

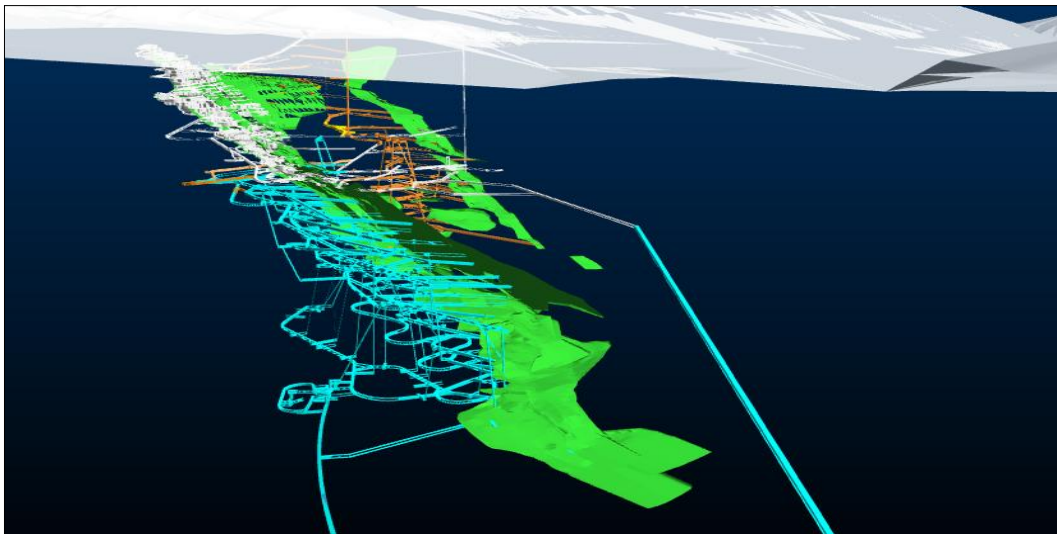


## ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

### Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων

#### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Οικονομοτεχνική μελέτη εφαρμογής της μεθόδου διαδοχικών κοπών και λιθογομώσεων για την υπόγεια εκμετάλλευση κοιτάσματος μικτών θειούχων»



**Συγγραφέας:**

Πρωτόγερος Δημήτριος

**Εξεταστική Επιτροπή:**

Εξαδάκτυλος Γεώργιος, Καθηγητής (Επιβλέπων)

Γαλετάκης Μιχαήλ, Αναπλ. Καθηγητής

Λιόλιος Παντελής, Ε.ΔΙ.Π.

Ιούλιος 2015, Χανιά



## Πρόλογος

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων Πολυτεχνείου Κρήτης κατά το εαρινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2014-2015 με σκοπό την εκμάθηση συγγραφής μελέτης αλλά και την απόκτηση περαιτέρω δεξιοτήτων και γνώσεων.

Σε πολλά σημεία της εργασίας παρουσιάζονται αναλυτικά οι δύσκολοι τρόποι υπολογισμού των στοιχείων των πινάκων για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου σκέψης. Πολλές από τις μεθοδολογίες που εφαρμόζονται προέρχονται από διάφορες πηγές, οι οποίες ως επί το πλείστον είναι ηλεκτρονικές.

Ο αρχικός στόχος ήταν η διεξαγωγή οικονομικών συμπερασμάτων, για το λόγο αυτό δόθηκε μεγαλύτερη βαρύτητα στους παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή κόστους.

Κλείνοντας, θα ήθελα να απευθύνω θερμές ευχαριστίες στους καθηγητές της σχολής μου και ιδιαίτερα στον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Γεώργιο Εξαδάχτυλο για τις γνώσεις που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου και εκπόνησης της διπλωματικής μου, στον κ. Παντελή Λιόλιο, κ. Κορδιστό Δημήτριο για τη συμβολή τους στην διπλωματική μου εργασία αλλά και στον κ. Αχιλλέα Γάτσιο, κ. Γεώργιο Μπρόκο και κ. Βασίλειο Χατζηευστραστίου για τη συνεχή παροχή πληροφοριών των δραστηριοτήτων της εταιρίας.

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από την τριμελή εξεταστική επιτροπή δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα. Η Διπλωματική Εργασία βαθμολογείται.



*Αφιερώνεται  
στην οικογένεια μου  
και  
στο νονό μου Αιμίλιο*



## Περιεχόμενα

<b>Κατάλογος Πινάκων .....</b>	<b>i</b>
<b>Κατάλογος Σχημάτων.....</b>	<b>iii</b>
<b>Περίληψη .....</b>	<b>vi</b>
<b>Κεφάλαιο 1: Ιστορική εξέλιξη του μεταλλείου Ολυμπιάδας .....</b>	<b>1</b>
<b>Κεφάλαιο 2: Γεωλογία-Μεταλλοφορία Περιοχής .....</b>	<b>3</b>
<b>Κεφάλαιο 3: Μέθοδος Εκμετάλλευσης .....</b>	<b>8</b>
<b>Κεφάλαιο 4: Μηχανολογικός Εξοπλισμός .....</b>	<b>12</b>
4.1 Υπολογισμός Φορτωτών .....	16
4.2 Υπολογισμός Φορτηγών .....	23
4.3 Υπολογισμός Διατρητικών Jumbo .....	34
4.4 Υπολογισμός Jumbo Υποστήριξης .....	41
4.5 Υπολογισμός Ξεσκαρωτών .....	48
4.6 Υπολογισμός Πρεσών .....	51
4.7 Συνολικός αριθμός μηχανολογικού εξοπλισμού .....	56
4.8 Κόστος κατανάλωσης καυσίμων, λιπαντικών και συντήρησης μηχανολογικού εξοπλισμού .....	62
<b>Κεφάλαιο 5: Διάτρηση-Ανατίναξη-Υποστήριξη .....</b>	<b>66</b>
5.1 Διάτρηση-Ανατίναξη.....	66
5.2 Υποστήριξη-Λιθογόμωση .....	73
<b>Κεφάλαιο 6: Φωτισμός-Αερισμός .....</b>	<b>82</b>
6.1 Φωτισμός .....	82
6.2 Αερισμός .....	88
<b>Κεφάλαιο 7: Απασχόληση και Μισθοί προσωπικού .....</b>	<b>93</b>
<b>Κεφάλαιο 8: Μοναδιαίο Κόστος .....</b>	<b>96</b>
<b>Κεφάλαιο 9: Εξέταση εναλλακτικών σεναρίων για τη μείωση του κόστους .....</b>	<b>101</b>
<b>Κεφάλαιο 10: Συμπεράσματα-Προτάσεις .....</b>	<b>106</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>108</b>





## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Μέγιστη παραγωγή τμημάτων .....	13
Πίνακας 2. Περιεκτικότητα αξιοποιήσιμων μετάλλων.....	14
Πίνακας 3. Δεδομένα παραγωγής για τον υπολογισμό μηχανημάτων .....	15
Πίνακας 4. Τεχνικά χαρακτηριστικά φορτωτή LH 514.....	16
Πίνακας 5. Έλεγχος φορτίου για τους φορτωτές παραγωγής.....	17
Πίνακας 6. Συμπεράσματα φορτωτών παραγωγής .....	19
Πίνακας 7. Τεχνικά χαρακτηριστικά φορτωτή LH 307.....	21
Πίνακας 8. Έλεγχος φορτίου για τους φορτωτές ανάπτυξης.....	22
Πίνακας 9. Συμπεράσματα φορτωτών ανάπτυξης.....	22
Πίνακας 10. Τεχνικά χαρακτηριστικά φορτηγού TH 540 .....	24
Πίνακας 11. Έλεγχος φορτίου για τα φορτηγά παραγωγής.....	24
Πίνακας 12. Στοιχεία δρομολογίου για το τμήμα West<430 .....	25
Πίνακας 13. Συμπεράσματα φορτηγών παραγωγής .....	29
Πίνακας 14. Συμπεράσματα φορτηγών ανάπτυξης .....	33
Πίνακας 15. Τεχνικά χαρακτηριστικά διατρητικού Jumbo DD321-40C.....	34
Πίνακας 16. Συμπεράσματα Jumbo παραγωγής.....	37
Πίνακας 17. Συμπεράσματα Jumbo οριζόντιας ανάπτυξης.....	39
Πίνακας 18. Τεχνικά χαρακτηριστικά διατρητικού Jumbo DD210-V .....	40
Πίνακας 17.β. Συμπεράσματα Jumbo κάθετης ανάπτυξης.....	40
Πίνακας 19. Τεχνικά χαρακτηριστικά Jumbo υποστήριξης DS311-C .....	41
Πίνακας 20. Χαρακτηριστικά υποστήριξης παραγωγικών στοών.....	42
Πίνακας 21. Συμπεράσματα Jumbo υποστήριξης για τη φάση παραγωγής .....	44
Πίνακας 22. Χαρακτηριστικά υποστήριξης στοών ανάπτυξης.....	46
Πίνακας 23. Συμπεράσματα Jumbo υποστήριξης για τη φάση ανάπτυξης.....	47
Πίνακας 24. Τεχνικά χαρακτηριστικά ξεσκαρωτή Liebherr R932.....	48
Πίνακας 25. Συμπεράσματα ξεσκαρωτών για το τμήμα west<430 .....	50
Πίνακας 26. Συμπεράσματα ξεσκαρωτών για τα τμήματα west>430, Intermediate West, East&Upper West .....	50
Πίνακας 27. Συμπεράσματα ξεσκαρωτών για τη φάση ανάπτυξης.....	50
Πίνακας 28. Τεχνικά χαρακτηριστικά πρέσας Putzmeister sika 4210.....	51
Πίνακας 29. Χαρακτηριστικά ενίσχυσης παραγωγικών στοών.....	51
Πίνακας 30. Συμπεράσματα πρεσών για το τμήμα West<430 .....	54
Πίνακας 31. Συμπεράσματα πρεσών για τα τμήματα west>430, Intermediate West, East&Upper West .....	54

<b>Πίνακας 32.</b> Χαρακτηριστικά ενίσχυσης στοών ανάπτυξης.....	54
<b>Πίνακας 33.</b> Συμπεράσματα πρεσών για τη φάση ανάπτυξης.....	55
<b>Πίνακας 34.α.</b> Συνολικός μηχανολογικός εξοπλισμός Παραγωγικής φάσης.....	58
<b>Πίνακας 34.β.</b> Συνολικός μηχανολογικός εξοπλισμός Αναπτυξιακής φάσης.....	59
<b>Πίνακας 34.γ.</b> Επιπρόσθετος μηχανολογικός εξοπλισμός για Ασφάλεια της Παραγωγής.....	60
<b>Πίνακας 34.δ.</b> Δευτερεύον μηχανολογικός εξοπλισμός.....	61
<b>Πίνακας 35.</b> Συντελεστής χρήσης φορτωτών ανά τμήμα ανά βάρδια.....	62
<b>Πίνακας 36.</b> Συνολικές καταναλώσεις μηχανημάτων.....	64
<b>Πίνακας 37.</b> Απαραίτητα δεδομένα για τον υπολογισμό των εκρηκτικών και των διατритικών στελεχών-κεφαλών.....	67
<b>Πίνακας 38.α.</b> Συμπεράσματα ανατίναξης για τη Φάση Παραγωγής.....	70
<b>Πίνακας 38.β.</b> Συμπεράσματα ανατίναξης για τη Φάση Ανάπτυξης.....	71
<b>Πίνακας 39.</b> Συμπεράσματα ανατίναξης για τις δύο φάσεις.....	72
<b>Πίνακας 40.α.</b> Συμπεράσματα υποστήριξης για τη Φάση Παραγωγής.....	78
<b>Πίνακας 40.β.</b> Συμπεράσματα υποστήριξης για τη Φάση Ανάπτυξης.....	80
<b>Πίνακας 41.</b> Συμπεράσματα υποστήριξης και για τις δύο φάσεις.....	81
<b>Πίνακας 42.</b> Δεδομένα-Θεωρήσεις για τον υπολογισμό των φωτιστικών σωμάτων.....	83
<b>Πίνακας 43.</b> Λαμπτήρας φωτισμού υπογείων έργων.....	83
<b>Πίνακας 44.</b> Φωτιστικό σώμα για την τοποθέτηση του λαμπτήρα.....	84
<b>Πίνακας 45.</b> Τιμές συντελεστή ανάκλασης.....	85
<b>Πίνακας 46.</b> Τιμές Συντελεστή χρησιμοποίησης.....	85
<b>Πίνακας 47.</b> Συμπεράσματα φωτισμού.....	87
<b>Πίνακας 48.</b> Ισοδύναμα μήκη ανάλογα με το είδος διάταξης της στοάς.....	90
<b>Πίνακας 49.</b> Συμπεράσματα και χαρακτηριστικά ανεμιστήρων.....	92
<b>Πίνακας 50.</b> Συμπεράσματα προσωπικού.....	95
<b>Πίνακας 51.</b> Μέσες τιμές μετάλλων και πετρελαίου.....	96
<b>Πίνακας 52.</b> Συνολικά Κόστη υπόγειου μεταλλείου Ολυμπιάδας.....	98
<b>Πίνακας 53.</b> Οικονομικά οφέλη και δαπάνες εξόρυξης του μεταλλείου Ολυμπιάδας.....	99
<b>Πίνακας 54.</b> Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών φορτωτών.....	101
<b>Πίνακας 55.</b> Στοιχεία φορτωτών τα οποία αντλήθηκαν από μελέτη.....	102
<b>Πίνακας 56.</b> Σύγκριση οικονομικών συμπερασμάτων φορτωτών για όλη τη διάρκεια ζωής του ορυχείου (εξέταση α΄ εναλλακτικού σεναρίου).....	104
<b>Πίνακας 57.</b> Σύγκριση οικονομικών συμπερασμάτων φορτωτών για όλη τη διάρκεια ζωής του ορυχείου (εξέταση β΄ εναλλακτικού σεναρίου).....	104

## Κατάλογος Σχημάτων

<b>Σχήμα 1.</b> Κατασκευή του εργοστασίου εμπλουτισμού στο Στρατώνι.....	1
<b>Σχήμα 2.</b> Γεωτεκτονικές ζώνες Ελλάδας .....	3
<b>Σχήμα 3.</b> Σειρές Σερβομακεδονικής μάζας.....	4
<b>Σχήμα 4.</b> Γεωλογική τομή η οποία απεικονίζει τους σχηματισμούς του υπεδάφους της Ολυμπιάδας.....	5
<b>Σχήμα 5.</b> Μέτωπο στείρου πετρώματος .....	5
<b>Σχήμα 6.</b> Γεωλογική τομή του Δυτικού κοιτάσματος της Ολυμπιάδας.....	6
<b>Σχήμα 7.</b> Τρισδιάστατη απεικόνιση του Δυτικού (αριστερά) & Ανατολικού (δεξιά) κοιτάσματος .....	6
<b>Σχήμα 8.</b> Κάτοψη διευθυντικών στοών της μεθόδου Drift & fill όταν το πάχος $d \leq 10m$ .....	9
<b>Σχήμα 9.</b> Τομή κατά την κλίση διευθυντικών στοών της μεθόδου Drift & fill όταν το πάχος $d \leq 10m$ .....	9
<b>Σχήμα 10.</b> Κάτοψη εγκάρσιων στοών της μεθόδου Drift & fill όταν το πάχος $d > 10m$ .....	10
<b>Σχήμα 11.</b> Τομή κατά την κλίση εγκάρσιων στοών της μεθόδου Drift & fill όταν το πάχος $d > 10m$ .....	10
<b>Σχήμα 12.</b> Τυπική τομή κατά την κλίση διευθυντικών στοών της μεθόδου Drift & fill .....	11
<b>Σχήμα 13.</b> Κύκλος εργασιών υπόγειου ορυχείου.....	12
<b>Σχήμα 14.</b> Τμήματα κοιτάσματος Ολυμπιάδας.....	13
<b>Σχήμα 15.</b> Διάγραμμα συνολικής παραγωγής κατά το στάδιο ανάπτυξης, παραγωγής & εξόφλησης.....	14
<b>Σχήμα 16.</b> Διάγραμμα παραγωγής ανά τμήμα κατά το στάδιο ανάπτυξης, παραγωγής & εξόφλησης.....	14
<b>Σχήμα 17.</b> Φορτωτής υπογείων τύπου Sandvik LH 514.....	16
<b>Σχήμα 18.</b> Φορτωτής υπογείων τύπου Sandvik LH 307 .....	21
<b>Σχήμα 19.</b> Φορτηγό υπογείων τύπου Sandvik TH 540.....	23
<b>Σχήμα 20.</b> Βοηθητικό σχέδιο για τον υπολογισμό της αντίστασης κλίσης .....	25
<b>Σχήμα 21.</b> Διατηρητικό οριζόντιας διάνοιξης τύπου Sandvik DD321-40C .....	34
<b>Σχήμα 22.</b> Διατηρητικό οριζόντιας και κάθετης διάνοιξης τύπου Sandvik DD210-V 39	

<b>Σχήμα 23.</b> Jumbo υποστήριξης τύπου Sandvik DS311-C .....	41
<b>Σχήμα 24.</b> Εκσκαφέας - ξεσκαρωτής τύπου Liebherr R932 .....	48
<b>Σχήμα 25.</b> Πρέσα για εκτόξευση σκυροδέματος τύπου Putzmeister sika 4210 .....	51
<b>Σχήμα 26.</b> Αναπαράσταση του ποσοστού σκυροδέματος στην οροφή και στα τοιχώματα των παραγωγικών στοών .....	52
<b>Σχήμα 27.</b> Αναπαράσταση του ποσοστού σκυροδέματος στην οροφή και στα τοιχώματα των στοών ανάπτυξης .....	54
<b>Σχήμα 28.</b> Γερανός υπογείων τύπου Paus Universa 40 .....	57
<b>Σχήμα 29.</b> (Αριστερά) Ανυψωτικό εργαζομένων τύπου Paus TSL 853 T7,.....	57
(Δεξιά) Όχημα μεταφοράς εργαζομένων τύπου Paus MinCa.....	57
<b>Σχήμα 30.</b> Γεννήτρια τύπου Caterpillar C18 700 .....	57
<b>Σχήμα 31.</b> Σύγκριση καταναλώσεων μηχανημάτων .....	64
<b>Σχήμα 32.</b> Σύγκριση κόστους καταναλώσεων μηχανημάτων.....	65
<b>Σχήμα 33.</b> Σχέδιο ανατίναξης για τη φάση παραγωγής και ανάπτυξης του μεταλλείου Ολυμπιάδας.....	66
<b>Σχήμα 34.</b> Συνδεσμολογία εκρηκτικών στο μέτωπο.....	69
<b>Σχήμα 35.</b> Σύγκριση κόστους Διάτρησης-Ανατίναξης .....	72
<b>Σχήμα 36.</b> Κοχλίωση οροφής μεταλλείου Ολυμπιάδας.....	73
<b>Σχήμα 37.</b> Φράγμα λιθογόμωσης μεταλλείου Μαντεμ-Λάκκου.....	73
<b>Σχήμα 38.</b> Εργασίες υποστήριξης πλαισίων μεταλλείου Ολυμπιάδας .....	74
<b>Σχήμα 39.</b> Σύγκριση κόστους αναλώσιμων υποστήριξης.....	81
<b>Σχήμα 40.</b> Σύγκριση κόστους εργασιών .....	81
<b>Σχήμα 41.</b> Κεντρική στοά Ολυμπιάδας στην οποία είναι διακριτά τα φωτιστικά σώματα.....	82
<b>Σχήμα 42.</b> Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χώρου που πρόκειται να φωτιστεί.....	83
<b>Σχήμα 43.</b> Ανεμιστήρας ενωτικής στοάς Ολυμπιάδας-Μαντέμ Λάκκου .....	88
<b>Σχήμα 44.</b> Στοές εισόδου και εξόδου αέρα μεταλλείου Ολυμπιάδας .....	91
<b>Σχήμα 45.</b> Κάτοψη υπόγειου μεταλλείου Ολυμπιάδας.....	91
<b>Σχήμα 46.</b> Ανεμιστήρας τύπου VLM 1400.....	92
<b>Σχήμα 47.</b> Ανάλυση ετήσιου εισοδήματος μηχανικών .....	94
<b>Σχήμα 48.</b> Σύγκριση αξίας αποθεμάτων μεταλλείου Ολυμπιάδας .....	96
<b>Σχήμα 49.</b> Ταμειακή ροή κόστους και κέρδους υπόγειου μεταλλείου Ολυμπιάδας ..	98
<b>Σχήμα 50.</b> Αναμενόμενα κέρδη και κόστη ανά χρόνο από το μεταλλείο Ολυμπιάδας σύμφωνα με τις μέσες τιμές μεταλλευμάτων της τελευταίας 20ετίας .....	100

<b>Σχήμα 51.</b> Κατανομή κόστους μεταλλείου Ολυμπιάδας .....	100
<b>Σχήμα 52.</b> Ηλεκτρικός φορτωτής υπογείων τύπου Sandvik LH514E .....	101
<b>Σχήμα 53.</b> Μεταβολή του κόστους συντήρησης του φορτωτή LH514 - Diesel σε σχέση με τα έτη λειτουργίας.....	103
<b>Σχήμα 54.</b> Σύγκριση κόστους ντιζελοκίνητων - ηλεκτροκίνητων φορτωτών .....	105
<b>Σχήμα 55.</b> Σύγκριση συνολικού κόστους φορτωτών .....	105



## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την εκπόνηση οικονομοτεχνικής μελέτης στην οποία υπολογίζονται τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από την εκμετάλλευση κοιτάσματος μικτών θειούχων. Συγκεκριμένα πρόκειται για το κοιτάσμα της Ολυμπιάδας Χαλκιδικής το οποίο προβλέπεται να εκμεταλλευτεί με εφαρμογή υπόγειας μεθόδου από την Ελληνικός Χρυσός Α.Ε. η οποία λειτουργεί ως θυγατρική της καναδικής εταιρίας Eldorado Gold.

Στο περιεχόμενο της εργασίας γίνεται ανάλυση του μηχανολογικού εξοπλισμού, της διάτρησης-ανατίναξης, της υποστήριξης, του προσωπικού, του φωτισμού και του αερισμού από την οποία προκύπτουν τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό του μοναδιαίου κόστους. Κάνοντας μια αναδρομή στις επιμέρους ενότητες, θα διαπιστωθεί ότι οι περισσότεροι τύποι που εφαρμόστηκαν για την παραγωγή των επιθυμητών αποτελεσμάτων είναι εμπειρικοί, εκτός εκείνων που συμπεριλήφθηκαν στον τρόπο υπολογισμού των φορτηγών, φωτιστικών σωμάτων και ανεμιστήρων αερισμού. Τα οικονομικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, τα οποία σε κάποιες περιπτώσεις αντιπροσωπεύουν ενδεικτικές τιμές, καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού επιβεβαιώθηκαν έπειτα από προσωπική έρευνα και συνεννόηση με την εταιρία. Επίσης, από τα οικονομικά και παραγωγικά δεδομένα επιλέχθηκε το δυσμενέστερο σενάριο, δηλαδή το σενάριο που θα προσφέρει μικρότερο κέρδος στην επιχείρηση. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το μεγαλύτερο μέρος επεξεργασίας των στοιχείων έγινε σε περιβάλλον Excel για την απλούστευση των μαθηματικών υπολογισμών ενώ η σχεδίαση των τομών της προβλεπόμενης μεθόδου εκμετάλλευσης πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον AutoCAD.

Το συνολικό κόστος που προκύπτει στο τέλος της εργασίας αφορά μόνο τη λειτουργία του υπόγειου ορυχείου, συνεπώς δεν έχει ληφθεί υπόψη το κόστος των διεργασιών της επιφάνειας όπως είναι το κόστος εμπλουτισμού, μεταλλουργίας, και μεταφοράς.





## **Abstract**

The present thesis aims at developing a feasibility study that is going to calculate the economic benefits of the exploitation of mixed sulphide ore body. In particular, It is about the ore body of Olympias in Khalkidhiki that is going to be exploited by applying underground methods from Hellas Gold SA which operates as subsidiary of Eldorado Gold Corporation.

In this study, an analysis of the data emerging from the mining machinery equipment, drilling-blasting, supporting, lighting and ventilation is done. Thus, It is accomplished estimating the unit cost. Looking at the chapters of the present study one can see that most of the formulas that were used for the extraction of the desired results were empirical, except for the formulas concerning trucks, lighting fixtures and ventilation fans. The economic data that is being used, which in some cases represent indicative prices and the technical specifications of the equipment were found after personal research and communication with the mining company. Also, as far as the production and economic data is concerned, the worst case scenario was chosen, namely the scenario in which the least profit would be made. It is also important to mention that the bulk of data processing was done in environment Excel for the simplification of mathematical operations while the design of the sections of planned exploitation method were done in environment AutoCAD.

The total cost mentioned in the conclusion of this study concerns only the operation of the underground mine, so the cost of the processes that occur on the surface such as processing cost, metallurgy cost and transport are not taken into account.

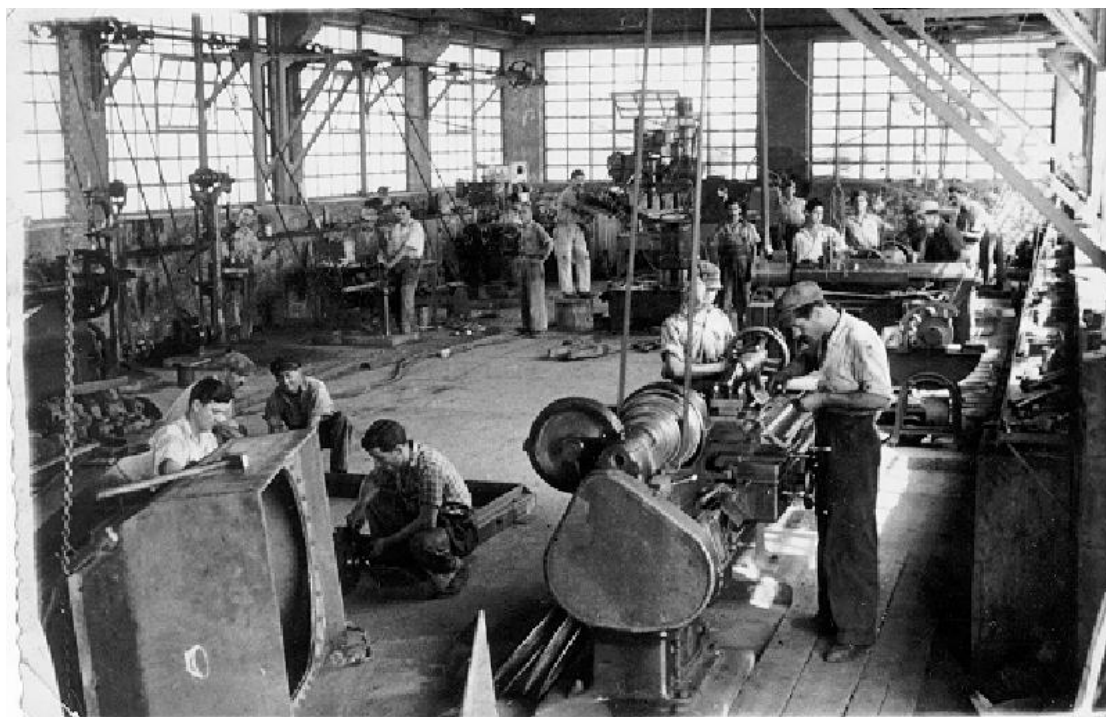


## Κεφάλαιο 1

### ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑΣ

Η έναρξη της μεταλλευτικής δραστηριότητας στη ΒΑ Χαλκιδική με βάση ιστορικές πηγές και αποτελέσματα αναλύσεων που έχουν γίνει, εντοπίζεται στις αρχές της κλασσικής αρχαιότητας, δηλαδή γύρω στον 6<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. ενώ η ακμή τοποθετείται κατά την εποχή του Φιλίππου Β' όπου τα μεταλλεία αποτελούν τον κυρίαρχο χρηματοδότη του Μακεδονικού Βασιλείου και των εκστρατειών του Μεγάλου Αλεξάνδρου. Το Στρατώνι από τα χρόνια εκείνα αποτελούσε το επίκεντρο των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων αφού ήταν το μόνο χωριό της περιοχής που διέθετε ηλεκτρικό ρεύμα για να καλύψει τις ανάγκες κυρίως της μεταλλευτικής εταιρείας.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 η Ανώνυμη Ελληνική Εταιρεία Χημικών Προϊόντων και Λιπασμάτων (ΑΕΕΧΠΛ) κατασκεύασε στην παραλία του Στρατωνίου εργοστάσιο εμπλουτισμού έχοντας ως αποτέλεσμα την έναρξη της παραγωγής και επεξεργασίας μικτών θειούχων συμπυκνωμάτων.



*Σχήμα 1. Κατασκευή του εργοστασίου εμπλουτισμού στο Στρατώνι*

Το 1972 ξεκίνησε η λειτουργία του μεταλλείου της Ολυμπιάδας έχοντας ως σκοπό την εκμετάλλευση ενός πλούσιου κοιτάσματος μικτών θειούχων. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1976 κατασκευάστηκε το νέο εργοστάσιο εμπλουτισμού της οπότε τα προϊόντα της εκεί μεταλλευτικής δραστηριότητας μεταφέρονταν έτοιμα προς φόρτωση στο Στρατώνι.

Το Δεκέμβριο του 1995, τα δικαιώματα εκμετάλλευσης των Μεταλλείων Κασσάνδρας και το σύνολο των μεταλλευτικών εγκαταστάσεων πέρασαν στην TVX Hellas, θυγατρική της καναδικής μεταλλευτικής εταιρείας TVX Gold. Πρωταρχικός σκοπός της εταιρείας ήταν η δημιουργία μεταλλουργίας χρυσού στην περιοχή της Ολυμπιάδας. Το 2003 η επένδυση στην Ολυμπιάδα πάγωσε με απόφαση του Συμβουλίου της Επικρατείας (ΣτΕ) διακόπτοντας κάθε μορφή εργασίας στο μεταλλείο.

Τον Ιανουάριο του 2004 τα μεταλλευτικά δικαιώματα μεταφέρθηκαν στην εταιρεία ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε. καθώς και το σύνολο των μεταλλευτικών εγκαταστάσεων των Μεταλλείων Κασσάνδρας, ενώ τον Ιανουάριο του 2006, υποβλήθηκε το ενιαίο επιχειρηματικό σχέδιο για την παράλληλη ανάπτυξη και εκμετάλλευση των κοιτασμάτων της Ολυμπιάδας.

Τέλος, τον Φεβρουάριο του 2012 η Ελληνικός Χρυσός Α.Ε. πέρασε στην ιδιοκτησία της Eldorado Gold Corporation η οποία διατηρεί τα δικαιώματα μέχρι σήμερα.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι μέσα σε ένα χρόνο, από το 2012 και έπειτα, παρατηρήθηκε έντονη αύξηση του αριθμού των εργαζομένων από τους 400 στους 800, ενώ σήμερα το σύνολο του ανθρώπινου δυναμικού έχει αγγίξει τους 1.900 εργαζόμενους. Η καταπολέμηση της ανεργίας αλλά και η καταβολή των φόρων ενίσχυσε σε ποσοστό 800 % την τοπική οικονομία.

## Κεφάλαιο 2

### ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το κοίτασμα της Ολυμπιάδας βρίσκεται στη Σερβομακεδονική μάζα και πιο συγκεκριμένα στη σειρά Κερδυλλίων, 5km βόρεια από την επαφή με τη σειρά Βερτίκου, κατά μήκος του ρήγματος Στρατωνίου.



Σχήμα 2. Γεωτεκτονικές ζώνες Ελλάδας

Η σειρά *Βερτίσκου* είναι η ανώτερη σειρά της Σερβομακεδονικής μάζας, έχει διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ και αποτελείται από: διμαρμαρυγικούς γνεύσιους, διμαρμαρυγικούς σχιστόλιθους, μάρμαρα, βιοτιτικοί γνεύσιοι, αμφιβολίτες και άλλα μεταβασικά πετρώματα.

Η σειρά *Κερδυλλίων* είναι η κατώτερη σειρά της Σερβομακεδονικής μάζας, παρουσιάζει γενική διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ και αποτελείται από: 3 ορίζοντες Μαρμάρου (κατώτερος, ενδιάμεσος και ανώτερος)

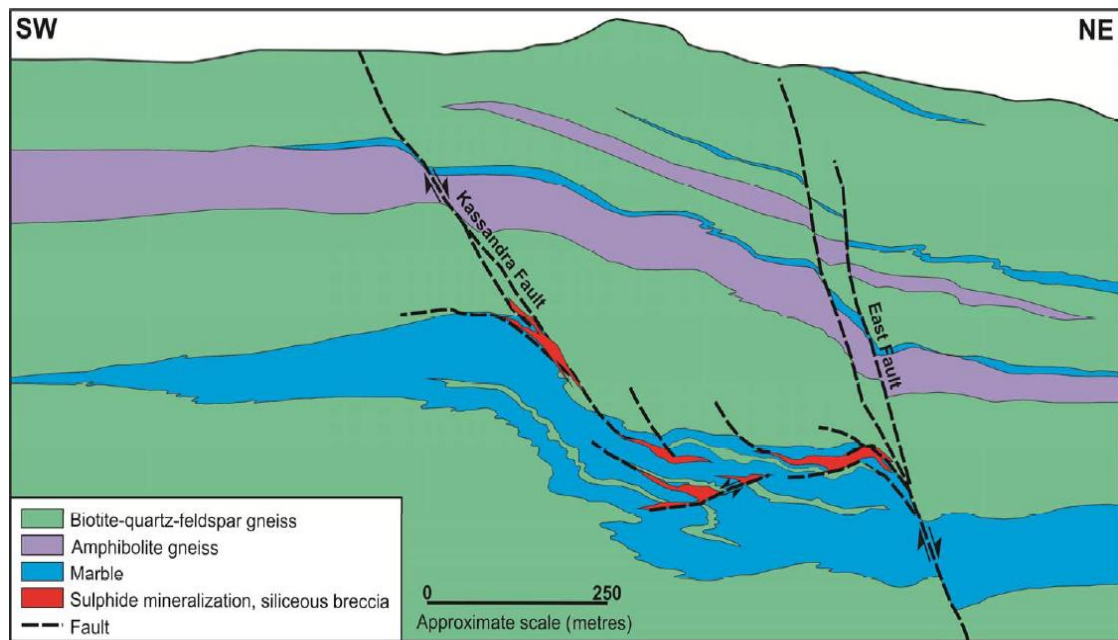


Σχήμα 3. Σειρές Σερβομακεδονικής μάζας

Στην περιοχή υπάρχουν 3 κύριες ομάδες ρηγμάτων:

- Ανατολική-Δυτική: Μικρής γωνίας βύθισης εφελκυστικού χαρακτήρα
- Βορειοδυτική-Νοτιοανατολική: Μεγάλης γωνίας βύθισης εφελκυστικού χαρακτήρα
- Βορειοανατολική-Νοτιοδυτική: Μικρής γωνίας βύθισης εφελκυστικού χαρακτήρα

Η μεταλλοφορία εμφανίζεται κατά μήκος του σταθερού τεμάχους (hanging wall) του Ρήγματος της Κασσάνδρας (ΒΔ-ΝΑ) και στη περιοχή μεταξύ του Ρήγματος της Κασσάνδρας και του Ανατολικού Ρήγματος (ΒΔ-ΝΑ) στο επίπεδο που «σβήνει» το πρώτο και συναντάει τον ορίζοντα μαρμάρου οποίος βυθίζεται με μικρή γωνία προς τα ΝΑ.



Σχήμα 4. Γεωλογική τομή η οποία απεικονίζει τους σχηματισμούς του υπεδάφους της Ολυμπιάδας

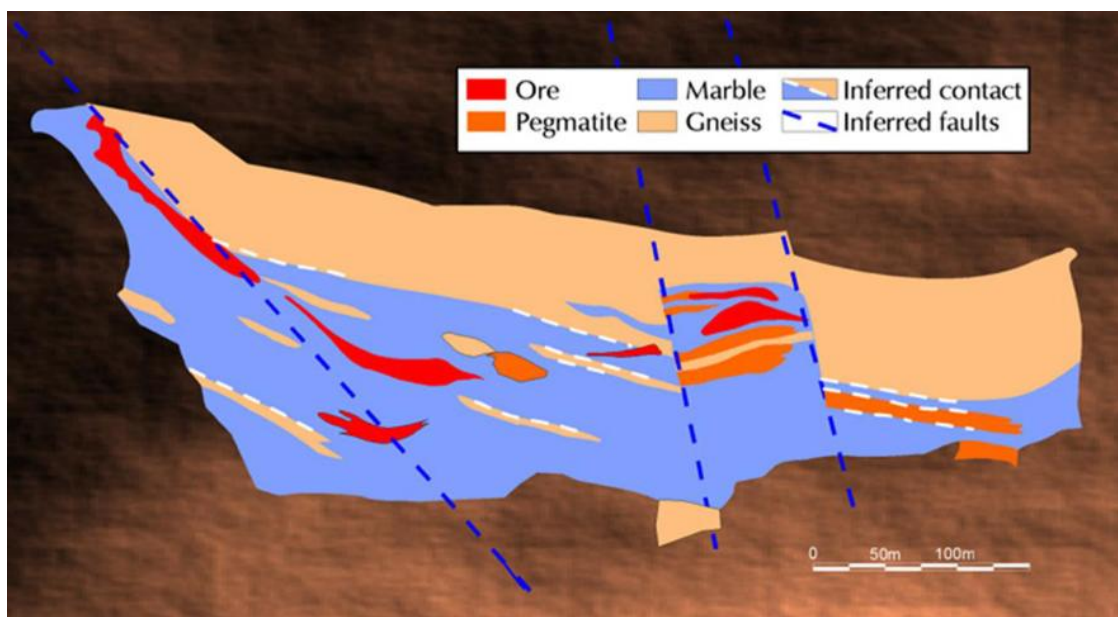
Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που περικλείουν το κοίτασμα της Ολυμπιάδας (**Στείρο πέτρωμα**) είναι οι εξής:

- Βιοτιτικοί Γνεύσιοι
- Μάρμαρα (τεφρόλευκα, συμπαγή, μέτρια έως έντονα κερματισμένα)
- Πηγματίτες (διεισδύσεις στα μάρμαρα και στους γνευσίους)



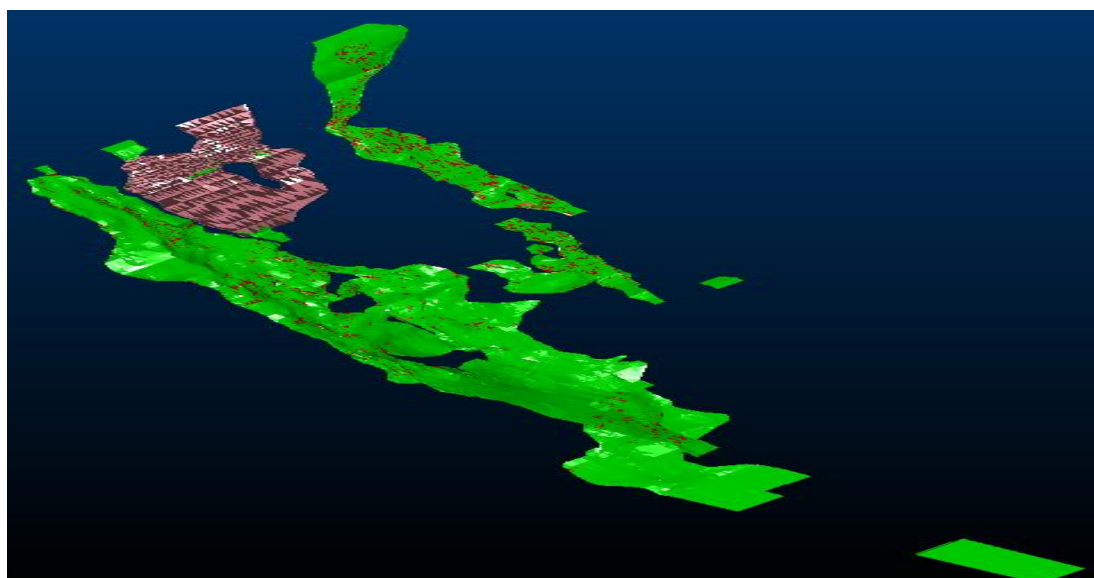
Σχήμα 5. Μέτωπο στείρου πετρώματος





Σχήμα 6. Γεωλογική τομή του Δυτικού κοιτάσματος της Ολυμπιάδας

Το κοιτάσμα της Ολυμπιάδας ταξινομείται ως πολυμεταλικό κοιτάσμα αντικατάστασης το οποίο χωρίζεται σε δύο επιμέρους κοιτάσματα, το Ανατολικό και το Δυτικό. Τέτοια κοιτάσματα δημιουργούνται όταν μεταλλοφόρα-υδροθερμικά ρευστά έρχονται σε επαφή με μάρμαρα ή ιζηματογενή πετρώματα και αντιδρούν με αυτά προκαλώντας απόθεση των μεταλλικών στοιχείων που περιέχουν. Πηγή αυτών των ρευστών είναι όξινες κατά κύριο λόγο γειτονικές διεισδύσεις μάγματος ενώ ο “οδηγός” της κυκλοφορίας τους είναι οι ζώνες αυξημένου πορώδους ή ρωγμώδους και ρήγματα. Τέλος, η απόθεση της μεταλλοφορίας γίνεται κατά μήκος της ζώνης κυκλοφορίας δημιουργώντας επιμήκη σώματα-φλέβες.



Σχήμα 7. Τρισδιάστατη απεικόνιση Δυτικού (αριστερά) & Ανατολικού (δεξιά) κοιτάσματος Ολυμπιάδας



Το **Δυτικό κοίτασμα** εκτείνεται σε πλάτος 250 m και βυθίζεται για 1500 m προς τα Νοτιοανατολικά με γωνία κλίσης από 30-35°

Το **Ανατολικό κοίτασμα** χωροθετείται 150m ανατολικά του Δυτικού Κοιτάσματος. Παρουσιάζει πάχυνση κατά τον άξονα και απότομες κλίσεις προς τις πλευρές. Βυθίζεται για 600m, με γωνία 25-30° προς τα Νοτιοανατολικά.

Το κοίτασμα αποτελείται κυρίως από:

- Αρσеноπυρίτη ( $\text{FeAsS}$ )
- Σφαλερίτη ( $\text{ZnS}$ )
- Γαληνίτη ( $\text{PbS}$ )
- Σιδηροπυρίτη ( $\text{FeS}_2$ )

ενώ κατά θέσεις παρατηρούνται:

- Τετραεδρίτης – Τεναντίτης ( $\text{Cu}_3\text{Sb}_{3.25}\text{-CuAsS}_{3.25}$ )
- Βουλανζερίτης ( $\text{Pb}_5\text{Sb}_4\text{S}_{11}$ )
- Χαλκοπυρίτης ( $\text{CuFeS}_2$ )
- Δευτερογενής Κερουσίτης, Χαλκοσίνης και Κοβελίτης

Δύο μέταλλα τα οποία δεν βρίσκονται σε ελεύθερη μορφή (μη αυτοφυή) και πρόκειται να παραχθούν από το κοίτασμα της Ολυμπιάδας είναι:

- Ο Χρυσός ( $\text{Au}$ ), ο οποίος βρίσκεται στην κρυσταλλική δομή του αρσеноπυρίτη και των αρσενούχων πυριτών (σε ελάχιστη ποσότητα βρίσκεται ως αυτοφυής)
- Ο Άργυρος ( $\text{Ag}$ ), ο οποίος εντοπίζεται στην κρυσταλλική δομή του γαληνίτη.

## Κεφάλαιο 3

### ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την εκμετάλλευση του κοιτάσματος της Ολυμπιάδας είναι η υπόγεια μέθοδος **Διαδοχικών Στοών και Λιθογομώσεων (underhand Drift & Fill method)** ενώ η φορά της εκμετάλλευσης θα είναι ανερχόμενη. Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε σύμφωνα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και την ποιότητα του κοιτάσματος.

Αρχή της μεθόδου: Στη μέθοδο των Διαδοχικών Στοών και Λιθογομώσεων το μέταλλευμα εξορύσσεται από κάτω προς τα πάνω, δημιουργώντας διαδοχικές παραγωγικές στοές στον οριζόντιο και στον κατακόρυφο άξονα. Η απόσταση των διαδοχικών παραγωγικών στοών (Διαστάσεις: 5m x 5m) για το κοίτασμα της Ολυμπιάδας είναι 10-15m. Μετά την απομάκρυνση του θραυσμένου μεταλλεύματος λαμβάνει χώρα λιθογόμωση του δημιουργούμενου κενού (στη συγκεκριμένη περίπτωση η λιθογόμωση θα γίνεται με οπισθοχώρηση, δηλαδή, από το μέτωπο έως την είσοδο της στοάς). Δηλαδή, η προχώρηση των μετώπων ακολουθείται από εναλλαγή εξόρυξης και λιθογόμωσης, με σκοπό την διατήρηση σταθερού του ύψους του ελεύθερου χώρου του μετώπου.

Για την παρασκευή του υλικού λιθογόμωσης χρησιμοποιούνται στείρα πετρώματα τα οποία αναμιγνύονται με νερό και τσιμέντο.

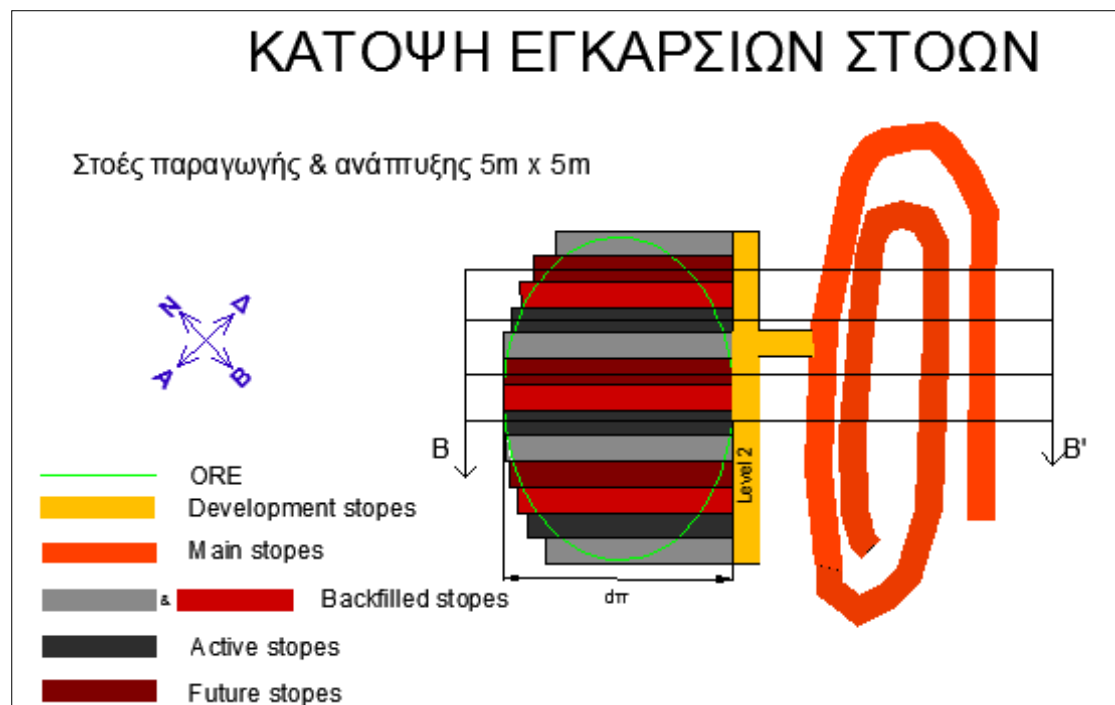
Τα έργα προσπέλασης που πρόκειται να κατασκευαστούν για τη μεταφορά του υλικού-προσωπικού και για τη δημιουργία κυκλώματος αερισμού είναι ράμπες με κλίση περίπου 10% και άνοιγμα 5x5 m, καθώς θα κατασκευαστεί και 1 φρέαρ το οποίο θα εξυπηρετεί τη μεταφορά προσωπικού και το κύκλωμα αερισμού.

Το συνολικό μήκος των έργων ανάπτυξης είναι περίπου 61,327 m εκ των οποίων τα 11,350 m θα είναι μόνιμα έργα προσπέλασης που θα προκύψουν κατά τη σταδιακή ανάπτυξη και τα 49,977 km θα είναι τα ημι-μόνιμα έργα, δηλαδή οι στοές που θα συνδέουν τις παραγωγικές στοές με τα έργα προσπέλασης.

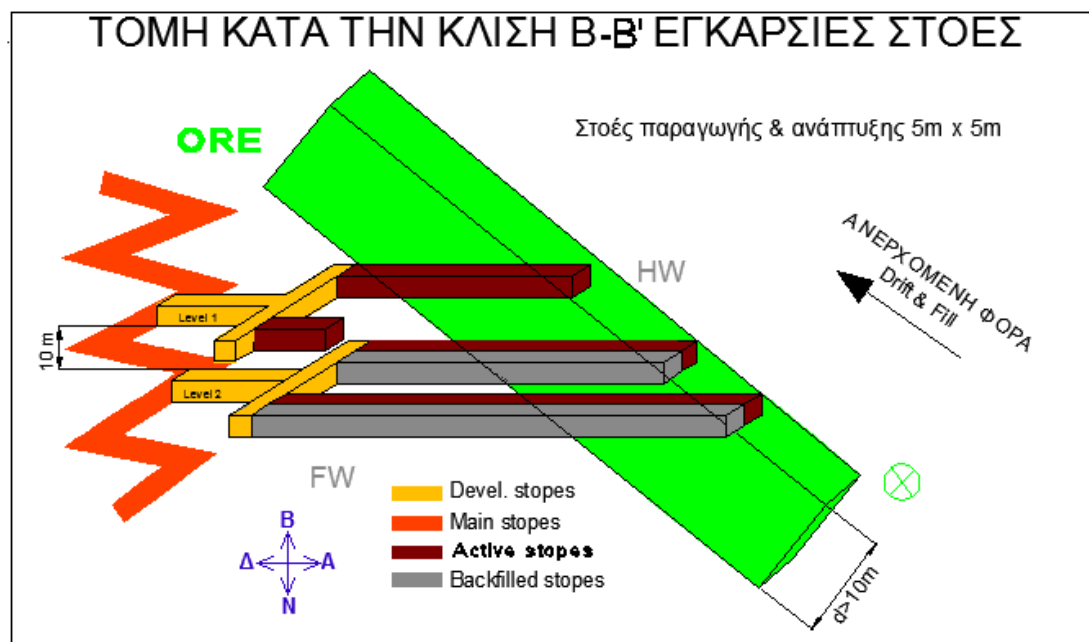
Από την τεχνική μελέτη της εταιρείας προκύπτει επίσης ότι: όταν το πάχος του κοιτάσματος  $d$  θα είναι  $\leq 10$  m τότε θα αναπτύσσονται διευθυντικές παραγωγικές στοές, ενώ όταν το  $d > 10$  m θα αναπτύσσονται εγκάρσιες παραγωγικές στοές.

Τα Σχήματα που ακολουθούν σχεδιάστηκαν σε περιβάλλον AutoCAD για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου εκμετάλλευσης Drift & Fill.

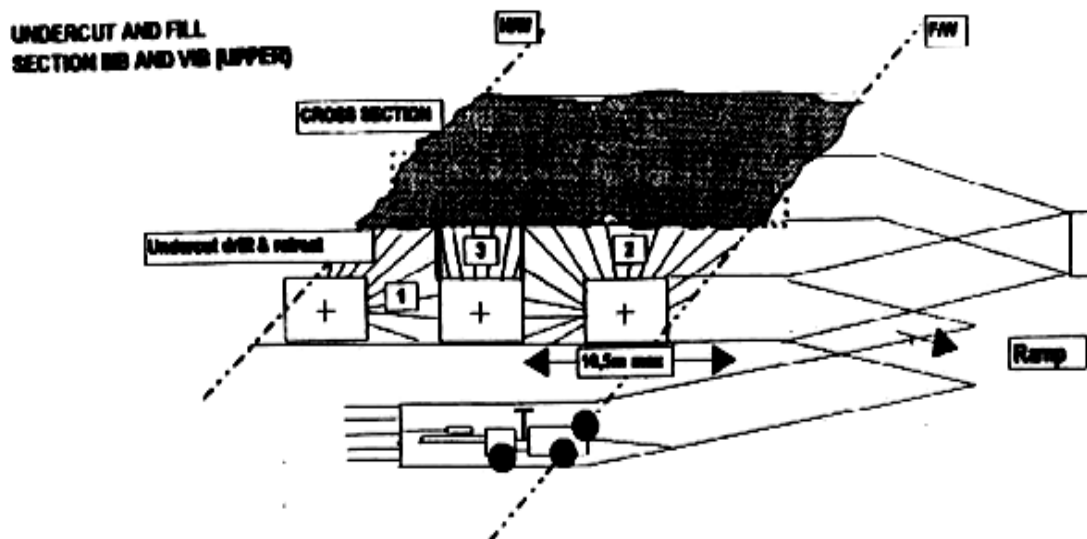




Σχήμα 10. Κάτοψη εγκάρσιων στοών της μεθόδου Drift & fill όταν το πάχος  $d > 10m$



Σχήμα 11. Τομή κατά την κλίση εγκάρσιων στοών της μεθόδου Drift & fill όταν το πάχος  $d > 10m$



Σχήμα 12. Τυπική τομή κατά την κλίση διευθυντικών στοών της μεθόδου Drift & fill

Τα βήματα που θα λάβουν χώρα για την εξόφληση του κοιτάσματος είναι τα εξής:

- 1<sup>ο</sup> βήμα → Διάνοιξη κύριας στοάς – Φρεάτων (Σταδιακή ανάπτυξη)
- 2<sup>ο</sup> βήμα → Διάνοιξη στοών ανάπτυξης (Ημι-μόνιμα έργα)
- 3<sup>ο</sup> βήμα → Διάνοιξη παραγωγικών στοών – Εκμετάλλευση
- 4<sup>ο</sup> βήμα → Λιθογόμωση των κενών με οπισθοχώρηση

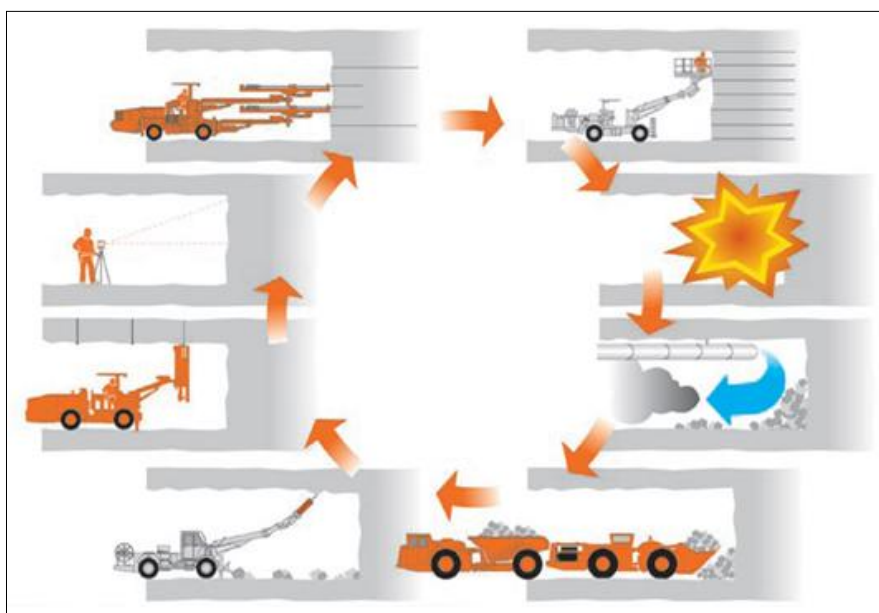
Από ερευνητική μελέτη έχει προκύψει ότι στην περιοχή της Ολυμπιάδας τα συνολικά αποθέματα (μετάλλευτικά αποθέματα + στείρα αποθέματα έργων ανάπτυξης) είναι 17,712,273 tn ή 5,201,469 m<sup>3</sup>, ίσως και περισσότερα διότι η έρευνα έγινε μέχρι ένα συγκεκριμένο βάθος, ενώ τα **μεταλλευτικά αποθέματα** αγγίζουν τους **13,572,734 tn** ή 3,668,306 m<sup>3</sup>.

## Κεφάλαιο 4

### ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό υπολογίζεται ο απαιτούμενος αριθμός μηχανολογικού εξοπλισμού ο οποίος είναι αναγκαίος για τη λειτουργία του υπόγειου ορυχείου της Ολυμπιάδας. Συγκεκριμένα υπολογίζεται ο αριθμός των φορτωτών, φορτηγών, διατρητικών (παραγωγής & υποστήριξης), ξεσκαρωτών, πρεσών, αλλά και ο αριθμός δευτερευόντων μηχανημάτων για την εξυπηρέτηση των εργασιών όπως για παράδειγμα γερανοί και οχήματα μεταφοράς.

Είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ότι τα μηχανήματα που υπολογίζονται παρακάτω πρέπει να δουλεύουν συγχρόνως σε διαφορετικά τμήματα του κοιτάσματος για να διατηρείται ο κύκλος εργασιών, συνεπώς υπολογίζεται ο απαιτούμενος αριθμός μηχανημάτων για κάθε τμήμα ξεχωριστά. Επίσης, κάθε τμήμα έχει πολλά μέτωπα, το οποίο σημαίνει ότι οι εργασίες θα πραγματοποιούνται παράλληλα στο ίδιο τμήμα σε διαφορετικά όμως μέτωπα. Οι εργασίες αυτές είναι οι εξής: φόρτωση, μεταφορά, ξεσκάρωμα, υποστήριξη, διάτρηση, γόμωση, ανατίναξη οι οποίες θα πραγματοποιούνται και στις τρεις βάρδιες καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του μεταλλείου εκτός των πρώτων και τελευταίων χρόνων λειτουργίας.



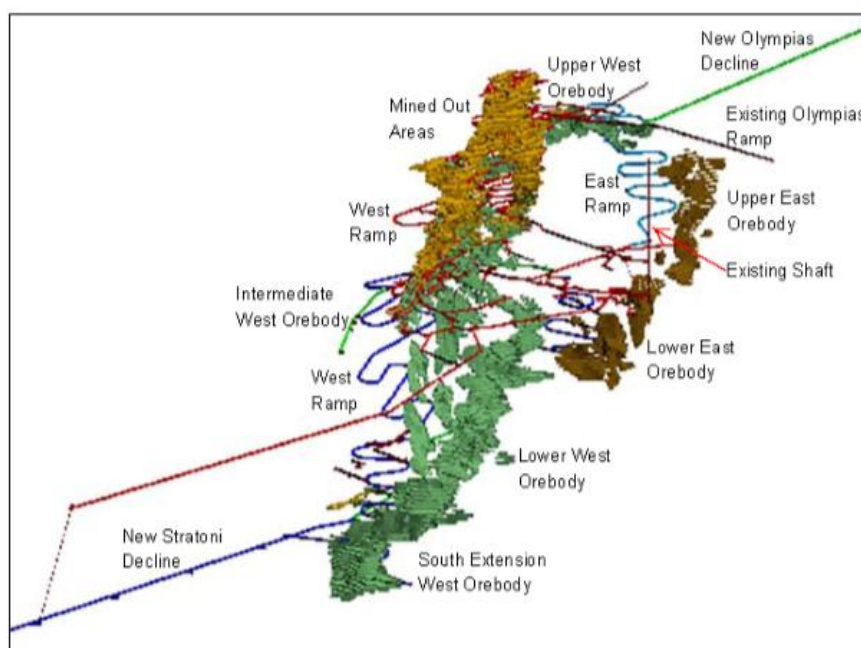
Σχήμα 13. Κύκλος εργασιών υπόγειου ορυχείου

Το μεγαλύτερο μέρος των τύπων του μηχανολογικού εξοπλισμού έγινε γνωστό από την ίδια την εταιρεία Ελληνικός Χρυσός, ενώ ένα μικρότερο μέρος προέκυψε έπειτα από προσωπική έρευνα κατά την οποία λήφθηκαν υπόψη οι διαστάσεις και η δυναμικότητα των μηχανημάτων.

Επειδή η παραγωγή δεν είναι σταθερή κάθε χρόνο, για τον υπολογισμό του απαιτούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού επιλέχθηκε η μέγιστη ετήσια παραγωγή ανά τμήμα (δυσμενέστερο σενάριο) για τη φάση ανάπτυξης και παραγωγής έτσι ώστε να μην υπάρξει έλλειψη μηχανημάτων καθ' όλη τη ζωή του μεταλλείου.

Το κοίτασμα χωρίστηκε σε τέσσερα επιμέρους τμήματα για την εξασφάλιση του απαραίτητου αριθμού μηχανημάτων:

- 1) West<430
- 2) West>430
- 3) Intermediate West
- 4) East & Upper West



Σχήμα 14. Τμήματα κοιτάσματος Ολυμπιάδας

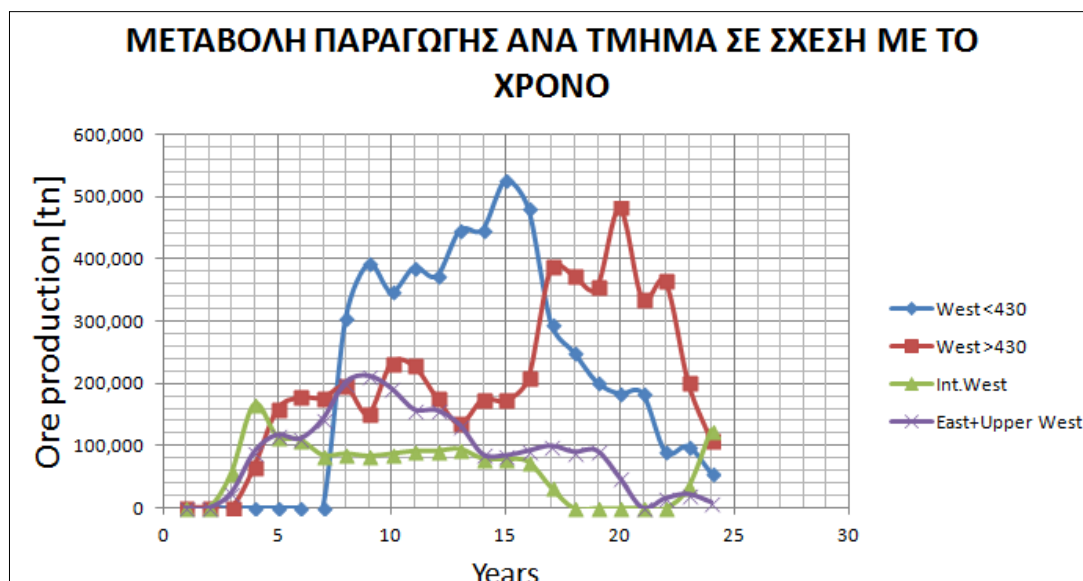
Η μέγιστη ποσότητα μεταλλεύματος (δυσμενέστερο σενάριο) που προβλέπεται να παραχθεί για το κάθε τμήμα ξεχωριστά φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1. Μέγιστη παραγωγή τμημάτων

ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΑ ΤΜΗΜΑ	
Max West <430 [tn]	524,822
Max West >430 [tn]	481,538
Max Int.West [tn]	165,724
Max East+Upper West [tn]	211,845



Σχήμα 15. Διάγραμμα συνολικής παραγωγής κατά το στάδιο ανάπτυξης, παραγωγής & εξόφλησης



Σχήμα 16. Διάγραμμα παραγωγής ανά τμήμα κατά το στάδιο ανάπτυξης, παραγωγής & εξόφλησης

Οι περιεκτικότητες των μετάλλων που παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον είναι οι εξής:

Πίνακας 2. Περιεκτικότητα αξιοποιήσιμων μετάλλων

Μόλυβδος [Pb]	4.4 %
Ψευδάργυρος [Zn]	5.9 %
Χρυσός [Au]	8.7 gr/tn
Άργυρος [Ag]	132 gr/tn



Τα στοιχεία που χρειάστηκαν για τον υπολογισμό του μηχανολογικού εξοπλισμού παρουσιάζονται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3. Δεδομένα παραγωγής για τον υπολογισμό μηχανημάτων

ΓΕΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
Grade PbS [%]	4.4	Λόγος εμπορεύσιμων προς συνολικών μεταλλευτικών αποθεμάτων
Grade ZnS [%]	5.9	Λόγος εμπορεύσιμων προς συνολικών μεταλλευτικών αποθεμάτων
Grade Au [gr/tn]	8.7	Ποσότητα μετάλλου ανά 1 tn μεταλλεύματος
Grade Ag [gr/tn]	132	Ποσότητα μετάλλου ανά 1 tn μεταλλεύματος
$\rho_{ore}$ [gr/cm]	3.7	Πυκνότητα εξορυσσόμενου υλικού κατά την φάση παραγωγής (Μετάλλευμα)
$\gamma_{ore}$ [tn/m <sup>3</sup> ]	3.7	Ειδικό βάρος εξορυσσόμενου υλικού κατά την φάση παραγωγής (Μετάλλευμα)
$\rho_{waste}$ [gr/cm]	2.7	Πυκνότητα εξορυσσόμενου υλικού κατά την φάση ανάπτυξης (Στείρο)
$\gamma_{waste}$ [tn/m <sup>3</sup> ]	2.7	Ειδικό βάρος εξορυσσόμενου υλικού κατά την φάση ανάπτυξης (Στείρο)
T <sub>1</sub> [months/year]	12	Εργάσιμοι μήνες ανά έτος
T <sub>2</sub> [days/month]	30	Έργασιμες ημέρες ανά μήνα
T <sub>3</sub> [days/year]	360	Εργάσιμες ημέρες ανά έτος
HoursDay	24	Εργάσιμες ώρες ανά ημέρα (παραγωγικές)
V <sub>geo</sub> [m <sup>3</sup> ]	5,201,469	Όγκος γεωλογικών αποθεμάτων
V [m <sup>3</sup> ]	3,668,306	Όγκος μεταλλευτικών αποθεμάτων
V <sub>waste</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,533,163	Όγκος στείρων
Q [tn/year]	616,942	Μέση ετήσια παραγωγή
M [t]	<b>13,572,734</b>	Συνολικά μεταλλευτικά αποθέματα
M <sub>geological</sub> [t]	<b>17,712,273</b>	Συνολικά αποθέματα
Waste [t]	<b>4,139,539</b>	Στείρα αποθέματα (Από ανάπτυξη)
M <sub>PbS</sub> [t]	597,200	Εμπορεύσιμα μεταλλευτικά αποθέματα PbS
M <sub>ZnS</sub> [t]	800,791	Εμπορεύσιμα μεταλλευτικά αποθέματα ZnS
M <sub>Au</sub> [oz]	3,796,874	Εμπορεύσιμα μεταλλευτικά αποθέματα Au
M <sub>Ag</sub> [oz]	57,607,746	Εμπορεύσιμα μεταλλευτικά αποθέματα Ag
T [Years]	22	Χρόνος ζωής μεταλλείου σε έτη (+2 έτη αρχικής ανάπτυξης)
R [%]	77	Λόγος απόληψης

Όπου:

$$\text{Χρόνος ζωής μεταλλείου } T [\text{Ετη}] = \frac{\text{Συνολικά μεταλλευτικά αποθέματα } M[t]}{\text{Μέση ετήσια παραγωγή } Q [\frac{tn}{year}]}$$

$$\text{Λόγος απόληψης } R [\%] = \frac{\text{Συνολικά μεταλλευτικά αποθέματα } M[t]}{\text{Συνολικά γεωλογικά αποθέματα } M_{\text{geological}} [t]} * 100$$

## 4.1 Υπολογισμός Φορτωτών

### ➤ Φορτωτές παραγωγής

Ο φορτωτής που επιλέχθηκε για τη φόρτωση του υλικού που παράγεται κατά τη φάση παραγωγής καθώς και για τον καθαρισμό του μετώπου μετά το ξεσκάρωμα της οροφής είναι τύπου **Sandvik LH 514**.



Σχήμα 17. Φορτωτής υπογείων τύπου Sandvik LH 514

Πίνακας 4. Τεχνικά χαρακτηριστικά φορτωτή LH 514

Ωφέλιμο φορτίο κουβά [Μφ]	14 tn
Όγκος κουβά [V <sub>χαλαρά</sub> ]	5.4 m <sup>3</sup>
Ισχύς [Power]	325 hp
Κατανάλωση [Fuel consumption]	25 lt/hr
Κόστος κτήσης	610,000 €

Πριν τον υπολογισμό του αριθμού των φορτωτών είναι απαραίτητο να γίνει έλεγχος φορτίου, δηλαδή να ελεγχθεί αν ο φορτωτής μπορεί να σηκώσει το συγκεκριμένο όγκο υλικού με τον κουβά του. Για να γίνει ο έλεγχος αυτός, λαμβάνεται υπόψη το ειδικό βάρος και ο συντελεστής επιπλήσματος του υλικού που πρόκειται να φορτωθεί καθώς και τα τεχνικά στοιχεία που αντιπροσωπεύουν τη δυνατότητα του φορτωτή, δηλαδή, το ωφέλιμο φορτίο Μφ και όγκος V<sub>χαλαρά</sub> του κουβά του.

Πίνακας 5. Έλεγχος φορτίου για τους φορτωτές παραγωγής

Δεδομένα για έλεγχο φορτίου φορτωτών παραγωγής
$\varepsilon=1.3 \text{ m}^3_{\text{χαλαρά}}/\text{m}^3_{\text{συμπιγή}}, \Phi_{\phi}=1, (\text{Δυνατότητα}) \text{V}\phi_{\text{χαλαρά}}=5.4 \text{ m}^3, (\text{Δυνατότητα}) \text{M}\phi=14 \text{ tn}$
Έλεγχος φορτίου φορτωτών παραγωγής
Τα <b>5.4 m<sup>3</sup></b> μεταλλεύματος <u>αντιστοιχούν</u> σε $5.4 \text{ m}^3/1.3=4.15 \text{ m}^3_{\text{χαλ}}*3.7 \text{ tn/m}^3=$ <b>15.3 tn &gt; 14 tn</b>
Οι <b>14 tn</b> μεταλλεύματος <u>αντιστοιχούν</u> σε $14 \text{ tn}/3.7 \text{ tn/m}^3=3.78 \text{ m}^3*1.3=$ <b>4.9 m<sup>3</sup> &lt; 5.4m<sup>3</sup></b>

Όπου  $\Phi_{\phi}$ : Συντελεστής πλήρωσης κουβά και  $\varepsilon$ : Συντελεστής επιπλήσματος

Επομένως ο φορτωτής μπορεί να σηκώσει 14 tn ή 4.9 m<sup>3</sup> του συγκεκριμένου μεταλλεύματος.

Με τη βοήθεια της εταιρίας και με προσωπική εμπειρία (χρονομετρήσεις κατά τη διάρκεια της πρακτικής άσκησης) ο χρόνος φόρτωσης του φορτωτή (μιας κουβαδιάς) στο υπόγειο ορυχείο της Ολυμπιάδας χρονομετρήθηκε  $t_{\phi} [\text{min}]=1$ , ενώ ο συντελεστής απόδοσης στην ώρα  $n_{\text{loader}}=0.8$ .

Γνωρίζοντας όλα τα παραπάνω στοιχεία είναι εύκολο να υπολογιστεί ο αριθμός των φορτωτών ανά τμήμα (West<430, West>430, Intermediate West, East & Upper West) για τη φάση παραγωγής.

Επομένως,

#### Για το τμήμα West<430:

➤ Απαιτούμενη παραγωγή ανά βάρδια [t/shift]:

Σε 1 year=360days=1080 shifts θέλουμε να έχουμε παραγωγή 524,822 tn  
Σε 1shift πόση παραγωγή πρέπει να έχουμε  $Q_{\text{ths}} [\text{t/shift}]$ ;

Ο φορτωτής εργάζεται  
3 βάρδιες/ημέρα

} =>

$$Q_{\text{ths}}[\text{t/shift}] = \frac{\text{Παραγωγή Max West<430 } [\text{tn/year}]}{\text{Συνολικές βάρδιες που θα δουλεύει ο φορτωτής } [\frac{\text{shifts}}{\text{year}}]} \Rightarrow$$

$$Q_{\text{ths}}[\text{t/shift}] = \frac{524,822 \text{ t/year}}{1080 \text{ shifts/year}} \Rightarrow$$

Άρα η μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/βάρδια θα είναι

$$Q_{ths}[t/shift] = 486$$

Η παραγωγή αυτή είναι η παραγωγή του του εργοταξίου, συνεπώς είναι ίδια για όλα τα μηχανήματα.

- Παραγωγή φορτωτή ανά βάρδια [tn/shift]:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Σε } t_{\varphi}=1 \text{ min ο φορτωτής θα φορτώνει } M_{\varphi}=14 \text{ tn} \\ \text{Σε } 1 \text{ shift}=480 \text{ min} \end{array} \right\} \Rightarrow Q_{realS};$$

Λαμβάνοντας υπόψη και την αποδοτικότητα του μηχανήματος προκύπτει ότι:

$$Q_{realS} [t/shift] = \frac{nloader * M_{\varphi} [tn] * \text{Εργάσιμα λεπτά βάρδιας } [\frac{min}{shift}]}{t_{\varphi}} \Rightarrow$$


$$Q_{realS} [t/shift] = \frac{0.8 * 14 [tn] * 480 [\frac{min}{shift}]}{1 \text{ min}} \Rightarrow$$

Άρα η μέγιστη πραγματική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/βάρδια θα είναι

$$Q_{realS}[t/shift]=5,376$$

Επομένως, ο απαιτούμενος αριθμός φορτωτών για το τμήμα αυτό θα είναι:

$$\text{Number} = \frac{Q_{ths} [\frac{tn}{shift}]}{Q_{realS} [\frac{tn}{shift}]} = \frac{486 \text{ t/shift}}{5,376 \text{ t/shift}} = 0.09 = \underline{\underline{1 \text{ φορτωτής LH514}}}$$



Στρογγυλοποίηση στον  
μεγαλύτερο ακέραιο

Η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε με τη βοήθεια του excel για τα υπόλοιπα τμήματα έχοντας όμως διαφορετική μέγιστη ετήσια παραγωγή για κάθε τμήμα.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τους φορτωτές παραγωγής για τα τέσσερα τμήματα φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 6.α. Συμπεράσματα φορτωτών παραγωγής για το τμήμα West<430

Mφ [tn]	14	Ωφέλιμο φορτίο κουβά
n <sub>loader</sub>	0.8	Απόδοση φορτωτή στην ώρα
T <sub>5</sub> [min]	384	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
Q <sub>thy</sub> [tn/year]	524,822	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/χρόνο
Q <sub>thD</sub> [tn/day]	1,458	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/ημέρα
Q <sub>thS</sub> [tn/shift]	486	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/βάρδια
Bu	35	Buckets/shift
t <sub>φ</sub> [min]	1	Χρόνος φόρτωσης
Q <sub>reals</sub> [tn/shift]	5,376	Δυνατότητα παραγωγής φορτωτή /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός φορτωτών</b>

Πίνακας 6.β. Συμπεράσματα φορτωτών παραγωγής για το τμήμα West>430

Mφ [tn]	14	Ωφέλιμο φορτίο κουβά
n <sub>loader</sub>	0.8	Απόδοση φορτωτή στην ώρα
T <sub>5</sub> [min]	384	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
Q <sub>thy</sub> [tn/year]	481,538	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/χρόνο
Q <sub>thD</sub> [tn/day]	1,338	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/ημέρα
Q <sub>thS</sub> [tn/shift]	446	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/βάρδια
Bu	32	Buckets/shift
t <sub>φ</sub> [min]	1	Χρόνος φόρτωσης
Q <sub>reals</sub> [tn/shift]	5,376	Δυνατότητα παραγωγής φορτωτή /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός φορτωτών</b>

Πίνακας 6.γ. Συμπεράσματα φορτωτών παραγωγής για το τμήμα Intermediate West

Mφ [tn]	14	Ωφέλιμο φορτίο κουβά
$\eta_{loader}$	0.8	Απόδοση φορτωτή στην ώρα
$T_5$ [min]	384	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
$Q_{thy}$ [tn/year]	165,724	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/χρόνο
$Q_{thD}$ [tn/day]	460	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/ημέρα
$Q_{thS}$ [tn/shift]	153	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/βάρδια
Bu	11	Buckets/shift
$t_\phi$ [min]	1	Χρόνος φόρτωσης
$Q_{realS}$ [tn/shift]	5,376	Δυνατότητα παραγωγής φορτωτή /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός φορτωτών</b>

Πίνακας 6.δ. Συμπεράσματα φορτωτών παραγωγής για το τμήμα East&Upper West

Mφ [tn]	14	Ωφέλιμο φορτίο κουβά
$\eta_{loader}$	0.8	Απόδοση φορτωτή στην ώρα
$T_5$ [min]	384	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
$Q_{thy}$ [tn/year]	211,845	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/χρόνο
$Q_{thD}$ [tn/day]	588	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/ημέρα
$Q_{thS}$ [tn/shift]	196	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/βάρδια
Bu	15	Buckets/shift
$t_\phi$ [min]	1	Χρόνος φόρτωσης
$Q_{realS}$ [tn/shift]	5,376	Δυνατότητα παραγωγής φορτωτή /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός φορτωτών</b>

➤ *Φορτωτές Ανάπτυξης*

Ο φορτωτής που επιλέχθηκε για τη φόρτωση του υλικού που παράγεται κατά τη φάση ανάπτυξης καθώς και για τον καθαρισμό του μετώπου μετά το ξεσκάρωμα τους οροφής είναι τύπου **Sandvik LH 307**.



*Σχήμα 18. Φορτωτής υπογείων τύπου Sandvik LH 307*

Πίνακας 7. Τεχνικά χαρακτηριστικά φορτωτή LH 307

Ωφέλιμο φορτίο κουβά [Μφ]	6.7 tn
Όγκος κουβά [V <sub>χαλαρά</sub> ]	3 m <sup>3</sup>
Ισχύς [Power]	201 hp
Κατανάλωση [Fuel consumption]	18 lt/hr
Κόστος κτήσης	400,000 €

Ομοίως, ακολουθούμε την ίδια διαδικασία με την οποία υπολογίσαμε τους φορτωτές παραγωγής, ελέγχουμε δηλαδή το φορτίο και στη συνέχεια υπολογίζουμε τον αριθμό των φορτωτών. Οι φορτωτές ανάπτυξης θα φορτώνουν μόνο στείρο πέτρωμα συνεπώς, για τον έλεγχο φορτίου θα χρησιμοποιηθεί το ειδικό βάρος του στείρου πετρώματος και όχι του μεταλλεύματος όπως χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως.

Πίνακας 8. Έλεγχος φορτίου για τους φορτωτές ανάπτυξης

Δεδομένα για έλεγχο φορτίου φορτωτών ανάπτυξης	
$\varepsilon=1.3 \text{ m}^3_{\text{χαλαρά}}/\text{m}^3_{\text{συμπανή}}$	$\Phi_{\phi}=1$ , (Δυνατότητα) $V\phi_{\text{χαλαρά}}=3 \text{ m}^3$ , (Δυνατότητα) $M\phi=6.7 \text{ tn}$
Έλεγχος φορτίου φορτωτών παραγωγής	
Τα <b>3 m<sup>3</sup></b> μεταλλεύματος <u>αντιστοιχούν</u> σε $3 \text{ m}^3/1.3=2.3 \text{ m}^3_{\text{χαλ}}*2.7 \text{ tn/m}^3=$ <b>6.2tn &lt; 6.7 tn</b>	
Οι <b>6.7 tn</b> μεταλλεύματος <u>αντιστοιχούν</u> σε $6.7 \text{ tn}/2.7 \text{ tn/m}^3=2.48 \text{ m}^3*1.3=$ <b>3.2 m<sup>3</sup> &gt; 3 m<sup>3</sup></b>	

Όπου  $\Phi_{\phi}$ : Συντελεστής πλήρωσης κουβά και  $\varepsilon$ : Συντελεστής επιπλήσματος

Επομένως ο φορτωτής μπορεί να σηκώσει 6.2 tn ή 3m<sup>3</sup> του συγκεκριμένου στείρου πετρώματος.

Εφαρμόζοντας τους ίδιους εμπειρικούς τύπους που χρησιμοποιήθηκαν για τους φορτωτές παραγωγής στο excel προέκυψε ο ακόλουθος πίνακας.

Πίνακας 9. Συμπεράσματα φορτωτών ανάπτυξης

$V\phi [\text{m}^3]$	3	Ωφέλιμος όγκος κουβά
$n_{\text{loader}}$	0.8	Απόδοση φορτωτή στην ώρα
$T_5 [\text{min}]$	384	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
$Q_{\text{thy}} [\text{m}^3/\text{year}]$	264,492	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/χρόνο
$Q_{\text{thD}} [\text{m}^3/\text{day}]$	735	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/ημέρα
$Q_{\text{thS}} [\text{m}^3/\text{shift}]$	245	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/βάρδια
Bu	82	Buckets/shift
$t_{\phi} [\text{min}]$	1	Χρόνος φόρτωσης
$Q_{\text{realS}} [\text{m}^3/\text{shift}]$	1152	Δυνατότητα παραγωγής φορτωτή /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός φορτωτών</b>

Για την φάση ανάπτυξης προστίθεται +1 φορτωτής έτσι ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί παράλληλη ανάπτυξη από δυο διαφορετικές εισόδους στοών. Επομένως, για τη φάση ανάπτυξης απαιτούνται **2 φορτωτές**.



## 4.2 Υπολογισμός Φορτηγών

Για τον υπολογισμό των φορτηγών ακολουθείται η ίδια διαδικασία με αυτή των φορτωτών με διαφορετικό όμως τρόπο υπολογισμού της πραγματικής παραγωγής του φορτηγού στην οποία χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τύποι (μη εμπειρικοί).

Για να βρεθεί ο αριθμός των φορτηγών είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη το μήκος του δρομολογίου που θα διανύεται από το σημείο φόρτωσης μέχρι το σημείο απόθεσης (κάθε τμήμα εκμετάλλευσης έχει διαφορετικό μήκος δρομολογίου). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το υλικό θα μεταφέρεται μέχρι τη συνδετήρια στοά Ολυμπιάδας-Μαντέμ Λάκκου.

### ➤ Φορτηγά Παραγωγής

Το φορτηγό που επιλέχθηκε για τη μεταφορά του υλικού που παράγεται κατά τη φάση παραγωγής καθώς και για τη μεταφορά του στείρου υλικού που προκύπτει από τον καθαρισμό του μετώπου μετά το ξεσκάρωμα της οροφής είναι τύπου **Sandvik TH 540**.



Σχήμα 19. Φορτηγό υπογείων τύπου Sandvik TH 540

Πίνακας 10. Τεχνικά χαρακτηριστικά φορτηγού TH 540

Ωφέλιμο φορτίο καρότσας [Bo]	40 tn
Όγκος καρότσας [V <sub>χαλαρά</sub> ]	18 m <sup>3</sup>
Βάρος φορτηγού-Λειτουργικό [Ba]	34.7 tn (ή 34.7 Mp)
Μικτό βάρος [Boλ]	74.7 tn (ή 74.7 Mp)
Ισχύς [Na]	503 hp
Κατανάλωση [Fuel consumption]	33 lt/hr
Κόστος κτήσης	610,000 €

Όπου Μικτό βάρος = Λειτουργικό βάρος + Ωφέλιμο φορτίο καρότσας

Το 1 kg ασκεί δύναμη 1 kp
34,700 kg                      kp;

Πίνακας 11. Έλεγχος φορτίου για τα φορτηγά παραγωγής

Δεδομένα για έλεγχο φορτίου φορτηγών παραγωγής
$\varepsilon=1.3 \text{ m}^3_{\text{χαλαρά}}/\text{m}^3_{\text{συμπανή}}, \Phi_{\alpha}=1, (\text{Δυνατότητα}) V_{\alpha\text{χαλαρά}}=18 \text{ m}^3, (\text{Δυνατότητα}) B_o=40 \text{ tn}$
Έλεγχος φορτίου φορτηγών παραγωγής
Τα <b>18 m<sup>3</sup></b> μεταλλεύματος <u>αντιστοιχούν</u> σε $18 \text{ m}^3/1.3=13.8 \text{ m}^3_{\text{χαλ}} \cdot 3.7 \text{ tn}/\text{m}^3= \mathbf{51.2 \text{ tn} > 40 \text{ tn}}$
Οι <b>40 tn</b> μεταλλεύματος <u>αντιστοιχούν</u> σε $40 \text{ tn}/3.7 \text{ tn}/\text{m}^3=10.8 \text{ m}^3 \cdot 1.3= \mathbf{14 \text{ m}^3 < 18 \text{ m}^3}$

Όπου Φ<sub>α</sub>: Συντελεστής πλήρωσης καρότσας και ε: Συντελεστής επιπλήσματος

Επομένως το φορτηγό μπορεί να σηκώσει 40 tn ή 14 m<sup>3</sup> μεταλλεύματος.

Ομοίως, με τη βοήθεια της εταιρίας και με προσωπική εμπειρία (χρονομετρήσεις κατά τη διάρκεια της πρακτικής άσκησης) ο συντελεστής απόδοσης στην ώρα του φορτηγού στο υπόγειο ορυχείο της Ολυμπιάδας χρονομετρήθηκε  $n_{\text{truck}}=0.8$ , ο συντελεστής του κινητήρα του φορτηγού  $n_{\text{engine}}=0.8$  ενώ ο χρόνος ξεφόρτωσης (συμπεριλαμβάνεται και ο χρόνος ελιγμών κατά τη μεταφορά) του υλικού  $t_{\text{unloading}} [\text{min}]=3$ .

Γνωρίζοντας τα παραπάνω στοιχεία είναι εύκολο να υπολογιστεί ο αριθμός των φορτωτών ανά τμήμα (West<430, West>430, Intermediate West, East & Upper West) για τη φάση παραγωγής.

Συνεπώς,

### Για το τμήμα West<430:

Αρχικά είναι αναγκαία, η εκτίμηση των συνθηκών του δρόμου από τον οποίο θα διαπερνούν τα φορτηγά. Για το λόγο αυτό λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω στοιχεία δρομολογίου:

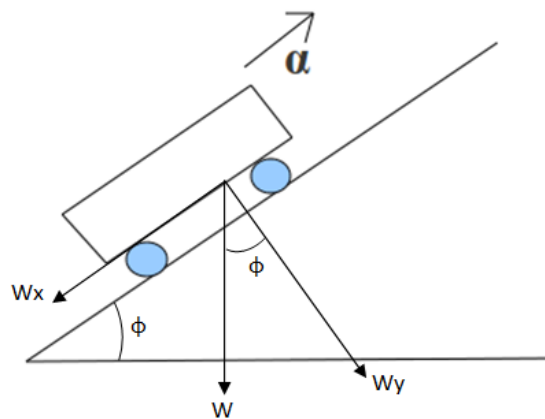
Πίνακας 12. Στοιχεία δρομολογίου για το τμήμα West<430

$L_{\text{west}<430}$ [Km]	3.8	Μήκος δρομολογίου
Slope [%]	10	Μέση κλίση δρομολογίου
$w_r$ [kp/Mp]	50	Αντίσταση κύλισης
$w_s$ [kp/Mp]	100	Αντίσταση κλίσης (εφόσον κλίση 10%)
$n_{al}$	0.75	Συντελεστής ταχύτητας φορτωμένο
$n_{ae}$	1	Συντελεστής ταχύτητας άδειο

Αντίσταση κύλισης: Εξαρτάται από τα ελαστικά

Αντίσταση κλίσης: Εξαρτάται από την κλίση του οδοστρώματος

Για την αντίσταση κλίσης:



Σχήμα 20. Βοηθητικό σχέδιο για τον υπολογισμό της αντίστασης κλίσης

Γνωρίζουμε ότι κλίση=  $\varphi=10\%$  και  $W_x=\sin\varphi \cdot W$

Ισχύει ότι  $\tan\varphi=10\%=0.1$  άρα  $\varphi=\text{atan}(0.1)=5.71^\circ$

Επομένως, Αντίσταση κλίσης ( $w_s$ )= $\sin(5.71^\circ)=0.099$  Mp=100  $\frac{kp}{Mp}$

Η θεωρητική παραγωγή παραμένει ίδια με αυτή των φορτωτών, διότι όπως αναφέρθηκε προγενέστερα πρόκειται για την παραγωγή του εργοταξίου, η οποία έχει υπολογιστεί  $Q_{\text{ths}}[\text{t/shift}] = 486$ .

Η πραγματική παραγωγή του φορτηγού υπολογίζεται ως εξής:

- Υπολογισμός αριθμού φορτώσεων:

$$\xi = \frac{B_o \text{ (φορτηγό)}}{M_{\phi} \text{ (φορτωτής)}} = \frac{40 \text{ ton}}{14 \text{ ton}} = 2.86 \approx 2$$



*Στρογγυλοποίηση στον μικρότερο ακέραιο, διότι το υλικό δεν πρέπει να υπερχειλίζει*

- Όγκος χαλαρών στο φορτηγό:

$$V_{\text{trans}}[\text{m}^3] = \xi * \underbrace{4.9 \text{ m}^3}_{\text{Χωρητικότητα κουβά για το συγκεκριμένο υλικό}} = 2 * 4.9 \Rightarrow V_{\text{trans}}[\text{m}^3] = 9.8 \quad (V_{\text{trans}} < V_{\alpha} * \Phi_{\alpha})$$

*Χωρητικότητα κουβά για το  
συγκεκριμένο υλικό*

- Χρόνος φόρτωσης:

$$t_{\text{loading}}[\text{min}] = \xi * t_{\phi} = 2 * 1 \text{ min} \Rightarrow t_{\phi_{\text{op}}}[\text{min}] = 2$$

- Υπολογισμός μέγιστης ταχύτητας φορτηγού:

*Φορτωμένο:*

$$V_{\text{loaded(max)}} = \frac{270 * n_{\text{engine}} * N_{\alpha}}{B_{\text{ολ}} * (w_r + w_s)} = \frac{270 * 0.85 * 503 \text{ hp}}{71.4 \text{ Mp} * (50 \frac{\text{kp}}{\text{Mp}} + 100 \frac{\text{kp}}{\text{Mp}})} \Rightarrow$$

$$V_{\text{loaded(max)}} \approx 10 \text{ km/h}$$

Άδειο:

$$V_{\text{empty (max)}} = \frac{270 * n_{\text{engine}} * N \alpha}{B \alpha * (w r + w s)} = \frac{270 * 0.8 * 503 \text{ hp}}{34.7 \text{ Mp} * (50 \frac{\text{kp}}{\text{Mp}} + 100 \frac{\text{kp}}{\text{Mp}})} \Rightarrow$$

$$V_{\text{empty(max)}} \approx 20 \text{ km/h}$$

- Υπολογισμός χρόνου κύκλου φορτηγού:

- **Ταχύτητα φορτωμένο:**  $V_{\text{loaded}} = n_{\alpha 1} * V_{\text{loaded (max)}} = 0.75 * 10 \Rightarrow$

$$V_{\text{loaded}} = 7.5 \text{ km/h}$$

- **Ταχύτητα άδειο:**  $V_{\text{empty}} = n_{\alpha e} * V_{\text{empty (max)}} = 1 * 20 \Rightarrow$

$$V_{\text{empty}} = 20 \text{ km/h}$$

- **Συνολικός χρόνος δρομολογίου:**

$$t_{\text{total}} [\text{min}] = t_{\text{loading}} + t_{\text{unloading}} + t_{\text{loaded}} + t_{\text{empty}}$$

$$t_{\text{loading}} = 2 \text{ min} \quad (\text{υπολογίστηκε παραπάνω})$$

$$t_{\text{unloading}} = 3 \text{ min} \quad (\text{δεδομένο})$$

$$t_{\text{loaded}} = \frac{L}{V_{\text{loaded}}} = \frac{3.8 \text{ km}}{\frac{7.5}{60} \text{ km/min}} = \frac{3.8 \text{ km} * 60 \text{ min}}{7.5 \text{ km}} \Rightarrow t_{\text{loaded}} = 31 \text{ min}$$

$$t_{\text{empty}} = \frac{L}{V_{\text{empty}}} = \frac{3.8 \text{ km}}{\frac{20}{60} \text{ km/min}} = \frac{3.8 \text{ km} * 60 \text{ min}}{20 \text{ km}} \Rightarrow t_{\text{empty}} = 11 \text{ min}$$

Επομένως,

$$t_{\text{total}} [\text{min}] = 2 \text{ min} + 3 \text{ min} + 31 \text{ min} + 11 \text{ min} \Rightarrow$$

$$t_{\text{total}} [\text{min}] = 47$$

- Παραγωγή φορτηγού ανά βάρδια [t/shift]:

$$Q_{\text{realS}} [\text{t/shift}] = \frac{n_{\text{truck}} * B_o * 8 \text{ hr}}{t_{\text{total}}} = \frac{0.8 * 40 \text{ ton} * 8 \text{ hr}}{\frac{47}{60} \text{ hr}} \Rightarrow$$

Άρα η μέγιστη πραγματική απαιτούμενη παραγωγή φορτωτή/βάρδια θα είναι

$$\underline{Q_{\text{realS}} [t/\text{shift}] = 325}$$

**Επομένως, ο απαιτούμενος αριθμός φορτηγών για το τμήμα αυτό θα είναι:**

$$\text{Number} = \frac{Q_{\text{thS}} \left[ \frac{tn}{\text{shift}} \right]}{Q_{\text{realS}} \left[ \frac{tn}{\text{shift}} \right]} = \frac{486 \text{ t/shift}}{325 \text{ t/shift}} = 1.49 = \underline{\underline{\mathbf{2 \text{ φορτηγά ΤΗ 540}}}}$$

Η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε με τη βοήθεια του excel για τα υπόλοιπα τμήματα έχοντας όμως διαφορετική μέγιστη ετήσια παραγωγή για κάθε τμήμα.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τα φορτηγά παραγωγής για τα τέσσερα τμήματα φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 13.α. Συμπεράσματα φορτηγών παραγωγής για το τμήμα West<430

$L_{\text{west}<430}$ [Km]	3.8	Μήκος δρομολογίου
Slope [%]	10	Μέση κλίση δρομολογίου
$w_r$ [kp/MP]	50	Αντίσταση κύλισης
$w_s$ [kp/MP]	100	Αντίσταση κλίσης
$\eta_{al}$	0.75	Συντελεστής ταχύτητας φορτωμένο
$\eta_{ae}$	1	Συντελεστής ταχύτητας άδειο
$B_o$ [t]	40	Ωφέλιμο φορτίο καρότσας
$B_a$ [t]	34.7	Βάρος φορτηγού (Απόβαρο)
$B_{o\lambda}$ [t]	74.7	Μικτό βάρος
$\eta_{\text{truck}}$	0.8	Απόδοση φορτηγού στην ώρα
$\eta_{\text{engine}}$	0.8	Απόδοση κινητήρα
$N_a$ [hp]	503	Ονομαστική Ισχύς
$\xi$	2	Αριθμός Φορτώσεων
$V_{\text{trans}}$ [ $\text{m}^3$ ]	9.8	Όγκος χαλαρών στο φορτηγό (Πρέπει $V_{\text{μετ}} < 18\text{m}^3$ )
$t_{\text{loading}}$ [min]	2	Χρόνος φόρτωσης φορτηγού
$t_{\text{unloading}}$ [min]	3	Χρόνος ξεφόρτωσης φορτηγού + χρόνος ελιγμών
$V_{\text{loaded (max)}}$ [km/hr]	10	Μέγιστη ταχύτητα φορτηγού όταν είναι φορτωμένο ( $< V_R$ )
$V_{\text{empty (max)}}$ [km/hr]	20	Μέγιστη ταχύτητα φορτηγού όταν είναι άδειο ( $< V_R$ )
$V_{\text{loaded}}$ [km/hr]	7.5	Ταχύτητα φορτηγού όταν είναι φορτωμένο
$V_{\text{empty}}$ [km/hr]	20	Ταχύτητα φορτηγού όταν είναι άδειο
$t_{\text{loaded}}$ [min]	31	Χρόνος φορτηγού όταν είναι φορτωμένο
$t_{\text{empty}}$ [min]	11	Χρόνος φορτηγού όταν είναι άδειο (Επιστροφή)
$t_{\text{total}}$ [min]	47	Συνολικός χρόνος (κύκλου) φορτηγού
$Q_{\text{ths}}$ [tn/shift]	486	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτηγού/βάρδια
$Q_{\text{realS}}$ [tn/shift]	325	Δυνατότητα παραγωγής φορτηγού /βάρδια
Cycle/shift/truck	8.1	Κύκλος/βάρδια/φορτηγό
$I_{\text{tin/shift}}$	13	Αριθμός δρομολογίων φορτηγών/βάρδια
<b>Number</b>	<b>2</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός φορτηγών (αυτοκινήτων)</b>

Πίνακας 13.β. Συμπεράσματα φορτηγών παραγωγής για το τμήμα West>430

$L_{\text{west}>430}$ [Km]	7	Μήκος δρομολογίου
Slope [%]	10	Μέση κλίση δρομολογίου
$w_r$ [kp/MP]	50	Αντίσταση κύλισης
$w_s$ [kp/MP]	100	Αντίσταση κλίσης
$\eta_{al}$	0.75	Συντελεστής ταχύτητας φορτωμένο
$\eta_{ae}$	1	Συντελεστής ταχύτητας άδειο
$B_o$ [t]	40	Ωφέλιμο φορτίο καρότσας
$B_a$ [t]	34.7	Βάρος φορτηγού (Απόβαρο)
$B_{o\lambda}$ [t]	74.7	Μικτό βάρος
$\eta_{truck}$	0.8	Απόδοση φορτηγού στην ώρα
$\eta_{engine}$	0.8	Απόδοση κινητήρα
$N_{\alpha}$ [hp]	503	Ονομαστική Ισχύς
$\xi$	2	Αριθμός Φορτώσεων
$V_{trans}$ [ $m^3$ ]	9.8	Όγκος χαλαρών στο φορτηγό (Πρέπει $V_{\text{μετ}} < 18m^3$ )
$t_{loading}$ [min]	2	Χρόνος φόρτωσης φορτηγού
$t_{unloading}$ [min]	3	Χρόνος ξεφόρτωσης φορτηγού + χρόνος ελιγμών
$V_{loaded (max)}$ [km/hr]	10	Μέγιστη ταχύτητα φορτηγού όταν είναι φορτωμένο ( $< V_R$ )
$V_{empty (max)}$ [km/hr]	20	Μέγιστη ταχύτητα φορτηγού όταν είναι άδειο ( $< V_R$ )
$V_{loaded}$ [km/hr]	7.5	Ταχύτητα φορτηγού όταν είναι φορτωμένο
$V_{empty}$ [km/hr]	20	Ταχύτητα φορτηγού όταν είναι άδειο
$t_{loaded}$ [min]	58	Χρόνος φορτηγού όταν είναι φορτωμένο
$t_{empty}$ [min]	20	Χρόνος φορτηγού όταν είναι άδειο (Επιστροφή)
$t_{total}$ [min]	83	Συνολικός χρόνος (κύκλου) φορτηγού
$Q_{ths}$ [tn/shift]	446	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτηγού/βάρδια
$Q_{reals}$ [tn/shift]	185	Δυνατότητα παραγωγής φορτηγού /βάρδια
Cycle/shift/truck	4.6	Κύκλος/βάρδια/φορτηγό
Itin/shift	12	Αριθμός δρομολογίων φορτηγών/βάρδια
<b>Number</b>	<b>3</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός φορτηγών (αυτοκινήτων)</b>



Πίνακας 13.γ. Συμπεράσματα φορτηγών παραγωγής για το τμήμα Intermediate West

$L_{\text{Intermediate West}}$ [Km]	4.9	Μήκος δρομολογίου
Slope [%]	10	Μέση κλίση δρομολογίου
$w_r$ [kp/MP]	50	Αντίσταση κύλισης
$w_s$ [kp/MP]	100	Αντίσταση κλίσης
$n_{al}$	0.75	Συντελεστής ταχύτητας φορτωμένο
$n_{ae}$	1	Συντελεστής ταχύτητας άδειο
$B_o$ [t]	40	Ωφέλιμο φορτίο καρότσας
$B_a$ [t]	34.7	Βάρος φορτηγού (Απόβαρο)
$B_{o\lambda}$ [t]	74.7	Μικτό βάρος
$n_{\text{truck}}$	0.8	Απόδοση φορτηγού στην ώρα
$n_{\text{engine}}$	0.8	Απόδοση κινητήρα
$N_a$ [hp]	503	Ονομαστική Ισχύς
$\xi$	2	Αριθμός Φορτώσεων
$V_{\text{trans}}$ [m <sup>3</sup> ]	9.8	Όγκος χαλαρών στο φορτηγό (Πρέπει $V_{\text{μετ}} < 18\text{m}^3$ )
$t_{\text{loading}}$ [min]	2	Χρόνος φόρτωσης φορτηγού
$t_{\text{unloading}}$ [min]	3	Χρόνος ξεφόρτωσης φορτηγού + χρόνος ελιγμών
$V_{\text{loaded (max)}}$ [km/hr]	10	Μέγιστη ταχύτητα φορτηγού όταν είναι φορτωμένο ( $< V_R$ )
$V_{\text{empty (max)}}$ [km/hr]	20	Μέγιστη ταχύτητα φορτηγού όταν είναι άδειο ( $< V_R$ )
$V_{\text{loaded}}$ [km/hr]	7.5	Ταχύτητα φορτηγού όταν είναι φορτωμένο
$V_{\text{empty}}$ [km/hr]	20	Ταχύτητα φορτηγού όταν είναι άδειο
$t_{\text{loaded}}$ [min]	40	Χρόνος φορτηγού όταν είναι φορτωμένο
$t_{\text{empty}}$ [min]	14	Χρόνος φορτηγού όταν είναι άδειο (Επιστροφή)
$t_{\text{total}}$ [min]	60	Συνολικός χρόνος (κύκλου) φορτηγού
$Q_{\text{thS}}$ [tn/shift]	153	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτηγού/βάρδια
$Q_{\text{realS}}$ [tn/shift]	258	Δυνατότητα παραγωγής φορτηγού /βάρδια
Cycle/shift/truck	6.5	Κύκλος/βάρδια/φορτηγό
$I_{\text{tin/shift}}$	4	Αριθμός δρομολογίων φορτηγών/βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός φορτηγών (αυτοκινήτων)</b>

Πίνακας 13.δ. Συμπεράσματα φορτηγών παραγωγής για το τμήμα East&Upper West

$L_{\text{East\&Upper}}$ [Km]	5.1	Μήκος δρομολογίου
Slope [%]	10	Μέση κλίση δρομολογίου
$w_r$ [kp/MP]	50	Αντίσταση κύλισης
$w_s$ [kp/MP]	100	Αντίσταση κλίσης
$\eta_{al}$	0.75	Συντελεστής ταχύτητας φορτωμένο
$\eta_{ae}$	1	Συντελεστής ταχύτητας άδειο
$B_o$ [t]	40	Ωφέλιμο φορτίο καρότσας
$B_a$ [t]	34.7	Βάρος φορτηγού (Απόβαρο)
$B_{ol}$ [t]	74.7	Μικτό βάρος
$\eta_{truck}$	0.8	Απόδοση φορτηγού στην ώρα
$\eta_{engine}$	0.8	Απόδοση κινητήρα
$N_a$ [hp]	503	Ονομαστική Ισχύς
$\xi$	2	Αριθμός Φορτώσεων
$V_{trans}$ [ $m^3$ ]	9.8	Όγκος χαλαρών στο φορτηγό (Πρέπει $V_{μετ} < 18m^3$ )
$t_{loading}$ [min]	2	Χρόνος φόρτωσης φορτηγού
$t_{unloading}$ [min]	3	Χρόνος ξεφόρτωσης φορτηγού + χρόνος ελιγμών
$V_{loaded (max)}$ [km/hr]	10	Μέγιστη ταχύτητα φορτηγού όταν είναι φορτωμένο ( $< V_R$ )
$V_{empty (max)}$ [km/hr]	20	Μέγιστη ταχύτητα φορτηγού όταν είναι άδειο ( $< V_R$ )
$V_{loaded}$ [km/hr]	7.5	Ταχύτητα φορτηγού όταν είναι φορτωμένο
$V_{empty}$ [km/hr]	20	Ταχύτητα φορτηγού όταν είναι άδειο
$t_{loaded}$ [min]	42	Χρόνος φορτηγού όταν είναι φορτωμένο
$t_{empty}$ [min]	15	Χρόνος φορτηγού όταν είναι άδειο (Επιστροφή)
$t_{total}$ [min]	62	Συνολικός χρόνος (κύκλου) φορτηγού
$Q_{thS}$ [tn/shift]	196	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτηγού/βάρδια
$Q_{realS}$ [tn/shift]	249	Δυνατότητα παραγωγής φορτηγού /βάρδια
Cycle/shift/truck	6.2	Κύκλος/βάρδια/φορτηγό
$I_{tin/shift}$	5	Αριθμός δρομολογίων φορτηγών/βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός φορτηγών (αυτοκινήτων)</b>

➤ *Φορτηγά Ανάπτυξης*

Το μοντέλο του φορτηγού που επιλέχθηκε για τη φόρτωση του υλικού που παράγεται κατά τη φάση οριζόντιας και κάθετης ανάπτυξης καθώς και για τον καθαρισμό του μετώπου μετά το ξεσκάρωμα τους οροφής είναι ίδιου τύπου με τα φορτηγά παραγωγής, δηλαδή, τύπου **Sandvik TH 540**.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία που εφαρμόσαμε προηγουμένως προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Πίνακας 14. Συμπεράσματα φορτηγών ανάπτυξης

L [Km]	3	Μήκος δρομολογίου
Slope [%]	10	Μέση κλίση δρομολογίου
$w_r$ [kp/MP]	50	Αντίσταση κύλισης
$w_s$ [kp/MP]	100	Αντίσταση κλίσης
$n_{al}$	0.75	Συντελεστής ταχύτητας φορτωμένο
$n_{ae}$	1	Συντελεστής ταχύτητας άδειο
$B_o$ [t]	40	Ωφέλιμο φορτίο καρότσας
$B_a$ [t]	34.7	Βάρος φορτηγού (Απόβαρο)
$B_{o\lambda}$ [t]	74.7	Μικτό βάρος
$n_{truck}$	0.8	Απόδοση φορτηγού στην ώρα
$n_{engine}$	0.8	Απόδοση κινητήρα
$N_a$ [hp]	503	Ονομαστική Ισχύς
$\xi$	13	Αριθμός Φορτώσεων
$V_{trans}$ [m <sup>3</sup> ]	9.8	Όγκος χαλαρών στο φορτηγό (Πρέπει $V_{μετ} < 18m^3$ )
$t_{loading}$ [min]	13	Χρόνος φόρτωσης φορτηγού
$t_{unloading}$ [min]	3	Χρόνος ξεφόρτωσης φορτηγού + χρόνος ελιγμών
$V_{loaded (max)}$ [km/hr]	10	Μέγιστη ταχύτητα φορτηγού όταν είναι φορτωμένο ( $< V_R$ )
$V_{empty (max)}$ [km/hr]	20	Μέγιστη ταχύτητα φορτηγού όταν είναι άδειο ( $< V_R$ )
$V_{loaded}$ [km/hr]	7.5	Ταχύτητα φορτηγού όταν είναι φορτωμένο
$V_{empty}$ [km/hr]	20	Ταχύτητα φορτηγού όταν είναι άδειο
$t_{loaded}$ [min]	25	Χρόνος φορτηγού όταν είναι φορτωμένο
$t_{empty}$ [min]	9	Χρόνος φορτηγού όταν είναι άδειο (Επιστροφή)
$t_{total}$ [min]	49	Συνολικός χρόνος (κύκλου) φορτηγού
$Q_{ths}$ [tn/shift]	245	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή φορτηγού/βάρδια
$Q_{realS}$ [tn/shift]	311	Δυνατότητα παραγωγής φορτηγού /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός φορτηγών (αυτοκινήτων)</b>

### 4.3 Υπολογισμός Διατρητικών Jumbo

#### ➤ Jumbo Παραγωγής

Το jumbo που επιλέχθηκε για τη διάνοιξη διατρημάτων στα μέτωπα παραγωγής είναι τύπου **Sandvik DD321-40C (double boom)**.



Σχήμα 21. Διατρητικό οριζόντιας διάνοιξης τύπου Sandvik DD321-40C

Πίνακας 15. Τεχνικά χαρακτηριστικά διατρητικού Jumbo DD321-40C

Αριθμός διατρητικών στελεχών	2
Ισχύς [Nα]	147 hp
Κατανάλωση [Fuel consumption]	10 lt/hr
Κόστος κτήσης	525,000 €

Με τη βοήθεια της εταιρίας και με προσωπική εμπειρία (χρονομετρήσεις κατά τη διάρκεια της πρακτικής άσκησης) ο χρόνος διάτρησης του μετώπου της Ολυμπιάδας χρονομετρήθηκε  $Boomer\_d [m/min] = 6$  (χρόνος για δύο μπούμες), ο συντελεστής απόδοσης στην ώρα  $\eta_{jumbo}=0.75$ , ενώ ο χρόνος καθυστέρησης μεταξύ δύο διατρημάτων  $t_{fixed} [min]=1$ .

Γνωρίζοντας όλα τα παραπάνω στοιχεία είναι εύκολο να υπολογιστεί ο αριθμός των διατρητικών ανά τμήμα (West<430, West>430, Intermediate West, East & Upper West) για τη φάση παραγωγής.

Επομένως,

**Για το τμήμα West<430:**

- Απαιτούμενη παραγωγή [m<sup>3</sup>/shift]:

Σε 1 year=360days=1080 shifts θέλουμε να έχουμε παραγωγή 141,844 m<sup>3</sup>  
 Σε 1shift πόση παραγωγή πρέπει να έχουμε Q<sub>ths</sub> [m<sup>3</sup>/shift];

} =>

$$Q_{ths}[\text{m}^3/\text{shift}] = \frac{\text{Παραγωγή Max West<430 } [\text{m}^3/\text{year}]}{\text{Συνολικές βάρδιες που θα δουλεύει ο φορτωτής } [\frac{\text{shifts}}{\text{year}}]} \Rightarrow$$

$$Q_{ths} = \frac{141,844 \frac{\text{m}^3}{\text{year}}}{1080 \frac{\text{shifts}}{\text{year}}} \Rightarrow Q_{ths} = 131 \text{ m}^3/\text{shift}$$

*Σύμφωνα με την  
ειδική διάτρηση  
της παραγωγής*

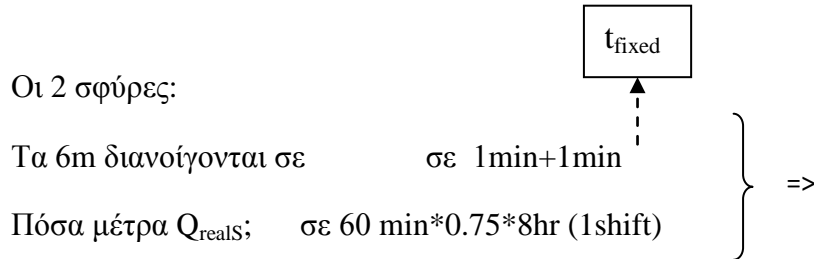
Για να εξορυχτεί 1 m<sup>3</sup> πρέπει να διατρηθούν 2.2 m  
 Για να εξορυχτούν 131 m<sup>3</sup>(/shift) Q<sub>th</sub>;

} =>

Επομένως, πρέπει να διανοίγονται Q<sub>th</sub> [m/shift] =289

- Παραγωγή διατρητικού Jumbo ανά βάρδια [m/shift]:

Αρκεί να βρεθεί πόσα m/shift μπορεί να διατρήσει το διατρητικό που επιλέχθηκε.



$$Q_{\text{reals}}[\text{m/shift}] = \frac{60 \text{ min} * 0.75 * 8 \text{ hr} * 6 \text{ m}}{2 \text{ min}} \Rightarrow$$

Άρα η μέγιστη πραγματική απαιτούμενη παραγωγή Jumbo/βάρδια θα είναι

$$\underline{Q_{\text{reals}} [\text{m/shift}] = 1,080}$$

**Επομένως, ο απαιτούμενος αριθμός διατρητικών Jumbo για το τμήμα αυτό θα είναι:**

$$\text{Number} = \frac{Q_{\text{th}} \left[ \frac{\text{m}}{\text{shift}} \right]}{Q_{\text{reals}} \left[ \frac{\text{m}}{\text{shift}} \right]} = \frac{289 \text{ m/shift}}{1080 \text{ m/shift}} = 0.26 = \underline{\underline{1 \text{ Jumbo DD321- 40C}}}$$

Όμοια, εφαρμόστηκε η ίδια διαδικασία με τη βοήθεια του excel για τα υπόλοιπα τμήματα έχοντας όμως διαφορετική μέγιστη ετήσια παραγωγή για κάθε τμήμα.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τα Jumbo παραγωγής για τα τέσσερα τμήματα φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 16.α. Συμπεράσματα Jumbo παραγωγής για το τμήμα West<430

Boomer_d [m/min]	6	Ρυθμός διάτρησης Boomer
t <sub>fixed</sub> [min]	1	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
n <sub>jumbo</sub>	0.75	Απόδοση διατρητικού στην ώρα
T <sub>5</sub> [min]	360	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
Q <sub>thY</sub> [m <sup>3</sup> /year]	141,844	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/χρόνο
Q <sub>thD</sub> [m <sup>3</sup> /day]	394	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/ημέρα
Q <sub>thS</sub> [m <sup>3</sup> /shift]	131	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια
Q <sub>th</sub> [m/shift]	289	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια σε m
Q <sub>reals</sub> [m/shift]	1,080	Δυνατότητα παραγωγής διατρητικού /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός διατρητικών Jumbo</b>

Πίνακας 16.β. Συμπεράσματα Jumbo παραγωγής για το τμήμα West>430

Boomer_d[m/min]	6	Ρυθμός διάτρησης Boomer
t <sub>fixed</sub> [min]	1	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
n <sub>jumbo</sub>	0.75	Απόδοση διατρητικού στην ώρα
T <sub>5</sub> [min]	360	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
Q <sub>thY</sub> [m <sup>3</sup> /year]	130,145	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/χρόνο
Q <sub>thD</sub> [m <sup>3</sup> /day]	362	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/ημέρα
Q <sub>thS</sub> [m <sup>3</sup> /shift]	121	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια
Q <sub>th</sub> [m/shift]	265	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια σε m
Q <sub>reals</sub> [m/shift]	1,080	Δυνατότητα παραγωγής διατρητικού /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός διατρητικών Jumbo</b>

Πίνακας 16.γ. Συμπεράσματα Jumbo παραγωγής για το τμήμα  
Intermediate West

Boomer_d [m/min]	6	Ρυθμός διάτρησης Boomer
$t_{fixed}$ [min]	1	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
$\eta_{jumbo}$	0.75	Απόδοση διατρητικού στην ώρα
$T_5$ [min]	360	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
$Q_{thY}$ [m <sup>3</sup> /year]	44,790	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/χρόνο
$Q_{thD}$ [m <sup>3</sup> /day]	124	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/ημέρα
$Q_{thS}$ [m <sup>3</sup> /shift]	41	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια
$Q_{th}$ [m/shift]	91	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια σε m
$Q_{realS}$ [m/shift]	1,080	Δυνατότητα παραγωγής διατρητικού /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός διατρητικών Jumbo</b>

Πίνακας 16.δ. Συμπεράσματα Jumbo παραγωγής για το τμήμα  
East&Upper West

Boomer_d [m/min]	6	Ρυθμός διάτρησης Boomer
$t_{fixed}$ [min]	1	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
$\eta_{jumbo}$	0.75	Απόδοση διατρητικού στην ώρα
$T_5$ [min]	360	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
$Q_{thY}$ [m <sup>3</sup> /year]	57,255	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/χρόνο
$Q_{thD}$ [m <sup>3</sup> /day]	159	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/ημέρα
$Q_{thS}$ [m <sup>3</sup> /shift]	53	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια
$Q_{th}$ [m/shift]	117	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια σε m
$Q_{realS}$ [m/shift]	1,080	Δυνατότητα παραγωγής διατρητικού /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός διατρητικών Jumbo</b>



➤ *Jumbo Ανάπτυξης*

Το μοντέλο του διατρητικού που επιλέχθηκε για τη διάνοιξη διατρημάτων στα μέτωπα ανάπτυξης (οριζόντια ανάπτυξη), είναι ίδιου τύπου με τα Jumbo παραγωγής, δηλαδή, τύπου **Sandvik DD321- 40C (double boom)**.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία που εφαρμόσαμε προηγουμένως προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Πίνακας 17.α. Συμπεράσματα Jumbo οριζόντιας ανάπτυξης

Boomer L2 [m/min]	6	Ρυθμός διάτρησης Boomer
$t_{fixed}$ [min]	1	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
$\eta_{jumbo}$	0.75	Απόδοση διατρητικού στην ώρα
$T_5$ [min]	360	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
$Q_{thY}$ [m <sup>3</sup> /year]	264,492	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/χρόνο
$Q_{thD}$ [m <sup>3</sup> /day]	735	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/ημέρα
$Q_{thS}$ [m <sup>3</sup> /shift]	245	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια
$Q_{th}$ [m/shift]	539	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια σε m
$Q_{realS}$ [m/shift]	1,080	Δυνατότητα παραγωγής διατρητικού /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός διατρητικών Jumbo</b>

Στο στάδιο της ανάπτυξης θα χρειαστούν, επίσης διατρητικά κάθετης ανάπτυξης για τη διάνοιξη των φρεάτων. Συνεπώς για τα κάθετα διατρήματα επιλέχθηκε διατρητικό τύπου **Sandvik DD210-V (single boom)**.



Σχήμα 22. Διατρητικό οριζόντιας και κάθετης διάνοιξης τύπου Sandvik DD210-V

Το Jumbo αυτό μπορεί και να υποστηρίξει, επομένως πέρα από τη σταδιακή κάθετη ανάπτυξη μπορεί να συμμετέχει σε εργασίες υποστήριξης ή να αντικαταστήσει κάποιο Jumbo υποστήριξης σε περίπτωση βλάβης.

Πίνακας 18. Τεχνικά χαρακτηριστικά διατρητικού Jumbo DD210-V

Αριθμός διατρητικών στελεχών	1
Ισχύς [Nα]	78 hp
Κατανάλωση [Fuel consumption]	8 lt/hr
Κόστος κτήσης	350,000 €

Το Jumbo αρχικά κατά την φάση της ανάπτυξης εργάζεται σε 3 βάρδιες. Κατά την σταδιακή ανάπτυξη μπορεί να εργάζεται μόνο 1 βάρδια. Συνεπώς επιλέγουμε την δυσμενέστερη κατάσταση δηλαδή 3 βάρδιες (1day=24 παραγωγικές ώρες).

Πίνακας 17.β. Συμπεράσματα Jumbo κάθετης ανάπτυξης

Boomer [m/min]	3	Ρυθμός διάτρησης Boomer
$t_{fixed}$ [min]	1	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
$\eta_{jumbo}$	0.75	Απόδοση διατρητικού στην ώρα
$T_5$ [min]	360	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
$Q_{thY}$ [m <sup>3</sup> /year]	5,350	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/χρόνο
$Q_{thD}$ [m <sup>3</sup> /day]	15	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/ημέρα
$Q_{thS}$ [m <sup>3</sup> /shift]	7	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια
$Q_{th}$ [m/shift]	16	Μέγιστη θεωρητική απαιτούμενη παραγωγή/βάρδια σε m
$Q_{realS}$ [m/shift]	540	Δυνατότητα παραγωγής διατρητικού /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός διατρητικών Jumbo</b>

#### 4.4 Υπολογισμός Jumbo Υποστήριξης

➤ *Jumbo Υποστηρίξης για τη φάση παραγωγής*

Το jumbo υποστήριξης που επιλέχθηκε για τη διάτρηση των διατρημάτων στα οποία θα τοποθετηθούν αγκύρια αλλά και για την τοποθέτηση των αγκυρίων στα τοιχώματα και στις οροφές των παραγωγικών στοών είναι τύπου **Sandvik DS311-C (single boom)**.



Σχήμα 23. Jumbo υποστήριξης τύπου Sandvik DS311-C

Πίνακας 19. Τεχνικά χαρακτηριστικά Jumbo υποστήριξης DS311-C

Αριθμός διατρητικών στελεχών	1
Χωρητικότητα κασέτας	9-14 bolts
Ισχύς [Nα]	74 hp
Κατανάλωση [Fuel consumption]	8 lt/hr
Κόστος κτήσης	525,000 €

Με τη βοήθεια της εταιρίας και με προσωπική εμπειρία (χρονομετρήσεις κατά τη διάρκεια της πρακτικής άσκησης) ο χρόνος διάτρησης και τοποθέτησης του αγκυρίου χρονομετρήθηκε  $Boomer [min/bolt] = 7$  , ο συντελεστής απόδοσης στην ώρα  $n_{sjumbo}=0.65$ , ενώ ο χρόνος καθυστέρησης μεταξύ δύο διατρημάτων  $t_{sfixed} [min]= 2$ .

Επίσης, από την τεχνική μελέτη της εταιρίας προκύπτει ότι θα υποστηριχτούν τα εξής ποσοστά επιφανειών:

Πίνακας 20. Χαρακτηριστικά υποστήριξης παραγωγικών στοών

<b><math>1\text{bolt}/2\text{m}^2</math></b>
Ore drift Roof: 100%
Ore drift Walls: 60%

Έχοντας λοιπόν όλα τα παραπάνω στοιχεία είναι εύκολο να υπολογιστεί ο αριθμός των διατηρητικών ανά τμήμα (West<430, West>430, Intermediate West, East & Upper West) για τη φάση παραγωγής.

Επομένως,

**Για το τμήμα West<430:**

- Απαιτούμενη παραγωγή ανά βάρδια [bolts/shift]:

Απαραίτητο είναι να βρεθούν αρχικά τα απαραίτητα  $\text{m}^2$  που πρέπει να υποστηρίζονται ανα χρόνο και στη συνέχεια ανά βάρδια.

Γνωρίζοντας ότι τα εξορυσσόμενα  $\text{m}^3$  ανά χρόνο προκύπτουν από τις (διαστάσεις των στοών) \* (μήκος προχώρησης) δηλαδή,  $5\text{m} \times 5\text{m} \times \text{μήκος προχώρησης m}$  υπολογίζονται τα συνολικά τετραγωνικά οροφής και τοιχωμάτων με τον ακόλουθο τρόπο.

- Τα συνολικά  **$\text{m}^2$  της οροφής** που πρέπει να υποστηρίζονται ανα χρόνο προκύπτουν ως εξής:

Αν από τη μέγιστη εξορυσσόμενη παραγωγή/χρόνο διαιρέσουμε τα  $5\text{m}$  (ύψος στοάς) θα μπορέσουμε να βρούμε πόσα  $\text{m}^2$  οροφής πρέπει να υποστηρίζονται στον 1 χρόνο, από τη διαίρεση αυτή θα μείνει δηλαδή η επιφάνεια της οροφής

- Τα συνολικά  **$\text{m}^2$  των πλαινών τοιχωμάτων** που πρέπει να υποστηρίζονται ανα χρόνο προκύπτουν ως εξής:

Αν από τη μέγιστη εξορυσσόμενη παραγωγή/χρόνο διαιρέσουμε τα  $5\text{m}$  (πλάτος στοάς) θα μπορέσουμε να βρούμε πόσα  $\text{m}^2$  τοιχώματος πρέπει να υποστηρίζονται στον 1 χρόνο από την μία όμως πλευρά. Επειδή κατά την φάση παραγωγής θα υποστηρίζεται μόνο το 60% των τοιχωμάτων τα συνολικά  $\text{m}^2$  για την μια πλευρά τοιχώματος θα προκύψουν από την εξίσωση:  $[\text{συνολικά } \text{m}^3/\text{year} / 5\text{m}] * 0.6$

Για τα συνολικά  $m^2$  και των δυο τοιχωμάτων που θα υποστηριχτούν θα προκύψουν πολλαπλασιάζοντας την παραπάνω ποσότητα\*2.

Συνεπώς,

Μέγιστη παραγωγή ανά χρόνο $Q_{thY} [m^3/year]=141,844$
---

$$Q_{thY} [m^2/year] = \underbrace{\frac{Q_{thY} [m^3/year]}{5m}}_{Οροφή} + \underbrace{\frac{Q_{thY} [m^3/year]}{5m} * 0.6 * 2}_{Τοιχώματα} \Rightarrow$$

$$Q_{thY} [m^2/year] = 62,411 \Rightarrow$$

$$Q_{thS} [m^2/shift] = 58$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Εφόσον 1 bolt μπορεί να υποστηρίξει } 2m^2 \text{ (Από τεχνική μελέτη)} \\ Q_{th}; \quad \quad \quad 58 m^2/shift \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\underline{Q_{th} [bolts/shift] = 29}$$

- Παραγωγή Jumbo υποστήριξης ανά βάρδια [bolts/shift]:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Για να τοποθετηθεί 1 αγκύριο απαιτούνται } 7min+2min \\ Q_{realS}; \quad \quad \quad \text{σε } 60min * 0.65 * 8hr \text{ (1 shift)} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$t_{fixed}$

↑

$$Q_{realS} [bolts/shift] = \frac{60 min * 0.65 * 8hr * 1 \text{ αγκύριο}}{7min+2min} \Rightarrow$$

Άρα η μέγιστη πραγματική απαιτούμενη παραγωγή του Jumbo υποστήριξης/βάρδια θα είναι

$$Q_{\text{realS}} [\text{bolts/shift}] = 34.7$$

**Επομένως, ο απαιτούμενος αριθμός Jumbo υποστήριξης για το τμήμα αυτό θα είναι:**

$$\text{Number} = \frac{Q_{th} \left[ \frac{\text{bolts}}{\text{shift}} \right]}{Q_{\text{realS}} \left[ \frac{\text{bolts}}{\text{shift}} \right]} = \frac{29 \text{ bolts/shift}}{34.7 \text{ bolts/shift}} = 0.83 = \underline{\underline{1 \text{ Jumbo DS311-C}}}$$

Όμοια, εφαρμόστηκε η ίδια διαδικασία με τη βοήθεια του excel για τα υπόλοιπα τμήματα έχοντας όμως διαφορετική μέγιστη ετήσια παραγωγή για κάθε τμήμα.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τα Jumbo υποστήριξης για τη φάση παραγωγής για τα τέσσερα τμήματα φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 21.α. Συμπεράσματα Jumbo υποστήριξης για τη φάση παραγωγής για το τμήμα West<430

Boomer [min/bolt]	7	Ρυθμός κοχλίωσης οροφής (λεπτά ανά 1 κοχλία)
t <sub>fixed</sub> [min]	2	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
n <sub>sjumbo</sub>	0.65	Απόδοση διατρητικού στην ώρα
Sq [m <sup>2</sup> ]	2	Τετραγωνικά που υποστηρίζει 1 κοχλίας
T <sub>5</sub> [min]	312	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
Q <sub>thY</sub> [m <sup>2</sup> /year]	62,411	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται τον χρόνο
Q <sub>thD</sub> [m <sup>2</sup> /day]	173	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται την ημέρα
Q <sub>thS</sub> [m <sup>2</sup> /shift]	58	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται την βάρδια
Q <sub>th</sub> [bolts/shift]	29	Μέγιστος απαιτούμενος αριθμός κοχλιών /βάρδια
Q <sub>realS</sub> [bolts/shift]	34.7	Δυνατότητα υποστήριξης jumbo /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός Jumbo υποστήριξης</b>

Πίνακας 21.β. Συμπεράσματα Jumbo υποστήριξης για τη φάση παραγωγής για το τμήμα West>430

Boomer [min/bolt]	7	Ρυθμός κοχλίωσης οροφής (λεπτά ανά 1 κοχλία)
$t_{\text{sfixed}}$ [min]	2	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
$n_{\text{sumbo}}$	0.65	Απόδοση διατρητικού στην ώρα
$S_q$ [m <sup>2</sup> ]	2	Τετραγωνικά που υποστηρίζει 1 κοχλίας
$T_5$ [min]	312	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
$Q_{\text{thy}}$ [m <sup>2</sup> /year]	57,264	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται τον χρόνο
$Q_{\text{thD}}$ [m <sup>2</sup> /day]	159	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται την ημέρα
$Q_{\text{thS}}$ [m <sup>2</sup> /shift]	53	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται την βάρδια
$Q_{\text{th}}$ [bolts/shift]	27	Μέγιστος απαιτούμενος αριθμός κοχλιών /βάρδια
$Q_{\text{reals}}$ [bolts/shift]	34.7	Δυνατότητα υποστήριξης jumbo /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός Jumbo υποστήριξης</b>

Πίνακας 21.γ. Συμπεράσματα Jumbo υποστήριξης για τη φάση παραγωγής για το τμήμα Intermediate West

Boomer [min/bolt]	7	Ρυθμός κοχλίωσης οροφής (λεπτά ανά 1 κοχλία)
$t_{\text{sfixed}}$ [min]	2	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
$n_{\text{sumbo}}$	0.65	Απόδοση διατρητικού στην ώρα
$S_q$ [m <sup>2</sup> ]	2	Τετραγωνικά που υποστηρίζει 1 κοχλίας
$T_5$ [min]	312	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
$Q_{\text{thy}}$ [m <sup>2</sup> /year]	19,708	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται τον χρόνο
$Q_{\text{thD}}$ [m <sup>2</sup> /day]	55	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται την ημέρα
$Q_{\text{thS}}$ [m <sup>2</sup> /shift]	18	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται την βάρδια
$Q_{\text{th}}$ [bolts/shift]	9	Μέγιστος απαιτούμενος αριθμός κοχλιών /βάρδια
$Q_{\text{reals}}$ [bolts/shift]	34.7	Δυνατότητα υποστήριξης jumbo /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός Jumbo υποστήριξης</b>

Πίνακας 21.δ. Συμπεράσματα Jumbo υποστήριξης για τη φάση παραγωγής για το τμήμα East&Upper West

Boomer [min/bolt]	7	Ρυθμός κοχλίωσης οροφής (λεπτά ανά 1 κοχλία)
$t_{\text{fixed}}$ [min]	2	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
$n_{\text{jumbo}}$	0.65	Απόδοση διατρητικού στην ώρα
$S_q$ [m <sup>2</sup> ]	2	Τετραγωνικά που υποστηρίζει 1 κοχλίας
$T_5$ [min]	312	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
$Q_{\text{thY}}$ [m <sup>2</sup> /year]	25,192	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται τον χρόνο
$Q_{\text{thD}}$ [m <sup>2</sup> /day]	70	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται την ημέρα
$Q_{\text{thS}}$ [m <sup>2</sup> /shift]	23	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται την βάρδια
$Q_{\text{th}}$ [bolts/shift]	12	Μέγιστος απαιτούμενος αριθμός κοχλιών /βάρδια
$Q_{\text{reals}}$ [bolts/shift]	34.7	Δυνατότητα υποστήριξης jumbo /βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός Jumbo υποστήριξης</b>

➤ *Jumbo Υποστηρίζεις για τη φάση ανάπτυξης*

Το μοντέλο του διατρητικού που επιλέχθηκε για τη διάτρηση των διατρημάτων στα οποία θα τοποθετηθούν αγκύρια αλλά και για την τοποθέτηση των αγκυρίων στα τοιχώματα και στις οροφές των στοών ανάπτυξης, είναι ίδιου τύπου με τα Jumbo υποστήριξης για τη φάση παραγωγής, δηλαδή, τύπου **Sandvik DS311-C (single boom)**.

Πίνακας 22. Χαρακτηριστικά υποστήριξης στοών ανάπτυξης

<b>1bolt/2m<sup>2</sup></b>
Ore drift Roof: 100%
Ore drift Walls: 60%

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία που εφαρμόσαμε προηγουμένως προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα.



Πίνακας 23. Συμπεράσματα Jumbo υποστήριξης για τη φάση ανάπτυξης

Boomer [min/bolt]	7	Ρυθμός κοχλίωσης οροφής (λεπτά ανά 1 κοχλία)
$t_{\text{sfixed}}$ [min]	2	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
$n_{\text{Jumbo}}$	0.65	Απόδοση διατρητικού στην ώρα
$S_q$ [m <sup>2</sup> ]	2	Τετραγωνικά που υποστηρίζει 1 κοχλίας
$T_5$ [min]	312	Εργάσιμα λεπτά βάρδιας (αποδοτικά)
$Q_{\text{thy}}$ [m <sup>2</sup> /year]	95,217	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται τον χρόνο
$Q_{\text{thD}}$ [m <sup>2</sup> /day]	264	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται την ημέρα
$Q_{\text{thS}}$ [m <sup>2</sup> /shift]	88	Μέγιστος αριθμός m <sup>2</sup> που πρέπει να υποστηρίζονται την βάρδια
$Q_{\text{th}}$ [bolts/shift]	44	Μέγιστος απαιτούμενος αριθμός κοχλιών /βάρδια
$Q_{\text{realS}}$ [bolts/shift]	34.7	Δυνατότητα υποστήριξης jumbo /βάρδια
<b>Number</b>	<b>2</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός Jumbo υποστήριξης</b>

## 4.5 Υπολογισμός Ξεσκαρωτών

### ➤ Ξεσκαρωτές Παραγωγής

Το ξεσκαρωτικό μηχάνημα που επιλέχθηκε για τον καθαρισμό της οροφής (εξομάλυνση ανοίγματος) των παραγωγικών στοών είναι τύπου **Liebherr R932**. Πρόκειται για ένα μηχάνημα εκσκαφής στο οποίο τοποθετείται ειδική κεφαλή για ξεσκάρωμα.



Σχήμα 24. Εκσκαφέας - ξεσκαρωτής τύπου Liebherr R932

Πίνακας 24. Τεχνικά χαρακτηριστικά ξεσκαρωτή Liebherr R932

Ερπυστριοφόρος	
Ισχύς [Nα]	167 hp
Κατανάλωση [Fuel consumption]	20 lt/hr
Κόστος κτήσης	90,000 €

Με τη βοήθεια της εταιρίας και με προσωπική εμπειρία (χρονομετρήσεις κατά τη διάρκεια της πρακτικής άσκησης) ο χρόνος καθαρισμού μετώπου χρονομετρήθηκε  $\text{Cleaning [hr/face]} = 1.5$ , ενώ ο συντελεστής απόδοσης στην ώρα  $n_{\text{excavator}} = 0.65$ .

Εφόσον είναι γνωστή η παραγωγή/βάρδια/τμήμα από τα jumbo διάτρησης, για τον υπολογισμό των ξεσκαρωτών εφαρμόστηκε μια πιο απλούστερη διαδικασία σε σχέση με τα προηγούμενα μηχανήματα, υπολογίζοντας των αριθμό των ξεσκαρωτών στο τμήμα με την μεγαλύτερη παραγωγή ανά βάρδια (δυσμενέστερο σενάριο). Εάν εξασφαλιστεί ότι για τη μέγιστη παραγωγή απαιτείται 1 ξεσκαρωτής, τότε θα είμαστε σίγουροι ότι απαιτείται 1 ξεσκαρωτής και για τα υπόλοιπα τρία τμήματα τα οποία έχουν μικρότερη παραγωγή (Εάν δεν απαιτούνταν 1 ξεσκαρωτής για τη μέγιστη παραγωγή τότε ο αριθμός των ξεσκαρωτών θα έπρεπε να υπολογιστεί με τον ίδιο τρόπο που υπολογίστηκαν τα προηγούμενα μηχανήματα). Η μεθοδολογία αυτή, από τα παραπάνω μηχανήματα θα μπορούσε να εφαρμοστεί μόνο στον υπολογισμό των jumbo υποστήριξης ή των jumbo διάτρησης εάν ήταν ήδη γνωστές οι παραγωγές/τμήμα/βάρδια. Στους φορτωτές και στα φορτηγά θα έπρεπε να γίνει αρχικά έλεγχος φορτίου (βλ. Πίνακα 11.)

Το τμήμα με τη μέγιστη παραγωγή/ shift είναι το τμήμα West<430.

Επομένως,

#### **Για το τμήμα West<430:**

- Απαιτούμενη παραγωγή [faces/shift]:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Η 1 ανατίναξη= 1μέτωπο είναι } 25\text{m}^2 * 3\text{m}=75\text{m}^3 \\ \text{Cleaning}_{\text{th}}; \quad \quad \quad 131\text{m}^3/\text{shift} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\underline{\text{Cleaning}_{\text{th}} [\text{faces}/\text{section}/\text{shift}]= 2}$$

- Παραγωγή ξεσκαρωτή ανά βάρδια [faces/shift]:

$$\left. \begin{array}{l} \text{1 μέτωπο καθαρίζεται σε 1.5hr} \\ \text{Cleaning}_{\text{real}}; \quad \quad \text{σε 8 hr} * 0.65 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\underline{\text{Cleaning}_{\text{real}} [\text{faces}/\text{shift}]=3.5}$$

Επομένως, ο απαιτούμενος αριθμός ξεσκαρωτών για το τμήμα αυτό θα είναι:

$$\text{Number} = \frac{\text{Cleaning}_{th} \left[ \frac{\text{faces}}{\text{shift}} \right]}{\text{Cleaning}_{real} \left[ \frac{\text{faces}}{\text{shift}} \right]} = \frac{2 \text{ faces/shift}}{3.5 \text{ faces/shift}} = 0.57 = \underline{\underline{1 \text{ ξεσκαρωτής Liebherr}}}$$

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τους ξεσκαρωτές παραγωγής για τα τέσσερα τμήματα φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 25. Συμπεράσματα ξεσκαρωτών για το τμήμα west<430

Cleaning [hr/face]	1.5	Χρόνος για το ξεσκάρωμα ενός μετώπου
n <sub>excavator</sub>	0.65	Απόδοση ξεσκαρωτή στην ώρα
Cleaning <sub>real</sub> [faces/shift]	3.5	Αριθμός μετώπων που μπορούν να καθαριστούν σε μία βάρδια
Cleaning <sub>th</sub> [faces/section/shift]	2	Μέγιστος αριθμός μετώπων που πρέπει να καθαριστούν σε μία βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός ξεσκαρωτικών</b>

Πίνακας 26. Συμπεράσματα ξεσκαρωτών για τα τμήματα west>430, Intermediate West, East&Upper West

ΤΜΗΜΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΞΕΣΚΑΡΩΤΩΝ
West>430	<b>1</b>
Intermediate West	<b>1</b>
East & Upper West	<b>1</b>

### ➤ Ξεσκαρωτές Ανάπτυξης

Το μοντέλο του ξεσκαρωτή που επιλέχθηκε για τον καθαρισμό της οροφής των στοών ανάπτυξης, είναι ίδιου τύπου με τους ξεσκαρωτές παραγωγής, δηλαδή, τύπου **Liebherr R932**.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία που εφαρμόσαμε προηγουμένως, προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα

Πίνακας 27. Συμπεράσματα ξεσκαρωτών για τη φάση ανάπτυξης

Cleaning [hr/face]	1.5	Χρόνος για το ξεσκάρωμα ενός μετώπου
n <sub>excavator</sub>	0.65	Απόδοση ξεσκαρωτή στην ώρα
Cleaning <sub>real</sub> [faces/shift]	3.5	Αριθμός μετώπων που μπορούν να καθαριστούν σε μία βάρδια
Cleaning <sub>th</sub> [faces/shift]	3	Μέγιστος αριθμός μετώπων που πρέπει να καθαριστούν σε μία βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός ξεσκαρωτικών</b>

## 4.6 Υπολογισμός Πρεσών

### ➤ Πρέσες Παραγωγής

Η πρέσα που επιλέχθηκε για την εκτόξευση του σκυροδέματος στην οροφή και στα τοιχώματα των παραγωγικών στοών είναι τύπου **Putzmeister sika 4210**.



Σχήμα 25. Πρέσα για εκτόξευση σκυροδέματος τύπου Putzmeister sika 4210

Πίνακας 28. Τεχνικά χαρακτηριστικά πρέσας Putzmeister sika 4210

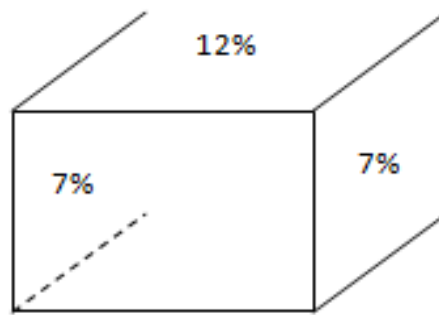
Μέγιστη θεωρητική πίεση εκτόξευσης σκυροδέματος	60 bar
Δυνατότητα παροχής σκυροδέματος	20 m <sup>3</sup> /hr
Ισχύς [Nα]	72 hp
Κατανάλωση [Fuel consumption]	15 lt/hr
Κόστος κτήσης	250,000 €

Με τη βοήθεια της εταιρίας και με προσωπική εμπειρία (χρονομετρήσεις κατά τη διάρκεια της πρακτικής άσκησης) ο συντελεστής απόδοσης στην ώρα  $\eta_{press} = 0.65$ .

Επίσης, από την τεχνική μελέτη προέκυψε ότι:

Πίνακας 29. Χαρακτηριστικά ενίσχυσης παραγωγικών στοών

<b>50 mm shotcrete</b>
Ore drift Roof: 12%
Ore drift Walls: 7%



Σχήμα 26. Αναπαράσταση του ποσοστού σκυροδέματος στην οροφή και στα τοιχωμάτα των παραγωγικών στοών

Για τον υπολογισμό των πρεσών χρησιμοποιήθηκε η ίδια διαδικασία με την οποία υπολογίστηκαν οι ξεσκαρωτές, δηλαδή εξετάστηκε μόνο το δυσμενέστερο τμήμα West<430.

Επομένως,

**Για το τμήμα West<430:**

- Απαιτούμενη παραγωγή [m<sup>3</sup>/shift]:

Αρκεί να βρεθούν πόσα m<sup>3</sup> εκτοξευμένου σκυροδέματος απαιτούνται ανα βάρδια.

Στην παράγραφο υπολογισμού των ξεσκαρωτών βρέθηκε ότι η θεωρητική παραγωγή είναι 2 faces/shift= 2 blasts/shift.

Επομένως,

Η 1 ανατίναξη έχει προχώρηση 3m  
 Οι 2 ανατινάξεις (/shift)      Dist;

} =>

$$\text{Dist [m/shift]} = \frac{3\text{m} * 2 \left[ \frac{\text{blasts}}{\text{shift}} \right]}{1 [\text{blast}]} \Rightarrow$$

Η προχώρηση ανά βάρδια θα είναι δηλαδή  $\text{Dist [m/shift]} = 5$

Λαμβάνοντας υπόψη τον Πίνακα 29. και το Σχήμα 26. υπολογίζεται η απαιτούμενη ποσότητα σκυροδέματος ανα βάρδια:

$$\text{Shotc}_{\text{thS}}[\text{m}^3/\text{shift}] = \underbrace{(\text{Dist [m/shift]} * 5\text{m} * 0.12)}_{\text{Οροφή}} + \underbrace{\text{Dist [m/shift]} * 5\text{m} * 0.7 * 2}_{\text{Τοιχώματα}} * 0.05\text{m}$$

Δηλαδή,

$$\text{Shotc}_{\text{thS}}[\text{m}^3/\text{shift}] = (5\text{m/shift} * 5\text{m} * 0.12 + 5\text{m/shift} * 5\text{m} * 0.7 * 2) * 0.05\text{m} \Rightarrow$$

$$\underline{\underline{\text{Shotc}_{\text{thS}}[\text{m}^3/\text{shift}] = 2}}$$

- Παραγωγή πρέσας ανά βάρδια  $[\text{m}^3/\text{shift}]$ :

Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της πρέσας προκύπτει ότι  $\text{Shotc} [\text{m}^3/\text{hr}] = 20$

Όμως λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή απόδοσης της πρέσας στην ώρα (μικρή τιμή λόγω των συχνών προβλημάτων που παρουσιάζει) υπολογίζεται η πραγματική παραγωγή ανά ώρα:  $\text{Shotc}_{\text{real}} [\text{m}^3/\text{hr}] = 20 * 0.65 = 13$

Στη συνέχεια θεωρώντας ότι η 1 βάρδια έχει 8 hr υπολογίζεται η πραγματική παραγωγή ανά βάρδια:  $\text{Shotc}_{\text{realS}} [\text{m}^3/\text{shift}] = 104$

**Επομένως, ο απαιτούμενος αριθμός πρεσών για το τμήμα αυτό θα είναι:**

$$\text{Number} = \frac{\text{Shotc}_{\text{thS}} [\frac{\text{m}^3}{\text{shift}}]}{\text{Shotc}_{\text{realS}} [\frac{\text{m}^3}{\text{shift}}]} = \frac{2 \text{ m}^3 / \text{shift}}{104 \text{ m}^3 / \text{shift}} = 0.01 = \underline{\underline{1 \text{ πρέσα sika 4210}}}$$

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τις πρέσες παραγωγής για τα τέσσερα τμήματα φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 30. Συμπεράσματα πρεσών για το τμήμα West<430

Blasts/shift	2	Μέγιστος αριθμός ανατινάξεων /βάρδια (δυσμενέστερο σενάριο)
Dist [m/shift]	5	Μέγιστη προχώρηση/βάρδια (δυσμενέστερο σενάριο)
Shot <sub>c<sub>thS</sub></sub> [m <sup>3</sup> /shift]	2	Απαιτούμενη ποσότητα σκυροδέματος/βάρδια
n <sub>press</sub>	0.65	Απόδοση πρέσας στην ώρα
Shot <sub>c</sub> [m <sup>3</sup> /hr]	20	Δυνατότητα παροχής σκυροδέματος στην ώρα (από Τεχν. Χαρακτηριστικά)
Shot <sub>c<sub>real</sub></sub> [m <sup>3</sup> /hr]	13	Πραγματική δυνατότητα παροχής σκυροδέματος στην ώρα
Shot <sub>c<sub>realS</sub></sub> [m <sup>3</sup> /shift]	104	Δυνατότητα παροχής σκυροδέματος/βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός πρεσών</b>

Πίνακας 31. Συμπεράσματα πρεσών για τα τμήματα west>430, Intermediate West, East&Upper West

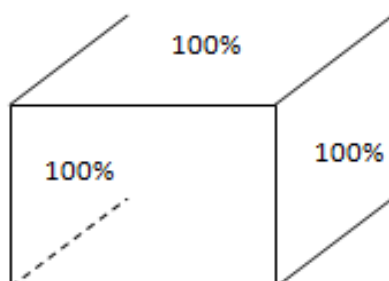
ΤΜΗΜΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΕΣΩΝ
West>430	1
Intermediate West	1
East & Upper West	1

### ➤ Πρέσες Ανάπτυξης

Το μοντέλο της πρέσας που επιλέχθηκε για την εκτόξευση του σκυροδέματος στην οροφή και στα τοιχώματα των στοών ανάπτυξης είναι τύπου **Putzmeister sika 4210**.

Πίνακας 32. Χαρακτηριστικά ενίσχυσης στοών ανάπτυξης

<b>50 mm shotcrete</b>
Development Roof: 100%
Development Walls: 100%



Σχήμα 27. Αναπαράσταση του ποσοστού σκυροδέματος στην οροφή και στα τοιχώματα των στοών ανάπτυξης



Με την ίδια διαδικασία που εφαρμόσαμε προηγουμένως, προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα

Πίνακας 33. Συμπεράσματα πρεσών για τη φάση ανάπτυξης

Blasts/shift	3	Μέγιστος αριθμός ανατινάξεων /βάρδια (δυσμενέστερο σενάριο)
Dist [m/shift]	10	Μέγιστη προχώρηση/βάρδια (δυσμενέστερο σενάριο)
Shotc <sub>ths</sub> [m <sup>3</sup> /shift]	7.3	Απαιτούμενη ποσότητα σκυροδέματος/βάρδια
$\eta_{press}$	0.65	Απόδοση πρέσας στην ώρα
Shotc [m <sup>3</sup> /hr]	20	Δυνατότητα παροχής σκυροδέματος στην ώρα (από Τεχν. Χαρακτηριστικά)
Shotc <sub>real</sub> [m <sup>3</sup> /hr]	13	Πραγματική δυνατότητα παροχής σκυροδέματος στην ώρα
Shotc <sub>reals</sub> [m <sup>3</sup> /shift]	104	Δυνατότητα παροχής σκυροδέματος/βάρδια
<b>Number</b>	<b>1</b>	<b>Απαιτούμενος αριθμός πρεσών</b>

#### 4.7 Συνολικός αριθμός μηχανολογικού εξοπλισμού

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι συγκεντρωτικοί πίνακες του **απαραίτητου μηχανολογικού εξοπλισμού** που υπολογίστηκε παραπάνω, **των μηχανημάτων ασφάλειας**, καθώς και του **επιπρόσθετου (δευτερεύον) εξοπλισμού** που επιλέχθηκε για τη μεταφορά του προσωπικού και τη διευκόλυνση των εργασιών.

Συγκεκριμένα:

- Στον απαιτούμενο αριθμό κάθε τύπου μηχανήματος που υπολογίστηκε παραπάνω προστίθεται +1 μηχανήμα ιδίου τύπου για ασφάλεια, δηλαδή σε περίπτωση που προκύψει κάποια βλάβη του μηχανήματος να αντικατασταθεί από κάποιο άλλο ώστε μην διακοπεί η παραγωγή

*[Επιλέχθηκε +1 και όχι περισσότερα, διότι τα παραπάνω μηχανήματα υπολογίστηκαν σύμφωνα με τη μέγιστη ετήσια παραγωγή, έχοντας σε κάποια τμήματα συντελεστή χρήσης μικρότερο της μονάδας, που σημαίνει ότι σε διαφορετικά έτη με μικρότερη παραγωγή κάποια από τα μηχανήματα αυτά πιθανόν να μην χρησιμοποιούνται].*

- Ο δευτερεύον μηχανολογικός εξοπλισμός που επιλέχθηκε για την εξυπηρέτηση των εργασιών υποστήριξης, γόμωσης και μεταφοράς αντικειμένων και προσωπικού απεικονίζεται στις παρακάτω εικόνες

Τα μηχανήματα μεταφοράς των εργαζομένων επιλέχθηκαν λαμβάνοντας υπόψη των αριθμό εργαζομένων ο οποίος υπολογίζεται σε μεταγενέστερο κεφάλαιο.

Τέλος, τα χαρακτηριστικά του δευτερεύον εξοπλισμού αναγράφονται στον Πίνακα 34.



Σχήμα 28. Γερανός υπογείων τύπου Paus Universa 40



Σχήμα 29. (Αριστερά) Ανυψωτικό εργαζομένων τύπου Paus TSL 853 T7,  
(Δεξιά) Όχημα μεταφοράς εργαζομένων τύπου Paus MinCa



Σχήμα 30. Γεννήτρια τύπου Caterpillar C18 700

Πίνακας 34.α. Συνολικός μηχανολογικός εξοπλισμός Παραγωγικής φάσης

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ**

Κόστος κτήσης [€/Μηχάνημα]	Τύπος	Είδος εργασιών	Στοιχεία	Δυνατή Παραγωγή	Μονάδες	Πλήθος	Προσωπικό	Κατανάλωση	Μονάδες	Ισχύς [hp]
610,000	Sandvik LH514 (Loader)	Φόρτωση μεταλλεύματος	Ωφέλιμο φορτίο: 14 tn Όγκος κουβά: 5.4 m <sup>3</sup>	5376	tn /shift	4	4	25	lt/hr	325
610,000	Sandvik TH 540 (Truck)	Μεταφορά μεταλλεύματος	Ωφέλιμο φορτίο: 40 tn Όγκος καρότσας: 18 m <sup>3</sup>	325	tn /shift	7	7	33	lt/hr	503
525,000	Sandvik DD321-40C (Jumbo)	Διάτρηση κατά μέτωπο	(2 boom) Ρυθμός διάτρησης: 6m/min	1080	m /shift	4	8	10	lt/hr	147
525,000	Sandvik DS311-C (Support Jumbo)	Υποστήριξη οροφής και τοιχωμάτων	Ρυθμός υποστήριξης: 7min/bolt Χωρητικότητα: 9-15 αγκύρια	35	bolt /shift	4	4	8	lt/hr	74
90,000	Liebherr R932 (Excavator)	Ξεσκάρωμα οροφής	Ερπυστριοφόρος	3.5	face/shift	4	4	20	lt/hr	167
250,000	Putzmeister sika 4210 (Press)	Ενίσχυση αντοχής της οροφής και των τοιχωμάτων	Μέγιστη θεωρητική πίεση εκτόξευσης σκυροδέματος: 60bar	20	m <sup>3</sup> /hr	1	2	15	lt/hr	72

Πίνακας 34.β. Συνολικός μηχανολογικός εξοπλισμός Αναπτυξιακής φάσης

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ										
Κόστος κτήσης [€/Μηχάνημα]	Τύπος	Είδος εργασιών	Στοιχεία	Δυνατή Παραγωγή	Μονάδες	Πλήθος	Προσωπικό	Κατανάλωση	Μονάδες	Ισχύς [hp]
400,000	Sandvik LH307 (Loader)	Φόρτωση μεταλλεύματος	Ωφέλιμο φορτίο: 6.7 tn	1152	tn /shift	2	2	18	lt/hr	201
610,000	Sandvik TH540 (Truck)	Μεταφορά μεταλλεύματος	Ωφέλιμο φορτίο: 40 tn Όγκος καρότσας: 18 m <sup>3</sup>	311	tn /shift	1	1	33	lt/hr	503
525,000	Sandvik DD321-40C (Jumbo)	Διάτρηση κατά μέτωπο	(2 boom) Ρυθμός διάτρησης: 6m/min	1080	m /shift	1	2	10	lt/hr	147
350,000	Sandvik DD210-V (Jumbo)	Κάθετη διάτρηση (φρέαρ)	(1 boom) Ρυθμός διάτρησης: 3m/min	540	m /shift	1	1	8	lt/hr	78
525,000	Sandvik DS311-C (Support Jumbo)	Υποστήριξη οροφής και τοιχωμάτων	Ρυθμός υποστήριξης: 7min/bolt	35	bolt /shift	2	2	8	lt/hr	84
90,000	Liebherr R932 (Excavator)	Ξεσκάρωμα οροφής	Ερπυστριοφόρος	3.5	face/shift	1	1	20	lt/hr	167
250,000	Putzmeister sika 4210 (Press)	Ενίσχυση αντοχής της οροφής και των τοιχωμάτων	Μέγιστη θεωρητική πίεση εκτόξευσης σκυροδέματος: 60bar	20	m <sup>3</sup> /hr	1	2	15	lt/hr	72

Πίνακας 34.γ. Επιπρόσθετος μηχανολογικός εξοπλισμός για Ασφάλεια της Παραγωγής

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ**

Κόστος κτήσης [€/Μηχάνημα]	Τύπος	Είδος εργασιών	Στοιχεία	Δυνατή Παραγωγή	Μονάδες	Πλήθος	Προσωπικό	Κατανάλωση	Μονάδες	Ισχύς [hp]
610,000	Sandvick LH514 (Loader)	Φόρτωση μεταλλεύματος	Ωφέλιμο φορτίο: 14 tn Όγκος κουβά: 5.4 m <sup>3</sup>	5376	tn /shift	1	-	-	-	325
610,000	Sandvik TH 540 (Truck)	Μεταφορά μεταλλεύματος	Ωφέλιμο φορτίο: 40 tn Όγκος κουβά: 18 m <sup>3</sup>	325	tn /shift	1	-	-	-	503
525,000	Sandvik DD321-40C (Jumbo)	Διάτρηση κατά μέτωπο	Ρυθμός διάτρησης: 6m/min	1080	m /shift	1	-	-	-	147
525,000	Sandvik DS311-C (Support Jumbo)	Υποστήριξη οροφής και τοιχωμάτων	Ρυθμός υποστήριξης: 7min/bolt	35	bolt /shift	1	-	-	-	84
90,000	Liebherr R932 (Excavator)	Ξεσκάρωμα οροφής	Ερπυστριοφόρος	3.5	face/shift	1	-	-	-	167
250,000	Putzmeister sika 4210 (Press)	Ενίσχυση αντοχής της οροφής και των τοιχωμάτων	Μέγιστη θεωρητική πίεση εκτόξευσης σκυροδέματος: 60bar	20	m3/hr	1	-	-	-	72
82,500	Caterpillar C18 700 (Generator)	Για ασφάλεια παροχής ρεύματος	Κλειστού τύπου με εργοστασιακό ηχομονωτικό κουβούκλιο, αντοχή στα καιρικά φαινόμενα	508	kW	3	-	130.6	lt/hr	751

Πίνακας 34.8. Δευτερεύον μηχανολογικός εξοπλισμός

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ**

Κόστος κτήσης [€/Μηχάνημα]	Τύπος	Είδος εργασιών	Στοιχεία	Δυνατή Παραγωγή	Μονάδες	Πλήθος	Προσωπικό	Κατανάλωση	Μονάδες	Ισχύς [hp]
70,000	Paus Universa 40 (Lifting vehicle)	Φόρτωση πλαίσιων & λοιπών αντικειμένων	Ωφέλιμο φορτίο: 8 tn	-	-	1	1	10	lt/hr	125
160,000	Paus MinCa Transport vehicle	Μεταφορά εργατικού προσωπικού στις υπόγειες στοές	Διαθέσιμα καθίσματα: 18 Ωφέλιμο φορτίο: 3,8 tn Κινητήρας: Diesel	-	-	1	-	12	lt/hr	120
23,000	Nissan Navara Transport vehicle	Μεταφορά εργατικού προσωπικού	Διαθέσιμα καθίσματα: 4	-	-	10	-	9.6	lt/100km	192
45,000	Paus TSL 853 T7 Swivel Loader	Ανυψωτικό για τη τοποθέτηση εκρηκτικών των άνω διατηρημάτων (κορώνες)	Μέγιστο ύψος εργασίας: 5.5 m Διαστάσεις καλαθιού: 1,5m x 1,5m	-	-	5	-	8	lt/hr	100

#### 4.8 Κόστος κατανάλωσης καυσίμων, λιπαντικών και συντήρησης μηχανολογικού εξοπλισμού

##### ➤ Κόστος Καυσίμων

Για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους των καυσίμων είναι απαραίτητη η γνώση της κατανάλωσης των μηχανήματων. Λαμβάνοντας υπόψη των συντελεστή χρήσης κάθε μηχανήματος για το δυσμενέστερο σενάριο, δηλαδή για το τμήμα με τη μεγαλύτερη παραγωγή ανά βάρδια, ακολουθείται η εξής διαδικασία:

##### Υπολογισμός κατανάλωσης φορτωτών:

Ο συντελεστής χρήσης κάθε μηχανήματος προκύπτει από τη διαίρεση της θεωρητικής παραγωγής προς την πραγματική παραγωγή του μηχανήματος, όπως υπολογίστηκε δηλαδή ο απαιτούμενος αριθμός μηχανημάτων ανά τμήμα χωρίς όμως τη στρογγυλοποίηση του πηλίκου της διαίρεσης αυτής.

$$\text{Number} = \frac{Q_{ths}}{Q_{realS}}$$

Πίνακας 35. Συντελεστής χρήσης φορτωτών ανά τμήμα ανά βάρδια

Τμήμα	Συντελεστής χρήσης ανά βάρδια
West <430	0.090
West >430	0.083
Int.West	0.029
East+Upper West	0.036
Development	0.213

Όπως παρατηρούμε ο μέγιστος συντελεστής χρήσης του φορτωτή στη φάση παραγωγής παρατηρείται στο τμήμα West<430 (0.09), το οποίο σημαίνει ότι ο φορτωτής θα έχει τελειώσει την εργασία του στο 0.09 της βάρδιας.



$$\left. \begin{array}{l} 1\text{hr} \quad \text{έχει} \quad 60 \text{ min} * 0.8 \\ 8\text{hr} * 0.09 \quad \text{εργάσιμα λεπτά φορτωτή/βάρδια;} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\boxed{n_{\text{loader}}}$$

Επομένως, **εργάσιμα λεπτά φορτωτή/βάρδια** =  $8\text{hr} * 0.09 * 60\text{min} * 0.8 = 35\text{min}$ . Το νούμερο αυτό επιβεβαιώνεται από τα buckets/shift (όταν 1 bucket=1min) που παρουσιάζονται στον πίνακα 6.α. Ο φορτωτής δηλαδή για το τμήμα west<430 χρειάζεται 35 min εργασίας/βάρδια + 1hr περίπου προετοιμασίας + μερικά λεπτά για τον καθαρισμό μετώπων μετά το ξεσκάρωμα.

Επειδή ο χρόνος προετοιμασίας και ο χρόνος καθαρισμού των μετώπων μετά το ξεσκάρωμα δεν μπορούν να εκτιμηθούν με ακρίβεια, για τον υπολογισμό των καταναλώσεων θεωρήθηκε ότι όλα τα μηχανήματα παραγωγής θα εργάζονται 3 βάρδιες/ημέρα για 22 χρόνια έτσι ώστε να προκύψει το δυσμενέστερο σενάριο κατανάλωσης.

Η κατανάλωση κάθε φορτωτή παραγωγής ανα ημέρα υπολογίζεται ως εξής:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Στα } 60 \text{ min (1hr) καταναλώνονται } 25 \text{ lt} \\ \text{Στα } 35 \text{ min/shift} * 3\text{shifts} \quad x_1; \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$x_1 = 44 \text{ lt/day/loader}$$

Ενώ η κατανάλωση όλων των φορτωτών παραγωγής για όλη τη διάρκεια ζωής του μεταλλείου υπολογίζεται ως εξής:

$$y_1 = 44 \text{ lt/day/loader} * 360 \text{ days} * 22 \text{ years} * 4 \text{ loaders} \Rightarrow$$

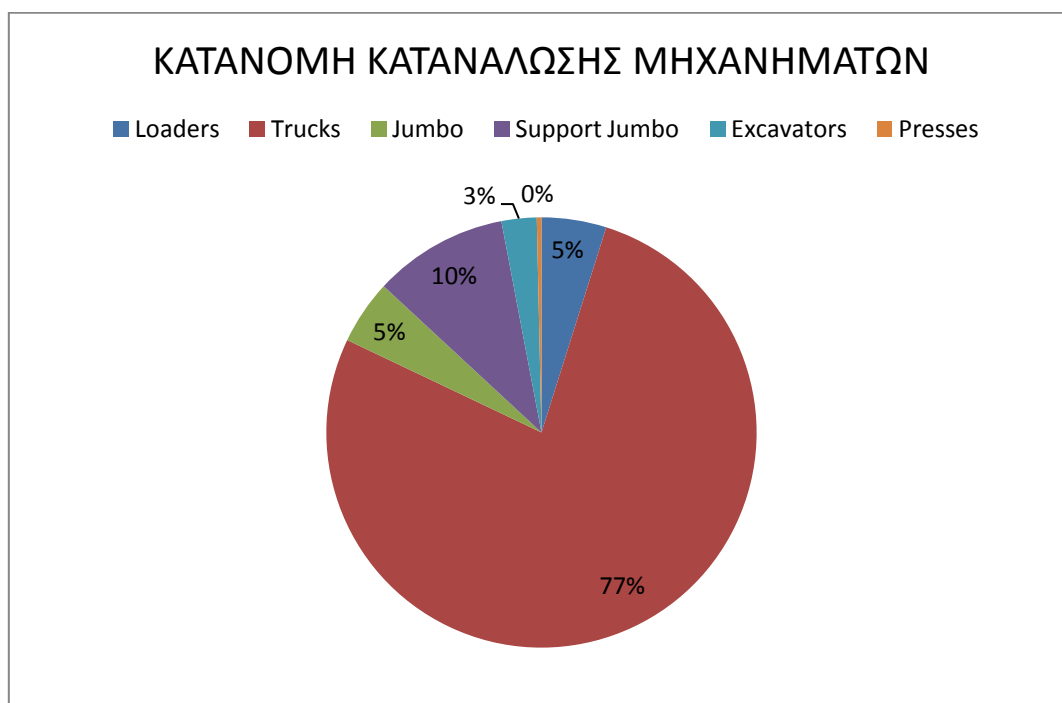
$$\underline{y_1 = 1,393,920 \text{ lt}}$$

Με όμοιο τρόπο υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του excel οι φορτωτές ανάπτυξης (θεωρώντας όμως 8 εργάσιμες ώρες ανά ημέρα και 24 χρόνια ανάπτυξης) και όλα τα υπόλοιπα μηχανήματα για τις δύο αντίστοιχες φάσεις παραγωγής – ανάπτυξης.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τους υπολογισμούς φαίνονται στον πίνακα 36.

Πίνακας 36. Συνολικές καταναλώσεις μηχανημάτων

Total Loader Consumption-Production [lt]	1,393,921
Total Loader Consumption -Development [lt]	432,000
Total Truck Consumption-Production [lt]	28,218,981
Total Truck Consumption -Development [lt]	725,760
Total Jumbo Consumption-Production [lt]	1,552,321
Total Jumbo Consumption -Development [lt]	259,200
Total Support Jumbo Consumption-Production [lt]	3,326,402
Total Support Jumbo Consumption -Development [lt]	466,560
Total Excavator Consumption-Production [lt]	142,222
Total Excavator Consumption -Development [lt]	846,721
Total Press Consumption-Production [lt]	79,200
Total Press Consumption -Development [lt]	51,840



Σχήμα 31. Σύγκριση καταναλώσεων μηχανημάτων

Τα Jumbo πιθανόν έχουν μικρότερα ποσοστά από αυτά που απεικονίζονται στο παραπάνω σχήμα διότι για την εργασία υποστήριξης ή διάτρησης λειτουργούν με ρεύμα. Επομένως για μεγαλύτερη ακρίβεια, θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη το ποσοστό κατανάλωσης του ρεύματος αντί του πετρελαίου κατά την ώρα της εργασίας.

Θεωρώντας ως τιμή του πετρελαίου Diesel-κίνησης 1.25 € (μέση τιμή για το έτος 2015) προκύπτει ότι το συνολικό κόστος καυσίμων όλων των μηχανημάτων για όλη τη διάρκεια ζωής του ορυχείου είναι 46,868,912 €.

➤ *Κόστος Λιπαντικών*

Το κόστος λιπαντικών σύμφωνα με γερμανικές στατιστικές (βλ. Δομικές Μηχανές Χάρη Εφραιμίδη 12.3.4. §) είναι 8-15% του κόστους των καυσίμων δηλαδή,

$$LC = 15\% * (\text{Κόστος κατανάλωσης καυσίμων όλων των μηχανημάτων}) \Rightarrow$$

LC=7,030,337 € για όλη τη διάρκεια ζωής του ορυχείου.

➤ *Κόστος Συντήρησης*

Το συνολικό κόστος συντήρησης όλων των μηχανημάτων υπολογίστηκε ως εξής:

$$M = (\text{Συνολικό κόστος κτήσης όλων των μηχανημάτων}) * (\text{Συντελεστής συντήρησης}) \\ * (\text{συνολικά έτη λειτουργίας}) \Rightarrow$$

M= 44,517,109 € για όλη τη διάρκεια ζωής του ορυχείου.

*Για κανούργιο μηχάνημα ο συντελεστής συντήρησης είναι 8% ενώ για μεταχειρισμένο είναι 16% (εμπειρικά)*



Σχήμα 32. Συγκριση κόστους καταναλώσεων μηχανημάτων

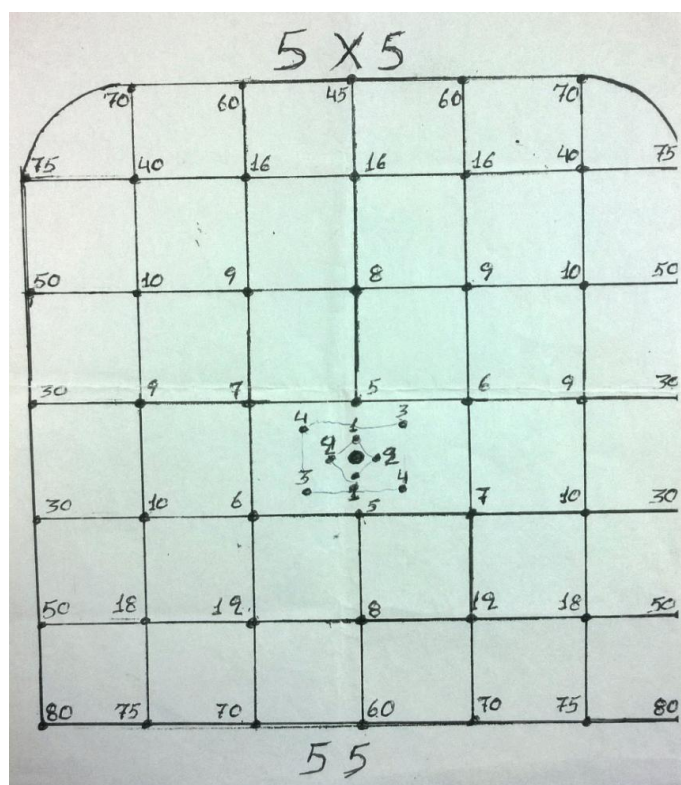
## Κεφάλαιο 5

### ΔΙΑΤΡΗΣΗ-ΑΝΑΤΙΝΑΞΗ-ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ

Στο κεφάλαιο αυτό υπολογίζονται τα αναλώσιμα υλικά της ανατίναξης (αριθμός κεφαλών διατρητικών, διατρητικών στελεχών και εκρηκτικών), της υποστήριξης (αριθμός πλαισίων, αγκυρίων, πλέγματος, εκτοξευμένου σκυροδέματος,) καθώς και το κόστος αυτών. Έχοντας πληροφορηθεί από την εταιρία ότι το κόστος λιθογόμωσης είναι περίπου  $21.6 \text{ €/m}^3$  (Κόστος λιθογόμωσης Μαντέμ Λάκκου) υπολογίζεται το συνολικό κόστος που θα προκύψει μελλοντικά από τη λιθογόμωση όλων των παραγωγικών στοών.

#### 5.1 Διάτρηση-Ανατίναξη

Για τον υπολογισμό του κόστους των ανατινάξεων, των διατρητικών στελεχών και των κεφαλών είναι απαραίτητη η γνώση του σχεδίου της ανατίναξης [βλ. Σχήμα 33] και των δεδομένων που παρουσιάζονται στον πίνακα 37.



Σχήμα 33. Σχέδιο ανατίναξης για τη φάση παραγωγής και ανάπτυξης του μεταλλείου Ολυμπιάδας

Πίνακας 37. Απαραίτητα δεδομένα για τον υπολογισμό των εκρηκτικών και των διατρητικών στελεχών-κεφαλών

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ		
$d_{\pi}$ [mm]	45	Διάμετρος περιφερειακών διατρημάτων
$d_k$ [mm]	110	Διάμετρος κεντρικών διατρημάτων
$L_{\Delta}$ [m]	3	Μήκος διατρημάτων
Boomer L2 [m/min]	6	Ρυθμός διάτρησης Boomer
$t_{fixed}$ [min]	1	Χρόνος μεταξύ δύο διατρημάτων
$T_4$	720	Έργασιμες ώρες ανά μήνα
$T$ [Έτη]	22	Χρόνος ζωής μεταλλείου σε έτη
$T_m$ [Μήνες]	264	Χρόνος ζωής μεταλλείου σε μήνες
$T_h$ [Ώρες]	190,080	Χρόνος ζωής μεταλλείου σε ώρες
$Cost_{detonator}$ [€/detonator]	1.5	Κόστος καψυλίου μαζί με noneI
$Cost_{electric\_detonator}$ [€/electric_detonator]	2.5	Κόστος ηλεκτρικού καψυλίου μαζί με noneI
$Cost_{emulsion}$ [€/kg]	3.28	Κόστος εκρηκτικού γαλακτώματος
$Wear\_Produc_{head}$ [m]	300	Μέτρα διάτρησης για αλλαγή κεφαλής κατά την παραγωγή
$Wear\_Produc_{pipe}$ [m]	2,000	Μέτρα διάτρησης για αλλαγή στελεχών κατά την παραγωγή
$Wear\_Devel_{head}$ [m]	200	Μέτρα διάτρησης για αλλαγή κεφαλής κατά την ανάπτυξη
$Wear\_Devel_{pipe}$ [m]	1,000	Μέτρα διάτρησης για αλλαγή στελεχών κατά την ανάπτυξη
$Cost_{head}$ [€]	200	Κόστος κεφαλής
$Cost_{pipe}$ [€]	170	Κόστος διατρητικού στελέχους

### ➤ Φάση Παραγωγής

- Υπολογισμός συνολικού μήκος παραγωγικών στοών:

Εφόσον οι διαστάσεις των στοών είναι  $5m \times 5m = 25m^2$  και η προχώρηση κατά την ανατίναξη είναι 3m (θεωρείται το μήκος διατρημάτων ίσο με την προχώρηση της ανατίναξης), τα εξορυσσόμενα  $m^3$  υλικού που θα παράγονται κατά την ανατίναξη θα είναι  $25m^2 \times 3m = 75 m^3$ .

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Με προχώρηση 3m ανατινάζονται } 75m^3 & \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Με προχώρηση 3m ανατινάζονται } 75m^3 \\ \text{L}_{production}; \end{array}} \right\} & \Rightarrow \\
 \text{L}_{production}; & 3,668,306 \text{ m}^3 & \\
 & \downarrow & \\
 & \boxed{\text{Μεταλλευτικά Αποθέματα}} &
 \end{array}$$

$$L_{production} [m] = 146,732$$

- Υπολογισμός ειδικής διάτρησης:

Το συνολικό μήκος διατρημάτων ανά ανατίναξη είναι

$$L_{\text{blasting}} [\text{m/blasting}] = 55 \text{ διατρήματα} * 3\text{m} \Rightarrow$$

$$L_{\text{blasting}} [\text{m/blasting}] = 165$$

Επομένως,

$$\left. \begin{array}{l} \text{Για να εξορυχτούν τα } 75 \text{ m}^3 \text{ πρέπει να διατρηθούν } 165 \text{ m} \\ \text{Για να εξορυχθεί } 1 \text{ m}^3 \end{array} \right\} S_d [\text{m/m}^3]; \Rightarrow$$

$$S_d [\text{m/m}^3] = 2.2$$

- Υπολογισμός μάζας εκρηκτικών:

Έχοντας ως δεδομένο από την εταιρία ότι η ειδική κατανάλωση κατά τη φάση της παραγωγής είναι  $S_c [\text{kg/m}^3] = 1.6$  ( $Q_{\text{blasting}} [\text{kg/blasting}] = 120$ ), η συνολική μάζα των εκρηκτικών υπολογίζεται ως ακολούθως

$$\left. \begin{array}{l} \text{Για να εξορυχτεί } 1\text{m}^3 \text{ απαιτούνται } 1.6 \text{ kg εκρηκτικής υλης} \\ \text{Για να εξορυχτούν τα } 3,668,306 \text{ m}^3 \end{array} \right\} Q [\text{kg}]; \Rightarrow$$

$$Q [\text{kg}] = 5,869,290$$

- Κόστος εκρηκτικών:

$$\text{Cost}_{\text{explosives}} [\text{€/blasting}] = Q_{\text{blasting}} [\text{kg/blasting}] * \text{Cost}_{\text{emulsion}} [\text{€/kg}] + 55 * \text{Cost}_{\text{detonator}} [\text{€/detonator}] + \text{Cost}_{\text{electric\_detonator}} [\text{€/electric\_detonator}] \Rightarrow$$

$$\text{Cost}_{\text{explosives}} [\text{€/blasting}] = 478.6$$

1 ηλεκτικό καψύλιο/ ανατίναξη  
1 καψύλιο/διάτρημα



Σχήμα 34. Συνδεσμολογία εκρηκτικών στο μέτωπο

- Υπολογισμός συνολικού μήκους διάτρησης (για τον υπολογισμό των στελεχών & κεφαλών):

$$\left. \begin{array}{l} \text{Για να εξορυχτεί } 1 \text{ m}^3 \text{ πρέπει να διατρηθούν } 2.2 \text{ m} \\ \text{Για να εξορυχτούν } 3,668,306 \text{ m}^3 \end{array} \right\} L_d[\text{m}]; \Rightarrow$$

$$L_d[\text{m}] = 8,070,274$$

- Υπολογισμός συνολικών κεφαλών και διατρητικών στελεχών:

Για την τοποθέτηση των εκρηκτικών στο μέτωπο είναι απαραίτητη η όρυξη διατρημάτων κατά την οποία προκαλούνται φθορές στα διατρητικά στελέχη και στις κεφαλές. Ο αριθμός των στελεχών και κεφαλών αντιπροσωπεύει αυτές τις φθορές.

Total\_Head = Συνολικό μήκος διάτρησης / Μέτρα διάτρησης για αλλαγή κεφαλής κατά την παραγωγή

Total\_Pipe = Συνολικό μήκος διάτρησης / Μέτρα διάτρησης για αλλαγή στελεχών κατά την παραγωγή

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω προέκυψαν τα συμπεράσματα που απεικονίζονται στον πίνακα 38.α.

Πίνακας 38.α. Συμπεράσματα ανατίναξης για τη Φάση Παραγωγής

A [m <sup>2</sup> ]	25	Εμβαδό διατομής
L <sub>production</sub> [m]	146,732	Συνολικό μήκος στοών που θα διατηρηθεί
N <sub>bores</sub>	55	Αριθμός διατηρημάτων/ανατίναξη
L <sub>blasting</sub> [m/blast]	165	Συνολικό μήκος διάτρησης/ανατίναξη
Sd [m/m <sup>3</sup> ]	2.2	Ειδική διάτρηση
Sc [kg/m <sup>3</sup> ]	1.6	Ειδική κατανάλωση (Δεδομένο)
V <sub>galleries</sub> [m <sup>3</sup> ]	3,668,306	Συνολικός όγκος στοών
Q [kg]	5,869,290	Συνολική μάζα εκρηκτικών
Ld [m]	8,070,274	Συνολικό μήκος διάτρησης
N <sub>holes</sub>	2,690,091	Συνολικός αριθμός διατηρημάτων (για τα 22 χρόνια)
N <sub>blastings</sub>	48,911	Συνολικός αριθμός ανατινάξεων (για τα 22 χρόνια)
V <sub>blasting</sub> [m <sup>3</sup> ]	75	Όγκος ανά ανατίναξη
Q <sub>blasting</sub> [kg/blast]	120	Μάζα εκρηκτικού ανά ανατίναξη
Cost <sub>explosives</sub> [€/blast]	478.60	Κόστος εκρηκτικών ανά ανατίναξη
Total_Head	26,901	Συνολικές κεφαλές που θα χρησιμοποιηθούν για όλη την παραγωγική φάση
Total_Pipe	4,035	Συνολικά διατηρητικά στελέχη που θα χρησιμοποιηθούν για όλη την παραγωγική φάση
<b>Produc_Total_Cost<sub>explosives</sub> [€]</b>	<b>23,408,686</b>	<b>Συνολικό κόστος εκρηκτικών</b>
<b>Produc_Total_Cost<sub>wear_blasting</sub> [€]</b>	<b>6,066,156</b>	<b>Συνολικό κόστος κεφαλής και διατηρητικών στελεχών για όλη την παραγωγική φάση</b>



➤ Φάση Ανάπτυξης

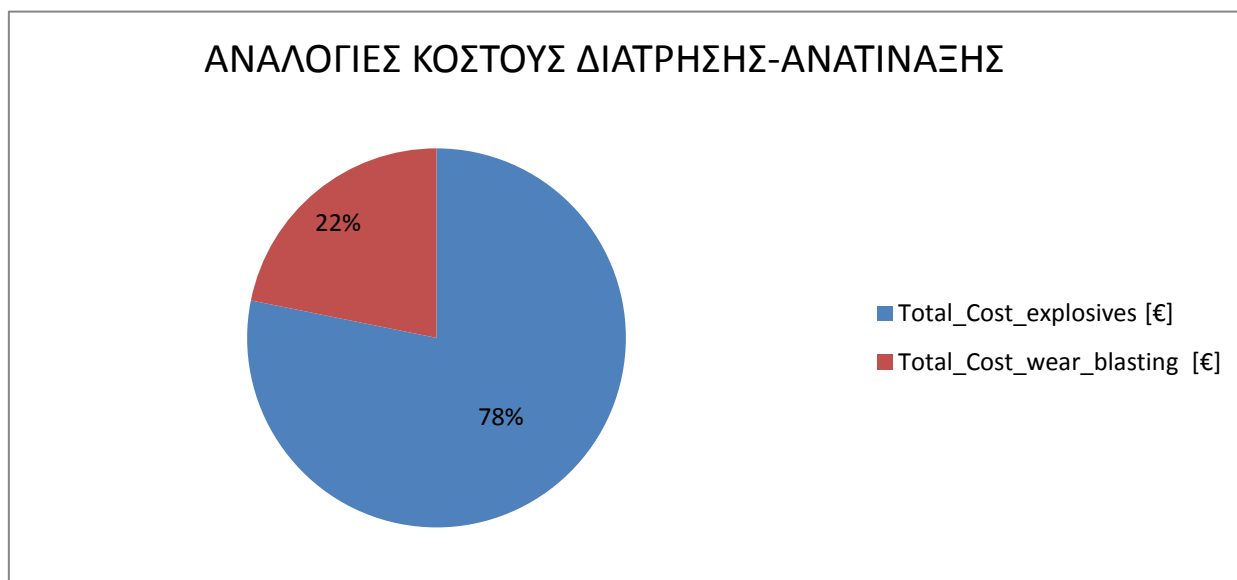
Στη φάση της ανάπτυξης εφαρμόστηκε η ίδια μεθοδολογία με τη φάση παραγωγής. Με τη βοήθεια του excel προέκυψε ο Πίνακας 38.β.

Πίνακας 38.β. Συμπεράσματα ανατίναξης για τη Φάση Ανάπτυξης

A [m <sup>2</sup> ]	25	Εμβαδό διατομής
L <sub>development</sub> [m]	61,327	Μήκος στοών που θα διατηρηθεί (συμπεριλαμβανομένων και των φρεάτων)
N <sub>bores</sub>	55	Αριθμός διατρημάτων/ανατίναξη
L <sub>blasting</sub> [m/blasting]	165	Συνολικό μήκος διάτρησης/ανατίναξη
Sd [m/m <sup>3</sup> ]	2.2	Ειδική διάτρηση
Sc [kg/m <sup>3</sup> ]	2.13	Ειδική κατανάλωση (Δεδομένο)
V <sub>galleries</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,533,163	Συνολικός όγκος στοών
Q [kg]	3,265,636	Συνολική μάζα εκρηκτικών
Ld [m]	3,372,958	Συνολικό μήκος διάτρησης
N <sub>holes</sub>	1,124,319	Συνολικός αριθμός διατρημάτων
N <sub>blastings</sub>	20,442	Συνολικός αριθμός ανατινάξεων
V <sub>blasting</sub> [m <sup>3</sup> ]	75	Όγκος ανά ανατίναξη
Q <sub>blasting</sub> [kg/blasting]	160	Μάζα εκρηκτικού ανά ανατίναξη
Cost <sub>explosives</sub> [€/blasting]	608.98	Κόστος εκρηκτικών ανά ανατίναξη
Total_Head	16,865	Συνολικές κεφαλές που θα χρησιμοποιηθούν για όλη τη φάση ανάπτυξης
Total_Pipe	3,373	Συνολικά διατρητικά στελέχη που θα χρησιμοποιηθούν για όλη τη φάση ανάπτυξης
Devel_Total_Cost <sub>explosives</sub> [€]	12,448,871	Συνολικό κόστος εκρηκτικών
Devel_Total_Cost <sub>wear_blasting</sub> [€]	3,946,361	Συνολικό κόστος κεφαλής και διατρητικών στελεχών για όλη τη φάση ανάπτυξης

Πίνακας 39. Συμπεράσματα ανατίναξης για τις δύο φάσεις

Total_Cost_explosives [€]	35,857,558
Total_Cost_wear_blasting [€]	10,012,517



Σχήμα 35. Σύγκριση κόστους Διάτρησης-Ανατίναξης

## 5.2 Υποστήριξη-Λιθογόμωση

Η υποστήριξη των παραγωγικών στοών σύμφωνα με μελέτη της εταιρίας θα γίνει με κοχλίες split-set ή swellex (100% της οροφής και 60% των τοιχωμάτων) και πλέγμα (σε ποσοστό 100%), ενώ παράλληλα θα χρησιμοποιηθεί Gunitite (σε ποσοστό 12% της οροφής και 7% των τοιχωμάτων) για την ενίσχυση των τοιχωμάτων.



Σχήμα 36. Κοχλίωση οροφής μεταλλείου Ολυμπιάδας

Οι παραγωγικές στοές κατά το πέρας της εξόφληση τους θα γομωθούν με υλικό λιθογόμωσης το οποίο αποτελείται κυρίως από νερό (περίπου 270lt), τσιμέντο (170kg) και αδρανές υλικό (1300kg) το οποίο μπορεί να είναι τα τέλματα που παράγονται από τις διεργασίες εμπλουτισμού ή στείρα πετρώματα.



Σχήμα 37. Φράγμα λιθογόμωσης μεταλλείου Μαντεμ-Λάκκου

Τέλος, η υποστήριξη των έργων προσπέλασης θα γίνει με κοχλίες (100% της οροφής και 40% των τοιχωμάτων), Gunite (σε ποσοστό 100%) και πλαίσια κατά περιστάσεις (σε ποσοστό περίπου 5%).



Σχήμα 38. Εργασίες υποστήριξης πλαισίων μεταλλείου Ολυμπιάδας

#### ➤ Φάση Παραγωγής

- Υπολογισμός αριθμού κοχλιών:

Έχοντας ως δεδομένο από την παράγραφο 5.1 το συνολικό μήκος στοών που θα διατηρηθεί  $L_{\text{production}} [\text{m}] = 146,732$  και από την τεχνική μελέτη τα τετραγωνικά που μπορεί να υποστηρίξει 1 κοχλίας  $S_q [\text{m}^2] = 2$ , υπολογίζεται ο αριθμός των κοχλιών ως ακολούθως,

- Τα συνολικά τετραγωνικά οροφής που πρέπει να υποστηριχτούν με κοχλίες είναι  $S_{q_{\text{roof}}} [\text{m}^2] = L_{\text{production}} [\text{m}] * (\text{πλάτος της οροφής}) = 146,732 \text{ m} * 5 \text{ m} \Rightarrow$

$$S_{q_{\text{roof}}} [\text{m}^2] = 733,662$$

- Τα συνολικά τετραγωνικά τοιχωμάτων που πρέπει να υποστηριχτούν με κοχλίες είναι  $S_{q_{\text{walls}}} [\text{m}^2] = L_{\text{production}} [\text{m}] * (\text{πλάτος της οροφής}) * (\text{ποσοστό τοιχωμάτων που θα υποστηριχτούν}) * 2 \Rightarrow$   
 $S_{q_{\text{walls}}} [\text{m}^2] = 146,732 \text{ m} * 5 \text{ m} * 0.6 * 3 \Rightarrow$

$$Sq_{walls} [m^2] = 880,394$$

Επομένως,

Οι συνολικοί κοχλίες που απαιτούνται για την υποστήριξη της οροφής όλων των παραγωγικών στοών είναι:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ο 1 κοχλίας υποστηρίζει } 2 \text{ m}^2 \\ \text{Bolts}_{\text{roof}}; \text{ υποστηρίζουν τα } 733,662 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\text{Bolts}_{\text{roof}} = 366,831$$

Ενώ οι συνολικοί κοχλίες που απαιτούνται για την υποστήριξη των τοιχωμάτων όλων των παραγωγικών στοών είναι:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ο 1 κοχλίας υποστηρίζει } 2 \text{ m}^2 \\ \text{Bolts}_{\text{walls}}; \text{ υποστηρίζουν τα } 880,394 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\text{Bolts}_{\text{walls}} = 440,197$$

Συνεπώς,

$$\text{Total\_Bolts} = \text{Bolts}_{\text{roof}} + \text{Bolts}_{\text{walls}} = 366,831 + 440,197 \Rightarrow$$

$$\text{Total\_Bolts} = 807,028 \text{ για τη φάση παραγωγής}$$

- Υπολογισμός συνολικών κεφαλών και διατρητικών στελεχών:

Για την τοποθέτηση κοχλιών στην οροφή και στα τοιχώματα είναι απαραίτητη η όρυξη διατρημάτων κατά την οποία προκαλούνται φθορές στα διατρητικά στελέχη και στις κεφαλές. Ο αριθμός των στελεχών και κεφαλών αντιπροσωπεύει αυτές τις φθορές.

$\text{Total\_Head} = \text{Συνολικό μήκος διάτρησης} / \text{Μέτρα διάτρησης για αλλαγή κεφαλής κατά την παραγωγή}$

Total\_Pipe = Συνολικό μήκος διάτρησης / Μέτρα διάτρησης για αλλαγή στελεχών κατά την παραγωγή

Όπου:

Συνολικό μήκος διάτρησης  $L_{\text{supporting}}$  [m] = (Αριθμός κοχλίων) \* (Μήκος κοχλίου) =>

$$L_{\text{supporting}} [\text{m}] = 807,028 * 2.5\text{m} =>$$

$$L_{\text{supporting}} [\text{m}] = 2,017,570$$

- Απαιτούμενα τετραγωνικά πλέγματος:

Τα συνολικά τετραγωνικά που θα υποστηριχτούν με πλέγμα είναι:

$$Sq_{\text{grid}} [\text{m}^2] = [L_{\text{production}} * 5\text{m} + L_{\text{production}} * 5\text{m} + L_{\text{production}} * 5\text{m}] =>$$

(Δηλαδή, οι 3 επιφάνειες της στοάς που θα υποστηριχτούν με πλέγμα)

$$Sq_{\text{grid}} [\text{m}^2] = 2,200,984$$

(Το πλέγμα που επιλέχθηκε είναι τύπου T196)

- Απαιτούμενη ποσότητα εκτοξευμένου σκυροδέματος (Gunit):

Έχοντας ως δεδομένο από την παράγραφο 4.6 το πάχος του εκτοξευμένου σκυροδέματος στα τοιχώματα και στην οροφή  $\text{Thickness}_{\text{shotcrete}} [\text{mm}] = 50$  και από την παράγραφο 5.1 το συνολικό μήκος στοών παραγωγής  $L_{\text{production}} [\text{m}] = 146,732$ , η απαιτούμενη ποσότητα σκυροδέματος υπολογίζεται ως ακολούθως,

- Τα συνολικά τετραγωνικά οροφής που πρέπει να ενισχυθούν με Gunit είναι  $Sq_{\text{roof for shotcrete}} [\text{m}^2] = L_{\text{production}} [\text{m}] * (\text{πλάτος της οροφής}) * (\text{ποσοστό οροφής που θα ενισχυθεί}) = 146,732 \text{ m} * 5 \text{ m} * 0.12 =>$

$$Sq_{\text{roof for shotcrete}} [\text{m}^2] = 88,040$$

- Τα συνολικά τετραγωνικά τοιχωμάτων που πρέπει να ενισχυθούν με Gunit είναι  $Sq_{\text{walls for shotcrete}} [\text{m}^2] = L_{\text{production}} [\text{m}] * (\text{πλάτος της οροφής}) * (\text{ποσοστό τοιχωμάτων που θα υποστηριχτούν}) * 2 =>$   
 $Sq_{\text{walls for shotcrete}} [\text{m}^2] = 146,732 \text{ m} * 5 \text{ m} * 0.07 * 2 =>$

$$Sq_{\text{walls for shotcrete}} [\text{m}^2] = 102,713$$

Πολλαπλασιάζοντας τις παραπάνω ποσότητες με το πάχος του Gunita στα τοιχώματα και στην οροφή (μετατρέπόμενο σε μέτρα), προκύπτει η απαραίτητη ποσότητα σκυροδέματος τοιχωμάτων και οροφής για όλη τη φάση της παραγωγής.

Συνεπώς,

$$\text{Shotcrete}_{\text{roof}} [\text{m}^3] = 4,402 \text{ και } \text{Shotcrete}_{\text{wall}} [\text{m}^3] = 5,136$$

Και 
$$\text{Total\_Shotcrete} [\text{m}^3] = 9,538$$

- Απαιτούμενη ποσότητα υλικού λιθογόμωσης:

Τα συνολικά κυβικά που θα λιθογομωθούν μετά την εξόφληση του κοιτάσματος τα οποία αντιπροσωπεύουν την απαιτούμενη ποσότητα του υλικού λιθογόμωσης είναι  $\text{Backfill} [\text{m}^3] = L_{\text{production}} [\text{m}] * (\text{διατομή των στοών}) = 146,732 \text{ m} * 25\text{m}^2 \Rightarrow$

$$\text{Backfill} [\text{m}^3] = 3,668,306$$

*(Δηλαδή όσα είναι τα μεταλλευτικά αποθέματα)*

Η διαδικασία της λιθογόμωσης των κενών γίνεται κατά κύριο λόγο για την επιστροφή των στείων στο αρχικό τους περιβάλλον (αποκατάσταση) αλλά και για την ενίσχυση της ασφάλειας της μεθόδου εκμετάλλευσης.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τους παραπάνω υπολογισμούς φαίνονται στον πίνακα 40.α. της επόμενης σελίδας.

Πίνακας 40.α. Συμπεράσματα υποστήριξης για τη Φάση Παραγωγής

$L_{production}$ [m]	146,732	Συνολικό μήκος στοών που θα διατηρηθεί
$Sq$ [m <sup>2</sup> ]	2	Τετραγωνικά που υποστηρίζει 1 κοχλίας
$Sq_{roof}$ [m <sup>2</sup> ]	733,662	Συνολικά τετραγωνικά οροφής που πρέπει να υποστηριχτούν
$Sq_{walls}$ [m <sup>2</sup> ]	880,394	Συνολικά τετραγωνικά τοιχωμάτων που πρέπει να υποστηριχτούν
$Bolts_{roof}$	366,831	Συνολικοί κοχλίες που θα χρησιμοποιηθούν στην οροφή
$Bolts_{wall}$	440,197	Συνολικοί κοχλίες που θα χρησιμοποιηθούν στα τοιχώματα
Total_Bolts	807,028	Συνολικοί κοχλίες που θα χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη
Cost <sub>bolt</sub> [€]	14	Κόστος ενός κοχλίου
<b>Produc_Total_Cost<sub>bolts</sub> [€]</b>	<b>11,298,392</b>	<b>Συνολικό κόστος κοχλίων για όλη την παραγωγική φάση</b>
Wear_Produc <sub>head</sub> [m]	200	Μέτρα διάτρησης για αλλαγή κεφαλής
Wear_Produc <sub>pipe</sub> [m]	1,000	Μέτρα διάτρησης για αλλαγή στελέχους
$L_{supporting}$ [m]	2,017,570	Συνολικό μήκος που θα διατηρηθεί για την τοποθέτηση κοχλίων
Total_Head	10,088	Συνολικές κεφαλές που θα χρησιμοποιηθούν
Total_Pipe	2,018	Συνολικά διατηρητικά στελέχη που θα χρησιμοποιηθούν
Cost <sub>head</sub> [€]	200	Κόστος κεφαλής
Cost <sub>pipe</sub> [€]	170	Κόστος διατηρητικού στελέχους
<b>Produc_Total_Cost<sub>wear_support</sub> [€]</b>	<b>2,360,557</b>	<b>Συνολικό κόστος κεφαλών και διατηρητικών στελεχών</b>
$Sq_{grid}$ [m <sup>2</sup> ]	2,200,984	Συνολικά τετραγωνικά που πρέπει να ενισχυθούν με πλέγμα
Cost <sub>grid</sub> per tn [€/tn]	570	Κόστος πλέγματος ανά τόνο
Weight [tn/m <sup>2</sup> ]	0.003116	Βάρος που αντιστοιχεί σε ένα τετραγωνικό πλέγματος
Cost <sub>grid</sub> [€/m <sup>2</sup> ]	2	Κόστος πλέγματος ανά τετραγωνικό μέτρο
<b>Produc_Total_Cost<sub>grid</sub> [€]</b>	<b>3,909,212</b>	<b>Συνολικό κόστος πλέγματος για όλη την παραγωγική φάση</b>
Thickness <sub>shotcrete</sub> [mm]	50	Πάχος εκτοξευμένου σκυροδέματος στα τοιχώματα και στην οροφή
$Sq_{roof}$ for shotcrete [m <sup>2</sup> ]	88,040	Συνολικά τετραγωνικά οροφής που πρέπει να ενισχυθούν
$Sq_{walls}$ for shotcrete [m <sup>2</sup> ]	102,713	Συνολικά τετραγωνικά τοιχωμάτων που πρέπει να ενισχυθούν
Shotcrete <sub>roof</sub> [m <sup>3</sup> ]	4,402	Συνολική ποσότητα σκυροδέματος που θα χρειαστεί για την οροφή
Shotcrete <sub>wall</sub> [m <sup>3</sup> ]	5,136	Συνολική ποσότητα σκυροδέματος που θα χρειαστεί για τα τοιχώματα
Total_Shotcrete [m <sup>3</sup> ]	9,538	Συνολική ποσότητα σκυροδέματος που θα χρειαστεί
Cost <sub>shotcrete</sub> [€/m <sup>3</sup> ]	85	Κόστος εκτοξευμένου σκυροδέματος ανά κυβικό μέτρο
<b>Produc_Total_Cost<sub>shotcrete</sub> [€]</b>	<b>810,700</b>	<b>Συνολικό κόστος σκυροδέματος για όλη την παραγωγική φάση</b>
Backfill [m <sup>3</sup> ]	3,668,306	Συνολικά κυβικά που θα γομωθούν μετά την εξόφληση του κοιτάσματος
Cost <sub>backfil</sub> [€/m <sup>3</sup> ]	21.6	Κόστος υλικού λιθογόμωσης ανά κυβικό μέτρο
<b>Produc_Total_Cost<sub>backfilling</sub> [€]</b>	<b>79,235,420</b>	<b>Συνολικό κόστος υλικού λιθογόμωσης για όλη την παραγωγική φάση</b>



➤ *Φάση Ανάπτυξης*

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία για τη φάση ανάπτυξης, χρησιμοποιώντας όμως τα ποσοστά υποστήριξης που αναφέρθηκαν στην αρχή του κεφαλαίου, προέκυψε ο Πίνακας 40.β.

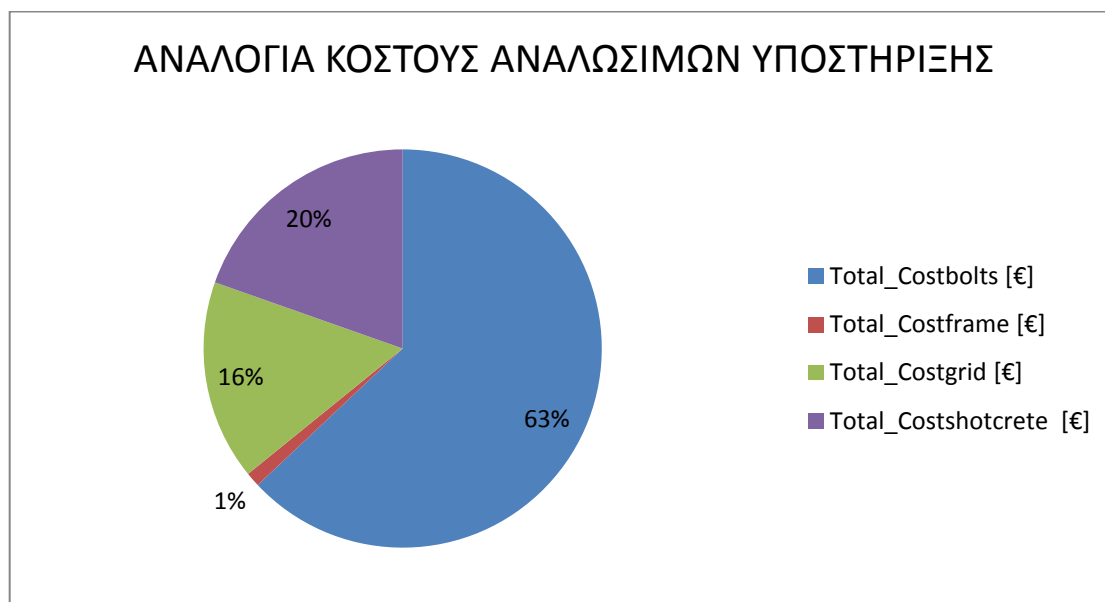
Κατά τη φάση ανάπτυξης θα λιθογομωθούν τα ημι-μόνιμα έργα [βλ. Σχήμα 11– Στοές με κίτρινο χρώμα], υπό την προϋπόθεση ότι έχουν λιθογομωθεί πρωτίστως οι παραγωγικές στοές του συγκεκριμένου όροφου.

Πίνακας 40.β. Συμπεράσματα υποστήριξης για τη Φάση Ανάπτυξης

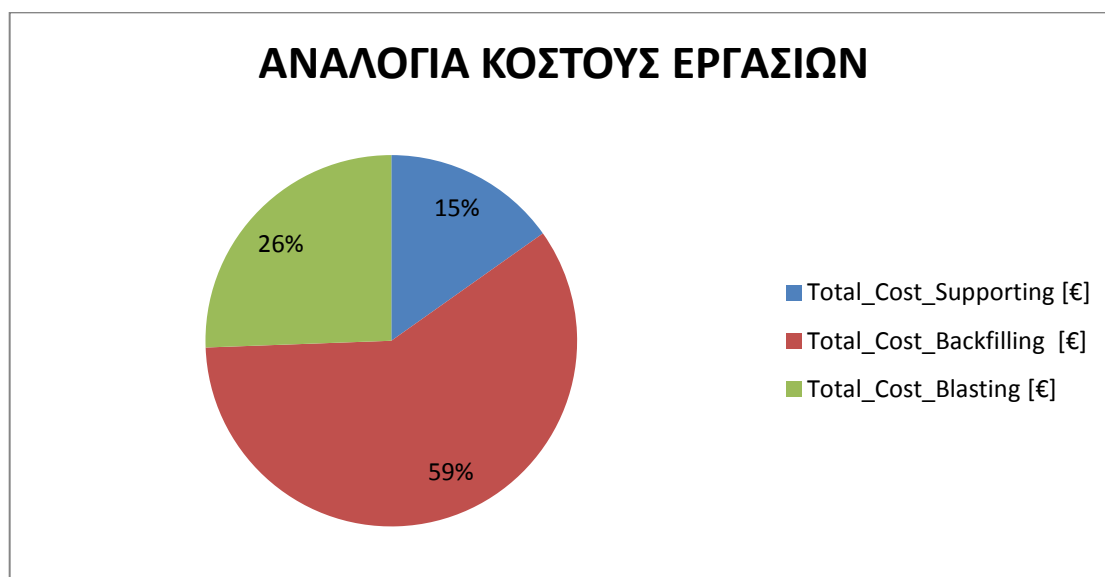
$L_{development}$ [m]	61,327	Συνολικό μήκος στοών που θα διατηρηθεί (συμπεριλαμβανομένων και των φρεάτων)
$Sq$ [m <sup>2</sup> ]	2	Τετραγωνικά που υποστηρίζει 1 κοχλίας
$Sq_{roof}$ [m <sup>2</sup> ]	306,633	Συνολικά τετραγωνικά οροφής που πρέπει να υποστηριχτούν
$Sq_{walls}$ [m <sup>2</sup> ]	245,307	Συνολικά τετραγωνικά τοιχωμάτων που πρέπει να υποστηριχτούν
$Bolts_{roof}$	153,317	Συνολικοί κοχλίες που θα χρησιμοποιηθούν για την οροφή
$Bolts_{wall}$	122,654	Συνολικοί κοχλίες που θα χρησιμοποιηθούν για τα τοιχώματα
Total_Bolts	275,970	Συνολικοί κοχλίες που θα χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη
Cost <sub>bolt</sub> [€]	14	Κόστος ενός κοχλίου
<b>Devel_Total_Cost<sub>bolts</sub> [€]</b>	<b>3,863,580</b>	<b>Συνολικό κόστος κοχλίων για όλη τη φάση ανάπτυξης</b>
Wear_Devel <sub>head</sub> [m]	200	Μέτρα διάτρησης για αλλαγή κεφαλής
Wear_Devel <sub>pipe</sub> [m]	1,000	Μέτρα διάτρησης για αλλαγή στελεχών
$L_{supporting}$ [m]	689,925	Συνολικό μήκος που θα διατηρηθεί για την τοποθέτηση αγκυρίων
Total_Head	3,450	Συνολικές κεφαλές που θα χρησιμοποιηθούν
Total_Pipe	690	Συνολικά διατηρητικά στελέχη που θα χρησιμοποιηθούν
Cost <sub>head</sub> [€]	200	Κόστος κεφαλής
Cost <sub>pipe</sub> [€]	170	Κόστος διατηρητικού στελέχους
<b>Devel_Total_Cost<sub>wear_support</sub> [€]</b>	<b>807,212</b>	<b>Συνολικό κόστος κεφαλών και διατηρητικών στελεχών</b>
Me_horizontal [m]	11,350	Συνολική έκταση στοών προσπέλασης (μόνιμα έργα)
Mef [m]	568	Συνολικά μέτρα στοών προσπέλασης που πρέπει να υποστηριχτούν με πλαίσιο (5%)
$\rho_{frames}$ [m]	1.5	Απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πλαισίων (Πυκνότητα πλαισίωσης)
Total_Frames	757	Συνολικά πλαίσια που θα χρησιμοποιηθούν κατά την φάση ανάπτυξης
Cost <sub>frame</sub> [€/m]	500	Κόστος πλαισίου ανά μέτρο στοάς
<b>Devel_Total_Cost<sub>frame</sub> [€]</b>	<b>283,750</b>	<b>Συνολικό κόστος πλαισίων για όλο το μήκος των κύριων στοών</b>
Thickness <sub>shotcrete</sub> [mm]	50	Πάχος εκτοξευμένου σκυροδέματος στα τοιχώματα και στην οροφή
$Sq_{roof}$ for shotcrete [m <sup>2</sup> ]	306,633	Συνολικά τετραγωνικά οροφής που πρέπει να ενισχυθούν
$Sq_{walls}$ for shotcrete [m <sup>2</sup> ]	613,266	Συνολικά τετραγωνικά τοιχωμάτων που πρέπει να ενισχυθούν
Shotcrete <sub>roof</sub> [m <sup>3</sup> ]	15,332	Συνολική ποσότητα εκτοξευμένου σκυροδέματος για την οροφή
Shotcrete <sub>wall</sub> [m <sup>3</sup> ]	30,663	Συνολική ποσότητα εκτοξευμένου σκυροδέματος για τα τοιχώματα
Total_Shotcrete [m <sup>3</sup> ]	45,995	Συνολική ποσότητα εκτοξ. σκυροδέματος που θα χρειαστεί
Cost <sub>shotcrete</sub> [€/m <sup>3</sup> ]	85	Κόστος εκτοξευμένου σκυροδέματος ανά κυβικό μέτρο
<b>Devel_Total_Cost<sub>shotcrete</sub> [€]</b>	<b>3,909,571</b>	<b>Συνολικό κόστος σκυροδέματος για όλη τη φάση ανάπτυξης</b>
Backfill [m <sup>3</sup> ]	1,249,413	Συνολικά κυβικά που θα γομωθούν μετά την εξόφληση του κοιτάσματος
Cost <sub>backfil</sub> [€/m <sup>3</sup> ]	21.6	Κόστος υλικού λιθογόμωσης ανά κυβικό μέτρο
<b>Produc_Total_Cost<sub>backfilling</sub> [€]</b>	<b>26,987,312</b>	<b>Συνολικό κόστος υλικού λιθογόμωσης για τα ημι-μόνιμα έργα</b>

Πίνακας 41. Συμπεράσματα υποστήριξης και για τις δύο φάσεις

Total_Cost_Supporting [€]	24,075,205
Total_Cost_Backfilling [€]	106,222,732
Total_Cost_wear_support [€]	3,167,769



Σχήμα 39. Σύγκριση κόστους αναλώσιμων υποστήριξης



Σχήμα 40. Σύγκριση κόστους εργασιών

## Κεφάλαιο 6

### ΦΩΤΙΣΜΟΣ-ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό, υπολογίζεται ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων των στοών προσπέλασης και ο αριθμός των ανεμιστήρων αερισμού. Από τους αριθμούς αυτούς θα προκύψει το κόστος του φωτισμού και αερισμού τα οποία θα συμπεριληφθούν στο υπολογισμό του μοναδιαίου κόστους σε μεταγενέστερο κεφάλαιο.

#### 6.1 Φωτισμός

Τα φωτιστικά σώματα θα τοποθετηθούν στις στοές προσπέλασης έτσι ώστε να υπάρχει ένταση φωτός τουλάχιστον 20 Lux όπως ορίζεται από τη νομοθεσία (Κ.Μ.Α.Ε. άρθρο 33 - 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο). Στις στοές παραγωγής η ένταση του φωτισμού πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 Lux, γεγονός που σημαίνει ότι η λυχνία που βρίσκεται στο προστατευτικό κράνος των εργαζομένων, σε συνδυασμό με τη λάμπα εργασίας και τον φωτισμό του μηχανήματος εξασφαλίζουν την απαιτούμενη ένταση που ορίζει η νομοθεσία.



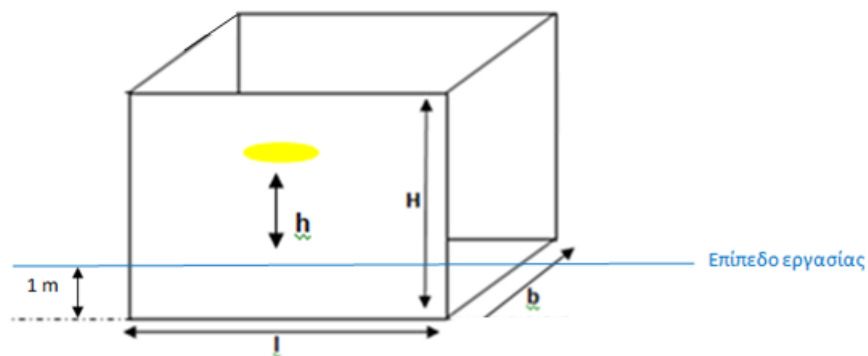
Σχήμα 41. Κεντρική στοά Ολυμπιάδας στην οποία είναι διακριτά τα φωτιστικά σώματα

Για τον υπολογισμό των φωτιστικών σωμάτων είναι απαραίτητα τα στοιχεία που απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 42. Δεδομένα-Θεωρήσεις για τον υπολογισμό των φωτιστικών σωμάτων

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΧΩΡΟΥ	Πλάτος [ b ]	5 m
	<b>*Μήκος [ l ]</b>	<b>5 m</b>
	Υψος [ H ]	5 m
	Επιφάνεια [ F ]	25 m <sup>2</sup>
	Απόσταση οροφής από το επίπεδο εργασίας [ ε ]	4 m
	Απόσταση φωτιστικών από το επίπεδο εργασίας [ h ]	2 m
	Απαιτούμενη ένταση [E]	25 lux


\*Υποθέτουμε αρχικά ότι θέλουμε το 1 φωτιστικό σώμα να καλύπτει 5 m μήκος στοάς



Σχήμα 42. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χώρου που πρόκειται να φωτιστεί


Στο αρχικό στάδιο επιλέγεται τύπος λαμπτήρα και τύπος φωτιστικού σώματος στο οποίο θα τοποθετηθεί ο λαμπτήρας. Από έρευνα που πραγματοποιήθηκε βρέθηκαν τα εξής μοντελά:

Πίνακας 43. Λαμπτήρας φωτισμού υπογείων έργων

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟΥ ΛΑΜΠΤΗΡΑ		
Μοντέλο:	LUMILUX T5 HO	
Περιγραφή:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Λαμπτήρας Φθορισμού,</li> <li>- Κάταλληλο για σήραγγες, υπόγειες διαβάσεις και βιομηχανίες,</li> <li>- Άμεσος φωτισμός*</li> <li>- Τιμή: 12,19 €</li> </ul>	

\*Για τον άμεσο φωτισμό: Στον άμεσο φωτισμό όλο το φως κατευθύνεται, προς την φωτιζόμενη επιφάνεια. Μειονεκτήματα: μεγάλη θάμβωση και κατοπτρισμός, έντονες σκιές, δεν είναι καλαίσθητος. Πλεονεκτήματα: μικρό κόστος εγκατάστασης, μεγάλος βαθμός αποδόσεως, μικρό κόστος συντηρήσεως

Πίνακας 44. Φωτιστικό σώμα για την τοποθέτηση του λαμπτήρα

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟΥ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ		
Μοντέλο:	OSRAM-ECOPACK T5	
Περιγραφή:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ισχύς: 35/49/80 W,</li> <li>- Ονομαστική τάση: 230/240 V</li> <li>- Υλικό πλαισίου: Ατσάλι</li> <li>- Αριθμός φωτεινών πηγών: 1</li> <li>- Τιμή: 91,80 €</li> </ul> <p>(Κατάλληλο για τον λαμπτήρα LUMILUX T5 HO)</p>	

Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του λαμπτήρα προκύπτει ότι ο συντελεστής συντήρησης ο οποίος είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό των φωτιστικών σωμάτων έχει τιμή  $n_s = 0.9$  ενώ ο συντελεστής χρησιμοποίησης έχει τιμή  $n_{\chi} = 0.24$  και αποτελεί εξίσου μια σημαντική παράμετρο για τον υπολογισμό

.

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης  $n_{\chi}$  υπολογίστηκε ως εξής:

**1<sup>ο</sup> βήμα: Ένρεση του δείκτη χώρου**

$$K = \frac{l \cdot b}{h \cdot (l + b)} = \frac{5\text{m} \cdot 5\text{m}}{2\text{m} \cdot (5\text{m} + 5\text{m})} \Rightarrow K = 1.25$$

(Ο παραπάνω τύπος ισχύει για άμεσο, ημιάμεσο και ομοιόμορφο φωτισμό)

Όπου K: ο δείκτης χώρου

l : Το μήκος ή η μεγάλη διάσταση του χώρου

b: Το πλάτος ή η μικρή διάσταση του χώρου

h : Το ύψος του φωτιστικού από το επίπεδο εργασίας

## 2ο βήμα: Έυρεση του συντελεστή ανάκλασης των τοιχωμάτων και της οροφής

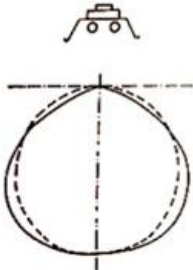
Πίνακας 45. Τιμές συντελεστή ανάκλασης

Συντελεστής ανάκλασης τοίχων $r_w$		Συντελεστής ανάκλασης οροφής $r_c$	
0,1	Για σκούρα χρώματα	0,3	Για μέσα χρώματα
0,3	Για μέσα χρώματα	0,5	Για ανοικτά χρώματα
0,5	Για ανοικτά χρώματα	0,7	Για πολύ ανοικτά έως λευκά χρώματα

Επιλέχθηκε  $r_w=0,1$  και  $r_c=0,3$

## 3ο βήμα: Εύρεση του συντελεστή χρησιμοποίησης σύμφωνα με τον δείκτη χώρου (K) και τους συντελεστές ανάκλασης $r_w-r_c$

Πίνακας 46. Τιμές συντελεστή χρησιμοποίησης

Λαμπτήρες Φθορισμού			Συντελεστής χρησιμοποίησης, κατάσταση, καινούρια									Συντελεστής Συντήρησης		
Τύπος φωτιστικού σώματος	ν %	k	r <sub>c</sub> = 0,7			r <sub>c</sub> = 0,5			r <sub>c</sub> = 0,3			Καθαρισμός άπαξ ανα έτη		
Άμεσος - Φωτιστικό Σώμα Βιομηχανικού Τύπου Με Ανακλαστήρα			r <sub>w</sub> =0,5	r <sub>w</sub> =0,3	r <sub>w</sub> = 0,1	r <sub>w</sub> =0,5	r <sub>w</sub> =0,3	r <sub>w</sub> = 0,1	r <sub>w</sub> =0,5	r <sub>w</sub> =0,3	r <sub>w</sub> = 0,1	1 (A)	2 (B)	3 (C)
	0	1	0,29	0,24	0,2	0,29	0,23	0,2	0,28	0,23	0,2	Βαθμός Ρύπανσης Χαμηλός		
		1,2	0,35	0,29	0,25	0,34	0,28	0,25	0,33	0,28	0,24			
		1,5	0,41	0,36	0,31	0,41	0,35	0,31	0,4	0,35	0,31			
		2	0,5	0,45	0,41	0,49	0,44	0,41	0,48	0,44	0,41	X	X	X
		2,5	0,55	0,5	0,47	0,54	0,5	0,46	0,53	0,5	0,46	Βαθμός Ρύπανσης Μέσος		
	3	0,59	0,55	0,51	0,58	0,54	0,51	0,58	0,54	0,51				
	82	4	0,65	0,61	0,58	0,64	0,6	0,58	0,63	0,6	0,57	1,4	1,7	1,9
		5	0,68	0,65	0,62	0,67	0,64	0,62	0,66	0,64	0,62	Βαθμός Ρύπανσης Υψηλός		
		6	0,7	0,67	0,65	0,69	0,67	0,65	0,69	0,67	0,65			
		8	0,73	0,71	0,69	0,72	0,71	0,69	0,72	0,7	0,69	1,85	2,55	3,1
		10	0,75	0,73	0,71	0,74	0,73	0,71	0,74	0,72	0,71	22		
	Φωτιστικό σώμα στο κεντρο του χώρου													
	1	0,32	0,26	0,22	0,31	0,26	0,22	0,3	0,26	0,22				
	1,2	0,38	0,33	0,29	0,37	0,32	0,29	0,37	0,32	0,29				
	1,5	0,46	0,41	0,38	0,46	0,41	0,38	0,45	0,41	0,38				
		2	0,57	0,53	0,5	0,57	0,53	0,5	0,56	0,53	0,5			

Επιλέχθηκε  $n_x=0,24$

Γνωρίζοντας πλέον τον συντελεστή χρησιμοποίησης και συντήρησης, και έχοντας κάνει τις απαραίτητες θεωρήσεις (βλ. πίνακα 42) μπορεί να υπολογιστεί εύκολα ο αριθμός των απαιτούμενων λαμπτήρων.

#### Υπολογισμός απαιτούμενου αριθμού λαμπτήρων:

Ο αριθμός των λαμπτήρων υπολογίζεται από την εξής σχέση:

$$V = \frac{\Phi_{\text{απαιτ}}}{\Phi_0} \quad (1)$$

Όπου  $\Phi_{\text{απαιτ}}$ : η απαιτούμενη φωτεινή ροή που θα καταλήγει στο επίπεδο εργασίας

$\Phi_0$ : η ονομαστική φωτεινή ροή

Η τιμή της φωτεινής ροής  $\Phi_{\text{απαιτ}}$  προκύπτει ως εξής:

$$\Phi_{\text{απαιτ}} = \frac{E \cdot F}{n_x \cdot n_\sigma} = \frac{25 \text{ lux} \cdot 25 \text{ m}^2}{0.24 \cdot 0.9} = 2893 \text{ lm}$$

$1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2$
------------------------------------

Ενώ η ονομαστική φωτεινή ροή δίνεται από τον κατασκευαστή. Για τον συγκεκριμένο μοντέλο λαμπτήρα που επιλέχθηκε  $\Phi_0 = 5550 \text{ lm}$ .

Συνεπώς,

$$(1) \Rightarrow V = \frac{2893 \text{ lm}}{5550 \text{ lm}} = 0.52 \text{ λαμπτήρες σε μήκος } l=5 \text{ m}$$

**Άρα προτείνεται:** Σε μήκος  $l=10 \text{ m}$  θα τοποθετήσουμε  $v=1$  λαμπτήρα τύπου **LUMILUX T5 HO** στο κέντρο αυτής της απόστασης. Ο λαμπτήρας αυτός δηλαδή μπορεί να φωτίσει 5m από την αριστερή του πλευρά και 5m από τη δεξιά του πλευρά.

Επομένως το φωτιστικό με υποδοχή 1 λάμπηρα που επιλέξαμε είναι αποδεκτό.

Τέλος, γίνεται έλεγχος της έντασης του φωτός για το παραπάνω συμπέρασμα:

$$E = \frac{v \cdot n_x \cdot n_\sigma \cdot \Phi_0}{F} = \frac{1 \cdot 0.24 \cdot 0.9 \cdot 5550 \text{ lm}}{50 \text{ m}^2} \Rightarrow$$



$E \approx 24 \text{ lux}$  πρέπει  $> 20 \text{ lux}$  (σύμφωνα με το άρθρο 33 του Κ.Μ.Λ.Ε.)

Το παραγόμενο αποτέλεσμα δηλαδή (1 λαμπτήρας τύπου LUMILUX T5 HO σε 10m)  
είναι συμβατό με τη νομοθεσία.

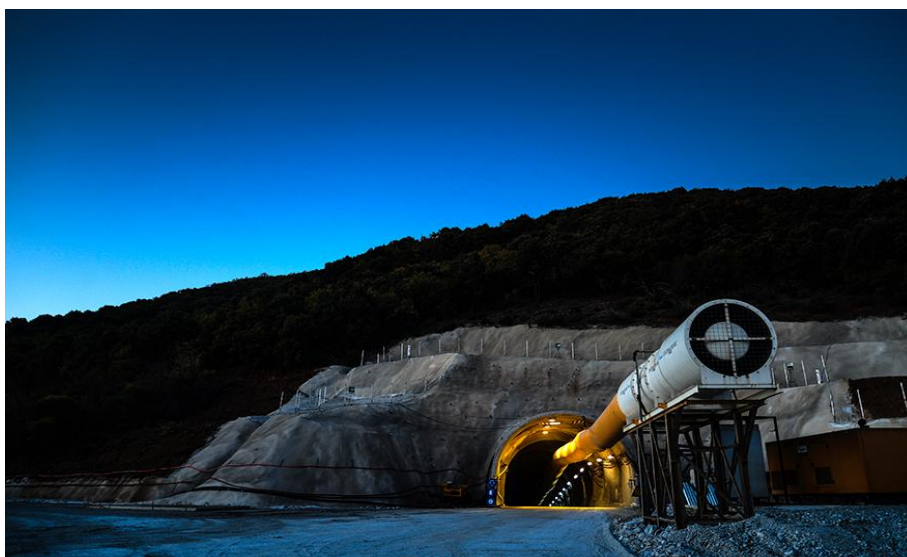
Πίνακας 47. Συμπεράσματα φωτισμού

$L_i$ [m]	11,350	Συνολικό μήκος έργων προσπέλασης στο οποίο απαιτείται φωτισμός
$D_i$ [m]	10	Απόσταση που μπορεί να φωτίσει κάθε φωτιστικό σώμα
$d_i$ [m]	5	Μέση απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σωμάτων
$N_i$	2000	Απαιτούμενος αριθμός φωτιστικών σωμάτων
$Cost_{lamp}$ [€]	12.2	Κόστος λαμπτήρα
$Cost_{lumin}$ [€]	91.8	Κόστος φωτιστικού σώματος
$Cost_{lamp \& lumin}$ [€]	104	Συνολικό κόστος φωτιστικού σώματος με λαμπτήρα
<b>Total_Cost_lighting [€]</b>	<b>208,000</b>	<b>Συνολικό κόστος φωτισμού για όλο το μήκος των έργων προσπέλασης</b>

## 6.2 Αερισμός

Η δημιουργία ενός κυκλώματος αερισμού σε ένα υπόγειο ορυχείο είναι απαραίτητη για την υγεία των εργαζομένων, διότι κατά την υπόγεια εκμετάλλευση ενός κοιτάσματος συνήθως παράγονται στην ατμόσφαιρα επικύνδυνα αέρια ή στοιχεία (παραγόμενα από τα εκρηκτικά, τα μηχανήματα, το κοίτασμα) τα οποία είναι επιβλαβής. Μερικά από τα αέρια και στοιχεία που δεν πρέπει να υπάρχουν σε υψηλές περιεκτικότητες στην ατμόσφαιρα των υπόγειων ορυχείων είναι το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), το μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ), οξείδια του αζώτου ( $\text{NO}$ ) και το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ). Τέλος, το κύκλωμα αερισμού πέρα από την αποφυγή των υψηλών συγκεντρώσεων των παραπάνω στοιχείων οφελεί και στην παροχή οξυγόνου το οποίο είναι σε πολλές περιπτώσεις δεν επαρκεί.

Για τη δημιουργία κυκλώματος αερισμού είναι αναγκαία η επιλογή ανεμιστήρων (φυσητικών ή μυζητικών) και η γνώση του σχεδίου του ορυχείου.



Σχήμα 43. Ανεμιστήρας ενωτικής στοάς Ολυμπιάδας-Μαντέμ Λάκκου

### Υπολογισμός παροχής αέρα:

Σύμφωνα με το Άρθρο 75. Παράγραφος 3 του ΚΜΛΕ ο όγκος του καθαρού αέρα στις θέσεις εργασίας πρέπει να είναι το λιγότερο  $5.66 \text{ m}^3/\text{min}/\text{εργαζόμενο}$  και  $2.3 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ίππο}$  για μηχανές εσωτερικής καύσης ανεξάρτητα από τον ετεροχρονισμό των μηχανημάτων. Συνεπώς,

- Παροχή αέρα προσωπικού:  $Q_s = \frac{5.66 \text{ m}^3}{\text{min}} * (\text{Πλήθος εργαζομένων}) \Rightarrow$

Θεωρώντας ότι το πλήθος του προσωπικού στο υπόγειο μεταλλείο είναι στο δυσμενέστερο σενάριο 145 άτομα (υπολογίζεται στο επόμενο κεφάλαιο) η παροχή του αέρα για το προσωπικό πρέπει να είναι τουλάχιστον  $Q_s = 820 \frac{m^3}{min}$

- Παροχή αέρα μηχανημάτων:  $Q_m = \frac{2.3 m^3}{min} * (\text{Συνολική ισχύς μηχανημάτων}) \Rightarrow$

Η συνολική ισχύς όλων των μηχανημάτων είναι περίπου 11,650 hp η οποία υπολογίστηκε με τη βοήθεια του excel εφαρμόζοντας την εντολή Sumproduct στον πίνακα 34. Άρα η παροχή του αέρα για τα μηχανήματα πρέπει να είναι τουλάχιστον  $Q_m = 26,788 \frac{m^3}{min}$

Επομένως,

3 εισοδοι αέρα (βλ. Σχήμα 44)

Συνολική παροχή αέρα/ βρόγχο προσπέλασης :  $Q_{total} = (Q_s + Q_m)/3 \Rightarrow$

$$Q_{total} = 9,202 \frac{m^3}{min} \text{ ή } Q_{total} = 153,3 \frac{m^3}{sec} \text{ ή } Q_{total} = 552,160 \frac{m^3}{hr}$$

#### Υπολογισμός ταχύτητας του αέρα:

Σύμφωνα με το Άρθρο 75. Παράγραφος 4. του ΚΜΛΕ η ταχύτητα του αέρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0.1 m/sec και δεν πρέπει να ξεπερνάει σε κάθε θέση εργασίας τα 6 m/sec.

Μέγιστη ταχύτητα αέρα:  $V_{max} = \frac{Q_{total}}{\text{ελάχιστη διατομή μετώπου}}$

Ωστόσο, η ταχύτητα του αέρα πρέπει να μετρηθεί στο σημείο όπου είναι μέγιστη, δηλαδή στην έξοδο +92m (βλ. Σχήμα 44.). Η μέτρηση της μέγιστης ταχύτητας στην έξοδο αυτή ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθεί θεωρητικά διότι δεν γνωρίζονται με λεπτομέρεια οι αντιστάσεις που θα συναντήσει το κύμα αέρα στην πορεία του (γωνίες, τριβές, παρεμβολή οχημάτων, διασταυρώσεις κυμάτων αέρα).

### Υπολογισμός πτώσης πίεσης:

Για να βρεθεί εν συνεχεία η πτώση πίεσης στα τέσσερα διαφορετικά τμήματα (West<430, West>430, Intermediate West, East & Upper West) πρέπει πρώτα να υπολογιστεί η αντίσταση Atkinson (R) η οποία δίνεται από τον ακόλουθο τύπο.

$$R = \frac{k \cdot L_{duct} \cdot S}{A^3}$$

Όπου R: αντίσταση αγωγού (gaul)

k: συντελεστής τριβής κατά Atkinson  $\text{kg/m}^3$ . Τυπική τιμή για σχετικά λείες στοές μεταλλείου ορθογωνικής ορθογωνικής διατομής  $0.009 \text{ kg/m}^3$

$L_{duct}$ : μήκος αγωγού (m) → Υπολογίζεται παρακάτω

S: περίμετρος αγωγού (m), δηλαδή 20 m εφόσον οι στοές έχουν διαστάσεις 5x5

A: διατομή αγωγού ( $\text{m}^2$ ), δηλαδή 25m εφόσον οι στοές έχουν διαστάσεις 5x5

Για τον υπολογισμό του μήκους του αγωγού λαμβάνεται υπόψη η διάταξη των στοών η οποία επηρεάζει κατά ένα πολύ μεγάλος μέρος τη διάσταση του. Συγκεκριμένα, στο συνολικό μήκος των στοών όπου θα διαπερνά ο αγωγός προστίθεται ένα επιπλέον μήκος του οποίου η τιμή του εξαρτάται από τις αντιστάσεις που θα συναντά. Τέτοιες αντιστάσεις προκαλούνται από την παρεμβολή οχημάτων, από το μέγεθος της διατομής, από τις διακλαδώσεις και τις αλλαγές διεύθυνσης. Στον Πίνακα 48. παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές των επιπρόσθετα ισοδύναμα μήκη.

Πίνακας 48. Ισοδύναμα μήκη ανάλογα με το είδος διάταξης της στοάς

Διάταξη	Ισοδύναμο μήκος [m]
Αλλαγή διεύθυνσης – ορθή γωνία (2)	20
Αλλαγή διεύθυνσης – οξεία γωνία (18)	45
Αλλαγή διεύθυνσης – αμβλεία γωνία (6)	5
Απότομη αύξηση διατομής	6
Απότομη μείωση διατομής	3
Προοδευτική αύξηση διατομής	1
Διακλάδωση (6)	10
Είσοδος αέρα χωρίς ανεμιστήρα (3)	6
Έξοδος αέρα χωρίς ανεμιστήρα ( 1)	20
Παρεμβολή οχήματος (40% της διατομής)	150



Σχήμα 44. Στοές εισόδου και εξόδου αέρα μεταλλείου Ολυμπιάδας



Σχήμα 45. Κάτοψη υπόγειου μεταλλείου Ολυμπιάδας

Από τον Πίνακα 48. , το Σχήμα 44. και το Σχήμα 45. συμπερένεται ότι το επιπρόσθετο ισοδύναμο μήκος θα είναι περίπου  $L_{add}=978$  m έχοντας λάβει υπόψη ότι έχουν τοποθετηθεί δύο μυζητικοί ανεμιστήρες σε παράλληλη διάταξη στη στοά +90 m (φιρές), δύο βοηθητικοί ανεμιστήρες επίσης σε παράλληλη διάταξη στο επίπεδο -100 m οι οποίοι θα βοηθούν στην άνοδο της πίεσης του αέρα, καθώς και μία πόρτα στο επίπεδο +59 m.

Στη συνέχεια, γνωρίζοντας ότι το συνολικό μήκος των έργων προσπέλασης είναι 11,350 m, υπολογίζεται το συνολικό μήκος του αγωγού  $L= 12,328$  m και επομένως η αντίσταση του αγωγού  $R= 0.142$  gaul.

Η πτώση πίεσης / βρόγχο προσπέλασης υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$\Delta P = R \cdot Q_{\text{total}}^2 \Rightarrow \Delta P = 3,337 \text{ Pa ή } \Delta P = 3.337 \text{ kPa}$$

Επομένως, ο τύπος των ανεμιστήρων που θα επιλεγθεί πρέπει να τηρεί τις παραπάνω προδιαγραφές. Το μοντέλο των ανεμιστήρων που απεικονίζεται στο παρακάτω Σχήμα καθώς και ο απαιτούμενος αριθμός θεωρήθηκαν δεδομένα (βλ. Διπλωματική Εργασία Θ. Παπαδόπουλου) λόγω της μη επαρκούς γνώσης για την κίνηση του αέρα.

Πίνακας 49. Συμπεράσματα και χαρακτηριστικά ανεμιστήρων

Τύπος VML 1400	
Πλήθος	4
Τιμή [€/fan]	8,000 € (ενδεικτική)
Δυνατότητα παροχής [ $\text{m}^3/\text{hr}$ ]	120,000
Ισχύς κινητήρα [kW]	132
Κατανάλωση [kWh/1000hr]	1.1



Σχήμα 46. Ανεμιστήρας τύπου VLM 1400

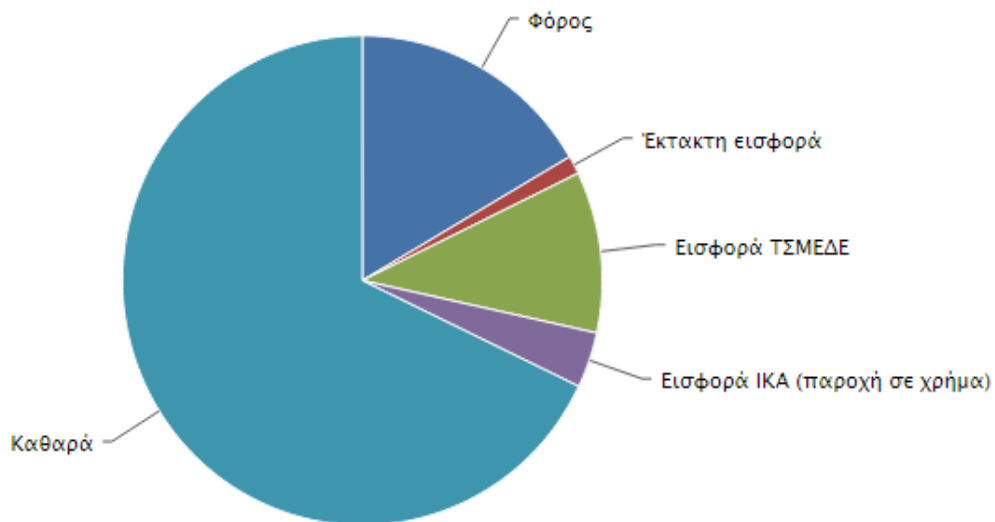
## Κεφάλαιο 7

### ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΚΑΙ ΜΙΣΘΟΙ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ

Ο αριθμός του προσωπικού εκτιμήθηκε βάση των αναγκών του υπόγειου ορυχείου. Ο ακόλουθος πίνακας αναπαριστά το απαιτούμενο προσωπικό που χρειάζεται μέσα στα υπόγεια και όχι στην επιφάνεια, δεν περιλαμβάνει δηλαδή το προσωπικό που απαιτείται για ιατρικές και γραφειογραφικές δούλειες ή δουλειές που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια. Επίσης, λήφθηκαν υπόψη 3 βάρδιες εργασίας/ημέρα (δυσμενέστερο σενάριο απασχόλησης) γεγονός που σημαίνει ότι ο απαιτούμενος αριθμός κάποιων ειδικοτήτων έχει επιλεγθεί τρεις φορές. Έχοντας επιλέξει το δυσμενέστερο σενάριο αριθμού εργαζομένων εξασφαλίζεται η ορθή λειτουργία του μεταλλείου. Πιθανόν στα έτη όπου η παραγωγή είναι πολύ μικρή να απαιτούνται λιγότεροι εργαζόμενοι.

Ο υπολογισμός προέκυψε βάση των παρακάτω πληροφοριών:

- Η σταδιακή ανάπτυξη τη χρόνια με τη μεγαλύτερη παραγωγή (δυσμενέστερο σενάριο) θα γίνεται μόνο σε μια βάρδια/ημέρα. Επομένως το πλήθος των οδηγών των μηχανημάτων της φάσης ανάπτυξης θα υπολογιστεί μόνο για μία βάρδια
- Τα jumbo διάτρησης και οι πρέσες απαιτούν δύο εργαζομένους/μηχάνημα
- Όσος είναι ο μέγιστος αριθμός των ανατινάξεων που θα γίνονται την ημέρα (περίπου 14 ανατινάξεις/ημέρα), τόσος θα είναι και ο αριθμός των γομωτών/3. Θεωρήθηκε ότι κάθε γομωτής και βοηθός γομωτή μπορούν να γομώσουν μέχρι 3 μέτωπα/βάρδια
- Κάθε ανατίναξη έχει 1 γομωτή και 1 βοηθό γομωτή
- Για τους μηχανικούς και ηλεκτρολόγους συντήρησης των μηχανημάτων επιλέχθηκε ότι θα εργάζεται 1 μηχανικός/βάρδια αντιστοίχως.
- Για τον υπολογισμό των εργαζομένων επίβλεψης λήφθηκε υπόψη το άρθρο 15, 16 & 17 του Κ.Μ.Α.Ε.
- Στους μισθούς των εργαζομένων εκτός του καθαρού μισθού, περιλαμβάνεται η έκτακτη εισφορά, ο φόρος, εισφορά Ι.Κ.Α.



Σχήμα 47. Ανάλυση ετήσιου εισοδήματος μηχανικών

- Επειδή οι μισθοί των εργαζομένων διαφέρουν ανάλογα με την ιεραρχία, ένας μέσος όρος των μικτών μισθών
- Στον συνολικό αριθμό εργαζομένων συμπεριλήφθηκε ένα ποσοστό ανειδίκευτου προσωπικού. Το προσωπικό αυτό μπορεί να συμμετέχει στις εργασίες πλαισίωσης η οποία εφαρμόζεται σε ελάχιστα σημεία, στη μεταφορά διαφόρων υλικών και αντικειμένων , σε απρόοπτες δουλείες ή να παρέχει βοήθεια όπου είναι αναγκαία (για παράδειγμα να καλύπτονται θέσεις σε περιπτώσεις αδειών ή ατυχημάτων)
- Στον συνολικό αριθμό εργαζομένων/βάρδια συμπεριλήφθηκε μόνο η πρωινή βάρδια εργασίας για τους μηχανικούς διότι οι μηχανικοί θα εργάζονται μόνο τις πρωινές βάρδιες, τις υπόλοιπες βάρδιες επιβλέπουν οι εργοδηγοί και οι επιστάτες (σε περίπτωση που προκύψει κάποιο σοβαρό πρόβλημα όμως θα πρέπει να παρευρίσκονται και οι μηχανικοί στο μεταλλείο)



Πίνακας 50. Συμπεράσματα προσωπικού

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑΣ			
Είδος εργασίας	Αριθμός εργαζομένων	Μικτός μισθός [€/εργαζόμενο/χρόνο]	Καθαρός Μισθός [€/εργαζόμενο/μήνα]
Οδηγός φορτωτή	14	28,500	1,450
Οδηγός φορτηγού	22	28,500	1,450
Χειριστής Jumbo διάτρησης	26	28,500	1,450
Χειριστής Jumbo υποστήριξης	14	28,500	1,450
Χειριστής διατρητικού κάθετων διατρημάτων	1	28,500	1,450
Χειριστής ξεσκαρατωτικού	13	28,500	1,450
Χειριστής πρέσας	8	28,500	1,450
Γομωτής	6	27,500	1,400
Βοηθός γομωτή	6	27,500	1,400
Βοηθός υποστήριξης	6	27,500	1,400
Μηχανικοί συντήρησης μηχανολογικού εξοπλισμού	3	27,500	1,400
Ηλεκτρολόγοι συντήρησης μηχανολογικού εξοπλισμού	3	27,500	1,400
Ανειδίκευτο προσωπικό	6	26,000	1,350
Εργοδηγός	2	35,000	1,650
Επιστάτης	3	32,000	1,550
Μηχανικός Μεταλλείων	6	35,000	1,650
Γεωλόγος	2	32,000	1,550
Τοπογράφος Μηχανικός	2	33,000	1,600
Πολιτικός ή Ηλεκτρολόγος ή Μηχανολόγος Μηχανικός	2	33,000	1,600
<b>Σύνολο (Για όλους τους εργαζομένους)</b>	<b>145</b>	<b>4,181,000</b>	<b>28,100</b>
Αριθμός εργαζομένων/βάρδια	67	-	-

## Κεφάλαιο 8

### ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ

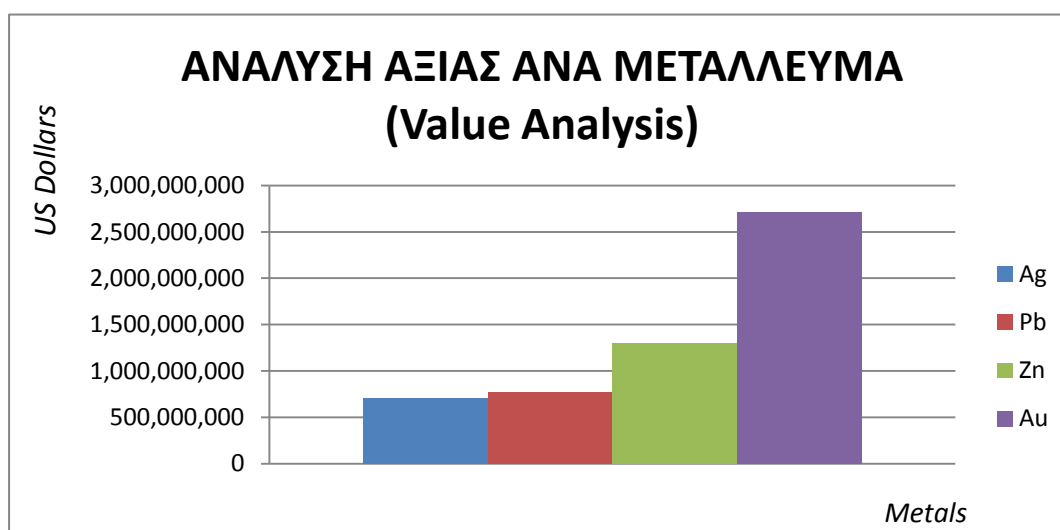
Στο περιεχόμενο αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα οικονομικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις των προηγούμενων κεφαλαίων. Στο συνολικό κόστος όπως διαπιστώθηκε, δεν έχει συμπεριληφθεί το κόστος των διεργασιών της επιφάνειας παρά μόνο το κόστος του υπόγειου μεταλλείου, γεγονός που σημαίνει ότι η τιμή το μοναδιαίου κόστους που προκύπτει αντιπροσωπεύει μόνο την εξόρυξη του μεταλλεύματος και όχι την επεξεργασία του.

Πριν παρουσιαστούν τα οικονομικά αποτελέσματα που προέκυψαν είναι σημαντικό να διευκρινιστούν τα εξής:

- Η τιμή του πετρελαίου για τον υπολογισμό του κόστους των καταναλώσεων των μηχανημάτων αντιπροσωπεύει τη μέση τιμή του έτους 2015
- Οι τιμές των μεταλλευμάτων από τις οποίες προέκυψε η αξία των αποθεμάτων αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή της τελευταίας 20ετίας

Πίνακας 51. Μέσες τιμές μετάλλων και πετρελαίου

ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ		
Price <sub>fuel</sub> [€/lt]	1.25	Τιμή πετρελαίου
Pb Price [€/tn]	1172.7	Τιμή μολύβδου
Zn Price [€/tn]	1471.1	Τιμή ψευδάργυρου
Au Price [€/oz]	651.85	Τιμή χρυσού
Ag Price [€/oz]	11.25	Τιμή αργύρου



Σχήμα 48. Σύγκριση αξίας αποθεμάτων μεταλλείου Ολυμπιάδας

- Στο συνολικό κόστος των οχημάτων μεταφοράς και ανέλκυσης συμπεριλαμβάνεται μόνο το κόστος κτήσης
- Στο συνολικό κόστος του συστήματος αερισμού συμπεριλαμβάνεται το κόστος κτήσης των ανεμιστήρων και το κόστος του αγωγού μέσω του οποίου θα τροφοδοτείται ο αέρας
- Στο συνολικό κόστος ηλεκτρισμού συμπεριλαμβάνεται το κόστος ενέργειας των φωτιστικών σωμάτων και το κόστος ενέργειας των ανεμιστήρων, ως κόστος ηλεκτρικού ρεύματος θεωρήθηκε η τιμή ρεύματος για βιομηχανική χρήση που αναγράφεται στην επίσημη ιστοσελίδα της Δ.Ε.Η.
- Το συνολικό κόστος παροχής νερού θεωρήθηκε δεδομένο από την τεχνική μελέτη της εταιρίας
- Οι έρευνες έχουν γίνει όλες από την προηγούμενη εταιρία European Goldfields Limited επομένως δεν υπάρχει κόστος ερευνών (βλ. Technical Report)
- Στο ανώμαλο κόστος συμπεριλαμβάνεται το κόστος που προκύπτει από απρόβλεπτα γεγονότα όπως για παράδειγμα εργατικά ατυχήματα, το κόστος συντήρησης και καυσίμων των οχημάτων μεταφοράς, το κόστος εργαλείων, το κόστος φθορών ξεσκαρωτή (δεν υπολογίστηκαν λόγω μη επαρκούς γνώσης) και το κόστος μελετών ενώ έχει προστεθεί παράλληλα ένα επιπλέον ποσό σε περίπτωση που υπάρχουν αποκλίσεις μεταξύ του υπολογισμένου κόστους και του πραγματικού. Η τιμή των συνολικών απρόβλεπτων δαπανών κατοχυρώθηκε εμπειρικά, χωρίς δηλαδή να πραγματοποιηθούν υπολογισμοί
- Στο συνολικό κόστος δεν συμπεριλήφθηκαν οι φόροι που θα καταβάλλονται στο κράτος λόγω έλλειψης στοιχείων

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 52. Συνολικά κόστη υπόγειου μεταλλείου Ολυμπιάδας

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟΥΧΙΚΟ &amp; ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (CAPITAL &amp; OPERATING COST)</b>		
<i>Κόστος Εξοπλισμού</i>		
Total Acquisition Cost [€]	17,805,000	Συνολικό κόστος κτήσης μηχανημάτων
Total Maintance Cost [€]	44,517,109	Συνολικό κόστος συντήρησης μηχανημάτων
Total Fuel Cost [€]	46,868,912	Συνολικό κόστος καυσίμων
Total Lubricant Cost [€]	7,030,337	Συνολικό κόστος λιπαντικών
<b>Total Equipment Cost [€]</b>	<b>116,221,357</b>	<b>Συνολικό κόστος μηχανημάτων</b>
<i>Κόστος Δευτερεύων Εξοπλισμού</i>		
Total Generator Cost [€]	247,500	Συνολικό κόστος γεννητριών
Total Lifting Vehicle Cost [€]	295,000	Συνολικό κόστος οχημάτων ανελκυσσης
Total Transport Vehicle Cost [€]	390,000	Συνολικό κόστος οχημάτων μεταφοράς
<b>Total Secondary Equipment Cost [€]</b>	<b>932,500</b>	<b>Συνολικό κόστος εξοπλισμού</b>
<i>Κόστος Αναλώσιμων</i>		
Total Cost of Explosives [€]	35,857,558	Συνολικό κόστος εκρηκτικών
Total Cost of Heads & Pipes [€]	13,180,286	Συνολικό κόστος κεφαλών και στελεχών
Total Cost of Support Means [€]	24,075,205	Συνολικό κόστος μέσων υποστήριξης
<b>Total Cost of Consumables [€]</b>	<b>73,113,048</b>	<b>Συνολικό κόστος αναλώσιμων</b>
<i>Κόστος Αποκατάστασης</i>		
<b>Total Backfilling Cost [€]</b>	<b>106,222,732</b>	<b>Συνολικό κόστος λιθογόμωσης</b>
<i>Κόστος Συστημάτων</i>		
Total Lighting Cost [€]	208,000	Συνολικό κόστος συστήματος φωτισμού
Total Ventilation Cost [€]	145,500	Συνολικό κόστος συστήματος αερισμού
<b>Total System Cost [€]</b>	<b>353,500</b>	<b>Συνολικό κόστος συστημάτων</b>
<i>Κόστος Προσωπικού</i>		
<b>Total Staff Cost [€]</b>	<b>4,181,000</b>	<b>Συνολικό κόστος προσωπικού</b>
<i>Κόστος Παροχής Ενέργειας</i>		
Total Electricity Cost [€]	21,878,054	Συνολικό κόστος ηλεκτρισμού
Total Water Pumping Cost [€]	38,400,000	Συνολικό κόστος παροχής νερού
<b>Total Power Cost [€]</b>	<b>60,278,054</b>	<b>Συνολικό κόστος παροχής ενέργειας</b>
<i>Ανώμαλο κόστος</i>		
<b>Total Incidental Expenses [€]</b>	<b>22,455,000</b>	<b>Συνολικές απρόβλεπτες δαπάνες</b>

Το μοναδιαίο κόστος το οποίο προέκυψε λαμβάνοντας υπόψη ότι τα συνολικά μεταλλευτικά αποθέματα αναπαριστάται στον παρακάτω πίνακα μαζί με το συνολικό κέρδος και κόστος της εξόρυξης.

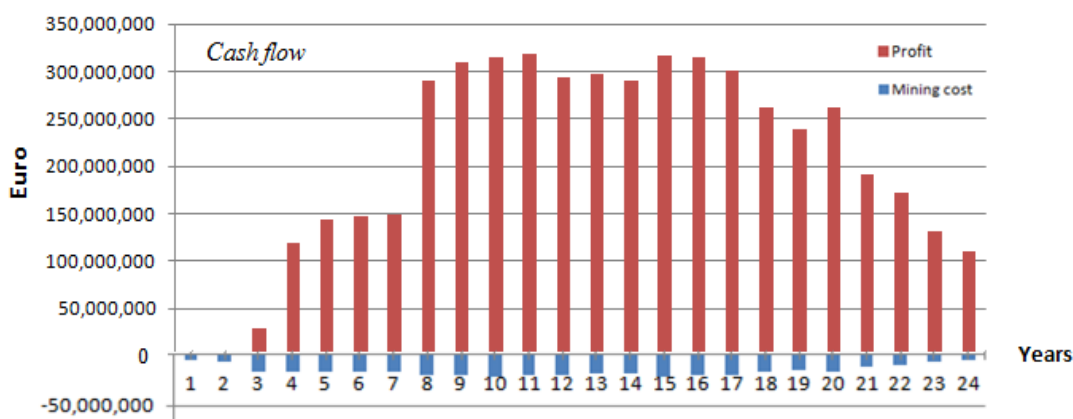
Πίνακας 53. Οικονομικά οφέλη και δαπάνες εξόρυξης του μεταλλείου Ολυμπιάδας

ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ - ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΚΕΡΔΗ		
Total Value of Reserves [€]	5,001,265,000	Συνολική αξία αποθεμάτων
Total Cost [€]	454,834,000	Συνολικό κόστος
Margin [€]	4,546,431,000	Οικονομικό περιθώριο
Unit Cost [€/tn <sub>ROM</sub> ]	34	Μοναδιαίο κόστος

Ωστόσο, αν η συνολική αξία των αποθεμάτων υπολογιστεί βάση της σημερινής τιμής των μεταλλευμάτων τότε τα κέρδη (μη συμπεριλαμβανομένου του κόστους μεταλλουργίας και επεξεργασίας) ανέρχονται στο ύψος των 6.8 εκ. ευρώ με αξία αποθεμάτων περίπου 7.2 εκ ευρώ. Για να ήταν πιο ακριβής η τιμή του μοναδιαίου κόστους θα έπρεπε να προκύπτει από το άθροισμα του συνολικού κόστους/έτος και όχι από το το συνολικό κόστος όλης της διάρκειας ζωής του ορυχείου (όπως υπολογίστηκε παραπάνω). Στον παραπάνω υπολογισμό θεωρήθηκε ότι όλα τα τμήματα συνεχίζουν να έχουν πλήρη παραγωγή (δυσμενέστερο σενάριο) για όλη τη ζωή του μεταλλείου (22 έτη), συνεπώς το πραγματικό μοναδιαίο κόστος θα είναι ελάχιστα μικρότερο από το υπολογισμένο.

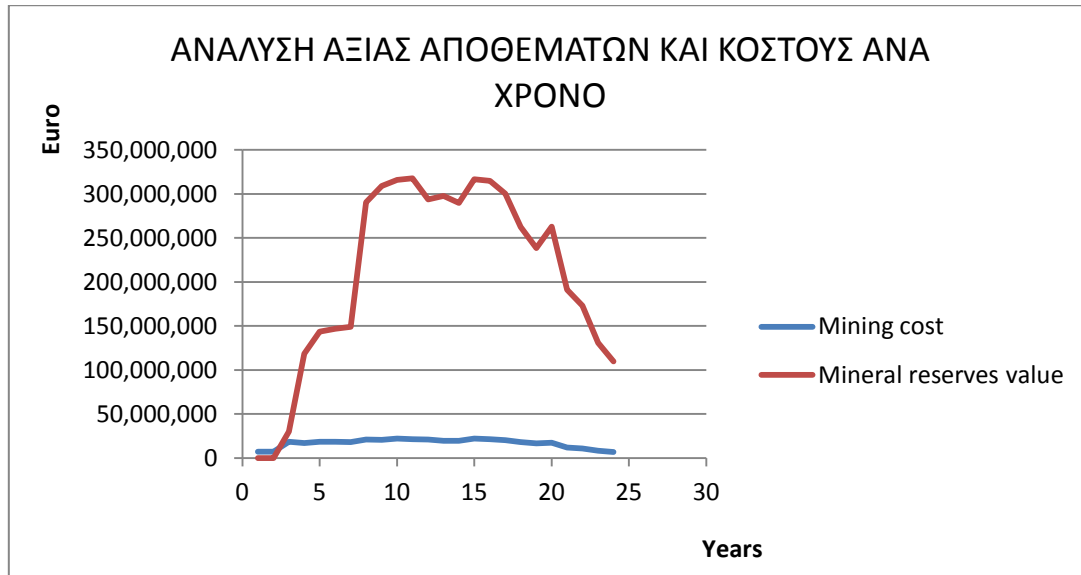
Συνοψίζοντας λοιπόν, για τον πιο ακριβή υπολογισμό του μοναδιαίου κόστους θα έπρεπε όλοι υπολογισμοί να γίνουν ξεχωριστά για κάθε διαφορετική παραγωγή/χρόνο.

Το μοναδιαίο κόστος που αναγράφεται στον πίνακα 53. αντιπροσωπεύει το κόστος που δημιουργείται από την παραγωγή και την ανάπτυξη ανά τόνο μεταλλεύματος. Το μοναδιαίο κόστος που δημιουργείται από την παραγωγή και την ανάπτυξη ανά τόνο γεωλογικών αποθεμάτων, δηλαδή ανά τόνο στείρου υλικού και μεταλλεύματος που εξορύσσεται, υπολογίστηκε 22.7 €/tn.



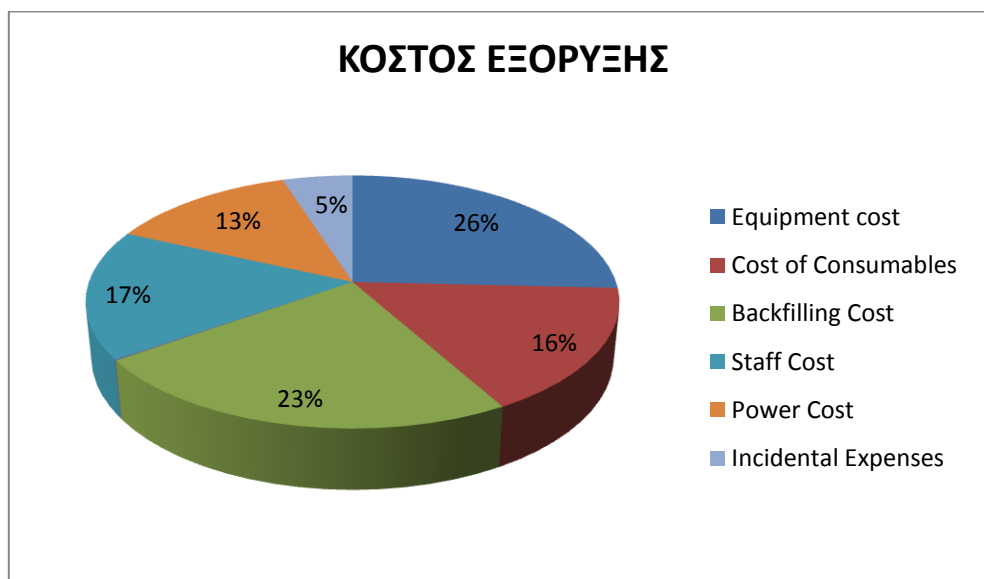
Σχήμα 49. Ταμειακή ροή κόστους και κέρδους υπόγειου μεταλλείου Ολυμπιάδας

Από το Σχήμα 49. μπορεί να υπολογιστεί η καθαρή παρούσα αξία του μεταλλείου χρησιμοποιώντας ένα επιτόκιο αβεβαιότητας (λόγω της διακύμανσης των τιμών των μεταλλευμάτων) για μεγαλύτερη ακρίβεια.



Σχήμα 50. Αναμενόμενα κόστη και αποθεματικές αξίες ανά χρόνο από το μεταλλείο Ολυμπιάδας σύμφωνα με τις μέσες τιμές μεταλλευμάτων της τελευταίας 20ετίας

Τα παραπάνω διαγράμματα προέκυψαν λαμβάνοντας υπόψη τα μοναδιαία κόστη [€/tn<sub>μεταλλεύματος</sub>] & [€/tn<sub>γεωλογικών αποθεμάτων</sub>] και τις μέσες τιμές των μεταλλευμάτων της τελευταίας 20ετίας



Σχήμα 51. Κατανομή κόστους μεταλλείου Ολυμπιάδας

## Κεφάλαιο 9

### ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

Για την ελαχιστοποίηση του κόστους εξετάστηκε εάν συμφέρει οικονομικά η αντικατάσταση των ντιζελοκίνητων φορτωτών που αναμένεται να χρησιμοποιήσει η εταιρία με ηλεκτροκίνητους ίδιου τύπου και δυναμικότητας. Στο περιεχόμενο του κεφαλαίου αυτού δηλαδή γίνεται σύγκριση του κόστους κτήσης των δύο μηχανημάτων, το κόστος λειτουργίας και το κόστος συντήρησης.

Ο τύπος του ντιζελοκίνητου φορτωτή που προβλέπει να χρησιμοποιήσει η εταιρεία είναι τύπου Sandvik LH514 ενώ ο τύπος του ηλεκτροκίνητου φορτωτή με τον οποίο θα συγκριθεί είναι τύπου Sandvik LH514E. Τα πλεονεκτήματα το ηλεκτρικού φορτωτή είναι: λειτουργία χωρίς να επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ρύπους, χαμηλότερος θόρυβος, ενώ τα μειονέκτημα του είναι το υψηλό κόστος συντήρησης.



Σχήμα 52. Ηλεκτρικός φορτωτής υπογείων τύπου Sandvik LH514E

Πίνακας 54. Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών φορτωτών

	<b>Sandvik LH514</b>	<b>Sandvik LH514 E</b>
Ωφέλιμο φορτίο	14 tn	14 tn
Ισχύς	325 hp	240 hp
Κατανάλωση	25 lt/hr	110 kWh/hr
Κόστος κτήσης	610,000 €	650,000 €
	Διαφέρουν ελάχιστα οι διαστάσεις τους	

Πίνακας 55. Στοιχεία φορτωτών τα οποία αντλήθηκαν από μελέτη

	<b>Sandvik LH514</b>	<b>Sandvik LH514 E</b>
Κόστος συντήρησης	90 CAD \$/ hr	115 CAD \$ /hr
Κόστος λιπαντικών	8 CAD \$/hr/unit	5 CAD \$/hr/unit

Πηγή: <http://robotics.ee.uwa.edu.au/theses/2013-ElectricMines-Jacobs.pdf>

- Φορτωτής με κινητήρα ντίζελ Sandvik LH514

Για τον υπολογισμό του κόστους του φορτωτή εφαρμόστηκε η ίδια διαδικασία της παραγράφου 4.8. Πιο αναλυτικά:

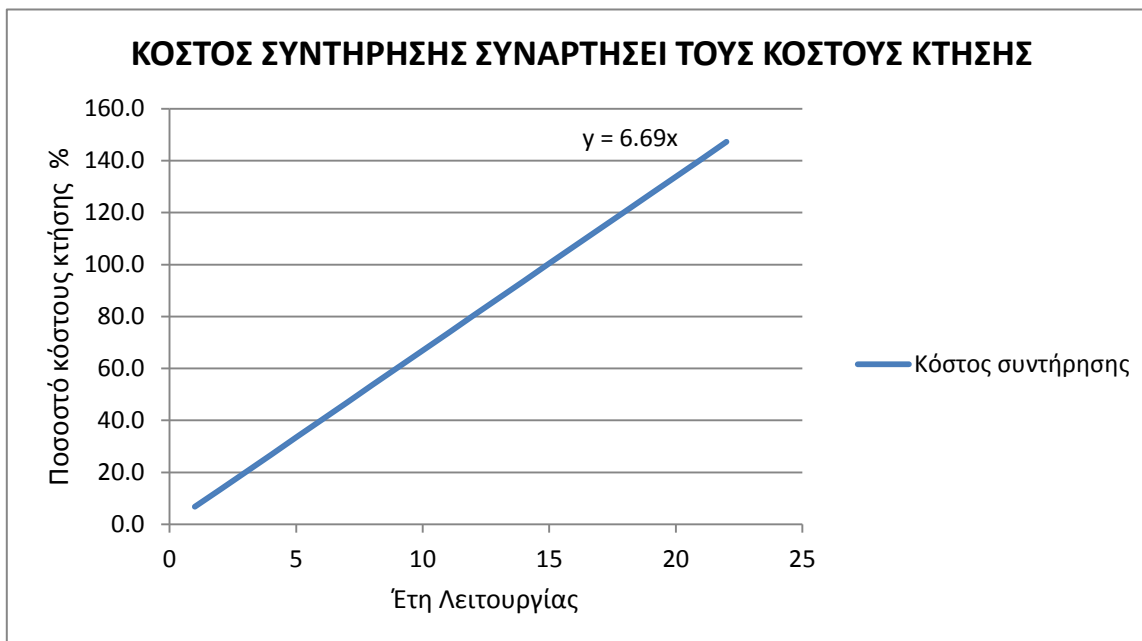
- Το κόστος καυσίμου του ντιζελοκίνητου φορτωτή για όλη τη διάρκεια ζωής του μεταλλείου (δυσμενέστερο σενάριο), σύμφωνα με τη συνολική του κατανάλωση που αναγράφεται στον πίνακα 36. και την τιμή πετρελαίου 1.25€, είναι 1,742,400 €
- Το κόστος λιπαντικών σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα XX. (Θεωρώντας 35 min εργασίας/βάρδια, 360 εργάσιμες ημέρες/χρόνο και 22 χρόνια λειτουργίας) είναι 339,180 €, δηλαδή περίπου το 19,5% του κόστους κατανάλωσης καυσίμων → Λιγότερο εάν το πηγαίναμε βάση γερμανικών στατιστικών 9-15%, βλ. Δομικές μηχανές Χάρη Εφραιμίδη 12.3.4. §)
- Το κόστος κτήσης όλων των φορτωτών αυτού του τύπου είναι 3,050,000 € (4 για την παραγωγή + 1 για ασφάλεια)
- Το κόστος συντήρησης σύμφωνα με την τιμή 90 CAD \$/ hr που αναγράφεται στον πίνακα 55. (Θεωρώντας 35 min εργασίας/βάρδια, 360 εργάσιμες ημέρες/χρόνο και 22 χρόνια λειτουργίας) υπολογίζεται 4,490,800 €, δηλαδή περίπου το 147 % του συνολικού κόστους κτήσης → Μεγάλο ποσοστό διότι πρόκειται για 22 χρόνια λειτουργίας εάν ήταν λιγότερα τα χρόνια τότε το κόστος συντήρησης θα ισούταν με μικρότερο ποσοστό τους κόστους κτήσης

Το συνολικό κόστος δηλαδή των φορτωτών με ντίζελ κινητήρα προκύπτει από το άθροισμα των παραπάνω τιμών το οποία υπολογίζεται περίπου: **6,025,100 €**



- Φορτωτής με ηλεκτρικό κινητήρα Sandvik LH514E
  - Το κόστος κατανάλωσης του ηλεκτρικού φορτωτή για όλη τη διάρκεια ζωής του μεταλλείου (δυσμενέστερο σενάριο), σύμφωνα με τη συνολική του κατανάλωση η οποία έχει υπολογιστεί με τη ίδια μεθοδολογία της παραγράφου 4.8 (με ίδιο συντελεστή χρήσης με τον φορτωτή LH514 αφού έχουν την ίδια παραγωγικότητα) η οποία είναι 7,623,000 kWh και με τιμή ηλεκτρικού ρεύματος 0.18 €/kWh, υπολογίστηκε 1,372,140 €
  - Το κόστος λιπαντικών σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα XX. (Θεωρώντας 35 min εργασίας/βάρδια, 360 εργάσιμες ημέρες/χρόνο και 22 χρόνια λειτουργίας) είναι 250,500 €, δηλαδή περίπου το 91% του κόστους κατανάλωσης ρεύματος
  - Το κόστος κτήσης όλων των φορτωτών αυτού του τύπου είναι 3,250,000 € (4 για την παραγωγή + 1 για ασφάλεια)

Το κόστος συντήρησης σύμφωνα με την τιμή 115 CAD \$/ hr που αναγράφεται στον πίνακα 55. (Θεωρώντας 35 min εργασίας/βάρδια, 360 εργάσιμες ημέρες/χρόνο και 22 χρόνια λειτουργίας) υπολογίζεται 5,738,200 €, δηλαδή περίπου το 176 % του κόστους κτήσης → Μεγάλο ποσοστό διότι πρόκειται για 22 χρόνια λειτουργίας εάν ήταν λιγότερα τα χρόνια τότε το κόστος συντήρησης θα ισούταν με μικρότερο ποσοστό τους κόστους κτήσης



Σχήμα 53. Μεταβολή του κόστους συντήρησης του φορτωτή LH514 – Diesel σε σχέση με τα έτη λειτουργίας

Όπως παρατηρείται στο παραπάνω διάγραμμα όσα περισσότερα είναι τα έτη λειτουργίας τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος συντήρησης του μηχανήματος. Επομένως, θα ήταν προτιμητέο να εξεταστεί εάν μετά από κάποια χρόνια λειτουργίας συμφέρει η αντικατάσταση του φορτωτή με καινούργιο ή η συνέχιση της συντήρησης του ήδη υπάρχοντος.

Επίσης, από την εξίσωση του παραπάνω Σχήματος προκύπτει ότι:

$$\text{Κόστος συντήρησης} = 6.7\% * \text{έτη λειτουργίας} * \text{κόστος κτήσης}$$

Πίνακας 56. Σύγκριση οικονομικών συμπερασμάτων φορτωτών για όλη τη διάρκεια ζωής του ορυχείου (εξέταση α' εναλλακτικού σεναρίου)

	<b>Sandvik LH514 (Diesel)</b>	<b>Sandvik LH514E (Electric)</b>
Κόστος κατανάλωσης	1,742,400 €	1,372,140 €
Κόστος λιπαντικών	339,180 €	250,500 €
Κόστος κτήσης	3,050,000 €	3,250,000 €
Κόστος συντήρησης	4,490,800 €	5,738,200 €
<b>Συνολικό κόστος (για 22έτη)</b>	<b>9,622,380 €</b>	<b>10,610,840 €</b>

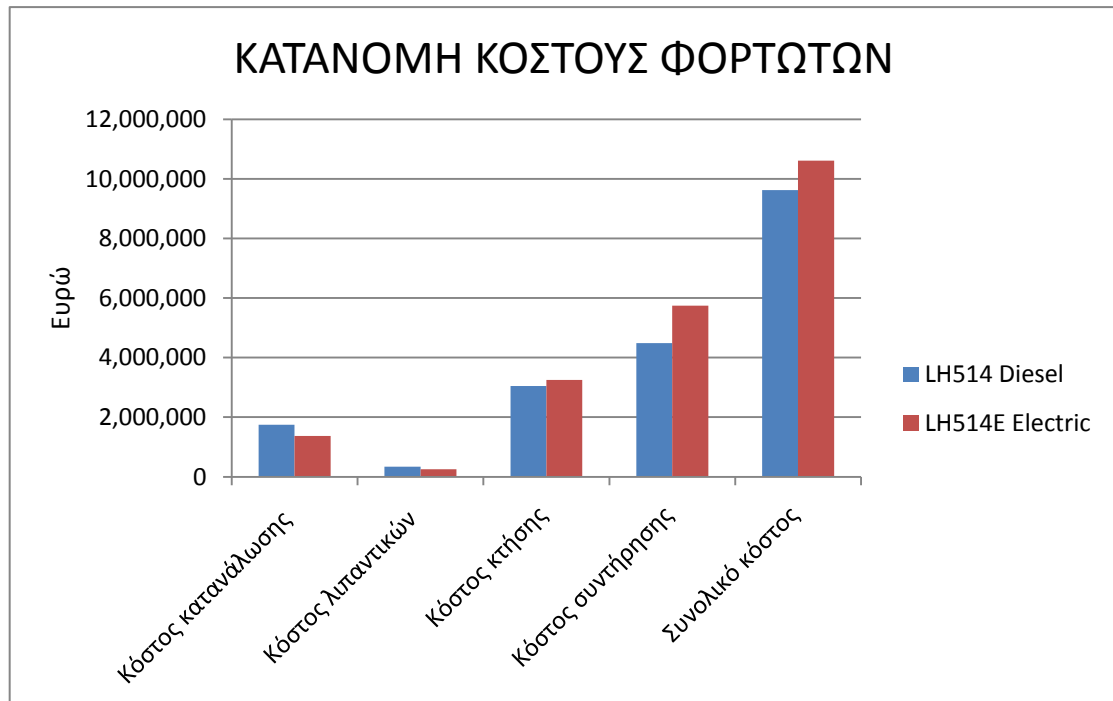
Ωστόσο από μελέτες που έχουν γίνει στο παρελθόν έχει αποδειχθεί ότι εάν στο παραπάνω κόστος συμπεριληφθεί το κόστος του αερισμού στο φορτωτή Diesel λόγω τον καυσαερίων που δημιουργεί (ο ηλεκτρικός έχει μηδενικό κόστος αερισμού) τότε το κόστος του φορτωτή Sandvik LH514 ξεπερνάει το κόστος του LH514E (βλ. <http://www.mdec.ca/2012/S4P2-Rakochy.pdf>). Στον πίνακα 56. δεν συμπεριλήφθηκε το κόστος αερισμού διότι οι εγκαταστάσεις των ανεμιστήρων και η δημιουργία κυκλώματος έχουν υπάρχουν ήδη στο ορυχείο της Ολυμπιάδας επομένως είναι δύσκολο να τροποποιηθεί. Με τη χρήση των ηλεκτροκίνητων φορτωτών η συνολική απαιτούμενη παροχή αέρα θα μειωνόταν περίπου κατά 224.00 m<sup>3</sup>/hr (απαιτούμενη παροχή ντιζελοκίνητων φορτωτών), δηλαδή σχεδόν δύο λιγότεροι ανεμιστήρες.

Στον παρακάτω πίνακα εξετάζεται εάν συμφέρει η αντικατάσταση των προϋπαρχόντων φορτωτών με καινούργιους στα 11 έτη, στο σημείο δηλαδή όπου ο συντελεστής συντήρησης έχει ξεπεράσει το μισό του κόστους κτήσης.

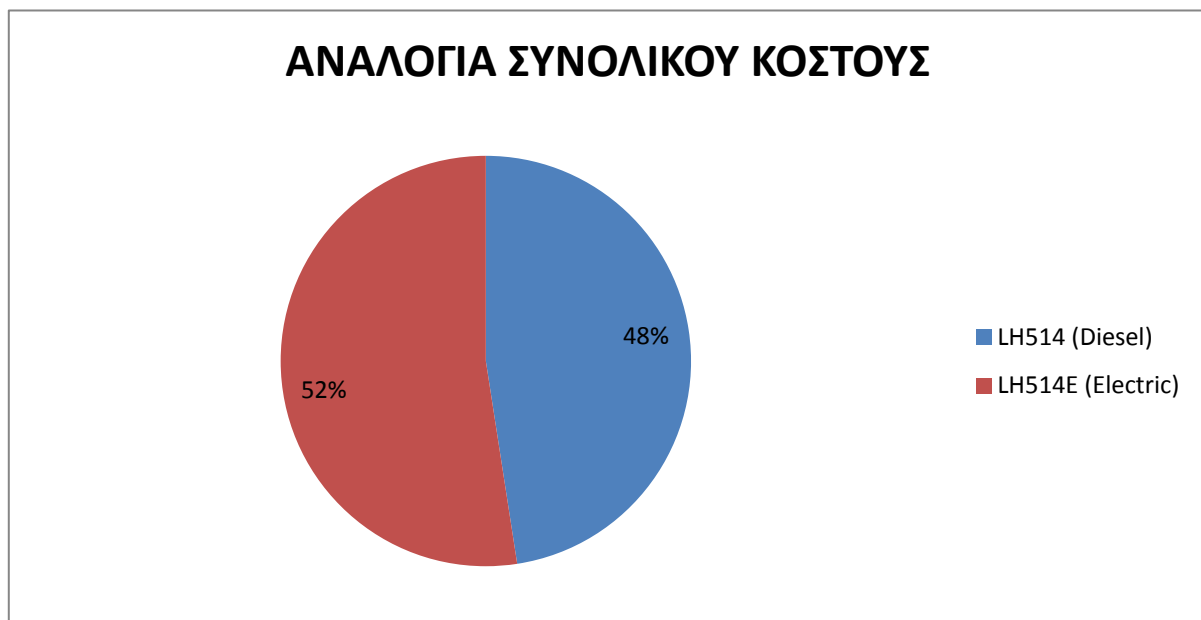
Πίνακας 57. Σύγκριση οικονομικών συμπερασμάτων φορτωτών για όλη τη διάρκεια ζωής του ορυχείου (εξέταση β' εναλλακτικού σεναρίου)

	<b>Sandvik LH514 (Diesel)</b>	<b>Sandvik LH514E (Electric)</b>
Κόστος κατανάλωσης	1,082,812 €	686,070 €
Κόστος λιπαντικών	277,200 €	125,313 €
Κόστος κτήσης	3,050,000 €	3,250,000 €
Κόστος συντήρησης	2,255,641 €	2,882,208 €
<b>Συνολικό κόστος (για 11έτη)</b>	<b>6,665,653 €</b>	<b>6,943,591 €</b>
<b>Συνολικό κόστος (για 22έτη)</b>	<b>13,331,306 €</b>	<b>13,887,182 €</b>

Συμπεραίνουμε δηλαδή το β' εναλλακτικό σενάριο δεν συμφέρει διότι δημιουργείται μεγαλύτερο κόστος ( $13,331,306 \text{ €} > 9,622,380 \text{ €}$  και  $13,887,182 \text{ €} > 10,610,840 \text{ €}$ ) Επομένως προτείνεται να γίνει μια φορά αγορά μηχανημάτων για όλη τη διάρκεια ζωής του ορυχείου (22 έτη).



Σχήμα 54. Σύγκριση κόστους ντιζελοκίνητων - ηλεκτροκίνητων φορτωτών



Σχήμα 55. Σύγκριση συνολικού κόστους ντιζελοκίνητων - ηλεκτροκίνητων φορτωτών

## Κεφάλαιο 10

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των στοιχείων είναι τα εξής:

- Το μοναδιαίο κόστος εξόρυξης του κοιτάσματος της Ολυμπιάδας Χαλκιδικής θεωρώντας πλήρη παραγωγή για όλη τη διάρκεια ζωής του μεταλλείου υπολογίστηκε 34 €/tn<sub>μεταλλεύματος</sub>
- Το μεγαλύτερο κόστος από την εξόρυξη καταγράφεται από τον μηχανολογικό εξοπλισμό (συμπεριλαμβανομένου του κόστους κτήσης, κόστους συντήρησης, κόστος κατανάλωσης) ενώ το μικρότερο κόστος καταγράφεται από το κόστος προσωπικού
- Τα συνολικά καθαρά κέρδη είναι πολύ μεγαλύτερα από το συνολικό κόστος της εξόρυξης (χωρίς όμως να έχει συμπεριληφθεί το κόστος επεξεργασίας και μεταφοράς και γραφειοκρατίας), συνεπώς η εκμετάλλευση του κοιτάσματος είναι οικονομικά βιώσιμη
- Τα περισσότερα καθαρά κέρδη προβλέπεται να παρουσιάσουν στο 11<sup>ο</sup> έτος λειτουργίας του μεταλλείου
- Το κόστος συντήρησης των μηχανημάτων αυξάνεται όσο αυξάνεται και ο χρόνος λειτουργίας του μηχανήματος, συνεπώς επειδή η λειτουργία του μεταλλείου παρουσιάζει μεγάλη διάρκεια (22 έτη) το κόστος συντήρησης αποτελεί το μεγαλύτερο κόστος του μηχανολογικού εξοπλισμού
- Ο ηλεκτροκίνητος φορτωτής Sandvik LH514E δημιουργεί μεγαλύτερο κόστος από τον ντιζελοκίνητο φορτωτή Sandvik LH514 εάν δεν ληφθεί υπόψη το κόστος αερισμού ή εάν πρόκειται για πολλά έτη λειτουργίας

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα που προέκυψαν στην παρούσα εργασία προτείνονται τα ακόλουθα:

- Καθώς παρατηρείται το μεγαλύτερο κόστος στον μηχανολογικό εξοπλισμό, σε περίπτωση επανεξέτασης εναλλακτικού σεναρίου για τη μείωση του κόστους προτείνεται να δοθεί περισσότερη βαρύτητα στην επιλογή του μηχανολογικού εξοπλισμού
- Εφόσον προϋπάρχει το κύκλωμα αερισμού στο υπόγειο μεταλλείο της Ολυμπιάδας προτείνεται να μην γίνει αντικατάσταση των φορτωτών Diesel LH514 με ηλεκτροκίνητους φορτωτές LH514E διότι το συνολικό κόστος του μηχανολογικού εξοπλισμού θα αυξηθεί κατά ένα μεγάλο μέρος
- Σε περίπτωση που δεν προϋπάρχει το κύκλωμα αερισμού στο υπόγειο μεταλλείο και προβλέπεται να σχεδιαστεί ή να τροποποιηθεί στο μέλλον το ήδη υπάρχον ή σε περίπτωση που εντοπίζονται αυξημένες ποσότητες CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> και άλλων στοιχείων που επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα ή σε περίπτωση που παρατηρούνται υψηλά επίπεδα θορύβου, προτείνεται να επανεξεταστεί εάν συμφέρει η αντικατάσταση των ντιζελοκίνητων φορτωτών με τους ηλεκτροκίνητους λαμβάνοντας υπόψη και το κόστος αερισμού

## **Βιβλιογραφία**

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

1. Αγιουτάντης Ζ. (2005), “Στοιχεία προσπέλασης και ανάπτυξης υπογείων εκμεταλλεύσεων”, Χανιά
2. Εξαδάχτυλος Γ. (2005), “Σχεδιασμός συστημάτων υπογείων έργων για την εκμετάλλευση μεταλλευτικών κοιτασμάτων”, Χανιά
3. Εφραιμίδης Χ. (2002) , “Δομικές μηχανές”, Αθήνα
4. Παπαδόπουλος Θ. (2014), “Ανάλυση κυκλώματος αερισμού μεταλλείου Ολυμπιάδας”, Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
5. Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (Κ.Μ.Λ.Ε.)

### **Ιστοσελίδες**

1. <http://aftertax.gr/>
2. <https://www.dei.gr/documents/XT1.8.07.pdf>
3. <http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/index.php?course=ELEC101&openDir=/54b30223m04K>
4. <http://www.eldoradogold.com/assets/europe/projects/olympias/>
5. <http://www.eltrak.gr/>
6. <http://el.wikipedia.org/>
7. <http://www.hellas-gold.com/>
8. <http://www.hlv.gr/products-wiremesh.html>
9. <http://www.indexmundi.com/>
10. [http://www.jimkava.com/wpcontent/uploads/2011/10/Ergasthrio\\_hlektrikwn\\_egatastasewn\\_263-274.pdf](http://www.jimkava.com/wpcontent/uploads/2011/10/Ergasthrio_hlektrikwn_egatastasewn_263-274.pdf)

11. [http://www.mascus.com/specs/crawler-excavators\\_971334/liebherr/r-932-litr-hd-sl\\_15022](http://www.mascus.com/specs/crawler-excavators_971334/liebherr/r-932-litr-hd-sl_15022)
12. <http://minelab.mred.tuc.gr/>
13. <http://www.minetech.metal.ntua.gr/home>
14. <http://mining.sandvik.com/en/products/equipment>
15. <http://www.mdec.ca/>
16. <http://www.osram.gr/>
17. <http://www.paus.de/>
18. <http://www.putzmeister.com.tr/>
19. <http://robotics.ee.uwa.edu.au/theses/2013-ElectricMines-Jacobs.pdf>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

**Table 16-5 Mining Schedule for Olympias Tailings and Ore**

OLYMPIAS		Unit	Total/Avg	Tailings Phase			Part Year	Olympias Concentrator Phase			
1. PRODUCTION				Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8
Orebody			13,572,734								
- Upper West	(t)	581,800		-	-	-	14,489	30,235	50,533	58,022	73,631
- Inter West	(t)	1,492,161		-	-	-	56,803	165,724	115,192	109,804	85,045
- Lower West	(t)	7,372,492		-	-	-	-	65,727	157,587	177,224	176,538
- South Extension	(t)	2,533,573		-	-	-	-	-	-	-	-
- Lower East	(t)	1,013,925		-	-	-	-	26,164	34,340	27,644	27,212
- Upper East	(t)	578,783		-	-	-	10,016	33,467	32,116	25,371	41,417
Total ROM		(t)	13,572,734	-	-	-	81,308	321,317	389,768	398,065	403,843
Grade		(tpd)									
Au	(g/t)	8.70		-	-	-	9.80	10.06	9.68	9.53	9.91
Ag	(g/t)	132.35		-	-	-	111.14	128.03	140.41	140.18	121.66
Pb	(%)	4.42		-	-	-	2.48	3.94	4.46	4.53	3.98
Zn	(%)	5.89		-	-	-	3.15	5.15	5.14	4.97	4.86
Tailings		(t)	2,400,000	430,000	720,000	720,000	530,000				
Au grade	(g/t)	3.40		3.40	3.40	3.40	3.40				
Total processed Rom and Talings		(t)		430,000	720,000	720,000	611,308	321,317	389,768	398,065	403,843

OLYMPIAS		Unit	Stratoni New Concentrator Phase								
1. PRODUCTION			Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14	Year 15	Year 16	Year 17
Orebody											
- Upper West	(t)	77,216	80,146	75,026	51,576	42,682	28,344	-	-	-	-
- Inter West	(t)	87,308	83,523	86,999	91,529	91,723	94,738	79,484	78,581	74,140	
- Lower West	(t)	297,325	292,918	360,486	370,574	369,338	396,548	444,021	443,506	479,084	
- South Extension	(t)	142,964	203,505	207,191	226,085	226,161	200,489	207,483	211,917	199,811	
- Lower East	(t)	72,780	82,475	70,714	70,306	70,509	70,360	70,872	66,961	71,972	
- Upper East	(t)	51,317	49,224	45,858	35,981	43,289	34,289	15,182	17,203	19,594	
Total ROM		(t)	728,910	791,791	846,274	846,051	843,602	824,768	817,042	818,168	844,601
Grade		(tpd)	2,893	3,142	3,358	3,357	3,348	3,273	3,242	3,247	3,352
Au	(g/t)	8.17	8.80	8.92	8.44	8.09	8.32	7.92	8.33	8.35	
Ag	(g/t)	115.82	136.32	131.80	139.66	132.12	127.27	130.20	124.18	129.10	
Pb	(%)	3.93	4.50	4.30	4.55	4.42	4.25	4.41	4.18	4.49	
Zn	(%)	5.49	5.81	5.33	5.76	5.77	5.79	5.89	6.01	6.24	
Tailings		(t)									
Au grade	(g/t)										
Total processed Rom and Talings		(t)	728,910	791,791	846,274	846,051	843,602	824,768	817,042	818,168	844,601



OLYMPIAS		Unit	Stratoni New Concentrator Phase							
1. PRODUCTION			Year 18	Year 19	Year 20	Year 21	Year 22	Year 23	Year 24	Year 25
Orebody										
- Upper West	(t)		-	-	-	-	-	-	-	-
- Inter West	(t)		33,015	-	-	-	-	-	33,544	125,009
- Lower West	(t)		471,064	509,272	518,568	562,242	425,331	400,089	303,004	152,046
- South Extension	(t)		198,695	158,166	124,777	106,697	85,306	34,326	-	-
- Lower East	(t)		81,148	72,418	71,855	26,195	-	-	-	-
- Upper East	(t)		18,490	17,269	20,000	22,057	-	15,352	22,089	9,202
Total ROM		(t)	802,412	757,125	735,200	717,191	510,637	449,767	358,637	286,257
Grade		(tpd)	3,184	3,004	2,917	2,846				
Au	(g/t)		8.59	8.84	9.68	8.40	8.00	8.59	9.56	9.36
Ag	(g/t)		133.93	129.64	145.70	133.90	146.52	130.52	136.34	139.39
Pb	(%)		4.62	4.39	4.88	4.52	4.98	4.39	4.60	4.73
Zn	(%)		6.61	6.46	6.72	6.25	6.61	5.79	6.05	5.73
Tailings		(t)								
Au grade	(g/t)									
Total processed Rom and Talings		(t)	802,412	757,125	735,200	717,191	510,637	449,767	358,637	286,257