ότι το κόστος αυτό δεν αντιπροσωπεύει πραγματικά έργα διότι ο παράγοντας των συνολικών μερών του έργου (Δ), που χρησιμοποιείται στις εξισώσεις της κοστολόγησης, πήρε την τιμή της μονάδας. Αυτό έγινε για να διευκολυνθούν τα αποτελέσματα έτσι ώστε να γίνει η επιθυμητή σύγκριση των μεθόδων.

Τέλος σημαντικό είναι να σχολιαστεί ότι η διάνοιξη διατρημάτων με κάθετη διάτρηση δεν είναι πάντοτε εφικτή, όπως στις περιπτώσεις των υπογείων εκμεταλλεύσεων και υπογείων έργων που η διάνοιξη των μετώπων δεν γίνεται σε βαθμίδες. Στις περιπτώσεις όμως που υπάρχει η δυνατότητα και των δύο μεθόδων, προτιμότερη είναι αυτή της κάθετης διάτρησης και γόμωσης, όπως παρατηρήθηκε και από τα παραπάνω αποτελέσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- « *Εισαγωγή, Έννοια και Ορισμός Κοστολόγησης* », Ευθαλία Φωτοπούλου, Αθήνα, 2015
- « *Υπόγεια Έργα* », Ανδρέας Μπενάδρος - Δημήτριος Καλιαμπάκος, Αθήνα, 2010
- « *Θεωρία Κόστους* », Ιωάννης Κ. Πάγγειος, Αθήνα 1993
- « *Λογική Κόστους – Κοστολόγησης* », Πλάλας – Πιλάγας Χρήστος , Κρήτη, 2011
- « *Μεθόδοι Υπογείων Εκμεταλλεύσεων* », Νικόλαος Γ. Τερεζόπουλος, Αθήνα, 2003
- « *Στοιχεία Διάτησης – Ανατινάξης* », Ζαχαρίας Αγιουτάντης, Χανιά, 2009
- « *Εκρηκτικές Ύλες και τεχνική των ανατινάξεων. Τόμος 2: Τεχνική των ανατινάξεων* », Χ.Ε. Τσουτρέλη, Αθήνα, 2001
- « *The Comparison of the Software Cost Estimating Methods* », Wu L. , University of Calgary – Canada, 1997
- « *Cost and Value - An Introduction to Parametric Estimating* », Dysert L. R., 2008
- « *Top - down estimation* », Makar A. , 2015. Ανάκτηση από:
<https://www.liquidplanner.com/:https://www.liquidplanner.com/blog/how-long-is-that-going-to-take-top-down-vs-bottom-up-strategies/>
- « *Xeras financial modeling* », Runge Pincoc minargo, 2016
- « *Sage - ERP X3* », Sage, 2016. Ανάκτηση από:
http://e2benterprise.com/Docs/Resources/Sage_ERP_Solutions_For_Mining_Print.pdf
- « *CostMine - mine cost estimating* », Sherpa Software, 2016. Ανάκτηση από:
<http://costs.infomine.com/software/>
- « *Mining Methods in Underground Mining 2nd Edition* », Fernberg H., 2007
- « *Techniques in Underground Mining. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration* », Gertsch, E. και R. Bullock, 1998
- « *Planning and mapping of underground space-an overview* », ITA – WG4, 2010

- «*Geoengineering Considerations in the Optimum Use of Underground Space*, Sterling, R.L. - Godard, J.P., 2001
- «*Different Drilling Techniques*», Bollat P. – Dequet G. , Paris, 1993
- «*THE HISTORY OF DOWN-THE-HOLE DRILLING AND THE USE OF WATER-POWERED HAMMERS*», Dr. Donald A. Bruce, Limestone – US, 2013
- «*The difference between 3 rock drilling methods*», Bonmach Q.D. , 2019
- « *Variation of vertical and horizontal drilling rates depending on some rock properties in the marble quarries* », Servet Demirdag, Isparta – Turkey, 2013
- « *The adaptation of product cost estimation techniques to estimate the cost of service* », Xiao Xi Huang, 2011
- « *Parametric cost estimation based on activity-based costing: A case study for design and development of rotational parts* », Li Qian, South Dakota – USA , 2012
- « *E-cost estimation using expert judgment and COCOMO II* », Zulkefli Bin Mansor, Kuala Lumpur, 2012
- « *Cost Estimation: Methods and Tools* », G. K. Mislick – D. A. Nussbaum, Washington, 2009
- « *ERGA Manual – by 4M* » 4M Company, Athens, 2012
- « *Underground Structures: Design and Instrumentation* », R. S. Sinha, Denver, 1989
- « *Numerical Analysis of Underground Structures* », K.G. Sharma, India, 2009
- « *Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case* », W.A. Hustrulid - R.L. Bullock, Colorado, 2001
- « *A study on conceptual evaluation of structural stability of room-and-pillar underground space* », C. Lee, South Korea, 2013
- « *Estimating cost for transportation tunnel projects* », J. Membah, 2015