ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κτιριολογικές προδιαγραφές συγκροτήματος αμφιθεάτρων

Χ. Καλογρή- Α. Νάστος

Επιβλέπων: Ι. Τζουβαδάκης, Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2009

Ευχαριστίες

Στο τέλος αυτής της διπλωματικής εργασίας οφείλουμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον κ.Τζουβαδάκη Ιωάννη τόσο για τις πολύτιμες γνώσεις που μας προσέφερε όλο αυτό το διάστημα, όσο και για την προθυμία και υπομονή που έδειχνε κάθε φορά που τον είχαμε ανάγκη. Χάρη στην πολύτιμη βοήθειά του μπορέσαμε να πραγματοποιήσουμε αυτή τη μελέτη σε μικρό χρονικό διάστημα.

Ευχαριστούμε ακόμα την Αγγέλικη για την βοήθεια που μας έδωσε στην κτιριολογική σύνθεση.

Δεν πρέπει να παραλείψουμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Χαρατζά Μάνο για την βοήθεια που μας προσέφερε στην προετοιμασία της παρουσίασης της διπλωματικής μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

Περίληψη 5

Πρόλογος 7

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγικές έννοιες και ιστορικά στοιχεία αμφιθεάτρου 9

Κεφάλαιο 2: Γενικές αρχές σχεδιασμού αμφιθεάτρου 14

Κεφάλαιο 3: Ακουστικός σχεδιασμός αμφιθεάτρου 26
3.1: Αρχές ακουστικού σχεδιασμού 26
3.2: Επαρκής ακουστότητα 28
3.3: Κατανομή του ήχου, ηχοδιάχυση 36
3.4: Αντήχηση-βέλτιστος χρόνος αντήχησης 40
3.5: Αποφυγή ακουστικών λαθών 43
3.6: Αίθριο και ακουστική 49
3.7: Ακουστικός σχεδιασμός σε αμφιθέατρο, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων 50

Κεφάλαιο 4: Φυσικός φωτισμός και σύγχρονα συστήματα φωτισμού 67
4.1: Φυσικός φωτισμός 67
4.2: Σύγχρονα συστήματα φωτισμού και εξοικονόμηση ενέργειας 89

Κεφάλαιο 5: Θέρμανση-ψύξη-αερισμός αμφιθεάτρου 98
5.1: Αερισμός φυσικός-τεχνητός 105
5.2: Συστήματα θέρμανσης-κλιματισμού αμφιθεάτρου 116
5.3: Έλεγχος θορύβου στις εγκαταστάσεις κλιματισμού 128

Κεφάλαιο 6: Μονώσεις σε ένα αμφιθέατρο 135
6.1: Θερμομόνωση αμφιθεάτρου 136
6.2: Ηχομόνωση αμφιθεάτρου 152
6.3: Στεγανοποίηση αμφιθεάτρου 161

Κεφάλαιο 7: Πυροπροστασία 173
7.1: Παθητική πυροπροστασία 174
7.2: Ενεργητική πυροπροστασία 187

7.3: Νομοθεσία πυροπροστασίας 192

Κεφάλαιο 8: Βιοκλιματικός σχεδιασμός 196
8.1: Οικολογική δόμηση 199
8.2: Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης 206
8.3: Παθητικά συστήματα δροσισμού 209
8.4: Ενεργητικά συστήματα σε ένα αμφιθέατρο 215
8.5: Συστήματα θέρμανσης-ψύξης και βιοκλιματικός σχεδιασμός 224
8.6: Διαχείρηση του κύκλου του νερού 228
8.7: Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού 229

Κεφάλαιο 9: Η κυκλοφορία εντός του αμφιθεάτρου 231
9.1: Κλίμακες 231
9.2: Διάδρομοι-οδεύσεις διαφυγής 242

Κεφάλαιο 10: Εφαρμογή σχεδιασμού αμφιθεάτρου σε εκπαιδευτικό ίδρυμα 249

Παράρτημα Α: Έκθεση και σχολιασμός επιλεγμένων αμφιθεάτρων 259

Παράρτημα Β: Ανάλυση κτιριολογικών στοιχείων πρότασης 275

Συντομεύσεις

Βιβλιογραφία

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τις γενικές αρχές σχεδιασμού ενός αμφιθεάτρου. Αρχικά γίνεται μια αναδρομή, στην εξέλιξη του στο πέρασμα του χρόνου, από το πρώτο αμφιθέατρο μέχρι και σήμερα. Εν συνεχεία περιγράφονται βασικές παράμετροι σχεδιασμού του, όπως είναι ο ακουστικός σχεδιασμός, ο φυσικός και τεχνητός φωτισμός, η απαραίτητη θέρμανση-ψύξη και αερισμός, οι μονώσεις και η προβλεπόμενη πυροπροστασία. Επιπροσθέτως, γίνεται λόγος για την κυκλοφορία εντός του, που επιβάλλεται για την άνετη χρήση του, και γίνεται εκτενής αναφορά για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό του αμφιθεάτρου. Τέλος, παρουσιάζεται μια εφαρμογή σχεδιασμού αμφιθεάτρου σε εκπαιδευτικό ίδρυμα όπου είναι το συγκρότημα αμφιθεάτρων στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

The present long essay is concerned with the basic principles of planning and designs an amphitheatre. In the beginning, is quoted a historical retrospection from the first amphitheatre until these days. Afterwards, its basic parameters of design are described in this essay, such as the acoustics, the natural and artificial lighting, the necessary heating-cooling and ventilation, the insulation and the predictable fire insurance. In addition, the circulation within the amphitheatre and the ecological design are mentioned at length to this dissertation. In conclusion, an application of amphitheatre's design of a university is presented, which is the amphitheater complex at civil engineering school, at Zografou Campus.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία που έχετε στα χέρια σας εκπονήθηκε από τους φοιτητές του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. Καλογρή Χρύσα και Νάστο Αλέξανδρο, στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των προπτυχιακών σπουδών τους, με την επιστημονική υποστήριξη του καθηγητή Ι.Τζουβαδάκη.

Το παρόν βιβλίο παρουσιάζει διεξοδικά όλες εκείνες τις παραμέτρους που χρειάζονται, για τον σωστό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό ενός αμφιθεάτρου και μερικές κατασκευαστικές λύσεις. Αποτελεί μέρος της διπλωματικής εργασίας, η οποία παρουσιάζει την αρχιτεκτονική σύνθεση του συγκροτήματος αμφιθεάτρων και των βοηθητικών χώρων αυτών, οπού πρόκειται να ανεγερθεί στη σχολή πολιτικών μηχανικών, σε παρακείμενο οικόπεδο, στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Στο τέλος της παρούσας εργασίας επισυνάπτονται τα σχέδια των αμφιθεάτρων και των βοηθητικών χώρων του συγκροτήματος, βάσει των οποίων έγινε η μελέτη της κτιριολογικής σύνθεσής τους.

Ελπίζουμε ότι η παρούσα διπλωματική εργασία θα αποτελέσει βοήθημα για τον αρχιτέκτονα μηχανικό αλλά και για τους σπουδαστές που θέλουν να αντιληφθούν τις βασικές αρχές σχεδιασμού και κατασκευής ενός αμφιθεάτρου τόσο μεμονωμένα όσο και σαν κομμάτι ενός πανεπιστημιακού συγκροτήματος.

- Στο **Κεφάλαιο 1** γίνεται μια ιστορική αναδρομή από την αρχαιότητα έως σήμερα, όπου αναφέρεται η εξέλιξη και η λειτουργία του αμφιθεάτρου στο πέρασμα των χρόνων, κάποια γλωσσικά στοιχεία και γίνεται αναφορά σε κάποια ιστορικά αμφιθέατρα.

- Στο **Κεφάλαιο 2** δίνονται στον ενδιαφερόμενο οι γενικές αρχές σχεδιασμού ενός αμφιθεάτρου, όπου πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνουν χωροταξικές συμβουλές για έναν σωστό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τον κατάλληλο εξοπλισμό του.

- Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται λόγος για τα προβλήματα που δημιουργούνται από ανεπαρκή ακουστικό σχεδιασμό σε έναν χώρο κι επίσης παρέχονται μέτρα αποφυγής των προβλημάτων αυτών σε αμφιθέατρα και συνεδριακά κέντρα. Παρουσιάζονται επιπλέον όλες οι παράμετροι για έναν σωστό ακουστικό σχεδιασμό και ορισμένα παραδείγματα. Στο τέλος επισυνάπτονται μετρήσεις ακουστικής του Πανεπιστημίου Πατρών.

- Στο **Κεφάλαιο 4** εξετάζονται όλοι οι πιθανοί τρόποι φυσικού φωτισμού ενός αμφιθεάτρου, παρατίθενται επιστημονικά πειράματα και προτείνονται οι βέλτιστες λύσεις φυσικού φωτισμού του. Στη συνέχεια περιγράφονται και συγκρίνονται τα σύγχρονα συστήματα τεχνητού φωτισμού και γίνεται αναφορά στους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας μέσω αυτών.

- Στο **Κεφάλαιο 5** αναφέρθηκε η σημασία της ποιότητας του αέρα των εσωτερικών χώρων, διεξοδικά όλοι οι τρόποι θέρμανσης και ψύξης ενός αμφιθεάτρου, επισημαίνοντας τους πλέον χρησιμοποιούμενους, τονίζοντας τρόπους που εξοικονομούμε ενέργεια από τη θέρμανση και την

ψύξη και τέλος παρέχονται πρακτικές οδηγίες για τον έλεγχο του θορύβου των εγκαταστάσεων.

- Στο **Κεφάλαιο 6** μελετώνται η θερμομόνωση, η ηχομόνωση και η στεγάνωση ενός αμφιθεάτρου. Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται λεπτομερώς τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται σε ένα αμφιθέατρο, διάφορα ηχομονωτικά υλικά που βελτιώνουν την ακουστική του και κατασκευαστικές λύσεις όπου παρουσιάζονται στα συνημμένα σχήματα.

- Στο **Κεφάλαιο 7** περιγράφονται οι τρόποι πυροπροστασίας ενός αμφιθεάτρου όπου γίνεται διάκριση σε ενεργητική και παθητική πυροπροστασία. Πιο συγκεκριμένα αναφέρθηκε η συμπεριφορά των υλικών και των δομικών στοιχείων ενός αμφιθεάτρου στη φωτιά, στα πυροδιαμερίσματα, στις οδεύσεις διαφυγής, στα αυτόματα συστήματα πυρανίχνευσης και καταιονισμού και γίνεται αναφορά σε σχετική νομοθεσία.

- Στο **Κεφάλαιο 8** αναλύεται η οικολογική δόμηση ενός αμφιθεάτρου με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Γίνεται εκτενέστερη ανάλυση στα παθητικά ηλιακά συστήματα, στα ενεργητικά ηλιακά συστήματα και στα φωτοβολταϊκά στοιχεία, καθώς και στο ρόλο του πρασίνου σε ένα αμφιθέατρο και στα συστήματα παθητικού δροσισμού. Τέλος γίνεται αναφορά στον τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας από την θέρμανση και την ψύξη, στα συστήματα ανάκτησης θερμότητας και στην διαχείριση του κύκλου του νερού.

- Στο **Κεφάλαιο 9** ασχολούμαστε με την κυκλοφορία εντός του αμφιθεάτρου και πιο συγκεκριμένα περιγράφονται οι αρχές σχεδιασμού μιας κλίμακας, ο τύπος, τα υλικά και οι απαιτούμενες διαστάσεις που χρησιμοποιούνται ευρέως σε ένα αμφιθέατρο. Επίσης γίνεται εκτενής αναφορά στους διαδρόμους-οδεύσεις διαφυγής του αμφιθεάτρου, οπού αναφέρονται όλες οι απαραίτητες λεπτομέρειες για τον σχεδιασμό τους.

- Στο **Κεφάλαιο 10** παρουσιάζεται το περιγραφικό κτιριολογικό πρόγραμμα απαιτήσεων για την κατασκευή Συγκροτήματος Αμφιθεάτρων στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Επίσης παρουσιάζεται και το λειτουργικό κτιριολογικό πρόγραμμα υπό μορφή πινάκων.

- Στο **Παράρτημα Α** εμφανίζονται ορισμένες φωτογραφίες, όψεις και κατόψεις πανεπιστημιακών και όχι μόνο αμφιθεάτρων από την Ελλάδα και όλο τον κόσμο.

- Στο **Παράρτημα Β** περιλαμβάνεται η ανάλυση των κτιριολογικών στοιχείων της πρότασης, δηλαδή οι απαραίτητοι πίνακες (εξοπλισμού, σχέσεων χώρων μεταξύ τους, υλικών και ωραρίων λειτουργίας χώρων) και όλα τα σχέδια που συντελούν στην κτιριολογική σύνθεση του συγκροτήματος.

Στο τέλος παρατίθεται εκτενής ειδική και γενική βιβλιογραφία, ώστε να βοηθηθεί ο ενδιαφερόμενος να εμβαθύνει περισσότερο σε θέματα και λεπτομέρειες που δεν περιλαμβάνονται στην αναφερθείσα ύλη της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγικές έννοιες και ιστορικά στοιχεία αμφιθεάτρου

Ορισμός αμφιθεάτρου

Με τον όρο **Αμφιθέατρο** χαρακτηρίζεται:

1. Το κυκλικό ή ελλειψοειδές θέατρο που ονομάζεται έτσι από την επικλινή και κυκλοτερή διάταξη των καθισμάτων των θεατών («*αμφί=πέριξ τας έδρας*»), εξ ου και το επίθετο και επίρρημα αμφιθεατρικό, αμφιθεατρικά επί της σημασίας από ύψους θέας σε αντιδιαστολή των επιπέδων θεάτρων όπου η θέα δυσχεραίνεται από τα πρώτα καθίσματα ή κερκίδες.
2. *(γενικότερα)* η αίθουσα διδασκαλίας, συναυλιών, συνεδρίων που έχει καθίσματα σε κλιμακωτή διάταξη.
3. *(συνεκδοχικά)* το σύνολο των θεατών ή ακροατών σε ένα αμφιθέατρο. [33]

Ιστορικά το αμφιθέατρο είναι ρωμαϊκό κατασκεύασμα που προήλθε από την ένωση δύο ελληνικών αντιτακτών θεάτρων που πιθανώς να κατασκευάστηκαν για να καλύπτουν μεγάλο χρόνο παραστάσεων έτσι ώστε οι θεατές να μην έχουν τις ακτίνες του ήλιου αντίθετα. Το πρώτο αμφιθέατρο κατασκευάσθηκε το 59 π.Χ. στη Ρώμη από τον Sribonius Curio που ήταν ξύλινο με μεγάλη παλαίστρα προερχόμενη από την ένωση δύο ορχηστρών. Το διπλό αυτό θέατρο (είδος θεάτρου) τελειοποιήθηκε από τον Καίσαρα όπου και ονομάσθηκε *Αμφιθέατρο* για το σχήμα και τη διάταξή του. [32]

Τα αμφιθέατρα διαδόθηκαν σε όλη τη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία με σύνηθες σχήμα ελλειψοειδές, σπανιότερα κυκλικό που χρησιμοποιούνταν όχι βεβαίως για θεατρικές παραστάσεις αλλά μόνο για μονομαχίες, θηριομαχίες, μικρές αρματοδρομίες κλπ. γι΄ αυτό και δεν έφεραν σκηνή αλλά τη λεγόμενη «κονίστρα» που ονομάζονταν έτσι από την άμμο με την οποία και καλύπτονταν. Η κονίστρα περιβάλλονταν από προστατευτικό τείχος πάνω από το οποίο φέρονταν οι κερκίδες σε τρία μεγάλα οριζόντια τμήματα που χωρίζονταν με διαζώματα. Τα τμήματα αυτά λέγονταν moeniana. Το δε ανώτερο βασίζονταν σε δικό του κρηπίδωμα. Το όλο οικοδόμημα έφερε στέγη υπό μορφή σκηνής. Προς τη κονίστρα οδηγούσαν δύο πύλες η «*της ζώσης σαρκός*», από την οποία εισέρχονταν οι αγωνιζόμενοι και η «*νεκρική*», από την οποία και απομακρύνονταν οι νεκροί. [32]

Το αρχαιότερο σωζόμενο αμφιθέατρο είναι το περίφημο Κολοσιαίο που ανεγέρθηκε από τον Βεσπασιανό και είχε χωρητικότητα 100.000 θεατών. [16]

Κολοσσαίο

(Εικ. 1.1,Κολοσσαίο, πηγή διαδίκτυο)

Εξωτερική άποψη του καλύτερα διατηρημένου τμήματος του Κολοσσαίου

Το **Amphitheatrum Flavium** ή καλύτερα γνωστό με την ονομασία **Colosseum** (Κολοσσαίο, *το Γιγαντιαίο*) ήταν ένα αμφιθέατρο στην Ρώμη. Βρίσκεται στη ΝΑ. πλευρά της Ρωμαϊκής Αγοράς (*Forum Romanum*). [16]

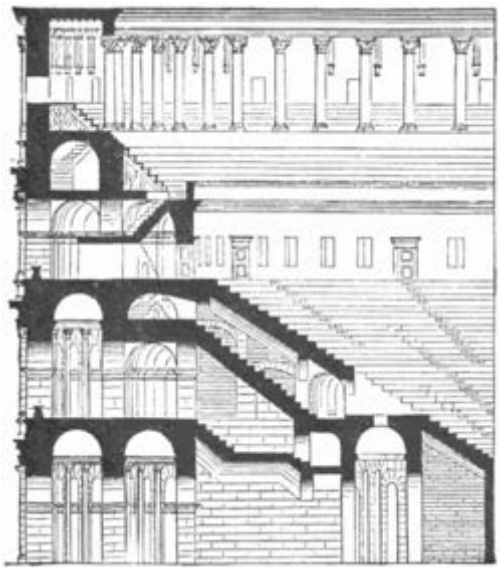
Ιστορία

Το Κολοσσαίο άρχισε να κατασκευάζεται στην εποχή του Βεσπασιανού το 72 μ.Χ., συνεχίστηκε την εποχή του Τίτου και τέλειωσε όταν ήταν αυτοκράτορας ο Δομιτιανός. Ονομαζόταν αμφιθέατρο των Φλαβίων , απ' το όνομα της δυναστείας των αυτοκρατόρων που το έκτισαν. Για να κατασκευαστεί, εργάστηκαν χιλιάδες Ιουδαίοι αιχμάλωτοι που είχαν συλληφθεί από τον Τίτο μετά την καταστροφή των Ιεροσολύμων. [16]

Μπορούσε να χωρέσει 45.000 θεατές και είχε σχήμα έλλειψης με περιφέρεια 524 μέτρων. Το ύφος του έφτανε τα 48 μέτρα και είχε 4 ορόφους. Από αυτούς, οι τρεις πρώτοι είχαν αψίδες και ο 4ος 40 παράθυρα. Πάνω από τον 4ο όροφο υπήρχε στοά. Το εσωτερικό του Κολοσσαίου ήταν χωρισμένο σε κερκίδες, ενώ στο κέντρο του είχε κονίστρα που χωριζόταν από τις κερκίδες με ένα ψηλό βάθρο. Κάτω από την κονίστρα βρίσκονταν τα υπόγεια. Το Κολοσσαίο έμεινε θρυλικό ως το κέντρο των αιμοχαρών θεαμάτων που απολάμβανε η ρωμαϊκή αυλή στην εποχή της παρακμής της. Η ορχήστρα είχε διαμορφωθεί κατάλληλα για να πραγματοποιούνται ναυμαχίες, μονομαχίες και θηριομαχίες τις οποίες χρηματοδοτούσαν οι Ρωμαίοι αυτοκράτορες. Εκεί γίνονταν επίσης μαρτύρια χριστιανών. [16]

Σήμερα

Μετά από σεισμούς και λεηλασίες κατά την διάρκεια των αιώνων είναι σήμερα ερείπιο και ένα από τα δημοφιλέστερα τουριστικά αξιοθέατα της σύγχρονης Ρώμης. Ο Πάπας το επισκέπτεται κάθε Μεγάλη Παρασκευή, εις μνήμην τον χριστιανών μαρτύρων. [16]



Τομή του κτιρίου

(Εικ. 1.2, τομή Κολοσσαίου, πηγή διαδίκτυο)

Αμφιθέατρο της Πούλα

Η ρωμαϊκή αρένα της Πούλα

(Εικ. 1.3, αμφιθέατρο της Πούλα, πηγή διαδίκτυο)

Αρένα είναι το όνομα του αμφιθεάτρου που βρίσκεται στην πόλη Πούλα (Κροατία). Η Αρένα είναι το μόνο ρωμαϊκό αμφιθέατρο που έχει διασωθεί με τέσσερις πλευρικούς πύργους και με τους τρεις ρωμαϊκούς αρχιτεκτονικούς ρυθμούς. Είναι το έκτο μεγαλύτερο ρωμαϊκό αμφιθέατρο και ένα σπάνιο παράδειγμα, ανάμεσα στα 200 ρωμαϊκά αμφιθέατρα που διασώθηκαν, μοναδικών τεχνολογικών επιτευγμάτων. Είναι ακόμα το καλύτερα διατηρημένο μνημείο της Κροατίας. [32]

Περιγραφή

Ο εξωτερικός τοίχος είναι κατασκευασμένος από ασβεστόλιθο. Τα τόξα του ελλειπτικού αμφιθεάτρου έχουν διαστάσεις, 132,45μ. και 105,10 μ. Το μέγιστο ύψος του εξωτερικού τοίχου είναι 29,40 μ. Τα δύο πρώτα επίπεδα έχουν 72 αψίδες, ενώ το τελευταίο έχει 64 ορθογώνια ανοίγματα. Μπορεί να φιλοξενήσει 23.000 θεατές. Η αρένα, το μέρος των αγώνων, έχει διαστάσεις, 67,95μ.x 41,65 μ. Ο χώρος αυτός διαχωριζόταν από το κοινό με μεταλλικές πύλες. Η αρένα είχε συνολικά 15 πύλες. Μια σειρά από υπόγειους διαδρόμους κάτω από την αρένα, χρησιμοποιούνταν για τη

μεταφορά των ζώων, των σκηνικών καθώς και των μονομάχων. Καταστήματα και αποθηκευτικοί χώροι βρίσκονταν κάτω από τις θέσεις των θεατών. Καθένας από τους τέσσερις πύργους είχε δύο δεξαμενές με αρωματισμένο νερό που τροφοδοτούσε μια πηγή ή ριχνόταν στους θεατές. Το αμφιθέατρο μπορούσε να καλυφθεί με *velarii* (μεγάλα πανιά), που προστάτευαν τους θεατές από τον ήλιο και τη βροχή. [32]

Ιστορία

Το αμφιθέατρο χτίστηκε τον 1ο αιώνα από τον αυτοκράτορα Αύγουστο, ενώ στη συνέχεια ανακατασκευάστηκε και επεκτάθηκε από τον αυτοκράτορα Βεσπασιανό (το 79 μ.Χ.). Ολοκληρώθηκε από τον αυτοκράτορα Τίτο το 81 μ.Χ. Το αμφιθέατρο λειτουργούσε έως τον 5ο αιώνα, όταν ο αυτοκράτορας Ονόριος απαγόρευσε τις μονομαχίες. Στο μεσαίωνα το εσωτερικό της αρένας χρησιμοποιούνταν ως βοσκότοπος, για αγώνες των Ιπποτών της Μάλτας αλλά και για εμποροπανηγύρεις. Κατά τη διάρκεια των αιώνων χρησίμευσε και ως λατομείο κάτι που έγινε τελευταία φορά το 1709 για την κατασκευή του καμπαναριού του καθεδρικού ναού. Το 1816 ο Ελβετός αρχιτέκτονας, Πιέτρο Νόμπιλε, ανέλαβε της ανακατασκευή του με εντολή του αυτοκράτορα Φραγκίσκου 1ου της Αυστρίας. Σήμερα χρησιμοποιείται για θεατρικές παραστάσεις αλλά και για το Κινηματογραφικό Φεστιβάλ του καλοκαιριού.

Ιστορική αρχιτεκτονική συνέχεια των αμφιθεάτρων είναι τα σημερινά ανά τον κόσμο Στάδια αθλητικών αγώνων. Αμφιθεατρικό σχήμα έχουν επίσης οι πανεπιστημιακές αίθουσες, οι αίθουσες προβολής και παρουσίασης και οι αίθουσες των συνεδριακών κέντρων. [32]

Ιστορία θεαμάτων

Γενικά το αμφιθέατρο υπήρξε δημιούργημα βάρβαρων εθίμων όπως της μονομαχίας και θηριομαχίας στα οποία προσέτρεχαν οι Ρωμαίοι με πάθος για να βλέπουν σκοτωμούς αίματα και πτώματα δυστυχισμένων μονομάχων ή καταβροχθισμούς αυτών από άγρια θηρία που με επιμέλεια διατηρούνταν σε εσωτερικούς χώρους αυτών καλλιεργώντας έτσι τα πλέον άγρια ένστικτα. Η ιστορία των μονομαχιών στην αρχαία Ρώμη μέσα στα αμφιθέατρα αποτελεί ένα θλιβερό κεφάλαιο δημόσιου βίου της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας γεμάτο από τραγικές σκηνές, αλληλοσπαραγμούς και άφθονης αιματοχυσίας μόνο και μόνο για ευχαρίστηση και ψυχαγωγία του εκβαρβαρωμένου ψυχικά λαού. [32]

Αρκεί να σημειωθεί ότι ο Αυτοκράτορας Τραϊανός προκειμένου να εορτάσει τον θρίαμβό του κατά των Δακών διέταξε σειρά αγώνων πολλαπλών μονομαχιών κατά τους οποίους αλληλοσφάγησαν 10.000 περίπου μονομάχοι. Στρατολογούνταν δε αυτοί από τους κατάδικους και δούλους πολλοί εκ των οποίων όμως κατέρχονταν στους αγώνες δελεαζόμενοι από την πραγματικά πολύ υψηλή αμοιβή που έφθανε περίπου τις 20.000 προπολεμικές δραχμές. [32]

Τα βάρβαρα αυτά θεάματα των αμφιθεάτρων είχαν γίνει τόσο απαραίτητα από τη μακρά συνήθεια ώστε διατηρήθηκαν για πολλούς αιώνες μέχρι που με αυστηρό διάταγμα του Μέγα Κωνσταντίνου απαγορεύτηκαν τελείως. Αλλά και πάλι οι Ρωμαίοι με διάφορους τρόπους διατήρησαν τις μονομαχίες μέχρι το 404 που καταργήθηκαν

οριστικά από τον Ονώριο. Οι θηριομαχίες όμως διατηρήθηκαν επί μακρύ ακόμα διάστημα παρ΄ όλες τις επεμβάσεις χριστιανών επισκόπων. [32]

- Χαρακτηριστικός παρέμεινε στην ιστορία ο χαιρετισμός Άβε Καίσαρ που ακούγονταν στο χώρο του αμφιθεάτρου από τους μονομάχους όπως επίσης και η κίνηση του αντίχειρα του αυτοκράτορα προς τα κάτω ή προς τα άνω (πολύ σπάνια) για την τελική ή όχι θανατική καταδίκη.

- Κατάλοιπο εκείνων των θηριομαχιών σε εκλεπτυσμένη μορφή και χαρακτήρα είναι οι σημερινές ταυρομαχίες στην Ισπανία. [32]

Φωτογραφία αρχαίου αμφιθεάτρου

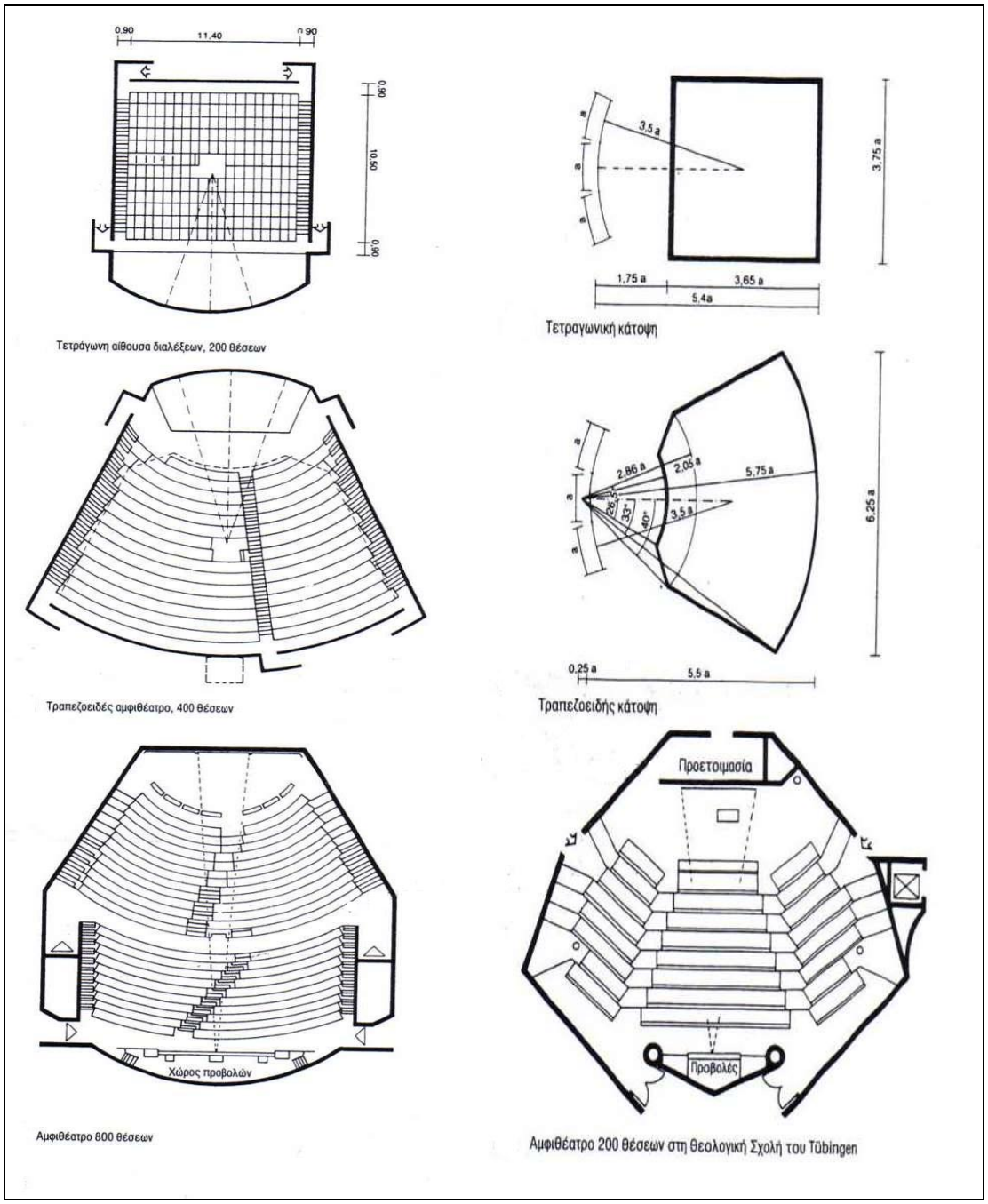
*το αρχαίο **αμφιθέατρο** στη Δωδώνη*

(Εικ. 1.4, αμφιθέατρο στη Δωδώνη, πηγή διαδίκτυο)

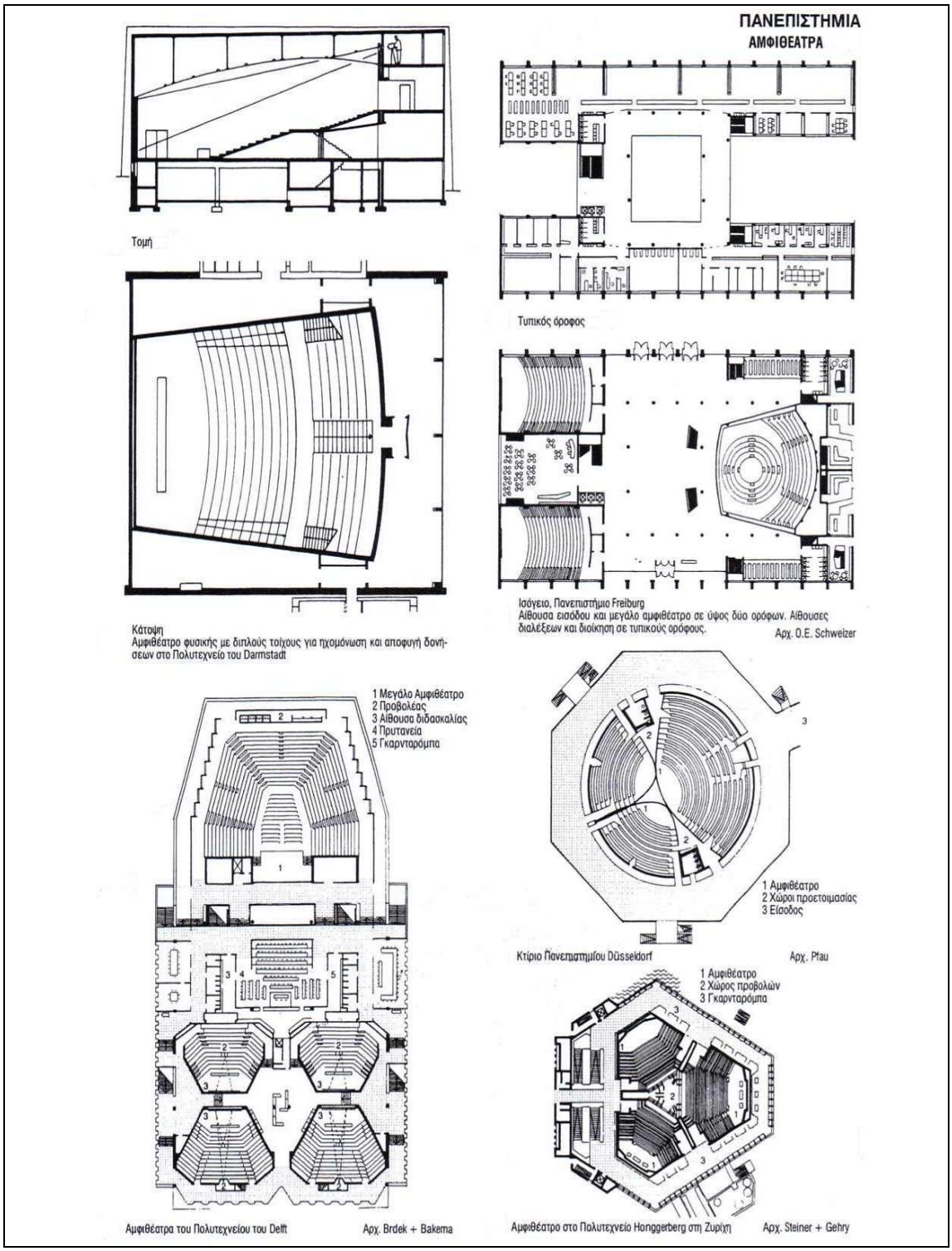
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Γενικές αρχές σχεδιασμού αμφιθεάτρου

Σ' αυτό το κείμενο θα ασχοληθούμε με κάποιες βασικές αρχές σχεδιασμού ενός αμφιθεάτρου. Συνηθεστέρα χρησιμοποιούμενα μεγέθη αμφιθεάτρων είναι αυτά των 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800 θέσεων παραδείγματα των όποιων φαίνονται στις παρακάτω συνημμένες φωτογραφίες και κατόψεις. [2]

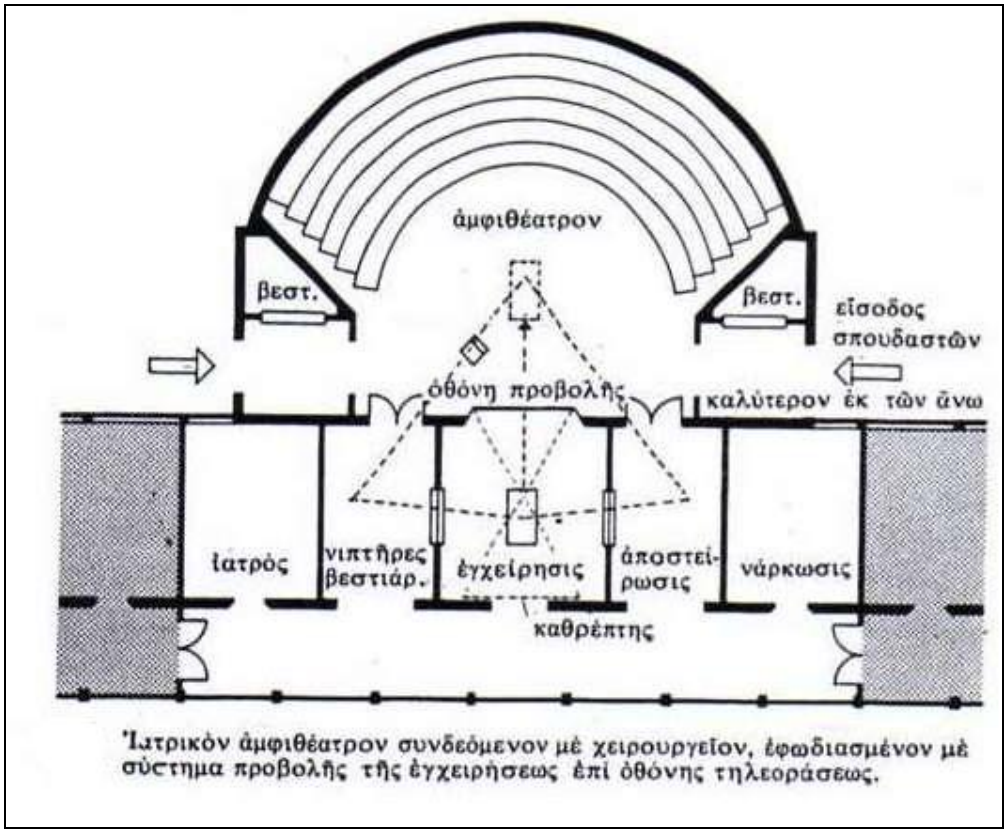


(Εικ. 2.1, διάφοροι τύποι αμφιθεάτρων ανάλογα με τη χωρητικότητα, πηγή 2)



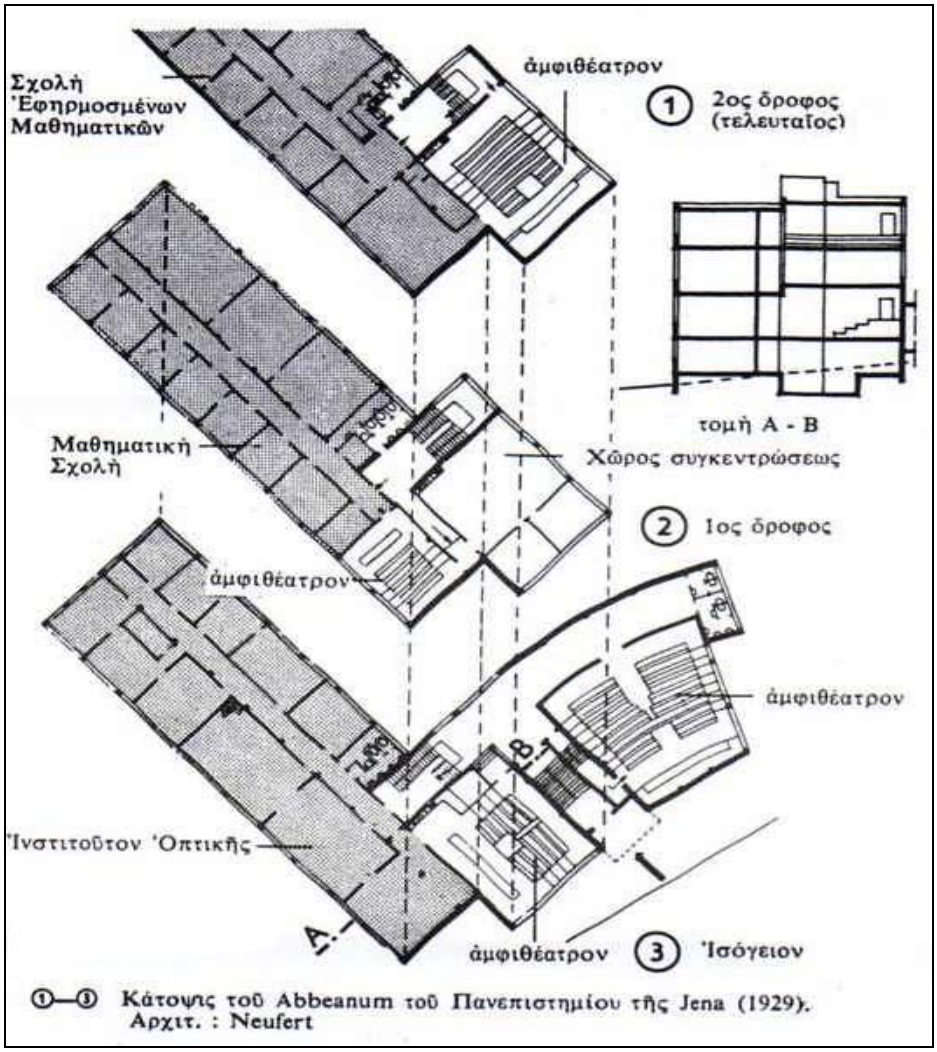
(Εικ. 2.2, διάφορες κατόψεις αμφιθεάτρων, πηγή 2)

Αμφιθέατρα μέχρι 200 θέσεων, με ύψος ορόφου περίπου 3,5 m εντάσσονται στο κτίριο της κάθε σχολής. Το κοινό αμφιθέατρο πρέπει να βρίσκεται στο ισόγειο και να έχει τη δυνατότητα απεριορίστου ύψους και πιθανόν, φωτισμού από την οροφή. Τα επιμέρους αμφιθέατρα δύνανται να τοποθετηθούν όντος των ινστιτούτων σε συνήθη όροφο. [2]



(Εικ. 2.3, κάτοψη ιατρικού αμφιθεάτρου, πηγή 15)

Αμφιθέατρα με μεγαλύτερο υψόμετρο πρέπει να αποτελούν ξεχωριστές κτιριακές εγκαταστάσεις, χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το νέο (χωριζόμενο) αμφιθέατρο της σχολής πολιτικών μηχανικών 300 περίπου ατόμων το όποιο έχει ύψος ορόφου περίπου 5 μέτρα και ως εκ τούτου δεν εντάσσεται σε κτίριο της σχολής. Μεγάλα αμφιθέατρα για διαλέξεις τοποθετούνται σε ειδικά κτίρια. Τα μικρότερα αμφιθέατρα για διαλέξεις ανά ειδικότητα τοποθετούνται στα κτίρια κάθε ειδικότητας. Η είσοδος των αμφιθεάτρων πρέπει να είναι χωριστή από την είσοδο στους χώρους των εργαστηριών κατά το δυνατόν κοντά σε εξωτερικό χώρο, εφόσον γειτνιάζει με τα τελευταία. Όσον αφόρα την θέση της στο χώρο πρέπει να βρίσκεται στο πίσω τμήμα (εφόσον έχει κλίση προς τα πίσω) πίσω από την τελευταία σειρά καθισμάτων ή ενδιάμεσα σε μέσο ύψος αν το αμφιθέατρο είναι πολύ μεγάλο, όπως στις κατόψεις αμφιθεάτρων που δίνονται. Ο καθηγητής-ομιλητής θα εισέρχεται από είσοδο που θα βρίσκεται κοντά στην έδρα, είτε απευθείας από το γραφείο του είτε δια μέσου τις αίθουσας των συλλόγων οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν συγχρόνως για μαθήματα και για εργαστήρια. [1], [15]

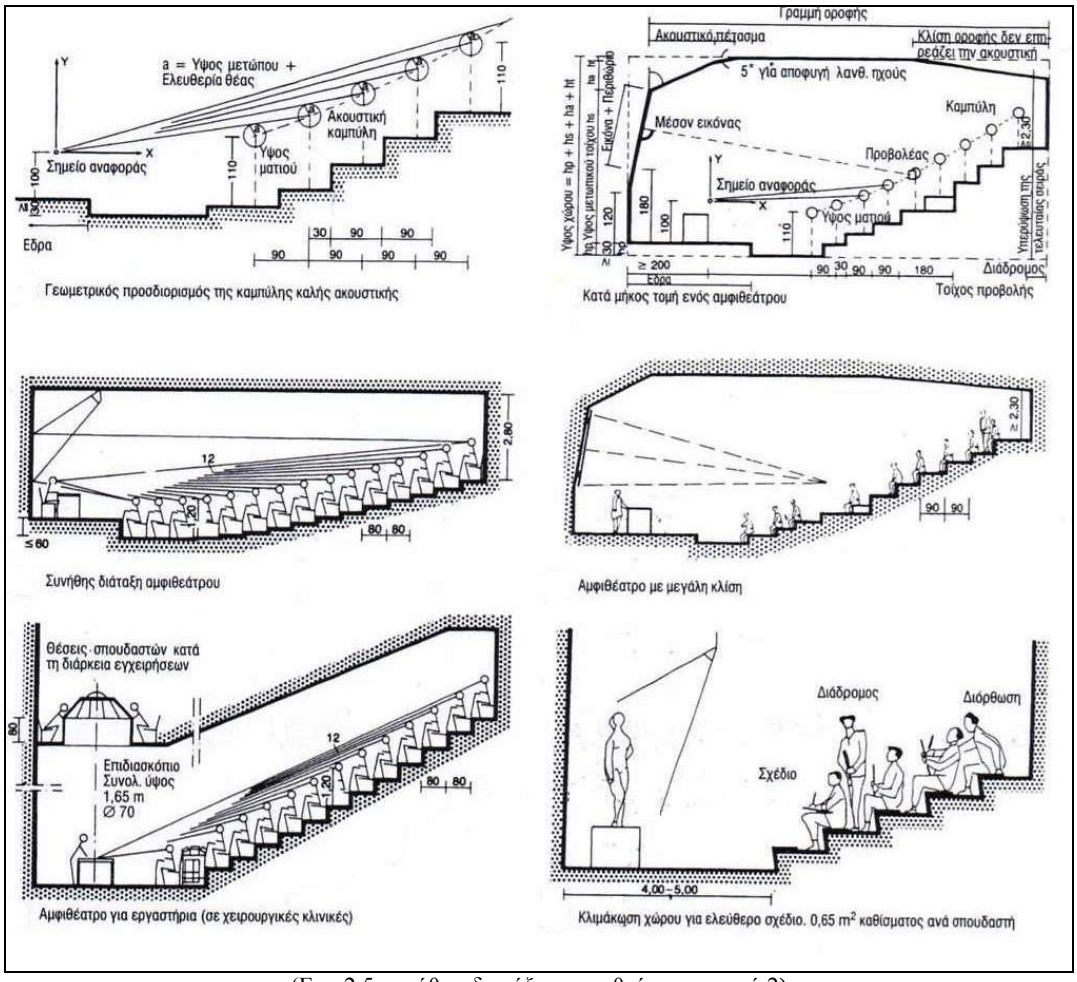


(Εικ. 2.4, κάτοψη πανεπιστημιακού αμφιθεάτρου, πηγή 1)

Τώρα, όσον αφόρα τις προσπελάσεις, δηλαδή τους διαδρόμους μεταξύ των καθισμάτων, η διάταξη τους εξαρτάται από τις διαστάσεις και το σχήμα του αμφιθεάτρου. Για μικρές αίθουσες αν τα παράθυρα δεν ανοίγουν προς τα μέσα ένα πέρασμα 60-75 εκατοστών κατά μήκος των παραθύρων είναι επαρκές. Κεντρικό πέρασμα 85-100 εκατοστά είναι το επιθυμητό και το πέρασμα στο βάθος της αίθουσας να είναι 75-85 εκατοστά. Αν τα αμφιθέατρα είναι πιο βαθιά, οι διάδρομοι θα πρέπει να είναι λίγο πιο φαρδείς, αν είναι φαρδείς θα πρέπει να προβλεφτεί ένα δεύτερο μεσαίο πέρασμα 75-100 εκατοστά που θα μπορεί να στενέψει προς την έδρα. Για τα μαθήματα στα οποία οι φοιτητές καλούνται να βγουν στον πινάκα πρέπει να προβλεφτεί ένα πέρασμα μεταξύ κάθε σειράς καθισμάτων (πλάτος 55 εκατοστών) ή πτυσσόμενα καθίσματα τοποθετημένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί κάνεις να βγει χωρίς να ενοχλήσει τους διπλανούς του και χωρίς για το λόγο αυτό να χάνεται χώρος. Το ελεύθερο ύψος των κατασκευασμένων αμφιθεάτρων σε περίπτωση όπου το δάπεδο είναι κεκλιμένο (στις περισσότερες των περιπτώσεων) καλό είναι να μην είναι μικρότερο από 5 m μετρούμενο από το υψηλότερο σημείο του κεκλιμένου δαπέδου. [1], [15]

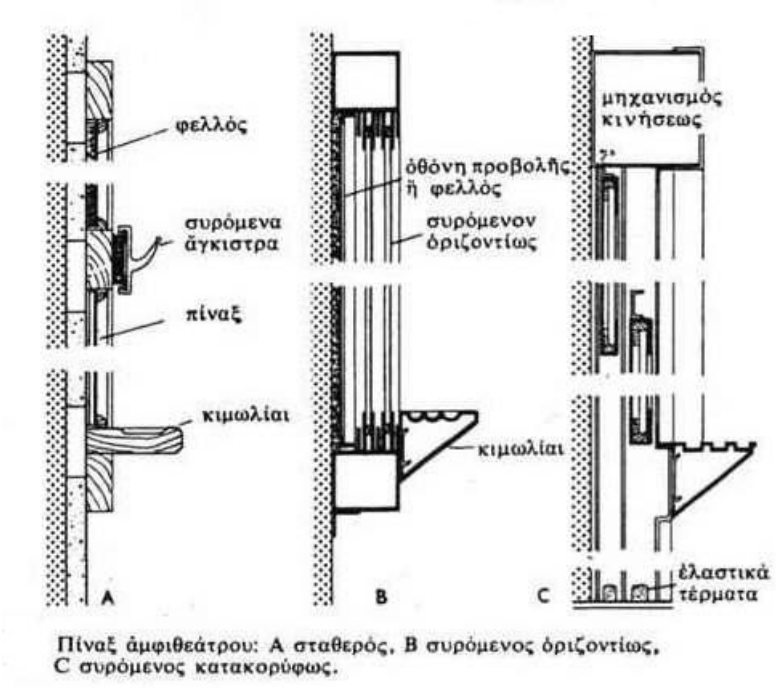
Η απόσταση της πρώτης σειράς καθισμάτων από τον πινάκα διδασκαλίας θα πρέπει να είναι 2,5-3 μέτρα. Όσον αφόρα την εξέδρα πρέπει να διαθέτει ύψος από 20-60

εκατοστά πάνω από το δάπεδο τις πρώτης σειράς των καθισμάτων, έτσι ώστε να επιτευχθεί καλή ακουστική και ορατότητα μέσα στο χώρο.
Απαιτήσεις χώρου ανά ακροατή εξαρτάται από την κλίση του δαπέδου, τη μορφή του καθίσματος και το βάθος του αναλογίου.
Για να έχω καλή διαρρύθμιση θα πρέπει η επιφάνεια ανά φοιτητή να είναι 0,70-0,80 m^2. Στην πράξη συνήθως επιφάνεια ανά φοιτητή είναι 0,60-0,80m^2 η 0,55-0,75m^2 λογά έλλειψης χώρου. Ο συνολικά απαιτούμενος χώρος ανά σπουδαστή σε μεγάλα αμφιθέατρα και πυκνή διάταξη είναι 0,6 m^2, ενώ για αμφιθέατρα με κανονική διάταξη είναι 0,8-0,95m^2. [1], [15]



(Εικ. 2.5,συνήθεις διατάξεις αμφιθεάτρων , πηγή 2)

Εάν το αμφιθέατρο έχει φυσικό φωτισμό από τη μια πλευρά, η γωνία πρόσπτωσης του φωτός στην πλέον απομακρυσμένη θέση πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση των 25 μοιρών.
Η έδρα αναλόγως των αναγκών, είναι είτε σταθερή με παροχή νερού, φυσικού αερίου και ηλεκτρισμού, είτε κινητή, όποτε πρέπει να προβλέπονται οι παραπάνω παροχές επί της κατακόρυφου επιφάνειας της πρώτης σειράς καθισμάτων. [1], [15]



Ο πινάκας του αμφιθεάτρου μπορεί να είναι σταθερός, κινούμενος οριζοντίως ή κινούμενος κατακορύφως. Όσον αφόρα τα ειδή μπορεί να είναι κιμωλίας η μαγνητικός. Οι διαστάσεις των πινάκων είναι μεταβλητές. Το καλύτερο είναι να χρησιμοποιούνται διπλοί επάλληλοι ανασυρόμενοι πινάκες κιμωλίας. Να προβλέπεται σύστημα φωτισμού του πινάκα. [1], [15]

(Εικ. 2.6, πίνακες αμφιθεάτρου, πηγή 1)

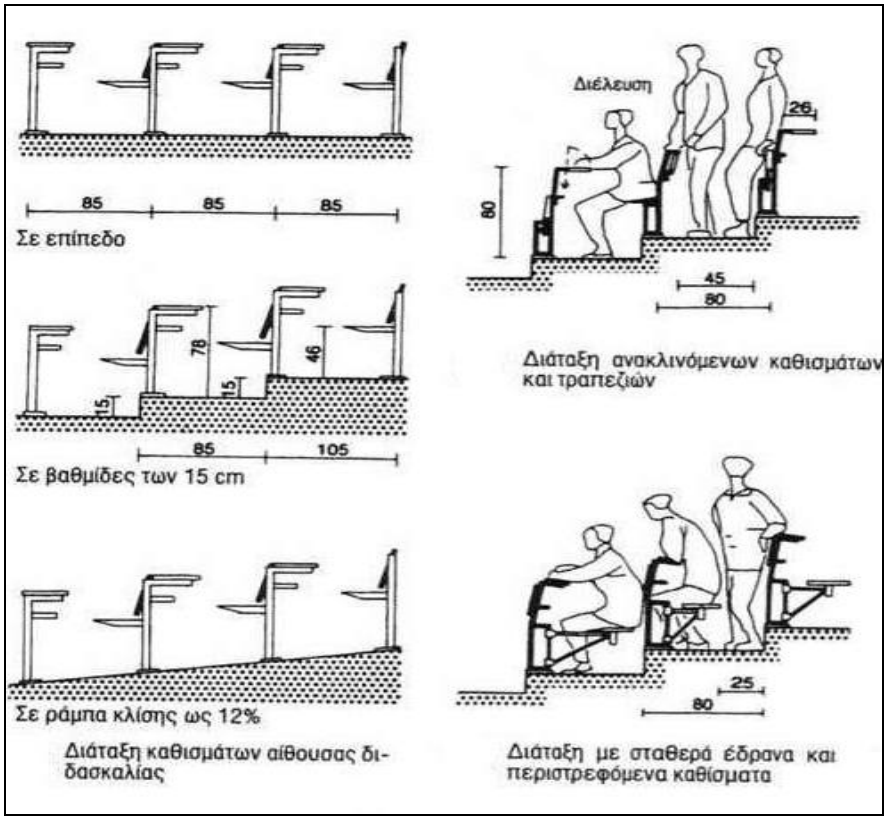
Στα μεγάλα αμφιθέατρα τα καθίσματα τοποθετούνται με βαθμίδες (τυπική διάταξη φαίνεται στα σχήματα) λόγω των απαιτήσεων για καλή ακουστική και ορατότητας της έδρας, ιδιαιτέρως όταν πρόκειται για εργαστηριακά μαθήματα όπως για παράδειγμα χειρουργείο στην Αμερική όπου για να μπορούν οι σπουδαστές να παρακολουθούν τις επεμβάσεις, προβλέπεται ειδικό σύστημα παραθύρων πάνω από την χειρουργική τράπεζα. Άρα ανάλογα με τις διαλέξεις ανά ειδικότητα, τον αριθμό των ακροατών και τον τρόπο διδασκαλίας (διαλέξεις με διαφάνειες, οπτικοακουστικές εγκαταστάσεις) αλλάζει και η κλίση των αμφιθεάτρων. Γενικά για χειρουργική, ενδοκρινολογία, φυσική, τα αμφιθέατρα έχουν μεγάλη κλίση, που καθορίζεται από την επιθυμητή γωνία θέασης γραφικά η υπολογιστικά. [1], [2], [15]

- Αμφιθέατρα θεωρητικών έχουν πινάκα και επιφάνεια προβολής καθώς και ελαφρά κεκλιμένο επίπεδο για την τοποθέτηση των καθισμάτων.
- Αμφιθέατρα θετικών επιστήμων με επίδειξη πειραμάτων έχουν έντονη κλίση.
- Αμφιθέατρα ιατρικής (όπως αναφέρθηκε ήδη) με επίδειξη εγχειρήσεων έχουν επίσης έντονη κλίση. [2]

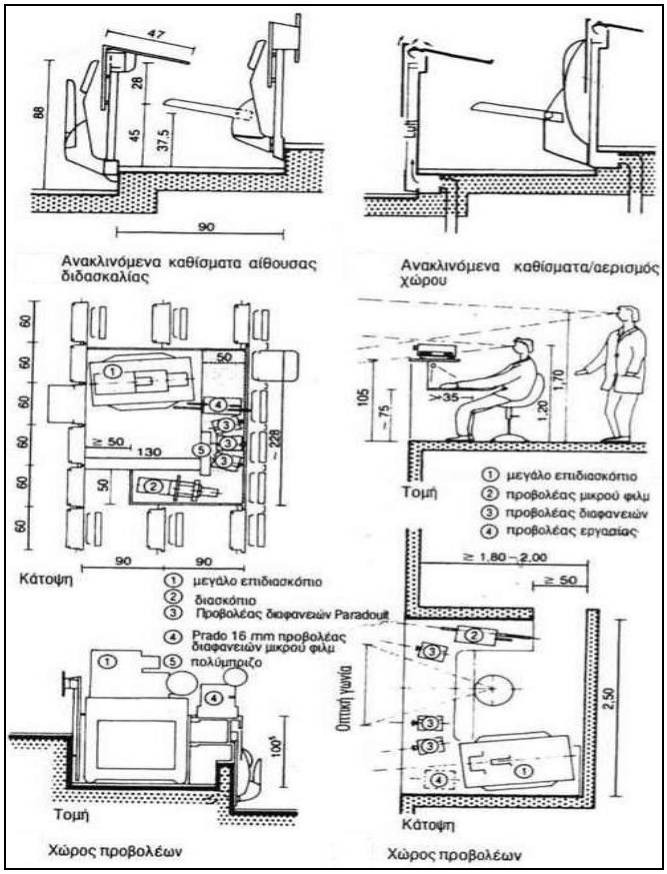
Η επίπλωση των αμφιθεάτρων σε στοιχειά που συνδυάζουν αναδιπλούμενο ή ανακρινόμενο κάθισμα, πλάτη καθίσματος και γραφείο-αναλόγιο, που συνήθως είναι σταθερά στερεωμένα στο δάπεδο. Χαρακτηριστική διάταξη φαίνεται στα σχήματα.

Σήμερα τα καθίσματα είναι συνήθως από χαλύβδινους σωλήνες με ξύλινο κάθισμα και πλάτη, βέβαια και άλλοι τύποι καθισμάτων είναι διαθέσιμοι στην αγορά. Στο αμφιθέατρο θα πρέπει να υπάρχει οθόνη προβολής διαμορφωμένη κοίλη ή επίπεδη στον μετωπικό τοίχο του αμφιθέατρου. [2], [15]

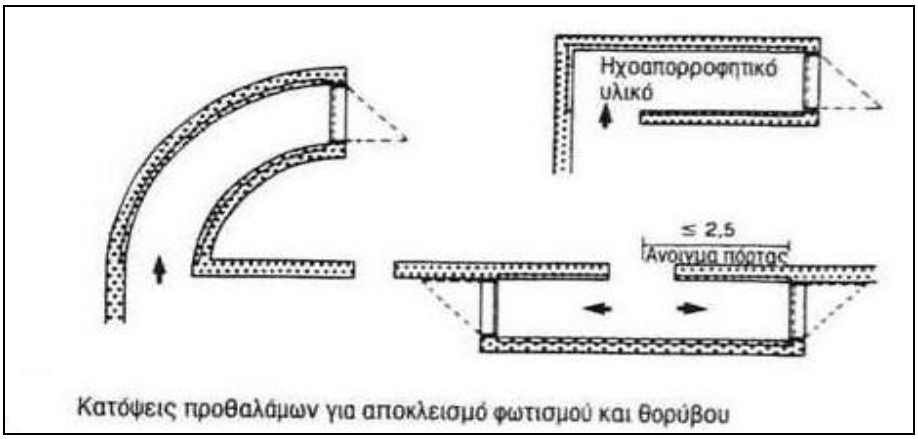
(Εικ. 2.7, καθίσματα αμφιθεάτρου, πηγή διαδίκτυο)



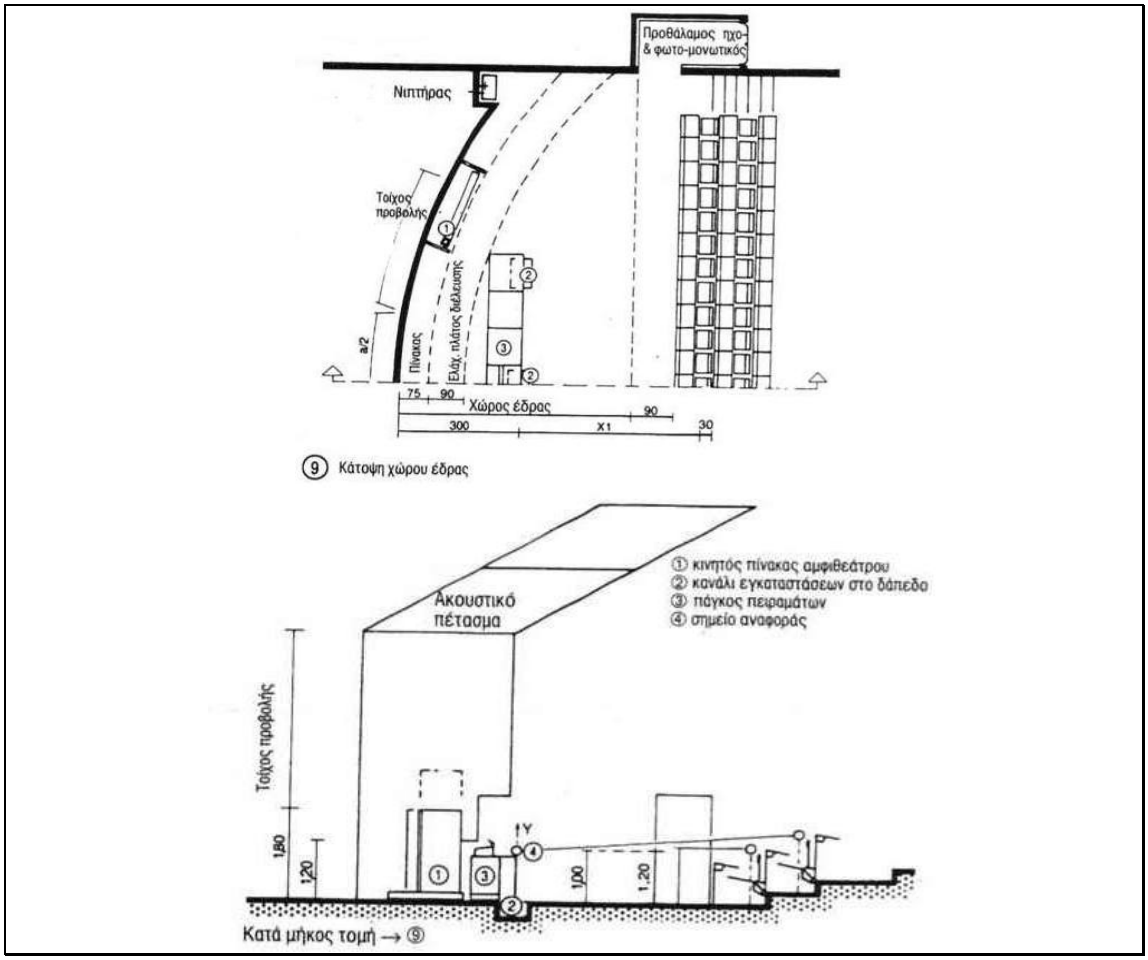
(Εικ. 2.8, διατάξεις καθισμάτων, πηγή 2)



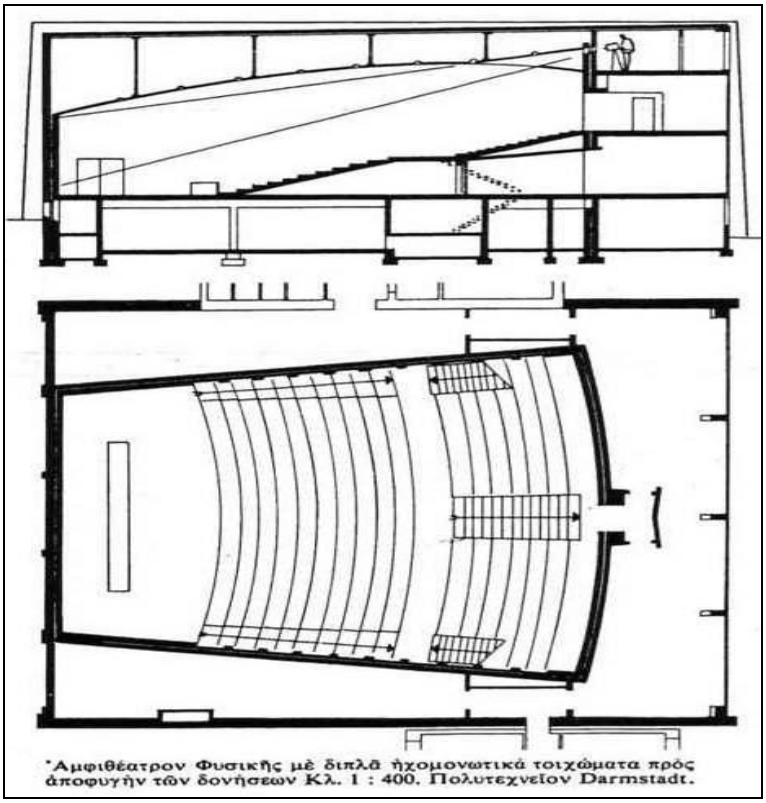
(Εικ. 2.9, ανακλινόμενα καθίσματα και χώροι προβολέων, πηγή 2)



(Εικ. 2.10, κάτοψη προθάλαμου, πηγή 2)

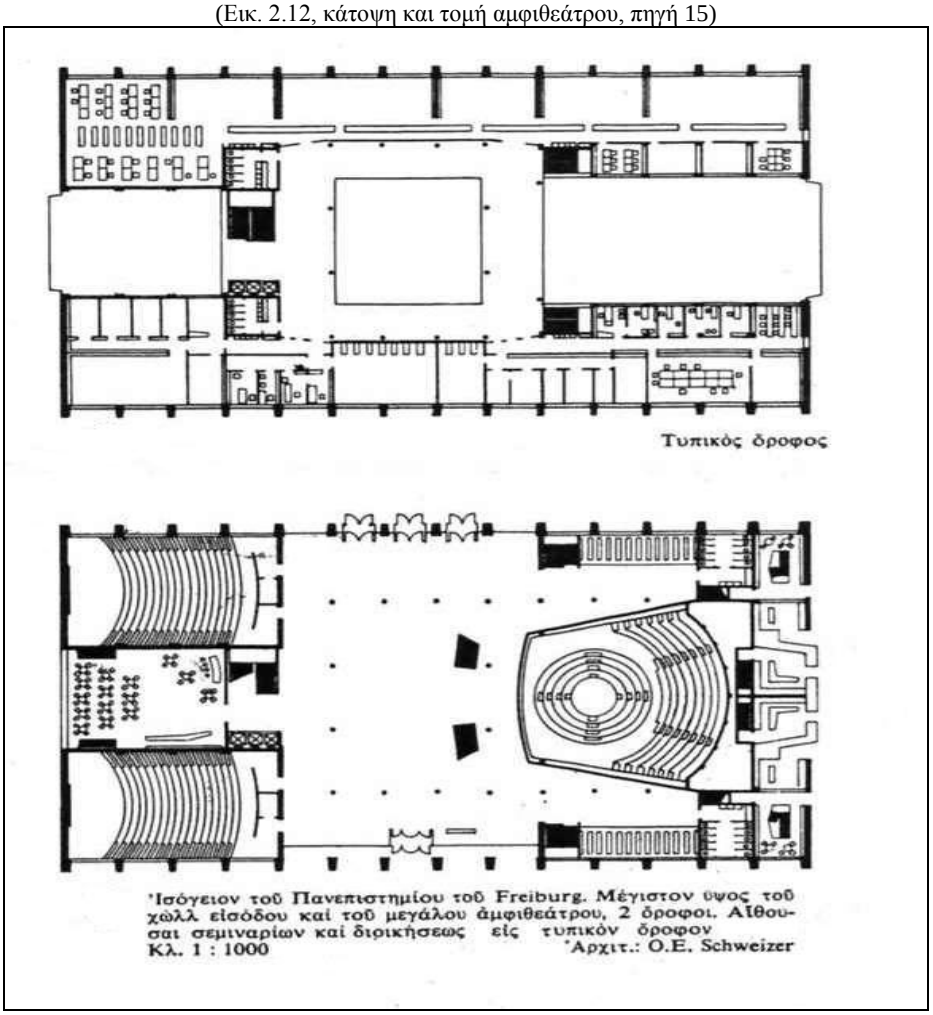


(Εικ. 2.11, κάτοψη και τομή, πηγή 2)



Ἀμφιθέατρον Φυσικῆς μὲ διπλᾶ ἠχομονωτικά τοιχώματα πρὸς ἀποφυγὴν τῶν δονήσεων Κλ. 1 : 400. Πολυτεχνεῖον Darmstadt.

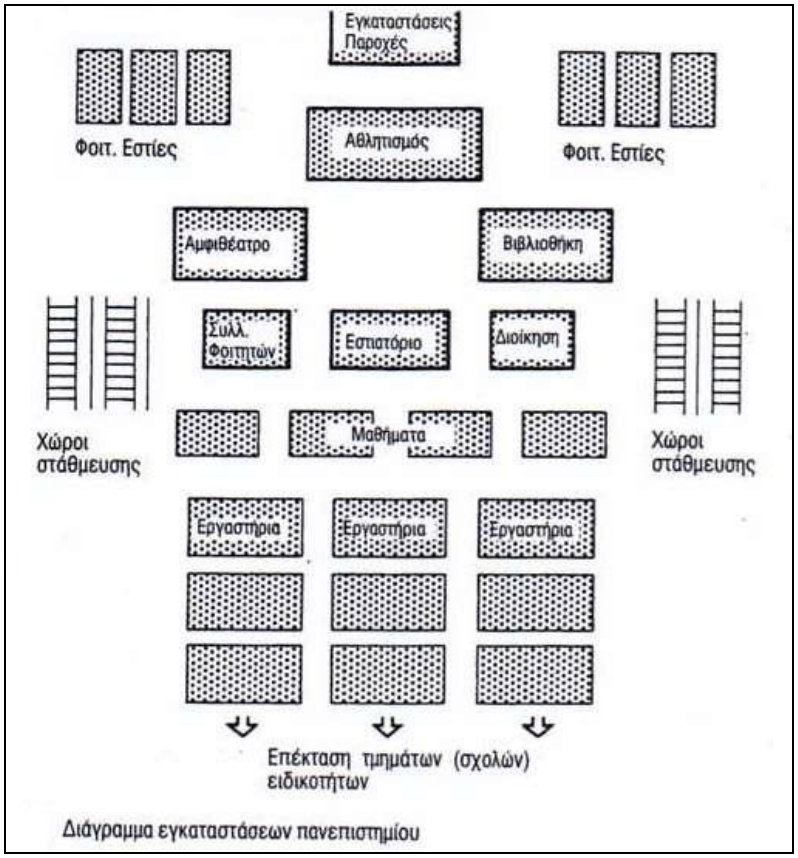
(Εικ. 2.12, κάτοψη και τομή αμφιθεάτρου, πηγή 15)



(Εικ. 2.13, κάτοψη και τομή αμφιθεάτρου, πηγή 15)

Η φωνή του ομιλούντος από έδρας θα πρέπει να φτάνει κατά το δυνατόν ομοιόμορφα σε όλους τους ακροατές χωρίς να δημιουργείται ενοχλητική ηχώ. Ενδείκνυται η τοποθέτηση αναρτημένων ψευδοροφών για ανάκλαση και απορρόφηση. Ο πίσω τοίχος θα πρέπει να καλύπτεται με ηχοαπορροφητικό υλικό, οι υπόλοιποι τοίχοι να είναι λείοι. Ένταση φωτισμού σε κλειστό αμφιθέατρο 600 Lx(DIN5035). Για περισσότερες πληροφορίες ανατρέξτε στο κεφάλαιο 3 του ακουστικού σχεδιασμού, σελίδα 26. [2]

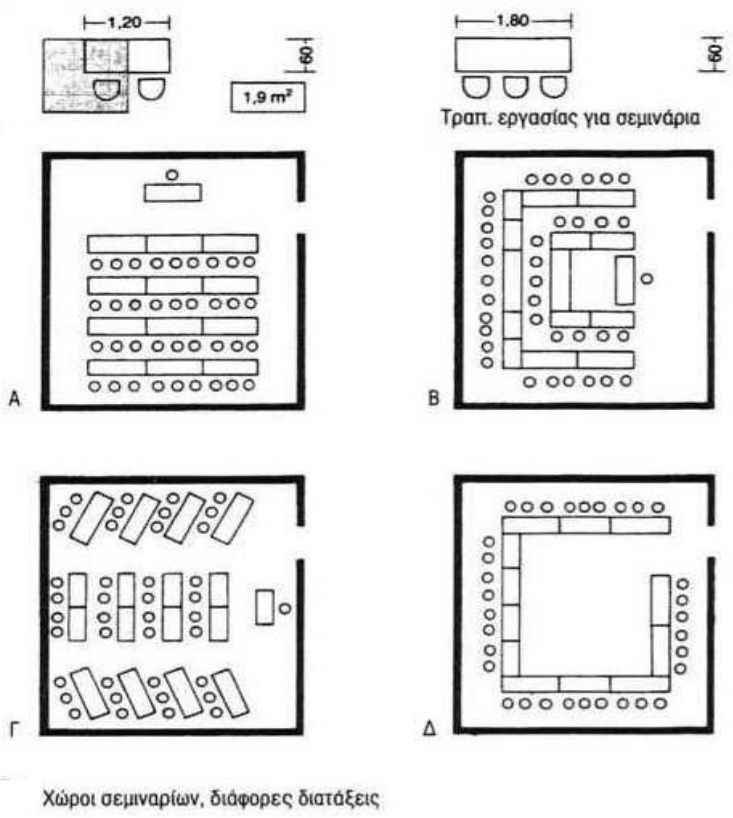
Τα αμφιθέατρα αποτελούν συνήθως κομμάτι κεντρικών εγκαταστάσεων πανεπιστημίων. Οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν: μεγάλο αμφιθέατρο, αίθουσα εκδηλώσεων, διοίκηση, κοσμητεία, φοιτητικός σύλλογος. Επιπλέον βιβλιοθήκες, εστιατόρια, εγκαταστάσεις αθλητισμού, φοιτητικές εστίες, χώροι στάθμευσης. Οι τεχνικές εγκαταστάσεις των κεντρικών χώρων είναι η θέρμανση και οι κεντρικές εγκαταστάσεις, βεβαία ανάλογα με τα τμήματα και την επιστημονική κατεύθυνση γίνονται ειδικές εγκαταστάσεις. Η βασική διαρρύθμιση όλων των χώρων των τμημάτων είναι: αμφιθέατρα για βασικές και ειδικές διαλέξεις, σεμινάρια και χώροι ομαδικής εργασίας (εν μέρει με θέσεις pc) για εμβαθυνση των μαθημάτων, ειδικές βιβλιοθήκες, χώροι εξυπηρέτησης του επιστημονικού προσωπικού, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες εξετάσεων. [2]



(Εικ. 2.14, διάγραμμα εγκαταστάσεων πανεπιστημίου, πηγή 2)

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΩΝ

Για κάθε αμφιθέατρο θα πρέπει να υπάρχει ένας άμεσα προσδόκιμος βοηθητικός χώρος, χωρίς κάποια σταθερή λειτουργία που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν αποθήκη. Σε όλες τις αίθουσες παρουσίασης πειραμάτων θα πρέπει να υπάρχει ικανοποιητικός χώρος προετοιμασίας, που διατάσσεται διπλά και στο ίδιο επίπεδο με την έδρα. Ελάχιστες διαστάσεις: ορθογώνιο αμφιθέατρο περίπου 0,2–0,25 τετραγωνικά μετρά ανά θέση. Τραπεζοειδούς κάτοψης αμφιθέατρο 0,15-0,18 τετραγωνικά μετρά ανά θέση. Για φυσικές επιστήμες και ιατρική 0,2-0,3 τετραγωνικά μετρά ανά θέση. Για τη λειτουργία ενός κτίσματος με αμφιθέατρο απαιτούνται επιπρόσθετα επιφάνειες για αποθήκευση και για παραμονή πρόσωπων. Χώρος για τεχνικό προσωπικό συντήρησης του αμφιθέατρου, χώρος για καθαριστές, αποθήκη για ανταλλακτικά, λάμπες, πινάκες αμφιθέατρου, ρουχισμό κλπ. Ελάχιστο μέγεθος ανά χώρο 15 τετραγωνικά μετρά, συνολική επιφάνεια των βοηθητικών χώρων τουλάχιστον 50-60 τετραγωνικά μέτρα. Για ιματιοθήκες και εγκαταστάσεις μπάνιου χονδρική υπολογίζεται και για τους δυο χώρους μέγεθος 0,15-0,16 τετραγωνικά μετρά ανά θέση. [2]



Χώροι σεμιναρίων, διάφορες διατάξεις

Όσον αφόρα τους χώρους σεμιναρίων τα συνήθη μεγέθη είναι 20, 40, 50, 60 θέσεων με κινητά γραφεία δυο θέσεων διαστάσεων 1,2*0,6 m^2. Ο χώρος που αναλογεί σε κάθε σπουδαστή είναι 1.9-2,0 τετραγωνικά μέτρα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι διατάξεων των γραφείων για διαλέξεις , ομαδική εργασία, pc, γλωσσικά εργαστήρια , εργαστήρια και συνεδριάσεις με ίδιο αριθμό θέσεων, βλέπε κατόψεις σχήματος 2.15. [2]

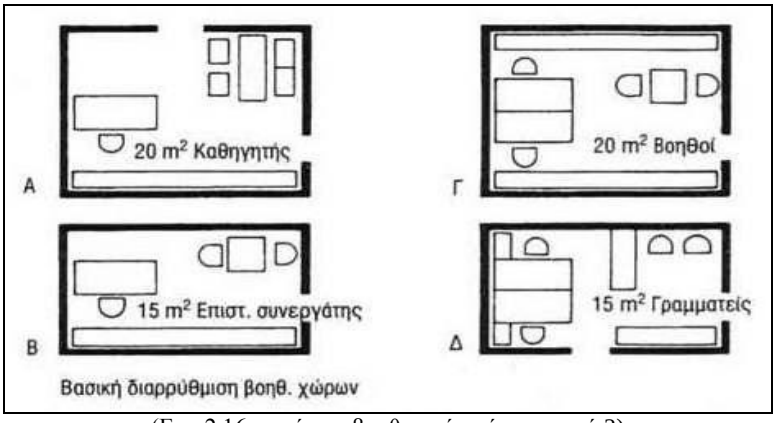
(Εικ. 2.15, κατόψεις με διάφορες διατάξεις, πηγή 2)

Για το επιστημονικό προσωπικό ο χώρος που αντιστοιχεί είναι ο εξής :

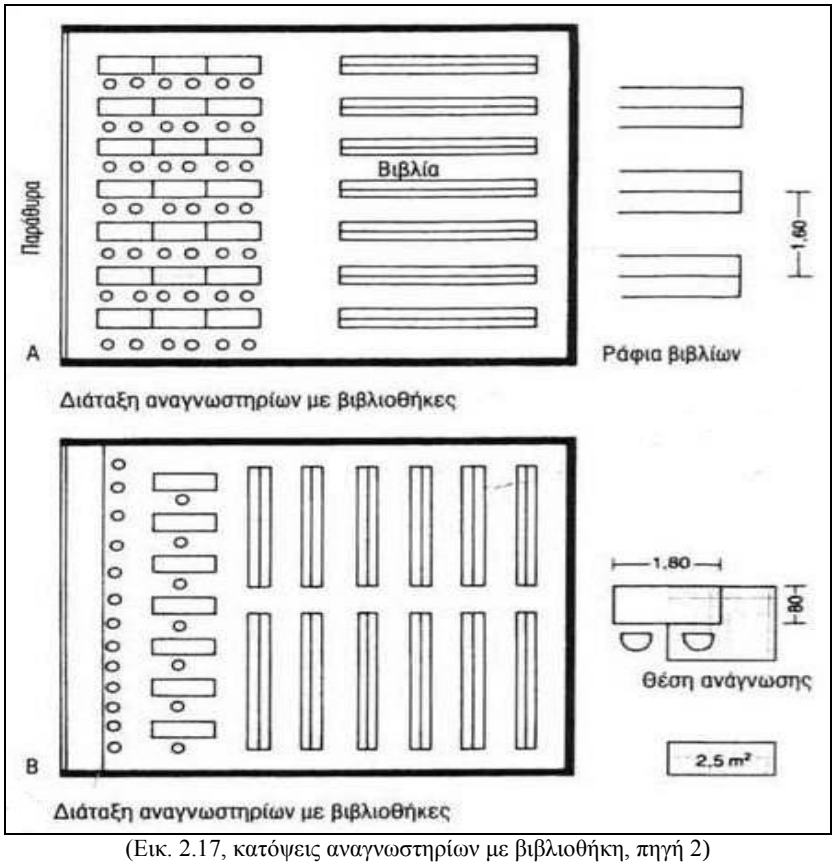
- Καθηγητής 20-24 τετραγωνικά μέτρα.
- Επιμελητής 15 τετραγωνικά μέτρα.
- Βοηθοί 20 τετραγωνικά μέτρα.
- Γραμματείς 15 τετραγωνικά μέτρα.

Η βιβλιοθήκη θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα έλεγχου των βιβλίων μέσω bar–code και να παρέχει τη δυνατότητα δανεισμού στα μελή της. Όσον αφόρα τα βιβλία θα το-

ποθετηθούν σε ράφια (30000-200000 τόμοι) 6 έως 7 καθ' ύψος με συνολικό ύψος 2 μέτρα. Η απόσταση μονάδων ραφιών είναι 1,5-1,6 μέτρα. Ο χώρος που αναλογεί είναι 1,0-1,2 τετραγωνικά μέτρα ανά 200 τόμους. Τέλος για το αναγνωστήριο το πλάτος του είναι 0.9-1,0 μέτρο ανά 0,8 μέτρα. Η επιφάνεια που αντιστοιχεί ανά θέση εργασίας είναι 2,4-2,5 τετραγωνικά μέτρα. Επίσης να υπάρχει ελεγχόμενη είσοδος με χώρους φύλαξης προσωπικών αντικειμένων (κλειδωμένα ντουλάπια), καταλόγους, χώρο φωτοτυπικών μηχανημάτων. [2]



(Εικ. 2.16, κατόψεις βοηθητικών χώρων, πηγή 2)



(Εικ. 2.17, κατόψεις αναγνωστηρίων με βιβλιοθήκη, πηγή 2)

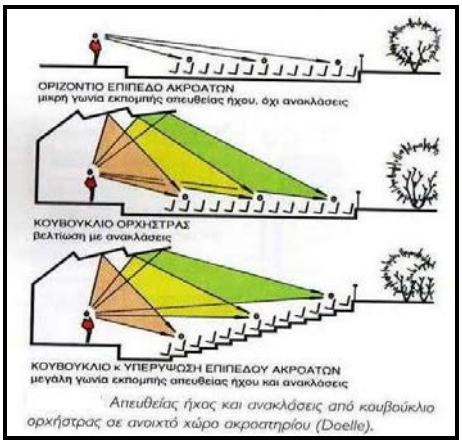
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ακουστικός σχεδιασμός αμφιθεάτρου

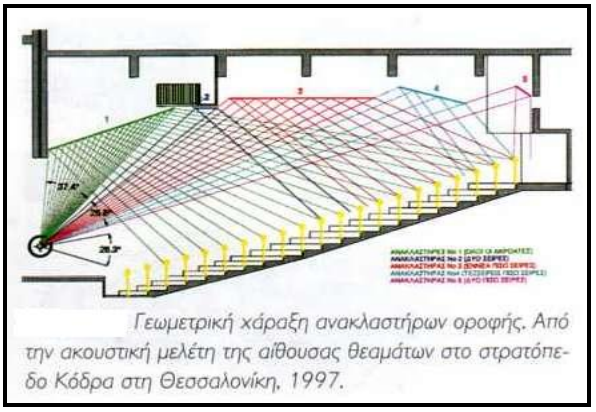
Ένα σημαντικό κομμάτι του αμφιθεάτρου, το οποίο χρήζει ιδιαιτέρας αναφοράς, είναι ο ακουστικός σχεδιασμός. Για να αναλογιστούμε τη σπουδαιότητα του ακουστικού σχεδιασμού σε ένα αμφιθέατρο αρκεί να αναφέρουμε ότι εδώ και χρονιά (όχι πολλά) έχει αναπτυχθεί ειδικός κλάδος που ασχολείται με το αντικείμενο αυτό, όπου οι ειδικοί επιστήμονες του κλάδου αυτού ονομάζονται ακουστικολόγοι.

3.1 Αρχές ακουστικού σχεδιασμού

Αίθουσα ακροατηρίου είναι κλειστός χώρος που προορίζεται για συγκεντρώσεις ακροατηρίου, όπως πχ μια αίθουσα αμφιθεάτρου. Ο σχεδιασμός των αιθουσών ακροατηρίου είναι πολύπλοκη διανοητική διαδικασία μια και συνδυάζει μια πληθώρα διαφορετικών απαιτήσεων και αντικρουόμενων κριτηρίων όπως αισθητική, λειτουργικότητα, οικονομία, τεχνικά δεδομένα κλπ. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο χώρος τείνει να μεγαλώνει για να χωρέσει όσο το δυνατόν περισσότερα άτομα από το φορέα ή ιδιώτη που είναι ο χρηματοδότης κάνοντας την επίτευξη της ακουστικής ποιότητας δυσκολότερη και τέλος η ανάγκη για διαφορετικές χρήσεις του ιδίου χώρου κάνει ακόμη πιο πολύπλοκο των ακουστικό σχεδιασμό του χώρου. Από την πλευρά των ακροατών θεωρείται πλέον αναφαίρετο δικαίωμα τους να βρεθούν σε ένα χώρο με συνθήκες ασφαλείας, άνεσης, ευχάριστου περιβάλλοντος, σωστού τεχνητού φωτισμού, άνεση θεάς και καλού ήχου. Οι ακουστικές συνθήκες σε ένα χώρο ακροατηρίου εξαρτώνται κύρια από τις προϋποθέσεις του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού του όπως μετρικά στοιχεία, δηλαδή σχήμα του χώρου διαστάσεις και όγκος , διαμόρφωση των περατωτικών επιφανειών, σχήμα της επιφανείας των ακροατών, αριθμός ακροατών, είδος και επικάλυψη εσωτερικών επιφανειών και υλικά εσωτερικής διακόσμησης (περατωτικές επιφάνειες ενός κλειστού χώρου είναι όλες οι επιφάνειες τοίχων, δαπέδου, οροφής κλπ που τον περικλείουν). Σχεδόν κάθε μικρή κατασκευαστική λεπτομέρεια συμβάλλει κατά κάποιο τρόπο στην ακουστική απόδοση του χώρου. Η ικανοποιητική ακουστική επίλυση του χώρου δε σημαίνει αρχιτεκτονικούς συμβιβασμούς καθόσον οι ακουστικές λύσεις είναι ποικίλες και πολλαπλές και μπορούν να θεωρηθούν από μονές τους αρχιτεκτονικός σχεδιασμός. [40], [41]



(Εικ 3.1, απευθείας ήχος και ανακλάσεις, πηγή 41)



(Εικ 3.2, γεωμετρική χάραξη ανακλαστήρων οροφής, πηγή 41)

Οι βέλτιστες ακουστικές συνθήκες σε ένα χώρο ακροατηρίου είναι επιγραμματικά:

1) Επαρκής ακουστότητα σε όλα τα σημεία του ακροατηρίου και ιδιαιτέρα στις απόμακρες θέσεις δηλαδή:

- Κατάλληλο σχήμα χώρου για ελαχιστοποίηση των αποστάσεων.
- "Καλός" απευθείας ήχος.
- Οπτικές χαράξεις για την άνεση θέας, εξασφάλιση καλού απευθείας ήχου.
- Κατευθυντικότητα του ήχου και σχήματα κατόψεων.
- Γεωμετρικές χαράξεις ανακλαστήρων για την εξασφάλιση καλού ανακλώμενου ήχου.
- Βέλτιστη σχέση όγκου ανά ακροατή

2) Ομοιόμορφη κατανομή διάχυτου ήχου στο χώρο

3) Επίτευξη βέλτιστου χρόνου αντήχησης (νομός Sabine)

4) Σχεδιασμός χώρου απαλλαγμένου από ακουστικά λάθη όπως ηχώ, στάσιμα κύματα, εστιάσεις, σκιές, συνηχήσεις, παραμόρφωση κλπ.

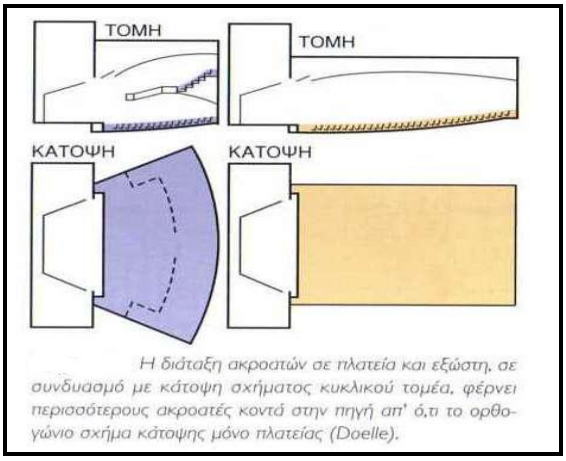
5) Εξασφάλιση "ήσυχου" περιβάλλοντος με κατάλληλα μετρά ελέγχου του θορύβου και των δονήσεων. [40], [41]

3.2 Επαρκής ακουστικότητα

Το βασικότερο πρόβλημα επαρκούς ακουστότητας σε μεγάλο χώρο ακροατηρίου είναι ότι ο ήχος κατά την διάδοση του απορροφάται από τα άτομα και από τα περιεχόμενα του χώρου όπως τα καθίσματα, οι κουρτίνες, οι επικαλύψεις δαπέδων κλπ. Η επαρκής ακουστότητα σε κάθε σημείο του χώρου μπορεί να επιτευχθεί με διαφόρους τρόπους όπως περιγράφεται στη συνεχεία: [40], [41]

Α) Κατάλληλο σχήμα χώρου για ελαχιστοποίηση των αποστάσεων

Οι ακροατές πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατόν πιο κοντά στα δρώμενα έτσι ώστε ο απευθείας ήχος να είναι ακουστός και στη τελευταία σειρά ακροατών. Οι εξώστες συνήθως φέρνουν πιο κοντά στα δρώμενα μεγαλύτερο αριθμό ακροατών από αυτόν χωρίς εξώστη.



(Εικ 3.3, διάταξη σε πλατεία και εξώστη, πηγή 41)

Η διάταξη των ακροατών στο οριζόντιο επίπεδο πρέπει να είναι τέτοια ώστε όλες οι θέσεις να βλέπουν και να ακούν τα δρώμενα στη σκηνή. Έτσι πρέπει να αποφεύγονται τα ημικυκλικά σχήματα κατόψεων. [40], [41]

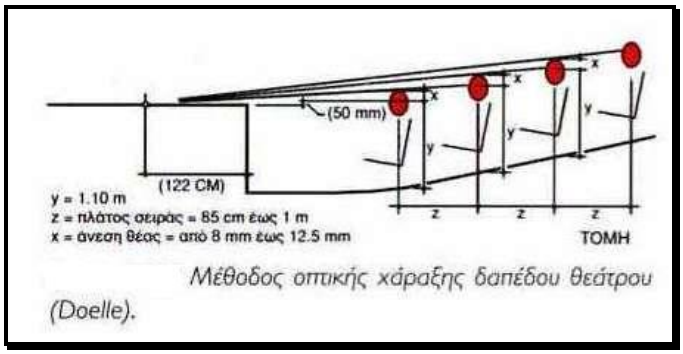
Β) "Καλός" απευθείας ήχος

Τοποθέτηση της ηχητικής πηγής σε υψηλό σημείο ώστε να εξασφαλίζεται ικανοποιητικός απευθείας ήχος προς όλους τους ακροατές. Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνιά εκπομπής (σε τομή και σε κάτοψη), από την πηγή προς όλους τους ακροατές τόσο πε-

ρισσότερος απευθείας ήχος φτάνει στους ακροατές. Εκτός από την κατάλληλη κλίση του επιπέδου των ακροατών για την εξασφάλιση καλού απευθείας ήχου μπορεί να αυξηθεί η γωνία με το ΄΄άπλωμα΄΄ της ηχητικής πηγής ή με την τοποθέτηση σε κλιμακωτή σκηνή. Στις περιπτώσεις αιθουσών συναθροίσεις κοινού όπως αίθουσες συνεδριών, διδασκαλίας κλπ, όπου αντί μιας ηχητικής πηγής ή αντί μιας σκηνής με ηχητικές πηγές υπάρχουν πολλές ταυτόχρονα ηχητικές πηγές, τότε ο σχεδιασμός πρέπει να καλύπτει όλες τις περιπτώσεις δηλαδή πρέπει να εξασφαλίζεται ότι ο ήχος φτάνει από όλες τις πηγές προς όλους τους ακροατές οπού και να βρίσκονται. Δεν υπάρχει βέλτιστη γωνία εκπομπής απευθείας ήχου ως μετρικό στοιχείο αφού ο απευθείας ήχος συμβάλλει περισσότερο στην ευκρίνεια. Αυτό συμβαίνει συνήθως στις ακραίες θέσεις ακροατών δηλαδή, οι πρώτες σειρές ακροατών παίρνουν πολύ έντονο απευθείας ήχο και λίγες ανακλάσεις, ενώ αντίθετα οι τελευταίες σειρές ακροατών παίρνουν ασθενή απευθείας ήχο και πολλές ανακλάσεις. Έτσι μπορεί κάποιος να συμπεράνει ότι οι πρώτες θέσεις ΄΄νιώθουν΄΄ την ευκρίνεια και οι τελευταίες θέσεις ΄΄νιώθουν΄΄ την αντήχηση. [13], [40], [41]

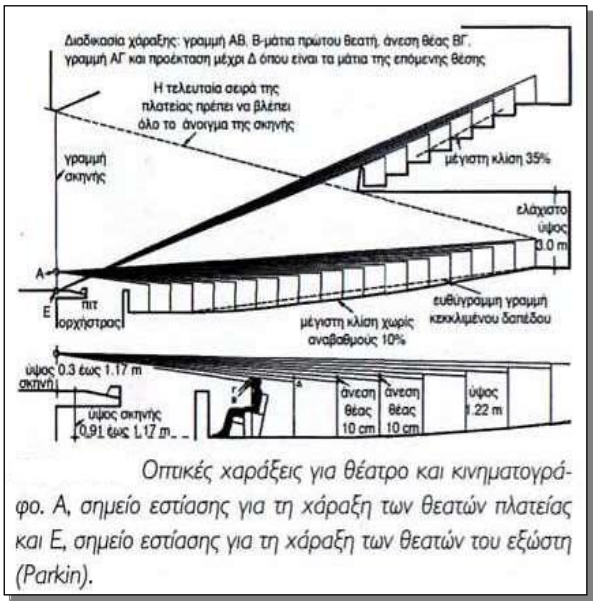
Γ) Οπτικές χαράξεις για την άνεση θέας , εξασφάλιση ΄΄καλού ΄΄ απευθείας ήχου

Το δάπεδο των ακροατών πρέπει να είναι χαραγμένο με τη σωστή κλίση μια και ο ήχος απορροφάται ευκολότερα όταν προσπίπτει σε κεκλιμένο επίπεδο ακροατών. [13]



(Εικ 3.4, μέθοδος οπτικής χάραξης δαπέδου, πηγή 41)

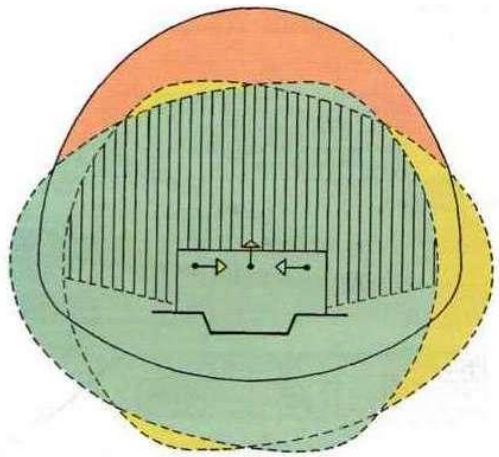
Για λόγους ασφαλείας η κλίση του κεκλιμένου επιπέδου των αμφιθέατρων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1/8 η αλλιώς 12,5%. Αυτή η τιμή εξαρτάται από τον αντίστοιχο κανονισμό. Σκαλοπάτια πρέπει να τοποθετούνται στις θέσεις των ακροατών ακόμα και αν η κλίση είναι πολύ μικρή. Η κλίση του δαπέδου των ακροατών προκύπτει από χάραξη η οποία έχει τη λογική της ελεύθερης οπτικής γραμμής από τα ματιά οποιουδήποτε ακροατή εφαπτόμενα πάνω από το κεφάλι του προηγουμένου ακροατή προς το δάπεδο της σκηνής αμφιθεάτρου. Στο παραπάνω σχήμα 3.4 φαίνεται η οπτική χάραξη της άνεσης θέας. Ως άνεση θέας θεωρείται η απόσταση από τα ματιά έως την εφαπτομένη πάνω από τα μαλλιά και είναι 10-15 εκατοστά. Η χάραξη αλλάζει την κλίση του δαπέδου με την αλλαγή της απόστασης των σειρών των ακροατών που συνήθως είναι 80 εκατοστά. Η κλίση, τέλος αλλάζει και με το σημείο που θεωρείται ότι πρέπει να βλέπουν όλοι οι ακροατές και είναι στην περίπτωση αμφιθεάτρου το δάπεδο της σκηνής (πχ στον κινηματογράφο είναι ψηλότερα). [40], [41]



Οπτικές χαράξεις για θέατρο και κινηματογράφο. Α, σημείο εστίασης για τη χάραξη των θεατών πλατείας και Ε, σημείο εστίασης για τη χάραξη των θεατών του εξώστη (Parkin).

(Εικ 3.5, οπτικές χαράξεις από πλατεία και εξώστη, πηγή 40)

Δ) Κατευθυντικότητα ήχου και σχήματα κατόψεων



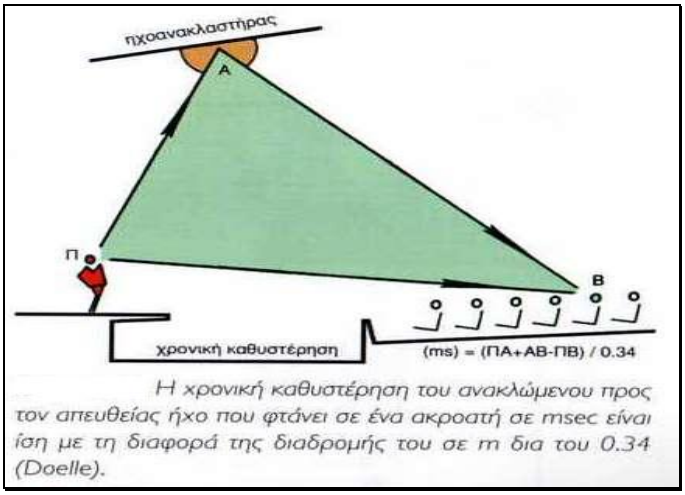
Προσδιορισμός σχήματος κάτοψης θεάτρου ανοιχτής σκηνής με βάση την καμπύλη κατευθυντικότητας της ανθρώπινης φωνής. Τα βέλη είναι οι ομιλητές (Moore).

Στο σχήμα η έντονη γραμμή προσδιορίζει την καμπύλη κατευθυντικότητας της ανθρώπινης φωνής όταν ο ομιλητής βλέπει τους ακροατές σε ένα υποθετικό αμφιθέατρο και συμβολίζεται με σκούρο βέλος. Τα δυο αλλά βέλη δηλώνουν τους ομιλητές που βλέπουν κάθετα την σκηνή ή παράλληλα ΄΄δεν βλέπουν΄΄ τους ακροατές και οι καμπύλες κατευθυντικότητας της φωνής τους είναι η διακεκομμένη γραμμή. Η διαγραμμισμένη περιοχή πλατείας είναι η αντίστοιχη ΄΄μέση΄΄ περιοχή ακροατών που ακούνε έτσι κι αλλιώς τον ομιλητή όπου και αν βρίσκεται, όποια κλίση και αν έχει ο ομιλητής.

(Εικ 3.6, προσδιορισμός κάτοψης με βάση την καμπύλη κατ/τας της φωνής, πηγή 41)

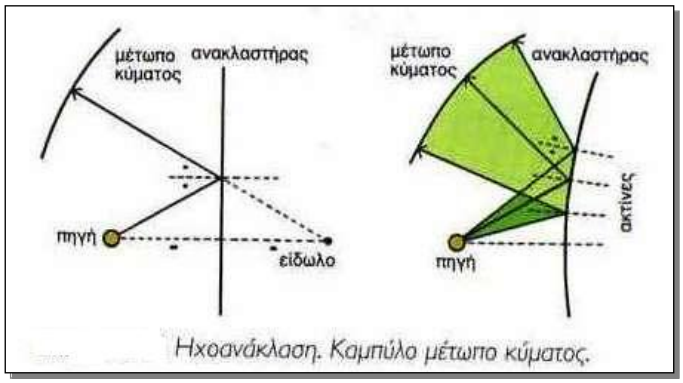
Η ΄΄μέση΄΄ περιοχή προκύπτει από το εσωτερικό σχήμα των τριών καμπυλών που δεν έχουν διαστάσεις αλλά σχήμα. Από αυτό το παράδειγμα προκύπτει σχήμα κάτοψης, κατάλληλο για απευθείας ήχο. Διαστάσεις για σχεδιασμό δίνονται από τον ομιλητή μέχρι το πιο μακρινό σημείο της καμπύλης: μέχρι 15 μέτρα για άνετη ακρόαση, μέχρι 20 μέτρα για καλή ευκρίνεια ομιλίας, μέχρι 25 μέτρα ΄΄ικανοποιητικά΄΄ , 30 μέτρα αποδεκτό όριο χωρίς ηλεκτροακουστική ενίσχυση. [40], [41]

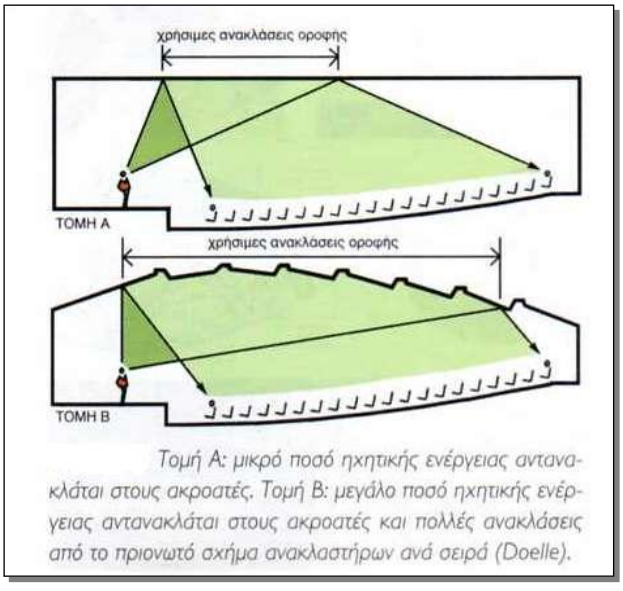
Ε) Γεωμετρικές χαράξεις ανακλαστήρων για την εξασφάλιση καλού ανακλώμενου ήχου



(Εικ 3.7, Χρονική καθυστέρηση ανακλώμενου προς απευθείας ήχου, πηγή 41)

Η ηχητική πηγή πρέπει να περιτριγυρίζεται από ανακλαστικές επιφάνειες ώστε να ενισχύεται με ανακλώμενο ήχο κάθε ακροατής σε κάθε σημείο του χώρου και ιδιαιτέρα στα πιο απομακρυσμένα σημεία του. Πρέπει να υπενθυμίζεται συχνά ότι ανεξάρτητα από τις γεωμετρικές χαράξεις ανακλαστήρων που απεικονίζουν τον ήχο ως ακτίνες, το μέτωπο του κύματος είναι πάντα τμήμα σφαίρας και στην επίπεδη δυσδιάστατη χάραξη τμήμα κύκλου κι έτσι μπορεί παράλληλα να ελέγχεται η χρονική καθυστέρηση της ανάκλασης στο εξεταζόμενο σημείο η θέση, βλέπε παραπάνω σχήμα. (Εικ. 3.8, ηχοανάκλαση, πηγή 41). [40], [41].



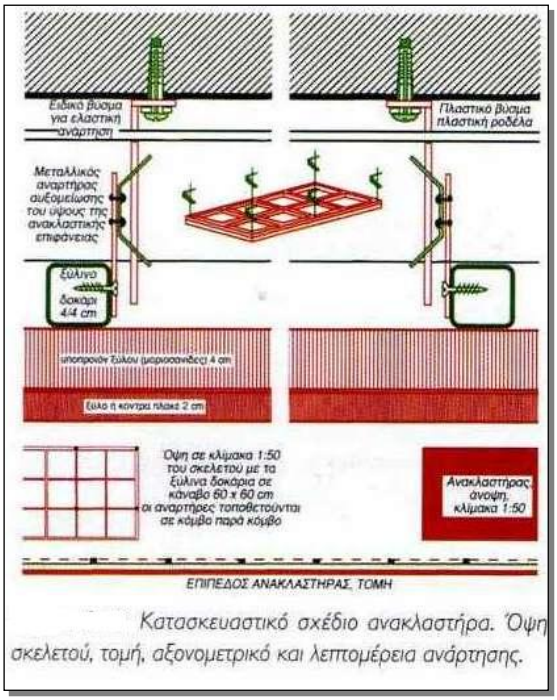


(Εικ. 3.9, ποσοστά ανάκλασης ανάλογα με το σχήμα των ανακλαστήρων, πηγή 41)

Η χρονική καθυστέρηση του ανακλώμενου ήχου σε σχέση με τον απευθείας προκύπτει από την ταχύτητα του ήχου και προφανώς από τη διαφορά της διαδρομής τους. Απόσταση απευθείας ήχου από την πηγή στον ακροατή 15 m και απόστα-

ση από την πηγή στον ανακλαστήρα στον ακροατή 27 m δίνουν διαφορά διαδρομής 12 m και με βάση την ταχύτητα του ήχου 340 m/s προκύπτει χρονική καθυστέρηση ίση με 35 msec, βλέπε σχήμα 3.9. Διάφοροι θεωρητικοί της ακουστικής προτείνουν τιμή μέγιστη 35 msec για όλες τις ανακλάσεις σε χώρους ακροατηρίου, ομιλίας. Άλλωστε χρονική καθυστέρηση 100 msec που αντιστοιχεί σε 35 m διαφορά διαδρομής του ήχου, θεωρείται το όριο για την αποφυγή ηχούς! [40], [41]

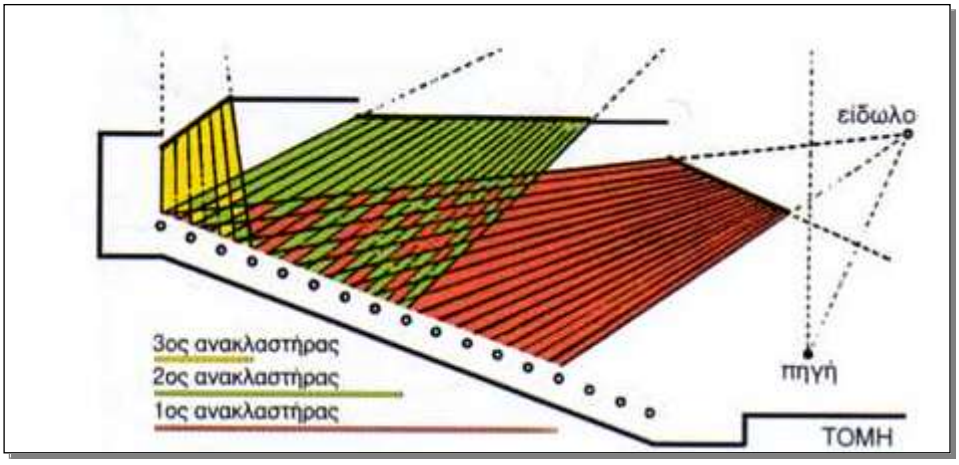
Οι διαστάσεις των ανακλαστήρων είναι ανάλογες με το μήκος κύματος του ήχου που αντανακλούν. Στην ακουστική του χώρου όπου οι ακουστικές ποιότητες εξετάζονται στο φάσμα 100-5000 Hz, τα ανάλογα μήκη κύματος κυμαίνονται από 3.4 m-6.8 cm και επομένως μια μικροκατασκευή ή ένα διακοσμητικό στοιχείο του χώρου όπως ένα αγαλματάκι μπορεί να λειτουργεί ως ανακλαστήρας στις υψηλές συχνότητες και ως διαχυτής στις χαμηλές. Η σωστή χρήση των επιφανειών της οροφής και των τοίχων ως ανακλαστικές επιφάνειες προκύπτει από την εκμετάλλευση της μέγιστης πιθανής γωνίας εκπομπής ήχου και η χάραξη των ανακλαστήρων ακολουθεί το νόμο ότι η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης. Οι ανακλαστήρες κατασκευάζονται συνήθως από σκληρά υλικά όπως σοβάδες σε πλέγματα, γυψοσανίδες, plexiglass ικανοποιητικού βέβαια βάρους ώστε να μη λειτουργούν ως συνηχητές.[40],[41]



Κατασκευαστικό σχέδιο ανακλαστήρα. Όψη σκελετού, τομή, αξονομετρικό και λεπτομέρεια ανάρτησης.

(Εικ. 3.10, κατασκευαστικό σχέδιο ανακλαστήρα, πηγή 41)

Η σωστότερη τοποθέτηση ανακλαστήρων στους τοίχους και στην οροφή εξαρτάται από τις διαθέσιμες επιφάνειες, από τη σχέση όγκου/ακροατή, από το είδος της χρήσης του χώρου και από την τιμή του βέλτιστου χώρου αντήχησης. Για κάθε περίπτωση γεωμετρικής χάραξης ανακλαστήρων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η προοπτική της

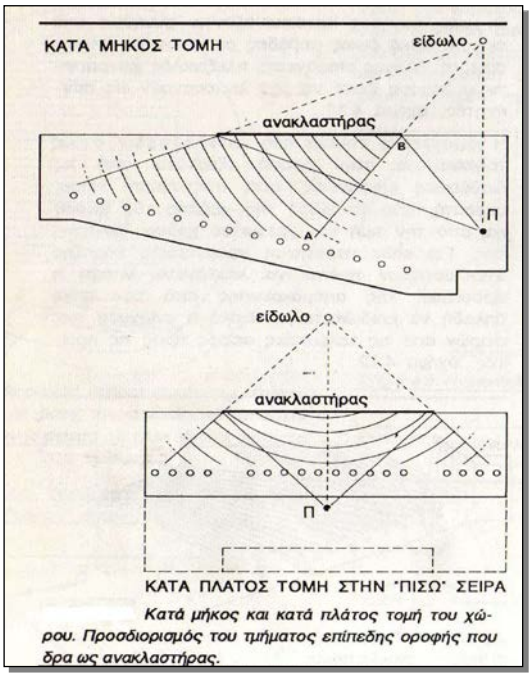


(Εικ. 3.11, γεωμετρική χάραξη ανακλαστήρων οροφής, πηγή 41)

απομάκρυνσης από την πηγή δηλαδή να επιδιώκεται σταδιακά η ενίσχυση των σειρών από τις τελευταίες σειρές προς τις πρώτες, βλέπε παραπάνω σχήμα 3.11.

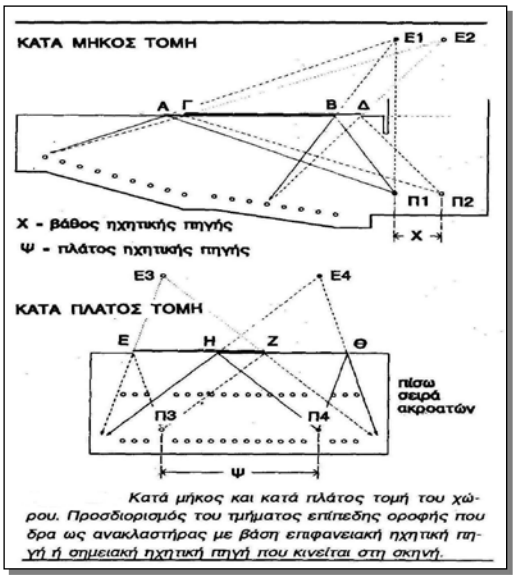
Στο σχήμα αυτό φαίνεται η γεωμετρική χάραξη ανακλαστήρων οροφής. Ο πρώτος ανακλαστήρας πάνω από την πηγή τροφοδοτεί ήχο στις 14 πίσω σειρές ακροατών, ο δεύτερος τροφοδοτεί ήχο στις 9 πίσω σειρές και ο τρίτος ανακλαστήρας πίσω τροφοδοτεί ήχο στις 4 πίσω πρώτες σειρές. [40], [41]

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι το τέλος της πλατείας ευνοείται από την οροφή και οι ακραίες θέσεις ευνοούνται από τους πλαϊνούς τοίχους.



Σε υπάρχοντες χώρους με επίπεδη μορφή μπορεί να προσδιοριστεί το τμήμα της οροφής που λειτουργεί ως ανακλαστήρες ώστε να τοποθετηθούν ανακλαστήρες πάνω από τη σκηνή κοντά στην πηγή και στο πίσω μέρος του χώρου πάνω από τις τελευταίες θέσεις των ακροατών. Στο διπλανό σχήμα παρουσιάζεται το τμήμα οροφής οπού λειτουργεί ως ανακλαστήρας και προκύπτει από τον προσδιορισμό του ειδώλου και την ένωση του με την τελευταία και την πέμπτη σειρά ακροατών. Η τοποθέτηση του ειδώλου στην κατά πλάτος τομή του χώρου ισχύει μονό για επίπεδους ανακλαστήρες. [40], [41]

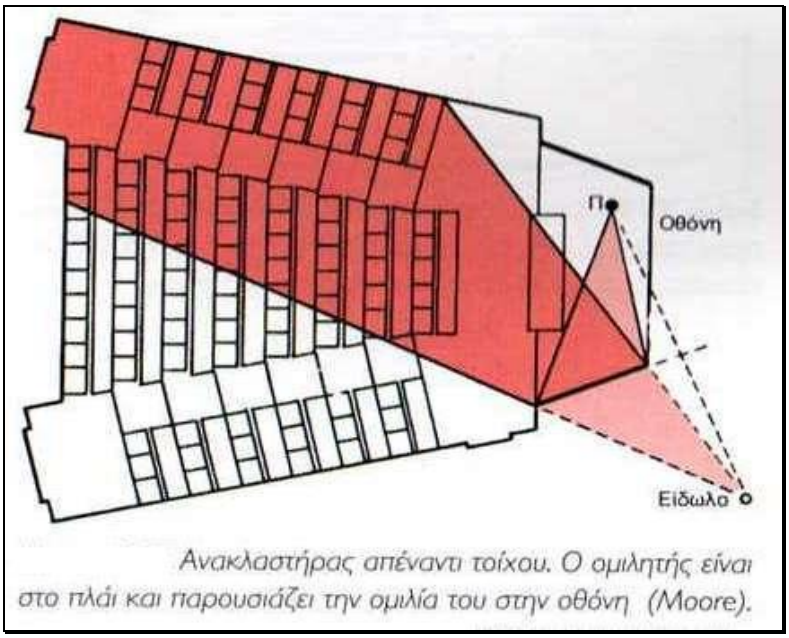
(Εικ. 3.12, Επίπεδη οροφή που δρα ως ανακλαστήρας, πηγή 40)



Στο διπλανό σχήμα παρουσιάζεται παραλλαγή του προηγούμενου με τη λογική ότι η ηχητική πηγή κινείται πίσω-μπρος (διακύμανση χ=βάθος ηχητικής πηγής) και αριστερά-δεξιά (διακύμανση ψ=πλάτος ηχητικής πηγής) και επομένως απαιτεί μεγαλύτερη διάσταση ανακλαστήρα (ΑΔ = μεγαλύτερο από ΑΒ ή ΓΔ και ΕΘ=μεγαλύτερο από ΕΖ ή ΗΘ). [40], [41]

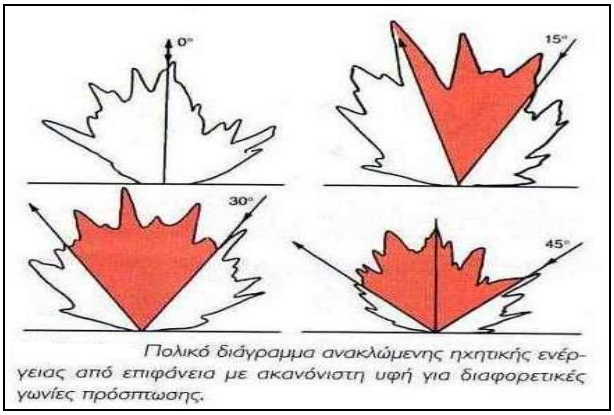
(Εικ. 3.13, οροφή που δρα ως ανακλαστήρας με βάση ηχητική πηγή, πηγή 40)

Στις αίθουσες ακροατηρίου που χρησιμοποιούνται κύρια για μουσική, είναι απαραίτητο να σχεδιαστεί τουλάχιστον ένας μικρού μεγέθους ανακλαστήρας, λιγότερο από 1 m, που να επιστρέφει τον ήχο στην πηγή. Αυτός ο ανακλαστήρας πρέπει να σχεδιάζεται κοντά στην πηγή ή να αποτελεί τμήμα του κουβουκλίου ορχήστρας, αν υπάρχει. Επιστρέφει τον ήχο πίσω στους μουσικούς και είναι κάτι σαν τα μεγάφωνα, monitors, που τοποθετούνται στη σκηνή. [40], [41]



(Εικ 3.14, ανακλαστήρες τοίχου, πηγή 41)

Οι ανακλάσεις οροφής αν και θεωρούνται αποτελεσματικές και ισχυρές, πολλές φορές οι πλαϊνές ανακλάσεις είναι πιο χρήσιμες αφού συμβάλλουν περισσότερο στο φαινόμενο του χώρου. Στη γεωμετρική χάραξη ανακλαστήρων τοίχου πρέπει να ελέγχεται συχνά η χρονική καθυστέρηση τους, αφού κάθε ανάκλαση τροφοδοτεί περισσότερες από μια σειρές ακροατών. Στο σχήμα 3.14 παρουσιάζεται ένα αμφιθέατρο οπού έχει σχεδιαστεί ανακλαστήρας τοίχου κοντά στην οθόνη. Όταν ο ομιλητής είναι στο πλάι εξηγώντας, η περιοχή ηχητικής σκιάς ως προς την κατευθυντικότητα ομιλίας ενισχύεται με την ανάκλαση τοίχου. Στο σχήμα 3.15 παρουσιάζονται τα πολικά διαγράμματα κατευθυντικότητας, ισοσταθμικών καμπύλων του ανακλώμενου ήχου από επιφάνεια με ακανόνιστο σχήμα και με γωνίες πρόσπτωσης 0,15,30 και 45 μοίρες. Για λόγους σύγκρισης αναφέρεται ότι η μορφή της καμπύλης από ιδανικά λεία επιφάνεια θα ήταν ημισφαιρική και ότι τα ακανόνιστα σχήματα είχαν διαστάσεις 10-15 φορές μικρότερες από το μήκος κύματος. [40], [41]



Πολικό διάγραμμα ανακλώμενης ηχητικής ενέργειας από επιφάνεια με ακανόνιστη υφή για διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης.

(Εικ. 3.15, πολικό διάγραμμα, πηγή 41)

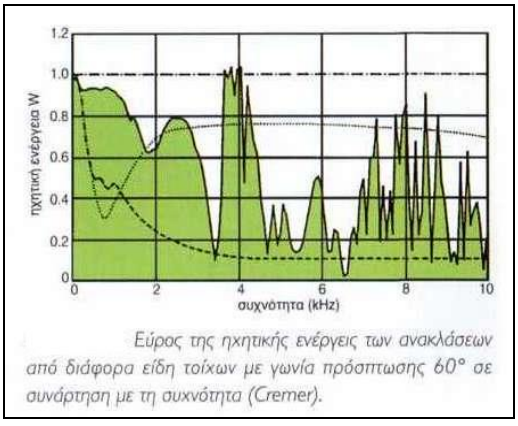
Στο σχήμα 3.16 παρουσιάζεται το εύρος της ενέργειας των ανακλάσεων που προσπίπτουν με γωνία 60 μοίρες σε διάφορες επιφάνειες σε συνάρτηση με την συχνότητα :

α) πάνω οριζόντια γραμμή είναι η τελεία ανακλαστική επιφάνεια.

β) συνεχής γραμμή, ανάκλαση από τοίχο με ραβδώσεις.

γ) διακεκομμένη είναι ανάκλαση από επιφάνεια υαλοβάμβακα.

δ) εστιγμένη είναι διάτρηση πάνω σε ηχοαπορροφητικό. [40], [41]



Εύρος της ηχητικής ενέργειας των ανακλάσεων από διάφορα είδη τοίχων με γωνία πρόσπτωσης 60° σε συνάρτηση με τη συχνότητα (Cremer).

(Εικ. 3.16, εύρος ηχητικής ενέργειας ανακλάσεων με προσπίπτουσα γωνία 60 ^{0}, πηγή 41)

ΣΤ) Σχέση όγκου ανά ακροατή

Η σχέση όγκου ανά ακροατή αποτελεί σημαντικό κριτήριο στον ακουστικό σχεδιασμό γιατί η τήρηση αυτών των αναλογιών όχι μονό εξασφαλίζει τις σωστές διαστάσεις του χώρου αλλά εξασφαλίζει τη χρυσή τομή ανάμεσα στις ανακλαστικές και τις ηχοαπορροφητικές επιφάνειες. Οι βέλτιστες τιμές όγκου ανά ακροατή χώρων με διαφορετικές χρήσεις είναι:

- Για χώρους ομιλίας η τιμή κυμαίνεται από 2,3 έως 4,3 , με βέλτιστη 3,1m^3

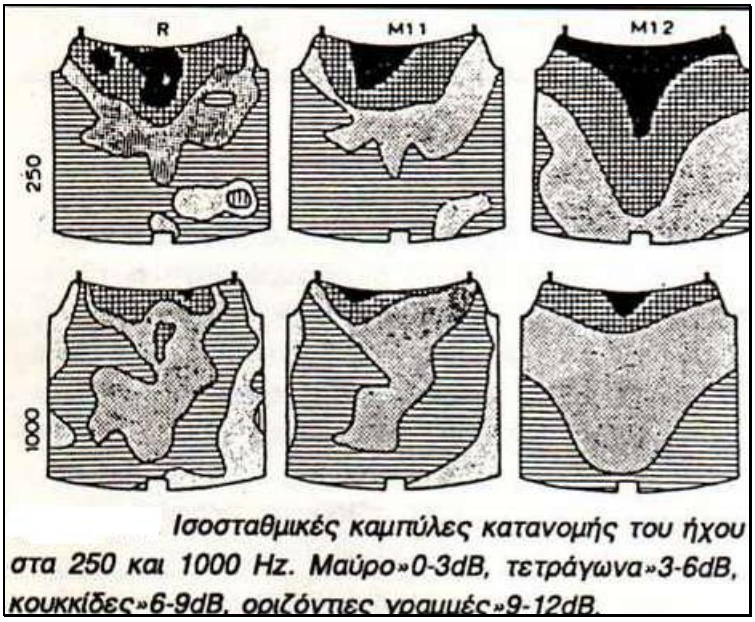
- Για αίθουσες συναυλιών η τιμή κυμαίνεται από 6,2 έως 10,8 , με βέλτιστη $7,8m^3$
- Αίθουσες πολλαπλών χρήσεων κυμαίνεται από 5,1 έως 8,5 , με βέλτιστη $7.1m^3$

Άρα λοιπόν μια αίθουσα η οποία προορίζεται για σύνθετες λειτουργίες η τοποθέτηση μετακινουμένων χωρισμάτων (ψευδοροφών δηλαδή όπως έχει προταθεί στο κτιριολογικό πρόγραμμα) είναι μια έξυπνη λύση έτσι ώστε κάθε φορά ανάλογα με την περίσταση να πτωχαίνουμε την βέλτιστη τιμή όγκου ανά ακροατή χώρου. [13], [40], [41]

Μια αίθουσα συναυλιών με σημαντικά μικρότερη τιμή όγκου ανά ακροατή από τον βέλτιστο, σημαίνει ότι ο χρόνος αντήχησης είναι μικρότερος από τον βέλτιστο και για να γίνει βέλτιστος θα πρέπει να μην τοποθετηθούν ηχοαπορροφητικά υλικά στο χώρο. Αν ο χώρος δεν έχει ηχοαπορροφητικά, τότε όλες οι επιφάνειες που είναι ανακλαστικές πρέπει να είναι μελετημένες έτσι ώστε να μην προκύψουν ακουστικά λάθη, πράγμα σχεδόν ακατόρθωτο. Το αντίστροφο παράδειγμα είναι ο χώρος να έχει μεγαλύτερο όγκο από το βέλτιστο και για να επιτευχτεί βέλτιστος χρόνος αντήχησης να πρέπει να τοποθετηθούν περισσότερα τετραγωνικά μέτρα ηχοαπορροφητικών υλικών από τις διαθέσιμες επιφάνειες στον εσωτερικό χώρο. [13], [40], [41]

3.3 Κατανομή του ήχου, ηχοδιάχυση

Η ομοιόμορφη κατανομή του ήχου στο επίπεδο των ακροατών είναι ένα από τα πιο βασικά κριτήρια στον ακουστικό σχεδιασμό. Δεν μπορεί εύκολα να προβλεφτεί ή να υπολογιστεί αλλά είναι αποτέλεσμα σωστού ακουστικού σχεδιασμού. [40], [41]



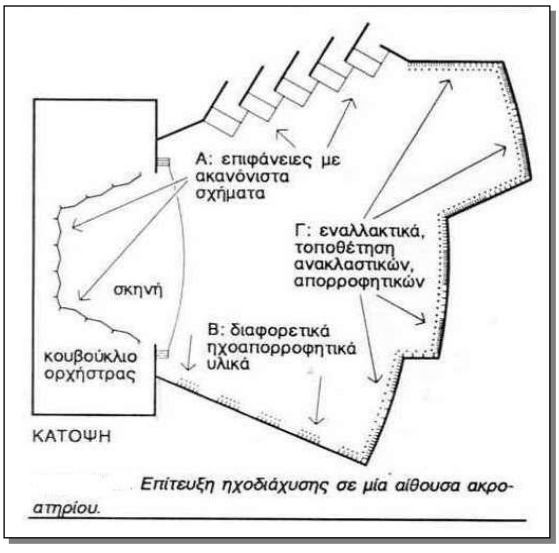
(Εικ. 3.17, ισοσταθμικές καμπύλες κατανομής του ήχου, πηγή 40)

Η κατανομή του ήχου μπορεί να μετρηθεί σε έτοιμους χώρους τοποθετώντας μια πρότυπη ηχητική πηγή στη σκηνή και καταγράφοντας τις ηχοστάθμες σε όλες ή σε

αρκετές θέσεις ακροατών. Οι ίδιες στάθμες παρουσιάζονται με μορφή ισοσταθμικής καμπύλης η μορφή της οποίας δείχνει τη κατάσταση του ήχου στο επίπεδο ακροατών. Η ανομοιομορφία των ισοσταθμικών καμπύλων δηλώνει ανομοιόμορφη κατανομή του ήχου, δηλαδή ότι υπάρχει θέση που ακούγεται περισσότερο και είναι πίσω από άλλη θέση! Τα συμμετρικά σχήματα καμπυλών δηλώνουν καλή ακουστική και βεβαία ιδανική κατάσταση θα αποτελούσε μορφή ισοσταθμικής καμπύλης που να μοιάζει με τη καμπύλη κατευθυντικότητας της ηχητικής πηγής. Στο σχήμα 3.17 παρουσιάζεται η κάτοψη θεάτρου με τις ισοσταθμικές καμπύλες κατανομής του ήχου. Τα πάνω σχήματα δείχνουν την κατανομή στη συχνότητα των 250 Hz και τα κάτω σχήματα 1000 Hz. Η αριστερή στήλη είναι αποτέλεσμα μετρήσεων επί τόπου, η μεσαία είναι αποτέλεσμα μετρήσεων σε μοντέλο του χώρου όπως είναι και η δεξιά στήλη είναι αποτέλεσμα μετρήσεων στο μοντέλο με τοποθέτηση ανακλαστικής οροφής. Η μορφή των καμπυλών είναι σχεδόν συμμετρική. Πρέπει να τονιστεί ότι μια ορχήστρα μουσικών οργάνων ως ηχητική πηγή είναι αδύνατο να δημιουργήσει ομοιόμορφες ισοσταθμικές καμπύλες κατανομής του ήχου. Οι κατευθυντικότητες των μουσικών οργάνων είναι διαφορετικές κατά όργανο και κατά συχνότητα. [40], [41]

Ηχοδιάχυση

Αντηχητικό πεδίο σε ένα ολικά ή μερικά κλειστό χώρο όπου λειτουργεί η ηχητική πηγή είναι η συνιστώσα του ηχητικού πεδίου που προέρχεται από τις αλλεπάλληλες ανακλάσεις των ηχητικών κυμάτων στις περατωτικές επιφάνειες του χώρου και στην οποία η επίδραση του ήχου που φτάνει κατευθείαν από την πηγή είναι αμελητέα. Το αντηχητικό πεδίο είναι αποτέλεσμα της επαλληλίας πολλών ηχητικών κυμάτων που προέρχονται από ανακλάσεις στις περατωτικές επιφάνειες του χώρου. [40], [41]



Επίτευξη ηχοδιάχυσης σε μία αίθουσα ακροατηρίου.

(Εικ. 3.18, ηχοδιάχυση σε μια αίθουσα ακροατηρίου, πηγή 40)

Ηχοδιάχυση ενός αντηχητικού πεδίου είναι ο βαθμός τυχαιότητας της κατανομής των διευθύνσεων ηχοδιάδοσης σε κάθε σημείο του αντηχητικού πεδίου. Η επαρκής ηχοδιάχυση σε ένα αμφιθέατρο είναι απαραίτητη συνθήκη για να ισχύουν οι έννοιες της γεωμετρικής ακουστικής. Αυτό γίνεται με το να εξασφαλίσουμε τον απευθείας ήχο,

τις πρώτες και πρώιμες ανακλάσεις και την απαραίτητη διάχυση. Το ποσοστό των διαχυτικών επιφανειών προσδιορίζεται και από τη χρήση του αμφιθέατρου. Οι ανακλαστικές επιφάνειες έχουν το κατάλληλο μέγεθος, ώστε να έχουν τις ιδιότητες αυτές για όλα τα μήκη κύματος. Οι μεγάλες αποστάσεις μεταξύ πηγής και ακροατή αποφεύγονται κυρίως για αίθουσες ομιλίας και όπερας. [40], [41]
Η ηχοδιάχυση μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους σε μια αίθουσα ακροατηρίου, όπως:

- Γενική εφαρμογή επιφανειών με μικροανωμαλίες και στοιχεία διασποράς όπως τετράγωνα και κυκλικής διατομής υποστυλώματα, δοκάρια, φατνωματικές οροφές, γλυπτά και γύψινα διακοσμητικά στοιχεία εξωστών, οδοντωτά και πριονωτά διακοσμητικά στοιχεία.

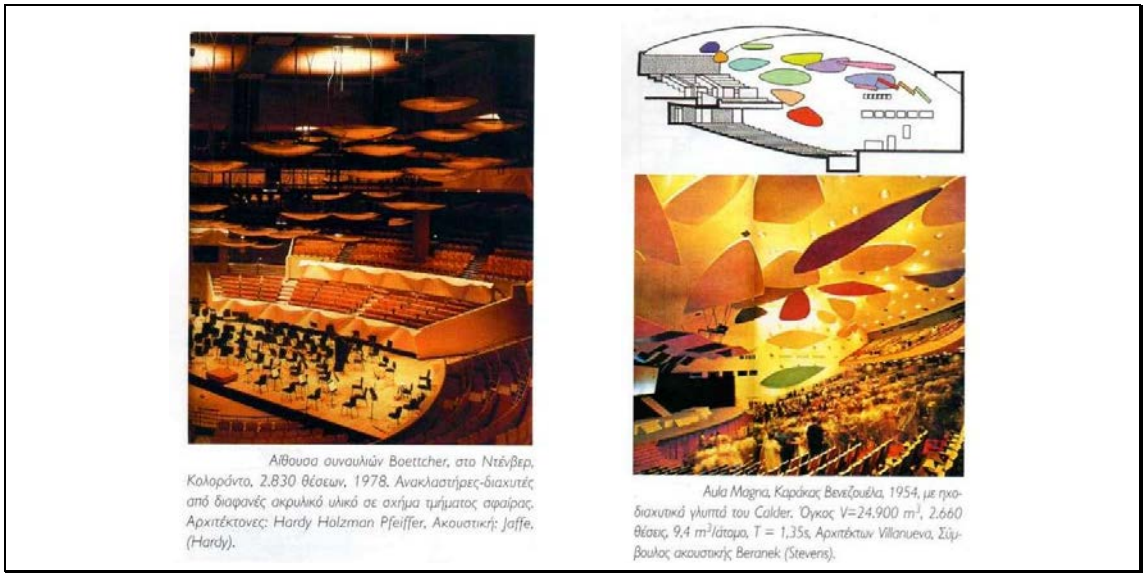
- Εναλλακτικά, οι αλληλοδιαδοχικά τοποθετημένοι ανακλαστήρες και τα ηχοαπορροφητικά υλικά-διατάξεις ή αλλιώς αποφυγή της συγκέντρωσης ομοιομόρφων ηχοαπορροφητικών ή ανακλαστικών χαρακτηριστικών.

- Τυχαία και ανομοιογενής κατανομή των διαφορετικών ηχοαπορροφητικών στις επιφάνειες.

- Πρόβλεψη και τοποθέτηση διαχυτών στις επιφάνειες κοντά στην πηγή του ήχου.

- Τοποθέτηση διαχυτών πάνω σε ανακλαστικές επιφάνειες.

- Ανάρτηση διαχυτών από την οροφή σε μορφή από ημικυκλική διαφανής εώς γλυπτό του Calder στην Aula Magna στο Caracas. [40], [41]



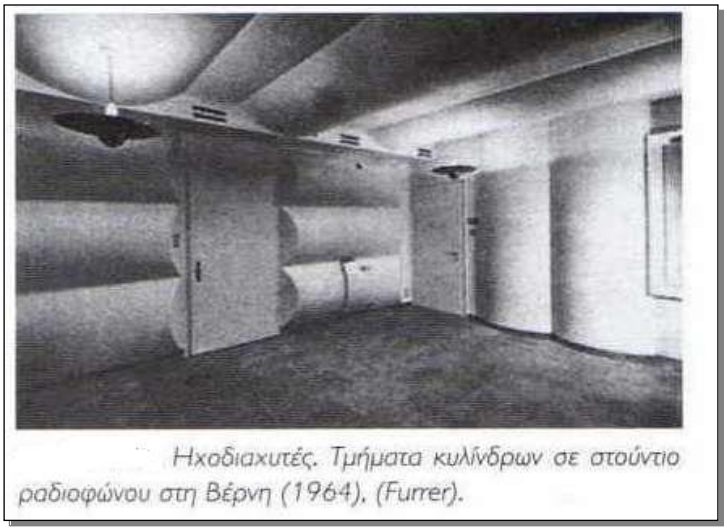
Αίθουσα συναυλιών Boettcher, στο Ντένβερ, Κολοράντο, 2.830 θέσεων, 1978. Ανακλαστήρες-διαχυτές από διαφανές ακρυλικό υλικό σε σχήμα τμήματος σφαίρας. Αρχιτέκτονες: Hardy Holzman Pfeiffer, Ακουστική: Jaffe, (Hardy).

Aula Magna, Καράκας Βενεζουέλα, 1954, με ηχοδιαχυτικά γλυπτά του Calder. Όγκος V=24.900 m^3, 2.660 θέσεις, 9,4 m^3/άτομο, T = 1,35s, Αρχιτέκτων Villanueva, Σύμβουλος ακουστικής Beranek (Stevens).

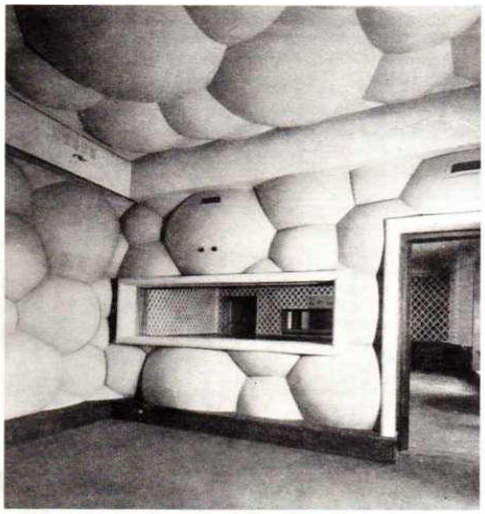
(Αριστερά Εικ. 3.19, αίθουσα συναυλιών των αρχιτεκτόνων Hardy Holzman Pfeiffer,ακουστική:Jaffe (Hardy), Δεξιά Εικ. 3.20, αίθουσα συναυλιών του αρχιτέκτονα Villanueva, πηγή 41)

Συμπληρωματικά στα προηγούμενα και στα επόμενα αναφέρουμε ότι στοιχείο ηχοδιάχυσης (διαχύτης) είναι σώμα με ηχοανακλαστικές επιφάνειες, που τοποθετείται

μέσα σε ένα αντηχητικό πεδίο για την δημιουργία ηχοδιάχυσης. Η ελάχιστη διάσταση τμήματος του διαχύτη χ πρέπει να είναι χ=1/7 * λ , όπου λ μήκος κύματος. Οι διαχύτες πρέπει να είναι πολλοί σε ένα χώρο και να διαθέτουν μεγάλες διαστάσεις για ηχοδιάχυση ήχων χαμηλών συχνοτήτων. [40], [41]



Ηχοδιαχυτές. Τμήματα κυλίνδρων σε στούντιο ραδιοφώνου στη Βέρνη (1964), (Furrer).



Ηχοδιαχυτές. Τμήματα σφαίρας σε στούντιο ραδιοφώνου στο Παρίσι.

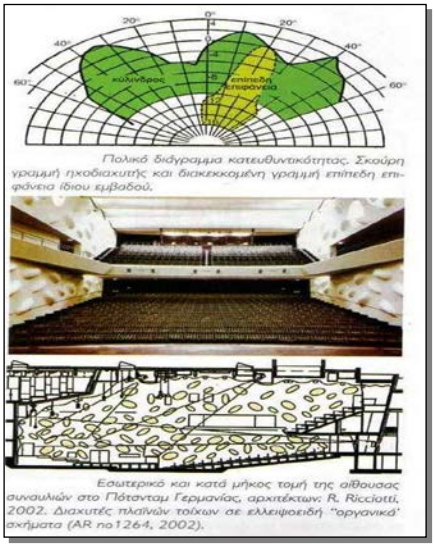
(Αριστερά Εικ. 3.21, κυλινδρικοί ηχοδιαχυτές, Δεξιά Εικ. 3.22, σφαιρικοί ηχοδιαχυτές, πηγή 40)

Η εφαρμογή των ηχοδιαχυτών περιορίζεται έτσι στους μικρούς χώρους όπου δεν υπάρχουν διατιθέμενες επιφάνειες για κάλυψη και η ηχοδιάχυση επιτυγχάνεται με ανομοιόμορφη τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών. Η βελτίωση της ακουστικής των χώρων με την τοποθέτηση διαχυτών είναι εμφανής, ιδιαίτερα σε αίθουσες συναυλιών, όπερες και στούντιο ηχογραφήσεων.

Ηχοδιαχυτές. Πρίσματα σε πλαινούς τοίχους αίθουσας συναυλιών στο Τάμπερε της Φινλανδίας, αρχιτέκτονες: S. Aartelo, E. Piironen, 1990

Τα καλύτερα σχήματα διάχυτων είναι τα κυρτά ξεκινώντας από το απλό ημισφαίριο προς το σφαιρικό σχήμα, προς τον δικύλινδρο προς το τμήμα κυλίνδρου, προς τα πρίσματα τους κώνους και τα ορθογώνια. [40], [41]

(Εικ. 3.23, ηχοδιαχυτές σε αίθουσα συναυλιών των αρχιτεκτόνων: S. Aartelo, E. Piironen, πηγή 41)



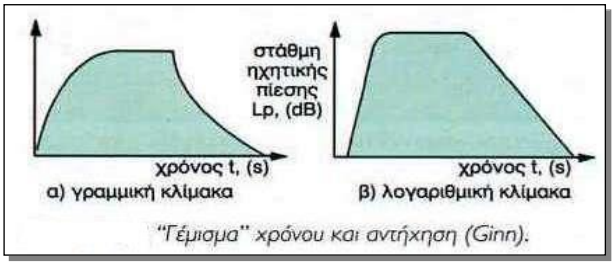
Πολικό διάγραμμα κατευθυντικότητας. Σκούρη γραμμή ηχοδιαχυτής και διακεκομμένη γραμμή επίπεδη επιφάνεια ίδιου εμβαδού.

Εσωτερικό και κατά μήκος τομή της αίθουσας συναυλιών στο Πότσνταμ Γερμανίας, αρχιτέκτων: R. Ricciotti, 2002. Διαχυτές πλαίνων τοίχων σε ελλειψοειδή "οργανικά" σχήματα (AR no1264, 2002).

(Πάνω Εικ. 3.24, πολικό διάγραμμα κατ/τας, Κάτω Εικ. 3.25, κάτοψη και τομή αίθουσας συναυλιών στο Πότανταμ, πηγή 41)

Στο παραπάνω σχήμα, 3.24, παρουσιάζεται ένα πολικό διάγραμμα κατευθυντικότητας από μέτρηση της σκέδασης του ήχου από ένα ηχοδιαχύτη με σχήμα τμήμα κυλίνδρου. Η σκούρα γραμμή που καλύπτει σχεδόν 120 μοίρες συγκρίνεται με τη διακεκομμένη γραμμή που καλύπτει 10-20 μοίρες και αντιστοιχεί σε επίπεδη επιφάνεια ίδιου εμβαδού.

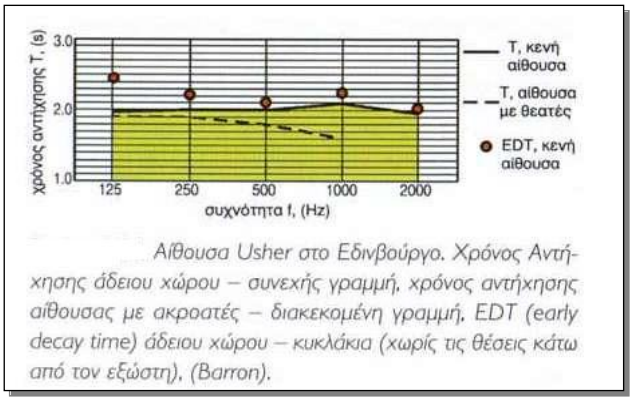
3.4 Αντήχηση-Βέλτιστος χρόνος αντήχησης



"Γέμισμα" χρόνου και αντήχηση (Ginn).

Αντήχηση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο το ηχητικό πεδίο, μέσα σε ένα ολικά ή μερικά κλειστό χώρο διατηρείται μετά το σταμάτημα της ηχητικής πηγής που το δημιούργησε (Εικ. 3.26, γέμισμα χρόνου και αντήχηση, πηγή 41) και οφείλεται στις πολλαπλές ηχοανακλάσεις που γίνονται στις περατωτικές επιφάνειες του χώρου. [40], [41]

Χρόνος αντήχησης, Τ, α) ενός ολικά ή μερικά κλειστού χώρου και β)σε ορισμένη συχνότητα: είναι ο χρόνος που χρειάζεται της ηχητικής πηγής, για να ελαττωθεί η μέση πυκνότητα ηχητικής ενέργειας του χώρου στο 10^{-6} της τιμής της σταθερής κατάστασης με την πηγή σε λειτούργει (να πέσει δηλαδή στα 60 dB).Μονάδα μέτρησης του χρόνου αντήχησης είναι το δευτερόλεπτο (sec).[40],[41]

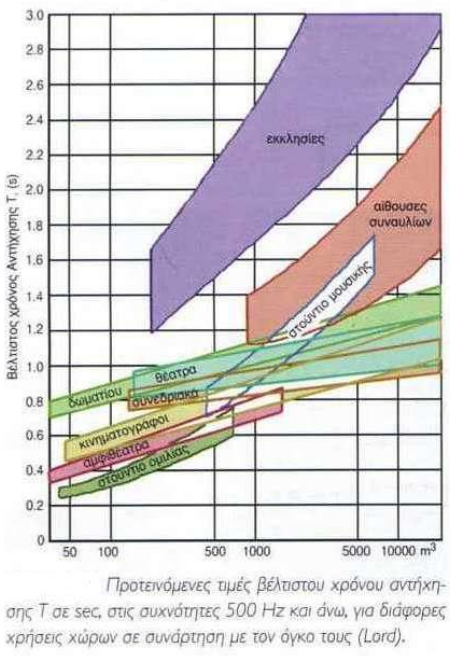


Αίθουσα Usher στο Εδινβούργο. Χρόνος Αντήχησης άδειου χώρου – συνεχής γραμμή, χρόνος αντήχησης αίθουσας με ακροατές – διακεκομένη γραμμή, EDT (early decay time) άδειου χώρου – κυκλάκια (χωρίς τις θέσεις κάτω από τον εξώστη), (Barron).

(Εικ. 3.27, χρόνος αντήχησης σε συνάρτηση με συχνότητα, πηγή 41)

Η πτώση της στάθμης της ηχητικής πίεσης που αντιστοιχεί στο χρόνο αντήχησης είναι 60 db. Το γεγονός αυτό χρησιμοποιείται συνήθως στην πράξη για τη μέτρηση του χρόνου αντήχησης, βλέπε το σχήμα 3.27.

Ο χρόνος αντήχησης ενός χώρου δίνεται από τον τύπο Sabine: T=0.163V/(A+xV) sec όπου $A=S_1*a_1 +S_2*a_2 +\ldots S_{nan}$ σε sabs (m^2) οπου : Τ είναι ο χρόνος αντήχησης σε δευτερόλεπτα, V είναι ο όγκος του χώρου σε m^3 ,Α είναι η συνολική ηχοαπορρόφηση σε m^2 ,x είναι ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης του αέρα,S_1 ,S_2 ,S_n είναι οι επιφάνειες των ηχοαπορροφητικών υλικών σε m^2 και τέλος a_1,a_2,a_n είναι οι συντελεστές ηχοαπορρόφησης των ηχοαπορροφητικών υλικών. [8], [13], [41]



Προτεινόμενες τιμές βέλτιστου χρόνου αντήχησης Τ σε sec, στις συχνότητες 500 Hz και άνω, για διάφορες χρήσεις χώρων σε συνάρτηση με τον όγκο τους (Lord).

Ο βέλτιστος χρόνος αντήχησης αποτελεί το σημαντικότερο κριτήριο καλής ακουστικής των χώρων. Εξαρτάται από τον όγκο του χώρου και από το είδος της ηχητικής πηγής, μουσική ή ομιλία αλλά και ειδικότερα από το είδος της χρήσης του χώρου. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται διαφορετικός χρόνος αντήχησης για αμφιθέατρα, θέατρα, συνεδριακά κέντρα, κλπ. Οι διαφορετικές απαιτήσεις για βέλτιστο χρόνο αντήχησης οδηγούν αναπόφευκτα σε χώρους με μεταβλητή ακουστική. Διάφοροι θεωρητικοί για την ακουστική έχουν προτείνει τιμές για βέλτιστο χρόνο αντήχησης ανάλογα με τον όγκο και το είδος μουσικής ή ομιλίας. [13], [41]

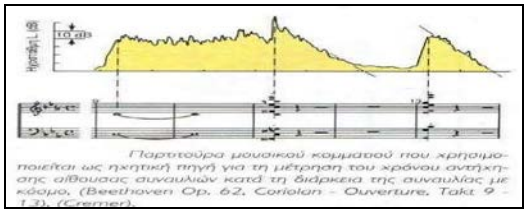
(Εικ. 3.28, τιμές βέλτιστου χρόνου αντήχησης, πηγή 41)

Η τιμή του βέλτιστου χρόνου αντήχησης δίνεται καταρχήν για συχνότητα από 500 Hz και πάνω. Οι διαφορές των προτεινόμενων τιμών βασίζονται σε υποκειμενικά κριτήρια εκτίμησης της απόδοσης της μουσικής. Επίσης αναφέρεται ότι σε πολλές νέες αίθουσες συναυλιών μοιράζονται ερωτηματολόγια σχετικά με την ακουστική του χώρου ώστε να διαφαίνεται η τάση του κόσμου και πιθανές αλλαγές στις τιμές των βέλτιστων χρονών αντήχησης.

Για την μέτρηση του χρόνου αντήχησης, και των καμπυλών πτώσης γενικότερα χρησιμοποιούνται ηχητικές πηγές που παύουν να λειτουργούν ξαφνικά και μετριέται σε ένα όργανο ή ακόμη και υποκειμενικά ο χρόνος αντήχησης από ένα μικρόφωνο ή το αυτί που είναι στον αντίστοιχο χώρο.

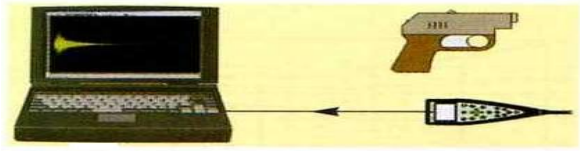
Η ηχητική πηγή που τοποθετείται στην σκηνή μπορεί να είναι : α) παλαμάκια β) πιστόλι γ) κατευθυντικό μεγάφωνο δ) τυχαίως ε) καθαρός τόνος ζ) μουσική ορχήστρα.

Οι ακουστικές ποιότητες που μετριούνται με αυτές τις πηγές είναι οι καμπύλες πτώσεις, ο χρόνος αντήχησης, η ηχώ και η κατανομή. Ο πιο κατάλληλος τρόπος του χρόνου αντήχησης μιας αίθουσας με κόσμο είναι η χρήση της ίδιας μουσικής ως ηχητική πηγή, βλέπε σχήμα 3.29. [41]



Παρτιτούρα μουσικού κομματιού που χρησιμοποιείται ως ηχητική πηγή για τη μέτρηση του χρόνου αντήχησης αίθουσας συναυλιών κατά τη διάρκεια της συναυλίας με κόσμο. (Beethoven Op. 62, Coriolan - Ouverture, Takt 9 - 13). (Cremer).

(Εικ. 3.29, παρτιτούρα που χρησιμοποιείται ως ηχητική πηγή για μέτρηση του χρόνου αντήχησης, πηγή 41)

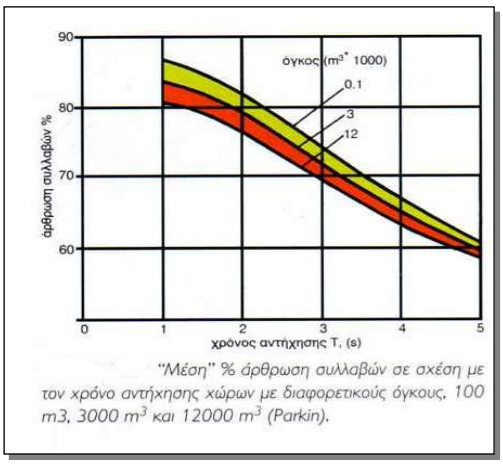


Μέτρηση του χρόνου αντήχησης. Πηγή ήχου-πιστόλι, ηχόμετρο, φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής, ειδικά προγράμματα επεξεργασίας ήχου.

Μέτρηση του χρόνου αντήχησης. Πηγή ήχου-πιστόλι, ηχόμετρο, αναλυτής οκτάβας ή τριτοοκτάβας, καταγραφικό και χαρτί με καμπύλη πτώσης (Ginn).

Η τυπική διάταξη μέτρησης του χώρου αντήχησης είναι ένα πιστόλι (Εικ. 3.30, μέτρηση χρόνου αντήχησης με διάφορους τρόπους, πηγή 41) και ένα ολοκληρωμένο ηχόμετρο που αναλύει και καταγράφει την καμπύλη πτώσης. Αντί για πιστόλι χρησιμοποιείται για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα ηχητική πηγή που αποτελείται από γεννήτρια λευκού θορύβου, ενισχυτή και ολοκατευθυντικό μεγάφωνο. Για ακόμα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, χρησιμοποιείται αναλυτής και καταγραφικό στάθμης, συνδεδεμένο με μικρόφωνο επιστροφής για καταλληλότερη δειγματοληψία σε τυχαία σημεία της αίθουσας. [40], [41]

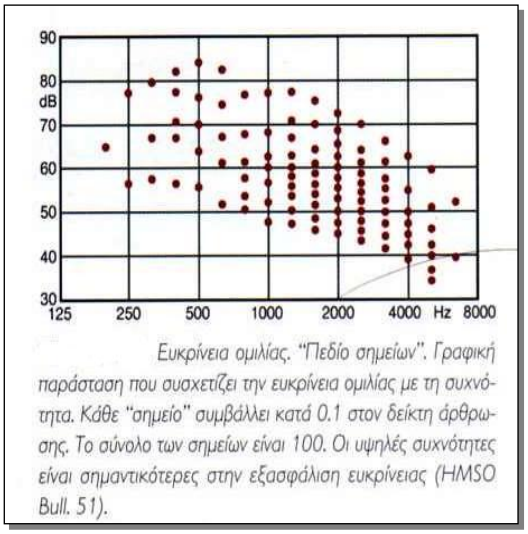
<u>Ευκρίνεια, άρθρωση συλλαβών % , ιδιωτικότητα της ομιλίας, επικοινωνία και δείκτης μετάδοσης ομιλίας</u>



"Μέση" % άρθρωση συλλαβών σε σχέση με τον χρόνο αντήχησης χώρων με διαφορετικούς όγκους, 100 m3, 3000 m^3 και 12000 m^3 (Parkin).

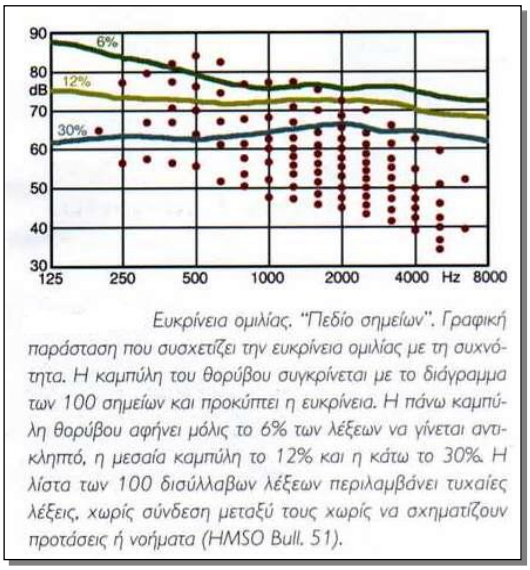
Σε χώρους με μεγάλο όγκο όπου γίνεται ομιλία πχ αμφιθέατρο, η ευκρίνεια του ήχου είναι πολύ χαμηλή, αφού κάθε συλλαβή της ομιλίας ακούγεται πάνω σε προηγούμενη συλλαβή λόγω του μεγάλου χρόνου αντήχησης. Η ισχύς της φωνής του ομιλητή ακόμα κι αν είναι χαμηλή οδηγείται σε υψηλές στάθμες, λόγω του ανταγωνισμού της φωνής με την αντήχηση του χώρου. Το διπλανό διάγραμμα που συνδέει το ποσοστό επί τοις εκατό άρθρωση της ομιλίας με τον χρόνο και τον όγκο αντήχησης δείχνει ότι η άρθρωση (Εικ. 3.31, μέση % άρθρωση συλλαβών σε σχέση με το χρόνο αντήχησης, πηγή 41)

συλλαβών ομιλίας μειώνεται όσο αυξάνει ο όγκος και ο χρόνος αντήχησης. Η γραφική παράσταση που συσχετίζει την ευκρίνεια ομιλίας με την ιδιωτικότητα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.32. [41]



Ευκρίνεια ομιλίας. "Πεδίο σημείων". Γραφική παράσταση που συσχετίζει την ευκρίνεια ομιλίας με τη συχνότητα. Κάθε "σημείο" συμβάλλει κατά 0.1 στον δείκτη άρθρωσης. Το σύνολο των σημείων είναι 100. Οι υψηλές συχνότητες είναι σημαντικότερες στην εξασφάλιση ευκρίνειας (HMSO Bull. 51).

(Εικ. 3.32, γραφική παράσταση που σχετίζει την ευκρίνεια ομιλίας με τη συχνότητα, πηγή 41)



Ευκρίνεια ομιλίας. "Πεδίο σημείων". Γραφική παράσταση που συσχετίζει την ευκρίνεια ομιλίας με τη συχνότητα. Η καμπύλη του θορύβου συγκρίνεται με το διάγραμμα των 100 σημείων και προκύπτει η ευκρίνεια. Η πάνω καμπύλη θορύβου αφήνει μόλις το 6% των λέξεων να γίνεται αντικληπτό, η μεσαία καμπύλη το 12% και η κάτω το 30%. Η λίστα των 100 δισύλλαβων λέξεων περιλαμβάνει τυχαίες λέξεις, χωρίς σύνδεση μεταξύ τους χωρίς να σχηματίζουν προτάσεις ή νοήματα (HMSO Bull. 51).

Η χρήση του διαγράμματος του ‘’πεδίου σημείων’’ είναι πολύ απλή και βασίζεται στην καμπύλη της στάθμης του εσωτερικού θορύβου βάθους των χώρων. Μετριούνται έτσι τα σημεία πάνω από την καμπύλη και προκύπτει έτσι το ποσοστό της ευκρίνειας ομιλίας, βλέπε διπλανό σχήμα3.33.

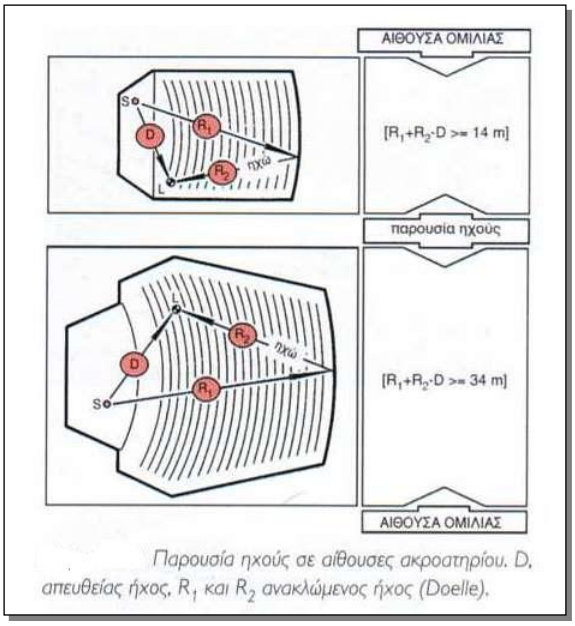
(Εικ. 3.33, γραφική παράσταση που σχετίζει την ευκρίνεια με τη συχνότητα, πηγή 41)

Οι καμπύλες κατάταξης του θορύβου μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της ευκρίνειας. [41]

Ο άμεσος δείκτης μετάδοσης ομιλίας RASTI (rapid speech transmission index) προσδιορίζεται από τον τύπο: RASTI=(X+15)/30. (%) όπου χ, οι προφανείς σχέσεις σχήματος προς θόρυβο. [40]

3.5 Αποφυγή ακουστικών λαθών

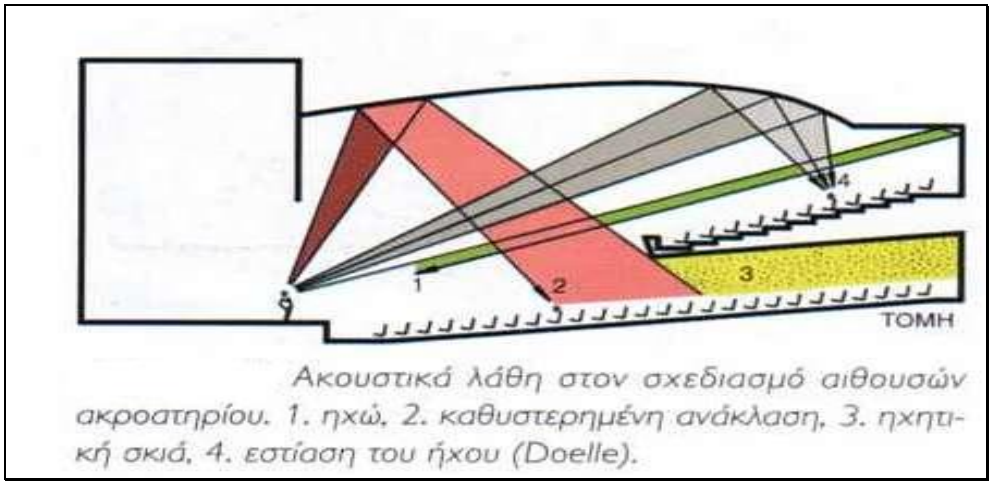
α) ηχώ, καθυστερημένες ανακλάσεις, πολλαπλές ανακλάσεις, εστίαση του ήχου.



Παρουσία ηχούς σε αίθουσες ακροατηρίου. D, απευθείας ήχος, R_1 και R_2 ανακλώμενος ήχος (Doelle).

Η ηχώ είναι το ακουστικό λάθος που αναγνωρίζεται πιο εύκολα από τα αλλά ακουστικά λάθη. Η ηχώ παρουσιάζεται σε χώρους όπου μπορεί να προκύψει σε έναν ακροατή: 1) χρονική καθυστέρηση 1/25 sec ανάμεσα στον απευθείας και στον ανακλώμενο ήχο, πρώτη ανάκλαση για την ηχητική πηγή ομιλίας και 2) χρονική καθυστέρηση 1/10 sec ανάμεσα στον απευθείας και στον` ανακλώμενο ήχο, πρώτη ανάκλαση για την ίδια ηχητική πηγή μουσικής. Με βάση την ταχύτητα του ήχου στον αέρα, 344m/sec μπορούμε να προσδιορίσουμε την απόσταση σε m όπου θα παρουσιαστεί η ηχώ όπου για ομιλία είναι 14 m και για μουσική 34 m. Στο παραπάνω σχήμα 3.34 (Εικ. 3.34, παρουσία ηχούς σε αίθουσα ακροατηρίου, πηγή 41) στις κατόψεις χώρων ομιλίας και μουσικής παρουσιάζεται η ηχώ ως συνάρτηση της διαφοράς της απόστασης απευθείας και ανακλώμενου ήχου από την πηγή σε έναν ακροατή. [40], [41]

Η ηχώ δεν πρέπει να συγχέεται με την αντήχηση. Η ηχώ είναι καθαρότατη και ανεπιθύμητη επανάληψη του ήχου, ενώ η αντήχηση είναι επιθυμητή παράταση, συνέχεια, βάθος του ήχου. [41]

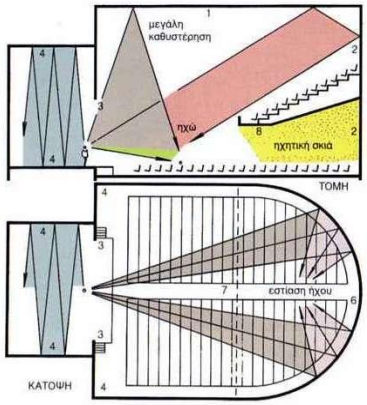


Ακουστικά λάθη στον σχεδιασμό αιθουσών ακροατηρίου. 1. ηχώ, 2. καθυστερημένη ανάκλαση, 3. ηχητική σκιά, 4. εστίαση του ήχου (Doelle).

(Εικ. 3.35, ακουστικά λάθη στον σχεδιασμό αιθουσών ακροατηρίου, πηγή 41)

Καθυστερημένη ανάκλαση θεωρείται κάτι ανάλογο με την ηχώ, μονό που η χρονική καθυστέρηση στον απευθείας και τον ανακλώμενο ήχο είναι κάπως μικρότερη από το 1/10 και το 1/25 sec. Στον ακουστικό σχεδιασμό αιθουσών προσδιορίζεται ως προδιαγραφή το χρονικό εύρος των χρησίμων ανακλάσεων, πχ τα πρώτα 35 msec, διαφορά απόστασης απευθείας και ανακλώμενου ήχου περίπου 10 m! Οι ανακλάσεις με μεγάλη καθυστέρηση αναγνωρίζονται από τη μικρή γωνία προσπίπτοντος και ανα-

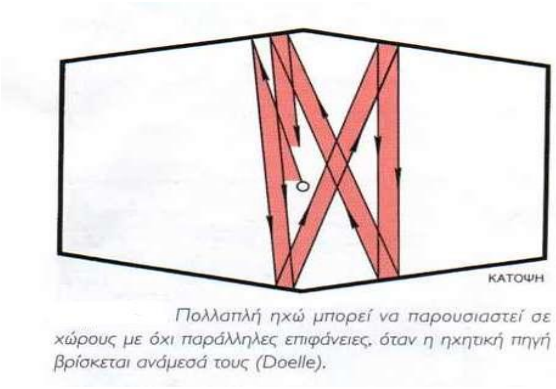
κλώμενου ήχου, βλέπε το παραπάνω σχήμα 3.35, ηχητικό κύμα 2 και το επόμενο , στην τομή. [40], [41]



Ακουστικά λάθη στον σχεδιασμό αιθουσών ακροατηρίου. 1. δυσανάλογα μεγάλο ύψος σε σχέση με τις άλλες διαστάσεις, 2. οι πίσω τοίχοι δεν έχουν αντιμετωπιστεί ακουστικά, 3. απουσία ανακλαστήρων κοντά στην πηγή, 4. πολλαπλή ανάκλαση από παράλληλες επιφάνειες, 5. οριζόντιο επίπεδο ακροατών, 6. κοίλο σχήμα πίσω τοίχου που προκαλεί εστίαση του ήχου, 7. διάδρομος στο κέντρο της επιφάνειας των ακροατών και 8. ηχητική σκιά που προκαλείται από μεγάλη προεξοχή του εξώστη (Doelle).

Η πολλαπλή ηχώ είναι πολλές μικρές επαναλαμβανόμενες αντανακλάσεις που παρατηρούνται όταν μια στιγμιαία ηχητική πηγή, όπως ένας πυροβολισμός παράγεται ανάμεσα σε 2 παράλληλες επιφάνειες του χώρου έστω και αν οι υπόλοιπες επιφάνειες του χώρου δεν είναι παράλληλες, ή είναι απορροφητικές ή είναι διαχυτικές. Για την αποφυγή της πολλαπλής ηχούς πρέπει να μην σχεδιάζονται επιφάνειες παράλληλες σε χώρους ακροατηρίου, βλέπε σχήμα 3.36 . [40], [41]

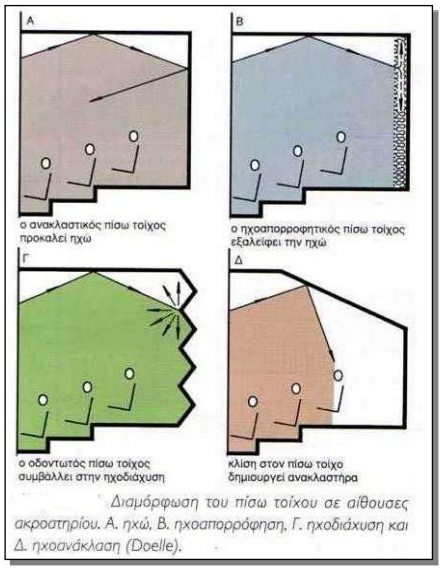
(Εικ. 3.36, ακουστικά λάθη στο σχεδιασμό αιθουσών ακροατηρίου, πηγή 41)



Πολλαπλή ηχώ μπορεί να παρουσιαστεί σε χώρους με όχι παράλληλες επιφάνειες, όταν η ηχητική πηγή βρίσκεται ανάμεσά τους (Doelle).

Επίσης πρέπει να μην βρίσκεται ηχητική πηγή ανάμεσα σε παράλληλες επιφάνειες. Πολλαπλή ηχώ μπορεί να προκύψει και ανάμεσα σε παράλληλες επιφάνειες, όταν η ηχητική πηγή βρίσκεται ανάμεσα τους, βλέπε το σχήμα 3.37. [41]

(Εικ. 3.37, πολλαπλή ηχώ σε χώρους χωρίς παράλληλες επιφάνειες, πηγή 41)



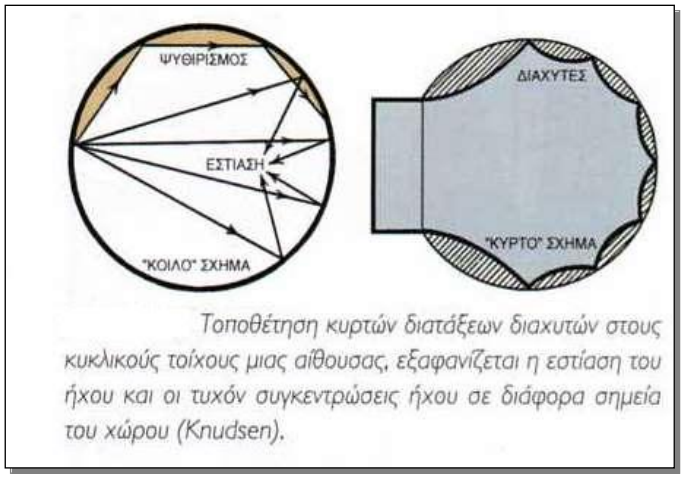
Διαμόρφωση του πίσω τοίχου σε αίθουσες ακροατηρίου. Α. ηχώ, Β. ηχοαπορρόφηση, Γ. ηχοδιάχυση και Δ. ηχοανάκλαση (Doelle).

Η ηχώ, η πολλαπλή ηχώ και οι καθυστερημένες ανακλάσεις στους πίσω τοίχους μέσα στις αίθουσες ακροατηρίου μπορούν να ελέγχουν με τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών και διατάξεων, με αντικατάσταση της γωνίας με ανακλαστήρα και με τη δημιουργία οδοντωτής διάταξης διαχυτή, βλέπε το σχήμα 3.38. [41]

(Εικ. 3.38, διαμόρφωση του πίσω τοίχου σε αίθουσες ακροατηρίου, πηγή 41)

Η εστίαση του ήχου παρουσιάζεται σε κοίλους χώρους, όπως στο εσωτερικό σχήμα κύκλου, έλλειψης κλπ, όταν οι ανακλάσεις από το κοίλο σχήμα συγκεντρώνονται σε ένα σημείο. Η ένταση σε αυτά τα σημεία που ονομάζονται και καυτά πολλαπλασιάζεται με αποτέλεσμα την ανομοιόμορφη κατανομή του ήχου κι επιπλέον την εξαφάνιση της φυσιολογικής προοπτικής μείωσης του ήχου, σχήμα 3.36 (Α) ηχητικό κύμα 4 και σχήμα (Β) στην κάτοψη. [41]

Η αποφυγή των συγκεντρωτικών και κοίλων επιφανειών είναι πρωταρχικής σημασίας στον ακουστικό σχεδιασμό. Η αποφυγή της εστίασης του ήχου γίνεται ‘’μερικά’’ με την τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών στις επιφάνειες. Η σωστότερη αντιμετώπιση είναι η αλλαγή του σχήματος από κοίλο σε κυρτό και στη συνεχεία επικάλυψη ή όχι με ηχοαπορροφητικό υλικό. Στο διπλανό σχήμα παρουσιάζεται αριστερά χώρος με κυκλικό σχήμα που ευνοεί τη συγκέντρωση του ήχου σε μια εστία και δεξιά η διόρθωση του σχήματος με την τοποθέτηση κυρτών διαχυτών στις εσωτερικές επιφάνειες του χώρου με αποτέλεσμα την αποφυγή της εστίασης του ήχου.[40]

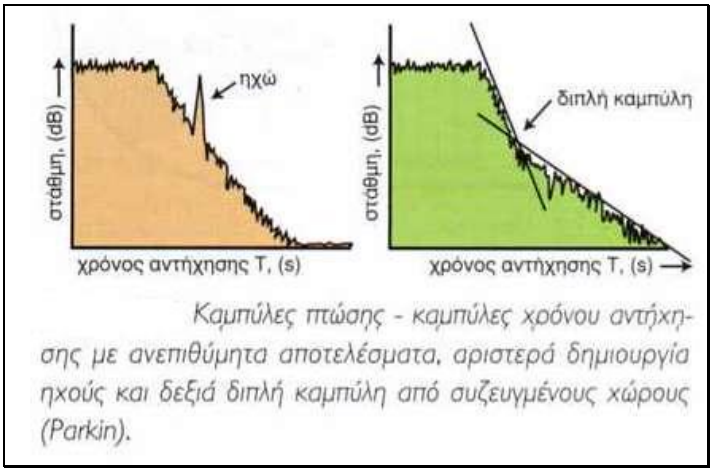


Τοποθέτηση κυρτών διατάξεων διαχυτών στους κυκλικούς τοίχους μιας αίθουσας, εξαφανίζεται η εστίαση του ήχου και οι τυχόν συγκεντρώσεις ήχου σε διάφορα σημεία του χώρου (Knudsen).

(Εικ 3.39, τοποθέτηση κυρτών διατάξεων διαχυτών σε κυκλικούς τοίχους , πηγή 41)

β) συζευγμένοι χώροι, παραμόρφωση, συνηχήσεις, ηχητικές σκιές, ψιθυρισμοί.

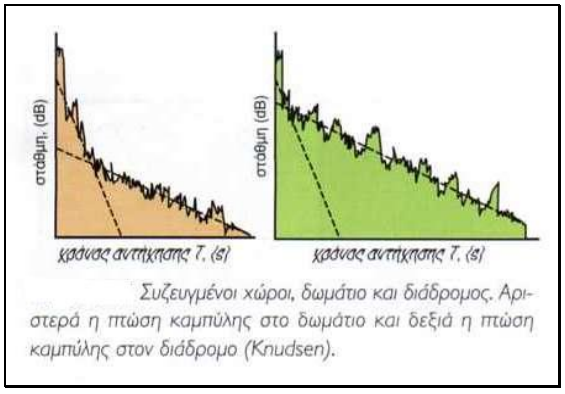
Στην περίπτωση που μια αίθουσα ακροατηρίου είναι συνδεδεμένη με ένα άλλο αντηχητικού πεδίου χώρο, όπως hall εισόδου, φουαγιέ, διάδρομος, γραφείο καθηγητή και άλλα , τότε οι δυο χώροι θεωρούνται συζευγμένοι. Εφόσον οι δυο χώροι συνδέονται οπτικά τότε φτάνει με καθυστέρηση στην αίθουσα αντιληπτός ήχος από τον διπλανό χώρο που συμβάλλει στην αντήχηση αλλοιώνοντας την ομαλή πτώση. Αυτό το φαινόμενο φαίνεται στο σχήμα 3.40, στο δεξιό τμήμα όπου η καμπύλη πτώσης της αντήχησης έχει δυο κλίσεις. Η πρώτη κλίση είναι μεγαλύτερη γιατί ανταποκρίνεται σε χώρο μικρού όγκου και στη συνέχεια που ο ήχος από τον διπλανό χώρο εισέρχεται στην αίθουσα και επομένως ο όγκος μεγαλώνει έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη κλίση, δηλαδή μεγαλύτερο χρόνο αντήχησης. [41]



Καμπύλες πτώσης - καμπύλες χρόνου αντήχησης με ανεπιθύμητα αποτελέσματα, αριστερά δημιουργία ηχούς και δεξιά διπλή καμπύλη από συζευγμένους χώρους (Parkin).

(Εικ 3.40, καμπύλες πτώσεις-καμπύλες χρόνου αντήχησης, πηγή 41)

Για να αποφύγουμε τη δημιουργία συζευγμένων χώρων με όλα τα δυσάρεστα επακόλουθα πρέπει να ξεχωρίζουμε ακουστικά όσο γίνεται τους δυο χώρους είτε με ηχομονωτικά χωρίσματα, είτε με κατασκευή κουβούκλιου κάτω από το χώρο της σκηνής, είτε με τη μείωση του χρόνου αντήχησης στο ελάχιστο, όπου βεβαία αυτό απαιτείται, είτε σχεδιάζοντας ίδιο χρόνο αντήχησης των δυο χώρων αλλά παράλληλα έλεγχο της επιφάνειας του ανοίγματος ανάμεσα τους ώστε να περιορίζεται τουλάχιστον το φάσμα. [41]



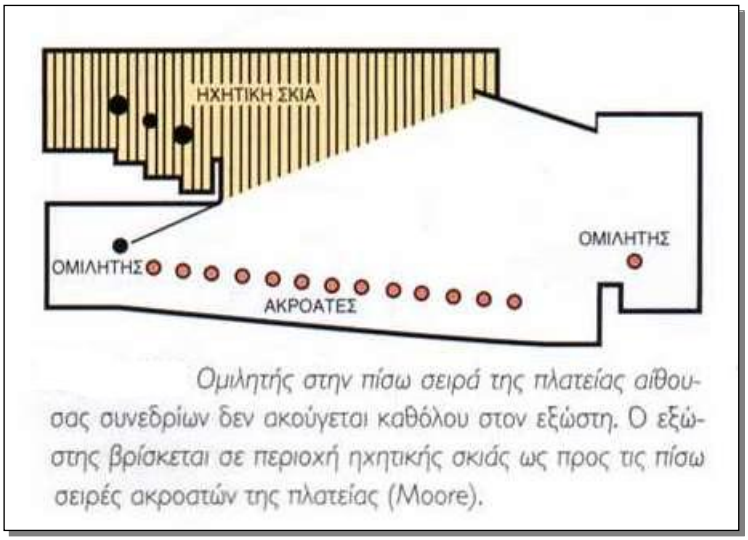
Συζευγμένοι χώροι, δωμάτιο και διάδρομος. Αριστερά η πτώση καμπύλης στο δωμάτιο και δεξιά η πτώση καμπύλης στον διάδρομο (Knudsen).

(Εικ 3.41, συζευγμένοι χώροι, πηγή 41)

Παραμόρφωση είναι ανεπιθύμητη αλλαγή στη ποιότητα της μουσικής που παρατηρείται στις αίθουσες με λάθος τοποθετημένες ηχοαπορροφητικές διατάξεις ή με υπερβολική ηχοαπορρόφηση του χώρου σε διάφορες συχνότητες. Για την αποφυγή της παραμόρφωσης πρέπει να κατανέμονται ομοιόμορφα τα ηχοαπορροφητικά υλικά σε όλο το ακουστικό φάσμα για την επίτευξη του βέλτιστου χρόνου αντήχησης .

Συνήχηση του χώρου ή αλλιώς και χρωματισμός συμβαίνει σε μικρούς χώρους όπως στούντιο και είναι κάποιες συχνότητες του φάσματος που ακούγονται δυνατότερα λόγω του σχήματος του χώρου, των αναλογιών του, των παράλληλων επιφανειών του

και μπορεί να αποφευχθεί με την τοποθέτηση τυχοδιωχτών ή με την τοποθέτηση διαφορετικών ηχοαπορροφητικών υλικών σε κάθε επιφάνεια. [40], [41]



Ηχητική σκιά είναι η μείωση της στάθμης ήχου σε ένα σημείο λόγω της ύπαρξης κάποιου εμποδίου μπροστά του. Στις αίθουσες ακροατηρίου ένας θεατής μπορεί να έχει ως εμπόδιο τον εξώστη πάνω του ο όποιος εμποδίζει να φτάσει ανακλώμενος ήχος από την οροφή, βλέπε διπλανό σχήμα.

(Εικ. 3.42, ομιλητής στην πίσω σειρά δεν ακούγεται στον εξώστη, πηγή 41)

Οι ήχοι υψηλής συχνότητας έχουν την ιδιότητα να έρπουν κατά μήκος των κοίλων επιφανειών όπως σε ημισφαιρικούς θόλους εκκλησιών. Ένας απαλός ήχος σαν ψιθυρισμός ακούγεται στην απέναντι πλευρά του θολού. Ο ψιθυρισμός δεν είναι κριτήριο καλής ακουστικής ανεξάρτητα από το άκακο αποτέλεσμα. [40], [41]

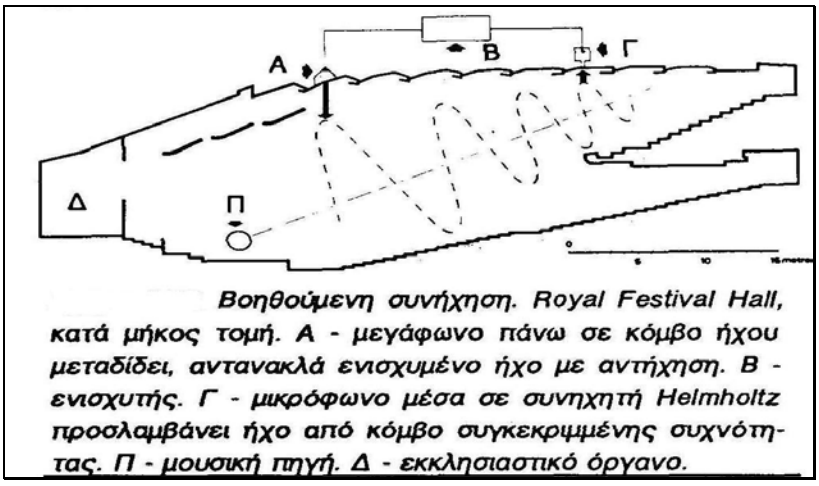
Συμπληρωματικά στοιχεία

Βοηθουμένη συνήχηση (assisted resonance) είναι ηλεκτρονική μέθοδος με την οποία μεγαλώνει ο χρόνος αντήχησης ενός χώρου. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας σειρά καναλιών το καθένα από τα οποία αποτελείται από ένα μικρόφωνο με προκαθορισμένο τόνο τοποθετημένο μέσα σε ένα συνηχητή κοιλότητας στην οροφή του χώρου να τροφοδοτεί ήχο σε ένα ενισχυτή που είναι συνδεδεμένος με ένα μεγάφωνο επίσης τοποθετημένο στην οροφή του χώρου. [41]

Ο συνηχητής κοιλότητας είναι ένας κύλινδρος με ένα πιστόνι στη μέση του όποιου έχει τοποθετηθεί ένα μικρόφωνο. Το πιστόνι έχει την δυνατότητα να ανεβοκατεβαίνει και επομένως να αλλάζει τον όγκο της κοιλότητας, πράγμα που σημαίνει αλλαγή της συχνότητας μεγίστης ηχοαπορρόφησης σύμφωνα με τη θεωρία των συνηχητών κοιλότητας ή συνηχητών Helmholtz. Η τρύπα του συνηχητή είναι στο επίπεδο της οροφής έτσι που όταν ο ήχος προσπίπτει στην επιφάνεια της οροφής, στο συγκεκριμένο σημείο, μια συχνότητα περνάει στην κοιλότητα, αυξάνει ο χρόνος αντήχησης αυτής της συχνότητας, ενισχύεται και οδηγείται από το μεγάφωνο που είναι δίπλα στην τρυπά προς τους ακροατές με την ίδια κατεύθυνση που θα είχε αν δεν υπήρχε τρύπα. Δηλαδή, αναπαράγεται η ανάκλαση από ανακλαστήρα οροφής ο ανακλώμενος της συχνότητας έχει μεγαλύτερο χρόνο αντήχησης από όσο ήταν.

Αυτό το σύστημα για να εφαρμοστεί σωστά πρέπει να καλύπτει όλες τις συχνότητες που να ενδιαφέρουν την ακουστική χώρων και η θέση των συνηχητών στην οροφή εξαρτάται από το μέγιστο του κόμβου του ηχητικού κύματος της συχνότητας που μας ενδιαφέρει. [41]

Η γνωστότερη εφαρμογή του συστήματος έχει γίνει στο Royal festival hall του Λονδίνου, όπου υπεύθυνος της ακουστικής είναι ο P. Parkin. Η οροφή της αίθουσας έχει 900 μεγάφωνα και για ιστορικούς λόγους αναφέρεται ότι η εφαρμογή του συστήματος είχε αποτέλεσμα 5 διδακτορικές διατριβές και ο ίδιος ο Parkin είχε στην πρεμιέρα το άγχος της ζωής του αφού το σύστημα ήταν ηλεκτρονικό αφού η αίθουσα δεν είχε μικρόφωνα, ο όγκος της αίθουσας έπρεπε να έχει μικρό χρόνο αντήχησης που ήταν ανεπιθύμητος και είχε μεγάλο που ήταν και βέλτιστος! [40]



Βοηθούμενη συνήχηση. Royal Festival Hall, κατά μήκος τομή. Α - μεγάφωνο πάνω σε κόμβο ήχου μεταδίδει, αντανακλά ενισχυμένο ήχο με αντήχηση. Β - ενισχυτής. Γ - μικρόφωνο μέσα σε συνηχητή Helmholtz προσλαμβάνει ήχο από κόμβο συγκεκριμμένης συχνότητας. Π - μουσική πηγή. Δ - εκκλησιαστικό όργανο.

(Εικ. 3.43, βοηθούμενη συνήχηση στο Royal Festival Hall, πηγή 40)

3.6 Αίθριο και ακουστική

Μια περίπτωση φυσικού φωτισμού σε ένα αμφιθέατρο είναι η τοποθέτηση στεγασμένου αίθριου στην οροφή του. Δεν πρέπει να παραλείψουμε και την επίδραση του στην ακουστική του αμφιθέατρου. Ένα αίθριο το όποιο έχει σωστό ακουστικό σχεδιασμό, θα συμβάλλει θετικά στην άνεση του εσωτερικού περιβάλλοντος. Δυο προβλήματα αντιμετωπίζονται συνήθως κατά τον ακουστικό σχεδιασμό του χώρου ενός αίθριου. Ο θόρυβος που παράγεται στο αίθριο και μεταφέρεται στους προσκολλημένους χώρους, και ο θόρυβος που παράγεται στο αίθριο και παραμένει σ αυτό. Η ικανοποιητική ηχομόνωση ανάμεσα στο αίθριο και στους παρακείμενους χώρους, (γραφεία, αίθουσες συνεδρίων, κλπ) είναι βασικός παράγοντας άνεσης στους χώρους αυτούς επιδρά θετικά στην παραγωγικότητα των φοιτητών. Η καλή ακουστική του αίθριου δεν επηρεάζεται μονό από το υλικό των χωρισμάτων με τους προκείμενους χώρους, αλλά και από τις ακουστικές ιδιότητες όλων των υλικών του κελύφους και των επενδύσεων του. Η ακουστική του χώρου του αίθριου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ο προσδιορισμός των χρήσεων και δραστηριοτήτων που θα φιλοξενούνται στο αίθριο και στους περιβάλλοντες κτιριακούς χώρους, αποτελεί ίσως την καθοριστικότερη απόφαση. [22]

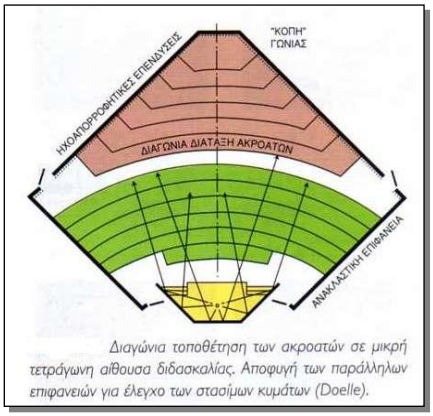
Οι προβλεπόμενες κυρίαρχες λειτουργίες προσδιορίζουν σε σημαντικό βαθμό τις επιλογές του ακουστικού σχεδιασμού του χώρου. Καταρχήν πρέπει να προσδιοριστεί το ανεκτό επίπεδο του θορύβου βάθους στη στάθμη του δαπέδου, καθώς και η επιθυμητή διακύμανση του σε σχέση με το σχεδιασμό. Μέσες έως χαμηλές στάθμες που παράγονται από τη λειτουργία του κλιματισμού, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό. Αν το αίθριο καλύπτεται από θόλο ή περιλαμβάνει άλλες κοίλες επιφάνειες (συγκεντρωτικές), η επιλογή και χρήση των υλικών των τελειωμάτων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή (ανακλαστικά, απορροφητικά, κλπ). Το είδος και η ποικιλία των δραστηριοτήτων που θα φιλοξενούνται στο χώρο του αίθριου ορίζουν το επόμενο επίπεδο του ακουστικού σχεδιασμού του. Για ορισμένες δραστηριότητες απαιτείται υψηλή αντήχηση (μουσικές εκδηλώσεις), ενώ για άλλες χαμηλή (ήρεμη ιδιωτική συζήτηση). Είναι απαραίτητο ο ακουστικός σχεδιασμός να ικανοποιεί μια ορισμένη ποικιλία δραστηριοτήτων, θα πρέπει να διευκολύνονται οι κυρίαρχες. [22]

3.7 Ακουστικός σχεδιασμός σε αμφιθέατρο, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων

Για να επιτευχτεί ικανοποιητικό ποσοστό ευκρινείας σε αμφιθέατρα εκτός από τα γενικά κριτήρια ακουστικού σχεδιασμού χώρων πρέπει να προσεχθούν όλα τα παρακάτω σημεία :

Οι διαδρομές του απευθείας ήχου πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερες για αποφυγή απορρόφησης του από τον αέρα . [40], [41]

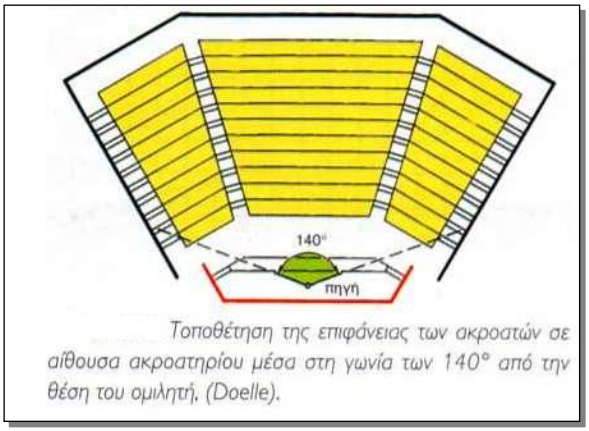
Η σχέση όγκου ανά ακροατή πρέπει να είναι : 2.3 έως 4,3 m^3 (έχει αναφερθεί ήδη). Από τον τύπο του χρόνου αντήχησης συνεπάγεται ότι όσο μικρότερο είναι το νούμερο τόσο λιγότερες ηχοαπορροφητικές επενδύσεις χρειάζονται. [41]



Διαγώνια τοποθέτηση των ακροατών σε μικρή τετράγωνη αίθουσα διδασκαλίας. Αποφυγή των παράλληλων επιφανειών για έλεγχο των στασίμων κυμάτων (Doelle).

(Εικ. 3.44, αποφυγή παράλληλων επιφανειών, πηγή 41)

Ο ήχος ομιλίας χωρίς ηλεκτροακουστική ενίσχυση γίνεται δύσκολα κατανοητός μετά τα 9-12 m από την πηγή. Αυτό συνεπάγεται ότι οι ανακλάσεις που φτάνουν στους ακροατές πρέπει να έχει μικρή διάφορα μήκους από τον απευθείας ήχο, δηλαδή 9-10 m που σημαίνει μικρή χρονική καθυστέρηση περίπου 30-35 msec.Η επιφάνεια ακροατών πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να εμπεριέχεται όλη σε γωνία από τον ομιλητή μικρότερη από 140 μοίρες. Αυτό είναι απαραίτητο καθόσον η κατευθυντικότητα του ήχου στις υψηλές συχνότητες, έχει μικρότερες γωνίες από ότι στις χαμηλές συχνότητες. [41]

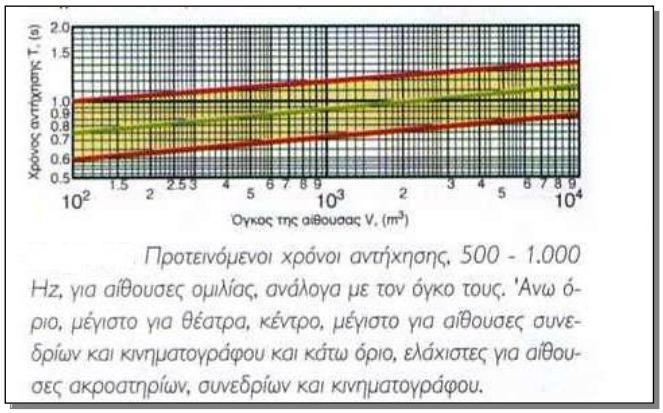


Τοποθέτηση της επιφάνειας των ακροατών σε αίθουσα ακροατηρίου μέσα στη γωνία των 140° από την θέση του ομιλητή, (Doelle).

(Εικ. 3.45, τοποθέτηση των ακροατών μέσα σε γωνία 140º, πηγή 41)

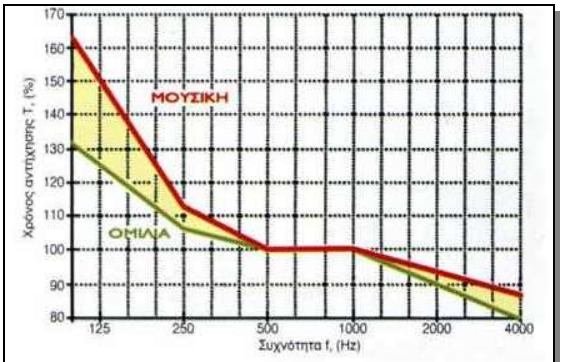
Ο χρόνος αντήχησης πρέπει να πλησιάζει όσο το δυνατόν το βέλτιστο. Αυτό προκύπτει από τις προτεινόμενες τιμές βέλτιστου χρόνου αντήχησης των διαφόρων μελετητών της ακουστικής. [41]

Τα ηχοαπορροφητικά χαρακτηριστικά των εσωτερικών επιφανειών πρέπει να είναι ομοιόμορφα από τα 250-8000 Hz για τον έλεγχο της επιπλέον απορρόφησης της ομιλίας στα φωνήεντα από τα σύμφωνα και ή το αντίστροφο. Έτσι η καμπύλη του βέλτιστου χρόνου για ομιλία διαφέρει από την καμπύλη του βέλτιστου χρόνου για μουσική. Η καμπύλη του χρόνου αντήχησης για ομιλία είναι σχεδόν ευθεία με μικρή απόκλιση-αύξηση στα 250 και στα 125 Hz.



Προτεινόμενοι χρόνοι αντήχησης, 500 - 1.000 Hz, για αίθουσες ομιλίας, ανάλογα με τον όγκο τους. Άνω όριο, μέγιστο για θέατρα, κέντρο, μέγιστο για αίθουσες συνεδρίων και κινηματογράφου και κάτω όριο, ελάχιστες για αίθουσες ακροατηρίων, συνεδρίων και κινηματογράφου.

(Εικ. 3.46, προτεινόμενοι χρόνοι αντήχησης για αίθουσα ομιλίας, πηγή 41)



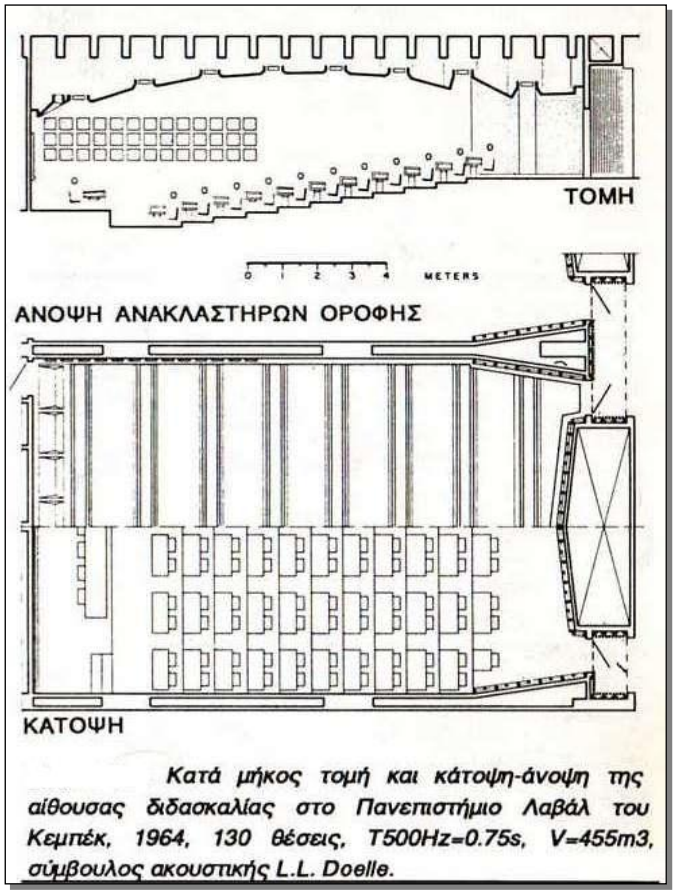
Προτεινόμενες διακυμάνσεις (%) των τιμών του βέλτιστου χρόνου αντήχησης ανά συχνότητα σε σχέση με τη βέλτιστη τιμή του στα 500 και 1.000 Hz. Η πάνω καμπύλη ισχύει για μουσική και η κάτω καμπύλη ισχύει για ομιλία.

(Εικ. 3.47, προτεινόμενες διακυμάνσεις του βέλτιστου χρόνου αντήχησης, πηγή 41)

Ο έλεγχος του θορύβου είναι πρωταρχικής σημασίας στόχος στον ακουστικό σχεδιασμό χώρων ομιλίας. Η ευκρίνεια βελτιώνεται όσο αυξάνει το σήμα προς θόρυβο της αίθουσας και ειδικότερα από τα 125-4000 Hz. [41]

Σήμα προς θόρυβο είναι στην ακουστική χώρου η στάθμη ήχου ομιλίας προς τον θόρυβο βάθους ή θόρυβο χώρου. Προσοχή πρέπει να δοθεί στο φαινόμενο της επικάλυψης κάποιων ειδών θορύβου πάνω στην ομιλία κι επίσης στη στάθμη ομιλίας του εκάστοτε ομιλητή. Οι προτεινόμενες απαιτούμενες στάθμες εσωτερικού θορύβου χώρων με διαφορετικές χρήσεις καλύπτουν την απαίτηση ησυχίας αιθουσών του ακροατηρίου. Η ευκρίνεια ήχου σε χώρους μπορεί να προσδιοριστεί ποσοτικά με το γνωστό πείραμα άρθρωσης.[40]

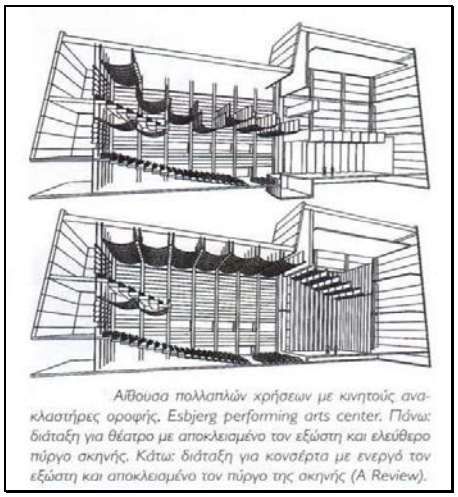
Στις αίθουσες διδασκαλίας με χωρητικότητα μεγαλύτερη από 100-150 άτομα χρειάζεται ηλεκτροακουστική σύστημα ενίσχυσης του ήχου. Το ηλεκτροακουστικό σύστημα έχει πάντα το μειονέκτημα να απομακρύνει ψυχολογικά τον ομιλητή από τους ακροατές. [40]



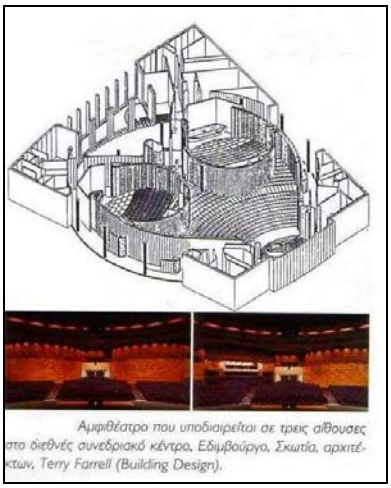
(Εικ. 3.48, κατά μήκος τομής σε πανεπιστημιακή αίθουσα διδασκαλίας, πηγή 40)

Αίθουσες πολλαπλών χρήσεων

Οι νέες αίθουσες ακροατηρίου πολλαπλών χρήσεων χρησιμοποιούν πλέον απλούστερη τεχνολογία, αποφεύγοντας τους πολύπλοκους μηχανισμούς σκηνής και γενικά όλους τους μηχανισμούς που μετατρέπουν την αίθουσα, ώστε να είναι κατάλληλη και για άλλες χρήσεις. Οι διαφορετικές χρήσεις προϋποθέτουν και διαφορετική ακουστική συμπεριφορά του χώρου που οδηγεί σε διαφορετική μορφή του χώρου. Στις αίθουσες πολλαπλών χρήσεων συνυπάρχουν συγκρουόμενα κριτήρια σχεδιασμού που πρέπει να ιεραρχούνται ανάλογα με τις αποφάσεις. [41]



Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων με κινητούς ανακλαστήρες οροφής. Esbjerg performing arts center. Πάνω: διάταξη για θέατρο με αποκλεισμένο τον εξώστη και ελεύθερο πύργο σκηνής. Κάτω: διάταξη για κονσέρτα με ενεργό τον εξώστη και αποκλεισμένο τον πύργο της σκηνής (A Review).



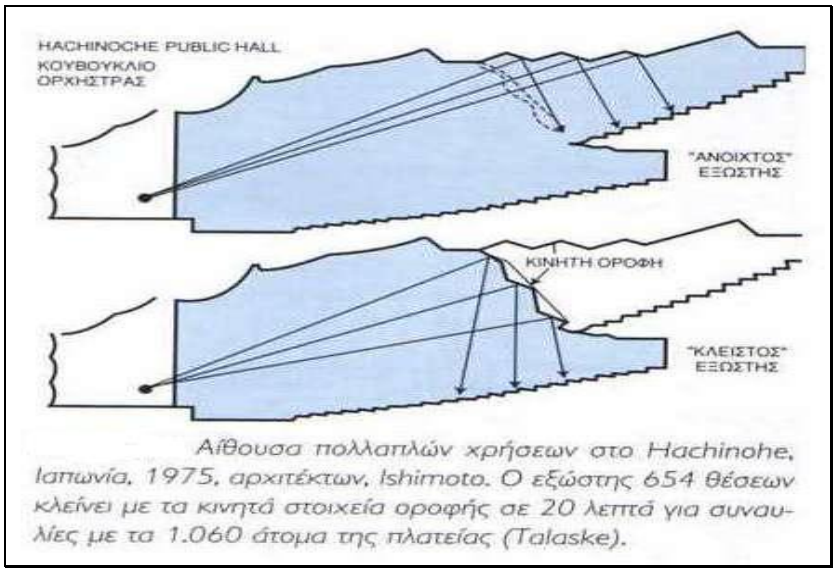
Αμφιθέατρο που υποδιαιρείται σε τρεις αίθουσες στο διεθνές συνεδριακό κέντρο, Εδιμβούργο, Σκωτία, αρχιτέκτων, Terry Farrell (Building Design).

(Αριστερά Εικ. 3.49, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων με κινητούς ανακλαστήρες οροφής, Δεξιά Εικ. 3.50, αμφιθέατρο που υποδιαιρείται σε 3 αίθουσες, πηγή 41)

Τα πιο βασικά συγκρουόμενα κριτήρια είναι :

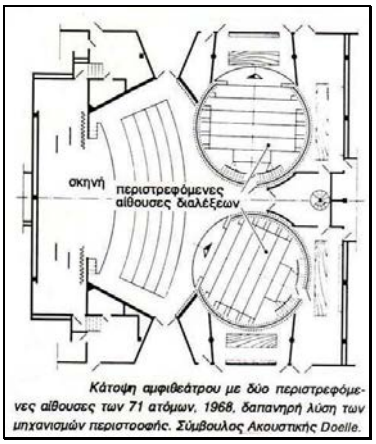
Α) Η μεγάλη αίθουσα είναι οικονομικά προτιμότερη ενώ η μικρή αίθουσα είναι ακουστικά προτιμότερη, οικειότητα.

Β) Τα βελούδινα καθίσματα έχουν μεγαλύτερη άνεση και άδεια η αίθουσα έχει χαρακτηριστικά γεμάτης, ενώ τα σκληρά (ξύλινα) καθίσματα είναι προτιμότερα από ακουστική πλευρά. [41]



Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων στο Hachinohe, Ιαπωνία, 1975, αρχιτέκτων, Ishimoto. Ο εξώστης 654 θέσεων κλείνει με τα κινητά στοιχεία οροφής σε 20 λεπτά για συναυλίες με τα 1.060 άτομα της πλατείας (Talaske).

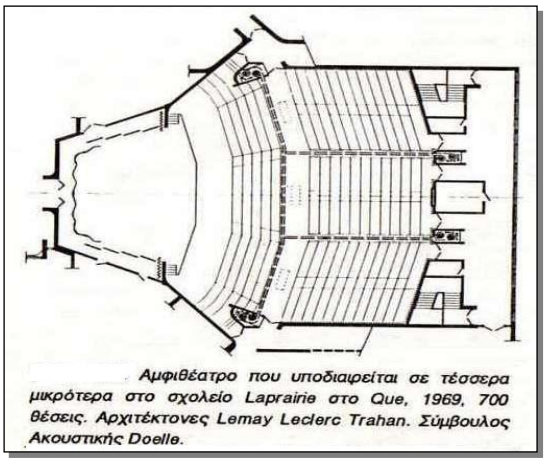
(Εικ. 3.51, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων στην Ιαπωνία, πηγή 41)



Κάτοψη αμφιθεάτρου με δύο περιστρεφόμενες αίθουσες των 71 ατόμων, 1968, δαπανηρή λύση των μηχανισμών περιστροφής. Σύμβουλος Ακουστικής Doelle.

Κάτοψη αίθουσας διδασκαλίας που διαιρείται σε δύο ή τέσσερεις μικρότερες στο Κεμπέκ, 1965. Σύμβουλος Ακουστικής Doelle.

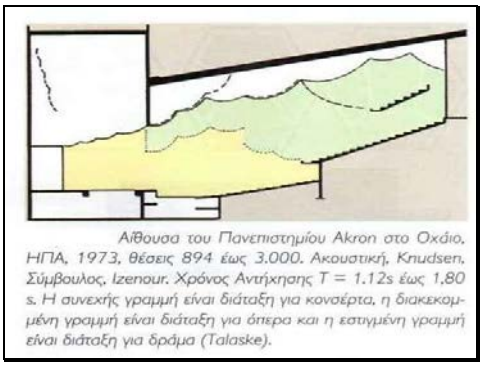
(Αριστερά Εικ. 3.52, κάτοψη αμφιθεάτρου με 2 περιστρεφόμενες αίθουσες, Δεξιά Εικ. 3.53, κάτοψη που διαιρείται σε μικρότερες, Κάτω Εικ. 3.54, αμφιθέατρο που υποδιαιρείται σε 4 τμήματα, πηγή 40)



Αμφιθέατρο που υποδιαιρείται σε τέσσερα μικρότερα στο σχολείο Laprairie στο Que, 1969, 700 θέσεις. Αρχιτέκτονες Lemay Leclerc Trahan. Σύμβουλος Ακουστικής Doelle.

Τα παρακάτω περιληπτικά σημεία πρέπει να προσεύχονται κατά τον ακουστικό σχεδιασμό πολλαπλών χρήσεων: 1) Ικανοποιητική αντιμετώπιση απαιτήσεων τουλάχιστον μιας από της χρήσεις του χώρου κύρια της πιο συχνής πχ ελαφρά μουσική αντί ομιλίες, 2) ''μέσος όρος'' αποφάσεων όπου οι χρήσεις μοιράζονται, όπως για παράδειγμα στην επιλογή του βέλτιστου χρόνου αντήχησης, 3) πρόβλεψη στον ακουστικό σχεδιασμό μεταβλητών παραμέτρων όπως:

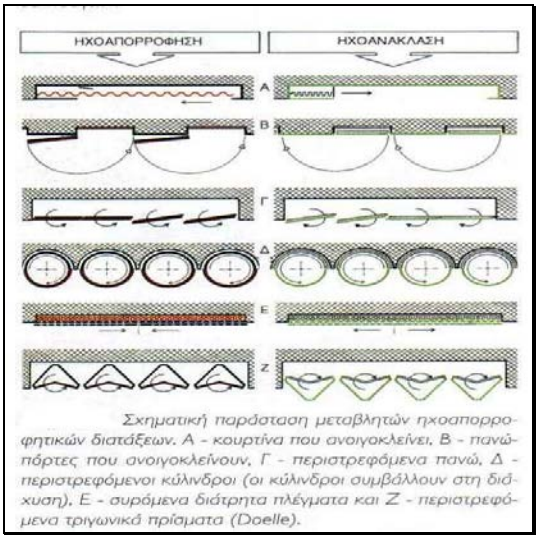
Α) Μεταβλητός όγκος, βλέπε σχήμα 3.55, από ανακλαστήρα πάνω από τη σκηνή που όταν κατεβαίνει χαμηλά λειτουργεί ως φράγμα ήχου αποκλείοντας σημαντικό όγκο πάνω του κι έτσι μειώνει το χρόνο αντήχησης, ενώ όταν είναι ψηλά όλος ο όγκος παίρνει μέρος στην αντήχηση. Ο ανακλαστήρας στην αίθουσα του παραδείγματος του Νότινγκαμ είναι ο μεγαλύτερος ανακλαστήρας στον κόσμο και κατεβαίνει συνήθως σε κονσέρτα ροκ και τζαζ μουσικής. [40], [41]



Αίθουσα του Πανεπιστημίου Akron στο Οχάιο, ΗΠΑ, 1973, θέσεις 894 έως 3.000. Ακουστική, Knudsen, Σύμβουλος, Izenour. Χρόνος Αντήχησης Τ = 1.12s έως 1.80 s. Η συνεχής γραμμή είναι διάταξη για κονσέρτα, η διακεκομμένη γραμμή είναι διάταξη για όπερα και η εστιγμένη γραμμή είναι διάταξη για δράμα (Talaske).

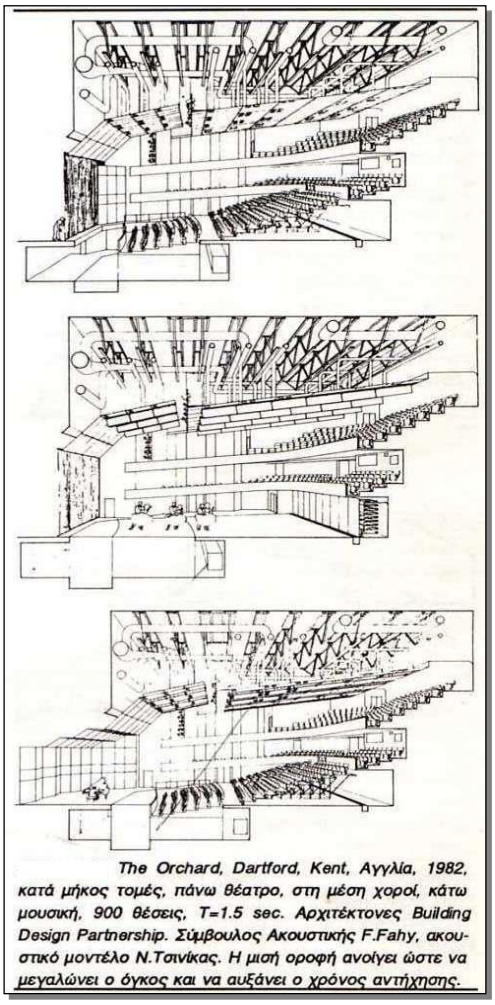
(Εικ. 3.55, αίθουσα μεταβλητού όγκου στις ΗΠΑ, πηγή 41)

Β) Μεταβλητά ηχοαπορροφητικά υλικά έτσι όπως φαίνονται στο επόμενο σχήμα



(Εικ 3.56, σχηματική παράσταση μεταβλητών ηχοαπορροφητικών διατάξεων, πηγή 40)

Γ) Μεταβλητό κινητό δάπεδο σκηνής που επιπεδοποιείται για χώρους και άλλες εκδηλώσεις, βλέπε διπλανό σχήμα. Στο παράδειγμα της αίθουσας στο Ντάρτφορντ, οι μισές σειρές πίσω διπλώνουν και σύρονται κάτω από τον εξώστη ενώ οι υπόλοιπες μισές σειρές στηρίζονται πάνω σε ανελκυστήρες οι όποιοι επιπεδοποιούνται και αφαιρούνται τα καθίσματα από πάνω. [40]

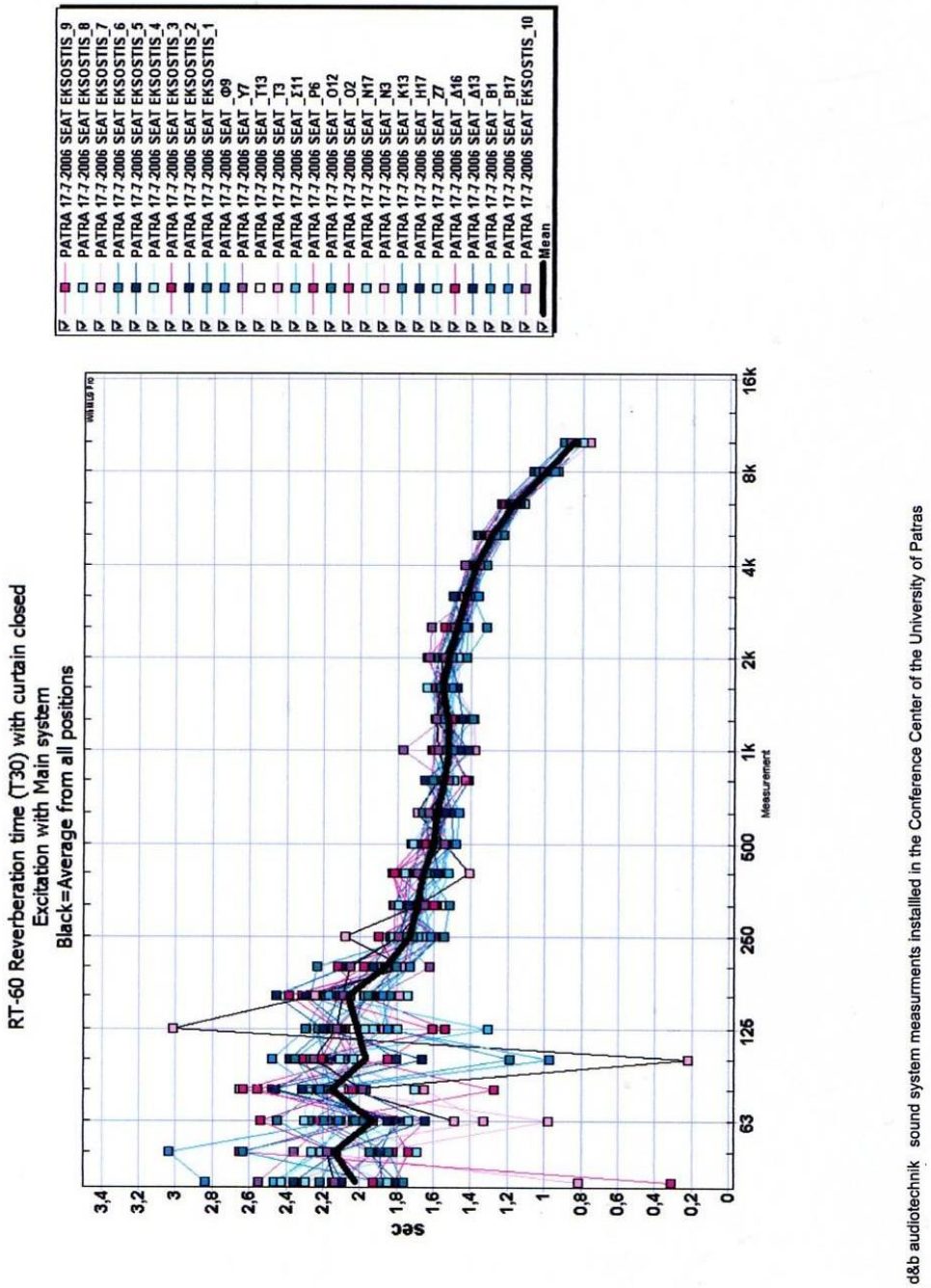


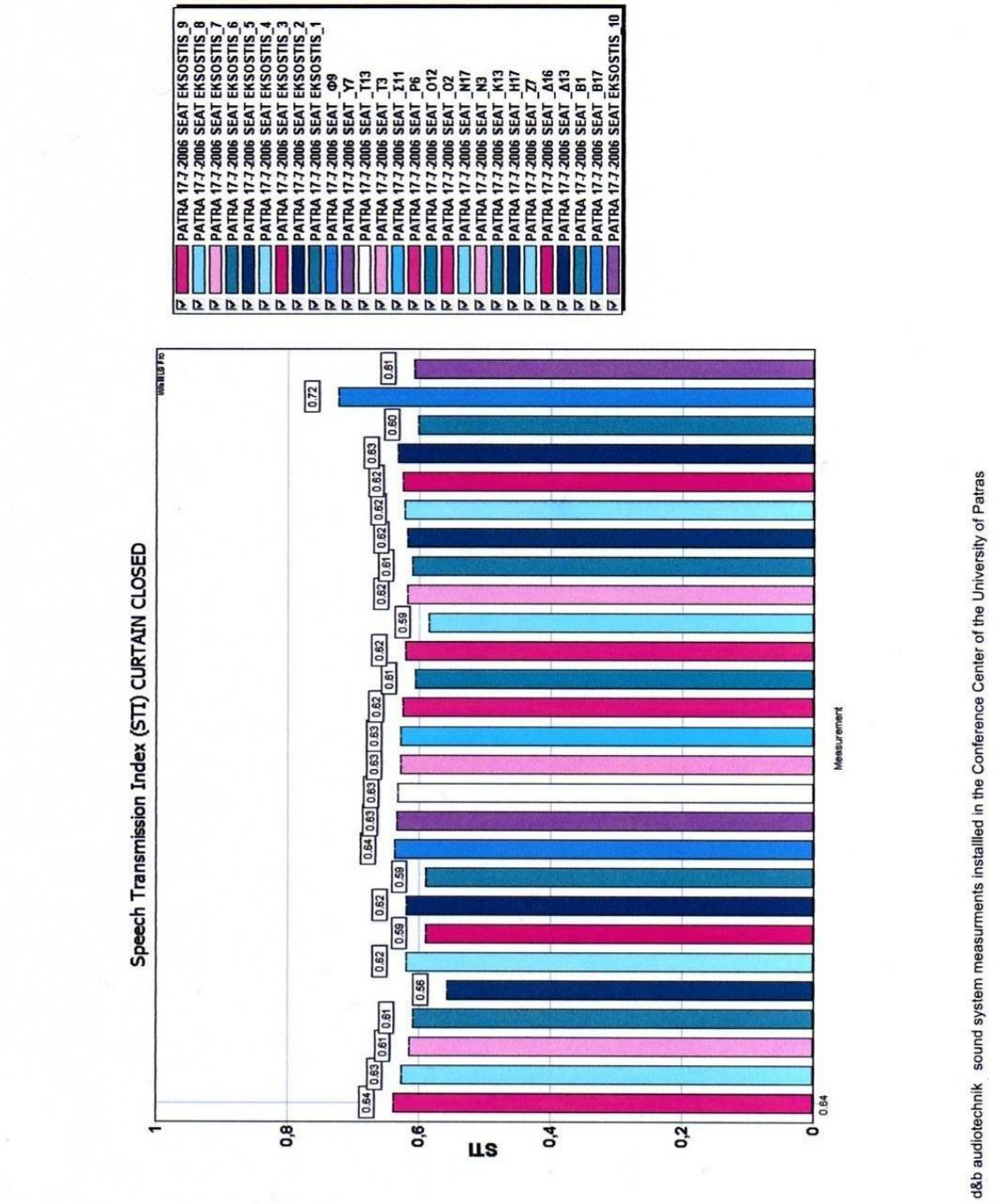
Δ) Δημιουργία βοηθητικού χρόνου αντήχησης με ηλεκτρονικά μέσα σε αίθουσες ομιλίας που θέλουν να χρησιμοποιούνται και ως αίθουσες μουσικής (βοηθούμενη συνήχηση). [40]

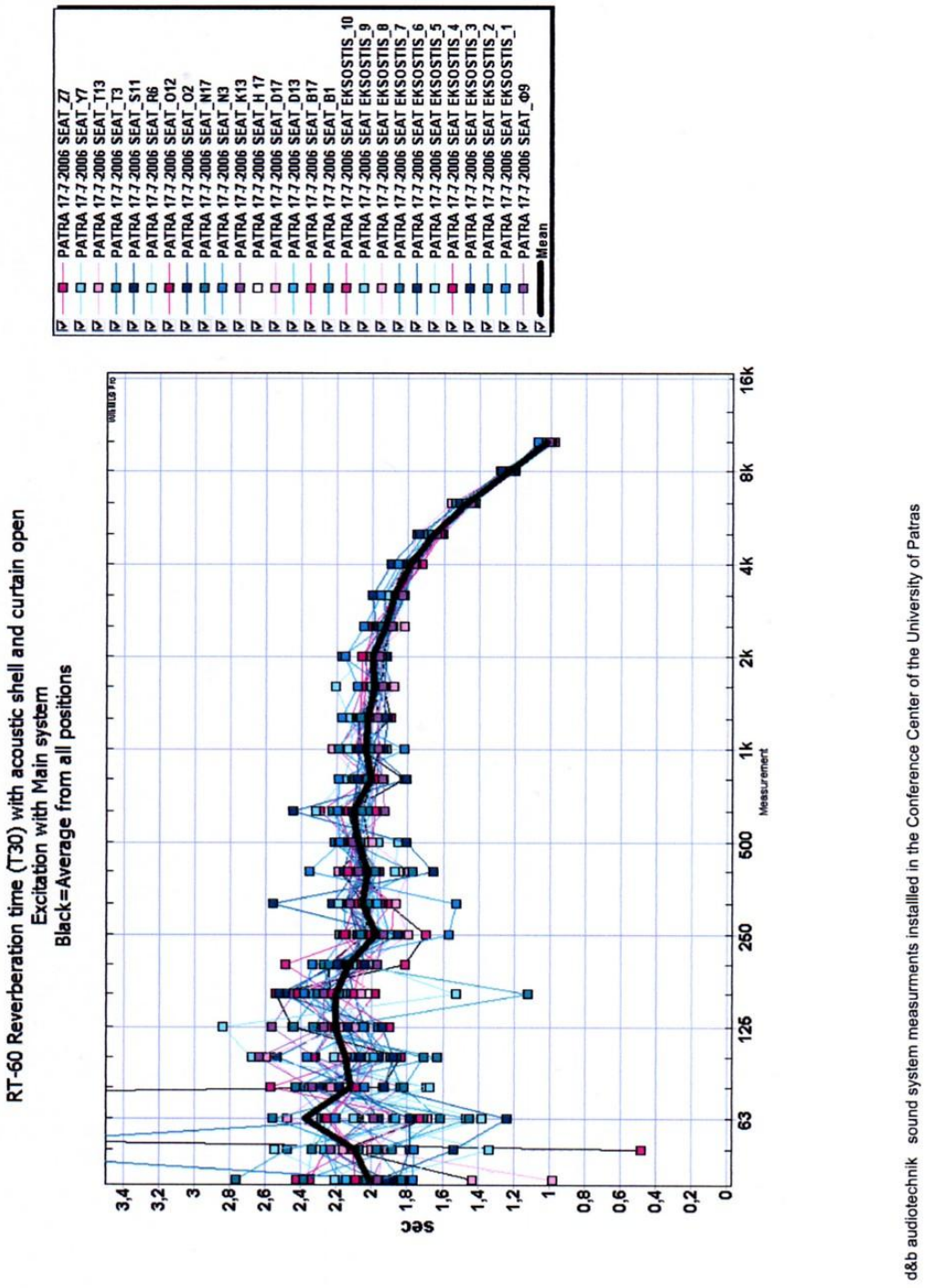
Ε) Κινητά στοιχεία τοίχων (συρόμενοι τοίχοι που διαιρούν το χώρο, τοίχοι σε ρολό, πλευρικά κινητά φορτία, πλευρικά τμήματα σκηνής, κατακόρυφα στοιχεία κουβούκλιου ορχήστρας που μετακινούνται σε άλλο σημείο της σκηνής, κ.α.). [40], [41]

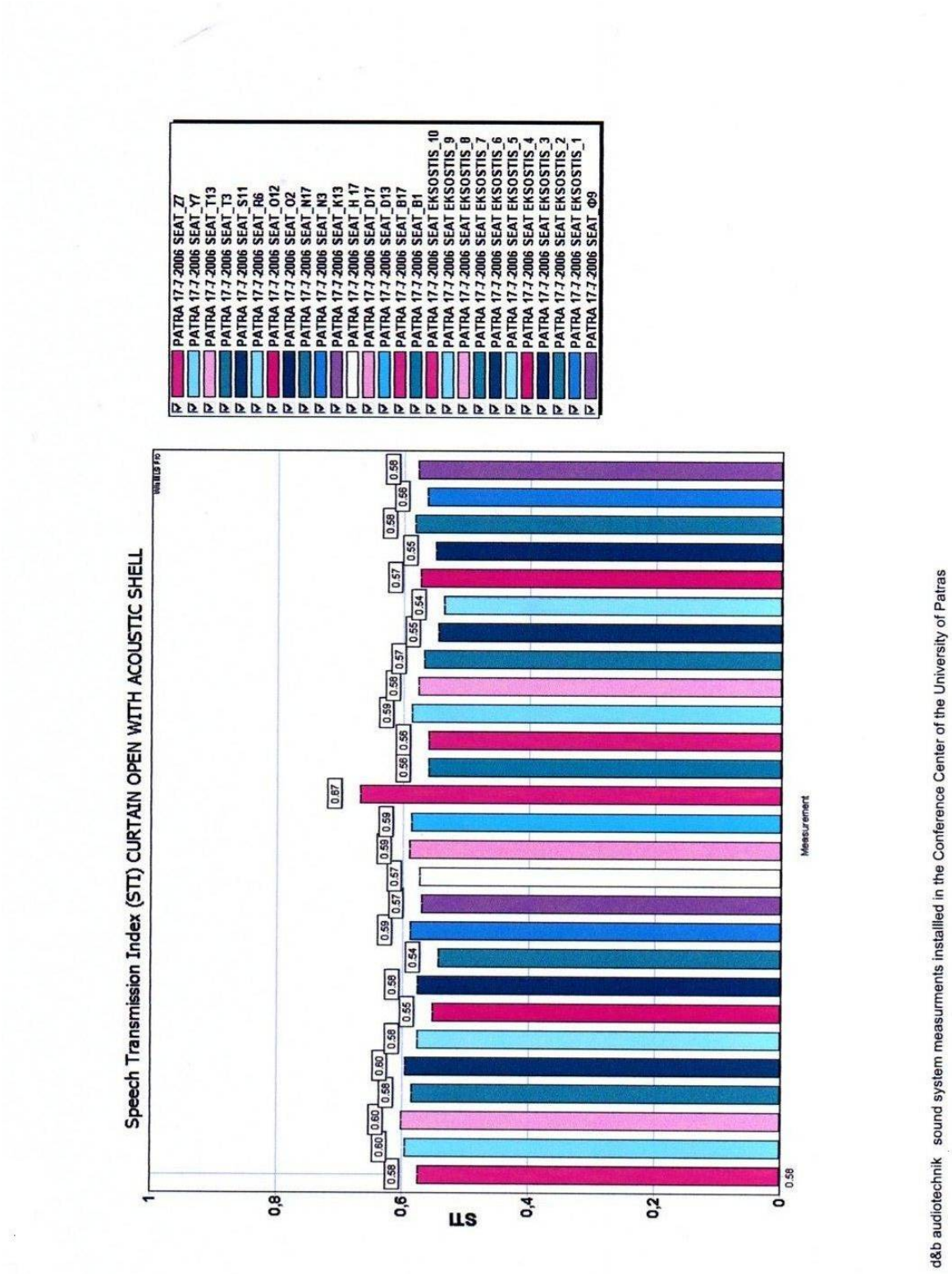
(Εικ. 3.57, αίθουσα με μεταβλητό δάπεδο σκηνής, πηγή 40)

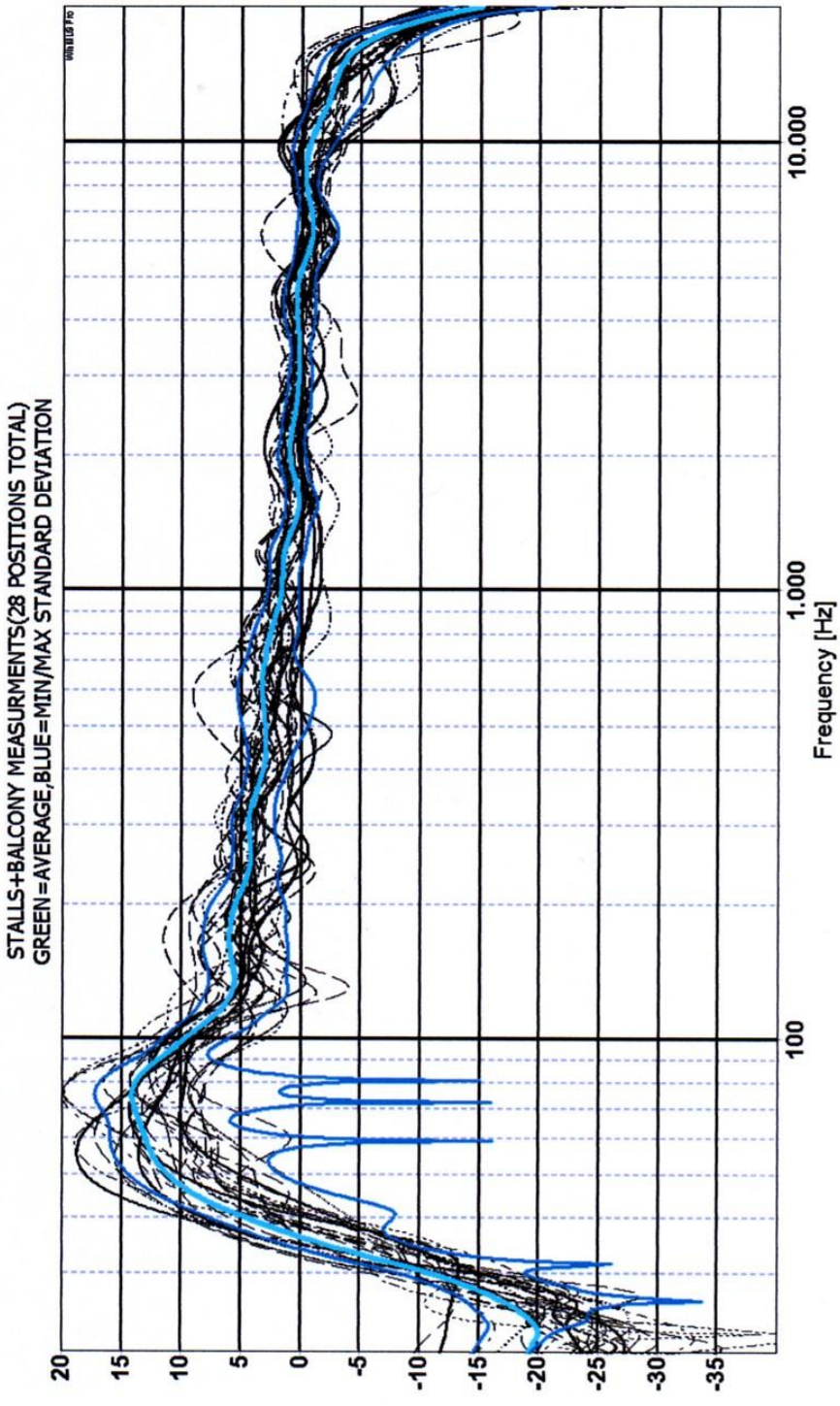
Παράδειγμα ακουστικών μετρήσεων στο πανεπιστήμιο Πατρών

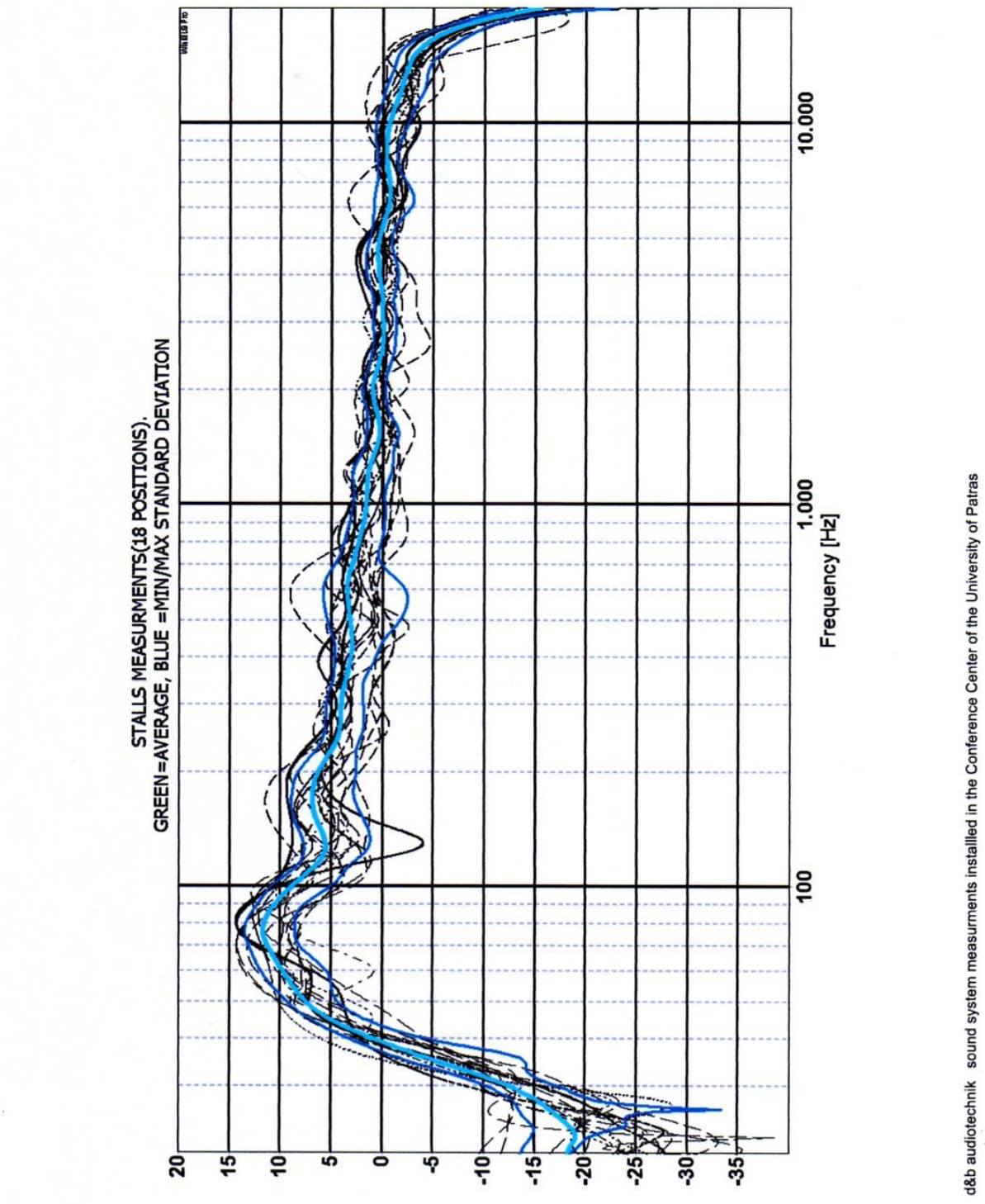


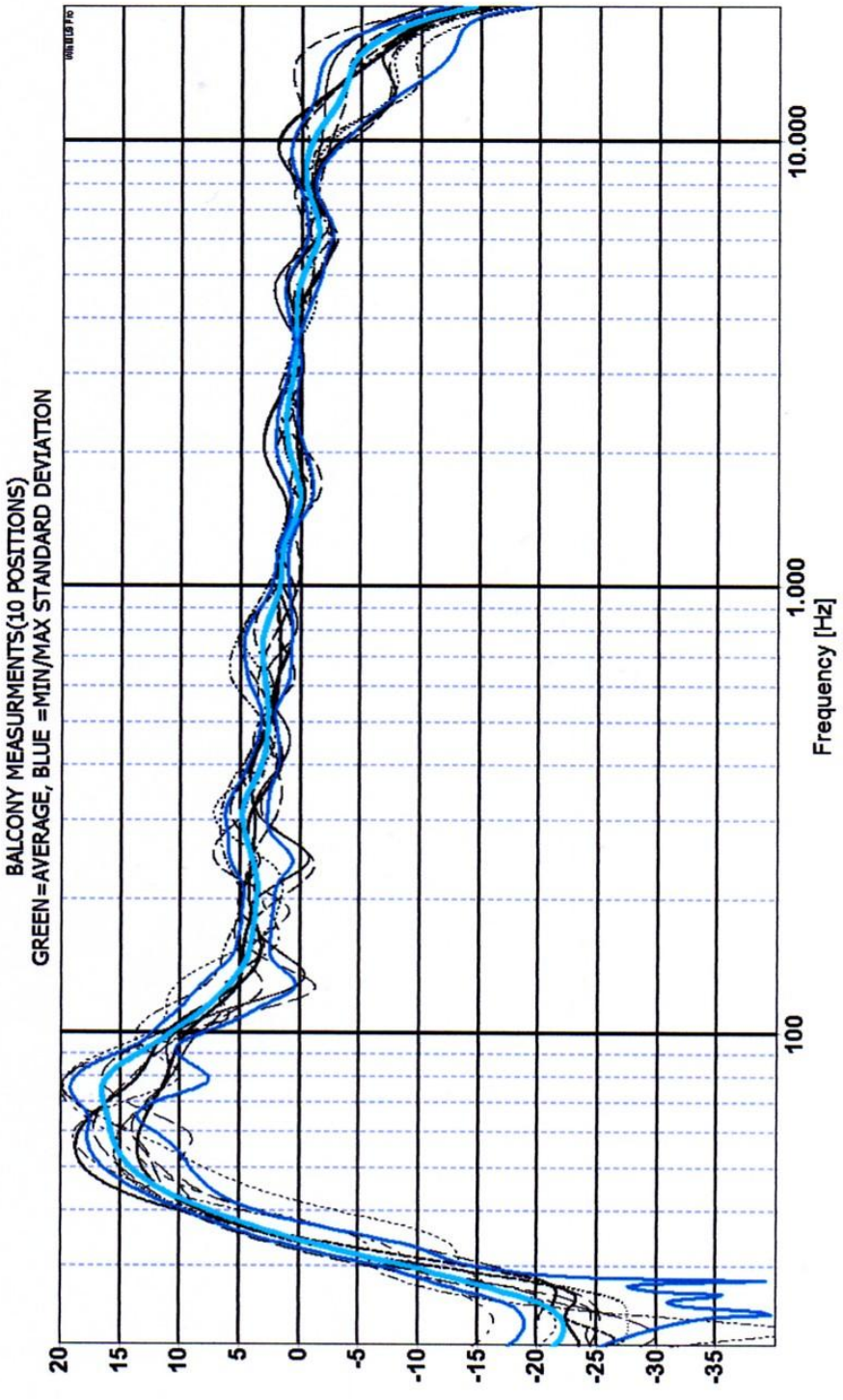

PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_9
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_8
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_7
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_6
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_5
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_4
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_3
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_2
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_1
PATRA 17-7-2006 SEAT _Φ9
PATRA 17-7-2006 SEAT _Υ7
PATRA 17-7-2006 SEAT _Τ13
PATRA 17-7-2006 SEAT _Τ3
PATRA 17-7-2006 SEAT _Σ11
PATRA 17-7-2006 SEAT _P6
PATRA 17-7-2006 SEAT _O12
PATRA 17-7-2006 SEAT _O2
PATRA 17-7-2006 SEAT _N17
PATRA 17-7-2006 SEAT _N3
PATRA 17-7-2006 SEAT _K13
PATRA 17-7-2006 SEAT _H17
PATRA 17-7-2006 SEAT _Z7
PATRA 17-7-2006 SEAT _Δ16
PATRA 17-7-2006 SEAT _Δ13
PATRA 17-7-2006 SEAT _B1
PATRA 17-7-2006 SEAT _B17
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_10
Speech Transmission Index (STI) CURTAIN CLOSED
STI
Measurement
d&b audiotechnik sound system measurments installed in the Conference Center of the University of Patras

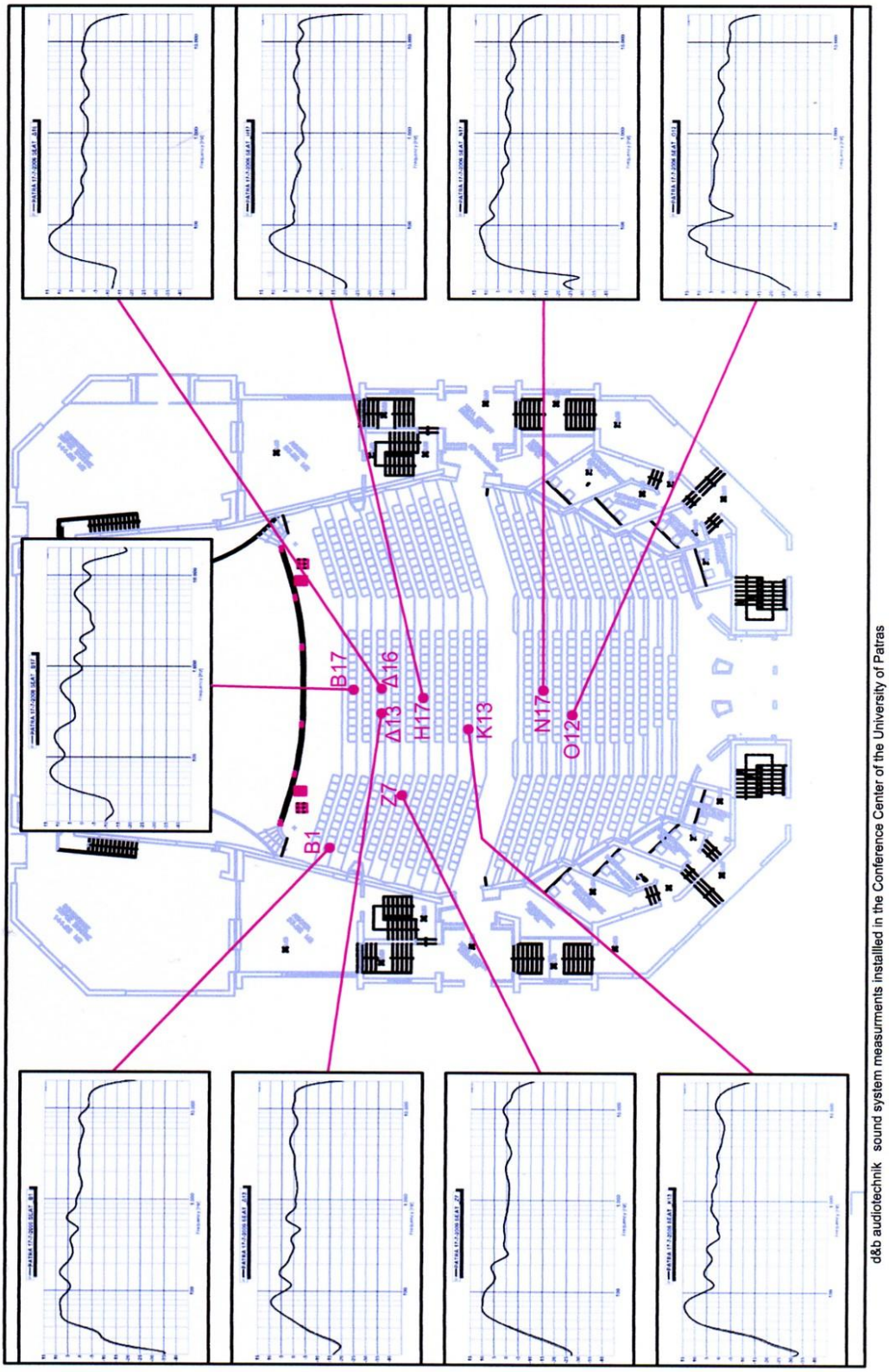

RT-60 Reverberation time (T30) with acoustic shell and curtain open
Excitation with Main system
Black=Average from all positions
sec
Measurement
63
125
250
500
1k
2k
4k
8k
16k
PATRA 17-7-2006 SEAT_Z7
PATRA 17-7-2006 SEAT_Y7
PATRA 17-7-2006 SEAT_T13
PATRA 17-7-2006 SEAT_T3
PATRA 17-7-2006 SEAT_S11
PATRA 17-7-2006 SEAT_R6
PATRA 17-7-2006 SEAT_O12
PATRA 17-7-2006 SEAT_O2
PATRA 17-7-2006 SEAT_N17
PATRA 17-7-2006 SEAT_N3
PATRA 17-7-2006 SEAT_K13
PATRA 17-7-2006 SEAT_H 17
PATRA 17-7-2006 SEAT_D17
PATRA 17-7-2006 SEAT_D13
PATRA 17-7-2006 SEAT_B17
PATRA 17-7-2006 SEAT_B1
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_10
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_9
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_8
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_7
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_6
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_5
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_4
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_3
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_2
PATRA 17-7-2006 SEAT EKSOSTIS_1
PATRA 17-7-2006 SEAT_Φ9
Mean
d&b audiotechnik sound system measurments installled in the Conference Center of the University of Patras

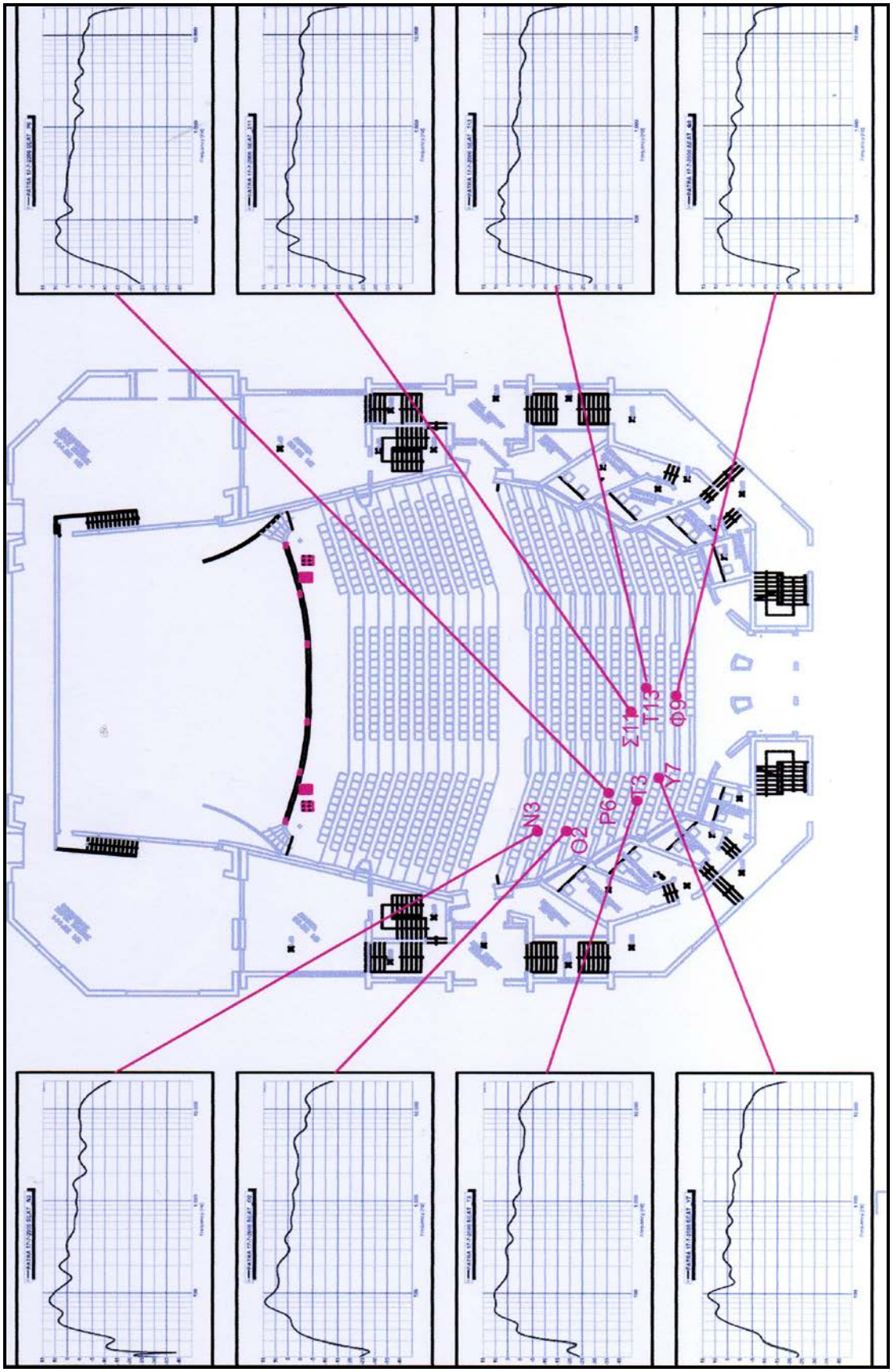

Speech Transmission Index (STI) CURTAIN OPEN WITH ACOUSTIC SHELL
STI
Measurement
d&b audiotechnik sound system measurments installed in the Conference Center of the University of Patras
PATRA 17-7-2006 SEAT_Z7
PATRA 17-7-2006 SEAT_Y7
PATRA 17-7-2006 SEAT_T13
PATRA 17-7-2006 SEAT_T3
PATRA 17-7-2006 SEAT_S11
PATRA 17-7-2006 SEAT_R6
PATRA 17-7-2006 SEAT_O12
PATRA 17-7-2006 SEAT_O2
PATRA 17-7-2006 SEAT_N17
PATRA 17-7-2006 SEAT_N3
PATRA 17-7-2006 SEAT_K13
PATRA 17-7-2006 SEAT_H 17
PATRA 17-7-2006 SEAT_D17
PATRA 17-7-2006 SEAT_D13
PATRA 17-7-2006 SEAT_B17
PATRA 17-7-2006 SEAT_B1
PATRA 17-7-2006 SEAT ΕΚΣΟΣΤΙΣ_10
PATRA 17-7-2006 SEAT ΕΚΣΟΣΤΙΣ_9
PATRA 17-7-2006 SEAT ΕΚΣΟΣΤΙΣ_8
PATRA 17-7-2006 SEAT ΕΚΣΟΣΤΙΣ_7
PATRA 17-7-2006 SEAT ΕΚΣΟΣΤΙΣ_6
PATRA 17-7-2006 SEAT ΕΚΣΟΣΤΙΣ_5
PATRA 17-7-2006 SEAT ΕΚΣΟΣΤΙΣ_4
PATRA 17-7-2006 SEAT ΕΚΣΟΣΤΙΣ_3
PATRA 17-7-2006 SEAT ΕΚΣΟΣΤΙΣ_2
PATRA 17-7-2006 SEAT ΕΚΣΟΣΤΙΣ_1
PATRA 17-7-2006 SEAT_Φ9

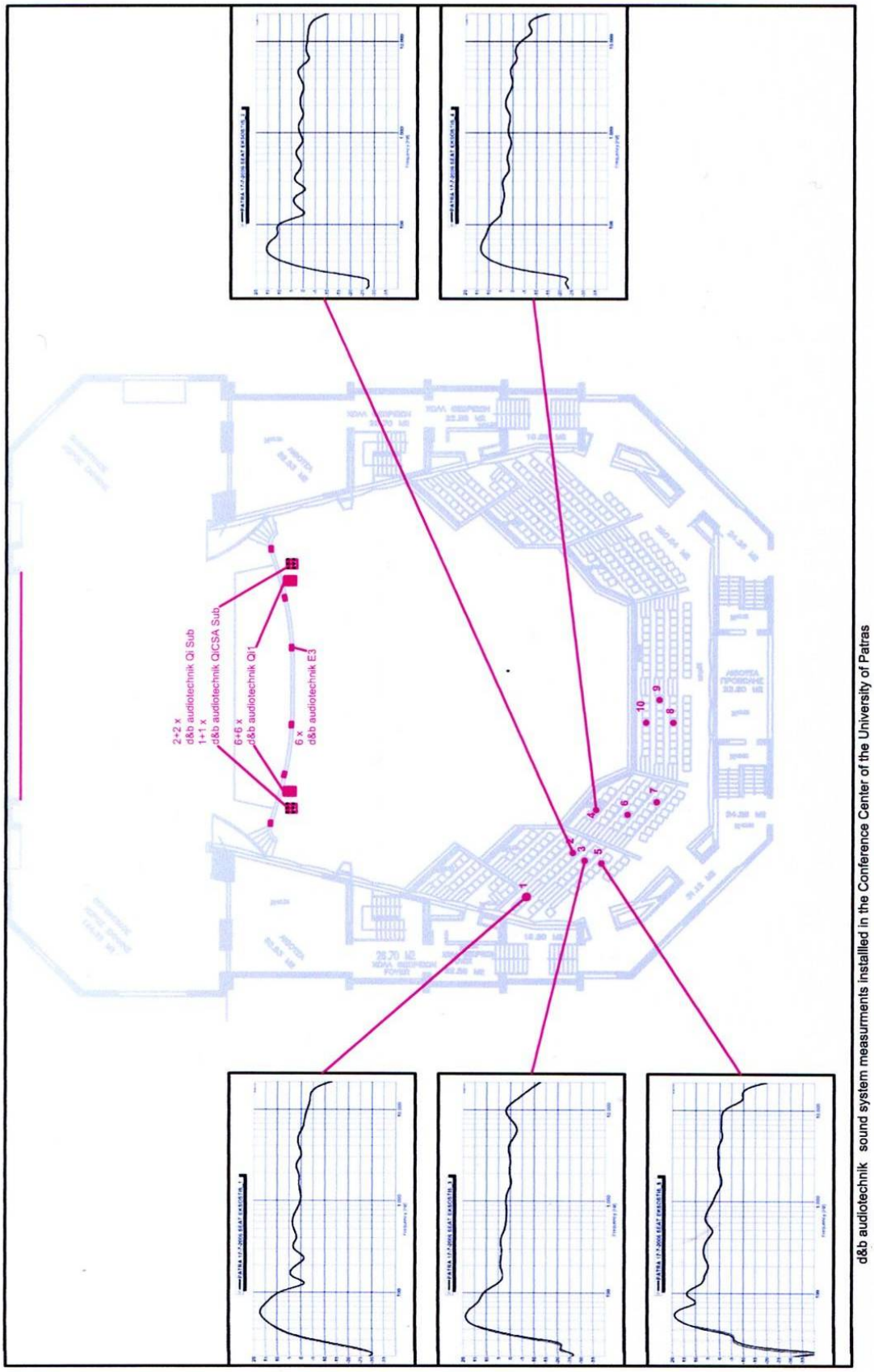

STALLS+BALCONY MEASURMENTS(28 POSITIONS TOTAL)
GREEN=AVERAGE,BLUE=MIN/MAX STANDARD DEVIATION
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
100
1.000
10.000
Frequency [Hz]
d&b audiotechnik sound system measurments installed in the Conference Center of the University of Patras

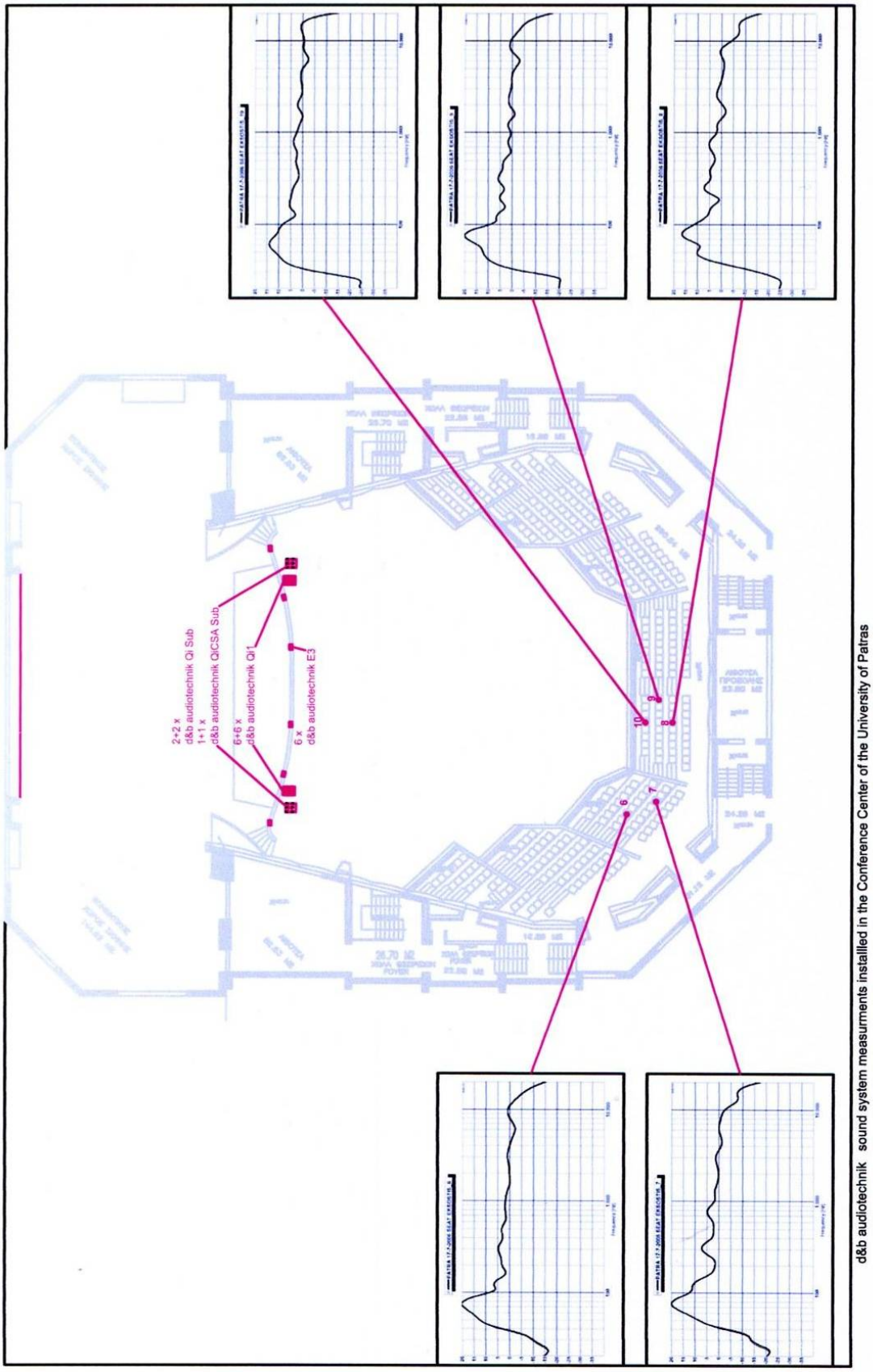

STALLS MEASURMENTS(18 POSITIONS).
GREEN=AVERAGE, BLUE =MIN/MAX STANDARD DEVIATION
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
100
1.000
10.000
Frequency [Hz]
d&b audiotechnik sound system measurments installed in the Conference Center of the University of Patras


BALCONY MEASURMENTS(10 POSITIONS)
GREEN=AVERAGE, BLUE =MIN/MAX STANDARD DEVIATION
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
100
1.000
10.000
Frequency [Hz]
d&b audiotechnik sound system measurments installed in the Conference Center of the University of Patras


B17
Δ16
Δ13
H17
K13
N17
O12
Z7
B1
d&b audiotechnik sound system measurments installed in the Conference Center of the University of Patras


Σ11
Τ13
Φ9
Υ7
Τ3
Ρ6
Ο2
Ν3


2+2 x
d&b audiotechnik Qi Sub
1+1 x
d&b audiotechnik QiCSA Sub
6+6 x
d&b audiotechnik Qi1
6 x
d&b audiotechnik E3
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
d&b audiotechnik sound system measurments installed in the Conference Center of the University of Patras


2+2 x
d&b audiotechnik Qi Sub
1+1 x
d&b audiotechnik QiCSA Sub
6+6 x
d&b audiotechnik Qi1
6 x
d&b audiotechnik E3
10
9
8
7
6
d&b audiotechnik sound system measurments installed in the Conference Center of the University of Patras

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Φυσικός φωτισμός και σύγχρονα συστήματα φωτισμού

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τον τρόπο φωτισμού ενός αμφιθέατρου ο όποιος μπορεί να γίνει είτε με φυσικό τρόπο είτε με σύγχρονα συστήματα φωτισμού. Ο φυσικός φωτισμός ενός αμφιθέατρου μπορεί να επιτευχτεί με δυο τρόπους: α) ανοίγματα, μεγάλα ή μικρά, των οποίων η θέση και το μέγεθος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και β) στεγασμένα αίθρια. Τα σύγχρονα συστήματα φωτισμού (τεχνητός φωτισμός) είναι οι λαμπτήρες (αλογόνου, φθορισμού, κλπ) και κύριο μέλημα μας θα είναι η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της υιοθέτησης κατάλληλων μέτρων και τεχνικών που συνδέονται άμεσα με την αξιοποίηση των σύγχρονων συστημάτων φωτισμού.

4.1 Φυσικός φωτισμός

Ο φυσικός φωτισμός αποτελείται από το άμεσο ηλιακό φως (το φως που προέρχεται απευθείας από τον ήλιο), το διάχυτο φως, που ερχόμενο από τη διάχυση του ηλιακού φωτός στην ατμόσφαιρα και τέλος το ανακλώμενο φως, που προκύπτει εξ'ανακλάσεως από το έδαφος και τις άλλες επιφάνειες. [6]

Πειράματα που έγιναν για το φυσικό φωτισμό έδειξαν ότι :

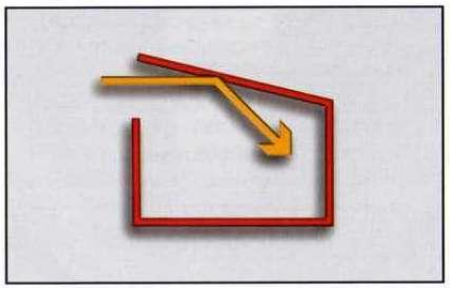
1) Όταν σε ένα αμφιθέατρο που έχει ήδη μια κύρια πηγή, προσθέσουμε και μια συμπληρωματική, η ένταση του φωτός στην αίθουσα αυξάνει και η κατανομή βελτιώνεται ανάλογα με τη μεταβολή της πηγής.

2) Όταν το φως έρχεται από δυο διευθύνσεις στην αίθουσα, η συνολική ένταση του είναι η ποσότητα του φωτός που προέρχεται και από τα δυο ανοίγματα.

Το σχήμα 4.7 φανερώνει τη μεταβολή στο φωτισμό της αίθουσας ανάλογα με τη θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων. Παρατηρούμε ότι ο δίπλευρος φωτισμός είναι πολύ καλύτερος από το μονόπλευρο, αν μάλιστα μπορούσαμε να έχουμε ανοίγματα και σε άλλες επιφάνειες (πχ στην οροφή) αλλά πειράματα έχουν δείξει ότι ο φωτισμός είναι ακόμα καλύτερος σε ποσότητα και ποιότητα: δηλαδή και η ένταση είναι μεγαλύτερη και η κατανομή πιο ομοιόμορφη. [6]

Τρόποι βελτίωσης του φυσικού φωτισμού σε ένα αμφιθέατρο

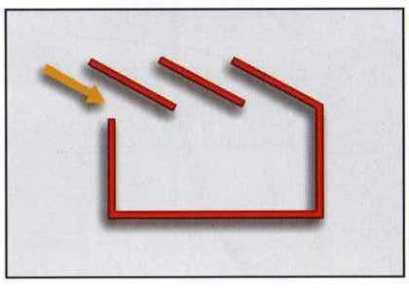
- Αξιοποίηση της κεκλιμένης οροφής. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται από κατακόρυφο άνοιγμα και ανακλάται προς τα κάτω από την οροφή. Μια παραλλαγή αυτής της τεχνικής είναι η τοποθέτηση στην οροφή με κλίση κατάλληλα προσανατολισμένων εσωτερικών ανακλαστήρων ώστε να ανακλούν το φως σε συγκεκριμένα σημεία του εσωτερικού χώρου.[14]



Παράδειγμα χρήσης κεκλιμένης οροφής για την καλύτερη κατανομή φυσικού φωτισμού

(Εικ. 4.1, κεκλιμένη οροφή για καλύτερο φυσικό φωτισμό, πηγή 14)

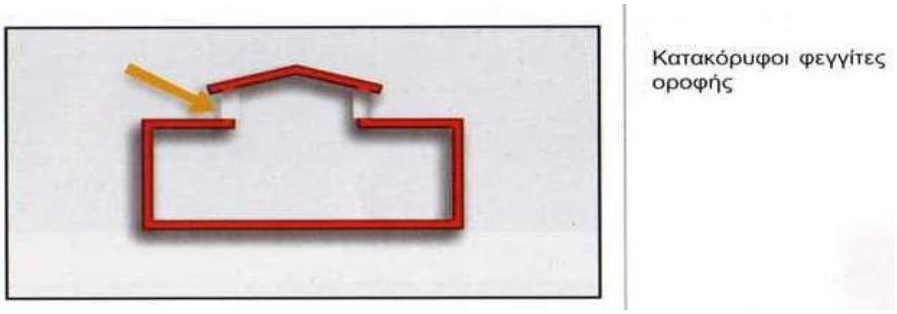
- Η χρήση πολλαπλών ανοιγμάτων οροφής. Στην περίπτωση αυτή η κατανομή του φωτισμού εξαρτάται από τον αριθμό των ανοιγμάτων και από τις μετεωρολογικές συνθήκες.[14]



Χρήση πολλαπλών ανοιγμάτων οροφής

(Εικ. 4.2,πολλαπλά ανοίγματα οροφής, πηγή 14)

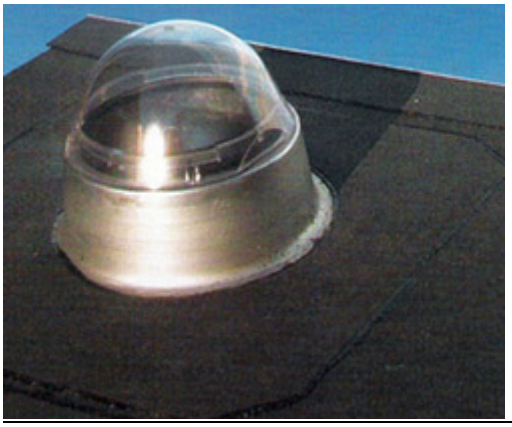
- Κατακόρυφοι φεγγίτες οροφής. Είναι ανοίγματα τοποθετημένα στις πλευρές ανυψωμένων τομέων της στέγης. Μια σειρά από τέτοια ανοίγματα παρέχει φυσικό φωτισμό με ομαλή κατανομή στο οριζόντιο επίπεδο. [14]



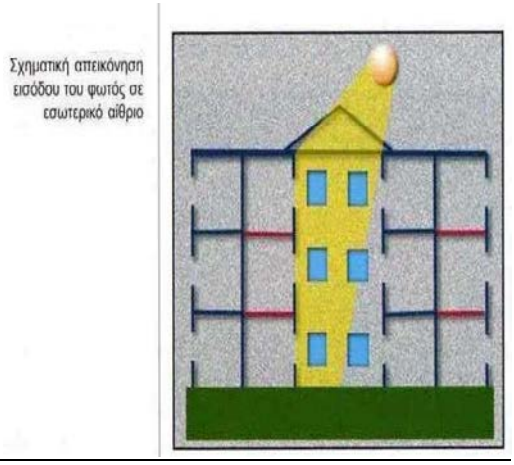
Κατακόρυφοι φεγγίτες οροφής

(Εικ. 4.3, κατακόρυφοι φεγγίτες οροφής, πηγή 14)

- Φωτεινός σωλήνας (light pipe). Είναι ένα σύστημα που τοποθετείται στην οροφή του αμφιθέατρου και μεταφέρει το φυσικό φως χαμηλότερα. Αποτελείται από έναν σωλήνα με τοιχώματα μεγάλης ανελαστικότητας και έναν ανακλαστήρα τοποθετημένο στην κορυφή του. [14]



(Εικ. 4.4,φωτεινός σωλήνας, πηγή: διαδίκτυο)



(Εικ 4.5, είσοδος φωτός σε αίθριο, πηγή 14)

- Σχεδιασμός και αξιοποίηση αίθριων (αναφέρεται εκτενεστέρα παρακάτω).

Η επίδραση του ύψους της οροφής και του βάθους ενός αμφιθεάτρου στο φωτισμό του.

(Βάσεις για τον καθορισμό τους)

Από ότι ξέρουμε μέχρι σήμερα το ύψος της οροφής και το βάθος ενός αμφιθεάτρου επηρεάζουν πολύ το φωτισμό του.

Το ύψος της οροφής

Παλαιότερα θεωρούσαν ότι όσο ψηλότερα είναι οι οροφές, τόσο περισσότερο φως θα είχε ένα αμφιθέατρο, με την προϋπόθεση ότι πάντα ο φωτισμός είναι μονόπλευρος, κώδικες όριζαν ακόμα ότι το ύψος του αμφιθεάτρου δεν έπρεπε να είναι λιγότερο από το μισό του βάθους του για να φωτίζεται καλά. Αυτό όμως δεν αρκούσε και οι φοιτητές που κάθονταν κοντά σε τοίχο που δεν είχε ανοίγματα δεν έβλεπαν καλά. Συνάμα το μεγάλο ύψος του αμφιθεάτρου (πράγμα που έτσι κι αλλιώς ΄΄προστάζει΄΄ η κλίση του δαπέδου) δημιουργούσε χώρους έξω από την ανθρωπινή κλίμακα και γι' αυτό δυσάρεστους, που κόστιζαν ακριβά επειδή είχαν πολύ μεγάλο όγκο. [6]

Σήμερα προσπαθούμε να κάνουμε οροφές κατάλληλες που να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του φυσικού φωτισμού, και πιο οικονομικές.

Όσον αφορά το φωτισμό όσο ψηλότερη είναι η οροφή, τόσο πιο πολύ το φως που έχει ένα αμφιθέατρο, ιδιαίτερα όταν τα ανοίγματα που υπάρχουν βρίσκονται μονό από τη μια πλευρά του (σχήμα 4.8). Ακόμα και η κατανομή του φωτός βελτιώνεται όσο μεγαλώνει το ύψος ενός αμφιθέατρου. Στους χώρους με δίπλευρο φωτισμό παρατηρούνται οι ίδιες καταστάσεις, αλλά σε μικρότερο βαθμό, ενώ σε περιπτώσεις πολύπλευρου φωτισμού τα ύψη έχουν πολύ μικρή επίδραση στο φωτισμό. Το σχήμα 4.8 δείχνει τα διαγράμματα που πρόεκυψαν σε αμφιθέατρα με μονόπλευρο και

αμφίπλευρο φωτισμό, ανάλογα με το ύψος τους, για το ίδιο πάντα βάθος του χώρου. [6]

Το βάθος του χώρου

Το βάθος είναι μια άλλη διάσταση σημαντική για το φωτισμό του χώρου και θα πρέπει να μελετιέται σε σχέση με το ύψος, αλλιώτικα το ύψος δεν έχει καμία σημασία. Σε περιπτώσεις όπου όλα τα αλλά στοιχεία είναι όμοια, εκείνο που έχει σημασία και γι' αυτό πρέπει να παίρνουμε υπόψη είναι η αναλογία ύψους και βάθους. Για παράδειγμα ένα δωμάτιο με ύψος 12 ποδιών και βάθος 24 θα έχει τον ίδιο φωτισμό με ένα που έχει ύψος 14 πόδια και βάθος 28, για τις ίδιες πάντα συνθήκες (1πόδι=30,5 cm). Το σχήμα 4.9 εικονίζει τα διαγράμματα της έντασης και κατανομής του φωτός σε χώρους με το ίδιο ύψος οροφής αλλά με διαφορετικά βάθη για τη περίπτωση μονοπλεύρου φωτισμού. Στο δίπλευρο έχουμε τις ίδιες καταστάσεις, μόνο που οι διαφορές δεν είναι τόσο έντονες. [6]

Πολύπλευρος φωτισμός

Ο πολύπλευρος φωτισμός ενός αμφιθέατρου όπως φαίνεται από τα παραδείγματα που θα δείξουμε πιο κάτω, είναι πολύ πλεονεκτικότερος από τον μονόπλευρο επειδή μπορούμε να έχουμε πολύ καλύτερα αποτελέσματα με αυτόν, τόσο από την άποψη του φωτισμού, όσο και της οικονομίας, αφού τοποθετώντας ανοίγματα σε δυο τοίχους του αμφιθεάτρου ή σε έναν τοίχο ή στην οροφή και στους τοίχους μαζί, εξασφαλίζουμε ψηλές εντάσεις και πιο βελτιωμένη κατανομή στο φωτισμό, ακόμα και σε χώρους με μεγάλο βάθος και χαμηλή οροφή. Υπάρχουν ανεξάντλητες μορφές πολύπλευρου φωτισμού που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε. [6]

Προστεγάσματα: ο σκοπός που χρησιμοποιούνται

Τα προστεγάσματα (οι πρόβολοι) είναι κατασκευές που επηρεάζουν και πολλές φόρες ρυθμίζουν τόσο το φυσικό φωτισμό, όσο και το φυσικό αερισμό και όταν χρησιμοποιούνται σωστά βοηθούν πολύ να έχουν οι φοιτητές την άνεση που χρειάζονται για να παρακολουθήσουν τις διαλέξεις. Βέβαια και με άλλους τρόπους το πετυχαίνουμε αυτό, όπως με την κατάλληλη τοποθέτηση του κτιρίου, ώστε να υπάρχει ρεύμα αέρα, με το σωστό προσανατολισμό, τη θέση και το μέγεθος των παραθύρων (διαχωρίζοντας καμία φορά τα παράθυρα που χρησιμοποιούνται για τον αερισμό από εκείνα από τα οποία κυρίως φωτίζεται το αμφιθέατρο πχ με συνεχή μικρά παράθυρα στον τοίχο του κτιρίου και αλλά παράθυρα στην οροφή) η και με άλλες κατασκευές ή μεθόδους εκτός από τα προστεγάσματα. [6]

Προστεγάσματα και φωτισμός

Η επίδραση του προβόλου στο φωτισμό είναι σημαντική με τη χρησιμοποίηση του ρυθμίζουμε το φως και περιορίζουμε τον ήλιο, ώστε να μην μπαίνουν όλες οι ακτίνες στο αμφιθέατρο και ενοχλούν τους φοιτητές να παρακολουθήσουν τη διάλεξη. Φροντίζουμε να παραμένουν ακριβώς έξω από το αμφιθέατρο, έτσι ώστε να φέρνουν ζεστή θαλπωρή και ευχάριστο συναίσθημα σ' αυτά.

(Εικ. 4.6, προστεγάσματα, πηγή διαδίκτυο)

Οι εντάσεις που προκύπτουν όταν τοποθετούμε προβόλους είναι χαμηλότερες, η κατανομή όμως γενικά γίνετε καλύτερη, επειδή η πτώση των εντάσεων είναι μεγαλύτερη στο τοίχο που είναι πλησιέστερα προς το πρόβολο, παρά σ' αυτόν που είναι στην αντίθετη πλευρά. Αυτό δεν έχει μεγάλη σημασία στην περίπτωση αμφίπλευρου φωτισμού, επειδή οι εντάσεις είναι αρκετά μεγάλες και μέσα στα όρια που θέτουμε για αμφιθέατρα, όμως για τη περίπτωση του μονόπλευρου φωτισμού, επειδή ακριβώς η πτώση των εντάσεων φωτισμού είναι κάτω από τα παραδεκτά όρια, η χρησιμοποίηση των προστεγασμάτων είναι καμία φορά προβληματική. Στο σχήμα 4.11 βλέπουμε τα διάφορα αποτελέσματα που προκύπτουν όταν τοποθετήσουμε προβόλους διαφόρων μεγεθών στις δυο περιπτώσεις, μονόπλευρου και αμφίπλευρου φωτισμού. Παρατηρούμε ότι:

1) Γενικά τα αποτελέσματα που προκύπτουν στη περίπτωση αμφίπλευρου φωτισμού είναι πολύ καλύτερα απ' αυτά του μονόπλευρου, τόσο όσον αφόρα τις εντάσεις, όσο και τη κατανομή του φωτός.

2) Υπάρχει πτώση των εντάσεων του φωτισμού στα διάφορα σημεία, που αντισταθμίζεται από την καλύτερη κατανομή του (πάντα βέβαια για την περίπτωση αμφίπλευρου φωτισμού, όπου οι εντάσεις είναι μέσα στα παραδεκτά όρια).

Αντίθετα για τη περίπτωση του μονόπλευρου φωτισμού δε συμφέρει πολύ η χρήση του προβόλου, αλλά προτιμούμε άλλη λύση για να ρυθμίζουμε το φως, όπως κινητά γυάλινα μέρη παραθύρων, περσίδες και αλλά, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.10. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα προστεγάσματα, εκτός αν είναι πολύ μεγάλα, δε προστατεύουν το χώρο από τη λαμπρότητα του ουρανού, εκτός αν υπάρχουν συμπληρωματικά διάφορα στοιχειά του φυσικού περιβάλλοντος, όπως δέντρα, βουνά, κ.α. [6]

Τι ανοίγματα χρειάζονται για καλό φωτισμό

Από τα προβλήματα που έχει να λύσει ο αρχιτέκτονας όταν κατασκευάζει το ΄΄περίβλημα΄΄ ενός αμφιθεάτρου είναι πόσο μεγάλα πρέπει να γίνουν και που πρέπει να τοποθετηθούν τα ανοίγματα της για να έχουμε τον κατάλληλο φυσικό φωτισμό και αερισμό που επιθυμούμε. Από τη στιγμή που το νότιο τμήμα του ουρανού είναι γενικά φωτεινότερο, είναι λογικό τα περισσότερα ανοίγματα να έχουν νότιο προσανατολισμό. Αυτό όμως αυξάνει συχνά τη θαμβώσει. Όμως η μείωση των διαστάσεων ενός ανοίγματος (για να αποφευχθεί η θάμβωση) μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τον μη επαρκή φωτισμό του χώρου, όταν ο ουρανός είναι νεφοσκεπής. Τα βορινά ανοίγματα παρέχουν χαμηλής αλλά σταθερής έντασης φωτισμό καθόλη τη διάρκεια της μέρας. Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα παρέχουν φωτισμό ο όποιος μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της μέρας. Η διευθέτηση των ανοιγμάτων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει την είσοδο στο εσωτερικό του αμφιθεάτρου του διάχυτου ηλιακού φωτός από τον ουρανό, αλλά ταυτόχρονα να εμποδίζει τη διείσδυση του φωτός που ανακλάται από άλλες εξωτερικές επιφάνειες. Αυτές είναι τις περισσότερες φόρες λαμπρότερες από τον ουρανό με αποτέλεσμα τη δημιουργία εντόνων φαινομένων θάμβωσης. Αυτό το πρόβλημα θα μπορούσε να λυθεί με τη χρήση εντόνων υαλοπινάκων ή κινητών σκιάστρων στο χαμηλότερο μέρος των ανοιγμάτων. Το θέμα δεν έχει ερευνηθεί τελείως όμως μπορούμε να καταλήξουμε τουλάχιστον σε ορισμένα συμπεράσματα χάρη στις έρευνες του πειραματικού κέντρου του Texas που αφόρα τη μορφή μιας αίθουσας της τάξης σε σχέση με το φυσικό αερισμό και φωτισμό και θεωρώντας ότι ισχύουν τα ιδία για ένα αμφιθέατρο. Ο φυσικός αερισμός αναλύεται στο κεφάλαιο 5 σελίδα 67. [14]

Τα παράθυρα, απαραίτητα στοιχεία σ’ ένα κτίριο μελετώνται κατά τέτοιο τρόπο που να διευκολύνουν το φωτισμό στα αμφιθέατρα. Είναι μια από τις λύσεις που χρησιμοποιούμε για να εξασφαλίσουμε τον επιθυμητό φωτισμό και αερισμό. Μονό όμως όταν εφαρμόζονται σωστά εκπλήξουν τον προορισμό τους. Σχετικά αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και άλλοι τρόποι για να φωτίσουμε τα αμφιθέατρα, όπως φαίνεται και από το σχήμα 4.13 (που φωτίζονται οι οροφές από πάνω). [6]

Για φωτισμό σήμερα χρησιμοποιούμε μεγάλα συνεχή παράθυρα που δίνουν περισσότερο φως στα αμφιθέατρα σχήμα 4.13 και που τα τζάμια τους, καλύτερης ποιότητας από άλλοτε αφήνουν να περάσει ποσότητα φωτός ίση με το 90% της ποσότητας που δέχονται. [6]

Η αντανακλαστικότατα των επιφανειών

Όταν μιλάμε για αντανακλαστικότατα των επιφανειών αναφερόμαστε στο φωτισμό, επειδή, όσο ξέρουμε, το ρεύμα του αέρα που προξενείται από τον άνεμο, είναι το ίδιο γύρω από μια άσπρη και γύρω από μια μαύρη επιφάνεια.

Η αντανακλαστικότατα έχει σημαντική επίδραση τόσο στο φωτισμό όσο και στις διαφορές της λαμπρότητας κι έχει σημασία για την αίθουσα ενός αμφιθεάτρου. Όσο

μεγαλύτερη είναι η αντανακλαστικότατα των επιφανειών, τόσο περισσότερο φως αντανακλάται στην επιφάνεια εργασίας των αμφιθεάτρων και τόσο περισσότερο εξομαλύνονται οι διαφορές της λαμπρότατος. [6]

Σχετικά με τα ανεκτά όρια αντανακλαστικότητας, οι αρμόδιες αρχές συνιστούν 85% περίπου για οροφές (είναι πολύ δύσκολο να πετύχουμε ψηλότερο ποσοστό), 60% για τοίχους και 40% για πατώματα. Αυτά τα όρια βασίζονται σε πειράματα που έγιναν σε συνηθισμένες, μονόπλευρα φωτισμένες αίθουσες. Για τις αίθουσες με δίπλευρο, τρίπλευρο κλπ. φωτισμό δεν ισχύουν τα ιδία, αλλά η αντανακλαστικότατα των επιφανειών δεν έχει τόσο πολύ μεγάλη σημασία αν είναι μικρότερη, επειδή ο φωτισμός είναι περισσότερος και αρκετός ώστε από το ένα μέρος να γίνονται μικρότερες οι διαφορές της λαμπρότητας και από το άλλο να μη χρειαζόμαστε συμπληρωματικά το πρόσθετο φως που αντανακλούν οι επιφάνειες του χώρου. Αντίθετα όταν το φως στις αίθουσες είναι λιγοστό, οι οροφές, οι τοίχοι, τα πατώματα θα πρέπει να έχουν τη μεγαλύτερη δυνατή αντανακλαστικότητα. [6]

Συνάμα το χρώμα, βασικό στοιχείο για τον χώρο του αμφιθεάτρου, επηρεάζεται από αυτά που σημειώσαμε παραπάνω. Η εκλογή χαρούμενων, ζέστων, φωτεινών χρωμάτων εξαρτάται πολύ από την αντανακλαστικότητα, επειδή κάθε χρώμα δεν απορροφά, άρα και δεν αντανακλά την ιδία ποσότητα από το φως. Το καθαρό άσπρο πχ έχει δώσει την μεγαλύτερη αντανακλαστικότητα (85%) για τοίχους και ορόφους, το γκρίζο 60% για πατώματα, το μαύρο 3%. Όσο πιο πολύ φως έχει μια αίθουσα, τόσο πιο ελεύθεροι είμαστε να διαλέξουμε ζωηρά χρώματα, επειδή όσο και να απορροφήσουν αυτά, θα έχουμε αρκετό για τη δουλεία που γίνεται στο χώρο. [6]

Για να καταλήξουμε σε συμπεράσματα που θα μας βοηθήσουν να πετύχουμε αξιόλογα αποτελέσματα, στη χρησιμοποίηση του χρώματος, το τεχνητό πειραματικό κέντρο του Texas έκανε πειράματα προσπαθώντας να απομονώσει και να βρει τις επιδράσεις των διαφόρων επιφανειών (οροφών, τοίχων, κλπ) μεταβαλλόντας την αντανακλαστικότατα κάθε επιφάνειας ενός χώρου ανεξάρτητα από όλες τις άλλες επιφάνειες, πχ για να βρεθεί πόσο φως χάνεται από κάθε επιφάνεια όταν η αντανακλαστικότητα της μικραίνει, έγιναν πρώτα πειράματα όπου όλες οι επιφάνειες είχαν τη μεγαλύτερη δυνατή αντανακλαστικότητα και τα αποτελέσματα τους συγκριθήκαν με αυτά που βρέθηκαν από αλλά που έγιναν όταν η οροφή βάφτηκε με μαύρο χρώμα. Ακόμα έγιναν πειράματα για την αντανακλαστικότητα που έχει ένα σημείο μιας αίθουσας αμφιθεάτρου (με το λιγότερο φωτισμό) κάθε φορά που μια επιφάνεια της βάφεται μαύρη ενώ οι άλλες παραμένουν άσπρες, στις δυο περιπτώσεις μονοπλεύρου και αμφίπλευρου φωτισμού. Παρατηρούμε ότι το χρώμα της οροφής παίζει σημαντικό ρολό για το φωτισμό και στις δυο περιπτώσεις ενώ στο μονόπλευρο σημασία έχει και το χρώμα του πίσω τοίχου. Το σχήμα 4.14 δείχνει τα αποτελέσματα αυτά. [6]

Το φως που απορροφούν οι φοιτητές

Από ότι γνωρίζουμε μέχρι τώρα, από τα αποτελέσματα του πειραματικού κέντρου του Texas και ο μαθητής απορροφά φως και πρέπει να τον παίρνουμε υπόψη στους υπολογισμούς μας. Όταν κάθεται και σκύβει μπροστά για να γράψει με την πλάτη του στην πηγή του φωτός μπορεί να ελαττώσει το χρήσιμο φωτισμό στην εργασία του μέχρι 60% σε περίπτωση μονοπλεύρου φωτισμού. Σε μια κανονική τοποθέτηση των καθισμάτων, όπου το φως έρχεται πάνω από τον αριστερό του ωμό (για τη περίπτωση που ο φοιτητής είναι δεξιόχειρας) απορροφά αρκετό φως για να ελαττώσει το φωτισμό στην εργασία του περίπου 25%. Τα αποτελέσματα αυτά επηρεάζονται μέχρι ενός σημείου και από τα ρούχα που φορεί ο φοιτητής. [6]

Γενικά είναι εκπληκτικό πως η μάζα των φοιτητών δεν απορροφά αρκετό φως για να ελαττώσει τις υπερβολικές εντάσεις. Για να είμαστε όμως σίγουροι ότι θα έχουμε αρκετό φωτισμό στα αμφιθέατρα είναι καλό να υπολογίζουμε φωτισμό 50% περισσότερο από αυτό που προβλέπουμε όταν είναι άδειες. Πάντως το θέμα δεν έχει μελετηθεί αρκετά ακόμα και συνδυαστεί με τα αλλά προβλήματα που παρουσιάζονται στη μελέτη ενός αμφιθέατρου. [6]

<u>Το φως που προέρχεται από το έδαφος</u>

Οι περισσότεροι από εμάς νομίζουμε ότι το φως που μπαίνει σε ένα αμφιθέατρο προέρχεται μονό από τον ουρανό. Αυτό δε συμβαίνει πάντα, επειδή, μερικές μέρες και με ορισμένες συνθήκες, έρχεται περισσότερο φως από το έδαφος παρά από τον ουρανό, ιδιαίτερα αν η μέρα είναι καθαρή και ο ήλιος πέφτει στις επιφάνειες που έχουν οι ψηλές αντανακλαστικότητες. Σύμφωνα με τις ανακοινώσεις του τεχνικού πειραματικού κέντρου του Texas συμπεραίνουμε :

1) Αν ο ουρανός είναι συννεφιασμένος, το φως του αμφιθέατρου επηρεάζεται ασήμαντα από το φως του εδάφους.

2) Αν ο ήλιος λάμπει και ο ουρανός είναι καθαρός το φως του εδάφους είναι σημαντικό.

3) Τα αποτελέσματα των σκιάδων και προβόλων στο φωτισμό επηρεάζονται από το φως του εδάφους.

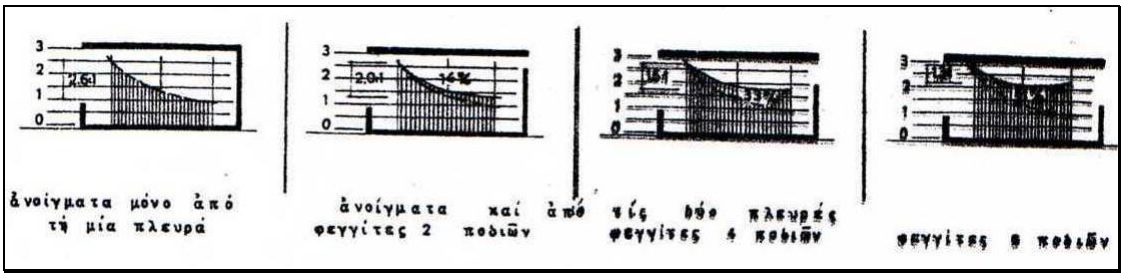
4) Η καμπύλη του φωτισμού στο εσωτερικό, που προξενείται από το φως του εδάφους είναι σχετικώς ευθεία. Πρέπει να θυμόμαστε λοιπόν ότι το φως έρχεται σε ένα αμφιθέατρο από παντού, ακόμα και από το έδαφος. [6]

<u>Πως συμπεριφέρεται το φως μέσα στον χώρο ενός αμφιθεάτρου-παράδειγμα</u>

Μέχρι τώρα εξετάσαμε το περίβλημα ενός αμφιθεάτρου, τα κατάλληλα σχήματα τις αντανακλαστικότητες, τα ανοίγματα για το φως και τον αέρα σε αυτό. Στο σχήμα σχ. 4.15, βλέπουμε πως συμπεριφέρεται το φώς μέσα σε ένα αμφιθέατρο. [6]

<u>Ακολουθούν τα σχήματα και ο αντίστοιχος σχολιασμός των πειραμάτων του Texas</u>

1) Επίδραση των ανοιγμάτων στο φωτισμό

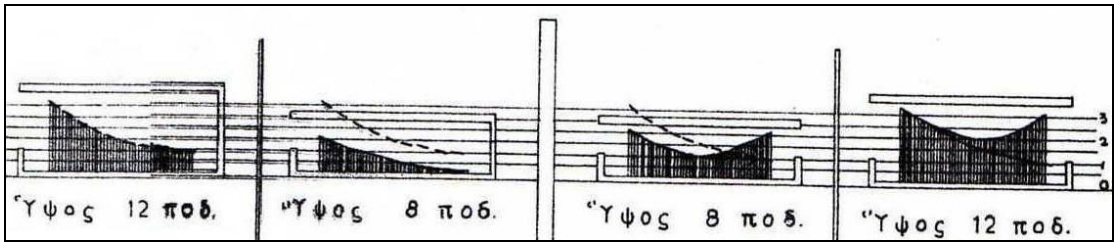


(Εικ. 4.7, επίδραση των ανοιγμάτων στο φωτισμό, πηγή 6)

Τα διαγράμματα δείχνουν πως συμπεριφέρεται το φως στην ίδια αίθουσα του σχήματος 4.7, διαστάσεων, 24 πόδια πλάτος, 12 πόδια ύψος, με αντανακλαστικότητα οροφής 85%, τοίχων 60 % και πατωμάτων 40 %, για την περίπτωση συννεφιάς.

Η μονάδα μέτρησης ΄΄1΄΄ αντιπροσωπεύει το ποσό του φωτός μετρημένο από ένα σημείο που βρίσκεται σε απόσταση 1/6 του μήκους της αίθουσας από τον πίσω τοίχο. Παρατηρούμε ότι όταν μια αίθουσα έχει μεγάλα παράθυρα στη μια πλευρά σαν τη κύρια πηγή φωτισμού και μικρά στην άλλη σα δευτερεύουσα, η ένταση αυξάνει και η κατανομή βελτιώνεται, όταν η δευτερεύουσα πηγή μεγαλώνει. Έτσι η αύξηση της κατανομής από 14% μεταβάλλεται σε 33% και τέλος σε 51 %. Οι λόγοι 2,6:1, 2:1, 1,5:1, 1,3:1, δείχνουν την διαφορά κατανομής του φωτός μεταξύ των δυο τοίχων. Για να έχουμε υψηλό επίπεδο φωτισμού, πρέπει και εδώ να έχουμε όπως και στην περίπτωση του αερισμού, (βλέπε εικόνα 5.18), να έχουμε δυο διαφορετικά ανοίγματα που να μην διαφέρουν πολύ σε μέγεθος.

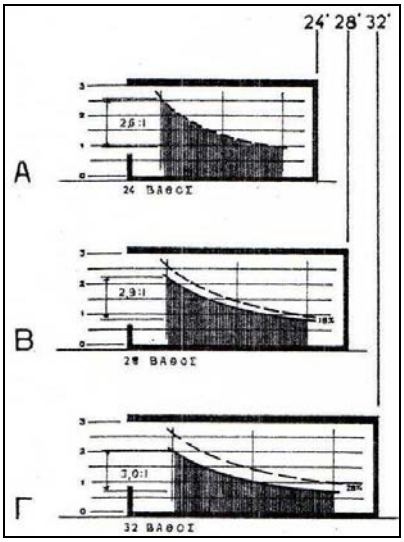
2) Μονόπλευρα και δίπλευρα φωτιζόμενες αίθουσες



(Εικ. 4.8, μονόπλευρα και δίπλευρα φωτιζόμενες αίθουσες, πηγή 6)

Τα διαγράμματα δείχνουν το φωτισμό σε αίθουσες με σταθερό βάθος 28 ποδιών και ύψος 8 και 12 ποδιών , για τις περιπτώσεις που έχουν ανοίγματα, 1. από μια μόνο πλευρά, 2. από δυο απέναντι πλευρές. Οι παρατηρούμενες διαφορές στις εκτάσεις και κατανομή είναι σημαντικά διάφορες στην περίπτωση με μονόπλευρο από αυτή με το δίπλευρο φωτισμό και γενικά είναι πολύ χαμηλότερες στο μονόπλευρο. Γενικά άμα μελετήσει κανένας αυτά τα διαγράμματα τα σχετικά με αίθουσες που έχουν ανοίγματα από δυο πλευρές, συμπεραίνει ότι μπορούν να έχουν χαμηλές οροφές σχετικά, χωρίς να επηρεάσουν αισθητά το φωτισμό τους. [6]

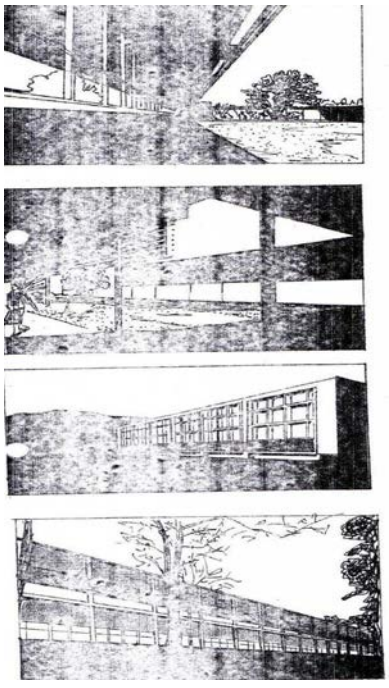
3) Η επίδραση του βάθους στο φωτισμό



(Εικ. 4.9, επίδραση του βάθους στο φωτισμό, πηγή 6)

Τα παραπάνω διαγράμματα δείχνουν την επίδραση του βάθους των αιθουσών στο φωτισμό. Παρατηρούμε ότι όσο το βάθος αυξάνει, οι εντάσεις μικραίνουν και η κατανομή χειροτερεύει. Για την πρώτη αίθουσα η πτώση των εντάσεων έχει λόγο 2,6:1, ενώ για την τελευταία φτάνει τα 3:1.Τα πειράματα έγιναν σε ουρανό με σύννεφα και σε αίθουσες που τα ανοίγματα τους είχαν πρέκι στην οροφή.

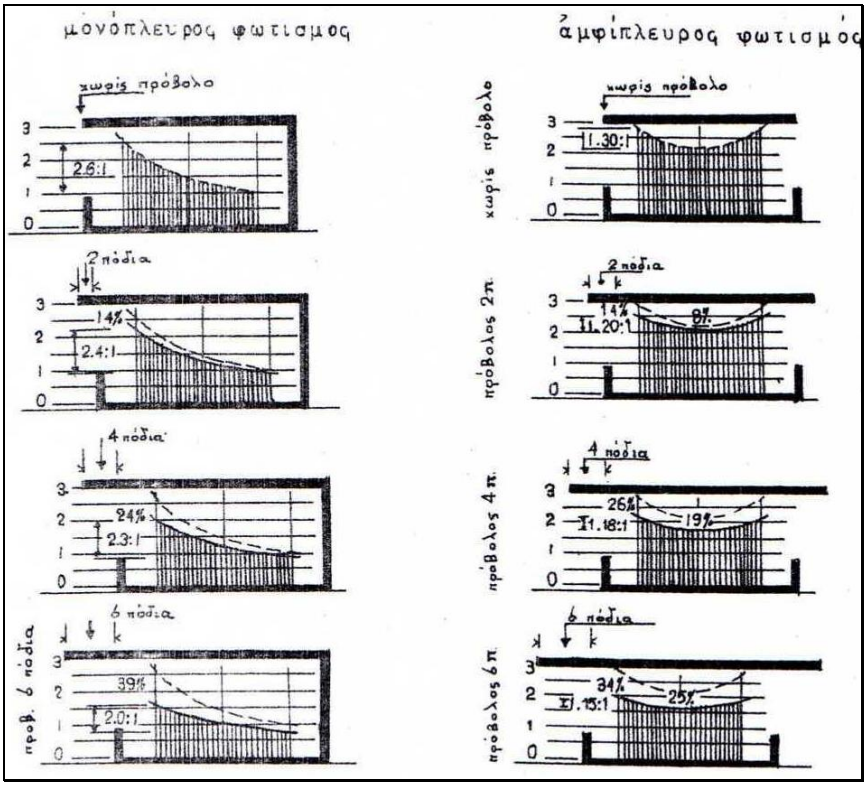
4) Περιορισμός του φωτός του ήλιου



Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να περιορίσουμε και να ρυθμίσουμε το φώς του ήλιου, όπως χρησιμοποιώντας προστεγάσματα (εικ. 1) ή με εσωτερικά πετάσματα, ημιδιαφανή εξωτερικά πετάσματα (εικ. 3) ή με κινητά γυάλινα μέρη παραθύρων (εικ. 4) ή με περσίδες (εικ. 2). [6]

(Εικ. 4.10, περιορισμός του φωτός του ήλιου, πηγή 6)

5) Η επίδραση των προβόλων στο φωτισμό

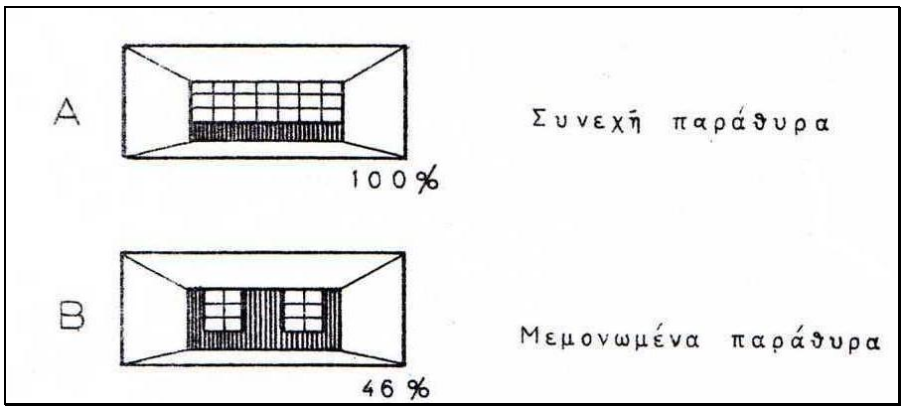


(Εικ. 4.11,επίδραση των προβόλων στο φωτισμό, πηγή 6)

Τα παραπάνω διαγράμματα δείχνουν πως επιδρούν οι πρόβολοι στον φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας ανάλογα με το μέγεθός τους, στη περίπτωση α) μονόπλευρου, β) αμφίπλευρου φωτισμού. Οι παρατηρήσεις έγιναν σε αίθουσες α) με πρόβολο δυο ποδιών, β) χωρίς πρόβολο, γ) με πρόβολο 4 ποδιών, δ) με πρόβολο 6 ποδιών, όπως φαίνεται στο σχήμα όπου οι % αριθμοί δείχνουν την πτώση του φωτός στα ακραία σημεία των διαγραμμάτων και οι λόγοι τη σχέση των εντάσεων μεταξύ τους.

Όπως γίνεται φανερό από τα διαγράμματα, χρησιμοποιώντας πρόβολο καλυτερεύουμε την κατανομή του φωτισμού αλλά ελαττώνουμε τις εντάσεις, πράγμα όχι και τόσο σημαντικό για την περίπτωση του δίπλευρου φωτισμού, αλλά δυσάρεστο για την περίπτωση του μονόπλευρου επειδή οι εντάσεις που προκύπτουν είναι κάτω από τα παραδεκτά όρια. [6]

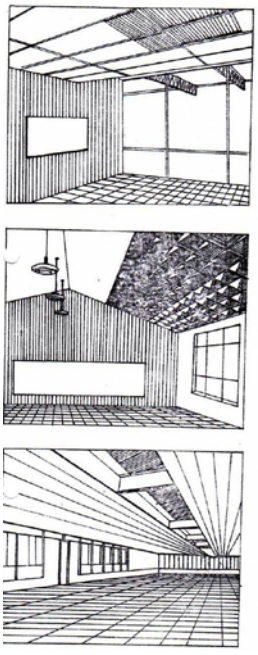
6) Παράθυρα μεμονωμένα και παράθυρα συνεχή



(Εικ. 4.12, παράθυρα μεμονωμένα και συνεχή, πηγή 6)

Σήμερα χρησιμοποιούνται τα συνεχή παράθυρα στις αίθουσες παρά τα μεμονωμένα, επειδή χάρη σ' αυτά μπαίνει περισσότερο φώς στις αίθουσες. Τα διαγράμματα δείχνουν τα αποτελέσματα των πειραμάτων που έγιναν σε αίθουσες με μονόπλευρο φωτισμό αφού τοποθέτησαν σ' αυτές 1) μεμονωμένα παράθυρα (διάγραμμα Β) και 2) συνεχή παράθυρα (διάγραμμα Α). Το φώς που μετρήθηκε σε ένα σημείο κοντά στον χωρίς παράθυρο τοίχο, στη πρώτη περίπτωση βρέθηκε να είναι τα 46 % του φωτός που μετρήθηκε στο ίδιο σημείο κατά τη δεύτερη περίπτωση. [6]

7) Φωτισμός αιθουσών από την οροφή

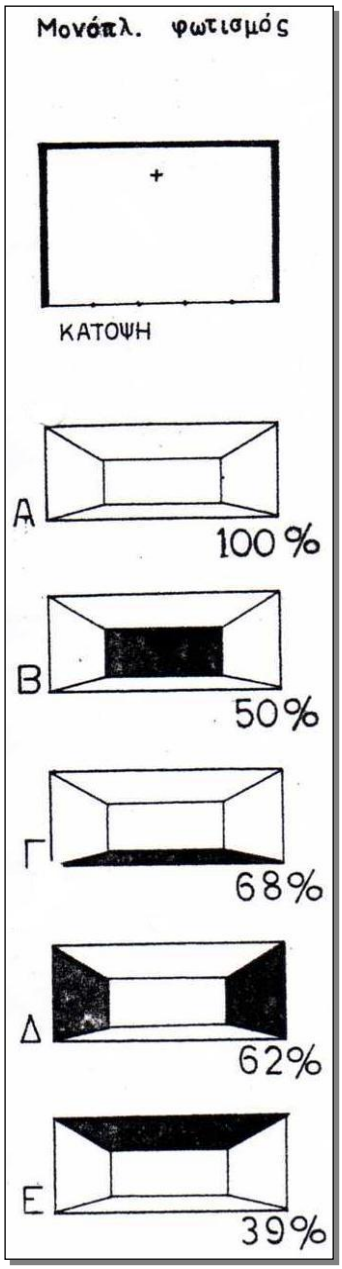


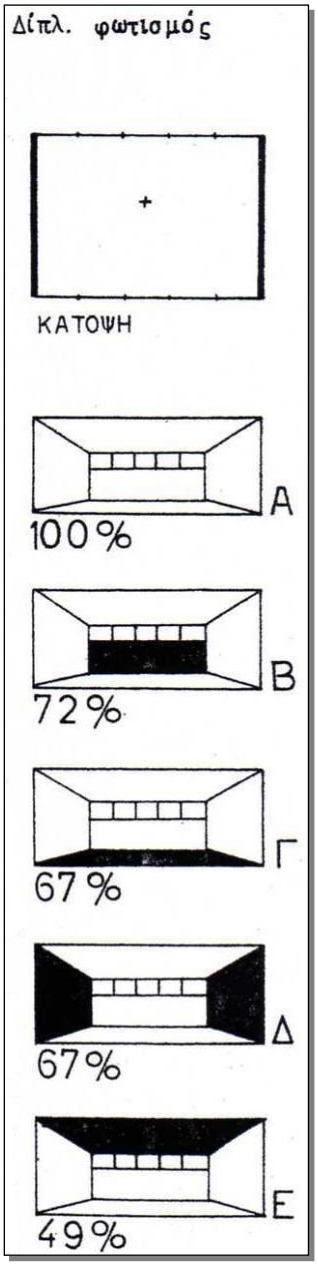
Αυτά είναι μερικά επιτυχημένα παραδείγματα όπου γίνεται χρήση της οροφής των αιθουσών για το φωτισμό τους.

(Εικ. 4.13, φωτισμός αιθουσών από την οροφή, πηγή 6)

8) Ανακλαστικότητα σε αίθουσες διδασκαλίας

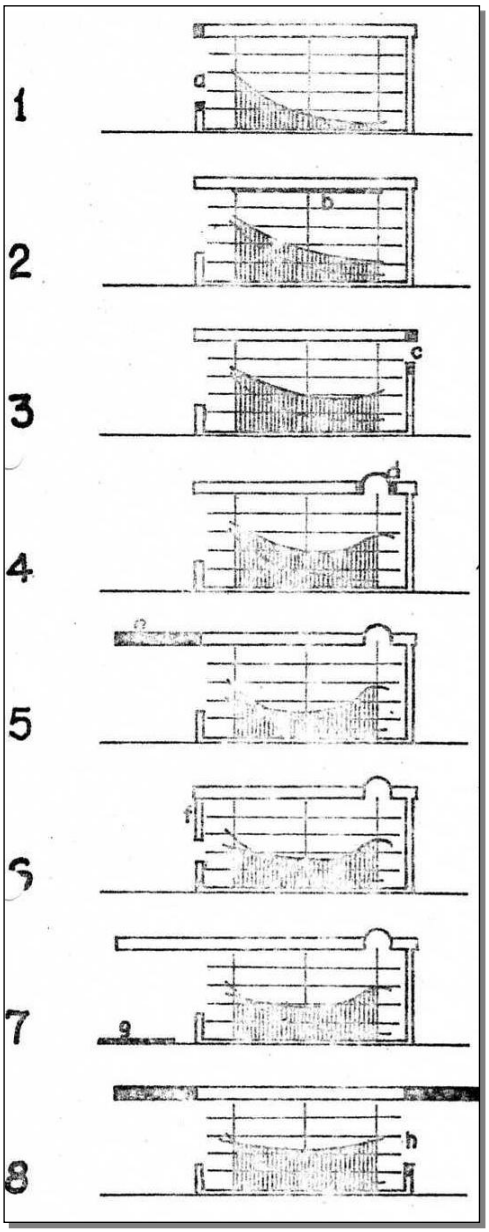
Τα διαγράμματα δείχνουν το φωτισμό σε αίθουσες κατά τα άλλα όμοιες, μόνο που η μία φωτίζεται μονόπλευρα και η άλλη αμφίπλευρα, όταν οι διάφορες επιφάνειες τους βάφονται με μαύρο χρώμα. Τα αποτελέσματα αυτά φέρονται σε ένα σημείο (+) που δέχεται το λιγότερο φωτισμό (διαφορετικό στις δύο αίθουσες). Στην περίπτωση Α όλες οι επιφάνειες έχουν άσπρο χρώμα, οπότε έχουμε τη μεγαλύτερη αντανακλαστικότητα και τον περισσότερο φωτισμο. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις τα αποτελέσματα του φωτισμού είναι διαφορετικά, ανάλογα με το ποια επιφάνεια βάφεται μαύρη. Παρατηρούμε ότι το χρώμα του πίσω τοίχου και της οροφής (επιφάνειες που αντανακλούν περισσότερο φώς από τις άλλες), έχει μεγάλη σημασία για τις μονόπλευρα φωτισμένες αίθουσες, ενώ ελάχιστα για τις αμφίπλευρα. Έτσι σε αυτές μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε χρώμα με μικρότερη αντανακλαστικότητα. [6]





(Εικ. 4.14, ανακλαστικότητα σε αίθουσες διδασκαλίας, πηγή 6)

9) Συμπεριφορά του φωτός μέσα στην αίθουσα



Τα σχέδια αυτά δείχνουν πως συμπεριφέρεται το φως σε μια αίθουσα, όταν αλλάζουν τα σχήματα, τα υλικά και οι αντανακλαστικότητες.

Η περίπτωση 1 είναι η περίπτωση μονόπλευρα φωτισμένης αίθουσας που την παίρνουμε σα βάση. Το διάγραμμα του φωτισμού σ' αυτή δείχνεται πάντα με διακεκομμένη γραμμή σε όλα τα υπόλοιπα σχέδια για μέτρο σύγκρισης των αποτελεσμάτων.

Οι υπόλοιπες περιπτώσεις μας δείχνουν πόσο μπορούν να αυξηθούν οι εντάσεις και να καλυτερεύσει η κατανομή, ανάλογα με τα στοιχεία που χρησιμοποιούμε, όπως με οροφή με μεγάλη αντανακλαστικότητα (περίπτωση 2) με ανοίγματα πρόσθετα στον χωρίς παράθυρα τοίχο ή οροφή (περιπτώσεις 3 και 4) με πρόβολο από τη μία μεριά (περίπτωση 5), ή με σκιάδες (περίπτωση 6).

Ακόμα καλύτερα αποτελέσματα έχουμε όταν η αντανακλαστικότητα του εδάφους αυξηθεί (περίπτωση 7) και όταν έχουμε αμφίπλευρα της αίθουσας ανοίγματα και προβόλους (περίπτωση 8), οπότε το διάγραμμα δεν παρουσιάζει μεγάλες διαφορές για τα διάφορα σημεία της αίθουσας. [6]

(Εικ. 4.15, συμπεριφορά του φωτός μες στην αίθουσα, πηγή 6)

Στεγασμένα αίθρια

Σύμφωνα με τον οικοδομικό κανονισμό με τον όρο αίθριο χαρακτηρίζεται το μη στεγασμένο τμήμα του οικόπεδου ή του κτιρίου που περιβάλλεται από όλες τις πλευρές του από το κτίριο ή τα κτίρια του οικόπεδου (ΓΟΚ άρθρο 2, παράγραφος 34), [12]. Το αίθριο είναι ο χώρος

που επιτρέπει τη διέλευση του φωτός, το όποιο κατευθύνεται άμεσα η με ανακλάσεις προς όλους τους υπόλοιπους χώρους με τους οποίους συνδέεται. Το αίθριο προσθέτει πολλά πλεονεκτήματα στα σύγχρονα κτίρια μεγάλου ή μεσαίου μεγέθους, αφενός πρακτικά όπως αύξηση της ωφέλιμης επιφάνειας των χώρων τους, καλύτερο φωτισμό περισσότερων χώρων, άρα και εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και συναισθηματικά για τους χρήστες, όπως καλύτερο περιβάλλον εργασίας ή ευχάριστο χώρο αναψυχής, προσφέροντας συνέχεια του εξωτερικού με το εσωτερικό περιβάλλον. Το αίθριο

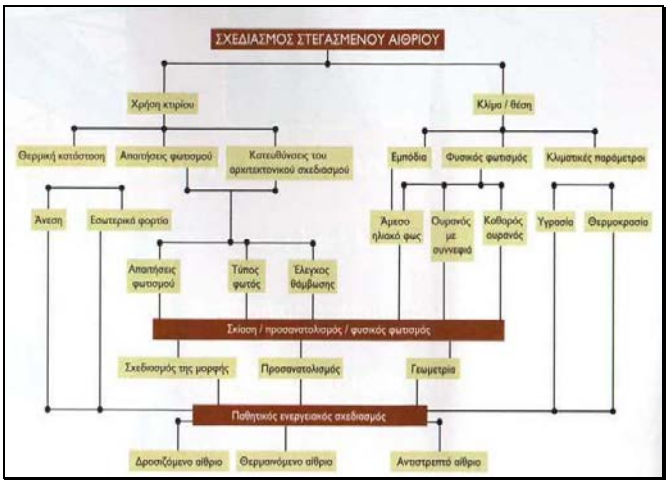
συμμετέχει όλο και περισσότερο στο σχεδιασμό των σύγχρονων κτιρίων διαφόρων χρήσεων, όπως συνεδριακά κέντρα, αμφιθέατρα, ξενοδοχεία, κτίρια γραφείων, κλπ. Ο σχεδιασμός ενός αίθριου είναι σύνθετο θέμα και ο σχεδιαστής πρέπει να λαμβάνει υπόψη πολλές παραμέτρους που αφορούν στη μορφή, στα υλικά αλλά και στον ενεργειακό σχεδιασμό του. [22]

(Πάνω αριστερά Εικ. 4.16,αίθριο, Κάτω δεξιά Εικ. 4.17, αίθριο, πηγή διαδίκτυο)

Ο φυσικός και τεχνητός φωτισμός, ο αερισμός και ο δροσισμός, αλλά και γενικότερα ο κλιματισμός φυσικός και τεχνητός, η πυρασφάλεια και η διαχείριση του καπνού σε περίπτωση πυρκαγιάς, πρέπει να μελετώνται σε βάθος και σε σχέση με το κλίμα της χωράς και το πως χρησιμοποιείται. Λανθασμένες αποφάσεις μπορεί να μετατρέψουν ένα πολλά υποσχόμενο και ελκυστικό χώρο, σε ενεργοβόρο και χωρίς τις απαιτούμενες συνθήκες άνεσης για τους χρήστες. Για παράδειγμα στα θερμότερα κλίματα προέχει ο δροσισμός με τη βοήθεια του αερισμού και γι αυτό πρέπει να προβλέπονται ανοίγματα τόσο σε κατακόρυφες επιφάνειες όσο και στην επιστέγαση.[22]

(Εικ. 4.18, αίθριο, πηγή διαδίκτυο)

(Εικ. 4.19, αίθριο, πηγή διαδίκτυο)



(Εικ. 4.20, σχεδιασμός στεγασμένου αιθρίου, πηγή 26)

Η χρήση ενός στεγασμένου αίθριου στην περίπτωση ενός δημόσιου χώρου, όπως ένα αμφιθέατρο, είναι συνήθως επιθυμητή η αδιάκοπη λειτουργία του σε εικοσιτετράωρη και ετήσια βάση, εμπλουτίζοντας διαφορές δραστηριότητες και επιμηκύνοντας τη ζωτικότητα του κτιριακού συγκροτήματος, στο οποίο είναι ενταγμένο το αίθριο, σε περιόδους υπολειτουργίας του (αργίες, νύχτες, κλπ). [26]

Η χρήση του αιθρίου είναι συνάρτηση:

- Του μεγέθους, της θέσης, της γεωμετρίας.
- Των χρήσεων και του μεγέθους του κτιρίου ή των κτιρίων με τα οποία συνδέεται.
- Της θέσης του στον αστικό ιστό (όταν πρόκειται για δημόσιο χώρο).
- Του τρόπου κατασκευής του και της προστασίας του χώρου από εξωγενείς παράγοντες. [22]

Μορφή και τύπος

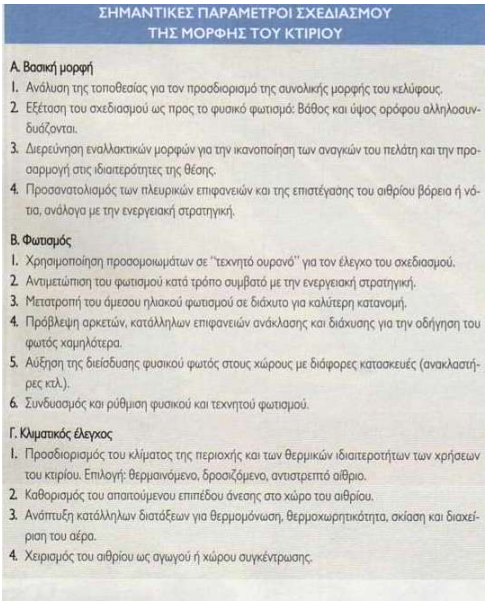
Όπως κάθε κτιριακός τύπος έτσι και το αίθριο χαρακτηρίζεται από ποικιλία μορφών. Η οριζόντια γεωμετρία και το μέγεθος του αίθριου στο κατώτερο επίπεδο (χρήσης)-συνήθως ισόγειο-εξαρτώνται από:

- Τη χρήση του αίθριου (ημιδημόσιος, δημόσιος χώρος).
- Της χρήσης των κτιριακών χώρων και τις ανάγκες τους (φωτισμός, εκτόνωση, δραστηριότητες, πχ, εκπαίδευση, πρόνοια, κλπ).
- Όρους και περιορισμούς δόμησης-διαθέσιμο χώρο.
- Τη γεωμετρία και το μέγεθος του κτιρίου ή του τμήματος του που σχετίζονται με το αίθριο. [22]

Η οριζόντια γεωμετρία μπορεί να διαφοροποιείται κατά το ύψος καθώς το προς το αίθριο περίγραμμα του κτιρίου είναι πιθανό να μην επαναλαμβάνεται απόλυτα σε κάθε όροφο. Η κατακόρυφη γεωμετρία του εξαρτάται γενικώς από τη θέση των χώρων που εξυπηρετούνται από το αίθριο (φωτισμός, οπτική επικοινωνία, αερισμός, κλπ). Το ύψος του μπορεί να μη συμπίπτει με το ύψος του κτιρίου, ενώ οι ελεύθερες πλευρές του διαμορφώνονται ελευθέρα στο χώρο.

Το αίθριο μπορεί να αναπτύσσεται :

- Κατακόρυφα.
- Οριζόντια γραμμικά.
- Οριζόντια σε δυο διαστάσεις.
- Οριζόντια και κατακόρυφα.
- Στο σώμα ενός κτιρίου.
- Σε επαφή με μια πλευρά του.
- Μεταξύ πτερύγων η κτιρίων. [26]



ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Α. Βασική μορφή

1. Ανάλυση της τοποθεσίας για τον προσδιορισμό της συνολικής μορφής του κελύφους.
2. Εξέταση του σχεδιασμού ως προς το φυσικό φωτισμό: Βάθος και ύψος ορόφου αλληλοσυνδυάζονται.
3. Διερεύνηση εναλλακτικών μορφών για την ικανοποίηση των αναγκών του πελάτη και την προσαρμογή στις ιδιαιτερότητες της θέσης.
4. Προσανατολισμός των πλευρικών επιφανειών και της επιστέγασης του αιθρίου βόρεια ή νότια, ανάλογα με την ενεργειακή στρατηγική.

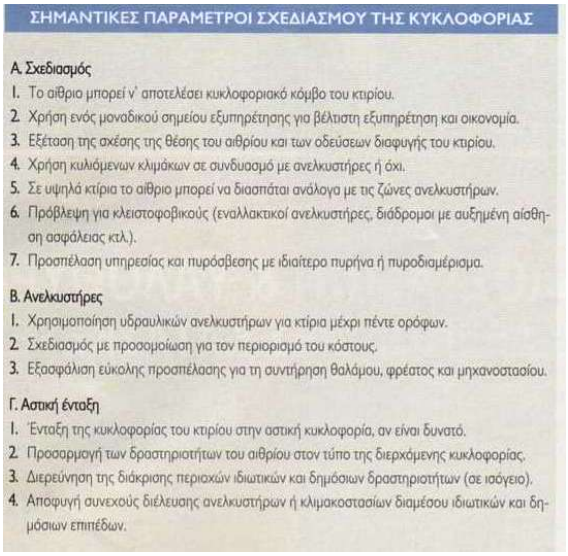
Β. Φωτισμός

1. Χρησιμοποίηση προσομοιωμάτων σε "τεχνητό ουρανό" για τον έλεγχο του σχεδιασμού.
2. Αντιμετώπιση του φωτισμού κατά τρόπο συμβατό με την ενεργειακή στρατηγική.
3. Μετατροπή του άμεσου ηλιακού φωτισμού σε διάχυτο για καλύτερη κατανομή.
4. Πρόβλεψη αρκετών, κατάλληλων επιφανειών ανάκλασης και διάχυσης για την οδήγηση του φωτός καμηλότερα.
5. Αύξηση της διείσδυσης φυσικού φωτός στους χώρους με διάφορες κατασκευές (ανακλαστήρες κτλ.).
6. Συνδυασμός και ρύθμιση φυσικού και τεχνητού φωτισμού.

Γ. Κλιματικός έλεγχος

1. Προσδιορισμός του κλίματος της περιοχής και των θερμικών ιδιαιτεροτήτων των χρήσεων του κτιρίου. Επιλογή: θερμαινόμενο, δροσιζόμενο, αντιστρεπτό αίθριο.
2. Καθορισμός του απαιτούμενου επιπέδου άνεσης στο χώρο του αιθρίου.
3. Ανάπτυξη κατάλληλων διατάξεων για θερμομόνωση, θερμοχωρητικότητα, σκίαση και διαχείριση του αέρα.
4. Χειρισμός του αιθρίου ως αγωγού ή χώρου συγκέντρωσης.

(Αριστερή Εικ. 4.21, σημαντικές παράμετροι σχεδιασμού της κυκλοφορίας, Δεξιά Εικ. 4.22, σημαντικές παράμετροι της μορφής του κτιρίου, πηγή 22)



ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Α. Σχεδιασμός

1. Το αίθριο μπορεί ν' αποτελέσει κυκλοφοριακό κόμβο του κτιρίου.
2. Χρήση ενός μοναδικού σημείου εξυπηρέτησης για βέλτιστη εξυπηρέτηση και οικονομία.
3. Εξέταση της σχέσης της θέσης του αιθρίου και των οδεύσεων διαφυγής του κτιρίου.
4. Χρήση κυλιόμενων κλιμάκων σε συνδυασμό με ανελκυστήρες ή όχι.
5. Σε υψηλά κτίρια το αίθριο μπορεί να διασπάται ανάλογα με τις ζώνες ανελκυστήρων.
6. Πρόβλεψη για κλειστοφοβικούς (εναλλακτικοί ανελκυστήρες, διάδρομοι με αυξημένη αίσθηση ασφάλειας κτλ.).
7. Προσπέλαση υπηρεσίας και πυρόσβεσης με ιδιαίτερο πυρήνα ή πυροδιαμέρισμα.

Β. Ανελκυστήρες

1. Χρησιμοποίηση υδραυλικών ανελκυστήρων για κτίρια μέχρι πέντε ορόφων.
2. Σχεδιασμός με προσομοίωση για τον περιορισμό του κόστους.
3. Εξασφάλιση εύκολης προσπέλασης για τη συντήρηση θαλάμου, φρεάτος και μηχανοστασίου.

Γ. Αστική ένταξη

1. Ένταξη της κυκλοφορίας του κτιρίου στην αστική κυκλοφορία, αν είναι δυνατό.
2. Προσαρμογή των δραστηριοτήτων του αιθρίου στον τύπο της διερχόμενης κυκλοφορίας.
3. Διερεύνηση της διάκρισης περιοχών ιδιωτικών και δημόσιων δραστηριοτήτων (σε ισόγειο).
4. Αποφυγή συνεχούς διέλευσης ανελκυστήρων ή κλιμακοστασίων διαμέσου ιδιωτικών και δημόσιων επιπέδων.

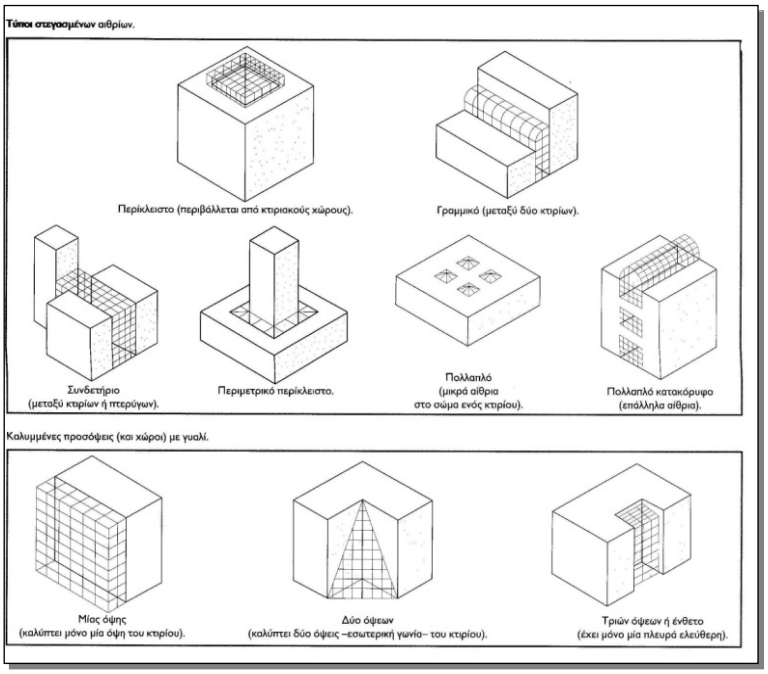
Σχηματικά είναι δυνατόν να διακριθούν ορισμένοι απλοί και ορισμένοι σύνθετοι τύποι αίθριων. Σε κάθε περίπτωση ιδιαίτερη σημασία για τη λειτουργικότητα του αίθριου έχει η σχέση των διαστάσεων του και ο προσανατολισμός των κατακόρυφων ή κεκλιμένων διάφανων ή ανοιχτών επιφανειών του κελύφους του. Η ύπαρξη εμπόδιων (φυτά, κτίρια ή επιφάνειες του κελύφους του κτιρίου που εγκλείουν το αίθριο, αλλά κτίρια κλπ υποβαθμίζει τη λειτουργικότητα. Από την άποψη αυτή η οποιαδήποτε τυπολογική ανάλυση-ταξινόμηση μπορεί να έχει (στις συνήθεις περιπτώσεις) κυρίως ερευνητικό χαρακτήρα, καθώς ο σχεδιασμός του αίθριου δεν προηγείται του σχεδιασμού του κτιρίου (ή των κτιρίων) στο όποιο προσαρτάται, αλλά στην ιδανική περίπτωση εξελίσσεται παράλληλα. [22]

Οι παραλλαγές των βασικών και των παράγωγων τύπων μπορεί να είναι απειράριθμες όπως και οι αποκλίσεις από ορισμένους κανόνες σχεδιασμού που θα μπορούσαν να θεωρηθούν.

Βασική παράμετρο επιτυχίας του σχεδιασμού ενός στεγασμένου αίθριου αποτελεί ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου (ή των κτιρίων) έστω κι αν παράλληλα εξυπηρετεί πολλές λειτουργίες.

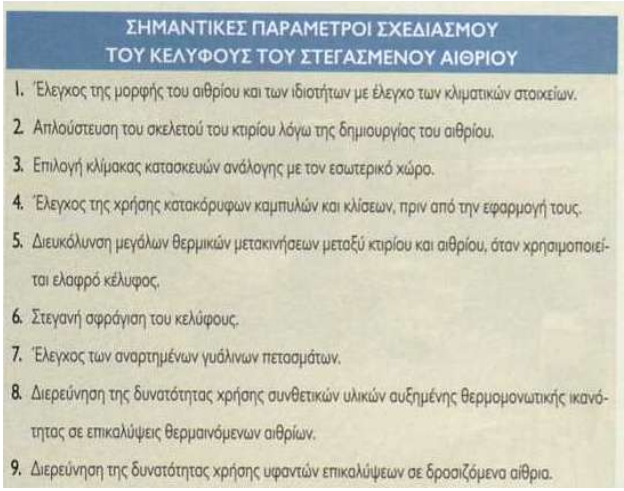
Αυτό ουσιαστικά συνεπάγεται εκτεταμένο φυσικό φωτισμό και θέα, σε ορισμένες περιπτώσεις-χωρίς τις θερμικές επιβαρύνσεις (απώλειες ή οφέλη) των συνήθων κτιρίων. Από την άποψη αυτή το αίθριο λειτουργεί ως δεύτερο κέλυφος με το όποιο ρυθμίζεται η συλλογή ή η αποβολή ηλιακής θερμότητας, ανάλογα με την κλιματική θέση και τη χρήση του κτιρίου. Άλλωστε η εξασφάλιση φυσικού φωτισμού στους κτιριακούς χώρους αποτελεί σημαντικό ζητούμενο του σχεδιασμού μεγάλων κτιρίων. Επιτυγχάνεται γενικά με ελάττωση του βάθους η αύξηση του καθαρού ύψους του χώρου. [22]

Με ύψος χώρου από 2.7-3.6 m είναι δυνατό να εξασφαλιστεί φυσικός φωτισμός μέχρι βάθος 9 m. Είναι γνωστό όμως ότι ένα αμφιθέατρο έχει ύψος τουλάχιστον 5 m άρα δε μπορεί να εξασφαλίσει από μονό του φυσικό φωτισμό το αίθριο. Για μεγαλύτερο βάθος χώρου απαιτείται μεγαλύτερο ύψος, στο όποιο προστίθεται το ύψος του διακένου, της ψευδοροφής η του ανυψωμένου δαπέδου (σε χώρους μικρού βάθους το διάκενο μπορεί να μην είναι απαραίτητο-εξυπηρετούνται από την περίμετρο), με αποτέλεσμα δυσανάλογα αυξημένη δαπάνη κατασκευής και λειτουργίας. Εξάλλου με την εξασφάλιση φυσικού φωτισμού για όλη τη διάρκεια της ημέρας και σε όλους τους χώρους, προκύπτει σημαντικό θερμικό όφελος κατά την ψυχρή περίοδο και αντίστοιχα ψυχικό φορτίο κατά τη θερμή περίοδο. Δεδομένου ότι η ψύξη ενός χώρου κοστίζει περισσότερο από τη θέρμανση, σε χώρους μεγάλου βάθους μπορεί να προτιμηθεί και ο συνδυασμός φυσικού και τεχνητού φωτισμού. Περισσότερο φυσικό φως είναι πάντα διαθέσιμο οπωσδήποτε από την οροφή, ανεξάρτητα από τη θέση και τον προσανατολισμό του αιθρίου.[22]



(Εικ. 4.23, τύποι στεγασμένων αιθρίων, πηγή 26)

Η ηλιοροφή αποτελεί τον οικονομικότερο τρόπο συλλογής φυσικού φωτισμού, παράλληλα όμως συλλέγει περισσότερη θερμότητα (όταν είναι ανεπιθύμητη το καλοκαίρι).



ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΤΟΥ ΣΤΕΓΑΣΜΕΝΟΥ ΑΙΘΡΙΟΥ

1. Έλεγχος της μορφής του αιθρίου και των ιδιοτήτων με έλεγχο των κλιματικών στοιχείων.
2. Απλούστευση του σκελετού του κτιρίου λόγω της δημιουργίας του αιθρίου.
3. Επιλογή κλίμακας κατασκευών ανάλογης με τον εσωτερικό χώρο.
4. Έλεγχος της χρήσης κατακόρυφων καμπυλών και κλίσεων, πριν από την εφαρμογή τους.
5. Διευκόλυνση μεγάλων θερμικών μετακινήσεων μεταξύ κτιρίου και αιθρίου, όταν χρησιμοποιείται ελαφρό κέλυφος.
6. Στεγανή σφράγιση του κελύφους.
7. Έλεγχος των αναρτημένων γυάλινων πετασμάτων.
8. Διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης συνθετικών υλικών αυξημένης θερμομονωτικής ικανότητας σε επικαλύψεις θερμαινόμενων αιθρίων.
9. Διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης υφαντών επικαλύψεων σε δροσιζόμενα αίθρια.

(Εικ. 4.24, παράμετροι σχεδιασμού στεγασμένου αιθρίου, πηγή 22)

Φυσικός φωτισμός μέσω αιθρίου

Μέσω των αιθρίων εξασφαλίζεται ή βελτιώνεται ο φυσικός φωτισμός σε χώρους οι ζώνες χώρων όπου δεν είναι δυνατό, εφικτό η σύμφορο να επιτευχτεί αυτό με άλλο τρόπο. Ο φωτισμός μέσω του στεγασμένου αίθριου είναι σύνθετος. Πρόκειται για κράμα άμεσα (διεισδύει από την οροφή ή και τις πλευρές του αιθρίου) και έμμεσα προσπίπτουσας ακτινοβολίας (προέρχεται από ανακλάσεις/διάχυση σε δομικά στοιχειά που περιβάλλουν το αίθριο). Καθώς η επιστέγαση – οροφή και πιθανόν τμήματα πλευρών του αιθρίου αποτελούν φωτοδιαπερατές επιφάνειες, η θάμβωση στο χώρο του αιθρίου, αλλά και σε χώρους που φωτίζονται και άμεσα από αυτό, μπορεί να αποτελεί σοβαρό πρόβλημα. Αντιμετωπίζεται με την εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας. [22]

Το αίθριο λειτουργεί ως αγωγός φωτός. Τα τοιχώματα του καθορίζουν τη ποιότητα και την ποσότητα του φωτός που φτάνει στο κάτω χώρο του αμφιθεάτρου. Η σχέση μεταξύ μήκους, πλάτους και ύψους (βάθους) του αιθρίου προσδιορίζει την ελάττωση του φωτός στο πυθμένα. Όσο λιγότερο φωτεινός είναι ο ουρανός, τόσο ευρύτερος πυθμένας απαιτείται, ώστε να εξασφαλίζεται ικανοποιητικός φυσικός φωτισμός στον κάτω χώρο του αμφιθεάτρου. Σημαντικό παράγοντα αποτελεί η ανακλαστικότητα των πλευρών (τοιχώματα). Αξιολογεί διαφοροποίηση στο φωτισμό είναι δυνατόν να προκύψει εξαιτίας της διαφορετικής ανακλαστικότητας των τοιχωμάτων ή τμημάτων τους. Για τον κάτω χώρο του αμφιθεάτρου που φωτίζεται από το αιθρίου, ουρανός είναι το απέναντι ανακλαστικό τοίχωμα. Αν τα τοιχώματα είναι καλυμμένα με υαλοστάσια ή ολοκληρωτικά ανοιχτό, πολύ μικρή ποσότητα φωτός μπορεί να φτάσει στο κάτω χώρο. [26]

Μέσα στο αμφιθέατρο πρέπει να αποδίδεται μονό το απαραίτητο φως, ώστε το υπόλοιπο να οδηγείται προς τα κάτω. Είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν με επιλογή

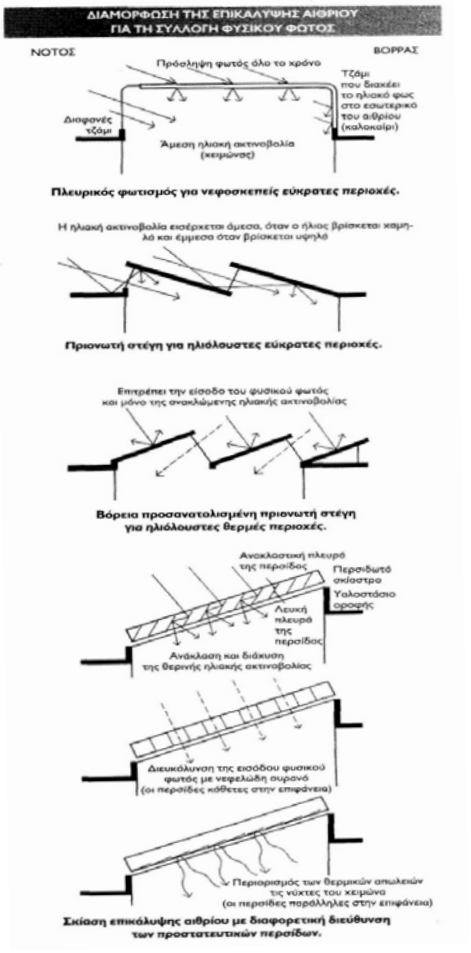
και συνδυασμό κατάλληλων υλικών οι τύφλες επιφάνειες των τοιχωμάτων ή να χρησιμοποιηθούν ειδικοί τύποι τζαμιών στα υαλοστάσια. Η απόδοση μπορεί γενικά να επηρεαστεί από τη διαρρύθμιση και την επίπλωση των χώρων με καθοριστικό στοιχειό τα φυτά. [22]

Ως φωτοδιαπερατά υλικά χρησιμοποιούνται κυρίως διάφορα ειδή τζαμιού ή φύλλα από συνθετικά υλικά (ακρυλικά, πολυκαρβονικά, κλπ) διαφανή ή διαφώτιστα, ενώ σπανιότερα δομικές μεμβράνες με μορφή εφελκυόμενων ή πνευματικών (περιφερόμενων) κατασκευών. [26]

Το τζάμι παρουσιάζει μεγάλη διάρκεια ζωής, μπορεί να είναι ανθεκτικό σε θραύση, είναι όμως σημαντικά βαρύτερο από τα συνθετικά υλικά και γι΄ αυτό οδηγεί τη κατασκευή σε ισχυρότερα φέροντα στοιχειά και σκελετό. Τα συνθετικά υλικά δεν είναι άκαυστα, αλλοιώνονται με την επίδραση υψηλής θερμοκρασίας (η τοποθέτηση φωτιστικών μεγάλης ισχύος σε μικρή απόσταση μπορεί να είναι επικίνδυνη) ενώ ορισμένα εκλύουν επικίνδυνα αέρια κατά την καύση τους και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να αντέχουν σε χαλαζόπτωση. Με τις δομικές μεμβράνες επιτυγχάνονται ελαφρές κατασκευές, η φωτοδιαπερατότητα τους όμως είναι μικρότερη από του τζαμιού και των συνθετικών υλικών. Επίσης οι συνθετικές μεμβράνες συμβάλλουν στην ακουστική βελτίωση του χώρου. [22]

Έλεγχος, ρύθμιση και διαχείριση του φυσικού φωτισμού

Ως προς τη δυνατότητα ρύθμισης τα συστήματα βελτίωσης της οπτικής άνεσης διακρίνονται σε ρυθμιζόμενα (μεταβλητά) και μη ρυθμιζόμενα (σταθερά). Τα ρυθμιζόμενα είναι εφοδιασμένα με μηχανισμούς απλούς ή πολύπλοκους, μέσω των όποιων επιτυγχάνεται η εκάστοτε επιθυμητή ρύθμιση (κίνηση των περσίδων, περιτύλιξη πετάματος, κίνηση φύλλου, κλπ). Ο χειρισμός των μηχανισμών των μηχανισμών μπορεί να είναι χειροκίνητος ή ηλεκτροκίνητος. Η ηλεκτροκίνηση του μηχανισμού αποτελεί το πρώτο επίπεδο αυτοματισμού της ρύθμισης του φυσικού φωτισμού. [22]

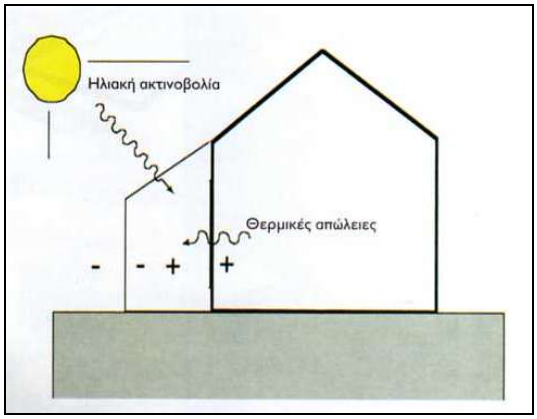


(Εικ 4.25, διαμόρφωση αιθρίου για την συλλογή ηλιακού φωτός, πηγή 22)

Ενεργειακός σχεδιασμός στεγασμένου κτιρίου

Θερμοκρασία

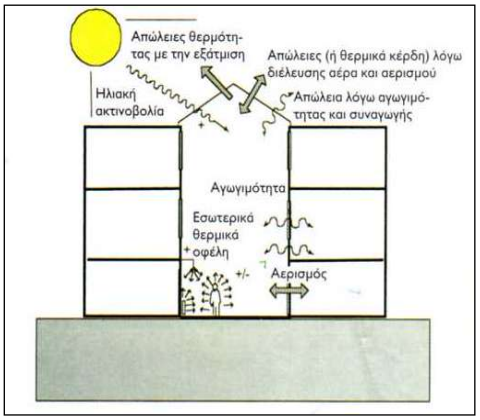
Η θερμοκρασία σε ένα κλειστό αίθριο είναι αποτέλεσμα ηλιακών κερδών και των θερμικών απωλειών του κτιρίου. [26]



(Εικ. 4.26, θερμικές απώλειες κτιρίου, πηγή 26)

Ενεργειακή ισορροπία αιθρίου

Η θερμοκρασία στο εσωτερικό ενός κλειστού μη θερμαινόμενου αιθρίου εξαρτάται από τη σχέση θερμικών απωλειών και των ηλιακών κερδών. [26]

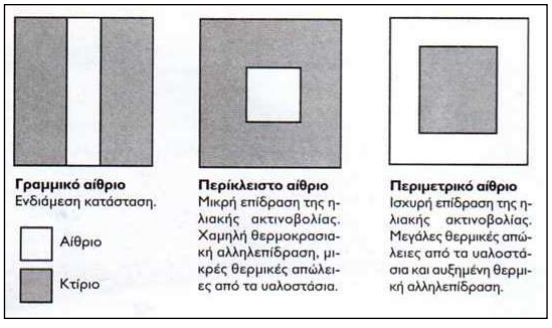


(Εικ. 4.27, ενεργειακή ισορροπία αιθρίου, πηγή 26)

Θέρμανση

Το αίθριο συμπεριφέρεται ως συλλέκτης και μπορεί να προσφέρει θερμότητα σε όλους τους γειτονικούς χώρους. Με εύστοχο σχεδιασμό και ορθή λειτουργία, το αίθριο μπορεί να εξασφαλίσει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε οποιεσδήποτε κλιματικές συνθήκες. Στις ψυχρές περιόδους λειτουργεί ως συλλέκτης θερμότητας. Κατά τις ενδιάμεσες περιόδους μπορεί να συμμετέχει στη θέρμανση γειτονικών χώρων. Στις θερμές περιόδους, ο δροσισμός του χώρου του αιθρίου και των γειτονικών χώρων είναι δυνατόν να εξασφαλισθεί με φυσικό ή τεχνητό υποβοηθούμενο αερισμό.

Η σχέση της επιφάνειας των υαλοστασίων ενός αιθρίου με την επιφάνεια των κοινών τοίχων, προσδιορίζει το επίπεδο θερμοκρασίας και το βαθμό θερμικής αλληλεπίδρασης. [22]

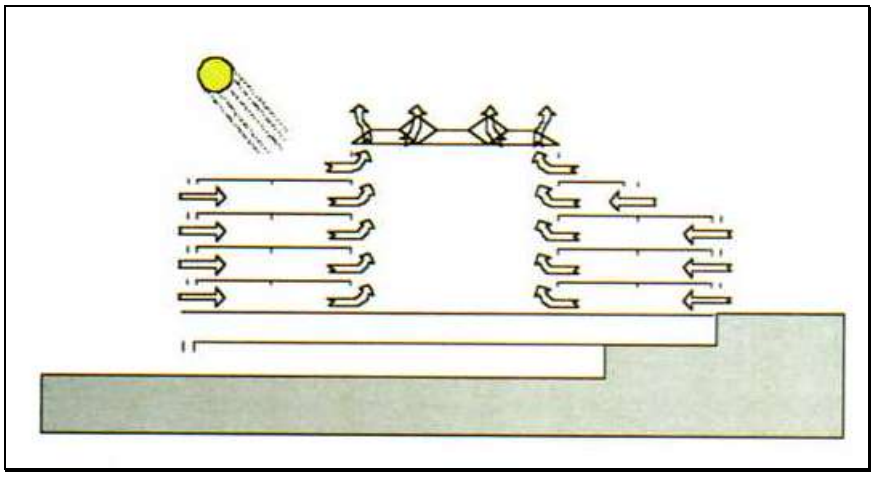


(Εικ. 4.28, τύποι αιθρίων και θερμοκρασία, πηγή 22)

Δροσισμός

Ο σχεδιασμός του αιθρίου ευνοεί το φυσικό δροσισμό του για την αποφυγή υπερθέρμανσης. Στις θερμές περιόδους το αίθριο έχει ανάγκη από δροσισμό. Συχνά αυτό είναι δυνατό να εξασφαλιστεί με τη ρύθμιση των ηλιακών κερδών και με φυσικό ή τεχνητά υποβοηθούμενο αερισμό. Ο αερισμός επιτυγχάνεται με την

πρόβλεψη ανοιγμάτων στην οροφή, από τα οποία εξέρχεται ο θερμός αέρας, προκαλώντας την είσοδο δροσερού αέρα από ανάλογα ανοίγματα στο επίπεδο χρήσης. Για τη σκίαση μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξωτερικά σκίαστρα, σταθερά ή κινητά, τέντες, πέργκολες, περσίδες, καθώς και εσωτερικά κινητά συστήματα σκίασης (πετάσματα, περσίδες, κλπ). Συμπληρωματικά, το αίθριο μπορεί να χρησιμεύσει για το δροσισμό του αμφιθεάτρου. [22]



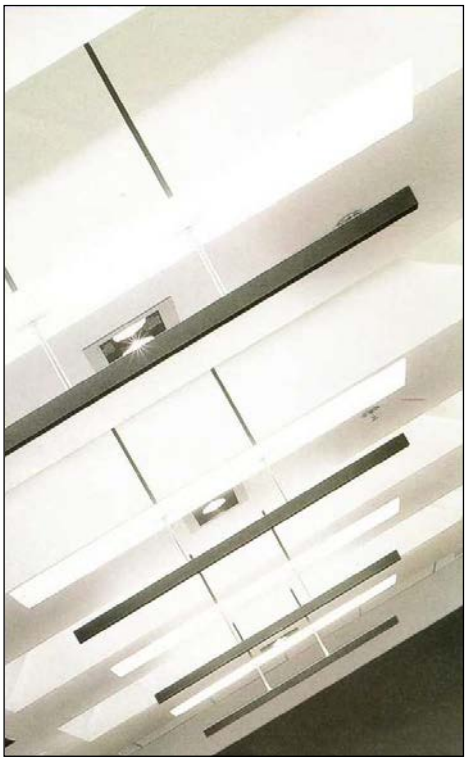
(Εικ. 4.29, δροσισμός αιθρίου, πηγή 22)

Αν και η είσοδος του ηλιακού φωτός είναι επιθυμητή τόσο για την αύξηση της απόδοσης του φυσικού φωτισμού, όσο και για ψυχολογικούς και αισθητικούς λόγους, μπορεί ωστόσο να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα υπερθέρμανσης κατά την διάρκεια του καλοκαιριού ακόμα και σε ήπια κλίματα. Για την αποφυγή των φαινομένων αυτών απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλων στρατηγικών σκίασης και αερισμού του αίθριου. Υπάρχουν δυο κυρίες τεχνικές σκίασης:

- Διάχυτη σκίαση: στην περίπτωση αυτή επιδιώκεται η διάχυση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και η δημιουργία της αίσθησης του διάχυτου φωτός.
- Σκίαση από συστήματα που προκαλούν αλλαγή της κατεύθυνσης και ανακατανομή στο χώρο του φωτός: ανακλαστήρες, καθρέπτες, πρισματικές και ολογραφικές κατασκευές.

Τα συστήματα σκίασης είναι σταθερά ή κινητά ώστε να προσαρμόζονται στις κλιματικές συνθήκες και στην αλλαγή της θέσης του ήλιου κατά τη διάρκεια του έτους. [22]

4.2 Σύγχρονα συστήματα φωτισμού και εξοικονόμηση ενέργειας



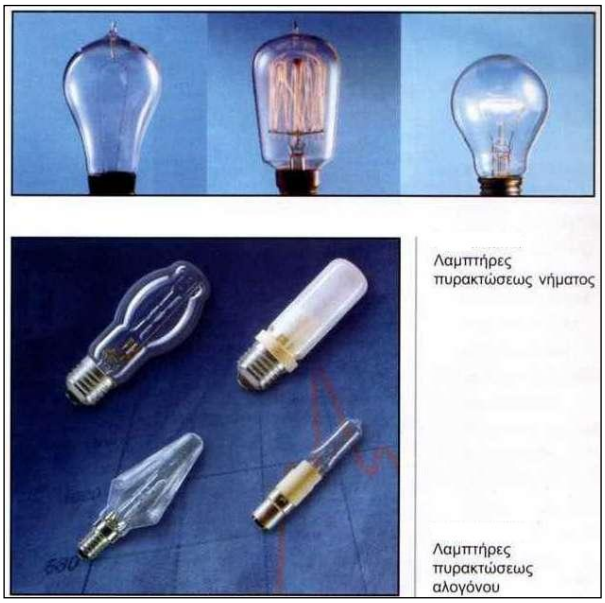
Σε ένα αμφιθέατρο εκτός από το φυσικό φωτισμό είναι απαραίτητος και ο τεχνητός φωτισμός. Σ' αυτή την παράγραφο θα ασχοληθούμε με τα σύγχρονα συστήματα φωτισμού και πως εξοικονομούμε ενεργεία με την χρήση αυτών. Η σύγχρονη αρχιτεκτονική αναζητά διαρκώς νέα και πρωτοποριακά συστήματα φωτισμού, τα οποία μπορούν να ανταποκριθούν στις αισθητικές, λειτουργικές και ενεργειακές απαιτήσεις των αμφιθεάτρων. Η τεχνολογία του φωτισμού από την πλευρά της προσφέρει σήμερα αξιόπιστες λύσεις που μπορούν να ανταποκριθούν στις νέες απαιτήσεις. Ο κύριος στόχος του σχεδιασμού ενός φωτιστικού σώματος παραμένει ο ακριβής έλεγχος της φωτεινής ροής που εκπέμπεται από τις πηγές φωτός και η αποτελεσματική κατεύθυνση της προς τις επιθυμητές επιφάνειες. Η επιλογή του κατάλληλου φωτιστικού σώματος ή συστήματος φωτισμού αποτελεί βασικό στοιχειό σε κάθε μελέτη φωτισμού. Το φωτιστικό σώμα θα πρέπει να υποστηρίζει τη βασική ιδέα του φωτισμού στο χώρο και την τεχνική ή τον τύπο του φωτισμού που έχει επιλεγεί να χρησιμοποιηθεί. Σε ένα αμφιθέατρο ο συνήθης τρόπος φωτισμού του είναι οι λαμπτήρες φθορισμού. Πρέπει να αναφερθεί ότι σε ένα αμφιθέατρο τα φωτιστικά σώματα είναι κατά κύριο λόγο χωνευτά, όπως φαίνονται στις εικόνες. [25]

(Πάνω Εικ. 4.30, χωνευτά φωτιστικά, Δεξιά Εικ. 4.31, χωνευτά φωτιστικά, πηγή 25)

Οι τεχνητές πηγές φωτός κατατάσσονται σε δυο κατηγορίες: α) τους λαμπτήρες πυρακτώσεως (νήματος και αλογόνου), β) λαμπτήρες φθορισμού. Αν και η αίτια της εκπομπής φωτός είναι η ιδία τα φαινόμενα που προκαλούν την διέγερση είναι

διαφορετικά. Επομένως τα δυο ειδή έχουν διαφορετικές οπτικές και λειτουργικές ιδιότητες. [14]

Λαμπτήρες πυρακτώσεως



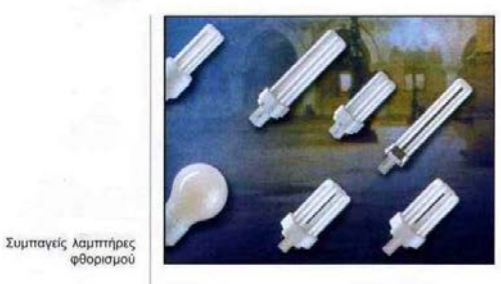
Το φως παράγεται από την πυράκτωση ενός μεταλλικού νήματος στο εσωτερικό του λαμπτήρα που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Η ολική απόδοση του εξαρτάται από τα εξής: α) το νήμα, β) ο λαμπτήρας, γ) η βάση, δ) το αέριο πληρώσεως. Οι λαμπτήρες αλογόνου έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως αργού και κρυπτού αερίου πληρώσεως. [14]

(Εικ. 4.32, λαμπτήρες πυράκτωσης, πηγή 14)

Λαμπτήρες φθορισμού

Λαμπτήρες φθορισμού (γραμμικοί)

Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι φωτεινές πηγές η λειτουργία των όποιων βασίζεται στην διέγερση ενός φθοριούχου υλικού που εκπέμπεται από την υπεριώδη ακτινοβολία που εκπέμπεται από ηλεκτρικές εκκενώσεις μεταξύ δυο ηλεκτροδίων σε ατμόσφαιρα ατμών υδραργύρου. Οι λαμπτήρες φθορισμού πλεονεκτούν σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως γιατί έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής και καλύτερη απόδοση αλλά υστερούν στην ποιότητα του χρώματος που εκπέμπουν, με αποτέλεσμα να είναι κατάλληλα για αμφιθέατρα, αλλά όχι για κατοικίες. [14]


Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού

(Πάνω αριστερά Εικ. 4.33, λαμπτήρες φθορισμού, Κάτω δεξιά Εικ. 4.34, λαμπτήρες φθορισμού, πηγή 14)

- Λαμπτήρες φθορισμού νέας γενιάς

ΝΕΟΙ ΤΥΠΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ: ΒΑΣΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ										
ΤΥΠΟΣ / ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΙΣΧΥΣ (Watt)	ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ (Lumen)	ΦΩΤΕΙΝΗ ΕΝΤΑΣΗ (Candela)	ΓΩΝΙΑ ΔΕΣΜΗΣ (°)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ (Ώρες)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ (Kelvin)	ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΦΩΤΟΡΥΘΜΙΣΗΣ	ΚΑΛΥΚΑΣ
ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΩΛΗΝΩΤΟΙ (T5 16 mm & T8 26 mm)	T5 high efficiency	14 - 35	1.300 - 3.650			>10.000	2.700 - 6.000	Πολύ καλή	Ναι	G5
	T5 high output	24 - 80	1.900 - 7.000			>10.000	2.700 - 6.000	Πολύ καλή	Ναι	G5
	T5 χρωματιστοί	14 - 80				>10.000	Red, Green, Blue	Πολύ καλή	Ναι	G5
	T8 skywhite	18 - 58	1.200 - 4.900			>10.000	8.000	Πολύ καλή	Ναι	G13
ΣΥΜΠΑΓΕΙΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΑΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (230 V)	MLF T2	7	220			6.000	3.000 - 4.000	Πολύ καλή	Όχι	GX53
ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΤΜΩΝ ΜΕ ΚΕΡΑΜΙΚΟ ΚΑΥΣΤΗΡΑ	HI-PAR 20 - 30	35 - 100		5.000 - 55.000	10 - 30	9.000	3.000	Πολύ καλή	Όχι	E27
	HIT-CRI	35 -150		3.300 - 14.000		9.000	3.000 - 4.200	Πολύ καλή	Όχι	G12
	HIT-TC CRI	35 - 70		3.300 - 6.400		9.000	3.000	Πολύ καλή	Όχι	G8,5
	CDM-R111	35 - 70		4.000 - 50.000	10 - 30	9.000	3.000	Πολύ καλή	Όχι	GX8,5
	Mini CDM	20	1.500			9.000	3.000	Πολύ καλή	Όχι	PGJ5
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΤΜΩΝ QUARTZ	Britespot Hi-Par16	35	3.300	2.000 - 4.000	38 - 60	6.000	3.000	Άριστη	Όχι	GX10
ΦΩΤΟΔΙΟΔΟΙ	LED	5	60			50.000		Πολύ καλή	Ναι	

(Εικ. 4.35, λαμπτήρες φθορισμού νέας γενιάς, πηγή 25)

Η νέα γενιά ευθύγραμμων λαμπτήρων φθορισμού T5 με διάμετρο 16mm δίνει λαμπτήρες εξαιρετικά συμπαγείς και οικονομικούς που προσφέρουν νέες δυνατότητες τόσο στο σχεδιασμό μικρότερων και κομψότερων φωτιστικών σωμάτων, όσο και στην δημιουργία νέων λεπτομερειών έμμεσου φωτισμού. Πλεονεκτήματα των παραπάνω λαμπτήρων σε σχέση με τους κλασικούς λαμπτήρες φθορισμού T8 με διάμετρο 26mm: α) υψηλότερη φωτεινή απόδοση, β) απόδοση της μεγίστης φωτεινής τους ροής σε θερμοκρασία 35 βαθμών κελσίου έναντι των 25 βαθμών των λαμπτήρων φθορισμού T8, γ) οικονομική λειτουργία αποκλειστικά με ηλεκτρονικό σύστημα ένευσες (ECG). Η επίδραση του φωτός στο ανθρώπινο ΄΄βιολογικό ρολόι΄΄, είναι γνωστή. Το φυσικό φως ως πραγματικός ρυθμιστής αυτού του εσωτερικού ρολογιού έχει την ικανότητα να ενεργοποιεί αλλά και να χαλαρώνει τον άνθρωπο ανάλογα με τον τύπο και την φασματική του κατανομή. Πρόσφατες επιστημονικές έρευνες έδειξαν ότι το φως μεταξύ 410-460 nm μπορεί να ενεργοποιήσει τον ανθρώπινο οργανισμό αφού στο εύρος αυτό σχετικά μικρότερες ποσότητες φωτός θεωρούνται επαρκής επομένως ο νέος λαμπτήρας T8 skywhite αναπτύχτηκε για να ανταποκριθεί πρακτικά στα αποτελέσματα της έρευνας αυτής. [25]

- Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού

Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού αναπτύχτηκαν κυρίως για να καλύψουν τα διαρκώς αυξανόμενα ενεργειακά προβλήματα της εποχής μας. Οι φωτεινές αυτές πηγές διαθέτουν μεγάλη διάρκεια ζωής, πολύ καλή χρωματική απόδοση και εξασφαλίζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 80% σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως οι αλογόνου. Οι εξαιρετικά μικρές του διαστάσεις και η οικονομική του λειτουργία χωρίς υψηλές θερμοκρασίες τον καθιστά ως την ιδανική λύση για την άμεση και εύκολη αντικατάσταση των ενεργοβόρων λαμπτήρων πυρακτώσεως ή αλογόνου. Το εξαιρετικά λεπτό προφίλ προσφέρει νέες δυνατότητες για το φωτισμό τόσο κοινοχρήστων χώρων όσο και για την ενσωμάτωση της φωτεινής πηγής στα δομικά και διακοσμητικά στοιχεία. [25]

- Λαμπτήρες εκκενώσεως

Οι λαμπτήρες εκκενώσεως είναι λαμπτήρες υψηλής απόδοσης και για την έναυση και λειτουργία τους απαιτούνται ειδικά όργανα. Διατίθενται σε χαμηλή ισχύ κυρίως για χώρους καταστημάτων, εμπορικών κέντρων, γραφείων και σε μεγάλη ισχύ, για τον εξωτερικό φωτισμό προσόψεων, βιομηχανικών χώρων, δρόμων και γηπέδων. Η εξαιρετική φωτεινότητα, η χαμηλή εκπομπή θερμότητας, η άριστη χρωματική κατανομή και η σταθερότητα χρώματος κάνουν τους λαμπτήρες μεταλλικών ατμών με κεραμικούς καυστήρες την ιδανική επιλογή για τον υψηλής ποιότητας φωτισμό εμπορικών καταστημάτων. [25]

- Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης υψηλής συχνότητας

Τα συστήματα αυτά (που αντικαθιστούν τις συμβατικές διατάξεις έναυσης-control gear) αυξάνουν τη φωτεινή απόδοση των λαμπτήρων κι επομένως μειώνουν την κατανάλωση ρεύματος της τάξεως του 20%, και αυτό γιατί οι απώλειες είναι μισές από ότι σε ένα συμβατικό και επιπλέον η απόδοση των λαμπτήρων φθορισμού βελτιώνονται σημαντικά στις υψηλές συχνότητες. Ένα από τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών συστημάτων έναυσης για τους λαμπτήρες αλογόνου είναι ότι επιτρέπουν την αυξομείωση φωτισμού μέσω ρυθμιστών φωτισμού (Dimmers). Η ρύθμιση του φωτισμού ενδείκνυται σε αίθουσες διαλέξεων, αμφιθέατρα και λοιπών κοινωνικών εκδηλώσεων, καθώς και την εξοικονόμηση ενέργειας σε χώρους με σύστημα έλεγχου φωτισμού που ρυθμίζεται ανάλογα με τα επίπεδα του διαθέσιμου φυσικού φωτισμού. [25]

<u>Εξοικονόμηση ενέργειας από τα σύγχρονα συστήματα έλεγχου φωτισμού</u>

- Φωτισμός αμφιθεάτρου και εξοικονόμηση ενέργειας

ΤΥΠΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΠΗΓΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τύπος λαμπτήρα	Φωτεινή απόδοση (lm/W)	Διάρκεια ζωής (Ώρες)	Συγκριτικό αρχικό κόστος αγοράς	Συγκριτικό λειτουργικό κόστος εγκατάστασης
Πυρακτώσεως αλογόνου	10 - 15	1.000	Χαμηλό	Πολύ υψηλό
Σωληνωτοί φθορισμού	16 - 22	2.000 - 4.000	Υψηλό	Υψηλό
Συμπαγείς φθορισμού	65 - 95	10.000 - 16.000	Χαμηλό	Χαμηλό
Εκκενώσεως ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης	50 - 85	8.000 - 15.000	Χαμηλό	Χαμηλό
Εκκενώσεως μεταλλικών ατμών υψηλής πίεσης	40 - 60	6.000 - 16.000	Υψηλό	Χαμηλό
Εκκενώσεως ατμών νατρίου υψηλής πίεσης	70 - 95	6.000 - 16.000	Υψηλό	Χαμηλό
Εκκενώσεως ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης	70 -125	24.000	Υψηλό	Χαμηλό
Πυρακτώσεως νήματος	100 - 200	20.000	Υψηλό	Χαμηλό
Φωτοεκπέμπουσες δίοδοι (LED)	> 20	50.000	Υψηλό	Χαμηλό

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΜΕ ΝΕΑΣ ΓΕΝΙΑΣ Τ5

	Συμβατικό φωτιστικό με περσίδες	Σύγχρονο φωτιστικό με περσίδες
Λαμπτήρες	3 x 18 W/T8 (διαμέτρου 26 mm)	3 x 14 W/T5 (διαμέτρου 16 mm)
Σύστημα έναυσης	Συμβατικό	Ηλεκτρονικό
Ισχύς συστήματος ανά λαμπτήρα	22 W	16 W
Επιφάνεια εργασίας	421 €x	525 €x
Περιβάλλουσα επιφάνεια	321 €x	311 €x
Συνολική επιφάνεια	341 €x	387 €x
Ειδικό συνδεδεμένο φορτίο	10,3 W/m²	7,5 W/m²
Σχετική εξοικονόμηση ενέργειας		**27%**

(Εικ. 4.36, μεγέθη φωτεινών πηγών που σχετίζονται με εξοικονόμηση ενέργειας, πηγή 25)

Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό αποτελεί σημαντικό ποσοστό του συνόλου της ενεργειακής κατανάλωσης ενός αμφιθεάτρου. Έχει διαπιστωθεί ότι σε μεγάλο αριθμό εγκαταστάσεων είναι εφικτή η εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 30% έως 50% με την υιοθέτηση των κατάλληλων μέτρων και τεχνικών που συνδέονται άμεσα με την αξιοποίηση των σύγχρονων συστημάτων φωτισμού. Τέτοια μέτρα–τεχνικές περιλαμβάνουν:

- Τη βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.
- Τη σωστή διαστασιολόγηση του τεχνητού φωτισμού.
- Τη χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων.
- Τη χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης.
- Το χρονοπρογραμματισμό των συστημάτων φωτισμού.
- Την εγκατάσταση συστημάτων έλεγχου. [25]

Για κάθε εγκατάσταση φωτισμού υπάρχει μια σειρά από παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται και καθορίζουν τον βαθμό της ενεργειακής της απόδοσης. Οι ενεργειακές απαιτήσεις μιας εγκατάστασης φωτισμού καθορίζονται από τον τύπο, τον αριθμό αλλά και την ποιότητα του εξοπλισμού φωτισμού, δηλαδή από τους λαμπτήρες, τα συστήματα έναυσης και τα φωτιστικά. Καθορίζονται επίσης από τις συγκεκριμένες απαιτήσεις φωτισμού για μια συγκεκριμένη δραστηριότητα, οι οποίες περιλαμβάνουν τόσο το φωτισμό για την εξασφάλιση βέλτιστων συνθηκών και την εκπλήρωση συγκεκριμένων δραστηριοτήτων, όσο και για το γενικό φωτισμό ενός αμφιθεάτρου. Οι παράγοντες αυτοί καθορίζουν τον τύπο και τον αριθμό των φωτιστικών που θα χρησιμοποιηθούν.

Η συνολική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από το φωτισμό επηρεάζεται επίσης από την διάρκεια του χρόνου που η εγκατάσταση φωτισμού λειτουργεί και ο οποίος με την σειρά του εξαρτάται από την ποσότητα του διαθέσιμου φυσικού φωτός, από το εάν και ποτέ ο χώρος χρησιμοποιείται, καθώς επίσης από την ύπαρξη κατάλληλων συστημάτων έλεγχου και φωτισμού. [25]

Η επιλογή του κατάλληλου λαμπτήρα αποτελεί σημαντικό στοιχείο σε κάθε μελέτη φωτισμού. Περιλαμβάνει εκτός των άλλων και μια σειρά από παράγοντες που σχετίζονται άμεσα σε τον τρόπο που πηγή φωτός χρησιμοποιεί την διαθέσιμη σε αυτήν ενεργεία, όπως είναι η φωτεινή απόδοση, η διάρκεια ζωής, το αρχικό κόστος αγοράς, καθώς και το κόστος λειτουργίας των πηγών φωτισμού. Σε κάθε περίπτωση η χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης, όπως των λαμπτήρων φθορισμού T5 με διάμετρο 16mm, των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού, των νέων συμπαγών λαμπτήρων εκκενώσεως μεταλλικών ατμών με αλογονίδια θα πρέπει να θεωρείται μονόδρομος από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας. Η σημαντική βελτίωση της ποιότητας του φωτός που εκπέμπεται από τους λαμπτήρες

αυτούς εξασφαλίζει βέλτιστα ενεργειακά αποτελέσματα, χωρίς συμβιβασμούς σε θέματα οπτικής άνεσης.

Ο σχεδιασμός των σύγχρονων φωτιστικών έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές βελτιώσεις στο βαθμό αποδοτικότητας τους σε σύγκριση με την παλαιότερη γενιά φωτιστικών. [25]

Η πλέον σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε κάθε μελέτη φωτισμού είναι η φωτιστική απόδοση του φωτιστικού σώματος. Η υπόθεση ότι δυο φωτιστικά όμοιων διαστάσεων και με τον ίδιο αριθμό λαμπτήρων ίδιας φωτεινής ροής έχουν την ιδία φωτιστική απόδοση είναι λανθασμένη, αφού στην πραγματικότητα διαφέρει σημαντικά από φωτιστικό σε φωτιστικό και από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Ως φωτιστική απόδοση ενός φωτιστικού ορίζεται ο λόγος της ακτινοβολούμενης φωτεινής ροής από το φωτιστικό προς την φωτεινή ροή που εκπέμπει ο λαμπτήρας του φωτιστικού. Εκφράζεται % και εξαρτάται από την κατασκευή του φωτιστικού και το υλικό, από το όποιο είναι κατασκευασμένοι οι ανακλαστήρες ή άλλο οπτικό τους σύστημα που χρησιμοποιείται για την διανομή του φωτός. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της φωτιστικής απόδοσης ενός φωτιστικού, τόσο περισσότερα φωτιστικά απαιτούνται για να παρέχουν την απαιτουμένη ποσότητα φωτισμού σε ένα χώρο για μια συγκεκριμένη δραστηριότητα και ως εκ τούτου τόσο λιγότερο αποδοτική θα είναι η εγκατάσταση φωτισμού από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας. Αρκετά από τα σύγχρονα φωτιστικά περιέχουν προσεκτικά σχεδιασμένα συστήματα ανακλαστήρων για να κατευθύνουν το παραγόμενο φως από του λαμπτήρες προς την επιθυμητή και μόνο κατεύθυνση. [25]

Με το τρόπο αυτό μπορεί να μειωθεί ο αριθμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών που θα χρησιμοποιηθούν για την παροχή της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού σε ένα συγκεκριμένο χώρο με όλα τα οφέλη (εξοικονόμηση ενέργειας, χαμηλότερο κόστος επένδυσης για φωτισμό, καθώς και χαμηλότερο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης). Ειδικότερα όσον αφόρα στην εξοικονόμηση ενέργειας, τα οφέλη σύμφωνα με διεθνείς μελέτες υπολογίζεται ότι μπορεί να είναι της τάξης του 20%-50%. [25]

- Έλεγχος φωτισμού αμφιθεάτρου

Η επιτακτική ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας και η αδυναμία εκπλήρωσης όλων των σύγχρονων απαιτήσεων για τον αποτελεσματικό, λειτουργικό και ευέλικτο έλεγχο μιας εγκατάστασης φωτισμού από τις συμβατικές λύσεις οδήγησαν στη σχεδίαση εξελιγμένων συστημάτων για τη γενική διαχείριση φωτισμού. Τα συστήματα αυτά δε μπορούν να συγκριθούν άμεσα με τη συμβατική λειτουργία του ανάμματος και σβησίματος των φωτιστικών σωμάτων, εξαιτίας των αυξημένων δυνατοτήτων που παρέχουν. [25]

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός σύγχρονου συστήματος διαχείρισης φωτισμού διαφέρει από τη συμβατική καθώς ενσωματώνει τις νέες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών. Η βασική της αρχή είναι απλή: σε κάθε αμφιθέατρο δημιουργείται

ένα χωριστό δίκτυο για τη μεταφορά δεδομένων της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης. Έτσι όλες οι συσκευές και τα μέρη της εγκατάστασης (λαμπτήρες, φωτιστικά και ροοστάτες) μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους συμφωνά με τη λογική του κατανεμημένου έλεγχου. Σε κάθε σημείο της εγκατάστασης οδεύουν ελάχιστα καλώδια, ενώ οι λειτουργικές διασυνδέσεις γίνονται από τον προγραμματισμό του συστήματος μέσω ειδικού λογισμικού. Η λειτουργική ευελιξία παρέχει αμεσότητα σε επικείμενες αλλαγές χρήσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με απλό επαναπρογραμματισμό, χωρίς την ανάγκη αλλαγών καλωδίωσης. Η επεκτασιμότητα του συστήματος αποτελεί εγγύηση για την κάλυψη μελλοντικών απροβλέπτων απαιτήσεων. Τα οφέλη από τη χρήση συστήματος φωτισμού σε σχέση με μια εγκατάσταση συμβατικού τύπου είναι :

- Εξασφάλιση συνθηκών άνεσης που μεταφράζεται σε ποιότητα φωτισμού, ελεγχόμενη σκίαση, υγείες περιβάλλον και συνεπώς παραγωγικότερο χρόνο εργασίας.

- Ασφάλεια που προκύπτει από τη συνολική μείωση των καλωδίων και την κατάργηση των καλωδίων ισχύος που καταλήγουν στα χειριστήρια. Επίσης είναι πλέον εφικτή η διασύνδεση των λειτουργιών ασφάλειας με την ηλεκτρική εγκατάσταση φωτισμού.

- Ευελιξία που επιτρέπει όλες τις απαραίτητες αλλαγές ή προσθήκες με εύκολο και οικονομικό τρόπο.

- Εξοικονόμηση ενέργειας άρα το αμφιθέατρο μεταβάλλεται σε ΄΄έξυπνο΄΄ αμφιθέατρο. Αυτό σημαίνει ότι με την τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας και φωτεινότητας ο έλεγχος του φωτισμού είναι ανάλογος της παρουσίας ατόμων στο χώρο αλλά και αντισταθμισμένος με την εξωτερική φυσική φωτεινότητα, με σκοπό την ελαχίστη κατανάλωση ενέργειας.

- Οικολογικός προσανατολισμός. Εκτός από τη χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον και τη μείωση της εκπομπής ρύπων λογά ορθολογικής ενεργειακής διαχείρισης, υπάρχει και η σημαντική μείωση της συνολικής εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στους χώρους εργασίας και διαβίωσης. [25]

<u>Σύγχρονα συστήματα έλεγχου φωτισμού</u>

Τα συστήματα έλεγχου του φωτισμού είναι μηχανισμοί που ρυθμίζουν τη λειτουργία μιας εγκατάστασης φωτισμού, αντιδρώντας σε κάποιο εξωτερικό σήμα (πάτημα ενός διακόπτη, παρουσία ατόμων στο δωμάτιο, ύπαρξη χρονοδιακόπτη, επίπεδα φωτισμού). [25]

Τα πλέον αποδοτικά συστήματα έλεγχου φωτισμού από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας περιλαμβάνουν :

- Χειροκίνητο τοπικό έλεγχο. Ο έλεγχος του φωτισμού ενός χώρου από τοπικούς διακόπτες εγκατεστημένους σε προκαθορισμένες θέσεις μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα αξιοσημείωτη εξοικονόμηση ενέργειας. Ο τοπικός έλεγχος παρέχει πολύ μεγαλύτερη ευελιξία στον έλεγχο του φωτισμού στο αμφιθέατρο σε σύγκριση με την πλέον διαδεδομένη κατάσταση, όπου το σύνολο του φωτισμού του χώρου ελέγχεται από μια σειρά από διακόπτες τοποθετημένους στην κεντρική είσοδο του χώρου. Συνήθως συνίσταται οι τοπικοί διακόπτες να μη βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 8 m από το πιο απομακρυσμένο φωτιστικό ή 3 φόρες το ύψος του δωματίου εάν είναι μεγαλύτερο.

- Έλεγχο παρουσίας στο χώρο. Τα συστήματα αυτά θέτουν εκτός λειτουργίας την εγκατάσταση φωτισμού, όταν δεν είναι δυνατόν να ανιχνεύσουν παρουσία ή κίνηση ατόμων στο χώρο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν παρουσία ή κίνηση ανιχνευτούν, τότε το σύστημα φωτισμού τίθεται σε λειτουργία ξανά. Η εξοικονόμηση ενέργειας από του κάθε είδους ανιχνευτή παρουσίας και κίνησης θα διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με το μέγεθος της περιοχής που καλείται να καλύψει, καθώς και τη χρήση του χώρου. Έχει υπολογιστεί ότι αυτή μπορεί να είναι της τάξης του 35%-45%.

  Είναι σημαντικό να υπάρχει ενσωματωμένος μηχανισμός χρονοκαθυστέρησης στο σύστημα, εφόσον ο χρηστής μπορεί να παραμένει ακίνητος για μικρά διαστήματα, ενώ παραμένει στο χώρο, αλλά δεν επιθυμεί να τεθεί εκτός λειτουργίας το σύστημα φωτισμού πριν από τη στιγμή που θα αποχωρήσει από το χώρο. Η επιλογή των ανιχνευτών παρουσίας θα πρέπει να γίνεται με προσοχή, καθώς διαφορετικοί τύποι λειτουργούν σε διαφορετικούς βαθμούς ευαισθησίας.

  Εάν ο έλεγχος φωτισμού με ανιχνευτές παρουσίας και κίνησης είναι κατάλληλος για ένα χώρο, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο που χρησιμοποιείται. Πιο κατάλληλοι είναι χώροι όπως αμφιθέατρα διδασκαλίας, τουαλέτες, μικρά γραφεία, βοηθητικοί διάδρομοι, αποθήκες.

- Έλεγχο με χρονοπρογραμματισμό. Με αυτό το είδος έλεγχου η εγκατάσταση φωτισμού τίθεται εκτός λειτουργίας σε έναν κεντρικό πινάκα την ιδία ώρα κάθε μέρα, που μπορεί να συμπίπτει με το τέλος της εργάσιμης ημέρας. Είναι σημαντικό να περιλαμβάνει τοπικό χειρισμό, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να τεθεί σε λειτουργία η εγκατάσταση φωτισμού εάν κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο. Οι εντολές μπορούν να προσέλθουν από ποικιλία συσκευών καθώς, και από το κεντρικό σύστημα διαχείρισης του κτιρίου (BMS) και για τη μετάδοση τους. Στα φωτιστικά απαιτείται ειδικό πρωτόκολλο επικοινωνίας.

- Έλεγχο σύμφωνα με τον εξωτερικό φυσικό φωτισμό. Το φωτοκύτταρο-αισθητήρας φωτός ημέρας 1...10V, μπορεί να είναι τοποθετημένο είτε στον εξωτερικό χώρο είτε εσωτερικά-αλλά στραμμένο προς τα έξω για τη μέτρηση

μόνο του διαθέσιμου φυσικού φωτός-είτε να είναι τοποθετημένο στον εσωτερικό χώρο για τη σταθερή ρύθμιση του φωτισμού (φυσικού και τεχνητού). Ο αισθητήρας επίσης μπορεί να τοποθετηθεί στα φωτιστικά και περιλαμβάνει ολοκληρωμένο ελεγχόμενο ανιχνευτή κίνησης (με καθυστέρηση από 1-30 λεπτά).

Τα πιο διαδεδομένα συστήματα έλεγχου του εξωτερικού φωτισμού διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Συστήματα που θέτουν εντός/εκτός λειτουργίας σε την εγκατάσταση φωτισμού. Εφαρμόζονται με βέλτιστα αποτελέσματα σε χώρους με έντονο φυσικό φως κι ελαχίστη χρήση των διακόπτων, όπως σε περιοχές κοντά σε παράθυρα. Επιπλέον είναι σημαντικό στα συστήματα αυτά να υπάρχει ενσωματωμένο αυτόματο σύστημα διακοπής με χρονική καθυστέρηση.

- Συστήματα έλεγχου της φωτεινής ροής (dimming). Τα συστήματα αυτά διασφαλίζουν ότι το σύνολο φυσικού και τεχνητού φωτισμού πάντοτε ικανοποιεί τα σχεδιαζόμενα επίπεδα φωτισμού. Η μέτρηση του συνολικού επιπέδου φωτισμού στην περιοχή έλεγχου γίνεται με σκοπό την προσαρμογή του τεχνητού φωτισμού, έτσι ώστε να αντισταθμιστούν χαμηλά επίπεδα του φυσικού φωτισμού. [25]

Εάν μόνο η παρουσία φυσικού φωτισμού ικανοποιήσει τα σχεδιαζόμενα επίπεδα φωτισμού τότε το σύστημα περιορίζει την ποσότητα τεχνητού φωτισμού στο χώρο, εξασφαλίζοντας σημαντικά οφέλη από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας. Γενικώς εάν ικανοποιητική ποσότητα φυσικού φωτισμού είναι διαθέσιμη για τις απαιτήσεις φωτισμού στο χώρο για ένα διάστημα της ημέρας, τότε τα οφέλη της εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να είναι αξιοσημείωτα. Έρευνα έχει δείξει ότι η πιθανότητα να τεθεί σε λειτουργία η εγκατάσταση φωτισμού καθώς ο πρώτος φοιτητής εισέρχεται στο αμφιθέατρο το πρωί, σχετίζεται με το διαθέσιμο φυσικό φως στο χώρο τη συγκεκριμένη ώρα και μέρα, αλλά η εγκατάσταση σπανίως τίθεται εκτός λειτουργίας πριν την αποχώρηση του χρήστη-φοιτητή από το αμφιθέατρο-χώρο. [25]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Θέρμανση-Ψύξη-Αερισμός

Σήμερα με την κεντρική θέρμανση ενός αμφιθεάτρου, επιδιώκεται να επιτευχθούν και να διατηρηθούν συνθήκες, που να ανταποκρίνονται με πληρότητα, ασφάλεια, αξιοπιστία και προσιτό κόστος, στις απαιτήσεις των φοιτητών για άνετη και υγιεινή διαβίωση στον κλειστό χώρο του, έστω και αν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες.
Με βάση τη θεωρία της θερμοδυναμικής ισορροπίας μπορούμε να πούμε ότι με τη θέρμανση, επιδιώκεται να επιτευχθεί μια λεπτή ισορροπία μεταξύ της φυσιολογικά αποβαλλόμενης θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα και της θερμότητας που το περιβάλλον δίδει στο σώμα, ακριβώς στα θερμοκρασιακά επίπεδα που χρειάζεται το ανθρώπινο σώμα.
Η αναγκαία συνθήκη για την πλήρη κλιματική άνεση, περιλαμβάνει σήμερα τη θερμοκρασία και υγρασία του χώρου ενός αμφιθεάτρου, την καθαρότητα, τον τρόπο και την ταχύτητα κινήσεως του αέρα, την ένταση των θορύβων και το επίπεδο του φωτισμού, τη λειτουργικότητα και αισθητική του χώρου, τις ακτινοβολίες, τα χρώματα κ.α.
Δηλαδή η άνεση περιλαμβάνει και τομείς που υπερβαίνουν κατά πολύ ακόμη και την καλύτερη εγκατάσταση κλιματισμού. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφέρουμε τρόπους που πρέπει να συνδυάζουν μια σειρά από επιθυμίες και στόχους των χρηστών του αμφιθεάτρου, με τις εφικτές τεχνολογικές λύσεις, τα διαθέσιμα οικονομικά περιθώρια, την αναγκαία λειτουργικότητα και την ιδιαίτερη σημαντική ασφάλεια των σπουδαστών και καθηγητών που χειρίζονται τον εξοπλισμό των εγκαταστάσεων.
Οι παράγοντες που επηρεάζουν ιδιαιτέρα την αίσθηση ΄΄άνεσης΄΄, είναι η θερμοκρασία του αέρα και των στερεών επιφανειών κοντά στο ανθρώπινο σώμα, η σχετική υγρασία, η καθαρότητα και η κίνηση του αέρα.
Το σώμα αποτελεί ένα θερμοπομπό, ο οποίος εκπέμπει στο άμεσο περιβάλλον του αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα. Τα ρούχα λειτουργούν σαν θερμικές αντιστάσεις (θερμομόνωση) και γι'αυτό γίνονται τόσο περισσότερα, όσο μεγαλώνει η θερμοκρασιακή διαφορά με το περιβάλλον.

Με τις εγκαταστάσεις θέρμανσης και κλιματισμού, προσπαθούμε να προσεγγίσουμε τις συνθήκες της κλιματικής άνεσης. Οι συνθήκες αυτές δεν αντιστοιχούν σε κάποιες απόλυτες τιμές, προκαθορισμένες για κάθε παράγοντα, αλλά βρίσκονται σε αλληλεξάρτηση και συσχετίζονται σε κάποια όρια. Παρόλα αυτά είναι γνωστά κάποια όρια, όλων των παραπάνω παραγόντων σε διαφόρους συνδυασμούς, που είναι αποδεκτά με υποκειμενικούς χαρακτηρισμούς της μορφής ΄΄ανεκτό΄΄, ΄΄ικανοποιητικό΄΄ ή ΄΄ευχάριστο και άνετο΄΄ περιβάλλον. Οι επιθυμητοί αυτοί συνδυασμοί περιβαλλοντικών στοιχείων που εξασφαλίζουν επιβίωση μέχρι και ευεξία, συνιστούν τις συνθήκες άνεσης που επιδιώκουμε να εξασφαλίσουμε με διάφορα μέσα (οικολογικά δομημένα αμφιθέατρα, θέρμανση, δροσισμός, συστήματα καθαρισμού του αέρα, ηχομονωτικά χωρίσματα). [11]

Το κλίμα
Με τον όρο κλίμα χαρακτηρίζεται το σύνολο μιας σειράς περιβαλλοντικών στοιχείων όπως η θερμοκρασία η υγρασία, η ταχύτητα και κατεύθυνση μετακίνησης του αέρα, η

σύνθεση του αέρα. Σύμφωνα με αυτό τον γενικό ορισμό, κάθε περιοχή και κάθε χώρος παρουσιάζουν κάποιο κλίμα, σε κάθε χρονική στιγμή. Στο φυσικό περιβάλλον το κλίμα είναι μεταβλητό, εξαρτώμενο από την γεωγραφική περιοχή, την εποχή του έτους, τη χρονική στιγμή του ημερησίου κύκλου και συγκυρίες που σχετίζονται βασικά με τις μετακινήσεις θερμών ή ψυχρών αεριών μαζών στην επιφάνεια του πλανήτη, αλλά και πολλούς άλλους φυσικούς και τεχνικούς παράγοντες. [11]

Εξώκλιμα και εσώκλιμα

Το κλίμα του ανοιχτού (ελεύθερου από τοιχώματα) περιβάλλοντος, ονομάζουμε συνήθως ΄΄εξώκλιμα΄΄ σε αντιδιαστολή με το κλίμα προστατευμένων ή κλειστών χώρων ,που ονομάζουμε ΄΄εσώκλιμα΄΄ . Το κλίμα των εσωτερικών χώρων ενός αμφιθεάτρου διαμορφώνεται με αφετηρία τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος, την αποτελεσματικότητα της προστασίας που εξασφαλίζει το κέλυφος του χώρου και την επίδραση των εσωτερικών παραγόντων και δράσεων του.
Η εξάρτηση του εσωκλίματος από το εξωκλιμα ξεκινά από τη θέση του αμφιθέατρου, τη θέση του χώρου στο συνολικό κτίσμα και ακριβέστερα το βαθμό και την αμεσότητα εκθέσεως του χώρου και του αμφιθεάτρου στις περιβαλλοντικές μεταβολές. Ο προσανατολισμός π.χ του αμφιθεάτρου (και ειδικότερα του εξεταζόμενου χώρου) προκαθορίζει το είδος των ανέμων που θα προσβαλλουν τα εξωτερικα τοιχώματα αλλά και την ποσότητα και την χρονική διάρκεια προσπτώσεως ηλιακής ακτινοβολίας.[11]
Τα κατασκευαστικά (δομικά και αρχιτεκτονικά) στοιχεία του χώρου (τοιχώματα, ανοίγματα) και η ποιότητα απομονώσεως του χώρου, είναι ουσιαστικοί παράγοντες που οριοθετούν άμεσα την επιρροή του εξωκλίματος στο εσώκλιμα. Το πόσο πολύπλοκοι είναι οι παράγοντες που καθορίζουν το βαθμό εξάρτησης του εσωκλίματος από το εξώκλιμα, φαίνεται καθαρά ότι ακόμα και το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του κελύφους, έχει άμεση σχέση με τη ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που παραλαμβάνεται από το τοίχωμα και επομένως κάποιο ποσοστό της θα καταλήξει στον εσωτερικό χώρο του αμφιθεάτρου. [11]
Η ποιότητα απομόνωσης του χώρου εξαρτάται τόσο από την θερμομονωτική, θερμοαπορροφητική και θερμοαποθηκευτική ικανότητα των τοιχωμάτων και ανοιγμάτων, όσο και από αλλά στοιχεία όπως ο βαθμός άμεσης επικοινωνίας εσωτερικού χώρου του αμφιθεάτρου και εξωτερικού περιβάλλοντος (ανοιχτά κουφώματα ,χαραμάδες), τη συγκεκριμένη χρήση και το υλικοτεχνικό περιεχόμενο του συγκεκριμένου χώρου, το είδος τη δραστηριότητα και τον αριθμό των ατόμων, τις επεμβάσεις και τις επιπτώσεις της τεχνολογίας (ποιότητα κουφωμάτων).
Μια πρόχειρη ή κακότεχνη κατασκευή με ΄΄αδύνατα΄΄ ή ευθερμαγωγά τοιχώματα και ανοιχτά , ή ύπαρξη χαραμάδων ή διόδων άμεσης επικοινωνίας με τον εξωτερικό αέρα, είναι φανερό ότι υφίσταται την άμεση εξάρτηση του εσωκλίματος της από το εξώκλιμα. Αντίθετα, ένας χώρος με ισχυρή θερμομόνωση και ασήμαντη αδιαπερατότητα, διαθέτει σε σημαντικό βαθμό αυτονομία από το εξώκλιμα. Αν μάλιστα ο εσωτερικός χώρος του αμφιθεάτρου κλιματίζεται, είναι δυνατόν το εσώκλιμα να διαθέτει προκαθορισμένα χαρακτηριστικά, με ελάχιστη διακύμανση τιμών, που και αυτή μπορεί να προκαθοριστεί. [11]

‘Φορτία’ που πρέπει να ‘αντιμετωπίσει’ ο κλιματισμός

Με τον κλιματισμό επιδιώκουμε την προσαρμογή του εσωκλίματος σε προκαθορισμένα πρότυπα. Την αντιμετώπιση των παραγόντων εκείνων που αντιδρούν σ’αυτή την προσαρμογή, αναλαμβάνει η όλη κλιματιστική εγκατάσταση και είναι φανερό ότι χρειάζεται να καταβληθεί κάποιο κόστος (συνήθως σε ενέργεια), το οποίο είναι τόσο

μεγαλύτερο, όσο περισσότερο σοβαρές επεμβάσεις και μεταβολές, πρέπει να πραγματοποιηθούν. Η κλιματιστική εγκατάσταση καλείται να αντιμετωπίσει ΄΄φορτία΄΄ τα οποία μπορεί να είναι πολύ μικρότερα, αν έγκαιρα έχουν γίνει προβλέψεις και διορθωτικές παρεμβάσεις σε συνεργασία με τον αρχιτέκτονα, τον κατασκευαστή και τον χρηστή.[11]

Η αναγκαίες προβλέψεις και προσαρμογές, θα πρέπει να προκύπτουν από οικονομοτεχνικό συσχετισμό των δομικών και αρχιτεκτονικών κατασκευών που χρειάζονται, με τη λειτουργικότητα του αμφιθεάτρου και την καλύτερη προσέγγιση του επιθυμητού εσωκλίματος, με λογικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος. Ειδικότερα η προσπάθεια προσαρμογής του εσωκλίματος σε επιθυμητά και προκαθορισμένα πρότυπα, συνεπάγεται:

- Προσεκτική οριοθέτηση των επιθυμητών συνθηκών εσωκλίματος και καθορισμό ανεκτών ορίων αποκλίσεως τους, με κριτήρια τη χρήση του αμφιθεάτρου και την επίδραση των αποκλίσεων στο επιθυμητό αποτέλεσμα.
- Επιλογή και ποσοτική εκτίμηση των αναγκαίων αρχικών κατασκευαστικών εργασιών και δαπανών, μετά από οικονομοτεχνική ανάλυση με στόχο να περιοριστεί η επιδραση των εξωτερικων παραγοντων που αποτελούν εμπόδιο στη δημιουργία του επιθυμητού εσωκλίματος.
- Περιορισμό των ΄΄φορτίων΄΄ στο εσωτερικό του αμφιθεάτρου με επεμβάσεις στο κέλυφος, το περιεχόμενο και τις δευτερεύουσες λειτουργίες του χώρου.
- Επιλογή και εγκατάσταση εξοπλισμού που έχει τη δυνατότητα να επιτύχει και να διατήρηση το επιθυμητό εσώκλιμα, με επαρκή αξιοπιστία και λογικό κόστος. [11]

Επιθυμητές συνθήκες κλιματικής άνεσης

Όσον αφορά την άνεση πρέπει να επισημανθεί η διάκριση ανάμεσα στις ΄΄ιδανικές΄΄, ΄΄επιθυμητές΄΄ και ΄΄εφικτές΄΄ συνθήκες άνεσης.

- ΄΄Ιδανικές΄΄ συνθήκες άνεσης είναι εκείνες που ικανοποιούν κατά άριστο τρόπο το σύνολο των κλιματικών απαιτήσεων του αμφιθεάτρου και προσαρμόζονται κατά ιδανικό τρόπο στις επιθυμίες και στους στόχους των σπουδαστών και καθηγητών.
- ΄΄Επιθυμητές΄΄ είναι οι συνθήκες άνεσης που επιλέγονται για ένα αμφιθέατρο και προσεγγίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό τις ιδανικές συνθήκες άνεσης, χωρίς να παραγνωρίζουν λογικούς παράγοντες κόστους και τεχνολογικών δυνατοτήτων.
- ΄΄Εφικτές΄΄ είναι οι τελικές συνθήκες περιβάλλοντος που επιτυγχάνονται από μια συγκεκριμένη εγκατάσταση που λειτουργεί με αποδεκτά τεχνοοικονομικά δεδομένα, σε συγκεκριμένες συνθήκες εξωκλίματος. [11]

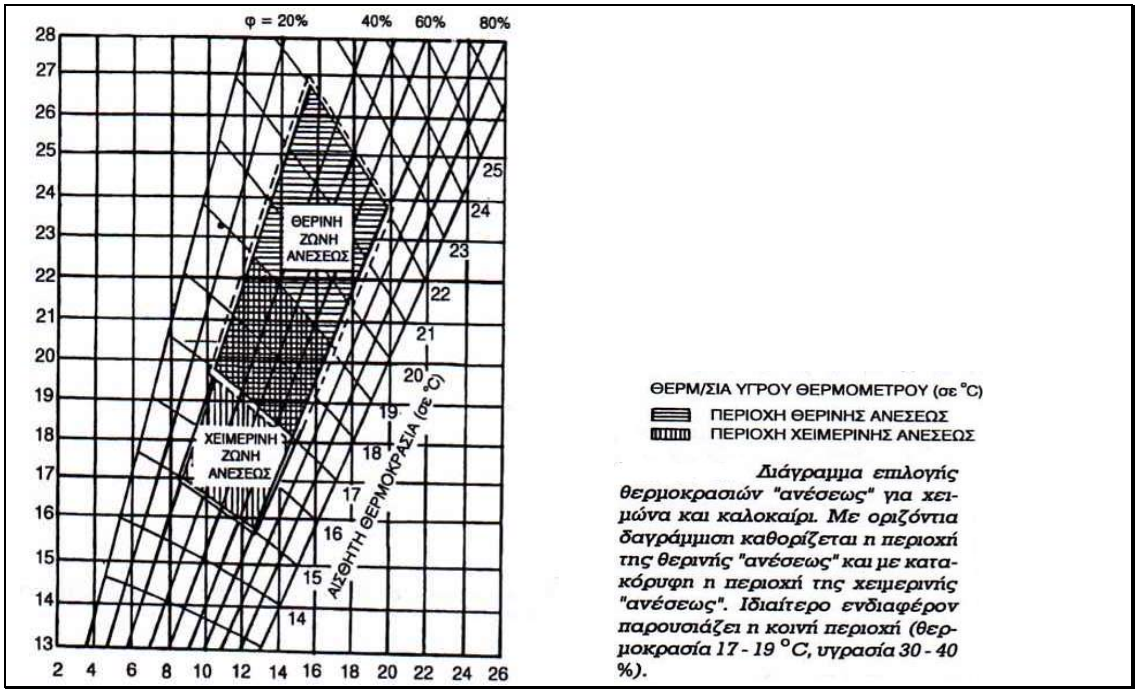
Δηλαδή για κάθε χώρο μπορούν να προσδιοριστούν κάποιες ΄΄ιδανικές΄΄ συνθήκες άνεσης που θα προσαρμοστούν ρεαλιστικά για να προκύψουν οι ΄΄επιθυμητές΄΄. Οι επιθυμητές συνθήκες άνεσης θα αποτελέσουν την αφετηρία όλων των τεχνικών υπολογισμών σε συνδυασμό με τις πιθανές μέσες δυσμενέστερες τιμές του εξωκλίματος. Η τελική εγκατάσταση σε κάθε στιγμή της πραγματικής λειτουργίας της θα διαμορφώνει μια πραγματική κατάσταση εσωκλίματος. [11]

Οι ιδανικές συνθήκες άνεσης ανταποκρίνονται στις στατιστικά διαπιστωμένες προτιμήσεις μεγάλου αριθμού ανθρώπων. Σύμφωνα με έρευνες για τα αμφιθέατρα με κλιματισμό, το χειμώνα η ξηρή θερμοκρασία 23 – 24 ^{0} C είναι ιδανική, με θέρμανση χωρίς ύγρανση οι θερμοκρασίες των 24-25 ^{0} C είναι ιδανικές, ενώ ιδανική θεωρείται η σχετική υγρασία που κυμαίνεται από 30-35%. Όσον αφορά το καλοκαίρι, όταν το αμφιθέατρο κλιματίζεται, ιδανικές θεωρούνται οι θερμοκρασίες 25-26^0 C και η

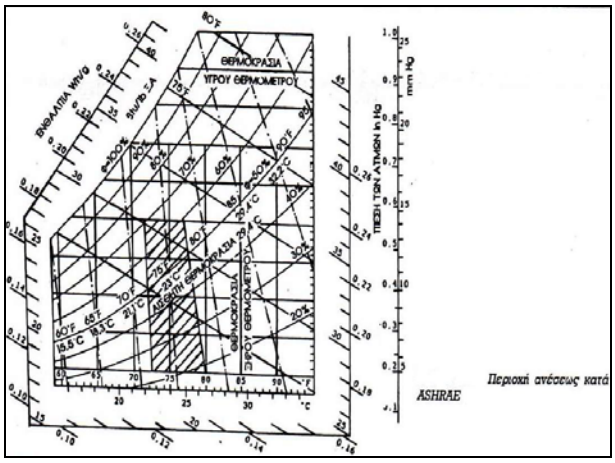
σχετική υγρασία να κυμαίνεται από 45-50%. Όσο για τον κλιματισμό υψηλών απαιτήσεων ιδανικές θεωρούνται οι θερμοκρασίες 23-24^0 C και η σχετική υγρασία να κυμαίνεται από 45-50%. [11]

Θερμοκρασία και υγρασία

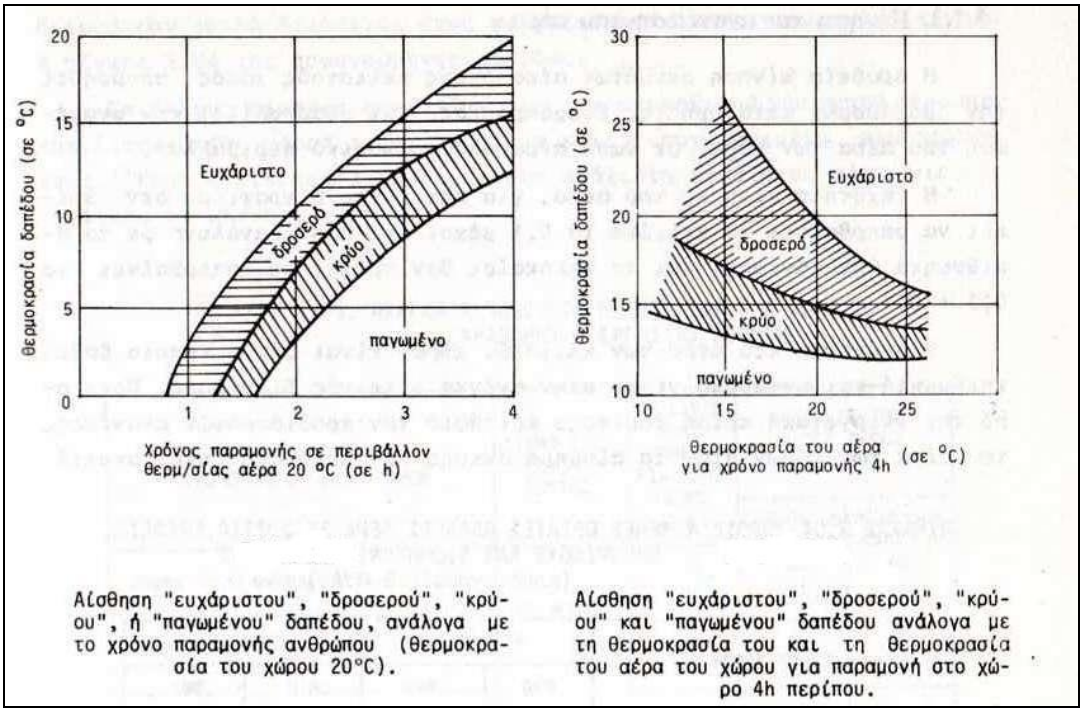
Εκτεταμένες μελέτες και στατιστικές έρευνες απέδειξαν ότι το αίσθημα της άνεσης, αν και παρουσιάζει μικρές αποκλίσεις από άτομο σε άτομο, εξαρτάται κατά κύριο λόγω από το συνδυασμό θερμοκρασίας και υγρασίας που υφίστανται σε ένα χώρο. Για τον καθορισμό των επιθυμητών συνθηκών άνεσης χρησιμοποιούνται τα σχετικά διαγράμματα του Yaglow ή της ASHRAE ή γεκικοτερα κατάλληλα επεξεργασμένα διαγράμματα αισθητής θερμοκρασίας. Η επιδραση της υγρασίας δεν φαίνεται να είναι σημαντική όμως οι έρευνες δείχνουν πως η σχετική υγρασία για λογούς υγιεινής δεν πρέπει να είναι σε καμιά περίπτωση χαμηλότερη από 30% ενώ οι επιθυμητές τιμές κοινής αποδοχής κυμαίνονται από 40 -50 % και ακραία όρια 30 και 70%. Για την εξασφάλιση άνεσης ανάλογα με την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, που την ακολουθεί σε κάποια απόσταση η θερμοκρασία του χώρου πρέπει η σχετική υγρασία να κυμαίνεται σε προκαθορισμένα επίπεδα. Επειδή ο έλεγχος της υγρασίας ενός χώρου έχει αρκετές δυσκολίες (απαιτεί πλήρη κλιματισμό) στα περισσότερα συστήματα θέρμανσης προκαθορίζεται μονό η ΄΄επιθυμητή΄΄ θερμοκρασία των χωρών. Συγκεκριμένα η επιθυμητή χειμερινή θερμοκρασία σε ένα αμφιθέατρο είναι 18 ^{0} C (συμφωνά με την παράγραφο 7.1 της νομοθεσίας, Καθορισμός Θερμοκρασίας Χωρών). [11]



(Εικ. 5.1, διάγραμμα επιλογής ανέσεως για χειμώνα και καλοκαίρι, πηγή 11)



(Εικ.5.2,περιοχή άνεσης κατά ASHRAE, πηγή 11)



(Εικ. 5.3, διαγράμματα θερμοκρασίας δαπέδου ανάλογα με το χρόνο, πηγή 11)

Ποιότητα αέρα στο εσωτερικό ενός αμφιθεάτρου

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι:

- Η ποιότητα του εξωτερικού αέρα.
- Η εσωτερική παραγωγή ρυπών.

Οι κυριότερες εσωτερικές πηγές ρυπών είναι:
α) Τα δομικά υλικά, τα χρώματα και τα έπιπλα που χρησιμοποιούνται στο εσωτερικό του αμφιθεάτρου.
β) Οι δραστηριότητες των ανθρώπων στους εσωτερικούς χώρους. [11]

Η κακή ποιότητα του εσωτερικού αέρα επηρεάζει αρνητικά την ανθρώπινη υγειά και αποτελεί το αίτιο των 'αρρώστων κτιρίων', όπως είχαν ονομαστεί τα κτίρια οπού οι άνθρωποι που τα χρησιμοποιούσαν παρουσίαζαν προβλήματα υγείας. [14]

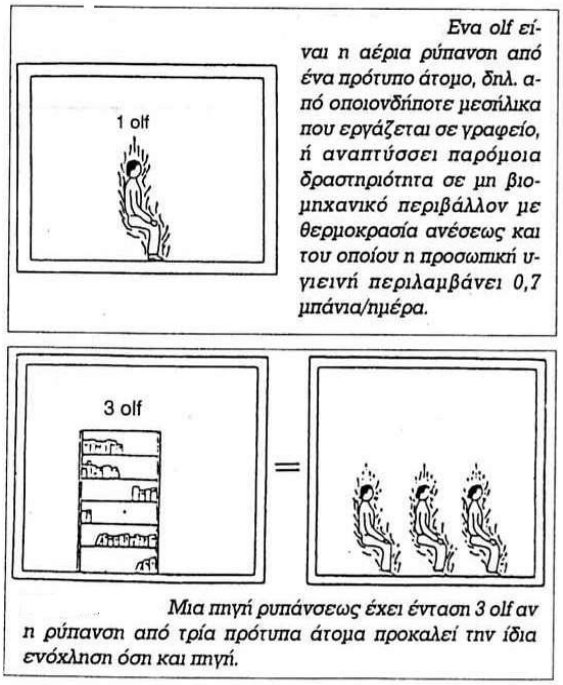
(Εικ. 5.4, άρρωστο κτίριο, πηγή διαδίκτυο)

Το πρόβλημα της ρύπανσης του εσωτερικού αέρα οξύνθηκε μετά το 1970 όταν η εξοικονόμηση ενεργείας έγινε επιτακτική ανάγκη. Οι προσπάθειες για τη μείωση ενεργείας που καταναλώνεται στα κτίρια οδήγησε στη διάδοση συστημάτων για την ανακύκλωση του εσωτερικού αέρα, τη μείωση του φυσικού αερισμού και τη δημιουργία στεγανών και θερμικά κλειστών κτιρίων. Η μειωμένη χρήση φυσικού αερισμού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των ρυπών. Άρα λοιπόν οι προτεινόμενες αλλαγές αέρα (σε ένα αμφιθέατρο) είναι 8-10 ανά ώρα και ο απαιτούμενος αερισμός (εκτίμηση αριθμού ατόμων ανά $100m^2$ ωφέλιμης επιφανείας είναι 110 άτομα) είναι ο ελάχιστος $17m^3$ /h ανά άτομο και ο προτεινόμενος από 26-$34m^3$/h ανά άτομο. Οι απαιτήσεις αυτές ρυθμίζονται από την τεχνική οδηγία 2323/86 του Τ.Ε.Ε. [14], [45]

Υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα στον κλειστό χώρο ενός αμφιθεάτρου λόγω της παρουσίας ανθρώπων.

Σε χώρους παραμονής πολλών ανθρώπων, όπως γίνεται μέσα σε ένα αμφιθέατρο δημιουργείται συχνά η εντύπωση ότι ο αέρας είναι αποπνικτικός και προκαλεί αισθήματα δυσαρέσκειας και ενόχλησης. Υπάρχουν δυο μονάδες μέτρησης με τις οποίες επιτυγχάνεται ποσοτικός προσδιορισμός της καθαρότητας του αέρα που εισπνέουμε, α) olf , β) decipol. [11]

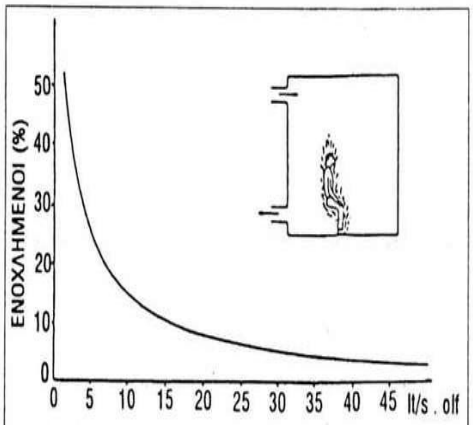
Α) Η μονάδα olf: Ένα olf είναι ο ρυθμός έκλυσης αεριών ρυπών από ένα άτομο. Η ένταση οποιασδήποτε πηγής ρύπανσης, εκφράζεται με βάση το πλήθος τόσων ατόμων, όσων δηλαδή απαιτούνται για να προκαλέσουν την ίδια ενόχληση όση και η πραγματική πηγή ρύπανσης. [11]



Ενα olf είναι η αέρια ρύπανση από ένα πρότυπο άτομο, δηλ. από οποιονδήποτε μεσήλικα που εργάζεται σε γραφείο, ή αναπτύσσει παρόμοια δραστηριότητα σε μη βιομηχανικό περιβάλλον με θερμοκρασία ανέσεως και του οποίου η προσωπική υγιεινή περιλαμβάνει 0,7 μπάνια/ημέρα.

Μια πηγή ρυπάνσεως έχει ένταση 3 olf αν η ρύπανση από τρία πρότυπα άτομα προκαλεί την ίδια ενόχληση όση και πηγή.

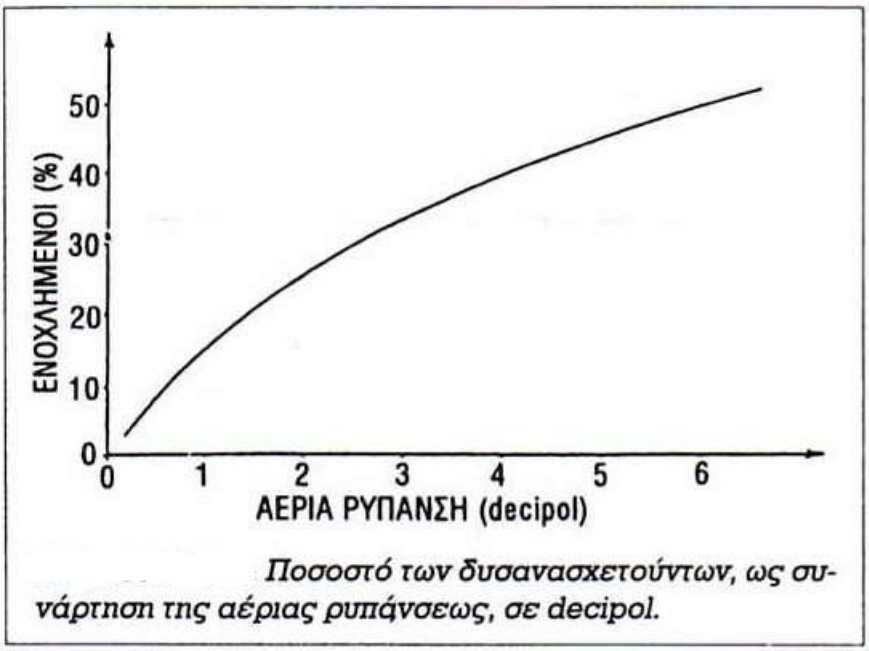
(Εικ. 5.5, επεξήγηση μονάδας olf, πηγή 11)



Καμπύλη ενοχλήσεως η οποία προκαλείται από ένα olf σε διαφορετικούς ρυθμούς αερισμού. Οι δυσανασχετούντες (ενοχλούμενοι) είναι άτομα που όταν μπαίνουν στο δωμάτιο, βρίσκουν τον αέρα απαράδεκτο. Το διάγραμμα βασίζεται σε βιοαέριους ρύπους, προερχόμενους από περισσότερα από 1000 αντικείμενα και η βαθμολόγηση βασίζεται σε 168 κριτές.

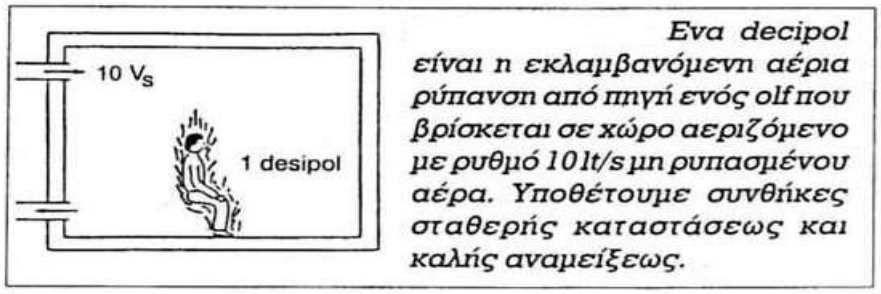
(Εικ. 5.6, % ενοχλημένων σε συνάρτηση ένα olf σε διαφορετικούς ρυθμούς, πηγή 11)

Β) Η μονάδα decipol: Η συγκέντρωση της αέριας ρύπανσης εξαρτάται από τη ρυπογόνο ένταση της πηγής και από την αραίωση που προκαλεί ο αερισμός. Αισθητή αέρια ρύπανση ορίζεται εκείνη η συγκέντρωση ανθρωπίνων βιοαερίων που θα προκαλουσαν την ίδια ενόχληση με την πραγματική. Ένα decipol είναι η εκλαμβανομένη ρύπανση που προκαλείται από ένα άτομο σε χώρο που αερίζεται με 10 λίτρα μη ρυπασμένου αέρα ανά sec. Το σχήμα 5.6 δείχνει το ποσοστό όσων δυσανασχετούν σε συνάρτηση με την αέρια ρύπανση που εκφράζεται σε decipol. [11]



Ποσοστό των δυσανασχετούντων, ως συνάρτηση της αέριας ρυπάνσεως, σε decipol.

(Εικ. 5.7, % ενοχλημένων σε συνάρτηση με την αέρια ρύπανση, πηγή 11)



(Εικ. 5.8, ορισμός decipol, πηγή 11)

5.1 Αερισμός φυσικός-τεχνητός

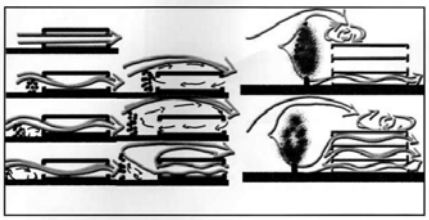
Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός καθορίζεται αποκλειστικά από την μορφή των ανοιγμάτων. Ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χωρών ενός αμφιθεάτρου είναι απαραίτητος όχι μονό για τη μείωση της θερμοκρασίας αλλά και για τη διατήρηση σε ικανοποιητικά επίπεδα του οξυγόνου και της ποιότητας του αέρα. Παραδοσιακά ο αερισμός ενός αμφιθεάτρου γινόταν με τη βοήθεια της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα. Οι πρόσθετες απαιτήσεις για τον αερισμό του ήταν εύκολο να ικανοποιηθούν με απλό άνοιγμα των παραθύρων. [14]

Ο φυσικός αερισμός πραγματοποιείται με τη διείσδυση του αέρα με το εξωτερικό του αμφιθεάτρου. Αυτό οφείλεται στη διαφορά των πιέσεων που δημιουργεί η ροή του ανέμου γύρω από ένα αμφιθέατρο. Η είσοδος του εξωτερικού αέρα γίνεται μέσα από τα ανοίγματα και τις ρωγμές που υπάρχουν μέσα στο κέλυφος του αμφιθεάτρου. Η εξωτερική θερμοκρασία, η υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου είναι οι καθοριστικοί παράγοντες που συμβάλουν στην επιτυχή εφαρμογή τεχνικών του φυσικού αερισμού.[14]

Η υγρασία του αέρα είναι ο σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας για την εφαρμογή των τεχνικών του φυσικού αερισμού. Υψηλά επίπεδα υγρασίας έχουν αρνητική επιδραση στη θερμική άνεση μέσα στο αμφιθέατρο. Συνεπώς σε περιοχές με υψηλά επίπεδα υγρασίας στη διάρκεια του καλοκαιριού, η χρήση συμβατικών συστημάτων κλιματισμού είναι απαραίτητη για την απόρριψη της υγρασίας από το εσωτερικό του αμφιθεάτρου (αφύγρανση). Υπό αυτές τις συνθήκες καλό είναι να αποφεύγεται ο φυσικός αερισμός τόσο κατά τη διάρκεια της μέρας, όσο και τη νύχτα.
Η ταχύτητα του ανέμου συνήθως αυξάνεται βαθμιαία από το πρωί μέχρι να φτάσει το μέγιστο τις απογευματινές και τις πρώτες βραδινές ώρες. Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος και μετριέται συνήθως με ανεμόμετρα τοποθετημένα σε ύψος 10 m από το έδαφος. Η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου με το ύψους εξαρτάται με το ανάγλυφο της περιοχής. Η παρουσία γειτονικών κατασκευών μειώνει την ταχύτητα του ανέμου. [14]

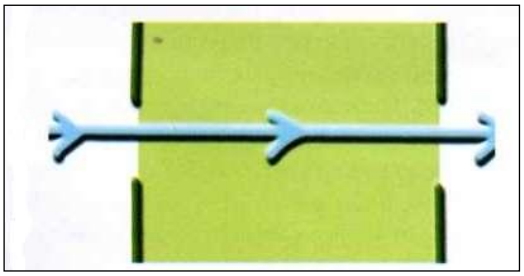
Για το σωστό σχεδιασμό και την εκμετάλλευση του ανέμου στο φυσικό αερισμό αμφιθεάτρων, σημασία έχει επίσης η διεύθυνση του ανέμου. Σε αγροτικές περιοχές, λόγω των εδαφικών ανωμαλιών. η διεύθυνση του ανέμου μπορεί και να αλλάξει από 20^o-45^o. Στα αστικά κέντρα με πυκνή δόμηση η διεύθυνση του ανέμου είναι τυχαια. [14]



Πώς επηρεάζει η βλάστηση τη ροή του αέρα

(Εικ. 5.9, επιροή της βλάστησης στη ροή του αέρα, πηγή 14)

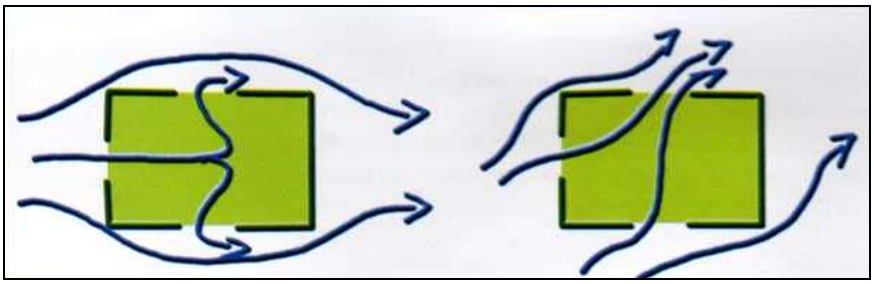
Για τον επιτυχή σχεδιασμό ενός φυσικά αεριζόμενου αμφιθεάτρου, απαιτείται η καλή γνώση του μοντέλου ροής του αέρα καθώς και των επιδράσεων που δέχεται από τυχόν γειτονικά κτίρια. Ο στόχος είναι ο αερισμός σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα του εσωτερικού χώρου. Η επίτευξη αυτού του στόχου εξαρτάται από τη θέση των παραθύρων, τον σχεδιασμό των εσωτερικών χώρων και από τα χαρακτηριστικά του ανέμου. Στα νέα αμφιθέατρα γενικά επιτρέπουν 0.2-0.5 αλλαγές του αέρα ανά ώρα με διείσδυση, ενώ με ανοιχτά τα παράθυρα στη διάρκεια του καλοκαιριού επιτυγχάνεται 15-20 αλλαγές ανά ώρα. Ο άνεμος προσπίπτει κάθετα στο αμφιθέατρο δημιουργώντας θετική πίεση στην προσήνεμη πλευρά του αμφιθεάτρου. Στη συνέχεια το αρχικό ρεύμα χωρίζεται στα δυο. Η ροή του αέρα κατά μήκος των δυο πλευρών και στο χώρο πίσω από την υπήνεμη όψη είναι τυρβώδης και χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση στροβίλων που δημιουργούν αρνητικές πιέσεις. Η αρνητική πίεση στις πλευρές του αμφιθεάτρου είναι μεγαλύτερη από την πίεση που ασκείται στην υπήνεμη όψη του. [14]



Αν τα παράθυρα είναι στην προσήνεμη και την υπήνεμη όψη, ο αερισμός του αμφιθεάτρου θα είναι διαμπερής.

(Εικ. 5.10, διαμπερής αερισμός, πηγή 14)

Ο αερισμός του αμφιθεάτρου βελτιώνεται στην περίπτωση που υπάρχουν δυο πλευρικές έξοδοι. Η συνολική επιφάνεια των δυο εξόδων θα πρέπει να είναι ίση με την επιφάνεια εισόδου. Στην περίπτωση αυτή ο αερισμός είναι περισσότερο αποτελεσματικός γιατί γίνεται εκμετάλλευση των ισχυρών αρνητικών πιέσεων στους πλευρικούς τοίχους, ενώ ταυτόχρονα αερίζεται ένα μεγάλο μέρος του κτιρίου (βλέπε παρακάτω σχήμα). [14]



(Εικ. 5.11, αερισμός με 2 πλευρικές εξόδους, πηγή 14)

Οι βασικοί τύποι φυσικού αερισμού στα αμφιθέατρα είναι οι εξής:

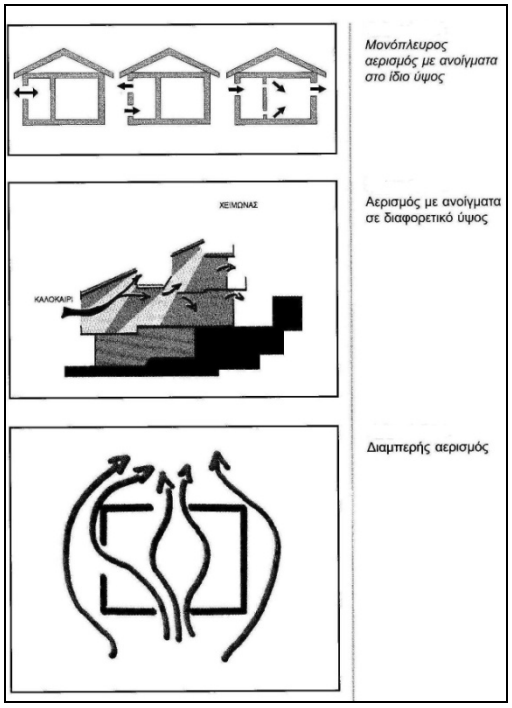
α) Μονόπλευρος αερισμός με ανοίγματα στο ίδιο ύψος: Όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, ψυχρότερος αέρας εισέρχεται από το χαμηλότερο τμήμα του ανοίγματος, ενώ ο θερμός αέρας διαφεύγει μέσω του υψηλοτέρου τμήματος του ανοίγματος. Η διεύθυνση της ροής αντιστρέφεται όταν η εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία.

β) Αερισμός με ανοίγματα σε διαφορετικά ανοίγματα.

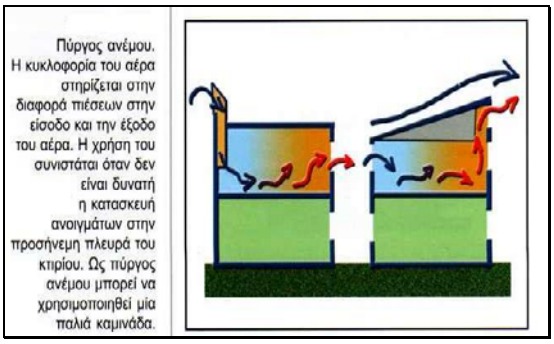
γ) Διαμπερής αερισμός: Η ροή του αέρα εξαρτάται από τη διαφορά των πιέσεων στα ανοίγματα.

δ) Φαινόμενο καμινάδας (φυσικός ελκυσμός): Παρατηρείται όταν η μείωση της θερμοκρασίας από τα κατωτέρα προς τα ανώτερα επίπεδα ενός αμφιθεάτρου και το ψυχρότερο περιβάλλον προκαλεί την ανοδική ροή του θερμού αέρα και την έξοδο του από ανοίγματα στην οροφή με ταυτόχρονη εισροή, ψυχρότερο αέρα από τα πλευρικά ανοίγματα. Ιδιαίτερα ευνοεί, όπως καταλαβαίνουμε, την εμφάνιση του φαινόμενου της καμινάδας η παρουσία αίθριου μέσα σε ένα αμφιθέατρο.

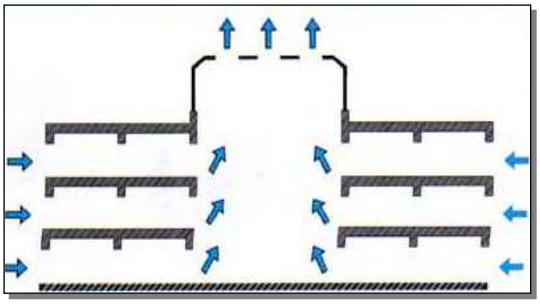
ε) Υβριδικός αερισμός (ανεμιστήρες οροφής, κ.α). [14]



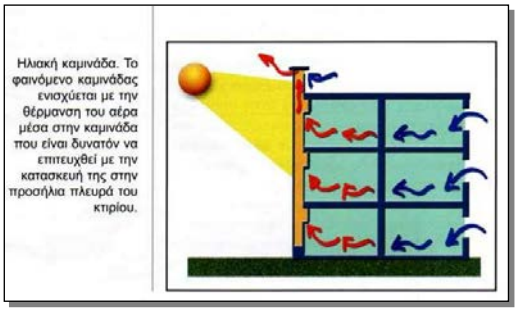
(Εικ. 5.12, διάφοροι τύποι αερισμού, πηγή 14)



(Εικ. 5.13, πύργοι ανέμου, πηγή 14)



(Εικ. 5.14, φαινόμενο καμινάδας, πηγή 14)



(Εικ. 5.15, ηλιακή καμινάδα, πηγή 14)

Ο φυσικός αερισμός σε ένα αμφιθέατρο ενισχύεται με τη χρήση περισσότερο πολύπλοκων τεχνικών, όπως ο πύργος ανέμου (wind tower) σχήμα 5.13 και η ηλιακή καμινάδα (solar chimney) σχήμα 5.15. [14]

Από διάφορα σχετικά πειράματα αποδείχθηκε ότι :
1) Για να έχουμε κίνηση του αέρα στην αίθουσα ενός αμφιθεάτρου πρέπει να υπάρχουν εκτός από τα ανοίγματα εισόδου του αέρα στις αίθουσες και ανοίγματα εξόδου του από αυτές. Δεν αρκεί να κατασκευάσει κανένας ένα χώρο και να τον προσανατολίσει κάθετα προς τον άνεμο (προνοώντας ανοίγματα σε όλη την εξωτερική του επιφάνεια την κάθετη στον άνεμο, όσο το δυνατόν μεγαλύτερα με σκοπό να μπει αέρας μέσα στο χώρο, επειδή δεν προκαλείται ροή του αέρα μέσα σ' αυτόν. Η ροή δημιουργείται σε ένα αμφιθέατρο εφόσον υπάρχουν ανοίγματα σ' αυτές, από τη διαφορά στη πίεση του αέρα που υπάρχει μεταξύ της επιφάνειας που δέχεται τον άνεμο και της απέναντι. Το σχήμα 5.17 εξηγεί διεξοδικά πως συμπεριφέρεται ο άνεμος όταν συναντήσει εμπρός του ένα εμπόδιο.

2) Πολύ μεγάλα ανοίγματα εισόδου του αέρα δημιουργούν ένα πολύ χαμηλό ρεύμα αέρα μέσα σ' ένα αμφιθέατρο.

3) Όταν επιθυμούμε μεγάλες ταχύτητες θα πρέπει τα ανοίγματα εξόδου του αέρα να είναι μεγαλύτερα από τα ανοίγματα εισόδου. Το σχήμα 5.18 φανερώνει τη συμπεριφορά του αέρα μέσα στα αμφιθέατρα όπως αναφέρθηκε παραπάνω σε περιπτώσεις δίπλευρου και μονοπλεύρου αερισμού ανάλογα με το μέγεθος των ανοιγμάτων. Παρατηρούμε ότι σχεδόν δεν υπάρχει ρεύμα αέρα στους χώρους με ανοίγματα από τη μια μονό πλευρά, ενώ αντίθετα δημιουργείται στους άλλους. Η ταχύτητα του ρεύματος μέσα σ' ένα αμφιθέατρο μεγαλώνει όσο μεγαλώνουν τα ανοίγματα εξόδου του αέρα, τόσο ώστε στις δυο τελευταίες περιπτώσεις η ταχύτητα του αέρα στα ανοίγματα εισόδου του αέρα να είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του αέρα που πνέει κάθετα στο κτίριο. [6]

Τα σχήματα 5.19 και 5.20 επεξηγούν συμπληρωματικά τη ροή του αέρα στις αίθουσες. Είναι αποτελέσματα που προέκυψαν από πειράματα σε χώρους με διαφορετικά μεγέθη, θέση ή διαμόρφωση των ανοιγμάτων. Το σχήμα 5.19 δείχνει τα συγκριτικά αποτελέσματα της ροής του αέρα σε μια αίθουσα όταν τα ανοίγματα εισόδου: 1) είναι μεγαλύτερα από τα εξόδου, 2) είναι μικρότερα. Το σχήμα 5.20 δείχνει την πορεία της ροής του αέρασε ένα χώρο με διαφορετική θέση και διευθέτηση των ανοιγμάτων. [6]

Η επίδραση του ύψους της οροφής και του βάθους του αμφιθεάτρου στον αερισμό του.

Από ότι ξέρουμε μέχρι σήμερα το ύψος της οροφής και το βάθος ενός αμφιθεάτρου επηρεάζουν ελάχιστα τον αερισμό του.

Το ύψος της οροφής

Παλαιότερα ύθισται να κατασκευάζονται υψηλές οροφές για λόγους καλού φωτισμού, οι οποίοι δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Συνάμα το μεγάλο ύψος του αμφιθεάτρου (πράγμα που έτσι κι αλλιώς ‘‘προστάζει’’ η κλίση του δαπέδου) δημιουργούσε χώρους έξω από την ανθρώπινη κλίμακα και γι’ αυτό δυσάρεστους, που κόστιζαν ακριβά επειδή είχαν πολύ μεγάλο όγκο. [6]

Σήμερα προσπαθούμε να κάνουμε οροφές κατάλληλες που να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του φυσικού φωτισμού και αερισμού, και πιο οικονομικές.

Σχετικά με τον αερισμό, οι έρευνες απέδειξαν ότι το ύψους των οροφών δεν έχει μεγάλη σημασία (σχήμα 5.21), εφόσον όμως εξασφαλίζουμε ροή του αέρα στο αμφιθέατρο και διαμορφώσουμε έτσι τα ανοίγματα εισόδου του αέρα από αυτόν ώστε η ροή να είναι αυτή που επιθυμούμε. Και αυτό επειδή η επιδραση του αέρα που κυκλοφορεί στην αίθουσα είναι αρκετά ισχυρή και επικρατεί. Τα αποτελέσματα 1) τόσο από την κίνηση που δημιουργείται από τα θερμά ρεύματα, χάρη στη διαφορά θερμοκρασίας, και που είναι μεγαλύτερη όσο ψηλότερα είναι οι οροφές, 2) όσο και από την ακτινοβολία θερμότητας που ακτινοβολούν οι θερμές οροφές και που είναι τόσο μικρότερη όσο ψηλότερα βρίσκονται αυτές, είναι ασήμαντα ώστε εξουδετερώνονται από τα αποτελέσματα που προξενεί η ροή του ανέμου. [6]

Το βάθος του χώρου

Σχετικά με την ροή του ανέμου το βάθος δεν έχει παρά ασήμαντη επιδραση στη ροή του και στη ταχύτητα του ενώ επηρεάζει τον αερισμό των εναλλαγών ενός χώρου, που είναι αντιστρόφως ανάλογος με τον όγκο ενός αμφιθεάτρου, ή εφόσον συγκρίνουμε δύο χώρους που έχουν τα άλλα στοιχεία όμοια και το βάθος διαφορετικό, ο αριθμός των εναλλαγών είναι αντιστρόφως ανάλογος με το βάθος, για μια ορισμένη ταχύτητα. Ακόμα η γραμμική διεύθυνση της ροής του ανέμου έχει σημασία, επειδή αυτός φέρνει άνεση (και ο αριθμός των ανάλλαγων) είναι ο ίδιος. [6]

Προστεγάσματα: ο σκοπός που χρησιμοποιούνται

Τα προστεγάσματα (οι πρόβολοι) στις κατασκευές που επηρεάζουν και πολλές φορές ρυθμίζουν τόσο το φυσικό φωτισμό, όσο και το φυσικό αερισμό και αν χρησιμοποιούνται σωστά βοηθούν ώστε να έχουν οι φοιτητές την άνεση που χρειάζονται για να παρακολουθήσουν τις διαλέξεις. Βεβαία και με άλλους τρόπους το πετυχαίνουμε, με την κατάλληλη τοποθέτηση του κτιρίου, ώστε να υπάρχει ρεύμα αέρα, με το σωστό προσανατολισμό, τη θέση και το μέγεθος των παραθύρων (διαχωρίζοντας καμιά φορά τα παράθυρα που χρησιμοποιούνται για τον αερισμό της με εκείνα από τα οποία κυρίως φωτίζεται το αμφιθέατρο πχ με συνεχή μικρά

παράθυρα στο τοίχο του κτιρίου και αλλά παράθυρα στην οροφή) ή και με κατασκευές ή μεθόδους εκτός από τα προστεγάσματα. [6]

Προστεγάσματα και αερισμός

Η επίδραση των προστεγασμάτων στον αερισμό δεν έχει αρκετά μελετηθεί. Γενικά ξέρουμε ότι άλλοτε διευκολύνουν και άλλοτε εμποδίζουν τη ροή του ανέμου μέσα στα αμφιθέατρα. Ακόμα γνωρίζουμε και πρέπει να έχουμε υπόψη ότι η τοποθέτηση ή η αφαίρεση ενός από τους προβόλους, είναι δυνατό να μεταβάλλει τελείως τη ροή του ανέμου που εισέρχεται μέσα στο χώρο, από ένα απλό άνοιγμα σε ένα χώρο. [6]

(Εικ. 5.16, προστεγάσματα, πηγή διαδίκτυο)

Τις καμπύλες μορφές το διαφώτιστο υλικό είναι ακρυλικό (PMMA ή PMMA Heat stop), ή συμπαγές πολυκαρβονικό (PC ή PC solar control), ή συνδυασμός της, μονών, διπλών ή τριπλών τοιχωμάτων, της και κυψελωτά φύλλα πολυκαρβονικού, ελάχιστου πάχους 8 mm.

Τις επίπεδες μορφές, πέραν των προηγουμένων, γίνεται ευρύτατη χρήση διπλών υαλοπινάκων laminated (triplex), κοινών ή ανακλαστικών.

Τι παράθυρα χρειάζονται για καλό αερισμό

Τα παράθυρα, απαραίτητα στοιχεία σ' ένα κτίριο μελετώνται κατά τέτοιο τρόπο που να διευκολύνουν τον αερισμό στα αμφιθέατρα. Είναι μια από τις λύσεις που χρησιμοποιούμε για να εξασφαλίσουμε τον επιθυμητό αερισμό. Μόνο όταν εφαρμόζονται σωστά εκπληρούν τον προορισμό τους. Σχετικά αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και άλλοι τρόποι για να αερίσουμε τα αμφιθέατρα.

Αερισμός. Σαν μέσο που διευκολύνουν τον αερισμό, τα παράθυρα παίζουν σημαντικό ρολό της χρησιμοποιούνται σωστά, διευκολύνοντας τη ροή του ανέμου μέσα στο χώρο. Σημειώνουμε ότι όταν το παράθυρο είναι ορθά μελετημένο και σχεδιασμένο σε περιπτώσεις που ο φυσικός αερισμός είναι κύριος παράγοντας για τον αερισμό του χώρου μπορούμε με ειδικά συστήματα να διευθύνουμε τον αέρα: 1) προς τα κάτω τους ζεστούς μήνες έτσι ώστε να κινείται ανάμεσα στους φοιτητές, 2) προς την οροφή τους κρύους μήνες, έτσι ώστε να αναμιγνύεται με το ζεστό αέρα που ανεβαίνει. Είναι σημαντικό να προσέχουμε τη διεύθυνση που ακολουθεί ο αέρας μέσα στο χώρο για να έχουμε την άνεση που επιδιώκουμε. Έχουμε παραδείγματα σχεδίων παραθύρων που τα στοιχεία της είχαν μελετηθεί σωστά (είδος, μέγεθος, θέση), αλλά επειδή δεν

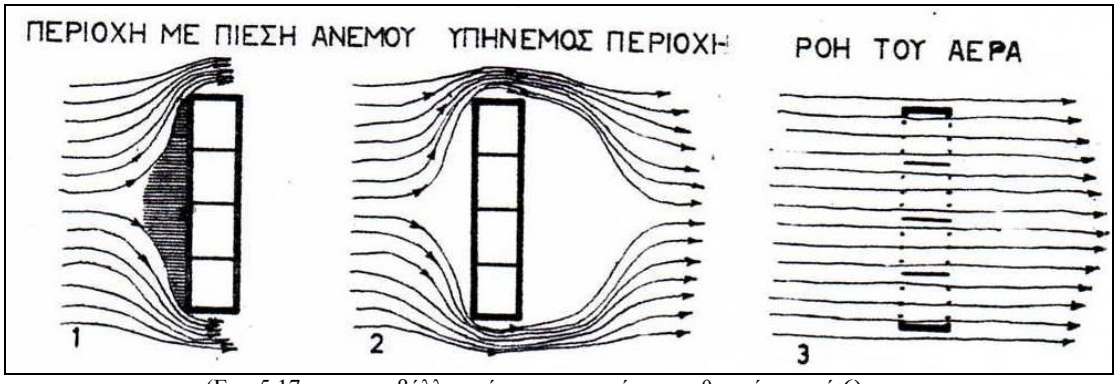
είχε ερευνηθεί αρκετά η διεύθυνση της ροής του ανέμου που περνούσε μέσα της, και ο αέρας δεν κινούνταν στο ύψος των ανθρώπων η αίθουσα δεν είχε τον αερισμό που έπρεπε. [14]

Πως συμπεριφέρεται ο αέρας μέσα στον χώρο της αμφιθεάτρου-παράδειγμα

Μέχρι τώρα εξετάσαμε το περίβλημα της αμφιθεάτρου, τα κατάλληλα σχήματα, τα ανοίγματα για τον αέρα σε της. Στο σχήμα σχ. 5.22 βλέπουμε πως επηρεάζει ο αέρας της συνθήκες σε ένα αμφιθέατρο. [6]

Ακολουθούν τα σχήματα και ο αντίστοιχος σχολιασμός των πειραμάτων του Texas

1) Πως ο άνεμος περιβάλλει μια πτέρυγα αιθουσών



(Εικ. 5.17, πως περιβάλλει ο άνεμος μια πτέρυγα αιθουσών, πηγή 6)

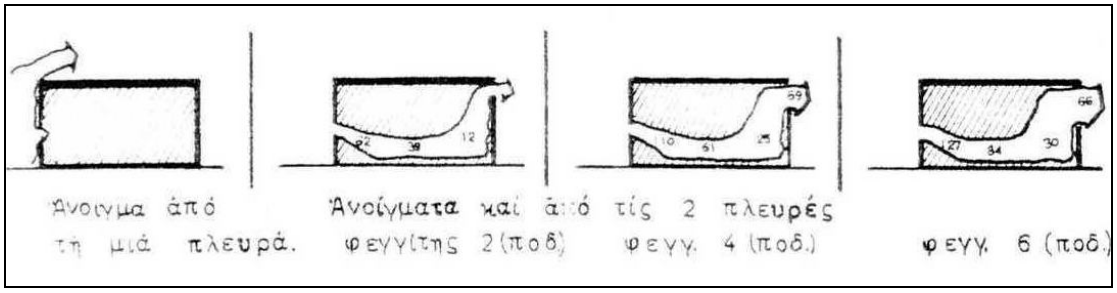
Αυτά τα τρία διαγράμματα παρμένα από το φυλλάδιο, 'Η άνεση των αιθουσών χάρη στο φυσικό αερισμό των Caudill και Reed δείχνουν, πως ο άνεμος περιβάλλει μια πτέρυγα αιθουσών και δημιουργεί περιοχές με χαμηλή και υψηλή πίεση, που με τη σειρά τους διευκολύνουν την κίνηση του ανέμου μέσα στις αίθουσες. Πχ

Σχ. 1. Ο άνεμος πνέοντας ενάντια σε μια πτέρυγα του κτιρίου που προξενεί υψηλή πίεση στη περιοχή, όπου η πλευρά του κτιρίου η εκτεθειμένη στον άνεμο.

Σχ. 2. Όταν ο άνεμος πνέει πάνω και γύρω από το κτίριο προξενεί σχετικά χαμηλή πίεση στη περιοχή όπου η πλευρά όπου η πλευρά του κτιρίου που δεν εκτίθεται στον άνεμο (υπήνεμος).

Σχ. 3. Όταν τοποθετήσουμε ανοίγματα στους τοίχους του κτιρίου τόσο στην πλευρά την εκτεθειμένη στον άνεμο, όσο και στην απέναντι της, ο άνεμος θα πιέζεται να μπεί στον χώρο στην περιοχή με την υψηλή πίεση και θα τραβιέται, για να βγεί από την υπήνεμη περιοχή, επειδή ο αέρας ρέει από μια περιοχή με υψηλή πίεση σε μια περιοχή με χαμηλή. [6]

2) Η επίδραση των ανοιγμάτων στον αερισμό



(Εικ. 5.18, επίδραση ανοιγμάτων στον αερισμό, πηγή 6)

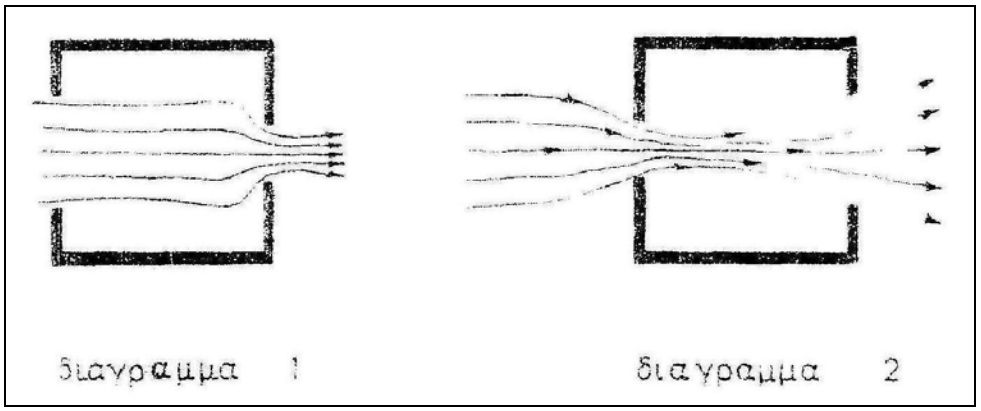
Τα διαγράμματα δείχνουν τη συμπεριφορά του αέρα σε μια άδεια αίθουσα διδασκαλίας πλάτους 24 ποδιών, ύψους 12, με ανοίγματα απλά χωρίς αντανακλαστικές επιφάνειες στις περιπτώσεις:

1. Με ανοίγματα μόνο από τη μια πλευρά.

2. Με ανοίγματα από τις δυο πλευρές με διαφορετική επιφάνεια των συμπληρωματικών ανοιγμάτων κάθε φορά 2, 4, 6 ποδιών.

Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν ποσοστά % της ταχύτητας του εξωτερικού αέρα.
Για να δημιουργηθεί κίνηση του αέρα στην αίθουσα, πρέπει να υπάρχουν ανοίγματα εισόδου-εξόδου αυτού. Όταν είναι σταθερό το άνοιγμα εισόδου, τότε η κίνηση (ροή) του αέρα στο χώρο, αυξάνεται καθώς αυξάνεται το άνοιγμα εξόδου. Για να έχουμε πραγματική ροή του αέρα σε μια αίθουσα πρέπει να έχουμε τουλάχιστον δυο διαφορετικά ανοίγματα σε δυο διαφορετικές πλευρές, που να μη διαφέρουν πολύ σε μέγεθος. [6]

3) Ταχύτητα ροής του αέρα σε εσωτερικούς χώρους

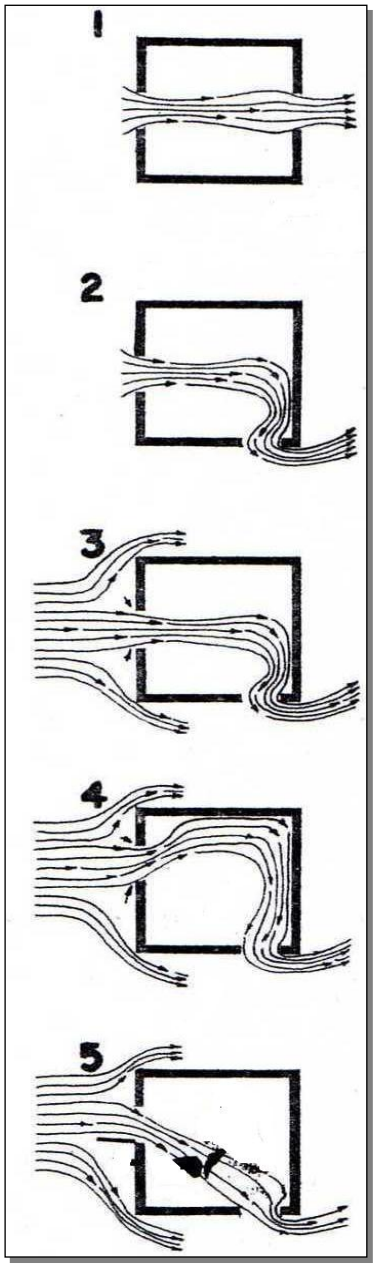


(Εικ. 5.19, ταχύτητα ροής του αέρα σε εσωτερικούς χώρους, πηγή 6)

Μια παρεξήγηση που γίνεται συνήθως είναι να τοποθετούνται μεγάλα ανοίγματα εισόδου σε μια αίθουσα και μικρά εξόδου του αέρα για να υπάρχει ροή του αέρα σε αυτήν. Στην πραγματικότητα, το αντίθετο έπρεπε να συνέβαινε, επειδή οι πιο μεγάλες ταχύτητες επιτυγχάνονται όταν τα ανοίγματα εξόδου του αέρα είναι μεγαλύτερα από τα ανοίγματα εισόδου. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να συγκριθεί

με τη ροή που δημιουργείται από τα νερά μιας λίμνης όταν υπάρχει ένα στόμιο όπου μπορεί να διαφύγει το νερό. Το νερό τότε ορμά έξω από τη λίμνη με δύναμη από το σημείο αυτό, αλλά στο κύριο σώμα της λίμνης δε φαίνεται αισθητή κίνηση.
Διάγραμμα 1: Η μικρότερη κίνηση του αέρα δημιουργείται μέσα στην αίθουσα εξ' αιτίας του μεγέθους των ανοιγμάτων (μεγαλύτερα στην είσοδο του αέρα και μικρότερα στην έξοδο). Η μεγαλύτερη ταχύτητα δημιουργείται ακριβώς έξω από την αίθουσα, όπου θεωρείται ότι είναι το στόμιο.
Διάγραμμα 2: Η μικρότερη κίνηση δημιουργείται έξω από την αίθουσα, ενώ η μεγαλύτερη μέσα, όπου το στόμιο. [6]

4) Διαγράμματα ροής του αέρα σε εσωτερικούς χώρους



Τα διαγράμματα δείχνουν την πορεία του αέρα σ' ένα χώρο, όταν τα ανοίγματα που φαίνονται στην κάτοψη του χώρου του σχήματος παίρνουν διάφορες θέσεις.

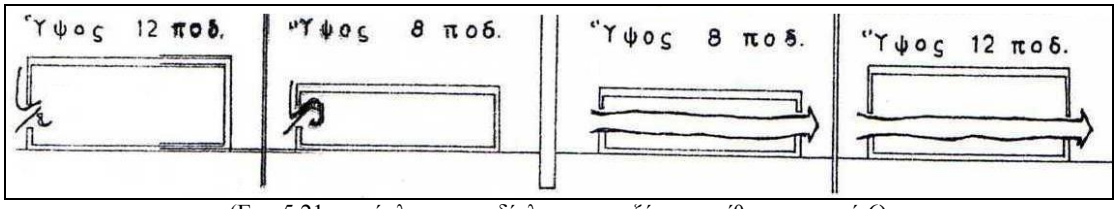
Παρατηρούμε ότι:

1. Τα ανοίγματα εισόδου του αέρα ορίζουν τη διεύθυνση που θα πραγματοποιήσει ο αέρας μέσα σε ένα χώρο.

2. Η κατεύθυνση του είναι ανεξάρτητη από τη θέση των ανοιγμάτων εξόδου. [6]

(Εικ. 5.20, διαγράμματα ροής του αέρα σε εσωτερικούς χώρους, πηγή 6)

5) Μονόπλευρα και δίπλευρα αεριζόμενες αίθουσες



(Εικ. 5.21, μονόπλευρα και δίπλευρα αεριζόμενες αίθουσες, πηγή 6)

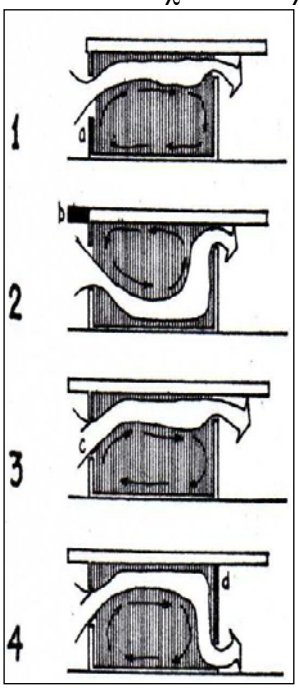
Τα διαγράμματα δείχνουν τον αερισμό σε αίθουσες με σταθερό βάθος 28 ποδιών και ύψος 8 και 12 ποδιών για τις περιπτώσεις που έχουν ανοίγματα :

1. Από μία μόνο πλευρά.
2. Από δύο απέναντι πλευρές.

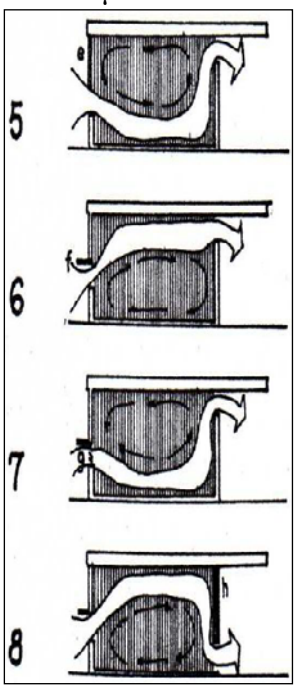
Παρατηρούμε ότι όταν έχουμε ανοίγματα μόνο από τη μία πλευρά δε δημιουργείται ρεύμα αέρα, στην περίπτωση με ανοίγματα σε δύο απέναντι πλευρές έχουμε ρεύμα αέρα, όμως το ύψος δεν επηρεάζει τη ροή του που εξαρτάται από τη θέση των ανοιγμάτων.
Γενικά, αν μελετήσει κανείς αυτά τα διαγράμματα τα σχετικά με αίθουσες που έχουν ανοίγματα από δύο πλευρές, συμπεραίνει ότι οι αίθουσες μπορούν να έχουν χαμηλές οροφές σχετικά, χωρίς αυτό να επηρεάσει αισθητά τον αερισμό του. [6]

6) Πως συμπεριφέρεται ο αέρας μέσα σε μία αίθουσα

Αυτά τα σχέδια δείχνουν την συμπεριφορά του αέρα μέσα σε μια αίθουσα διδασκαλίας που έχει ανοίγματα και από τις δυο πλευρές, όταν αλλάξουμε τη θέση τους ή τοποθετήσουμε πρόσθετές κατασκευές. Αξίζει να τονίσουμε πόση σημασία έχουν αυτές για τον αερισμό ενός χώρου, αφού μπορούν να μεταβάλλουν τελείως τη ροή του αέρα σ' αυτή.



(Εικ. 5.22α, συμπεριφορά αέρα σε μια αίθουσα, πηγή 6)



(Εικ. 5.22β, συμπεριφορά αέρα σε αίθουσα, πηγή 6)

Περιπτώσεις 1 και 2 (ανοίγματα απλά). Παρατηρούμε τη διαφορά των διαγραμμάτων που οφείλεται στον πρόβολο β και που κάνει το αέρα να κινείται προς τα κάτω δημιουργώντας μια ψηλότερη πίεση πάνω από το άνοιγμα και κάτω από αυτό.
Περιπτώσεις 3 και 4. Το άνοιγμα εισόδου διαμορφώνει τη ροή του αέρα που αλλάζει μόνο λόγω της θέσης του ανοίγματος εξόδου.

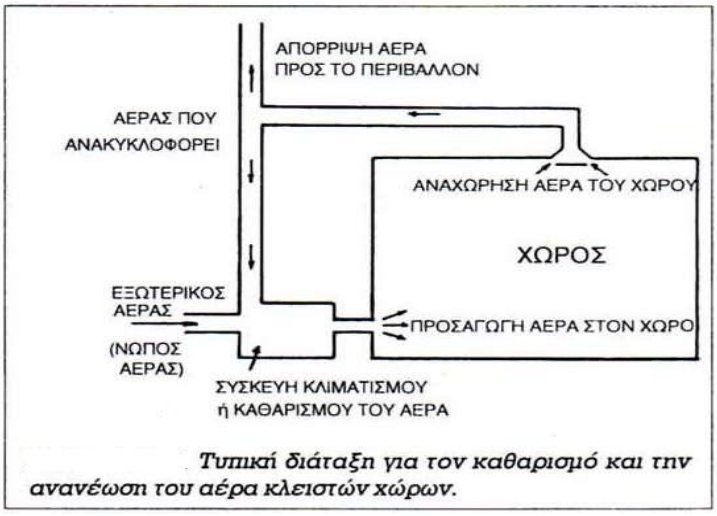
Περίπτωση 5. Ο αέρας κινείται προς τα κάτω γιατί χαμηλώσαμε το άνοιγμα εισόδου και δώσαμε κλίση στη ροή του ανέμου από το άνοιγμα εισόδου.

Περιπτώσεις 6, 7, 8. Εδώ το προστατευτικό πέτασμα ρυθμίζει τη ροή του αέρα που αλλάζει στη περίπτωση 7, λόγω της παρεμβαλλόμενης περσίδας 9. [6]

Αρχές τεχνητού αερισμού-ανανέωση και καθαρισμός του αέρα στο κλειστό χώρο ενός αμφιθεάτρου.

Με τον τεχνητό αερισμό επιτυγχάνουμε την ανανέωση του αέρα των κλειστών χωρών. Για αυτήν την ανανέωση χρησιμοποιούμε φρέσκο αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον, αφού πρώτα βελτιώσουμε την ποιότητα του. Διακρίνουμε δυο διαδικασίες αερισμού. Κατά την μια παραλαμβάνουμε αέρα από τον χώρο δημιουργώντας υποπέσει και φρέσκος αέρας από το φυσικό περιβάλλον εισρέει στο χώρο και αναμειγνύεται μ' αυτόν που υπάρχει βελτιώνοντας την ποιότητα του.
Μια δεύτερη διαδικασία βασίζεται στην προσαγωγή καλής ποιότητας αέρα στο χώρο με κάποια πίεση, οπότε από τις χαραμάδες και τα οποία ανοίγματα απομακρύνεται ο μολυσμένος ή, ακόμα καλυτέρα, με προσθετό κύκλωμα παραλαβής απομακρύνεται τεχνητά μέρος του αέρα του χώρου.
Μια επιτυχημένη διάταξη καθαρισμού και ανανέωσης του αέρα κλειστών χωρών όπως ενός αμφιθεάτρου συνήθως περιλαμβάνει :

- Διάταξη παραλαβής φρέσκου ή νωπού αέρα από το περιβάλλον.
- Φιλτράρισμα του αέρα.
- Αεραγωγοί και στόμια προσαγωγής.
- Αεραγωγοί επιστροφής. [31]



Τυπική διάταξη για τον καθαρισμό και την ανανέωση του αέρα κλειστών χώρων.

(Κέικ. 5.23, διάταξη καθαρισμού και ανανέωσης του αέρα, πηγή 31)

Η σημασία του καθαρού αέρα για την άνεση

Στα αστικά κέντρα ο αέρας του περιβάλλοντος είναι μολυσμένος και ανθυγιεινός. Επομένως είναι εύκολο να επιβαρύνεται υπερβολικά και να γίνεται επικίνδυνος στο κλειστό χώρο ενός αμφιθεάτρου, οπού συναθροίζονται πολλά άτομα. Όπως έχουμε προαναφέρει σε άλλο κεφαλαίο οι προτεινόμενες ωριαίες εναλλαγές του αέρα μέσα σε ένα αμφιθέατρο είναι 8-10 φορές. Η τεχνολογία προσφέρει σήμερα αρκετές λύσεις βελτίωσης του περιβάλλοντος των αμφιθεάτρων με κορυφαία επιλογή τον κεντρικό

κλιματισμό. Στο κλιματιζόμενο αμφιθέατρο πρέπει επομένως να διασφαλίζεται η ικανοποιητική ανανέωση του αέρα παράλληλα με την απομάκρυνση των ρυπών που τείνουν να συσσωρεύουν. [31]

Η κίνηση του αέρα

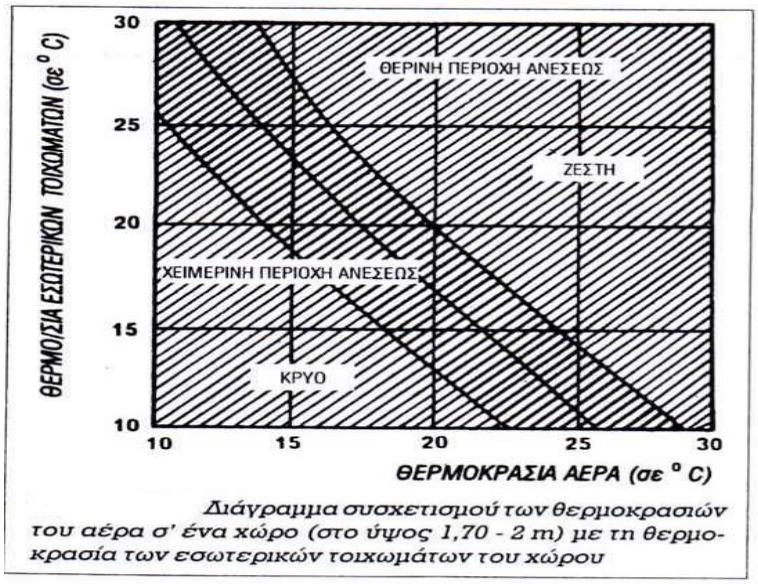
Η προσπάθεια να θερμανθεί ή να δροσιστεί ένα αμφιθέατρο δημιουργεί αρχικά περιοχές διαφορετικών κλιματικών δεδομένων. Κοντά στις πηγές θέρμανσης ή δροσισμού, υπάρχει αρχικά μια σημαντική διαφοροποίηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Η κίνηση του αέρα θα αποκαταστήσει την αναγκαία ισορροπία, εφόσον βεβαίως η τοποθέτηση των συσκευών θέρμανσης ή δροσισμού έχει γίνει στα κατάλληλα σημεία.[31]
Στις περιπτώσεις θέρμανσης ή δροσισμού με αέρα, η ταχύτητα ροής είναι αρκετά μεγαλύτερη, αφού με την εκσφενδόνιση και διάχυση ποσοτήτων αέρα κατάλληλα κλιματισμένου, προστίθενται στο χώρο κινούμενες μάζες αέρα, που υπηρετούν την προσπάθεια να διαμορφωθούν συνθήκες άνεσης. Όταν όμως η κίνηση του αέρα υπερβεί κάποιες στιγμές, δημιουργείται σοβαρή ενόχληση στα άτομα που βρίσκονται μέσα στο αμφιθέατρο.[31]

5.2 Συστήματα θέρμανσης-κλιματισμού αμφιθεάτρου

Η θερμική άνεση σε αμφιθέατρο με περιοδική θέρμανση

Ένα αμφιθέατρο συνήθως λειτουργεί επί 6-8 ώρες τις καθημερινές και μένει αχρησιμοποίητο (χωρίς θέρμανση ή ψύξη) για 60-70 ώρες το σαββατοκύριακο. Έτσι όταν θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθεί ένα τέτοιο αμφιθέατρο, θα πρέπει η εγκατάσταση θέρμανσης να λειτουργήσει αρκετό χρόνο πριν, ώστε να δημιουργήσει συνθήκες θερμικής άνεσης για τους σπουδαστές και τους καθηγητές. Κατά την θέρμανση με αέρα, είναι δυνατόν η θερμοκρασία του αέρα του αμφιθεάτρου να φτάσει σε επιθυμητά επίπεδα αρκετά γρήγορα άλλα τα τοιχώματα του να διατηρούν χαμηλή θερμοκρασία για αρκετό χρονικό διάστημα. [11]
Όταν για την θέρμανση χρησιμοποιούνται σώματα νερού (καλοριφέρ) είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθούν περισσότερα η μεγαλύτερα θερμαντικά σώματα. Αυτή η μέθοδος θέρμανσης βεβαία είναι ξεπερασμένη πλέον στα αμφιθέατρα.
Για την καλύτερη μετάδοση θερμότητας στα τοιχώματα έχει μεγάλη σημασία το είδος των τοιχωμάτων. Οι περισσότεροι εσωτερικοί τοίχοι και οι οροφές όταν έχουν κατασκευαστεί από πλάκες μπετόν, αποτελούν βαριά σώματα μεγάλης αγωγιμότητας. Η σχετικά χαμηλής παροχή θερμότητας από τον αέρα προς την επιφάνεια του δομικού στοιχείου και η μεγάλη ταχύτητα με την οποία αυτή διαχέεσαι στην μεγάλης θερμοχωρητικότητας μάζα του, εμποδίζει την επιφάνεια να πλησιάσει γρήγορα τη θερμοκρασία του αέρα.[11] Η χρονική υστέρηση στην ανάπτυξη κατάλληλης θερμοκρασίας τοιχωμάτων έχει τις εξής συνέπειες:
Α) Είναι αναγκαία η λειτουργία της θερμικής εγκατάστασης κατά 1-2 ώρες πριν από τις ώρες χρήσης του αμφιθεάτρου, με συνεπεία αντίστοιχη αύξηση ανάλωσης ενεργείας.
Β) Κατά το διάστημα λειτουργίας του αμφιθεάτρου που τα τοιχώματα δεν έχουν απόκτηση την κατάλληλη θερμοκρασία, πρέπει ο αέρας να έχει ανώτερη (το χειμώνα) θερμοκρασία από την αναγκαία για θερμική άνεση, ώστε να αντισταθμίσει την έλλειψη ή περίσσεια θερμικής ακτινοβολίας των τοιχωμάτων. Έτσι με την αύξηση της διαφοράς θερμοκρασίας προς το εξωτερικό περιβάλλον προκύπτει μεγαλύτερη

ροή θερμότητας μέσω του περιβλήματος του αμφιθεάτρου και αντίστοιχη απώλεια ενεργείας.
Γ) Είναι αναγκαίο να εργαστεί προσωπικό υπερωριακά σε ώρες πέραν του τυπικού ωραρίου για να λειτουργήσει έγκαιρα η εγκατάσταση και έτσι προκύπτουν προσθετές δαπάνες.
Δ) Το μέγεθος της θερμικής εγκατάστασης πρέπει να είναι μεγαλύτερο, για να μπορεί να δώσει κατά τις πρώτες ώρες την αυξημένη θέρμανση ή ψύξη που απαιτεί η θερμική άνεση, εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας των τοιχωμάτων από την θερμοκρασία του αέρα του χώρου. [11]



(Εικ. 5.24, διάγραμμα αλληλεπίδρασης θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων με εσωτερικά τοιχώματα, πηγή 11)

Μείωση των συνεπειών με επέμβαση στις επιφάνειες

Για την άμβλυνση των προβλημάτων που αναπτύσσονται σε αμφιθέατρα που είναι περιορισμένου χρόνου χρήσεως, επιδιώκεται η κατασκευή ειδικών επιφανειακών στρώσεων από κατάλληλα δομικά υλικά, των εσωτερικών επιφανειών πέραν της βελτιώσεως της εξωτερικής θερμομόνωσης. Κατασκευαστικά αυτό μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους:

1. Με επενδύσεις και κρεμαστές οροφές από πλάκες θερμομονωτικού υλικού.
2. Η επικόλληση υφασμάτων με πέλος (μοκέτας) είναι πολύ αποτελεσματική λύση, γιατί οι ίνες του πέλους φτάνουν πολύ γρήγορα στη θερμοκρασία του αέρα.
3. Με εφαρμογή στους τοίχους και οροφές θερμομονωτικών επιχρισμάτων (π.χ περλίτης). [11]

Γενικές αρχές

Χρήση της παραγώμενης θερμότητας είναι δυνατόν να γίνει άμεσα π.χ. προσέγγιση σε φωτιά ή έμμεσα με την βοήθεια ενός υλικού μέσου που μεταφέρει την θερμότητα σε κάποια απόσταση από την εστία καύσεως. Σε ένα αμφιθέατρο δεν χρησιμοποιείται το σύστημα της άμεσης θέρμανσης, αφού σ' αυτήν συμπεριλαμβάνονται οι ανοιχτές εστίες, τα τζάκια, οι θερμάστρες καύσεις, κλπ. [11]

Οι έμμεσες θερμάνσεις είναι κατάλληλες για τον χώρο ενός αμφιθεάτρου αφού μπορούν ποσοτικά (χώρο-γεωγραφικά) και ποιοτικά να ανταποκριθούν σε αυξημένες απαιτήσεις. Ένα καύσιμο ή άλλη πηγή ενεργείας (π.χ. ηλεκτρικό ρεύμα, νερό από γεωθερμική πηγή, ηλιακός συλλέκτης, κ.α) θερμαίνουν ένα ρευστό, τον φορέα της θερμότητας (συνήθως νερό, αέρας, λαδί) ο οποίος οδηγείται στον χώρο που επιθυμούμε και με την βοήθεια καταλλήλων εναλλακτών ,προσφέρει θερμότητα με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία. Στα συστήματα αυτά η μονάδα παραγωγής της θερμότητας βρίσκεται έξω από τους θερμαινόμενους χώρους συνήθως σε κατάλληλα διαμορφωμένα λεβητοστάσια. [11]
Όταν φορέας της θερμότητας είναι το νερό χρησιμοποιούνται σωληνώσεις διανομής. Η κυκλοφορία-διανομή του νερού μπορεί να γίνει με εκμετάλλευση του νόμου της βαρύτητας ή με την βοήθεια ειδικών αντλιών, των κυκλοφορητών. Όταν φορέας της θερμότητας είναι ο αέρας χρησιμοποιούνται ειδικοί αεραγωγοί προσαγωγής, οι οποίοι οδηγούν και διανέμουν τον ζεστό αέρα στους χώρους.
Οι απλοποιημένες μορφές έμμεσης θέρμανσης όπως αναφερθήκαν περιληπτικά, αποτελούν μια πρώτη προσέγγιση στο θέμα.
Ο κλιματισμός είναι μια περισσότερη συνθέτη διαδικασία, που περιλαμβάνει κυκλώματα νερού και αέρα, ψυκτικά ρευστά, αντλίες και ανεμιστήρες, κ.α. Για να γίνει σωστή επιλογή του συστήματος θέρμανσης σε ένα αμφιθέατρο πρέπει να συνεκτιμηθούν πολλοί παράγοντες οι οποίοι σχετίζονται με τους νομούς μετάδοσης της θερμότητας. [11]
Για την θέρμανση π.χ, υπάρχουν τρεις τρόποι:

1) Ένα θερμό σώμα ακτινοβολεί θερμότητα και θερμαίνει τα έμβια οντά που βρίσκονται κοντά του, τα αντικείμενα, τα τοιχώματα και το αέρα του χώρου.
2) Ο αέρας θερμαίνεται σε μια κατάλληλη συσκευή (λέβητας ή εναλλάκτης) και με την βοήθεια αεραγωγών οδηγείται μεταφέροντας θερμότητα στους χώρους από τους οποίους απομακρύνεται με μειωμένη θερμοκρασία λίγο υψηλότερη ή ίση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
3) Ένα θερμό σώμα που βρίσκεται σε ένα χώρο ή στα τοιχώματα του χώρου, αποδίδει εξ' επαφής θερμότητας στα τοιχώματα του χώρου, αντικείμενα και το αέρα του χώρου, δημιουργώντας ένα ρεύμα ζεστού αέρα.

Στην πράξη συνήθως συνυπάρχουν οι διαδικασίες θέρμανσης με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία. Οι τρεις τρόποι μεταδόσεις θερμότητας: α) με ακτινοβολία, β) με αγωγιμότητα, γ) με μεταφορά. [11]

Κριτήρια επιλογής συστήματος θέρμανσης

Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι μια εγκατάσταση θέρμανσης πρέπει :
Α) Να εξασφαλίζει ικανοποιητική και κατά το δυνατόν ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο αμφιθέατρο.
Β) Να μην επηρεάζει δυσμενώς την καθαρότητα του αέρα (παραγωγή ή μετακίνηση ποσοστών σκόνης, βλαβερών αεριών και ατμών) και της περιεκτικότητα του σε οξυγόνο.
Γ) Να είναι απλή στη χρήση της, να επιδέχεται ρύθμιση και να μην παρουσιάζει δυσκολίες για την συντήρηση της.
Δ) Να επιτυγχάνει με χαμηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος τις επιδιωκόμενες συνθήκες.
Ε) Ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί να παρουσιάζει ικανοποιητική διάρκεια ζώνης.

Στ) Να απαιτεί μικρό χώρο. Ειδικά στη περίπτωση κεντρικών και περιφερειακών μονάδων, τόσο στις κυρίες εγκαταστάσεις της όσο και στα τοπικά θερμαντικά σώματα.
Ζ) Να αποκλείονται από την ιδία την κατασκευή της εγκατάστασης κάθε μορφής κίνδυνοι για την ζωή, την ακεραιότητα και την υγειά των ανθρώπων, έστω και όταν λειτουργεί υπό δυσμενείς συνθήκες. [11]

Διάκριση των συστημάτων θέρμανσης

Τα συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε ΄΄μεμονωμένα΄΄ ή ΄΄αυτόνομα΄΄ ή ΄΄τοπικά΄΄ και σε ΄΄κεντρικές θερμάνσεις΄΄ με κριτήριο τον αριθμό των θερμαινόμενων χώρων από μια κεντρική πηγή θέρμανσης. Με κριτήριο το καύσιμο, οι θερμάνσεις διακρίνονται σε θερμάνσεις πετρελαίου, μαζούτ, ανθρακίτη, καύσιμου αερίου, ηλεκτρικές, κλπ. Τέλος με κριτήριο το είδος των θερμαντικών σωμάτων και τον τρόπο μεταφοράς της θερμότητας στους χώρους, διακρίνονται σε θερμάνσεις ζεστού νερού, θερμάνσεις υπέρθερμου νερού, θερμάνσεις ατμού, θερμάνσεις αέρα και αλλά. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά το βέλτιστο μέγεθος της εγκατάστασης θέρμανσης, σε σχέση με την λειτουργική ευελιξία που χρειαζόμαστε και την οικονομικότητα που μπορούμε να πετύχουμε. [11], [31]

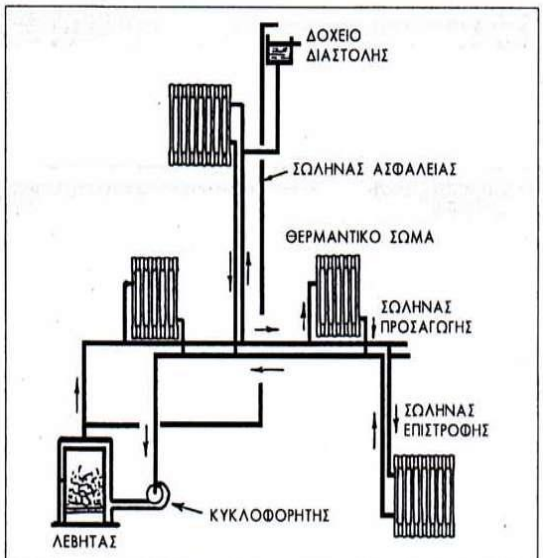
Τοπικά και κεντρικά συστήματα θέρμανσης

Στα τοπικά συστήματα θέρμανσης, η εστία βρίσκεται μέσα στο χώρο που ζεσταίνει (τα τζάκια, αερόθερμα, θερμάστρες), άρα είναι προφανές ότι τα συστήματα αυτά δεν χρησιμοποιούνται σε ένα αμφιθέατρο.
Κεντρικά συστήματα θέρμανσης είναι τα συστήματα που θερμαίνουν ομάδες χωρών, ολόκληρα κτίρια ή και ομάδα κτιρίων. Ένα στόχος κατά τη μελέτη και κατασκευή μιας κεντρικής θέρμανσης είναι να διασφαλιστεί επαρκής διάρκεια ζώνης των περισσότερο ευαίσθητων διατάξεων που πρέπει να συμβαδίζει με το κόστος κατασκευές, τις δαπάνες, επισκευών και τις σημερινές δυνατότητες τεχνολογίας.
Μπορούμε να διακρίνουμε αυτό το σύστημα θέρμανσης με βάση τη πηγή της θερμικής ενεργείας ως εξής: θέρμανση με στερεά καύσιμα, θέρμανση με υγρά καύσιμα, θέρμανση με καύσιμο αέριο, θέρμανση με ηλιακή ενέργεια, ηλεκτρική θέρμανση. [11], [31]

Διάκριση ως προς τη θέση και τη μορφή των θερμαντικών σωμάτων

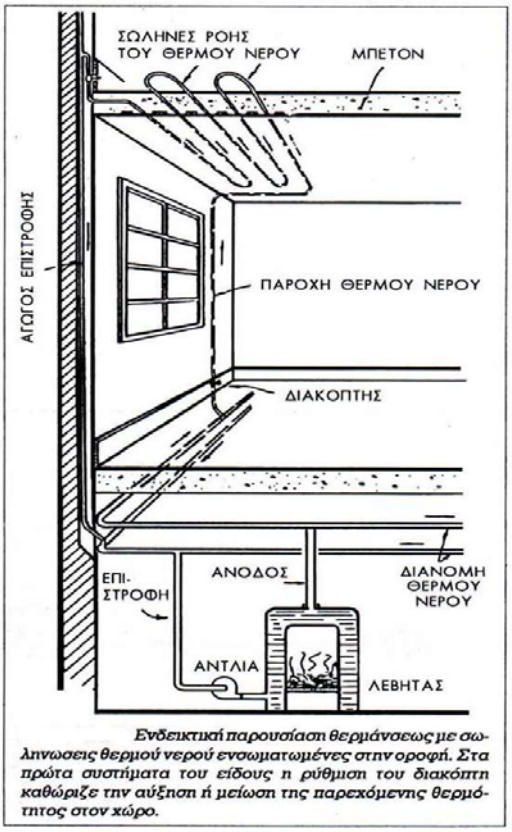
Τα θερμαντικά σώματα μπορεί να είναι αυτόνομες τοπικές συσκευές που τροφοδοτούνται με ζεστό νερό, ατμό, αέρα, ηλεκτρισμό κτλ. Το ρόλο των θερμαντικών σωμάτων μπορούν να αναλάβουν σωληνώσεις ή ηλεκτρικά καλώδια που τοποθετούνται στην οροφή, στους τοίχους ή στο δάπεδο.
Η σημασία της ποιότητας των θερμαντικών σωμάτων, πρέπει πάντοτε να συσχετίζεται με την λειτουργικότητα και την αισθητική διαμόρφωση των χωρών. Δεν πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι τα θερμαντικά σώματα (καλοριφέρ) είναι ορατά στους χώρους. Από τη θέση παραγωγής της θερμικής ενεργείας χρειάζεται ένα σύστημα μεταφοράς και ορθολογικής διανομής στους θερμαινόμενους χώρους. Διακρίνουμε θέρμανση με ζεστό νερό, με υπέρθερμο νερό, με ατμό, με αέρα, με ηλεκτρικό ρεύμα. [11]
Ένα συμβατικό σύστημα κεντρικής θέρμανσης, περιλαμβάνει απαραίτητα ένα χώρο παραγωγής ή κεντρικής παραλαβης, το εσωτερικο δικτυο μεταφοράς και διανομής

του φορέα της θερμότητας, τα θερμαντικά σώματα, τα στοιχεία αποθήκευσης και προσαγωγής του καυσίμου και τέλος μια σειρά διατάξεις ρυθμίσεων και ασφαλείας.
Ο χώρος παραγωγής της αναγκαίας θερμικής ενέργειας, για τον οποίο ισχύουν αυστηρές προδιαγραφές, είναι το λεβητοστάσιο.
Ο φορέας της θερμότητας (νερό, ατμός, αέρας) αναχωρεί από κάποια θέση-αφετηρία και οδηγείται στους χώρους που πρέπει να θερμανθούν.
Η θέρμανση του φορέα της θερμότητας γίνεται με ανάλωση καυσίμου ή ηλεκτρική ενέργεια ή αξιοποίηση θερμικών αποβλήτων. [11]



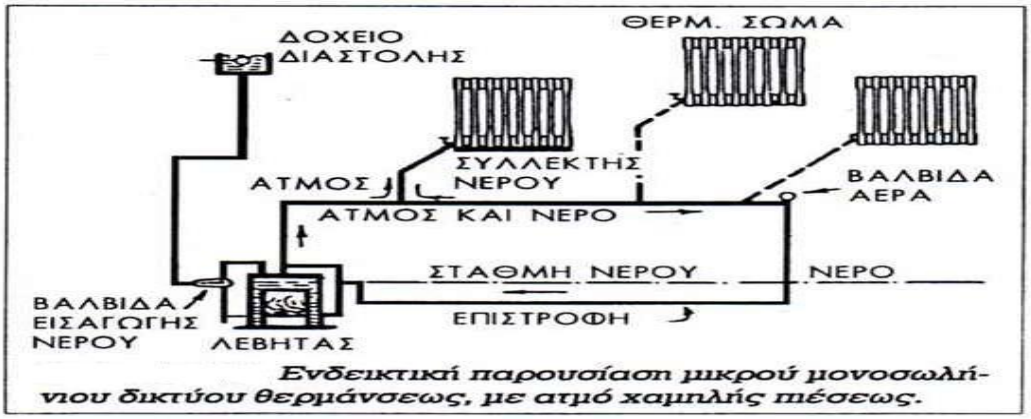
Ενδεικτική παρουσίαση διατάξεως δισωλήνιου συστήματος κεντρικής θερμάνσεως με ζεστό νερό, εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Τα θερμαντικά συστήματα "γεφυρώνουν" τους σωλήνες προσαγωγής και επιστροφής. Η αναγκαία διαφορά πιέσεως για τη ροή του ζεστού νερού στο κύκλωμα, επιτυγχάνεται με την προσθήκη κατάλληλης αντλίας, η οποία στην προκειμένη περίπτωση έχει επικρατήσει να ονομάζεται κυκλοφορητής.

(Εικ. 5.25, διάταξη δισωλήνιου συστήματος, πηγή 11)



Ενδεικτική παρουσίαση θερμάνσεως με σωληνώσεις θερμού νερού ενσωματωμένες στην οροφή. Στα πρώτα συστήματα του είδους η ρύθμιση του διακόπτη καθώριζε την αύξηση ή μείωση της παρεχόμενης θερμότητος στον χώρο.

(Εικ. 5.26, θέρμανση με σωληνώσεις νερού, πηγή 11)

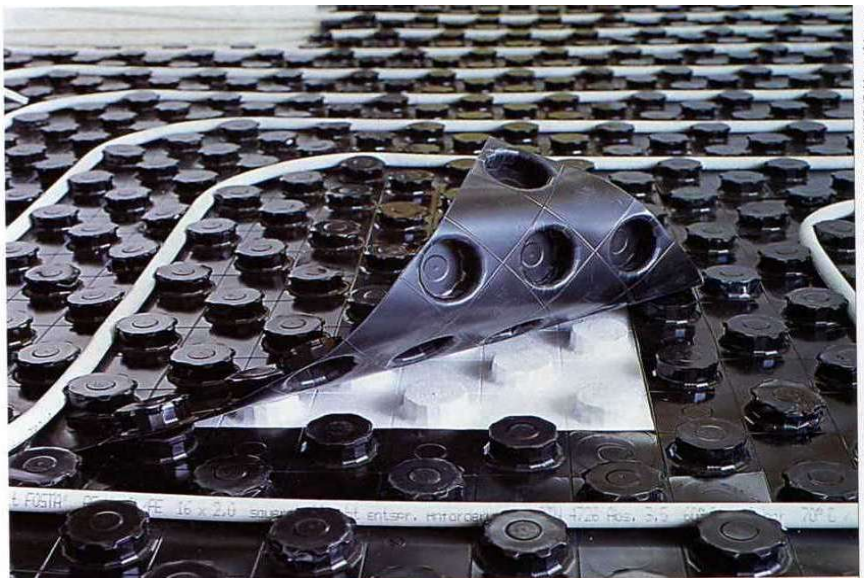


Ενδεικτική παρουσίαση μικρού μονοσωλήνιου δικτύου θερμάνσεως, με ατμό χαμηλής πίεσεως.

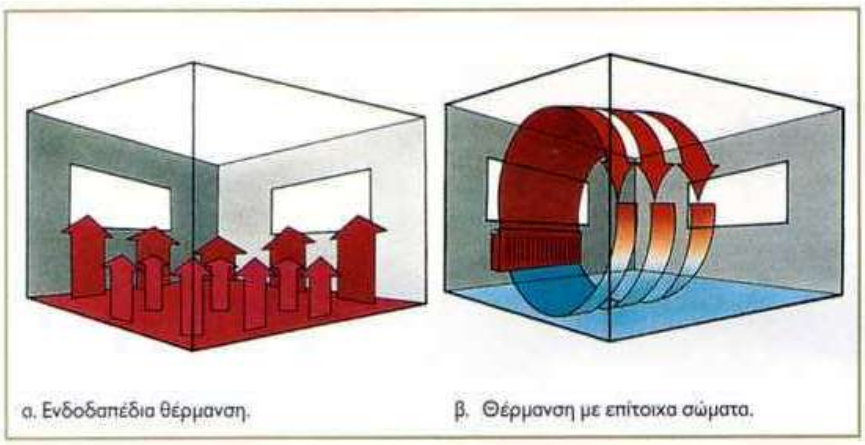
(Εικ. 5.27, μονοσωλήνιο δίκτυο θέρμανσης, πηγή 11)

Αυτός ο τύπος θέρμανσης είναι ο πιο υγιεινός όμως θεωρείται ξεπερασμένος στις μέρες μας σε ένα αμφιθέατρο και αυτό γιατί οι ψευδοροφές μας δίνουν την δυνατότητα να τοποθετούμε τα συστήματα κλιματισμού στην οροφή, εξοικονομώντας έτσι χώρο και δημιουργώντας ταυτόχρονα αισθητική διαμόρφωση μέσα σ' αυτό. [11]

Ενδοδαπέδιο σύστημα κεντρικής θέρμανσης και ψύξης



(Εικ. 5.28, ενδοδαπέδια θέρμανση, πηγή 20)



(Εικ. 5.29, ενδοδαπέδια θέρμανση, πηγή διαδίκτυο)

Το ενδοδαπέδιο σύστημα αποτελείται από τη κεντρική στήλη. Μέσα στο δάπεδο τοποθετούνται μονοί εύκαμπτοι σωλήνες σε διάταξη μαιάνδρων ή κύκλων. Η αρχή και το τέλος των σωλήνων αυτών συνδέονται με την προσαγωγή και την επιστροφή της στήλης αντίστοιχα. Η θερμότητα αποδίδεται στο χώρο από τους σωλήνες ενώ το νερό που κυκλοφορεί στα κυκλώματα είναι χαμηλής θερμοκρασίας. Το ενδοδαπέδιο σύστημα θεωρείται ιδιαιτέρα κατάλληλο για χώρους που δεν μπορούν να θερμανθούν ικανοποιητικά με κοινά θερμαντικά σώματα, όπως αυτός του αμφιθεάτρου.[20] Η μεγάλη διάδοση της θέρμανσης δαπέδου τα τελευταία χρονιά οφείλεται στο γεγονός ότι παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα:

1) Αποφεύγεται η τοποθέτηση θερμαντικών σωμάτων με αποτέλεσμα να μην διαταράσσεται η αισθητική του χώρου.
2) Επιτυγχάνεται η ομοιόμορφη θέρμανση όλου του χώρου.
3) Η θερμοκρασία του αέρα του χώρου είναι πλησιέστερα στην επιθυμητή (20^0C) και έτσι η θέρμανση από άποψη υγιεινής είναι πιο κατάλληλη.
4) Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει και με αυτονομία.

5) Δεν απαιτούνται θερμαντικά σώματα και συνεπώς προκύπτει εξοικονόμηση χώρου.
6) Άνετη και γρήγορη τοποθέτηση.
7) Ασφάλεια λειτουργίας της εγκατάστασης.
8) Μηδενική συντήρηση εγκατάστασης.
9) Μεγάλη διάρκεια ζωής.
10) Οικονομία στα μήκη των σωληνώσεων, οικονομική λειτουργία. [20]

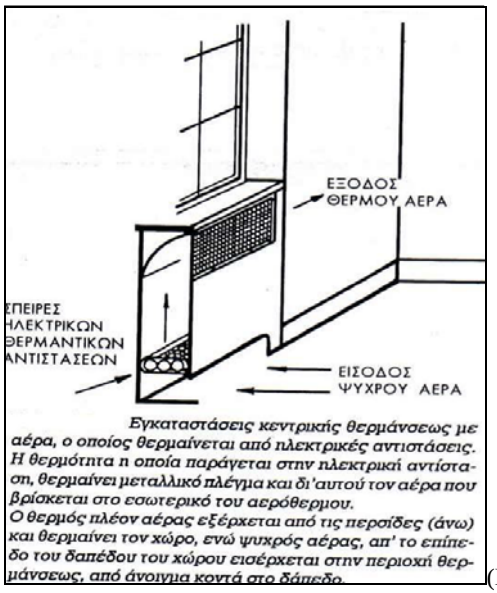
Το δάπεδο μπορεί να είναι από οποιοδήποτε υλικό. Θερμοκρασίες άνω των 26^0 C είναι δυσάρεστες όπως και θερμοκρασίες κάτω από 17^0 C. Για την υλοποίηση των στόχων της θέρμανσης δαπέδου η επαρκής θερμομόνωση συμβάλλει τα μέγιστα.
Ως μειονεκτήματα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε τα εξής:

1) Την έλλειψη δυνατότητας μετατροπών στο οριζόντιο δίκτυο, μετά την περάτωση της κατασκευές του.
2) Το υψηλό κόστος της κατασκευές, επειδή απαιτούνται πρόσθετες οικοδομικές εργασίες.
3) Τη μεγάλη αδράνεια που παρουσιάζεται στη θέρμανση του χώρου, αφού για να θερμανθεί ο αέρας, πρέπει πρώτα να θερμανθεί το δάπεδο.
4) Σε ιδιαιτέρα χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες η θέρμανση με το σύστημα αυτό δεν επαρκή με αποτέλεσμα να απαιτείται η υποστήριξη με άλλα συστήματα θέρμανσης.

Τα ίδια θερμικά κυκλώματα που λειτουργούν για την θέρμανση χρησιμοποιούνται και για την ψύξη. Αυτά συνδέονται στον οριχάλκινο και μη διαβρώσιμο σταθμό διανομής, ο οποίος προωθεί στα κυκλώματα τη θέρμανση ή τη ψύξη, που προέρχεται από τον λέβητα ή τον ψύκτη. Η ψύξη δαπέδου εξασφαλίζει την αίσθηση της δροσιάς που απαντάται στα παλιά πέτρινα σπίτια γιατί γίνεται χωρίς δημιουργία ρευμάτων αέρα. Η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του ανθρωπίνου σώματος και του συστήματος ψύξης γίνεται με ακτινοβολία και επιπλέον αποτελεί ένα οικολογικό σύστημα φιλικό στο περιβάλλον. Το σύστημα δεν δημιουργεί υγρασία στα δάπεδα, γιατί εκτός από τις μονωτικές πλάκες που λειτουργούν και ως φράγμα υδρατμών, εγκαθίσταται και ανεξάρτητο δίκτυο που τροφοδοτεί ένα σύστημα με ένα fan coil, για την αφύγρανση των χώρων και την καλύτερη απόδοση του συστήματος. Σε ότι αφορά το κόστος εγκατάστασης υπολογίζεται ότι η θέρμανση είναι περίπου 30% ακριβότερη, ενώ η ψύξη αρκετά φθηνότερη από τα αλλά συστήματα και το κόστος λειτουργίας είναι πολύ χαμηλότερο από κάθε άλλο συνδυασμό συστημάτων. [20]

Θέρμανση με αέρα

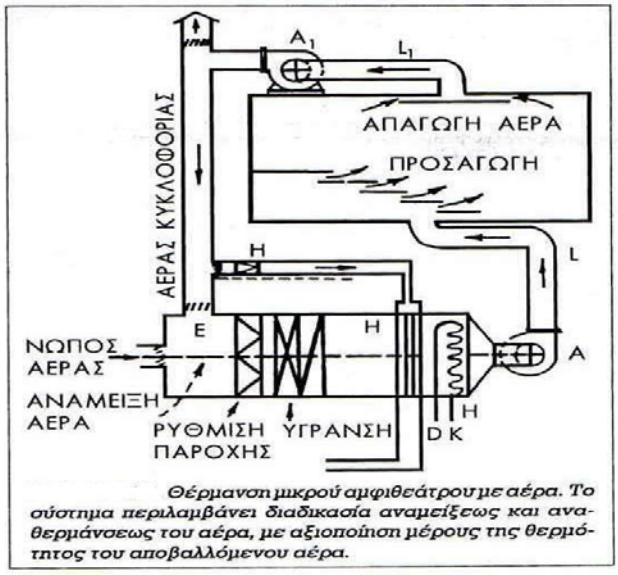
Ο φορέας της θερμότητας μεταφέρεται στους διάφορους χώρους με φυσική ή εξαναγκασμένη κυκλοφορία. Στη περίπτωση νερού ή ατμού χρησιμοποιούνται για την μεταφορά σωληνώσεις. Στην περίπτωση κατά την οποία φορέας της θερμότητας είναι αέρας χρησιμοποιούνται για την μεταφορά σωληνώσεις. Στη περίπτωση κατά την οποία φορέας της θερμότητας είναι αέρας, χρησιμοποιούνται αεραγωγοί. Η φυσική κυκλοφορία βασίζεται στη διαφορά ειδικού βάρους μεταξύ ζεστού και κρύου ρευστού. [11]
Η εξαναγκασμένη κυκλοφορία επιτυγχάνεται με την βοήθεια ειδικών ανεμιστήρων, που ωθούν ή αντλούν τον αέρα σε αεραγωγούς και μέσω στομίων παραγωγής τον οδηγούν στους θερμαινόμενους χώρους. Στόμια και αεραγωγοί επιστροφής ή απαγωγής παραλαμβάνουν τον αέρα που πρέπει να απομακρυνθεί από τους θερμαινόμενους χωρους. [11]



Εγκαταστάσεις κεντρικής θερμάνσεως με αέρα, ο οποίος θερμαίνεται από ηλεκτρικές αντιστάσεις. Η θερμότητα η οποία παράγεται στην ηλεκτρική αντίσταση, θερμαίνει μεταλλικό πλέγμα και δι'αυτού τον αέρα που βρίσκεται στο εσωτερικό του αερόθερμου. Ο θερμός πλέον αέρας εξέρχεται από τις περσίδες (άνω) και θερμαίνει τον χώρο, ενώ ψυχρός αέρας, απ' το επίπεδο του δαπέδου του χώρου εισέρχεται στην περιοχή θερμάνσεως, από άνοιγμα κοντά στο δάπεδο.

(Εικ. 5.30, εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης αέρος, πηγή 11)

Σε μεγάλους χώρους, όπως ένα αμφιθέατρο, παρουσίας πολλών ατόμων είναι πλήρως επιβεβλημένος ο μηχανικός αερισμός, δηλαδή η ελεγχόμενη διαδικασία ανανέωσης του αέρα στο χώρο. Η γενική αρχή λειτουργίας μιας πληρέστερης μονάδας θέρμανσης με αέρα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 5.31, το οποίο αναφέρεται σε αμφιθέατρο (μικρό). [11]



Θέρμανση μικρού αμφιθεάτρου με αέρα. Το σύστημα περιλαμβάνει διαδικασία αναμείξεως και αναθερμάνσεως του αέρα, με αξιοποίηση μέρους της θερμότητος του αποβαλλόμενου αέρα.

(Εικ. 5.31, θέρμανση με αέρα, πηγή 11)

Σ' αυτό το αμφιθέατρο η προσαγωγή του θερμού αέρα γίνεται με την βοήθεια του ανεμιστήρα (A) και του αεραγωγού (L). Η απαγωγή πραγματοποιείται με τον αεραγωγό (L_1) και τον ανεμιστήρα (A_1). Μέρος της αποβαλλομένης ποσότητας του αέρα οδηγείται στο περιβάλλον, ενώ η υπόλοιπη διχάζεται οδηγημένη στο κιβώτιο ανάμιξης (E) με το νωπό αέρα και στον εναλλάκτη θερμότητας (H). Το μίγμα νωπού και ανακλυφορούντος αέρα μετά τη ρύθμιση της υγρασίας του, οδηγείται στον εναλλάκτη (H), όπου παραλαμβάνει θερμότητα από τον αέρα που θα απορριφθεί στο

περιβάλλον και στη συνέχεια θερμαίνεται στην τελική αναγκαία θερμοκρασία με τη βοήθεια εναλλάκτη (DK) νερού ή ατμού. [11]
Για ένα αμφιθεατρο το οποίο χρειάζεται περιστασιακή και γρήγορη θέρμανση, η χρησιμοποίηση του αέρα αποτελεί την μοναδική οικονομική λύση. Στα πλεονεκτήματα των συστημάτων θέρμανσης με αέρα, αναφέρονται :

i. Ταχεία θέρμανση χώρων μεγάλου όγκου, λόγω της εξαναγκασμένης κυκλοφορίας και της κατανομής των ρευμάτων θερμού αέρα.
ii. Οικονομική λειτουργία στους χωρους περιορισμένου χρόνου χρήσης γιατί δεν απαιτείται σημαντικός χρόνος προθέρμανσης και δεν αποθηκεύεται στα τοιχώματα (θερμοαποθήκευση) θερμότητα που δεν θα χρησιμοποιηθεί επωφελώς.
iii. Δυνατότητα απλής ρύθμισης της θερμοκρασίας και ευελιξία ταχείας αναπροσαρμογής της, σύμφωνα με τις περιστασιακές πραγματικές ανάγκες.

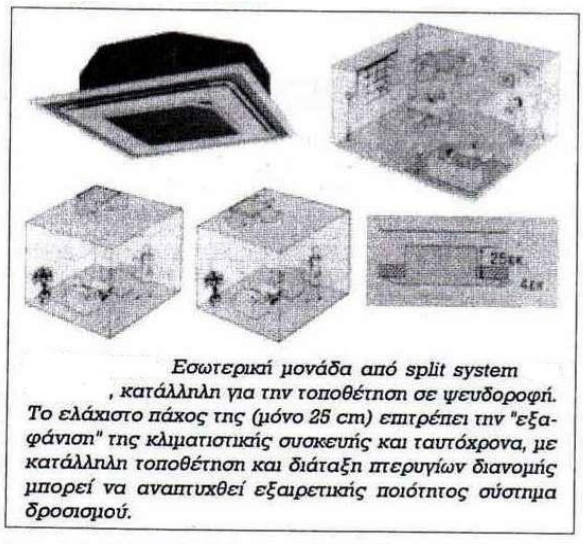
Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης με αέρα είναι επιθυμητή η δημιουργία μικρής υπερπίεσης στους θερμαινόμενους χωρους, για να αποκλειστεί ο κίνδυνος εισροής ανεπιθύμητων ψυχρών ρευμάτων στους χωρους. Ταυτόχρονα η υπερπίεση αυτή δεν πρέπει να υπερβαίνει κάποια μέγιστη τιμή, για να υπάρχει κίνδυνος να προκύψει υπερβολική σπατάλη ενεργείας, λόγω διαφυγής θερμού αέρα προς το περιβάλλον από τις χαραμάδες και τα περιστασιακά ανοίγματα των θυρών και παραθύρων. [11]

Παράλληλη εξέταση των συστημάτων κεντρικής θέρμανσης

Γενικά τα συστήματα θέρμανσης με ρεύματα θερμού αέρα, παρουσιάζουν πολύ γρηγορότερα αποτελέσματα, ζεσταίνουν δηλαδή πολύ γρηγορότερα και συχνά προσφέρουν την δυνατότητα να βελτιώνεται, ταυτόχρονα με την θέρμανση και η ποιότητα του αέρα των κλειστών χωρών. Στα αμφιθέατρα είναι περισσότερο διαδεδομένη η θέρμανση με αέρα ή η χρησιμοποίηση ατμού χαμηλής πίεσης, ώστε να επιτυγχάνεται η γρήγορη προσαρμογή του περιβάλλοντος στις θερμοκρασιακές απαιτήσεις. Με τις σημερινές κατασκευαστικές δυνατότητες υπάρχει χώρος κατάλληλος για την τοποθέτηση του απαιτούμενου εξοπλισμού, διαμορφώνοντας ψευδοροφή με αεραγωγούς και έτσι μπορούμε να επιτύχουμε και οικονομικό και απόλυτα λειτουργικό σύστημα θέρμανσης με αέρα. Αξίζει να αναφέρουμε ότι τα τελευταία χρόνια, κυρίως στους χωρους οπού οι άνθρωποι εργάζονται πνευματικά, είναι περισσότερο διαδεδομένη αντί της θέρμανσης με αέρα, η χρησιμοποίηση ολοκληρωμένων μονάδων κλιματισμού, ιδίως στις περιοχές όπου είναι ενοχλητικές οι υψηλές θερινές θερμοκρασίες και η προσθετή δαπάνη για το ψυκτικό συγκρότημα δεν είναι οικονομικά απαγορευτική. [11]

Κεντρικά συστήματα κλιματισμού

Στα κεντρικά συστήματα κλιματισμού, το κεντρικό μηχανοστάσιο βρίσκεται σχετικά μακριά από τους κλιματιζόμενους χωρους. Οι τερματικές μονάδες που βρίσκονται σε κάθε χώρο συνδέονται με το κεντρικό μηχανοστάσιο, με τη βοήθεια καταλλήλων αγωγών (αεραγωγών, νερού ζεστού-κρύου, ψυκτικού).
Κύριο χαρακτηριστικό και ταυτόχρονα σοβαρό πλεονέκτημα είναι ότι στο κεντρικό κλιματισμό με αεραγωγούς, γίνεται ρύθμιση και της υγρασίας του αέρα. Επιτυγχάνεται δηλαδή η καλύτερη δυνατή προσέγγιση της κλιματικής άνεσης.
Ο κεντρικός κλιματισμός αποτελεί τη μόνη τεχνικά και οικονομικά αποδεκτή λύση για μεγάλα κτίρια, όπως αμφιθέατρα. [11]



Εσωτερική μονάδα από split system , κατάλληλη για την τοποθέτηση σε ψευδοροφή. Το ελάχιστο πάχος της (μόνο 25 cm) επιτρέπει την "εξαφάνιση" της κλιματιστικής συσκευής και ταυτόχρονα, με κατάλληλη τοποθέτηση και διάταξη πτερυγίων διανομής μπορεί να αναπτυχθεί εξαιρετικής ποιότητος σύστημα δροσισμού.

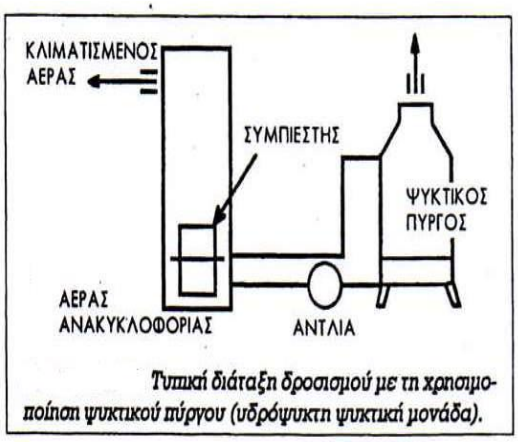
(Εικ. 5.32, split system, πηγή 11)

Μια κεντρική κλιματιστική εγκατάσταση περιλαμβάνει:

- Την κεντρική κλιματιστική μονάδα (την οποία συγκροτούν το τμήμα θερμικής επεξεργασίας και ρυθμίσεων της θερμοκρασίας του αέρα, οι ανεμιστήρες, το κιβώτιο μείξης νωπού και ανακυκλοφορούντος αέρα και τα φίλτρα).
- Το δίκτυο σωληνώσεων ή /και αεραγωγών.
- Τα στοιχεία τοπικής επεξεργασίας του αέρα ή προσαγωγής κλιματισμένου αέρα, ή /και παραλαβής αέρα επιστροφής.
- Τους αυτοματισμούς και τα ανάλογα συστήματα ελέγχου, που είναι απαραίτητα για την προσαρμογή της μονάδας στις ανάγκες των χώρων. [11]

Οι κεντρικές κλιματικές μονάδες αποτελούνται από :

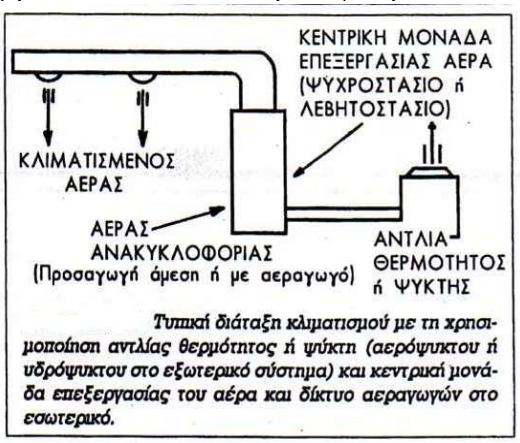
- Θερμαντικά στοιχεία (COILS). Οι εναλλάκτες αυτοί, ανάλογα με το θερμαινόμενο μέσο, διακρίνονται σε στοιχεία νερού, ατμού ή ηλεκτρικά. Ο σχεδιασμός τους γίνεται σε τρόπο ώστε η ταχύτητα του αέρα δια μέσου της μετωπικής τους επιφανείας, να κατανέμεται ομοιόμορφα και να μην υπάρχει περιττή αντίσταση στη ροή του αέρα. Χρησιμοποιούνται για τη κατασκευή τους υλικά που δεν διαβρώνονται (χαλκός, αλουμίνιο), και πρέπει να προβλέπεται ο εύκολος καθαρισμός τους.
- Ψυκτικά στοιχεία. Τα ψυκτικά στοιχεία κατασκευάζονται από χαλκοσωλήνες, συνήθως με πτερύγια από χαλκό ή αλουμίνιο και είναι χωρισμένα σε τμήματα. Το κέλυφος κάθε τμήματος γνωρίζουμε ότι κατασκευάζεται από γαλβανισμένη λαμαρίνα και πρέπει να έχει κατάλληλες εγκοπές (λούκια) για την συλλογή των συμπυκνωμάτων.



Τυπική διάταξη δροσισμού με τη χρησιμοποίηση ψυκτικού πύργου (υδρόψυκτη ψυκτική μονάδα).

(Εικ. 5.33, υδρόψυκτη ψυκτική μονάδα, πηγή 11)

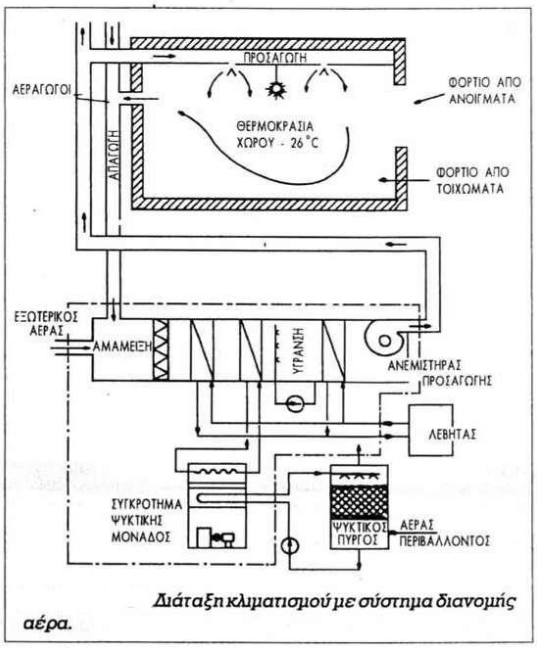
- Κιβώτιο παραλαβής του αέρα. Είναι χώροι με κατασκευές στους οποίους προσάγεται ο νωπός αέρας που θα ανακυκλοφορήσει στο δίκτυο. Στα σημεία εισόδου του αέρα παρεμβάλλονται κατάλληλα φίλτρα. Εάν χρειάζεται να δημιουργηθεί μια τοπική υποπίεση τοποθετούνται κατάλληλη φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες. Οι αναλογίες ανάμιξης νωπού και ανακυκλοφορούντος αέρα, εξαρτώνται από την διατομή των αντιστοίχων αεραγωγών προσαγωγής, τις πιέσεις στα σημεία άφιξης και την κλίση που δίνεται στα πτερύγια κατάλληλων διαφραγμάτων.



Τυπική διάταξη κλιματισμού με τη χρησιμοποίηση αντλίας θερμότητος ή ψύκτη (αερόψυκτου ή υδρόψυκτου στο εξωτερικό σύστημα) και κεντρική μονάδα επεξεργασίας του αέρα και δίκτυο αεραγωγών στο εσωτερικό.

(Εικ. 5.34, διάταξη κλιματισμού, πηγή 11)

- Ρυθμιστές υγρασίας. Το σύστημα θέρμανσης ή ψύξης του αέρα, συνδυάζεται συνήθως με συστήματα ύγρανσης ή αφυγράνσεως του αέρα.
- Κιβώτια ανεμιστήρων. Ειδικά κιβώτια με ανεμιστήρες προσφέρουν την αναγκαία στατική πίεση για την αναχώρηση του κλιματισμένου αέρα και την προώθηση του στους αεραγωγούς που θα τον διοχετεύσουν στους κλιματιζόμενους χωρους. [11]



Διάταξη κλιματισμού με σύστημα διανομής αέρα.

Οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες που εξασφαλίζουν πλήρως κλιματισμένο αέρα, διαθέτουν όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία, όμως υπάρχουν και άλλα συστήματα όπου ο φορέας της θερμικής ενεργείας ή του δροσισμού είναι το νερό ή ψυκτικό μέσω ή διάφοροι συνδυασμοί. Οι εγκαταστάσεις κεντρικού κλιματισμού διακρίνονται σε: συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα, μόνο με νερό, με αέρα-νερό, με ψυκτικό ρευστό στις τερματικές μονάδες. [11]

(Εικ. 5.35, διάταξη κλιματισμού, πηγή 11)

<u>Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα</u>

Διακρίνονται σε συστήματα σε συστήματα απλής και διπλής διανομής:

- Τα συστήματα απλής διανομής είναι τα συστήματα που έχουν τους εναλλάκτες της ψύξης και της θέρμανσης του προσαγόμενου αέρα εν

σειρά, ως προς τη ροή τους, και χρησιμοποιούν ένα και μονό δίκτυο αεραγωγών για την προσαγωγή του αέρα στα στόμια. Έτσι η θερμοκρασία του αέρα σε όλο το δίκτυο καταλήγει να είναι η ιδία. Στην απλούστερη μορφή τους είναι σταθερής παροχής ενώ ανάλογα με τις συνθήκες μεταβάλλεται η θερμοκρασία του προσαγομένου αέρα. Πιο σύνθετο είναι το σύστημα μεταβαλλόμενης παροχής, οπού η θερμοκρασία του προσαγομένου αέρα είναι σταθερή και αναλογη με τις ανάγκες μεταβάλλεται μόνο η παροχή του αέρα στο χώρο.

- Τα συστήματα διπλής διανομής. Είναι τα συστήματα που έχουν τους εναλλάκτες της ψύξης και της θέρμανσης του προσαγομένου αέρα σε παράλληλη διάταξη ως προς τη ροή του αέρα που προσάγεται. Χρησιμοποιούν για την διανομή του αέρα είτε ένα διπλό δίκτυο αεραγωγών με τις τερματικές συσκευές προσαγωγής, όπου και αναμιγνύονται τα δυο ρεύματα αέρα, είτε ένα ξεχωριστό δίκτυο αεραγωγών προσαγωγής για κάθε ζώνη, αφού έχει γίνει προηγουμένως η ανάμειξη ψυχρού και θερμού αέρα σε μια κλιματιστική μονάδα. [11]

Συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό

Τα συστήματα κλιματισμού που λειτουργούν μόνο με νερό επιτυγχάνουν το δροσισμό (ή και την θέρμανση) του αέρα των κλιματιζόμενων χώρων διανέμοντας τις τερματικές μονάδες ψυχρό νερό που κατασκευάζεται σε κεντρική εγκατάσταση. Συνήθως τα συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό, είναι τα συστήματα που έχουν ως τερματικές μονάδες τοπικές συσκευές ανεμιστήρα στοιχειού (Τ.Μ.Α.Σ.). Το βασικό σύστημα Τ.Μ.Α.Σ. αποτελείται από κεντρική εγκατάσταση παραγωγής ψυχρού-θερμού νερού, τοπικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου στους κλιματιζόμενους χωρους και δίκτυο κυκλοφορίας του νερού με σύστημα δυο σωλήνων. Το σύστημα αυτό παρέχει μόνο ψύξη ή μόνο θέρμανση σε όλους τους κλιματιζόμενους χωρους ενός αμφιθεάτρου, διότι το ζεστό ή το κρύο νερό κυκλοφορεί στους ιδίους σωλήνες. Βελτίωση αυτού του συστήματος είναι το σύστημα πολλαπλών σωλήνων, που εξασφαλίζει τη ταυτόχρονη διάθεση ψυχρού κι θερμού νερού. Έτσι έχουμε το σύστημα τριών σωλήνων όπου υπάρχουν: ένας σωλήνας προσαγωγής ψυχρού νερού, ένας σωλήνας προσαγωγής ζεστού νερού και ένας σωλήνας κοινής επιστροφής. Μειονέκτημα αυτού του συστήματος αποτελεί η απώλεια ενεργείας κατά την ανάμειξη ψυχρού και ζεστού νερού στην επιστροφή. Αυτό το αντιμετωπίζουμε με το σύστημα τεσσάρων σωλήνων.
Τέλος το πρόβλημα του αερισμού των κλιματιζόμενων χωρών με οποιοδήποτε σύστημα από τα παραπάνω αντιμετωπίζεται, είτε με φυσική διείσδυση, είτε με ανοίγματα στους εξωτερικούς τοίχους, είτε με εισαγωγή στο χώρο μη επεξεργασμένου νωπού αέρα μέσω των Τ.Μ.Α.Σ., από έναν κεντρικό αγωγό διανομής νωπού αέρα. [11]

Συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού

Στα συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού, για την διαμόρφωση των επιθυμητών συνθηκών του αέρα στους κλιματιζόμενους χωρους, προσάγονται από κεντρικές εγκαταστάσεις ταυτόχρονα νερό και επεξεργασμένος αέρας.
Ο προσαγόμενος επεξεργασμένος αέρας αντιμετωπίζει τις ανάγκες αερισμού του χώρου και αναλαμβάνει ταυτόχρονα σημαντικό μέρος του θερμικού φορτιού.

Η τελική διαμόρφωση των επιθυμητών συνθηκών γίνεται από κατάλληλη τερματική μονάδα που τροφοδοτείται με νερό.
Πρόκειται για κεντρικά συστήματα κλιματισμού, που μπορούν να αντιμετωπίσουν έναν απεριόριστο αριθμό ζωνών και αναγκών ψύξης και θέρμανσης ταυτόχρονα.
Επειδή το νερό έχει μεγαλύτερη πυκνότητα και ειδική θερμοκρασία από τον αέρα, η συνολική διατομή των σωλήνων και των αεραγωγών που οδεύουν προς τους κλιματιζόμενους χωρους, είναι μικρότερη σε σχέση με την αντιστοιχεί συνολική διατομή στα συστήματα μόνο με αέρα. Τα δίκτυα διανομής νερού μπορεί να είναι δυο, τριών ή τεσσάρων σωλήνων, όπως και στα συστήματα μόνο με νερό. [11]

Συστήματα κλιματισμού με ψυκτικό ρευστό στις τερματικές μονάδες

Στα συστήματα αυτά κυκλοφορεί μόνο ψυκτικό ρευστό, το οποίο οδηγείται σε κατάλληλες τερματικές μονάδες στους κλιματιζόμενους χώρους. Οι τερματικές μονάδες μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους, ανάλογα με τις ανάγκες και την χρήση του χώρου.
Τα συστήματα αυτού του είδους διαθέτουν αρκετά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα.
Στα πλεονεκτήματα αναφέρονται οι δυνατότητες κάλυψης ποικιλίας αναγκών, που διαφέρουν ως προς τη θερμοκρασία ή τη χρονική στιγμή που πρέπει να καλυφθούν.
Στα μειονεκτήματα αναφέρονται η παρουσία ψυκτικού ρευστού μέσα στους χωρους και η ανάγκη να χρησιμοποιούνται ισχυρά ψυκτικά μέσα, όπως το R22, των οποίων όμως έχει αρχίσει να περιορίζεται η χρήση για λογούς περιβαλλοντικούς, χωρίς να είναι διαθέσιμα ανάλογου ισχύος νέα ψυκτικά ρευστά. [11]

5.3 Έλεγχος θορύβου στις εγκαταστάσεις κλιματισμού

Θόρυβος είναι κάθε ανεπιθύμητος ήχος, που ενοχλεί τα άτομα που εργάζονται σε ένα χώρο. Πηγές θορύβου μπορούν να υπάρχουν τόσο στο εξωτερικό όσο και στο εσωτερικό περιβάλλον του χώρου.
Ο μηχανολογικός εξοπλισμός και ιδιαιτέρα τα συστήματα κλιματισμού-αερισμού είναι μια από τις πηγές θορύβου μέσα σε ένα χώρο. Γνωρίζουμε ότι η ακουστική σε ένα αμφιθεατρο είναι ένας πολύ σημαντικός τομείς μελέτης για τους μηχανικούς και ο κλιματισμός μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα με την πρόκληση θορύβου κατά την λειτουργία του. Οι μηχανικοί που μελετούν τα συστήματα κλιματισμού, συνήθως επικεντρώνονται στην επίτευξη εσωτερικών συνθηκών θερμικής άνεσης και στην εξασφάλιση ανεκτής ποιότητας εσωτερικού αέρα στους χωρους ενός αμφιθεάτρου, ενώ τα προβλήματα που μπορεί να δημιουργήσουν τα συστήματα από πλευράς θορύβου συνήθως δεν αντιμετωπίζονται. Η επιλογή του εξοπλισμού και ο σχεδιασμός της εγκατάστασης πρέπει να γίνεται:

i. Με βάση την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών απαιτήσεων του κτιρίου και την εξασφάλιση της θερμικής άνεσης και της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και
ii. Λαμβάνοντας υπόψη τη δημιουργία αποδεκτής στάθμης θορύβου και κραδασμών μέσα στο αμφιθεατρο. [21]

Στις περισσότερες περιπτώσεις η αντιμετώπιση των συστημάτων από πλευράς θορύβου περιορίζεται στην προσθήκη ηχοαποσβεστήρων στα δίκτυα των αεραγωγών, στην τοποθέτηση υλικών επικάλυψης στην εσωτερική ή εξωτερική πλευρά των αεραγωγών και των ειδικών τεμαχίων τους και στην τοποθέτηση αντικραδασμικών διατάξεων στις βάσεις των μηχανημάτων ή στις αναρτήσεις των σωλήνων και των

αεραγωγών. Οι διατάξεις αυτές μπορούν να ελαττώσουν το θόρυβο και τους κραδασμούς σε μια εγκατάσταση κλιματισμού–αερισμού, αλλά αν δεν ενσωματωθούν σωστά, μπορούν να ελαττώσουν την απόδοση του συστήματος ή ακόμα και να δημιουργήσουν επιπλέον προβλήματα.
Επομένως ο σχεδιασμός για τον έλεγχο του θορύβου και των κραδασμών πρέπει να αρχίσει από τα πρώτα στάδια της αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης του αμφιθεάτρου και της μελέτης της εγκατάστασης κλιματισμού. Με το τρόπο αυτό είναι δυνατόν το κόστος για την εφαρμογή ορισμένων μέτρων να ελαχιστοποιηθεί. [21]

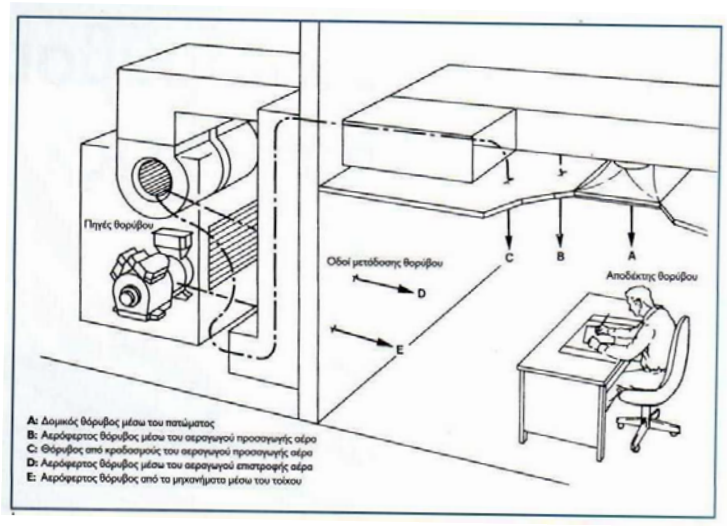
Πηγές θορύβου που έχουν σχέση με το σύστημα κλιματισμού–αερισμού

Α) Τα μηχανήματα της κεντρικής εγκατάστασης, δηλαδή οι ψυκτικές μονάδες, οι λέβητες, οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, οι ανεμιστήρες, οι αντλίες, οι πύργοι ψύξης, κλπ. Τα μηχανήματα αυτά μπορεί να είναι εγκατεστημένα, είτε μέσα στο αμφιθεατρο, είτε εκτός του αμφιθεάτρου (πχ οι πύργοι ψύξης, οι ανεμιστήρες, οι ψυκτικές μονάδες) και αποτελούν τις κυριότερες πηγές θορύβου και κραδασμών στις εγκαταστάσεις κλιματισμού–αερισμού.
Β) Τα δίκτυα διανομής, δηλαδή οι αεραγωγοί, οι σωληνώσεις και τα εξαρτήματα τους (βαλβίδες, διαφράγματα, κλπ). Θόρυβος και κραδασμοί από τα δίκτυα διανομής παράγονται :

- Λόγω υψηλής ταχύτητας του αέρα στους αεραγωγούς και στα διαφράγματα ή λόγω διαρροών.
- Λόγω μεγάλης ταχύτητας ροής στις σωληνώσεις και στα εξαρτήματα τους.
- Λόγω ταλάντωσης των τοιχωμάτων των αεραγωγών και των σωληνώσεων νερού.
- Λόγω τυρβώδους ροής στην έξοδο των ανεμιστήρων και στα εξαρτήματα αλλαγής κατεύθυνσης-διατομής.

Γ) Οι συσκευές μέσα στους κλιματιζόμενους χωρους, δηλαδή τα fan-coils, τα κιβώτια ανάμειξης αέρα, οι τερματικές μονάδες διανομής αέρα, οι αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες, οι εξαεριστήρες, τα στόμια, κλπ. [21]

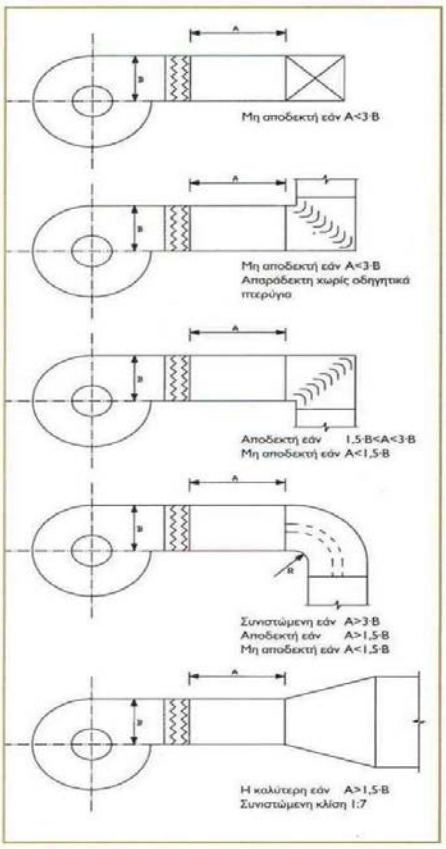
Μετάδοση του θορύβου



(Εικ. 5.36, μετάδοση του θορύβου, πηγή 21)

Οι θόρυβοι οι οποίοι παράγονται από όλα τα μηχανήματα και τις συσκευές, μεταδίδονται είτε μέσω του αέρα, είτε μέσω της στερεάς κατασκευές του αμφιθεάτρου με την μορφή κραδασμών. Ο αερόφερτος θόρυβος μεταδίδεται στο αμφιθεατρο μέσω των ανοιγμάτων ή μέσω του συστήματος διανομής του αερα. [21]

Ο κτυπογενής θόρυβος μεταδίδεται μέσω των δομών του οικοδομήματος (τοίχοι, δάπεδα, κλπ). Οι θόρυβοι που παράγοντες από πηγές εκτός αμφιθεάτρου, μπορεί να μεταδίδονται μέσα στο χώρο και από τα στόμια λήψης νωπού αέρα ή από τα στόμια απόρριψης του αέρα. Επίσης, ο θόρυβος που παράγεται από το σύστημα κλιματισμού-αερισμού μπορεί να μεταδίδεται και προς τις γειτονικές χρήσεις του ιδίου του αμφιθεάτρου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της περίπτωσης αποτελούν οι πύργοι ψύξης και αερόψυκτες ψυκτικές μονάδες, που εγκαθίστανται πάντοτε στο εξωτερικό περιβάλλον. [21]



(Εικ. 5.37, διαμορφώσεις εξόδου ανεμιστήρων, πηγή 21)

(Εικ. 5.38, στήριξη ανεμιστήρα με αντιδονητικές διατάξεις σε κεντρική κλιματιστική μονάδα, πηγή 21)

Τεχνικές ελέγχου του θορύβου

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων, που μπορεί να δημιουργήσει ο θόρυβος και κραδασμοί από τα συστήματα κλιματισμού αερισμού πρέπει αρχικά να εξετάζονται οι πηγές θορύβου, οι οδοί μετάδοσης του θορύβου και οι αποδεκτές. Οι αποδέκτες του θορύβου μέσα σε ένα αμφιθεατρο είναι οι άνθρωποι που κάνουν χρήση του συγκεκριμένου χώρου. Οι μελετητές των συστημάτων πρέπει με κατάλληλες επεμβάσεις στις πηγές θορύβου και με κατάλληλη διαμόρφωση των οδών μετάδοσης να εξασφαλίζουν τις επιθυμητές στάθμες θορύβου μέσα σε ένα αμφιθεατρο. [21]

Επιλογή κεντρικών μηχανημάτων

Ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει στη φάση της προμελέτης του αμφιθεάτρου να κάνει μια αρχική εκτίμηση του μεγέθους των κεντρικών μηχανημάτων της εγκατάστασης. Για ικανοποιητικό έλεγχο του θορύβου πρέπει να επιλέγονται μηχανήματα όσο το δυνατόν πιο αθόρυβα. [21]

Θέσεις και διαστάσεις χωρών μηχανοστασίων κλιματισμού

Οι χώροι τοποθέτησης των ψυκτικών μονάδων, των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων, των ανεμιστήρων, των πύργων ψύξης, των λεβήτων, των αντλιών και γενικά των μηχανημάτων που παράγουν θόρυβο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μακριά από τον κύριο χώρο του αμφιθεάτρου. [21]

(Εικ. 5.39, στο μηχανοστάσιο κλιματισμού πρέπει να υπάρχει αρκετός χώρος για την είσοδο του νωπού αέρα, για τη σωστή διαμόρφωση των αεραγωγών και για την τοποθέτηση ηχοαποσβεστήρων, πηγή 21)

Σχεδιασμός των συστημάτων

1) Ανεμιστήρες και κεντρικές κλιματιστικές μονάδες

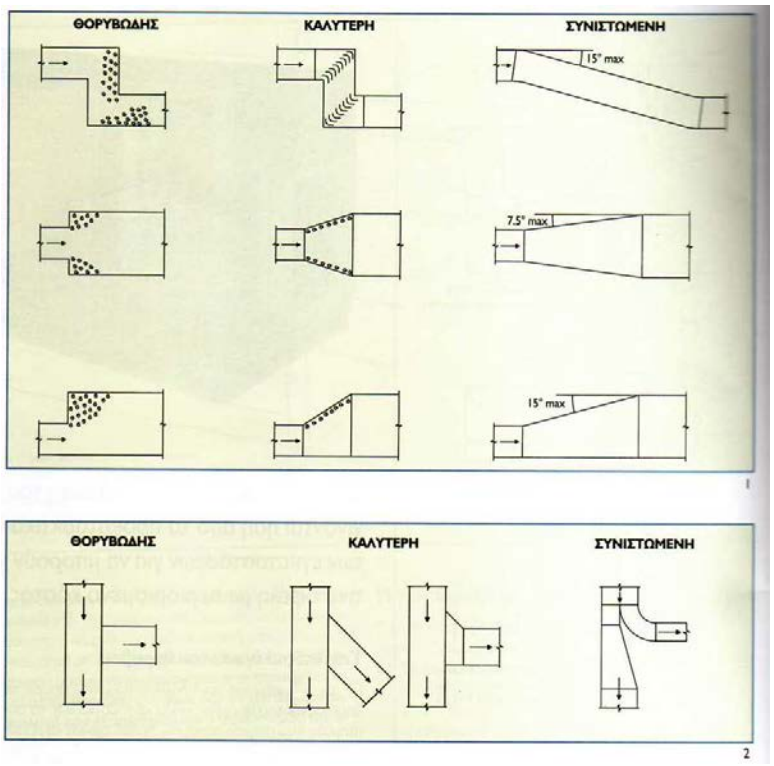
Η λανθασμένη επιλογή και εγκατάσταση των ανεμιστήρων και των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων είναι η αιτία των περισσοτέρων προβλημάτων θορύβου. Ο αριθμός και η έκταση των προβλημάτων μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την επιλογή μηχανημάτων που έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης και μεταφέρουν τον αέρα σε ένα δίκτυο αεραγωγών το οποίο είναι σχεδιασμένο με τη μικρότερη εφικτή πτώση πίεσης του αέρα. Οι κανόνες που πρέπει να εφαρμόζονται είναι:

- Επιλογή ανεμιστήρων με μεγάλο βαθμό απόδοσης.
- Επιλογή χαμηλών ταχυτήτων στη κατάθλιψη των ανεμιστήρων.
- Επιλογή σημείου λειτουργίας των ανεμιστήρων στην δεξιά πλευρά της καμπύλης λειτουργίας και μακριά από την περιοχή αστάθειας.
- Στήριξη των ανεμιστήρων σε αντιδονητικές διατάξεις.
- Εγκατάσταση αντικραδασμικών συνδέσμων ανάμεσα στο στόμιο κατάθλιψης των ανεμιστήρων και στον αεραγωγό προσαγωγής.
- Διατήρηση ενός ευθυγράμμου τμήματος αεραγωγού μετά το σύνδεσμο του ανεμιστήρα, με μήκος 1,5 έως 3 φορές τη μεγαλύτερη διάσταση του στομίου του ανεμιστήρα. Το ευθύγραμμο τμήμα συμβάλλει στη μείωση της διαταραχής του αέρα και του θορύβου που δημιουργείται. Το ηχοαπορροφητικό στρώμα συμβάλλει στην απορρόφηση του θορύβου.
- Αποφυγή αποτόμων διευρύνσεων της διατομής του αεραγωγού στην κατάθλιψη των ανεμιστήρων.
- Τοποθέτηση ηχοαποσβεστήρων, γωνιών, καμπύλων, διακλαδώσεων, συνενώσεων, κλπ σε απόσταση όχι μικρότερη από τρεις ισοδύναμες διαμέτρους των αεραγωγών από την κεντρική κλιματιστική μονάδα. [21]

2) Δίκτυο αεραγωγών

Τα δίκτυα αεραγωγών πρέπει να σχεδιάζονται με τρόπο τέτοιο ώστε να καταλαμβάνουν το μικρότερο δυνατό χώρο με ένα λογικό κόστος λειτουργίας. Ο λανθασμένος σχεδιασμός των δικτύων, που πολλές φορές προέρχεται από την έλλειψη καταλλήλου χώρου για την όδευση των αεραγωγών, μπορεί να δημιουργήσει τυρβώδη ροή και υπερβολική πτώση πίεσης του αέρα με αποτέλεσμα θορύβους που δύσκολο και δαπανηρό να περιοριστούν. Οι κανόνες που πρέπει να εφαρμόζονται είναι :

- Επιλογή υλικού κατασκευής αεραγωγών με χαμηλές απώλειες τριβής.
- Σχεδιασμός του δικτύου αεραγωγών ανάλογα με τις διαστάσεις τους.
- Σχεδιασμός καμπύλων για την αλλαγή κατεύθυνσης του αέρα με τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες πίεσης.
- Σχεδιασμός διακλαδώσεων, συνενώσεων, συστολών-διαστολών και άλλης κατεύθυνσης με τέτοιο τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες πίεσης και ο παραγόμενος θόρυβος. Στην Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ 2423/86 δίνονται οδηγίες για την διαμόρφωση όλων των παραπάνω στοιχείων των δικτύων αεραγωγών.
- Τοποθέτηση, όπου απαιτείται, απαραίτητης εσωτερικής επένδυσης από ηχοαπορροφητικό στρώμα για την απορρόφηση των θορύβων.
- Στήριξη των αεραγωγών στα οικοδομικά στοιχεία με στηρίγματα, που εξασφαλίζουν απόλυτη στερεότητα και ακαμψία.
- Εξωτερική επένδυση των αεραγωγών με ελαστικό υλικό, όταν διασχίζουν τοίχους ή δάπεδα. [21]



(Εικ. 5.40, συνιστώμενες διαμορφώσεις για ελαχιστοποίηση θορύβου σε διευρύνσεις και σε αλλαγές κατεύθυνσης των αεραγωγών, πηγή 21)

(Εικ. 5.41, συνιστώμενες διαμορφώσεις για ελαχιστοποίηση του θορύβου σε διακλαδώσεις αεραγωγών, πηγή 21)

3) <u>Στόμια αέρα</u>

- Επιλογή στομίων με χαμηλή ταχύτητα αέρα.
- Τοποθέτηση στομίων αέρα μέσα στο αμφιθεατρο, όσο το δυνατό μακρύτερα από καμπύλες και αλλαγές κατεύθυνσης των αεραγωγών.

- Ανάλογα με τη παροχή αέρα τοποθέτηση περισσοτέρων στομίων προσαγωγής αντί για ένα στόμιο με μεγάλες διαστάσεις και υψηλή ταχύτητα αέρα. [21]

4) Φρεάτια όδευσης αεραγωγών

Η θέση και οι διαστάσεις αυτών των φρεατίων πρέπει να γίνονται με συνεργασία του μηχανικού που μελετά τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και του αρχιτέκτονα μηχανικού. Ειδικά για τα δίκτυα αεραγωγών πρέπει:

- Τα φρεάτια να τοποθετούνται μακριά από χωρους στους οποίους απαιτείται χαμηλή στάθμη θορύβου.
- Οι διαστάσεις των φρεατίων να είναι τέτοιες, ώστε η απόσταση κάθε αεραγωγού από τους τοίχους του φρεατίου να είναι ίση με 150mm. [21]

5) Ηχοαποσβεστήρες

Προορισμός τους είναι η μείωση της στάθμης του θορύβου που παράγεται από τους ανεμιστήρες και μεταφέρεται μέσω του αέρα και των αεραγωγών στους χωρους ή στο περιβάλλον. Για καλύτερα αποτελέσματα πρέπει να δίνεται προσοχή στη θέση τοποθέτησης τους. [21]

6) Πύργοι ψύξης

Η κυριότερη πηγή θορύβου στους πύργους ψύξης είναι οι φυγοκεντρικοί (είναι λιγότερο θορυβώδεις) ή οι αξονικοί ανεμιστήρες που είναι ενσωματωμένοι στα μηχανήματα αυτά για την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα. Οι κανόνες που πρέπει να εφαρμόζονται είναι :

- Επιλογή πύργων ψύξης με χαμηλή στάθμη θορύβου.
- Τοποθέτηση σε απόσταση τουλάχιστον 6 μέτρων από τοίχους.
- Προσανατολισμός των πύργων ψύξης ώστε να μην βλέπουν σε τοίχους.
- Τοποθέτηση σε κατάλληλες βάσεις με αντιδονητικά στηρίγματα.
- Τοποθέτηση γύρω από τα μηχανήματα ακουστικών φραγμάτων από ηχομονωτικά πετάσματα. [21]

7) Ψυκτικές μονάδες

Οι υδραυλικές συνδέσεις των ψυκτικών μονάδων με τα δίκτυα σωληνώσεων πρέπει να γίνονται με εύκαμπτα στοιχεία για την αποφυγή κραδασμών. [21]

8) Λέβητες

Οι απολήξεις των καπνοδόχων πρέπει να τοποθετούνται μακριά από το αμφιθεατρο, έτσι ώστε ο υπόκωφος θόρυβος που παράγεται να μην φτάνει σε εξωτερικά ανοίγματα. [21]

9) Αντλίες-σωληνώσεις

Η λανθασμένη επιλογή αντλιών ή η λειτουργία του υδραυλικού συστήματος σε χαμηλή πίεση μπορεί να προκαλέσουν σπηλαίωση και επομένως θόρυβο. Για την ελάττωση του θορύβου στα δίκτυα σωληνώσεων νερού πρέπει :

- Να επιλέγονται χαμηλές ταχύτητες νερού στους σωλήνες.
- Οι σωλήνες να στηρίζονται στα δομικά στοιχεία της κατασκευές με αντικραδασμικά στηρίγματα.
- Όταν οι σωλήνες διασχίζουν τοίχους να επενδύονται με ειδικά περιβλήματα από ελαστικό υλικό.
- Να τοποθετούνται εύκαμπτοι σύνδεσμοι στα σημεία σύνδεσης των σωλήνων με μηχανήματα και συσκευές. [21]

Προδιαγραφές θορύβου

Ειδικά για το θόρυβο που παράγεται και μεταδίδεται από το σύστημα κλιματισμού-αερισμού, σημασία δεν έχει μονό η απόλυτη τιμή του θορύβου του συστήματος αλλά και το ποσό αυτή συμβάλλει στη συνολική στάθμη θορύβου του αμφιθεάτρου. Ο καθορισμός χαμηλής στάθμης θορύβου για το σύστημα κλιματισμού δεν έχει νόημα, αν η θέση και η κατασκευή του αμφιθεάτρου είναι τέτοια ώστε άλλοι θόρυβοι, εξωτερικοί ή εσωτερικοί, να μεταφέρονται μέσω των τοίχων και των παραθύρων μέσα στο χώρο του αμφιθεάτρου.
Για την αντικειμενική αξιολόγηση του θορύβου χρησιμοποιείται η στάθμη ηχητικής πίεσης ως προς μια δεδομένη στάθμη ηχητικής πίεσης εκφραζόμενη σε dB και μετρούμενη μέσα στο φάσμα και μετρούμενη μέσα στο φάσμα των ηχητικών συχνοτήτων. Η μέτρηση αυτή γίνεται σε ειδικά εργαστήρια και δίνεται από τους κατασκευαστές των μηχανημάτων.
Ο σωστός ακουστικός σχεδιασμός σε αμφιθέατρα με εγκαταστάσεις κλιματισμού-αερισμού γίνεται με στενή συνεργασία του αρχιτέκτονα, του πολιτικού μηχανικού, του μηχανολόγου μηχανικού και του ειδικού στην ακουστική. Η ομάδα μελέτης πρέπει να συνεργάζεται τόσο για την επιλογή του συστήματος και των μηχανημάτων, όσο και για τον προσδιορισμό της θέσης και του μεγέθους των χωρών των εγκαταστάσεων. Ο ρόλος του μηχανικού που μελετά την εγκατάσταση κλιματισμού–αερισμού είναι να εφαρμόσει με κάθε δυνατή ακρίβεια τις οδηγίες. [21]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Μονώσεις σε ένα αμφιθέατρο

Σ΄αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την θερμομόνωση, την ηχομόνωση, την στεγανοποίηση και την υγρομόνωση ενός αμφιθέατρου.

Εξοικονόμηση ενέργειας και θερμομόνωση

Κύριος στόχος μας σήμερα για ένα νέο αμφιθέατρο είναι να γίνεται μελέτη από την αρχή κατά τρόπο που να εξασφαλίζεται το ελάχιστο λειτουργικό κόστος του. Το λειτουργικό κόστος πρέπει να καθορίζει την τεχνολογία κατασκευής που θα διαλέξει ο μελετητής και θα εφαρμόσει ο κατασκευαστής μηχανικός. Κύριος στόχος του μελετητή θα πρέπει να είναι πως θα βρει το κατάλληλο συνδυασμό αρχιτεκτονικής μορφής αμφιθέατρου, δομικών στοιχείων και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, ώστε να προκύψει ο άριστος συσχετισμός κόστους κατασκευής και κόστους λειτουργίας. [34]

Ειδικότερα σήμερα που οι δαπάνες θέρμανσης έχουν αυξηθεί είναι ιδιαίτερα δύσκολο να καθοριστούν με απόλυτη βεβαιότητα τα όρια της δαπάνης που πρέπει να γίνουν για να εξοικονομηθεί ενεργεία. Συμφωνά με αυτό η θερμομόνωση προκαλεί αύξηση των δαπανών κατασκευής του αμφιθέατρου που πρέπει να συγκριθεί με την προβλεπόμενη μείωση των δαπανών αρχικής εγκατάστασης και καταναλώσεων. Η μείωση των δαπανών εγκατάστασης προκύπτει, γιατί η θερμομόνωση μειώνει τις προβλεπόμενες απώλειες θερμότητας όπως βέβαια μειώνει και τις δαπάνες θέρμανσης της τελικής κατασκευής. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι για να είναι συμφέρουσα γενικά η κατασκευή της θερμομόνωσης, πρέπει η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από τη δαπάνη θέρμανσης στο ελάχιστο να καλύπτει τους τόκους και την απόσβεση για την πρόσθετη κατασκευαστική δαπάνη. Αξίζει εδώ να αναφέρουμε ότι σύμφωνα με μελέτη που έγινε σε αμφιθέατρο θεολογικής σχολής (αποτέλεσμα διπλωματικής εργασίας [34]) η απόσβεση της πρόσθετης δαπάνης στο αμφιθέατρο αυτό θα γίνει μετά από 13 χρόνια, δηλαδή μετά από 13 χρόνια η λύση της πρόσθετης θερμομόνωσης θα γίνει πιο συμφέρουσα. Συγκρίνοντας τον χρόνο απόσβεσης Τ=13 χρόνια με το χρόνο ζωής του έργου που είναι Ν=50 χρόνια, παρατηρούμε ότι η απόσβεση της πρόσθετης δαπάνης γίνεται σε χρόνο σημαντικά μικρότερο του χρόνου ζωής του αμφιθέατρου.

Το περίβλημα του αμφιθέατρου

Για το περίβλημα του αμφιθέατρου και τη σχέση του με τη κατανάλωση ενέργειας, από σειρά συγκριτικών μελετών έχουν προκύψει τα παρακάτω γενικής εφαρμογής συμπεράσματα:

- Είναι ανάγκη να περιοριστεί ο φυσικός αερισμός του αμφιθέατρου.
- Η ολική θερμική μόνωση του αμφιθέατρου μπορεί να περικόψει τις θερμικές απώλειες του κτιρίου μέχρι και κατά 75%.
- Πρέπει να χρησιμοποιούνται χρώματα που αντανακλούν το φως.

- Όταν είναι δυνατόν πρέπει να τοποθετούνται τα ανοίγματα του αμφιθέατρου στη νότια πλευρά του.
- Για την εξοικονόμηση ενέργειας που σχετίζεται με τις θερμικές απώλειες του αμφιθέατρου πρέπει ακόμα να επιδιωχθούν η μείωση της συνολικής επιφάνειας τζαμιών και η αύξηση της θερμικής αντίστασης των ανοιγμάτων. [10]

Οι απώλειες θερμότητας σε ένα αμφιθέατρο

Αξίζει να αναφέρουμε ότι στην Ελλάδα η μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας σε ένα αμφιθέατρο χρησιμοποιείται για τη θέρμανση, με βασική αίτια να είναι η αδιαφορία των κατασκευαστών για τις θερμικές απώλειες. Οι απώλειες σε θερμότητα ενός αμφιθέατρου εξαρτώνται από:

1. Το κλίμα της περιοχής. Είναι προφανές ότι όσο χαμηλότερες θερμοκρασίες, και για όσο περισσότερο χρόνο διατηρούνται αυτές, τόσο μεγαλύτερες θερμικές απώλειες έχουμε.
2. Η θέση του αμφιθέατρου. Η συγκεκριμένη θέση κάθε αμφιθέατρου τόσο γεωγραφικά (περιοχή του Ελληνικού χώρου, Βορράς, Νότος, υψόμετρο) όσο και τοπικά (θέση εκτεθειμένη ή προφυλαγμένη στον άνεμο, θέση ως προς τον ήλιο, η τοπική υγρασία, κ.α.) επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα και το είδος της θερμομόνωσης.
3. Η αναλογία όγκου προς την εξωτερική επιφάνεια. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των εξωτερικών τοιχωμάτων τόσο μεγαλύτερες θερμικές απώλειες πρέπει να αναμένονται.
4. Η ΄΄επιθυμητή΄΄ θερμοκρασία. Σε ένα αμφιθέατρο η επιθυμητή θερμοκρασία είναι 18 ^{0} C και όσο μεγαλώνει αυτή τόσο μεγαλύτερες δαπάνες για θερμομόνωση δικαιολογούνται.
5. Ο αέρας των χαραμάδων. Για τη μείωση των ανεπιθύμητων απωλειών στα κουφώματα βελτιώνεται η ποιότητα τους (διπλά τζάμια, ελαστικά παρεμβάσματα στις χαραμάδες, κ.α.)
6. Τα τοιχώματα. Τα εξωτερικά τοιχώματα, οι στέγες και τα δάπεδα αποτελούν την κύρια περιοχή απωλειών θερμότητας στα αμφιθέατρα και για να μειωθούν αυτές, πρέπει να γίνει θερμομόνωση. [10]

6.1 Θερμομόνωση αμφιθέατρου

Στόχοι της θερμομόνωσης

Με τη θερμομόνωση επιδιώκουμε καταρχήν να μειώσουμε την ταχύτητα ροής της θερμότητας από ή προς ένα χώρο. Με τη θερμομόνωση ενός αμφιθέατρου μειώνουμε κατά τη χειμερινή περίοδο την ταχύτητα ροής της θερμότητας προς το περιβάλλον και επιτυγχάνουμε διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας με την περιοδική προσθήκη μικρών ποσοτήτων θερμότητας (θέρμανση). Αντίστοιχα κατά τη θερινή περίοδο η θερμομόνωση επιβραδύνει την εισροή εξωτερικής θερμότητας και επιτρέπει στα μηχανήματα κλιματισμού να λειτουργούν με πολύ μικρότερο κόστος. [10]
Θεωρητικά, αυξάνονται το πάχος του θερμομονωτικού υλικού μπορούμε να μηδενίσουμε τη ροή της θερμότητας. Είναι όμως φανερό ότι η αύξηση του πάχους του μονωτικού αυξάνει το πάχος των τοιχωμάτων (κόστος χώρου) και απαιτεί μεγαλύτερη ποσότητα (κόστος υλικού μόνωσης). Σε κεντρικά αμφιθέατρα το συνολικό πάχος των τοιχωμάτων αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα γιατί είναι πολύ υψηλό το κόστος

του διατιθέμενου ωφέλιμου εμβαδού. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι δικαιολογημένη η χρήση ΄΄ισχυρών΄΄ μονωτικών, έστω και υψηλού κόστους αγοράς, γιατί προέχει η εξοικονόμηση χώρου. Όταν το πρόβλημα του χώρου δεν είναι βασικό, ο αποδεκτός συσχετισμός αναζητείται μεταξύ του κόστους κατασκευής (μονωτικό υλικό, τοποθέτηση) και της εξοικονόμησης ενέργειας. [10]
Οι προδιαγραφές θερμομόνωσης ενός αμφιθέατρου είναι τόσο αυστηρότερες (άρα και δαπανηρότερες) όσο περισσότερο ακραίες θερμοκρασιακές καταστάσεις θα έχει να αντιμετωπίσει το αμφιθέατρο και όσο περισσότερο απαιτητικοί είναι οι χρήστες των χώρων.
Πρακτικά, με τη θερμομόνωση μπορούμε να μειώσουμε τις δαπάνες (σε ενέργεια και χρήματα) θέρμανσης των κατοικιών έως και 30%.

Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας

Η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με τρεις τρόπους:
Α) Με αγωγιμότητα, όπου είναι η μετάδοση της θερμότητας που γίνεται όταν δυο σώματα βρίσκονται σε επαφή.
Β) Η θερμική μετάβαση, όπου παρατηρείται μονό σε υγρά και αέρια και επιτυγχάνεται με την αλληλεπίδραση κινούμενων στοιχείων.
Γ) Με θερμική ακτινοβολία όπου, η θερμική ακτινοβολία μετατρέπεται σε ηλεκτρομαγνητική και στη συνέχεια πάλι σε θερμική. [8]

Μετάδοση της θερμότητας με αγωγιμότητα

Α) Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) είναι η ποσότητα θερμότητας που σε μια ώρα διαπερνά κάθετα ομοιογενές υλικό πάχους όσο με τη μονάδα, από επιφάνεια όση με τη μονάδα της επιφάνειας, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δυο παράλληλων επιφανειών του υλικού (που είναι κάθετες προς τη διεύθυνση ροής της θερμότητας) είναι 1 K (Kelvin). Μετριέται συνήθως σε $Kcal/m \cdot h \cdot {}^{O}C$.
Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των περισσότερων δομικών υλικών είναι μικρότερος των 3 $Kcal/m \cdot h \cdot {}^{o}C$ και μπορεί να γίνει ο πιο κάτω διαχωρισμός:

- Φυσικοί λίθοι: λ=2-3 $Kcal/m \cdot h \cdot {}^{o}C$
- Δομικά υλικά: λ=0,1-2 $Kcal/m \cdot h \cdot {}^{o}C$
- Θερμομονωτικά υλικά: λ=0,02-0,1 $Kcal/m \cdot h \cdot {}^{o}C$

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας όλων σχεδόν των δομικών υλικών αυξάνει παράλληλα θερμοκρασία. Τα υλικά μεγάλου φαινόμενου βάρους έχουν και μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα. Ακόμα οι τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας εξαρτώνται από το πορώδες και την υγρασία του υλικού, όπου με αύξηση της υγρασίας αυξάνεται ο δείκτης του συντελεστή αγωγιμότητας. Στα μονωτικά υλικά κυρίαρχο στοιχείο είναι ο αέρας, δεδομένου ότι ο ακίνητος στεγνός αέρας είναι το ισχυρότερο θερμομονωτικό υλικό με λ=0,02 $Kcal/m \cdot h \cdot {}^{O}C$. Η παρουσία μικροποσοτήτων (φυσσαλίδων) στεγνού αέρα στους πόρους διαφόρων υλικών καθορίζει τη μονωτική ικανότητα του. Επειδή είναι αδύνατο να κρατηθεί ο αέρας που παγιδεύεται ανάμεσα σε δυο παράλληλα επίπεδα, όταν επιχειρείται θερμομόνωση με στρώμα αέρα, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πως αύξηση του πάχους του στρώματος αυξάνει σημαντικά το λ του αέρα (λόγω της δυνατότητας κίνησης-μεταφοράς θερμότητας). [8], [10]

Μετάδοση θερμότητας με συναγωγή

Η συναγωγή (ροή θερμότητας με επαφή-μεταφορά) προϋποθέτει μακροσκοπική κίνηση ενός ρευστού, που αποδίδει ή παραλαμβάνει θερμότητα. Το ρευστό (υγρό ή αέριο) μεταφέρει τη θερμότητα. Όταν η κίνηση του ρευστού οφείλεται σε μεταβολές

θερμοκρασίας και δεν υπάρχει μηχανική αίτια, έχουμε συναγωγή με φυσική κυκλοφορία. Ενώ όταν το ρευστό αναγκάζεται να κινηθεί από κάποια μηχανή ή συσκευή (αντλία, ανεμιστήρας, κλπ) έχουμε συναλλαγή με εξαναγκασμένη κυκλοφορία.[8],[10]
Στις θερμικές και ψυκτικές εγκαταστάσεις αμφιθέατρου, η μετάδοση θερμότητας με συναγωγή είναι πολλές φόρες συνδεδεμένη με αλλαγή φάσης του ρευστού. Σε μια ψυκτική μονάδα, στον συμπυκνωτή έχουμε συμπύκνωση και στον εξατμιστή έχουμε ατμοποίηση του ψυκτικού ρευστού. Ακόμα τις περισσότερες φορές στις εγκαταστάσεις ενός αμφιθεάτρου, το πρόβλημα της συναγωγής παρουσιάζεται ιδιαίτερα σύνθετο. Στο εσωτερικό π.χ. ενός σωλήνα που ρέει ψυκτικό υγρό, το οποίο ατμοποιείται, έχουμε συναλλαγή μεταξύ υγρού και ατμού αφενός και στερεού τοιχώματος αφετέρου. Ακόμη στο εξωτερικό του σωλήνα έχουμε συναλλαγή μεταξύ αέρα και σωλήνα.

Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία
Σε κάθε σώμα παρατηρείται εκπομπή και παραλαβή ενέργειας υπό μορφή ακτινοβολίας. Σε ένα αμφιθέατρο, τα δομικά του στοιχεία ανάλογα με το υλικό, το χρώμα και την επιφάνεια του απορροφά και εκπέμπει την ανάλογη θερμότητα. [10]

Θερμομονωτικά υλικά

Ιδιότητες και κοινά χαρακτηριστικά
Τα θερμομονωτικά υλικά παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ως προς τη μορφή, την προέλευση και τις μονωτικές του ικανότητες. Κοινό βεβαία χαρακτηριστικό τους αποτελεί η μικρή τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, που συνήθως αναφέρεται σε θερμοκρασίες φυσικού περιβάλλοντος και σε υλικό στεγνό (απαλλαγμένο υγρασίας).
Όμως κάθε μονωτικό έχει ειδικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που προκαθορίζουν τα όρια σωστής εφαρμογής του. Τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν τη μονωτική τους ιδιότητα, κατά κύριο λόγο σε μεγάλο αριθμό πολύ μικρών πόρων (κυψελίδων), που περιέχουν παγιδευμένο αέρα. [8], [10]
Οι θερμομονωτικές ιδιότητες ενός υλικού επηρεάζονται από τη θερμοκρασία και την υγρασία. Ειδικά, η υγρασία αποτελεί σημαντικό πρόβλημα γιατί εκτοπίζοντας τον αέρα μπορεί να γεμίσει τους πόρους του μονωτικού υλικού, καταστρέφοντας προσωρινά ή οριστικά τις μονωτικές του ιδιότητες. Βέβαια δεν αποτελεί ρεαλιστική λύση η αναζήτηση αδιάβροχων μονωτικών υλικών. Τις περισσότερες φόρες αρκούμαστε σε υλικά που δεν εμφανίζουν έντονη τάση απορρόφησης νερού (υγροσκοπικότητα). Σε μικρότερο βαθμό βεβαία μας ενδιαφέρουν και άλλες ιδιότητες των μονωτικών υλικών, όπως η μηχανική αντοχή (σε θλιπτικά φορτία) η σταθερότητα του όγκου τους, η ανθεκτικότητα τους στις μεταβολές της θερμοκρασίας (ιδίως όταν γίνεται παράλληλη προσπάθεια πυροπροστασίας) και η διάρκεια ζωής τους. [8]. [10]
Ειδικά το θέμα της αντοχής σε φορτία πρέπει να ληφθέν σοβαρά υπόψη στην περίπτωση που το θερμομονωτικό δομικό υλικό ανήκει στα φέροντα στοιχεία της οικοδομής (πχ θερμομονωτικά τούβλα).
Ακόμα πρέπει να τονιστεί πως η εκλογή ενός θερμομονωτικού υλικού σχετίζεται άμεσα και με παράγοντες που δεν περιλαμβάνονται στις φυσικές τους ιδιότητες, όπως το κόστος αγοράς, η επάρκεια του στην αγορά, οι δυνατότητες μεταφοράς και σωστής τοποθέτησης. [8], [10]

Θερμομονωτικές ιδιότητες και μεταβολή της θερμοκρασίας

Τα περισσότερα θερμομονωτικά που χρησιμοποιούνται σε ένα αμφιθέατρο χαρακτηρίζονται από μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ). Είναι όμως λάθος να χρησιμοποιούμε ένα μονωτικό υλικό σε θερμοκρασία πάνω από 60^0 C (δίκτυα θέρμανσης, μόνωση λεβήτων, κλπ) ή κάτω από 0^0 C (ψυκτικές εγκαταστάσεις), χωρίς να εξετάζουμε την ειδική συμπεριφορά του σε κάθε περίσταση. [10]

Χαρακτηριστικό πρόβλημα των μονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται στις ψυκτικές εγκαταστάσεις ενός αμφιθέατρου είναι η εφίδρωση που συνίσταται στη συμπύκνωση υδρατμών στην επιφάνεια ή το εσωτερικό, όταν δεν εφαρμοστούν ειδικά μετρά προστασίας από τη διείσδυση ατμοσφαιρικού αέρα (πχ φράγμα υδρατμών). Η μετατροπή της υγρασίας σε πάγο προκαλεί την αποσάθρωση των μονωτικών υλικών. Αλλά και η απλή παρουσία υγρασίας μες στους πόρους μειώνει σημαντικά τις δυνατότητες του. [10]

Γι' αυτό οι μονώσεις των ψυκτικών εγκαταστάσεων ενός αμφιθέατρου πρέπει να στεγανοποιούνται με προσοχή, τα διαδοχικά στρώματα πρέπει να τοποθετούνται με επιμέλεια και να περιβάλλονται εξωτερικά με μανδύα μεγάλης αντίστασης στην εισδοχή (από γαλβανισμένη λαμαρίνα, πλαστικό, κα) που να αποκλείει πρακτικά την είσοδο αέρα. [10]

Γενικά για τις ψυκτικές εγκαταστάσεις ενός αμφιθέατρου θεωρούνται κατάλληλα μονωτικά τα:

- Εμποτισμένος φελλός
- Αφρώδεις ρητίνες
- Λιθοβάμβακας (πετροβάμβακας, λιθόμαλλο) σε αραιή πλέξη ή ισχυρά συμπιεσμένος
- Μεταξοβάμβακας [10]

Το κύριο πρόβλημα για τη χρήση μονωτικών σε υψηλές θερμοκρασίες είναι η ίδια η υψηλή θερμοκρασία που μπορεί να προκαλέσει καταστροφή ή καύση. Πάντως για τις περισσότερες περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 500^0 C, υπάρχει πληθώρα μονωτικών υλικών (κυρίως ανόργανων) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Στις εγκαταστάσεις υψηλών θερμοκρασιών ενός αμφιθέατρου χρησιμοποιούνται συνήθως ανόργανα ινώδη μονωτικά (υαλοβάμβακας, ορυκτοβάμβακας, λιθοβάμβακας, ορυκτές ίνες, κα) που τοποθετούνται με απόθεση, με εκτόξευση ή με τη μορφή κοχυλιών. Συνήθως περιβάλλονται από μεταλλικό πλέγμα ή φύλλα αλουμινίου και στις υψηλότερες θερμοκρασίες από αμιαντομπετόν. [10]

Θερμομονωτικές ιδιότητες και υγρασία

Η υγρασία στα μονωτικά υλικά, όχι μόνο εξουδετερώνει τις θερμομονωτικές τους ικανότητες αλλά και μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στο αμφιθέατρο.

Τα ιώδη μονωτικά υλικά κατακρατούν μικρή ποσότητα υγρασίας ακόμη και όταν βρεθούν σε περιβάλλον σχετικής υγρασίας μέχρι και 95%. Χαρακτηριστικά μπορεί να αναφερθεί ότι το ξύλο παραλαμβάνει 20% νερό και το οικοδομικό τούβλο 0,4%, στις αντίστοιχες συνθήκες. Μετά από σχετική υγρασία 80% αρχίζει να γίνεται αισθητή η επίδραση της υγρασίας γιατί σχηματίζονται σταγονίδια. [10]

Ομαδοποίηση των μονωτικών υλικών

Όπως κάθε ομαδοποίηση πραγμάτων που έχουν μερικά κοινά αλλά και πολλά ανόμοια στοιχεία, έτσι και η προσπάθεια ομαδοποίησης των οικοδομικών υλικών εμπεριέχει αρκετή αυθαιρεσία. Τα θερμομονωτικά υλικά χωρίζονται ανάλογα με την προέλευση τους σε:

- Ανόργανα: -φυσικά : αμίαντος, κίσσηρης
  -τεχνητά: βερμικουλίτης, υαλοβάμβακας, σκωριόμαλλο, περλίτης, αφρώδες γυαλί, μονωτικά τούβλα, πετροβάμβακας
- Οργανικά: -φυσικά: φυσικός φελλός, πλάκες τύρφης, καλάμια, πλάκες άχυρου, γιούτα
  -τεχνητά: επεξεργασμένος φελλός, διογκωμένος φελλός, ξυλόμαλλο, καουτσούκ, συνθετικά πλαστικά, πολυουρεθάνη, πολυστερίνη, φαινολικά μονωτικά, PVC
- Σκυρ/τα: -φυσικά: κισσηρόδεμα, σκωριόδεμα, αμιαντοσκυρόδεμα
  -τεχνητά: αερομπετόν, κυψελομπετόν [8], [10]

ΥΛΙΚΟ	Χρώμα	Πυκνότητα (kg/m³)	Σταθερότητα όγκου	Αντοχή σε έντομα & τρωκτικά	Αντοχή σε διαλύτες	Αντοχή σε υπεριώδη ακτινοβολία	Συμπεριφορά σε φωτιά	Αντοχή σε θερμοκρασία	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ** στους 10 °C (W/mK)	Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ	Αντοχή σε συμπίεση
ΥΑΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	Κίτρινο ή λευκό	20 ως 120	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ (εκτός από υδροκλωρικό οξύ)	ΝΑΙ	Άκαυστο	Μέχρι 250 - 400 °C	0,041	1,1 ως 2,0	Μικρή *
ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	Φαιοκίτρινο	50 ως 180	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Άκαυστο	Μέχρι 250 - 600 °C	0,041		Μικρή *
ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	Λευκό	Απαιτείται ≥ 20	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Καυστό ως δύσκολα αναφλέξιμο	-70 - +80 °C	0,041	40 - 70	Καλή
ΑΦΡΩΔΗΣ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	Διάφορα χρώματα	25 - 40	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Αυτοσβενόμενο	-50 - +75 °C	0,028 - 0,035	100 - 200	Αρκετά καλή
ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗ	Κίτρινο	30 - 80	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Αυτοσβενόμενο	-50 - +110 °C	0,022	50 - 100	Ικανοποιητική
ΥΑΛΟΜΑΛΛΟ	Φαιό	380 - 415	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Ανθεκτικό έως άκαυστο		0,081 - 0,093	5 - 7	Μεγάλη
ΑΦΡΩΔΕΣ ΓΥΑΛΙ	Φαιό	125 - 138	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ (εκτός από υδροφθορικό οξύ)	ΝΑΙ	Άκαυστο	-260 - +430 °C	0,050 - 0,063	Άπειρος	Μεγάλη
ΤΟΥΒΛΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ	Όπως τα κοινά τούβλα	700 - 850	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Όπως τα κοινά τούβλα	ΝΑΙ	Άκαυστο	Όπως τα κοινά τούβλα	Από λ=2,25 W/(m²K) για d=7,5 cm μέχρι λ=0,65 W/(m²K) για d=22,5 cm (συντελεστής θερμοδιαφυγής λ=λ/d)	8 - 12	Πολύ μεγάλη
ΠΕΡΛΙΤΗΣ	Λευκό	50 - 140	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Άκαυστο	Μέχρι 800 - 1250 °C	0,064		Μικρή

* Οι σκληρές πλάκες υαλοβαμβακα και πετροβαμβακα παρουσιάζουν ικανοποιητική αντοχή σε συμπίεση.

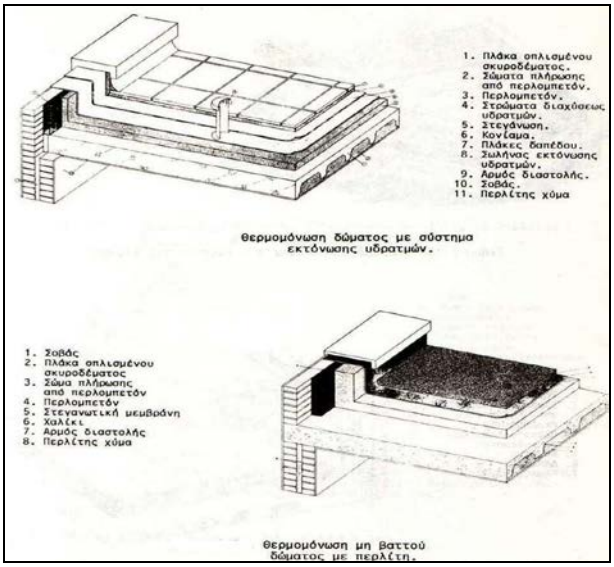
** Οι τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) είναι αυτές που δίνει ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων για όσα υλικά περιέχονται στους πίνακές του. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι πολλές εταιρείες παραγωγής και εμπορίας θερμομονωτικών υλικών δίνουν τιμές καλύτερες ιωκροτερες), για τα προϊόντα τους. Εφόσον η ποιότητα των προϊόντων αυτών είναι επαρκώς πιστοποιημένη, τότε οι τιμές αυτές μπορεί να γίνουν αποδεκτές. Το ίδιο ισχύει και με τις άλλες ιδιότητές τους.

(Εικ. 6.1, πίνακας περισσότερο χρησιμοποιούμενων μονωτικών υλικών, πηγή 26)

Ανόργανα μονωτικά υλικά

Διογκωμένος περλίτης

Ο φυσικος περλίτης χρησιμοποείται σαν αδρανές υλικό ή υλικό πλήρωσης στην κατασκευή θερμομονωτικών τοιχωμάτων, δαπέδων, ταρατσών. Ο διογκωμένος περλίτης χρησιμοποιείται στην παρασκευή μονωτικών λεπτοκονιαμάτων (περλιτικά επιχρίσματα) και μονωτικών χονδροκονιαμάτων (περλιτομπετόν). Σε ένα αμφιθέατρο, το περλιτομπετόν χρησιμοποιείται για τη θερμομόνωση του δώματος, του δαπέδου και του τοίχου του αμφιθέατρου. Είναι ένα ελαφρό δομικό υλικό και παρουσιάζει 20 φορές καλύτερες μονωτικές ιδιότητες από το κοινό σκυρόδεμα.
Τα κονιάματα του περλίτη είναι συσθερμαγωγά υλικά μικρής μάζας. Άρα η εφαρμογή μιας στρώσης στους τοίχους και ιδίως στην οροφή ενός αμφιθέατρου επιτρέπει τη γρήγορη θέρμανση του μιας και θερμαίνεται περιοδικά. [10]

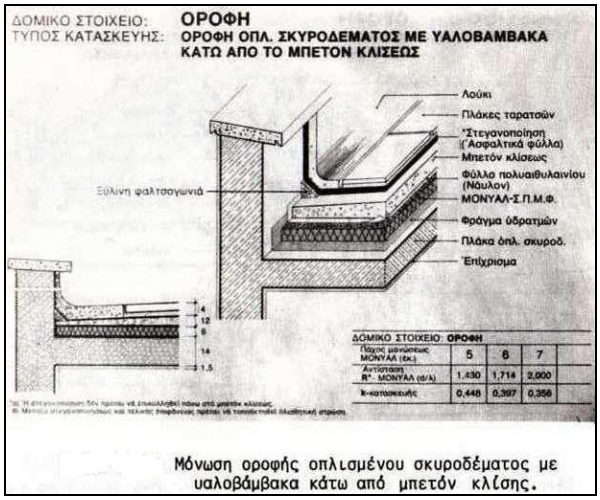


(Εικ. 6.2, θερμομόνωση δώματος με διογκωμένο περλίτη, πηγή 10)

Υαλοβάμβακας-υαλόμαλλο

Ο υαλοβάμβακας τοποθετείται σε τοίχους, δάπεδα και στην οροφή ενός αμφιθέατρου. Στους τοίχους τοποθετείται ενδιάμεσα (πχ ανάμεσα σε δυο σειρές τούβλα) ή εξωτερικά της οπτοπλινθοδομής (και καλύπτεται με μάρμαρο ή άλλο οικοδομικό υλικό) ή εσωτερικά (όποτε πάλι καλύπτεται πχ με γυψοσανίδες).

Αν σε ένα αμφιθέατρο χρησιμοποιηθεί ο υαλοβάμβακας σε δάπεδο ή στο δώμα τοποθετούνται σκληρές πλάκες υαλοβάμβακα η μια δίπλα στην άλλη, με τη διαφορά ότι στο δώμα χρησιμοποιούνται παχύτερα φύλλα γιατί σε αυτή την περίπτωση κύριο πρόβλημα είναι οι θερμικές απώλειες. [10]



(Εικ. 6.3, μόνωση οροφής με υαλόμαλλο, πηγή 10)

Κίσσηρι (ελαφρόπετρα)

Η κίσσηρι (ηφαιστειογενές πέτρωμα) χρησιμοποιείται για την κατασκευή ελαφρών τούβλων (κισσηρόλιθοι ή κισσηρόπλινθοι), ελαφρών σκυροδεμάτων (κισσηρομπετόν, κισσηροδέματα) και για τη θερμική μόνωση δώματος. [10]

Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας χρησιμοποιείται σε ένα αμφιθέατρο με τη μορφή ινών, πλακών και κοχυλιών, σε μονώσεις σωληνώσεων, δοχείων και εγκαταστάσεων υψηλών θερμοκρασιών (μέχρι 1100^0 C). Ανάλογα με τη θεοκρασία τοποθετείται σε επάλληλα στρώματα που μπορούν να φτάσουν τα 250 mm. [10]

Ορυκτοβάμβακας

Χρησιμοποιείται σε ένα αμφιθέατρο για τη μόνωση τυχόν σωλήνων και αεραγωγών και γενικότερα ως θερμικές και ακουστικές μονώσεις και κυρίως εμφανίζονται στη μορφή πλακών και παπλωμάτων. [10]

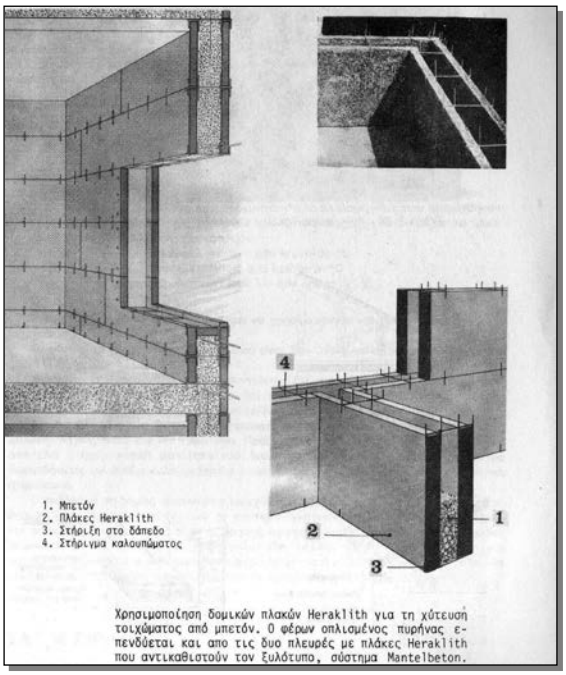
Μονωτικά τούβλα

Τα θερμομονωτικά τούβλα βασίζονται στον τεχνητό εμπλουτισμό της αργίλου με φυσσαλίδες αέρα και την αύξηση του αριθμού των εσωτερικών διάκενων. Η χρησιμοποίηση τους στους τοίχους ενός αμφιθέατρου αυξάνει τη θερμομονωτική ικανότητα του. [10]

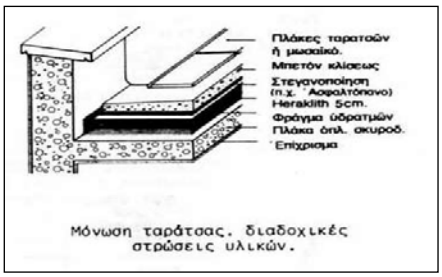
Οργανικά μονωτικά υλικά

Δομικές πλάκες Heraklith

Οι πλάκες αυτές, που παρασκευάζονται από λεπτές ίνες ξύλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο αμφιθέατρο για εσωτερική ή εξωτερική μόνωση. Ιδιαίτερα επιτυχημένη θεωρείται η χρησιμοποίηση πλακών Heraklith με τη μορφή παραμένοντος ξυλοκόπου σε οροφές, δοκούς, υποστυλώματα, τοιχία οπλισμένου σκυροδέματος (σύστημα Mentelbeton Heraklith). Με το σύστημα αυτό επιτυγχάνουμε θερμομόνωση και ηχομόνωση ταυτόχρονα. [10]



(Εικ. 6.4, πλάκες Heraklith σε τοίχωμα, πηγή 10)



(Εικ 6.5, μόνωση ταράτσας με Heraklith, πηγή 10)

Φελλός

Ο φελλός στα αμφιθέατρα χρησιμοποιείται (με μορφή πλακών) εσωτερικά και εξωτερικά για τη μόνωση τοίχων, δαπέδων και δωμάτων. Πρόσθετο προσόν του φελλού στα αμφιθέατρα αποτελεί η ηχομονωτική ικανότητα του. Εσωτερικά σε έναν χώρο παραμονής μπορεί να συνδυάσει καλό αισθητικό αποτέλεσμα, θερμομόνωση και αποτελεσματική ηχομόνωση.

Ο φελλός με τη μορφή ημισελήνων (κογχύλια) ή ειδικές μορφές χρησιμοποιείται για τη θερμομόνωση σωλήνων και δοχείων σε ψυκτικές εγκαταστάσεις και αγωγούς κλιματισμού σε θερμοκρασίες μέχρι 100^0 C. [8], [10]

Τύρφη

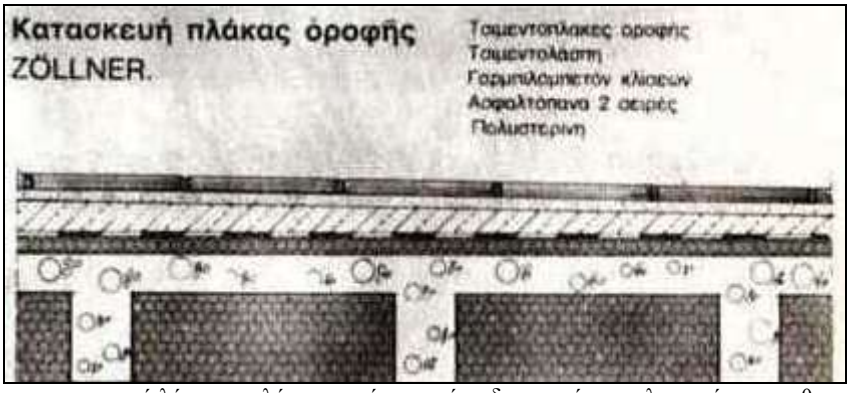
Η τύρφη, που προέρχεται από τη βραδεία αποσύνθεση υδρόβιων φυτών χρησιμοποιείται για την πλήρωση διακένων της τοιχοποιίας και σαν υλικό υποστρώματος για δάπεδα. [8], [10]

Πολυουρεθάνη

Η πολυουρεθάνη είναι ένα σκληρό αφρώδες θερμομονωτικό υλικό το όποιο διατηρεί τη μονωτική του ικανότητα για αρκετό χρονικό διάστημα. Χρησιμοποιείται σε ένα αμφιθέατρο για τη μόνωση τοιχωμάτων, σωληνώσεων ή ακόμα σαν συνδετικός αφρός για να γεμίσει ρωγμές και να συγκολλήσει δομικά υλικά (πχ τούβλα που έχουν αποκολληθεί). Η πολυουρεθάνη δεν πρέπει να χρησιμοποιείται 'γυμνή' στο εσωτερικό του αμφιθέατρου γιατί σε περίπτωση πυρκαγιάς, τα προϊόντα καύσης της είναι επικίνδυνα. [10]

Διογκωμένη πολυστερίνη

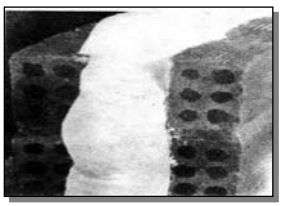
Η διογκωμένη πολυστερίνη ανήκει στην κατηγορία των σκληρών αφρωδών πλαστικών και χρησιμοποιείται για τη θερμική μόνωση τοίχων, δαπέδων, στεγών, πλακών Zollner, χωρίς να απορροφά υγρασία. Το υλικό αυτό είναι φτηνό και εύχρηστο. [10]



(Εικ. 6.6, κατασκευαστική λύση για πλάκα οροφής με χρήση διογκωμένης πολυστερίνης σαν θερμομονωτικό υλικό, πηγή 10)

Διογκωμένοι αφροί

Οι διογκωμένοι αφροί χρησιμοποιούνται μεταξύ δομικών στοιχείων που παρουσιάζουν διάκενα και επηρεάζεται ελάχιστα από την υγρασία και τις μεταβολές της θερμοκρασίας. [10]



(Εικ. 6.7, μόνωση με αφρό σε κενό δυο ορθοδρομικών πλινθοδομών, πηγή 10)

Μονωτικά σκυροδέματα

Τα μονωτικά σκυροδέματα εμφανίζουν θερμομονωτικές ιδιότητες. Σαν φυσικές προσμίξεις χρησιμοποιούνται κίσσηρις, σκωρία, αμίαντος, περλίτης, κ.α. Τεχνητές προσμίξεις είναι συνήθως οργανικά ή ανόργανα υλικά που δεσμεύουν ποσότητες αέρα στο εσωτερικό του σκυροδέματος (αερομπετόν, κυψελομπετόν). [10]

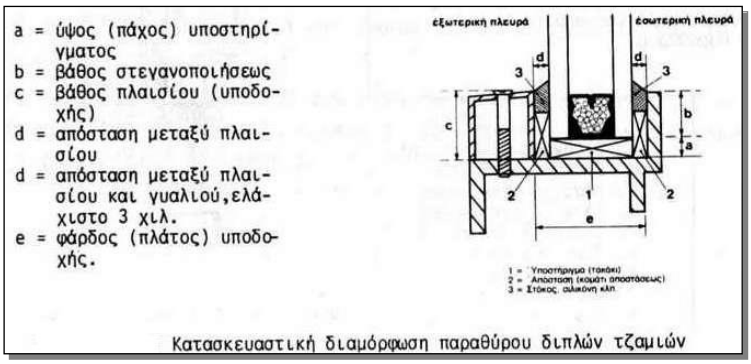
Περλομπετόν

Το περλομπετόν μπορεί να έχει εφαρμογή σε ένα αμφιθέατρο στα δάπεδα του, κάτω από την κεκλιμένη στέγη του, πάνω από αλλά μονωτικά υλικά για τη δημιουργία κλίσεων, για εξομαλύνσεις, αλφαδιάσματα, κλπ.

Ειδικότερα αναφέρουμε ότι, ελαφρότερα μίγματα περλομπετόν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στη μη βατή στέγη ενός αμφιθέατρου. Αν το δώμα του αμφιθέατρου επικαλυφτεί με πλάκες ή πλακίδια, τότε για να εξασφαλίσουμε άριστη θερμομόνωση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μίγματα με αναλογία 1:6 ή 1:7 (περλομπετόν) κάτω από τα πλακίδια. Αν το δώμα δεν πατιέται, μπορεί να χρησιμοποιηθεί απλή στρώση περλομπετόν και εν συνεχεία μπορεί να προστατευτεί από τον ήλιο με μια στρώση χαλικιών. [10]

Διπλά τζάμια

Τα ανοίγματα αποτελούν ένα ευαίσθητο σημείο του εξωτερικού κελύφους ενός αμφιθεάτρου σε σχέση με τη θερμομόνωση και την ηχομόνωση. Για τη θερμομονωτική βελτίωση των παραθύρων (που συνήθως είναι απαραίτητη για να καλυφτούν οι θερμομονωτικές απαιτήσεις του Κ.Θ.Κ.[35]) χρησιμοποιούνται κατασκευές με διπλούς ή τριπλούς υαλοπίνακες ή διπλά παράθυρα. Και η θερμομόνωση των διπλών και τριπλών τζαμιών οφείλονται στο στρώμα (ή τα στρώματα) ακίνητου αέρα που παρεμβάλλεται ανάμεσα στα τζάμια. Τονίζεται όμως ότι δεν επαρκεί το διπλό ή τριπλό τζάμι αλλά είναι ανάγκη η όλη κατασκευή του κουφώματος να είναι επιμελημένη και από δυσθερμαγωγό υλικό (πλαστικό)[10]. Τα σχετικά κουφώματα παρουσιάζουν και άριστες ηχομονωτικές ικανότητες, γιατί δεν έχουν ηχογέφυρες όπως τα αντίστοιχα συμβατικά.



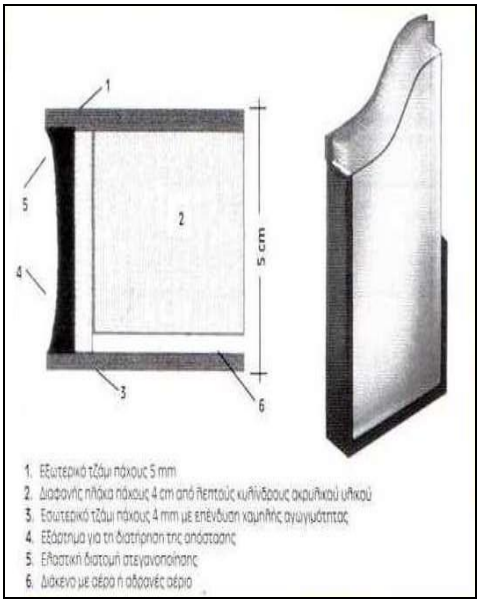
(Εικ. 6.8, κατασκευατική διαμόρφωση παραθύρου διπλών τζαμιών, πηγή 10)

Διαφανής θερμομόνωση σε ένα αμφιθέατρο

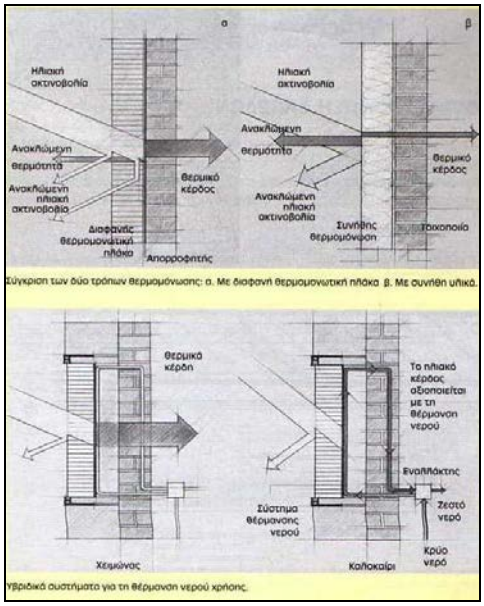
Εφαρμόζεται στις όψεις ενός αμφιθέατρου και συμβάλλει στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Τα διαφανή υλικά υπό μορφή πλακών έχουν μέγεθος συνήθως 1 m^2 και πάχος από 5-14 cm. Στερεώνονται στους εξωτερικούς τοίχους με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- Με άμεση επαφή με τον τοίχο. Συγκρατούνται με τη βοήθεια τζαμιών που πληρούν βοηθητικό ξύλινο ή μεταλλικό σκελετό.
- Με πλήρωση διπλών τζαμιών, τα οποία συγκρατούνται στον τοίχο με διπλό ξύλινο ή μέταλλο σκελετό. Το τζάμι που εφάπτεται στον τοίχο μπορεί να αντικατασταθεί από πλακά απορροφητικού υλικού. Τα πετάματα αυτού του τύπου μπορεί να κατασκευαστούν επιτόπου ή να είναι προκατασκευασμένα.
- Με ενισχυμένα πετάματα, που αποτελούνται από κυλίνδρους πολυκάρμπονεϊτ,

- και έχουν ενίσχυση από υαλόπλεγμα επικολλημένη στη μια επιφάνεια του με διαφανή κόλλα. Η άλλη τους επιφάνεια επικολλάται μέσα στον τοίχο με σκούρο συνδετικό κονίαμα. [26]



(Εικ. 6.9, διπλά τζάμια, πηγή 26)



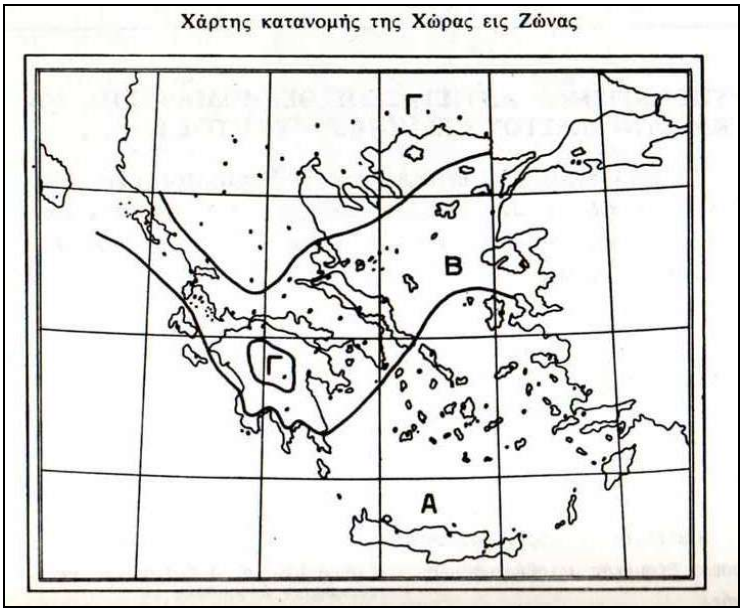
(Εικ. 6.10α, σύγκριση της αδιαφανούς θερμομονωτικής πλάκας με συνήθη υλικά, Εικ. 6.10β, υβριδικά συστ/τα θέρμανσης νερού, πηγή 26)

Συντελεστής θερμοπερατότητας οικοδομικού στοιχείου

- Συντελεστής θερμοπερατότητας (k): Ο συντελεστής αυτός δίνει το ποσό της θερμότητας που περνά σε μια ώρα από τη μονάδα της επιφάνειας σώματος ή στοιχείου κατασκευής ή τοιχώματος, για δοσμένο πάχος του σώματος (ή στοιχείου), όταν η διαφορά θερμοκρασίας του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δυο πλευρές του σώματος (ή στοιχείου) διατηρεί σταθερά όση με 1 K. [8], [10]
  Συνηθισμένη μονάδα: $Kcal/m^2 \cdot h \cdot C$
  Μονάδα S.I: $W/m^2 \cdot k$

Τα εξωτερικά δομικά στοιχεία του αμφιθεάτρου ή των θερμαινόμενων χώρων του (τοιχώματα, δάπεδα, οροφές, πόρτες, παράθυρα, κ.α.) ανάλογα με την αντίσταση θερμοπερατότητας (1/k που καθορίζει τη μονωτική ικανότητα ενός στοιχείου) μπορούν να θεωρηθούν επαρκή ή να χρειαστεί να ενισχυθούν με την προσθήκη ή παρεμβολή ειδικών θερμομονωτικών υλικών. [10]
Οι ελάχιστες απαιτήσεις (μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές) του συντελεστή θερμοπερατότητας των εξωτερικών δομικών στοιχείων καθορίζεται από τον Κ.Θ.Κ [35] και δίνονται συγκριτικά στον παρακάτω πινάκα 6.11.

Διαχωρισμός της Ελλάδας βάσει θερμομονωτικών απαιτήσεων



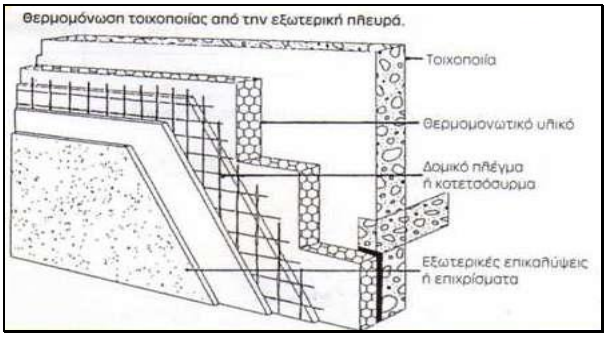
(Εικ. 6.11, διαχωρισμός της Ελλάδας βάσει θερμομονωτικών απαιτήσεων, πηγή 8)

ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣ
(Κ.Θ.Κ. Πίνακας 2 § 7.2)

Στοιχεία κατασκευής	k_{max} kcal/m²h°C	επιτρεπόμενον W/m² K
1. Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων εκ σκυροδέματος εις όλας τας Ζώνας	0,6	0,7
2. Οριζόντιοι επιφάνειαι και οροφαί αποχωρίζουσαι θερμαινόμενον χώρον από τον ελεύθερον αέρα, είτε προς τα άνω είτε προς τα κάτω εις όλας τας Ζώνας	0,4	0,5
3. Δάπεδα κείμενα επί του εδάφους ή δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινομένου υπογείου ή ημιϋπογείου χώρου		
δια την Ζώνην Α	2,6	3,0
δια την Ζώνην Β	1,6	1,9
δια την Ζώνην Γ	0,6	0,7
4. Διαχωριστικοί τοίχοι προς μη θερμαινομένους κλειστούς χώρους		
δια την Ζώνην Α	2,6	3,0
δια την Ζώνην Β	1,6	1,9
δια την Ζώνην Γ	0,6	0,7

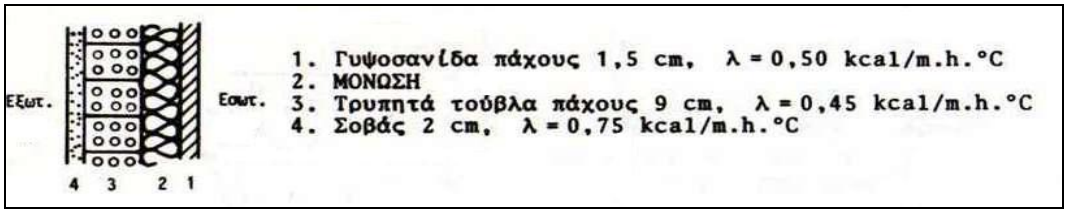
(Εικ. 6.12, μέγιστος (k) των εξωτερικών τοίχων, πηγή 35)

Θερμική μόνωση εξωτερικού τοίχου αμφιθέατρου



(Εικ. 6.13, θερμομόνωση εξ. τοίχου, πηγή 10)

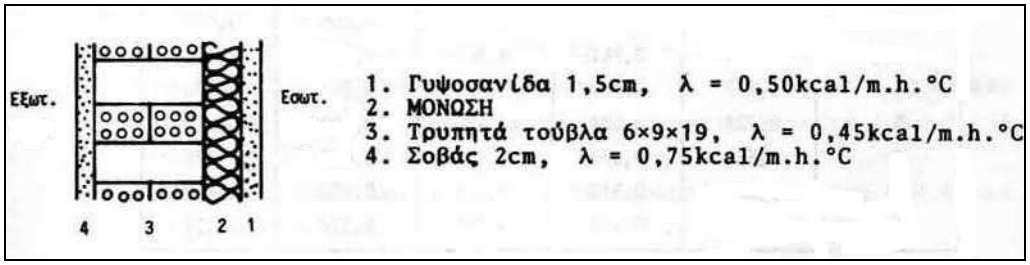
α_1) Δρομική πλινθοδομή από τρυπητά τούβλα (6x9x19)



(Εικ. 6.14, δρομική πλινθοδομή με τρυπητά τούβλα, πηγή 10)

Μερικά από τα πιθανά μονωτικά είναι: ξυλόμαλλο, πλακίδια φελλού, πλάκες διογκωμένου φελλού, υαλοβάμβακας, διογκωμένα συνθετικά υλικά, σκληροί αφροί από συνθετικά υλικά. [10]

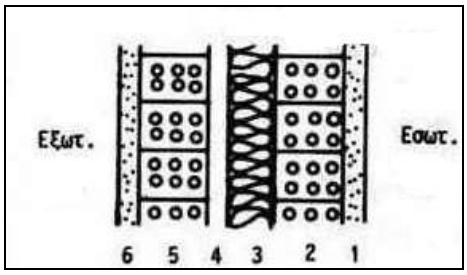
α_2) Μπατική πλινθοδομή από τρυπητά τούβλα (6x9x19)



(Εικ. 6.15, μπατική πλινθοδομή από τρυπητα τούβλα, πηγή 10)

Τα μονωτικά υλικά είναι ίδια με αυτά της δρομικής πλινθοδομής.

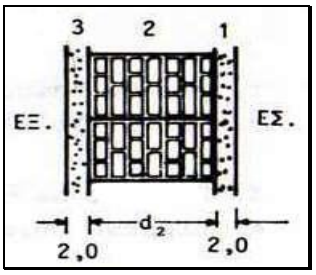
α_3) Διπλή δρομική πλινθοδομή από τρυπητά τούβλα με μόνωση και διάκενο αέρα



(Εικ. 6.16, διπλή τρυπητή πλινθοδομή από τρυπητά τούβλα, πηγή 10)

1. και 6. επίχρισμα 2 cm
2. και 5. δρομική πλινθοδομή 9 cm
3. μονωτικό
4. κενό με ακίνητο αέρα

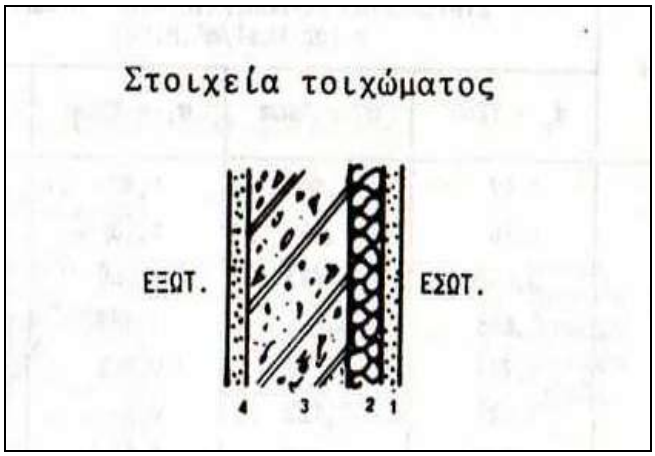
α_4) Κατασκευή εξωτερικού τοίχου από θερμομονωτικά τούβλα τύπου ΘΕΡΜΟΜΠΛΟΚ



(Εικ. 6.17, εξ. τοίχος με θερμομονωτικό τούβλο, πηγή 10)

1. και 3. επίχρισμα 2 cm
2. θερμομονωτικό τούβλο της 'ΘΕΡΜΟΜΠΛΟΚ' διαστάσεων 22,5x15x25

α_5) Στοιχείο σκελετού οικοδομής από μπετόν

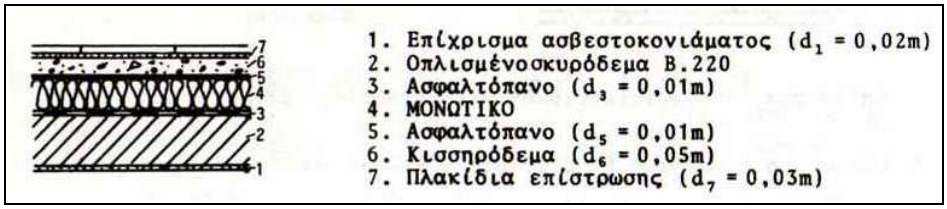


(Εικ. 6.18, στοιχείο τοιχώματος από μπετόν, πηγή 10)

1. εσωτερικό επίχρισμα 2 cm
2. μονωτικό υλικό : πλάκες Heraklith
3. μπετόν με πάχος 12,15,20,25
4. εσωτερικό επίχρισμα 2 cm

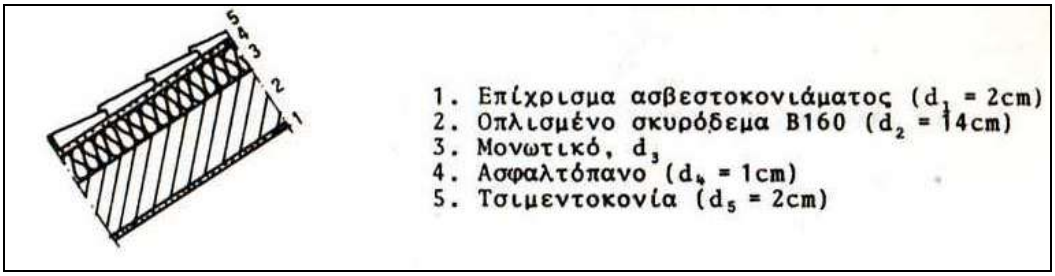
Θερμική μόνωση δώματος-στέγης-οροφής αμφιθεάτρου

β_1) Δώμα από σκυρόδεμα



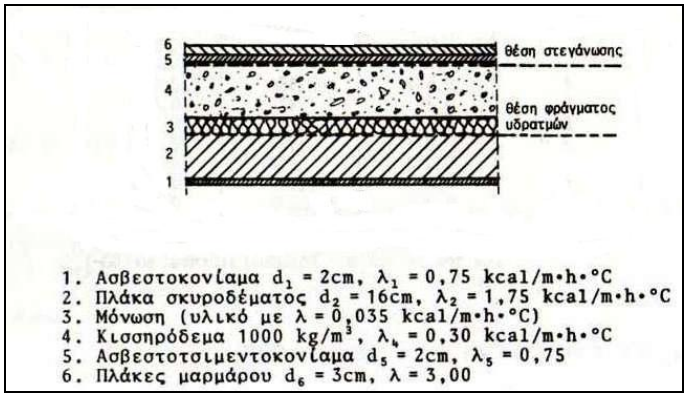
(Εικ. 6.19, δώμα από σκυρόδεμα, πηγή 10)

β_2) Κεκλιμένη στέγη από σκυρόδεμα



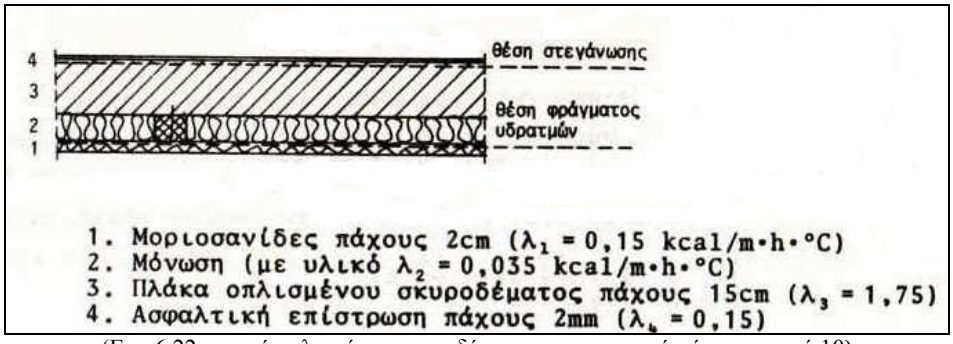
(Εικ. 6.20, κεκλιμένη στέγη από σκυρόδεμα, πηγή 10)

β_3) Οροφή οπλισμένου σκυροδέματος



(Εικ. 6.21, οροφή οπλισμένου σκυροδέματος, πηγή 10)

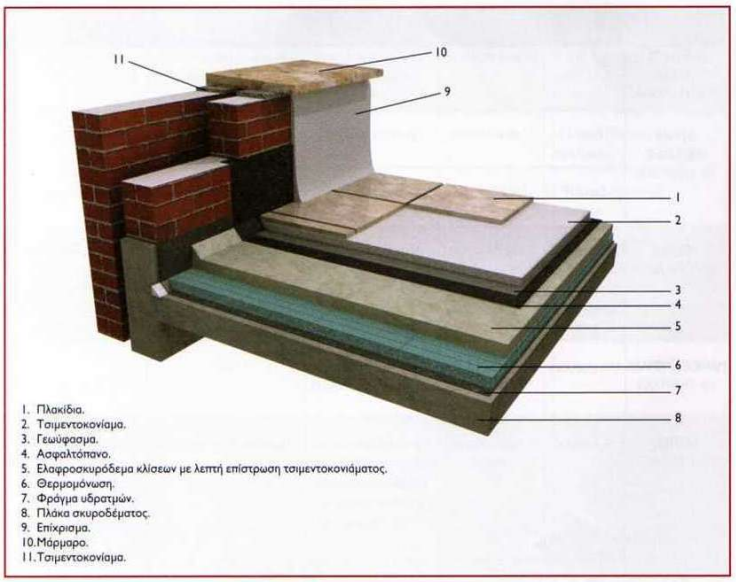
β_4) Οροφή οπλισμένου σκυροδέματος με εσωτερική μόνωση



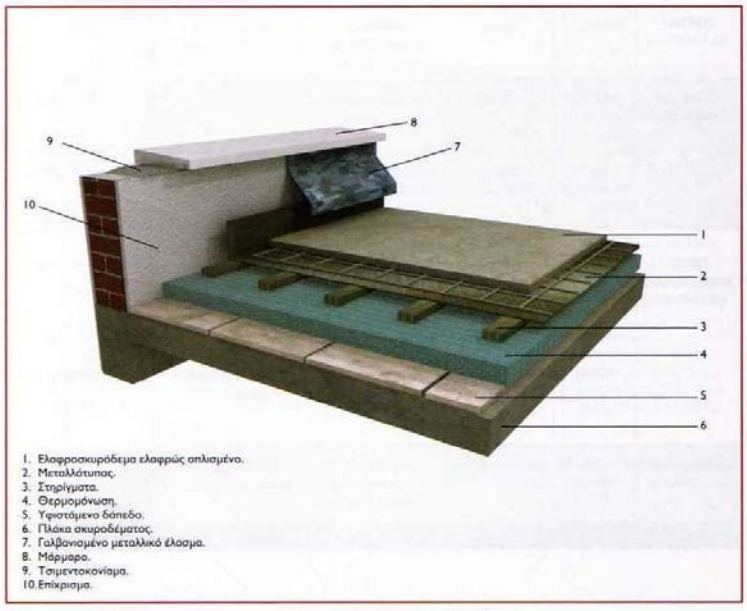
(Εικ. 6.22, οροφή οπλισμένου σκυροδέματος με εσωτερική μόνωση, πηγή 10)

β_5) Διαμόρφωση δώματος στη συναρμογή με το στηθαίο

Τα ασφαλτικά φύλλα δεν τερματίζουν στο άκρο της οριζόντιας επιφάνειας, αλλά γυρίζουν στο στηθαίο, διαμορφώνοντας αμβλεία γωνία με την οριζόντια επιφάνεια και επικαλύπτουν το στηθαίο ή φτάνουν τουλάχιστον μέχρι ύψος 20-30 cm. Και στις δυο περιπτώσεις η στεγανοποιημένη στρώση θα πρέπει να προστατεύεται από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία με κάποια επικάλυψη ή με μεταλλικά ελάσματα που διατρέχουν το στηθαίο σε όλο του το μήκος. Οι πλάκες μάρμαρου, που συνήθως χρησιμοποιούνται στην απόληξη των στηθαίων πρέπει να έχουν επαρκή κλίση προς το δώμα και την κατάλληλη εγκοπή (νεροσταλάκτη). [27]



Διαμόρφωση δώματος στη συναρμογή με στηθαίο από διπλή τοιχοποιία με μόνωση στον πυρήνα.



Διαμόρφωση βατού αεριζόμενου δώματος σε υφιστάμενο μη θερμομονωμένο δάπεδο.

(Πάνω Εικ. 6.23, διαμόρφωση δώματος στη συναρμογή με στηθαίο με μόνωση στον πυρήνα, Κάτω Εικ. 6.24, διαμόρφωση βατού αεριζόμενου δώματος σε υφιστάμενο μη θερμομονωμένο δάπεδο, πηγή 27)

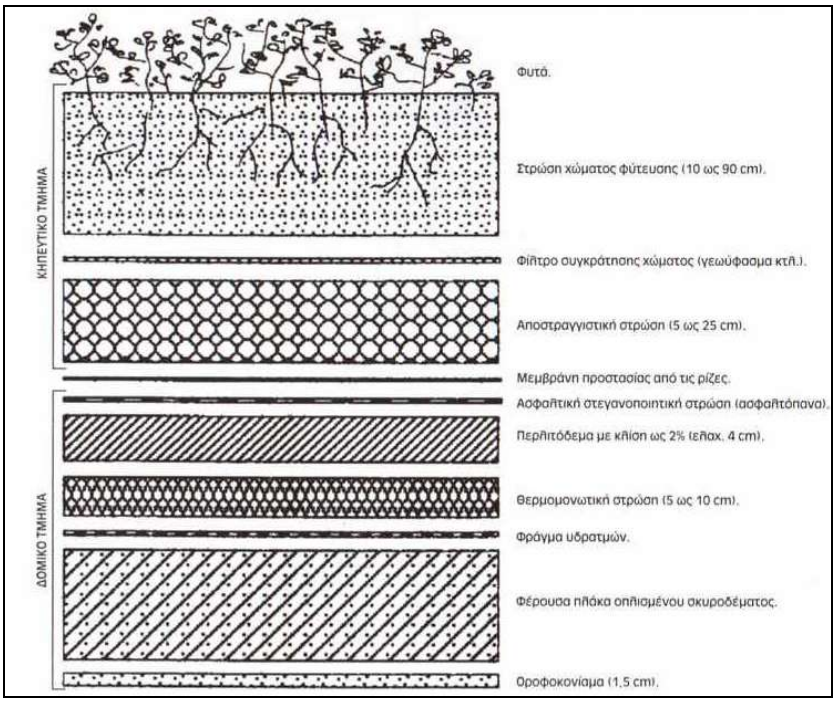
β_6) Φυτεμένα δώματα

Η εγκατάσταση στο δώμα ενός αμφιθεάτρου ελάχιστα επιβαρύνει το συνολικό προϋπολογισμό του αμφιθέατρου. Δε δημιουργεί μόνο την ευχάριστη αίσθηση της παρουσίας ενός φυσικού περιβάλλοντος, αλλά βελτιώνει το κλίμα της πόλης, προσφέρει θερμική προστασία στο κτίριο με τη μείωση των θερμικών απωλειών το χειμώνα και τον περιορισμό της υπερθέρμανσης από την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι. [26], [27]

Βασικές παράμετροι για την κατασκευή ενός δώματος που να επιτρέπει την εγκατάσταση κήπου σε αυτό είναι:

- Η φέρουσα κατασκευή να είναι ικανή να δεχτεί το επιπλέον φορτίο του κήπου.
- Το δομικό τμήμα να προστατεύεται από τη διείσδυση των φυτών των ριζών.

- Τα φυτά που επιλέγονται να είναι ικανά να αναπτυχθούν στις ειδικές συνθήκες που επικρατούν στα δώματα.
- Να έχει εξασφαλισθεί ο τρόπος άρδευσης και απορροής του πλεονάζοντος νερού, αλλά και των νερών της βροχής.
- Να προστατεύεται από τους ανέμους. [26], [27]



(Εικ. 6.25, τομή στρώσεων φυτεμένου δώματος, πηγή 27)

Κανονισμός για τη θερμομόνωση κτιρίων

Ο Κ.Θ.Κ προφανώς καλύπτει τις απαιτήσεις σχεδιασμού ενός αμφιθέατρου. Στη συγκεκριμένη παράγραφο θα αναφέρουμε κάποια σχετικά με ένα αμφιθέατρο αποσπάσματα.

1. Αντικείμενο της θερμικής μόνωσης

Η καλή θερμική μόνωση σε ένα αμφιθέατρο εξασφαλίζει:

- Υγιεινή και ευχάριστη διαμονή στους παρευρισκόμενους σαΐτα.
- Ορθολογική κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση και τον κλιματισμό ενός αμφιθεάτρου.
- Οικονομία για τη δαπάνη κατασκευής της εγκατάστασης της θέρμανσης.
- Μικρότερη ρύπανση του περιβάλλοντος από τα καυσαέρια. [35]

2. Θερμικές απώλειες

Τα πολύ μεγάλα εξωτερικά παράθυρα αυξάνουν σημαντικά τις απώλειες θερμότητας, έστω και αν κατασκευαστούν με διπλά ή τριπλά υαλοστάσια. Σε ένα αμφιθέατρο που αποτελεί ένα γωνιακό χώρο είναι προτιμότερο τα παράθυρα να διατάσσονται μονό στον έναν εξωτερικό τοίχο.

Οι σωληνώσεις παροχής θερμού και ψυχρού ύδατος, αλλά και του δικτυού θέρμανσης δεν πρέπει να τοποθετούνται στους εξωτερικούς τοίχους, εκτός και αν πρέπει να μονώνονται.

Επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι οποιαδήποτε αύξηση των επιφανειών των εξωτερικών τοιχωμάτων αυξάνει και τις τοπικές απώλειες ενός αμφιθέατρου.

Ακόμη, οι απώλειες θερμότητας ενός αμφιθέατρου είναι τόσο μεγαλύτερες όσο περισσότερο είναι αυτό εκτεθειμένο στους ανέμους. [35]

3. Ορισμοί

Θερμομόνωση σε ένα αμφιθέατρο: καλείται το σύνολο των κατασκευαστικών μέτρων τα οποία λαμβάνονται για τη μείωση της μετάδοσης θερμότητας μεταξύ των εσωτερικών χώρων του αμφιθέατρου και της ατμόσφαιρας και μεταξύ εσωτερικών χώρων του αυτού αμφιθέατρου διαφορετικής θερμοκρασίας. [35]

4. Απώλειες θερμότητας εξ' αερισμού

Για να περιοριστούν οι απώλειες θερμότητας εξ' αερισμού πρέπει να χρησιμοποιούνται παράθυρα, πολύ καλής κατασκευής από ξύλο, μη υποκείμενο σε παραμόρφωση ή από αλουμίνιο ειδικών διατομών, που να φέρουν στεγανοποιητικά συστήματα είτε ευκόλως αλλασσόμενα είτε μη υποκείμενα σε γήρανση.

Βελτίωση των ξύλινων κατασκευών δύναται να επέλθει σε σημαντικό βαθμό για τη χρησιμοποίηση στεγανοποιηθήκαν λωρίδων αφρώδους ελαστικού στους αρμούς, αντικαθιστάμενων κατά διαστήματα.

Επίσης σε ένα αμφιθέατρο δύναται να γίνει πλήρης στεγανοποίηση παραθύρων και θυρών, και να προβλέπεται ειδική διάταξη ελεγχόμενου αερισμού αποτελούντος αντικείμενο ειδικής μελέτης.

Σε αρμούς που βρίσκονται στην περιβάλλουσα επιφάνεια του αμφιθέατρου και ιδιαίτερα σε διαμπερείς αρμούς μεταξύ προκατασκευασμένων τμημάτων ή μεταξύ προκατασκευασμένων τμημάτων και του φέροντος σκελετού, πρέπει να λαμβάνονται μετρά ώστε αυτή να είναι διαρκώς και πρακτικώς αδιαπέραστοι από τον αέρα. [35]

5. Μέτρα για τη διασφάλιση της θερμομόνωσης

Α) Τοίχοι: Σε ένα αμφιθέατρο οι εξωτερικοί τοίχοι τοιχοποιίας άνευ εξωτερικού επιχρίσματος πρέπει να κατασκευάζονται από υλικά ανθεκτικά στον πάγο και στη βροχή. Στην εξωτερική πλευρά πρέπει να γίνει επιμελής αρμολόγηση με τσιμεντοκονία.

Εξωτερικοί τοίχοι οι όποιοι δεν ανταποκρίνονται προς τους παραπάνω όρους, πρέπει για την προστασία από τη διάβροχη να φέρουν στην εξωτερική πλευρά τους υδατοστεγές επίχρισμα ή άλλη ικανοποιητική προστασία, πχ επένδυση με πλάκες κεραμικών, φυσικού λίθου, τεχνητών λίθινων πλακών ή ισοδύναμων υλικών. Ειδική επιμέλεια πρέπει να καταβάλλεται για την προστασία από τις καιρικές συνθήκες των τοίχων του αμφιθέατρου, οι όποιοι είναι εκτεθειμένοι σε ψυχρούς άνεμους και σε περιοχές αυξημένων βροχοπτώσεων όλων των τοίχων οι όποιοι είναι εκτεθειμένοι στους άνεμους.

Γενικά σε περίπτωση διατρήσεως των εξωτερικών τοίχων για την δίοδο σωληνώσεων υδρεύσεως, αποχετεύσεως ή ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, επιβάλλεται η λήψη μέτρων για την προστασία της θερμικής μονώσεως έναντι της εισόδου νερού ή υγρασίας. [35]

Β) Οροφές και δάπεδα-προστασία έναντι υγρασίας: Τα δάπεδα του αμφιθέατρου που κείται κατ' ευθείαν επί του φυσικού εδάφους πρέπει να προστατεύονται από την υγρασία. Οροφές οι οποίες βρίσκονται διπλά σε υγρούς χώρους πρέπει να προστατεύονται από την υγρασία. [35]

6.2 Ηχομόνωση αμφιθέατρου

Ο θόρυβος

Με την ηχομόνωση προσπαθούμε να προστατεύουμε τους χρήστες ενός αμφιθέατρου από τους ενοχλητικούς και δυσάρεστους ήχους που χαρακτηρίζονται σαν θόρυβοι. Αν και ο χαρακτηρισμός ενός ήχου σαν θόρυβο έχει πολλά υποκειμενικά στοιχεία κάποιοι ήχοι θεωρούνται αναμφισβήτητα θόρυβοι.

Οι θόρυβοι σε ένα αμφιθέατρο προέρχονται από διάφορες αιτίες και συνήθως διακρίνονται:

I. Θόρυβοι έξω από τα αμφιθέατρα. Είναι οι θόρυβοι από την κυκλοφορία οχημάτων σε πλησίον δρόμο ή χώρο στάθμευσης, την κοντινή διέλευση τρένων ή αεροπλάνων, κ.α.
II. Θόρυβοι στο εσωτερικό του αμφιθέατρου. Είναι οι θόρυβοι λειτουργίας των εγκαταστάσεων του αμφιθέατρου, δηλαδή τα μηχανήματα κλιματισμού, τα λεβητοστάσια, τυχόν ηχητικές συσκευές, κλπ.
III. Θόρυβοι κτυπημάτων στα δάπεδα. Τα χτυπήματα στα δάπεδα προέρχονται από το βάδισμα, μετατοπίσεις συσκευών και επίπλων, κακή έδραση συσκευών. [8], [10]

Διακρίνονται κατηγορίες θορύβων:

Α) Ο λευκός θόρυβος που είναι μια θεωρητική προσέγγιση του θορύβου του περιβάλλοντος, είναι το αποτέλεσμα τις επαλληλίας ενός μεγάλου αριθμού στοιχειωδών σχετικά ομαλών θορύβων των όποιων έχει γίνει πλήρης ανάμειξη.

Β) Οι σταθεροί θόρυβοι καθορισμένου φάσματος προέρχονται γενικά από τη λειτουργία μηχανημάτων.

Γ) Οι ακανόνιστοι θόρυβοι χαρακτηρίζονται από μεγάλη ένταση και μικρή διάρκεια.

Δ) Οι κρουστικοί θόρυβοι προέρχονται από κρούσεις στις επιφάνειες του χώρου ή σε γειτονικές επιφάνειες. [10]

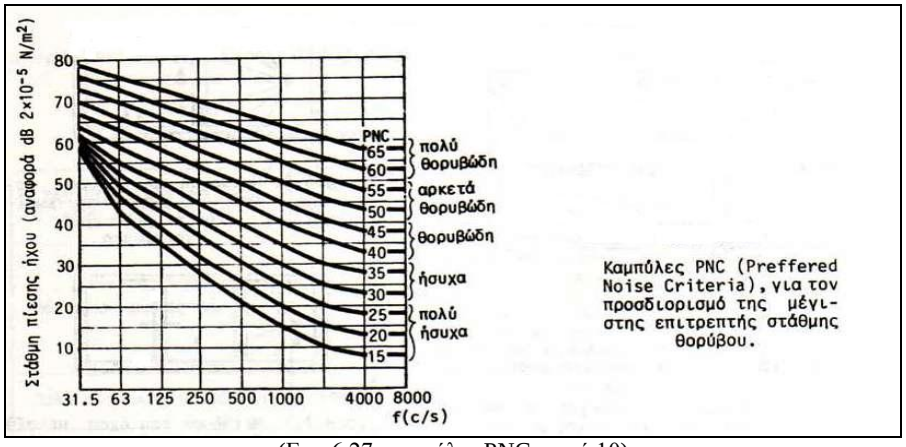
Απαιτήσεις ηχοπροστασίας

Ένα ελάχιστο επίπεδο θορύβου είναι απαραίτητο σε κάθε χώρο για την ακουστική ανεπίσημο όμως ανέρχεται η στάθμη του θορύβου προκύπτουν ενοχλήσεις και σε υψηλές στάθμες θορύβου γίνεται προβληματική ή κανονική χρησιμοποίηση ενός χώρου όπως αυτή του αμφιθεάτρου. Οι απαιτήσεις ηχοπροστασίας βασίζονται σε προδιαγεγραμμένες τιμές ανεκτής στάθμης θορύβων που προκύπτουν από πινάκες που καθορίζουν τη μεγίστη επιτρεπτή στάθμη θορύβου στη συχνότητα των 1000 c/s. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο ήχος παράγεται έξω από ένα αμφιθέατρο η μείωση του θορύβου εξαρτάται από τη συνολική ηχομόνωση του χώρου αυτού. [10]

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ dB(A)	ΠΗΓΗ ή ΧΩΡΟΣ
Μάλις υποφερτός θόρυβος	120 110	- Κινητήρας αεροπλάνου κατά την απογείωση σε απόσταση 100 m. - Κτυπήματα σφυριού σε ατσάλι. - Σιδηρουργείο, χαλκουργείο, λεβητοποιείο. - Ορχήστρα μουσικής πόπ. - Σταθμός κατά το πέρασμα ταχείας.
Πολύ ενοχλητικός θόρυβος	100	- Γεωτρύπανο με πεπιεσμένο αέρα. - Σφυρηλάτηση
Θορυβώδες περιβάλλον	90 80 70	- Συμφωνική ορχήστρα. - Κλάξον αυτοκινήτου. - Δέκτης ραδιοφώνου δυνατά. - Θορυβώδης δρόμος. - Μουσική δωματίου.
Συνηθισμένη ομιλία ή μουσική	60	- Μέσο εργοστάσιο. - Θορυβώδες εστιατόριο. - Θορυβώδες γραφείο. - Συνήθης ομιλία σε απόσταση 1 m
Συνηθισμένος θόρυβος περιβάλλοντος	50	- Θορυβώδες διαμέρισμα
Ησυχία	40	- Συνηθισμένο γραφείο ή διαμέρισμα. - Σιγανή μουσική ραδιοφώνου.
Πολύ μεγάλη ησυχία	30 20	- Ησυχη κατοικία. - Studio ραδιοφώνου πολύ καλά μονωμένο. - Ησυχος κήπος.
Μη κανονική (και ενοχλητική) ησυχία	10 5 0	- Εργαστήριο ακουστικής πολύ καλά μονωμένο. - Στάθμη ελάχιστης ακουστότητας

(Εικ. 6.26, χαρακτηριστικές στάθμες θορύβου, πηγή 10)



(Εικ. 6.27, καμπύλες PNC, πηγή 10)

Η ενόχληση που προκαλεί ο θόρυβος δεν εξαρτάται μόνο από την στάθμη του αλλά είναι και υποκειμενικό θέμα του κάθε άτομου. Κατά συνέπεια, υπάρχουν και αρκετές δυσκολίες για τον καθορισμό μιας μεγίστης επιτρεπτής στάθμης θορύβου, για κάθε χώρο συγκεκριμένης χρήσης. Μέχρι την P.N.C. 55, η βαθμονόμηση των καμπυλών αντιστοιχεί στη στάθμη στη συχνότητα των 1000 c/s. Οι αντίστοιχες στάθμες για τις διάφορες συχνότητες σε ένα αμφιθέατρο είναι 25-35 P.N.C. [10]
Όσον αφόρα το τρόπο γένεσης και μετάδοσης οι θόρυβοι χωρίζονται σε δυο κατηγορίες :

- Ο αερόφερτος θόρυβος, που παράγεται σε ένα χώρο και μεταδίδεται δια μέσου του αέρα μέχρι τα τοιχώματα του χώρου.
- Ο κτυπογενής θόρυβος, που παράγεται στον ένα χώρο από το κτύπημα ενός αντικείμενου στο χώρισμα τους και μεταδίδεται διαμέσου αυτού. [8]

Αξίζει να σημειωθεί ότι στα οριζόντια χωρίσματα ενός χώρου, ενδιαφέρει ο βαθμός ηχοπροστασίας που παρέχεται από κτυπογενή θόρυβο, ενώ στα κατακόρυφα από αερόφερτο. [10]

Ηχοπροστασία

Η ηχοπροστασία αρχίζει με το σωστό σχεδιασμό της οικοδομής του αμφιθέατρου. Με την επιλογή της θέσης του σε ένα οικόπεδο, και την επιλογή των κατάλληλων οικοδομικών υλικών, η ηχοπροστασία γίνεται απλούστερη, αποτελεσματικότερη και φθηνότερη. [10]
Χρήσιμοι κανόνες ηχοπροστασίας κατά την σχεδίαση ενός αμφιθεάτρου είναι :

- Οι περισσότερο ευαίσθητοι χώροι που πρέπει να προστατευθούν, να τοποθετούνται στη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση από τις εξωτερικές πηγές θορύβου.
- Χώροι ή εμπόδια που δεν έχουν μεγάλη ανάγκη ηχοπροστασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν εμπόδια στην μετάδοση θορύβου.
- Ανάμεσα σε αναγκαστικά θορυβώδεις χώρους και χώρους που χρειάζονται χαμηλή στάθμη θορύβων, είναι σκόπιμο να παρεμβάλλονται χώροι μετρίων απαιτήσεων.
- Συσκευές και μηχανήματα που προκαλούν θόρυβο και πρέπει να βρίσκονται μέσα στο κτίριο, πρέπει να τοποθετούνται μακριά από τους ευαίσθητους χώρους και όπου είναι δυνατόν στο χαμηλότερο μέρος του κτιρίου, σε σταθερές βάσεις, ώστε σημαντικό μέρος των κραδασμών και του θορύβου να απορροφάται από το έδαφος.
- Η επιλογή της θέσεως των ανοιγμάτων πρέπει να γίνεται και με κριτήρια που αναφέρονται στη διάδοση των θορύβων. [10]

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι:

- Για ηχοπροστασία 30-40 dB χρειάζεται σοβαρή μελέτη του αρχιτεκτονικού μέρους ενός αμφιθέατρου και η αποφυγή κατασκευαστικών σφαλμάτων.
- Για ηχοπροστασία 40-50 dB χρειάζεται ειδική κατασκευαστική πρόνοια, όπως χονδροί τοίχοι, καλή εφαρμογή των ανοιγμάτων κ.α.
- Για ηχοπροστασία 50-60 dB χρειάζονται απαραίτητα ειδικά κατασκευαστικά στοιχεία και ηχομονωτικά υλικά.
- Για ηχοπροστασία άνω των 60 dB υπάρχουν σοβαρές δυσκολίες και χρειάζεται προσεκτική μελέτη και δαπανηρή κατασκευή. [10]

Ηχομονωτική άξια τοιχωμάτων

Για τα συνηθισμένα προβλήματα στην πράξη, οι Γερμανικοί Κανονισμοί DIN 4019 προβλέπουν να λαμβάνεται σα μέση συχνότητα αυτή των 550 Hz, προκειμένου να υπολογισθεί η μέση ηχομονωτική άξια των τοίχων. Οι τοίχοι διακρίνονται σε συμπαγείς και σε τοίχους με διάκενα. [10]

α) Συμπαγείς τοίχοι: Αν ένας τοίχος είναι συμπαγής και επιχρισμένος από τις δυο πλευρές, η ηχομονωτική του άξια εξαρτάται μόνο από το βάρος του. Η έλλειψη επιχρίσματος και η ύπαρξη μικρών ανοιγμάτων (χαραμάδες), εξασθενίζει σημαντικά την ηχομόνωση ενός αμφιθέατρου. Στον παρακάτω πινάκα δίνεται η ηχομονωτική άξια συμπαγούς τοίχου σε συνάρτηση με το βάρος του.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΣΥΜΠΑΓΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥ

ΒΑΡΟΣ ΤΟΙΧΟΥ (kg/m²)	3	6	12	25	50	100	200	400	800	1000
ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΑΞΙΑ S(σε dB)	20	24	28	32	36	40	44	49	54	55

(Εικ. 6.28, ηχομονωτική αξία συμπαγούς τοίχου, πηγή 10)

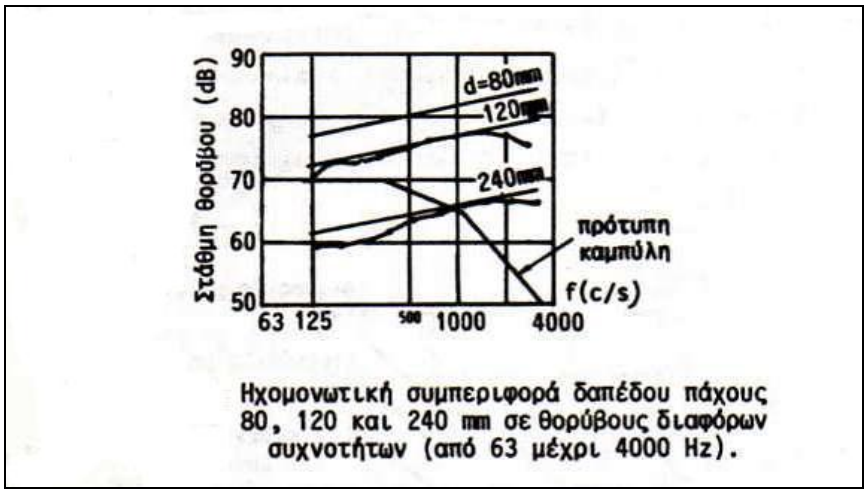
β) Πραγματικοί τοίχοι: Στην πραγματικότητα οι τοίχοι κατασκευάζονται από ένα σύνολο υλικών, όπως τούβλα, συνδετικά υλικά, επιχρίσματα, μονώσεις και άλλα. Για συνηθισμένους τοίχους χωρίς μονώσεις ο πινάκας 6.29 δίνει τη μέση ηχομονωτική άξια.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗ ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΟΙΧΩΝ

ΕΙΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΕ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ ΚΑΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΥΟ ΠΛΕΥΡΕΣ	ΠΑΧΟΣ (cm)	ΒΑΡΟΣ G (kg/m²)	ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΑΞΙΑ S (σε phon)
Μπατική οπτοπλινθοδομή από διάτρητους οπτόπλινθους	11	380	58
Δρομική οπτοπλινθοδομή από διάτρητους οπτόπλινθους	13	210	50
Μπατική οπτοπλινθοδομή από πλήρεις οπτόπλινθους	28	460	59
Υπερμπατική οπτοπλινθοδομή από πλήρεις οπτόπλινθους	41	660	64
Κισσηρομπετόν	8	65	31
Κισσηρομπετόν	22	220	42
Πλάκες από κισσηρομπετόν	23	250	56

(Εικ. 6.29, μέση ηχομονωτική αξία τοίχων, πηγή 10)

γ) Δάπεδα: η ηχομονωτική ικανότητα ενός δαπέδου σε κτυπογενή ήχο αυξάνει περίπου γραμμικά με την συχνότητα, ενώ η αύξηση του πάχους του δεν συνεπάγεται ανάλογη αύξηση της ηχομονωτικής του άξιας. Βλέπε σχήμα 6.30.



(Εικ. 6.30, ηχομονωτική συμεριφορά δαπέδου σε θορύβους διαφόρων συχνοτήτων, πηγή 10)

Γι' αυτό τα δάπεδα πρέπει να επικαλύπτονται με μαλακό υλικό που περιορίζει το κτυπογενή θόρυβο. Πλαστικό στρώμα 2,5 mm βελτιώνει την χοροστασία κατά 10 dB, ενώ μια μοκέτα επιτυγχάνει ηχομείωση κατά 22-30 dB.

δ) Τοιχώματα με διάκενο: Τα χωρίσματα με διάκενο, γνωστά σαν ΄΄διπλά χωρίσματα΄΄ παρουσιάζουν αυξημένο δείκτη ηχομείωσης για συχνότητες f που είναι μεγαλύτερες της συχνότητας συντονισμού f_σ του διπλού τοιχώματος. Η ηχομείωση που παρουσιάζει ένα διπλό τοίχωμα είναι τόσο καλύτερη όσο χαλαρότερη είναι η σύζευξη μεταξύ τους.
Γενικά η ηχομείωση διπλού τοιχώματος επηρεάζεται από το διάκενο μεταξύ των στοιχείων, την αντήχηση των διαχωριστικών στοιχείων, τη μείωση του κενού του αέρα, τις συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων. Η τοποθέτηση ηχοπορροφητικού υλικού στο διάκενο μεταξύ των τοιχωμάτων αυξάνει επίσης το δείκτη ηχομόνωσης. Για την ηχομείωση τοιχωμάτων με διάκενο δίνει τιμές ο πινάκας 6.31.

ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗ ΣΕ ΤΟΙΧΟΥΣ ΜΕ ΔΙΑΚΕΝΟ.

ΠΛΑΤΟΣ ΚΕΝΟΥ (σε cm)	3	4	5	6	8∿12	15	20
ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗ ΛΟΓΩ ΤΟΥ ΚΕΝΟΥ ΔR (σε dB)	6	8	9	10	12	10	6

(Εικ. 6.31,ηχομείωση σε τοίχους με διάκενο, πηγή 10)

Στα διπλά χωρίσματα με ηχοαπορροφητικό υλικό ανάμεσα τους μπορεί να μειωθεί ο συνολικός δείκτης ηχομείωσης, εξαιτίας του κοινού στηρίγματος των χωρισμάτων ή των συνδέσμων στερέωσης. Γι' αυτό συνήθως το ένα χώρισμα είναι ελαστικό και το άλλο βαρύ. Όταν οι σύνδεσμοι είναι απαραίτητοι κατασκευάζονται σημειακοί και πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 60 cm μεταξύ τους .

ε) Μέση ηχομονωτική αξία τοίχων με κουφώματα: η μέση ηχομονωτική άξια ενός τοίχου με κουφώματα εξαρτάται από την ηχομονωτική αξία τοίχου και κουφωμάτων και το λόγο του εμβαδού τοίχου και τοιχωμάτων. Βλέπε τον πινάκα παρακάτω. [10]

ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ D_K (dB)
• Απλή πόρτα με κατώφλι χωρίς ιδιαίτερη μόνωση	20
• Βαρειά πόρτα με κατώφλι και καλή μόνωση	30
• Διπλή πόρτα με κατώφλι χωρίς ιδιαίτερη μόνωση και ανεξάρτητο άνοιγμα κάθε φύλλου	30
• Βαρειά πόρτα με κατώφλι και καλή μόνωση	40
• Απλό παράθυρο χωρίς ιδιαίτερη μόνωση	15
• Απλό παράθυρο με καλή μόνωση	25
• Κιβωτιοειδές παράθυρο χωρίς ιδιαίτερη μόνωση	25
• Κιβωτιοειδές παράθυρο με καλή μόνωση	30

(Εικ. 6.32, ηχομονωτική αξία κουφωμάτων, πηγή 10)

Διάκριση ηχοαπορροφητικών υλικών

Α) Πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά

Μια κλασσική μέθοδος απορρόφησης του ήχου είναι να περάσουν τα ηχητικά κύματα από λεπτές σχισμές ή πόρους. Με τη μέθοδο αυτή λειτουργούν τα πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά. Αυτά παρουσιάζουν πολυάριθμα μικρά διάκενα, γεμάτα αέρα που επικοινωνούν μεταξύ τους και με τον εξωτερικό προς τον υλικό χώρο. Αν οι πόροι είναι υπερβολικά μικροί, το υλικό ανακλά το μεγαλύτερο ποσοστό της ηχητικής ενέργειας που δέχεται. Αν οι πόροι είναι μεγάλοι το υλικό παρουσιάζει μικρή εσωτερική απορρόφηση. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την απορροφητικότητα είναι το πάχος, η συχνότητα, η ελαστικότητα των ινών.

Βασικό μειονέκτημα των πορωδών ηχομονωτικών υλικών, είναι η αισθητική τους εμφάνιση που δύσκολα βελτιώνεται χωρίς να μειωθούν οι ηχοαπορροφητικές τους ιδιότητες. Πολλές φόρες καλύπτονται με λεπτό διάτρητο κάλυμμα, το όποιο μπορεί να βαφτεί και είναι διαπερατό από τον ήχο.

Β) Απορροφητικά πλαίσια

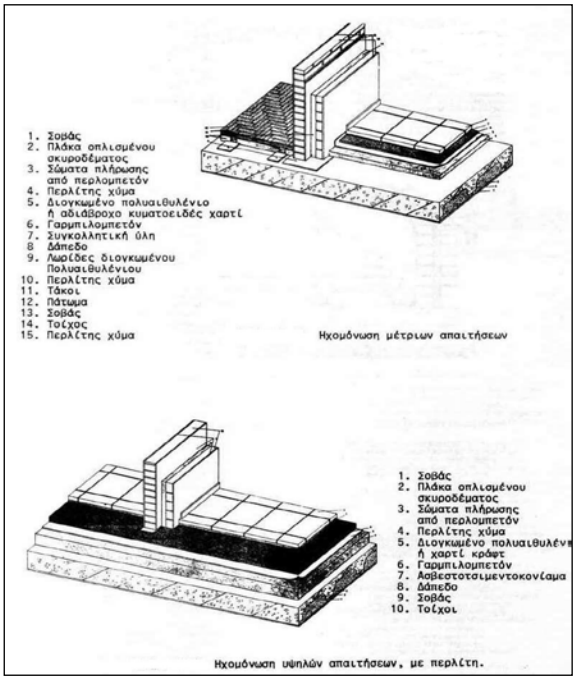
Τα απορροφητικά πλαίσια είναι μικρού πάχους χωρίσματα τα οποία τοποθετούνται σε μικρή απόσταση από τη σταθερή επιφάνεια (π.χ. τοίχο). Η ηχοαπορροφητικότητα μπορεί να αυξηθεί με την τοποθέτηση πορώδους υλικού ανάμεσα στα πλαίσια και το διάκενο.

Γ) Συνηχητές

Οι συνηχητές είναι κοιλότητες με στενό άνοιγμα που συντονίζονται σε χαμηλές συχνότητες και τις απορροφούν. Η αρχή λειτουργίας των συνηχητών βασίζεται στη διέγερση που υφίσταται η μάζα του αέρα της κοιλότητας που του δίνει τη δυνατότητα να απορροφά ενέργεια πολύ περισσότερη από εκείνη που αντιστοιχεί στην επιφάνεια του. [8], [10]

Εφαρμογές ηχομονωτικών υλικών στο αμφιθέατρο

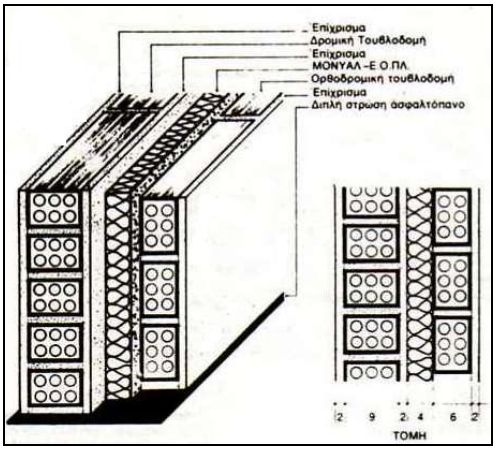
Στα σχήματα που ακολουθούν δίνονται ενδεικτικά μερικές υποδειγματικές λύσεις και οδηγίες για την ηχομόνωση. [10]



(Εικ. 6.33, ηχομόνωση με περλίτη, πηγή 10)

Ηχομόνωση διαχωριστικών τοίχων

1)

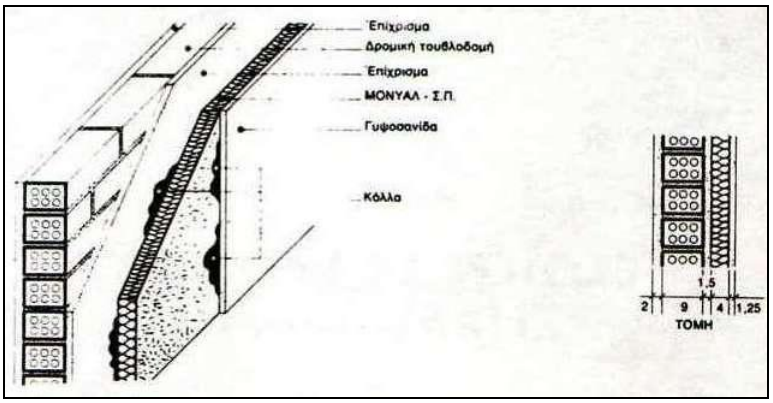


(Εικ.6.34, ηχομόνωση σε διπλή τουβλοδομή, πηγή 10)

Τύπος κατασκευής: Διπλή τουβλοδομή (δρομική, ορθοδρομική) χτισμένη πάνω σε διπλή στρώση ασφαλτόπανο, με επιχρίσματα στις εξωτερικές πλευρές και στην εσωτερική πλευρά της δρομικής τουβλοδομής, με ενδιάμεση μόνωση από πλάκες υαλοβάμβακα τύπου ΜΟΝΥΑΛ-Ε.Ο.ΠΛ πάχους 4 cm.
Μέση ηχομονωτική ικανότητα 50 dB.
Συντελεστής θερμοπερατότητας: K=0,6 Kcal/m^2 h ^{0}C (0,7 W/m^2 ^{0}K)

Περιγραφή κατασκευής
α) Στο δάπεδο και πριν χτιστεί ο τοίχος στρώνεται διπλή λωρίδα ασφαλτόπανου πλάτους 25 cm και πάχους 5 mm.
β) Επάνω στη λωρίδα του ασφαλτόπανου χτίζεται δρομική πλινθοδομή (πάχους 9 cm) εώς την πλάκα ή το δοκάρι του μπετόν. Το χτίσιμο πρέπει να είναι προσεχτικό, χωρίς κενά στους αρμούς των τούβλων. Μετά το χτίσιμο, η τουβλοδομή σοβατίζεται και από τις δύο πλευρές.
γ) Το ασφαλτόπανο που περισσεύει καθαρίζεται από τις λάσπες και από πάνω του χτίζεται η ορθοδρομική τουβλοδομή (πάχους 8 cm). Κατά το χτίσιμο της ορθοδρομικής τουβλοδομής τοποθετούνται ανάμεσα στον τοίχο χωρίς να συμπιέζονται, πλάκες υαλοβάμβακα τύπου ΜΟΝΥΑΛ-Ε.Ο.ΠΛ, πάχους 4 cm. Η τοποθέτηση των πλακών ανάμεσα στον τοίχο, γίνεται χωρίς καρφιά ή άλλη μεταλλική σύνδεση. Οι πλάκες πρέπει να καλύπτουν όλη την επιφάνεια της τουβλοδομής και να μην αφήνουν κενά στους αρμούς και στις άκρες με τα γειτονικά στοιχεία (πχ, δοκοί, υποστυλώματα). Ο τοίχος δεν πρέπει να διαπεραστεί από κανένα στοιχείο της ηλεκτρομηχανολογικής εγκατάστασης για να μη δημιουργηθεί γεφύρωση μεταξύ των δύο τουβλοδομών.
δ) Η δεύτερη τουβλοδομή μετά το χτίσιμο και την ολοκλήρωση κάθε άλλης εργασίας σοβατίζεται. [10]

2)



(Εικ.6.35, ηχομόνωση σε δρομική τουβλοδομή, πηγή 10)

Τύπος κατασκευής: Δρομική τουβλοδομή με επιχρίσματα στις δύο πλευρές και επένδυση υαλοβάβακα τύπου ΜΟΝΥΑΛ-Σ.Π, πάχους 4 cm επικαλυμμένες με γυψοσανίδες των 12,5 mm.
Μέση ηχομονωτική ικανότητα 50 dB.
Συντελεστής θερμοπερατότητας K=0,6 Kcal/m^2 h ^{0}C (0,7 W/m^2 ^{o}K)

Περιγραφή κατασκευής
α) Χτίζεται δρομική πλινθοδομή (πάχους 9 cm) προσεκτικά χωρίς κενά στους αρμούς των τούβλων και στις άκρες με τα γειτονικά οικοδομικά στοιχεία. Μετά το χτίσιμο και την εγκατάσταση των ηλεκτρολογικών σωληνώσεων, η τουβλοδομή σοβατίζεται και από τις δύο μεριές.
β) Στον τοίχο επικολλούνται πλάκες υαλοβάμβακα τύπου ΜΟΝΥΑΛ-Σ.Π, πάχους 4 cm. Η εργασία επικόλλησης των πλακών γίνεται σε τρεις φάσεις:

- Αστάρωμα. Στην επιφάνεια του υαλοβάμβακα γίνεται επάλειψη με διάλυμμα από ειδικό συγκολλητικό γύψο, με αναλογία 10 προς 7. Η επάλειψη γίνεται με πλαστικό ρολό σε παράλληλες λωρίδες πλάτους 10-15 cm, με αποστάσεις μεταξύ τους 15-20 cm.
- Τοποθέτηση κόλλας. Αμέσως μετά το αστάρωμα, ετοιμάζεται πολτός κόλλας για τη συγκόλληση των πλακών υαλοβάμβακα στον τοίχο. Η σύνθεση του πολτού αυτού είναι δύο μέρη ειδικού συγκολλητικού γύψου, προς 1 μέρος νερό. Το μίγμα ανακατεύεται αρκετά και αφήνεται 5-10 λεπτά πριν χρησιμοποιηθεί. Στη συνέχεια τοποθετούνται κομμάτια πολτού ανά σημεία πάνω στην ασταρωμένη επιφάνεια του υαλοβάμβακα. Σε ομαλή επιφάνεια τοίχου απαιτούνται 15 κομμάτια κόλλας ανά m^2 που αντιστοιχούν σε ποσότητα 2 kgr.
- Επικόλληση. Μετά την τοποθέτηση της κόλλας γίνεται η εφαρμογή των πλακών στον τοίχο χωρίς να αφήνονται κενά στους αρμούς και στις άκρες με τα γειτονικά οικοδομικά στοιχεία (τοίχους, δοκούς και υποστυλώματα).

γ) Αφού γίνει η επένδυση του τοίχου στην επιφάνεια του υαλοβαμβακα επικολλούνται γυψοσανίδες πάχους 12,5 mm. Οι γυψοσανίδες κόβανται σε μήκος 1,5 cm, μικρότερο από το ύψος του μεμονωμένου τοίχου. Η εργασία επικολλήσεως περιλαμβάνει: αστάρωμα σε όλη την επιφάνεια του υαλοβάμβακα με διάλυμα συγκολλήτικού γύψου, τοποθέτηση πολτού κόλλας πάνω στις γυψοσανίδες και επικόλληση τους στη μονωμένη επιφάνεια. Η κατακόρυφη θέση τους ρυθμίζεται με ξύλινες σφήνες πάνω στο δάπεδο, ενώ το αλφάδιασμα γίνεται με ξύλινο πήχυ. Για τη σκλήρυνση της κόλλας απαιτούνται 2-3 ώρες. Μετά το διάστημα αυτό αποκόπτεται το τμήμα των σφηνών που προεξέχει από τις γυψοσανίδες.
δ) Κατά την τοποθέτηση των πλακών του υαλοβάμβακα και των γυψοσανίδων πρέπει να προβλεφθούν τα απαραίτητα ανοίγματα για την ηλεκτρική εγκατάσταση (κουτιά διακλάδωσης, διακοπτων και ρευματοδοτών).
ε) Μετά την επικόλληση των γυψοσανίδων, οι αρμοί τους γεμίζονται με ειδικό στόκο από γύψο και στη συνέχεια όλη η επιφάνεια στοκάρεται, τρίβεται και βάφεται. Η εργασία ολοκληρώνεται με την τοποθέτηση των σοβατεπί και των γύψινων γωνιών της οροφής.
Παρατήρηση: Η κατασκευή αυτή συνιστάται για τη βελτίωση της ηχομονωτικής απόδοσης υπαρχόντων διαχωριστικών τοίχων, οπότε πρέπει πριν από την εργασία η επιφάνεια να καθαρισθεί από βαφές και άλλες καλύψεις που εμποδίζουν την επικόλληση της μόνωσης. [10]

Κανονισμός (Γ.Ο.Κ. 4^0 μέρος) για ηχομονώσεις κτιρίων

Σ' αυτή τη παράγραφο θα αναφέρουμε τα σχετικά με την ηχομόνωση αμφιθεάτρων.

1) Ο έλεγχος της ηχομονωτικής ικανότητας και ηχοδιαπερατότητας στοιχείων του αμφιθεάτρου, γίνεται με αίτηση των ενδιαφερόμενων για μέτρηση από ειδικά εργαστή-

ρια του υπουργείου δημοσίων έργων, των εργαστηριών ανώτατων τεχνικών σχολών ή και ιδιωτικών αναγνωρισμένων εργαστηρίων, σύμφωνα με την εκάστοτε ισχύουσα μέθοδο του Διεθνούς Οργανισμού Προτυποποιήσεως. [12]

2)

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ - ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (ΚΤΙΡΙΟΔΟΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ, ΑΡΘΡΟ 12)

Είδος κτιρίου	Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης. (§ 4.1.)		Ηχομόνωση κατοικίας (διαμερίσματος) από άλλο χώρο κύριας χρήσης. (§ 4.2.)		Ηχοπροστασία από εξωτερικούς θορύβους	Ηχοπροστασία από θορύβους εγκαταστάσεων	Ηχομόνωση μεταξύ των χώρων της ίδιας κατοικίας	Ηχομόνωση κύριου χώρου από χώρους εγκαταστάσεων	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB	R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB	$L_{A\text{eq},1h}$ dB (A)	L_{pA} dB (A)	R'_w dB	R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB
Κατηγορία Α' "Υψηλή ακουστική άνεση"									
Κατοικία - προσωρινή διαμονή	54	55	-	-	30	25	48	60	45
Γραφεία - εμπόριο	52	60	58	52	35	30	-	55	55
Εκπαίδευση	57	58	58	52	30	25	-	60	45
Υγεία	57	55	58	52	30	25	- -	60	45
Συνάθροιση - βιομηχανία	65	40	62	47	(25)	(25)	-	(65)	(40)
Κατηγορία Β' "Κανονική ακουστική άνεση"									
Κατοικία - προσωρινή διαμονή	50	60	-	-	35	30	42	55	50
Γραφεία - εμπόριο	40	65	52	55	40	35	-	53	60
Εκπαίδευση	50	65	55	55	35	30	-	55	50
Υγεία	50	60	55	55	35	30	-	53	50
Συνάθροιση - βιομηχανία	60	45	60	48	(25)	(25)	-	(62)	(45)

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

Οι τιμές σε παρενθέσεις αποτελούν μόνον οδηγό για σχεδιασμό θεάτρων, κινηματογράφων, αιθουσών συγκεντρώσεων, μουσικής, χώρων ηχογράφησης και επεξεργασίας ήχου, εκκλησιών και άλλων χώρων, στους οποίους η αυξημένη ηχοπροστασία αποτελεί προϋπόθεση για τη διαμόρφωση της εσωτερικής ακουστικής τους. Για κτίρια, στα οποία συνυπάρχουν επιμέρους τμήματα διαφορετικών κύριων χρήσεων, η επιλογή των τιμών των κριτηρίων γίνεται έτσι, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε ηχομόνωση, ηχοπροστασία κάθε χώρου κύριας χρήσης. Η επιλογή ακολουθεί τις τιμές των χώρων με περισσότερο αυξημένες απαιτήσεις, έτσι ώστε να καλύπτονται και οι απαιτήσεις των άλλων χώρων. Οι τιμές της στήλης 9 αφορούν μόνο στην επιφάνεια έδρασης των μηχανημάτων.

(Εικ. 6.35, κριτήρια ηχομόνωσης-ηχοπροστασίας, πηγή 36)

6.3 Στεγανοποίηση αμφιθεάτρου

Μια από τις σοβαρότερες καταπονήσεις των δομικών στοιχείων ενός αμφιθέατρου προέρχεται από την υγρασία. Εξωτερικά υγραίνονται τα δομικά στοιχειά από την βροχή, το χιόνι, την υγρασία του εδάφους, τα υπόγεια νερά, κλπ, ενώ στο εσωτερικό επενεργεί η επιφανειακή συμπύκνωση και η διείσδυση των υδρατμών. Η συμπύκνωση των υδρατμών μπορεί να εμφανιστεί σαν επιφανειακή και τοπική υγροποίηση ή σαν αποτέλεσμα υδρατμών σε σχετικά πορώδη τμήματα των δομικών στοιχείων. [10]

Αρχές προστασίας από την υγρασία

Κατά τη δόμηση πρέπει να δοθεί προσοχή στην εκλογή της σειράς των δομικών στοιχείων έτσι ώστε να κατέρχεται η αντίσταση διάχυσης από μέσα προς τα έξω. Παράλληλα με τη μείωση της θερμοκρασίας κατέρχεται και η πίεση των υδρατμών. Την ύγρανση του τοιχώματος επηρεάζει σημαντικά και η σχετική υγρασία στις δυο πλευρές του δομικού στοιχείου.

Συμπερασματικά μπορούν να αναφερθούν οι παρακάτω αρχές:

- Η υγροποίηση των υδρατμών και η ύγρανση δομικού στοιχείου μπορεί να αποφευχθεί, αν στην εσωτερική του επιφάνεια τοποθετηθεί ειδική στρώση μεγάλης αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών.
- Τα μονωτικά στρώματα μικρής αντίστασης στη διάχυση πρέπει να τοποθετούνται κοντά στην εξωτερική πλευρά των τοιχωμάτων. Ενώ τα της μεγάλης αντίστασης στη διάχυση πρέπει να τοποθετούνται κοντά στην εσωτερική πλευρά του τοιχώματος.
- Τα επιμέρους στρώματα της κατασκευής πρέπει να επιλεχθούν κατά τρόπο, ώστε η ποσότητα διαχεόμενων υδρατμών που εισέρχονται στην εσωτερική επιφάνεια του στοιχείου στον ίδιο χρόνο να εξέρχεται από την εξωτερική.

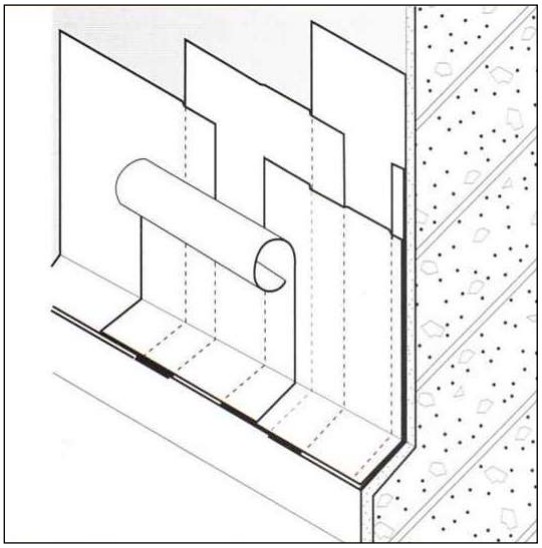
- Αν χρειάζεται εξωτερική προστασία τοιχώματος και δημιουργηθεί φράγμα υδρατμών, πρέπει απαραίτητα να τοποθετηθεί και από την εσωτερική πλευρά δεύτερο φράγμα υδρατμών.

- Πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η ποσότητα υγρασίας που προκύπτει από την συμπύκνωση υδρατμών κατά την χειμερινή περίοδο, είναι μικρότερη από την ποσότητα υγρασίας που μπορεί να εξατμιστεί από τη συγκεκριμένη θέση κατά τη θερινή περίοδο. [8], [10]

Στεγανοποίηση δομικών στοιχείων και κατασκευών αμφιθέατρου

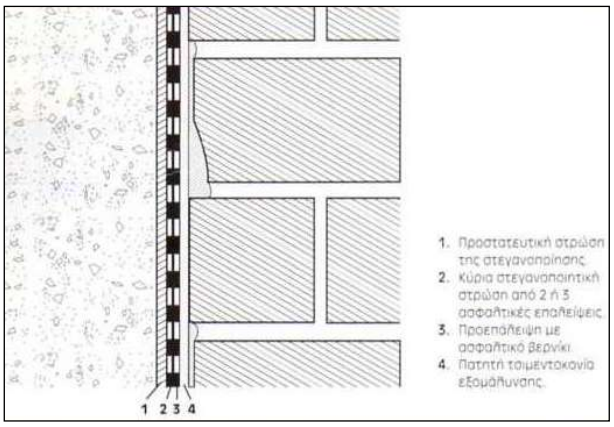
1) Στεγανοποίηση υπογείου

- **Στεγανοποίηση με μεμβράνες**: Κάτω από το σκυρόδεμα καθαριότητας του δαπέδου τοποθετούνται στεγανοποιητικά φύλλα, που υπερκαλύπτονται το ένα του άλλου κατά 10 cm τουλάχιστον. Η στεγανοποίηση των τοίχων γίνεται από το εξωτερικό μέρος με γαλάκτωμα σε δυο στρώσεις, η μία κάθετα στην άλλη, συνολικού πάχους 3-6 mm που υπερκαλύπτουν το επίχρισμα ή –το καλύτερο- με στεγανοποιητικά φύλλα (πχ ασφαλτόπανα) που επικαλύπτονται στα άκρα τους τουλάχιστον κατά 10 cm. Η στήριξη των ασφαλτοπάνων στο άνω άκρο της απόληξής τους μπορεί να γίνει μηχανικά (ήλωση) με γαλβανισμένη μεταλλική λάμα. Η λάμα αυτή θα επικαλυφθεί στη συνέχεια με λωρίδα ασφαλτόπανου πλάτους περίπου 30 cm, που θα επικολληθεί σε όλο το μήκος της απόληξης και στις άκρες της θα σφραγιστεί με ασφαλτική μαστίχη.[26]



(Εικ. 6.36, στεγανοποίηση υπογείου με μεμβράνες, πηγή 26)

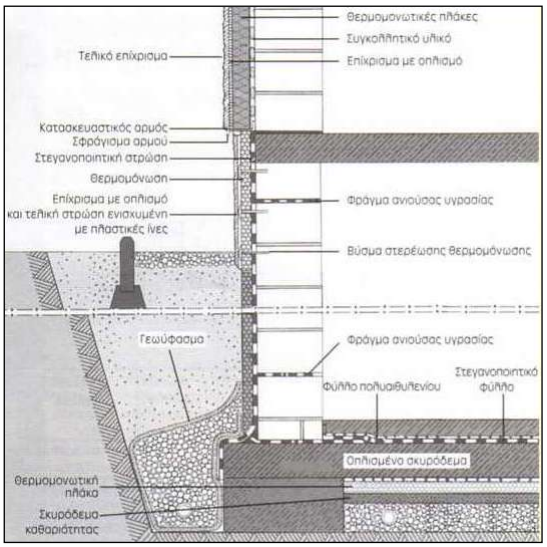
- **Στεγανοποίηση με ασφαλτικές επαλείψεις**: Εφαρμόζεται σε υπόστρωμα καθαρό, ομαλό, στεγνό και σταθερό. Η εξομαλυντική στρώση από πατητή τσιμεντοκονία είναι συχνά απαραίτητη. Απαραίτητη είναι επίσης η προεπάλειψη με ασφαλτικό βερνίκι ή αραιωμένο ασφαλτικό γαλάκτωμα, πριν από την κύρια επάλειψη.



(Εικ. 6.37, στεγανοποίηση με ασφαλτική επάλειψη, πηγή 26)

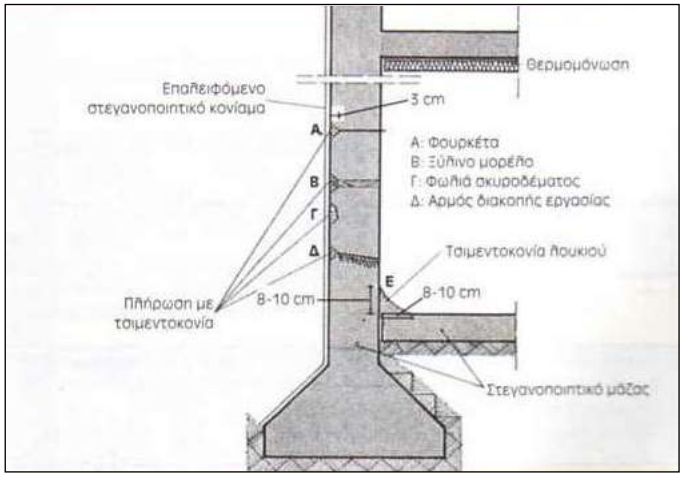
Η κύρια στεγανοποιητική επάλειψη εφαρμόζεται είτε εν θερμω με δύο στρώσεις τουλάχιστον είτε εν ψυχρώ με τρεις στρώσεις πάχους περίπου δύο mm η κάθε μία (σταυρωτή διάστρωση). Η στεγανοποιημένη επιφάνεια πρέπει να προστατεύεται μέχρι την επιχωμάτωση του ορύγματος από την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ κατά την επίχωση πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για αποφυγή τραυματισμού της. [26]

- **Συνδυασμός υγρομόνωσης και θερμομόνωσης κατοικήσιμου υπογείου**: Στο δάπεδο του υπογείου, η φέρουσα πλάκα βρίσκεται επάνω από τη θερμομονωτική στρώση και σκεπάζεται με στεγανοποιητικά φύλλα που καλύπτονται από φύλλα πολυαιθιλενίου. Στους τοίχους η στεγανοποίηση γίνεται εξωτερικά με επαλειφόμενο γαλάκτωμα. Επάνω στη στεγανοποιητική στρώση στηρίζονται πλάκες πολυστυρόλης. Το επίχρισμα που καλύπτει τις πλάκες ενισχύεται με πλαστικές ίνες. [26]



(Εικ. 6.38, στεγάνωση και θερμομόνωση κτιρίου σε κατοικήσιμους χώρους, πηγή 26)

- **Στεγανοποίηση με επαλειφόμενο κονίαμα**: Ο καλός καθορισμός της επιφάνειας και η μέριμνα για τα ευαίσθητα σημεία-πλήρωση φωλιών σκυροδέματος και αρμών διακοπής εργασίας, κοπή των ξύλινων μορέλων και φουρκετών σε βάθος 3 cm μέσα στο σκυρόδεμα-είναι στοιχεία απαραίτητα κατά την προετοιμασία. Στη συμβολή του δαπέδου με τοιχία ή υποστυλώματα, οι σχηματιζόμενες γωνίες στρογγυλεύονται και γεμίζουν σε όλο το μήκος τους. Σε ανακαινίσεις το υφιστάμενο επίχρισμα απομακρύνεται σε τμήμα 50 cm επάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα.[26]

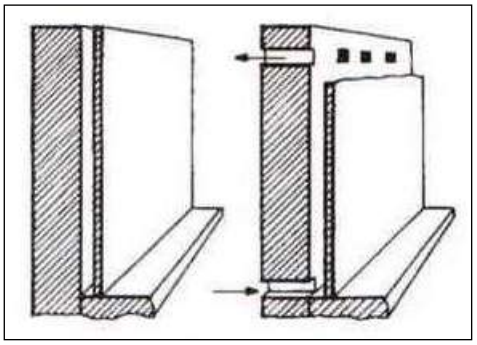


(Εικ. 6.39, στεγανοποίηση υπογείου με επαλειφόμενο κονίαμα, πηγή 53)

2) Προστασία δομικών κατασκευών από την εδαφική υγρασία

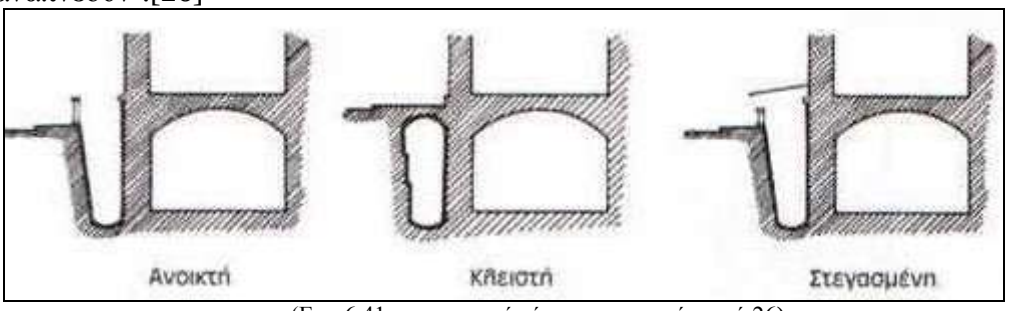
- **Διαμόρφωση εσωτερικού αντίτοιχου**: Με την κατασκευή εσωτερικού αντίτοιχου δε διακόπτεται η άνοδος της τριχοειδούς διαδικασίας στον υφιστάμενο τοίχο, αλλά παρεμποδίζεται η μετάδοση της στο χώρο υπό μορφή εξατμιζόμενων υδρατμών. Το διάκενο που αφήνεται μεταξύ υφιστάμενης

τοιχοποιίας και αντίστοιχου μπορεί να παραμείνει σφραγισμένο. Είναι όμως πολύ προτιμώτερο να αερίζεται με τη διάνοιξη οπών στην κορυφή και στη βάση του υφιστάμενου τοίχου, κατά τρόπο που να δημιουργείται ένα φυσικό ρεύμα αέρα που θα παρασέρνει τους υδρατμούς προς το φυσικό περιβάλλον.[26]



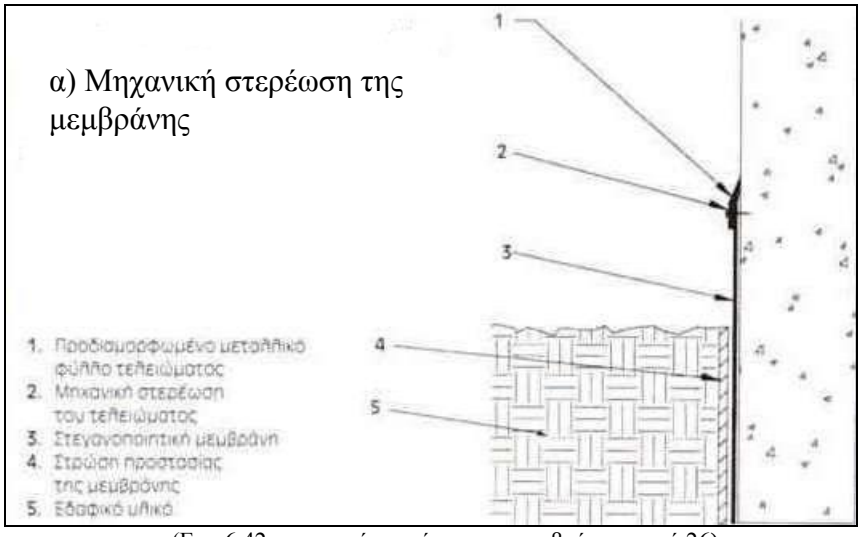
(Εικ. 6.40, διαμόρφωση εσωτερικού αντίτοιχου, πηγή 26)

- **Περιμετρική τάφρος αερισμού**: Σκαρίφημα των τριών βασικών τύπων περιμετρικής τάφρου αερισμού: ανοιχτής, κλειστής και στεγασμένης. Όλοι οι τύποι στόχο έχουν να αυξήσουν την επιφάνεια εξάτμισης των δομικών στοιχείων, απελευθερώνοντας τα πλευρικά τοιχώματα του χτίσματος από τα περιμετρικά χώματα. Γι' αυτό και τα τοιχώματα δεν πρέπει να καλύπτονται με κάποιο στεγανοποιητικό υλικό, αλλά να αφήνονται ελεύθερα να 'αναπνέουν'.[26]

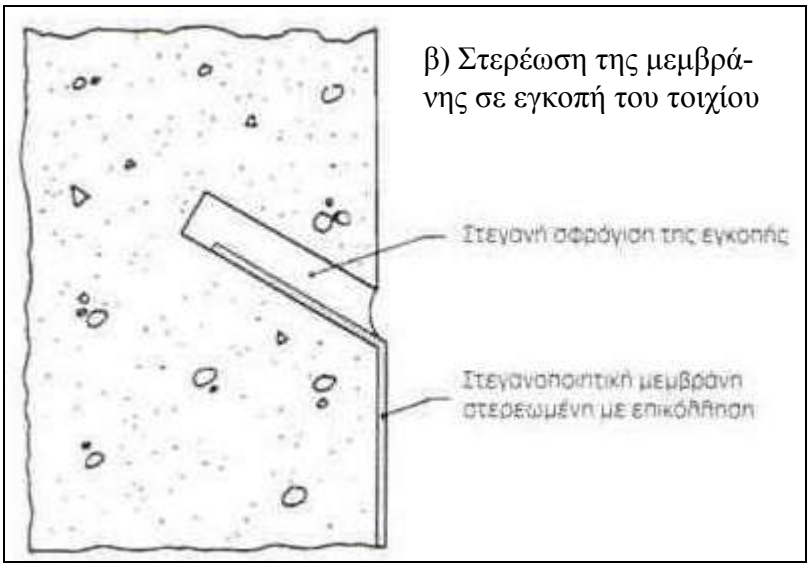


(Εικ. 6.41, περιμετρική τάφρος αερισμού, πηγή 26)

- **Διαμόρφωση άνω τελειώματος στεγανοποιητικής μεμβράνης υπογείου τοιχίου**:

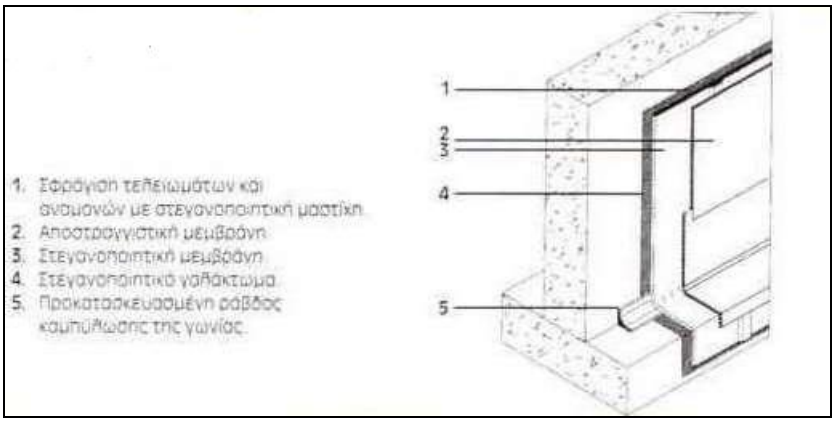


(Εικ. 6.42, μηχανική στερέωση της μεμβράνης, πηγή 26)



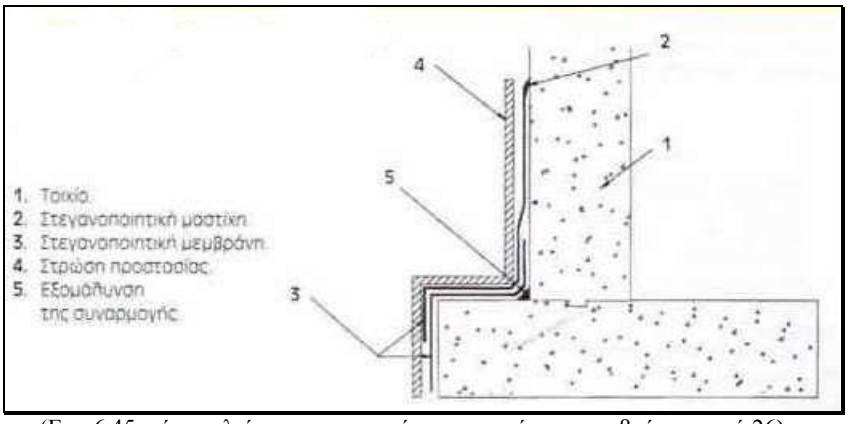
(Εικ. 6.43, στερέωση της μεμβράνης σε εγκοπή του τοιχίου, πηγή 26)

- **Τυπική λεπτομέρεια στεγανοποίησης υπογείου με μεμβράνη**



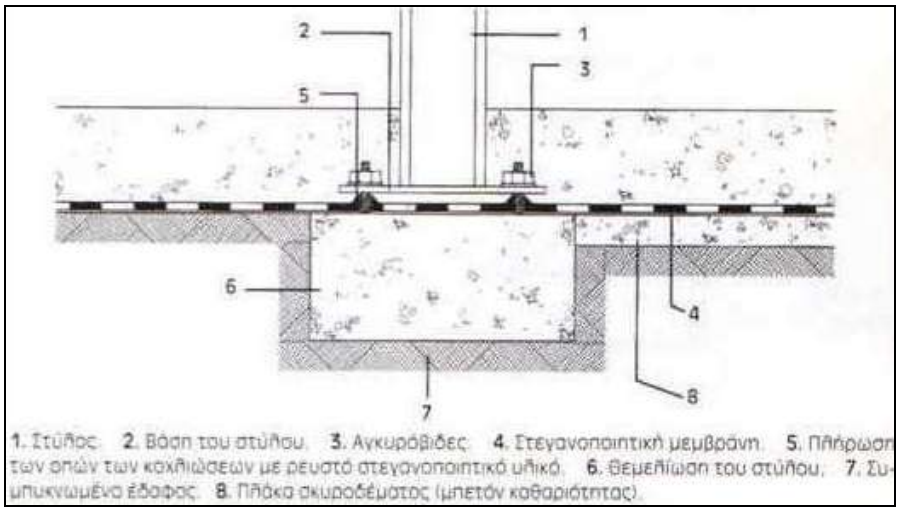
(Εικ. 6.44, λεπτομέρεια στεγανοποίησης υπογείου μεμβράνη, πηγή 26)

- **Κάτω τελείωμα στεγανοποίησης υπογείου με μεμβρανες**



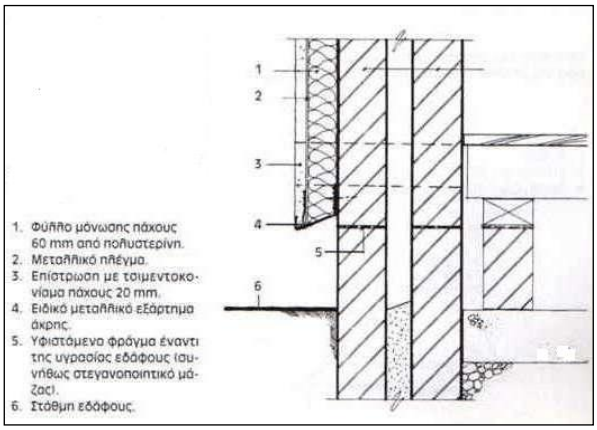
(Εικ. 6.45, κάτω τελείωμα στεγανοποίησης υπογείου με μεμβράνες, πηγή 26)

- **Στεγανοποίηση δαπέδου επάνω σε έδαφος στη θέση έδρασης μεταλλικού στύλου**



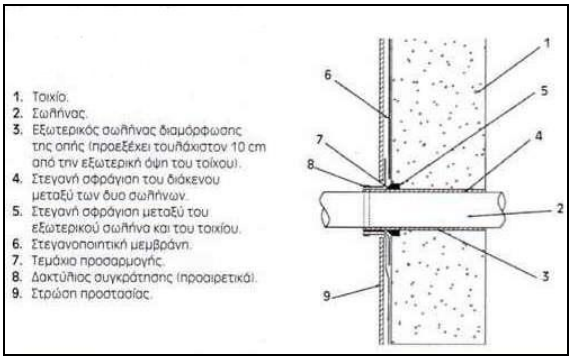
(Εικ. 6.46, στεγανοποίηση δαπέδου σε έδαφος στη θέση έδρασης μεταλλικού στύλου, πηγή 26)

- **Οριζόντια στεγανοποίηση τοίχου επάνω από τη στάθμη του εδάφους**: Αν δεν είναι εφικτή η προστασία μιας κατασκευής από την υγρασία στη στάθμη των θεμελίων της, είναι απαραίτητο να ληφθούν όλα τα μέτρα στη χαμηλότερη στάθμη που βρίσκεται πάνω από το έδαφος. Στο σχήμα 6.47 φαίνεται η οριζόντια στεγανοποίηση του τοίχου, αλλά και η στεγανοποίηση των δοκίδων στήριξης του δαπέδου. [26]



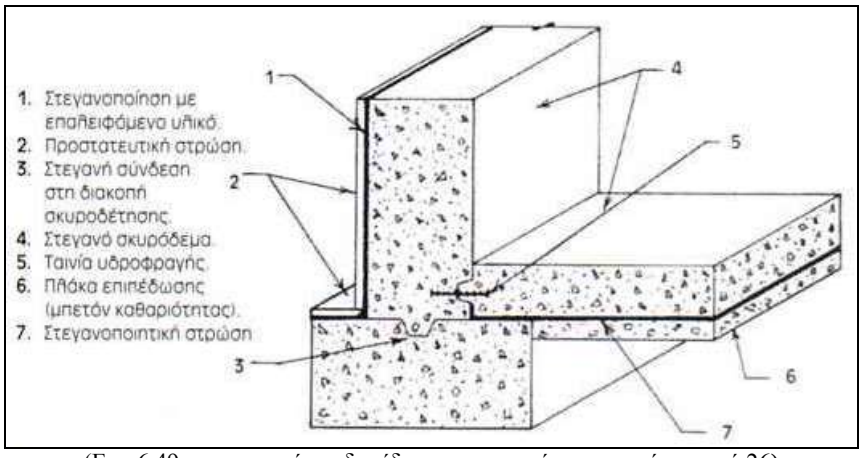
(Εικ. 6.47, οριζόντια στεγανοποίηση τοίχου πάνω από τη στάθμη του εδάφους, πηγή 26)

- **Στεγανοποίηση οπής (διέλευση αγωγού) σε υπόγειο τοιχίο**



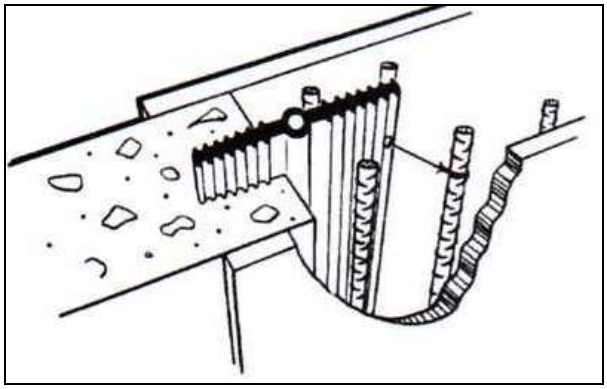
(Εικ. 6.48, στεγανοποίηση οπής σε υπόγειο τοιχίο, πηγή 26)

- **Στεγανοποίηση δαπέδου και τοιχωμάτων υπογείου**



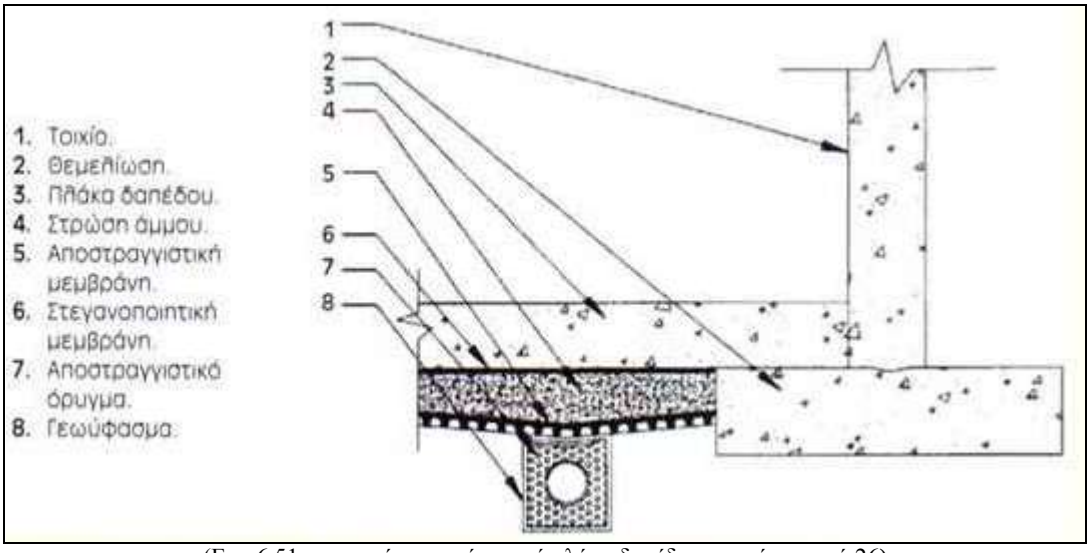
(Εικ. 6.49, στεγανοποίηση δαπέδων και τοιχωμάτων υπογείου, πηγή 26)

- **Λεπτομέρεια τοποθέτησης υδροφραγής στη θέση διακοπής σκυροδέτησης**



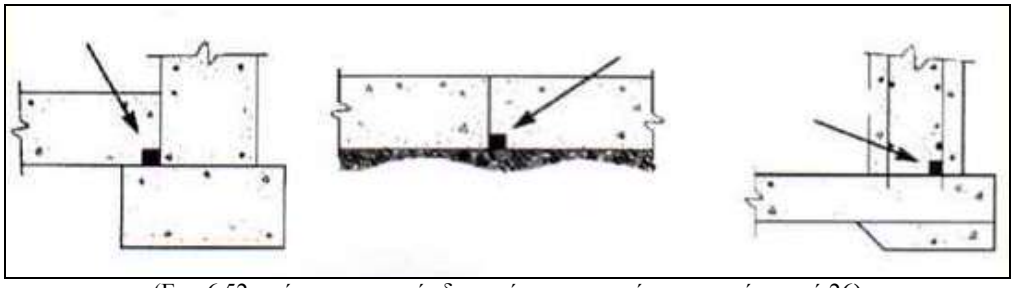
(Εικ. 6.50, λεπτομέρεια τοποθέτησης υδροφραγής στη θέση διακοπής σκυροδέτησης, πηγή 26)

- **Αποστράγγιση κάτω από πλάκα δαπέδου ισογείου**



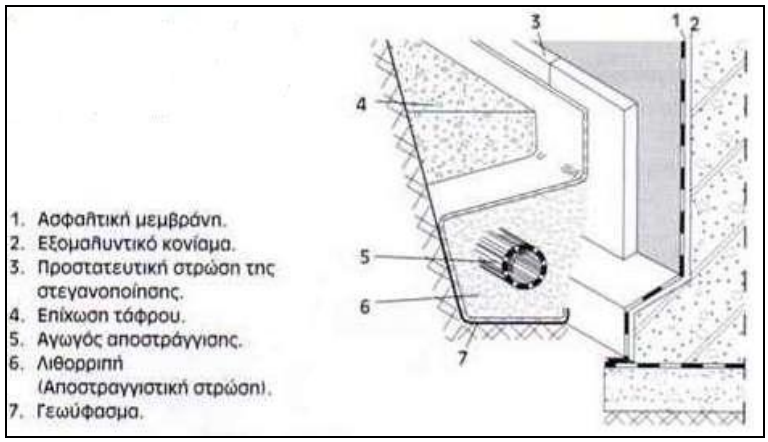
(Εικ. 6.51, αποστράγγιση κάτω από πλάκα δαπέδου ισογείου, πηγή 26)

- **Ενδεικτικοί τρόποι εφαρμογής διογκούμενων ταινιών σε αρμούς**



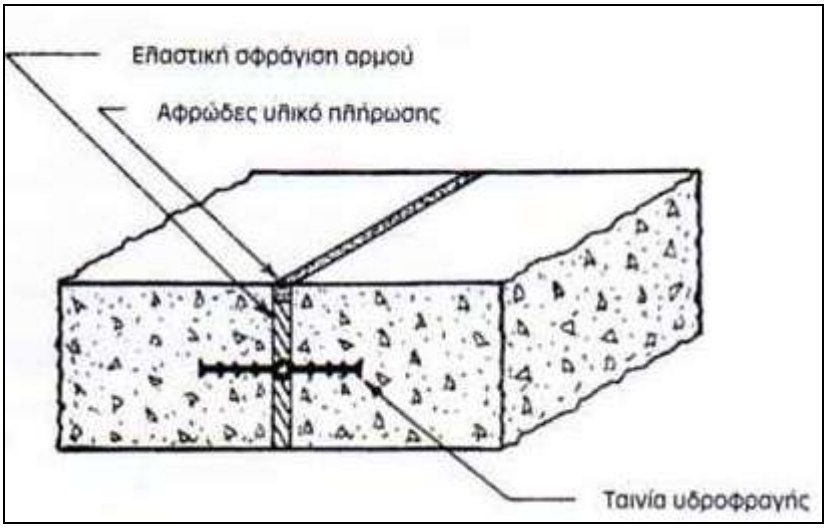
(Εικ. 6.52, τρόποι εφαρμογής διογκούμενων ταινιών σε αρμούς, πηγή 26)

- **Ενδεικτική τομή μιας περιμετρικής αποστραγγιστικής τάφρου με τη διάταξη των στρώσεων και τον αγωγό αποστράγγισης**



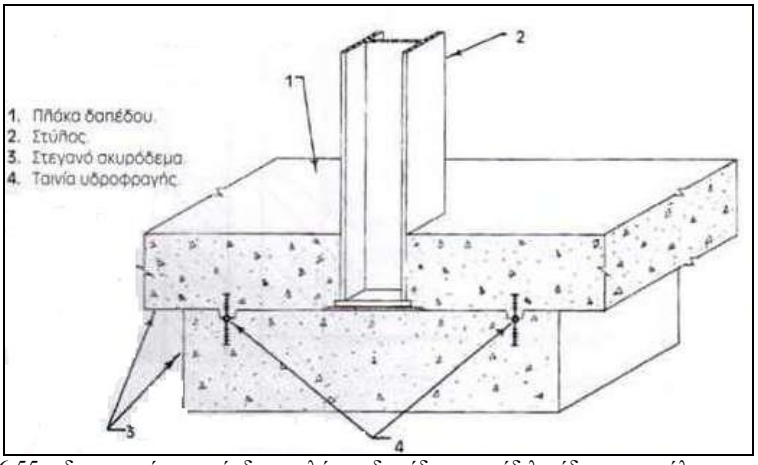
(Εικ. 6.53, τομή περιμετρικής αποστραγγιστικής τάφρου, πηγή 26)

- **Εφαρμογή υδροφραγής σε αρμό διαστολής**



(Εικ. 6.54, υδροφραγή σε αρμό διαστολής, πηγή 26)

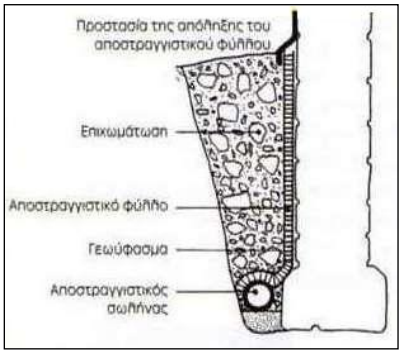
- **Τοποθέτηση υδροφραγμών στη σύνδεση πλάκας δαπέδου με πέδιλο έδρασης στύλου**



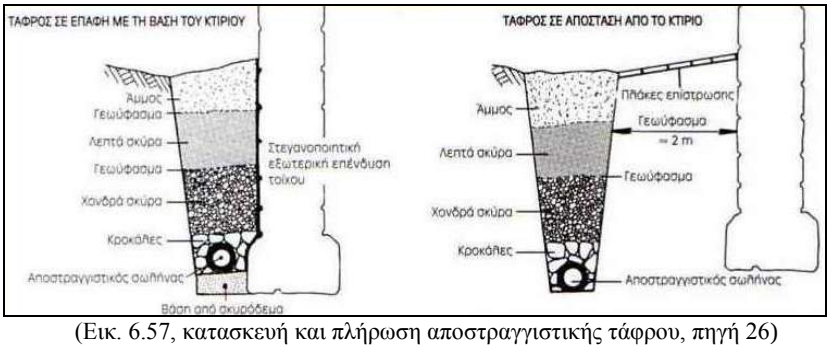
(Εικ. 6.55, υδροφραγή στη σύνδεση πλάκας δαπέδου με πέδιλο έδρασης στύλου, πηγή 26)

3) Προστασία θεμελίων από την υγρασία

Κατά μήκος των περιμετρικών τοίχων του υπογείου, σε επαφή με αυτούς ή σε απόσταση, διανοίγεται μια τάφρος. Στον πυθμένα της τοποθετείται διάτρητος σωλήνας αποστράγγισης που καλύπτεται με σκύρα. Τα σκύρα διατηρούνται καθαρά από το χώμα με γεωύφασμα. Οι τοίχοι των θεμελίων πρέπει να προστατεύονται εξωτερικά από τα νερά με κατάλληλες στεγανοποιητικές στρώσεις. [26]



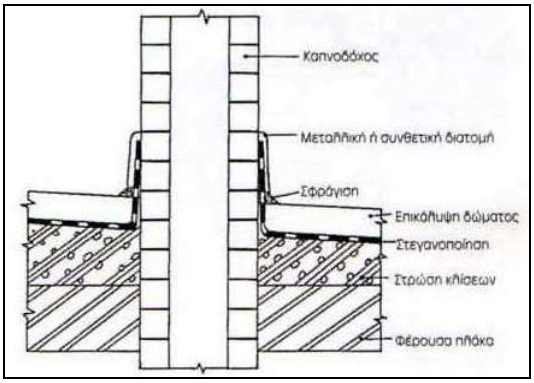
(Εικ. 6.56, ειδικό αποστραγγιστικό φύλλο, πηγή 26)



(Εικ. 6.57, κατασκευή και πλήρωση αποστραγγιστικής τάφρου, πηγή 26)

4) Στεγανοποίηση δώματος στη συναρμογή με καπνοδόχο

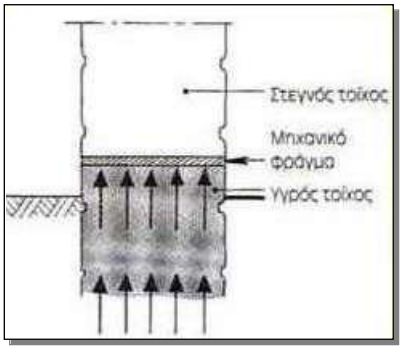
Οι καπνοδόχοι και οι αγωγοί είναι καλό να τοποθετούνται συγκεντρωμενοί σε ένα σημείο, ώστε να αποφεύγονται τα πολλά ανοίγματα στην πλάκα του δώματος.
Οι συναρμογές πρέπει να ενισχύονται με ειδικές διατομές (προκατασκευασμένες ή όχι), ώστε να δημιουργείται η κατάλληλη κλίση που θα απομακρύνει τα νερά και θα προφυλάσσει τα δομικά στοιχεία (βλέπε σχήμα 6.58). [26]



(Εικ. 6.58, στεγάνωση δώματος στη συναρμογή με καπνοδόχο, πηγή 26)

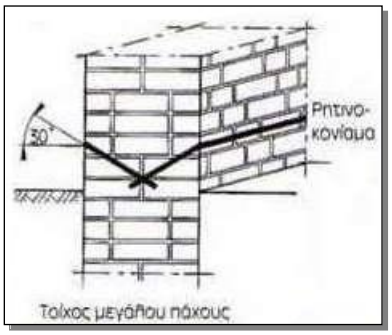
5) Μέθοδοι αντιμετώπισης της ανιούσας υγρασίας

- **Μηχανικό φράγμα**: Με ειδικά μηχανήματα κοπής διανοίγονται διαδοχικές τομές κατά μήκος της βάσης του τοίχου. Στις τομές, αφού αυτές καθαριστούν με πεπιεσμένο αέρα, τοποθετούνται με αλληλοεπικάλυψη μεταλλικά ή πλαστικά φύλλα. Οι τομές σφραγίζονται με ειδικά τσιμεντοκονιάματα ταχείας πήξης. Σε νέα κατασκευες, τα φύλλα τοποθετούνται κατά τη φάση του κτισίματος. [26]



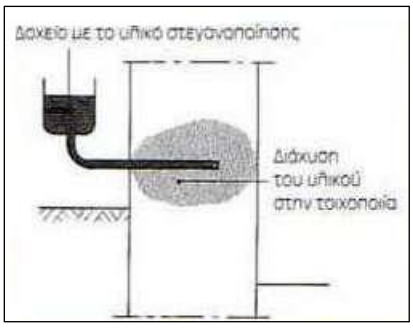
(Εικ. 6.59, μηχανικό φράφμα στην τοιχοποιία, πηγή 26)

- **Εισαγωγή ρητινοκονιαμάτων**: Σε τοίχους μεγάλου πάχους διανοίγονται κεκλιμένες τομές (30^0) από τις δύο πλευρές και εισάγονται ρητινοκονιάματα. [26]



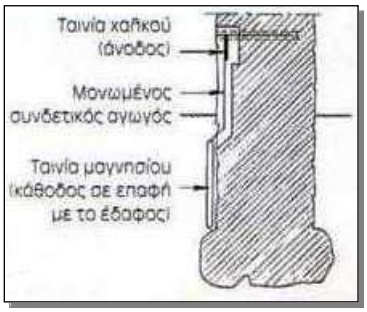
(Εικ. 6.60, πλήρωση τομών με ρητινοκονιάματα, πηγή 26)

- **Έγχυση στεγανοποιητικών υλικών**: Ανοίγονται οπές στον τοίχο στη μια ή και στις δύο πλευρές του σε βάθος ίσο με τα ⅔ ή ⅓ του πάχους του, αντίστοιχα. Στις οπές, που είναι οριζόντιες ή με μικρή κλίση, εισάγονται στεγανοποιητικές ρητινούχες ουσίες σε υγρή μορφή που γρήγορα στερεοποιούνται και δημιουργουν φάσμα. Το στεγανοποιητικό υλικό εισάγεται με ενέσεις ή με τη δύναμη της βαρύτητας, βλέπε και το διπλανό σχήμα. [26]



(Εικ. 6.61, εισαγωγή στεγανοποιητικών υλικών με τη βαρύτητα, πηγή 26)

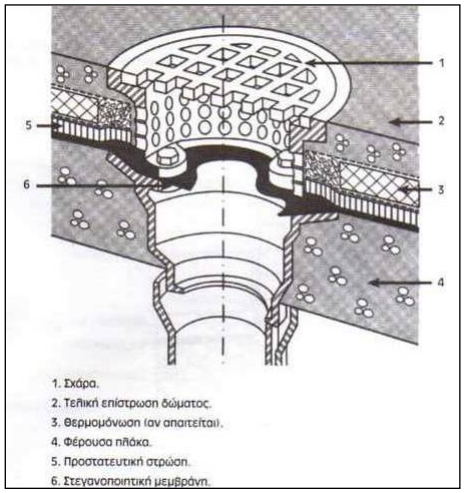
- **Ηλεκτροόσμωση**: Δύο μεταλλικές ταινίες από διαφορετικό υλικό (άνοδος-κάθοδος) τοποθετούνται κατά μήκος του τοίχου σε διαφορετικό ύψος. Μεταξύ τους εφαρμόζεται χαμηλή ηλεκτρική τάση συνεχούς ρεύματος που μέσα από τα τριχοειδή αγγεία κατευθύνει το νερό προς την κάθοδο, που τοποθετείται χαμηλα σε επαφή με το έδαφος. Η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων δεν πρέπει να ξεπερνά τα 2,5 m. Κατόπιν εισάγονται ιονισμένα ορυκτά που τα μόριά τους κυκλοφορούν με την υγρασία που κατεβαίνει και φράσσουν τα τριχοειδή αγγεία (ηλεκτροφόρεση). [26]



(Εικ. 6,62, απομάκρυνση της υγρασίας με ηλεκτροόσμωση, πηγή 26)

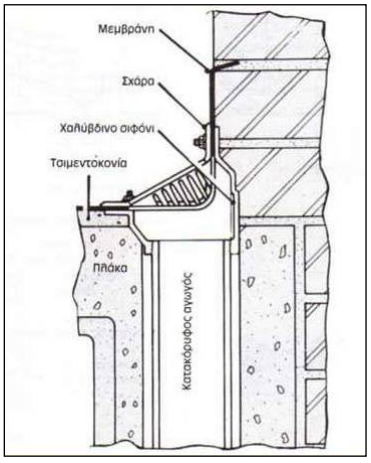
6) Απομάκρυνση νερού σε δώματα

Τα νερά πρέπει να απομακρύνονται το ταχύτερο δυνατό και από ορισμένα επιλεγμένα σημεία, ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε επιβάρυνση της κατασκευής (ρύπανση, υγρασία, κλπ.).
Το δώμα περιβάλλεται από κατακόρυφα στοιχεία, ενώ η επιφάνειά του διαμορφώνεται σε τμήματα, κατά κανόνα τριγωνικά, με μικρή κλίση (περίπου 2%), τα οποία συγκλίνουν ανά δύο σε γραμμές απορροής. Τα νερά περιορίζονται από τα περιμετρικά τελειώματα και οδηγούνται από τις επιμέρους κλίσεις στις γραμμές απορροής, η κατά μήκος κλίση των οποίων τα ωθεί μέσω των σημείων απορροής στις κατακόρυφες υδρορροές. [26]



(Εικ. 6.63, λεπτομέρεια υδρορροής σε δώμα ανεστραμμένου τύπου, πηγή 26)

Η εύστοχη διαμόρφωση της επιφάνειας του δώματος είναι ουσιώδης. Η διαίρεση σε τμήματα με διαφορετική κλίση δεν είναι γεωμετρική. Η απόσταση του πιο απομακρυσμένου –και υψηλότερου- σημείου από το σημείο απορροής προσδιορίζεται σε σχέση με την ελάχιστη απαιτούμενη κλίση και τη μέγιστη ανεκτή ανύψωση της επιφάνειας του δώματος. Οι αποστάσεις αυτές πρέπει, γενικά, να μην διαφοροποιούνται αισθητά μεταξύ των διαφόρων τμημάτων. [26]

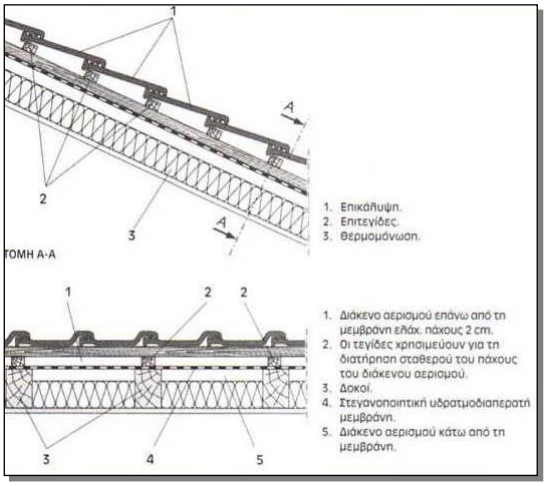


(Εικ. 6.64, ειδικά εξαρτήματα για την απομάκρυνση των ομβρίων στην περιοχή του στηθαίου, πηγή 26)

7) Στεγανοποίηση στέγης με μεμβράνες

Η υγρασία σε μια στέγη μπορεί να προέρχεται:

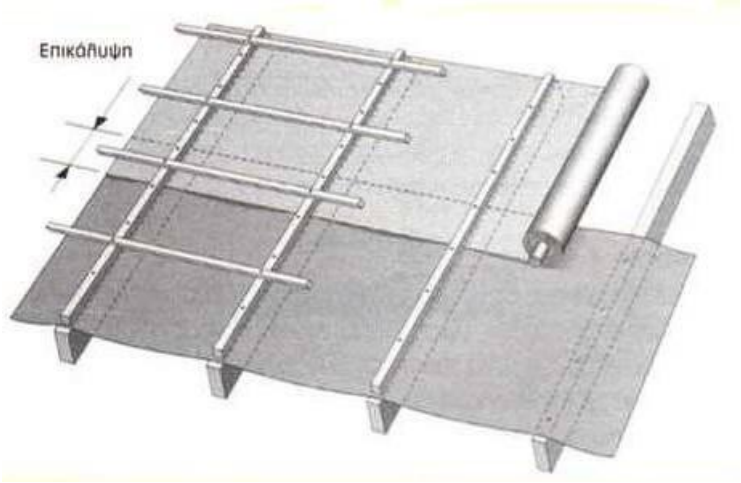
α) από εξωτερικούς παράγοντες (βροχή, χιόνι),
β) από τη συμπύκνωση των υδρατμών του αέρα του χώρου στην εσωτερική της επιφάνεια υπο μορφή δρόσου,
γ) από τη διάχυση των υδρατμών και τη συμπύκνωσή τους στο εσωτερικό της διατομής,
δ) από την είσοδο υδρατμών του εξωτερικού αέρα και συμπύκνωσή τους στο εσωτερικό του κελύφους.
Καθοριστικές παράμετροι για το σχηματισμό ή όχι δρόσου, είναι η θερμομονωτική ικανότητα της κατασκευαστικής λύσης σε συσχετισμό με την κινητικότητα του αέρα. Η κατάλληλη μορφή των ανοιγμάτων εισαγωγής-απαγωγής και η εξασφάλιση ενός ελάχιστου ύψους της στρώσης εξαερισμού είναι σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την ανεμπόδιστη διέλευση του αέρα με όσο γίνεται μεγαλύτερη ταχύτητα. Η συνολική διατομή των ανοιγμάτων απαγωγής πρέπει να είναι μεγαλύτερη από εκείνη των ανοιγμάτων εισαγωγής. Η κυκλοφορία του αέρα πραγματοποιείται ανάμεσα σε ανοίγματα εισαγωγής, τοποθετημένα στα χαμηλά σημεία της περιμέτρου της στέγης (γραμμές απορροής) και σε ανοίγματα απαγωγής τοποθετημένα είτε στις γραμμές κορυφής είτε σε ενδιάμεσες θέσεις των κεκλιμένων επιπέδων. [26]



(Εικ. 6.65, τομές στέγης με κεραμύδια και εύκαμπτη στεγανοποιητική μεμβράνη, πηγή 26)

Η στεγανοποίηση της στέγης βελτιώνεται με τις στεγανοποιητικές μεμβράνες που ρυθμίζουν την κυκλοφορία του αέρα. Εφαρμόζονται με δύο τρόπους:

- Ελεύθερα επάνω στους αμοίβοντες χωρίς τέντωμα, ώστε να κυκλοφορεί ο αέρας στα διάκενα, όταν η θερμομόνωση τοποθετείται κάτω από τους αμοίβοντες.
- Με τεγίδες ή επιτεγίδες καρφωμένες στους αμοίβοντες, ώστε να είναι τεντωμένες, όταν η θερμομόνωση τοποθετηθεί ανάμεσα στους αμοίβοντες.[26]



(Εικ. 6,66, τρόπος εφαρμογής εύκαμπτης προστατευτικής μεμβράνης για αποφυγή διείσδυσης των νερών της βροχής, πηγή 26)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Πυροπροστασία

Η πυροπροστασία σε ένα αμφιθέατρο έχει για σκοπό την ελάττωση του κινδύνου της φωτιάς με τρεις τρόπους:

- Με τον περιορισμό του αριθμού πιθανών εστιών φωτιάς.
- Με τη δημιουργία διεξόδων για τη γρήγορη εκκένωση των κατοίκων ενός κτιρίου όταν ξεσπάσει πυρκαγιά.
- Με τον περιορισμό της φωτιάς σε ένα τμήμα του αμφιθεάτρου

Ο πρώτος τρόπος επιτυγχάνεται με την εκπαίδευση κι ενημέρωση του πληθυσμού για τους κινδύνους της πυρκαγιάς καθώς επίσης και με την προδιαγραφή στα κτίρια υλικών που είτε είναι άκαυστα (πυρίμαχα) είτε αντέχουν σημαντικά στη φωτιά.

Ο δεύτερος τρόπος επιτυγχάνεται με την κατάλληλη διαμόρφωση (πλάτος, μήκος) τη θέση των κλιμάκων και των εξόδων στο κτίριο και την πρόβλεψη ειδικών λεπτομερειών στις εξόδους διαφυγής του κοινού (πόρτες που ανοίγουν εύκολα, κλπ.).

Ο τρίτος τρόπος είναι δυνατόν να επιτευχτεί όταν προβλεφτούν ειδικά δίκτυα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης, καθώς επίσης και διάφραγμα πυρίμαχο ώστε το αμφιθέατρο και οι βοηθητικοί του χώροι να διαιρούνται σε στεγανά (από τη φωτιά) διαμερίσματα. [17]

Τα ηλεκτρομηχανολογικά μέσα καταπολέμησης της φωτιάς ονομάζονται και συστήματα ενεργούς άμυνας, ενώ τα άλλα μέτρα που έχουν κτιριολογικό χαρακτήρα ονομάζονται, μερικές φόρες, μέτρα παθητικής άμυνας απέναντι στη φωτιά. [17]

Είναι προφανές ότι τα παραπάνω μέτρα και μέσα αυξάνουν το αρχικό κόστος ενός αμφιθεάτρου χωρίς, από την άλλη πλευρά, να είναι δυνατό να υπολογίζονται είτε στην απόσβεση του κτιρίου είτε στα έξοδα συντήρησης του. Τα πρόσθετα έξοδα πχ που συνεπάγεται η πρόσθετη θερμομόνωση αποσβένονται με την αντίστοιχη μείωση των εξόδων θέρμανσης, ενώ αντίθετα τα έξοδα τοποθέτησης πυρίμαχων υλικών θα ισορροπηθούν από τη μείωση των ζημιών που θα προκαλέσει μια ενδεχόμενη πυρκαγιά και μπορεί να μην συμβεί ποτέ κατά την διάρκεια ζωής του αμφιθεάτρου [17]. Οι υλικές ζημιές που μπορεί να προκύψουν από μια πυρκαγιά σε ένα αμφιθέατρο είναι :

- Καταστροφές στο υλικό περιεχόμενο, τον εξοπλισμό και στο περίβλημα του.
- Καταστροφή των φερόντων στοιχείων (υποστυλώματα, δοκοί) και τελική αχρήστευση ή και κατάρρευση του κτιρίου

- Καταστροφές από επέκταση ή μετάδοση της πυρκαγιάς σε γειτονικούς χώρους, και
- Έμμεσες ζημιές από την μερική ή ολική, προσωρινή ή οριστική διακοπή χρήσης της κατασκευής. [44]

Ωστόσο, θα πρέπει να τονιστεί ότι οι δαπάνες αυτές μπορούν να σώσουν ανθρώπινες ζωές και γι' αυτό δεν πρέπει να αποφεύγονται. Σύμφωνα με στοιχεία της Π.Υ. που αναφέρονται στις 6000 περίπου πυρκαγιές που καταγράφηκαν το 1986, στα κτίρια εκπαιδεύσεως (ΑΕΙ, ΤΕΙ, Ανώτερης εκπαίδευσης) καταγράφηκαν οι 66 πυρκαγιές.

Η εργαστηριακή ερευνά στον τομέα της προστασίας και της συμπεριφοράς των υλικών στη φωτιά έχει αναπτυχτεί πολύ τα τελευταία χρόνια και οι περισσότερες χώρες έχουν διατυπωμένους με ιδιαίτερη σαφήνεια κανονισμούς πυρασφαλείας. [44]

Η πυροπροστασία διακρίνεται σε παθητική και ενεργητική.

Η παθητική πυροπροστασία ή δομική πυροπροστασία περιλαμβάνει τις δομικές απαιτήσεις που είναι συνηφασμένες αφ' ενός με τη δυνατότητα αποφυγής έναρξης πυρκαγιάς και αφετέρου στον περιορισμό της διάδοσης της πυρκαγιάς μέσα σε ένα αμφιθέατρο (όπως και σε κάθε κτίριο) αλλά και στην επίτευξη ικανοποιητικού βαθμού πυραντίστασης των διαφόρων οικοδομικών στοιχείων. Παράλληλα στην παθητική πυροπροστασία επιδιώκεται η ύπαρξη των αναγκαίων οδεύσεων διαφυγής για την ασφαλή εκκένωση του αμφιθεάτρου στην περίπτωση έναρξης πυρκαγιάς. [44]

Η ενεργητική πυροπροστασία περιλαμβάνει όλα τα κατασταλτικά ή ενεργητικά μέτρα προστασίας που απαιτούνται κατά την έναρξη και κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Η ενεργητική πυροπροστασία περιλαμβάνει το σύνολο του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που είναι απαραίτητος για την κατάσβεση της πυρκαγιάς είτε με χειροκίνητη επέμβαση είτε αυτομάτως, δηλαδή ενεργοποιείται από μόνος του κατά την εμφάνιση της πυρκαγιάς από κάποιο αισθητήριο που μπορεί να είναι είτε η θερμοκρασία είτε ο καπνός είτε αλλά μέσα. [44]

Αναφέρουμε γενικά πριν τη λεπτομερή ανάλυση της πυροπροστασίας ενός αμφιθεάτρου ότι για να είναι πυρασφαλές το αμφιθέατρο πρέπει να υπολογίζεται επιφάνεια 0.45 m^2, ανεξαρτήτως των διαδρόμων, ανά άτομο. [38]

7.1 ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η πυρκαγιά, που είναι η ανεπιθύμητη κι εκτός ελέγχου καύση υλικών, στα πλαίσια της παθητικής πυροπροστασίας για να αποφευχθεί θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν άκαυστα υλικά.

Ορισμοί

Άκαυστο δομικό υλικό χαρακτηρίζεται εκείνο το υλικό που πληρεί τις δοκιμασίες ακαυστότητας.

Ακεραιότητα απέναντι στη φωτιά ενός δομικού στοιχείου (υποστύλωμα, δοκός), είναι η ικανότητα του να εμποδίζει το πέρασμα των φλογών και των θέρμων καυσαερίων στη μη εκτεθειμένη πλευρά του στην περίπτωση προσβολής από τη μια πλευρά του. [44]

Όμως απεριόριστη αντοχή στη φωτιά δεν παρουσιάζει κανένα υλικό. Η καταστροφή αλλά και η απογείωση των μηχανικών ιδιοτήτων κάθε υλικού είναι ζήτημα που σχετίζεται με τη διάρκεια (το χρόνο έκθεσης) και τις θερμοκρασιακές συνθήκες της πυρκαγιάς.
Για την εκτίμηση της αντοχής των δομικών υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς και τα όρια της ικανότητας των φερόντων στοιχείων (υποστυλώματα, στύλοι, δοκοί, πατώματα, τοίχοι) να αναλαμβάνουν φορτία, πρέπει να ληφθεί υπόψη, ότι υπάρχει καθυστέρηση ανάπτυξης υψηλών θερμοκρασιών στο εσωτερικό τους σε σύγκριση με την θερμοκρασία των αερίων του χώρου. Για μεγαλύτερη ασφάλεια, δεχόμαστε ότι η επιφάνεια των στοιχείων που βλέπουν προς το χώρο, έχει τη θερμοκρασία του χώρου. Όμως όσο προχωρούμε βαθύτερα οι θερμοκρασίες είναι μικρότερες. Η διαφορά εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, μεταξύ των όποιων είναι και οι θερμικές ιδιότητες των υλικών που συνθέτουν τα δομικά στοιχεία. Για την κατάταξη των δομικών υλικών με κριτήριο την συμπεριφορά τους σε πυρκαγιά, γίνεται διαχωρισμός στις κατηγορίες Α και Β :

- Κατηγορία Α: υλικά μη αναφλέξιμα
- Κατηγορία Β: υλικά αναφλέξιμα [44]

Σε μερικές χώρες (ΗΠΑ, Μεγάλη Βρετάνια) έγινε προσπάθεια κατάταξης των αναφλέξιμων υλικών (κατηγορία Β) σε 5-10 υποκατηγορίες, με βάση την ταχύτητα εξάπλωσης της φωτιάς στην επιφάνεια τους (δοκιμασία επιφανειακής εξάπλωσης φλόγας) και συγχρόνως με εκτίμηση της συμβολής τους στην μετάδοση φωτιάς, με αντίστοιχη δοκιμασία. Η εφαρμογή όμως των πορισμάτων των πειραματικών δοκιμασιών αυτών, σε δοκιμαστικές πυρκαγιές πραγματικής κλίμακας, δεν έδειξε αντιστοιχία προς την κατάταξη των πειραμάτων. Έτσι, φαίνεται πως η απλούστερη κατάταξη των Γερμανικών Κανονισμών είναι τελικά η καλύτερη κατηγοριοποίηση για όλες αυτές τις πρακτικές εφαρμογές.

Οι Γερμανικοί κανονισμοί (DIN 4102) προβλέπουν τρεις κατηγορίες αναφλέξιμων υλικών :

- Κατηγορία Β1: Υλικά δύσκολα αναφλέξιμα
- Κατηγορία Β2: Υλικά κανονικά αναφλέξιμα
- Κατηγορία Β3: Υλικά εύκολα αναφλέξιμα [44]

Στις δομικές κατασκευές, απαγορεύεται κατ' αρχήν η χρήση (για την κατασκευή δομικών στοιχείων) εύκολα αναφλέξιμων υλικών που εξακολουθούν να είναι αναφλέξιμα και μετά την εφαρμογή ή την τοποθέτηση τους.

Τα υλικά που κυρίως συμμετέχουν στην κατασκευή ενός αμφιθεάτρου είναι: ο χάλυβας, το σκυρόδεμα, οι πλινθοδομές, το αλουμίνιο και το ξύλο.

Συμπεριφορά υλικών ενός αμφιθεάτρου στην πυρκαγιά

Χάλυβας

Ο χάλυβας αν και είναι σε γενικές γραμμές άκαυστο υλικό δεν αντέχει επί πολύ ώρα τις υψηλές θερμοκρασίες μιας συνηθισμένης πυρκαγιάς. Η εργαστηριακή δοκιμασία συνηθισμένου μαλακού χάλυβα, δείχνει πως η αντοχή (σε εφελκυσμό) αυξάνει αρχικά, για θέρμανση μέχρι 250 ^{0}C, για να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση στους 400 ^{0}C από που αρχίζει να πέφτει και στους 550 ^{0}C φτάνει στην επιτρεπόμενη τάση, με τους συνηθισμένους συντελεστές ασφάλειας. Έχουμε τότε δηλαδή συντελεστή ασφάλειας 1 και γι' αυτό οι 550 βαθμοί θεωρούνται σαν κρίσιμη θερμοκρασία του χάλυβα. Σε χαλύβδινα στοιχειά που υφίστανται θλίψη (στύλοι, ράβδοι δικτυωμάτων, κλπ) παρατηρείται πάντα πολύ μεγαλύτερη απώλεια στην αντοχή τους. Ο χάλυβας, σαν οπλισμός του μπετόν, πρέπει να καλύπτεται, όπως άλλωστε προβλέπουν οι κανονισμοί, γιατί τότε αποκτά τα πλεονεκτήματα του μπετόν. Ακόμα και ο ευπαθής χάλυβας των προεκτεταμένων κατασκευών, προστατεύεται αρκετά, αν τοποθετηθεί σε κατάλληλο βάθος από την επιφάνεια. [17], [44]

Σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα είναι το καλύτερο από τα συνηθισμένα δομικά υλικά από την άποψη συμπεριφοράς σε πυρκαγιά για τους εξής λόγους:

Α) Τα δομικά στοιχεία που κατασκευάζονται από σκυρόδεμα είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερης μάζας, από τα αντίστοιχα χαλύβδινα ή ξύλινα και έτσι η ανύψωση της θερμοκρασίας τους καθυστέρει.

Β) Το μπετόν ακόμη και σε ξηρό περιβάλλον, εμπεριέχει νερό που συγκρατείται με τρεις τρόπους:

- Με φυσικές δυνάμεις, όπως είναι η ικανότητα των τριχοειδών πόρων να συγκρατούν νερό, ανάλογα με την σχετική υγρασία του περιβάλλοντος.
- Με φυσικοχημικές δυνάμεις, όπως είναι οι τάσεις συνάφειας προς τους κόκκους των λίθινων υλικών.
- Με χημικές δυνάμεις όπως είναι το κρυσταλλικό νερό ενυδάτωσης του τσιμέντου. [17], [44]

Κατά την προσβολή του από υψηλές θερμοκρασίες, το νερό εξατμίζεται αρχικά στην επιφάνεια και στην συνέχεια βαθύτερα, όσο διαρκεί η πυρκαγιά. Κατά την εξάτμιση του απορροφά θερμότητα και έτσι καθυστέρει την θέρμανση των εσωτερικών στρωμάτων. Ουσιώδης στόχος είναι οι εξωτερικές στρώσεις (όπου ο τσιμεντοπολτός αποσυντίθεται στους 600 ^{0}C) να μην αποκολληθούν και καταπέσουν. Σ' αυτό συντελεί σημαντικά η παρουσία λεπτού πυκνού οπλισμού (συνδετήρων ή μεταλλικού πλέγματος) που έχει τοποθετηθεί για αυτό το σκοπό. Το είδος των αδρανών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του σκυροδέματος παίζει σημαντικό ρόλο. Τα ασβεστολιθικά αδρανή είναι τα καλύτερα γιατί ο ασβεστόλιθος χάνει τις μηχανικές του ικανότητες οπότε αρχίζει η ασβεστοποίηση, με ταυτόχρονη έκλυση διοξειδίου

του άνθρακα. Επίσης καλή συμπεριφορά δείχνουν οι σκωρίες υψικαμίνων (εφόσον εκπληρώσουν τους ορούς καταλληλότητας) για να χρησιμοποιηθούν στην παράγωγη ως αδρανή μπετόν. Αντίθετα τα πυριτικά αδρανή (συνήθως χαλαζίτης από κοιτάσματα φυσικού αμμοχάλικου) που κυρίως χρησιμοποιούνται στην κεντρική Ευρώπη παρουσιάζουν διόγκωση και σπάζουν όταν θερμανθούν στους 530 ^{0}C. Πάντως αυτά τα φαινόμενα αρχίζουν να εμφανίζονται μετά το πρώτο ημίωρο τουλάχιστον σε συνηθισμένες έντασης πυρκαγιές. Ένας άλλος σοβαρός κίνδυνος αστοχίας του σκυροδέματος είναι η εκρηκτική απόσχιση που είναι ανεξάρτητη από το είδος των αδρανών και εμφανίζεται πολύ νωρίτερα. Οφείλεται στην δημιουργία ατμού ανάμεσα στην πυρόβλητη επιφάνεια και στο ψυχρό εσωτερικό της μάζας του μπετόν. Όταν αυτός ο ατμός παράγεται σε μεγάλη ποσότητα ώστε να μην προλαβαίνει να διαφύγει από τους υπάρχοντες πόρους, αναπτύσσεται πίεση που διαλύει το μπετόν σε μορφή έκρηξης μέσα στο πρώτο τέταρτο της ώρας της προσβολής. Ειδικές έρευνες έδειξαν ότι για να συμβεί εκρηκτική απόσχιση πρέπει η ελεύθερη υγρασία του σκυροδέματος, δηλαδή εκείνη που εξατμίζεται αν αυτό θερμανθεί στους 105 ^{0}C να είναι πάνω από 5%. Υγρασία πάνω από 5% υπάρχει όταν το μπετόν είναι πρόσφατης κατασκευής (λιγότερο από 3 μήνες) ή το δομικό στοιχείο ανήκει σε χώρο που παράγεται υγρασία ή έχει μια όψη προς ψυχρό χώρο ή την ύπαιθρο όποτε συμπυκνώνεται σ' αυτό η υγρασία. [17], [44]

Πλινθοδομές

Τα συνηθισμένα τούβλα από άργιλο αντέχουν σε θερμοκρασίες ακόμα και μεγαλύτερων των 1000 ^{0}C , χωρίς να υφίστανται κάποιες σοβαρές ζημιές. Σε σφοδρή και παρατεταμένη θέρμανση εμφανίζεται επιφανειακή τήξη. Τα συμπαγή τούβλα είναι πάντως προτιμότερα σε περίπτωση πυρκαγιάς από τα διάτρητα ή κοίλα. Τα ασβεστοπυριτικά τούβλα συμπεριφέρονται επίσης ικανοποιητικά. Η πιθανή κατάρρευση τοίχων, κατασκευασμένο από τα υλικά αυτά, δεν προέρχονται συνήθως από αδυναμία τους έναντι της φωτιάς, αλλά από κινήσεις δοκών στους οποίους στηρίζονται. Οι τοιχοποιίες από οπτοπλινθοδομές θεωρούνται πάντως δομικά στοιχειά με ικανοποιητική αντοχή στη φωτιά και μπορούν, σε σωστές κατασκευές να αντισταθούν σε πολύ μεγάλες και σοβαρές πυρκαγιές. [17], [44]

Αλουμίνιο

Το αλουμίνιο όπου σε ένα αμφιθέατρο χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στα κουφώματα, αν και μη αναφλέξιμο υλικό, δε μπορεί να θεωρηθεί ότι παρουσιάζει αντοχή της φωτιάς. Με σημείο τήξης στους 350 ^{0}C, με μικρή θερμοχωρητικότητα και μεγάλη αγωγιμότητα, εμφανίζει γρήγορη θέρμανση και υψηλό συντελεστή θερμικής διαστολής (3πλασιο του χάλυβα) ώστε να μη μπορεί να συμπεριληφθεί στα υλικά που συμβάλλουν στην πυρασφάλεια. [17], [44]

Ξύλο

Το ξύλο σαν υλικό κάνει την εμφάνιση του σε ένα αμφιθέατρο στα καθίσματα. Το ειδικό βάρος ενός ξύλου το κατηγοριοποιεί από κανονικά αναφλέξιμο υλικό (κατηγορία B2) έως την κατηγορία δύσκολα αναφλέξιμων υλικών (κατηγορία B1). Γενικά το ξύλο δεν είναι τόσο επικίνδυνο όσο πιστεύεται. Όταν καίγεται, δημιουργείται ένα μικρό επιφανειακό απανθρακωμένο στρώμα, μικρής αγωγιμότητας που καθυστέρει την πυρόλυση του υποκειμένου υλικού. Τα ξύλα που χρησιμοποιούνται σε ένα αμφιθέατρο μπορούν να υποστούν προληπτική διαδικασία που αυξάνει σημαντικά

την πυραντοχή τους. Οι περισσότερο διαδεδομένοι τρόποι επεξεργασίας ξύλου με στόχο τη βελτίωση της συμπεριφοράς του σε περίπτωση πυρκαγιάς είναι:

- Εμποτισμός με αντιπυρικές ουσίες.
- Επικάλυψη με αντιπυρικές ουσίες (διογκούμενες και μη διογκούμενες).
- Λεπτές επιχρίσεις με κονίαμα.
- Ειδικής σύνθεσης ξύλιαζα. [17], [44]

Γυαλί

Τα τζάμια από συνηθισμένο γυαλί πραγματώνονται μόλις έρθουν σε επαφή με τα θερμά καυσαέρια εξαιτίας της διαφορετικής θερμοκρασίας τους στις δυο όψεις τους. Σε πολλές περιπτώσεις για πολλή ώρα τα τζάμια μπορεί να παραμείνουν ρηγματωμένα στη θέση τους. Επειδή όμως δε μπορεί να γίνει καμία αξιόπιστη πρόβλεψη πρέπει να θεωρείται ότι παρουσιάζουμε μηδενική αντοχή στη φωτιά. Ούτε όμως τα διπλά τζάμια θεωρούνται αποτελεσματικά γιατί η θραύση του εσωτερικού φύλλου προκαλεί θερμικό σοκ και θραύση και στο εξωτερικό τζαμί. Πλεονεκτικά θεωρούνται τα τζάμια με ενσωματωμένο συρμάτινο πλέγμα (οπλισμένοι υαλοπίνακες). Κι αυτά βεβαία ραγίζουν κατά τον ίδιο τρόπο όμως συγκρατούνται στη θέση τους για αρκετή ώρα. Η σχετική αυτή υπερένταση επιτρέπει να χρησιμοποιούνται (μέχρι ορισμένου μεγέθους) σε πόρτες πυροπροστασίας. [17], [44]

Κονιάματα

Τα επιχρίσματα από συνηθισμένα κονιάματα εξασφαλίζουν σημαντική προστασία στα στοιχεία που εφαρμόζονται, ιδίως άμα εμπεριέχουν γύψο, γιατί ο γύψος δεσμεύει νερό, σε ποσότητα όση προς το βάρος του, κατά την πήξη. Το νερό αυτό αποδίδεται κατά τη θέρμανση απορροφώντας θερμότητα.

Ο σοβαρότερος κίνδυνος που πρέπει να αποτραπεί με προσεκτική κατασκευή, είναι η πιθανότητα να αποκολληθεί το κονίαμα εξαιτίας της θερμικής διαστολής του, όταν ακόμα το υπόστρωμα είναι ακόμα ψυχρό. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα οροφοκονιάματα και για τα επιχρίσματα σε στύλους μπετόν που είναι γύρω-γύρω ελεύθεροι. Επειδή ακριβώς η καλή επικόλληση των επιχρισμάτων είναι πολύ σημαντική για την πυροπροστασία πρέπει οπωσδήποτε να γίνεται η κανονική για τις επιφάνειες κατασκευή μπετόν, κατασκευή επιχρίσματος, πεταχτό με τσιμεντοκονίαμα και να επακολουθούν οι άλλες αφού σκληρυνθεί η πρώτη. [44]

Γυψοσανίδες

Οι γυψοσανίδες χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις ψευδοροφές των αμφιθεάτρων. Οι βιομηχανικές γυψοσανίδες (με ειδικό χαρτόνι στις δυο όψεις), κατατάσσονται στα δύσκολα αναφλέξιμα υλικά. Γυψοσανίδες που περιέχουν στη μάζα τους ίνες λιθοβάμβακα, για να τηρούν τη συνοχή τους και όταν απανθρακωθεί το χαρτί και γι' αυτό χρησιμοποιούνται σε υπερπροστατευτικές επενδύσεις. [44]

Πλαστικά υλικά

Τα πλαστικά υλικά σε ένα αμφιθέατρο χρησιμοποιούνται για επενδύσεις ή για συμπληρωματικά στοιχεία, αλλά τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια (περιορισμένη) χρήση τους και ως φέροντα στοιχεία. Η οργανική τους σύνθεση μειώνει κατά πολύ την αντοχή τους στις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στις πυρκαγιές με αποτέλεσμα να τα καθιστά καλούς αγωγούς της θερμότητας. Η συμπεριφορά των πλαστικών υλικών δεν είναι ομοιογενής. Μερικά (πολυστερίνη) αναφλέγονται πολύ πιο εύκολα, ενώ άλλα διαλύονται (φαινόλες, βινύλια). Πιο συγκεκριμένα σε αμφιθέατρα τα οποία είναι μεγάλες κατασκευές πρέπει να είναι κατηγορίας F, με ειδικά πρόσθετα που την καθιστούν δύσφλεκτη. Τέλος πρέπει να καλύπτεται με πυροπροστατευτική γυψοσανίδα και όχι με συνηθισμένο οροφοκονίαμα, γιατί στους 90 ^{0}C το κονίαμα θερμαίνεται, στους οποίους η πολυστερίνη λιώνει και το κονίαμα πέφτει. Ο κύριος κίνδυνος που προκαλείται όταν τα πλαστικά καίγονται είναι η τοξικότητα των καπνών τους και πολλοί θάνατοι σε πυρκαγιές προέρχονται από αυτές τις δηλητηριάσεις. Το κύριο τοξικό αέριο σε όλες αυτές τις πυρκαγιές είναι το μονοξείδιο του άνθρακα. [17], [44]

Συμπεριφορά δομικών στοιχείων ενός αμφιθέατρου στην πυρκαγιά

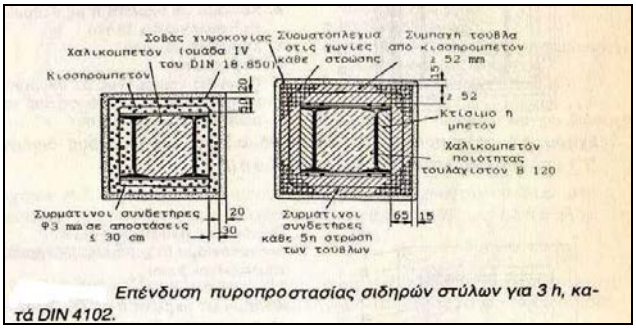
Υποστυλώματα

Η συμπεριφορά των υποστυλωμάτων εξαρτάται από το υλικό κατασκευής τους. Σε ένα αμφιθέατρο τα υποστυλώματα είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, έτσι ο σημαντικότερος κίνδυνος σ' αυτά είναι η απόσχιση (αποφλοίωση) του μπετόν, ιδίως στις γωνίες, όποτε ο οπλισμός εκτιθέμενος πλέον στην άμεση προσβολή των φλογών μπορεί να θερμανθεί πάνω από 600 ^{0}C και να φθάσει, για τις συνήθεις φορτίσεις, στα όρια κατάρρευσης τους. [44]

Όμως η αντοχή των υποστυλωμάτων, οφείλεται κυρίως στο μπετόν, του οποίου οι κύριες διαστάσεις εξασφαλίζουν συνήθως συντελεστή ασφαλείας 3. Το μπετόν ενός αμφιθεάτρου αργεί να θερμανθεί στο εσωτερικό του. Έτσι κι αν αποφλοιωθούν οι επιφάνειες, όταν οι διαστάσεις τους είναι αρκετά μεγάλες, το υποστύλωμα δεν καταρρέει.[17],[44]

Έτσι υποστύλωμα με διατομή 40*40 cm αντέχουν σε πυρκαγιά μιάμιση ώρα, με το πλήρες φορτίο στατικού υπολογισμού. Υποστυλώματα 25*25 cm αντέχουν σε πυρκαγιά μιας ώρας. Πρόβλημα υπάρχει σε υποστυλώματα με πλευρές 20 cm που κινδυνεύουν από λυγισμό. Πρόσθετη ειδική επένδυση για λόγους πυροπροστασίας χρειάζονται και υποστυλώματα κάτω από 25 cm.

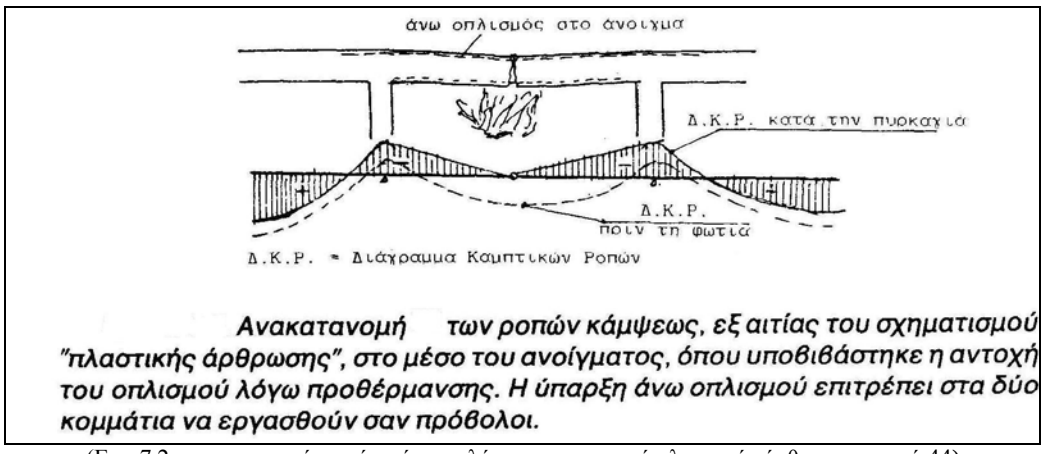
Αντίθετα προς το μπετόν, οι σιδερένιοι στύλοι, αντίθετα από ότι πιστεύεται, είναι εξαιρετικά ευαίσθητοι σε πυρκαγιά. Επειδή λοιπόν υπάρχει κίνδυνος λογισμού των σιδερένιων στύλων πρέπει ο οπλισμός να προστατεύεται ώστε να μην έρχεται σε άμεση επαφή με την πυρκαγιά. [44]



(Εικ. 7.1, επένδυση πυροπροστασίας σιδηρών στύλων κατά DIN 4102, πηγή 44)

Δοκοί

Η δοκός έτσι και τα υποστυλώματα σε ένα αμφιθέατρο είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ουσιώδη ρόλο για την αντοχή σε πυρκαγιά, παίζουν το πλάτος της διατομής της δοκού, το βάθος του οπλισμού από την επιφάνεια και η ύπαρξη επιφανειακού οπλισμού (συνδετήρες). Ο κίνδυνος εκρηκτικής απόσχισης ή αποφλοίωσης από τη φωτιά ελαττώνεται αν έχουμε ξηρό περιβάλλον, αν χρησιμοποιούμε ασβεστολιθικά αδρανή και το πλάτος δεν είναι κάτω από 20 cm. Σημαντικό ρόλο παίζει το σύστημα στατικής λειτουργίας της δοκού. Αμφιέρειστοι δοκοί ή πλαίσια ενός ανοίγματος είναι ευπαθέστερα, ενώ συνεχείς δοκοί και πολύστυλα πλαίσια είναι ασφαλέστερα. Τέλος ένα καλό μέτρο που συντελεί στην αύξηση της ικανότητας των συνεχών δοκών είναι η συνέχιση μέρους των ράβδων των στηρίξεων τους, βλέπε σχήμα 7.2. [44]



(Εικ. 7.2, ανακατανομή ροπών κάμψης λόγω σχηματισμού πλαστικής άρθρωσης, πηγή 44)

Πατώματα

Όπως κάθε κτίριο έτσι και τα αμφιθέατρα έχουν πατώματα, τα οποία θεωρούνται ως το οριζόντιο φράγμα της πυρκαγιάς και κατά συνέπεια πρέπει να συμπεριφέρονται όπως και οι τοίχοι. Η μόνη αξιόλογη κατασκευαστική διάφορα που επηρεάζει την απόδοση του καθ' εαυτό πατώματος είναι η πρόσθετη (και ανηρτημένη της περισσότερες φόρες από το πάτωμα) κατασκευή της ψευδοροφής. Αυτή η κατασκευή αποτελείται συνήθως από ελαφρά υλικά που μερικές φόρες είναι εύφλεκτα (ψευδοροφή). Και έτσι κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς δημιουργείται μια δευτερεύουσα εστία από κάτω και σε μικρή απόσταση από το πάτωμα, που το καταπονεί ιδιαίτερα. Τα πατώματα είναι κατασκευές από πλάκες οπλισμένου

σκυροδέματος σ' ένα αμφιθέατρο, τα οποία έχουν πάχους μεγαλύτερο από 10 εκατοστά. Οι πλάκες αυτές θεωρούνται πυράντοχες για μιάμιση ώρα. Αν στο μεταξύ τοποθετήσουμε και στα ανοίγματα οπλισμό, στο επάνω μέρος κατ' επέκταση μέρους του οπλισμού στηρίξεων, τότε επαυξάνουμε την αντοχή των συνεχών πλακών. [17], [44]

Εξωτερικοί τοίχοι

Εάν εξαιρέσουμε τις ιδιότητες αντοχής που απαιτούμε από έναν φέροντα εξωτερικό τοίχο, η βασική επιδίωξη είναι η αντοχή σε πυρκαγιά που επισυμβαίνει μόνο στο εσωτερικό ενός αμφιθεάτρου. Αυτό σημαίνει ότι πυροπροστατευτικά υλικά απαιτούνται στην εσωτερική και όχι στην εξωτερική επιφάνεια του. Οι τρόποι και τα υλικά κατασκευής των εξωτερικών τοίχων ενός αμφιθεάτρου ποικίλουν πολύ μεταξύ τους, και κατ' επέκταση ποικίλει η συμπεριφορά τους στη φωτιά. Οι τοίχοι από οπλισμένο σκυρόδεμα που χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε ένα αμφιθέατρο έχουν σημαντική αντοχή και δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα. Αντίθετα οι σύνθετοι τοίχοι δηλαδή τοίχοι που αποτελούνται από στρώσεις διαφόρων υλικών ή που τα φέροντα στοιχεία είναι από διαφορετικό υλικό από τα στοιχειά πλήρωσης, παρουσιάζουν ορισμένα προβλήματα που οφείλονται στη διαφορετική συμπεριφορά στη φωτιά των συνθετικών υλικών. Έτσι το τοιχοπέτασμα ενός αμφιθεάτρου (που αποτελείται από υλικά όπως γυαλί, αλουμίνιο, υαλοβάμβακας) το πρόβλημα είναι η συνέχεια της αντοχής στη φωτιά στα σημεία όπου το τοιχοπέτασμα ενώνεται με τη στέγη ή με το κατώτερο πάτωμα. [17], [44]

Κρεμαστές οροφές

Η ευρύτατη διάδοση των κρεμαστών οροφών σε αμφιθέατρα (αλλά και σε άλλους χώρους) οφείλεται στην κάλυψη αναγκών χώρου ακουστικής, αισθητικής και δημιουργίας χώρου για το πέρασμα κάθε είδους αγωγών και την τοποθέτηση χωνευτών φωτιστικών σωμάτων και στομίων αερισμού. Οι οροφές αυτές μπορούν να κατασκευαστούν κατά τέτοιο τρόπο που να παρέχουν στο υπερκείμενο πάτωμα πυροπροστασία, αν αυτό είναι κατασκευασμένο από σκυρόδεμα. Συνήθως το επίχρισμα έχει αρκετή αντοχή αλλά το σύστημα ανάρτησης αστοχεί. Παρατηρήσεις σε πυρκαγιές έδειξαν πως η παρεμποδιζόμενη διαστολή των ράβδων στήριξης προκαλεί το λυγισμό τους και έκτροπη, εξ' αίτιας της οποίας οι πλάκες πέφτουν και χάνεται η προστασία. Διαπιστώθηκε μάλιστα ότι τύποι κατασκευών οι οποίοι στις εργαστηριακές δοκιμασίες έδειξαν ικανοποιητική συμπεριφορά, στις πραγματικές πυρκαγιές αστόχησαν. Έτσι σε κατασκευές όπου χρειάζεται πυροπροστασία, είτε κατασκευάζονται ολόσωμες υπερπροστατευτικές οροφές με υγρή μέθοδο, είτε γίνεται προηγουμένως προστασία των φερόντων στοιχείων (πχ με εκτοξευμένο λιθοβάμβακα) και ύστερα κατασκευάζεται η οροφή. Είναι ουσιώδες να υπάρξει πρόβλεψη για τη διαστολή των στοιχείων του σιδερένιου σκελετού. [44]

Όταν η οροφή είναι πυράντοχη και υπάρχουν αναφλέξιμα υλικά πάνω από αυτή (όπως καλώδια, πλαστικοί σωλήνες) μια φωτιά που φτάνει ή και εκδηλώνεται εκεί, μπορεί να διαδοθεί σε απομακρυσμένα σημεία και επειδή καλύπτεται με την πυράντοχη αντοχή το πρόβλημα καταπολέμησης της γίνεται εξαιρετικά δύσκολο. Μια κρεμαστή οροφή πρέπει να συμβάλει όσο το δυνατόν λιγότερο στην ανάπτυξη και διάδοση της φωτιάς. Ακόμη και όταν τα πάνω είναι κατασκευασμένα από αναφλέξιμα υλικά πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια για να αποφεύγεται η γρήγορη πτώση

τους.
Διάκενοι χώροι κάθε είδους είναι θέσεις από τις οποίες μπορεί να ξεκινήσει ή να διαδοθεί μια φωτιά. Γι' αυτό είναι αναγκαίο να υπάρχουν στο διάκενο όσο το δυνατόν λιγότερο αναφλέξιμα υλικά και κατά το δυνατόν άκαυστα υλικά ανάρτησης και στερέωσης της οροφής. Οι πυροφραγμοί που θα διαχωρίζουν το διάκενο δεν είναι ανάγκη να έχουν όλες τις ιδιότητες διαχωριστικών τοιχωμάτων (μηχανική αντοχή). Μπορεί να είναι απλώς πλάκες λιθοβάμβακα, τοποθετημένες με προσοχή και ιδίως με ικανοποιητική πυκνότητα ώστε να μην αφήνουν περάσματα στις φλόγες. [44]

Πυράντοχα κουφώματα

Πολύ σημαντικό ρολό στην προσπάθεια επιβράδυνσης και περιορισμού της πυρκαγιάς, παίζουν τα πυράντοχα κουφώματα ενός αμφιθεάτρου και κυρίως οι πυράντοχες ή όπως συνηθεστέρα αναφέρονται οι πόρτες πυρασφαλείας.

Οι πυρασφαλείς πόρτες επιτυγχάνουν απομόνωση των χώρων στα ανοίγματα τους που αποτελούν, υπό συνθήκες, τα ασθενέστερα σημεία τους, διότι οι κοινές πόρτες αν είναι μεταλλικές, θερμαίνονται αμέσως και συντελούν στην ανάφλεξη υλικών στους γειτονικούς χώρους. [44]

(Εικ. 7.3, πυρασφαλείς πόρτες, πηγή διαδίκτυο)

Οι περισσότερες πυρασφαλείς πόρτες έχουν την δυνατότητα αυτόματου κλεισίματος με την ενεργοποίηση ειδικών μηχανισμών (κατά προτίμηση με αντίβαρα) που συνδέονται με αισθητήρες καπνού ή ιονισμού η θερμοδιαφορικούς διακόπτες. Ακόμη πυρασφαλείς πόρτες συνήθως μπορούν να εξασφαλίσουν καπνοστεγανότητα. Οι βασικές παράμετροι πυράντοχων θυρών πυρασφάλειας είναι:

- Αντοχή μόνωσης
- Σταθερότητα κατασκευής
- Ακεραιότητα κατασκευής

Συνήθεις μορφές θυρών πυρασφάλειας σε ένα αμφιθέατρο είναι οι ανοιγόμενες περί κατακόρυφου άξονα, μονόφυλλες και δίφυλλες. Πρέπει να έχουν αντοχή 30 min (θύρες ανασταλτικές) ή μια ώρα πυράντοχες. [44]

Ανοίγματα

Τα παράθυρα ενός αμφιθεάτρου αποτελούν τα λιγότερο ανθεκτικά δομικά στοιχεία γιατί ένα από τα κυριότερα υλικά τους , το τζαμί, δεν αντέχει στη φωτιά και λιώνει σε χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες. Γι' αυτό συνίσταται σε χώρους που πρέπει να προστατευθούν από πυρκαγιά, η επιφάνεια τους να είναι μικρή και να αποτελείται από κρύσταλλο πάνω από 6 mm και οπλισμένο έτσι ώστε να εξασφαλίζεται πυραντοχή μισής ώρας τουλάχιστον. Ανεξάρτητα από το είδος του τζαμιού είναι γνωστό ότι τα αλουμινένια κουφώματα αντέχουν λιγότερο από τα μεταλλικά. [17]

Σύμφωνα με το άρθρο 10 του κανονισμού πυροπροστασίας κτιρίων και βιομηχανικών εγκαταστάσεων, σε ένα αμφιθέατρο τα φέροντα δομικά στοιχεία και τα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν τα πυροδιαμερίσματα, δεν επιτρέπεται να έχουν δείκτη πυραντίστασης (ικανότητα μιας κατασκευής ή ενός δομικού στοιχείου για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα) μικρότερο από 30 λεπτά. Παρακάτω παρατίθενται πίνακες που συσχετίζουν τα μεγέθη των διαφόρων δομικών στοιχείων με τους δείκτες πυραντίστασης. [38]

ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ

Χωρίς διάκενα

Περιγραφή	Φέρουσες[2]		Μη Φέρουσες	
	Ανεπίχρ. λεπτά	Επιχρ.[3] λεπτά	Ανεπίχρ. λεπτά	Επιχρ.(3) λεπτά
1. Με συμπαγείς πλίνθους και πάχος τουλάχιστον 9 εκ. (δρομικά)	30	150	90	150
2. Με συμπαγείς πλίνθους και πάχος τουλάχιστον 19 εκ. (μπατικά)	180	240	240	240
3. Με διάτρητους πλίνθους και πάχος τουλάχιστον 9 εκ. (δρομικά)	30	60	60	120
4. Με διάτρητους[4] πλίνθους και πάχος τουλάχιστον 19 εκ. (μπατικά)	120	180	180	140
5. Με διάτρητους πλίνθους και πάχος τουλάχιστον 19 εκ. (μπατικά), αλλά με οσεσδήποτε λίγες διαμπερείς οπές.	0	60	0	60
6. Με διάτρητους πλίνθους που έχουν κενά μέχρι 60% και πάχος τουλάχιστον 19 εκ. (μπατικά)	0	0	0	30

(1) Για πλίνθους από οπτή γη, σκυρόδεμα ή κισπρόδεμα

(2) Εννοείται το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο. Για σημαντικά μικρότερο φορτίο επιτρέπεται να χρησιμοποιείται ενδιάμεση τιμή μεταξύ φέρουσας και μη φέρουσας πλ..

(3) Επιχριομένες με ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, τσιμεντοκονίαμα ή γυψοσκονίαμα πάχους τουλάχιστον 13 χιλ.

(4) Με την προϋπόθεση ότι το πάχος των εξωτερικών τοιχωμάτων δεν είναι μικρότερο από 12 χιλ, και τα κενά δεν είναι περισσότερα από 30% του συνολικού όγκου της πλίνθου.

Δοκοί

Είδος δοκού		Ελάχιστη διάσταση για δείκτες πυραντίστασης (χιλ)					
		30	60	90	120	180	240
Αμφιέρειστες							
α) Οπλισμένες	b	80	120	150	200	240	280
	c	20	30	40	50	70	80
β) Προεντεταμένες	b	100	120	150	200	240	200
	c	25	40	55	70	80	90
Συνεχείς							
α) Οπλισμένες	b	80	80	120	150	200	240
	c	20	20	35	50	60	70
β) Προεντεταμένες	b	80	100	120	150	200	240
	c	20	30	40	55	70	80

(Εικ. 7.4, πίνακες δεικτών πυραντίστασης για δοκούς και πλινθοδομές, πηγή 38)

Υποστυλώματα

ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΓΙΑ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΥΡΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

Έκθεση σε πυρκαγιά	πλάτος υπ/τος επικάλ. (σε χιλ).	30	60	90	120	180	240
Σε όλη την περίμετρο	b	150	200	250	300	400	450
	c	20	25	25	25	25	25
Έκθεση του 50% της περιμέτρου	b	125	160	200	200	300	350
	c	20	25	25	25	25	25
Μια πλευρά εκτεθειμένη	b	100	120	140	160	200	240
	c	20	25	25	25	25	25

Τοιχώματα

ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΥΡΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ (χιλ).

Είδος τοιχώματος	30	60	90	120	180	240
Άοπλο	150	150	175	-	-	-
Οπλισμένο (με ελάχιστο ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού 4% και C τουλάχιστον 25 χιλ	100	120	160	200	200	240

b = πλάτος υποστυλώματος
c = επικάλυψη οπλισμού

Πλάκες

Πλάκες συμπαγείς ή με άκαυστα υλικά πλήρωσης

Είδος δοκού		Ελάχιστη διάσταση για δείκτες πυραντίστασης (χιλ) 30	60	90	120	180	240
Αμφιέρειστες							
α) Οπλισμένες	d	75	95	110	125	150	170
	c	15	20	25	35	45	55
β) Προεντεταμένες	d	75	95	110	125	150	170
	c	20	25	30	40	55	65
Συνεχείς							
α) Οπλισμένες	d	75	95	110	125	150	170
	c	15	20	20	25	35	45
	d	75	95	110	125	150	170
	c	20	20	25	35	45	55

Πλάκες με νευρώσεις ή καυστά υλικά πλήρωσης

Είδος δοκού		Ελάχιστη διάσταση για δείκτες πυραντίστασης (χιλ.) 30	60	90	120	180	240
Αμφιέρειστες							
α) Οπλισμένες	d	70	90	105	115	135	150
	b	75	90	110	125	150	175
	c	15	25	35	45	55	65
β) Προεντεταμένες	d	70	90	105	115	135	150
	b	80	110	135	150	175	200
	c	25	35	45	55	65	75
Συνεχείς							
α) Οπλισμένες	d	70	90	105	115	135	150
	b	75	80	110	110	125	150
	c	15	20	35	35	45	55
β) Προεντεταμένες	d	70	90	115	115	135	150
	b	75	75	125	125	150	175
	c	20	25	45	45	55	65

(Εικ. 7.4, δείκτες πυραντίστασης πλακών, υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων, πηγή 38)

Εσωτερικά τελειώματα λέγονται τα κατασκευαστικά στοιχεία με τα οποία γίνεται η τελική διαμόρφωση των εσωτερικών επιφανειών των κτιρίων, όπως επιχρίσματα, επενδύσεις, επιστρώσεις, χρωματισμοί, αρμολογήματα, μονώσεις, κλπ. Για τα εσωτερικά τελειώματα ενός αμφιθεάτρου που μπορεί να είναι πχ γυψοσανίδες, κλπ, ο ίδιος κανονισμός (Κ.Π.Κ κατανοώντας τη συμπεριφορά των τελειωμάτων αυτών), και πιο συγκεκριμένα η παράγραφος 3.2.16 του άρθρου 3 αναφέρει τις απαιτήσεις σχετικά με τα εσωτερικά τελειώματα στα διάφορα τμήματα που εμφανίζεται σε αυτό. Συμφωνά με το παράρτημα Β του κανονισμού, η κατηγοριοποίηση των εσωτερικών τελειωμάτων είναι 0,1,2,3,4 (βλέπε σχετικό πίνακα της νομοθεσίας όπου παρατίθεται δίπλα). [43]

ΕΙΔΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΤΕΛΕΙΩΜΑΤΟΣ	ΕΛΑΧ. ΠΑΧΟΣ (mm)	ΑΚΑΛΥΠΤΑ ή υδρόχρ.	Βερνικόχ. ή ελαιόχρωμα	ΚΑΛΥΜΕΝΑ Πλαστικό χρώμα	Χρώμα ρελιέφ	Χαρτί ταπετσαρίας
Άκαυστα υλικά	6	0	0	0	2	0
Επιχρίσματα α) Με οποιοδήποτε κονίαμα	10	0	0	0	2	0
β) Με γυψοκονίαμα Πλάκες ξυλόμαλλου	5	0	0	0	2	0
α) Με επίχρισμα στην εκτεθειμένη πλευρά	10	0	0	0	2	0
β) Χωρίς επίχρισμα	25	1	–	1	–	–
Γυψοσανίδες με χαρτόνι στις δύο όψεις	9	0	1	0	2	1
Γυψόπλακες με χαρτόνι στις δύο όψεις	9	1	3	2	3	2
Ινοσανίδες σκληρές (hard board).	9	2	2	2	3	–
Ινοσανίδες με ειδικό βάρος 0,4gr/m3	10	4	–	4	–	–
Αντικολλητά φύλλα (κόντρα πλακέ).	12 6	2 1	2 4	2 4	3 3	2 –
Ινογυψόπλακες ειδ. βάρους 1,1gr/m3	10	0	3	2	2	2
Μοριοσανίδες (novopan).	6	4	–	–	3	–

Εσωτερικά τελειώματα δαπέδων (ακάλυπτα ή με βερνίκι)

Μωσαϊκό, τσιμεντοκονία, κεραμεικά πλακάκια, μαρμαρόπλακες, λίθινες, μωσαϊκές πλάκες κ.λπ.	Κατηγορία 0
Πλαστικά ξύλινα δάπεδα, μοκέτες, χαλιά.	4

(Εικ.7.5, κατηγοριοποίηση των εσωτερικών τελειωμάτων, πηγή 43)

Συγκεκριμένα στους τοίχους και στις οροφές θέλουμε κατηγορίας 2, στα δάπεδα των οδεύσεων διαφυγής θέλουμε κατηγορίας 1, ενώ στα οικοδομικά διάκενα, των οδεύσεων διαφυγής, σε τοίχους και οροφές θέλουμε κατηγορίας 1. Να αναφέρουμε

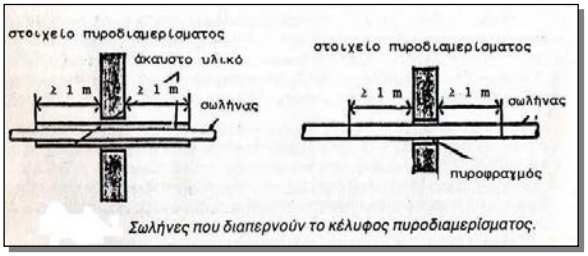
ότι αν ένα αμφιθέατρο είναι μικρότερο των 30 m^2 (πρακτικά δύσκολο) επιτρέπεται να έχουν εσωτερικά τελειώματα μέχρι και της κατηγορίας 3. [43]

Περιορισμός εξάπλωσης της φωτιάς –Διαμερισματοποίηση-πυροδιαμερίσματα

Διαμερισματοποίηση είναι η δυνατότητα να διαχωρίζεται ένα αμφιθέατρο σε τμήματα αλλά και από τους άλλους βοηθητικούς τους χώρους έτσι ώστε να καθυστερείται η διάδοση της φωτιάς από το ένα στο άλλο, να επιτρέπεται η διαφυγή των φοιτητών και να δίνει χρόνο για την προσέγγιση και ακίνδυνη δράση πυροσβεστών. Τα τμήματα αυτά ονομάζονται πυροδιαμερίσματα και ένα αμφιθέατρο μπορεί να διαχωριστεί οριζόντια σ' αυτά τα διαμερίσματα πυρκαγιάς μέσω των πυροστεγών διαμερισμάτων, αλλά και κατακόρυφα με τους βοηθητικούς χάους. Τα πυρ/τα επικοινωνούν μεταξύ τους με ανοίγματα όπου πυράντοχες αυτόματα κλειόμενες πόρτες αναστέλλουν τη μετάδοση της φωτιάς, τουλάχιστον μέχρι να δράσει η πυροσβεστική υπηρεσία. Οι τοίχοι πυροδιαμερισμάτων πρέπει να εκτείνονται καθ' ύψος διάμεσου των κενών οροφής-στέγης ή οικοδομικού διακένου πάνω από την επικάλυψη της στέγης τουλάχιστον κατά 0.5 m, βλέπε σχήμα 7.6. Σε περίπτωση δώματος, όπου δεν είναι δυνατή η προεξοχή πρέπει να προβλέπεται από τη μια και την άλλη μεριά του τοίχου, σε απόσταση τουλάχιστον 1.5 m, κατάλληλη προστασία επικάλυψης από άκαυστα υλικά. [44]

(Εικ. 7.6, τοίχος πυροδιαμερίσματος, πηγή 44)

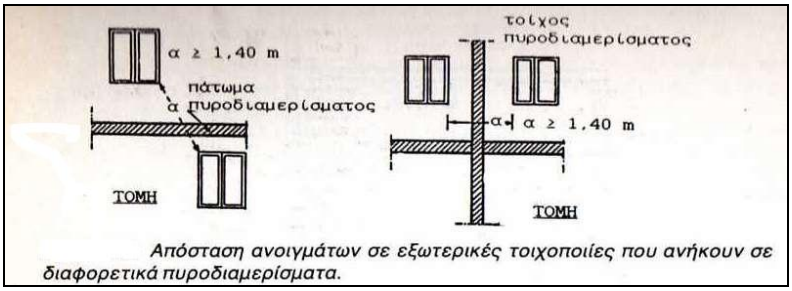
Οι τοίχοι και τα πατώματα των πυροδιαμερισμάτων, καθώς και οι εξωτερικοί τοίχοι πρέπει να δομούνται έτσι, ώστε να μην είναι εύκολη η διείσδυση των φλογών. Τα κουφώματα σε τοίχους πυροδιαμερισμάτων πρέπει να είναι πυράντοχα, με δείκτη πυραντίστασης τον απαιτούμενο για τον αντίστοιχο τοίχο. Τα πυράντοχα κουφώματα πρέπει να είναι αυτοκλειόμενα. Επιτρέπεται η χρήση υαλοπινάκων με ενσωματωμένο συρματόπλεγμα, σε πυράντοχα κουφώματα. Σωλήνες και καλώδια επιτρέπεται να διαπερνούν το κέλυφος του πυροδιαμερίσματος, εφόσον η εσωτερική διάμετρος δεν υπερβαίνει τα 40 mm. Αν είναι κατασκευασμένα από άκαυστα υλικά με σημείο τήξης πάνω είναι 800 ^{0}C, επιτρέπεται η διέλευση και για εσωτερικές διαμέτρους μέχρι 160 mm. Σωλήνες από διάφορα υλικά (μολυβί, PVC, αλουμίνιο, κλπ) με εσωτερική διάμετρο μέχρι 160 mm επιτρέπεται να διαπερνούν δομικά στοιχειά πυροδιαμερίσματος, εφόσον, σε μήκος τουλάχιστον 1 m και εφόσον οι δυο πλευρές, περιβάλλονται από άκαυστο περίβλημα, βλέπε σχήμα 7.7. Το διάκενο που δημιουργείται μεταξύ σωλήνα και δομικού στοιχείου πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερο και να φράζεται με κατάλληλο πυροφραγμό. [44]



(Εικ. 7.7, σωλήνες που διαπερνούν το κέλυφος πυροδιαμερίσματος, πηγή 44)

Οικοδομικά διάκενα σε πλάκες και πατώματα που γεμίζουν με καυστά υλικά, εφόσον δεν καλύπτονται με σκυρόδεμα ή και επίχρισμα πάχους τουλάχιστον 40 mm πρέπει να διακόπτονται από τοίχους πυροδιαμερίσματος στο σημείο συνάντησης τους. Η

απόσταση ανοιγμάτων σε εξωτερικές τοιχοποιίες, που ανήκουν σε διαφορετικά πυροδιαμερίσματα (όπως πχ το αμφιθέατρο σε σημείο που γειτνιάζει με κάποιο βοηθητικό του χώρο), πρέπει να είναι τουλάχιστον 1.4 m, βλέπε σχήμα 7.8. [44]



(Εικ. 7.8, απόσταση ανοιγμάτων εξ. τοιχοποιίων που ανήκουν σε διαφορετικά πυροδιαμερίσματα, πηγή 44)

Αντιπροσωπευτικοί τύποι πυροφραγμάτων είναι:

- Ειδικό-πυράντοχο ελαφρομπετόν
- Πυροφραγμοί τύπου Μ.C.Τ. Σουηδίας
- Πυροφραγμοί με άμμο θαλάσσης
- Προσωρινοί πυροφραγμοί (πετροβάμβακας) [44]

Οι επικίνδυνοι χώροι σε ένα αμφιθέατρο (όπου το αμφιθέατρο σύμφωνα με τη νομοθεσία Κ.Π.Κ συγκαταλέγεται στους χώρους συνάθροισης κοινού), πρέπει να αποτελούν ξεχωριστό πυροδιαμέρισμα ανεξάρτητο από το εμβαδόν τους. Επικίνδυνοι χώροι σε ένα αμφιθέατρο μπορεί να είναι ο πινάκας φωτισμού, η αίθουσα έλεγχου του κλιματισμού κλπ. Όλοι οι επικίνδυνοι χώροι πρέπει να διαθέτουν κατάλληλα ανοίγματα εξαερισμού και να μην τοποθετούνται από κάτω ή σε άμεση γειτονία με τις τελικές εξόδους. [38]

Σύμφωνα με την αντίστοιχη νομοθεσία παράγραφος 3.2, άρθρο 10 σε ένα αμφιθέατρο (ισόγειο, μονώροφο κτίριο) δεν απαιτείται να υποδιαιρείται σε επιμέρους πυροδιαμερίσματα. Αν όμως ένα αμφιθέατρο διαθέτει κινητό πυρίμαχο χώρισμα, ο μέγιστος επιτρεπόμενος όγκος πυροδιαμερίσματος 7000 m^3 ή 2000 m^2. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι αν το αμφιθέατρο διαθέτει εγκατάσταση καταιονητήρων ο όγκος πυροδιαμερίσματος αυξάνεται στα 10500 m^3. Σε ένα αμφιθέατρο επειδή υπάρχουν μηχανήματα και υλικά μεγάλης αξίας είναι σωστό να προβλεφθούν πρόσθετα μέτρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι ένα αμφιθέατρο που προορίζεται και για άλλες χρήσεις, όπως θεατρικές και μουσικές παραστάσεις (αίθουσα πολλαπλών χρήσεων), οι δείκτες και τα προαναφερθέντα μεγέθη θα λαμβάνονται από την δυσμενέστερη χρήση. [43]

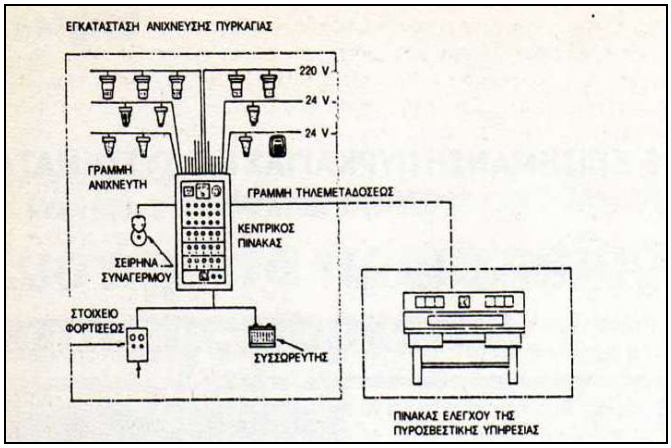
Οδεύσεις διαφυγής

Όδευση διαφυγής λέγεται μια συνεχής και χωρίς εμπόδια πορεία που επιτρέπει την διαφυγή από οποιοδήποτε σημείο ενός κτιρίου (αμφιθέατρο), προς έναν ασφαλή, υπαίθριο συνήθως χώρο, σε περίπτωση πυρκαγιάς. Κύριος σκοπός της όδευσης σε ένα αμφιθέατρο είναι η διασφάλιση ασφαλούς εκκένωσης του από όλους τους παρευρισκόμενους σε περίπτωση πυρκαγιάς. Για περισσότερες λεπτομέρειες ανατρέξτε στο κεφάλαιο 9, σελίδα 231.

7.2 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η ενεργητική πυροπροστασία περιλαμβάνει το σύνολο των μέτρων (κατασκευές, εξοπλισμός, εκπαίδευση) και των ενεργειών που σχετίζονται με την καταπολέμηση πυρκαγιάς που έχει ήδη εκδηλωθεί. Περιλαμβάνει τα συστήματα πυρανιχνεύσεως, τους μηχανισμούς και τις διαδικασίες συναγερμού και κινητοποιήσεως των αρμόδιων για την καταπολέμηση της πυρκαγιάς και το σύνολο των διαδικασιών πυρόσβεσης.

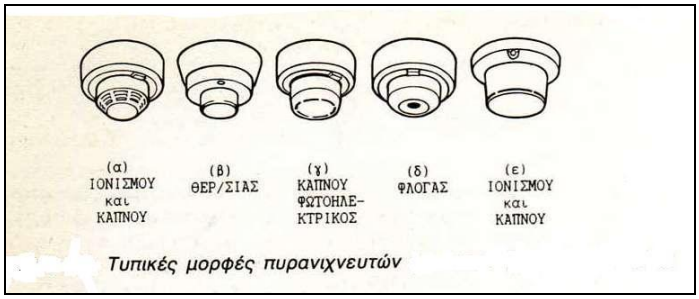
Αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης-συναγερμός



(Εικ. 7.9, τυπικό λειτουργικό σχέδιο εγκατάστασης ανίχνευσης πυρκαγιάς, πηγή 44)

Η εγκατάσταση αυτόματου συστήματος ανιχνεύσεως πυρκαγιάς έχει σα στόχο να ανιχνεύσει έγκαιρα την πυρκαγιά και να σημάνει συναγερμό. Ο συναγερμός δίνεται με οπτικά ή ηχητικά μέσα στην ελεγχόμενη περιοχή ή σε ένα πινάκα ενδείξεων τοποθετημένο σε ειδικό χώρο έλεγχου. Οι κατηγορίες ανιχνευτών είναι οι παρακάτω:

- Ανιχνευτές θερμότητας.
- Ανιχνευτές ορατού καπνού.
- Ανιχνευτές φλόγας.
- Ανιχνευτές ιονισμού.
- Ανιχνευτές διαφορετικού τύπου από τον παραπάνω, οι οποίοι ανιχνεύουν φαινόμενα διαφορετικά από τη θερμότητα, τη φλόγα της πυρκαγιάς.



(Εικ. 7.10, τυπικές μορφές πυρανιχνευτών, πηγή 44)

Απλώς αναφέρουμε ότι ευπαθείς στους ψευδείς συναγερμούς, είναι οι ανιχνευτές φλόγας, γιατί διεγείρονται με υπεριώδη και υπέρυθρη ακτινοβολία. [44]

Ένα σύστημα αυτόματης πυρανίχνευσης πρέπει να περιλαμβάνει:

Α) πίνακα

Β) καλωδιώσεις

Γ) ανιχνευτές

Δ) φωτεινούς απαράληπτες

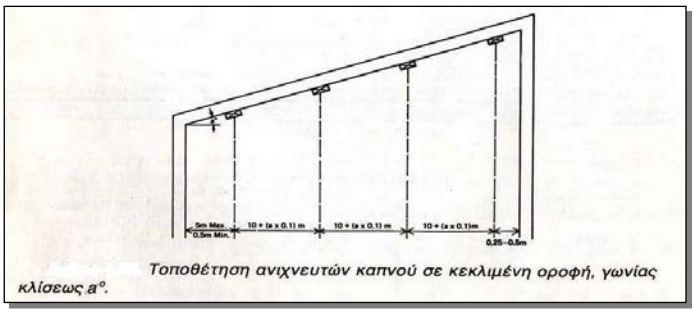
Ε) σειρήνες συναγερμού

Στ) ένδειξη ενεργοποίησης χειροκίνητου συστήματος

Ζ) εξασφάλιση εφεδρικής πηγής ενέργειας [44]

Κάθε κεφάλι σημειακού ανιχνευτή θερμότητας δεν πρέπει να καλύπτει επιφάνεια δαπέδου μεγαλύτερη των 100 τμ. Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δυο ανιχνευτών είναι δεκατρία μέτρα ενώ η μέγιστη απόσταση τοποθέτησης από τον τοίχο 3.5 μέτρα. Ανάλογα κάθε σημειακός ανιχνευτής καπνού δεν μπορεί να καλύπτει επιφάνεια μεγαλύτερη των 50 τμ. Η δε μέγιστη απόσταση μεταξύ δυο ανιχνευτών είναι 10 μέτρα (15 μέτρα για ένα διάδρομο) και η μέγιστη απόσταση από τον τοίχο είναι 3.5 μέτρα. [44]

Στο αμφιθέατρο όπου έχει μεγάλο ελεύθερο ύψος γίνεται συνδυασμός ανιχνευτών καπνού-θερμότητας, έτσι, ώστε αν δεν ενεργοποιηθεί ο ανιχνευτής καπνού να ενεργοποιηθεί ο ανιχνευτής θερμότητας. Επίσης, μέσα σε ένα αμφιθέατρο έχουμε ψηλή κεκλιμένη επιφάνεια οροφής στην οποία μπορεί να δημιουργηθεί συγκέντρωση θερμότητας που να οφείλεται είτε σε θερμική ακτινοβολία όταν η μόνωση δεν είναι καλή, είτε στην θέρμανση όταν η μόνωση είναι καλή. Η συγκέντρωση αυτή της θερμότητας εμποδίζει τα φαινόμενα της φωτιάς, δηλαδή τον καπνό και το θερμικό ρεύμα ελκυσμού, να φτάσουν μέχρι τον ανιχνευτή. Η επιρροή αυτή μπορεί να παρακαμφθεί μερικώς, όταν οι ανιχνευτές σε τέτοιους χώρους όπως το αμφιθέατρο τοποθετηθούν λίγο χαμηλότερα. Είναι γνωστό ότι όσο αυξάνεται το ύψος της οροφής, μειώνεται η συγκέντρωση των ΄΄αεροζόλ΄΄, και κατ' επέκταση η ευαισθησία των συστημάτων ανίχνευσης. Αυτός είναι ο λόγος όπου σε ένα αμφιθέατρο μπορούμε να διαλέξουμε μεγαλύτερες επιφάνειες ανά ανιχνευτή. Πάνω σε αυτό χρειάζεται προσοχή ώστε ο όγκος του αέρα πάνω από τον ανιχνευτή να είναι τόσο μικρός, ώστε με κανονικές συνθήκες ο ανιχνευτής να βρίσκεται στη περιοχή του σύννεφου των ΄΄αεροζόλ΄΄ που περιμένουμε. [44]



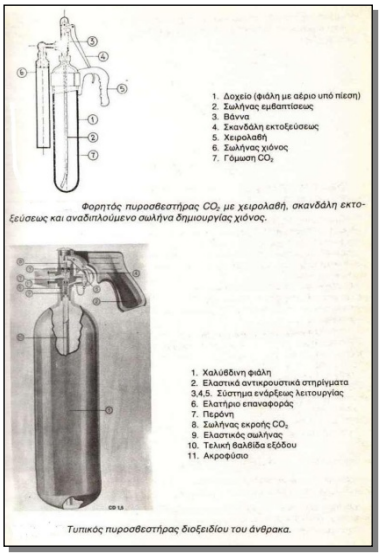
(Εικ. 7.11, τοποθέτηση ανιχνευτών καπνού σε κεκλιμένη οροφή, πηγή 44)

Σε περίπτωση πυρκαγιάς ο συναγερμός προκαλείται:

- Με φωνητική επικοινωνία.
- Με χειροκίνητα μέσα.
- Με αυτόματα μέσα. [44]

Πυροσβεστήρες (κινητό μέσο κατασβέσεως)

Το πιο γνωστό διαδεδομένο μέσο της ενεργητικής πυροπροστασίας, είναι οι πυροσβεστήρες. Ανάλογα με την κατασβεστική ουσία που χρησιμοποιείται σε έναν πυροσβεστήρα, αναφερόμαστε σε πυροσβεστήρες με: α) CO_2 , β) με χημική ή ξηρή σκόνη, γ) με μηχανικό αφρό, δ) με νερό (καθαρό, θαλασσινό, νερό υπό πίεση, νερό με CO_2, με προσμίξεις από σόδα και οξύ, light water), ε) απογινομένου υδρογονάνθρακες (halon). Ανάλογα με το μέγεθος τους διακρίνονται σε: α) φορητοί πυροσβεστήρες μικρού βάρους (μέχρι 20 kgr), β) σταθεροί πυροσβεστήρες (δοχεία με πυροσβεστικό υλικό υπό πίεση) που τροφοδοτούν φορητά συστήματα στο κοντινό περιβάλλον τους, γ) τροχήλατοι πυροσβεστήρες. Να αναφέρουμε ότι κάθε πυροσβεστήρας μπορεί να σβήσει μια ορισμένου μεγέθους πυρκαγιά. Τέλος αναφέρουμε ότι κάθε πυροσβεστήρας πρέπει να έχει ειδική σήμανση. [44]



(Εικ. 7.12, πυροσβεστήρας με CO_2, πηγή 44)

(Εικ. 7.13, πυροσβεστήρες φορητοί σκόνης και τροχήλατοι, πηγή διαδίκτυο)

Μόνιμο υδροδοτικό πυροσβεστικό δίκτυο

Το μόνιμο υδροδοτικό δίκτυο είναι ένα σύνολο εγκαταστάσεων και εξοπλισμού που περιλαμβάνει διατάξεις σωληνώσεων παροχής νερού για πυρόσβεση και βανών για τη σύνδεση εύκαμπτων πυροσβεστικών σωλήνων, εγκατεστημένων σε ένα αμφιθέατρο ή γενικότερα σε μια κατασκευή. [44]

Οι τύποι υδροδοτικού δικτυού αναφέρονται στο παράρτημα Β συνημμένο στο άρθρο 3 της πυροσβεστικής διάταξης [47]. Οι κατηγορίες των μόνιμων υδροδοτούν δικτύων είναι τρεις και ο διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με τους σωλήνες και τον αριθμό των ατόμων που τα χρησιμοποιούν. Ένα τέτοιο δίκτυο περιλαμβάνει:

- Αποθήκη ή πηγή νερού.
- Πυροσβεστική αντλία, αν απαιτείται.
- Πίνακας αυτοματισμών για την αντλία.
- Ρυθμιστής πίεσης όπου απαιτείται.
- Σωληνώσεις ανάλογου διαμέτρου, για να παρέχουν την απαιτούμενη ποσότητα νερού και πίεσης στις συνδέσεις των πυροσβεστικών φωλιών.
- Πυροσβεστικές φωλιές. [43]

(Εικ. 7.14, πυροσβεστικές φωλιές, πηγή διαδίκτυο)

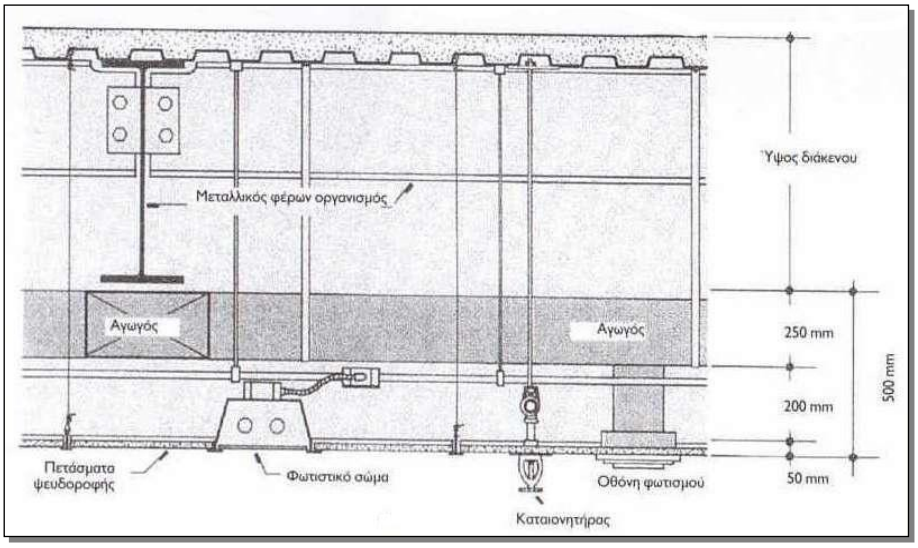
Αυτόματα συστήματα καταιονισμού (sprinkler)

(Εικ. 7.15, αυτόματο σύστημα καταιονισμού, πηγή 24)

Τα συστήματα αυτόματου καταιονισμού νερού (sprinkler) αντιμετωπίζουν τη φωτιά σε όλη της την έκταση, από τα πρώτα στάδια της εξέλιξης της σε ένα αμφιθέατρο, επιτρέποντας την ασφαλή απομάκρυνση των φοιτητών και τον περιορισμό των υλικών ζημιών. Τα συστήματα αυτά (μπορεί να έχουν και άλλο υλικό καταιόνησης) μπορεί να συνδυάζονται και με το μόνιμο υδροδοτικό δίκτυο.

Οι καταιονητήρες ενεργοποιούνται αυτόματα και αμέσως μόλις λάβουν κάποια ένδειξη της φωτιάς. Ένα τυπικό σύστημα καταιονητήρων αποτελείται από ένα σύστημα σωληνώσεων που τοποθετείται στην οροφή του αμφιθεάτρου και τροφοδοτείται από μια πηγή νερού (δεξαμενή ή το δίκτυο ύδρευσης) και τα ακροφύσια (κεφαλές sprinkler) που καθορίζουν την εκτόξευση του νερού στην πυρκαγιά.

Τα περισσότερα συστήματα επίσης συνδυάζονται με συστήματα αυτόματης αναγγελίας πυρκαγιάς, σύστημα έλεγχου του συστήματος, βαλβίδα έλεγχου, βαλβίδα αντεπιστροφής, σωλήνα αποστράγγισης, μετρητή πίεσης στον κατακόρυφο αγωγό, εφεδρική πηγή ενέργειας κ.α. Τα ειδή συστημάτων είναι τέσσερα: υγρού τύπου, ξηρού τύπου, προενέργειας και ολικού κατακλυσμού. [24]



(Εικ. 7.16, τομή οροφής με σύστημα καταιονισμού, πηγή 24)

8.3 Σχετικές διατάξεις (νομοθεσία) σχετικά με την πυροπροστασία ενός αμφιθεάτρου

Σε ένα αμφιθέατρο (που σύμφωνα με τον Κ.Π.Κ. ανήκει στην κατηγορία Σ1), που έχει πληθυσμό πάνω από 300 άτομα, πρέπει να εγκαθίσταται χειροκίνητο ηλεκτρικό σύστημα συναγερμού. Το σύστημα συναγερμού έχει ως σκοπό την έγκαιρη ειδοποίηση των εργαζομένων στο χώρο και των φοιτητών που συμπράττουν στην εκδήλωση. Το κοινό (οι φοιτητές) ειδοποιούνται μετά την επιβεβαίωση του συμβάντος. [43]

Σε όλα τα αμφιθέατρα (και στα κτίρια συναθροίσεως κοινού) που δέχονται πληθυσμό περισσότερο από 100 άτομα, πρέπει να εγκαθίσταται μεγαφωνικό σύστημα και να

προβλέπεται αυτόματη ειδοποίηση της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας από ένα ορισμένο σημείο, οποιαδήποτε στιγμή και με άμεσο τρόπο.

Στους επικίνδυνους χώρους ενός αμφιθεάτρου καθώς και σε τμήματα αυτού, υψηλού βαθμού κινδύνου, τοποθετείται αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης συμφωνά με την παράγραφο 4.1 του άρθρου 4 του Κ.Π.Κ .

Αυτόματο σύστημα πυροσβέσεως πρέπει να εγκαθίσταται στους επικίνδυνους χώρους του αμφιθεάτρου (που αναφέρθηκαν παραπάνω) σε συνδυασμό με το σύστημα πυρανίχνευσης, στα ίδια τα αμφιθέατρα και στους βοηθητικούς τους χώρους. Όπου εγκαθίσταται το αυτόματο σύστημα καταιόνησης με νερό (sprinkler), το ειδικό υδραυλικό δίκτυο των καταιονητήρων εφόσον χρησιμοποιεί μέχρι 6 κεφαλές καταιονητήρων για κάποιο απομονωμένο χώρο, επιτρέπεται κατ' εξαίρεση των απαιτήσεων της παραγράφου 4.3.1 του άρθρου 4 του Κ.Π.Κ να συνδεθεί απ' ευθείας με το εσωτερικό υδραυλικό δίκτυο νερού του αμφιθεάτρου, εφόσον αυτό έχει τη δυνατότητα να παρέχει 6 λίτρα νερού ανά πρώτο λεπτό και ανά τετραγωνικό μέτρο, σε ολόκληρη την επιφάνεια του προστατευόμενου χώρου και την απαιτουμένη πίεση για τη σωστή λειτουργία των καταιονητήρων. Μεταξύ του ειδικού υδραυλικού δικτύου αυτών των καταιονητήρων και του εσωτερικού υδραυλικού δικτυού νερού του αμφιθεάτρου πρέπει να παρεμβάλλεται βάνα με ασφαλιστικό μηχανισμό που την κλειδώνει στην ανοιχτή θέση. Αν χρησιμοποιείται αποθήκη νερού για την τροφοδότηση αυτή πρέπει να έχει κατ' ελάχιστον 12 m^3 , εφόσον η αναπλήρωση του ύδατος γίνεται από μια ανεξάντλητη πηγή (υδροδοτικό δίκτυο πόλης) στον βαθμό αποδόσεως της αντλίας. Αν η απαιτουμένη πίεση για την παροχή νερού του συστήματος καταιονισμού δεν εξασφαλίζεται με άλλο τρόπο, τότε δύναται να χρησιμοποιηθούν και πάνω από μια αντλία. Σε ένα αμφιθέατρο μικρού βαθμού κινδύνου, η απόσταση μεταξύ καταιονιστών μιας διακλάδωσης να μην υπερβαίνει τα 4,5 μέτρα, η δε συνολική κάλυψη επιφάνειας δαπέδου ανά καταιονιστή, να μην υπερβαίνει τα 20,25 τμ. Σε αμφιθέατρο μεσαίου βαθμού κινδύνου η απόσταση μεταξύ καταιονιστών μιας διακλάδωσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 4,5 μέτρα, η δε συνολική κάλυψη επιφάνειας δάπεδο ανά καταιονιστή δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 12 τμ. Η παροχή νερού από κάθε καταιονιστή, όσον αφόρα καταιονιστές με ακροφύσια διαμέτρου ½ ίντσας (12,7 mm), δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 55 λίτρων ανά ένα λεπτό της ώρας. Επίσης θα πρέπει να υπάρχει η απαιτουμένη πίεση για να μπορέσει ο κάθε καταιονιστής να δώσει αυτή την παροχή. Δεν επιτρέπεται η χρήση καταιονιστών διαφόρων μεγεθών ακροφυσίων σε ένα σύστημα sprinkler. Η ελαχίστη διάμετρος των ακροφυσίων πρέπει να είναι 12,5 mm. Ακόμα η διάρκεια λειτουργίας του συστήματος καθορίζεται από 30-120 πρώτα λεπτά. [43]

Μόνιμο υδροδοτικό πυροσβεστικό δίκτυο πρέπει να εγκαθίσταται σύμφωνα με την παράγραφο 4.3.2 του άρθρου 4 του Κ.Π.Κ σε ένα αμφιθέατρο με πληθυσμό περισσότερο από 250 άτομα ή όταν είναι αντικειμενικά δύσκολη η προσέγγιση από το εξωτερικό του, με ευκάμπτους σωλήνες. Στο αμφιθέατρο η τοποθέτηση των πυροσβεστικών φωλιών θα πρέπει να υπολογίζεται με απόσταση ακτίνας 30 μέτρα (20 μέτρα ο εύκαμπτος σωλήνας και 10 μέτρα το μήκος βολής του νερού). Το δίκτυο θα πρέπει να διαθέτει μετρητές πίεσης στην πυροσβεστική αντλία. Σε αμφιθέατρα με πληθυσμό λιγότερο από 250 άτομα, πρέπει να τοποθετείται κρουνός με εύκαμπτο σωλήνα διαμέτρου 19 mm και μήκους 15 m με κατάλληλο ακροφύσιο, συνδεδεμένο με το δίκτυο ύδρευσης. [43]

Σε όλα τα αμφιθέατρα (χώροι συνάθροισης κοινού) πρέπει να τοποθετούνται δυο τουλάχιστον φορητοί πυροσβεστήρες, κοντά στις σκάλες και στις εξόδους κίνδυνου, σε θέσεις όπου κανένα σημείο της κάτοψης δεν απέχει πάνω από 15 m από τον πλησιέστερο πυροσβεστήρα. Πρέπει ο καθένας να είναι κατ' ελάχιστον 60 χιλιόγραμμων και θα τοποθετείται για κάθε 50 τμ. μικτής επιφάνειας δαπέδου και ένας πυροσβεστήρας. Οι πυροσβεστήρες πρέπει να ελέγχονται με τις ισχύουσες προδιαγραφές ΕΛΟΤ ή με αντίστοιχες διεθνείς προδιαγραφές. Η τοποθέτηση τους των φορητών μέσων θα γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις της παραγράφου 3.6 της υπ' αριθμόν 14602-284/18.3.1972 αποφάσεως υπουργού βιομηχανίας ''N.H.S'' 18-1972. Ένα αμφιθέατρο πρέπει να εφοδιάζεται με ορισμένα βοηθητικά εργαλεία και μέσα. Τα εργαλεία αυτά θα χρησιμοποιηθούν από την ομάδα πυροπροστασίας για την αντιμετώπιση των αναγκών που θα παρουσιαστούν μέχρι να φράσουν οι πυροσβέστες (εγκλωβισμός, διάσωση φοιτητών, διάνοιξη κεκλεισμένης θύρας, προσέγγισης και προσβολής εστίας πυρκαγιάς). Τα εργαλεία αυτά θα τοποθετούνται μέσα σε ένα ειδικό ερμάριο σε επίκαιρη και ασφαλή θέση πλησίον μιας πυροσβεστικής φωλιάς. [43]

Το ερμάριο αυτό το όποιο ονομάζεται σταθμός και θα αναλαμβάνει αύξοντα αριθμό θα περιέχει:

- Ένα λοστό διάρρηξης
- Ένα μεγάλο πέλεκη
- Ένα πτύο
- Μια αξίνη
- Ένα σκεπάρνι
- Μια κουβέρτα διασώσεως (δύσφλεκτη)
- Δυο ηλεκτρικοί φακοί χειρός [43]

Ανά τρεις πυροσβεστικές φωλιές θα πρέπει να υπάρχει κι ένας σταθμός, δηλαδή ένα ειδικό ερμάριο. Ανά εννέα πυροσβεστικές φωλιές μέσα στο σταθμό θα προστίθενται επιπλέον:

- Μια αναπνευστική συσκευή οξυγόνου ή πεπιεσμένου ατμοσφαιρικού αέρα.
- Δυο ατομικές προσωπίδες μαζί με φίλτρο.
- Δυο προστατευτικά κράνη. [43]

Ένα μέτρο ενεργητικής πυροπροστασίας είναι και η εκπαίδευση του προσωπικού του αμφιθεάτρου. Σαν προσωπικό μπορεί να οριστούν οι καθηγητές, οι φοιτητές και όσοι άλλοι εργάζονται σε αυτό. Η εκπαίδευση αφόρα:

- Τη χρήση των διατιθέμενων πυροσβεστικών μέσων,
- την πρόληψη της πυρκαγιάς ή άλλων συναφών κινδύνων,
- την έγκαιρη σήμανση συναγερμού σε περίπτωση εκρήξεως πυρκαγιάς και

- την τεχνική αντιμετώπιση των πυρκαγιών και της πρόληψης αυτής. [43]

Πυροπροστασία στεγασμένου αιθρίου

Έχουμε αναφερθεί ήδη στο κεφάλαιο 4 ότι ένας τρόπος φυσικού φωτισμού σε ένα αμφιθέατρο είναι η χρήση στεγασμένου αιθρίου. Σ' αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την πυρασφάλεια του αιθρίου. Όπως γνωρίζουμε το αίθριο εκτός από το φυσικό φωτισμό που μπορεί να προσφέρει μέσα σε ένα αμφιθέατρο, μπορεί να λειτουργήσει και ως καπνοδόχος με φυσικό ελκυσμό, έλκοντας την φωτιά και τον καπνό στο χώρο του, εξαιτίας του σχετικά μεγάλου ύψους και της πρόβλεψης ανοιγμάτων αερισμού στην οροφή. Ο χώρος του αιθρίου μέσα σ' ένα αμφιθέατρο δεν είναι δυνατόν να αντιμετωπιστεί ως χώρος εκτόνωσης. [22]

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Α. Προκαταρκτικές ενέργειες
1. Ο σχεδιασμός της πυρασφάλειας αρχίζει από τα πρώτα στάδια του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, του οποίου οι αρχικές προτάσεις πρέπει να εξετάζονται σε σχέση με τις απαιτήσεις πυρασφάλειας.
2. Εμπλοκή όλων των απαραίτητων συμβούλων από νωρίς.
3. Όσα θέματα δεν καλύπτονται από κανονισμούς, εξετάζονται σε συνεργασία με την Πυροσβεστική Υπηρεσία.

Β. Διαφυγή
1. Ελαχιστοποίηση της ανάγκης διαφυγής.
2. Επιλογή του κατάλληλου για τη χρήση του κτιρίου μήκους απροστάτευτων οδεύσεων διαφυγής.
3. Χρησιμοποίηση οικείων διαδρομών ως οδεύσεων διαφυγής ή διαστούρωσή τους με οδεύσεις διαφυγής.
4. Τα κλιμακοστάσια αντιμετωπίζονται ως πυροδιαμερίσματα και οδηγούν εκτός του κτιρίου.

Γ. Έλεγχος του καπνού
1. Επιλογή της απομάκρυνσης του καπνού απευθείας ή διαμέσου του αιθρίου ή συνδυασμού τους, ανάλογα με τη χρήση του αιθρίου και το σχεδιασμό του αερισμού.
2. Εύστοχη λειτουργία των συστημάτων αερισμού.

Δ. Έλεγχος της φωτιάς
1. Κανένας έλεγχος καπνού δεν είναι αποτελεσματικός, χωρίς περιορισμό του μεγέθους της φωτιάς.
2. Χρήση συστημάτων ανίχνευσης καπνού για την ενεργοποίηση των συστημάτων πυρόσβεσης.
3. Επιλογή συστημάτων εξαερισμού - εκτόνωσης συμβατών με τις χρήσεις του κτιρίου.
4. Περιορισμός της μετάδοσης της φωτιάς με το σχεδιασμό των τελειωμάτων και ανοιγμάτων των ορόφων.
5. Πρόβλεψη προσπέλασης πυροσβεστών προς το κτίριο και διαμέσου αυτού.

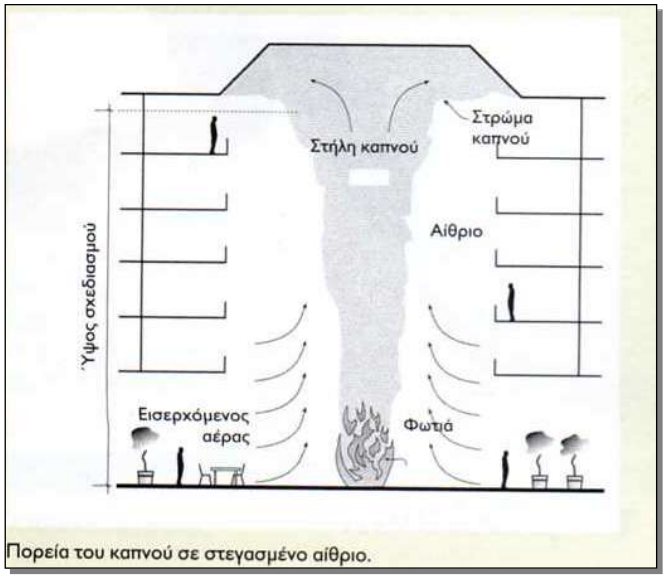
(Εικ. 7.17, σχεδιασμός πυρασφάλειας αιθρίων, πηγή 22)

Καθώς η διαίρεση του αμφιθεάτρου σπανίως είναι εφικτή και επιθυμητή ουσιαστικά πρέπει να αντιμετωπίζεται και να σχεδιάζεται ως ενιαίο πυροδιαμέρισμα με πλήρεις εγκαταστάσεις ανίχνευσης και κατάσβεσης της φωτιάς καθώς και διαχείρισης του καπνού, συναγερμού, εξόδου διαφυγής, κλπ, εφόσον το χρησιμοποιούμενο αίθριο είναι αρκετά μεγάλο.

Το αίθριο πρέπει να διαχωρίζεται από το υπόλοιπο αμφιθέατρο με άκαυστα υλικά και συστήματα με τον απαιτούμενο δείκτη πυραντίστασης, τα οποία να λειτουργούν αυτόματα.[22]

Ο καπνός είναι πιο επικίνδυνος από τη φωτιά και μπορεί να προκαλέσει περισσότερα θύματα από ασφυξία λόγω των τοξικών αερίων που εκλύονται και την έλλειψη ορατότητας από όσα η ίδια η φωτιά. Οπωσδήποτε το αίθριο πρέπει να αποκλείει την κάθοδο η δημιουργία στρώματος καπνού χαμηλότερα από τα υπέρθυρα του αερισμού του αίθριου. Σωστός αερισμός είναι απαραίτητος, παθητικά από ανοίγματα στην οροφή και ενεργητικά από εξαεριστήρες που τίθενται αυτόματα σε λειτουργία με τα συστήματα πυραν/σης. [26]

Η επιτυχής αντιμετώπιση της πυρκαγιάς και του καπνού εξαρτάται καθοριστικά από των έγκαιρο εντοπισμό της εστίας και τη φύση της φωτιάς και την επιτήρηση της. Ουσιώδης είναι ο προσδιορισμός των θέσεων των εξαρτημάτων ανίχνευσης και κατάσβεσης. [26]



Πορεία του καπνού σε στεγασμένο αίθριο.

(Εικ. 7.18, πορεία καπνού σε στεγασμένο αίθριο, πηγή 26)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Η ανάγκη για μια διαφορετική διαχείριση της ενέργειας καθώς και η επιδείνωση του περιβάλλοντος πολλών αστικών κέντρων, έφεραν στην επικαιρότητα την συζήτηση για μια αλλαγή στη τεχνολογία της δόμησης. Αυτή η αλλαγή συναρτάται με τις έννοιες της αειφοριας και του οικολογικού σχεδιασμού των κτιρίων και των πόλεων. Η νέα αρχιτεκτονική δεν ενδιαφέρεται μονό για τις μορφές των κτιρίων και τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά, αλλά εισάγει μια νέα πρόταση για την ποιότητα των κατασκευών. Αναφέρεται στο μικροπεριβάλλον, στη σύσταση των υλικών, στη μείωση της παράγωγης ρύπων και απόβλητων, στη εξοικονόμηση ενέργειας. Οι νέες προσεγγίσεις δεν αντιμετωπίζουν πια την ενέργεια ως ένα παράγοντα εξωτερικό, αλλά την κάνουν μέρος της ζωής και της δομής του κτιρίου. Η ΄΄παθητική΄΄ ηλιακή αρχιτεκτονική ξαναφέρνει στο προσκήνιο τη λαϊκή παράδοση με το χαγιάτι, το αίθριο, τα υπόσκαφα και τις πολλαπλές εκδοχές του κελύφους. Υπολογίζεται ότι το 40% της καταναλισκόμενης ενέργειας στην Ευρώπη χρησιμοποιείται για την βελτίωση του κλίματος στο εσωτερικό των κτιρίων. Επίσης το 50% των εκπομπών αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και ταυτόχρονα επιβαρύνουν την ανθρώπινη υγεία, απειλούν τα οικοσυστήματα και προκαλούν την αύξηση της θερμοκρασίας της γης, οφείλονται στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την παράγωγη της απαιτούμενης αυτής ενέργειας (θερμικής και ηλεκτρικής). Μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των ενεργειακών τεχνολογιών μπορεί να επιτευχτεί σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO_2 το οποίο αποτελεί το σημαντικότερο ΄΄αέριο του θερμοκηπίου΄΄ που συμβάλλει στις επικίνδυνες αλλαγές. Για όλους τους λόγους που προαναφέρθηκαν είναι επιτακτική ανάγκη η υιοθέτηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού στην κατασκευή και ενός αμφιθέατρου [23]. Αυτή η στροφή προς τις νέες αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού εκδηλώνεται παγκοσμίως, με ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα (χωρίς να σημαίνει ότι δεν υπάρχουν και άλλα) είναι το ΄΄green building΄΄ στο πανεπιστήμιο MIT που κατασκευάστηκε το 1962-1964.

(Εικ. 8.1, πανεπιστήμιο MIT, πηγή διαδίκτυο)

Στις 16 Δεκεμβρίου του 2002 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξέδωσαν την οδηγία 2002/91/ΕΚ [42] για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Ως στόχος της αναφέρεται η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματικές και τοπικές συνθήκες, τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων, καθώς και τη σχέση κόστους/οφέλους. Οι απαιτήσεις που θεσπίστηκαν αφορούν:

- Στον υπολογισμό της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- Στην εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.
- Στην εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση μεγάλων υφιστάμενων κτιρίων στα οποία γίνεται μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση.
- Στην ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων.
- Στην τακτική επιθεώρηση των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού των κτιρίων και επιπλέον μια αξιολόγηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης των οποίων οι λέβητες είναι παλαιότερη των 15 ετών. [23]

Απλά να αναφέρουμε περιληπτικά ότι συμφωνά με την ευρωπαϊκή οδηγία 2002/91/ΕΚ άρθρο 3 πρέπει πλέον να διατίθεται πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (10ετους ισχύος) σε όλα τα κτίρια. Όλα τα παραπάνω είναι προφανές ότι προσαρμόζονται, κατά περίπτωση, και στην κατασκευή αμφιθεάτρων.

ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ
ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ (ΑΡΘΡΟ 3, ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ)

Η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων πρέπει να περιλαμβάνει τους ακόλουθους παράγοντες:

- Θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου (κέλυφος, εσωτερικά χωρίσματα κτλ.). Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να περιλαμβάνουν και την αεροστεγανότητα.
- Εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσία θερμού νερού, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών των μονώσεών τους.
- Εγκατάσταση κλιματισμού.
- Αερισμό.
- Ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού (κυρίως στον τομέα που δεν αφορά στην κατοικία).
- Θέση και προσανατολισμό των κτιρίων, περιλαμβανομένων των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών.
- Παθητικά ηλιακά συστήματα και ηλιακή προστασία.
- Φυσικό αερισμό.
- Εσωτερικές κλιματικές συνθήκες, στις οποίες περιλαμβάνονται οι επιδιωκόμενες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Στον υπολογισμό αυτό θα συνεκτιμάται, κατά περίπτωση, η θετική επίδραση των ακόλουθων παραγόντων:

- Ενεργά ηλιακά συστήματα, άλλα συστήματα θέρμανσης και ηλεκτρικά συστήματα βασιζόμενα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη με συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- Συστήματα κεντρικής θέρμανσης και ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου.
- Φυσικός φωτισμός.

Για το σκοπό αυτού του υπολογισμού, τα κτίρια θα κατατάσσονται σε κατηγορίες όπως:

- Οικογενειακές κατοικίες διαφόρων τύπων.
- Συγκροτήματα διαμερισμάτων.
- Γραφεία.
- Κτίρια εκπαίδευσης.
- Νοσοκομεία.
- Ξενοδοχεία και εστιατόρια.
- Αθλητικές εγκαταστάσεις.
- Κτίρια υπηρεσιών χονδρικού και λιανικού εμπορίου.
- Άλλα είδη κτιρίων που καταναλώνουν ενέργεια.

(Εικ.8.2, μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης, πηγή 42)

Ορισμοί

- Βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι ο αρχιτεκτονικός και πολεοδομικός σχεδιασμός κτιρίων και οικιστικών συνόλων που επιδιώκει την προσαρμογή του κτιρίου και του οικιστικού συνόλου, αντίστοιχα, στο τοπικό κλίμα και στο φυσικό περιβάλλον και στοχεύει στην αξιοποίηση θετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων, ώστε να ελαχιστοποιήσει τις ετήσιες ενεργειακές τους ανάγκες και να επιτυγχάνει περιορισμό στην κατάλυση συμβατικής ενέργειας.

- Ενεργειακή απόδοση αμφιθέατρου είναι η ποσότητα ενέργειας που καταχώνεται η εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διαφορές ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση του αμφιθέατρου, οι οποίες μπορούν να περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, τη θέρμανση, την ψύξη, τον εξαερισμό και τον φωτισμό. Η ποσότητα αυτή εκφράζεται με έναν ή περισσότερους αριθμητικούς δείκτες ,οι όποιοι έχουν υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη την μόνωση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, το σχεδιασμό και την θέση σε σχέση με κλιματικούς παράγοντες, την έκθεση στον ήλιο, την παραγωγή ενέργειας του ίδιου του αμφιθεάτρου και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση, στους οποίους περιλαμβάνονται και οι κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του αμφιθεάτρου.

- ΣΠΗΘ (συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας) είναι η ταυτόχρονη μετατροπή πρωτογενών καύσιμων σε μηχανική ή ηλεκτρική ενεργεια και θερμότητα, υπό ορισμένα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης.

- Ενεργειακή μελέτη είναι η μελέτη που εξετάζει συνολικά τις απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες αμφιθεάτρων για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό, ώστε να εξασφαλίζεται θερμική άνεση κατά την διάρκεια του έτους. Υποδεικνύει τις βέλτιστες, κατά περίπτωση, λύσεις για την εξασφάλιση των παραπάνω συνθηκών, μέσω τεχνικών και συστημάτων ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας ή μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

- Παθητικά ηλιακά συστήματα (Π.Η.Σ.) θέρμανσης ή δροσισμού είναι οι τεχνικές και οι κατασκευές που εμπεριέχονται στο σχεδιασμό του αμφιθέατρου και προσαρμόζονται κατάλληλα στο κέλυφος του. Τα Π.Η.Σ. διευκολύνουν την καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση του αμφιθεάτρου, καθώς και την αξιοποίηση των δροσερών ανεμών για την φυσική του ψύξη. Οι βασικές κατηγορίες των Π.Η.Σ.: α) τα άμεσου ηλιακού κέρδους, όπως τα νότια ανοίγματα, β) τα έμμεσου ηλιακού κέρδους όπως ο ηλιακός χώρος, το ηλιακό αίθριο, ο ηλιακός τοίχος, το θερμοσίφωνο πέταμα, γ) τα συστήματα δροσισμού όπως τα σκίαστρα, η ηλιακή καμινάδα, η υδάτινη οροφή και συστήματα αερισμού.

- Υβριδικά συστήματα είναι τα παθητικά συστήματα που χρησιμοποιούν τα μηχανικά μέσα, των οποίων η λειτουργία απαιτεί συμβατική ενεργεία, πολύ μικρότερη από αυτή που προσφέρει το ίδιο το υβριδικό σύστημα (πχ ηλιακή καμινάδα με ανεμιστήρα κλπ).

- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα (Ε.Η.Σ.) θέρμανσης ή δροσισμού είναι τα συστήματα εκείνα που χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα, για τη θέρμανση ή τον δροσισμό των αμφιθεάτρων, αξιοποιώντας την ηλιακή ενεργεία ή τις φυσικές δεξαμενές ψύξης. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ηλιακοί συλλέκτες θέρμανσης ή παροχής ζεστού νερού χρήσης, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κ.α.

- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι οι φυσικοί διαθέσιμοι πόροι, που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον, που δεν εξαντλούνται αλλά διαρκώς ανανεώνονται και που μπορούν να μετατρέπονται σε ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις, η θαλάσσια κίνηση. [23]

8.1 Οικολογική δόμηση

Το τι είναι οικολογική δόμηση, λόγω της πολυμορφίας των αμφιθεάτρων, την ανομοιογένεια των περιβαλλοντικών συνθηκών, την πληθώρα των δομικών υλικών και προϊόντων και των διαφορετικών οικονομικών, κοινωνικών και πολιτιστικών δεδομένων είναι λίγο δυσχερές να απαντηθεί άμεσα. Ευκολότερο είναι να προσεγγίσουμε αρνητικά αυτό τον όρο βασίζοντας τον σε ένα συγκεκριμένο παράδειγμα. [14]

Ένα κτίριο με γυάλινη πρόσοψη, παραμορφωμένη από τα κλιματιστικά που έχουν προστεθεί εκ των υστέρων, για να κάνουν απλώς υποφερτή την παραμονή στο εσωτερικό του, δεν είναι προφανώς προϊόν οικολογικού σχεδιασμού. Η οικολογική δόμηση (αμφιθεάτρου) καλείται να επιλύσει προβλήματα, που εμφανίζονται στα εξής επίπεδα:

- **Το δομημένο περιβάλλον**: Η συγκέντρωση αμφιθεάτρων (όπως στην περίπτωση του συγκροτήματος αμφιθεάτρων που πρόκειται να χτιστεί στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου) με επιφάνειες που λειτουργούν ως θερμοσυσσωρευτές και που με τον όγκο τους εμποδίζουν την κυκλοφορία του αέρα, προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας και συγκέντρωση των αέριων ρύπων που με τη σειρά τους μειώνουν την ένταση του ηλιακού φωτός. Οι μεταβολές αυτές αυξάνουν τις ανάγκες κλιματισμού και τεχνητού φωτισμού, επηρεάζουν αρνητικά την υγεία και επιδεινώνουν την ποιότητα ζωής των παρευρισκόμενων (φοιτητές, καθηγητές, κ.α.) στο χώρο αυτό.

- **Το αμφιθέατρο**: Ο σχεδιασμός τους επηρεάζει καθοριστικά το ενεργειακό τους ισοζύγιο και την ποιότητα του εσωτερικού χώρου μέσω των ανταλλαγών με το εξωτερικό περιβάλλον.

- **Τα υλικά**: Τα δομικά υλικά δεν είναι περιβαλλοντικά ουδέτερα. Οι θερμικές και οπτικές τους ιδιότητες παίζουν σημαντικό ρολό στο ενεργειακό ισοζύγιο του αμφιθέατρου αλλά και του περιβάλλοντος χώρου, ενώ η τοξικολογική τους δράση επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα. [14]

Το δομημένο περιβάλλον

Με τον όρο δομημένο περιβάλλον εννοούμε το σύνολο του χώρου όπου έχουν αναπτυχτεί υποδομές, κτίρια (αμφιθέατρα) τα οποία καλύπτουν ανάγκες. Ανάλογα με το μέγεθος των κτιρίων, το δομημένο περιβάλλον, χαρακτηρίζεται ως αστικό, ημιαστικό και αγροτικό. Καταλαβαίνουμε λοιπόν, ότι η θέση όπου βρίσκεται ένα

αμφιθέατρο (αν είναι σε πόλη, σε ανοιχτό χώρο) παίζει καθοριστικό ρολό και επηρεάζει και συνάμα επηρεάζεται από τις εξωτερικές συνθήκες. Οι παράγοντες που επηρεάζει ένα δομημένο περιβάλλον, μέρος του οποίου είναι και ένα αμφιθέατρο είναι η θερμοκρασία του αέρα, η ταχύτητα και η διεύθυνση του άνεμου. Δυο από τα φαινόμενα που κατά κύριο λόγο που συντελούν αύτη τη μεταβολή είναι: α) το φαινόμενο της **θερμικής νησίδας** που σχετίζεται με την ανάπτυξη υψηλοτέρων θερμοκρασιών σε αστικά κέντρα σε σχέση με την περιφέρεια, β) το φαινόμενο της **αστικής χαράδρας** που αφόρα τη μείωση της ταχύτητας και την αλλαγή διεύθυνσης του άνεμου καθώς και τη θερμοκρασιακή στρωματάς του άνεμου στους δρόμους των αστικών κέντρων. Ένα αμφιθέατρο λόγω του μεγέθους του και του λειτουργικού ρόλου που πρόκειται να επιτελέσουν, σπανίως τοποθετείται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές έτσι ώστε οι κατακόρυφες όψεις του να προκαλέσουν το φαινόμενο της αστικής χαράδρας, το οποίο εμφανίζεται σε στενούς δρόμους αστικών πόλεων, όπου το πλάτος του δρόμου προς το ύψος των κτιρίων είναι δυσανάλογα μικρό με αποτέλεσμα την κακή κυκλοφορία του αέρα. Όσον αφόρα τη θερμική νησίδα, όπου είναι η αύξηση της θερμοκρασίας της πόλης και αποτελεί ίσως το πιο τεκμηριωμένο φαινόμενο κλιματικής αλλαγής, ένα αμφιθέατρο (αν και όχι συχνά) αποτελεί μέρος ενός αστικού κέντρου και συντελεί με τη σειρά του στη δημιουργία αυτού του φαινόμενου. [14]

Ο ρόλος των υλικών

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιούνται, καθορίζουν σε ένα πολύ μεγάλο βαθμό την ενεργειακή κατανάλωση καθώς και τη θερμική και οπτική άνεση σε ένα αμφιθέατρο. Ιδιαίτερα η ανελαστικότητα των υλικών στην ηλιακή ακτινοβολία καθώς και ο συντελεστής εκπομπής τους στην μεγάλου μήκους (θερμική) ακτινοβολία παίζουν σημαντικό ρολό στο ενεργειακό ισοζύγιο ενός αμφιθέατρου.

Υλικό / Επιφάνεια	Ανακλαστικότητα
Δρόμοι	
Άσφαλτος	0.05-0.2
Τοίχοι	
Σκυρόδεμα	0.10-0.35
Τούβλο/Πέτρα	0.20-0.40
Λευκή Πέτρα	0.80
Λευκό Μάρμαρο	0.55
Λευκό Τούβλο	0.30-0.50
Κόκκινο Τούβλο	0.20-0.30
Σκουρόχρωμο Τούβλο	0.20
Οροφές	
Ασφαλτόπανα	0.07
Άσφαλτος	0.10-0.15
Πίσσα και Χαλίκια	0.08-0.18
Πλακάκια	0.10-0.35
Αυλακοειδής Σίδηρος	0.10-0.16
Ειδική Ανακλαστική Οροφή	0.6-0.7
Χρώματα	
Λευκό	0.50-0.90
Κόκκινο, Καφέ, Πράσινο	0.20-0.35
Μαύρο	0.02-0.15
Μέση Ανακλαστικότητα Αστικών Περιοχών	
Διακύμανση	0.10-0.27
Μέση Τιμή	0.15
Άλλα	
Ανοιχτόχρωμη Άμμος	0.40-0.60
Ξερό Γρασίδι	0.30
Έδαφος	0.30
Ξηρή Άμμος	0.20-0.30
Φυλλοβόλα Φυτά	0.20-0.30
Φυλλοβόλα Δάση	0.15-0.20
Καλλιεργημένο Έδαφος	0.20
Υγρή Άμμος	0.10-0.20
Πευκοδάσος	0.10-0.15
Ξύλο	0.10
Σκουρόχρωμο Καλλιεργημένο Έδαφος	0.07-0.10

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε εξωτερικές επιφάνειες δέχονται την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Μέρος αυτής της ακτινοβολίας απορροφάται ενώ το υπόλοιπο ανακλάται. Είναι προφανές ότι η χρήση υλικών μεγάλης ανακλαστικότητας σε ένα αμφιθέατρο μειώνει την απορροφημένη ηλιακή ακτινοβολία και διατηρεί τις επιφάνειες πιο δροσερές. [14]

(Εικ. 8.3, ανακλαστικότητα υλικών/επιφανειών, πηγή 14)

Τα υλικά εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία. Η ισχύς της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας καθώς και του συντελεστή εκπομπής του υλικού. Υλικά με μεγάλο συντελεστή εκπομπής αποβάλλουν ευκολότερα τη θερμότητα που απορροφούν.

Η χρήση κατάλληλων υλικών στα αμφιθέατρα και γενικότερα στα κτίρια θεωρείται από τις πλέον σημαντικές τεχνικές στους χώρους τους οποίους βρίσκεται. Πρόσφατη μελέτη στις Η.Π.Α. απέδειξε ότι μονό η χρήση ανοιχτόχρωμων επιφανειών συνδυασμένη με έντονη χρήση αστικού πράσινου μπορεί να μειώσει κατά 18% (ή κατά 1,04 δισεκατομμύρια kwh) το κλιματιστικό φορτίο στην πόλη του Los Angeles, με ετήσιο οικονομικό κέρδος περί τα 100 εκατομμύρια δολάρια. [14]

Υλικά υψηλής ανακλαστικότητας θεωρούνται υλικά με συντελεστή ανακλαστικότητας πάνω από 0,6. Ενδεικτικές τιμές ανακλαστικότητας δίνονται στον πινάκα 8.3.

Ερευνητικές προσπάθειες των τελευταίων χρονών οδήγησαν στην ανάπτυξη υλικών με προηγμένα οπτικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένη ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώ παράλληλα θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν φιλικά προς το περιβάλλον. Η κατηγορία των υλικών αυτών είναι γνωστή με το όνομα ΄΄**ψυχρά υλικά**΄΄. Τα υλικά αυτά πρέπει να χρησιμοποιούνται στις προσόψεις και στις οροφές ενός αμφιθεάτρου καθώς και στον υπαίθριο χώρο του αμφιθεάτρου. Τα ψυχρά υλικά που χρησιμοποιούνται σε ένα αμφιθέατρο είναι τριών κατηγοριών:

Α. Τα χρώματα και οι επικαλύψεις

Β. Οι μεμβράνες οροφής

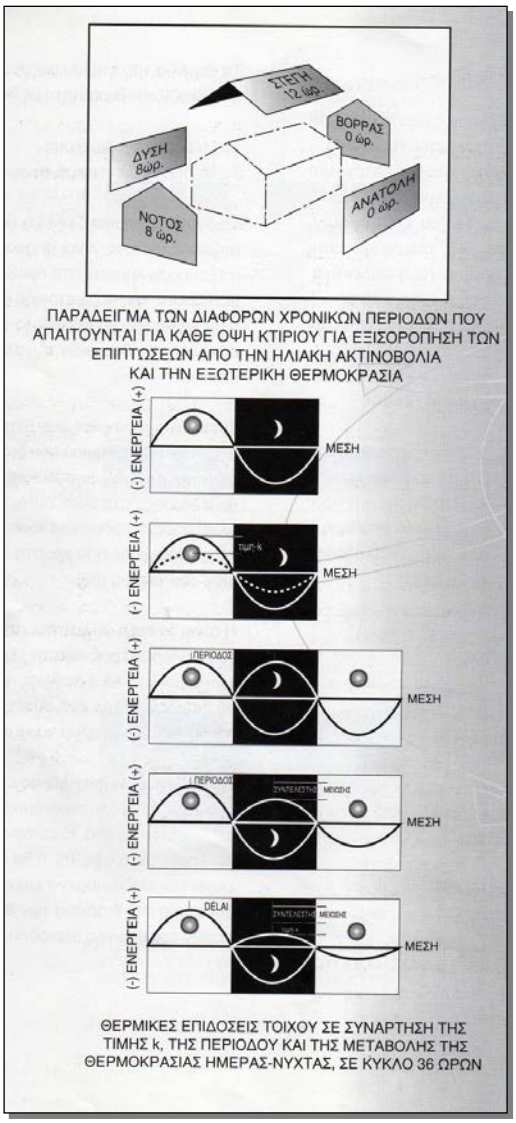
Γ. Οι πλάκες [14]

Ψυχρά χρώματα που χρησιμοποιούνται σε επικαλύψεις οροφών και σε εξωτερικούς τοίχους του αμφιθεάτρου, είναι τα λευκά και τα ανοιχτό χρώματα ή τα χρώματα αλουμινίου. Τα ψυχρά λευκά χρώματα περιέχουν διαπερατά πολυμερή υλικά, πχ ακριλικά και ένα λευκαντικό συστατικό, όπως το οξείδιο του τιτανίου ή το οξείδιο του ψευδαργύρου, τα οποία όμως είναι τοξικά για τον άνθρωπο και τα οικοσυστήματα. Η ανακλαστικότητα των επικαλύψεων αυτών στο ηλιακό φάσμα είναι ιδιαίτερα υψηλή και κυμαίνεται περί του 70-80%. Ο συντελεστής εκπομπής είναι εξίσου υψηλός, περί του 91%. Ανοιχτόχρωμες βαφές παρασκευάζονται με προσθήκη χρώματος, κατά συνέπεια η ανακλαστικότητα τους είναι μειωμένη αλλά ο συντελεστής εκπομπής τους παραμένει όπως και για τα λευκά χρώματα. Τα χρώματα αλουμινίου παρασκευάζονται συνήθως από ασφαλτικού τύπου ρητίνες που περιέχουν ρινίσματα αλουμινίου. Η ανακλαστικότητα των χρωμάτων αλουμινίου κυμαίνεται γύρω στο 50%, αλλά ο συντελεστής εκπομπής τους είναι σχετικά μικρός, (0,4-0,6).Οι μεμβράνες οροφής, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως η ανώτερη στρώση ενός αμφιθεάτρου συνήθως περιέχουν ένα ύφασμα από fiberglass, ή πολυεστερικό υλικό, που συνδυάζεται με ένα ευέλικτο πολυμερές υλικό όπως η άσφαλτος και το EPDM

(συνθετικό ελαστικό). Γενικά οι μεμβράνες, κατασκευάζονται από αδιάβροχα, ευέλικτα και σκληρά υλικά και αποτελούνται από ένα ή πολλαπλά στρώματα. Το χρώμα και η ανακλαστικότητα των μεμβρανών εξαρτώνται από την ανώτερη επιφάνεια τους, η οποία καλύπτεται από βαφή ή συχνά και από χαλίκι οροφής. Η ανακλαστικότητα τους φτάνει έως και 0,8 και ο συντελεστής εκπομπής κυμαίνεται γύρω στο 0,9.Αρα λοιπόν με την αύξηση της ανακλαστικότητας, όπου επιτυγχάνεται με τη χρήση των προαναφερθέντων υλικών, σε ένα αμφιθέατρο καταφέρνουμε να διατηρούμε σε χαμηλά επίπεδα τη θερμοκρασία κατά τους θερινούς μήνες, σε συνδυασμό πάντα βεβαία με πυκνό πράσινο. [14]

Το κέλυφος ενός αμφιθεάτρου

Κέλυφος ενός αμφιθέατρου ονομάζεται το σύνολο των διάφανων και αδιαφανών δομικών στοιχείων, τα οποία καθορίζουν το εξωτερικό περίγραμμα του αμφιθεάτρου και διαχωρίζουν τον εσωτερικό από τον εξωτερικό χώρο. Ο τρόπος κατασκευής του κελύφους είναι καθοριστικός για τη θερμική, και κατ' επέκταση ενεργειακή, συμπεριφορά του αμφιθέατρου και είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνο για τη διαμόρφωση του εσωτερικού κλίματος.



(Εικ. 8.4, θερμική επίδοση τοίχου σε συνάρτηση με το k, την περίοδο και τη θερμοκρασία, πηγή 29)

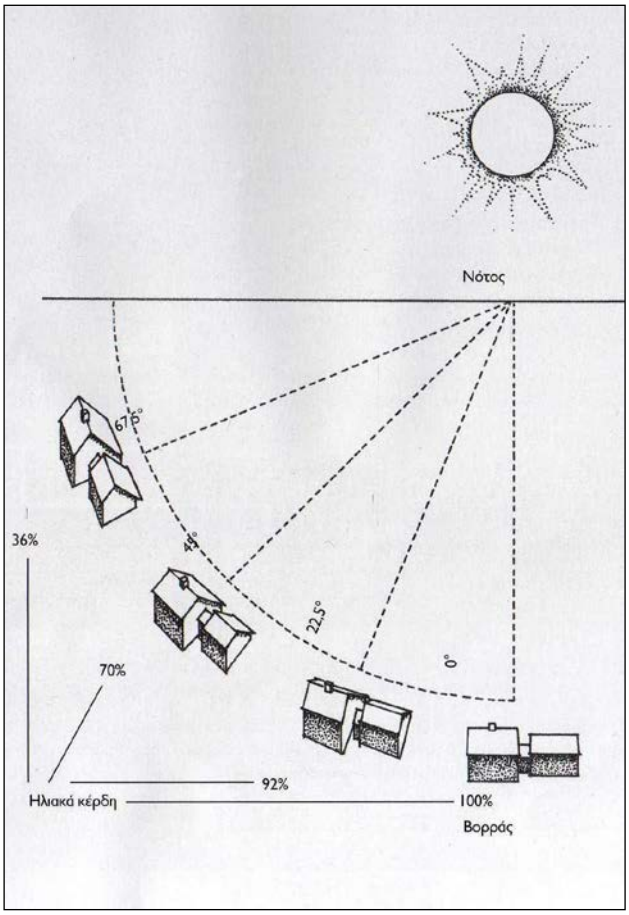
Η ενεργειακή κατανάλωση ενός αμφιθεάτρου εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του κελύφους του και ειδικότερα από:

- Τον προσανατολισμό του αμφιθεάτρου
- Τη μορφή του κελύφους (πχ από τον λόγο των διαφανών επιφανειών προς τις αδιαφανείς)
- Τα υλικά κατασκευής των διαφανών και αδιαφανών υλικών του κελύφους σε συνδυασμό με το κλίμα και τη γεωμετρία του αμφιθεάτρου.

Συμπερασματικά, το κέλυφος ενός αμφιθεάτρου αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα για την θερμική και περιβαλλοντική του συμπεριφορά του. Η χρήση υλικών και τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον και τους χρήστες, συντελεί στη μείωση των ενεργειακών αναγκών και στη βελτίωση των συνθηκών στον εξωτερικό και εσωτερικό χώρο. [14], [29]

Διεύθυνση ηλιακών ακτινών

Προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση του ηλιακού φωτός σε ένα αμφιθέατρο, είναι απαραίτητη η εξέταση των συνθηκών ηλιασμού και συγκεκριμένα της διεύθυνσης των ηλιακών ακτινών σε διαφορετικές ώρες και ήμερες του έτους ως προς το σημείο στο όποιο βρίσκεται το αμφιθέατρο. Η φαινόμενη διαδρομή του ήλιου επάνω από τον ορίζοντα αλλάζει από ημέρα σε ημέρα και αναλόγως μεταβάλλεται η διεύθυνση των ηλιακών ακτινών. Σε κάτοψη των ηλιακών ακτινών αποτυπώνεται ως γωνία μεταξύ της προβολής στο οριζόντιο επίπεδο της θέσης του ήλιου και του βορρά. Η γωνία αυτή ονομάζεται αζιμούθιο (AZ) του ήλιου και αναφέρεται σε συγκεκριμένη ώρα και ημέρα του έτους. Σε τομή η ίδια διεύθυνση αποτυπώνεται ως η γωνία μεταξύ του ήλιου και του οριζοντίου επιπέδου και ονομάζεται γωνία ύψους (Η), για την συγκεκριμένη ώρα και ημέρα του έτους. Στις 21 Ιουνίου διαγράφεται η μεγαλύτερη φαινόμενη διαδρομή του ήλιου, όποτε σημειώνεται και η μεγαλύτερη ημέρα του έτους (θερινό ηλιοστάσιο), ενώ στις 22 Δεκεμβρίου διαγράφεται η μικρότερη διαδρομή και σημειώνεται η μικρότερη ημέρα (χειμερινό ηλιοστάσιο). Μονό στις 22 Μαρτίου και 23 Σεπτεμβρίου, η διαδρομή του ήλιου ξεκινά ακριβώς από την ανατολή και καταλήγει ακριβώς στη δύση ενώ η ημέρα και νύχτα έχουν ακριβώς την ιδία διάρκεια (ισημερία). [23]



(Εικ. 8.5, ιδανικός προσανατολισμός για την μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών, πηγή 23)

Ο φυσικός φωτισμός ως μέσο για την εξοικονόμηση ενέργειας

Ο σχεδιασμός αμφιθεάτρου με σωστή ενεργειακή συμπεριφορά αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αιτίες που επανέφεραν το φυσικό φωτισμό των αμφιθεάτρων στην επικαιρότητα. Ο τεχνητός φωτισμός αποτελεί σημαντική πηγή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ορισμένα αμφιθέατρα.

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στο σχεδιασμό των ανοιγμάτων που επιτρέπουν την είσοδο του φυσικού φωτός. Ο σχεδιασμός αυτός θα πρέπει να συμβάλλει:

- Στη βελτίωση του φωτισμού στο εσωτερικό του αμφιθέατρου και στη μεγαλύτερη οπτική άνεση. (όπως έχει ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο 4 σελίδα 67).
- Στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για φωτισμό.
- Στη μείωση του ψυκτικού φορτιού.

Η χρήση του φυσικού φωτισμού κάνει δυνατή τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό (τεχνητός φωτισμός) έως και κατά 80 %. [14]

Χρήση διάφανων και αδιαφανών υλικών σε ένα αμφιθέατρο

Το κέλυφος ενός αμφιθεάτρου αποτελείται από διαφανή και αδιαφανή υλικά. Το είδος και οι ιδιότητες των υλικών αυτών καθώς και η αναλογία ανάμιξης τους στη συνολική επιφάνεια του κελύφους καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό τη θερμική και ενεργειακή συμπεριφορά του αμφιθεάτρου. Ένα αμφιθέατρο χαρακτηρίζεται ΄΄αμυντικό΄΄ (ή ΄΄κλειστό΄΄) όταν η επιφάνεια των αδιαφανών στοιχείων του κελύφους είναι πολύ μεγάλη συγκριτικά με την επιφάνεια που καταλαμβάνουν τα διαφανή στοιχεία. Αντίθετα, όταν οι επιφάνειες των διάφανων και αδιαφανών στοιχείων του κελύφους είναι συγκρίσιμες, τότε το αμφιθέατρο χαρακτηρίζεται ΄΄επιθετικό΄΄ (ή ΄΄ανοιχτό΄΄).

Η απόφαση για την επιλογή του χαρακτήρα του αμφιθέατρου πρέπει να στηρίζεται σε παράγοντες όπως ο προσανατολισμός, οι επικρατούσες κλιματικές συνθήκες της περιοχής, η χρήση του αμφιθέατρου, η ασφάλεια, ο θόρυβος, το κόστος κατασκευής και οι αρχές του περιβαλλοντικού σχεδιασμού. Είναι προφανές ότι το κέλυφος ενός ανοιχτού αμφιθέατρου επιτρέπει την φυσική και οπτική επαφή του εσωτερικού με το εξωτερικό περιβάλλον και κατά συνέπεια η θερμική και ενεργειακή συμπεριφορά του αμφιθεάτρου είναι πιο ευαίσθητη στις κλιματικές αλλαγές. Αντίθετα ένα κλειστό αμφιθέατρο παρουσιάζει πιο σταθερή συμπεριφορά στο χρόνο. Εντούτοις, παρά τις διαφορές των δυο τύπων αμφιθεάτρων, η εφαρμογή των σωστών στρατηγικών θα μπορούσε να οδηγήσει σε ανάλογα αποτελέσματα σε ότι αφόρα στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και δροσισμό. [14]

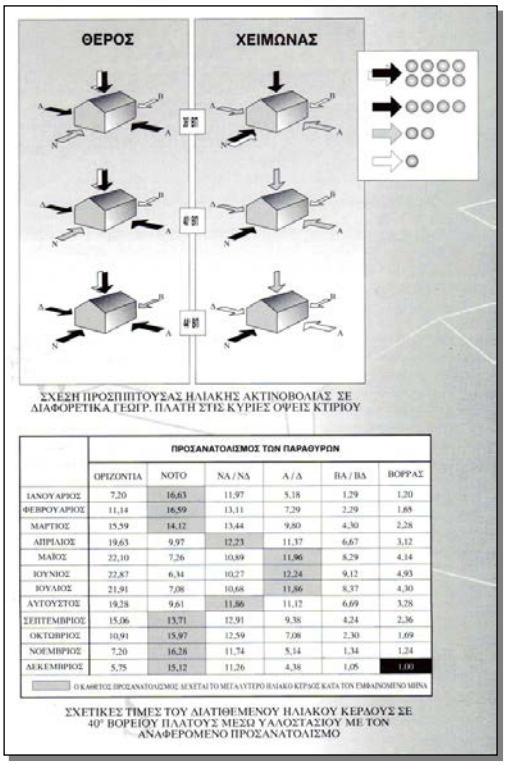
Στη περίπτωση επιλογής της ανοιχτής μορφολογίας, θα πρέπει να δίνεται προσοχή στο κατάλληλο σκιασμό του αμφιθεάτρου κατά τους θερινούς μήνες έτσι ώστε να

αποφεύγεται η υπερθέρμανση καθώς και στην χρήση κατάλληλων θερμομονωτικών υαλοπινάκων έτσι ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες κατά τους χειμερινούς μήνες. Όταν επιλέγεται το κλειστό κέλυφος, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη καλή θερμομόνωση των αδιαφανών επιφανειών.

Το έδαφος λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του τείνει να μεταβάλλει πολύ αργά την θερμοκρασία του με αποτέλεσμα να είναι, σε ορισμένο βάθος, πιο θερμό από τον ατμοσφαιρικό αέρα κατά τον χειμώνα και πιο δροσερό το καλοκαίρι. Συνεπώς τα αμφιθέατρα που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος έχουν καλύτερη θερμική συμπεριφορά και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια σε σχέση με αυτά που μπορεί ενδεχομένως να είναι σε ένα όροφο. [14]

Προσανατολισμός των ανοιγμάτων και εξοικονόμηση ενέργειας

Κατά το σχεδιασμό του κελύφους του αμφιθέατρου θα πρέπει να μεγιστοποιείται η χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κατά την διάρκεια του χειμώνα κα ταυτόχρονα να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κατά την διάρκεια του καλοκαιριού μέσω της κατάλληλης ηλιοπροστασίας. Ο στόχος αυτός μπορεί να επιτευχτεί με τον κατάλληλο σχεδιασμό και προσανατολισμό των ανοιγμάτων του κελύφους. Η κατασκευή νότιων ανοιγμάτων παρουσιάζει μια σειρά από πλεονεκτήματα και γι' αυτό αποτελεί την πρώτη προτεραιότητα στο σχεδιασμό του κελύφους ενός οικολογικά συμβατού αμφιθέατρου. Έτσι μέσω της χρήσης διάφανων επιφανειών με νότιο προσανατολισμό:



ΣΧΕΣΗ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΥΣΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΓΕΩΓΡ. ΠΛΑΤΗ ΣΤΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΟΨΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ					
	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ	ΝΟΤΟ	ΝΑ / ΝΑ	Α / Δ	ΒΑ / ΒΑ	ΒΟΡΡΑΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,20	16,63	11,97	5,18	1,29	1,20
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	11,14	16,59	13,11	7,29	2,29	1,68
ΜΑΡΤΙΟΣ	15,59	14,12	13,44	9,80	4,30	2,28
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	19,63	9,97	12,23	11,37	6,67	3,12
ΜΑΙΟΣ	22,10	7,26	10,89	11,96	8,29	4,14
ΙΟΥΝΙΟΣ	22,87	6,34	10,27	12,24	9,12	4,93
ΙΟΥΛΙΟΣ	21,91	7,08	10,68	11,86	8,37	4,30
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	19,28	9,61	11,86	11,12	6,69	3,28
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	15,06	13,71	12,91	9,38	4,24	2,36
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	10,91	15,97	12,59	7,08	2,30	1,69
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7,20	16,28	11,74	5,14	1,34	1,24
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5,75	15,12	11,26	4,38	1,05	1,00

Ο ΚΑΘΕΤΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΔΕΧΕΤΑΙ ΤΟ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΗΛΙΑΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΜΦΑΝΙΖΟΜΕΝΟ ΜΗΝΑ

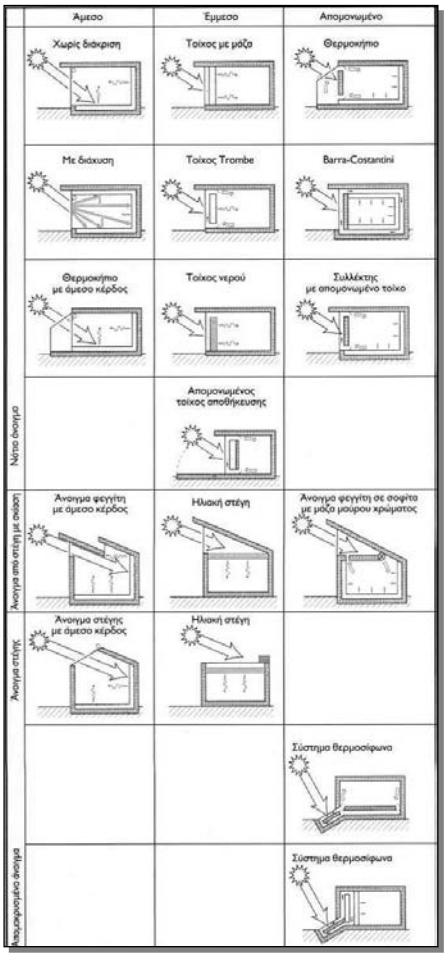
ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ ΣΕ 40° ΒΟΡΕΙΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ ΜΕΣΩ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟΥ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΑΦΕΡΟΜΕΝΟ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ

- Γίνεται καλύτερη κατανομή των ηλιακών κερδών στο αμφιθέατρο σε σχέση με άλλους προσανατολισμούς.
- Επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση.
- Ο κίνδυνος υπερθέρμανσης το καλοκαίρι είναι μικρότερος σε σχέση με αυτόν που συνεπάγεται η ύπαρξη ανατολικών και δυτικών ανοιγμάτων.
- Η ηλιοπροστασία μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά με τη χρήση απλών οριζοντίων σκιάστρων.

(Εικ. 8.6, σχέση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη και τιμές διατιθέμενου ηλιακού κέρδους μέσω υαλοστασίου, πηγή 29)

Τα βόρεια ανοίγματα επιτρέπουν την είσοδο της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας και όχι της άμεσης και έτσι χρησιμεύουν περισσότερο κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα συνίσταται να κατασκευάζονται μόνο αν αυτό είναι απόλυτα απαραίτητο για την βελτίωση του φυσικού φωτισμού. [14], [29]

8.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης



Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης συλλέγουν την ηλιακή ενεργεία, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και την διανέμουν στο χώρο. Τα συνηθέστερα παθητικά ηλιακά συστήματα (συστήματα άμεσου κέρδους) βασίζονται στην αξιοποίηση των ανοιγμάτων κατάλληλου προσανατολισμού (νότιος ή σχεδόν νότιος), έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η ηλιακή πρόσπτωση στα ανοίγματα κατά την μεγαλύτερη χρονική διάρκεια της ημέρας την χειμερινή περίοδο. Επιπλέον πρέπει να συνδυάζονται με την απαιτουμένη θερμομόνωση και την απαιτουμένη θερμική μάζα του αμφιθεάτρου, η οποία αποθηκεύει την θερμότητα και την αποδίδει στον χώρο, με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της μέρας. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει τη θερινή περίοδο να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και συχνά με δυνατότητα αερισμού. [23], [28]

(Εικ. 8.6, τύποι παθητικών ηλιακών συστημάτων, πηγή 28)

Οι παρακάτω αποτελούν βασικούς παράγοντες για την αποδοτικότητα ενός **παθητικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης**:

- Επιλογή κατάλληλου συστήματος. Μια από τις πιο σημαντικές εργασίες για την εξασφάλιση της αποδοτικότητας οποιουδήποτε παθητικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης είναι η αντιστοιχία της χρονικής περιόδου κατά την οποία το ηλιακό φως παρέχει φωτισμό και θερμότητα στο χώρο με τις περιόδους κατά τις οποίες απαιτείται η θερμότητα. Η αντιστοιχία αυτή πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κυρίως κατά την επιλογή του παθητικού σιτέματος, καθώς επηρεάζει άμεσα την απόδοση του.

- Ενσωμάτωση απαιτήσεων φυσικού φωτισμού. Τα παθητικά συστήματα που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενεργεία ως μέσο θέρμανσης θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι, ώστε να εκμεταλλεύονται τις ηλιακές ακτίνες και ως πηγή φωτισμού. Οι δυο χρήσεις όμως έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σχεδιασμού. Γενικά η θέρμανση γίνεται πιο έντονη με την πρόσπτωση ηλιακών ακτινών απευθείας σε σκουρόχρωμες επιφάνειες, ενώ ο φωτισμός ενισχύεται από τη διάχυση του ηλιακού φωτός σε ανοιχτόχρωμες επιφάνειες. Συνεπώς η συνύπαρξη των δυο τεχνικών απαιτεί πολύ καλή γνώση του φωτισμού, του παθητικού σχεδιασμού αλλά και των ηλεκτρικών συστημάτων φωτισμού και μηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης.

- Προσανατολισμός ηλιακών συλλεκτών. Οι ηλιακοί συλλέκτες για παράδειγμα, πρέπει όταν είναι δυνατόν να προσανατολίζονται νότια με απόκλιση μέχρι 15 μοίρες ώστε να εκμεταλλεύονται πλήρως την τροχιά του ήλιου. Η απόδοση του συστήματος και η δυνατότητα ελέγχου της σκίασης και της υπερθέρμανσης τη θερινή περίοδο μειώνονται, όσο περισσότερο αποκλίνει ο προσανατολισμός των ηλιακών συλλεκτών από το νότο.

- Προσδιορισμός σημείων απευθείας έκθεσης στις ηλιακές ακτίνες. Η υπερθέρμανση και η θάμβωση αποτελούν δυο φαινόμενα που παρατηρούνται όταν το ηλιακό φως εισέρχεται απευθείας στο εσωτερικό του αμφιθεάτρου. Προκειμένου να αποφευχθούν, στο στάδιο του σχεδιασμού πρέπει να προσδιορίζονται οι χώροι, στους οποίους μπορούν να λειτουργήσουν αυτού του είδους τα συστήματα. [23], [28]

Οι σημαντικότερες παράμετροι που συντελούν στην μεγιστοποίηση της συλλογής της ηλιακής ενέργειας είναι:

Α) Ο προσανατολισμός, το μέγεθος και η κλίση των παραθύρων.

Β) Η διαπερατότητα των διάφανων υλικών. [23], [28]

Διαπερατότητα του υαλοπίνακα

Το ποσόν της ακτινοβολίας που διαπερνά έναν υαλοπίνακα εξαρτάται από τα οπτικά χαρακτηριστικά, το πάχος και τα στρώματα του χρησιμοποιουμένου γυαλιού. Οι διπλοί υαλοπίνακες έχουν μικρότερη διαπερατότητα από τους απλούς, που κατασκευάζονται από γυαλί με τα ιδία χαρακτηριστικά, και μειώνουν το ποσό της ακτινοβολίας που διέρχεται σε ένα κτίριο. Επομένως η ακτινοβολία που δέχεται το εσωτερικό του αμφιθέατρου είναι, μικρότερη με αποτέλεσμα να είναι περιορισμένη η αύξηση της θερμοκρασίας του. Παρόλα αυτά η πολύ μικρή διαπερατότητα και ο χαμηλός συντελεστής εκπομπής ενός διπλού υαλοπίνακα την, έστω μειωμένη θερμική ενέργεια, να διαφύγει από το χώρο. [23]

Προθέρμανση του αέρα κατά τον αερισμό του αμφιθέατρου

Η προθέρμανση του εξωτερικού αέρα που χρησιμοποιείται για τον αερισμό κτιρίων επιτυγχάνεται με την διοχέτευση του μέσα από στοιχεία συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως είναι τα θερμοκήπια και τα αιθρία. Η φωτεινή ακτινοβολία συλλέγεται μέσω των υαλοπινάκων στο κέλυφος του αμφιθέατρου, απορροφάται από τα αδιαφανή στοιχεία του αμφιθέατρου και επανεκπέμπεται ως θερμική ακτινοβολία η οποία από το γυαλί, και παραμένει στο αμφιθέατρο θερμαίνοντας τον αέρα μέσω του φαινόμενου της μεταφοράς θερμότητας. Η αποτελεσματικότητα αυτού του συστήματος συλλογής της ηλιακής ενέργειας επηρεάζεται από την γεωμετρία του, τα οπτικά χαρακτηριστικά του γυαλιού, καθώς και από τα χαρακτηριστικά των αδιαφανών στοιχείων του αμφιθέατρου πάνω στα οποία προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία. Η ενσωμάτωση ενός αίθριου ή ενός θερμοκηπίου σε ένα αμφιθέατρο συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας, θερμαίνοντας τον αέρα που χρησιμοποιείται για τον αερισμό του αμφιθέατρου. [14]

Τι υαλοπίνακες χρησιμοποιούνται σε ένα αμφιθέατρο για εξοικονόμηση ενέργειας

- Υαλοπίνακες από καθαρό γυαλί, αυξημένη διαπερατότητα στις ηλιακές ακτίνες.
- Γυαλί χρωματισμένο στη μάζα του με ελαφρά απόχρωση και υψηλότερο ποσοστό απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Υαλοπίνακες με λεπτή περσιδωτή δομή. Οι περσίδες χαράζονται υπό μια ορισμένη γωνία έτσι ώστε μονό το φως που προσπίπτει υπό ορισμένες γωνίες μπορεί να διέλθει από αυτές.
- Φωτοχρωμικό γυαλί. Είναι ένα είδος γυαλιού χρωματισμένο, όπου αυξάνει η απορροφητικότητα του στην ηλιακή ακτινοβολία όσο αυξάνεται η ένταση αυτής.
- Θερμοτροπικοί υαλοπίνακες από πολυμερή υλικά. Ανάλογα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του εξωτερικού χώρου, μετατρέπονται από διαφανή, που επιτρέπουν την πλήρη είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας, σε έγχρωμα που απορροφούν ορισμένα τμήματα του ηλιακού φάσματος.
- Ολογραφικοί διαθλαστικοί υαλοπίνακες.
- Υαλοπίνακες ρευστών κρυστάλλων.
- Γυαλί με επιφανειακές επενδύσεις.
- Διπλοί μονωτικοί υαλοπίνακες.

Αποθήκευση της θερμικής ενέργειας σε ένα αμφιθέατρο

Ο σκοπός της αποθήκευσης της θερμότητας που εισπράττει το αμφιθέατρο από τον ήλιο είναι η διατήρηση της πλεονάζουσας θερμότητας με σκοπό την απελευθέρωση και την χρησιμοποίηση της σε μεταγενέστερο χρόνο. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ένα υλικό απορροφάται μερικώς από αυτό, μετατρέπεται σε θερμική ενεργεία αυξάνοντας την θερμοκρασία του και αποθηκεύεται στη μάζα του. Αυτή η διαδικασία η οποία ονομάζεται άμεση αποθήκευση, καθυστέρει τα αποτελέσματα της συλλογής της ηλιακής ενέργειας και έτσι αποφεύγεται η υπερθέρμανση. Η θερμική ικανότητα αποθήκευσης ενός υλικού εξαρτάται από την ειδική του θερμότητα και την πυκνότητα του. [14]

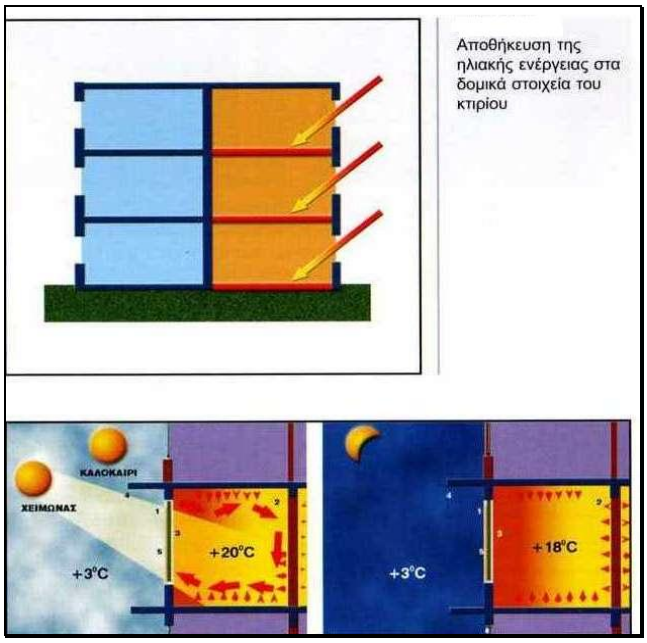
Ένας τοίχος του αμφιθέατρου μπορεί ακόμα να θερμανθεί απορροφώντας τη θερμότητα που ακτινοβολείται από άλλους τοίχους που έχουν υψηλότερη θερμοκρασία, ή μέσω θερμομεταφοράς, όταν ο αέρας του περιβάλλοντος είναι θερμότερος. Αυτή η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την έμμεση αποθήκευση που είναι πολύ χρήσιμη για την επίτευξη θερμικής άνεσης μέσα σ' αυτό. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα αμφιθέατρο ώστε να είναι αποδοτική η άμεση αποθήκευση είναι:

- Σχετικά μεγάλοι υαλοπίνακες με νότιο προσανατολισμό.
- Μεγάλη θερμική μάζα για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ηλιακής ενέργειας ή των εσωτερικών κερδών.
- Εξωτερική θερμική προστασία. [14]

Πλεονεκτήματα άμεσης αποθήκευσης σε ένα αμφιθέατρο:

- Απαιτεί ελάχιστο επιπρόσθετο κόστος.
- Επιτρέπει την άμεση επαφή με το εξωτερικό του αμφιθέατρου.

Ενώ το μειονέκτημα της άμεσης αποθήκευσης είναι η χρήση μεγάλων επιφανειών παραθύρων με νότιο ή νοτιοανατολικό προσανατολισμό πράγμα που προϋποθέτει την εφαρμογή τεχνικών έλεγχου και ηλιοπροστασίας για την αποφυγή θάμβωσης ή υπερθέρμανσης του αμφιθεάτρου κατά το θέρος. [14]



(Εικ. 8.7, αποθύκευση της ηλιακή ενέργειας στα δομικά στοιχεία, του κτιρίου, πηγή 14)

Τα συστήματα έμμεσης αποθήκευσης σε ένα αμφιθέατρο είναι τα ακόλουθα:

Α) συστήματα τοίχου μάζας,

Β) συστήματα τοίχου μάζας με αερισμό. [14]

8.3 Παθητικά συστήματα δροσισμού

Εκτός από τη μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, η χρήση συμβατικών κλιματιστικών συσκευών έχει και σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως είναι η έκλυση χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα που ευθύνονται για τη μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος του ή τα προβλήματα ποιότητας του εσωτερικού αέρα των αμφιθεάτρων. [14]

Ο παθητικός δροσισμός βασίζεται στην απαγωγή της θερμότητας της (πλεονάζουσας) σε περιβαλλοντικές δεξαμενές θερμότητας, όπως ο αέρας, το νερό και το έδαφος. Οι χρησιμοποιούμενες θερμικές δεξαμενές καθώς και οι τρόποι απαγωγής της θερμότητας δίνονται στον παρακάτω πινάκα. [14]

Τεχνική	Δεξαμενή	Τρόπος απαγωγής της θερμότητας
Δροσισμός με ακτινοβολία	Διάστημα	Ακτινοβολία
Δροσισμός με εξάτμιση	Αέρας-Νερό	Μεταφορά
Αερισμός	Αέρας	Μεταφορά
Δροσισμός από το έδαφος	Έδαφος	Αγωγή

(Εικ. 8.8, Πηγές δροσισμού και τρόποι απαγωγής της θερμότητας, πηγή 14)

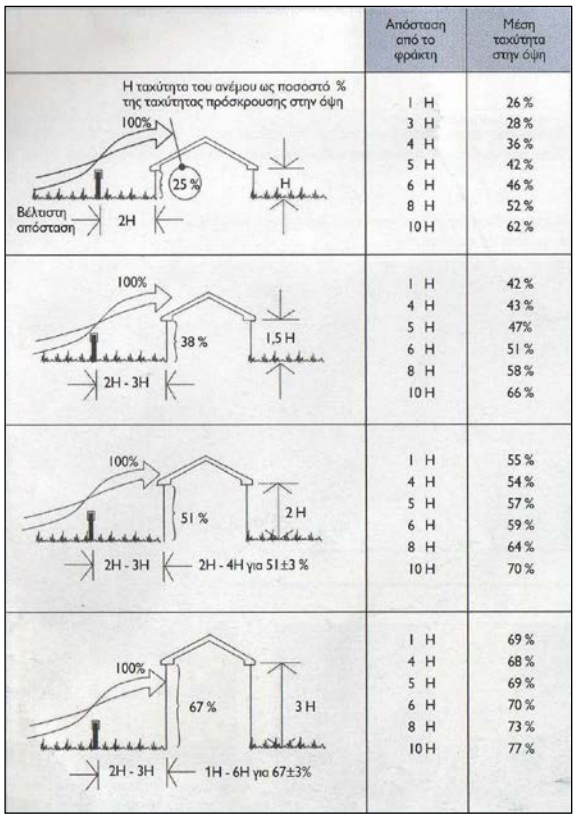
Εκτός των παθητικών ηλιακών συστημάτων υπάρχουν διάφορα συστήματα που εφαρμόζονται για φυσικό δροσισμό, σε ένα αμφιθέατρο, τα οποία λειτουργούν θετικά

το χειμώνα ενισχύοντας την θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους του. Η λειτουργία τους βασίζεται στις στρατηγικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού:

- Μείωση των ηλιακών και θερμικών κερδών στο περίβλημα του αμφιθεάτρου.
- Απόρριψη της θερμότητας από το εσωτερικό του αμφιθεάτρου προς το φυσικό περιβάλλον (προς τον αέρα με συναγωγή, προς τη γη με αγωγή, προς τον ουρανό με ακτινοβολία, σε νερό μέσω εξάτμισης).
- Αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του αμφιθεάτρου ως ΄΄ρυθμιστή΄΄ της εσωτερικής θερμοκρασίας.
- Βελτίωση της θερμικής άνεσης των παρευρισκομένων, ανεξάρτητα από την ψύξη αυτού καθ' εαυτού του αμφιθέατρου επηρεάζοντας τις περιβαλλοντικές παραμέτρους στους εσωτερικούς χώρους. [14]

Διακρίνονται οι παρακάτω τεχνικές φυσικού δροσισμού, οι οποίες συνδυάζονται με τα αντίστοιχα παθητικά συστήματα:

Α) Ηλιοπροστασία, θερμική προστασία



- Σκίαση ανοιγμάτων
- Ανακλαστικά επιχρίσματα εξωτερικών επιφανειών
- Φράγμα ακτινοβολίας
- Φυτεμένο δώμα

Β) Φυσικός αερισμός

- Διαμπερής φυσικός αερισμός (ημερήσιος ή νυχτερινός)
- Υβριδικός αερισμός (ανεμιστήρες οροφής, κ.α.)
- Αεριζόμενο κέλυφος
- Ηλιακή καμινάδα
- Μονόπλευρος αερισμός

(Εικ. 8.9, Επίδραση του ανέμου σε μια κατασκευή συσχετιζόμενη με το ύψος του κτιρίου και την απόσταση από τον ανεμοφράκτη, πηγή 37)

- Αερισμός με ανοίγματα σε διαφορετικά επίπεδα

Γ) Δροσισμός μέσω εδάφους

- Υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα αμφιθέατρα
- Υπεδάφιο σύστημα αγωγών (εναλλάκτες εδάφους-αέρα)

Δ) Δροσισμός μέσω νυχτερινής ακτινοβολίας

- Μεταλλικός ακτινοβολητής

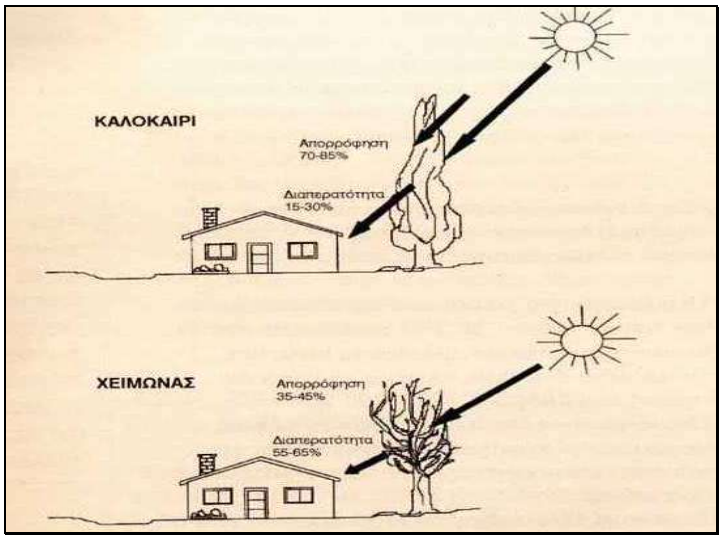
Ε) Εξατμιστικός δροσισμός

- Πύργος δροσισμού
- Ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης) [23], [37]

Ένας τρόπος για να πετύχουμε φυσικό δροσισμό και ταυτόχρονος να διατηρούμε τη φυσικότητα του τοπίου είναι η βλάστηση. Η βλάστηση τροποποιεί το μικροκλίμα και την ενεργειακή κατανάλωση ενός αμφιθεάτρου συμβάλλοντας στη μείωση των θερμοκρασιών του αέρα και των επιφανειών με δυο τρόπους:

- Η εξατμισοδιαπνοή απορροφά θερμότητα από τον αέρα και
- Τα φύλλα απορροφούν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας από αυτά που εκπέμπουν. [14]

Στη διάρκεια της νύχτας τα δέντρα εμποδίζουν τη μεγάλου μήκους ακτινοβολία που εκπέμπεται από το έδαφος να διαφύγει. Συνεπώς η θερμοκρασία του αέρα στη διάρκεια της νύχτας στους χώρους με πυκνή βλάστηση, είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με εκείνη του ανοιχτού χώρου, ενώ αντίθετα, η ημερησία θερμοκρασία είναι μικρότερη λόγω του ότι εμποδίζεται ένα μέρος της άμεσης ακτινοβολίας να φτάσει στο έδαφος. (βλέπε σχήμα 8.10) [14]



(Εικ. 8.10, το ποσοστό της ακτινοβολίας που απορροφά η βλάστηση, πηγή 14)

Αποτελέσματα πρόσφατων μελετών που πραγματοποιήθηκαν στο Lawrence Berkeley Laboratory των Η.Π.Α., έδειξαν ότι η ύπαρξη ενός πλήρως ανεπτυγμένου δέντρου σε ένα κτίσμα των Η.Π.Α (αντιμετωπίζοντας το αμφιθέατρο σαν ένα κτίσμα), συμβάλλει, χάρη στη σκίαση και εξατμισοδιαπνοή, στη μείωση του ψυκτικού φορτιού του κτίσματος κατά 12-24%. [14]

Ένας άλλος τρόπος, σε συνδυασμό με το πράσινο, είναι η ύπαρξη υδάτινων επιφανειών. Οι επιφάνειες αυτές λοιπόν, συμβάλλουν στο φυσικό δροσισμό με δυο τρόπους:
α) Η εξάτμιση απορροφά θερμότητα από τον αέρα.

β) Ο θερμός αέρας ψύχεται κατά την επαφή με την ψυχρότερη επιφάνεια του νερού, καθώς οι υδάτινες επιφάνειες αυξάνουν την υγρασία του αέρα, είναι πολύ ευεργετικές σε ξηρά κλίματα, μπορούν όμως να δημιουργήσουν προβλήματα σε υγρά κλίματα. [14]

Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός είναι η σημαντικότερη τεχνική παθητικού δροσισμού. Έχουμε αναφερθεί στο κεφάλαιο 5 για τον φυσικό αερισμό σε ένα αμφιθέατρο και τον τρόπο εφαρμογής του σ' αυτό. Εδώ θα ασχοληθούμε με τον τρόπο που δροσίζουμε παθητικά ένα αμφιθέατρο μέσω του φυσικού αερισμού. Η σύγχρονη αρχιτεκτονική και ο ενεργειακός σχεδιασμός των αμφιθεάτρων έχουν μειώσει τη διείσδυση του αέρα στο ελάχιστο προκειμένου να μειώσουν τις απώλειες και να επιτύχουν ένα απολύτως ελεγχόμενο περιβάλλον. Οι νεότερες και ακριβές κατασκευές περιβάλλονται από τελείως στεγανοποιημένα κελύφη. [14]

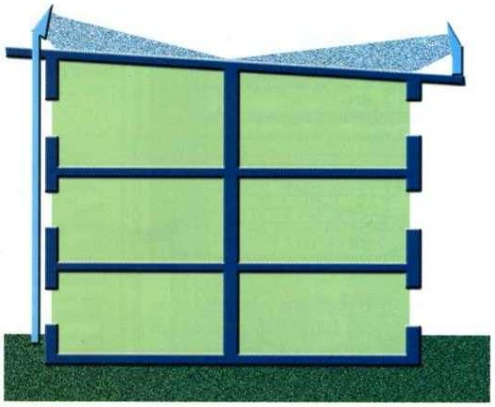
Υπό την προϋπόθεση ότι οι κλιματολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, η χρήση του φυσικού αερισμού είναι δυνατόν να ελαττώσει το ψυκτικό φορτίο, να αυξήσει τη θερμική άνεση και να διατηρήσει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στο εσωτερικό του αμφιθεάτρου. Η αποτελεσματικότητα των τεχνικών φυσικού αερισμού καθορίζεται

από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, από το μικροκλίμα, από τα χαρακτηριστικά του αμφιθεάτρου (προσανατολισμός, μέγεθος, θέση και αριθμός των παραθύρων, κλπ) και τη χωροταξία της περιοχής στην οποία βρίσκεται το αμφιθέατρο.[14]
Για τον δροσισμό, ο αέρας που εισέρχεται στο αμφιθέατρο πρέπει να έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα του κτιρίου. Με τις τεχνικές φυσικού αερισμού, πτωχαίνουμε τον δροσισμό του αμφιθέατρου αφού ο θερμός αέρας είτε ανεβαίνει προς τα πάνω είτε εξέρχεται από τα ανοίγματα και τη θέση του παίρνει ο ψυχρότερος. Οι τεχνικές φυσικού αερισμού για τον δροσισμό ενός αμφιθεάτρου είναι επίσης αποτελεσματικές στη διάρκεια της νύχτας, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι μικρότερες από τις εσωτερικές. Το ψυκτικό φορτίο ελαττώνεται και οι μέγιστες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι δυνατόν να μειωθούν από 1-3^{o} C, ανάλογα με τη θερμική μάζα του αμφιθεάτρου, καθώς και την ποσότητα και τα χαρακτηριστικά του αέρα που έρχεται στο αμφιθέατρο. [14]

Εξατμιστικός δροσισμός

Η εξατμιστική ψύξη (μια πολύ παλιά διαδικασία που έχει ρίζες από την Αίγυπτο και την Περσία) είναι μια διαδικασία η οποία χρησιμοποιεί το φαινόμενο της εξάτμισης για την απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας από το εσωτερικό του αμφιθεάτρου στο περιβάλλον. Η εξατμιστική ψύξη διαχωρίζεται σε άμεση, έμμεση και σε παθητική. Η άμεση εξατμιστική ψύξη λόγω της μεγάλης αύξησης της σχετικής υγρασίας σε ένα χώρο, πρέπει να εφαρμόζεται μόνο σε περιοχές όπου η σχετική υγρασία είναι πολύ χαμηλή. Οι έμμεσοι δεν αυξάνουν την υγρασία του αέρα αλλά έχουν υψηλότερο κόστος. Όταν η εξάτμιση γίνεται με φυσικές διαδικασίες ονομάζεται παθητική εξάτμιση. Ένα αμφιθέατρο θα ψυχθεί με παθητική εξάτμιση όταν σε αυτό υπάρχουν επιφάνειες στάσιμου ή ρέοντος νερού όπως δεξαμενές, τεχνητή λίμνη κλπ. [14]

Τέλος, άλλες τεχνικές εξατμιστικής ψύξης αποβλέπουν στο δροσισμό όχι του ίδιου του εσωτερικού χώρου, αλλά του κελύφους του αμφιθεάτρου με την εξάτμιση νερού πάνω σ’ αυτό. Το ψυχρότερο κέλυφος συμβάλλει στην απαγωγή της θερμότητας από το εσωτερικό του αμφιθεάτρου προς τα έξω. Οι κυριότερες από τις τεχνικές αυτές είναι ο ψεκασμός της οροφής και η κατασκευή δεξαμενής στην οροφή (βλέπε σχήμα 8.11). Η κατασκευή δεξαμενής νερού στην οροφή έχει το προσθετό πλεονέκτημα ότι το νερό παίζει ρολό θερμικής μάζας για την αποθήκευση θερμότητας. Και στις δυο περιπτώσεις απαιτείται καλή υγρομόνωση της οροφής ώστε να μην εμφανίζονται προβλήματα υγρασίας στις εσωτερικές επιφάνειες του αμφιθέατρου. [14]



Ψεκασμός οροφής

Δεξαμενή οροφής

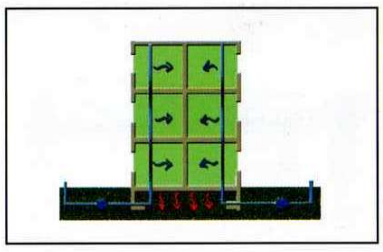
(Εικ. 8.11, ψεκασμός οροφής και δεξαμενή οροφής, πηγή 14)

Το έδαφος ως μέσο παθητικού δροσισμού

Η χρήση του εδάφους για το δροσισμό των εσωτερικών χώρων ενός αμφιθεάτρου βασίζεται στην απαγωγή της θερμότητας από ένα αμφιθέατρο προς το έδαφος το οποίο κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου έχει μικρότερη θερμοκρασία από εκείνη του ατμοσφαιρικού αέρα και άρα λειτουργεί ως φυσική δεξαμενή θερμότητας. Η απαγωγή της θερμότητας προς το έδαφος γίνεται με δυο τρόπους:

- Με άμεση επαφή ενός σημαντικού μέρους του αμφιθεατρικού κελύφους με το έδαφος. Από το αμφιθέατρο, όντας σε άμεση επαφή με το έδαφος, ρέει θερμότητα προς το έδαφος με τη διαδικασία της αγωγής. Το ακριβώς αντίθετο φαινόμενο δηλαδή μετάδοση θερμότητας με αγωγή από το έδαφος προς το αμφιθέατρο παρατηρείται στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου. Αυτό συμβάλλει στη διατήρηση χαμηλότερων θερμοκρασιών στο εσωτερικό του αμφιθεάτρου τη θερινή περίοδο και υψηλότερων κατά την ψυχρή.

- Με τη χρήση εναλλακτών θερμότητας (πλαστικοί ή μεταλλικοί) εδάφους αέρα. Είναι σωλήνες τοποθετημένοι οριζόντια σε ορισμένο βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Μέσα στους σωλήνες αυτούς κυκλοφορεί αέρας με τη βοήθεια ηλεκτρικών ανεμιστήρων. Οι εναλλάκτες θερμότητας εδάφους αέρος εφαρμόζονται τόσο σε ένα ανοιχτό σύστημα κυκλοφορίας όσο και σε ανοιχτό συστήματα ανακύκλωσης. [14]



(Εικ. 8.12, σύστημα εναλλακτών θερμότητας εδάφους αέρα, πηγή 14)

Δροσισμός με ακτινοβολία

Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων δροσισμού με ακτινοβολία βασίζεται στις απώλειες θερμότητας λογά εκπομπών μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας από ένα σώμα προς ένα άλλο γειτονικό του που έχει μικρότερη θερμοκρασία και παίζει ρολό δεξαμενής θερμότητας. Στην περίπτωση των αμφιθεάτρων το ψυχωμένο σώμα είναι το αμφιθέατρο ενώ η δεξαμενή θερμότητας είναι το διάστημα (ο ουράνιος θόλος), αφού η θερμοκρασία της είναι μικρότερη από τις θερμοκρασίες των περισσότερων σωμάτων πάνω στη Γη. [14]

Υπάρχουν δυο βασικές μέθοδοι εφαρμογής των αρχών του δροσισμού με ακτινοβολία στα αμφιθέατρα. Η πρώτη μέθοδος ονομάζεται άμεσος ή παθητικός δροσισμός με ακτινοβολία. Το κέλυφος του αμφιθέατρου ακτινοβολεί προς την ατμόσφαιρα και ψύχεται, αυξάνοντας τις απώλειες θερμότητας από το εσωτερικό του αμφιθεάτρου. Η δεύτερη μέθοδος ονομάζεται υβριδική ψύξη, όπου η λειτουργία της βασίζεται στην ψύξη του αέρος από μια μεταλλική πλακά πριν την είσοδο του στο αμφιθέατρο. Υπάρχουν, επίσης, ψύκτες ακτινοβολίας που είναι συνδυασμός των δυο παραπάνω.

Τα κυριότερα συστήματα ψύξης με ακτινοβολία σε ένα αμφιθέατρο είναι:
α) Λευκή οροφή. Η οροφή βάφεται με λευκό χρώμα και απορροφά μικρότερα ποσά ακτινοβολίας την ημέρα και άρα ψύχεται ευκολότερα με ακτινοβολία τη νύχτα (νησιά Κυκλάδων).
β) Κινητή μόνωση. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ένα μονωτικό υλικό το όποιο μετακινείται (μηχανικά ή με το χέρι) ώστε να καλύπτει την οροφή του κτιρίου. Η οροφή εκτίθεται στη διάρκεια της νύχτας στην ακτινοβολία και τη μέρα καλύπτεται με το μονωτικό ώστε να ελαχιστοποιούνται τα θερμικά κέρδη λόγω της ακτινοβολίας.
γ) Κινητή θερμική μάζα. Είναι παραλλαγή του προηγούμενου με μεγαλύτερο κόστος. Αυτό που αλλάζει είναι ύπαρξη δεξαμενής με νερό πάνω από το μονωτικό στρώμα.
δ) Επίπεδος μεταλλικός νυχτερινός ψύκτης ακτινοβολίας. Είναι μια πολύ απλή τεχνική που μοιάζει με επίπεδο ηλιακό συλλέκτη χωρίς γυαλί. Ο επίπεδος αυτός ψύκτης ακτινοβολίας λειτουργεί ως εξής: Ο ψύκτης ψύχεται κατά τη διάρκεια της νύχτας καθώς εκπέμπει ακτινοβολία προς τον ουράνιο θόλο. Ο αέρας ο οποίος κυκλοφορεί κάτω από τον ψύκτη, ψύχεται με τη βοήθεια μηχανικών μέσων και στη συνέχεια διοχετεύεται στο εσωτερικό του αμφιθεάτρου. Το σύστημα είναι δυνατόν να συνδεθεί με το συμβατικό κλιματιστικό σύστημα του κτιρίου. [14]

8.4 Ενεργητικά συστήματα σε ένα αμφιθέατρο

Η χρήση ΄΄ενεργητικών΄΄ συστημάτων που αξιοποιούν την ηλιακή ενεργεία για την θέρμανση χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού σε ένα αμφιθέατρο, είναι μια από τις σημαντικότερες μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας. Εν τούτοις η ενσωμάτωση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων στα αμφιθέατρα του αστικού περιβάλλοντος δεν είναι πάντα εύκολη. Τα σημαντικότερα προβλήματα που εμποδίζουν την ευρεία

χρήση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων σε αμφιθέατρα του αστικού περιβάλλοντος και γενικότερα τη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας σε αυτά είναι τα εξής:

- Ο σκιασμός των ηλιακών συλλεκτών από τα γειτονικά κτίσματα.
- Ο προσανατολισμός και το πλάτος των δρόμων.
- Ο τρόπος κατασκευής ενός αμφιθεάτρου και η διαθεσιμότητα χώρου για την εγκατάσταση των ηλιακών συστημάτων.
- Η ρύπανση του αέρα που προκαλεί επικαθήσεις στα καλύμματα των συλλεκτών.
- Ο προσανατολισμός του αμφιθεάτρου.
- Η πυκνότητα της δόμησης. [14]

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι αν η θέση ενός αμφιθεάτρου βρίσκεται σε ημιαστικό και αστικό περιβάλλον τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα η χρήση τους είναι εύκολα εφαρμόσιμη, μιας και η Ελλάδα έχει μεγάλη ηλιοφάνεια.

Τα συστήματα των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων διακρίνονται σε:

Α) Αυτόνομα συστήματα, χωρίς βοηθητική θερμαντική πηγή.

Β) Συστήματα προθέρμανσης. Χρησιμοποιούνται για την προθέρμανση νερού που στην συνέχεια τροφοδοτεί άλλα συμβατικά συστήματα θέρμανσης.

Γ) Υβριδικά συστήματα. Χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό ηλιακά και συμβατικά συστήματα, ώστε να καλύπτουν τις θερμαντικές ανάγκες ανεξάρτητα από την διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας. [14]

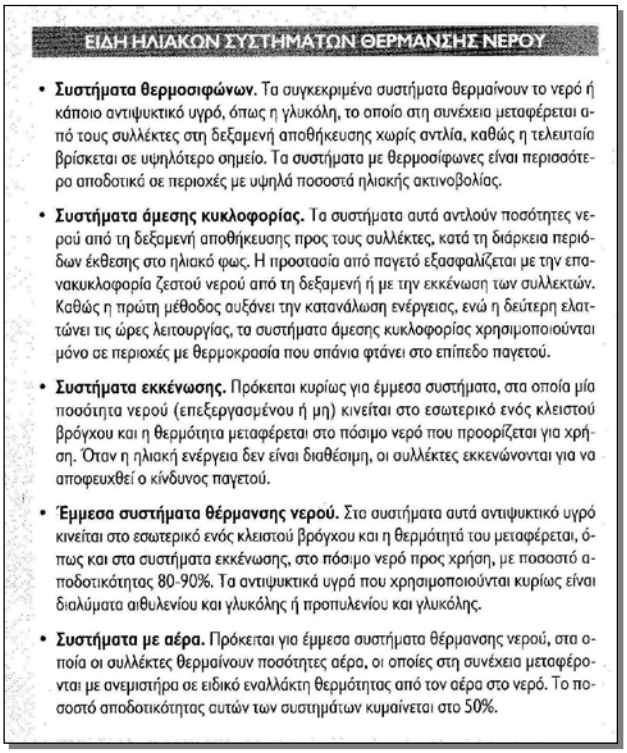
Ένας άλλος τρόπος ταξινόμησης των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι ανάλογα με το μέσο το όποιο χρησιμοποιείται για την συλλογή και αποθήκευση ενέργειας. Με βάση την ταξινόμηση αυτή, τα ηλιακά συστήματα διακρίνονται σε:
α) Συστήματα υγρού

Β) Συστήματα αέρος [14]

Ο τρόπος λειτουργίας των δυο συστημάτων είναι ο ίδιος, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η χρήση των ίδιων στοιχείων και υλικών για την κατασκευή τους. Τα συστήματα αέρος χρησιμοποιούνται κυρίως σε ένα αμφιθέατρο για την θέρμανση, ενώ τα συστήματα υγρού είναι κατάλληλα για μια πιο ευρεία χρήση όπως σε θέρμανση του χώρου, σε παράγωγη ζεστού νερού, στα συστήματα θέρμανσης του, και τέλος, ως πηγή ενέργειας σε αντλίες θερμότητας όπου υπάρχουν. [14]

Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης

Η αποδοτικότητα της χρήσης των ενεργητικών συστημάτων για την θέρμανση νερού εξαρτάται από την επιλογή των κατάλληλων εξαρτημάτων και την διαστασιολόγηση του συστήματος. Τα βασικά τμήματα είναι τέτοιου συστήματος είναι :



ΕΙΔΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

- **Συστήματα θερμοσιφώνων.** Τα συγκεκριμένα συστήματα θερμαίνουν το νερό ή κάποιο αντιψυκτικό υγρό, όπως η γλυκόλη, το οποίο στη συνέχεια μεταφέρεται από τους συλλέκτες στη δεξαμενή αποθήκευσης χωρίς αντλία, καθώς η τελευταία βρίσκεται σε υψηλότερο σημείο. Τα συστήματα με θερμοσίφωνες είναι περισσότερο αποδοτικά σε περιοχές με υψηλά ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας.
- **Συστήματα άμεσης κυκλοφορίας.** Τα συστήματα αυτά αντλούν ποσότητες νερού από τη δεξαμενή αποθήκευσης προς τους συλλέκτες, κατά τη διάρκεια περιόδων έκθεσης στο ηλιακό φως. Η προστασία από παγετό εξασφαλίζεται με την επανακυκλοφορία ζεστού νερού από τη δεξαμενή ή με την εκκένωση των συλλεκτών. Καθώς η πρώτη μέθοδος αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας, ενώ η δεύτερη ελαττώνει τις ώρες λειτουργίας, τα συστήματα άμεσης κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται μόνο σε περιοχές με θερμοκρασία που σπάνια φτάνει στο επίπεδο παγετού.
- **Συστήματα εκκένωσης.** Πρόκειται κυρίως για έμμεσα συστήματα, στα οποία μία ποσότητα νερού (επεξεργασμένου ή μη) κινείται στο εσωτερικό ενός κλειστού βρόγχου και η θερμότητα μεταφέρεται στο πόσιμο νερό που προορίζεται για χρήση. Όταν η ηλιακή ενέργεια δεν είναι διαθέσιμη, οι συλλέκτες εκκενώνονται για να αποφευχθεί ο κίνδυνος παγετού.
- **Έμμεσα συστήματα θέρμανσης νερού.** Στα συστήματα αυτά αντιψυκτικό υγρό κινείται στο εσωτερικό ενός κλειστού βρόγχου και η θερμότητά του μεταφέρεται, όπως και στα συστήματα εκκένωσης, στο πόσιμο νερό προς χρήση, με ποσοστό αποδοτικότητας 80-90%. Τα αντιψυκτικά υγρά που χρησιμοποιούνται κυρίως είναι διαλύματα αιθυλενίου και γλυκόλης ή προπυλενίου και γλυκόλης.
- **Συστήματα με αέρα.** Πρόκειται για έμμεσα συστήματα θέρμανσης νερού, στα οποία οι συλλέκτες θερμαίνουν ποσότητες αέρα, οι οποίες στη συνέχεια μεταφέρονται με ανεμιστήρα σε ειδικό εναλλάκτη θερμότητας από τον αέρα στο νερό. Το ποσοστό αποδοτικότητας αυτών των συστημάτων κυμαίνεται στο 50%.

- Οι συλλέκτες
- Η δεξαμενή αποθήκευσης
- Το σύστημα ανακυκλοφορίας μέσω του οποίου το νερό μεταφέρεται από τους συλλέκτες στην δεξαμενή αποθήκευσης
- Το σύστημα έλεγχου
- Το εφεδρικό σύστημα θέρμανσης [23]

(Εικ. 8.13,είδη ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού, πηγή 23)

Τα συστήματα αυτά μπορούν ώστε να παρέχουν συνδυασμό λειτουργιών τόσο για την θέρμανση του νερού όσο και την θέρμανση του χώρου ενός αμφιθεάτρου. Ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης αποδίδει οικονομικά, όταν είναι σε θέση να παράγει σημαντικές ποσότητες ενέργειας για όλη την διάρκεια ζωής του αμφιθεάτρου. Για την επιλογή του καταλληλότερου ενεργητικού ηλιακού συστήματος, συνιστάται να ληφθούν τα παρακάτω:

- Προσδιορισμός της καταλληλότητας του κλίματος της περιοχής. Το μέγεθος του ενεργειακού οφέλους εξαρτάται από την ποσότητα της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας, το τρόπο χρήσης του συστήματος και από την καταλληλότητα του σχεδιασμού.
- Προσδιορισμός του οικονομικού κύκλου. Υπολογίζεται το κόστος για όλη τη διάρκεια ζωής του συστήματος, με αφετηρία το κόστος αγοράς, εγκατάστασης και λειτουργίας. Στη συνέχεια υπολογίζεται και το οικονομικό κέρδος που προκύπτει από την εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα. Η ανάλυση πρέπει να καλύπτει το θεωρητικό χρόνο ζωής του συστήματος μέχρι 10 έτη κατ' ελάχιστον. Με βάση τις εκτιμήσεις αυτές, είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η οικονομική απόδοση ενός τέτοιου συστήματος.
- Καθορισμός σημείων τοποθέτησης για τους ηλιακούς συλλέκτες. Τα σημεία επιλέγονται έτσι, ώστε να μεγιστοποιείται η έκθεση στις ακτίνες του ήλιου. Οι

ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής. Όταν προορίζονται για χρήση αποκλειστικά κατά τη χειμερινή περίοδο, τοποθετούνται με μεγαλύτερη κλίση σε σχέση με συλλέκτες που προορίζονται για χρήση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν τοποθετηθεί και τελείως κατακόρυφα, αλλά και τελείως οριζόντια. Επιπρόσθετα, πρέπει να αποφεύγεται η σκίαση των σημείων τοποθέτησης των συλλεκτών, από γειτονικά κτίσματα ή βλάστηση. Σημειώνεται, τέλος, ότι όσο πιο εμφανείς είναι συλλέκτες, τόσο περισσότερο αυξάνονται ο κίνδυνος βανδαλισμών, ενώ πρέπει να ελέγχεται και η πιθανότητα προβλημάτων λόγω της ανάκλασης των ηλιακών ακτινών (π.χ. προς το οδικό παράπλευρο κτίριο, δημιουργώντας προβλήματα όρασης στους οδηγούς).

- Έλεγχος αντοχής συλλεκτών στις καιρικές συνθήκες. Λαμβάνονται υπόψη σημαντικά φορτία εξαιτίας χιονόπτωσης, καταιγίδας ή οποιουδήποτε άλλου καιρικού φαινόμενου μπορεί να προκαλέσει βλάβες στους συλλέκτες. Γι' αυτό, συχνά, οι συλλέκτες κατασκευάζονται με γυαλί μεγάλης αντοχής, ώστε να μειώνονται οι πιθανότητες βλάβης. Οι κατασκευές στήριξης των συλλεκτών πρέπει επίσης να σχεδιάζονται έτσι, ώστε να αντέχουν στις καιρικές συνθήκες.

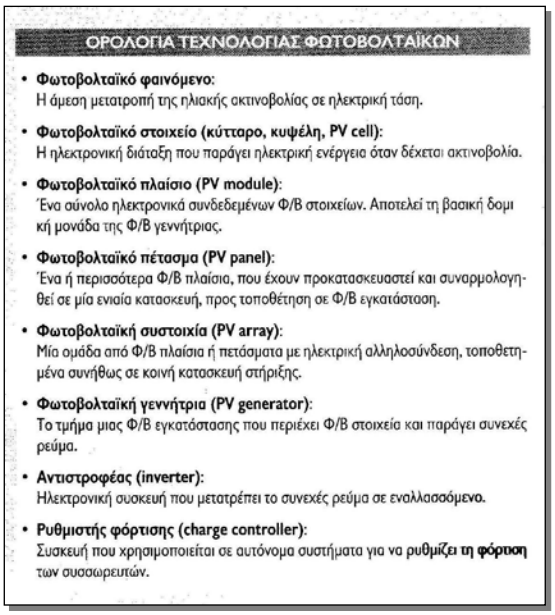
- Συντήρηση και καθαρισμός των συλλεκτών. Η σκόνη και οι ρύποι που μπορεί να συγκεντρωθούν επάνω στην επιφάνεια των συλλεκτών ενδέχεται να προκαλέσουν μείωση της αποδοτικότητας του συστήματος σε ποσοστό 50 % ή και περισσότερο. Συνεπώς, ο σχεδιασμός και η τοποθέτηση των συλλεκτών πρέπει να ελαχιστοποιούν τη συγκέντρωση ρύπων, ενώ πρέπει να παρέχουν και εύκολη πρόσβαση για τον καθαρισμό και τη συντήρηση τους. Προβλέπεται, επίσης, παροχή νερού και σύστημα απορροής, ενώ για συλλέκτες μεγάλων διαστάσεων ενδέχεται να απαιτείται η αντοχή στο βάρος του προσωπικού συντήρησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το νερό της βροχής μπορεί να επαρκεί ως μέσο καθαρισμού της επιφάνειας των συλλεκτών. Γενικά, τα αυτοσυντηρούμενα συστήματα τείνουν να παρουσιάζουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής και λιγότερες βλάβες.

- Έλεγχος θερμικών απωλειών. Η διαδρομή από τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας προς την αποθήκευση της πρέπει να ελαχιστοποιείται ,ώστε να μειώνονται και οι θερμικές απώλειες του συστήματος. Για τον ίδιο λόγο, κατά την κατασκευή της κάθε μονάδας του συστήματος (συλλέκτες, σωληνώσεις, εξαρτήματα) πρέπει να προβλέπεται η θερμομόνωση με κατάλληλα υλικά. [23]

Φωτοβολταϊκά στοιχεία

(Εικ. 8.14, φωτοβολταϊκά στοιχεία σε στέγη, πηγή 23)

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων επιτρέπει την απευθείας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, (με την βοήθεια του φωτοβολταϊκού φαινομένου), μέσω ημιαγωγών ηλεκτρικού ρεύματος που ονομάζονται ηλιακά κύτταρα. Το πιο σημαντικό από τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός Φ/Β είναι η ισχύς αιχμής (W) που εκφράζει την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ όταν το Φ/Β εκτεθεί σε ηλιακή ακτινοβολία 1 kw/m^2. Με δεδομένο ότι τα Φ/Β συστήματα που υπάρχουν αυτή τη στιγμή στην αγορά έχουν απόδοση 11% (δηλαδή μετατρέπουν το 11% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενεργεία) ένα σύστημα επιφάνειας 1 m^2 παράγει περίπου 110W ηλεκτρικής ισχύος. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (ομάδες Φ/Β στοιχείων συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα) απαιτούν ελαχίστη συντήρηση και εκτιμάται ότι έχουν αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής. Η φωτοηλεκτρική μετατροπή δεν μολύνει το περιβάλλον, ενώ εκμεταλλεύται το ηλιακό φως, μια πηγή ενέργειας που δεν αυξάνει το κόστος λειτουργίας του συστήματος. [23]



ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

- **Φωτοβολταϊκό φαινόμενο:** Η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση.
- **Φωτοβολταϊκό στοιχείο (κύτταρο, κυψέλη, PV cell):** Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία.
- **Φωτοβολταϊκό πλαίσιο (PV module):** Ένα σύνολο ηλεκτρονικά συνδεδεμένων Φ/Β στοιχείων. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας.
- **Φωτοβολταϊκό πέτασμα (PV panel):** Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε μία ενιαία κατασκευή, προς τοποθέτηση σε Φ/Β εγκατάσταση.
- **Φωτοβολταϊκή συστοιχία (PV array):** Μία ομάδα από Φ/Β πλαίσια ή πετάσματα με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης.
- **Φωτοβολταϊκή γεννήτρια (PV generator):** Το τμήμα μιας Φ/Β εγκατάστασης που περιέχει Φ/Β στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα.
- **Αντιστροφέας (inverter):** Ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.
- **Ρυθμιστής φόρτισης (charge controller):** Συσκευή που χρησιμοποιείται σε αυτόνομα συστήματα για να **ρυθμίζει τη φόρτιση** των συσσωρευτών.

(Εικ. 8.15, ορολογία φωτοβολταϊκών, πηγή 23)

Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι:

- Αποτελούν αειφόρο πηγή ενέργειας και ελευθέρα διαθέσιμη στη διάρκεια της ημέρας.
- Υπάρχει αφθονία πρώτης ύλης για την κατασκευή των στοιχείων.
- Απαιτούν μηδαμινή επίβλεψη και συντήρηση λόγω απουσίας κινούμενων τμημάτων.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (περίπου 30 έτη).
- Παρέχουν ασφάλεια λειτουργίας.

- Παρέχουν δυνατότητα συνεργασίας με τα δίκτυα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και αυτονομία λειτουργίας.
- Λειτουργούν χωρίς να προκαλούν αέρια ρύπανση, ηχορύπανση, επικίνδυνα ή τοξικά απόβλητα.
- Έχουν δυνατότητα επέκτασης.
- Η λειτουργία τους είναι αθόρυβη.
- Η ηλεκτρική ενεργεία παράγεται στον τόπο που χρησιμοποιείται.
- Είναι δυνατή η ενσωμάτωση τους σε οροφές και προσόψεις κατασκευών. [23]

Τα πλεονεκτήματα αυτά συνοδεύονται και από σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία είναι:

- Μεγάλο κόστος κατασκευής.
- Ο περιορισμένος βαθμός απόδοσης τους.
- Η απαίτηση μεγάλων επιφανειών για την εγκατάσταση τους λόγω της μικρής τους ισχύος.
- Η απαίτηση συσσωρευτών για την αποθήκευση της ενέργειας στα αυτόνομα αμφιθέατρα.
- Ο σχετικός ετεροχρονισμός μεταξύ παράγωγης και ζήτησης ενέργειας. [23]

Προς το παρόν, η συγκεκριμένη λύση συμφέρει οικονομικά όταν χρησιμοποιείται σε εφαρμογές σχετικά μικρής κλίμακας που είναι απομακρυσμένες και δεν διαθέτουν σύνδεση με δίκτυο παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Το ρεύμα που παράγεται είναι συνεχές και χρησιμοποιείται είτε με αυτή τη μορφή είτε αφού μετατρέπει σε εναλλασσόμενο. Λόγω του ασυνεχούς χαρακτήρα της πηγής ενέργειας, τα φωτοβολταϊκά συστήματα συνήθως συνδέονται με συστήματα αποθήκευσης της ενέργειας (συσσωρευτές), με το δίκτυο ηλεκτροδότησης της περιοχής ή με αλλά συστήματα αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Ένα ολοκληρωμένο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από μια συστοιχία ηλιακών κυψελών συνδεδεμένων σε μορφή πετάματος, την εγκατάσταση αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας ή σύνδεση με το δίκτυο ηλεκτροδότησης ή άλλες πηγές ενέργειας, καθώς και τις καλωδιώσεις. [23]

Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος σε ένα αμφιθέατρο επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση της απόστασης από την κατανάλωση, χωρίς να επηρεάζεται συνήθως από ιδιομορφίες της θέσης που επιλέγεται. Ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής, τα πετάματα είναι δυνατόν είτε να τοποθετηθούν ελευθέρα στο έδαφος ή επάνω στο αμφιθέατρο είτε να χρησιμοποιηθούν ως δομικά στοιχεία ή υλικά επικάλυψης της στέγης ή επένδυσης της όψης.

ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (kWh/kWp), ΓΙΑ 5 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΚΛΙΣΕΙΣ ΚΑΙ 5 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥΣ ΤΟΥ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Κλίση Φ/Β πλαισίου	Υψόμετρο (m)	Γεωγραφικό πλάτος	Προσανατολισμός Φ/Β πλαισίου				
			Α	Ν/Α	Ν	Ν/Δ	Δ
0°	440	47°30'	1155	1155	1155	1155	1155
	1560	46°50'	1368	1368	1368	1368	1368
	210	46°10'	1360	1360	1360	1360	1360
30°	440	47°30'	1072	1199	1250	1199	1072
	1560	46°50'	1270	1475	1560	1475	1270
	210	46°10'	1260	1474	1562	1474	1260
45°	440	47°30'	987	1149	1213	1149	987
	1560	46°50'	1170	1430	1545	1430	1170
	210	46°10'	1160	1435	1550	1435	1160
60°	440	47°30'	885	1055	1122	1055	885
	1560	46°50'	1050	1334	1456	1334	1050
	210	46°10'	1040	1336	1462	1336	1040
90°	440	47°30'	650	771	808	771	650
	1560	46°50'	773	995	1088	995	773
	210	46°10'	763	995	1090	995	763

Δυο βασικές παράμετροι επηρεάζουν τον τρόπο τοποθέτησης τους σε σχέση με την απόδοση: η κλίση της επιφάνειας του πετάματος και η θερμοκρασία του. Η άμεση κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια απορρόφησης μεγιστοποιεί την απόδοση του πετάματος, ενώ η αύξηση της θερμοκρασίας του την ελαττώνει. Η πίσω επιφάνεια του πετάματος πρέπει να αερίζεται επαρκώς, ώστε να αποφεύγεται αύξηση της θερμοκρασίας της. [23]

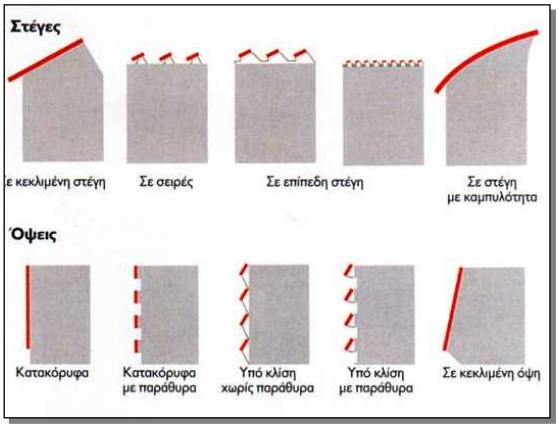
(Εικ. 8.16, ετήσια παραγωγή ηλ. ρεύματος από Φ/Β συστ/τα για διαφορετικές κλίσεις και προσανατολισμούς, πηγή 23)

Φωτοβολταϊκά στο κέλυφος του αμφιθεάτρου

Η χρήση των Φ/Β συστημάτων είναι ιδιαίτερα θετική η εφαρμογή τους σε αμφιθέατρα, καθώς μπορεί να γίνει η κατανάλωση ενέργειας αμέσως, χωρίς να χρειαστεί αυτή να μεταφερθεί ή να αποθηκευτεί, γιατί κατά τις ώρες λειτουργίας έχουν (τα αμφιθέατρα) μια σταθερή κατανάλωση. Επίσης είναι ιδιαίτερα ιδανικά, τα αμφιθέατρα εκείνα όπου έχουν αρκετά μεγάλη επιφάνεια στην οροφή τους. Η δυνατότητα ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών στοιχείων σε ένα αμφιθέατρο είναι κάτι που πρέπει να οδηγεί το σχεδιασμό και να μην οδηγείται από το σχεδιασμό, καθώς η ενσωμάτωση αυτή επηρεάζει προσανατολισμό, την κάτοψη, την αρχιτεκτονική μορφή και τις όψεις ενός αμφιθεάτρου και πρέπει να προβλέπεται από το αρχικό στάδιο της μελέτης, εφαρμόζοντας ορισμένους απλούς κανόνες σχεδιασμού. Μια επιμήκης κάτοψη της αναπτυγμένη κατά τον άξονα ανατολής-δύσης δίνει μεγάλες επιφάνειες στο νότο, οι οποίες προτιμώνται για την τοποθέτηση των Φ/Β. Ο καλύτερος προσανατολισμός για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι ο νότιος με αποκλίσεις έως και 20^0 με συνακολουθεί μείωση της απόδοσης τους. [14], [23]

Η τοπογραφία επίσης επηρεάζει την απόδοση ενός Φ/Β συστήματος. Μολονότι θα πρέπει να προβλέπεται μελέτη σκίασης, πρακτικά μπορεί να πλεχθεί ότι η απόδοση ενός Φ/Β συστήματος δεν επηρεάζεται από την ύπαρξη ενός κατακόρυφου εμποδίου, στην περίπτωση που η απόσταση του Φ/Β από το εμπόδιο είναι διπλασία του ύψους του. Επίσης κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό θα πρέπει να προβλέπεται να μη δημιουργούν σκίαση ορισμένα Φ/Β σε άλλα ή τα συστήματα να μην σκιάζονται από

αλλά τμήματα του αμφιθέατρου. Οι τρεις βασικοί τρόποι ενσωματώσεις Φ/Β συστημάτων στα αμφιθέατρα είναι στις οροφές, στις όψεις και σε στέγαστρα και συστήματα σκίασης. [14], [23]



(Εικ. 8.17, φωτοβολταϊκα στοιχεία και τρόποι ενσωμάτωσης, πηγή 23)

Φωτοβολταϊκά στοιχεία στις όψεις

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία στις όψεις μπορούν να αποτελέσουν στοιχεία επένδυσης, αρκεί να προβλεφτεί ο επαρκής αερισμός τους ή να τοποθετηθούν σε πετάματα (συχνά σε κατάλληλα σχεδιασμένα πετάματα αλουμινίου μπροστά από την όψη), προσθέτοντας στην κατασκευή πρόσθετες λειτουργίες, όπως σκίαση, ενώ το διάκενο χρησιμοποιείται για τον αερισμό των Φ/Β στοιχείων αλλά και την καλύτερη θερμομόνωση και υγρομόνωση του αμφιθεάτρου. Ως υλικό επένδυσης θα πρέπει να ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις των συμβατικών υλικών επένδυσης (υδατοστεγανότητα, ανεμοστεγανότητα, θερμομόνωση, αισθητική, ανθεκτικότητα στις ατμοσφαιρικές συνθήκες, ασφάλεια, κ.α.) αλλά και να συνδυάζονται με αυτά (πχ για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός). Επιπροσθέτως, κατά τον σχεδιασμό θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και αλλά χαρακτηριστικά, όπως η αποτροπή της σκίασης των στοιχείων από άλλα Φ/Β του συστήματος ή άλλες κατασκευές, η δυνατότητα παράγωγης θερμότητας, ο επαρκής αερισμός τους, η δυνατότητα συντήρησης και η διαμόρφωση χώρων για τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό και την καλωδίωση. Συνήθως τοποθετούνται στην νότια όψη για την μεγαλύτερη απόδοση, ενώ η δυνατότητα διαφάνειας και χρωματισμού, αυξάνει τις αισθητικές επιλογές. Στην αγορά διατίθενται επίσης φωτοβολταϊκά πάνω σε μεγάλες επιφάνειες έως και 3 m^2 σε διάφορα σχήματα και διαστάσεις, χωρίς περιμετρικό πλαίσιο. Το γεγονός αυτό δεν δεσμεύει τον μελετητή και δίνει τη δυνατότητα συνδυασμού των στοιχείων με άλλα πάνω, αυξάνοντας έτσι την απόδοση του συστήματος, λόγω της αποτροπής της σκίασης από το περιμετρικό πλαίσιο. [23]

Φωτοβολταϊκά στοιχεία σε συστήματα σκίασης

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε σκίαστρα είναι μια εξαιρετική εφαρμογή, καθώς τα στοιχεία αυτά τοποθετούνται υπό κλίση, επομένως έχουν καλύτερη απόδοση σε

σχέση με αυτά που τοποθετούνται στις όψεις των αμφιθεάτρων σε γωνία 90^0 από το οριζόντιο επίπεδο. Εκτός από την κλασική τους μορφή ως επίπεδα σκίαστρα, μπορούν να τοποθετηθούν και σε σκίαστρα ατρακτοειδούς διατομής. Η κλίση τους μπορεί να μεταβάλλεται είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα με την χρήση κατάλληλων αισθητήρων.
Αξίζει να αναφερθούν άδω και τα νέου τύπου ημιδιάφανα στοιχεία που είναι δυνατόν να τοποθετούνται στην θέση των υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων, παρέχοντας στον σχεδιαστή την δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών φυσικού φωτισμού και ηλιοπροστασίας παράλληλα με την παράγωγη ηλεκτρικής ενέργειας. [23]

Φωτοβολταϊκά στοιχεία σε στέγη ή δώμα

Οι οροφές έχουν μικρότερο πρόβλημα από σκίαση, η κλίση των συστημάτων μπορεί να επιλεγεί να είναι η βέλτιστη δυνατή και η ενσωμάτωση των στοιχείων είναι λειτουργικά και αισθητικά πιο εύκολη (πιο εύκολος αερισμός σε σχέση με τις όψεις). Η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών στοιχείων σε επίπεδες οροφές μπορεί να γίνει με τη χρήση των κατάλληλων βάσεων για τη διαμόρφωση κλίσης στο στοιχείο. Συνήθως επιλέγεται μια κλίση που να προσφέρει μια ικανοποιητική απόδοση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, μειώνοντας συγχρόνως τις εργασίες μηχανικού καθαρισμού. Οι περιστρεφόμενες βάσεις επιτρέπουν την κίνηση του φωτοβολταϊκού πλαισίου, ώστε οι ακτίνες του ήλιου να πέφτουν πάντα κάθετα στην επιφάνεια των συλλεκτών και η απόδοση να γίνεται βέλτιστη. Στην περίπτωση συννεφιάς ή μεγάλης ανεμοφόρτισης, το φωτοβολταϊκό σύστημα τοποθετείται στην οριζόντια θέση, ώστε να γίνεται μεγίστη εκμετάλλευση της διάχυτης ακτινοβολίας και το σύστημα να μην επιβαρύνεται από την ανεμοφόρτιση που μπορεί να προκαλέσει την καταστροφή του. Φ/Β στοιχεία τοποθετούνται και σε κεκλιμένες επιφάνειες μέσω ειδικών εξαρτημάτων που στηρίζονται στις τάγισες της στέγης. Διατίθενται επίσης προϊόντα που μπορούν να συνδυαστούν με αλλά στοιχεία επένδυσης και να μην προεξέχουν από την επιφάνεια της στέγης ενός αμφιθεάτρου:

α) φωτοβολταϊκές μεμβράνες
β) ηλιακές πλάκες στέγης [23]

Ψύξη με ηλιακή ενεργεία
Αποτελεί μια σχετικά νέα μέθοδο, σκοπός της οποίας είναι η διατήρηση της θερμοκρασίας ενός αμφιθέατρου (χώρου) που πρέπει να ψύχεται σε επίπεδο χαμηλότερο της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος, με την χρήση ηλιακής ενέργειας. Το υπό άντληση ψυκτικό φορτίο, που δημιουργείται από την ύπαρξη αυτής της θερμοκρασιακής διαφοράς, παρουσιάζει ένα μέγιστο, χρονικά ταυτισμένο με την μεγιστοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της μέρας. Η ταύτιση αυτή καθίστα ευνοϊκή τη χρήση της ηλιακής ενέργειας στην ψύξη. Μια τυπική ψυκτική μονάδα αποτελείται από ένα εξατμιστήρα ή ψυκτικό στοιχείο, ένα συμπιεστή, ένα συμπυκνωτήρα και μια βαλβίδα εκτονώσεως. Πρόκειται για μια ψυκτική μονάδα ΄΄κατανάλωσης έργου΄΄ όπου, όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του περιβάλλο-

ντος, τόσο περισσότερο έργο συμπίεσης δαπανάται για την εξάντληση της θερμότητας με βάση ορισμένη θερμοκρασία εξάτμισης. [23]

Προκειμένου να αξιοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ψύχους σε ένα αμφιθέατρο, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Απαιτείται η κατανάλωση ενέργειας για την ψυκτική διαδικασία.
- Παρουσιάζεται υψηλότερο ψυκτικό φορτίο, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία περιβάλλοντος, δηλαδή όταν η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (ηλιακής) γίνεται μέγιστη. [23]

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας για ψύξη επιφέρει την αναβάθμιση της, εφόσον αντικαθιστά ηλεκτρικό έργο μέσω ενός κατάλληλου μετατροπέα. Ο μετατροπέας αυτός είναι ο ψύκτης απορρόφησης ή θερμικής συμπίεσης, δηλαδή ένα ψυκτικό συγκρότημα που χρησιμοποιεί θερμότητα ως κινητήρια ενέργεια και όχι ηλεκτρισμό. Στη μέθοδο απορρόφησης, την πλέον εμπορική εφαρμογή της τεχνικής αυτής, ο συμπιεστής αντικαθίσταται από μια σειρά στοιχείων: τον αναγεννητήρα, την αντλία ανακυκλοφορίας απορροφητικού διαλύματος, τον απορροφητήρα και τον ανακομιστήρα. Το απορροφητικό ρευστό επιλέγεται ανάλογα με το ψυκτικό που χρησιμοποιείται και τις συνθήκες λειτουργίας του εξατμιστήρα. Τονίζεται ότι στην περίπτωση της μεθόδου απορρόφησης η συμπίεση και η υγροποίηση των ατμών που παράγονται στον εξατμιστήρα γίνεται με χημική απορρόφηση στον απορροφητήρα. [23]

8.5 Συστήματα θέρμανσης-ψύξης και βιοκλιματικός σχεδιασμός

Α) Εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης ενός αμφιθεάτρου

Η κεντρική θέρμανση (καλοριφέρ) είναι ένα γενικά αποδοτικό σύστημα και μπορεί να βελτιωθεί ώστε να επιτευχτεί μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, με την εφαρμογή των παρακάτω μέτρων.

- Κατάλληλη διαστασιολόγηση και σχεδιασμός του συστήματος.
- Μόνωση των σωληνώσεων διανομής.
- Τακτική (τουλάχιστον ετήσια) συντήρηση του καυστήρα.
- Χρήση καυστήρων φυσικού αερίου.
- Εγκατάσταση κεντρικού συστήματος αυτομάτου έλεγχου.
- Εγκατάσταση θερμοστατών χώρου.
- Έλεγχο της θερμοκρασίας του νερού στο λέβητα.
- Χρήση τριόδων βαλβίδων.
- Χρήση θερμοστατικών βαλβίδων στα σώματα.

- Παράλληλη παράγωγη ζεστού νερού για άλλες χρήσεις. [14]

Η χρήση λεβήτων νέου τύπου με υψηλή απόδοση (συμπεριλαμβανόμενων των λεβήτων συμπύκνωσης) στα κεντρικά συστήματα θέρμανσης ενός αμφιθεάτρου, επιτρέπει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Με τη βοήθεια της τεχνικής αυτής, για θερμοκρασίες νερού εξόδου και επιστροφής στο λέβητα της τάξης των 55 και 40 ^{0}C αντιστοίχως, η απόδοση του λέβητα μπορεί να ανέλθει στο 90%.
Οι χρονικές διακυμάνσεις των θερμικών φορτίων που απαιτούνται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ενός αμφιθεάτρου, οδηγούν στη συχνή εκκίνηση και παύση λειτουργίας του κεντρικού λέβητα, με αποτέλεσμα η απόδοση του συστήματος να πέφτει έως και 50%. Η λειτουργία του λέβητα σε θερμικά φορτία πολύ μικρότερα από την μεγίστη θερμική του ισχύ επί μεγάλα χρονικά διαστήματα, έχει ως αποτέλεσμα την πολύ χαμηλή του απόδοση και τη μεγάλη σπατάλη καύσιμου. Η χρήση περισσότερων του ενός λεβήτων με σκοπό την ομοιόμορφη κάλυψη διαφορετικών τμημάτων του αμφιθεάτρου με διαφορετικά θερμικά φορτία, συμβάλλει στη μεγαλύτερη ολική απόδοση του συστήματος. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός του συστήματος, ώστε να εξασφαλίζεται η επιτυχής συνεργασία όλων των επιμέρους λεβήτων. [14]

Η εγκατάσταση ενός αναλυτή καυσαερίων συμβάλλει επίσης σημαντικά στη μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος. Ο αναλυτής αυτός ρυθμίζει τη βέλτιστη αναλογία καύσιμου-αέρα στον καυστήρα κάθε χρονική στιγμή έτσι ώστε μέσω της βελτιστοποίησης της αναλογίας αυτής, να έχουμε την τέλεια καύση, άρα και την αποδοτική λειτουργία του καυστήρα. [14]

Η μόνωση των στοιχείων του συστήματος διανομής (των σωλήνων, των αγωγών κλπ.) επιτρέπει σημαντική μείωση των θερμικών απωλειών του συστήματος. Η τοποθέτηση της είναι γενικά εύκολη και με χαμηλό κόστος, γι’ αυτό θα πρέπει να αντικαθίσταται αμέσως σε μέρη όπου η μόνωση είναι φθαρμένη. [14]

Β) Συστήματα κλιματισμού σε ένα αμφιθέατρο και εξοικονόμηση ενέργειας

Τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού είναι καλό να αποφεύγονται, εφόσον είναι δυνατή η κάλυψη του φορτιού δροσισμού με φυσικές ή παθητικές τεχνικές, καθώς έχουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (εκπομπή HCFCs) έχουν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση και είναι υπεύθυνα για μια σειρά προβλημάτων σχετικών με την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Εντούτοις, σε περιπτώσεις που η εγκατάσταση και η χρήση τους είναι αναπόφευκτη, θα πρέπει να επιλέγονται συστήματα με υψηλή απόδοση (δηλαδή με υψηλό συντελεστή απόδοσης - συντελεστής COP- που εκφράζει την αποδιδόμενη ψυκτική ενεργεία ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας) και να διαστασιολογούνται σωστά σε σχέση με το αμφιθέατρο και τις ανάγκες που καλύπτουν. Επίσης, η χρήση κατάλληλων κλιματιστικών, η τακτική συντήρηση, η σωστή μίξη κλιματιζόμενου και φυσικού αέρα, ο καθαρισμός των φίλτρων και η εγκατάσταση σύμφωνα με τις προδιαγραφές, συντελούν στη βέλτιστη συμπεριφορά του συστήματος. Οι κυριότερες παρεμβάσεις που μπορούν να

γίνουν στο σύστημα κλιματισμού ενός αμφιθεάτρου, έτσι ώστε να ελαττωθεί η κατανάλωση ενέργειας για δροσισμό, είναι οι εξής:

- Πρόψυξη του αμφιθεάτρου. Είναι η ελάττωση της θερμοκρασίας του αμφιθεάτρου νωρίτερα από τη λειτουργία του με φυσικό ή τεχνητό αερισμό ή με τη χρήση του ίδιου του κλιματιστικού συστήματος.

- Χρήση εξοικονομητών (economizers). Οι εξοικονομητές είναι συσκευές που επιτρέπουν την ελεγχόμενη εισαγωγή και χρήση εξωτερικού αέρα στο αμφιθέατρο. Είναι προφανές ότι αυτός ο εξωτερικός αέρας είναι κατάλληλος για ψύξη σε εποχές όπως η άνοιξη και το φθινόπωρο (όπου δεν έχουμε πολύ υψηλές θερμοκρασίες) και χρησιμοποιείται είτε για τον απ' ευθείας δροσισμό του αμφιθεάτρου είτε προψύχεται με τη βοήθεια του κλιματιστικού συστήματος και διανέμεται εν συνεχεία.

- Αποθήκευση ψυκτικής ενέργειας. Σε πολύ μεγάλα αμφιθέατρα, τα κλιματιστικά συστήματα παράγουν, πολλές φόρες, ψυκτική ενεργεία μεγαλύτερη από τα ψυκτικά φορτία που χρειάζεται την παρούσα φάση. Είναι λοιπόν επιθυμητή η αποθήκευση του ψυχρού ρευστού που περισσεύει τις ώρες με χαμηλή ζήτηση ψυκτικού φορτιού, σε δεξαμενές και χρησιμοποίηση του κατά την ώρα αιχμής.

- Χρήση εξατμιστικών ψυκτών. Είναι υβριδικά συστήματα ψύξης.

- Χρήση ψυκτών φυσικού αερίου. Είναι συστήματα που χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο ως πηγή θερμότητας και είναι φιλικότερη προς το περιβάλλον γιατί ως ψυκτικό μέσο δε χρησιμοποιούν χλωροφθοράνθρακες (HCFCs), αλλά νερό.

- Διαχείριση της ροής του αέρα στα συστήματα μηχανικού αερισμού, ώστε η ταχύτητα του και η στατική πίεση σ' αυτά να είναι οι χαμηλότερες δυνατές. Επίσης, προτείνεται η χρήση ανεμιστήρων με υψηλή απόδοση και στεγανοποίηση των αγωγών μεταφοράς του αέρα για την αποφυγή διαρροών. [14]

Συστήματα ανάκτησης θερμότητας

Η πιο αποτελεσματική μέθοδος για την εξοικονόμηση ενέργειας σε κλιματιζόμενα αμφιθέατρα (και ειδικά σε αυτά με μεγάλες κλιματιστικές μονάδες) είναι η ανάκτηση της αποβαλλόμενης θερμότητας. Σε κάθε κλιματιζόμενο αμφιθέατρο, μεγάλες ποσότητες κλιματιζόμενου (θερμού ή ψυχρού) αέρα απάγονται στο περιβάλλον και αναπληρώνονται από εισερχόμενο αέρα, ο όποιος πρέπει να ψυχθεί ή να θερμανθεί κατά αρκετούς βαθμούς Κελσίου (πολλές φόρες πάνω από 20). Τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας, χρησιμοποιούν την ενθαλπία του εξερχόμενου αέρα για την προθέρμανση ή την πρόψυξη του εισερχομένου μειώνοντας έτσι το αντίστοιχο θερμικό ή ψυκτικό φορτίο. Τα κυριότερα συστήματα ανάκτησης θερμότητας που χρησιμοποιούνται σε ένα αμφιθέατρο είναι οι αντλίες θερμότητας. [14]

8.6 Διαχείριση του κύκλου του νερού

Σε ένα αμφιθέατρο υπάρχουν μέτρα που ευνοούν τη διαχείριση κύκλου του νερού όπως η εκμετάλλευση του νερού της βροχής, η φύτευση πρασίνου στις στέγες και γιατί όχι η δημιουργία βιοτόπων. [23]

Η εκμετάλλευση του νερού της βροχή

Οι ανάγκες κατανάλωσης νερού ενός αμφιθεάτρου μπορούν να καλυφτούν με την εκμετάλλευση του νερού της βροχής. Σχετικές έρευνες επιβεβαιώνουν την ποιότητα του καθαρισμένου νερού της βροχής, του όποιου τα χαρακτηριστικά προσεγγίζουν αυτά του αποσταγμένου νερού. Προϋπόθεση αποτελεί μια καλά σχεδιασμένη εγκατάσταση που λειτουργεί σωστά. Τα πιο αξιόπιστα και αποτελεσματικά συστήματα περιλαμβάνουν:

- Την ανάκτηση του νερού που πέφτει στη στέγη. Σημειώνεται ότι δεν πρέπει να υπάρχουν εξαρτήματα από μόλυβδο σε επαφή με το νερό, καθώς ο μόλυβδος μπορεί να διαλυθεί και να προκαλέσει μόλυνση. Οι σωληνώσεις και οι υδρορροές κατασκευάζονται από αλουμίνιο, γαλβανισμένο χάλυβα ή PVC, διαστασιολογούνται κατάλληλα και τοποθετούνται υπό την ανάλογη κλίση, ώστε να μεγιστοποιείται η ποσότητα του νερού που συλλέγεται. Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στα σημεία των ενώσεων κατασκευάζονται από PVC.
- Το φιλτράρισμα του νερού πριν να φτάσει στην δεξαμενή.
- Την εφαρμογή δυο βαθμίδων καθαρισμού που απαιτούν περιορισμένη συντήρηση, στο εσωτερικό της δεξαμενής.
- Τη διατήρηση του νερού σε δεξαμενή, σε δροσερό και σκιερό μέρος.
- Τη χρήση αντλιών που να λειτουργούν καταναλώνοντας περιορισμένη ποσότητα ενέργειας για να διανείμουν το ανακυκλωμένο νερό.
- Τη σηματοδότηση όλου του συστήματος σωληνώσεων με την ένδειξη ΄΄μη πούσιμο νερό΄΄. [23]

Τα νερά της βροχής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το πότισμα στα καζανάκια της τουαλέτας και στην καθαριότητα. Ο χρόνος απόσβεσης μιας σωστά μελετημένης και κατασκευασμένης εγκατάστασης ποικίλλει από 3 έως 10 έτη, ανάλογα με το μέγεθος του συστήματος και την χρήση του ανακυκλωμένου νερού. Η ποσότητα του νερού που συλλέγεται εξαρτάται από τις διαστάσεις της επιφάνειας της στέγης και των χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων στην περιοχή του αμφιθεάτρου. [23]

Φυτεμένες στέγες-δώματα

Η φύτευση ενδυναμώνει την ακουστική και θερμική μόνωση της στέγης ενός αμφιθεάτρου και επιμηκύνει την διάρκεια ζωής της επικάλυψης, περιορίζοντας τη θερμο-

κρασία της. Τα φυτά φιλτράρουν τη σκόνη και ρυθμίζουν την υγρασία του μικροκλίματος. Σε περίπτωση ισχυρών βροχοπτώσεων συγκρατείται 70-90% της βροχής, ενώ καθυστέρει η απορροή του. Τα συστήματα εκστατικής βλάστησης είναι ελαφρά (50-100 kg ανά m^2) και απαιτούν ελαχίστη συντήρηση. Τα παχύφυλλα φυτά διατηρούνται σε υπόστρωμα με πάχος λιγότερο από 10 cm και αναγεννιούνται χωρίς εξωτερική επέμβαση. Μπορεί επίσης να μετασχηματιστεί το σύνολο ή μέρος της στέγης-δώματος σε κρεμαστό κήπο με έντονη βλάστηση, που τότε έχει ανάγκη ενός παχύτερου και βαρύτερου υπόβαθρου με αρκετή συντήρηση. Οι παρακάτω αποτελούν βασικές παραμέτρους για την κατασκευή της στέγης, ώστε να επιτρέπεται το φύτεμα πρασίνου σ' αυτή:

- Ικανότητα φέρουσας κατασκευής να δεχτεί τα πρόσθετα φορτία.
- Επικάλυψη στέγης (στεγανοποίηση, θερμομόνωση, κλπ) κατάλληλη για την συγκεκριμένη κατασκευή.
- Διαχωρισμός της κατασκευαστικής επικάλυψης του δώματος από την τριγύρω βλάστηση, για την προστασία της από τις διαφορές χημικές και μηχανικές επιδράσεις της βλάστησης και τη διείσδυση των ριζών των δέντρων σ' αυτή.
- Επιλογή φυτών ικανών να αναπτύσσονται σε ειδικές συνθήκες.
- Τρόποι άρδευσης και απορροής του πλεονάζοντος νερού και των όμβριων.
- Προστασία από τους άνεμους. [23]

Πριν ξεκινήσουν οι εργασίες εγκατάστασης πρέπει να ληφθέν υπόψη η κλίση της στέγης. Στέγες με κλίση μεγαλύτερη από 30^0 συνίσταται να μην φυτεύονται καθώς υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης των υλικών και απορροής της απαραίτητης ποσότητας νερού που συγκρατεί η αποστραγγιστική στρώση για την συντήρηση των φυτών. Η ιδανική κλίση μιας στέγης για φύτεμα πρασίνου είναι περίπου 1/12. Όσο η κλίση αυτή αυξάνεται τόσο μεγαλύτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην επιλογή των φυτών.

8.7 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού αμφιθεάτρου

- Κατάλληλος προσανατολισμός και σχεδιασμός του αμφιθεάτρου. Λαμβάνονται υπόψη τόσο οι θέσεις του ήλιου, όσο και η επίδραση του άνεμου στο αμφιθέατρο. Κατά την θερινή περίοδο, πρέπει να ελαχιστοποιείται η έκθεση στον ήλιο, ενώ ταυτόχρονα να μεγιστοποιείται η έκθεση στους δροσερούς άνεμους. Το χειμώνα η έκθεση στον ήλιο γίνεται επιθυμητή, ενώ απαιτείται προστασία από τους ψυχρούς χειμερινούς άνεμους. Εάν εξασφαλίζεται ο ηλιασμός του αμφιθεάτρου στις 21 Δεκεμβρίου (αυτή είναι η μέρα μικρότερης διάρκειας ως προς την εμφάνιση ηλιακού φωτός) σίγουρα εξασφαλίζεται και τον υπόλοιπο χειμώνα, αυξημένος, σε διάρκεια και ένταση.
- Δημιουργία κατάλληλου εσωτερικού μικροκλίματος. Σχεδιάζονται κατάλληλα οι αρχιτεκτονικές προεξοχές και η εξωτερικοί προστιθέμενοι χώροι στο αμφι-

θέατρο, ενώ επίσης χρησιμοποιούνται και οι χώροι ανάσχεσης (οι επιφάνειες κάτω από την στέγη). Όσον αφορά στα ανοίγματα, συνίσταται να ελαχιστοποιούνται στη βόρεια πλευρά του αμφιθεάτρου και να μεγιστοποιούνται στη νότια.

- Κατάλληλος σχεδιασμός εξωτερικού περιβλήματος αμφιθεάτρου. Συνίσταται η ελαχιστοποίηση των επιφανειών των εξωτερικών τοίχων. Γενικά όσο πιο συμπαγής είναι ο όγκος του αμφιθεάτρου, τόσο μικρότερες είναι και οι θερμικές απώλειες.

- Κατασκευή με κατάλληλα υλικά. Για την κατασκευή του αμφιθεάτρου επιλέγονται υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, ώστε να αποθηκεύεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ενέργειας. Οι όψεις και το δώμα μονώνονται με κατάλληλα θερμομονωτικά υλικά και προστατεύονται στεγανοποιητικά όπου απαιτείται. Τα εξωτερικά ανοίγματα του αμφιθεάτρου πρέπει να προστατεύονται από τον ήλιο με την κατάλληλη μόνωση (σκίαστρα, ρολά, κλπ).

- Ανακλαστικότητα του εδάφους. Η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που εισχωρεί στο εσωτερικό του αμφιθεάτρου επηρεάζεται από την αντανακλαστικότητα του εδάφους και των επιφανειών του αμφιθεάτρου. Προκειμένου να αυξηθεί η ποσότητα αυτή κατά τη χειμερινή περίοδο, το έδαφος έξω από τα ανοίγματα που είναι προσανατολισμένα προς τη χειμερινή θέση του ήλιου διαμορφώνεται με υλικά που ανακλούν σημαντικό ποσοστό του ηλιακού φωτός. Αντίθετα έξω από τα ανοίγματα του αμφιθεάτρου που είναι προσανατολισμένα προς τη θερινή θέση του ήλιου, το έδαφος διαμορφώνεται με υλικά χαμηλής αντανακλαστικότητας, ώστε κατά τη θερινή περίοδο, να μειώνεται η ηλιακή ενεργεία που εισέρχεται στο αμφιθέατρο.

- Διαμόρφωση ανάγλυφου εδάφους και βλάστησης. Η επίδραση των χειμερινών ανεμών μπορεί να περιοριστεί με τη χρήση ανεμοφρακτών (πχ με δέντρα). Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος του ανεμοφράκτη, τόσο μεγαλύτερη είναι και η προστατευόμενη επιφάνεια ενώ το μέγιστο μήκος ανεμοπροστασίας αναπτύσσεται όταν το μήκος του ανεμοφράκτη είναι τουλάχιστον 11 με 12 φόρες το ύψος του. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, η βλάστηση περιμετρικά του αμφιθεάτρου, μπορεί να εξασφάλιση προστασία από τον ήλιο.

- Φυσικός δροσισμός μέσω φυτοκάλυψης. Εκτός από την κάλυψη του χώρου γύρω από το αμφιθέατρο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και αναρριχώμενα φυτά για σκίαση. Στους βόρειους τοίχους τοποθετούνται αειθαλή φυτά ενώ στις υπόλοιπες διευθύνσεις επιλέγονται συνήθως τα φυλλοβόλα αναρριχώμενα φυτά τα οποία έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν οριζόντια σκίαση. [23]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Η κυκλοφορία εντός του αμφιθεάτρου

Σ΄ αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την κυκλοφορία εντός του αμφιθεάτρου. Η μετακίνηση των χρηστών ενός αμφιθεάτρου γίνεται μέσω:

Α*) Κλιμάκων* και

Β) *διαδρόμων*, οι οποίοι πρέπει να σχεδιαστούν και βάσει των απαιτήσεων της παθητικής πυροπροστασίας, όπου αναφέρονται και ως οδεύσεις διαφυγής.

9.1 Κλίμακες

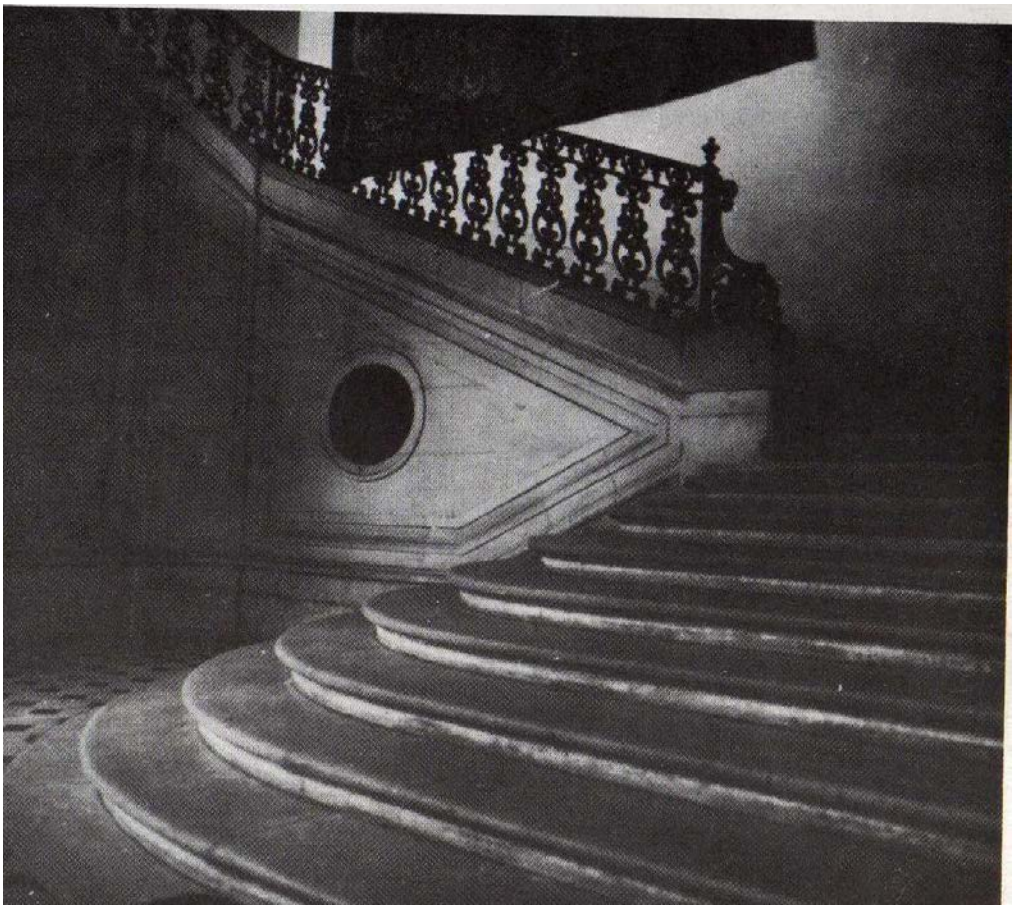
Τα αμφιθέατρα λόγω της βαθμιδωτής τους διάταξης πρέπει να έχουν στο εσωτερικό τους κλίμακες για την μεταφορά των ατόμων από τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες βαθμίδες.

Ορισμός
Σκάλες ονομάζουμε εκείνα τα δομικά στοιχεία κυκλοφορίας, που συνδέουν τα διάφορα επίπεδα ενός κτιρίου, που βρίσκονται σε διαφορετικές στάθμες. Σκοπός τους είναι η εξυπηρέτηση της κατακόρυφης κυκλοφορίας ανθρώπων και αντικειμένων. Πρέπει η χρήση τους να είναι ασφαλής και άνετη ώστε να επιτυγχάνεται με το λιγότερο δυνατό κόπο. Το σημαντικότερο ρολό τους μέσα στον εξυπηρετούμενο χώρο, οι κλίμακες τον εκπληρώνουν κοντά σε εισόδους. Επιπλέον πρέπει να πληρούν τις σχετικές απαιτήσεις σαν έξοδοι κίνδυνου. Με βάση τα ανωτέρω προκύπτουν κατασκευές, τεχνικά αιτιολογημένες, από άποψη ασφάλειας και ανέσεως. [7]

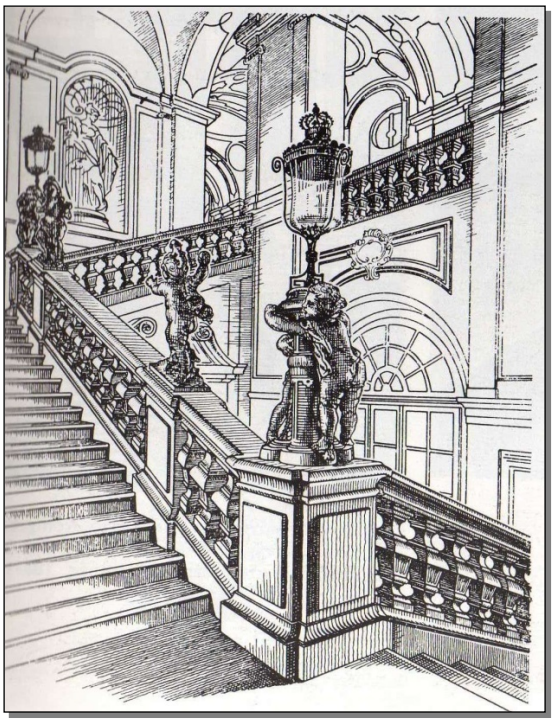
(Εικ. 9.1, κλίμακα, πηγή 7)

Ιστορικά στοιχεία

Στο μεσαίωνα η κατασκευή κλιμάκων ήταν συντεχνιακό μυστικό, που μεταδιδόταν από γενιά σε γενιά από τους αρχιτεχνίτες. Υπήρχαν από τότε κανόνες υπολογισμού για την κατασκευή άνετων κλιμάκων. Κατά περιόδους ανάμεσα σε ξυλουργούς και επιπλοποιούς υπήρξε σκληρός ανταγωνισμός για το μονοπώλιο της κατασκευής ξύλινων κλιμάκων. Η εξέλιξη στη μορφή των κλιμάκων συμβάδιζε με αλλαγές στη μορφή του κιγκλιδώματος τους. Στην αρχή του αιώνα η μορφή της κλίμακας χαρακτηριζόταν από υπερβολικά διακοσμημένα κιγκλιδώματα και βαριές κουπαστές. Ο ιδιοκτήτης μιας κατοικίας επιδίωκε να δείξει με το κλιμακοστάσιο την κοινωνική του θέση. Στην αρχαιότητα οι κλίμακες στο εσωτερικό των χώρων έπαιζαν μόνο δευτερεύοντα ρόλο. Στην αρχιτεκτονική του Μεσαίωνα οι κλίμακες μεταξύ των ορόφων συχνά τοποθετούνταν σε εξωτερικά πυργοειδή κλιμακοστάσια. Έτσι επιλέγονταν λύσεις κυρίως με ελικοειδείς κλίμακες. Για πρώτη φορά στην Ιταλική Αναγέννηση οι κλίμακες εξελιχτήκαν σε μορφολογικά αξιόλογες κατασκευές για το εσωτερικό των κτιρίων. Ιδιαίτερο βάρος δινόταν στην άνετη ανάβαση των κλιμάκων αυτών. Ο κανόνας ήταν τώρα ευθύγραμμες κλίμακες με αρκετά πλατύσκαλα για στάση, ενώ σε μεγαλύτερες κατασκευές προτιμώνται οι κλίμακες με πολλούς βραχίονες. Οι κλίμακες χρησιμοποιήθηκαν σα στοιχείο μεγαλοπρέπειας στη διαμόρφωση μιας κατασκευής ή ενός χώρου στους πύργους της ύστερης αναγέννησης και του barok. [7]

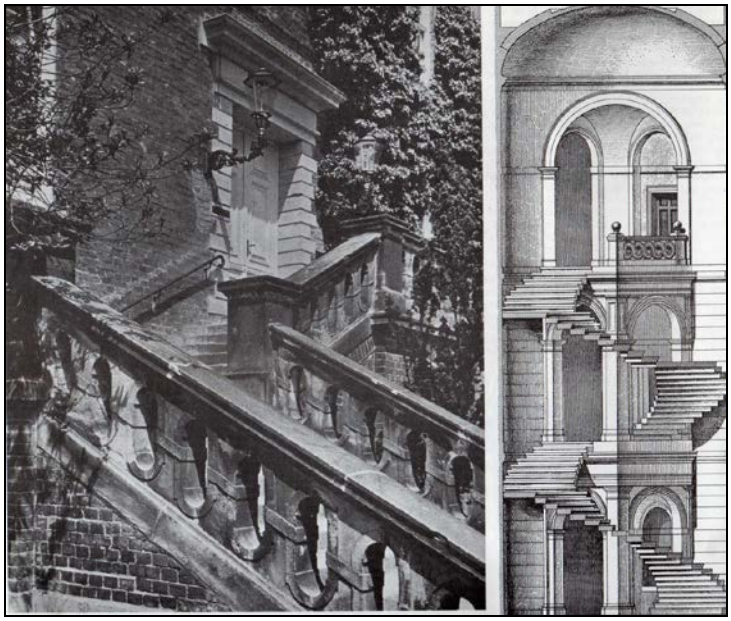


(Εικ. 9.2, ιστορική βιβλιοθήκη Παρισίων, αρχή κλίμακας, πηγή 7)

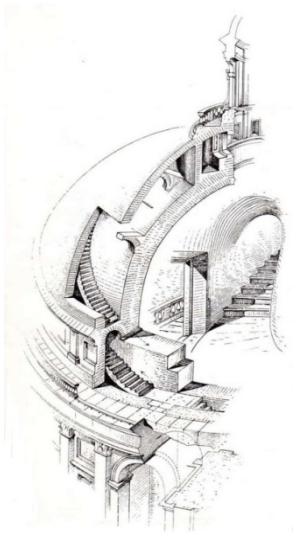


(Εικ. 9.3, κύρια κλίμακα σε στυλ barok στα δυτικά του νέου τμήματος κατοικίας του πύργου Ludwigsburg (1704-1733) στη Βυρτεμβέργη από τους Nettre και Frisoni, πηγή 7). (από τη γερμανική ιστορία της αρχιτεκτονικής του Schroder.)

(Εικ. 9.4, παλιά εξωτερική κλίμακα στην Aigues – Mortes, πηγή 7)



(Αριστερά Εικ. 9.5, κλίμακα στο μέγαρο Rantzau στο Κιελο, Δεξιά Εικ. 9.6,
βασιλικό κυβερνητικό κτίριο στο Konigsberg. Ιστορική κλίμακα στην αριστερή πτέρυγα, πηγή 7)



(Εικ. 9.7,κλίμακα στη *Santa Maria di Carignano στη Γενοβα, πηγή 7)*

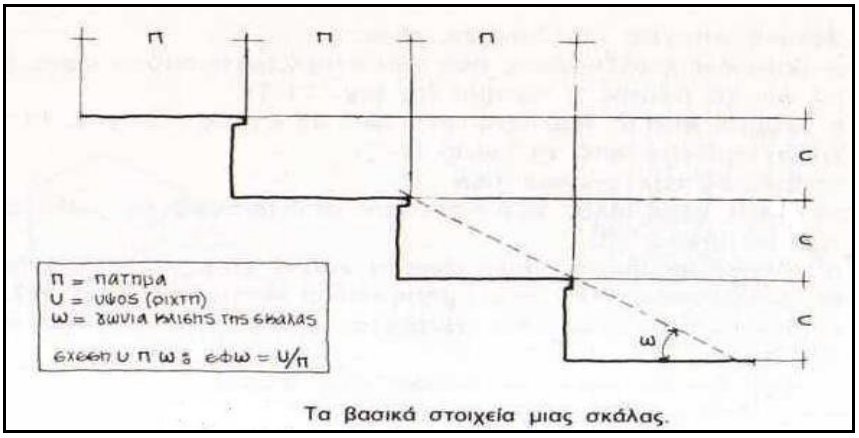
Χαρακτηριστικά στοιχεία μιας σκάλας

Η σκάλα μπορεί να αναλυθεί στα παρακάτω κατασκευαστικά της στοιχεία:

- τη φέρουσα κατασκευή
- τις βαθμίδες (σκαλοπάτια) που ανάλογα με τη μορφή της φέρουσας κατασκευής μπορεί να αποτελούν και τμήμα της
- την επικάλυψη της επιφάνειας της
- τις συναφείς με τη σκάλα κατασκευές (κιγκλιδώματα, χειρολισθήρες, κλπ) [17]

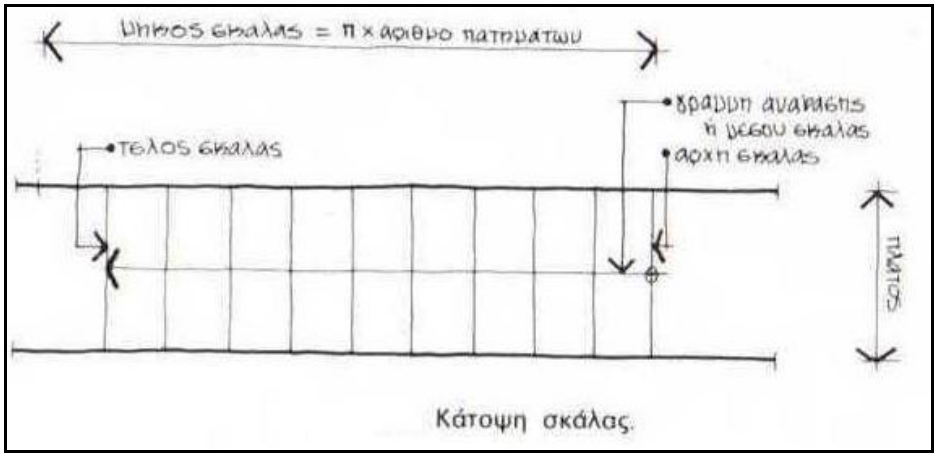
Τα βασικά στοιχεία μιας σκάλας είναι:

- Οι βαθμίδες (σκαλοπάτια) που χαρακτηρίζονται από το ύψος ή ρίχτι (υ) και το πλάτος ή πάτημα (π),
- η γραμμή κλίσης που εξαρτάται από τη σχέση υ/π και χαρακτηρίζεται από τη γωνία ω,
- ο αριθμός των σκαλοπατιών, το μήκος της σκάλας που προκύπτει από το άθροισμα των πατημάτων π,
- η γραμμή ανάβασης που είναι η νοητή γραμμή διαδρομής που ακολουθεί το άτομο που χρησιμοποιεί τη σκάλα,
- το πλάτος της σκάλας που ταυτίζεται με το πλάτος του σκαλοπατιού,
- η αρχή και το τέλος της σκάλας,
- η κουπαστή και ο χειρολισθήρας,
- η οροφή ή ο ουρανός της σκάλας,
- οι βραχίονες της. [17]

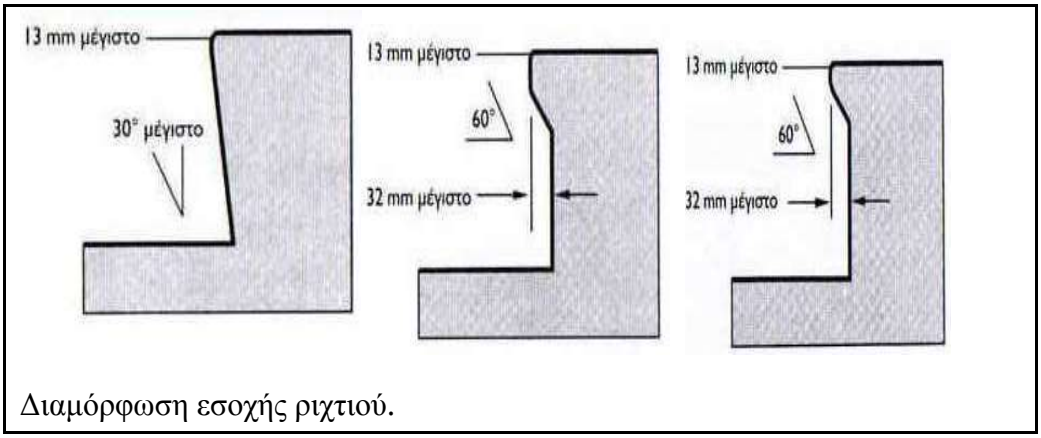


(Εικ. 9.8, βασικά στοιχεία σκάλας, πηγή 17)

(Εικ. 9.9, τομή βραχίονος κλίμακας, πηγή 17)



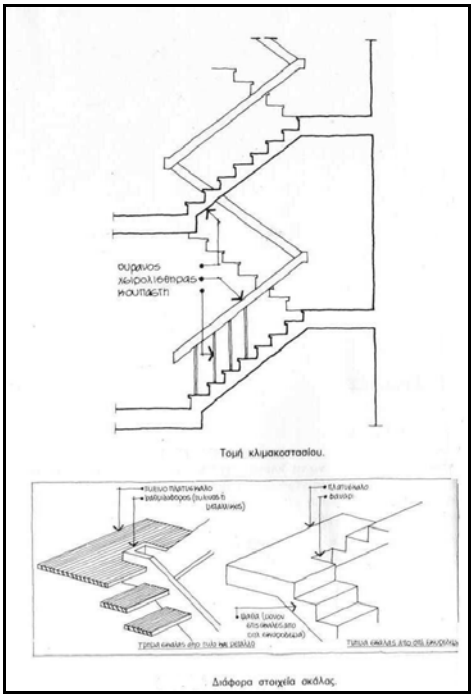
(Εικ. 9.10, κάτοψη κλίμακας, πηγή 17)



(Εικ. 9.11, διαμόρφωση εσοχής ριχτιού, πηγή 27)

Εκτός από τα παραπάνω βασικά στοιχεία, υπάρχουν σε πολλές σκάλες αλλά όχι σε όλες τα εξής:

- Το πλατύσκαλο,
- το φανάρι,
- τα περιθώρια ή σκαλομέρια,
- οι βαθμοφόροι κυρίως στις ξύλινες και στις μεταλλικές,
- το πάχος της σκάλας (ψάθα), στις σκάλες από οπλισμένο σκυρόδεμα. [17]

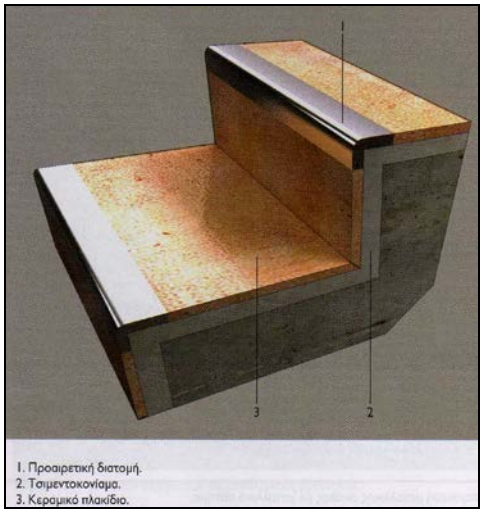


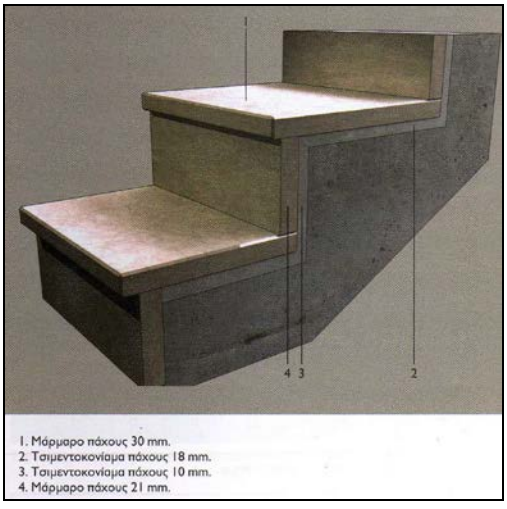
(Εικ. 9.12, τομή κλιμακοστασίου, πηγή 17)

Υλικά

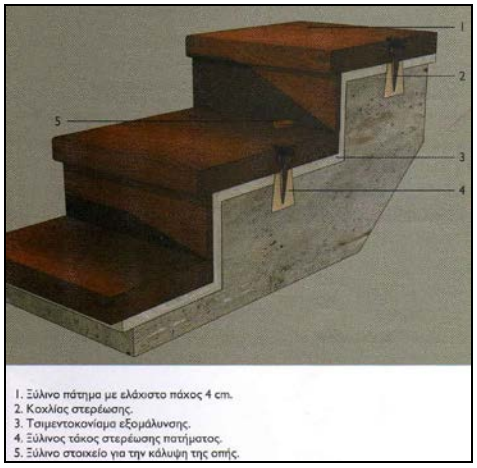
Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα στις κατασκευές των κλιμάκων είναι το σίδερο, το ξύλο και το σκυρόδεμα.

Οι ξύλινες σκάλες επιτρέπουν την ικανοποίηση αισθητικών αντιλήψεων σε διαρρυθμίσεις κατοικιών. Οι κλίμακες από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι πυρασφαλείς και αθόρυβες. Οι μεταλλικές κλίμακες έχουν τη δυνατότητα κομψών λύσεων και συνήθως χρησιμοποιούνται ως κλίμακες κινδύνου (διαφυγής) και πυρκαγιάς. [27]

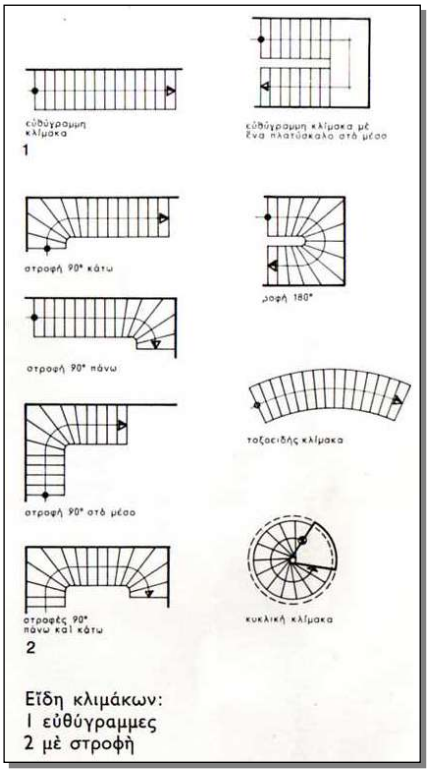




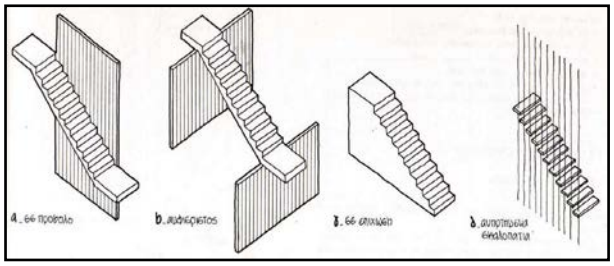
(Αριστερά Εικ. 9.13, επίστρωση σκάλας από σκυρόδεμα με κεραμικά πλακίδια, Δεξιά Εικ. 9.14, επίστρωση σκάλας από σκυρόδεμα με μάρμαρο, πηγή 27)



(Αριστερά 9.15, επένδυση πατημάτων με μοκέτα. Οι ακμές ενισχύονται με απλές μεταλλικές προεξοχές, Δεξιά Εικ. 9.16, επένδυση σκάλας από σκυρόδεμα με ξύλο, πηγή 27)



Οι κλίμακες ανάλογα με τη θέση τους διακρίνονται σε εξωτερικές (κήπων, πλατειών, εισόδων κτιρίων) σε εσωτερικές, σε κυρίες, σε δευτερεύουσες, υπόγειου και καταπακτής. Ανάλογα με τον τρόπο στήριξης τους διακρίνονται ως εξής: σκάλες σε πρόβολο, σκάλες αμετάπειστες, σκάλες πάνω σε απήχηση και σκάλες αναρτημένες και ανάλογα με τη μορφή τους σε ευθύγραμμες (ευθετούμενες), σε καμπύλες (κυκλικές, ημικυκλικές, ελλειψοειδείς) και σε μεικτές. [17]

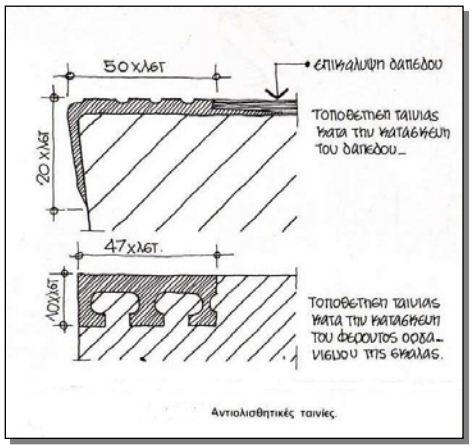


(Αριστερά Εικ. 9.17, είδη κλιμάκων, Δεξιά Εικ. 9.18, τρόποι στήριξης κλίμακας, πηγή 17)

ΤΙ ΣΚΑΛΕΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΑ

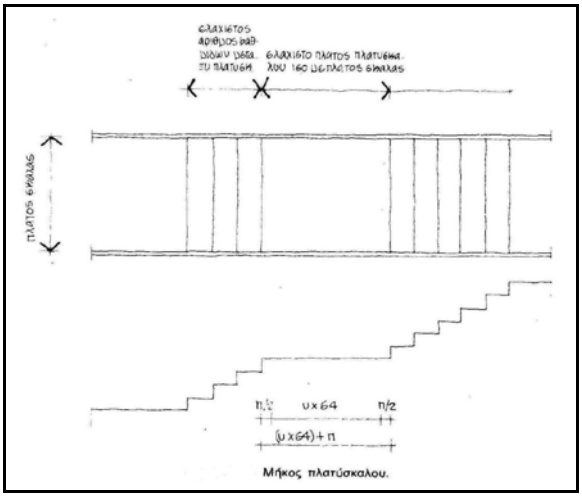
Στα αμφιθέατρα χρησιμοποιούμε σκάλες ευθετούμενες (εσωτερικές σκάλες), συνεχείς μέχρι τις εξόδους άνευ κυκλοτερών τμημάτων, όπου ο τρόπος στήριξης τους είναι σε επίχωση. Το υλικό κατασκευής της είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα για αποφυγή θορύβου και με επικάλυψη ρητινικού δαπέδου. Στα πλεονεκτήματα της σκάλας από σκυρόδεμα συγκαταλέγεται και η ικανοποίηση της απαίτησης του ειδικού κανονι-

σμού της πυροπροστασίας που θα αναφερθεί παρακάτω, ενώ βασικό μειονέκτημα είναι ότι απαιτούν πολλή και αρκετά εξειδικευμένη εργασία στο εργοτάξιο (όπως πχ κατασκευή ξυλότυπου, τοποθέτηση οπλισμού, κλπ). Οι βασικές ιδιότητες του ρητινούχου δαπέδου (παρουσιάζεται στο εμπόριο κυρίως με μορφή ρολών) είναι αντοχή σε χημικές αντιδράσεις και φορτίσεις, ηχοαπορροφητικότητα, εύκολη συντήρηση και αντικατάσταση και αντιολισθηρότητα. Για αποφυγή ολίσθησης (συμφωνά με τον κτιριολογικό κανονισμό [36]) τοποθετείται επιπλέον κοντά στην ακμή αντιολισθηρό υλικό (αντιολισθητική ταινία από σκληρό ελαστικό) σε μήκος ίσο τουλάχιστον προς τα ¾ του μήκους της βαθμίδας και σε πλάτος τουλάχιστον ίσο με το ⅛ της βαθμίδας. [17]



(Εικ. 9.19, αντιολισθητική ταινία, πηγή 17)

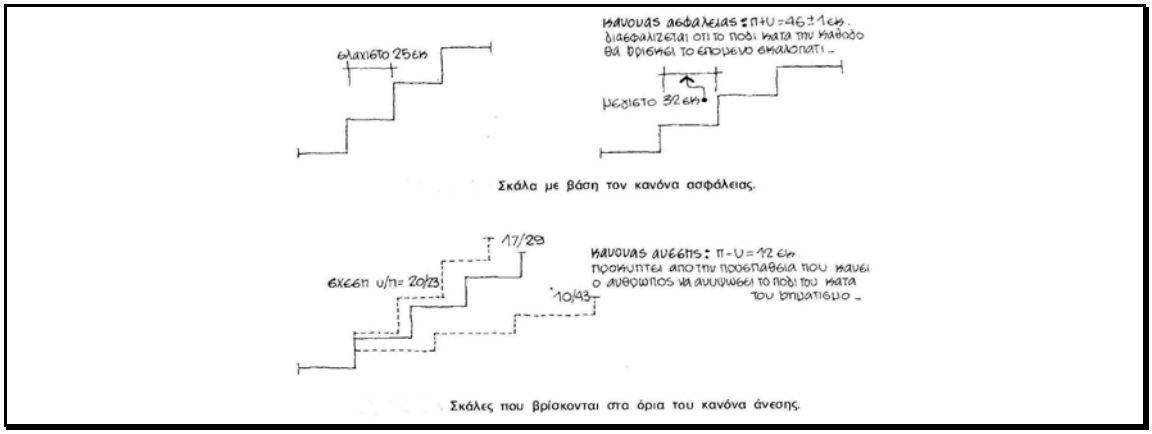
Ο μέγιστος αριθμός των σκαλιών έτσι ώστε να μην κουράζεται ο αναβατής, είναι δεκαοχτώ σκαλιά και αν η σκάλα είναι μεγαλύτερη θα πρέπει να παρεμβάλλονται πλατύσκαλα με τη διαφορά στάθμης μεταξύ διαδοχικών πλατύσκαλων να είναι κατά μέγιστο 3.6 μέτρα. Σύμφωνα με τον κτιριολογικό κανονισμό [36] σε κτίρια επαγγελματικής και εμπορικής χρήσης (όπου υπάγονται τα αμφιθέατρα) πρέπει να έχουν σκάλες τύπου 1 ή 2. Άρα ελάχιστο πλάτος ελεύθερο από κάθε εμπόδιο εκτός από κουπαστές που δεν προεξέχουν περισσότερο από 0,10 μετρά και εκτός από προεξοχές δοκών σε τοίχους που δεν προεξέχουν περισσότερο από 0,05 μέτρα είναι όσο με 1,20 μέτρα έτσι ώστε να μπορούν να διασταυρωθούν δυο άτομα ανεμπόδιστα. Το τελικό πλάτος των κλιμάκων θα εξαρτάται και από την δυναμικότητα του αριθμού των ατόμων. Έτσι πχ για ένα αμφιθέατρο 300 ατόμων προτείνεται πλάτος 1,80, ενώ για αμφιθέατρο 150 ατόμων 1,40 θεωρείται επαρκές. Το ύψος της βαθμίδας κυμαίνεται από 13-18 εκατοστά, με σύνηθες ύψος 16 εκατοστά, και το ελάχιστο πάτημα βαθμίδας είναι 0,28 μέτρα, μετρούμενο στο μέσο της βαθμίδας σε οριζόντια προβολή ως απόσταση των άκμων δυο διαδοχικών βαθμίδων. Αν για λόγους έλλειψης χώρου χρησιμοποιηθεί πάτημα μικρότερο από 26 εκατοστά, πρέπει οι βαθμίδες να έχουν προεξοχή από 0,02-0,03 μέτρα ως προς τη βάση του ριχτιού. Πόρτες που να ανοίγουν κατευθείαν πάνω στον κλάδο με τις βαθμίδες (χωρίς να υπάρχει πλατύσκαλο) δεν επιτρέπεται, με το επιθυμητό να είναι ύπαρξη πλατύσκαλου πλάτους τουλάχιστον ίσο με το τριπλάσιο του πλάτους των βαθμίδων. Η ελαχίστη διάσταση πλατύσκαλου κατά την προέκταση άξονα κλάδου είναι 1,2 μέτρα. Το ευθύγραμμο πλατύσκαλο πρέπει να έχει τόσο μήκος, ώστε να ανταποκρίνεται στο βηματισμό της προηγούμενης ανόδου ή καθόδου (άρα l=2π+υ+π). Άδω μιλάμε για πλατύσκαλο ενός βήματος, σε πλατύσκαλα περισσότερων βημάτων πρέπει πάντα στον αριθμό των βημάτων να προστίθεται ένα πλάτος πατήματος. [7], [17]



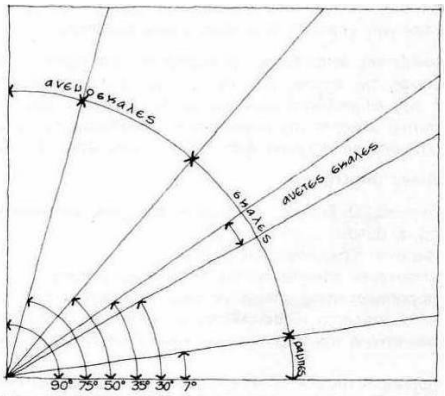
(Εικ. 9.20, γεωμετρικά στοιχεία πλατησκάλου, πηγή 17)

Το άθροισμα δυο φόρες του ύψους και μια φορά του πλάτους της βαθμίδας (μετρούμενο κατά τα γνωστά) κυμαίνεται από 60-66 εκατοστά (κανόνας βηματισμού). Για να είναι ασφαλής η κάθοδος πρέπει π+υ=46+1 cm (κανόνας ασφάλειας). Για να είναι άνετη η σκάλα κατά την άνοδο π-υ=12 cm (κανόνας άνεσης). [7], [17]

(Εικ. 9.21, σκάλα που έχει σχεδιασθεί με βάση τον κανόνα βηματισμού, πηγή 17)



(Εικ. 9.22, σκάλα που σχεδιάζονται με τον κανόνα άνεσης, πηγή 17)



ΣΧΕΣΗ ΓΩΝΙΑΣ ω ΚΑΙ U_Π ΤΗΣ ΕΚΛΑΔΑΣ

ω°	U (εκ χιλιοστά)	Π (εκ χιλιοστά)
22°	127	318
23° 14'	133	311
24° 38'	140	305
26°	146	299
27° 33'	162	292
29°	159	286
30° 35'	165	279
32° 08'	172	273
33° 41'	178	267
35° 16'	184	260
36° 52'	191	254
38° 29'	197	248
40° 08'	203	241
41° 44'	210	235
43° 22'	216	229
45°	222	222
46° 38'	229	216
46° 16'	235	210
49° 54'	241	203

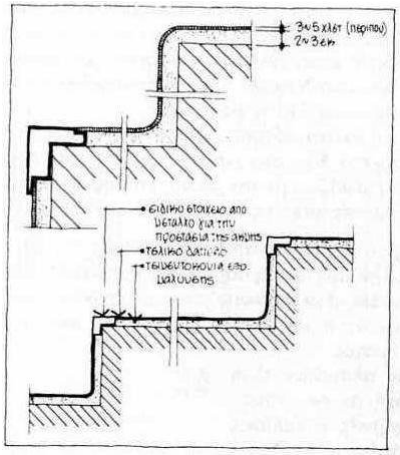
Η κλίση της σκάλας μπορεί να κυμαίνεται από 6-90^0 αλλά για να είναι άνετη και λειτουργική πρέπει να κυμαίνεται από 30-35^0. [17]

Στις σκάλες των αμφιθεάτρων (εσωτερικές) λόγω της έλλειψης χώρου και της μη πρακτικότητας απουσιάζουν τα κιγκλιδώματα και οι κουπαστές. Ούτως ή άλλως οι κουπαστές και μόνο θα εμπόδιζαν την είσοδο των φοιτητών στα έδρανα. Από κάθε θέση του διαδρόμου πρέπει να είναι προσιτές δυο οδοί διαφυγής που να οδηγούν σε διαφορετικές κατευθύνσεις στον έξω χώρο. Μια έξοδος ή ένα κλιμακοστάσιο που βρίσκεται στην πορεία μιας οδού εκκενώσεως του κτιρίου δε θα πρέπει να απέχει περισσότερο από 25 μέτρα. Σε διαδρόμους του ισόγειου μπορεί να παραλειφτεί (κατ' εξαίρεση) η δεύτερη οδός διαφυγής αν η σκηνή-βάθρο είναι μικρότερη από 250 m^2 και επίσης δεν έχει χώρο στο πίσω μέρος της. [39]

(Εικ.9.23, κλίση της σκάλας ανάλογα τη χρήση και τη μορφή, πηγή 17)

Το πλάτος των διαδρόμων, κλιμακοστάσιων και εξόδων που χρησιμοποιούνται σαν οδοί διαφυγής, πρέπει να είναι τουλάχιστον για σκηνές-βάθρα επιφάνειας έως 350 m^2, για τους διάδρομους σε όλους τους ορόφους 1,5 m, για τις εξόδους και τις κλίμακες 1,0 m. Οι κλίμακες κίνδυνου (διαφυγής) θα τοποθετούνται εξωτερικά και είναι κυρίως σιδερένιες. [39]

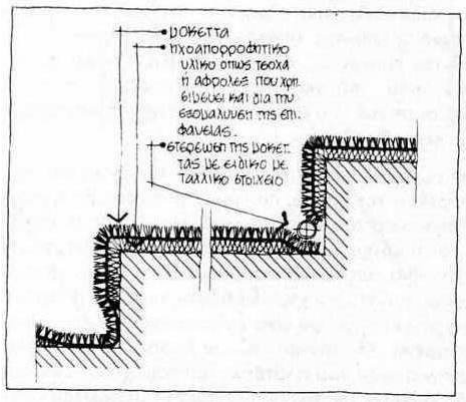
Ειδικές απαιτήσεις είναι να αντέχει (ως φέρουσα κατασκευή) σε ωφέλιμα φορτία και η επικάλυψη της επιφάνειας χρήσης είναι να αντέχει στις μηχανικές χρήσεις που προκαλούνται από τη μεταφορά αντικειμένων ή το βάδισμα. [17]



Το υλικό επικάλυψης (ρητινούχο δάπεδο) πρέπει να αντέχει επίσης στη φθορά, που προκαλείται από τη χρήση χωρίς να υφίσταται πρόωρη γήρανση ή μόνιμες παραμορφώσεις. Οι αισθητικές απαιτήσεις θα αποτελέσουν βασικό αισθητικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής σύνθεσης του αμφιθέατρου. [17]

(Εικ.9.24, επίστρωση πατωμάτων με συνθετικά υλικά, πηγή 17)

Όσον αφόρα την πυροπροστασία των κλιμάκων πρέπει να χρησιμοποιηθούν υλικά άκαυστα (πυρίμαχα) έτσι ώστε να παρεμποδίζουν την εξάπλωση της πυρκαγιάς. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με έμμεσο είτε με άμεσο τρόπο. Άμεση πυροπροστασία



(Εικ. 9.25, επίστρωση με μοκέτα, πηγή 17)

εξασφαλίζεται με τη χρήση άκαυστων υλικών για την κατασκευή του φέροντα οργανισμού και των στοιχείων επικάλυψης. Η έμμεση πυροπροστασία εξασφαλίζεται είτε με τη χρήση άκαυστων υλικών επικάλυψης, είτε με την επίχρηση των τοίχων μεταλλικών ή ξύλινων φερόντων στοιχείων της σκάλας (εφ' όσον υπαρχουν) με ειδικά επιχρίσματα που εμποδίζουν τη γρήγορη μετάδοση της φωτιάς. [39]

9.2 Διάδρομοι

Οι διάδρομοι μεταξύ των καθισμάτων και η διάταξη τους εξαρτάται από τις διαστάσεις και το σχήμα του αμφιθεάτρου. Για μικρά αμφιθέατρα, αν τα παράθυρα δεν ανοίγουν προς τα μέσα, ένα πέρασμα 60-75 cm κατά μήκος των παραθύρων είναι επαρκές. Κεντρικό πέρασμα 85-100 cm είναι το επιθυμητό και το πέρασμα στο βάθος της αίθουσας να είναι 75-85 cm. Αν τα αμφιθέατρα είναι πιο βαθιά, οι διάδρομοι θα πρέπει να είναι λίγο πιο φαρδείς, αν είναι φαρδείς θα πρέπει να προβλεφθεί ένα δεύτερο μεσαίο πέρασμα 75-100 cm που θα μπορεί να στενέψει προς την έδρα. Για τα μαθήματα στα οποία οι φοιτητές καλούνται να βγουν στον πινάκα πρέπει να προβλεφτεί ένας διάδρομος μεταξύ κάθε σειράς καθισμάτων (πλάτος 55 cm), σε περίπτωση όπου δεν θα χρησιμοποιηθούν πτυσσόμενα καθίσματα, ώστε να μπορεί κάνεις να βγει χωρίς να ενοχλήσει τους διπλανούς του. [1], [2], [15]

Στα πλαίσια της παθητικής πυροπροστασίας οι διάδρομοι-οδεύσεις διαφυγής πρέπει να διέπονται από ορισμένες απαιτήσεις.

Οδεύσεις διαφυγής

Όδευση διαφυγής λέγεται μια συνεχής και χωρίς εμπόδια πορεία που επιτρέπει την διαφυγή από οποιοδήποτε σημείο ενός κτιρίου (αμφιθέατρο), προς έναν ασφαλή, υπαίθριο συνήθως χώρο, σε περίπτωση πυρκαγιάς. Κύριος σκοπός της όδευσης σε ένα αμφιθέατρο είναι η διασφάλιση ασφαλούς εκκένωσης του από όλους τους παρευρισκόμενους σε περίπτωση πυρκαγιάς. [44]

Σχεδιασμός οδεύσεων διαφυγής σε αμφιθέατρα

Ο θεωρητικός πληθυσμός ενός αμφιθεάτρου, εφόσον είναι χώρος με σταθερά-ατομικά καθίσματα ο πληθυσμός λαμβάνεται ίσος με τον αριθμό των καθισμάτων.

Η παροχή της όδευσης ανά μονάδα πλάτους (0,6 m), καθορίζεται σε :

Α) 100 άτομα για τις οριζόντιες οδεύσεις (διάδρομοι-πόρτες).

Β) 60 άτομα για τις κατακόρυφες οδεύσεις (σκάλες-ράμπες). [38]

Σε κάθε αμφιθέατρο από 50-200 άτομα πρέπει γενικά να προβλέπονται δυο έξοδοι κίνδυνου, οι οποίες να οδηγούν εκ διαφορετικών κατευθύνσεων σε δυο ανεξάρτητους οδηγούς διαφυγής. Σε αμφιθέατρα από 200-1000 άτομα πρέπει να υπάρχουν δυο έξοδοι κινδύνου, οι οποίες να βρίσκονται η μια μακριά από την άλλη και εφόσον τα άτομα υπερβαίνουν τα 400 θέλουμε κατ' ελάχιστον τρεις εξόδους κίνδυνου. Σε αμφιθέατρο 1001 ατόμων και πάνω πρέπει να υπάρχει πέραν των τριών εξόδων κινδύνου και μια επιπλέον έξοδος κινδύνου για κάθε 300 άτομα ή κλάσμα αυτών. Όταν το αμφιθέατρο διαιρείται σε δυο μέρη (ή και σε τρία) θα πρέπει να υπάρχει ξεχωριστή έξοδος για κάθε τμήμα. Οι έξοδοι πρέπει να είναι απομακρυσμένοι μεταξύ τους και σε τέτοια διάταξη ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα να φραχθούν συγχρόνως οι οδεύσεις προς περισσότερες από μια εξόδους σε περίπτωση εστίας πυρκαγιάς. [38]

Ο αριθμός και τα ελάχιστα πλάτη των εξόδων κίνδυνου δίνονται στον παρακάτω πινάκα.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΙ ΠΛΑΤΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΓΙΑ ΧΩΡΟΥΣ ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗΣ ΚΟΙΝΟΥ.

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΞΟΔΩΝ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΕΞΟΔΟ
Μέχρι 200 άτομα	2	1,20 m
Από 200-400 άτομα	2	1,40 m
Από 400-600 άτομα	3	1,20 m
Από 600-800 άτομα	3	1,60 m

(Εικ. 9.26,πλάτη εξόδων κινδύνου, πηγή 38)

Για κάθε 250 άτομα επιπλέον προστίθεται μια έξοδος με πλάτος 1,6 μέτρα. Για μικρά αμφιθέατρα (μικρότερα των 150 m^2 ή με λιγότερο από 250 άτομα ισχύει ο παρακάτω πινάκας). (Εικ. 9.27, πλάτη εξόδων κινδύνου για μικρούς Χ.Σ.Κ., πηγή 38)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΙ ΠΛΑΤΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΓΙΑ ΜΙΚΡΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗΣ ΚΟΙΝΟΥ (≤ 150 m^2 και ≤ 250 άτομα).

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΞΟΔΩΝ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΕΞΟΔΟ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΓΙΑ ΜΙΑ ΕΞΟΔΟ*
Μέχρι 75 άτομα	2	0,80 m	0,80 m
Από 75 -150 άτομα	2	1,10 m	0,90 m
Από 150-250 άτομα	2	1,20 m	-

Σε ένα αμφιθέατρο με πληθυσμό 150 ατόμων επιτρέπεται μια μονό έξοδος κίνδυνου με ελάχιστο πλάτος αυτό που αναγράφεται στη τέταρτη στήλη του πινάκα 9.27 αλλά με τις παρακάτω προϋποθέσεις:

Α) Να υπάρχει τελική έξοδος προς μια κοινόχρηστη οδό ή ανοιχτό ασφαλή χώρο.

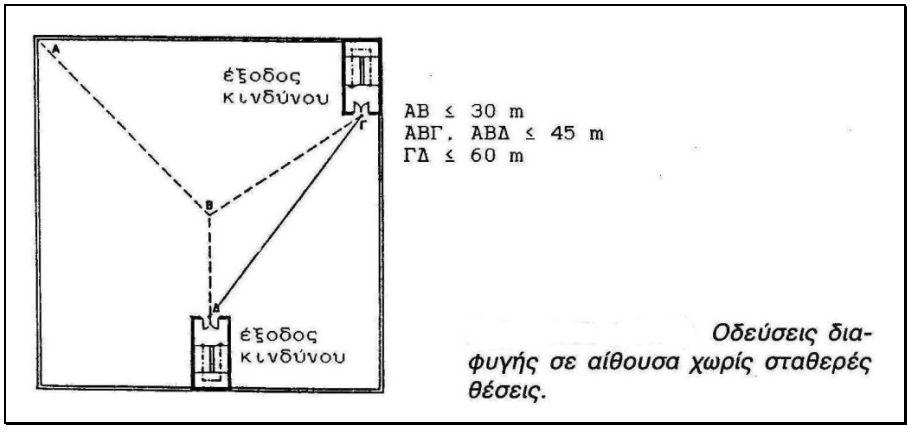
Β) Η πραγματική απόσταση απροστάτευτης όδευσης να μην ξεπερνά τα 25 μέτρα.

Γ) Το αμφιθέατρο να μην είναι υψηλού βαθμού κίνδυνου και να μην περιλαμβάνει επικινδύνους χώρους.

Δ) Τα εσωτερικά τελειώματα των τοίχων του αμφιθέατρου να ανήκουν στις κατηγορίες 0, 1 εκτός από τις διακοσμητικές επενδύσεις που έχουν πάχος μέχρι 2 mm. [38]

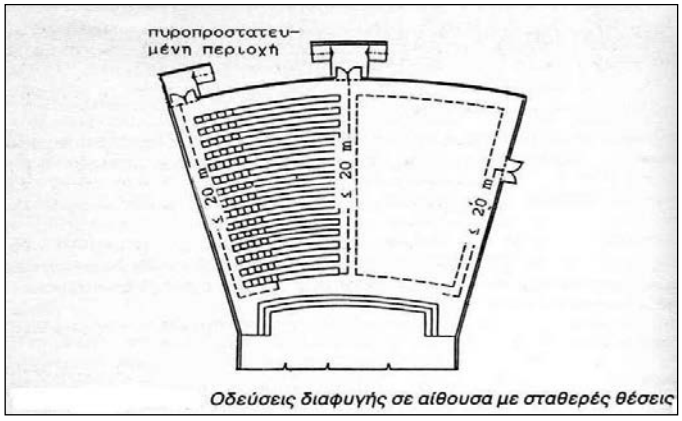
Σε μεγάλο αμφιθέατρο επιτρέπεται τα πρώτα 30 μέτρα προς δυο εναλλακτικές εξόδους κίνδυνου να συμπίπτουν, με την προϋπόθεση όμως ότι οι έξοδοι είναι κατανεμημένες στη περίμετρο του κτιρίου σε αποστάσεις μεταξύ τους όχι μεγαλύτερες των 60 μέτρων. [38]

Σε αμφιθέατρα όπου υπάρχουν σταθερές θέσεις, τα όρια της πραγματικής απόστασης απροστάτευτης όδευσης παραμένουν τα ιδία αλλά με τις παρακάτω ειδικές ρυθμίσεις, βλέπε σχήμα 9.28. [38]



(Εικ. 9.28, οδεύσεις διαφυγής σε αίθουσα χωρίς σταθερές θέσεις, πηγή 38)

Κανένα σημείο των διαμηκών διαδρομών (οι κλίμακες) της αίθουσας του αμφιθέατρου δεν πρέπει να απέχει απόσταση μεγαλύτερη των 20 μέτρων από την πλησιέστερη έξοδο. Σειρές καθισμάτων που περικλείονται από δυο διαμήκεις διαδρόμους δεν πρέπει να έχουν παραπάνω από 15 καθίσματα, ενώ όταν έχουν πρόσβαση μονό σε ένα διαμήκη διάδρομο το όριο είναι 8 καθίσματα. [38]



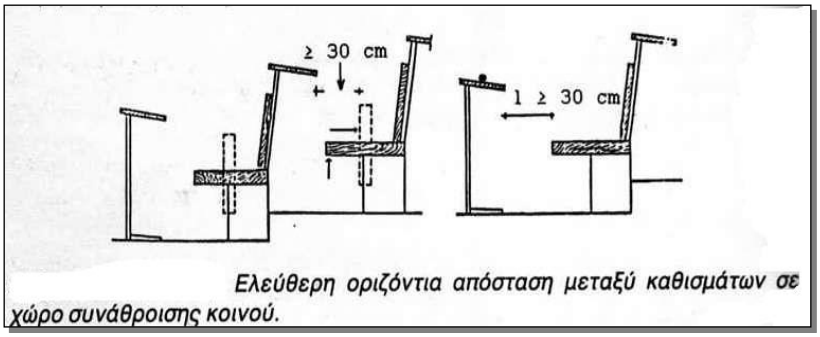
(Εικ. 9.29, οδεύσεις διαφυγής σε αίθουσα με σταθερές θέσεις, πηγή 38)

Οι διαστάσεις κάτοψης των καθισμάτων σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι:

Α) 76 cm βάθος επί 50 cm πλάτος, για καθίσματα με ράχη και μπράτσα.

Β) 60 cm βάθος επί 45 cm πλάτος, για καθίσματα χωρίς ράχη και μπράτσα.

Η ελεύθερη οριζόντια απόσταση l μεταξύ των καθισμάτων (όπως φαίνεται στο σχήμα 9.30) πρέπει να είναι τουλάχιστον 30 cm είτε στην περίπτωση σταθερής βάσης είτε ανακρινόμενης. Αν η απόσταση αυτή αυξηθεί κατά 5 cm, τότε επιτρέπονται δώδεκα και εικοσιτρία καθίσματα αντίστοιχα για κάθε σειρά με πρόσβαση προς ένα και δυο διαμήκεις διαδρόμους. [38]



(Εικ. 9.30, ελεύθερη οριζόντια απόσταση μεταξύ καθισμάτων, πηγή 38)

Κατ' εξαίρεση δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό καθισμάτων κάθε σειράς αν ισχύουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

Α) Κανένα κάθισμα να μην απέχει περισσότερο από 15 μέτρα από μια έξοδο κίνδυνου

Β) Να υπάρχουν διαμήκεις διάδρομοι ή έξοδοι κίνδυνου στο τέλος κάθε σειράς καθισμάτων. Οι διαμήκεις αυτοί διάδρομοι θα πρέπει να οδηγούν σε κατεύθυνση αντίθετη από το χώρο που βρίσκεται το βάθρο.

Γ) Η ελεύθερη οριζόντια απόσταση l μεταξύ των καθισμάτων να κυμαίνεται υποχρεωτικά μεταξύ 45 και 50 cm. [38]

Ως γνωστό, μέσα στα αμφιθέατρα οι θέσεις των φοιτητών είναι διαμορφωμένες σε διαδοχικούς αναβαθμούς του δαπέδου με ελάχιστη υψομετρική διάφορα 0,36 μέτρα. Θα πρέπει να ισχύουν τα παρακάτω:

- Επιτρέπονται μέχρι 100 συνεχόμενες θέσεις μεταξύ δυο διαμηκών διαδρομών εφόσον σε κάθε ζώνη που περιέχει 5 σειρές αναβαθμών αντιστοιχεί μια τουλάχιστον πόρτα εξόδου, με ελεύθερο πλάτος 1,6 μέτρα που να ανοίγει σε πυροπροστατευόμενο προθάλαμο ή προς το εξωτερικό του αμφιθεάτρου.

- Το πλάτος του αναβαθμού που χρησιμοποιείται για κάθισμα πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,85 μέτρα.

- Σε αναβαθμούς με σταθερά καθίσματα επάνω τους, η ελεύθερη οριζόντια απόσταση μεταξύ των καθισμάτων διαδοχικών σειρών πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,30 μέτρα ή 0,40-0,50 μέτρα, αντίστοιχα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για τα αμφιθέατρα. [38]

Οι πόρτες πυροπροστασίας που οδηγούν σε οδό διαφυγής να ανοίγει προς την κατεύθυνση αυτή. Πάνω στην επιφάνεια της θύρας να μην υπάρχουν καθρέφτες ή αλλά αντικείμενα, τα οποία δύναται να παραπλανήσουν προς τα που είναι η ορθή έξοδος κίνδυνου. Κάθε πόρτα σε οδό διαφυγής πρέπει να είναι κατασκευασμένη και τοποθετημένη κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ανοίγει με δύναμη το πολύ μέχρι 10 χιλιόγραμμα

και το άνοιγμα της να μην ελαττώνει το πλάτος της οδού διαφυγής. Τα πλάτη των διαμηκών και εγκάρσιων διαδρομών μέσα στα αμφιθέατρα θα υπολογίζονται με βάση των αριθμό θέσεων που εξυπηρετούν κατά την διαφυγή. Το ελάχιστο πλάτος του διαδρόμου, που εξυπηρετεί λιγότερες από 60 θέσεις, ορίζεται σε 0,90 μέτρα. Για περισσότερες από 60 θέσεις το ελάχιστο πλάτος καθορίζεται σε 1 μέτρο, όταν οι θέσεις βρίσκονται στη μια πλευρά του διαδρόμου και σε 1,10 μέτρα για θέσεις από τις δυο πλευρές του διαδρόμου. [38]

Απαγορεύεται σε διαμήκεις ή εγκάρσιους διαδρόμους ο σχηματισμός αδιεξόδων μεγαλύτερων των 12 μέτρων .

Σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπεται η οδός διαφυγής, που φτάνει στην έξοδο κινδύνου, να διέρχεται δια μέσω αποχωρητηρίου, λουτρού ή βοηθητικού χώρου (δωματίου) δυνάμενου να αποκλειστεί εκ του εξωτερικού περιβάλλοντος. Διάδρομοι με κλίση μικρότερη του 1:8 διαμορφώνονται σε ράμπες, ενώ με μεγαλύτερη κλίση διαμορφώνονται σε σκάλες (όπως συμβαίνει σχεδόν σε όλα τα αμφιθέατρα).[38]
Οι τελικές έξοδοι τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να καταλήγουν σε κοινόχρηστους χώρους με αντίστοιχα πλάτη 0,55 μέτρα ανά 50 άτομα που διαφεύγουν. Στις κλίμακες των αμφιθεάτρων συνίσταται γενικά, από άποψη πυροπροστασίας, να μην υπερβαίνει τα 19 cm το ύψος του ριχτιού, το πάτημα να είναι μεγαλύτερο των 22,5 cm και η δε κλίση όχι μεγαλύτερη των 38^0. Για να υπάρχει ομαλή ροή των φοιτητών δεν πρέπει να έχουμε περισσότερα από 16 σκαλιά συνεχόμενα (από πλατύσκαλο σε πλατύσκαλο) ούτε λιγότερο από 3. [38]

Σε ένα αμφιθέατρο το οποίο είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να υπάρχει χώρος αναμονής ή προθάλαμος θα πρέπει να τηρούνται τα ακόλουθα:

Α) Ο πληθυσμός του χώρου αναμονής υπολογίζεται ένα άτομο ανά 0,30 τμ. εμβαδού δαπέδου (χρήση αναμονή όρθιων ατόμων).

Β) Ο πληθυσμός αυτός του χώρου αναμονής αθροίζεται στον πληθυσμό του αμφιθεάτρου ώστε να προκύψει ο συνολικός πληθυσμός του συγκροτήματος.

Γ) Θα υπάρχει πρόνοια για τις οδεύσεις διαφυγής και τις εξόδους. [38]

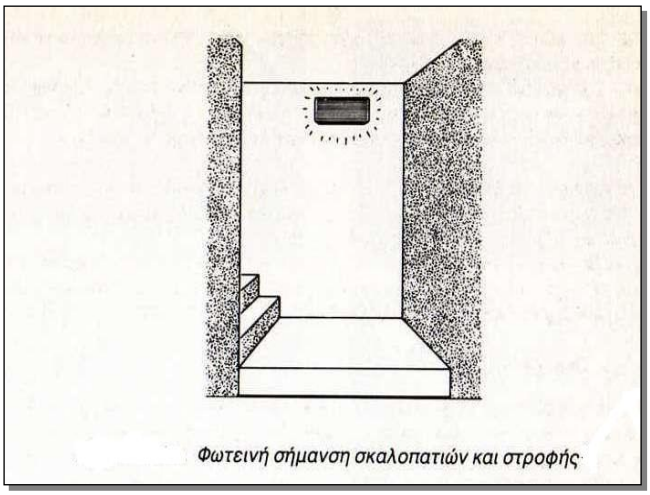
Τα δομικά στοιχεία του περιβλήματος πυροπροστατευμένης όδευσης διαφυγής-πυροπροστατευμένοι προθάλαμοι πρέπει να έχουν δείκτη πυραντίστασης 30 λεπτά. Τέλος, τα παράθυρα γενικά δεν θεωρούνται τμήματα οδεύσεων διαφυγής. Ωστόσο στην περίπτωση ενός αμφιθεάτρου που κατά κύριο λόγο είναι σε ισόγειο χώρο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικές έξοδοι, εφόσον έχουν διαστάσεις τουλάχιστον 0,6 m πλάτος και 0,85 m ύψους (καθαρό άνοιγμα) και ύψος στάθμης κατωφλιού από το δάπεδο όχι μεγαλύτερο από 1 m.

Τα παράθυρα των πυροπροστατευμένων οδεύσεων διαφυγής δεν πρέπει να είναι ανοιγμένα, εκτός εξαιρέσεων μετά από έγκριση της ελέγχουσας αρχής, το πλαίσιο τους να είναι χαλύβδινο, οι υαλοπίνακες ενισχυμένοι με συρμάτινο πλέγμα και να παρουσιάζουν πυραντίσταση 30 min. [38]

<u>Φωτισμός όδευσης – σήμανση</u>

Πέραν από τον τεχνητό φωτισμό συνήθους λειτουργίας ενός αμφιθεάτρου πρέπει κατά περίπτωση να εγκατασταθούν φωτισμοί σήμανσης και φωτισμοί ασφάλειας. Ο

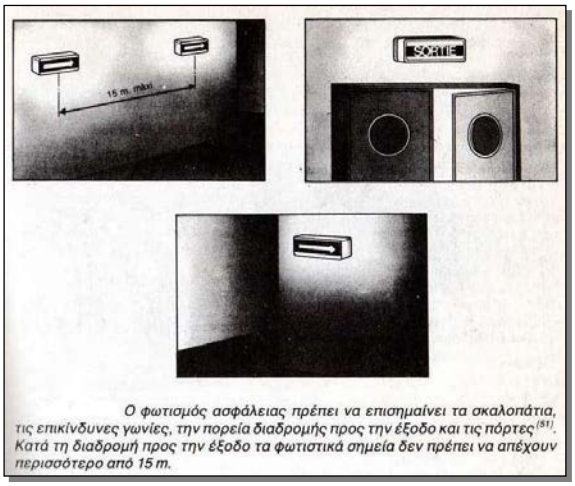
φωτισμός σήμανσης δεν έχει σχέση μονό με την περίπτωση πυρκαγιάς, αλλά έχει σαν στόχο την προστασία των ατόμων που κινούνται σ' αυτό, στο οποιο υπάρχουν διάφορα επίπεδα φωτιστικής εντάσεως. Με το φωτισμό σήμανσης επισημαίνονται επικίνδυνα σημεία όπως σκαλοπάτια, κλπ. [44]



Φωτεινή σήμανση σκαλοπατιών και στροφής

(Εικ. 9.31, φωτεινή σήμανση σκαλοπατιών και στροφής, πηγή 44)

Ο φωτισμός ασφαλείας είναι εφεδρικός φωτισμός που χρησιμοποιείται σε περίπτωση πυρκαγιάς για να εξασφαλίσει κάποια ανεκτά όρια ορατότητας και ταυτόχρονα με ειδικές ενδείξεις να οδηγήσει τα άτομα στις οδεύσεις διαφυγής και την έξοδο. Τα υλικά και οι συσκευές (καλώδια, φωτιστικά σημεία, κλπ.) που χρησιμοποιούνται για το φωτισμό ασφάλειας, είναι αυτονόητο ότι παρουσιάζουν υψηλή πυραντοχή. [44]



Ο φωτισμός ασφάλειας πρέπει να επισημαίνει τα σκαλοπάτια, τις επικίνδυνες γωνίες, την πορεία διαδρομής προς την έξοδο και τις πόρτες[51]. Κατά τη διαδρομή προς την έξοδο τα φωτιστικά σημεία δεν πρέπει να απέχουν περισσότερο από 15 m.

(Εικ. 9.32, φωτισμός ασφαλείας, πηγή 44)

Τα αμφιθέατρα και οι οδεύσεις διαφυγής πρέπει να είναι εφοδιασμένα με σύστημα φωτισμού ασφαλείας σύμφωνα με την παράγραφο 2.6 του άρθρου 2 Κ.Π.Κ. [43] και η σήμανση των οδεύσεων διαφυγής πρέπει να γίνεται σύμφωνα με την παράγραφο 2.7 του ίδιου άρθρου.

Ο φωτισμός των οδεύσεων διαφυγής (τεχνητός ή φυσικός) πρέπει να είναι συνεχής στο χρονικό διάστημα που το αμφιθέατρο βρίσκεται σε λειτουργία, παρέχοντας την ελάχιστη ένταση φωτισμού των 15 lux, ιδιαίτερα στα δάπεδα των οδεύσεων και κάθε πόρτας εξόδου διαφυγής. [44]

Τα φωτιστικά στοιχεία των οδεύσεων διαφυγής πρέπει να είναι διατεταγμένα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η βλάβη ενός στοιχείου να μην αφήνει σκοτεινή περιοχή. Κατά τις ώρες μη λειτουργίας ενός αμφιθεάτρου πρέπει να λειτουργούν ειδικά φωτιστικά στοιχεία ασφαλείας, τα οποία να τροφοδοτούνται από ανεξάρτητο κύκλωμα και να διακόπτεται η παροχή ρεύματος στο κύριο δίκτυο του αμφιθεάτρου από τον πίνακα διανομής.[44]

Ο τεχνητός φωτισμός πρέπει να τροφοδοτείται από σίγουρες πηγές ενέργειας όπως ηλεκτρικό ρεύμα από την Δ.Ε.Η. Σε περίπτωση διακοπής της παροχής του γενικού δικτυού πρέπει να συνεχίζεται η τροφοδότηση του αυτομάτως με εφεδρική πηγή η

οποία να καλύπτει τη λειτουργία του για μια ώρα τουλάχιστον. Απαγορεύεται η χρήση φωτιστικών σωμάτων που λειτουργούν με συσσωρευτές και η χρήση φορητών στοιχείων για τον κανονικό φωτισμό οδεύσεων διαφυγής, όμως επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν ως βοηθητική πηγή ενέργειας για τον φωτισμό ασφάλειας. Απαγορεύεται να χρησιμοποιούνται φωσφορίζοντα ή ανακλαστικά του φωτός στοιχεία ως υποκατάστατα των απαιτούμενων φωτιστικών σωμάτων. [44]

Ο φωτισμός ασφάλειας στις οδεύσεις διαφυγής ενός αμφιθεάτρου πρέπει να πληρεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

Α) Η διακοπή του φωτισμού στη διάρκεια αλλαγής από μια πηγή ενέργειας σε άλλη, πρέπει να είναι ελάχιστη. Η επιτρεπόμενη διακοπή δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10 sec.

Β) Ο φωτισμός ασφάλειας πρέπει να τροφοδοτείται από σίγουρη εφεδρική πηγή ενέργειας, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται σε όλα τα σημεία του δαπέδου των οδεύσεων διαφυγής η ελάχιστη τιμή των 10 lux, μετρούμενη στη στάθμη του δαπέδου.

Γ) Το σύστημα του φωτισμού ασφάλειας πρέπει να διατηρεί τον προβλεπόμενο φωτισμό για μιάμιση ώρα τουλάχιστον, σε περίπτωση διακοπής του κανονικού φωτισμού. [44]

Επιγραφές και σήματα εξόδων διαφυγής

Η σήμανση των οδεύσεων διαφυγής σε ένα αμφιθέατρο (εφόσον απαιτείται), πρέπει να γίνεται με σήματα και ευανάγνωστες επιγραφές. Αυτή η σήμανση επιβάλλεται ιδιαίτερα, όταν η έξοδος ή η όδευση διαφυγής δεν είναι άμεσα ορατή ή αντιληπτή. Κάθε επιγραφή ή σήμα που δείχνει μια έξοδο ή πρόσβαση διαφυγής πρέπει να είναι κατάλληλα τοποθετημένη έτσι ώστε να είναι άμεσα ορατή. [44]

Απαγορεύεται η τοποθέτηση διακόσμησης ή άλλου εξοπλισμού που εμποδίζει την ορατότητα. Σε κάθε θέση, όπου η κατεύθυνση της όδευσης διαφυγής προς την πλησιέστερη έξοδο δεν είναι ορατή, πρέπει να τοποθετείται το σήμα διάσωσης γ, όπως αυτό προβλέπεται από το Π. Διάταγμα 422/8-6-1979. Το μέγεθος και το χρώμα του σήματος προσδιορίζεται από το άρθρο 3, παράγραφος 1γ του ίδιου διατάγματος. Επάνω από κάθε πόρτα εξόδου διαφυγής πρέπει να τοποθετείται το σήμα διάσωσης ε του άρθρου 4 του Π. Διατάγματος 422/8-6-1979, με ύψος προσαυξανόμενο, έτσι ώστε να υπάρχει χώρος για τη λέξη ΄΄ΕΞΟΔΟΣ΄΄, κάτω από το σύμβολο. Κάθε πόρτα που σύμφωνα με τον κανονισμό πρέπει να παραμένει κλειστή σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, του αμφιθεάτρου, πρέπει να φέρει την επιγραφή ΄΄Η ΠΟΡΤΑ ΝΑ ΜΕΝΕΙ ΚΛΕΙΣΤΗ΄΄. [44]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Εφαρμογή σχεδιασμού αμφιθεάτρου σε εκπαιδευτικό ίδρυμα

1) *Κτιριολογικό πρόγραμμα απαιτήσεων για την κατασκευή συγκροτήματος αμφιθεάτρων στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.*

Σκοπός του προτεινόμενου συγκροτήματος είναι η Σχολή Πολιτικών Μηχανικών να αποκτήσει αυτάρκεια σε διδακτικές αίθουσες και αμφιθέατρα, ώστε να μπορεί να διεξάγει απρόσκοπτα μαθήματα και εξετάσεις.

Η Συγκλητική Επιτροπή Πανεπιστημιακών Εγκαταστάσεων (ΣΕΠΕ) αναγνωρίζοντας τις τεκμηριωμένες ανάγκες της Σχολής σε νέους χώρους διδακτηρίων ενέκρινε στις 17 Ιουνίου 2008 την ανέγερση συγκροτήματος οκτώ αμφιθεάτρων συνολικού εμβαδού 1940 $μ^2$, σε ορισμένη οικοπεδική έκταση εντός της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

Στόχος του κτιριολογικού προγράμματος, που αναλύεται στη συνέχεια, είναι να περιγράψει στον μελετητή του έργου τις ανάγκες του εργοδότη σε χώρους, καθώς και κάποιες απαιτήσεις, αρχές και κατευθύνσεις σχεδιασμού που θα διέπουν αυτούς τους χώρους, ώστε να καλύψει η Σχολή τις κτιριακές της ανάγκες με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

1. Περιοχή ανέγερσης:

1.1. Το συγκρότημα των αμφιθεάτρων θα ανεγερθεί σε προβλεπόμενο χώρο που ανήκει στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Η περιοχή, ως θέση, έχει εγκριθεί από την Πρυτανεία του Ιδρύματος και φαίνεται σε συνημμένο τοπογραφικό διάγραμμα.

1.2. Ο προβλεπόμενος χώρος ανέγερσης στο νότιο και βορινό όριο του εφάπτεται με εσωτερικό οδικό δίκτυο της Πολυτεχνειούπολης από το οποίο μπορεί να έχουν πρόσβαση οχήματα που κινούνται από και προς το συγκρότημα των αμφιθεάτρων.

1.3. Το βορινό όριο ταυτίζεται με ρέμα λεκάνης απορροής όμβριων ευρύτερης περιοχής. Θα πρέπει να προβλεφθεί κατάλληλο δίκτυο απορροής και απομάκρυνσης όμβριων, στο οποίο θα απορρέει και μέρος των όμβριων που θα συγκεντρώνονται στο συγκρότημα των αμφιθεάτρων.

1.4. Η περιοχή ανέγερσης γειτνιάζει με άλλα κτίρια της Σχολής. Το προβλεπόμενο συγκρότημα με την χωροθέτηση και τον όγκο του θα πρέπει να μην αποκόψει πολύ από τη θέα που απολαμβάνουν τα υπάρχοντα κτίρια.

1.5. Το προτεινόμενο κτιριακό συγκρότημα πρέπει να δέσει ως μορφή και ως όγκος αρμονικά τόσο με το φυσικό περιβάλλον, όσο και με τα υπόλοιπα κτίρια της Σχολής, ώστε να δίνεται η εντύπωση ενός ενιαίου συνόλου και όχι μιας διασποράς κτιρίων. Για το σκοπό αυτό προτείνεται ο υπάρχων πεζόδρομος, που αποτελεί ήδη την σπονδυλική στήλη σύνδεσης των υπαρχόντων κτιρίων, να επεκταθεί κατάλληλα προς το συγκρότημα των αμφιθεάτρων. Για μορφολογικούς λόγους αλλά και για πρακτικούς λόγους άνεσης μετακινήσεων ατόμων κάτω από αντίξοες καιρικές συνθήκες προτείνεται η δημιουργία, κατά μήκος επί του πεζόδρομου, ελαφρού στεγάστρου που θα δέσει μορφολογικά όλα τα υπάρχοντα κτίρια της Σχολής από το κυλικείο της Σχολής (ανατολικό άκρο πεζόδρομου) με το προτεινόμενο συγκρότημα (δυτικό άκρο πεζόδρομου).

1.6. Το έδαφος της περιοχής ανέγερσης παρουσιάζει έντονη κλίση, την οποία καλείται να την εκμεταλλευτεί κατάλληλα ο μελετητής για τη δημιουργία χώρων στάθμευσης και άλλων χώρων βοηθητικών λειτουργιών.

2. Προβλεπόμενοι χώροι (βλέπε και σχετικό επισυναπτόμενο πίνακα χώρων):

Το συγκρότημα των αμφιθεάτρων προβλέπεται να εξυπηρετεί σε ώρες αιχμής τουλάχιστον 1300 άτομα (σπουδαστές, διδακτικό και διοικητικό προσωπικό, επισκέπτες) και περιλαμβάνει βασικά τους ακόλουθους χώρους:

2.1. Έξι αμφιθέατρα δυναμικού έκαστο 150 θέσεων ακρόασης, για χρήση διαλέξεων.

2.2. Ένα αμφιθέατρο 300 θέσεων ακρόασης, για χρήση κυρίως διαλέξεων. Αυτό το αμφιθέατρο θα διαθέτει επαρκή σκηνικό χώρο και για άλλες εκδηλώσεις πέραν της διδασκαλίας, όπως π.χ. απονομή διπλωματών και βραβείων σπουδαστών, διεξαγωγή μικρού συνεδρίου, κλπ.

2.3. Κάθε αμφιθέατρο θα διαθέτει τα εξής παραρτήματα χώρων:

- μικρό αποθηκευτικό χώρο για εκπαιδευτικό κλπ υλικό,
- μικρό χώρο ελέγχου μηχανολογικού εξοπλισμού αμφιθεάτρου (φωτισμός, προβολές, έλεγχος επιπέδου ήχου, κλπ)
- χώρο μικρό γραφείου αναμονής εκπαιδευτικού προσωπικού στα διαλείμματα,
- τους απαραίτητους χώρους αναμονής και εκτόνωσης, διαδρόμους και διόδους διαφυγής σε περίπτωση κινδύνου και ανάγκης εκκένωσης των χώρων, χώρους υγιεινής για φοιτητές, προσωπικό και Α.Μ.Ε.Α.

2.4. Ιδιαίτερα το μεγάλο αμφιθέατρο των 300 θέσεων θα πρέπει επί πλέον των ανωτέρω παραρτημάτων που διαθέτει κάθε αμφιθέατρο να διαθέτει και να συνδέεται:

- με θαλάμους μεταφραστών (δυνατότητα μετάφρασης ταυτόχρονα σε 3 γλώσσες) με άμεση εποπτεία προς το σκηνικό χώρο του αμφιθεάτρου,
- με χώρο προβολής (8mm & 16mm & Multiprojection 36mm).

Επίσης το μεγάλο αμφιθέατρο θα πρέπει να είναι χωροθετημένο κοντά στην κεντρική είσοδο και το χώρο υποδοχής του συγκροτήματος κοντά στο βεστιάριο και τους χώρους εποπτείας και ασφαλείας του κτιρίου.

2.7. Για τους χώρους στάθμευσης του συγκροτήματος των αμφιθεάτρων προβλέπεται:

- Οι σπουδαστές θα εξυπηρετούνται από τους υπάρχοντες χώρους στάθμευσης της Σχολής,
- Το διδακτικό, το διοικητικό και το οι λοιποί εργαζόμενοι στη Σχολή θα εξυπηρετούνται από τους υπάρχοντες χώρους στάθμευσης της Σχολής,
- Οι κοινοί επισκέπτες του συγκροτήματος των αμφιθεάτρων (περίπτωση συνεδρίου), θα εξυπηρετούνται επίσης από τους υπάρχοντες χώρους στάθμευσης της Σχολής, δεδομένου ότι αυτές οι δραστηριότητες θα εξυπηρετούνται σε μέρες και ώρες που δεν θα γίνονται μαθήματα.
- Οι επίσημοι επισκέπτες με τις συνοδείες τους (περίπτωση συνεδρίου, δεξιώσεων, κλπ), καθώς και τα Α.Μ.Ε.Α. θα εξυπηρετηθούν με ~15 νέες θέσεις στάθμευσης που θα δημιουργηθούν σε υπόγειο χώρο του συγκροτήματος.
- Επίσης σε ανοικτό χώρο σε επαφή με τα κτίρια του μεγάλου αμφιθεάτρου και κοντά σε αντίστοιχη πρόσβαση (κλιμακοστάσιο) του συγκροτήματος θα πρέπει να δημιουργηθούν 8 θέσεις για μεγάλα οχήματα (Πυροσβεστικής, ασθενοφόρου οχήματος, οχήματα μεταφοράς προϊόντων catering σε δεξιώσεις, οχήματα μετάδοσης σήματος σε τηλεοπτικές εκπομπές, Pullman, κλπ).
- Σε όλους τους χώρους στάθμευσης και πρόσβασης το δάπεδο θα είναι βιομηχανικό, έγχρωμο ανοικτού χρώματος και αντιολισθηρό.

2.8. Προβλέπεται χώρος υποσταθμού ΔΕΗ μέσης τάσης.

2.9. Προβλέπονται ηλεκτροπαραγωγό ζέυγη (HZ) για την ρευματοδότηση του συγκροτήματος σε περίπτωση αιφνίδιας διακοπής ρεύματος στο δίκτυο της ΔΕΗ,

2.10. Κεντρικό σύστημα κλιματισμού (Λέβητες, Ψύκτες, κλπ), για τον κλιματισμό θέρμανση και αερισμό παράλληλα και συμπληρωματικά με το σύστημα του βιοκλιματικού τρόπου κλιματισμού του συγκροτήματος.

3. Γενικές αρχές σχεδιασμού:

3.1. Ο μελετητής θα πρέπει να λάβει υπόψη του τον προσανατολισμό της περιοχής και των κτιρίων του, ώστε να εκμεταλλευθεί στο έπακρο το μικροκλίμα της περιοχής και να δημιουργήσει εντός και εκτός των κτιρίων ιδανικές συνθήκες άνεσης (φωτισμού, ηλιασμού, θέρμανσης, αερισμού – δροσισμού). Επισημαίνουμε ότι στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης λειτουργεί εδώ και αρκετά έτη μετεωρολογικός σταθμός ο οποίος έχει σημαντικά στοιχεία για το μικροκλίμα της περιοχής της Πολυτεχνειούπολης.

3.2. Ο μελετητής είναι ελεύθερος να προτείνει φύτευση στο δώμα των κτιρίων (επισκέψιμη περιοχή ή μη επισκέψιμη κατά την κρίση του). Επίσης προτρέπεται στην εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού της περιοχής (υπάρχει ανάλογο παράδειγμα σε άλλο κτίριο της Πολυτεχνειούπολης), ή εκμετάλλευση του ηλίου (φωτοβολταϊκά, τοίχοι αποθήκευσης θερμότητας, ηλιακά παράθυρα, κλπ τεχνικές), ή του ανέμου (αερισμός, δροσισμός, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας) για την εξοικονόμηση ενέργειας κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συγκροτήματος. Γενικά προτείνεται να μελετηθεί η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων του συγκροτήματος έτσι ώστε το έργο να αποτελέσει πιλοτικό παράδειγμα προς μίμηση και να ενταχθεί σε ανάλογα προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και να χρηματοδοτηθεί μέρος της κατασκευής του. Υπενθυμίζουμε ότι υπάρχουν πολλοί συνάδελφοι καθηγητές εντός του Ιδρύματος με σημαντική πείρα έτοιμοι να συμβάλλουν αφιλοκερδώς σε αυτή την κατεύθυνση, η συνεισφορά των οποίων δεν πρέπει να αγνοηθεί.

3.3. Στην περίπτωση που ο μελετητής θελήσει να εισάγει στο έργο του κατακόρυφες ή οριζόντιες επιφάνειες υγρού στοιχείου για λόγους αισθητικούς ή λειτουργικούς (πίδακες, μικρούς καταρράκτες ή μικρές λίμνες), αυτές θα πρέπει να είναι σε θέση, διάταξη και βάθος τέτοιο που να μη προκαλούν ατυχήματα σε σπουδαστές, ή τη διάθεση για παιγνίδια με το υγρό στοιχείο. Το νερό που θα απαιτηθεί θα πρέπει να προέρχεται από τοπική γεώτρηση να ανακυκλώνεται, να καθαρίζεται και να επαναχρησιμοποιείται.

3.4. Για τα αμφιθέατρα θα πρέπει να διεξαχθεί ειδική ακουστική μελέτη για την ηχομόνωση και ηχοπροστασία των χώρων και να μελετηθεί επιμελώς η ακουστική τους, ώστε υπαχθούν στην κατηγορία Α «υψηλής ακουστικής άνεσης», όπως επίσης να υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις που έχουν τεθεί από την απόφαση 23908 της 1.2/9.4.1991 (ΦΕΚ 208Β), παράγραφοι 6.2 έως και 6.5, που ισχύουν για αίθουσες συνεδριακών κέντρων, αιθουσών συνεδρίων κλπ, σε συνδυασμό με το άρθρο 12 του κτιριοδομικού κανονισμού (Υ.Α. 3046/304 ΦΕΚ 59/Δ/3.2.89) και γενικά η κατασκευή τους θα ακολουθεί τα κριτήρια των χώρων «συναθροίσεων».

- Στα αμφιθέατρα να μην υπάρχει πρακτικά η ανάγκη χρήσης μεγαφωνικής εγκατάστασης για συνήθεις ακροάσεις και χρήσεις της αίθουσας (διαλέξεις, κλπ).
- Στους διαδρόμους και τους λοιπούς χώρους ο θόρυβος από τους σπουδαστές και τον περίγυρο χώρο θα πρέπει να απαλύνονται μέσω κατάλληλου σχεδιασμού του χώρου καθώς και με τη χρήση επιλεγμένων υλικών επένδυσης των επιφανειών αυτών των χώρων.
- Ο θορυβώδης ηλεκτρο - μηχανολογικός εξοπλισμός του κτιρίου θα πρέπει να προβλέπεται σε θέσεις που να μην επιτρέπει την μετάδοση του θορύβου στον ευρύτερο χώρο. Επίσης θα πρέπει επίσης να προβλέπονται καλαίσθητα πετάσματα αποκοπής ή μείωσης του θορύβου και εγκατάστασης αντικραδασμικής βάσης στον εξοπλισμό αυτό για τη μη μεταφορά των δονήσεων με τη δημιουργία ηχογέφυρας μέσω των δομικών στοιχείων της κατασκευής.

3.5. Το συγκρότημα θα διαθέτει δική του γεννήτρια παραγωγής ρεύματος για την περίπτωση διακοπής της ηλεκτροδότησης από το δίκτυο, η οποία θα έχει αυτονομία τουλάχιστον πέντε ωρών, ώστε να δίνεται η ευκαιρία εκκένωσης του κτιρίου με ομαλές συνθήκες και μη βίαιης διακοπής της λειτουργίας των δραστηριοτήτων μέσα στους χώρους.

3.6. Το συγκρότημα των κτιρίων θα διαθέτει κεραία WF, με δυνατότητα ασύρματης σύνδεσης στο διαδίκτυο από όλα τα σημεία εντός και εκτός του κτιρίου.

3.7. Το συγκρότημα των κτιρίων θα διαθέτει τη δυνατότητα να επιτρέπει ή να απαγορεύει την λειτουργία κινητών τηλεφώνων μέσα στις αίθουσες και τα αμφιθέατρα.

3.8. Η πυρασφάλεια του συγκροτήματος θα πρέπει να προβλέπει:

- ΠΦ/ αυτόματο πιεστικό συγκρότημα αντιμετώπισης πυρκαγιάς
- Σταθμοί πυροσβεστικών μέσων και εργαλείων
- Πυροσβεστήρες, Sprinklers Inergen
- Πυροδιαμερίσματα (υαλοστάσια, θύρες)
- Πυροκουρτίνες
- Θύρες πανικού
- Πυροσβεστικοί κρουνοί
- Δίδυμα στόμια υδροληψίας
- Ανιχνευτές καπνού
- Κομβίο ηχητικής προειδοποίησης έναρξης πυρκαγιάς
- Διόδους διαφυγής και εκκένωσης των κτιρίων

3.9. Η κατακόρυφες επικοινωνίες θα πρέπει να προβλέπουν:

- Κλιμακοστάσια με πατήματα εφοδιασμένα με αντιολισθηρή ταινία
- Ανελκυστήρες ατόμων έκαστος χωρητικότητας 10 ατόμων,
- Ανελκυστήρας φορτίων κοντά στο μεγάλο αμφιθέατρο
- Όλοι οι χώροι θα πρέπει να είναι προσβάσιμοι από Α.Μ.Ε.Α., ακόμα και όταν οι ανελκυστήρες δεν λειτουργούν.

4. Ειδικές αρχές σχεδιασμού:

4.1. Το συγκρότημα των αμφιθεάτρων θα πρέπει να έχει μια τέτοια διάταξη που για λόγους ασφαλείας να μπορεί να είναι προσβάσιμο είτε στο σύνολο των χώρων του (περίπτωση μαθημάτων), είτε σε τμήμα μόνο των χώρων του (περίπτωση συνεδρίου εκτός ωραρίου και ημερών διδασκαλίας). Πιο συγκεκριμένα προτείνεται να επιτρέπεται εναλλακτικά η πρόσβαση είτε:

- Σε όλο το συγκρότημα,
- Μόνο στο μεγάλο αμφιθέατρο με τα παραρτήματά του (βλ 2.3 και 2.4),
- Μόνο στο μεγάλο αμφιθέατρο των 300 θέσεων με τα παραρτήματά του (βλ 2.3 και 2.4), καθώς και σε ένα ακόμα γειτονικό αμφιθέατρο των 150 θέσεων, για την περίπτωση συνεδρίου με παράλληλες εκδηλώσεις.

Με την έννοια του ορίου της επιτρεπτής επισκεψιμότητας θα πρέπει να προσαρμόζεται για λόγους οικονομίας ενέργειας, ανάλογα και αυτόματα η λειτουργία ηλεκτρο - μηχανολογικών παραμέτρων του συγκροτήματος (κλιματισμός, φωτισμός, κλπ).

4.2. Ο χώρος υποδοχής του συγκροτήματος προτείνεται να διακοσμηθεί κατάλληλα σε επιλεγμένες περιοχές στον τοίχο με εφυαλωμένα πλακίδια, είτε στα υαλοστάσια με vitreaux με αφηρημένες παραστάσεις από το έργο (ή έργα) των πολιτικών μηχανικών. Αυτές οι περιοχές διακόσμησης θα αναβάθμιζαν την αισθητική του χώρου και θα μπορούσαν παράλληλα να αποτελέσουν αντικείμενο εσωτερικού διαγωνισμού πρότασης ιδεών μεταξύ σπουδαστών και εργαζομένων, είτε ακόμα και με ευρύτερη συμμετοχή εξωτερικών παραγόντων.

4.3. Τμήμα της ψευδοροφής και κάποιων εκ των κατακόρυφων πετασμάτων επένδυσης της παρειάς των αμφιθεάτρων να μπορούν να εξυπηρετούν την ακουστική του χώρου. Η μορφή και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά αυτών θα προκύψουν από την ειδική ακουστική μελέτη της αίθουσας.

5. Ειδικές απαιτήσεις εξοπλισμού:

5.1. Κάθε αμφιθέατρο θα είναι εξοπλισμένο με:

- Διπλούς επάλληλους ανασυρόμενους πίνακες κιμωλίας και σύστημα φωτισμού του πίνακα,
- οθόνη προβολής διαφανειών (επισκόπιο – διασκόπιο),
- Διπλό σύστημα οθόνης και προβολέα σήματος video ενσύρματου και ασυρμάτου σήματος. Το ενσύρματο σύστημα θα καταλήγει στη θέση του ομιλητή.
- Σύστημα ελέγχου του φωτισμού του αμφιθεάτρου και από τη θέση του ομιλητή (π.χ. επιλογή συσκότισης αίθουσας λόγω προβολής)
- Μεγαφωνική εγκατάσταση για την μετάδοση συνηθισμένων ανακοινώσεων (Paging Calls), επειγουσών ανακοινώσεων (emergency announcements), προμαγμητοφωνημένων μηνυμάτων, μετάδοση ήχου και μουσικής background προς το ακροατήριο. Τα μεγάφωνα θα τοποθετηθούν στην οροφή και σε ηχοστήλες σύμφωνα με την ακουστική μελέτη των χώρων.
- Τηλεφωνική εγκατάσταση
- Ενσύρματη πρόσβαση προς το Διαδίκτυο.
- Μικρό νιπτήρα με παροχή και αποχέτευση νερού για πλύσιμο χειρών από τις κιμωλίες
- Φωτισμό ασφαλείας και σήμανσης εξόδων σε περίπτωση διακοπής ρεύματος

5.2. Το μεγάλο αμφιθέατρο θα είναι επί πλέον εφοδιασμένο με:

- Κεραία εκπομπής σημάτων για μετάφραση σε τρεις συχνότητες (3 γλώσσες)
- σύστημα προβολής σήματος video συνδεδεμένο με διαδραστικό πίνακα, με Η/Υ στο γραφείο υποστήριξης συνεδρίων και με την έδρα.
- Σύστημα λήψης και προβολής σήματος video συνδεδεμένο με κάμερες εντός της αίθουσας και ελεγχόμενο από το γραφείο υποστήριξης συνεδρίου (βλ. γραφείο ανάπαυσης καθηγητών κατά το διάλειμμα) για την καταγραφή – ηχογράφηση και παρουσίαση των ομιλητών. Το σήμα αυτό θα μπορεί επιλεγμένα να μεταδίδεται επιλεκτικά και σε άλλα σημεία του κτιρίου εντός και εκτός αμφιθεάτρου μέσω οθονών.

- Μικροφωνικό σύστημα με επιτραπέζιες συσκευές για τα μέλη του προεδρείου και χωνευτές συσκευές στα μπράτσα των καθισμάτων για τους συνέδρους της αίθουσας με δυνατότητα χρήσης μικροφώνου εφοδιασμένα με φωτεινό δακτύλιο, κομβίο αιτήσεων ομιλίας, λυχνία led αποδοχής της αιτήσεως, λυχνία led ενεργοποίησης μικροφώνου, ανάγνωση κάρτας ταυτότητας συνέδρου και ενδεικτική λυχνία led αποδοχής αυτής και ψηφοφορία κοινοβουλευτικού τύπου (ναι –όχι- αποχή), ή πέντε επιλογών και αυτόματη παρουσίαση σε προβολή της ψηφοφορίας προς τους συνέδρους.

5.3. Στους κοινόχρηστους χώρους του συγκροτήματος των κτιρίων προβλέπεται η ύπαρξη 4 καρτοκινητών τηλεφώνων του ΟΤΕ.

6. Υλικά δόμησης που θα προταθούν:

6.1. Η εποχή μας επιβάλει τη χρήση οικολογικών δομικών υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, ανακυκλώσιμων, μη ενεργοβόρων στην παραγωγή τους, που να μην αποδομούνται με τον χρόνο, ούτε που αποβάλλουν τοξικά ή επικίνδυνα υποπροϊόντα κατά τη διάρκεια χρήσης τους.

6.2. Οι εξωτερικές επιφάνειες των υλικών αυτών πέρα από την εμφάνιση τους θα πρέπει να καθαρίζονται εύκολα να είναι αντιστατικά (μη συγκέντρωση σκόνης), να μη καταστρέφονται εύκολα (περίπτωση βανδαλισμού), να μη καίγονται εύκολα, ούτε να προωθούν τη φλόγα (αυτοσβενύμενα), ούτε καιγόμενα να παράγουν τοξικά αέρια (π.χ πολυουρεθάνη), ή τοξικά απόβλητα. Οι τεχνικές της νανοτεχνολογίας προσφέρουν σήμερα αρκετά δομικά υλικά με προηγμένα χαρακτηριστικά τα οποία θα πρέπει ο μελετητής να εξετάσει και να προτείνει τα καταλληλότερα εξ αυτών κατά περίπτωση.

2) *Κτιριολογικό πρόγραμμα απαιτήσεων για την κατασκευή Συγκροτήματος Αμφιθεάτρων στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.*

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΩΡΩΝ ΜΕ ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΜΒΑΔΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ /ΧΩΡΟ

α/α χώρων	είδος προτεινόμενου χώρου	προτεινόμενο εμβαδό/χώρο (μ2)	αριθμός ομοίων χώρων	Συνολικό εμβαδό ($μ^2$)	παρατηρήσεις
A	**Πρωτεύοντες χώροι κυρίας χρήσης**				
1	**Α.1. Χώροι αμφιθεάτρων**				
	Α.1.1. Αμφιθέατρο 150 θέσεων ακρόασης, για χρήση διαλέξεων.	180	6	1080	Στην επιφάνεια αυτή περιλαμβάνεται ο χώρος καθισμάτων (μονίμων ή κινητών) και ο χώρος που καταλαμβάνει η έδρα των ομιλητών και η σκηνή
	Α.1.2. Αμφιθέατρο 300 θέσεων ακρόασης, για χρήση διαλέξεων	370	1	370	Στην επιφάνεια αυτή περιλαμβάνεται ο χώρος καθισμάτων (μονίμων ή κινητών) και ο χώρος που καταλαμβάνει η έδρα των ομιλητών και η σκηνή. Αυτό το αμφιθέατρο θα διαθέτει λίγο μεγαλύτερο σκηνικό χώρο και για άλλες εκδηλώσεις πέραν της διδασκαλίας, όπως απονομή διπλωματών και βραβείων σπουδαστών, δυνατότητα διεξαγωγής μικρού συνεδρίου, κλπ.
	Α.1.2.1. θάλαμοι μεταφραστών	6	2	12	Δυνατότητα ταυτόχρονης μετάφρασης σε 3 γλώσσες - θέση με άμεση εποπτεία προς το σκηνικό χώρο του αμφιθεάτρου (τηρείται το ISO 2603)
	Α.1.2.2. θάλαμος προβολής (8mm & 16mm & Multiprojection 36mm)	10	1	8	Ο χώρος αυτός μπορεί να συνδυαστεί και με τον 2.2. (βλ. κατωτέρω), για δημιουργία μεγαλύτερου χώρου.
2	**Α.2. συνοδευτικοί χώροι <u>κάθε</u> αμφιθεάτρου**				
	Α.2.1. Μικρός αποθηκευτικός χώρος	10	6	60	κατά προτίμηση σε άμεση επαφή με την αίθουσα του αμφιθεάτρου
	Α.2.2. Χώρος ελέγχου ηλεκτρο/μηχανολογικού εξοπλισμού αμφιθεάτρου.	5	6	30	κατά προτίμηση σε άμεση επαφή με την αίθουσα του αμφιθεάτρου
	Α.2.3. χώρος γραφείου αναμονής εκπαιδευτικού προσωπικού στα διαλείμματα με w.c. και προθάλαμο με νιπτήρα	15	6	90	κατά προτίμηση σε άμεση επαφή με την αίθουσα του αμφιθεάτρου. Ειδικά στο μεγάλο αμφιθέατρο ο χώρος αυτός ενισχύεται με εξοπλισμό, ώστε να μπορεί να παίξει ρόλο γραφείου υποστήριξης συνεδρίου

3	**Α.3. κοινόχρηστοι χώροι συγκροτήματος**				
	Α.3.1. ανεμοφράκτης εισόδου	20	2	40	min βάθος 2.80μ.
	Α.3.2. χώρος υποδοχής και εκτόνωσης αμφιθεάτρων,	……	…….	100	Αυτές οι επιφάνειες είναι ενδεικτικές και θα προκύψουν πρακτικά από τη διάταξη των χώρων. Περιλαμβάνονται καρτο- τηλεφωνικοί θάλαμοι, καθιστικά, βεστιάριο επισκεπτών 6μ^2., πληροφοριακοί πίνακες κλπ. Ο χώρος να μπορεί να στεγάσει μικρή περιοδική έκθεση αντικειμένων (προπλάσματα, αφίσες, οικοδομικά υλικά κλπ). Μέρος των τοίχων ή των υαλοστασίων προτείνεται να διακοσμηθούν με παραστάσεις από το έργο των πολιτικών μηχανικών
	Α.3.3. διάδρομοι διαφυγής σε περίπτωση κινδύνου	…….	…….	86	Αυτές οι επιφάνειες είναι ενδεικτικές και θα προκύψουν πρακτικά από τη διάταξη των χώρων και τη μελέτη πυροπροστασίας και βιαίας εκκένωσης του κτιρίου.
	Α.3.4. γραφείο ασφαλείας και θυρωρών	12	1	12	Με σύγχρονα συστήματα εποπτεύεται η ασφάλεια όλου του χώρου του συγκροτήματος
	Α.3.5. γραφείο ελέγχου πυρκαϊάς	12	1	12	Σε μιμικό πίνακα ελέγχονται όλοι οι χώροι και τα μέσα αντιμετώπισης του προβλήματος
	Α.3.6. Χώρους υγιεινής σπουδαστών, επισκεπτών, εργαζομένων	~1.60	30	48	min αριθμός 6+2Χ, όπου Χ = 1WC/100 άτομα. Αυτές οι θέσεις συνδυάζονται σε συγκροτήματα ανδρών - γυναικών, και χωροθετούνται σε κατάλληλες θέσεις κατά την κρίση του μελετητή
	Α.3.7. Χώρους υγιεινής ΑΜΕΑ	~3.2	3	10	οι θύρες των χώρων αυτών θα ανοίγουν προς τα έξω
	ΣΥΝΟΛΟ ΕΜΒΑΔΟΥ ΚΥΡΙΩΝ ΧΩΡΩΝ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ	>>>>>	>>>>>	**1940**	
Β	**Βοηθητικοί υπόγειοι χώροι, (στάθμευσης, αποθήκευσης και Η/Μ Εγκαταστάσεων).**				
	Β.1. Στεγασμένοι χώροι στάθμευ-σης (επισήμων, ΑΜΕΑ, κλπ)		7	100	Σε υπόγειο του συγκροτήματος ή παραπλεύρως αυτού, αλλά πολύ κοντά σε σύστημα κατακόρυφου επικοινωνίας του συγκροτήματος (κλιμακοστάσιο -ανελκυστήρας)
	Β.2. Ανοικτοί χώροι στάθμευσης (για μεγάλα οχήματα τροφοδοσίας, πυροσβεστικής, ασθενοφόρο όχημα, pullman, κλπ)		8	……	εκτός συγκροτήματος, αλλά πολύ κοντά σε σύστημα κατακόρυφου επικοινωνίας του συγκροτήματος (κλιμακοστάσιο -ανελκυστήρας)

	Β.3. Χώρος κλιματιστικών μονάδων Φ.Α. & αντίστοιχο Μηχανοστάσιο. Αεροστάσιο εντός εδάφους ή εγκατάσταση στο δώμα.		1	65	Το Αεροστάσιο εντός εδάφους, νοείται εκτός περιγράμματος κτηρίου, λόγω της επαφής του με τον ατμοσφαιρικό αέρα.
	Β.4. Μηχανοστάσια ανελκυστήρων		….	20	
	Β.5. Υποσταθμός ΔΕΗ		1	25	
	Β.6. Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (Η/Ζ)		1	20	
	Β.7. Μηχανοστάσιο ελέγχου νερού (πιεστικό σύστημα πυρόσβεσης, σιντριβανιών, αυτομάτου ποτίσματος, υδάτινων επιφανειών, κλπ)		1	20	
	Β.8. Μικρή αποθήκη φύλαξης εργαλείων συντήρησης περιβάλλοντος φυσικού χώρου και αλλαγής ενδυμασίας εργατών με 1 W.C., 2 νιπτήρες και 1 ντουζιέρα	25	1	25	
ΣΥΝΟΛΟ ΕΜΒΑΔΟΥ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΧΩΡΩΝ Η/Μ		>>>>>	>>>>>	**275**	
ΣΥΝΟΛΟ ΕΜΒΑΔΟΥ ΚΥΡΙΩΝ & ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ		>>>>>	>>>>>	**2215**	

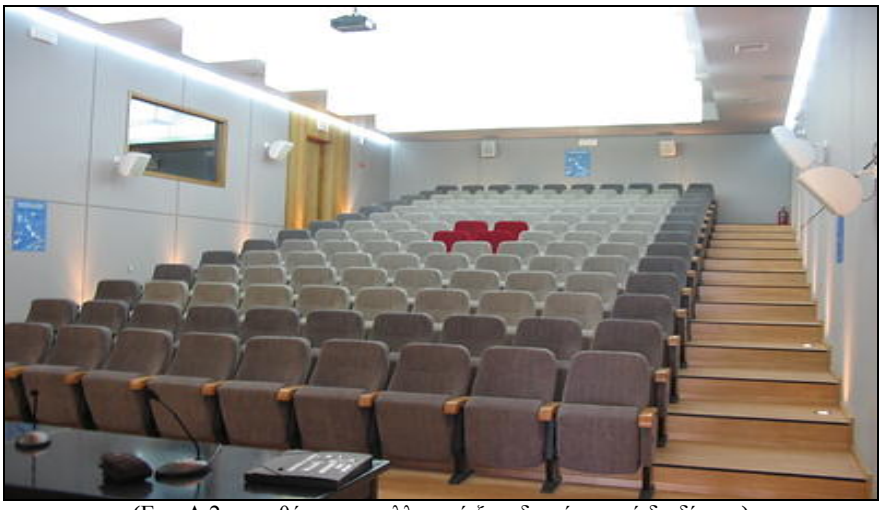
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Έκθεση και σχολιασμός επιλεγμένων αμφιθεάτρων

1) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟ DEREE ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ 100 ΘΕΣΕΩΝ

(Εικ. Α.1, αμφιθέατρο στο Deree 100 θέσεων, πηγή διαδίκτυο)

2) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙ0



(Εικ. Α.2, αμφιθέατρο σε ελληνικό ξενοδοχείο, πηγή διαδίκτυο)

Hotel ELIES Conference Amphitheater

From summer 2005, Hotel ELIES offers a high design fully equipped Amphitheater. It accommodates 150 people and it is designed to offer full safety and comfort. It is accessible to people with movability difficulties. The Amphitheater is designed to properly orient for Conferences, Meetings, Conventions, Presentations, Education Seminars, Projections, small Concerts etc.

Concerning Safety the Amphitheater offers :

- 3 Entrances - Safety Exits with easy direct access to outdoor, for easy and quick walk-out .
- Active and inactive fire-safety .
- Safety lighting .
- Anti Panic reading desks .

Concerning Comfort the Amphitheater offers :

- Theater type seats with anatomic design for long lasting seating. All of them are equipped with Anti panic reading desks .
- Air condition (freezing - heat) .
- Ventilation .
- Special studied sound installation to avoid fatigue.
- Sound isolation.
- Sound immersion .
- Heat insulation

Concerning equipment and installations the Amphitheater offers :

- Visual projection systems : Video projector, slide projector, transparency projector , Video, TV, DVD player, electrical screen etc.
- Conference system.
- Translation system .
- Sound and Dolby Surround installations.
- Screen lighting .
- Programmable lighting Dimmer .
- Remote control for all above functions .
- ISDN Internet Access.

3) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ Β. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΥ

(Εικ. Α.3, αμφιθέατρο Ξανθόπουλου, πηγή διαδίκτυο)

4) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΤΟΥ BADMINTON

(Εικ. Α.4, αμφιθέατρο BADMINTON, πηγή διαδίκτυο)

5) ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ (ΠΑΤΡΩΝ)

(Εικ. Α.5, πανεπιστημιακό αμφιθέατρο Πατρών, πηγή διαδίκτυο)

6) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΩΝ ΔΟΥΚΑ

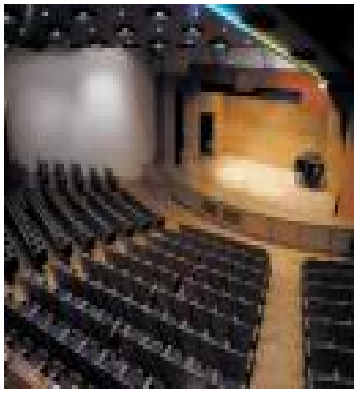
(Εικ. Α.6, αμφιθέατρο εκπαιδευτηρίων Δούκα, πηγή διαδίκτυο)

7) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΤΗΣ ΓΑΙΑ

(Εικ. Α.7, αμφιθέατρο της Γαία, πηγή διαδίκτυο)

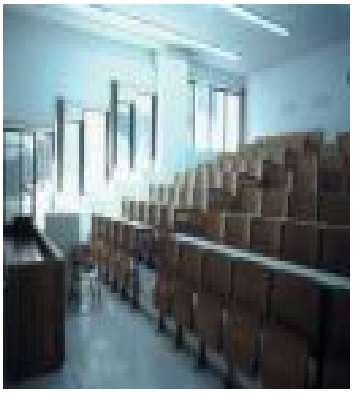
8) ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΑ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

α)ΕΚΔΗΛΩΣΕΩΝ



(Εικ. Α.8α, αμφ/τρο εκδηλώσεων Μακεδονίας, πηγή διαδίκτυο)

β)ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ



(Εικ. Α.8β, αμφ/τρο διδασκαλίας, πηγή διαδίκτυο)

9) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ

(Εικ. Α.9, αμφιθέατρο, πηγή διαδίκτυο)

Το αμφιθέατρο είναι 132 θέσεων και είναι εξοπλισμένο με προηγμένο σύστημα παρουσιάσεων, συνδιασκέψεων πολλών σημείων και μετάδοσης της συνεδρίας μέσα από το διαδίκτυο. Έχει δυνατότητα για ταυτόχρονη μετάφραση σε 2 γλώσσες με ασύρματη μετάδοση, μικροφωνική εγκατάσταση με μικρόφωνα διάσπαρτα στα καθίσματα και ασύρματο δίκτυο wi-fi. Επίσης υπάρχει δυνατότητα για εγγραφή της συνεδρίας σε DVD.

10) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟ ΤΕΛΛΟΓΛΕΙΟ ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΩΝ(ΑΠΘ)

(Εικ. Α.10, αμφιθέατρο στο Τελλόγλειο ίδρυμα τεχνών, πηγή διαδίκτυο)

Το Τελλόγλειο Ίδρυμα Τεχνών Α.Π.Θ. διαθέτει ένα πλήρως εξοπλισμένο συνεδριακό κέντρο, ικανό να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις συνεδρίων και σεμιναρίων υψηλού

επιπέδου, τόσο από άποψη αισθητικής, όσο και από άποψη λειτουργικότητας. Η χωρητικότητα του ανέρχεται στις 230 θέσεις, με πρόβλεψη για την πρόσβαση και εξυπηρέτηση ατόμων με ειδικές ανάγκες. Εφοδιασμένο με τα τελειότερα ηχητικά συστήματα και διαθέτοντας ένα πλήρως εξοπλισμένο κέντρο ελέγχου, επιτρέπει τον άρτιο συντονισμό των ομιλιών και των παρεμβάσεων από τους συμμετέχοντες. Διαθέτει έδρανο προεδρείου πέντε θέσεων με ισάριθμα μικρόφωνα και μεμονωμένο έδρανο ομιλητή.
Το αμφιθέατρο του Ιδρύματος πλαισιώνεται από βοηθητικούς χώρους ικανούς να αξιοποιηθούν ποικιλοτρόπως για την διοργάνωση συνοδευτικών εκδηλώσεων (ανάρτηση πληροφοριακού υλικού, γραμματειακή υποστήριξη κ.α.). το συνεδριακό κέντρο υποστηρίζεται από τρία μεταφραστικά κέντρα, τα οποία επιτρέπουν την ταυτόχρονη μετάφραση των ανακοινώσεων σε τρεις γλώσσες, δύο ηλεκτροκίνητες οθόνες, προβολέα με δυνατότητες παρουσίασης video, TV, CD-ROM, PC, δύο προβολείς διαφανειών και επιδιασκόπιο.

11) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΘΕΣ/ΚΗΣ

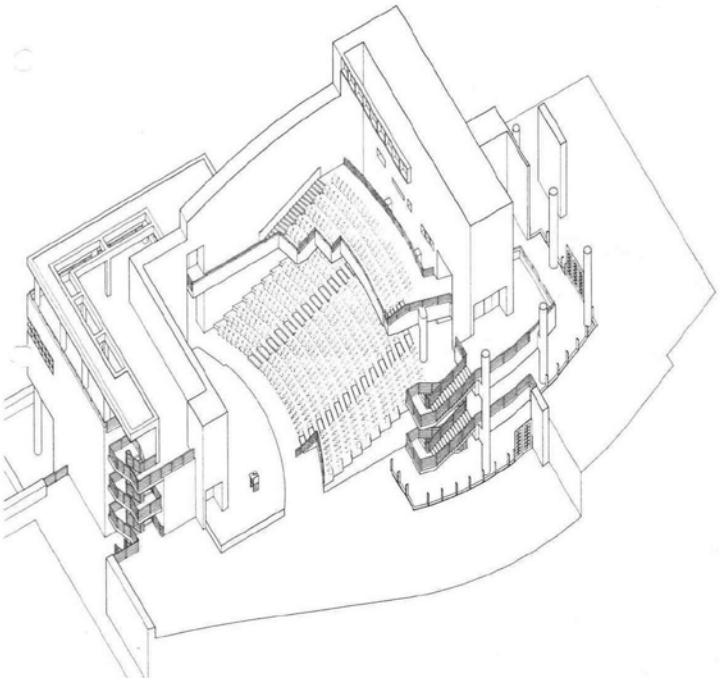
(Εικ. Α.11, αμφιθέατρο στο Τεχνολογικό Πάρκο Θεσ/κης, πηγή: διαδίκτυο)

Το Αμφιθέατρο διαθέτει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- Οθόνη Προβολής
- Οθόνη Florence
- Μαγνητοφώνηση
- Μικροφωνική εγκατάσταση
- Slide Projector
- Overhead Projector
- Video VHS
- Ασύρματο Μεταφραστικό Σύστημα
- 3 Αίθουσες μεταφραστών
- Προβολικό σύστημα μέσω Η/Υ (Barco System)
- Τηλεδιάσκεψη (Videoconference)
- Ηλεκτρονικό Υπολογιστή
- Σύνδεση στο Internet
- Laser Pointer

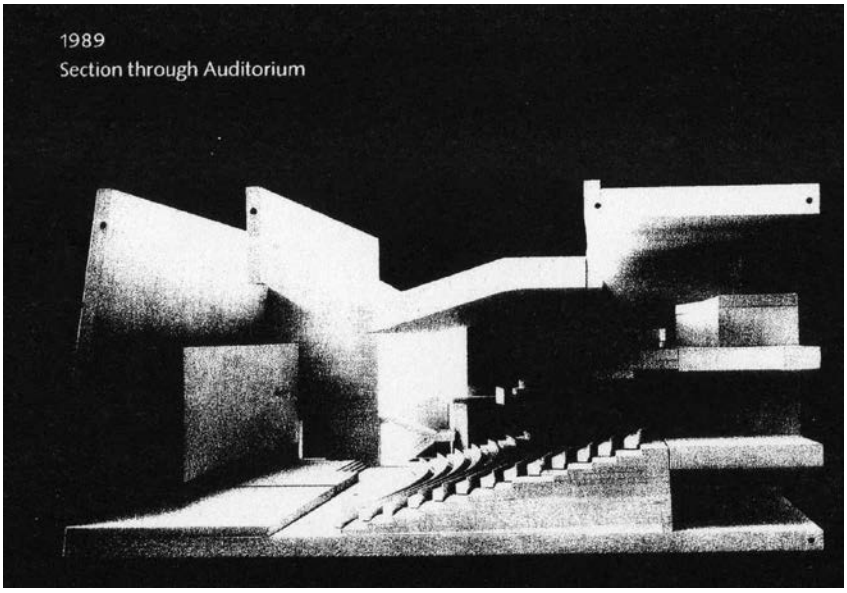
12) THE GETTY CENTER

- Προοπτικό σχήμα του αμφιθεάτρου



(Εικ. Α.12α, προοπτικό σχήμα αμφιθεάτρου στο 'GETTY CENTER, πηγή 3)

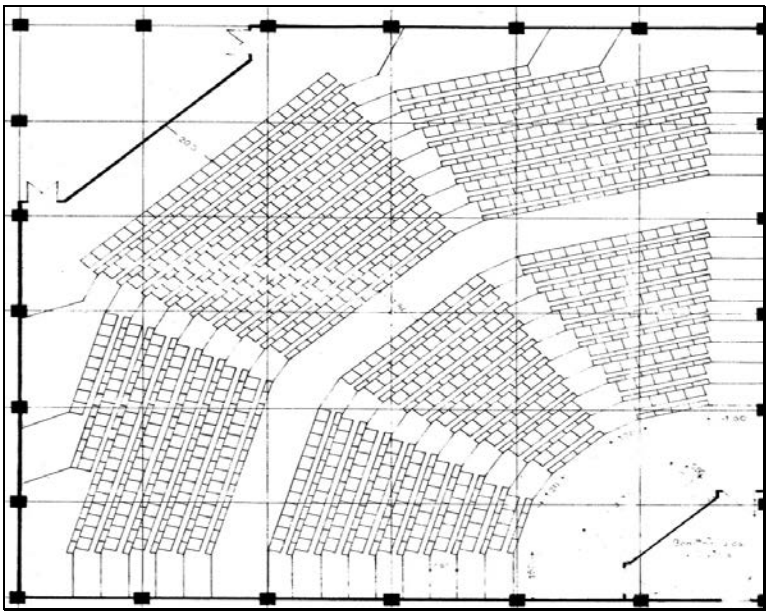
- Τομή του αμφιθεάτρου



(Εικ. Α.12β, τομή του αμφιθεάτρου στο GETTY CENTER, πηγή 3)

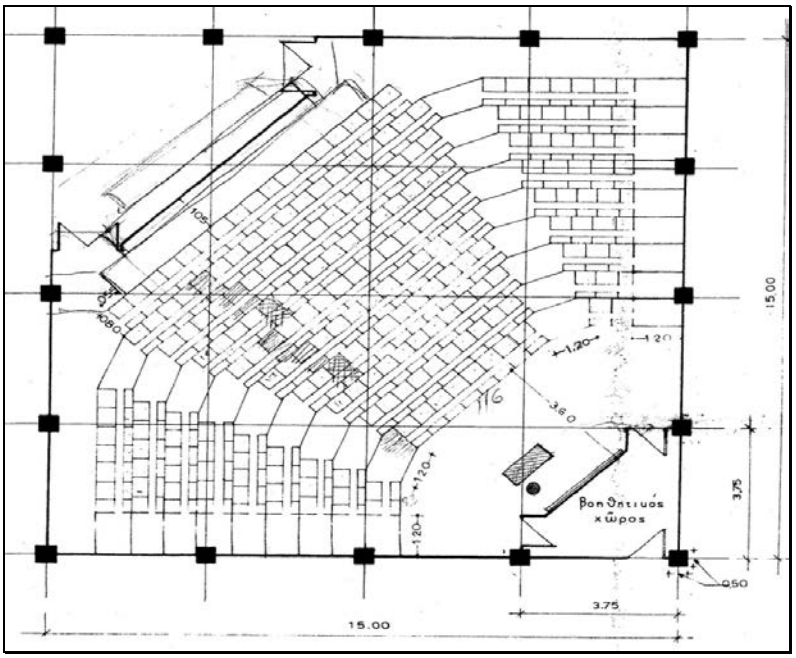
13) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΑ ΣΧΟΛΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΕΜΠ

- Αμφιθέατρο 600 θέσεων



(Εικ. Α.13α, κάτοψη αμφιθεάτρου 600 θέσεων, πηγή 18)

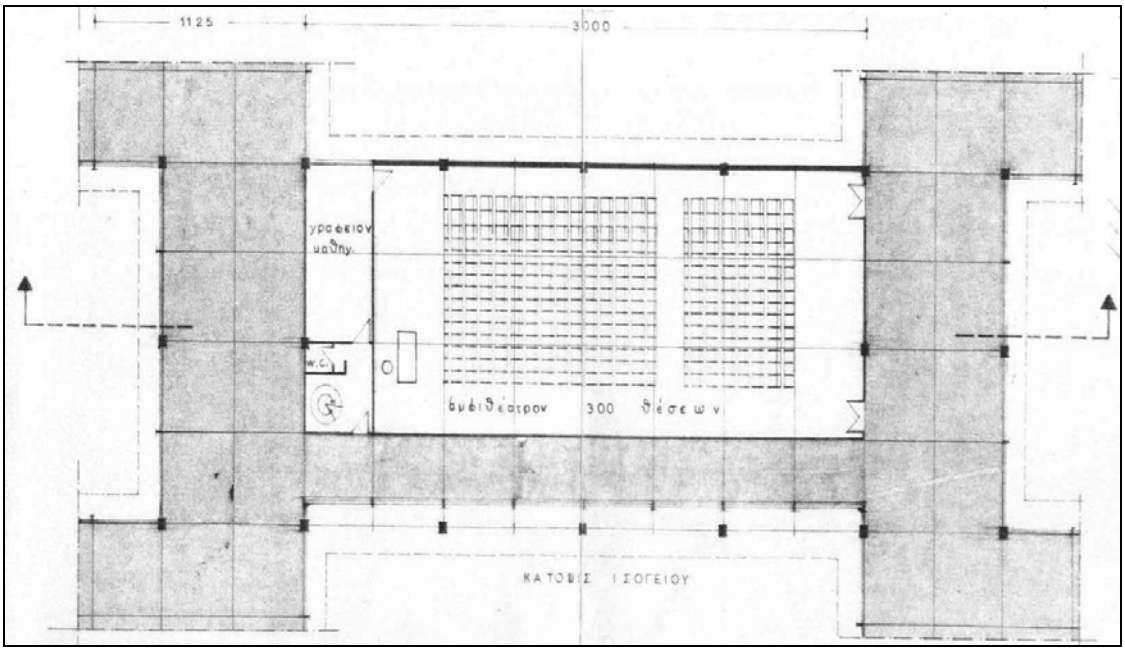
- Αμφιθέατρο 182 θέσεων



(Εικ. Α.13β, κάτοψη αμφιθεάτρου 182 θέσεων, πηγή 18)

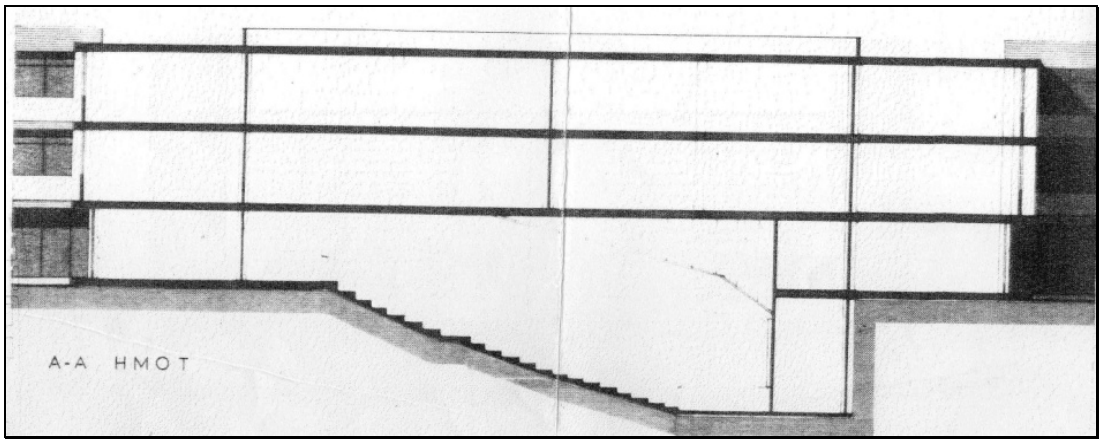
14) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΧΟΛΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ

- Κάτοψη



(Εικ. Α.14α, κάτοψη αμφιθεάτρου σχολής πολ. μηχ. ΕΜΠ, πηγή 19)

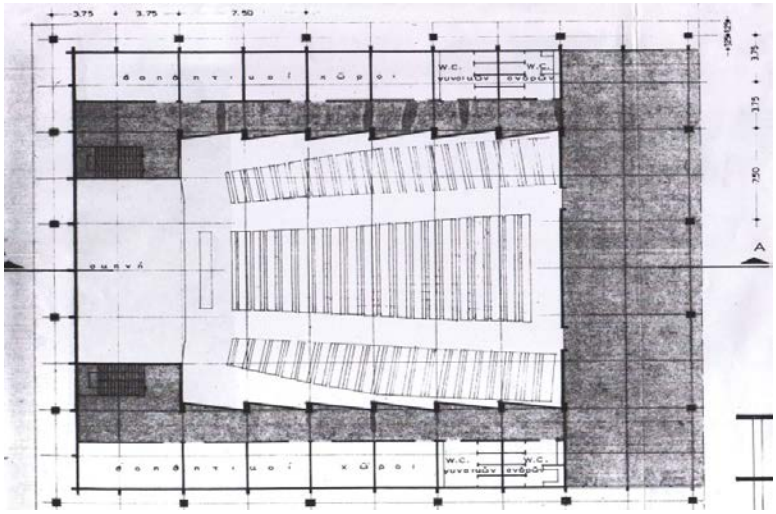
- Τομή

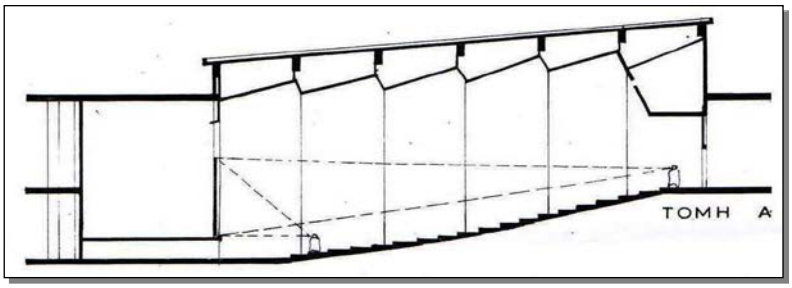


(Εικ. Α.14β, τομή αμφιθεάτρου σχολής πολ. μηχ. ΕΜΠ, πηγή 19)

15) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΔΙΟΙΚΗΣΕΩΣ ΣΧΟΛΩΝ

Κάτοψη





(Εικ. Α. 15, κάτοψη και τομή του αμφιθεάτρου διοίκησης σχολών, πηγή 19)

16) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ MONTMUZARD ΣΤΗ ΓΑΛΛΙΑ

(Εικ. Α.16, αμφιθέατρο στη Montmuzard, πηγή 4)

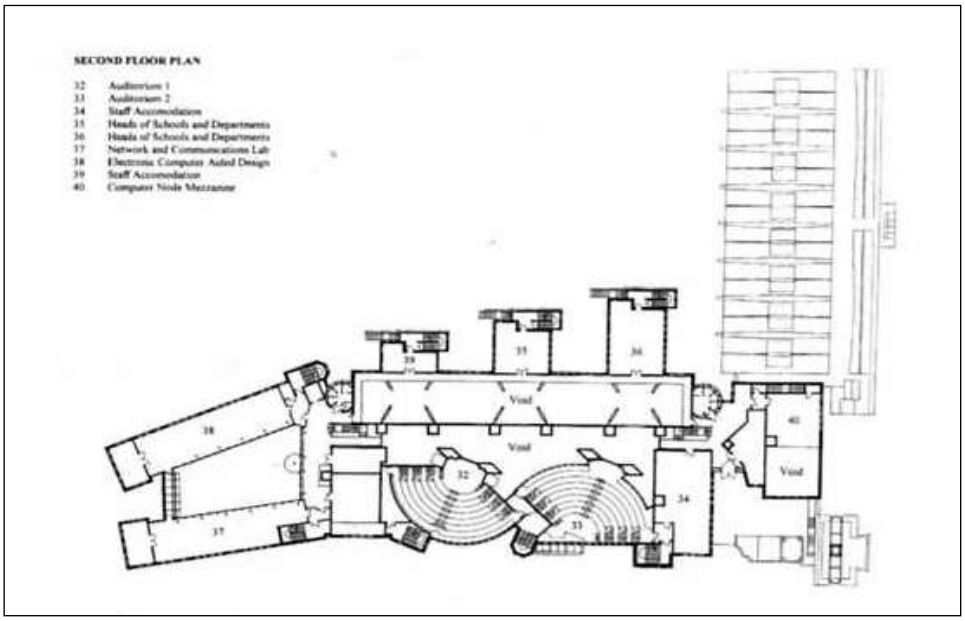
17) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΟΥ CAMBRIDGE

(Εικ. Α.17, αμφιθέατρο στο Cambridge, πηγή 4)

18) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟ DE MONTFORD UNIVERSITY (QUEEN'S BUILDING-ΑΓΓΛΙΑ)

(Εικ. Α.18α, αμφιθέατρο στο De Montford University, πηγή 4)

- Κάτοψη

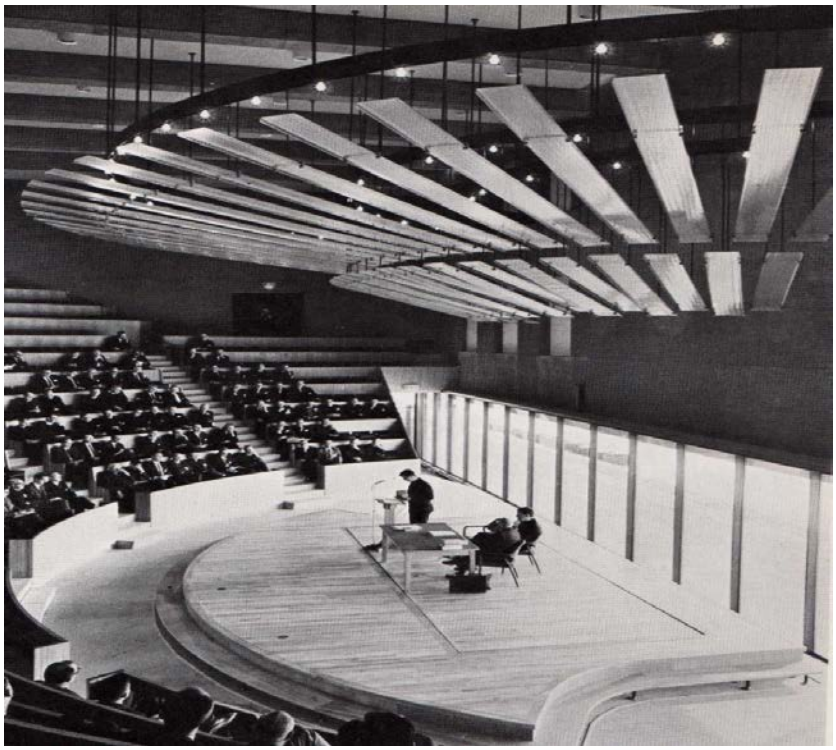


(Εικ. Α.18β, κάτοψη αμφιθεάτρου στο De Montford University, πηγή 4)

19) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟ AVEIRO ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ (ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ)

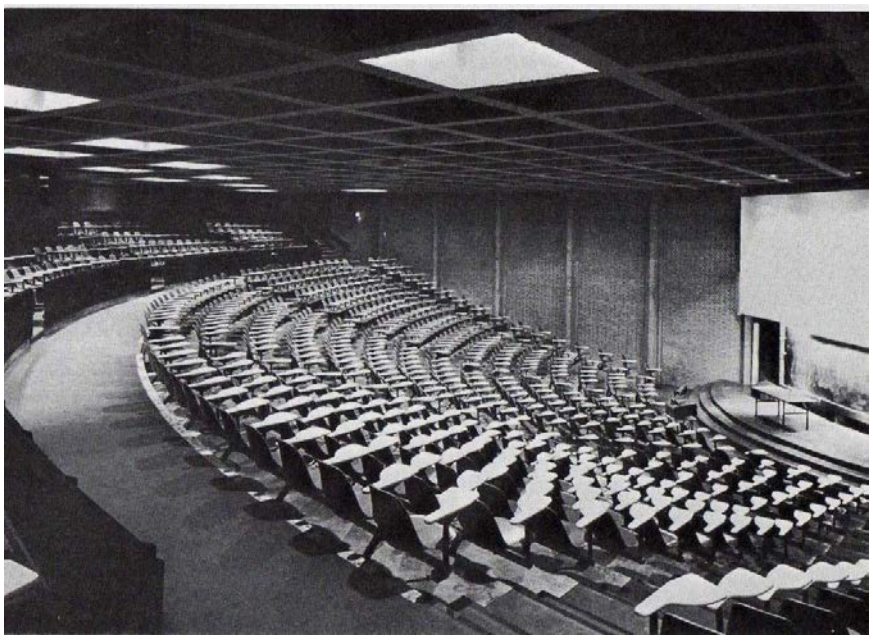
(Εικ. Α.19, αμφιθέατρο στο Aveiro, πηγή 4)

20) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΣΤΟ CHICAGO



(Εικ. Α.20, αμφιθέατρο στο Chicago, πηγή 5)

21) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ 650 ΘΕΣΕΩΝ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ MCGILL

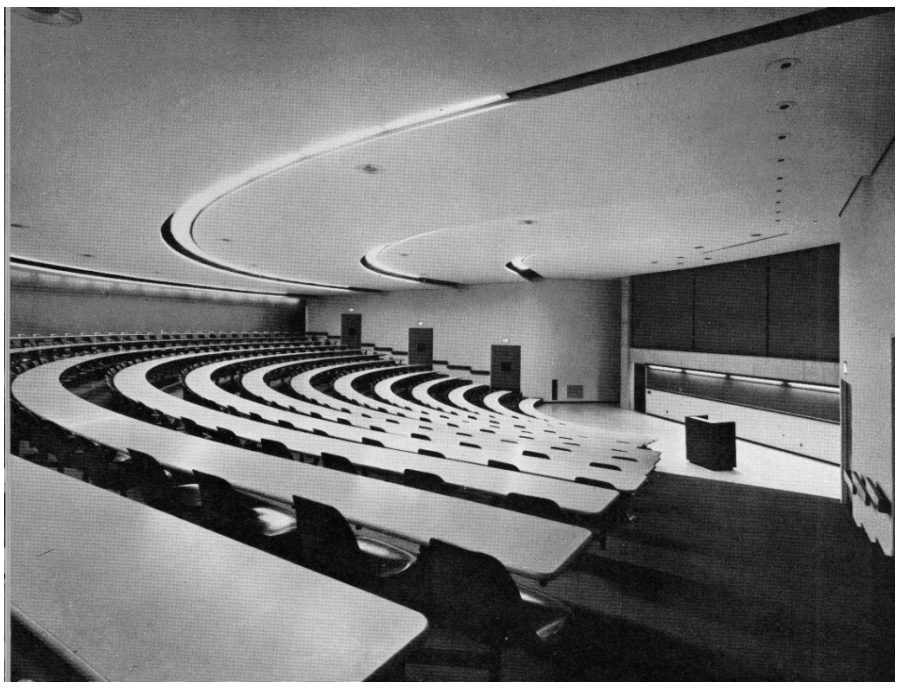


(Εικ. Α.21, αμφιθέατρο στο MCGILL, πηγή 5)

22) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟ AMHERST COLLEGE

(Εικ. Α.22, αμφιθέατρο στο Amherst College, πηγή 5)

23) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ STATE ΣΤΗ ΝΕΑ ΥΟΡΚΗ(BUFFALO)



(Εικ. Α.23, αμφιθέατρο στο State, πηγή 5)

24) ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΣΤΗ ΣΑΛΑΜΑΝΚΑ ΣΤΗΝ ΙΣΠΑΝΙΑ

(Εικ. Α.24, αμφιθέατρο συνεδρίου στη Σαλαμάνκα, πηγή 41)

25) ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΙΑΠΩΝΙΑ

(Εικ. Α.25, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων στην Ιαπωνία, πηγή 41)

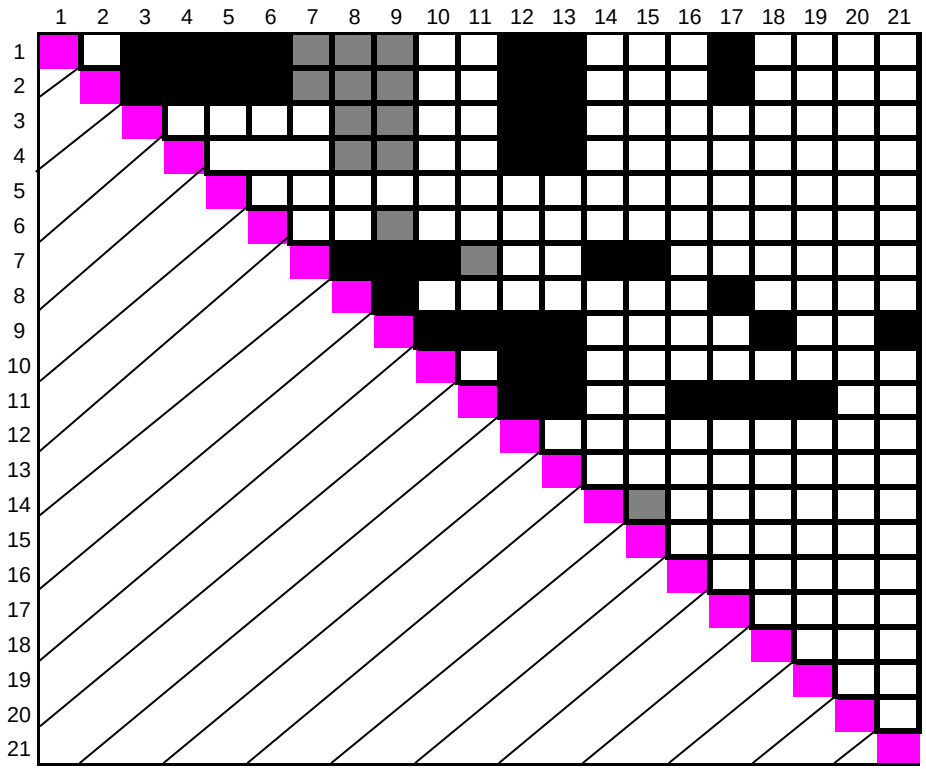
ΧΩΡΟΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΧΩΡΟΥ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΧΩΡΟΥ	Αρ. ατόμων	ΣΤΑΘΕΡΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΚΙΝΗΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	Εμβαδόν χώρου	Ύψος χώρου
Αμφιθέατρο 300 Θέσεων	Α.1.1	Χρήση για συνέδρια και διαλέξεις	300	Ακ*300, Αε*300, Απιν*2, Απ*2	Αγ*1, Ακ*1	370	5
Αμφιθέατρο 150 Θέσεων	Α.1.2	Χρήση για διαλέξεις	150	Ακ*150, Αε*150, Απιν*2, Απ*3	Αγ*1, Ακ*1	180	5
Θάλαμος μεταφραστών	Α.1.2.1	χώρος γραφείων μεταφραστών	3	ΘΜγ*3, ΘΜμ*3, ΘΜπ*1	ΘΜκ*1	6	2,7
Θάλαμος προβολής και χώρος ελέγχου Η/Μ εξοπλισμού	Α.1.2.2	Θάλαμος προβολής μηχανλήματος (8mm & 16mm & Multiprojection 36mm)	1	ΘΠγ*1, ΘΠμ*1, ΘΠπ*1	ΘΠκ*1	13	2,7
Μικρός αποθηκευτικός χώρος	Α.2.1	Μικρή αποθήκη για τα απαραίτητα ενός αμφιθεάτρου	1	ΑΧβ*3, ΑΧπ*1	ΑΧκ*1	10	2,7
Χώρος γραφείου αναμονής εκπαιδευτικού προσωπικού	Α.2.2	Γραφείο αναμονής εκπαιδευτικού προσωπικού με w.c και νιπτήρα	3	Γν*1, Γτ*1, Γπ*3, Γκθ*1	Γγ*1,Γκ*1	15	2,7
Ανεμοφράχτης εισόδου	Α.3.1	Πύλη συγκροτήματος αμφιθεάτρων	…	Π*1	_	20	2,7
Γραφείο ασφαλείας και θυρωρών	Α.3.2	Γραφείο θυρωρών	2	ΓΘβ*1, ΓΘγ*1, Γθο*3, ΓΘπ*1	ΓΘκ*2	12	2,7
Γραφείο ελέγχου πυρκαγιάς	Α.3.3	Γραφείο υπεύθυνου για έλεγχο πυρκαγιάς	1	ΓΠγ*1, ΓΠπ*1	ΓΠκ*1	12	2,7
Χώροι υγιεινής σπουδαστών, επισκεπτών, εργαζομένων	Α.3.4	w.c	1	w.c.ν*1, w.c.τ*1, w.c.π.*1, w.c.κθ*1	_	1,6	2,7
Χώροι υγιεινής ΑΜΕΑ	Α.3.5	w.c ΑΜΕΑ	1	w.c.Α.ν*1, w.c.Α.τ*1, w.c.Α.μ*2, w.c.Α.π.*1, w.c.Α.κθ*1	_	3,2	2,7
Χώροι κλιματιστκών μονάδων Φ.Α. & Μηανοστάσιο.	Β.1	Χώρος για κλιματιστικές μονάδες	1	ΧΚμσ*..., ΧΚπ*1	_	65	2,7
Μηχανοστάσια ανελκυστήρων	Β.2	Μηχανοστάσιο ανελκυστήρα	1	ΜΑμ*1, ΜΑπ*1	_	20	2,7
Υποσταθμός ΔΕΗ	Β.3	Χώρος ΔΕΗ	1	ΥΔμ*…, ΥΔπ*1	_	25	2,7
Ηλεκτροπαράγωγο ζεύγος (Η/Ζ)	Β.4	Χώρος γεννήτριας	1	Η/Ζγ*1, Η/Ζπ*1	_	20	2,7
Μηχανοστάσιο ελέγχου νερού	Β.5	Χώρος μηχανοστασίου ελέγχου νερού	1	ΜΝα*…, ΜΝπ*1	_	20	2,7

Μικρή αποθήκη φύλαξης εργαλείων συντήρησης περιβάλλοντος φυσικού χώρου και αλλαγής ενδυμασίας	Β.6	Αποθήκη φύλαξης εργαλείων συντήρησης περιβάλλοντος φυσικού χώρου και αλλαγής ενδυμασίας εργατών με 1 w.c., 2 νιπτήρες και 1 ντουζιέρα	4	ΑΕν*2, ΑΕτ*1, ΑΕντ*1, ΑΕρ*6, ΑΕπορ*3,	ΑΕντουλ.*1, ΑΕπ*1	25	2,7

Κωδικός	ΣΤΑΘΕΡΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	Κωδικός	ΚΙΝΗΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	Κωδικός
Α.1.1	Καθίσματα Έδρανα Πίνακας Πόρτες	Ακ Αε Απιν Απ	Γραφείο Καρέκλα	Αγ Ακ
Α.1.2	Καθίσματα Έδρανα Πίνακας Πόρτες	Ακ Αε Απιν Απ	Γραφείο Καρέκλα	Αγ Ακ
Α.1.2.1	Γραφεία Μικρόφωνα Πόρτα	ΘΜγ ΘΜμ ΘΜπ	Καρέκλες	ΘΜκ
Α.1.2.2	Γραφείο Multiprojection Πόρτα	ΘΠγ ΘΠμ ΘΠπ	Καρέκλα	ΘΠκ
Α.2.1	Βιβλιοθήκες Πόρτα	ΑΧβ, ΑΧπ	Καρέκλα	ΑΧκ
Α.2.2	Νιπτήρας Τουαλέτα Πόρτες Καθρέφτης	Γν Γτ Γπ Γκθ	Γραφείο Καρέκλες	Γγ Γκ
Α.3.1	Ανεμοφράχτης	Π	_	_
Α.3.2	Βιβλιοθήκη Γραφείο Οθόνες Πόρτα	ΓΘβ ΓΘγ ΓΘο ΓΘπ	Καρέκλες	ΓΘκ
Α.3.3	Γραφείο Πόρτα	ΓΠγ ΓΠπ	Καρέκλα	ΓΠκ
Α.3.4	Νιπτήρας Τουαλέτα Πόρτα Καθρέφτης	w.c.v w.c.τ w.c.π w.c.κθ	–	–
Α.3.5	Νιπτήρας Τουαλέτα Μπάρες Πόρτα Καθρέφτης	w.c.A.v w.c.A.τ w.c.A.μ w.c.A.π w.c.A.κθ	_	_
Β.1	Σωληνώσεις Πόρτα	ΧΚμσ ΧΚπ	–	–
Β.2	Μηχανικός εξοπλισμός ανελκυστήρα Πόρτα	ΜΑμ ΜΑπ	–	–
Β.3	Μ/τα ΔΕΗ Πόρτα	ΥΔμ ΥΔπ	–	–
Β.4	Γεννήτρια Η/Ζ Πόρτα	Η/Ζγ Η/Ζπ	–	–
Β.5	Αντλιοστάσια Πόρτα	ΜΝα ΜΝπ	–	–
Β.6	Νιπτήρες Τουαλέτα Ντουζιέρα Ράφια Πόρτες	ΑΕν ΑΕτ ΑΕντ ΑΕρ ΑΕπορ	Ντουλάπια Πάγκος	ΑΕντουλ ΑΕπ

ΧΩΡΟΙ	ΤΟΙΧΟΙ					ΔΑΠΕΔΑ				ΟΡΟΦΕΣ		ΣΟΒΑΤΕΠΙ		ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ				ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ		
	ΕΞΩΤΕΡ.	ΕΣΩΤΕΡ.		ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ										ΕΣ. ΤΟΙΧΟ		ΟΡΟΦΕΣ	ΠΟΡΤΕΣ ΜΕ ΚΑΣΕΣ			
	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ ΕΠΙ ΔΙΠΛΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΜΕ ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΚΑΙ ΤΟΙΧΕΙΟ	ΕΠΙΧΡΙΣΤΟΝΤΑΙ ΔΡΟΜΙΚΑ ΕΠΙ ΔΡΟΜΙΚΗΣ ΟΠΤΟΠ/ΔΟΜΗΣ	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ ΕΠΙ ΔΙΠΛΗΣ ΤΟΙΧΟΠ. ΜΕ ΦΥΛΛΟ ΜΟΛΥΒΔΟΥ	ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΜΕ ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΠΟΡΣΕΛΑΝΗΣ ΕΩΣ 2.20Μ	ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΜΕ ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΠΟΡΣΕΛΑΝΗΣ ΕΩΣ ΟΡΟΦΗ	ΑΜΙΑΝΤΟΒΥΝΙΛΙΚΑ ΠΛΑΚΑΚΙΑ	ΜΑΡΜΑΡΟ	ΓΑΡΜΠΙΛΟΜΩΣΑΙΚΟ	ΡΗΤΙΝΟΥΧΟ	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ ΤΡΙΠΤΑ	ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΕΣ	ΓΑΡΜΠΙΛΟΜΩΣΑΙΚΟ	ΜΑΡΜΑΡΟ	ΥΔΡΟΧΡΩΜΑ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΣΠΑΤΟΥΛΑΡΙΣΤΟ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΕΠΙ ΤΟΙΧΟΥ	ΕΛΑΙΟΧΡΩΜΑ ΝΤΟΥΚΟ	ΝΙΠΤΗΡΕΣ	ΛΕΚΑΝΗ WC	ΝΤΟΥΖΙΕΡΑ
ΑΜΦ 300 Θ.	X								X		X				X			X		
ΑΜΦ 150 Θ.	X								X		X				X			X		
ΘΑΛΑΜΟΣ ΜΕΤΑΦΡΑΣΤΩΝ	X								X		X				X			X		
ΘΑΛΑΜΟΣ ΠΡΟΒΟΛΗΣ	X								X		X				X			X		
ΑΠΟΘ. ΧΩΡΟΣ	X								X	X					X			X		
ΧΩΡΟΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΕΚΠ. ΠΡΟΣ.	X			X		X					X				X			X	X	X
ΑΝΕΜΟΦΡΑΧΤΗΣ							X						X					X		
ΓΡΑΦΕΙΟ ΘΥΡΩΡΩΝ		X							X		X				X			X		
ΓΡΑΦΕΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ		X							X		X				X			X		
WC	X	X		X		X					X				X		X	X	X	X
WC ΑΜΕΑ	X	X		X		X					X				X		X	X	X	X
ΧΩΡΟΣ ΚΛΙΜ. ΜΟΜ.	X	X								X		X				X	X	X		
Μ/ΣΙΟ ΑΝΕΛΚ.	X	X						X		X		X				X	X	X		
Η/Ζ	X							X		X		X				X	X	X		
Μ/ΣΙΟ. ΝΕΡΟΥ								X				X				X	X	X		
ΥΠ. ΔΕΗ	X							X		X		X				X	X	X		
ΑΠΟΘ. ΦΥΛΑΞΗΣ ΕΡΓ.	X	X		X		X					X				X		X	X	X	X

Χώρος \ Ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Αμφιθέατρο 300 θέσεων	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭												
Αμφιθέατρο 150 θέσεων	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭														
Θάλαμοι μεταφραστών	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭												
Θάλαμος προβολής & ελέγχου Η/Μ εξοπλισμού	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭												
Μικρός αποθηκευτικός χώρος	⬭	⬭																						
Χώρος γραφείου αναμονής εκπαιδευτικού προσωπικού	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭																			
Ανεμοφράχτης εισόδου	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭												
Γραφείο ασφαλείας και θυρωρών	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭												
Γραφείο ελεγχου πυρκαγιάς	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭
w.c. σπουδαστών, επισκεπτών, εργαζομένων	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭												
w.c.ΑΜΕΑ	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭												
Χώρος κλιματιστικών μονάδων & μηχανοστάσιο	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭												
Μηχανοστάσια ανελκυστήρων	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭												
Υποσταθμός ΔΕΗ	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭
Ηλεκτροπαράγωγο ζεύγος (Η/Ζ)	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭																		
Μηχανοστάσιο ελέγχου νερού	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭
Αποθήκη εργαλείων συντήρησης περιβάλλοντος φυσικού χώρου	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭	⬭																



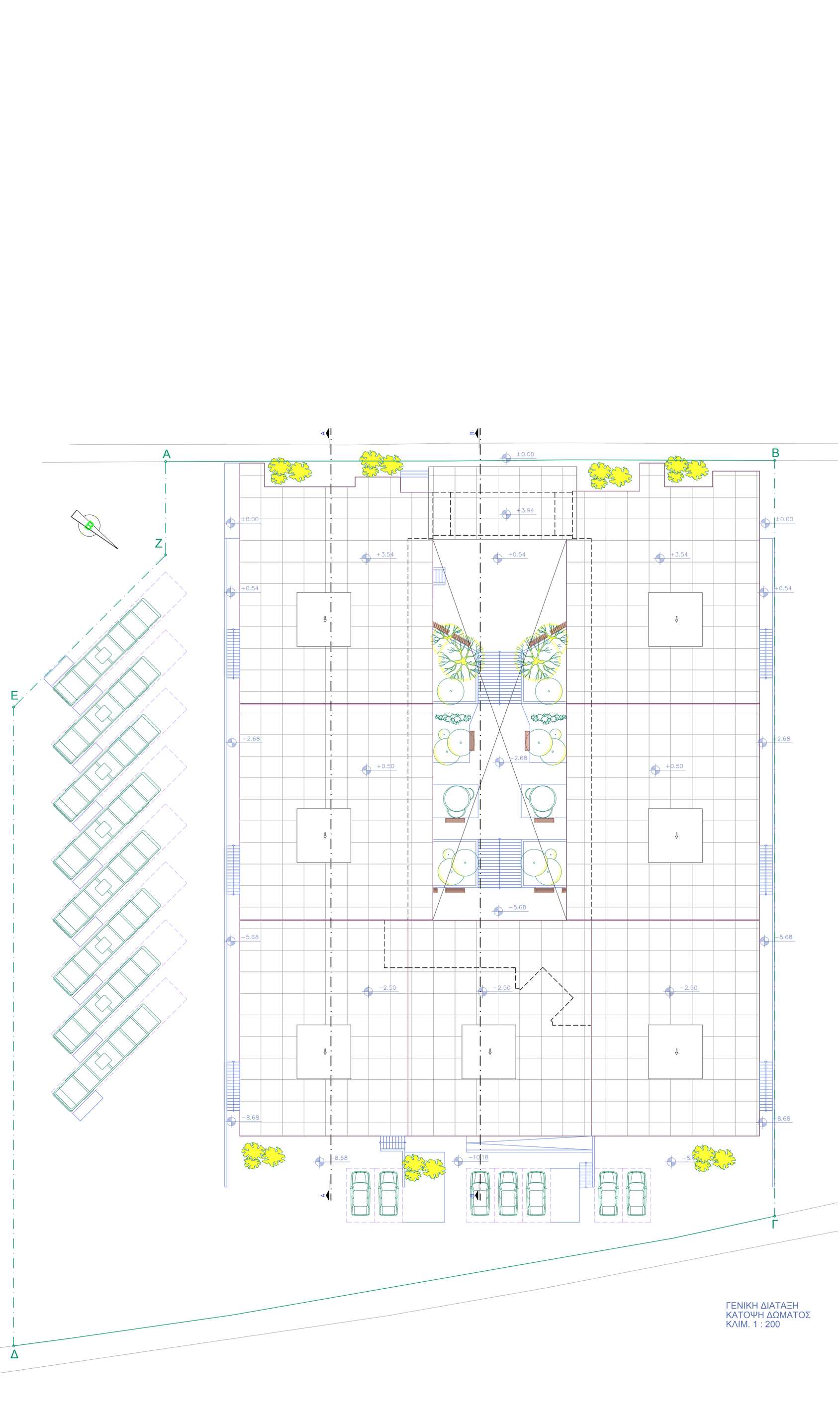
Όπου

1 Αμφιθ 300 θέσεων
2 Αμφιθ 150 θέσεων
3 Θάλαμος μεταφραστών
4 Θάλαμος προβολής
5 Αποθηκευτικός χώρος
6 Χώρος αναμονής εκπαιδευτικού προσωπικού
7 Ανεμοφράχτης
8 Υποδοχή και εκτόνωση αμφιθ
9 Διάδρομοι διάφυγής
10 Γραφείο ασφαλείας και θυρωρών
11 Γραφείο ελέγχου πυρκαγιάς
12 wc
13 wc ΑΜΕΑ
14 Στεγασμένο Parking
15 Υπαίθριο parking
16 Χώρος κλιματιστικών μονάδων
17 Μηχανοστάσιο ανελκυστήρα
18 Υποσταθμός ΔΕΗ
19 Η/Ζ
20 Μηχανοστάσιο ελέγχου νερού
21 Αποθηκευτικός χώρος εργαλείων με wc.

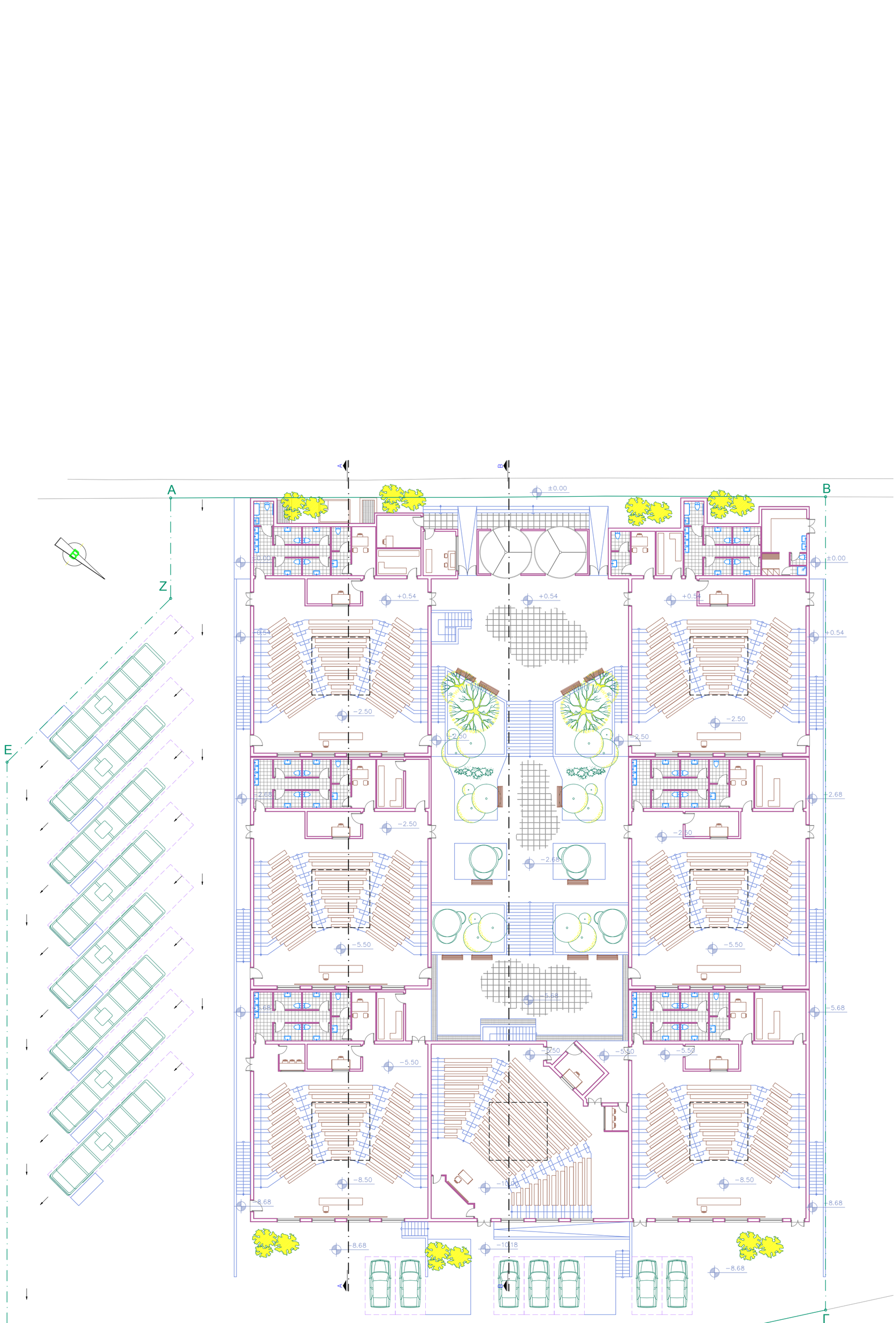
Όπου

Μεγάλη σχέση
Μικρή σχέση
Καμμία σχέση

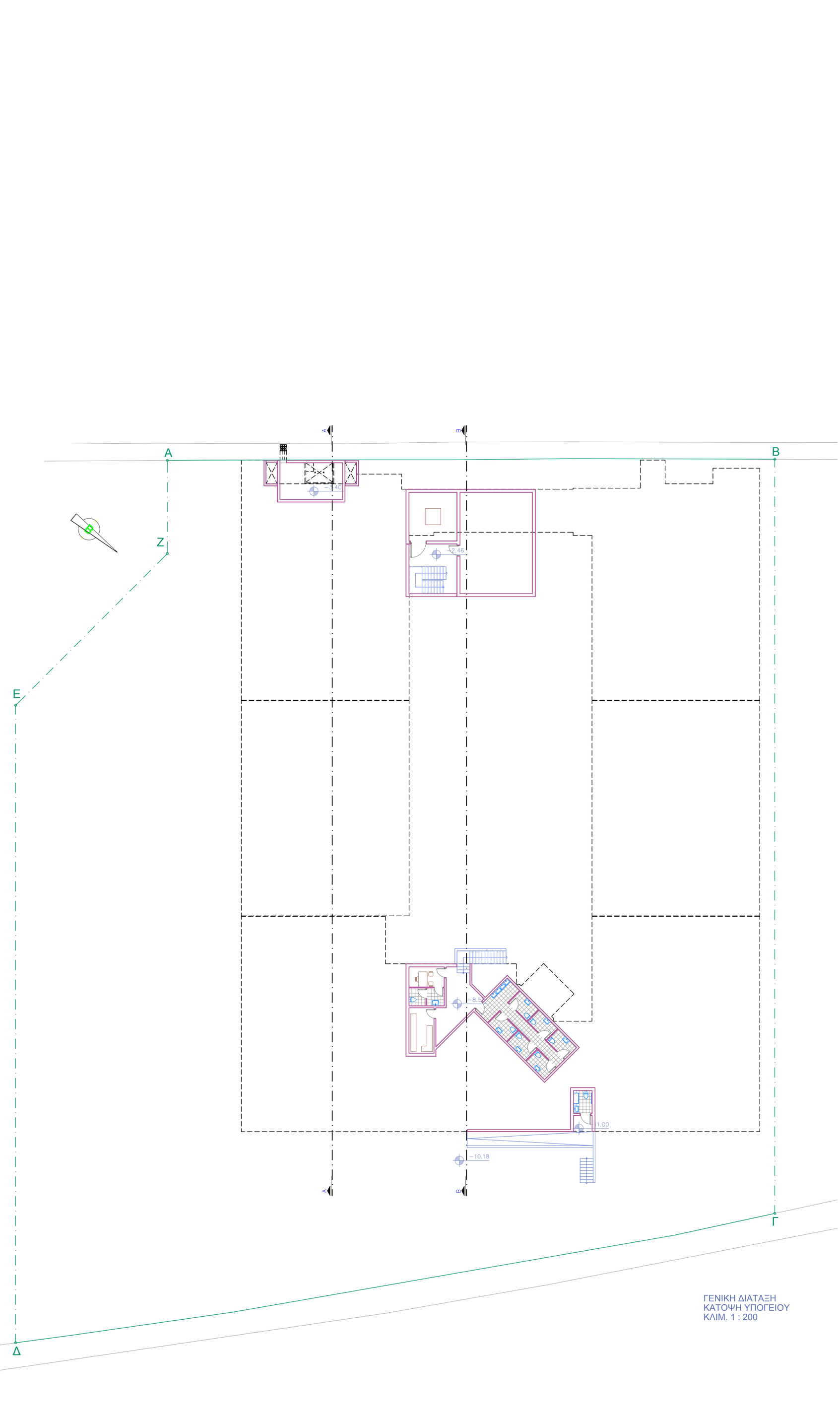
Γ
Β
Δ
Ζ
Ε
Α
PARKING ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ
ΚΛΙΜ. 1 : 200
2Μ



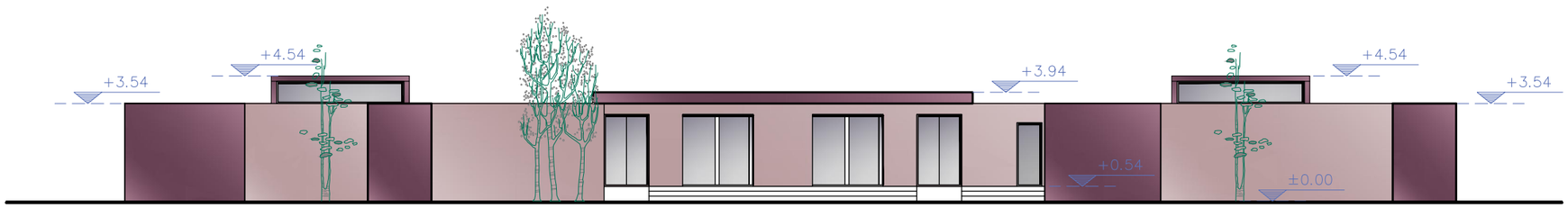
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ
ΚΑΤΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ
ΚΛΙΜ. 1 : 200



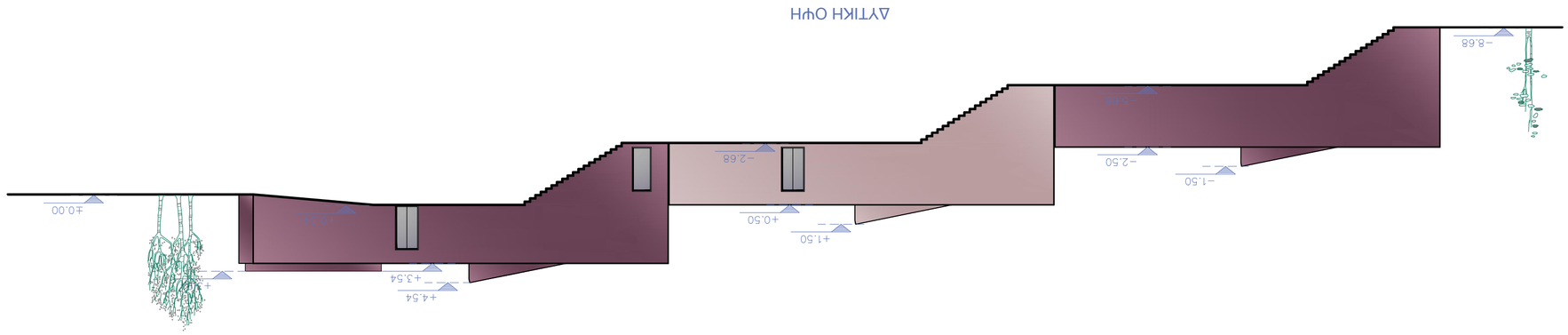
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ
ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ
ΚΛΙΜ. 1 : 200

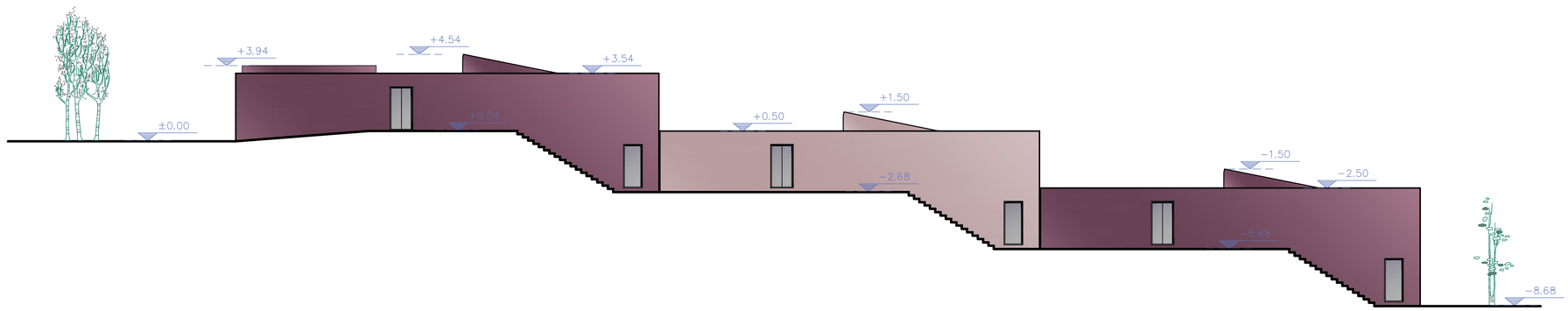


ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ
ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ
ΚΛΙΜ. 1 : 200

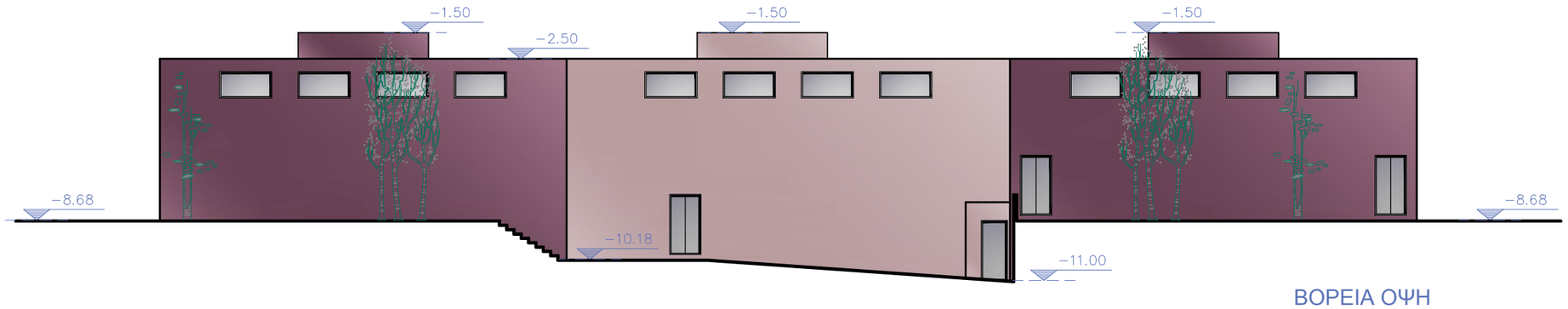


ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ

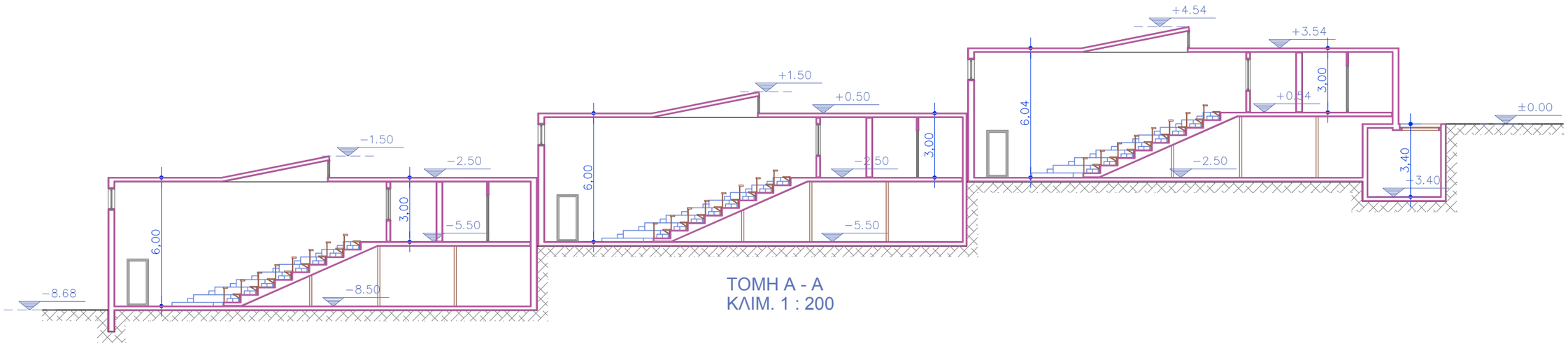

ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ
±0.00
+0.54
+4.54
+3.54
+1.50
+0.50
-2.68
-5.68
-2.50
-1.50
-8.68



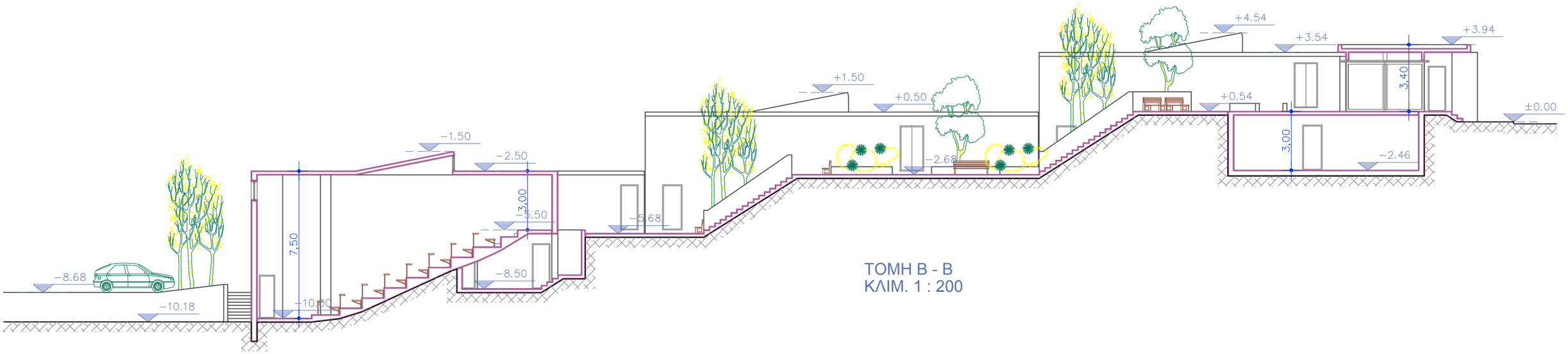
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ



ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ



ΤΟΜΗ Α - Α
ΚΛΙΜ. 1 : 200



ΤΟΜΗ Β - Β
ΚΛΙΜ. 1 : 200

Συντομεύσεις

ASHRAE	**A**merican **S**ociety of **H**eating Refrigerating and **A**ir-conditioning.
B.M.S.	**B**uilding **M**anagement **S**ystem
C.D.	**C**ompact **D**isc
C.O.P.	**C**oefficient **O**f **P**erformance
D.V.D.	**D**igital **V**ersatile **D**isc
E.C.G.	**E**lectronic **C**ontrol **G**ear
I.S.D.N.	**I**ntegrated **S**ervices **D**igital **N**etwork
M.I.T.	**M**assachusetts **I**nstitute **T**echnology
P.C.	**P**ersonal **C**omputer
P.N.C.	**P**referred **N**oise **C**riteria
PV	**P**hoto**V**oltaics
R.A.S.T.I.	**R**apid **S**peech **T**ransmission **I**ndex
V.H.S.	**V**ideo **H**ome **S**ystem
Α.Ε.Ι.	**Α**νώτατο **Ε**κπαιδευτικό **Ί**δρυμα
Α.Μ.Ε.Α.	**Ά**τομα **Μ**ε **Ε**ιδικές **Α**νάγκες
Γ.Ο.Κ.	**Γ**ενικός **Ο**ικοδομικός **Κ**ανονισμός
Δ.Ε.Η.	**Δ**ημόσια **Ε**πιχείρηση **Η**λεκτρισμού
Δ.Ι.Π.Ε.	**Δ**ιεπιστημονικό **Ι**νστιτούτο **Π**εριβαλλοντικών **Ε**ρευνών
Δ.Ο.Π.	**Δ**ιεθνής **Ο**ργανισμός **Π**ροτυποποίησης
Ε.Η.Σ.	**Ε**νεργητικά **Η**λιακά **Σ**υστήματα
Ε.Κ.	**Ε**υρωπαϊκό **Κ**οινοβούλιο
Ε.Λ.Ο.Τ.	**Ε**λληνικός **Ο**ργανισμός **Τ**υποποίησης
Ε.Μ.Π.	**Ε**θνικό **Μ**ετσόβιο **Π**ολυτεχνείο

Συντομεύσεις

Η.Π.Α.	**Η**νωμένες **Π**ολιτείες **Α**μερικής
Η/Ζ	**Η**λεκτροπαράγωγο **Ζ**εύγος
Η/Υ	**Η**λεκτρονικός **Υ**πολογιστής
Κ.Α.Π.Ε.	**Κ**έντρο **Α**νανεώσιμων **Π**ηγών **Ε**νέργειας
Κ.Θ.Κ.	**Κ**ανόνας **Θ**ερμομόνωσης **Κ**τιρίων
Κ.Π.Κ.	**Κ**ανονισμός **Π**υροπροστασίας **Κ**τιρίων
Κ.Π.Σ.	**Κ**οινοτικό **Π**λαίσιο **Σ**τήριξης
Ο.Τ.Ε.	**Ο**ργανισμός **Τ**ηλεπικοινωνιών **Ε**λλάδος
Π.Δ.	**Π**ροεδρικό **Δ**ιάταγμα
Π.Η.Σ.	**Π**αθητικά **Η**λιακά **Σ**υστήματα
Π.Υ.	**Π**υροσβεστική **Υ**πηρεσία
Σ.Ε.Π.Ε	**Σ**υγκλιτική **Ε**πιτροπή **Π**ανεπιστημιακών **Ε**γκαταστάσεων
Σ.Π.Η.Θ.	Συμπαραγωγή **Η**λεκτρισμού και **Θ**ερμότητας
Τ.Ε.Ε.	**Τ**εχνικό **Ε**πιμελητήριο **Ε**λλάδος
Τ.Ε.Ι.	**Τ**εχνολογικό **Ε**κπαιδευτικό **Ί**δρυμα
Τ.Μ.Α.Σ.	**Τ**ερματική **Μ**ονάδα **Α**νεμιστήρος **Σ**τοιχείου
Υ.Α.	**Υ**πουργική **Α**πόφαση
Φ.Ε.Κ.	**Φ**ύλλο **Ε**φημερίδας **Κ**υβερνήσεως
Φ/Β	**Φ**ωτοβολταϊκά **Σ**τοιχεία

Βιβλιογραφία

[1] Ernst Neufert, διεύθυνση Ελληνικής μεταφράσεως Κων/νος Γ. Γεωργακόπουλος: '**Οικοδομική**' Δ' έκδοση, εκδότης Μόσχος Γκιούρδας, Αθήνα 1991.

[2] Ernst Neufert, μετάφραση Δ. Μαλασπίνας: '**Οικοδομική και αρχιτεκτονική σύνθεση**' Α΄ έκδοση, εκδότης Μόσχος Γκιούρδας, Αθήνα 1996.

[3] Harold M. Williams, Billy Lacy, Stephen D. Rountree and Richard Meier: '**The Getty center Design Process**', The G. Paul Getty Trust, Los Angeles 1991.

[4] Martin Pearce: '**University Builders**', Wiley-Academy, Sussex 2001.

[5] Mildred F. Schmertz, A.I.A. Senior Editor, Architectural Record: '**Campus Planning and Design**', McGraw-Hill Book Company, New York, 1972.

[6] W.W.Caudill: '**Toward better school design**', εκδόσεις F.W. Dodge Corporation, USA 1974.

[7] Walter Meyer-Bohe, μετάφραση Δ. Μαλασπίνα: '**Σκάλες**', εκδότης Μόσχος Γκιούρδας, Αθήνα 1982.

[8] Αιμίλιος Γ. Κορωναίος. Γεώργιος Ι. Πουλάκος: '**Τεχνικά Υλικά**', τόμος 2, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα 2002.

[9] Αποφ.21475/4707 της 30-7/19-08-1998 (ΦΕΚ 880Β'): **περιορισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.**

[10] Β. Η. Σελλούντος-Στ. Δ. Πέρδιος: '**Θερμομόνωση-ηχομόνωση**', εκδόσεις Φοίβος, Αθήνα 1990.

[11] Β.Η. Σελλούντος: '**Θέρμανση-Κλιματισμός**', εκδόσεις Δορυφόρος, 2002.

[12] **Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός** 4ο μέρος για την ηχομόνωση κτιρίων.

[13] Δ. Ευθυμιάτος: '**Συνοπτικές σημειώσεις ακουστικής χώρων και ηχοπροστασίας**', Αθήνα, Οκτώβριος 2001.

[14] Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ): '**Οικολογική δόμηση**', εκδόσεις ελληνικά γράμματα, Αθήνα, Ιούνιος 2008.

[15] Ernst Neufert : '**Les elements des projets de construction**', 2η έκδοση, Παρίσι 1976.

[16] Εγκυκλοπαίδεια '**Πάπυρος Larousse Britannica'**, τόμος 34, Αθήνα 1985.

[17] Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, τμήμα Αρχιτεκτόνων, Ν. Καλογεράς, Χ. Κιρποτίν, Γ. Μακρής, Ι. ΠαπαΪωάννου, Σ. Ραυτόπουλος, Μ. Τζίτζας, Π. Τουλιάτος: '**Θέματα οικοδομικής**', εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1999.

[18] Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: '**Πολυτεχνειούπολις Αθηνών 2Α κτιριολογική ανάλυσις**', Αθήνα.

[19] Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: '**Πολυτεχνειούπολις Αθηνών 3 κτιριολογική ανάλυσις**', Αθήνα.

[20] Επιστημονικό τεχνικό περιοδικό: '**ΚΤΙΡΙΟ**', τεύχος 152, 2003.

[21] Επιστημονικό τεχνικό περιοδικό: '**ΚΤΙΡΙΟ**', τεύχος 162, 2004.

[22] Επιστημονικό τεχνικό περιοδικό: '**ΚΤΙΡΙΟ**', τεύχος 183, 2006.

[23] Επιστημονικό τεχνικό περιοδικό: '**ΚΤΙΡΙΟ**', τεύχος 186, 2007.

[24] Επιστημονικό τεχνικό περιοδικό: '**ΚΤΙΡΙΟ**', τεύχος 4, 2008.

[25] Επιστημονικό τεχνικό περιοδικό: '**ΚΤΙΡΙΟ**', τεύχος 8, 2008.

[26] Επιστημονικό τεχνικό περιοδικό: '**ΚΤΙΡΙΟ**', τεύχος εφαρμογές 2007-2008.

[27] Επιστημονικό τεχνικό περιοδικό: '**ΚΤΙΡΙΟ**', τεύχος εφαρμογές 2008-2009.

[28] Ερωτόκριτος Π.Τσίγκας: '**Ενέργεια στην αρχιτεκτονική, Το Ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτίρια'**, Μαλλιάρης Α.-Παιδεία Α.Ε. για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1996.

[29] Ερωτόκριτος Π.Τσίγκας: '**Ενεργειακός σχεδιασμός**', Μαλλιάρης Α.-Παιδεία Α.Ε., 1994.

[30] Ευρωπαϊκό πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας Green Light (www.green-light.com).

[31] Ευστάθιου Αθ. Ζωγόπουλου, Νικολάου Χρ. Φέτση, Δημητρίου Δημ. Ταζόγλου: '**Εγκαταστάσεις Θέρμανσης**', εκδόσεις κλειδάριθμος, Αθήνα 2003.

[32] Ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια wikipedia (www.el.wikipedia.org).

[33] Ηλεκτρονικό λεξικό wiktionary (www.el.wiktionary.org).

[34] Ηλιόπουλος, Γ. '**Μελέτη μόνωσης σχολής τριτοβάθμιας εκπαίδευσης**', διπλωματική εργασία ΕΜΠ, 1995.

[35] **Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων** (ΦΕΚ 362/Δ/1979-Κεφ. 7).

[36] **Κτιριοδομικός Κανονισμός**.

[37] Κώστας Στεφ. Τσίπηρας: '**Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων**', π-SYSTEMS International, 2000.

[38] Μαλαχίας Γ.: '**Πυροπροστασία κτιρίων:4 πρότυπες μελέτες**', 2η έκδοση, Αθήνα, Ιανουάριος 2004.

[39] **Μέτρα πυροπροστασίας σε αίθουσες συγκέντρωσης κοινού** (Φ.Ε.Κ Β,20/19.1.1981).

[40] Νίκος Τσινίκας: '**Ακουστικός σχεδιασμός χώρων**', εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1990.

[41] Νίκος Τσινίκας: '**Ακουστικός σχεδιασμός χώρων**', εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2005.

[42] **Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαικού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου** της 16/12/2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

[43] **Π.Δ. 71/1988** 'Κανονισμός πυροπροστασίας κτιρίων'.

[44] Σελλούντος Β., Παπαϊωάννου Γ.: '**Πυρασφάλεια**', εκδόσεις Φοίβος, Αθήνα 1988.

[45] Τεχνική οδηγία 2323/86.

[46] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, 2423/86, ΤΕΕ, Αθήνα 1987.

[47] Υπ' αριθμ. **3/80 Πυροσβεστική διάταξη** (όπως τροποποιήθηκε με την 3γ/1995 πυροσβεστική διάταξη.

Για πρόσθετες πληροφορίες μπορείτε να ανατρέξετε στα ακόλουθα βιβλία:

- Alan Blank : '**Stairs, Steps and Ramps**', 1996.
- Antonio Briganti: '**Κλιματισμός**', εκδόσεις Τεχνοεκδοτική, Αθήνα 1996.
- Architectural design, '**Light in Architecture**', Academy Group Ldd.
- **Architectural Record,** 08/2002, 02/2003, 08/2004, 10/2004, 11/2004.

- ASHRAE Fundamentals Handbook, chapter 7, '**Sound and Vibration**', ASHRAE, Atlanta 2001.

- ASHRAE HVAC Applications Handbook, chapter 43, '**Sound and Vibration Control**', ASHRAE, Atlanta 1998.

- Cadena R.: '**Focus on Lighting Technology**', ETP, 2002.

- **Code for Lighting**, CIBSE, 2002.

- **Construction Technology Update**, No.47, NRC-CNRC.

- Cuttle C.: '**Lighting by design**', Architectural Press, USA 2003.

- David Kent Ballast: '**Interior construction and detailing**', Professional Publications, 2002.

- Descottes H.: **'Ultimate lighting design**', Te Neues Publishing, 2005.

- **Education of Architects in Solar Energy and Environment**, section 2.2.

- **European directory of sustainable and energy efficient building**, James and James Ltd, 1999.

- GIR092, '**Energy efficiency in lighting**', Action Energy, UK, 2003.

- GPG272, '**Lighting for people**, **energy efficiency and architecture**' BRECSU, UK, 1999.

- ISNA, '**Lighing handbook**', 9th edition, ESNA, 2002.

- Karl J. Habermann: '**Stair cases –Design and Construction**', Birkhauser Editions, 2003.

- Mark Schaffer: '**Noise and Vibration Control**',

ASHRAE, Atlanta 1993.

- Nick Baker – Koen Steemers: '**Daylight design of buildings**', James and James, 2002.

- Niesewand N.: **'Lighting**', Octopus Publishing Ltd, London, UK.

- Othmar Humm**,** Peter Toggweiler: '**Photovoltaics in architecture**', Birkhauser Verlag, 1993.

- Philips D., '**The Lit Environment**', Architectural Press, 2001.

- Richard Saxon: '**Atrium Buildings**', Architectural Press, London 1986.

- Trane Applications Engineering Manual, '**Acoustics in Air- Conditioning**', The Trane Company, 1998.

- **Βιοκλιματικός σχεδιασμός - καθαρές τεχνολογίες δόμησης**, εκδόσεις Παρατηρητής, 1996.

- Γεώργιος Χ. Φούντας: '**Πυροπροστασία και πυρασφάλεια κτιρίων**', εκδόσεις Φούντας-Τεχνική βιβλιοθήκη.

- Κ. Παπαϊωάννου: '**Εισαγωγή στην πυροπροστασία των κατασκευών**', Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 1993.

- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), αποτελέσματα έργου Κ.Π.Σ.-Ε.Π.Ε.-Μέτρο 3.1.4., '**Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα**, **Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής'**, 2002.

- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, **Οδηγός ηλιακού κλιματισμού,** 2002.

- Κώστας και Θέμης Στεφ. Τσίπηρας: '**Οικολογική αρχιτεκτονική**', εκδόσεις κέδρος, 2005.

Πρόσθετες πληροφορίες μπορούν να βρεθούν στις ακόλουθες ηλεκτρονικές διευθύνσεις:

(1) http://www.thestep.gr
(2) http://www.hotelELIES.gr
(3) http://www.cti.gr
(4) http://www.tf.auth.gr/teloglion
(5) http://www.uom.gr/media/images/uom
(6) http://www.lagreca-dmc.com
(7) http://www.ity.gr
(8) http://www.acg.edu/deree
(9) http://www.telmaco.gr
(10) http://www.erg.gr
(11) http://www.marantoni.gr
(12) http://www.ntua.gr/temp_announce/170/parousiaseis170/files170/SYNEDRIA%20II/2506_presentation_new.pdf
(13) http://www.architecture-music.blogspot.com
(14) http://www.window.gr
(15) http://www.telmaco.gr/document.php?category_id=207&document_id=646&page=1
(16) http://www.ecocity.gr
(17) http://www.lophellas.gr
(18) http://www.ktiriodesign.gr
(19) http://www.arch.tuc.gr/lessons/dom_physics/Methodology.pdf
(20) http://www.greenbuilder.com/sourcebook
(21) http://www.minenv.gr
(22) http://www.cres.gr
(23) http://www.harvestingwater.com
(24) http://www.uwsp.edu
(25) http://www.greenroofplants.com
(26) http://www.helapco.gr
(27) http://www.buildinggreen.com
(28) http://www.nbm.org
(29) http://www.buildings.gr
(30) http://www.eeba.org
(31) http://en.wikipedia.org/wiki/Green_Building_(MIT)
(32) http://www.spitia.gr
(33) http://www.firesecurity.gr
(34) http://www.fireservice.gr
(35) http://www.firesprinklers.info
(36) http://www.fireandsecurity.gr