

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ ΙΑΣΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΣΚΑΦΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΚΕΑ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΕΝΑΡΔΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ Ε.Μ.Π.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κατά το χρονικό διάστημα Ιούλιος-Οκτώβριος 2010.

Με αφορμή την ολοκλήρωση της, εκφράζονται ευχαριστίες στον καθηγητή μου κύριο Μπενάρδο Ανδρέα για την πολύτιμη καθοδήγηση του και τις εύστοχες παρατηρήσεις του κατά τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αθανασιάδη Αλέξανδρο για την καθοδήγηση του στον τομέα του σχεδιασμού, την Τσαλοπούλου Χριστίνα και την Γεωργακοπούλου Ντάβου Βασιλική για την πολύτιμη βοήθεια τους κατά τη συγγραφή.

Τέλος, θα ευχαριστήσω την τεχνική εταιρία ΔΟΡΩΣΙΣ Α.Τ.Ε. για την διάθεση των απαραίτητων στοιχείων καθώς και για την τεχνική υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Αθανασιάδης Ιάσων

Αθήνα Οκτώβριος 2010

Περίληψη

Οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες για επέκταση των πόλεων και τα προβλήματα που τις πλήττουν, έχουν καταστήσει επιτακτική την ανάγκη υιοθέτησης λύσεων, που με σεβασμό προς το περιβάλλον, δημιουργούν μια νέα διέξοδο στην κατασκευαστική δραστηριότητα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την υπόγεια επέκταση των πόλεων στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης και γενικότερα την αξιοποίηση του υπογείου χώρου και τη σύνδεση του με τον υπέργειο.

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάδειξη της ιδέας της μερικής υπόγειας κατοίκησης και των σημαντικών ωφελειών που ένα τέτοιο εγχείρημα συνεπάγεται. Επιπρόσθετα, επιχειρείται να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα σημαντικά πλεονεκτήματα μίας υπόσκαφης κατοικίας έναντι μίας συμβατικής.

Ο σκοπός αυτός της εργασίας επιτυγχάνεται μέσω του σχεδιασμού μίας υπόσκαφης εξοχικής κατοικίας στη νήσο Κέα η οποία μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες μιας τετραμελούς οικογένειας. Αυτή η υπόσκαφη κατοικία, η κατασκευή της οποίας είναι βασισμένη στη μέθοδο των πολλαπλών επιπέδων με σκοπό τη μεγιστοποίηση των διαθέσιμων χώρων, είναι τοποθετημένη σε πλαγιά.

Η τοποθεσία αυτή χαρακτηρίζεται από μία σειρά ιδιοτήτων οι οποίες αποτέλεσαν κριτήρια για την επιλογή της. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι ο προσανατολισμός και η κλίση της πλαγιάς προσφέρουν τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού και αερισμού σε όλους τους χώρους της υπόσκαφης κατοικίας.

Η κατασκευή χαρακτηρίζεται από στοιχεία που τη συνδέουν με το περιβάλλον της, καθώς ενσωματώνονται στο σχεδιασμό στοιχεία της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του νησιού και της μορφολογίας του. Παράλληλα, ο πρωτοποριακός σχεδιασμός της υποσκαφής κατοικίας καθιστά την εν λόγω κατασκευή σημείο αναφοράς της ευρύτερης περιοχής.

Abstract

A variety of problems related to the development and expansion of urban cities, along with the constantly increasing needs of their inhabitants, have led to the search for innovative and environmentally friendly construction solution.

The present project deals with the underground urban development, in agreement with the sustainability concept, with the exploitation of the area below the Earth surface and its connection with the over ground area.

Moving on, this paper aims at promoting the idea of partial underground living and at pointing out the important benefits that derive from such an effort. In addition, the advantages of an earth-sheltered residence has in relation to a common shelter are highlighted.

Therefore, the construction of an earth-sheltered, country-side, residence is proposed, which will be located on Kea island, with a capacity to host a four-member family. The above mentioned construction will be built on an inclined plot. The Cut and Cover construction method will be used during the construction process, allowing maximizing the utility of the available spaces within the earth-sheltered residence.

The selection of Kea island, as the most suitable location for such an effort, has been made based on a number of criteria. Typically, we report that the orientation and inclination of the hill side of the plot offer the possibility of natural lighting and airing in the whole earth-sheltered residence.

The construction is characterized by elements which relate to its environment as they are built in to the design (“culture”) of the island's traditional architecture and morphology. To conclude, the innovative design of the proposed earth-sheltered residence turns the residence into a reference point that characterizes the wider region.

Περιεχόμενα

1.	Ιστορικά – Εισαγωγικά Στοιχεία.....	6
1.1.	Ζώντας υπόγεια	9
1.2.	Υπόγεια επέκταση των πόλεων	12
1.2.1.	Βασικοί Στόχοι.....	12
2.	Υπόγεια Ανάπτυξη	18
2.1.	Μέθοδοι Κατασκευής Υπόγειων Χώρων	18
2.1.1.	Δημιουργία τεχνητών υπόγειων θαλάμων.....	18
2.1.2.	Εκσκαφή και επανεπίχωση (Cut and Cover).....	19
2.1.3.	Υπόσκαφες κατασκευές.....	20
2.1.4.	Κατασκευές που επικαλύπτονται με χώμα (Earth Berm).....	21
2.1.5.	Αίθριο	22
2.2.	Αειφόρος Ανάπτυξη και Υπόγεια Ανάπτυξη Πόλεων	23
2.3.	Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Υπόγειος Χώρος	24
2.3.1.	Βάθος και εδαφικές θερμικές αποδόσεις	26
2.4.	Παθητική θέρμανση, φυσικός φωτισμός και φυσικός αερισμός	27
2.4.1.	Παθητικός Ηλιακός Σχεδιασμός	28
2.4.2.	Παθητική θέρμανση μέσω ηλιακής ακτινοβολίας	29
2.4.3.	Φυσικός φωτισμός.....	32
2.4.4.	Φυσικός αερισμός	34
2.5.	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Υπόγειου Χώρου	37
2.5.1.	Σημαντικά οφέλη που προκύπτουν από την υπόγεια ανάπτυξη.....	38
2.6.	Κοινωνικοοικονομικά Οφέλη.....	40
2.7.	Ανασταλτικοί Παράγοντες στην υπόγεια Ανάπτυξη	41
2.7.1.	Κίνδυνοι, θέματα ασφαλείας και μέθοδοι αντιμετώπισης.....	41
2.7.2.	Υψηλά ποσά αρχικής επένδυσης – Αβεβαιότητα	42
2.7.3.	Προκαταλήψεις και ψυχολογία.....	42
2.7.4.	Αντιμετώπιση φόβων και προκαταλήψεων	44
3.	Παράμετροι Σχεδιασμού Υπόγειων Κατασκευών	49
3.1.	Υπόγειες κατασκευές και χρήση γης ανάλογα με το βάθος	49
3.1.1.	Κατηγοριοποίηση χρήσης γης και ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στον υπόγειο χώρο σε σχέση με το βάθος.....	51
3.2.	Υπόγειες κατασκευές σε υπό κλίση περιοχές	54
3.2.1.	Επιλογή Τοποθεσίας	55
3.2.2.	Κλιματολογικές συνθήκες που αντιμετωπίζει μια υπόσκαφη οικία σε υπό κλίση περιοχή.....	56
3.2.3.	Σχεδιασμός υπόσκαφης οικίας σε υπό κλίση περιοχές	57
4.	Υπόσκαφες Κατασκευές: Έρευνα και Παραδείγματα	65
4.1.	Μελέτη Θερμικού Περιβάλλοντος Υπόσκαφης Κατοικίας στην Κορέα	65
4.1.1.	Αποτελέσματα Έρευνας	65
4.2.	Δείγματα υπόγειων κατασκευών	69
4.2.1.	Παράδειγμα υπόγειων κατασκευών στη Σαντορίνη	69
4.2.2.	Παράδειγμα της μεθόδου Earth Berm για την κατασκευή οικίας στην Ιαπωνία	74
4.2.3.	Παράδειγμα κατασκευής υπόγειας οικίας στην Αγγλία	78
4.2.4.	Παράδειγμα υπόσκαφης βίλας στην Ελβετία	82

4.3.	Πλεονεκτήματα της υπόσκαφης οικίας έναντι της συμβατικής	84
5.	Σχεδιασμός Υπόσκαφης Κατασκευής στη Νήσο Κέα.....	87
5.1.	Γεωγραφική τοποθέτηση	88
5.1.1.	Το τοπίο της Κέας.....	89
5.2.	Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική	91
5.2.1.	Κλίμα	92
5.3.	Στοιχεία για την υπόσκαφη κατασκευή	93
5.4.	Σχεδιασμός.....	95
5.4.1.	Ιδέα σχεδιασμού	95
5.4.2.	Περιοχή τοποθέτησης και κριτήρια	97
5.4.3.	Εξωτερικός Σχεδιασμός.....	98
5.4.4.	Εσωτερικός σχεδιασμός και βιωσιμότητα.....	100
5.4.5.	Χώροι και διαστάσεις	105
5.5.	Κατασκευή	108
5.5.1.	Μόνωση	111
5.5.2.	Δεξαμενή νερού	111
5.5.3.	Οφέλη υπόσκαφης κατασκευής στην Κέα	112
5.5.4.	Σύγκριση με συμβατική κατασκευή	114
6.	Συμπέρασμα	116
7.	Βιβλιογραφία	118
7.1.	Έντυπο Υλικό	118
7.2.	Διαδίκτυο	119
8.	Παράρτημα I.....	121
9.	Παράρτημα II.....	127
10.	Παράρτημα III.....	129
11.	Παράρτημα IV.....	131
12.	Παράρτημα V.....	132
13.	Παράρτημα VI.....	139

1. Ιστορικά – Εισαγωγικά Στοιχεία

Το κατάλυμα που επέλεξαν οι πρώτοι άνθρωποι για να κατοικήσουν ήταν η σπηλιά. Το κατάλυμα αυτό κάλυπτε όλες τις πρωταρχικές τους ανάγκες για προστασία από τις καιρικές συνθήκες και τους φυσικούς τους εχθρούς. Παρείχε δηλαδή ένα ασφαλές περιβάλλον.

Εκμεταλλεόμενοι των πλεονεκτημάτων που παρείχε η σπηλιά, την χρησιμοποιούσαν εκτός από τη διαβίωση και για άλλες δραστηριότητες όπως, για αποθήκευση τροφής, εργασία και γενικότερα τη διατήρηση της ποιότητας της ζωής τους μακριά από τους κινδύνους του εξωτερικού περιβάλλοντος. Είναι χαρακτηριστικές οι απεικονίσεις των καθημερινών δραστηριοτήτων τους στους τοίχους των σπηλαίων (βλ. εικόνα 1.1.) που σώζονται ακόμη και σήμερα.



Εικόνα 1.1. Απεικόνιση ζώων, παλαιολιθικής εποχής, στο σπήλαιο Lascaux στη Γαλλία.

¹ Πηγή Εικόνας 1.1.: <www.nationalgeographic.com>.

Στην Τυνησία στο χωριό Matmâta που βρίσκεται 450 km νότια της Τύνιδας συναντάται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα υπόγειων κατασκευών. Ένα σύμπλεγμα υπόγειων κατοικιών συνθέτει ένα ιδιαίτερο χωριό που κατοικείται ακόμη και σήμερα και αποτελεί τη μεγαλύτερη κοινότητα τρωγλοδυτών (ανθρώπων που ζουν σε σπηλιές) στον κόσμο (βλ. εικόνες 1.2, 1.3). Η κατασκευή του έγινε με την εκσκαφή τμημάτων του εδάφους και σκάβοντας περιμετρικά υπόγειους θαλάμους.

Έτσι στα υπόγεια τμήματα δημιουργήθηκαν δωμάτια αλλά και υπόγειου διάδρομοι συνδέοντας τις οικίες μεταξύ τους. Η θερμοκρασία στο εσωτερικό των κατοικιών κυμαίνεται μεταξύ 20-22 °C καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Δεν είναι γνωστή η περίοδος που πρωτοεμφανίστηκαν αλλά υπήρχαν ήδη από τα ρωμαϊκά χρόνια. Κατασκευάστηκαν για να προστατεύσουν τους κατοίκους από εχθρικές επιδρομές αλλά και λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στην περιοχή.²

² "The Underground Village of Matmata." *HotelClub Hotel and Travel Blog*. 13 Oct. 2008. Web.

<<http://blog.hotelclub.com>>.



Εικόνα 1.2. Άποψη τμήματος του υπόγειου χωριού Matmâta.



Εικόνα 1.3. Άποψη τμήματος των υπόγειων δωματίων του χωριού Matmâta.

³ Πηγή Εικόνας 1.2.: <<http://ma-passion-musique-maroc.over-blog.com>>.

⁴ Πηγή Εικόνας 1.3.: <www.peachin.com>.

Κάνοντας μια αναδρομή, για τη χρήση των σπηλαίων από την αρχή της ανθρώπινης ιστορίας, παρατηρούμε ότι οι εκάστοτε κοινωνίες χρησιμοποίησαν τον υπόγειο χώρο για αμυντικούς σκοπούς, για την αντιμετώπιση του περιορισμένου διατιθέμενου χώρου, για προστασία έναντι σε ακραίες κλιματολογικές συνθήκες, για περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, λόγω άλλων εξωτερικών ή εσωτερικών αναγκών όπως η φτώχεια. Η πρώιμη χρήση των υπόγειων εγκαταστάσεων είχε 3 βασικά μειονεκτήματα:

- Αποτελούσαν έργα όπου το σχέδιο δεν ήταν προδιαγεγραμμένο. Δημιουργούνταν ένας χαοτικός τρόπος κατασκευής που δεν βασιζόταν σε σχεδιασμό.
- Υπήρχαν δυσκολίες στον αερισμό και στο φωτισμό.
- Η τεχνολογία ήταν περιορισμένη, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να ξεπεραστούν σημαντικά κατασκευαστικά εμπόδια και να δημιουργηθεί ένα υγιές περιβάλλον στους υπόγειους χώρους.

1.1. Ζώντας υπόγεια

Η γνώση ότι ο υπόγειος χώρος προσφέρει προστασία είναι μια ιδέα τόσο παλιά όσο η ίδια η ύπαρξη του ανθρώπου. Ο χώρος αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί φιλοξενώντας ξανά τον άνθρωπο και επαναφέροντας στο προσκήνιο τους λόγους που τον οδήγησαν στα πρώιμα χρόνια του να ζητήσει κατάλυμα σε αυτόν.

Ο Norman Foster αποκαλεί τις σπηλιές αρχέτυπο της αρχιτεκτονικής, εξάλλου η πορεία της βασίζεται στην φυσική μορφή των σπηλιών. Αν μιλήσουμε κυριολεκτικά υπάρχουν μόνο δύο μορφές φυσικού υπογείου χώρου, τρύπα στο βράχο και τρύπα στο έδαφος. Η ποικιλία τους βέβαια είναι πολύ μεγάλη και εξαρτάται από το είδος του εδάφους και της πέτρας όπως και από την τοπογραφία του εδάφους.⁵

Οι περισσότεροι άνθρωποι δεν θα επέλεγαν να ζήσουν σε υπόγειους χώρους. Αυτό οφείλεται στην άγνοια σχετικά με τις δυνατότητες μιας τέτοιας κατοικίας αλλά και στην έλλειψη γενικότερων γνώσεων σχετικά με το εγχείρημα, καθώς επικρατεί η εσφαλμένη

⁵ *Meijenfeldt, Ernst Von., and Marit Geluk. Below Ground Level: Creating New Spaces for Contemporary Architecture. Basel: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2003. Print*

αντίληψη ότι οι υπόγειες κατοικίες είναι βρόμικοι, ακατάστατοι, σκοτεινοί, κλειστοφοβικοί, ασταθείς χώροι που κάνουν τη διαβίωση δύσκολη και βλαβερή.

Η αντίληψη αυτή καλλιεργείται από την ελλιπή ενημέρωση σχετικά με τους κανόνες κατασκευής και τις γνώσεις της βιώσιμης αρχιτεκτονικής που εφαρμόζονται στην πράξη.

Έπειτα από χιλιετίες χρήσης των καταλυμάτων αυτών οι άνθρωποι σήμερα αρχίζουν αναγνωρίζουν τις θερμικές ιδιότητες του εδάφους και είναι η κατάλληλη στιγμή να επικρατήσει πλέον η αντίληψη ότι οι υπόγειες κατασκευές δεν αποτελούν σκοτεινά, ακατάστατα, αποπνικτικά, με τεχνητό φωτισμό μέρη.

Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα διάφορων μορφών υπόγειων κατασκευών κυρίως στην Ευρώπη και την Αμερική που καταρρίπτουν τις αντιλήψεις αυτές, μέσω του πρωτοποριακού τους σχεδιασμού που τις κάνει γενικότερα αποδεκτές στο ευρύ κοινό. Η Ιαπωνία, λόγω του περιορισμένου διαθέσιμου υπέργειου χώρου ήταν από τις πρώτες που επανέφερε στο προσκήνιο την υπόγεια ανάπτυξη, και έχει καταστήσει ήδη την υπόγεια κατοίκηση μέρος της κουλτούρας της.



Εικόνα 1.4. Υπόγειος χώρος πολλαπλών χρήσεων στην Ισπανία.

⁶ Πηγή Εικόνας 1.4.: < <http://www.archdaily.com> >.



Εικόνα 1.5. Εξωτερικός χώρος υπόγειας κατασκευής στην Ισπανία.



Εικόνα 1.6. Πανοραμική άποψη υπόγειας κατασκευής στην Ισπανία.

⁷ Πηγή Εικόνων 1.5, 1.6.: < <http://www.archdaily.com> >.

1.2. Υπόγεια επέκταση των πόλεων

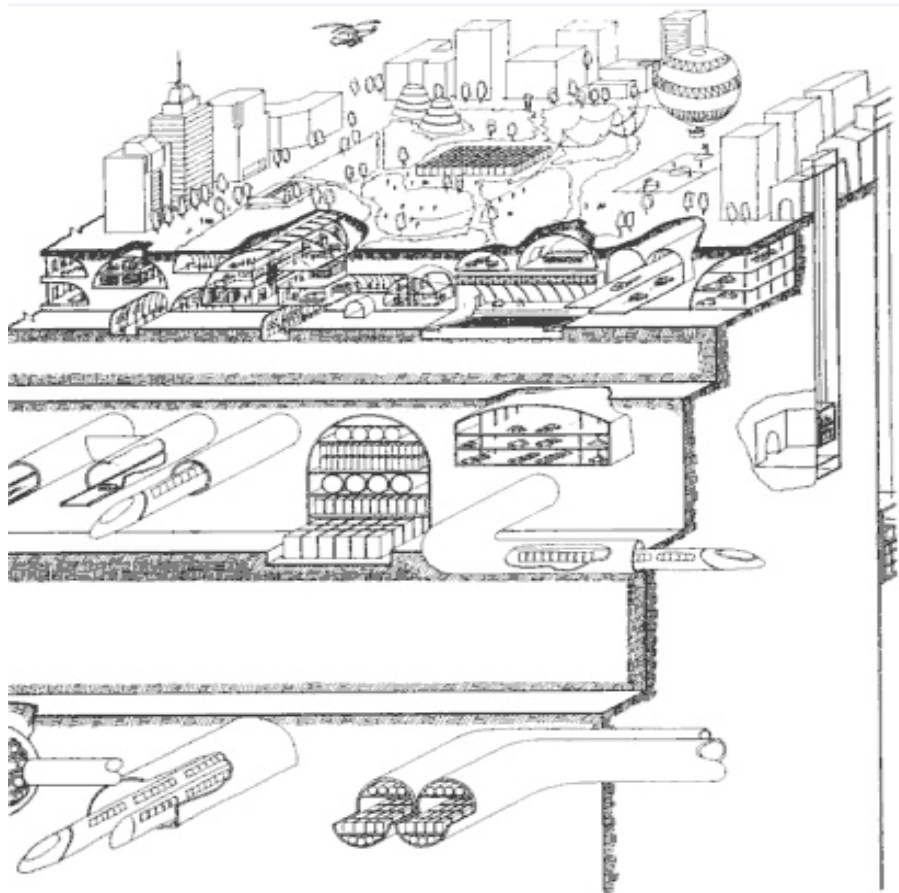
Η ανάπτυξη του υπόγειου χώρου πρέπει να γίνεται με τέτοιες μεθόδους έτσι ώστε να αντικρούει τις απαρχαιωμένες αντιλήψεις που επικρατούν σχετικά με την ποιότητα και τις συνθήκες που επικρατούν σε αυτόν. Δημιουργείται έτσι μια επιπλέον ώθηση τους κατασκευαστές και τους μελετητές να υιοθετήσουν ρηξικέλευθες ιδέες και τεχνικές για να αναδείξουν τα προτερήματα του υπόγειου χώρου αλλά ταυτόχρονα να αναζωογονήσουν και τα υπάρχοντα υπέργεια κτίσματα.

1.2.1. Βασικοί Στόχοι

Οι στόχοι τους οποίους πρέπει να επιτύχει η κατασκευή μιας υπόγειας πόλης (βλ. σχέδιο 1.1.) είναι να λυθούν κάποια από τα υπάρχοντα και επικείμενα προβλήματα που προκύπτουν από τη συνεχή ανάπτυξη των πόλεων. Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι⁸ όσον αφορά τον υπόγειο χώρο πρέπει να είναι:

- Η μεταφορά των περισσοτέρων, αν όχι όλων των δικτύων μεταφοράς ιδίως στο κέντρο των πόλεων, στον υπόγειο χώρο. Ο κυρίαρχος σκοπός είναι η επιφάνεια να χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν περισσότερο από πεζούς, να δημιουργηθούν πνεύμονες πρασίνου, οι ανθρώπινες δραστηριότητες να διαχωρίζονται από τα μηχανοκίνητα οχήματα και να επιτρέπεται η χαλάρωση σε ένα πιο φυσικό περιβάλλον.
- Η μεταφορά όλων των έργων υποδομής στο υπόγειο επίπεδο (π.χ. δίκτυα ύδρευσης, ηλεκτρισμού κ.τ.λ.).
- Ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η λειτουργία ενός εξολοκλήρου αυτοματοποιημένου υπόγειου συστήματος διακίνησης αγαθών.
- Η μεταφορά όλων των κατασκευών που δεν έχουν ανάγκη από παράθυρα στον υπόγειο χώρο (π.χ. αποθήκες, αρχεία κ.τ.λ.).

⁸ Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.



Σχέδιο 1.1. Πόλη του μέλλοντος με υπόγεια επέκταση.

Δεν είναι ρεαλιστικό να θεωρηθεί πως η εφαρμογή των παραπάνω στόχων μπορεί να γίνει σε σύντομο χρονικό διάστημα. Από οικονομικής και νομοθετικής πλευράς όπως και σε σχέση με τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και την κατασκευή, είναι ευκολότερη η επέκταση μιας ήδη υπάρχουσας υπέργειας πόλης στον υπέργειο χώρο (βλ. εικόνα 1.7.) παρά η δημιουργία μιας υπόγειας από το μηδέν.

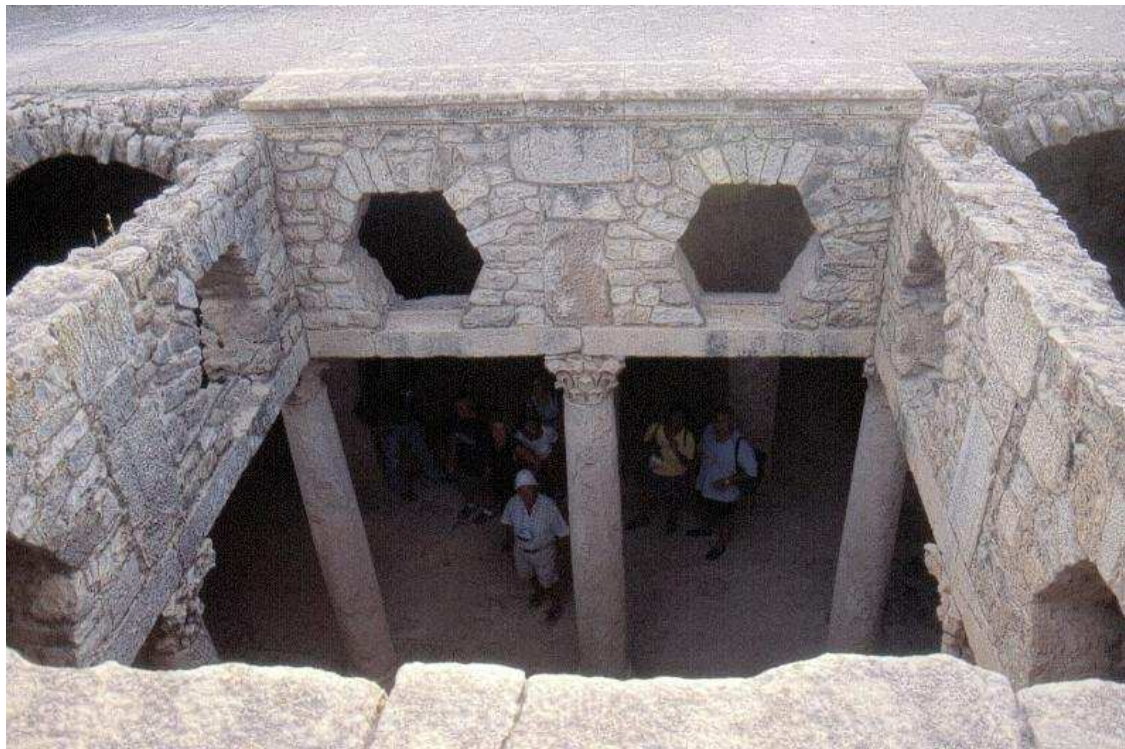
Η επέκταση μιας πόλης υπόγεια δεν είναι μια καινούρια ιδέα. Λαμπρό παράδειγμα αποτελεί η ρωμαϊκή πόλη της Bulla Regia (βλ. εικόνα 1.8). Η πόλη αυτή αποτελεί αρχαιολογικό μνημείο στα βορειοδυτικά της Τυνησίας, ιδρύθηκε από τους φοίνικες και ήκμασε κατά τα ρωμαϊκά χρόνια. Η υπόγεια επέκταση της υπήρξε προσπάθεια προστασίας από τη ζέστη και τις επιπτώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας.

⁹ Πηγή Σχεδίου 1.1.: Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.



10

Εικόνα 1.7. Υπόγειοι χώροι που συνδέονται με το μετρό στο Μόντρεαλ του Καναδά



11

Εικόνα 1.8. Αίθριο που χρησιμοποιούνταν σαν προαύλιο στην Bulla Regia.

¹⁰ Πηγή Εικόνας 1.7.: < www.ceotraveler.com >.

¹¹ Πηγή Εικόνας 1.8.: < www.omniplan.hu >.

Στις προηγμένες κοινωνίες του κόσμου, η αστικοποίηση θα συνεχίσει να κυριαρχεί έναντι του περιβάλλοντος. Κατ' επέκταση, θα αυξάνεται η κατανάλωση χώρου, αγαθών και η χρήση υψηλής τεχνολογίας. Οι ανακατατάξεις αυτές που προκύπτουν από τις εν λόγω ενέργειες σε συνδυασμό με τον τρόπο ζωής που έχει διαμορφώσει ο σύγχρονος άνθρωπος οδηγούν σε δραστικές κοινωνικοοικονομικές αλλαγές.

Κάθε σύστημα που σχεδιάζεται πρέπει να συμπεριλάβει αυτές τις αλλαγές και τις δυνάμεις που ωθούν στην ανάδειξη τους. Ο αστικός σχεδιασμός πρέπει να γίνεται αντιληπτός σαν τη σύνθεση του φυσικού και τεχνητού περιβάλλοντος που συνεισφέρουν στη δυναμική διαμόρφωση μιας πόλης. Ο στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα ευχάριστο με διάρκεια περιβάλλον για όλους τους κατοίκους.

Ακόμη και ο κύριος εκπρόσωπος του κινήματος των μοντερνιστών Le Corbusier προάγει τη σύνδεση της κατασκευής με το περιβάλλον, δημιουργώντας κτίρια που εκφράζουν ενότητα με το τοπίο. Στην πορεία του ως αρχιτέκτονας είναι φανερό η σχέση που δημιουργείται με το περιβάλλον αφού η κατασκευή γίνεται τμήμα του περιβάλλοντος χώρου. Ο Le Corbusier συνδυάζει φυσικές με γεωμετρικές απεικονίσεις όπως μπορεί να διαπιστωθεί στην εκκλησία της Notre dame du haut στο Ronchamp (βλ. εικόνα 1.9) το 1954. Κομμάτι της κατασκευής είναι υπόγειο καθώς οι παρακείμενες κατοικίες είναι βυθισμένες στο λόφο (βλ. σχέδιο 1.2).



Εικόνα 1.9. Η εκκλησία Notre dame du haut.



13

Σχέδιο 1.2. Τομή Υπόγειων βοηθητικών χώρων στην εκκλησία Notre dame du haut.

Η ιδιαίτερη σύνδεση της κατασκευής της εκκλησίας της Notre dame du haut με τον υπόγειο χώρο αποτελεί μια προσπάθεια από μια εξέχουσα προσωπικότητα της παγκόσμιας αρχιτεκτονικής να αναδειχθεί η χρήση του υπόγειου χώρου ήδη από το 1954.

¹² Πηγή Εικόνας 1.9.: <<http://vanibahl.wordpress.com>>.

¹³ Πηγή Σχεδίου 1.2.: <<http://vanibahl.wordpress.com>>.

Η σύνδεση μιας υπέργειας πόλης με την υπόγεια επέκταση της δημιουργεί ουσιαστικά μια νέα, ισχυρότερη, αποδοτικότερη πόλη, που εκτείνεται στις τρεις διαστάσεις. Η σύνθεση των δύο τμημάτων της πόλης παρέχει στην επιφάνεια ένα υγιέστερο περιβάλλον, μια ανανεωμένη μορφολογία, στενότερη προσέγγιση των αναγκών του πολίτη, οικίες σε μικρότερη απόσταση από το εργασιακό περιβάλλον, ασφαλέστερο δίκτυο για τους πεζούς, την ενσωμάτωση του περιβάλλοντος στην καρδιά της πόλης, ένα χαλαρωτικό και σταθερό κοινωνικά περιβάλλον όπου θα διατηρείται η δυναμικότητα της πόλης αλλά θα μειώνονται τα ποσοστά μόλυνσης σε ατμόσφαιρα και ήχο.¹⁴

Η σύλληψη αυτής της ιδέας αποτελεί μια αντισυμβατική αλλά εφαρμόσιμη προσπάθεια που δεν οραματίζεται την δημιουργία ενός ουτοπικού οικισμού αλλά μελετά από όλες τις οπτικές τις ιδιαιτερότητες και τα προβλήματα των σύγχρονων πόλεων και παρέχει λύσεις μέσω των ιδιαίτερων στοιχείων που τη συνθέτουν.

Ο άνθρωπος διαθέτει την τεχνολογική γνώση και τη θέληση να ενσωματώσει αυτές τις λύσεις τόσο για την ανθρωπότητα όσο και για την ίδια την κοινωνία.

¹⁴ Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

2. Υπόγεια Ανάπτυξη

2.1. Μέθοδοι Κατασκευής Υπόγειων Χώρων

2.1.1. Δημιουργία τεχνητών υπόγειων θαλάμων

Κατασκευάζονται με την υπόγεια προσβολή του πετρώματος και την υποστήριξη όταν αυτή απαιτείται (βλ. εικόνα 2.1.). Παρότι η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως σε σκληρά συνεκτικά πετρώματα, με την πρόοδο της τεχνολογίας, οι περιορισμοί σε σχέση με την σκληρότητα του εδάφους ελαχιστοποιούνται και η δημιουργία τεχνητών υπόγειων θαλάμων μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλο εύρος πετρωμάτων επιβαρύνοντας το κόστος κατασκευής. Η εν λόγω μέθοδος κατασκευής είναι πολύ δημοφιλής στον κόσμο, αποτελεί όμως, μια σχετικά ακριβή μέθοδο.



Εικόνα 2.1. Υπόγειες εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού λυμάτων στην Φινλανδία.

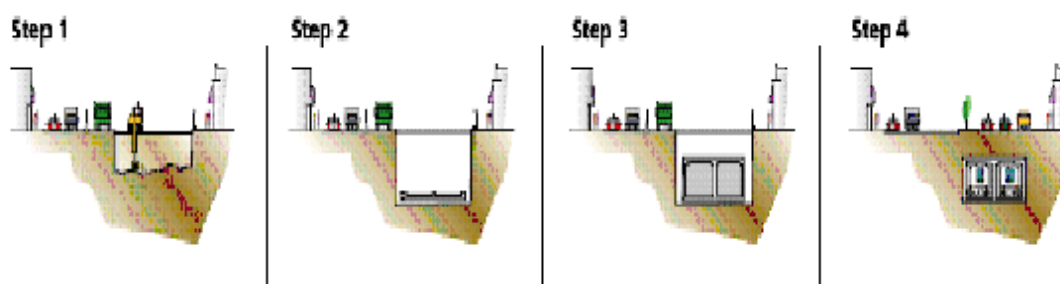
2.1.2. Εκσκαφή και επανεπίχωση (Cut and Cover)

Η μέθοδος εκσκαφής και επανεπίχωσης (βλ. σχέδιο 2.1.) έχει κυρίως εφαρμογή στην κατασκευή σηράγγων και σταθμών του μετρό. Η διαδικασία ξεκινά με την εκσκαφή του ορύγματος και την αντιστήριξη των πρανών του καταλλήλως. Ακολούθως «κτίζεται» ο μόνιμος φορέας του σταθμού ή της σήραγγας ξεκινώντας από τη θεμελίωση προς τα επάνω δηλαδή ως μια συνήθης οικοδομή. Τέλος, γίνεται επικάλυψη της κατασκευής με επίχωση ως την επιφάνεια του εδάφους και αποκαθίσταται η περιοχή.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι για την εφαρμογή της πρέπει:

- να απομακρυνθούν όλοι οι αγωγοί κοινής ωφελείας που βρίσκονται στην περιοχή όπου θα γίνουν οι εκσκαφές,
- να προηγηθεί αρχαιολογική έρευνα για εντοπισμό τυχόν αρχαιοτήτων, και
- να γίνουν οι απαιτούμενες παρακάμψεις της κυκλοφορίας.

Οι επεμβάσεις αυτές είναι χρονοβόρες, αυξάνουν το κόστος, ενώ συγχρόνως οι αρχαιολογικές έρευνες εμπεριέχουν μεγάλη αβεβαιότητα όσον αφορά τη διάρκεια και το τελικό κόστος τους.



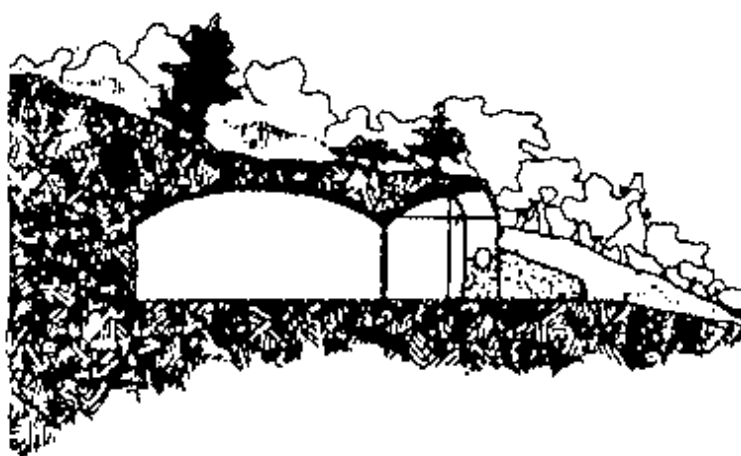
15

Σχέδιο 2.1. Απεικόνιση της μεθόδου εκσκαφής και επανεπίχωσης.

¹⁵ Πηγή Σχεδίου 2.1.: < <http://w3.krtco.com.tw> >.

2.1.3. Υπόσκαφες κατασκευές

Ο σχεδιασμός αυτός αποκαλύπτει μία όψη του κτιρίου και καλύπτει τις υπόλοιπες πλευρές, ενδεχομένως και την οροφή, με χώμα (βλ. σχέδιο 2.2.). Οι καλυμμένες πλευρές προστατεύουν και μονώνουν το κτίριο. Η εκτεθειμένη πρόσοψη, η οποία συνήθως είναι νότια προσανατολισμένη, επιτρέπει την διείσδυση του ηλιακού φωτός το οποίο ζεσταίνει το εσωτερικό. Το κτίριο σχεδιάζεται έτσι ώστε να πραγματοποιείται μεταφορά του φωτός και της θερμότητας μεταξύ των διαφόρων χώρων κοινής χρήσης και των υπνοδωματίων.



16

Σχέδιο 2.2. Απεικόνιση υπόσκαφης κατασκευής.

Η κατασκευή αυτού του τύπου μπορεί να τοποθετηθεί σε διάφορα βάθη από την επιφάνεια του εδάφους αλλά συνήθως τη συναντούμε σε πλαγιές λόφων. Η θέα που προσφέρεται είναι προς κάποιο τοπίο και όχι τόσο προς τον ουρανό. Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να αποτελεί τη λιγότερο δαπανηρή και την πλέον απλή συγκριτικά με τις υπόλοιπες διαθέσιμες.

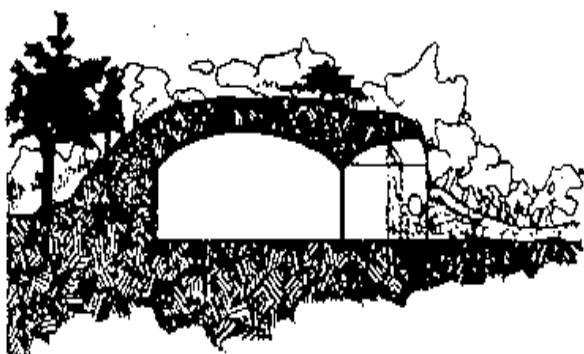
Σε περιπτώσεις τέτοιου σχεδιασμού υπάρχει πιθανότητα η κυκλοφορία του αέρα να είναι περιορισμένη και η πρόσβαση του ηλιακού φωτός στο βόρειο τμήμα του κτιρίου να είναι

¹⁶ Πηγή Σχεδίου 2.2. : < <http://w3.krtco.com.tw> >.

μειωμένη. Ωστόσο, τα προβλήματα αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν με διάφορες τεχνικές, παράδειγμα αποτελεί η χρήση φεγγιτών.¹⁷

2.1.4. Κατασκευές που επικαλύπτονται με χώμα (Earth Berm)

Κατασκευάζονται σε περιοχές με μικρή ή καθόλου κλίση εδάφους και καλύπτονται από χώμα δημιουργώντας ένα λόφο, αφήνοντας ακάλυπτη μια επιφάνεια για να εισέρχεται το φως της ημέρας με φυσικό τρόπο (βλ. σχέδιο 2.3., εικόνα 2.2.). Μία τέτοια κατασκευή θα μπορούσε να είναι καλυμμένη στις δύο πλευρές αφήνοντας ανοικτές την πίσω όψη και την πρόσοψη.



18

Σχέδιο 2.3 & Εικόνα 2.2. Απεικόνιση της μεθόδου Earth Berm Πηγή

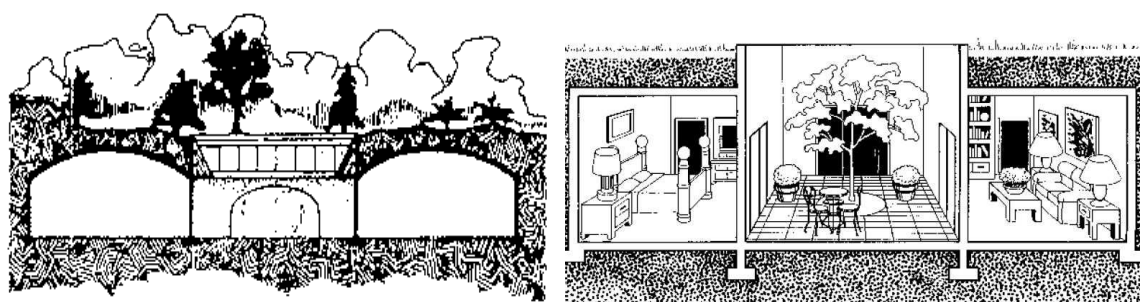
Τέλος, ένα κτίριο το οποίο ακολουθεί το συγκεκριμένο σχεδιασμό μπορεί να διατηρεί μόνο μία πλευρά επαφής με τη γη καθώς οι άλλες τρεις παραμένουν ανοιχτές.

¹⁷ "Styles of Earth Sheltered Homes | Concrete Residential, Commercial & Multi-Family Construction." *Earth Sheltered Homes | Concrete Residential, Commercial & Multi-Family Construction*. Web. 25 Aug. 2010. <<http://www.earthshelteredhome.com/building-styles.htm>>.

¹⁸ Πηγή Σχεδίου 2.3 & Εικόνας 2.2. : <<http://w3.krtco.com.tw>>.

2.1.5. Αίθριο

Ο σχεδιασμός αυτός καθιστά το κτίριο μη ορατό από το επίπεδο του εδάφους και δεν επηρεάζει σχεδόν καθόλου τον περιβάλλοντα χώρο. Τα δωμάτια τοποθετούνται κάτω από το έδαφος ενώ περιβάλλουν ένα υποβαθμισμένο σε επίπεδο χαμηλότερο της επιφάνειας του εδάφους, άνοιγμα, που συνήθως έχει τη μορφή κήπου (βλ. σχέδιο 2.4.).



19

Σχέδιο 2.4. Απεικόνιση Αιθρίου.

Η δομή αυτή είναι ιδανική για τοποθεσίες οι οποίες δεν παρέχουν θέα, για πυκνοκατοικημένες, ανεπτυγμένες και θορυβώδεις περιοχές.

Παρέχει υψηλή προστασία από τους χειμερινούς ανέμους. Ωστόσο, η παθητική θέρμανση μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να είναι περιορισμένη εξαιτίας της θέσης των παραθύρων στο συγκεκριμένο σχεδιασμό. Επίσης, η απομάκρυνση του νερού και του χιονιού αποτελούν κρίσιμα ζητήματα τα οποία απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή εάν ακολουθηθεί ένα τέτοιο σχέδιο υπόγειας κατασκευής.

¹⁹ Πηγή Σχεδίου 2.4. : < <http://w3.krtco.com.tw> >.

2.2. Αειφόρος Ανάπτυξη και Υπόγεια Ανάπτυξη Πόλεων

Η έννοια της αειφόρου ανάπτυξης είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος της μελλοντικής κατασκευαστικής δραστηριότητας είτε αυτή είναι υπόγεια είτε υπέργεια. Αν θεωρηθεί πως η υπόγεια ανάπτυξη είναι μια προτεινόμενη λύση στα προβλήματα της αστικοποίησης και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου, η αειφόρος ανάπτυξη είναι ουσιαστικά το αναγκαίο συστατικό για την επίτευξη των στόχων αυτών.

Η φιλοσοφία της Αειφόρου Ανάπτυξης στηρίζει τη διατήρηση της ανάπτυξης σε τέτοια επίπεδα ώστε να διασφαλίζεται μακροχρόνια η ικανοποίηση των αναγκών του ανθρώπινου πληθυσμού αλλά συγχρόνως να διαφυλάσσεται και το περιβάλλον.²⁰

Η Αειφόρος Ανάπτυξη στοχεύει κυρίως στον περιορισμό της εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων από τον άνθρωπο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της επιβολής ορίων στην επέκταση και ανάπτυξη και στον τρόπο που αυτές πραγματοποιούνται. Οι συγκεκριμένες δομές ανάπτυξης οι οποίες πρέπει να υιοθετηθούν στα πλαίσια της Αειφόρου Ανάπτυξης αφορούν πόλεις, ακόμα και χώρες. Κατά την υπόγεια ανάπτυξη μεγιστοποιείται η χρήση της γης στην οποία είναι κατασκευασμένη μια πόλη με αποτέλεσμα να μην επεκτείνεται ανεξέλεγκτα εις βάρος του περιβάλλοντος. Δημιουργείται έτσι διαθέσιμος χώρος που μπορεί να καλύψει τις ανάγκες εξέλιξης της πόλης χωρίς να κρίνεται αναγκαίο να δημιουργηθούν νέες υποδομές και να καταναλωθούν άσκοπα πόροι, οικονομικοί ή και υλικοί.

²⁰ John R. Goulding & J. Owen Lewis. *Bioclimatic Architecture: Thermie Programme Action. Hoeilaart: Lior E.E.I.G., 1997. Print.*

2.3. Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Υπόγειος Χώρος

Βασικό κομμάτι της αειφόρου ανάπτυξης είναι η εφαρμογή αρχιτεκτονικού σχεδιασμού με περισσότερη ευαισθησία στο περιβάλλον και την αλληλεπίδραση του με την κατασκευή.

Υπάρχει άρρηκτη σύνδεση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και των υπόγειων κατασκευών. Οι υπόγειες κατασκευές αντιπροσωπεύουν τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής αφού εκμεταλλεύονται στο έπακρο τις παροχές του περιβάλλοντος και γίνονται κομμάτι του.

Η αρχιτεκτονική πάντοτε εκμεταλλεύεται τις παροχές της φύσης για να ικανοποιήσει τις ανθρώπινες ανάγκες. Υπάρχει μακρά και γεμάτη παράδοση εφευρετικότητα σχετικά με την κατασκευή κτισμάτων τα οποία εκτίθενται σε ιδιαίτερες συνθήκες κλίματος και περιβάλλοντος.

Βασικό στοιχείο της ανάδειξης του υπόγειου χώρου αποτελεί η συνειδητοποίηση του ανθρώπου όσον αφορά στις περιβαλλοντικές του υποχρεώσεις. Αυτές αρχίζουν να απεικονίζονται σταδιακά στην διαμόρφωση της κατοικίας του. Αυτή η νέα προσέγγιση οδηγεί στη δημιουργία υπόγειων κατασκευών οι οποίες καλύπτουν τις ανάγκες του ενοίκου ενώ ταυτόχρονα είναι και φιλικότερες προς το περιβάλλον.

Πιο συγκεκριμένα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική εισάγει μια νέα προοπτική στο σχεδιασμό των υπόγειων κατοικιών η οποία προάγει τις αρχές της βιωσιμότητας. Οι αρχές αυτές ωστόσο, δεν αναλώνονται στην όσο το δυνατόν μεγαλύτερη μείωση του αντίκτυπου μιας κατασκευής στο περιβάλλον αλλά στην δημιουργία μιας αρχιτεκτονικής η οποία είναι θεμελιωδώς υπεύθυνη απέναντι στη θέση κατασκευής, στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν αλλά και στις εκάστοτε ανάγκες των ατόμων στα οποία απευθύνεται.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική δεν μειώνει την ελευθερία στον σχεδιασμό αλλά αντίθετα προωθεί ρηξικέλευθες ιδέες για τη δημιουργία κατασκευών οι οποίες χαρακτηρίζονται από πρακτικότητα και ανταπεξέρχονται στις ανάγκες του μέλλοντος.

Ο σύγχρονος σχεδιασμός προϋποθέτει να λαμβάνονται υπόψη οι εκτιμήσεις σχετικά με τους ενεργειακούς πόρους αλλά και την ενεργειακή αποδοτικότητα, τη δημιουργία υγιών κατασκευών και υλικών, οικολογικών και με κοινωνική ευαισθησία και χρήση και με αυθεντική ευαισθησία η οποία εμπνέει, επιβεβαιώνει.

Ουσιαστικά ένα βιοκλιματικό υπόγειο κτίριο πρέπει να καταναλώνει όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια για τη διατήρηση βιώσιμων συνθηκών θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού και φωτισμού.

Η ροή της θερμότητας πρέπει να προκύπτει πρωταρχικά από τους φυσικούς μηχανισμούς των φαινομένων μεταφοράς (ελκυσμός) χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων. Το ζητούμενο είναι να γίνεται σωστή διαχείριση της ενέργειας και να επικρατούν συνθήκες άνεσης σε όλους τους χώρους της κατασκευής ανεξαρτήτως εποχής.

Η υπόγεια κατασκευή πρέπει να κλιματίζεται από την απόρριψη της ανεπιθύμητης θερμότητας μέσω επαγωγικών περιβαλλοντικών αγωγών όπως το έδαφος, ο αέρας, το νερό (επαγωγική διοχέτευση θερμότητας), μέσω των φυσικών φαινομένων μεταφοράς θερμότητας.

Στα πλαίσια της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, η εισαγωγή της ηλιακής ακτινοβολίας ρυθμίζεται σε τέτοια επίπεδα ώστε να επιτυγχάνεται ο απαραίτητος φυσικός φωτισμός χωρίς να καθίσταται ο χώρος αφόρητα ζεστός.

Στις περισσότερες περιπτώσεις καθίσταται απαραίτητη η αποχή-συμμετοχή τεχνιτών συνθηκών για τον φωτισμό αλλά και τη θέρμανση-ψύξη. Επιπροσθέτως, καθώς ούτε η φυσική θερμότητα ούτε ο φυσικός φωτισμός μπορούν να καλύψουν όλες τις ανάγκες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, βοηθητικές εγκαταστάσεις (αυτοματισμοί) μπορούν να συμπληρώνουν τα κενά αυτά και μέσω χειριστηρίων να συνεισφέρουν ώστε να διατηρούνται σταθερές οι επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας.

Η παθητική θέρμανση, ο φυσικός κλιματισμός και φωτισμός, παράγονται από ένα φάσμα στρατηγικών όπου η εφαρμογή και η λειτουργία τους εξαρτάται από τον προσανατολισμό και τον τύπο των κατασκευών.

Ένα κτίσμα θα πρέπει να εκμεταλλεύεται όλες τις δυνατότητες και τις ευκολίες που του προσφέρει τόσο το περιβάλλον όσο και η ίδια του η δομή.

Κυρίως ο στρατηγικός σχεδιασμός προάγει την αλληλεπίδραση μεταξύ του ανθρώπου και του περιβάλλοντος του κτιρίου αλλά και των συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή που τοποθετείται. Αυτό απαιτεί τη γνώση του κλίματος και της τεχνολογίας που έχουμε πρόσβαση αλλά και των υλικών που συνδυάζονται για να αποδώσουν τόσο την άνεση αλλά και να αντεπεξέλθουν κατάλληλα αναλόγως των συνθηκών που καλείται το κτίριο να αντιμετωπίσει.

Συμπερασματικά, ο συνδυασμός των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και της χρήσης του υπόγειου χώρου εγγυάται την αειφόρο ανάπτυξη. Οι αρχές που διέπουν την διαμόρφωση των βιώσιμων υπόγειων χώρων είναι αλληλένδετες με αυτή και μπορούν με σχετική ευκολία να αποτελέσουν τμήμα της καθημερινότητας του ανθρώπου στο μέλλον.²¹

2.3.1. Βάθος και εδαφικές θερμικές αποδόσεις

Η θερμική απόδοση του εδάφους είναι ένα από τα ισχυρότερα στοιχεία που επηρεάζουν τον υπόγειο χώρο.

Οι θερμικές διαβαθμίσεις του εδάφους διαφέρουν σημαντικά από αυτές της επιφάνειας. Γενικότερα, σε βάθος περίπου δέκα μέτρων, η θερμοκρασία του εδάφους επηρεάζεται από τον ήλιο. Καθώς το βάθος αυξάνεται, η επίδραση της εσωτερικής θερμότητας της γης είναι ορατή. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία

²¹ Μάτζιου, Λένα. *Βιοκλιματική αρχιτεκτονική στην Ελλάδα*. Αθήνα: Έργον IV, 2008. Print.

επιηρεάζει τα πρώτα πέντε με επτά εκατοστά του εδάφους. Η θερμοκρασιακή κινητικότητα όμως φθάνει τα 10m.

Οι βασικοί κανόνες θερμικής επίδρασης είναι οι εξής:

Μεταξύ επιφάνειας εδάφους και βάθους 10m υπάρχει θερμική διακύμανση ανά εποχή η οποία μειώνεται σε βαθύτερα επίπεδα και αυξάνεται προς την επιφάνεια.

Περίπου στα 10m βάθους, η εποχιακή θερμοκρασία διατηρείται σε σταθερά επίπεδα.

Εν συντομία, το έδαφος προσφέρει δύο βασικές λειτουργίες. Πρώτον, λειτουργεί σαν θερμομονωτικό και δεύτερον, λειτουργεί σαν θερμικός συντηρητής.

Έρευνες έχουν δείξει ότι η θερμοκρασία του αέρα ταξιδεύει σε βάθος 10m σε διάρκεια τριών μηνών αφού η μάζα της γης διατηρεί θερμική συνοχή. Εξαιτίας αυτού, η καλοκαιρινή θερμοκρασία αέρα θα φτάσει στον υπόγειο χώρο σε βάθος 10m όταν έλθει ο χειμώνας και το αντίστροφο για τη χειμερινή περίοδο.

Η ανακάλυψη αυτών των ιδιοτήτων των θερμικών ζωνών, το έδαφος ανάμεσα στην επιφάνεια και τα πρώτα 10m βάθους μπορεί να προσφέρει στον άνθρωπο την κάλυψη βασικών αναγκών όπως η ψύξη και η θέρμανση. Οι ζώνες αυτές έχουν σημαντικές εφαρμογές τόσο σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο όσο και στον τομέα της υγείας.

2.4. Παθητική θέρμανση, φυσικός φωτισμός και φυσικός αερισμός

Η παθητική θέρμανση, ο φυσικός φωτισμός και ο αερισμός όπως προαναφέρθηκε, είναι το αποτέλεσμα ενός συνόλου στρατηγικού σχεδιασμού του οποίου η εφαρμογή και η μελέτη εξαρτάται από τον προσανατολισμό και τον τρόπο χρήσης του κτιρίου. Η προσφορά του ηλίου μπορεί να καλύψει περισσότερων των μισών αναγκών που θα εξασφάλιζαν άνετη ατμόσφαιρα από πλευράς θερμοκρασίας διασφαλίζοντας ένα οπτικά άνετο περιβάλλον.

Ο ήλιος είναι μια πανίσχυρη πηγή ενέργειας, αλλά πάνω απ' όλα η φιλικότερη προς το περιβάλλον λύση για την κάλυψη των αναγκών ενέργειας του ανθρώπου. Η χρήση του ήλιου και άλλων εναλλακτικών πηγών ενέργειας, για θέρμανση, φωτισμό και κλιματισμό σε συνδυασμό με τον αποτελεσματικό σχεδιασμό μιας κατασκευής (συμπεριλαμβανομένης σωστής μόνωσης και αποτελεσματικού αερισμού) αποτελούν πολύ σημαντικά στοιχεία για ορθή διαχείριση της ενέργειας.

Μια μελέτη του 1990 για την Ευρωπαϊκή επιτροπή, αναφέρει ότι ο παθητικός ηλιακός σχεδιασμός εξασφάλισε την κάλυψη κατά το 9% του συνόλου των καυσίμων που θα χρησιμοποιούνταν και περισσότερο του 6% για θέρμανση και αύξησε κατά 13% τη χρήση του κτιρίου. Υπολογίσθηκε ότι η προσφορά αυτή θα έφτανε το 27% το 2000 και 54% το 2010 αν λαμβάνονταν τα απαραίτητα μέτρα.²²

2.4.1. Παθητικός Ηλιακός Σχεδιασμός

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα σχεδιασμού είναι μια θαυμάσια τεχνική για κατάλληλη χρήση και διατήρηση της ενέργειας. Μπορεί να είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί σωστά ωστόσο απαιτεί μια δημιουργική και ευέλικτη προσέγγιση.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι μια τεχνική που χρησιμοποιεί τη θερμότητα του ήλιου για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας ενός κτιρίου χωρίς τη χρήση άλλων πηγών ενέργειας. Αποτελούν έκφραση της τελικής μορφής του αειφόρου σχεδιασμού κτιρίων με επιτυχία η οποία φτάνει ακόμα και το 100%. Η επιτυχής χρήση των παθητικών ηλιακών σχεδιασμών εξαρτάται από την ορθή κατανόηση των κινήσεων του ήλιου, και την καλύτερη χρήση των υλικών προκειμένου να αξιοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια.

Η τοποθεσία του κτιρίου είναι σαφώς ζωτικής σημασίας. Σε πολλές περιοχές με υπερβολική έκθεση στον ήλιο, η χρήση μεγάλων παραθύρων και οι μεγάλες πόρτες γυαλιού καθιστούν τα σπίτια πολύ ζεστά και άβολα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

²² John R. Goulding & J. Owen Lewis. *Bioclimatic Architecture: Thermie Programme Action. Hoeilaart: Lior E.E.I.G., 1997. Print.*

Πρέπει να πραγματοποιηθεί μία σαφής εκτίμηση του χώρου κατασκευής βάση των διαφόρων παραγόντων οι οποίοι χαρακτηρίζουν τη θέση του. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η ύπαρξη άλλων κτιρίων ή δέντρων τα οποία μπορούν να παρέχουν σκιά για το σύνολο ή μέρος της ημέρας.

Στη συνέχεια, έχοντας λάβει σοβαρά υπόψη αυτές τις πληροφορίες, ο μελετητής πρέπει να εξετάσει το φάσμα των διαθέσιμων υλικών για την κατασκευή του κτιρίου. Οι τοίχοι του κτιρίου για παράδειγμα όσον αφορά στον ηλιακό σχεδιασμό, αποτελούν μία θερμική μάζα. Συγκεκριμένα, είναι μία μάζα υλικού το οποίο απορροφά και μονώνει.

Ο τύπος και το μέγεθος των παραθύρων και η θέση τους, το σχήμα του κτιρίου, καθώς και το εξωτερικό περιβάλλον του έργου θα πρέπει να εξεταστούν πολύ προσεκτικά.

2.4.2. Παθητική θέρμανση μέσω ηλιακής ακτινοβολίας

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες στρατηγικές του σχεδιασμού για την αντικατάσταση της χρήσης των συμβατικού τύπου καυσίμων με απώτερο στόχο τη μείωση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου που προκαλείται από την καύση τους.

Εξαρτώμενο από το τοπικό κλίμα αλλά και την κυρίαρχη ανάγκη για θέρμανση και ψύξη, ένα ευρύ φάσμα τεχνικών παθητικού χαρακτήρα είναι πλέον διαθέσιμο στον σχεδιασμό των κατασκευών, μοντέρνων ή κλασικών. Με μικρό ή μηδενικό κόστος σε σχέση με τη συμβατική κατασκευή μπορεί να δημιουργηθεί ένα ενεργειακά αποδοτικό κτίριο με υψηλότερες προδιαγραφές τόσο αισθητικά όσο και από πλευράς θερμικής άνεσης.

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να συνεισφέρει σε μέγιστο βαθμό στις ανάγκες της θέρμανσης. Μία μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εκμετάλλευση της είναι μέσω των ηλιακών συλλεκτών.

Στους ηλιακούς συλλέκτες η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται και μετατρέπεται σε θερμότητα. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία επιλογών σχετικά με τους ηλιακούς συλλέκτες.

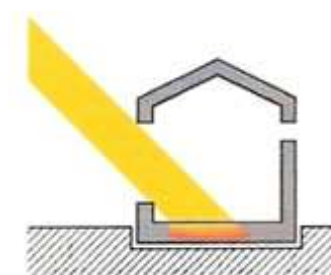
Ξεκινώντας από μικρές φορητές μονάδες που τοποθετούνται απευθείας με κατεύθυνση προς τον ήλιο. Οι συσκευές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για φόρτιση συσκευών όπως κινητά τηλέφωνα ή mp3, καταλήγοντας σε μεγάλες σε μέγεθος σταθερές μονάδες ηλιακών πάνελ μόνιμα τοποθετημένων σε οροφές κατασκευών.

Ανάμεσα στις δύο αυτές κατηγορίες υπάρχουν μονάδες με μετακινούμενα πάνελ τα οποία προσανατολίζονται ανάλογα με την κλίση του ηλίου και μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία είτε σε θερμότητα είτε σε ηλεκτρική ενέργεια.

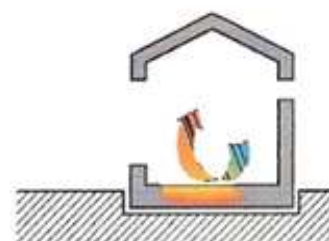
Με την επιλογή οποιουδήποτε τύπου ηλιακού συλλέκτη ή συστήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μιας οικίας, με τρόπο εύκολο και αποδοτικό, μειώνοντας το κόστος και την επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Οι μέθοδοι διαχείρισης της ηλιακής ενέργειας είναι οι εξής:

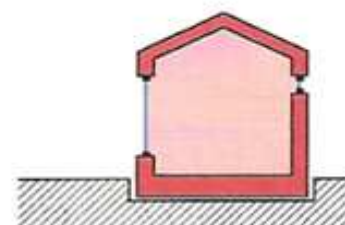
- **Αποθήκευση θερμότητας:** Η ζέστη συλλέγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποθηκεύεται στο κτίριο για μελλοντική χρήση.
- **Διανομή θερμότητας:** Αποθήκευση / συλλογή θερμότητας η οποία στη συνέχεια μεταφέρεται σε χώρους όπου χρειάζονται θέρμανση.
- **Συντήρηση θερμότητας:** Η θερμότητα διατηρείται στο κτίριο όσο το δυνατόν περισσότερο.



Αποθήκευση θερμότητας



Διανομή θερμότητας



Συντήρηση θερμότητας

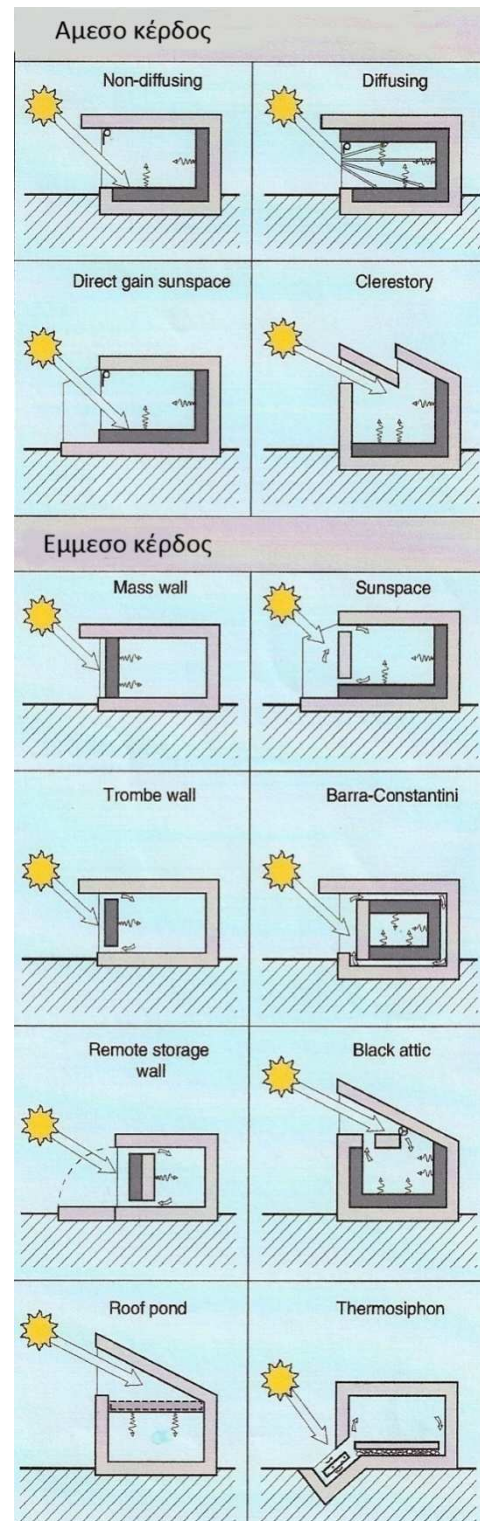
23

Σχέδιο 2.5. Απεικόνιση μεθόδων διαχείρισης της ηλιακής ενέργειας

²³ John R. Goulding & J. Owen Lewis. *Bioclimatic Architecture: Thermie Programme Action*. Hoeilaart: Lior E.E.I.G., 1997. Print.

- **Άμεσο κέρδος:** Επιτυγχάνεται με τη χρήση μεγάλων ανοιγμάτων στα κατοικήσιμα δωμάτια με νότιο προσανατολισμό στα οποία χρησιμοποιούνται υλικά μεγάλης θερμικής αποθήκευσης. Υιοθετούνται τεχνικές και συστήματα που διαχειρίζονται την ηλιακή ακτινοβολία με σκοπό τη βέλτιστη εκμετάλλευση των ιδιοτήτων του.

- **Έμμεσο κέρδος:** Χρησιμοποιούν τη μάζα του κτιρίου, αντλίες θερμότητας και τοίχους νερού. Η αποθήκευση θερμότητας σε ένα νότια προσανατολισμένο τοίχο σημαντικής θερμικής μάζας, εξασφαλίζει τη μείωση θερμικών απωλειών.



Αφαιρούμενη / μετακινούμενη μόνωση μπορεί να επεκτείνεται κατά τις νυχτερινές ώρες. Οι trombe walls έχουν διεξόδους στο υψηλότερο και χαμηλότερο σημείο τους για να επιτρέπεται η ροή θερμότητας στους κατεχόμενους χώρους.²⁴

²⁴ John R. Goulding & J. Owen Lewis. *Bioclimatic Architecture: Thermie Programme Action*. Hoeilaart: Lior E.E.I.G., 1997. Print.

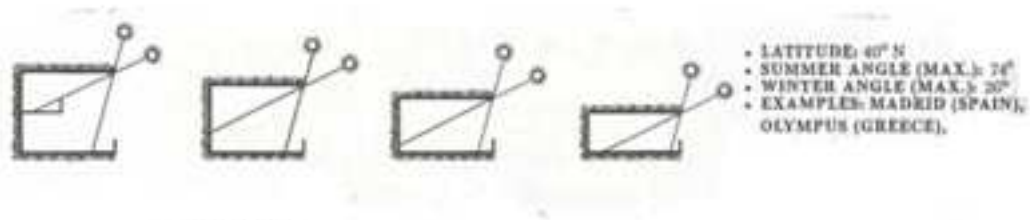
2.4.3. Φυσικός φωτισμός

Η πλέον βιώσιμη πηγή φωτισμού είναι το φυσικό φως. Δεν είναι μόνο ένας ελεύθερος ανανεώσιμος πόρος, αλλά έχει και σημαντικά οφέλη στην υγεία του ατόμου. Ο προσεκτικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός οφείλει να μεγιστοποιήσει το φυσικό φως σε ένα κτίριο, διατηρώντας παράλληλα τη σωστή ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας και να μειώνει την αντηλιά.

Η διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο συνεισφέρει στην ποιότητα του φωτός όσο δεν φτάνει στα μάτια των ενοίκων απευθείας ή από αντανάκλαση. Η διείσδυση του φυσικού φωτός μπορεί να ελεγχθεί μειώνοντας τη ροή, το ποσοστό αντίθεσης και της φωτεινότητας από τα παράθυρα.

Η ρύθμιση της άμεσης και έμμεσης διείσδυσης ροής είναι πολύ σημαντικό να είναι σε ανεκτά επίπεδα καθώς μειώνει την αντηλιά. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με την ένταξη μόνιμων ή προσωρινών εξωτερικών συσκευών στο σχεδιασμό του κτιρίου που μειώνουν την έκθεση στον ήλιο είτε χρησιμοποιώντας καλύμματα για πού φιλτράρουν τη διείσδυση του φωτός από τα παράθυρα.

Η στρατηγική τοποθέτηση των παραθύρων, των φεγγιτών, των αίθριων και των άλλων δομικών στοιχείων (βλ. σχέδια 2.5., 2.6.), έτσι ώστε το φως να αντανάκλαται ομοιόμορφα στους εσωτερικούς χώρους, είναι γνωστή ως σχεδιασμός φυσικού φωτισμού.



25

Σχέδιο 2.5. Μέγιστη διείσδυση φωτός στα μέσα του καλοκαιριού (21 Ιουνίου) και ελάχιστη στα μέσα του χειμώνα (21 Δεκεμβρίου) σε μία κατοικία σε υπό κλίση περιοχή (με βάθος δωματίου 7m).

²⁵ Πηγή Σχεδίου 2.5.: Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

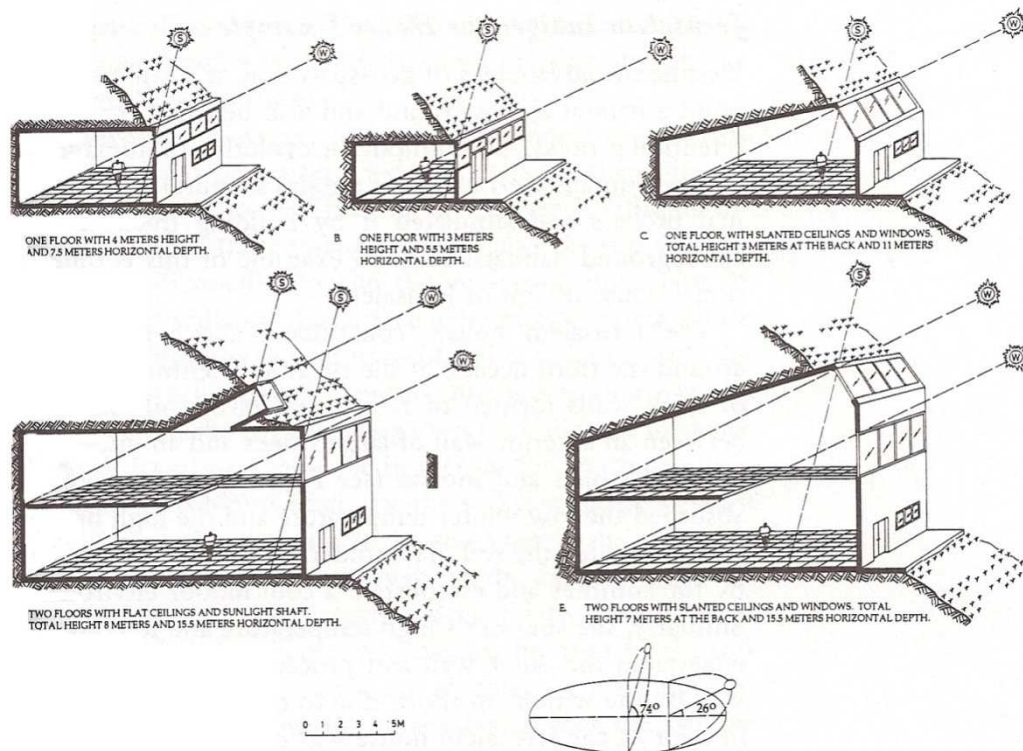
Μεγάλος αριθμός στρατηγικών εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας αναπτύχθηκαν ήδη από τις δεκαετίες του '60 και του '70. Οι στρατηγικές αυτές μπορούν να εφαρμοστούν σε περιοχές όπου το κλίμα είναι σχετικά προβλέψιμο και βασικές προϋποθέσεις είναι ο καθαρός ουρανός και φυσικά η έντονη ηλιοφάνεια.

Η ορθή χρήση του φυσικού φωτισμού, κυρίως σε κτίρια που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορεί αντικαθιστώντας τον τεχνητό φωτισμό να συνεισφέρει στην ενεργειακή απόδοση της κατασκευής και να δημιουργήσει ένα αισθητά πιο ευχάριστο κλίμα.

Αυτή η στρατηγική πρέπει να συμπεριλάβει το ποσό της θερμότητας που παράγεται από την ηλιακή ακτινοβολία και να διατηρήσει τα ευεργετικά οφέλη από την αντικατάσταση του τεχνητού φωτισμού. Επίσης πρέπει να εκμεταλλευθούν τα παράπλευρα οφέλη που προσφέρει ο φυσικός φωτισμός αλλά και η εξωτερική θέα που έχουν οι ένοικοι από τα ανοίγματα που δημιουργούνται στο κτίριο.

Ολοκληρώνοντας, η επίτευξη άνετων συνθηκών διαβίωσης σχετικά με τον φωτισμό εξαρτάται από την ποσότητα, τη κατανομή και την ποιότητα του φωτός που εισχωρεί σε έναν χώρο.

Η διείσδυση της ακτινοβολίας κατά τη χειμερινή περίοδο απεικονίζεται στα σχέδια 2.7. και 2.8. με τη μεγαλύτερη κλίση ενώ κατά την εαρινή με τι μικρότερη.



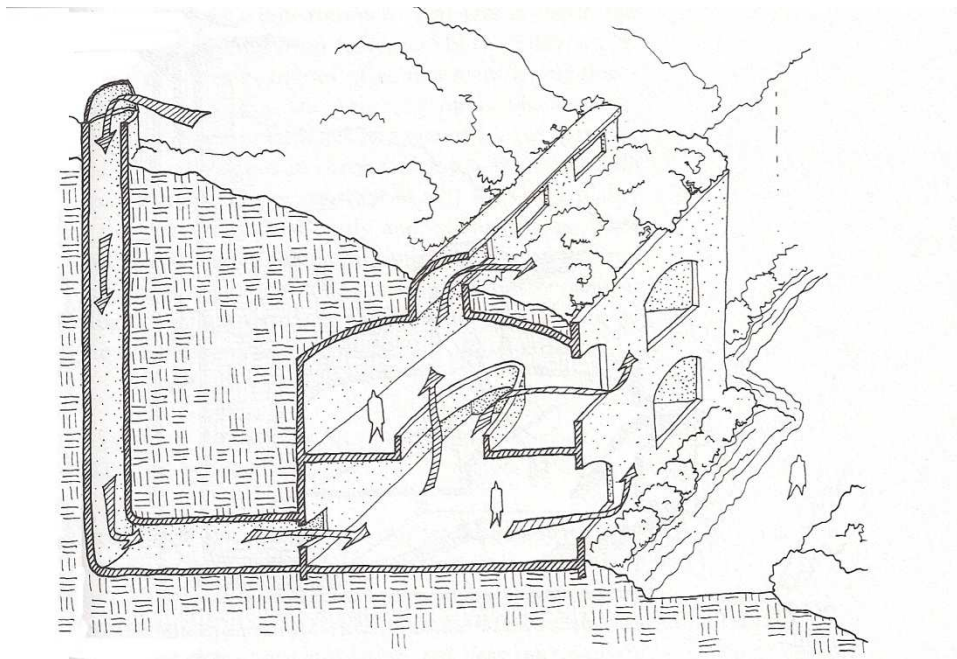
26

Σχέδιο 2.6.. : Στρατηγική τοποθέτηση παραθύρων και φεγγιτών σε σχέση με τη διείσδυση της ακτινοβολίας κατά τη χειμερινή και την εαρινή περίοδο.

2.4.4. Φυσικός αερισμός

Ο όρος φυσικός αερισμός αναφέρεται μόνο στη διαδικασία μεταφοράς θερμότητας με φυσικό τρόπο χωρίς να παρεμβάλλονται μηχανικά μέρη, ή γενικά κατανάλωση άλλου είδους ενέργειας. Επιπλέον, συμπεριλαμβάνει καταστάσεις όπου η αλληλεπίδραση του χώρου και των υλικών από το οποίο περιβάλλεται το κτίριο μέσω φυσικών μεθόδων οδηγεί στη ροή του αέρα (βλ. σχέδιο 2.7.).

²⁶ Πηγή Σχεδίου 2.6..: Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.



Σχέδιο 2.7. Παθητικό σύστημα σχεδιασμού.

Ωστόσο προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα όπως υπερθέρμανση του χώρου (βλ. σχέδιο 2.8.) πρέπει να μελετηθεί από ποιά μέρη μπορεί να εισχωρήσει ανεξέλεγκτη ακτινοβολία και πως αυτά μπορούν να περιοριστούν. Σε τέτοιες περιπτώσεις ο όρος φυσικός αερισμός μπορεί να λάβει μια ευρύτερη έννοια αφού μπορεί να ενισχυθεί με μικρή μηχανική υποβοήθηση για να ελέγχεται η ροή του αέρα.

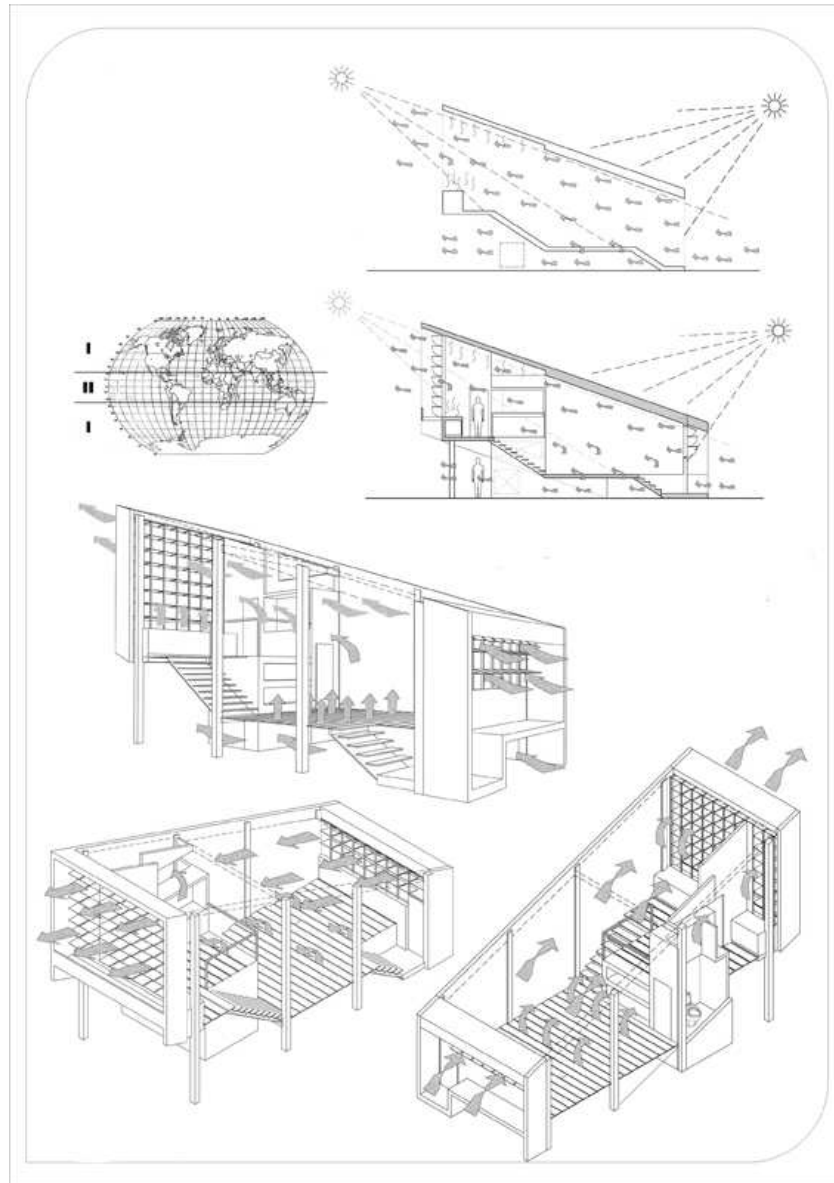
Ένας σωστός σχεδιασμός όσον αφορά τις εποχές όπου υπάρχει μεγάλος κίνδυνος υπερθέρμανσης, επιβάλλει να ελέγχεται ο όγκος της θερμότητας που εισέρχεται στο κτίριο είτε προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία είτε παράγεται από άλλες διεργασίες.

Σταθερές ή μετακινούμενες συσκευές σκίασης ή ακόμη και σκίαση από βλάστηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειωθεί το ποσοστό ακτινοβολίας στην οποία εκτίθεται μια κατασκευή.

Η θερμότητα που παράγεται εξαιτίας της αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας και ακατάλληλων υλικών μπορεί να περιοριστεί χρησιμοποιώντας συνδυασμό κατάλληλων

²⁷ Πηγή Σχεδίου 2.7.: Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

υλικών, μεθόδων μόνωσης αλλά και διαστάσεων ανοιγμάτων. Ο θερμός αέρας που εισέρχεται στο κτίριο μπορεί να επιδέχεται επεξεργασία ώστε να μειώνεται η θερμοκρασία και να γίνεται υγιεινότερος.



28

Σχέδιο 2.8. Απεικόνιση συστήματος παθητικός αερισμός εκμεταλλευόμενο την ιδιότητα του θερμού αέρα να έχει ανοδική πορεία

Η θερμότητα που παράγεται από τις διεργασίες στο εσωτερικό του κτιρίου μπορεί να μειωθεί ελαχιστοποιώντας τις φωτιστικές μονάδες, εκμεταλλευόμενοι τον φυσικό φωτισμό και εκσυγχρονίζοντας τυχόν μηχανήματα που παράγουν μεγάλα ποσά θερμότητας.

²⁸ Πηγή Σχεδίου 2.8.: <<http://www.archdaily.com>>.

2.5. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Υπόγειου Χώρου

Πρωταρχική επιδίωξη από τη χρήση του υπόγειου χώρου είναι η ανάδειξη και η διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος χωρίς να αγνοείται το ιδιαίτερο αισθητικό αντίκτυπο της υπέργειας κοινωνίας.

Διαφορετικοί λόγοι οδήγησαν κάθε χώρα στην ανάπτυξη των υπόγειων κατασκευών. Κάποιες χώρες οδηγήθηκαν σε αυτή την απόφαση θέλοντας να διαφυλάξουν εκτάσεις που προορίζονται για αγροτικές καλλιέργειες, για παροχή καταλυμάτων, για προστασία από επικείμενες απειλές, για προστασία έναντι σε ακραίες καιρικές συνθήκες, για τη διατήρηση ανεκτών θερμοκρασιακών επιπέδων, για τη μείωση των τιμών των υπέργειων εκτάσεων ή απλώς ως εναλλακτική για την επέκταση της ήδη υπάρχουσας πόλης.

Οι απαιτήσεις για εξελιγμένη τεχνολογία μαζί με τον πρωτοποριακό σχεδιασμό, κατασκευή και λειτουργικότητα έχουν την προοπτική να αναδείξουν τον υπόγειο χώρο. Βασικός σκοπός είναι η αναβάθμιση της αστικής ζωής, να εξαλειφθούν ή να μειωθούν στο ελάχιστο κάποια από τα προβλήματα που έχει μια συμβατικά κατασκευασμένη πόλη, να αναδειχθεί το φυσικό περιβάλλον, να παρουσιαστεί μια νέα καινοτόμα πρόταση για το μέλλον των αστικών κέντρων.

Παρότι τους τελευταίους δύο αιώνες οι πόλεις επεκτάθηκαν κατά μήκος και καθ' ύψος, ο 20ος αιώνας χαρακτηρίζεται από τη καθ' ύψος επέκταση, με την τάση οι οικίες να μεταφέρονται στα προάστια. Τον 21ο αιώνα η επέκταση των πόλεων θα είναι τόσο σε μήκος αλλά θα ενισχυθεί και η ανάπτυξη του υπόγειου χώρου. Αυτό θα συμβεί καθώς η ανάγκη αλλά και η εκτενέστερη μελέτη για τα οφέλη που προσφέρει ο υπόγειος χώρος καθώς και η εξοικείωση με αυτόν και οι λειτουργίες που διετέλεσε στις συμβατικές κατασκευές υποδεικνύουν μια τέτοιου είδους ενέργεια.²⁹

Συνοπτική αναφορά των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων της υπόγειας ανάπτυξης γίνεται στον Πίνακα 2.1.

²⁹ Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

2.5.1. Σημαντικά οφέλη που προκύπτουν από την υπόγεια ανάπτυξη

Κλίμα

Η ζωή στον υπόγειο χώρο είναι ένας αποδοτικός τρόπος αντιμετώπισης των ακραίων κλιματικών συνθηκών. Μια υπόγεια κατασκευή είναι πιο ανθεκτική στις καιρικές συνθήκες παρέχοντας ένα άνετο περιβάλλον τόσο κατά τη καλοκαιρινή όσο και τη χειμερινή περίοδο. Επίσης, καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια αφού μειώνονται οι ενεργειακές δαπάνες για περαιτέρω ψύξη και θέρμανση τις αντίστοιχες περιόδους.

Κόστος

Το κόστος της γης μειώνεται είτε μέσω της χαμηλής ζήτησης είτε όταν υπάρχουν πολλά διαθέσιμα παρόμοια “προϊόντα”. Υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες αυτό μπορεί να γίνει απλά τονίζοντας τη διπλή χρήση της γης ή μέσω της προώθησης παρόμοιων χαμηλότερου κόστους κατασκευών στις πλαγιές.

Σχεδιαστικά και κατασκευαστικά κόστη μπορούν να ελαχιστοποιηθούν όταν μαζικοποιείται η κατασκευή τέτοιου τύπου υπόγειων κατασκευών. Επίσης η ελάχιστη ανάγκη για τη χρήση υλικών εξωτερικών επιφανειών και το χαμηλό κόστος συντήρησης συντελούν στη περαιτέρω μείωση του κόστους κατασκευής.

Επιπροσθέτως, δεν υπάρχει η ανάγκη για επανάληψη των εφαρμογών μόνωσης καθώς δεν παρατηρούνται φαινόμενα γήρανσης (προκαλείται από την έκθεση στον ήλιο) και ρωγμάτωσης υλικού (προκαλείται από τις απότομες θερμοκρασιακές αλλαγές).

Περιβάλλον

Μια υπόγεια πόλη διατηρεί τη μορφολογία της γης και το περιβάλλον ανεπηρέαστο αφού επεμβαίνει ελάχιστα στο οικοσύστημα προστατεύοντας το από την έκθεση σε εξωγενείς παράγοντες (όπως τα υψηλά επίπεδα θορύβου) που ενδέχεται να το διαταράξουν ενώ εξοικονομεί και αρκετό χώρο για πράσινο.

Ασφάλεια

Μια υπόγεια πόλη παρέχει μεγαλύτερα επίπεδα ασφάλειας σε σχέση με μία υπέργεια αν είναι σωστά μελετημένη. Προσφέρει προστασία έναντι καταιγίδων, τυφώνων και πυρηνικών απειλών. Είναι ανθεκτική στη φωτιά ενώ υπάρχει ελάχιστη πιθανότητα μετάδοσής της σε γειτονικές κατασκευές.

Εξαιτίας αυτού, τα ποσά που δαπανώνται για ασφάλιση αναμένεται να είναι χαμηλότερα. Οι υπόγειες κατασκευές είναι ασφαλείς και έναντι καταστροφών από σεισμούς αν έχουν ληφθεί τα κατάλληλα μέτρα. Τέλος, δεν υπάρχει κίνδυνος να εμφανιστούν ακραία φαινόμενα θερμοκρασίας.

Βιομηχανία

Ο υπόγειος χώρος παρέχει ειδικά πλεονεκτήματα στη βιομηχανία. Η σταθερότητα της θερμοκρασίας εξυπηρετεί τις βιομηχανίες που χρειάζονται περιοδική ή εκτεταμένη θερμική σταθερότητα.

Αποθήκευση κατεψυγμένων προϊόντων

Εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στον υπόγειο χώρο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ο χώρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα μεγάλων διαστάσεων ψυγείο. Μπορούν να στεγαστούν κεντρικές μονάδες αποθήκευσης τροφίμων, ειδικότερα για εσπεριδοειδή και λαχανικά. Τέτοιοι χώροι αποθήκευσης χρησιμοποιούνται στην Τουρκία, στην Ιαπωνία και στην Κίνα.

Εκπαιδευτικές εγκαταστάσεις

Εγκαταστάσεις που εξυπηρετούν εκπαιδευτικούς σκοπούς όπως οι βιβλιοθήκες, τα σχολεία και τα βιβλιοπωλεία. Στα πανεπιστήμια όπου ο χώρος είναι πολύτιμος και η επέκταση μιας σωστά οργανωμένης βιβλιοθήκης είναι συνήθως απαραίτητη, ο κοντινός υπόγειος χώρος είναι η ιδανική λύση. Η σταθερότητα της θερμοκρασίας και τα ελεγχόμενα επίπεδα υγρασίας που προσφέρει ο υπόγειος χώρος αποτελούν κατάλληλο περιβάλλον για τη διατήρηση των βιβλίων. Μερικά από τα γνωστότερα πανεπιστήμια του κόσμου, όπως το πανεπιστήμιο του Ιλινόις, το πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ, το πανεπιστήμιο Τζον Χόπκινς και το πανεπιστήμιο του Κορνέλ, έχουν κατασκευάσει υπόγειες βιβλιοθήκες.

Γραφεία

Όπως και με τις εγκαταστάσεις για εκπαιδευτικούς σκοπούς, ένας μεγάλος αριθμός από γραφεία, χώρους συνάθροισης, επαγγελματικούς και θρησκευτικούς χώρους έχουν κατασκευαστεί σε υπόγειους χώρους τις τελευταίες δύο δεκαετίες.

2.6. Κοινωνικοοικονομικά Οφέλη

Η δημιουργία υπόγειων χώρων μπορεί να προσφέρει μεγάλα οφέλη συμπεριλαμβανομένων οικονομικών, κοινωνικών, υγείας και όσον αφορά την ποιότητα ζωής.

Η υπόγεια πόλη έχει τη δυνατότητα να αναπτύσσεται σε πολλά επίπεδα και έτσι οι χώροι δραστηριότητας να είναι πιο συσπειρωμένοι με αποτέλεσμα να μειώνονται οι χρόνοι μετακίνησης. Δεύτερον, καταπολεμάται η κοινωνική αποξένωση που ευθύνεται για την απομόνωση των κατοίκων των πόλεων. Τρίτον, τα παιδιά και οι γηραιότεροι αισθάνονται πιο οικεία με την γεωγραφία της πόλης αυξάνοντας έτσι την κοινωνικότητα τους και την εμπιστοσύνη στις δυνατότητές τους. Δημιουργούνται ανοικτοί χώροι συνάντησης και περιπάτου τόσο υπέργεια όσο και υπόγεια.

Η νέα μορφή πόλης εκμεταλλεύεται ακόμη και περιοχές με απότομη κλίση εδάφους και τις μετατρέπει σε χρήσιμες και παραγωγικές. Τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από τις περαιτέρω αυτές χρήσεις μπορούν να βελτιώσουν τις υπηρεσίες και την ποιότητα ζωής.

Τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν προέρχονται από τις χαμηλές δαπάνες γης (μειώνονται καθώς αυξάνονται οι χρήσεις τους), την επέκταση ή κατασκευή νέων υποδομών, τη συντήρηση και λειτουργία που είναι σημαντικά χαμηλότερες απ' ό, τι σε μία υπέργεια πόλη.

Τέλος, υπάρχουν και περιβαλλοντικά οφέλη από την προστασία και διατήρηση του περιβάλλοντος, αφού δεν υπάρχουν μεγάλες παρεμβάσεις στο τοπίο και το οικοσύστημα της περιοχής.

2.7. Ανασταλτικοί Παράγοντες στην υπόγεια Ανάπτυξη

2.7.1. Κίνδυνοι, θέματα ασφαλείας και μέθοδοι αντιμετώπισης

Η υπόγεια πόλη και ειδικότερα τα τμήματα που έχουν άμεση επαφή με την επιφάνεια, είναι εκτεθειμένα σε φυσικούς κινδύνους και απαιτούνται προφυλάξεις για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια. Η γνώση των κινδύνων και η λήψη μέτρων για την αντιμετώπισή τους είναι κρίσιμης σημασίας. Οι σημαντικοί κίνδυνοι όσον αφορά τις υπόσκαφες κατασκευές σε πλαγιές είναι η μετακίνηση μαζών εδάφους, οι εδαφικές αστοχίες και η εκτεταμένη διάβρωση.

Μετακινήσεις μαζών εμφανίζονται όταν θραύσματα βράχων ή τμήματα του εδάφους κυλούν σε απότομες πλαγιές. Τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν είναι η κατασκευή τοιχείων αντιστήριξης και κατάλληλα αποστραγγιστικά μέτρα.

Μία μέθοδος για να αποφευχθούν ή να μειωθούν σε ένταση οι κίνδυνοι αυτοί, είναι η δημιουργία ζωνών με τη φύτευση δέντρων. Σε περίπτωση φωτιάς, οι υπόγειες κατασκευές είναι πολύ πιθανό να εμποδίσουν τη διάδοση της φωτιάς αφού η διάδοση της φωτιάς στις πλαγιές είναι προς την κορυφή. Ο καπνός και η θερμότητα μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στις υπόσκαφες οικίες. Ένα ακόμη προληπτικό μέτρο είναι να υπάρχουν άνω τις μίας είσοδοι/έξοδοι σε κάθε υπόγεια μονάδα, ειδικότερα σε δημόσια κτίρια και χώρους συνάθροισης.

Καμία υπόγεια μονάδα δεν πρέπει να κατασκευάζεται ως ένας πλήρως απομονωμένος χώρος ή με περιορισμένες δυνατότητες κυκλοφορίας. Πρέπει να διατίθενται κυκλοφοριακές αρτηρίες χωρίς παρεμβαλλόμενα εμπόδια σε περίπτωση μαζικής μετακίνησης με πληθώρα εναλλακτικών εξόδου.³⁰

³⁰ Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

2.7.2. Υψηλά ποσά αρχικής επένδυσης – Αβεβαιότητα

Η δημιουργία υπόγειων έργων απαιτεί υψηλές αρχικές επενδύσεις και μεγάλη χρονική διάρκεια κατασκευής. Αυτές είναι παράμετροι που επηρεάζουν σημαντικά τις επιλογές του συνόλου στην εμπλοκή με τον υπόγειο χώρο. Τα εξειδικευμένα εργαλεία και το υψηλό επίπεδο των πόρων που δεσμεύονται, δημιουργούν μια ιδιαίτερη σχέση οικονομικού κινδύνου του εγχειρήματος, σε συνδυασμό με το υψηλό βαθμό αβεβαιότητας που πολλές φορές υπεισέρχεται στην κατασκευή. Επιπλέον, η συχνή αντιπαράθεση για θέματα συμβάσεων και απαιτήσεων (claims, disputes) μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών (κύριος έργου – κατασκευαστής) δρουν σε ένα βαθμό ανασταλτικά για την πραγματοποίηση έργων, τουλάχιστον σε δύσκολες ή ασαφείς γεωλογικές συνθήκες.³¹

2.7.3. Προκαταλήψεις και ψυχολογία

Το σημαντικότερο εμπόδιο για την υλοποίηση ενός τέτοιου είδους εγχειρήματος, είναι να αντιμετωπιστούν και να ξεπεραστούν οι ψυχολογικοί ενδοιασμοί του ανθρώπου.

Τα περισσότερα προβλήματα που σχετίζονται με τη ζωή κάτω από τη στάθμη του εδάφους δεν είναι τεχνολογικού ενδιαφέροντος αλλά σχετίζονται με την γενικότερη αποδοχή του έργου και την προκατάληψη σχετικά με τον χώρο.

Υπάρχουν τρεις διαστάσεις στην ανθρώπινη ψυχολογία που συνδέονται με την ιδέα του υπόγειου χώρου. Αυτές είναι η κλειστοφοβία, η προκατάληψη και η μειωμένη κοινωνική προβολή.

Προκατάληψη

Στην περίπτωση την οποία εξετάζουμε, ο όρος προκατάληψη αναφέρεται στην ψυχολογική παράμετρο ότι το κοινό έχει γαλουχηθεί ενάντια στη χρήση τέτοιου είδους χώρων εξαιτίας της εξεζητημένης και κακής χρήσης τους. Η ζωή σε τέτοιου είδους χώρους έχει συνδεθεί με την απεικόνιση της φτώχειας, του σκότους, γενικά αρνητικών και

³¹ Καλιαμπάκος. *Υπόγεια Έργα: Σημειώσεις Μαθήματος*. Αθήνα: Τμήμα: Μηχ. Μετ. Μετ., Αθήνα 2009, ΕΜΠ., 2003

νοσογόνων συνθηκών (υγρασία, απομόνωση). Αυτές οι προκαταλήψεις ωστόσο εκφράζονται από ανθρώπους που δεν έχει επαφή με σύγχρονους υπόγειους χώρους και έχει να κάνει τόσο με την ελλιπή ή μερική ενημέρωση και γνώση ως προς την λειτουργικότητα και την ποιότητα και την ιστορική αξία που μπορεί να κερδίσει ένα τέτοιο έργο με τη διαχρονικότητα και το σχεδιασμό του.

Κλειστοφοβία

Η κλειστοφοβία ορίζεται ως ο φυσικός φόβος που παρουσιάζεται όταν ο πάσχων βρίσκεται σε περιορισμένους στενούς και κλειστούς χώρους, Οι άνθρωποι που πάσχουν από αυτή την πάθηση αποφεύγουν τους κλειστούς χώρους αλλά οι φοβίες αυτές μπορούν να ξεπεραστούν με τον ειδικό σχεδιασμό των χώρων.

Η αίσθηση του ανθρώπου για τη στενότητα ενός χώρου σχετίζεται με την αντίληψη του ως προς τις διαστάσεις του ύψους, του βάθους και του πλάτους του χώρου. Ο φωτισμός και η εισαγωγή των ακτίνων του ηλίου παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αίσθηση του ανθρώπου ως προς την στενότητα του περιβάλλοντος χώρου. Η σωστή χρήση των προαναφερόμενων στοιχείων μπορεί να συνεισφέρει στον περιορισμό της κλειστοφοβίας.

Πιο συγκεκριμένα, κατά το σχεδιασμό η επιλογή του κατάλληλου ύψους οροφής, η χρήση ανοικτών χώρων και φυσικών στοιχείων και η απευθείας επαφή με τον υπαίθριο χώρο αποτελούν μερικές από τις παραμέτρους που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Μειωμένη κοινωνική προβολή

Παλαιότερες χρήσεις του υπογείου χώρου συνέδεσαν του χώρους αυτούς με την αντίληψη ότι πρόκειται για περιβάλλον χαμηλής ποιότητας. Οι άνθρωποι προσκολλημένοι στις προκαταλήψεις αγνοούν τα σημαντικά οφέλη που παρέχει η χρήση του υπογείου χώρου. Αντίθετα τον αντιμετωπίζουν σαν την έσχατη λύση κατοικίας.

2.7.4. Αντιμετώπιση φόβων και προκαταλήψεων

Υπάρχουν λόγοι που κάνουν τη χρήση του υπόγειου χώρου για κατοίκηση μια καλή επιλογή. Με μια σειρά σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνικών επιτυγχάνεται η εξάλειψη των ψυχολογικών παραγόντων που σχετίζονται με τον υπόγειο χώρο. Όπως προαναφέρθηκε ο σχεδιασμός των υπογείων χώρων πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να δημιουργεί την αίσθηση ενός χώρου μεγαλύτερων διαστάσεων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση φωτεινών χρωματισμών, την επιλογή σωστών διαστάσεων οροφής αλλά και από την ίδια τη διάταξη του χώρου.

Πέρα από τις κατασκευαστικές τεχνικές που επισημάνθηκαν, η αντιμετώπιση της προκατάληψης προϋποθέτει επαρκή πληροφόρηση και ενημέρωση για τα πλεονεκτήματα που συνδέονται με τη χρήση του υπόγειου χώρου.

Συνοπτικά για την εξάλειψη των ψυχολογικών παραγόντων προτείνονται οι παρακάτω τεχνικές:

- **Σχεδιασμός:** Ενδείκνυται η εισαγωγή και εφαρμογή καινοτόμου πολεοδομικού σχεδιασμού, μεγάλης κλίμακας υπογείων χώρων που συνδέουν τον υπόγειο με τον υπέργειο χώρο.

Αυτού του τύπου ο σχεδιασμός πρέπει να πληροί τις σύγχρονες προδιαγραφές διαβίωσης και να παρέχει ένα ευχάριστο, υγιές περιβάλλον απενοχοποιημένο από τις αρνητικές χρήσεις και πρακτικές του παρελθόντος. Ο σχεδιασμός πρέπει να περιλαμβάνει μεγάλους χώρους που προορίζονται για κατοίκηση, με ψηλά ταβάνια, μεγάλα παράθυρα που θα επιτρέπουν την εισαγωγή του ηλίου, επαρκή φωτισμό, φωτεινά χρώματα, άμεση επαφή του εξωτερικού με τον εσωτερικό χώρο και την σύνδεση του φυσικού περιβάλλοντος με την υπόγεια κατοικία

- **Χρήση:** Η αύξηση του υπόγειου χώρου που προορίζεται για οικιστική και μη χρήση και έμφαση των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από τη χρήση του. Υπολογίζεται ότι το ποσοστό χρήσης του υπόγειου χώρου για δραστηριότητες που σχετίζονται με την ανθρώπινη κατοίκηση και εργασία, κυμαίνεται μεταξύ 40% και 50% του συνολικού μεγέθους μιας αντίστοιχης υπέργειας πόλης,

κάνοντας τη μεταφορά των σύγχρονων πόλεων στον υπόγειο χώρο μια εφικτή λύση.

- **Ενημέρωση:** Μια συστηματική προσπάθεια ενημέρωσης του κοινού σχετικά με τη χρήση του υπογείου χώρου καθώς και το πώς μπορεί να ανταποκριθεί στις σύγχρονες ανάγκες και απαιτήσεις του θεωρείται αναγκαία. Ολοκληρώνοντας, η σημαντικότερη πρόκληση του εγχειρήματος αυτού αποτελεί η εξάλειψη του αρνητικού ψυχολογικού κλίματος που σχετίζεται με τον υπόγειο χώρο και έχει αναπτυχθεί από ατυχείς χρήσεις του παρελθόντος.³²

³² Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

Πίνακας 2.1**Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υπόγειας ανάπτυξης**

Παράμετρος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ιστορικά	<ul style="list-style-type: none"> + Η χρήση του υπόγειου χώρου σε μεγάλη κλίμακα είναι αποδεδειγμένο ότι είναι εφικτή και μπορεί να προσφέρει στοιχεία για μελλοντική ανοικοδόμηση + Παρέχεται ώθηση μέσω ιστορικών μελετών ώστε οι σύγχρονες καινοτομίες να εφαρμοστούν και να πραγματοποιηθούν βάσει παλιών τεχνικών και μεθόδων κατασκευής 	<ul style="list-style-type: none"> - Παρότι κάποιες κατασκευές κατόρθωσαν να εκπληρώσουν τους στόχους τους, τα πρότυπα κατασκευής και μελέτης δεν μπορούν να αποτελέσουν δείγμα για τις σύγχρονες κατασκευές οι οποίες απαιτούν επαρκή φυσικό φωτισμό και αερισμό και έχουν αυξημένες περιβαλλοντικές απαιτήσεις
Χρήση γης	<ul style="list-style-type: none"> + Εισάγει το φυσικό περιβάλλον στον πυρήνα της πόλης αφού οι οδικές αρτηρίες μεταφέρονται στον υπόγειο χώρο + Διατηρεί την ομορφιά της φύσης + Παρέχει διπλή χρήση γης τόσο υπέργεια όσο υπόγεια + Δίδεται η δυνατότητα συνδυασμού της υπάρχουσας υπέργειας πόλης με τις υπόγειες εγκαταστάσεις της + Η συνδυασμένη χρήση γης προσφέρει μεγαλύτερη άνεση + Ο διαχωρισμός των μέσων μεταφοράς με την επιφάνεια μειώνει σημαντικά την τριβή του ανθρώπου με το δίκτυο μεταφορών + Μειώνεται το μήκος των υποδομών που σχετίζονται με τα δίκτυα + Καταναλώνονται λιγότερα κατασκευαστικά υλικά + Όλα τα επίπεδα χρήζουν αυξημένης εφαρμογής φορτίου + Βελτιώνεται η καλλιέργεια και η κτηνοτροφία 	<ul style="list-style-type: none"> - Εντατικοποιεί τη χρήση γης πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε έντονη συμφόρηση - Η συμφόρηση αυτή καταλύει την αίσθηση της απομόνωσης πράγμα μη ανεκτό για πολλές κουλτούρες
Κοινωνία	<ul style="list-style-type: none"> + Προάγει την επαφή ανάμεσα στις διάφορες ηλικιακές ομάδες + Προωθεί την κοινωνικοποίηση + Προάγει την κοινωνική επαφή ανάμεσα σε ετερογενείς ομάδες και μειώνει την απομόνωση μεταξύ τους 	<ul style="list-style-type: none"> - Προκαλούνται δυσκολίες ανάμεσα σε ετερογενείς ομάδες λόγω των προκαταλήψεων που επικρατούν ανάλογα με την εκάστοτε κουλτούρα - Μπορεί να προκληθεί κλειστοφοβία και ψυχολογικές διαταραχές η αποφυγή των οποίων απαιτεί ιδιαίτερο τεχνικό σχεδιασμό - Η δυσκολία στην ψυχολογική πεποίθηση απέναντι στον υπόγειο χώρο - Απαιτείται προσαρμοστικότητα

Οικονομία	<ul style="list-style-type: none"> + Η πολλαπλή χρήση γης μειώνει το κόστος της ενώ ταυτόχρονα μειώνονται και φαινόμενα υπερκοστολόγησής της. + Η ενότητα του υπόγειου χώρου παρέχει δυνατότητα μείωσης της πολυπλοκότητας κατασκευής υποδομών και άλλων δαπανών αφού οι κατασκευές αυτές χρησιμοποιούν την ευθεία οδό αφού δεν παρεμβάλλονται άλλες κατασκευές στο διάβα τους. + Αυξάνει τις επιλογές για κατοίκηση και εργασία. + Η κατανάλωση ενέργειας είναι μειωμένη λόγω χαμηλών απωλειών για θέρμανση και ψύξη. + Παρέχει τη δυνατότητα λειτουργίας εγκαταστάσεων ψύξης με χαμηλό κόστος. + Αυξάνει την παραγωγικότητα της εργασίας εξαιτίας της σταθερής θερμοκρασίας αέρα. + Υποβαθμίζει την πιθανότητα χρήσης των υπογείων εγκαταστάσεων. 	<ul style="list-style-type: none"> - Αυξάνεται το κόστος άντλησης ύδατος. - Το κόστος επένδυσης είναι πολύ υψηλό. - Ο πρωτότυπος σχεδιασμός και οι καινοτόμες ιδέες που θα χρησιμοποιηθούν μπορεί να είναι ιδιαίτερα κοστοβόρες και να απαιτείται έρευνα. - Το κόστος κατά το πέρας των εργασιών μπορεί να αυξηθεί ανεξέλεγκτα εξαιτίας των δυσκολιών εξόρυξης που ενδέχεται να προκύψουν. - Ο φωτισμός μπορεί να αυξήσει το κόστος συντήρησης. - Μπορεί να απαιτηθεί απαλλοτρίωση τμημάτων γης για αγροτικές ή άλλες χρήσεις.
Μεταφορά	<ul style="list-style-type: none"> + Αυξάνεται η χρήση μαζικών μέσων μεταφοράς με χαμηλούς ρύπους. + Μειώνεται η χρήση ατομικών μέσων μεταφοράς. + Μειώνεται ο χρόνος μετάβασης. 	<ul style="list-style-type: none"> - Δημιουργεί μεγάλες αλλαγές στο αστικό σύστημα. - Ελλοχεύει κίνδυνος υψηλού επιπέδου δονήσεων από την κυκλοφορία βαρέως τύπου οχημάτων.
Ασφάλεια	<ul style="list-style-type: none"> + Παρέχει προστασία από ανθρωπογενείς παράγοντες αλλά και από φυσικούς κινδύνους. + Οι εγκαταστάσεις ύδρευσης/αποχέτευσης δεν φθείρονται πολύ γρήγορα. + Αυξάνεται η αντοχή σε φωτιά, σεισμούς αφού φυσικά ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα και επιλεγεί ορθά η περιοχή εγκατάστασης. 	<ul style="list-style-type: none"> - Έχει δυσκολίες στην εκκένωση σε περίπτωση φωτιάς.
Περιβάλλον	<ul style="list-style-type: none"> + Ελαχιστοποιεί το αντίκτυπο στο φυσικό περιβάλλον. + Δημιουργεί ένα ευχάριστο περιβάλλον συνδεδεμένο στενά με τις καθημερινές λειτουργίες της πόλης. + Παρέχει βιώσιμη και ενεργή ζωή στην πόλη. + Παρέχει ένα παραγωγικό περιβάλλον για καλλιτεχνική δραστηριότητα. 	<ul style="list-style-type: none"> - Μπορεί να παρουσιαστούν περιβαλλοντικές δεσμεύσεις και μπορεί να απαιτούνται κατάλληλες προσαρμογές κατασκευής. - Τα επίπεδα θορύβου, παραγόμενα από χώρους συνάθροισης, μπορεί να αυξηθούν.

<p>Ποιότητα ζωής</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Όλες οι συγκοινωνίες μεταφέρονται στον υπόγειο χώρο. + Παρέχεται φυσικό περιβάλλον μέσα στην πόλη καθώς και χώροι πρασίνου. + Ανακουφίζει την πνευματική πίεση ατομικά αλλά και σε ομάδες. + Παρέχει εγγύτητα σε αμφίδρομες χρήσεις γης. + Παρέχει καθαρότερο και πιο φρέσκο αέρα. + Εισάγει ένα φαρδύ και ασφαλές δίκτυο για τους πεζούς που διασχίζει την πόλη εντελώς διαχωρισμένο από τους αυτοκινητοδρόμους. + Μειώνεται ο θόρυβος καθώς και η μόλυνση του αέρα λόγω μείωσης των διαδρομών μεταφοράς αγαθών και η μόλυνση του αέρα. 	<ul style="list-style-type: none"> - Σε ένα περιορισμένο περιβάλλον, η μόλυνση του αέρα μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα σε περίπτωση που παθητικοί ή ενεργητικοί μηχανισμοί αερισμού του χώρου δεν λειτουργούν σωστά.
<p>Υγεία</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Οι συνθήκες θερμοκρασίας που επικρατούν στον υπόγειο χώρο προάγουν τη χαλάρωση και την πνευματική ίκμαση. + Ελαχιστοποιεί οπτικοακουστικά γεγονότα που αποσπούν την προσοχή και προάγει τη δημιουργικότητα. + Μειώνει την μετεγχειρητική περίοδο επούλωσης κατά είκοσι τις εκατό. + Η σταθερότητα του κλίματος μειώνει το στρες. 	<ul style="list-style-type: none"> - Αυξάνεται η οκνηρότητα ειδικά σε υψηλά επίπεδα υγρασίας. - Μπορεί να προξενήσει κλειστοφοβία.
<p>Κλίμα</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Μεγάλη ανθεκτικότητα σε ακραίες κλιματικές συνθήκες. + Παρέχει σταθερή θερμοκρασία η οποία αποτελεί όφελος τόσο για την υγεία του ανθρώπου όσο και για τη βιομηχανία. + Αντιστέκεται στην θερμοκρασιακή διακύμανση. + Υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα επιβίωσης σε εξαιρετικά ψυχρά κλίματα σε περίπτωση διακοπής της θέρμανσης. 	<ul style="list-style-type: none"> - Αυξάνεται το κόστος άντλησης νερού και αποκομιδής απορριμμάτων.
<p>Κόστος συντήρησης</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Χαμηλότερο κόστος συντήρησης. + Αυξημένη (σε διάρκεια) αντοχή κατασκευών. + Τα ασφάλιστρα είναι χαμηλότερα αφού δεν υπάρχουν κίνδυνοι για φυσικές καταστροφές. + Μειώνονται σημαντικά τα έξοδα εγκατάστασης υποδομών. 	<ul style="list-style-type: none"> - Αυξάνεται το κόστος άντλησης νερού και αποκομιδής απορριμμάτων.

³³ Πηγή Πίνακα 2.1.: Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

3. Παράμετροι Σχεδιασμού Υπόγειων Κατασκευών

3.1. Υπόγειες κατασκευές και χρήση γης ανάλογα με το βάθος

Στο σχεδιασμό υπόγειων κατοικιών δεν γίνεται να παραβλεφθούν οι χρηστικές δυνατότητες που προκύπτουν ανάλογα με το βάθος.

Μια υπόγεια πόλη μπορεί να εκμεταλλευτεί τον υπόγειο χώρο θεωρητικά σε απεριόριστο βάθος. Το βάθος μιας υπόσκαφης κατασκευής σε μία πλαγιά, καθορίζεται από τις διαθέσιμες οριζόντιες διαστάσεις. Σε μία επίπεδη επιφάνεια καθορίζεται από τις κάθετες διαστάσεις. Συνδυάζοντας τις δύο αυτές διαστάσεις οι χρήσεις της γης μπορούν να πολλαπλασιαστούν.

Οι βασικές αρχές σχετικά με το βάθος και τις χρήσεις γης είναι:

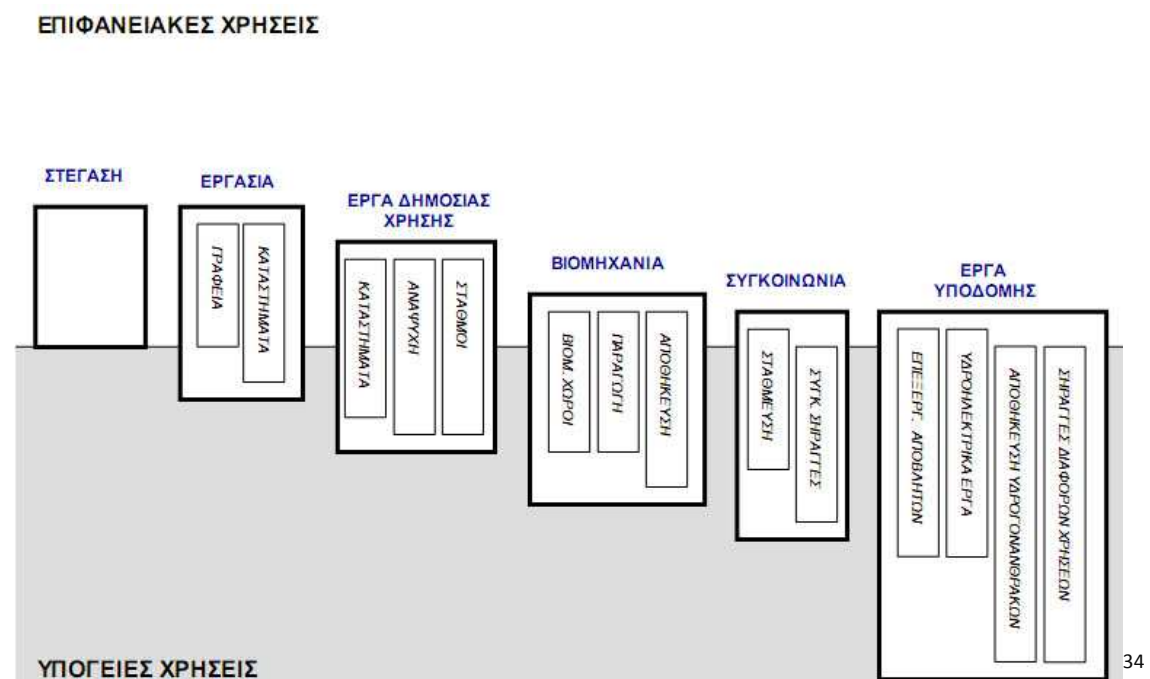
- Όσο μικρότερο το βάθος στο οποίο βρίσκεται ένας υπόγειος χώρος, τόσο εντατικότερες και πιο εκτεταμένες θα είναι οι ανθρώπινες δραστηριότητες στο χώρο αυτό. Εξαιτίας του μικρού βάθους η σύνδεση του υπόγειου χώρου με τις υπέργειες κατασκευές θα είναι ισχυρότερη.
- Όσο αυξάνεται το βάθος, θα υπάρχει μεγαλύτερη αυτοματοποίηση όσον αφορά τις δραστηριότητες και θα μειώνεται ανάλογα με το ποσοστό της συμμετοχής του ανθρώπου στις δραστηριότητες αυτές.
- Στην υπόγεια εκμετάλλευση των υπό κλίση επιπέδων, όπου το βάθος εξαρτάται από της διατιθέμενες οριζόντιες διαστάσεις, η εκμετάλλευση της γης γίνεται σε ένα επίπεδο.

Οι δραστηριότητες που εξυπηρετούνται στα μεγάλα βάθη εξαρτώνται από τη συμμετοχή του ανθρώπου σε αυτές.

Μια υπόσκαφη οικία κατασκευασμένη σε πλαγιά, στο ρηχό της μέρος έχει άμεση επαφή με τη φύση και το φυσικό φως. Οι χρήσεις γης που δεν εξυπηρετούν τις οικιστικές καθημερινές δραστηριότητες μπορούν να μεταφερθούν βαθιά στο έδαφος.

Ανάλογα με το βάθος του, το έδαφος χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: ρηχό, μετρίου βάθους και βαθύ. Η χρήση γης και το βάθος πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ως προς τις ανθρώπινες δραστηριότητες και ως προς το πού είναι δυνατόν να προωθείται η ένταξη αυτοματοποιημένων συστημάτων.

Οι συγκοινωνίες, τα έργα υποδομών και τα δίκτυα διανομής, τα θέατρα, τα κέντρα τεχνών, τα αθλητικά κέντρα, τα εμπορικά κέντρα και τα εκπαιδευτικά ινστιτούτα μπορούν να μεταφερθούν σταδιακά, ολοκληρωτικά από τον υπέργειο στον υπόγειο χώρο (βλ. σχέδιο 3.1.).



Σχέδιο 3.1. Καταλληλότητα ανάπτυξης χώρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους ανάλογα με τη επιλεχθείσα χρήση πηγή

³⁴ Πηγή Σχεδίου 3.1.: (Ronka et al., 1998)

3.1.1. Κατηγοριοποίηση χρήσης γης και ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στον υπόγειο χώρο σε σχέση με το βάθος

Οι χρήσεις γης ανάλογα με το βάθος είναι ένα σημαντικότερο κεφάλαιο στην υπόγεια ανάπτυξη. Είναι ευκολότερο να γίνει κατανοητό το βάθος σαν μέγεθος δίνοντας ενδεικτικά πεδία βάθους και κατηγοριοποιώντας την δραστηριότητα σε υπέργεια, ρηχού, μεσαίου και μεγάλου βάθους.

Υπέργεια: ύψος απεριόριστο.

- **Ανθρώπινη δραστηριότητα**

Υψηλά εντατικοποιημένη και εκτεταμένη δραστηριότητα κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας.

- **Χρήση γης**

Στον χώρο αυτό μπορούν να δημιουργηθούν χώροι πρασίνου, να επανενταχθεί το φυσικό περιβάλλον και το υδάτινο στοιχείο στη πόλη, να δημιουργηθούν παιδότοποι, χώροι ανάπαυσης, υπαίθριες αγορές. Επίσης, ένα εκτεταμένο δίκτυο για πεζούς σε όλη την πόλη θα μπορούσε να υλοποιηθεί.

Ρηχό βάθος: από την επιφάνεια του εδάφους έως το βάθος των 10 m.

- **Ανθρώπινη δραστηριότητα**

Εντατικοποιημένη και εκτεταμένη δραστηριότητα κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας.

- **Χρήση γης**

- Κατοικίες (αποκλειστικά σε πλαγιές)
- Δίκτυο πεζών
- Ξενοδοχεία (διαμονή για μικρά χρονικά διαστήματα)
- Χειρουργεία και χώροι επούλωσης

- Συνεδριακά κέντρα
- Υποδομές που αφορούν την παροχή φυσικού φωτισμού
- Εστιατόρια
- Πολιτιστικά κέντρα (θέατρα, μουσεία)
- Γραφεία
- Χώροι αναψυχής
- Αθλητικά κέντρα
- Εκπαιδευτικά ιδρύματα, βιβλιοθήκες
- Πνευματικοί χώροι
- Χώροι στάθμευσης
- Εμπορικά κέντρα
- Χώροι συνάθροισης
- Περιορισμένο δίκτυο μεταφορών

Μεσαίο βάθος: από το βάθος των 10m έως το βάθος των 50 m.

- **Ανθρώπινη δραστηριότητα**

Μειωμένη δραστηριότητα κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας.

- **Χρήση γης**

- Υπόγειοι σιδηρόδρομοι και οδοί ταχείας κυκλοφορίας
- Χώροι στάθμευσης
- Δίκτυα υποδομών
- Αυτοματοποιημένα συστήματα διανομής
- Χώροι αποθήκευσης κατεψυγμένων προϊόντων
- Αποθήκευση ενέργειας
- Βιομηχανίες που δεν παράγουν μόλυνση
- Αποθηκευτικοί χώροι (μικρής διάρκειας αποθήκευση)

Μεγάλο βάθος: από το βάθος των 50m και έπειτα (ανάλογα με την ανάγκη χρήσης και την ανάπτυξη της τεχνολογίας).

- **Ανθρώπινη δραστηριότητα**
Ελάχιστη δραστηριότητα, χρήση υψηλών επιπέδων αυτοματοποίησης.

- **Χρήση γης**
 - Υψηλής ταχύτητας μεταφορικά μέσα
 - Υψηλής ταχύτητας αυτοματοποιημένα δίκτυα διανομής
 - Αποθήκευση ενέργειας
 - Αποθηκευτικοί χώροι (μακράς διάρκειας αποθήκευση)
 - Δίκτυα υποδομών

Ζώνη ρηχού βάθους

Επιλέγεται να γίνει εκτενέστερη αναφορά στην εδαφική ζώνη ρηχού βάθους καθώς θα φιλοξενήσει την κατασκευή της υπόσκαφης οικίας στην Κέα.

Εξαιτίας της θέσης της ζώνης, δηλαδή, ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, ελαχιστοποιείται το αίσθημα της κλειστοφοβίας. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο αυτή η ζώνη επιλέγεται για τις περισσότερες ανθρώπινες δραστηριότητες καθώς εκεί ο άνθρωπος αισθάνεται μεγαλύτερη σωματική και ψυχολογική άνεση.

Επιπλέον, μπορεί να φιλοξενήσει την ημερήσια ανθρώπινη δραστηριότητα χωρίς να απομονώνεται από την υπέργεια. Η συσχέτιση της ζώνης αυτής με τις δραστηριότητες της επιφάνειας δημιουργεί σύνδεση ανάμεσα στον υπόγειο και τον υπέργειο χώρο.

Η ιδιότητα του εδάφους να παρέχει θερμική απόδοση σε ρηχό βάθος παρέχει την δυνατότητα συνδυαστικής χρήσης του υπόγειου χώρου. Αυτή η ιδιότητα αυξάνει την ανθρώπινη δραστηριότητα αφού μεγαλύτερο εύρος χρήσης προσελκύει περισσότερους ανθρώπους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η ζώνη αυτή μπορεί να φιλοξενήσει δύο με τρία κάθετα επίπεδα, τα οποία αυξάνουν την χρησιμότητα του χώρου.

Ο σχεδιασμός των χρήσεων του επιπέδου ρηχού βάθους είναι πολύ ευαίσθητος και απαιτείται προσεκτική μελέτη από ομάδα ειδικών που πρέπει απαραίτητα να συμπεριλαμβάνει αρχιτέκτονες, καλλιτέχνες, κοινωνιολόγους, οικονομολόγους, ειδικούς της υγείας, περιβαλλοντολόγους και πολεοδόμους.

3.2. Υπόγειες κατασκευές σε υπό κλίση περιοχές

Έχοντας εισάγει τις βασικές αρχές της βιώσιμης αρχιτεκτονικής στον υπόγειο χώρο, παρουσιάζεται η ευκολότερα εφαρμόσιμη μέθοδο κατασκευής, αυτή της κατασκευής σε υπό κλίση περιοχές.

Παρότι οι υπόγειες πόλεις προορίζονται για όλες τις χρήσεις γης, οι οικίες είναι προτιμότερο να έχουν τη μορφή υπόσκαφων κατασκευών τοποθετημένων σε πλαγιές. Συνδέοντας την πλαγιά με την υπόγεια κατοίκηση, πολλές ψυχολογικές και τεχνολογικές ενστάσεις ενάντια στον υπόγειο χώρο μηδενίζονται. Συνδυάζοντας τις τεχνικές οικοδόμησης σε κεκλιμένο επίπεδο και κατασκευής υπόγειων χώρων, πολλοί χρήστες μπορούν να προσαρμοστούν καλύτερα στην ιδέα κατοίκησης σε έναν τέτοιο χώρο. Κάποια από τα πιο εμφανή οφέλη της τοποθέτησης υπόσκαφων κατασκευών σε περιοχές με κλίση εδάφους, είναι η φυσική άμεση διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας στην οικία, η εύκολη πρόσβαση από τον εξωτερικό στον εσωτερικό χώρο και το αντίστροφο, ότι μειώνεται η αίσθηση της κλειστοφοβίας. Ωστόσο υπάρχουν τεχνολογικά εμπόδια και κατασκευαστικές δυσκολίες τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Παρότι, από γεωλογικής οπτικής, στα βουνά είναι πιθανότερο να παρουσιάσουν αστοχίες και είναι πιο ευαίσθητα στους σεισμούς, οι υπόγειες κατασκευές παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά σε σχέση με τις συμβατικές.

Οι υπόσκαφοι αυτοί οικισμοί δεν πρέπει να κατασκευάζονται πάνω σε ζώνες αστοχίας και εδάφη που διατρέχουν κινδύνους καθιζήσεων. Πιο συγκεκριμένα, σε περιπτώσεις σεισμικής δραστηριότητας και ανάλογα με την εκτόνωση του σεισμού (οριζόντια, κάθετα), θα κινηθούν μαζί με όλο τον όγκο του βουνού στο οποίο είναι τοποθετημένοι,

αποτρέποντας κατά αυτόν τον τρόπο καταστροφές στην ίδια την κατασκευή. Όσο πιο βαθιά είναι τοποθετημένη μια υπόγεια κατασκευή τόσο ασφαλέστερη είναι.

Επιπροσθέτως, οι σεισμοί μπορεί να πυροδοτήσουν κινήσεις μαζών. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση της πλαγιάς, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα κίνησης μαζών.

Προκειμένου να αποφευχθεί το φαινόμενο των κατολισθήσεων οι μελετητές πρέπει να είναι ενήμεροι για το είδος των κινήσεων μαζών που θα έχουν να αντιμετωπίζουν έτσι ώστε να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα

Οι κινήσεις μαζών μπορεί να αλλάξουν τη μορφολογία του εδάφους. Προκύπτουν όταν σε απότομες πλαγιές η γη αποτελείται από όγκους που δεν συνδέονται μεταξύ τους, ή όταν το έδαφος γίνεται λάσπη μετά από περίοδο έντονης βροχόπτωσης.

Μεγάλη επικινδυνότητα προκύπτει και από το φαινόμενο της διάβρωσης. Πρέπει να γίνεται εκτενής εξέταση των γεωτεχνικών, εδαφικών και γεωλογικών ιδιοτήτων της περιοχής που προορίζεται για την κατασκευή μιας υπόσκαφης οικίας.³⁵

3.2.1. Επιλογή Τοποθεσίας

Το πιο κρίσιμο στάδιο στην ανάπτυξη μιας κατασκευής σε πλαγιά είναι η επιλογή τοποθεσίας. Η επιλογή πρέπει να γίνεται με πολλαπλά κριτήρια, περιεκτική, ποσοτική σύνθεση σε συνδυασμό με διαίσθηση και φαντασία και ευελιξία στην υιοθέτηση νέων ιδεών. Πάνω από όλα πρέπει να επικεντρώνεται στις ανθρώπινες ανάγκες.

Τα πιο σημαντικά κριτήρια είναι:

- Σύσταση του εδάφους και γεωλογικά χαρακτηριστικά
- Μορφολογία του εδάφους
- Κλίση εδάφους
- Υδροφόρος ορίζοντας, διάβρωση, υδρολογία

³⁵ Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

- Ύψος, θερμικές αποδόσεις και σχετική υγρασία
- Προσανατολισμός
- Προσιτότητα

3.2.2. Κλιματολογικές συνθήκες που αντιμετωπίζει μια υπόσκαφη οικία σε υπό κλίση περιοχή

Ο υπόγειος χώρος χρησιμοποιείται καλύτερα σε περιοχές όπου επικρατούν ακραίες κλιματικές συνθήκες, για παράδειγμα θερμές και ξηρές περιοχές όπως αυτές στην Αυστραλία, και ψυχρές και ξηρές περιοχές όπως αυτές στον Καναδά και τη Σιβηρία.

Άνεμοι

Τοπικά οι άνεμοι ενισχύονται από τη διαφοροποίηση της θερμοκρασίας και του βαρομετρικού. Σε πλαγιές όπου βρίσκονται στην προέκταση κοιλάδας δημιουργείται ένα φαινόμενο αεροσήραγγας που περνά από το κανάλι που σχηματίζουν οι πλαγιές.

Τις μεσημβρινές ώρες όπου αυξάνεται η ζέστη στα χαμηλότερα επίπεδα της κοιλάδας δημιουργούνται καθοδικά ρεύματα αέρα. Σε περιοχές όπου υπάρχει αναταραχή στον αέρα και η θερμοκρασία είναι χαμηλή προτιμώνται αυτού του είδους υπόγειες κατοικίες. Οι οικίες που είναι τοποθετημένες σε χαμηλά μέρη της πλαγιάς εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας και χαμηλές κατά τη διάρκεια της νύχτας. Οπότε προτείνεται η κατασκευή σε υψηλότερα επίπεδα.

Ακτινοβολία

Τα επίπεδα ακτινοβολίας είναι συνήθως πολύ υψηλά στις πόλεις που βρίσκονται σε κοιλάδες. Η ακτινοβολία προέρχεται άμεσα από τον ήλιο και έμμεσα από την αντανάκλαση των γύρω πλαγιών. Ο ελλιπής αερισμός αυξάνει την ένταση της ακτινοβολίας και συμβάλει στην αύξηση της θερμοκρασίας. Οι υπόσκαφοι οικισμοί δεν πλήττονται τόσο από την ακτινοβολία καθώς λαμβάνουν σημαντικά λιγότερη ακτινοβολία και υπάρχει καλύτερη κυκλοφορία του αέρα.

Διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας

Η διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας αποτελεί μεγάλη πρόκληση στο σχεδιασμό υπόσκαφων οικιών σε πλαγιά. Αυτό το ζήτημα έχει διπλή επίδραση, αφού επηρεάζει τον ψυχολογικό παράγοντα και τον παράγοντα υγείας και κατ' επέκταση τη ευχάριστη διαβίωση των ενοίκων.

Καινοτόμος σχεδιασμός και πολύ καλή μελέτη του προσανατολισμού σε σχέση με τον ήλιο, έχουν σαν αποτέλεσμα την διείσδυση του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι ακτίνες του ήλιου μπορούν να φτάσουν σε βάθος άνω των επτά μέτρων και σε κλίση 24-52 μοίρες βόρεια και να φωτίσουν τα δωμάτια που βρίσκονται εκεί. Επίσης υπάρχει και θετική επίδραση στην ψυχολογία των ενοίκων όταν υπάρχει φυσικός φωτισμός στο χώρο.

3.2.3. Σχεδιασμός υπόσκαφης οικίας σε υπό κλίση περιοχές

Όλες οι υπόσκαφες οικίες θα έπρεπε να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρούν την οπτική πρόσβαση προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι πλαγιές διαφοροποιούνται τόσο ως προς τη μορφή αλλά και ως προς την κλίση του εδάφους (βλ. σχέδιο 3.2.). Αυτές οι διαφοροποιήσεις, συμβάλλουν στην επιλογή κατάλληλου τύπου υπόγειας κατασκευής για τον κάθε διαθέσιμο χώρο.

Πλαγιές Μικρής Κλίσης

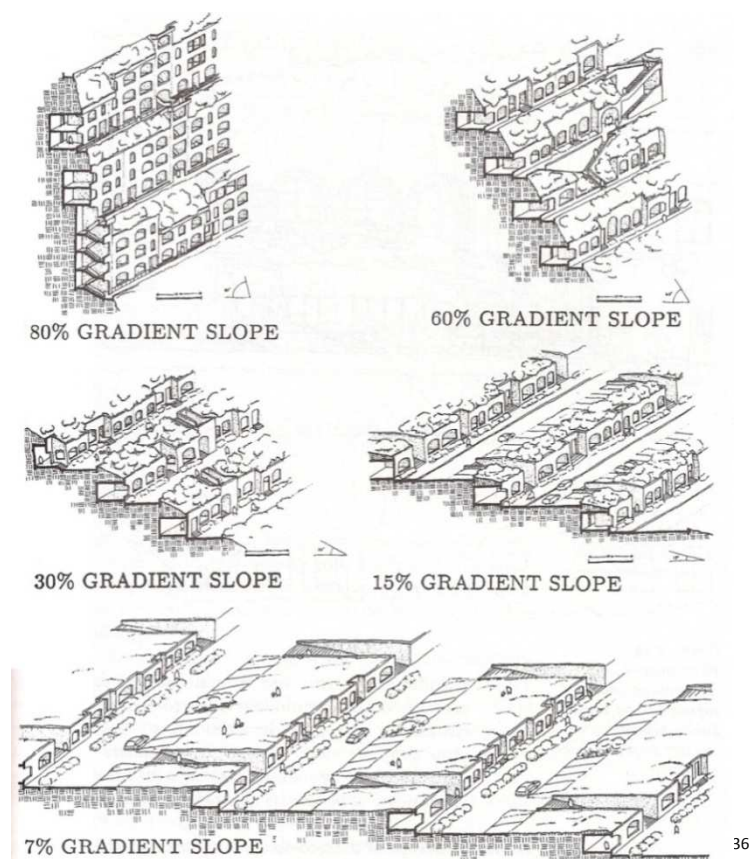
Εξαιτίας της μικρής κλίσης και της περιορισμένης βραχώδους σύστασης, μένουν σχεδόν αμετάβλητες και γίνονται κάποιες προσαρμοστικές διεργασίες για την τοποθέτηση της οικίας. Υπάρχει ευχέρεια στην κατασκευή ποικίλων τύπων κατασκευής με μόνο περιορισμό στον αριθμό των επιπέδων της οικίας. Μπορεί να εφαρμοστεί και συνδυασμός υπέργειας-υπόγειας κατασκευής πολλαπλών χρήσεων.

Πλαγίες Μέτριας Κλίσης

Επιλέγεται περισσότερο σαν χώρος κατασκευής καθώς μπορεί να φιλοξενήσει μεγάλη ποικιλία μορφών κατασκευής και επειδή το κόστος κατασκευής είναι χαμηλότερο απ' ό,τι σε μία περιοχή οξείας κλίσης. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για συνδυασμένες χρήσεις γης.

Πλαγίες Οξείας Κλίσης

Η κατασκευή εντάσσει στο σχεδιασμό τις γεωμορφολογικές ιδιαιτερότητες που υπάρχουν εμπλουτίζοντας έτσι τις εναλλακτικές μορφοποίησης του χώρου. Μπορεί να συντελέσει στη δημιουργία ενός ελκυστικού οικοδομήματος συνδεδεμένου άμεσα με το φυσικό περιβάλλον παρότι η κατασκευή αναμένεται να έχει υψηλό κόστος.



Σχέδιο 3.2. Κατασκευές σε πλαγιά με εύρος κλίσης από 7%-80%.

³⁶ Πηγή Σχεδίου 3.2.: Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

Κατά την κατασκευή υπόσκαφων κατοικιών σε πλαγιά υπάρχουν κάποιες βασικές προτάσεις οι οποίες μπορούν να υιοθετηθούν κατά τη μελέτη και κατασκευή.

- Ενσωμάτωση των υπόσκαφων κατοικιών στο τοπίο. Εντάσσοντας στο σχεδιασμό τμήματα της τοπογραφίας και των ιδιαίτερων φυσικών χαρακτηριστικών της περιοχής, δημιουργείται ένα πλούσιο και ξεχωριστό ανάγλυφο.
- Τοποθέτηση των υπόγειων κατοικιών σε σημείο ώστε να είναι προσανατολισμένες προς την πανοραμική και αρμονική απεικόνιση της κοιλάδας που περιβάλλουν οι πλαγιές.
- Διαμόρφωση των δικτύων συγκοινωνίας που εξυπηρετούν τις υπόσκαφες οικίες, έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα ανάπαυσης και παρατήρησης της θέας.
- Διατήρηση ανεμπόδιστου ορίζοντα προς την πόλη με σκοπό να δημιουργείται η αίσθηση της ενότητας.
- Τοποθέτηση πολιτιστικών κέντρων και κέντρων αναψυχής που προσελκύουν τον κόσμο.
- Εισαγωγή στοιχείων της πόλης χωρίς να επηρεάζεται το φυσικό περιβάλλον καθιστώντας τους οικισμούς στους λόφους κομμάτι της πόλης.
- Διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος μειώνοντας στο ελάχιστο τη ζημιά από τις εργασίες ανοικοδόμησης
- Σύνδεση της υπέργειας πόλης με τις υπόσκαφες κατασκευές με υπόγειο δίκτυο μεταφορών και ένα δίκτυο για πεζούς που θα βρίσκεται επιφανειακά.
- Έμφαση στις γεωμορφολογικές ιδιαιτερότητες της πλαγιάς. Κάθε πλαγιά έχει τη δική της μοναδική χροιά, με θετικά ωφέλει που μπορούν να αναδειχθούν.
- Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην διατήρηση του τοπίου και του φωτισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας. Πολύ σημαντικό είναι να μην υπάρχουν εμπόδια που παρεμβάλλονται στην θέα των υπόσκαφων οικιών προς τη κοιλάδα.
- Οι υπέργειες κατασκευές που βρίσκονται στην πλαγιά δεν πρέπει να έχουν μεγάλο μέγεθος γιατί εμποδίζουν τη θέα.

- Πρέπει να υπάρχει μέριμνα για δίκτυα άμεσης διαφυγής σε περίπτωση ανάγκης. Για την κατασκευή του δικτύου δεδομένη είναι η μελέτη της πιθανότητας κατολισθήσεων, καθιζήσεων, φωτιάς και σεισμού, δεν πρέπει να υπάρχει μαζική πρόσβαση για να χρησιμοποιείται μόνο σε περιπτώσεις ανάγκης.

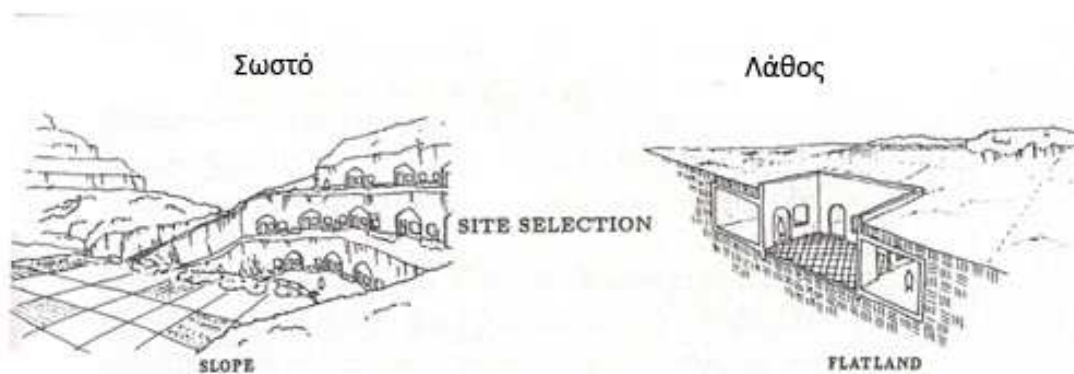
Είναι πολύ σημαντικό να ελαχιστοποιείται όσο το δυνατόν περισσότερο η παρέμβαση στο ευαίσθητο οικοσύστημα της πλαγιάς. Κάθε πλαγιά έχει μοναδικό χαρακτήρα εσωτερικά και εξωτερικά. Η διαφορετικότητα αυτή μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για την υιοθέτηση πρωτότυπων σχεδιασμών που πηγάζουν από το ίδιο το φυσικό περιβάλλον.

Αρχές σχεδιασμού

Η τεχνολογία βρίσκεται σε επίπεδο ικανό για την κατασκευή οποιουδήποτε τύπου υπόγειου χώρου σε σχεδόν κάθε μορφή πλαγιάς και ταυτόχρονα να τηρούνται τα σύγχρονα πρότυπα διαβίωσης. Ο σωστός σχεδιασμός επιτρέπει την εισαγωγή φυσικού φωτισμού και αερισμού από το εξωτερικό περιβάλλον σε μεγάλα βάθη της κατασκευής. Για να είναι εφικτό αυτό πρέπει να μελετηθούν πέντε σημεία που αφορούν την κατασκευή. Αυτές είναι, η επιλογή της θέσης κατασκευής, ο προσανατολισμός, η προσβασιμότητα, η σύνδεση εξωτερικού με εσωτερικό χώρο και ο φυσικός αερισμός.

Επιλογή θέσης κατασκευής

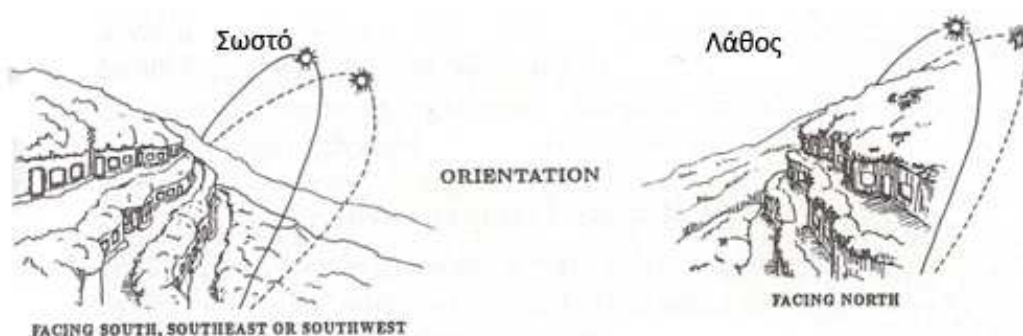
Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3.2.2. οι υπόγειοι χώροι που προορίζονται για κατοίκηση πρέπει να τοποθετούνται αποκλειστικά σε πλαγιές και όχι σε επίπεδες περιοχές (βλ. σχέδιο 3.3.). Οι πλαγιές παρέχουν τη δυνατότητα εφαρμογής ενός πλήθους διαμορφώσεων που έχουν σαν αποτέλεσμα ένα μεγάλο φάσμα σχεδιαστικών μορφών. Επιπροσθέτως, μειώνεται το αίσθημα της κλειστοφοβίας και αντισταθμίζει την απώλεια των άλλων πλεονεκτημάτων των επίπεδων περιοχών.



Σχέδιο 3.3. Θέση κατασκευής (σύγκριση).

Προσανατολισμός

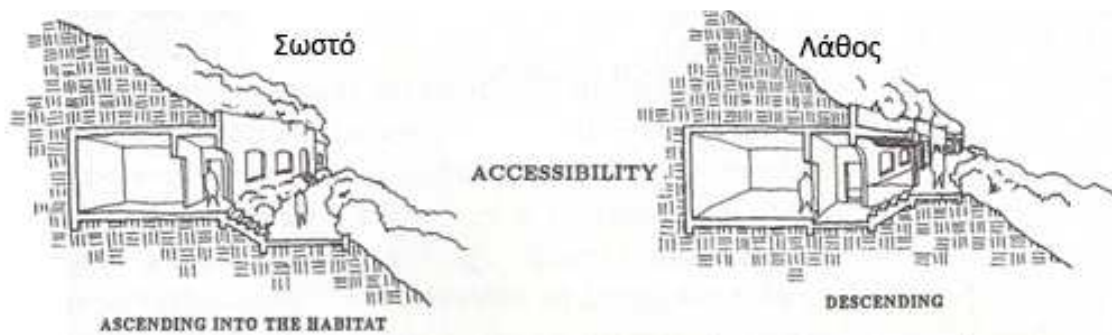
Ο επιθυμητός προσανατολισμός πρέπει να είναι προς το νότο, νοτιοανατολικά ή νοτιοδυτικά αλλά ποτέ προς το βορρά. Ο σωστός προσανατολισμός μεγιστοποιεί τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας βαθιά μέσα στην οικία (βλ. σχέδιο 3.4.). Η ποιότητα του φωτός είναι παρόμοια εάν όχι ανώτερη των υπέργειων κατοικιών.



Σχέδιο 3.4. Προσανατολισμός (σύγκριση).

Προσβασιμότητα

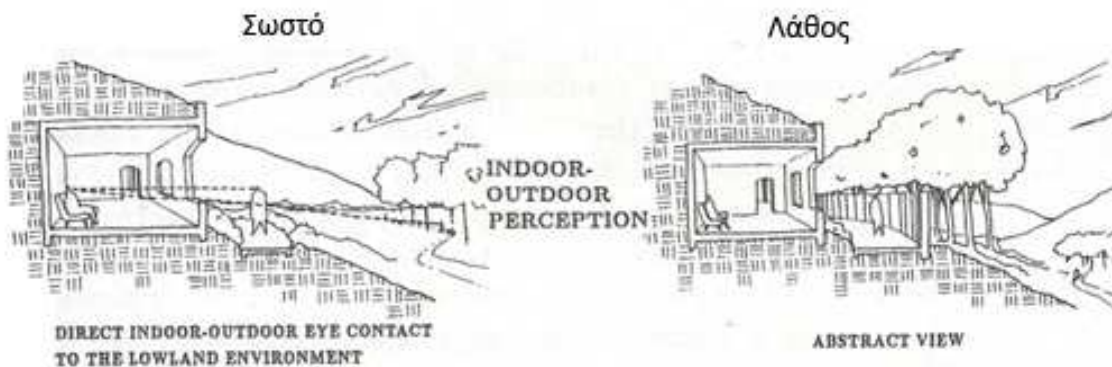
Η πρόσβαση σε μια υπόσκαφη οικία πρέπει να γίνεται ανεβαίνοντας επίπεδο για να διαχωρίζεται σαν ιδιοκτησία αλλά και να διαφοροποιείται από τις παλαιότερες χρήσεις του υπόγειου χώρου που η πρόσβαση σε αυτούς γινόταν κατεβαίνοντας επίπεδα (βλ. σχέδιο 3.5.). Ανεβαίνοντας σκαλιά κατά την είσοδο στο υπόσκαφο καταρρίπτονται οι προκαταλήψεις σχετικά με τον υπόγειο χώρο καθώς και η αίσθηση της κλειστοφοβίας.



Σχέδιο 3.5. Επιλογή πρόσβασης (σύγκριση).

Σύνδεση εξωτερικού με εσωτερικό χώρο

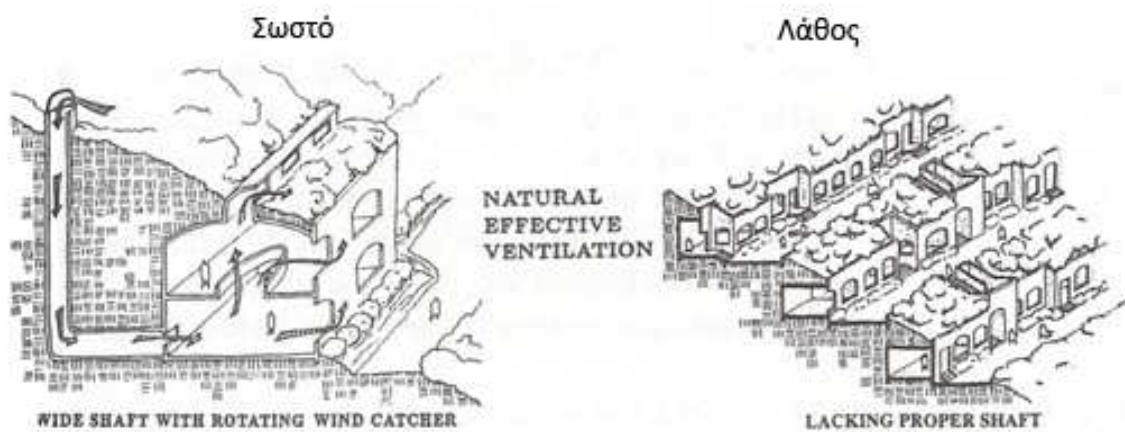
Ο σχεδιασμός πρέπει να επιτρέπει άμεση επαφή του εσωτερικού της οικίας με το εξωτερικό περιβάλλον (βλ. σχέδιο 3.6.). Με αυτή την εφαρμογή ο ένοικος νιώθει μέρος του περιβάλλοντος του και προάγεται η αλληλεπίδραση περιβάλλοντος κατασκευής. Και σε αυτή την περίπτωση το μέτρο αυτό καταπολεμά την κλειστοφοβία.



Σχέδιο 3.6. Σύνδεση εξωτερικού με εσωτερικό χώρο (σύγκριση).

Φυσικός αερισμός

Πρέπει να παρέχεται φυσικός αερισμός βαθιά μέσα στην οικία ο οποίος να επηρεάζεται από φυσικές διεργασίες. Οι πλαγιές είναι σύνηθες να έχουν κάποια κινητικότητα αέριας μάζας, ιδιότητα που είναι εκμεταλλεύσιμη για τον φυσικό αερισμό (βλ. σχέδιο 3.7.). Ειδικότερα σε θερμά-υγρά κλίματα η εφαρμογή αυτής της πρότασης είναι κρίσιμης σημασίας.



37

Σχέδιο 3.7. Φυσικός αερισμός (σύγκριση)

³⁷ Πηγή Σχεδίων 3.3. – 3.7.: Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

Πίνακας 3.1**Οφέλη κατοίκησης και χρήσης υπόσκαφων κατασκευών σε υπό κλίση περιοχές**

Ηλιακή ακτινοβολία	Δυνατότητα διείσδυσης ηλιακής ακτινοβολίας σε περισσότερα του ενός επίπεδα της υπόσκαφης κατασκευής βάσει κατάλληλου σχεδιασμού.
Αερισμός	Η κυκλοφορία του αέρα στην υπόσκαφη κατασκευή αυξάνεται και επιτυγχάνονται ιδανικές συνθήκες για την λειτουργία παθητικού αερισμού.
Ποιότητα αέρα	Ύπαρξη φρέσκου αέρα λόγω υψομέτρου και τοπογραφίας, ο οποίος κυκλοφορεί και ανανεώνεται συνεχώς.
Φυσικοί κίνδυνοι	<p>Παρατηρείται χαμηλότερο αντίκτυπο σεισμών στην υπόσκαφη κατασκευή με την εφαρμογή και των κατάλληλων σχεδιαστικών μέτρων.</p> <p>Υπάρχει μικρή πιθανότητα εξάπλωση της φωτιάς στην υπόσκαφη κατασκευή.</p> <p>Δεν υπάρχει κίνδυνος πλημμύρας αν έχουν ληφθεί κατάλληλα αποστραγγιστικά, αποχετευτικά μέτρα.</p>
Ποιότητα ζωής	<p>Η υπόσκαφη κατασκευή παρέχει ένα ηχομονωμένο περιβάλλον με σταθερή, ευχάριστη θερμοκρασία αέρα το οποίο μπορεί να τονώσει τη διάθεση και την παραγωγικότητα.</p> <p>Παρέχει άμεση πρόσβαση στο περιβάλλον και συγχρόνως παρέχει προστασία από τις καιρικές συνθήκες. Προστατεύει επίσης έναντι των ακραίων κλιμάτων.</p> <p>Βάσει της χρήσης της υπόσκαφης κατασκευής, προσφέρεται η δυνατότητα ταχύτερης μετεγχειρητικής επούλωσης των πληγών.</p>

³⁸ Πηγή Πίνακα 3.1.: Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

4. Υπόσκαφες Κατασκευές: Έρευνα και Παραδείγματα

4.1. Μελέτη Θερμικού Περιβάλλοντος Υπόσκαφης Κατοικίας στην Κορέα

Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 1986 στην Κορέα εξετάζει τις διαφορές θερμικού περιβάλλοντος των υπόσκαφων και των συμβατικών κατοικιών.

Οι μετρήσεις και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είχαν σκοπό να καταστήσουν περισσότερο κατανοητές τις ιδιότητες του εσωτερικού και εξωτερικού μικροκλίματος της Κορέας στους δύο τύπους κατοικιών. Για τις ανάγκες αυτής της μελέτης υπολογίστηκαν οι εξής μεταβλητές: η εσωτερική θερμική σταθερότητα και η εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασιακή ροή κατά τη διάρκεια της ημέρας.

4.1.1. Αποτελέσματα Έρευνας

Αρχικά, αξίζει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις για την έρευνα αυτή έγιναν σε κατοικήσιμες οικίες στις οποίες δεν χρησιμοποιήθηκε ούτε μηχανική θέρμανση ούτε ψύξη από τους ενοίκους.

Ως προς τη σχέση εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος στους εσωτερικούς χώρους της υπόσκαφης οικίας ήταν κατά 5,4 βαθμούς χαμηλότερο από το αντίστοιχο θερμοκρασιακό εύρος της συμβατικής το χειμώνα και κατά 1,6 βαθμούς το καλοκαίρι. Αυτές οι μετρήσεις αποδεικνύουν ότι η υπόσκαφη οικία εξασφαλίζει σταθερότερη εσωτερική θερμοκρασία από ότι μια συμβατική κατοικία.

Η σχέση ανάμεσα στην εσωτερική και την εξωτερική θερμοκρασία φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα. Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για το υπόσκαφο είναι κατά 0,134 χαμηλότερος τη χειμερινή

περίοδο από ότι στην συμβατική οικία. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο ο συντελεστής αυτός είναι όμοιος και στις δύο κατοικίες.

Παρατηρείται ότι η εσωτερική θερμοκρασία της υπόσκαφης οικίας επηρεάζεται λιγότερο από την εξωτερική θερμοκρασία σε σχέση με τη συμβατική. Η σχέση μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής κατοικίας υπολογίζεται με τους παρακάτω τύπους:

Θερμοκρασία στη συμβατική οικία τη χειμερινή περίοδο:

$$T_i (^{\circ}\text{C}) = 0.5327 T_o + 5.509$$

Θερμοκρασία στην υπόσκαφη οικία τη χειμερινή περίοδο:

$$T_i (^{\circ}\text{C}) = 0.134 T_o + 11.979$$

Θερμοκρασία στη συμβατική οικία τη καλοκαιρινή περίοδο:

$$T_i (^{\circ}\text{C}) = 0.4997 T_o + 14.514$$

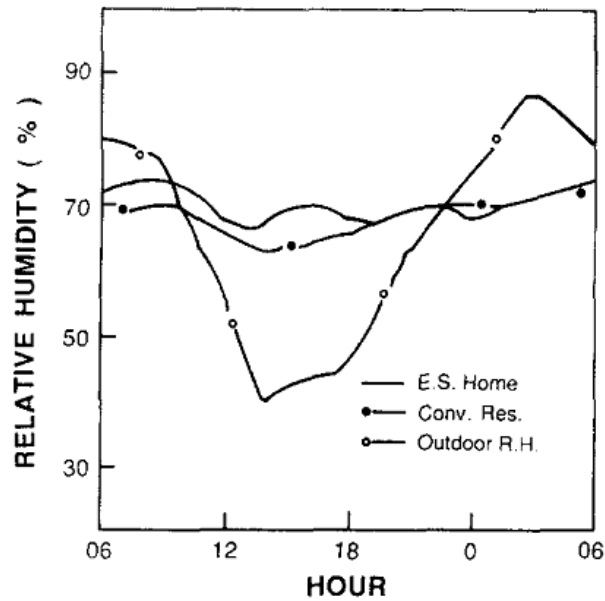
Θερμοκρασία στην υπόσκαφη οικία τη καλοκαιρινή περίοδο:

$$T_i (^{\circ}\text{C}) = 0.2587 T_o + 19.726$$

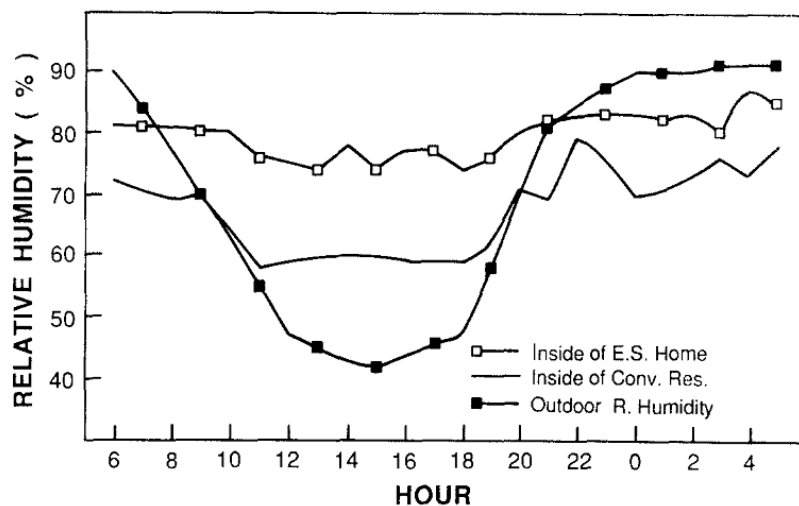
Classification	Walls	Roof
Conventional residence	0.1339 J/°C · m ²	0.1010 J/°C · m ²
Earth-sheltered home	0.3518 J/°C · m ²	0.4766 J/°C · m ²

Πίνακας 4.1. Σύγκριση θερμοχωρητικότητας σε τοίχους και οροφές ανάμεσα σε μια συμβατική και μια υπόσκαφη κατοικία.

Ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζει τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα που έχει η υπόσκαφη κατοικία σε σχέση με τη συμβατική, ενώ ο πίνακας 4.2. αποδεικνύει ότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό της υπόσκαφης κατοικίας δεν αποκλίνει κατά πολύ από τις τιμές της θερμοκρασιακής άνεσης τόσο κατά την καλοκαιρινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.



Διάγραμμα 4.1. Σύγκριση σχετικής υγρασίας το χειμώνα.



Διάγραμμα 4.2. Σύγκριση σχετικής υγρασίας το καλοκαίρι.

Στα παραπάνω διαγράμματα απεικονίζεται η μεταβολή της σχετικής υγρασίας στην υπόσκαφη και τη συμβατική κατοικία. Το χειμώνα, η μέση σχετική υγρασία ήταν 65,1%. Η μέση σχετική υγρασία στη συμβατική κατοικία ήταν 68,3% και η αντίστοιχη της υπόσκαφης κατοικίας ήταν 70,2%. Η υπόσκαφη κατοικία παρουσίασε κατά 1,9% υψηλότερα επίπεδα υγρασίας. Ωστόσο, η ημερήσια διακύμανση σχετικής υγρασίας στην υπόσκαφη κατασκευή ήταν κατά 2% χαμηλότερη σε σχέση με την συμβατική κατασκευή .

Την περίοδο του καλοκαιριού, η μέση σχετική υγρασία ήταν 69,8%. Η μέση σχετική υγρασία στη συμβατική κατοικία ήταν 67,4% και η αντίστοιχη της υπόσκαφης κατοικίας ήταν 79,7%. Οι υπόσκαφη κατοικία παρουσίασε κατά 12,3% υψηλότερα επίπεδα υγρασίας. Ωστόσο, η ημερήσια διακύμανση σχετικής υγρασίας στην υπόσκαφη κατασκευή ήταν κατά 8% χαμηλότερη σε σχέση με την συμβατική κατασκευή.

Παρατηρείται ότι το εσωτερικό περιβάλλον της υποσκαφης κατοικίας είναι κατά 1,9%-12,3% πιο υγρό από ότι το αντίστοιχο μιας συμβατικής κατοικίας, Η έρευνα όμως, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι υπόσκαφες κατοικίες παρέχουν σταθερότερα επίπεδα υγρασίας κατά τη διάρκεια του έτους.

Classification		Minimum CET*	Maximum CET*	Diurnal range	Mean CET*
Comfort zone	Winter	18.5	22.6	4.1	20.5
	Summer	21.6	24.6	3.0	23.1
E.S. Home	Winter	18.1	20.8	2.7	19.4
	Summer	23.2	26.1	2.9	25.3
Conventional residence	Winter	14.9	19.6	4.7	17.6
	Summer	22.8	27.2	4.4	25.1

Πίνακας 4.2. Σύγκριση επιπέδων άνεσης.

CET = Τιμή θερμοκρασίας υπολογισμένη σε σχέση με την εσωτερική θερμοκρασία, την υγρασία, τη ροή του αέρα και τη θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία.

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση της υπόσκαφης κατοικίας σε σχέση με τη συμβατική ως προς τα επίπεδα παρεχόμενης θερμικής άνεσης.

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής αποτελούν μια ακόμη απόδειξη ότι οι υπόσκαφες κατοικίες, εκτός του ότι παρέχουν σταθερότερα επίπεδα σχετικής υγρασίας, αποτρέπουν και την εξάπλωση της υγρασίας στην υπόλοιπη κατασκευή, σε αντίθεση από ότι συμβαίνει με τις συμβατικές.

Συνοπτικά λοιπόν, αν εξαιρέσουμε τα υψηλά επίπεδα υγρασίας, οι υπόσκαφες κατοικίες παρέχουν ένα καλύτερο θερμικό περιβάλλον από ότι οι συμβατικές κατοικίες.

Στο συμπέρασμά τους, οι συγγραφείς της έρευνας καταλήγουν στο ότι οι μελλοντικές έρευνες πρέπει να στραφούν προς την βελτίωση των ήδη υφισταμένων και στη ανεύρεση νέων στεγανωτικών μεθόδων που θα εξαλείψουν τα προβλήματα που προκαλούν τα υψηλά επίπεδα υγρασίας στις υπόσκαφες κατασκευές.³⁹

4.2. Δείγματα υπόγειων κατασκευών

Η επιλογή των δειγμάτων που παρουσιάζονται στη συνέχεια έγινε με διαφορετικά κριτήρια και κατά βάση ξεχωριστές δυσκολίες που κλήθηκε να αντιμετωπίσει κάθε κατασκευαστής αλλά και ιδιαίτερες καινοτομίες που εφαρμόστηκαν για να εκμεταλλευτούν όσο το δυνατόν περισσότερο τις παροχές του περιβάλλοντος.

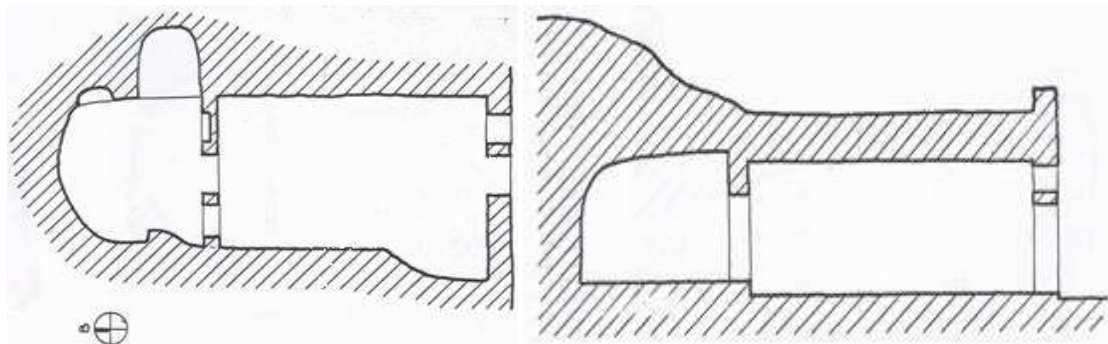
4.2.1. Παράδειγμα υπόγειων κατασκευών στη Σαντορίνη

Τα υπόσκαφα είναι η κυρίαρχη αρχιτεκτονική μορφή στη Σαντορίνη. Μέσα στην άσπα, την εύπλαστη αλλά και ισχυρή ως δομικό υλικό θηραϊκή γη, κάτοικοι του νησιού έσκαψαν τα σπίτια τους και κάποιες φορές τα χωριά τους ολόκληρα.

Το υπόσκαφο σπίτι κατασκευαζόταν από τους ίδιους και τα παιδιά τους, χωρίς κανένα κόστος, αφού τα μόνα τους έξοδα ήταν ο λιγοστός ασβέστης και τα κουφώματα. Οι άρχοντες και οι καπετάνιοι δεν έσκαβαν τα σπίτια τους στον γκρεμό, αλλά τα έχτιζαν στην πάνω μεριά της Οίας ή στα βόρεια Φηρά.

³⁹ Woong, Lee Shi, and Jang Yeul Shon. "The Thermal Environment in an Earth-Sheltered Home in Korea." *Tunnelling and Underground Space Technology* 3.4 (1988): 409-16. Print.

Εκτός από τους υπόσκαφους οικισμούς της ενδοχώρας και, αυτούς δηλαδή που αναπτύσσονται στο χείλος του γκρεμού της Καλντέρας (Φηρά, Οία), υπόσκαφα σπίτια βρίσκουμε και στους μεσαιωνικούς οχυρούς οικισμούς (Πύργος, Εμπορείο, Ακρωτήρι).⁴⁰



Σχέδιο 4.1. Υπόσκαφη κατοικία στην Οία.(κάτοψη, τομή). Πηγή: Βιβλιοθήκη Ε.Μ.Π.

Χαρακτηριστικά σχεδιασμού και κατασκευής

Χαρακτηριστικό των υπόσκαφων σπιτιών είναι οι χυτοί θόλοι διάφορων μορφών (σταυροθόλια, τεταρτοθόλια). Τα τοπικά ηφαιστειογενή υλικά, αναμειγνυόμενα με τον ασβέστη, δημιουργούν ένα πολύ ισχυρό κονίαμα που επιτρέπει τη δημιουργία θόλων χωρίς στήριξη με ξύλο ή σίδηρο, υλικά δυσεύρετα στο νησί.

Δημιουργήθηκαν έτσι μορφές με μεγάλη πλαστικότητα, που τις ζήτησαν αρχιτέκτονες πρωτεργάτες του μοντέρνου κινήματος, όπως ο Λε Κορμπιζιέ και ο Άλβαρ Άαλτο.

Με βάση τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, το υπόσκαφο θεωρείται ιδανικό σπίτι, αφού συνδυάζει ζέστη το χειμώνα και δροσιά το καλοκαίρι. Στα οικιστικά σύνολα της Σαντορίνης, ο κοινόχρηστος και ο ιδιωτικός χώρος μερικές φορές ταυτίζονται.

⁴⁰ "Τα σπίτια στη Σαντορίνη: Μορφή, διάταξη χώρων, κατασκευαστικά στοιχεία." *Welcome to spitia.gr – buildings.gr*. Web. 26 Aug. 2010. <<http://www.buildings.gr/>>.

Στην πρόσοψη των κτιστών σπιτιών ο τοίχος είναι κτιστός με τα απαραίτητα για το φωτισμό ανοίγματα. Παρόμοια ανοίγματα φέρει και ο διαχωριστικός τοίχος, τα οποία όμως δημιουργούν πρόβλημα στον φωτισμό και στον αερισμό του χώρου που βρίσκεται στο πίσω μέρος της κατοικίας (βλ. σχέδιο 4.1.).

Οι φέροντες τοίχοι έχουν πάχος 30-65 εκ. ενώ οι ελεύθεροι τοίχοι 20-25 εκ. Όλες οι επιφάνειες των τοίχων επιχρίονται με λάσπη (μείγμα θηραϊκής γης με νερό) και ορισμένες φορές, για την ενίσχυση της λάσπης, σφηνώνονται μικρά κομμάτια κοκκινόπετρας κατά διαστήματα στον σοβά.

Η οροφή είναι ημικυλινδρική για στατικούς λόγους (βλ. εικόνα 4.2.). Το ημικυλινδρικό σχήμα της βοηθά στην αύξηση του φωτισμού και του αερισμού στο βάθος των κατοικιών. Ο ρόλος τους είναι πολύ σπουδαίος τις ζεστές ημέρες. Λόγω του μεγάλου ύψους, ο ανυψούμενος ζεστός αέρας συγκεντρώνεται ψηλά & φεύγει εύκολα από το φεγγίτη της πρόσοψης.



Εικόνα 4.1. Πρόσοψη υπόσκαφης κατασκευής στη Σαντορίνη.

⁴¹ Πηγή Εικόνας 4.1.: "Σαντορίνη: Θήρα στο όνειρο." Γεωτρόπιο 168 (2003). Print.



42

Εικόνα 4.2. Εσωτερική διαρρύθμιση οικίας στη Σαντορίνη με ευδιάκριτη τη θολωτή οροφή.

Αερισμός

Επιδιώκεται ο διαμπερής αερισμός, όταν και όπου αυτό είναι εφικτό, με μικρά ανοίγματα στη βόρεια πλευρά καθώς έτσι επιτυγχάνεται η αποτελεσματική απομάκρυνση των θερμικών φορτίων αλλά και της υγρασίας. Πολύ συχνή είναι (στις Κυκλάδες) η χρήση του φεγγίτη που είναι ένα μικρότερο άνοιγμα σε πιο ψηλή θέση όπου συγκεντρώνεται θερμός αέρας. Ο φεγγίτης διευκολύνει στην απαγωγή αυτού του αέρα. Τα ανοίγματα (όπως οι καμινάδες) προκαλούν κατακόρυφο ρεύμα αέρα και είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε υπόσκαφα, σε κτίσματα που είναι σε πλαγιές ή σε πυκνοδομημένους οικισμούς. Η «παραθύρα» στη Σαντορίνη είναι ένα άνοιγμα με πρόσβαση στο δώμα που λειτουργεί ως συλλέκτης της θαλάσσιας αύρας.

⁴² Πηγή Εικόνας 4.2.: < www.santoriniinfo.gr >

Δροσισμός

Όταν ο αέρας στην πορεία του συναντά μάζες με χαμηλότερη θερμοκρασία, κατακρατείται μέρος του θερμικού φορτίου του και ψύχεται. Στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική το νερό δεν έχει χρησιμοποιηθεί για δροσισμό. Ωστόσο, η θερμική μάζα των κτιρίων από πέτρα ή του εδάφους έχει αποτέλεσμα τη διατήρηση σε μεγάλο βαθμό της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους. Στους υπόγειους ο αέρας παραμένει σταθερά στους 18 βαθμούς Κελσίου. Αν επιτευχθεί κυκλική κίνηση του αέρα από αυτό το χώρο προς έναν υπέργειο (όπου κυριαρχούν μεγαλύτερα θερμικά φορτία) τότε έχουμε δροσισμό του κινούμενου αέρα. Το ίδιο αποτέλεσμα έχουμε και όταν ο αέρας περνά μέσα από πυκνά φυλλώματα ή σκιερούς εξωτερικούς χώρους πριν εισέλθει από τα ανοίγματα στα κτίρια.

Θερμομόνωση

Η θερμοχωρητικότητα των υπόσκαφων σπιτιών είναι θεωρητικά άπειρη. Είναι αυτή της γης. Έτσι η θερμοκρασία των τοιχωμάτων διατηρείται σταθερή γύρω στους 18°C. Αποτέλεσμα αυτού είναι να διατηρείται χαμηλή και σχεδόν σταθερή η θερμοκρασία στο εσωτερικό των υπόσκαφων σπιτιών. Σ' αυτούς τους χώρους, το αίσθημα δροσιάς οφείλεται στην απορρόφηση θερμότητας από τον εσωτερικό αέρα προς τα τοιχώματα της σπηλιάς.

Στα παραδοσιακά δώματα οι στρώσεις από ξερά φύκια ή βούρλα (υλικά με μικρή θερμική διαπερατότητα) λειτουργούν θερμομονωτικά. Στις εξωτερικές επιφάνειες το λευκό χρώμα περιορίζει τη θερμότητα που απορροφάται από τους τοίχους. Σημειώνεται ότι στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική πολλά υλικά και ο τρόπος εφαρμογής τους λειτουργούν θερμομονωτικά.⁴³

⁴³ "Η αρχιτεκτονική των Κυκλαδων." *Kyklades*. 13 Oct. 2003. Web. <<http://kyklades.blogspot.com/>>

4.2.2. Παράδειγμα της μεθόδου Earth Berm για την κατασκευή οικίας στην Ιαπωνία

Η οικία με τη γυάλινη οροφή στο Base Valley προάγει την ισορροπία ανάμεσα στη φύση και την αρχιτεκτονική. Αυτή η υπόγεια οικία σχεδιασμένη από την Ιαπωνική εταιρία Sambuichi Architects, ενσωματώνει στην αισθητική του χώρου, το φυσικό περιβάλλον ενώ έχει μια μοντέρνα μινιμαλιστική διακόσμηση και βιώσιμες τεχνολογίες που τοποθετούν αυτό το απλό σπίτι στο λόφο στα πρωτοπόρα κατασκευάσματα που θα απασχολήσουν και το μέλλον.



Εικόνα 4.3. Οικία στο Base Valley της Ιαπωνίας.

Η προσεκτική εξέταση σχετικά με το πώς αλλάζει κατευθύνσεις ο άνεμος, πώς μεταβάλλεται η ένταση στο φως της ημέρας και πώς αυτά τα στοιχεία επηρεάζουν την εικόνα της περιοχής, επέτρεψε να γίνει ένα οικοδόμημα που εναρμονίζεται με την περιοχή.

⁴⁴ Πηγή Εικόνας 4.3.: "Interactive Floorplan: Base Valley House, Japan | Architecture | Wallpaper* Magazine." Wallpaper.com | Home | Wallpaper* Magazine. Web. 05 Sept. 2010. <<http://www.wallpaper.com>>.

Η οικία των 100 τμ., είναι τοποθετημένη σε ένα τοπίο που περιβάλλεται από βουνά και αποτελεί τη μόνιμη κατοικία μιας οικογένειας. Αυτό το οικολογικό αρχιτεκτόνημα κάνει μια συγκρατημένη εμφάνιση, με τη σύγχρονη γυάλινη οροφή του να παρεμβάλλεται της επιφάνειας από βλάστηση. Κάτω από αυτό, λαξευμένα στο χώμα, τέσσερα υπνοδωμάτια και ένας ακόμη χώρος που γεμίζει από φως. Η γη γίνεται ένα μέσο για τον παθητικό έλεγχο του κλίματος στο σπίτι, διατηρώντας άνετες θερμοκρασιακές συνθήκες όλη τη διάρκεια του χρόνου. Όπως το σύστημα ψύξης/θέρμανσης, και ο φωτισμός είναι φυσικός, χάρη στη γυάλινη οροφή. Η φυσική πέτρα και τα πολλά δέντρα που περιβάλλουν την οικία δημιουργούν ένα φυσικό περιβάλλοντα χώρο.

Για την κατασκευή της οικίας μελετήθηκαν εκτενώς οι τοπικές κλιματολογικές συνθήκες. Τη διαδικασία αυτή ακολούθησε η προσεκτική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και η μορφοποίηση των χώρων και του σχήματος της κατασκευής όπως και η μελέτη για χρήση υψηλής ποιότητας φυσικών υλικών όπως το ιαπωνικό κυπαρίσσι, το ξύλο καστανιάς και η πέτρα.

Είναι τοποθετημένη στην άκρη μιας κοιλάδας 12000 τμ., που διατρέχεται από ένα ποταμό και περιβάλλεται από απότομες βραχώδεις ακτές με βλάστηση (βλ. εικόνα 1). Η οικία καλείται να αντιμετωπίσει ισχυρούς ανέμους από τη θάλασσα και το βουνό.

Για να εκμεταλλευτεί τον άνεμο που προέρχεται από την ίδια την κοιλάδα, στην οικία δημιουργήθηκε ένα κανάλι που με φορά βορρά-νότου διατρέχεται από τη ροή του αέρα και επιτρέπεται η εισαγωγή του στο εσωτερικό της οικίας (βλ. εικόνες 4.4., 4.5.).

Εκατέρωθεν του καναλιού δημιουργήθηκαν τέσσερα υπνοδωμάτια, αξιοποιώντας τη ζεστασιά της γης.

Τέλος, υπάρχει σαλόνι, τραπεζαρία και κουζίνα ακριβώς κάτω από το επίπεδο του εδάφους, εκεί όπου είναι τοποθετημένη η γυάλινη οροφή που ακολουθεί την κλίση του βουνού.



Εικόνα 4.4. Αποψη του καναλιού.



Εικόνα 4.5. Αποψη του καναλιού.

⁴⁵ Πηγή Εικόνων 4.4., 4.5.: "Interactive Floorplan: Base Valley House, Japan | Architecture | Wallpaper* Magazine." Wallpaper.com | Home | Wallpaper* Magazine. Web. 05 Sept. 2010. <<http://www.wallpaper.com>>.

Το καλοκαίρι, τα δωμάτια διατρέχονται από τη ροή του αέρα που προέρχεται από την κοιλάδα, ενώ το χειμώνα η γυάλινη επιφάνεια συνεισφέρει στη συλλογή της απαραίτητης ηλιακής θερμότητας. Έχοντας όλα τα παράθυρα ανοικτά οι ένοικοι μπορούν να απολαύσουν τον δροσερό αέρα ακούγοντας τη ροή του ποταμού και το θρόισμα των φύλλων.⁴⁶



Εικόνα 5.6. Ανοίγματα στην οροφή του παρέχουν φωτισμό και αερισμό. Πηγή: "Interactive Floorplan: Base Valley House, Japan | Architecture | Wallpaper* Magazine." Wallpaper.com | Home | Wallpaper* Magazine. Web. 05 Sept. 2010. <<http://www.wallpaper.com>>.

⁴⁶ "Interactive Floorplan: Base Valley House, Japan | Architecture | Wallpaper* Magazine." Wallpaper.com | Home | Wallpaper* Magazine. Web. 05 Sept. 2010. <<http://www.wallpaper.com>>.

⁴⁷ Πηγή Εικόνας 4.6.: "Interactive Floorplan: Base Valley House, Japan | Architecture | Wallpaper* Magazine." Wallpaper.com | Home | Wallpaper* Magazine. Web. 05 Sept. 2010. <<http://www.wallpaper.com>>.

4.2.3. Παράδειγμα κατασκευής υπόγειας οικίας στην Αγγλία

Η επιλογή της παρουσίασης της συγκεκριμένης κατασκευής σαν παράδειγμα έγινε κατά κύριο λόγο εξαιτίας της θέσης της οικίας.

Σε μία αστική περιοχή του Λονδίνου, στη Oxford Gardens, με πολεοδομικούς περιορισμούς όσον αφορά το ύψος της κατασκευής που περιοριζόταν στα δύο μέτρα , και τη διάθεση περιορισμένου χώρου. Αποτελεί σημαντικό παράδειγμα καθώς κρινόταν αδύνατο να ανεγερθεί με συμβατικές μεθόδους κατασκευής ενώ καλούνταν να καλύψει τις ανάγκες μια τετραμελούς οικογένειας.

Για την κατασκευή της οικίας εφαρμόστηκαν φιλικές προς το περιβάλλον μέθοδοι κατασκευής με πρωταρχικό σκοπό την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων της με σχετική αυτονομία. Ενώ ταυτόχρονα καλύπτει όλες τις μοντέρνες ανάγκες και δεν υστερεί από μια συμβατική πολυτελή έπαυλη καθώς διαθέτει ακόμη και πισίνα (βλ. εικόνα 4.8.).

Ο Βρετανός αρχιτέκτονας Alex Michaelis δημιούργησε ένα μοντέρνο, φιλικό προς το περιβάλλον σπίτι για να κατοικήσει ο ίδιος, η γυναίκα του, καθώς και τα 3 παιδιά τους. Η υπόγεια κατοικία κατασκευάστηκε έχοντας σαν γνώμονα ότι θα κατοικηθεί από παιδιά. Διαθέτει από τσουλήθρα έως τοίχο αναρρίχησης. Η οροφή έχει ένα στρώμα γρασιδιού για την διατήρηση της θερμοκρασίας. Επίσης υπάρχει η εγκατάσταση γεωθερμικής αντλίας έτσι ώστε να αντλείται η φυσική θερμότητα από τη γη.



Εικόνα 4.7. Αποψη της εσωτερικής πισίνας της οικίας.



Εικόνα 4.8. Κύρια σκάλα της οικίας.

Η οικία στην Oxford Gardens, η οποία απαιτούσε μία πολύ ακριβή εκσκαφή, είναι ίσως η πιο ασυνήθιστη και πιο αποθαρρυντική πρόκληση που είχε αντιμετωπίσει. Έπρεπε να τοποθετηθούν πάσσαλοι μήκους 5 μέτρων σε όλη την περιφέρεια της εκσκαφής και μετά να προχωρήσει η εκσκαφή ενώ υπήρχαν και πολύ περιορισμοί από την πολεοδομία.

Αρχικά δεν δόθηκε έγκριση για την κατασκευή οποιουδήποτε είδους κατασκευής υπέργειας αλλά δόθηκε η δυνατότητα υπόγειας κατασκευής με την προϋπόθεση ότι δεν θα φαίνεται κανένας όγκος πάνω από το ύψος του φράκτη. ήταν επιλογή του ιδιοκτήτη αντί να κατασκευαστεί ένα ορθογώνιο σπίτι του ενός τρίτου από αυτό που κατασκευάστηκε προτιμήθηκε να υπάρχει ένας μεγάλος καθαρός τετράγωνος χώρος που λειτουργεί σαν κήπος.

Είναι πολύ δύσκολο να παρατηρήσεις αυτή την κατασκευή και αυτό επειδή δεν είναι καθόλου ορατή από τον δρόμο. Υπάρχει απλά ένας φράκτης και ένα κουδούνι, τίποτα το οποίο να καταδεικνύει ένα ειδικό αρχιτεκτόνημα.



Εικόνα 4.9. Πλάγια όψη οικίας.

⁴⁸ Πηγή Εικόνων 4.7.- 4.9.: Richard, Michael Graham. "Alex Michaelis' Underground Green House." *TreeHugger*. 22 Oct. 2005. Web. <<http://www.treehugger.com/>>.

Σκάβοντας περίπου 7 μέτρα δημιουργήθηκε ένα ευάερο, μοντέρνο, πέντε δωματίων σπίτι, βαμμένο λευκό στις μεγάλες επιφάνειες και φωτιζόμενο από όλες τις κατευθύνσεις. Για να μην υπάρχει η αίσθηση ότι το σπίτι είναι ένα μοντέρνο μπουντρούμι ή ότι ανήκει στις αδιάφορες κατοικίες όπου απλά διαθέτουν τον κήπο στην οροφή δημιουργήθηκε ένα σύνολο από επίπεδα όπου από τα κενά που έχουν μεταξύ εισχωρεί το φως και στα χαμηλότερα επίπεδα (βλ. εικόνες 4.8., 4.9.). Επιπροσθέτως υπάρχουν φεγγίτες και άλλα μικρότερα ανοίγματα ώστε να εισέρχεται όσο το δυνατόν περισσότερο φως και στα δωμάτια του υπογείου (βλ. εικόνα 4.10.).



Εικόνα 4.10. Άποψη του εσωτερικού χώρου.

Ωστόσο, δόθηκε έμφαση στην κατασκευή μιας βιώσιμης οικίας όπου η τοιχοποιία αλλά και οι επιφάνειες από γυαλί να είναι όσο το δυνατόν καλύτερα μονωμένες. Η οροφή είναι καλυμμένη από γρασίδι και λειτουργεί σαν φίλτρο για να καθαρίζει τον αέρα, ενώ έχουν τοποθετηθεί φωτοβολταϊκά συστήματα ώστε η ενέργεια που παράγεται από αυτά να θέτει σε λειτουργία την αντλία που τροφοδοτεί το σπίτι με νερό από το πηγάδι που βρίσκεται σε βάθος 90 περίπου μέτρων.⁵⁰

⁴⁹ Πηγή Εικόνας 4.10.: Richard, Michael Graham. "Alex Michaelis' Underground Green House." TreeHugger. 22 Oct. 2005. Web. <<http://www.treehugger.com/>>.

⁵⁰ Richard, Michael Graham. "Alex Michaelis' Underground Green House." TreeHugger. 22 Oct. 2005. Web. <<http://www.treehugger.com/>>.

4.2.4. Παράδειγμα υπόσκαφης βίλας στην Ελβετία

Πρόκειται για μία οικία που ενσωματώνεται στις Αλπικές πλαγιές ενώ ταυτόχρονα μπορεί ο ένοικος να απολαύσει τη μοναδική θέα, επιτρέποντας τον φυσικό φωτισμό. Το εντυπωσιακό εγχείρημα είναι ότι κατασκευάστηκε πολύ κοντά στις πασίγνωστες θερμές πηγές του Βαλς.

Στην περιοχή δημιουργήθηκε ένα οικοδόμημα χωρίς να διαταράξει τη θέα των λουτρών. Η εισαγωγή ενός κεντρικού προαύλιου χώρου στην απότομη κλίση δημιουργεί μια μεγάλη πρόσοψη (βλ. εικόνα α) με σημαντική δυναμική για ανοίγματα παραθύρων. Η γωνία θέασης από το κτήριο είναι ελαφρώς κεκλιμένη, δίνοντας μια ακόμα πιο εντυπωσιακή θέα των θαυμαστών βουνών της στενής κοιλάδας.

Η συμπαγής εγκατάσταση των υπνοδωματίων στον επάνω όροφο εξοικονομεί μεγάλους χώρους (βλ. εικόνα 4.12.).

Η πρακτική του καμουφλάζ συνδυασμένη με έξυπνους και πρωτότυπους αρχιτεκτονικούς ελιγμούς κατάφερε να ενσωματώσει τον σύγχρονο σχεδιασμό στο φυσικό τοπίο των ελβετικών Άλπεων. Η πολυτελής κατοικία δίπλα στα φημισμένα λουτρά Therme Vals αποδεικνύει περίτρανα ότι η πράσινη διαβίωση είναι το ύστατο καταφύγιο μας.



Εικόνα 4.11. Απεικόνιση της πρόσοψης της υπόσκαφης οικίας.



Εικόνα 4.12. Κυρίως υπνοδωμάτιο.

Η υπερυψωμένη κατασκευή που περιβάλλει την αυλή εξασφαλίζει την αναγκαία ιδιωτικότητα. Οι ένοικοι της κρυμμένης μέσα στη βουνοπλαγιά βίλας απολαμβάνουν χωρίς κανένα εμπόδιο τη μαγευτική θέα (βλ. εικόνα 4.11.).



Εικόνα 4.13. Απεικόνιση του αύλειου χώρου.

⁵¹ Πηγή Εικόνων 4.11.- 4.13. : <<http://www.villavals.ch>>.

Οι αρχιτέκτονες Bjarne Masterbroek και Christian Muller έκρυψαν ένα σπίτι καταφέροντας να εξασφαλίσουν μαγευτική θέα και άπλετο φώς. Η ανοικιαζόμενη βίλα ολοκληρώθηκε το 2009 στο ελβετικό χωριό Βαλς στους πρόποδες των Άλπεων. Τόσο για τις τοπικές αρχές όσο και για τους ιδιοκτήτες το ζητούμενο ήταν η αποφυγή οποιασδήποτε ξένης προς το φυσικό τοπίο εκκεντρικής ή μοντέρνας πρότασης και η αρμονική συνύπαρξη του οικοδομήματος δίπλα σε αυτό των διάσημων λουτρών Therme Vals, έργο του γνωστού Ελβετού αρχιτέκτονα Peter Zumthor. Το αποτέλεσμα ήταν η κυριολεκτική εφαρμογή της έννοιας ενσωμάτωση στο φυσικό περιβάλλον. Σε υψόμετρο 1250 μέτρων βύθισαν τη βίλα στην πλαγιά του βουνού ακολουθώντας την κλίση της. Τσιμεντοκονία, πέτρα και ξύλο πρωταγωνιστούν στη δομή και στον εξοπλισμό των 160τμ., τα οποία μοιράζονται σε τρεις ορόφους με έντονες διαβαθμίσεις επιπέδων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το ισόγειο όπου το καθιστικό, η κουζίνα και το υπνοδωμάτιο διαφοροποιούν τη θέση τους με μερικά ενδιάμεσα σκαλοπάτια.⁵²

4.3. Πλεονεκτήματα της υπόσκαφης οικίας έναντι της συμβατικής

Οι υπόσκαφες οικίες έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών:

- Αντιθέτως με τις συμβατικές οικίες μπορούν να κατασκευαστούν σε επιφάνειες με μεγάλη κλίση και να μεγιστοποιήσουν τους διαθέσιμους χώρους απλώς χρησιμοποιώντας περιοχές κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Επίσης τα υλικά που θα προκύψουν από την εκσκαφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επόμενα στάδια της κατασκευής.
- Οι υπόσκαφες οικίες έχουν λιγότερη επιφάνεια εκτεθειμένη πάνω από την επιφάνεια του εδάφους οπότε ελαχιστοποιείται η χρήση κάποιων υλικών κατασκευής, όπως και το κόστος συντήρησης το οποίο είναι σημαντικά χαμηλότερο σε σχέση με τις συμβατικές οικίες.
- Οι υπόσκαφες οικίες είναι ανθεκτικότερες σε ακραίες καιρικές συνθήκες καθώς έχουν επιπλέον προστασία έναντι του αέρα και του νερού, ενώ έχουν καλύτερη

⁵² Nori, Paolo. "Una Tana in Montagna." *Abitare* 499 (2010). Print.

συμπεριφορά απέναντι στους σεισμούς και τη φωτιά. Έτσι, αποτελούν ασφαλές περιβάλλον έναντι ακραίων καιρικών συνθηκών.

- Ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη κατοίκησης σε μια υπόσκαφη κατασκευή είναι η ενεργειακή απόδοση και τα ενεργειακά οφέλη τα οποία προκύπτουν.
- Η θερμοκρασία της Γής κάτω από την επιφάνεια του εδάφους παραμένει σταθερή, οπότε μέσα από υπόγεια ανοίγματα η κατασκευή επωφελείται από τη γεωθερμία και μέσω της ανταλλαγής θερμότητας εξασφαλίζεται δροσιά κατά την καλοκαιρινή περίοδο και θερμότητα κατά τη χειμερινή.

Επίσης, εντάσσοντας στον σχεδιασμό μιας υπόσκαφης οικίας μεθόδους μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ενέργεια, μια οικία μπορεί να γίνει σε μεγάλο βαθμό ενεργειακά αυτόνομη, έχοντας αρκετή ενέργεια για ζεστό νερό και θέρμανση καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Ένα ακόμη όφελος που προκύπτει από την ιδιομορφία της υπόσκαφης κατασκευής, η οποία περιβάλλεται από το έδαφος, είναι η εξαιρετική ηχομόνωση. Τα υπόσκαφα αποτελούν πολύ ήσυχα μέρη διαβίωσης.

- Μια υπόσκαφη κατασκευή είναι οικολογική καθώς εντάσσεται τέλεια στο περιβάλλον και έχει ελάχιστο αντίκτυπο σε αυτό. Δεν δημιουργεί αισθητική μεταβολή και έτσι δεν επηρεάζει την άγρια ζωή.
- Στις υπόσκαφες κατασκευές χρησιμοποιείται λιγότερο υλικό κατασκευής. Κατά την κατασκευή ενός υπόσκαφου χρησιμοποιείται περίπου η μισή ποσότητα υλικών κατασκευής. Μεγάλο ποσοστό υλικού εξοικονομείται από τη θεμελίωση αλλά και από την επικάλυψη των εξωτερικών τοίχων.

Άλλα πλεονεκτήματα των υπόσκαφων κατασκευών έναντι των συμβατικών είναι τα εξής:

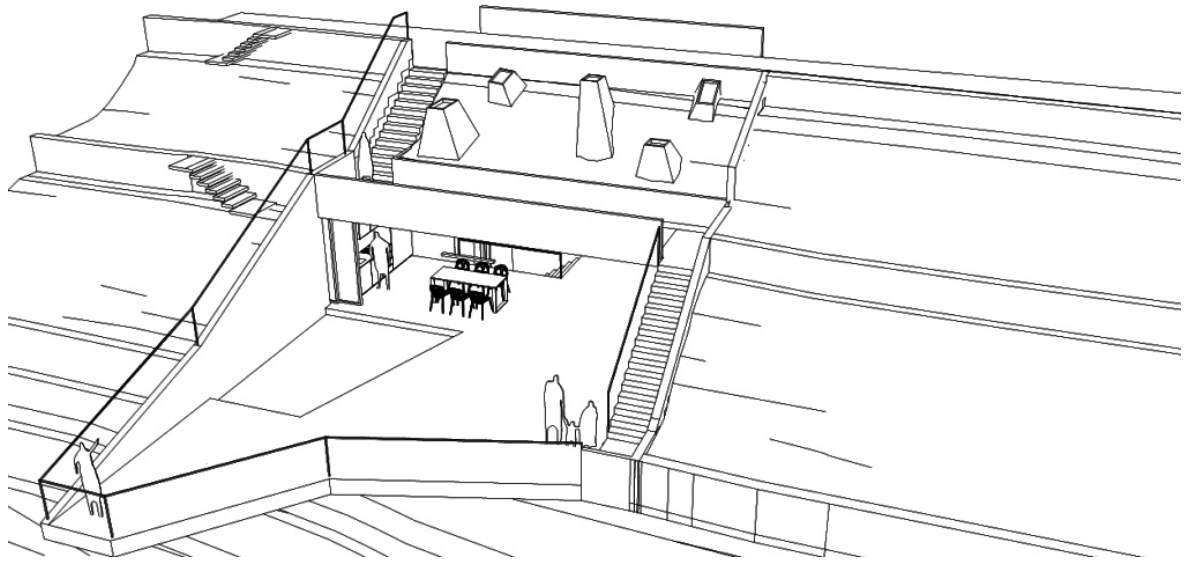
- Χρησιμοποιείται λιγότερο υλικό κατασκευής.
- Η χειρωνακτική εργασία είναι πιο περιορισμένη.
- Είναι αισθητικά πιο γνώριμες στο ανθρώπινο μάτι.
- Είναι ζεστές το χειμώνα.
- Είναι δροσερές το καλοκαίρι.
- Είναι ορατές από συγκεκριμένα σημεία και ενσωματώνονται στο περιβάλλον.

- Μεγιστοποιούνται οι εξωτερικοί χώροι.
- Εμποδίζεται η είσοδος της υπεριώδους ακτινοβολίας στο εσωτερικό τους.
- Βρίσκονται πιο κοντά στον υδροφόρο ορίζοντα.
- Οι σωληνώσεις δεν παγώνουν ποτέ.
- Είναι ανθεκτικές στην υγρασία.
- Έχουν χαμηλότερα έξοδα συντήρησης.⁵³

⁵³ Roy, Robert L., *“The complete book of underground houses: how to built a low cost home”*, Sterling publishing Co., Inc New York, 1994

5. Σχεδιασμός Υπόσκαφης Κατασκευής στη Νήσο Κέα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία προτείνεται η κατασκευή υπόσκαφης κατοικίας στη νήσο Κέα. Κύρια κριτήρια για την επιλογή της τοποθεσίας αποτέλεσαν η προνομιακή θέση της Κέας κοντά στη Αθήνα και ο εναλλακτικός χαρακτήρας του νησιού.



Σχέδιο 5.1. Εξωτερική άποψη της υπόσκαφης κατοικίας.

Αρχικά, κρίνεται σκόπιμο να δοθούν κάποιες σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία του νησιού και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, πολλά από τα οποία αποτέλεσαν σημαντικά κριτήρια για την καταλληλότητα της εφαρμογής της προτεινόμενης κατασκευής.

5.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

Η Κέα (βλ. εικόνα 5.1.) ανήκει διοικητικά στον νομό Κυκλάδων, είναι το βορειότερο νησί του συμπλέγματος και το πλησιέστερο προς την ηπειρωτική χώρα. Βρίσκεται στο μεγάλο θαλάσσιο ρεύμα του Κάβο - Ντόρο και θεωρείται η φυσική γέφυρα επικοινωνίας της Στερεάς Ελλάδας με τις Κυκλάδες, οριοθετώντας παράλληλα το Αρχιπέλαγος από το Νότιο Ευβοϊκό κόλπο.

Το λιμάνι της απέχει μόλις 40 μίλια από το λιμάνι του Πειραιά, 16 μίλια από το λιμάνι του Λαυρίου και 12 μίλια από το ακρωτήριο του Σουνίου. Η έκταση του νησιού είναι 132 τετραγωνικά χιλιόμετρα και το σχήμα του είναι αμυγδαλοειδές.

Το νησί συνδέεται άμεσα με το Λαύριο και από εκεί με ολόκληρη την Αττική. Η κατασκευή της Αττικής οδού μείωσε σημαντικά το χρόνο προς το Λαύριο και κατ' επέκταση και τον χρόνο προσπέλασης προς το νησί. Τα δρομολόγια των πλοίων εκτελούνται σε καθημερινή βάση, με μεγαλύτερη συχνότητα κατά τους θερινούς μήνες. Συνδέεται επίσης ακτοπλοϊκά με την Σύρο και την Κύθνο.⁵⁴



Εικόνα 5.1. Χάρτης της Κέας. Πηγή: <www.viamichelin.com>.

⁵⁴ Σίμου, Δήμητρα. ΔΙΚΤΥΟ ΑΕΙΦΟΡΩΝ ΝΗΣΩΝ ΔΑΦΝΗ. Αθήνα: Τομέας: Υδατικών Πόρων Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Αθήνα, ΕΜΠ., 2006.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρά την έλλειψη μεγάλων ξενοδοχειακών μονάδων, η προσέλευση στο νησί έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Αυτό οφείλεται τόσο στην προσέλευση σκαφών, αφού το λιμάνι της Κέας προσφέρει προστασία από τις καιρικές συνθήκες ενώ συγχρόνως αποτελεί την πρώτη στάση για όσους ταξιδεύουν προς τα άλλα νησιά του Αιγαίου. Επιπλέον, δεν θα ήταν υπερβολή να πούμε ότι η Κέα αποτελεί προάστιο της Αθήνας αν λάβουμε υπ' όψιν ότι το θαλάσσιο πέρασμα είναι μόλις μία ώρα.

Η Κέα είναι ένα νησί που χαρακτηρίζεται κυρίως από τις παραθεριστικές κατοικίες, τον ιδιαίτερα εκλεπτυσμένο τουρισμό και αποτελεί πόλο έλξης μεγάλων προσωπικοτήτων της τέχνης.

5.1.1. Το τοπίο της Κέας

Το νησί είναι ορεινό, με μέσο υψόμετρο 285μ και με ψηλότερη κορυφή τον προφήτη Ηλία 568μ. Το γεωλογικό τοπίο της Κέας αποτελείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από σχιστόλιθο και σε μικρότερο ποσοστό (6-7%) από μάρμαρο, το οποίο υπάρχει κυρίως στα ανατολικά του νησιού. Ο σχιστόλιθος και το μάρμαρο αποτελούν τύπους μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Σε κάποια σημεία του νησιού εμφανίζονται επίσης και κάποιες πηγές νερού. Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά ελήφθησαν υπ' όψιν κατά τον σχεδιασμό της προτεινόμενης κατασκευής.



Εικόνα 5.2. Το τοπίο της Κέας με εμφανείς τις αναβαθμίδες

Οι ακτές έχουν ανάπτυγμα περίπου 93 χιλιομέτρων ενώ είναι γενικά απόκρημνες. Σχηματίζουν μικρούς όρμους και ακρωτήρια, θαλάσσια σπήλαια, τα οποία βρίσκονται, κατά το ήμισυ ή εξολοκλήρου, κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Γενικά, οι παράκτιες περιοχές του νησιού είναι βραχώδεις και άγονες, σε αντίθεση με το εσωτερικό του, που καλύπτεται από σημαντική δασική βλάστηση βασιλικής βελανιδιάς. Επιπλέον, το εσωτερικό τμήμα του νησιού διαθέτει γονιμότερο έδαφος και παρουσιάζει σχετική επάρκεια σε υδάτινους πόρους. Στην περιοχή δεσπόζουν τα βουνά Προφήτης Ηλίας, Άγιος Παντελεήμονας και Καλο(γ)εράδος. Μικρά οροπέδια και κοιλάδες, ρεματιές με πλούσια τοπική βλάστηση, όπου σχηματίζονται συνήθως βαθιές χαράδρες, χαρακτηρίζουν την ενδοχώρα.

Ξεχωριστό στοιχείο της τζιώτικης υπαίθρου είναι οι σπάνιες συνθέσεις φυσικού και αγροτικού τοπίου (βλ. εικόνα 5.2.). Η τζιώτικη αγροικία, συναντάται παντού διάσπαρτη στην ύπαιθρο, ανάμεσα στις αναρίθμητες αναβαθμίδες και τα λιθόστρωτα μονοπάτια, τους νερόμυλους και τους ανεμόμυλους, τα ξωκλήσια και τα μοναστικά προσκυνήματα, αλλά και τα ερείπια των αρχαίων πόλεων. Οι διαμορφωτικές επεμβάσεις που σταδιακά γινόταν ανά τους αιώνες όχι απλά δεν

διατάραξαν αλλά αντίθετα ενίσχυσαν τις ισορροπίες του φυσικού τοπίου και των οικοσυστημάτων.

Οι λίθινες αναβαθμίδες κυριαρχούν στο χώρο και συγκρατούν το χώμα των επικλινών εδαφών. Σε αυτό το υπόβαθρο βασίστηκε η ιδιοτυπία της υπαίθριας τζιζιτικής αρχιτεκτονικής. Στα όρια της νησιώτικης γεωγραφικής μικροκλίμακας, διαμορφώθηκαν και αναδείχθηκαν κατασκευές εξαιρετικής ποικιλομορφίας και χρηστικότητας που ανακαλύπτονται μέσα από τα μοναδικά λιθόκτιστα μονοπάτια του νησιού.

Ωστόσο αξιοσημείωτο είναι το υψηλό επίπεδο των σύγχρονων κατασκευών από πλευράς ποιότητας κατασκευής αλλά και σχεδιασμού με κύριο στοιχείο πάντοτε την πέτρα. Λόγω της ποιότητας των κατοίκων του νησιού η Κέα αποτελεί πρόσφορο έδαφος για την εφαρμογή νέων ιδεών στην κατασκευή που προάγουν την αειφόρο ανάπτυξη και τις φιλικές προς το περιβάλλον κατασκευές.

5.2. Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική

Η Κέα έχει ουσιαστικά δύο διαφορετικές μορφές παραδοσιακής αρχιτεκτονικής. Αυτή που συναντάται στους οικισμούς και περισσότερο στην Ιουλίδα και αυτή που συναντάται εκτός των οικισμών που είναι ουσιαστικά είτε παλιές παραθεριστικές κατοικίες είτε κατασκευές που προορίζονται για διαφορετικές δραστηριότητες.

Η σύγχρονη εικόνα της Ιουλίδας (βλ. Εικόνα 5.3.) συνδυάζει τα στενά πλακόστρωτα οφιοειδή δρομάκια και τα κιβωτιόσχημα σπίτια με τις κεραμωτές επίπεδες ή δικλινείς στέγες με το Κάστρο, το οποίο παραπέμπει στο ιστορικό παρελθόν του νησιού. Στην ύπαιθρο μπορεί κανείς να θαυμάσει την παραδοσιακή λαϊκή αρχιτεκτονική της Τζιας, τις *καθηκίες*. Πρόκειται για αγροτικές κατοικίες που ονομάζονται και *καθέντρες* όταν συνοδεύονται από πρόσθετες εγκαταστάσεις, στις οποίες στεγάζονται αγροτικές παραγωγικές δραστηριότητες.



Εικόνα 5.3. Ιουλίδα (πρωτεύουσα της Κέας)

Οι παραδοσιακές αυτές κατασκευές ενσωματώνονται στο τοπίο τόσο με τη χρήση της πέτρας αλλά και με την κάλυψη της οροφής των κατασκευών με χώμα. Υπάρχουν περιπτώσεις που η κατασκευές επεκτείνονται και στο εσωτερικό σπηλιών ή είναι ενσωματωμένες στην πλαγιά. Σε ότι αφορά στα κατασκευαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται, ο σχιστόλιθος είναι το πιο προσφιλές υλικό των ντόπιων μαστόρων και χρησιμοποιείται για την κατασκευή των σπιτιών, των ξερολιθιών που συγκρατούν το χώμα και των λιθόστρωτων δρόμων ή μονοπατιών (πολλά από τα οποία είναι τμήματα του αρχαίου οδικού δικτύου) καθώς και πολλών σύγχρονων αγροικιών και σπιτιών της υπαίθρου. Κατά αυτόν τον τρόπο συνεχίζεται η παράδοση της χρήσης του υλικού αυτού η οποία εφαρμόζεται από τα Προϊστορικά χρόνια (οικισμός Αγίας Ειρήνης).

5.2.1. Κλίμα

Μία ακόμη παράμετρος που εξετάστηκε για την επιλογή της συγκεκριμένης τοποθεσίας είναι τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στο συγκεκριμένο νησί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Λόγω του ότι η Κέα βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα των Κυκλάδων, το κλίμα της εμφανίζει τα βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της ευρύτερης περιοχής του νησιωτικού συμπλέγματος. Το κλίμα της συγκεκριμένης περιοχής χαρακτηρίζεται από ήπιο χειμώνα και παρατεταμένο θερμό και ξηρό καλοκαίρι, ενώ το θερμομετρικό εύρος είναι χαρακτηριστικά μικρό. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αποτελεί η πνοή των «ετήσιων» ανέμων που πνέουν από βόρειες και βορειοανατολικές διευθύνσεις ενώ τη θερμή περίοδο (Ιούνιο ως Σεπτέμβριο) έχουν μεγάλη ένταση, γνωστοί και ως «μελτέμια».⁵⁵

5.3. Στοιχεία για την υπόσκαφη κατασκευή

Η κατοικία σχεδιάστηκε για να φιλοξενήσει μια οικογένεια τεσσάρων ατόμων. Το αγροτεμάχιο που επιλέχθηκε για την κατασκευή της είναι 4000 m² (βλ. Εικόνα 5.4.) και βρίσκεται στη θέση “Βίγλα” της περιοχής “Ροντακάδου Εξοχής” της περιφέρειας του δήμου Κέας. Εκεί μελετάται η κατασκευή μίας υπόσκαφης κατοικίας 130m² με δύο υπνοδωμάτια για τους ενοίκους και ένα επιπλέον υπνοδωμάτιο που λειτουργεί σαν ξενώνας. Αποτελεί μια επιλογή που συνήθως συναντάται στις εξοχικές κατοικίες του νησιού. Ουσιαστικά είναι μια εξοχική κατοικία, που μπορεί να κατοικηθεί και σε μόνιμη βάση, με όλες τις σύγχρονες ανέσεις. Χαρακτηριστικό είναι ότι διαθέτει και κολυμβητική δεξαμενή (πισίνα).

⁵⁵ Βαλιάκος, Ηλίας. "Γεωλογία του Αιγαίου." Πολιτιστική Πύλη του Αρχιπελάγους του Αιγαίου. Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού, 7 Oct. 2006. Web. <<http://www2.egeonet.gr/>>.



Σχέδιο 5.2. Εξωτερική άποψη της υπόσκαφης κατοικίας

Η επιλογή της δημιουργίας μιας υποσκαφής κατασκευής βασίστηκε στην φιλοσοφία της υπόγειας ανάπτυξης και στα σημαντικά οφέλη που αυτή συνεπάγεται. Η Κέα αποτελεί ιδανική τοποθεσία για την ανάπτυξη του υπόγειου χώρου, κυρίως λόγω των βασικών χαρακτηριστικών του νησιού που προαναφέρθηκαν, ενώ προωθείται η ιδέα της υπόσκαφης εξοχικής κατοικίας. Μια τέτοια πρόταση μπορεί να μοιάζει πρωτοποριακό τόλμημα αλλά ουσιαστικά αποτελεί προέκταση της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής της Κέας. Αντιπροσωπεύει την εικόνα του νησιού σε πολλά σχεδιαστικά επίπεδα, ενώ η επιρροή της είναι εμφανής τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά.

5.4. Σχεδιασμός

5.4.1. Ιδέα σχεδιασμού

Απαραίτητη προϋπόθεση για την λειτουργικότητα του προτεινόμενου οικοδομήματος, όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, αποτελεί η εξασφάλιση των κατάλληλων συνθηκών διαβίωσης. Αυτό είναι εφικτό εφόσον εξασφαλίζονται οι κατάλληλες συνθήκες φωτισμού και αερισμού. Κατά συνέπεια, κατά τον σχεδιασμό τέθηκε ως πρωταρχικός στόχος η ύπαρξη μέγιστου φυσικού φωτισμού και αερισμού. Οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν θα αναλυθούν εκτενέστερα στη συνέχεια.

Ιδιαίτερο προβληματισμό κατά την πορεία του σχεδιασμού αποτέλεσε η σχέση της κατασκευής με τον περιβάλλοντα χώρο. Πιο συγκεκριμένα, το κύριο δίλλημα ήταν αν η κατασκευή αυτή πρέπει να εναρμονίζεται τέλεια με το περιβάλλον και να χάνεται ανάμεσα στις αναβαθμίδες και τους ξερολιθικούς τοίχους (βλ. σχέδιο 5.3.) ή να έχει μεν στοιχεία που τη συνδέουν με το περιβάλλον που είναι κατασκευασμένη, αλλά συγχρόνως να αποτελέσει μια κατασκευή ορόσημο που θα χαρακτηρίζει την περιοχή.



Σχέδιο 5.3. Πρώτη πρόταση.

Κατά τον σχεδιασμό της πρώτης πρότασης δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην ενσωμάτωση της κατασκευής στο περιβάλλον με τις ξερολιθιές να έχουν πρωτεύοντα ρόλο. Η πρόταση αυτή απορρίφθηκε καθώς δεν θα ήταν ιδιαίτερα δελεαστική για τους υποψήφιους ενοίκους καθώς δίνεται η αίσθηση ενός καταφυγίου.



Σχέδιο 5.4. Δεύτερη πρόταση.

Η δεύτερη σχεδιαστική πρόταση είναι ουσιαστικά ο προάγγελος της τελικής επιλογής. Έχει κάποια δυναμικά σχεδιαστικά στοιχεία αλλά δεν παρέχεται επαρκής φωτισμός στο εσωτερικό της αφού η μόνη ανοικτή επιφάνεια που υπάρχει είναι αυτή της εισόδου. Επίσης δεν εντάχθηκαν στο σχεδιασμό οι αναβαθμίδες.

Τελικά, όπως αποτυπώνεται και στα τελικά σχέδια που πρόκειται να παρουσιαστούν, η προτεινόμενη κατασκευή επιλέχθηκε να εμφανίζει επιρροές από το περιβάλλον της διατηρώντας όμως τον ιδιαίτερο χαρακτήρα της με τη χρήση δυναμικών στοιχείων.

Η βασική ιδέα του σχεδιασμού της υπόσκαφης κατασκευής προήλθε από το ίδιο το τοπίο του νησιού. Η Κέα, όπως συνηθίζεται στα νησιά του Αιγαίου, έχει διαμορφωμένο σχεδόν το σύνολο της επιφάνειας της σε αναβαθμίδες. Οι αναβαθμίδες δημιουργούν επίπεδα έχοντας τοιχεία αντιστήριξης φτιαγμένα με πέτρα (ξερολιθιές) και χωρίς την χρήση συνδετικού υλικού για να μπορεί το νερό να περνά όσο το δυνατόν ανεμπόδιστο από τις πέτρες και να αποστραγγίζεται η βαθμίδα.

Έτσι δημιουργείται ένα ιδιαίτερο τοπίο με την ανθρώπινη παρέμβαση σαν κύριο χαρακτηριστικό. Η κλίση του εδάφους μετατρέπεται σε βαθμίδες ύψους 1-2μ, με τη χρήση της σε αφθονία πέτρας και μέσω της κατασκευής των ξερολιθιών για την στήριξη του εδάφους.

5.4.2. Περιοχή τοποθέτησης και κριτήρια

Η ακριβής τοποθέτηση της κατασκευής αποτέλεσε ένα ακόμη θέμα προβληματισμού αφού έπρεπε να πληρούνται σημαντικά κριτήρια της υπόγειας και αειφόρου ανάπτυξης, αναδεικνύοντας έτσι τα πλεονεκτήματά της.

Βασικό στοιχείο επιλογής της εγκατάστασης της συγκεκριμένης κατασκευής σε αυτή τη θέση είναι ο νοτιοδυτικός προσανατολισμός της.



Εικόνα 5.4. Άποψη της περιοχής εγκατάστασης της κατασκευής

Μελετώντας όλες τις παραμέτρους μιας οικολογικής κατασκευής επιλέχθηκε αυτός ο προσανατολισμός, τόσο για την εκμετάλλευση της κίνησης του ηλίου για φυσικό φωτισμό αλλά και λόγω της οπτικής πρόσβασης στη θάλασσα και στον οικισμό του λιμανιού.

Ταυτόχρονα, δεν υπάρχει οπτική πρόσβαση στο εσωτερικό της οικίας από το δρόμο καθώς ελάχιστα στοιχεία της κατασκευής είναι ορατά από αυτόν. Η κλίση της περιοχής ευνοεί την υποσκαφή, αφού είναι σημαντική και μπορεί να “κρύψει” την κατοικία.

5.4.3. Εξωτερικός Σχεδιασμός

Η πρόσοψη μιας υπόσκαφης κατασκευής αποτελεί το επίκεντρο του ενδιαφέροντος αφού οι υπόλοιπες όψεις δεν είναι ορατές. Οι αισθητικές παρεμβάσεις που πραγματοποιούνται στην πρόσοψη χαρακτηρίζουν το σύνολο του οικοδομήματος.

Η πρόσοψη αποτελεί το κύριο μέσω επαφής με το περιβάλλον και περιλαμβάνει τις εξωτερικές πόρτες, τα παράθυρα και έναν εντυπωσιακό πολυγωνικό πρόβολο. Όλα αυτά τα στοιχεία είναι εναρμονισμένα έτσι ώστε να διατηρείται η αισθητική και η μοναδικότητα της οικίας.

Επιλέχθηκε η πρόσοψη να έχει δυναμικά στοιχεία έτσι ώστε να διαφοροποιείται από τις άλλες κατασκευές και να έχει ένα ιδιαίτερο στίγμα.

Τα δυναμικά αυτά στοιχεία εντοπίζονται σε τρία σημεία:

- Το εμφανές σκυρόδεμα, που είναι το υλικό που κυριαρχεί στην κατασκευή. Λόγω της υφής και του χρώματός του, το σκυρόδεμα δίνει μια ξεχωριστή σχεδιαστική αισθητική και εξασφαλίζει τον ιδιαίτερο χαρακτήρα της κατασκευής.
- Ο μεγάλος πολυγωνικός πρόβολος του προαύλιου χώρου (βλ. σχέδιο 5.5.), αποτελεί την πιο δυναμική αισθητική παρέμβαση. Αυτός χαρακτηρίζει όλη την κατασκευή και ταυτόχρονα αυξάνει τη χρηστικότητα του προαύλιου χώρου, δίνοντας την αίσθηση ότι η οικία βρίσκεται πιο κοντά στη θάλασσα.

- Οι όγκοι από σκυρόδεμα, μοιάζουν σαν να είναι θαμμένοι στο έδαφος και δημιουργούν δίοδο προς την οροφή και τα υπνοδωμάτια της κατασκευής για επιπλέον φωτισμό και αερισμό.



Σχέδιο 5.5. Λεπτομέρεια του προβόλου

Παρεμβάσεις στον εξωτερικό χώρο πραγματοποιούνται μόνο σε ότι αφορά την πρόσβαση. Ένα σύστημα από κλίμακες οδηγεί στην μπροστινή είσοδο της οικίας καθώς και στον χώρο μπροστά από την πρόσοψη . Αυτός διαμορφώνεται προεκτείνοντας την πλάκα της εισόδου προς τον γκρεμό, δημιουργώντας τον πρόβολο που χαρακτηρίζει όλη την οικία. Ο πρόβολος αυτός δίνει την αίσθηση της αιώρησης, δημιουργώντας την ψευδαίσθηση ότι η οικία δεν έχει επαφή με το έδαφος.

5.4.4. Εσωτερικός σχεδιασμός και βιωσιμότητα

Το βάθος στο οποίο εκτείνεται η κατασκευή δεν είναι ορατό από τους επιφανειακούς του όγκους. Αυτό δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας πρόσθετων χρηστικών χώρων ενταγμένους στους κύριους χώρους χρήσης της οικίας.

Η ιδέα αυτή στηρίζεται στη μέθοδο πολλαπλών επιπέδων (βλ. εικόνα 5.5.) που εφαρμόζεται στους υπόγειους χώρους. Η κατασκευή ουσιαστικά αποτελείται από δύο κυρίως όγκους μέσα στους οποίους εφαρμόζεται η μέθοδος των πολλαπλών επιπέδων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, δημιουργήθηκε ένας μεταβατικός χώρος ύψους 2,80m που διαχωρίζεται από το προαύλιο με γυάλινες επιφάνειες, η εφαρμογή της μεθόδου των πολλαπλών επιπέδων έγινε σε χώρο συνολικού ύψους 6,50m που εντάσσεται στον εδαφικό όγκο, αξιοποιώντας στο έπακρο το μέγεθος του χώρου με τη χρήση ενός συστήματος από κλίμακες οι οποίες οδηγούν σε υπερυψωμένα επίπεδα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, αναδεικνύονται οι χώροι, που είναι σχετικά περιορισμένοι σε μέγεθος, και ενισχύεται η αίσθηση άνεσης των κατοίκων. Έτσι αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά η αίσθηση της κλειστοφοβίας και αναιρείται η πεποίθηση ότι ο υπόγειος χώρος είναι απαραίτητα στενός και αποπνικτικός.

Κατά το σχεδιασμό λήφθηκαν υπόψη οι προκαταλήψεις και οι φοβίες σχετικά με τη διαβίωση στον υπόγειο χώρο και αντιμετωπίστηκαν με σχεδιαστικές τεχνικές, τόσο στον εσωτερικό, όσο και στον εξωτερικό χώρο.



Εικόνα 5.5. Άποψη του εσωτερικού χώρου.

Με το τέχνασμα των πολλαπλών επιπέδων δημιουργείται ένας ανοικτός, ενιαίος χώρος που δίνει μία αίσθηση μεγάλου εύρους, ενώ ταυτόχρονα με τη χρήση μικρών κατασκευαστικών προσαρμογών εξασφαλίζεται πολλαπλή χρηστικότητα.

Οι εσωτερικοί χώροι που φιλοξενούν τα υπνοδωμάτια της κατοικίας είναι εμπνευσμένοι από την παραδοσιακή αρχιτεκτονική της Ιουλίδας. Πιο συγκεκριμένα, οι όγκοι είναι τοποθετημένοι κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να εκμεταλλεύονται ο ένας στοιχεία της δομής του άλλου, όπως ακριβώς συμβαίνει στα παραδοσιακά κτίσματα της Ιουλίδας. Για παράδειγμα, η οροφή του όγκου που βρίσκεται στο υποβαθμισμένο επίπεδο λειτουργεί ως χώρος χαλάρωσης για το ένα υπερυψωμένο δωμάτιο. Ενώ ο χώρος που δημιουργείται κάτω από το άλλο λειτουργεί σαν γραφείο και αποθηκευτικός χώρος.



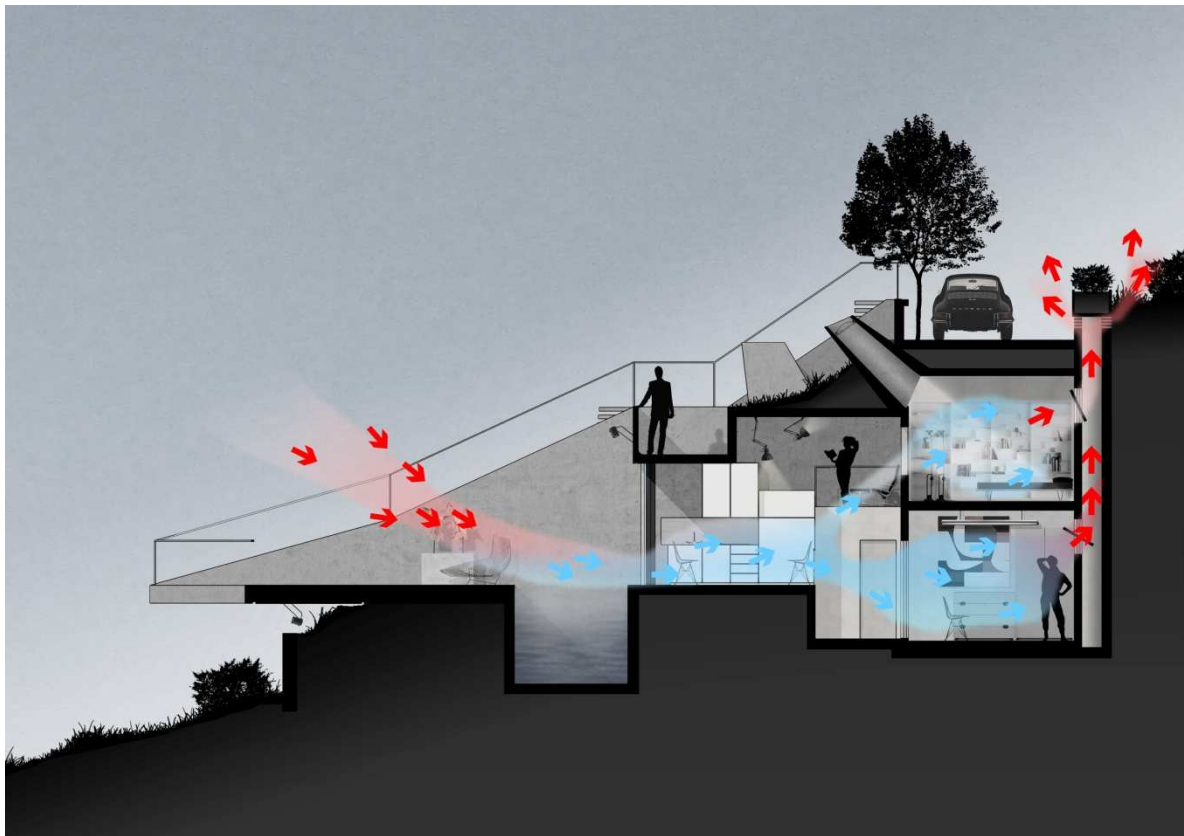
Σχέδιο 5.6. Άποψη του εσωτερικού χώρου

Ιδιαίτερο σχεδιαστικό ενδιαφέρον έχουν τα υπνοδωμάτια του υπερυψωμένου επιπέδου που δίνουν την αίσθηση ότι αιωρούνται.

Η αίσθηση της αιώρησης ενισχύεται και με την επένδυση από πέτρα του πίσω τοίχου που δημιουργεί έντονη αντίθεση ανάμεσα στο σκούρο χρώμα της πέτρας και το λευκό του δωματίου.

Οι διάταξη των χώρων, έχει γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει μια σχετική ανεξαρτησία των υπνοδωματίων με τους κοινόχρηστους χώρους. Ο κύριος χώρος δραστηριοτήτων στον οποίο φιλοξενείται το σαλόνι και η κουζίνα βρίσκεται στο ισόγειο επίπεδο της κατασκευής και έχει άμεση επαφή με τον προαύλιο χώρο. Τα δύο υπερυψωμένα υπνοδωμάτια, τοποθετημένα αντιδιαμετρικά, είναι τοποθετημένα κάτω από την επιφάνεια της ιδιωτικής οδού. Το κύριο υπνοδωμάτιο βρίσκεται στο υποβαθμισμένο επίπεδο κάτω από τα άλλα υπνοδωμάτια.

Το μέρος των υπερυψωμένων δωματίων που βρίσκεται στην πλευρά της πλαγιάς διατρέχεται από φρέαρ αερισμού, ενώ στο μπροστινό μέρος τους υπάρχουν οπές που επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα (βλ. σχέδιο 5.7.). Οι οπές αυτές έχουν δημιουργηθεί για να υπάρχει επαφή με το εσωτερικό της οικίας, τόσο για την καλύτερη διέλευση του αέρα αλλά και ως για επιπλέον φωτισμό. Η κολυμβητική δεξαμενή (πισίνα) έχει και αυτή σημαντικό ρόλο στον δροσισμό της κατοικίας αφού το υγρό στοιχείο μειώνει τη θερμοκρασία του θερμού αέρα πριν αυτός μέσω της φυσικής ροής εισαχθεί στο εσωτερικό της κατοικίας. Έπειτα όταν αυτός θερμαίνεται μέσω της φυσικής ιδιότητας του θερμού αέρα να κινείται προς τα υψηλότερα επίπεδα, απάγεται μέσω του φρέατος.



Σχέδιο 5.7. Τομή της υπόσκαφης κατοικίας με έμφαση στις λεπτομέρειες αερισμού.

Γενικότερα, προτείνεται ελάχιστη χρήση διαχωριστικών μέσα στην οικία καθώς δυσχεραίνουν τη διείσδυση του φυσικού φωτισμού και τη ροή του αέρα. Σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται διαχωριστικά, ενδείκνυται η χρήση γυάλινων αμμοβολημένων

επιφανειών ή η χρήση υαλότουβλου, υλικά που επιτρέπουν το φως να εισχωρήσει από τους παρεμβαλλόμενους τοίχους στο χώρο.

Είναι χαρακτηριστικό ότι όλοι ο χώροι της οικίας έχουν πηγή φυσικού φωτισμού. Ιδιαίτερα τα δωμάτια των πάνω επιπέδων φωτίζονται τόσο από το φως που εισέρχεται από την πρόσοψη αλλά και από τις διόδους φωτός που έχουν σχεδιαστεί (βλ. σχέδιο 5.8.).



Σχέδιο 5.8. Τομή της υπόσκαφης κατοικίας με έμφαση στις λεπτομέρειες φωτισμού.

Τέτοιες διόδους υπάρχουν επίσης και στην οροφή του μεταβατικού χώρου εξασφαλίζοντας φως καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας ανάλογα με τις κινήσεις του ηλίου. Συνολικά υπάρχουν πέντε τέτοιες <<ηλιακές καμινάδες>>. Τομή μίας από αυτές παρουσιάζεται στο σχήμα 5.8. ενώ φαίνεται και η δέσμη φωτός που εισχωρεί στο υπερυψωμένο υπνοδωμάτιο. Ο σκοπός είναι η δημιουργία ενός ευχάριστου, βιώσιμου

περιβάλλοντος που θα καταπολεμά τα αρνητικά συναισθήματα που συνδέονται με την κατοίκηση μιας υπόσκαφης κατασκευής.

Το εσωτερικό της οικίας διαχωρίζεται από τον εξωτερικό χώρο της πρόσοψης με γυάλινες διαχωριστικές επιφάνειες οι οποίες έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εισχωρούν σε χώρο εκτός των ορίων της κατασκευής και προς το εδαφικό υλικό, έτσι ανοίγουν διάπλατα δημιουργώντας έτσι έναν ενιαίο χώρο. Κατά αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται η αίσθηση ότι το εσωτερικό της κατασκευής αποτελεί κομμάτι της φύσης ενώ φυσικά διασφαλίζεται η επιθυμητή προστασία από τον ήλιο κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

5.4.5. Χώροι και διαστάσεις

Οι επιφάνειες που διατρέχουν και τους δύο χώρους (τοιχοί) επιλέχθηκε να είναι επενδυμένες με το ίδιο υλικό έτσι ώστε να ενισχύεται η αίσθηση της ενότητας και σύνδεσης των δύο χώρων. Έτσι ο σχετικά περιορισμένος χώρος της πρόσοψης, πολλαπλασιάζεται σε μέγεθος όταν ανοίξουν τα διαχωριστικά.

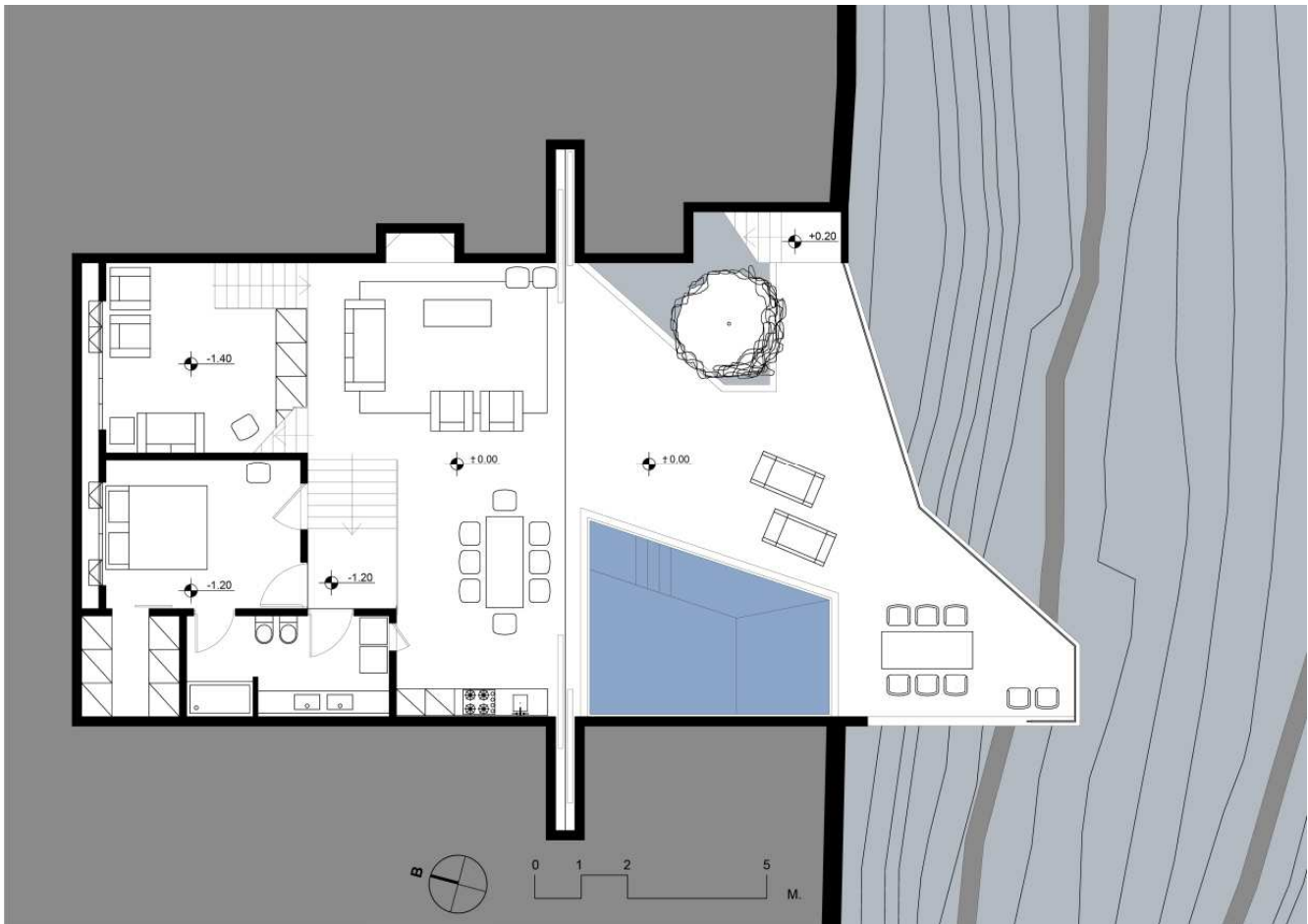
Ο χώρος αυτός λειτουργεί σαν καθιστικό και τραπεζαρία, ενώ για λόγους αισθητικούς και θέρμανσης έχει τοποθετηθεί ένα εντοιχισμένο τζάκι. Το ύψος, ανέρχεται στα 2,80 m και τα διαθέσιμα τετραγωνικά της κουζίνας και της τραπεζαρίας είναι 39,20 m², ενώ με τον χώρο μπροστά από το τζάκι προστίθενται άλλα 25,50 m².

Σε ότι αφορά στο εσωτερικό, οι διαστάσεις της κατασκευής εκτείνονται σε βάθος αλλά και σε ύψος. Έτσι σε έναν χώρο 100 περίπου m², εκμεταλλευόμενοι την κατασκευή σε πολλαπλά επίπεδα και τη δυνατότητα για αυξημένο ύψος, μεγιστοποιούνται οι χρήσιμοι χώροι και αυξάνονται με τα υπνοδωμάτια κατά περίπου 30 m².



Σχέδιο 5.9. Απεικόνιση εσωτερικού χώρου

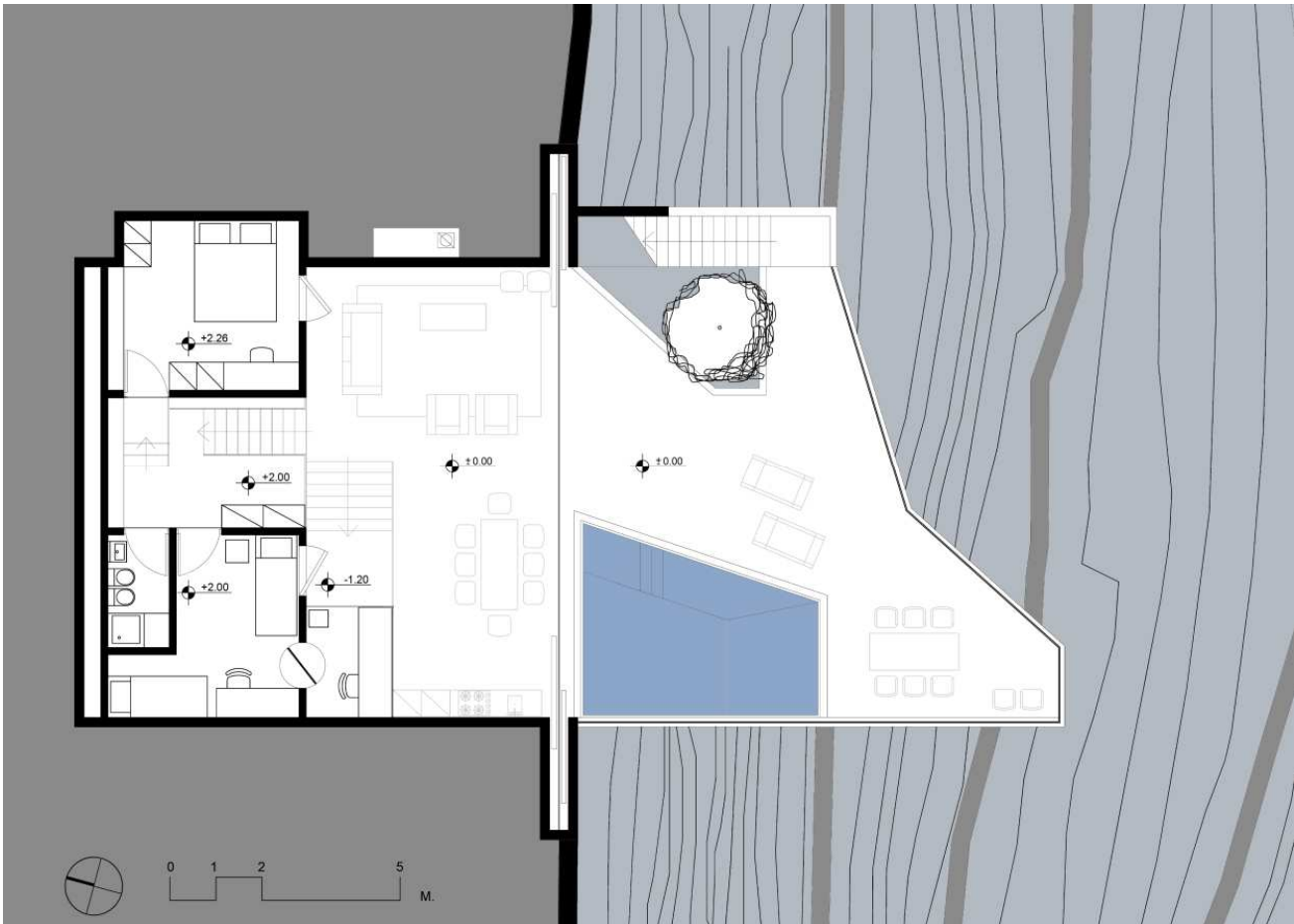
Δημιουργείται έτσι ένας χώρος με κλίμακες και δωμάτια που φαίνεται σαν να «βγήκαν» από τον πίσω τοίχο. Το κάθε τετραγωνικό είναι εκμεταλλεύσιμο, έχοντας στη μέση ένα άνοιγμα μόνο για τη κλίμακα. Το υποβαθμισμένο επίπεδο περιλαμβάνει τον αποθηκευτικό χώρο, το ένα από τα υπνοδωμάτια του σπιτιού, ένα μπάνιο και ένα χώρο που χρησιμοποιείται σαν χώρος χαλάρωσης.



Σχέδιο 5.10 . Κάτοψη χώρων υποβαθμισμένου επιπέδου

Το υπνοδωμάτιο βρίσκεται ουσιαστικά ανάμεσα στο επίπεδο του ισογείου και το υποβαθμισμένο επίπεδο. Στο υπερυψωμένο επίπεδο (βλ. σχέδιο 5.11.), το οποίο δημιουργήθηκε και για να ακολουθείται η μορφή της αναβαθμίδας, υπάρχουν άλλα δύο υπνοδωμάτια και ένα μπάνιο. Το ένα υπνοδωμάτιο εκμεταλλευόμενο την οροφή του κυρίως υπνοδωματίου έχει πρόσβαση σε χώρο εντός της οικίας που έχει τη μορφή μπαλκονιού και χρησιμοποιείται για γραφείο. Τα υπνοδωμάτια αυτά συνδέονται διαδοχικά με κλίμακα.

Τα υλικά που επιλέγονται για τα δωμάτια είναι όσο το δυνατόν ανοιχτόχρωμα για να φαίνονται μεγαλύτεροι οι χώροι ενώ στη διακόσμηση χρησιμοποιούνται τα απαραίτητα έπιπλα ώστε ο χώρος να φαίνεται πιο ευρύχωρος και άνετος.



Σχέδιο 5.11. Κάτοψη υπνοδωματίων υπερυψωμένου επιπέδου

5.5. Κατασκευή

Η κατοικία προτείνεται να κατασκευαστεί με μια πολύ απλοποιημένη μέθοδο. Προτείνεται η εκσκαφή και η ανέγερση της κατασκευής και έπειτα η κάλυψη τμημάτων της με εδαφικό υλικό. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σχετικά εύκολα εφόσον δε διαφέρει πολύ από αυτή που χρησιμοποιείται ήδη στα πλαίσια της κατασκευαστικής δραστηριότητας του νησιού. Η εκσκαφή γίνεται με τα ίδια μέσα, χρησιμοποιώντας δηλαδή εκσκαφέα, και σφυρί όπου οι όγκοι είναι συμπαγείς.

Είναι πολύ σημαντικό ότι η παραπάνω κατασκευαστική διαδικασία είναι κατά βάση γνώριμη στο εργατικό προσωπικό με αποτέλεσμα η αποπεράτωσή της να μην καθίσταται πολύπλοκη.

Από την οικοδομική δραστηριότητα που υπάρχει σε παραπήσια οικόπεδα δίδονται σημαντικές πληροφορίες για τη σύσταση του εδάφους και το τί μπορεί να αντιμετωπισθεί κατά την κατασκευή.

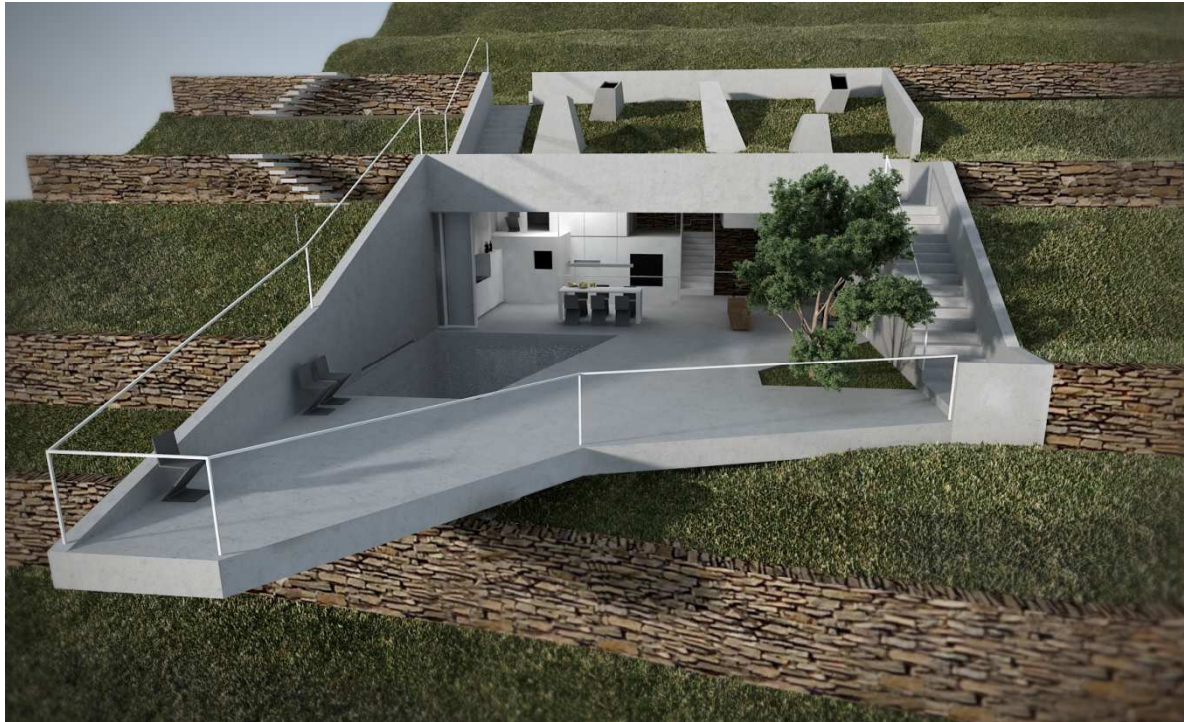
Αναμένεται λοιπόν η εκσκαφή εδαφικού υλικού και τμηματικά όγκων σχιστολίθου που για την αφαίρεση τους θα χρησιμοποιηθεί το σφυρί.

Η εκσκαφή προβλέπεται να διακόψει τη γραμμή των βαθμίδων (βλ. σχέδιο) οι οποίες μετά το πέρας των εργασιών θα συμπληρωθούν όπου κρίνεται αισθητικά εφικτό έτσι ώστε να μη χαθεί η ομοιομορφία του τοπίου.



Σχέδιο 5.12. Όγκος εκσκαφής

Ο σχεδιασμός της υπόσκαφης οικίας συμπεριλαμβάνει στοιχεία που συνδέουν τους όγκους του με την γραμμή που σχηματίζουν οι ξερολιθιές. Δημιουργείται , δηλαδή, μια νοητή συνέχεια της τοιχοποιίας με άλλο υλικό βέβαια αλλά περίπου στις ίδιες διαστάσεις (βλ. σχέδιο 5.13.).



Σχέδιο 5.13 . Πρόσοψη της υπόσκαφης κατοικίας που είναι ορατή η συνεχόμενη ροή των τοιχείων των αναβαθμίδων.

Ο όγκος εκκαφής ανέρχεται στα 580 m^3 για το κύριο μέρος της οικίας και τις δεξαμενές. Ο όγκος αυτός αποτελείται από εδαφικό υλικό και σχιστόλιθο. Ένα μέρος του εδαφικού υλικού θα χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη τμημάτων της κατασκευής, ενώ και οι σχιστολιθικοί όγκοι θα χρησιμοποιηθούν για επενδύσεις. Είναι η αρχή της πράσινης κατασκευής να μην δημιουργούνται μεγάλοι όγκοι απορριμμάτων-μπαζών που η μεταφορά από το εργοτάξιο στο χώρο απόθεσης θα έχει αντίκτυπο στο περιβάλλον.

Η κατασκευή γίνεται στο μεγαλύτερο μέρος της από σκυρόδεμα. Τα θεμέλια της κατασκευής είναι μια ενιαία πλάκα πάχους 70 cm, τεχνική που εφαρμόζεται και στις υπέργειες κατασκευές.

5.5.1. Μόνωση

Μια πολύ σημαντική παράμετρος της κατασκευής της υπόσκαφης οικίας είναι η αποτελεσματική υγρομόνωση. Τα επίπεδα υγρασίας εντάσσονται στις αρχικές προκαταλήψεις όσον αφορά την υπόγεια κατασκευή. Θα ήταν λοιπόν ορθό να γίνει μια αναφορά στις προτεινόμενες τεχνικές και υλικά που μπορούν να αντιμετωπίσουν τέτοια προβλήματα.

Προτείνεται ένα σύστημα προστασίας της κατασκευής από το νερό. Στον δάπεδο της κατασκευής θα γίνει μια προεργασία και θα τοποθετηθεί πάνω από το εδαφικό υλικό γεωύφασμα που θα το διαδεχθούν σε στρώσεις, κροκάλα, γεωύφασμα και γεωμεμβράνη. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργείται δίοδος μέσα από τις κροκάλες για να μπορεί να κινηθεί το νερό, ενώ η γεωμεμβράνη εμποδίζει την επαφή του με τα στοιχεία της κατασκευής.

Εφαρμογή του ίδιο συστήματος θα γίνει αντίστροφα στην οροφή της κατασκευής που καλύπτεται από εδαφικό υλικό με τη διαφοροποίηση ότι η κροκάλα αντικαθίσταται από χαλίκι, ενώ οι πλάγιες επιφάνειες που έχουν επαφή με το έδαφος, θα καλυφθούν από γεωμεμβράνη με εξογκώματα τα οποία ουσιαστικά έχουν το ρόλο της κροκάλας δηλαδή να δημιουργείται μια δίοδος για το νερό να κινηθεί. Στο τμήμα στο οποίο η υπόσκαφη κατασκευή εκτίνεται κάτω από τον αγροτικό δρόμο θα τοποθετηθεί ασφαλική μεμβράνη. Στις περιοχές τις οποίες κατευθύνεται το νερό από την αποστράγγιση υπάρχουν διάτρητοι σωλήνες που μεταφέρουν το νερό στην δεξαμενή που αναφέρεται παρακάτω.

5.5.2. Δεξαμενή νερού

Στη νήσο Κέα, όπως και στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου, η πλειονότητα των κατοικιών που βρίσκονται εκτός οικισμού δεν συνδέονται με το δίκτυο ύδρευσης.

Υπάρχουν δεξαμενές που αποθηκεύεται το νερό και χρησιμοποιείται για τις οικιακές ανάγκες. Η πρόταση που γίνεται στην συγκεκριμένη οικία είναι η δημιουργία ενός συστήματος που εκμεταλλεύεται τη βροχόπτωση κατά τη χειμερινή περίοδο και διοχετεύει το νερό στη δεξαμενή.

Με τις αποστραγγιστικές εφαρμογές που γίνονται στην οροφή και στον προαύλιο χώρο της πρόσοψης, τα νερά συλλέγονται και οδηγούνται με σύστημα σωληνώσεων στη δεξαμενή της οικίας που βρίσκεται κάτω από τον προαύλιο χώρο. Έτσι το διαθέσιμο νερό χρησιμοποιείται για τις ανάγκες της οικίας και συμπληρώνεται όταν χρειάζεται.

Η δεξαμενή τοποθετείται κάτω από τον προαύλιο χώρο καθώς είναι το χαμηλότερο δυνατό σημείο και το νερό μεταφέρεται εκεί με φυσική ροή χωρίς να καταναλώνεται επιπλέον ενέργεια. Ωστόσο, τα τοιχεία της δεξαμενής έχουν και δεύτερη ιδιότητα, αποτελούν μέρος της στατικής επίλυσης του προβόλου.

Για τη μεταφορά του νερού από τη δεξαμενή προτείνεται η χρήση ηλιακής αντλίας με εφαρμογή μικρής φωτοβολταϊκής μονάδας για να μην δαπανάται ηλεκτρική ενέργεια. Προβλέπεται επίσης η επισκεψιμότητα της δεξαμενής για καθαρισμό από ιζήματα από φρεάτιο στον αύλειο χώρο.

5.5.3. Οφέλη υπόσκαφης κατασκευής στην Κέα

Σε ένα νησί όπου τα αγροτεμάχια είναι συνήθως υπό κλίση δεν αποτελεί καινοτομία ένα μέρος των κατασκευών να βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Έχοντας λοιπόν μια προϊστορία στην κατασκευή υπόγειων χώρων, έστω και τμηματικά, προτείνεται μια εξολοκλήρου υπόσκαφη κατοικία που αναδεικνύει τα σημαντικά οφέλη της μεθόδου.

Πιο συγκεκριμένα, η υπόσκαφη κατασκευή όντας καλυμμένη με εδαφικό υλικό δίνει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης στο έπακρο των θερμομονωτικών ιδιοτήτων του εδάφους ιδιαίτερα σε μια τοποθεσία όπου οι θερμοκρασιακές μεταβολές δεν είναι μεγάλες.

Κατ' αυτόν τον τρόπο δημιουργείται θερμοκρασιακή σταθερότητα και μειώνεται σημαντικά το κόστος κατασκευής εφόσον αποφεύγεται η χρήση επιπλέον θερμομονωτικών υλικών και η υψηλή κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση αφού η θερμοκρασία είναι συνήθως κοντά στα ανεκτά για τον άνθρωπο επίπεδα.

Εν συνεχεία, αυξάνεται ο διαθέσιμος χώρος εκμετάλλευσης με την επέκταση της οικίας και κάτω από το οδικό δίκτυο όταν αυτό είναι εφικτό, αλλά και με τη χρήση της μεθόδου κατασκευής πολλαπλών επιπέδων.

Η συγκεκριμένη κατασκευή ακολουθεί τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, χρησιμοποιώντας τον φυσικό φωτισμό και αερισμό στο έπακρο για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου εφαρμόστηκαν κατασκευαστικές επεμβάσεις, οι οποίες, εκτός από λειτουργικές λύσεις, αποτέλεσαν δυναμικά σχεδιαστικά στοιχεία, τονίζοντας την μοναδικότητα του οικοδομήματος.

Όσον αφορά το κόστος, ένα τέτοιο οικοδόμημα απαιτεί μειωμένους διαθέσιμους χρηματικούς πόρους που προορίζονται για τη συντήρησή του σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσά που απαιτούνται για μια συμβατική κατοικία. Αυτό επιτυγχάνεται εφόσον η εξωτερική επιφάνεια δεν καταπονείται από τη συνεχή έκθεση στον ήλιο και ακραία καιρικά φαινόμενα που ως αποτέλεσμα έχουν τη σταδιακή καταπόνηση των υλικών κατασκευής.

Ολοκληρώνοντας, σχεδιάζεται και προτείνεται ένα ιδιαίτερο αρχιτεκτόνημα που συνδέεται με τον περιβάλλοντα χώρο διατηρώντας τον δυναμικό του χαρακτήρα, ενώ παράλληλα συμβαδίζει με την εναλλακτική προσωπικότητα του νησιού.

5.5.4. Σύγκριση με συμβατική κατασκευή

Η κατασκευή της συγκεκριμένης υπόσκαφης οικίας δεν διαφέρει πολύ σε σχέση με τη διαδικασία που ακολουθείται για την κατασκευή αντίστοιχων διαστάσεων συμβατικών κατασκευών. Αυτό, όπως προαναφέρθηκε, κάνει πιο γνώριμη τη διαδικασία της ανέγερσης και μειώνει την πιθανότητα κατασκευαστικών λαθών.

Παρότι η υπόσκαφη κατοικία έχει μεγαλύτερο όγκο εκσκαφής, το κόστος κατασκευής της περιορίζεται καθώς μειώνεται η χρήση κατασκευαστικών υλικών για την κάλυψη των εξωτερικών επιφανειών. Κατά αυτόν τον τρόπο, αντισταθμίζεται το κατασκευαστικός κόστος της υπόσκαφης κατοικίας σε σχέση με τη συμβατικής.

Επιπροσθέτως, μεγάλο μέρος του εκσκαφθέντος όγκου μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την επικάλυψη τμημάτων της κατασκευής, είτε για λιθοδομές.

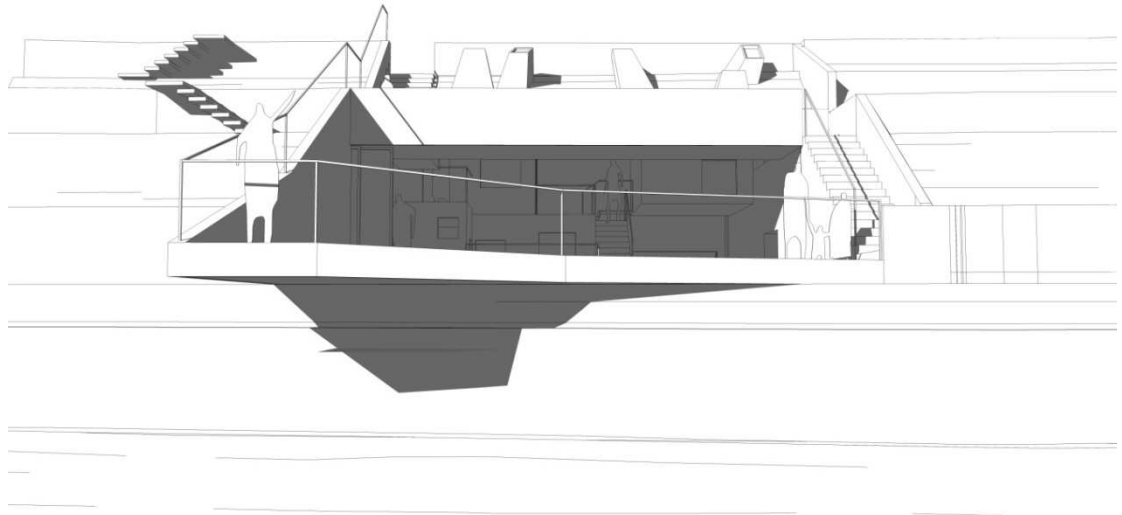
Είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί ότι δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το σύνολο του σχιστόλιθου για λιθοδομές αφού αναμένεται χαμηλή ποιότητα πέτρας που όμως στην περίπτωση της υπόσκαφης κατασκευής δεν μας απασχολεί τόσο αφού θα χρησιμοποιηθεί για τη συνέχιση της ξερολιθιάς που είχε κατασκευαστεί από την ίδιας ποιότητας πέτρα.

Πολύ σημαντικό στοιχείο είναι ότι μια υπόσκαφη οικία σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει ελάχιστες απώλειες ενέργειας. Αυτό εξασφαλίζεται τόσο μέσω της φυσικής μόνωσης του εδάφους αλλά και εξαιτίας της μειωμένης χρήσης ηλεκτρισμού για φωτισμό και δροσισμό, διεργασίες που καλύπτονται από την ροή του αέρα και τη διείσδυση ακτινοβολίας μέσω των ανοιγμάτων που διατρέχουν την οικία.

Επίσης, με την εφαρμογή των πολλαπλών επιπέδων δημιουργούνται περισσότεροι χώροι χρήσης που αξιοποιούνται στο έπακρο. Έτσι γίνεται δυνατό να τοποθετηθούν ακόμη δύο δωμάτια στην κατασκευή που σε μία συμβατική κατοικία δεν θα ήταν εφικτό.

Ολοκληρώνοντας, η μεγαλύτερη διαφορά έγκειται στο βαθμό επιβάρυνσης του περιβάλλοντος, τόσο αισθητικά όσο και πρακτικά. Μια τέτοια κατασκευή δεν επηρεάζει

τη μορφολογία των ορεινών όγκων αφού δεν παρεμβάλλεται στην κορυφογραμμή και επωφελείται από τις ιδιότητες του εδάφους και τις εφαρμογές που επιτρέπουν φυσικό αερισμό και φωτισμό, χωρίς να απειλεί το περιβάλλον και τη βιωσιμότητα του.



Σχέδιο 5.14 . Πρόσοψη της Υπόσκαφης Κατοικίας



Σχέδιο 5.15. Κάτοψη της Υπόσκαφης Κατοικίας

6. Συμπέρασμα

Η μετάβαση από τον 20^ο στον 21^ο αιώνα χαρακτηρίζεται από τις αγωνιώδεις προσπάθειες του ανθρώπου να αντιστρέψει ή τουλάχιστον να μετριάσει την καταστροφική επίδραση που είχε στο περιβάλλον από την βιομηχανική επανάσταση και έπειτα. Ταυτόχρονα, η συνεχής αύξηση του πληθυσμού και η ανάγκη για επέκταση των πόλεων υπονομεύει τις προσπάθειες αυτές με την πρόφαση της αναγκαιότητας.

Οι συγκεκριμένες συνθήκες έχουν αφυπνίσει τον άνθρωπο στο να καταλάβει ότι πρέπει να υιοθετηθεί μια συνδυαστική λύση που να προσφέρει προστασία στο περιβάλλον αλλά ταυτόχρονα να καλύπτει και τις αυξανόμενες ανάγκες του πληθυσμού.

Μια ιστορική αναδρομή υπενθυμίζει ότι ο υπόγειος χώρος υπήρξε από τα αρχαία χρόνια σύμμαχος του ανθρώπου για την αντιμετώπιση των εκάστοτε δυσκολιών. Η ανάπτυξη του υπόγειου χώρου και η επέκταση των σύγχρονων πόλεων σε αυτόν είναι λοιπόν η φυσική εξέλιξη της κατασκευής. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η εμπειρία σε υπόγειες κατασκευές καθιστά εφικτή την πραγματοποίηση μεγάλων σχεδίων για την αξιοποίηση του υπόγειου χώρου.

Η χρήση του υπόγειου χώρου καλύπτει τις προϋποθέσεις για αειφόρο ανάπτυξη δημιουργώντας έναν νέο βιώσιμο ορίζοντα αυξάνοντας τη χρηστικότητα της γης χωρίς να επιβαρύνεται το περιβάλλον. Με αυτό τον τρόπο, στην επιφάνεια και το ρηχό βάθος διαμορφώνονται χώροι πρασίνου για τις καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου καθώς και κατοικίες ενώ μεταφέρονται στον υπόγειο χώρο, ανάλογα και με τη συμμετοχή του ατόμου, όσες δραστηριότητες δεν απαιτούν φυσικό φωτισμό και αερισμό.

Αν και η επιστημονική κοινότητα υποστηρίζει αυτές τις κινήσεις, ο άνθρωπος είναι ακόμη διστακτικός. Η σύνδεση του χώρου με άσχημες δραστηριότητες και η πεποίθηση ότι οι υπόγειες κατασκευές χαρακτηρίζονται από την ακαταστασία, την υγρασία και το σκοτάδι, πρέπει να αντιμετωπιστούν. Αυτό μπορεί να γίνει παρουσιάζοντας νέες καινοτόμες ιδέες για τον υπόγειο χώρο και τις χρήσεις αυτού υιοθετώντας σχεδιαστικές τεχνικές και

μεθόδους κατασκευής με σκοπό να αντιμετωπιστούν η κλειστοφοβία αλλά και οι απαρχαιωμένες προκαταλήψεις.

Η παρούσα διπλωματική εργασία, παρουσιάζει τον σχεδιασμό μίας υπόσκαφης εξοχικής κατοικίας, τόσο για να προάγει τη χρήση του υπόγειου χώρου στην Ελλάδα, όσο και για να καταστήσει κατανοητό ότι ένα νησί του Αιγαίου μπορεί να αποτελέσει πρόσφορο έδαφος για μια υπόσκαφη κατασκευή.

Μέσω της συγκεκριμένης σχεδιαστικής πρότασης τονίζεται ο δυναμικός χαρακτήρας της κατασκευής ο οποίος της προσδίδει μία ισχυρή προσωπικότητα αλλά και τα πολύ σημαντικά οφέλη που προκύπτουν από αυτών σε συνδυασμό με τις θερμομονωτικές ιδιότητες του εδάφους.

Κατά τον σχεδιασμό υιοθετήθηκαν αρχέγονες πρακτικές της υπόγειας διαβίωσης οι οποίες παράλληλα με την εφαρμογή σύγχρονων τεχνικών αναδεικνύουν τα πλεονεκτημάτων του υπόγειου χώρου ενώ ταυτόχρονα καθιστούν την κατασκευή αυτή ένα φιλικό προς το περιβάλλον, βιώσιμο οικοδόμημα.

Επισημαίνεται ότι δεν πρόκειται για μία κατασκευαστική λύση που υπερβαίνει σημαντικά το κόστος μιας συμβατικής κατοικίας αλλά αντίθετα πρόκειται για μια βιώσιμη, αποδοτική κατοικία που ελαχιστοποιεί τις απώλειες ενέργειας και απαλλάσσει από σημαντικά έξοδα συντήρησης.

Ουσιαστικά οι υπόσκαφες κατοικίες είναι ένα ενδιάμεσο βήμα της υπόγειας ανάπτυξης που καθιστά γνώριμο τον υπόγειο χώρο στον άνθρωπο. Οι κατοικίες αυτές κερδίζουν υποστηρικτές σε όλο τον κόσμο ενώ μεγιστοποιούν τις χρήσεις γης κάνοντας τον κόσμο να απενοχοποιήσει τη χρήση τους και να τις επιλέγει συχνότερα για τις δραστηριότητες του.

Το συμπέρασμα είναι ότι μια υπόσκαφη κατοικία μπορεί να είναι ανταγωνιστική εφόσον μπορεί να είναι σχεδιαστικά εντυπωσιακή και να προσφέρει όλες τις σύγχρονες ανέσεις χωρίς να επιβαρύνει το περιβάλλον. Χρησιμοποιούνται έτσι όλα τα οφέλη του υπόγειου χώρου και ενισχύεται η ιδέα της υπόγειας ανάπτυξης με έναν άξιο παράδειγμα κτίσματος που συνδέει την υπόγεια με την υπέργεια κατασκευή.

7. Βιβλιογραφία

7.1. Έντυπο Υλικό

Καλιαμπάκος, Δ. *Υπόγεια Έργα: Σημειώσεις Μαθήματος*. Αθήνα: Τμήμα: Μηχ. Μετ. Μετ., Αθήνα: ΕΜΠ., 2003. Print.

Ρόζος, Δ. *Μέθοδοι Βελτίωσης – Αντιστήριξης Εδάφους – Υπεδάφους: Σημειώσεις Μαθήματος*. Τμήμα: Μηχ. Μετ. Μετ., Αθήνα: Ε.Μ.Π., 2007. Print.

Μάτζιου, Λένα. *Βιοκλιματική αρχιτεκτονική στην Ελλάδα*. Αθήνα: Έργον IV, 2008. Print.

Σίμου, Δήμητρα. *ΔΙΚΤΥΟ ΑΕΙΦΟΡΩΝ ΝΗΣΩΝ ΔΑΦΝΗ*. Αθήνα: Τομέας: Υδατικών Πόρων Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Αθήνα, ΕΜΠ., 2006

Brachos, G., Benardos, A., "Thermal Loads Analysis of an Underground Cold Storage Facility in Attica", 11th ACUUS International Conference, Athens, 10-13 September, pp. 237-242. 2007. Print.

Canter, David V. *Psychology for Architects*. London: Applied Science, 1974. Print.

Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

John R. Goulding & J. Owen Lewis. *Bioclimatic Architecture: Thermie Programme Action*. Hoeilaart: Lior E.E.I.G., 1997. Print.

Kaliampakos, D.C., "Critical parameters in underground development", Proceedings of the International Academic Conference on Underground Space (IACUS) conference, 18-19 November, 2006, Beijing, China.

Lan, Bruce Q. *Life Logo: NL Architects*. Beijing: United Asia Art & Design Cooperation, 2007. Print.

Meijenfeldt, Ernst Von., and Marit Geluk. *Below Ground Level: Creating New Spaces for Contemporary Architecture*. Basel: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2003. Print

Nori, Paolo. "Una Tana in Montagna." *Abitare* 499 (2010). Print.

Oehler, Mike. *The \$50 and up Underground House Book*. New York: Mole Pub., 1981. Print.

Roy, Robert L. *Underground Houses: How to Build a Low-cost Home*. New York: Sterling Pub., 1979. Print.

Stang, Alanna, and Christopher Hawthorne. *The Green House: New Directions in Sustainable Architecture*. New York: Princeton Architectural, 2005. Print.

Woong, Lee Shi, and Jang Yeul Shon. "The Thermal Environment in an Earth-Sheltered Home in Korea." *Tunnelling and Underground Space Technology* 3.4 (1988): 409-16. Print.

7.2. Διαδίκτυο

"Αντλίες Νερού - Ηλιακές Αντλίες." *ENERGOTECH : Research & Development of Renewable Energy Sources*. Web. 15 Sept. 2010. <<http://www.energotech.gr/>>.

Βαλιάκος, Ηλίας. "Γεωλογία του Αιγαίου." *Πολιτιστική Πύλη του Αρχιπελάγους του Αιγαίου*. Ίδρυμα μείζονος Ελληνισμού, 7 Oct. 2006. Web. <<http://www2.egeonet.gr/>>.

"Η αρχιτεκτονική των Κυκλαδων." *Kyklades*. 13 Oct. 2003. Web. <<http://kyklades.blogspot.com>>.

"Ξερολιθικές Κατασκευές Αιγαίου." *Πανεπιστήμιο Αιγαίου*. Web. 5 Sept. 2010. <<http://www.aegean.gr/>>.

"Σαντορίνη: Θήρα στο όνειρο." *Γεωτρόπιο* 168 (2003). Print.

"Τα σπίτια στη Σαντορίνη: Μορφή, διάταξη χώρων, κατασκευαστικά στοιχεία." *WELCOME TO SPITIA.GR - BUILDINGS.GR*. Web. 26 Aug. 2010. <<http://www.buildings.gr/>>.

Richard, Michael Graham. "Alex Michaelis' Underground Green House." *TreeHugger*. 22 Oct. 2005. Web. <<http://www.treehugger.com/>>.

"Bulla Regia." *Wikipedia, the Free Encyclopedia*. 30 June 2010. Web. 20 Aug. 2010. <<http://en.wikipedia.org/>>.

"Ecological Construction." *Sustainable Building, Development and ECO Construction Techniques at Sustainable Build (UK)*. Web. 16 Aug. 2010. <<http://www.sustainablebuild.co.uk/>>.

"Interactive Floorplan: Base Valley House, Japan | Architecture | Wallpaper* Magazine." *Wallpaper.com | Home | Wallpaper* Magazine*. Web. 05 Sept. 2010. <<http://www.wallpaper.com>>.

"Styles of Earth Sheltered Homes | Concrete Residential, Commercial & Multi-Family Construction." *Earth Sheltered Homes | Concrete Residential, Commercial & Multi-Family Construction*. Web. 25 Aug. 2010. <<http://www.earthshelteredhome.com/building-styles.htm>>.

"The Underground Village of Matmata." *HotelClub Hotel and Travel Blog*. 13 Oct. 2008. Web. <<http://blog.hotelclub.com/the-underground-village-of-matmata/>>.

"Underground Construction." *Sustainable Building, Development and ECO Construction Techniques at Sustainable Build (UK)*. Web. 16 Aug. 2010. <<http://www.sustainablebuild.co.uk/>>.

8. Παράρτημα I

Οικολογική Κατασκευή

Η οικολογική κατασκευή στοχεύει στη δημιουργία μιας δομής που να επωφεληή ή τουλάχιστον να μην είναι επιβλαβής για το περιβάλλον. Ο όρος είναι ευρέως γνωστός και ως “πράσινη” κατασκευή και προσφέρεται για τη χρήση τοπικών και ανανεώσιμων υλών.

Η οικολογική κατασκευή αντιτίθεται στις συχνά αρνητικές επιπτώσεις που έχουν τα κτίρια στο περιβάλλον και στους φυσικούς πόρους. Οι αρνητικές αυτές επιπτώσεις οφείλονται στη μεταφορά υλικών από περιοχές ακόμα και χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά, από την εκπομπή επικίνδυνων χημικών προϊόντων κ. ά.

Υπάρχουν πολλές επιλογές για κάποιον ο οποίος ενδιαφέρεται να σχεδιάσει και να κατασκευάσει μία οικολογική κατοικία. Αρχιτέκτονες, μηχανικοί και κατασκευαστές χρησιμοποιούν πλέον τεχνικές οι οποίες έχουν αναπτυχθεί και εξελιχθεί στο πέρασμα της ιστορίας του ανθρώπου. Οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνται με σεβασμό απέναντι στις ανησυχίες σχετικά με το περιβάλλον και απέναντι στους διαθέσιμους πόρους συνδυάζοντας ωστόσο τις τεχνολογικές εξελίξεις και βελτιώσεις του 21^{ου} αιώνα.

Χαρακτηριστικά της Οικολογικής Δόμησης

Το κλειδί της “πράσινης” επιτυχίας είναι ο τρόπος με τον οποίο συνδυάζεται η τεχνολογία και τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να αναπτύσσονται οικολογικοί πόροι. Επίσης, στην περίπτωση των οικολογικών κατασκευών πρέπει να γίνεται χρήση απλών και άμεσα διαθέσιμων υλικών.

Άλλα χαρακτηριστικά της οικολογικής δόμησης είναι:

- Η ποικίλη χρήση ηλιακών συλλεκτών για οικιακή παραγωγή ζεστού νερού.
- Διατήρηση νερού, ενδεχομένως με βιολογική επεξεργασία των λυμάτων και επαναχρησιμοποίηση ή με απλή συλλογή και ανακύκλωση των όμβριων υδάτων για χρήση σε κήπους.
- Η κυτταρική μόνωση.
- Μη-τοξικά ή χωρίς μόλυβδο χρώματα και συντηρητικά ξύλου.

- Ξυλεία τοπικής καλλιέργειας και συγκομιδής στα πλαίσια της αειφόρου διαχείρισης των δασών.

Οικολογικές μέθοδοι και υλικά κατασκευής

Έχοντας αναφέρει τις βασικές αρχές της οικολογικής κατασκευής είναι σημαντικό να αναφερθούν και κάποιες μέθοδοι που θα διευκολύνουν την επίτευξη των στόχων για τη δημιουργία μιας τέτοιου είδους κατασκευής.

Η ανάγκη να ανταπεξέλθουμε στις μεγάλες προκλήσεις των καιρών μας είναι επείγουσα. Προβλήματα όπως, οι κλιματικές αλλαγές, η εξάντληση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων και η μόλυνση του περιβάλλοντος, οξύνονται ταχύτατα ενώ έχουν ισχυρότατους δεσμούς και με την βιομηχανία της κατασκευής.

Ιδιαίτερη ανησυχία εκφράζει η επιστημονική κοινότητα καθώς και η βιομηχανία πετρελαίου όσον αφορά την εξάντληση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων οριοθετεί μια περίοδο είκοσι ετών.

Η παγκόσμια ζήτηση αυξάνεται διαρκώς και τα αποθέματα μειώνονται με πολλαπλάσιο ρυθμό μέχρι αυτά να γίνουν ένα σπάνιο και πολύ ακριβό αγαθό.

Η βιομηχανία της κατασκευής συνδέεται άμεσα με την τιμή του πετρελαίου καθώς αυτή επηρεάζεται από το κόστος των υλικών κατασκευής και τα μεταφορικά, μέχρι τα μηχανήματα και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την κατεδάφιση και ανέγερση.

Η οικοδομική δραστηριότητα είναι επίσης υπεύθυνη σε μεγάλο βαθμό για την μόλυνση εδάφους, αέρα και νερού όπως και για την παραγωγή τεράστιου όγκου απορριμμάτων.

Μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας

Με την αναπόφευκτη εξάντληση των ορυκτών καυσίμων και την απειλή των κλιματικών αλλαγών, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας αποτελεί στρατηγική επιβίωσης. Επιλέγοντας πρακτικές για την κατασκευή μια πράσινης οικίας εξοικονομείται ενέργεια.

Ο οικολογικός σχεδιασμός μπορεί ελαχιστοποιήσει την κατανάλωση ενέργειας μειώνοντας την ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση, δροσισμό και φωτισμό, υιοθετώντας τεχνικές ορθής ενεργειακής διαχείρισης. Η εξοικονόμηση ενέργειας συνεπάγεται εξοικονόμηση χρημάτων, η οποία θα γίνεται ολοένα πιο αισθητή όσο το κόστος των ορυκτών καυσίμων θα αυξάνεται στο μέλλον.

Κατασκευάζοντας πιο υγιεινές οικίες

Η κατασκευή μιας φιλικότερης προς το περιβάλλον οικίας δεν αποτελεί όφελος μόνο για το περιβάλλον αλλά δημιουργεί και ένα υγιέστερο χώρο διαμονής για τον ίδιο τον άνθρωπο.

Η εφαρμογή συμβατικών υλικών και μεθόδων κατασκευής συνδέεται άμεσα με ένα ευρύ φάσμα επιπλοκών και επιβαρύνσεων της ανθρώπινης υγείας.

Μόλυνση από τα χημικά συστατικά που υπάρχουν στις βαφές, τα διαλυτικά, τα πλαστικά και τη συνθετική ξυλεία σε συνδυασμό με τη βιολογική μόλυνση όπως η ανάπτυξη ακαρύων και μούχλας είναι γνωστό ότι προκαλούν σοβαρά υμπτώματα στον άνθρωπο όπως, άσθμα, πονοκεφάλους, κατάθλιψη, εκζέματα, ταχυπαλμία και χρόνια κόπωση.

Ο σωστός σχεδιασμός εξαλείφει αυτά τα προβλήματα μέσω του προσεκτικά μελετημένου συστήματος αερισμού, των μονώσεων και της χρήσης φυσικών, μη τοξικών προϊόντων και υλικών.

Αυτοί είναι πολύ σοβαροί λόγοι ώστε μία κατασκευή να γίνεται σύμφωνα με τα οικολογικά πρότυπα καθώς εκτός από το όφελος στο περιβάλλον υπάρχει και πολύ σημαντικό όφελος έναντι στην υγεία του ίδιου του ενοίκου.

Επιπροσθέτως, στηρίζεται η τοπική δραστηριότητα και ισχυροποιείται η τοπική οικονομία πράγμα που οδηγεί στη δημιουργία ανθρών, δραστήριων και επιθυμητών κοινοτήτων.

Χρήση τοπικών υλικών με σεβασμό προς το περιβάλλον

Μία οικολογική κατασκευή πρέπει να κατασκευάζεται από υλικά τα οποία προέρχονται από την περιοχή κατασκευής και τα οποία δεν παρουσιάζουν κάποιο αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Τα κριτήρια βάσει των οποίων μπορεί ή όχι να χαρακτηριστεί ένα υλικό οικολογικό και περιβαλλοντικά φιλικό είναι τα εξής:

Τα υλικά αυτά της περιοχής πρέπει να είναι ανανεώσιμα, μη τοξικά, ανακυκλώσιμα και κατ' επέκταση ασφαλή προς το περιβάλλον.

Ελέγχουμε κατά πόσο τα υλικά που χρησιμοποιούνται δε θα επηρεάσουν αρνητικά το περιβάλλον όχι μόνο τώρα αλλά και στο μέλλον.

Τα υλικά πρέπει να εντοπίζονται εύκολα, να παράγονται στην περιοχή τώρα και στο μέλλον έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η μεταφορά αυτών από άλλες περιοχές.

Μονωτικά υλικά

Η μόνωση είναι βασικό συστατικό για την κατασκευή μιας ενεργειακά αποδοτικής οικίας, καθώς οδηγεί στη μείωση κατανάλωσης ενέργειας ελαχιστοποιώντας τις απώλειες θερμότητας και δημιουργώντας ένα ελεγχόμενο περιβάλλον. Παρατείνει δηλαδή και διατηρεί σε σταθερότερα επίπεδα την καθορισμένη από τον ένοικο θερμοκρασία.

Επενδύοντας σε πολύ καλής ποιότητας μονωτικά υλικά τα αποτελέσματα της ενεργειακής απόδοσης είναι πολύ καλύτερα από το αν η επένδυση γινόταν για την προμήθεια πολύ προηγμένων τεχνολογικά συστημάτων ψύξης/θέρμανσης.

Τα μονωτικά υλικά εφαρμόζονται πάνω στις επιφάνειες των τοίχων, στη οροφή καθώς και στο δάπεδο.

Είναι πολύ ευκολότερο καθώς και φθηνότερο να μονωθεί μια οικία υπό κατασκευή παρά ένα ήδη υπάρχον κτίσμα.

Συμβατικά μονωτικά υλικά

Τα συμβατικά μονωτικά υλικά είναι κατασκευασμένα από πετροχημικά, τα περισσότερα διαδεδομένα είναι το φάιμπεργκλας, ο πολυεστέρας και ο αφρός πολυουρεθάνης. Έχουν σχετικά χαμηλό κόστος αγοράς αλλά και εφαρμογής ενώ προωθούνται από τη βιομηχανία της κατασκευής με το αξίωμα της πολύ υψηλότερης απόδοσης έναντι των φυσικών τους εναλλακτικών.

Φυσικά μονωτικά υλικά

- **Μαλλί προβάτων**

Ο χειρισμός του υλικού αυτού απαιτεί συνήθως χημικές ουσίες προκειμένου να αποφεύγεται η μόλυνση των ακάρεων. Επίσης, μειώνεται ο κίνδυνος πυρκαγιάς. Ωστόσο, μερικές περιπτώσεις οι κατασκευαστές το χρησιμοποιούν χωρίς κάποια επεξεργασία με επιτυχία. Έχει πολύ χαμηλή ενσωματωμένη ενέργεια (αν δεν εισάγεται) και εξαιρετική απόδοση ως μονωτικό υλικό. Thermafleece είναι το πιο κοινό εμπορικό σήμα διαθέσιμο.

- **Λινάρι και χορτάρι**

Τα υλικά αυτά περιέχουν συνήθως βορικό το οποίο ενεργεί ως μυκητοκτόνο, εντομοκτόνο και επιβραδυντικό φωτιάς. Το άμυλο γεωμήλων προστίθεται στο λινό ως συνδετικό υλικό. Και τα δύο υλικά έχουν χαμηλή ενσωματωμένη ενέργεια και συχνά συνδυάζονται στο ίδιο προϊόν.

- **Κυτταρίνη**

Ένα ανακυκλωμένο προϊόν που κατασκευάζεται από χαρτί εφημερίδων και άλλων ινών. Η χρήση του είναι εκτεταμένη εφόσον μπορεί να διοχετεύεται σε τοίχους κοιλότητες, δάπεδα και στέγες. Όπως η κάνναβης και το λινάρι περιέχει βορικό ως πρόσθετη ύλη.

- **Ίνες ξύλου**

Φτιαγμένες από ροκανίδια τα οποία έχουν συμπιεστεί σε σανίδες με τη χρήση νερού ή ρητίνες φυσικές, ως συνδετικό υλικό. Έχουν πολύ χαμηλή ενσωματωμένη ενέργεια και για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου.

- **Σφαιρίδια πηλού**

Είναι μικρά σφαιρίδια από πηλό τα οποία διαστέλλονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και γίνονται ελαφριά και πορώδη. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βάσεις τόσο ως μονωτικό όσο και για διογκωτικό υλικό. Έχουν άριστες θερμομονωτικές ιδιότητες αλλά υψηλή ενσωματωμένη ενέργεια.

Τα μονωτικά υλικά που προέρχονται από φυσικά υλικά έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών. Έχουν χαμηλό αντίκτυπο στο περιβάλλον, φτιάχνονται από ανανεώσιμες, οργανικές πηγές ενώ η ενέργεια που καταναλώνεται για την διαμόρφωσή του είναι ελάχιστη. Μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν αλλά και να ανακυκλωθούν και είναι πλήρως βιοδιασπώμενα. Είναι μη τοξικά, υποαλλεργικά και είναι εύκολος ο χειρισμός και η εφαρμογή τους.

Δυστυχώς, τα φυσικά μονωτικά υλικά κοστίζουν μέχρι και τέσσερις φορές περισσότερο από τα συμβατικά, το οποίο είναι απαγορευτικό για τους κατασκευαστές. Από την άλλη, τα περιβαλλοντικά οφέλη όπως και τα οφέλη για την ίδια της υγεία του ανθρώπου είναι υπεράνω κόστους. Και καθώς αυξάνεται η ζήτηση σε συνδυασμό με τους αυστηρότερους κανονισμούς κατασκευής και την όλο και αυξανόμενη τιμή των καυσίμων θα διαμορφώσει πιο λογικές τιμές.⁵⁶

⁵⁶ "Ecological Construction." *Sustainable Building, Development and ECO Construction Techniques at Sustainable Build (UK)*. Web. 16 Aug. 2010. <<http://www.sustainablebuild.co.uk/>>.

9. Παράρτημα II

Χώροι χωρίς παράθυρα και οι δραστηριότητες που φιλοξενούν

Γεωργία και τροφή

- Καλλιέργειες
- Τροφοδοσία
- Σφαγεία

Γραφεία επιχειρήσεων-παροχής υπηρεσιών

- Ταχυδρομεία
- Ταξιδιωτικά γραφεία
- Εταιρίες διανομών και μεταφορών
- Γραφεία ενοικιάσεων (αυτοκινήτων, συσκευών)

Δημιουργική εργασία

- Κέντρα τεχνών
- Δισκοπωλεία

Εκπαιδευτικές εγκαταστάσεις

- Σχολεία
- Βιβλιοπωλεία
- Πανεπιστημιακές αίθουσες
- Πνευματικά κέντρα
- Εκθεσιακά κέντρα
- Βιβλιοθήκες
- Εκδοτικοί οίκοι

Κέντρα αθλητισμού και ψυχαγωγίας

- Εστιατόρια
- Κινηματογράφοι
- Καζίνο
- Κέντρα αθλητισμού
- Πισίνες
- Αίθουσες ψυχαγωγίας

Κέντρα οικονομικών συναλλαγών

- Τραπεζικές υπηρεσίες
- Ασφαλιστικές εταιρίες
- Κτηματομεσιτικά γραφεία
- Χρηματοστηριακές εταιρίες

Εργοστασιακές εγκαταστάσεις

- Δισκογραφικές εταιρίες
- Αυτοκινητοβιομηχανίες
- Διαφημιστικές εταιρείες
- Εταιρίες παραγωγής ταινιών
- Βιομηχανίες τροφίμων

Κέντρα υγείας

- Κτηνιατρεία
- Κλινικές
- Εργαστήρια
- Κέντρα ανάρρωσης
- Κοινωφελείς οργανισμοί

Εμπορικά κέντρα

- Καταστήματα ρούχων
- Καταστήματα επίπλων
- Καταστήματα οικιακής χρήσης

Αποθηκευτικοί χώροι

- Χώροι στάθμευσης
- Ψυγεία
- Αποθήκευση τροφίμων και εξοπλισμού

Μεταφορές

- Σταθμοί λεωφορείων, ταξί και σιδηροδρόμων
- Πλυντήρια μέσων μαζικής μεταφοράς
- Συνεργεία μέσων μαζικής μεταφοράς⁵⁷

⁵⁷ Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

10. Παράρτημα III

Επιμέρους στοιχεία για το σχεδιασμό της υπόγειας κατασκευής.

Αερισμός

Όλα τα είδη υπόγειας κατοικίας χρειάζονται πολύ προσεκτικό σχεδιασμό όσον αφορά την κυκλοφορία του αέρα και τον έλεγχο ποιότητας και ποσοστού υγρασίας σε αυτόν.

Φωτισμός

Προτιμάται ο φυσικός φωτισμός χρησιμοποιώντας παραλλαγές της εφαρμογής του αίθριου και αγωγών που επιτρέπουν να εισχωρεί το φως ελεύθερα στην κατασκευή βελτιώνοντας έτσι την αίσθηση του υπόγειου χώρου.

Διαμόρφωση σε πολλαπλά επίπεδα

Οικίες σε πολλαπλά επίπεδα είτε αυτό σημαίνει δύο ξεχωριστούς χώρους είτε εκμεταλλευόμενοι ένα πατάρι ή ένα υπόγειο αποτελούν λειτουργικούς χώρους για μια κατασκευή.

Ο σχεδιασμός σε επίπεδα μπορεί να φαντάζει κοινότυπη τεχνική αλλά είναι πολύ σημαντικός καθώς έτσι επιτυγχάνεται μέγιστη λειτουργικότητα στους χώρους. Ακόμη και ανεβαίνοντας μερικά σκαλοπάτια για να εισέλθουμε σε μια ιδιοκτησία δημιουργείται η αίσθηση των πολλαπλών επιπέδων είτε αυτό γίνεται για να υπάρχει διαχωρισμός ανάμεσα σε ένα δρόμο και μια ιδιοκτησία είτε απλά για να δημιουργεί η αίσθηση ότι μεταφερόμαστε σε έναν ξεχωριστό χώρο.

Ένας σχετικά εύκολος τρόπος για να εξασφαλιστεί περισσότερος χώρος σε μια ιδιοκτησία είναι η επέκταση της κατασκευής μερικά μέτρα προς τα κάτω. Έτσι ουσιαστικά μπορούν να διαμορφωθούν δύο αυτόνομοι χώροι εκμεταλλευόμενοι την αίσθηση των διαφορετικών επιπέδων μέσα σε έναν ενιαίο χώρο. Ωστόσο μια τέτοια ενέργεια πρέπει να είναι αντικείμενο προσεκτικής μελέτης καθώς και να ληφθούν υπόψη οι κατάλληλοι πολεοδομικοί περιορισμοί. Ένας λειτουργικός χώρος μπορεί εξίσου να προκύψει και από μια σοφίτα εκμεταλλευόμενοι την εύκολη πρόσβαση σε φυσικό φωτισμό. Με ελάχιστες

κατασκευαστικές παρεμβάσεις όλοι οι διαθέσιμοι χώροι μίας οικίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση μια οικίας σε πολλαπλά επίπεδα.

Σε διαφορετικά διαμερίσματα/επίπεδα, εκμεταλλευόμενοι στο έπακρο τις δυνατότητες μιας κατασκευής μπορούν να διενεργηθούν πολλαπλές δραστηριότητες.⁵⁸

⁵⁸ Golany, Gideon, and Toshio Ojima. *Geo-space Urban Design*. New York: John Wiley, 1996. Print.

11. Παράρτημα IV

Συστήματα Μεταφοράς Ηλιακού φωτός

Μια αναδυόμενη νέα τεχνολογία είναι η μεταφορά του ηλιακού φωτός. Το φως του ήλιου συλλέγεται στη στέγη μέσω πινάκων και μεταφέρεται στο κτίριο μέσω οπτικών ινών για αποστάσεις έως και 15 μέτρων. Αυτά τα συστήματα σωληνώσεων-ηλιακού φωτός μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με ηλιακούς συλλέκτες για την ενσωμάτωση φυσικών και τεχνητών συστημάτων φωτισμού, έτσι ώστε να υπάρχει πάντα φως στο σπίτι.

Ενεργειακά Αποδοτικοί Λαμπτήρες

Η βιομηχανία των αειφόρων κατασκευών εστιάζεται πρωτίστως σε ενεργειακά αποδοτικές λύσεις όσο αφορά στο φωτισμό. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως είναι γνωστό ότι είναι ιδιαίτερα αναποτελεσματικοί. Η ηλεκτρική ενέργεια μεταβιβάζεται διαμέσου ενός μετάλλου (βολφραμίου) το οποίο θερμαίνεται μέχρι και τους 2000^ο Κελσίου και φωτοβολεί. Μόνο το 10% της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε φως ενώ το 90% σπαταλάται ως θερμότητα.

Οι λαμπτήρες αλογόνου είναι παρόμοιοι, αλλά αντίθετα με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως διαθέτουν μία ποσότητα αερίου αλογόνου το οποίο αντιδρά με το βολφράμιο και παράγει φως. Δημιουργούν πιο έντονο φωτισμό, χρησιμοποιούν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια και διαρκούν διπλάσιο χρονικό διάστημα σχετικά με έναν τυποποιημένο λαμπτήρα. Ωστόσο, είναι αναποτελεσματικοί συγκρινόμενοι με άλλες μορφές λαμπτήρων.

Οι ενεργειακά αποδοτικοί λαμπτήρες πυράκτωσης χρησιμοποιούν σημαντικά λιγότερη ενέργεια από τους ηλεκτρικούς λαμπτήρες και διαρκούν περισσότερο.⁵⁹

⁵⁹ "Ecological Construction." *Sustainable Building, Development and ECO Construction Techniques at Sustainable Build (UK)*. Web. 16 Aug. 2010. <<http://www.sustainablebuild.co.uk/>>.

12. Παράρτημα V

Γεωσυνθετικά υλικά

Η ανάγκη βελτίωσης των συνθηκών από πλευράς γεωμηχανικής συμπεριφοράς μιας εδαφικής περιοχής οδήγησε σε εντατικές έρευνες όπου ήταν άμεση η αντιμετώπιση δυσκολιών αναφορικά με την αποστράγγιση, τον περιορισμό των καθιζήσεων και την αύξηση των διατμητικών αντοχών. Σε ορισμένες περιπτώσεις επειδή στις περιοχές αυτές και οι δανειοθάλαμοι λήψης κατάλληλων είναι είτε περιορισμένοι είτε ανύπαρκτοι, δημιουργήθηκε η ανάγκη ανάπτυξης της τεχνολογίας κατασκευής ειδικών υλικών τα οποία εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τα υλικά χαμηλής αντοχής που διατίθενται. Προς την κατεύθυνση αυτή, στα γνωστά υλικά όπως το ξύλο, τους γεωλογικούς σχηματισμούς καθώς και τα μέταλλα, ήρθαν να προστεθούν και τα συνθετικά πολυμερή.

Η συμβολή των συνθετικών πολυμερών υλικών, που παρουσίασαν ραγδαία εξέλιξη τις τελευταίες δεκαετίες με τη παραγωγή γεωυλικών ευρείας εφαρμογής, δηλαδή προϊόντων προηγμένης τεχνολογίας με σκοπό τη βελτίωση των εδαφικών συνθηκών θεμελίωσης, ήταν πολύ σημαντική.

Γενικές χρήσεις γεωσυνθετικών υλικών

- Προστασία πρανών και κοίτης υδρογραφικών αξόνων. Επιτυγχάνεται σταθεροποίηση των εδαφικών σχηματισμών που δομούν τα πρανή και την κοίτη υδρογραφικών αξόνων. Ακόμα μπορούν να βοηθήσουν στην ενίσχυση πρανών σε έργα εκφόρτισης νερού. Στις εφαρμογές αυτές τα γεωυλικά συγκρατούν στη θέση τους τα υποκείμενα εδαφικά υλικά επιτρέποντας παράλληλα την εκτόνωση της αυξημένης πίεσης των πόρων.
- Στην ενίσχυση επιχωμάτων, πρανών και θεμελιώσεων. Τα γεωυλικά χρησιμοποιούνται στις θεμελιώσεις δρόμων, επιχωμάτων δρόμων ή/και σιδηροδρομικών γραμμών, τοίχων αντιστήριξης κλπ. Δρουν σαν υλικά ενίσχυσης προκειμένου να αυξήσουν την αντίσταση του εδάφους στις διατμητικές τάσεις, αλλά και σαν μέσα διαχωρισμού ή φίλτρα.

- Στην προστασία-ενίσχυση και στεγανοποίηση υλικών σε φράγματα και επενδύσεις. Τα γεωυλικά χρησιμοποιούνται στην αποθήκευση και προστασία υλικών, τη θεραπεία μολυσμένων εδαφών, στεγανές επενδύσεις κλπ. Μια μεμβράνη δρα σαν διαχωριστικό υλικό μεταξύ δύο στρώσεων που δεν επιτρέπεται να αναμιχθούν, σαν υλικό ενίσχυσης, αλλά και σαν στεγανή διαχωριστική μεμβράνη μεταξύ του νερού ενός ταμιευτήρα και του υποκείμενου εδάφους.
- Στην ενίσχυση της δράσης κατακόρυφων στραγγιστηριών. Τα γεωυλικά μπορεί να αυξάνουν το ρυθμό συμπίεσότητας, προκειμένου να μειωθεί ο χρόνος εκδήλωσης συγκεκριμένης καθίζησης ή να ενισχύσουν την ευστάθεια. Επιτυγχάνουν μείωση της υπερβολικής πίεσης των πόρων στο εδαφικό υλικό που περιβάλλει το στραγγιστήριο, έτσι ώστε να καταστεί αυτό γρήγορα κατάλληλο για την υποδοχή της προγραμματισμένης κατασκευής.
- Στη διευκόλυνση της αποστράγγισης σε οριζόντια στραγγιστήρια. Τα γεωυλικά μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να βοηθήσουν στην αποστράγγιση περιοχών υπό ανασυγκρότηση ή περιοχών κατασκευής έργων ή να διευκολύνουν την πρόσβαση και συγκομιδή σε αγροτικές εκτάσεις. Το γεωυλικό περιβάλλει αποστραγγιστικά μέσα μη επιτρέποντας την διέλευση εδαφικών υλικών συγκεκριμένης κοκκομετρίας, υποβιβάζοντας παράλληλα την αντίσταση στη διέλευση νερού.

Κατηγορίες και βασικές εφαρμογές γεωυλικών

Γεωυφάσματα

Τα γεωυφάσματα είναι υφάσματα με την ευρύτερη έννοια του όρου, μόνο που οι δομικές τους ίνες έχουν κατασκευαστεί συνθετικά από διάφορα πολυμερή όπως πολυπροπυλένιο, πολυεστέρα, πολυαιθυλένιο και νάιλον. Η διάμετρος των νημάτων είναι μεταξύ 10 και 30 μm και ανάλογα με τον τρόπο διάταξης των ινών, τα γεωυφάσματα διακρίνονται σε υφαντά και μη υφαντά.

Τα υφαντά προκύπτουν από τη διασταύρωση με την κλασική μέθοδο ύφανσης δύο κάθετων στρωμάτων ινών, κατά την οποία και προσδίδονται στο τελικό προϊόν οι

επιθυμητές τεχνικές ιδιότητες. Το νήμα του στημονιού κατά την ύφανση καταπονείται περισσότερο και έτσι πρέπει να είναι ανθεκτικότερο από αυτό του υφαιδιού.

Στα μη υφαντά γεωυφάσματα οι ίνες είναι ακανόνιστα διατεταγμένες, ενώ οι τεχνικές τους ιδιότητες προσδίδονται: (α) μηχανικά με τη διαδικασία της μηχανικής σύνδεσης που πραγματοποιείται με τη διάτρηση πολύ λεπτής στρώσης του συνθετικού υλικού με ειδικό σύστημα προκαλώντας έτσι την ανακατάταξη των τεμαχίων των ινών, (β) θερμικά με μονόπλευρη ή αμφίπλευρη άσκηση θέρμανσης και πίεσης του υλικού, (γ) χημικά με χημική συγκόλληση των ινών με συνθετικές ρητίνες.

Τα γεωυφάσματα, που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι σε διάφορα πάχη και βάρη (το πάχος των γεωυφασμάτων είναι μεταξύ 0,4-7mm και το βάρος 70-450 gr/m²) και διαφορετικά μεγέθη πόρων, χαρακτηρίζονται σαν πορώδη ελαστικά υλικά (άρα υδροπερατά), που εμφανίζουν μεγάλες αντοχές σε εφελκυσμό και διάτρηση. Επιπρόσθετα, δεν επηρεάζονται από τις χημικές ουσίες του περιβάλλοντος παρουσιάζοντας μεγάλη αντίσταση σε οξέα και αλκάλια.

Οι φυσικές ιδιότητες των γεωυφασμάτων αναφέρονται στην ανισοτροπία της μηχανικής αντοχής, καθώς και στη μεταβολή της παραμορφωσιμότητας και της διαπερατότητας σε συνδυασμό με τη μέθοδο ύφανσης. Στα υφαντά σημειώνεται η χαμηλότερη παραμορφωσιμότητα και η μεγαλύτερη αντοχή, ενώ στα μη υφαντά η ανισοκατανομή του μεγέθους των πόρων τα καθιστά αποτελεσματικά στην κατασκευή φίλτρων. Γενικά η χρήση τους οδηγεί σε βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων, δηλαδή σε ενίσχυση εδαφικών υλικών ανεπαρκούς αντοχής, καθώς δεν επιτρέπει την ανάμιξη των δύο υλικών. Επιπρόσθετα δεν επιτρέπουν μεταφορά των λεπτόκοκκων υλικών από το ένα στρώμα στο άλλο, ενώ παράλληλα βοηθούν στην αποστράγγιση του νερού.

Οι κύριες εφαρμογές των γεωυφασμάτων είναι ο διαχωρισμός εδαφικών στρώσεων, η αποστράγγιση, η σταθεροποίηση και η ενίσχυση των χαλαρών σχηματισμών.

Εφαρμογές:

Διαχωρισμός

Με την τοποθέτηση του γεωυφάσματος μεταξύ δύο εδαφικών στρώσεων με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες επιτυγχάνεται ασφαλής διαχωρισμός αυτών. Η χρήση του γεωυφάσματος, απομακρύνει το ενδεχόμενο ανάμιξης, χωρίς τη χρήση πορωδών

υλικών ακριβούς κοκκομετρίας ή/και άλλων προδιαγραφών και επομένως χωρίς την αυστηρή επίβλεψη που απαιτεί η αναζήτηση-χρήση τέτοιων υλικών.

Πέρα από τα γραμμικά έργα, η χρήση των γεωφασμάτων σαν υλικά διαχωρισμού επιφέρουν επίσης καλή αποστράγγιση και συνεπώς βοηθούν στη διατήρηση του αναγκαίου για τις διανομές των φορτίων πάχους του επιχώματος, γίνεται σε κάθε επίχωμα και όπου απαιτείται διαχωρισμός στρώσεων κατάλληλα διαβαθμισμένων υλικών.

Αποστράγγιση

Τα γεωφάσματα, λόγω της πορώδους και υδροπερατής μάζας τους, έχουν τύχει ευρείας εφαρμογής στον τομέα των αποστραγγίσεων. Γενικά η όλη τους δομή βοηθά στην ταχεία διέλευση νερού και αέρα, απαγορεύοντας συγχρόνως τη μετακίνηση διαμέσου αυτών ακόμα και των πλέον λεπτόκοκκων στοιχείων του εδάφους.

Έτσι λειτουργούν σαν φίλτρο στην προστασία των υλικών αποστραγγιστηρίων, όπου αποτρέπουν τις αποφράξεις αυτών από τα φερτά υλικά, διατηρώντας τα σε καλή λειτουργία για πάρα πολύ μεγάλο διάστημα. Με βάση την ιδιότητα αυτή τα γεωφάσματα χρησιμοποιούνται για να περιβάλλουν το σύστημα διατηρητών σωλήνων αποστραγγιστικού συστήματος αποτρέποντας ανεπιθύμητες αποφράξεις από τα εδαφικά υλικά του γεωλογικού σχηματισμού έδρασης.

Τα γεωφάσματα τοποθετούνται σε περιοχές που κινδυνεύουν από τις διαβρώσεις που προκαλεί η κίνηση των νερών. Έτσι σε περιοχές με χαλαρό εδαφικό υλικό από τις οποίες διέρχεται κάποιος χείμαρρος ή ποτάμι ή βρίσκονται στην ακτή, η τοποθέτηση στα πρανή της όχθης ή ακτής το γεωφάσμα επιτρέπει τη διέλευση του νερού, προστατεύοντας όμως το εδαφικό υλικό από τις ανεπιθύμητες διαβρώσεις, αποπλύσεις στοιχείων κλπ.

Ενίσχυση και σταθεροποίηση

Για την ενίσχυση και σταθεροποίηση χαλαρών σχηματισμών και ιδιαίτερα όταν αυτοί βρίσκονται σε πρανή αυτοκινητοδρόμων ή σιδηροδρομικών γραμμών, δηλαδή σε περιπτώσεις όπου η προστασία των πρανών είναι σημαντική για την ασφάλεια του έργου, τοποθετούνται γεωφάσματα που περικλείουν στρώσεις εδαφικού υλικού.

Η διαδοχική απόθεση της μιας στρώσης πάνω στην άλλη διαμορφώνουν τελικά το πρανές που έτσι είναι προστατευμένο από ανεπιθύμητες διαβρώσεις και λοιπές διεργασίες που μπορεί να προκαλέσουν αστοχία σε αυτό.

Σε τέτοιες περιπτώσεις και μετά τη διαμόρφωση της επιφάνειας έδρασης του επιχώματος που πρόκειται να ενισχυθεί με γεωύφασμα, τοποθετείται η πρώτη στρώση του γεωυφάσματος με τις λωρίδες αυτού σε επικάλυψη τουλάχιστον 10-20cm.

Στη συνέχεια με τη βοήθεια κατάλληλου ζηλότυπου διαστρώνεται και συμπυκνώνεται το υλικό του επιχώματος στις εξωτερικές του πρανούς επιφάνειες. Ακολούθως το γεωύφασμα αναδιπλώνεται προστατεύοντας τη διαμορφωμένη εξωτερική επιφάνεια του πρανούς και η άκρη αυτού αφήνεται να παγιδευτεί μέσα στο επιχωματικό υλικό.

Με την επανάληψη της ίδιας διαδικασίας διαμορφώνονται όλες οι αναγκαίες για το επιθυμητό του πρανούς στρώσεις, το πάχος εκάστης των οποίων δεν διαπερνά συνήθως το μισό μέτρο. Η εξωτερική επιφάνεια επενδύεται με κατάλληλα σώματα είτε από σκυρόδεμα είτε από άλλα υλικά με ειδικά εξαρτήματα.

Γεωμεμβράνες

Οι γεωμεμβράνες είναι λεπτά φύλλα συνθετικού υλικού κατασκευασμένα από συνθετικές πλαστικές ουσίες όπως για παράδειγμα πολυαιθυλένιο και PVC. Είναι πρακτικά αδιαπέρατες από τα διάφορα υγρά, παραμένουν ανεπηρέαστες από τα χημικά διαλύματα του υπεδάφους και χρησιμοποιούνται σε κάθε είδους στεγανοποιήσεις.

Πολλές φορές διαμορφώνονται γεωμεμβράνες με προεσοχές, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη πρόσφυση αυτών πάνω στο γεωλογικό σχηματισμό του οποίου θα ζητηθεί η στεγανοποίηση.

Είδη γεωμεμβρανών:

Ανάλογα με τα υλικά που χρησιμοποιούνται, οι μεμβράνες διακρίνονται σε απαλειφόμενες, προκατασκευασμένες, ασφαλικές και στεγανοποιητικές μεμβράνες από PVC.

Απαλειφόμενες μεμβράνες

Οι απαλειφόμενες δημιουργούνται με την επικάλυψη του χώρου ενδιαφέροντος με διάφορα συστατικά όπως εδαφικά γαλακτώματα, χημικά πολυμερή κλπ, που πολυμερίζονται επιτόπου και δημιουργούν μια ενιαία μεμβράνη. Η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται στην περίπτωση αυτή είναι πολύ εύκολη από πλευράς εφαρμογής και συντήρησης.

Προκατασκευασμένες μεμβράνες

Οι προκατασκευασμένες είναι γεωμεμβράνες βιομηχανικής προέλευσης που τοποθετούνται στο χώρο τον οποίο θα στεγανοποιήσουν με τη μορφή φύλλων. Τα φύλλα συγκολλούνται μεταξύ τους και ανάλογα με τον τρόπο συγκόλλησης οι γεωμεμβράνες διακρίνονται σε θερμοπλαστικές και μη θερμοπλαστικές. Οι πρώτες συγκολλούνται εν θερμό, ενώ οι μη θερμοπλαστικές με ψυχρές κόλλες. Με το υπόστρωμα συγκολλούνται είτε με μηχανικά μέσα είτε με ειδικές κόλλες. Εξάιρεση αποτελούν οι ασφαλτικές που συγκολλούνται στο υπόστρωμα με θέρμανση.

Ασφαλτικές μεμβράνες

Οι ασφαλτικές αποτελούν εξελιγμένη κατηγορία των προκατασκευασμένων και αποτελούν τη πλέον αξιόπιστη υγρομονωτική μεμβράνη. Οι γεωμεμβράνες αυτές διακρίνονται σε:

- Γεωμεμβράνες οξειδωμένης ασφάλτου. Έχουν μικρή διάρκεια ζωής και όχι ικανοποιητικά τεχνικά χαρακτηριστικά.
- Ελαστομερείς ασφαλτικές γεωμεμβράνες. Αποτελούνται από άσφαλτο και συνθετικό λάστιχο, έχουν ικανοποιητική διάρκεια ζωής και καλά τεχνικά χαρακτηριστικά.
- Πλαστομερείς ασφαλτικές γεωμεμβράνες. Αποτελούνται από άσφαλτο και πολυπροπυλένιο, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και ικανοποιητικά τεχνικά χαρακτηριστικά.
- Ελαστοπλαστικές ασφαλτικές μεμβράνες. Αποτελούν συνδυασμό ελαστομερών και πλαστομερών γεωμεμβρανών, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και πολύ καλά τεχνικά χαρακτηριστικά.

Στεγανωτικές μεμβράνες

Οι στεγανωτικές είναι και αυτές προκατασκευασμένες και χρησιμοποιούνται για την στεγάνωση οριζοντίων επιφανειών. Αποτελούνται από φύλλα ελαστομερών υλικών που συγκολλούνται μεταξύ τους. Οι γεωμεμβράνες αυτές διακρίνονται σε :

- Ασφαλτομεμβράνες
- Θερμοπλαστικές γεωμεμβράνες από PVC
- Γεωμεμβράνες από συνθετικό καουτσούκ και πολυαιθυλένιο υψηλής ή και χαμηλής πυκνότητας.

Γεωπλέγματα

Τα γεωπλέγματα κατασκευάζονται, όταν ένα φύλλο ρολού γεωσυνθετικού υλικού υφίσταται αρχικά τη διαδικασία της διάτρησης σε ίσες αποστάσεις και προς τις δύο διευθύνσεις, στη συνέχεια θερμαίνεται και κατόπιν επιμηκύνεται κατά τη μία ή και τις δύο διευθύνσεις διαμορφώνοντας μονοαξονικό ή μονής κατεύθυνσης ή/και διαξονικό ή διπλής κατεύθυνσης πλέγμα αντίστοιχα.

Οι τεχνικές ιδιότητες των γεωπλεγμάτων και ιδιαίτερα η αντοχή στον εφελκυσμό εξαρτώνται τόσο από τις αντοχές των επιμήκων και εγκάρσιων λωρίδων που καλούνται νευρώσεις, όσο και από αυτές των κόμβων διασταύρωσης αυτών, που καλούνται σύνδεσμοι. Τα γεωπλέγματα, το υλικό των οποίων είναι ειδικά επεξεργασμένο για να μην επηρεάζεται από τα οξέα του εδάφους.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των γεωπλεγμάτων είναι η υψηλή ανθεκτικότητα, ο πάρα πολύ μεγάλος χρόνος ζωής ακόμα και όταν είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία και η αυξημένη εφελκυστική ή και θλιπτική αντοχή αυτών. Έτσι οι κύριες εφαρμογές των γεωπλεγμάτων αναφέρονται στον διαχωρισμό εδαφικών στρώσεων, στη σταθεροποίηση και στην ενίσχυση εδαφικών σχηματισμών.⁶⁰

⁶⁰ Ρόζος, Δ. Μέθοδοι Βελτίωσης – Αντιστήριξης Εδάφους – Υπεδάφους: Σημειώσεις Μαθήματος. Τμήμα: Μηχ. Μετ. Μετ., Αθήνα: Ε.Μ.Π., 2007. Print.

13. Παράρτημα VI

Ηλιακές Αντλίες Νερού

Αντλίες Νερού - Ηλιακές Αντλίες

Η ηλιακές αντλίες συνδέονται απ' ευθείας στα φωτοβολταϊκά στοιχεία, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρισμό.

Οι ηλιακές αντλίες είναι κατάλληλες για ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών αφού μπορούν να αντλήσουν από 0 μέχρι 250 μέτρα βάθος.

Τύποι αντλιών

Οι κυριότεροι/συνηθέστεροι τύποι αντλιών είναι οι φυγοκεντρικές αντλίες και οι αντλίες θετικής εκτόπισης. Οι φυγοκεντρικές μπορεί να είναι αξονικές, ακτινικές ή μικτού τύπου. Επίσης διακρίνονται σε διάφορους τύπους ανάλογα με τον αριθμό των διαδοχικών πτερωτών, τη μέθοδο στεγανοποίησης μεταξύ άξονα και κελύφους, και πολλά άλλα στοιχεία της κατασκευαστικής διαμόρφωσης. Κάποιοι συνηθισμένοι τύποι αντλιών θετικής εκτόπισης είναι: παλινδρομική με έμβολα, περιστροφική με λοβούς, περιστροφική με γρανάζια.

Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκων αντλιων

Στις λεγόμενες αντλίες θετικής εκτόπισης το ρευστό αναγκάζεται σε κίνηση με απευθείας μηχανική δράση κάποιου μηχανισμού (π.χ. έμβολο), και επιτυγχάνεται σταθερή παροχή όγκου.

Στις φυγοκεντρικές αντλίες τα πτερύγια του ρότορα (πτερωτή) μεταβάλλουν το πεδίο ροής προσδίδοντας περιστροφή στο υγρό. Κατόπιν η αυξημένη δυναμική πίεση μετατρέπεται σε στατική πίεση στο στάτορα.

Κατάλληλη γεωμετρία/σχεδίαση των πτερυγίων του ρότορα και στάτορα είναι αναγκαία για την επίτευξη αποδεκτής υδροδυναμικής απόδοσης κατά τη λειτουργία της αντλίας, ανάλογα με τη περιοχή παροχών και πιέσεων για την οποία προορίζεται.

Μία κοινή παρανόηση είναι ότι οι αντλίες δημιουργούν πίεση. Οι αντλίες δημιουργούν ροή (παροχή) του υγρού και λόγω της αντίστασης ροής δημιουργείται η πίεση.⁶¹

⁶¹ "Αντλίες Νερού - Ηλιακές Αντλίες." *ENERGOTECH : Research & Development of Renewable Energy Sources*. Web. 15 Sept. 2010. <<http://www.energotech.gr/>>.