



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ
ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΧΩΡΩΝ ΩΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΨΥΞΗΣ
ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

ΞΕΝΙΟΣ ΖΑΝΝΗΣ – ΠΑΝΑΓΑΚΗΣ ΜΑΤΘΑΙΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΕΝΑΡΔΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα τελευταία χρόνια τα υπόγεια έργα παρουσιάζουν μεγάλη άνθηση τόσο σε παγκόσμιο αλλά και σε εθνικό επίπεδο, γεγονός που οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στην πληθώρα των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι μεγαλουπόλεις, τα οποία υποβαθμίζουν την ποιότητα ζωής.

Με αφορμή την ανάπτυξη και τη δυναμική που παρουσιάζουν τα υπόγεια έργα, στην παρούσα διπλωματική εργασία, γίνεται διερεύνηση των δυνατοτήτων ανάπτυξης και χρήσης των υπογείων χώρων ως αποθηκευτικών κέντρων ψύξης προϊόντων. Πιο συγκεκριμένα, στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι ο υπολογισμός της κατανάλωσης ενέργειας αλλά και του κόστους κατασκευής ενός υπόγειου χώρου αποθήκευσης και η σύγκρισή του με έναν αντίστοιχο επιφανειακό. Γίνονται, έτσι, άμεσα αντιληπτά τα πλεονεκτήματα τέτοιων υπόγειων χώρων, αποδεικνύοντας ότι η κατασκευή υπόγειων έργων είναι μια οικονομική και βιώσιμη λύση.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. Με αφορμή την ολοκλήρωσή της, εκφράζονται ειλικρινείς ευχαριστίες στον κ. Μπενάρδο Ανδρέα, Λέκτορα ΕΜΠ, για τη συνεχή καθοδήγηση που μας παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας και για τη συμβολή του στην κατανόηση πολλών επιμέρους θεμάτων.

Στον κ. Κατσουλάκο Νικόλαο, Μηχανολόγο Μηχανικό, Υποψήφιο Διδάκτορα του ΕΜΠ, ο οποίος συνέβαλε καταλυτικά στην ενεργειακή μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική και στην βοήθεια κατανόησης του καινούριου, για εμάς, λογισμικού TEE – KENAK.

Τέλος, θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στους κ. Μαρίνο Σωτήριο και κ. Κοτούλα Δημήτριο, Πολιτικοί Μηχανικοί, οι οποίοι βοήθησαν στην κοστολόγηση και των δύο αποθηκευτικών χώρων καθώς και στο σχεδιασμό τους.

Παναγάκης Ματθαίος

Ξενιός Ζαννής

Αθήνα, Ιούλιος 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός υπέργειου και ενός υπόγειου αποθηκευτικού χώρου ψύξης ευπαθών προϊόντων. Στόχος της εργασίας είναι η εκτίμηση των απωλειών ενέργειας που υπάρχουν σε κάθε χώρο για διάφορες τιμές της θερμοκρασίας αποθήκευσης, η συγκριτική αξιολόγησή τους παράλληλα με την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στην οικονομική και περιβαλλοντική τους συμπεριφορά για μια περίοδο περίπου ίση με την εκτιμώμενη διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων.

Η επιλογή της θέσης ανάπτυξης των δύο εναλλακτικών σχεδίων (επιφανειακή και υπόγεια αποθηκευτική υποδομή) γίνεται μεταξύ πέντε περιοχών στο Νομό Αττικής που έχουν καλή πρόσβαση στο εθνικό οδικό δίκτυο και βρίσκονται κοντά στο λεκανοπέδιο Αττικής, το κατ' εξοχήν κέντρο κατανάλωσης τέτοιων προϊόντων στον Ελλαδικό χώρο.

Οι δύο αποθήκες σχεδιάζονται να έχουν σχεδόν τον ίδιο ωφέλιμο χώρο, 864m^2 η υπέργεια και 1083m^2 η υπόγεια και επιλέγεται να κατασκευαστούν και οι δύο στο Θριάσιο Πεδίο. Έτσι υπολογίζεται το κόστος κατασκευής τους, που περιλαμβάνει κόστος εργολαβίας κόστος διαμόρφωσης και το κόστος αγοράς του οικοπέδου.

Η ενεργειακή εξέταση των δύο χώρων γίνεται με επιθυμητή θερμοκρασία – στόχο για το εσωτερικό περιβάλλον αποθήκευσης 5°C , 15°C και 20°C . Η ανάλυση αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια του προγράμματος TEE – KENAK, το οποίο είναι ειδικό λογισμικό για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και κατάταξης (βαθμονόμησης) των κτιρίων, που έχει αναπτυχθεί από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.

Έτσι, οι δύο χώροι αποθήκευσης κατατάσσονται ενεργειακά (βαθμονομημένοι σε σχέση με το κτίριο αναφοράς) με τον υπέργειο να βαθμονομείται στην κατηγορία Δ ($237,9\text{kWh/m}^2$) και τον υπόγειο, με ενεργειακή κατανάλωση 32% μικρότερη, στην κατηγορία Γ ($162,7\text{kWh/m}^2$).

Επίσης η ενεργειακή κατανάλωση του υπέργειου χώρου είναι μεγαλύτερη και για τις τρεις περιπτώσεις θερμοκρασίας, στην περίπτωση των 20°C να είναι 28% μεγαλύτερη, στους 15°C είναι 62% και στους 5°C είναι 68%. Το ίδιο συμβαίνει και με τις εκπομπές CO_2 , όσο μειώνεται η εξεταζόμενη θερμοκρασία, τόσο αυξάνεται η διαφορά τους σε εκπομπές

με αποτέλεσμα στους 20 °C οι εκπομπές του υπόγειου χώρου είναι το 75% των εκπομπών του υπέργειου στους 15 °C 38% ενώ στους 5°C το ποσοστό μειώνεται στο 32,6%. Συμπεραίνεται ότι όταν ο υπόγειος χώρος λειτουργεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τόσο αποδοτικότερος γίνεται σε σχέση με τον υπέργειο.

Τέλος, σημειώνεται ότι το κόστος κατασκευής του υπόγειου χώρου αποθήκευσης είναι της ίδιας τάξης, και λίγο μικρότερο, σε σχέση με την επιφανειακή αποθήκη κάτι που σε μεγάλο βαθμό οφείλεται στη μεγάλη αξία κτήσης του απαιτούμενου οικοπέδου, καθώς ο υπέργειος χρειάζεται σημαντική έκταση γης για την κατασκευή του.

Από την παρούσα διπλωματική εργασία προκύπτει ότι οι υπόγειοι χώροι αποθήκευσης ευπαθών προϊόντων αποτελούν μια καλύτερη και πιο οικονομική λύση αφού εμφανίζουν καλύτερη συμπεριφορά σε σχέση με τους υπέργειους χώρους αποθήκευσης ευπαθών προϊόντων.

SUMMARY

This thesis deals with the design and construction of an overground and an underground cold storage facility of perishable products. The aim of this study is to evaluate the energy consumption of these two sites for different values of temperature storage, benchmarking alongside with the conclusions concerning the economic and environmental behavior for a period approximately equal to their estimated life.

The choice of location of the two alternative facilities (surface and underground storage facilities) are among five areas in the Attica region with good access to the national road network and close to Attica center, the pre-eminent center of consumption of such products in Greece.

The two stores are planned to have nearly the same payload space, 864m^2 and 1083m^2 , for the overground and underground facilities respectively and are chosen to be constructed both in Thriassio. Thus, the cost of construction, which includes the subcontracting cost the configuration cost and the cost of land, is calculated.

Then the energy performance of the two study sites is calculated for three cases of temperature, 20°C , 15°C and 5°C . The study was carried out with the help of the TEE - KENAK which is a special software for calculating energy performance and rating (calibration) of buildings, developed by the Technical Chamber of Greece.

Thus, the two facilities are ranked (calibrated relative to the reference building) with the above-ground calibrated in category D ($237,9\text{ kWh/m}^2$) and the underground, who has 32% less energy consumption than the first, in group C ($162,7\text{ kWh / m}^2$).

Also the power consumption of the above-ground facility is greater for all three cases of temperature, in the case of 20°C it is 28% higher, in 15°C it is 62% and in 5°C is 68%. The same applies to the emissions of CO_2 , while reducing the test temperature; the greater is the difference in emissions resulting. In 20°C the emissions of the underground facility are the 75% of the emissions of the above-ground in 15°C the percentage is decreased at 38% and finally in 5°C the emissions of the underground storage facility are reduced to the 32.6% of the above-ground one. It is concluded that when the underground facility operates at lower temperatures its efficiency is increased compared to the above-ground.

Finally, it is noted that the construction cost of the underground storage is of the same class, with the cost of the surface storage, which is largely due to the large acquisition cost of land required, as the above-ground, demands a significant amount of land for its construction.

In conclusion, this dissertation shows that the underground storage facilities of perishable goods are a better and more economical solution, as they show better behavior in relation to the overground storage facilities.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ.....1

1.1 Εισαγωγή.....	2
1.2 Τύποι υπόγειων έργων.....	3
1.3 Σημασία υπόγειων έργων στη σημερινή εποχή.....	5
1.3.1 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	6
1.4 Προοπτικές ανάπτυξης – αξιοποίησης υπόγειων έργων.....	11
1.5 Χρήσεις υπόγειων κατασκευών.....	13
1.6 Υπόγειοι αποθηκευτικοί χώροι.....	13
1.6.1 Υπόγειοι χώροι στάθμευσης.....	17
1.6.2 Υπόγεια έργα αποθήκευσης καυσίμων και φυσικού αερίου.....	18
1.6.3 Υπόγειοι ενεργειακοί σταθμοί.....	19
1.6.3.1 Υπόγειοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί.....	19
1.6.3.2 Υπόγειοι πυρηνικοί σταθμοί.....	19
1.6.4 Υπόγειοι χώροι διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων.....	20
1.6.5 Υπόγειοι χώροι στρατιωτικών εφαρμογών.....	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΨΥΞΗΣ.....22

2.1 Εισαγωγή.....	23
2.2 Υπόγειος χώρος για κατάψυξη τροφίμων στην Καπαδοκία.....	25
2.3 Δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν σε υπόγειο χώρο αποθήκευσης στην Κορεα.....	37
2.4 Svalbard Global Seed Vault.....	43
2.5 Υπόγεια κελάρια κρασιού στην περιοχή «Ribera de Duero» (Κεντρική Ισπανία).....	48
2.6 Springfield Underground.....	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ & ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ.....60

3.1 Εισαγωγή.....	61
3.2 Χωροθέτηση αποθηκευτικών χώρων.....	61
3.3 Κατασκευή υπέργειου αποθηκευτικού χώρου.....	63
3.4 Κοστολόγηση υπέργειου χώρου αποθήκευσης.....	66
3.5 Κατασκευή υπόγειου αποθηκευτικού χώρου.....	70
3.6 Περιγραφή της μεθόδου.....	71
3.7 Γεωμετρικά στοιχεία υπόγειου χώρου.....	72
3.8 Γεωτεχνικά στοιχεία.....	73
3.9 Υπολογισμοί γεωμετρικών στοιχείων υπόγειου χώρου.....	74

3.10	Συμπεράσματα.....	77
3.11	Προσπελαστικά έργα.....	80
3.12	Μέθοδος όρυξης.....	81
3.13	Διαμόρφωση υπόγειας αποθήκης.....	82
3.14	Αποθηκευτική ικανότητα.....	84
3.15	Υπολογισμός κόστους κατασκευής.....	86

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....92

4.1	Εισαγωγή.....	93
4.2	Λίγα λόγια για το ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ.....	93
4.3	Γιατί επιλέχθηκε το συγκεκριμένο πρόγραμμα.....	95
4.4	Προβλήματα του προγράμματος.....	96
4.5	Ορισμοί για την κατανόηση του προγράμματος.....	96
4.6	Βασικές παράμετροι για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης.....	97
4.7	Κλιματικές ζώνες.....	99
4.8	Ελάχιστες προδιαγραφές για τη χρήση του λογισμικού.....	101

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ.....107

5.1	Εισαγωγή.....	108
5.2	Υπολογισμός θερμικών φορτίων υπέργειου χώρου αποθήκευσης.....	108
5.3	Ενεργειακή μελέτη υπέργειου αποθηκευτικού χώρου με το πρόγραμμα ΚΕΝΑΚ....	114
5.4	Αποτελέσματα προγράμματος ΚΕΝΑΚ για την υπέργεια αποθήκη.....	119
5.5	Ενεργειακή μελέτη υπόγειου αποθηκευτικού χώρου με το πρόγραμμα ΚΕΝΑΚ....	122
5.6	Αποτελέσματα προγράμματος ΚΕΝΑΚ για την υπόγεια αποθήκη.....	128
5.7	Εκπομπές CO ₂	131
5.8	Συμπεράσματα.....	134

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....136

6.1	Εισαγωγή.....	137
6.2	Οικονομική σύγκριση.....	137
6.3	Τελικό συμπέρασμα.....	140

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....141

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....145

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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 ποικίλει ανάλογα της χρήσης τους. Η συνηθέστερη διάκριση μεταξύ τους μπορεί να γίνει σε μεταλλευτικά και μη μεταλλευτικά υπόγεια έργα. Στα πρώτα, δημιουργούνται κατασκευές οι οποίες αποτελούν το μέσο προσπέλασης και απόληξης ενός κοιτάσματος, ενώ στα δεύτερα, η διάνοιξή τους αποτελεί αυτοσκοπό της κατασκευής.

Μέχρι τα μέσα περίπου του 20ου αιώνα οι τεχνικές εφαρμογές τέτοιων έργων θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν μάλλον περιορισμένες, καθώς οι χρήσεις τους ήταν περισσότερο προσανατολισμένες σε μεταλλευτικούς σκοπούς. Τα τελευταία χρόνια τα υπόγεια μη μεταλλευτικά έργα επιδεικνύουν μια δυναμική και διαρκώς αναπτυσσόμενη πορεία, έχοντας γίνει σε πολλές περιπτώσεις η πάγια κατασκευαστική πρακτική (Μπενάρδος, 2002).

Η ανάπτυξη και δυναμική που εμφανίζουν τα τελευταία χρόνια τα υπόγεια μη μεταλλευτικά έργα, οφείλεται στην απότομη αύξηση του πληθυσμού καθώς και στην έλλειψη ανάλογου χωροταξικού σχεδιασμού ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές όπου παρατηρείται το φαινόμενο έλλειψης χώρου και περιβαλλοντικών προϋποθέσεων για την ανάπτυξη ζωτικών δραστηριοτήτων. Έτσι εξοικονομούμε επιφανειακό χώρο για τη δημιουργία πνευμόνων πρασίνου, χώρων αναψυχής κλπ (Golany et al., 1996).

Τέλος η ανάπτυξη της κατασκευής των υπογείων έργων οφείλεται στη χρήση νέων εργαλείων όρυξης και μεθόδων υποστήριξης της εκσκαφής, κάτι που τα καθιστά ανταγωνιστικά σε σχέση με τις επιφανειακές κατασκευές.

1.2 ΤΥΠΟΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

Τα υπόγεια έργα εκτός από τις δύο κατηγορίες (μεταλλευτικά, μη μεταλλευτικά) που προαναφέρθηκαν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με ένα πλήθος κριτηρίων :

- Διαστάσεις
- Σχήμα
- Χάραξη
- Σκοπό κατασκευής κ.α.

Συνηθέστερη διάκριση γίνεται σε σχέση με τη μορφή και το σχήμα τους και είναι η κάτωθι:

α. 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° – 40°), τότε ονομάζονται κεκλιμένα ή κεκλιμένες στοές.

β. 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.

γ. 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.

Ο ακόλουθος Πίνακας 1.1 παρουσιάζει στοιχεία σε σχέση με τις χρήσεις – εφαρμογές για τους τρεις παραπάνω τύπους.

Πίνακας 1.1: Τύποι υπογείων χρήσεων (Μπενάρδος, 2002).

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. Metro) 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. Διαφόρων υγρών 2. Καυσίμων 3. Αποβλήτων	1. Διαφόρων υγρών 2. Καυσίμων	1. Διαφόρων υγρών 2. Καυσίμων 3. Αποβλήτων 4. Τροφίμων 5. Κατάλυξη 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	

1.3 ΣΗΜΑΣΙΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΜΑΣ

Η μεγάλη αύξηση των υπογείων έργων τα τελευταία χρόνια είναι ζωτικής σημασίας για την ικανοποίηση των αναγκών του σύγχρονου ανθρώπου (Dudeck, 1996). Η εξέλιξη αυτή δικαιολογείται από τον υπερκορεσμό των αστικών κέντρων, την πυκνοκατοίκησή τους καθώς και τις απαιτήσεις για καλύτερο βιοτικό επίπεδο. Ακόμα η έντονη επιφανειακή επέκταση των αστικών κέντρων γίνεται όλο και πιο ασύμφορη λόγω έλλειψης χώρων και αύξησης του κόστους τους.

Μία από τις λύσεις στα παραπάνω προβλήματα είναι η ανάπτυξη υπογείων χώρων αφού αυτοί εμφανίζουν μεγάλη διαθεσιμότητα. Η κατασκευή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί σχεδόν οπουδήποτε και οι ανάγκες τους σε επιφανειακό χώρο είναι ελάχιστες (Μπενάρδος, 2002).

Τα πλέον διαδεδομένα υπόγεια έργα είναι τα συγκοινωνιακά. Για παράδειγμα τα υπόγεια δίκτυα μετρό έχουν βοηθήσει στην αποσυμφόρηση των επιφανειακών οδικών δικτύων βελτιώνοντας το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων των μεγαλουπόλεων.

Η ευαισθητοποίηση και η κινητοποίηση του ανθρώπου σε θέματα περιβάλλοντος συνέβαλλαν τα μέγιστα στην εξέλιξη και δημιουργία των υπογείων κατασκευών. Οι υπόγειες εγκαταστάσεις πλεονεκτούν σημαντικά έναντι των επιφανειακών στα ζητήματα προστασίας του περιβάλλοντος. Παράλληλα συμβάλλουν και στην μείωση του φαινομένου της οπτικής, ατμοσφαιρικής αλλά και ηχητικής ρύπανσης. Γενικότερα οι υπόγειοι χώροι συνέβαλλαν στην επίτευξη μιας φιλικής, προς το περιβάλλον, ανάπτυξης. Επιπλέον θα πρέπει να τονιστεί, όσον αφορά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Ελλαδικού χώρου, ότι η συμπεριφορά που παρουσιάζουν έναντι των υπέργειων κατασκευών σε σεισμικές φορτίσεις είναι πολύ καλύτερη (Μπράχος, 2005).

1.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα βασικά χαρακτηριστικά των υπόγειων κατασκευών, μέσα στο ευρύ φάσμα χρήσεων που έχουν, δεν είναι εύκολο να παρουσιαστούν. Αυτό συμβαίνει διότι τα πλεονεκτήματα ή τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τις συνθήκες που επικρατούν στη θέση κατασκευής τους. Είναι δυνατόν όμως να δώσουμε τα βασικά σημεία υπεροχής των υπόγειων έναντι των υπέργειων λύσεων, τα οποία ενισχύουν την προοπτική αυξημένης χρησιμοποίησης τους (Πάνου Κ et al., 2005). Διακρίνονται σε :

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

Τα άμεσα πλεονεκτήματα προκύπτουν από τα χαρακτηριστικά του υπογείου χώρου και κατατάσσονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες :

- Έχουν υψηλή διαθεσιμότητα και μικρές ανάγκες για επιφανειακούς χώρους.
Με τον όρο υψηλή διαθεσιμότητα χαρακτηρίζεται η δυνατότητα των υπογείων έργων να κατασκευάζονται σχεδόν οπουδήποτε. Επιπλέον οι υπόγειοι χώροι έχουν μικρές ανάγκες σε επιφανειακούς χώρους, κάτι το οποίο βοηθά στην μεγαλύτερη ανεξαρτητοποίησή τους από εξωτερικούς παράγοντες. Έτσι λοιπόν τα υπόγεια έργα μπορούν να κατασκευαστούν σε μέρη που δεν είναι δυνατή η κατασκευή επιφανειακών (είτε λόγω τοπογραφικών συνθηκών είτε έλλειψης αναγκαίων εκτάσεων) (Καλιαμπάκος, 2003).

- Έχουν μεγαλύτερο βαθμό προστασίας – ασφάλειας λόγω της απομόνωσης – απόκρυψής τους

Αφού οι υπόγειοι χώροι κατασκευάζονται μέσα στο έδαφος πλεονεκτούν χρησιμοποιώντας το σαν μια ασπίδα απέναντι στις επιφανειακές δραστηριότητες και στα ακραία καιρικά φαινόμενα. Ακόμα αυτό λειτουργεί και αντίστροφα προστατεύοντας το εξωτερικό περιβάλλον από τις διεργασίες που γίνονται μέσα στο υπόγειο έργο. Λόγω των περιορισμένων εισόδων – εξόδων παρέχουν σημαντικό πλεονέκτημα απέναντι σε κλοπές, δολιοφθορές κλπ. Σημαντικό παράδειγμα είναι οι εγκαταστάσεις του στρατού που έχουν μεγάλες απαιτήσεις απόκρυψης και ασφάλειας υιοθετώντας υπόγειες λύσεις.

- Παρέχουν υψηλή περιβαλλοντική προστασία.

Ένας υπόγειος χώρος αντιμετωπίζει πλήθος περιβαλλοντικών επιπτώσεων που δε θα μπορούσαν να αντιμετωπισθούν από έναν επιφανειακό (π.χ. εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, αποθήκευσης τοξικών και ραδιενεργών αποβλήτων) .Άλλο πλεονέκτημα που παρουσιάζουν οι υπόγειες εγκαταστάσεις είναι η μηδαμινή επίδρασή τους στον εξωτερικό χώρο συμβάλλοντας έτσι στην διατήρηση του οικοσυστήματος του γεωμορφολογικού ανάγλυφου των οικιστικών χαρακτηριστικών αλλά και των ιστορικών μνημείων. Αξίζει να τονίσουμε την τεράστια συμβολή στην καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς και της εξοικονόμησης ενέργειας από υπόγεια έργα με μεγάλες επιχειρησιακές δυνατότητες.

- Τα γεωλογικά φαινόμενα (σεισμοί, διάβρωση, αποσάθρωση, απόθεση, τυφώνες) έχουν μειωμένη επίδραση σε αυτά.

Στον ακόλουθο Πίνακα 1.2 (ITA, WG 13, 1998) παρουσιάζονται τρία χαρακτηριστικά παραδείγματα :

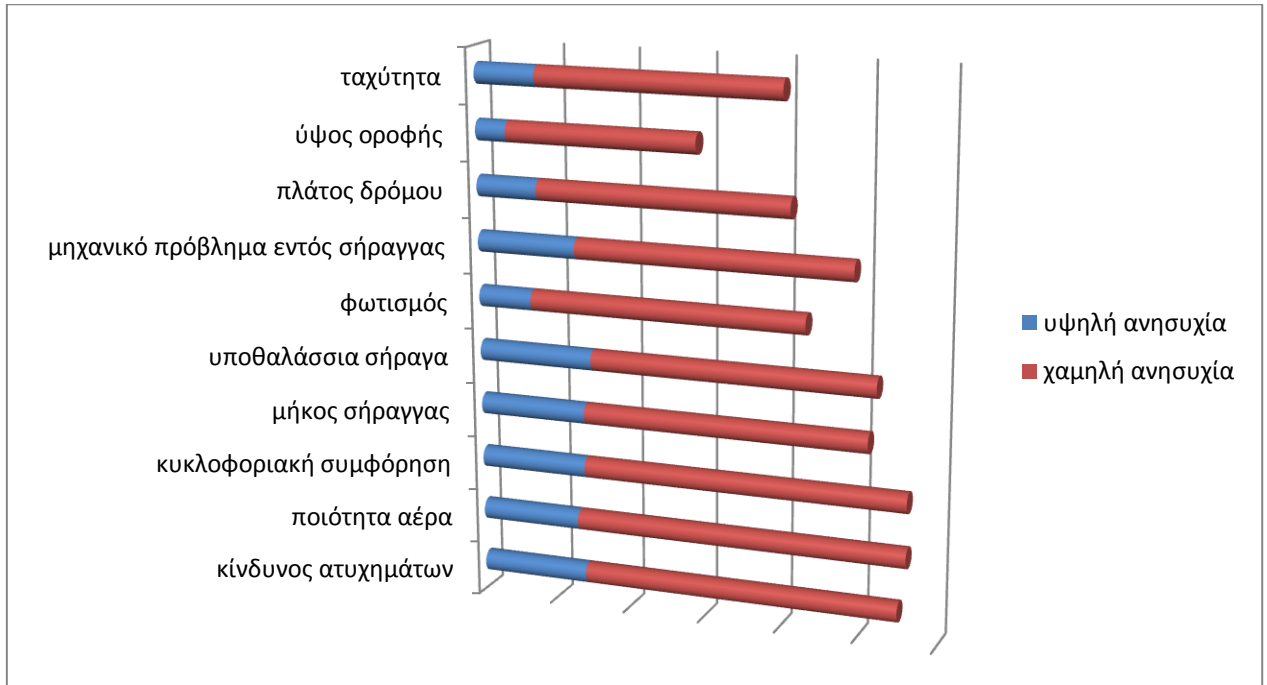
Πίνακας 1.2: Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την χρήση αστικών υπογείων σιδηροδρόμων.

Πόλη / Χώρα	Εξοικονόμηση Ενέργειας	Μείωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης
Tokyo Ιαπωνία	Εκτιμάται ότι η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας είναι της τάξης των 4,12 εκ. κl αργού πετρελαίου	Αγγίζει στους 12,7 Mtons CO ₂ , 8.600 tons NO _x και 2.940 tons Sox, ανά έτος
Sendai Ιαπωνία	Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας φτάνει στα 850 κl βενζίνης και 2.079 κl πετρελαίου	Ανέρχεται στους 1,66.103 tons CO ₂ , 3,3 tons NO _x και 0,5 tons SO _x , ανά έτος
Mexico City Μεξικό	Εκτιμάται ότι το έτος 2000 θα αγγίξει στα 400 κl βενζίνης ημερησίως	Μείωση της συνολικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης της πόλης κατά 10%.

Τα υπόγεια έργα δεν υπερτερούν παντού έναντι των υπέργειων, διαθέτουν κι αυτά κάποια μειονεκτήματα. Τα κυριότερα από αυτά αφορούν τα εξής :

- Υψηλές αρχικές επενδύσεις, λόγω των εξειδικευμένων και ακριβών εργαλείων που απαιτούνται για την κατασκευή.
- Μεγάλη χρονική διάρκεια κατασκευής λόγω τεχνικών δυσκολιών και δυσκολιών που προκύπτουν κατά τη διάρκεια αυτής.

- Λόγω της μεγάλης χρονικής διάρκειας του έργου υπάρχει αβεβαιότητα του κεφαλαίου.
- Προβλήματα νομικής φύσεως (συμβάσεις) μεταξύ των εμπλεκομένων μερών
- Ψυχολογικοί παράγοντες, φοβίες και αμφιβολίες των ανθρώπων που χρησιμοποιούν το έργο, οι οποίοι μπορούν να δράσουν ανασταλτικά στη δημιουργία του αφού απειλούν την οικονομική βιωσιμότητά του.



Σχήμα 1.1: Παράμετροι ανησυχίας κατά την προσπέλαση οδικών σηράγγων (Landahl, 1998).

- Η μη εξοικείωση του σύγχρονου ανθρώπου με τη φιλοσοφία και τα πλεονεκτήματα των υπογείων έργων όπου οδηγεί στην συντηρητική και “ασφαλή” επιλογή επιφανειακών έργων (Καλιαμπάκος, 2003).

Στον παρακάτω Πίνακα 1.3 παρουσιάζεται μια σύγκριση πλεονεκτημάτων-μειονεκτημάτων με βάση τα οικονομικά, το τεχνικά-λειτουργικά και κοινωνικά-περιβαλλοντικά κριτήρια.

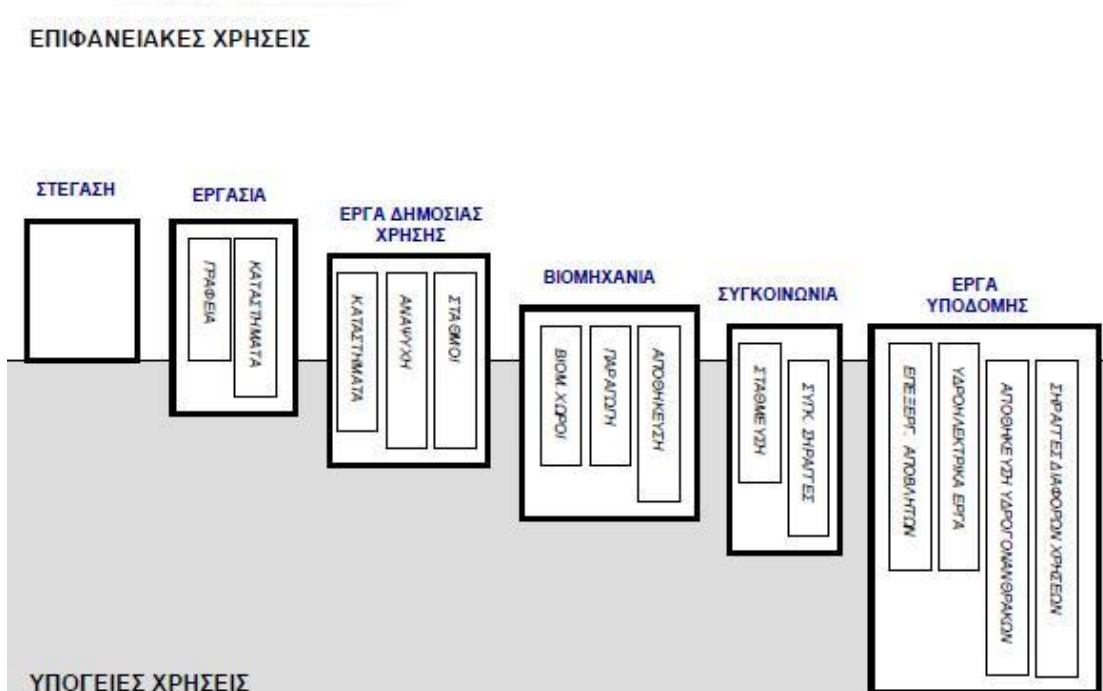
Πίνακας 1.3: Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα της εκμετάλλευσης υπόγειων κατασκευών (Μπενάρδος, 2001).

Παράμετρος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Οικονομική	<ul style="list-style-type: none"> + Μείωση κόστους από τις μικρότερες απαιτήσεις για την δέσμευση – χρήση επιφανειακών εκτάσεων + Μειωμένα κόστη συντήρησης και λειτουργίας + Οφέλη από την εκμετάλλευση των προϊόντων εξόρυξης + Εξοικονόμηση ενέργειας 	<ul style="list-style-type: none"> - Πιθανή αύξηση κόστους με την ύπαρξη κακών ή αβέβαιων γεωτεχνικών συνθηκών - Μεγάλα κεφάλαια προς επένδυση - Αβεβαιότητα (επένδυσης, συμβάσεων, χρόνου κατασκευής)
Τεχνική / Λειτουργική	<ul style="list-style-type: none"> + Πιο συμπαγή/συγκεντρωμένη αστική δόμηση, με εγκατάσταση νέων υπόγειων 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. οδικές σήραγγες) + Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων + Θερμική, κλιματική, σεισμική προστασία και ασφάλεια έναντι δολιοφθορών, βιομηχανικών ατυχημάτων + Λειτουργία υπό συνθήκες θερμοκρασιακής σταθερότητας 	<ul style="list-style-type: none"> - Μεγάλη συνήθως κατασκευαστική περίοδος - Περιορισμός στο μέγιστο άνοιγμα του υπόγειου χώρου - «Μόνιμο» έργο - Υψηλή εξειδίκευση συστημάτων και εξοπλισμού - Αυξημένες διατάξεις ασφαλείας, εξοπλισμού παρακολούθησης και μόνιμου αερισμού - Πιθανά προβλήματα στην διάταξη των προσπελαστικών έργων και των επιφανειακών συνδέσεων - Υπόγεια νερά, φυσικά αέρια, υψηλές θερμοκρασίες και αντιμετώπισή τους
Κοινωνική / Περιβαλλοντική	<ul style="list-style-type: none"> + 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 	<ul style="list-style-type: none"> - 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

1.4 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ – ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

Τα υπόγεια έργα συμβάλλουν στη δημιουργία ενός νέου τύπου ανάπτυξης όπου βελτιώνει τις συνθήκες ζωής αντιμετωπίζοντας τα προβλήματα τα οποία πηγάζουν από την έντονη αστικοποίηση. Η ανάπτυξη των υπόγειων κατασκευών πρέπει να αντιπαραέλθει το εκτεταμένο κόστος κατασκευής που συνήθως υπερβαίνει το αντίστοιχο των επιφανειακών κατασκευών.

Το κόστος κατασκευής ενός υπόγειου έργου μπορεί να είναι μεγαλύτερο έναντι ενός υπέργειου αλλά δε μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια τα σημαντικά οφέλη που προκύπτουν από την επιλογή του. Ο συνυπολογισμός του εξωτερικού κόστους (περιβαλλοντικού 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. Ακόμα και αν αυτό δε συμβαίνει πρέπει να τονίσουμε ότι οι υπόγειες κατασκευές, λόγω της περιβαλλοντικής προστασίας που παρέχουν, είναι πιθανόν οι πιο αποδεκτές λύσεις για την μελλοντική ανάπτυξη στο επιβαρυσμένο αστικό περιβάλλον.



Εικόνα 1.1: Καταλληλότητα ανάπτυξης χώρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους ανάλογα με την επιλεχθείσα χρήση (Ronka et al., 1998)

Η κατασκευή των υπογείων έργων αναμένεται να αυξηθεί εφόσον υπάρξουν οι παρακάτω προϋποθέσεις (Edelenbos et al., 1998) :

- Αυξημένο ενδιαφέρον για την ποιότητα ζωής, που σχετίζεται με την προστασία του περιβάλλοντος, την ασφάλεια και αύξηση του βιοτικού επιπέδου.
- 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 χρησιμοποίησή του.
- Επιδείνωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, γεγονός που θα επιφέρει μεγαλύτερες κοινωνικές πιέσεις για την αντιμετώπισή τους και υιοθέτηση νέων τεχνικών για την επίτευξη του στόχου αυτού.
- 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.
- Τεχνολογική πρόοδος, που θα δημιουργήσει νέες κατασκευαστικές δυνατότητες, ενώ παράλληλα θα επιτρέψει την πιο οικονομική κατασκευή των έργων.
- 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.

Παρ' όλες τις προοπτικές που ανοίγονται για την ανάπτυξη των υπόγειων κατασκευών πρέπει να αντιμετωπιστούν ή να μειωθούν τα αρνητικά χαρακτηριστικά τους, κάτι το οποίο θα τα κάνει απαραίτητο και αναπόσπαστο κομμάτι του χωροταξικού σχεδιασμού μιας σύγχρονης πόλης.

1.5 ΧΡΗΣΕΙΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οι χρήσεις των υπόγειων κατασκευών είναι ποικίλες, οι κυριότερες από αυτές είναι :

- Υπόγειοι αποθηκευτικοί χώροι.
- Υπόγειοι χώροι στάθμευσης.
- Υπόγεια αποθήκευση καυσίμων και φυσικού αερίου.
- Υπόγειοι ενεργειακοί σταθμοί.
- Υπόγειοι χώροι διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων.
- Υπόγειοι χώροι στρατιωτικών εφαρμογών.
- Υπόγειοι ταμιευτήρες νερού.
- Άλλες χρήσεις υπογείων χώρων (υπόγειοι χώροι στάθμευσης, βιβλιοθήκες, γυμναστήρια, αθλητικές εγκαταστάσεις κ.λπ.).

1.6 ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ

Τα υπόγεια αποθηκευτικά - διαμετακομιστικά κέντρα παρουσιάζουν ευρεία χρήση στο εξωτερικό και ιδιαίτερα στις Η.Π.Α. Δημιουργήθηκαν αρχικά σε εξαντλημένα λατομεία αδρανών υλικών ή και σε ενεργά αφού η λατόμευση και η εμπορική χρήση μπορεί να συντελούνται και ταυτόχρονα.

- **Subtropolis underground complex**

Το Subtropolis underground complex είναι ίσως το πιο ενδιαφέρον παράδειγμα υπόγειου αποθηκευτικού κέντρου. Βρίσκεται στο Missouri του Kansas City και ανήκει στην Hunt Midwest Enterprises, Inc. και είναι το μεγαλύτερο συγκρότημα εταιρειών στον κόσμο. Η εξόρυξη ξεκίνησε το 1945 για την απόληψη αδρανών και εξελίχθηκε στο μεγαλύτερο υπόγειο έργο ανάπτυξης ακινήτων. Η εκμετάλλευση ξεκίνησε και συνεχίζει ακόμα με τη μέθοδο θαλάμων και στηλών. Η ετήσια παραγωγή είναι 1×10^6 τόνοι ασβεστόλιθου και ο εκτιμώμενος χρόνος ζωής του έργου είναι 10 – 15 χρόνια. Μέχρι σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί περίπου 500.000 m^2 , άλλες 900.000 m^2 είναι σχεδόν έτοιμα για χρήση και η τελική έκταση που θα φτάσει είναι περισσότερη από $5.000.000 \text{ m}^2$. Αυτή τη στιγμή

στεγάζει πάνω από 50 εταιρείες και απασχολεί γύρω στους 1.500 εργαζομένους (Ζευγώλης, 1999).

Στην Εικόνα 1.2 και την Εικόνα 1.3 φαίνεται το εσωτερικό του Subtropolis πριν και μετά την ενοικίασή του αντίστοιχα ενώ στην Εικόνα 1.4 διακρίνονται χαρακτηριστικά οι στύλοι πετρώματος που δημιουργήθηκαν σε τρισδιάστατη αναπαράσταση των αποθηκευτικών του χώρων.



Εικόνα 1.2: Εσωτερικός χώρος του Subtropolis πριν την ενοικίασή του.



Εικόνα 1.3: Εσωτερικός χώρος του Subtropolis κατά τη χρήση του.



Εικόνα 1.4: Τρισδιάστατη αναπαράσταση των αποθηκευτικών χώρων του Subropolis.

- **Metitex Enterprises**

Η Meritex enterprises ενοικιάζει αποθηκευτικούς χώρους από το 1916 στις Η.Π.Α. Τα τελευταία χρόνια δραστηριοποιείται και στους υπόγειους αποθηκευτικούς χώρους. Διαθέτει τρία υπόγεια αποθηκευτικά κέντρα συνολικής έκτασης 557.620 m²:

1. Lenexa Executive Park : διαθέτει 195.090 m² και θα φτάσει τα 278.700 m² και έχει κατασκευαστεί σε εξεξοφλημένο λατομείο ασβεστόλιθου.



Εικόνα 1.5: Άποψη του Lenexa Executive Park.

2. Gateway Commerce Center : βρίσκεται σε ένα ανενεργό λατομείο ασβεστόλιθου στην Lawrence County το οποίο χρησιμοποιείται αποκλειστικά για ασβεστόλιθο ως το 1950 όπου οι εταιρείες ανακάλυψαν τη σταθερή θερμοκρασία αυτού του βραχώδους σχηματισμού ο οποίος ήταν μια ιδανική εναλλακτική των επιφανειακών αποθηκευτικών κτιρίων. Διαθέτει 102.190 m² και θα φτάσει τα 232.250 m².



Εικόνα 1.6: Άποψη του Gateway Commerce Center.

3. Cumberland Commerce Center: βρίσκεται στην επαρχία Dickson της πολιτείας του Tennessee, είναι το μικρότερο εκ των τριών με ενοικιαζόμενη έκταση 46.468 m².



Εικόνα 1.7: Άποψη του Cumberland Commerce Center.

1.6.1 ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΧΩΡΟΙ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

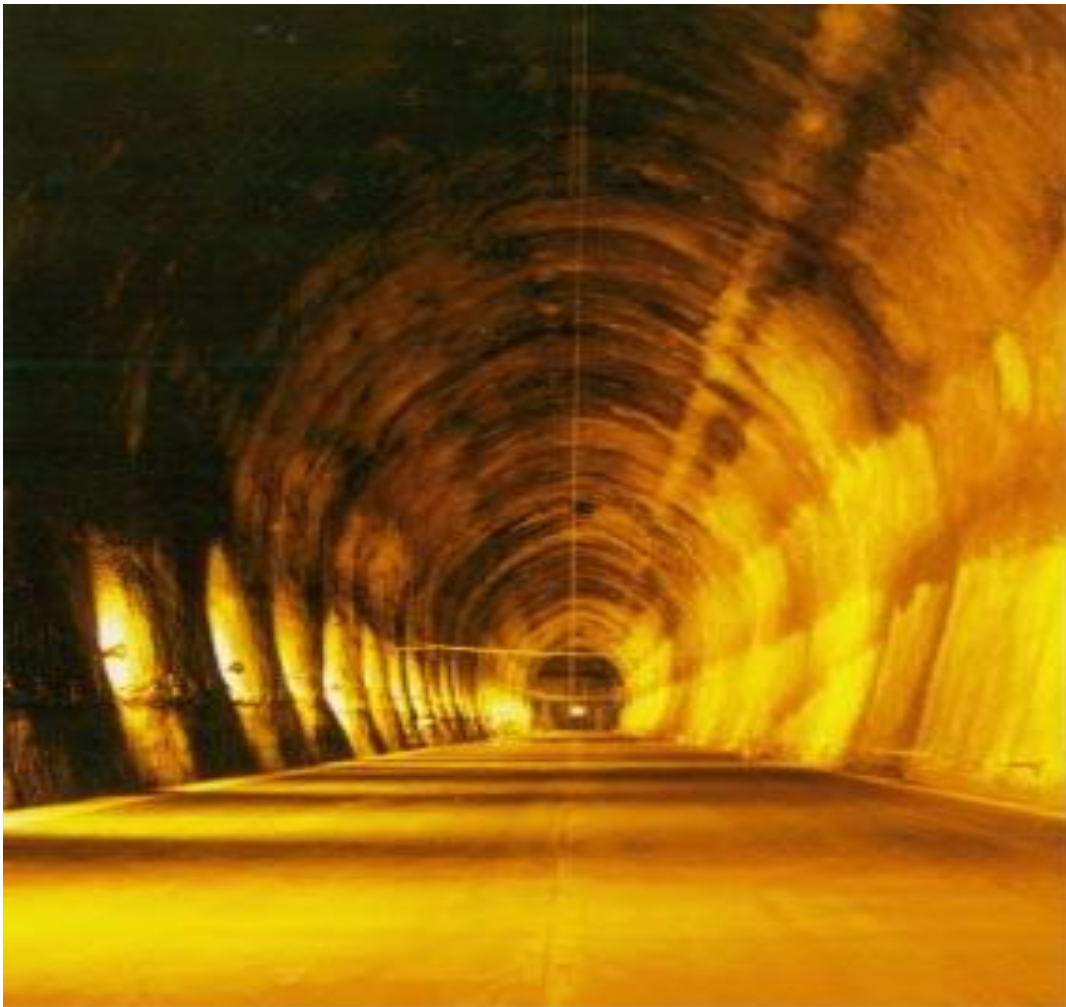
Τα αστικά κέντρα αντιμετωπίζουν προβλήματα έλλειψης χώρων στάθμευσης. Αρχικά δημιουργήθηκαν πολυώροφα κτίρια για parking όμως αυτό δεν έλυσε το πρόβλημα εξαιτίας της συνεχούς εξάντλησης των επιφανειακών χώρων και αύξησης του αριθμού των αυτοκινήτων. Η λύση που σήμερα εφαρμόζεται συστηματικά είναι η κατασκευή υπόγειων χώρων στάθμευσης (Εικόνα 1.8).



Εικόνα 1.8: Υπόγειος χώρος στάθμευσης στην Αθήνα.

1.6.2 ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Η χρήση των υπόγειων χώρων αποθήκευσης καυσίμων και φυσικού αερίου ξεκίνησε αρχικά από τις σκανδιναβικές χώρες και στη συνέχεια επεκτάθηκε στον υπόλοιπο κόσμο. Αυτό ξεκίνησε λόγω περιβαλλοντικών περιορισμών αλλά και λόγω του χαμηλότερου κόστους που παρουσίασε αυτή η μέθοδος αποθήκευσης ανά μονάδα προϊόντος όταν ξεπερνάει το όριο των 100-150.000 m³ για υγρούς υδρογονάνθρακες (Froise, 1987). Ενώ σε περιπτώσεις υγροποιημένων αερίων το παραπάνω όριο μειώνεται ακόμα περισσότερο εξαιτίας της αυξημένης πίεσης που απαιτεί η αποθήκευσή τους.



Εικόνα 1.9: Υπόγειος χώρος αποθήκευσης πετρελαίου στην Ιαπωνία.

1.6.3 ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

1.6.3.1 ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Η κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ενέργειας μετατοπίστηκε από την επιφάνεια στον υπόγειο χώρο. Οι λόγοι που οδήγησαν σε αυτό (Καλιαμπάκος, 2003) :

- Το χαμηλότερο κόστος κατασκευής σε σύγκριση με επιφανειακούς Υ.Η.Σ
- Η αυξημένη ασφάλεια που προσφέρουν.
- Το μικρότερο κόστος συντήρησης.
- Η προστασία του περιβάλλοντος.

Οι κυριότεροι παράγοντες που έκαναν οικονομικότερη την κατασκευή υπογείων Υ.Η.Σ ήταν:

- Η δυνατότητα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις κάτι που συνετέλεσε στην κατασκευή μεγάλων Υ.Η.Σ.
- Η πρόοδος στις τεχνικές εξόρυξης.
- Η δυνατότητα ακριβούς εκτίμησης των μηχανικών χαρακτηριστικών του πετρώματος.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής τους αποτελεί η Νορβηγία που το 99% της ηλεκτρικής ενέργειάς της παράγεται σε υπόγειους σταθμούς.

1.6.3.2 ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΠΥΡΗΝΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Τα τελευταία χρόνια οι ισχυρές χώρες μελετούν την κατασκευή υπόγειων πυρηνικών σταθμών. Οι λόγοι είναι ο καθορισμός της προσφερόμενης ασφάλειας καθώς και ο υπολογισμός κόστους – χρόνου κατασκευής του έργου σε σύγκριση με ένα επιφανειακό (Καλιαμπάκος, 2003).

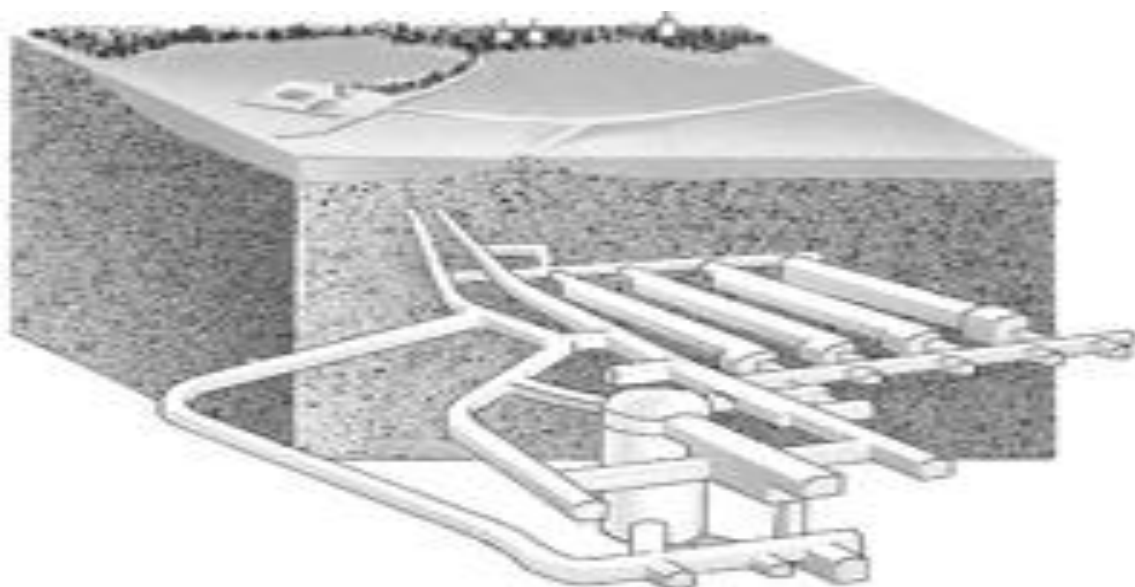
Το εγχείρημα είχε γίνει και στο παρελθόν αλλά εγκαταλείφτηκε λόγω υψηλού κόστους.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η κατασκευή υπόγειων πυρηνικών σταθμών είναι :

- Δυνατότητα καλύτερου ελέγχου και περιορισμένη πιθανότητα διαρροής ραδιενεργών αερίων και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα μετά από ένα πυρηνικό ατύχημα τήξης πυρήνα και επακόλουθη αστοχία του υποδοχέα του αντιδραστήρα.
- Καλύτερη προστασία του περιβάλλοντος από αισθητική άποψη.
- Καλύτερη προστασία και ασφάλεια από κίνδυνο δολιοφθορών.
- Καλύτερη προστασία από σεισμούς.
- Δυνατότητα για τοποθέτηση των υπόγειων πυρηνικών σταθμών κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πυκνοκατοικημένων χώρων, όπως η Ιαπωνία.
- Δυνατότητα καλύτερου συνδυασμού υπόγειων πυρηνικών σταθμών και αποθήκευσης πυρηνικών καταλοίπων σε εκσκαφές κοντά στο σταθμό και σε μεγάλο βάθος (200- 300m).

1.6.4 ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΧΩΡΟΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Μεγάλο ενδιαφέρον παρατηρείται τον τελευταίο καιρό για την ασφαλή αποθήκευση επικίνδυνων αποβλήτων. Οι υπόγειοι χώροι είναι ιδανικοί γι' αυτήν αφού αν τηρηθούν κάποιες απαραίτητες προϋποθέσεις (Stauffer, 1976) προστατεύουν το περιβάλλον αλλά συγχρόνως είναι και μία οικονομική λύση. Τα μεγαλύτερα κέντρα αποθήκευσης βρίσκονται στο Yucca Mountain στη Νεβάδα των Η.Π.Α. και στη Σουηδία στα κέντρα SFR και CLAB.

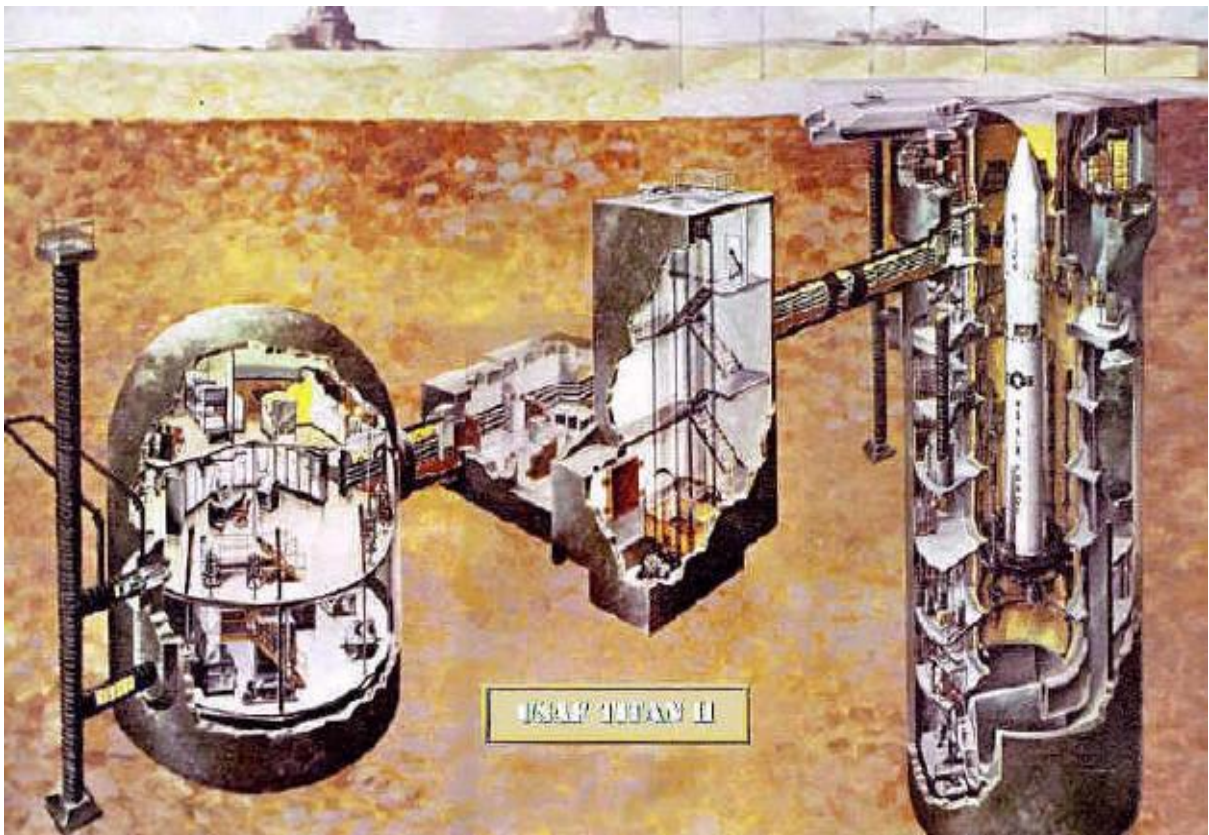


Εικόνα 1.10: Αποθήκευση ραδιενεργών αποβλήτων στη Σουηδία (SFR).

1.6.5 ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΧΩΡΟΙ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Οι στρατιωτικές εγκαταστάσεις χρειάζονται μεγάλη ασφάλεια έναντι εξωτερικών απειλών και έχουν αυξημένες απαιτήσεις απόκρυψης. Τα παραπάνω οδήγησαν στην κατασκευή υπόγειων στρατιωτικών έργων. Οι πέντε βασικότερες στρατιωτικές εφαρμογές που φιλοξενούνται σε υπόγειους χώρους είναι :

- Χώροι στρατηγείων, κέντρων επικοινωνίας (command centers)
- Αποθήκευση πυρομαχικών (ammunition storage)
- Κάλυψη, στάθμευση, Αρμάτων – Οχημάτων
- Καταφύγια (Shelters)
- Οχυρωματικά – Αμυντικά έργα



Εικόνα 1.11: Υπόγειες εγκαταστάσεις εκτόξευσης πυραύλων στις Η.Π.Α.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο
ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ
ΨΥΞΗΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση υπόγειων χώρων για διάφορες δραστηριότητες είναι κάτι που στις μέρες μας έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών, εταιριών και δημόσιων φορέων. Παρόλο που η χρήση υπόγειων χώρων έχει μια ιστορία η οποία ξεκινά από την αρχή της ανθρωπότητας, το υπέδαφος έχει γίνει πεδίο ανάπτυξης σύγχρονων υποδομών. Έτσι ο υπόγειος χώρος αποτελεί, όλο και περισσότερο, μια λύση, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές, για να ελαχιστοποιηθούν οι διαταραχές που προκαλούνται από δραστηριότητες οι οποίες γίνονται στην επιφάνεια (Καλιαμπάκος, 2006). Παρά τις παραδοσιακές χρήσεις υπόγειων κατασκευών, όπως είναι οι σήραγγες, οι υπόγειοι χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων, τα καταφύγια σε περίπτωση πολέμου κλπ., η ιδέα της ανάπτυξης των υπόγειων χώρων είναι να μπορέσουν πολλές δραστηριότητες της επιφάνειας, που είναι δύσκολες, ανέφικτες, λιγότερο αποδοτικές ή ακόμα ανεπιθύμητη η κατασκευή τους εκεί για περιβαλλοντικούς λόγους, να μετεγκατασταθούν σε αυτούς.

Μια μη τυπική εφαρμογή των υπόγειων χώρων είναι η ανάπτυξη αυτών ως αποθήκες για κατεψυγμένα αγαθά (Unver et al., 2003; Choi et al, 2000; Goodall et al, 1989). Αυτή η εφαρμογή εκμεταλλεύεται τα χαρακτηριστικά του υπόγειου χώρου που είναι οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας οι οποίες μένουν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και δεν επηρεάζονται από τις εποχιακές αλλαγές με αποτέλεσμα να γίνεται μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας (Williams, 1976; Sterling, 1994).

Ειδικά σε χώρες όπως η Ελλάδα, που έχουν πολύ ζεστά καλοκαίρια, η υιοθέτηση παρόμοιων λύσεων θα είχε σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση σημαντικού κεφαλαίου από τις δαπάνες λειτουργίας αφού η μόνωση και οι απαιτήσεις σε ενέργεια θα ήταν περιορισμένες σε σχέση με μια συμβατική υπέργεια αποθήκη (Μπράχος et al., 2007).

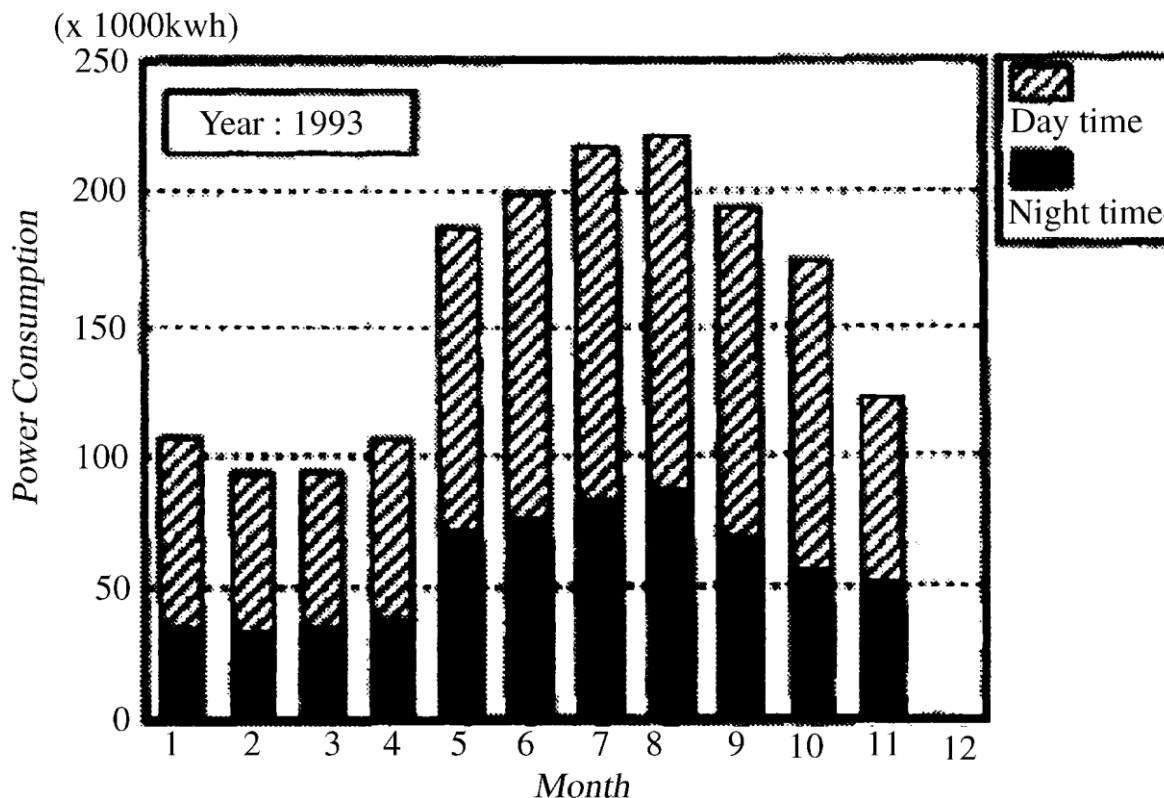
Ωστόσο, πέρα απ' αυτήν την ποιοτική εκτίμηση, μια λεπτομερής ανάλυση μεταξύ των δύο εναλλακτικών λύσεων, την επιφανειακή και την υπόγεια, είναι απαραίτητη να μπορούν να μετρηθούν ποσοτικά τα θερμικά φορτία της καθεμίας και τέλος να μεταφραστούν σε οικονομικές μονάδες.

Σε πολλές χώρες του εξωτερικού έχει γίνει κατασκευή υπόγειων χώρων αποθήκευσης με σκοπό την εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων τους έναντι υπέργειων αποθηκευτικών χώρων.

Τέτοιου είδους μελέτες, που έχουν πραγματοποιηθεί σε χώρες του εξωτερικού, καθώς και παραδείγματα υπόγειων χώρων αποθήκευσης παρουσιάζονται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

Η αποθήκευση τροφίμων απέκτησε ιδιαίτερη σημασία τα τελευταία χρόνια και θεωρείται πως θα αυξηθεί εκθετικά στο μέλλον. Η ανάγκη για πιο φρέσκα και υγιεινά τρόφιμα σημαίνει αναμφίβολα την κατασκευή περισσότερων χώρων αποθήκευσης. Ωστόσο, οι επιφανειακοί χώροι αποθήκευσης τροφίμων απαιτούν πολύ καλή μόνωση προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας απαιτώντας μεγάλο κεφάλαιο για την επένδυση, ενώ η ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται για την ψύξη είναι υψηλή, ειδικά το καλοκαίρι (Unver et al., 2003).

Η Εικόνα 2.1 δείχνει το τυπικό μοτίβο κατανάλωσης ενέργειας για μια αποθήκη στην Κορέα σε ένα μήνα (Park et al, 1999). Είναι προφανές απ' την εικόνα ότι, παρά το γεγονός ότι η αποθήκη είναι μονωμένη με εμπορικά προϊόντα, η διαφορά της ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ μέρας και νύχτας είναι πολύ μεγάλη. Αυτό το φαινόμενο δείχνει ότι ακόμα και αν μια υπέργεια αποθήκη είναι καλά μονωμένη, οι ενεργειακές απώλειες και πάλι είναι το πιο σημαντικό μέλημα κατά τη λειτουργία της (Choi et al, 2000).



*DAY TIME: 08:00-20:00 / NIGHT TIME: 20:00-08:00

Εικόνα 2.1: Μοτίβο κατανάλωσης ενέργειας για μια επιφανειακή αποθήκη στην Κορέα (Korean Meteorological Administration, 1997).

2.2 ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΧΩΡΟΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΠΠΑΔΟΚΙΑ

Οι προμήθειες καλά διατηρημένων τροφίμων ήταν πάντα πολύ σημαντική. Η αποθήκευση των τροφίμων σε υπόγειους χώρους είναι καλύτερη από την αποθήκευσή τους σε επιφανειακές εγκαταστάσεις από άποψη διατήρησης ενέργειας.

Στην Καππαδοκία της Τουρκίας υπάρχουν πολλά υπόγεια ανοίγματα, στα οποία έχει εκσκαφτεί το υλικό, τα οποία χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση φρούτων και λαχανικών. Αυτά τα ανοίγματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως αποθήκες για κατεψυγμένα τρόφιμα.

Σε μια σύγκριση μεταξύ υπόγειων χώρων, που έχουν εκσκαφτεί σε γρανίτη και ηφαιστειακή τέφρα και μιας υπέργειας αποθήκης ψύξης ελήφθησαν υπόψη το κόστος

κατασκευής τους και το κόστος λειτουργίας τους. Η κατασκευή ενός υπόγειου χώρου κατάψυξης που έχει εκσκαφτεί σε ηφαιστειακή τέφρα θα κοστίσει το μισό απ' ότι θα κόστιζε μια ίδιου μεγέθους αποθήκη στην επιφάνεια, ενώ οι απώλειες ενέργειας λόγω της μεταφοράς θερμότητας θα είναι τρεις φορές χαμηλότερες στον υπόγειο χώρο (Unver et al., 2003).

Υπάρχουν πάνω από 1000 μικρά υπόγεια δωμάτια αποθήκευσης μέσα και γύρω από το Ortahisar και το Kavak κοντά στη Nevsehir. Τα περισσότερα απ' αυτά έχουν ύψος 2 – 3 m, πλάτος 5 – 8 m και έχουν χρησιμοποιηθεί για πολύ καιρό ως χώροι αποθήκευσης εσπεριδοειδών και πατάτας. Η Εικόνα 2.2 δείχνει το εσωτερικό ενός δωματίου που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση λεμονιών.



Εικόνα 2.2: Υπόγειος χώρος αποθήκευσης λεμονιών στην Καππαδοκία.

Σε κάθε αποθήκη υπάρχει άνοιγμα για εξαερισμό στην οροφή. Η Εικόνα 2.3 δείχνει την επιφάνεια κάτω απ' την οποία βρίσκονται τα υπόγεια δωμάτια αποθήκευσης.

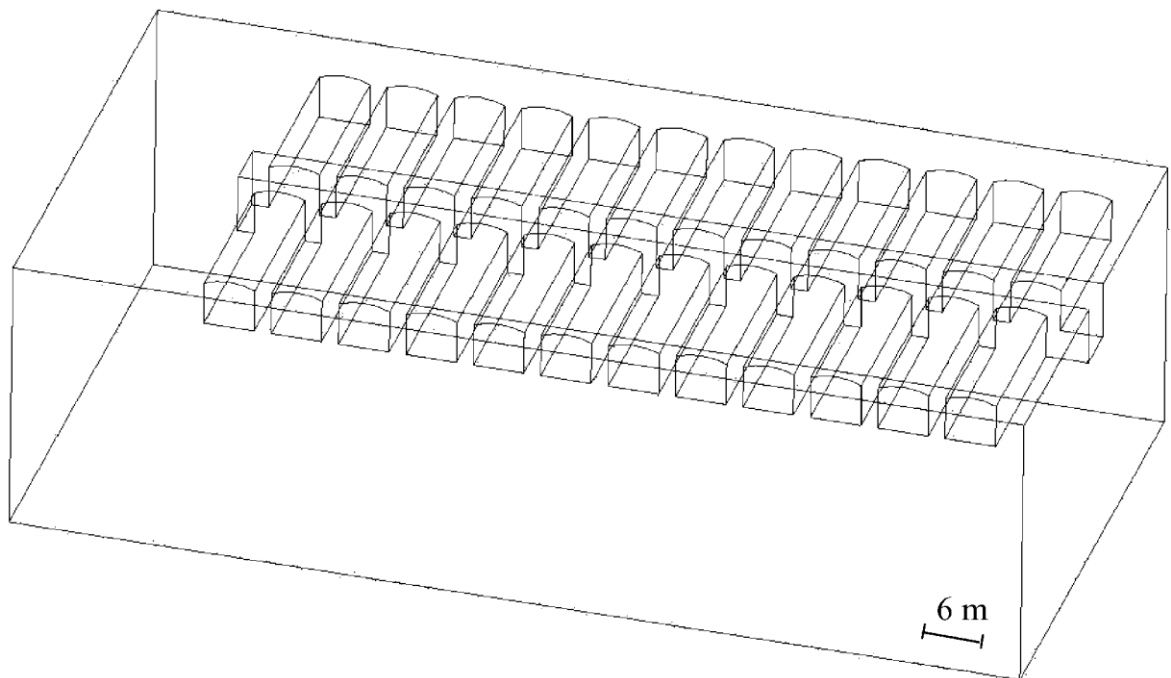


Εικόνα 2.3: Επιφανειακή θέα με τους σωλήνες εξαερισμού των υπόγειων χώρων.

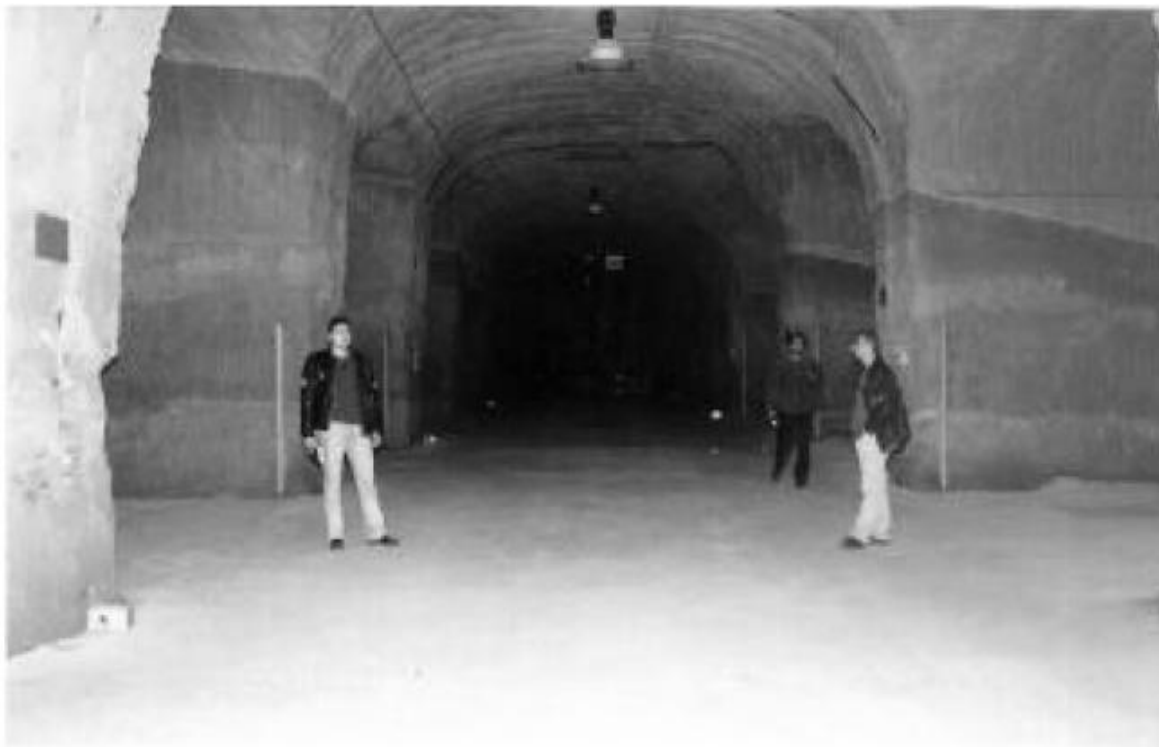
Στην περιοχή υπάρχουν κάποια μοντέρνοι υπόγειοι αποθηκευτικοί χώροι οι οποίοι έχουν εκσκαφτεί σε ηφαιστειακή τέφρα και φαίνονται στην Εικόνα 2.4. Ένα μοντέλο των μοντέρνων αυτών χώρων έχει σχεδιαστεί σε 3D με το λογισμικό ProEngineer και φαίνεται στην Εικόνα 2.5. Υπάρχουν 24 αποθηκευτικοί θάλαμοι που έχουν ύψος 6m, πλάτος 6m και μήκος 21m και το άνοιγμα τους συνδέεται με μια κύρια αίθουσα που έχει εκσκαφτεί στο ενδιάμεσο (Εικόνα 2.6). Αυτό το υπόγειο σπήλαιο αποθήκευσης χρησιμοποιείται για την αποθήκευση πατάτας και είναι εξοπλισμένο με ένα πλήρως αυτόματο μηχανισμό ελέγχου του περιβάλλοντος του χώρου καθώς και με αυτοματοποιημένους μηχανισμούς φόρτωσης και εκφόρτωσης των προϊόντων (Inan, 2001).



Εικόνα 2.4: Μοντέρνος υπόγειος χώρος αποθήκευσης στη Nevsehir.



Εικόνα 2.5: Αποψη 3D μοντέλου των υπόγειων θαλάμων.



Εικόνα 2.6: Η κύρια αίθουσα στο ενδιάμεσο των χώρων αποθήκευσης.

Στο πανεπιστήμιο Hacettepe της Τουρκίας πραγματοποιήθηκε μια μελέτη (Agan C., 2002), η οποία περιέγραφε τα αποτελέσματα της μεταφοράς θερμότητας όταν οι υπόγειοι θάλαμοι, που απευθύνονταν στην αποθήκευση πατάτας, χρησιμοποιούνταν για αποθήκευση κατεψυγμένων προϊόντων, καθώς και μια σύγκριση αυτών με ένα υπόγειο αποθηκευτικό χώρο κατασκευασμένο σε γρανίτη και με μια υπέργεια συμβατική ψυκτική αποθήκη.

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο ήταν να γίνει ανάλυση της μεταφοράς θερμότητας και να βρεθούν οι ενεργειακές απώλειες σε έναν υπόγειο χώρο αποθήκευσης πατάτας. Το δεύτερο στάδιο ήταν να γίνει ίδια μελέτη γύρω από μια υπέργεια αποθήκη και γύρω από δυο πανομοιότυπους υπόγειους αποθηκευτικούς χώρους, εκ των οποίων, ο ένας είναι ανοιγμένος σε ηφαιστειακή τέφρα (όπως είναι και τα σπήλαια στην Καππαδοκία) και ο άλλος σε γρανίτη και στο τέλος να τους συγκρίνουν. Η ανάλυση μεταφοράς θερμότητας σε κάποιο μοντέλο, που μπορούσε να φέρει τα χαρακτηριστικά του συνόλου του σπηλαιού της Καππαδοκίας, ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθεί λόγω του μεγάλου όγκου του (Unver et al., 2003).

Αρχικά, λοιπόν, καθορίστηκαν ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, η πυκνότητα και η ειδική θερμότητα των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή και των τριών χώρων αποθήκευσης και φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν.

Υλικό	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/mK)	Ειδική θερμότητα (J/kgK)	Πυκνότητα (kg/m ³)
Τέφρα	0,515	1325	2100
Γρανίτης	2,79	775	2630
Ατσάλι	80,2	447	7870
Τούβλο	1,4	880	2300
Αφρός Πολυουρεθανίου	0,035	885	40

Στη συνέχεια έγινε η μελέτη θερμικών απωλειών για το υπόγειο σπήλαιο αποθήκευσης πατάτας στην περιοχή της Καπαδοκίας.

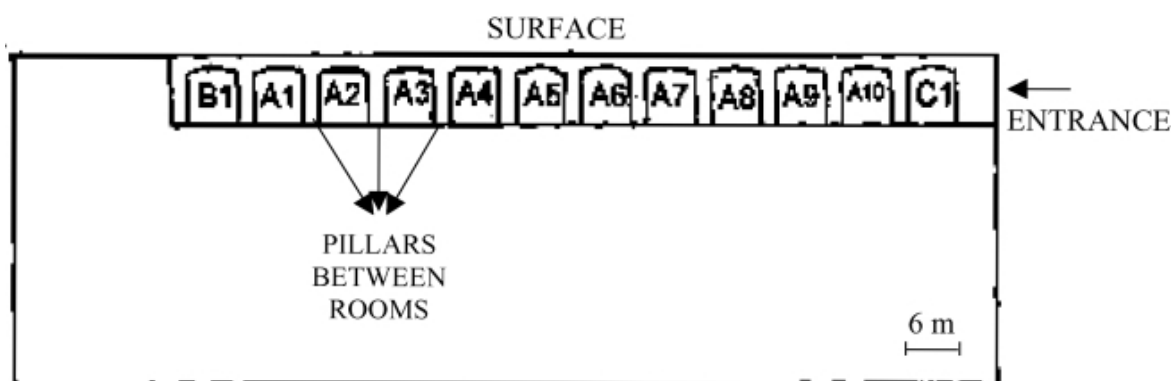
Η μεταφορά θερμότητας ήταν δυνατό να υπολογιστεί με την σταθερής κατάστασης προσέγγιση και με την μεταβατικής κατάστασης προσέγγιση. Σε περίπτωση υπολογισμού της μεταφοράς θερμότητας με την προσέγγιση σταθερής κατάστασης τα αποτελέσματα θα λαμβάνονταν, από τις εξισώσεις που τη διέπουν, μία φορά ενώ στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή χρησιμοποιώντας την προσέγγιση μεταβατικής κατάστασης, αποτελέσματα λαμβάνονται με το πέρας κάποιου σταθερού χρονικού διαστήματος. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε η μεταβατικής κατάστασης προσέγγιση για να σχηματιστεί μια σωστή γεωμετρία του θαλάμου και να καθοριστούν κάποιες μεταβλητές όπως π.χ. το πάχος του βράχου που επηρεάζεται από τη μεταφορά θερμότητας. Στο τέλος αφού καθορίστηκαν οι μεταβλητές, χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση σταθερής κατάστασης.

Ύστερα από τις δοκιμαστικές εφαρμογές καθορίστηκε το πάχος του υπερκείμενου στην οροφή του θαλάμου να είναι 3m, η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θαλάμου στους -20°C και η θερμοκρασία στο εξωτερικό του στους 50°C η οποία παρέμεινε σταθερή στην πορεία της ανάλυσης. Η θερμοκρασία του δαπέδου καθορίστηκε στους 10°C . Η οριακή κατάσταση του δαπέδου ορίστηκε στα 30m βάθος στους 10°C αφού βάσει των μετρήσεων η μεταφορά θερμότητας σταμάτησε λίγο πριν τα 30m βάθους. Η οροφή είχε τοξωτό σχήμα αλλά έγινε ευθεία μοντελοποίηση για πρακτικούς λόγους.

Όσον αφορά τη διάταξη του χώρου, υπήρχαν δώδεκα δωμάτια σε κάθε πλευρά μιας κύριας αίθουσας. Δεδομένου ότι κάθε δωμάτιο διαμορφώθηκε ξεχωριστά, τα χαρακτηριστικά της μεταφοράς θερμότητας αλλάζουν, ανάλογα με τη σχετική θέση του κάθε δωματίου. Ως εκ τούτου τα δωμάτια έχουν κατηγοριοποιηθεί σε A, B και C όπως φαίνονται στην Εικόνα 2.7. Τα κατηγορίας A δωμάτια είναι τα εσωτερικά δωμάτια που τα χαρακτηριστικά της μεταφοράς θερμότητας ήταν ίδια. Τα κατηγορίας B δωμάτια είναι εκείνα που βρίσκονται στο βαθύτερο σημείο του υπόγειου χώρου (στο τέλος του χώρου) ενώ τα κατηγορίας C είναι εκείνα που βρίσκονται κοντά στην κεντρική είσοδο του χώρου. Στον Πίνακα 2.2 δίνονται οι απώλειες ενέργειας του υπόγειου αποθηκευτικού χώρου στην Καπαδοκία.

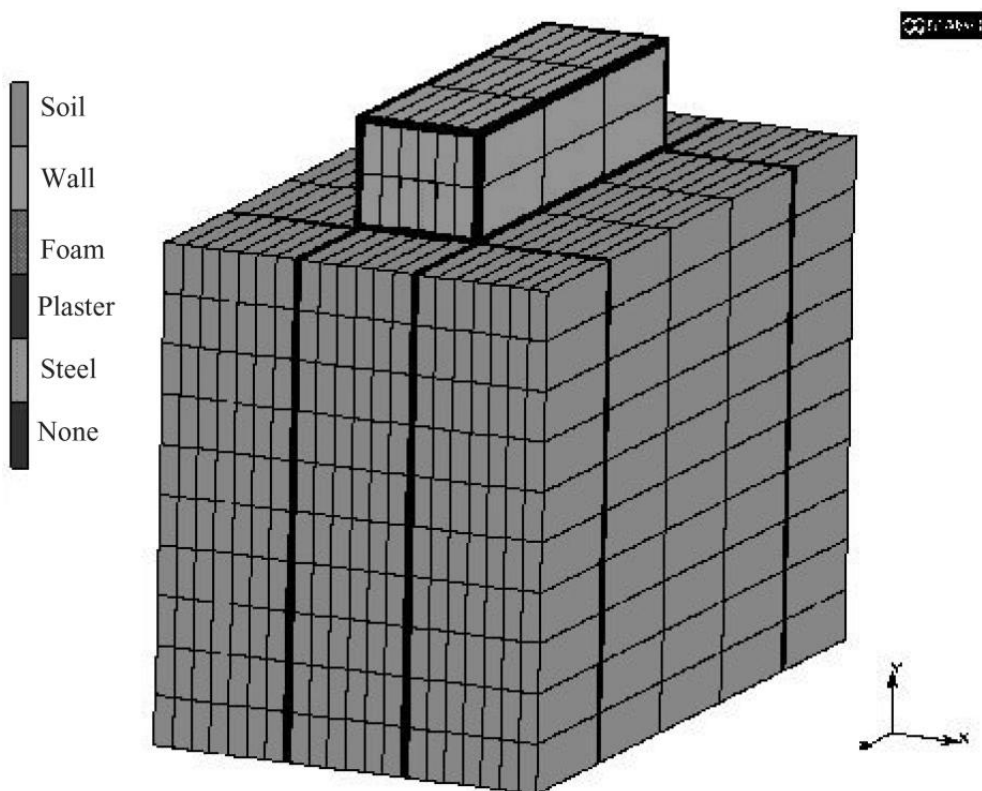
Πίνακας 2.2: Απώλειες ενέργειας υπόγειων αποθηκευτικών σπηλαίων στην Καπαδοκία (Unver et al., 2003).

Τύπος θαλάμου	Είδος Επιφάνειας	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών στον υπόγειο χώρο	Ροή θερμότητας (W/m ²)	Απώλειες ενέργειας στην επιφάνεια (W)	Συνολικές απώλειες ενέργειας (W)
Μεσαίοι θαλάμοι τύπου Α	Οροφή	126	20	9,78	1232,4	24648,1
	Δάπεδο	126	20	0,79	99,6	1991,8
	Πλευρ. Τοίχοι	126	40	1,12	141,6	5665
	Πίσω τοιχός	36	20	2,42	86,9	1738,8
	Συνολ. Απώλεια ενέρ.					34043,7W
Θάλαμοι στο βάθος τύπου Β	Οροφή	126	2	9,78	1232,2	2464,4
	Δάπεδο	126	2	1,01	127,4	254,9
	Δεξ. πλ. Τοιχ.	126	2	0,52	65,3	130,7
	Αρ. πλ. Τοιχος	126	2	3,23	407,1	814,7
	Πίσω τοιχός	36	2	2,52	90,8	181,6
Συνολ. Απώλεια ενέρ.					3845,8W	
Θάλαμοι στην είσοδο τύπου C	Οροφή	126	2	9,78	1232	2464,1
	Δάπεδο	126	2	1,72	216,9	433,7
	Δεξ. πλ. Τοιχ.	126	2	4,51	568,4	1136,9
	Αρ. πλ. Τοιχος	126	2	0,59	74,7	149,4
	Πίσω τοιχός	36	2	2,70	97,2	194,5
Συνολ. Απώλεια ενέρ.					4378,4W	
Κύρια αίθουσα	Οροφή	600	1	9,79	5866,8	5866,8
	Δάπεδο	600	1	0,79	474	474
	Backwall	36	1	3,23	116,3	16,3
	Μπροστα τοιχ. + Πόρτα	36	1	217,1	7815,6	7815,6
	Συνολ. Απώλεια ενέρ.					14272,7W
	Συνολ. απώλεια ενέρ. στον υπ. χώρο				53395,7W	



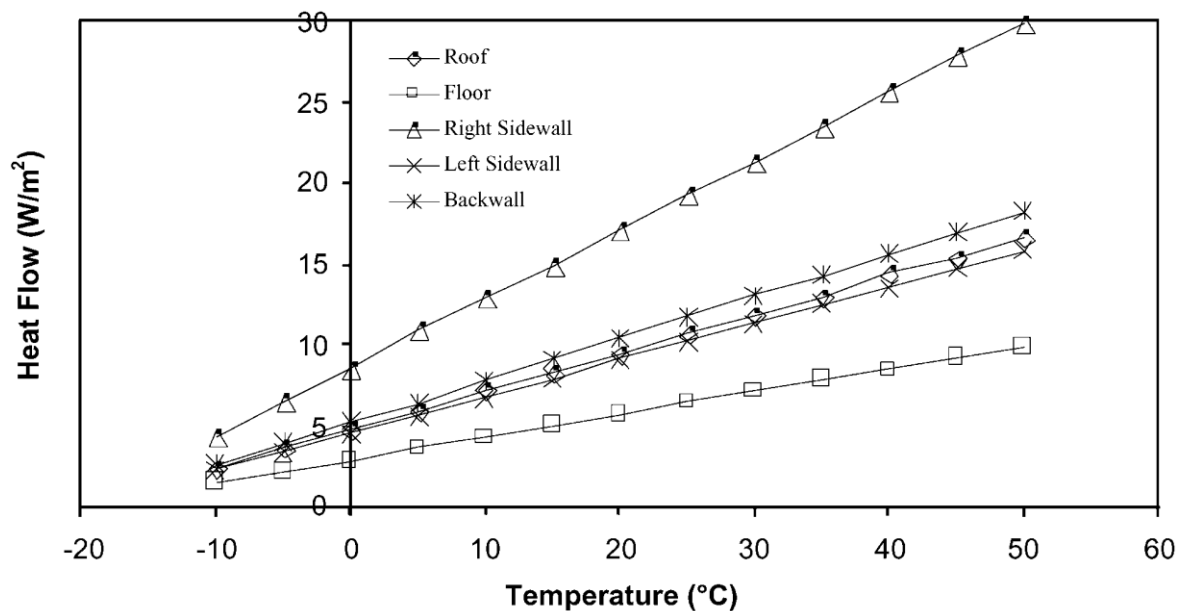
Εικόνα 2.7: Κατηγορίες δωματίων αναλόγως της θέσης που βρίσκονται (Unver et al., 2003).

Αφού καθορίστηκαν οι απώλειες ενέργειας, άρα και οι ενεργειακές απαιτήσεις του σύγχρονου υπόγειου χώρου αποθήκευσης τροφίμων στην Καππαδοκία με θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος στους -20°C , έπρεπε να εξακριβωθεί αν τα αποτελέσματα ήταν επιτρεπτά. Με άλλα λόγια να εξακριβωθεί αν όντως συμφέρει να κατασκευαστεί ένας υπόγειος χώρος αποθήκευσης μέσα σε ηφαιστειακή τέφρα από άποψη ενεργειακών απαιτήσεων, δηλαδή εκτίμηση λειτουργικού κόστους και κόστους κατασκευής. Προκειμένου να υπάρξει απάντηση, χρησιμοποιήθηκε για σύγκριση μια υπέργεια αποθήκη κατάψυξης κρέατος ίδιου μεγέθους με τα υπόγεια σπήλαια αποθήκευσης. Επίσης κατασκευάστηκαν μοντέλα ίδιου μεγέθους και ίδιων χαρακτηριστικών με τον υπόγειο χώρο αποθήκευσης τα οποία ήταν το ένα σε ηφαιστειακή τέφρα και το άλλο σε γρανίτη. Αυτές οι τρεις περιπτώσεις συγκρίθηκαν με βάση το κόστος λειτουργίας και κατασκευής. Στην Εικόνα 2.8 φαίνεται το μοντέλο της υπέργειας αποθήκης σε 3D που σχεδιάστηκε με το λογισμικό MARC.



Εικόνα 2.8: 3D μοντέλο της υπέργειας αποθήκης (Unver et al., 2003).

Η επιφανειακή αποθήκη έχει 10cm πάχος αφρού πολουρεθανίου το οποίο βρίσκεται ανάμεσα από τούβλα διαστάσεων 20x20x40cm. Το δάπεδο και η οροφή της αποθήκης έχουν μονωθεί κατάλληλα. Λεπτομέρειες της ροής θερμότητας γύρω από την επιφάνεια της αποθήκης δίνονται στην Εικόνα 2.9.



Εικόνα 2.9: Λεπτομέρειες ροής θερμότητας της επιφάνειας της υπέργειας αποθήκης (Unver et al., 2003).

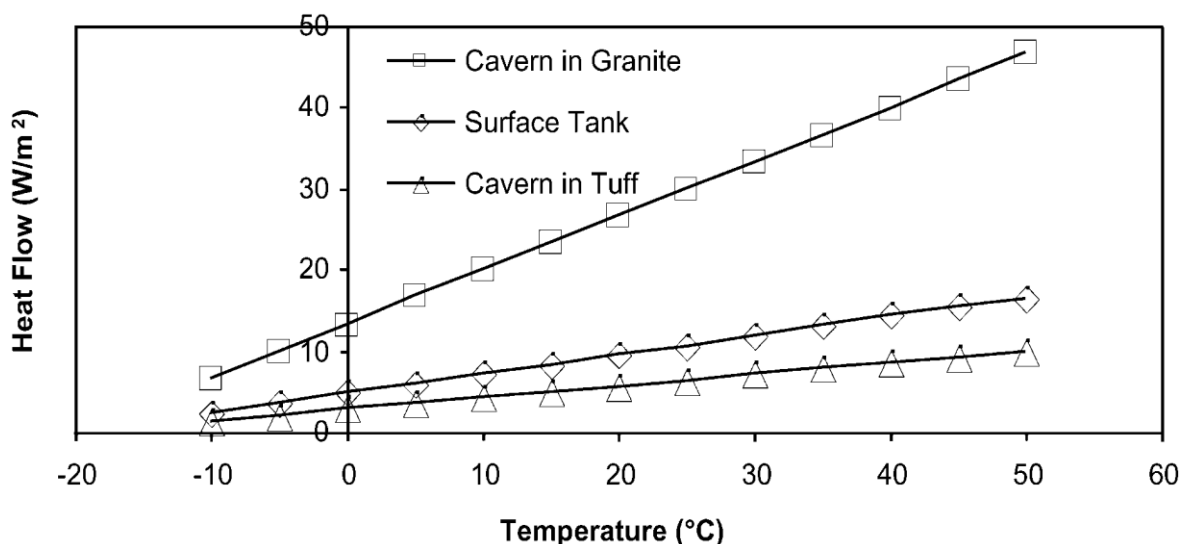
Ετοιμάστηκαν μοντέλα ίδιου μεγέθους με τον υπόγειο χώρο στην Καππαδοκία, εξορυγμένα το ένα σε ηφαιστειακή τέφρα και το άλλο σε γρανίτη τα οποία είχαν πάχος υπερκειμένων 3m.

Οι θερμικές απώλειες των τριών μοντέλων, δηλαδή της υπέργειας αποθήκης και των δύο υπόγειων χώρων, δίνονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3: Απώλειες ενέργειας τριών αποθηκευτικών χώρων (Unver et al., 2003).

Τύπος αποθ. χώρου	Είδος Επιφάνεια	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμ. επιφανειών	Ροή θερμότητας (W/m ²)	Απώλειες ενέργειας (W)	Συνολικές απώλειες ενέργειας (W)
Επιφανειακή αποθήκη τροφίμων	Οροφή	126	1	16,57	2087,9	2087,9
	Δάπεδο	126	1	9,89	1245,7	1245,8
	Πλευρ. Τοίχος	126	2	29,91	1884,6	1884,6
	Πίσω τοίχος	36	1	15,82	569,3	569,3
	Μπροστά τοίχ.	36	1	18,24	656,5	656,5
	Συνολ. απώλ. ενέργειας					8328,7W
Υπόγειος χώρος ανοιγμένος σε γρανίτη	Οροφή	126	1	46,63	5875,8	5875,8
	Δάπεδο	126	1	10,9	1373,6	1373,6
	Πλευρ. Τοίχος	126	2	45,3	2854,1	5708,2
	Πίσω τοίχος	36	1	14,29	514,5	514,5
	Μπροστά τοίχ.	36	1	21,56	776,3	776,3
	Συνολ. απώλ. ενέργειας					14248,4W
Υπόγειος χώρος ανοιγμένος σε ηφαιστειακή τέφρα	Οροφή	126	1	9,98	1256,8	1256,8
	Δάπεδο	126	1	2	252,1	252,1
	Πλευρ. Τοίχος	126	2	8,68	546,9	1093,8
	Πίσω τοίχος	36	1	2,81	100,9	101
	Μπροστά τοίχ.	36	1	4,9	179,5	179,5
	Συνολ. απώλ. ενέργειας					2883,2W

Μια σύγκριση των τριών αυτών μοντέλων φαίνεται στην Εικόνα 2.10. Οι απώλειες ενέργειας είναι υψηλότερες στο χώρο που είναι κατασκευασμένος μέσα σε γρανίτη λόγω της υψηλής θερμικής αγωγιμότητας του γρανίτη. Από την άλλη πλευρά οι απώλειες ενέργειας είναι χαμηλότερες στον υπόγειο χώρο που κατασκευάστηκε μέσα σε ηφαιστειακή τέφρα.



Εικόνα 2.10: Σύγκριση ροής θερμότητας στις οροφές των τριών χώρων αποθήκευσης (Unver et al., 2003).

Μέσω αυτής της μοντελοποίησης της ανάλυσης μεταφοράς θερμότητας των τριών χώρων ήταν δυνατό να γίνει η σύγκρισή τους βάσει του λειτουργικού τους κόστους ανάλογα με τις ενεργειακές τους απώλειες. Προέκυψε ότι ένας υπόγειος χώρος κατασκευασμένος μέσα σε ηφαιστειακή τέφρα υπερτερεί ενεργειακά έναντι των άλλων δύο.

Επίσης πραγματοποιήθηκε και μία σύγκριση του κόστους κατασκευής αυτών των χώρων και στον Πίνακα 2.4 φαίνεται μια πρόχειρη εκτίμηση αυτού σύμφωνα με τα δεδομένα της Τουρκίας το 2002 (Unver et al., 2003).

Πίνακας 2.4: Συνολικό κόστος κατασκευής χώρων αποθήκευσης (Unver et al., 2003).

Τύπος Αποθήκης	Κόστος κατασκευής (US \$)
Επίγεια αποθήκη τροφίμων	16000
Υπόγεια αποθήκη σε γρανίτη	16000
Υπόγεια αποθήκη σε ηφαιστειακή τέφρα	6000

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαπιστώθηκε πως η καλύτερη επιλογή για την αποθήκευση κατεψυγμένων τροφίμων είναι η κατασκευή υπόγειου χώρου αποθήκευσης σε ηφαιστειακή τέφρα αντί για χώρους σε σκληρά πετρώματα ή επιφανειακές αποθήκες.

Αυτό οφείλεται στη χαμηλή θερμική αγωγιμότητα της τέφρας, στην ευκολία εκσκαφής και στο χαμηλό κόστος κατασκευής .

Οι ενεργειακές ανάγκες της κάθε αποθήκης για κατάψυξη στους -20°C είχαν πολύ μεγάλες διαφορές. Οι απώλειες ενέργειας του υπόγειου χώρου μέσα σε ηφαιστειακή τέφρα ήταν 2,9 kW. Ωστόσο οι ενεργειακές απώλειες μιας ίδιου μεγέθους αποθήκης ήταν 2,9 φορές μεγαλύτερες, ενώ 4,9 φορές μεγαλύτερες ήταν του υπόγειου χώρου που ήταν κατασκευασμένος σε γρανίτη (Unver et al., 2002).

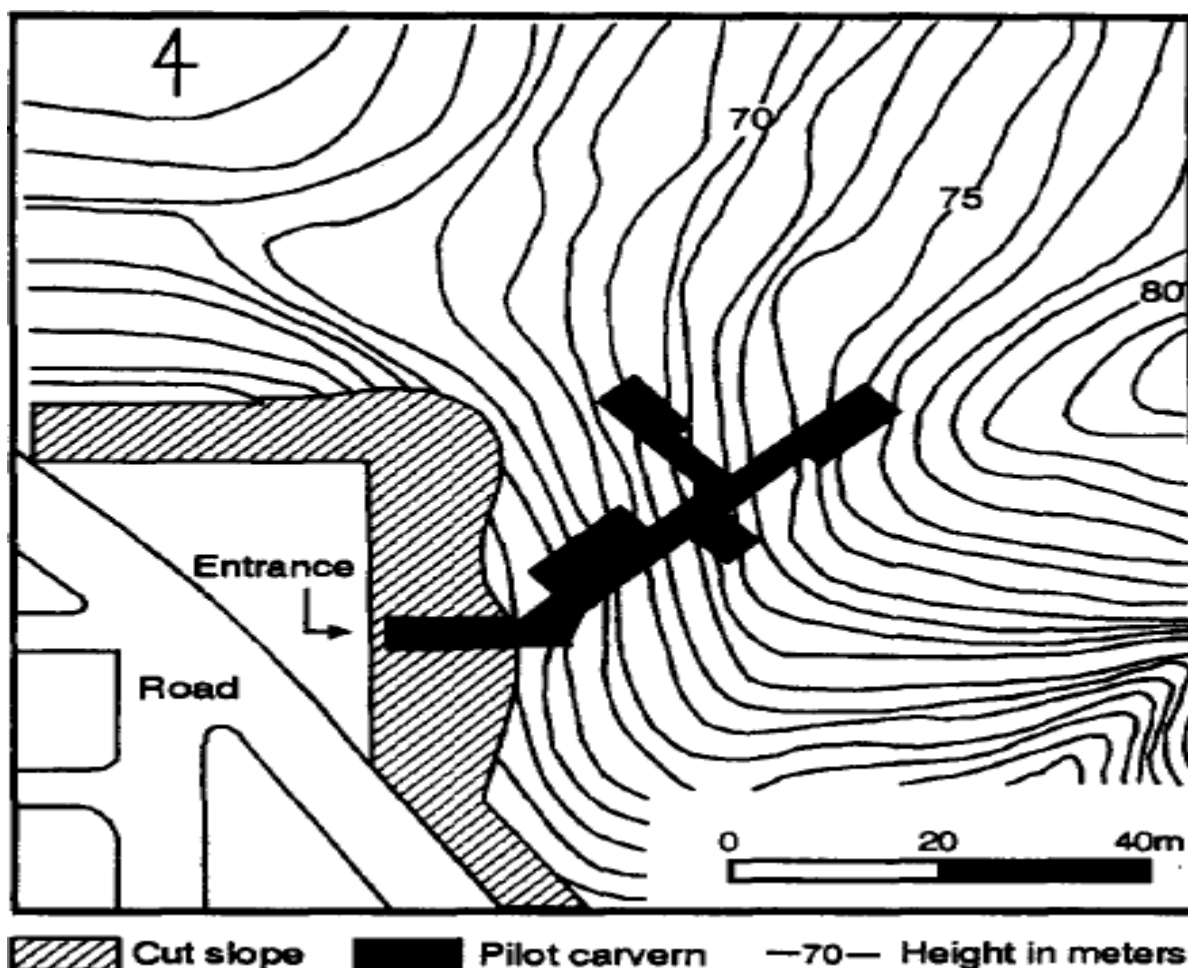
2.3 ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΕ ΥΠΟΓΕΙΟ ΧΩΡΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΟΡΕΑ

Στην Κορέα η συνολική χωρητικότητα των υπέργειων αποθηκευτικών χώρων ψύξης τροφίμων ανέρχεται στους 600.000 τόνους το 1996 και αυξάνεται ετησίως κατά 11% (Sunkyong Engineering & Construction Ltd., 1997). Ένα τέτοιο ποσοστό αύξησης δε μπορεί να ικανοποιηθεί μόνο από την κατασκευή επιφανειακών εγκαταστάσεων γιατί γίνεται ολοένα και πιο δύσκολη η επιλογή κατάλληλης τοποθεσίας για την κατασκευή. Επιπλέον η υψηλή θερμοκρασία του αέρα της Κορέας το καλοκαίρι δημιουργεί άλλα προβλήματα. Προκειμένου να διατηρηθεί το εσωτερικό περιβάλλον της αποθήκης δροσερό, για τη συντήρηση των τροφίμων, απαιτείται περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια και πολλές φορές η ποσότητα αυτή φτάνει καθημερινά σε μια μέγιστη τιμή των 300-400MW. Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας το χρόνο για την ψύξη του χώρου ανέρχεται στις 475.000MWh.

Λόγω των μεγάλων ενεργειακών αναγκών την καλοκαιρινή περίοδο, χρειάζεται ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας μεγαλύτερης ικανότητας. Αυτός όμως δεν είναι οικονομικός τρόπος διαχείρισης ενέργειας και γι' αυτό η χρήση υπόγειων αποθηκευτικών

χώρων προτάθηκε ως εναλλακτική λύση αφού οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας υπόγεια δεν είναι μεγάλες.

Η έκταση για την κατασκευή του χώρου επιλέχθηκε εντός του χώρου του KIGAM (Korea Institute of Geology, Mining and Materials) όπου το πέτρωμα είναι γρανίτης. Η συνολική έκταση του χώρου είναι 350m^2 και αποτελείται από δύο αίθουσες αποθήκευσης τροφίμων, μία αίθουσα στην οποία βρίσκεται το σύστημα ψύξης και μία στην οποία βρίσκεται το κέντρο ελέγχου του υπόγειου αποθηκευτικού χώρου (Park et al., 1996; Park et al., 1999). Ο χώρος αυτός φαίνεται στην Εικόνα 2.11.



Εικόνα 2.11: Θέση του υπόγειου χώρου.

Προηγούμενη έρευνα (Park et al., 1999) επικεντρώθηκε στον προσδιορισμό της συμπεριφοράς της βραχομάζας στην αλλαγή της θερμοκρασίας που προκαλείται κατά τη λειτουργία ενός τέτοιου χώρου κατά την αποθήκευση τροφίμων. Επίσης αναπτύχθηκε μία τεχνική παρακολούθησης της συμπεριφοράς της βραχομάζας κατά τη διάρκεια, αλλά και μετά την κατασκευή του υπόγειου χώρου.

Τα επιτυχή αποτελέσματα οδήγησαν στο επόμενο στάδιο την έρευνα. Έτσι αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα παρακολούθησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας του υπόγειου χώρου ούτως ώστε να προσδιοριστεί κατά πόσο επηρεάζεται η βραχομάζα κατά την ψύξη του χώρου και να παρακολουθηθούν οι διάφορες εναλλαγές της θερμοκρασίας της υπόγειας βραχομάζας εξαιτίας των εποχιακών αλλαγών της θερμοκρασίας του αέρα.

Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο χώρο του KIGAM στην πόλη Taejon της Κορέας. Κάθε αίθουσα βρισκόταν 10m κάτω από την επιφάνεια και είχε διαστάσεις 4,5-7m πλάτος και 8-12m μήκος.

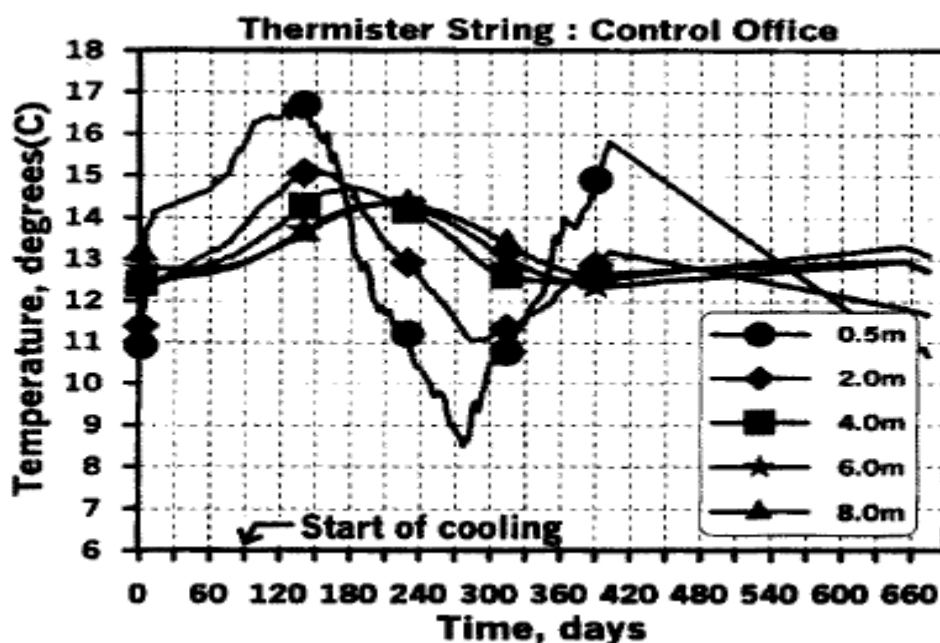
Η κύρια λειτουργία ενός υπόγειου αποθηκευτικού χώρου εξαρτάται από τις τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας οι οποίες επηρεάζονται άμεσα από τις συνθήκες του αέρα στο εξωτερικό του χώρου.

Στην αίθουσα ελέγχου όπου δε χρησιμοποιείται το σύστημα ψύξης και βρίσκεται 10m από την επιφάνεια παρατηρήθηκε μικρότερη διακύμανση σε σχέση με τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του αέρα, δηλαδή η θερμοκρασία δεν έχει φτάσει ποτέ κάτω από τους 0°C.

Στον υπόγειο χώρο έχουν σχεδιαστεί δύο δωμάτια για την αποθήκευση τροφίμων. Στο ένα η επιθυμητή θερμοκρασία είναι 0°C και στο δεύτερο η επιθυμητή θερμοκρασία είναι -25°C.

Η αρχική θερμοκρασία του πρώτου δωματίου ήταν 12°C και επιτεύχθηκε ο στόχος των 0°C ύστερα από ένα μήνα λειτουργίας του συστήματος ψύξης. Ωστόσο στο δεύτερο δωμάτιο η θερμοκρασία έφτασε τους -24°C ύστερα από δέκα μήνες λειτουργίας του συστήματος ψύξης. Παρατηρήθηκε επίσης πώς η υγρασία του πρώτου δωματίου παρέμεινε σταθερή στο 87-93% όλο το χρόνο.

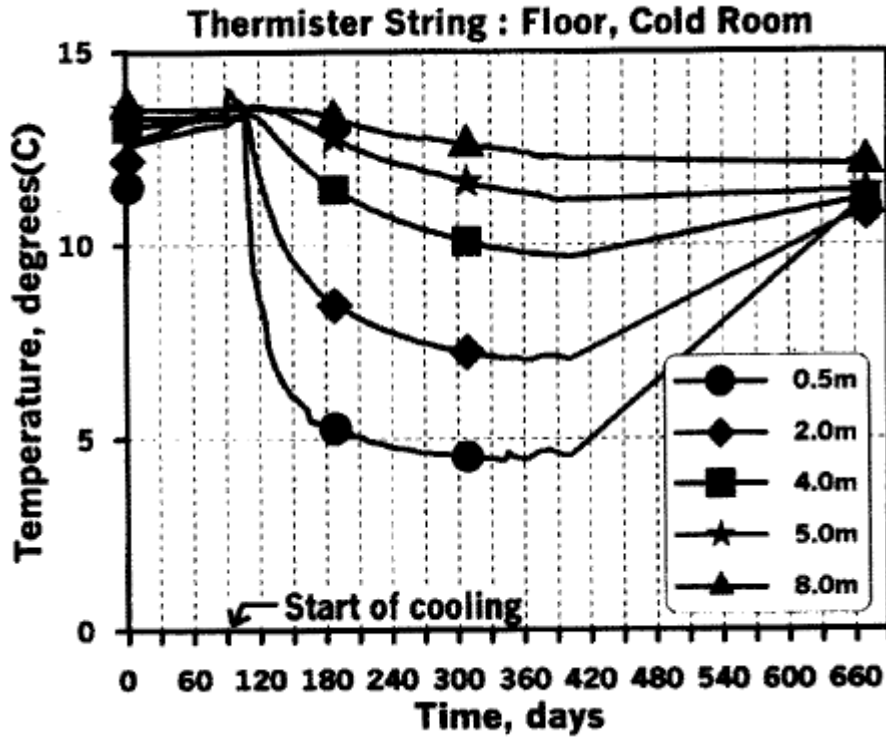
Ήταν αναμενόμενο ότι η ψύξη του χώρου θα επηρέαζε τη θερμοκρασία της βραχομάζας γύρω του. Έτσι μια σειρά αισθητήρων θερμότητας εγκαταστάθηκαν σε διάφορα βάθη από με 0,5m μέχρι 8m από τον τοίχο του χώρου. Επειδή στο γραφείο ελέγχου δεν υπήρχε ψύξη, μια σειρά δεδομένων από το χώρο του γραφείου έδειξε την εποχιακή διακύμανση της θερμοκρασίας (Εικόνα 2.12).



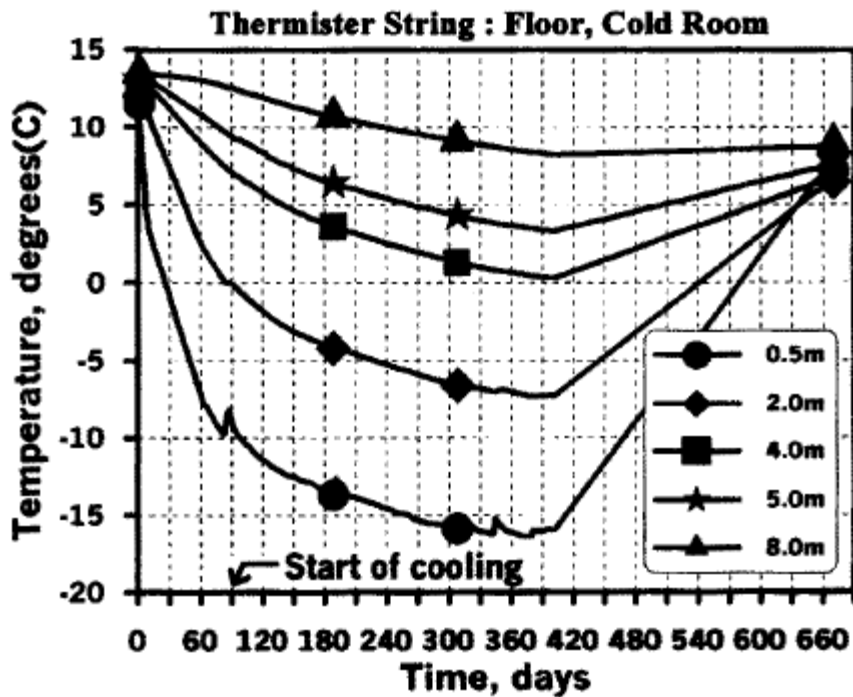
Εικόνα 2.12: Εποχιακή διακύμανση θερμοκρασίας της βραχομάζας γύρω από το γραφείο ελέγχου (Choi et al., 2000).

Οι διακύμανση της θερμοκρασίας στο δωμάτιο ελέγχου ήταν παρόμοια με τη διακύμανση θερμοκρασίας του αέρα αλλά με μια καθυστέρηση δύο μηνών. Στο βαθύτερο σημείο της σειράς των αισθητήρων (8m) η διακύμανση της θερμοκρασίας ήταν πολύ μικρότερη.

Η τυπική διακύμανση της θερμοκρασίας γύρω από το δωμάτιο της ψύξης (0°C) έδειξε μια μεγάλη αλλαγή αμέσως μετά την έναρξη της ψύξης και σταθεροποιήθηκε μετά από τρεις μήνες (Εικόνα 2.13). Ωστόσο το βαθύτερο μέρος (8m) δεν επηρεάστηκε από την ψύξη του δωματίου. Μια παρόμοια τάση της διακύμανσης της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε και γύρω από το δωμάτιο κατάψυξης (-25°C) αλλά εδώ η σταθεροποίηση άργησε πολύ περισσότερο απ' ό τι στο δωμάτιο ψύξης (Εικόνα 2.14).



Εικόνα 2.13: Διακύμανση θερμοκρασίας βραχομάζας στο δάπεδο του ψυγμένου δωματίου (Choi et al., 2000).



Εικόνα 2.14: Διακύμανση θερμοκρασίας βραχομάζας στο δάπεδο του κατεψυγμένου δωματίου (Choi et al., 2000).

Στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο πανεπιστήμιο της Κορέας συγκρίθηκαν ο υπόγειος αποθηκευτικός χώρος με κάποιο υπέργειο χρησιμοποιώντας το χρόνο αντοχής μήλων και αχλαδιών κατά την αποθήκευση τους υπό συνθήκες.

Η πρώτη δοκιμή έγινε για τέσσερις μήνες σε έναν υπόγειο χώρο αποθήκευσης τροφίμων χωρίς τη λειτουργία συστήματος ψύξης. Υπό κανονικές συνθήκες, οι τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας παρέμειναν σταθερές στους 10-12°C και 97-99% αντίστοιχα. Πολλά μήλα και αχλάδια κρατήθηκαν φρέσκα και κάποια από αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως δείγματα προς ανάλυση κάθε μήνα.

Η δεύτερη δοκιμή πραγματοποιήθηκε στον ίδιο υπόγειο χώρο για επτά μήνες αλλά αυτή τη φορά ήταν σε λειτουργία το σύστημα ψύξης. Η θερμοκρασία και η υγρασία διατηρήθηκαν στους 2°C και 95-98% αντίστοιχα.

Η τελευταία δοκιμή πραγματοποιήθηκε σε έναν υπέργειο αποθηκευτικό χώρο για να μπορέσει να γίνει σύγκριση με τον υπόγειο. Παρά το ότι αυτή η δοκιμή πραγματοποιήθηκε μόνο για δύο μήνες λόγω της έλλειψης χωρητικότητας, έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ευκολία με την οποία τα φρούτα χαλάνε μπορεί να εκφραστεί ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο χώρο που έχουν αποθηκευτεί. Έτσι η πολύ χαμηλή θερμοκρασία δεν είναι απαραίτητα μια καλύτερη κατάσταση για αποθήκευση τροφίμων αν ο υπόγειος χώρος έχει πάρα πολύ μεγάλες τιμές υγρασίας. Ωστόσο αν υπόγειος χώρος ψύχεται παρέχει καλύτερη λειτουργία αποθήκευσης έναντι του επιφανειακού. Επομένως ο υπόγειος χώρος έχει πλεονέκτημα σε μακροπρόθεσμη αποθήκευση τροφίμων στην περίπτωση των φρούτων όταν το σύστημα ψύξης είναι σε λειτουργία. Επίσης τα φρούτα μπορούν να διατηρούνται για πολύ περισσότερο χρονικό διάστημα στην περίπτωση που ελέγχονται και οι τιμές της υγρασίας (Choi et al., 2000).

Από τη μελέτη αυτή στο πανεπιστήμιο της Κορέας προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Ο υπόγειος χώρος δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από τις εποχιακές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του αέρα.
- Η επίδραση της ψύξης στη βραχομάζα περιορίζεται σε συγκεκριμένη ακτίνα και μπορεί να παρακολουθείται εύκολα με τη χρήση θερμικών αισθητήρων.
- Η χαμηλότερη θερμοκρασία από μόνη της δεν αποτελεί ικανοποιητικό παράγοντα καλύτερης αποθήκευσης. Έτσι η χρήση του φυσικού υπόγειου αποθηκευτικού χώρου θα πρέπει να περιορίζεται στην αποθήκευση υπό ξηρές συνθήκες.

Η διατήρηση των φρούτων ήταν καλύτερη στην περίπτωση του υπόγειου χώρου με το σύστημα ψύξης σε λειτουργία (Choi et al., 2000).

2.4 SVALBARD GLOBAL SEED VAULT

Η Svalbard Global Seed Vault είναι μια ασφαλής τράπεζα σπόρων που βρίσκεται στη Νορβηγία στο Spitsbergen, ένα νησί κοντά στην πόλη Longyearbyen στο απομακρυσμένο αρκτικό αρχιπέλαγος Svalbard, περίπου 1.300km (810 mi) από τον Βόρειο Πόλο. Η εγκατάσταση διατηρεί μια ευρεία ποικιλία σπόρων των φυτών σε ένα υπόγειο σπήλαιο. Οι σπόροι είναι διπλά δείγματα, ή πλεονάζοντα αντίγραφα, των σπόρων που βρίσκονται σε genebanks σε όλο τον κόσμο. Η Svalbard Global Seed Vault παρέχει ασφάλεια σε περίπτωση απώλειας των σπόρων σε genebanks, καθώς και ένα καταφύγιο για τους σπόρους προς σπορά σε περίπτωση μεγάλης κλίμακας περιφερειακών ή παγκοσμίων κρίσεων. Η Svalbard Global Seed Vault άνοιξε επίσημα στις 26 Φεβρουαρίου 2008. Περίπου 1,5 εκατομμύρια διαφορετικά δείγματα σπόρων, προς σπορά γεωργικών καλλιεργειών πιστεύεται ότι υπάρχουν. Η ποικιλία και ο όγκος των σπόρων που αποθηκεύονται θα εξαρτάται από τον αριθμό των χωρών που συμμετέχουν - η εγκατάσταση έχει χωρητικότητα για τη διατήρηση 4,5 εκατομμυρίων.

Η κατασκευή της αποθήκης αυτής, που κόστισε περίπου 45 εκατομμύρια νορβηγικές κορώνες (9.000.000 δολάρια), χρηματοδοτήθηκε εξ ολοκλήρου από την κυβέρνηση της Νορβηγίας.

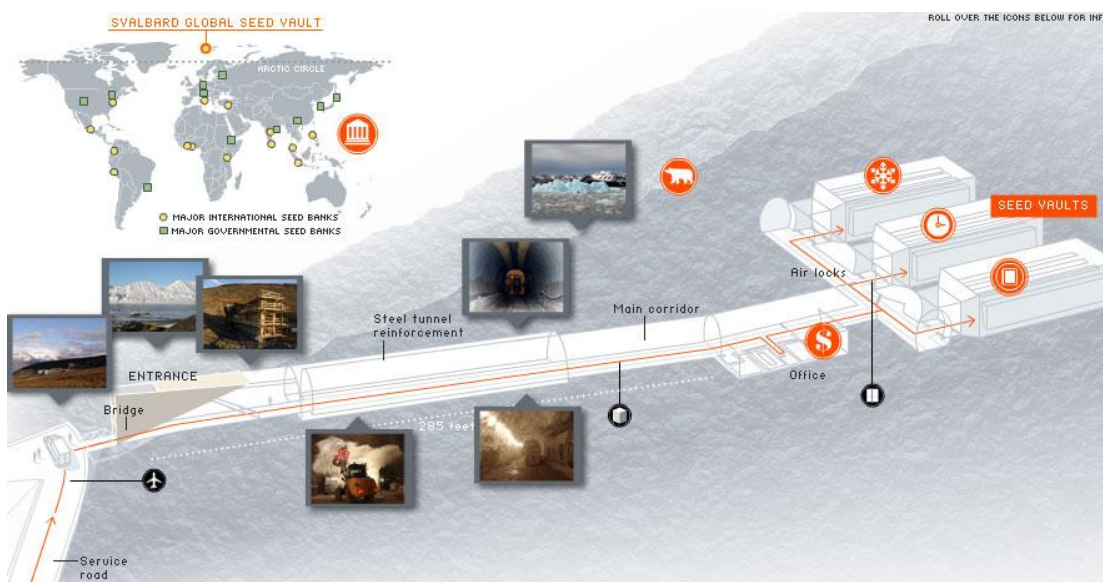
Η αποθήκευση των σπόρων στο θησαυροφυλάκιο είναι δωρεάν. Οι λειτουργικές δαπάνες του χώρου πληρώνονται από τη Νορβηγία και το Global Crop Diversity Trust.

Το Svalbard έχει μια απομονωμένη θέση μακριά έξω στον ωκεανό, μεταξύ 74 ° και 81 ° Β και μόνο 1000 χιλιόμετρα από το Βόρειο Πόλο. Η μόνιμη χαμηλή θερμοκρασία παρέχει σταθερές συνθήκες αποθήκευσης για τους σπόρους.

Η τράπεζα σπόρων είναι κατασκευασμένη σε βάθος 120m μέσα σε ένα βουνό από ψαμμίτη στο Svalbard και φυλάσσεται από μια σειρά ισχυρών συστημάτων ασφαλείας. Οι σπόροι είναι συσκευασμένοι σε ειδικά πακέτα τα οποία είναι θερμοσυγκολλημένα ώστε να αποφεύγεται κάθε διείσδυση υγρασίας.

Το Spitsbergen θεωρήθηκε ιδανικό, λόγω της έλλειψης της τεκτονικής δραστηριότητας και της μόνιμης ψύξης, η οποία βοηθάει τη συντήρηση. Η τοποθεσία 130m πάνω από το επίπεδο της θάλασσας εξασφαλίζει ότι ο χώρος παραμένει στεγνός ακόμα και αν οι πάγοι θα λιώσουν. Η τοπική εξόρυξη άνθρακα παρέχει ενέργεια για τις μονάδες ψύξης και κρατάει τη θερμοκρασία των σπόρων στο διεθνώς προτεινόμενο πρότυπο -18 ° C (0 ° F). Ακόμη και αν ο εξοπλισμός αποτύχει, θα μεσολαβήσουν αρκετές εβδομάδες μέχρις ότου η θερμοκρασία του περιβάλλοντα βράχου από ψαμμίτη ανέβει στους -3 ° C (27 ° F).

Πριν από την κατασκευή, με μια μελέτη σκοπιμότητας διαπιστώθηκε ότι ο υπόγειος χώρος θα μπορούσε να διατηρήσει τους σπόρους από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες τροφίμων για εκατοντάδες χρόνια. Μερικοί σπόροι, συμπεριλαμβανομένων και των σιταριών, θα μπορούσαν να επιβιώσουν πολύ περισσότερο, ίσως και χιλιάδες χρόνια.



Εικόνα 2.15: Μοντέλο υπόγειου χώρου.

Περιγραφή της εγκατάστασης

Η Svalbard Global Seed Vault βρίσκεται περίπου 1 χιλιόμετρο από το αεροδρόμιο Longyearbyen σε ευθεία γραμμή, περίπου 130m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και αποτελείται εξ ολοκλήρου από μια υπόγεια εγκατάσταση, κάτω από το μόνιμο στρώμα του πάγου (σε περίπου μείον 3-4°C). Ο μηχανισμός έχει σχεδιαστεί για να έχει μια σχεδόν "ατελείωτη" διάρκεια ζωής.

Η θέση λαμβάνει υπόψη όλα τα γνωστά σενάρια για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας που προκαλείται από την παγκόσμια αλλαγή του κλίματος. Η εγκατάσταση βρίσκεται τόσο βαθιά μέσα στο βουνό ώστε τυχόν αλλαγές στο κλίμα του Svalbard δεν θα επηρεάσουν την ψύξη. Αυτό αποτελεί μια προσωρινή δικλείδα ασφαλείας σε περίπτωση τεχνικής βλάβης, όπως η διακοπή ρεύματος για μια περίοδο.

Η εγκατάσταση αποτελείται από τρεις ξεχωριστούς υπόγειους θαλάμους. Κάθε τμήμα έχει την ικανότητα να αποθηκεύσει 1,5 εκατομμύρια διαφορετικά δείγματα σπόρων. Με τη βοήθεια της δικής του γεννήτριας, που λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια από τοπικό σταθμό παραγωγής ενέργειας, διατηρείται μια σταθερή θερμοκρασία στο εσωτερικό του που είναι σταθερά στους -18°C. Οι θάλαμοι έχουν ράφια αποθήκευσης για τους προσυσκευασμένους σπόρους τροφίμων των καταθετών (δωρήτριες χώρες).

Οι θάλαμοι αποθήκευσης γίνονται προσβάσιμοι μέσω μιας σήραγγας περίπου 100m μήκους, με μια πύλη εισόδου στην εξωτερική του πλευρά. Η πύλη εισόδου είναι το μόνο ορατό μέρος της εγκατάστασης. Έχει τη μορφή ενός μακρύ, στενού "πτερυγίου" από σκυρόδεμα, με μια είσοδο από ατσάλι ματ. Μια καλλιτεχνική διακόσμηση στην εξωτερική επιφάνεια της στέγης και στο πάνω μέρος της πρόσοψης αντανακλούν εν μέρει το πολικό φως και εν μέρει εκπέμπουν ένα υποτονικό, λαμπερό φως.



Εικόνα 2.16: Είσοδος εγκατάστασης.

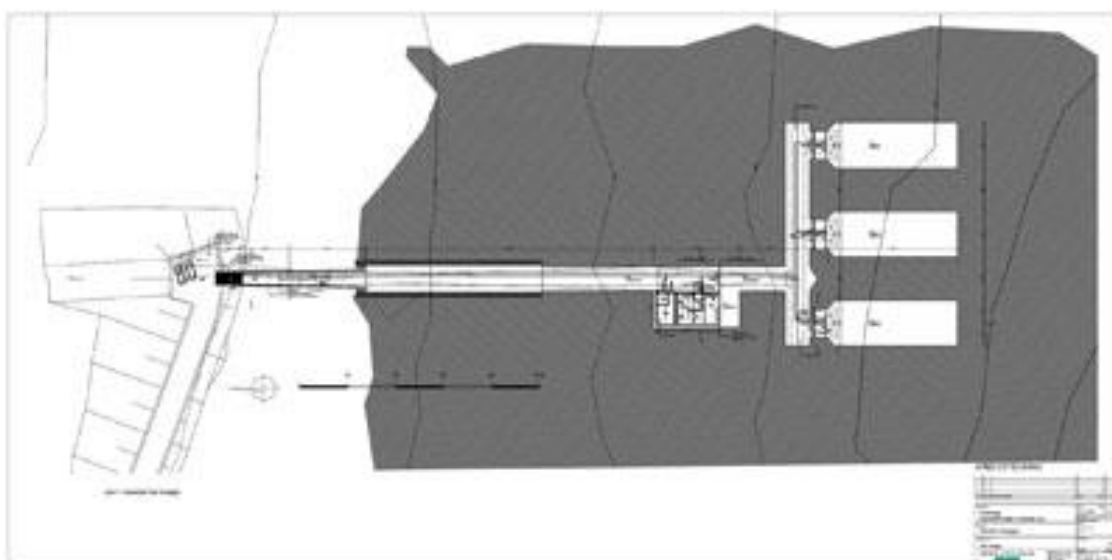
Το εξωτερικό μισό της σήραγγας είναι κατασκευασμένο από ένα σωλήνα από χάλυβα (Εικόνα 2.17) με διάμετρο περίπου 5m. Αυτό περνάει μέσα από το στρώμα του χιονιού, του πάγου και των χαλαρών πετρωμάτων, σε στερεό βουνό. Στο εσωτερικό μέρος οι θάλαμοι αποθήκευσης ανοίχτηκαν με χρήση σηράγγων και τις τεχνικές ανατίναξης πετρωμάτων. Το μόνιμο στρώμα του πάγου (permafrost) συμβάλει στη σταθερότητα. Το εσωτερικό δάπεδο είναι από άσφαλτο. Υπάρχει ηλεκτρικός φωτισμός σε όλη την εγκατάσταση η οποία είναι ασφαλισμένη σε περίπτωση διάρρηξης και επιτηρείται από κάμερες.

Η συνολική επιφάνεια των εγκαταστάσεων είναι λίγο κάτω από 1.000m².



Εικόνα 2.17: Προσπελαστική στοά.

Καθένας από τους τρεις υπόγειους θαλάμους (Εικόνα 2.18) είναι περίπου 1.200m^3 (20m βάθος, 10m πλάτος και 6m ύψος). Η θέση της αποθήκης κάτω από το έδαφος εγγυάται μια σταθερή ψύξη για το προσεχές μέλλον και είναι αρκετά ψηλότερα από την επιφάνεια της θάλασσας για να εξασφαλίσει την εγκατάσταση από κάθε άνοδο της στάθμης της, ως αποτέλεσμα της υπερθέρμανσης του πλανήτη.



Εικόνα 2.18: Κάτοψη του έργου.

Η θέση της εγκατάστασης κοντά στην πόλη κάνει την παρακολούθηση και την ασφάλεια ευκολότερη. Η ασφάλεια είναι ευθύνη του διοικητή του Svalbard, σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Svalbard (UNIS) (Ministry of Agriculture and Food, 2012).

2.5 ΥΠΟΓΕΙΑ ΚΕΛΑΡΙΑ ΚΡΑΣΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ «RIBERA DE DUERO» (ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΙΣΠΑΝΙΑ)

Η χρήση των υπόγειων χώρων για την αποθήκευση και την παλαίωση των κρασιών προέκυψε ως μια προσπάθεια για να επωφεληθούν από τις ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες που προσφέρουν οι σπηλιές για τη συντήρηση του κρασιού και άλλων τροφίμων, όπως τυριά, όσπρια, ή λουκάνικα. Η υψηλή σχετική υγρασία άνω του 85% ή 90%, εξυπηρετεί κυρίως την ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω εξάτμισης και η παρουσία της ενιαίας δροσερής θερμοκρασίας μεταξύ 7 °C(45° F) και 13° C(55° F) όλο το χρόνο έχει θεωρηθεί από καιρό βέλτιστη για την παλαίωση των κρασιών υψηλής ποιότητας.

Οι πρώτες σπηλιές κρασιού ήταν πιθανότατα απλές φυσικές ή ανθρωπογενείς σήραγγες σκαμμένες σε αρκετά σταθερά και αδιάβροχα αργιλώδη στρώματα του υπεδάφους, με γυμνές επιφάνειες. Φυσικοί λόφοι κοντά στα χωριά ήταν οι προτιμώμενες τοποθεσίες για την εκτέλεση των εργασιών εκσκαφής, με αποτέλεσμα να γίνονται γραφικά εκατοντάδες σπήλαια κρασιού με τα χαρακτηριστικά αναχώματά τους και τις καμινάδες αερισμού τους, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 2.19: Σπήλαια οίνου που διατίθενται στην πλαγιά ενός λόφου δίπλα στο χωριό Alcubilla del Marqués (Soria, Κεντρική Ισπανία).



Εικόνα 2.20: Μια χαρακτηριστική ομάδα οινοποιείων και σπηλαίων της Atauta (Soria, Κεντρική Ισπανία).

Περιγραφή των τεχνικών διάνοιξης των σπηράγγων

Οι εργασίες διάνοιξης σπηράγγων για την ανασκαφή μιας παραδοσιακής σπηλιάς κρασιού περιγράφεται επαρκώς από τον Gómez et al., (1998), από τις μαρτυρίες και τις πρακτικές εμπειρίες των ηλικιωμένων της υπαίθρου.

Αφού πρώτα είχαν αποφασίσει τη θέση της μπροστινής εισόδου, που θα έπρεπε να βλέπει βόρεια, αν ήταν δυνατόν, ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας και

να επιτρέπει την είσοδο του φρέσκου αέρα, έσκαβαν με φτυάρια μια κεκλιμένη σήραγγα προς τα κάτω για να καταλήξουν σε αργιλώδες στρώμα αρκετά σκληρό για να συνεχίσουν με τη σπηλιά.

Τα υλικά της εκσκαφής αφαιρούνταν παραδοσιακά με το χέρι ή με τροχαλίες σε ψάθινα καλάθια ή με καζάνια μετάλλου και συσσωρεύονταν πάνω από την είσοδο και στο αρχικό μέρος του κελαριού για να ενισχυθούν αυτές οι πλευρές και να κάνουν την εκκένωση νερού της βροχής ευκολότερη.

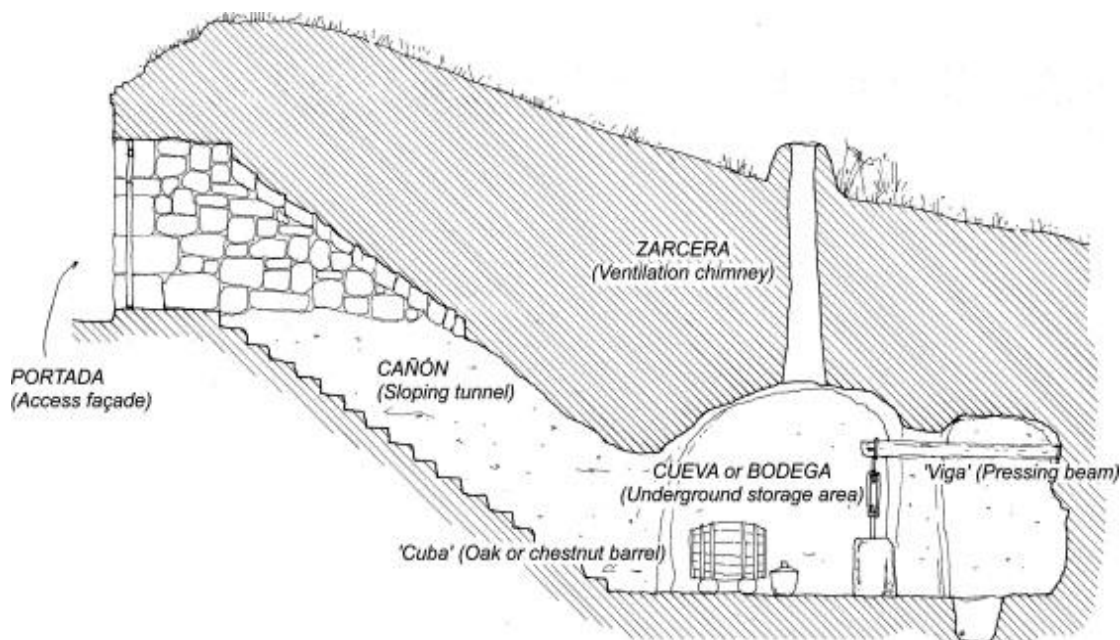
Οι τοίχοι και το ταβάνι του επικλινούς περάσματος ήταν συνήθως ενισχυμένα με λιθοδομή και το ίδιο υλικό χρησιμοποιήθηκε επίσης για την κατασκευή της πρόσοψης της εισόδου.

Οι ανασκαφικές εργασίες που συνήθως διαρκούσαν πολλά χρόνια πραγματοποιούνταν κυρίως τους χειμερινούς μήνες, λόγω της απουσίας των γεωργικών εργασιών εκείνη την εποχή του χρόνου και την ευκολία του σκαψίματος στο βρεγμένο χώμα (Ignacio et al., 2005).

Οικοδόμηση και μορφολογικά χαρακτηριστικά

Όπως μπορεί να επισημανθεί, η πρόσβαση στο σπήλαιο πραγματοποιείται συνήθως από ένα μικρό σε μέγεθος άνοιγμα σε ένα λόφο ή κατασκευάζεται πάνω από το επίπεδο του εδάφους και καλύπτεται με το εξαγόμενο χώμα.

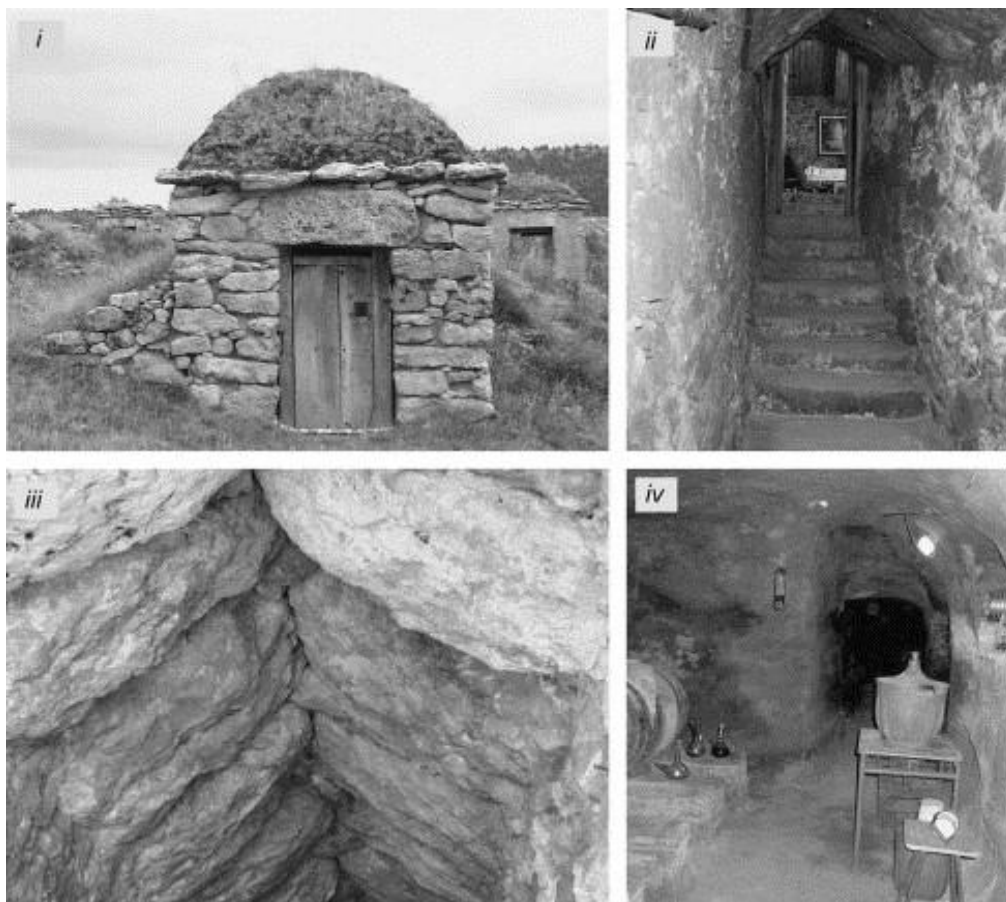
Η μπροστινή είσοδος αποτελεί το εξωτερικό οπτικό σύμβολο της κάθε υπόγειας κάβας.



Εικόνα 2.21: Τα διάφορα μέρη μιας παραδοσιακής σπηλιάς κρασιού στην Ribera de Duero.

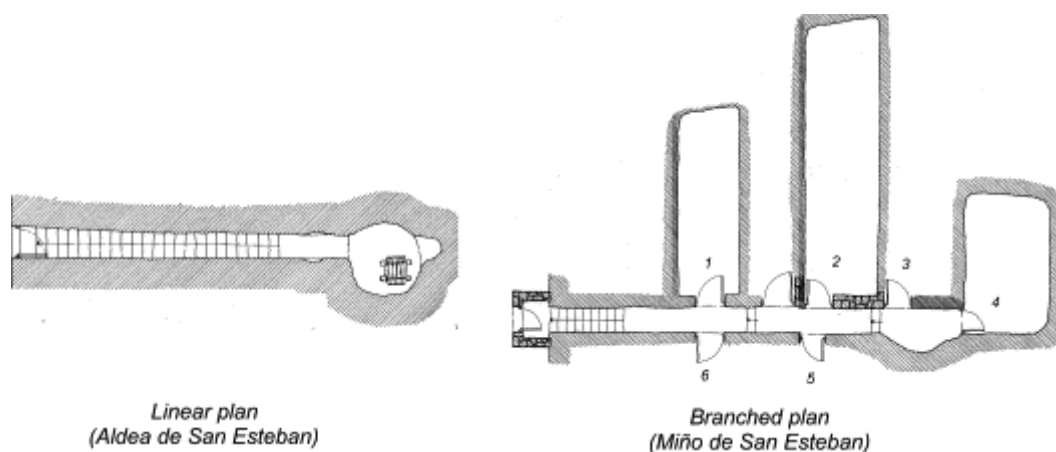
Παραδοσιακά οικοδομικά υλικά, χαρακτηριστικά των Μεσογειακών κατοικιών, όπως το Adobe (λιαστό τούβλο), τούβλο ή θρυμματισμένη πέτρα, τοποθετούνταν στους τοίχους. Οι στύλοι του ανοίγματος της πόρτας κατά καιρούς κατασκευάζονταν από λαξευμένους λίθους ενώ βρέθηκαν διαφορετικές λύσεις για τα υπέρθυρα (ξύλινα δοκάρια, πέτρινα υπέρθυρα και καμάρες), τις πόρτες και τα σιδηρουργεία. Η κορυφή της πρόσοψης αποτελείται από ένα ύψωμα που αποτελείται από το χώμα της ανασκαφής και τοποθετείται πάνω από ελαφρώς προεξέχουσες πλάκες.

Η κεκλιμένη σήραγγα είναι ένας στενός διάδρομος προς τα κάτω, κάτω από 100 cm πλάτος, με το πάτωμα της να αποτελείται από 20-40 βήματα σκληρού επεξεργασμένου χώματος σε βάθος και μικρές κόγχες σκαμμένες στους τοίχους για την αποθήκευση διαφόρων εργαλείων, μικρών βαρελιών ή πιθαριών. Οι τοίχοι και η θολωτή οροφή συνήθως ενισχύονται με πέτρινη λιθοδομή, προκειμένου να αποφευχθεί πιθανή κατάρρευση τους. Μια αρκετά εντυπωσιακή και συχνά επαναλαμβανόμενη λύση οροφής αποτελεί ένα σπασμένο υπέρθυρο, χτισμένο με δύο πλάκες σε σχήμα V. Άλλη κοινή λύση είναι η δημιουργία ενός θόλου με πέτρες ακανόνιστου σχήματος. Παραδείγματα αυτών και άλλων τυπικών στοιχείων κτιρίου φαίνεται στην Εικόνα 2.22.



Εικόνα 2.22: (i) παραδοσιακή μπροστινή είσοδος (ii) άποψη της κεκλιμένης σήραγγας (iii) μια θολωτή οροφή ενισχυμένη με πλάκες (iv) χώρος αποθήκευσης ή Cueva.

Τα υπόγεια κελάρια κρασιού «Ribera de Duero» έχουν μήκος που είναι μεταξύ 10 και 50 m. Αν και μια γραμμική κάτοψη είναι η πιο κοινή επιλογή διάταξης, όπου το έδαφος είναι συμπαγές και αρκετά εύκολο να γίνει ο αρχικός σχεδιασμός σταδιακά επεκτείνεται μέσω των ετών από ανασκαφή στα πλευρά του κελαριού τυχαίνει μάλιστα να προκαλέσει μεγάλες διακλαδισμένες σπηλιές με ένα κοινό διαμήκη διάδρομο και διαφορετικούς πλευρικούς ιδιωτικούς χώρους.



Εικόνα 2.23: Παραδείγματα γραμμικών και διακλαδιζόμενων κατόψεων των υπόγειων σπηλαίων στην περιοχή μελέτης.

Ένα ή περισσότερα κάθετα φρέατα διαμέτρου 50-100 cm συνδέουν τα κελάρια με το εξωτερικό ώστε να επιτραπεί η εισαγωγή αέρα και ειδικότερα η απομάκρυνση του CO₂ που εκπνέεται, ενώ η ζύμωση του μούστου λαμβάνει χώρα. Η καμινάδα εξαερισμού ονομάζεται *zarcera* και μπορεί να εντοπιστεί πάνω από το επίπεδο του εδάφους σε κυλινδρική ή κωνική δομή.

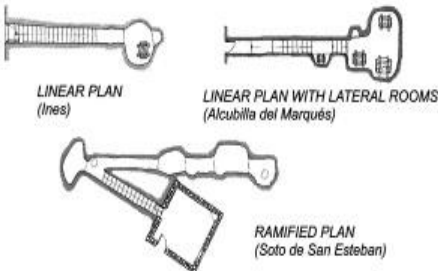

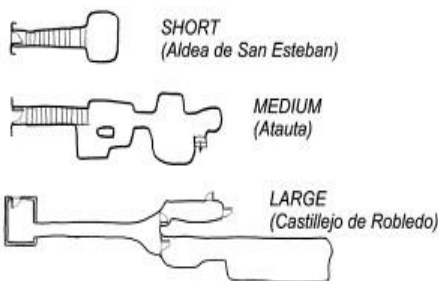


Εικόνα 2.24: Εξωτερική και εσωτερική όψη μίας καμινάδας εξαερισμού ή *zarcera*.

Τυπολογική κατάταξη

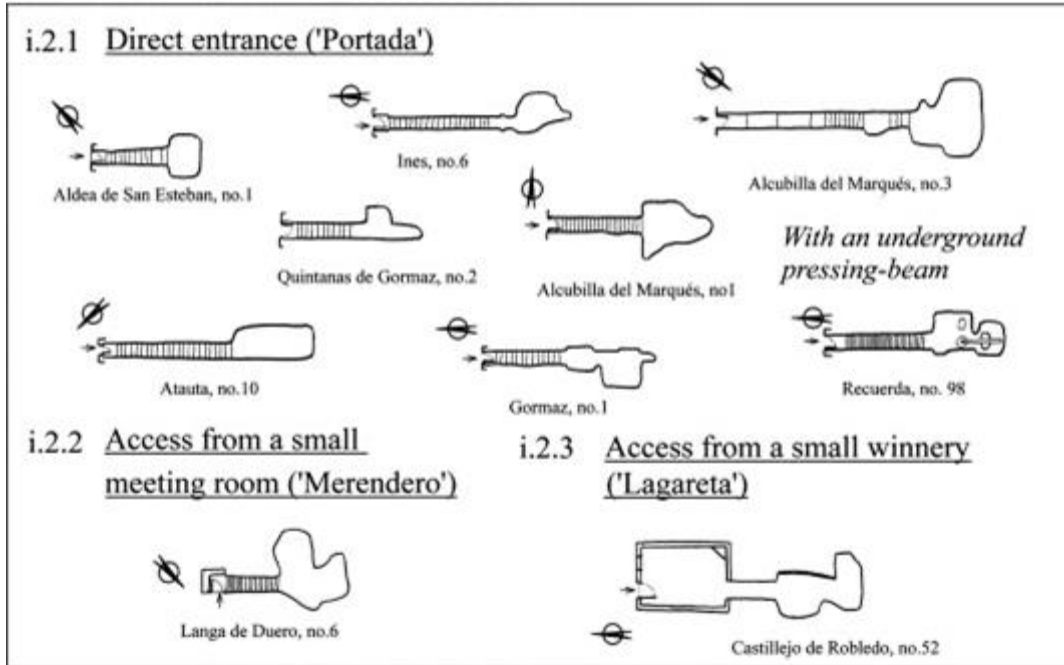
Παρά τα παρόμοια χαρακτηριστικά από τα υπόγεια κελάρια κρασιού σε όλη την περιοχή μελέτης, μια τυπολογική κατάταξη μπορεί να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια: (a) το σχήμα του σχεδίου (b) τα χαρακτηριστικά της εισόδου, και (c) το μήκος των σπηλαίων (Ignacio et al., 2005)

Οι διαφορετικές τυπολογίες που προκύπτουν παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.5:

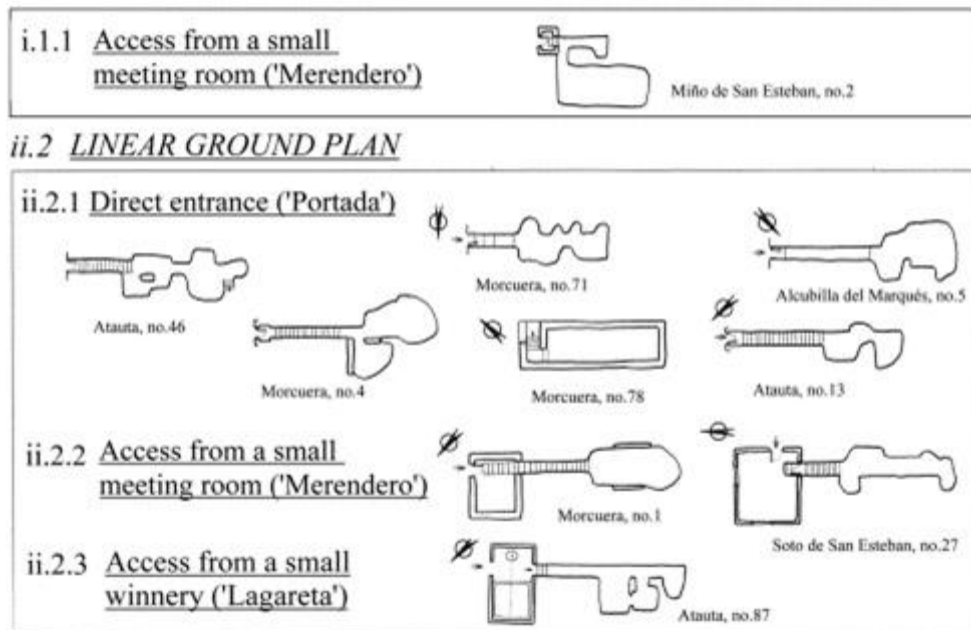
Features	Classification	Examples
Shape of the plan	(i) Linear plan (ii) Linear plan with small-sized lateral rooms (iii) Ramified plan	 <p>LINEAR PLAN (Ines)</p> <p>LINEAR PLAN WITH LATERAL ROOMS (Alcubilla del Marqués)</p> <p>RAMIFIED PLAN (Soto de San Esteban)</p>
Type of entrance	(i) Direct entrance ('Portada') (ii) Access from a specific building above the ground (ii.1) Small winery ('Lagareta') (ii.2) Meeting space ('Merendero')	 <p>'PORTADA' (Morcuera)</p> <p>'LAGARETA' (Recuerda)</p> <p>'MERENDERO' (Castillejo de Robledo)</p>
Length of the caves (l)	(i) Short (<5 m) (ii) Medium (5–10 m) (iii) Long (>10 m)	 <p>SHORT (Aldea de San Esteban)</p> <p>MEDIUM (Atauta)</p> <p>LARGE (Castillejo de Robledo)</p>

Πίνακας 2.25: Τυπολογίες υπόγειων χώρων ωρίμανσης κρασιού.

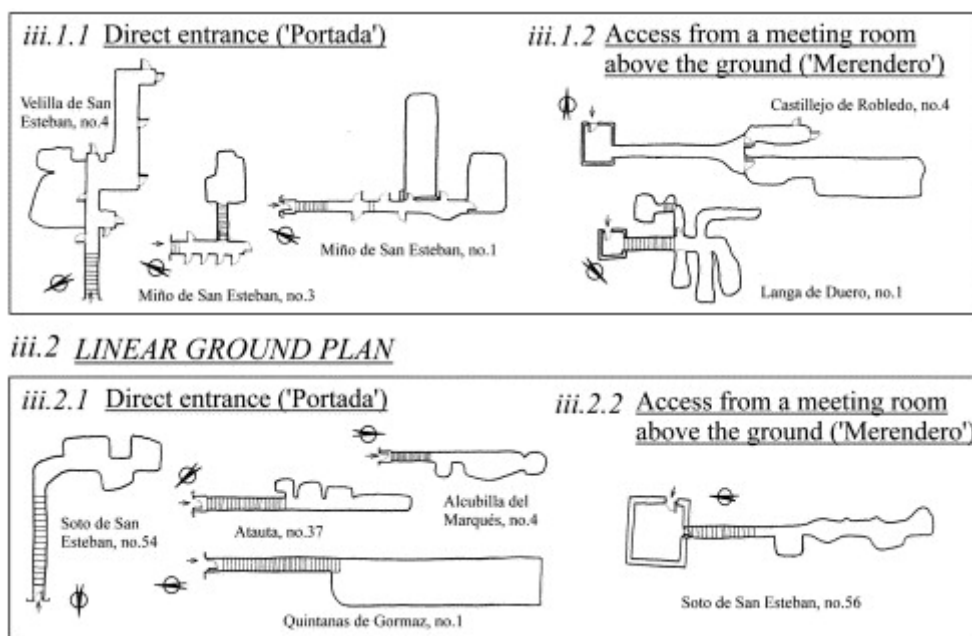
Παραδείγματα από τις προκύπτουσες 12 κατηγορίες παρατίθενται στις Εικόνες 2.26, 2.27 και 2.28.



Εικόνα 2.26: Παραδείγματα από μικρά κελάρια στο Ribera de Duero Soriana.



Εικόνα 2.27: Παραδείγματα από μεσαίου μεγέθους κελάρια στο Ribera de Duero Soriana.



Εικόνα 2.28: Παραδείγματα από μεγάλα κελάρια στο Ribera de Duero Soriana.

2.6 SPRINGFIELD UNDERGROUND

Το Springfield Underground αποτελείται από περισσότερα από 55 στρέμματα ασφαλούς εμπορικού χώρου. Είναι ένας υπόγειος εμπορικός χώρος οικονομικά αποδοτικός, ασφαλής και φιλικός προς το περιβάλλον που βρίσκεται 31m κάτω από το έδαφος στο Springfield, Μισούρι. Λόγω της θέσης του προστατεύεται από ανθρωπογενείς και φυσικές καταστροφές. Έχει σταθερή θερμοκρασία των 16.5°C στο εσωτερικό του και εξασφαλίζει χαμηλό, ομοιόμορφο κλίμα που διατηρεί σταθερό το κόστος λειτουργίας του.

Στα 68000m³, το Springfield συνεχίζει να αυξάνεται υπογείως. Μπορεί να φιλοξενήσει όλα τα είδη των επιχειρήσεων, όπως αποθήκες, εργαστήρια, αποθήκευση τροφίμων, αποθήκευση εγγράφων και δεδομένων. Η θέση του είναι κοντά σε σιδηροδρόμους και αυτοκινητοδρόμους - γεγονός που το καθιστά ιδανικό για τα κέντρα διανομής και τους κατασκευαστές.



Εικόνα 2.29: Τοποθεσία υπόγειου χώρου Springfield.

Στεγάζει τις παρακάτω δραστηριότητες:

Κλίμα ελεγχόμενης αποθήκευσης χαρτιού Bulk

Κλίμα ελεγχόμενη αποθήκευση υλικών συσκευασίας

Διανομή κατεψυγμένων τροφίμων

Διανομή ψυγμένων τροφίμων

Διανομή ξηρών τροφίμων

Βιομηχανία συσκευασίας τροφίμων

Αποθήκευση εγγράφων

Κέντρο δεδομένων

Αποθήκευση τροφίμων

Διανομή και αποθήκευση ηλεκτρικών εξαρτημάτων

Η υπόγεια κατασκευή είναι μια επιχειρηματική απόφαση φιλική προς το περιβάλλον, χωρίς το πρόσθετο κόστος μιας πράσινης υπέργειας εγκατάστασης. Επειδή το Springfield είναι 31m κάτω από την επιφάνεια, δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες. Δεν αντιμετωπίζει τις εποχιακές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, που σημαίνει ότι ξοδεύεται ένα μικρότερο ποσό σε εφαρμογές κοινής ωφελείας. Επίσης δεν επηρεάζεται από καιρικά

φαινόμενα που σχετίζονται με καταστροφές στον ίδιο βαθμό με τις υπέργειες εγκαταστάσεις.



Εικόνα 2.30: Αποθηκευτικές εγκαταστάσεις.

Αφού το Springfield κάνει χρήση ενός πρώην ορυχείου ασβεστόλιθου, τα κτίρια απαιτούν λιγότερα υλικά για την κατασκευή. Κατασκευάζεται κάθε εγκατάσταση σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πελάτη, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Μερικοί θάλαμοι είναι ακόμα πιο εξειδικευμένοι, όπως οι αποστειρωμένες εγκαταστάσεις παραγωγής.

Το Springfield διαθέτει μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους για τις επιχειρήσεις και επίσης συνεχώς αυξάνεται.

Οι θάλαμοι στο Springfield έχουν μέγεθος από 1500 έως 11400m².

Κατασκευάζεται κάθε θάλαμος ανάλογα με τις απαιτήσεις, των ενοικιαστών, σε χώρο, περιβάλλον και κλίμα.

Ενώ η θερμοκρασία περιβάλλοντος του Springfield είναι 16°C όλο το χρόνο, έχουν εξοπλιστεί πολλοί θάλαμοι ώστε να αυξάνεται ή να μειώνεται αυτό δραματικά, να ρυθμίζεται η υγρασία, να δημιουργείται αποστειρωμένο περιβάλλον και πολλά άλλα (Springfield Underground, 2012).



Εικόνα 2.31: Χώρος αποθήκευσης σε χαμηλές θερμοκρασίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ
& ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτήν την διπλωματική εργασία σκοπός είναι η σύγκριση δύο αποθηκών ευπαθών προϊόντων από τις οποίες η μια θα είναι επίγεια και η άλλη υπόγεια. Η σύγκριση γίνεται με σκοπό την εξέταση της συμπεριφοράς της υπόγειας αποθήκης σε σχέση με την επιφανειακή, από άποψη ενέργειας, κόστους και εκπομπών ρύπων, σε θερμοκρασίες αποθήκευσης 20°C, 15°C και 5°C. Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει επιλογή της περιοχής κατασκευής τους, εν συνεχεία θα δημιουργηθεί ένα σχέδιο κατασκευής τους και εν τέλει θα κοστολογηθούν..

3.2 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Εξετάστηκαν πέντε περιοχές οι οποίες πληρούν τις προϋποθέσεις για την κατασκευή μιας αποθήκης. Οι περιοχές αυτές έχουν καλή πρόσβαση στο εθνικό οδικό δίκτυο και βρίσκονται κοντά στο λεκανοπέδιο Αττικής. Οι περιοχές που εξετάστηκαν είναι οι εξής :

- Άγιος Στέφανος
- Μεσόγεια
- Θριάσιο πεδίο
- Σχηματάρι
- Οινόφυτα

Άγιος Στέφανος

Ο Άγιος Στέφανος είναι μια περιοχή με αρκετές αποθήκες αλλά και με διάφορες βιομηχανίες. Η αξία του στρέμματος στον Άγιο Στέφανο είναι αρκετά μεγαλύτερη συγκριτικά με τις υπόλοιπες περιοχές. Έχει πολύ εύκολη πρόσβαση στην Εθνική Οδό Αθηνών – Λαμίας αλλά η περιοχή είναι κορεσμένη και η εύρεση οικοπέδου είναι πολύ δύσκολη. Η τιμή του στρέμματος κυμαίνεται από 300000€ - 350000€.

Μεσόγεια Αττικής

Τα Μεσόγεια πληρούν αρκετές προϋποθέσεις, βρίσκονται πλησίον της Αττικής Οδού και έχουν μεγάλη οικιστική ανάπτυξη. Είναι βιομηχανική περιοχή και αυτό ανεβάζει πολύ την αξία του στρέμματος η οποία κυμαίνεται από 200000€ - 250000€.

Θριάσιο Πεδίο

Το Θριάσιο πεδίο είναι μια δυναμικά αναπτυσσόμενη περιοχή αφού σύμφωνα με τους ειδικούς χωροταξικά συγκεντρώνει τις περισσότερες προϋποθέσεις και πλεονεκτήματα σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές. Το μεγάλο μειονέκτημα που παρουσιάζει η συγκεκριμένη περιοχή είναι ότι έχει κορεστεί σε μεγάλο βαθμό και επίσης λόγω του ότι είναι βιομηχανική περιοχή οι τιμές του στρέμματος είναι σχετικά υψηλές και κυμαίνονται από 180000€ - 200000€.

Οινόφυτα – Σχηματάρι

Το Σχηματάρι και τα Οινόφυτα είναι δύο περιοχές οι οποίες βρίσκονται λίγο πιο έξω από τα όρια του Νομού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη ημερήσια δυναμικότητα μεταφοράς αγαθών προς το λεκανοπέδιο κατά 20-40% σε σχέση με το Θριάσιο Πεδίο. Παρ' όλα αυτά πληροί τις χωροταξικές και τις άλλες προϋποθέσεις που είναι απαραίτητες για την κατασκευή ενός αποθηκευτικού χώρου ευπαθών προϊόντων. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα συγκριτικά με τις παραπάνω περιοχές που εξετάσαμε είναι το ιδιαίτερα χαμηλό κόστος γης, με το στρέμμα να κυμαίνεται από 80000€ - 100000€.

Επιλογή ευρύτερης περιοχής

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι καταλληλότερη περιοχή για την εγκατάσταση ενός αποθηκευτικού χώρου ευπαθών προϊόντων είναι το Θριάσιο Πεδίο αφού συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές.

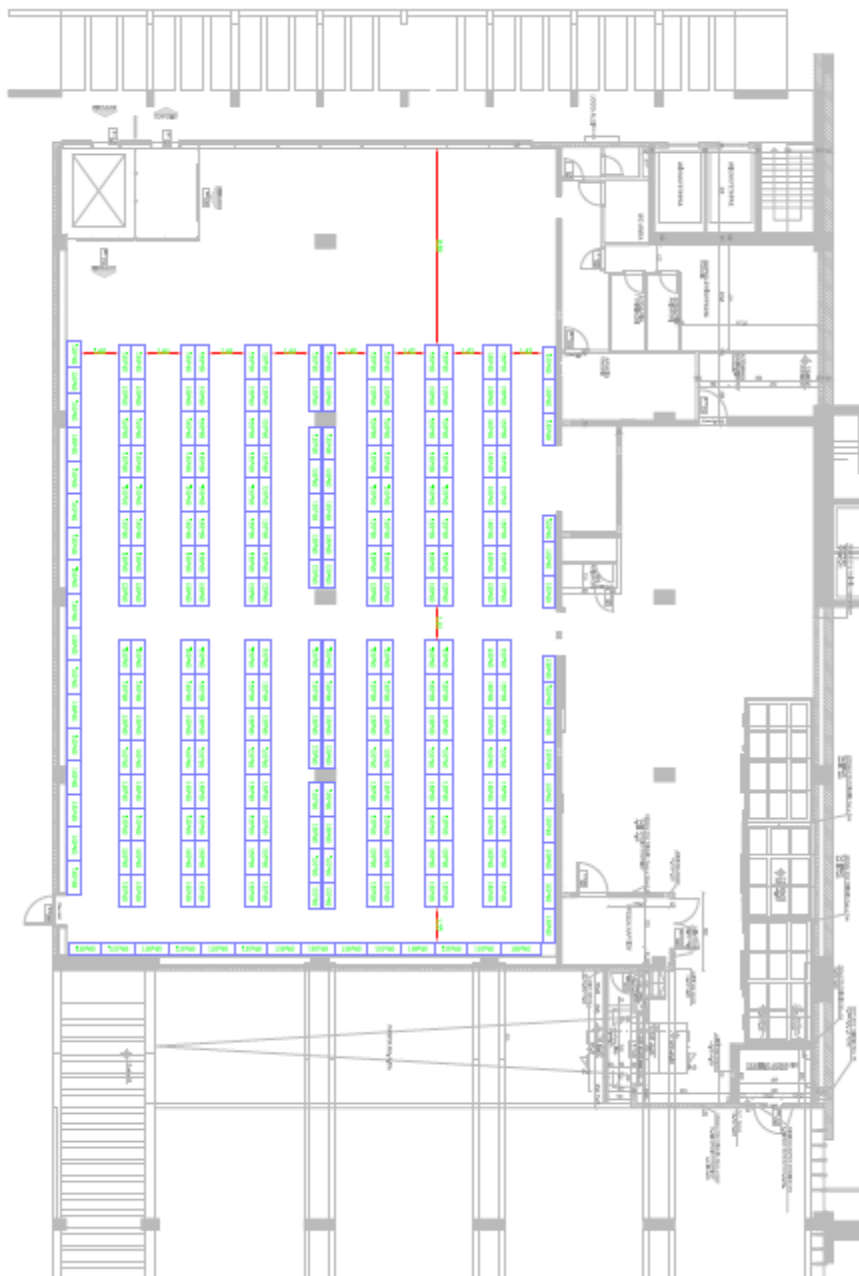
Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής έγινε λόγω της προσιτής τιμής του στρέμματος αλλά βασίστηκε και σε μία σειρά προϋποθέσεων οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Το Θριάσιο Πεδίο αποτελεί μια δυναμικά αναπτυσσόμενη περιοχή αφού στη συγκεκριμένη περιοχή έχουν εγκατασταθεί τα μεγαλύτερα αποθηκευτικά κέντρα του λεκανοπεδίου και η ζήτηση της γης για την κατασκευή νέων αποθηκευτικών χώρων είναι ιδιαίτερα υψηλή.
2. Η κατασκευή ενός υπόγειου χώρου πλεονεκτεί έναντι των επιφανειακών χώρων ιδιαίτερα σε περιοχές όπου η ζήτηση της γης είναι ιδιαίτερα υψηλή ένα πρόβλημα που εμφανίζεται έντονα στην εξεταζόμενη περιοχή.
3. Πολύ μεγάλη σημασία έχει η εύκολη πρόσβαση μιας περιοχής σε μεγάλους οδικούς άξονες και λιμάνια. Το Θριάσιο προσφέρει εύκολη πρόσβαση στην Αττική Οδό, στην Εθνική Οδό Αθηνών – Πατρών αλλά και Αθηνών – Θεσσαλονίκης και βρίσκεται σε μικρή απόσταση από το μεγαλύτερο εμπορικό λιμάνι της Ελλάδας, τον Πειραιά.
4. Σε σχέση με τις παραπάνω περιοχές το Θριάσιο Πεδίο πλεονεκτεί αφού βρίσκεται κοντά στα κέντρα διανομής, γεγονός που διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τη μεταφορά προϊόντων από τους χώρους αποθήκευσης.

3.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

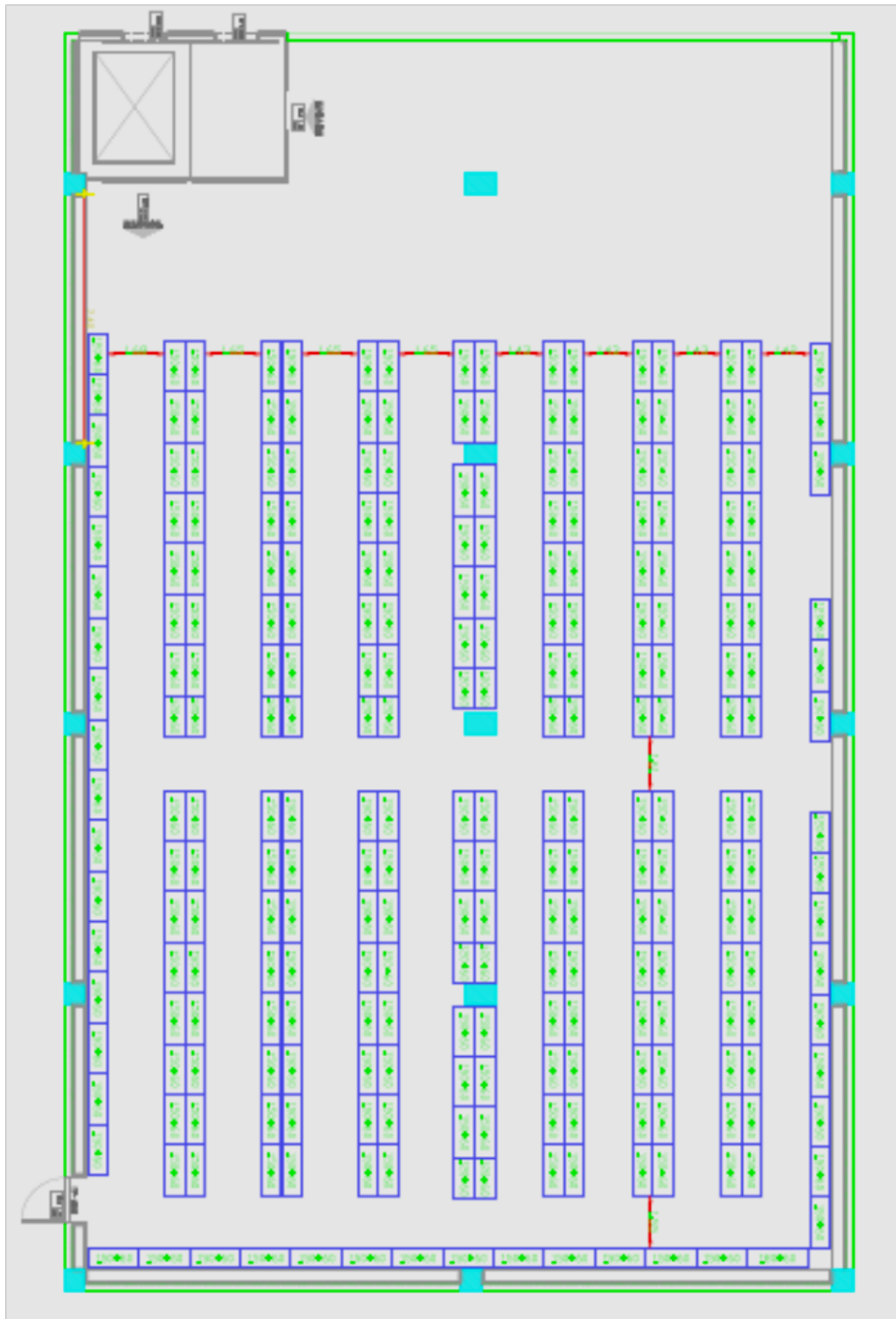
Σ' αυτό το κεφάλαιο σχεδιάστηκε και κοστολογήθηκε ένας υπέργειος αποθηκευτικός χώρος με σκοπό να συγκριθεί με έναν υπόγειο περίπου ίδιας αποθηκευτικής ικανότητας.

Για την κατασκευή της αποθήκης αυτής χρησιμοποιήθηκε ως βάση το σχέδιο μιας υπαρκτής αποθήκης Super Market το σχέδιο της οποίας παρατίθεται παρακάτω :



Εικόνα 3.1: Κάτοψη πραγματικής αποθήκης Super Market.

Από την παραπάνω υπαρκτή αποθήκη απομονώθηκε ο αποθηκευτικός χώρος και διαμορφώθηκε σαν ένα αυτόνομο ξεχωριστό κτίριο . Το κτίριο αυτό είναι η επίγεια αποθήκη που μελετήθηκε σε αυτήν την διπλωματική. Έχει ορθογώνιο σχήμα με πλευρές 24m και 36m και συνολικό όγκο $864m^2$, ακόμα έχει 6m ύψος. Υπάρχουν τρεις εισοδοί – έξοδοι και ελεύθερος χώρος για δημιουργία δύο γραφείων και τουαλέτας. Το σχέδιο παρατίθεται παρακάτω:



Εικόνα 3.2: Κάτοψη αποθήκης που χρησιμοποιήθηκε για την εξέταση.

3.4 ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Ο υπέργειος χώρος κοστολογήθηκε βάσει του κόστους των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, του κόστους εγκατάστασης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, και του κόστους εργολαβίας. Επιπλέον προστέθηκε 10% του κόστους σαν απρόβλεπτα έξοδα. Στην κοστολόγηση έχουν συμπεριληφθεί και τα κόστη διαμόρφωσης του χώρου.

Η κατασκευή της υπέργειας αποθήκης περιλαμβάνει το κόστος για τις χωματουργικές εργασίες, τις θεμελιώσεις, τα είδη και τις ποσότητες σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκαν, τα υλικά για την τοιχοποιία, τα είδη μονώσεων και τους υαλοπίνακες. Για τη διαμόρφωση του χώρου συμπεριλήφθηκαν τα κόστη για τους απαραίτητους χρωματισμούς, τις ψευδοροφές καθώς και τους τοίχους γυψοσανίδων, για τη δημιουργία χώρων γραφείων και WC. Τέλος συμπεριλήφθηκαν και τα κόστη για τις ηλεκτρικές, τις υδραυλικές εγκαταστάσεις και τις εγκαταστάσεις πυρόσβεσης καθώς και το κόστος των κλιματιστικών μονάδων. Επιπλέον, προστέθηκε ένα 10%, του παραπάνω κόστους διαμόρφωσης – κατασκευής, σαν απρόβλεπτα έξοδα.

Το κόστος που προκύπτει από την αξία των υλικών κατασκευής παρατίθεται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Κόστος διαμόρφωσης και κατασκευής υπέργειας αποθήκης.

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ				
εργασία	μονάδα	τιμή	ποσότητα	αξία
	μέτρησης	μονάδος		
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ				
Γενικές εκσκαφές γαιώδεις	μ ³	1,70	3000	5.100,00
Εκσκαφές θεμελίων γαιώδεις	μ ³	2,70	500	1.350,00
Επιχώσεις πάσης φύσεως με χέρια	μ ³	3,00	400	1.200,00
			ΣΥΝΟΛΟ	7.650,00
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ				
Ωπλισμένο σκυρόδεμα [B 300]	μ ³	120,00	100,00	12.000,00
Ελαφρά ωπλισμένο σκυρόδεμα (με πλέγμα)	μ ³	70,00	190,00	13.300,00
Ελαφρό μετόν πάσης φύσεως (ΒΕΤΟCEL, περλιτόδεμα κλπ)	μ ³	50,00	190,00	9.500,00
Άοπλο σκυρόδεμα δαπέδων (GROS BETON)	μ ²	3,00	850,00	2.550,00
Εξισωτικές στρώσεις (γεμίματα δαπέδων με γαρμπιλομετόν, ελαφρομετόν κλπ)	μ ²	2,00	1.900,00	3.800,00
Σενάζ μπατικά	μ.μ.	12,00	300,00	3.600,00
ζυλότυπος, σκυρόδεμα)	μ ³	118,00	100,00	11.800,00
			ΣΥΝΟΛΟ	56.550,00
ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ				
Πλινθοδομές δρομικές	μ ²	8,00	1.200,00	9.600,00
Πλινθοδομές μπατικές	μ ²	12,00	500,00	6.000,00
Τοίχοι γυψοσανιδών με 2 γυψ. σε κάθε πλευρά	μ ²	17,00	100,00	1.700,00
			ΣΥΝΟΛΟ	17.300,00
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ				
μονωτικά πρόσμικτα)	μ ²	9,00	1.200,00	10.800,00
			ΣΥΝΟΛΟ	10.800,00
ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΔΑΠΕΔΩΝ				
Με τσιμεντοκονία	μ ²	8,00	2.500,00	20.000,00
			ΣΥΝΟΛΟ	20.000,00

ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ					
Ρολλά από όρεγκον πάιν	μ ²	55,00	15,00	825,00	
Μονόφυλλη πυράντοχη πόρτα T30 ως T90 εξ.	τεμ.	400,00	6,00	2.400,00	
Δίφυλλη πυράντοχη πόρτα T30 ως T90 εξ.	τεμ.	700,00	6,00	4.200,00	
		ΣΥΝΟΛΟ		7.425,00	
ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ					
Θερμομόνωση - υγραμόνωση δώματος	μ ²	20,00	860	17.200,00	
Θερμομόνωση - υγραμόνωση βεραντών	μ ²	9,00	860	7.740,00	
Υγραμόνωση με μεβράνες / ασφαλτόπανα	μ ²	9,00	1200	10.800,00	
Υγραμόνωση με επαλειφόμενο υλικό	μ ²	5,00	864	4.320,00	
Θερμομόνωση με θερμομονωτικές πλάκες	μ ²	4,00	1.200,00	4.800,00	
		ΣΥΝΟΛΟ		44.860,00	
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ					
Τρίπεξ υαλοπίνακες [δαπέδου - βαθμίδας]	μ ²	55,00	45,00	2.475,00	
		ΣΥΝΟΛΟ		2.475,00	
ΨΕΥΔΟΡΟΦΕΣ					
Από γυψοσανίδες	μ ²	12,00	864	10.368,00	
		ΣΥΝΟΛΟ		10.368,00	
ΣΤΗΘΑΙΑ					
Από δρομική πλινθοδομή	μ.μ.	6,00	120,00	720,00	
Από καγκίδωμα αλουμινίου	μ.μ.	20,00	120,00	2.400,00	
		ΣΥΝΟΛΟ		3.120,00	
ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ					
Χρωματισμοί / επαναχρωματισμοί με ακρυλικό ή τσιμεντόχρωμα	μ ²	5,00	1.200,00	6.000,00	
Χρωματισμοί ξύλινων επιφανειών	μ ²	7,00	200,00	1.400,00	
Χρωματισμοί σιδηρών επιφανειών	μ ²	7,00	300,00	2.100,00	
		ΣΥΝΟΛΟ		9.500,00	

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ					
Μεταλλικά πλέγματα για επιχρίσματα πυροπροστασίας	μ ²	6,00	200,00		1.200,00
Ικρίσματα ξύλινα ή σίδηρα	μ ²	3,00	600,00		1.800,00
Κλειδαριές και πόμολα	μ ² / κ.	1,00	15,00		15,00
ΣΥΝΟΛΟ					3.015,00
ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ					
Σετ W.C.	αποκ.	120,00	2		240,00
Νεροχύτης-μπαταρία κουζίνας	αποκ.	120,00	1		120,00
ΣΥΝΟΛΟ					360,00
ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ					
Υδρευση - αποχέτευση πλήρους λουτρού / εργαστηρίου	αποκ.	500,00	1,00		500,00
ΣΥΝΟΛΟ					500,00
ΘΕΡΜΑΝΣΗ - ΨΥΞΗ					
Κεντρική κλιματιστική μονάδα 150.000 Btu/h	τεμ.	18710,00	2		37.420,00
ΣΥΝΟΛΟ					37.420,00
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ					
Φωτιστικό σώμα φθορισμού	τεμ.	50,00	96		4.800,00
Καλωδιώσεις	μ	0,90	600		540,00
Πίνακες	τεμ.	56,00	2		112,00
Βιομηχανικών-Βιοτεχνικών χώρων-αποθηκών	μ ² /κάτο	6,00	1200		7.200,00
ΣΥΝΟΛΟ					12.652,00
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ					
Αντλητικό	τεμ.	4.200,00	1,00		4.200,00
Πυρανιχνευτές	τεμ.	15,00	18,00		270,00
Πυροσβεστικές φωλιές	τεμ.	4,00	170,00		680,00
Πυροσβεστήρες CO2	τεμ.	110,00	2,00		220,00
Πυροσβεστήρες ξηράς κόνεως	τεμ.	85,00	43,00		3.655,00
Χαλυβδοσωλήνας	μ	20,00	340,00		6.800,00
Ψεκαστήρες	τεμ.	5,00	18,00		90,00
ΣΥΝΟΛΟ					15.915,00

				ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	259.910,00
				ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ	25.000,00
				ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	284.910,00

Βάσει του Πίνακα 3.1 προκύπτει το συνολικό κόστος κατασκευής του υπέργειου χώρου αποθήκευσης το οποίο είναι 284.910€.

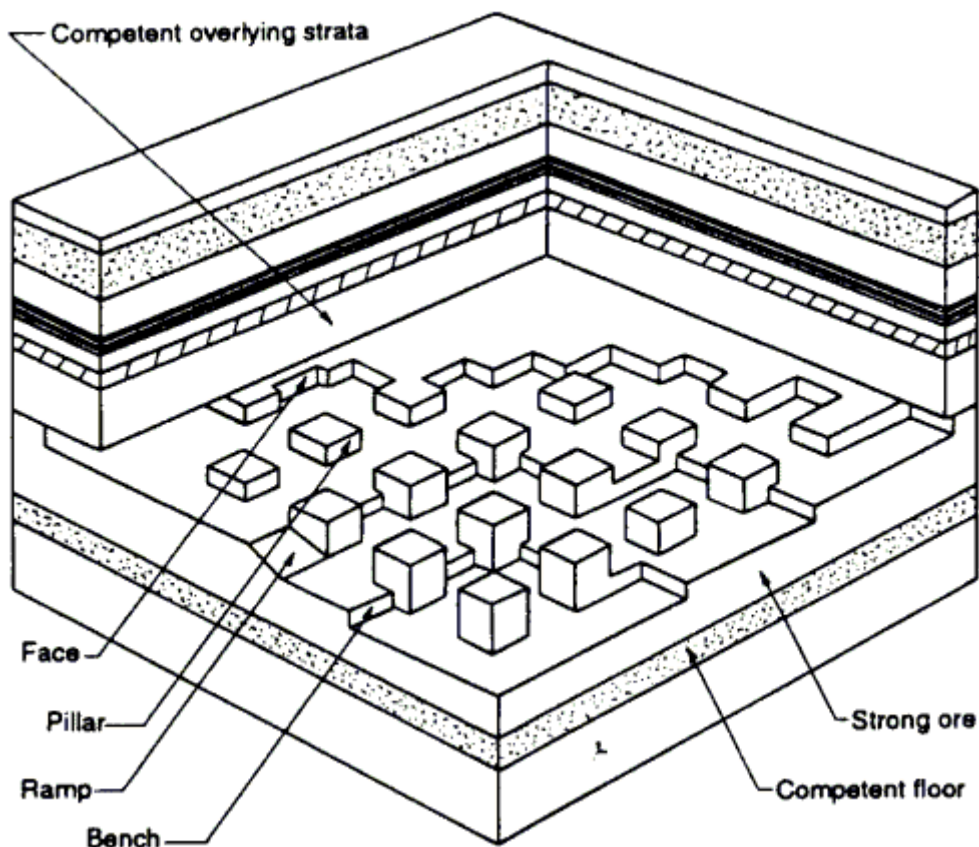
Στο κόστος αυτό πρέπει να προστεθεί και το κόστος του οικοπέδου που βρέθηκε στην αρχή αυτού του κεφαλαίου. Ο χώρος είναι 864m^2 επομένως χρειάζεται ένα οικόπεδο τουλάχιστον 1,5 στρέμματος για να κατασκευαστεί. Μια τέτοια έκταση στο Θριάσιο που είναι η επιλεγμένη περιοχή κοστίζει περίπου 300.000€. Με συνέπεια το κόστος δημιουργίας του υπέργειου αποθηκευτικού χώρου ευπαθών προϊόντων να ανέρχεται στις 585.000 €

3.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Για την κατασκευή του υπογείου χώρου αποθήκευσης ευπαθών προϊόντων θα εφαρμοστεί η μέθοδος εκμετάλλευσης με κενά μέτωπα. Η συγκεκριμένη μέθοδος χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι ο κενός χώρος που δημιουργείται μετά την απόληψη του κοιτάσματος (στην περίπτωσή μας ασβεστολιθικό κοίτασμα) διατηρείται ανοιχτός με τη βοήθεια της φυσικής υποστήριξης που του παρέχουν τα τοιχώματα του υπογείου ανοίγματος. Υπάρχουν αρκετές παραλλαγές της μεθόδου υπόγειας εκμετάλλευσης με κενά μέτωπα αλλά ως ιδανικότερη επιλέγεται η μέθοδος θαλάμων και στύλων. Η επιλογή αυτής της μεθόδου για τη δημιουργία του υπόγειου χώρου βασίστηκε στην δυνατότητα για ικανοποιητική και λειτουργική αξιοποίηση του χώρου μετά το πέρας της εκμετάλλευσης. Θεωρούμε ότι το εξεταζόμενο κοίτασμα θα πληροί τις προϋποθέσεις της μεθόδου, δηλαδή η κλίση των στρωμάτων να είναι μικρότερη των 30° , το δε πάχος να είναι μεγαλύτερο από 10m.

3.6 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Ο χώρος δημιουργείται μέσω ενός συστήματος παραλλήλων θαλάμων οι οποίοι διαχωρίζονται από στύλους. Οι θάλαμοι ορύσσονται ως στοές και οι άξονές τους συνήθως ισαπέχουν. Στη συνέχεια ορύσσονται νέες στοές κάθετα ή με κάποια κλίση ως τις πρώτες. Μ' αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται στύλοι πετρώματος που στηρίζουν την οροφή. Η ευστάθεια δηλαδή των θαλάμων επιτυγχάνεται χάρη στους στύλους και συγκεκριμένα χάρη στην εκμετάλλευση της φέρουσας ικανότητας αυτών. Η διάταξη των στύλων στο χώρο όσο και η διατομή τους μπορεί να είναι κανονική (τετραγωνική ή ορθογωνική) ή ακανόνιστη. Εάν το άνοιγμα έχει μεγάλο ύψος τότε η εξόρυξη του πετρώματος πραγματοποιείται με τη χρήση βαθμίδων εκμετάλλευσης.



Εικόνα 3.3: Εξόρυξη με τη μέθοδο θαλάμων – στύλων.

3.7 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ

Αρχικά πρέπει να καθοριστεί το μέγεθος του υπόγειου χώρου. Το μέγεθος που χρειάζεται πρέπει να είναι συγκρίσιμο με το μέγεθος της αποθηκευτικής ικανότητας της επίγειας αποθήκης, το οποίο είναι 864m^2 . Ακόμα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το άνοιγμα μεταξύ δύο στύλων πρέπει να είναι τόσο ώστε αριστερά και δεξιά να χωράνε οι μεταλλικές κατασκευές στις οποίες τοποθετούνται οι ευρωπαϊκές ($120\text{cm} \times 80\text{cm}$) και μεταξύ αυτών να μπορούν να κινούνται τα οχήματα (Fork Lift) που τις μετακινούν. Το πλάτος λοιπόν των διαδρόμων πρέπει να είναι, κατ' ελάχιστο :

$$1,20\text{ m} + 1,20\text{m} + 2\text{m}(\text{που είναι αναγκαία για τη μετακίνηση των οχημάτων}) = 4,40\text{m}$$

Επειδή η μεταλλική κατασκευή είναι λίγο μεγαλύτερη από την ευρωπαϊκά αλλά και για λόγους ασφαλείας ορίζεται το πλάτος μεταξύ των στύλων 5m .

Το ύψος των επιφανειακών χώρων αποθήκευσης κυμαίνεται μεταξύ 5m με 6m . Αυτή η τάξη μεγέθους για ύψος έχει παγιωθεί με αποτέλεσμα να οδηγήσει στην ανάλογη ανάπτυξη αποθηκευτικών συστημάτων. Γι αυτό το λόγο αποφασίστηκε το ύψος του υπόγειου χώρου να είναι και αυτό 6m .

Συνήθως το σχήμα των αποθηκευτικών χώρων τείνει προς το τετραγωνικό. Με δεδομένο ότι χρειάζονται περίπου 900m^2 για να είναι συγκρίσιμος με τον επιφανειακό που σχεδιάστηκε, αλλά και την ανάγκη για περίπου 200 τετραγωνικά μέτρα γραφείων καθώς και ότι το πλάτος είναι 5m , μετά από δοκιμές υπολογίστηκε το ιδανικό μέγεθος για το χώρο στα 1444m^2 . Οι στύλοι είναι τετραγωνικής διατομής και έχουν πλευρά ίση με 6m . Από τα 1444m^2 , ο ωφέλιμος χώρος είναι 913m^2 , οι στύλοι καταλαμβάνουν 361m^2 και μένουν 170m^2 για τη δημιουργία χώρου για γενική χρήση (π.χ. γραφεία, χώρος στάθμευσης οχημάτων κλπ.)

3.8 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η μελέτη κατασκευής του υπόγειου χώρου πρόκειται για μια γενική προσέγγιση κατασκευής μιας υπόγειας αποθήκης σε βάθος 80m από την επιφάνεια, σε ασβεστολιθικό πέτρωμα. Για τον λόγο αυτό οι τιμές των γεωτεχνικών στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των τάσεων στους στύλους, του συντελεστή απόληψης του πετρώματος και του συντελεστή ασφαλείας θα είναι τυπικές και όχι υπαρκτές τιμές για ασβεστολιθικά πέτρωματά κάποιας συγκεκριμένης περιοχής.

Τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν για την σχεδίαση της υπόγειας αποθήκης είναι τα εξής:

- Ύψος υπερκειμένων $h = 80\text{m}$
- Ύψος υπόγειου χώρου $H_p = 6\text{m}$
- Μέγιστη εφελκυστική τάση $\sigma_{\max} = 500 \text{ tn/m}^2$
- Πάχος στρώματος οροφής $t = 1\text{m}$
- Ειδικό βάρος του πετρώματος της οροφής $\gamma = 2,65 \text{ tn/m}^3$
- Συντελεστής ασφαλείας για εφελκυσμό (κυμαίνεται από 4 έως 8) στην προκειμένη περίπτωση $f_t = 8$
- Επιθυμητό πλάτος θαλάμου $W_R = 5\text{m}$
- Πλάτος στύλων $W_p = 6\text{m}$
- $C_p = C_1 = 49 \text{ MPa}$ (αντοχή σε θλίψη)

3.9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ

Το μέγιστο πλάτος του θαλάμου υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$L_{\max} = \sqrt{2 * \sigma_{\max} * t / \gamma * ft}$$

Επομένως $L_{\max} = 6,86\text{m}$

Το επιθυμητό πλάτος θαλάμου είναι $5\text{m} < L_{\max}$ που ισχύει.

Το βάθος από την επιφάνεια στο οποίο πραγματοποιείται η εκμετάλλευση είναι

$$h = 80\text{m}.$$

Σύμφωνα με το σχεδιασμό που ακολουθείται οι στύλοι έχουν κανονική διάταξη, άρα η τάση που αναπτύσσεται σ' αυτούς δίνεται από την εξίσωση :

$$\sigma_p = S_v * \left(1 + \frac{WR}{WP}\right)^2$$

Πρέπει να υπολογιστεί πρώτα η κατακόρυφη τάση. Το μέγιστο πάχος των υπερκειμένων είναι περίπου 80m και το ειδικό βάρος του πετρώματος είναι $2,65 \text{ tn/m}^3$. Επομένως :

$$S_v = \gamma * h = 2,65 \text{ tn/m}^3 * 80\text{m} = 212 \text{ tn/m}^2 = 2,12 \text{ MPa}$$

$$\text{Ακόμα } \frac{WR}{WP} = \frac{5}{6}$$

Οπότε $\sigma_p = 7,12 \text{ MPa}$

Για τον υπολογισμό της αντοχής του στύλου σε θλίψη (C_p) χρησιμοποιείται ο τύπος των Obert και Duvall που έχει ως εξής :

$$C_p = C_1 * (0,778 + 0,222 * \frac{W_p}{H_p})$$

C_1 : Η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη δοκιμίου του πετρώματος τετραγωνικής διατομής ($W/H = 1$)

Ο λόγος W_p/H_p πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 4. Η αύξηση του λόγου αυτού οδηγεί στην βελτίωση της αντοχής των στύλων και συνήθως επιλέγεται να παίρνει τιμές μεγαλύτερες της μονάδας, δηλαδή $W/H = 1$.

Λόγω των απαιτήσεων του αποθηκευτικού χώρου σε ύψος οι οποίες πρέπει να πληρούν τα κριτήρια των επίγειων αποθηκών ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο υπάρχων εξοπλισμός, το ύψος πρέπει να κυμαίνεται στα 5m – 6m.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχτηκε το ύψος του υπόγειου χώρου να είναι $H_p = 6\text{m}$.

Το πλάτος των στύλων το αναφέρθηκε παραπάνω και είναι 6m.

Άρα ο λόγος $\frac{W_p}{H_p} = 1$

Σύμφωνα με τον τύπο των Obert και Duvall προκύπτει $C_p = C_1$

Για το C_1 δεν υπάρχουν ακριβή ολοκληρωμένα γεωτεχνικά στοιχεία, αφού δεν έχουν πραγματοποιηθεί υπόγεια έργα στο συγκεκριμένο ορίζοντα. Για το λόγο αυτό η εκτίμηση στηρίχτηκε σε στοιχεία που προέκυψαν από δοκιμές σημειακής φόρτισης που πραγματοποιήθηκαν σε περιοχές παρόμοιων γεωλογικών σχηματισμών. Με βάση τα στοιχεία αυτά τα οποία προέκυψαν κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας “Σχεδιασμός Υπόγειου Συγκροτήματος Αποθήκευσης Υδρογονανθράκων για Δημιουργία Στρατηγικών Αποθεμάτων” του Ε. Στεφόπουλου η αντοχή του ασβεστόλιθου σε μονοαξονική θλίψη λαμβάνεται ίση με 70 MPa. Για λόγους μεγαλύτερης ασφαλείας το C_1 μειώνεται κατά 30% δηλαδή λαμβάνεται ίσο με $70 \text{ MPa} - 0,30 \times 70 \text{ MPa} = 49 \text{ MPa}$.

$$\text{Επομένως } C_p = 49 \times (0,778 + 0,222 \times \frac{6}{6}) = 49 \text{ MPa}$$

Όσον αφορά το συντελεστή ασφαλείας, αυτός δίνεται από τον τύπο :

$$SF = \frac{C_p}{\sigma_p} = \frac{49}{7,12} = 6,88$$

Η τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή ασφαλείας είναι πολύ μεγαλύτερη από τον ελάχιστο προτεινόμενο συντελεστή, όπως αυτός καθορίστηκε από το US Bureau of Mines και είναι 4.

3.10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι διαστάσεις που επιλέχθηκαν αρχικά τόσο για τους στύλους όσο και για τους θαλάμους βρίσκονται εντός των ορίων ασφαλείας σύμφωνα με τους κανονισμούς του μεταλλευτικού σχεδιασμού. Επομένως οι διαστάσεις των στύλων και των θαλάμων θα είναι οι ακόλουθες:

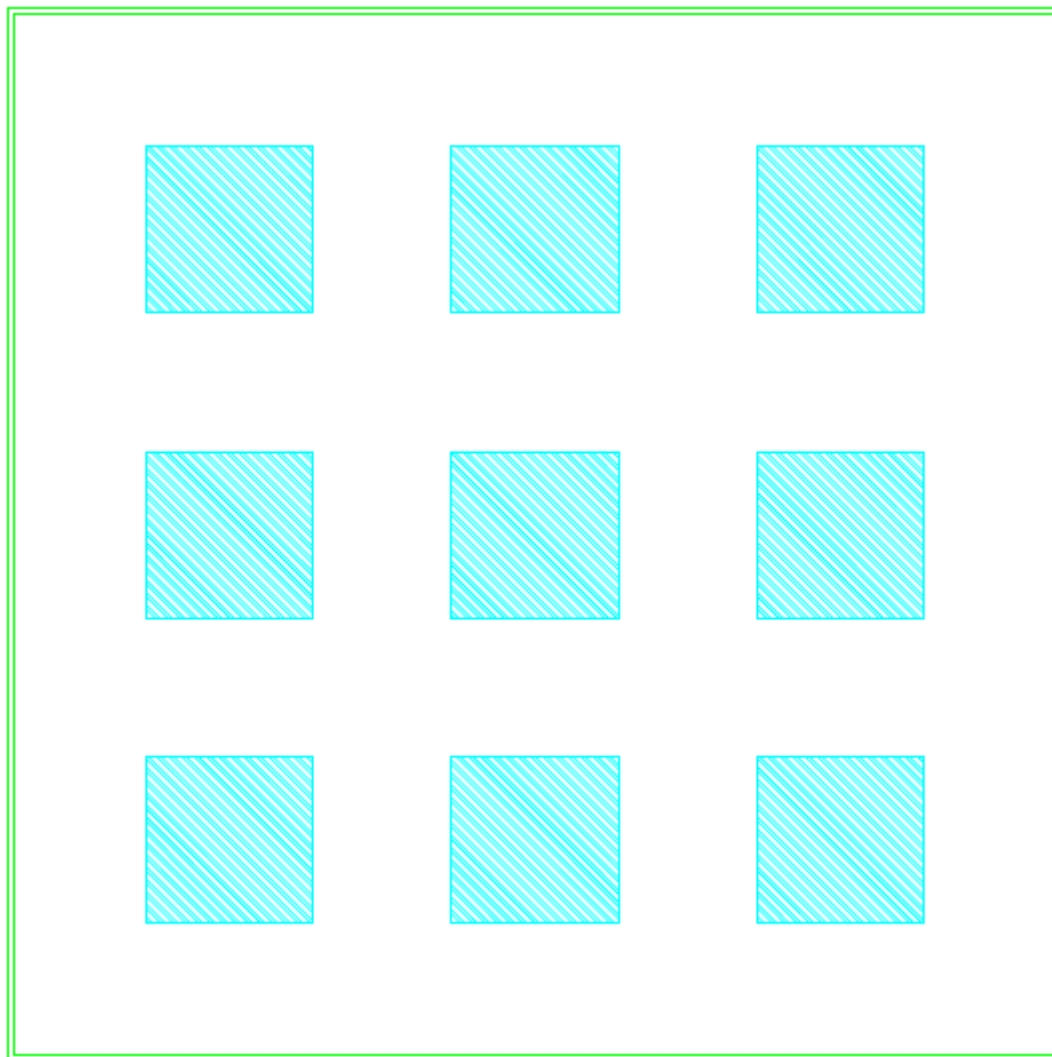
- Στύλοι 6m x 6m
- Θάλαμοι 5m x 5m

Με βάση τις διαστάσεις που επιλέχθηκαν για τους στύλους και τους θαλάμους αλλά και με το μέγεθος το οποίο χρειάζεται να είναι συγκρίσιμο με τον επίγειο αποθηκευτικό χώρο πρέπει να οριστούν οι τελικές διαστάσεις του χώρου.

Οι ιδανικότερες διαστάσεις μετά από δοκιμές είναι :

$$38\text{m} \times 38\text{m} = 1444\text{m}^2$$

Ο αποθηκευτικός χώρος θα αποτελείται από 9 στύλους με συνολικό εμβαδό 361m^2 και θαλάμους που καταλαμβάνουν 1083m^2 .



Εικόνα 3.4: Κάτοψη υπόγειου αποθηκευτικού χώρου.

Ο συντελεστής απόληψης του πετρώματος είναι :

$$R = 1 - \frac{W2p}{(Wp+WR)2} = 1 - \frac{62}{(6+5)2} = 1 - \frac{36}{121} = 0,7 = 70\%$$

Τα βασικά χαρακτηριστικά του υπογείου έργου δίνονται στον Πίνακα 3.2:

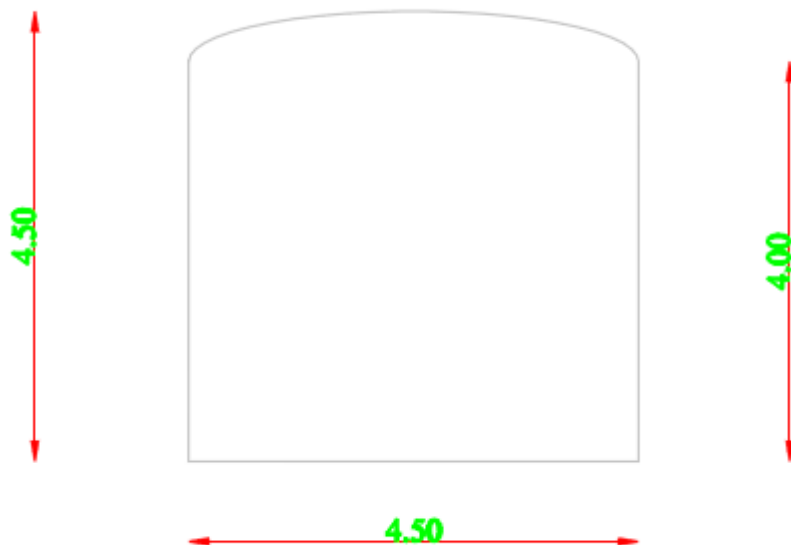
Πίνακας 3.2: Βασικά χαρακτηριστικά υπόγειου χώρου.

Διαστάσεις έργου	38m x 38m
Συνολική έκταση έργου	1444m ²
Συνολικός όγκος έργου	8664m ³
Διατομή στύλων	6m x 6m
Πλάτος θαλάμων	5m
Ύψος θαλάμων	6m
Συνολικό εμβαδόν στύλων	361m ²
Συνολικό εμβαδόν θαλάμων	1083m ²
Συνολικός όγκος στύλων	2166m ³
Συνολικός όγκος θαλάμων	6498m ³
Συντελεστής απόληψης	70%
Απολήψιμα αποθέματα	6498m ³ x 2,60 tn/m ³ = 16894,8 tn

3.11 ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

Η προσπέλαση προς τον υπόγειο χώρο θα πραγματοποιηθεί με δυο προσπελαστικές στοές. Οι δυο στοές αυτές είναι απαραίτητες για την εξασφάλιση του καλού εξαερισμού αλλά επίσης βοηθούν ιδιαίτερα στην κίνηση των μηχανημάτων. Οι στοές αυτές θα αποτελέσουν είσοδο και έξοδο των μηχανημάτων προσπέλασης και στη συνέχεια θα διαμορφωθούν έτσι ώστε να αποτελέσουν είσοδο και έξοδο του αποθηκευτικού χώρου. Γι αυτό το λόγο λήφθηκαν υπόψη οι παράμετροι που αφορούν τους αποθηκευτικούς χώρους προκειμένου να εξασφαλίζεται η εύκολη μετάβαση των φορτηγών αυτοκινήτων ως την είσοδο του υπόγειου χώρου αποθήκευσης από όπου τα προϊόντα θα φορτώνονται και εκφορτώνονται από μηχανήματα Forklift.

Η κάθε στοά προσπέλασης θα έχει ύψος 4,5m πλάτος 4m και μήκος 50m (Εικόνα 3.5).

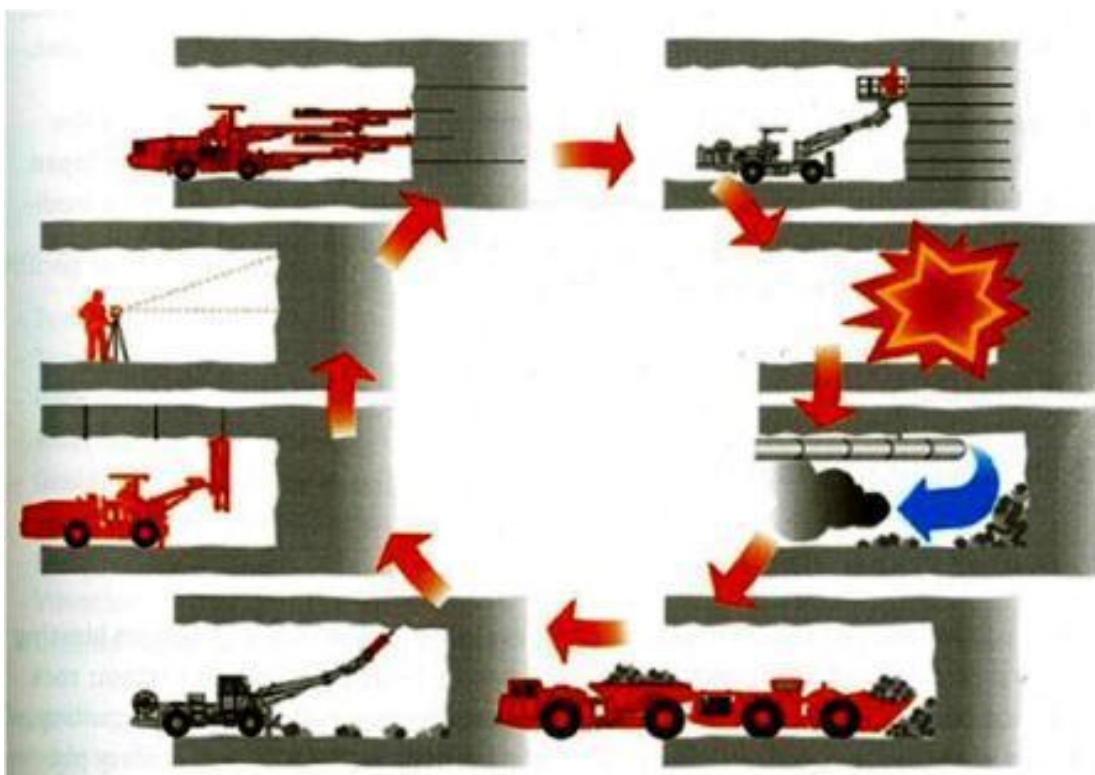


Εικόνα 3.5: Διατομή στοών προσπέλασης.

3.12 ΜΕΘΟΔΟΣ ΟΡΥΞΗΣ

Η εκμετάλλευση των υπόγειων θαλάμων λόγω των μικρών διαστάσεων θα πραγματοποιηθεί σε μια μόνο φάση. Η εκσκαφή θα γίνει με την κλασική μέθοδο της διάτρησης και ανατίναξης (Drill and Blast).

Η διάνοιξη των θαλάμων θα ακολουθεί τα γνωστά στάδια της διάτρησης – γόμωσης – ανατίναξης, του ξεσκαρώματος, της αποκομιδής του εξορυγμένου προϊόντος και της υποστήριξης της εκσκαφής (κοχλίες – εκτοξευόμενο σκυρόδεμα).



Εικόνα 3.6: Στάδια εκσκαφής με τη μέθοδο διάτρηση – ανατίναξη.

Τα εκρηκτικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι τα ακόλουθα :

- Ζελατινοδυναμίτιδα
- Αμμωνιοδυναμίτιδα
- ANFO

Ο συνδυασμός των παραπάνω εκρηκτικών επιτυγχάνει μια πολύ καλή σχέση κόστους – απόδοσης.

3.13 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΑΠΟΘΗΚΗΣ

Με την ολοκλήρωση της εκμετάλλευσης των υπόγειων θαλάμων δημιουργείται ένας χώρος συνολικής έκτασης 1083m², χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι προσπελαστικές στοές. Το μόνο που μένει για να είναι λειτουργικός ο χώρος είναι το στάδιο της εσωτερικής διαμόρφωσής του.

Κατανομή εσωτερικού χώρου

Η εσωτερική διαμόρφωση του υπόγειου χώρου πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη τις βασικές αρχές σχεδιασμού επιφανειακών χώρων αποθήκευσης – συντήρησης ευπαθών προϊόντων. Ο τελικός χώρος θα αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα:

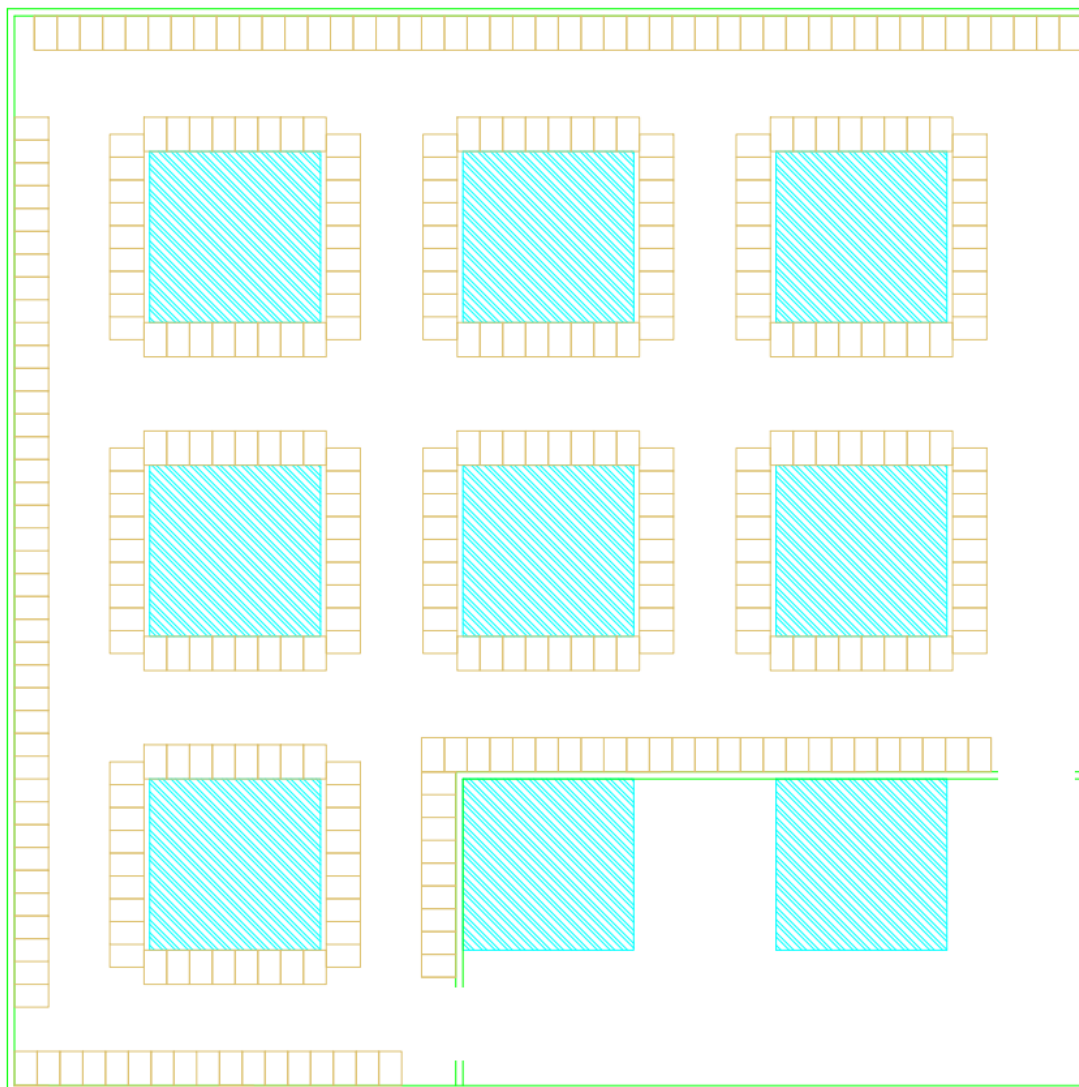
- Τις στοές προσπέλασης
- Γραφεία και λοιποί κοινόχρηστοι χώροι
- Χώρος παραλαβών – αποστολών
- Χώρος αποθήκευσης

Στον Πίνακα 3.3 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή του εσωτερικού χώρου της υπόγειας αποθήκης.

Πίνακας 3.3: Ποσοστιαία κατανομή εσωτερικού χώρου υπόγειας αποθήκης.

Τμήματα	Έκταση σε m ²	Ποσοστό (%) επί της συνολικής έκτασης
Χώρος παραλαβών - αποστολών	95	8.77%
Γραφεία και κοινόχρηστοι χώροι	170	15.70%
Χώρος αποθήκευσης	818	75.53%
Σύνολο	1083	100%

Στην δεξιά πλευρά της κάτοψης (Εικόνα 3.7) διακρίνονται οι είσοδοι από τις δύο προσπελαστικές στοές. Τα οχήματα θα εισέρχονται από τη βορειοανατολική είσοδο και θα εξέρχονται από την νοτιοανατολική. Ο κάθετος διάδρομος ανάμεσα στις δύο στοές αποτελεί το χώρο φόρτωσης και εκφόρτωσης των προϊόντων. Ράφια έχουν τοποθετηθεί σε όλες τις πλευρές του υπόγειου χώρου και περιμετρικά των στύλων ούτως ώστε να αξιοποιηθεί στο μέγιστο το μέγεθος του αποθηκευτικού χώρου. Η πλευρά στην οποία δεν έχουν τοποθετηθεί ράφια (κάτω δεξιά) προορίζεται για γραφεία και κοινόχρηστους χώρους. Αποτελείται από τρεις αίθουσες για γραφείων και μια τουαλέτα.



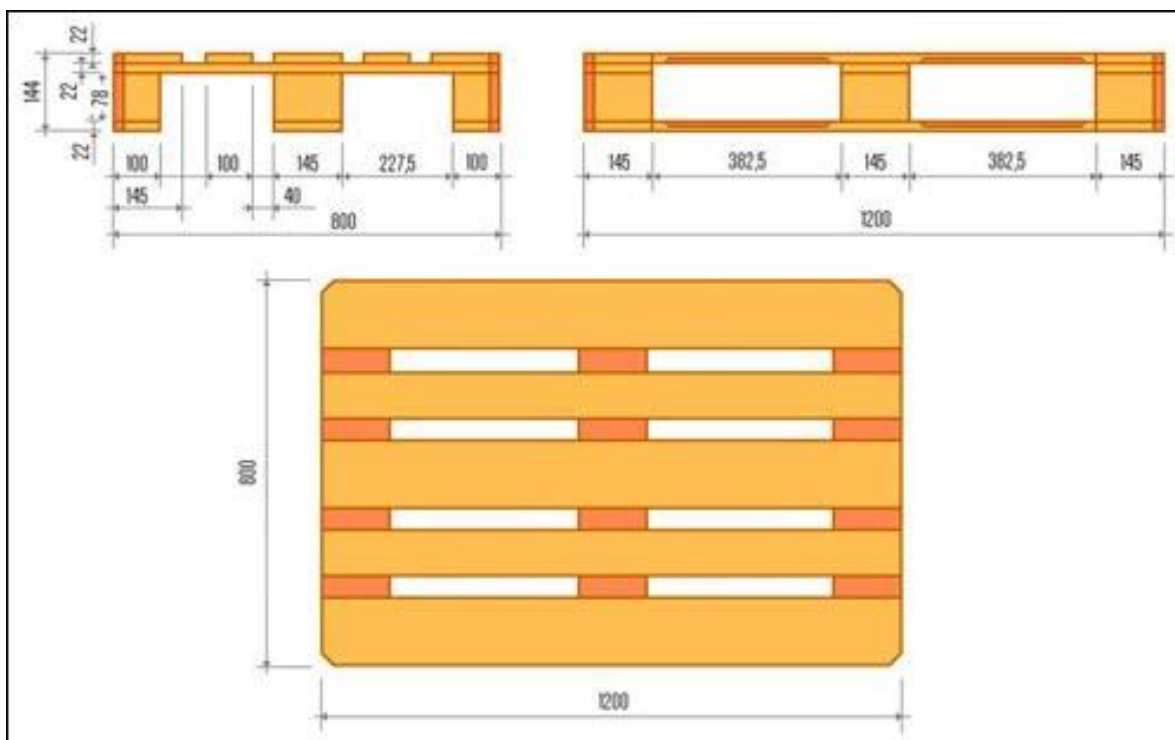
Εικόνα 3.7: Κάτοψη τελικής διαμόρφωσης της υπόγειας αποθήκης.

3.14 ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

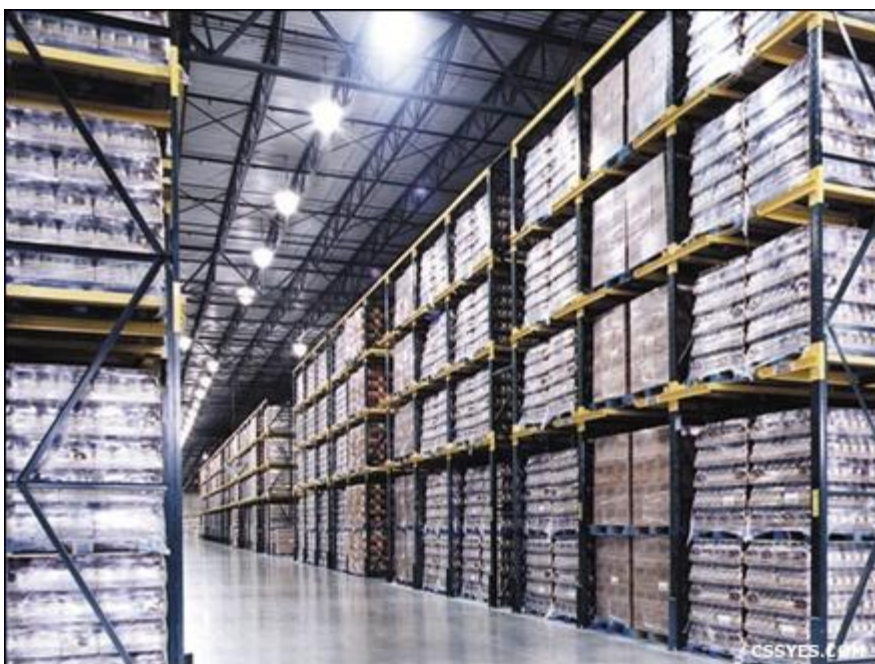
Απαραίτητη προϋπόθεση για τον υπολογισμό της αποθηκευτικής ικανότητας του υπόγειου χώρου είναι ο καθορισμός του μέσου μοναδοποίησης των αποθηκευόμενων προϊόντων καθώς και της διάταξης αποθήκευσης.

Το μέσο μοναδοποίησης που χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια τόσο στον ελληνικό χώρο όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι η ευρωπαϊκέτα (Εικόνα 3.8). Όσον αφορά στο σύστημα αποθήκευσης (στοίβαξης προϊόντων) χρησιμοποιείται η μέθοδος των επάλληλων στρωμάτων (Εικόνα 3.9). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή οι παλέτες τοποθετούνται η μία

δίπλα στην άλλη και η μία πάνω στην άλλη, σχηματίζοντας με αυτόν τον τρόπο ένα ενιαίο block.



Εικόνα 3.8: Μέσο μοναδοποίησης – ευρωπαϊλέτα. Διαστάσεις.



Εικόνα 3.9: Μέθοδος επάλληλων στρωμάτων.

3.15 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Ο υπολογισμός του κόστους εκσκαφής περιλαμβάνει δυο ξεχωριστά κόστη. Το πρώτο είναι το κόστος που υπολογίζεται για την εκσκαφή του έργου και το δεύτερο το κέρδος του εργολάβου από την εργασία του.

Κόστος Εκσκαφής

Για το κόστος εκσκαφής συνυπολογίστηκαν τα έξοδα της κατασκευής του έργου, οι δαπάνες για το απαιτούμενο προσωπικό, όποια λοιπά έξοδα και συνολικές αποσβέσεις. Επίσης ήταν απαραίτητη η μέριμνα για πιθανά απρόβλεπτα έξοδα. Στον πίνακα φαίνονται οι τιμές για το κάθε στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του κόστους. Πρέπει να αναφερθεί ότι για τον υπολογισμό του κόστους χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία του εργαστηρίου μεταλλευτικής τεχνολογίας και περιβαλλοντικής μεταλλευτικής του Ε.Μ.Π (Πίνακας 3.4) (Αθανασόπουλος et al., 2008).

Πίνακας 3.4: Ανάλυση κόστους εκσκαφής.

Ανάλυση κόστους εκσκαφής	€ ανά τόνο (€/tn)
Δαπάνες κατασκευής χώρου	6,22
Κόστος Διάτρησης	0,13
Κόστος Υποστήριξης	4,22
Κόστος γόμωσης - πυροδότησης	1,03
Κόστος φόρτωσης - μεταφοράς	0,79
Κόστος αερισμού	0,05
Δαπάνες προσωπικού	1,90
Λοιπά έξοδα	1,28
Απόσβεση κεφαλαίου	0,76
Απρόβλεπτα έξοδα (10%)	1,02
Συνολικό κόστος εκσκαφής	11,18 €/tn

Οι τιμές του Πίνακα 3.4 είναι του έτους 2008 και διαφέρουν από τις σημερινές. Αυτό οφείλεται στην αύξηση του πληθωρισμού τα τρία τελευταία χρόνια.

Στον Πίνακα 3.5 φαίνεται η αύξηση του πληθωρισμού ανά έτος :

Πίνακας 3.5: Τιμές πληθωρισμού τελευταίων ετών.

Έτος	Πληθωρισμός
2009	1,2%
2010	4,7%
2011	3,3%

Επομένως, βάσει των παραπάνω στοιχείων του πληθωρισμού, το συνολικό κόστος εκσκαφής με τη μέθοδο Swellex, για το έτος 2012, ανέρχεται στα 12,23€/tn.

Κόστος Εργολαβίας

Σε κάθε έργο όπου ασχολείται εργολάβος στο συνολικό κόστος πρέπει να συμπεριληφθεί και το κέρδος του εργολάβου, το οποίο συνήθως λαμβάνεται ως το 20% του αντίστοιχου κόστους, στην προκειμένη περίπτωση του κόστους εκσκαφής εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι στον υπόγειο χώρο επιλέχθηκε να γίνει η τοποθέτηση κοχλιών τύπου Swellex.

Επομένως λαμβάνεται υπόψη το αντίστοιχο συνολικό κόστος. Δηλαδή :

$$\text{Κέρδος εργολάβου} = 12,23 \text{ €/tn} \times 20\% = 2,44 \text{ €/tn}$$

Επομένως το κόστος εκσκαφής του πετρώματος για τον κύριο του έργου θα είναι :

$$\text{Κόστος εκσκαφής για κύριο έργο} = 12,23\text{€/tn} + 2,44 \text{ €/tn} = 14,67 \text{ €/tn}$$

Συνεπώς το συνολικό κόστος για τον κύριο του έργου λαμβάνοντας υπόψη ότι η απόληψη του πετρώματος (μαζί με τις προσπελαστικές στοές) θα αντιστοιχεί σε : 22492,6 tn αδρανών υλικών και θα είναι :

$$\text{Συνολικό κόστος εκσκαφής} = 22492,6 \text{ tn} \times 14,67 \text{ €/tn} = 329.967\text{€}$$

Υπολογισμός Κόστους Διαμόρφωσης υπογείου χώρου σε αποθηκευτικό χώρο ευπαθών προϊόντων

Η διαμόρφωση της υπόγειας αποθήκης περιλαμβάνει το κόστος για τα είδη και τις ποσότητες σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκαν και τα είδη μονώσεων. Συμπεριλήφθηκαν επίσης τα κόστη για τους απαραίτητους χρωματισμούς καθώς και τους τοίχους γυψοσανίδων, για τη δημιουργία χώρων γραφείων και WC. Τέλος συμπεριλήφθηκαν και τα κόστη για τις ηλεκτρικές, τις υδραυλικές εγκαταστάσεις και τις εγκαταστάσεις πυρόσβεσης καθώς και το κόστος των κλιματιστικών μονάδων. Επιπλέον, προστέθηκε ένα 10% του κόστους διαμόρφωσης σαν απρόβλεπτα έξοδα.

Στον Πίνακα 3.6 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές των εργασιών που έγιναν για την διαμόρφωση της υπόγειας αποθήκης.

Πίνακας 3.6: Κόστος διαμόρφωσης υπόγειας αποθήκης.

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ				
εργασία	μονάδα	τιμή	ποσότητα	αξία
	μέτρησης	μονάδος		
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ				
Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (με πλέγμα)	μ ³	70,00	130,00	9.100,00
Ελαφρό μπετόν πάσης φύσεως (ΒΕΤΟCEL, περλιτόδεμα κλπ)	μ ³	50,00	275,00	13.750,00
ΣΥΝΟΛΟ				22.850,00
ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ				
Τοίχοι γυψοσανιδών με 2 γυψ. σε κάθε πλευρά	μ ²	17,00	432,00	7.344,00
ΣΥΝΟΛΟ				7.344,00
ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ				
Μονόφυλλη πυράντοχη πόρτα T30 ως T90 εξ.	τεμ.	400,00	5,00	2.000,00
Δίφυλλη πυράντοχη πόρτα T30 ως T90 εξ.	τεμ.	700,00	2,00	1.400,00
ΣΥΝΟΛΟ				3.400,00
ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ				
Υγρομόνωση με μεμβράνες / ασφαλτόπανα	μ ²	9,00	1200	10.800,00
Υγρομόνωση με επαλειφόμενο υλικό	μ ²	5,00	1200	6.000,00
ΣΥΝΟΛΟ				16.800,00
ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ				
Χρωματισμοί / επαναχρωματισμοι με ακρυλικό ή τσιμεντόχρωμα	μ ²	5,00	3.300,00	16.500,00
ΣΥΝΟΛΟ				16.500,00

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ						
Μεταλλικά πλέγματα για επιχρίσματα						
πυροπροστασίας	μ ²	6,00	200,00			1.200,00
Άσφαλτος προσπελαστικών στοών	μ ²	8,00	480,00			3.840,00
Ικρίωματα ξύλινα ή σίδηρα	μ ²	3,00	400,00			1.200,00
ΣΥΝΟΛΟ						10.080,00
ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ						
Σετ W.C.	αποκ.	120,00	2			240,00
Νεροχύτης-μπαταρία κουζίνας	αποκ.	120,00	1			120,00
ΣΥΝΟΛΟ						360,00
ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ						
Υδρευση - αποχέτευση πλήρους λουτρού / εργαστηρίου	αποκ.	500,00	1,00			500,00
ΣΥΝΟΛΟ						500,00
ΘΕΡΜΑΝΣΗ - ΨΥΞΗ						
Κεντρική κλιματιστική μονάδα 150.000 Btu/h	τεμ.	18710,00	2			37.420,00
ΣΥΝΟΛΟ						37.420,00
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ						
Φωτιστικό σώμα φθορισμού	τεμ.	50,00	50			2.500,00
Καλωδιώσεις	μ	0,90	320			288,00
Πίνακες	τεμ.	56,00	2			112,00
Βιομηχανικών-Βιοτεχνικών χώρων-αποθηκών	μ ² /κάτο	6,00	1200			7.200,00
ΣΥΝΟΛΟ						10.100,00
ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΚΑΙ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ						
Αντλητικό	τεμ.	4.200,00	1,00			4.200,00
Πυρανιχνευτές	τεμ.	15,00	16,00			240,00
Πυροσβεστικές φωλιές	τεμ.	4,00	170,00			680,00
Χαλυβδοσωλήνας	μ	20,00	340,00			6.800,00
Πυροσβεστήρες CO ₂	τεμ.	110,00	2,00			220,00
Πυροσβεστήρες ξηράς κόνεως	τεμ.	85,00	54,00			4.590,00
Ψεκαστήρες	τεμ.	5,00	16,00			80,00
ΣΥΝΟΛΟ						16.810,00
ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ						125.354,00
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ						12.500,00
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ						137.854,00

Το γενικό σύνολο του Πίνακα 3.6 εμπεριέχει το κόστος διαμόρφωσης της υπόγειας αποθήκης χωρίς το κόστος εκσκαφής και εργολαβίας.

Συνολικό κόστος κατασκευής Υπόγειου Χώρου

Το συνολικό κόστος κατασκευής του υπόγειου αποθηκευτικού χώρου αποτελείται απ το συνολικό κόστος διαμόρφωσης και το συνολικό κόστος εκσκαφής - εργολαβίας το οποίο είναι :

$$329.967\text{€} + 137.854\text{€} = 467821\text{€}$$

Όπως και στον επίγειο χώρο έτσι και εδώ πρέπει να υπολογιστεί το κόστος του οικοπέδου που πρέπει να αγοραστεί. Στους υπόγειους χώρους το μόνο οικόπεδο που πρέπει κάποιος να αγοράσει είναι αυτό της επιφάνειας γύρο από τις εισόδους του χώρου. Η υπόγεια έκταση γης δεν αγοράζεται παρόλα αυτά μπορεί να γίνει κάποια συμφωνία μεταξύ κράτους και ιδιώτη. Όσον αφορά το μέγεθος του οικοπέδου που πρέπει να έχουμε αυτό δεν χρειάζεται να ξεπερνάει τα 500m² αφού θα χρησιμοποιηθεί μονάχα για φύλαξη των εισόδων και για στάθμευση των φορτηγών . Επομένως στο κόστος του υπογείου χώρου θα αυξηθεί κατά 100.000€ και θα φτάσει στις 567.821€

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ
ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΠΟΔΟΣΗΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο σχεδιάστηκαν οι δύο αποθηκευτικοί χώροι και κοστολογήθηκαν όσον αφορά την κατασκευή και την διαμόρφωση τους. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος και το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί για την ενεργειακή μελέτη τους και την κοστολόγηση της. Το λογισμικό χρησιμοποιείται είναι το ΤΕΕ - ΚΕΝΑΚ , ένα πρόγραμμα που αναπτύχθηκε και διατίθεται από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.

4.2 ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΤΕΕ - ΚΕΝΑΚ

Το ΤΕΕ ανέπτυξε ειδικό λογισμικό για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και κατάταξης (βαθμονόμησης) των κτιρίων, τόσο κατά την διαδικασία ενεργειακών επιθεωρήσεων όσο και κατά την εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης.

Το ειδικό λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ).

Επίσης, με τη συμβολή μεγάλου αριθμού εξειδικευμένων επιστημόνων αλλά και απλών χρηστών έγινε προσπάθεια ενσωμάτωσης των περισσότερων παρατηρήσεων από την πιλοτική διάθεσή του, προκειμένου για την αναβάθμιση και βελτίωση του και πλέον αποτελεί ένα κοινό σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα.

Το λογισμικό αυτό εφαρμόζει τους απαραίτητους αλγόριθμους για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα, βασιζόμενο στην μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ EN ISO 13790, κ.α.) καθώς και στα σχετικά εθνικά πρότυπα και στις αντίστοιχες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

Στο λογισμικό εισάγονται δεδομένα σχετικά με τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων, σκιάσεις κ.α.), καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των απαραίτητων Η/Μ εγκαταστάσεων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης / ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των υπολογισμών, εκτυπώνονται σε αντίστοιχες αναφορές του λογισμικού.

Το λογισμικό δεν υποστηρίζει τις μελέτες σχεδιασμού του κτιρίου (π.χ. αρχιτεκτονική μελέτη, μελέτη θέρμανσης, κλιματισμού και λοιπών Η/Μ εγκαταστάσεων), που υποβάλλονται για τα νέα κτίρια και οι οποίες πρέπει να προηγηθούν και είναι απαραίτητες για τους υπολογισμούς της Ενεργειακής Απόδοσης του κτιρίου. Μέσω των τελικών μελετών σχεδιασμού τεκμηριώνεται η εφαρμογή ή η αδυναμία εφαρμογής (στο βαθμό που αυτό επιτρέπεται) των ελάχιστων προδιαγραφών (σχεδιασμός κτιρίου, κτιριακού κελύφους και Η/Μ εγκαταστάσεων) για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια όπως ορίζονται στο άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ. Η τεκμηρίωση εφαρμογής ή αδυναμίας εφαρμογής των ελάχιστων προδιαγραφών θα πρέπει να αναφέρονται - περιγράφονται στο τεύχος της μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης, όπως ορίζεται στο άρθρο 11 του ΚΕΝΑΚ.

Το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ χρησιμοποιείται για την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης, προκειμένου για τον υπολογισμό ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξη των κτηρίων, με σκοπό την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης - ΠΕΑ. Επίσης χρησιμοποιείται στο στάδιο σύνταξης και υποβολής Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης και μόνο για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου, προκειμένου να υπάρχει κοινή μεθοδολογία και αντιστοιχία των αποτελεσμάτων της μελέτης με εκείνα της ενεργειακής επιθεώρησης μετά την ολοκλήρωση κατασκευής του κτιρίου.

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του ΚΕΝΑΚ, για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790, και των υπολοίπων σχετικών προτύπων. Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και

ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων που είναι τμήμα της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης, χρησιμοποιούνται λογισμικά τα οποία θα πρέπει να αξιολογούνται από την Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (ΕΥΕΠΕΝ), του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ).

Για τα υπόλοιπα στάδια εκπόνησης και σύνταξης της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (τεκμηρίωση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας, τεκμηρίωση ηλεκτρομηχανολογικού σχεδιασμού), μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπολογιστικά ή σχεδιαστικά εργαλεία κατά την κρίση και επιθυμία του μελετητή (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011).

4.3 ΓΙΑΤΙ ΕΠΙΛΕΧΘΗΚΕ ΤΟ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Σε προηγούμενες διπλωματικές εργασίες, με παραπλήσιο θέμα, οι φοιτητές που τις εκπόνησαν ακολούθησαν μεθόδους υπολογισμού χρονοβόρες και με θεωρητικά αποτελέσματα αφού δεν ήταν δυνατό να συνυπολογίσουν κάθε στοιχείο, για παράδειγμα η μεταβολή της θερμοκρασίας μέσα στο έτος αλλάζει και την χρήση στα κλιματιστικά συστήματα επομένως και την κατανάλωση ηλεκτρικής ή άλλης μορφής ενέργειας. Το παραπάνω μπορεί πολύ εύκολα να υπολογιστεί μέσω της επιλογής κλιματικών ζωνών του λογισμικού. Παραπάνω αναφορά και επεξήγηση του προγράμματος θα παρουσιαστεί παρακάτω.

Για λόγους ακρίβειας στους υπολογισμούς και για όφελος χρόνου, που θα προέκυπτε, αποφασίστηκε η χρήση κάποιου λογισμικού. Έπρεπε, λοιπόν, να γίνει επιλογή κάποιου από τα προγράμματα της αγοράς που θα χρησιμοποιείτο. Σε αυτή την επιλογή η τιμή του λογισμικού ΚΕΝΑΚ έπαιξε καθοριστικό ρόλο καθώς και το γεγονός ότι είναι αναγνωρισμένο από το ΤΕΕ. Η τιμή του λογισμικού ΚΕΝΑΚ ανέρχεται στα 132€ σε αντίθεση με άλλα προγράμματα όπως το λογισμικό ΚΕΝΑΚ 4Μ όπου κοστίζει περίπου τα δεκαπλάσια.

4.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Κατά τη χρήση του λογισμικού ΚΕΝΑΚ αντιμετωπίστηκαν προβλήματα δύο ειδών.

Το πρώτο πρόβλημα ήταν οι δυσλειτουργίες που παρουσίαζε στους περισσότερους υπολογιστές. Η εγκατάσταση ήταν δύσκολη και οι υπολογισμοί των αποτελεσμάτων της μελέτης σε πολλούς υπολογιστές δεν εμφανίζονταν σωστοί. Προβάλλονταν μόνο τα αποτελέσματα της πρώτης μελέτης που είχε γίνει στον συγκεκριμένο υπολογιστή, με αποτέλεσμα να πρέπει να γίνεται επιλογή άλλου υπολογιστή ή να γίνεται απεγκατάσταση και ξανά εγκατάσταση του προγράμματος σε κάθε αλλαγή των δεδομένων προς υπολογισμό.

Η δεύτερη κατηγορία προβλημάτων ήταν ότι το πρόγραμμα έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί για επίγειες εγκαταστάσεις. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να πρέπει να πραγματοποιούνται πολλές προσπάθειες, δίνοντας διαφορετικά δεδομένα κάθε φορά, ούτως ώστε να ληφθούν σωστότερα αποτελέσματα για την περίπτωση της υπόγειας αποθήκης.

Παρόλα αυτά το πρόγραμμα ήταν ένα σημαντικό εργαλείο στον υπολογισμό των ενεργειακών αποδόσεων των αποθηκών.

4.5 ΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Για την κατανόηση του προγράμματος και την ευκολότερη παρακολούθηση της διπλωματικής περαιτέρω παραθέτονται οι παρακάτω ορισμοί :

«Κτίριο αναφοράς» : Είναι ένας όρος που αναφέρεται πάρα πολύ συχνά μέσα στον ΚΕΝΑΚ και αφορά ένα εικονικό κτίριο που δημιουργείται ξεχωριστά για κάθε περίπτωση και έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς φέρνει τις ελάχιστες προδιαγραφές που πρέπει να έχει το εξεταζόμενο κτίριο. Ανάλυση για τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιρίου αναφοράς παρουσιάζονται στο παράρτημα της διπλωματικής.

«Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου» : Το άθροισμα των επιμέρους υπολογιζόμενων ενεργειακών καταναλώσεων ενός κτιρίου για ΘΨΚ (θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό) , παραγωγή ΖΝΧ (ζεστό νερό χρήσης) και φωτισμό.

«Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου» : Είναι η Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου μετά από αναγωγή σε πρωτογενής ενέργεια (Φυσικό αέριο, Πετρέλαιο Θέρμανσης, Ηλεκτρική Ενέργεια, Βιομάζα)

«Θερμική Ζώνη κτιρίου» : Σύνολο (ομάδα) χώρων μέσα στο κτίριο με όμοιες απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες και χρήση.

«Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης» : Η μελέτη που αναλύει και αξιολογεί την απόδοση του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων.

Περισσότεροι ορισμοί παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ της διπλωματικής.

4.6 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων προσδιορίζεται με βάση τη μεθοδολογία υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τουλάχιστον τα παρακάτω στοιχεία (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2010):

1.1 Τη χρήση του κτιρίου, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό χρηστών.

1.2 Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου (θερμοκρασία, σχετική και απόλυτη υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία).

1.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (σχήμα και μορφή κτιρίου, διαφανείς και μη επιφάνειες, σκίαστρα κ.α.), σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (χωρίσματα κ.α.).

1.4 Θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, ανακλαστικότητα, και εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας).

1.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων, κ.α.).

1.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης ΘΨΚ χώρων (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων, κ.α.).

1.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης μηχανικού αερισμού (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων, κ.α.).

1.8 Τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ZNX (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων, κ.α.).

1.9 Τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού για τα κτίρια του τριτογενή τομέα.

1.10 Παθητικά ηλιακά συστήματα.

2. Στη μεθοδολογία υπολογισμού συνεκτιμάται, κατά περίπτωση, η θετική επίδραση των ακόλουθων συστημάτων:

2.1 Ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, και άλλων συστημάτων παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

2.2 Ενέργεια παραγόμενη με τεχνολογίες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού/θερμότητας (ΣΗΘ).

2.3 Κεντρικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου (τηλεθέρμανση).

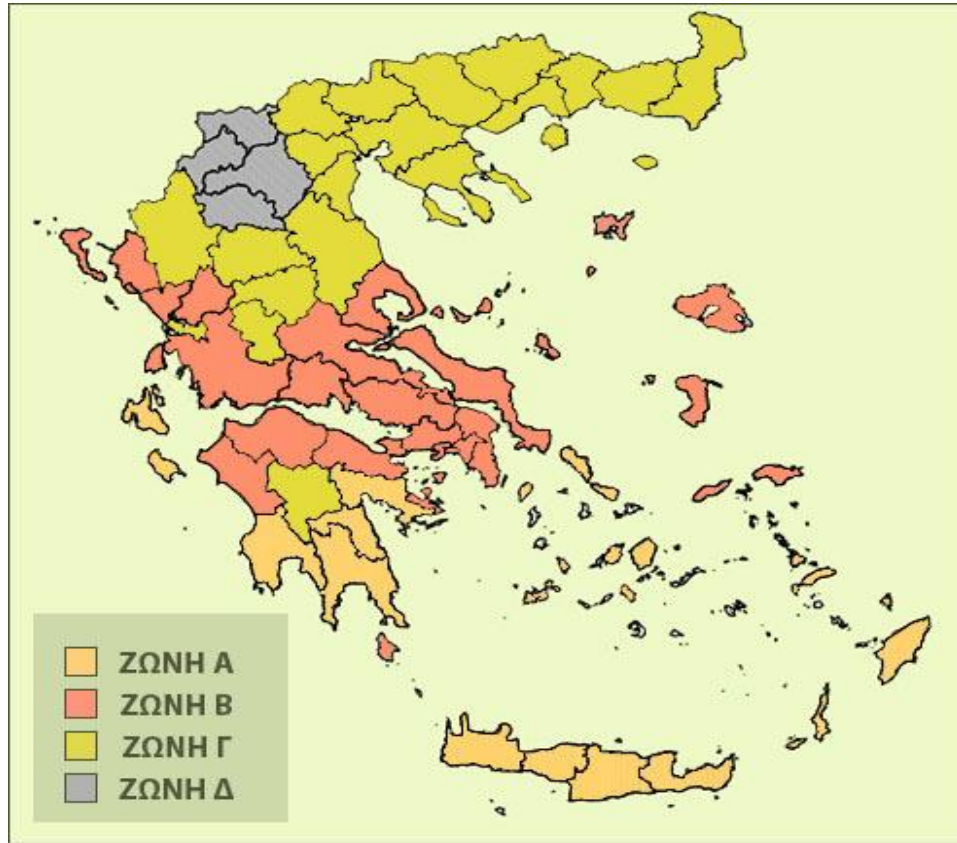
2.4 Φυσικός φωτισμός.

4.7 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

Με βάση τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης. Στον Πίνακα 4.1 δίνονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες, ενώ ακολουθεί και σχηματική απεικόνιση των παραπάνω ζωνών στο Χάρτη 4.1.

Πίνακας 4.1: Νομοί της Ελλάδος ανά κλιματική ζώνη.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη
ΖΩΝΗ Β	Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα



Χάρτης 4.1: Κλιματικές ζώνες ελληνικής επικράτειας.

2. Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο πάνω από 600m από την επιφάνεια της θάλασσα εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω.

Οι κλιματικές ζώνες ζητούνται από το πρόγραμμα και η επιλογή τους καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα για αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητο να γίνει γνωστό που ανήκει ο χώρος που εξετάζεται.

4.8 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Το πρόγραμμα για την σωστή λειτουργία του έχει προδιαγραφές όσον αφορά τους τρεις παρακάτω τομείς

- Σχεδιασμός κτιρίου
- Κτιριακό κέλυφος
- Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις

Αναλυτικότερα οι προδιαγραφές του λογισμικού ΚΕΝΑΚ

1. Σχεδιασμός κτιρίου

1.1 Στο σχεδιασμό του κτιρίου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κάτωθι παράμετροι:

α) Κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτιρίου για τη μέγιστη αξιοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών.

β) Διαμόρφωση περιβάλλοντα χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος.

γ) Κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό ανάλογα με τις απαιτήσεις ηλιασμού, φυσικού φωτισμού και αερισμού.

δ) Χωροθέτηση των λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης (θερμικές, φυσικού αερισμού και φωτισμού).

ε) Ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων (ΠΗΣ) όπως: ανοίγματα άμεσου ηλιακού κέρδους, τοίχος μάζας, τοίχος Trombe, ηλιακός χώρος – θερμοκήπιο.

στ) Ηλιοπροστασία.

ζ) Ένταξη τεχνικών φυσικού αερισμού.

η) Εξασφάλιση οπτικής άνεσης μέσω τεχνικών και συστημάτων φυσικού φωτισμού.

1.2 Αδυναμία εφαρμογής των ανωτέρω απαιτεί επαρκή τεχνική τεκμηρίωση σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και τις επικρατούσες συνθήκες.

2. Κτιριακό κέλυφος

2.1 Θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων κτιριακού κελύφους:

α) Τα επιμέρους δομικά στοιχεία του εξεταζόμενου υπό μελέτη νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου (κατά την έννοια του άρθρου 5 του ν. 3661/2008) κτιρίου, πρέπει να πληρούν τους περιορισμούς θερμομόνωσης του Πίνακα 4.2.

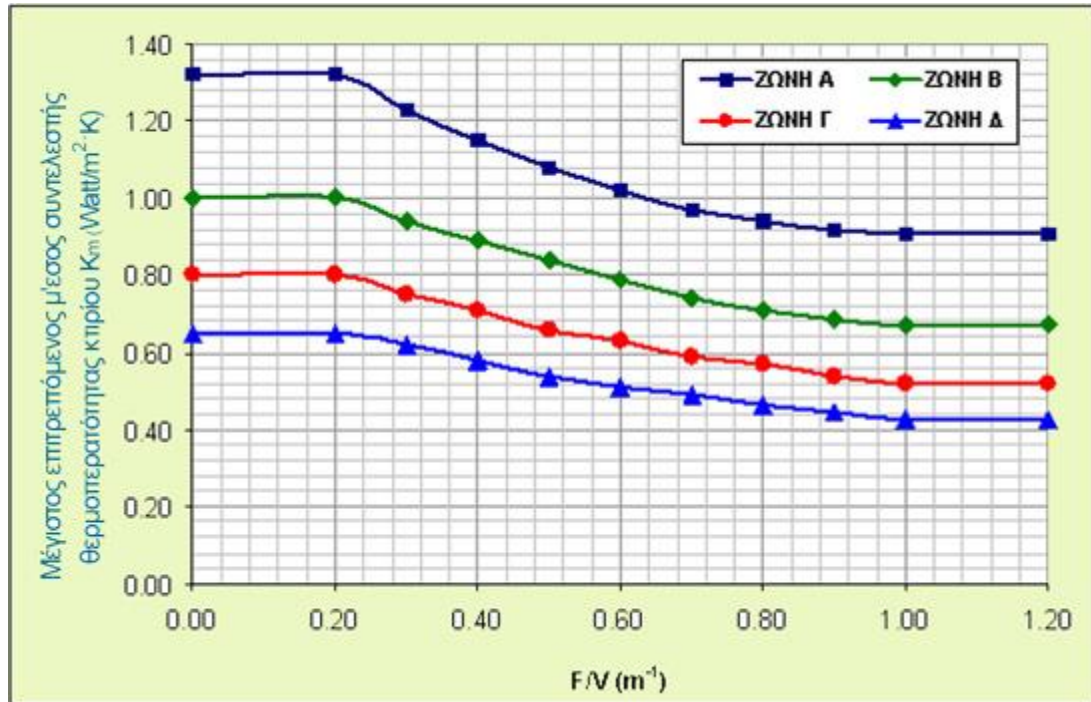
Πίνακας 4.2: Μέγιστος επιτρεπόμενος Συντελεστής Θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜΒΟΛΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/m ² .K]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	k _D	0,50	0,40	0,38	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	k _W	0,60	0,50	0,44	0,33
Δάπεδα χώρων διαμονής σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	k _{DL}	0,50	0,40	0,40	0,30
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	k _G	1,50	1,00	0,38	0,35
Διαχωριστικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	k _{WE}	1,50	1,00	0,70	0,50
Ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κ.α)	k _F	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	k _{GF}	1,80	1,80	1,80	1,80

β) Η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας k_m του εξεταζόμενου υπό μελέτη νέου ή ανακαινιζόμενου κτιρίου δεν υπερβαίνει τα όρια που δίδονται στον Πίνακα 4.3 και το Διάγραμμα 4.1:

Πίνακας 4.3: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας k_m κατά κλιματική ζώνη

F/V (m- 1)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (k_m) σε [W/m ² .K]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1,32	1,00	0,80	0,65
0,3	1,23	0,94	0,75	0,62
0,4	1,15	0,89	0,71	0,58
0,5	1,08	0,84	0,66	0,55
0,6	1,02	0,79	0,63	0,51
0,7	0,97	0,74	0,59	0,49
0,8	0,94	0,71	0,57	0,47
0,9	0,92	0,69	0,54	0,45
≥ 1,0	0,91	0,67	0,52	0,43



Διάγραμμα 4.1: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας km κατά κλιματική ζώνη.

γ) Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας $k_{m(W,F)}$ των επιφανειών των εξωτερικών τοίχων συμπεριλαμβανομένων των ανοιγμάτων δεν υπερβαίνει την τιμή $1,80 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ανά όροφο.

3. Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις

3.1 Οι επιμέρους Η/Μ εγκαταστάσεις του εξεταζόμενου υπό μελέτη νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτιρίου, που θα επιλεγούν πληρούν τους εξής περιορισμούς:

α) Ο κεντρικός λέβητας του συστήματος θέρμανσης είναι πιστοποιημένος με βαθμό ενεργειακής απόδοσης τουλάχιστον ενός αστέρα (*).

β) Τα μηχανήματα απευθείας εκτόνωσης είναι πιστοποιημένα από το Eurovent ή ισοδύναμο εργαστήριο πιστοποίησης σε συνθήκες Eurovent και έχουν συντελεστή

συμπεριφοράς (COP) στη ψύξη τουλάχιστον 2,8 για μηχανήματα μέχρι 5 kW και τουλάχιστον 2,4 για μηχανήματα μεγαλύτερα από 5 kW.

γ) Τα μηχανήματα κεντρικών συστημάτων νερού με αντλίες θερμότητας ή ψύκτη είναι πιστοποιημένα από το Eurovent, ή ισοδύναμο εργαστήριο πιστοποίησης σε συνθήκες Eurovent και έχουν συντελεστή συμπεριφοράς (COP) στη ψύξη για αερόψυκτα τουλάχιστον 2,2 για μηχανήματα μέχρι 120 kW και τουλάχιστον 2,5 για μηχανήματα μεγαλύτερα από 120 kW, ενώ για υδρόψυκτα τουλάχιστον 3,2 για μηχανήματα μέχρι 120 kW και τουλάχιστον 3,7 για μηχανήματα μεγαλύτερα από 120 kW.

δ) Κάθε κεντρική κλιματιστική μονάδα (ΚΚΜ) που εγκαθίσταται στο κτίριο με παροχή νερού αέρα $\geq 60\%$, επιτυγχάνει ανάκτηση θερμότητας σε ποσοστό τουλάχιστον 50%.

ε) Οι αντλίες ή/και οι κυκλοφορητές είναι πιστοποιημένοι με ενεργειακή κλάση τουλάχιστον (B).

στ) Τα δίκτυα διανομής (νερού ή αλλού μέσου) της κεντρικής θέρμανσης ή της εγκατάστασης ψύξης, έχουν μέσο συντελεστή θερμικών απωλειών διανομής μικρότερο από 7% για δίκτυα μέχρι και 20 m και μικρότερο από 12% για δίκτυα μεγαλύτερα των 20 m.

ζ) Τα δίκτυα διανομής και επανακυκλοφορίας της κεντρικής εγκατάστασης ZNX, έχουν μέσο συντελεστή θερμικών απωλειών διανομής μικρότερο από 15% για δίκτυα χωρίς επανακυκλοφορία και μικρότερο από 30% για δίκτυα με επανακυκλοφορία.

η) Τα δίκτυα διανομής θερμού και ψυχρού μέσου διαθέτουν σύστημα αντιστάθμισης για την αντιμετώπιση των μερικών φορτίων.

θ) Η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ZNX καλύπτεται από ηλιοθερμικά συστήματα. Το ελάχιστο ποσοστό του ηλιακού μεριδίου σε ετήσια βάση καθορίζεται ως εξής: κλιματική ζώνη Α: $\geq 80\%$, κλιματική ζώνη Β: $\geq 75\%$, κλιματική ζώνη Γ: $\geq 70\%$, κλιματική ζώνη Δ: $\geq 65\%$. Η υποχρέωση αυτή δεν ισχύει για τις εξαιρέσεις που αναφέρονται στο άρθρο 11 του ν. 3661/08, καθώς και όταν οι ανάγκες σε ZNX καλύπτονται από άλλα αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ΑΠΕ, ΣΗΘ, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και γεωθερμικές αντλίες θερμότητας.

- ι) Τα συστήματα γενικού φωτισμού στα κτίρια του τριτογενή τομέα έχουν μέγιστη ενεργειακή απόδοση 0,015 [W/lumen]. Για επιφάνεια μεγαλύτερη από 15 m² ο τεχνητός φωτισμός ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες. Στους χώρους με φυσικό φωτισμό εξασφαλίζεται η δυνατότητα σβέσης τουλάχιστον του 50% των λαμπτήρων που βρίσκονται εντός αυτής.
- κ) Σε όλα τα κτίρια που απαιτείται κατανομή δαπανών υπάρχει αυτονομία θέρμανσης, όπως στην περίπτωση πολυκατοικίας (ανά διαμέρισμα), ή συγκροτημάτων κατοικιών (ανά κατοικία), ή σε άλλες ειδικές περιπτώσεις κτιρίων παράλληλης χρήσης από διαφορετικούς χρήστες (πολυκαταστήματα, κτίρια γραφείων κ.α.).
- λ) Όπου απαιτείται κατανομή δαπανών θέρμανσης, εφαρμόζεται θερμοδομέτρηση, καθώς επίσης και σε κεντρικά συστήματα παραγωγής ZNX.
- μ) Σε όλα τα κτίρια υπάρχει θερμοστατικός έλεγχος της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη κτιρίου (διαμέρισμα, κατάστημα σε εμπορικό κέντρο, κ.α.).
- ν) Στα κτίρια του τριτογενή τομέα απαιτείται η εγκατάσταση κατάλληλου εξοπλισμού αντιστάθμισης της άεργου ισχύος των ηλεκτρικών τους καταναλώσεων, για την αύξηση του συντελεστή ισχύος τους (συνφ) σε επίπεδο κατ' ελάχιστον 0,95 (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα υπολογιστούν οι ενεργειακές αποδόσεις και οι εκπομπές CO₂ των δύο αποθηκευτικών χώρων. Οι υπολογισμοί αυτοί πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό TEE – KENAK το οποίο παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ακόμα χρησιμοποιήθηκε και το λογισμικό 4M KENAK που είναι ένα καλύτερο και πιο απλό στην χρήση πρόγραμμα.

Εξετάστηκαν και υπολογίστηκαν οι ενεργειακές αποδόσεις των δύο αποθηκευτικών χώρων σε θερμοκρασίες 20°C , 15°C και 5°C. Η θερμοκρασία των 20°C είναι θερμοκρασία αναφοράς, αφού γι αυτήν δίνει αποτελέσματα το λογισμικό TEE – KENAK. Η θερμοκρασία των 15°C επιλέχθηκε να εξεταστεί γιατί σε τέτοια θερμοκρασία αποθηκεύονται τα περισσότερα είδη φαρμάκων καθώς και οι ηλεκτρικές συσκευές. Τέλος η θερμοκρασία των 5°C επιλέχθηκε να εξεταστεί γιατί σε τέτοια θερμοκρασία αποθηκεύονται πολλά είδη τροφίμων όπως φρούτα και λαχανικά.

5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Σε αυτήν την ενότητα υπολογίστηκαν τα θερμικά φορτία λόγω δομικών στοιχείων του επιφανειακού χώρου αποθήκευσης.

Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας

Ο επιφανειακός χώρος αποτελείται από τέσσερα διαφορετικά στοιχεία δόμησης, τα οποία είναι οι τοίχοι, το δάπεδο, οι κολώνες (φέρων στοιχεία) και η οροφή. Επομένως χρειάζονται τρεις συντελεστές θερμοπερατότητας K. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο :

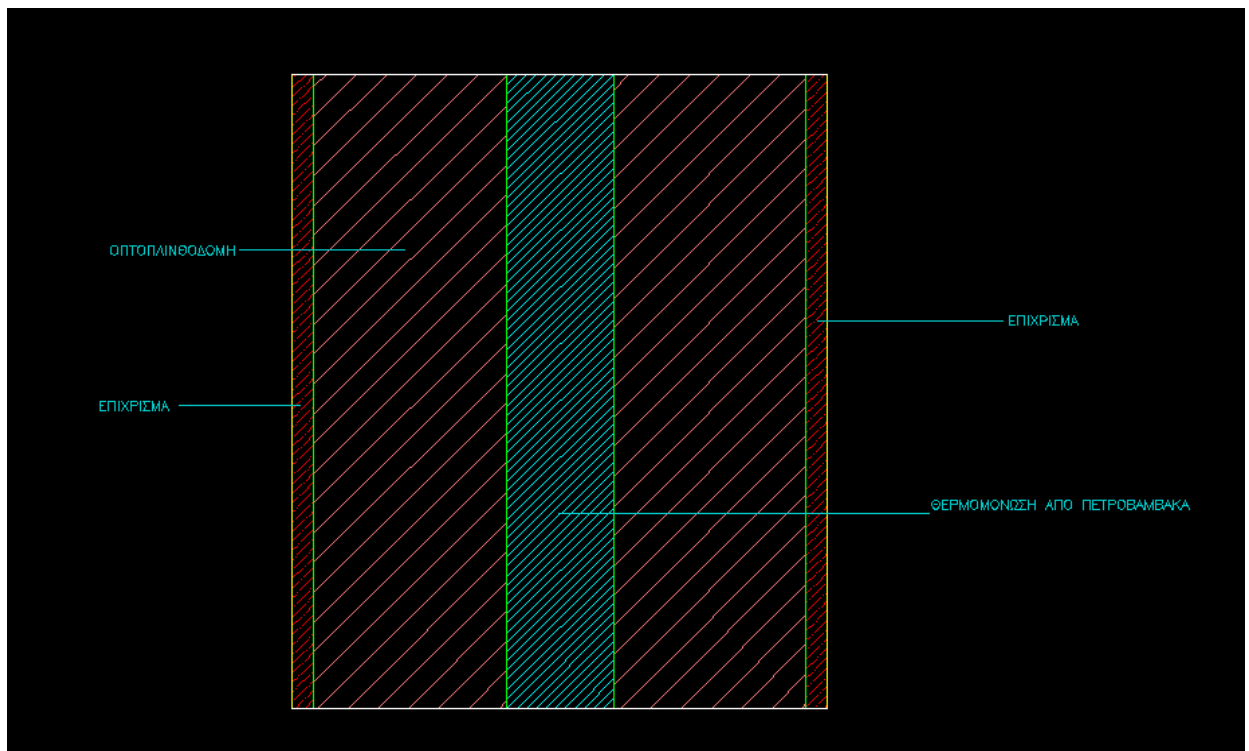
$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{εσωτ}}} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{εξωτ}}}}$$

Όπου :

- α: Επιφανειακός συντελεστής θερμοπερατότητας ($\text{m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$)
- d: Πάχος δομήσεως (cm)
- λ: Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ($\text{Kcal} / \text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$)

Στον υπέργειο χώρο που εξετάζεται, ο τοίχος αποτελείται από :

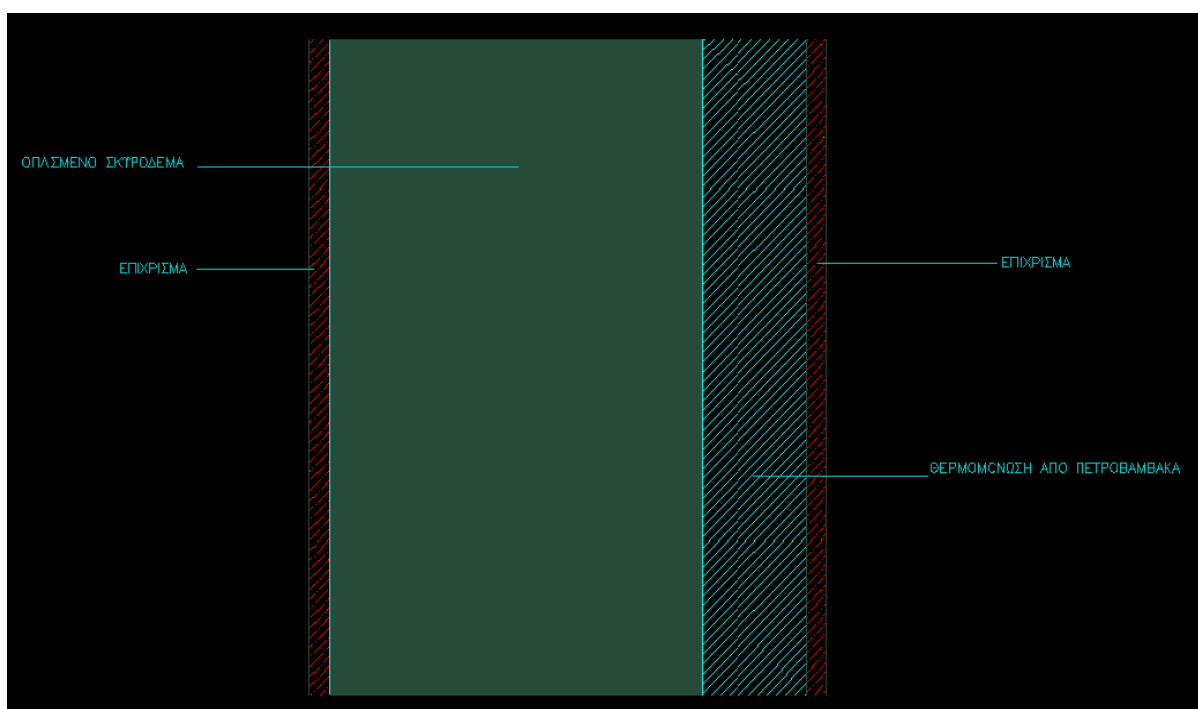
1. Επίχρισμα πάχους 1 cm
2. Τούβλα πάχους 9 cm
3. Μόνωση πάχους 6 cm
4. Τούβλα πάχους 9 cm
5. Επίχρισμα πάχους 1 cm



Εικόνα 5.1: Διάταξη δομικών στοιχείων τοίχου.

Το φέρον στοιχείο(εξετάζοντας από μέσα προς τα έξω) αποτελείται από:

1. Επίχρισμα πάχους 1 cm
2. Μπετόν πάχους 18 cm
3. Μόνωση πάχους 5 cm
4. Επίχρισμα πάχους 1 cm



Εικόνα 5.2: Διάταξη δομικών στοιχείων φέροντος στοιχείου.

Η οροφή αποτελείται από :

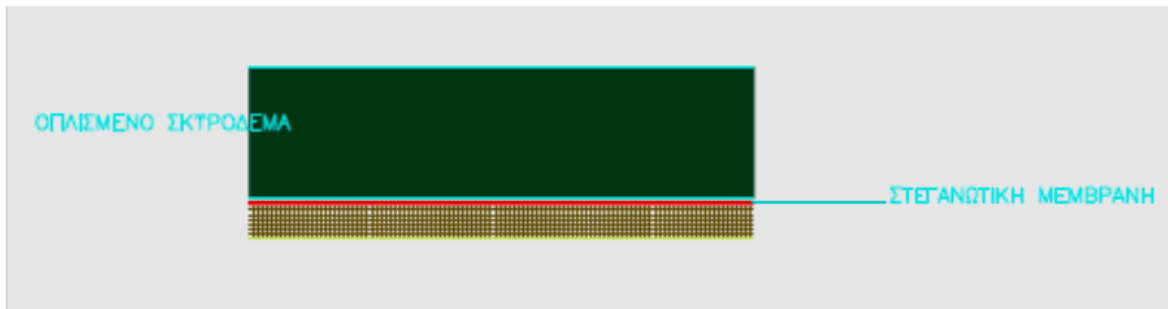
1. Επίχρισμα πάχους 2cm
2. Στεγανωτική μεμβράνη (υγρομόνωση) πάχους 1cm
3. Θερμομόνωση από Dow πάχους 5cm
4. Οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm
5. Πλάκες οροφής πάχους 3cm



Εικόνα 5.3: Διάταξη δομικών στοιχείων οροφής.

Το δάπεδο (εξετάζοντας από πάνω προς τα κάτω) αποτελείται από:

1. Μπετόν πάχους 20 cm
2. Υγρομόνωση πάχους 1 cm



Εικόνα 5.4: Διάταξη δομικών στοιχείων δαπέδου.

Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του καθενός.

Πίνακας 5.1 : Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των δομικών στοιχείων της τοιχοποιίας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2., 2010).

α/α	Τοίχωμα	λ (Kcal/m ³ *h*°C)
1	Επίχρισμα	0,87
2	Τούβλο	0,52
3	Μπετόν	2,03
4	Μεταλλικό Έλασμα	203,52
5	Μόνωση	0,041
6	Υγρομόνωση	0,19

Για τους τοίχους ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται :

$$K = 1/[1/8,14 + (1/0,87 + 9/0,52 + 5/0,041 + 1/0,87 + 9/0,52) + 1/23,26] = 0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Για τα φέροντα στοιχεία :

$$K = 1/[1/8,14 + (1/0,87 + 18/2,03 + 5/0,041 + 1/0,87) + 1/23,26] = 0,67 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Για την οροφή :

Τα δομικά στοιχεία της παρουσιάζονται Πίνακα 5.2:

Πίνακας 5.2: Δομικά στοιχεία οροφής (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2., 2010).

Δομικά στοιχεία	Μέτρα (m)
Μαλτεζόπλακες	0,03
Τσιμεντοκονίαμα	0,01
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,2
Θερμομόνωση	0,05
Υγρομόνωση	0,01
Επίχρισμα	0,02

Έχει $K = 0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$

Για το δάπεδο :

$$K = 1/[1/8,14 + (20/2,03 + 1/0,19) + 1/23,26] = 3,16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

*Οι παραπάνω υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν, αφού μετατράπηκαν τα cm σε m.

5.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΚΕΝΑΚ

Κτίριο-Ζώνες

Στο πρόγραμμα, του τεχνικού επιμελητηρίου, ΚΕΝΑΚ ζητήθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία για το κτίριο :

- Η συνολική επιφάνεια του χώρου
- Ο θερμαινόμενος όγκος του
- Οι θερμικές ζώνες
- Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα
- Η μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (ZNX)
- Η διείσδυση αέρα από κουφώματα

Ο υπέργειος αποθηκευτικός χώρος έχει συνολική επιφάνεια 864m^2 , ο θερμαινόμενος όγκος του είναι 4315m^3 και αποτελείται από μία θερμική ζώνη. Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα είναι η έκφραση της θερμικής αδράνειας του χώρου, δηλαδή πόσο γρήγορα ανταποκρίνεται στις αλλαγές θερμοκρασίας και εξαρτάται από τη μάζα των υλικών κατασκευής. Ο εξεταζόμενος χώρος έχει ανηγμένη θερμοχωρητικότητα $260\text{KJ/m}^2\text{K}$.

Η μέση κατανάλωση ZNX είναι $18,25\text{m}^3$ ανά έτος. Ο χώρος αυτός έχει πόρτες και παράθυρα οπότε υπάρχει διείσδυση αέρα από κουφώματα η οποία υπολογίστηκε $250\text{m}^3/\text{h}$.

Κέλυφος κτιρίου

Παραπάνω υπολογίστηκαν και παρουσιάστηκαν σχηματικά τα υλικά κατασκευής του δαπέδου, της οροφής, των φερόντων στοιχείων και των τοίχων. Το πρόγραμμα ζητάει το εμβαδόν του καθενός καθώς και τον συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των δομικών στοιχείων του χώρου (U).

Το κέλυφος αποτελείται από τρεις κατηγορίες δομικών στοιχείων :

- Αδιαφανείς επιφάνειες : Αυτές αποτελούνται από τους τοίχους, τις κολώνες, την οροφή και τις εισόδους (πόρτες). Στην Εικόνα 5.5 παρουσιάζεται το είδος, το πλήθος, η θέση τους στο χώρο, το εμβαδόν καθώς και ο συντελεστής θερμοπερατότητάς τους στο λογισμικό TEE – KENAK.

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0 Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις αδιαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)	a^* (-)	ε^* (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
▶ 1	Τοίχος	T1	180	90.00	136.800	0.57	0.80	0.80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	Τοίχος	T2	180	90.00	28.800	0.67	0.80	0.80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
3	Τοίχος	T1	0	90.00	154.080	0.57	0.80	0.80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4	Τοίχος	T2	0	90.00	15.120	0.67	0.80	0.80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
5	Τοίχος	T1	90	90.00	88.480	0.57	0.80	0.80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
6	Τοίχος	T2	90	90.00	9.120	0.67	0.80	0.80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
7	Πόρτα	A1	90	90.00	3.000	3	0.00	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
8	Τοίχος	T1	270	90.00	70.720	0.57	0.80	0.80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
9	Τοίχος	T2	270	90.00	16.080	0.67	0.80	0.80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
10	Πόρτα	A1	270	90.00	3.000	3	0.00	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
11	Οροφή	O1	0	0.00	864.000	0.56	0.80	0.80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
* 12														

	Θερμογέφυρες	ΣΥΜ (W/K)
▶ 1		

Εικόνα 5.5: Κέλυφος – Αδιαφανείς επιφάνειες Πρόγραμμα TEE KENAK.

- Επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος : Αυτές αποτελούνται από το δάπεδο το οποίο έχει εμβαδό 863m^2 και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $U = 3,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ακόμα έχει περίμετρο 121m και βάθος από την επιφάνεια $0,2\text{cm}$.
- Διαφανείς επιφάνειες : Σ αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα παράθυρα, τα οποία έχουν εμβαδό 15m^2 και $U = 4,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Συστήματα ισόγειας αποθήκης

Το πρόγραμμα εδώ χρειάζεται δεδομένα για τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την θέρμανση, την ψύξη, το φωτισμό του χώρου, την κλιματιστική μονάδα καθώς και το ZNX.

- Θέρμανση : Για τη θέρμανση της αποθήκης χρησιμοποιείται κεντρική υδρόψυκτη αντλία θερμότητας (Α.Θ.) η οποία λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια και έχει ισχύ $141,32 \text{ KW}$. Υπάρχει δίκτυο διανομής θερμού αέρα ισχύος 140 KW . Σαν τερματικές μονάδες χρησιμοποιούνται Fan Coils με βαθμό απόδοσης $0,9$. Τέλος υπάρχουν κυκλοφορητές ισχύος 4 KW .

Ενεργειακή Μελέτη Κτιρίων - [F:\αρχαία xml\Mat.xml] - [Συστήματα ζώνης]

Μελέτη Εκτέλεση Αποτελέσματα Έκθεση Προβολή Βοήθεια

Επιλέξτε τα συστήματα που υπάρχουν στην ζώνη: Υγρανση ΚΚΜ Ηλιακός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη Κλιματιστική μονάδα ΖΝΧ Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	Β. Απ. (-)	COP (-)	Jan (-)	Feb (-)	Mar (-)	Apr (-)
▶ 1	Κεντρική αερόψυκτη Α.Β.	Ηλεκτρισμός	140.0000	1	2.7000	1.000	1.000	1.000	1.000
* 2				1	1				

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	Β. Απ. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου		Πάνω από 20% σε εξωτερικούς	0.9000	<input type="checkbox"/>
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	Β. Απ. (-)
▶ 1	Σώματα καλοριφέρ	0.9000

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
* 1		1	0

Εικόνα 5.6: Συστήματα – Θέρμανση Πρόγραμμα TEE KENAK

- Ψύξη : Για την ψύξη χρησιμοποιείται κεντρικός αερόψυκτος ψύκτης που έχει ως πηγή ενέργειας τον ηλεκτρισμό και έχει ισχύ 188,43 KW. Το δίκτυο διανομής του ψυχρού αέρα έχει ισχύ 188 KW. Ως τερματικές μονάδες χρησιμοποιούνται στόμια με βαθμό απόδοσης 0,9 ενώ ως βοηθητικές μονάδες υπάρχουν αντλίες των 4 KW.

Ενεργειακή Μελέτη Κτιρίων - [F:\argheia xpl\Mat.xml] - [Συστήματα ζώνης]

Μελέτη Εκτέλεση Αποτελέσματα **Έκθεση** Προβολή Βοήθεια

Επιλέξτε τα συστήματα που υπάρχουν στην ζώνη: Ύγραση ΚΚΜ Ηλεκτρικός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη Κλιματιστική μονάδα ΖΝΚ Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	Β. Απ. (-)	EER (-)	Ιαν. (-)	Φεβ. (-)	Μαρ. (-)	Απρ. (-)	Μαί. (-)	Ιουν. (-)	Ιουλ. (-)	Αυγ. (-)	Σεπ. (-)
▶ 1	Αεράσικτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	190.0000	1	2.5000	0	0	0	0	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500
* 2				1	1									

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	Β. Απ. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου		Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.9000	<input type="checkbox"/>
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	Β. Απ. (-)
▶ 1	Κλιματιστικά	0.9300

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
* 1		1	0

Εικόνα 5.7: Συστήματα – Ψύξη Πρόγραμμα TEE KENAK.

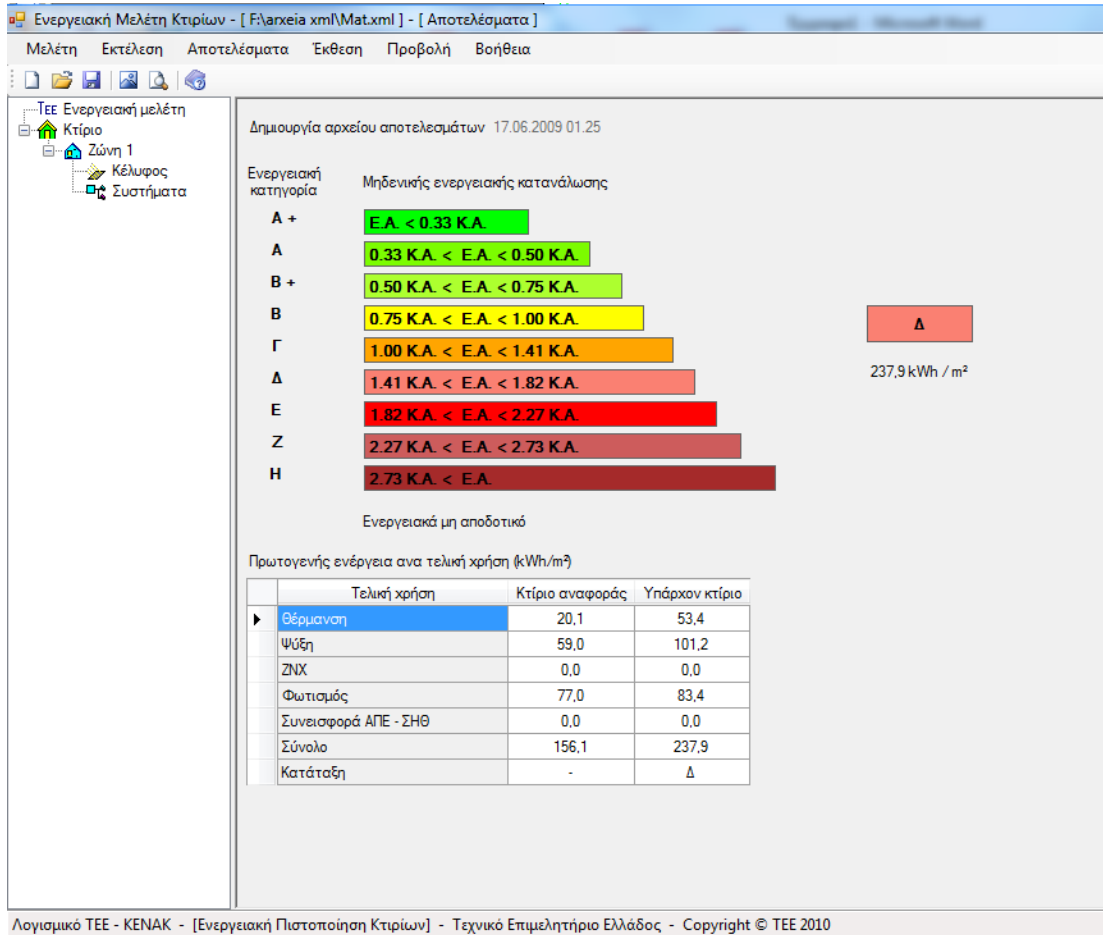
- Κλιματιστική Μονάδα : Η κλιματιστική μονάδα που είναι εγκατεστημένη στην αποθήκη χρησιμοποιείται και κατά την θέρμανση αλλά και κατά την ψύξη του χώρου. Η συνολική παροχή αέρα είναι $19400 \text{ m}^3/\text{h}$ και ο συντελεστής ανακυκλοφορίας αέρα είναι 0,7 ενώ ο συντελεστής ανάκτησης είναι 0,5.
- Φωτισμός : Ο φωτισμός της αποθήκης είναι χειροκίνητος και υπάρχει φωτισμός ασφαλείας καθώς και σύστημα εφεδρείας. Η ισχύς του είναι 7 KW.

Ένα σημαντικό στοιχείο το οποίο πρέπει να τονιστεί είναι η θερμοκρασία, που χρειάζεται να διατηρείται σταθερή στην αποθήκη όλους τους μήνες του χρόνου. Η σταθερή θερμοκρασία επιτυγχάνεται μέσω των συστημάτων θέρμανσης – ψύξης. Η επιλεγμένη περιοχή κατασκευής της αποθήκης είναι η Αττική, συνεπώς βρίσκεται στην κλιματική ζώνη Β. Αυτό το στοιχείο χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα και ρυθμίζει ανάλογα τη λειτουργία των συστημάτων τους διάφορους μήνες του χρόνου. Επομένως, στο πρόγραμμα, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να προσδιοριστεί ποιούς μήνες θα λειτουργεί η μονάδα θέρμανσης και ποιούς η μονάδα ψύξης αλλά και σε τι ποσοστό θα λειτουργούν αυτές.

5.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΕΝΑΚ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΗ

Ο πίνακας των αποτελεσμάτων (Εικόνα 5.8) δείχνει την κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας η οποία είναι η αναγωγή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης σε κατανάλωση πρώτων υλών. Όπως φαίνεται από αυτόν τον πίνακα (Εικόνα 5.8), ο υπέργειος αποθηκευτικός χώρος έχει πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας $237,9\text{kWh/m}^2$. Επίσης έχει για θέρμανση $53,4\text{kWh/m}^2$ και $101,2\text{kWh/m}^2$ σε θερμοκρασία 20°C και ανήκει στην ενεργειακή κατηγορία Δ.

Για να αναχθεί η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας σε τελική τη διαιρείται με το 2,9 το οποίο είναι ο συντελεστής αναγωγής σε πρωτογενή στην περίπτωση που πηγή ενέργειας είναι ο ηλεκτρισμός. Ο συντελεστής αυτός έχει οριστεί στο 2,9 από κανονισμό του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος όπως φαίνεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (Πίνακας Παραρτήματος 1).



Εικόνα 5.8: Ενεργειακή κατάταξη ισόγειας αποθήκης.

Η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου είναι η σύγκριση της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης της αποθήκης με την πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς.

Μέσω αυτής μπορεί να υπολογιστεί η τελική κατανάλωση ενέργειας και έτσι να βρεθούν οι kWh που καταναλώνονται ανά χρόνο λειτουργίας της αποθήκης και στη συνέχεια το κόστος αυτής της κατανάλωσης.

Με πρόγραμμα TEE KENAK υπολογίστηκαν τα αποτελέσματα για θερμοκρασία χρήσης 20°C.

Βάσει του πίνακα αποτελεσμάτων προκύπτει πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 53,4kWh/m² και για ψύξη 101,2kWh/m².

Διαιρώντας την πρωτογενή κατανάλωση με το συντελεστή αναγωγής που είναι 2,9 προκύπτει τελική κατανάλωση για θέρμανση $18,41\text{kWh/m}^2$ και για ψύξη $34,89\text{kWh/m}^2$.

Για θέρμανση στους 20°C καταναλώνονται το χρόνο :

$$18,41\text{kWh/m}^2 \times 864\text{m}^2 / 2,7^* = 5891,2\text{kWh}$$

Για ψύξη στους 20°C καταναλώνονται το χρόνο :

$$34,89\text{kWh/m}^2 \times 864\text{m}^2 / 2,5 = 12058\text{kWh}$$

Σημειώνεται ότι το 2,7 και το 2,5 που χρησιμοποιείται είναι το COP δηλαδή η παράμετρος απόδοσης των αντλιών θερμότητας και ψύξης αντίστοιχα.

Επειδή η αποθήκη προορίζεται για αποθήκευση ευπαθών προϊόντων και το πρόγραμμα δίνει αποτελέσματα για θερμοκρασία 20°C ήταν απαραίτητος ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης για δύο χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας.

Η αλλαγή της θερμοκρασίας, άρα και οι υπολογισμοί της κατανάλωσης ενέργειας πραγματοποιήθηκαν με το πρόγραμμα 4M KENAK. Αυτό έγινε λόγω του ότι αυτή η αλλαγή ήταν ευκολότερο να πραγματοποιηθεί σ' αυτό το πρόγραμμα αφού το TEE KENAK ήταν πολυπλοκότερο.

Οι τιμές θερμοκρασίας για τις οποίες έγινε η μελέτη με το λογισμικό 4M KENAK ήταν για τους 15°C και για τους 5°C .

Άρα για την θέρμανση στους 15°C καταναλώνονται το χρόνο :

$$0,8\text{kWh/m}^2 \times 864\text{m}^2 / 2,7 = 256\text{kWh}$$

Για την ψύξη τους 15°C καταναλώνονται το χρόνο :

$$44,36\text{kWh/m}^2 \times 864\text{m}^2 / 2,5 = 15330,8\text{kWh}$$

Για τη θέρμανση στους 5°C καταναλώνονται το χρόνο:

$$0\text{kWh/m}^2 \times 864\text{m}^2 / 2,7 = 0\text{kWh}$$

Για την ψύξη στους 5°C καταναλώνονται το χρόνο:

$$55,94\text{kWh/m}^2 \times 864\text{m}^2 / 2,5 = 19332,86\text{kWh}$$

Στον Πίνακα 5.3 φαίνεται η κατανάλωση ενέργειας της υπέργειας αποθήκης για θέρμανση και ψύξη στις εξεταζόμενες θερμοκρασίες.

Πίνακας 5.3: Ενεργειακή κατανάλωση υπέργειου χώρου για θέρμανση και ψύξη στις εξεταζόμενες θερμοκρασίες.

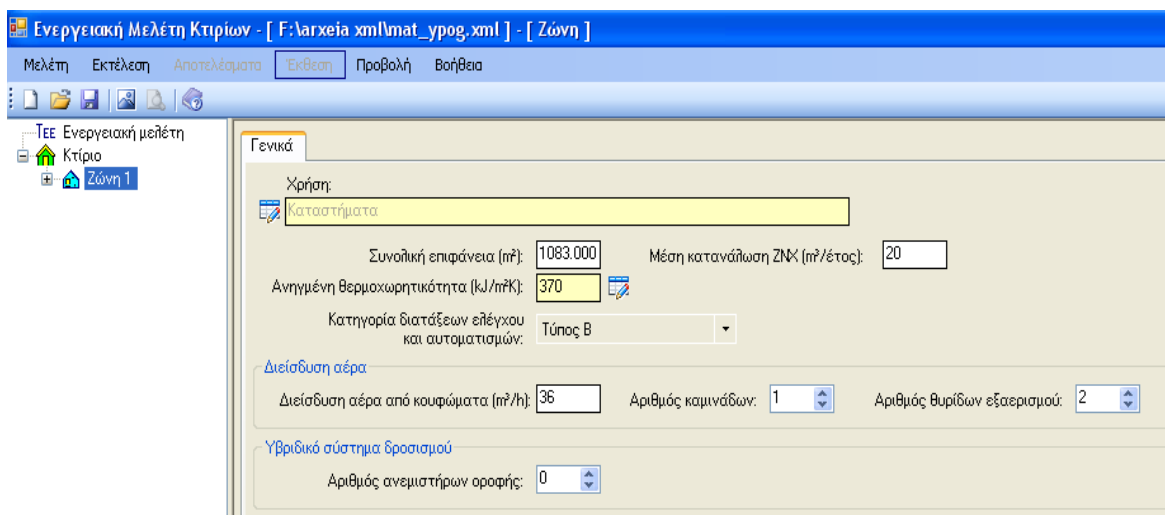
Θερμοκρασίες	20°C	15°C	5°C
Ενέργεια για Θέρμανση (kWh)	5891,2	256	0
Ενέργεια για Ψύξη (kWh)	12058	15330,8	19332,86
Συνολική κατανάλωση ενέργειας (kWh)	17949,2	15586,8	19332,86

5.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΚΕΝΑΚ

Κτίριο-Ζώνες

Ο υπόγειος αποθηκευτικός χώρος έχει συνολική επιφάνεια 1444m^2 , ο θερμαινόμενος όγκος του είναι 6498m^3 και αποτελείται από μία θερμική ζώνη. Ο εξεταζόμενος χώρος έχει ανηγμένη θερμοχωρητικότητα $370\text{ KJ/m}^2\text{K}$.

Η μέση κατανάλωση ZNX είναι 20m^3 ανά έτος. Ο χώρος αυτός έχει δυο εισόδους, χωρίς παράθυρα, οπότε η διείσδυση αέρα από τα κουφώματα υπολογίστηκε $36\text{m}^3/\text{h}$. Ακόμα έχει φρέαρ και δύο θυρίδες εξαερισμού.



Εικόνα 5.9: Ζώνη TEE KENAK

Κέλυφος κτιρίου

Το κέλυφος του υπόγειου αποθηκευτικού χώρου αποτελείται από δύο κατηγορίες επιφανειών :

1. Αδιαφανείς επιφάνειες
2. Σε επαφή με το έδαφος

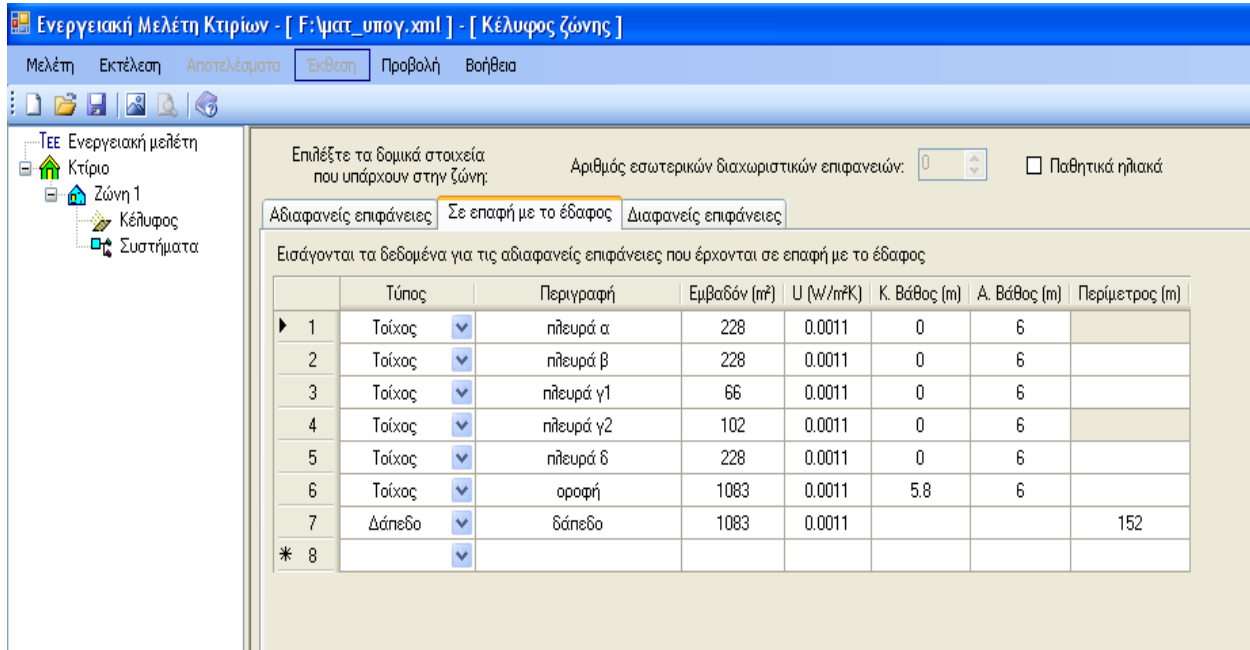
Αδιαφανείς επιφάνειες :

Σ' αυτές τις επιφάνειες συγκαταλέγονται οι δύο είσοδοι της αποθήκης. Η καθεμία απ' αυτές είναι $7,5\text{m}^2$ και έχουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $U = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος :

Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν εκτός απ' το δάπεδο και όλες οι άλλες επιφάνειες του υπόγειου χώρου (οροφή, τοιχώματα) αφού ο εξεταζόμενος χώρος βρίσκεται μέσα στο έδαφος.

Στο συνολικό πάχος των τοιχωμάτων του υπόγειου χώρου, πέραν του σκυροδέματος που εκτοξεύουμε, προσθέσαμε και 15 μέτρα ασβεστολιθικού πετρώματος για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας U. Λόγω αυτού όλα τα U των επιφανειών αυτής της κατηγορίας είναι 0,0011 W/m²K.

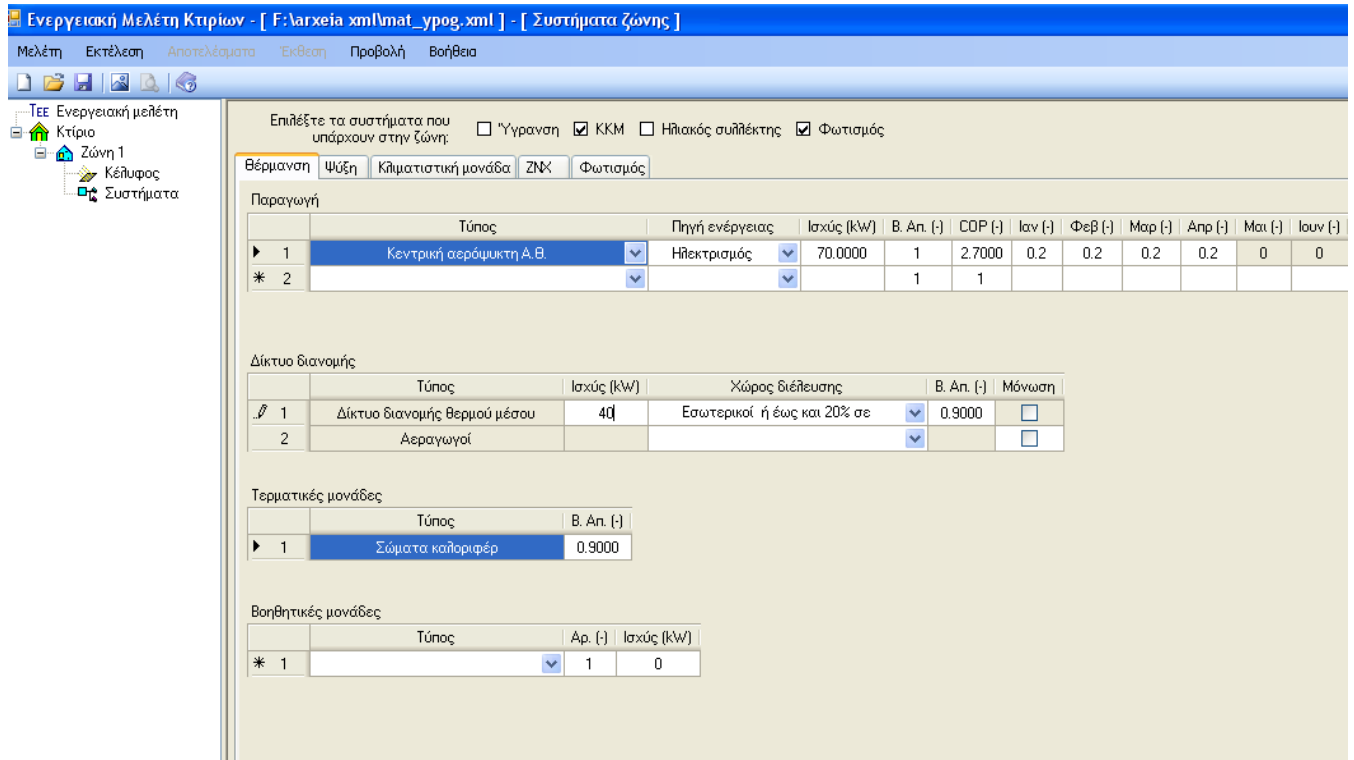


Εικόνα 5.10: Κέλυφος Υπόγειου Χώρου TEE KENAK.

Συστήματα υπόγειας αποθήκης

Τα συστήματα που χρησιμοποιήσαμε για τον υπόγειο χώρο είναι για τη θέρμανση, την ψύξη, την κλιματιστική μονάδα, το φωτισμό και το ZNX.

- Θέρμανση : Για τη θέρμανση της αποθήκης χρησιμοποιείται κεντρική αερόψυκτη Α.Θ. η οποία λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια και έχει ισχύ 70 KW. Υπάρχει δίκτυο διανομής θερμού αέρα ισχύος 40 KW. Σαν τερματικές μονάδες χρησιμοποιούνται σώματα καλοριφέρ με βαθμό απόδοσης 0,9.



Εικόνα 5.11: Σύστημα θέρμανσης TEE KENAK.

- Ψύξη : Για την ψύξη χρησιμοποιείται αερόψυκτος ψύκτης που έχει ως πηγή ενέργειας τον ηλεκτρισμό και έχει ισχύ 90 KW. Το δίκτυο διανομής του ψυχρού αέρα έχει ισχύ 50 KW. Ως τερματικές μονάδες χρησιμοποιούνται κλιματιστικά με βαθμό απόδοσης 0,9.

Επιλέξτε τα συστήματα που υπάρχουν στην ζώνη: Υγρασία ΚΚΜ Ηλεκτικός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη Κλιματιστική μονάδα ΖΝΧ Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Ap (-)	EER (-)	Ian (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)
▶ 1	Αερόψυκτος ψύκτης	-Πλεκτρισμός	90.0000	1	2.5000	0	0	0	0	0.500	0.5
* 2				1	1						

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Ap (-)	Μόνωση
1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου	50	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.9000	<input type="checkbox"/>
▶ 2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Τερματικές μονάδες

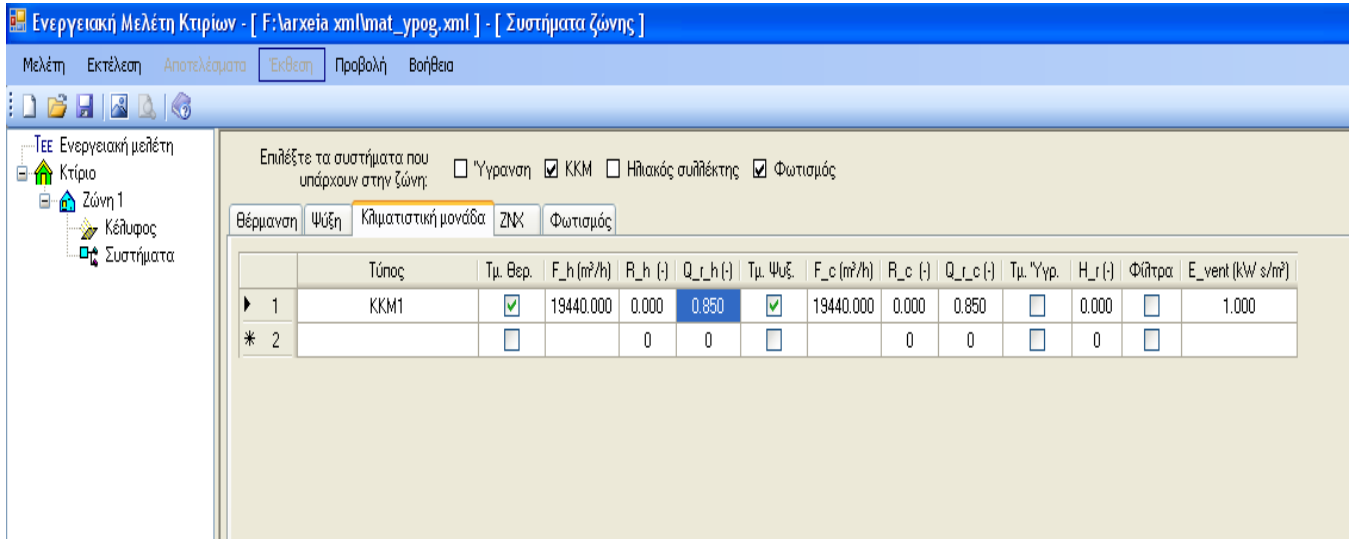
	Τύπος	B. Ap (-)
▶ 1	Κλιματιστικά	0.9000

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
* 1		1	0

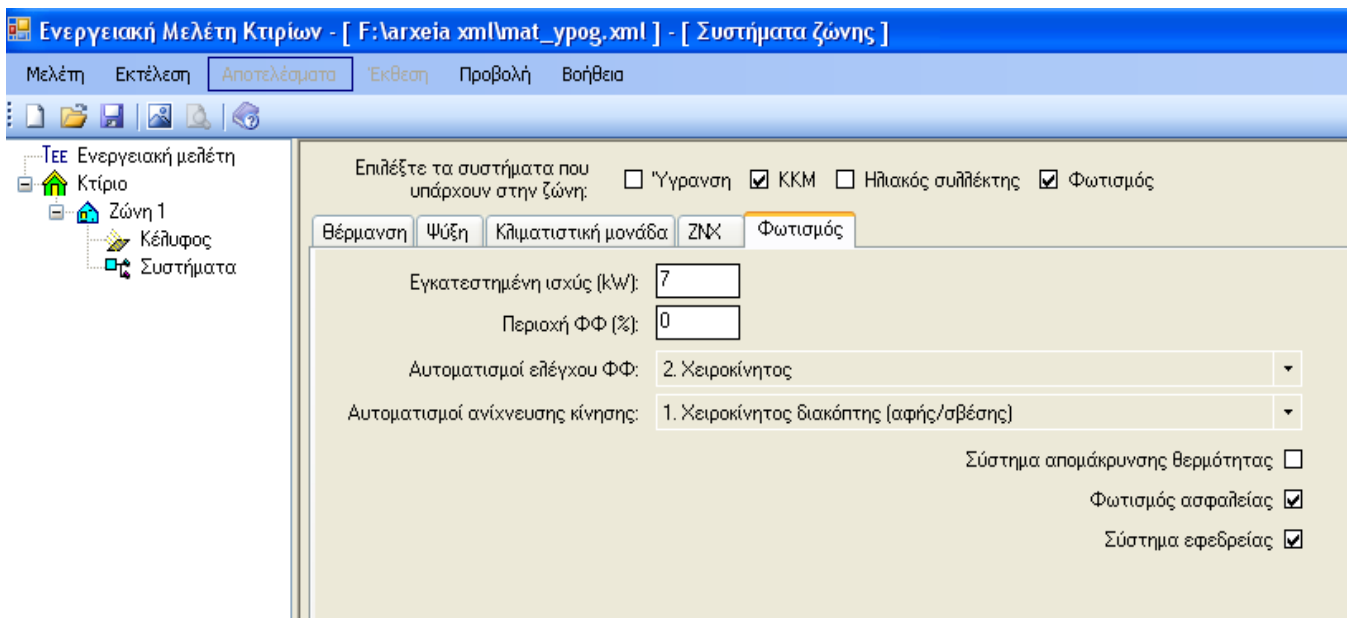
Εικόνα 5.12: Σύστημα ψύξης TEE KENAK.

- Κλιματιστική Μονάδα : Η κλιματιστική μονάδα που είναι εγκατεστημένη στην αποθήκη χρησιμοποιείται και κατά την θέρμανση αλλά και κατά την ψύξη του χώρου. Η συνολική παροχή αέρα είναι 19440 m³/h, ο συντελεστής ανακυκλοφορίας αέρα και για το τμήμα θέρμανσης και για το τμήμα ψύξης είναι 0, ο συντελεστής ανάκτησης θερμότητας είναι 0,85 και ο συντελεστής ανάκτησης ψύξης είναι επίσης 0,85 .



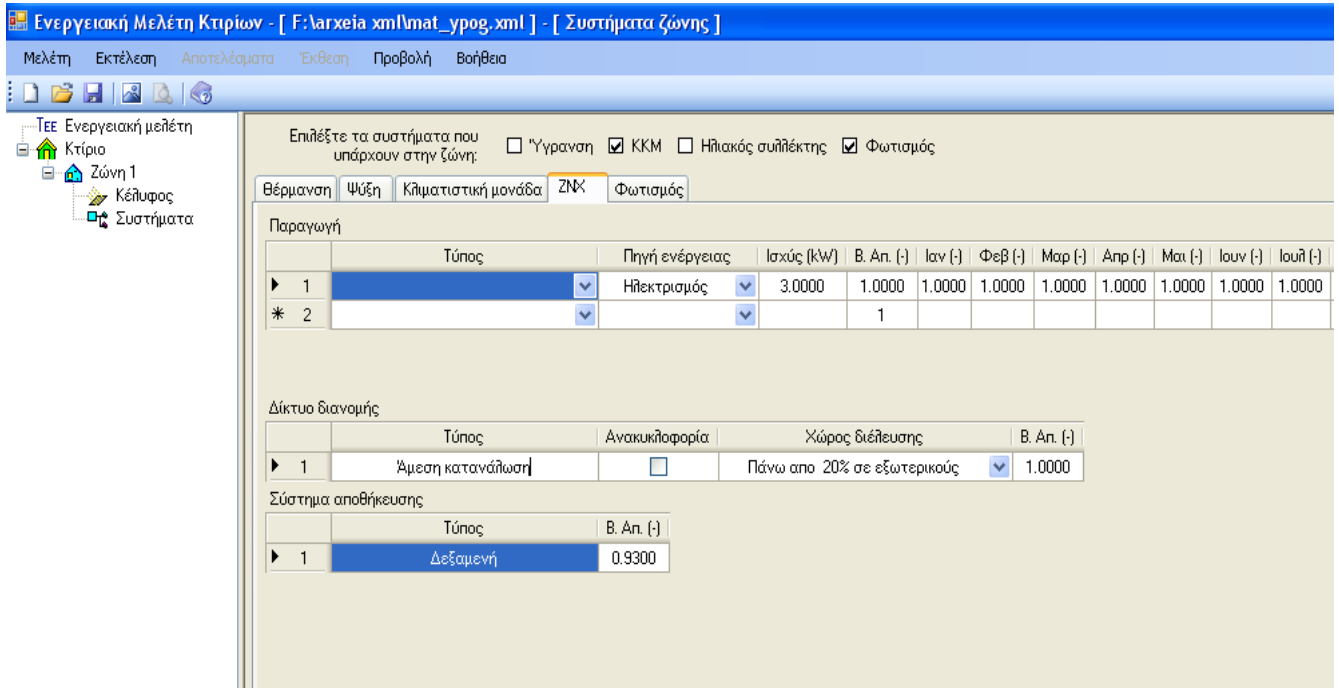
Εικόνα 5.13: Κλιματιστική μονάδα TEE KENAK.

- Φωτισμός : Ο φωτισμός της αποθήκης είναι χειροκίνητος και υπάρχει φωτισμός ασφαλείας καθώς και σύστημα εφεδρείας. Η ισχύς του είναι 7 KW.



Εικόνα 5.14: Φωτισμός TEE KENAK.

- ZNX : Για το ζεστό νερό χρήσης χρησιμοποιείται τοπικός ηλεκτρικός θερμαντήρας ισχύος 3KW. Το σύστημα αποθήκευσης είναι μια δεξαμενή με βαθμό απόδοσης 0,93.



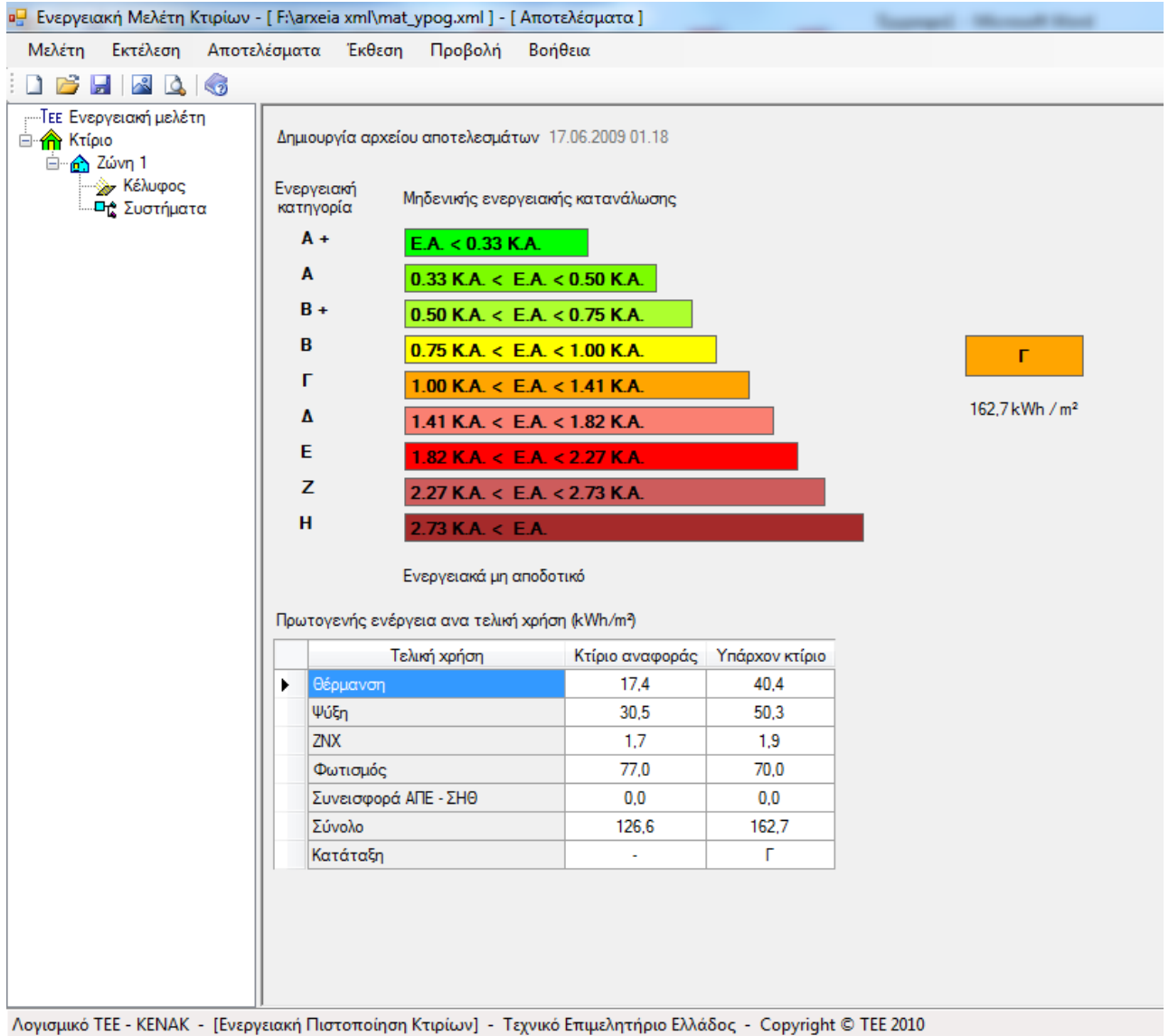
Εικόνα 5.15: ZNX TEE KENAK.

5.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΕΝΑΚ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΗ

Όπως και στον ισόγειο χώρο έτσι και εδώ, η ενεργειακή κατάταξη δίνει αποτελέσματα για θερμοκρασία χώρου 20 °C.

Βάσει του πίνακα αποτελεσμάτων (Εικόνα 5.16) έχουμε πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 40,4kWh/m² και για ψύξη 50,3kWh/m². Η συνολική πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση της υπόγειας αποθήκης είναι 162,7kWh/m², η οποία είναι κατά

32% μικρότερη της κατανάλωσης της υπέργειας αποθήκης και κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Γ, μία κατηγορία καλύτερη από την Δ της υπέργειας.



Εικόνα 5.16: Ενεργειακή κατάταξη TEE KENAK.

Διαιρώντας την πρωτογενή κατανάλωση με το συντελεστή αναγωγής που είναι 2,9 έχουμε τελική κατανάλωση για θέρμανση 13,9kWh/m² και για ψύξη 17,3kWh/m².

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση στους 20°C είναι :

$$13,9 \text{ kWh/m}^2 \times 1083 \text{ m}^2 / 2,7 = 5588 \text{ kWh}$$

Η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη στους 20°C είναι :

$$17,3 \text{ kWh/m}^2 \times 1083 \text{ m}^2 / 2,5 = 7514 \text{ kWh}$$

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας στους 15°C και στους 5°C χρησιμοποιήσαμε και εδώ το πρόγραμμα 4M KENAK, έναντι του TEE KENAK, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.

Για την θέρμανση στους 15°C :

$$0\text{kWh/m}^2 \times 1083\text{m}^2 / 2,7 = 0\text{kWh}$$

Για την ψύξη στους 15°C :

$$13,71\text{kWh/m}^2 \times 1083\text{m}^2 / 2,5 = 5939,2\text{kWh}$$

Για την θέρμανση στους 5°C :

$$0\text{kWh/m}^2 \times 1083\text{m}^2 / 2,7 = 0\text{kWh}$$

Για την ψύξη στους 5°C :

$$14,55\text{kWh/m}^2 \times 1083\text{m}^2 / 2,5 = 6303,1\text{kWh}$$

Στον Πίνακα 5.4 φαίνεται η κατανάλωση ενέργειας της υπόγειας αποθήκης για θέρμανση και ψύξη στις εξεταζόμενες θερμοκρασίες.

Πίνακας 5.4: Ενεργειακή κατανάλωση υπόγειου χώρου για θέρμανση και ψύξη στις εξεταζόμενες θερμοκρασίες.

Θερμοκρασίες	20°C	15°C	5°C
Ενέργεια για Θέρμανση (kWh)	5588	0	0
Ενέργεια για Ψύξη (kWh)	7514	5939,2	6303,1
Συνολική κατανάλωση ενέργειας (kWh)	13102	5939,2	6303,1

Παρατηρείται ότι για τον υπόγειο χώρο η ψύξη στους 5°C και 15°C παρουσιάζει πολύ μικρή διαφορά ενεργειακής κατανάλωσης.

5.7 ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO₂

Κάθε κατασκευή, βάσει της ενέργειας που καταναλώνει το χρόνο υπολογίζεται ότι εκπέμπει ένα ποσό διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Αυτό αποτελεί μια εικόνα για το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κάθε κτιρίου υπολογίζονται από το λόγο της ενεργειακής κατανάλωσης προς την απόδοση του συστήματος επί τους εκλυόμενους ρύπους ανά μονάδα ενέργειας. Οι εκλυόμενοι ρύποι έχουν τιμή 0,989 kg CO₂/kWh για την ηλεκτρική ενέργεια, όπως ορίζεται βάσει του ΚΕΝΑΚ.

Επομένως για την υπέργεια αποθήκη οι εκπομπές CO₂, όταν η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου είναι 20°C, υπολογίζονται:

Για θέρμανση στους 20°C:

$$5891,2\text{kWh} / 2,7 \times 0,989 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 2157,92\text{kg CO}_2$$

Για ψύξη στους 20°C:

$$12058\text{kWh} / 2,5 \times 0,989 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 4770,14\text{kg CO}_2$$

Οι εκπομπές CO₂ για την υπέργεια αποθήκη, όταν η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου είναι 15°C, υπολογίζονται:

Για θέρμανση στους 15°C:

$$256\text{kWh} / 2,7 \times 0,989 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 99,77\text{kg CO}_2$$

Για ψύξη στους 15°C:

$$15330,8\text{kWh} / 2,5 \times 0,989 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 6064,86 \text{ kg CO}_2$$

Οι εκπομπές CO₂ για την υπέργεια αποθήκη, όταν η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου είναι 5°C, υπολογίζονται:

Για θέρμανση στους 5°C:

$$0\text{kWh} / 2,7 \times 0,989 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0\text{kg CO}_2$$

Για ψύξη στους 5°C:

$$19332,86\text{kWh} / 2,5 \times 0,989 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 7648,08 \text{ kg CO}_2$$

Για την υπόγεια αποθήκη οι εκπομπές CO₂, όταν η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου είναι 20°C, υπολογίζονται:

Για θέρμανση στους 20°C:

$$5588\text{kWh} / 2,7 \times 0,989 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 2046,86\text{kg CO}_2$$

Για ψύξη στους 20°C:

$$7514\text{kWh} / 2,5 \times 0,989 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 2972,54\text{kg CO}_2$$

Οι εκπομπές CO₂ για την υπόγεια αποθήκη, όταν η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου είναι 15°C, υπολογίζονται:

Για θέρμανση στους 15°C:

0 kg CO₂ αφού δεν καταναλώνουμε ενέργεια

Για ψύξη στους 15°C:

$$5939,2\text{kWh} / 2,5 \times 0,989 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 2349,55 \text{ kg CO}_2$$

Οι εκπομπές CO₂ για την υπόγεια αποθήκη, όταν η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου είναι 5°C, υπολογίζονται:

Για θέρμανση στους 5°C:

0 kg CO₂ αφού δεν καταναλώνουμε ενέργεια

Για ψύξη στους 5°C:

6303,1kWh / 2,5 x 0,989 kg CO₂/kWh=2493,51 kg CO₂

Οι παραπάνω τιμές αντιστοιχούν σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για ένα χρόνο λειτουργίας της κάθε αποθήκης.

Σε βάθος τριάντα ετών οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του κάθε κτιρίου δίνονται στους Πίνακες 5.5 , 5.6 και 5.7:

Πίνακας 5.5: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε βάθος 30 ετών για θερμοκρασία 20°C.

	Θέρμανση (kg CO ₂)	Ψύξη (kg CO ₂)	Σύνολο (kg CO ₂)
Υπέργειος	64737,6	143104,2	207841,8
Υπόγειος	61405,91	89176,15	150582,04

Πίνακας 5.6: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε βάθος 30 ετών για θερμοκρασία 15°C.

	Θέρμανση (kg CO ₂)	Ψύξη (kg CO ₂)	Σύνολο (kg CO ₂)
Υπέργειος	2993,1	181945,8	184938,9
Υπόγειος	0	70306,5	70306,5

Πίνακας 5.7: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε βάθος 30 ετών για θερμοκρασία 5°C.

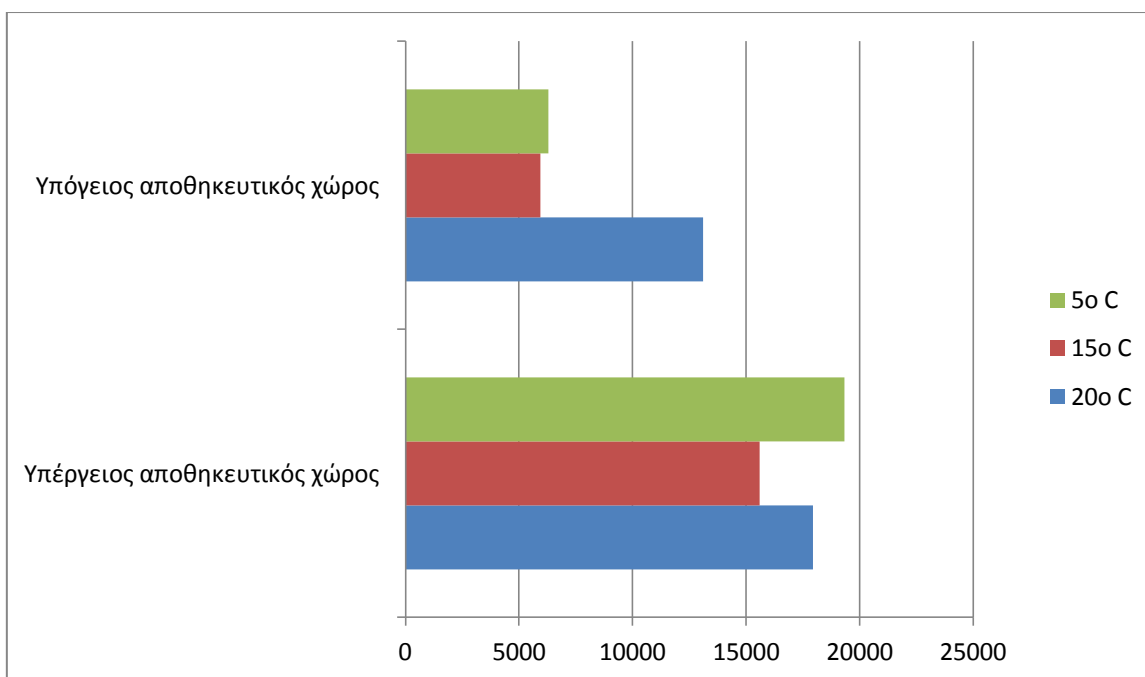
	Θέρμανση (kg CO ₂)	Ψύξη (kg CO ₂)	Σύνολο (kg CO ₂)
Υπέργειος	0	229442,4	229442,4
Υπόγειος	0	74805,3	74805,3

5.8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο Γράφημα 5.1 φαίνεται η συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά χρόνο των δύο αποθηκευτικών χώρων για θέρμανση και ψύξη στις 20°C, 15°C και 5°C. Παρατηρείται ότι η κατανάλωση ενέργειας της υπόγειας αποθήκης είναι πολύ μικρότερη από την υπέργεια και για τις τρεις περιπτώσεις θερμοκρασίας. Ειδικότερα στους 15°C πετυχαίνεται ελάχιστη κατανάλωση στην υπόγεια αποθήκη αφού ο υπόγειος χώρος είναι φυσικά μονωμένος και παρουσιάζει σταθερή θερμοκρασία κοντά στους 15°C όλο το χρόνο. Επομένως τα κλιματιστικά συστήματα στην περίπτωση αυτή λειτουργούν πολύ λιγότερο παρά σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση.

Παρατηρείται, επίσης, πως υπάρχει αύξηση της διαφοράς της ενεργειακής κατανάλωσης, των δύο αποθηκευτικών χώρων, με την μείωση της εξεταζόμενης θερμοκρασίας. Οπότε συμπεραίνεται, για περιπτώσεις θερμοκρασίας χαμηλότερες των 5°C (κατάψυξης), ότι η επιλογή υπόγειας αποθήκευσης είναι πιο συμφέρουσα.

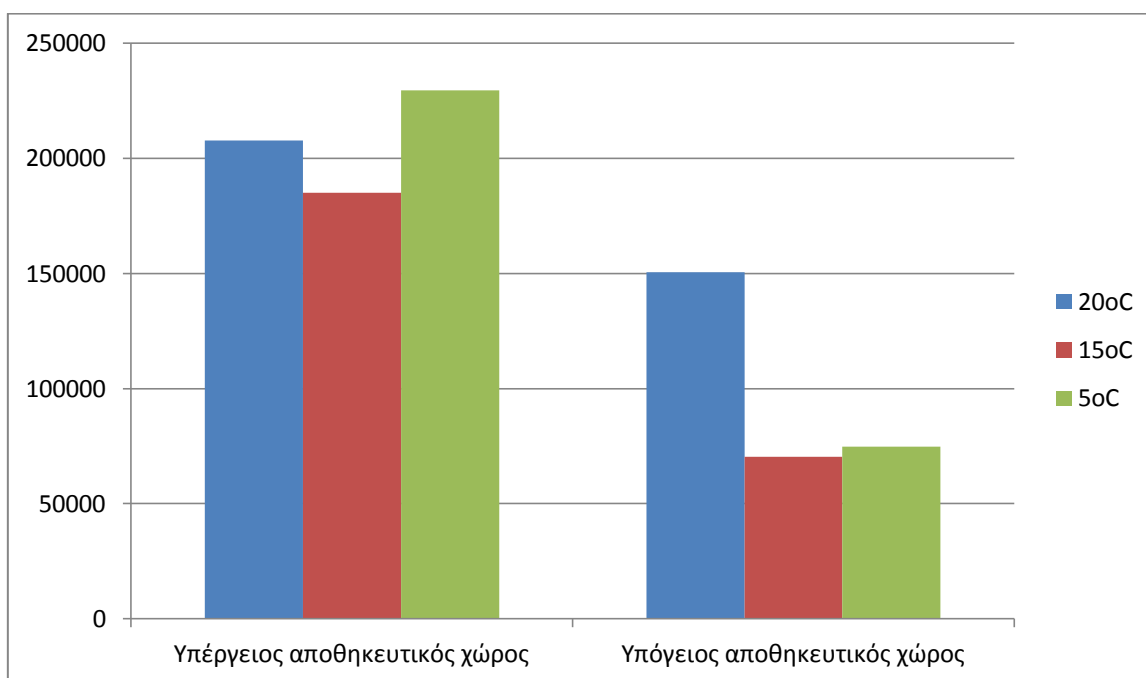
Τέλος σημειώνεται ότι σε περίπτωση βλάβης του συστήματος ψύξης, η θερμοκρασία του εσωτερικού του υπόγειου χώρου θα μεταβληθεί με πολύ πιο αργό ρυθμό απ' ότι στον υπέργειο.



Γράφημα 5.1: Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη των δύο αποθηκευτικών χώρων για τις τρεις εξεταζόμενες θερμοκρασίες.

Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ. και συγκεκριμένα την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1, στα κτίρια του τριτογενούς τομέα θεωρείται ότι υπάρχουν βοηθητικά συστήματα τα οποία βοηθούν τη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης ψύξης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση προτιμήθηκε να παραληφθεί, ώστε να τονιστεί η διαφορά του κόστους κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη μεταξύ των δύο αποθηκευτικών χώρων.

Όσον αφορά τις εκπομπές CO₂, ο υπόγειος χώρος και για τις τρεις περιπτώσεις θερμοκρασίας εκπέμπει λιγότερους ρύπους από τον υπέργειο, κάτι που τον καθιστά πιο φιλικό προς το περιβάλλον (Γράφημα 5.2). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η μείωση της θερμοκρασίας αυξάνει και την μεταξύ τους διαφορά σε εκπομπές CO₂.



Γράφημα 5.2: Εκπομπές CO₂ σε βάθος 30 χρόνων για τους δύο αποθηκευτικούς χώρους στις τρεις εξεταζόμενες θερμοκρασίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα προηγούμενα κεφάλαια έγιναν οι υπολογισμοί του κόστους κατασκευής και της ενεργειακής κατανάλωσης των δύο αποθηκών. Βάσει αυτών των αποτελεσμάτων θα πραγματοποιηθεί οικονομική σύγκριση των δύο αποθηκευτικών χώρων.

6.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Το συνολικό κόστος της κάθε αποθήκης προκύπτει από το κόστος κατασκευής και διαμόρφωσης και το κόστος του οικοπέδου. Ακόμα πρέπει να ληφθεί υπόψη το κόστος λειτουργίας της κάθε αποθήκης και συνυπολογίζοντας όλα τα παραπάνω θα βρεθεί ποια από τις δύο αποθήκες είναι πιο επικερδής σε βάθος χρόνου.

Το συνολικό κόστος της υπέργειας αποθήκης, λαμβάνοντας υπόψη ότι θα χτιστεί στο Θριάσιο Πεδίο, είναι 585.000 €.

Για την υπόγεια αποθήκη χρειάζεται ένας χώρος μπροστά από τις προσπελαστικές στοές κοντά στο μισό στρέμμα. Οπότε το συνολικό κόστος της υπόγειας αποθήκης για το Θριάσιο Πεδίο είναι 567.821€. Σημειώνεται ότι το κόστος κατασκευής του υπόγειου χώρου μπορεί να μειωθεί περεταίρω, αν συνυπολογιστούν τα έσοδα από την πώληση των 22.000tn περίπου ασβεστολιθικού υλικού που προκύπτουν από την κατασκευή του υπόγειου συγκροτήματος.

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας του υπόγειου χώρου είναι μικρότερη από του υπέργειου. Άρα το κόστος λειτουργίας του υπόγειου χώρου είναι μικρότερο έναντι του υπέργειου. Αυτό οφείλεται στο ότι ο υπόγειος χώρος έχει σταθερή θερμοκρασία στους 15°C όλη τη διάρκεια της χρονιάς, αφού εξαιτίας του βάθους στο οποίο βρίσκεται δεν

επηρεάζεται από τις αλλαγές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Η ενέργεια που χρειάζεται για να κρατηθεί η θερμοκρασία του εσωτερικού του σταθερή όλη τη χρονιά είναι πάρα πολύ μικρή.

Στην περίπτωση του υπέργειου χώρου δεν ισχύει το ίδιο καθώς επηρεάζεται άμεσα από τις αλλαγές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και γι' αυτό το λόγο χρειάζεται μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για να κρατήσει σταθερή τη θερμοκρασία του εσωτερικού του.

Για τον υπολογισμό του κόστους κατανάλωσης, πολλαπλασιάζονται οι συνολικές κιλοβατώρες (kWh) της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης με την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος (0,13 €/kWh), βάσει των τιμολογίων ΔΕΗ για το έτος 2011. Σημειώνεται ότι δεν υπολογίζεται το κόστος παγίων εξόδων ΔΕΗ και διάφορες άλλες χρεώσεις (π.χ. τέλος ΑΠΕ).

Στους παρακάτω Πίνακες 6.1, 6.2 και 6.3 δίνεται το κόστος κατανάλωσης ενέργειας των δύο αποθηκών ανά έτος για τιμές θερμοκρασίας 20°C, 15°C και 5°C:

Πίνακας 6.1: Κόστος κατανάλωσης ενέργειας για θερμοκρασία 20°C.

	Υπέργειος	Υπόγειος
Θέρμανση 20°C	765,86€	726,44€
Ψύξη 20°C	1567,54€	976,82€
Σύνολο	2333,4€	1703,26€

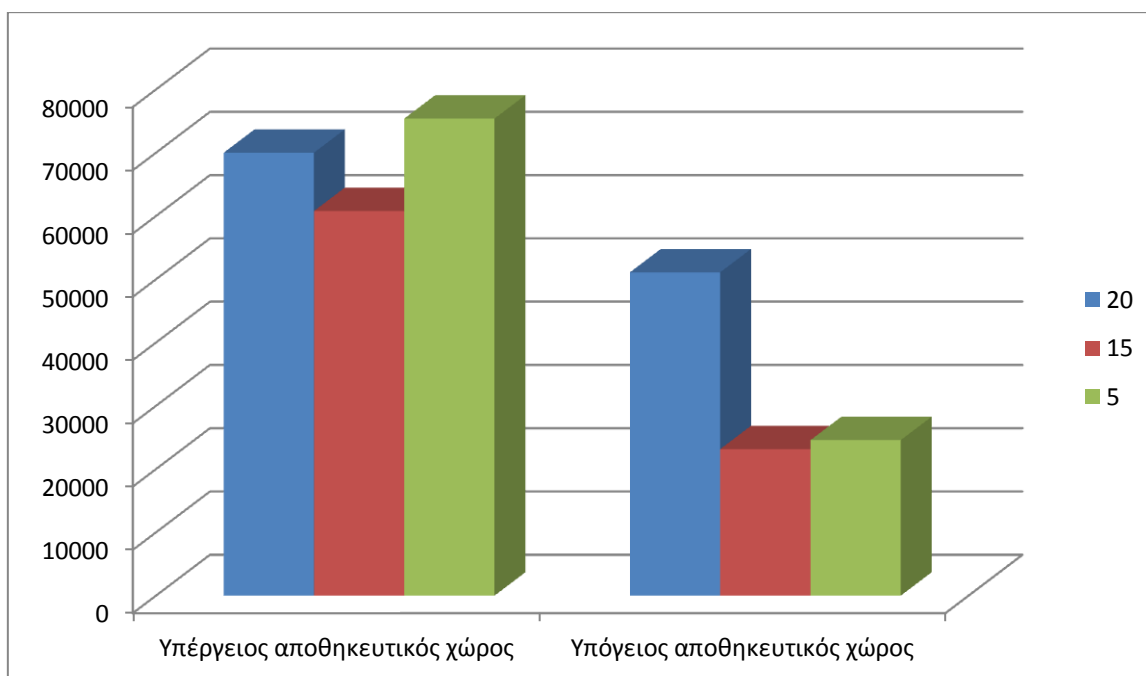
Πίνακας 6.2: Κόστος κατανάλωσης ενέργειας για θερμοκρασία 15°C.

	Υπέργειος	Υπόγειος
Θέρμανση 15°C	33,28€	0€
Ψύξη 15°C	1993€	772,096€
Σύνολο	2026,28€	772€

Πίνακας 6.3: Κόστος κατανάλωσης ενέργειας για θερμοκρασία 5°C.

	Υπέργειος	Υπόγειος
Θέρμανση 5°C	0€	0€
Ψύξη 5°C	2513,272€	819,403€
Σύνολο	2513,272€	819,403€

Η οικονομική ανάλυση, της ενεργειακής κατανάλωσης των δύο αποθηκευτικών χώρων σε βάθος χρόνου 30 ετών (Γράφημα 6.1) έδειξε πως ο υπόγειος αποθηκευτικός χώρος παρουσιάζει χαμηλότερο κόστος λειτουργίας, το οποίο στην περίπτωση των 5°C φτάνει μέχρι και τις 60.000€ διαφορά με τον υπέργειο.

**Γράφημα 6.1:** Κόστος κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στους δύο αποθηκευτικούς χώρους για τις τρεις εξεταζόμενες θερμοκρασίες σε βάθος 30 ετών.

Επομένως και από οικονομικής άποψης, ο υπόγειος αποθηκευτικός χώρος υπερτερεί έναντι του υπέργειου και σε κόστος κατασκευής, αλλά και σε κόστος ενεργειακής κατανάλωσης.

6.3 ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής άσκησης είχε δημιουργηθεί η εντύπωση πως το κόστος κατασκευής της υπόγειας αποθήκης θα ήταν μεγαλύτερο του κόστους κατασκευής της υπέργειας. Επομένως η σύγκριση θα στηριζόταν στην μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, άρα και του μικρότερου κόστους λειτουργίας που θα είχε η υπόγεια έναντι της υπέργειας αποθήκης και έτσι θα υπερκάλυπτε τη διαφορά στο κόστος κατασκευής σε βάθος χρόνου.

Το γεγονός όμως ότι η ζήτηση οικοπέδων στις βιομηχανικές περιοχές του Νομού Αττικής έχει αυξήσει αισθητά τα κόστη τους, ανατρέπει την παραπάνω εντύπωση. Ο υπέργειος χώρος χρειάζεται αρκετά μεγάλη έκταση γης σε αντίθεση με τον υπόγειο, κάτι που τον καθιστά ακριβότερο. Πρέπει να σημειωθεί πως για τους υπόγειους χώρους δεν υπάρχει κάποιο κριτήριο κοστολόγησης της έκτασής τους. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις στις οποίες ιδιοκτήτες υπόγειων κατασκευών πληρώνουν, στο κράτος ή στον ιδιώτη στον οποίο ανήκει η έκταση που βρίσκεται πάνω από τον υπόγειο χώρο, κάποιο συμφωνημένο ποσό.

Το αποτέλεσμα της διπλωματικής έδειξε πως η υπόγεια αποθήκη εκτός του ότι συμφέρει περισσότερο από την υπέργεια από ενεργειακής άποψης, αφού το κόστος κατανάλωσης ενέργειας είναι πολύ μικρότερο, συμφέρει και από άποψης κατασκευής επειδή η αξία των οικοπέδων είναι πολύ μεγάλη και ο υπέργειος χώρος χρειάζεται πολύ μεγαλύτερη έκταση γης με αποτέλεσμα να αυξάνεται υπερβολικά το κόστος του.

Από περιβαλλοντικής άποψης ο υπόγειος χώρος αποδείχτηκε πιο φιλικός στο περιβάλλον αφού οι εκπομπές CO₂ είναι μικρότερες σε αντίθεση με τον υπέργειο.

Βάσει των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας συμπεραίνεται ότι για την κατασκευή χώρου αποθήκευσης, έκτασης περίπου 1000m², συμφέρει περισσότερο η επιλογή υπόγειου χώρου και από άποψη κόστους κατασκευής και λειτουργικού κόστους αλλά και από άποψη προστασίας του περιβάλλοντος για θερμοκρασίες αποθήκευσης 20°C, 15°C και 5 °C. Αν και δεν έχει εξεταστεί στην παρούσα διπλωματική, συμπεραίνεται ότι για θερμοκρασίες αποθήκευσης μικρότερες των 5°C, η διαφορά του λειτουργικού κόστους αυξάνεται, προς όφελος των υπόγειων αποθηκευτικών χώρων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agan C., 2002. “Modelling of heat transfers around underground openings excavated in tuff”, M.Sc. Thesis, Hacettepe University.
- Choi S.O., Park H.D., Park Y.J., Kim H.Y., Jang H.D., 2000. “Test running of an underground food storage cavern in Korea”, *Tunnelling Underground Space Technology*, Vol.15, No 1, pp. 91-95.
- Dudeck H., 1996. “Challenge to Tunneling Engineers”, *Tunneling and Underground Space Technology*, Vol. II, pp. 51-56.
- 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”, *Tunneling and Underground Space Technology*, Vol. 13, No 2, pp. 162.
- Froise S., 1987. “Hydrocarbon Storage in Unlined Rock Caverns: Norway’s Use and Experience”, *Tunneling and Underground Space Technology*, Vol. 2.
- Golany S.G., 1996. “Toshima O., “Geo – Space Urban Design”, John Willey and Sons.
- Goodall D.C., Utheim T., Thorbergsen E., 1989. “Back analyses of heat loads in selected thermal storages. Proc. Storage of Gases in Rock Caverns”, Balkema.
- Ignacio Cañas Guerrero, José María Fuentes Pardo, 2005. “Subterranean wine cellars of Central-Spain (Ribera de Duero): An underground built heritage to preserve”, Department of Construction and Rural Roads, Polytechnic University of Madrid.
- Inan N., 2001. “Personal communication, ANKA-DOGA TOHUMCULUK Co.”, Nevsehir.
- ITA WG 13, 1998. “Questionnaire on the Underground Urban Mass Transit Systems”, Working Group 13: Direct and Indirect Advantages of underground Structures.
- Korean Meteorological Administration, 1997. Annual Climatological Report.
- Landahl G.M., 1998. “Planning of Underground Space”, Proc. Of the International Conference on Underground Construction in Modern Infrastructure, Stockholm, pp. 95 – 100.
- Ministry of Agriculture and Food, Norway Government, (<http://www.regjeringen.no/en/dep/lmd/campaign/svalbard-global-seed-vault.html?id=462220>, προσπελάστηκε: 05/2012).

- Obert L., Duvall W.I., 1967. “Rock Mechanics and the Design of Structures in Rock”, John Wiley and Sons.
- Park H.D., Synn Y.H., Park Y.J., Kim H.Y., 1999. “A pilot study on the design of an underground food storage cavern in Korea”, *Tunneling and Underground Space Technol.*, Vol. 14, pp. 67–73.
- Park Y. J., Kwon K. S., Kim H. Y., Nam K. C. and Park J. J., 1996. “Construction of pilot plant as a R&D program for underground food storage”, *Proc. The Korea-Japan Joint Symposium on Rock Engineering*, Seoul, Korea, pp. 363-368.
- Ronka K., Ritola J., Rauhala K., 1998. “Underground Space in Land – Use Planning”, *Tunneling and Underground Space Technology*, Vol. 13, No 1, pp. 39 -49.
- Springfield Underground, (<http://www.springfieldunderground.com>, προσπελάστηκε: 05/2012).
- Stauffer Truman Sr., 1976. “Proceeding of the Third Annual UMR – MEC Conference on Energy”, *Tunneling and Underground Space Technology*, Vol. VI, pp. 683 -684.
- Sterling R.L., 1994. “Utilization of underground facilities for the storage of food -why should go underground?”, *Int. Symp. Grain Elevator and Underground Food Storage*, Seoul, pp. 83-105.
- Sunkyong Engineering & Construction Ltd., 1997. “Investigation Report of On-ground Refrigerating Food Storage Tank”, Korea.
- Unver B., Agan C., 2003. “Application of heat transfer analysis for frozen food storage caverns”, Hacettepe University, Department of Mining Engineering, Beytepe, Ankara 06532, Turkey.
- Williams J.L., 1976. “Energy saving in underground warehouses”, *Proc. Underground Utilisation: A Reference Manual of Selected Works*, Vol. 5, pp. 725-727.
- Αθανασόπουλος Στέφανος, Παπαβασιλείου Στέφανος, 2008. “Υπόγειο Αποθηκευτικό Εκθεσιακό Κέντρο Οίνου στα Μεσόγεια Αττικής”, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχ. Μεταλλείων – Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π.
- Ζευγώλης Ι., 1999. “Σχεδιασμός Υπόγειου Αποθηκευτικού Διαμετακομιστικού Κέντρου στην Αττική”, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχ. Μεταλλείων – Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π.

- Καλιαμπάκος Δ., 2006. “Critical remarks in urban underground development”, Proc. Int. Academic Conference on Underground Space (IACUS), Beijing.
- Καλιαμπάκος Δ., 2003. “Σημειώσεις Μαθήματος Υπόγεια Έργα”.
- Μπενάρδος Ανδρέας, 2002. “Εκτίμηση Επικινδυνότητας Κατά την Όρυξη Σηράγγων με Μηχανές Ολομέτωπης Κοπής”, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π.
- Μπράχος Γ., 2005. “Σχεδιασμός Υπόγειου Χώρου Κατάψυξης Ευπαθών Προϊόντων”, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π.
- Μπράχος Γ., Μπενάρδος Α., 2007. “Thermal Loads Analysis of an Underground Cold Storage Facility in Attica”, *Underground Space: Expanding the Frontiers*.
- Πάνου Κ., Μπενάρδος Α., Σοφιανός Α., Καλιαμπάκος Δ., 2005. “Η Περιβαλλοντική Σημασία των Υπόγειων Έργων”, υπό δημοσίευση στον τιμητικό τόμο για τον καθηγητή Α. Φραγκίσκο.
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας,
(http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/tee_kenak, προσπελάστηκε: 12/2011).
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής,
(<http://www.opengov.gr/minenv/?p=197>, προσπελάστηκε: 1/2012).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΤΟΥ Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

- «Κτίριο αναφοράς»: κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς πληροί ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ (Ηλεκτρομηχανολογικές) εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ (Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμό) των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ (Ζεστό Νερό Χρήσης) και το φωτισμό.

- «Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου»: το άθροισμα των επιμέρους υπολογιζόμενων ενεργειακών καταναλώσεων ενός κτιρίου για τη ΘΨΚ, παραγωγή ΖΝΧ και φωτισμό, εκφραζόμενο σε ενέργεια ανά μονάδα μικτής επιφάνειας των θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου το έτος [$\text{kWh/m}^2\cdot\text{έτος}$]. Ειδικά για τα κτίρια κατοικίας στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση δεν συνυπολογίζεται ο φωτισμός.

- «Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου»: το άθροισμα των προαναφερόμενων επιμέρους ενεργειακών καταναλώσεων, μετά από την αναγωγή τους σε μεγέθη πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής (πρωτογενής προς τελική ενέργεια σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας Παραρτήματος 1: Συντελεστής μετατροπής της τελικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια.

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας [kgCO ₂ /kWh]
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Βιομάζα	1,00	-

- «*Θερμική αγωγιμότητα λ*»: ιδιότητα του υλικού και καθορίζεται από την ποσότητα της θερμότητας η οποία διαρρέει κάθετα μια επιφάνεια που βρίσκεται σε θερμοκρασιακό πεδίο. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ καθορίζει την θερμομονωτική ικανότητα του υλικού και δίνει την ποσότητα θερμότητας σε (Wh) η οποία ρέει, υπό σταθερά θερμική κατάσταση, στη διάρκεια μίας ώρας από την επιφάνεια του υλικού διαστάσεως 1m^2 , και η θερμοκρασιακή πτώση κατά την κατεύθυνση της ροής θερμότητας είναι 1K ανά 1 (m) πάχους επιφάνειας. Μονάδες λ : (W/m.K).

- «*Συντελεστής θερμικής μετάβασης α*»: είναι η ποσότητα θερμότητας σε (Wh), η οποία μεταδίδεται υπό σταθερά θερμική κατάσταση, στη διάρκεια μιας ώρας μεταξύ της επιφάνειας 1m^2 του υλικού και του αέρα, όταν η διαφορά θερμοκρασίας της επιφάνειας και του αέρα είναι 1°C .

- «*Συντελεστής θερμοπερατότητας k*»: χαρακτηρίζει τη μετάδοση θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου, λαμβάνοντας υπόψη τη μετάδοση θερμότητας μέσω αγωγής και μετάβασης εκατέρωθεν του στοιχείου. Η θερμοπερατότητα καθορίζεται από την ποσότητα της θερμότητας η οποία μεταδίδεται μεταξύ των εκατέρωθεν στρωμάτων αέρα που είναι σε επαφή με μια επιφάνεια (π.χ. εξωτερικός αέρας και αέρας εσωτερικού χώρου) και παρατηρείται λόγω της επίδρασης της διαφοράς θερμοκρασίας των δύο στρωμάτων αέρα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας k καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα του στοιχείου κατασκευής και δίνει την ποσότητα θερμότητας σε (Wh) η οποία μεταδίδεται, υπό

σταθερά θερμική κατάσταση, στη διάρκεια μίας ώρας από επιφάνεια 1m^2 του στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των αμφοτέρων στρωμάτων αέρα που είναι σε επαφή με το στοιχείο είναι 1K . Μονάδες k : ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$).

- «Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας k_m »: χαρακτηρίζει τις θερμικές απώλειες από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον, λόγω αγωγής και συναγωγής, οι οποίες διαρρέουν από τμήμα ή από το σύνολο της επιφάνειας (οροφή, τοίχοι, δάπεδο, ανοίγματα) του κτιρίου και υπό θερμοκρασιακή διαφορά ΔT (K) μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού αέρα. Μονάδες k_m : ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$).

- «Θερμοχωρητικότητα ενός σώματος ή στοιχείου κατασκευής»: καλείται η ικανότητα αυτού να αποθηκεύει ποσότητα θερμότητας κατά τη θέρμανση του. Η ποσότητα της θερμότητας που αποθηκεύεται είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του στοιχείου κατασκευής και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αέρα και όσο μεγαλύτερη είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα και η μάζα του στοιχείου κατασκευής.

- «Ειδική θερμοχωρητικότητα c »: είναι η ποσότητα ενέργειας η οποία απαιτείται για την ανύψωση της θερμοκρασίας ενός υλικού μάζας 1kg κατά 1K . Μονάδες c : ($\text{Wh}/\text{kg}\cdot\text{K}$).

- «Απόδοση συστήματος ή συντελεστής απόδοσης»: είναι ο λόγος της αποδιδόμενης ωφέλιμης ενέργειας του συστήματος προς την ενέργεια που χρησιμοποιεί και καταναλώνει το σύστημα για τη λειτουργία του.

- «Θερμομόνωση κτιρίων»: είναι το σύνολο των κατασκευαστικών μέτρων που λαμβάνονται για τη μείωση της μετάδοσης θερμότητας μεταξύ των εσωτερικών χώρων κτιρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος και μεταξύ εσωτερικών χώρων με διαφορετικές θερμοκρασιακές απαιτήσεις.

- «Θερμογέφυρα»: θερμοαγώγιμο υλικό που έχει διεισδύσει ή παρακάμψει ένα σύστημα θερμομόνωσης, δίνοντας τη δυνατότητα μεταφοράς θερμότητας μέσω της διαδρομής που δημιουργεί.

- «Θερμική ζώνη κτιρίου»: οι χώροι στους οποίους διαιρείται ένα κτίριο ανάλογα με τις απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες και τη χρήση τους.

- «*Εσωτερικά κέρδη*»: οι θερμικές πρόσοδοι που προκύπτουν σε ένα χώρο κτιρίου από εσωτερικές πηγές θερμότητας, όπως άνθρωποι, φωτιστικά σώματα, ηλεκτρικές συσκευές, εξοπλισμός γραφείου.
- «*Ηλιακά κέρδη*»: οι θερμικές πρόσοδοι εντός του κτιρίου μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας και της μετατροπής της σε θερμότητα. Διακρίνονται σε άμεσα κέρδη τα οποία οφείλονται στην ηλιακή ακτινοβολία που διέρχεται μέσω των παραθύρων και λοιπών ανοιγμάτων και σε έμμεσα κέρδη που προέρχονται από την ηλιακή ακτινοβολία που ανακλάται από αδιαφανή στοιχεία.
- «*Σκιάστρο*»: κατασκευή-τεχνική που υποβοηθά την ηλιοπροστασία του κτιρίου ή του υπαίθριου χώρου.
- «*Συντελεστής σκίασης*»: η ικανότητα ενός σκιάστρου να περιορίζει τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής σκίασης, τόσο λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου ή/και προσπίπτει στα εξωτερικά δομικά στοιχεία.
- «*COP*»: Ο ονομαστικός συντελεστής συμπεριφοράς των αντλιών θερμότητας και λοιπών ψυκτικών μονάδων στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας όπως δίνονται στις τεχνικές προδιαγραφές.
- «*Μέσος συντελεστής θερμικών απωλειών διανομής*»: είναι το ποσοστό συνολικών θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής επί της συνολικής κατανάλωσης θερμικής ενέργειας ανά τελική χρήση (θέρμανση χώρων ή ψύξη χώρων ή ZNX) του κτιρίου ή της θερμικής ζώνης.
- «*Διεισδυτικός αερισμός*»: Η ποσότητα εξωτερικού αέρα που διεισδύει από τις χαραμάδες των κουφωμάτων.
- «*Μελέτη ενεργειακής απόδοσης*»: Η μελέτη που αναλύει και αξιολογεί την απόδοση του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων.]

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

1. Σχεδιασμός κτιρίου

Το κτίριο αναφοράς έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του άρθρου 8 της παρούσας.

Αν το υπό μελέτη κτίριο διαθέτει πέραν του ενός ΠΗΣ, αυτά δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης για το κτίριο αναφοράς. Στην περίπτωση αυτή, στο κτίριο αναφοράς τα ιδιαίτερα δομικά στοιχεία των ΠΗΣ αντικαθίστανται με αντίστοιχες συμβατικές διαφανείς και μη επιφάνειες με θερμικά χαρακτηριστικά.

2. Κτιριακό κέλυφος

2.1 Θερμομόνωση και θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων κτιριακού κελύφους:

α) Το κτίριο αναφοράς διαθέτει θερμομονωμένα εξωτερικά δομικά στοιχεία.

β) Το κτίριο αναφοράς περιλαμβάνει εξωτερικές επιφάνειες (τοιχοποιίες και οροφές) με συντελεστή ανάκλασης ηλιακής ακτινοβολίας 0,60. Σε περίπτωση που η στέγη καλύπτεται από κεραμοποιία ή από ηλιακούς συλλέκτες, η ανακλαστικότητα καθορίζεται ανάλογα την κατασκευή. Αντίστοιχα, ο συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας για το κτίριο αναφοράς είναι 0,8.

γ) Το κτίριο αναφοράς διαθέτει τα απαραίτητα σταθερά εξωτερικά σκίαστρα (πρόβολοι, περσίδες, πέργκολες, μπαλκόνια κ.α.), ώστε ο μέσος συντελεστής σκίασης των ανοιγμάτων (σύμφωνα με το EN 13790) κατά την θερινή περίοδο να είναι τουλάχιστον 0,50 για τις νότιες όψεις και 0,60 για τις όψεις με δυτικό και ανατολικό προσανατολισμό. Τα εσωτερικά σκίαστρα (κουρτίνες, περσίδες) των ανοιγμάτων δεν λαμβάνονται υπόψη, καθώς επίσης τα εξωτερικά παραθυρόφυλλα τα οποία δεν θεωρούνται σταθερά σκίαστρα.

δ) Για το κτίριο αναφοράς ορίζεται ο συντελεστής διαπερατότητας των υαλοστασίων στην ηλιακή ακτινοβολία $G_T = 0,76$ και στο ορατό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας $G_V = 0,65$.

ε) Ο μέσος συντελεστής σκίασης των αδιαφανών κάθετων επιφανειών του κτιρίου αναφοράς, τόσο κατά τη θερινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο, ορίζεται σε 0,9.

στ) Η διείσδυση του αέρα για το κτίριο αναφοράς ορίζεται σε $5,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ανά m^2 κουφώματος. Ο αερισμός μέσω τυποποιημένων θυρίδων αερισμού για το κτίριο αναφοράς, λαμβάνεται όπως και στο σχεδιαζόμενο κτίριο.

ζ) Η θερμική μάζα του κτιρίου αναφοράς λαμβάνεται ίση με 250 kJ/K.m^2 θερμαινόμενης επιφάνειας κτιρίου.

3. Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις

3.1 Εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης

α) Το κτίριο αναφοράς διαθέτει κεντρικό σύστημα θέρμανσης με λέβητα φυσικού αερίου ή πετρελαίου, όπως το εξεταζόμενο κτίριο. Εφόσον στην περιοχή οικοδόμησης του νέου κτιρίου υπάρχει υποδομή για τηλεθέρμανση, τότε στο κτίριο αναφοράς θα λαμβάνονται υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εναλλάκτη θερμότητας τηλεθέρμανσης. Τα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος κεντρικής θέρμανσης για το κτίριο αναφοράς είναι τα εξής:

- Ο κεντρικός λέβητας είναι πιστοποιημένος με βαθμό ενεργειακής απόδοσης τριών αστέρων (***) .

- Η διαστασιολόγηση της εγκατάστασης θέρμανσης γίνεται σύμφωνα με τις αντίστοιχες ΤΟΤΕΕ, ώστε να διασφαλίζεται η πλήρης κάλυψη των φορτίων ακόμα και τις πιο δυσμενείς ημέρες του χειμώνα.

β) Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτίριο κατοικίας θερμαίνεται με τη χρήση αντλιών θερμότητας, θεωρείται ότι και το κτίριο αναφοράς διαθέτει τοπικά συστήματα (αντλίες θερμότητας ενός ή πολλαπλών εσωτερικών στοιχείων), με συντελεστή συμπεριφοράς $\text{COP} = 3,2$.

γ) Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτίριο τριτογενή τομέα θερμαίνεται με τη χρήση αντλιών θερμότητας, θεωρείται ότι και το κτίριο αναφοράς διαθέτει τοπικά ή/και κεντρικά συστήματα θέρμανσης με συντελεστή συμπεριφοράς COP=3,2 για αερόψυκτα συστήματα και COP=4,3 για υδρόψυκτα.

3.2 Εγκατάσταση ψύξης/κλιματισμού:

α) Το κτίριο αναφοράς διαθέτει ανεμιστήρες οροφής στο 30% των κλιματιζόμενων χώρων.

β) Το κτίριο αναφοράς για τις κατοικίες διαθέτει τοπικά συστήματα (αντλίες θερμότητας ενός ή πολλαπλών εσωτερικών στοιχείων) που καλύπτουν τμήμα των εσωτερικών χώρων της κατοικίας. Τα πρότυπα χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης για το κτίριο αναφοράς είναι τα εξής:

- Τοπικά συστήματα ψύξης με βαθμό ενεργειακής απόδοσης EER = 3,0.

- Διαστασιολόγηση της εγκατάστασης ψύξης σύμφωνα με τις ισχύουσες TOTEE.

- Η ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος ψύξης για το κτίριο αναφοράς λαμβάνεται ίση με το 50% της κατανάλωσης που υπολογίζεται με βάση την καθαρή συνολική επιφάνεια της κατοικίας.

- Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτίριο δεν διαθέτει σύστημα ψύξης/κλιματισμού, τότε θεωρείται ότι κλιματίζεται όπως ακριβώς και το κτίριο αναφοράς.

γ) Το κτίριο αναφοράς για τον τριτογενή τομέα διαθέτει τοπικά ή/και κεντρικά συστήματα ψύξης που καλύπτουν όλους του εσωτερικούς χώρους. Τα πρότυπα χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης για το κτίριο αναφοράς είναι τα εξής:

- Μονάδες παραγωγής ψύξης τοπικές ή κεντρικές (ψύκτες, αντλίες θερμότητας, τοπικά κλιματιστικά) με βαθμό ενεργειακής απόδοσης EER = 2,8 για τοπικές ή κεντρικές αερόψυκτες μονάδες και EER = 3,8 για υδρόψυκτες μονάδες.

- Διαστασιολόγηση της εγκατάστασης ψύξης σύμφωνα με τις ισχύουσες TOTEE.

3.3 Τερματικές μονάδες κεντρικής θέρμανσης και κλιματισμού και δίκτυα διανομής θέρμανσης ψύξης του κτιρίου αναφοράς:

α) Ο τύπος των τερματικών μονάδων, καθώς και η διάταξη και το μήκος των σωληνώσεων διανομής θέρμανσης και ψύξης των χώρων λαμβάνονται όπως στο εξεταζόμενο κτίριο.

β) Για τις τερματικές μονάδες του κτιρίου αναφοράς (σώματα καλοριφέρ, μονάδες στοιχείου ανεμιστήρα – fancoils, κεντρικές κλιματιστικές μονάδες -ΚΚΜ) ισχύουν τα εξής:

- Για τις ΚΚΜ του κτιρίου αναφοράς του τριτογενή τομέα η ισχύς των ανεμιστήρων (προσαγωγής ή επιστροφής) λαμβάνεται ίση με $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. Σε ειδικές περιπτώσεις όπου απαιτείται διάταξη ειδικών φίλτρων, ή/και υπάρχει σύστημα ύγρανσης, ή/και σύστημα ανάκτησης θερμότητας, η ισχύς των ανεμιστήρων για το κτίριο αναφοράς λαμβάνεται ίση με $2,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$.

- Όλες οι ΚΚΜ του κτιρίου αναφοράς του τριτογενή τομέα με παροχή νωπού αέρα $\geq 60\%$, διαθέτουν σύστημα ανάκτησης θερμότητας με εναλλάκτη θερμότητας και με συντελεστή ανάκτησης $\eta_R = 0,5$.

- Το σύστημα ύγρανσης αέρα του κτιρίου αναφοράς του τριτογενή τομέα είναι ίδιο με εκείνο του εξεταζόμενου κτιρίου, και μπορεί να είναι ενσωματωμένο στην ΚΚΜ ή όχι.

- Για τις μονάδες στοιχείου ανεμιστήρα (fancoils), η ισχύς του ανεμιστήρα για το κτίριο αναφοράς είναι ίδια με αυτή του εξεταζόμενου κτιρίου.

γ) Για τα δίκτυα διανομής θερμού ή ψυχρού μέσου (νερό κ.α.) ισχύουν τα ακόλουθα:

- Για το κτίριο αναφοράς του τριτογενή τομέα οι αντλίες των κυκλωμάτων διανομής είναι ρυθμιζόμενων στροφών με αντιστάθμιση φορτίου με σταθερή πτώση πίεσης (Δp) και υδραυλικά ανεξάρτητες. Η ισχύς των αντλιών στο κτίριο αναφοράς λαμβάνεται ίση με αυτή του εξεταζόμενου κτιρίου.

- Ο μέσος συντελεστής θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής και επανακυκλοφορίας (νερού ή αλλού μέσου), που διέρχεται από μη θερμαινόμενο/ψυχόμενο ή κοινόχρηστο χώρο, για το κτίριο αναφοράς της κατοικίας είναι 7% και του τριτογενή τομέα είναι 15%.

3.4 Σύστημα Εξαερισμού ή Μηχανικού Αερισμού Κτιρίου Αναφοράς

α) Για το κτίριο αναφοράς στις κατοικίες θεωρείται ότι εφαρμόζεται φυσικός αερισμός.

β) Για το κτίριο αναφοράς του τριτογενή τομέα, το σύστημα μηχανικού αερισμού έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Προσαγωγή και απαγωγή νωπού αέρα σύμφωνα με τις ισχύουσες ΤΟΤΕΕ.
- Το σύστημα μηχανικού αερισμού διαθέτει εναλλάκτη ανάκτησης θερμότητας με συντελεστή ανάκτησης θερμότητας $\eta_R = 0,5$.
- Η ειδική απορρόφηση ισχύος των ανεμιστήρων εξαερισμού λαμβάνεται ίση με $1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$.

3.5 Σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX):

α) Το κτίριο αναφοράς καλύπτει τις ανάγκες για ZNX, μέσω του κεντρικού λέβητα θέρμανσης χώρων ή ξεχωριστού συστήματος λέβητα (πετρελαίου ή φυσικού αερίου ή τηλεθέρμανσης), με παράλληλη χρήση ηλιακών συλλεκτών και ηλεκτρικής αντίστασης για εφεδρεία. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος παραγωγής ZNX για το κτίριο αναφοράς είναι τα εξής:

- Ο κεντρικός λέβητας παραγωγής ZNX είναι πιστοποιημένος με βαθμό ενεργειακής απόδοσης τριών αστερών (***)
- Ο μέσος συντελεστής θερμικών απωλειών του κεντρικού δικτύου διανομής ZNX για το κτίριο αναφοράς είναι 20%. Σε περίπτωση επανακυκλοφορίας του νερού ο συντελεστής είναι 35%.
- Σε περίπτωση μεγάλου κυκλώματος κυκλοφορίας και επανακυκλοφορίας του ZNX, εφαρμόζεται για το κτίριο αναφοράς κυκλοφορία με σταθερό Δp και κυκλοφορητή με ρύθμιση στροφών βάσει της ζήτησης σε ZNX. Ο μέσος συντελεστής θερμικών απωλειών διανομής είναι 15% για δίκτυα χωρίς επανακυκλοφορία και μικρότερο από 30% για δίκτυα

με επανακυκλοφορία. Για το κτίριο αναφοράς το μήκος των σωληνώσεων διανομής λαμβάνεται ίσο με το μήκος των αντίστοιχων σωληνώσεων του εξεταζόμενου κτιρίου.

- Στο κτίριο αναφοράς επιτρέπεται η χρήση αποκεντρωμένων συστημάτων, μόνο σε εμπορικά καταστήματα ή παρόμοιες χρήσεις με περιορισμένη κατανάλωση ZNX. Στις περιπτώσεις αυτές η παραγωγή ZNX, μπορεί να γίνεται τοπικά με ταχυθερμοσίφωνα αερίου. Εάν το φυσικό αέριο δεν είναι διαθέσιμο, η παραγωγή ZNX, μπορεί να γίνεται με ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, ή ταχυθερμοσίφωνα με συνολικό μήκος αγωγών έως 6m.

3.6 Σύστημα φωτισμού κτιρίου αναφοράς τριτογενή τομέα:

α) Η στάθμη και η αντίστοιχη εγκατεστημένη ισχύς γενικού φωτισμού λαμβάνονται όπως στον πρότυπο EN 12464-1:2002, ενώ η ενεργειακή απόδοση των φωτιστικών είναι 0,015 [W/lumen]. Για επιφάνεια μεγαλύτερη από 15 m² ο τεχνητός φωτισμός ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες. Στους χώρους με φυσικό φωτισμό εξασφαλίζεται η δυνατότητα σβέσης τουλάχιστον του 50% των λαμπτήρων που βρίσκονται εντός αυτής.

β) Ο γενικός φωτισμός παρέχεται από λαμπτήρες φθορισμού, οι οποίοι διαθέτουν ηλεκτρονικό στραγγαλιστικό πηνίο με δείκτη ενεργειακής απόδοσης (EEI) κατηγορίας A3 σύμφωνα με κατάταξη της Επιτροπής της Ένωσης Ευρωπαίων Κατασκευαστών Φωτιστικών (CELMA) και την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/55/ΕΕ.

γ) Εξαίρεση αποτελούν οι χώροι με ειδικές απαιτήσεις λειτουργικού φωτισμού, όπως χειρουργεία, όπου ο φωτισμός του κτιρίου αναφοράς λαμβάνεται όπως στο εξεταζόμενο κτίριο.

3.7 Διατάξεις ελέγχου εγκαταστάσεων κτιρίου αναφοράς τριτογενή τομέα:

α) Το κτίριο αναφοράς ξενοδοχείου διαθέτει σύστημα ελέγχου ηλεκτροδότησης δωματίων μέσω ηλεκτρονικών καρτών, επιτυγχάνοντας 15% εξοικονόμηση ενέργειας

β) Το κτίριο αναφοράς τριτογενή τομέα, για κτίρια με επιφάνεια πάνω από 3.500 τ.μ., διαθέτει σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίου (BEMS), για τον κεντρικό έλεγχο της λειτουργίας των Η/Μ εγκαταστάσεων, επιτυγχάνοντας 10% εξοικονόμηση ενέργειας (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2012).