



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ
ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΒΩΞΙΤΙΚΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ ΜΑΡΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΝΔΡΕΑΣ ΜΠΕΝΑΡΔΟΣ
ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ
ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΒΩΞΙΤΙΚΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ ΜΑΡΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

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

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις 18 / 10 / 2019

Μπενάρδος Ανδρέας, Αναπλ. Καθηγητής Ε.Μ.Π

Δαμίγος Δημήτριος, Καθηγητής Ε.Μ.Π

Μενεγάκη Μαρία, Αναπλ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019

Copyright © ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ ΜΑΡΙΑ, 2019

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

Πίνακας περιεχομένων

Περιεχόμενα εικόνων.....	i
Περιεχόμενα πινάκων	iv
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ.....	1
1.2 ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ	1
1.3 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	6
2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	9
2.1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΡΟΗΣ ΑΕΡΑ	9
2.2 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ.....	9
2.2.1 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΤΡΙΒΩΝ.....	9
2.2.2 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΚΡΟΥΣΕΩΝ.....	11
2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ.....	12
2.3.1 ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ	12
2.3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ.....	13
2.3.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	14
3. ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ	16
3.1 ΚΥΡΙΟΣ (ΠΡΩΤΕΥΩΝ) ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	16
3.1.2 ΦΥΣΗΤΚΟΣ ΚΑΙ ΜΥΖΗΤΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ-	17
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΙΕΣΕΩΝ	17
3.2 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	18
3.2.1 ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ	18

3.2.2	ΣΗΜΕΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ.....	22
3.2.3	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ	23
3.2.4	ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΕΡΑ	26
3.3	ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	27
3.3.1	ΓΕΝΙΚΑ-ΣΚΟΠΟΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	27
3.3.2	ΦΥΣΗΤΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	28
3.3.3	ΜΥΖΗΤΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	29
3.3.4	ΜΕΙΚΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	30
3.4	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	31
3.4.1	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ	31
3.4.2	ΑΓΩΓΟΙ.....	32
4.	ΒΩΞΙΤΗΣ – ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ.....	36
4.1	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΒΩΞΙΤΗ.....	36
4.3	ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	37
4.4	ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΒΩΞΙΤΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ	39
5.	ΤΟ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ ΤΗΣ ΒΑΡΓΙΑΝΗΣ.....	40
5.1	ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ	40
5.2	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ - ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	44
5.4	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	45
6.	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	49
6.2	ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	51
6.2.1	ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	55
6.3	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	64
6.3.1	ΒΡΑΧΥΣΠΟΘΕΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	64

6.3.2 ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	72
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	79
Παράρτημα 1	81
Παράρτημα 2	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1.1: Επίδραση της συγκέντρωσης του CO στον αέρα στη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού (ανακαλύφθηκαν από τον Strang and Wood,1985) [Οι τρεις οριζόντιοι άξονες αντιπροσωπεύουν τις ώρες έκθεσης για τρία διαφορετικά επίπεδα δραστηριότητας] (McPherson, 1993).	4
Εικόνα 2.1 : Χαρακτηριστική καμπύλη μεταλλείου.	13
Εικόνα 2.2 : Περιβάλλον εργασίας σχεδιαστικού προγράμματος Ventsim Visual.....	15
Εικόνα 3.1 : Διαγράμματα πιέσεων για το φυσητικό, μυζητικό και προωθητικό σύστημα αερισμού (Οικονομόπουλος, 1991).	17
Εικόνα 3.2 : Εμπρόσθια άποψη μηχανικού αερισμού σε υπόγειο μεταλλείο	18
Εικόνα 3.3 : Φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες σε μεταλλείο στο Μαντούδι Ευβοίας.....	19
Εικόνα 3.4 : Ελικοφόρος ανεμιστήρας της εταιρείας ΕΛΕΒΟΡ Α.Ε.Β.Ε.....	20
Εικόνα 3.5 : Συνόλου από χαρακτηριστικές καμπύλες για αξονικό ανεμιστήρα (McPherson, 1993).	21
Εικόνα 3.6 : Χαρακτηριστικές καμπύλες ανεμιστήρα (Οικονομοπουλος,1991)	22
Εικόνα 3.7 : Σημείο λειτουργίας ανεμιστήρα (Οικονομοπουλος,1991).	23
Εικόνα 3.8 : Χαρακτηριστικές καμπύλες και σημείο λειτουργίας για ανεμιστήρες συνδεδεμένους σε σειρά (McPherson, 1993).	24
Εικόνα 3.9 : Χαρακτηριστικές καμπύλες δύο ανεμιστήρων τοποθετημένων παράλληλα (McPherson, 1993).	25
Εικόνα 3.10 : Βοηθητικός αερισμός σε υπόγειο μεταλλείο χρυσού	27
Εικόνα 3.11: Φυσητικός αερισμός (Μαούνης, 2010).....	28
Εικόνα 3.12 : Μυζητικός αερισμός (Μαούνης, 2010).....	29
Εικόνα 3.13 : Μεικτός αερισμός (Μαούνης, 2010).....	30
Εικόνα 3.14 : Άποψη ανεμιστήρα βοηθητικού αερισμού	31
Εικόνα 3.15 : Αγωγός βοηθητικού αερισμού	32
Εικόνα 3.16 : Άκαμπτος πλαστικός αγωγός.....	33

Εικόνα 3.17 : Χαρακτηριστική εικόνα χρήσης εύκαμπτων αγωγών για τον βοηθητικό αερισμό μετώπων εκμετάλλευσης.....	34
Εικόνα 3.18 : Εύκαμπτος αγωγός με σπειροειδή ελατήριο	34
Εικόνα 4.1 : Βωξίτης	36
Εικόνα 5.1 : Θέσεις φακών Βάργιανη E, I, L και Lμ οι οποίοι βρίσκονται υπο εκμετάλλευση.	41
Εικόνα 5.2 : Θέσεις των υπο μελέτη κοιτασμάτων των φακών Βάργιανη G, K, J, N και M	43
Εικόνα 5.3 Κεντρικοί ανεμιστήρες φυσητικού τύπου, σε παράλληλη σύνδεση στο στόμιο της στοάς Σ617	45
Εικόνα 5.4: Θύρα αέρα εργοταξίου ΒΑΡΓΙΑΝΗ.....	46
Εικόνα 5.5 : Υφιστάμενο δίκτυο αερισμού (φακών Βάργιανη E, I, L, Lμ)	48
Εικόνα 6.1 : Σχέδιο στοών αερισμού.....	50
Εικόνα 6.2 : Τρισδιάστατη επιφάνεια της περιοχής εκμετάλλευσης	50
Εικόνα 6.3 : Τρισδιάστατο σχέδιο δικτύου αέρα	51
Εικόνα 6.4 : Εισαγωγή βασικών παραμέτρων για την μοντελοποίηση του αερισμού	53
Εικόνα 6.5: Θέσεις ανεμιστήρων στο πρόγραμμα Ventsim Visual	54
Εικόνα 6.6 : Διάγραμμα καμπύλης συνδυασμένου αποτελέσματος 2 κεντρικών ανεμιστήρων των 45 Kw (σε παράλληλη σύνδεση) σε σχέση με την χαρακτηριστική καμπύλη του υφιστάμενου μεταλλείου	55
Εικόνα 6.7 : Θέσεις και τιμές ποσοτικών μετρήσεων αέρα που έγιναν στο μεταλλείο	56
Εικόνα 6.8 : Αποτελέσματα τιμών της παροχής αέρα που υπολογίζονται μέσω του λογισμικού στις θέσεις ΣΦ-3, Σ592 και Σ592-2.....	56
Εικόνα 6.9 : Μετρήσεις της παροχής και της ταχύτητας του αέρα στις θέσεις Σ 592, Σ 592-2 και στα τυφλά μέτωπα εργασίας (θέση 1 και 2).....	58
Εικόνα 6.10 : Θέσεις και τιμές ποιοτικών μετρήσεων αέρα	59
Εικόνα 6.11 : Θέσεις τοποθέτησης μηχανημάτων μεταλλείου.	60

Εικόνα 6.12 : Χαρακτηριστική καμπύλη υφιστάμενου μεταλλείου.....	62
Εικόνα 6.13 : Τιμές βασικών χαρακτηριστικών μοντελοποιημένου δικτύου	63
Εικόνα 6.14 : Επέκταση του κεντρικού κυκλώματος αερισμού και νέες θέσεις βοηθητικών ανεμιστήρων 45kw και 25kw	65
Εικόνα 6.15 : Θέσεις ανεμιστήρων στο καινούργιο κύκλωμα αερισμού	67
Εικόνα 6.16 : Διάγραμμα νέας καμπύλης συνδυασμένου αποτελέσματος 2 κεντρικών ανεμιστήρων των 45 Kw (σε παράλληλη σύνδεση) σε σχέση με την νέα χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου	68
Εικόνα 6.17 : Τιμές της παροχής και της ταχύτητας του αέρα σε τυφλά μέτωπα εργασίας	69
Εικόνα 6.18 : Θέσεις ποιοτικών μετρήσεων νέου κυκλώματος αερισμού	69
Εικόνα 6.19 : Νέα χαρακτηριστική καμπύλη μεταλλείου	70
Εικόνα 6.20 : Τιμές βασικών χαρακτηριστικών νέου δικτύου αέρα	71
Εικόνα 6.21 : Μελλοντικό κύκλωμα αερισμού και νέες θέσεις τοποθέτησης βοηθητικών ανεμιστήρων	73
Εικόνα 6.22: Διάγραμμα νέας καμπύλης συνδυασμένου αποτελέσματος 2 κεντρικών ανεμιστήρων των 45 Kw (σε παράλληλη σύνδεση) σε σχέση με την νέα χαρακτηριστική καμπύλη του μελλοντικού μεταλλείου	74
Εικόνα 6.23 : Παροχή και ταχύτητα αέρα σε τυφλά μέτωπα εργασίας	75
Εικόνα 6.24 : Θέσεις ποιοτικών μετρήσεων μελλοντικού κυκλώματος αερισμού	75
Εικόνα 6.25 : Χαρακτηριστική καμπύλη μελλοντικού μεταλλείου	76
Εικόνα 6.26 : Τιμές βασικών χαρακτηριστικών μελλοντικού κυκλώματος αερισμού	77
Εικόνα 6.27 : Μεταβολή χαρακτηριστικής καμπύλης μεταλλείου (ΧΚΜ) κατά τα στάδια της μοντελοποίησης και του σχεδιασμού του κυκλώματος αερισμού.....	78

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1.1 : Επιδράσεις της μείωσης του ποσοστού οξυγόνου στον άνθρωπο.	2
Πίνακας 1.2 : Επιπτώσεις, λόγω αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα, στον άνθρωπο	3
Πίνακας 4.1: Περιεκτικότητες οξειδίων σε κοιτάσματα βωξίτη ανάλογα με τον ορίζοντα που ανήκουν	38
Πίνακας 4.2: Παραγωγή βωξίτη και αξία πωλήσεων και εξαγωγών για την Ελλάδα (https://www.sme.gr/).....	39
Πίνακας 6.1: Επιλεγμένος συνδυασμός ανεμιστήρων και θέσεις τοποθέτησης τους	54
Πίνακας 6.2 : Συγκεντρωτικά δεδομένα παροχών αέρα.....	57
Πίνακας 6.3 : Τιμές παροχής και ταχύτητας αέρα στις αντίστοιχες θέσεις της εικόνας 6.9	58
Πίνακας 6.4 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ποιοτικών μετρήσεων αέρα.....	60
Πίνακας 6.5 : Ποιοτική μέτρηση αέρα στην στοά βάσης Σ592	61
Πίνακας 6.6 : Λειτουργία ανεμιστήρων και θέσεις τοποθέτησής τους.....	66
Πίνακας 6.7 : Ποιοτικές μετρήσεις αέρα νέου κυκλώματος.	70
Πίνακας 6.8 : Νέες θέσεις βοηθητικών ανεμιστήρων και οι αντίστοιχοι φακοί κοιτασμάτων όπου διοχετεύεται ο αέρας.....	72
Πίνακας 6.9 : Ποιοτικές μετρήσεις αέρα μελλοντικού κυκλώματος.....	76

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των προπτυχιακών μου σπουδών στη σχολή Μηχανικών Μεταλλείων- Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Κύριος στόχος της είναι ο σχεδιασμός και μοντελοποίηση κυκλώματος αερισμού υπόγειας βωξιτικής εκμετάλλευσης με την χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Ventsim Visual. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η βελτιστοποίηση του υφιστάμενου δικτύου αέρα της εκμετάλλευσης αλλά και η επίτευξη ενός ορθολογικού σχεδιασμού του μελλοντικού συστήματος αερισμού. Η βωξιτική εκμετάλλευση πάνω στην οποία δουλέψαμε είναι το μεταλλείο της ΒΑΡΓΙΑΝΗΣ της εταιρείας ΔΕΛΦΟΙ-ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.

Αναλυτικότερα η διπλωματική εργασία δομείται σε 7 κεφάλαια :

Στο 1^ο κεφάλαιο αναφέρονται κάποια γενικά στοιχεία για την ατμόσφαιρα των μεταλλείων και τους κανονισμούς που έχει θεσπίσει το κράτος όσον αφορά τον αερισμό.

Στο 2^ο και 3^ο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής αναφορά για τις γενικές διατάξεις αερισμού των υπόγειων μεταλλείων, τα χαρακτηριστικά μεγέθη που συμβάλουν στην σωστή λειτουργία του δικτύου καθώς και τα συστήματα αερισμού που χρησιμοποιούνται στις υπόγειες εκμεταλλεύσεις.

Στο 4^ο κεφάλαιο αναπτύσσονται μερικά γενικά στοιχεία για τον βωξίτη και τις ελληνικές βωξιτικές εκμεταλλεύσεις.

Στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή του εργοταξίου της ΒΑΡΓΙΑΝΗΣ όσον αφορά τα εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα, το προσωπικό και τον μηχανολογικό εξοπλισμό που διαθέτει και το δίκτυο αερισμού που υπάρχει στο μεταλλείο.

Στο 6^ο κεφάλαιο είναι η πειραματική διαδικασία όπου με την χρήση του προγράμματος μοντελοποιήσαμε το υπάρχον σύστημα αερισμού του μεταλλείου και έγινε ο σχεδιασμός του μελλοντικού κυκλώματος αέρα.

Στο 7^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την συγκεκριμένη εργασία.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτέλεσε μια μοναδική εμπειρία για μένα και με γέμισε με γνώσεις που θα με βοηθήσουν στην εξέλιξη μου ως μεταλλειολόγο. Βεβαίως αυτό δεν θα συνέβαινε χωρίς την βοήθεια κάποιων ανθρώπων. Για τον λόγο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω :

Τον κ. Ανδρέα Μπενάρδο, Αναπληρωτή Καθηγητή Ε.Μ.Π

Την εταιρεία ΔΕΛΦΟΙ-ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε και ειδικότερα τον κ. Ιωάννη Λουκά, προϊστάμενο ανθρωπίνου δυναμικού και διοικητικών υπηρεσιών της εταιρείας.

Αλλά πάνω απ' όλα την οικογένειά μου και τους δικούς μου ανθρώπους που ήταν δίπλα μου και με στήριζαν σε κάθε βήμα μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο αερισμός των μεταλλείων έχει κεφαλαιώδη σημασία στην εξορυκτική διαδικασία τόσο για την ασφαλή εργασία του προσωπικού όσο και για την αποδοτικότητα του έργου. Στην συγκεκριμένη εργασία έγινε προσπάθεια διερεύνησης και βελτίωσης του κυκλώματος αερισμού καθώς και η ακριβής μοντελοποίηση του με την χρήση ειδικού λογισμικού. Βασικός στόχος ήταν η βελτιστοποίηση του δικτύου αλλά και κυρίως ο σχεδιασμός του αερισμού για την μελλοντική ανάπτυξη του μεταλλείου.

Για την συγκεκριμένη ενέργεια επιλέχθηκε υπόγεια βωξιτική εκμετάλλευση. Η επιλογή έγινε λόγω της δυσκολίας που εμφανίζουν οι βωξιτικές εκμεταλλεύσεις στο κομμάτι του αερισμού και αυτό διότι ο βωξίτης έχει την μορφή φακών οι οποίοι είναι διάσπαρτοι στην περιοχή εκμετάλλευσης, με αποτέλεσμα να γίνονται πολλά προσπελαστικά έργα και έργα ανάπτυξης ώστε να μπορέσει να γίνει η εξόρυξη του κοιτάσματος. Αυτό έχει ως επακόλουθο, ο αερισμός των συγκεκριμένων μεταλλείων να είναι δύσκολος και πολύπλοκος, λόγω του μεγάλου μήκους και πολυπλοκότητας του δικτύου.

Αρχικά, για να μοντελοποιηθεί το υπάρχον κύκλωμα αερισμού, ώστε να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον που ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες που επικρατούν στο μεταλλείο, διεξάχθηκε σχετική ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης του μεταλλείου της Βάργιανης. Το μεταλλείο ψηφιοποιήθηκε, και αναπτύχθηκε η πλήρης τρισδιάστατη μορφή των στοών και του χώρου του μεταλλείου, με την βοήθεια των προγραμμάτων AutoCAD και Surpac 6.4.1 της Gemcom.

Τέλος, με την χρήση του προγράμματος Ventsim Visual 4 δημιουργήθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο του υφιστάμενου κυκλώματος και ακολούθησε πρώτα η μοντελοποίηση του υφιστάμενου κυκλώματος αερισμού η οποία ελέγχθηκε για την πιστότητα και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων που δίνει με βάση τις πραγματικές μετρήσεις σε διάφορες περιοχές του μεταλλείου. Στη συνέχεια, ακολούθησε η τροποποίηση του επικυρωμένου μοντέλου και ο σχεδιασμός και ανάπτυξη του μελλοντικού δικτύου αερισμού του μεταλλείου που θα υποστηρίζει τις επεκτάσεις της εκμετάλλευσης και σε άλλους φακούς.

ABSTRACT

Mining ventilation is crucial in the extraction process for both the safe work of the staff and the efficiency of the project. The aim of the diploma thesis is to investigate the possibility of optimizing and design the ventilation system of an underground bauxite mine. The bauxite exploitation has difficult and complex ventilation system because the bauxite deposits are lenticular and are scattered around the exploitation area. The effect of this situation is to create many galleries so that the exploitation can take place.

In order to optimizing the existing ventilation system and create an environment that responds to the real conditions of the mine, a study of the state of Bargiani's mine was made.

Then a process of the two-dimensional design of the galleries and area of the mine was carried out, with the help of AutoCAD and Gemcom Surpac 6.4.1 programs. Finally, using the Ventsim Visual 4 program, the three-dimensional model of the existing system was created, followed by the modeling of the existing ventilation system and then the design of the future mine air network.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ

Για την διατήρηση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας, της θερμοκρασίας και της υγρασίας, μέσα σε επιτρεπτά επίπεδα, με σκοπό να μην εκτίθενται σε κίνδυνο το προσωπικό και να λειτουργεί αποδοτικά ο μηχανικός εξοπλισμός, πρέπει να υπάρχει ένα αποτελεσματικό σύστημα αερισμού. Με έναν ορθολογικό σχεδιασμό του δικτύου αέρα, εξασφαλίζεται στο μεταλλείο η προσαγωγή φρέσκου αέρα στις θέσεις εργασίας και ταυτόχρονα η αραίωση και η απαγωγή των επικίνδυνων αερίων και κονιοτρώων και δημιουργούνται κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες ώστε οι εργαζόμενοι να μπορούν να δουλεύουν άνετα σε κάθε θέση εργασίας. Για να εξασφαλιστούν τα παραπάνω, πρέπει πρώτα απ' όλα να υπάρχει επαρκής γνώση όσον αφορά τα αέρια που επικρατούν στα υπόγεια μεταλλεία και στο πως αυτά επηρεάζουν την ποιότητα της εργασίας και την υγεία του προσωπικού.

1.2 ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ

Η σύνθεση του όγκου του καθαρού ξηρού αέρα που εισέρχεται στα μεταλλεία είναι :

- 20.93% οξυγόνο (O₂)
- 78.10% άζωτο (N)
- 0.03% διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και
- 0.94% αργό (Ar)

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως ο όρος «ξηρός αέρας» είναι υποθετικός και χρησιμοποιείται για ποιοτικό έλεγχο ή ψυχομετρικούς υπολογισμούς. Η πραγματική κατάσταση που επικρατεί στα υπόγεια μεταλλεία αφορά σε υγρό αέρα ή «κανονικό» αέρα, ο οποίος είναι μείγμα ξηρού αέρα και υδρατμών σε ποσοστό 0.1-0.4% κατ' όγκο. Υπο αυτές τις συνθήκες, γίνεται αναφορά για «κανονική» ατμόσφαιρα, η οποία λειτουργεί ως βάση για υπολογισμούς ποιοτικού και ποσοτικού ελέγχου αέρα. Πρέπει να αναφερθεί ότι :

- Ο αέρας που εκπνέει ο ανθρώπινος οργανισμός περιέχει 16.3% οξυγόνο(O₂), 79.32% άζωτο(N) και 4.38% διοξείδιο του άνθρακα(CO₂).
- Ο μέσος άνθρωπος όταν βρίσκεται σε ανάπαυση αναπνέει 15 έως 18 φορές το λεπτό, εισπνέοντας 400-700 cm³ αέρα σε κάθε εισπνοή, δηλαδή 5-13 λίτρα αέρα το λεπτό. Κατ' αυτό τον τρόπο καταναλώνει 300 cm³ οξυγόνο το λεπτό, ενώ όταν εργάζεται σκληρά (άρα αναπνέει με ταχύτερο ρυθμό) μπορεί να καταναλώσει 3000 cm³ ή και περισσότερο σε κάθε εισπνοή.

Όσο ο αέρας κυκλοφορεί μέσα στο μεταλλείο αρχίζει και χάνει από το οξυγόνο του. Αυτό συνήθως είναι συνέπεια της αναπνοής των εργαζομένων και της λειτουργίας των μηχανών εσωτερικής καύσης αλλά και κάποιων αντιδράσεων οξείδωσης που συμβαίνουν στα κοιτάσματα (Οικονομόπουλος, 1991).

• ΟΞΥΓΟΝΟ (O₂)

Το οξυγόνο είναι το πιο σημαντικό, απ' όλα τα αέρα που υπάρχουν στα μεταλλεία. Η ποσότητα του οξυγόνου που χρειάζεται ο άνθρωπος είναι συνάρτηση της κινητικής του δραστηριότητας. Στον πίνακα 1.1 σημειώνονται τι επιπτώσεις προκαλούν, στον ανθρώπινο οργανισμό, διάφορα ποσοστά οξυγόνου.

Πίνακας 1.1 : Επιδράσεις της μείωσης του ποσοστού οξυγόνου στον άνθρωπο.

Ποσοστό οξυγόνου	Επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό
21%	Η αναπνοή είναι άνετη και υπάρχει καλύτερη αποδοτικότητα εργασίας
17%	Ταχύτερη και βαθύτερη αναπνοή
15%	Κατά κανόνα, οι περισσότεροι άνθρωποι αισθάνονται ταχυπαλμία, ζάλη, βουή στα αυτιά και πονοκέφαλο
13%	Παρατηρείται έντονη ταχυπαλμία, εμετός και σε ορισμένες περιπτώσεις απώλεια αισθήσεων
< 10%	Παρατηρείται κνάνωση, κόμα και σπασμοί
7%	Υπάρχει άμεσος κίνδυνος απώλειας ζωής
6%	Επέρχεται γρήγορα ο θάνατος

Παρ' ότι απώλεια των αισθήσεων δεν επέρχεται παρά μόνο κάτω του 13% σε οξυγόνο, κανείς δεν πρέπει να εισέρχεται σε περιοχές που έχουν ποσοστά χαμηλότερα από 16,25% (Οικονομόπουλος, 1991).

Η έλλειψη οξυγόνου στην ατμόσφαιρα μπορεί να είναι αποτέλεσμα ύπαρξης ενός ή και περισσότερων αερίων, τα οποία παρουσιάζουν υψηλή συγκέντρωση. Ακόμα και μη τοξικά αέρια μπορούν να οδηγήσουν τον ανθρώπινο οργανισμό σε ασφυξία, αν η συγκέντρωσή τους είναι αρκετή για να προκαλέσει έλλειψη οξυγόνου (McPherson, 1993).

- **ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂)**

Το διοξείδιο του άνθρακα συγκεντρώνεται στο δάπεδο των στοών καθώς είναι βαρύτερο από τον αέρα. Η αυξημένη συγκέντρωση CO₂ εγκυμονεί κινδύνους για το προσωπικό και έχει επιπτώσεις στο αναπνευστικό και κεντρικό νευρικό σύστημα. Σε ποσοστό 0.5% προκαλεί ανάγκη ταχύτερης και βαθύτερης αναπνοής, σε ποσοστό 2%, 3% ή 5% προκαλεί αντίστοιχη αύξηση του απαιτούμενου αέρα κατά 50%, 100% και 300% ενώ σε ποσοστό 10% δεν μπορεί να γίνει ανεκτό από τον ανθρώπινο οργανισμό περισσότερο από λίγα λεπτά της ώρας (McPherson, 1993). Οι φυσιολογικές επιδράσεις του διοξειδίου του άνθρακα δίνονται στον Πίνακα 1.2.

Πίνακας 1.2 : Επιπτώσεις, λόγω αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα, στον άνθρωπο

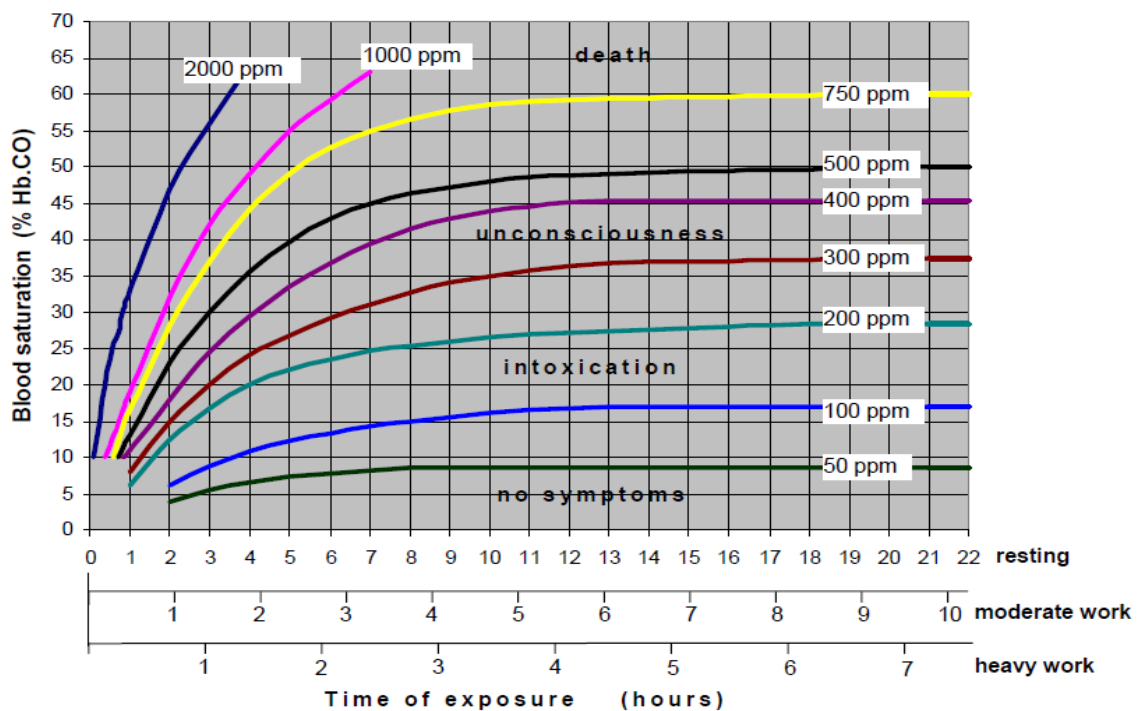
% περιεκτικότητα CO₂ στον αέρα	Επιδράσεις
0,03	Καμία, κανονική συγκέντρωση ατμόσφαιρας
0,5	Αύξηση της αναπνοής κατά 5%
2,0	Αύξηση της αναπνοής κατά 50%
3,0	Αύξηση της αναπνοής κατά 100%
5 – 10	Πονοκέφαλος, βίαιοι πόνοι
10 – 15	Ανυπόφοροι πόνοι, έντονοι πονοκέφαλοι, γρήγορες αναπνοές, θάνατος

Οι παραπάνω επιδράσεις ισχύουν υπό την προϋπόθεση ότι το οξυγόνο παραμένει περίπου στα κανονικά όρια και ότι ο εργαζόμενος δεν πραγματοποιεί επίπονη εργασία. Σε αντίθετη περίπτωση τα συμπτώματα είναι πιο έντονα και φυσικά πιο επικίνδυνα, ακόμη και σε μικρότερες συγκεντρώσεις CO₂ (Οικονομόπουλος, 1991).

- **ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)**

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άοσμο, άγευστο και άχρωμο και αποτελεί ένα αέριο υψηλής τοξικότητας. Προέρχεται από τα εκρηκτικά που χρησιμοποιούνται για την ανατίναξη καθώς και από την λειτουργία ντιζελοκίνητων μηχανών. Το σύνολο του μονοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από τις παραπάνω πηγές μπορεί να ελαττωθεί σε ένα μικρό ποσοστό με την εφαρμογή χημικών και την τροποποίηση της τεχνικής γόμωσης των διατηρημάτων.

Για το μηχανικό μεταλλείων έχει περισσότερη πρακτική αξία η γνώση των συμπτωμάτων που προέρχονται από την εισπνοή μονοξειδίου του άνθρακα σε συνάρτηση με το χρόνο έκθεσης των εργαζομένων σε διάφορες συγκεντρώσεις του αερίου. Η **εικόνα 4.1** δίνει έναν οδηγό των φυσιολογικών αντιδράσεων στο μονοξείδιο του άνθρακα και λαμβάνει υπόψη το επίπεδο σωματικής δραστηριότητας και τον χρόνο έκθεσης.



Εικόνα 1.1: Επίδραση της συγκέντρωσης του CO στον αέρα στη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού (ανακαλύφθηκαν από τον Strang and Wood,1985) [Οι τρεις οριζόντιοι άξονες αντιπροσωπεύουν τις ώρες έκθεσης για τρία διαφορετικά επίπεδα δραστηριότητας] (McPherson, 1993).

- **ΜΕΘΑΝΙΟ**

Το μεθάνιο είναι άοσμο αέριο και η εισπνοή του, σε μεγάλα ποσοστά, μπορεί να προκαλέσει ασφυξία. Το μεθάνιο αποτελεί παράγοντα πρωταρχικής σημασίας για την ασφάλεια των υπόγειων μεταλλείων και πρέπει να υπάρχει καλό σύστημα αερισμού ώστε τα ποσοστά του αερίου στην ατμόσφαιρα να είναι κάτω του 0.5%.

Ο επικίνδυνος χαρακτήρας του μεθανίου απαιτεί την ανίχνευση και τον προσδιορισμό του στις υπόγειες εργασίες, τόσο υπό κανονικές συνθήκες, όσο και μετά από επισυμβαίνουσες πυρκαγιές ή εκρήξεις.

- **ΥΔΡΟΘΕΙΟ (H₂S)**

Το υδρόθειο είναι δύσοσμο αέριο και αρκετά δηλητηριώδες. Ειδικά :

- Σε ποσοστό 0.005 – 0.010%, μετά από μια ώρα έκθεσης προκαλεί ορισμένα ελαφρά συμπτώματα (ερεθισμό στα μάτια και στις αναπνευστικές οδούς).
- Σε ποσοστό 0.02% - 0.07%, παρατηρείται έντονος ερεθισμός στα μάτια, πονοκέφαλος ναυτία, πόνοι στη μύτη, το λάρυγγα και το στήθος.
- Σε ποσοστό 0.07% - 0,1%, υπάρχει απώλεια των αισθήσεων, παύση της αναπνοής και θάνατος.
- Σε ποσοστό 0.1% – 0.2% προκαλείται θάνατος μέσα σε λίγα λεπτά.

Παρά το γεγονός ότι η έντονη οσμή του αερίου προδίδει την ύπαρξή του, πρέπει να σημειωθεί ότι η παρατεινόμενη έκθεση των εργαζομένων και σε χαμηλές ακόμη συγκεντρώσεις υδρόθειου, παραλύει την όσφρηση με επικίνδυνες συνέπειες. Έκθεση επί 15 λεπτά σε ποσοστό 0,01% προκαλεί απώλεια της όσφρησης. Αυτό βεβαίως μπορεί να συμβεί και σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις του αερίου εάν η έκθεση παραταθεί περισσότερο. Επίσης, σημειώνεται ότι αέρας που περιέχει 4,3 – 46 % H₂S θα εκραγεί αν υποστεί έναυση.

- **ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ**

Το Άζωτο σχηματίζει διάφορα οξειδία (N₂O, NO, NO₂, N₂O₄, N₂O₃ και N₂O₅) τα οποία, με εξαίρεση το N₂O είναι τοξικά. Στα υπόγεια μεταλλεία βρίσκονται συχνότερα τα

οξειδία NO και NO₂ που προέρχονται κυρίως από τα αέρια αποσύνθεσης των εκρηκτικών υλών και τα καυσαέρια των μηχανών εσωτερικής καύσης.

Τα οξειδία του αζώτου σε μικρές συγκεντρώσεις προκαλούν ενοχλήσεις στον λάρυγγα και βήχα, ενώ σε μεγαλύτερα ποσοστά μπορούν να προκαλέσουν ερεθισμό των αναπνευστικών οδών, βρογχίτιδα ή πνευμονία. Ειδικά, μετά από εισπνοή NO₂, σε ποσοστό 0.01% και για λίγο χρόνο δημιουργείται επικίνδυνη κατάσταση, ενώ σε ποσοστό 0.07% και για περίπου μισή ώρα είναι θανατηφόρο. Συνεπώς, ο κατάλληλος αερισμός, για την αραίωση και την γρήγορη απαγωγή των καπνών που προέρχονται από την αποσύνθεση των εκρηκτικών υλών και την λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης, είναι απαραίτητος.

1.3 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Με βάση τα παραπάνω και καθώς είναι γνωστό πως ο αερισμός είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ασφάλεια των εργαζομένων και την σωστή λειτουργία του υπόγειου έργου, οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην εξορυκτική διαδικασία οφείλουν να υπακούουν στους κανονισμούς που έχει θεσπίσει το κράτος.

Παρακάτω, σύμφωνα με τον Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (Κ.Μ.Λ.Ε ΥΑ 2223 ΦΕΚ 1227 14/06/11) και το ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ 225/1989 «Υγιεινή και ασφάλεια στα υπόγεια τεχνικά έργα»(Φ.Ε.Κ. 106/Α/2-5-1989) θα αναφερθούν τα κυριότερα σημεία των κανονισμών αυτών τα οποία εστιάζουν κυρίως τις απαιτήσεις του αερισμού.

Σύμφωνα λοιπόν με το άρθρο 75 του Κ.Μ.Λ.Ε (ΥΑ 2223 ΦΕΚ 1227 14/06/11) και το άρθρο 16 του Π.Δ (Φ.Ε.Κ. 106/Α/2-5-1989) σημειώνονται τα ακόλουθα:

Σε όλες τις υπόγειες εκμεταλλεύσεις πρέπει να κυκλοφορεί επαρκές ρεύμα καθαρού αέρα για την άνετη αναπνοή των εργαζομένων σε κάθε θέση, καθώς και την αραίωση και απομάκρυνση, από το εργασιακό περιβάλλον, κάθε είδους επικίνδυνων αερίων καπνών και σκόνης.

1. Ο εισερχόμενος αέρας πρέπει να είναι καθαρός και να διοχετεύεται σε όλες τις θέσεις εργασίας.

2. Ο όγκος του καθαρού αέρα στα μέτωπα εργασίας, πρέπει να είναι το λιγότερο, 5,66 m³ για κάθε πρώτο λεπτό και εργαζόμενο και 2,3 m³ για κάθε πρώτο λεπτό και ίππο μηχανών εσωτερικής καύσης.
3. Η ταχύτητα του εισερχόμενου ρεύματος αέρα, πρέπει να ρυθμίζεται κατάλληλα, ώστε να συντελεί στην αποτελεσματική ανανέωση του αέρα στις θέσεις εργασίας. Η ταχύτητα αυτή δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 0,1 m/sec και ούτε να ξεπερνάει, σε κάθε θέση εργασίας, τα 6 m/sec.
4. Η περιεκτικότητα σε οξυγόνο του αέρα σ' όλους τις χώρους εργασίας δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 19,5% σε όγκο. Για τις περιεκτικότητες των υπόλοιπων αερίων έχουμε:
 - Για το διοξείδιο του άνθρακα η οριακή και η ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης καθορίζεται στα 5000ppm (0,5%).
 - Για το μονοξείδιο του άνθρακα η οριακή τιμή έκθεσης καθορίζεται στα 50 ppm και η ανώτατη οριακή στα 300 ppm.
 - Για το μονοξείδιου του αζώτου η οριακή τιμή έκθεσης είναι 25 ppm.
 - Για το υδρόθειο η οριακή τιμή έκθεσης είναι στα 10 ppm και η ανώτατη οριακή στα 15 ppm.
 - Για το διοξείδιο του θείου η οριακή τιμή έκθεσης καθορίζεται στα 2 ppm και η ανώτατη οριακή στα 5 ppm.
 - Για το μεθάνιο το κατώτερο εκρηκτικό όριο είναι 5% και δεν είναι επικίνδυνο σε εισπνοή.
5. Σε κάθε περίπτωση το επίπεδο έκθεσης σε έναν παράγοντα πρέπει να είναι κατώτερο από εκείνο που ορίζει η αντίστοιχη «οριακή τιμή έκθεσης».
6. Η ατμόσφαιρα υπογείων έργων και στοών σε όλο το μήκος τις και φρεάτων σε όλο το ύψος τις, πρέπει να πληρεί ποιοτικά και ποσοτικά τις όρους που είναι απαραίτητο για την ασφάλεια και υγιεινή των εργαζομένων. Γι' αυτό, πρέπει να γίνονται οι σχετικές μετρήσεις, τα αποτελέσματα των οποίων πρέπει να καταγράφονται.
7. Για τον αερισμό τυφλών εκσκαφών, καθώς και κάθε θέση εργασίας όπου δεν είναι δυνατή η παροχή επαρκούς ποσότητας αέρα, επιβάλλεται η ύπαρξη δικτύων βοηθητικού αερισμού που πρέπει να λειτουργούν μέχρι να εξασφαλιστεί η κάλυψη των απαιτήσεων σε αερισμό.

8. Για να μην υπάρξει μείωση την περιεκτικότητας του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα του μεταλλείου, στα τμήματα που υπάρχει προσωρινή διακοπή εργασίας, πρέπει να διατηρείται τουλάχιστον ένας στοιχειώδης αερισμός.
9. Τέλος σύμφωνα με το άρθρο 76 του Κ.Μ.Λ.Ε(ΥΑ 2223 ΦΕΚ 1227 14/06/11), ο σχεδιασμός του κυκλώματος αερισμού πρέπει να διαχωρίζει το εισερχόμενο ρεύμα αέρα από το εξερχόμενο.

2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

2.1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΡΟΗΣ ΑΕΡΑ

Κατά την εκμετάλλευση των υπόγειων μεταλλείων, υπάρχει ανάγκη για μετακινήσεις μεγάλων όγκων αέρα, προκειμένου να επιτευχθούν σωστά όλες οι απαραίτητες λειτουργίες της εξόρυξης. Οι περισσότερες μετρήσεις της ροής του αέρα σε συστήματα αερισμού βασίζονται στον όγκο του αέρα (m^3) που διέρχεται μέσω μιας δεδομένης διατομής ενός αγωγού στη μονάδα του χρόνου (s). Η μονάδα μέτρησης της παροχής είναι m^3/s και υπολογίζεται με βάση τον τύπο [2.1]:

$$Q = v \times A \quad m^3/s \quad [2.1]$$

όπου:

v: ταχύτητα του αέρα (m/s)

A: διατομή του αγωγού (m^2)

2.2 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ

Στον αερισμό των υπογείων μεταλλείων σημείο ενδιαφέροντος παρουσιάζουν οι υφιστάμενες διαφορές πίεσης, και όχι οι απόλυτες τιμές των πιέσεων.

Η ροή στους αγωγούς προκαλείται μόνον όταν κάποια διαφορά πίεσης δημιουργηθεί μεταξύ δύο σημείων του συστήματος. Συνεπώς, ενέργεια η οποία παρέχεται, είτε από φυσική, είτε από μηχανική πηγή και δημιουργεί αυτή τη διαφορά πίεσης δαπανάται για να υπερνικηθούν οι απώλειες πίεσης κατά τη ροή.

Οι απώλειες πίεσης (h) μπορεί να διακριθούν σε δύο διαφορετικές ομάδες, ανάλογα με την αιτία από την οποία προέρχονται, τις απώλειες πίεσης λόγω τριβών και απώλειες πίεσης λόγω κρούσεων. (Οικονομόπουλος, 1991).

2.2.1 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΤΡΙΒΩΝ

Οι απώλειες πίεσης λόγω τριβών (h_T), προκαλούνται από την επαφή των ρευμάτων αέρα με τα τοιχώματα των αγωγών. Οι απώλειες αυτές εξαρτώνται κυρίως από τις διαστάσεις των

αγωγών του δικτύου του μεταλλείου, την κατάσταση των τοιχωμάτων τους και την ταχύτητα του ρεύματος του αέρα. Οι απώλειες πίεσης σε ευθύγραμμα τμήματα, ομοιόμορφης περιόδου διατομής, αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των συνολικών απωλειών πίεσης στα συστήματα αερισμού.

Σε μηχανικώς αεριζόμενα μεταλλεία οι απώλειες πίεσης από τριβές στις κύριες στοές ανέρχονται σε 70 έως 90% του συνόλου, παρότι σε ορισμένες περιπτώσεις το ποσοστό αυτό είναι σημαντικά χαμηλότερο. Συνεπώς, οι απώλειες αυτές είναι κατά κανόνα πολύ μεγαλύτερης σημασίας σε σύγκριση με τις απώλειες λόγω κρούσεων και απαιτούν περισσότερη προσοχή και ακρίβεια κατά τους σχετικούς υπολογισμούς.

Κατά τη μελέτη των προβλημάτων αερισμού των μεταλλείων οι απώλειες πίεσης λόγω τριβών υπολογίζονται από τον ακόλουθο τύπο [2.2], γνωστό ως τύπο Murgue ή Atkinson:

$$h_{\tau} = \left(\frac{K \times L \times \Pi}{S} \right) v^2 \quad [2.2]$$

όπου:

h_{τ} : απώλειες πίεσης από τριβές (mm H₂O ή kp/m²)

L : μήκος του αγωγού (m)

Π : περίμετρος του αγωγού (m)

S : διατομή του αγωγού (m²)

v : ταχύτητα του ρεύματος του αέρα (m/s)

K : εμπειρικός συντελεστής τριβής (kps²m⁻⁴)

Δεδομένου ότι η παροχή Q (m³/s) συνδέεται με τα μεγέθη S και v με τον τύπο $Q = S \times v$, εύκολα προκύπτει ότι :

$$h_{\tau} = \left(\frac{K \times L \times \Pi}{S^3} \right) Q^2$$

Ο συντελεστής K θεωρείται ως ανεξάρτητος της παροχής και εξαρτάται από το σχήμα της διατομής των αγωγών, το είδος υποστήριξης αυτών ως και την κατάσταση των τοιχωμάτων τους (παρειές, οροφή και δάπεδο). (Οικονομόπουλος, 1991)

2.2.2 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΚΡΟΥΣΕΩΝ

Απώλειες πίεσης λόγω κρούσεων (h_k), προκαλούνται από τη μεταβολή της διατομής των αγωγών στους οποίους κινούνται τα ρεύματα του αέρα.

Εάν στους αγωγούς του μεταλλείου γίνονται αλλαγές της διατομής ή της διεύθυνσης, συμβαίνουν απώλειες πίεσης λόγω κρούσεων, οι οποίες επιτείνονται εάν παρεμβάλλονται και εμπόδια (βαγόνια, ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, υλικά κλπ).

Οι απώλειες αυτές ανέρχονται σε 10 έως 30% των συνολικών, όμως ο ακριβής υπολογισμός τους δεν είναι εύκολος λόγω της ποικιλίας των συνθηκών υπό τις οποίες μπορούν να συμβούν. Οι απώλειες λόγω κρούσεων είναι ανάλογες με τη δυναμική πίεση της ροής (P_Δ) που αντιστοιχεί στη μέση ταχύτητα του ρευστού και με ένα συντελεστή K' που υπολογίζεται πειραματικά και ονομάζεται συντελεστής κρούσης.

Υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο [2.3]:

$$h_k = K' \times P_\Delta = K' \left(\frac{\delta \times v^2}{2g} \right) \quad [2.3]$$

Δεδομένου ότι τα μεγέθη h_k και P_Δ εκφράζονται με τις ίδιες μονάδες και επηρεάζονται από τις μεταβολές της πυκνότητας του αέρα είναι φανερό ότι ο συντελεστής K' είναι αδιάστατος και από αυτή την πλευρά διαφέρει από το συντελεστή τριβής K , είναι όμως σε γενικές γραμμές ανάλογος με αυτόν (Οικονομόπουλος, 1991).

Για λόγους απλοποίησης, η εισαγωγή της έννοιας του ισοδύναμου μήκους, δηλαδή του ευθύγραμμου μήκους του δεδομένου αγωγού στο οποίο σημειώνεται πτώση πίεσης ίση προς εκείνη που επισυμβαίνει λόγω της παρεμβολής εμποδίου στην ελεύθερη ροή του αέρα, φαίνεται να οδηγεί προς ένα γενικά παραδεκτό τρόπο υπολογισμού των απωλειών πίεσης λόγω κρούσεων. Με τη χρησιμοποίηση του ισοδύναμου μήκους (L_e), οι ολικές απώλειες πίεσης (λόγω τριβών και κρούσεων) υπολογίζονται με τη βοήθεια του τύπου [2.4]:

$$h = h_t + h_k = \frac{K \times \Pi \times (L + L_e) \times Q^2}{S^3} \quad [2.4]$$

Απώλειες πιέσεων λόγω τριβών ή κρούσεων συμβαίνουν ταυτόχρονα σε όλους σχεδόν τους τύπους υπόγειων εκσκαφών. Για λόγους υπολογισμού ο διαχωρισμός τους, αν και αυθαίρετος, είναι απαραίτητος καθώς οι απώλειες τριβών ή κρούσεων δεν υπακούουν στους ίδιους νόμους. Οι απώλειες πιέσεων σε ευθύγραμμο αγωγό, ομοιόμορφης και σταθερής διατομής θεωρούνται αποκλειστικά απώλειες λόγω τριβής. Αν όμως υπάρξει μεταβολή της διατομής ή της ευθυγράμμισης του αγωγού τότε έχουμε απώλειες πίεσης λόγω κρούσεων, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν παρά το γεγονός πως με την βοήθεια του ισοδύναμου μήκους μπορούν να εκτιμηθούν ως απώλειες λόγω τριβής.

Πρέπει να τονιστεί πάντως, πως κατά τον υπολογισμό των απωλειών πιέσεων η προσέγγιση που επιτυγχάνεται σε σχέση με την πραγματικότητα δεν είναι πάντα ικανοποιητική. (Οικονομόπουλος, 1991)

2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ

2.3.1 ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ

Σύμφωνα με τον τύπο [2.4] παρατηρείται ότι, για δεδομένο αγωγό, το μέγεθος $K \times \Pi \times (L + L_e)$ είναι σταθερό. Αυτό ονομάζεται αντίσταση του αγωγού, R , η οποία εκφράζεται σε kps^2m^{-8} ή Ns^2m^{-8} . Προκύπτει έτσι η θεμελιώδης εξίσωση [2.5] (Murgue, Atkinson) του αερισμού των μεταλλείων :

$$h = R \times Q^2 \quad [2.5]$$

Οι αντιστάσεις των αγωγών είναι απαραίτητες για την μελέτη του δικτύου αερισμού των μεταλλείων και μπορούν να υπολογιστούν με την βοήθεια μετρήσεων παροχής και απωλειών πιέσεων μεταξύ των άκρων τους. Όμως, στην περίπτωση μεταλλείων που είναι προς σχεδίαση ή ανάπτυξη, όπως επίσης και αγωγών που διαρρέονται από ρεύμα αέρα μικρής ταχύτητας, η αντίσταση δεν μπορεί να μετρηθεί με την κατάλληλη ακρίβεια. Σε αυτές τις συνθήκες, αν είναι γνωστά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αγωγού και ο συντελεστής τριβής τότε η αντίσταση μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο [2.6] :

$$R = \frac{K \times \Pi \times (L + L_e)}{S^3} \quad [2.6]$$

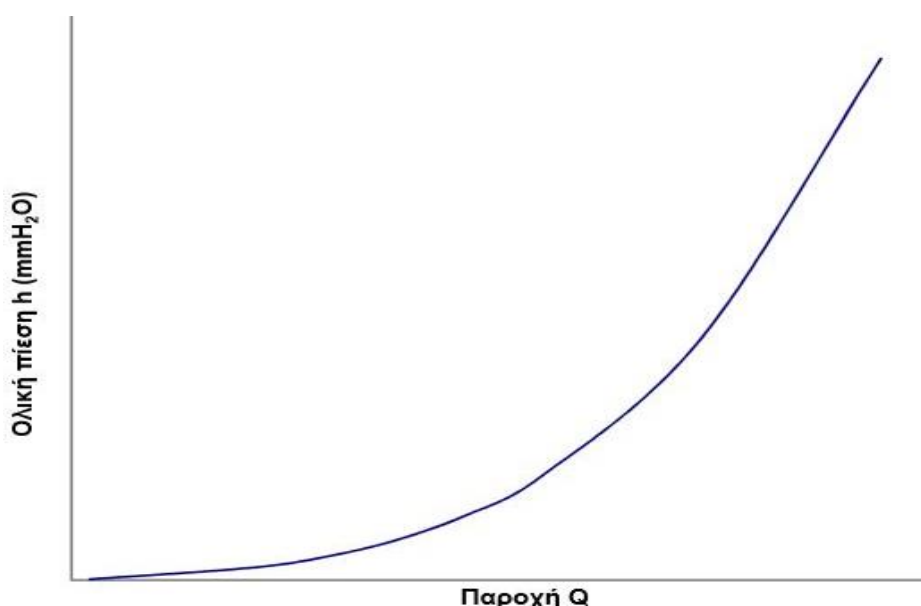
Είναι φανερό, ότι ο υπολογισμός της αντίστασης των στοών δεν παρουσιάζει κατά κανόνα δυσχέρειες, εάν ο συντελεστής τριβής επιλεγεί με επιτυχία. (Οικονομοπουλος, 1991)

2.3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ

Όπως προκύπτει από την θεμελιώδη εξίσωση του αερισμού, $h = R \times Q^2$, οι απώλειες πίεσης μεταβάλλονται ανάλογα με το τετράγωνο της παροχής. Συνεπώς, για έναν δεδομένο σύστημα υπάρχει μια σταθερή αναλογία μεταξύ πιέσεων και παροχών και εάν το μέγεθος h καθορισθεί για συγκεκριμένη παροχή Q , είναι εύκολο να προκύψουν οι τιμές οποιουδήποτε ζεύγους Q, h αφού ουσιαστικά η αντίσταση ($R = h \times Q^{-2}$) αποτελεί ένα συντελεστή αναλογίας.

Διευκρινίζεται ότι ο όρος ‘σύστημα’ μπορεί να υποδηλώνει αγωγό, τμήμα ή και το σύνολο του μεταλλείου, υπό την προϋπόθεση ότι το τελευταίο εξυπηρετείται από ένα και μόνο κύριο ανεμιστήρα.

Χαρακτηριστική καμπύλη μεταλλείου ονομάζεται η χάραξη μια παραβολικής καμπύλης, η οποία έχει συντεταγμένες Q, h , και αφορά την αντίσταση του συνολικού δικτύου του μεταλλείου. (Οικονομοπουλος, 1991).



Εικόνα 2.1 : Χαρακτηριστική καμπύλη μεταλλείου.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η χάραξη της καμπύλης αυτής γίνεται σε σχέση με τη στατική πίεση του μεταλλείου, συχνά όμως είναι χρήσιμο να αναφέρεται και στην ολική πίεση.

Η απαραίτητη ενέργεια, E, που απαιτείται για να αντιμετωπιστούν οι απώλειες πίεσης που αντιστοιχούν στη στατική πίεση του μεταλλείου προκειμένου να διοχετευθεί μέσα από το δίκτυο ποσότητα αέρα, Q, δίνεται από τη σχέση [2.7]:

$$E = Q \times h \quad [2.7]$$

Επομένως η απαιτούμενη ισχύς N, σε ίππους (HP) υπολογίζεται από τη σχέση [2.8]:

$$N = \frac{1}{75} \times Q \times h \quad [2.8]$$

Ο παραπάνω τύπος αναφέρεται στην θεωρητική ισχύ, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη η απόδοση της εγκατάστασης των ανεμιστήρων, που αποτελούν τις πηγές παροχής ενέργειας στον μηχανικό αερισμό.

Εάν ζητηθεί ο υπολογισμός της συνολικής ισχύος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η δυναμική πίεση, δηλαδή στον τύπο [2.8] να εφαρμοσθεί η ολική πίεση του μεταλλείου.

2.3.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Τα σχεδιαστικά προγράμματα που υπάρχουν πλέον διαθέσιμα, δίνουν την ευκαιρία όλα τα παραπάνω μεγέθη να υπολογίζονται απευθείας από το λογισμικό του προγράμματος με αποτέλεσμα να μπορεί να γίνεται γρήγορα και αποτελεσματικά η μοντελοποίηση των κυκλωμάτων αερισμού των υπόγειων μεταλλείων.

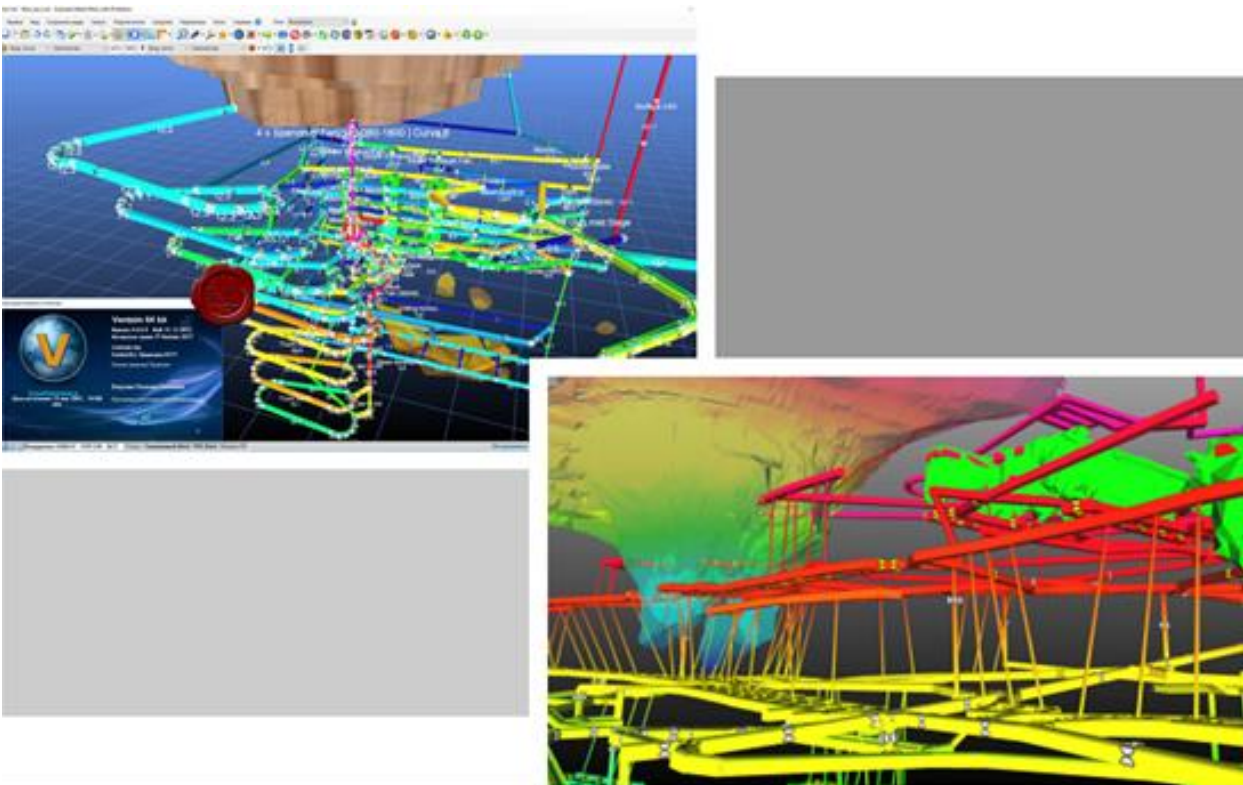
Τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων έχουν άμεση εφαρμογή στην πραγματικότητα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα ελεγχόμενο περιβάλλον, το οποίο ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματική κατάσταση που επικρατεί στο μεταλλείο και δίνει την δυνατότητα στον μηχανικό όχι μόνο να εκτελεί οποιαδήποτε αλλαγή θέλει πάνω στο σύστημα χωρίς να βάζει σε κίνδυνο τους εργαζομένους και την αποδοτικότητα του έργου. Μπορεί έτσι να ελέγχει και να σχεδιάζει εναλλακτικές, να προσομοιώνει σχεδιασμούς ανάπτυξης γρήγορα και αποτελεσματικά, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει στην βελτιστοποίηση και στον ορθολογικό σχεδιασμό των μελλοντικών κυκλωμάτων αερισμού του μεταλλείου.

Την ίδια στιγμή υπάρχουν πλέον λογισμικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πλήθος αναλύσεων όσον αφορά στην ποιότητα ατμόσφαιρας του μεταλλείου όπως, προσομοιώσεις πυρκαγιάς ή μη προγραμματισμένης έκρηξης των διατηρημάτων, οικονομικές

προσομοιώσεις, ποιοτικές μετρήσεις της ατμόσφαιρας του χώρου κλπ. Όλα τα παραπάνω βοηθούν στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων και του σωστού σχεδιασμού ολόκληρου του κυκλώματος αερισμού οποιουδήποτε υπόγειου μεταλλείου.

➤ Λογισμικό πρόγραμμα Ventsim Visual

Το Ventsim είναι ένα λογισμικό σχεδιασμού κυκλωμάτων αερισμού υπόγειων έργων. Σαν πρόγραμμα έχει την δυνατότητα εφαρμογής τρισδιάστατων απεικονίσεων προσφέροντας μια καλύτερη εικόνα, και περισσότερο αντιπροσωπευτική στην πραγματικότητα, της κατάστασης του έργου. Το πρόγραμμα, εκτός των επιλογών που αναφέρθηκαν παραπάνω, διαθέτει ακόμα ένα μεγάλο εύρος ανεμιστήρων όλων των διατάξεων, των οποίων τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα διαγράμματα υπάρχουν διαθέσιμα στο εμπόριο. Αυτό σημαίνει πως το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα ενός σωστού σχεδιασμού του οποίου τα αποτελέσματα έχουν εφαρμογή στην πράξη. Στην **εικόνα 2.2** υπάρχουν δύο απεικονίσεις του περιβάλλοντος εργασίας του προγράμματος.



Εικόνα 2.2 : Περιβάλλον εργασίας σχεδιαστικού προγράμματος Ventsim Visual

3. ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ

3.1 ΚΥΡΙΟΣ (ΠΡΩΤΕΥΩΝ) ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Ο κύριος ή πρωτεύων αερισμός των μεταλλείων είναι δυνατόν να εξασφαλισθεί, είτε με φυσικό, είτε με μηχανικό αερισμό, είναι βέβαια εμφανές ότι η δεύτερη περίπτωση προϋποθέτει την χρησιμοποίηση ενός ή περισσοτέρων ανεμιστήρων. Ο βοηθητικός ή δευτερεύων αερισμός αφορά στον εξαερισμό στοών ή τμημάτων του μεταλλείου τα οποία δεν διαρρέονται από το κύριο ρεύμα του αέρα και απαιτούν πρόσθετη πηγή πίεσης.

Ο φυσικός ελκυσμός αποτελεί σε πολλές περιπτώσεις σημαντικό στοιχείο του αερισμού των μεταλλείων, πλην όμως η αύξηση του βάθους των υπογείων εκμεταλλεύσεων, η πραγματοποίηση εξαιρετικά υψηλών παραγωγών και η επιτακτική ανάγκη βελτίωσης της παραγωγικότητας και της ασφάλειας έχουν καταστήσει το μηχανικό αερισμό απαραίτητο.

Η εκτεταμένη χρησιμοποίηση ανεμιστήρων στα σύγχρονα μεταλλεία επιβάλλει ο μηχανικός της εκμετάλλευσης να γνωρίζει όχι μόνο τις δυνατότητες αλλά και τα βασικά στοιχεία κατασκευής του συγκεκριμένου εξοπλισμού. Πέρα απ' αυτό, πρέπει να εξετάζει λεπτομερώς τους παράγοντες που επηρεάζουν την εκλογή του τύπου και του μεγέθους του ανεμιστήρα, τη θέση που θα τοποθετηθεί, όπως επίσης και τους κανόνες της ασφαλούς και οικονομικής λειτουργίας του. Η ασφάλεια του προσωπικού και του έργου εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την καλή λειτουργία του ανεμιστήρα.

Ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται ο αερισμός ενός μεταλλείου, τίθενται σε κάθε περίπτωση ορισμένα βασικά ερωτήματα, που διέπουν το ρεύμα του αέρα, ιδιαίτερα για τη διεύθυνση της ροής του, κατά πόσο δηλαδή αυτό είναι φυσικό ή μυζητικό. Οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά εξαρτώνται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από το είδος του μεταλλείου και τις συνθήκες που επικρατούν κατά την εκμετάλλευση του.

(Οικονομόπουλος, 1991)

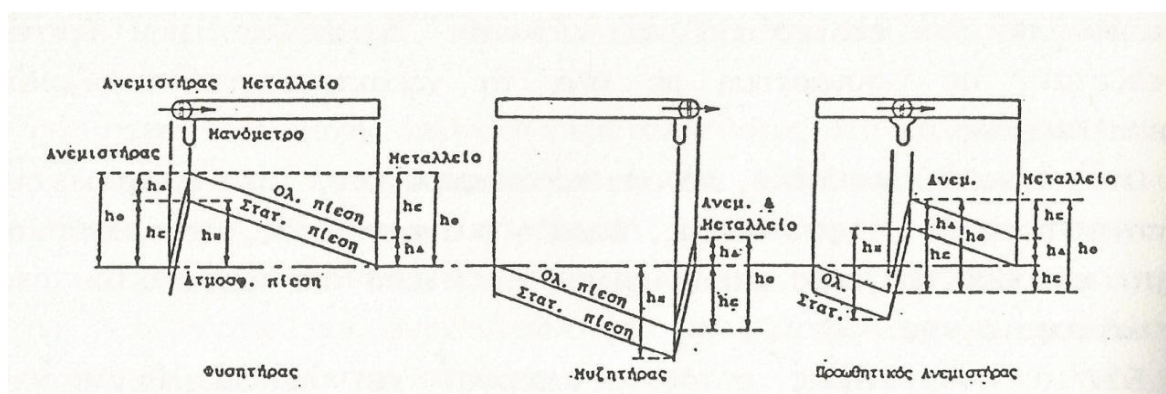
3.1.2 ΦΥΣΗΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΜΥΖΗΤΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ-

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΙΕΣΕΩΝ

Ο κύριος αερισμός του μεταλλείου μπορεί να είναι, είτε φυσητικός, είτε μυζητικός ανάλογα με τη θέση τοποθέτησης του κυρίου ανεμιστήρα. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος αερισμού αποτελεί ειδικό πρόβλημα για κάθε περίπτωση, και πρέπει να εξετάζεται σε συνάρτηση με όλα τα χαρακτηριστικά στοιχεία της εκμετάλλευσης.

Στο φυσητικό σύστημα, ο ανεμιστήρας, τοποθετείται στο στόμιο εισόδου του αέρα και ανυψώνει την πίεση του μεταλλείου υπεράνω της ατμοσφαιρικής. Εάν ο ανεμιστήρας αυτός μεταφερθεί και τοποθετηθεί στο στόμιο εξόδου του αέρα, χωρίς να μεταβληθεί η διεύθυνση ροής, τότε το σύστημα είναι μυζητικό. Εάν ο ανεμιστήρας τοποθετηθεί εντός του δικτύου σε κάποια θέση μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του αέρα, ένα τμήμα του δικτύου θα βρεθεί υπό συνθήκες μυζητικού και το υπόλοιπο υπό συνθήκες φυσητικού συστήματος αερισμού. Σ' αυτή την περίπτωση ο ανεμιστήρας παραλαμβάνει αέρα υπό πίεση χαμηλότερη της ατμοσφαιρικής και τον προωθεί υπό πίεση υψηλότερη της ατμοσφαιρικής, γι' αυτό και το τελευταίο αυτό σύστημα καλείται προωθητικό.

Στην **εικόνα 3.1** που ακολουθεί δίνονται παραστατικά τα τρία ανωτέρω συστήματα με τα αντίστοιχα διαγράμματα των πιέσεων από τα οποία προκύπτουν οι τιμές της ολικής και της στατικής πίεσης και φυσικά και της δυναμικής πίεσης εκ της διαφοράς $h_{\Delta} = h_o - h_{\Sigma}$, σε κάθε σημείο του αγωγού και γενικότερα του δικτύου.



Εικόνα 3.1 : Διαγράμματα πιέσεων για το φυσητικό, μυζητικό και προωθητικό σύστημα αερισμού (Οικονομόπουλος, 1991).

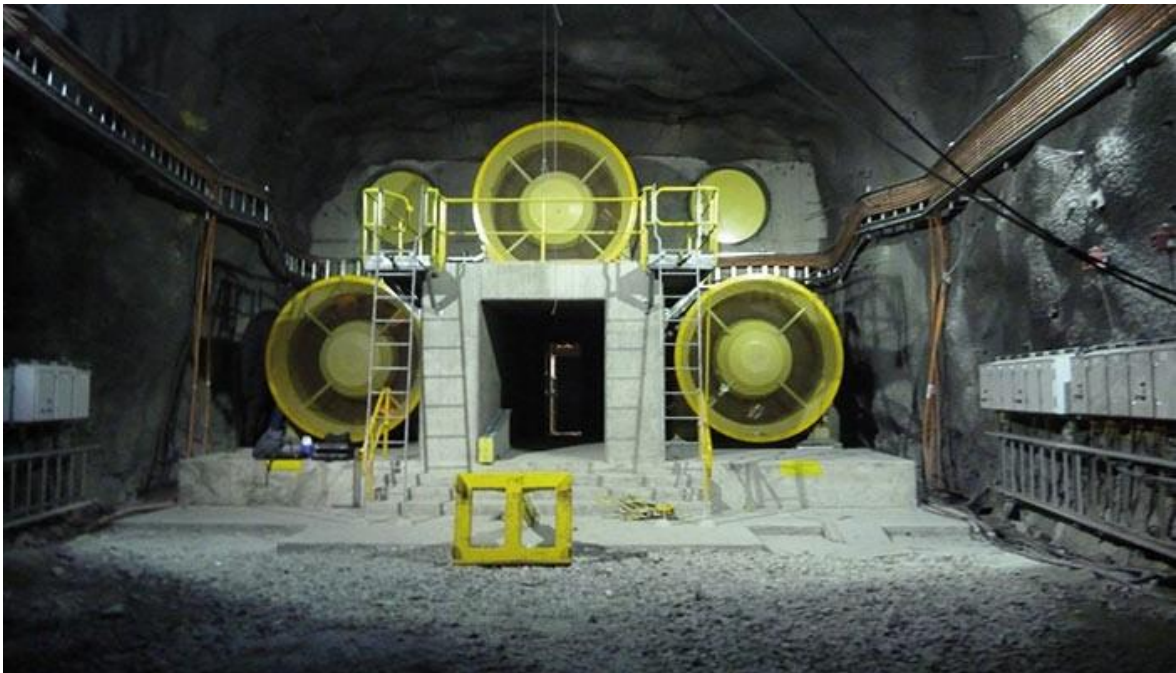
Παρατηρείται ότι στο φυσητικό σύστημα η δυναμική πίεση στην είσοδο είναι χαμηλότερη της ατμοσφαιρικής. Αυτό συμβαίνει διότι στο σημείο της εισόδου δημιουργείται μια μύζηση

ώστε να εισέλθει ο αέρας από το κέλυφος του ανεμιστήρα στο δίκτυο. Αντίστοιχα, κατά την έξοδο του αέρα από το δίκτυο η δυναμική πίεση είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής, διότι ο αέρας που υπάρχει στο σύστημα εξέρχεται από αυτό με την υπάρχουσα κινητική του ενέργεια. Η διαδικασία αυτή αποτελεί μια απώλεια για το δίκτυο αερισμού, διότι η ταχύτητα του αέρα μειώνεται κατά την έξοδο του από το σύστημα.(Hartman, third edition)

3.2 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

3.2.1 ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ

Ο μηχανικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την εξασφάλιση του αερισμού των μεταλλείων αποτελείται κυρίως από ανεμιστήρες (εικόνα 3.2), οι οποίοι διαιρούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: Τους φυγοκεντρικούς (ακτινικής ροής) ανεμιστήρες και τους ελικοφόρους (αξονικής ροής) ανεμιστήρες.



Εικόνα 3.2 : Εμπρόσθια άποψη μηχανικού αερισμού σε υπόγειο μεταλλείο

- **ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ ΑΚΤΙΝΙΚΗΣ ΡΟΗΣ (ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ)**

Στην συγκεκριμένη κατηγορία ανεμιστήρων (εικόνα 3.3) ο αέρας αναρροφείται με φυγοκέντριση μέσα σε έναν δίσκο που αποτελείται από πτερύγια. Έπειτα εισέρχεται σε ένα κέλυφος που το σχήμα του θυμίζει το κέλυφος του σαλιγκαριού και από το οποίο οδηγείται στο στόμιο εξόδου. Η διατομή του κελύφους μεγαλώνει προς το στόμιο εξόδου.

Στους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες η πίεση που παράγεται οφείλεται σε δυο δράσεις οι οποίες είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους :

1. Στην κεντρόφυγα δύναμη, λόγω περιστροφής του αέρα και
2. Στην κινητική ενέργεια που παρέχεται καθώς ο αέρας εγκαταλείπει το άκρο της κορυφής των πτερυγίων του δίσκου. (Οικονομόπουλος, 1991)



Εικόνα 3.3 : Φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες σε μεταλλείο στο Μαντούδι Ευβοίας
("ΤΕΡΝΑ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Ε")

Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και η απόδοση ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα εξαρτώνται από δυο παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζονται από την αρχική σχεδίαση του μηχανήματος:

1. Το μέγεθος της παραγόμενης κινητικής και στατικής ενέργειας και
2. Την μεταξύ τους ποσοτική σχέση.

- **ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΡΟΗΣ (ΕΛΙΚΟΦΟΡΟΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ)**

Οι ελικοφόροι ανεμιστήρες (εικόνα 3.4) περιλαμβάνουν, εντός κυλινδρικού ή ελαφρώς κωνικού κελύφους-αγωγού, έλικα ο οποίος αποτελείται από ορισμένο αριθμό πτερυγίων (λεπίδων) τα οποία είναι κατάλληλα στερεωμένα σε πλήμνη, ώστε να μπορούν να ρυθμίζονται.



Εικόνα 3.4 : Ελικοφόρος ανεμιστήρας της εταιρείας ΕΛΕΒΟΡ Α.Ε.Β.Ε

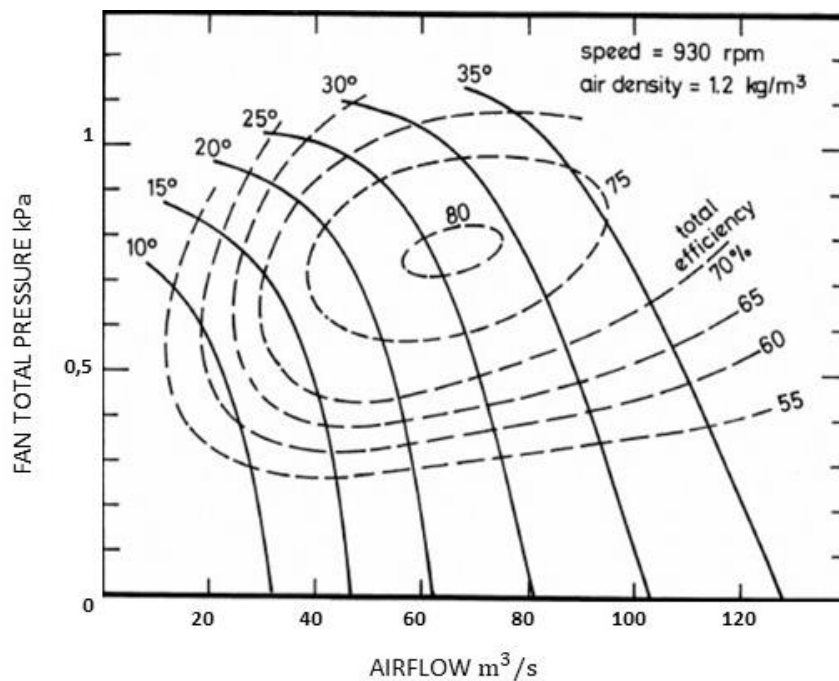
Η κύρια δράση προς παραγωγή πίεσης σ' ένα ανεμιστήρα αξονικής ροής έγκειται στο να προσδώσει εφαπτομενική επιτάχυνση στον αέρα κατά τη δίοδο αυτού μέσω της έλικας.

Η ενέργεια που δημιουργείται κατά την περιστροφή πρέπει να μετατραπεί σε ενέργεια γραμμικής ροής και στατική πίεση καθώς ο αέρας εγκαταλείπει την έλικα. Αυτό είναι αρκετά δύσκολο να επιτευχθεί κατά τέλει τρόπο, αλλά είναι ουσιαστικό για την καλή απόδοση του ανεμιστήρα. Η χρησιμοποίηση διευθυντικών πτερυγίων, που τοποθετούνται μέσα στο κέλυφος, αμέσως μετά τον πτερυγιοφόρο δίσκο (δηλαδή την έλικα) βοηθά αποτελεσματικά προς την κατεύθυνση αυτή. Γι' αυτό, οι περισσότεροι μεγάλου μεγέθους, αξονικής ροής, ανεμιστήρες που χρησιμοποιούνται στα μεταλλεία είναι αυτού του τύπου. Για αποτελεσματικότερη αεροδυναμική ροή πολλοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν λεπτά μεταλλικά πτερύγια για να μειώσουν τις τριβές.

Οι σύγχρονοι ελικοφόροι ανεμιστήρες διαθέτουν πτερύγια ρυθμιζόμενης γωνίας κλίσης, τα οποία αποσκοπούν στην αποδοτικότερη λειτουργία για διάφορες παροχές. Θα πρέπει να

σημειωθεί ότι η αύξηση της γωνίας κλίσης (προσβολής) συνεπάγεται αύξηση δύναμης η οποία προκαλεί την ώθηση του αέρα στον ανεμιστήρα, μέχρι μιας κρίσιμης γωνίας, πέραν της οποίας η λειτουργία του ανεμιστήρα καθίσταται ασταθής.

Στην **εικόνα 3.5**, απεικονίζεται διάγραμμα ενός συνόλου από χαρακτηριστικές καμπύλες για αξονικό ανεμιστήρα με πτερύγια μεταβλητής γωνίας. Η ευελιξία αυτών των ανεμιστήρων, τους δίνει σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με τους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες.

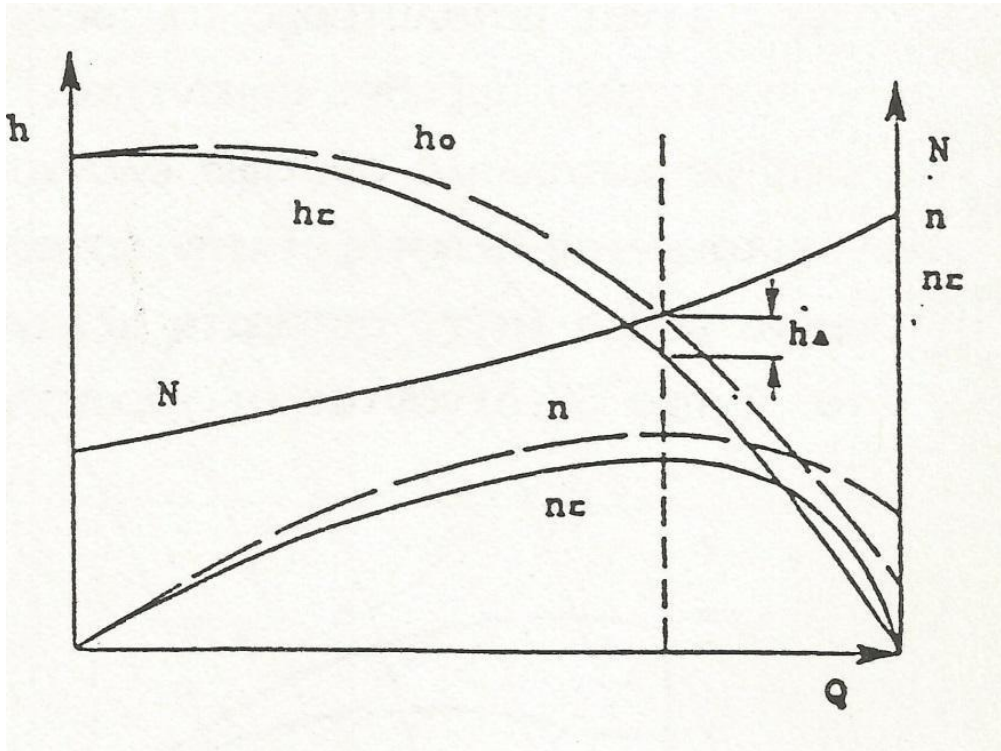


Εικόνα 3.5 : Συνόλου από χαρακτηριστικές καμπύλες για αξονικό ανεμιστήρα (McPherson, 1993).

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε κάθε συγκεκριμένο ανεμιστήρα που στρέφεται με δεδομένη ταχύτητα και λειτουργεί σε αέρα κανονικής πυκνότητας, αντιστοιχούν χαρακτηριστικές καμπύλες οι οποίες συνδέουν τις κύριες μεταβλητές παραμέτρους και συγκεκριμένα την πίεση, την παροχή, την ισχύ και την απόδοση.

Οι καμπύλες των διαφόρων μεταβλητών χαράσσονται σε σχέση με την παροχή και φυσικά η χαρακτηριστική καμπύλη πιέσεων-παροχών αποτελεί την πιο σημαντική καμπύλη του ανεμιστήρα. Η χάραξη της καμπύλης αυτής δεν είναι γενικά εύκολη, δεδομένου ότι μεταβλητό μέρος της παραγόμενης πίεσης δαπανάται ως απώλεια κατά τη δίοδο του αέρα δια του ανεμιστήρα, γεγονός που απαιτεί την εκτέλεση ειδικών μετρήσεων και δοκιμών.

Στην **εικόνα 3.6**, δίνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες ενός ανεμιστήρα με αναφορά, τόσο στη στατική όσο και την ολική πίεση. Η διακεκομμένη γραμμή δίνει τις τιμές των μεγεθών Q , h_{Σ} και N που αντιστοιχούν στη μέγιστη απόδοση του ανεμιστήρα η .



Εικόνα 3.6 : Χαρακτηριστικές καμπύλες ανεμιστήρα (Οικονομοπουλος,1991)

3.2.2 ΣΗΜΕΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ

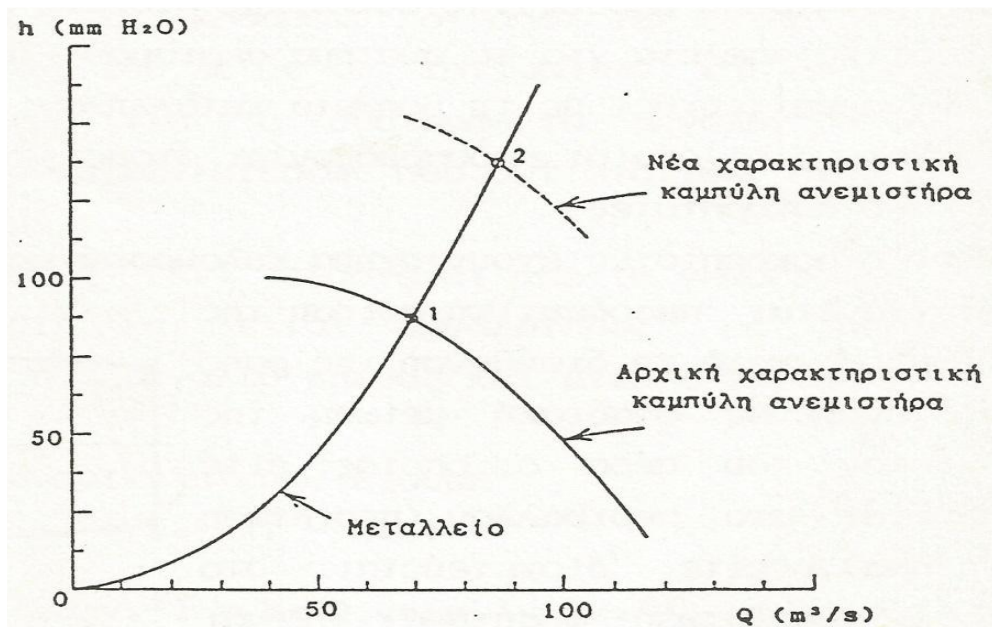
Όπως έχει ήδη αναφερθεί ένα σύστημα αερισμού αποτελείται από έναν ή περισσότερους ανεμιστήρες κατάλληλα συνδεδεμένους με ένα δίκτυο αγωγών, από τους οποίους διέρχεται η συνολική παροχή αέρα στο μεταλλείο.

Είναι γνωστό πως η αντίσταση του δικτύου εξαρτάται κυρίως από την διάταξη και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αγωγών αλλά και την μορφή των τοιχωμάτων τους. Η αντίσταση επίσης μπορεί να επηρεαστεί από πλευράς μεγέθους και από τον μηχανικό, όσον αφορά τη φάση μελέτης και σχεδιασμού των έργων προσπέλασης και ανάπτυξης.

Αντίθετα, η χαρακτηριστική καμπύλη του ανεμιστήρα εξαρτάται από το μέγεθος και τον σχεδιασμό του μηχανήματος από τον σχεδιαστή. Άρα, ο μηχανικός πρέπει να προσαρμόσει τον κατάλληλο ανεμιστήρα στο δίκτυο με σκοπό τον βέλτιστο αερισμό του μεταλλείου.

Κάθε ανεμιστήρας που στρέφεται με δεδομένη σταθερή ταχύτητα μπορεί να λειτουργήσει με άπειρους αλλά καθορισμένους συνδυασμούς πιέσεων-παροχών (όπως προκύπτει από την αντίστοιχη καμπύλη λειτουργίας του). Συγχρόνως το δίκτυο των υπογείων έργων χαρακτηρίζεται από την χαρακτηριστική παραβολική καμπύλη ($h = R \times Q^2$).

Δεδομένου ότι οι απώλειες πίεσης που συμβαίνουν κατά τη ροή του αέρα πρέπει να ισοσταθμιστούν από την πίεση του ανεμιστήρα, είναι φανερό ότι ο ανεμιστήρας που εισάγεται στο σύστημα θα επιλέξει ως σημείο λειτουργίας του το σημείο τομής των δύο χαρακτηριστικών καμπυλών που προαναφέρθηκαν (Εικόνα 3.7).



Εικόνα 3.7 : Σημείο λειτουργίας ανεμιστήρα (Οικονομοπουλος,1991).

Συνήθως στο πρακτικό κομμάτι μιας μεταλλευτικής δραστηριότητας για να καθορισθεί το σημείο λειτουργίας χρησιμοποιούνται οι χαρακτηριστικές καμπύλες πιέσεων-παροχών (ανεμιστήρα και μεταλλείου) που αναφέρονται στις στατικές πιέσεις. Οι δυναμικές πιέσεις παραλείπονται. Οι περισσότεροι ανεμιστήρες έχουν σχεδιασθεί ώστε να λειτουργούν με ασφάλεια και οικονομία σε ορισμένο μόνο τμήμα της κατασκευαστικής καμπύλης τους. Το σημείο αυτό παραμένει σταθερό εφόσον οι παράμετροι τόσο του δικτύου (αντίσταση, φυσικός ελκυσμός, κλπ) παραμένουν σταθερές (Hartman, third edition).

3.2.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ

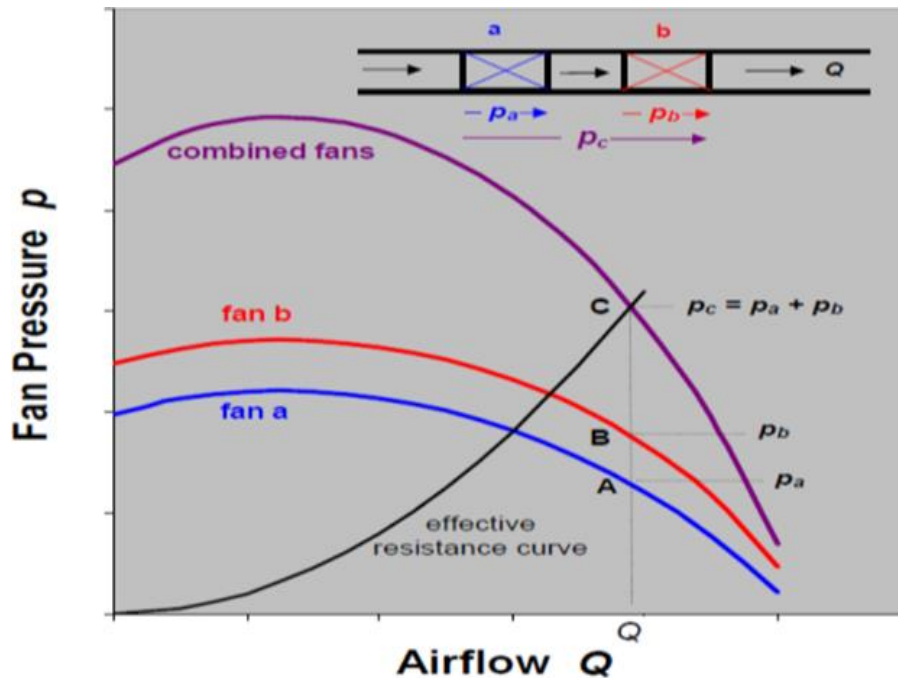
Η εφαρμογή σε ένα σημείο του δικτύου της συνολικής παραγόμενης μηχανικής πίεσης, η οποία απαιτείται για τον αερισμό ενός μεταλλείου, είναι κατά κανόνα περισσότερο οικονομική. Εν τούτοις, η εφαρμογή της πίεσης αυτής σε περισσότερα του ενός σημεία του δικτύου μπορεί να εξασφαλίσει περισσότερη αποτελεσματική διανομή της ροής και

καλύτερη λειτουργία του συστήματος ιδιαίτερα σε περιπτώσεις εξαιρετικά υψηλής αντίστασης.

Η χρησιμοποίηση δύο ή περισσότερων ανεμιστήρων μπορεί να γίνει με τοποθέτηση τους στο δίκτυο είτε σε σειρά, είτε σε παράλληλη διάταξη, ή ακόμη σε κατάλληλο μεταξύ τους συνδυασμό. Προς απλοποίηση των περιπτώσεων που ακολουθούν, οι δυναμικές πιέσεις των ανεμιστήρων θεωρούνται αμελητέες και παραλείπονται. (Οικονομόπουλος, 1991).

- **ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ**

Στην διάταξη σε σειρά, οι ανεμιστήρες τοποθετούνται στο ίδιο κύκλωμα και καθένας από αυτούς αντιμετωπίζει την συνολική παροχή και μεταφέρει μέρος της απαιτούμενης πίεσεως με σκοπό την επίτευξη συγκεκριμένης ροής. Το σημείο λειτουργίας του συστήματος βρίσκεται στην τομή της χαρακτηριστικής καμπύλης του μεταλλείου και της καμπύλης του συνδυασμένου αποτελέσματος από την σύγχρονη λειτουργία των ανεμιστήρων. Για να χαραχθεί η καμπύλη του συνδυασμένου αποτελέσματος (εικόνα 3.8) πρέπει να προστεθούν οι πιέσεις των ανεμιστήρων για κάθε τιμή της παροχής αέρα.



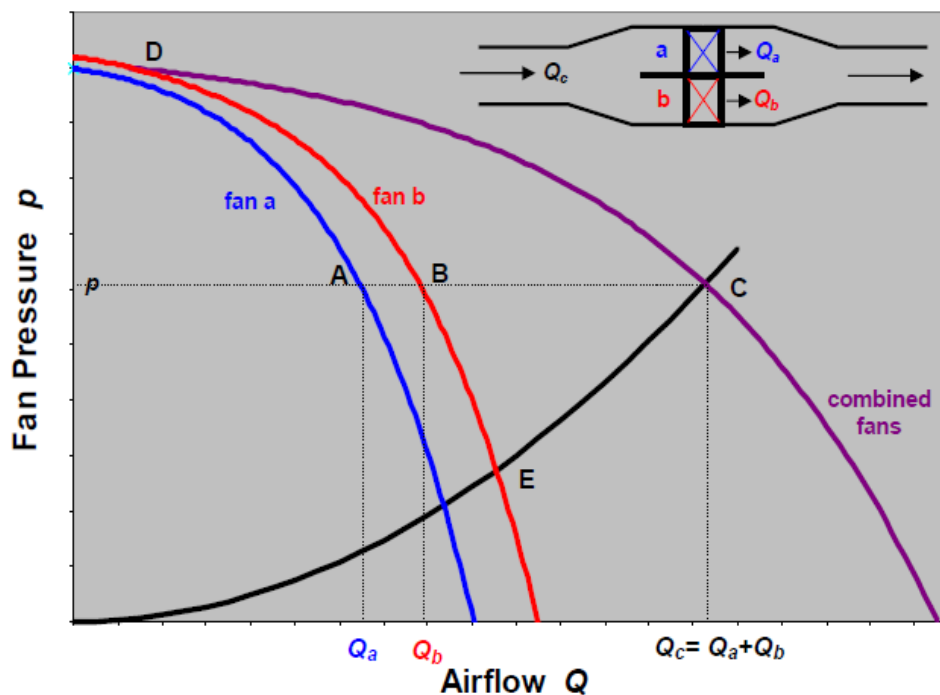
Εικόνα 3.8 : Χαρακτηριστικές καμπύλες και σημείο λειτουργίας για ανεμιστήρες συνδεδεμένους σε σειρά (McPherson, 1993).

Θα πρέπει να αναφερθεί, πως εάν η επιλογή των ανεμιστήρων δεν είναι σε κάθε περίπτωση επιτυχής, τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά και η συνδυασμένη λειτουργία δεν φέρει την μέγιστη απόδοση. Γι' αυτό το λόγο, η επιλογή των ανεμιστήρων, που πρόκειται να τοποθετηθούν στο δίκτυο σε σειρά, πρέπει να γίνεται με προσοχή ώστε να μπορούν να λειτουργούν στο τμήμα της χαρακτηριστικής καμπύλης που υπάρχει η καλύτερη δυνατή απόδοση (Οικονομοπουλος,1991)

- **ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ ΣΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΔΙΑΤΑΞΗ**

Όταν οι συνθήκες του μεταλλείου το επιβάλλουν, δύο ή περισσότεροι ανεμιστήρες μπορούν να λειτουργήσουν σε παράλληλη διάταξη ώστε να αυξηθεί η παροχή αέρα. Για παράδειγμα, σε περίπτωση ανάπτυξης του μεταλλείου και δημιουργίας νέων θέσεων εκμετάλλευσης η αντίσταση του δικτύου αυξάνεται και οι ανάγκες του συστήματος απαιτούν μεγαλύτερες παροχές αέρα. Στην περίπτωση αυτή η τοποθέτηση ενός ανεμιστήρα ο οποίος θα λειτουργεί παράλληλα προς τον κύριο ανεμιστήρα του έργου δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Για την χάραξη της καμπύλης του συνδυασμένου αποτελέσματος (εικόνα 3.9), πρέπει να προστεθούν οι παροχές των ανεμιστήρων για κάθε τιμή πίεσης.



Εικόνα 3.9 : Χαρακτηριστικές καμπύλες δύο ανεμιστήρων τοποθετημένων παράλληλα (McPherson, 1993).

Στην περίπτωση που η χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου δεν τέμνει την καμπύλη του συνδυασμένου αποτελέσματος, τότε ο ανεμιστήρας με την υψηλότερη πίεση θα παρέχει μόνος του περισσότερο αέρα απ' όσο και οι δυο ανεμιστήρες μαζί, με αποτέλεσμα την αντιστροφή αέρα μέσα από τον ανεμιστήρα με την χαμηλότερη πίεση.

Πρέπει να σημειωθεί πως οι ανεμιστήρες οι οποίοι έχουν μεγάλης κλίσης χαρακτηριστικές καμπύλες συνδυάζονται ικανοποιητικά σε παράλληλη διάταξη. Παρ' όλα αυτά, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για να βεβαιωθεί ότι τα σημεία λειτουργίας δε θα μετακινηθούν πολύ μακριά πάνω από τις αντίστοιχες χαρακτηριστικές τους καμπύλες. Αυτό είναι αρκετά σημαντικό στους αξονικούς ανεμιστήρες λόγω των χαρακτηριστικών τους. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να διερευνηθεί η μέγιστη διακύμανση που μπορεί να δεχτεί η αντίσταση του συστήματος, σε περίπτωση παράλληλης διάταξης (Οικονομοπουλος,1991)

3.2.4 ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΕΡΑ

Εάν δεν γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες για τη ρύθμιση του δικτύου, ο εισερχόμενος στο μεταλλείο αέρας θα κατανεμηθεί σύμφωνα με τους νόμους της ροής. Η φυσική αυτή διανομή δεν είναι συνήθως αποτελεσματική και δεν ικανοποιεί τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του μεταλλείου, που αφορούν στον αερισμό του υπογείου δικτύου και ειδικότερα των μετώπων, οπότε είναι δυνατόν να καταστεί απαραίτητη η εφαρμογή ελεγχόμενης διανομής της παροχής.

Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητο η διεύθυνση και η παροχή των ρευμάτων αέρα να διευθετούνται και να ελέγχονται αποτελεσματικά, προκειμένου να επιτυγχάνεται η ορθή κατανομή της εισερχόμενης ποσότητας του αέρα στο μεταλλείο.

Οι απαιτούμενες για την εν λόγω διευθέτηση διατάξεις περιλαμβάνουν κυρίως:

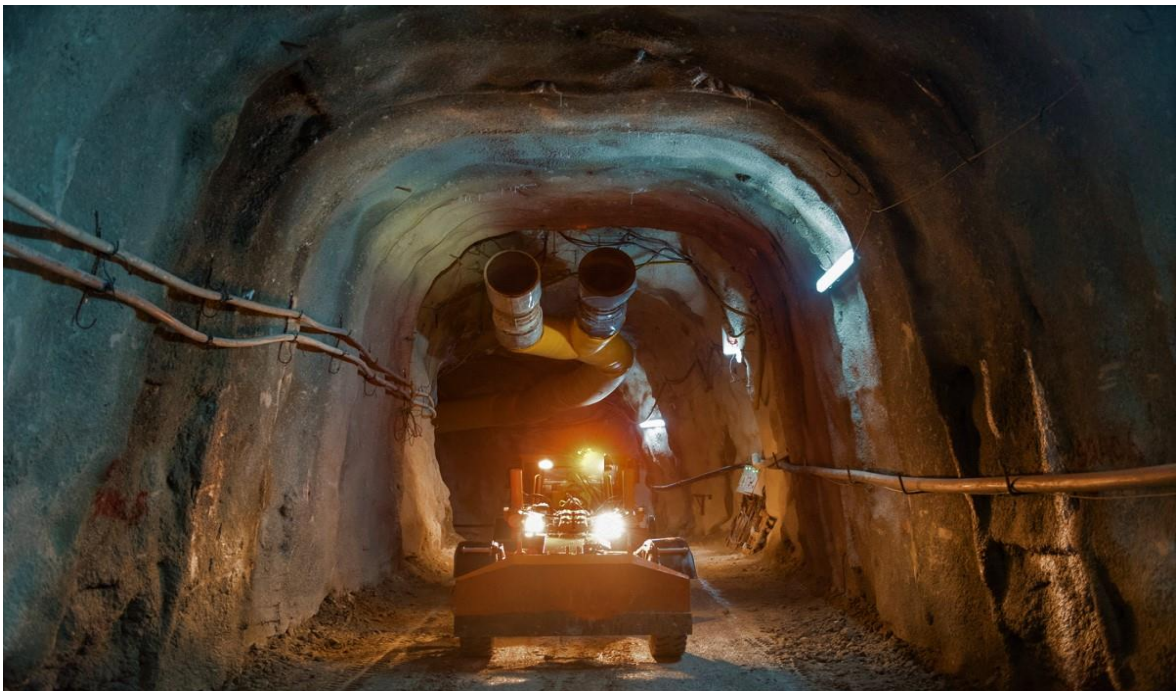
- φράγματα
- θύρες
- ρυθμιστές
- παραπετάσματα και
- διασταυρώσεις.

3.3 ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

3.3.1 ΓΕΝΙΚΑ-ΣΚΟΠΟΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Με το βοηθητικό αερισμό (εικόνα 3.10) επιδιώκεται η εξασφάλιση του απαραίτητου αέρα στο τμήματα του δικτύου τα οποία δεν διαρρέονται από το ρεύμα του κύριου αερισμού. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση κατάλληλου εξοπλισμού (κυρίως ανεμιστήρων και αεραγωγών) με τη βοήθεια του οποίου ουσιαστικά ενισχύεται το σύστημα του κύριου αερισμού με πρόσθετες πηγές πίεσης.

Ο βοηθητικός αερισμός αφορά κατά κύριο λόγο σε στοές υπό προχώρηση, σε μέτωπα εκμετάλλευσης που δεν έχουν άμεση σύνδεση με στοές επιστροφής του αέρα και γενικά σε υπόγειες εκσκαφές οι οποίες λόγω του είδους και της θέσης τους δεν εξυπηρετούνται από το πρωτεύον ρεύμα. Εξ' άλλου η χρησιμοποίηση πρόσθετων ανεμιστήρων, μεγάλης σχετικά ισχύος, προς βελτίωση των συνθηκών του αερισμού σε τμήματα του μεταλλείου, τα οποία παρουσιάζουν αυξημένες ανάγκες παροχής, αποτελεί, κατά μια ευρεία έννοια, πρακτική που εντάσσεται στη διαδικασία του βοηθητικού αερισμού.

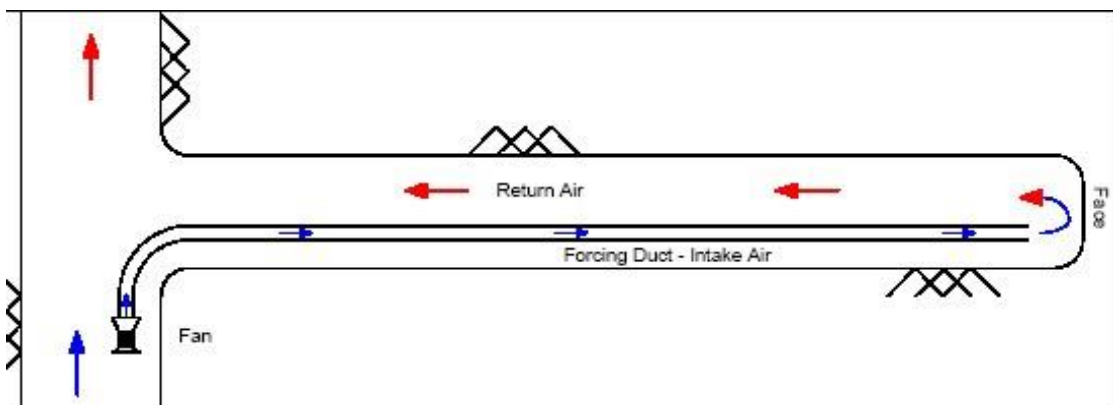


Εικόνα 3.10 : Βοηθητικός αερισμός σε υπόγειο μεταλλείο χρυσού

Η ποσότητα του αέρα που διοχετεύεται με το βοηθητικό αερισμό πρέπει να εξασφαλίζει την άνετη αναπνοή, την αραιώση και απαγωγή των καπνών που παράγονται κατά την αποσύνθεση των χρησιμοποιούμενων εκρηκτικών υλών αλλά και την αραιώση και απαγωγή των αερίων που προέρχονται, είτε από το κοίτασμα και τα περιβάλλοντα πετρώματα, είτε από τις εκπομπές των μηχανών εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται κατά την εξορυκτική διαδικασία (Οικονομόπουλος, 1991).

3.3..2 ΦΥΣΗΤΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Στον φυσητικό αερισμό (εικόνα 3.11) η ζώνη των καπνών, η οποία βρίσκεται πίσω από το μέτωπο, ωθείται από το ρεύμα αέρα, διαλύεται λιγότερο ή περισσότερο και κινείται κατά μήκος της στοάς. Εάν η απόσταση του στομίου του αγωγού και του μετώπου είναι μικρή τότε η απομάκρυνση των καπνών είναι γρήγορη. Αντίθετα, στην περίπτωση που η συγκεκριμένη απόσταση είναι μεγάλη, οι καπνοί διατηρούνται στο βάθος της στοάς όπου υπάρχει μια ζώνη (νεκρή ζώνη) όπου ο αέρας παραμένει σχεδόν ακίνητος με αποτέλεσμα να αυξάνεται σημαντικά ο χρόνος που απαιτείται για την απομάκρυνση των καπνών.



Εικόνα 3.11: Φυσητικός αερισμός (Μαούνης, 2010)

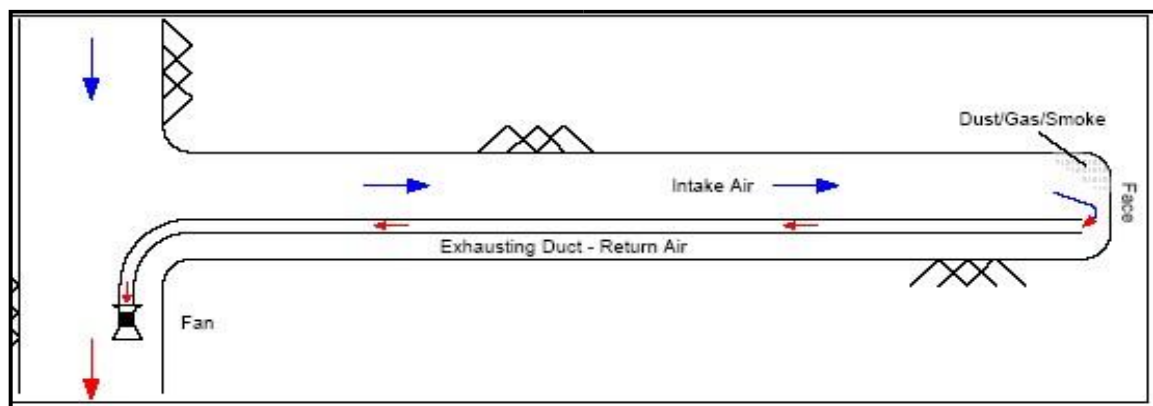
Είναι λοιπόν φανερό, ότι πρέπει να μειώνεται κατά τον δυνατόν η απόσταση μεταξύ του στομίου του αγωγού και του μετώπου. Αυτό βέβαια δεν μπορεί να γίνει πάντα καθώς υπάρχει μεγάλος κίνδυνος παραμόρφωσης ή και καταστροφής των αγωγών μετά την πυροδότηση των διατηρημάτων. Επίσης με τον φυσητικό αερισμό οι καπνοί, που έχουν αρχίσει να αραιώνονται, θα μετακινηθούν προς την είσοδο της στοάς πράγμα που σημαίνει πως η απαγόρευση της κυκλοφορίας του προσωπικού, μέχρι να αποκατασταθούν οι ασφαλείς συνθήκες εργασίας, είναι απαραίτητη.

Άρα με σκοπό να μειωθεί ο κίνδυνος από την μετατόπιση του νέφους του καπνού μέσα στην στοά πρέπει αφενός μεν να εξασφαλιστεί επαρκής αερισμός και αφετέρου να μην είναι πολύ μικρή η συγκεκριμένη απόσταση ώστε να αυξηθεί ο δείκτης αραιώσης. Τέλος εκτός από την απόσταση του στομίου του αγωγού με του μετώπου και την παροχή σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία αραιώσης και απαγωγής της μολυσμένης ατμόσφαιρας των υπογείων έργων είναι η διάμετρος των αγωγών και η θέση στην οποία έχουν τοποθετηθεί(Οικονομόπουλος, 1991).

3.3.3 ΜΥΖΗΤΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Κατά την εφαρμογή του μυζητικού αερισμού (εικόνα 3.12) το ρεύμα αέρα εισέρχεται μέσα στον αγωγό, με αποτέλεσμα να εξαφανίζεται οποιαδήποτε αισθητή κίνηση αέρα, ακόμη και σε πολύ μικρή απόσταση πέρα από το στόμιο του αγωγού.

Με αυτόν τον τρόπο στο χώρο από το στόμιο περίπου του αγωγού μέχρι το μέτωπο ο αέρας είναι πρακτικά ακίνητος. Οι καπνοί που καταλαμβάνουν το χώρο της στοάς παρασύρονται μέσα στον αγωγό, μαζί με ποσότητα καθαρού αέρα, ενώ οι καπνοί που βρίσκονται στη νεκρή ζώνη απάγονται με πολύ αργό ρυθμό.



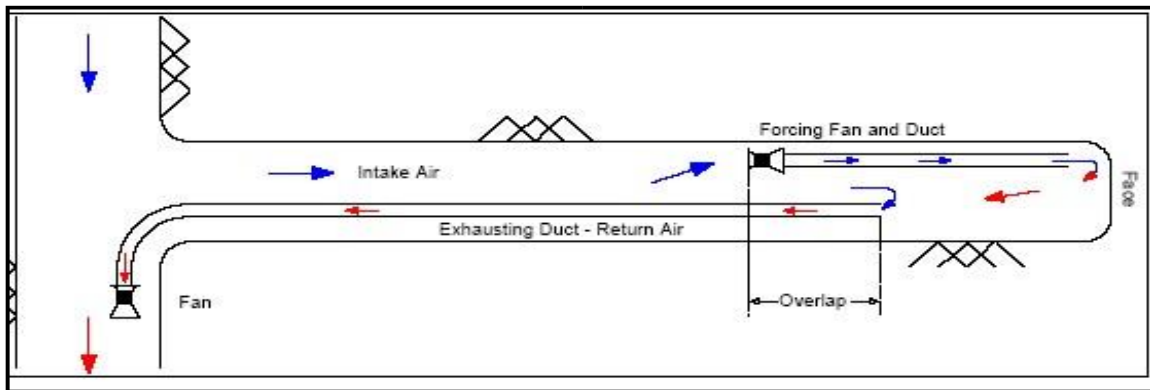
Εικόνα 3.12 : Μυζητικός αερισμός (Μασούνης, 2010)

Το κύριο πλεονέκτημα του μυζητικού αερισμού είναι η αποφυγή δημιουργίας κινούμενης ζώνης καπναερίων μέσα στη στοά, αλλά ο καθαρισμός του μετώπου είναι δύσκολος και εξαιρετικά αργός εκτός αν η απόσταση του στομίου του αγωγού και του μετώπου είναι εξαιρετικά μικρή. Επομένως προκειμένου να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα ο

μυζητικός αερισμός πρέπει να συνδυαστεί κατάλληλα με φυσητικό αερισμό, δηλαδή να εφαρμοσθεί μεικτός αερισμός (Οικονομόπουλος, 1991)

3.3.4 ΜΕΙΚΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Ο μεικτός αερισμός (συνδυασμός φυσητικού και μυζητικού αερισμού) επιτυγχάνεται, είτε διαδοχικώς είτε συγχρόνως(εικόνα 3.13).



Εικόνα 3.13 : Μεικτός αερισμός (Μαούνης, 2010)

Στην πρώτη περίπτωση εφαρμόζεται αρχικά μύζηση η οποία ακολουθείται από φύσηση. Κατά τη φάση της μυζήσεως απομακρύνεται το τμήμα της ζώνης καπνού που βρίσκεται μπροστά από το στόμιο του αγωγού. Στη συνέχεια ακολουθεί η φάση της φύσησης κατά την οποία η περιοχή μεταξύ του στομίου του αγωγού και του μετώπου καθαρίζεται από τους καπνούς. Όπως είναι φυσικό μία ποσότητα καπνού θα μετατοπιστεί μέσα στη στοιά αλλά με πολύ μικρότερο κίνδυνο λόγω της αραίωσης που έχει επέλθει. Πάντως ο απαιτούμενος συνολικά χρόνος για τον καθαρισμό του μετώπου είναι πολύ μεγαλύτερος από ότι στο φυσητικό σύστημα.

Στη δεύτερη περίπτωση είναι απαραίτητοι δύο ανεξάρτητοι αγωγοί, εκ των οποίων ο χρησιμοποιούμενος για τη φύσηση του αέρα μπορεί να είναι μικρού μήκους και διαμέτρου ώστε να μεταφέρεται εύκολα πολύ κοντά στο μέτωπο, μειώνοντας τον απαιτούμενο χρόνο καθαρισμού του αέρα.

Έτσι το στόμιο του αγωγού μυζήσεως μπορεί να τοποθετηθεί σε αρκετή απόσταση από το μέτωπο πράγμα που επιτρέπει τη χρησιμοποίηση αγωγού μεγάλης διαμέτρου χωρίς να υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του κατά την πυροδότηση των διατηρημάτων.

Τέλος οι καπνοί που αναμοχλεύονται και απωθούνται από το φυσητικό αγωγό δεν θα κυκλοφορήσουν πίσω από το στόμιο του μυζητικού αγωγού αν η παροχή αυτού είναι μεγαλύτερη. Με αυτόν τον τρόπο το σύνολο των καπνών απάγεται χωρίς να μετακινηθεί μέσα στην στοά. Πρόκειται λοιπόν για την πιο αποτελεσματική διάταξη (Οικονομόπουλος, 1991).

3.4 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

3.4.1 ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ

Ο ανεμιστήρας (εικόνα 3.14) του βοηθητικού αερισμού έχει ως στόχο να παραλάβει από το κύκλωμα του πρωτεύοντος αερισμού μικρή σχετικά ποσότητα αέρα την οποία, μέσω αγωγού, διοχετεύει σε θέσεις όπου υπάρχει ελλιπής αερισμός.



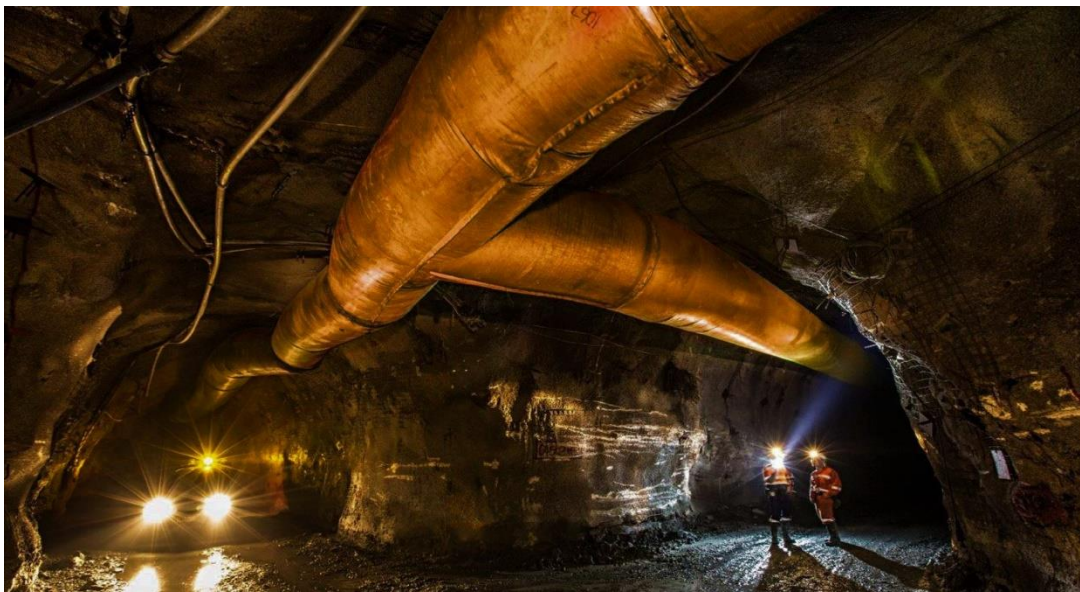
Εικόνα 3.14 : Αποψη ανεμιστήρα βοηθητικού αερισμού

Οι ανεμιστήρες που χρησιμοποιούνται για τον βοηθητικό αερισμό είναι παρόμοιοι με αυτούς του κύριου αερισμού αλλά με λιγότερες δυνατότητες. Για τον αερισμό των υπογείων τεχνικών έργων ανεμιστήρες που χρησιμοποιούνται είναι, κατά κανόνα, οι ελικοφόροι διότι είναι επιθυμητό να μην ελαττώνεται σημαντικά η παροχή σε περίπτωση αύξησης του

μήκους του αγωγού, γεγονός που χαρακτηρίζει τους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες. Ακόμα, η εγκατάσταση του βοηθητικού αερισμού δεν είναι μόνιμη, δεδομένου ότι τόσο οι ανεμιστήρες, όσο και οι αγωγοί μεταφέρονται συχνά από θέση σε θέση ανάλογα με την πρόοδο της εκμετάλλευσης και των αναγκών σε αέρα. Γι' αυτό το λόγο, οι ανεμιστήρες πρέπει να είναι ισχυρής κατασκευής, αεροδυναμικού σχήματος και να καταλαμβάνουν τον ελάχιστο δυνατό χώρο. Προϋποθέσεις τις οποίες πληρούν κατά τον καλύτερο τρόπο οι ελικοφόροι ανεμιστήρες (Οικονομόπουλος, 1991).

3.4.2 ΑΓΩΓΟΙ

Ο βοηθητικός αερισμός χρησιμοποιεί αγωγούς για την παροχέτευση του ρεύματος αέρα στο επιθυμητό σημείο, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στην **εικόνα 3.15**, όπου παρουσιάζεται μια διάταξη διακλάδωσης αγωγών.



Εικόνα 3.15 : Αγωγός βοηθητικού αερισμού

Πιο συγκεκριμένα οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται σε συστήματα βοηθητικού αερισμού, θα πρέπει:

- Να παρέχουν ελάχιστη αντίσταση στη διόδο του αέρα, με λίγες διαφυγές
- Να προσαρμόζονται ευχερώς στις συνθήκες του μεταλλείου
- Να παρουσιάζουν αντοχή στις κακώσεις και στη διάβρωση

- Να μεταφέρονται και να αποθηκεύονται εύκολα
- Να κατασκευάζονται από άφλεκτες ύλες, για να αποφεύγεται η μετάδοση πυρκαγιών
- Να παρουσιάζουν σχετική ηλεκτρική αγωγιμότητα, ώστε να αποφεύγεται η συγκέντρωση ηλεκτροστατικών φορτίων, τα οποία μπορεί να προκληθούν κυρίως από τριβή κονιορτών στην επιφάνεια των αγωγών.

Είναι φανερό ότι κάθε τύπος αγωγού δεν είναι δυνατόν να συγκεντρώνει στο μέγιστο βαθμό όλες τις παραπάνω ιδιότητες. Οι αγωγοί διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. Άκαμπτοι αγωγοί και
2. Εύκαμπτοι αγωγοί

Άκαμπτοι αγωγοί: Κατασκευάζονται από έλασμα (λαμαρίνα), από ξύλα (κόντρα πλακέ) και από άκαμπτη πλαστική ύλη (**εικόνα 3.16**). Χαρακτηρίζονται από την ανθεκτικότητά τους και την μικρή αντίσταση που παρέχουν στη δίοδο του αέρα μέσω αυτών.



Εικόνα 3.16 : Άκαμπτος πλαστικός αγωγός

Εύκαμπτοι αγωγοί: Κατασκευάζονται, είτε από κατάλληλα αδιάβροχα υφάσματα, είτε από αμιγείς πλαστικές ύλες, όπως γλωριούχο βινύλιο, νεοπρένιο, πολυαιθυλένιο κλπ (**εικόνα 3.17**). Το βάρος τους είναι 10 έως 20 φορές μικρότερο, σε σύγκριση με το βάρος των άκαμπτων αγωγών, πράγμα που αποτελεί και το κύριο πλεονέκτημά τους.

Παράλληλα όμως παρουσιάζουν αρκετά μειονεκτήματα, όπως αυξημένη αντίσταση στη δίοδο του αέρα, σημαντικές διαφυγές, μειωμένη σχετικά αντίσταση στη δίοδο της φλόγας

και ελαττωμένη γενικά αντοχή στις κακώσεις που οδηγούν συνήθως σε σχισίματα. (Οικονομόπουλος, 1991)



Εικόνα 3.17 : Χαρακτηριστική εικόνα χρήσης εύκαμπτων αγωγών για τον βοηθητικό αερισμό μετώπων εκμετάλλευσης

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι εύκαμπτοι αγωγοί δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε μυζητικό αερισμό εκτός αν διαθέτουν εσωτερικά σπειροειδή ελατήριο για την συγκράτηση της διατομής όπως φαίνεται στην **εικόνα 3.18**.



Εικόνα 3.18 : Εύκαμπτος αγωγός με σπειροειδή ελατήριο

Ακόμα με τη βοήθεια σχέσεων μπορούν να υπολογιστούν οι αντιστάσεις και οι απώλειες πιέσεων που δημιουργούνται κατά τη διόδο του αέρα μέσω των αγωγών (ιδανική προϋπόθεση ότι είναι απόλυτα στεγανοί, πράγμα που δεν συμβαίνει στην πράξη). Η ανά μονάδα μήκους αντίσταση αγωγού κυκλικής διατομής, διαμέτρου D (m) υπολογίζεται από τη σχέση [3.1] σε kMu .

$$r = 0.0156 \times \lambda' \times \frac{\pi}{S^3} \quad [3.1]$$

όπου :

λ' : ο συντελεστής τριβής (χωρίς διαστάσεις)

Συνεπώς, οι απώλειες πίεσης h σε αγωγό μήκους l και με παροχή Q είναι:

$$h = r \times l \times Q^2 \quad [3.2]$$

Η σχέση [3.2] αυτή ισχύει για άκαμπτους αγωγούς.

Οι τιμές του συντελεστή λ' είναι για την περίπτωση αυτή:

- 0.018 για αγωγούς από άκαμπτη πλαστική ύλη
- 0.0205 για καινούργιους μεταλλικούς αγωγούς
- 0.022 για αγωγούς από αντικολλητικά ξύλα
- 0.026 για μεταλλικούς αγωγούς που έχουν υποστεί σχετική παραμόρφωση και οξείδωση

Οι διάφορες τιμές των αντιστάσεων των αγωγών μπορούν να ληφθούν και απευθείας από σχετικούς πίνακες.

Η εξίσωση $h = r \times l \times Q^2$ δεν έχει εφαρμογή σε εύκαμπτους αγωγούς για πολλούς λόγους, κυρίως δε διότι η διάμετρος αυτών αυξάνεται με την πίεση.

Στην πράξη, για τους εύκαμπτους αγωγούς χρησιμοποιείται η σχέση (Οικονομόπουλος, 1991) [3.3]:

$$h = 0.1 \times \left(\frac{\lambda'}{D^5} \right) \times l \times Q^\alpha \quad \text{όπου,} \quad [3.3]$$

- Ο εκθέτης α λαμβάνει την τιμή 1.7, ενώ ως διάμετρος θεωρείται η ονομαστική διάμετρος του αγωγού.
- Ο συντελεστής λ' κυμαίνεται από 0.021-0.026 ανάλογα με την κατάσταση στήριξης του αγωγού.

4. ΒΩΞΙΤΗΣ – ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ

4.1 ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΒΩΞΙΤΗ

Ο βωξίτης είναι πέτρωμα (εικόνα 4.1), το οποίο έχει γαιώδη όψη, και αποτελεί το κυριότερο μετάλλευμα αργιλίου. Σχηματίζεται από την αποσάθρωση αργιλοπυριτικών πετρωμάτων (κυρίως μαγματογενούς προελεύσεως), γι' αυτό θεωρείται ιζηματογενές.



Εικόνα 4.1 : Βωξίτης

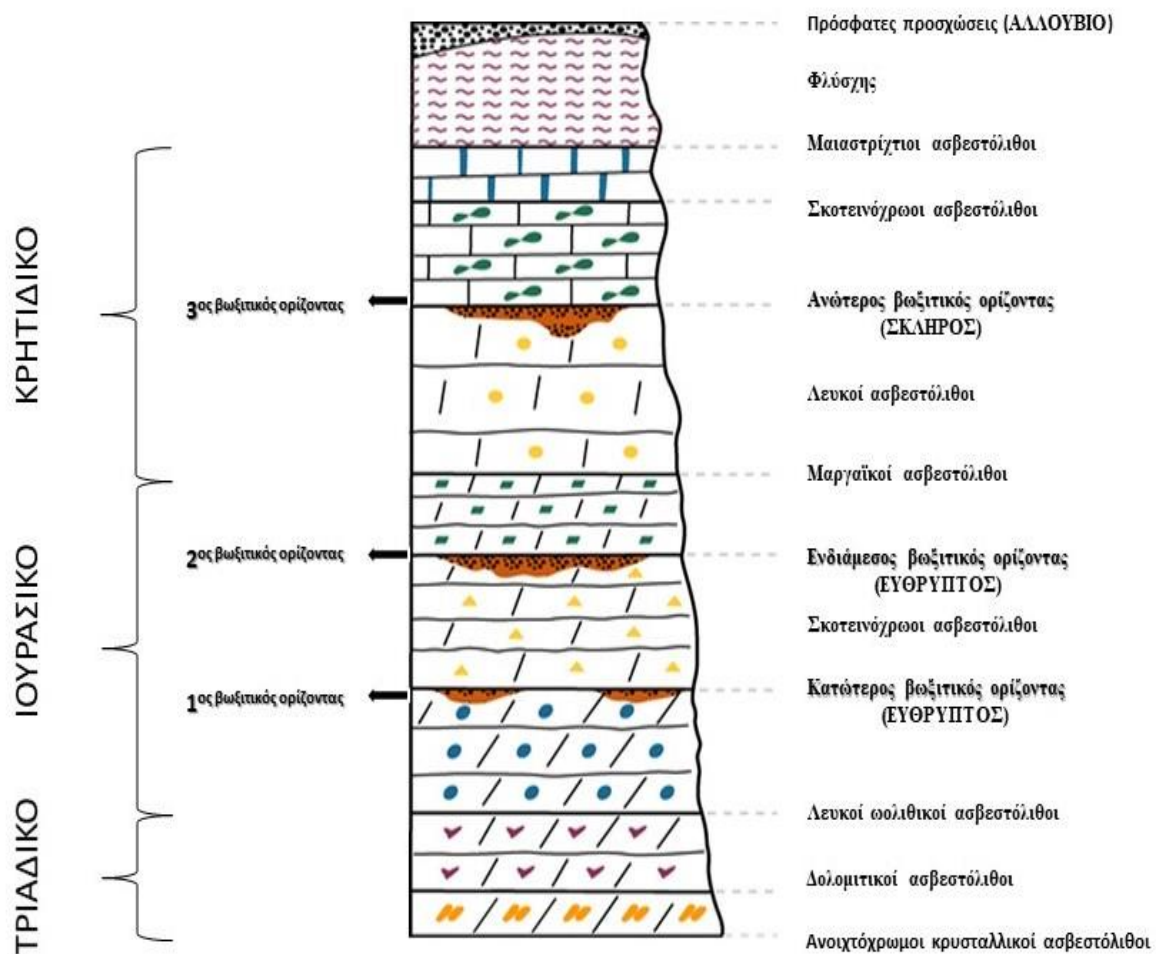
Ο βωξίτης αποτελείται κυρίως από υδροξείδια του αργιλίου, υδροξείδια ή οξείδια του σιδήρου και αργιλοπυριτικά ορυκτά. Το χρώμα του είναι συνήθως κοκκινωπό ή κίτρινο, και σε κάποιες περιπτώσεις γκρι. Τα διάφορα χρώματα του βωξίτη οφείλονται στις διαφορετικές περιεκτικότητες των οξειδίων του σιδήρου. Ακόμα, το ειδικό βάρος του βωξίτη κυμαίνεται μεταξύ 2.7 – 3.5 ανάλογα με την περιεκτικότητα του σε οξείδια του σιδήρου. Η υφή του είναι στιφρή, ωολιθική ή πισσολιθική. Είναι ανθεκτικός σε υψηλές θερμοκρασίες, αδιάλυτος στο νερό και διαλυτός σε οξέα ή καυστικά αλκάλια υψηλών συγκεντρώσεων.

Οικονομικά εκμεταλλεύσιμος θεωρείται ο βωξίτης ο οποίος έχει περιεκτικότητα περισσότερο από το 45-50% σε Al_2O_3 , λιγότερο από το 20% Fe_2O_3 και μέχρι 5% σε Si (σε διάφορες μορφές).

Τέλος, τα ελληνικά κοιτάσματα βωξίτη έχουν μορφή φακών, κοιτών, θυλάκων ή ακανόνιστων μαζών μέσα σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς.

4.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Η κύρια περιοχή εκμετάλλευσης εμφάνισης και εκμετάλλευσης του ελληνικού βωξίτη ανήκει στην γεωτεκτονική ζώνη ΠΑΡΝΑΣΣΟΥ-ΓΚΙΩΝΑΣ. Η ζώνη αυτή παρεμβάλλεται μεταξύ της Υποπελαγονικής και της ζώνης Ολωνού-Πίνδου που περιορίζεται στην Κεντρική Στερεά Ελλάδα. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της ζώνης αυτής είναι η παρεμβολή των τριών κυρίως βωξιτικών οριζόντων και αντιπροσωπεύει υποθαλάσσιο ήβημα με συνεχή ιζηματογένεση από το Ανώτερο Τριαδικό μέχρι το Ηώκαινο (όπου αναπτύσσεται ψαμμιτικός φλύσχος), όπως δίνεται στην εικόνα 4.2 .



Εικόνα 4.2. Στρωματογραφία Ζώνης Παρνασσού - Γκιώνας

Τα βωξιτικά κοιτάσματα (φακοί) είναι δευτερογενή και καταλαμβάνουν έγκοιλα τις παλαιογεωγραφικής μορφολογίας που διαμορφώθηκαν από καρστική και τεκτονική δραστηριότητα κατά την προβωξιτική περίοδο. Οι έντονες εφραπτομενικές τάσεις που

αναπτύχθηκαν κατά την αλπική ορογένεση προκάλεσαν την οριστική ανάδυση τις ζώνης και την πτύχωση τις ενώ κατά την φάση τις εκτόνωσης που ακλούθησε δημιουργήθηκαν συστήματα ορθών ρηγμάτων. Οι επιπτώσεις των παραπάνω ορυκτών φάσεων είναι καθοριστικές όσον αφορά την θέση των φακών μέσα στο σημερινό μορφολογικό ανάγλυφο τις περιοχής και την μηχανική αντοχή των γεωλογικών σχηματισμών που τα περιβάλλουν.

Καθώς η πλειοψηφία των εκμεταλλεύσεων αφορά φακούς του 3^{ου} βωξιτικού ορίζοντα, αναφέρεται ότι οι αμέσως υπερκείμενοι του 2^{ου} βωξιτικού ορίζοντα ασβεστόλιθοι είναι λευκόχροοι του Τιθωνίου-Νεοκομίου. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί αποτελούν πάτωμα του 3^{ου} βωξιτικού ορίζοντα. Επειδή οι ασβεστόλιθοι αυτοί παρεμβάλλονται μεταξύ των δυο βωξιτικών οριζόντων λέγονται «ενδιάμεσοι». Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι περιεκτικότητες των βωξιτικών κοιτασμάτων σε Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 και CaO και το μέγεθος αυτών, ανάλογα τον βωξιτικό ορίζοντα όπου ανήκουν.

Πίνακας 4.1: Περιεκτικότητες οξειδίων σε κοιτάσματα βωξίτη ανάλογα με τον ορίζοντα που ανήκουν

ΒΩΞΙΤΙΚΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ	Al₂O₃ %	SiO₂ %	Fe₂O₃ %	CaO %	Μέγεθος κοιτασμάτων
Ανώτερος	55-60	2-3	15-30	0.5-1	Μικρά έως πολύ μεγάλα
Ενδιάμεσος	50-55	5-15	15-30	0.2-0.5	Μικρά έως πολύ μεγάλα
Κατώτερος	45-50	15-25	5-15	0.1-0.5	Πολύ μικρά

Ο βωξίτης του 3^{ου} ορίζοντα που είναι και ο σημαντικότερος από άποψη εκμεταλλευσιμότητας, είναι συνήθως ερυθροκαστανόχρωμος ωολιθικής υφής και κατά κύριο λόγο διασπορικού τύπου, έχει περιεκτικότητα 55-60% σε Al_2O_3 , 2-3% σε SiO_2 , 15-30 % σε Fe_2O_3 και 0.5-1% σε CaO και το μέγεθος των κοιτασμάτων του χαρακτηρίζεται από μικρό έως πολύ μεγάλο. Την οροφή (ταβάνι) αποτελούν ασβεστόλιθοι λεπτοί ή παχυστρωματώδεις σκούρου χρώματος του Τουρωνίου με miliolidea. Στην συνέχεια συναντώνται άστρωτοι ή παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι με Rodistae, Hipporites κ.ά. και κλείνει η ασβεστολιθική σειρά με λεπτοστρωματώδεις λευκόχρους Glombotroncana κ.ά. Η σειρά Παρνασσού-Γκιώνας ολοκληρώνεται με τις τρεις ενότητες του παλαιογενούς Φλύσχη. Τα παραπάνω αναγνωρίζονται από τις γεωλογικούς χάρτες τις περιοχής σύμφωνα με την τεχνική μελέτη της Δελφοί-Δίστομον Α.Μ.Ε. (Ιούνιος 2018).

4.4 ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΒΩΞΙΤΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ

Τα κοιτάσματα βωξίτη του Ελλαδικού χώρου είναι «καρστικού» τύπου και τα μεγαλύτερα από αυτά βρίσκονται στην περιοχή Παρνασσού-Γκιώνας (Γκιώνα – Ελικώνας, Οίτη, Παρνασσός). Η εξόρυξη αυτών των κοιτασμάτων γίνεται πλέον μόνο με υπόγειες εκμεταλλεύσεις.

Η Ελλάδα κατέχει σημαντική θέση όχι μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και παγκοσμίως, καθώς είναι μία από τις σημαντικότερες βωξιτοπαραγωγές χώρες, συγκεκριμένα σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη του IOBE (Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών) για το 2019, η Ελλάδα κατέχει την 1^η θέση στην Ευρώπη σε παραγωγή και αποθέματα βωξίτη. Τα βέβαια αποθέματα βωξίτη της Ελλάδας υπολογίζονται περίπου σε 130.000.000 tn και σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία του ΣΜΕ (Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων), η συνολική παραγωγή βωξίτη της χώρας για το έτος του 2018 ανέρχεται τις 1.607.444 tn μεταλλεύματος. Ο ελληνικός βωξίτης εξάγεται συνολικά σε 20 χώρες 4 ηπείρων και οι εξαγωγές είναι του ύψους των 17.446.465 € (για το 2017 σύμφωνα με ΣΜΕ).

Οι ελληνικές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον χώρο είναι δυο. Η «ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.» και η «Δελφοί – Δίστομον Α.Ε. », με την πρώτη να είναι ο βασικός προμηθευτής μεταλλουργικού βωξίτη στο Αλουμίνιον τις Ελλάδος και την δεύτερη με την δραστηριοποίηση τις στην εξόρυξη και παραγωγή βωξίτη να καλύπτει το 45% των απαιτήσεων μεταλλουργίας και η ετήσια παραγωγή να είναι περίπου 650.000 tn μεταλλεύματος. Η εκμετάλλευση των βωξιτικών κοιτασμάτων αποτελεί έναν παράγοντα μεγάλης σημασίας για την Ελλάδα καθώς η συνολική συνεισφορά του κλάδου του αλουμινίου στην εθνική οικονομία ανέρχεται στο 2,3% του ΑΕΠ. (IOBE, 2019)

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται η παραγωγή και η αξία των πωλήσεων και των εξαγωγών του βωξίτη για τα έτη 2016, 2017.

Πίνακας 4.2: Παραγωγή βωξίτη και αξία πωλήσεων και εξαγωγών για την Ελλάδα (<https://www.sme.gr/>)

ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΠΩΛΗΣΕΙΣ (€)	ΕΞΑΓΩΓΕΣ (€)
2016	1.880.000	62.918.000	16.980.000
2017	1.927.000	63.059.000	17.446.465

5. ΤΟ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ ΤΗΣ ΒΑΡΓΙΑΝΗΣ

Η υπόγεια εκμετάλλευση της Βάργιαννης είναι ένα από τα μεγαλύτερα και πιο παραγωγικά υπόγεια μεταλλεία της εταιρείας ΔΕΛΦΟΙ-ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.

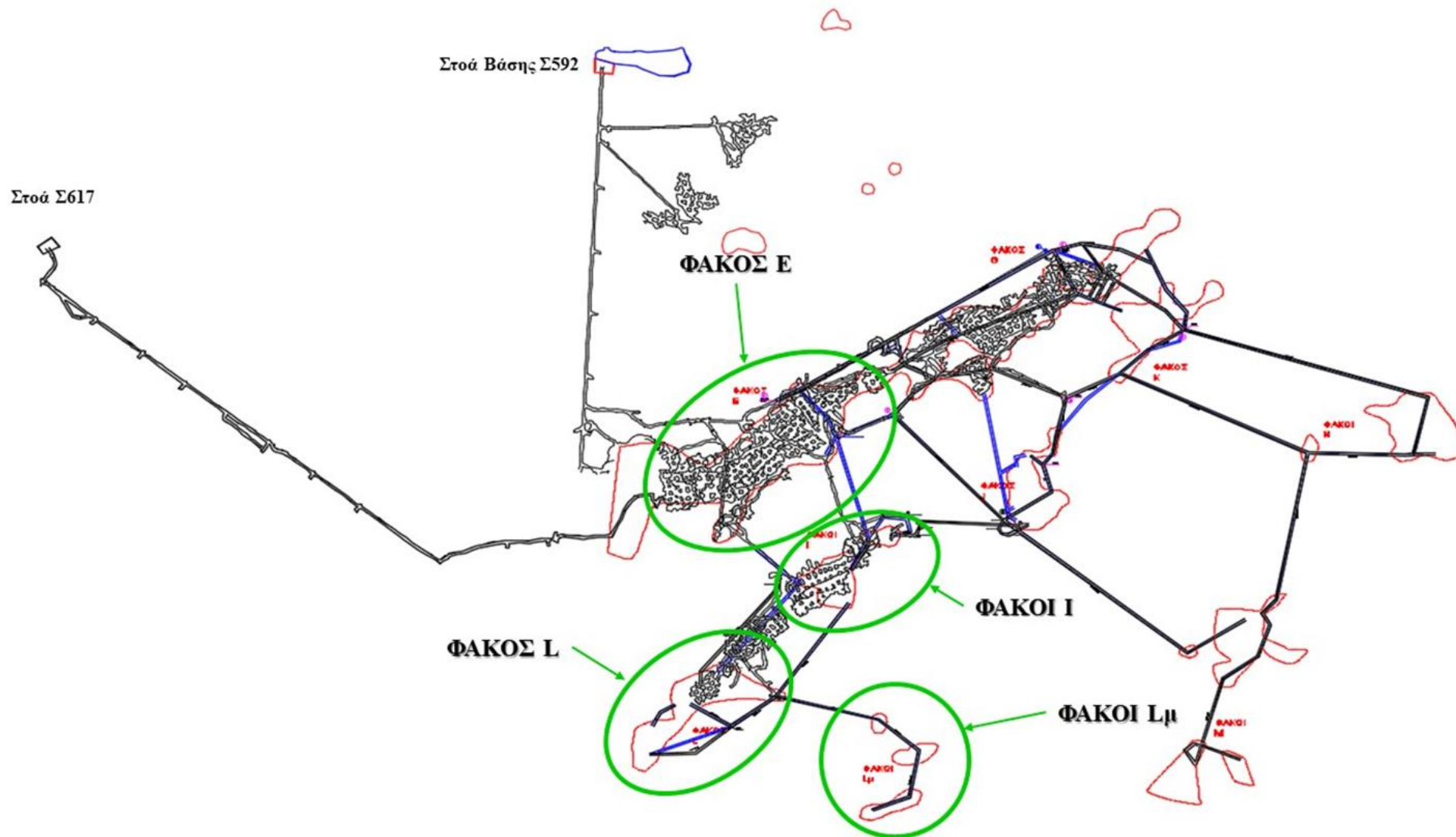
Η εταιρεία έχει διαχωρίσει τα μεταλλεία της σε δύο τομείς εκμετάλλευσης (Α και Β τομέας) ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή όπου βρίσκονται. Η Βάργιανη ανήκει στον Β τομέα εκμετάλλευσης, ο οποίος βρίσκεται στους βορειοδυτικούς πρόποδες του Παρνασσού και ανατολικά του όρους Γκιώνα. Η ευρύτερη περιοχή παρουσιάζει έντονο μεταλλευτικό χαρακτήρα με ανεπτυγμένες υπόγειες και επιφανειακές εκμεταλλεύσεις. Το τοπίο της περιοχής χαρακτηρίζεται από ισχυρό ανάγλυφο, το οποίο είναι αποτέλεσμα των γεωλογικών μεταβολών οι οποίες δημιούργησαν κοιλάδες και οροπέδια.

Το μεταλλείο πήρε το όνομα του από τον οικισμό της Βάργιαννης ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση 320 m ΒΑ της περιοχής εκμετάλλευσης. Λόγω της κοντινής απόστασης του οικισμού από το μεταλλείο, για τον αερισμό αλλά και για όλες τις δραστηριότητες που αφορούν την εκμετάλλευση των κοιτασμάτων δεν έγινε ανάπτυξη νέων προσπελαστικών στοών. Αντίθετα, χρησιμοποιούνται οι δύο υπάρχουσες προσπελαστικές στοές Σ617 και Σ592 και με βάση αυτές σχεδιάζονται και τα υπόλοιπα έργα ανάπτυξης του μεταλλείου.

5.1 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα, με την τεχνική μελέτη της Δελφοί-Δίστομον Α.Μ.Ε. (2018), τα εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα έχουν μέτριες κλίσεις (μέχρι 25°) και βρίσκονται σε βάθος 81-246 m από την επιφάνεια. Το μέσο πάχος τους είναι 9 m και το μέγιστο πάχος, τοπικά, φτάνει τα 30 m. Η ποιότητα τους θεωρείται αρκετά καλή και η τεκτονική καταπόνηση είναι μέτρια με αποτέλεσμα να μην αναμένονται πολλά προβλήματα κατά την εκμετάλλευση.

Το υφιστάμενο έργο περιλαμβάνει την εξόρυξη τεσσάρων φακοειδών κοιτασμάτων βωξίτη με τις ονομασίες Βάργιανη Ε, Ι, Λ και Λμ με απολήψιμα αποθέματα της τάξης των 1.290.000 tn (εικόνα 5.1). Με βάση το χρονοδιάγραμμα παραγωγής για τους εν λόγω φακούς προβλέπεται πως για τα επόμενα τρία έτη η παραγωγή ανέρχεται στους 520.000 tn μεταλλεύματος και 16.100 m³ στείρων εξόρυξης (χαλαρού υλικού).



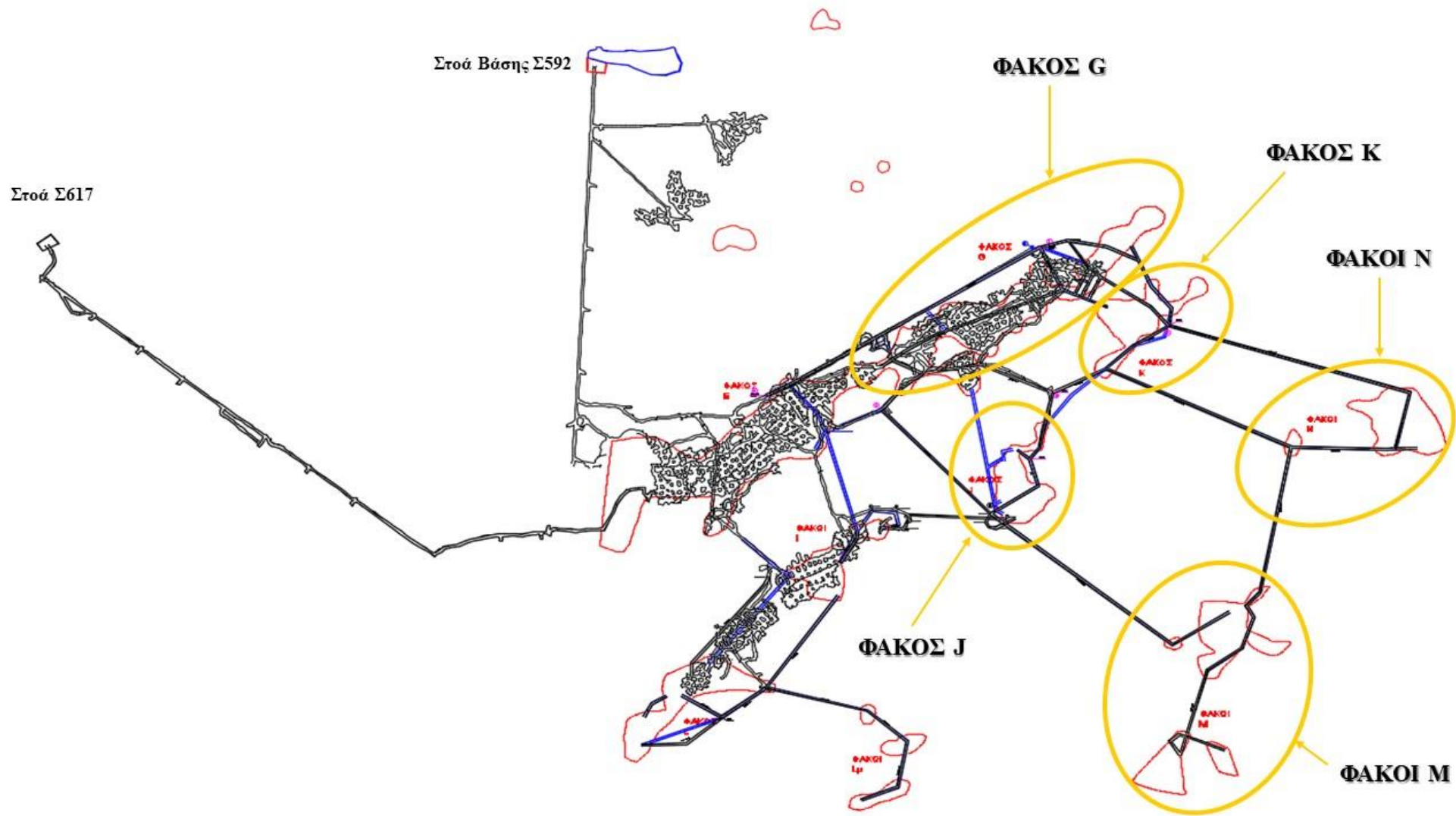
Εικόνα 5.1 : Θέσεις φακών Βάργανη Ε, Ι, Λ και Λμ οι οποίοι βρίσκονται υπο εκμετάλλευση.

Πέρα από τους παραπάνω φακούς, η εξορυκτική δραστηριότητα μελλοντικά θα συνεχιστεί στους γειτονικούς φακούς Βάργιανη G, K, J, N, M, των οποίων το απολήψιμο απόθεμα υπολογίζεται στους 1.816.265 tn μεταλλεύματος. Η αξιοποίηση των υπό μελέτη κοιτασμάτων συνεπάγεται την επέκταση της εξορυκτικής δραστηριότητας για τα επόμενα είκοσι χρόνια και την παραγωγή συνολικά (συμπεριλαμβανομένων και των φακών Βάργιανη E, I, L, και Lμ) 2.336.265 tn μεταλλεύματος και 172.900 m³ στείρων εξόρυξης. Τα στείρα που παράγονται αξιοποιούνται, στο σύνολό τους, για την πλήρωση των υφιστάμενων και μελλοντικών κοιλοτήτων στις εξοφληθείσες εκμεταλλεύσεις.

Η εξόρυξη των παραπάνω κοιτασμάτων γίνεται αποκλειστικά με υπόγεια έργα, δηλαδή, χωρίς κανενός είδους επιφανειακή επέμβαση και τα υφιστάμενα έργα προσπέλασης του μεταλλείου θα χρησιμοποιηθούν για την επέκταση της εκμετάλλευσης. Το σχήμα των στοών προπαρασκευής είναι τραπεζοειδές ή ορθογώνιο και οι διαστάσεις αυτών είναι περίπου 5x5 m².

Τέλος, για την απόληψη των εν λόγω αποθεμάτων εφαρμόζεται η υπόγεια μέθοδος εκμετάλλευσης θαλάμων και στύλων με εγκαταλειπόμενους στύλους (για την αποφυγή κατακρημνίσεων). Ουσιαστικά λόγω της κλίσης των φακών, που σε ορισμένους είναι αρκετά μεγάλη, η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ένας συνδυασμός της μεθόδου διαδοχικών ορόφων με κενά μέτωπα (Sub-Level Stopping) και μιας παραλλαγής της μεθόδου εκμετάλλευσης με κατά μέτωπο προσβολή (Breast stope) με εγκατάλειψη στύλων. Στην βέλτιστη περίπτωση η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να έχει ποσοστό αποληψιμότητας έως και 90% αλλά αυτό καθορίζεται και από τα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος και την κατάσταση των υπερκείμενων ασβεστόλιθων.

Στην **εικόνα 5.2** παρουσιάζονται οι θέσεις των υπό μελέτη κοιτασμάτων των φακών Βάργιανη G, K, J, N και M, σε σχέση με τα υφιστάμενα έργα της εκμετάλλευσης.



Εικόνα 5.2 : Θέσεις των υπο μελέτη κοιτασμάτων των φακών Βάργιανη G, K, J, N και M

5.2 ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ - ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο αριθμός των εργαζομένων στο μεταλλείο ποικίλει ανάλογα με την φάση εκμετάλλευσης (προσπέλαση, προπαρασκευή και εξόφληση), κάθε μια από αυτές έχει διαφορετικές απαιτήσεις σε προσωπικό και μηχανολογικό εξοπλισμό. Ακόμα οι βάρδιες που πραγματοποιούνται είναι δύο. Σύμφωνα με την τεχνική μελέτη αναφέρονται τα ακόλουθα :

1. ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ : Λόγω της ύπαρξης δύο κύριων προσπελαστικών στοών, οι εργασίες πραγματοποιούνται μόνο σε δύο θέσεις, τουλάχιστον για το μεγαλύτερο μέρος της ανάπτυξης. Οι εργαζόμενοι που απασχολούνται είναι:

- Υπεύθυνοι εργασιών : 1 Μηχανικός Μεταλλείων, 1 Εργοδηγός Μεταλλείων
- Α΄ βάρδια : 1 Επιστάτης, 1 χειριστής jumbo διατρήσεως-κοχλιώσεως, 1 χειριστής φορτομεταφορέα, 1 γομωτής, 1 ξεσκαρωτής, 1 βοηθός
- Β΄ βάρδια : Ομοίως με την Α΄ βάρδια

Σύνολο εργαζομένων : 16 άτομα

2. ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΗ : Κατά την φάση της προπαρασκευής, όπου ο αριθμός των μετώπων είναι αυξημένος, οι εργαζόμενοι που απασχολούνται είναι:

- Υπεύθυνοι εργασιών : 1 Μηχανικός Μεταλλείων, 1 Εργοδηγός Μεταλλείων
- Α΄ βάρδια : 1 Επιστάτης, 2 χειριστές jumbo διατρήσεως-κοχλιώσεως, 2 χειριστές φορτομεταφορέων, 1 γομωτής, 1 ξεσκαρωτής, 2 βοηθοί
- Β΄ βάρδια : Ομοίως με την Α΄ βάρδια

Σύνολο εργαζομένων : 22 άτομα

3. ΕΞΟΦΛΗΣΗ : Στην φάση της εξόφλησης, οι διαδικασίες απλουστεύονται αλλά αυξάνεται ο όγκος παραγωγής, οπότε το απαιτούμενο προσωπικό είναι περίπου ίδιο. Επομένως οι εργαζόμενοι που απασχολούνται είναι :

- Υπεύθυνοι εργασιών : 1 Μηχανικός Μεταλλείων, 1 Εργοδηγός Μεταλλείων

- Α΄ βάρδια : 1 Επιστάτης, 1 χειριστής jumbo διατρήσεως-κοχλιώσεως, 2 χειριστές φορτομεταφορέων, 1 γομωτής, 1 ξεσκαρωτής, 2 βοηθοί
- Β΄ βάρδια : Ομοίως με την Α΄ βάρδια

Σύνολο εργαζομένων : 20 άτομα

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται συνολικά στο μεταλλείο και η ισχύς τους σε ταυτόχρονη λειτουργία είναι :

1 Φορτομεταφορέας (LHD)	350 HP
1 Φορητό υπογείων (DUMPER)	480 HP
1 Jumbo διάτρησης	80 HP
1 Jumbo κοχλίωσης	80 HP
1 Πλατφόρμα,	80 HP
1 Επιβατικό ΙΧ (4X4)	80 HP
1 Ξεσκαρωτής υπογείων	120 HP
2 Δ.Χ. Φορητά μεταφοράς μεταλλεύματος.	900 HP
ΣΥΝΟΛΟ	2.170 HP

5.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Ο αερισμός του μεταλλείου γίνεται με την χρήση δύο κεντρικών ανεμιστήρων φυσητικού τύπου (45 Kw έκαστος) οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί στο στόμιο της στοάς Σ617 σε παράλληλη μεταξύ τους διάταξη (εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3 Κεντρικοί ανεμιστήρες φυσητικού τύπου, σε παράλληλη σύνδεση στο στόμιο της στοάς Σ617

Η επιστροφή και έξοδος του ρεύματος αερισμού από το μεταλλείο γίνεται από την στοά βάσης Σ592. Παράλληλα μέσα στο μεταλλείο λειτουργούν και άλλες διατάξεις βοηθητικού αερισμού σε κατάλληλες θέσεις ώστε να προωθούνται οι απαραίτητες ποσότητες αέρα σε όλα τα μέτωπα εργασίας, όπως και θύρες αέρα (εικόνα 5.4) και εύκαμπτοι αγωγοί βοηθητικού αερισμού για την διευθέτηση του ρεύματος αέρα.

Συγκεκριμένα για τον βοηθητικό αερισμό η εταιρεία έχει στην διάθεσή της :

- 2 ανεμιστήρες των 45 Kw
- 3 ανεμιστήρες των 47 Kw και
- 3 ανεμιστήρες των 25 Kw



Εικόνα 5.4: Θύρα αέρα εργοταξίου ΒΑΡΓΙΑΝΗ

Βασικό στοιχείο για την εξασφάλιση της λειτουργικότητας του μεταλλείου και της ασφάλειας του προσωπικού είναι ο υπολογισμός της ελάχιστης παροχής αέρα που απαιτείται για το δίκτυο. Με βάση τον Κ.Μ.Λ.Ε (ΥΑ 2223 ΦΕΚ 1227 14/06/11) οι απαιτήσεις του προσωπικού σε αέρα είναι $5.66 \text{ m}^3/\text{min}$ και εργαζόμενο και για τις μηχανές DIESEL $2,3 \text{ m}^3/\text{min}$ και ίππο μηχανημάτων.

Θεωρώντας, ως δυσμενέστερη κατάσταση για το δίκτυο αέρα, την ταυτόχρονη λειτουργία όλων των μηχανημάτων που διαθέτει το μεταλλείο, τότε ο συνολικός αριθμός του προσωπικού σε μια βάρδια είναι 12 άτομα (συμπεριλαμβάνονται 2 υπεύθυνοι εργασιών και 2 βοηθοί). Επομένως :

$$\frac{5,66 \times 12}{60} = 1,13 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Και οι συνολικοί ίπποι μηχανημάτων είναι 2.170

$$\frac{2,3 \times 2.170}{60} = 83,18 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Άρα, η ελάχιστη απαιτούμενη παροχή του μεταλλείου είναι :

$$1,13 \text{ m}^3/\text{sec} + 83,18 \text{ m}^3/\text{sec} = \mathbf{84,31 \text{ m}^3/\text{sec}}$$

Η παραπάνω παροχή είναι η ελάχιστη που απαιτείται για την ορθή λειτουργία του μεταλλείου. Ωστόσο, οι δύο κεντρικοί ανεμιστήρες που υπάρχουν στο στόμιο της στοάς Σ617 τροφοδοτούν το δίκτυο αερισμού του μεταλλείου με παροχή 89 m³/sec (σύμφωνα με την τεχνική μελέτη, Ιούνιος 2018). Επομένως πληρούνται οι απαιτήσεις αέρα του δικτύου.

Σημειώνεται, πως η αντίσταση του μεταλλείου για το κεντρικό κύκλωμα αερισμού είναι R = 0,0126 Kmu ή R= 0,12348 Ns²/m⁸.

Όπως φαίνεται και στην **εικόνα 5.5**, ο καθαρός αέρας προερχόμενος από την στοά Σ617, στο στόμιο της οποίας βρίσκονται δυο κεντρικοί φυσητικοί ανεμιστήρες των 45 Kw και περνώντας μέσα από την περατωμένη εξόφληση του φακού «ΚΑΜΑΡΑ» της εταιρείας «ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.», εισέρχεται στον φακό Βάργιανη Ε σε σημείο με υψόμετρο 572,92 m. Σε εκείνο το σημείο, υπάρχουν άλλοι δύο βοηθητικοί ανεμιστήρες (θέση 1), 45 Kw ο καθένας, συνδεδεμένοι σε παράλληλη διάταξη και λίγα μέτρα πιο κάτω ένας βοηθητικός ανεμιστήρας 25 Kw (θέση 2), οι οποίοι προωθούν τον αέρα στον φακό Βάργιανη Ε. Στην συνέχεια, ο αέρας κατευθύνεται προς τους φακούς Βάργιανη Ι , L και Lμ. Σε κατάλληλο σημείο λίγο πριν τον φακό Βάργιανη Ι υπάρχει ένας βοηθητικός ανεμιστήρας 47 Kw (θέση 3) ο οποίος διοχετεύει αέρα στους φακούς Βάργιανη L, Lμ. Στην θέση 4 υπάρχει βοηθητικός ανεμιστήρας των 47 Kw ο οποίος συμβάλει στον αερισμό του φακού Βάργιανη Ι. Τέλος ο αέρας καταλήγει στην στοά βάσεως Σ592 από την όποια και εξέρχεται από το μεταλλείο.

Στις θέσεις 5 και 6 έχουν τοποθετηθεί βοηθητικοί ανεμιστήρες των 25 και 47 Kw οι οποίοι βοηθούν στον αερισμό τυφλών μετώπων στα οποία πραγματοποιούνται έργα ανάπτυξης στοών.

6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Ο αερισμός των μεταλλείων αποτελεί σημαντικό κομμάτι της εξορυκτικής διαδικασίας και σοβαρό παράγοντα για την ασφάλεια του προσωπικού και την αποδοτικότητα του έργου. Γι' αυτό τον λόγο, χρειάζεται να υπάρχει ακρίβεια και καλός και ορθολογικός σχεδιασμός του κυκλώματος αερισμού ενός μεταλλείου. Αν και παλιά οι απαραίτητοι υπολογισμοί γίνονταν με το χέρι μέσω των βασικών τύπων, πλέον γίνονται με λογισμικά που προσφέρουν ευκολία και μεγαλύτερη ακρίβεια. Η διευκόλυνση του σχεδιασμού πολύπλοκων συστημάτων, η μείωση του χρόνου που απαιτείται για την λήψη αποτελεσμάτων αλλά και οι πληροφορίες που παρέχονται τόσο για την υπάρχουσα, όσο και για την μελλοντική κατάσταση του δικτύου αέρα μέσα στο μεταλλείο είναι μερικά από τα οφέλη που παρέχουν τα σύγχρονα λογισμικά προγράμματα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, αρχικά μοντελοποιείται το υπάρχον κύκλωμα αερισμού του μεταλλείου της Βάργιανης με σκοπό την βελτιστοποίηση του και στην συνέχεια γίνεται μια προσπάθεια ορθολογικού σχεδιασμού του αερισμού για την μελλοντική ανάπτυξη του μεταλλείου.

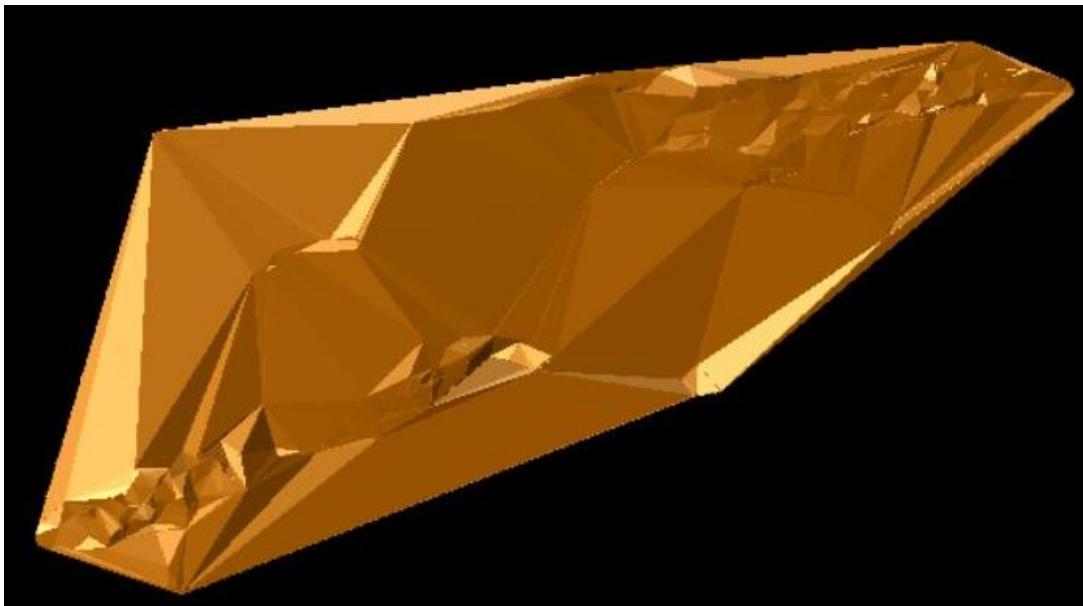
6.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Για να μπορέσει να γίνει η μοντελοποίηση του κυκλώματος αερισμού χρειάστηκε πρώτα να μετατραπεί το δισδιάστατο σχέδιο του μεταλλείου σε τρισδιάστατο, με την βοήθεια των λογισμικών AutoCAD και Surpac 6.4.1. Αρχικά, με την χρήση του AutoCAD έγινε η εισαγωγή των υψομετρικών αποστάσεων σε κατάλληλα σημεία και η σχεδίαση των στοών του αερισμού με την μορφή απλών γραμμών (**εικόνα 6.1**) οι οποίες περιείχαν μόνο τις συντεταγμένες x,y.



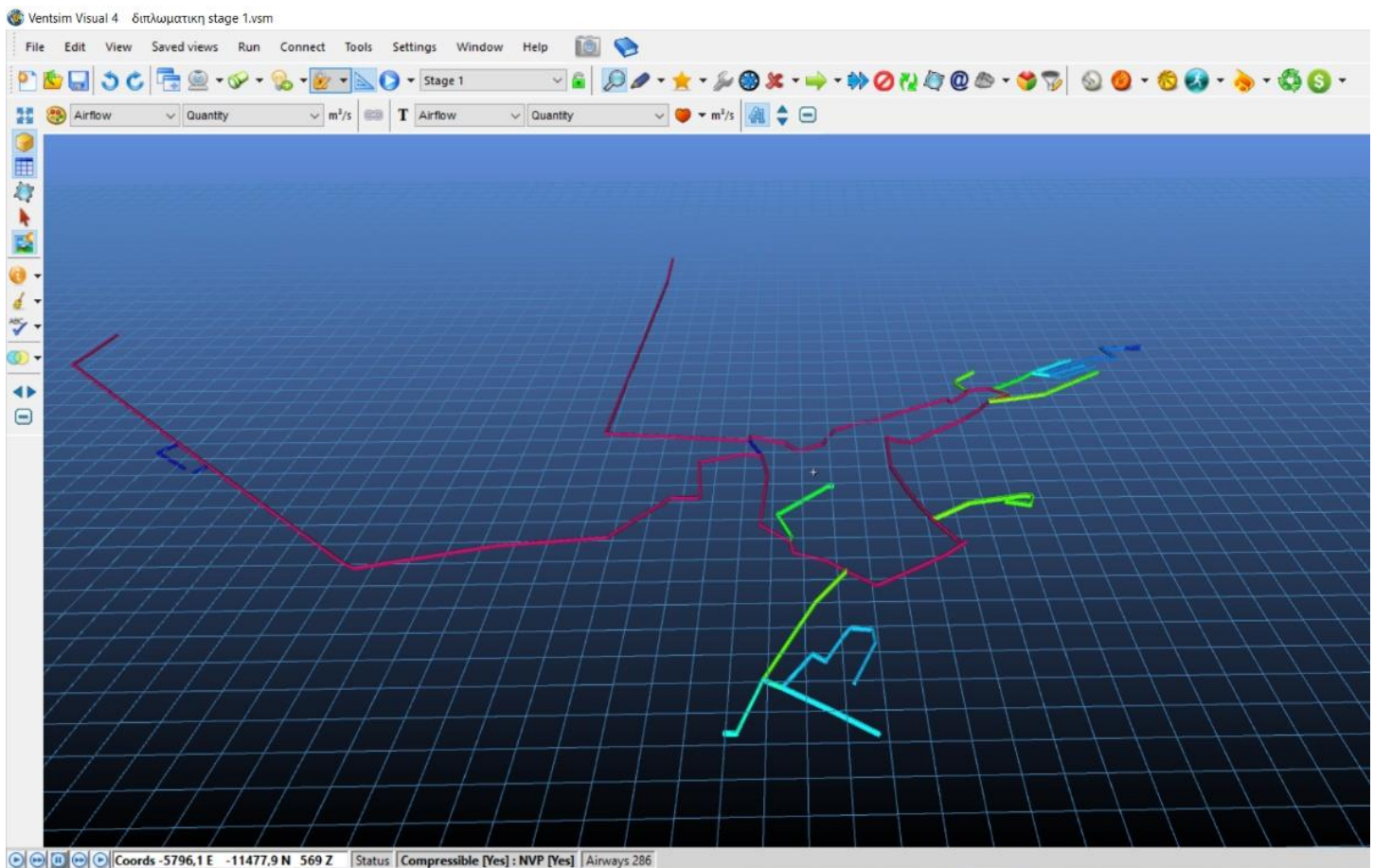
Εικόνα 6.1 : Σχέδιο στοών αερισμού

Έπειτα, έγινε εισαγωγή των υψομέτρων στο μεταλλευτικό πρόγραμμα surpac 6.4.1 και δημιουργήθηκε μια τρισδιάστατη επιφάνεια της περιοχής του μεταλλείου (εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.2 : Τρισδιάστατη επιφάνεια της περιοχής εκμετάλλευσης

Πάνω σε αυτή την επιφάνεια τοποθετήθηκαν οι γραμμές των στοών του αερισμού, οι οποίες και πήραν τα κατάλληλα βάθη σύμφωνα με τις συντεταγμένες. Με την παραπάνω διαδικασία το δισδιάστατο σχέδιο μετατράπηκε σε τρισδιάστατο και έγινε η εισαγωγή του στο πρόγραμμα Ventsim visual (εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.3 : Τρισδιάστατο σχέδιο δικτύου αέρα

Η εικόνα 6.3 παρουσιάζει το υπάρχον κύκλωμα αερισμού του μεταλλείου της Βάργιανης, δηλαδή το δίκτυο που αερίζει τους φακούς Βάργιανη E, I, L και Lμ, στη βάση του οποίου ξεκίνησε ο σχεδιασμός. Σημειώνεται πως το μήκος, το μέγεθος και το σχήμα των στοών είναι ακριβώς ίδια με το πραγματικό μεταλλείο.

6.2 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Βασική προϋπόθεση για την μοντελοποίηση του δικτύου είναι η δημιουργία περιβάλλοντος στο οποίο οι συνθήκες που επικρατούν αντιπροσωπεύουν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια την πραγματική κατάσταση που επικρατεί στο μεταλλείο. Κάτι τέτοιο επομένως θα επιτρέψει να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την υφιστάμενη κατάσταση, αλλά και

δίνει την δυνατότητα αξιολόγησης των μελλοντικών επιλογών που μπορούν να υπάρξουν για να ικανοποιήσουν τις νέες ανάγκες της εκμετάλλευσης.

Για το λόγο αυτό, πρώτο και βασικό βήμα ήταν να εισαχθούν βασικά χαρακτηριστικά των στοών του κυκλώματος στο λογισμικό. Συγκεκριμένα επιλέγονται τα εξής:

1. ΣΤΟΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

- Οι στοές επιλέχθηκαν να είναι πεταλοειδούς διατομής (όπως φαίνεται στην εικόνα 6.4.)
- Το ύψος των στοών λαμβάνεται ως 5 m και το πλάτος τους ως 5,33 m
- Ο συντελεστής τριβής επιλέχθηκε να είναι ίσος με 0.01 kg/m^3 , όπου σύμφωνα με τον Atkinson αντιπροσωπεύει μια τυπική τιμή του συντελεστή τριβής για σχετικά λείες στοές μεταλλείου ορθογωνικής περίπου διατομής.
- Επειδή οι γωνίες των στοών είναι μέτριας καμπυλότητας επιλέχθηκε μια μέση κατάσταση από πλευράς απωλειών πίεσης λόγω κρούσεων (auto mild option) που θεωρήθηκε ότι καλύπτει πιο αντιπροσωπευτικά όλες τις δυνατές συνθήκες που υπάρχουν στο μεταλλείο.

2. ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

- Το σχήμα των αγωγών είναι κυκλικό
- Η διάμετρος είναι 1,2 m και
- Ο συντελεστής τριβής (Atkinson k friction) επιλέγεται να είναι ίσος με $0,01 \text{ kg/m}^3$ (τιμή που αντιστοιχεί σε μια ενδιάμεση κατάσταση υλικού) και λειτουργεί σαν συντελεστής ασφαλείας. Η επιλογή της τιμής του συντελεστή είναι άμεσα σχετιζόμενη με την ποιότητα και το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται.
- Επειδή οι γωνίες των αγωγών είναι μέτριας καμπυλότητας επιλέχθηκε μια μέση κατάσταση από πλευράς απωλειών πίεσης λόγω κρούσεων (auto mild option) που θεωρήθηκε ότι καλύπτει πιο αντιπροσωπευτικά όλες τις δυνατές συνθήκες που υπάρχουν στο μεταλλείο.

Πρέπει να σημειωθεί πως το συνολικό μήκος του υφιστάμενου δικτύου είναι 8.081 m στοών. Στην εικόνα 6.4 παρουσιάζονται οι βασικές παράμετροι εισαγωγής όπως επιλέγονται για την μοντελοποίηση του αερισμού μέσω του λογισμικού Ventsim.

ΣΤΟΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ ΑΓΩΓΟΙ

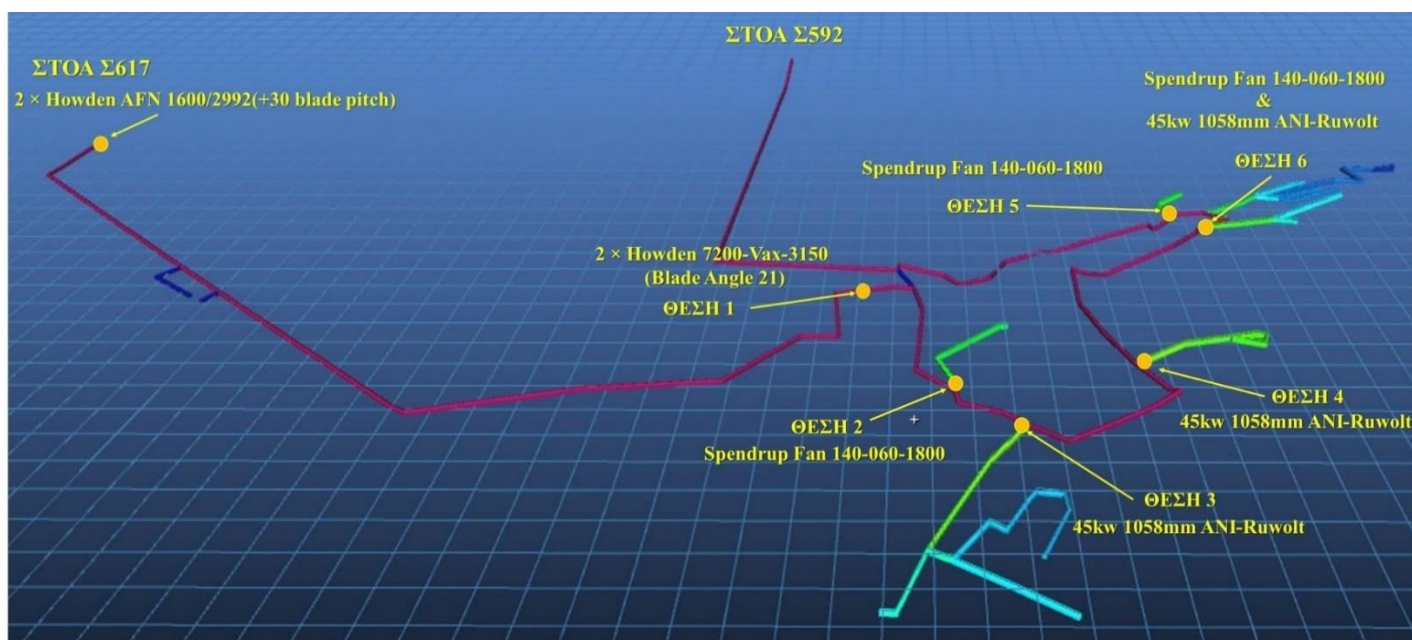
Εικόνα 6.4 : Εισαγωγή βασικών παραμέτρων για την μοντελοποίηση του αερισμού

Επόμενο βήμα είναι η επιλογή των ανεμιστήρων. Η επιλογή έγινε ανάμεσα από 110 ανεμιστήρες (Παράρτημα 2) και έπειτα από αρκετές δοκιμές ο αποδοτικότερος συνδυασμός είναι αυτός που απεικονίζεται στον Πίνακα 6.1. Το πρόβλημα προκύπτει από το γεγονός ότι οι ανεμιστήρες είναι παλαιοί με έτος κατασκευής το 1991 χωρίς να υπάρχουν οι προδιαγραφές και τα διαγράμματά τους. Οπότε, η συγκεκριμένη εργασία γίνεται με σκοπό να προσομοιωθούν σωστά οι υφιστάμενοι ανεμιστήρες της εταιρείας, ώστε η παροχή του αέρα στο σύστημα να είναι κατά το δυνατόν ίδια με την πραγματική και να μην υπάρχει μεγάλη απόκλιση στην αντίσταση του μεταλλείου.

Πίνακας 6.1: Επιλεγμένος συνδυασμός ανεμιστήρων και θέσεις τοποθέτησης τους

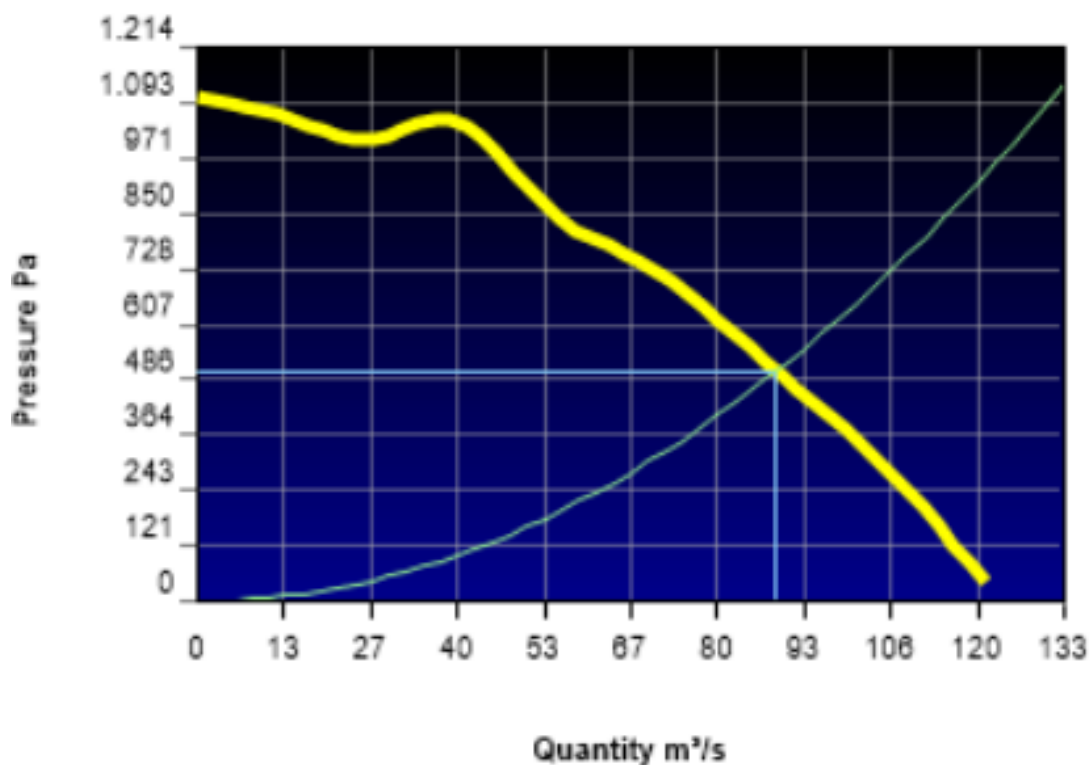
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ
Howden AFN 1600/2992(+30 blade pitch)	Κεντρικός ανεμιστήρας 45kw	Στοά Σ617
Howden 7200-Vax-3150 (Blade Angle 21)	Βοηθητικός ανεμιστήρας 47kw	Θέση 1
45kw 1058mm ANI-Ruwolt	Βοηθητικός ανεμιστήρας 47kw	Θέση 3, 4, 6
Spendrup Fan 140-060-1800	Βοηθητικός ανεμιστήρας 25kw	Θέση 2, 5, 6

Οι ακριβείς θέσεις των ανεμιστήρων πάνω στο κύκλωμα φαίνονται στην επόμενη εικόνα (εικόνα 6.5).



Εικόνα 6.5: Θέσεις ανεμιστήρων στο πρόγραμμα Ventsim Visual

Στην **εικόνα 6.6** παρουσιάζεται το διάγραμμα του συνδυασμένου αποτελέσματος των κεντρικών ανεμιστήρων (στοά Σ617) σε σχέση με την χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου. Οι συγκεκριμένοι ανεμιστήρες έχουν τεθεί να δουλεύουν στο 92% της απόδοσης τους, το RPM = 542,8 (στροφές ανά λεπτό) και τροφοδοτούν το σύστημα με παροχή αέρα $Q = 88,8 \text{ m}^3/\text{s}$.



Εικόνα 6.6 : Διάγραμμα καμπύλης συνδυασμένου αποτελέσματος 2 κεντρικών ανεμιστήρων των 45 Kw (σε παράλληλη σύνδεση) σε σχέση με την χαρακτηριστική καμπύλη του υφιστάμενου μεταλλείου

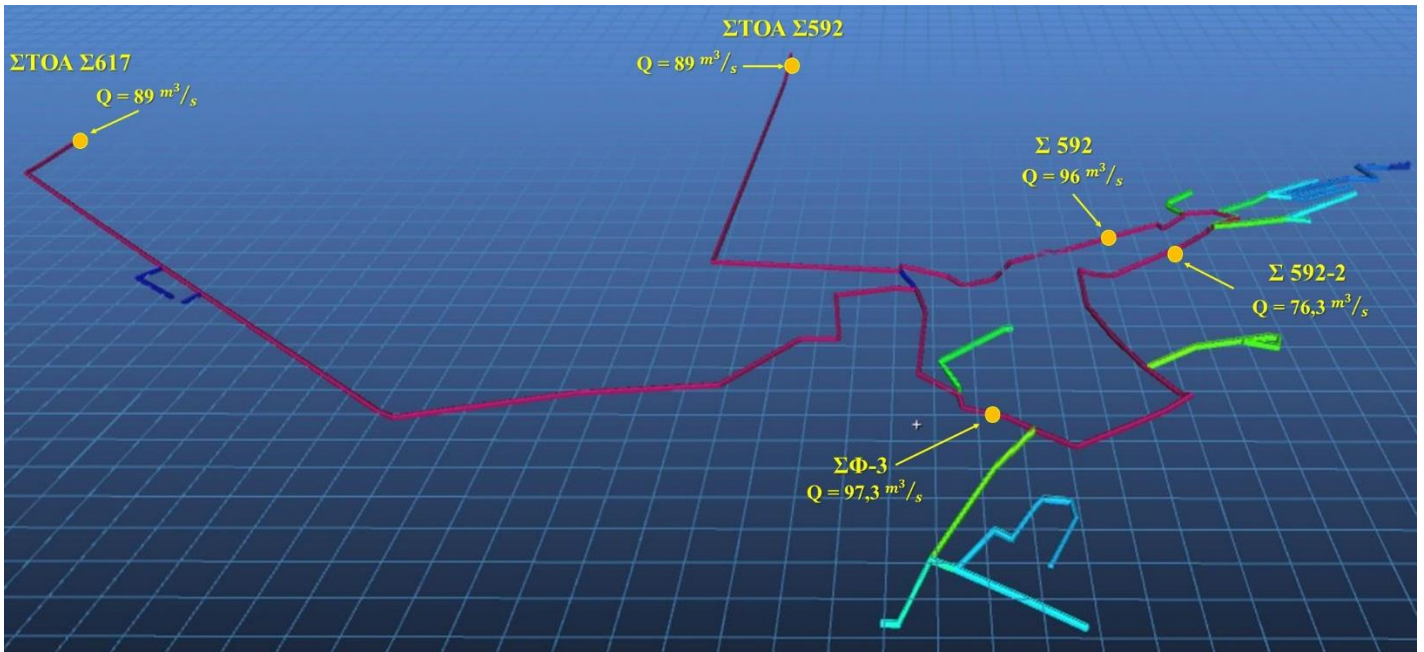
6.2.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Με την εισαγωγή των ανεμιστήρων στο δίκτυο η προσομοίωση της κυκλοφορίας του αέρα ήταν επιτυχής, δηλαδή χωρίς προβλήματα στην λειτουργία των ανεμιστήρων και χωρίς αύξηση της θερμοκρασίας. Για να επικυρωθεί πως η μοντελοποίηση του δικτύου είναι ακριβής και σωστή χρειάζεται να εκλεχθούν τα αποτελέσματα των ποσοτικών και ποιοτικών μετρήσεων αέρα που έχουν διεξαχθεί στο μεταλλείο σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που εξάγονται από το πρόγραμμα, όπως επίσης και αν τα αποτελέσματα του προγράμματος είναι μέσα στα όρια του Κ.Μ.Λ.Ε (ΥΑ 2223 ΦΕΚ 1227 14/06/11).

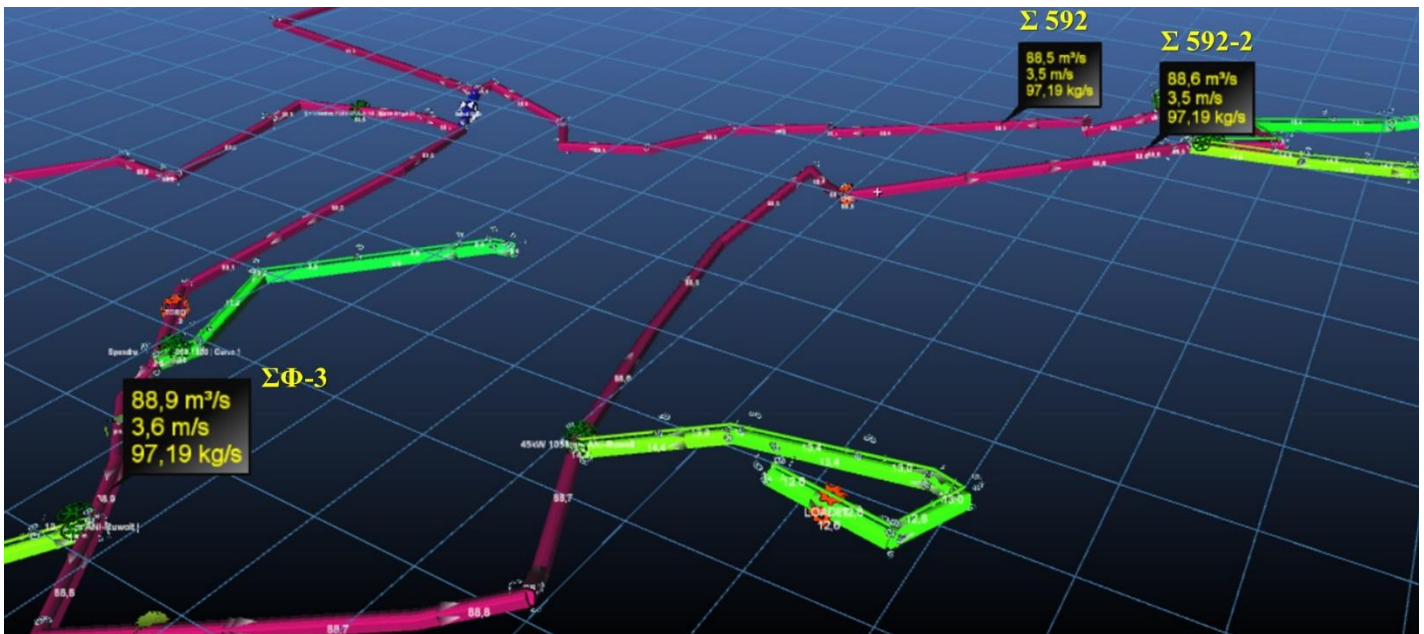
➤ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Οι ποσοτικές μετρήσεις αέρα που έγιναν από τους υπεύθυνους εργασιών του μεταλλείου φαίνονται στο Παράρτημα 1 και οι ακριβείς θέσεις τους στο δίκτυο στην **εικόνα 6.7**. Η παροχή στο στόμιο της στοάς Σ617 και στην έξοδο από την στοά βάσεως Σ592 είναι 89 m³/s

(σύμφωνα με τεχνική μελέτη, Ιούνιος 2018). Επίσης στην **εικόνα 6.8** φαίνονται τα αποτελέσματα των ποσοτικών μετρήσεων του προγράμματος στις αντίστοιχες θέσεις ΣΦ-3, Σ592-2, Σ592



Εικόνα 6.7 : Θέσεις και τιμές ποσοτικών μετρήσεων αέρα που έγιναν στο μεταλλείο



Εικόνα 6.8 : Αποτελέσματα τιμών της παροχής αέρα που υπολογίζονται μέσω του λογισμικού στις θέσεις ΣΦ-3, Σ592 και Σ592-2

Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των ποσοτικών μετρήσεων του προγράμματος σε σχέση με τις ποσοτικές μετρήσεις του μεταλλείου.

Πίνακας 6.2 : Συγκεντρωτικά δεδομένα παροχών αέρα

ΘΕΣΗ	ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	Ventsim Visual
ΣΤΟΑ Σ617	89 m ³ /s	88.8 m ³ /s
ΣΦ-3	97.3 m ³ /s	88.9 m ³ /s
Σ 592-2	76.3 m ³ /s	88.6 m ³ /s
Σ592	96 m ³ /s	88.5 m ³ /s
ΣΤΟΑ ΒΑΣΗΣ Σ592	89 m ³ /s	88.1 m ³ /s

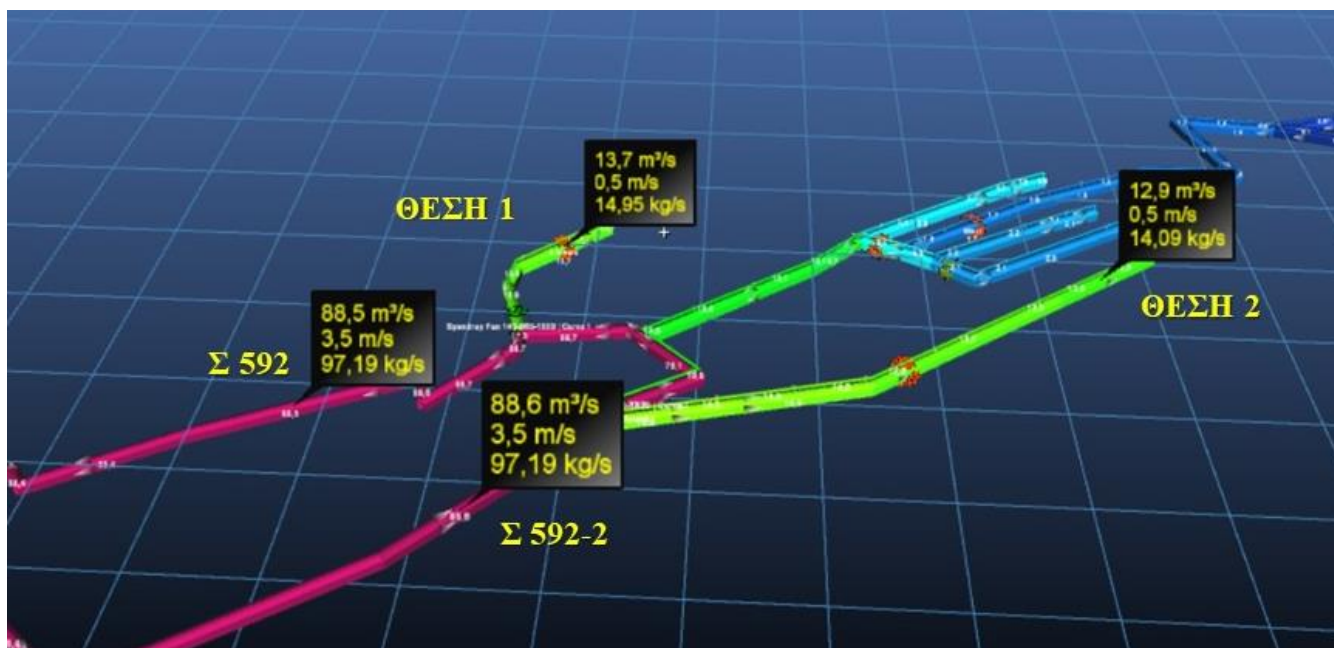
Παρατηρείται πως η κατανομή του αέρα στο πρόγραμμα έχει πιο ομαλή και σχεδόν σταθερή πορεία από αυτήν που υπάρχει στις μετρήσεις του μεταλλείου. Κατά την έξοδο του αέρα από τη στοά βάσης Σ592, η παροχή του μειώνεται κατά 0,7m³/s, γεγονός που οφείλεται στο σύστημα αερισμού του μεταλλείου, που είναι φυσητικό. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, κατά την έξοδο του αέρα από το μεταλλείο η δυναμική πίεση του είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής με αποτέλεσμα να μειώνεται η ταχύτητα του, άρα και η παροχή του μερικά κυβικά μέτρα.

Επιπλέον, έγινε μια περαιτέρω ανάλυση του δικτύου του προγράμματος με σκοπό να ελεγχθεί αν η ταχύτητα του αέρα στις θέσεις εργασίας είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια που ορίζει ο Κ.Μ.Λ.Ε (ΥΑ 2223 ΦΕΚ 1227 14/06/11) και αν η παροχή δύο τυφλών μετώπων, που μας ενδιαφέρουν για τον μελλοντικό σχεδιασμό, είναι αρκετή ώστε να διεξαχθούν με ασφάλεια οι εργασίες. Αν θεωρηθεί λοιπόν πως σε κάθε μέτωπο θα δουλεύει από ένα μηχάνημα TORO (355 hp) και 2 εργαζόμενοι, έχουμε απαιτούμενη παροχή κάθε μετώπου ίση με :

$$Q = \frac{(355 \times 2,3) + (2 \times 5,66)}{60} = 13,7 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Η επιλογή του μηχανήματος TORO έγινε με βάση τα αναγραφόμενα από τις ποσοτικές μετρήσεις του αέρα στο Παράρτημα 1 και επειδή επιλέγεται η δυσμενέστερη δυνατή περίπτωση, το συγκεκριμένο μηχάνημα έχει τους περισσότερους ίππους όσον αφορά τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τα προσπελαστικά έργα. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (**εικόνα 6.9**), η ταχύτητα του αέρα είναι μέσα σε επιτρεπτά όρια και οι

μετρήσεις των παροχών στα τυφλά μέτωπα είναι σε μεγάλο βαθμό ικανοποιητικές. Στον Πίνακα 6.3 παρατίθενται οι τιμές της παροχής και της ταχύτητας του αέρα στις αντίστοιχες θέσεις της εικόνας 6.9.



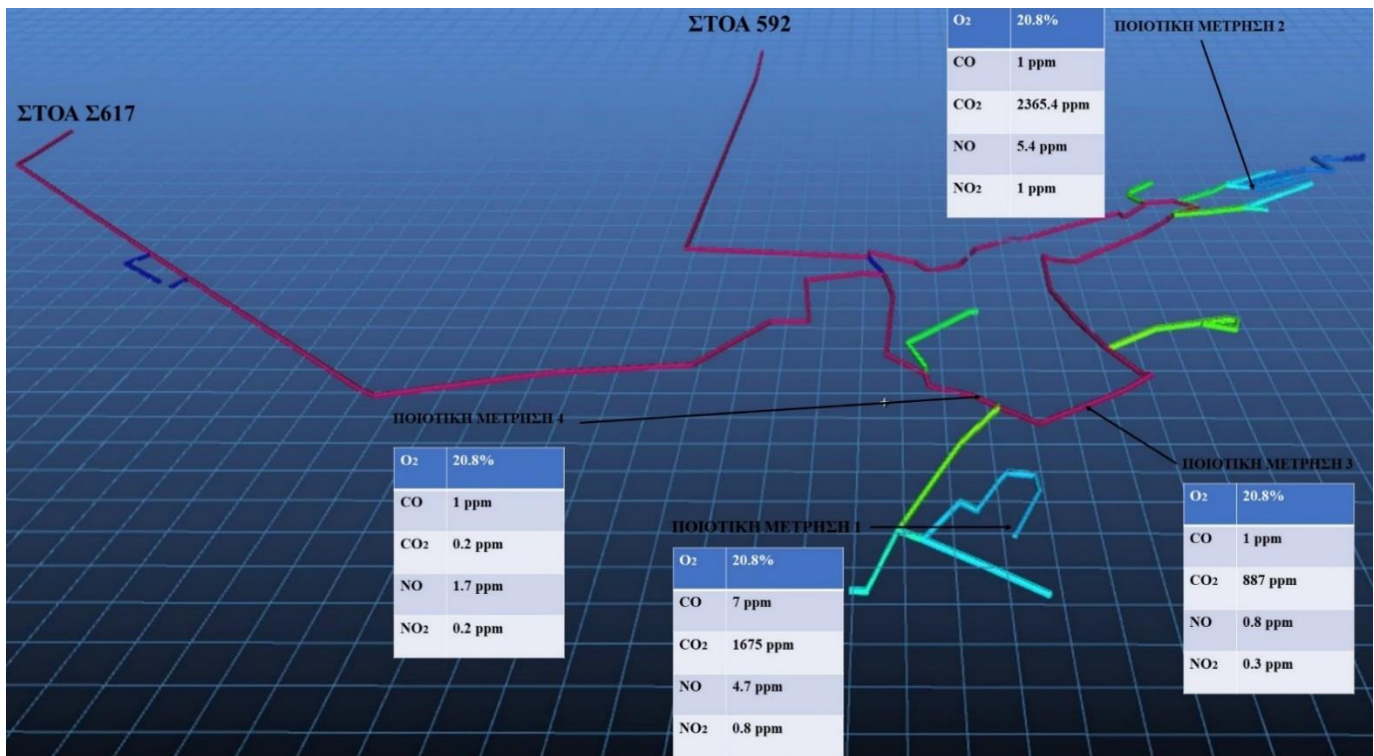
Εικόνα 6.9 : Μετρήσεις της παροχής και της ταχύτητας του αέρα στις θέσεις Σ 592, Σ 592-2 και στα τυφλά μέτωπα εργασίας (θέση 1 και 2)

Πίνακας 6.3 : Τιμές παροχής και ταχύτητας αέρα στις αντίστοιχες θέσεις της εικόνας 6.9

ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /s)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΕΡΑ (m/s)
Σ 592	88,5	3,5
Σ 592-2	88,6	3,5
ΘΕΣΗ 1	13,7	0,5
ΘΕΣΗ 2	12,9	0,5

➤ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΕΡΑ

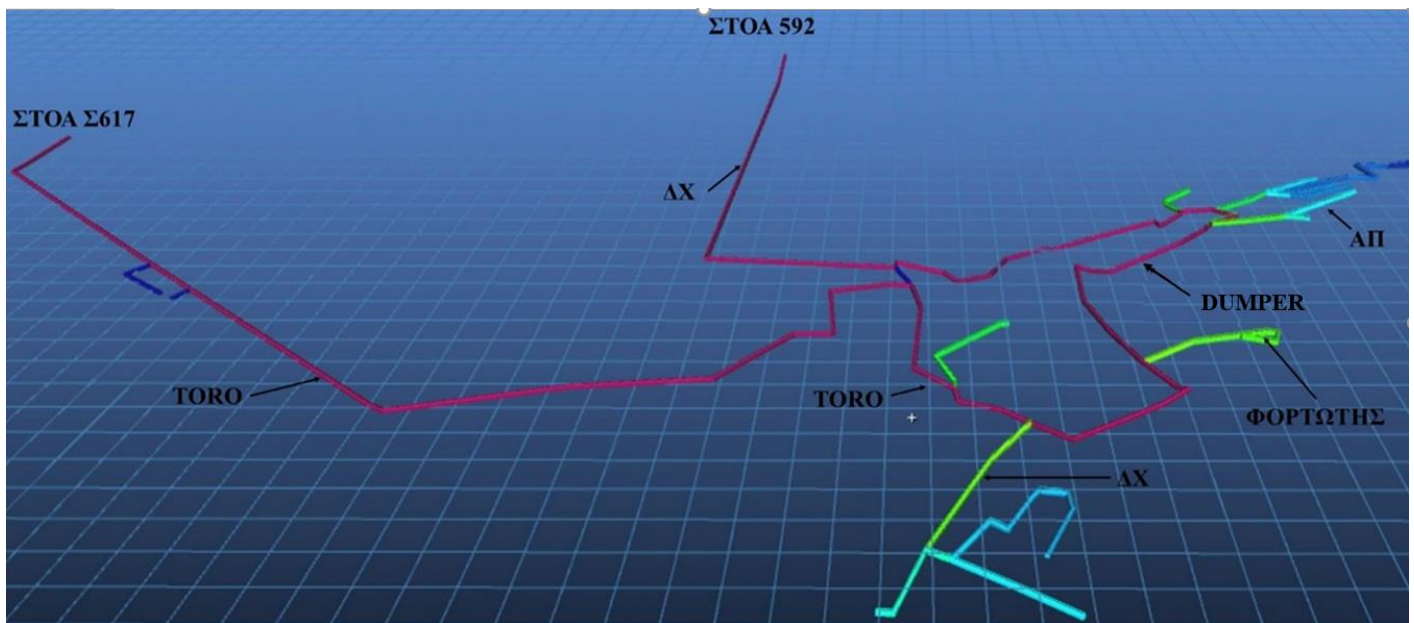
Οι απαραίτητες ποιοτικές μετρήσεις που έγιναν από τους υπεύθυνους εργασιών του μεταλλείου (Παράρτημα 1) αναφέρουν τις περιεκτικότητες του οξυγόνου (O₂), του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και των οξειδίων του αζώτου (NO, NO₂) σε κατάλληλες θέσεις του δικτύου (**εικονα6.10**).



Εικόνα 6.10 : Θέσεις και τιμές ποιοτικών μετρήσεων αέρα

Για την αξιολόγηση των ποιοτικών δεδομένων του αερισμού του μεταλλείου έγινε αντίστοιχα η τοποθέτηση μηχανημάτων σε στοές σε επιλεγμένα σημεία που θεωρήθηκαν κατάλληλα (εικόνα 6.11), διάσπαρτα μέσα στο δίκτυο των στοών της εκμετάλλευσης, προσομοιάζοντας το δυνατόν τις συνεχείς κινήσεις του εξοπλισμού μέσα στο μεταλλείο. Πιο συγκεκριμένα τοποθετήθηκαν τα κάτωθι μηχανήματα που προσομοιώνουν τον πραγματικά λειτουργούντα εξοπλισμό του μεταλλείου:

- 2 TORO – Φορτομεταφορείς (710 hp)
- 1 DUMPER – Φορτοεκφορτωτής (355 hp)
- 1 ΑΠ – Ανυψωτική πλατφόρμα (80 hp)
- 1 Φορτωτής (150 hp) και
- 2 ΔΧ (Φορητά μεταφοράς μεταλλεύματος) (900hp).



Εικόνα 6.11 : Θέσεις τοποθέτησης μηχανημάτων μεταλλείου.

Μετά την εισαγωγή του εξοπλισμού έγινε έλεγχος και αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται από το λογισμικό σε σχέση με αυτά που λήφθηκαν από του επιτόπιους ελέγχους. Συγκεντρωτικά, όλες οι παραπάνω τιμές δίνονται στον Πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.4 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ποιοτικών μετρήσεων αέρα

	ΜΕΤΡΗΣΗ 1		ΜΕΤΡΗΣΗ 2		ΜΕΤΡΗΣΗ 3		ΜΕΤΡΗΣΗ 4	
	Εταιρεία	Ventsim	Εταιρεία	Ventsim	Εταιρεία	Ventsim	Εταιρεία	Ventsim
O ₂	20,8 %	20,8 %	20,8 %	20,8 %	20,8 %	20,8 %	20,8 %	20,8 %
CO	7 ppm	7 ppm	1 ppm	1 ppm	1 ppm	1 ppm	1 ppm	1 ppm
CO ₂	1675ppm	1700ppm	2365,1 ppm	1900ppm	887 ppm	2000 ppm	- ppm	380 ppm
NO	4,7 ppm	5 ppm	5,4 ppm	5,4 ppm	0,8 ppm	0,8 ppm	1,7 ppm	2 ppm
NO ₂	0,8 ppm	0,8 ppm	1 ppm	1 ppm	0,3 ppm	0,3 ppm	0,2 ppm	0,2 ppm

Από τον παραπάνω πίνακα διακρίνεται πως υπάρχει ακρίβεια των αποτελεσμάτων του προγράμματος με τις μετρήσεις του μεταλλείου, για την ποιότητα του αέρα του δικτύου. Έπειτα, έγινε έλεγχος μέσω του προγράμματος για την ποιότητα της ατμόσφαιρας στη στοά βάσης Σ592, στην έξοδο του αέρα, καθώς εκεί είναι η πλέον επιβαρυνμένη θέση από άποψη ποιότητας αέρα.

Όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα της μέτρησης στον Πίνακα 6.5 όλες οι περιεκτικότητες των αερίων είναι εντός των ορίων τιμών που απαιτείται βάση του Κ.Μ.Λ.Ε (ΥΑ 2223 ΦΕΚ 1227 14/06/11).

Πίνακας 6.5 : Ποιοτική μέτρηση αέρα στην στοά βάσης Σ592

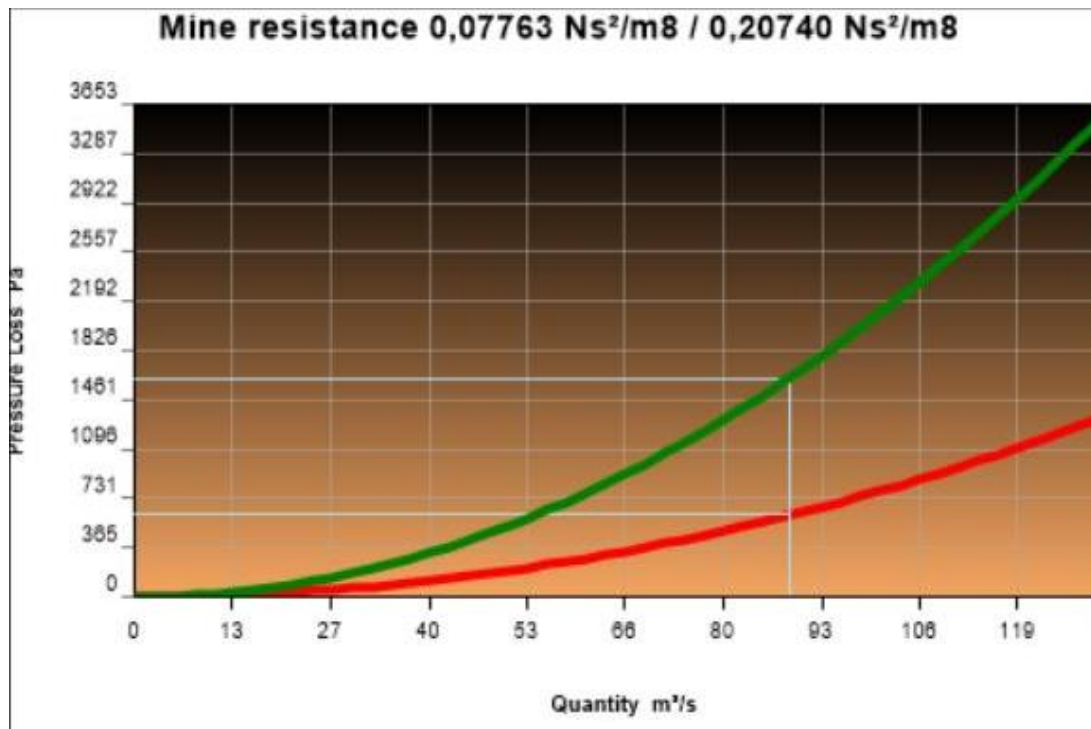
ΑΕΡΙΑ	ΣΤΟΑ ΒΑΣΗΣ Σ592	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΚΑΤΑ Κ.Μ.Λ.Ε.
O ₂	20,8 %	19.5%
CO ₂	920 ppm	5000 ppm
CO	1 ppm	50 ppm
NO	0,9 ppm	25 ppm
NO ₂	0,3 ppm	5 ppm

Αν και σε ορισμένες περιπτώσεις οι παραδοχές που καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα περιγράφουν τη δυσμενέστερη δυνατή κατάσταση που μπορεί να επικρατήσει (π.χ. η ταυτόχρονη λειτουργία ολόκληρου του μηχανολογικού εξοπλισμού). Παρόλα αυτά δημιουργήθηκε ένα αντιπροσωπευτικό μοντέλο του συστήματος αερισμού του μεταλλείου. Πράγμα που επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα των μετρήσεων, καθώς το κύκλωμα του προγράμματος έχει στην έκταση του μια ομαλοποιημένη κατανομή των παροχών αέρα και των περιεκτικότητων των αερίων σε σχέση με το πραγματικό δίκτυο.

➤ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το κύκλωμα που μοντελοποιήθηκε έχει συνολικό μήκος στοών 8.081 m και 2.754,1 m μήκος εύκαμπτων αγωγών βοηθητικού αερισμού (σημειώνεται πως το πρόγραμμα συναθροίζει τα μήκη των στοών και των αγωγών του βοηθητικού αερισμού, γι' αυτό τον λόγο στην παρακάτω εικόνα φαίνεται πως το συνολικό μήκος του κυκλώματος είναι 10.835,1 m). Τέλος, για την λειτουργία του δικτύου χρησιμοποιούνται 10 συνολικά ανεμιστήρες με συνολική ισχύ 213,1 kW. Η παροχή εισόδου του αέρα ισούται με 88,8 m³/s και τροφοδοτείται στο σύστημα μέσω δύο κεντρικών ανεμιστήρων φυσητικού τύπου των 45kW έκαστος, οι οποίοι διατάσσονται παράλληλα.

Από τα παραπάνω μεγέθη μπορούν να ληφθούν πληροφορίες για τη χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου (εικόνα 6.12) η οποία εκφράζει την αντίσταση δηλαδή τις απώλειες σε αέρα του μεταλλείου για τη δεδομένη παροχή.



Εικόνα 6.12 : Χαρακτηριστική καμπύλη υφιστάμενου μεταλλείου

Με βάση παραπάνω εικόνα, η αντίσταση του κεντρικού κυκλώματος αερισμού είναι:

$$R_1 = 0,07763 \text{ Ns}^2/\text{m}^8 \text{ (κόκκινη καμπύλη)}$$

και ολόκληρου του κυκλώματος, δηλαδή μαζί με τους αγωγούς του βοηθητικού αερισμού:

$$R_2 = 0,20740 \text{ Ns}^2/\text{m}^8 \text{ (πράσινη καμπύλη)}.$$

Σύμφωνα με την τεχνική μελέτη της Δελφοί-Δίστομο Α.Μ.Ε. (Ιούνιος 2018), η αντίσταση του κεντρικού κυκλώματος αερισμού του υφιστάμενου μεταλλείου είναι:

$$R = 0,12348 \text{ Ns}^2/\text{m}^8.$$

Η παραπάνω τιμή αντίστασης αντιτίθεται ελαφρώς στην υπολογισμένη από το πρόγραμμα τιμή του κεντρικού κυκλώματος καθώς στην εν λόγω εταιρεία ο τρόπος υπολογισμού του μεγέθους αυτού διαφέρει από τον τρόπο υπολογισμού μέσω του Ventsim Visual. Πιο συγκεκριμένα, η εταιρεία υπολογίζει μόνο την αντίσταση του κεντρικού κυκλώματος χωρίς να λαμβάνουν υπόψιν το δευτερεύον κύκλωμα αερισμού. Όλα τα παραπάνω μεγέθη του προγράμματος παρουσιάζονται στην **εικόνα 6.13**.

NETWORK SYSTEM SUMMARY

Compressible Airflows	Yes
Natural Ventilation Pressure	Yes
Fan Pressure Simulation Type	Total Pressure Method
Stage	0: Stage 1
Airways	297
Total length	10.835,1 m
Total airflow intake	88,8 m ³ /s
Total airflow exhaust	88,1 m ³ /s
Total massflow	97,23 kg/s
Mine resistance (excluding duct)	0,07763 Ns ² /m ⁸
Mine resistance (Including duct)	0,20740 Ns ² /m ⁸
Consisting of ..	
10 Fans	213,1 kW
0 fixed pressures	0,0 kW
0 fixed flows	0,0 kW
0 Refrigeration	0,0 kW

Εικόνα 6.13 : Τιμές βασικών χαρακτηριστικών μοντελοποιημένου δικτύου

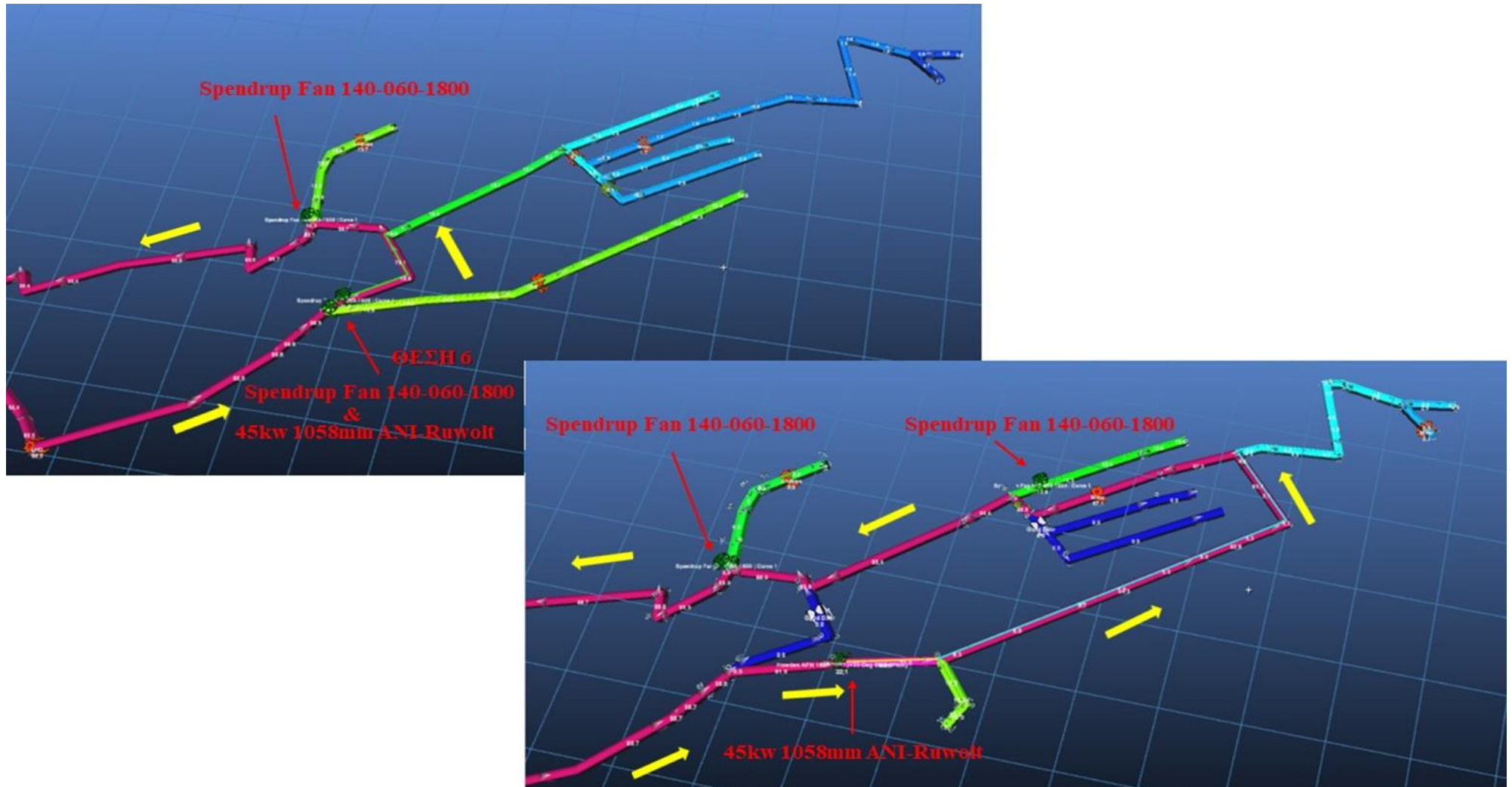
6.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Ο σχεδιασμός του μελλοντικού συστήματος αερισμού του μεταλλείου αφορά τους φακούς Βάργιανη G, K, J, N, M και χωρίζεται ουσιαστικά σε δύο μέρη, στο βραχυπρόθεσμο και στο μακροπρόθεσμο σχεδιασμό. Στο πρώτο μέρος πραγματοποιείται ο βραχυπρόθεσμος σχεδιασμός και η προεργασία με σκοπό να επιτευχθεί ο κατάλληλος αερισμός σε δύο επιλεγμένες θέσεις τυφλών μετώπων εργασίας καθώς από εκεί εκτιμήθηκε πως θα ξεκινήσει η επέκταση των μελλοντικών στοών αερισμού που ουσιαστικά αποσκοπεί στην προσέγγιση των φακών Βάργιανη K, J, N, M, ο οποίος στην πραγματικότητα αποτελεί το μακροπρόθεσμο σχεδιασμό.

6.3.1 ΒΡΑΧΥΣΠΟΘΕΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Αρχικά σχεδιάστηκε η καινούργια διάταξη του κυκλώματος στοών που θα υποστηρίζει την εκμετάλλευση. Το συνολικό μήκος των καινούργιων στοών είναι 129,3 m, το οποίο αλλάζει την υπάρχουσα διάταξη των βοηθητικών ανεμιστήρων της θέσης 6 (βλ. Εικόνα 6.5) και την μορφή του κεντρικού κυκλώματος αερισμού όπως φαίνεται στην **εικόνα 6.14**.



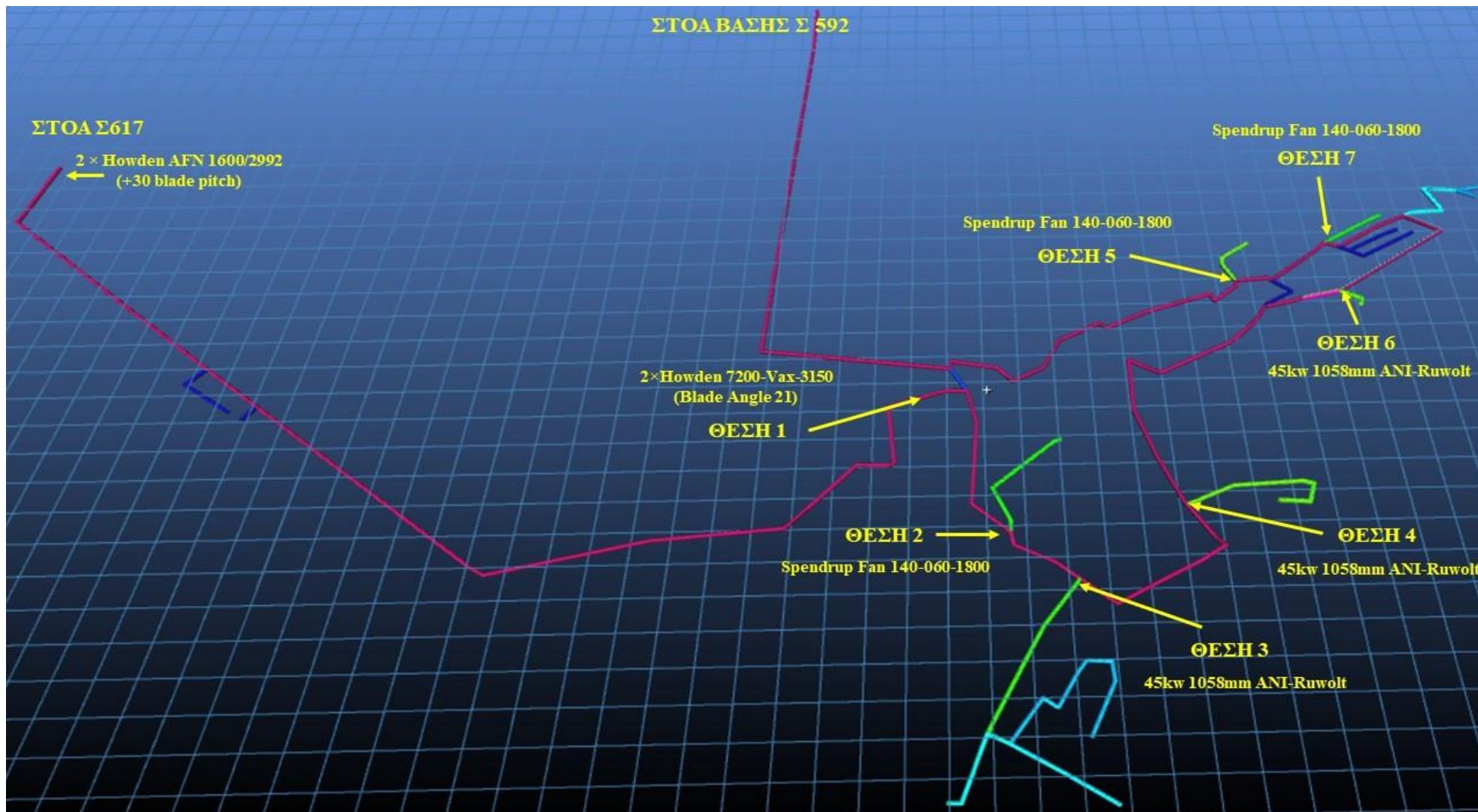
Εικόνα 6.14 : Επέκταση του κεντρικού κυκλώματος αερισμού και νέες θέσεις βοηθητικών ανεμιστήρων 45kw και 25kw

Η τοποθέτηση των δυο βοηθητικών ανεμιστήρων στα συγκεκριμένα σημεία που φαίνονται στην εικόνα 6.13 έγινε διότι εκτιμήθηκε πως από εκεί θα ξεκινήσει η ανάπτυξη των προσπελαστικών στοών για την μελλοντική επέκταση του μεταλλείου προς τους φακούς Βάργιανη Κ, J, N, Μ.

Με την νέα μορφή του κεντρικού κυκλώματος ο αέρας περνάει μέσα από τον φακό Βάργιανη G και έπειτα συνεχίζει την πορεία του προς στην έξοδο από την στοά βάσης Σ592. Οι καινούργιες θέσεις των ανεμιστήρων παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 6.6 και η μορφή του νέου κυκλώματος αερισμού στην **εικόνα 6.15**.

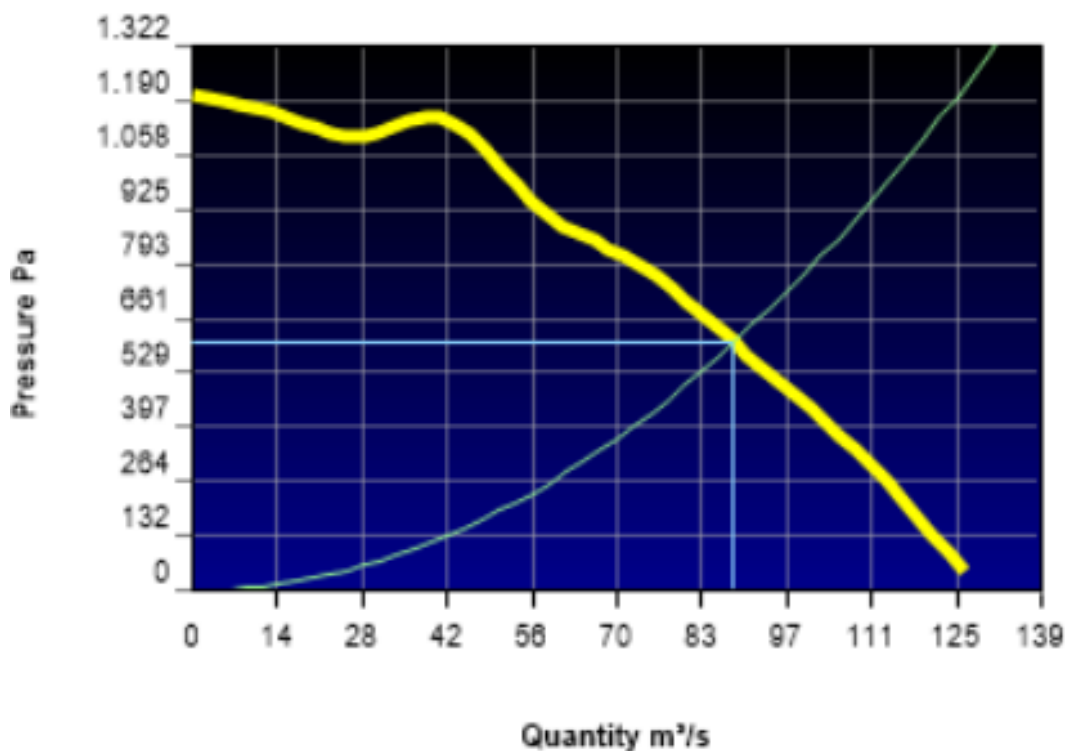
Πίνακας 6.6 : Λειτουργία ανεμιστήρων και θέσεις τοποθέτησής τους

ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ
Howden AFN 1600/2992(+30 blade pitch)	Κεντρικός ανεμιστήρας 45kw	Στοά Σ617
Howden 7200-Vax-3150 (Blade Angle 21)	Βοηθητικός ανεμιστήρας 47kw	Θέση 1
45kw 1058mm ANI-Ruwolt	Βοηθητικός ανεμιστήρας 47kw	Θέση 3, 4, 6
Spendrup Fan 140-060-1800	Βοηθητικός ανεμιστήρας 25kw	Θέση 2, 5, 7



Εικόνα 6.15 : Θέσεις ανεμιστήρων στο καινούργιο κύκλωμα αερισμού

Στην **εικόνα 6.16** φαίνεται το νέο διάγραμμα του συνδυασμένου αποτελέσματος των κεντρικών ανεμιστήρων (στοά Σ617) σε σχέση με την χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου. Οι κεντρικοί ανεμιστήρες έχουν τεθεί να δουλεύουν στο 96% της απόδοσης τους, το RPM = 566,4 (στροφές ανά λεπτό) και τροφοδοτούν το σύστημα με παροχή αέρα $Q = 88,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

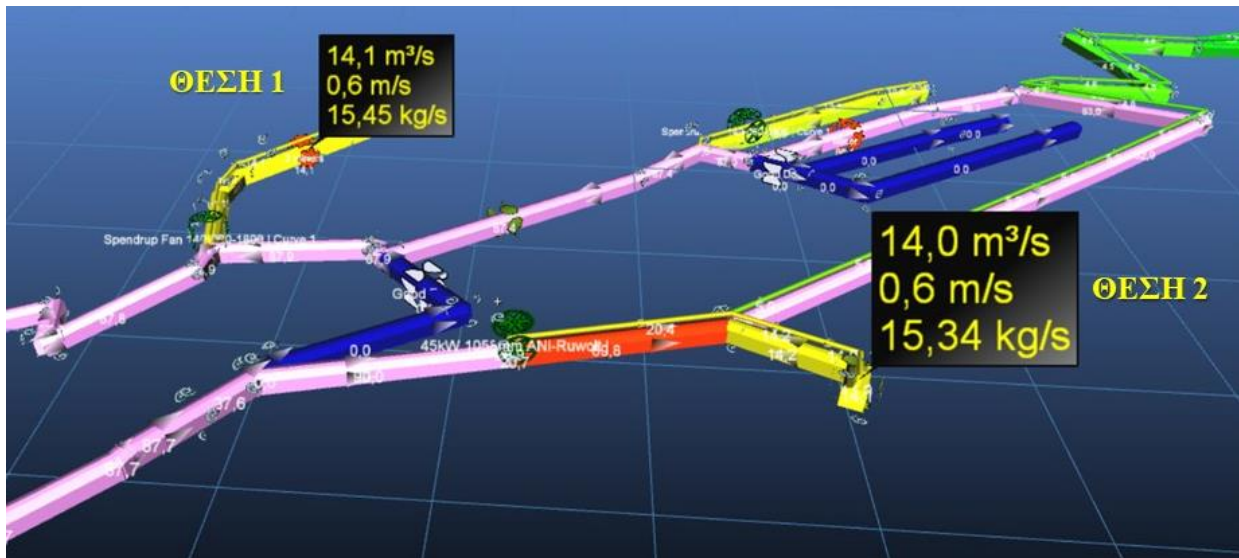


Εικόνα 6.16 : Διάγραμμα νέας καμπύλης συνδυασμένου αποτελέσματος 2 κεντρικών ανεμιστήρων των 45 Kw (σε παράλληλη σύνδεση) σε σχέση με την νέα χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου

Με την τοποθέτηση των δύο βοηθητικών ανεμιστήρων στις νέες θέσεις πραγματοποιήθηκε μέτρηση της παροχής αέρα σε δύο τυφλά μέτωπα εργασίας (θέση 1 και 2) ώστε να ελεγχθεί αν οι τιμές της παροχής και της ταχύτητας του αέρα είναι μέσα στα όρια που θεσπίζονται από τον Κ.Μ.Λ.Ε (ΥΑ 2223 ΦΕΚ 1227 14/06/11). Ο έλεγχος έγινε στις συγκεκριμένες θέσεις διότι από εκεί ξεκινούν τα προσπελαστικά έργα για την επέκταση του μεταλλείου προς τους φακούς ΒΑΡΓΙΑΝΗ Κ, J, N, Μ.

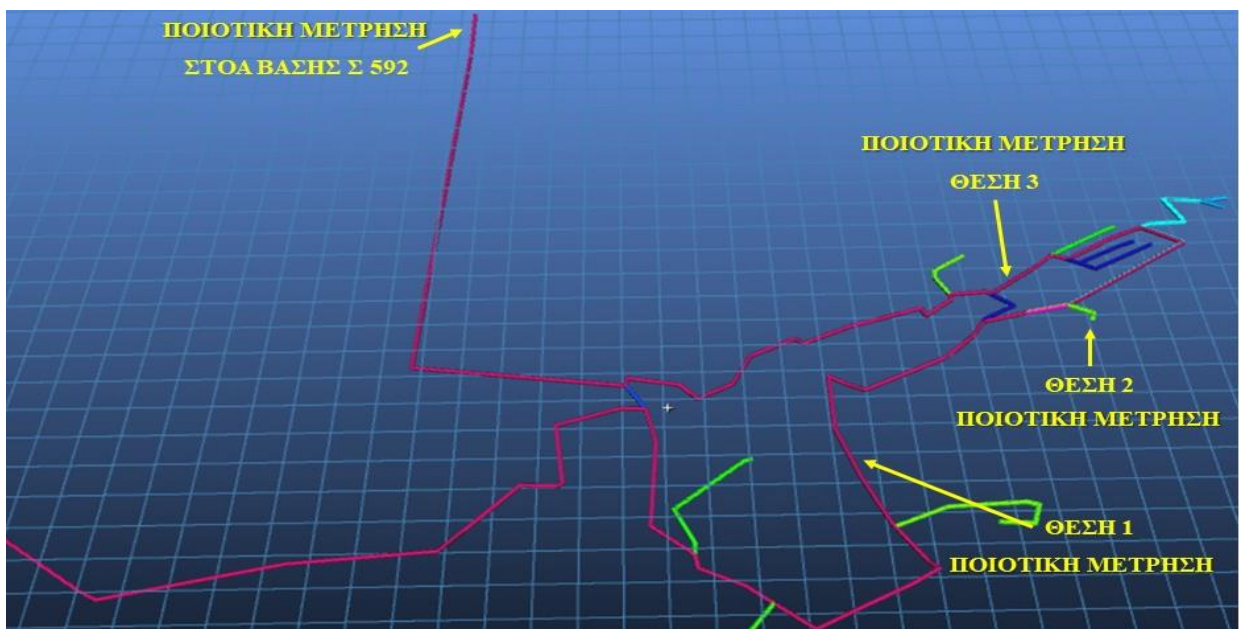
Σημειώνεται ακόμα, πως η ελάχιστη παροχή για κάθε θέση εργασίας (όπως έχει υπολογιστεί είναι $13,7 \text{ m}^3/\text{sec}$) παραμένει ίδια καθώς δεν έχει αλλάξει ο αριθμός ούτε των εργαζομένων ούτε του μηχανολογικού εξοπλισμού. Όπως φαίνεται και στην **εικόνα 6.17** η παροχή του

αέρα στη θέση 1 είναι $14,1 \text{ m}^3/\text{s}$ και στην θέση 2 είναι $14 \text{ m}^3/\text{s}$ και η ταχύτητα του αέρα και στις δύο θέσεις είναι $0,6 \text{ m/s}$.



Εικόνα 6.17 : Τιμές της παροχής και της ταχύτητας του αέρα σε τυφλά μέτωπα εργασίας

Επίσης έγινε και ένας έλεγχος της ποιότητας της ατμόσφαιρας του νέου κυκλώματος. Οι μετρήσεις πάρθηκαν στην έξοδο της στοάς βάσης Σ592 και σε τυχαίες θέσεις στο δίκτυο. Οι θέσεις των μετρήσεων φαίνονται στην **εικόνα 6.18**, ενώ τα δεδομένα που λήφθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.7.

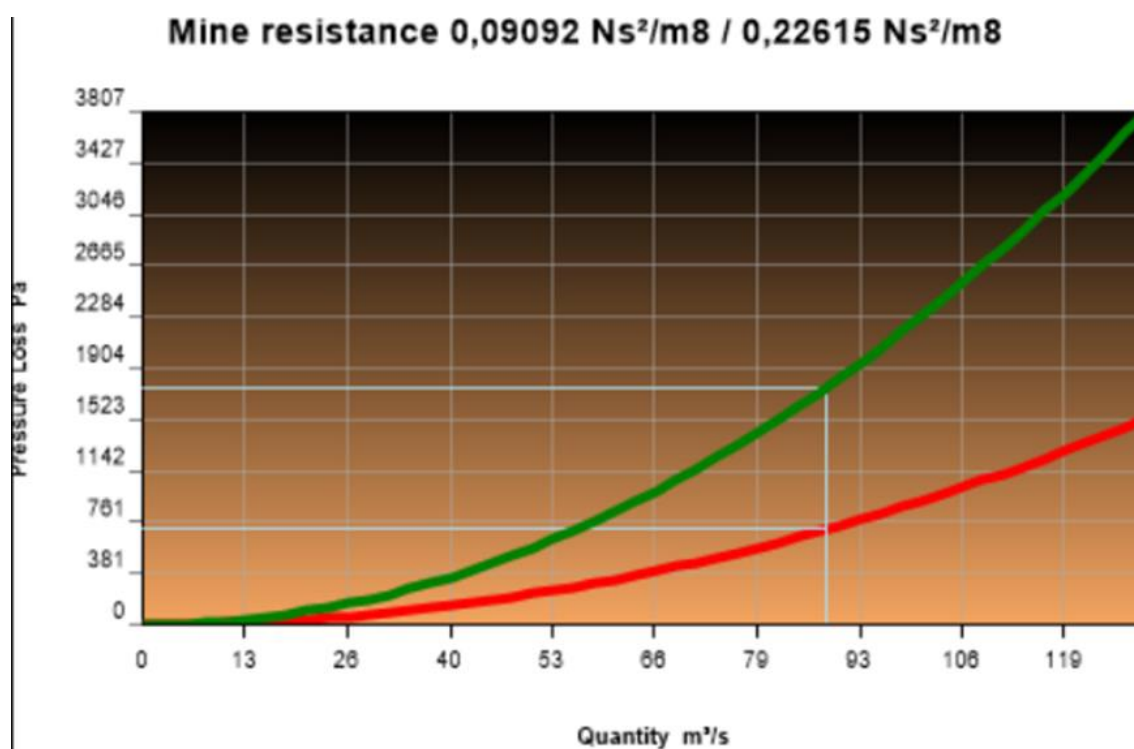


Εικόνα 6.18 : Θέσεις ποιοτικών μετρήσεων νέου κυκλώματος αερισμού

Πίνακας 6.7 : Ποιοτικές μετρήσεις αέρα νέου κυκλώματος.

ΑΕΡΙΑ	ΘΕΣΗ 1	ΘΕΣΗ 2	ΘΕΣΗ 3	ΣΤΟΑ ΒΑΣΗΣ Σ592
O2	21 %	20,8 %	21 %	21%
CO2	380 ppm	890 ppm	460 ppm	460 ppm
CO	-	1 ppm	-	-
NO	0,1 ppm	0,8 ppm	0,2 ppm	0,2 ppm
NO2	-	0,3 ppm	0,1 ppm	0,1 ppm

Όσον αφορά την αντίσταση του δικτύου, με βάση την νέα χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου (εικόνα 6.19) η αντίσταση του κεντρικού κυκλώματος αερισμού ισούται με $R_1 = 0,09092 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$ (κόκκινη καμπύλη) και η αντίσταση για ολόκληρο το κύκλωμα είναι $R_2 = 0,22615 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$ (πράσινη καμπύλη).



Εικόνα 6.19 : Νέα χαρακτηριστική καμπύλη μεταλλείου

Επομένως, το νέο κύκλωμα αερισμού που δημιουργήθηκε έχει συνολικό μήκος στοών 8.210,3 m. Το μέγεθος αυτό αντιπροσωπεύει το συνολικό μήκος των στοών του μοντελοποιημένου κυκλώματος αερισμού συν το νέο μήκος στοών που εισήχθη κατά το βραχυπρόθεσμο σχεδιασμό. Το μήκος των εύκαμπτων αγωγών βοηθητικού αερισμού είναι 2.169,7 m. Εφόσον υπάρχει αλλαγή στην διάταξη των βοηθητικών ανεμιστήρων είναι

λογικό να υπάρχει μείωση του μήκους των αγωγών του βοηθητικού αερισμού σε σχέση με το προηγούμενο κύκλωμα. Υπενθυμίζεται πως το πρόγραμμα συναθροίζει τα μήκη των στοών και των αγωγών του βοηθητικού αερισμού, γι' αυτό τον λόγο στην παρακάτω εικόνα φαίνεται πως το συνολικό μήκος του κυκλώματος είναι 10.380 m.

Ακόμα η παροχή του αέρα ισούται με $88,6 \text{ m}^3/\text{s}$ και η αντίσταση του μεταλλείου του κεντρικού κυκλώματος είναι $R_1 = 0,09092 \text{ N s}^2/\text{m}^8$. Τέλος, για την λειτουργία του δικτύου χρησιμοποιούνται 10 ανεμιστήρες με συνολική ισχύ $203,7 \text{ Kw}$. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στην **εικόνα 6.20**.

NETWORK SYSTEM SUMMARY	
Compressible Airflows	Yes
Natural Ventilation Pressure	Yes
Fan Pressure Simulation Type	Total Pressure Method
Stage	1: Stage 2
All Airways	286
Current Stage Airways	233
Total length	10.380,0 m
Total airflow intake	$88,6 \text{ m}^3/\text{s}$
Total airflow exhaust	$87,9 \text{ m}^3/\text{s}$
Total massflow	$97,00 \text{ kg/s}$
Mine resistance (excluding duct)	$0,09092 \text{ N s}^2/\text{m}^8$
Mine resistance (including duct)	$0,22615 \text{ N s}^2/\text{m}^8$
Consisting of ..	
10 Fans	203,7 kW
0 fixed pressures	0,0 kW
0 fixed flows	0,0 kW
0 Refrigeration	0,0 kW

Εικόνα 6.20 : Τιμές βασικών χαρακτηριστικών νέου δικτύου αέρα

6.3.2 ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

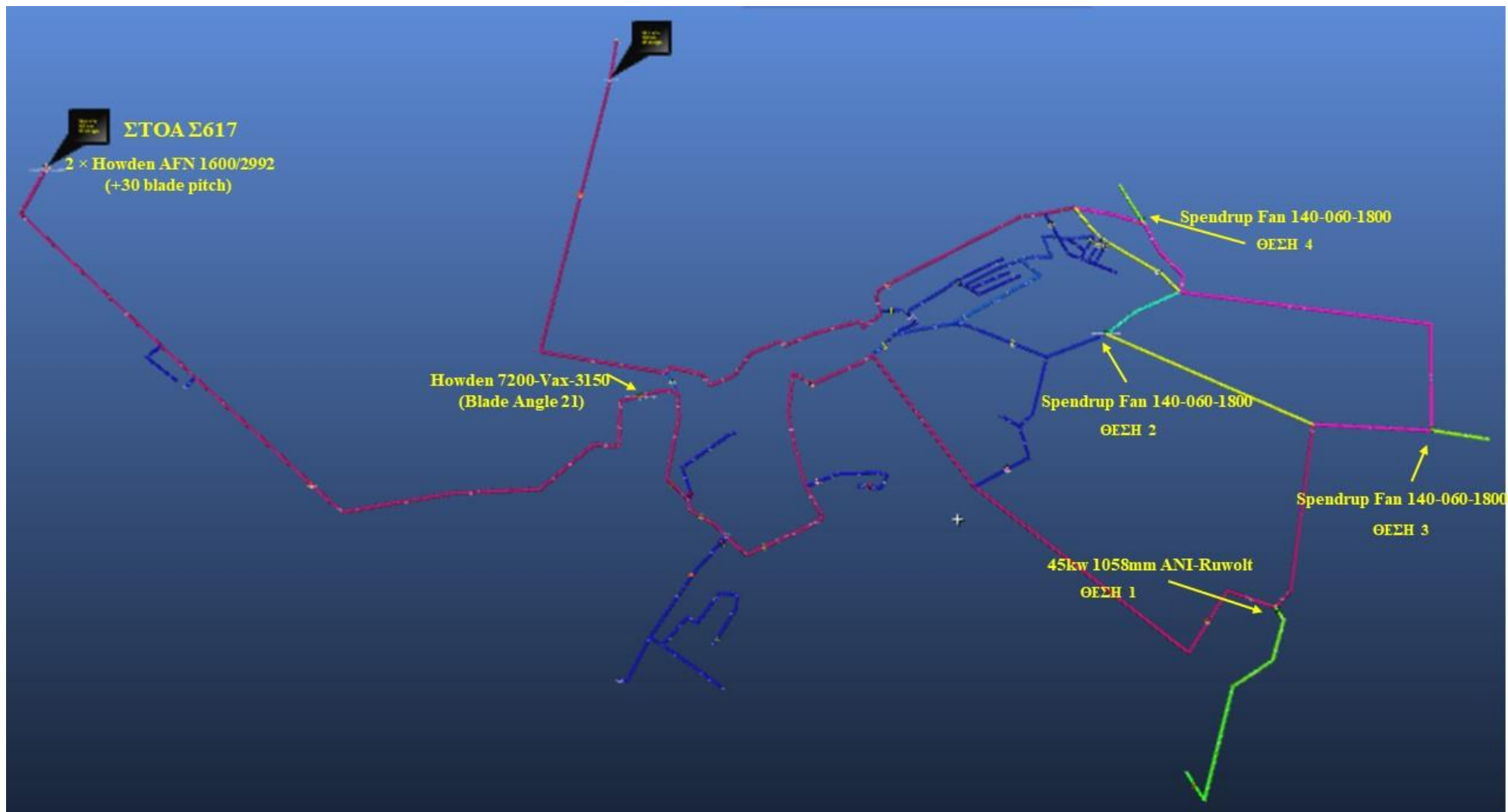
Στο δεύτερο και τελικό μέρος του σχεδιασμού αναπτύχθηκαν όλες οι μελλοντικές στοές του κυκλώματος αερισμού, οι οποίες έχουν συνολικό μήκος 5.988,4 m. Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός επιχειρεί τον σωστό αερισμό των φακών Βάργιανη Κ, J, N, Μ και ενός μέρους του φακού Βάργιανη G (Εικόνα 5.2). Η μορφή του τελικού δικτύου όπως παρουσιάζεται στην **εικόνα 6.21** δημιουργήθηκε με την βοήθεια του τοπογραφικού χάρτη του μεταλλείου. Στην ίδια εικόνα φαίνονται και οι καινούργιες θέσεις των βοηθητικών ανεμιστήρων.

Οι στοές με σκούρο μπλε χρώμα πάνω στο κύκλωμα αερισμού αντιστοιχούν σε περιοχές των φακών ΒΑΡΓΙΑΝΗ I, L, Lμ και σε ένα μέρος των φακών ΒΑΡΓΙΑΝΗ G και J όπου τοποθετήθηκαν θύρες αέρα με σκοπό να μην περνάνε κυβικά της παροχής μέσα σε αυτές τις στοές, διότι εκτιμήθηκε πως τα κοιτάσματα θα έχουν εξοφληθεί μέχρι να ολοκληρωθεί το νέο κύκλωμα αερισμού.

Επιπλέον στον Πίνακα 6.8 παρουσιάζονται οι νέες θέσεις των ανεμιστήρων πάνω στο κύκλωμα και σε ποιους φακούς κοιτασμάτων διοχετεύουν τον αέρα.

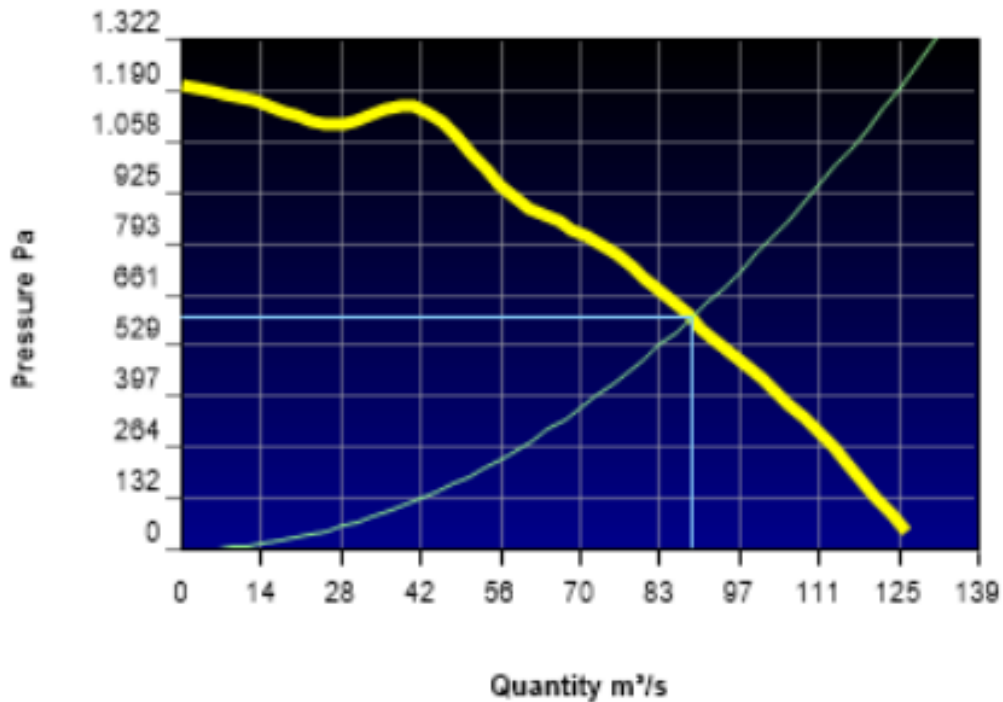
Πίνακας 6.8 : Νέες θέσεις βοηθητικών ανεμιστήρων και οι αντίστοιχοι φακοί κοιτασμάτων όπου διοχετεύεται ο αέρας.

ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ	ΦΑΚΟΙ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ
ΘΕΣΗ 1	45kw 1058mm ANI-Ruwolt	ΦΑΚΟΙ ΒΑΡΓΙΑΝΗ Μ
ΘΕΣΗ 2	Spendrup Fan 140-060-1800	ΦΑΚΟΣ ΒΑΡΓΙΑΝΗ Κ
ΘΕΣΗ 3	Spendrup Fan 140-060-1800	ΦΑΚΟΙ ΒΑΡΓΙΑΝΗ Ν
ΘΕΣΗ 4	Spendrup Fan 140-060-1800	ΦΑΚΟΣ ΒΑΡΓΙΑΝΗ G



Εικόνα 6.21 : Μελλοντικό κύκλωμα αερισμού και νέες θέσεις τοποθέτησης βοηθητικών ανεμιστήρων

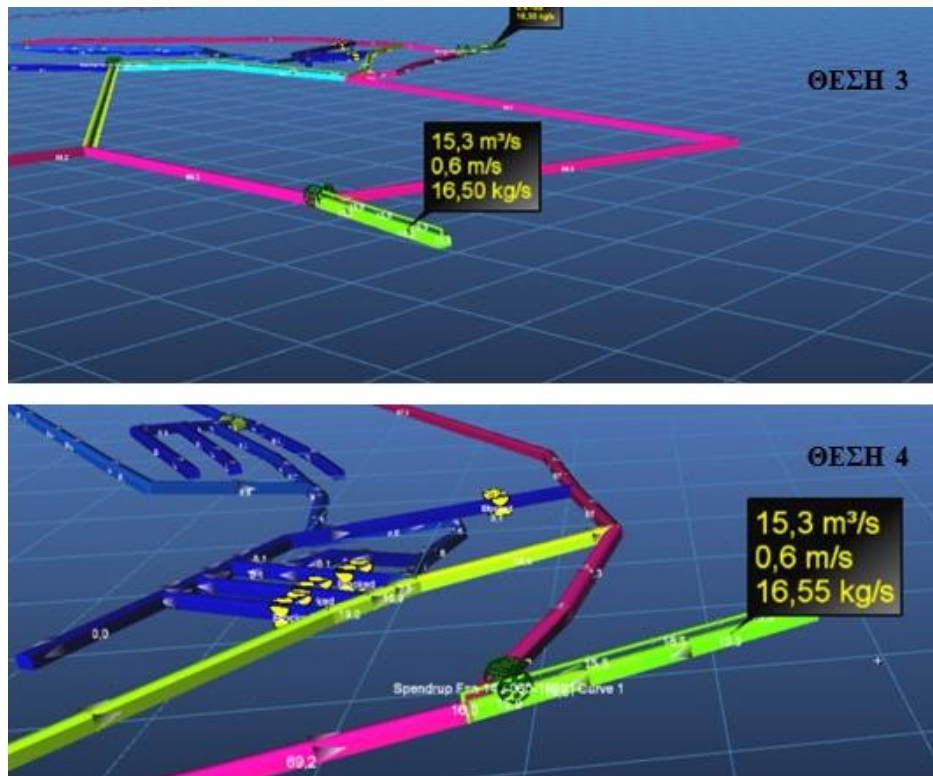
Στην **εικόνα 6.22** φαίνεται το νέο διάγραμμα του συνδυασμένου αποτελέσματος των κεντρικών ανεμιστήρων (στοά Σ617) σε σχέση με την χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου. Οι κεντρικοί ανεμιστήρες έχουν τεθεί να δουλεύουν στο 96% της απόδοσης τους, το RPM = 578,2 (στροφές ανά λεπτό) και τροφοδοτούν το σύστημα με παροχή αέρα $Q = 88,6 \text{ m}^3/\text{s}$.



Εικόνα 6.22: Διάγραμμα νέας καμπύλης συνδυασμένου αποτελέσματος 2 κεντρικών ανεμιστήρων των 45 Kw (σε παράλληλη σύνδεση) σε σχέση με την νέα χαρακτηριστική καμπύλη του μελλοντικού μεταλλείου

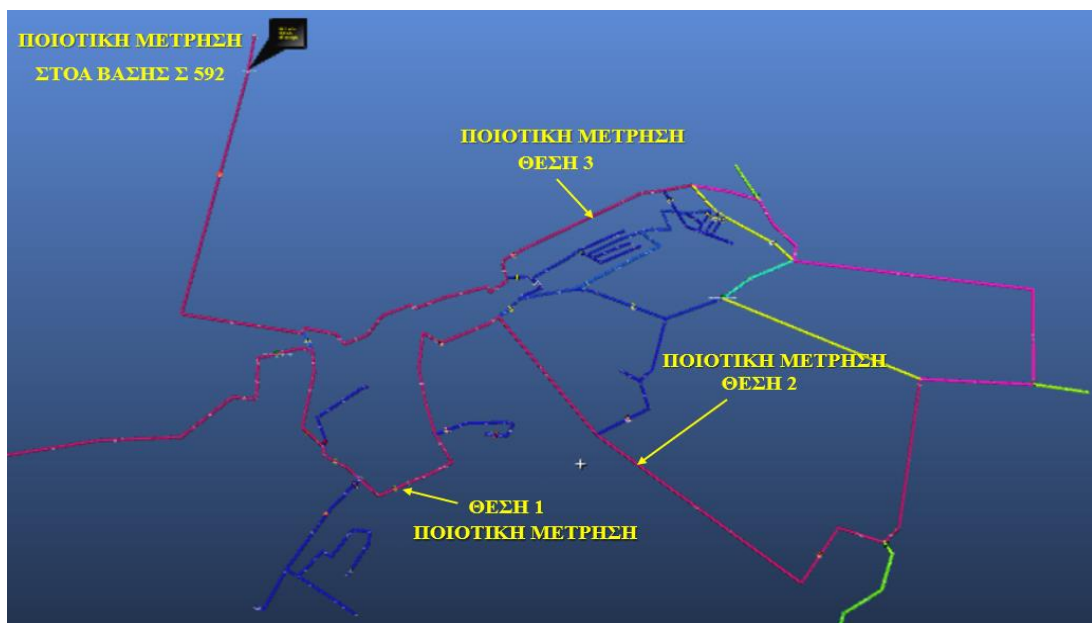
Μετά την μορφοποίηση της διάταξης των ανεμιστήρων έγιναν μετρήσεις της παροχής αέρα σε δύο μέτωπα εργασίας. Τα μέτωπα αυτά βρίσκονται στις αντίστοιχες θέσεις 3 και 4 της εικόνας 6.21. Σκοπός αυτών των μετρήσεων είναι να εξασφαλιστεί ότι οι τιμές της παροχής και της ταχύτητας του αέρα βρίσκονται μέσα στα επιτρεπτά όρια που θεσπίζονται από τον Κ.Μ.Λ.Ε (ΥΑ 2223 ΦΕΚ 1227 14/06/11). Σημειώνεται, πως η ελάχιστη παροχή για κάθε θέση εργασίας (όπως έχει υπολογιστεί είναι $13,7 \text{ m}^3/\text{sec}$) παραμένει ίδια καθώς δεν έχει αλλάξει ο αριθμός ούτε των εργαζομένων ούτε του μηχανολογικού εξοπλισμού.

Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (**εικόνα 6.23**) η ταχύτητα του αέρα και στις δύο θέσεις είναι $0,6 \text{ m/s}$ και αντίστοιχα και η παροχή ισούται με $15,3 \text{ m}^3/\text{s}$.



Εικόνα 6.23 : Παροχή και ταχύτητα αέρα σε τυφλά μέτωπα εργασίας

Έπειτα έγιναν 3 ενδεικτικές μετρήσεις της ποιότητας της ατμόσφαιρας του συστήματος των οποίων οι θέσεις φαίνονται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 6.25) και οι τιμές των αερίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.9.

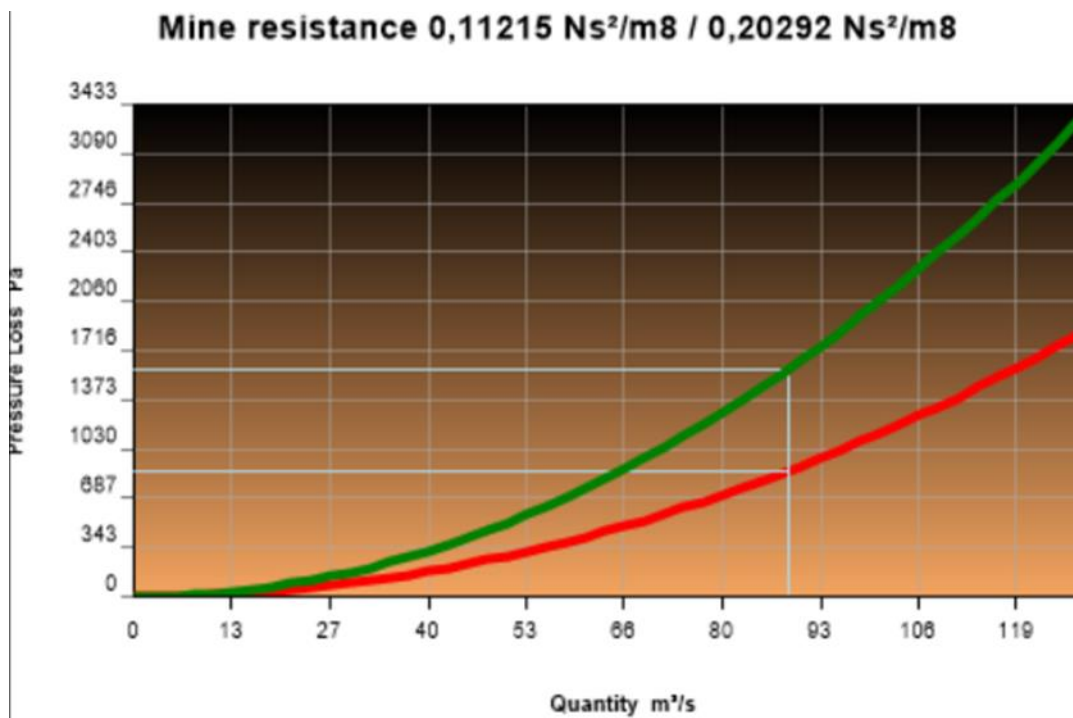


Εικόνα 6.24 : Θέσεις ποιοτικών μετρήσεων μελλοντικού κυκλώματος αερισμού

Πίνακας 6.9 : Ποιοτικές μετρήσεις αέρα μελλοντικού κυκλώματος

ΑΕΡΙΑ	ΘΕΣΗ 1	ΘΕΣΗ 2	ΘΕΣΗ 3	ΣΤΟΑ ΒΑΣΗΣ Σ592
O2	21 %	21 %	21 %	21%
CO2	890 ppm	460 ppm	887 ppm	460 ppm
CO	1 ppm	1 ppm	1	-
NO	0,8 ppm	0,2 ppm	4,7 ppm	0,2 ppm
NO2	0,3 ppm	0,1 ppm	1 ppm	0,1 ppm

Η τελική αντίσταση του κυκλώματος όπως φαίνεται από την νέα χαρακτηριστική καμπύλη (εικόνα 6.25) ισούται με $R_1 = 0,11215 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$ (κοκκίνη καμπύλη) για το κεντρικό κυκλώμα αερισμού και $R_2 = 0,20292 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$ (πρασίνη καμπύλη) για ολόκληρο το δίκτυο του αέρα.



Εικόνα 6.25 : Χαρακτηριστική καμπύλη μελλοντικού μεταλλείου

Με τον σχεδιασμό του μελλοντικού κυκλώματος αερισμού το συνολικό μήκος των στοών που δημιουργήθηκε ισούται με 14.198,7 m και το μήκος των εύκαμπτων αγωγών βοηθητικού αερισμού είναι ίσο με 2.351,9 m. Υπενθυμίζεται πως το πρόγραμμα συναθροίζει τα μήκη των στοών και των αγωγών του βοηθητικού αερισμού, γι' αυτό τον λόγο στην παρακάτω εικόνα φαίνεται πως το συνολικό μήκος του κυκλώματος είναι 16.550 m.

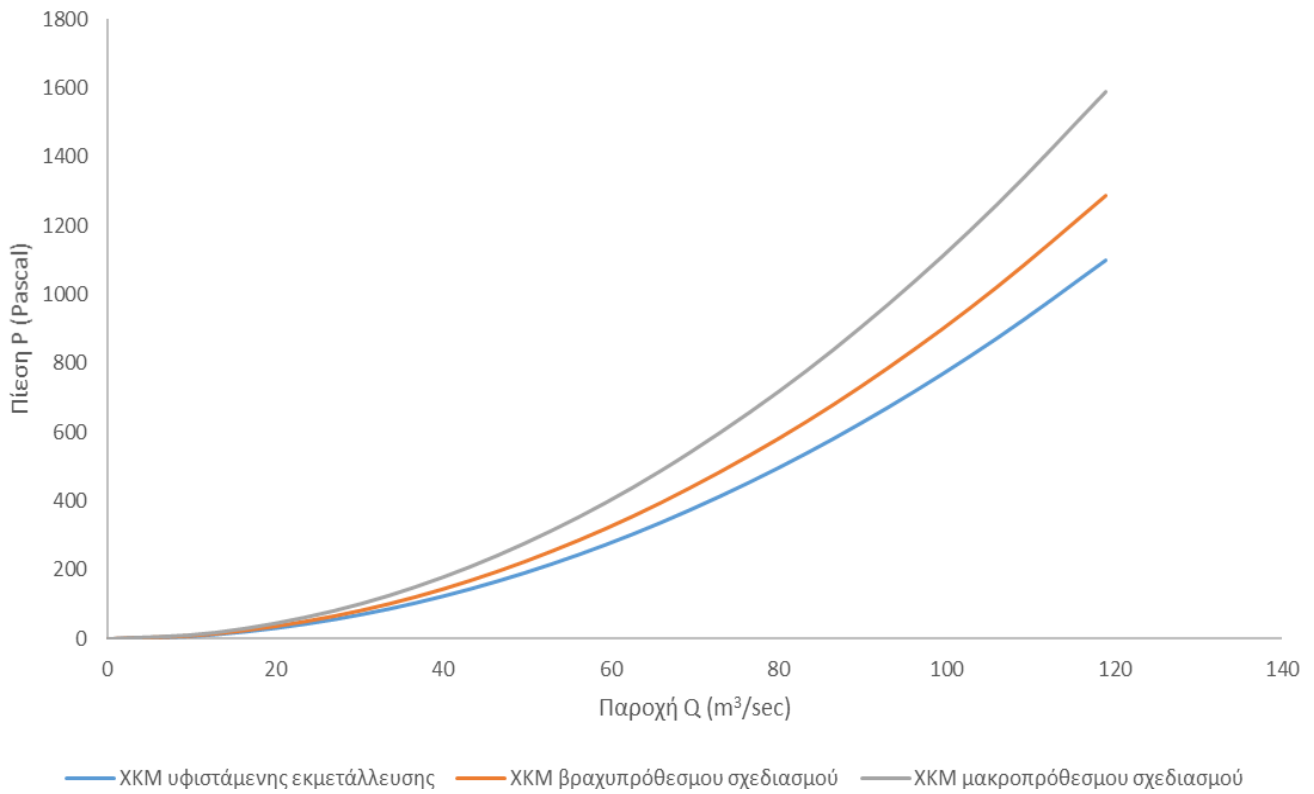
Ακόμα η παροχή του αέρα ισούται με $88,8 \text{ m}^3/\text{s}$ και η αντίσταση του μεταλλείου του κεντρικού κυκλώματος είναι $R_1 = 0,11215 \text{ N s}^2/\text{m}^8$. Τέλος, για την λειτουργία του δικτύου χρησιμοποιούνται 8 αντί για 10 ανεμιστήρες που λειτουργούσαν πριν, διότι ο σχεδιασμός του κυκλώματος είναι τέτοιος που οι 8 ανεμιστήρες καλύπτουν τις ανάγκες του δικτύου. Η συνολική ισχύς των ανεμιστήρων είναι $197,9 \text{ Kw}$. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στην **εικόνα 6.26**.

NETWORK SYSTEM SUMMARY	
Compressible Airflows	Yes
Natural Ventilation Pressure	Yes
Fan Pressure Simulation Type	Total Pressure Method
Stage	1: Stage 2
All Airways	342
Current Stage Airways	289
Total length	16.550,6 m
Total airflow intake	$88,8 \text{ m}^3/\text{s}$
Total airflow exhaust	$88,1 \text{ m}^3/\text{s}$
Total massflow	$97,24 \text{ kg/s}$
Mine resistance (excluding duct)	$0,11215 \text{ N s}^2/\text{m}^8$
Mine resistance (Including duct)	$0,20292 \text{ N s}^2/\text{m}^8$
Consisting of ..	
8 Fans	197,9 kW
0 fixed pressures	0,0 kW
0 fixed flows	0,0 kW
0 Refrigeration	0,0 kW

Εικόνα 6.26 : Τιμές βασικών χαρακτηριστικών μελλοντικού κυκλώματος αερισμού

Τέλος, στην **εικόνα 6.27** φαίνεται η μεταβολή της χαρακτηριστικής καμπύλης του μεταλλείου (ΧΚΜ) κατά τα στάδια της μοντελοποίησης και του σχεδιασμού, από το υφιστάμενο δίκτυο έως και τις τελικές του επεκτάσεις.

Μεταβολή χαρακτηριστικής καμπύλης μεταλλείου



Εικόνα 6.27 : Μεταβολή χαρακτηριστικής καμπύλης μεταλλείου (ΧΚΜ) κατά τα στάδια της μοντελοποίησης και του σχεδιασμού του κυκλώματος αερισμού

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο αερισμός αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα για την εύρυθμη λειτουργία ενός μεταλλείου και την ασφάλεια του προσωπικού. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που στο παρελθόν έχουν σημειωθεί εργατικά ατυχήματα λόγω ανεπαρκούς ή ελαττωματικού συστήματος αερισμού.

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η ο σχεδιασμός, η μοντελοποίηση και η βελτιστοποίηση του υφιστάμενου δικτύου αέρα της υπόγειας βωξιτικής εκμετάλλευσης με τη χρήση ειδικού λογισμικού, αλλά και η επίτευξη ενός ορθολογικού σχεδιασμού του μελλοντικού συστήματος αερισμού του μεταλλείου της Βάργιανης του οποίου η εκμετάλλευση πραγματοποιείται από την εταιρεία Δελφοί – Δίστομο Α.Μ.Ε.

Τα λογισμικά σχεδίασης και ανάλυσης που χρησιμοποιούνται πλέον για τη μοντελοποίηση διαφόρων σημαντικών παραμέτρων ενός συστήματος αερισμού προσφέρουν ευκολία και μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με παλαιότερα όπου οι απαραίτητοι υπολογισμοί γίνονταν με το χέρι μέσω των βασικών τύπων. Η διευκόλυνση του σχεδιασμού πολύπλοκων συστημάτων, η μείωση του χρόνου που απαιτείται για την λήψη αποτελεσμάτων, η ακρίβεια των υπολογισμών αλλά και οι πληροφορίες που παρέχονται τόσο για την υπάρχουσα, όσο και για την μελλοντική κατάσταση του δικτύου αέρα μέσα στο μεταλλείο είναι μερικά από τα οφέλη που παρέχουν τα σύγχρονα λογισμικά προγράμματα.

Στο πλαίσιο της εργασίας έγινε η ψηφιοποίηση του δικτύου στοών, η τρισδιάστατη τοποθέτησή του στο χώρο και κυριότερα μοντελοποιήθηκε με μεγάλη επιτυχία η υφιστάμενη κατάσταση που περιγράφει το συνολικό κύκλωμα αερισμού του υπόγειου μεταλλείου της Βάργιανης. Προφανώς βέβαια βασίζεται σε συγκεκριμένες παραδοχές αλλά και σε συγκεκριμένη φάση ανάπτυξης της εκμετάλλευσης, η οποία αναπτύσσεται δυναμικά. Όμως μέσα από το μοντέλο, που επικυρώθηκε με βάση δεδομένα πραγματικών μετρήσεων, πλέον υπάρχει η δυνατότητα για την λήψη εκτιμήσεων για τα ποσοτικά δεδομένα αερισμού αλλά και της ποιότητας αέρα, οι οποίες μπορεί να βοηθήσουν αποφασιστικά τους μηχανικούς.

Η εργασία επίσης προχώρησε στο σχεδιασμό του μελλοντικού κυκλώματος αερισμού του μεταλλείου που γίνεται για την εκμετάλλευση γειτονικών φακών βωξίτη (φακοί Βάργιανη

G, K, J, N, M). Έτσι σχεδιάστηκε και αξιολογήθηκε η επέκταση του δικτύου σε βραχυπρόθεσμο αλλά και σε μεσο-μακροπρόθεσμο σχεδιασμό.

Όσον αναφορά στο βραχυπρόθεσμο σχεδιασμό, αρχικά σχεδιάστηκε η καινούργια διάταξη του κυκλώματος στοών που θα υποστηρίζει τις εργασίες που σχετίζονται κυρίως με την εκμετάλλευση του φακού Βάργιανη G καθώς και κάποια πρόδρομα έργα επέκτασης. Σχεδιάστηκαν οι νέες διατάξεις αερισμού του καινούριου κυκλώματος, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ως προς την παροχή και επιβεβαιώθηκε η επάρκεια του συστήματος ως προς την κάλυψη των απαιτήσεων όπως περιγράφονται από τον ΚΜΛΕ.

Στα πλαίσια του μακροπρόθεσμου σχεδιασμού πραγματοποιήθηκε η επέκταση των μελλοντικών στοών αερισμού που ουσιαστικά αποσκοπεί στην προσέγγιση των φακών Βάργιανη K, J, N, M και προτάθηκαν νέες θέσεις ανάπτυξης ανεμιστήρων για την εύρυθμη λειτουργία του αερισμού.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το κύκλωμα που κατασκευάστηκε βρίσκει πρακτική εφαρμογή για την ανάλυση των στοιχείων αερισμού του έργου. Επίσης, μπορεί να αποτελέσει το βάση πάνω στην οποία θα υπάρχουν επικαιροποιήσεις με βάση την εξέλιξη της εκμετάλλευσης και να παρέχει τη δυνατότητα τόσο της διερεύνησης εναλλακτικών λύσεων όσο και της βελτιστοποίησης του συστήματος, επιτυγχάνοντας τόσο τον καλό αερισμό των εργαζομένων και του μεταλλείου αλλά και τη μείωση των λειτουργικών δαπανών.

Παράρτημα 1

➤ ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

- 137 -

ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ ΑΜΕ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΣΔΥΑΕ Ε 13

ANEMOMETRO TESTO 440

ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Α. ΚΩΔΙΚΟΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ : Κ.ΚΥΚΛΩΜΑ 2Χ45ΚW ΣΕ Σ617 ΚΑΙ 2Χ45ΚW ΣΕ Σ 560

ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ : ΒΑΡΙΑΝΗ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 13/09/2018

ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΣΤΙΓΜΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ : ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ : 8
ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ : 2 TORO(710hp) , DY(355hp) , ΑΠ(80hp)
ΦΟΡΤΩΤΗΣ ΕΠ.(150hp) , 2 ΔΧ(900hp)

1.ΣΤΟΑ : Σ.Φ ΘΕΣΗ : ΣΤΑΣΗ Ρ 27

ΔΙΑΤΟΜΗ: 26 m² ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΕΡΟΣ: 1,4 m/s

ΠΟΣΟΤΗΤΑ: 36,4 m³/s ΩΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ : 11,00 π.μ.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ : 16 °C ΥΓΡΑΣΙΑ: 84 %

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΦΟΡΑ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ ΑΕΡΟΣ Κ.ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Α. ΚΩΔΙΚΟΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ : Κ.ΚΥΚΛΩΜΑ 2Χ45ΚW ΣΕ Σ617 ΚΑΙ 2Χ45ΚW ΣΕ Σ 560

ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ : ΒΑΡΙΑΝΗ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 13/09/2018

ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΣΤΙΓΜΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ : ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ : 8
ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ : 2 TORO(710hp) , DY(355hp) , ΑΠ(80hp)
ΦΟΡΤΩΤΗΣ ΕΠ.(150hp) , 2 ΔΧ(900hp)

2.ΣΤΟΑ : Σ 592 ΘΕΣΗ : 10 ΜΕΤΡΑ ΜΕΤΑ ΤΟ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ

ΔΙΑΤΟΜΗ: 30 m² ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΕΡΟΣ: 3,2 m/s

ΠΟΣΟΤΗΤΑ: 96 m³/s ΩΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ : 11,40 π.μ.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ : 17 °C ΥΓΡΑΣΙΑ: 79 %

ΚΜΛΕ(2011) : Αρθρο 75 παρ. 3 : 5,66 m³/για κάθε πρώτο λεπτό/εργαζόμενο & 2,3 m³/για κάθε πρώτο λεπτό /λιππο μηχανών

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΦΟΡΑ ΕΞΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ ΑΕΡΟΣ

Κ.ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ ΣΕ: 1.ΒΙΒΛΙΟ ΑΕΡΙΣΜΟΥ
ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ 2.ΒΙΒΛΙΟ ΕΝΤΟΛΩΝ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ
3.ΑΡΧΕΙΟ Υ/ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΚΔΟΣΗ 3 - 3/2018

- 136 -

ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ ΑΜΕ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΣΔΥΑΕ Ε 13

ANEMOMETRO TESTO 440

ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Α. ΚΩΔΙΚΟΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ : ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ 2Χ45 ΚW ΣΕ Σ617 ΚΑΙ 2Χ45ΚW ΣΕ Σ560

ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ : ΒΑΡΙΑΝΗ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 13/09/2018

ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΣΤΙΓΜΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ : ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ : 8
ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ : 2 TORO(710hp) , DY(355hp) , ΑΠ(80hp)
ΦΟΡΤΩΤΗΣ ΕΠ.(150hp) , 2ΔΧ(900hp)

1.ΣΤΟΑ : Σ.Φ - 3 ΘΕΣΗ : 10 ΜΕΤΡΑ ΠΡΙΝ ΤΟ Σ.Φ

ΔΙΑΤΟΜΗ: 30,4 m² ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΕΡΟΣ: 3,2 m/s

ΠΟΣΟΤΗΤΑ: 97,3 m³/s ΩΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ : 10,20 π.μ.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ : 15 °C ΥΓΡΑΣΙΑ: 79 %

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΦΟΡΑ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ ΑΕΡΟΣ ΑΠΟ Κ.ΚΥΚΛΩΜΑ ΦΥΣΗΤΙΚΟ.

Β. ΚΩΔΙΚΟΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ : ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ 2Χ45 ΚW ΣΕ Σ617 ΚΑΙ 2Χ45ΚW ΣΕ Σ560

ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ : ΒΑΡΙΑΝΗ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 13/09/2018

ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΣΤΙΓΜΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ : ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ : 8
ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ : 2 TORO(710hp) , DY(355hp) , ΑΠ(80hp)
ΦΟΡΤΩΤΗΣ ΕΠ.(150hp) , 2ΔΧ(900hp)

2.ΣΤΟΑ : Σ 592 - 2 ΘΕΣΗ : ΣΤΑΣΗ G 3

ΔΙΑΤΟΜΗ: 24 m² ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΕΡΟΣ: 3,18 m/s

ΠΟΣΟΤΗΤΑ: 76,3 m³/s ΩΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ : 10,40 π.μ.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ : 15,5 °C ΥΓΡΑΣΙΑ: 75 %

ΚΜΛΕ(2011) : Αρθρο 75 παρ. 3 : 5,66 m³/για κάθε πρώτο λεπτό/εργαζόμενο & 2,3 m³/για κάθε πρώτο λεπτό /λιππο μηχανών

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΦΟΡΑ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ ΑΕΡΟΣ

ΑΠΟ Κ.ΚΥΚΛΩΜΑ ΦΥΣΗΤΙΚΟ.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ ΣΕ: 1.ΒΙΒΛΙΟ ΑΕΡΙΣΜΟΥ
ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ 2.ΒΙΒΛΙΟ ΕΝΤΟΛΩΝ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ
3.ΑΡΧΕΙΟ Υ/ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΚΔΟΣΗ 3 - 3/2018

➤ ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΕΡΑ

ΔΕΛΦΟΙ-ΔΙΤΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΣΑΥΑΕ Ε 14

1

**ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΕΡΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ : ΒΑΡΙΑΝΗ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 18/02/2019
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ : Ε - 68 (ΜΕ, ΑΝΑΜΕΝΟΝΤΑ) *ΝΕΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ*
ΧΕΙΡΙΣΤΕΣ : ΑΔΡΥΓΚΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΒΟΗΘΟΣ ΧΕΙΡΙΣΤΗ :

ΘΕΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ : Σ 572

Ενδείξεις	Οργάνου	Μέση Τιμή (κατά Κ.Μ.Α.Ε.)
CO	1,0 ppm	50 ppm
CO2	887,0 ppm	5000 ppm
H2S	0 ppm	10 ppm
NO2	0,3 ppm	5 ppm
NO	0,8 ppm	25 ppm
SO2	0,0 ppm	0,5 ppm
O2	20,8%	19,5% (ΑΡΘΡΟ 75 παρ.5, ΚΜΑΕ)

ΑΡΘΡΟ 22 ΠΙΝΑΚΑΣ 3 & ΠΑ 90/1999

ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ ΣΕ :
1.ΒΙΒΛΙΟ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ
2.ΒΙΒΛΙΟ ΕΝΤΟΛΩΝ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ
3.ΑΡΧΕΙΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ

ΑΕΡΙΣΜΟΣ : ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ Κ.ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ, ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕΚΑΡΩΜΑΤΟΣ

ΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΜΕ ΤΑ ΨΗΦΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ
MSA ALTAIR 5X , DRAGEER X - atm 5000 , GAZTOX SO2
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ : 12 °C
ΥΓΡΑΣΙΑ : 84 %
ΩΡΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ : 10.30 π.μ.

ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΚΔΟΣΗ 2 11/2011

ΔΕΛΦΟΙ-ΔΙΤΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΣΑΥΑΕ Ε 14

2

**ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΕΡΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ : ΒΑΡΙΑΝΗ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 03/05/2018
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ : ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ Β' ΒΑΡΔΙΑΣ
ΧΕΙΡΙΣΤΕΣ :
ΒΟΗΘΟΣ ΧΕΙΡΙΣΤΗ :

ΘΕΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ : ΣΗΜΕΙΟ ΦΟΡΤΩΣΗΣ , ΦΑΚΟΣ Ι (Σ 570)

Ενδείξεις	Οργάνου	Μέση Τιμή (κατά Κ.Μ.Α.Ε.)
CO	1,0 ppm	50 ppm
CO2	0,2 ppm	5000 ppm
H2S	0 ppm	10 ppm
NO2	0,2 ppm	5 ppm
NO	1,7 ppm	25 ppm
SO2	0,0 ppm	0,5 ppm
O2	20,8%	19,5% (ΑΡΘΡΟ 75 παρ.5, ΚΜΑΕ)

ΑΡΘΡΟ 22 ΠΙΝΑΚΑΣ 3 & ΠΑ 90/1999

ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ ΣΕ :
1.ΒΙΒΛΙΟ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ
2.ΒΙΒΛΙΟ ΕΝΤΟΛΩΝ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ
3.ΑΡΧΕΙΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ
ΠΥΡΑΟΤΗΤΗ ΑΠΟ IMERYS 13.45 μ.μ. 2 ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ , ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ Κ.ΚΥΚΛΩΜΑ

ΑΕΡΙΣΜΟΥ
ΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΜΕ ΤΑ ΨΗΦΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ
MSA ALTAIR 5X , DRAGEER X - atm 5000 , GAZTOX SO2
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ : 21 °C
ΥΓΡΑΣΙΑ : 58 %
ΩΡΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ : 15.45 μ.μ.

ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΚΔΟΣΗ 2 11/2011

ΔΕΛΦΟΙ-ΔΙΤΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΣΑΥΑΕ Ε 14

3

**ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΕΡΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ : ΒΑΡΙΑΝΗ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 18/02/2019
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ : F - 58 (ΜΕ 133850) ΝΕΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ
ΧΕΙΡΙΣΤΕΣ : ΜΠΑΛΑΤΑΤΖΗ ΕΓΚΙΝ
ΒΟΗΘΟΣ ΧΕΙΡΙΣΤΗ :

ΘΕΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ : Σ 573 - 4

Ενδείξεις	Οργάνου	Μέση Τιμή (κατά Κ.Μ.Α.Ε.)
CO	1,0 ppm	50 ppm
CO2	2365,4 ppm	5000 ppm
H2S	0 ppm	10 ppm
NO2	1,0 ppm	5 ppm
NO	5,4 ppm	25 ppm
SO2	0,0 ppm	0,5 ppm
O2	20,8%	19,5% (ΑΡΘΡΟ 75 παρ.5, ΚΜΑΕ)

ΑΡΘΡΟ 22 ΠΙΝΑΚΑΣ 3 & ΠΑ 90/1999

ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ ΣΕ :
1.ΒΙΒΛΙΟ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ
2.ΒΙΒΛΙΟ ΕΝΤΟΛΩΝ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ
3.ΑΡΧΕΙΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ

ΑΕΡΙΣΜΟΣ : ΤΥΦΛΟ ΜΕΤΩΠΟ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΠΕΛΑΝΤΙ ΕΣΤΡΟΦΕΙΣ, ΙΤΑΙΣΜΟ

ΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΜΕ ΤΑ ΨΗΦΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ
MSA ALTAIR 5X , DRAGEER X - atm 5000 , GAZTOX SO2
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ : 16,8 °C
ΥΓΡΑΣΙΑ : 86 %
ΩΡΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ : 09.40 π.μ.

ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΚΔΟΣΗ 2 11/2011

ΔΕΛΦΟΙ-ΔΙΤΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΣΑΥΑΕ Ε 14

4

**ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΕΡΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ : ΒΑΡΙΑΝΗ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 04/04/2018
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ : J - 54 (ΜΕ 82419)
ΧΕΙΡΙΣΤΕΣ : ΖΑΓΓΑΝΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΒΟΗΘΟΣ ΧΕΙΡΙΣΤΗ : ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ ΗΛΙΑΣ

ΘΕΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ : Σ 540 - 3 - 5

Ενδείξεις	Οργάνου	Μέση Τιμή (κατά Κ.Μ.Α.Ε.)
CO	7,0 ppm	50 ppm
CO2	1675,0 ppm	5000 ppm
H2S	0 ppm	10 ppm
NO2	0,8 ppm	5 ppm
NO	4,7 ppm	25 ppm
O2	20,8%	19,5% (ΑΡΘΡΟ 75 παρ.5, ΚΜΑΕ)

ΑΡΘΡΟ 22 ΠΙΝΑΚΑΣ 3 & ΠΑ 90/1999

ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ ΣΕ :
1.ΒΙΒΛΙΟ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ
2.ΒΙΒΛΙΟ ΕΝΤΟΛΩΝ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ
3.ΑΡΧΕΙΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ

ΑΕΡΙΣΜΟΣ Β.ΚΥΚΛΩΜΑ ΦΥΣΗΤΙΚΟ ΝΑ 47ΚΩ, ΜΕ ΤΟ ΜΗΧΑΝΗΜΑ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ 4 ΟΡΕΣ , ΣΕ

ΠΑΡΑΚΕΙΜΕΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ
ΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΜΕ ΤΑ ΨΗΦΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ
MSA ALTAIR 5X
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ : 15,6 °C
ΥΓΡΑΣΙΑ : 87 %
ΩΡΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ : 10.55 π.μ.

ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΚΔΟΣΗ 2 11/2011

Παράρτημα 2

Howden 7200-VAX-3150
 Airtec Davidson Dingler TLT G.A.F. 3.0/14-1 (-05 Deg Blade Pitch)
 10kW 610mm Richardson
 Howden 6600-VAX-2700 : 2 Stage
 Main Exhaust Fan
 1525mm 47kW Richardson
 Airtec Davidson Dingler TLT G.A.F. 3.0/14-1 (-03 Deg Blade Pitch)
 11.2kW 1070mm Richardson
 11.2kW 610mm Richardson
 Airtec Davidson Dingler TLT G.A.F. 3.0/14-1 (0 Deg Blade Pitch)
 Airtec Davidson Dingler TLT G.A.F. 3.0/14-1 (+05 Deg Blade Pitch)
 1220mm 22kW FOX
 Small Auxiliary Fan
 1250mm 75kW Davidson
 Airtec Davidson Dingler TLT G.A.F. 3.0/14-1 (+07 Deg Blade Pitch)
 Airtec Davidson Dingler TLT G.A.F. 3.0/14-1 (+09 Deg Blade Pitch)
 Large Auxiliary Fan
 1525mm 30kW E&G
 1525mm 47kW Richardson
 Airtec Davidson Dingler TLT G.A.F. 3.0/14-1 (+11 Deg Blade Pitch)
 Axial Flow 45kW Durafan 4 Pole Fan (760mm)
 Axial Flow 04 kW Standard 2 Pole Fan (406mm)
 1525mm 75kW E&G
 Booster Fan
 Clemcorp CC1254 Mk3 1x55kW GV1 Inlet Stage
 ANI Centrifugal Size WB 220 Class 3 (600 RPM)
 Axial Flow 75 kW Standard 4 Pole Fan (1220mm)
 Howden AFN 1600/2992 (+25 Deg Blade Pitch)
 FOX Size 15 Hi Flow Centrifugal (300 RPM)
 FOX Size 15 Hi-Flow Centrifugal (480 RPM)
 Howden AFN 1600/2992 (+30 Deg Blade Pitch)
 FOX Size 15 Hi-Flow Centrifugal (600 RPM)
 Howden AFN 1600/2992 (+35 Deg Blade Pitch)
 FOX Size 15 Hi-Flow Centrifugal (640 RPM)
 Howden AFN 1600/2992 (+40 Deg Blade Pitch)
 H75 Surface Fan-
 Howden AFN 1600/2992 (+45 Deg Blade Pitch)
 I54 Surface Fan
 Howden AFN 1600/2992 (+46 Deg Blade Pitch)
 M37 Surface Fan
 Howden AFN 1600/2992 (+48 Deg Blade Pitch)
 M48 Surface Fan
 Howden AFN 1600/2992 (+50 Deg Blade Pitch)
 Howden AFN 1600/2992 (+55 Deg Blade Pitch)
 M61 Surface Fan
 Howden AFN 1600/2992 (+60 Deg Blade Pitch)
 P63 Surface Fan

18.5kW 1070mm
 Axial Flow 07.5 kW Durafan 4 Pole Fan (570mm)
 Axial Flow 07.5 kW Standard 2 Pole Fan (570mm)
 18.5kW 762mm DAV/ANI
 Spendrup Fan 140-060-1800
 Axial Flow 11 kW Durafan 4 Pole Fan (570mm)
 2 Fox High Flow Parallel @ 585 rpm
 Axial Flow 11 kW Standard 2 Pole Fan (570mm)
 U/G Large Fan (30kW)
 2 Fox High Flow Parallel @ 640 rpm
 Axial Flow 15 kW Durafan 4 Pole Fan (570mm)
 200kW Rich Centrifugal
 Stope Exhaust Fan
 Axial Flow 15 kW Standard 2 Pole Fan (570mm)
 30kW 1525mm C.BLOWER
 Haulage Fan
 Axial Flow 18.5 kW Standard 2 Pole Fan (570mm)
 45kW 1058mm ANI-Ruwolt
 Development Fan 2 x 55kW staged
 45kW 1525mm C.BLOWER
 Clemcorp CC1400 Mk4 3x110kW Co-Rotating
 Axial Flow 18.5 kW Standard 2 Pole Fan (760mm)
 Axial Flow 22 kW Durafan 4 Pole Fan (760mm)
 5.6kW 915mm Richardson
 Clemcorp CC1400 Mk4 2x90kW Co-Rotating
 Clemcorp CC1400 Mk4 2x110kW Co-Rotating
 610mm 10kW Richardson
 Axial Flow 22 kW Standard 2 Pole Fan (570mm)
 650kW ANI CENTRIFUGAL
 Clemcorp CC1400 Mk4 1x90kW Single Stage
 Axial Flow 22 kW Standard 2 Pole Fan (760mm)
 7.5kW 1070mm RICHARDSON
 Clemcorp CC1400 Mk4 1x110kW Single Stage
 Axial Flow 22 kW Standard 4 Pole Fan (760mm)
 Clemcorp CC1254 Mk3 2x75kW Contra-Rotating
 Axial Flow 30 kW Standard 2 Pole Fan (760mm)
 75kW 1250 mm DAVIDSON
 75kW 1854mm C.BLOWER
 Axial Flow 37 kW Standard 2 Pole Fan (760mm)
 Clemcorp CC1254 Mk3 2x55kW Contra-Rotating
 762m 19kW Richardson
 Clemcorp CC1254 Mk3 1x75kW GV2 Outlet Stage
 Axial Flow 45 kW Standard 2 Pole Fan (760mm)
 900mm 45kW Richardson
 Clemcorp CC1254 Mk3 1x75kW GV1 Inlet Stage
 Clemcorp CC1254 Mk3 1x55kW GV2 Outlet Stage
 910mm 2.2kW M'COOLER
 Axial Flow 75 kW Standard 2 Pole Fan (1016mm)

Howden AFN 1600/2992 (+60 Deg Blade Pitch)
 P63 Surface Fan
 R67 Surface Fan-
 Howden AFN 1600/2992 (+65 Deg Blade Pitch)
 SINCLAIR 132kW 1525MM2
 Howden AFN 1600/2992 (+70 Deg Blade Pitch)
 TWIN 37kW 1200mm KORF
 TWIN 55kW 1250mm KORF
 U47 Surface Fan
 U51 Surface Fan
 W44 Surface Fan

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Δελφοί – Δίστομον Α.Μ.Ε., 2018, «ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΒΑΡΓΙΑΝΗ G,K,J,M,N», Ιούνιος 2018
- [2] Δεληβέρης Α. 2012, «Σχεδιασμός υπόγειας εκμετάλλευσης βωξιτικού κοιτάσματος ασφακόλακκα», Διπλωματική εργασία, Σχολή Μηχ. Μεταλλείων - Μεταλλουργών Ε.Μ.Π., Αθήνα
- [4] Μαούνης Δ., «Ανάπτυξη υπολογιστικού εργαλείου για συστήματα βοηθητικού αερισμού σε περιβάλλον JAVA», Διπλωματική εργασία, Σχολή Μηχ. Μεταλλείων - Μεταλλουργών Ε.Μ.Π., Αθήνα
- [3] Μπενάρδος Α., Καλιαμπάκος Δ. 2010, «Υπόγεια Έργα», Σημειώσεις, Σχολή Μηχ. Μεταλλείων - Μεταλλουργών ΕΜΠ, Αθήνα
- [4] Μπενάρδος, Α., 2014. Μέθοδοι υπόγειας εκμετάλλευσης στα κοιτάσματα του Ελλαδικού χώρου, Σημειώσεις, Σχολή Μηχ. Μεταλλείων - Μεταλλουργών Ε.Μ.Π., Αθήνα
- [5]. Οικονομόπουλος Ι.Ν., 2002, «Εκμετάλλευση Μεταλλείων ΙΙ – Ο αερισμός των μεταλλείων», Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα
- [6] Παπαδόπουλος Θ. 2014, «Ανάλυση κυκλώματος αερισμού μεταλλείου Ολυμπιάδας», Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχ. Ορυκτών Πόρων, Χανιά
- [7] Howard L. Hartman, R.V.Ramani, Jan M. Mutmanky, Y.J. Wank, «Mine ventilation and air conditioning» (third edition), Wiley Interscience, ISBN: 0-471-11635-1
- [8] <https://www.e-nomothesia.gr/demosia-erga/proedriko-diatagma-225-1989.html>
- [9] <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=8jP1EcjPHIk%3D&tabid=296&language=el-GR>
- [10] http://iobe.gr/docs/research/RES_05_F_27032019_PRE.pdf
- [11] <https://www.sme.gr/>