



Σχολή εφαρμοσμένων τεχνών και βιώσιμου σχεδιασμού

M.Sc. Interaction Generative Design_IGD

Μ.Π.Σ. Διαδραστικός Αλγοριθμικός Σχεδιασμός

Διπλωματική εργασία

Εφαρμογές της υπολογιστικής λογικής στο σχεδιασμό.
Η απο-δόμηση του Ναυτίλου.

Μαρία-Ελένη Γεωργούλα

Διπλ. Αρχιτέκτων Μηχανικός Π.Θ.

Επιβλέπων Καθηγητής : Νικόλαος Κουρνιατής

Συν- Επιβλέπουσα Καθηγήτρια : Άννα Λάσκαρη

Αθήνα, Φεβρουάριος 2024

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο/η συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του/της συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του/της συγγραφέα/δημιουργού. Η συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Εφαρμογές της υπολογιστικής λογικής στο σχεδιασμό.
Η απο-δόμηση του Ναυτίλου.

Μαρία-Ελένη Γεωργούλα
Διπλ. Αρχιτέκτων Μηχανικός Π.Θ.

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής :

Νικόλαος Κουρνιατής

Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος

Πολιτικών Μηχανικών, ΠΑ.Δ.Α

(Μέλος Επιτροπής)

Συν- Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Άννα Λάσκαρη

Δρ. Αρχιτέκτων Μηχανικός

Αθήνα, Φεβρουάριος 2024

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά την οικογένειά μου, τους φίλους μου και όλους όσους συνέβαλαν με τον τρόπο τους, που πιστεύουν σ' εμένα και με στηρίζουν σε κάθε μου βήμα. Ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω και στους επιβλέποντες καθηγητές μου, τον κ. Κουρνιατή Νικόλαο και την κ. Λάσκαρη Άννα, που με την καθοδήγησή τους και τον χρόνο τους συνέβαλαν στην εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας του Μεταπτυχιακού προγράμματος «Διαδραστικός Αλγοριθμικός Σχεδιασμός».

Αφορμή της κεντρικής ιδέας της Διπλωματικής Εργασίας του ΠΜΣ IGD αποτελεί η γεωμετρία του ναυτίλου. Το στοιχείο της φύσης, αναλύεται και αποδομείται στους γεωμετρικούς κανόνες που το συνθέτουν.

Η διερεύνηση της εφαρμογής του προτύπου φυσικών μορφών και δομών στην αρχιτεκτονική, η υπολογιστική προσέγγιση τους μέσω μαθηματικής – γεωμετρικής προσομοίωσης και οι δυνατότητες & αρχές λειτουργίας κινητικών-διαδραστικών κατασκευών σε σχέση με γεωμετρικά και κατασκευαστικά κριτήρια αποτελούν αντικείμενο της ανάλυσης.

Σχεδιαστική πρόκληση αποτελεί το pavilion, το οποίο θα ενσωματώνει τις βασικές γεωμετρικές αρχές και κανόνες του ναυτίλου και έπειτα θα εξυπηρετεί συγκεκριμένο σκοπό.

Το pavilion θα έχει τη δυνατότητα να σχεδιαστεί παραμετρικά και να μετασχηματιστεί βάση του κατασκευαστικού του συστήματος και τη μορφολογία του εδάφους που θα τοποθετηθεί. Η κατασκευή της (ψηφιακής) μακέτας θα εξελιχθεί και στο κινητικό κομμάτι, ενσωματώνοντας το γεωμετρικό στοιχείο και τη διάδραση - κίνηση με τη χρήση του Arduino (κατασκευή μακέτας του pavilion ή τμήματος αυτού, υπό κλίμακα).

Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί ο παραμετρικός σχεδιασμός και η διαδραστική αναπαράσταση της γεωμετρίας του pavilion, εφόσον αυτή έχει αποδομηθεί, αναλυθεί, μετασχηματιστεί, με το βέλτιστο τρόπο (optimization). Πρόκληση αποτελεί η κατασκευή της μακέτας, καθώς κατά τη διάρκεια της εξέλιξης της διπλωματικής, γίνονται δοκιμές των υλικών σε συνδυασμό με τις δυνατότητες της μη συμβατικής κατασκευής μακέτας πχ. Μέσω 3d printer.

Λέξεις κλειδιά

Κινητική αρχιτεκτονική, βιομημητική, ναυτίλος, χρυσή τομή, pavilion, Arduino, ψηφιακά εργαλεία, παραμετρικός σχεδιασμός, 3D printing

Applications of computational logic in design. The de-construction of the Nautilus.

Maria-Eleni Georgoula

The concept of the dissertation addresses the geometry of the nautilus, as the central idea. The element of nature is analyzed & deconstructed into the geometric rules that compose it.

The research of the application of the physical forms and structures in architecture, their computational approach through mathematical - geometrical and the possibilities & operating principles of kinetic-interactive constructions in relation to geometric and construction criteria are also subject of the analysis.

The design of the pavilion is challenging and will incorporate the basic geometric principles and rules of the nautilus and then serve a specific purpose.

The pavilion will have the ability to be parametrically designed and transformed based on its construction system and the morphology of the topology it will be placed on. The construction of the (digital) model will also evolve in the kinetic part, integrating the geometric element and the interaction - movement using Arduino (construction of a model of the pavilion or part of it).

The goal of the Diploma Thesis is the parametric design and the interactive representation of the geometry of the pavilion, after it has been deconstructed, analyzed, transformed, in the optimal way (optimization).

Keywords

kinetic architecture, Biomimicry, golden ratio, pavilion, generative system, Arduino

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ – ΣΧΕΔΙΩΝ	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	15
1.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΜΑΤΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	16
1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	17
i. Μικτή επιστημονική έρευνα	17
ii. Δομή του τεύχους	18
1.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	19
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	20
2.1 ΒΙΟΜΙΜΗΤΙΚΗ	21
2.2 ΣΠΕΙΡΑ	22
i. Ισογώνια ή λογαριθμική σπείρα	23
2.3 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΝΑΥΤΙΛΙΟΥ	25
i. Συνομοταξία Μαλάκια	26
ii. Ομοταξία Κεφαλόποδα	27
iii. Συστηματική κατάταξη Κεφαλόποδων	28
iv. Βασική ανατομία κέλυφους	29
2.4 ΧΡΥΣΗ ΤΟΜΗ_ GOLDEN RATIO	31
3. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΝΑΥΤΙΛΙΟΥ	33
3.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ	34
3.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΣΠΕΙΡΑΣ ΜΕΣΩ GH	35
4. ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΟΡΕΙΑ	40
4.1 ΣΥΛΛΗΨΗ ΙΔΕΑΣ	41
4.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΣΟΣΤΙΚΕΣ	43
i. Μορφολογία	43
ii. Κίνηση Πανέλων	44
iii. Πορεία του ήλιου	45
4.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΣΤΙΚΕΣ	47
i. Χρήση	47
ii. Τοποθεσία	48
iii. Υλικότητα	52

5. ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	55
5.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	56
5.2 FORM FINDING	57
5.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ	65
5.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	70
i. Σχεδιαστική ρουτίνα σε GRASSHOPPER	70
ii. Γωνίες πρόσπτωσης ηλιακού φωτός	73
5.5 ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	80
i. Σχεδιαστική πρόταση	82
ii. Διαγράμματα	85
6. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΛΟΓΙΚΗ	88
6.1 ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ	89
i. Συνδεσμολογία & στατικός φορέας	89
ii. Πανέλα	90
7. ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΔΟΜΗ	96
7.1 ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ARDUINO	97
7.2 ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	98
7.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΑΚΕΤΑΣ	103
i. Κατασκευή πανέλων	103
ii. Κατασκευή αρθρώσεων	112
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	133
9. ΑΠΟΣΑΦΗΝΙΣΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ	136
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	138
Α. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ & ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	139

ΕΙΚΟΝΑ 1. ΙΣΟΓΩΝΙΑ ΣΠΕΙΡΑ, ΠΗΓΗ : HTTPS://WWW.GEOGEBRA.ORG/M/PD99ZKUu ,	
ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ : ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΣΥΡΟΣ	23
ΕΙΚΟΝΑ 2. ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΣΠΕΙΡΑ, ΠΗΓΗ : HTTPS://WWW.GEOGEBRA.ORG/M/PD99ZKUu ...	24
ΕΙΚΟΝΑ 3. ΝΑΥΤΙΛΟΣ, ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΠΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ ΑΡΧΕΙΟ	25
ΕΙΚΟΝΑ 4. ΤΟΜΗ ΝΑΥΤΙΛΟΥ, ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΠΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ ΑΡΧΕΙΟ	28
ΕΙΚΟΝΑ 5. ΤΟΜΗ ΝΑΥΤΙΛΟΥ – ΣΚΙΤΣΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΜΕΡΩΝ, ΠΗΓΗ : CLARKSON, E., 1979, INVERTEBRATE PALAENTOLOGY AND EVOLUTION	30
ΕΙΚΟΝΑ 6. ΧΡΥΣΗ ΤΟΜΗ	31
ΕΙΚΟΝΑ 7. ΝΑΥΤΙΛΟΣ - ΧΡΥΣΗ ΤΟΜΗ	32
ΕΙΚΟΝΑ 8. ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΜΕ ΛΟΓΟ ΠΛΕΥΡΩΝ Φ ΚΑΙ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΘΑ ΧΑΡΑΣΣΟΥΜΕ ΕΝΑ ΤΕΤΑΡΤΟΚΥΚΛΙΟ.....	35
ΕΙΚΟΝΑ 9. COPY – ROTATE - SCALE ΜΕ ΑΞΟΝΑ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΤΟΜΗΣ ΤΗΣ ΜΙΑΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΥ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΘΕΤΗ ΠΟΥ ΧΑΡΑΣΣΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΓΩΝΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΣΠΕΙΡΑΣ.	35
ΕΙΚΟΝΑ 10. ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ, ΟΠΩΣ ΕΙΚ. 8.....	36
ΕΙΚΟΝΑ 11. ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ, ΟΠΩΣ ΕΙΚ. 8.....	36
ΕΙΚΟΝΑ 12. ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ, ΟΠΩΣ ΕΙΚ. 8.....	37
ΕΙΚΟΝΑ 13. ΙΣΟΓΩΝΙΑ ΣΠΕΙΡΑ	37
ΕΙΚΟΝΑ 14. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ, ΜΕ ΛΟΓΟ ΠΛΕΥΡΩΝ Φ ΚΑΙ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΘΑ ΧΑΡΑΣΣΟΥΜΕ ΕΝΑ ΤΕΤΑΡΤΟΚΥΚΛΙΟ.	38
ΕΙΚΟΝΑ 15. ΜΕ ΤΟ ANEMONE PLUG-IN, ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΜΕ ΜΙΑ ΛΟΥΠΑ Η ΟΠΟΙΑ ΕΠΑΝΑΛΑΜΒΑΝΕΙ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΝΟΝΤΑΣ COPY – ROTATE - SCALE ΜΕ ΑΞΟΝΑ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΤΟΜΗΣ ΤΗΣ ΜΙΑΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΥ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΘΕΤΗ ΠΟΥ ΧΑΡΑΣΣΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΓΩΝΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΣΠΕΙΡΑΣ.....	38
ΕΙΚΟΝΑ 16. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΤΗΣ ΧΡΥΣΗΣ ΤΟΜΗΣ.	38
ΕΙΚΟΝΑ 17. AZIMUTH & ALTITUDE. ΠΗΓΗ : HTTPS://WWW.TIMEANDDATE.COM/ASTRONOMY/HORIZONTAL-COORDINATE- SYSTEM.HTML	45
ΕΙΚΟΝΑ 18. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΚΑΛΥΜΝΟΥ, ΠΗΓΗ : HTTPS://SATLEX.DE/EL/AZEL_CALC-PARAMS- PR.HTML?SATLO=13.0&USER_SATLO=&USER_SATLO_DIR=E&LOCATION=36.95%2C26.98&LA=36.95&LO=26.98&COUNTRY_CODE=GR&DIAM_W=75&DIAM_H=80	46

ΕΙΚΟΝΑ 19. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΙΓΡΑΦΩΝ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΕΙΡΑΣ ΣΠΕΙΡΑΣ ΚΑΤΑ ΑΞΟΝΑ Z, ΜΕ DOMAIN 0 ΕΩΣ 6	58
ΕΙΚΟΝΑ 20. SCALE & ROTATE ΤΩΝ ΣΠΕΙΡΩΝ, ΜΕ RANGE DOMAIN 0.50 ΕΩΣ 2.00.....	58
ΕΙΚΟΝΑ 21. LUNCHBOX PANELINGTOOLS - DIAMOND PANELS	58
ΕΙΚΟΝΑ 22. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΙΓΡΑΦΩΝ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΕΙΡΑΣ ΣΠΕΙΡΑΣ ΚΑΤΑ ΑΞΟΝΑ Z, ΜΕ DOMAIN 0 ΕΩΣ 40	59
ΕΙΚΟΝΑ 23. SCALE & ROTATE ΤΩΝ ΣΠΕΙΡΩΝ, ΜΕ RANGE DOMAIN 0.50 ΕΩΣ 2.50.....	59
ΕΙΚΟΝΑ 24. LUNCHBOX PANELINGTOOLS - TRIANGULAR PANELS A	59
ΕΙΚΟΝΑ 25. LUNCHBOX PANELINGTOOLS - DIAMOND PANELS & TRIANGULAR PANELS A	60
ΕΙΚΟΝΑ 26. ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΕΙΡΑΣ ΣΠΕΙΡΑΣ ΚΑΤΑ ΑΞΟΝΑ Z, ΜΕ ΤΥΧΑΙΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ	61
ΕΙΚΟΝΑ 27. SCALE & ROTATE ΤΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ.....	61
ΕΙΚΟΝΑ 28. ΤΡΙΓΩΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΜΕ DIAMOND PANELS.	62
ΕΙΚΟΝΑ 29. Ο ΕΞΩΣΚΕΛΕΤΟΣ – PIPES.	62
ΕΙΚΟΝΑ 30. ΤΑ ΠΑΝΕΛΑ	62
ΕΙΚΟΝΑ 31. ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΕΙΡΑΣ ΣΠΕΙΡΑΣ ΚΑΤΑ ΑΞΟΝΑ Z, ΜΕ ΤΥΧΑΙΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ	63
ΕΙΚΟΝΑ 32. SCALE & ROTATE ΤΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ, ΩΣΤΕ Η ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΣΤΗ ΚΟΡΥΦΗ ΚΑΙ Η ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΣΤΗ ΒΑΣΗ, ΩΣΤΕ ΝΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΕΙ Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΟΣ.	63
ΕΙΚΟΝΑ 33. ΤΡΙΓΩΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΜΕ TRIANGULAR PANELS A.	63
ΕΙΚΟΝΑ 34. Ο ΕΞΩΣΚΕΛΕΤΟΣ – PIPES.	64
ΕΙΚΟΝΑ 35. ΤΑ ΠΑΝΕΛΑ	64
ΕΙΚΟΝΑ 36. ΧΡΥΣΗ ΤΟΜΗ	65
ΕΙΚΟΝΑ 37. Η ΓΕΝΕΤΕΙΡΑ ΚΑΜΠΥΛΗ – ΙΣΟΓΩΝΙΑ ΣΠΕΙΡΑ.....	65
ΕΙΚΟΝΑ 38. ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΕΙΡΑΣ ΣΠΕΙΡΑΣ ΚΑΤΑ ΑΞΟΝΑ Z, ΜΕ ΤΥΧΑΙΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ	66
ΕΙΚΟΝΑ 39. SCALE ΤΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ, ΩΣΤΕ Η ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΣΤΗ ΚΟΡΥΦΗ ΚΑΙ Η ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΣΤΗ ΒΑΣΗ, ΩΣΤΕ ΝΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΕΙ Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΟΣ.	66

ΕΙΚΟΝΑ 40. ROTATE ΤΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ.	66
ΕΙΚΟΝΑ 41. ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΕ ΣΗΜΕΙΑ 0-13.	67
ΕΙΚΟΝΑ 42. ΈΝΩΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ. ΕΝΩΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΑΡΙΘΜΗΣΗΣ.	67
ΕΙΚΟΝΑ 43. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΜΕ LOFT.	67
ΕΙΚΟΝΑ 44. ΤΡΙΓΩΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ.	68
ΕΙΚΟΝΑ 45. ΤΑ ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΜΕ ΤΟΥΣ ΤΡΙΓΩΝΙΣΜΟΥΣ.	68
ΕΙΚΟΝΑ 46. Ο ΕΞΩΣΚΕΛΕΤΟΣ.	68
ΕΙΚΟΝΑ 47. ΤΑ ΠΑΝΕΛΑ.	69
ΕΙΚΟΝΑ 48. ΤΟ PAVILION.	69
ΕΙΚΟΝΑ 49. ΤΟ PAVILION ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΡΟΧΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ, Ο ΟΠΟΙΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΗΝ ΚΛΙΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ.	69
ΕΙΚΟΝΑ 50. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΡΥΣΗΣ ΤΟΜΗΣ – ΙΣΟΓΩΝΙΑΣ ΣΠΕΙΡΑΣ.	70
ΕΙΚΟΝΑ 51. ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΕΙΡΑΣ ΣΠΕΙΡΑΣ ΚΑΤΑ ΑΞΟΝΑ Z, ΜΕ ΤΥΧΑΙΕΣ ΤΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ.	70
ΕΙΚΟΝΑ 52. SCALE ΚΑΙ ROTATE ΤΩΝ ΣΠΕΙΡΩΝ, ΩΣΤΕ Η ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΣΤΗ ΚΟΡΥΦΗ ΚΑΙ Η ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΣΤΗ ΒΑΣΗ, ΓΙΑ ΝΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΕΙ Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΟΣ.	71
ΕΙΚΟΝΑ 53. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ.	71
ΕΙΚΟΝΑ 54. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΑΝΕΛΩΝ.	71
ΕΙΚΟΝΑ 55. ΠΟΡΕΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ, AZIMUTH & ALTITUDE.	72
ΕΙΚΟΝΑ 56. ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΜΕ ΤΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ.	72
ΕΙΚΟΝΑ 57. ΡΟΥΤΙΝΑ GH ΓΙΑ ΤΗ ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ.	75
ΕΙΚΟΝΑ 58. ΡΟΥΤΙΝΑ GH ΓΙΑ ΤΗ ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ.	75
ΕΙΚΟΝΑ 59. ΡΟΥΤΙΝΑ GH ΓΙΑ ΤΗ ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ – ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΓΩΝΙΑ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΚΙΝΗΣΗΣ ΑΠΟ 1 ° ΕΩΣ 90°.	75
ΕΙΚΟΝΑ 60. ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΤΟΥ PAVILION ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΤΙΣ 02:00.	76
ΕΙΚΟΝΑ 61. ZOOM IN ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΤΙΣ 02:00.	76
ΕΙΚΟΝΑ 62. ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΤΟΥ PAVILION ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΤΙΣ 06:29.	77
ΕΙΚΟΝΑ 63. ZOOM IN ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΤΙΣ 06:29.	77
ΕΙΚΟΝΑ 64. ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΤΟΥ PAVILION ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΤΙΣ 15:00.	78
ΕΙΚΟΝΑ 65. ZOOM IN ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΤΙΣ 15:00.	78
ΕΙΚΟΝΑ 66. ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΤΟΥ PAVILION ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΤΙΣ 20:03.	79
ΕΙΚΟΝΑ 67. ZOOM IN ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΤΙΣ 20:03.	79

ΕΙΚΟΝΑ 68. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΟΡΕΙΑΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 1	85
ΕΙΚΟΝΑ 69. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΟΡΕΙΑΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 2	86
ΕΙΚΟΝΑ 70. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΟΨΗ ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ ΤΗ ΓΕΝΕΤΕΙΡΑ ΣΠΕΙΡΑ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΣΠΕΙΡΩΝ ΠΟΥ ΔΙΑΜΟΡΦΩΝΟΝ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ PAVILION.....	87
ΕΙΚΟΝΑ 71. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΟΨΗ ΤΟΥ PAVILION	87
ΕΙΚΟΝΑ 72. ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΤΟ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.	90
ΕΙΚΟΝΑ 73. ZOOM IN ΣΤΗΝ ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΤΟ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.	90
ΕΙΚΟΝΑ 74. ΡΟΥΤΙΝΑ GΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΤΩΝ 162 ΠΑΝΕΛΩΝ.	91
ΕΙΚΟΝΑ 75. ΚΑΝΑΒΟΣ ΜΕ ΚΕΛΙΑ 9 * 18 ΚΑΙ ORIENT ΤΩΝ ΤΡΙΓΩΝΩΝ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕ ΑΡΙΘΜΗΣΗ.....	92
ΕΙΚΟΝΑ 76. ORIENT ΤΩΝ ΤΡΙΓΩΝΩΝ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕ ΑΡΙΘΜΗΣΗ.....	92
ΕΙΚΟΝΑ 77. ΡΟΥΤΙΝΑ GΗ ΓΙΑ ORIENT ΤΩΝ ΤΡΙΓΩΝΩΝ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.....	93
ΕΙΚΟΝΑ 78. ΡΟΥΤΙΝΑ GΗ ΓΙΑ ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΤΩΝ ΤΡΙΓΩΝΩΝ ΣΤΟΝ ΚΑΝΑΒΟ	93
ΕΙΚΟΝΑ 79. ΠΙΝΑΚΙΔΑ 1 ΓΙΑ LASER CUTTING ΜΕΣΩ OPENNEST	94
ΕΙΚΟΝΑ 80. ΠΙΝΑΚΙΔΑ 2 ΓΙΑ LASER CUTTING ΜΕΣΩ OPENNEST	94
ΕΙΚΟΝΑ 81. ΡΟΥΤΙΝΑ GΗ ΓΙΑ OPENNEST	95
ΕΙΚΟΝΑ 82. ARDUINO, BREADBOARD ΚΑΙ SERVO MOTOR	99
ΕΙΚΟΝΑ 83. ΠΡΟΣΘΗΚΗ LIGHT SENSOR. ΣΤΟ ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΠΟΔΙ ΤΟΥ LDR ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΜΕ ΜΙΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΦΕ – ΜΑΥΡΟ – ΚΟΚΚΙΝΟ). ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΠΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΛΩΡΙΔΑ ΤΟΥ BREADBOARD ΜΕ ΤΟ ΣΥΜΒΟΛΟ ‘-’ ΜΕ ΚΟΚΚΙΝΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΣΤΑ 5V ΤΟΥ ARDUINO. ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΠΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΛΩΡΙΔΑ ΤΟΥ BREADBOARD ΜΕ ΤΟ ΣΥΜΒΟΛΟ ‘+’ ΜΕ ΜΑΥΡΟ ΚΑΛΩΔΙΟ (ΓΕΙΩΣΗ) ΣΤΟ GND ΤΟΥ ARDUINO.....	100
ΕΙΚΟΝΑ 84. ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ SERVO MOTOR ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΛΩΡΙΔΑ ΤΟΥ BREADBOARD ΜΕ ΤΟ ΣΥΜΒΟΛΟ ‘+’. ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ SERVO MOTOR ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΛΩΡΙΔΑ ΤΟΥ BREADBOARD ΜΕ ΤΟ ΣΥΜΒΟΛΟ ‘-’, 5V. ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ SERVO MOTOR ΜΕ ΤΟ PIN9 ΤΟΥ ARDUINO.....	100
ΕΙΚΟΝΑ 85. ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ LIGHT SENSOR ΜΕ ΤΟ ΜΑΥΡΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΣΤΗΛΗ ΤΟΥ GND. ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ LIGHT SENSOR ΜΕ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΣΤΗΛΗ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ 5V. ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ LIGHT SENSOR ΜΕ ΤΟ ΚΙΤΡΙΝΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΟ ANALOG PIN A0.....	101
ΕΙΚΟΝΑ 86. ΚΩΔΙΚΑΣ ARDUINO.....	102
ΕΙΚΟΝΑ 87. ARDUINO WIRING	102

ΕΙΚΟΝΑ 88. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΤΡΙΓΩΝΙΚΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1:1	103
ΕΙΚΟΝΑ 89. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΤΡΙΓΩΝΙΚΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1:1	103
ΕΙΚΟΝΑ 90. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ 4 PIPES, ΔΙΑΤΟΜΗΣ Φ25 ...	104
ΕΙΚΟΝΑ 91. ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΑΓΩΝΙΟΥ PIPE, ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ.	104
ΕΙΚΟΝΑ 92. ΤΡΙΓΩΝΙΚΑ ΠΑΝΕΛΑ MDF	105
ΕΙΚΟΝΑ 93. ΚΑΒΙΛΙΕΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ10	106
ΕΙΚΟΝΑ 94. ΣΩΛΗΝΑΣ PVC, ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ25	106
ΕΙΚΟΝΑ 95. ΜΕΝΤΕΣΕΔΕΣ	107
ΕΙΚΟΝΑ 96. ΚΟΠΗ ΣΩΛΗΝΑ PVC ΣΤΑ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΕΜΑΧΙΑ, ΜΕ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΚΛΙΣΗ ΣΤΙΣ ΑΚΜΕΣ, ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ. Η ΜΕΓΑΛΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ 4 PIPES ΕΧΕΙ ΜΗΚΟΣ 29ΕΚ. ΚΑΙ Η ΜΙΚΡΗ 25ΕΚ.	107
ΕΙΚΟΝΑ 97. ΚΟΠΗ ΤΩΝ ΑΚΜΩΝ ΤΟΥ ΔΙΑΓΩΝΙΟΥ ΣΩΛΗΝΑ PVC, ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΚΙΝΗΣΗΣ.	108
ΕΙΚΟΝΑ 98. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ 2 ΜΕΝΤΕΣΕΔΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕ ΤΡΙΓΩΝΟ ΠΑΝΕΛ.	108
ΕΙΚΟΝΑ 99. ΤΡΥΠΗΜΑ ΚΑΙ ΒΙΔΩΜΑ ΤΩΝ ΜΕΝΤΕΣΕΔΩΝ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΚΙΝΗΣΗΣ – ΔΙΑΓΩΝΙΟ PVC.	109
ΕΙΚΟΝΑ 100. ΠΙΣΩ ΟΨΗ ΠΑΝΕΛΟΥ.	109
ΕΙΚΟΝΑ 101. ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΟΨΗ ΠΑΝΕΛΟΥ.	110
ΕΙΚΟΝΑ 102. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ.	110
ΕΙΚΟΝΑ 103. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΕΝΑ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ	112
ΕΙΚΟΝΑ 104. Η ΜΟΝΑΔΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ PAVILION, ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟ 5 PIPES, 2 ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ – ΚΟΜΒΟΥΣ ΚΑΙ 2 ΠΑΝΕΛΑ	113
ΕΙΚΟΝΑ 105. Η ΜΟΝΑΔΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ PAVILION	113
ΕΙΚΟΝΑ 106. PRUSA SLICER. ΔΟΚΙΜΗ 1, IMPORT ΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ 3 PIPES	114
ΕΙΚΟΝΑ 107. ΠΑΤΩΝΤΑΣ SLICE NOW ΚΑΝΕΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΝ ΕΚΤΥΠΩΣΗ	114
ΕΙΚΟΝΑ 108. ΒΛΕΠΟΥΜΕ ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΣΦΑΙΡΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ	115
ΕΙΚΟΝΑ 109. ΤΟ ΠΡΑΣΙΝΟ ΧΡΩΜΑ ΣΥΜΒΟΛΙΖΕΙ ΤΟ SUPPORT MATERIAL	115
ΕΙΚΟΝΑ 110. ΠΟΛΥ ΕΝΤΟΝΟ SUPPORT MATERIAL	116
ΕΙΚΟΝΑ 111. PRUSA SLICER. ΔΟΚΙΜΗ 2, IMPORT ΣΦΑΙΡΑΣ ΣΕ ΔΥΟ ΜΕΡΗ.....	117

ΕΙΚΟΝΑ 112. ΠΑΤΩΝΤΑΣ SLICE NOW ΚΑΝΕΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΝ ΕΚΤΥΠΩΣΗ	117
ΕΙΚΟΝΑ 113. ΒΛΕΠΟΥΜΕ ΠΩΣ ΞΕΚΙΝΑΕΙ Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ	118
ΕΙΚΟΝΑ 114. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΤΑ ΜΙΣΑ ΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ	118
ΕΙΚΟΝΑ 115. ΒΛΕΠΟΥΜΕ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟ SOLID INFILL	119
ΕΙΚΟΝΑ 116. Η ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ. ΤΟ ΠΡΑΣΙΝΟ ΧΡΩΜΑ ΣΥΜΒΟΛΙΖΕΙ ΤΟ SUPPORT MATERIAL.	119
ΕΙΚΟΝΑ 117.	120
ΕΙΚΟΝΑ 118. LAYERS & PERIMETERS	123
ΕΙΚΟΝΑ 119. INFILL	124
ΕΙΚΟΝΑ 120. SKIRT & BRIM	125
ΕΙΚΟΝΑ 121. SUPPORT MATERIAL	126
ΕΙΚΟΝΑ 122. SPEED. ΤΟ ΕΧΟΥΜΕ ΡΥΘΜΙΣΕΙ ΜΕ ΜΙΑ ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΤΑ 60MM/S.	127
ΕΙΚΟΝΑ 123. 3D PRINTER “WANHAO DUPLICATOR D12/230 ΠΗΓΗ : HTTPS://TOPELECTRONICS.GR/3D-PRINTERS-CNC/3D-PRINTERS/WANHAO-DUPPLICATOR- D12-230-DUAL-EXTRUDER-230230250MM/	128
ΕΙΚΟΝΑ 124. ΝΗΜΑ PLA 1.75MM FILAMENT	128
ΕΙΚΟΝΑ 125. ΕΚΤΥΠΩΣΗ 3D PRINTING, ΒΑΣΗ.....	129
ΕΙΚΟΝΑ 126. ΕΚΤΥΠΩΣΗ 3D PRINTING, ΒΛΕΠΟΥΜΕ ΤΟ INFILL.	129
ΕΙΚΟΝΑ 127. ΕΚΤΥΠΩΣΗ 3D PRINTING, ΠΡΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ.	130
ΕΙΚΟΝΑ 128. ΣΦΑΙΡΑ 3D PRINTED	131
ΕΙΚΟΝΑ 129. ΤΟ ΗΜΙΣΦΑΙΡΙΟ	132
ΕΙΚΟΝΑ 130. ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΒΑΣΗΣ ΜΕ 3 PIPES ΑΠΟ ΣΥΝΔΕΣΜΟ ΣΕ ΤΥΧΑΙΑ ΘΕΣΗ.....	132

1.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΜΑΤΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η επιλογή του θέματος για τη διπλωματική εργασία έγινε έπειτα από συζήτηση με τους καθηγητές κ.Κουρνιατή και κ.Λάσκαρη. Το ζήτημα της σπείρας του Ναυτίλου με απασχολεί προσωπικά εδώ και χρόνια. Ωστόσο, αφορμή για να το μελετήσω, αποτέλεσε η επίσκεψη μου στο νησί της Καλύμνου το καλοκαίρι του 2023. Στο «Μουσείο Θαλασσίων Ευρημάτων» του Σταύρου Βαλσαμίδα στην περιοχή Βλυχάδια της Καλύμνου, όπου διαθέτει μια πολύ σημαντική ιδιωτική συλλογή με τεράστιο αριθμό ευρυμάτων από καταδύσεις, είχα την ευκαιρία να δω από κοντά το κοχύλι – κέλυφος του Ναυτίλου.

Η τομή του Ναυτίλου, είναι πολύ ενδιαφέρουσα και μας δίνει στοιχεία για τη δομή - λειτουργία του στο εσωτερικό του αλλά και από τη γεωμετρική του ανάλυση προκύπτει η «Χρυσή τομή» – ισογώνια σπείρα.

Έχοντας ως γενέτειρα, λοιπόν, τη χρυσή τομή του ναυτίλου, και λαμβάνοντας υπόψη τη λειτουργία του, προκύπτει μέσω μιας σειράς σχεδιασμού με παραμέτρους, ένα pavilion.

Στόχος, πέρα από το κομμάτι του σχεδιασμού, είναι να αποτυπωθεί και ένα μέρος του pavilion σε μακέτα, με τη χρήση του Arduino, καθώς ο ναυτίλος με τη σπειροειδή του μορφή συμβολίζει την αέναη κίνηση.

1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ _____

“Η μεθοδολογία έρευνας αναφέρεται στα εργαλεία διερεύνησης και αφορά τις μεθόδους, τις τεχνικές, τις διαδικασίες και τα μέσα που έχουν επιλεγθεί για τη διεξαγωγή της” (Δημητρόπουλος, 2004).

ι. Μικτή επιστημονική έρευνα

Για τη εκπόνηση της εν λόγω διπλωματικής εργασίας, όσων αφορά το θεωρητικό – ερευνητικό μέρος, ακολουθήθηκε η τεχνική της Μικτής επιστημονικής έρευνας - Mixed method research. (“Mixed methods research,” n.d.). Πρόκειται για μια μεθοδολογία η οποία περιλαμβάνει τη συλλογή, ανάλυση και ενσωμάτωση στοιχείων π.χ. ερευνών. Τα είδη που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής : βιβλιογραφική, ερμηνευτική, ιστορική, περιγραφική έρευνα και τέλος ακολουθεί η ανάλυση των αποτελεσμάτων και η εξαγωγή συμπερασμάτων (Παρασκευόπουλος, 1993).

Η επιλογή αυτής της μεθόδου έγινε για να αποτελέσει μια πληρέστερη έρευνα, πέρα από τις βιβλιογραφικές αναφορές, είναι βασισμένη και σε οπτικό υλικό από το διαδίκτυο, το οποίο αναλύεται. Στόχος είναι να γίνει ερμηνεία και ανάλυση του υλικού, συλλέγοντας ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία.

Τα συνήθη στάδια της μικτής έρευνας είναι τα εξής. Αρχικά, γίνεται ο προσδιορισμός του ζητήματος προς διερεύνηση και έπειτα διατυπώνονται τα ερευνητικά ερωτήματα. Η διεξαγωγή της έρευνας, προϋποθέτει το σχεδιασμό των μεθόδων για τη συλλογή των στοιχείων. Στη συνέχεια, γίνεται η ανάλυση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Τέλος, δίνεται απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα και ακολουθεί η έκθεση των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων (Cohen, Manion & Morrison, 2011).

ii. Δομή του τεύχους

Η διπλωματική εργασία είναι δομημένη σε τρία μέρη, το θεωρητικό πλαίσιο, το σχεδιαστικό μέρος το οποίο συμπεριλαμβάνει και το κινητικό κομμάτι, και τέλος την τεκμηρίωση της λειτουργίας του κινητικού πρωτοτύπου, με φωτογραφίες της μακέτας χρησιμοποιώντας το Arduino.

Στο θεωρητικό μέρος, γίνεται μια ανάλυση του Ναυτίλου ως προς τη λειτουργία του, τη δομή του και ως προς τη γεωμετρική αναπαράσταση της ισογώνιας σπείρας.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η έμπνευση της ιδέας, η σχεδιαστική μεθοδολογία, τα σχέδια, τα διαγράμματα, οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες, η επιλογή των υλικών και οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις, και φυσικά η ρουτίνα του Grasshopper.

Τέλος, ακολουθεί η διερεύνηση της δυνατότητας εισαγωγής κίνησης βάσει ερεθισμάτων από το φυσικό περιβάλλον της κατασκευής, με τη χρήση Arduino. Ως αποτέλεσμα της παρακάτω ανάλυσης, σχεδιασμού και κατασκευής, ακολουθεί η εξαγωγή των συμπερασμάτων του project.

1.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας αποτελεί ο παραμετρικός σχεδιασμός του pavilion, με τη γενέτειρα της χρυσής τομής του Ναυτίλου. Η βιομιμητική¹, αντλεί στοιχεία και μηχανισμούς από τη φύση, και συνδέεται με τη φράση «Form follows Function»², δηλαδή η μορφή εξυπηρετεί και ακολουθεί τη λειτουργία. Ο ναυτίλος είναι άμεσα συνδεδεμένος με το μέρος στο οποίο βρίσκεται, στη θάλασσα. Για το λόγο αυτό, έγινε η επιλογή του χρώματος μπλε, ώστε αυτό να αποτελεί χαρακτηριστικό του τεύχους.³

Η γεωμετρία του ναυτίλου αποτυπώνεται ως τη «Χρυσή τομή». Έχοντας ως γενέτειρα τη χρυσή τομή – ισογώνια σπείρα του ναυτίλου, έπειτα από μια σειρά ενεργειών και παραμέτρων, σχεδιάζεται ένα pavilion με τη βοήθεια των εργαλείων του παραμετρικού σχεδιασμού Rhino – Grasshopper.

Πέρα από τις βασικές γεωμετρικές αρχές και κανόνες του ναυτίλου, τα οποία ενσωματώνονται στη μορφή του pavilion, στενά συνδεδεμένη είναι και η λειτουργία του. Το pavilion αποτελεί μια δομή εσωστρεφή, η οποία στο εσωτερικό της αναπτύσσει τις λειτουργίες της (κέλυφος).

Ακόμα μία πρόκληση αποτελεί η κατασκευή της μακέτας με μη συμβατικό τρόπο, και πιο συγκεκριμένα με τη χρήση 3d printer και Arduino. Προκύπτουν, λοιπόν, διάφορα ερωτήματα που σχετίζονται με το σχεδιασμό και την κατασκευή μακέτας, τα οποία καλείται να απαντήσει η διπλωματική εργασία.

[¹] Η βιομιμητική αναφέρεται στη μίμηση μοντέλων και συστημάτων της φύσης.

[²] Πηγή : «Ελαφριές κατασκευές. Βιομιμητικές - Εφήμερες – Ψηφιακές» Δημήτρης Αντωνίου - Γιώργος Δημόπουλος - Δημήτρης Κονταξάκης - Ιωάννα Συμεωνίδου, Νίκος Τσινίκας. University Studio Press

[³] Επιλογή μπλε χρώματος : Θεωρείται το χρώμα της αρμονίας, της εμπιστοσύνης, της ελευθερίας. Επιβάλλει σεβασμό, αξιοπιστία, ακεραιότητα. Συνδέεται με τη λογική της σκαλωσιάς, καθώς η δομή της είναι αξιόπιστη, ακέραιη, ελεύθερη.

2.1 ΒΙΟΜΙΜΗΤΙΚΗ

Η βιομιμητική⁴ αφορά στη μελέτη, την ανάλυση και την αναπαράσταση των φυσικών διεργασιών και δομών που λειτουργούν στη φύση. Δηλώνει δηλαδή τη μίμηση μοντέλων και συστημάτων της φύσης. Είναι αμέτρητα τα παραδείγματα που η φύση αποτελεί, εδώ και χρόνια, πηγή έμπνευσης και αντικείμενο επιστημονικής διερεύνησης, μέσω της βιομιμητικής προσέγγισης. Αντλεί έμπνευση από τη βιολογία και από άλλες επιστήμες, με σκοπό να σχεδιάσει ή και να κατασκευάσει λύσεις, μιμούμενη τη φύση και τις φυσικές διεργασίες – λειτουργίες.

Η ποικιλομορφία, δηλώνει ότι οι μορφές στη φύση προκύπτουν από τη λειτουργία τους. Η φύση αναπτύσσει ιδιότητες και μηχανισμούς ώστε να αντιμετωπίσει τα προβλήματα που προκύπτουν. Προκειμένου οι οργανισμοί να επιβιώσουν και να εξελιχθούν, προσαρμόζονται αντίστοιχα. Στη φύση, λοιπόν, οι μορφές προκύπτουν από τη λειτουργία και την κατασκευή. Αυτό συνδέεται άμεσα με τη φράση «Form follows Function», δηλαδή η μορφή εξυπηρετεί και ακολουθεί τη λειτουργία της⁵.

Η βιομιμητική συνδέει τη φύση και την αρχιτεκτονική ως προς την αισθητική, τη χρήση, τη μορφή, τη λειτουργία και την κατασκευή. Οι εφαρμογές της είναι ευρείες και καλύπτουν πολλούς τομείς. Με τη μελέτη των μοντέλων της φύσης, αντλούμε πληροφορίες για τη λειτουργία τους και μεταφέρουμε τα πρότυπα από το βιολογικό στο μηχανικό χώρο.

Για εμένα προσωπικά μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο βυθός της θάλασσας, και πιο συγκεκριμένα, ο ναυτίλος ο οποίος αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα κοχυλίου. Η γεωμετρική του απεικόνιση γίνεται με τη χρυσή τομή – ισογώνια σπείρα.

Η βιομιμητική προωθεί τη δημιουργικότητα, δίνοντας τη δυνατότητα στους ερευνητές της, μιμούμενοι τη λειτουργία, τη δομή, τη μορφή να σχεδιάζουν και να επιλύουν κατασκευαστικές προκλήσεις.

[⁴] Πηγή : «Ελαφριές κατασκευές. Βιομιμητικές - Εφημερες – Ψηφιακές» Δημήτρης Αντωνίου - Γιώργος Δημόπουλος - Δημήτρης Κονταξάκης - Ιωάννα Συμεωνίδου, Νίκος Τσινίκας. University Studio Press

[⁵] Πηγή : «Ελαφριές κατασκευές. Βιομιμητικές - Εφημερες – Ψηφιακές» Δημήτρης Αντωνίου - Γιώργος Δημόπουλος - Δημήτρης Κονταξάκης - Ιωάννα Συμεωνίδου, Νίκος Τσινίκας. University Studio Press

2.2 ΣΠΕΙΡΑ

Στη γεωμετρία, μια σπείρα είναι μια καμπύλη που ακολουθεί μια συγκεκριμένη μαθηματική σχέση, συνήθως σε σχέση με τον κύκλο. Μελετώντας κανείς τις οργανικές μορφές, θα συναντήσει πολυάριθμες σπειροειδείς δομές στη φύση. Για να την ορίσουμε, λοιπόν, η σπείρα είναι μια καμπύλη που ξεκινάει από ένα αρχικό σημείο και ελαττώνεται συνεχώς ως προς την καμπυλότητα καθώς απομακρύνεται από το σημείο αυτό.

Η χωρική διάσταση της σπείρας δημιουργεί δομημένο και ελεύθερο χώρο, ένα εσωτερικό που αποκτά ποιότητες καθώς ελίσσεται και αλλάζει συνεχώς. Η κίνηση της σπείρας παράγεται από μια συνεχή ροή χώρου ανάμεσα σε δύο κλειστά όρια. Τα δομημένα όρια χωρίζουν τις λειτουργίες και τις κινήσεις της, από το ελεύθερο κομμάτι.

Από τη δομή της σπείρας, προκύπτουν χωρικές δομές, μέσω μιας σύνθετης και δυναμικής διαδικασίας. Η δομή κλείνεται προς το εσωτερικό της, είναι δηλαδή εσωστρεφής, χωρίς όμως να σφραγίζει. Πρόκειται για ένα σύστημα κινητικό και ανοιχτό, καθώς η σπείρα διατρέχει και τις τρεις διαστάσεις x, y, z . Δημιουργεί στο χώρο μια αναπτυσσόμενη δομή, την οποία υποβάλλει σε μια συνεχή κίνηση.

Η σπειροειδής διαμόρφωση στο κέλυφος του Ναυτίλου είναι φαινομενικά μια ενιαία και αδιαίρετη μονάδα, καθώς το κέλυφός του υποδιαιρείται δευτερογενώς και αναπτύσσεται εσωτερικά. Η γεωμετρία της σπείρας του κοχυλίου λειτουργεί με τέτοιο τρόπο, ώστε το στρεφόμενο κέλυφος να προστατέψει το μαλάκιο από εξωτερικούς κινδύνους. Το αρχέτυπο του κλειστού κελύφους διατηρεί στο εσωτερικό του την ζωή.

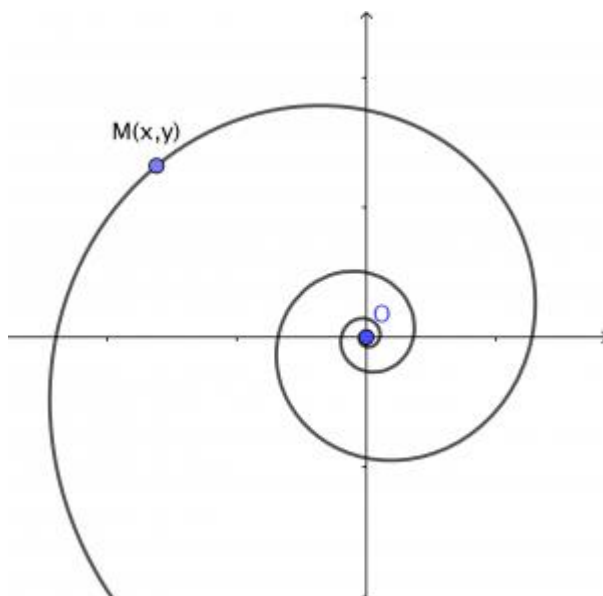
Οι οργανικές μορφές της σπείρας, οι οποίες διαφέρουν ως προς τον τρόπο δομής τους, κατηγοριοποιούνται. Θα μελετήσουμε μόνο την κατηγορία της ισογώνιας σπείρας που αποτελεί την αρχή δημιουργίας του Ναυτίλου.

ι. Ισογώνια ή λογαριθμική σπείρα

Η ονομασία «ισογώνια» δόθηκε το 1638 από τον Καρτέσιο, ο οποίος την μελέτησε πρώτος, και παρατήρησε ότι η ακτίνα της σπείρας συναντά πάντα την εφαπτομένη κατά μια σταθερή γωνία. Στη συνέχεια, ο Jacob Bernoulli την ονόμασε λογαριθμική σπείρα, καθώς οι γωνίες των διανυσμάτων είναι ανάλογες των λογαρίθμων των διαδοχικών ακτίνων. Κοινώς, οι διαδοχικές περιελίξεις της σπείρας βρίσκονται σε σταθερή αναλογία.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του σπειροειδούς κελύφους αποτελεί το γεγονός ότι δε μεταβάλλεται καθώς αναπτύσσεται. Κάθε αύξηση είναι όμοια με την προηγούμενη. Το κέλυφος αυξάνει ως προς το μέγεθος, αλλά δε μεταβάλλει το σχήμα του. Η θεμελιώδης αυτή ιδιότητα της καμπύλης καθώς και η σταθερή ομοιότητα της μορφής, μπορούν να αποτελέσουν τον ορισμό της ισογώνιας σπείρας. Αυτή η ιδιότητα επεκτείνεται και στις επιφάνειες που ορίζονται μεταξύ των διανυσματικών ακτίνων και των τόξων.

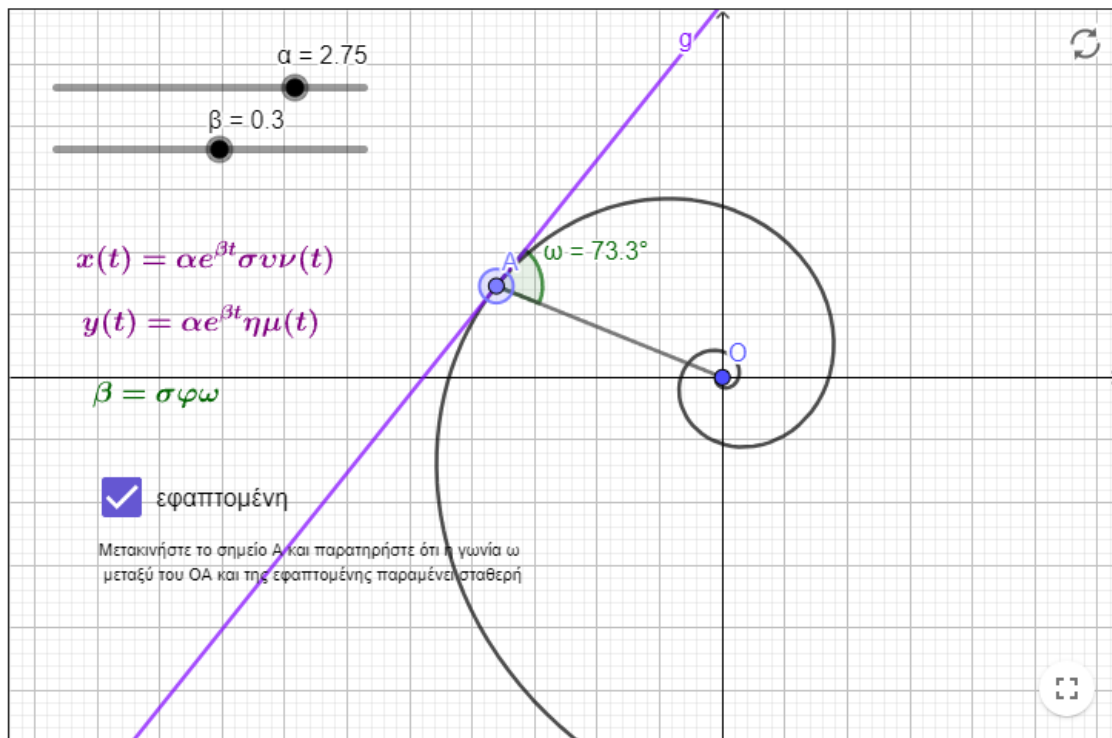
Ισογώνια σπείρα, λοιπόν, ορίζουμε οποιαδήποτε επίπεδη καμπύλη που ξεκινάει από ένα σταθερό σημείο, ώστε το τόξο που τέμνεται μεταξύ οποιωνδήποτε δύο ακτίνων με σταθερή τη μεταξύ τους γωνία, είναι όμοιο.



Εικόνα 1. Ισογώνια σπείρα, Πηγή : <https://www.geogebra.org/m/pd99zKUu> , Συγγραφέας : Ευθύμιος Σύρος

Λογαριθμική σπείρα

Συγγραφέας: Ευθύμιος Σύρος



Εικόνα 2. Λογαριθμική σπείρα, Πηγή : <https://www.geogebra.org/m/pd99zKUu>

2.3 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΝΑΥΤΙΛΟΥ_____

Η πρώτη μελέτη του Ναυτίλου έγινε το 1818 από τον Reinecke⁶, ο οποίος ανακάλυψε ότι αποτελεί καλά καθορισμένο γεωμετρικό σχήμα, οι θάλαμοι στο εσωτερικό του οποίου ακολουθούν ο ένας τον άλλον με σταθερή αναλογία.

Ο ναυτίλος (Nautilus) είναι μαλάκιο που ανήκει στην ομοταξία των κεφαλόποδων και στην υφομοταξία των ναυτιλοειδών. Είναι πολύ σημαντικός για την επιστήμη της Παλαιοντολογίας και της Ωκεανογραφίας, καθώς βοηθά στη χρονολόγηση των στρωμάτων, στα οποία εντοπίζεται ως απολίθωμα.



Εικόνα 3. Ναυτίλος, Φωτογραφία από Προσωπικό Αρχείο

[⁶] Πηγή : <https://el.wikipedia.org/w/index.php?title>

i. Συνομοταξία Μαλάκια (molluska)

Τα μαλάκια (ασπόνδυλα) είναι υδρόβια ζώα, αμφίπλευρης συμμετρίας, με ή δίχως κεφαλή και φέρουν βράγχια. Το δέρμα τους αναπτύσσεται σχηματίζοντας τον μανδυακό σάκκο μέσα στον οποίο περικλείονται όλα τα μαλακά τους μέρη και τα σπλάχνα τους (μαλάκιο). Ο Μανδύας εκκρίνει ασβεστίτινη ουσία και έτσι σχηματίζεται το όστρακο μέσα στο οποίο περικλείεται το μαλάκιο, ώστε να το προστατεύει.⁷

Το όστρακο μπορεί να αποτελείται από διάφορα τμήματα, για παράδειγμα από ένα τμήμα (πχ. κεφαλόποδα), από δύο ή από περισσότερα τμήματα και έχει διάφορα σχήματα. Ωστόσο, μόνο το όστρακο τους απολιθώνεται. Για τον προσδιορισμό των απολιθωμάτων σημαντική είναι η μορφολογία τους και το μέγεθός τους κυμαίνεται από 0.5 mm έως 5 m.

Η συνομοταξία Μαλάκια περιλαμβάνει τις εξής Ομοταξίες:

- Μονοπλακοφόρα (Monoplacophora)
- Αμφίνευρα (Amphineura)
- Σκαφόποδα (Scaphopoda)
- Bivalvia
- Rostroconchia
- Γαστόποδα (Gastropoda)
- Κεφαλόποδα (Cephalopoda)

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στην ομοταξία Κεφαλόποδα, και από τις υφομοταξίες που υποδιαιρείται, μόνο αυτή του Ναυτίλου.

[⁷] Πηγή : <https://el.wikipedia.org/w/index.php?title>

ii. Ομοταξία Κεφαλόποδα (cephalopoda)

Τα πιο εξελιγμένα μαλάκια θεωρούνται τα κεφαλόποδα. Ζουν αποκλειστικά στη θάλασσα και είναι ζώα σαρκοφάγα. Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν τα χταπόδια, οι σουπιές, τα καλαμάρια και φυσικά, ο ναυτίλος. Παρουσιάζουν αμφίπλευρη συμμετρία και φέρουν όστρακο ασβεστολιθικής σύστασης το οποίο είναι χωρισμένο σε κενούς θαλάμους. Ο χώρος αυτός από τον κενό θάλαμο δίνει πλευστότητα στο μαλάκιο.

Η ονομασία κεφαλόποδα προκύπτει καθώς τα πλοκάμια που διαθέτουν θεωρήθηκαν πόδια. Το σώμα τους είναι ιδιόμορφο, με ανεπτυγμένο κεφάλι το οποίο φέρει πλοκάμια. Τα πλοκάμια διατάσσονται κυκλικά και διαθέτουν βεντούζες και στόματα, με τα οποίες γίνεται η σύλληψη της τροφής. Ο αριθμός των πλοκαμιών στα κεφαλόποδα κυμαίνεται ως εξής : 8 το χταπόδι, 10 οι σουπιές-καλαμάρια και 38 ο ναυτίλος. Τα κεφαλόποδα φέρουν εγκέφαλο, πολύ ανεπτυγμένο νευρικό σύστημα και μάτια.

Τα μαλακά τους μέρη περικλείονται μέσα στον μανδύα, σχηματίζοντας κοιλότητα, όπου υπάρχουν τα βράγχια. Με απότομη σύσπαση του μανδύα, εκτοξεύεται δέσμη νερού και το ζώο κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση, για αναζήτηση τροφής ή για διαφυγή από εχθρό.

Τα κεφαλόποδα διαχωρίζονται επίσης σε Διβράγχια (δύο βράγχια) και στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι σουπιές, τα καλαμάρια & τα χταπόδια και σε Τετραβράγχια (τέσσερα βράγχια) όπως ο Ναυτίλος. Ωστόσο, μόνο τα Διβράγχια φέρουν μελανοφόρο σάκο και χρησιμοποιούν τη μελάνη για τη διαφυγή από τον εχθρό.

iii. Συστηματική κατάταξη κεφαλόποδων

ΝΑΥΤΙΛΟΕΙΔΗ (NAUTILOIDEA)

Παρατηρώντας την τομή του Ναυτίλου, εντοπίζουμε κάποιες αυλακώσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί τα όστρακα φέρουν διαφράγματα, τα οποία διαχωρίζουν τα κελύφη σε θαλάμους. Ο τελευταίος ονομάζεται κατοικίδιος θάλαμος, καθώς εκεί αναπτύσσεται και ζει το μαλάκιο και ο πρώτος ονομάζεται Πρωτοκόγχη. Στα Ναυτιλοειδή, το εσωτερικό του οστράκου σχηματίζει γραμμές απλές με κυματοειδές σχήμα.

Από τα διαφράγματα διέρχεται ο σίφωνας, σχηματίζοντας μικρές χοανοειδείς προεξοχές, τα σιφωνικά χωνία. Η θέση του σίφωνα είναι συνήθως στο κέντρο των διαφραγμάτων. Οι θάλαμοι είναι αεροφόροι και δίνουν στον οργανισμό πλευστότητα και άνωση. Έτσι, λοιπόν, για να κινηθεί το ζώο κατακόρυφα, μετατοπίζει το σώμα του στον κατοικίδιο θάλαμο, μεταβάλλοντας τον όγκο του και την άνωσή του, και αντιθέτως, για να κινηθεί οριζόντια εκτοξεύει νερό με τη χοάνη του.

Τα όστρακα έχουν λεπτά και λεία τοιχώματα. Η σύστασή τους είναι αραγωνιτική⁸ και διαθέτει δύο στρώματα, ένα εξωτερικό πορσελανώδες και ένα εσωτερικό μαργαρώδες.



Εικόνα 4. Τομή Ναυτίλου, Φωτογραφία από Προσωπικό Αρχείο

[⁸] Ο αραγωνίτης (αγγλ. aragonite) είναι πολυμορφικό ορυκτό του ασβεστίου και χημικά, ανθρακικό ασβέστιο.

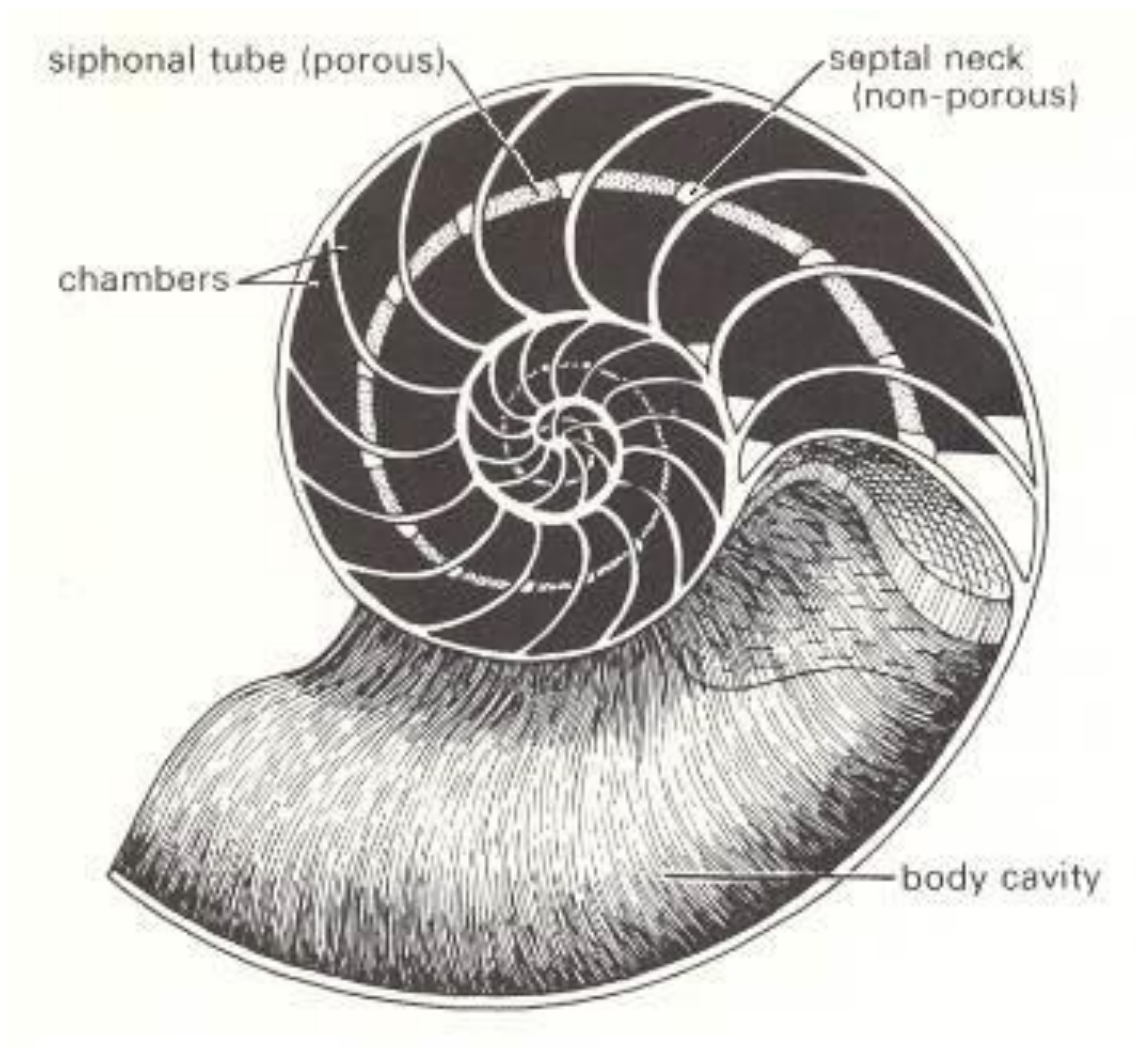
iv. Βασική ανατομία κελύφους

Σε αυτό το σημείο, θα γίνει η ανάλυση της ανατομίας του ναυτίλου και μια σύντομη αναφορά και σύνδεση για την ισογώνια σπείρα, η οποία θα αναλυθεί στο επόμενο υποκεφάλαιο.

Όπως βλέπουμε και από την τομή του Ναυτίλου, αυτό χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη, το εσωτερικό και το εξωτερικό διαμέρισμα. Στο εξωτερικό, είναι ο χώρος που βρίσκεται και αναπτύσσεται το σώμα του ζώου. Ωστόσο, το εσωτερικό του αποτελείται από 36 διαμερίσματα, τους θαλάμους. Τα διαμερίσματα συγκοινωνούν με το σιφώνιο, ένα σωλήνα ο οποίος με τη ρύθμιση της πίεσης των αερίων μέσα σε αυτά, επιτρέπει την επίπλευση ή τη βύθιση του οστράκου.

Αυτή η ιδιότητα του σχηματισμού του κελύφους του Ναυτίλου, συναντάται και στη λογαριθμική σπείρα. Παρατηρώντας την τομή του κοχυλίου, το εσωτερικό του διαιρεμένο σε θαλάμους όμοιους και συνεχόμενους. Κάθε θάλαμος είναι όμοιος και ομοίως μεγεθυμένος και τοποθετημένος ως προς τον προηγούμενό του. Το μαλάκιο καθώς αναπτύσσεται και μεγαλώνει, αλλάζει διαμερίσματα και κατοικεί στο τελευταίο, που είναι και το μεγαλύτερο.

Το κέλυφος αναπτύσσεται με τόσο συμμετρικό τρόπο, ώστε να διατηρεί τη μορφή του αναλλοίωτη. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ισορροπία μεταξύ των ρυθμών ανάπτυξης προς διάφορες κατευθύνσεις. Το κέλυφος αλλά και το μαλάκιο που ζει στο εσωτερικό του, αυξάνει ως προς το μέγεθος, αλλά δεν μεταβάλλει το σχήμα του.



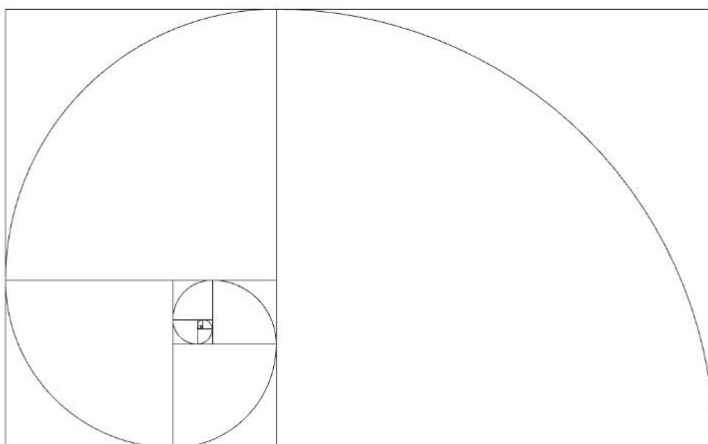
Εικόνα 5. Τομή Ναυτίλου – σκίτσο εσωτερικών μερών, Πηγή : CLARKSON, E., 1979, Invertebrate palaeontology and evolution

2.4 ΧΡΥΣΗ ΤΟΜΗ_GOLDEN RATIO

Η χρυσή τομή είναι ένα μαθηματικό φαινόμενο, συμβολίζεται με το γράμμα ϕ . είναι δηλαδή, η λογαριθμική σπείρα με γωνία καμπυλότητας « ϕ », που αντιστοιχεί στη χρυσή αναλογία $\phi=1,61803$. Η χρυσή τομή δίνει το σημείο που πρέπει να διαιρεθεί ένα ευθύγραμμο τμήμα, ώστε ο λόγος του ως προς το μεγαλύτερο τμήμα να ισούται με τον λόγο του μεγαλύτερου τμήματος ως προς το μικρότερο. Δηλαδή, $\alpha/\beta = (\alpha+\beta)/\alpha = \phi = 1,618$.

Αναφέρεται στην αναλογία ενός μέρους προς ένα άλλο, όπου η σχέση του συνόλου προς το μεγαλύτερο μέρος είναι ίδια με τη σχέση του μεγαλύτερου μέρους προς το μικρότερο μέρος. Όπως είδαμε, η χρυσή τομή υπάρχει σε διάφορα μέρη της φύσης, όπως στη δομή των φύλλων (φυλλοταξίες), στο ναυτίλο κ.ά.

Θα χαράξουμε ένα ορθογώνιο με λόγο πλευρών ϕ και στο εσωτερικό του θα χαράξουμε ένα τεταρτοκύκλιο με βάση την μικρότερη πλευρά του. Επαναλαμβάνοντας αυτή τη διαδικασία, θα αποκτήσουμε όλο και μικρότερα τετράγωνα, τα οποία αναπτύσσονται γύρω από το σημείο τομής της μιας διαγώνιου του ορθογώνιου με την κάθετη που χαράσσεται από την απέναντι γωνία και αποτελεί το κέντρο της σπείρας. Τέλος, μας αποκαλύπτεται το ίχνος της χρυσής σπείρας.



Εικόνα 6. Χρυσή τομή



Εικόνα 7. Ναυτίλος - χρυσή τομή

3.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ & ΔΟΜΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ

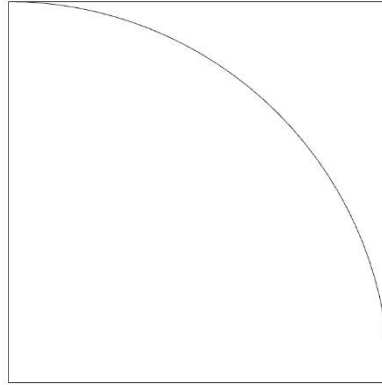
Η ισογώνια σπείρα είναι μια καμπύλη, η οποία ακολουθεί ένα συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο, γνωστή και ως λογαριθμική σπείρα. Η εξίσωση της ισογώνιας σπείρας που περιγράφει αυτή την καμπύλη είναι η $r=ae^{b\theta}$

Σε αυτήν την εξίσωση:

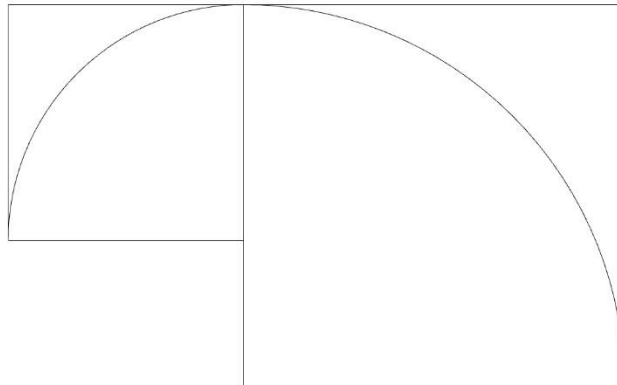
- r είναι η απόσταση από το κέντρο της σπείρας στο σημείο με γωνία « θ ».
- a είναι η ακτίνα της σπείρας στο σημείο « $\theta = 0$ ».
- b είναι παράγοντας που επηρεάζει το πώς η σπείρα αναπτύσσεται σε σχέση με τη γωνία. Αν « $b > 0$ », η σπείρα αντιστρέφει την κατεύθυνσή της καθώς αυξάνεται η γωνία « θ », ενώ αν « $b < 0$ », η σπείρα περιστρέφεται στην ίδια κατεύθυνση με την αύξηση της γωνίας « θ ».
- e είναι μια μαθηματική σταθερά που ισούται περίπου με 2.71828 και αποτελεί τη βάση του φυσικού λογαρίθμου.

Η ισογώνια σπείρα έχει την ιδιότητα ότι για κάθε γωνία « θ », η αναλογία « r/θ » είναι σταθερή. Το παράδειγμα της σπείρας φανερώνει την άρρηκτη σχέση φύσης και γεωμετρικών κανόνων.

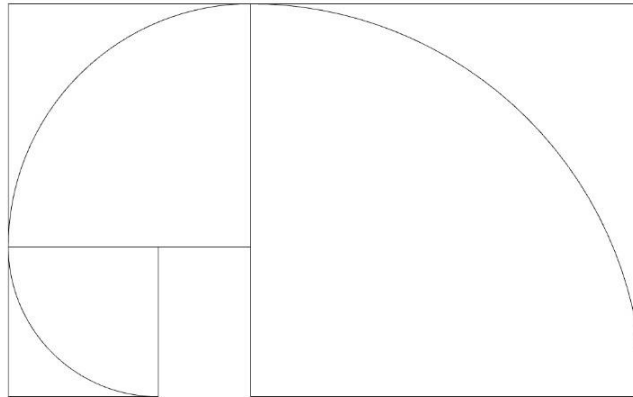
3.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΣΠΕΙΡΑΣ ΜΕΣΩ GH_____



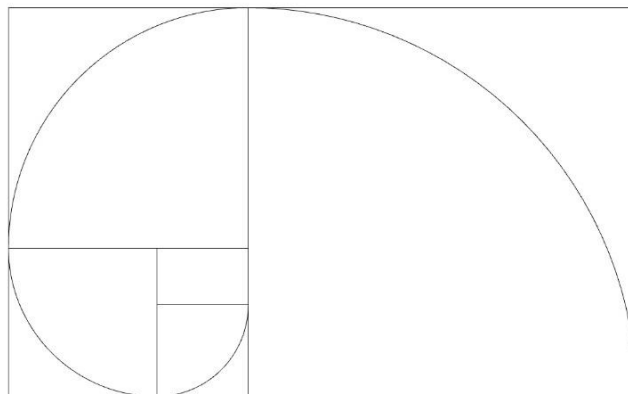
Εικόνα 8. Τετράγωνο στο εσωτερικό του θα χαράσσουμε ένα τεταρτοκύκλιο



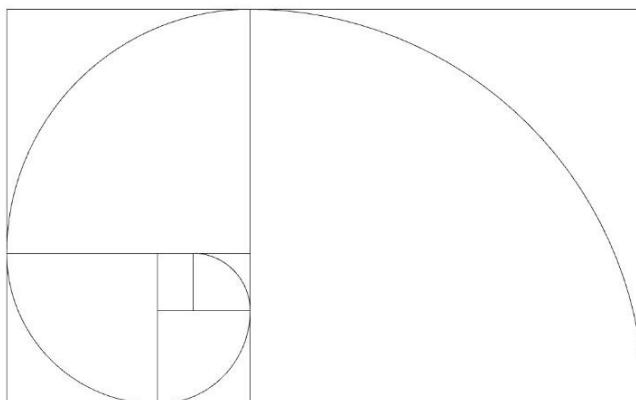
Εικόνα 9. Copy – Rotate - Scale με άξονα το σημείο τομής της μιας διαγώνιου του τετραγώνου με την κάθετη που χαράσσεται από την απέναντι γωνία και αποτελεί το κέντρο της σπείρας. Έστω ότι α , β οι δύο πλευρές του τετραγώνου, τότε θα ισχύει $\alpha/\beta=\varphi$.



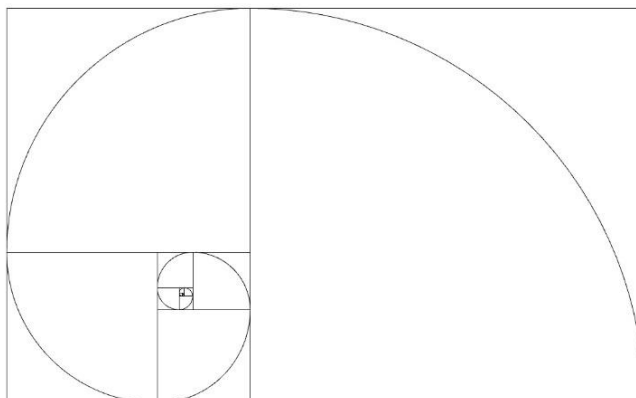
Εικόνα 10. Επανάληψη της διαδικασίας, όπως Εικ. 8



Εικόνα 11. Επανάληψη της διαδικασίας, όπως Εικ. 8

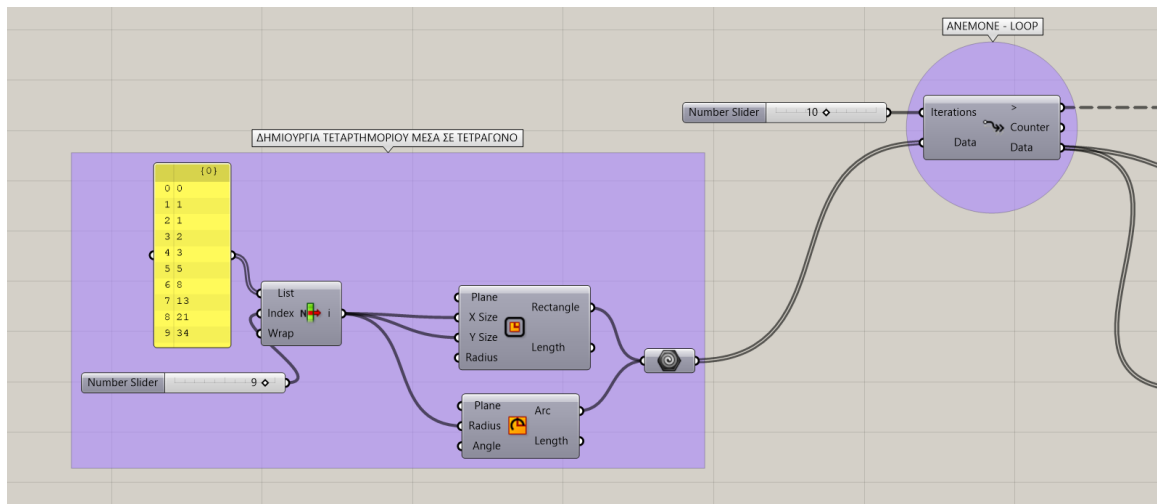


Εικόνα 12. Επανάληψη της διαδικασίας, όπως Εικ. 8

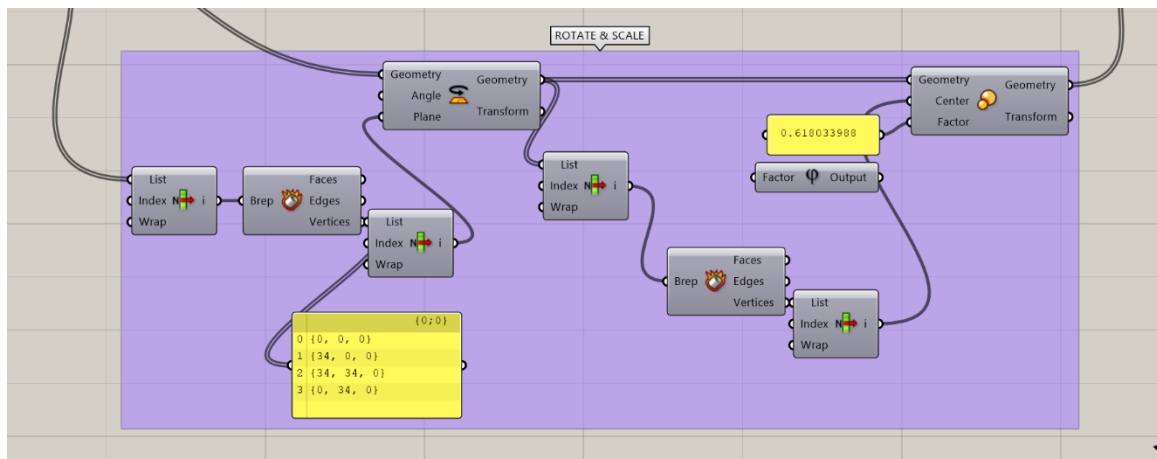


Εικόνα 13. Ισογώνια σπείρα

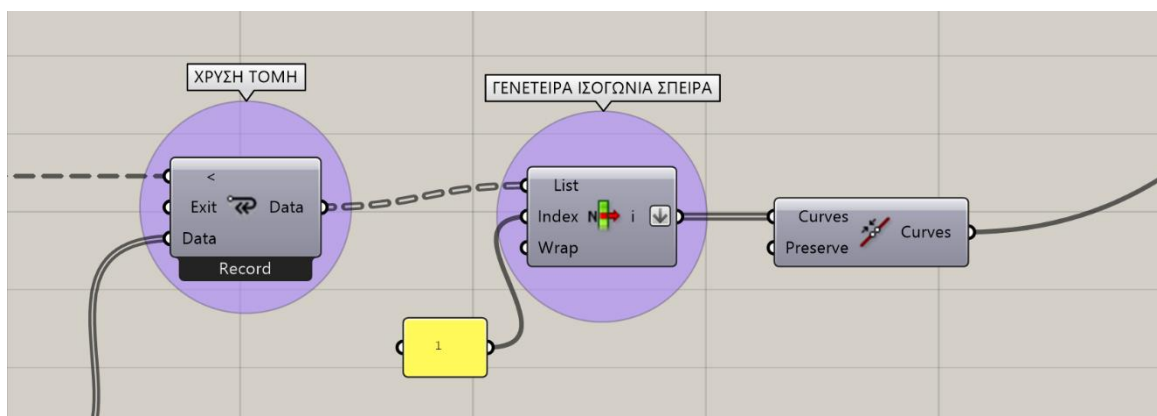
Αναλυτικά, η ρουτίνα για την ισογώνια σπείρα σε GH.



Εικόνα 14. Δημιουργία τετραγώνου, στο εσωτερικό του θα χαράσσουμε ένα τεταρτοκύκλιο.



Εικόνα 15. Με το ANEMONE plug-in, δημιουργούμε μια λούπα η οποία επαναλαμβάνει τη διαδικασία κάνοντας Copy – Rotate – Scale με άξονα το σημείο τομής της μιας διαγώνιου του τετραγώνου με την κάθετη που χαράσσεται από την απέναντι γωνία και αποτελεί το κέντρο της σπείρας.



Εικόνα 16. Αποτέλεσμα της χρυσής τομής.

Στην παραπάνω ρουτίνα του GH, ξεκινάμε με τη δημιουργία τετραγώνου, με λόγο πλευρών $\alpha/\beta=\varphi$ και στο εσωτερικό του θα χαράσσουμε ένα τεταρτοκύκλιο. Με τη χρήση του ANEMONE plug-in, δημιουργούμε μια λούπα η οποία επαναλαμβάνει τη διαδικασία κάνοντας Copy – Rotate - Scale με άξονα το σημείο τομής της μιας διαγώνιου του τετραγώνου με την κάθετη που χαράσσεται από την απέναντι γωνία και αποτελεί το κέντρο της σπείρας. Το factor του Scale ισούται με τον αριθμό «φ», που είναι ο χρυσός αριθμός Fibonacci

($\varphi \approx 1.6180327868852$).

4.1 ΣΥΛΛΗΨΗ ΙΔΕΑΣ

Η αρχιτεκτονική, είναι συνδεδεμένη με την παρατήρηση των στοιχείων της φύσης και τον μετασχηματισμό τους σε ανθρώπινες δημιουργίες. Τα στοιχεία αυτά λειτουργούν ως η γενέτειρα του χώρου. Η ισογώνια σπείρα αποτελεί το πρωτογενές, αρχετυπικό⁹ σχήμα, το οποίο πολλαπλασιάζεται, παραμετροποιείται και εξελίσσεται. Οι βασικές ιδιότητές της σπείρας, όπως η κίνηση και η δημιουργία χώρου, τη συνοδεύουν σε όλες τις δημιουργίες. Η λειτουργία και η δομή της ισογώνιας σπείρας εμπλέκονται και κατευθύνουν την συνθετική διαδικασία.

Ο προσδιορισμός της μορφής και της κατασκευαστικής λογικής αποτελεί θεμελιώδες ζήτημα κατά τη διερεύνηση της μορφολογίας. Έχοντας ως γενέτειρα τη χρυσή τομή – ισογώνια σπείρα του ναυτίλου, θα θέσουμε μια σειρά παραμέτρων ώστε να σχεδιάσουμε την τελική δομή, που είναι το pavilion.

Πέρα από τις βασικές γεωμετρικές αρχές και κανόνες του ναυτίλου, τα οποία ενσωματώνονται στη μορφή του pavilion, στενά συνδεδεμένη είναι και η λειτουργία του. Το pavilion αποτελεί μια δομή εσωστρεφή, η οποία στο εσωτερικό της αναπτύσσει τις λειτουργίες της, όπως προαναφέραμε για το κέλυφος του ναυτίλου.

Σχετικά με τη λειτουργία του pavilion, πρόκειται για μια δομή που θα φιλοξενεί και θα προβάλλει την τοπική ιστορία της πόλης που είναι τοποθετημένη. Η δομή θα έχει χαρακτήρα εφήμερο, με σκοπό να «ταξιδεύει» από μέρος σε μέρος, να προβάλλει και να ενημερώνει για την ιστορία του κάθε τόπου. Για το λόγο αυτό, καθώς η κατασκευή θα είναι εφήμερη, θα πρέπει να συναρμολογείται και από-συναρμολογείται γρήγορα, και να αποτελεί ένα σύστημα ευέλικτο και ευπροσάρμοστο.

⁹ Αρχετυπικός = ο αρχικός τύπος, πρότυπο

Πρόκειται για μια παρέμβαση στο αστικό τοπίο, που χαρακτηρίζεται από το μηχανισμό ανταλλαγής πληροφοριών που αφορούν στο ιστορικό περιεχόμενο του κάθε τόπου, όπως φωτογραφίες, κείμενα, μικροαντικείμενα, ηχητικά μηνύματα κ.α. Το pavilion έχει ως στόχο του την ενημέρωση, με το να επαναπροσδιορίσει την παράδοση και τα ιστορικά στοιχεία του κάθε τόπου, με τρόπο σύγχρονο και διαδραστικό και το κυριότερο, χωρίς να αλλοιώνει το φυσικό τοπίο, καθώς δεν αποτελεί μόνιμη εγκατάσταση.

Κατασκευαστικά, αποτελείται από δύο κύρια μέρη, τον σκελετό και τα στοιχεία πλήρωσης. Το κέλυφος αποτελεί τον στατικό εξωσκελετό του pavilion. Τα στοιχεία πλήρωσης αποτελούν τα πανέλα, τα οποία περιστρέφονται με βάση την πορεία του ήλιου. Τα πανέλα λειτουργούν ως φίλτρο προστασίας προς το εσωτερικό του pavilion και δημιουργούν ενδιαφέρουσες σκιές, ώστε οι ακτίνες του ήλιου να μην εισέρχονται στο εσωτερικό του.

4.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ

Για το σχεδιασμό του pavilion, θέτουμε κάποιες παραμέτρους, τις οποίες κατηγοριοποιούμε σε ποσοτικές και ποιοτικές. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται ώστε να ποσοτικοποιηθούν τα κριτήρια και να μεταφραστούν μαθηματικά στον παραμετρικό σχεδιασμό μέσω του Grasshopper. Για τις υπόλοιπες παραμέτρους, ο αρχιτέκτονας επιλέγει σύμφωνα με τις αρχές του σχεδιασμού και της λειτουργίας του Ναυτίλου.

i. Μορφολογία

Ο όρος "μορφολογία" χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη μορφή, τη δομή ή το σχήμα ενός αντικειμένου. Η μορφή του pavilion σχετίζεται άμεσα με την ισογώνια σπείρα - χρυσή τομή του ναυτίλου, καθώς αυτή αποτελεί την γενέτειρα σπείρα. Η δομή του μιμείται τη δομή του κοχυλιού ναυτίλου, ως ένα εξωτερικό κέλυφος το οποίο μεταφράζεται σε στατικό εξωσκελετό και στο εσωτερικό, όπου εκεί συμβαίνουν οι λειτουργίες του pavilion.

ii. Κίνηση πανέλων

Η κινητική χωρική διάταξη ενσωματώνει στον αρχιτεκτονικό παραμετρικό σχεδιασμό στοιχεία της ρομποτικής και της πληροφορικής. Αναφερόμενοι στον όρο «κινητική αρχιτεκτονική» εννοούμε την ενσωμάτωση της κίνησης σε μέρος των κτιρίων, χωρίς αυτό να επηρεάζει και να μειώνει τη συνολική δομική ακεραιότητα. Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός περιλαμβάνει της έννοια της κίνησης, ώστε να αποτυπώσει την αλλαγή - επανάληψη.

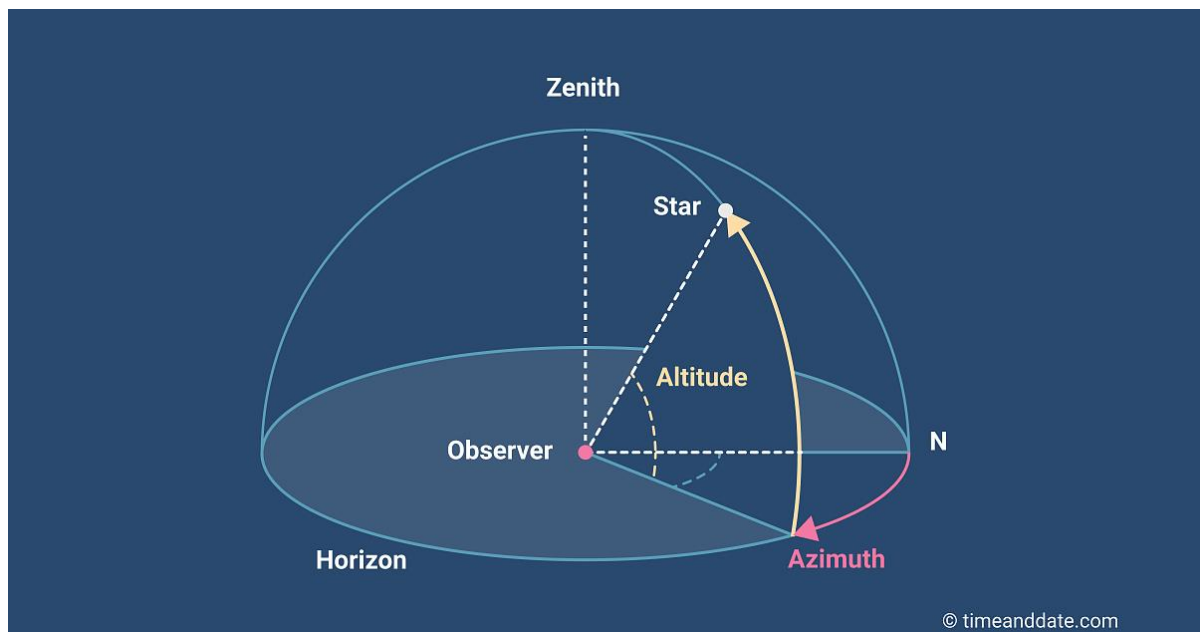
Στη χωρική διάταξη – pavilion, η κίνηση αποτελεί ουσιαστικό και κύριο μέρος του προγράμματος, καθώς επηρεάζει το κομμάτι του σχεδιασμού, επιλογής υλικών αλλά και το βίωμα του επισκέπτη.

Ο εξωσκελετός του pavilion αποτελεί τον άξονα πάνω στον οποίο κάθε πανέλο περιστρέφεται (rotate). Τα πανέλα περιστρέφονται με βάση την πορεία ήλιου και επιτρέπουν ή όχι αντίστοιχα την είσοδο των ηλιακών ακτινών, ώστε να λειτουργούν ως φίλτρο προστασίας προς το εσωτερικό του pavilion. Η κίνηση των πανέλων σύμφωνα με την πορεία του ήλιου ενισχύει τις αισθητηριακές ιδιότητες του pavilion και το προκαλεί το ενδιαφέρον των επισκεπτών.

iii. Πορεία του ήλιου

ΓΩΝΙΕΣ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΦΩΤΟΣ

Σε κάθε τόπο πάνω στη γη, ο ήλιος ρίχνει τις ακτίνες του με διαφορετική γωνία κάθε χρονική στιγμή. Η γωνία που μας δίνει το ύψος του ήλιου από τη γραμμή του ορίζοντα ονομάζεται γωνία ύψους ηλίου (altitude angle). Η γωνία που μας δίνει την απόκλιση του ήλιου σε σχέση με το βορρά, ονομάζεται γωνία αζιμουθίου (azimuth angle). Κοιτώντας το παρακάτω διάγραμμα, μπορούμε να δούμε τις ακτίνες που διαγράφονται ώστε να κατανοήσουμε το azimuth και το altitude. Συνήθως η γωνία αζιμουθίου έχει θετικές τιμές κινούμενη δεξιόστροφα, με τις 0° να ορίζονται στο βορρά.



Εικόνα 17. Azimuth & altitude. Πηγή : <https://www.timeanddate.com/astronomy/horizontal-coordinate-system.html>

Υπολογισμός αζιμούθιου και γωνίας ανύψωσης

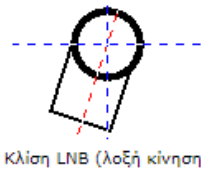
Η θέση σας:

Γεωγραφικό πλάτος:
36.95° B (36° 57' 0")

Γεωγραφικό μήκος:
26.98° A (26° 58' 48")

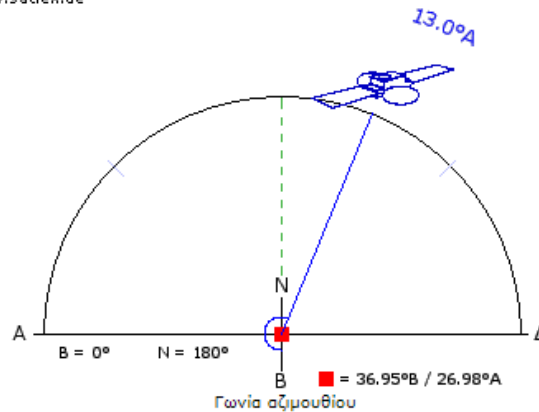
Πόλη:
Κάλυμνος (Kalymnos)

Χώρα:
Ελλάδα



Κλίση LNB (λοξή κίνηση)

© Copyright by
www.satlex.de



Οι τιμές έχουν υπολογιστεί για τη θέση σας:

Γωνία αζιμουθίου:
202.50° (True North)

Γωνία ανύψωσης:
44.72°

Κλίση LNB (λοξή κίνηση):
17.81°

Γωνία όψους:
20.36°

Απόσταση στο δορυφόρο:
37435.18 Km

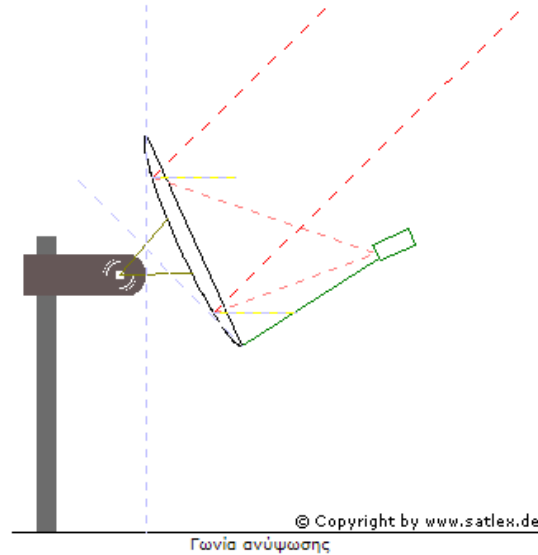
Καθυστέρηση σημάτων:
249.57 ms (Uplink + Downlink)

Γωνία απόκλισης:
-5.83°

Γωνία ώρας Polarmount:
195.86°

Ρύθμιση γωνίας στο μοτέρ:
15.86° Δύση

Δορυφόρος:
Eutelsat Hot Bird 13B/C/E (13.0° A = 347° Δ)



Πνευματικά δικαιώματα (γ) 1996-2024 SatLex® - Chris Mitiu / Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

<https://satlex.de/>

SATLEX DIGITAL

Εικόνα 18. Υπολογισμός Αζιμουθίου για το νησί της Καλύμνου, Πηγή : https://satlex.de/el/azel_calc-params-pr.html?satlo=13.0&user_satlo=&user_satlo_dir=E&location=36.95%2C26.98&la=36.95&lo=26.98&country_code=gr&diam_w=75&diam_h=80

Για το νησί της Καλύμνου, έχουμε τα εξής δεδομένα για την θέση του ήλιου, τα οποία θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια στο grasshopper¹⁰.

Γωνία αζιμουθίου (AZIMUTH):

202.50° (True North)

Γωνία ανύψωσης (ALTITUDE):

44.72°

[¹⁰] Υπολογισμός αζιμούθιου, Πηγή : https://satlex.de/el/azel_calc-params-pr.html?satlo=13.0&user_satlo=&user_satlo_dir=E&location=36.95%2C26.98&la=36.95&lo=26.98&country_code=gr&diam_w=75&diam_h=80

4.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ

Σε συνέχεια της ανάλυσης των ποσοστικών παραμέτρων, προχωράμε στις ποιοτικές, ώστε να έχουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα στο σχεδιασμό και στη λειτουργία του pavilion.

i. Χρήση

Η λέξη χρήση συνδέεται συχνά με την ικανότητα ενός αντικειμένου ή ενός συστήματος να ικανοποιεί τις ανάγκες ή τις απαιτήσεις. Όπως ήδη έχουμε προαναφέρει, ο ναυτίλος αποτελεί την έμπνευση και την απαρχή του σχεδιασμού της διπλωματικής εργασίας. Ο σχεδιασμός βασίζεται στη φράση «Form follows Function», δηλαδή η μορφή να εξυπηρετεί και να ακολουθεί τη λειτουργία.

Συνεπώς, πέρα από τις βασικές γεωμετρικές αρχές του ναυτίλου, σχετικά με τη μορφή και τη δομή του, το pavilion ενσωματώνει στοιχεία της λειτουργίας του. Αποτελεί μια δομή εσωστρεφή, η οποία στο εσωτερικό της αναπτύσσει τις λειτουργίες της.

Το concept αφορά σε μία δομή που προβάλλει την παράδοση και την ιστορία του τόπου, μέσα από μία σύγχρονη και εφήμερη εγκατάσταση. Έχει χαρακτήρα εφήμερο, με σκοπό να ταξιδεύει, να προβάλλει και να ενημερώνει τους επισκέπτες για την ιστορία του κάθε τόπου, ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες των επισκεπτών του.

Πρόκειται για μια παρέμβαση στο αστικό τοπίο, που χαρακτηρίζεται από το μηχανισμό ανταλλαγής ιστορικού περιχομένου του κάθε τόπου, όπως φωτογραφίες, κείμενα, μικροαντικείμενα, ηχητικά μηνύματα κ.α. Το pavilion έχει ως στόχο του την ενημέρωση, με το να επαναπροσδιορίσει την παράδοση και τα ιστορικά στοιχεία του κάθε τόπου, με τρόπο σύγχρονο και διαδραστικό και το κυριότερο, χωρίς να αλλοιώνει το φυσικό τοπίο, καθώς δεν αποτελεί μόνιμη εγκατάσταση.

ii. Τοποθεσία

Το pavilion, λόγω του εξωσκελετού και των πανέλων, αποτελεί ένα σύστημα ευπροσάρμοστο και ευέλικτο. Αυτό σημαίνει ότι ανά πάσα ώρα και στιγμή μπορούν να αφαιρεθούν και να προστεθούν τα δομικά μέρη από τα οποία αποτελείται. Το σύστημα ορίζεται μόνο του από το χώρο εντός και εκτός της εγκατάστασης. Είναι αυτόνομο και ευπροσάρμοστο. Δημιουργεί ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο και απελευθερωμένο χώρο.

Σε αντίθεση με τη μόνιμη αρχιτεκτονική, η μεταφερόμενη και εφήμερη κατασκευή δίνει μία νέα προσωρινή ταυτότητα στο χώρο. Έτσι, λοιπόν, ο επισκέπτης βιώνει το χώρο και το χρόνο με διαφορετική προσέγγιση, μιας διαρκούς κίνησης και μεταβολής. Χαρακτηριστικό της πολυτοπικής¹¹ κατασκευής¹² αποτελεί η εύκολη και γρήγορη εγκατάσταση και το αντίστροφο, δηλαδή η επιστροφή του χώρου στην αρχική του κατάσταση. Ως αποτέλεσμα, η ανθρώπινη παρέμβαση είναι ελάχιστη στο φυσικό τοπίο.

Η πολυτοπική κατασκευή αναφέρεται στη δημιουργία μιας δομής που αποτελείται από μονάδες. Οι κατασκευές αυτές μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα και ανεξάρτητα από το χώρο στον οποίο τοποθετούνται, επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη ευελιξία και ανθεκτικότητα.

Όσον αφορά στη τοποθέτησή του pavilion σε οικόπεδο, αυτή δεν περιορίζεται αλλά είναι ανοιχτή να προσαρμοστεί και να αναδειχθεί, σύμφωνα με τις ανάγκες των επισκεπτών και της κάθε περιοχής. Δεδομένου ότι η δομή ταξιδεύει, ο σχεδιασμός της, της επιτρέπει να τοποθετείται οπουδήποτε, με μικρές τροποποιήσεις. Ο εξωσκελετός προσδίδει ελευθερία κινήσεων, καθώς η δομή αποσυναρμολογείται, μεταφέρεται και λειτουργεί εκ νέου. Θα λέγαμε, λοιπόν, ότι προσαρμόζονται πλήρως στο εκάστοτε περιβάλλον.

Ιδανικά, η εγκατάσταση θα αναδειχθεί όταν τοποθετηθεί σε σημείο κεντρικό, κομβικό, σημείο πέρασμα, ώστε να γίνει αντιληπτή από τους περαστικούς και αποτελέσει ξεχωριστό και εμβληματικό στοιχείο του τόπου, προσωρινά.

[¹¹] Πολυτοπικός = που έχει σχέση με πολλούς τόπους, που εξαπλώνεται σ' αυτούς

[¹²] Πολυτοπική κατασκευή εννοούμε την κατασκευή που βρίσκεται σε παραπάνω από έναν τόπο, που αλλάζει τοποθεσία και δεν είναι μόνιμα σε μία θέση.





Καθώς το νησί της Καλύμνου αποτελεί την αφορμή για τη μελέτη του Ναυτίλου, η τοποθέτηση του pavilion γίνεται στην Κάλυμνο. Η Κάλυμνος είναι ένα νησί στο Αιγαίο Πέλαγος και ανήκει στον ελληνικό νησιωτικό σύμπλεγμα των Δωδεκανήσων. Το τοπίο είναι βραχώδες. Έχει βαθιές ιστορικές ρίζες, και έχει περάσει από διάφορες περιόδους κατοχής, συμπεριλαμβανομένης της βενετικής, της οθωμανικής και της ιταλικής. Έχει εξελιχθεί σε ένα δημοφιλή τουριστικό προορισμό, ενώ παράλληλα διατηρεί τον παραδοσιακό της χαρακτήρα. Η νεότερη ιστορία της Καλύμνου συνδέθηκε με την αλιεία, και το εμπόριο του σφουγγαριού. Το νησί παρουσιάζει σημαντική ναυτική παράδοση, με ιστορία στο επάγγελμα της σπογγαλιείας και της κατεργασίας των σφουγγαριών.

Στο «Μουσείο Θαλασσίων Ευρημάτων» των αδερφών Βαλσαμίδα στην περιοχή Βλυχάδια της Καλύμνου, υπάρχει η δυνατότητα να δει κανείς, ανάμεσα σε μία πληθώρα ευρημάτων, το κοχύλι του ναυτίλου. Τα ευρήματα, τα οποία προέρχονται από χιλιάδες καταδύσεις, περιλαμβάνουν σχεδόν ότι μπορεί κανείς να συναντήσει στον βυθό, από ψάρια, όστρακα, κοράλια, μέχρι και όλα τα είδη σφουγγαριών. Μέρος του μουσείου είναι αφιερωμένο στο επάγγελμα της σπογγαλιείας και περιλαμβάνει όλα τα εργαλεία και τα σκάφανδρα που χρησιμοποιήθηκαν από τους δύτες από το 1872 μέχρι σήμερα.

iii. Υλικότητα

Τα τελευταία χρόνια, αναπτύσσεται μια αρχιτεκτονική ευέλικτη, με την προβολή και “απογύμνωση” του σκελετού των εγκαταστάσεων. Προκύπτει η αρχιτεκτονική που είναι ευπροσάρμοστη, αυτοσυντηρείται, μπορεί να λάβει ποικίλες μορφές, έχει τη δυνατότητα να ανεγερθεί και να αποσυναρμολογηθεί εκατοντάδες φορές κατά τη διάρκεια της ζωής της και να είναι ευέλικτη.

Για τη φέρουσα δομή της εγκατάστασης, δηλαδή ο εξωσκελετός αποτελείται από ένα μεταλλικό χωροδικτύωμα. Έτσι λοιπόν, ο εξωσκελετός είναι modular, προσαρμόζεται με ευκολία, έχει στατική δομή και διαγράφει τη μορφή του pavilion. Το χωροδικτύωμα ορίζεται ως ο φορέας που σχηματίζεται με ευθύγραμμες ράβδους, οι οποίες συνδέονται αρθρωτά μεταξύ τους και στα δύο άκρα τους, στις τρεις διαστάσεις.¹³ Για τις ανάγκες της διπλωματικής, θα αποτλείται από τα εξής στοιχεία¹⁴ :

1. Ράβδοι χωροδικτυώματος

Οι ράβδοι του χωροδικτυώματος είναι σωλήνες, η διατομή και το πάχος των οποίων καθορίζονται από την στατική επίλυση. Οι ράβδοι είναι γαλβανισμένοι εν θερμώ και βάφονται με ηλεκτροστατική βαφή πούδρας πολυεστέρα, σε οποιαδήποτε απόχρωση RAL.

2. Κόμβοι χωροδικτυώματος

Οι κόμβοι του χωροδικτυώματος κατασκευάζονται από CNC ή 3D printer, ώστε να πάρουν της σφαιρική τους μορφή και να γίνει η διάτρηση στις ακριβείς μοίρες ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή γεωμετρία και να κουμπώνουν σφηνωτά οι ράβδοι.

3. Επικάλυψη

Στοιχεία πλήρωσης του χωροδικτυώματος, πχ. Πολυκαρβονικά φύλλα, φύλλα mdf / κόντρα πλακέ θαλάσσης

[¹³] Πηγή : Χαραλαμπίκης Αριστοτέλης, Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π., MSc/DIC, PhD. Τεχνική Μηχανική - Δικτυωτοί φορείς (Δικτυώματα)

[¹⁴] Πηγή : <https://www.gkinis.com/>

Η μεταλλική κατασκευή, χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο τα τελευταία χρόνια, σε κατασκευές εφήμερες ή μόνιμες. Παρουσιάζει αρκετά προτερήματα, τα οποία οι αρχιτέκτονες εκμεταλλεύονται, όπως τυποποίηση, δυνατότητα συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης, μειωμένος χρόνος κατασκευής, ανθεκτικότητα, ευελιξία, προσαρμοστικότητα και ανακύκλωση. Έχει ισχυρή φέρουσα ικανότητα, είναι σταθερή και ανθεκτική στη διάβρωση.

Τα πανέλα αποτελούν τα στοιχεία πλήρωσης του pavilion. Η κάθε μονάδα είναι αυτόνομη κατασκευαστικά και διαθέτει αισθητήρα φωτός, ώστε να ελέγχεται η γωνία περιστροφής του συνόλου. Ως αποτέλεσμα, όταν υπάρχει υψηλή ηλιακή ακτινοβολία, τα πανέλα είναι στην ανοιχτή τους εκδοχή – φυσική κατάσταση, ενώ στην αντίθετη περίπτωση, τα πανέλα κάνουν rotate έως 90 μοίρες προς το εσωτερικό του pavilion.

Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τη δομή είναι ότι πρόκειται για μια εφήμερη, ελαφριά, ευέλικτη και πολυτοπική κατασκευή. Με μια αρχιτεκτονική ερμηνεία, το εφήμερο¹⁵ εμπεριέχει κίνηση, στο χώρο (πτυσσόμενη, κινούμενη κατασκευή) και στο χρόνο (μη μόνιμη κατασκευή). Το εφήμερο σχετίζεται με συγκεκριμένη χρονική διάρκεια ζωής της κατασκευής. Έχει την έννοια της ροής των δραστηριοτήτων και όχι της μονιμότητας της κατασκευής.

¹⁵ Εφήμερος = αυτός που διαρκεί ή ζει μία μόνο μέρα, πρόσκαιρος

Επειδή ακριβώς η διάρκεια της παραμονής του pavilion σε έναν τόπο είναι για ορισμένο χρόνο, επιδράει στο περιβάλλον που βρίσκεται και στα άτομα που το επισκέπτονται και ενισχύει την παροδικότητα της κατασκευής. Η εφήμερη κατασκευή, θα πρέπει να συναρμολογείται και να από-συναρμολογείται γρήγορα, και να αποτελεί ένα σύστημα ευέλικτο και ευπροσάρμοστο.

Χαρακτηριστικό της ελαφριάς κατασκευής είναι η πολυτοπική παρουσία, δηλαδή η μεταφορά από το ένα μέρος στο άλλο, σε αντίθεση με τη μονιμότητα στο χώρο και το χρόνο των κτιρίων της συμβατικής αρχιτεκτονικής. Επιπλέον χαρακτηριστικό είναι η μεταβλητότητα, δηλαδή η τροποποίηση των λειτουργικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών της δομής, ώστε να ανταποκρίνεται κάθε φορά στις νέες συνθήκες του τόπου εγκατάστασης και να εξυπηρετεί τις ανάγκες δημιουργώντας νέες χωρικές συνθήκες.

Επιπλέον χαρακτηριστικό αποτελούν η ευελιξία και η αναπροσαρμογή της κατασκευής στις αλλαγές των συνθηκών. Τα κινητικά της χαρακτηριστικά, προσδίδουν την αναπροσαρμογή και τη δυναμική της αλλαγής και της ευελιξίας.

5.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ_____

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και η πρόοδος στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό συμβάλλουν στην παραμετρική μοντελοποίηση και εμπλουτίζουν τη σχεδιαστική έρευνα με συνθετότερες ιδέες και μεθόδους. Στην αρχιτεκτονική, ο παραμετρικός σχεδιασμός επιτρέπει τη δημιουργία πολυπλοκών δομών που ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένες παραμέτρους.

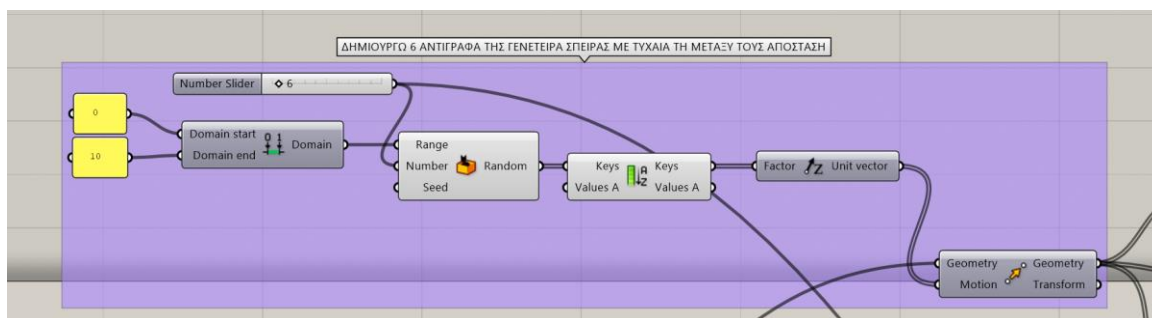
Με την αλγοριθμική μοντελοποίηση σχεδιάζουμε με βάση ένα σύνολο κανόνων, οι οποίοι περιγράφουν μια συγκεκριμένη διαδικασία και προσδίδουν ένα αποτέλεσμα. Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, γίνεται χρήση μαθηματικών παραμέτρων και κανόνων για τον καθορισμό του σχήματος και των χαρακτηριστικών του συστήματος σχεδίασης. Αυτό επιτρέπει τον έλεγχο στο σχεδιασμό, επιτρέποντας την εύκολη προσαρμογή του σε διάφορες αλλαγές.

Ο παραμετρικός σχεδιασμός συντελεί στη δημιουργία ευέλικτων, προσαρμοσμένων και προηγμένων σχεδιαστικών λύσεων.

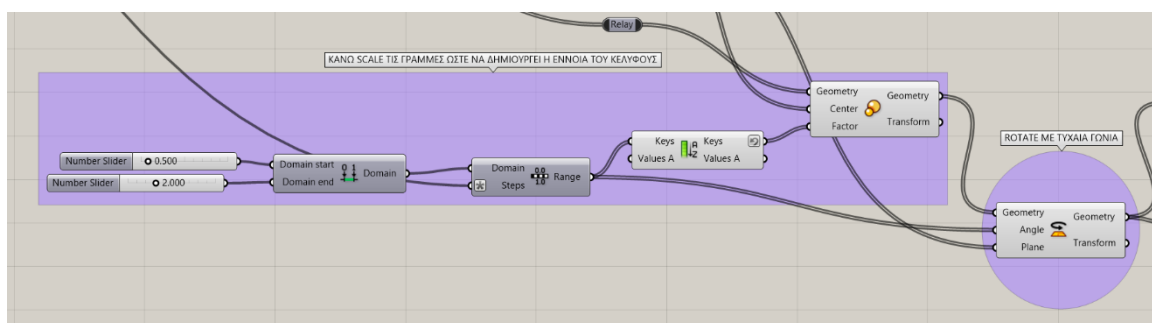
5.2 FORM FINDING

Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, έγιναν διάφορες δοκιμές για να βρεθεί η μορφολογία της δομής, ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις του pavilion αλλά και να απαντάει σε κατασκευαστικά ερωτήματα. Αυτή η ευελιξία είναι που προσφέρει ο παραμετρικός σχεδιασμός, καθώς με την αλλαγή των τιμών των ποσοτικών παραμέτρων, αλλάζει και το παραγόμενο σχεδιαστικό αποτέλεσμα. Μέσα από την πορεία του σχεδιασμού και της ερευνητικής διαδικασίας, θα δούμε κάποια παραδείγματα της δομής, από τα οποία αφού βελτιστοποιήθηκε ο σχεδιασμός τους, προέκυψε η τελική μορφή του pavilion.

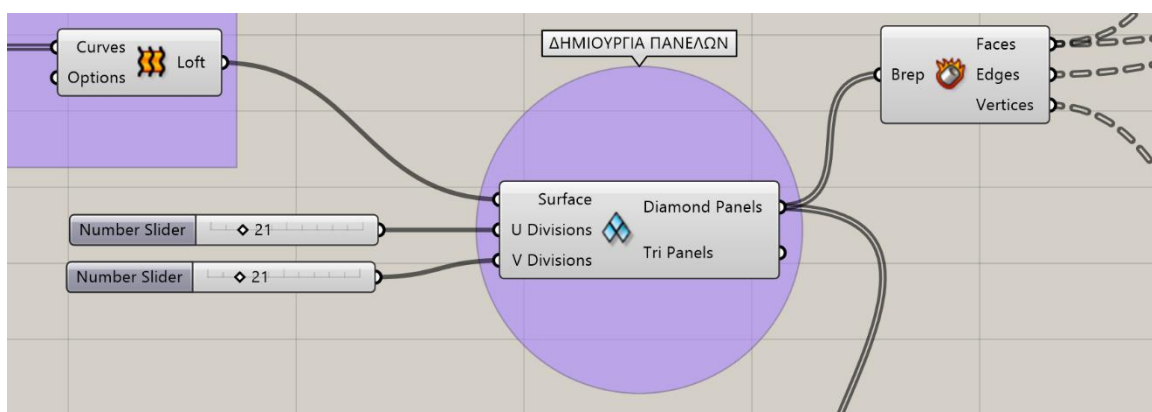
Παρακάτω υπάρχει μια περιγραφή των βασικών βημάτων του σχεδιασμού του παραμετρικού μοντέλου του pavilion, και στη συνέχεια κάποια παραδείγματα υλοποίησης ώστε να δούμε τα αποτελέσματα που προκύπτουν με διαφορετικές τιμές των παραμέτρων.



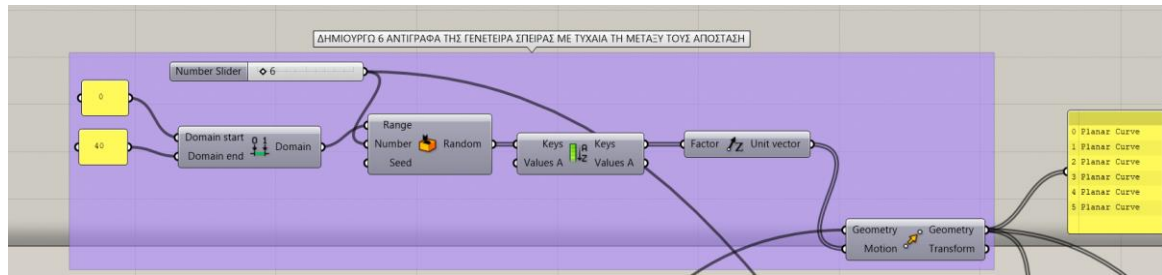
Εικόνα 19. Δημιουργία αντιγράφων της γενέτειρας σπείρας κατά άξονα z, με Domain 0 έως 6



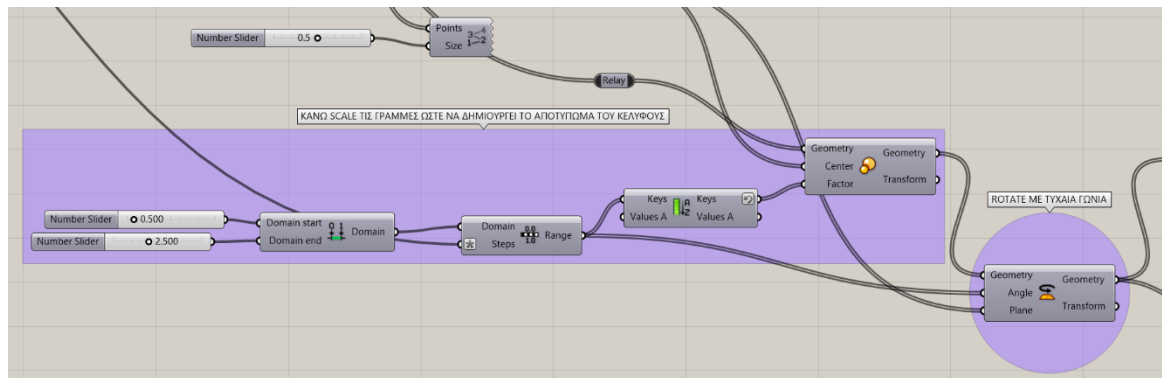
Εικόνα 20. Scale & Rotate των σπειρών, με Range Domain 0.50 έως 2.00



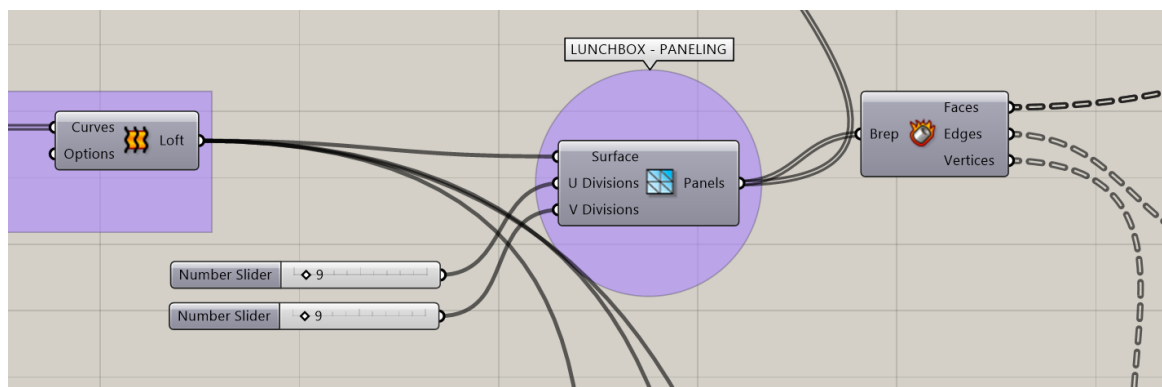
Εικόνα 21. LUNCHBOX PanelingTools - Diamond Panels



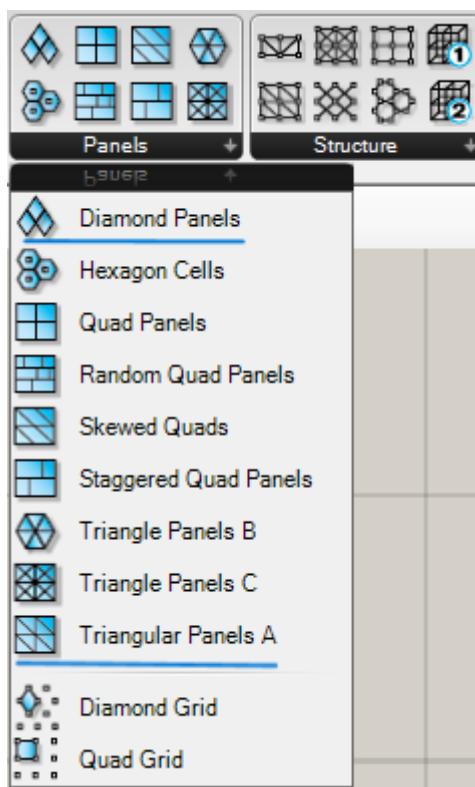
Εικόνα 22. Δημιουργία αντιγράφων της γενέτειρας σπείρας κατά άξονα z, με Domain 0 έως 40



Εικόνα 23. Scale & Rotate των σπειρών, με Range Domain 0.50 έως 2.50



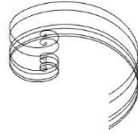
Εικόνα 24. LUNCHBOX PanelingTools - Triangular Panels A



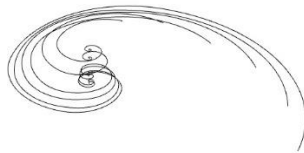
Εικόνα 25. LUNCHBOX PanelingTools - Diamond Panels & Triangular Panels A

Για τη δημιουργία του μοτίβου στην επιφάνεια, η οποία έχει δημιουργηθεί από την παραμετροποίηση της γενέτειρας ισογώνιας σπείρας, έγιναν δοκιμές από το plug-in του Grasshopper LUNCHBOX. Πιο συγκεκριμένα, αυτό που χρησιμοποιήθηκε και εφαρμόστηκε στο pavilion είναι το Triangular Panels A, το οποίο παράγει τον κάναβο που θα αποτελέσει τον στατικό φορέα του pavilion και τα στοιχεία πλήρωσης που είναι τα τρίγωνα που δημιουργούνται.

Στη συνέχεια, βλέπουμε τη συγκεκριμένη εφαρμογή βάσει τιμών της πρώτης εκδοχής και τα αποτελέσματα του σχεδιασμού.



Εικόνα 26. Αντιγραφή της γενέτειρας σπείρας κατά άξονα z, με τυχαίες τις μεταξύ τους αποστάσεις



Εικόνα 27. Scale & rotate των καμπυλών.



Εικόνα 28. Τριγωνισμός της επιφάνειας για τη δημιουργία των πανέλων με Diamond Panels.

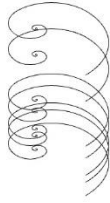


Εικόνα 29. Ο εξωσκελετός – ribs.

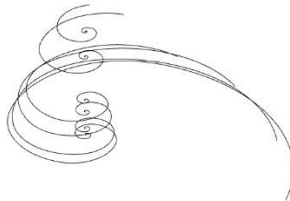


Εικόνα 30. Τα πανέλα

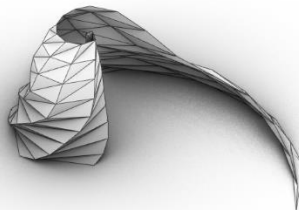
Τέλος, βλέπουμε τη συγκεκριμένη εφαρμογή βάσει τιμών της δεύτερης εκδοχής.



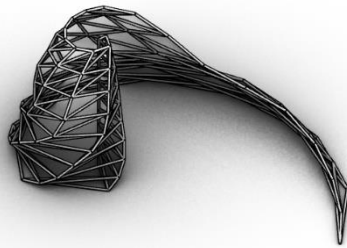
Εικόνα 31. Αντιγραφή της γενέτειρας σπείρας κατά άξονα z, με τυχαίες τις μεταξύ τους αποστάσεις



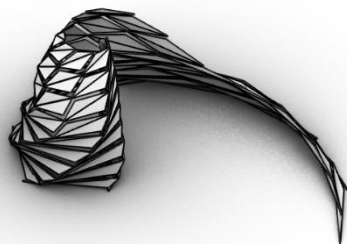
Εικόνα 32. Scale & rotate των καμπυλών, ώστε η μικρότερη να είναι στη κορυφή και η μεγαλύτερη στη βάση, ώστε να δημιουργηθεί η έννοια του εξωτερικού περιβλήματος.



Εικόνα 33. Τριγωνισμός της επιφάνειας για τη δημιουργία των πανέλων με Triangular Panels A.



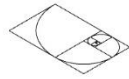
Εικόνα 34. Ο εξωσκελετός – pipes.



Εικόνα 35. Τα πανέλα

5.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΗΣΤΙΚΗΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ____

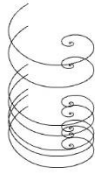
Παρακάτω, καταγράφουμε τη σχεδιαστική πορεία με μορφή διαγραμμάτων και στη συνέχεια θα αναλύσουμε τη ρουτίνα του Grasshopper.



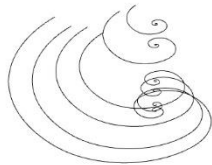
Εικόνα 36. Χρυσή τομή



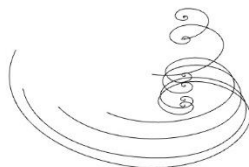
Εικόνα 37. Η γενέτειρα καμπύλη – ισογώνια σπείρα



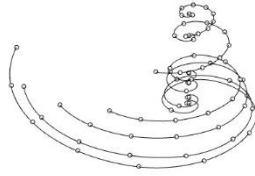
Εικόνα 38. Αντιγραφή της γενέτειρας σπείρας κατά άξονα z, με τυχαίες τις μεταξύ τους αποστάσεις



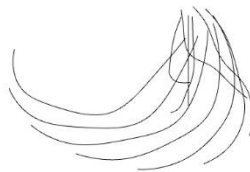
Εικόνα 39. Scale των καμπυλών, ώστε η μικρότερη να είναι στη κορυφή και η μεγαλύτερη στη βάση, ώστε να δημιουργηθεί η έννοια του εξωτερικού περιβλήματος.



Εικόνα 40. Rotate των καμπυλών.



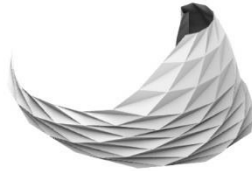
Εικόνα 41. Διαχωρισμός των καμπυλών σε σημεία 0-13.



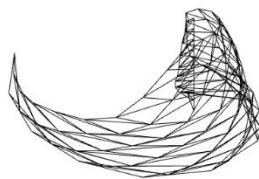
Εικόνα 42. Ένωση των σημείων. Ενώνονται τα σημεία της ίδιας αρίθμησης.



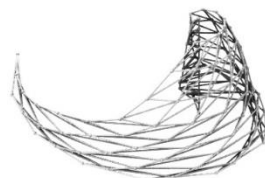
Εικόνα 43. Δημιουργία επιφάνειας με loft.



Εικόνα 44. Τριγωνισμός της επιφάνειας για τη δημιουργία των πανέλων.



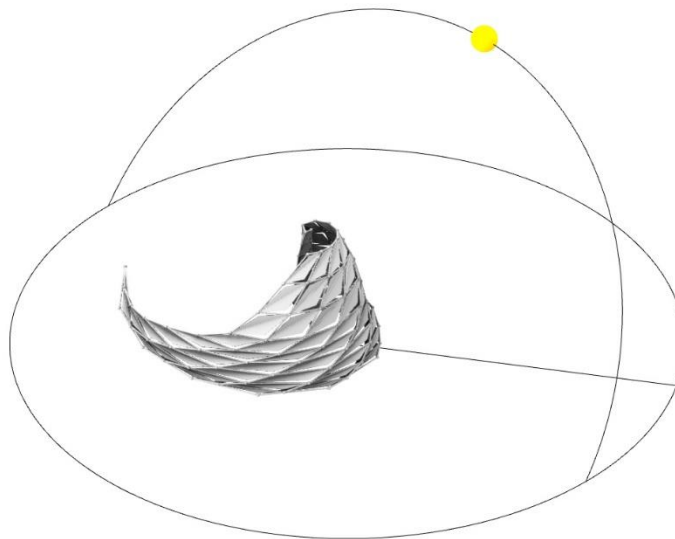
Εικόνα 45. Τα περιγράμματα της επιφάνειας με τους τριγωνισμούς



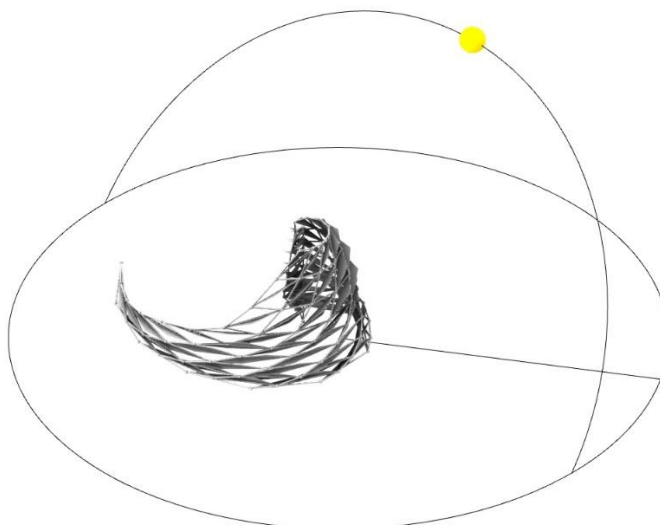
Εικόνα 46. Ο εξωσκελετός



Εικόνα 47. Τα πανέλα



Εικόνα 48. Το pavilion

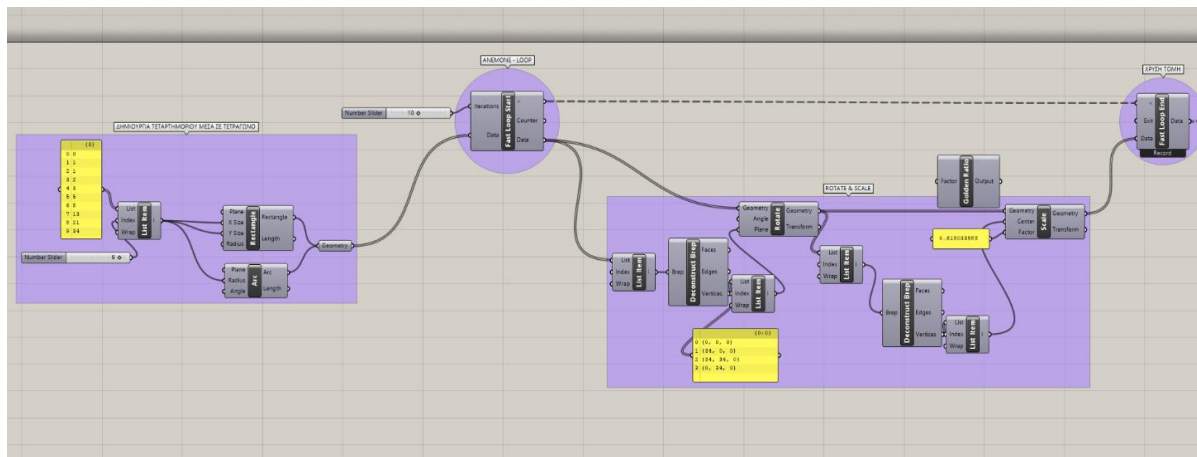


Εικόνα 49. Το pavilion σε σχέση με την τροχιά του ήλιου, ο οποίος επηρεάζει την κλίση των πανέλων.

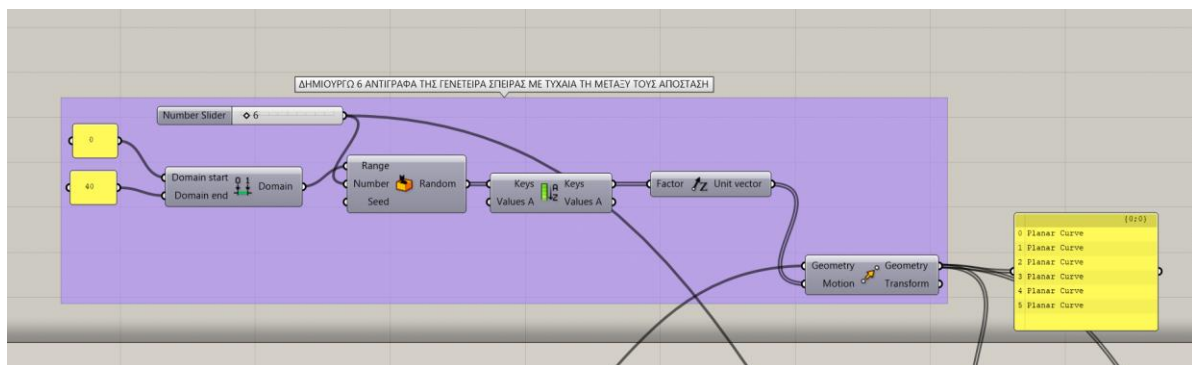
5.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

ι. Σχεδιαστική ρουτίνα σε GRASSHOPPER

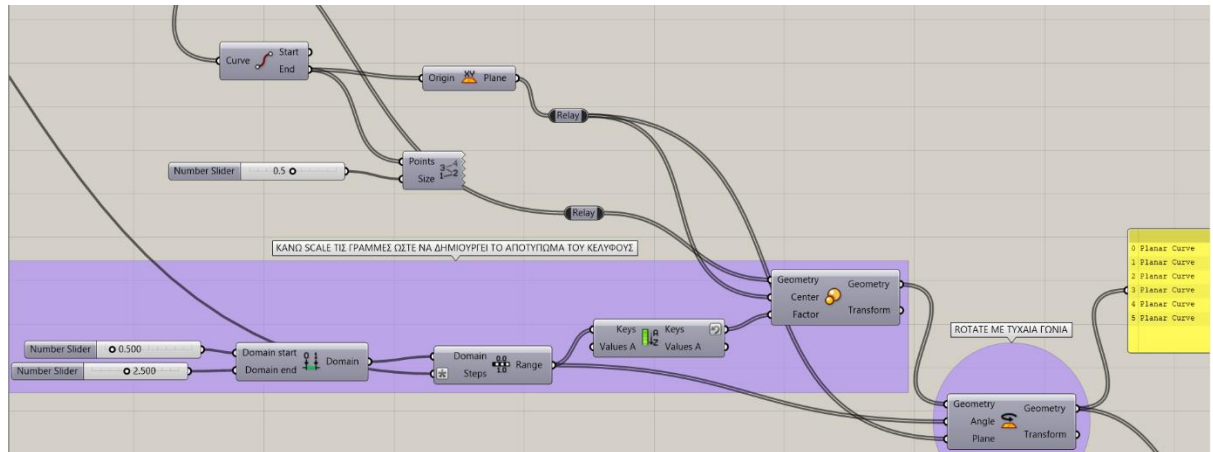
Αναλυτικά, η ρουτίνα για τη δημιουργία του pavilion σε GH.



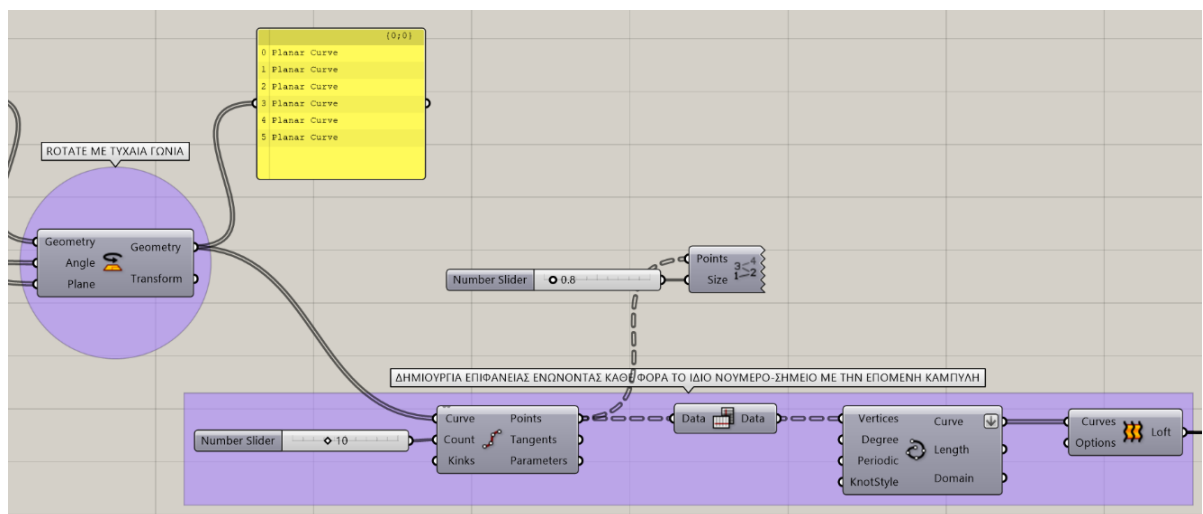
Εικόνα 50. Δημιουργία χρυσής τομής – ισογώνιας σπείρας



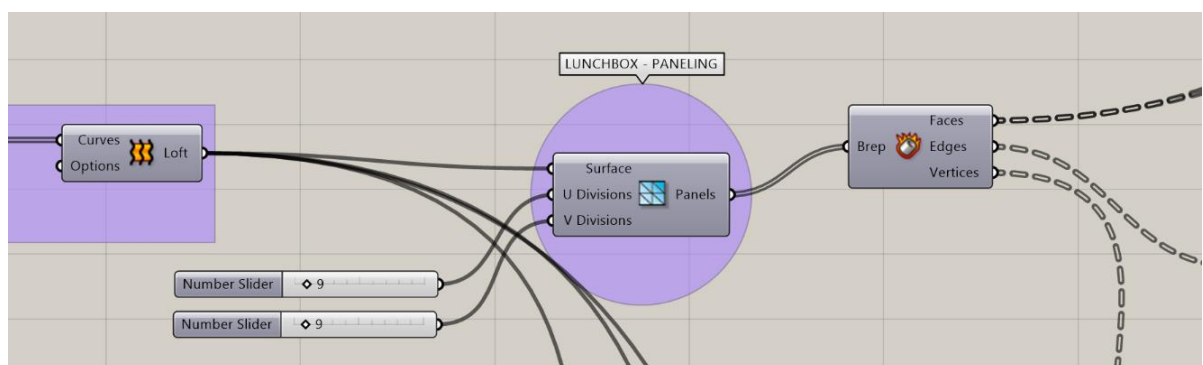
Εικόνα 51. Αντιγραφή της γενέτειρας σπείρας κατά άξονα z, με τυχαίες τις μεταξύ τους αποστάσεις



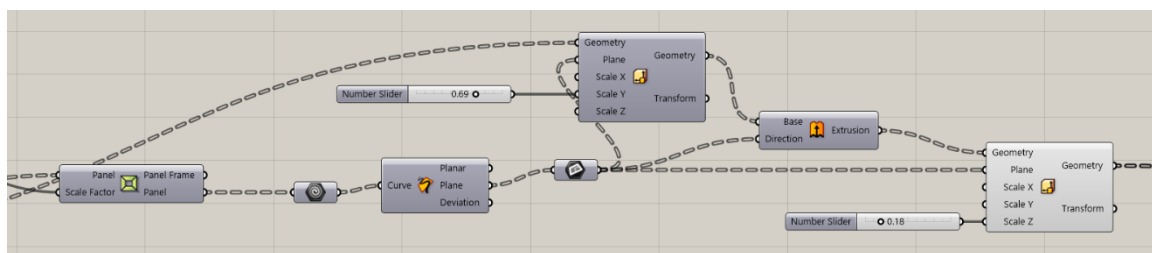
Εικόνα 52. Scale και Rotate των σπειρών, ώστε η μικρότερη να είναι στη κορυφή και η μεγαλύτερη στη βάση, για να δημιουργηθεί η έννοια του εξωτερικού περιβλήματος.



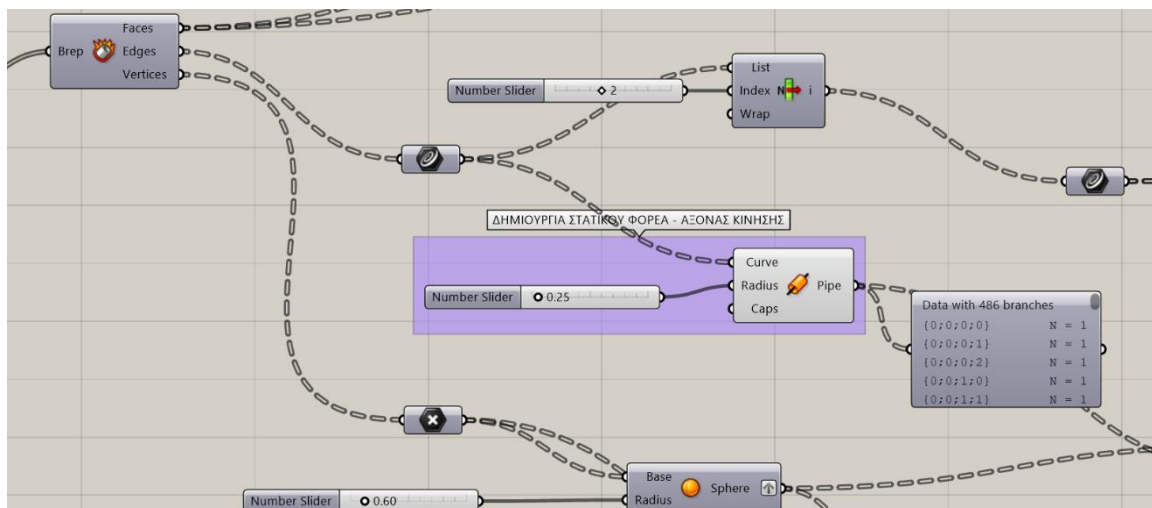
Εικόνα 53. Δημιουργία επιφάνειας



Εικόνα 54. Δημιουργία πανέλων



Εικόνα 55. Διαχωρισμός των πανέλων με μικρό scale, ώστε με την κίνηση να μη βρίσκουν στο σκελετό



Εικόνα 56. Δημιουργία των pipes, που αποτελούν τον στατικό φορέα.

ii. Γωνίες πρόσπτωσης ηλιακού φωτός

Για το νησί της Καλύμνου, έχουμε τα εξής δεδομένα για την θέση του ήλιου.¹⁶

Γωνία αζιμουθίου (AZIMUTH):

202.50° (True North)

Γωνία ανύψωσης (ALTITUDE):

44.72°

AZIMUTH

Η γωνία που μας δίνει την απόκλιση του ήλιου σε σχέση με το βορρά ονομάζεται γωνία αζιμουθίου. Στο grasshopper το εύρος τιμών του αζιμουθίου παίρνει τις τιμές από -180° έως 180° (σύνολο 360°), οπότε η γωνία αζιμουθίου 202.50° μεταφράζεται ως 360° - 202.50° = 157.50°

ALTITUDE

Η γωνία που μας δίνει το ύψος του ήλιου από τη γραμμή του ορίζοντα. Στο grasshopper το εύρος τιμών του ύψους του ήλιου παίρνει τις τιμές από -180° έως 180° (σύνολο 360°), οπότε η γωνία ύψους του ήλιου είναι 44.72°.

TIME OF DAY

Αφορά στις ώρες της μέρας, όπου ισχύει 24hours / day και 60mins/ hour. Άρα, στο grasshopper τη μέρα έχουμε $24 * 60 = 1.440$ mins.

Για την εκδοχή που το pavilion έχει υψηλή επισκεψιμότητα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, και πιο συγκεκριμένα την Πέμπτη 15 Αυγούστου 2024 στην Κάλυμνο, ισχύουν τα εξής :

Ανατολή ηλίου 06:29 (EEST)

Δύση 20:03 (EEST)¹⁷

[¹⁶] Υπολογισμός αζιμουθίου, Πηγή : https://satlex.de/el/azel_calc-params-pr.html?satlo=13.0&user_satlo=&user_satlo_dir=E&location=36.95%2C26.98&la=36.95&lo=26.98&country_code=gr&diam_w=75&diam_h=80

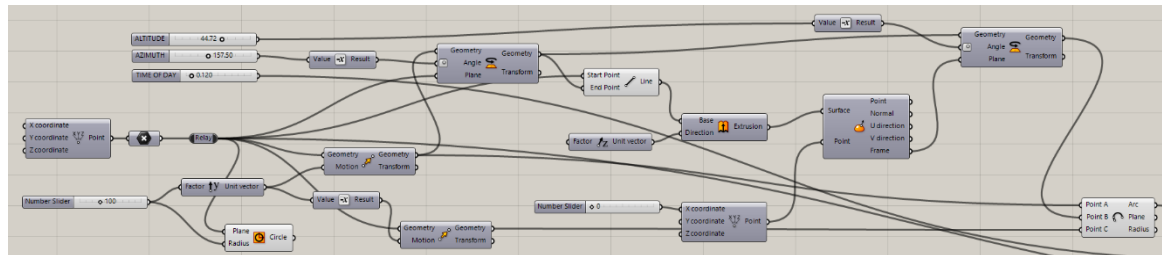
[¹⁷] Ανατολή και Δύση στη Κάλυμνο, Πηγή : <https://el.meteotrend.com/sunrise-sunset/gr/kalymnos/>

Για τις ανάγκες της διπλωματικής αποτυπώνονται στο grasshopper στιγμιότυπα της κίνησης του ήλιου και κατ' επέκταση των πανέλων σε 4 στιγμές¹⁸. Αναλυτικά :

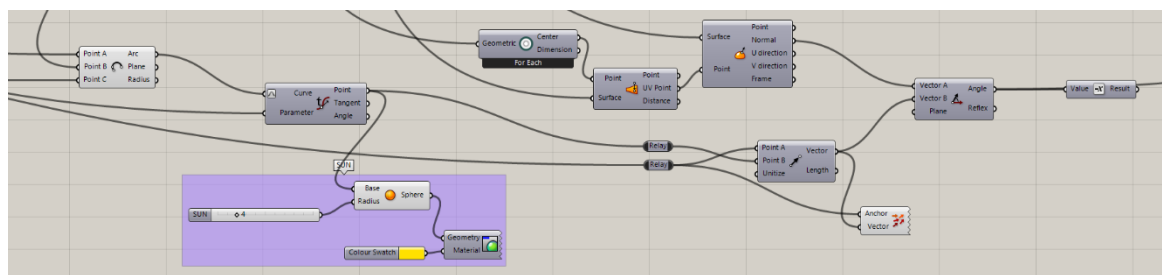
- Η στιγμή της ανατολής του ηλίου στις 06:29
Έχουμε $6 * 60 = 360 + 29 = 389$ mins.
- Μια στιγμή κατά τη διάρκεια της μέρας στις 15:00
Έχουμε $15 * 60 = 900$ mins.
- Η δύση του ηλίου στις 20:03
Έχουμε $20 * 60 = 1.200 + 3 = 1.203$ mins.
- Μια στιγμή κατά τη διάρκεια της νύχτας στις 02:00
Έχουμε $2 * 60 = 120$ mins.

[¹⁸] Ως γωνία των πανέλων εννοούμε τη γωνία πρόσπτωσης του ήλιου πάνω στο κάθε plane του πανέλου, ώστε το πανέλο να γυρίσει κάθετα στην πορεία του ήλιου.

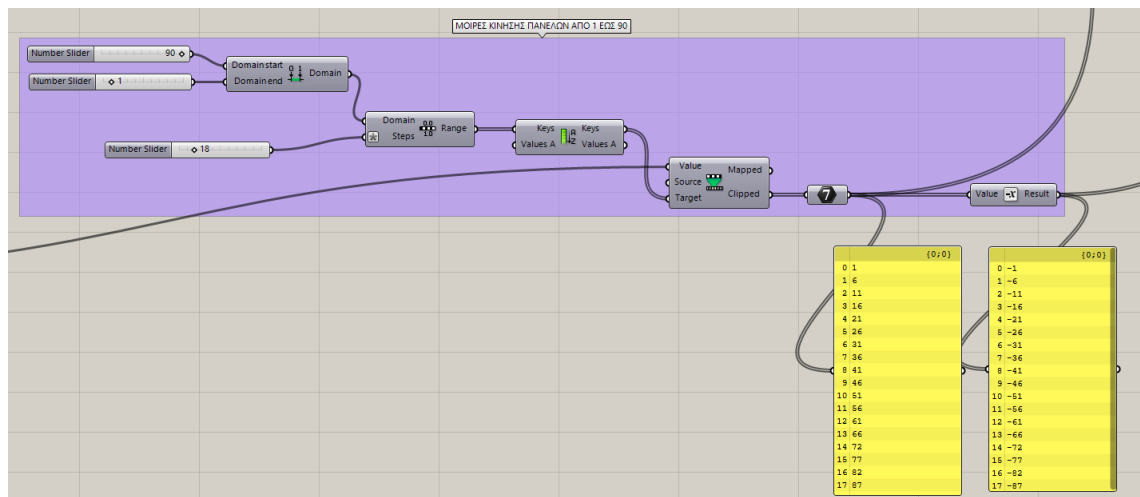
Αναλυτικά, η ρουτίνα του GH σχετικά με το πως επηρεάζεται το pavilion από την τροχιά του ήλιου.



Εικόνα 57. Ρουτίνα GH για τη γωνία πρόσπτωσης του ήλιου



Εικόνα 58. Ρουτίνα GH για τη γωνία πρόσπτωσης του ήλιου



Εικόνα 59. Ρουτίνα GH για τη γωνία πρόσπτωσης του ήλιου – Σύνδεση με τη γωνία των πανέλων με τον περιορισμό κίνησης από 1° έως 90°

Παρακάτω βλέπουμε τα 4 στιγμιότυπα κίνησης του ήλιου και πως αυτή διαμορφώνει την κίνηση των πανέλων του pavilion.

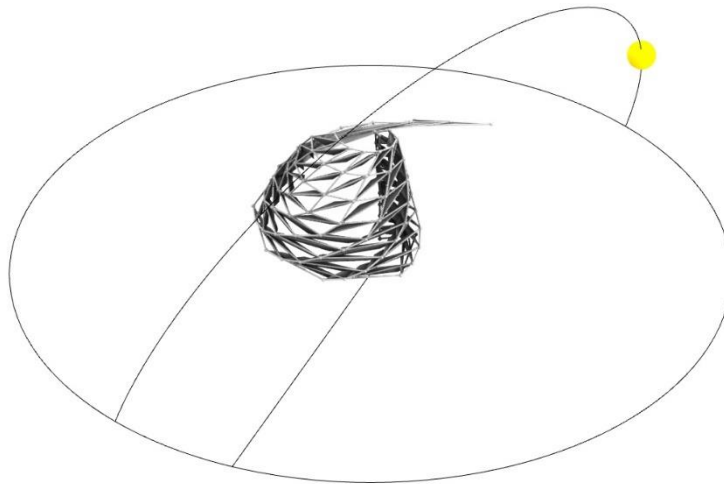
Μια στιγμή κατά τη διάρκεια της νύχτας στις 02:00

Grasshopper settings : Altitude = 44.72°

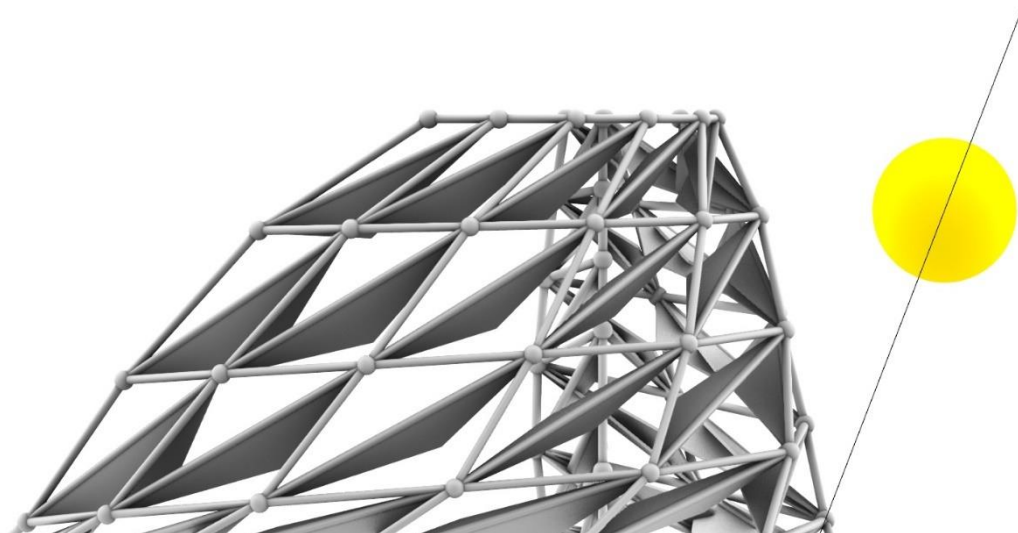
Azimuth = 202.50°

Time of day = 0.120

Domain start = 90



Εικόνα 60. Στιγμιότυπο του Pavilion για την κίνηση των πανέλων στις 02:00



Εικόνα 61. Zoom in στην κίνηση των πανέλων στις 02:00

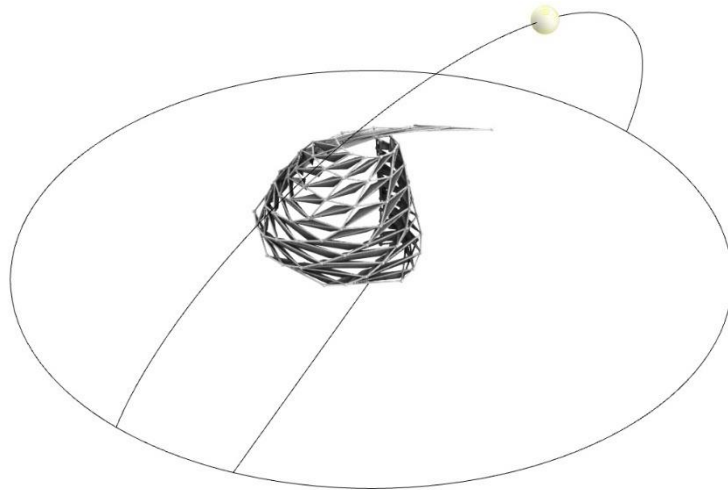
Η στιγμή της ανατολής του ηλίου στις 06:29

Grasshopper settings : Altitude = 44.72°

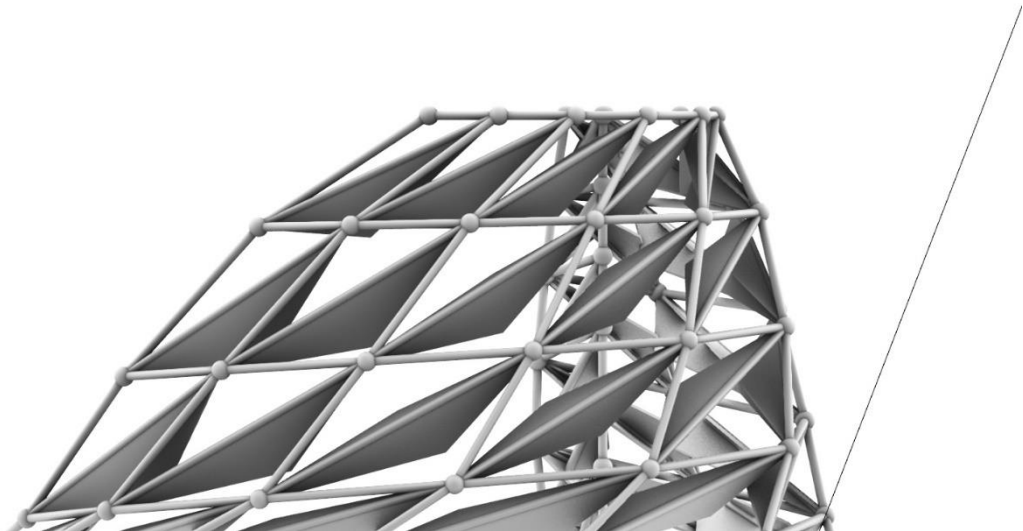
Azimuth = 202.50°

Time of day = 0.389

Domain start = 75



Εικόνα 62. Στιγμιότυπο του Pavilion για την κίνηση των πανέλων στις 06:29



Εικόνα 63. Zoom in στην κίνηση των πανέλων στις 06:29

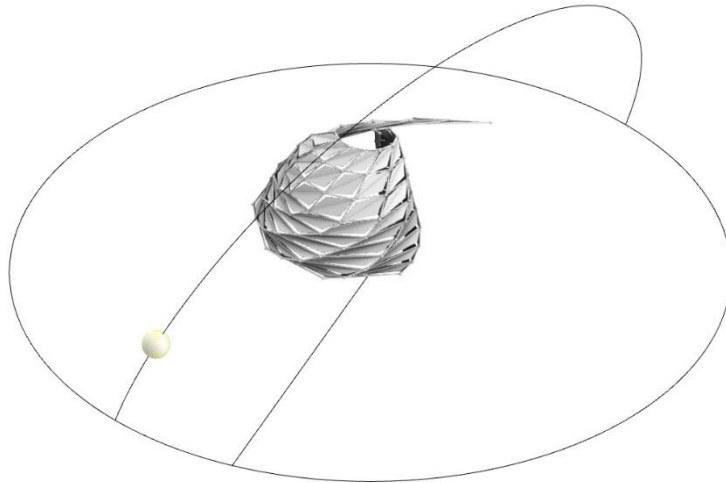
Μια στιγμή κατά τη διάρκεια της μέρας στις 15:00

Grasshopper settings : Altitude = 44.72°

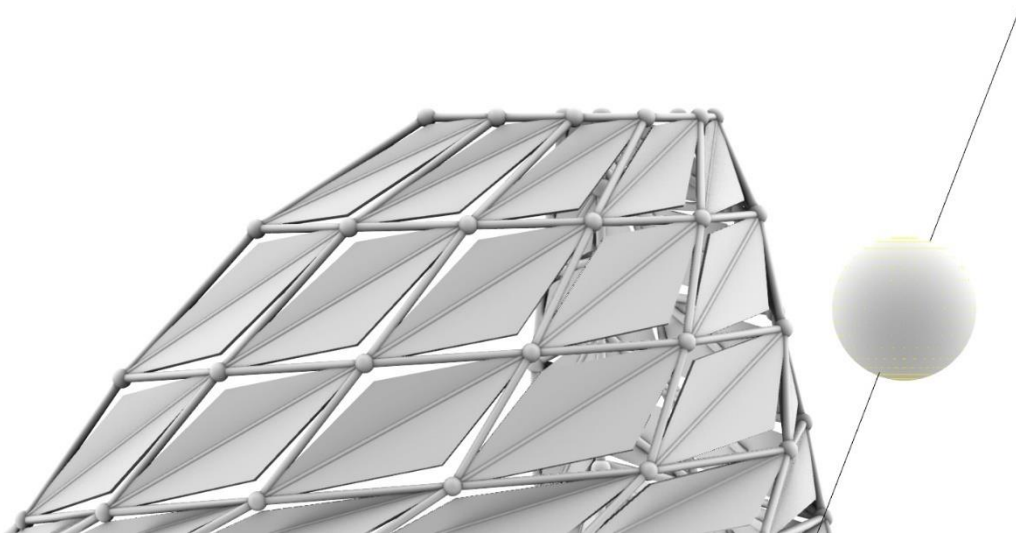
Azimuth = 202.50°

Time of day = 0.900

Domain start = 1



Εικόνα 64. Στιγμιότυπο του Pavilion για την κίνηση των πανέλων στις 15:00



Εικόνα 65. Zoom in στην κίνηση των πανέλων στις 15:00

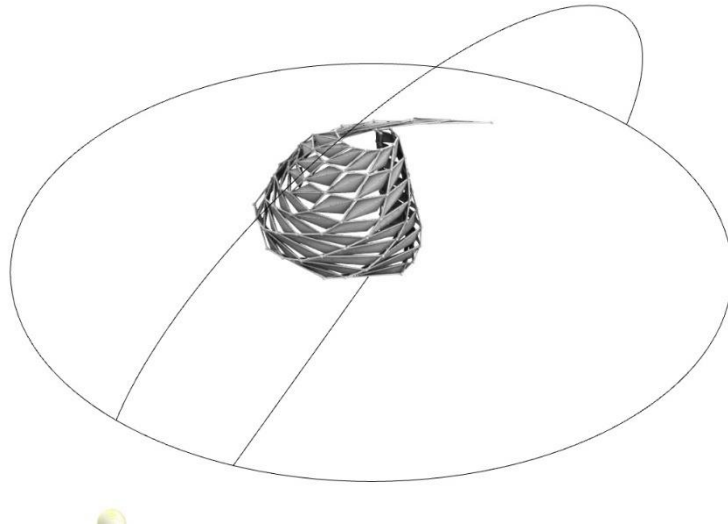
Η δύση του ηλίου στις 20:03

Grasshopper settings : Altitude = 44.72°

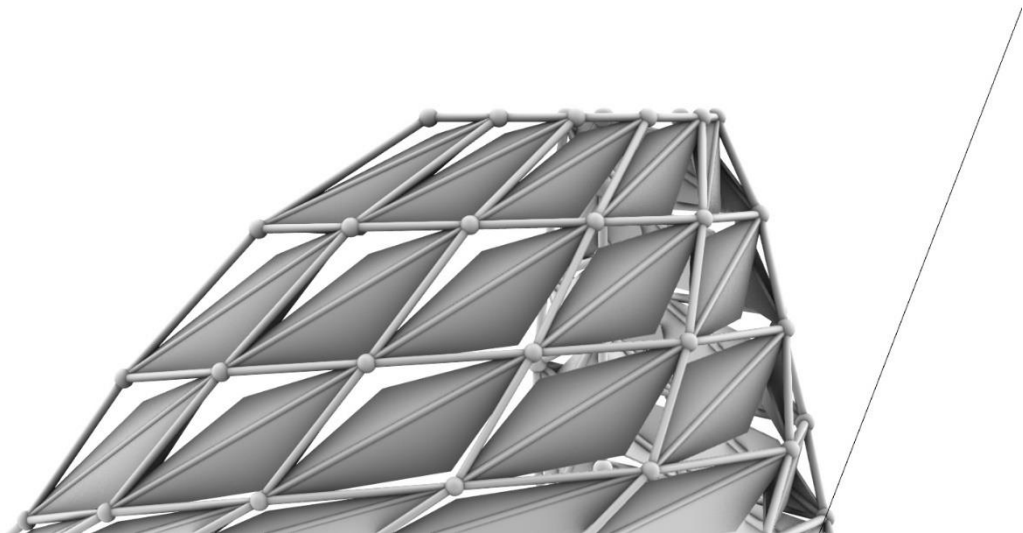
Azimuth = 202.50°

Time of day = 1.203

Domain start = 35



Εικόνα 66. Στιγμιότυπο του Pavilion για την κίνηση των πανέλων στις 20:03



Εικόνα 67. Zoom in στην κίνηση των πανέλων στις 20:03

5.5 ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η δομή, λόγω του concept, της λειτουργίας που φιλοξενεί και της επιλογής των υλικών αντικατοπτρίζει κάποιες σημαντικές σχεδιαστικές αρχές που τη χαρακτηρίζουν.

Η πολυτοπική κατασκευή, είναι μεταφερόμενη και αυτόνομη, γεγονός που σημαίνει ότι προσαρμόζεται στις εκάστοτε συνθήκες του τόπου και εναρμονίζεται. Η μεταφορά στο χώρο ενισχύει την παροδικότητα της κατασκευής, σε αντίθεση με τη μονιμότητα των συμβατικών κτιρίων.

Το χωρικό σύστημα είναι ευέλικτο, καθώς ο σκελετός και η δομή του συναρμολογούνται και αποσυναρμολογούνται εύκολα και γρήγορα. Η εφήμερη κατασκευή, εμπεριέχει τη συγκεκριμένη χρονική διάρκεια ροής των δραστηριοτήτων και όχι της μονιμότητας της κατασκευής, γεγονός που ενισχύει την παροδικότητά της. Η εφήμερη αρχιτεκτονική προσφέρει ευελιξία, μεταβλητότητα και προσαρμοστικότητα τόσο στο σχεδιασμό όσο και στην κατασκευή.

Επιπλέον χαρακτηριστικό της εφήμερης και μεταφερόμενης κατασκευής είναι η ελαφρότητα και η σταθερότητα της δομής. Τα κινητικά χαρακτηριστικά των στοιχείων πλήρωσης - πανέλων, προσδίδουν την αναπροσαρμογή και τη δυναμική της αλλαγής και της ευελιξίας.



ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ
ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ



ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ



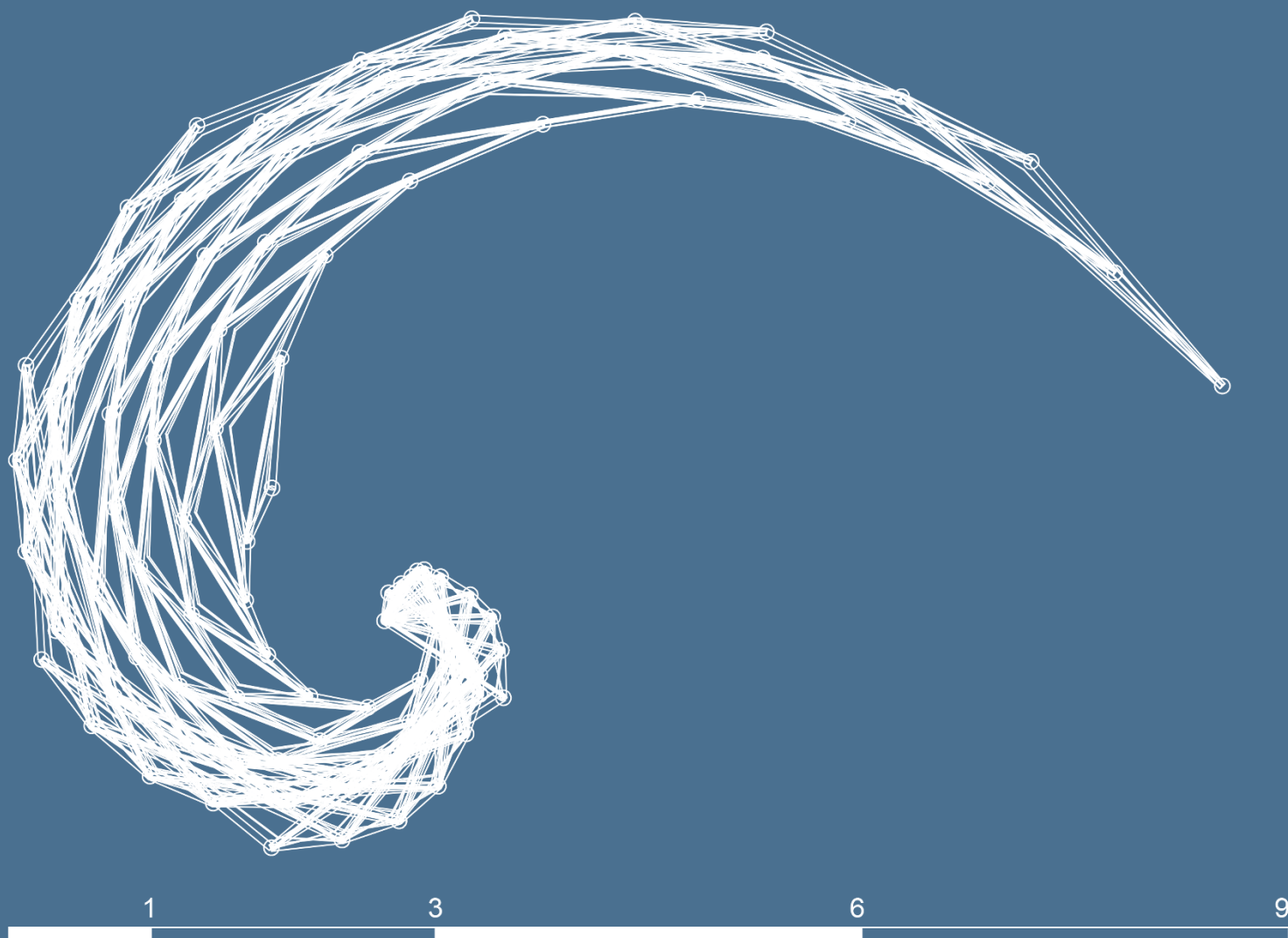
ΕΥΕΛΙΞΙΑ

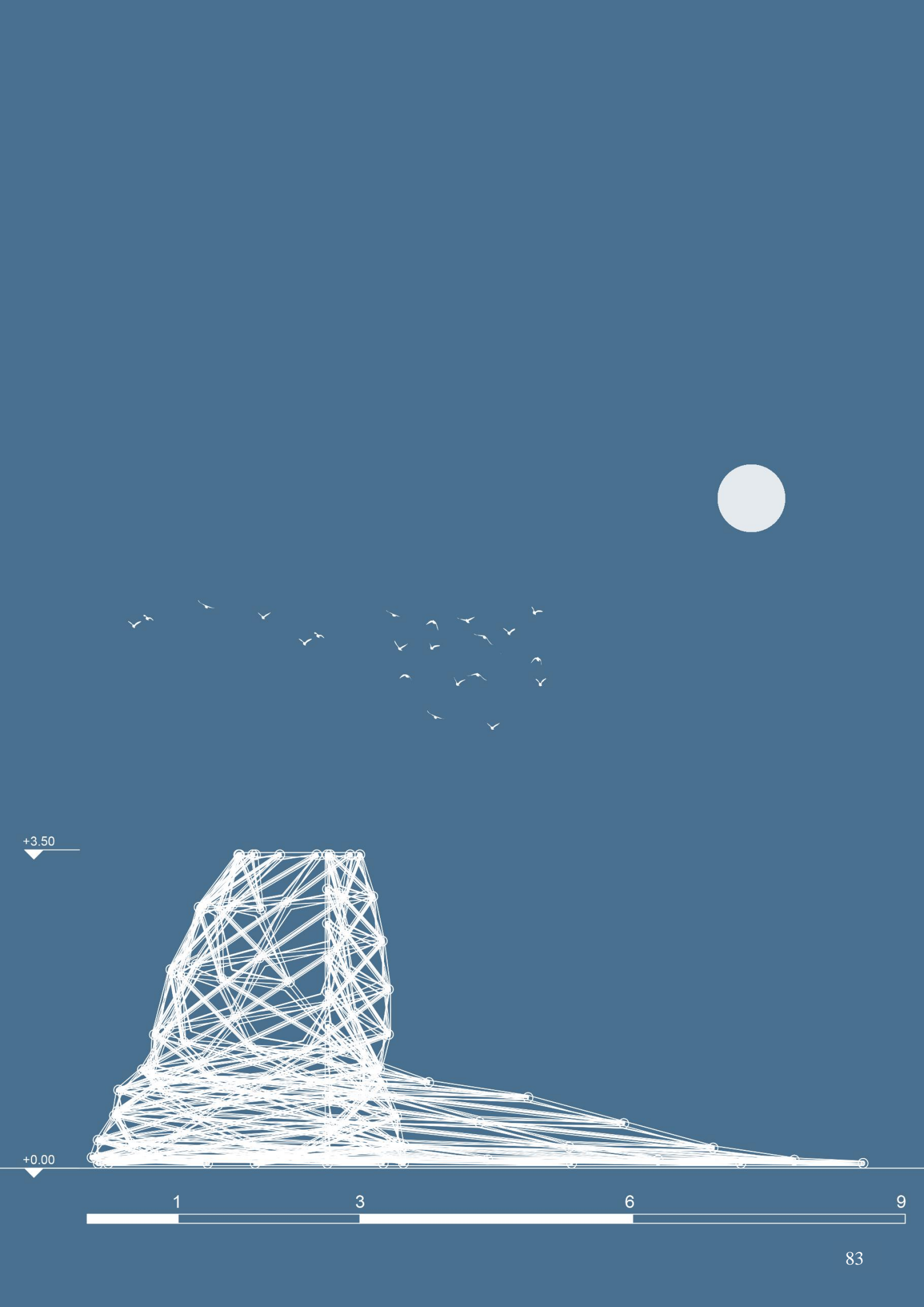


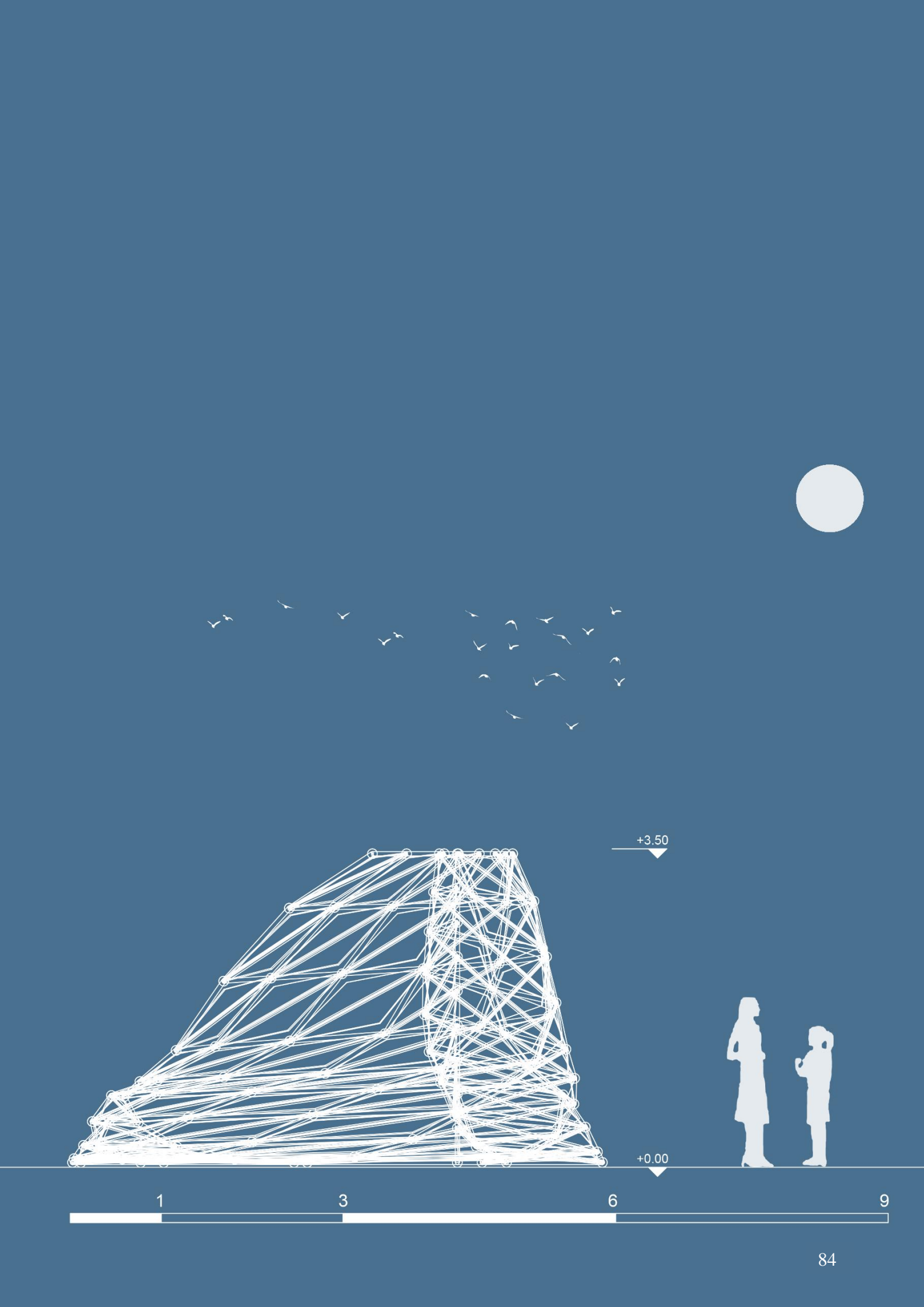
ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ
ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

ι. Σχεδιαστική πρόταση

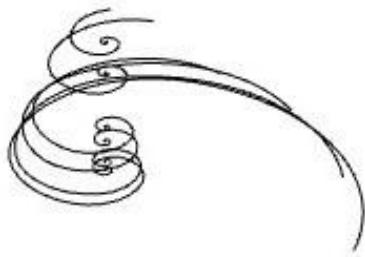
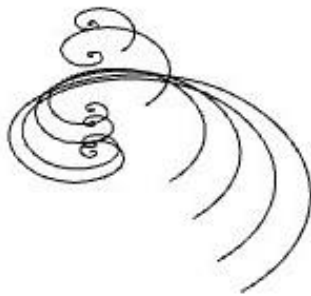
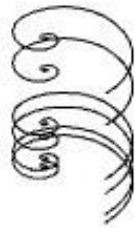
Παρακάτω βλέπουμε τα σχέδια του pavilion, κάτοψη και όψεις.



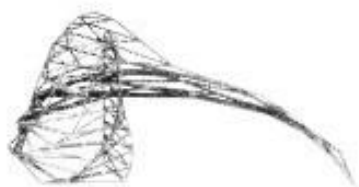




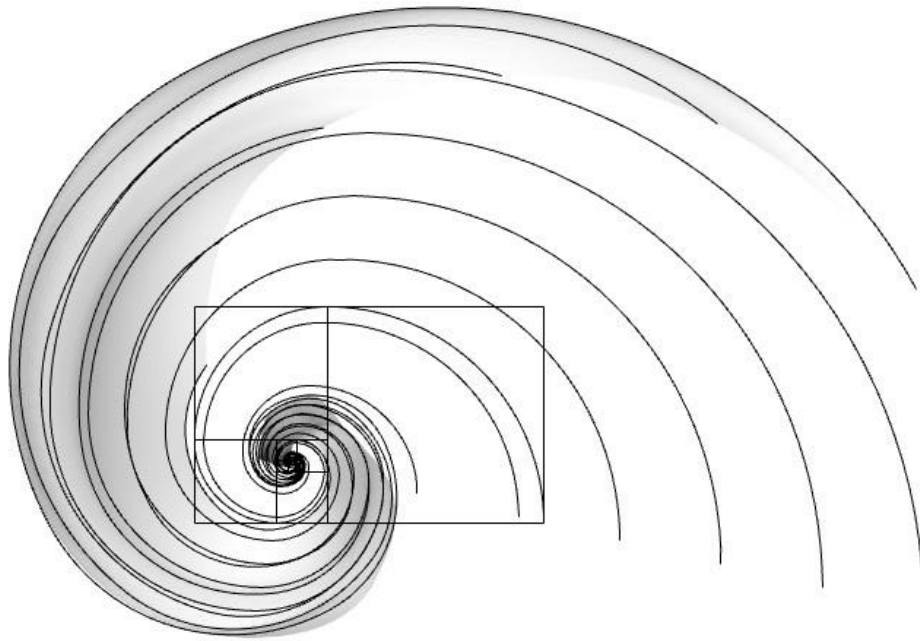
ii. Διαγράμματα



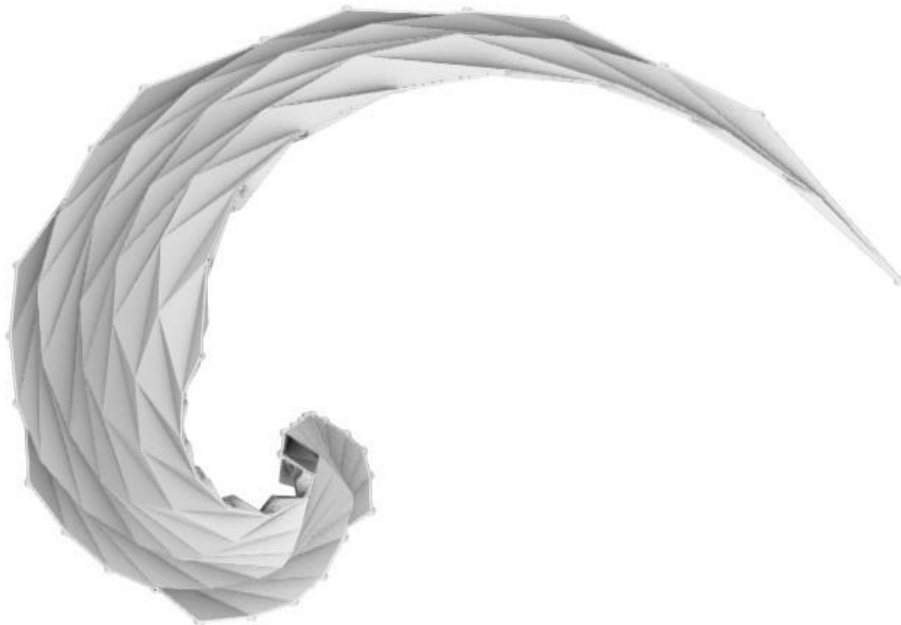
Εικόνα 68. Διάγραμμα πορείας σχεδιασμού 1



Εικόνα 69. Διάγραμμα πορείας σχεδιασμού 2



Εικόνα 70. Διαγραμματική κάτοψη που περιλαμβάνει τη γενέτειρα σπείρα αλλά και το σύνολο των παραμετροποιημένων σπειρών που διαμορφώνουν την επιφάνεια του pavilion.



Εικόνα 71. Διαγραμματική κάτοψη του pavilion

6.1 ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ_____

ι. Συνδεσμολογία & στατικός φορέας

Για να ορίσουμε τη λέξη συνδεσμολογία, εννοούμε ότι παρεμβάλλεται μεταξύ δύο δομικών στοιχείων, όπως για παράδειγμα η κόλλα, η άρθρωση, ο μηχανισμός σύδεσης κλπ.

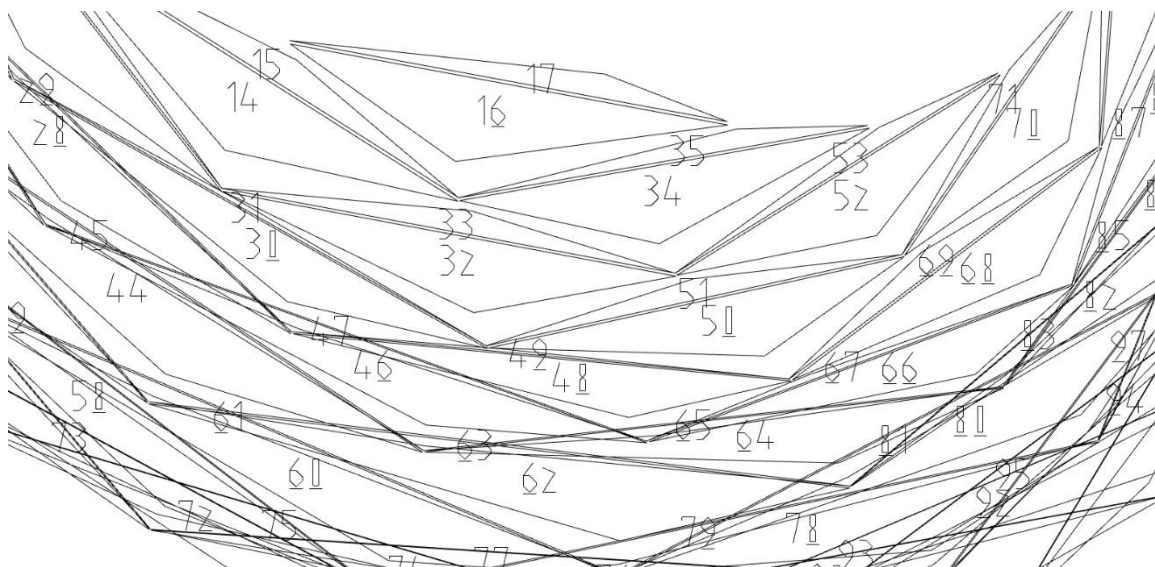
Ο δομικός εξωσκελετός είναι κατασκευασμένος από μεταλλικούς σωλήνες - pipes, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κόμβους. Καθώς πρόκειται για μια κινητική κατασκευή, οι αρθρώσεις είναι σταθερές, αλλά δίνουν τη δυνατότητα κίνησης στα επιμέρους στοιχεία του σκελετού (συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση της δομής). Κατ' επέκταση, έτσι δίνεται και ευελιξία στο σχεδιασμό και στην κατασκευή.

ii. Πανέλα

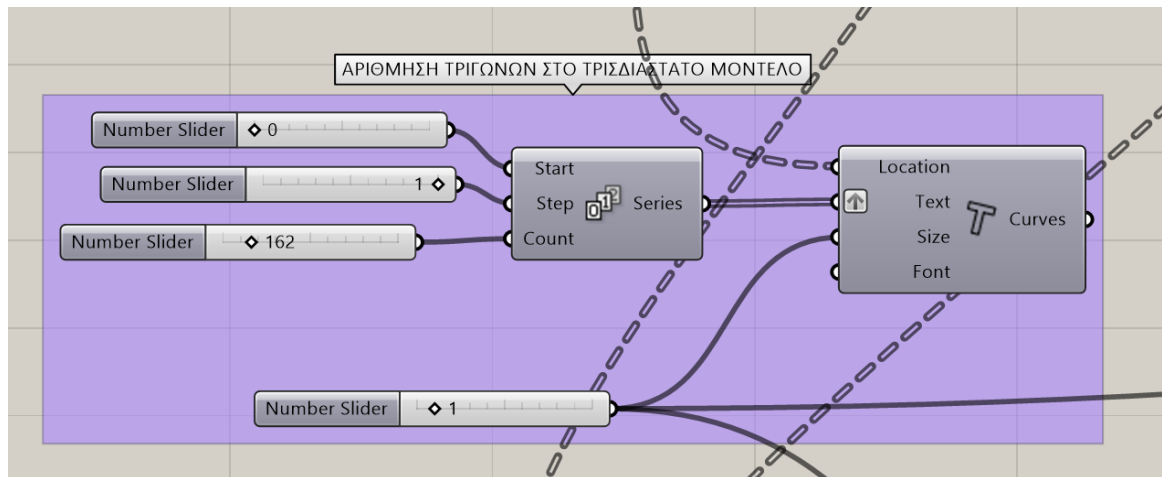
Τα στοιχεία πλήρωσης, δηλαδή τα κινητικά πανέλα είναι κατασκευασμένα ώστε να εφαρμόζονται στον κεντρικό άξονα του κάθε τετραπλεύρου εξωσκελετού και στη συνέχεια περιστρέφονται γύρω από τους σταθερούς τους άξονες. Στις παρακάτω εικόνες θα αριθμήσουμε τα 162 πανέλα του pavilion, ώστε μετά το laser cutting να γνωρίζουμε ποιο πανέλο αντιστοιχεί σε ποια θέση στο τρισδιάστατο μοντέλο. Ο αριθμός των πανέλων έχει προκύψει από τις δοκιμές που αναφέρθηκαν στο form finding. Μέσα από μια διαδικασία δοκιμών με διαφορετικές παραμέτρους σταθμίστηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε λύσης, ώστε να καταλήξουμε στην εκδοχή που πληροί τα σχεδιαστικά και κατασκευαστικά κριτήρια με τρόπο εξισορροπιστικό και ικανοποιητικό.



Εικόνα 72. Αρίθμηση πανέλων στο τρισδιάστατο μοντέλο.

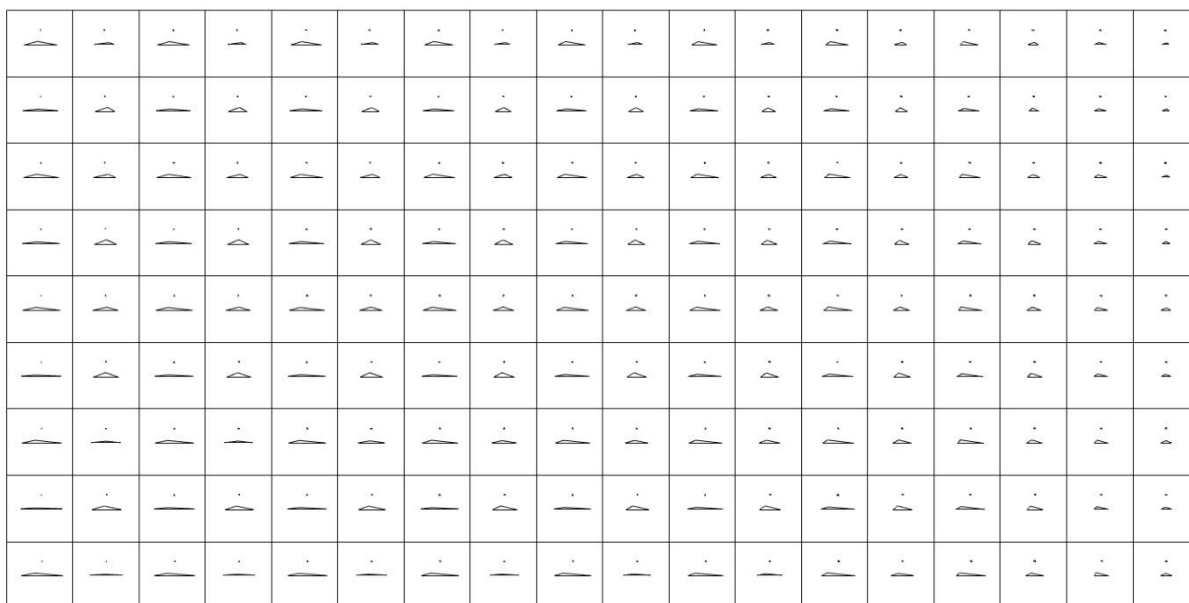


Εικόνα 73. Zoom in στην αρίθμηση των πανέλων στο τρισδιάστατο μοντέλο.

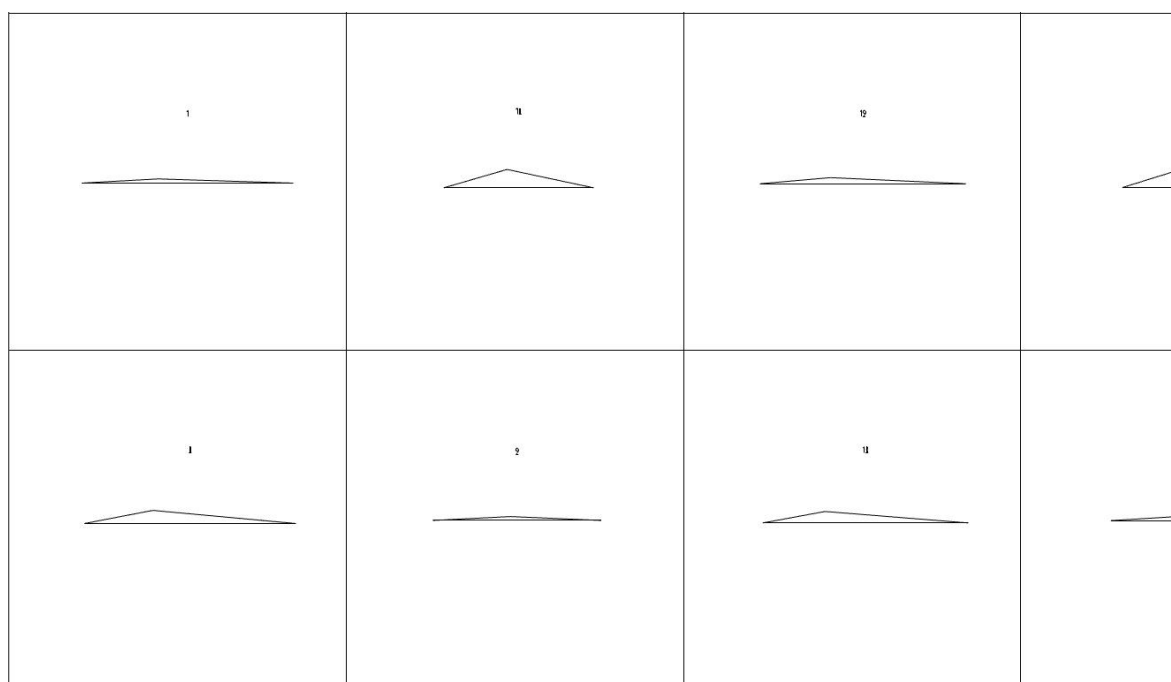


Εικόνα 74. Ρουτίνα GH για την αρίθμηση των 162 πανέλων.

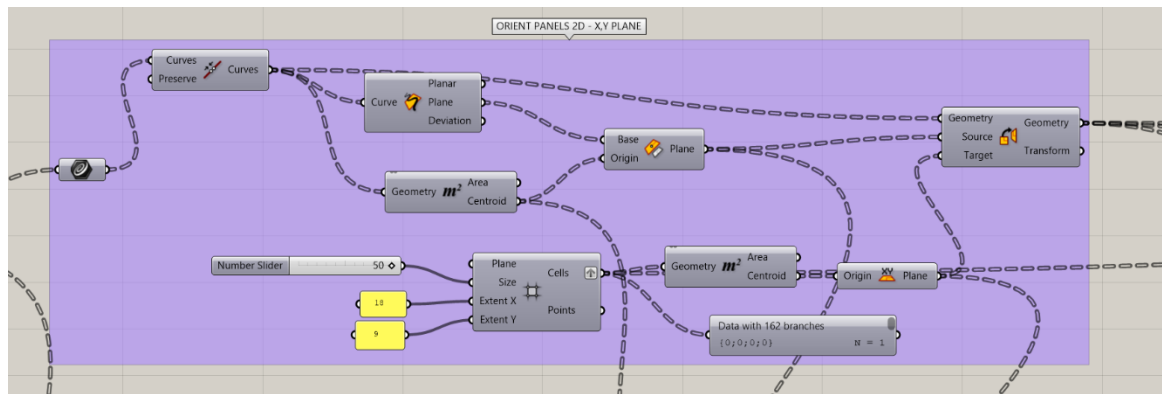
Στη συνέχεια, δημιουργούμε έναν κανάβο με κελιά $9 * 18 = 162$, ώστε να τοποθετήσουμε όλα τα πανέλα από τον τρισδιάστατο χώρο στο επίπεδο xy και να αντιστοιχίσουμε το κάθε τρίγωνο με ένα κελί του κανάβου και να τα αριθμήσουμε.



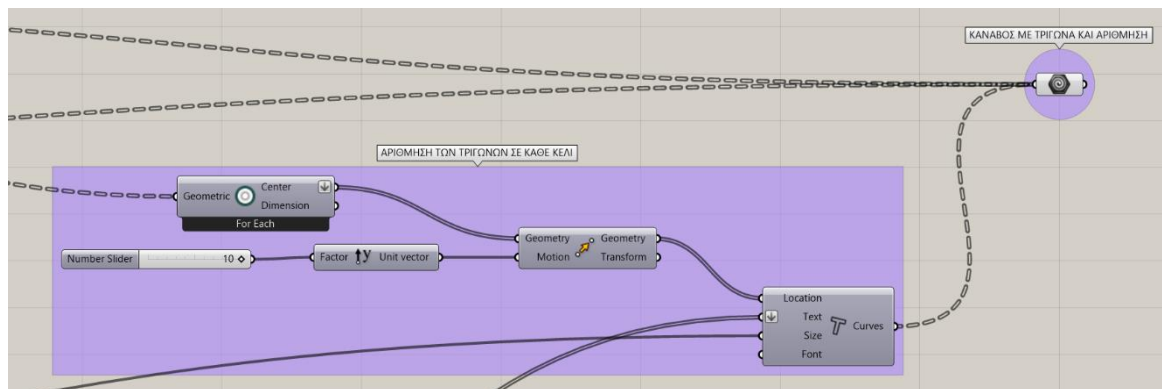
Εικόνα 75. Κάναβος με κελιά 9 * 18 και orient των τριγώνων στο επίπεδο με αρίθμηση.



Εικόνα 76. Orient των τριγώνων στο επίπεδο με αρίθμηση.

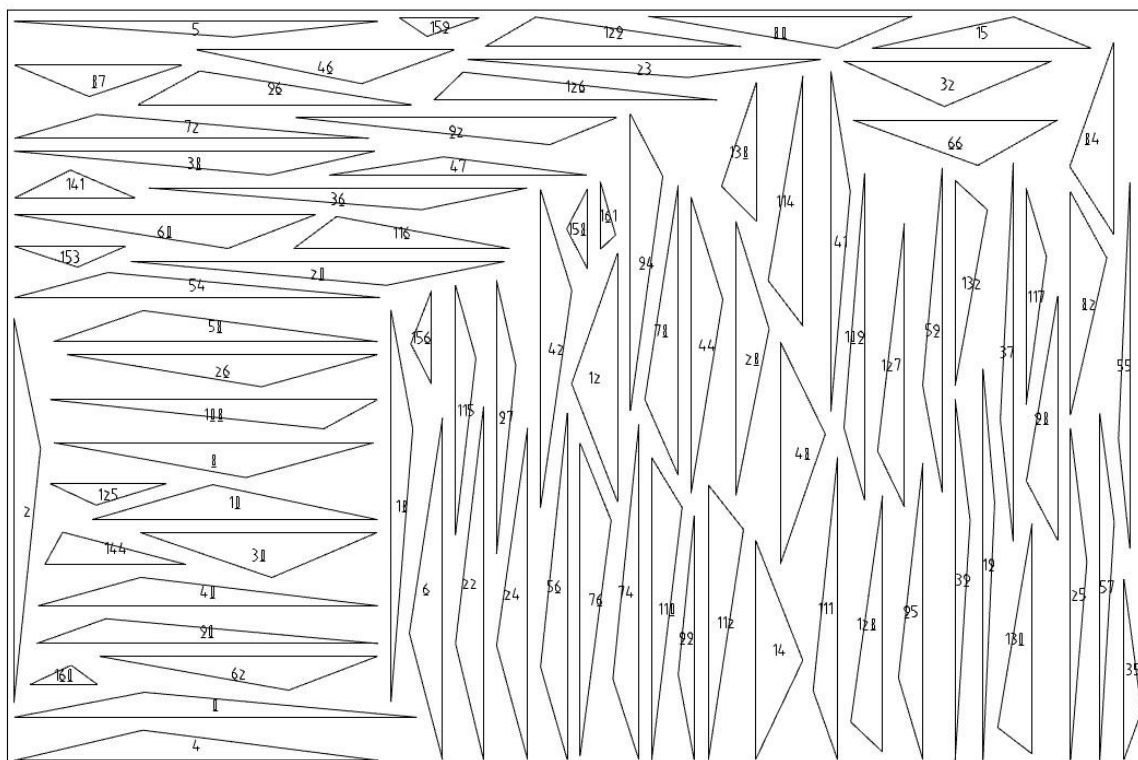


Εικόνα 77. Ρουτίνα GH για orient των τριγώνων στο επίπεδο

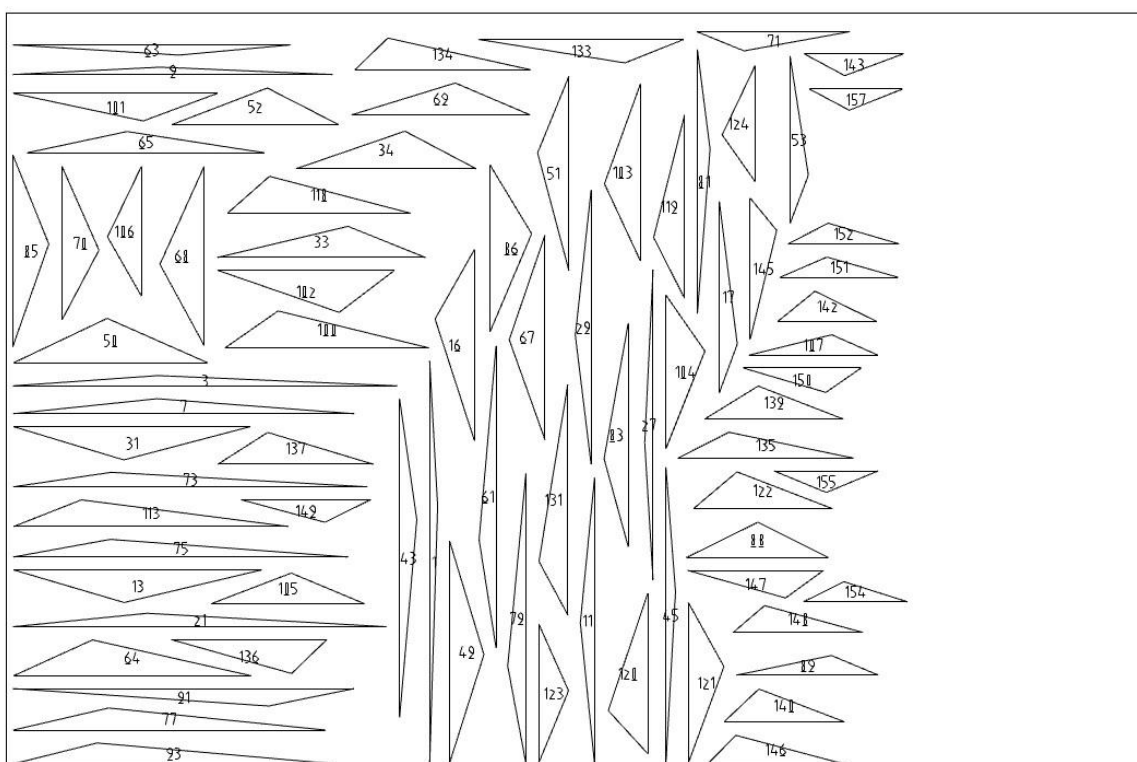


Εικόνα 78. Ρουτίνα GH για αρίθμηση των τριγώνων στον κάναβο

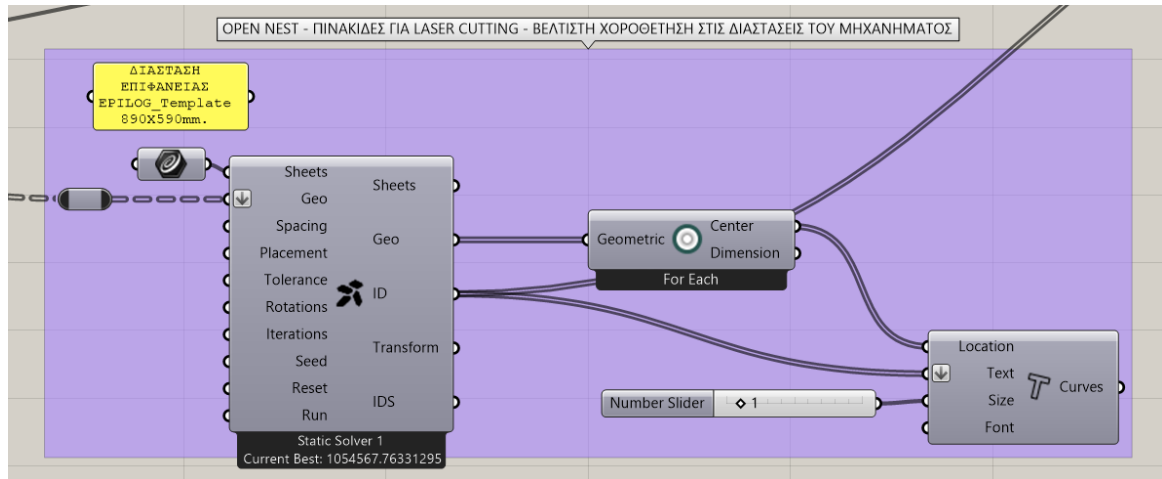
Στη συνέχεια, με το plug-in OpenNest τοποθετούμε τα 162 τριγωνικά panel σε επιφάνεια με διαστάσεις 890 x 590mm., προκειμένου να φτιάξουμε το template του laser cutter EPILOG, διαστάσεων 900 x 600mm. Χρησιμοποιούμε το OpenNest για τη χρήση του μέγιστου χώρου της επιφάνειας του υλικού που θα κόψουμε με laser, ώστε να χωρέσουν με το βέλτιστο τρόπο (optimization) και να έχουμε τη λιγότερη δυνατή απώλεια υλικού.



Εικόνα 79. Πινακίδα 1 για laser cutting μέσω OpenNest



Εικόνα 80. Πινακίδα 2 για laser cutting μέσω OpenNest



Εικόνα 81. Ρουτίνα GH για OpenNest

7.1 ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ARDUINO

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μία συνεχώς αναπτυσσόμενη και μεταβαλλόμενη πραγματικότητα στον τομέα της ρομποτικής και της μηχανικής. Χωρικά περιβάλλοντα έχουν τη δυνατότητα του προγραμματισμού και της κίνησης, ενισχύοντας έτσι τις αισθητηριακές ιδιότητες τους και επιπλέον έχουν την ικανότητα να ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες (ευπροσάρμοστο).

Για τις ανάγκες της διπλωματικής, θα γίνει κατασκευή μιας μονάδας της δομής, ενός πρωτοτύπου για να διερευνηθεί η κινητική συμπεριφορά του pavilion. Για το λόγο αυτό, θα γίνει χρήση του Arduino. Μέσω της χρήσης πλακέτας Arduino, αισθητήρων και του κατάλληλου κώδικα προγραμματισμού, η κίνηση της μακέτας είναι ελεγχόμενη και έτσι μπορεί να ενσωματωθεί και να εφαρμοστεί στο pavilion.

Το Arduino είναι μια ανοιχτή πλατφόρμα υλικού και λογισμικού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή πρωτότυπων ηλεκτρονικών συσκευών. Δημιουργήθηκε με σκοπό να είναι εύκολο στη χρήση και ευέλικτο για διάφορους τύπους έργων.

Τα βασικά στοιχεία του Arduino περιλαμβάνουν:

1. Πλακέτα Arduino (Board): Η κεντρική μονάδα που περιλαμβάνει τον μικροεπεξεργαστή (microprocessor), που είναι ο "εγκέφαλος" του συστήματος (Η γλώσσα προγραμματισμού του μικροεπεξεργαστή είναι βασισμένη σε C/C++.).
2. Περιβάλλον Ανάπτυξης (IDE): Ένα λογισμικό περιβάλλον προγραμματισμού που επιτρέπει στους χρήστες να γράφουν κώδικα και να τον μεταφορτώνουν στο Arduino.
3. Γλώσσα Προγραμματισμού: Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για το Arduino IDE μοιάζει με την Processing και βασίζεται στη Java και υπάρχει εσωτερικός μετατροπέας στη γλώσσα που καταλαβαίνει ο μικροεπεξεργαστής.
4. Είσοδοι/Εξοδοι (I/O): οι ακροδέκτες του Arduino που επιτρέπουν τη σύνδεση με αισθητήρες, οθόνες και άλλες συσκευές εισόδου και εξόδου .

7.2 ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

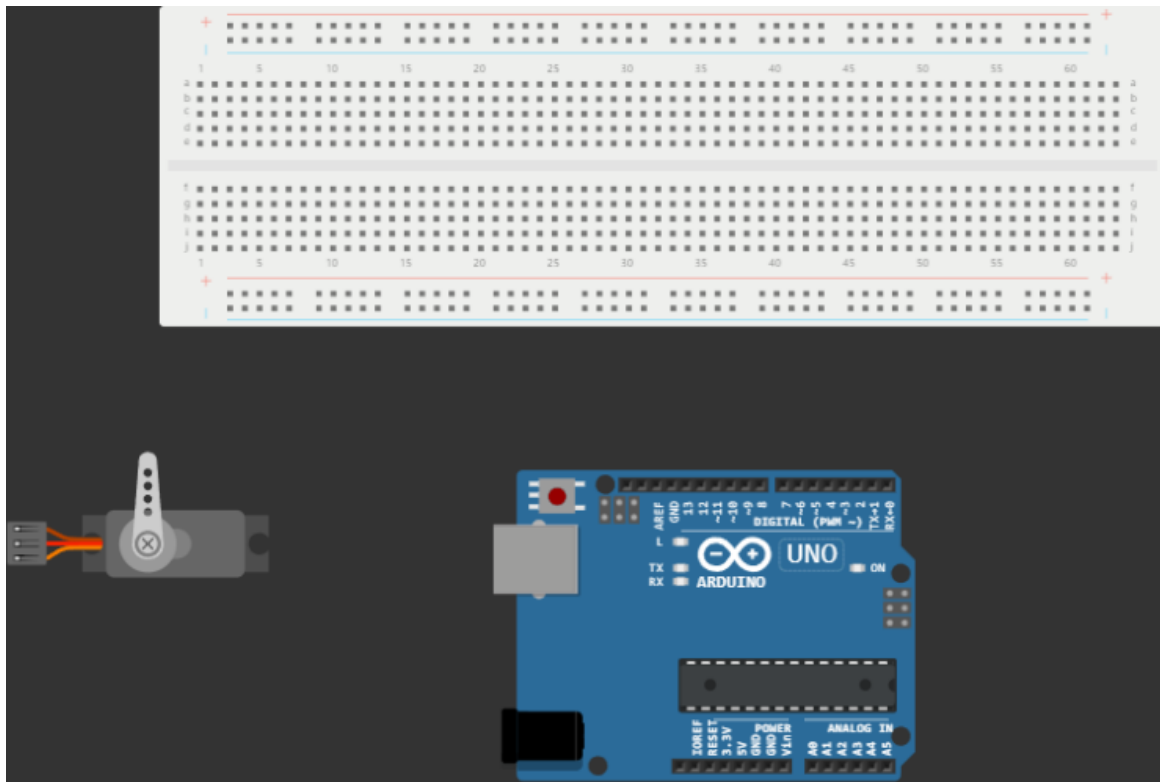
Η κατασκευή της κινητικής μακέτας ενσωματώνει τεχνολογίες ρομποτικής με τη χρήση πλακέτας Arduino και του κώδικα προγραμματισμού. Η κατασκευή δέχεται ερεθίσματα από το φυσικό της περιβάλλον και αντιδρά σε αυτά μέσω κίνησης. Κάποια από τα ερωτήματα που προκύπτουν είναι ποια είναι τα εισερχόμενα δεδομένα πχ. θερμοκρασία, φως και πώς θα κινηθούν τα πανέλα.

Σε αυτό το στάδιο, κατασκευάζουμε ένα ηλεκτρονικό πρωτότυπο για τη διερεύνηση της κίνησης της μακέτας. Συνδέουμε την πλακέτα Arduino, κατασκευάζουμε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που περιλαμβάνει σερβοκινητήρα (Servo Motor) και αισθητήρα φωτός (Light Sensor - LDR) και γράφουμε τον αντίστοιχο κώδικα για τη λήψη δεδομένων από τον αισθητήρα φωτός και την ενεργοποίηση του κινητήρα ανάλογα με την ένταση του φωτός, με χρήση της βιβλιοθήκης «Servo» .

Ένας σερβοκινητήρας αποτελείται από ένα μικρό ηλεκτρικό κινητήρα, ένα συνδυασμό γραναζιών, ώστε να μπορεί να περιστρέφεται με μικρή ταχύτητα αλλά με μεγάλη ροπή, και ένα σύστημα για τον ακριβή έλεγχο της θέσης του άξονά του. Το εύρος περιστροφής του άξονα περιορίζεται μεταξύ 0 και 180 μοιρών (μισή περιστροφή).

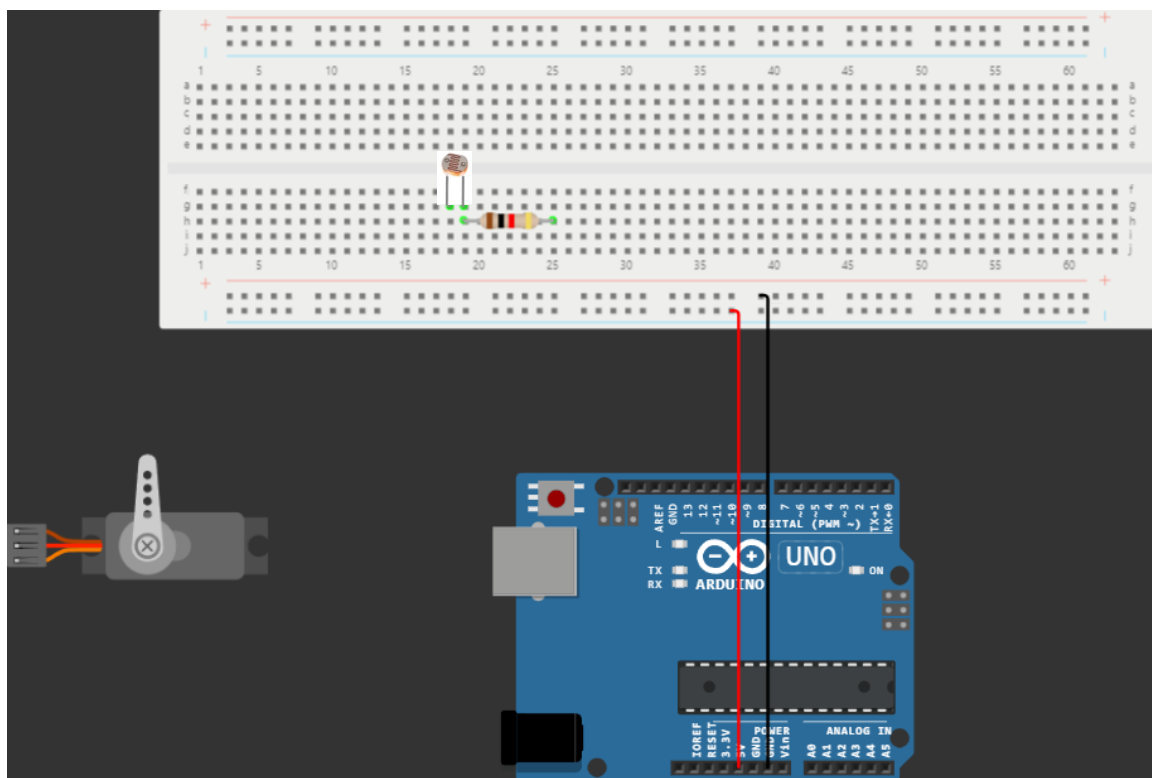
Για να συνδέσουμε το Light Sensor, αφού τοποθετήσουμε την αντίσταση, συνδέουμε τον ακροδέκτη του Light Sensor με το μαύρο καλώδιο στην κατακόρυφη στήλη του GND, τον ακροδέκτη της αντίστασης με το πράσινο καλώδιο στη στήλη του ρεύματος 5V και τέλος τον ακροδέκτη του Light Sensor και της αντίστασης με το κίτρινο καλώδιο δεδομένων με το Analog PIN A0.

Παρακάτω βλέπουμε φωτογραφίες από το πρωτότυπο και την ολοκληρωμένη καταγραφή της σύνδεσης και της λειτουργίας του, σε μορφή διαγράμματος.¹⁹

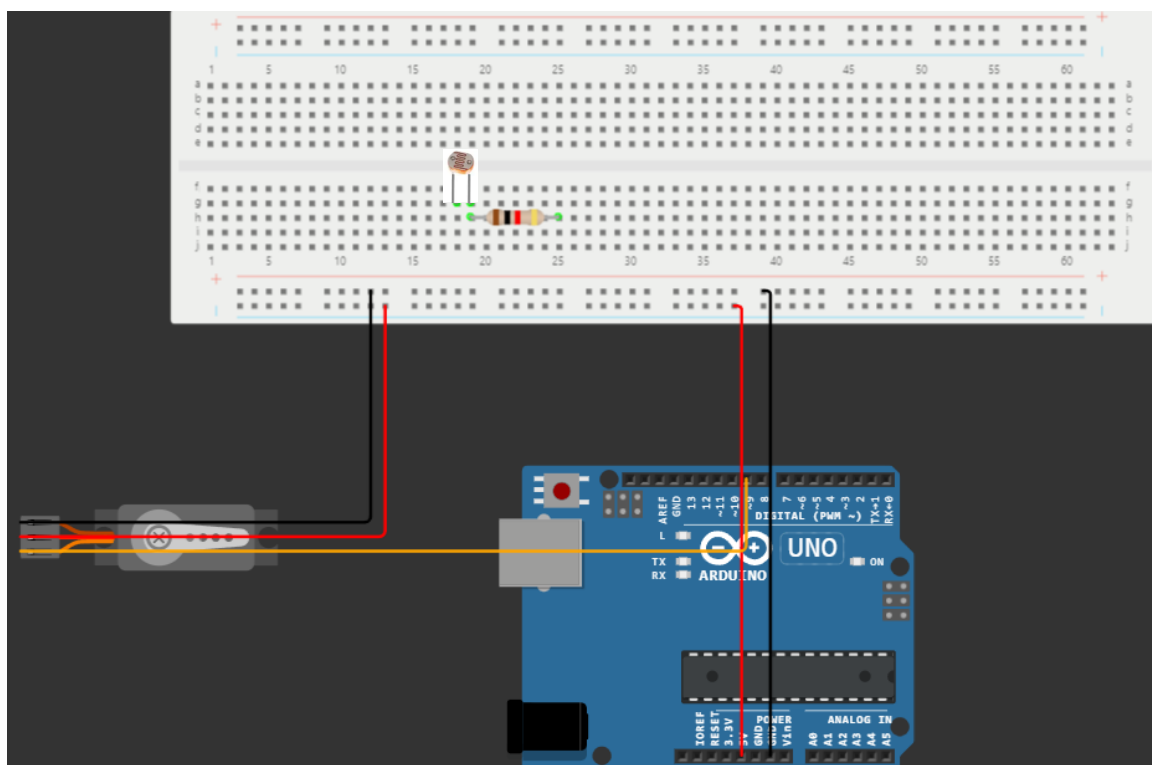


Εικόνα 82. Arduino, Breadboard και Servo Motor

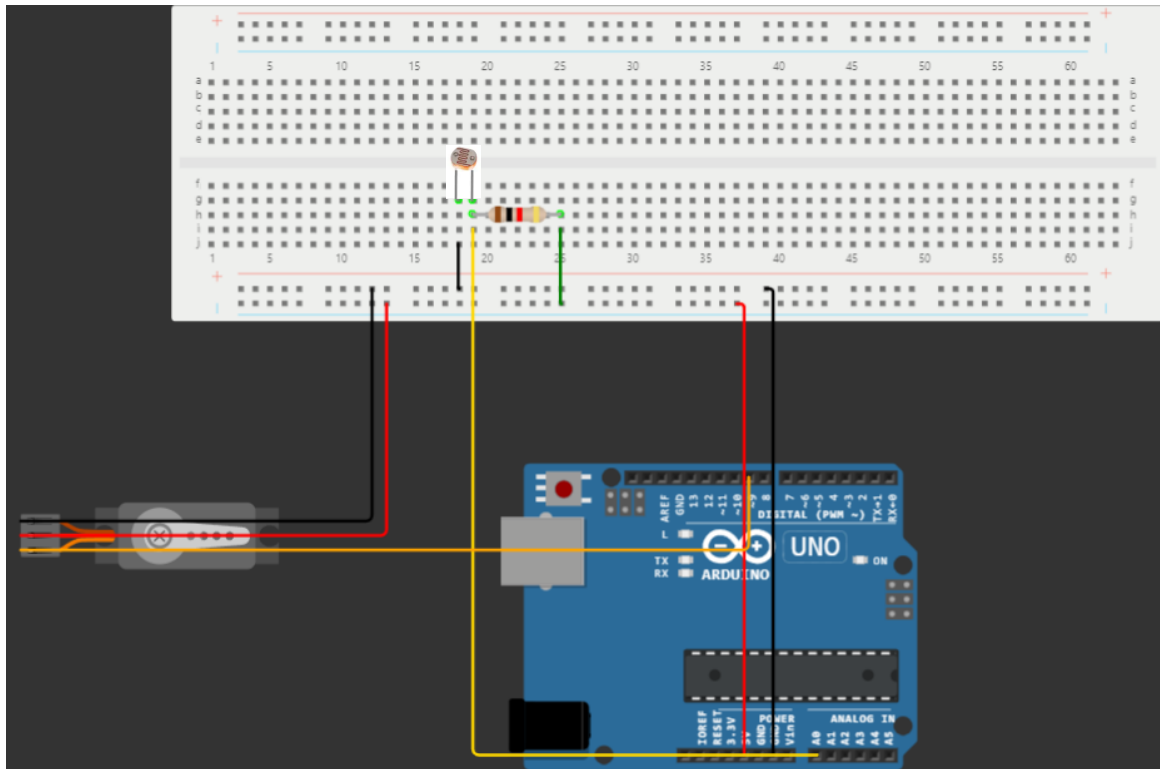
[¹⁹] Η δημιουργία των διαγραμμάτων σύνδεσης του Arduino έγιναν μέσω της ιστοσελίδας <https://wokwi.com/projects/389453187867088897>



Εικόνα 83. Προσθήκη Light Sensor. Στο αριστερό πόδι του LDR τοποθετούμε μια αντίσταση (χρώματος καφέ – μαύρο – κόκκινο). Σύνδεση από κατακόρυφη λωρίδα του breadboard με το σύμβολο ‘-’ με κόκκινο καλώδιο στα 5V του Arduino. Σύνδεση από κατακόρυφη λωρίδα του breadboard με το σύμβολο ‘+’ με μαύρο καλώδιο (γείωση) στο GND του Arduino.



Εικόνα 84. Σύνδεση της γείωσης του Servo Motor στην κατακόρυφη λωρίδα του breadboard με το σύμβολο ‘+’. Σύνδεση του ρεύματος του Servo Motor στην κατακόρυφη λωρίδα του breadboard με το σύμβολο ‘-’, 5V. Σύνδεση των δεδομένων του Servo Motor με το PIN9 του Arduino.



Εικόνα 85. Σύνδεση του Light Sensor με το μαύρο καλώδιο στην κατακόρυφη στήλη του GND. Σύνδεση του Light Sensor με την κατακόρυφη στήλη του ρεύματος 5V. Σύνδεση του Light Sensor με το κίτρινο καλώδιο δεδομένων με το Analog PIN A0.

Σχετικά με τον κώδικα του Arduino, η λογική είναι η εξής : ο αισθητήρας φωτός είναι μια μεταβλητή αντίσταση που επηρεάζεται από την ένταση του φωτός. Όσο μειώνεται το φως που λαμβάνει τόσο μειώνεται και η αντίστασή του, οπότε αυξάνεται η τάση του ρεύματος μεταξύ των ακροδεκτών του. Οι τιμές που λαμβάνει το Arduino είναι ανάλογες της τάσης του ρεύματος στους ακροδέκτες του αισθητήρα. Οι τιμές αυτές θεωρητικά κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1023, αλλά το πραγματικό τους εύρος εξαρτάται από τις εκάστοτε συνθήκες φωτισμού. Το πραγματικό αυτό εύρος τιμών το μετατρέπουμε σε εύρος τιμών 0 έως 90 μοίρες (mapping), και την τιμή που λαμβάνουμε την τροφοδοτούμε ως γωνία περιστροφής του άξονα του σερβοκινητήρα.

```

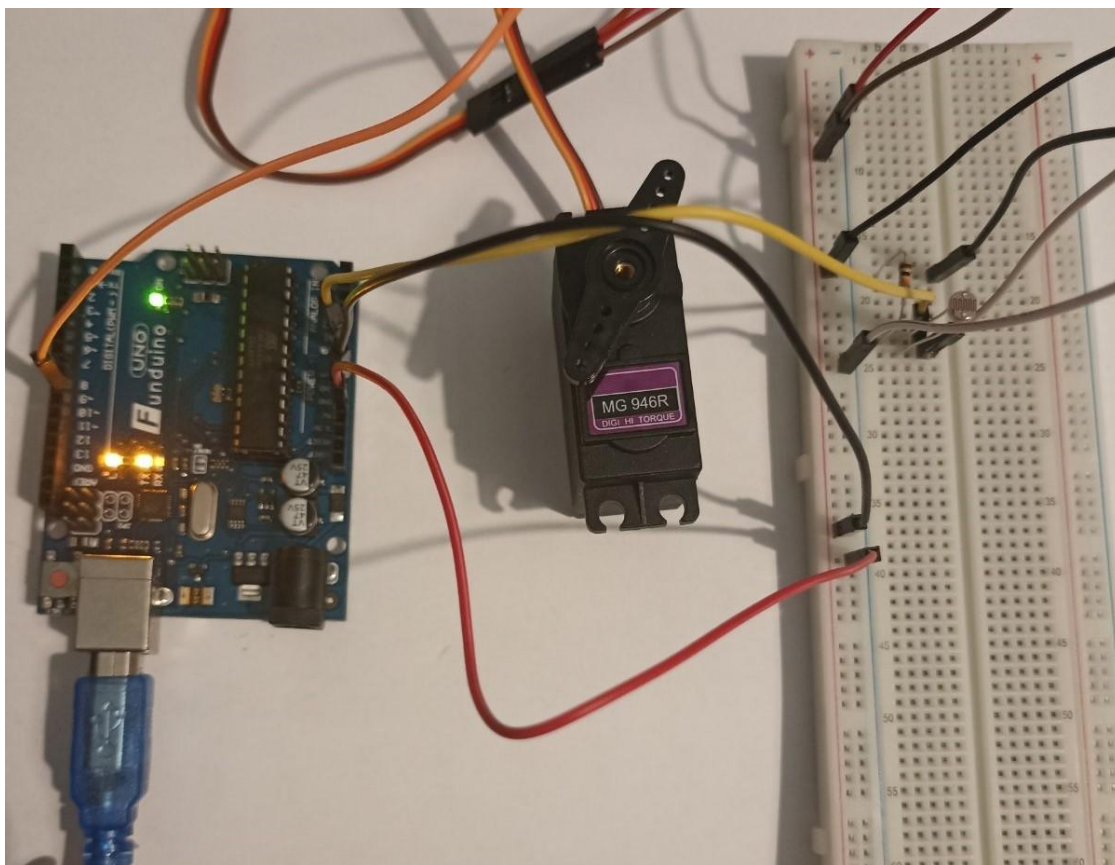
1 // Msc Interaction Generative Design - HOU
2 // Diplomatiki ergasia
3 // script by Anna Laskari + Marialena Georgoula
4 //11-02-2024
5
6 // παίρνω τιμές από τον αισθητήρα φωτός, τις μαπάρω σε εύρος τιμών 0-90μοίρες και τις δίνω στον σερβοκινητήρα
7
8 #include <Servo.h>
9 Servo myservo;
10 int analogPin=0; //ορίζω ο αισθητήρας φωτός να δώσει δεδομένα στο Analog PIN A0.
11 int analogVal;
12 int servoPin=9; //ορίζω ο σερβοκινητήρας να δώσει δεδομένα στο PIN9.
13 int pos = 0;
14 void setup() {
15     Serial.begin(9600);
16     myservo.attach(servoPin);
17 }
18 void loop() {
19     analogVal= analogRead(analogPin);
20     Serial.println(analogVal);
21     pos=map(analogVal, 389, 723, 0, 90); // μαπάρω το εύρος τιμών που παίρνω από τον αισθητήρα φωτός σε 0-90μοίρες που θα δώσω στον σερβοκινητήρα.
22     myservo.write(pos); //σε μοίρες
23 }

```

Εικόνα 86. Κώδικας Arduino.

Για τον σερβοκινητήρα, οι βασικές συναρτήσεις της βιβλιοθήκης «Servo», είναι:

- attach(pin) : Δημιουργεί σύνδεση μεταξύ σερβοκινητήρα και ακίδας του Arduino
- write(pos) : Περιστρέφει τον άξονα του σερβοκινητήρα σε θέση που καθορίζεται σε μοίρες από την παράμετρο pos.
- read() : Επιστρέφει την τρέχουσα γωνία του άξονα του σερβοκινητήρα

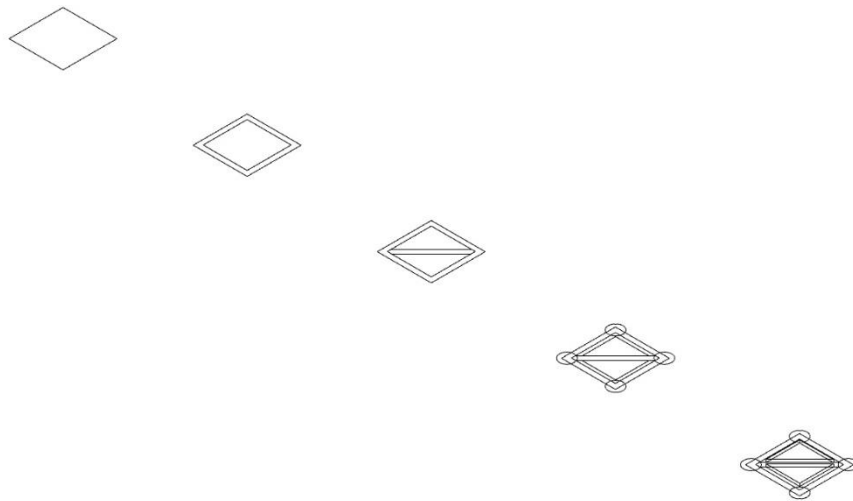


Εικόνα 87. Arduino wiring

7.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΑΚΕΤΑΣ

ι. Κατασκευή πανέλων και στατικού φορέα

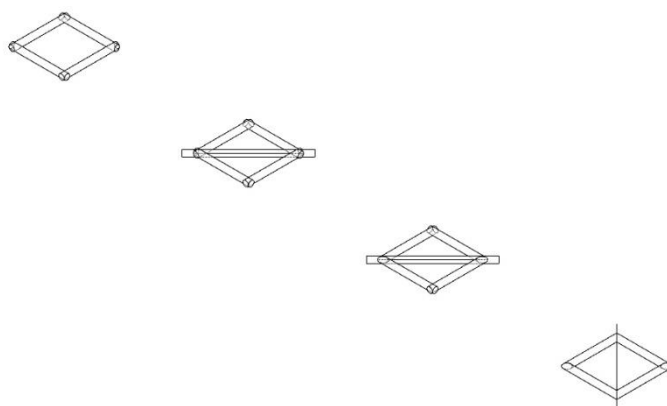
Η κατασκευή της κινητικής μακέτας ενσωματώνει τεχνολογίες ρομποτικής με τη χρήση πλακέτας Arduino και του κώδικα προγραμματισμού. Για τις ανάγκες της διπλωματικής θα γίνει κατασκευή σε μακέτα της μίας μονάδας, σε κλίμακα 1:1, με την παραδοχή ότι το χωροδικτύωμα είναι επίπεδο, για λόγους κατασκευαστικής ευκολίας.



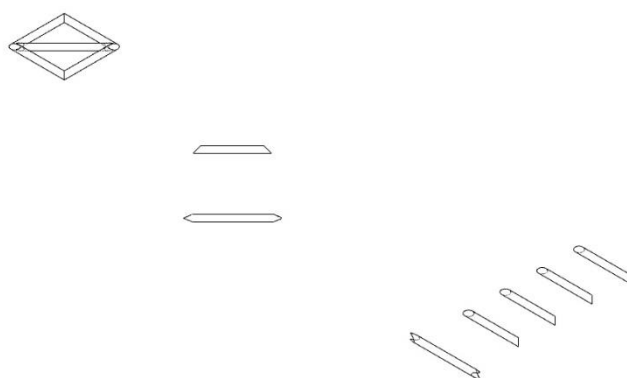
Εικόνα 88. Διαδικασία δημιουργίας τριγωνικών πανέλων σε κλίμακα 1:1



Εικόνα 89. Διαδικασία δημιουργίας τριγωνικών πανέλων σε κλίμακα 1:1



Εικόνα 90. Δημιουργία τετραγώνου αποτελούμενο από 4 pipes, διατομής Φ25



Εικόνα 91. Προσθήκη διαγώνιου pipe, που αποτελεί τον άξονα κίνησης των πανέλων.

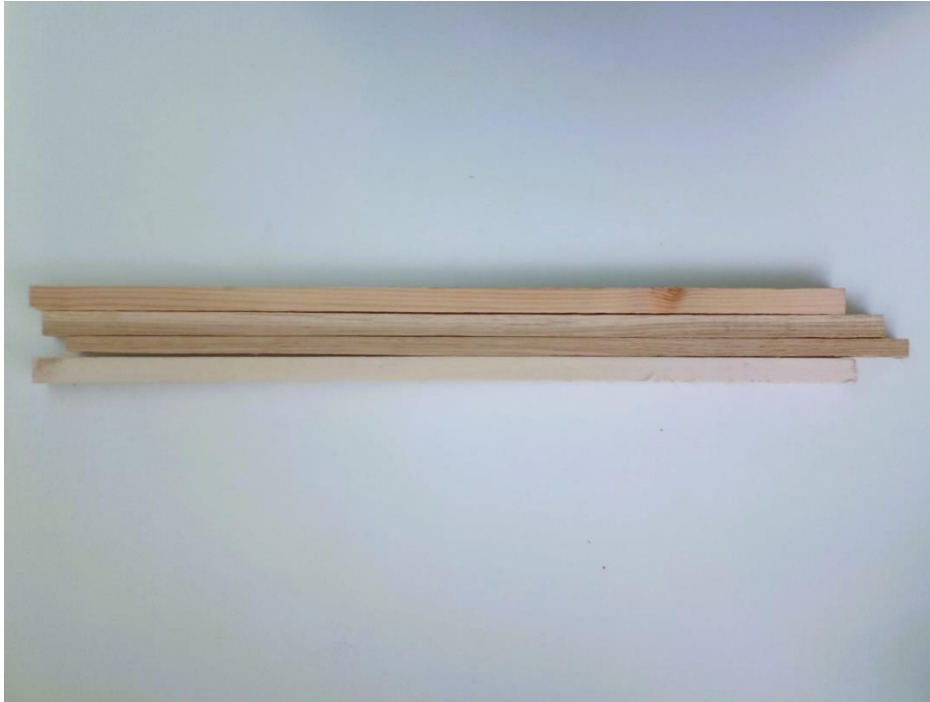
Για τη δημιουργία της μίας μονάδας σε κλίμακα 1:1, χρησιμοποιηθήκαν τα παρακάτω υλικά :

- 2 τριγωνικά πανέλα MDF (που προκύπτουν από τετράγωνο διαστάσεων 20*20εκ.)
- σωλήνας PVC, διαμέτρου Φ25, μήκους 2μ.
- μεντεσέδες
- καβίλια διαμέτρου Φ10

Αναλυτικά, φωτογραφίες που περιγράφουν τη διαδικασία κατασκευής του πρωτοτύπου :



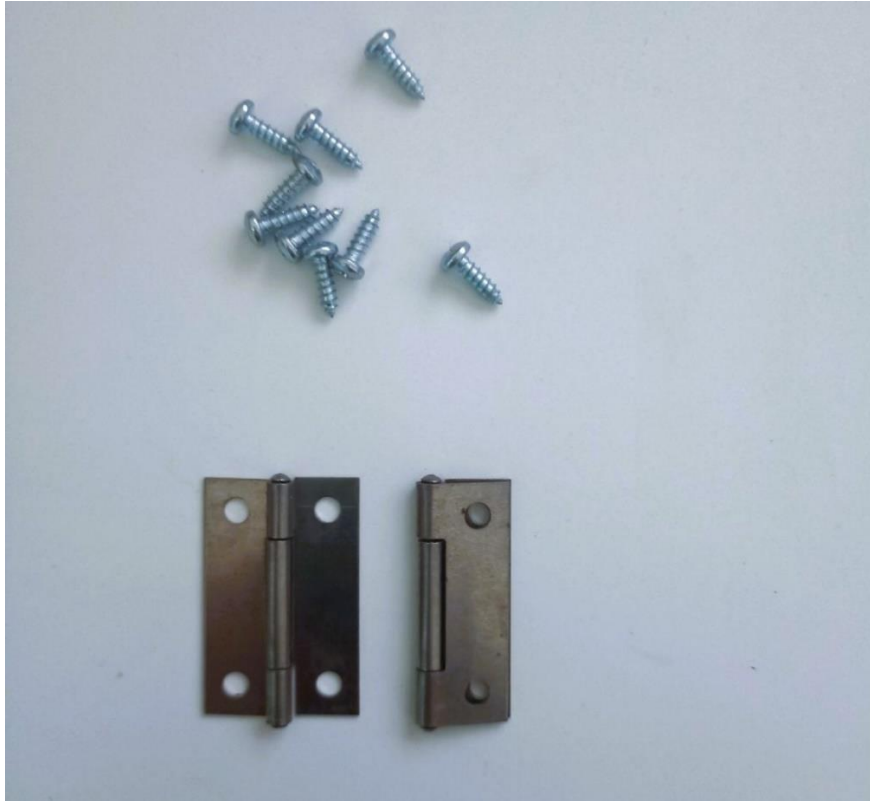
Εικόνα 92. Τριγωνικά πανέλα MDF



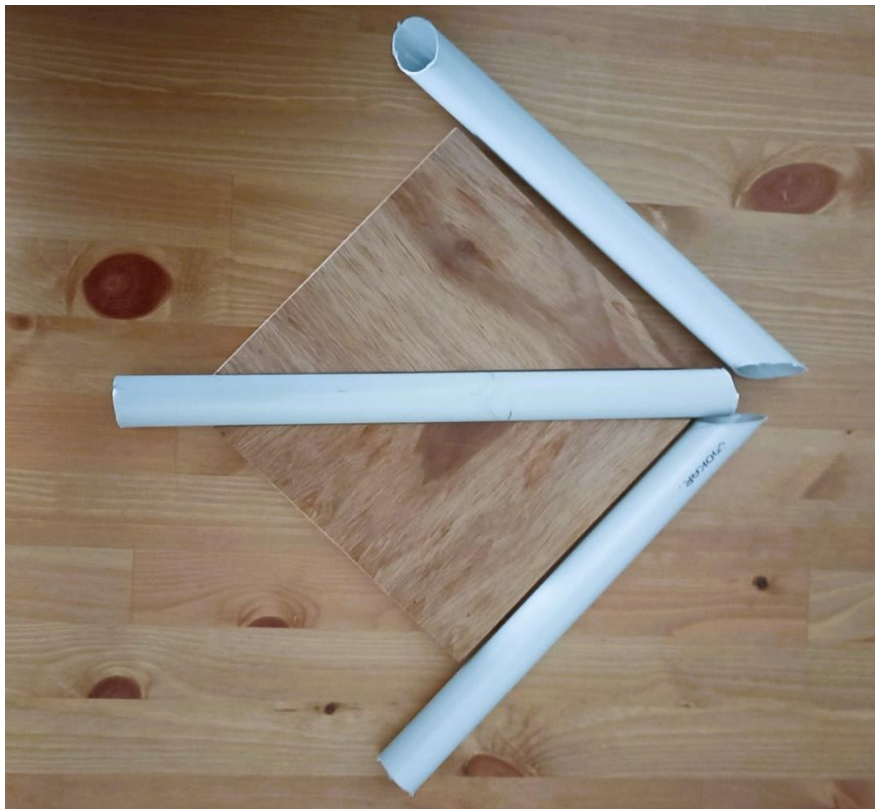
Εικόνα 93. Καβίλιες διαμέτρου Φ10



Εικόνα 94. Σωλήνας PVC, διαμέτρου Φ25



Εικόνα 95. Μεντεσέδες



Εικόνα 96. Κοπή σωλήνα PVC στα επιμέρους τεμάχια, με κατάλληλη κλίση στις ακμές, για τη δημιουργία του πλαισίου του τετραγώνου. Η μεγάλη διάσταση των 4 pipes έχει μήκος 29εκ. και η μικρή 25εκ.



Εικόνα 97. Κοπή των ακμών του διαγώνιου σωλήνα PVC, που αποτελεί και τον άξονα κίνησης.



Εικόνα 98. Τοποθέτηση 2 μεντεσέδων σε κάθε τρίγωνο πάνελ.



Εικόνα 99. Τρύπημα και βίδωμα των μεντεσέδων στον άξονα κίνησης – διαγώνιο PVC.



Εικόνα 100. Πίσω όψη πανέλου.



Εικόνα 101. Μπροστινή όψη πανέλου.



Εικόνα 102. Εξαρτήματα της μονάδας κινητικού κόμβου.

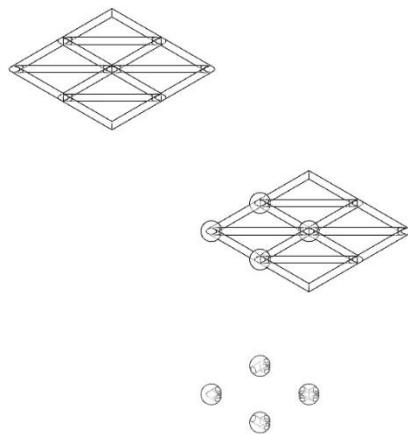
Κατά της διάρκεια της κατασκευής της μακέτας, προέκυψαν διάφοροι προβληματισμοί, σχετικά με τη συνδεσμολογία. Για παράδειγμα, πώς μπορεί να επιτευχθεί η κίνηση των επίπεδων τριγωνικών πανέλων;

Σχετικά με το μηχανικό κομμάτι, όπως αναλύθηκε και στο κομμάτι του Arduino, υπάρχει ένας σερβοκινητήρας για κάθε ζεύγος τριγωνικών πανέλων & αισθητήρας φωτός. Το ερώτημα που προκύπτει είναι, που τοποθετείται ο κινητήρας και πώς μεταδίδεται η κίνηση;

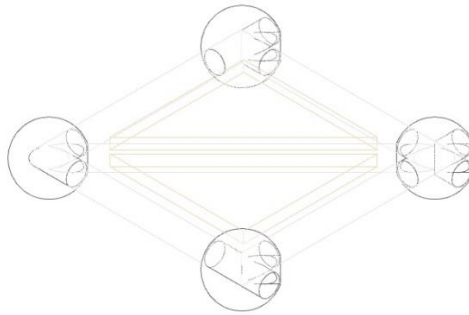
Επιπλέον, πώς συνδέονται τα ευθύγραμμα τμήματα του σκελετού με τις γωνίες των κόμβων; Η δυσκολία λύθηκε με τη χρήση αρθρώσεων, οι οποίοι θα εκτυπωθούν με τη χρήση 3D printer.

ii. Κατασκευή αρθρώσεων

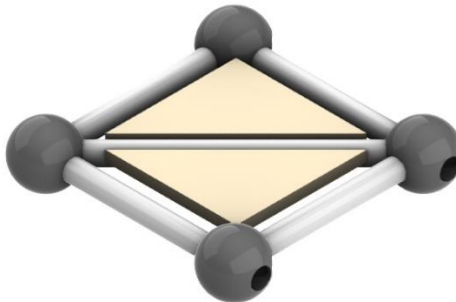
Οι κόμβοι αποτελούν σημαντικό κομμάτι της κατασκευής και του στατικού φορέα. Καθώς οι αρθρώσεις θα πρέπει να συνδέουν τα pipes, θα είναι custom, καθώς ο κάθε κόμβος συνδέει pipes διαφορετικών διαστάσεων, υπό διαφορετικές γωνίες. Το ιδιαίτερο και η δυσκολία της κατασκευής είναι στο γεγονός ότι καθώς η κατασκευή θα μεταφέρεται, τα pipes δεν μπορούν να είναι πακτωμένα στον κόμβο.



Εικόνα 103. Δημιουργία αρθρώσεων για ένα τμήμα του χωροδικτύωματος

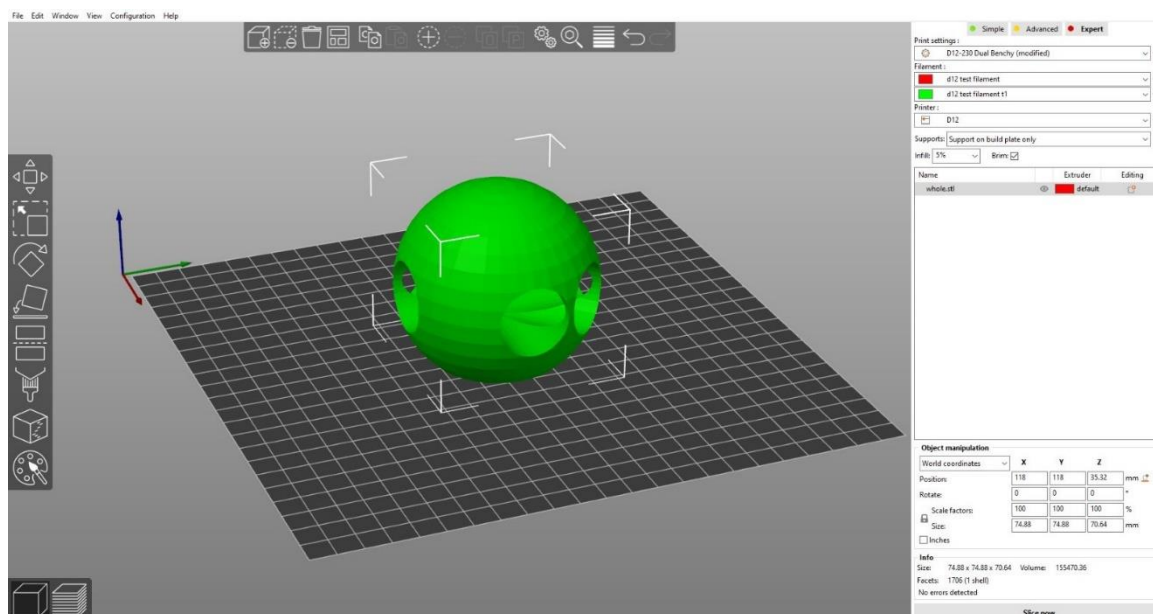


Εικόνα 104. Η μονάδα κατασκευής του pavilion, αποτελούμενη από 5 pipes, 2 αρθρώσεις – κόμβους και 2 πανέλα

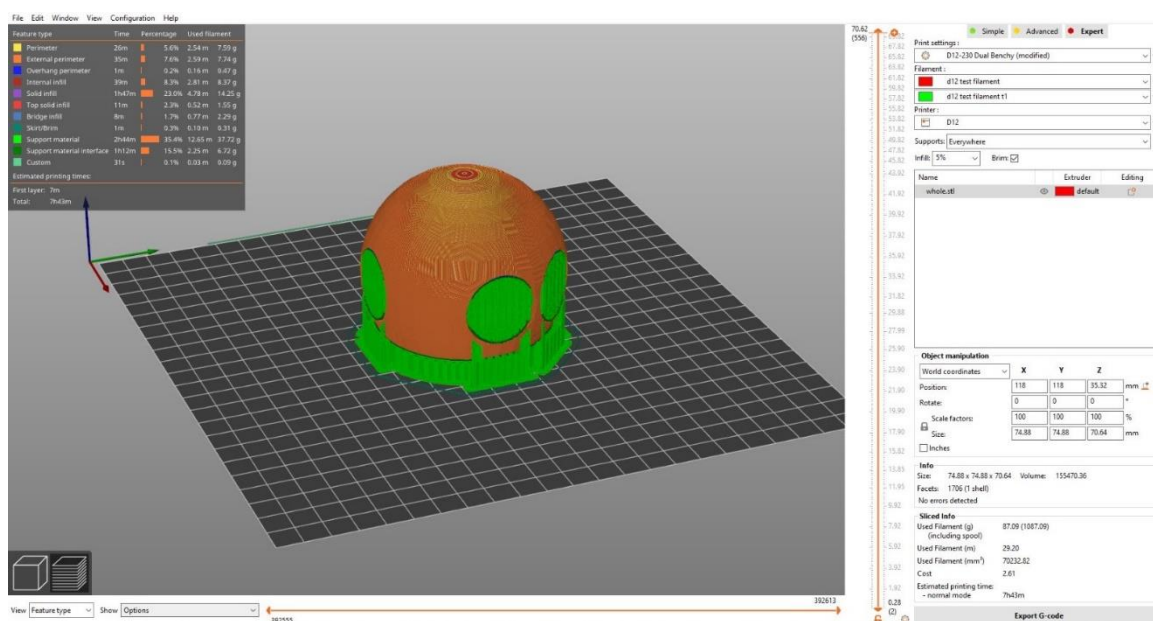


Εικόνα 105. Η μονάδα κατασκευής του pavilion

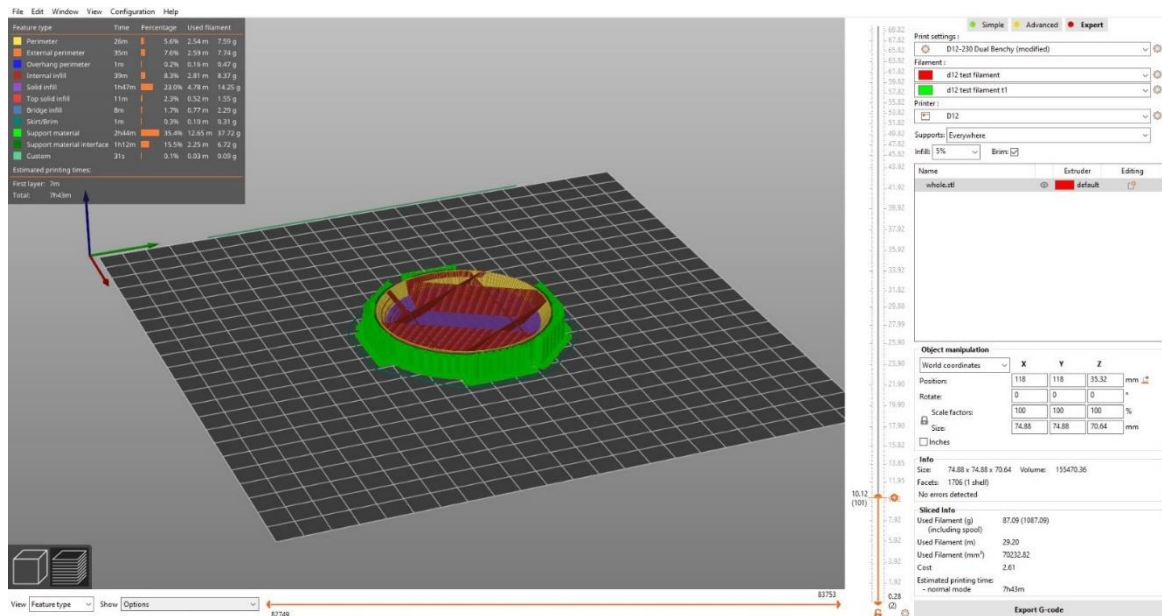
Τη λύση στην custom κατασκευή, τη δίνει ο 3D printer. Προκειμένου η κατασκευή να μπορεί να συναρμολογείται και να αποσυναρμολογείται, τα pipes θα τοποθετούνται σφηνωτά στην άρθρωση. Παρακάτω θα δούμε τη διαδικασία που ακολουθείται για τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου και την εξαγωγή του σε αρχείο stl file format, ώστε να επεξεργαστεί στο PrusaSlicer.



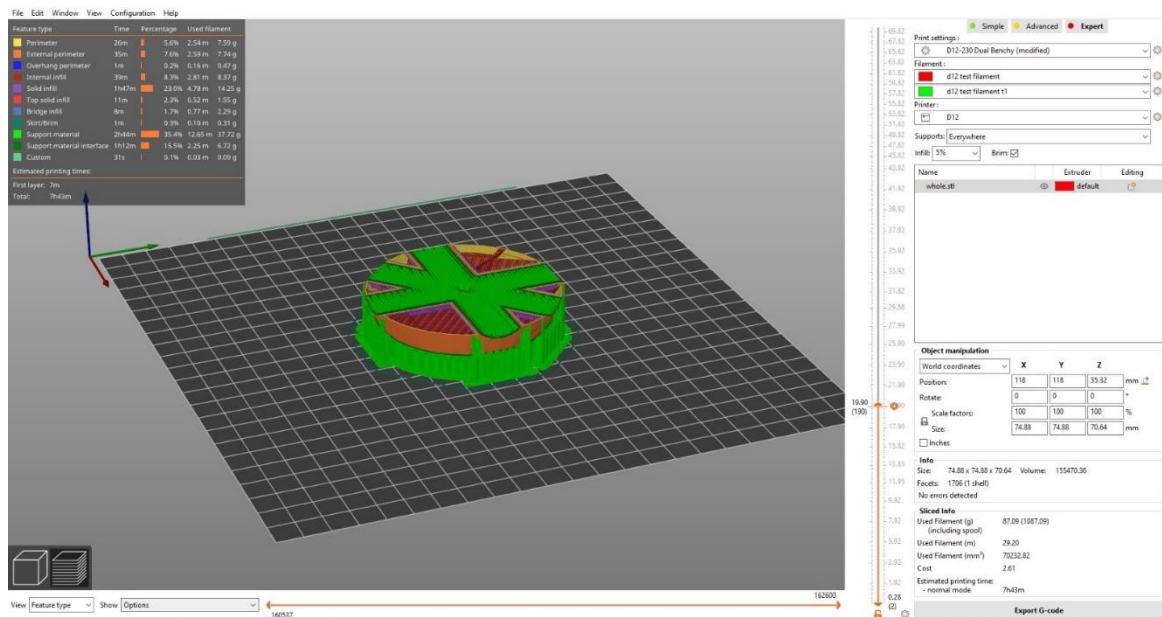
Εικόνα 106. Prusa slicer. Δοκιμή 1, import σφαίρας με 3 pipes



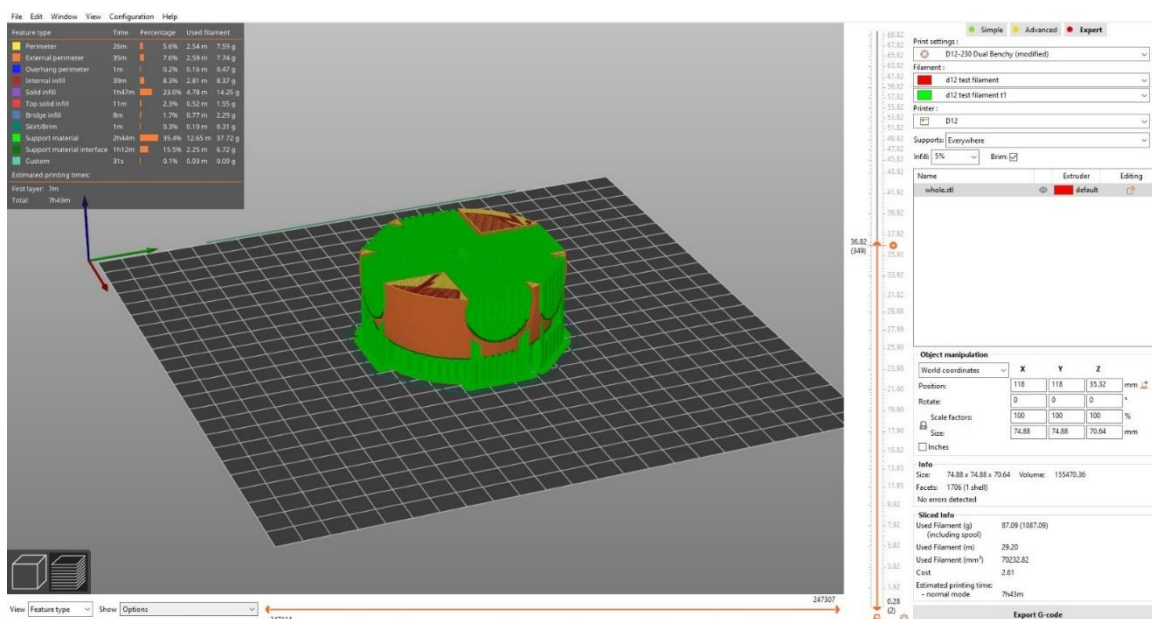
Εικόνα 107. Πατώντας slice now κάνει υπολογισμούς και προεπισκόπηση την εκτύπωση



Εικόνα 108. Βλέπουμε το εσωτερικό της σφαίρας σε διάφορα στάδια της εκτύπωσης

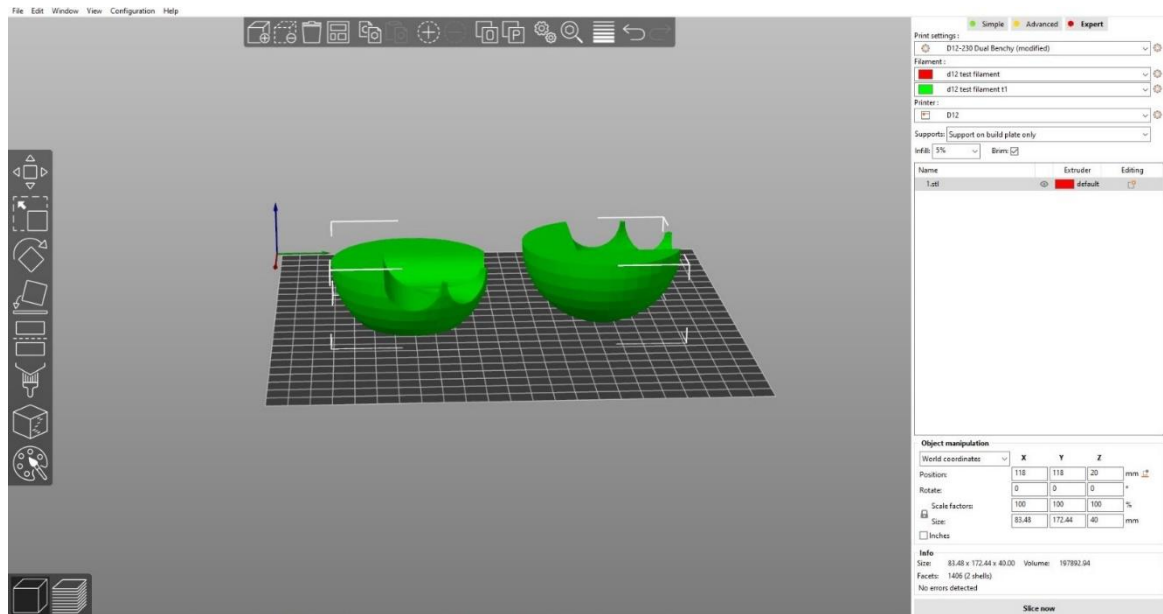


Εικόνα 109. Το πράσινο χρώμα συμβολίζει το support material

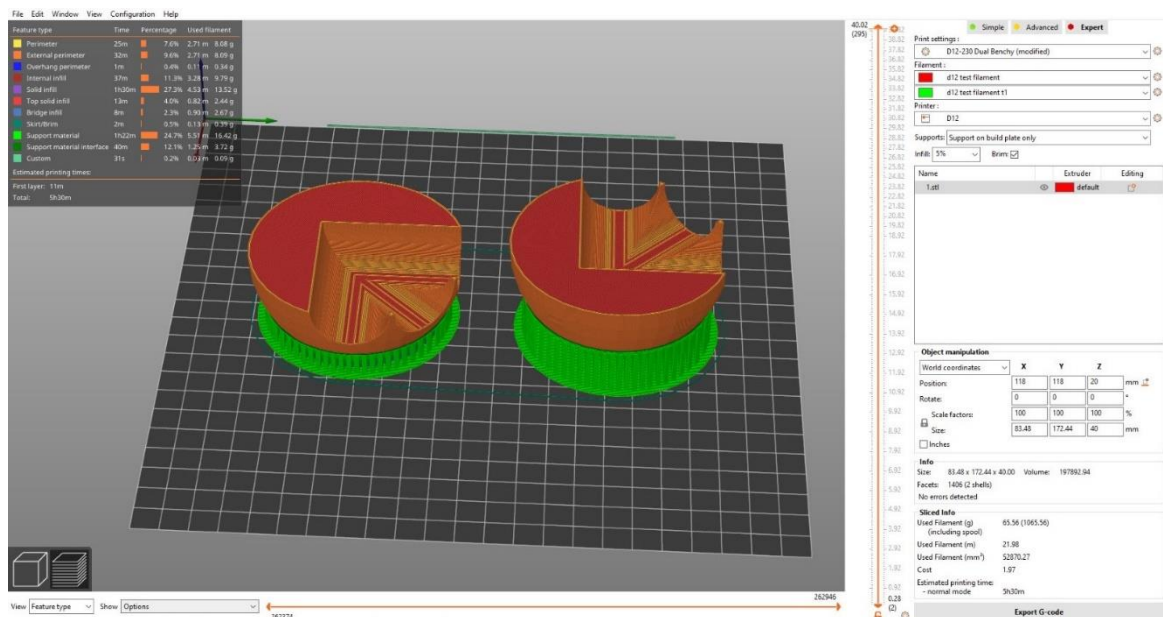


Εικόνα 110. Πολύ έντονο support material

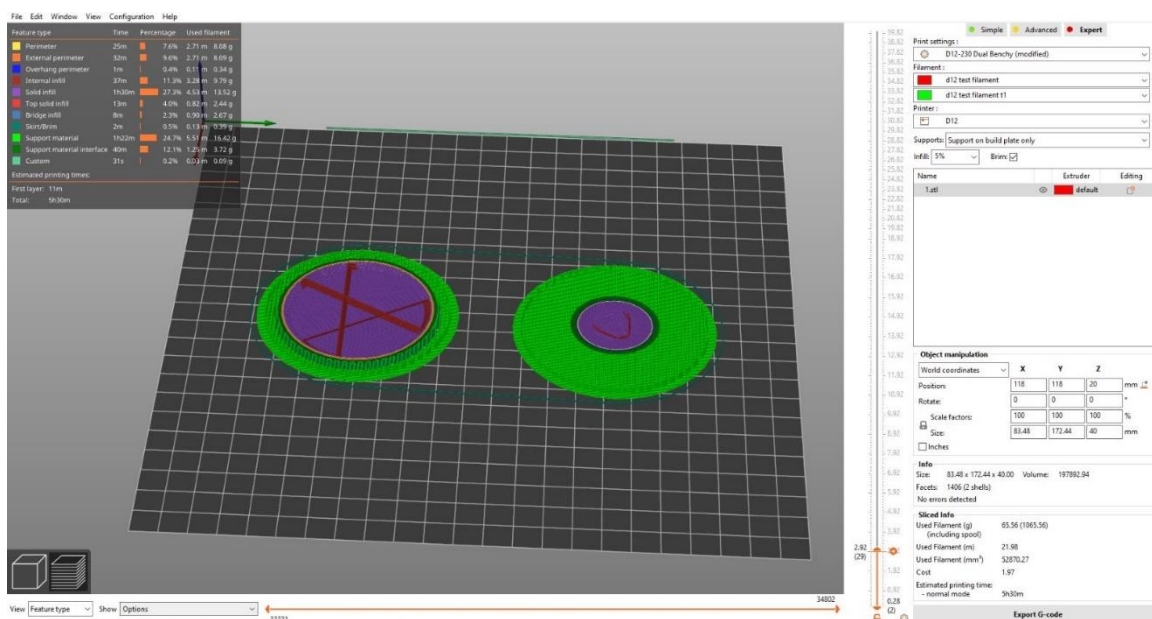
Παρατηρούμε ότι με αυτό τον τρόπο δημιουργίας της σφαίρας, ο slicer δημιουργεί μεγάλο ποσοστό support material και solid infill, γεγονός που θα προκαλέσει δυσκολία στην αφαίρεση του υλικού στήριξης. Για το λόγο αυτό, οδηγούμαστε στη διάσπαση της σφαίρας σε δύο μέρη, με trim οριζόντιας επιφάνειας στον άξονα xx' .



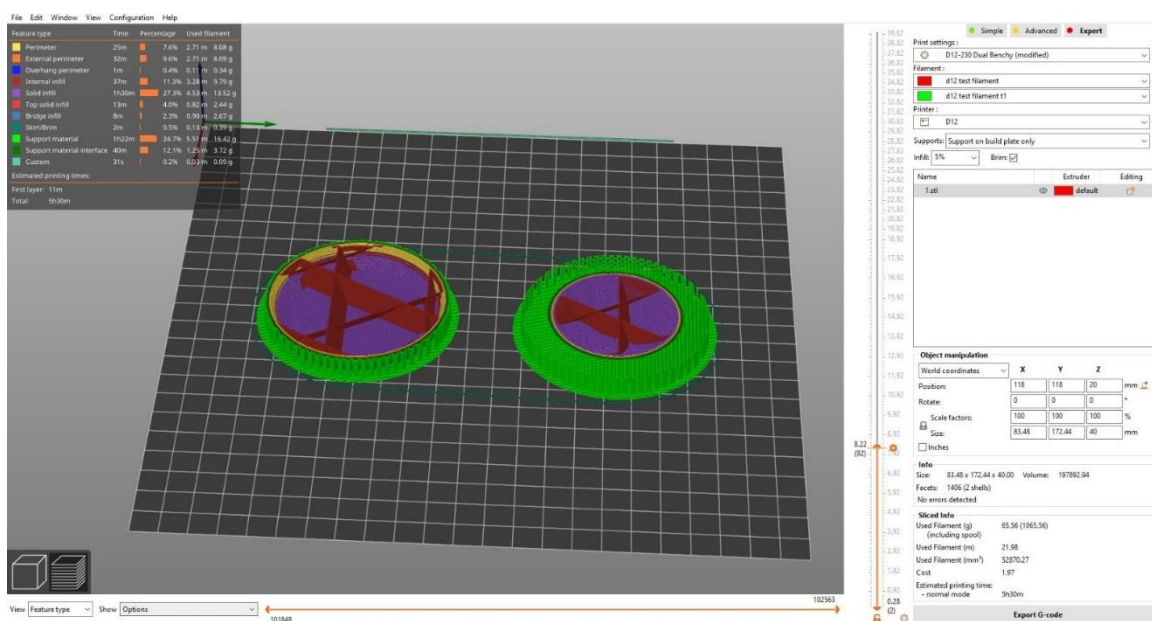
Εικόνα 111. Prusa slicer. Δοκιμή 2, import σφαίρας σε δύο μέρη



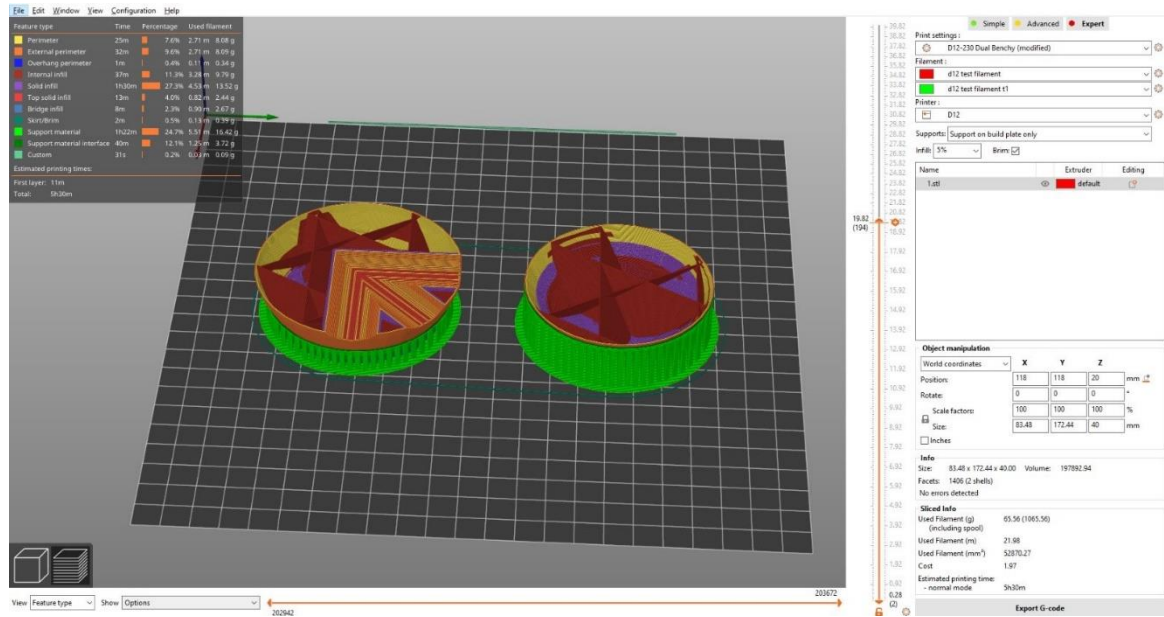
Εικόνα 112. Πατώντας slice now κάνει υπολογισμούς και προεπισκόπηση την εκτύπωση



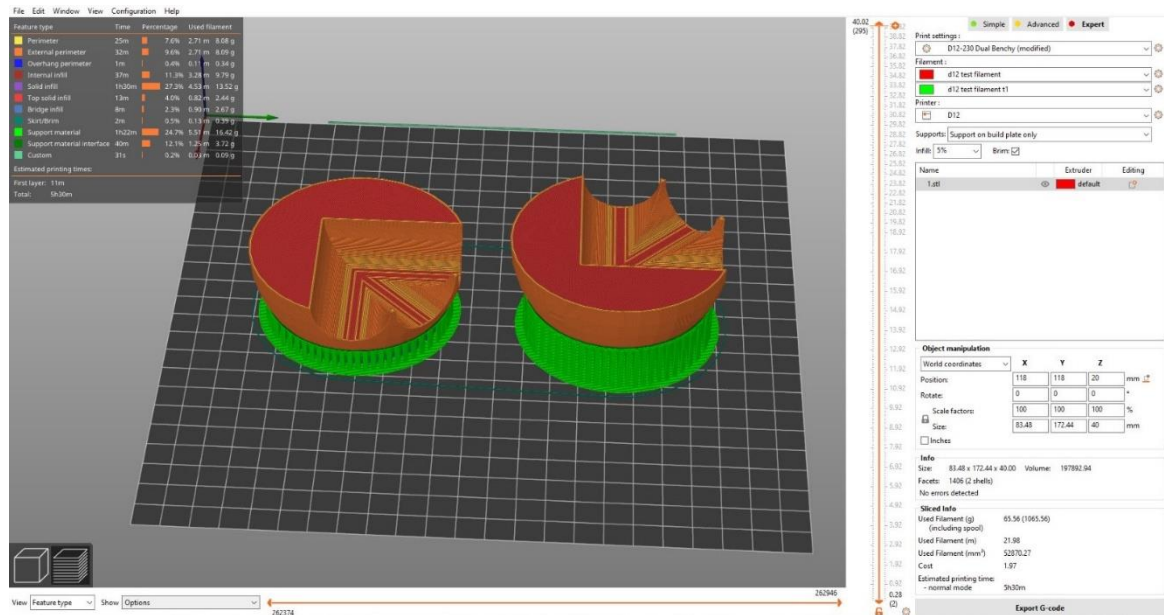
Εικόνα 113. Βλέπουμε πως ξεκινάει η διαδικασία της εκτύπωσης στη βάση



Εικόνα 114. Η διαδικασία στα μισά της εκτύπωσης

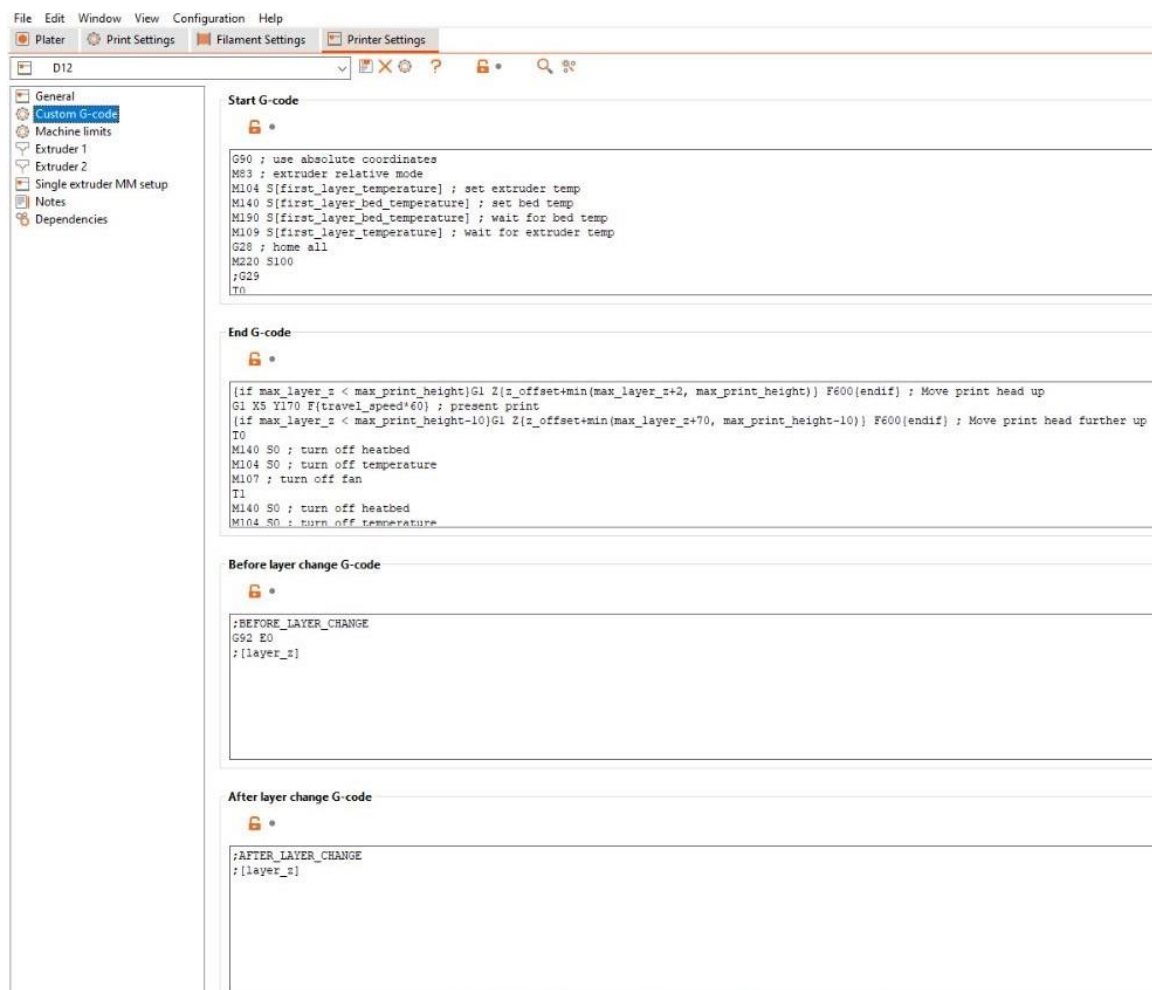


Εικόνα 115. Βλέπουμε στο εσωτερικό το solid infill



Εικόνα 116. Η προεπισκόπηση ολοκληρωμένη. Το πράσινο χρώμα συμβολίζει το support material.

Πατώντας export G-code, ο slicer δημιουργεί τον κώδικα με τις εντολές που θα ακολουθήσει ο 3D printer για να εκτυπώσει το μοντέλο.



Εικόνα 117.

Παρακάτω βλέπουμε πως διαμορφώνεται ο G-code, στην ουσία οι εντολές που ακολουθεί ο 3D printer για να εκτυπώσει.

start G-code

```
G90 ; use absolute coordinates
M83 ; extruder relative mode
M104 S[first_layer_temperature] ; set extruder temp
M140 S[first_layer_bed_temperature] ; set bed temp
M190 S[first_layer_bed_temperature] ; wait for bed temp
M109 S[first_layer_temperature] ; wait for extruder temp
G28 ; home all
M220 S100
;G29
T0
G1 Z2 F240
G1 X2 Y50 F3000
G1 Z0.28 F240
G92 E0
G1 Y190 E15 F1500 ; intro line
G1 X2.3 F5000
G92 E0
G1 Y50 E15 F1200 ; intro line
G92 E0
```

end G-code

```
{if max_layer_z < max_print_height}G1 Z{z_offset+min(max_layer_z+2,
max_print_height)} F600{endif} ; Move print head up
G1 X5 Y170 F{travel_speed*60} ; present print
{if max_layer_z < max_print_height-10}G1 Z{z_offset+min(max_layer_z+70,
max_print_height-10)} F600{endif} ; Move print head further up
T0
M140 S0 ; turn off heatbed
M104 S0 ; turn off temperature
M107 ; turn off fan
T1
M140 S0 ; turn off heatbed
M104 S0 ; turn off temperature
M107 ; turn off fan

M84 X Y E ; disable motors
```

Στη συνέχεια, βλέπουμε κάποιες ρυθμίσεις του slicer, πριν την εκτύπωση της σφαίρας.
Αυτές αφορούν σε :

- Layers & perimeters, δηλ. πόσες γραμμές και τι πάχους θα είναι η περίμετρος του print.
- Infill, δηλ. η εσωτερική δομή του print. Ο σκοπός της πλήρωσης είναι η βελτιστοποίηση του βάρους, της αντοχής και του χρόνου εκτύπωσης και υπάρχουν πολλά διαφορετικά μοτίβα πλήρωσης.
- Skirt & brim, δηλ. skirt είναι το περίγραμμα του print σε offset, ενώ το brim ενώνεται με το print, δίνοντάς του μεγαλύτερη επιφάνεια για να προσκολληθεί στο bed.
- Support material, δηλ. το υλικό που εκτυπώνεται συμπληρωματικά ώστε το print να είναι στατικό, αλλά δεν αποτελεί μέρος της σύνθεσης.
- Speed, δηλ. την ταχύτητα εκτύπωσης.

File Edit Window View Configuration Help

Plater Print Settings Filament Settings Printer Settings

D12-230 Dual Benchy (modified)

Layers and perimeters

- Infill
- Skirt and brim
- Support material
- Speed
- Multiple Extruders
- Advanced
- Output options
- Notes
- Dependencies

Layer height

- Layer height: 0.2 mm
- First layer height: 0.22 mm

Vertical shells

- Perimeters: 2 (minimum)
- Spiral vase: ☐

Recommended object thin wall thickness for layer height 0.20 and 2 lines: 0.86 mm, 4 lines: 1.67 mm

Horizontal shells

- Solid layers: Top: 5 Bottom: 4
- Minimum shell thickness: Top: 0.7 mm Bottom: 0.5 mm

Top shell is 1 mm thick for layer height 0.2 mm. Minimum top shell thickness is 0.7 mm.
Bottom shell is 0.8 mm thick for layer height 0.2 mm. Minimum bottom shell thickness is 0.5 mm.

Quality (slower slicing)

- Extra perimeters if needed: ☒
- Ensure vertical shell thickness: ☒
- Avoid crossing perimeters: ☐
- Avoid crossing perimeters - Max detour length: 0 mm or % (zero to disable)
- Detect thin walls: ☐
- Thick bridges: ☒
- Detect bridging perimeters: ☒

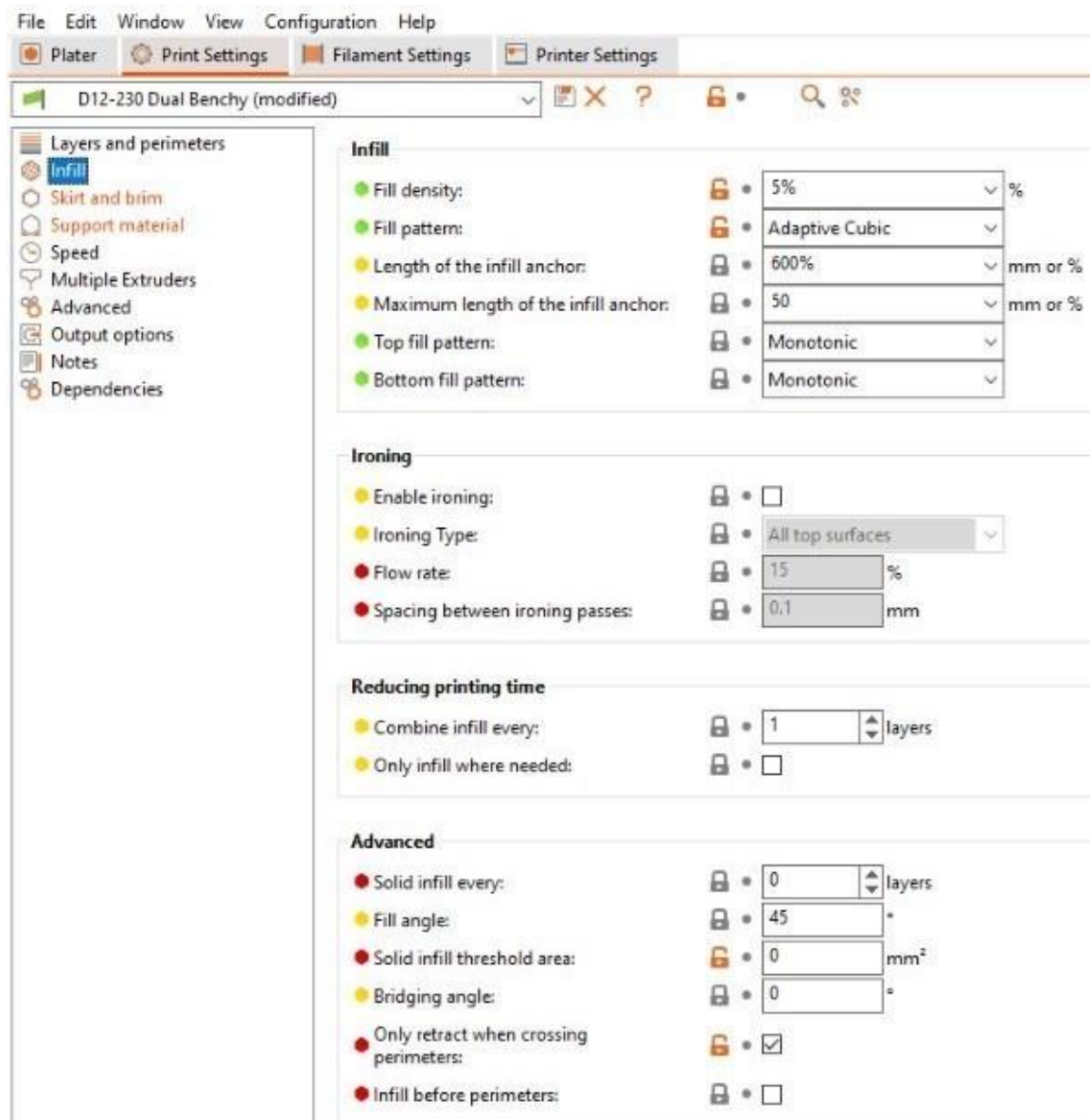
Advanced

- Seam position: Rear
- External perimeters first: ☐
- Fill gaps: ☒
- Perimeter generator: Arachne

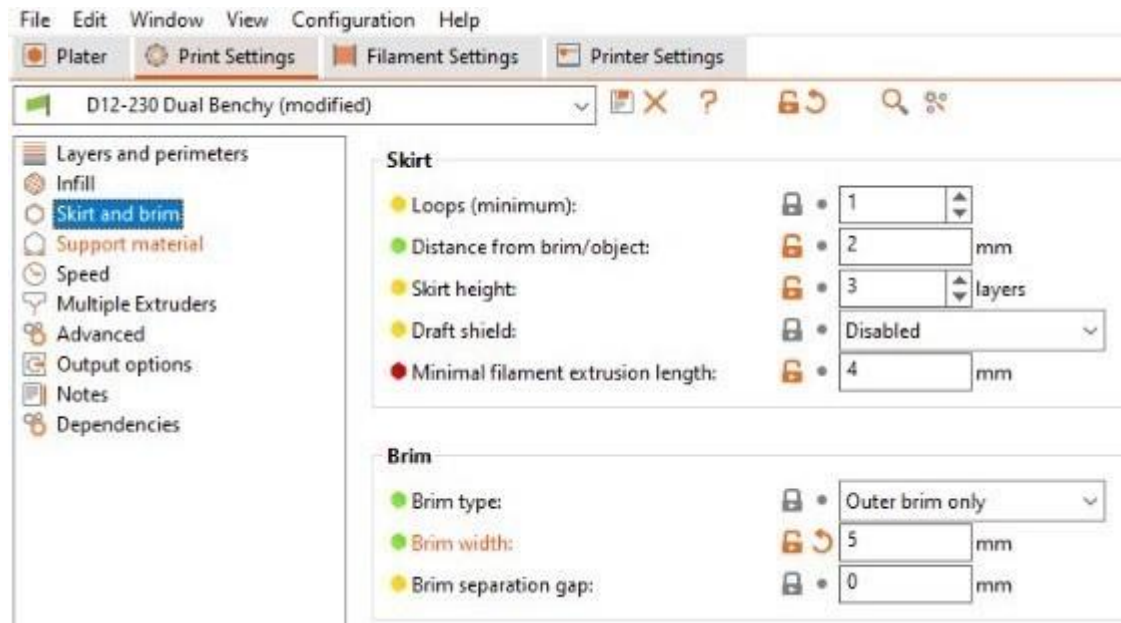
Fuzzy skin (experimental)

- Fuzzy Skin: None
- Fuzzy skin thickness: 0.3 mm
- Fuzzy skin point distance: 0.8 mm

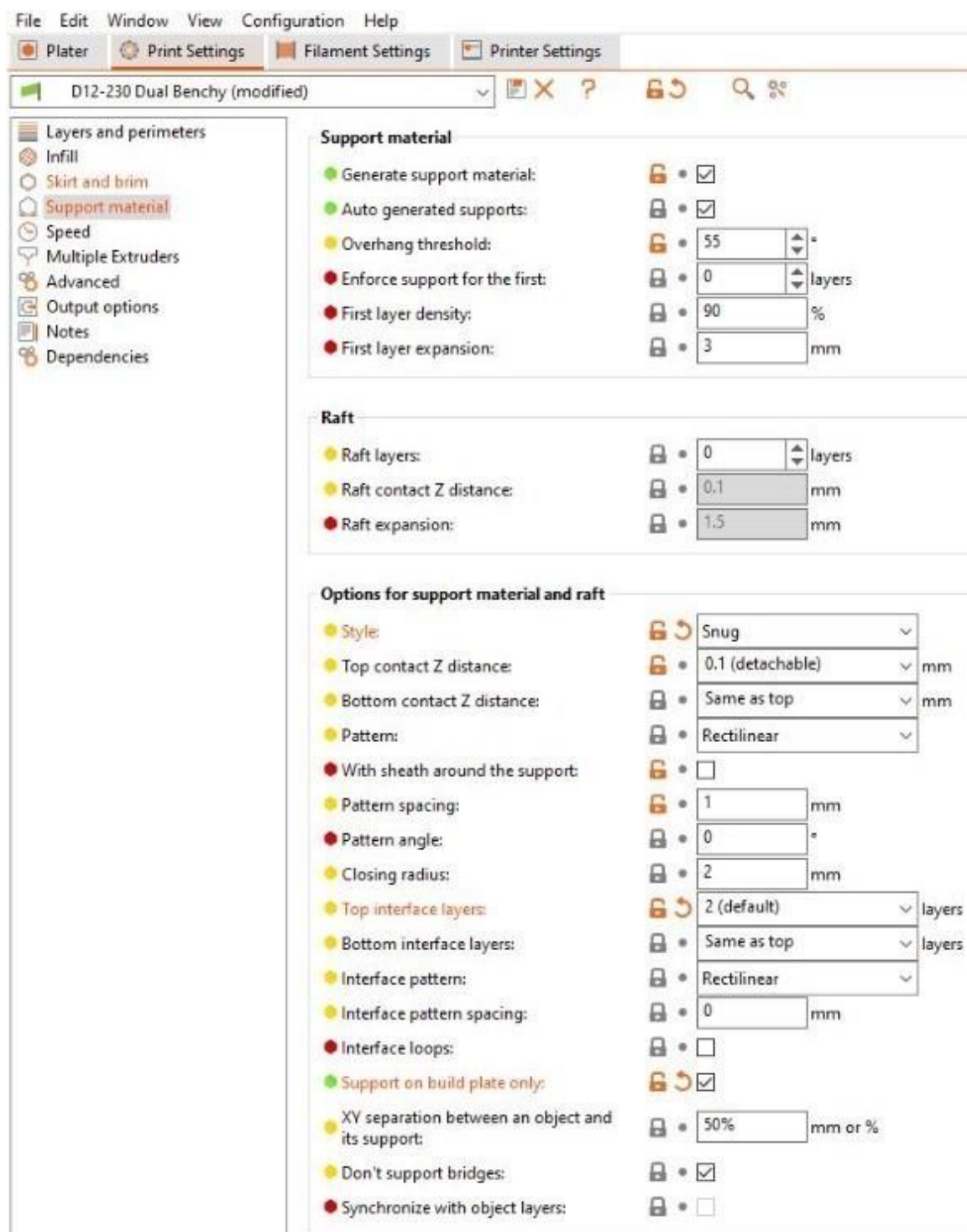
Εικόνα 118. Layers & perimeters



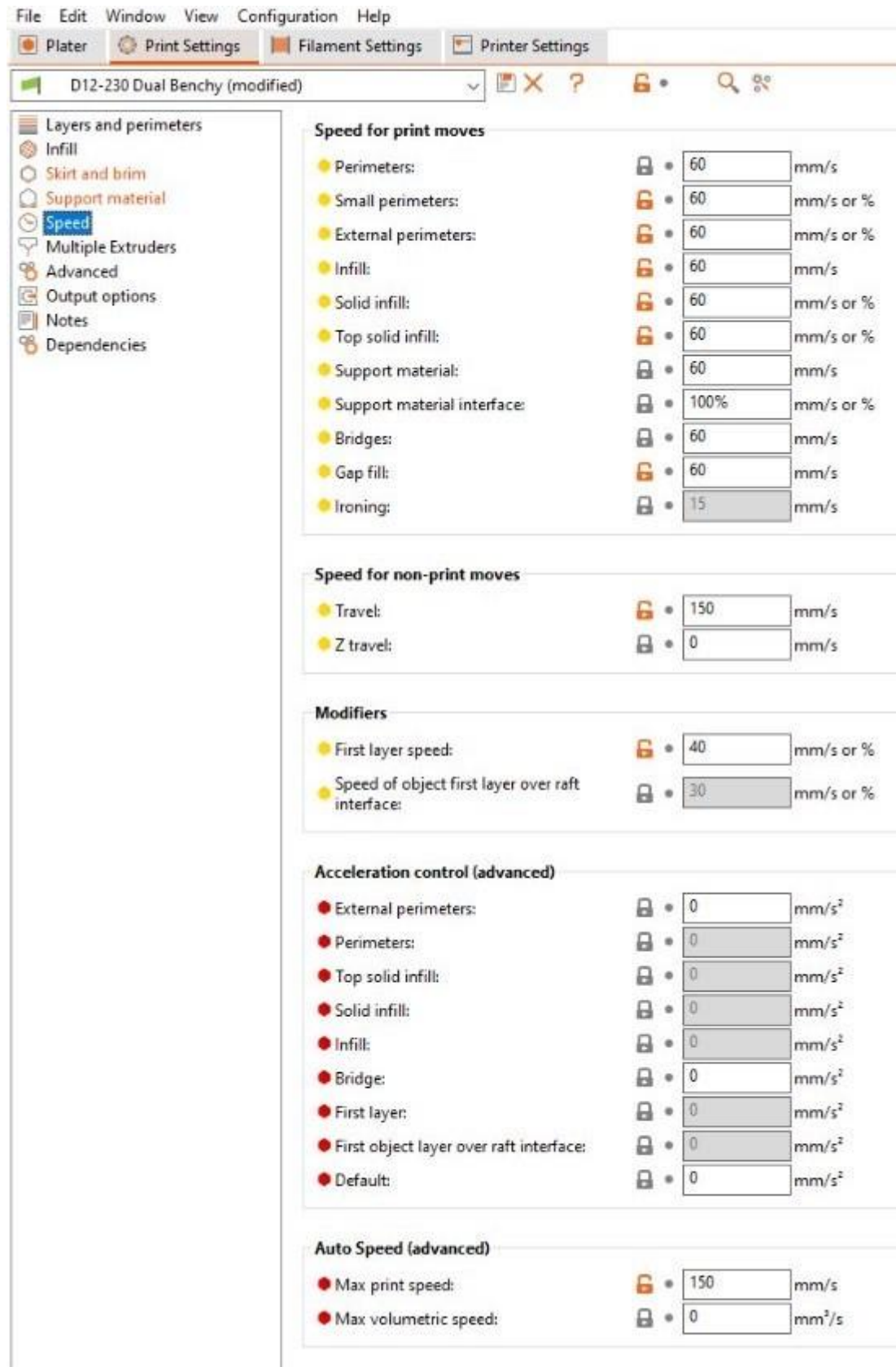
Εικόνα 119. Infill



Εικόνα 120. Skirt & brim



Εικόνα 121. Support material



Εικόνα 122. Speed. Το έχουμε ρυθμίσει με μια μέση ταχύτητα στα 60mm/s.

Για την κατασκευή των αρθρώσεων σε κλίμακα 1:1, έγινε χρήση του 3D printer “Wanhao Duplicator D12/230 - Dual Extruder”, διαστάσεων 230x230x250mm.

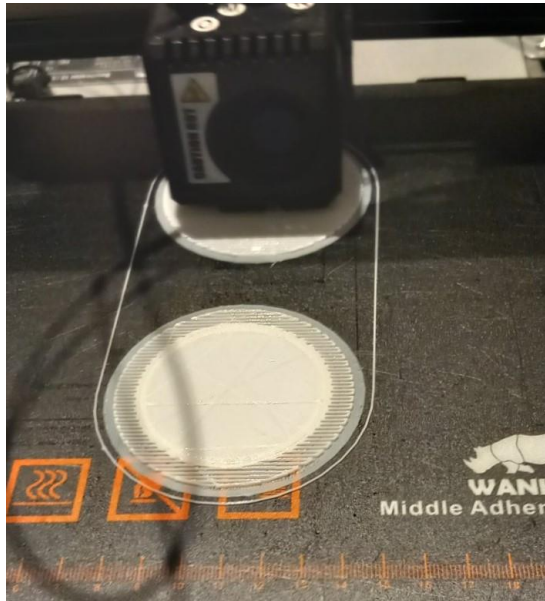


Εικόνα 123. 3D printer “Wanhao Duplicator D12/230 Πηγή : <https://topelectronics.gr/3d-printers-cnc/3d-printers/wanhao-duplicator-d12-230-dual-extruder-230230250mm/>



Εικόνα 124. Νήμα pla 1.75mm filament

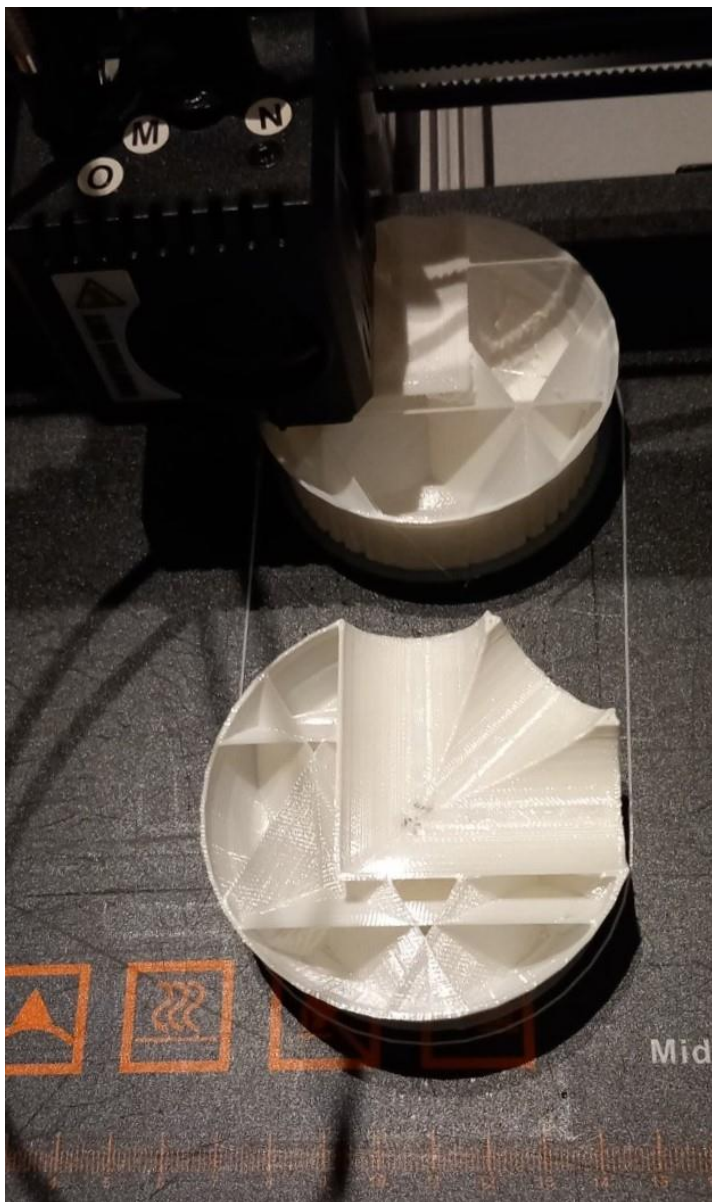
Στις φωτογραφίες βλέπουμε στιγμιότυπα από τη διαδικασία της εκτύπωσης, στα 3 στάδια που είδαμε προηγουμένως στο a Slicer. Για να ολοκληρωθεί, χρειάστηκαν 10 ώρες.



Εικόνα 125. Εκτύπωση 3d printing, βάση.



Εικόνα 126. Εκτύπωση 3d printing, βλέπουμε το infill.



Εικόνα 127. Εκτύπωση 3d printing, προς ολοκλήρωση.

Το αποτέλεσμα της εκτύπωσης.



Εικόνα 128. Σφαίρα 3D printed



Εικόνα 129. Το ημισφαίριο



Εικόνα 130. Εκτύπωση βάσης με 3 ρίπες από σύνδεσμο σε τυχαία θέση

Στο συνεχώς αναπτυσσόμενο κόσμο που ζούμε, οι αρχιτέκτονες επαναπροσδιορίζουν τα χωρικά συστήματα, συνδυάζοντας στοιχεία του παρελθόντος με αυτά του μέλλοντος. Η δομή και οι λειτουργίες στη φύση αποτελούν πηγή έμπνευσης τόσο στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, όσο και στην κατασκευή χωρικών εγκαταστάσεων. Με τη φράση «Form Follows Function», η μορφή ακολουθεί τη λειτουργία ενώ με τη βιομιμητική, εμπνεόμαστε, μελετάμε και μιμούμαστε στοιχεία της φύσης.

Ο ναυτίλος αποτελεί την απαρχή του σχεδιασμού, τόσο στη λειτουργία του, όσο και στη δομή και μορφολογία του, καθώς η ισογώνια σπείρα αποτελεί τη γενέτερια σπείρα του σχεδιασμού του pavilion. Ο σχεδιασμός γίνεται με τη χρήση των εργαλείων του παραμετρικού σχεδιασμού Rhino – Grasshopper. Η νέα πραγματικότητα δίνει στον αρχιτέκτονα ψηφιακά εργαλεία σχεδιασμού και κατασκευής.

Η πολυτοπικότητα της κατασκευής προσδίδει στη χωρική εγκατάσταση ευελιξία και προσαρμοστικότητα. Αυτό συνεπάγεται ότι προσαρμόζεται στις ανάγκες της εκάστοτε περιοχής που τοποθετείται και δεν αλλοιώνει το φυσικό περιβάλλον.

Η δομή του pavilion ακολουθεί ένα πλέγμα χωροδικτυώματος, προκειμένου να εξασφαλιστεί η απαραίτητη δομική σταθερότητά του. Τα στοιχεία πλήρωσης αποτελούν τα πανέλα. Συνεπώς, οι διαγώνιοι σωλήνες είναι ο φορέας στήριξης των κινητικών πανέλων.

Οι μεταλλικοί σωλήνες και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεσή τους είναι συγκεκριμένα και η συνδεσμολογία τους ορισμένη. Το ταχύ σύστημα του μπορεί γρήγορα να προσαρμοστεί και να εγκατασταθεί στο εκάστοτε περιβάλλον, είναι δυναμικό και ευέλικτο. Η αισθητική της προβολής του εξωσκελετού γενικεύεται με μια ευρύτερη αποδοχή της αρχιτεκτονικής και της αισθητικής που επιλέγει να προβάλλει τον φέροντα οργανισμό και τα εξαρτήματα της.

Τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας αναδεικνύουν τις δυνατότητες που προκύπτουν από της εφαρμογή της υπολογιστικής λογικής στο σχεδιασμό. Είναι σημαντικό η διαδικασία του σχεδιασμού να ενσωματώνει αναλογικά και ψηφιακά εργαλεία και να ενισχύει τη σχέση μεταξύ των φυσικών μοντέλων και των ψηφιακών αλγοριθμικών διαδικασιών σχεδιασμού.

Η πρακτική εμπειρία με την κατασκευή μακέτας, αναδεικνύει τους φυσικούς περιορισμούς και δυνατότες των υλικών και επιπλέον βοηθά στην εύρεση της μορφής, καθώς είναι εύκολο να εντοπίσει κανείς δυσκολίες που στο ψηφιακό μοντέλο δεν διακρίνονται. Μέσω των δοκιμών κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, αναπτύσσονται νέες μεθοδολογίες, που προκύπτουν και από τις δυνατότητες του παραμετρικού σχεδιασμού (αλλαγή ποσοτικών παραμέτρων) αλλά και έπειτα από τον πειραματισμό με μακέτες και με υλικότητες, ώστε να γίνεται άμεσα αντιληπτό τι λειτουργεί και με ποιο τρόπο.

Αναπτύσσονται λοιπόν, μεθοδολογικά εργαλεία για τον σχεδιασμό και την κατασκευή, κατανοώντας τη σχέση μεταξύ μορφής και η δομική συμπεριφοράς, προσδίδοντας νέες αρχιτεκτονικές κατασκευαστικές λύσεις. Θα χαρακτηρίζαμε την εμπειρική πρακτική αναγκαία, τόσο στην αρχιτεκτονική σύνθεση όσο και στην κατασκευή του φυσικού μοντέλου - μακέτας.

Τα ψηφιακά εργαλεία και ο συνεχής πειραματισμός με μορφολογίες και υλικά, μπορούν να εξελίσσουν το σχεδιασμό και την κατασκευή και να δώσουν τη βέλτιστη λύση (optimization) σε σχεδιαστικές και κατασκευαστικές δυσκολίες.

Τέλος, η μελέτη των φυσικών μορφών, η εξοικείωση με τα ψηφιακά εργαλεία σχεδιασμού και ο πειραματισμός με τα υλικά και τις δυνατότητες της κατασκευής με σύγχρονες και μη συμβατικές μεθόδους, αποτελούν στοιχεία και αποκτήματα της διπλωματικής εργασίας.

Πρόκληση αποτελεί η εξέλιξη της μελέτης και εφαρμογής του συνόλου του pavilion, επιλύοντας το μηχανικό κομμάτι που αφορά στη μετάδοση της κίνησης, στην τοποθέτηση αισθητήρων και μοτέρ, καλωδιώσεις κλπ και τέλος τον κώδικα λειτουργίας επί του συνόλου.

Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης του τεύχους, αναφέρονται συχνά κάποιοι όροι, γι' αυτό και αποσαφηνίζονται παρακάτω.

Δομή : η εσωτερική διάρθρωση ενός συνόλου, η οποία συνδέει τα επί μέρους όμοια ή μη στοιχεία ενός συνόλου ή συστήματος· ο τρόπος με τον οποίο είναι δομημένο (“Λεξικό της κοινής νεοελληνικής” n.d.).

Πλέγμα : κατασκευή δικτυωτού σχήματος (δίκτυο) από διάφορα υλικά, όπως νήμα, μέταλλο, σύρμα, που διασταυρώνονται συνήθως κάθετα, ώστε να αφήνουν διάκενα (μικρά ή μεγαλύτερα, αναλόγως με τη χρήση) (“Λεξικό της κοινής νεοελληνικής,” n.d.).

Σκελετός : το τμήμα στήριξης μιας κατασκευής, ο φέρων οργανισμός. (“Λεξικό της κοινής νεοελληνικής,” n.d.).

(χωρο)Δικτύωμα : ένας δικτυωτός φορέας ο οποίος δημιουργείται από ένα σύμπλεγμα κόμβων και ράβδων.

Σπείρα : η καμπύλη γραμμή που γράφει ένα σημείο καθώς περιστρέφεται γύρω από ένα άλλο σταθερό σημείο και συγχρόνως απομακρύνεται από αυτό

Α. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ & ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ _____

- Ανάπτυξη & μορφή στο φυσικό κόσμο, D' Arcy W. Thompson, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- Geometric principles in Generative Design, Nikolaos Kourniatis, Εκδόσεις Τζιόλα
- Ελαφριές κατασκευές. Βιομιμητικές - Εφήμερες - Ψηφιακές. Δημήτρης Αντωνίου - Γιώργος Δημόπουλος - Δημήτρης Κονταξάκης - Ιωάννα Συμεωνίδου, Νίκος Τσινίκας. University Studio Press
- Χαραλαμπίδης Αριστοτέλης, Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π., MSc/DIC, PhD. Τεχνική Μηχανική - Δικτυωτοί φορείς (Δικτυώματα)
- Cook, Theodore Andrea. Spirals in Nature and Art; a Study of Spiral Formations Based on the Manuscripts of Leonardo Da Vinci, with Special Reference to the Architecture of the Open Staircase at Blois, in Touraine, Now for the First Time Shown to Be from His Designs. London, J. Murray, 1903.
Πηγή :<http://archive.org/details/spiralsinnaturea00cook>
- Γαλβανισμένη κατασκευή Σκαλωσιά με διάτρητη σκάλα. (2020)
Πηγή : www.scaffoldgfdg.com/ladder/galvanized-construction-scaffolding-punched.html
- Λεξικό της κοινής νεοελληνικής.
Πηγή : www.greek-language.gr/greekLang/modern_greek/tools/lexica/triantafyllides/search.html?lq=
- Σφράγιση χύτευσης δακτυλίου Αξεσουάρ σκαλωσιάς Rosette. (2020)
Πηγή : www.gr.scaffoldgfdg.com/ringlock-system/ringlock-scaffolding-rosette.html
- Spiraxonia Isogonia.
Πηγή : http://www.metafysica.nl/turing/spiraxonia_3.html.

- The Horizontal Coordinate System.

Πηγή : <https://www.timeanddate.com/astronomy/horizontal-coordinate-system.html>.

- TiSoft - Απόσταση Μεταξύ Σειρών Για Την Αποφυγή Σκιασμού

Πηγή : <https://www.ti-soft.com/el/support/help/electricaldesign/project/parameters/solar/pv-array-parameters/row-row-spacing>

- TiSoft - Διάγραμμα Ηλιακής Τροχιάς

Πηγή : <https://www.ti-soft.com/el/support/help/electricaldesign/project/parameters/solar/pv-array-parameters/solar-altitude-diagram>.

- Ναυτίλος (ζωολογία) - Κάμβρια περίοδος

Πηγή : <https://el.wikipedia.org/w/index.php?title>.

- Λογαριθμική σπείρα. – Maths,” December 30, 2017

Πηγή : <https://esiros.sites.sch.gr/wordpress/?p=2294>

- Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΧΥΛΙ.

Πηγή : <https://www.politeianet.gr/books/9789605184896-o-anthropos-kai-to-kochuli-181532>.

- ΣΠΕΙΡΕΣ, ΠΑΝΟΥ, ΣΟΦΙΑ. 30/05/2008

Πηγή : https://sp-naturalsciences.blogspot.com/2008/05/blog-post_30.html (n.d.).

- ΣΥΝΟΜΟΤΑΞΙΑ ΜΑΛΑΚΙΑ

Πηγή : <http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg320y/Molluska.htm>.

- “Noun Project” (graphics)

Πηγή : www.thenounproject.com

- SatLex Digital

Πηγή : https://satlex.de/el/azel_calc-params-pr.html?satlo=13.0&user_satlo=&user_satlo_dir=E&location=36.95%2C26.98&la=36.95&lo=26.98&country_code=gr&diam_w=75&diam_h=80

- Ανατολή και Δύση στη Κάλυμνο

Πηγή : <https://el.meteotrend.com/sunrise-sunset/gr/kalymnos/>

- Wanhao Duplicator D12/230 - Dual Extruder - 230*230*250mm.”

Πηγή : <https://topelectronics.gr/3d-printers-cnc/3d-printers/wanhao-duplicator-d12-230-dual-extruder-230230250mm/>

- “Λογαριθμική σπείρα”, GeoGebra

Πηγή : <https://www.geogebra.org/m/pd99zKUu>

- Χωροδικτύωματα

Πηγή : <https://www.gkinis.com/>

