ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Ανάλυση σχεδιασμού και κατασκευής υπόγειου χώρου αποθήκευσης κρασιού

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Κουλάκογλου

Επιβλέπων: Μπενάρδος Ανδρέας

Λέκτορας Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2013

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Ανάλυση σχεδιασμού και κατασκευής υπόγειου χώρου αποθήκευσης κρασιού

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Κουλάκογλου

Επιβλέπων: Μπενάρδος Ανδρέας
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Μπενάρδος Ανδρέας, Λέκτορας, ……

Καλιαμπάκος Δημήτριος, Καθηγητής, ……

Δαμίγος Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής, ……

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 7
ABSTRACT 8
1 ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ 9
1.1 Εισαγωγή 9
1.2 Τύποι υπογείων έργων – Χρήσεις 10
1.2.1 Τύποι υπογείων έργων 10
1.2.2 Χρήσεις υπογείων έργων 11
1.3 Λόγοι ώθησης υπογείων έργων 14
1.3.1 Λόγοι θέσης και χρήσης εδάφους 14
1.3.2 Λόγοι απομόνωσης 17
1.3.3 Λόγοι προστασίας του περιβάλλοντος 23
1.3.4 Λόγοι τοπογραφίας 25
1.3.5 Λόγοι κοινωνικών οφελών 26
1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα 28
1.4.1 Πλεονεκτήματα 28
1.4.2 Μειονεκτήματα 30
1.5 Τάσεις και προοπτικές 32
2 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΑΣΙ 34
2.1 Τι είναι το κρασί 34
2.2 Ωρίμανση και αποθήκευση (παλαίωση) κρασιού 34
2.4 Παραγωγές – Κατανάλωση – Εισαγωγές – Εξαγωγές 36
3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΚΕΛΑΡΙΩΝ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ 40
3.1 Ιστορική αναδρομή 40
3.2 Milestii Mici (Μολδαβία) 41
3.3 Cricova (Μολδαβία) 42
3.4 Jarvis (ΗΠΑ) 43
3.5 Del Dotto (Η.Π.Α.) 44
3.6 Rutherford Hill (Η.Π.Α.) 45
3.7 Palmaz (ΗΠΑ) 46
3.8 El Fabulista (Ισπανία) 47
3.9 Moet & Chandon (Γαλλία) 48
3.10 Παράδειγμα μικρών κελαριών στην Ελλάδα 48
3.11 Κατασκευή και βασικά χαρακτηριστικά ενός υπόγειου κελαριού κρασιού 51

3.12 Έρευνα αγοράς για την προθυμία μεταφοράς των εγκαταστάσεων ωρίμανσης και αποθήκευσης κρασιού σε υπόγειο χώρο 53
4 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΡΑΣΙΟΥ 55
4.1 Χώρος κατασκευής 55
4.2 Γεωλογικά στοιχεία 1
4.3 Υδρολογία 2
5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΡΑΣΙΟΥ 3
5.1 Μέθοδος εκσκαφής 3
5.2 Περιγραφή της μεθόδου Θαλάμων και Στύλων 3
5.3 Ασκούμενες τάσεις 5
5.4 Αστοχία Στύλων 5
5.5 Σχεδιασμός θαλάμων και στύλων 7
5.5.1 Στύλοι 7
5.5.2 Θάλαμοι 10
5.6 Υπολογισμός συνολικών διαστάσεων 12
5.7 Υποστήριξη 17
6 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ – ΚΟΣΤΟΣ 18
6.1 Εισαγωγή 18
6.2 Μέθοδος κατασκευής και κόστος εξόρυξης με Roadheader 18
6.2.1 Εισαγωγή 18
6.2.2 Μηχανικός εξοπλισμός 18
6.2.3 Περιγραφή κύκλου εργασιών 20
6.2.4 Επεξεργασία στοιχείων λειτουργίας του Roadheader 21
6.2.5 Γενικά στοιχεία 22
6.2.6 Επεξεργασία δεδομένων 23
6.2.7 Υπολογισμός ετήσιου εξορυσσόμενου όγκου 24
6.2.8 Υπολογισμός κόστους εκσκαφής με χρήση του AM105-IC 25
6.2.9 Συνολικό κόστος κατασκευής του υπόγειου χώρου με τη χρήση Roadheader. 31
6.3 Μέθοδος και κόστος εξόρυξης με εκρηκτικές ύλες 31
6.3.1 Μηχανικός εξοπλισμός 31
6.3.2 Διαδικασία εκσκαφής 32
6.3.3 Αερισμός 33
6.3.4 Τοποθέτηση στεγανοποίησης 34
6.3.5 Κόστος εκσκαφής 34
6.4 Διαμόρφωση υπογείου χώρου 35
6.4.1 Εγκατάσταση συστήματος Ασφαλείας, συστήματος Πυρανίχνευσης και Πυρόσβεσης 35

6.4.2 Τοποθέτηση Δαπέδων και Ασφαλτοτάπητα 36
6.4.3 Εγκατάσταση Δικτύων 37
6.5 Κόστος διαμόρφωσης υπογείου χώρου 39
6.5.1 Κόστος δαπέδων 39
6.5.2 Κόστος δικτύων 39
6.5.3 Κόστος Αυτόματων Συστημάτων Ασφαλείας, Συστήματος Πυρανίχνευσης και Πυρόσβεσης 39
6.5.4 Απρόβλεπτα έξοδα 39
6.5.5 Συνολικό κόστος διαμόρφωσης 40
6.6 Διαρρύθμιση υπόγειου συγκροτήματος 41
6.6.1 Αναλυτικά οι εσωτερικοί χώροι 43
7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 48
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 49
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 55

Λίστα Εικόνων, Πινάκων, Σχημάτων

Κεφάλαιο 1 ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ

Εικόνες

Εικόνα 1.1. Αποθήκευση αποβλήτων σε ορυχεία της Γερμανίας.
Εικόνα 1.2. Υπόγεια επέκταση του Μουσείου του Λούβρου (Παρίσι Γαλλίας).
Εικόνα 1.3. Υπόγειο και επιφανειακό δίκτυο στο σταθμό BlaakStation (Ρότερνταμ-Ολλανδία).
Εικόνα 1.4. Υπόγεια ανταπόκριση μέσων μαζικής μεταφοράς στο Τόκιο (Ιαπωνία).
Εικόνα 1.5. La Defence Urban Hub (Παρίσι-Γαλλία).
Εικόνα 1.5. Εξωτερική και εσωτερική άποψη Χριστουγεννιάτικου πάρκου στον Αρκτικό κύκλο (Φιλανδία).
Εικόνα 1.7. Κελάρια διαφορετικού τύπου στην Ισπανία
Εικόνα 1.8. Επιφανειακές και υπόγειες εγκαταστάσεις στο Kobe μετά το σεισμό του 1995 (Ιαπωνία).
Εικόνα 1.9. Υπόγειος χώρος αποθήκευσης αποβλήτων στο Λαύριο.
Εικόνα 1.10 Πλατεία Estienned' Orves πριν και μετά την κατασκευή υπόγειου χώρου στάθμευσης (Μασσαλία Γαλλίας).
Εικόνα 1.11. Πανοραμική άποψη της αίθουσας όπερας της Αυστραλίας και εξωτερική και εσωτερική άποψη του υπόγειου χώρου στάθμευσής της.
Εικόνα 1.126. Σήραγγα με υπέργειο σχηματισμό «πράσινης» γέφυρας (Φινλανδία).
Εικόνα 1.13. The Green Heart Tunnel (Ολλανδία).
Εικόνα 1.14. The Noord Tunnel (Άμστερνταμ-Ολλανδίας).
Εικόνα 1.15. Εικόνα της Βοστώνης πριν και μετά τη μετάβαση του δικτύου υπογείως (Βοστώνη-Η.Π.Α.).
Εικόνα 1.16. Εξωτερική και εσωτερική άποψη υπόγειου χώρου στάθμευσης κάτω από προαύλιο (Στοκχόλμη-Σουηδία).

Πίνακες

Πίνακας 1.1. Εύρος χρήσης-εφαρμογών για καθέναν από τους τύπους των υπογείων έργων (Μπενάρδος, 2001).
Πίνακας 1.2. Ετήσιοι και ημερήσιοι συντελεστές απομείωσης και ετήσιες χρονικές καθυστερήσεις Μέσοι όροι από το 2006 ως το 2009 για RD1,2,3,4,5 και ένα χρόνο για RJ1,2.
Πίνακας 1.3. Αντιπροσωπευτικές μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας από το 2006 ως το 2009
Πίνακας 1.4. Σύγκριση μεταξύ των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που εμφανίζει η εκμετάλλευση του υπόγειου χώρου (Μπενάρδος, 2001).

Σχήματα

Σχήμα 1.1. Εύρος των εφαρμογών που μπορούν να καλύψουν οι υπόγειες κατασκευές σε σχέση με το βάθος τοποθέτησής τους (Ronka et al., 1998).
Σχήμα 1.2. Υγροθερμικό διάγραμμα για υπόγεια και επίγεια κελάρια
Σχήμα 1.3. Εργοστάσιο διαχείρισης υγρών αποβλήτων (Ελσίνκι-Φιλανδίας).

Κεφάλαιο 2 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΑΣΙ

Εικόνες

Εικόνα 2.1. Αυτόματο μηχάνημα εμφιάλωσης
Εικόνα 2.2. Ανοξείδωτες δεξαμενές οινοποίησης

Πίνακες

Πίνακας 2.1. Ελληνική οινοπαραγωγή σε 1000HL (ΚΕΟΣΟΕ, 2013)
Πίνακας 2.2. Κατανάλωση οίνου στην Ελλάδα από το 1995 μέχρι το 2012 (ΚΕΟΣΟΕ, 2013)
Πίνακας 2.3. Εισαγωγές και αξία εισαγωγών οίνου 2000 - 2011 (σε HL και €) (ΕΣΥΕ, 2013)
Πίνακας 2.4. Εξαγωγές και αξία εξαγωγών οίνου 2010 - 2011 (σε HL και €) (ΕΣΥΕ, 2013)

Κεφάλαιο 3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΚΕΛΑΡΙΩΝ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ

Εικόνες

Εικόνα 3.1. Χώρος αποθήκευσης μπουκαλιών στο Milestii Mici στη Μολδαβία.
Εικόνα 3.2. Αίθουσα γευσιγνωσίας στο Milestii Mici στη Μολδαβία.
Εικόνα 3.3. Χώρος αποθήκευσης μπουκαλιών στο Cricova στη Μολδαβία.
Εικόνα 3.4. Χώρος αποθήκευσης βαρελιών κρασιού στο Cricova στη Μολδαβία.
Εικόνα 3.5. Μηχάνημα εμφιάλωσης στο Jarvis στις Η.Π.Α.
Εικόνα 3.6. Χώρος αποθήκευση βαρελιών στο Jarvis στις Η.Π.Α.
Εικόνα 3.7. Χώρος αποθήκευσης βαρελιών στο Del Dotto στις Η.Π.Α.
Εικόνα 3.8. Είσοδος του κελαριού Rutherford Hill στις Η.Π.Α.
Εικόνα 3.9. Χώρος αποθήκευσης βαρελιών του Rutherford Hill στις Η.Π.Α.
Εικόνα 3.10. Δεξαμενές ωρίμανσης στο Palmaz στις Η.Π.Α.
Εικόνα 3.11. Χώρος αποθήκευση βαρελιών στο Palmaz στις Η.Π.Α
Εικόνα 3.12. Χώρος αποθήκευσης βαρελιών στο El Fabulista στην Ισπανία.
Εικόνα 3.13. Αίθουσα γευσιγνωσίας στο El Fabulista στην Ισπανία.
Εικόνα 3.14. Χώρος αποθήκευσης μπουκαλιών στο Moet & Chandon στη Γαλλία.
Εικόνα 3.15. Χώρος αναπαράστασης Μουσείου Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη.
Εικόνα 3.16. Παλαιό θλιπτήριο στο Μουσείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη.
Εικόνα 3.17. Χώρος αποθήκευση βαρελιών στο Μουσείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη.
Εικόνα 3.18. Είσοδοι υπόγειων χώρων.
Εικόνα 3.19. Τοποθέτηση συστημάτων παροχών σε υπόγεια σήραγγα.

Κεφάλαιο 4 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΡΑΣΙΟΥ

Εικόνες

Εικόνα 4.1. Χάρτης Περιοχής Μελέτης.
Εικόνα 4.2. Γεωγραφικός χάρτης Λεοντίου
Εικόνα 4.3. Γεωλογικός Χάρτης Νεμέας
Εικόνα 4.4. Χάρτης γεωτεκτονικών ζωνών Ελλάδας

Κεφάλαιο 5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΡΑΣΙΟΥ

Εικόνες

Εικόνα 5.1. Μέθοδος εκσκαφής θαλάμων και στύλων
Εικόνα 5.2. Κάτοψη υπόγειου χώρου αποθήκευσης κρασιού

Πίνακες

Πίνακας 5.1. Βασικά στοιχεία υπόγειου χώρου
Πίνακας 5.2. Γεωμηχανική ταξινόμηση βραχομάζας (Γεωσκόπιο Ε.Π.Ε.)

Σχήματα

Σχήμα 5.1. Συνήθεις τρόποι αστοχίας στύλων
Σχήμα 5.2.Σκαρίφημα περιγραφής της θεωρίας της συνεισφέρουσας επιφάνειας
Σχήμα 5.3. Επιλογή μέσων υποστήριξης (Barton et al, 1994a)

Κεφάλαιο 6 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ – ΚΟΣΤΟΣ

Εικόνες

Εικόνα 6.1. Το επιλεγόμενο μοντέλο για την διάνοιξη του υπόγειου χώρου
Εικόνα 6.2. Κύκλος εργασιών για εξόρυξη με εκρηκτικές ύλες
Εικόνα 6.3. Κάτοψη του υπόγειου χώρου με την εσωτερική διαρρύθμιση.
Εικόνα 6.4. Διαστάσεις βαρελιού Bordeaux και τοποθέτηση σε κατακόρυφη διάταξη
Εικόνα 6.5. Τομή θαλάμου με τοποθετημένα βαρέλια
Εικόνα 6.6. Πλαϊνή όψη ενός στύλου με τοποθετημένα βαρέλια.
Εικόνα 6.7. Κάτοψη ενός στύλου με τοποθετημένα περιμετρικά τα βαρέλια.

Πίνακες

Πίνακας 6.1. Υπολογισμός κόστους προσωπικού.
Πίνακας 6.2. Υπολογισμός απαίτησης καυσίμου.
Πίνακας 6.3. Υπολογισμός απαίτησης λιπαντικών.
Πίνακας 6.4. Υπολογισμός κόστους λιπαντικών.
Πίνακας 6.5. Προσωπικό (Ετήσιες αποδοχές)
Πίνακας 6.6. Κόστος υλικών ανά m προχώρησης
Πίνακας 6.7. Κόστος μίσθωσης μηχανικού εξοπλισμού ανά μήνα
Πίνακας 6.8. Συγκεντρωτικός πίνακας κόστους έργου με Roadheader
Πίνακας 6.9. Χρονοδιάγραμμα εργασιών
Πίνακας 6.10. Συνολικό κόστος εκσκαφής με εκρηκτικές ύλες
Πίνακας 6.11. Προδιαγραφές φωτισμού σε υπόγειους χώρους (Vutukuri et al, 1986)
Πίνακας 6.12. Προδιαγραφές έντασης φωτισμού (ISO8995:1989)
Πίνακας 6.13. Συγκεντρωτικός πίνακας κόστους διαμόρφωσης υπογείου χώρου

Σχήματα

Σχήμα 6.1. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του AM105-IC.
Σχήμα 6.2. Γενικά χαρακτηριστικά του AM105-IC.
Σχήμα 6.3. Κύκλος εργασιών του roadheader.
Σχήμα 6.4. Υποστήριξη οροφής με διατρητικό του roadheader.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εξετάζει το σχεδιασμό ενός υπόγειου χώρου αποθήκευσης κρασιού σε μια αμπελοοινική περιοχή της Ελλάδας, την περιοχή της Νεμέας. Σκοπός της εργασίας είναι να μελετηθούν δύο διαφορετικές μέθοδοι εκσκαφής καθώς και το κόστος καθεμίας από αυτές και να γίνει σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων καθώς και να φανούν οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος κάθε μεθόδου. Επίσης στόχος είναι να φανεί πως κάποια πλεονεκτήματα των υπογείων έργων χρησιμεύουν στην ωρίμανση και αποθήκευση κρασιού και ο λόγος για τον οποίο η υπόγεια ανάπτυξη έχει προτιμηθεί σε πολλές χώρες του κόσμου.

Αρχικά δίνονται κάποια στοιχεία που αφορούν τα υπόγεια έργα και το κρασί και κάποια παραδείγματα υπόγειων χώρων στο εξωτερικό καθώς και τα αποτελέσματα μιας έρευνας αγοράς που έχει γίνει για την προθυμία των οινοπαραγωγών για μεταφορά των χώρων τους υπόγεια. Γίνεται μια μελέτη της περιοχής κατασκευής όπου φαίνεται η τοποθεσία κατασκευής καθώς και τα γεωλογικά στοιχεία της και μια περιγραφή της μεθόδου κατασκευής, υπολογισμός των διαστάσεων του χώρου και εκτίμηση της αναγκαίας υποστήριξης.

Στην συνέχεια της εργασίας γίνεται ανάλυση της μεθόδου εκσκαφής με μηχάνημα σημειακής κοπής (Roadheader) και της μεθόδου εκσκαφής με τη χρήση εκρηκτικών υλών και υπολογισμός του κόστους κάθε μεθόδου. Γίνεται περιγραφή της τελικής διαμόρφωσης του υπόγειου χώρου και του κόστους της και μια περιγραφή της διαρρύθμισης του υπόγειου χώρου.

Τέλος, υπάρχουν κάποια συμπεράσματα για την ανάλυση που έγινε σε αυτή την εργασία τα οποία αφορούν τη διαφορά κόστους και χρόνου ολοκλήρωσης του έργου μεταξύ των δύο μεθόδων κατασκευής καθώς και συμπεράσματα σχετικά με το πόσο ενδιαφέρον υπάρχει για την κατασκευή ενός τέτοιου υπόγειου χώρου, τα οφέλη που θα προσφέρει στη γύρω περιοχή αλλά και στις εταιρείες που θα δραστηριοποιούνται στον χώρο αυτόν λόγω τουριστικής εκμετάλλευσης και ενεργειακής οικονομίας. Τέλος, συμπεραίνεται πως ένα τέτοιο έργο θα μπορούσε να δώσει ώθηση για περαιτέρω υπόγεια ανάπτυξη στην Ελλάδα.

ABSTRACT

The following dissertation is a study of the design of an underground wine storage establishment near a wine producing area in Greece, the area of Nemea. The objective is the study of two different excavation methods, the cost of each method and the comparison between as well as the factors that determine the cost of each method. The aim is also to show how the advantages of underground works are useful in ageing and storage of wine and the reason for which the underground constructions have been chosen among others in many countries around the world.

At first, some information is given about underground works and wine and thereafter some examples of underground constructions as well as the results of a market survey on the willingness of wine producing companies to transfer their facilities underground.

Furthermore, there is a study of the construction area, where the exact location of the construction will be highlighted, and some geological information about this location is given. In addition, the construction method is described, as well as the calculation of the dimensions of the establishment and the assessment of the support needed.

Thereafter, an analysis of the excavation method and cost with the use of Roadheaders and with the use of explosives takes place. Furthermore, the final formation of the establishment is described as well as its cost and there is a description of the layout of the construction.

Ending, there are some conclusions about the cost and time difference between the two construction methods and also about the interest of wine producing companies for the construction of this underground establishment, the benefits that are offered due to tourist attraction and power saving. In the end a conclusion is drawn that a construction like this could be the stepping stone for further growth of underground works in Greece.

1 ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ

1.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο σκοπεύει να δώσει στον αναγνώστη μια σφαιρική άποψη για τα οφέλη που προσφέρει η ανάπτυξη υπογείων έργων, με παραδείγματα από την παγκόσμια πρακτική, και να αποδείξει ότι πλέον η κίνηση αυτή αποτελεί μία από τις πιο πολλά υποσχόμενες λύσεις και στην περίπτωση των αποθηκευτικών κέντρων.

Για εκατοντάδες χρόνια οι κατασκευές περιορίζονταν, κυρίως, στην επιφάνεια του εδάφους. Ο άνθρωπος είτε από περιέργεια είτε από ανάγκη είτε ακόμα και από φόβο έχει προσπαθήσει να ξεπεράσει τους περιορισμούς αυτούς, επιδιώκοντας την εκμετάλλευση της τρίτης διάστασης προς τα πάνω (ψηλά κτίρια) ή προς τα κάτω (υπόγεια έργα).

Οι υπόγειες εργασίες είχαν πάντα έναν υψηλό βαθμό δυσκολίας, αλλά αυτό δεν απέτρεψε τη χρήση τους από τα πρώτα στάδια της ανθρώπινης ανάπτυξης, όπως μαρτυριέται από την ανακάλυψη υπόγειων εκσκαφών οι οποίες είναι από τις πρώτες καταγραφές της ανθρωπότητας. Τα πρώτα υπόγεια έργα προέρχονται από την ίδια τη φύση. Οι σπηλιές υπήρξαν το αποτέλεσμα της δράσης της βροχής, των ποταμών και των θαλασσών και η ανάγκη για προστασία από τη φύση και όχι μόνο, οδήγησε τους ανθρώπους να κατοικήσουν εντός των σπηλιών. Ίσως η ανθρωπότητα να οφείλει την ύπαρξή της σε αυτές τις φυσικές υπόγειες κατοικίες. Η χρήση των σπηλιών ως κατοικίες υπήρξε ορόσημο σε ότι αφορά τη χρήση του υπόγειου χώρου από την ανθρωπότητα (Sterling & Godard, 2000).

Η πρώτη καταγραφή υπόγειου έργου πηγαίνει πίσω στο 40.000 π.Χ., στο Bomvu Ridge (Swaziland) όπου γίνονταν εξόρυξη διακοσμητικού αιματίτη. Άλλα αντίστοιχα έργα βρίσκονται στη Μάλτα, όπου το 5000 π.Χ. κατασκευάστηκαν υπόγειοι διάδρομοι και τόποι λατρείας, ενώ στην αρχαία Βαβυλώνα περί το 2180 π.Χ. ορύχτηκε σήραγγα μήκους 1 km περίπου κάτω από τον ποταμό Ευφράτη για να ενώσει το παλάτι με το ναό. Στους Ρωμαϊκούς χρόνους (36 π.Χ.) ένα από τα μεγαλύτερα τεχνικά έργα της εποχής ήταν η σήραγγα στην περιοχή Pausilippo, με μήκος περίπου 1,6 km και πλάτος περίπου 7,5 m.

Στον Ελλαδικό χώρο, τα πιο γνωστά υπόγεια έργα εντοπίζονται στην περιοχή των μεταλλείων του Λαυρίου από το 2000 π.Χ. (Κονοφάγος, 1980), ενώ ένα από τα σημαντικότερα τεχνικά έργα της εποχής είναι το Ευπαλίνειο όρυγμα (Ξυδούς, 2000) που κατασκευάστηκε το 520 π.Χ. για την ύδρευση της πόλης της Σάμου.

Τέλος, χρειάζεται να αναφερθεί και η δημιουργία του Αδριάνειου υδραγωγείου στο λεκανοπέδιο Αθηνών περίπου το 2° αιώνα μ.Χ., κατά την οποία έγινε η κατασκευή ενός

εκτεταμένου δικτύου υπογείων σηράγγων, καθώς και δύο υδαταγωγών σηράγγων οι οποίες κατασκευάστηκαν την ίδια περίοδο στην ορεινή Κορινθία για τη μεταφορά νερού από τις πηγές Στυμφαλίας στην πολυπληθή αρχαία Κόρινθο.

Η σημαντική αύξηση στην κατασκευή υπογείων έργων έλαβε χώρα στον 19^{ο} και ιδιαίτερα στον 20^{ο} αιώνα, λόγω της ώθησης της οικονομικής ανάπτυξης και της εμφάνισης προηγμένων τεχνολογιών. Κατά τη διάρκεια των περιόδων αυτών, υπήρξε μια εντυπωσιακή αύξηση στη χρήση υπογείων χώρων, στη μεταλλευτική, στα συγκοινωνιακά έργα, σε μεγάλα υπόγεια ανοίγματα, σε αποθηκευτικά κέντρα και σε άλλους τομείς (Sterling & Godard, 2000).

1.2 Τύποι υπογείων έργων – Χρήσεις

Ως υπόγεια έργα μπορούν να οριστούν όλες οι τεχνικές κατασκευές που πραγματοποιούνται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Διανοίγονται σε βάθη που ποικίλουν από πολύ μικρά έως πολύ μεγάλα, πάνω ή κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα, με διαστάσεις και έκταση που κυμαίνεται αναλόγως της χρήσης τους. Η συνηθέστερη διάκριση μεταξύ τους μπορεί να γίνει σε μεταλλευτικά και μη μεταλλευτικά, τεχνικά υπόγεια έργα, όπου στα μεν πρώτα, δημιουργούνται κατασκευές οι οποίες αποτελούν το μέσο προσπέλασης και απόληψης ενός κοιτάσματος, ενώ στα δεύτερα, η διάνοιξη τους αποτελεί αυτοσκοπό της κατασκευής.

Τα τελευταία χρόνια τα υπόγεια μη μεταλλευτικά έργα επιδεικνύουν μια δυναμική και διαρκώς αναπτυσσόμενη πορεία, έχοντας γίνει σε πολλές περιπτώσεις η πάγια κατασκευαστική πρακτική. Σήμερα αποτελούν ένα μεγάλο μέρος της καθημερινής ζωής στις ανεπτυγμένες χώρες, ενώ οι υπηρεσίες και το εύρος των εφαρμογών που προσφέρουν συνεχίζουν να αυξάνουν, προσπαθώντας να δώσουν λύσεις στις σύγχρονες ανάγκες (Μπενάρδος και Καλιαμπάκος, 2010)

Ο Sandstrom (1963) υποστηρίζει ότι η ύπαρξη υπόγειων έργων σε μια κοινωνία αντικατοπτρίζει την πολιτισμική ανάπτυξη της και ιδιαίτερα την τεχνολογική και οικονομική της ευημερία.

1.2.1 Τύποι υπογείων έργων

Η διάκριση και κατηγοριοποίηση των υπόγειων κατασκευών μπορεί να γίνει με ένα πλήθος κριτηρίων εξέτασης, όπως για παράδειγμα, με βάση τις διαστάσεις, το σχήμα, τη χάραξη, το σκοπό κατασκευής τους, τη μηχανική λειτουργία τους, τον τρόπο υποστήριξης, το υλικό υποστήριξης, κ.α. (Σοφιανός, 2003)

Μια βασική διάκριση που ήδη τέθηκε παραπάνω, είναι ο διαχωρισμός των υπογείων έργων ανάλογο με τον σκοπό κατασκευής τους:

- Σε μεταλλευτικά.
- Σε μη μεταλλευτικά (τεχνικά).

Αν και οι δύο αυτές βασικές κατηγορίες μοιράζονται κοινούς τύπους έργων και κατασκευαστικές πρακτικές, εντούτοις διαφέρουν στη φιλοσοφία τους για τη διατήρηση του υπόγειου ανοίγματος στο χρόνο. Έτσι, ενώ σε ένα μεταλλευτικό έργο σκοπός είναι να διατηρηθεί το έργο για το πεπερασμένο χρονικό διάστημα απόληψης του κοιτάσματος, σε ένα μη μεταλλευτικό υπόγειο έργο, η μόνιμη και ασφαλής παραμονή της κατασκευής σε λειτουργία είναι το ζητούμενο.

Η συνηθέστερη διάκριση των υπόγειων κατασκευών γίνεται με βάση τη μορφή και σχήμα τους και η οποία δίνεται ακολούθως (Μπενάρδος και Καλιαμπάκος. 2010):

1. **Σήραγγες (Tunnels).** Είναι επιμήκη, οριζόντια ανοίγματα, με διάμετρο διατομής που μπορεί να κυμαίνεται από 1 - 15 m. Συνηθέστερα είναι μικρής κλίσης, εφόσον όμως η κλίση γίνει αρκετά σημαντική (10° - 45°), τότε ονομάζονται κεκλιμένα ή κεκλιμένες στοές.
2. **Θάλαμοι (Caverns).** Είναι ανοίγματα μεγάλων διαστάσεων, το πλάτος των οποίων μπορεί να ξεπερνά και τα 35 m. Συνήθως το μήκος τους δεν ξεπερνά τα 200-250 m περίπου.
3. **Φρέατα (Shafts).** Είναι επιμήκη, κατακόρυφα ανοίγματα. Το πλάτος της διατομής τους συνήθως κυμαίνεται από 3 - 8 m, ενώ το μήκος (βάθος) τους μπορεί να φτάνει και τα 500 m. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες η κλίση τους μπορεί να είναι μικρότερη των 90° (45° - 90°) οπότε στις περιπτώσεις αυτές ονομάζονται κεκλιμένα φρέατα.

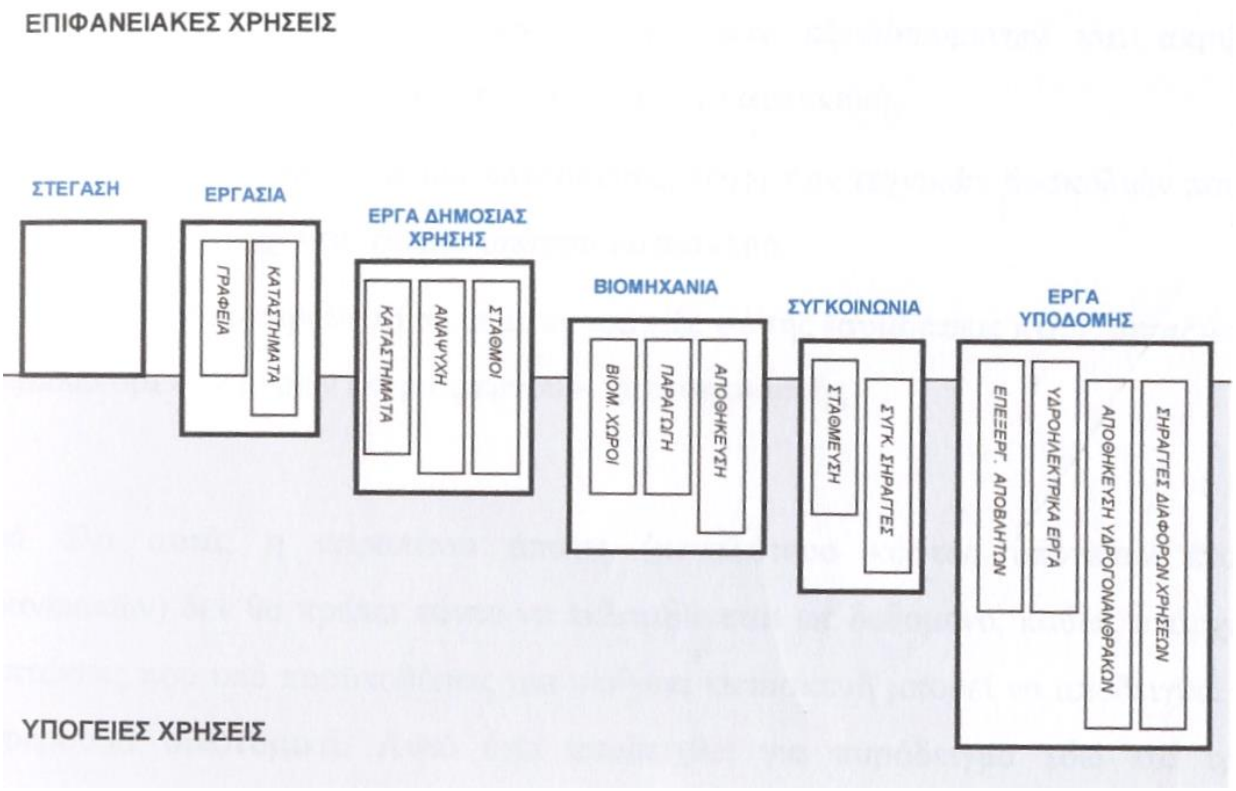
1.2.2 Χρήσεις υπογείων έργων

Με βάση αυτή τη διάκριση, παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με το εύρος χρήσης-εφαρμογών για καθέναν από τους τύπους των έργων (Πίνακας 1.1) (Μπενάρδος, 2001).
Το εύρος των εφαρμογών που μπορούν να καλύψουν οι υπόγειες κατασκευές σε σχέση με το βάθος τοποθέτησής τους φαίνεται στο Σχήμα 1.1 (Ronka et al., 1998). Αυτό που παρατηρείται είναι μια σταδιακή μετάβαση των χρήσεων σε μεγαλύτερα βάθη, όσο η χρήση των δραστηριοτήτων αφορά λιγότερο το ευρύ κοινό και οι εγκαταστάσεις γίνονται πιο πολύπλοκες ή αφορούν λειτουργίες ανεπιθύμητες στην επιφάνεια. Ακόμη,

παρατηρείται η καταλληλότητα της αποθήκευσης κάτω από την επιφάνεια του εδάφους γεγονός που εξυπηρετεί το υπό εξέταση υπόγειο αποθηκευτικό κέντρο.

Πίνακας 1.1. Εύρος χρήσης-εφαρμογών για καθέναν από τους τύπους των υπογείων έργων (Μπενάρδος, 2001).

Χρήση	Σήραγγες	Φρέατα	Θάλαμοι
Συγκοινωνιακή Υποδομή	1. Διαβάσεις πεζών 2. Οδικές 3. Σιδηροδρομικές 4. Μετρό	1. Μεταφορά Ανθρώπων 2. Υλικού Φορτίου 3. Εξοπλισμού	1. Σταθμοί (π.χ. Μετρό) 2. Χώροι στάθμευσης
Μεταφορά/ απαγωγή	1. Ύδρευση / Άρδευση 2. Αποχέτευση 3. Αντιπλημμυρικά Έργα	1. Ύδρευση/ Άρδευση 2. Αποχέτευση 3. Αντιπλημμυρικά Έργα	
Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας	Δίκτυα – Γραμμές: 1. Τηλεφώνου 2. Ηλεκτρικού 3. Ειδικές Καλωδιώσεις	Πρόσβαση	Διάφοροι Κόμβοι
Αποθήκευση	1. Διάφορων Υγρών 2. Καυσίμων 3. Αποβλήτων	1. Διάφορων Υγρών 2. Καυσίμων	1. Διαφόρων υγρών 2. Καυσίμων 3. Αποβλήτων 4. Τροφίμων 5. Κατάψυξη Προϊόντων
Αναψυχή			1. Πισίνες 2. Αθλητ. Εγκαταστάσεις 3. Υπόγεια Θέατρα
Άμυνα	1. Καταφύγια 2. Στρατιωτικές εγκαταστάσεις	1. Στρατιωτικές εγκαταστάσεις	1. Καταφύγια 2. Στρατιωτικές Εγκαταστάσεις 3. Αποθήκευση Στρατιωτικού Υλικού
Εκμετάλλευση Κοιτασμάτων	1. Αερισμός 2. Προσπέλαση 3. Μεταφορά 4. Εξόρυξη	1. Αερισμός 2. Προσπέλαση 3. Μεταφορά	1. Εξόρυξη
Εκμετάλλευση Υπόγειων Νερών και Αποστράγγιση	1. Υδρομάστευση 2. Αποστράγγιση	1. Υδρομάστευση 2. Αποστράγγιση	



Σχήμα 1.1. Εύρος των εφαρμογών που μπορούν να καλύψουν οι υπόγειες κατασκευές σε σχέση με το βάθος τοποθέτησής τους (Ronka et al., 1998).

1.3 Λόγοι ώθησης υπογείων έργων

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια σημαντική αύξηση στο πλήθος και στο μέγεθος των υπογείων κατασκευών για την εξυπηρέτηση διάφορων έργων υποδομής.

Ο Duddeck (1996) αναφέρει ότι η κατασκευή υπόγειων έργων έχει γίνει σήμερα μια ζωτική ανάγκη και οι μηχανικοί έρχονται αντιμέτωποι κάθε μέρα με αυξημένες προκλήσεις και ευθύνες. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει, ζητείται η κατασκευή πιο πολύπλοκων και μεγάλων έργων που θα φιλοξενήσουν διάφορες εφαρμογές, ακόμα και σε περιοχές με δύσκολα πετρώματα ή κάτω από μεγαλουπόλεις με υψηλή συγκέντρωση δραστηριοτήτων και πληθυσμού.

Το ζήτημα που τίθεται είναι το εξής: γιατί κινούμαστε υπόγεια;

Η υπόγεια ανάπτυξη δεν είναι κάτι το επιβεβλημένο, αλλά μια ρεαλιστική λύση για την αντιμετώπιση σειράς προβλημάτων (ITA WG4, 2000).

Οι λόγοι οι οποίοι επιβάλλουν την υπόγεια ανάπτυξη είναι οι εξής:

1. Λόγοι θέσης και χρήσης του εδάφους.
2. Λόγοι απομόνωσης.
3. Λόγοι τοπογραφίας.
4. Λόγοι προστασίας του περιβάλλοντος.
5. Λόγοι κοινωνικών οφελών.

Ακολούθως οι λόγοι αυτοί αναπτύσσονται συνοδευόμενοι με παραδείγματα από την παγκόσμια ανάπτυξη στις υπόγειες κατασκευές.

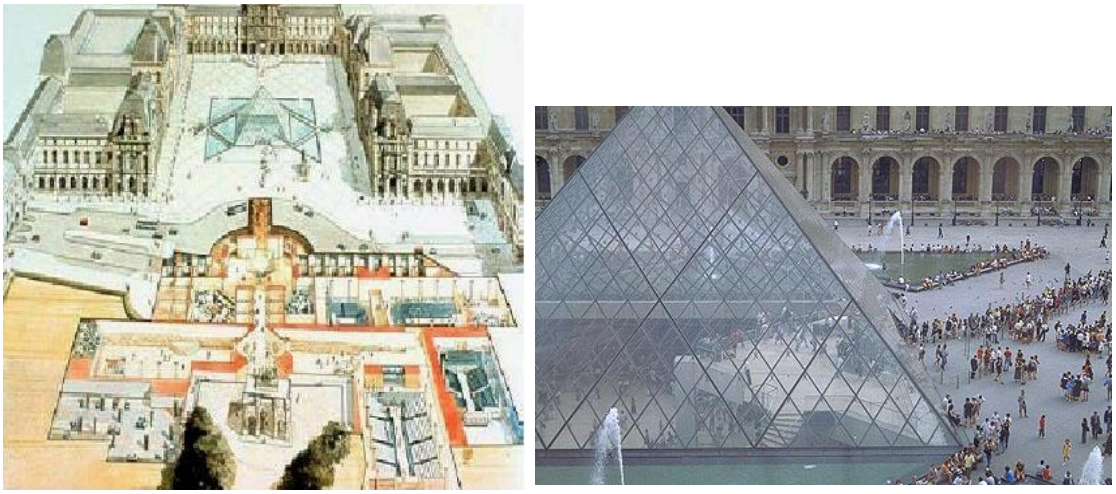
1.3.1 Λόγοι θέσης και χρήσης εδάφους

Σε πολλές περιπτώσεις, η χρήση υπόγειου χώρου κρίνεται επιβεβλημένη λόγω έλλειψης επιφανειακού χώρου ή λόγω προβλημάτων σε σχέση με την επιφανειακή τοποθέτηση του έργου (ITA WG4, 2000). Ειδικότερα:

Η χρήση του υπόγειου έργου επιτρέπει σε μια εγκατάσταση να τοποθετηθεί σε μια περιοχή όπου επιφανειακά δε δύναται να τοποθετηθεί, είτε λόγω έλλειψης επιφανειακού χώρου είτε λόγω κοινωνικών αντιδράσεων, για την επιφανειακή εγκατάσταση του έργου. Υπάρχουν πολλών ειδών εγκαταστάσεις, οι οποίες είναι προτιμότερο ή επιβεβλημένο να υφίστανται υπογείως, διότι η παρουσία τους επιφανειακά είναι ανεπιθύμητη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η παγκόσμια τάση που επικρατεί στην αποθήκευση αποβλήτων, καθώς και ραδιενεργών και πυρηνικών αποβλήτων, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.1.

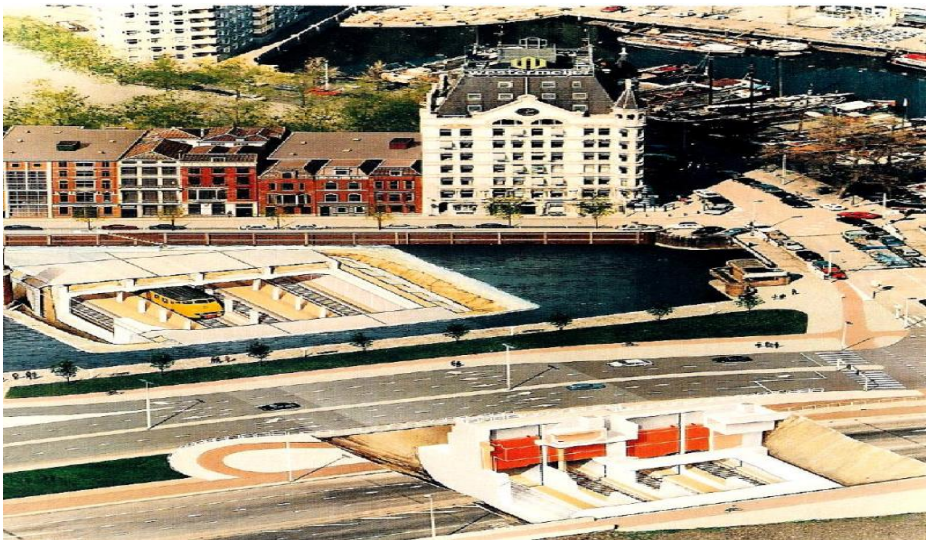
Εικόνα 1.1 . Αποθήκευση αποβλήτων σε ορυχεία της Γερμανίας.

Η υπόγεια λύση επιτρέπει την ενσωμάτωση νέων κατασκευών σε στενή εγγύτητα με ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις, σε περίπτωση που επιφανειακά δεν δύναται να πραγματοποιηθεί. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η υπόγεια επέκταση του Μουσείου του Λούβρου χωρίς να επηρεαστεί η αρχιτεκτονική της επιφανείας (Εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.7. Υπόγεια επέκταση του Μουσείου του Λούβρου (Παρίσι Γαλλίας).

Πολλές φορές υπάρχει η ανάγκη διαχωρισμού μέσων μεταφοράς τα οποία διασταυρώνονται. Ο βαθμωτός διαχωρισμός τους επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση του ενός υπογείως και του εναπομείναντος επιφανειακά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο σταθμός Blaak Station στην Ολλανδία (Εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.8. Υπόγειο και επιφανειακό δίκτυο στο σταθμό Blaak Station (Ρότερνταμ-Ολλανδία).

Η χρήση υπόγειου χώρου εξυπηρετεί την παροχή ασφαλούς, γρήγορου και μη εμφανούς αστικού συστήματος μαζικής μεταφοράς. Διάφορα επίπεδα εγκαταστάσεων μέσων μεταφοράς μπορούν υπογείως να τοποθετηθούν μαζί σε κομβικά σημεία μιας πόλης, παρέχοντας εύκολη πρόσβαση και μετάβαση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο σταθμός Iidabashi, όπως φαίνεται και από την Εικόνα 1.4.

Εικόνα 1.9. Υπόγεια ανταπόκριση μέσων μαζικής μεταφοράς στο Τόκιο (Ιαπωνία).

Υπόγεια εμπορικά κέντρα και υπόγειοι χώροι στάθμευσης αποδεσμεύουν επιφανειακούς χώρους για εναλλακτικές χρήσεις. Στο Παρίσι της Γαλλίας το La Defence

Urban Hub έχει αναπτυχθεί υπογείως επιτρέποντας την εκμετάλλευση της επιφανείας ως ψυχαγωγικού πάρκου (Εικόνα 1.5)

Εικόνα 1.5. La Defence Urban Hub (Παρίσι-Γαλλία).

1.3.2 Λόγοι απομόνωσης

Το υπέδαφος είναι συμπαγές και αδιάφανο και παρέχει μια σειρά από πλεονεκτήματα από άποψη απομονώσεως, τα οποία έχουν δώσει ώθηση για την υπόγεια χωροθέτηση διαφόρων εγκαταστάσεων (ITA WG4, 2000). Ειδικότερα προσφέρει:

Απομόνωση από το εξωτερικό κλίμα.

Ο υπόγειος χώρος παρέχει απομόνωση από το υφιστάμενο εξωτερικό κλίμα και τις μεταβολές του. Ο υπόγειος χώρος προσφέρει ένα μέτριο και ομοιόμορφο θερμικό περιβάλλον σε σύγκριση με τα ακραία, σε πολλές περιπτώσεις, κλιματολογικά φαινόμενα της επιφανείας. Οι υφιστάμενες μέτριες θερμοκρασίες σε συνδυασμό με την αργή ανταπόκριση της μεγάλης θερμικής μάζας της γης, παρέχουν ένα ευρύ φάσμα πλεονεκτημάτων ενεργειακής διατήρησης και ενεργειακής αποθήκευσης. Κατά συνέπεια, ο υπόγειος χώρος προσφέρει προστασία από τα δυσμενή κλιματολογικά φαινόμενα, αλλά και σημαντική ενεργειακή αποταμίευση. Στην Εικόνα 1.6 φαίνεται το υπόγειο

Χριστουγεννιάτικο πάρκο στη Φινλανδία, που προστατεύεται από τις ακραίες καιρικές συνθήκες που υπάρχουν στον Αρκτικό κύκλο.

Εικόνα 1.10. Εξωτερική και εσωτερική άποψη Χριστουγεννιάτικου πάρκου στον Αρκτικό κύκλο (Φιλανδία).

Το εσωτερικό περιβάλλον των επιφανειακών υπογείων είναι λιγότερο σταθερό από τα ήδη υπάρχοντα περιβάλλοντα στα βαθιά υπόγεια κελάρια κρασιού, καθώς η σταθερότητα της θερμοκρασίας σε αυτόν τον τύπο παραδοσιακής κατασκευής αυξάνεται όσο αυξάνεται το βάθος, λόγω της θερμικής αδράνειας που προσφέρει το έδαφος (Mazarrón et al., 2012).

Παράδειγμα απομόνωσης από το εξωτερικό κλίμα

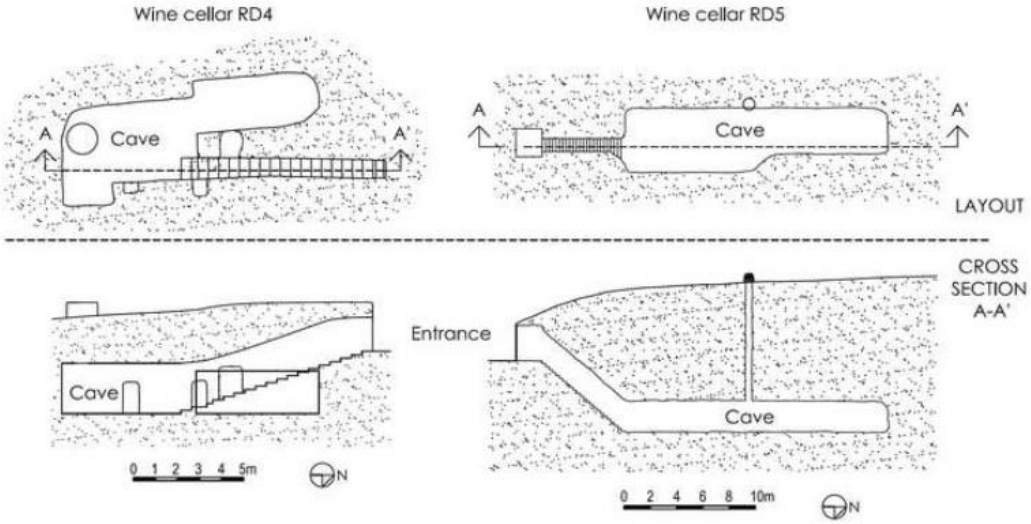
Σε τριετή έρευνα που έγινε σε υπόγεια ημιυπόγεια και επιφανειακά κελάρια στην Ισπανία με στόχο την αξιολόγηση της πιθανότητας να μεταφερθούν οι εγκαταστάσεις παλαίωσης και αποθήκευσης των κρασιών σε υπόγειο χώρο, καταγράφηκαν τα παρακάτω δεδομένα.

Αρχικά θα επεξηγηθούν 2 βασικές ορολογίες που θα βοηθήσουν τον αναγνώστη να κατανοήσει τα περιεχόμενα της έρευνας αυτής:

Συντελεστής απομείωσης (Decrement Factor) ορίζεται ως το ποσοστό μείωσης της έντασης της θερμοκρασίας κατά την διείσδυση ενός κύματος μέσα σε ένα στερεό σώμα. (Κοντολέων και Ευμορφοπούλου, 2008). Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της εσωτερικής θερμοκρασίας σε σχέση με την εξωτερική. Για παράδειγμα ένας συντελεστής

μείωσης της τάξης του 0,1 πως η εσωτερική θερμοκρασία είναι το 10% της εξωτερικής το οποίο μας δίνει μια μείωση της τάξης του 90%.

Χρονική καθυστέρηση (Time Lag) ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για ένα κύμα θερμότητας με περίοδο P να μεταδοθεί από μια εξωτερική επιφάνεια σε μια εσωτερική επιφάνεια μέσω ενός τοίχου (Κοντολέων και Ευμορφοπούλου, 2008). Τα στοιχεία που καταγράφηκαν σε μελέτη που έγινε στην Μαδρίτη, Ισπανία σε κελάρια διαφορετικού τύπου (Εικόνα 1.7) φαίνονται στον Πίνακα 1.2:



Εικόνα 1.7. Κελάρια διαφορετικού τύπου στην Ισπανία

Πίνακας 1.2. Ετήσιοι και ημερήσιοι συντελεστές απομείωσης και ετήσιες χρονικές καθυστερήσεις Μέσοι όροι από το 2006 ως το 2009 για RD1,2,3,4,5 και ένα χρόνο για RJ1,2.

	Basement				Semi-basement	Underground	
	RD1	RD2	RD3	RJ1	RJ2	RD4	RD5
Annual decrement factor	0.28±0.02	0.29±0.04	0.30±0.03	0.29	0.34	0.32±0.02	0.09±0.00
Annual time lag (days)	36±4	29±3	30±1	47	30	35±2	45±4
Daily decrement factor	0.02±0.03	0.01±0.01	0.01±0.01	0.02±0.03	0.02±0.02	0.01±0.02	0.04±0.05

Το κελάρι RD4 έχει μέσο βάθος 3,3 m ενώ το RD5 έχει μέσο βάθος 10 m. Όπως βλέπουμε στον πίνακα οι συντελεστές απομείωσης στα κελάρια RD1,2,3,4 και RJ1,2 κυμαίνονται

από 0,28-0,34 ενώ στο κελάρι RD5, το οποίο είναι και το πιο μεγάλο σε βάθος ο συντελεστής απομείωσης είναι 0,9. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει πως όσο το βάθος μεγαλώνει τόσο μεγαλώνει και η προστασία από την εξωτερική θερμοκρασία.

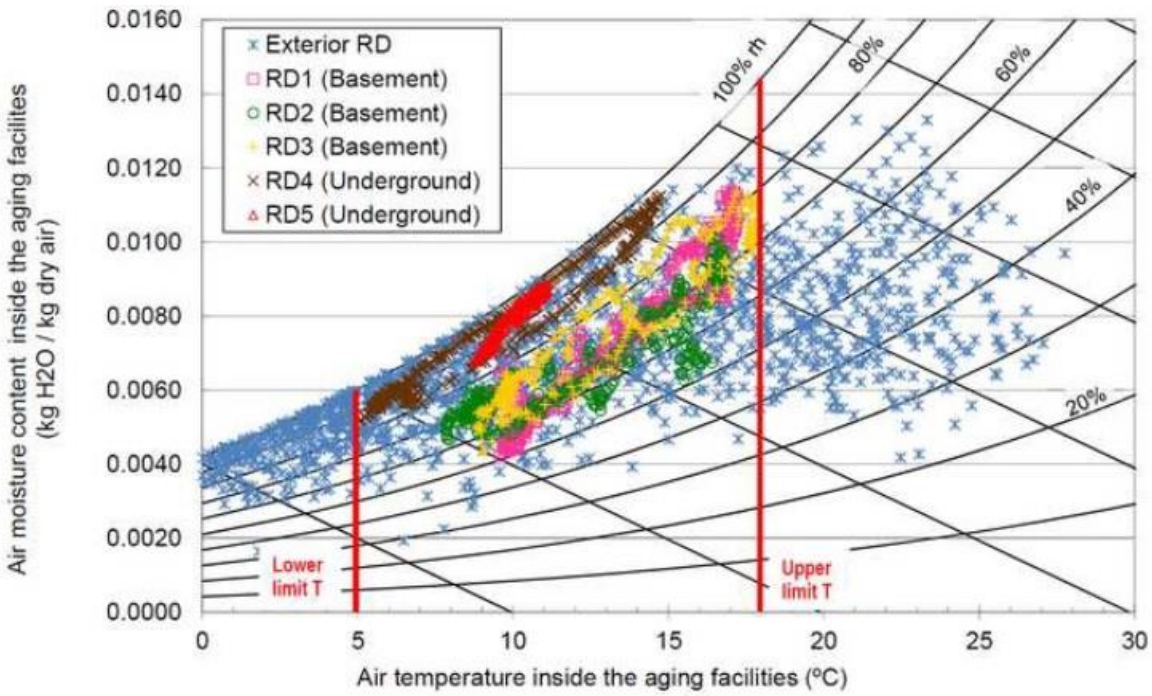
Όσον αφορά τη χρονική καθυστέρηση φαίνεται πως στο κελάρι RD5 είναι της τάξης των 45 ημερών μεγαλύτερη από σχεδόν όλα τα υπόλοιπα κελάρια.

Στον Πίνακα 1.3 φαίνεται πως το κελάρι με το μεγαλύτερο βάθος έχει με μεγάλη διαφορά το μικρότερο εύρος στην μεταβολή της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Τα στοιχεία αυτά αποδεικνύουν και πάλι την φυσική προστασία που προσφέρουν οι υπόγειοι χώροι από τις εξωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.

Πίνακας 1.3. Αντιπροσωπευτικές μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας από το 2006 ως το 2009

		Exterior RD	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5	Exterior RJ	RJ1	RJ2
T (ºC)	Average	11.1±0.7	13.3±0.3	12.4±0.4	13.3±0.3	9.6±0.2	10.0±0.0	13.8	14.2	16.0
	Maximum	27.0±0.5	17.5±0.5	17.2±1.1	18.3±0.7	14.9±0.4	11.3±0.1	27.2	18.2	21.0
	Minimum	-6.3±2.8	8.1±0.8	7.4±0.6	8.6±0.6	4.1±0.7	8.4±0.2	-2.2	9.8	11.2
	Interval	33.3±2.8	9.4±1.0	9.8±1.6	9.7±1.1	10.7±0.9	2.9±0.2	29.4	8.5	9.9
RH (%)	Average	73±4	77±3	71±2	73±2	92±1	94±3	66	81	80
	Maximum	100±0	97±4	88±3	89±4	98±2	97±3	97	92	86
	Minimum	26±5	53±6	46±5	47±3	74±4	85±2	31	49	53
	Interval	74±5	44±3	42±5	42±3	23±5	12±3	66	43	33

Στο Σχήμα 1.2 φαίνεται πως το κελάρι RD5 (χρώμα κόκκινο) το οποίο είναι το μεγαλύτερο σε βάθος έχει πολύ μικρές μεταβολές σε θερμοκρασία και υγρασία και δεν πλησιάζει τα ανώτερα και κατώτερα όρια θερμοκρασίας και η υγρασία βρίσκεται συνεχώς πάνω από το 80%.



Σχήμα 1.2. Υγροθερμικό διάγραμμα για υπόγεια και επίγεια κελάρια

Προστασία από τις φυσικές καταστροφές και τους σεισμούς.

Οι υπόγειες κατασκευές έχουν φυσική προστασία από τα ακραία καιρικά φαινόμενα (τυφώνες, ανεμοστρόβιλοι κ.α.). Επιπλέον, οι υπόγειες κατασκευές έχουν διάφορα φυσικά πλεονεκτήματα σε ότι αφορά την αντίσταση σε σεισμικές κινήσεις. Επηρεάζονται λιγότερο από τα επιφανειακά σεισμικά κύματα, απ' ότι οι επιφανειακές κατασκευές. Στην Εικόνα 1.8 (αριστερά) φαίνονται οι υλικές καταστροφές που υπέστη το κτίριο του δημαρχείου του Kobe της Ιαπωνίας στην επιφάνεια μετά το σεισμό του 1995. Αντίθετα, το υπόγειο εμπορικό κέντρο που υφίσταται ακριβώς κάτω από το προαναφερθέν κτίριο, Εικόνα 1.8 (δεξιά), δεν υπέστη την παραμικρή ζημιά.

Εικόνα 1.8. Επιφανειακές και υπόγειες εγκαταστάσεις στο Kobe μετά το σεισμό του 1995 (Ιαπωνία).

Φυσική προστασία.

Οι υπόγειες κατασκευές προσφέρουν πλεονεκτήματα σε ότι αφορά τη διατήρηση αντικειμένων ή τη φύλαξη προϊόντων. Επίσης, προσφέρουν προστασία από την ηχορύπανση και τις δονήσεις. Τέλος, σε περιπτώσεις εκρήξεων, διαρροής ραδιενέργειας και σε βιομηχανικά ατυχήματα, οι υπόγειες κατασκευές μπορούν να λειτουργήσουν ως χώροι καραντίνας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο υπόγειος χώρος αποθήκευσης αποβλήτων στο Λαύριο (Εικόνα 1.9).

Εικόνα 1.9. Υπόγειος χώρος αποθήκευσης αποβλήτων στο Λαύριο.

Δημιουργία περιορισμού.

Αποτελεί την αντίστροφη διαδικασία της προστασίας. Είναι πολύ σημαντική καθώς προστατεύει την επιφάνεια από τις ενοχλήσεις και τους κινδύνους που προκαλούνται από κάποιες εγκαταστάσεις, όπως είναι οι αποθήκες επικίνδυνων αποβλήτων.

Ασφάλεια.

Οι υπόγειες κατασκευές προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα σε ότι αφορά την ασφάλεια και τη φύλαξή τους. Το βασικό πλεονέκτημα είναι ότι τα σημεία πρόσβασης στις υπόγειες εγκαταστάσεις είναι περιορισμένα και φυλάσσονται με ευκολία.

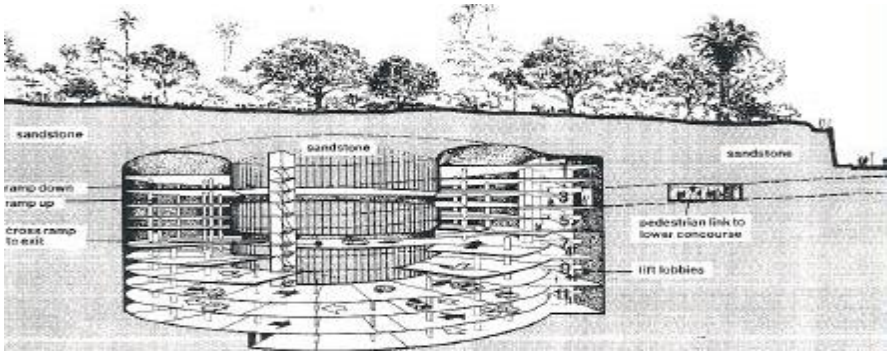
1.3.3 Λόγοι προστασίας του περιβάλλοντος

Είναι γεγονός ότι πλέον σε κάθε πρακτική του ανθρώπου δίνεται αυξημένη βαρύτητα στο θέμα των περιβαλλοντικών όρων. Έχει αποδειχθεί ότι οι υπόγειες κατασκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολύ αποτελεσματικότερα, προσφέροντας υψηλή περιβαλλοντική προστασία. Ειδικότερα, εξετάζονται οι πτυχές οι οποίες προσδίδουν χαμηλή περιβαλλοντική επίδραση όταν σχεδιάζεται μια εγκατάσταση (ITA WG4, 2000).

Αισθητική.

Μια πλήρως ή μερικώς υπόγεια κατασκευή ασκεί μικρότερη οπτική επίδραση από μια ισοδύναμη επιφανειακή. Γεγονός το οποίο εξυπηρετεί την απόκρυψη ανεπιθύμητων τεχνικών εγκαταστάσεων σε ευαίσθητες περιοχές. Η υπόγεια λύση συντελεί στη διατήρηση των φυσικών τοπίων. Στην **Εικόνα** 1.10 φαίνεται πόσο ραγδαία είναι η αλλαγή στην όψη της πλατείας Estienne d' Orves μετά την κατασκευή υπόγειου χώρου στάθμευσης. Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της όπερας της Αυστραλίας, όπου η κατασκευή υπόγειου χώρου στάθμευσης επέτρεψε να παραμείνει αναλλοίωτο το εξαιρετικής αρχιτεκτονικής κτίριο (Εικόνα 1.11).

Εικόνα 1.10 Πλατεία Estienne d' Orves πριν και μετά την κατασκευή υπόγειου χώρου στάθμευσης (Μασσαλία Γαλλίας).



Εικόνα 1.11. Πανοραμική άποψη της αίθουσας όπερας της Αυστραλίας και εξωτερική και εσωτερική άποψη του υπόγειου χώρου στάθμευσής της.

Οικολογία

Σε πολλές περιπτώσεις, οι υπόγειες κατασκευές συντελούν στη διατήρηση της φυσικής βλάστησης με αποτέλεσμα να προκαλείται μικρότερης κλίμακας ζημιά στην τοπική και παγκόσμια οικολογική αλυσίδα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η περίπτωση σήραγγας σε αυτοκινητόδρομο της Φιλανδίας, όπου επιτρέπει την ελεύθερη διάβαση των ζώων καθώς και τη συνέχιση της βλάστησης (Εικόνα 1.12). Επιπλέον, η διέλευση της σιδηροτροχιάς υπογείως έχει αφήσει ανέπαφο το φυσικό τοπίο των πεδιάδων της Ολλανδίας (Εικόνα 1.13).

Εικόνα 1.1211. Σήραγγα με υπέργειο σχηματισμό «πράσινης» γέφυρας (Φινλανδία).

Εικόνα 1.13. The Green Heart Tunnel (Ολλανδία).

1.3.4 Λόγοι τοπογραφίας

Σε λοφώδεις ή ορεινές περιοχές, η χρήση σηράγγων βελτιώνει ή κάνει εφικτή την κατασκευή σημαντικών μεταφορικών δικτύων. Οι σήραγγες αποτελούν μια σημαντική εναλλακτική λύση στην περίπτωση διέλευσης μεταφορικών μέσων μέσω ποταμών, στενών και λιμανιών. Η χρήση υπόγειου χώρου προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα για τον καλύτερο σχεδιασμό των εγκαταστάσεων και των υποδομών. Αυτά τα πλεονεκτήματα προκύπτουν από την ελευθερία που παρέχει ο υπόγειος χώρος να πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός σε τρεις διαστάσεις καθώς και από την άρση των υφιστάμενων φυσικών εμποδίων στην επιφάνεια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Noord Tunnel στο Άμστερνταμ της Ολλανδίας (Εικόνα 1.14), όπου η διέλευση, λόγω τοπογραφίας, ήταν δυνατή μόνο υπογείως ή επιφανειακά με γέφυρα (ITA WG4, 2000).

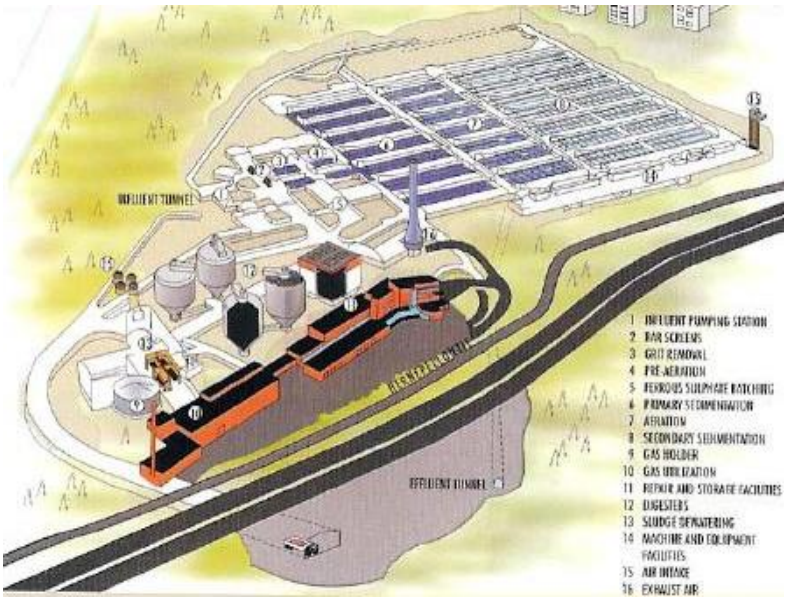
Εικόνα 1.14. The Noord Tunnel (Άμστερνταμ-Ολλανδίας).

1.3.5 Λόγοι κοινωνικών οφελών

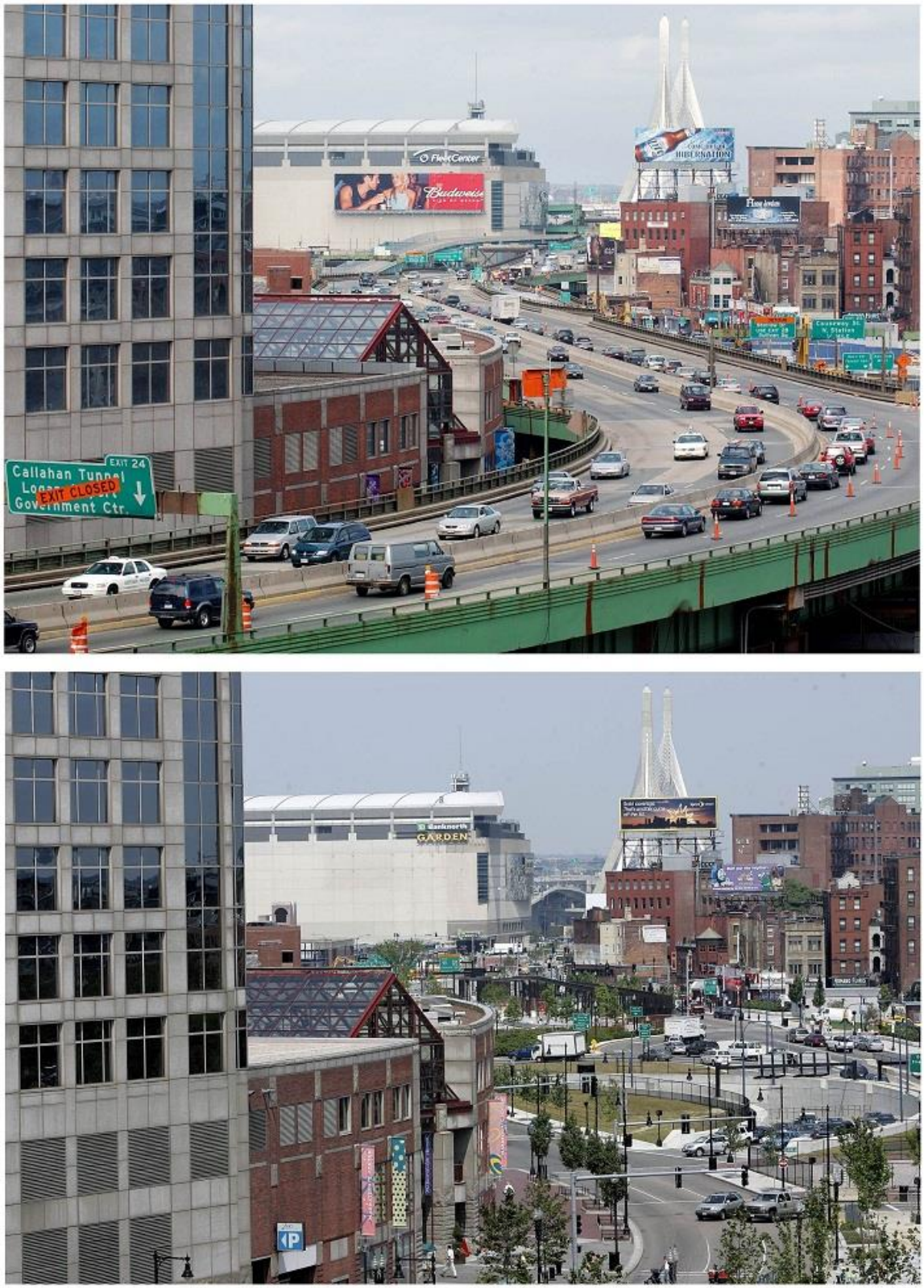
Πόλεις οι οποίες δύναται να λειτουργήσουν οικονομικά, κοινωνικά και οικολογικά παρέχουν τα απαραίτητα στοιχεία για μια αξιοπρεπή διαβίωση. Ο υπόγειος χώρος παίζει καταλυτικό ρόλο προς την κατεύθυνση αυτή, εξυπηρετώντας πολλούς ζωτικούς τομείς μιας μεγαλούπολης (ITA WG4, 2000). Ειδικότερα:

Οι σήραγγες διαδραματίζουν έναν ζωτικής σημασίας περιβαλλοντικό ρόλο με τη μετάβαση καθαρού ύδατος σε χώρες που έχουν έλλειψη (τριτοκοσμικές χώρες) καθώς και με την απομάκρυνση αποβλήτων εκτός αστικών περιοχών (Σχήμα 1.3).

Οι σήραγγες παρέχουν ασφαλή, γρήγορη και μη εμφανή αστικά συστήματα μαζικής μεταφοράς. Η κατασκευή σηράγγων για τις μετακινήσεις εντός των πόλεων θα απομακρύνει τα οχήματα από την επιφάνεια, θα προκαλέσει μείωση της ηχορύπανσης, θα αμβλύνει την ατμοσφαιρική μόλυνση και οι επιφανειακές εκτάσεις θα μπορούν να προοριστούν για εναλλακτικές παραγωγικότερες λύσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μακέτα (Εικόνα 1.15) που δείχνει την κατάσταση της πόλης της Βοστώνης στις Η.Π.Α., πριν και μετά τη μετάβαση του οδικού δικτύου υπογείως, Συγκρίνοντας τις δύο εικόνες είναι προφανής η αποσυμφόρηση και τα οφέλη που συνεπάγεται αυτή η κίνηση.



Σχήμα 1.3. Εργοστάσιο διαχείρισης υγρών αποβλήτων (Ελσίνκι-Φιλανδίας).



Εικόνα 1.15. Εικόνα της Βοστώνης πριν και μετά τη μετάβαση του δικτύου υπογείως (Βοστώνη-Η.Π.Α.).

Οι υπόγειοι χώροι στάθμευσης και τα υπόγεια εμπορικά κέντρα εντός των πόλεων αποδεσμεύουν σημαντικές επιφανειακές εκτάσεις για κατασκευή χώρων ψυχαγωγίας. Η κατασκευή του χώρου στάθμευση υπογείως Εικόνα (1.16), αποδέσμευσε μεγάλη έκταση για ψυχαγωγικούς σκοπούς των μαθητών σχολείου της Στοκχόλμης.

Εικόνα 1.16. Εξωτερική και εσωτερική άποψη υπόγειου χώρου στάθμευσης κάτω από προαύλιο (Στοκχόλμη-Σουηδία).

Οι σήραγγες πολλαπλών χρήσεων είναι λιγότερο τρωτές στις εξωτερικές συνθήκες απ' ότι οι αντίστοιχες επιφανειακές. Τέλος, η αποθήκευση πυρηνικών ή άλλων επικίνδυνων ή ανεπιθύμητων υλικών, υπογείως βρίσκει σύμφωνη την πλειοψηφία των κατοίκων μιας πόλης.

1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

1.4.1 Πλεονεκτήματα

Η προσπάθεια παρουσίασης των βασικών χαρακτηριστικών των υπόγειων κατασκευών, μέσα στο ευρύ φάσμα χρήσεων που αυτές έχουν, δεν είναι κάτι απλό, καθώς τα πιθανά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που αυτές παρουσιάζουν είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τις εκάστοτε συνθήκες που επικρατούν στη θέση κατασκευής.

Η πολυκριτηριακή προσέγγιση των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από τη χρήση υπόγειου χώρου καθιστούν δύσκολη την επιλογή διαχωρισμού. Από τις διάφορες προσεγγίσεις, η ITA Group 13 επέλεξε να βασιστεί στον εξής διαχωρισμό (Sterling and Godard, ITA WG13, 1995):

- Άμεσα πλεονεκτήματα, τα οποία προκύπτουν από την υπόγεια τοποθέτηση συγκεκριμένων χρήσεων (π.χ. υπόγεια γκαράζ αντί επιφανειακών).
- Έμμεσα πλεονεκτήματα, τα οποία προκύπτουν από τις υπηρεσίες που προσφέρει ένας συγκεκριμένος τύπος έργου (π.χ. υπόγεια συγκοινωνιακά έργα).

Ενώ τα έμμεσα πλεονεκτήματα πηγάζουν από τις ιδιαιτερότητες μιας συγκεκριμένης χρήσης, ανεξάρτητα της επιφανειακής ή της υπόγειας τοποθέτησης της, τα άμεσα απορρέουν από ορισμένα εν γένει χαρακτηριστικά του υπογείου χώρου

Για την κατανόηση της φύσης αυτών των πλεονεκτημάτων, πρέπει αρχικά να γίνουν κατανοητά τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά ενός υπόγειου χώρου (ITA, 2000)

1. Καταρχήν, ο υπόγειος χώρος έχει υψηλή διαθεσιμότητα. Η κατασκευή ενός έργου κάτω από την επιφάνεια του εδάφους μπορεί να γίνει σχεδόν οπουδήποτε, ενώ οι παράγοντες που μπορούν να θέσουν περιορισμούς σε αυτό είναι μάλλον περιορισμένοι. Έτσι, η υψηλή διαθεσιμότητα που εμφανίζουν οι υπόγειες κατασκευές, επιτρέπει τη δημιουργία έργων ακόμα και σε τοποθεσίες όπου δεν είναι δυνατή η κατασκευή επιφανειακών εγκαταστάσεων.
2. Ένα ακόμη θεμελιώδες χαρακτηριστικό του υπόγειου χώρου είναι η φυσική προστασία που προσφέρει σε κάθε υπόγεια κατασκευή. Η προστασία αυτή είναι ταυτόχρονα μηχανική, θερμική και ακουστική. Για παράδειγμα : Το κόστος για τον κλιματισμό των επίγειων οινοποιείων μπορεί να υπολογιστεί αν προστεθεί το κόστος του εξοπλισμού και το κόστος της ενεργειακής κατανάλωσης. Για παράδειγμα ένα τυπικό επίγειο κελάρι στο κέντρο της Ισπανίας με επιφάνεια 4500 m^2 , (2000 m^2 κλιματιζόμενου χώρου για παλαίωση και αποθήκευση κρασιού), έχει ετήσιο ενεργειακό κόστος περίπου 60.000 € (550.000 kWh). Το οινοποιείο αυτό έχει εξοπλισμό θέρμανσης 322 kW και εξοπλισμό ψύξης 298 kW. Το κόστος του εξοπλισμού αυτού μπορεί να ξεπεράσει τις 10.000 € το χρόνο. Συμπεραίνεται λοιπόν πως το ενεργειακό κόστος που εξοικονομείται από μια υπόγεια κατασκευή (στην περίπτωση της συγκεκριμένης η οποία έχει περίπου 10.000 m^2 χώρους αποθήκευσης κρασιού) θα είναι της τάξης των 350.000 € το χρόνο.
3. Από την άλλη μεριά, ο περιορισμός που δημιουργείται από τον υπόγειο χώρο συντελεί στην προστασία του περιβάλλοντος. Οι υπόγειοι χώροι έχουν να επιδείξουν αξιοσημείωτες επιδόσεις σε ζητήματα περιορισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και εξοικονόμησης ενέργειας.
4. Τελευταίο χαρακτηριστικό είναι η αδιαφάνεια. Χάρη στο φυσικό αδιαπέραστο φραγμό που επιβάλλει το γεωλογικό μέσο, μια υπόγεια κατασκευή είναι ορατή μόνο στα σημεία σύνδεσης με την επιφάνεια.

Οι λόγοι που περιγράφηκαν στην παράγραφο 1.3 μπορούν να θεωρηθούν και ως άμεσα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τα εν γένει χαρακτηριστικά του υπόγειου χώρου.

1.4.2 Μειονεκτήματα

Η εξέταση των πλεονεκτημάτων έγινε με βάση τα βασικά χαρακτηριστικά του υπόγειου χώρου, ενώ τα μειονεκτήματα αφορούν κυρίως (Μπενάρδος και Καλιαμπάκος, 2010):

- Τα υψηλά ποσά αρχικής επένδυσης και η αβεβαιότητα που επικρατεί για την καλή τεχνική και οικονομική λειτουργία του έργου.
- Η ανθρώπινη ψυχολογία που πολλές φορές δημιουργεί φοβίες και αμφιβολίες για τη χρήση του υπογείου χώρου.

Υψηλά ποσά αρχικής επένδυσης - Αβεβαιότητα.

Η δημιουργία υπόγειων έργων απαιτεί υψηλές αρχικές επενδύσεις και μεγάλη χρονική διάρκεια κατασκευής. Τα εξειδικευμένα εργαλεία και το υψηλό επίπεδο των πόρων που δεσμεύονται, δημιουργούν μια ιδιαίτερη σχέση οικονομικού κινδύνου του εγχειρήματος, σε συνδυασμό με το υψηλό βαθμό αβεβαιότητας, που πολλές φορές υπεισέρχεται στην κατασκευή. Επιπλέον, η συχνή αντιπαράθεση για θέματα συμβάσεων και απαιτήσεων, μεταξύ των εμπλεκομένων μερών (κύριος έργου – κατασκευαστής) δρουν σε ένα βαθμό ανασταλτικά για την πραγματοποίηση έργων, τουλάχιστον σε δύσκολες ή ασαφείς γεωλογικές συνθήκες.

Ανθρώπινη ψυχολογία.

Οι ψυχολογικοί παράγοντες, οι φοβίες και αμφιβολίες των ανθρώπων για τη λειτουργία σε ένα υπόγειο, κλειστό χώρο, αν και μπορεί να φαντάζει ως ένα σχετικά μικρό ζήτημα, το οποίο μπορεί να αντιμετωπιστεί, πολλές φορές μπορεί να δράσει ως ο πιο αποφασιστικός ανασταλτικός παράγοντας για τη δημιουργία ενός υπόγειου έργου, καθώς απειλεί την οικονομική του βιωσιμότητα.

Η μη εξοικείωση με την ίδια τη φιλοσοφία των υπόγειων έργων και τις δυνατότητες υπόγειας ανάπτυξης δημιουργεί επιπρόσθετα προβλήματα, όταν χρειαστεί να παρθούν αποφάσεις πολιτικής ή οικονομικής φύσεως, από ανθρώπους που αγνοούν τις συγκεκριμένες επιλογές και είναι προσκείμενοι σε πιο «συντηρητικά» και «σίγουρα» επιφανειακά έργα.

Μια πιο αναλυτική και ευθεία σύγκριση μεταξύ των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που εμφανίζει η εκμετάλλευση του υπόγειου χώρου δίνεται ακολούθως (Πίνακας 1.4) όπου γίνεται η εξέταση κάτω από ένα πρίσμα τριών βασικών κριτηρίων, την οικονομική, τεχνική/λειτουργική και κοινωνική/περιβαλλοντική σκοπιά. Αν και είναι

βέβαιο ότι πρόκειται για μια πολύ γενική προσέγγιση, εντούτοις ο πίνακας δίδει μια σαφή εικόνα για τα θέματα που δρουν υπέρ ή κατά, σε μια απόφαση για την επιλογή μιας υπόγειας κατασκευής, έναντι μιας αντίστοιχης επιφανειακής (Μπενάρδος, 2001).

Πίνακας 1.4. Σύγκριση μεταξύ των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που εμφανίζει η εκμετάλλευση του υπόγειου χώρου (Μπενάρδος, 2001).

Παράμετρος	**Πλεονεκτήματα**	**Μειονεκτήματα**
Οικονομική	+ Μείωση κόστους από τις μικρότερες απαιτήσεις για τη δέσμευση – χρήση επιφανειακών εγκαταστάσεων + Μειωμένα κόστη συντήρησης και λειτουργίας + Οφέλη από την εκμετάλλευση τον προϊόντων εξόρυξης + Εξοικονόμηση ενέργειας	– Πιθανή αύξηση κόστους με την ύπαρξη κακών ή αβέβαιων γεωτεχνικών συνθηκών – Μεγάλα κεφάλαια προς επένδυση – Αβεβαιότητα (Επένδυσης, Συμβάσεων, Χρόνου κατασκευής)
Τεχνική/Λειτουργική	+ Πιο συμπαγή /συγκεντρωμένη αστική δόμηση, με εγκατάσταση νέων υπογείων χρήσεων + Μειωμένα προβλήματα σχετικά με την τοποθέτηση και έκταση των έργων (διαθεσιμότητα) + Μεγάλη αυτονομία και αυξημένες δυνατότητες επεκτασιμότητας + Αποτελεσματικότητα στην επίλυση προβλημάτων και προσπέλαση εμποδίων (π.χ. οδική σήραγγα) + Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων + Θερμική, κλιματική, σεισμική προστασία και ασφάλεια έναντι δολιοφθορών, βιομηχανικών ατυχημάτων + Λειτουργία υπό συνθήκες θερμοκρασιακής σταθερότητας	– Μεγάλη συνήθως κατασκευαστική περίοδος – Περιορισμός στο μέγιστο άνοιγμα του υπογείου χώρου – «Μόνιμο» έργο – Υψηλή εξειδίκευση συστημάτων και εξοπλισμού – Αυξημένες διατάξεις ασφαλείας, εξοπλισμού παρακολούθησης και μόνιμου αερισμού – Πιθανά προβλήματα στη διάταξη των προσπελαστικών έργων και των επιφανειακών συνδέσεων – Υπόγεια νερά, φυσικά αέρια, υψηλές θερμοκρασίες και αντιμετώπισή τους

Κοινωνική/Περιβαλλοντική	+ Εξοικονόμηση επιφανειακού χώρου από Δευτερεύουσες χρήσεις (π.χ. στάθμευση) για αναψυχή, εργασία, στέγαση + Δημιουργία χώρου για την υπόγεια μετεγκατάσταση χρήσεων ανεπιθύμητων στην επιφάνεια του εδάφους (π.χ. επεξεργασία λυμάτων, αποθήκευση αποβλήτων) + Μεγαλύτερη περιβαλλοντική προστασία στο οικοσύστημα και στα χαρακτηριστικά της επιφανειακής απορροής + Μειωμένες επιδράσεις στο γεωμορφολογικό ανάγλυφο και χαρακτηριστικά της περιοχής (μηδενική οπτική ρύπανση) + Καλύτερος έλεγχος και αντιμετώπιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (π.χ. θόρυβος, αέρια ρύπανση) + Μειωμένες οχλήσεις κατά την κατασκευαστική περίοδο	– Πιθανή δημιουργία αντιδράσεων και φόβου από την εργασία – παραμονή σε υπόγειο περιβάλλον – Κίνδυνος αλλαγών στα χαρακτηριστικά του υδροφόρου ορίζοντα και στην κίνηση των υπογείων υδάτων της περιοχής

1.5 Τάσεις και προοπτικές

Η σημασία των υπόγειων έργων για τη δημιουργία ενός νέου τύπου ανάπτυξης, με γνώμονα τη βελτίωση των συνθηκών ζωής, παρά τα όποια μειονεκτήματα που παρουσιάζει, είναι κάτι που δεν μπορεί να αμφισβητηθεί. Το κυριότερο ζήτημα που χρειάζεται να αντιπαρέλθει η ανάπτυξη των υπόγειων κατασκευών, είναι το θέμα του κόστους της κατασκευής, το οποίο εμφανίζεται σε αρκετές περιπτώσεις να είναι πιο αυξημένο, έναντι των κλασικών επιφανειακών επιλογών (Μπενάρδος και Καλιαμπάκος, 2010).

Μια αυστηρά οικονομική εξέταση μπορεί πραγματικά να δείξει ότι η υπόγεια ανάπτυξη είναι ακόμη πιο ακριβή σε ορισμένους τομείς, όμως δεν μπορεί να δώσει ακριβείς εκτιμήσεις, σε οικονομικούς όρους, για τα οφέλη που προκύπτουν από την επιλογή αυτή. Ο συνυπολογισμός του εξωτερικού κόστους σε μια ανάλυση κόστους - οφέλους (Cost-Benefit) μπορεί να αντιστρέψει την κατάσταση και να δείξει ότι η υιοθέτηση υπόγειων λύσεων πολλές φορές είναι πιο οικονομική. Ακόμη και αν αυτό δεν συμβαίνει, οι υπόγειες κατασκευές θέτουν υποψηφιότητα και έχουν βάσιμες ελπίδες να

γίνουν οι πιο αποδεκτές λύσεις για τη μελλοντική ανάπτυξη και τη δημιουργία των έργων υποδομής, ιδιαίτερα στο επιβαρημένο αστικό περιβάλλον, αφού έχουν αποδείξει τη μεγάλη τους ικανότητα στη λύση των προβλημάτων, με παράλληλη επίτευξη υψηλής περιβαλλοντικής προστασίας (Μπενάρδος και Καλιαμπάκος, 2010).

Σίγουρα πάντως, η ζήτηση για την υιοθέτηση υπόγειων κατασκευών αναμένεται να είναι έντονα αυξητική, αν υπάρξουν οι παρακάτω προϋποθέσεις (Edelenbos et al., 1998) :

1. Αυξημένο ενδιαφέρον για την ποιότητα ζωής, που σχετίζεται με την προστασία του περιβάλλοντος, την ασφάλεια και αύξηση του βιοτικού επιπέδου.
2. Αυξημένες πιέσεις για τη διαφύλαξη του εναπομείναντος επιφανειακού χώρου, οι οποίες θα οδηγήσουν σε προσπάθειες για την αύξηση της αποδοτικότητας των επιφανειακών χρήσεων καθώς και στην πιο εκλεκτική χρησιμοποίηση του.
3. Επιδείνωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, γεγονός που θα επιφέρει μεγαλύτερες κοινωνικές πιέσεις για την αντιμετώπιση τους και υιοθέτηση νέων τεχνικών για την επίτευξη του στόχου αυτού.
4. Υψηλή οικονομική ανάπτυξη, που θα επιτρέψει την πραγματοποίηση πιο δυναμικών επενδυτικών προγραμμάτων, αλλά και θα οδηγήσει παράλληλα σε αύξηση των απαιτήσεων, από την πλευρά των πολιτών, προς τη βελτίωση των συνθηκών ζωής.
5. Τεχνολογική πρόοδος, που θα δημιουργήσει νέες κατασκευαστικές δυνατότητες, ενώ παράλληλα θα επιτρέψει την πιο οικονομική κατασκευή των έργων.
6. Ενεργή πολιτική από πλευρά των κυβερνητικών φορέων και εφαρμογή αυστηρών περιβαλλοντικών και χωροταξικών κανονισμών, κάτι που με τη σειρά του θα ωθήσει στη μεγαλύτερη και ενεργητικότερη αξιοποίηση του υπόγειου χώρου.

Οι προοπτικές που ανοίγονται για τη δημιουργία και αξιοποίηση των υπόγειων κατασκευών, είναι αρκετά σημαντικές, χρειάζεται όμως να αντιμετωπιστούν ζητήματα που θα άρουν ή θα εξομαλύνουν τα αρνητικά χαρακτηριστικά τους. Άλλωστε, κάτι τέτοιο θα βοηθήσει επιπλέον στην καλύτερη και ομαλότερη ενσωμάτωση τους στον υπάρχοντα χωροταξικό σχεδιασμό, κάνοντας τα ένα αναπόσπαστο τμήμα του.

2 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΑΣΙ

2.1 Τι είναι το κρασί

Το κρασί (οίνος) είναι το προϊόν που προέρχεται από την αλκοολική ζύμωση, μερική η ολική, του γλεύκους ή και των ώριμων νωπών σταφυλιών (Σταυρακάκη, 1998). Για να πραγματοποιηθεί σωστά η ωρίμανση του οίνου, θα πρέπει η αποθήκευσή του να γίνει σε ένα μέρος με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία θα ικανοποιούν τις απαιτήσεις που θέτει η ωρίμανση. Η διεργασία της ωρίμανσης αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό μέρος της διαδικασίας της οινοποίησης.

Επειδή στη συγκεκριμένη εργασία εξετάζεται η δημιουργία ενός υπόγειου χώρου αποθήκευσης κρασιού είναι αναγκαίο να μελετηθεί το στάδιο της ωρίμανσης και αποθήκευσης του κρασιού.

2.2 Ωρίμανση και αποθήκευση (παλαίωση) κρασιού

Αφού τελειώσουν οι διαδικασίες επεξεργασίας των σταφυλιών και της ζύμωσης η διαδικασία φτάνει στο σημείο της ωρίμανσης και αποθήκευσης (παλαίωσης) του κρασιού. Με το πέρας τη ζύμωσης, εισάγεται ο οίνος σε βαρέλια, όπου παραμένει συνήθως για χρονικό διάστημα από έξι ως δώδεκα μήνες, έτσι ώστε να παλαιωθεί. Το χρονικό διάστημα της ωρίμανσης διαφέρει ανάλογα με την οινοπαραγωγό εταιρεία και τον τύπο του κρασιού (λευκό, ερυθρό), ενώ μπορεί να ανέλθει ακόμα και σε μερικά χρόνια. Η διαδικασία της ωρίμανσης θα πρέπει να πραγματοποιείται υπό σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Συγκεκριμένα, μια θερμοκρασία της τάξεως των 15 ºC (5-18 ºC τα όρια) και μια υγρασία της τάξης του 85%, θεωρούνται ιδανικές για την οινοποίηση. Τέλος πραγματοποιείται η αποθήκευση (παλαίωση) του οίνου, σε δρύινα βαρέλια ή ανοξείδωτες δεξαμενές, η οποία πρέπει να γίνεται στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας με την ωρίμανση και πραγματοποιείται σε γυάλινα μπουκάλια (Κοτσερίδης, 2006). Στην Εικόνα 2.1 φαίνεται ένα μηχάνημα αυτόματης εμφιάλωσης και στην Εικόνα 2.2 ανοξείδωτες δεξαμενές οινοποίησης.

Εικόνα 2.1. Αυτόματο μηχάνημα εμφιάλωσης

Εικόνα 2.2. Ανοξείδωτες δεξαμενές οινοποίησης

2.4 Παραγωγές – Κατανάλωση – Εισαγωγές – Εξαγωγές

Στην Ελλάδα, κύριες αμπελοοινικές περιοχές είναι η Πελοπόννησος, η Κρήτη, η Στερεά Ελλάδα και Εύβοια, η Μακεδονία και η Θράκη. Σημαντικές αμπελουργικές εκτάσεις υπάρχουν επίσης στα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου, στα Δωδεκάνησα και στη Θεσσαλία.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.1) φαίνονται οι παραγωγές της Ελλάδας από το 1990 μέχρι το 2012 και η ετήσια μεταβολή τους σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας:

Πίνακας 2.1. Ελληνική οινοπαραγωγή σε 1000HL (ΚΕΟΣΟΕ, 2013)

Έτη	ΟΙΝΟΙ ΧΩΡΙΣ ΠΟΠ/ΠΓΕ	ΠΟΠ	ΠΓΕ	ΠΟΙΚΙΛΙΑΚΟΙ ΟΙΝΟΙ	Αλλοι	Σύνολο	Μεταβολή ανά έτος
1990	2.766	259			501	3.526	
1991	3.381	199			436	4.016	13,90
1992	3.543	236			271	4.050	0,85
1993	3.184	203			5	3.392	-16,25
1994	2.795	223			33	3.051	-10,05
1995	3.554	266			30	3.850	26,19
1996	3.738	313			58	4.109	6,73
1997	3.602	342			43	3.987	-2,97
1998	3.466	358			2	3.826	-4,04
1999	3.343	337			0	3.680	-3,82
2000	3.224	327			7	3.558	-3,32
2001	3.037	338			2	3.477	-2,28
2002	2.836	249			13	3.098	-10,90
2003	3.491	372			1	3.864	24,73
2004	3.929	366				4.295	11,15
2005	3.755	338				4.093	-4,70
2006	3.530	370				3.900	-4,72
2007	3.150	350				3.511	-9,97
2008	3.510	345			12	3.868	10,17
2009	2.254	340	485		285	3.365	-13,00
2010	2.270	280	550			3.100	-7,88
2011	1.716	280	470		284	2.750	-11,29
2012	2.100	330	600	120	0	3.150	14,55

Στα παραπάνω στοιχεία φαίνεται πως παρ' όλη την καθοδική πορεία που είχε η παραγωγή οίνου από το 2005 ως και το 2011, η παραγωγή το 2012 φτάνει στο 75% της μέγιστης παραγωγής οίνου στην Ελλάδα τα τελευταία 22 χρόνια δηλαδή 315.000.000 λίτρα.

Στον Πίνακα 2.2 φαίνεται η κατανάλωση οίνου στην Ελλάδα από το 1995 μέχρι το 2012 με βάση τα στατιστικά στοιχεία της Κεντρικής Συνεταιριστικής Ένωσης Αμπελοοινικών Προϊόντων (Κ.Ε.Ο.Σ.Ο.Ε).

Πίνακας 2.2. Κατανάλωση οίνου στην Ελλάδα από το 1995 μέχρι το 2012 (ΚΕΟΣΟΕ, 2013)

Έτη	Ποσότητα σε 1000HL	Ανά Κάτοικο	Ανά Καταναλωτή
1995/96	3.105	29,60	41,40
1996/97	3.300	31,40	44,00
1997/98	2.900	27,60	38,70
1998/99	2.958	28,20	39,40
1999/00	2.752	26,21	36,61
2000/01	2.747	26,20	36,70
2001/02	2.942	28,00	39,00
2002/03	2.466	23,00	32,90
2003/04	2.978	28,40	39,48
2004/05	3.207	30,50	42,51
2005/06	3.242	30,90	42,97
2006/07	3.218	30,60	42,66
2007/08	3.188	30,40	42,26
2008/09	2.926	27,90	38,79
2009/10	3.248	30,90	43,05
2010/11	3.158	30,10	41,85
ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: Ανά κάτοικο: 10.500.000, Ανά καταναλωτή: 7.500.000			
Επεξεργασία στοιχείων: ΚΕΟΣΟΕ			

Όπως βλέπουμε για παράδειγμα το 2008, η παραγωγή οίνου στην Ελλάδα ήταν 386.800.000 λίτρα και οι εισαγωγές ήταν 23.443.000 λίτρα τα οποία διαμορφώνουν ένα σύνολο 410.243.000 λίτρων. Η κατανάλωση στην Ελλάδα την ίδια χρονιά ήταν 292.600.000 λίτρα και οι εξαγωγές ήταν 26.875.500 λίτρα δηλαδή ένα σύνολο 319.475.500 λίτρων. Αυτό σημαίνει πως τη συγκεκριμένη χρονιά υπήρξαν 90.767.500 λίτρα διαθέσιμα για παλαίωση η για μελλοντική πώληση σε περιπτώσεις μειωμένης παραγωγής η αυξημένης ζήτησης. Οι συνολικές ανάγκες αποθήκευσης προκύπτουν από το γεγονός ότι το προϊόν δεν καταναλώνεται άμεσα αλλά παράγεται συγκεκριμένη,

περιορισμένη περίοδο του χρόνου και χρειάζεται χρόνο για την οινοποίησή του, ενώ η κατανάλωση είναι σχεδόν ομοιόμορφη όλο το χρόνο.

Στη συνέχεια ακολουθούν οι πίνακες 2.3 και 2.4 με ποσότητες και τιμές εισαγωγής και εξαγωγής κρασιού στην Ελλάδα σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία:

Πίνακας 2.3. Εισαγωγές και αξία εισαγωγών οίνου 2000 - 2011 (σε HL και €) (ΕΣΥΕ, 2013)

Έτος	Εισαγωγές	Αξία εισαγωγών
2000	182.630	20.418.832
2001	498.265	28.221.977
2002	125.309	44.164.303
2003	326.705	23.710.127
2004	245.946	24.969.239
2005	136.400	23.481.109
2006	149.136	25.089.987
2007	190.531	32.840.463
2008	234.430	36.698.633
2009	162.919	29.697.044
2010	107.358	24.466.231
2011	202.939	26.579.205
Πηγή: ΕΣΥΕ		

Πίνακας 2.4. Εξαγωγές και αξία εξαγωγών οίνου 2010 - 2011 (σε HL και €) (ΕΣΥΕ, 2013)

Έτος	Εξαγωγές	Αξία εξαγωγών
2000	454.969	68.478.652
2001	787.252	78.971.610
2002	310.093	50.987.253
2003	596.817	66.247.897
2004	351.452	63.784.213

2005	337.150	57.480.240
2006	308.027	52.275.041
2007	338.589	57.472.986
2008	268.755	55.609.868
2009	304.060	57.839.344
2010	385.668	57.874.315
2011	339.492	62.209.806
Πηγή: ΕΣΥΕ		

Από τους παραπάνω πίνακες φαίνεται πως η Ελλάδα εισάγει οίνους με μέση τιμή 132,8€/HL και εξάγει οίνους με μέση τιμή 152,5€/HL γεγονός που δείχνει πως οι ελληνικοί οίνοι κοστολογούνται ακριβότερα από τους οίνους των υπόλοιπων χωρών. Φαίνεται επίσης πως την περίοδο 2000-2011 οι εξαγωγές οίνου είναι διπλάσιες από τις εισαγωγές και έχουν αποφέρει έσοδα 729.231.225€ ενώ οι εισαγωγές κόστισαν 340.337.150€. Το συνολικό ετήσιο όφελος από τις εισαγωγές-εξαγωγές ανέρχεται στα 32.407.840€.

3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΚΕΛΑΡΙΩΝ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ

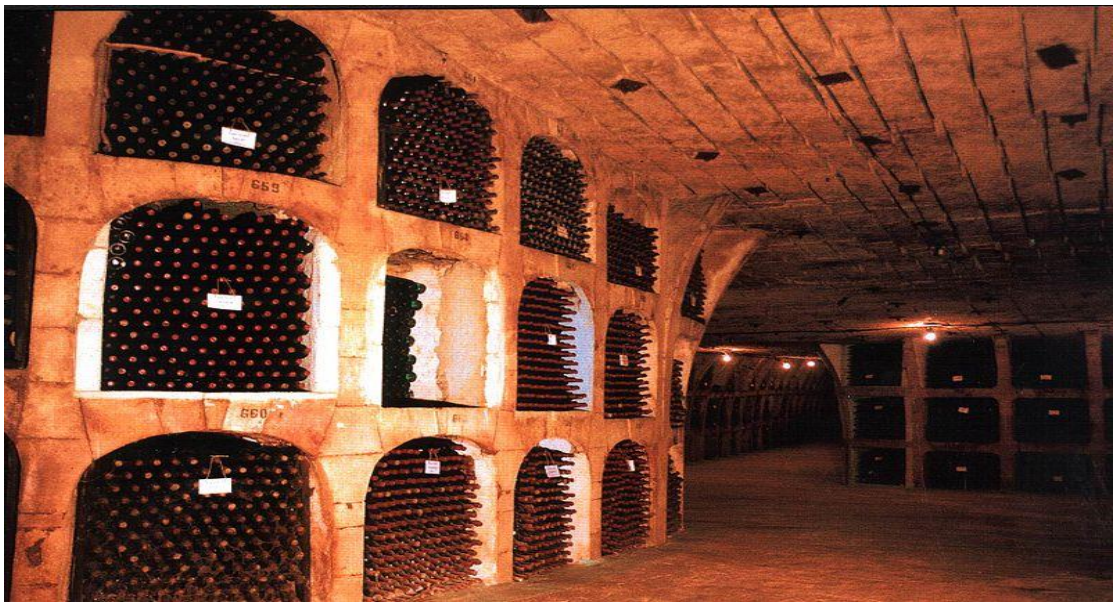
3.1 Ιστορική αναδρομή

Οι υπόγειοι χώροι αποθήκευσης κρασιού εντοπίζονται στο παρελθόν από την περίοδο της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας όπου οι Ρωμαίοι αποθήκευαν το κρασί τους στις κατακόμβες οι οποίες ήταν υπόγειες και διατηρούσαν το κρασί βοηθώντας ταυτόχρονα στην ομαλή ωρίμανσή του. Αυτές οι κατασκευές ήταν και τα πρώτα βήματα για την τάση να γίνονται εκσκαφές σε υπόγειους χώρους με σκοπό την αποθήκευση και την παλαίωση του κρασιού. Τέτοιοι χώροι έχουν βρεθεί στην κοιλάδα Νάπα, στην Κεντρική Καλιφόρνια, στο Όρεγκον και στην πόλη Sonoma. Τα πρώτα υπόγεια κελάρια έχουν βρεθεί στην περιοχή των οινοποιείων Schrambergs και Beringer. Τα κελάρια αυτά κατασκευάστηκαν από κινέζους εργάτες οι οποίοι είχαν τελειώσει την εργασία τους στον διηπειρωτικό σιδηρόδρομο. Η εκσκαφή τους γινόταν με αξίνες και φτυάρια και τα υλικά μεταφέρονταν με ψάθινα καλάθια. Την εποχή της ποτοαπαγόρευσης σταμάτησαν όλες οι εργασίες σε αυτές τις περιοχές μέχρι το 1980 όπου το οινοποιείο Far Niente χρηματοδότησε την εκσκαφή ενός υπογείου χώρου με μηχάνημα σημειακής κοπής (Roadheader) και την επένδυση του με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, πρόσμικτα στεγανοποίησης και σωλήνες αποχέτευσης στα δάπεδα. Στην πορεία η αισθητική έγινε σημαντικό μέρος της κατασκευής των υπόγειων κελαριών τα οποία κατασκευάζονταν όλο και πιο πολυτελή.

Το 1991, η Condor Earth Technologies ενώθηκε με την Alf Burtleson στο σχεδιασμό και την κατασκευή του επιμελημένου προγράμματος Jarvis για υπόγεια κελάρια κρασιού . Περισσότερα από 4.200 m² υπογείων οινοποιείων και χώρων αποθήκευσης κατασκευάστηκαν, με τις εκτάσεις των υπόγειων που υπερβαίνουν τα 25,5 m στο πλάτος. Στο Jarvis, ολόκληρη η οινοποιία εκτείνεται μέσα στις υπόγειες στοές, συμπεριλαμβανομένων της έκθλιψης, της ζύμωσης, της αποθήκευσης βαρελιών, της εμφιάλωσης, του εργαστηρίου, του γραφείου, του μάρκετινγκ, και των περιοχών φιλοξενίας.

3.2 Milestii Mici (Μολδαβία)

Το 2005 το σύμπλεγμα κελαριών Milestii Mici καταγράφηκε στο βιβλίο ρεκόρ Γκίνες για τη μεγαλύτερη συλλογή κρασιών καθώς περιείχε περισσότερα από 2 εκατομμύρια μπουκάλια κρασιού. Βρίσκεται 20 km νότια της πρωτεύουσας Κισινάου. Ο χώρος που αρχικά είχε δημιουργηθεί για εξόρυξη υλικών χρησιμοποιήθηκε μετά τον 2^{ο} Παγκόσμιο Πόλεμο για αποθήκευση μπουκαλιών και βαρελιών κρασιού. Βρίσκεται σε βάθος 60m. Στην Εικόνα 3.1 φαίνεται ο χώρος αποθήκευσης μπουκαλιών και στην Εικόνα 3.2 η αίθουσα γευσιγνωσίας.

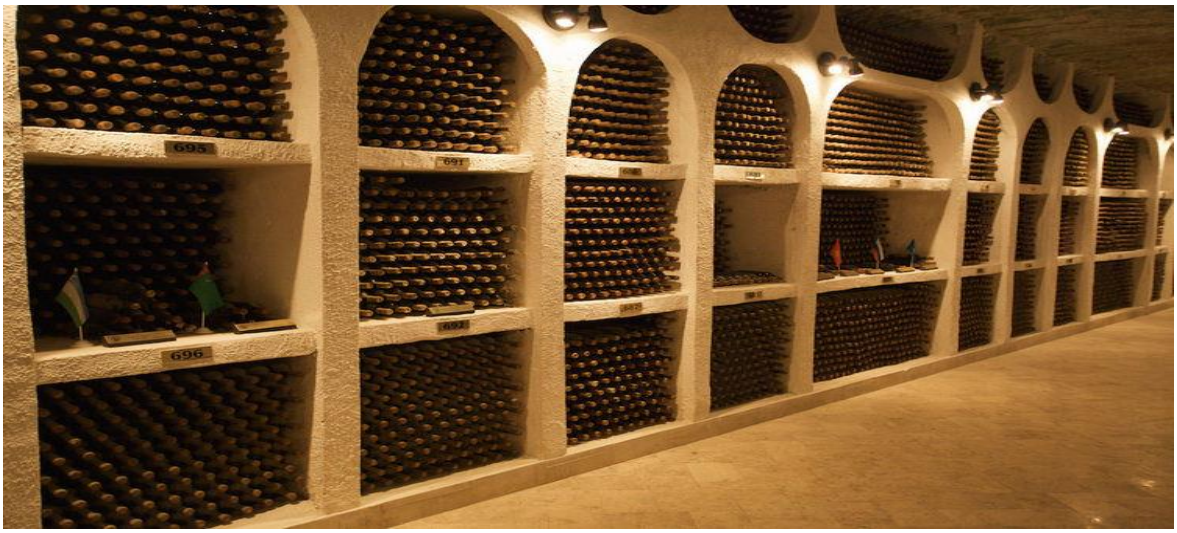


Εικόνα 3.1. Χώρος αποθήκευσης μπουκαλιών στο Milestii Mici στη Μολδαβία.

Εικόνα 3.2. Αίθουσα γευσιγνωσίας στο Milestii Mici στη Μολδαβία.

3.3 Cricova (Μολδαβία)

Ένα από τα μεγαλύτερα υπόγεια κελάρια αποθήκευσης κρασιών στον κόσμο βρίσκεται στη Μολδαβία, περίπου 15km βόρεια της πρωτεύουσας Κισινάου. Όπως και το συγκρότημα Milestii Mici, ο χώρος αρχικά αποτελούσε υπόγεια εκμετάλλευση ασβεστόλιθου. Το μέσο βάθος κελαριού το οποίο είναι 60-80 m. Σήμερα το μήκος του χώρου φτάνει τα 120km και το οινοποιείο καλύπτει τα 2/3 της συνολικής επιφάνειάς του. Είναι χαρακτηριστικό ότι υπάρχουν ολόκληροι υπόγειοι δρόμοι με ονομασίες ανάλογα με το είδος κρασιού. Τέλος το μουσείο Cricova έχει μια εθνική συλλογή 1,2 εκατομμυρίων μπουκαλιών, 653 τοπικών αλλά και διεθνών ειδών κρασιού. Στην Εικόνα 3.3 φαίνεται ο χώρος αποθήκευσης μπουκαλιών ενώ στην Εικόνα 3.4 ο χώρος αποθήκευσης βαρελιών.



Εικόνα 3.3. Χώρος αποθήκευσης μπουκαλιών στο Cricova στη Μολδαβία.

Εικόνα 3.4. Χώρος αποθήκευσης βαρελιών κρασιού στο Cricova στη Μολδαβία.

3.4 Jarvis (ΗΠΑ)

Το οινοποιείο Jarvis βρίσκεται 8 χιλιόμετρα ανατολικά της πόλης Napa. Καταλαμβάνει μια έκταση 4200 m^2 τα οποία αποτελούνται από εγκαταστάσεις παραγωγής κρασιού και αποθήκευσης προϊόντων. Είναι το πρώτο οινοποιείο στις Ηνωμένες Πολιτείες που κατασκεύασε κελάρι τόσο μεγάλο που να πραγματοποιεί ολόκληρη την διαδικασία παραγωγής του κρασιού υπόγεια. Στην Εικόνα 3.5 φαίνεται το μηχάνημα εμφιάλωσης και στην Εικόνα 3.6 ο χώρος αποθήκευσης των βαρελιών.

Εικόνα 3.5. Μηχάνημα εμφιάλωσης στο Jarvis στις Η.Π.Α.

Εικόνα 3.6. Χώρος αποθήκευση βαρελιών στο Jarvis στις Η.Π.Α.

3.5 Del Dotto (Η.Π.Α.)

Το Del Dotto Winery είναι μια οικογενειακή επιχείρηση που βρίσκεται στην περιοχή Atlas Peak Road στην κοιλάδαNapa. Ο υπόγειος χώρος του οινοποιείου κατασκευάστηκε το 1885 από κινέζους εργάτες, οι οποίοι έσκαψαν κελάρια συνολικού μήκους 110m. Το 1997 το Del Dotto ανοικοδόμησε το παλιό οινοποιείο και ξεκίνησε την ωρίμανση κόκκινων κρασιών σε μόνιμη βάση. Αξίζει να σημειωθεί ότι πλέον το Del Dotto πειραματίζεται με πάνω από 40 διαφορετικά είδη βαρελιών από περιοχές όπως η Γαλλία, η Αμερική και η Ρωσία, με σκοπό να εξετάσει πως το κάθε βαρέλι επηρεάζει την ποιότητα του κρασιού, ενώ διαθέτει και μια τεράστια σειρά δρύινων βαρελιών από διάφορες περιοχές των Η.Π.Α. Στα πλαίσια της λειτουργίας του πραγματοποιούνται εκτενείς επισκέψεις στα κελάρια, με σκοπό να γίνεται η παρουσίαση των πειραμάτων αυτών στους επισκέπτες και να πραγματοποιούνται αγορές κρασιών από βαρέλι της επιλογής τους. Στην Εικόνα 3.7 φαίνεται ένας χώρος αποθήκευσης βαρελιών.

Εικόνα 3.7. Χώρος αποθήκευσης βαρελιών στο Del Dotto στις Η.Π.Α.

3.6 Rutherford Hill (Η.Π.Α.)

Το υπόγειο κελάρι Rutherford Hill κατασκευάστηκε το 1989 και καταλαμβάνει έκταση 2200 m^2. Ολόκληρη η κατασκευή έγινε χρησιμοποιώντας ένα μηχάνημα σημειακής κοπής υπόγειων μεταλλείων. Ήταν το πρώτο οινοποιείο στην κοιλάδα Napa που χρησιμοποίησε σύγχρονη τεχνολογία καθώς και παλέτες για την αποθήκευση των βαρελιών. Αργότερα πραγματοποιήθηκαν τελικές βελτιώσεις ώστε ο χώρος να μπορεί να φιλοξενεί εκδηλώσεις. Στην Εικόνα 3.8 φαίνεται η είσοδος του κελαριού και στην Εικόνα 3.9 ο χώρος αποθήκευσης των βαρελιών.

Εικόνα 3.8. Είσοδος του κελαριού Rutherford Hill στις Η.Π.Α.

Εικόνα 3.9. Χώρος αποθήκευσης βαρελιών του Rutherford Hill στις Η.Π.Α.

3.7 Palmaz (ΗΠΑ)

Το οινοποιείο Palmaz βρίσκεται στην περιοχή της κοιλάδας Napa. Λειτουργεί από το 2004 και καταλαμβάνει 4650 m^2 εξ' ολοκλήρου υπόγεια. Διαθέτει μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων με αποτέλεσμα να έχει μηδαμινές επιδράσεις στον περιβάλλοντα χώρο. Διαθέτει αίθουσες γευσιγνωσίας και εκδηλώσεων και η κατασκευή του κόστισε 25 εκατομμύρια δολάρια. Στην Εικόνα 3.10 φαίνονται οι δεξαμενές ωρίμανσης και στην Εικόνα 3.11 ένας χώρος αποθήκευσης βαρελιών.

Εικόνα 3.10. Δεξαμενές ωρίμανσης στο Palmaz στις Η.Π.Α.

Εικόνα 3.11. Χώρος αποθήκευση βαρελιών στο Palmaz στις Η.Π.Α

3.8 El Fabulista (Ισπανία)

Το οινοποιείο El Fabulista βρίσκεται στην περιοχή Alava της βόρειας Ισπανίας. Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα στα όρια της πόλης Laguardia είχαν κατασκευαστεί πολλά υπόγεια κελάρια, δημιουργώντας έτσι μια μικρή υπόγεια πόλη. Ένα από αυτά το El Fabulista, λειτουργεί μέχρι και σήμερα, παράγοντας κρασιά με παραδοσιακές μεθόδους. Η ετήσια παραγωγή ανέρχεται στα 2.000.000 μπουκάλια και ο χώρος έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης 32.000 λίτρων κρασιού. Εκτός από τις εγκαταστάσεις παραγωγής και αποθήκευσης διαθέτει και αίθουσα γευσιγνωσίας. Στην Εικόνα 3.12 φαίνεται ο χώρος αποθήκευση βαρελιών και στην Εικόνα 3.13 η αίθουσα γευσιγνωσίας.

Εικόνα 3.12. Χώρος αποθήκευσης βαρελιών στο El Fabulista στην Ισπανία.

Εικόνα 3.13. Αίθουσα γευσιγνωσίας στο El Fabulista στην Ισπανία.

3.9 Moet & Chandon (Γαλλία)

Το οινοποιείο Moet & Chandon ιδρύθηκε το 1743 από τον Claude Moet και η παραγωγή του αποτελείται από αφρώδεις οίνους. Την περίοδο της αύξησης των κατασκευών υπογείων κελαριών το οινοποιείο Moet & Chandon κατασκεύασε κελάρια με μήκος 28 km και βάθος 30m. Η εταιρεία κατέχει περισσότερα από 10.000 στρέμματα αμπελώνες. Η ετήσια παραγωγή του κυμαίνεται στα 26.000.000 μπουκάλια. Στην Εικόνα 3.14 φαίνεται ο χώρος αποθήκευσης μπουκαλιών.

Εικόνα 3.14. Χώρος αποθήκευσης μπουκαλιών στο Moet & Chandon στη Γαλλία.

3.10 Παράδειγμα μικρών κελαριών στην Ελλάδα

Το Μουσείο Οίνου Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη είναι το μοναδικό, στην Ελλάδα, υπόσκαφο Μουσείο Οίνου, είναι κατασλευασμένο 8 m κάτω από τη γη και έχει μήκος 300 m. Παρουσιάζει την ιστορία του κρασιού και τη ζωή του Σαντορινιού αμπελουργού από το 1660 έως το 1970. Με αναπαραστάσεις (Εικόνα 3.15) από κινητά και ακίνητα ομοιώματα, αυτόματη προσωπική ηλεκτρονική ξενάγηση σε 14 γλώσσες (Ελληνικά, Αγγλικά, Ισπανικά, Γερμανικά κ.α.) ο επισκέπτης περιηγείται στην ιστορία του κρασιού. Υπάρχουν επίσης 8 ακόμη γλώσσες σε βιβλίο.

Εικόνα 3.15. Χώρος αναπαράστασης Μουσείου Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη.

Για τη δημιουργία του μουσείου οίνου χρειάστηκαν 21 χρόνια. Η χρηματοδότηση έγινε εξ' ολοκλήρου από την οικογένεια Κουτσογιαννόπουλου. Όλα τα εργαλεία, σκεύη και μηχανήματα (Εικόνα 3.16) είναι αυθεντικά και σπάνια κομμάτια, χάρη στην ιδιαίτερη αξία που τους έχει προσδώσει η πολύχρονη χρήση τους από τις προηγούμενες γενιές της οικογένειας Κουτσογιαννόπουλου.

Εικόνα 3.16. Παλαιό θλιπτήριο στο Μουσείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη.

Στο μουσείο όλα τα θέματα παρουσιάζονται με σειρά. Τα στάδια της παραγωγής του κρασιού καθώς και όλα τα μηχανήματα εκτίθενται με χρονολογική σειρά. Το κλάδεμα, το όργωμα της γης, τον τρύγο το πάτημα και το ζύγισμα των σταφυλιών. Στο τέλος ο επισκέπτης έχει τη δυνατότητα να δοκιμάσει τέσσερα από τα καλύτερα κρασιά που παράγει σήμερα το οινοποιείο, στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο γευσιγνωσίας. Στην Εικόνα 3.17 φαίνεται ο χώρος αποθήκευσης των βαρελιών.

Εικόνα 3.17. Χώρος αποθήκευση βαρελιών στο Μουσείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη.

3.11 Κατασκευή και βασικά χαρακτηριστικά ενός υπόγειου κελαριού κρασιού

Το μέγεθος ενός τυπικού υπόγειου κελαριού αποθήκευσης βαρελιών κρασιού είναι 4 έως 5,5 m πλάτος και 3 έως 4 m ύψος. Ένας υπόγειος χώρος αποθήκευσης κρασιού κατασκευάζεται με δύο ή περισσότερες εισόδους (Εικόνα 3.18), για ασφάλεια και λειτουργικούς λόγους. Η εκσκαφή γίνεται χρησιμοποιώντας είτε μηχάνημα σημειακής κοπής (Roadheader) είτε με τη χρήση εκρηκτικών υλών. Η πρόοδος της εκσκαφής που μπορεί να γίνει χωρίς υποστήριξη εξαρτάται από την κατάσταση του υπεδάφους(αντοχή πετρώματος, υπόγεια νερά, ρήγματα κ.α.). Η υποστήριξη γίνεται αρχικά με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και αγκύρια και αν είναι αναγκαίο χαλύβδινα πλαίσια.

Εικόνα 3.18. Είσοδοι υπόγειων χώρων.

Η εσωτερική επένδυση των υπογείων κελαριών κρασιού είναι ένα αναπόσπαστο τμήμα της διαδικασίας κατασκευής. Οι λεπτομέρειες στεγανοποίησης είναι σημαντικές για το εσωτερικό των κελαριών. Οι διαρροές νερού μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα συντήρησης και ασφάλειας. Πολλά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των προσμίξεων και των μεμβρανών, αξιολογούνται και εξετάζονται για να βελτιώσουν τις συνθήκες στεγανότητας του υπόγειου χώρου. Η βιομηχανία υπόγειων κελαριών κρασιού της

Βόρειας Καλιφόρνια είναι η περισσότερο ανεπτυγμένη στην εφαρμογή τεχνολογίας στεγανοποίησης.

Αφού το σύμπλεγμα των υπόγειων κελαριών έχει ανασκαφθεί εντελώς, στεγανοποιηθεί, και έχει την αρχική υποστήριξη, μια τελική επένδυση από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα εφαρμόζεται στα τοιχώματα και την οροφή. Οι αγωγοί παροχών και οι σωληνώσεις είναι μέσα στο τελικό στρώμα εκτοξευόμενου σκυροδέματος (Εικόνα 3.19)

Εικόνα 3.19. Τοποθέτηση συστημάτων παροχών σε υπόγεια σήραγγα.

Για να υποστηρίξουν τις ποικίλες χρήσεις τους, τα συγκροτήματα υπόγειων κελαριών κρασιού μπορούν να περιέχουν τουλάχιστον πολλά διαφορετικά συστήματα παροχών. Αυτά περιλαμβάνουν τα συστήματα για κρύο και ζεστό νερό, ηλεκτρική ενέργεια, φωτισμό, ήχο, νερό, ενέργεια εκτάκτου ανάγκης από μπαταρίες ή γεννήτριες, συστήματα αερίου, επικοινωνίες και αναμεταδόσεις , αυτόματο εξαερισμό, αισθητήρες ελέγχου κλίματος κ.α.

3.12 Έρευνα αγοράς για την προθυμία μεταφοράς των εγκαταστάσεων ωρίμανσης και αποθήκευσης κρασιού σε υπόγειο χώρο

Η διπλωματική εργασία των Αθανασόπουλου και Παπαβασιλείου (2008) είχε ως θέμα τη διαμόρφωση ενός υπόγειου εκθεσιακού και αποθηκευτικού κέντρου στα Μεσόγεια της Αττικής. Η συγκεκριμένη εργασία είναι πρόταση της ανάπτυξης ενός αντίστοιχου χώρου στην περιοχή της Νεμέας, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες στη συγκεκριμένη οινοποιητική περιοχή βάζοντας τις βάσεις για την περαιτέρω αξιοποίηση τέτοιων υποδομών στην περιοχή, για την ωρίμανση του κρασιού αλλά και για την τουριστική αξιοποίησή τους. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας των Αθανασόπουλου και Παπαβασιλείου απαντήθηκαν ερωτηματολόγια από πενήντα οινοπαραγωγές εταιρείες τα οποία περιείχαν ερωτήσεις που αφορούσαν κυρίως τις υπόγειες εγκαταστάσεις για την αποθήκευση κρασιού βγήκαν τα εξής συμπεράσματα:

- Αρχικά φάνηκε πως υπάρχει γνώση των διεθνών δρώμενων και της ευρύτερης τάσης να τοποθετηθούν οι αποθηκευτικές και εκθεσιακές εγκαταστάσεις υπόγεια. Αρκετοί υπεύθυνοι των εταιρειών έχουν επισκεφθεί τέτοιους χώρους στο εξωτερικό κυρίως σε Γαλλία και Η.Π.Α.
- Ένα άλλο γεγονός είναι πως εταιρείες μεγάλου αλλά και μικρού δυναμικού διαθέτουν ήδη υπόγειες εγκαταστάσεις για την αποθήκευση των προϊόντων τους. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι γνωρίζουν και εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι υπόγειοι χώροι όπως τη σταθερή θερμοκρασία και υγρασία. Παρ' όλα αυτά πρέπει να σημειωθεί πως τα υπάρχοντα υπόγεια που προαναφέρθηκαν είναι υπόγειες εγκαταστάσεις, ένα επίπεδο κάτω από τις επιφανειακές και όχι ειδικά διαμορφωμένες υπόγειες κατασκευές.
- Στο ερώτημα που αφορά το τι είναι σημαντικό να διαθέτει ένας υπόγειος χώρος οι περισσότερες απαντήσεις αφορούσαν σε ένα λειτουργικό και εργονομικό χώρο και σε ένα ελκυστικό σχεδιασμό καθώς και ασφαλή κατασκευή.
- Όσον αφορά το ενδιαφέρον των εταιρειών να μεταφέρουν τις αποθηκευτικές εγκαταστάσεις τους υπόγεια, οι θετικές απαντήσεις άγγιζαν το 100%.

- Επόμενο συμπέρασμα βγήκε από την ερώτηση ως προς τον ενδοιασμό για μεταφορά σε υπόγειο χώρο. Εδώ φάνηκε έντονα η άποψη των περισσότερων εταιρειών πως δεν υπάρχει ουσιαστικό εμπόδιο που θα τις απέτρεπε από μια τέτοια κίνηση. Αξίζει να σημειωθεί πως καμία από τις εταιρείες δεν επέλεξε ως απάντηση το φόβο ενάντια στους υπόγειους χώρους.
- Συνεχίζοντας, ερωτήθηκαν για τα κίνητρα που θα τους προέτρεπαν σε μια τέτοια κίνηση, και στις απαντήσεις ήταν πρώτη με διαφορά η πρωτότυπη προώθηση των προϊόντων των εταιρειών. Επίσης πολλές εταιρείες θα είχαν ως κίνητρο τα κέρδη από τουριστική εκμετάλλευση ενός τέτοιου χώρου.
- Τέλος, από οικονομικής άποψης υπήρχε ενδιαφέρον από τις εταιρείες για την μεταφορά των εγκαταστάσεων τους σε ένα υπόγειο χώρο με χαμηλά λειτουργικά κόστη, πιθανή επιδότηση της επένδυσης, και επίσης μια χαμηλότερη τιμή ενοικίασης του χώρου.

Με βάση την παραπάνω έρευνα κρίνεται πως η δημιουργία ενός τέτοιου υπογείου χώρου θα είχε επιτυχία ως προς την εκμετάλλευσή του καθώς υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον από τις σχετικές εταιρείες.

4 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΡΑΣΙΟΥ

4.1 Χώρος κατασκευής

Για την κατασκευή ενός υπόγειου κελαριού επιλέχθηκε μια τοποθεσία στην περιοχή του Λεόντιου στη Νεμέα. Η πόλη της Νεμέας βρίσκεται περίπου 30 km νοτιοδυτικά από την πόλη της Κορίνθου. Ο υπόγειος χώρος προτείνεται να γίνει στο Λεόντιο το οποίο βρίσκεται περίπου 7 km νοτιοδυτικά της πόλης της Νεμέας (Εικόνα 4.1).

Εικόνα 4.1. Χάρτης Περιοχής Μελέτης.

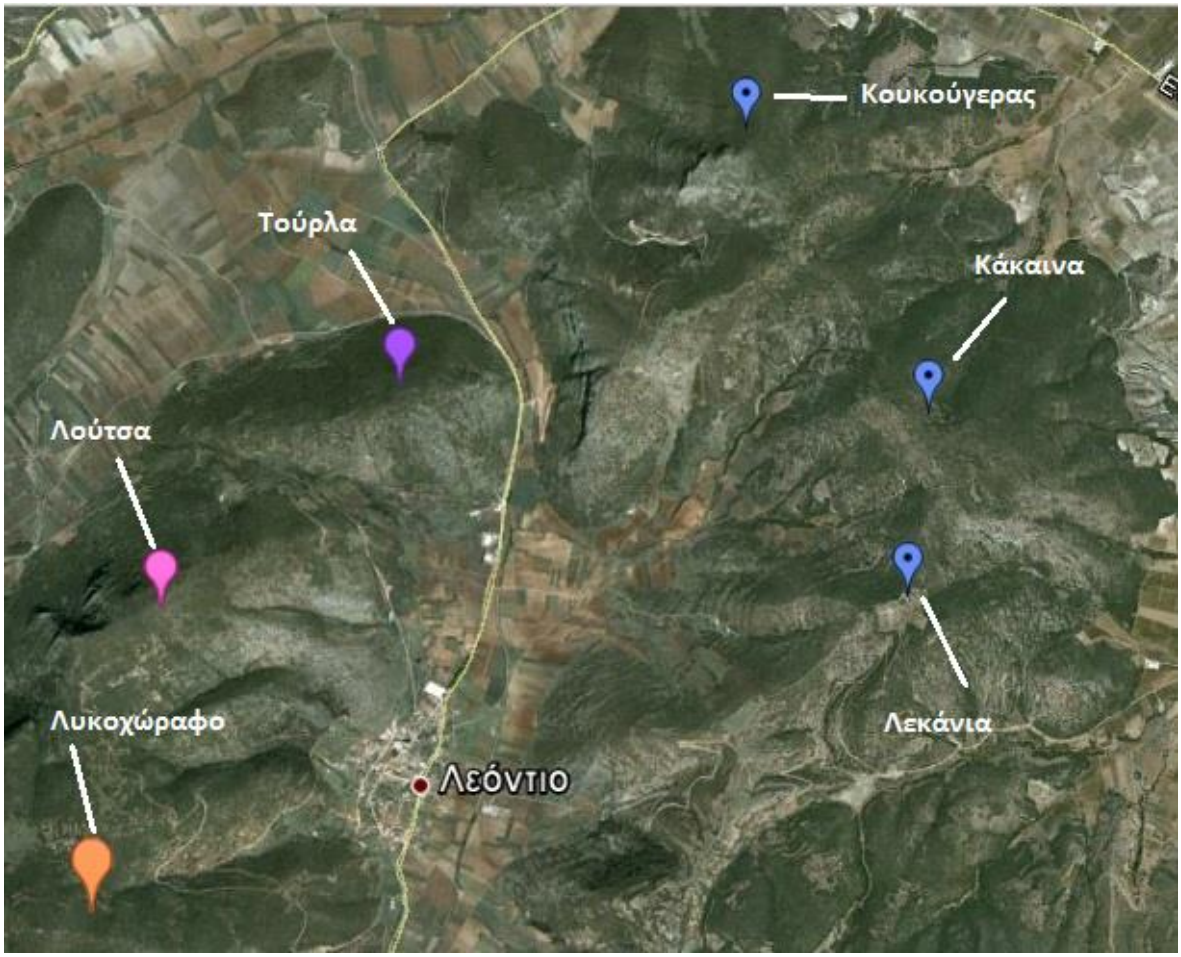
Η περιοχή αυτή επιλέχθηκε λόγω της κοντινής απόστασης από αμπελώνες καθώς στην γύρω περιοχή υπάρχουν πολύ μεγάλες εκτάσεις αμπελιών και έτσι είναι ευκολότερη η μεταφορά προϊόντων από τους αμπελώνες στα κελάρια. Όπως αναφέρει και η Νέτσικα (2006), «Στη ζώνη της Νεμέας,υπάρχουν παντού αμπέλια. Στην Αρχαία Νεμέα, τις Κλεωνές, το Γυμνό, το Κούτσι, τον Ασπρόκαμπο, τη Δάφνη, το Ψάρι, το Πετρί, τα Αηδόνια». «Ανάμεσά τους τα οινοποιεία, συνεχώς αυξάνονται, μιας και η ζώνη συγκεντρώνει το ενδιαφέρον όλο και περισσότερων οινοποιών, πολλοί από τους οποίους δραστηριοποιούνται και σε άλλες περιοχές. Θεωρείται ότι η Νεμέα έχει καταφέρει να

συγκεντρώσει την αφρόκρεμα της ελληνικής οινοπαραγωγής, με αποτέλεσμα τον διαρκώς αυξανόμενο αριθμό ετικετών σε όλα τα επίπεδα τιμών και την αναγνωρισιμότητα του brand Νεμέα και του Αγιωργίτικου στην ελληνική και τη διεθνή αγορά.»

Συγκεκριμένα για τους αμπελώνες της Νεμέας αναφέρεται: «Η Νεμέα είναι η μεγαλύτερη αμπελουργική ζώνη της Ελλάδας. Είναι προφανές πως εμφανίζει κι εξαιρετική ανομοιογένεια. Διαφορετικά υψόμετρα, εδάφη, μικροκλίματα οδηγούν σε μια πληθώρα από τύπους κρασιού. Ο αμπελώνας της Νεμέας καλύπτει συνολικά 16 κοινότητες κι αναπτύσσεται στον κάμπο μέχρι και τους πρόποδες του Κυλληνίου Όρους, σε έκταση 22.000 στρεμμάτων. Τα αμπέλια αρχίζουν στα 200 και φτάνουν στα 850 m, με μοναδική ποικιλία σταφυλιού το Αγιωργίτικο. Ευδοκιμεί όμως και διαπρέπει εδώ όπου οι βοριάδες και οι χαμηλές θερμοκρασίες, που συνήθως επικρατούν, βοηθούν στην ομαλή ωρίμανσή του. Από το 1971 το κρασί Νεμέα, ένα από τα πιο κλασικά ερυθρά της χώρας μας, ανήκει στην κατηγορία των Ονομασιών Προέλευσης Ανωτέρας Ποιότητας. Το Ελληνικό Ινστιτούτο Οίνου πραγματοποίησε για σειρά χρόνων έρευνες αμπελοοινικού περιεχομένου στην περιοχή. Τα αποτελέσματά τους οριοθετούν τρεις ζώνες παραγωγής: τη χαμηλή, στα πεδινά και στις χαμηλότερες πλαγιές με υψόμετρο γύρω στα 200-320 m, τη μεσαία, που εκτείνεται στις πλαγιές της ημιορεινής περιοχής, στα 300-650 m και την ορεινή, στο υψίπεδο του Ασπροκάμπου που φτάνει τα 750-900 m».

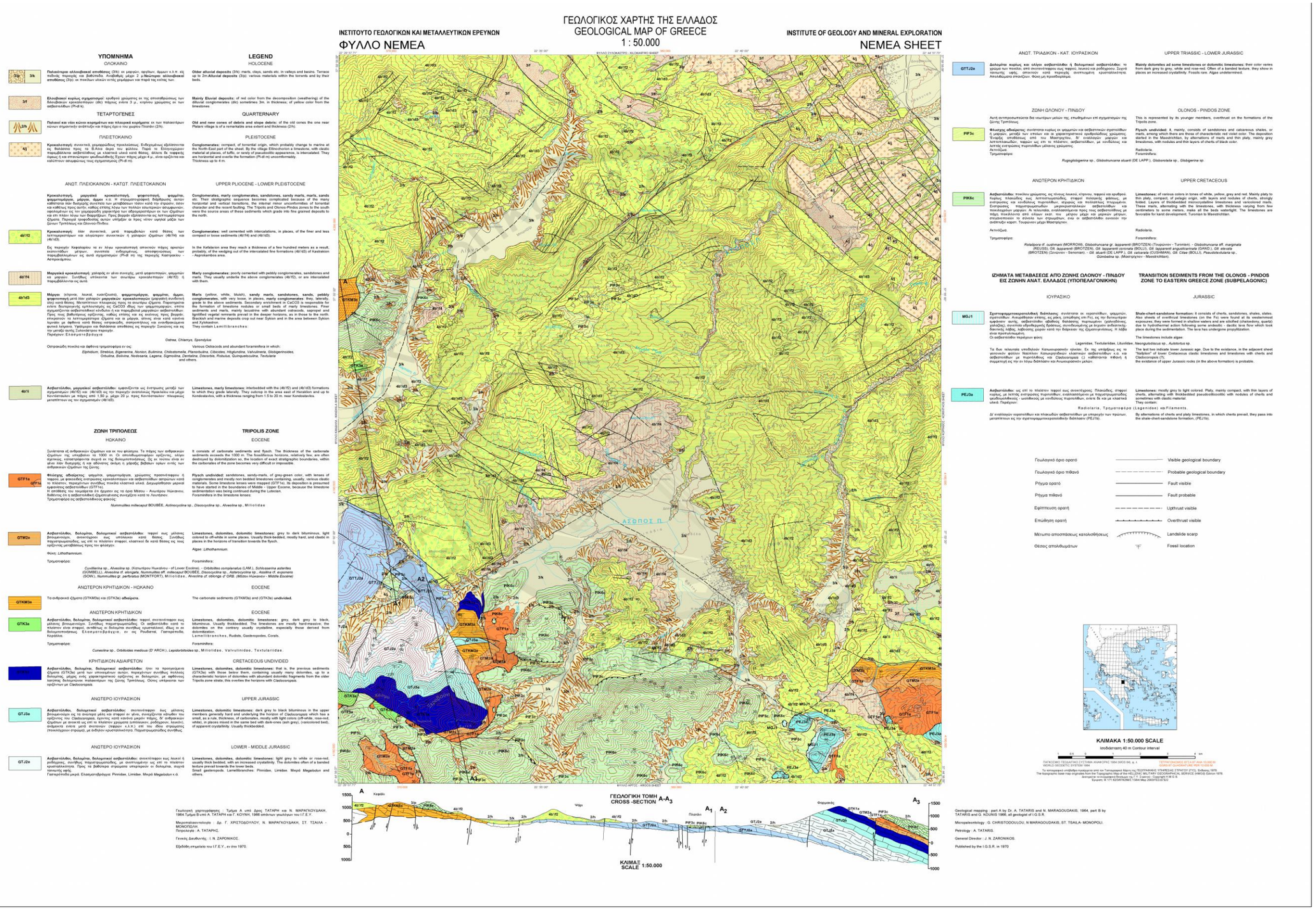
Όσον αφορά την τουριστική προσέλευση αναφέρεται: «Οι αμπελουργοί και οι οινοποιοί της περιοχής έχουν δημιουργήσει τους Δρόμους του Κρασιού της Νεμέας και μας προτείνουν επισκέψεις στους αμπελώνες και τα οινοποιεία τους. Κάθε Σεπτέμβριο διοργανώνουν τις Μεγάλες Μέρες της Νεμέας με πλήθος γευστικών δοκιμών, γαστρονομικά δείπνα, εκθέσεις κ.α.»

Με βάση τα παραπάνω φαίνεται πως η συγκεκριμένη περιοχή είναι μια από τις πλέον κατάλληλες περιοχές του Ελλαδικού χώρου που θα μπορούσε να προταθεί για την κατασκευή του συγκεκριμένου υπογείου χώρου. Στην Εικόνα 4.2 φαίνονται τα όρη που βρίσκονται γύρω από την περιοχή μελέτης. Στα ανατολικά και με σειρά από βορρά προς νότο βρίσκονται τα όρη Κουκούγερας, Κάκαινα και Λεκάνια με υψόμετρα 651m, 638m και 495m αντίστοιχα. Στα δυτικά και από βορρά προς νότο βρίσκονται τα όρη Τούρλα, Λούτσα και Λυκοχώραφο με υψόμετρα 303 m, 700m και 672m αντίστοιχα.



Εικόνα 4.2. Γεωγραφικός χάρτης Λεοντίου

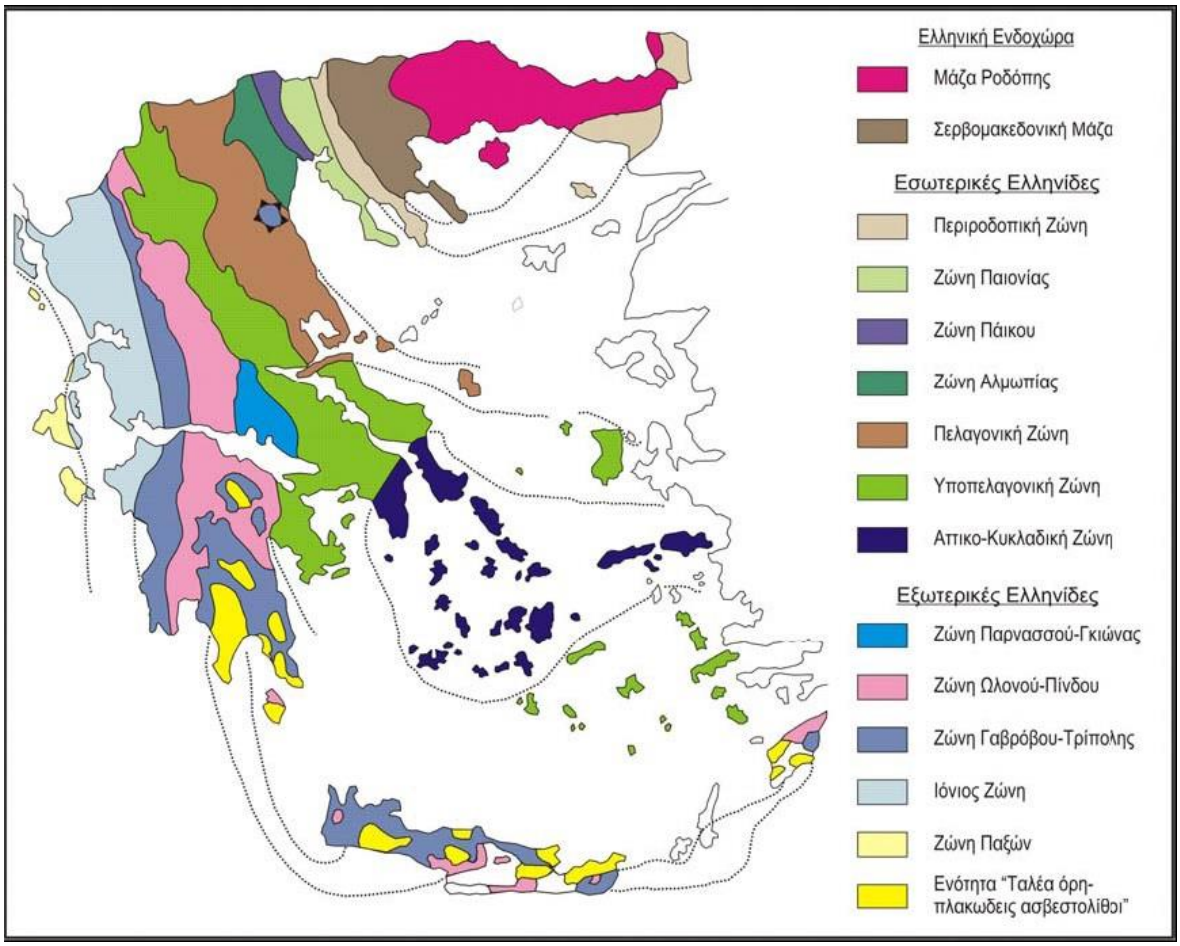
Ο υπόγειος χώρος προτείνεται να γίνει στο όρος Λούτσα το οποίο δομείται γεωλογικά κυρίως από ασβεστολιθικούς σχηματισμούς όπως φαίνεται στο γεωλογικό χάρτη που παρατίθεται στη συνέχεια (Εικόνα 4.3) και ταυτόχρονα η περιοχή είναι εύκολη σε πρόσβαση οδικώς.



Εικόνα 4.3. Γεωλογικός Χάρτης Νεμέας

4.2 Γεωλογικά στοιχεία

Η κατασκευή του υπόγειου χώρου δύναται να γίνει στο όρος Λούτσα δυτικά του χωριού Λεόντιου το οποίο φτάνει τα 700 m ύψος. Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη γεωτεκτονική ζώνη Ολωνού-Πίνδου όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.4. Η ζώνη Ωλονού - Πίνδου αποτελείται από ασβεστόλιθους και Δολομίτες του Τριαδικού, την σχιστοκερατολιθική διάπλαση του Ιουρασικού, τον Κάτω Τριαδικό φλύσχη, τους Άνω - Κρητιδικούς πελαγικούς ασβεστόλιθους και τέλος από τον Ηωκαινικό φλύσχη.



Εικόνα 4.4. Χάρτης γεωτεκτονικών ζωνών Ελλάδας

Πιο συγκεκριμένα έχουμε:

- Πλακώδεις ασβεστόλιθους (*Ανώτερο Κρητιδικό)*: Στη βάση τους επικρατούν ενστρώσεις αργιλικών ιάσπιδων. Στην όλη την ενότητα συμμετέχουν λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με θραύσματα ρουδιστών, ενώ οι ιλυολιθικές ενστρώσεις είναι σπάνιες.
- Μεταβατικά στρώματα *(Μαιστρίχτιο – Παλαιόκαινο)* : Στρώματα μεταβατικά προς φλύσχη, εναλλαγές πλακωδών ασβεστόλιθων, ασβεστομαργαϊκών υλικών,

ψαμμιτών και λατυποπαγών ασβεστόλιθων, με ορίζοντα μαύρων πυριτόλιθων πάχους 10-12μ.

- Φλύσχης *(Ηώκαινο)* : Πρόκειται για εναλλαγές παχέων στρωμάτων ψαμμιτών και ψαμμιτικών ιλυολίθων. Στη βάση της σειράς απαντούν μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι πάχους 50 μ. περίπου.

Όπως προαναφέρθηκε το υπέδαφος της περιοχής μελέτης αποτελείται κυρίως απο ασβεστόλιθους Άνω Κρητιδικού ποικίλου χρώματος με τόνους λευκού, κίτρινου, τεφρού και ερυθρού. Κυρίως πλακώδεις εώς λεπτοστρωματώδεις στιφροί πελαγικής φάσης, με ενστρώσεις και κονδύλους πυριτόλιθων ισχυρώς και πολλαπλώς πτυχωμένοι. Ενστρώσεις παχυστρωματωδών μικροκρυσταλλικών ασβεστόλιθων και ποικιλόχρωμων μαργών που εναλλάσσονται προς τους ασβεστόλιθους με πάχη που ποικίλλουν από λίγα εκατοστά ως μερικά μέτρα και στεγανοποιούν το σύνολο των στρωμάτων ενώ οι ασβεστόλιθοι ευνοούν την ανάπτυξη κάρστ.

4.3 Υδρολογία

Ο Νομός Κορινθίας διασχίζεται από μεγάλο αριθμό ποταμοχειμάρρων παροδικής ροής: Φόνισσα, Σκουπέϊκος, Σύθας, Ελισσώνας, Ασωπός, Ράχιανης, Ζαπάντης, Ξηριάς κ.α. που εκβάλλουν στον Κορινθιακό κόλπο.

Ο ποταμός Ασωπός είναι ο μόνος με συνεχή παροχή και βασική πηγή αρδευτικού ύδατος και εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφορέα της παράκτιας ζώνης. Κατά την θερινή όμως περίοδο δεν δύναται να καλύψει τις αρδευτικές ανάγκες λόγω μειωμένης παροχής. Ο Ασωπός ποταμός έχει συνολικό μήκος 40Km πηγάζει από τα όρη Φαρμακά και Τραχύ του Νομού Αργολίδας και εκβάλλει στην περιοχή μεταξύ Βέλλου και Κιάτου. Η μέση παροχή του κατά την χειμερινή περίοδο είναι 3.800m^3/h με μέγιστη τιμή 6.500m^3/h ενώ τη θερινή περίοδο η παροχή ανέρχεται σε 650 m^3/h. Τη θερινή περίοδο (Ιούνιος-Οκτώβριος) η παροχή ανέρχεται σε 650 m^3/h. Από παλαιότερες μετρήσεις στον Ασωπό ποταμό στη γέφυρα Μπότσικα προκύπτει ότι η μέση ετήσια απορροή κατά τα έτη 1951 – 1956 ήταν $50\chi10^6m^3$ νερού.

Στο Νομό Κορινθίας υπάρχουν και πολλές καρστικές πηγές. Οι παράκτιες και υποθαλάσσιες καρστικές πηγές (Ωραίας Ελένης, Αλμυρής, Κόρφου, Σελόντας) είναι υφάλμυρες (περιεκτικότητα χλωριόντων> 7000 mgr/lit). Οι πιο αξιόλογες πηγές γλυκού νερού εντοπίζονται στην ορεινή κυρίως Κορινθία.

5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΡΑΣΙΟΥ

5.1 Μέθοδος εκσκαφής

Ο σχεδιασμός του υπόγειου κελαριού επιλέχθηκε να γίνει με τη μέθοδο θαλάμων και στύλων. Η μέθοδος αυτή ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων εκμετάλλευσης με κενά μέτωπα, σύμφωνα με την οποία προβλέπεται η φυσική υποστήριξη του υπογείου χώρου μέσω των στύλων, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται κενός ωφέλιμος χώρος προς χρήση ανάμεσα στους στύλους αυτούς. Το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου αφορά οριζόντια ως μέτριας κλίσης στρωσιγενή κοιτάσματα, μικρού ή μεγάλου πάχους, τα οποία εντοπίζονται σε μικρό ως μεσαίο βάθος. Σημαντικό στοιχείο των κοιτασμάτων αυτών είναι να διαθέτουν ανθεκτική οροφή, ενώ η κλίση των στρωμάτων πρέπει να είναι μικρότερη των 30º. Το πάχος τους φτάνει συνήθως τα 10-12 m μπορεί όμως και κάποιες φορές να είνα πολύ μεγαλύτερο. (Τερεζόπουλος, 2000).

Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε για τους παρακάτω λόγους (Μπενάρδος, 2001):

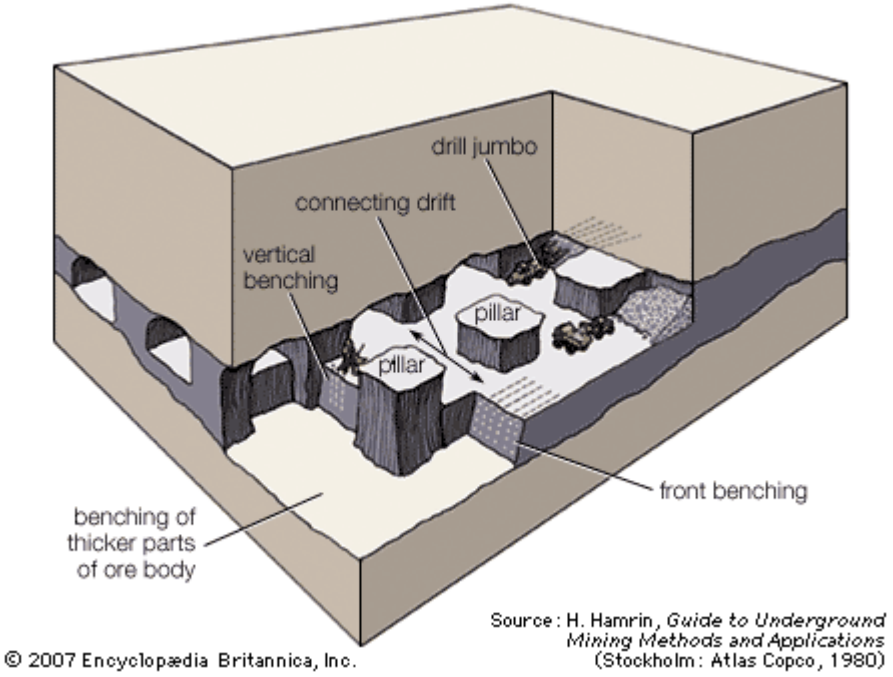
1. Η μέθοδος παρέχει τη δυνατότητα ικανοποιητικής και λειτουργικής αξιοποίησης του χώρου μετά το τέλος της διαδικασίας εκμετάλλευσης των αδρανών υλικών. Επομένως η ωφέλιμη επιφάνεια θα αξιοποιηθεί πλήρως με την αποθήκευση και έκθεση κρασιών μετά από ένα σωστό χωροταξικό σχεδιασμό
2. Η εμπειρία στη συγκεκριμένη μέθοδο από εφαρμογές στο εξωτερικό είναι αρκετά μεγάλη. Αποτελεί μια απλή λύση, χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες και με μικρές απαιτήσεις σε εξοπλισμό και τεχνικές, ενώ έχει εφαρμοστεί στον ελληνικό κλάδο της μεταλλευτικής.
3. Η περιοχή μελέτης πληρεί τις προϋποθέσεις που απαιτεί η μέθοδος δηλαδή ένα οριζόντιο κοίτασμα με ανθεκτική οροφή και σε μικρό βάθος από την επιφάνεια.

5.2 Περιγραφή της μεθόδου Θαλάμων και Στύλων

Στην ευρύτερη εφαρμογή της μεθόδου θαλάμων και στύλων, το πέτρωμα εξορύσσεται με ένα σύστημα παράλληλων θαλάμων, οι οποίοι διαχωρίζονται από στύλους όπως δείχνει η Εικόνα 5.1 (Μπενάρδος και Καλιαμπάκος, 2010): Οι θάλαμοι ορύσσονται ως στοές που ισαπέχουν μεταξύ τους. Στη συνέχεια γίνεται όρυξη νέων στοών με άξονες κάθετους ή με κάποια κλίση προς τις προηγούμενες. Έτσι δημιουργούνται στύλοι του πετρώματος οι οποίοι στηρίζουν την οροφή του χώρου που δημιουργήθηκε. Η ευστάθεια του χώρου εξαρτάται από τη φέρουσα ικανότητα κάθε στύλου που έχει σχεδιαστεί εξαρχής για αυτό το σκοπό. Η διάταξη των στύλων μπορεί να είναι τετράγωνη, ορθογωνική η

ακανόνιστη. Αν το κοίτασμα που είναι προς εκμετάλλευση έχει μεγάλο ύψος είναι προτιμότερο να γίνεται η εκμετάλλευσή του σε βαθμίδες.

Στην μεταλλευτική εφαρμογή της μεθόδου, η εκμετάλλευση γίνεται με τη μείωση των διαστάσεων των στύλων για να γίνει λήψη όσο το δυνατόν περισσότερου χρήσιμου υλικού. Αντίθετα στην κατασκευή ενός υπόγειου χώρου δεν προτιμάται καθώς μειώνεται σημαντικά η αντοχή των στύλων και έτσι μειώνεται και ο συντελεστής ασφαλείας του έργου. Βγαίνει έτσι το συμπέρασμα πως ο σωστός σχεδιασμός είναι σημαντικός για να υπάρχει μέγιστη απόδοση και ταυτόχρονα ασφάλεια στην κατασκευή.



Εικόνα 5.1. Μέθοδος εκσκαφής θαλάμων και στύλων

Κατά το σχεδιασμό, στα αρχικά στάδια, πραγματοποιούνται διάφορες παραδοχές της μεθόδου αυτής ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία ενός μοντέλου κατασκευής. Στη συνέχεια κατά την προχώρηση της κατασκευής οι παραδοχές αξιολογούνται από την πραγματική συμπεριφορά των πετρωμάτων και μεταβάλλονται αναλόγως.

Στην περίπτωση της εφαρμογής στη μεταλλευτική ο σχεδιασμός έχει ως σκοπό την προσδιορισμό των βέλτιστων διαστάσεων των στύλων ώστε να επιτευχθεί ταυτόχρονα ασφάλεια, εκμετάλλευση και λειτουργικότητα του χώρου. Στην περίπτωση του σχεδιασμού υπογείου χώρου εξετάζονται τα ίδια κριτήρια με τη διαφορά πως η λειτουργικότητα προέχει της εκμετάλλευσης.

Για να υπολογιστούν οι βέλτιστες διαστάσεις των στύλων λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράγοντες:

- Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του πετρώματος των στύλων, τα οποία προσδιορίζονται συνήθως με εργαστηριακές δοκιμές.
- Οι ασκούμενες τάσεις από τα υπερκείμενα στους στύλους

5.3 Ασκούμενες τάσεις

Οι τάσεις που ασκούνται στα πετρώματα διακρίνονται σε λιθοστατικές και τεκτονικές. Οι λιθοστατικές οφείλονται στη βαρύτητα και είναι ανάλογες του βάθους που βρίσκεται το πέτρωμα, ενώ οι τεκτονικές οφείλονται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (γεωλογικά, τεκτονικά κλπ) της εκάστοτε περιοχής. Συνήθως, κατά το πρώτο στάδιο του σχεδιασμού οι γνώσεις για αυτά τα χαρακτηριστικά είναι περιορισμένες. Για το λόγο αυτό, ο αρχικός σχεδιασμός θεωρεί οτι στους στύλους ασκούνται μόνο λιθοστατικές τάσεις. (Παναγιώτου, 1982). Συνεπώς με την εξέλιξη του έργου τα δεδομένα θα μεταβληθούν και οι αλλαγές θα ληφθούν υπόψη στις παραμέτρους του σχεδιασμού

Στις λιθοστατικές τάσεις διακρίνεται η κατακόρυφη και η οριζόντια τάση. Η κατακόρυφη τάση (Sv) που ασκείται σε ένα τμήμα του κοιτάσματος δίνεται από τη σχέση:

$$Sv = \gamma \times H \qquad (1)$$

όπου γ: το ειδικό βάρος του υπερκείμενου πετρώματος

H: το βάθος από την επιφάνεια του εδάφους

Η οριζόντια τάση (Sh) που ασκείται στο ίδιο τμήμα του κοιτάσματος δίνεται από τησχέση:

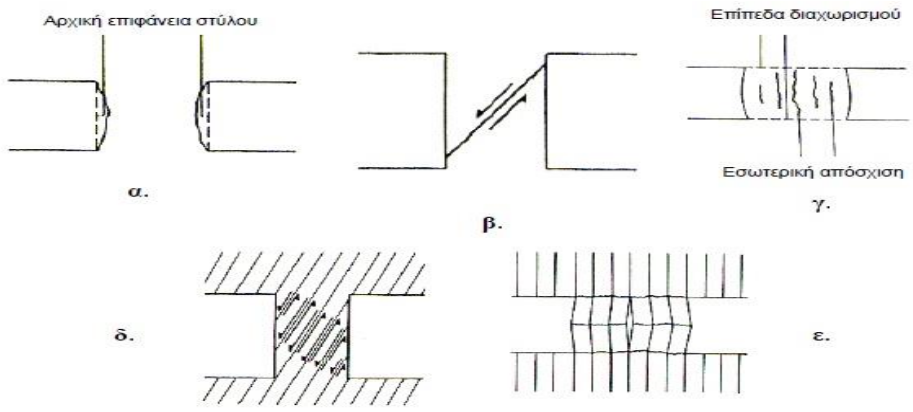
$$Sh = \frac{\nu}{1-\nu} \times Sv \qquad (2)$$

Όπου ν ο λόγος του Poisson του πετρώματος συνήθως μεταξύ 0,2 και 0,33

5.4 Αστοχία Στύλων

Οι συνήθεις τρόποι αστοχίας των στύλων παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.1 (Μπενάρδος και Καλιαμπάκος, 2010): Πιο συγκεκριμένα, Σχήμα α, β προκύπτει αστοχία σε διάτμηση εάν υπάρχει ένα η περισσότερα επίπεδα ασυνεχειών. Σχήμα γ αστοχία λόγω μείωσης της ενεργού διατομής του στύλου που οφείλεται στην πλευρική απόσχιση πετρώματος. Σχήμα

δ και ε αστοχία λόγω πλευρικής διόγκωσης του στύλου με παράλληλη ανάπτυξη κατακόρυφων ρωγμών στο κέντρο του.



Σχήμα 5.1. Συνήθεις τρόποι αστοχίας στύλων

Η αστοχία του στύλου διακρίνεται γενικά σε θλίψη και σε διάτμηση. Οι στύλοι αστοχούν σε θλίψη όταν η ασκούμενη σε αυτούς θλιπτική τάση (σ_p) υπερβεί την αντοχή τους σε μονοαξονική θλίψη (C_p). Το κριτήριο εκφράζεται από τη σχέση:

$$\sigma_p \geq \frac{Cp}{F} \qquad (3)$$

όπου Fo συντελεστής ασφαλείας σε θλίψη

Η τιμή του συντελεστή ασφαλείας (F) συνήθως κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 2 και 4 (Salamon, 1992). Η ακριβής τιμή του εξαρτάται από την ύπαρξη ή μη ασυνεχειών, καθώς και από τη μονιμότητα του έργου. Στην περίπτωσή μας λόγω του γεγονότος ότι το έργο θα τύχει εμπορικής εκμετάλλευσης, στόχος είναι ο συντελεστής ασφαλείας να έχει τιμή μεγαλύτερη ή ίση του 4.

Η αστοχία του στύλου σε διάτμηση περιγράφεται από το κριτήριο του Coulomb τόσο σε περίπτωση παρουσίας όσο και απουσίας επιπέδου ασυνέχειας. Σε κάθε περίπτωση η σχέση είναι:

$$\tau_p \geq S_p + \sigma_n \times \mu_f \Rightarrow \tau_p \geq S_p + \sigma_n \times \tan \varphi_f \qquad (4)$$

όπου τ_P: η διατμητική τάση στο επίπεδο αστοχίας ή ασυνέχειας

s_p: η αντοχή σε διάτμηση του πετρώματος ή του επιπέδου ασυνέχειας

σ_n: η κάθετη τάση στο επίπεδο αστοχίας ή ασυνέχειας

μ_f: ο συντελεστής εσωτερικής τριβής του πετρώματος ή του επιπέδου ασυνέχειας

φ_f: η γωνία εσωτερικής τριβής του πετρώματος ή του επιπέδου ασυνέχειας

5.5 Σχεδιασμός θαλάμων και στύλων

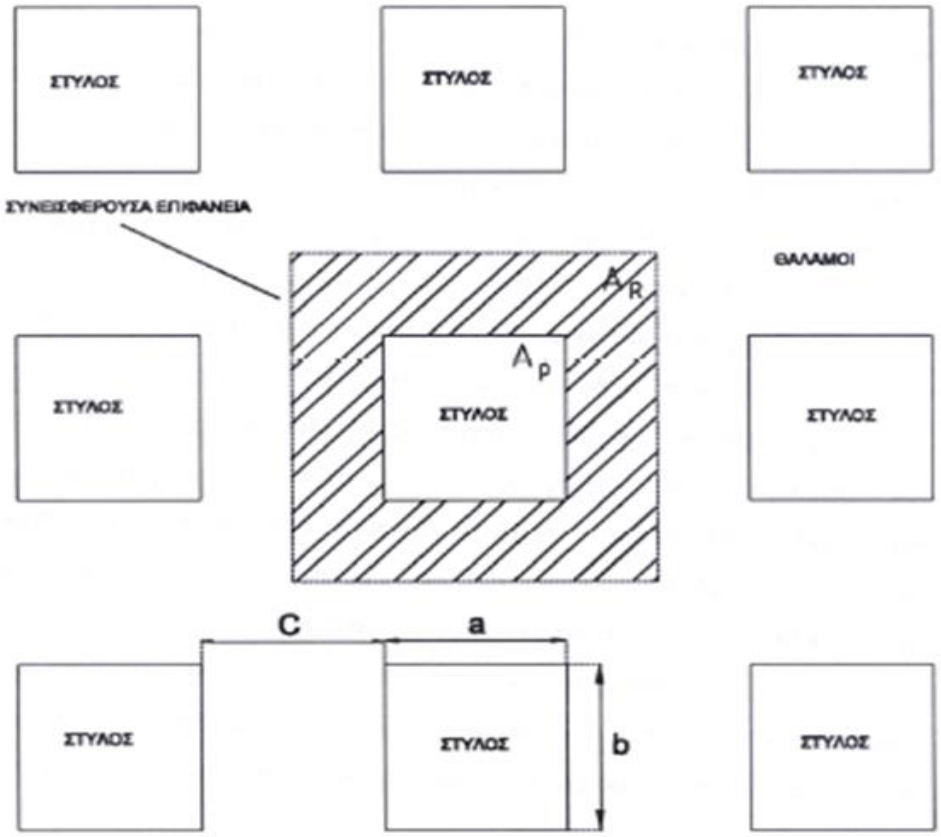
Για το σχεδιασμό των θαλάμων και των στύλων ακολουθείται μια ιδιαίτερα εύχρηστη και απλή διαδικασία. Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή της καθώς και ο υπολογισμός των διαστάσεων των στύλων του υπογείου κελαριού ο οποίος έχει βασιστεί εξ' ολοκλήρου σε αυτή τη διαδικασία.

5.5.1 Στύλοι

Ο σχεδιασμός των στύλων πραγματοποιείται βάσει της θεωρίας της συνεισφέρουσας επιφάνειας. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.2, σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, κάθε στύλος φέρει το φορτίο του πετρώματος που βρίσκεται μέσα στο κατακόρυφο ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, του οποίου γενέτειρα είναι οι άξονες που χωρίζουν στη μέση τους διαδρόμους οι οποίοι περιβάλλουν τον στύλο. Η οριζόντια αυτή επιφάνεια ονομάζεται συνεισφέρουσα. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου η οποία στηρίζεται στη θεωρία της συνεισφέρουσας επιφάνειας, είναι τα ακόλουθα (Μπενάρδος και Καλιαμπάκος, 2010):

- Χρειάζονται περιορισμένες πληροφορίες όσον αφορά στο σχεδιασμό, κυρίως τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στύλων, το ύψος και το ειδικό βάρος των υπερκειμένων. Το γεγονός αυτό καθιστά τη μέθοδο ιδιαίτερα εύχρηστη κατά τον αρχικό σχεδιασμό έργων όπως το συγκεκριμένο.
- Προσφέρει πολύ γρήγορα τα αποτελέσματα της ανάλυσης, είναι πολύ απλή και σε περιπτώσεις ομοιόμορφων εκσκαφών παρέχει αρκετά μεγάλη ακρίβεια.
- Υπολογίζεται η μέγιστη φόρτιση που δύναται να εφαρμοστεί στους στύλους οπότε προσφέρει τα πιο συντηρητικά και ασφαλή αποτελέσματα.

Αντίστοιχα, ένα βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι λαμβάνει υπόψη της το τασικό πεδίο και ιδιαίτερα τις κατακόρυφες τάσεις που υφίστανται προτού δημιουργηθεί η εκσκαφή. Ακόμη, δεν έχει τη δυνατότητα να παρέχει ακριβή αποτελέσματα όταν πρόκειται για μη ομοιόμορφους στύλους και τέλος, πολλές φορές μπορεί να είναι υπέρ του δέοντος συντηρητική.



Σχήμα 5.2.Σκαρίφημα περιγραφής της θεωρίας της συνεισφέρουσας επιφάνειας

Η μαθηματική προσέγγιση της θεωρίας της συνεισφέρουσας επιφάνειας έχει ως εξής. Αν (A_R) η επιφάνεια που αντιστοιχεί σε κάθε στύλο (γραμμοσκιασμένο τμήμα) και A_P η επιφάνεια του στύλου, τότε το άθροισμα αυτών των δύο επιφανειών (A_t) είναι:

$$A_t = A_R + A_P \qquad (5)$$

Η μέση ορθή τάση (σ_p) η οποία ασκείται σε ένα στύλο δίνεται από μιά εξίσωση της ακόλουθης μορφής:

$$\sigma_p = f\,(H, W_p, W_R) \qquad (6)$$

όπου H: το βάθος στο οποίο γίνεται η εκμετάλλευση

W_p: το πλάτος του στύλου

W_R: το πλάτος του θαλάμου μεταξύ δύο διαδοχικών στύλων

Στη συγκεκριμένη περίπτωση όπου οι στύλοι έχουν κανονική διάταξη και τετραγωνική διατομή, η μέση ορθή τάση που αναπτύσσεται σε αυτούς δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma_P = S_v \times \frac{A_t}{A_p} \Rightarrow \sigma_P = \gamma \times H \times \frac{(W_R + W_p)^2}{W_p^2} \Rightarrow \sigma_P = \gamma \times H \times \left(1 + \frac{W_R}{W_p}\right)^2 \quad (7)$$

Για τον υπολογισμό της αντοχής του στύλου σε θλίψη (C_p) η γενική μορφή της μαθηματικής έκφρασής της δίνεται από την ακόλουθη σχέση (Holland & Gaddy, 1957):

$$C_p = C_1 \times \frac{W^\beta}{W^\alpha}, \ \alpha=1 \text{ και } \beta=0{,}5 \Rightarrow C_p = C_1 \times \frac{\sqrt{W}}{H} \quad (8)$$

Όπου C_1: η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη δοκιμίου του πετρώματος τετραγωνικής διατομής (d/h=1)

Σημειώνεται ότι στην παραπάνω σχέση, εκτός από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του στύλου και την αντοχή αδιατάρακτου πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη, συμμετέχουν και οι σταθερές α και β. Οι τιμές των σταθερών αυτών υπολογίζονται ως α = 0,85 + 1 και β = 0,5. Άλλες εμπειρικές σχέσεις υπολογισμού της αντοχής του στύλου που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι οι εξής:

Salamon & Munro (1967): $C_p = C_1 \times \frac{W_p^{0,44}}{H_p^{0,66}}$ (9)

Bieniawski (1967): $C_p = C_1 \times \left(0{,}64 + 0{,}36 \times \frac{W_p}{H_p}\right)$ (10)

Obert & Duvall (1967): $C_p = C_1 \times \left(0{,}778 + 0{,}222 \times \frac{W_p}{H_p}\right)$ (11)

Σύμφωνα με την εμπειρία του κλάδου μεταλλευτικής στις ελλαδικές συνθήκες, έχει προκύψει ότι η σχέση των Obert &Duvall είναι εκείνη η οποία παρέχει τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα. Τέλος, αξίζει ναι σημειωθεί ότι ο λόγος W_p/H_p θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 4. Άλλωστε η αύξηση του λόγου αυτού έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της αντοχής των στύλων (Iannacchione, 1999) και επομένως συνήθως επιλέγεται να λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες της μονάδας.

5.5.2 Θάλαμοι

Ο υπολογισμός του πλάτους των θαλάμων πραγματοποιείται αφού πρώτα διαχωριστούν τα πετρώματα μέσα στα οποία κατασκευάζεται ο υπόγειος σε συμπαγή και σε στρωσιγενή. Παρακάτω περιγράφεται συνοπτικά η διαδικασία που ακολουθείται ανά περίπτωση (Duvall, 1977).

Όσον αφορά στην περίπτωση που ο σχεδιασμός των θαλάμων πραγματοποιείται σε συμπαγή πετρώματα, δεν έχει καθιερωθεί μια θεωρητική διαδικασία η οποία να υπολογίζει τις μέγιστες δυνατές διαστάσεις μιας εκσκαφής ώστε να είναι ασφαλής. Η διαδικασία που ακολουθείται βασίζεται κυρίως στην εμπειρία από όρυξη εκσκαφών σε παρόμοια πετρώματα. Ουσιαστικά, η βασική εργασία είναι ο προσδιορισμός των μέγιστων συγκεντρώσεων τάσεων γύρω από την εκσκαφή και στη συνέχεια, η σύγκρισή τους με τις αντίστοιχες τάσεις που προβλέπονται από τα κριτήρια αστοχίας:

$$\sigma_t < \frac{T_o}{F_t} \quad (12) \quad \text{και} \quad \sigma_c < \frac{C_o}{F_c} \quad (13)$$

όπου σ_t: η αντοχή του πετρώματος σε εφελκυσμό

F_t: ο συντελεστής ασφαλείας για εφελκυσμό, από 4 ως 8

σ_c: η μέγιστη θλιπτική τάση γύρω από την εκσκαφή

C_o: η αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη

F_c: ο συντελεστής ασφαλείας για θλίψη, από 2 ως 4

Όταν πρόκειται για σχεδιασμό θαλάμων σε στρωσιγενή πετρώματα, το πλάτος των θαλάμων υπολογίζεται σύμφωνα με τη θεωρία των αμφίπακτων δοκών, οπότε ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

$$n_{max} = \frac{\gamma \times L^4}{32 \times E \times t^2} \quad (14) \qquad \tau_{max} = \frac{3 \times \gamma \times L}{4} \quad (15) \qquad \sigma_{max} = \frac{\gamma \times L^2}{2 \times t} \quad (16)$$

όπου n_{max}: η μέγιστη κάμψη

τ_{max}: η μέγιστη διατμητική τάση

σ_{max}: η μέγιστη εφελκυστική/θλιπτική τάση

L: το πλάτος του θαλάμου

t: το πάχος του στρώματος

E: το μέτρο ελαστικότητας του πετρώματος

γ: το ειδικό βάρος του πετρώματος

Ακόμη από το συνδυασμό των σχέσεων της μέγιστης διατμητικής τάσης και της μέγιστης εφελκυστικής/θλιπτικής τάσης, προκύπτει ότι:

$$\frac{\sigma_{max}}{\tau_{max}} = \frac{2L}{3t} \quad (17)$$

Η μέγιστη κάμψη παρατηρείται στο μέσο του θαλάμου, ενώ η μέγιστη διατμητική, εφελκυστική και θλιπτική τάση παρατηρούνται στα άκρα αυτού. Συγκεκριμένα, οι εφελκυστικές τάσεις αναπτύσσονται στο κάτω μέρος του θαλάμου, ενώ οι θλιπτικές στο άνω μέρος. Αντίστοιχα, στο μέσο του θαλάμου η διατμητική τάση μηδενίζεται ενώ το κάτω μέρος του στρώματος εφελκύεται και το πάνω θλίβεται. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα πετρώματα έχουν από τη φύση τους μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη απ' ότι σε εφελκυσμό, προκύπτει ότι η αστοχία της οροφής θα ξεκινήσει από το άνω μέρος του στρώματος, στα άκρα του θαλάμου.

Όταν η τιμή του λόγου του πλάτους του θαλάμου προς το πάχος του στρώματος της οροφής είναι μεγαλύτερη από 5 (L/t>5), τότε η εφελκυστική τάση που αναπτύσσεται στα άκρα του στρώματος είναι περισσότερο από τρείς φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη διατμητική ($\sigma_{max}>3\tau_{max}$). Συνεπώς, λόγω του γεγονότος αυτού, σε συνδυασμό με το ότι η αντοχή των πετρωμάτων σε εφελκυσμό είναι συνήθως μικρότερη από ότι σε διάτμηση και πολύ μικρότερη από ότι σε θλίψη, συμπεραίνεται πως η μέγιστη

εφελκυστική τάση θα πρέπει να λαμβάνεται ως παράμετρος σχεδιασμού των θαλάμων. Επομένως, η σχέση (17) έχει ως εξής:

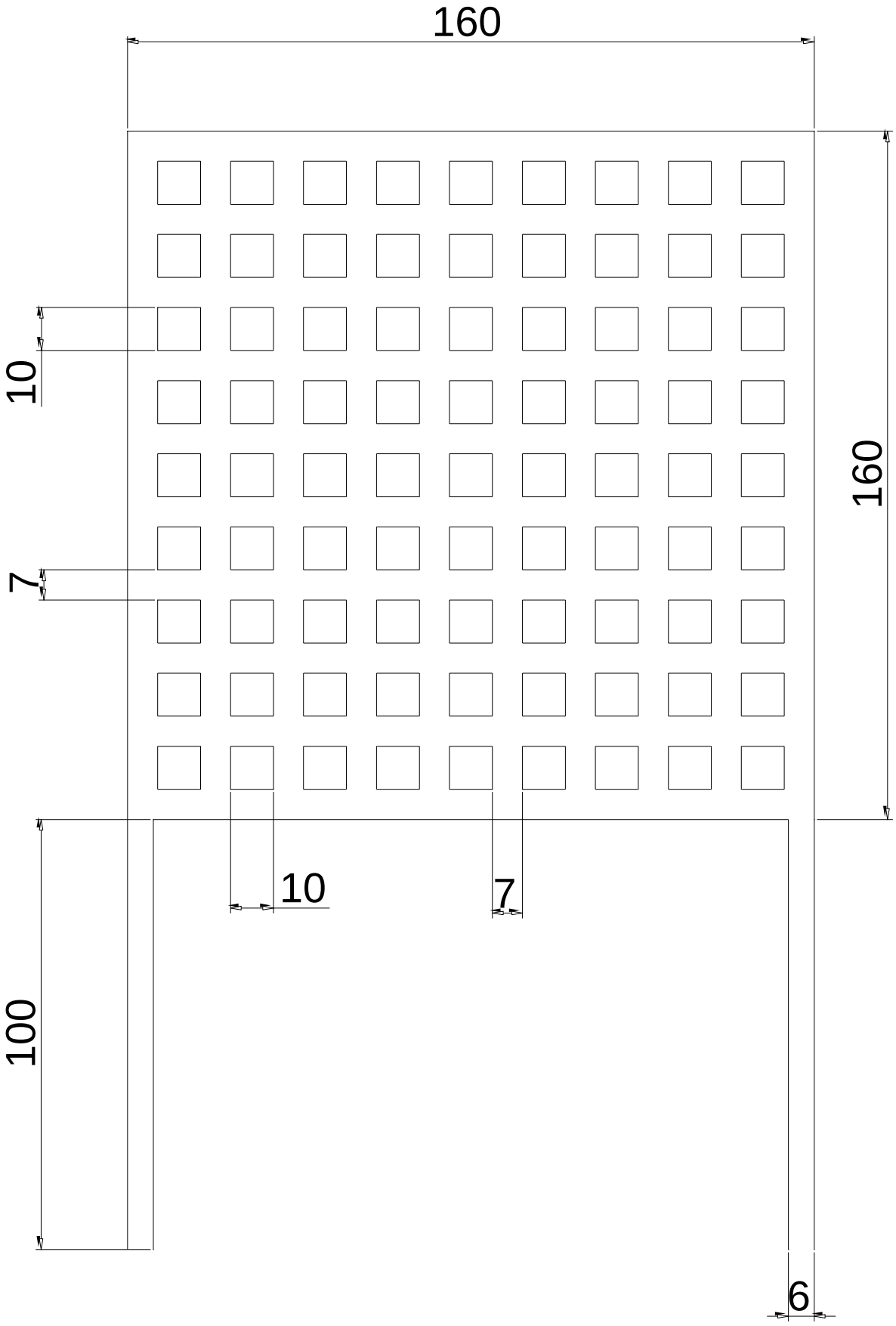
$$L = \sqrt{\frac{2 \times \sigma_{max} \times t}{\gamma \times F_t}} \qquad (18)$$

5.6 Υπολογισμός συνολικών διαστάσεων

Θεωρήθηκε πως μια ικανοποιητική ωφέλιμη επιφάνεια για τον υπόγειο αυτό χώρο θα κυμαίνεται μεταξύ 16000 και 20000 m^2. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μια σειρά δοκιμών για την βέλτιστη διάταξη των στύλων και των διαστάσεων του χώρου.

Λαμβάνοντας υπόψη παρόμοια έργα στο εξωτερικό καθώς και τις διαστάσεις των βαρελιών εκτιμήθηκε πως ένα ύψος της τάξης των 5,5m είναι επαρκές. Τα ύψη των υπερκειμένων υπολογίσθηκαν μεταξύ 50-150m.

Στη συνέχεια έγιναν δοκιμές για τη διάταξη των στύλων και αποφασίστηκε μια τετραγωνική διάταξη 9 στύλων στην οριζόντια διάσταση και 9 στύλων στην κάθετη διάσταση (81 στύλοι συνολικά), με την εκσκαφή να έχει 160 m οριζόντια διάσταση και 160 m κάθετη διάσταση. Οι στύλοι θα είναι τετραγωνικής διατομής πλάτους 10 m και οι θάλαμοι πλάτους 7 m. Θα κατασκευαστούν 2 προσπελαστικές στοές συνολικού μήκους 200 m και πλάτους 6 m. Στη συνέχεια παρατίθεται η κάτοψη του υπόγειου χώρου (Εικόνα 5.2).



Εικόνα 5.2. Κάτοψη υπόγειου χώρου αποθήκευσης κρασιού

Ακολουθούν υπολογισμοί επαλήθευσης της δυνατότητας κατασκευής ενός τέτοιου υπόγειου χώρου. Αρχικά από τον τύπο (1) υπολογίζεται η κατακόρυφη τάση που ασκείται σε ένα τμήμα του κοιτάσματος:

$$S_v = \gamma \times H \rightarrow S_v = 2{,}65\ t/m^3 x\ 150m = 397{,}5\ t/m^2 = 3{,}98\ MPa$$

$$\sigma_P = \gamma \times H \times (1 + \frac{W_R}{W_p})^2 = 3{,}98 \times (1 + \frac{7}{10})^2 = 11{,}5\ MPa$$

Για τον υπολογισμό της αντοχής του στύλου σε θλίψη χρησιμοποιείται ο τύπος (11) των Obert & Duvall που, όπως προαναφέρθηκε, παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στην περιοχή μελέτης το πέτρωμα που υπάρχει είναι ασβεστόλιθος αντοχής 75 MPa (Γεωσκόπιο Ε.Π.Ε). Στον υπολογισμό έγινε μια μείωση της τάξης του 40% για λόγους ασφαλείας και έτσι ο συντελεστής C_1 λήφθηκε ίσος με 45 Mpa.

$$C_p = C_1 \text{ x } (0{,}778 + 0{,}222 \text{ x } \frac{W_p}{H_p}) = 45MPa \text{ x } (0{,}778 + 0{,}222 \text{ x } \frac{10m}{5{,}5m}) = 53{,}17MPa$$

Ο συντελεστής ασφαλείας προκύπτει από τον τύπο (3): $F = \frac{C_p}{\sigma_p} = \frac{53{,}17\ MPa}{11{,}5\ MPa} = 4{,}62$

Ακολουθεί ο Πίνακας 5.1 των βασικών στοιχείων του υπόγειου χώρου και η κάτοψή του.

Πίνακας 5.1. Βασικά στοιχεία υπόγειου χώρου

Διαστάσεις Έργου	160mx 160m
Διαστάσεις Στύλων	10m x 10m
Διάσταση θαλάμων	7m
Ύψος χώρου και Στοών Προσπέλασης	5,5m
Συνολική Ωφέλιμη Επιφάνεια	17500 m^2
Εμβαδόν Διατομής Έργου	35,25 m^2
Συνολικό Μήκος Έργου	2700m
Συνολικός Όγκος Εξόρυξης	95.175m^3
Συνολικά Απολήψιμα Αποθέματα	252.214t
Συντελεστής Απόληψης	0,654
Μήκος Στοών Προσπέλασης	200m (2x100m)
Πλάτος Στοών Προσπέλασης	6m

Στον πίνακα 5.2 φαίνεται η ταξινόμηση της βραχομάζας. Επειδή η συγκεκριμένη ταξινόμηση αναφέρεται σε πρανή κρίθηκε αναγκαίο το RMR για την εκτίμηση της υποστήριξης να θεωρηθεί ως η μέση τιμή των 60-70 δηλαδή 65.

Πίνακας 5.2. Γεωμηχανική ταξινόμηση βραχομάζας (Γεωσκόπιο Ε.Π.Ε.)

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ
(ΚΑΤΑ BIENIAWSKI 1989, ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ)
ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΠΡΑΝΗ (ΚΑΤΑ ROMANA)

Α/Α: ΤΒ-2
ΘΕΣΗ: Χ.Θ. 129+560 — **ΠΡΑΝΕΣ:** ΔΕΞΙΟ
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ ΠΙΝΔΟΥ — **ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ:** J1

Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΟΥΣ			
Α1	ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΜΠΑΓΟΥΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ (MPa)	75		8
Α2	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ, RQD (%)	80		16
Α3	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ (mm)	300		9
Α4	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ			
Α4.1	ΜΗΚΟΣ (m)	<1	6	
Α4.2	ΑΝΟΙΓΜΑ (mm)	0.1 - 1.0	4	
Α4.3	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	ΠΟΛΥ ΤΡΑΧΕΙΕΣ	6	
Α4.4	ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ(mm)	ΣΤΙΦΡΟ, ΠΑΧΟΥΣ <5 mm	4	
Α4.5	ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	ΕΛΑΦΡΑ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΕΣ	5	25
Α5	ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	ΜΕΤΡΙΑ ΥΓΡΟ		10
		ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ, RMR :		68

Β	ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ			
	ΚΛΙΣΗ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ	βj = 75		
	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΣΗΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ	aj = 185		
	ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΟΥΣ	βs = 62		
	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΣΗΣ ΠΡΑΝΟΥΣ	as = 179		
Ρ	ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ ΜΕ ΕΠΙΠΕΔΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ			
|aj-as|	= 6	F1 =	ΔΥΣΜΕΝΗΣ	0.85
|βj|	= 75	F2 =	ΠΟΛΥ ΔΥΣΜΕΝΗΣ	1.00
βj-βs	= 13	F3 =	ΠΟΛΥ ΕΥΝΟΙΚΗ	0.00

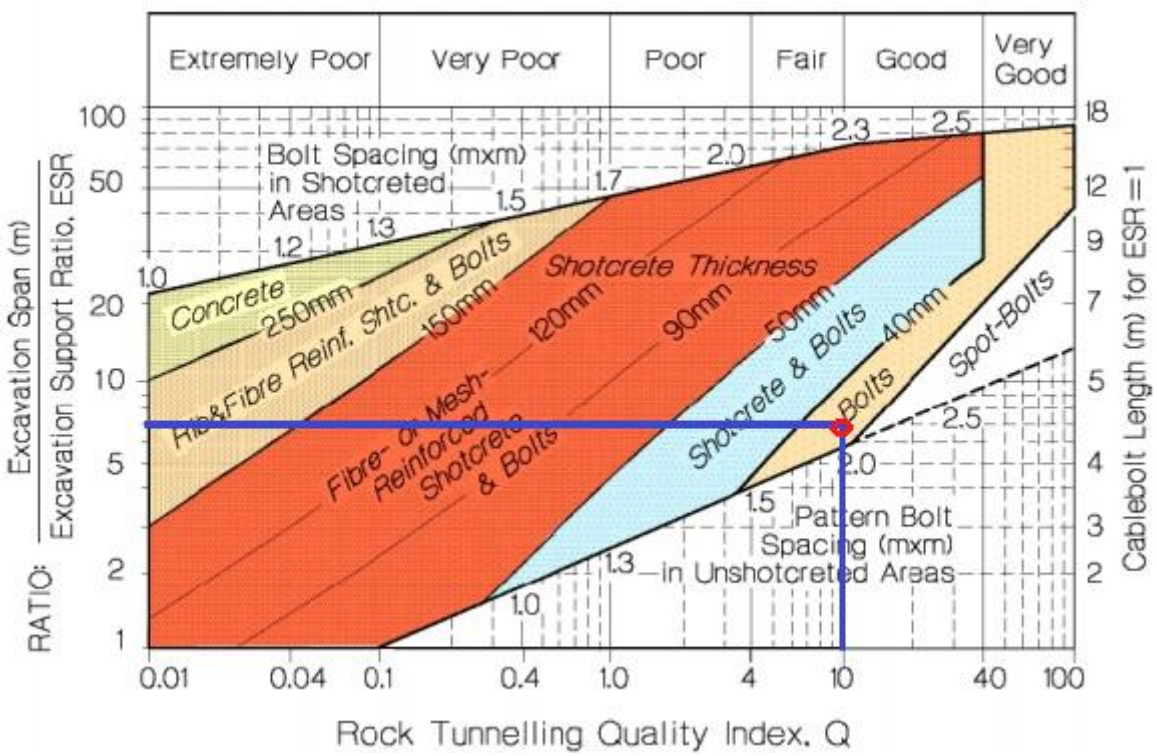
Γ	ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΤΩΝ ΠΡΑΝΩΝ	
	ΣΥΝΗΘΗΣ ΑΝΑΤΙΝΑΞΗ	0

Δ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ	
Γ1	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ SMR=RMR+(F1*F2*F3)+F4	68
Γ2	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	II
Γ3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΚΑΛΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ

Ε	ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	
Δ1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	II
Δ2	ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ	ΕΥΣΤΑΘΕΣ
Δ3	ΑΣΤΟΧΙΕΣ	ΜΕΡΙΚΑ ΤΕΜΑΧΗ
Δ4	ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΜΕΤΡΑ (ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ)	ΤΥΧΑΙΑ
Δ5	ΣΥΝΟΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, C (kPa)	300 - 400
Δ6	ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, φ (°)	35 - 45
Δ7	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, E (GPa) $E = 10^{(RMR_{np} - 10)/40}$	28

5.7 Υποστήριξη

Για να επιλεχθεί κατάλληλη υποστήριξη για την εκσκαφή χρησιμοποιήθηκε το Σχήμα 5.3 από το οποίο υπολογίζεται μέσω του πλάτους της εκσκαφής και της ταξινόμησης κατά Q (Barton et al, 1974, 1994a), η υποστήριξη που χρειάζεται μια εκσκαφή.



Σχήμα 5.3. Επιλογή μέσων υποστήριξης (Barton et al, 1994a)

RMR = 9lnQ + 44 (Beniawski, 1989)

$Q = e^{\frac{RMR-44}{9}} = 10$

ESR = 1,3 (Κατηγορία C κατά Barton, 1974) Το ESR θα ληφθεί ως 1 για λόγους ασφαλείας.

Excavation Span = 7m

$D_e = 7/1 = 7$ Όπου D_e = ισοδύναμη διάσταση της εκσκαφής

Από το Σχήμα 5.3 εκτιμάται ότι χρειάζεται υποστήριξη μόνο με αγκύρια αλλά για λόγους ασφαλείας κρίθηκε αναγκαίο να υπάρξει και υποστήριξη από ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 10 cm. Θα πραγματοποιηθεί υποστήριξη με αγκύρια τύπου Swellex ανά 2 m και σε απόσταση 1,5 m μεταξύ τους.

6 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ – ΚΟΣΤΟΣ

6.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει περιγραφή των δύο προτεινόμενων μεθόδων κατασκευής του υπόγειου χώρου, της μεθόδου με μηχάνημα σημειακής κοπής (Roadheader) και της μεθόδου με εκρηκτικές ύλες καθώς και η σύγκριση κόστους μεταξύ των δύο μεθόδων. Είναι γνωστό πως στις περισσότερες περιπτώσεις η μέθοδος των εκρηκτικών υλών είναι αρκετά πιο οικονομική. Ωστόσο υπάρχουν κάποιες παράμετροι όπως η κοκκομετρία του εξορυσσόμενου υλικού η οποία προσθέτει επιπλέον έξοδα θραύσης, η εξομάλυνση του προφίλ σε περίπτωση υπερεκσκαφής λόγω της χρήσης εκρηκτικών καθώς και η διαταραχή του πετρώματος η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες ανάγκες υποστήριξης η ακόμα και να καθιστά τη χρήση των εκρηκτικών απαγορευτική. Η σύγκριση του κόστους θα γίνει για να δοθεί μια γενική εικόνα της διαφοράς ανάμεσα στις δύο μεθόδους και να υπάρχει η δυνατότητα σύγκρισης ανάλογα με τις ανάγκες κάθε έργου.

6.2 Μέθοδος κατασκευής και κόστος εξόρυξης με Roadheader

6.2.1 Εισαγωγή

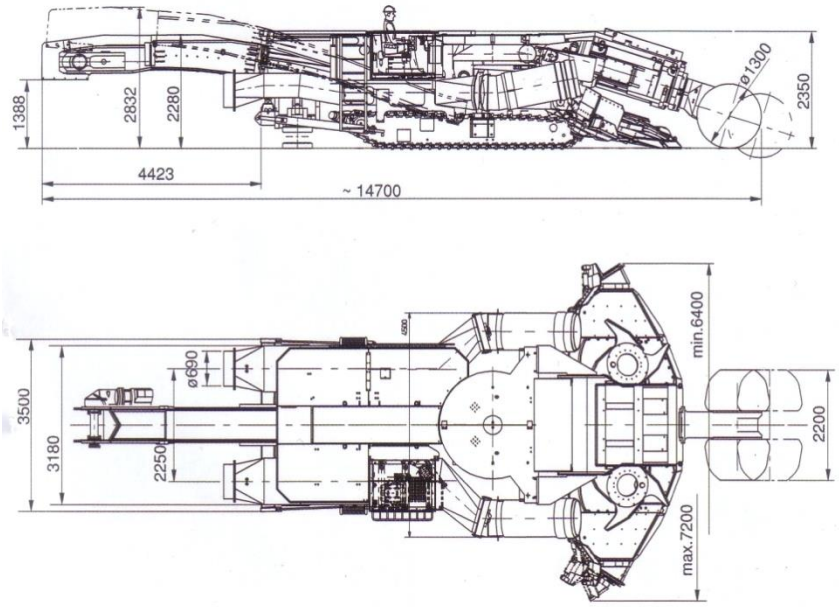
Η εκτίμηση του κόστους για την εξόρυξη του πετρώματος με τη μηχανή σημειακής κοπής (roadheader) πραγματοποιείται στη βάση εκτενούς ανάλυσης των παραμέτρων λειτουργίας ενός αντίστοιχου roadheader, αξιοποιώντας πραγματικά στοιχεία από ένα τεχνικό έργο (σήραγγα) που έχει κατασκευαστεί στην Ελλάδα. Επιπλέον, έχουν χρησιμοποιηθεί σύγχρονα δεδομένα για όλες τις οικονομικές παραμέτρους που καθορίζουν το κόστος λειτουργίας του μηχανήματος (Πολίτης, 2005).

6.2.2 Μηχανικός εξοπλισμός

Για την εκσκαφή του υπογείου χώρου θα χρησιμοποιηθούν τα εξής μηχανήματα: Για την αποκομιδή και την μεταφορά των εξορυχθέντων υλικών θα χρησιμοποιηθούν φορτωτές Sandvik LH 307 χωρητικότητας $4m^3$. Για την απομάκρυνση των επισφαλών όγκων του πετρώματος (ξεσκάρωμα) θα χρησιμοποιηθεί αντίστοιχο μηχάνημα. Ακόμη, για την τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος θα χρησιμοποιηθεί το Shot – Tech Robotic Arm τοποθετημένο επί ειδικού φορείου. Επίσης θα χρησιμοποιηθούν δύο ανεμιστήρες υπογείων και ένας αεροσυμπιεστής. Για την κοπή και την κοχλίωση το μηχάνημα, το οποίο κρίθηκε κατάλληλο και επιλέχθηκε, τελικά, για την διάνοιξη του υπόγειου χώρου

είναι το AM105-IC της Voest-Alpine (Εικόνα 6.1.). Πρόκειται για ένα ηλεκτροκινητήριο εγκάρσιου τύπου μηχάνημα βάρους 120tn και ισχύος 300KW. Ο παραπάνω εξοπλισμός επιλέχθηκε να μισθωθεί για όλη τη διάρκεια του έργου εκτός του. Στο Σχήμα 6.1 φαίνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος, ενώ στο Σχήμα 6.2. παρουσιάζονται τα γενικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος.

Εικόνα 6.1. Το επιλεγόμενο μοντέλο για την διάνοιξη του υπόγειου χώρου.



Σχήμα 6.1. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του AM105-IC.

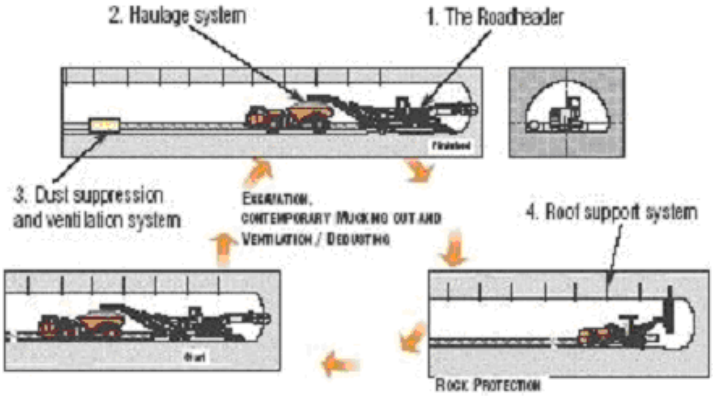
Το συγκεκριμένο μηχάνημα διαθέτει το σύστημα “ICUTROCK” (I cutrock) που ουσιαστικά αποτελεί εξέλιξη της ιδέας των waterjets. Πρόκειται δηλαδή για σύστημα εκτόξευσης νερού υπό πίεση από τα κοπτικά άκρα. Αυτό συντελεί στην οδήγηση σε σκληρότερα πετρώματα, σε καλύτερη απόδοση και σε ελάττωση της παραγόμενης σκόνης (Πολίτης, 2005).

Main dimensions		**Conveying system**	
Total weight	120 t	Double chain conveyor motor	1 x 36 kW
Total length	14700 mm	Chain speed	max 0.8 m / s
Height	2350 mm	Width of conveyor	600 mm
Width over loading table	6200-6900 mm	Capacity of conveyor	max 300 m³ / h
Width over crawler tracks	3050 mm		
Width of crawler tracks	720 mm	**Cutting profile** telescope extended	telescope retracted
Ground pressure	0.17 MPa		
		Area 50 m²	41 m²
Electrical system		Height 5.9 m	5.42 m
Potential	1000 V / 50 Hz	Width 8.9 m	9.7 m
Total installed electric motor power	471 kW	Undercut 0.50 m	0.20 m
Cutter motor	300 kW		
Hydraulic power pack motor	63 kW	Negotiable gradients	
Loader motors	2 x 36 kW	Without machine support	+/- 20 gon
		With machine support	+/- 35 gon
Power demand			
via transformer	1000 kVA	Speed of cutter head	1.4 m / s
via generator set	1500 kVA	Tramming speed	0 – 3.5 m / min

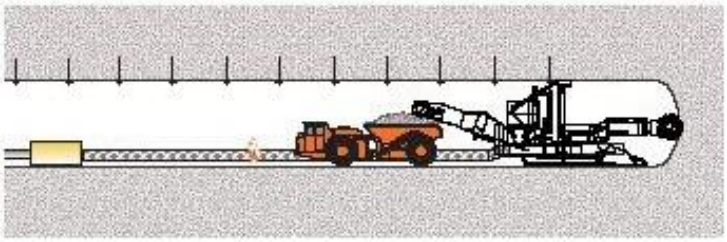
Σχήμα 6.2. Γενικά χαρακτηριστικά του AM105-IC.

6.2.3 Περιγραφή κύκλου εργασιών

Ο κύκλος εργασιών που θα πραγματοποιήσει η επιλεγμένη μηχανή σημειακής παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.3. Επισημαίνεται ότι το AM105-IC είναι εφοδιασμένο με ειδικό φορείο διάτρησης και τοποθέτησης κοχλιών για την υποστήριξη της οροφής (Σχήμα 6.4). Δηλαδή, οι εργασίες κοπής, φόρτωσης και απομάκρυνσης των εξορυχθέντων υλικών, αερισμού του χώρου και υποστήριξης της οροφής πραγματοποιούνται ταυτόχρονα, χωρίς να απαιτείται η απομάκρυνση του roadheader από το μέτωπο (Πολίτης, 2005).



Σχήμα 6.3. Κύκλος εργασιών του roadheader.



Σχήμα 6.4. Υποστήριξη οροφής με διατρητικό του roadheader.

Κύκλος εργασιών διάνοιξης με Roadheader:

1. Υποστήριξη
2. Κοπή
3. Μεταφορά
4. Αερισμός
5. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

6.2.4 Επεξεργασία στοιχείων λειτουργίας του Roadheader

Τα στοιχεία, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της απόδοσης, της κατανάλωσης ενέργειας, λιπαντικών, κοπτικών άκρων, κ.λπ. και, κατ' επέκταση, του κόστους εξόρυξης με τη χρήση του AM 105-IC, αφορούσαν περατωμένο τεχνικό έργο με ανάλογα χαρακτηριστικά. Τα στοιχεία αυτά παραχωρήθηκαν από τον κ. Ευαγγελίου της εταιρίας MAN AIR, που είναι η επίσημη αντιπρόσωπος της Voest Alpine στην Ελλάδα και επεξεργάστηκαν από τον (Πολίτη, 2005). Παράλληλα σε θέματα που κρίθηκε σκόπιμο ή χρειάστηκε να γίνει λεπτομερέστερη εξέταση ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τη λειτουργία του μηχανήματος πάνω στις απαιτήσεις και ιδιαιτερότητες του έργου, πραγματοποιήθηκαν εκ νέου αναλύσεις και επεξεργασία των δεδομένων.

Η δυνατότητα χρησιμοποίησης των δεδομένων στο υπό εξέταση έργο και η εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων, έγκειται στο γεγονός ότι το ίδιο μηχάνημα χρησιμοποιήθηκε σε αντίστοιχης φύσης γεωλογικό σχηματισμό. Τα στοιχεία περιλαμβάνουν αναφορές εργασίας ανά ημέρα, καθώς και για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους, για ένα συνολικό διάστημα 15 μηνών. Ακολούθως, παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας αυτών, για την εύρεση των απαιτούμενων τιμών των παραμέτρων κοστολόγησης.

6.2.5 Γενικά στοιχεία

Τα διαθέσιμα στοιχεία παραγωγικότητας και κατανάλωσης καυσίμων, λιπαντικών, κ.λπ. αφορούσαν μια συνολική περίοδο εργασιών 15 μηνών. Επιπλέον, διατέθηκαν αναλυτικές ημερήσιες αναφορές 28 ημερών, οι οποίες, πέραν των στοιχείων παραγωγικότητας και κόστους, περιέγραφαν λεπτομερών τις αιτίες των καθυστερήσεων. Τα στοιχεία από τις ημερήσιες και τις συγκεντρωτικές αναφορές χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά. Μερικά από τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα παρακάτω (Πολίτης, 2005):

- **Συνολικός χρόνος προς εργασία.** Πρόκειται ουσιαστικά για τις ημερήσιες βάρδιες και τη διάρκειά τους σε ώρες.
- **Χρόνος λειτουργίας RH.** Πρόκειται για τις ώρες λειτουργίας του κινητήρα του μηχανήματος.
- **Χρόνος πραγματικής κοπής RH (Cutterhour-meter).** Πρόκειται για τις ώρες λειτουργίας της κοπτικής κεφαλής του μηχανήματος. Δηλαδή, αφορά στον καθαρό χρόνο εργασίας κοπής του μηχανήματος.
- **Καθυστερήσεις.** Οι καθυστερήσεις αφορούν στο χρονικό διάστημα κατά το οποίο το μηχάνημα δεν λειτουργεί. Καθυστερήσεις υφίστανται κυρίως λόγω μετακινήσεων και λόγω μέτρησης και αντικατάστασης των κοπτικών, μηχανικές και ηλεκτρολογικές βλάβες, βλάβες της ηλεκτρογεννήτριας, συντηρήσεις καθώς και διάφοροι άλλοι παράγοντες.
- **Μετακινήσεις.** Αποτελούν σημαντική κατηγορία των καθυστερήσεων και για αυτό εξετάζονται και ξεχωριστά.
- **Χρόνος λειτουργίας RH μείον μετακινήσεις (Hydraulic hour-meter).** Αποτελεί εκείνο το χρόνο που προκύπτει από το χρόνο λειτουργίας του μηχανήματος με αφαίρεση των μετακινήσεων.
- **Όγκος εκσκαφής.** Πρόκειται για τον συνολικά εξορυσσόμενο όγκο πετρώματος.
- **Φυσιολογική φθορά κοπτικών.** Αφορά στον αριθμό των κοπτικών που υπέστησαν φυσιολογική φθορά και αντικαταστάθηκαν.
- **Μη φυσιολογική φθορά κοπτικών.** Αφορά στον αριθμό των κοπτικών που υπέστησαν φθορά είτε λόγω κακού χειρισμού είτε λόγω των γεωλογικών συνθηκών.
- **Αντικατάσταση κοπτικών συνολικά.** Εκφράζει τον συνολικό αριθμό κοπτικών που αντικαθίσταται και ισούται με το άθροισμα των δύο παραπάνω κατηγοριών.

6.2.6 Επεξεργασία δεδομένων

Εν συνεχεία, παρουσιάζεται η επεξεργασία των παραπάνω στοιχείων για την εύρεση της αναμενόμενης απόδοσης του μηχανήματος και του ρυθμού φθοράς των κοπτικών. Αναλυτικά υπολογίζονται τα εξής (Πολίτης, 2005):

- **Κατανάλωση κοπτικών (BitConsumption).** Πρόκειται για τον αριθμό κοπτικών που απαιτείται ανά εξορυσσόμενο m^3. Ισούται με το λόγο του συνολικού αριθμού κοπτικών που αντικαθίστανται προς το συνολικό εξορυχθέν όγκο πετρώματος.
- **Απόδοση καθαρής κοπής (Net Cutting Rate).** Πρόκειται για την καθαρή κοπή που πετυχαίνει το μηχάνημα στο χρόνο κατά τον οποίο λειτουργεί η κοπτική κεφαλή και πραγματοποιεί κοπή του μετώπου. Ισούται με τον λόγο του όγκου εκσκαφής προς τον χρόνο πραγματικής κοπής του μηχανήματος.
- **Απόδοση μέσης κοπής (Machine Performance).**Πρόκειται για την απόδοση του μηχανήματος στο χρόνο λειτουργίας του, εξαιρώντας τις μετακινήσεις. Ισούται με το λόγο του συνολικού όγκου εκσκαφής προς το χρόνο λειτουργίας του μηχανήματος μείον τις μετακινήσεις.
- **Μέση απόδοση ημέρας.** Πρόκειται για την ημερήσια απόδοση του μηχανήματος στις συνολικές ώρες λειτουργίας των βαρδιών. Ισούται με το λόγο του συνολικού όγκου εκσκαφής προς το συνολικό χρόνο προς εργασία.

  Επιπλέον, γίνεται μια περαιτέρω επεξεργασία για την εύρεση κάποιων χρήσιμων λόγων. Αυτοί είναι οι εξής:
- **Χρόνος λειτουργίας RH / Συνολικό χρόνο.** Πρόκειται για το λόγο που δίνει το ποσοστό λειτουργίας του μηχανήματος στο συνολικό χρόνο προγραμματισμένης λειτουργίας.
- **Καθυστερήσεις / Συνολικό χρόνο.** Πρόκειται για το λόγο που δίνει το ποσοστό των καθυστερήσεων που λαμβάνουν χώρα όταν χρησιμοποιείται η μηχανή σημειακής κοπής προς το συνολικό χρόνο προγραμματισμένης λειτουργίας.
- **Μετακινήσεις / Χρόνο λειτουργίας RH.** Πρόκειται για το λόγο που δίνει το ποσοστό των μετακινήσεων που απαιτούνται στο συνολικό χρόνο λειτουργίας του μηχανήματος.
- **Χρόνος κοπής / Χρόνο λειτουργίας RH.** Πρόκειται για το λόγο που δίνει το ποσοστό του χρόνου κοπής που λαμβάνει χώρα στο συνολικό χρόνο λειτουργίας του μηχανήματος.

Από τα παραπάνω δεδομένα υπολογίζονται τα ακόλουθα μεγέθη: η ελάχιστη, η μέγιστη και η μέση τιμή. Για την πραγματοποίηση των υπολογισμών του κόστους εξόρυξης, η οποία πραγματοποιείται στην επόμενη ενότητα, χρησιμοποιείται η μέση τιμή των επεξεργασμένων παρατηρήσεων.

6.2.7 Υπολογισμός ετήσιου εξορυσσόμενου όγκου

Για τον υπολογισμό του κόστους εξόρυξης πρέπει αρχικά να υπολογιστεί ο όγκος που εξορύσσεται από το μηχάνημα σημειακής κοπής σε ετήσια βάση. Λαμβάνοντας ως παραδοχή ότι οι εργάσιμες ημέρες ανά έτος είναι 250 και χρησιμοποιώντας ημερησίως 2 οχτάωρες βάρδιες, οι συνολικές προς εργασία ώρες είναι (Πολίτης,2005):

Ετήσιος χρόνος προς εργασία = (250×2×8)h = 4000h

Με βάση τα στοιχεία, ο χρόνος λειτουργίας του μηχανήματος ανέρχεται στο 75% του προγραμματισμένου χρόνου προς εργασία, γεγονός που συνεπάγεται ότι ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας του μηχανήματος θα είναι:

Ετήσιος χρόνος λειτουργίας RH = (0,75×4.000)h = 3000h

Βάσει των στοιχείων, το 43% του συνολικού χρόνου προς εργασία καταναλώνεται σε καθυστερήσεις οι οποίες αφορούν βλάβες, αλλαγές κοπτικών, συντήρηση κ.α. Δηλαδή:

Ετήσιες καθυστερήσεις = (0,43×4.000)h = 1720 h

Επίσης, βάσει των στοιχείων, το 11% του χρόνου λειτουργίας του RH δαπανάται στις μετακινήσεις του, δηλαδή:

Ετήσιες μετακινήσεις = (0,11×3.000)h = 330h

Επομένως, ο διαθέσιμος χρόνος πραγματικής κοπής προκύπτει αν από τον χρόνο λειτουργίας του μηχανήματος αφαιρεθούν οι αντίστοιχες καθυστερήσεις και μετακινήσεις. Δηλαδή:

Ετήσιος χρόνος καθαρής κοπής = (3.000 – 1.720 – 330)= 950h

Οπότε, ο ετήσιος εξορυσσόμενος όγκος προκύπτει από το γινόμενο των ωρών καθαρής κοπής και την καθαρή κοπή που μπορεί να πετύχει το μηχάνημα (51,35m^3/h):

Ετήσιος εξορυσσόμενος όγκος = (51,35×950)m^3 = 48783m^3

Η απόδοση του Roadheader είναι 48783m^3 ανά έτος. 48.783/12 = 4065,25m^3/μήνα.

Η εκσκαφή που πρέπει να πραγματοποιηθεί για το έργο είναι 95.175m^3.

Οπότε ο συνολικός απαιτούμενος χρόνος για την ολοκλήρωση της εκσκαφής είναι: 95.175/4065,25 = 23,4≈**24 μήνες.**

6.2.8 Υπολογισμός κόστους εκσκαφής με χρήση του AM105-IC

Για τον υπολογισμό του κόστους εκσκαφής πρέπει να υπολογιστούν τα εξής:

- Το λειτουργικό κόστος του μηχανήματος.
- Το κόστος μισθοδοσίας προσωπικού
- Το κόστος υλικών
- Το κόστος μίσθωσης μηχανικού εξοπλισμού
- Το κόστος των καυσίμων
- Τα λοιπά έξοδα

6.2.8.1 Λειτουργικό κόστος

Το λειτουργικό κόστος αφορά τα επιμέρους κόστη που συνδέονται με τη λειτουργία του μηχανήματος AM105-IC. Αυτά αναφέρονται σε ετήσια βάση και ανά ένα μηχάνημα (για δύο πάντα οκτάωρες βάρδιες) και αναλύονται ακολούθως (Πολίτης, 2005):

- **Κόστος προσωπικού.** Αυτό αφορά τα άτομα που απασχολούνται στο μηχάνημα, τα οποία στο σύνολό τους για τις δύο ημερήσιες βάρδιες είναι 8. Αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.1) φαίνονται τόσο η ιδιότητα του κάθε εργαζόμενου όσο και ο αντίστοιχος ετήσιος μισθός.

Πίνακας 6.1. Υπολογισμός κόστους προσωπικού.

Ιδιότητα	Μισθός ανά άτομο (€)	Αριθμός ατόμων	Συνολικά (€)
Χειριστής του RH	42.000	2	84.000
Βοηθός χειριστή	42.000	2	84.000
Ηλεκτρολόγος συντηρητής	42.000	2	84.000
Μηχανοτεχνίτης συντηρητής	42.000	2	84.000
Σύνολο		**8**	**336.000**

Οπότε, συνολικά οι ετήσιες αποδοχές του απασχολούμενου προσωπικού ανέρχονται στο ποσό της τάξης των 336.000€. Για να αναχθεί αυτό το ποσό για κάθε m^3 όγκου εκσκαφής, διαιρείται το ποσό με τον ετήσιο όγκο εκσκαφής. Δηλαδή:

Κόστος προσωπικού = (336.000 / 48.783) €/m^3= 6,89 €/m^3

- **Ενεργειακό κόστος.** Αυτό αφορά στην κατανάλωση ενέργειας του μηχανήματος ανά κυβικό μέτρο όγκου εκσκαφής. Όπως έχει ήδη αναφερθεί το AM105-IC είναι ένα ηλεκτροκινητήριο μηχάνημα, το οποίο λειτουργεί μέσω πετρελαιοκίνητης ηλεκτρογεννήτριας. Για να βρεθεί το κόστος αυτό, πρώτα θα πρέπει να καθοριστεί η απαίτηση σε καύσιμο ανά ώρα λειτουργίας του μηχανήματος. Έτσι, για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα μεγαλύτερου χρονικού ορίζοντα, από τα οποία προέκυψε ότι οι απαιτήσεις σε καύσιμο ανέρχονται στα 91,52 lt/h (Πίνακας 6.2.). Δεδομένου ότι ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας του μηχανήματος θα είναι 3.000 h, η απαιτούμενη κατανάλωση, σε ετήσια βάση, ανέρχεται σε 274.560 lt. Το κόστος για κάθε λίτρο καυσίμου ανέρχεται στα 1,3 €. Οπότε, το συνολικό ενεργειακό κόστος που θα απαιτηθεί είναι 356.928 €. Διαιρώντας το ποσό αυτό με τον ετήσιο όγκο εκσκαφής (48.783 m^3) προκύπτει το ενεργειακό κόστος ανά m^3 όγκου εκσκαφής:

Ενεργειακό κόστος = (356.928 / 48783) €/m^3 = 7,31 €/m^3

Πίνακας 6.2. Υπολογισμός απαίτησης καυσίμου.

Καύσιμο	**Καταναλισκόμενα lt**	**Χρόνος λειτουργίας RH (h)**	**Καύσιμο/ Χρόνο λειτουργίας RH (lt/h)**
Καύσιμο HZ	65.492	715,6	91,52

- **Κόστος κοπτικών.** Πρόκειται για ένα σημαντικό κόστος και αφορά στην αντικατάσταση των κοπτικών άκρων της κεφαλής του μηχανήματος, είτε λόγω φυσιολογικής φθοράς είτε λόγω αστοχίας. Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η κατανάλωση των κοπτικών (bits) ανέρχεται σε 0,2 bits/m^3. Οπότε για τον ετήσιο όγκο εκσκαφής θα απαιτηθούν 8.630 bits περίπου. Το κόστος του κάθε κοπτικού ανέρχεται στα 25 €, με αποτέλεσμα το ετήσιο κόστος των κοπτικών να είναι της τάξεως των 215.670 €. Διαιρώντας το ποσό αυτό με τον ετήσιο όγκο εκσκαφής (48.783 m^3) προκύπτει το κόστος κοπτικών ανά m^3 όγκου εκσκαφής. Δηλαδή:

Κόστος κοπτικών = (215.670 / 48.783) €/m^3 = 4,42 €

- **Κόστος συντήρησης.** Αυτό το κόστος αφορά στις απαραίτητες δαπάνες που πρέπει να καταβάλλονται για την περιοδική συντήρηση του μηχανήματος και είναι δύο ειδών: η ημερήσια και η εβδομαδιαία συντήρηση. Η ημερήσια συντήρηση αναφέρεται στον έλεγχο και αντικατάσταση των κοπτικών και στη συμπλήρωση λιπαντικών και συμπεριλαμβάνεται σε άλλες κατηγορίες κόστους (λιπαντικών, κοπτικών). Αντίθετα, η εβδομαδιαία συντήρηση, η οποία διαρκεί περίπου μισή βάρδια και αφορά τη γενικότερη αντικατάσταση ανταλλακτικών του μηχανήματος, δεν συμπεριλαμβάνεται σε άλλες κατηγορίες κόστους. Ο υπολογισμός του κόστους συντήρησης γίνεται ποσοστιαία με βάση την αξία του μηχανήματος. Θεωρήθηκε ότι σε ετήσια βάση ανέρχεται στο 5% της αξίας του AM105-IC, δηλαδή:

Κόστος συντήρησης = 0,05×2.200.000€ = **110.000€/48783 = 2,25€**

- **Κόστος λιπαντικών.** Για να βρεθεί το κόστος αυτό, σε πρώτη φάση θα πρέπει να καθοριστεί η απαίτηση των λιπαντικών ανά ώρα λειτουργίας του μηχανήματος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα μεγαλύτερου χρονικού ορίζοντα και συγκεκριμένα από τις 7/11/2000 έως τις 28/2/2001, τα οποία ταυτίζονται με τα αντίστοιχα του 15μηνου χρονικού ορίζοντα. Με βάση αυτά τα δεδομένα, οι απαιτήσεις κάθε λιπαντικού σε lt ανά ώρα λειτουργίας του μηχανήματος και της ηλεκτρογεννήτριάς του, υπολογίζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.3).

Πίνακας 6.3. Υπολογισμός απαίτησης λιπαντικών.

Λιπαντικά	Καταναλισκόμενα lt	Χρόνος λειτουργίας RH (h)	Λιπαντικά/Χρόνο λειτουργίας RH (lt/h)
Ελαιολιπαντικά RH			
Energol 46	371	715,6	0,518
Γράσο αποθήκης	101,2	715,6	0,141
Γράσο συνεργείου	55	715,6	0,077
Energol 320	102	715,6	0,143
SAE 30	10	715,6	0,014
RDE 100	16	715,6	0,022
10W/40	90	715,6	0,126
Ελαιολιπαντικά HZ			
10W/40	946	715,6	1,322
SAE 30	146	715,6	0,204

Με βάση αυτά τα δεδομένα, τον ετήσιο χρόνο λειτουργίας του RH και τις αντίστοιχες τιμές των λιπαντικών, προκύπτουν οι απαιτήσεις σε λιπαντικά, καθώς και το κόστος τους (Πίνακας 6.4.).

Πίνακας 6.4. Υπολογισμός κόστους λιπαντικών.

Λιπαντικά	**Λιπαντικά/ Χρόνο λειτουργίας RH (lt/h)**	**Χρόνος λειτουργίας RH (h)**	**Καταναλισκόμενα lt**	**Κόστος λιπαντικών (€/lt)**	**Κόστος λιπαντικών (€)**
Ελαιολιπαντικά RH					
Energol 46	0,518	3.000	1.554	1	1.554
Γράσο αποθήκης	0,141	3.000	423	1	423
Γράσο συνεργείου	0,077	3.000	231	1	231
Energol 320	0,143	3.000	429	1	429
SAE 30	0,014	3.000	42	1	42
RDE 100	0,022	3.000	66	1	66
10W/40	0,126	3.000	378	1	378
Ελαιολιπαντικά HZ					
10W/40	1,322	3.000	3.966	1	3.966
SAE 30	0,204	3.000	612	1	612
Συνολικά					**7.701**

Στη βάση των παραπάνω, το ετήσιο κόστος των λιπαντικών είναι 7.700 €. Διαιρώντας το ποσό αυτό με τον ετήσιο όγκο εκσκαφής (48.783 m^3) προκύπτει το κόστος λιπαντικών ανά m^3 όγκου εκσκαφής. Δηλαδή:

Κόστος λιπαντικών = (7.700 / 48.783) €/m^3 = 0,15€

Συνεπώς το συνολικό λειτουργικό κόστος προκύπτει από την άθροιση των:

Λειτουργικό κόστος = Κόστος προσωπικού +

Ενεργειακό κόστος + Κόστος κοπτικών +

Κόστος συντήρησης + Κόστος λιπαντικών =

6,89 + 7,31 + 4,42 + 2,25 + 0,15 €/m^3 = **21,02 €/m^3**

6.2.8.2 Κόστος μισθοδοσίας προσωπικού

Πίνακας 6.5. Προσωπικό (Ετήσιες αποδοχές)

Κατηγορία	**Αριθμός**	**Μισθός**	**Συνολικός**
Project Manager	1	60.000	60.000
Μεταλλειολόγος	1	45.000	45.000
Τοπογράφος	1	45.000	45.000
Γενικός Εργοδηγός	1	45.000	45.000
Μηχανολόγος	1	45.000	45.000
Χειριστής διατρητικού - Ξεσκαρωτής	2	42.000	84.000
Εργάτης	2	28.000	56.000
Χειριστής εκτοξευόμενου Σκυροδέματος	2	42.000	84.000
Χειριστής φορτωτή	4	42.000	168.000
Σύνολο	**15 άτομα**		**632.000€**

Οι συνολικές αποδοχές για το προσωπικό που θα χρειαστεί το έργο είναι 632.000 Χ 2 χρόνια (απαιτούμενος χρόνος για την κατασκευή) = 1.264.000€ / 95175 m^3 (όγκος εκσκαφής) = 13,28 €/m^3 (κόστος προσωπικού ανά m^3 εκσκαφής)

6.2.8.3 Κόστος υλικών

Πίνακας 6.6. Κόστος υλικών ανά m προχώρησης

Κατηγορία	Τιμή (€)
Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα	233,33
Πρόσμικτο στεγανοποίησης	62,33
Ίνες	91,66
Διατρητικά Στελέχη	10
Swellex	45
Μικροϋλικά	6,66
Σύνολο	**449**

Το κόστος των υλικών ανά m προχώρησης υπολογίστηκε όπως και στη μέθοδο με εκρηκτικές ύλες χωρίς να συμπεριληφθεί το κόστος των εκρηκτικών υλών, συνδέσμων κλπ και είναι 449 €/m X 2700 m (συνολικό μήκος εκσκαφής) = 1.212.300€ / 95.175m^3 (Συνολικός όγκος εκσκαφής) = **12,74 €/m^3** (κόστος υλικών ανά m^3 εκσκαφής)

6.2.8.4 Κόστος μίσθωσης μηχανικού εξοπλισμού

Πίνακας 6.7. Κόστος μίσθωσης μηχανικού εξοπλισμού ανά μήνα

Μηχάνημα	**Αριθμός**	**Τιμή**	**Συνολικά**
AM105-IC	1	42000	42000
Μηχ.Εκτοξ.Σκυροδέματος	1	6300	6300
Φορτωτής	2	4000	8000
Αεροσυμπιεστής	1	1200	1200
Ανεμιστήρες Υπογείων	2	5000	10000
Σύνολο	**7**		**67.500**

Το κόστος μίσθωσης του μηχανικού εξοπλισμού ανά μήνα είναι 67.500€ X 24 μήνες (απαιτούμενος χρόνος για την κατασκευή) = 1.620.000€ / 95.175m^3 (Συνολικός όγκος εκσκαφής) = **17.02 €/m^3** (κόστος μισθοδοσίας μηχανικού εξοπλισμού ανά m^3 εκσκαφής)

6.2.8.5 Κόστος καυσίμων

Κόστος καυσίμων

Κόστος καυσίμων = 120.000€

120.000€ / 95.175m^3 = **1,26€/m^3**

6.2.8.6 Λοιπά έξοδα

Λοιπά έξοδα

Γενικά Έξοδα (ΔΕΗ, ΟΤΕ, Νερό, Χαρτικά, Λογισμικό, Containers) = 200.000

Παροχή Δ.Ε.Η = 80.000€

Ανταλλακτικά – Ελαστικά = 80.000€

Γεώτρηση = 40.000€

Εγκατάσταση- Απεγκατάσταση εργοταξίου = 50.000€

Συνολικό κόστος Λοιπών εξόδων = 450.000€ / 95.175m^3 (Συνολικός όγκος εκσκαφής) = **4,72€/m^3** (κόστος λοιπών εξόδων ανά m^3 εκσκαφής).

6.2.9 Συνολικό κόστος κατασκευής του υπόγειου χώρου με τη χρήση Roadheader.

Το ολικό κόστος που θα απαιτηθεί για τη διάνοιξη του υπόγειου χώρου με τη χρήση AM105-IC είναι το: (Λειτουργικό κόστος μηχανήματος + Κόστος μισθοδοσίας προσωπικού + Κόστος υλικών + Κόστος μίσθωσης μηχανικού εξοπλισμού + κόστος καυσίμων + Λοιπά έξοδα). Ακολουθεί ο Πίνακας 6.8 με συγκεντρωμένες όλες τις τιμές του κόστους για διάνοιξη με Roadheader:

Πίνακας 6.8. Συγκεντρωτικός πίνακας κόστους έργου με Roadheader

Κατηγορία	**Τιμή (€/m^3)**
Λειτουργικό κόστος μηχανήματος	21,02
Κόστος μισθοδοσίας προσωπικού	13,28
Κόστος υλικών	12,74
Κόστος μίσθωσης μηχανικού εξοπλισμού	17,02
Κόστος καυσίμων	1,26
Λοιπά έξοδα	2,62
Σύνολο	**67,94**

Συνολικό κόστος έργου με Roadheader = 67,94 €/m^3 ή 6.466.190€ ή

6.3 Μέθοδος και κόστος εξόρυξης με εκρηκτικές ύλες

6.3.1 Μηχανικός εξοπλισμός

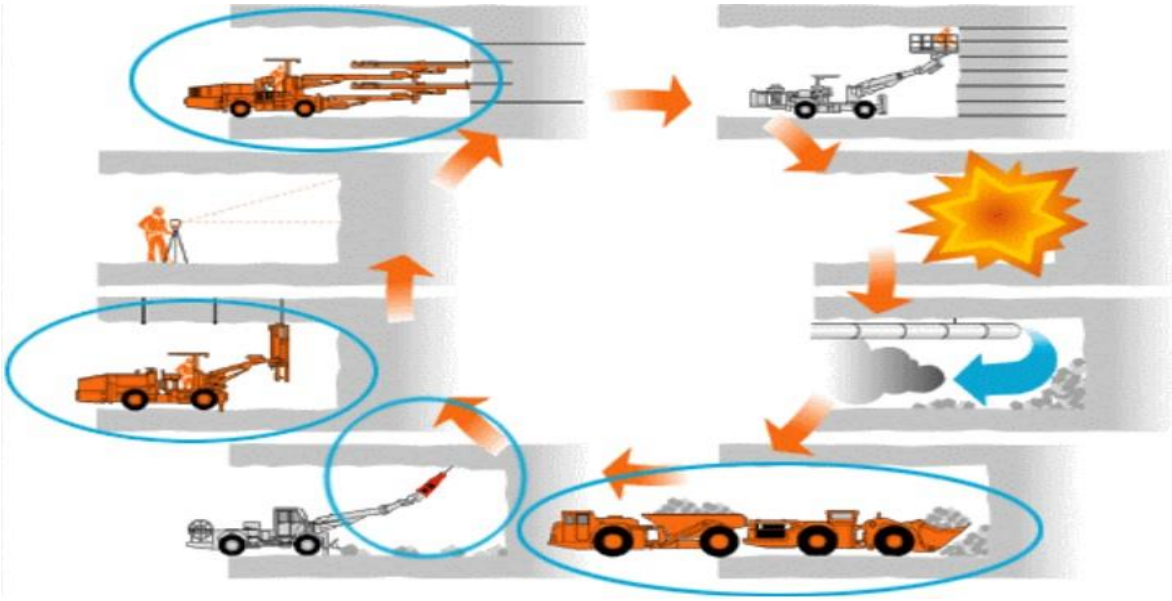
Για την εκσκαφή του υπογείου χώρου θα χρησιμοποιηθούν τα εξής μηχανήματα: Για την όρυξη των διατρημάτων και την κοχλίωση των αγκυρίων τύπου Swellex θα χρησιμοποιηθεί διατρητικό με 2 στελέχη τα οποία θα μπορούν να εργάζονται ανεξάρτητα. Για τη γόμωση των διατρημάτων θα χρησιμοποιηθούν εκρηκτικά γαλακτώματα Powergel Magnum 365 38X400mm βάρους 545gr και θα πραγματοποιείται χειρονακτικά. Για την αποκομιδή και την μεταφορά των εξορυχθέντων υλικών θα χρησιμοποιηθούν φορτωτές Sandvik LH 307 χωρητικότητας 4m^3. Για την απομάκρυνση των επισφαλών όγκων του πετρώματος (ξεσκάρωμα) θα χρησιμοποιηθεί αντίστοιχο μηχάνημα. Ακόμη, για την τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος θα χρησιμοποιηθεί το Shot – Tech Robotic Arm τοποθετημένο επί ειδικού φορείου. Επίσης θα χρησιμοποιηθούν 2 ανεμιστήρες υπογείων και ένας αεροσυμπιεστής. Ο παραπάνω εξοπλισμός επιλέχθηκε να μισθωθεί για όλη τη διάρκεια του έργου.

6.3.2 Διαδικασία εκσκαφής

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι στον πλήρη κύκλο εργασιών, για την έναρξη του ενός σταδίου είναι υποχρεωτική η ολοκλήρωση του προηγούμενου. Διακρίνονται τα εξής στάδια (Οικονομόπουλος, 1989):

1) Διάτρηση διατρημάτων
2) Γόμωση διατρημάτων
3) Ανατίναξη
4) Αερισμός αερίων ανατίναξης
5) Μεταφορά εξορυχθέντων υλικών
6) Απομάκρυνση επισφαλών όγκων πετρώματος (Ξεσκάρωμα)
7) Υποστήριξη με κοχλίες

Τα παραπάνω στάδια φαίνονται και στην Εικόνα 6.2.



Εικόνα 6.2. Κύκλος εργασιών για εξόρυξη με εκρηκτικές ύλες

Η διαδικασία εκσκαφής θα πραγματοποιηθεί σε 2 μέτωπα. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.9) φαίνεται το χρονοδιάγραμμα των εργασιών για τα δύο μέτωπα:

Πίνακας 6.9. Χρονοδιάγραμμα εργασιών

Ώρες	Α' Μέτωπο	Β' Μέτωπο
7:00-8:00	Τοπογραφικά-Διάτρηση	
8:00-9:00	Γόμωση-Ανατίναξη-Αερισμός	Τοπογραφικά-Διάτρηση
9:00-10:15	Μεταφορά	Γόμωση-Ανατίναξη-Αερισμός
10:15-11:00	Ξεσκάρωμα	Μεταφορά
11:00-12:00	Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα	Ξεσκάρωμα
12:00-13:00	Τοποθέτηση Αγκυρίων	Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα
13:00-14:00	Διάλλειμα	Τοποθέτηση Αγκυρίων
14:00-15:00	Διάφορες εργασίες	Διάλλειμα
15:00-16:00	Τοπογραφικά-Διάτρηση	Διάφορες εργασίες
16:00-17:00	Γόμωση-Ανατίναξη-Αερισμός	Τοπογραφικά-Διάτρηση
17:00-18:15	Μεταφορά	Γόμωση-Ανατίναξη-Αερισμός
18:15-19:00	Ξεσκάρωμα	Μεταφορά
19:00-20:00	Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα	Ξεσκάρωμα
20:00-21:00	Τοποθέτηση Αγκυρίων	Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα
21:00-22:00	Διάλλειμα	Τοποθέτηση Αγκυρίων
22:00-23:00	Διάφορες εργασίες	Διάλλειμα

Αναλυτική παρουσίαση των υπολογισμών για τους χρόνους εργασιών παρατίθεται στο Παράρτημα.

Το κάθε μέτωπο επιτυγχάνει προχώρηση 3m, οπότε σύμφωνα με το παραπάνω χρονοδιάγραμμα η ημερήσια προχώρηση ανέρχεται στα 12m.

Το συνολικό μήκος του έργου ανέρχεται στα 2700m. Αυτό σημαίνει πως χρειάζονται 225 ημέρες για την ολοκλήρωση της εκσκαφής. Αν υπολογίσουμε 250 εργάσιμες ανά μήνα και συμπεριλάβουμε και κάποιες ημέρες για εγκατάσταση και απεγκατάσταση του εργοταξίου η εκσκαφή θα χρειαστεί 12 μήνες για να ολοκληρωθεί.

6.3.3 Αερισμός

Ένα από τα βασικότερα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά την κατασκευή και τη λειτουργία ενός υπόγειου χώρου είναι ο επαρκής αερισμός του. Ο σχεδιασμός του κυκλώματος αερισμού βασίζεται σε όσα προβλέπονται από το Προεδρικό Διάταγμα 225/89.

Όσον αφορά στον υπολογισμό του αερισμού κατά τη φάση της κατασκευής, λαμβάνεται υπόψη ο μέγιστος αριθμός των εργαζομένων που απασχολούνται συγχρόνως στον υπόγειο χώρο και επίσης των μηχανημάτων εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα. Σε περίπτωση που τα πετρώματα εκλύουν επικίνδυνα αέρια, τότε θα πρέπει ναι συμπεριλαμβάνεται το στοιχείο αυτό στους υπολογισμούς, ενώ ενδέχεται να υπάρχουν και άλλοι παράγοντες, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες.

Στην παρούσα μελέτη ελήφθησαν υπόψη τα δύο πρώτα στοιχεία, μιας και κατά τις φάσεις της κατασκευής και της λειτουργίας ο ασβεστόλιθος δεν εκλύει επικίνδυνα αέρια. Συνεπώς, σύμφωνα με το Π.Δ. 225/89 η ελάχιστη απαιτούμενη παροχή αέρα για τους εργαζόμενους είναι 5,66 m^3 ανά λεπτό και εργαζόμενο και για τα μηχανήματα 2 m^3 ανά λεπτό και ίππο μηχανών εσωτερικής καύσης.

6.3.4 Τοποθέτηση στεγανοποίησης

Η διασφάλιση της στεγανότητας ενός υπογείου συγκροτήματος, όπως αυτός της παρούσας εργασίας κρίνεται σημαντικό ζήτημα. Η παρουσία υδάτων θα επηρεάσει την τελική ποιότητα των αποθηκευμένων προϊόντων. Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να τοποθετηθεί μια υδατοστεγή επένδυση σε όλη την επιφάνεια της οροφής του χώρου. Για τη στεγανοποίηση της οροφής του υπογείου χώρου προτείνεται η χρήση ενός ειδικού πρόσμικτου, το οποίο θα τοποθετηθεί μαζί με το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Το πρόσμικτο έχει εμπορική ονομασία Elkem Microsilica 920D (Basf – C. C.) και είναι πυριτική παιπάλη συμπυκνωμένη σε μορφή σκόνης. Με τη σωστή δοσολογία το σκυρόδεμα παρουσιάζει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και αυξημένη πυκνότητα από το κοινό σκυρόδεμα, περιορίζοντας την εισροή υδάτων. Η περιεκτικότητα υπολογίσθηκε στο 5% επί της ποσότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

6.3.5 Κόστος εκσκαφής

Βάσει των στοιχείων που αποκομίστηκαν από εργοτάξιο το οποίο δραστηριοποιούνταν στη διάνοιξη οδικών σηράγγων προέκυψε το παρακάτω κοστολόγιο (Πίνακας 6.10) για το συγκεκριμένο έργο. Αναλυτικά οι υπολογισμοί παρατίθενται στο Παράρτημα.

Πίνακας 6.10. Συνολικό κόστος εκσκαφής με εκρηκτικές ύλες

Κατηγορία Εξόδων	**Κόστος σε €**
Κόστος μισθοδοσίας προσωπικού	934.000
Κόστος μίσθωσης μηχανικού εξοπλισμού	444.000
Κόστος υλικών	1.595.700
Καύσιμα	264.000
Παροχή Δ.Ε.Η.	80.000
Ανταλλακτικά – Ελαστικά	80.000
Γεώτρηση	40.000
Εγκατάσταση - Απεγκατάσταση εργοταξίου	50.000
Σύνολο	**3.487.700**

Κόστος ανά m^3 = 3.487.700€ / 95.175m^3 = 36,64 €/m^3

6.4 Διαμόρφωση υπογείου χώρου

Με το πέρας της διαδικασίας εκσκαφής του υπογείου χώρου είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθούν ορισμένες εργασίες, οι οποίες θα στοχεύουν στη διαμόρφωση ενός κατάλληλου εργασιακού περιβάλλοντος. Οι εργασίες αυτές είναι:

- Εγκατάσταση συστήματος ασφαλείας, αυτόματου συστήματος πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης.
- Τοποθέτηση βιομηχανικών δαπέδων, όπου απαιτείται, και ασφαλτοτάπητα στον υπόγειο χώρο.
- Εγκατάσταση απαραίτητων δικτύων ηλεκτρισμού και συστήματος φωτισμού του συγκροτήματος.

6.4.1 Εγκατάσταση συστήματος Ασφαλείας, συστήματος Πυρανίχνευσης και Πυρόσβεσης

Ένα στοιχείο που κρίνεται απαραίτητο για έναν υπόγειο χώρο είναι αυτό της προστασίας έναντι πυρκαγιών και πιθανών δολιοφθορών. Το σύστημα ασφαλείας έχει ως σκοπό να διασφαλίσει την εύρυθμη λειτουργία και την ακεραιότητα του συγκροτήματος. Δίνεται επίσης η δυνατότητα ελέγχου και εποπτείας των διαδικασιών που θα

πραγματοποιούνται στο χώρο αυτό. Το σύστημα αυτό πραγματοποιεί συγκεκριμένες λειτουργίες οι οποίες είναι:

- Έλεγχος διακίνησης επισκεπτών και εργαζομένων και έλεγχος πρόσβασης σε κρίσιμους χώρους μέσω ειδικών καρτών
- Φύλαξη των εγκαταστάσεων και έλεγχος εισόδου μέσω κλειστού συστήματος τηλεόρασης και ειδικών συστημάτων εντοπισμού

Το σύστημα αυτόματης πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης είναι ίσως το σημαντικότερο, το οποίο καθιστά έναν υπόγειο χώρο ασφαλή για εργασία και επίσκεψη. Το σύστημα κατάσβεσης περιλαμβάνει ένα αυτόματο σύστημα καταιονισμού με κεφαλές καιταιονισμού νερού (sprinklers), σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές. Αυτό περιλαμβάνει:

- Ενεργητικό σύστημα πυρανίχνευσης που αποτελείται από on-lineδέκτες εντοπισμού (φωτοηλεκτρικός, θερμοδιαφορικός, ανιχνευτής), όπως και από ένα σύστημα προειδοποίησης και αναγγελίας κινδύνου.
- Σύστημα κατάσβεσης με κεφαλές καταιονισμού νερού, το οποίο συνεργάζεται με το παραπάνω σύστημα πυρανίχνευσης.

Υπάρχει ακόμη η δυνατότητα τοποθέτησης συστήματος κατάσβεσης διπλής προενέργειας έτσι ώστε να μην ενεργοποιείται τυχαία το σύστημα εξαιτίας των αποθηκευμένων υλικών. Στο συγκεκριμένο σύστημα οι σωληνώσεις είναι γεμάτες αέρα υπό πίεση (dry system) και η πλήρωσή τους με νερό για την πραγματοποίηση κατάσβεσης γίνεται μόνο αφού επιβεβαιωθεί από το σύστημα ελέγχου η ύπαρξη πυρκαγιάς. Επιπλέον διάταξη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χώρους ειδικής σημασίας είναι η χρήση συστήματος πυρόσβεσης με ειδικό αέριο, το οποίο είναι μεν αδρανές για τον άνθρωπο και δεν καταστρέφει τα μηχανήματα, οδηγεί όμως σε αποτελεσματική κατάσβεση της πυρκαγιάς.

6.4.2 Τοποθέτηση Δαπέδων και Ασφαλτοτάπητα

Σε έναν χώρο όπου πραγματοποιούνται εργασίες αποθήκευσης είναι απαραίτητη η τοποθέτηση βιομηχανικών δαπέδων, καθώς το δάπεδο υπόκειται σε άμεση επαφή με φορτία (μηχανική καταπόνηση). Είναι σημαντικό να διασφαλίζεται μεγάλης ακρίβειας επιπεδότητα σε όλη την επιφάνεια του δαπέδου.

Η εφαρμογή των βιομηχανικών δαπέδων γίνεται μετά τη διάστρωση σκυροδέματος διαμόρφωσης (γκρο μπετόν), σε πάχος 15-20 cm. Στη συνέχεια γίνεται η διάστρωση με χαλαζιακή πούδρα και η «ελικοπτέρωσή» της, ενώ ακολουθεί η εφαρμογή στρώσης αυτοεπιπεδούμενης εποξικής ρητίνης σε πάχος 2-3 mm. Στην παρούσα μελέτη κρίθηκε αναγκαία η τοποθέτηση βιομηχανικού δαπέδου σε όλη την επιφάνεια του συγκροτήματος ενώ στις στοές προσπέλασης η τοποθέτηση ασφαλτοτάπητα.

6.4.3 Εγκατάσταση Δικτύων

Όπως είναι λογικό, ο υπόγειος χώρος βασίζεται εξ ολοκλήρου σε τεχνητό σύστημα φωτισμού. Ένας καλός σχεδιασμός της τοποθέτησης του φωτισμού, πέραν της αποφυγής ατυχημάτων και της αύξησης της ασφάλειας των εργαζομένων, βελτιώνει και την ψυχολογική διάθεση όσων εργάζονται και όσων επισκέπτονται το χώρο αυτό. Συνεπώς ένα ολοκληρωμένο δίκτυο ηλεκτρισμού είναι αναγκαίο για τη σωστή λειτουργία του χώρου, του εξοπλισμού και των μηχανημάτων ου χρησιμοποιούνται.

Το δίκτυο του φωτισμού πρέπει να καλύπτει τις στοές προσπέλασης και όλο το χώρο του συγκροτήματος. Εδώ πρέπει να διευκρινιστεί πως στην παρούσα κατασκευή στον χώρο που θα γίνεται η αποθήκευση θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ειδικό σύστημα ενεργοποίησης του φωτισμού. Αυτό γίνεται διότι όπως προαναφέρθηκε η απουσία φωτισμού βοηθάει στην ομαλή ωρίμαση του κρασιού. Όσον αφορά στην ένταση του φωτισμού επιφάνειας (lux) υπάρχουν προδιαγραφές όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.11, που ισχύουν για τις υπόγειες μεταλλευτικές εγκαταστάσεις σε κάποιες χώρες του εξωτερικού (Vutukuri et al., 1986).Σημαντικό στοιχείο αποτελεί το μεγάλο ύψος του χώρου και χρειάζεται να δοθεί προσοχή στην τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων που θα επιλεγούν, ώστε να εξασφαλίζεται ο καλός φωτισμός του χώρου. Επιπλέον, χρειάζεται προσοχή στην επιλογή του χρωματισμού του βιομηχανικού δαπέδου καθώς μπορεί να διαφοροποιήσει τον συντελεστή ανάκλασης του πετρώματος, ο οποίος για τον ασβεστόλιθο κυμαίνεται μεταξύ 0,7-0,8.

Πίνακας 6.11. Προδιαγραφές φωτισμού σε υπόγειους χώρους (Vutukuri et al, 1986)

Χώρα	**Χώροι μηχανών**	**Κύριοι οδοί μεταφοράς**	**Χώροι φόρτωσης**	**Υπόγεια γραφεία**	**Μέτωπο εργασίας**
Αυστραλία	0	-	20	100	-
Βέλγιο	25	10	20	-	-
Καναδάς	50	20	20	270	-
Γερμανία	80	15	40	-	-
Ουγγαρία	20	2	40	-	10
Μ.Βρετανία	30	-	30	60	-
Η.Π.Α.	-	-	-	-	15
Επιφανειακές εγκαταστάσεις	100	100	100	400	-

Παρότι δίνονται επαρκή στοιχεία για την ένταση του φωτισμού από τον παραπάνω πίνακα που αφορά στις υπόγειες εγκαταστάσεις, κρίνεται απαραίτητο να πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός λαμβάνοντας υπόψη τα πρότυπα που ισχύουν για τις επιφανειακές εγκαταστάσεις. Ορισμένοι τύποι δίνονται στον Πίνακα 6.12.

Πίνακας 6.12. Προδιαγραφές έντασης φωτισμού (ISO8995:1989)

Είδος χώρου	**Ένταση γενικού φωτισμού (lux)**
Μουσεία, τράπεζες, βιβλιοθήκες, εργαστήρια, αίθουσες διδασκαλίας, χώροι συναρμολόγησης	500
Αίθουσες διαλέξεων, αίθουσες συνεδριάσεων, εστιατόρια, καταστήματα, συνεργεία αυτοκινήτων	250-300
Σπίτια, κινηματογράφοι, θέατρα, χώρους αποθήκευσης, γυμναστήρια, αίθουσες αναμονής, διάδρομοι, κλιμακοστάσια, μηχανοστάσια	120-200

6.5 Κόστος διαμόρφωσης υπογείου χώρου

6.5.1 Κόστος δαπέδων

Το βιομηχανικό δάπεδο, θα τοποθετηθεί σε όλο τον υπόγειο χώρο εκτός των δύο προσπελαστικών στοών όπου και θα τοποθετηθεί άσφαλτος. Η συνολική επιφάνεια του υπογείου χώρου είναι 17.500 m^2 και των στοών προσπέλασης 1200 m^2. Το κόστος του βιομηχανικού δαπέδου ανέρχεται στα 14 ευρώ/m^2 και το κόστος της ασφάλτου στα 8 ευρώ/m^2. Συνεπώς το κόστος αντίστοιχα είναι:

Κόστος βιομηχανικού δαπέδου: 17500 m^2 x 14 ευρώ/m^2 = 245.000 ευρώ

Κόστος ασφάλτου: 1200 m^2 x 8 ευρώ/ m^2 = 9.600 ευρώ

Συνολικό κόστος δαπέδων = 254.900 ευρώ

6.5.2 Κόστος δικτύων

Το κόστος αυτό αφορά στην εγκατάσταση δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, ύδρευσης, αποχέτευσης, αερισμού, φωτισμού και τηλεπικοινωνιών. Ως κόστος μπορεί να ληφθεί το αντίστοιχο των επιφανειακών εγκαταστάσεων που ανέρχεται στα 23 ευρώ/ m^2. Επομένως το συνολικό κόστος των δικτύων είναι:

Συνολικό κόστος δικτύων = 17500 m^2 x 23 ευρώ/ m^2 = 402.500 ευρώ

6.5.3 Κόστος Αυτόματων Συστημάτων Ασφαλείας, Συστήματος Πυρανίχνευσης και Πυρόσβεσης

Το κόστος για σύστημα Ασφαλείας ανέρχεται στα 6,5 ευρώ/ m^2 και το κόστος του συστήματος Πυρανίχνευσης και Πυρόσβεσης ανέρχεται στα 12,5 ευρώ/ m^2. Επομένως:

Κόστος Συστημάτων Ασφαλείας: 17500 m^2 x (6,5 ευρώ/ m^2 + 12,5 ευρώ/ m^2) = 332.500 ευρώ ή 19 ευρώ/ m^2.

6.5.4 Απρόβλεπτα έξοδα

Είναι πολύ σημαντικό στη μελέτη να συμπεριληφθούν κάποια έξοδα που δεν μπορούν να προβλεφθούν και για αυτό το λόγο τα λαμβάνουμε ως το 4% των συνολικών εξόδων.

Απρόβλεπτα έξοδα: 4% x (254.900 + 402.500 + 332.500) = 39.596 ευρώ ή

2,26 ευρώ/ m^2

6.5.5 Συνολικό κόστος διαμόρφωσης

Το άθροισμα όλων των παραπάνω ποσών μας οδηγεί στο συνολικό κόστος της διαμόρφωσης του υπογείου χώρου το οποίο αντιστοιχεί σε **1.029.496** € ή

58,82 €/ m^2

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας του κόστους διαμόρφωσης του υπόγειου χώρου (Πίνακας 6.13)

Πίνακας 6.13. Συγκεντρωτικός πίνακας κόστους διαμόρφωσης υπογείου χώρου

Κατηγορία εξόδων	Κόστος σε €/m^2	Συνολικό κόστος σε €
Δάπεδο	14,57	254.900
Βιομηχανικό Δάπεδο	14	245.000
Άσφαλτος	8	9.600
Δίκτυα	23	402.500
Σύστημα ασφαλείας	19	332.500
Πυρασφάλεια	12,5	218.750
Προστασία	6,5	113.750
Απρόβλεπτα έξοδα	2,26	39.596
Σύνολο εξόδων	**58,82**	**1.029.496**

Το συνολικό κόστος του έργου με τη χρήση Roadheader ανέρχεται στα 7.495.686€ ή 428,32 €/m^2.

Το συνολικό κόστος του έργου με τη χρήση εκρηκτικών υλών ανέρχεται στα 4.517.196€ ή 258,12€/m^2.

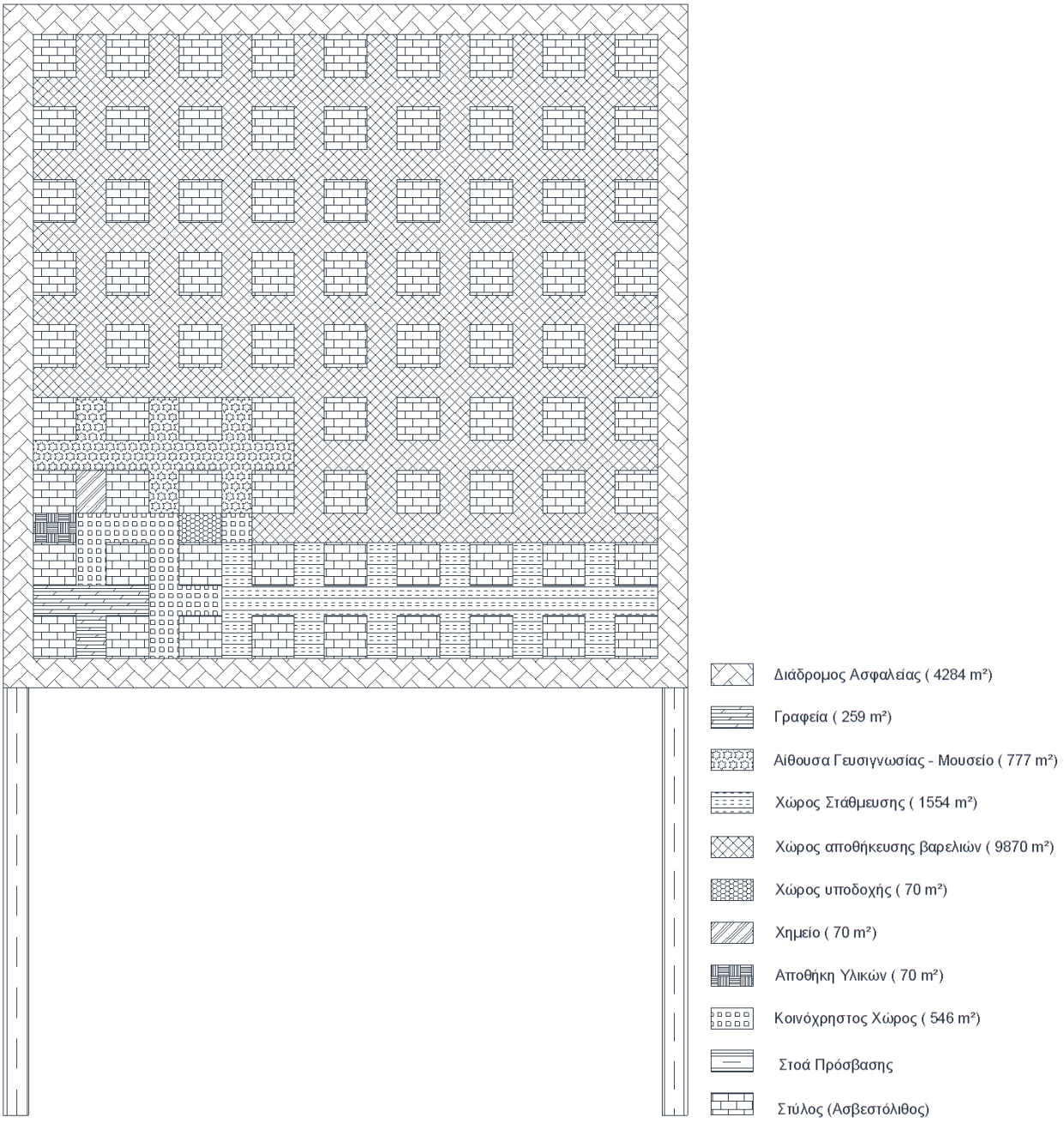
Οι παραπάνω τιμές του κόστος είναι εξαιρετικά χαμηλές σε σχέση με τις τιμές του κόστους μιας επιφανειακής εγκατάστασης οι οποίες κυμαίνονται από 700 ως 1000 €/m^2.

6.6 Διαρρύθμιση υπόγειου συγκροτήματος

Μετά τη φάση της διαμόρφωσης του υπογείου χώρου σε ένα περιβάλλον κατάλληλο για εργασία, αλλά και ικανό να δεχτεί επισκέπτες, ακολουθεί το στάδιο της διαρρύθμισης του εσωτερικού χώρου. Η σωστή διαρρύθμιση είναι αυτή που θα καταστήσει το χώρο εργασίας λειτουργικό, όπως και ελκυστικό για όποιον επιθυμεί να τον επισκεφτεί. Σύμφωνα με το σχεδιασμό που πραγματοποιήθηκε θα κατασκευαστούν οι ακόλουθοι εσωτερικοί χώροι:

- Χώρος αποθήκευσης βαρελιών
- Χώρος υποδοχής επισκεπτών
- Αίθουσα γευσιγνωσίας-Μουσείο-Εστιατόριο
- Χώρος στάθμευσης οχημάτων
- Γραφεία
- Χημείο
- Αποθήκη υλικών
- Διάδρομος ασφαλείας
- Κοινόχρηστος χώρος

Παρατίθεται κάτοψη του υπόγειου χώρου με την εσωτερική διαρρύθμισή του (Εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.3. Κάτοψη του υπόγειου χώρου με την εσωτερική διαρρύθμιση.

6.6.1 Αναλυτικά οι εσωτερικοί χώροι

- **Χώρος αποθήκευσης βαρελιών**

Ο χώρος αυτός αποτελεί το πιο σημαντικό στοιχείο του υπόγειου συγκροτήματος καθώς η ιδέα της εργασίας προήλθε από τη σκέψη κατασκευής υπόγειου χώρου αποθήκευσης βαρελιών κρασιού. Τα βαρέλια που θα χρησιμοποιηθούν στο συγκεκριμένο χώρο, είναι ένας τύπος που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα, το βαρέλι γαλλικού τύπου (Bordeaux 225 lt style). Στην Εικόνα 6.4 διακρίνονται οι διαστάσεις αυτού, όπως δίνονται από τους κατασκευαστές.

Εικόνα 6.4. Διαστάσεις βαρελιού Bordeaux και τοποθέτηση σε κατακόρυφη διάταξη

Στο τέλος του παρόντος κεφαλαίου παρατίθεται μια τομή ενός θαλάμου με τοποθετημένα βαρέλια (Εικόνα 6.5), μια πλαϊνή όψη ενός στύλου με τοποθετημένα τα (Εικόνα 6.6) και βαρέλια μια κάτοψη ενός στύλου με τοποθετημένα περιμετρικά τα βαρέλια (Εικόνα 6.7). Ο χώρος αυτός θα είναι 9870 m^2. Υπολογίστηκε πως ο χώρος αυτός θα έχει τη δυνατότητα να στεγάσει 16360 βαρέλια τύπου Bordeaux.

- **Χώρος υποδοχής επισκεπτών**

Στον χώρο αυτό θα μπορεί ο κάθε επισκέπτης να βρίσκει ενημερωτικά φυλλάδια και να ενημερώνεται σχετικά με το υπόγειο συγκρότημα. Επίσης, από το χώρο αυτό θα δίνεται η δυνατότητα στους επισκέπτες να πραγματοποιούν μια περιήγηση στους χώρους αποθήκευσης των βαρελιών. Ο χώρος αυτός θα είναι 70 m^2.

- **Αίθουσα γευσιγνωσίας – Μουσείο – Εστιατόριο**

Στα πλαίσια της πρωτότυπης προώθησης των προϊόντων είναι σημαντικό να υπάρχει μια αίθουσα γευσιγνωσίας. Η αίθουσα αυτή μαζί με το μουσείο θα επιτρέπει στους επισκέπτες να γνωρίζουν και να δοκιμάζουν τα είδη κρασιού που αποθηκεύονται στο χώρο. Δίνεται συνεπώς η δυνατότητα διαφήμισης των προϊόντων της κάθε εταιρείας που στεγάζεται στο συγκρότημα. Στους παραπάνω χώρους προστέθηκε και η αίθουσα του εστιατορίου, η οποία προβλέπεται να αξιοποιείται σε διάφορες εκδηλώσεις όπου θα εκθέτουν οι εταιρείες τα προϊόντα τους. Είναι εύλογο η αίθουσα αυτή να βρίσκεται αμέσως μετά το χώρο υποδοχής και να έχει διάφανα διαχωριστικά ώστε να είναι ορατός ο χώρος αποθήκευσης των βαρελιών. Ο χώρος αυτός θα είναι 777 m^2.

- **Χώρος στάθμευσης οχημάτων**

Κατά τη φάση διαρρύθμισης των εσωτερικών χώρων κρίθηκε αναγκαίο να ληφθεί μέριμνα για ένα χώρο όπου θα γίνεται η στάθμευση των οχημάτων. Είναι άλλωστε πολύ σημαντικό να μην καταληφθεί επιφανειακός χώρος για στάθμευση. Ο χώρος αυτός θα είναι 1554 m^2.

- **Γραφεία**

Εκτιμάται ότι κάθε εταιρεία που θα βρίσκεται στο υπόγειο συγκρότημα θα πρέπει να διαθέτει κάποιο χώρο γραφείων. Εκεί θα πραγματοποιούνται οποιεσδήποτε εργασίες είναι αναγκαίο να γίνουν σε έναν αποθηκευτικό χώρο. Ο χώρος αυτός θα είναι 259 m^2.

- **Χημείο**

Ένας χώρος που προβλέπεται να αποθηκεύει προϊόντα οίνου είναι υποχρεωτικό να διαθέτει χημείο. Όπως άλλωστε απαιτούν οι ανάγκες των ίδιων των εταιρειών το χημείο θα αξιοποιείται για τον ποιοτικό έλεγχο των κρασιών. Ο χώρος αυτός θα είναι 70 m^2.

- **Αποθήκη Υλικών**

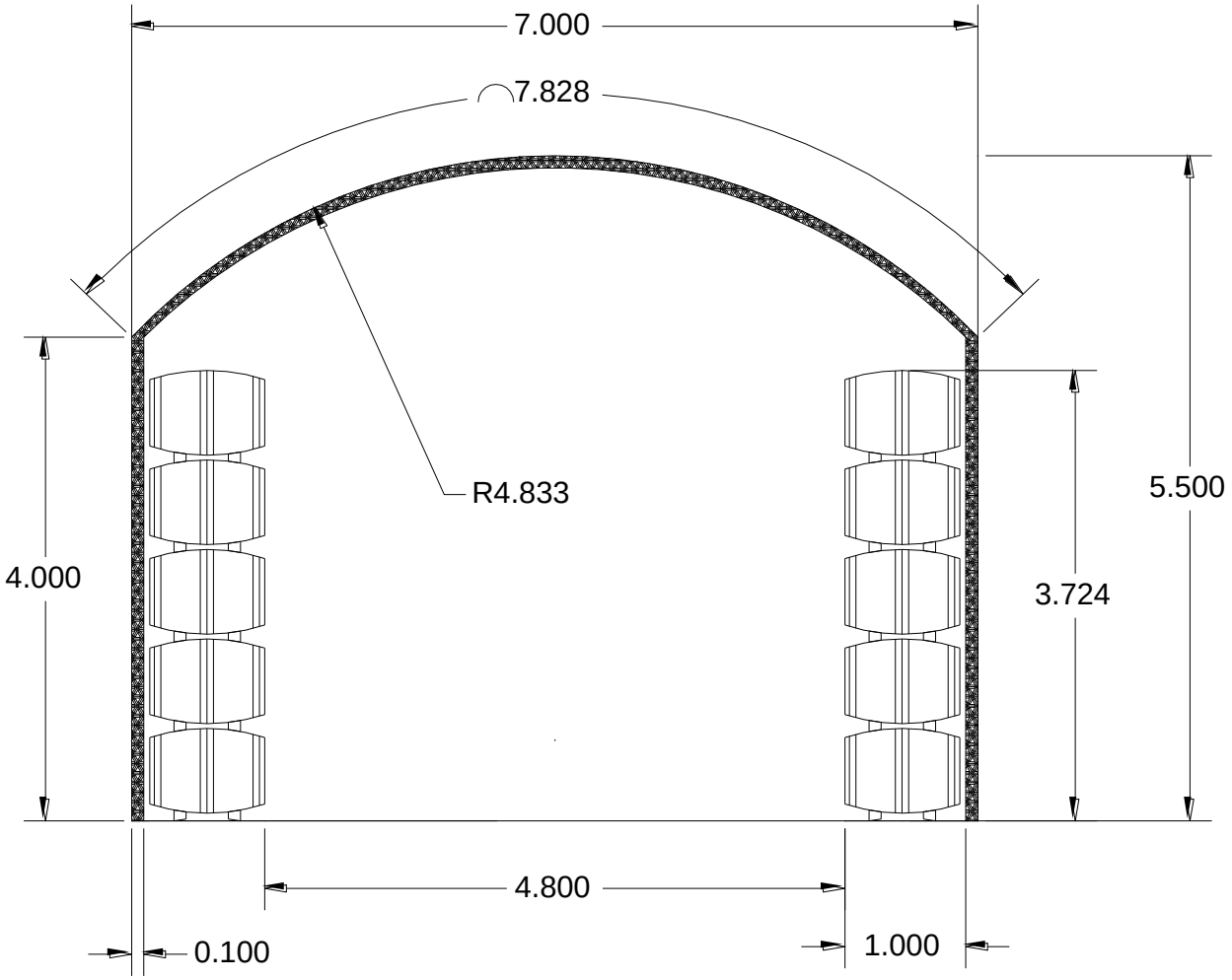
Για το υπόγειο συγκρότημα αποθήκευσης βαρελιών κρασιού κρίνεται αναγκαίο να υπάρχει ένας χώρος ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση υλικών. Εκεί θα υπάρχουν ποσότητες αντικειμένων αναγκαία για την αποθήκευση όπως για παράδειγμα φελλοί, χάρτινες κούτες και γενικά όλα τα αναλώσιμα υλικά. Ο χώρος αυτός θα είναι 70 m^2.

- **Διάδρομος ασφαλείας**

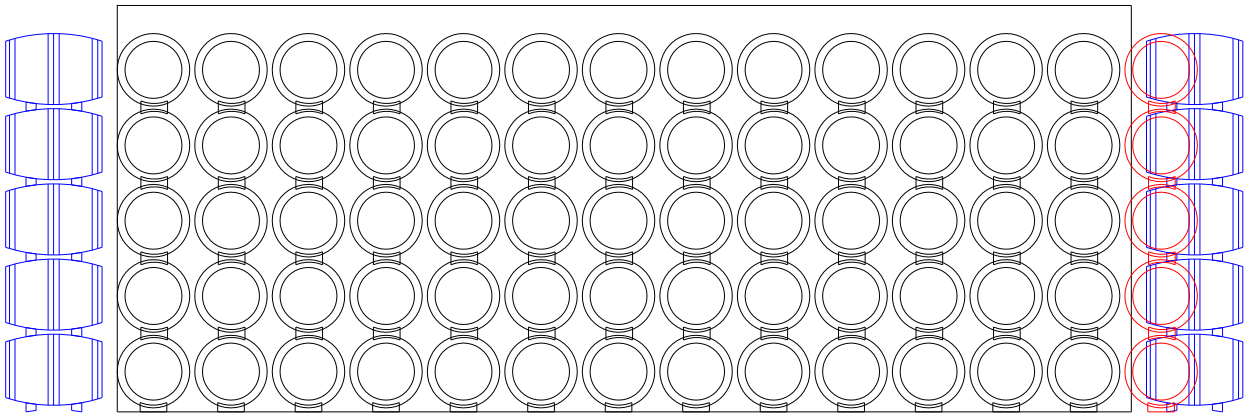
Για οποιονδήποτε υπόγειο χώρο όπου πραγματοποιούνται εργασίες, όπως και επισκέψεις είναι υποχρεωτικό να υπάρχει ένας τρόπος διαφυγής σε περίπτωση κινδύνου. Κίνδυνος μπορεί να θεωρηθεί μια εκτεταμένη πυρκαγιά, ένα επείγον πρόβλημα υγείας ή μια οποιαδήποτε κατάσταση η οποία επιβάλλει την άμεση διαφυγή των παρευρισκόμενων στο χώρο. Είναι προφανές ότι στο διάδρομο ασφαλείας δεν θα πραγματοποιούνται εργασίες, ενώ θα υπάρχουν πόρτες εξόδου προς αυτόν από όλους τους χώρους του συγκροτήματος. Επίσης το σύστημα πυρασφάλειας θα πρέπει να είναι αυξημένο στο διάδρομο αυτό ώστε να διευκολύνεται τόσο η εκκένωση του χώρου όσο και η διέλευση ασθενοφόρου, αυτοκινήτου ή ακόμα και μεγάλων οχημάτων. Ο χώρος αυτός θα είναι 4284 m^2.

- **Κοινόχρηστος χώρος**

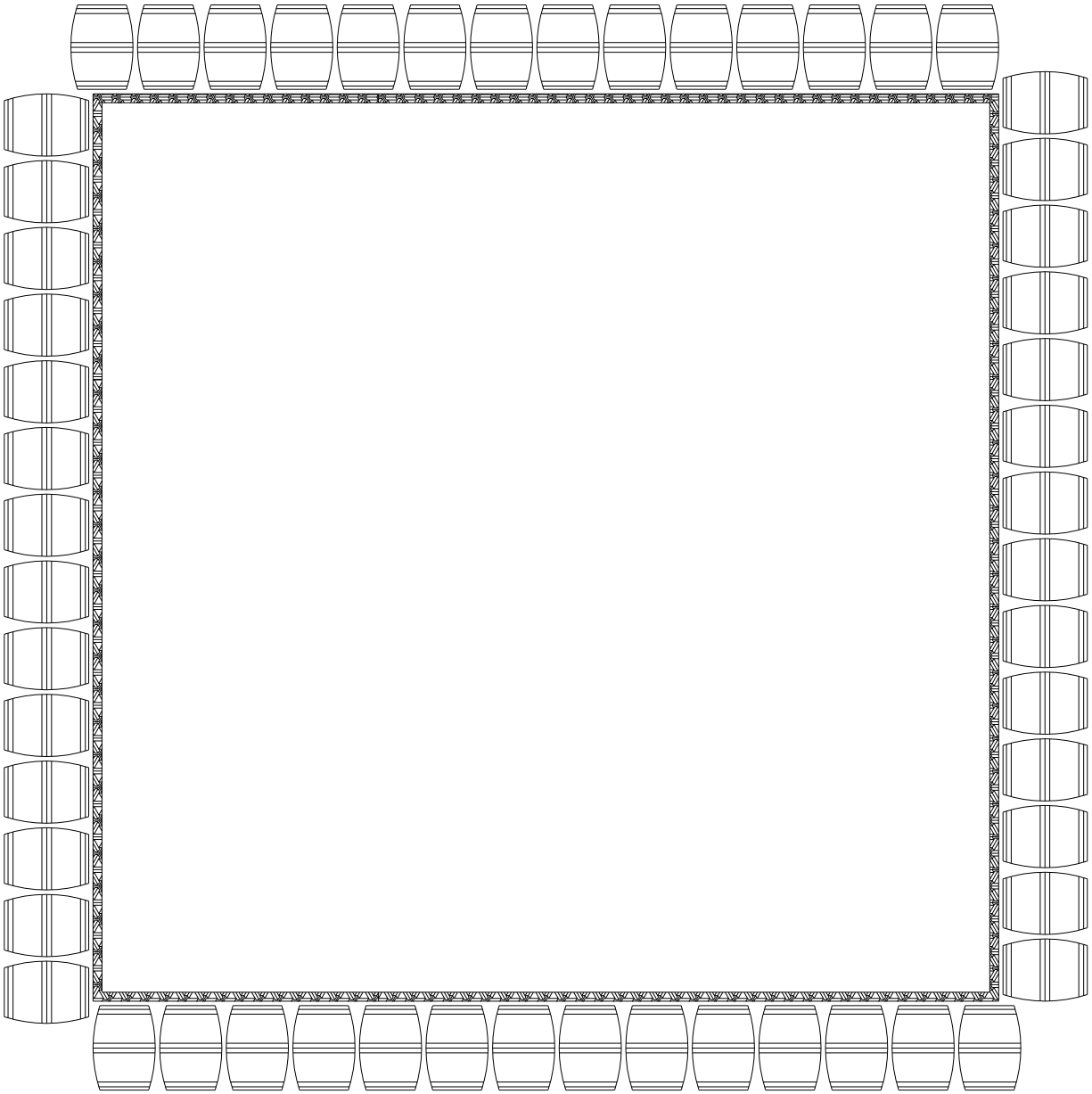
Ο υπόλοιπος χώρος θεωρείται ως κοινόχρηστος και χρησιμοποιείται για την κίνηση των οχημάτων από τη στοά πρόσβασης μέχρι το χώρο στάθμευσης. Επίσης μέρος του χώρου αυτού μπορεί να αξιοποιηθεί ως χώρος διέλευσης των εργαζομένων στα γραφεία και το χημείο. Ο χώρος αυτός θα είναι 546 m^2.



Εικόνα 6.5. Τομή θαλάμου με τοποθετημένα βαρέλια



Εικόνα 6.6. Πλαϊνή όψη ενός στύλου με τοποθετημένα βαρέλια.



Εικόνα 6.7. Κάτοψη ενός στύλου με τοποθετημένα περιμετρικά τα βαρέλια.

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας βγήκαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Η κατασκευή ενός υπόγειου χώρου αποθήκευσης κρασιού θα μπορούσε να δώσει σημαντική ώθηση για την περαιτέρω ανάπτυξη των υπογείων έργων και την μεταφορά και άλλων χώρων υπόγεια όπως, για παράδειγμα, χώρους αποθήκευσης, υπόγειους χώρους ψυχαγωγίας, υπόγειους χώρους στέγασης επιχειρήσεων κ.α., καθώς στην Ελλάδα τα υπόγεια έργα αφορούν κυρίως κατασκευές για οδικά δίκτυα.

Στο εξωτερικό είναι ευρέως διαδεδομένη η αποθήκευση και ωρίμανση κρασιού σε υπόγειους χώρους σαν αυτόν που μελετήθηκε σε αυτή την εργασία όπως φάνηκε από τα παραδείγματα των χώρων στη Μολδαβία, τις Η.Π.Α., την Ισπανία και τη Γαλλία. Επομένως θα ήταν λογικό να θεωρήσουμε πως τέτοιου είδους κατασκευές θα αναβάθμιζαν την παραγωγή κρασιού στην Ελλάδα.

Όσον αφορά την προθυμία των οινοπαραγωγών εταιρειών για τη μεταφορά των χώρων τους υπόγεια υπήρξαν σχεδόν 100% θετικές απαντήσεις. Ένας τέτοιος χώρος θα αναβάθμιζε σημαντικά την γύρω περιοχή λόγω της τουριστικής εκμετάλλευσης που θα υπήρχε η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε μεγαλύτερη προώθηση των προϊόντων και αρκετά έσοδα από τις επισκέψεις στον υπόγειο χώρο και τις αγορές προϊόντων.

Η αποθήκευση και ωρίμανση κρασιών σε ένα τέτοιο υπόγειο χώρο αποφέρει πολύ μεγάλα οφέλη όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση καθώς ο χώρος αυτός έχει ελάχιστες απαιτήσεις κλιματισμού καθώς προσφέρει μεγάλη μόνωση από την εξωτερική θερμοκρασία και έτσι δύναται να εξοικονομηθούν πάνω από 300.000€ ετησίως.

Όσον αφορά τον χρόνο κατασκευής, με τη μέθοδο της διάνοιξης με Roadheader το έργο υπολογίστηκε πως χρειάζεται 24 μήνες για να ολοκληρωθεί ενώ με τη μέθοδο διάνοιξης με εκρηκτικές ύλες χρειάζεται 12 μήνες. Αυτός ο παράγοντας στις περισσότερες περιπτώσεις είναι καθοριστικός για την επιλογή της μεθόδου διάνοιξης.

Το κόστος εκσκαφής με Roadheader ανέρχεται στα 67,94€/m^3 και το κόστος εκσκαφής με εκρηκτικές ύλες ανέρχεται στα 36,64€/m^3. Είναι προφανές ότι τα μεγέθη αυτά δεν επιδέχονται σύγκρισης, καθώς το κόστος εκσκαφής με χρήση μηχανής σημειακής κοπής είναι σχεδόν διπλάσιο του αντίστοιχου κόστους εκσκαφής με χρήση εκρηκτικών υλών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Χρονοδιάγραμμα εργασιών

Διάτρηση

55 (διατρήματα) Χ 3,2 m (μήκος διατρήματος) = 176 m (συνολικό μήκος διάτρησης ανά μέτωπο)

2 (διατρητικά στελέχη) Χ 2m/min (ικανότητα διάτρησης) = 4 m/min (συνολική ικανότητα διάτρησης ανά μέτωπο)

Χρόνος διάτρησης = 176/4 = 44 min

Μετακινήσεις, βλάβες 16 min

Συνολικός χρόνος διάτρησης = 60 min

Γόμωση

Ταχύτητα γόμωσης = 2min/εργάτη/διάτρημα

55 (διατρήματα) Χ 2 min/εργάτη/διάτρημα = 110 min/2 (εργάτες/μέτωπο) = 55min

5min λοιπές εργασίες (υλικά, συνδεσμολογία)

Συνολικός χρόνος Γόμωσης = 60 min

Αερισμός-Μεταφορά

Αερισμός = 10 min

Μεταφορά = 35,25 m^2(διατομή) Χ 3m προχώρηση = 105,75 m^3αδρανών

105,75 m^3Χ 1,4 (συντελεστής επιπλήσματος) = 148,05 m^3 αδρανών

148,05 m^3 / 4m^3 (χωρητικότητα φορτωτή) = 37 δρομολόγια

1 min μέση διαδρομή εντός του χώρου + 1 min μέση διαδρομή εκτός του χώρου + 1 min φόρτωση = 3min/δρομολόγιο

37 δρομολόγια Χ 3min/δρομολόγιο = 111min / 2 (2 φορτωτές) = 55min

Μανούβρες 20 min

Συνολικός χρόνος = 75 min

Ξεσκάρωμα

Από στοιχεία ήδη πραγματοποιημένων εργασιών σε εργοτάξιο προκύπτει χρόνος 45min.

Συνολικός χρόνος = 45min

Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Από στοιχεία ήδη πραγματοποιημένων εργασιών σε εργοτάξιο προκύπτει χρόνος 60 min.

Συνολικός χρόνος = 60 min

Τοποθέτηση αγκυρίων

Θα τοποθετούνται 18 αγκύρια ανά 6 m. Στην 1η προχώρηση θα τοποθετούνται 6 αγκύρια και στην 2η προχώρηση 12 αγκύρια. Από στοιχεία ήδη πραγματοποιημένων εργασιών σε εργοτάξιο προκύπτει χρόνος 60 min.

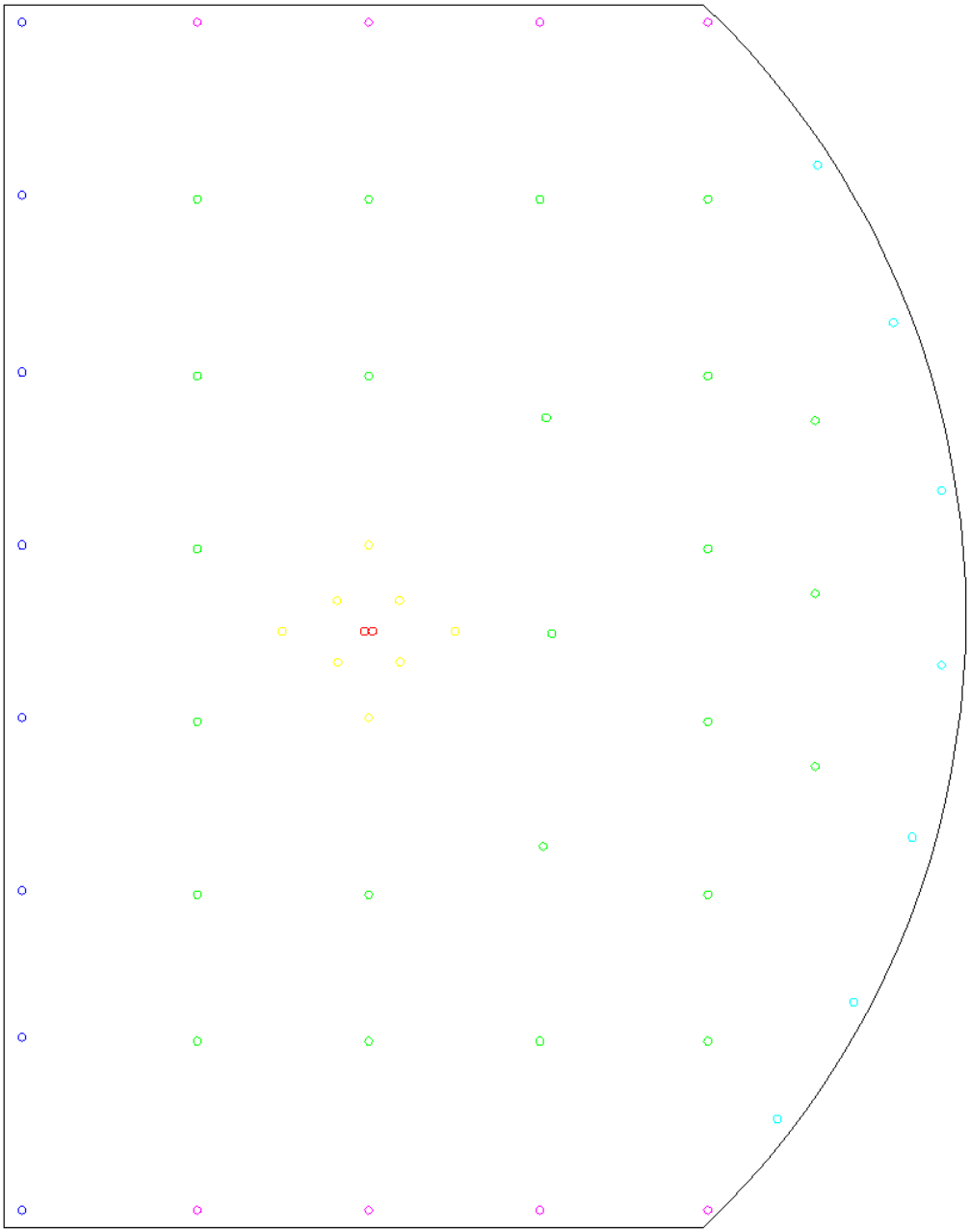
Συνολικός χρόνος = 60 min

Ποσότητες εκρηκτικών

Από συσχέτιση με τις ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν σε παρόμοια διατομή και πέτρωμα καθώς και εκτίμηση μηχανικού που εργάζεται στον σχετικό τομέα προέκυψαν οι παρακάτω ποσότητες εκρηκτικών ανά διάτρημα:

Κατηγορία Διατρημάτων	Διατρήματα Χ Ποσότητα (kg)	Σύνολο ανά κατηγορία (kg)
Δαπέδου	8Χ4,2	33,6
Πλευρικά	8Χ2,6	20,8
Οροφής	7Χ2,1	14,7
Προεκσκαφής	8Χ3,2	25,6
Κύριας Εκσκαφής	24Χ1,6	38,4
	Συνολική ποσότητα	**113,1**

Στη συνέχεια παρατίθεται διατομή με το σχέδιο των διατρημάτων.



Κενά Διατρήματα (2)

Διατρήματα Προεκσκαφής (8)

Διατρήματα Κύριας Εκσκαφής (24)

Διατρήματα Οροφής (7)

Πλευρικά Διατρήματα (8)

Διατρήματα Δαπέδου (8)

ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΟ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΜΕ ΕΚΡΗΚΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ

Κόστος υλικών ανά 3m προχώρησης

Διατρητικά στελέχη = 100€

Εκρηκτικές ύλες = 133kg X 1,62€ /kg = 215€

Καψύλια = 55 X 1,88 €/καψύλιο = 105€

Σύνδεσμοι = 5 X 2,22€/σύνδεσμο = 12 €

Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα = 8m(παρειές) + 8m(μήκος οροφής) = 16 m X 3m προχώρηση = 48m X 0,2m (πάχος σκυροδέματος 0,1m + αναπήδηση και υπερεκσκαφές)=9,6m^3≈ 10 m^{3}X 70€/m^3 = 700€

Κόστος πρόσμικτου στεγανοποίησης = 8m (μήκος οροφής) X 3m(μήκος προχώρησης) = 24m^2 X 0,2 (πάχος σκυροδέματος) = 4,8m^3 (σκυρόδεμα οροφής) X 0,05(ποσοστό επί του σκυροδέματος) = 0,24m^3 (όγκος πρόσμικτου) X 600 kg/m^3 (πυκνότητα πρόσμικτου) = 144 kg (πρόσμικτου σε σκόνη) X 1,3€ (τιμή ανά kg) =187€

Ίνεςς κυροδέματος = 25kg/m^{3}X 10m^{3}X 1,1€/kg = 275€

Αγκύρια Swellex = 9 X 15€/αγκύριο = 135€

Μικροϋλικά = 43€

Σύνολο ανά 3m προχώρησης = 1772€

Σύνολο ανά 1mπροχώρησης = 591 €

Σύνολο για το έργο = 591€ X 2700m = 1.595.700 €

Κόστος μισθοδοσίας προσωπικού

Προσωπικό (Ετήσιες αποδοχές)

Κατηγορία	**Αριθμός**	**Μισθός**	**Συνολικός**
Project Manager	1	60.000	60.000
Μεταλλειολόγος	1	45.000	45.000
Τοπογράφος	1	45.000	45.000
Γενικός Εργοδηγός	1	45.000	45.000
Μηχανολόγος	1	45.000	45.000
Χειριστής διατρητικού - Ξεσκαρωτής	2	42.000	84.000
Γομωτής	2	35.000	70.000
Βοηθός γομωτή	2	28.000	56.000

Εργάτης	4	28.000	112.000
Χειριστής εκτοξευόμενου Σκυροδέματος	2	42.000	84.000
Χειριστής φορτωτή	4	42.000	168.000
Γενικά Έξοδα (ΔΕΗ, ΟΤΕ, Νερό, Χαρτικά, Λογισμικό, Containers)	12 μήνες	10.000	120.000
Σύνολο	**21 άτομα**		**934.000€**

Σύνολο για το έργο = 934.000€

Κόστος μίσθωσης μηχανικού εξοπλισμού

Κόστος μίσθωσης μηχανικού εξοπλισμού ανά μήνα:

Μηχάνημα	**Αριθμός**	**Τιμή**	**Συνολικά**
Διατρητικό	1	7000	7000
Μηχ.Εκτοξ.Σκυροδέματος	1	6300	6300
Φορτωτής	2	4000	8000
Ξεσκαρωτής	1	4500	4500
Αεροσυμπιεστής	1	1200	1200
Ανεμιστήρες Υπογείων	2	5000	10000
Σύνολο	**13**		**37.000**

Σύνολο για το έργο = 37.000€ Χ 12 μήνες = 444.000€

Λοιπά έξοδα

Καύσιμα

Υπολογίστηκε πως για τις ανάγκες των μηχανημάτων και του εργοταξίου θα χρειαστούν 240.000 ltπετρελαίου κίνησης.

240.000ltΧ 1,1€/lt = 264.000€

Παροχή Δ.Ε.Η.

Υπολογίστηκε πως η παροχή της Δ.Ε.Η. θα κοστίσει **80.000€.**

Ανταλλακτικά – Ελαστικά

Ένα αντιπροσωπευτικό κόστος για τις ανάγκες του έργου σε ανταλλακτικά και ελαστικά ανέρχεται στις **80.000€.**

Γεώτρηση

Το κόστος για την ύπαρξη γεώτρησης για τις ανάγκες του έργου σε νερό ανέρχεται στις **40.000€.**

Εγκατάσταση – Απεγκατάσταση

Από στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν από εργοτάξιο το κόστος εγκατάστασης και απεγκατάστασης ανέρχεται στις **50.000€.**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Οικονομόπουλος Ι. Ν., Αθήνα 1989 «Εκμετάλλευσις Μεταλλείων, Εκδόσεις Ε.Μ.Π»

Κονοφάγος Κ. , Εκδοτική Ελλάδος, Αθήνα 1980 «Το Αρχαίο Λαύριο»

Κοτσερίδης Γ., 2006 Σημειώσεις/Εργαστηριακές Ασκήσεις «Οινολογία Ι»

Μπενάρδος Α., Καλιαμπάκος Δ. , Αθήνα 2010 «Υπόγεια Έργα, Σημειώσεις μαθήματος»

Μπενάρδος Α., Διδακτορική Διατριβή ΕΜΠ, Αθήνα 2001 «Εκτίμηση Επικινδυνότητας Κατά την Όρυξη Σηράγγων με Μηχανές Ολομέτωπης Κοπής»

Νέτσικα Μ., εκδ. ΙΑΝΟΣ, 2006 «Τα κρασιά της Ελλάδας. Οδοιπορικό στην απόλαυση»

Ξυδούς Γ., 5ο Διεθνές Συνέδριο Μεταλλευτικής Ιστορίας, 12-16 Σεπτεμβρίου, 2000 «Μεταλλευτική Ιστορία της Ελλάδας».

Παναγιώτου Γ.Ν., 1982 «Βασικές αρχές σχεδιασμού εκμεταλλεύσεως με τη μέθοδο των θαλάμων και στύλων», Μεταλλειολογικά – Μεταλλουργικά Χρονικά

Πολίτης Α., 2005 «Εκτίμηση εναλλακτικού κόστους κατασκευής υπόγειου αποθηκευτικού χώρου», Αθήνα

Σοφιανός Α.Ι.. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών ΕΜΠ, Αθήνα 2003 «Τεχνικές Διάνοιξης Σηράγγων»

Σταυρακάκης Μ., 1988 «ΓενικήΑμπελουργία»

Bieniawski Z.T., 1967. “The Effect of Specimen Size on Compressive Strength of Coal”

Duddeck, H., 1996 “Challenge to Tunnelling Engineers”, Tunneling and Underground Space Technology, Vol. 11, No. 1

Edelenbos, J., Monninkhof, R., Haasnoot, J., Van der Hooven, F., Horvat, E., & Van der Krogt, R., 1998 “Strategic Study on The Utilisation of Underground Space in The Netherlands”, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 13, No 2

Godard, J.B., 22-27 May 2004 “Urban Underground Space and Benefits of Going Underground", World Tunnel Congress 2004 and 30th ITA General Assembly, Singapore, , ITA Open Session

Iannacchione A.T., 1999 “Analysis of Pillar Design Practices and Techniques for U.S. Limestone Mines” IMM Transactions

ITA Working Group No. 4, 2000 “Planning and Mapping of Underground Space an Overview”, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 15, No. 3

Mazzaron F.R., Lopez-Ocon E., Garcimartin M.A., Canas I., 2012 “Assessment of basement constructions in the winery industry”, Spain, Madrid

Mazarrón, F.R., Cid-Falceto, J., Cañas, I., 2012. An assessment of using ground thermal inertia as passive thermal technique in the wine industry around the world. Applied Thermal Engineering

Obert, L. and Duvall W.I., 1967 “Rock Mechanics and the Design of Structures in Rocks”, Chapter 4, Wiley, New York

Salamon M.D.G., 1992 “Strength and Stability of Coal Pillars”, Proc. Of the Workshop on Coal Pillar Mechanics and Design, U.B. Bureau of Mines, Information Circular

Salamon, M.D.G. and Munro, A.H. 1967 J. South Afr. Inst. Min. Metall. September. “A study of the strength of coal pillars.”

Sandstrom, G.E., 1992 “The History of Tunnelling”, Barrie &Rockliff, London 1963

Sterling, R.L., & Godard, J.P., November 2000 “Geoengineering Considerations in the Optimum Use of Underground Space", ITA–AITES,

Vutukuri V.S., Lama R.D., 1986 “Enviromental Engineering in Mines”,

Ιστότοποι

Wine Museum Koutsoyannopoulos, 2013. Το Μουσείο Οίνου, (http://www.wine-museum-koutsoyannopoulos.gr/gr/to-mouseio)

Wikipedia The Free Encyclopedia, 2013. Wine Cave. (www.wikipedia.org/wiki/Wine_caves)

Cricova, 2013. Cellars-Underground streets, (http://www.cricova.md/en/main.html)

Del Dotto Vineyards, 2013 About Us - The Del Dotto Legacy Continues, (http://www.deldottovineyards.com/About-Us.aspx)

El Fabulista, 2013. The largest underground cellar, (http://www.bodegaelfabulista.com/english/ct_presentacion.html)

Jarvis Winery, 2013. The Winery - The Cave Facilities, (http://www.jarviswines.com/about_us_winery_cave.html).

Milestii Mici, 2013. Underground galleries, (http://www.milestii-mici.md/en/our-cellars)

Moet & Chandon, 2013. The House – Discover Moet & Chandon, (http://www.moet.com/The-House/Discover-Moet-Chandon)

Palmaz Winery, 2013. The Winery, (https://www.palmazvineyards.com/winery.cfm)

Rutherford Hill, 2013. Our Winery – Rutherford Hill Story, (http://www.rutherfordhill.com/basic_template.asp?page=rutherford_hills_story)

ΚΕΟΣΟΕ, 2013. Στατιστικά στοιχεία Ελλάδας – Παραγωγή, Κατανάλωση, Εισαγωγές, Εξαγωγές, (http://www.keosoe.gr/statistics/ellada.html)