

# 2

## Σχήματα και στερεά

---

- Το σημείο, τα σημεία
- Ατέρμονη γραμμή
- Οι ευθείες γραμμές
- Οι καμπύλες γραμμές
- Η γραμμή στον χώρο
- Πλέγματα, δικτυώματα στον χώρο
- Γεωμετρικά σχήματα
- Το ύψος του χώρου
- Αναλογία χρυσής τομής, ακολουθία Fibonacci
- Μάζα
- Η κατασκευαστική δομή
- Γεωμετρικά στερεά στο design
- Γεωφυσικές φόρμες
- Φόρμες νεκρής φύσης
- Φόρμες από τον μικρόκοσμο

## ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ, ΤΑ ΣΗΜΕΙΑ. ΠΑΡΙΣΙ

### Ερμηνεία – Σημασία, συνώνυμα

Η μαθηματική ερμηνεία του σημείου κατά τον Ευκλείδη είναι «σημεῖόν ἐστιν, οὗ μέρος οὐθέν». Το σημείο στον χώρο είναι μια οντότητα που περιέχει την έννοια της θέσης, της ύπαρξης, αλλά δεν έχει μετρήσιμα στοιχεία – είναι αδιάστατο. Το σημείο επίσης είναι «ἀμέριστο», δηλαδή δεν μπορεί να διασπαστεί κατά την έννοια του ατόμου από τον Δημόκριτο.

Σημείο, κέντρο, τοπόσημο, σημείο αναφοράς, συμβολή αξόνων, οι κορυφές ενός σχήματος, τα (τοπογραφικά) σημεία ενός οικοπέδου.



Ο Πύργος του Eiffel. Το σημείο αναφοράς του Παρισιού γεννιέται.

### Η κλίμακα του σημείου

Το σημείο δεν έχει καμία έκταση. Δεν έχει πλάτος ή μήκος, είναι στατικό και δεν μπορεί να δηλώσει κατεύθυνση. Συνεπώς δεν έχει καμία κλίμακα.

Δεν έχει απαραίτητα και σχήμα. Οπτικά το σημείο ταυτίζεται με ένα μικρό κυκλικό σχήμα. Ως σημείο μπορεί να θεωρηθεί οτιδήποτε, υπό την προϋπόθεση να είναι μικρό σε σχέση με το πλαίσιο ανάγνωσης.



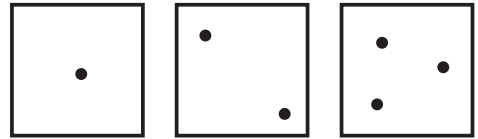
Μεγάλες οντότητες —όπως το Παρίσι— μπορούν να θεωρηθούν ως σημεία ανάλογα με το πλαίσιο ανάγνωσης.



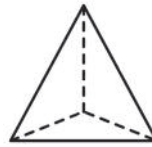
Το σημείο δεν έχει κλίμακα ή διάσταση. Ως σημείο μπορούν να θεωρηθούν διαφορετικά μεμονωμένα σχήματα, εφόσον είναι πολύ μικρά και έχουν κάποια σχετική συμμετρία.

### Το σημείο στο σχέδιο

Το σημείο στο σχέδιο επισημαίνει, τεκμηριώνει μια συγκεκριμένη θέση στον χώρο. Όταν ένα σημείο συνδυαστεί με ένα ακόμα, οπτικά ορίζει μια ευθεία, ενώ τρία ή περισσότερα σημεία γίνονται αντιληπτά ως σχήμα – επίπεδο.



Στη σχεδίαση τα σημεία δηλώνουν θέση, ορίζουν άξονα ή επίπεδο.



Το κανονικό τετράεδρο είναι ο γεωμετρικός τόπος τεσσάρων σημείων, σε ίσες αποστάσεις το ένα από το άλλο. Είναι το πρώτο από τα πλατωνικά στερεά, με τις λιγότερες δυνατές έδρες και με πολλές εφαρμογές στη μηχανική. Κυματοθραύσισης από πολλά στοιχεία τετράεδρων.

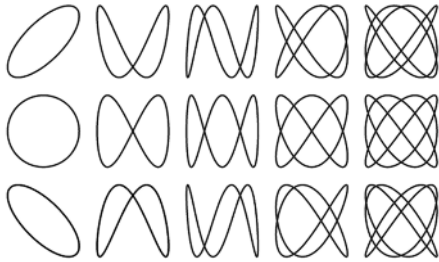
Η συμβολή δύο ή περισσότερων αξόνων πάντα ορίζει ένα σημείο.



Δώδεκα οδικοί άξονες συμβάλλουν σε ένα σημείο και δημιουργούν μια πλατεία. Στη συγκεκριμένη βρίσκεται η Arc de Triumph – τοπόσημο του Παρισιού.

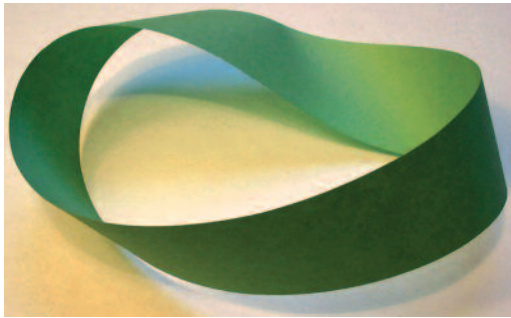
## ΑΤΕΡΜΟΝΗ ΓΡΑΜΜΗ

Ατέρμονη γραμμή ή "lissajous", είναι μία γραμμή χωρίς τέλος, χωρίς τέρμα, αδιάκοπη, ασταμάτητη, συνεχής, όπως ο κύκλος, η έλλειψη κ.ά. Από σπάγκο δημιουργούμε έναν κύκλο και διπλώνοντας δημιουργείται ένα οκτάρι κ.ο.κ.



Ατέρμονες καμπύλες, "lissajous" (Wikipedia.org).

Η λωρίδα Mobius είναι μία ατέρμονη επιφάνεια με μία πλευρά που γίνεται αν ενώσουμε τις δύο άκρες της στρίβοντας τη μία άκρη πριν τις κολλήσουμε.



Ατέρμονη λωρίδα του Mobius (Wikipedia.org). Το μέσα περνάει έξω και αντίστροφα.



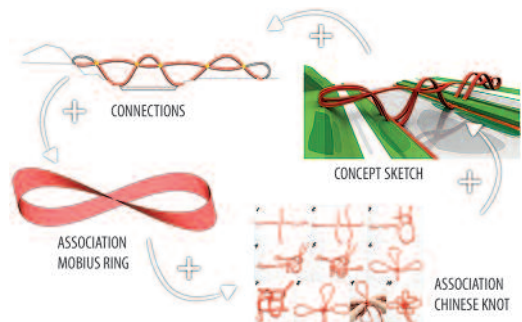
Το τοπίο και κέντρο επισκεπτών των Snug Architects έξω από το Birmingham, είναι εμπνευσμένο από τη λωρίδα του Mobius. Βραβείο αρχιτεκτονικού διαγωνισμού το 2016, ύψος 51 μ. (snugarchitects.co.uk).



"Drive on a continuum", Mobius Car Concept, Tommaso Gecchelin, 2<sup>ο</sup> βραβείο διεθνούς διαγωνισμού design 2010 (coroflot.com).



Ο Antony Gibbon μεταφράζει τη λωρίδα του Mobius σε κατοικία-γλυπτό από σκυρόδεμα (designboom.com).



Η γέφυρα πεζών Changsha των NEXT εμπνευσμένη από τη λωρίδα του Mobius, 2014 (archdaily.com). Βραβείο αρχιτεκτονικού διαγωνισμού. Μήκος 150 μ., ύψος 24 μ.

Οι ατέρμονες καμπύλες και οι ατέρμονες λουρίδες, επιφάνειες αποτελούν πηγή έμπνευσης στην αρχιτεκτονική και το design.

## ΟΙ ΕΥΘΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ

### Ερμηνεία – Σημασία

Η ευκλείδεια γεωμετρία, η κυρίαρχη δηλαδή γεωμετρία για τον κόσμο της αρχιτεκτονικής, δεν δίνει ορισμό «ευθείας» καθώς τη θεωρεί μαζί με το «σημείο» και το «επίπεδο» αρχικές έννοιες. Η ερμηνεία της ευθείας ωστόσο μπορεί να δοθεί από τη μαθηματική συνάρτηση που την περιγράφει:

$$f(x) = ax + b$$

Η συνάρτηση αυτή περιγράφει τη σχέση που συνδέει μεταξύ τους εκείνα τα σημεία που ανήκουν σε μια ευθεία γραμμή.

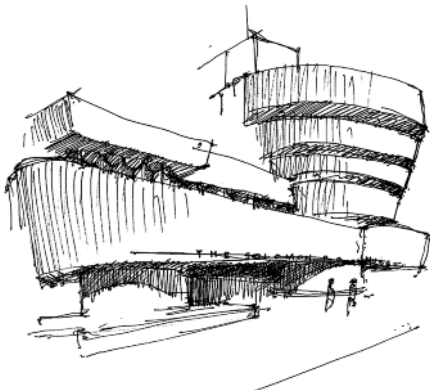
Η ευθεία γραμμή στη γεωμετρία έχει μονοδιάστατη δομή, καθώς έχει άπειρο μήκος, αλλά χωρίς αρχή, χωρίς τέλος και δίχως πλάτος ή βάθος.

Η ευθεία γραμμή μπορεί να εκφράσει οπτικά τη (γραμμική) κατεύθυνση, τη (γραμμική) ανάπτυξη, την (ευθύγραμμη) κίνηση, την (οριζόντια ή κατακόρυφη) μετάβαση, αλλά και την υφή σε μια επιφάνεια, τον τόνο, τη σκιά.

Στην ίδια οικογένεια με τις ευθείες είναι και οι ημιευθείες (έχουν αρχή αλλά όχι τέλος) και τα ευθύγραμμα τμήματα (με αρχή και τέλος).

### Η ευθεία γραμμή στο σκίτσο

Η ευθεία γραμμή ως μια πολύ συγκεκριμένη έκφραση της γενικότερης έννοιας «γραμ-



Απόδοση του Guggenheim με σκίτσο. Η γραμμή χρησιμοποιείται τόσο για την απόδοση των ακμών — της βασικής ογκοπλασίας του κτηρίου— όσο και για τον τόνο της σκίασης.

μή», κατέχει εξίσου σημαντική θέση στην απεικόνιση και έκφραση της αρχιτεκτονικής μέσω του σκίτσου.

Η γραμμή ως πρωταρχικό στοιχείο σύνταξης του σκίτσου είναι απαραίτητη για την απεικόνιση των πρώτων σταδίων των ιδεών της αρχιτεκτονικής σύνθεσης. Δημιουργεί περιγράμματα σχημάτων, ακμές όγκων, «φτιάχνει» την ψευδαίσθηση της προοπτικής και «ζωντανεύει» την εικόνα με τη σκίαση και τον τόνο.

Μέσα στην επιφάνεια ενός σχήματος η γραμμή μπορεί να αναπαραστήσει την υφή αλλά και την υλικότητα.

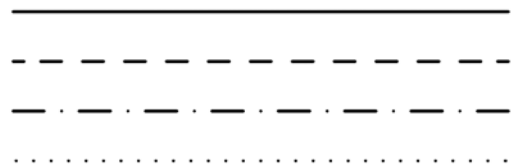
### Η ευθεία γραμμή στο σχέδιο

Αν και στα μαθηματικά η γραμμή δεν έχει πάχος, για τη σωστή απόδοση του αρχιτεκτονικού σχεδίου εκτός από πάχος πρέπει να αποκτήσει και δομή.

Έτσι οι γραμμές διακρίνονται ανάλογα με το πάχος τους σε λεπτές ή χοντρές, χαρακτηριστικό με βάση το οποίο γίνεται η διάκριση ανάμεσα σε τεμνόμενο ή μη τεμνόμενο υλικό στις αρχιτεκτονικές απεικονίσεις.



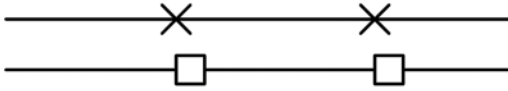
Πάχος γραμμών. Οι λεπτές γραμμές απεικονίζουν στοιχεία ακμών, προβολών ή συνεπίπεδων στοιχείων. Οι χοντρές γραμμές από την άλλη, τα περιγράμματα τεμνόμενων στοιχείων. Το πάχος γραμμής του τεμνόμενου στοιχείου συνδέεται και με το υλικό του.



Είδη γραμμών. Όταν η γραμμή αποκτήσει μια δομή πλην της συνηθισμένης συνεχόμενης μορφής, αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη πληροφορία στο αρχιτεκτονικό σχέδιο.



Εκτός από το πάχος, όπως ήδη αναφέρθηκε, ένα ακόμη χαρακτηριστικό που αποκτούν οι γραμμές στο αρχιτεκτονικό σχέδιο είναι η δομή. Μια γραμμή μπορεί να είναι συνεχόμενη, διακεκομμένη, εστιγμένη ή “παύλα – τελεία”.



Σύνθετες γραμμές. Όταν η γραμμή εμπλουτίζεται και με άλλα στοιχεία, πέρα από την απεικόνιση μπορεί να αποκτήσει και συμβολικό χαρακτήρα όπως στο παράδειγμα: δύο γραμμές για διαφορετικό είδος περιφράξης.

## Η ευθεία γραμμή στην αρχιτεκτονική

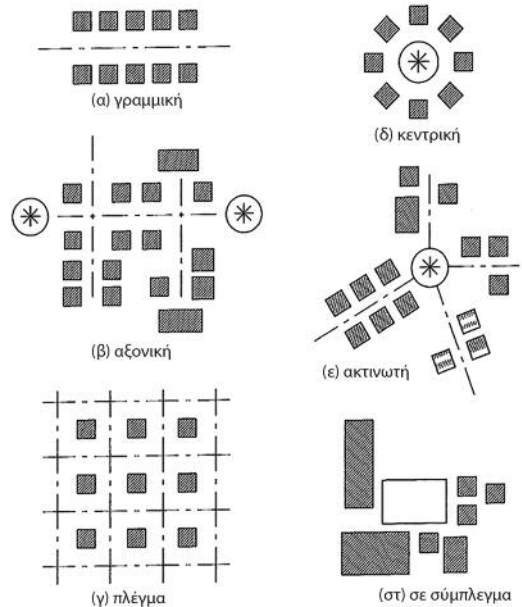
Η γραμμή μπορεί να ταυτιστεί ή να ορίσει την κυρίαρχη κατεύθυνση.



Η ευθεία γραμμή ως στοιχείο σύνθεσης των όγκων. Η γραμμική ανάπτυξη των όγκων και στις δύο περιπτώσεις είναι κοινή, με ειδοποιό διαφορά την κατεύθυνση της ανάπτυξης. House in Toyonaka (Tatos Architects) & Scape house (Kimura Architects).

Η χρήση της ευθείας γραμμής σε σχέση με τον προσανατολισμό της, οριζόντιο – ήπιο ή κατακόρυφο – έντονο, «οδηγεί» σε συγκεκριμένη ανάγνωση ενός κτηρίου.

Η ευθεία γραμμή αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο στα συστήματα χωρικής οργάνωσης πραγμάτων.



Η ευθεία γραμμή ως στοιχείο οργάνωσης χωρικών αναπτύξεων.

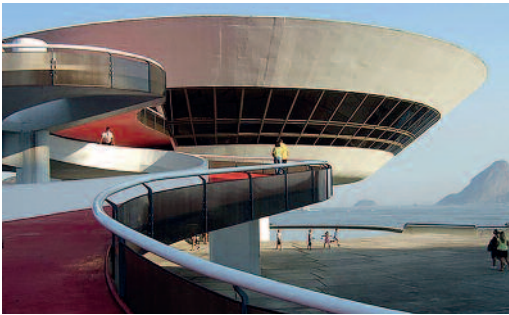
Η ευθεία γραμμή ως νοητό στοιχείο με τη μορφή του άξονα εμφανίζεται ως εργαλείο με βάση το οποίο στοιχεία οργανώνονται εκατέρωθεν αυτής. Στον σχεδιασμό μεσαίας και μεγάλης κλίμακας η ευθεία γραμμή με τη μορφή βουλεβάρτου, δρόμου ή άξονα, αποτελεί ρυθμιστικό στοιχείο στην οργάνωση οικιστικών συνόλων.



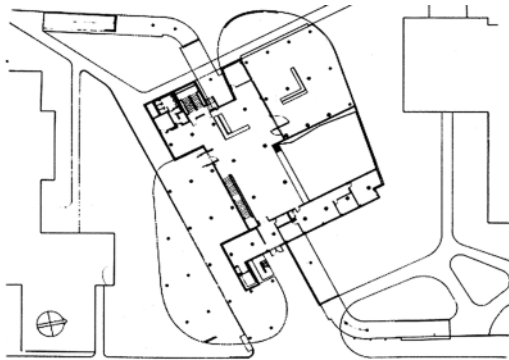
Καλάθι για φρούτα από τους F & H Campana, Alessi.

## ΟΙ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ

Ο Oscar Niemeyer είχε πει μιλώντας για τις καμπύλες γραμμές: «Δεν είναι η ορθή γωνία που με ελκύει, ούτε η ευθεία γραμμή, σκληρή και άκαμπτη, που δημιουργείται από τον άνθρωπο. Αυτό που με ελκύει είναι η ελεύθερη και αισθησιακή καμπύλη – η καμπύλη που βρίσκεται στα βουνά της χώρας μου, στην ελικοειδή πορεία των ποταμών της, στο σώμα της αγαπημένης γυναίκας. Από τις καμπύλες γίνεται ολόκληρο το σύμπαν, το καμπυλωμένο σύμπαν του Αϊνστάιν».



Oscar Niemeyer. The Niterói Contemporary Art Museum, Rio de Janeiro, 1996.



Le Corbusier, Carpenter Center, Cambridge, Mass., 1963. Διάσημη κάτοψη με καμπύλες γραμμές.

Υπάρχει μια τάση στον σχεδιασμό να προτιμώνται αντικείμενα με καμπύλες γραμμές αντί για αντικείμενα με οξείες γωνίες και αιχμηρά σημεία. Αυτό εξηγείται απόλυτα από τη νευροφυσιολογία. Αναφέρεται στην έρευνα πως η προτίμηση στις καμπύλες οφείλεται στην υποσυνεί-

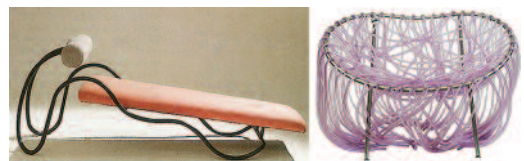
δητη λειτουργία του εγκεφάλου μας να αναγνωρίζει πιθανούς κινδύνους και να ενεργοποιεί την αίσθηση του φόβου όταν αντιμετωπίζει αιχμηρά σχεδιασμένα στοιχεία με ιδιαίτερες αποκλίσεις από τις καμπύλες γραμμές. Ο βαθμός της απόκρισης της αμυγδαλής του εγκεφάλου είναι ανάλογος με την οξύτητα των γωνιών ή την αιχμηρότητα των γραμμών και των σημείων.



Η διακύμανση του σχήματος σε καμπύλες γραμμές μπορεί να συμβάλει στο συναίσθημα που σχετίζεται με αυτό. Οι καμπύλες γραμμές με ρηχές ή μεγάλες διακυμάνσεις είναι ήρεμες και δημιουργούν μια αίσθηση ευκολίας, ενώ οι καμπύλες με μεγάλες διακυμάνσεις ή απότομα ψηλά και χαμηλά σημεία είναι δραματικές και ενεργητικές.



Εικόνες από την έρημο Ναμίμπια. Η φύση διαθέτει τη μεγαλύτερη παλέτα καμπύλων γραμμών. Δεν υπάρχει απόλυτα ευθεία γραμμή στη φύση, όλες οι γραμμές όμως μπορούν να αναλυθούν με γεωμετρικές σχέσεις. Το συχνότερο φαινόμενο είναι οι καμπύλες που προσομοιάζουν στη λογαριθμική σπείρα.



Το ανάκλιτρο στηρίζεται στους καμπυλόμορφους σωλήνες. Ο «συρμάτινος» καναπές των αδελφών F & H Campana, «κοράλλι», 2004.



## Η ΓΡΑΜΜΗ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ

Η γραμμή είναι μια δισδιάστατη οντότητα χωρίς πάχος που καθώς αναπτύσσεται μπορεί να δώσει διάφορα σχήματα: γραμμικά, καμπύλα, τεθλασμένα ή συνδυασμούς αυτών.



Το 1974 ο γάλλος *Philippe Petit* διέσχισε την απόσταση μεταξύ των διδύμων πύργων στη Νέα Υόρκη περπατώντας πάνω σε μία γραμμή από σύρμα.

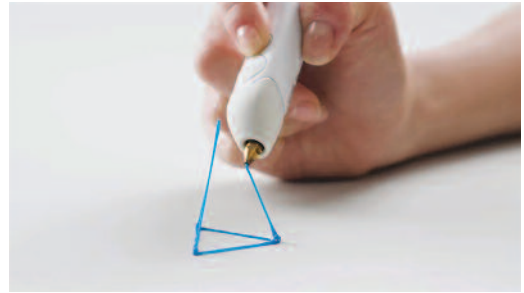
Η γραμμή στον χώρο με τη στενή έννοια της φράσης αφορά σε ένα γραμμικό τμήμα που αναπτύσσεται και στις τρεις διαστάσεις του χώρου.



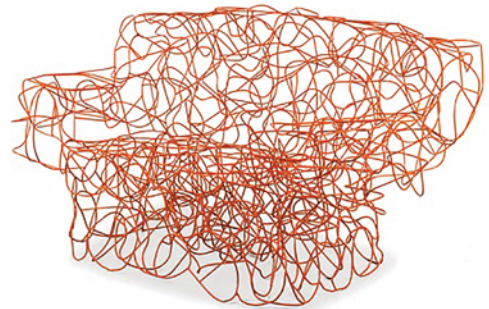
*Ελατήριο*: με την ανάπτυξη μιας γραμμής σε κύκλο και σε διάνυσμα κάθετο σε αυτόν, προκύπτει το χαρακτηριστικό σχήμα του ελατηρίου. Ανάλογα με το πάχος της γραμμής, το βήμα του κύκλου και το μήκος ανάπτυξης ορίζονται και τα μηχανικά χαρακτηριστικά του.

Η ανάπτυξη της γραμμής στον χώρο μπορεί να είναι τυχαία ή αντίθετα να ακολουθεί κάποιους γεωμετρικούς κανόνες. Με τον τρόπο αυτό περιγράφει τις ακμές ενός σχήματος και γίνεται

αντιληπτή ως γεωμετρικό στερεό που του λείπουν οι επιφάνειες.



3D μολύβι – εκτυπωτής. Καθώς κινείται στον χώρο «γράφει» με υλικό μια τρισδιάστατη γραμμή.



*Corallo chair* από τον *Humberto Campana*. Το σχήμα του καθίσματος προκύπτει από την κίνηση μιας γραμμής στον χώρο.



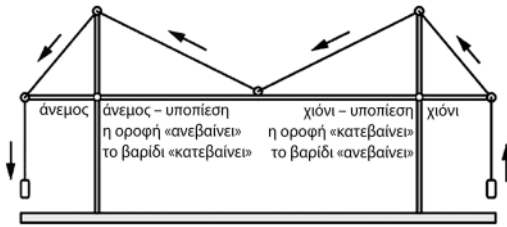
Μια καθόλα γραμμική πεζογέφυρα ενώνει το παλιό λιμάνι της Μασσαλίας με το νέο Μουσείο Πολιτισμού Ευρώπης και Μεσογείου. Η γέφυρα εκτός από τη συμβολική διάσταση της σύζευξης πολιτισμών, αποτελεί και μια πρωτοποριακή κατασκευή από “super concrete” το οποίο έχει επαυξημένες μηχανικές αντοχές σε σχέση με το συμβατικό οπλισμένο σκυρόδεμα. Η χρήση του υλικού επιτρέπει την απόλυτη ευθύγραμμη γεωμετρία της, χωρίς τοξωτή ή άλλου είδους γεωμετρία υποστηρικτικής δομής.

## ΠΛΕΓΜΑΤΑ, ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ

### Αναρτημένες κατασκευές

Πηγές έμπνευσης για τις αναρτημένες κατασκευές είναι η ζυγαριά, ο γερανός, η γέφυρα, το αντίβαρο του ασανσέρ κ.ά.

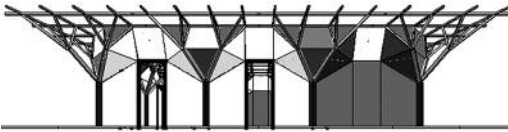
καλώδιο = εφελκυσμός / στύλος = θλίψη



Τυπικό παράδειγμα αναρτημένης οροφής.

### Δένδρα ως ευφυή δομικά στοιχεία

Το δένδρο ως φόρμα φέροντα οργανισμού ή σκελετού στην αρχιτεκτονική μεταφέρει τα φορτία της οροφής στο έδαφος. Η κατανομή των φορτίων είναι καλύτερη από τους στύλους.



Τυπικό παράδειγμα χρήσης δένδρου ως στατικού φορέα, κυλικείο στο νοσ. Παπανικολάου. Αρχ. Φανή Βαβύλη, Νίκος Τσινίκας, 2003.

### Γεωδητικοί θόλοι

Τα πολύπλευρα, τα πλατωνικά στερεά αποτελούν τη γεωμετρική βάση των γεωδητικών θόλων. Το ζητούμενο είναι η σταθερότητα της κατασκευής.

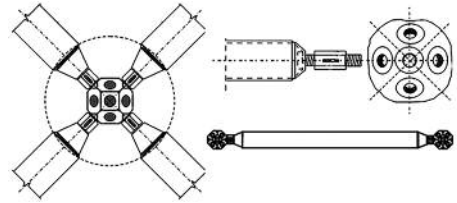


Γεωδητικός θόλος του Buckminster Fuller στο Μοντρέαλ του Καναδά ([architecturaldigest.com](http://architecturaldigest.com)).

### Χωροδικτυώματα

Χωροδικτυώματα είναι χωρικά πλέγματα με ράβδους και κόμβους σύνδεσης οι οποίοι δημιουργούν γεωμετρικά στερεά όπως οι πυραμίδες ή οι κύβοι. Τα στερεά όπως επαναλαμβάνονται το ένα δίπλα στο άλλο δημιουργούν πάνω και κάτω πλέγμα με πολλές διαγώνιες ή κάθετες συνδέσεις.

Πλεονεκτήματα: κατάλληλα για ανοίγματα άνω των 100 m, κάλυψη μεγάλων ανοιγμάτων ελεύθερης κάτοψης, βατός ενδιάμεσος χώρος μεγάλου ύψους, ελευθερία στην επιλογή περιοχών στήριξης, εγκατάσταση ή μετεγκατάσταση, modular εξαρτήματα, επαναλαμβανόμενη γεωμετρία, κόστος για ανοίγματα μικρότερα των 30 μ.

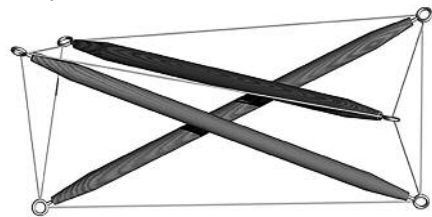


Τυπικό παράδειγμα κόμβου και ράβδου από τυπικό χωροδικτύωμα ([mdpi.com](http://mdpi.com)).

### Συστήματα ράβδων & καλωδίων

Τα συστήματα ράβδων & καλωδίων είναι χωρικά πλέγματα στα οποία οι ράβδοι αντέχουν σε θλίψη και τα καλώδια αντέχουν σε εφελκυσμό.

Πλεονεκτήματα: ελαφριές κατασκευές, εκμετάλλευση αξονικών δυνάμεων εφελκυσμού και θλίψης, αναπτυσσόμενες κατασκευές με χρήση μηχανισμών κίνησης, χρήση επαναλαμβανόμενων μονάδων. Μειονεκτήματα: έλλειψη τεχνολογίας για στατικό υπολογισμό πολύπλοκων δομών.

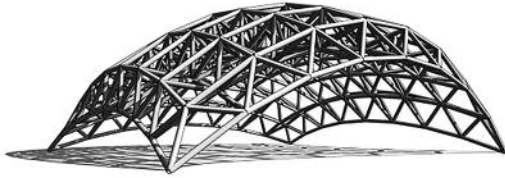


Τυπικό παράδειγμα πρίσματος με τη χρήση ράβδων και καλωδίων ([Wikipedia.org](http://Wikipedia.org)).



## Πλεγματικά κελύφη περιορισμένης καμπυλότητας

Ελευθερία επιλογής μορφής, υλικού, ενδιαφέρουσα γεωμετρία, μεγάλα ανοίγματα, οικολογικά υλικά, ελαφριά κατασκευή, μικρή καμπυλότητα, πολύπλοκο σχέδιο, εξειδικευμένες γνώσεις, μεγάλο κόστος και χρόνος.



Χωροδικτύωμα κατασκευής κελύφους περιορισμένης καμπυλότητας με μεταβλητή διατομή των ράβδων του Harvard Vasshaug ([vasshaug.net](http://vasshaug.net)).

## Πλεγματικά κελύφη ελεύθερης μορφής

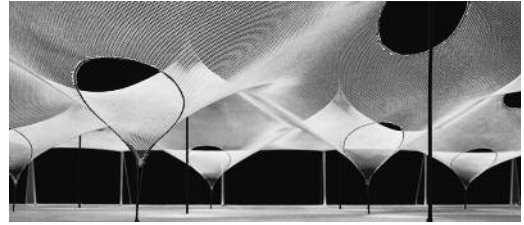
Τυχαία επιφάνεια ελεύθερης μορφής με κυτταρική διαίρεση, σχήματα Voronoi, voronax, ενδιαφέρουσα γεωμετρία, μεγάλα ανοίγματα, ποικίλες, έντονες καμπυλότητες, πολυγωνικά και οργανικά μοτίβα κυττάρων, απαίτηση εξειδικευμένων γνώσεων.



Κέντρο Aliyev, Baku της Zaha Hadid. Τυπικό παράδειγμα επιφάνειας διπλής καμπυλότητας με τη χρήση ελεύθερου χωροδικτύωματος ([pinterest.com](http://pinterest.com)).

## Πλέγματα καλωδίων

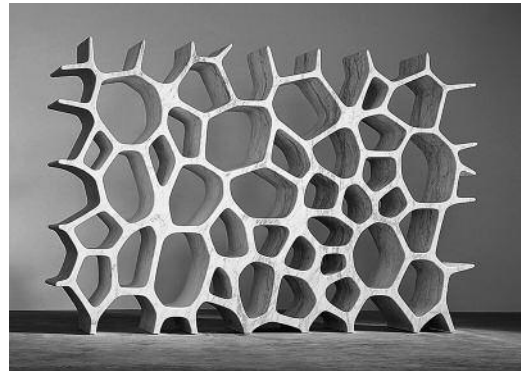
Οικονομική λύση για ανοίγματα κυρίως άνω των 100 μέτρων, ευκολία κατασκευής, μεγάλα ανοίγματα, ελαφριές κατασκευές, πολύπλοκο σχέδιο, εξειδικευμένες γνώσεις, μεγάλο κόστος και χρόνος, πιθανότητα μη προσαρμογής στον περιβάλλοντα χώρο λόγω της ιδιαίτερης μορφής τους.



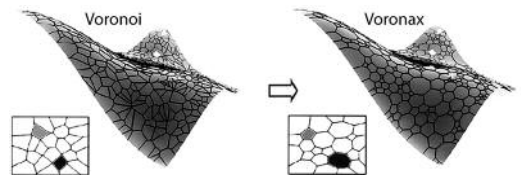
Πλέγματα καλωδίων, μακέτα του Frei Otto ([digicult.it](http://digicult.it)). Συνήθης διαδικασία για τη μακέτα είναι η χρήση ελαστικών, πλεγματικών υφασμάτων για την εύρεση μορφής.

## Πλέγματα voronoi

Πλέγματα με τυχαία, μη κανονικά σχήματα στη δομή τους. Κάθε κύτταρο είναι και διαφορετικό όπως συμβαίνει και στη φύση με το καύκαλο της χελώνας, τους σχηματισμούς της ξηρής λάσπης κ.ά. Τα πλέγματα voronoi μπορεί να χαραχθούν με βάση τυχαία σημεία τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και χαράζονται μεσοκάθετοι οι οποίοι σχηματίζουν τα κύτταρα του πλέγματος.



Ράφια voronoi από τον σχεδιαστή Marc Newson, 2013 ([designisthis.com](http://designisthis.com)).



Μοτίβο voronoi που μετατρέπεται σε voronax με τη βοήθεια αλγορίθμων βελτιστοποίησης της γεωμετρίας από κύτταρα ελεύθερης μορφής σε απλούστερα γεωμετρικά κύτταρα για τη δυνατότητα και ευκολία κατασκευής τους.

### ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΑ

Το γεωμετρικό σχήμα στα μαθηματικά είναι ένα σύνολο σημείων στον χώρο. Το σύνολο αυτό μπορεί να ορίζει ένα επίπεδο (δισδιάστατο) γεωμετρικό σχήμα ή να αναπτύσσεται στον χώρο (γεωμετρικό στερεό).

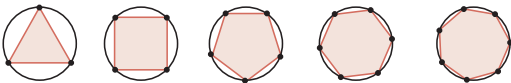
### Πολύγωνα

Τα πολύγωνα είναι γεωμετρικά σχήματα στο επίπεδο, που αποτελούνται από τρεις (τρίγωνο) ή περισσότερες διαδοχικές γραμμές.

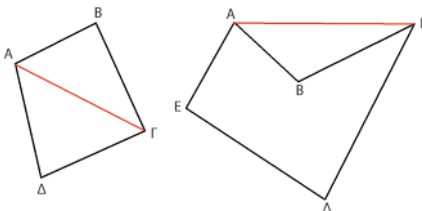


Το «πεντάγωνο», το γεωμετρικό σχήμα της κάτοψης το καθιστά από τα πιο αναγνωρίσιμα κτήρια παγκοσμίως.

Τα πολύγωνα μπορεί να είναι ανοιχτά ή κλειστά, κυρτά ή μη κυρτά, κανονικά, γραμμικά ή καμπύλα.



Κανονικά πολύγωνα: είναι τα κλειστά πολύγωνα που όλες οι πλευρές και οι εσωτερικές γωνίες είναι ίσες μεταξύ τους.



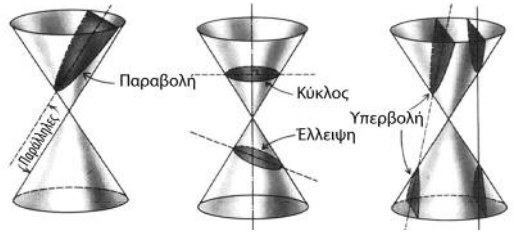
Κυρτό και μη κυρτό πολύγωνο. Η ειδοποιός διαφορά είναι στη γραμμή που ενώνει δύο οποιοσδήποτε μη διαδοχικές κορυφές. Αν προκύπτει εκτός σχήματος, τότε το πολύγωνο είναι μη κυρτό.

### Κωνικές τομές

Κωνική τομή είναι το γεωμετρικό σχήμα που προκύπτει από την τομή ενός κώνου με

ένα επίπεδο, η οποία θα είναι πάντα μια καμπύλη γραμμή, ανοιχτή (παραβολή ή υπερβολή) ή κλειστή (κύκλος ή έλλειψη).

Η θέση του επιπέδου ως προς τον κώνο καθορίζει και το είδος της κωνικής τομής, η οποία θα είναι πάντα μια καμπύλη γραμμή, ανοιχτή (παραβολή ή υπερβολή) ή κλειστή (κύκλος ή έλλειψη).



Κωνικές τομές. Ανάλογα με τη σχετική θέση του επιπέδου τομής, προκύπτουν οι χαρακτηριστικές καμπύλες.

### Οργανικά, μη κανονικά γεωμετρικά σχήματα

Ενώ οι περισσότερες τεχνητές κατασκευές και κυρίως αυτές που αναφέρονται σε κτήρια ακολουθούν τη γραμμή συνηθισμένων γεωμετρικών μορφών, τα περισσότερα σχήματα που κυριαρχούν στη φύση είναι οργανικής, μη κανονικής μορφής.



Το εξωτερικό κέλυφος από το ολυμπιακό κολυμβητήριο του Πεκίνου αποτελείται από ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο σχήμα, μέσα στο οποίο εγγράφονται οργανικά σχήματα που προσομοιάζουν οπτικά εφέ του νερού.

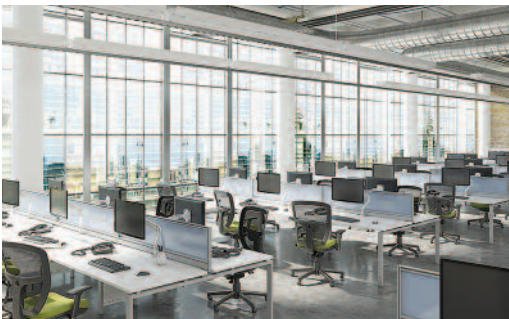


Blob form γεωμετρικά σχήματα: αποτελούνται από καμπύλες γραμμές τυχαίας μορφής.

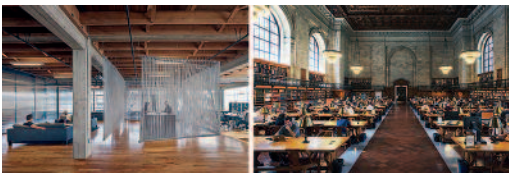
## ΤΟ ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ



Είναι γενικά αποδεκτό πως οι άνθρωποι προτιμούν τους ψηλοτάβανους χώρους από τους χαμηλοτάβανους. Λιγότερο γνωστό ωστόσο είναι πως το ύψος ενός χώρου μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι προσεγγίζουν την επίλυση προβλημάτων. Ανάλογα με το είδος του προβλήματος ή της διανοητικής εργασίας που μπορεί να κάνουμε το ύψος του χώρου μπορεί να υπονομεύσει ή να βελτιώσει την απόδοσή μας.



Οι εργασίες που απαιτούν δημιουργικότητα και καινοτόμα σκέψη ευνοούνται από το μεγάλο ύψος. Οι εργασίες που απαιτούν συγκέντρωση και προσανατολισμό στη λεπτομέρεια ευνοούνται από μικρότερα δωμάτια με χαμηλωμένες οροφές (π.χ., χειρουργικός θάλαμος).



Σε μεγάλα εμπορικά κέντρα, π.χ., το ύψος ευνοεί τη φαντασία των επιλογών του καταναλωτή· όπου χρειάζεται να ενθαρρυνθεί η παραμονή στον χώρο (π.χ., καζίνο), το μεγάλο

ύψος το πετυχαίνει, όπου χρειάζεται μείωση της παραμονής (π.χ., εστιατόρια / fast food), το μικρό ύψος μοιάζει να λειτουργεί.



Ένα αντίστοιχο παράδειγμα είναι η αντίληψη στην αναπαράσταση μιας εικόνας πολύ συχνης στην αρχιτεκτονική γλώσσα. Η εικόνα από ψηλά (“bird’s-eye” view) δημιουργεί το αίσθημα του χαμηλοτάβανου χώρου, το αντίθετο (εικόνα από χαμηλά – “worm’s-eye” view) δημιουργεί την εντύπωση του ψηλοτάβανου χώρου. Προφανώς σχετίζεται με την αντίληψη του χώρου και την τοποθέτησή μας μέσα σε αυτόν, σχετίζεται με την κίνηση και κατεύθυνση του ματιού (κοιτάζει ψηλά ή χαμηλά) και με τη σχέση που έχουμε με τα όρια του χώρου.

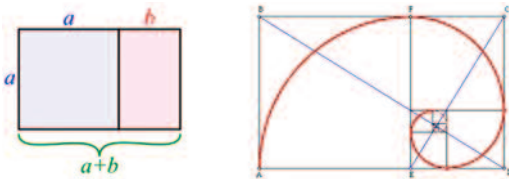


Το «φαινόμενο του καθεδρικού ναού» (cathedral effect) είναι το όνομα που έχει επικρατήσει για τη θετική επίδραση στη δημιουργικότητα που έχει το μεγάλο ύψος των χώρων.



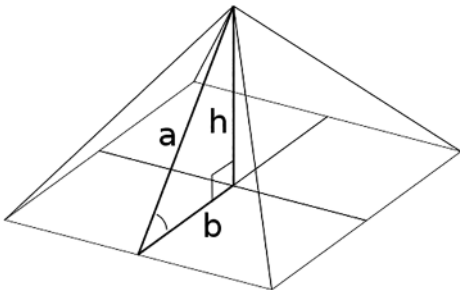
## ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΧΡΥΣΗΣ ΤΟΜΗΣ, ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ FIBONACCI

Στα μαθηματικά και στην τέχνη, δυο ποσότητες έχουν αναλογία «Χρυσής Τομής» αν ο λόγος του αθροίσματός τους προς τη μεγαλύτερη ποσότητα είναι ίσος με τον λόγο της μεγαλύτερης ποσότητας προς τη μικρότερη. Αυτός ο άρρητος αριθμός που προκύπτει συμβολίζεται με το γράμμα  $\phi$  και είναι ίσος με  $1,6180339887\dots$  Θεωρείται ο «μαγικός» αριθμός της φύσης που ενέπνευσε χιλιάδες ανθρώπους στις δημιουργίες τους από την εποχή που ο άνθρωπος ανακάλυψε αυτή την αναλογία.



Η αναλογία αυτή εκφράζεται αλγεβρικά με τον τύπο  $(a+b)/a = a/b$  και είναι γνωστή ως «χρυσός κανόνας», «θείκη αναλογία», «χρυσός λόγος».

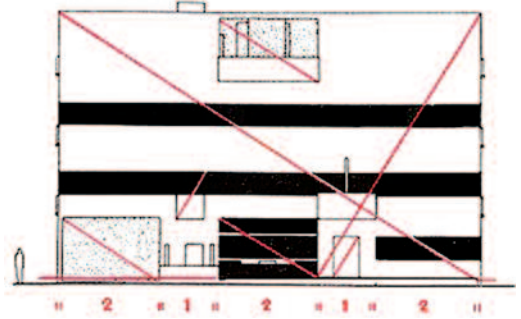
Στην ευκλείδεια γεωμετρία όπου για πρώτη φορά περιγράφηκε η χρυσή τομή, αναφέρεται ως «άκρος και μέσος λόγος». Περίπου έναν αιώνα νωρίτερα ο Φειδίας στα έργα του φαίνεται να εφαρμόζει τον κανόνα της χρυσής αναλογίας, ενώ ο Πλάτων στα πλατωνικά στερεά περιγράφει κάποια που σχετίζονται με τη χρυσή τομή.



Η «χρυσή πυραμίδα» με αναλογίες  $a:b:h = 5:3:4$ . Το τρίγωνο που προκύπτει — γνωστό και ως τρίγωνο Kepler — είναι το μισό ενός ορθογωνίου με αναλογίες χρυσής τομής.

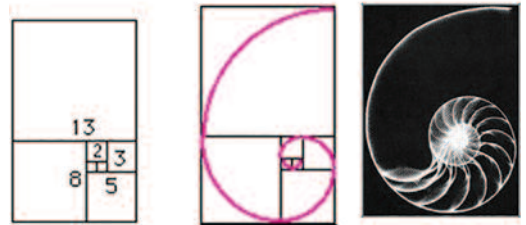
Αρχιτεκτονικά έργα στα οποία έχει εφαρμοστεί ο κανόνας της χρυσής τομής είναι η με-

γάλη πυραμίδα της Γκίζας (πυραμίδα του Χέοπα – αν και δεν είναι γνωστό αν ήταν συνειδητή επιλογή ή προέκυψε κατά λάθος), ο Παρθενώνας, το Taj Mahal, το μεγάλο τζαμί της Καΐρου – αν στην Τυνησία.



Ο Le Corbusier χρησιμοποίησε εκτεταμένα την αναλογία στο σύστημα αναλογιών (Le Modulor) που δημιούργησε. Όπως στη Villa Stein, στο Garches, στη Γαλλία.

Η ακολουθία Fibonacci στα μαθηματικά είναι μια ακολουθία ακέραιων αριθμών όπου ο κάθε επόμενος αριθμός είναι το άθροισμα των δυο προηγούμενων. Δηλαδή αν ξεκινήσουμε από το  $1+1=2$ , ο επόμενος αριθμός είναι  $2+1=3$ , ο επόμενος είναι  $3+2=5$ , ο επόμενος  $5+3=8$  κ.ο.κ. κι έτσι προκύπτει η ακολουθία των αριθμών 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89 κ.ο.κ. Η δι-



Τετράγωνα ακολουθίας Fibonacci, καμπύλη Fibonacci και ανάπτυξη κελύφους ναυτίλου. Η γεωμετρική έκφραση της ακολουθίας είναι η λογαριθμική σπείρα που αποτελείται από διαδοχικές αναλογίες χρυσής τομής που επεκτείνονται επ' άπειρον.

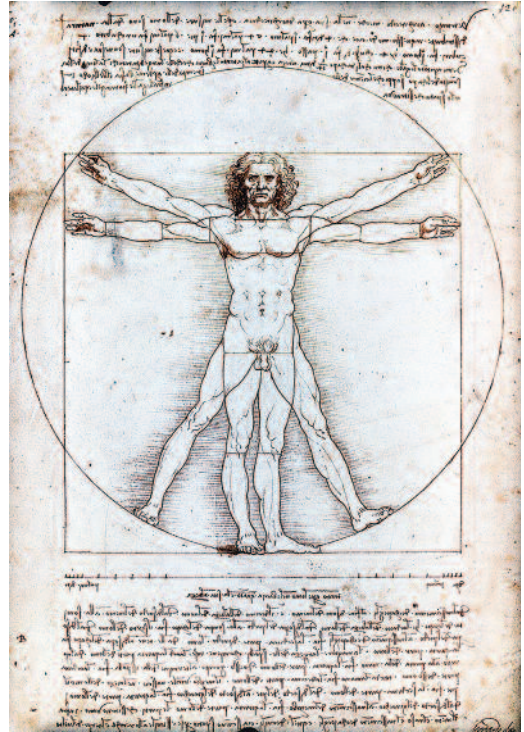
Η ακολουθία Fibonacci περιγράφηκε (c.1202) από τον Ιταλό μαθηματικό Leonardo της Πίζας, γνωστό ως Fibonacci, ήδη γνωστή στην Ινδία (είχε χρησιμοποιηθεί στην ποίηση και τα μαθηματικά). Αν και δεν γνωρίζουμε πότε χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά η χρυσή αναλογία, γνωρίζουμε με βεβαιότητα ότι χρησιμοποιούμε τη γεωμετρική αναπαράστασή της τουλάχιστον από το 300 π.Χ., από τον Ευκλείδη.

αίρεση κάθε αριθμού με τον αμέσως προηγούμενό του μας δίνει λόγους πολύ κοντά στον λόγο της Χρυσής Τομής και μάλιστα πιο ακριβώς όσο μεγαλώνουν οι αριθμοί της ακολουθίας. (π.χ.,  $8/5=1,6$ ,  $21/13=1,615$ ,  $55/34=1,617$ ,  $89/55=1,618$ , κ.ο.κ.).

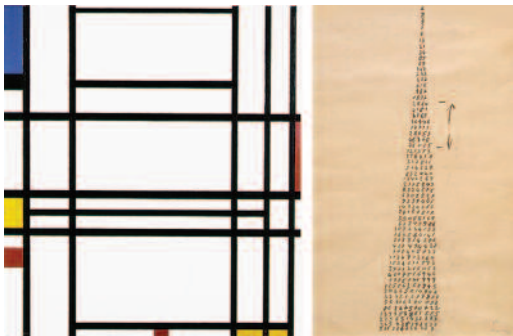


Εκφράσεις της αναλογίας και ακολουθίας στη φύση. Ανάπτυξη φυλλώματος αλόης και περιστροφική ράμπα κίνησης.

ρές τα στοιχεία είναι σαφή και προφανή, μερικές φορές είναι μια υπόθεση.

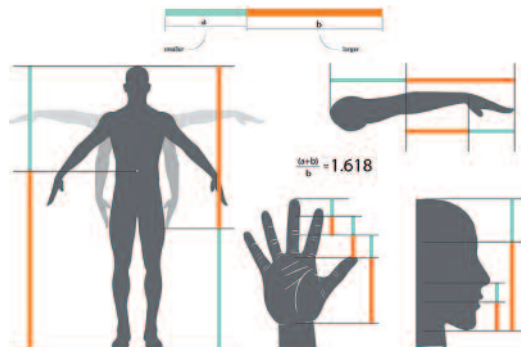


Ο Λεονάρντο ντα Βίντσι εφάρμοσε την επιστημονική γνώση για τις ανθρώπινες αναλογίες. Το σχέδιο σε ένα από τα ημερολόγια του «Ο άνθρωπος του Βιτρούβιου» παρουσιάζει τις ιδανικές διαστάσεις του ανθρώπινου σώματος που τοποθετεί σε ένα τετράγωνο και έναν κύκλο. Ο λόγος ανάμεσα στο τετράγωνο και την ακτίνα του κύκλου είναι χρυσός.



Έργο του Mondrian. Δεξιά: Mario Merz, Fibonacci Series. Από τον Piet Mondrian μέχρι τον Jacques Villon, ή τον Le Corbusier μέχρι τον Mario Merz, αμέτρητοι καλλιτέχνες έχουν χρησιμοποιήσει την αναλογία της χρυσής τομής και την ακολουθία Fibonacci στην τέχνη τους, προκαλώντας αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη σημασία των μαθηματικών στην τέχνη.

Με την πάροδο του χρόνου, αρχίσαμε να αναγνωρίζουμε την αναλογία της Χρυσής Τομής και την αριθμητική ακολουθία Fibonacci παντού, από τη γεωμετρία έως τις μαθηματικές σχέσεις, από τις τέχνες έως την αρχιτεκτονική, από τη βιολογία έως τη μουσική. Μερικές φο-



Οι αναλογίες χρυσής τομής στο ανθρώπινο σώμα, στο κεφάλι, το χέρι και την παλάμη (golden-ratio.club).

## ΜΑΖΑ

Οι περισσότεροι θεωρούν πως η κατασκευή των κτηρίων είναι μια προσθετική διαδικασία. Και πράγματι συνήθως είναι. Είναι οι στρώσεις των πολλαπλών υλικών και συστημάτων που μαζί κατασκευάζουν ένα ολοκληρωμένο οικοδόμημα. Ωστόσο, όταν ένα έργο έχει συλληφθεί σαν την ιδέα ενός μονολιθικού όγκου, η προκύπτουσα μάζα υπερβαίνει τη λεπτότητα των στρωμάτων από τα οποία προέκυψε.



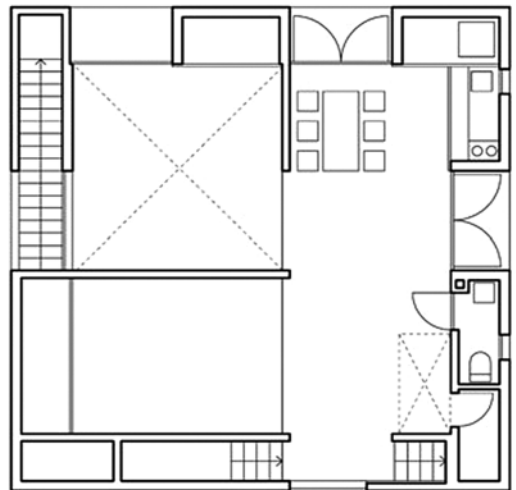
Το διάσημο έργο του Alberto Burri, "Cretto", μια μεγάλη εγκατάσταση τοπίου στην Gibellina της Σικελίας, έγινε στη μνήμη των θυμάτων του σεισμού του 1968 που κατέστρεψε την πόλη. Μια κουβέρτα από σκυρόδεμα απλώθηκε εκεί όπου άλλοτε υπήρχαν τα ερείπια. Ο αφηρημένος αυτός αστικός μονόλιθος είναι αναφορά στο φυσικό παρελθόν της πόλης και οι σχισμές στη μάζα ανακατασκευάζουν τους έρημους πλέον δρόμους της.

Παρ' όλο που τα κτήρια θεωρούνται μεγάλης μάζας ή ογκώδη όταν είναι μεγάλα, η αίσθηση της μάζας από μόνη της δεν προτείνει μεγάλη κλίμακα. Η μάζα είναι η ιδιαίτερη παρουσία της ογκομετρικής πυκνότητας. Η αίσθηση της μάζας επιτυγχάνεται από τη διαρκή επανάληψη της συσσώρευσης υλικών ή όγκων, που στη συνέχεια δημιουργούν με τον σταδιακά επαυξητικό ατομικό τους χαρακτήρα μια μονολιθική επιφάνεια ή όγκο. Η αίσθηση της

μάζας γίνεται μεγαλύτερη όταν έχουμε επανάληψη στοιχείων που είναι γνωστό πως διαθέτουν αξιόλογη μάζα, όπως ένας σωρός από πέτρες, τούβλα ή στοιβαγμένοι κορμοί δένδρων. Ωστόσο εννοιολογικά η μάζα συλλαμβάνεται σαν μια στερεή μορφή από την οποία οι χώροι έχουν λαξευτεί, έχουν αφαιρεθεί.



Οικία Peli. Αρχιτέκτονες Pezo και Von Ellrichshausen, Χιλή, 2005. Η κυβική μάζα ξεπροβάλλει σαν φάρος πάνω στο ορεινό τοπίο. Οι περιμετρικοί τοίχοι που ορίζουν τους βασικούς χώρους της περιέχουν τους βοηθητικούς χώρους και την κυκλοφορία, αλλά καθάρουν συγχρόνως τις θέες. Κάτω εικόνα: Κάτοψη της κατοικίας.



Η πυκνότητα και η βαρύτητα είναι οι περισσότερο συνδεδεμένες έννοιες με τη μάζα – ο αδιαπέραστος όγκος και η αντίληψη του βάρους. Η αίσθηση της μάζας μπορεί να επιτευχθεί μέσω της υλικής ή χωρικής πυκνότητας, όπως σε έναν πέτρινο τοίχο ή ένα μεσαι-