

ΤΖΟΥΛΙΑ ΘΕΟΔΩΡΑΚΗ-ΠΑΤΣΗ

ΑΡΧΕΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΜΕΤΡΙΚΟ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ

1. Εισαγωγή

Η χρήση ενός επαναλαμβανόμενου μέτρου¹, ενός κανόνα δηλαδή στην αρχιτεκτονική, αποτέλεσε αντικείμενο όλων των ιστορικών εποχών. Ο διεθνής συντονισμός όμως, για ένα “ελάχιστο μέτρο”, με τη σημερινή έννοια της τυποποίησης και των standards, συνδέεται με τη βιομηχανοποίηση της κατασκευής και αναφέρεται στο μετρικό συντονισμό (dimensional coordination) του κτιρίου και των στοιχείων του, ώστε να επιτυγχάνονται βέλτιστες λύσεις.

Από τις αρχές του αιώνα και ιδιαίτερα μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο τα περισσότερα οικοδομικά στοιχεία κατασκευάζονται σε βιομηχανίες και εργαστήρια. Το μέγεθός τους έγινε αντικείμενο αναζήτησης σε πολλές χώρες, όπου επιλεκτικά έγιναν μεγάλοι πρόοδοι, όπως στις ΗΠΑ, Γαλλία, Γερμανία και Σκανδιναβικές χώρες αναζητώντας μια περιορισμένη σειρά μεγεθών, πολλαπλάσια του ίδιου “ελάχιστου μέτρου”, που προσθετικά δημιουργεί αρχιτεκτονικά στοιχεία, απλοποιώντας τη παραγωγή, την αποθήκευσή και τη διανομή τους. Για να γίνει αποδεκτός ένας διεθνής κανόνας² χρειαζόταν ν'

¹ Σήμερα το 95% των κρατών χρησιμοποιεί το μετρικό σύστημα. Ένα μέτρο ισούται με το μήκος διαδρομής φωτός σε κενό σε χρόνο 1/299.792.458 του δευτερολέπτου.

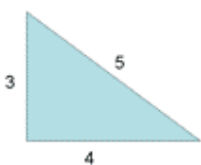
[Http:// www.atcourses.com/international_system_units.htm](http://www.atcourses.com/international_system_units.htm)

² Η εκλογή ενός κανόνα μπορεί να θεωρηθεί αυθαίρετη απόφαση, αν δεν είναι νόμος του πνεύματος και της λογικής, έκφραση και πνευματικό αποτέλεσμα των υλικών δεδομένων: Le Corbusier, LE MODULOR, σελ.109.

αποδειχτεί ότι δημιουργεί τάξη και οργανώνει αισθητικά το χώρο, δημιουργεί δηλαδή οπτική αρμονία.

2. Αρμονικές χαράξεις

Κοινός παρανομαστής της αρμονίας και της τάξης στην αρχιτεκτονική, από την αρχαιότητα ήταν τα μαθηματικά των γεωμετρικών χαράξεων και των αριθμών σε προόδους. Πρώτα οι αιγύπτιοι³ και μετά οι έλληνες, χρησιμοποίησαν τις γεωμετρικές χαράξεις και ιδιαίτερα το ορθογώνιο τρίγωνο με αναλογίες πλευρών 3/4/5⁴, καθώς και απλές γραφικές χαράξεις συμμετρίας, που ξεκινούν από αυτή τη σχέση (σχ.1).



Σχ. 1. Πυθαγόρειο τρίγωνο.

Η μέθοδος των αιγυπτίων ήταν βασική για την αρμονία των μορφών, γιατί δημιουργούσε ενότητα στην αρχιτεκτονική, υποδηλώνοντας το νόμο, ο οποίος διέπει το σύνολο⁵. Ακόμη και όταν δεν είναι γνωστός ο κανόνας, η συνοχή αναδεικνύει το νόμο. Όπως στη μουσική μια παραφωνία, έτσι και στην αρχιτεκτονική μια λάθος αναλογία αναγνωρίζεται και ξαφνιάζει άμεσα.⁶

Οι αναλογίες (σχ. 2) στην αρχιτεκτονική της αρχαιότητας παρουσιάζονται στις χαράξεις των ρυθμών της αρχαίας ελληνικής αρχιτεκτονικής (Δωρικό, Ιωνικό

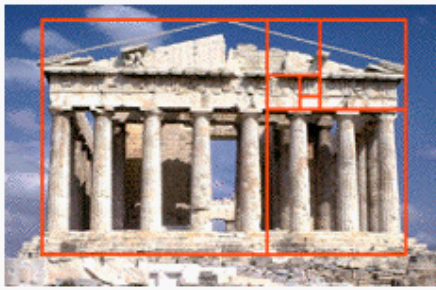
³ Ως αρχαιότερος κανόνας, θεωρείται ο Maat (θεά της κλίμακας στην αρχαία Αίγυπτο), ο οποίος έχει μήκος 33εκ., δηλαδή το μήκος του φλάουτου, του τούβλου και του ποδιού.: Italo Calvino, SIX MEMOS FOR THE NEXT MILLENIUM, Exactitude, σελ.55.

⁴ Πρόκειται για το τρίγωνο στο οποίο βασίζεται το Πυθαγόρειο Θεώρημα.

⁵ A.Choisi, L' HISTOIRE DE L' ARCHITECTURE, τομ. II, σελ. 49.

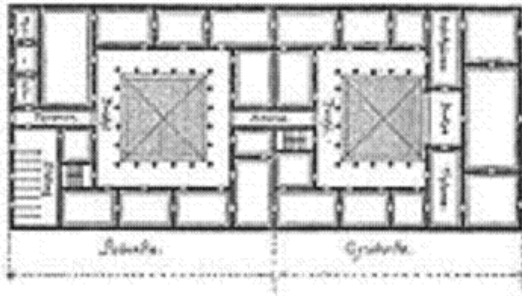
⁶ Η καταγραφή της μουσικής, στηρίχτηκε στην ανθρώπινη ακουστική και τα μαθηματικά, με αποτέλεσμα το μουσικό κώδικα. Με ανάλογο τρόπο, αναζητάται και στην αρχιτεκτονική ένα εργαλείο, ένας κανόνας, ένας κώδικας, οποίος θα καταγράφει την οπτική αντίληψη: Le Corbusier, LE MODULOR, σελ. 16.

και Κορινθιακό). Οι χαράξεις των ρυθμών, αναφέρονταν σε βασικό “ελάχιστό μέτρο”⁷, τον εμβάτη αναλογία του οποίου ήταν τα υπόλοιπα μεγέθη.⁸



Σχ. 2. Αναλογίες του Παρθενώνα και Χρυσή Τομή.

Το τρίγωνο, το τετράγωνο και ο κύκλος, είναι οι βασικές χαράξεις, που οι αναλογίες τους οριοθετούν τα κτίρια κατά το Βιτρούβιο (σχ. 3)⁹.



Σχ. 3. Το τετράγωνο είναι βασικό σχήμα στη χάραξη των κτιρίων. Ελληνική κατοικία κατά αναπαράσταση του Βιτρούβιου.

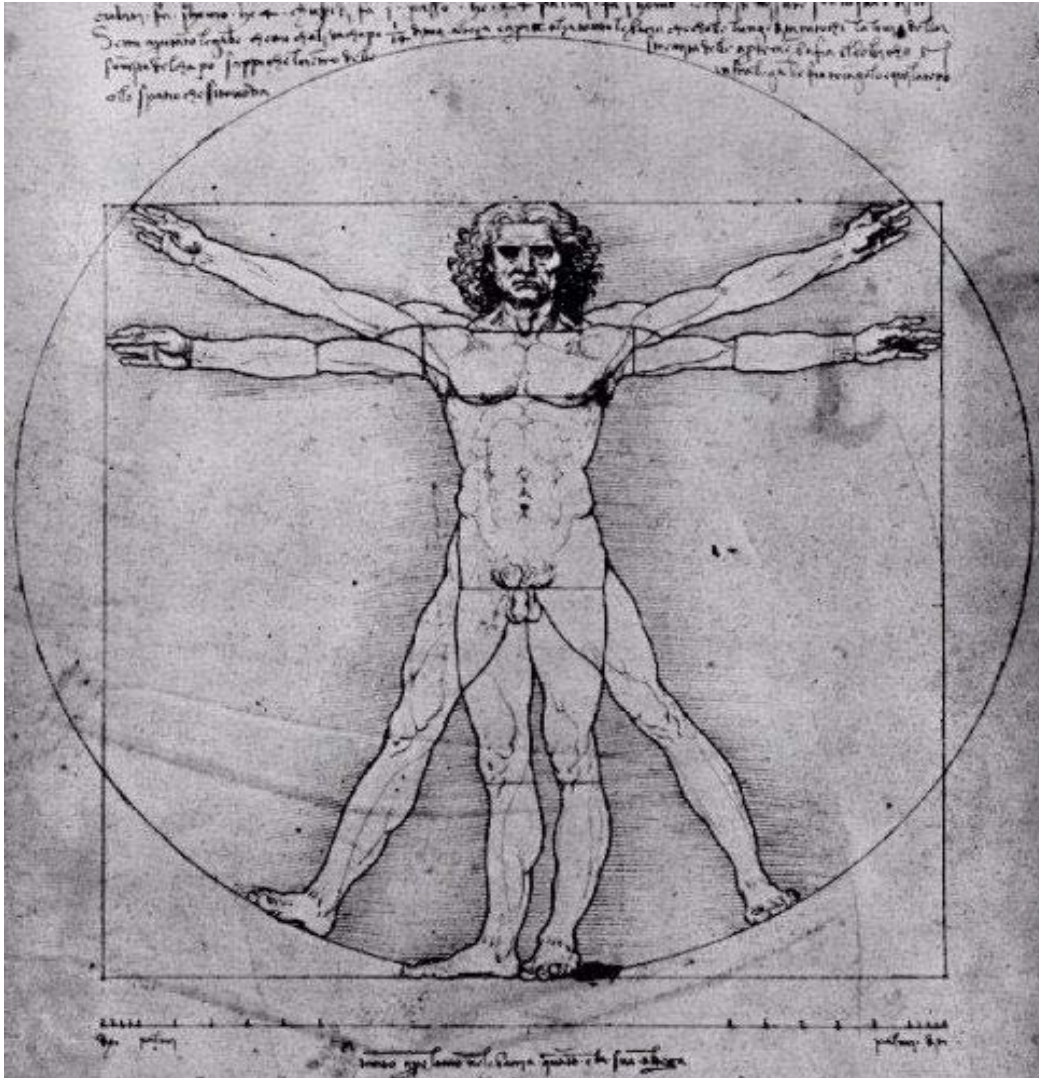
⁷ <http://geom.uniuc.edu/~demo5337/s97b/art.htm>

<http://www.webnjit.edu/~Kappraff/pathbridges5.doc>

⁸ Σε όλους τους ρυθμούς, συμπεραίνεται, ότι το στοιχειώδες μέγεθος, είναι η ακτίνα του κύκλου της βάσης της κολώνας: A. Choisi, L' HISTOIRE DE L'ARCHITECTURE, τομ.ΙΙ, σελ. 306.

⁹ Η διεθνής τυποποίηση των χαρτιών για παράδειγμα Αο, προέρχεται από τη χάραξη ορθογώνιου με αναλογίες της Χρυσής Τομής, έτσι ώστε να έχει εμβαδό 1 τετρ. μέτρο, ενώ οι υποδιαίρεσεις Α1, Α2, Α3, Α4 ακολουθούν την αναλογία 1: 2 στις πλευρές τους, ενώ κάθε μικρότερη υποδιαίρεση είναι το 1/2 της προηγούμενης: P. Tutt & D. Adler (ed.), NEW METRIC HAND BOOK, σελ. 10.

Ο Βιτρούβιος είναι ο πρώτος που περιγράφει αρχιτεκτονικούς κανόνες με βάση τα ανθρώπινα μεγέθη (σχ. 4) σε δέκα βιβλία με τίτλο De Architectura¹⁰, τα οποία σώζονται.



Σχ. 4. Το μέτρον άνθρωπος κατά το Βιτρούβιο, όπως αναπαράσταθηκε από τον Λεονάρντο ντα Βίντσι.

Οι χαράξεις του τετραγωνισμένου κύκλου και της διαγωνίου του, απασχόλησαν τους γεωμέτρους, που αναζήτησαν τη σχέση της διαγωνίου του τετραγώνου με τον κύκλο, στον οποίο εγγράφεται και επειδή δεν αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο πολλαπλάσιο, τους προβλημάτισε για να καταλήξουν στο ότι, συμβολίζει την “μεταφυσική αιτία”. Το ορθογώνιο, που η σχέση των πλευρών

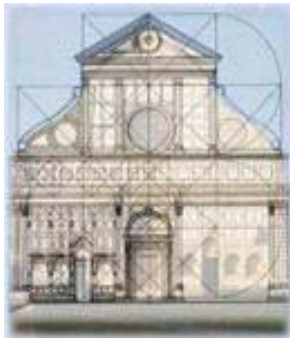
¹⁰ J. Samerson, THE CLASSICAL LANGUAGE OF ARCHITECTURE, σελ.9.

του είναι ο αριθμός ϕ , δίνει μια σειρά αρμονικών σχέσεων. Ο αριθμός ϕ , είναι ο λόγος της γεωμετρικής σχέσης της “χρυσής τομής”:

$$\phi = 1 + \sqrt{5} / 2 = 1,618^{11}$$

Οι αναλογίες μιας γεωμετρικής μορφής (σχ. 5), μιας μουσικής κλίμακας ή μιας μαθηματικής ακολουθίας, συνδέθηκαν θεωρητικά και αποτέλεσαν υπόβαθρο της αρχιτεκτονικής θεωρίας με τα επίσης “Δέκα βιβλία της αρχιτεκτονικής”¹² του Leon Batista Alberti, τα οποία ολοκληρώθηκαν το 1452 μ.χ. και ο οποίος ήταν ο επόμενος αρχιτέκτονας μετά το Βιτρούβιο, που περιγράφει τους ρυθμούς, ακολουθώντας την ίδια οπτική. Ο Alberti επιπλέον αναζητά με τα αρχιτεκτονικά του έργα αρμονικούς κανόνες, τους οποίους δανείζεται από τη μουσική.

“ Θα δανειστούμε τους κανόνες αναλογίας, από τους μουσικούς, που είναι οι σπουδαιότεροι δάσκαλοι αυτού του είδους των αριθμών, από τους οποίους η φύση δημιουργείται και συμπληρώνεται.....”



Σχ. 5. Χάρξη της όψης της Santa Maria Novella της Φλωρεντίας από τον Alberti

¹¹ Η σχέση μεταξύ δύο συνεχών αριθμών της σειράς Fibonacci (μετά το 2) πλησιάζει τον αριθμό ϕ .
Σειρά Fibonacci, 0,1 (0+1)=1, (1+1)=2, (2+1)=3.....

δηλαδή 0, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21.....

π.χ. $5/3=\phi$, $8/5=\phi$, $13/8=\phi$

Η χρυσή τομή και οι αριθμοί της σειράς Fibonacci εφαρμόζονται σήμερα στο πεδίο του προγραμματισμού των υπολογιστών και της μορφοκλασματικής γεωμετρίας.

¹² www.leonet.it/culture

Ο Alberti, συσχέτισε τις αρμονικές αναλογίες με αυτές που αντιστοιχούν στο ανθρώπινο σώμα¹³ κι' έτσι στη γεωμετρία, στους αριθμούς και στην αρμονία της μουσικής, προστέθηκαν και οι αναλογίες του ανθρώπινου σώματος, για να προσδιορίσουν τον αναζητούμενο κανόνα στην αρχιτεκτονική (σχ. 5). Βασικοί αριθμοί σ' αυτές τις αναλογίες είναι η $\sqrt{2}$, η αναλογία 3/5 και οι γεωμετρικοί πρόοδοι, οι οποίες αποτελούν και τη σχεδιαστική μέθοδο του Alberti¹⁴.

“Όπως η φύση σχεδίασε το ανθρώπινο σώμα, έτσι ώστε τα μέρη του να αναλογούν στο σύνολο.....έτσι και τα κτίρια θα πρέπει να έχουν ακριβείς αναλογίες των στοιχείων τους”

Τον επόμενο αιώνα, ο Sebastiano Serlio, συνέγραψε έξη βιβλία που αποτελούν την αρχιτεκτονική βίβλο του πολιτισμένου κόσμου: Geometry, Perspective, Antiquities, The orders, Churches και Libro Extraordinario¹⁵.

Μετά την αναγέννηση, ο Le Corbusier ήταν ο αρχιτέκτονας που χρησιμοποίησε τον κλασικό τρόπο χαράξεων για να ελέγξει τις αναλογίες των όψεων¹⁶ (σχ. 6). Ο Le Corbusier, οραματίστηκε την διεθνή τυποποίηση και πρότεινε ένα κανόνα το modulos, ο οποίος συνδέει το αγγλοσαξωνικό μετρικό σύστημα των ιντσών, με το δεκαδικό σύστημα¹⁷. Αφετηρία ήταν το ανθρώπινο σώμα ύψους 1,75 και τα ουσιαστικά σημεία χώρου που καταλαμβάνει. Πρόκειται για τον αριθμό 1,08, το διπλάσιό του 2,16 και τις δύο χρυσές τομές, που προκύπτουν από πρόσθεση και αφαίρεση.

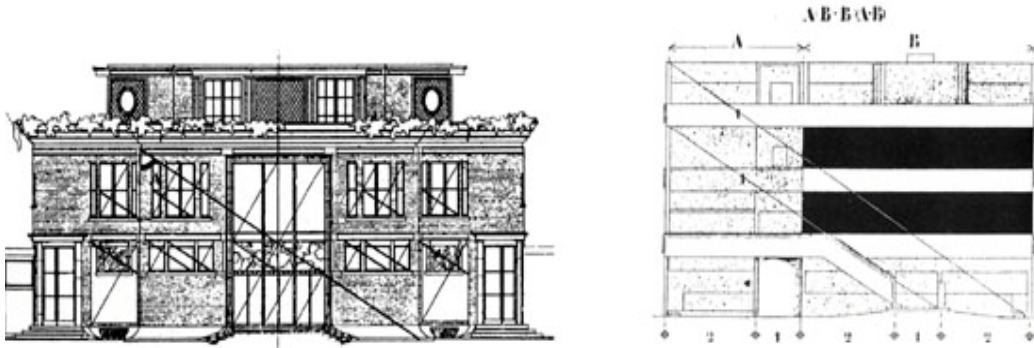
¹³ Επίσης ο Leonardo da Vinci, ο Μιχαήλ Αγγελος και αργότερα ο Durrer, μελέτησαν το ανθρώπινο σώμα και συνέταξαν κανόνες.

¹⁴ L. Ghirardini, NEXUS: architecture and mathematics, σελ.35.

¹⁵ J. Sammerson, THE CLASSICAL LANGUAGE OF ARCHITECTURE, σελ.12 & 54.

¹⁶ *ibid.*, η villa Malcontenta του Alberti το 1560 και η villa Caches του Le Corbusier, 350 χρόνια αργότερα, εναλλάσσουν το ρυθμό 2/1/2/1/2.

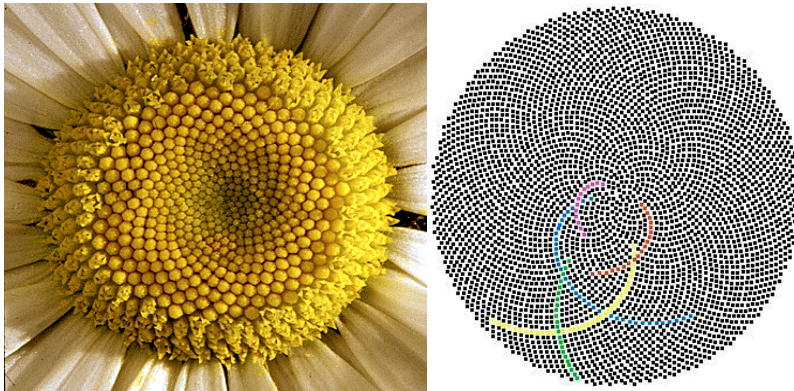
¹⁷ Δεν φαντάστηκε όμως τη διεθνή υιοθέτηση του δεκαδικού συστήματος.



Σχ. 6. Εφαρμογή κλασικών χαραξέων από το Le Corbusier.

Σημαντική εισροή, στο διεθνή μετρικό συντονισμό, ήταν η ψυχολογική εξήγηση που δίνει στα φαινόμενα της αρμονίας, η ενσυναισθητική θεωρία, την οποία διαμόρφωσαν γερμανοί αισθητικοί. Ο Vischer¹⁸ διαμόρφωσε μια μουσική κλίμακα για την αρχιτεκτονική, με ορθογώνια που έχουν πλευρές την αναλογία των μουσικών τόνων, αποδεικνύοντας αντίστοιχη ενσυναίσθηση - παθητική ή ενεργητική- με αυτή της ακοής¹⁹.

Η φύση²⁰ επαληθεύει σε ορατά παραδείγματα τη χρησιμοποίηση των αρμονικών κανόνων και τις καμπύλες της σειράς Fibonacci (σχ. 7), οι οποίες εφαρμόζονται και στην αρχιτεκτονική (σχ. 8).



Σχ. 7. Καμπύλες Fibonacci στη φύση.

¹⁸ Friedrich Vischer, επιμ. Robert Vischer, *Aesthetik, oder Wissenschaft des Schönen*, Meyer & Jessen, Munich, 1922-23, III, sec. 449.

¹⁹ Ε.Π. Παπανούτσος, *ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ*, σελ. 205-207.

²⁰ <http://maven.smith.edu/~phyllo/>



Σχ. 8. Στέγαστρο στο Βρετανικό Μουσείο με εφαρμογή τις καμπύλες της σειράς Fibonacci, από τον αρχιτέκτονα Norman Foster.

3. Τυποποίηση

Ο διεθνής μετρικός συντονισμός ISO²¹, υιοθέτησε από το 1957 το δεκαδικό σύστημα και ως βασικό μέγεθος τυποποίησης των οικοδομικών στοιχείων τα 10εκ., ενώ παράλληλα καθόρισε ένα διάγραμμα βασικών αριθμών²². Η επιλογή του μεγέθους για διεθνή τυποποίηση, προκύπτει από το συμβιβασμό μεταξύ των λειτουργικών αναγκών, τη συχνότερη χρησιμοποίηση κάποιων μεγεθών και τις σειρές των συστηματικών αριθμών που δίνουν αρμονικές αναλογίες²³. Προφανώς η τυποποίηση δεν μπορεί να περιλάβει όλα τα μεγέθη. Από τον πίνακα λοιπόν, ο οποίος αντιπροσωπεύει όλους τους συνδυασμούς των μεγεθών πολλαπλασίων των 10εκ. (βασικό μέγεθος) σε ορθογώνια σχήματα, αναζητούνται τα σχήματα των οποίων η αναλογία πλευρών είναι ο αριθμός φ: 1,618 (με παραδοχή λάθους 2%). Έτσι τα μεγέθη

²¹ Η τυποποίηση σήμερα αποτελεί στόχο διεθνών οργανισμών και έχει γίνει γεγονός για πάμπολλα πεδία εφαρμογών. Από αυτούς τους οργανισμούς ο ISO συγκροτείται από 100 χώρες και το 1993 δημοσίευσε 9000 standards π.χ. ISO 1006:1983 που αφορά οικοδομικά στοιχεία. Στην Ελλάδα η τυποποίηση ακολουθεί την οδηγία 83/89/EOK, ενώ το 1976 ιδρύθηκε ο ελληνικός οργανισμός τυποποίησης. (ΕΛΟΤ):www.tee.gr/library/eno/enohist.htm

²² Όλοι οι αριθμοί προκύπτουν από τους αριθμούς 1, 2 και 3 πολλαπλασιαζόμενοι με τα κοινά τους πολλαπλάσια 2 και 3: P. Bussat, LA COORDINATION MODULAIRE DANS LE BATIMENT,σελ.31,45.

²³ www.iso.ch/me/TC59.h.html

τυποποίησης περιορίζονται σε 10 αρμονικά μεγέθη αναλογιών της “χρυσής τομής”, τα οποία δίνουν το βασικό διάγραμμα μεγεθών, ενός κτιρίου. Δηλαδή, έγιναν αποδεκτά, ως διεθνής κανόνας, τα αρμονικά μεγέθη που από την αρχαιότητα οργανώνουν αισθητικά τα κτίσματα.

Η διεθνής τυποποίηση (ISO) των οικοδομικών στοιχείων, η οποία περιέχει τεχνικές προδιαγραφές και ακριβή κριτήρια εφαρμογής επεκτείνεται σ’ όλους τους τομείς της βιομηχανικής δραστηριότητας. Στην αρχιτεκτονική, προκειμένου να επιτυγχάνεται εναρμόνιση των μεγεθών ενός κτιρίου με τα τυποποιημένα οικοδομικά στοιχεία, εφαρμόζεται στο στάδιο του σχεδιασμού του κτιρίου “κάνναβος”²⁴. Ο “κάνναβος” επιλέγεται από το λειτουργικό διάγραμμα και συνήθως είναι 90X90εκ. ή 120X120εκ. (το μέγεθος που καταλαμβάνει ένας όρθιος άνθρωπος), που θεωρείται το ελάχιστο μέγεθος σχεδιασμού του κτιρίου. Με την ίδια λογική καθορίζονται μεγαλύτεροι ή μικρότεροι “κάνναβοι”, οι οποίοι ορίζουν το μέγεθος των ανοιγμάτων, κουφωμάτων, δωματίων, της φέρουσας κατασκευής και όλων των οικοδομικών στοιχείων. Η οργάνωση των λειτουργιών του κτιρίου σε “κάνναβο” σε συνδυασμό με τις αρμονικές χαράξεις αναλογιών όγκων και όψεων συνιστούν ένα ομοιογενές σύστημα, που είναι βάση και για την επιδιωκόμενη αρμονία²⁵. Οι διαστάσεις του κτιρίου με τη χρησιμοποίηση “κάνναβου”, ορίζονται στα σχέδια των κατόψεων, τομών και όψεων, με τη χρησιμοποίηση σειράς οριζοντίων και καθέτων γραμμών, οι οποίες αποτελούν και τους άξονες αναφοράς στο στάδιο της κατασκευής.

4. Συμπεράσματα

Η γνώση των αρχών που διέπουν την αρμονία, την αναλογία, το μέτρο και οι θεωρίες της οπτικής αντίληψης, της ψυχολογίας της μορφής και της αισθητικής, αποτελούν συνοπτικά τη βάση για το μετρικό συντονισμό. Εξ’ άλλου ανατρέχοντας στους ιστορικούς κανόνες και στις αναλογίες της αρχιτεκτονικής, που διέπουν τα αριστουργήματα του παρελθόντος,

²⁴ Δηλαδή, εισάγεται στο έργο, η έννοια του μέτρου συσχετισμού, του εμβάτη, όπως τον συναντάμε στην κλασική αρχιτεκτονική, μια μονάδα επαναλαμβανόμενη, η οποία καθορίζει τη σχέση που υπάρχει μεταξύ των επιμέρους τμημάτων, ενός αρχιτεκτονικού έργου.

²⁵ Le Corbusier, LE MODULOR,σελ.51.

εμφανίζεται ο σύγχρονος κοινός παρανομαστής, της διεθνούς συμφωνίας, για τη τυποποίηση των αρχιτεκτονικών μεγεθών. Ο κοινός παρανομαστής κατέληξε να είναι τα 10εκ., το οποίο καθορίστηκε ως το βασικό μέγεθος και συμβολίζεται με το γράμμα **M**.

Γενικά η επιδίωξη μετρικού συντονισμού²⁶, ταυτίζεται με τον καθορισμό διαστάσεων πολλαπλάσιων βασικών αριθμών με σκοπό, να επιτυγχάνεται ταυτόχρονα:

προσαρμογή στο περιβάλλον

ισορροπία στη σύνθεση

τυποποίηση, προτυποποίηση, προκατασκευή και

αρμονία

και στόχο

την επίτευξη οικονομίας στην παραγωγή οικοδομικών στοιχείων και στην κατασκευή των κτιρίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. P. Bussat, LA COORDINATION DANS LE BATIMENT, FAS SIA, Zurich, 1963.
2. I. Calvino, SIX MEMOS FOR THE NEXT MILLENIUM, Vintage, N. York, 1993.
3. A. Choisi, L'HISTOIRE DE L' ARCHITECTURE, Vincent& Freal, Paris, 1914
4. L. Ghirardini, NEXUS: architecture and mathematics, Erba, Firenze, 1996
5. Le Corbusier, LE MODULOR, Εκδοσεις Παπαζήση, Αθήνα, 1971.
6. Ε. Παπανούτσος, ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ, Ικαρος, Αθήνα. 1976.
7. P. Tutt & D. Adler (ed), NEW METRIC HANDBOOK, Architectural Press, Oxford, 1977.
8. J. Sammerson, THE CLASSICAL LANGUAGE OF ARCHITECTURE, M.I.T Press, Cambridge, 1971.
9. F. Vischer, επιμ. R. Vischer, Aesthetik, oder Wissenschaft des Schonen, Meyer & Jessen, Munich, 1922-23.

²⁶ Ο μετρικός συντονισμός καταλήγει στην ακριβέστερη αποτύπωση του χώρου
<http://www.emis.de/journals/NNJ/March-V5n2.html>