

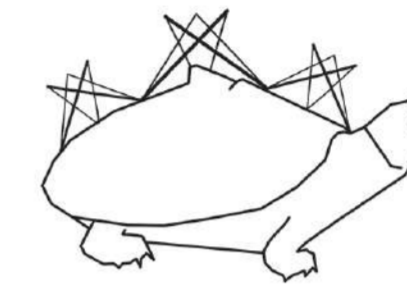
TENTORIA

ΠΤΥΣΣΟΜΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ
ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΤΟΠΙΟ

Γεωργουλοπούλου Μαριάνα | Γιαννακούλια Ελένη

“ΤΕΝΤΟΡΙΑ”

ΠΤΥΣΣΟΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ
ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΤΟΠΙΟ



Φοιτήτριες:

Γεωργουλοπούλου Μαριάννα
Γιαννακούλια Ελένα

Επιβλέπων:

Βασιλάτος Παναγιώτης

Σύμβουλος:

Μιλτιάδου Ανδρονίκη

20 / 3 / 2019

Περίληψη

Ορμώμενες από την ανάγκη για μελέτη μιας αυτόνομης μονάδας στο φυσικό τοπίο, που να εξυπηρετεί άτομα ή ομάδες, οδηγηθήκαμε στη μελέτη των μεταβαλλόμενων κατασκευών. Ιστορικά η χρήση τέτοιων δομών διαρθρώθηκε σε τρεις περιόδους: την προϊστορική εποχή, την δεκαετία των 60s και 70s και το σήμερα. Μέσω της έρευνας οργανώσαμε τις μεταβαλλόμενες κατασκευές σε τρεις βασικές κατηγορίες με βάση τη μορφή τους, και παράλληλα επιλέξαμε να μελετήσουμε τη γεωμετρία των υπερβολοειδών επιφανειών. Η σύμπτυξη αυτών των δύο συστημάτων μας οδήγησε σε μορφές που ανοιγοκλείνουν οργανικά και στην επιλογή της μονάδας μας, το τριγωνικό υπερβολοειδές. Στη συνέχεια, πειραματιστήκαμε με την επανάληψη και τροποποίηση αυτής της μορφής, για τη παραγωγή πιο σύνθετων δομών. Ορίσαμε ως χρήστες τα παιδιά και ξεκινήσαμε να διαστασιολογούμε τη κατασκευή, να επιλέγουμε τα υλικά της και να βρίσκουμε το τρόπο πλήρωσης και σταθεροποίησης της. Η έρευνα επεκτάθηκε στη επίλυση των κόμβων, που θα επέτρεπαν την πολυπλοκότητα κινήσεων των κατασκευών αυτών και την ένωση πολλών μονάδων μεταξύ τους. Η διπλωματική ολοκληρώθηκε με την υλοποίηση του προπλάσματος της μονάδας σε πραγματική κλίμακα με συμβατικά υλικά.

Abstract

The present thesis started with the desire to develop an independent unit close to the human scale, for groups or individuals that travel or stay in the natural environment. At the beginning, the historical use of structural folding systems is analyzed in three main sections: the prehistorical times, the decades of 60s and 70s and the present times. Afterwards, we organize deployable structures in three main typologies according to form and analyze the geometry of doubly ruled hyperboloids. By combining the mechanism of scissor-hinge structures with the hyperboloid geometry we find that all the produced forms can open and close. We use the triangular hyperboloid as our unit and explore the different combinations of the same unit, to create complex forms. We then choose children to be our users and begin to set dimensions, choose materials and explore ways to cover and stabilize the different forms and structures. We move on to the design of the knots and hinges in a way that allows all kinds of movements that these forms, as well as their combinations, need in order to function properly. The thesis is completed with the construction of a unit in 1:1 scale with conventional materials.

Περιεχόμενα

1 | ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΕΡΕΥΝΑ

- 1.1. Προθέσεις- στόχοι.....10-11
- 1.2. Ιστορικά.....12-15
- 1.3. Ανάλυση μεταβαλλόμενων
κατασκευών.....16-17
- 1.4. Ανάλυση αρχιτεκτόνων-
μηχανικών.....18-21
- 1.5. Ανάλυση υπερβολοειδής
γεωμετρίας.....22-23

2 | ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

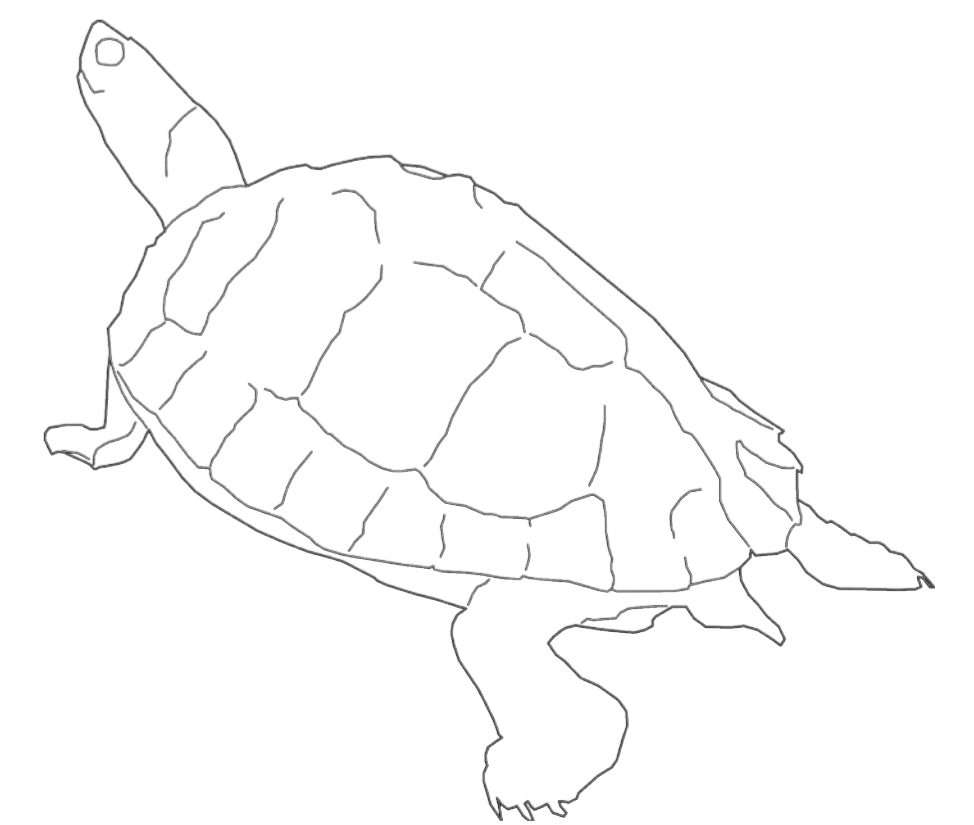
- 2.1. Επιλογή μονάδας.....24-25
- 2.2. Επανάληψη μονάδας.....26-27
- 2.3. Τροποποίηση μονάδας.....28
- 2.4. Εναλλακτικές χρήσεις.....29-31
- 2.5. Ορισμός μεγεθών μονάδας.....32
- 2.6. Σταθεροποίηση μονάδας.....33-35
- 2.7. Επιλογή υλικών.....36-37
- ΣΧΕΔΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ.....38-41**
- 2.8. Δοκιμές κόμβων.....42-47
- ΣΧΕΔΙΑ ΚΟΜΒΩΝ.....48-55**
- ΣΧΕΔΙΑ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ..56-59**

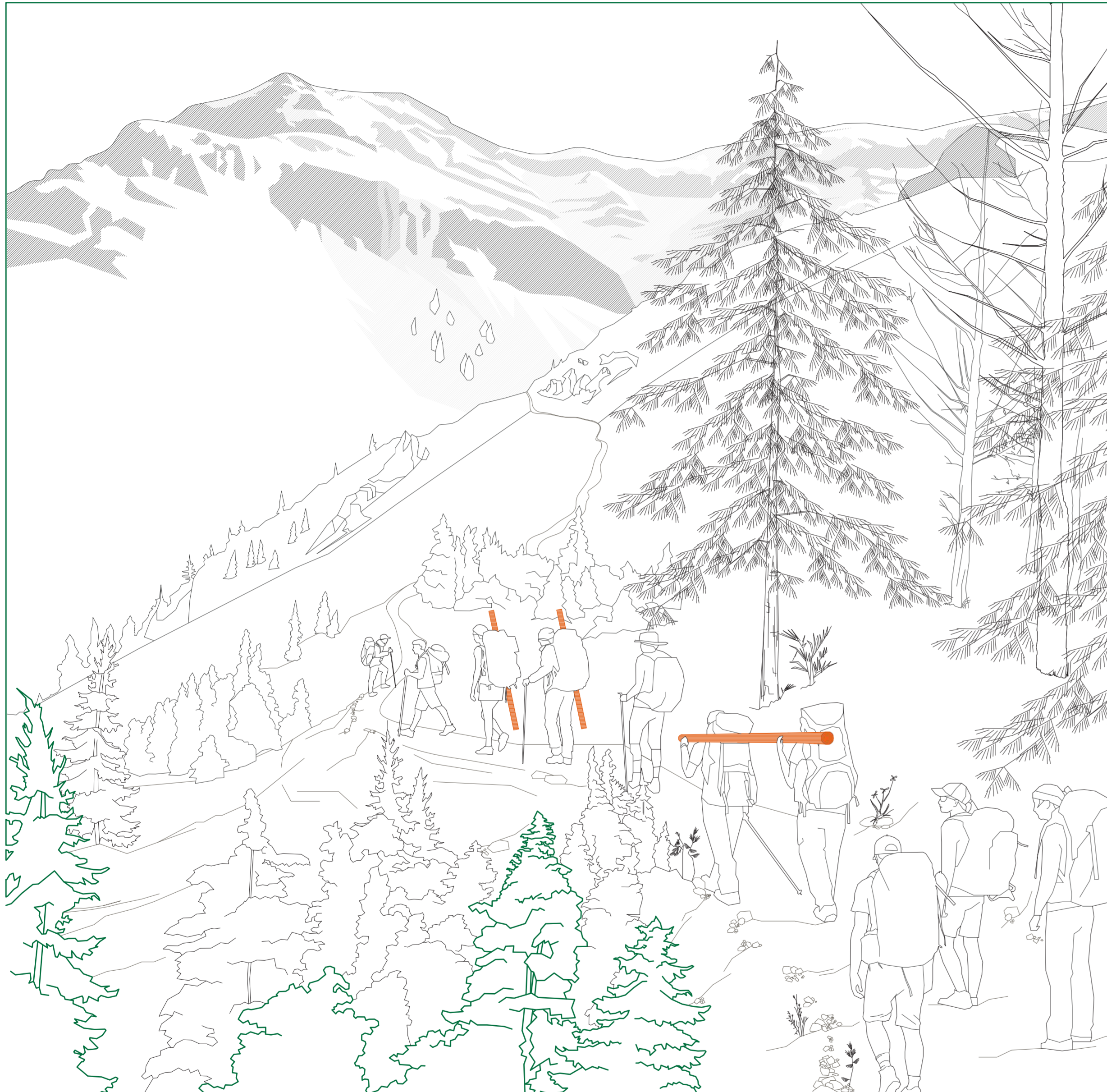
3 | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

- 3.1. Κατασκευή προπλασμάτων.....60-71

1 | ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΕΡΕΥΝΑ

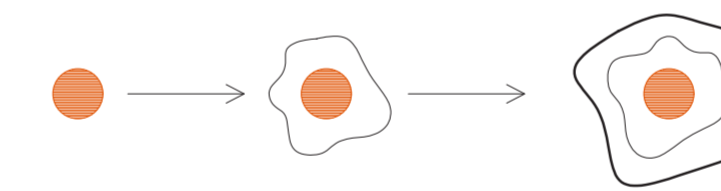
Η παρούσα διπλωματική ξεκίνησε από την επιθυμία μας να μελετήσουμε οικοδομικά μια μεταβαλλόμενη κατασκευή. Η μελέτη μας έχει ερευνητικό χαρακτήρα και εξελίσσεται με βάση παραμέτρους και προσωπικές αποφάσεις που θέτουμε σε όλη τη πορεία του έργου.



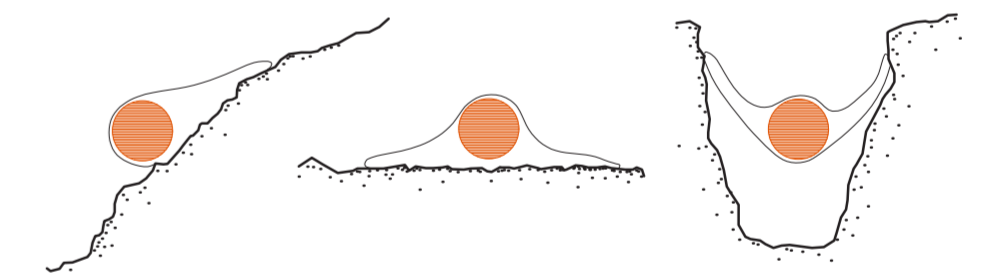


1.1. Προθέσεις - Στόχοι

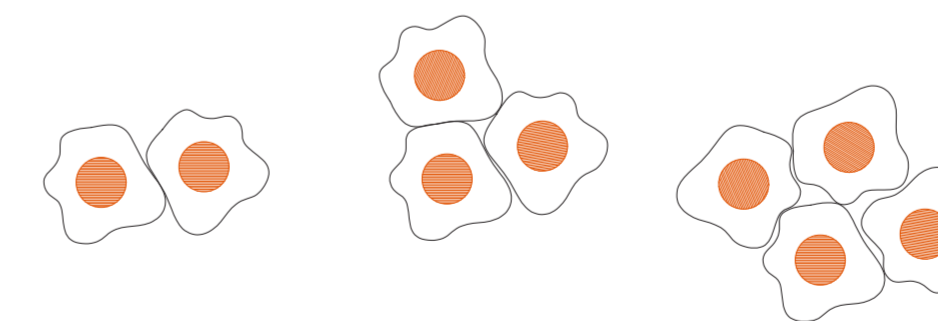
Πρωταρχική μας σκέψη ήταν η τοποθέτηση αυτής της κατασκευής στο φυσικό τοπίο, και πιο συγκεκριμένα στο βουνό. Βασική μας επιθυμία ήταν να εξυπηρετεί άτομα και ομάδες που δραστηριοποιούνται στο φυσικό περιβάλλον και άρα να φιλοξενεί διαμονή και συλλογικές δραστηριότητες. Για την επίτευξη αυτών των προθέσεων το βάρος της θα έπρεπε να είναι χαμηλό, τόσο ώστε να μεταφέρεται εύκολα από ένα ή δύο άτομα και το μέγεθος της αρκετά μικρό. Επιπλέον, η κατασκευή αυτή θέλαμε να αποτελεί μια μονάδα που λειτουργεί αυτόνομα και μπορεί, είτε μόνη της να πάρει διαφορετικές μορφές, είτε σε συνδυασμό με όμοιες της να παράγει μεγαλύτερες δομές. Μέσω της επιλογής του χαρακτήρα του τοπίο ήταν απαραίτητο η κατασκευή αυτή να έχει τη ικανότητα να προσαρμόζεται σε διαφορετικές κλίσεις εδάφους.



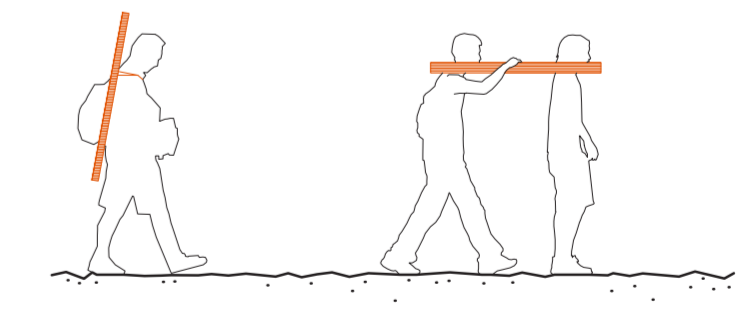
μονάδα που ανοίγει σε εναλλακτικές θέσεις



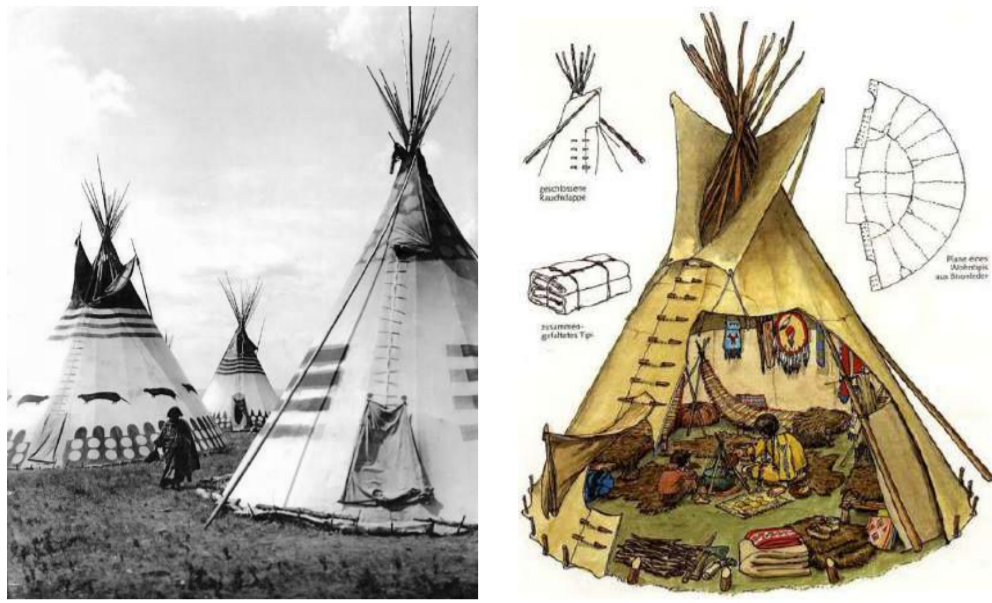
προσαρμογή στο έδαφος



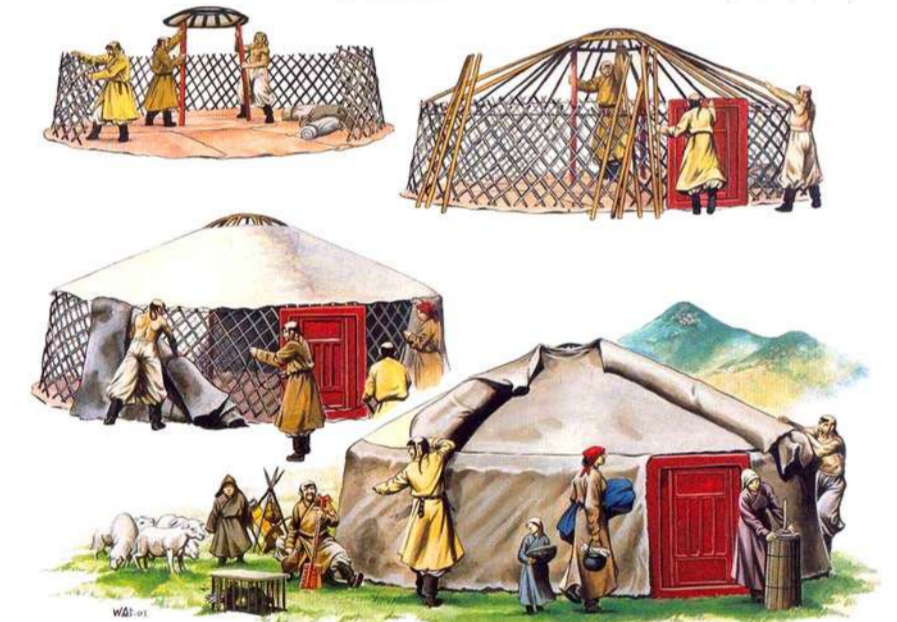
συνδυασμός πολλών μονάδων μεταξύ τους



μεταφορά από 1 ή 2 άτομα



ΒΟΡΕΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ "Teepees"



ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΣΙΑ "Yurt"



ΑΦΡΙΚΗ
"Berber/ σκηνή
Βεδουίνων"

1.2. Ιστορικά

450 π.Χ.

Με βάση τους αρχικούς αυτούς στόχους, οδηγηθήκαμε στη μελέτη των μεταβαλλόμενων κατασκευών.

Η σκηνές θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι είναι το αρχαιότερο παράδειγμα πτυσσόμενων κατασκευών. Λόγω του μικρού τους βάρους μεταφέρονταν εύκολα από ζώα και μπορούσαν να στηθούν μέσα σε λίγη ώρα χάρη στο ιδιαίτερο δομικό τους σύστημα. Οι πρώτες σκηνές εντοπίστηκαν χρονολογικά το 40.000 π.Χ. στη Μολδαβία. Ήταν κυκλικές και απευθύνονταν σε νομαδικές φυλές. Αντίστοιχα παραδείγματα, γνωστά σε όλους, είναι τα "teepees", τα "yurt", και οι σκηνές των Βεδουίνων.

Τα "teepees" χρησιμοποιούνταν από ιθαγενείς της Βόρειας Αμερικής και των Μεγάλων πεδιάδων. Κατασκευάζονταν από δέρματα ζώων τα οποία τεντώνονταν συνήθως πάνω σε 16 με 18 στρογγυλεμένους ξύλινους στύλους κατάλληλα τοποθετημένους έτσι ώστε να σχηματίζουν κώνο. Χαρακτηριστικό ήταν ότι η καλύβα στην κορυφή του κώνου είχε τρύπα για να αποβάλλει το καπνό. Παράλληλα μέσω του τεχνάσματος αυτού η θερμοκρασία στο εσωτερικό της έμενε σχετικά σταθερή ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες.

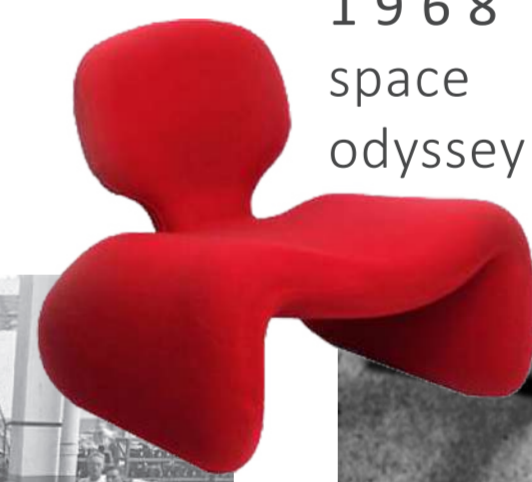
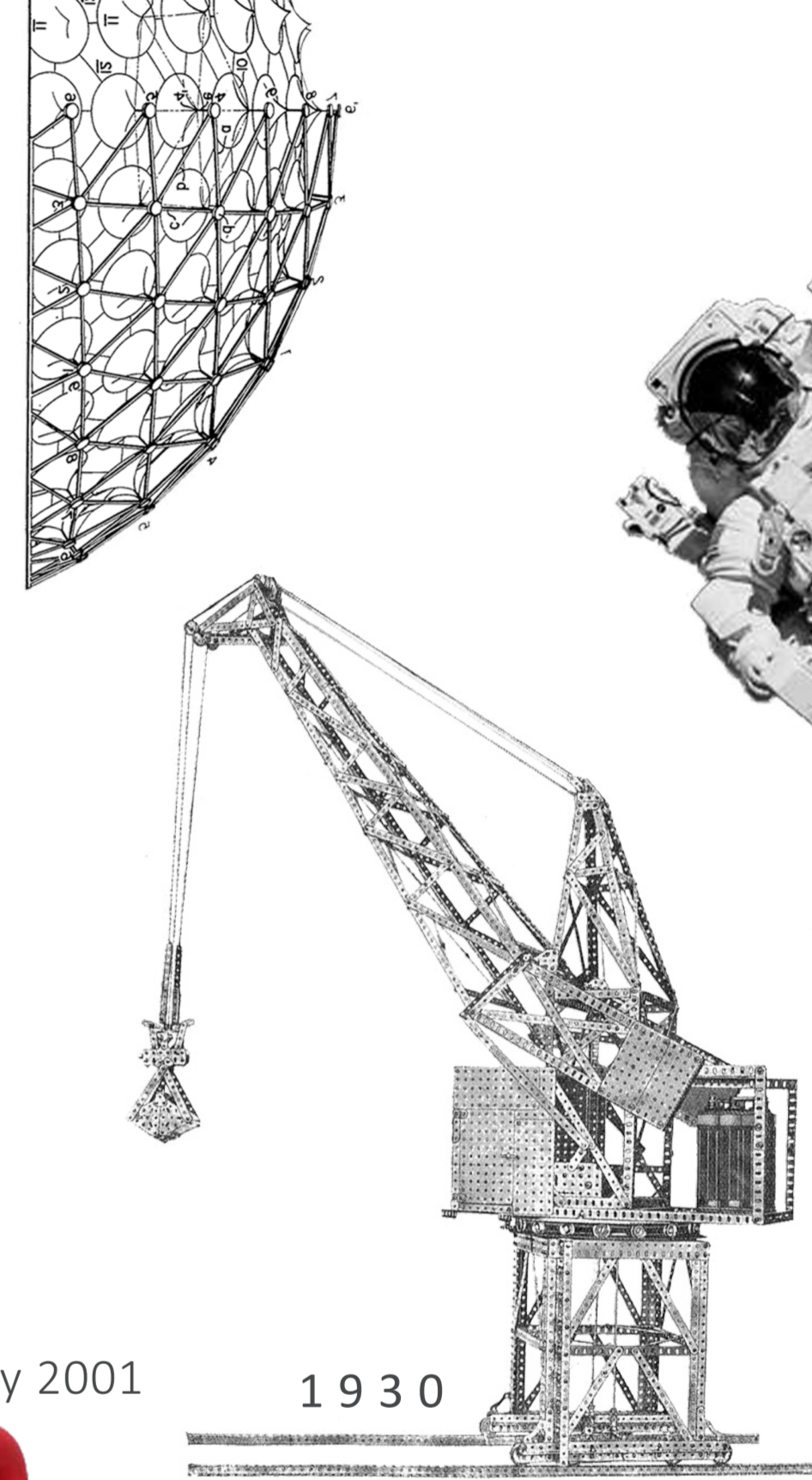
Τα "yurt" χρησιμοποιούνταν από νομαδικές φυλές στις στέπες της Κεντρικής Ασίας. Ήταν στρογγυλές καλύβες οι οποίες αποτελούνταν από έναν ψαλιδωτό σκελετό, από το πλαίσιο της οροφής και τους ορθοστάτες που στήριζαν το πλαίσιο. Τα στοιχεία αυτά ήταν ξύλινα ή από μπαμπού και καλύπτονταν από μάλλινη τσόχα ή από δέρματα ζώων. Η εξωτερική επένδυση συγκρατούσε ολόκληρη την κατασκευή και διατηρούσε το εσωτερικό της αρκετά δροσερό κατά τους θερινούς μήνες. Ο μέσος όρος στησίματος ολόκληρης της κατασκευής ήταν περίπου 2 ώρες.

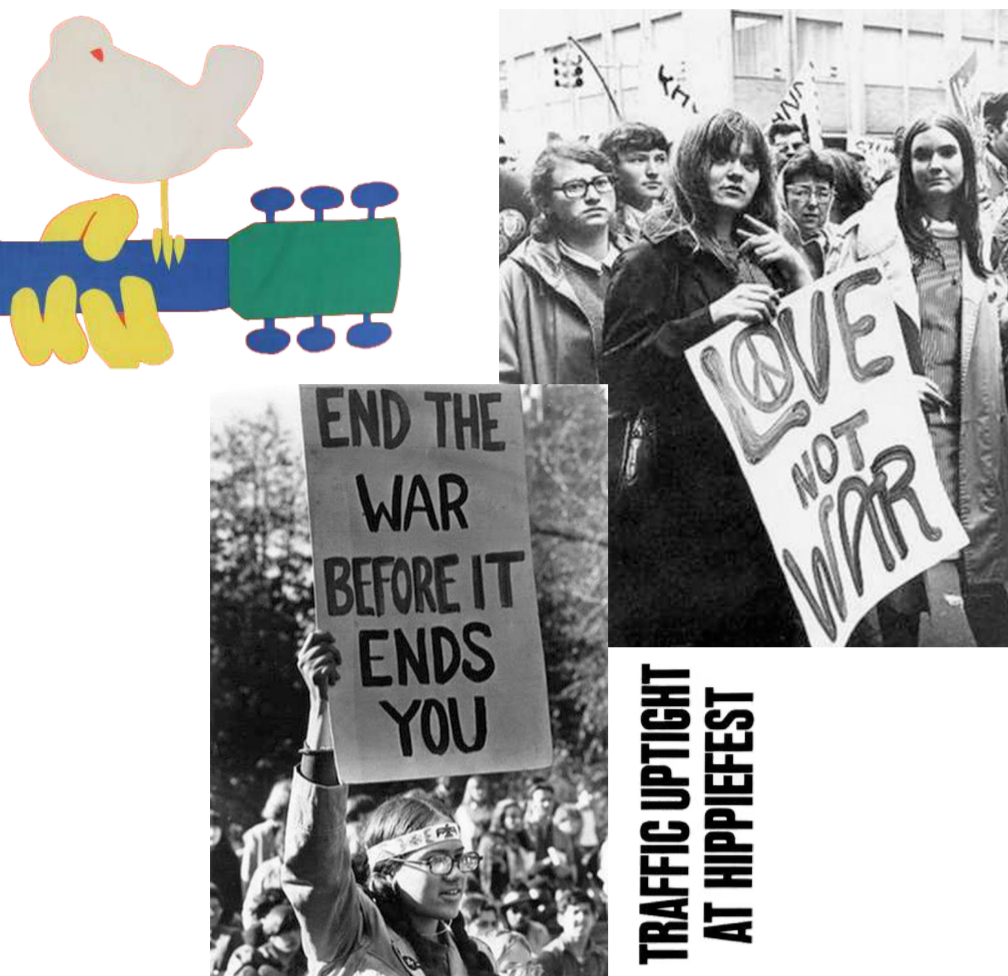
Οι σκηνές των Βεδουίνων είναι ο πρόγονος των εφελκόμενων κατασκευών. Ήταν ορθογώνιες δομές από ξύλινους πόλους που στηρίζονταν από μάλλινο πανί που εφελκυόταν για να συγκρατήσει την κατασκευή.

1960

Η μελέτη των μεταβαλλόμενων κατασκευών ξεκίνησε μετά τη βιομηχανική επανάσταση και κορυφώθηκε τις δεκαετίες των 60s και 70s. Η εποχή αυτή εισάγει τη τυποποίηση, τη μαζική παραγωγή, τη χρήση του μετάλλου ως οικοδομικό υλικό και τη ανάπτυξη νέων τεχνολογιών. Παράλληλα, εξελίξεις υπήρχαν και στην αεροπορική βιομηχανία, με τη μαζική παραγωγή σε τηλεσκόπια, δορυφόρους, διαστημόπλοια και το πρώτο ανθρώπινο ταξίδι στο διάστημα το 1961.

Η πρώτη εμφάνιση πτυσσόμενων κατασκευών μεγάλης κλίμακας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι είχε γίνει ήδη από το 1930 με τους πρώτους γερανούς, γνωστούς ως πτυσσόμενα φορτηγά, που χρησιμοποιούσαν για οδηγούς ράγες. Το 1950 η πρώτη σκηνή αναψυχής έκανε την εμφάνιση της στην Αμερική από την εταιρία "Eureka! Tent Company" και ο γεωδαιτικός θόλος, του εφευρέτη και ακτιβιστή, Richard Buckminster Fuller έλαβε διεθνή αναγνώριση. Η πρώτη πτυσσόμενη οροφή μεγάλου εύρους κατασκευάστηκε το 1961 για το Pittsburg Civic Arena, αλλά κατεδαφίστηκε το 2010.





1968 : Steve Baer
“Dome Cookbook”



1968 : Stewart Brand
“Whole Earth Catalog”



Παράλληλα την εικόνα αυτή πλαισιώνουν κάποιες κοινωνικές συνθήκες. Με το πόλεμο στο Βιετνάμ, γεννιέται στην Αμερική το κίνημα των χίπις (hippies). Οι αρχές του κινήματος αυτού είναι η απελευθέρωση της κοινωνίας, η σεξουαλική επανάσταση, η αμφισβήτηση αρχών και κυβερνήσεων, η απαίτηση για περισσότερη ελευθερία, και τα ισότιμα δικαιώματα γυναικών και μειονοτήτας.

Τα μέλη του κινήματος οργανώνονταν σε συλλογικότητες που δημιουργούσαν μικρές οικοκοινότητες. Συχνά αυτό εκφράζονταν μέσα από δομές στην εξοχή για καλλιτεχνικά δρώμενα και συζητήσεις.

Παράλληλα, αναπτύσσεται σταδιακά η κουλτούρα του DIY, (Do It Yourself) με τη λογική τυποποίησης βασικών κατασκευών και τη χρήση οικολογικών φθηνών υλικών. Πολλές κατασκευές μπαίνουν πλέον σε οδηγούς έτσι ώστε να μπορούν να κατασκευαστούν από οποιονδήποτε, οπουδήποτε.

Η πρώτη “hippie commune”, λέγεται ότι βρισκόνταν στο Κολοράντο το 1965 με 1970 και ονομάζονταν “Drop city”. Το πρότυπο κατασκευής των θόλων είναι γνωστό ότι δώθηκε στην κοινότητα από τον Buckminster Fuller.



1965
COLORADO
“Drop City”

2000 - σήμερα

Η πιο οικεία έκφραση των μεταβαλλόμενων κατασκευών, την οποία όλοι έχουμε συναρμολογήσει και χρησιμοποιήσει είναι οι σημερινές σκηνές του κάμπινγκ.

Το κάμπινγκ, και συνεπώς, οι σκηνές, είναι σήμερα ένα μέσω προσωρινής διαμονής που πολύ λάτρευσε της φύσης επιλέγουν για τις διακοπές τους. Η ανάπτυξη αυτού του είδους παραθέρισης έχει επιφέρει την ανάπτυξη αυτών των δομών ως προς τη μορφή, το βάρος, την ευελιξία. Πλέον υπάρχουν σκηνές που κρέμονται από τα δέντρα από 1, 2 ή και 3 σημεία, που ανοίγουν αυτόματα σε δευτερόλεπτα, που φουσκώνουν ή που μαζεύουν σε πολύ μικρά μεγέθη.

Μια αντίστοιχη οικοκοινότητα με αυτή των hippies θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι είναι το Τελέθριον project στην Έυβοια.

Επιπλέον παραδείγματα:

- 1900-1938: Tent City- COLORADO, ΑΜΕΡΙΚΗ
- 1971: Instant City- ΙΣΠΑΝΙΑ
- 1974: Kan Isaaca - Instant House
- 2012: Lydia Kallipoliti- EcoRedux καλλιτεχνική ομάδα N55- Κοπενχάγη, ΟΛΛΑΝΔΙΑ

2009 - ΣΗΜΕΡΑ : ΕΥΒΟΙΑ
“Τελέθριον project”



1998 : Dre Wapenaar
“Drop tree tent”



2010 : Alex Shirley-Smith
“Tensile tree tent”



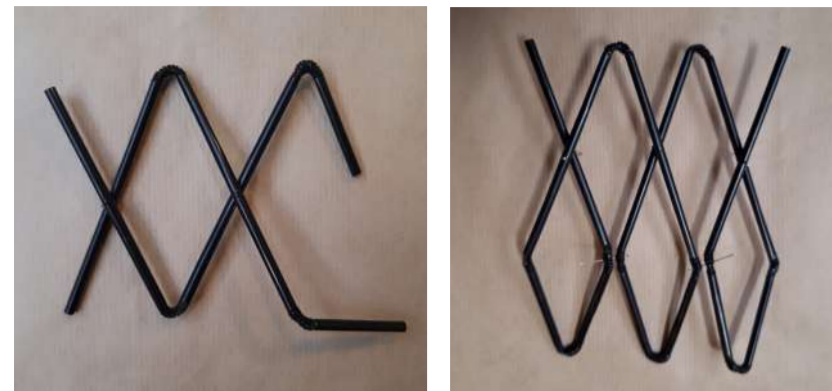
1.3. Ανάλυση μεταβαλλόμενων κατασκευών

Στη συνέχεια έγινε μια ανάλυση των κατηγοριών των μεταβαλλόμενων κατασκευών με βάση τη μορφή τους. Μέσα από την έρευνα μας ξεχωρίσαμε τρεις βασικές κατηγορίες: (1) τις κατασκευές που αποτελούνται από μηχανισμούς με άκαμπτα δομικά στοιχεία, (2) τις κατασκευές με μεταβαλλόμενη συνολική φόρμα και (3) τις κατασκευές που αποτελούνται από ελαστικά μέλη.¹

Στη πρώτη κατηγορία των άκαμπτων μελών(1) περιλαμβάνονται τα ψαλιδωτά συστήματα, από τα οποία η απλούστερη μορφή είναι δύο μπάρες συνδεδεμένες μεταξύ τους με άρθρωση και ισομπαγείς αναδιπλωμένες επιφάνειες, με τα γνωστά από την ιαπωνική τέχνη origami και την ιαπωνική αρχιτεκτονική shoji screens (ανοιγώμενα συρόμενα κατακόρυφα πανέλα). Σε αυτή την κατηγορία η διαδικασία ανοίγματος και κλεισίματος είναι απόλυτα ελεγχόμενη και η κατασκευή παραμένει σταθερή σε όλα τα ενδιάμεσα στάδια. Οι κατασκευές τέτοιου είδους έχουν τις περισσότερες εφαρμογές στην αρχιτεκτονική και θεωρείται ότι έχουν τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Η δεύτερη κατηγορία της ευέλικτης-ελαστικής φόρμας(2) αποτελείται κυρίως από πλέγματα και δίχτυα, υφάσματα και φουσκωτά. Τα φουσκωτά είναι άμεσα ισοδύναμα με τη ευελιξία και παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα, εξαιρετικά γρήγορο άνοιγμα και είναι πολύ ελαφριά. Μια συνοπτική ιστορική χρήση τους θα μπορούσε να είναι: το 19ο αιώνα με τα πρώτα αερόστατα (Bartolomeu de Gusmao, Montgolfier brothers), τον 20ο αιώνα με τα ζεπέλινγκ και τα προσωρινά καταλύματα από νάιλον που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του 2ου παγκόσμιου πολέμου. Η πρώτη ιστορική μελέτη πάνω στα φουσκωτά έγινε από το αρχιτέκτονα Frei Otto το 1960. Σε αυτή τη κατηγορία έχουμε τοποθετήσει και τα tensegrity, ένα σύστημα με εφευρέτη τον Richard Buckminster Fuller, που έχει τη λογική ότι τα σταθερά στοιχεία ενώνονται μεταξύ τους με ελαστικά μέλη, κάνοντας το σύνολο της κατασκευής αρκετά εύκαμπτο.

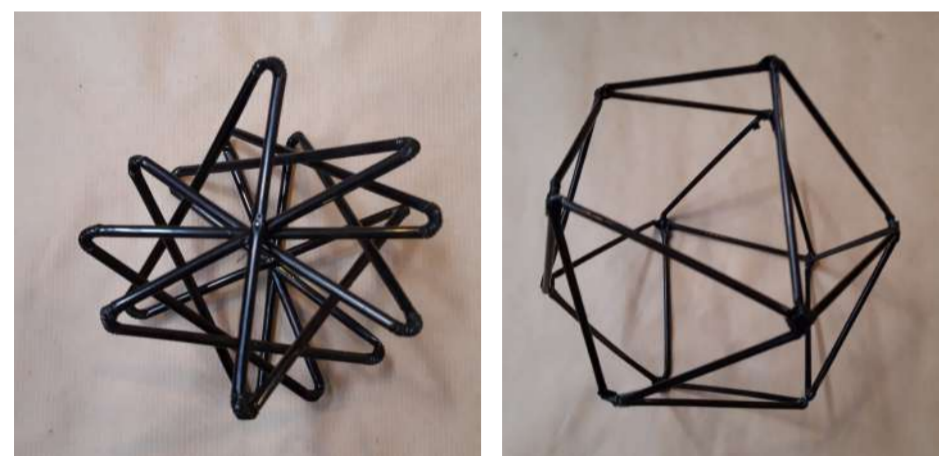
γραμμική έκταση



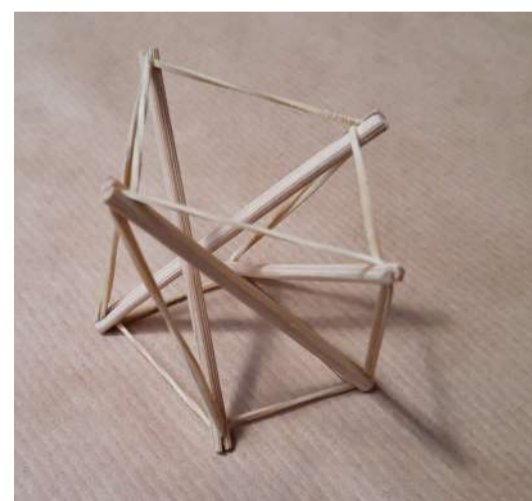
ακτινωτή έκταση



περιστροφή



tensegrity



Πηγές:

1. Esther Rivas Adrover, "Deployable Structures: Form + Technique", Laurence King Publishing Ltd, China, 2015

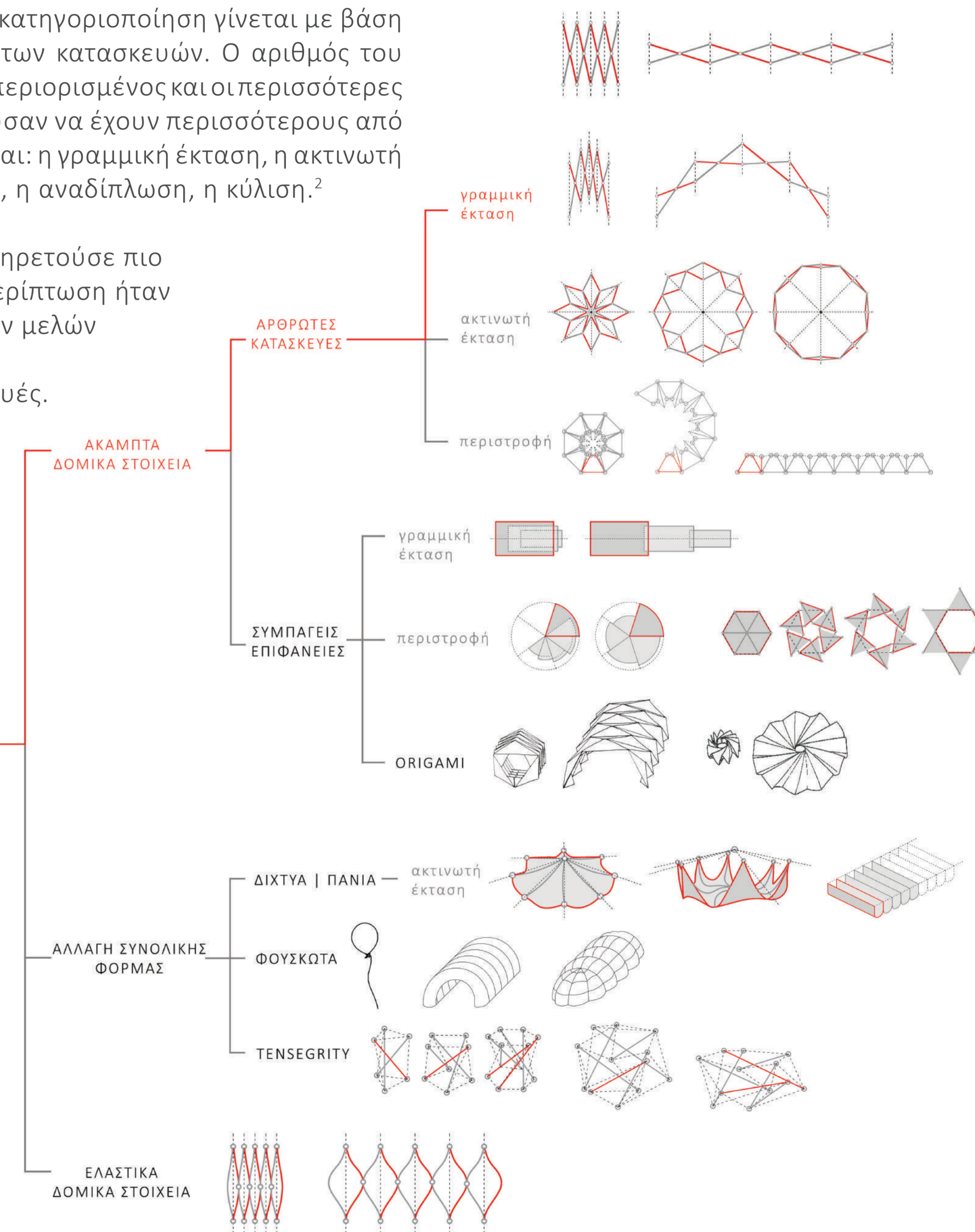
2. Doroftei Ioan, "Deployable Structures for Architecture Application – a Short Review", Trans Tech Publication, Switzerland, 2014

Στη τρίτη κατηγορία των ελαστικών μελών(3) εντάσσονται όλες οι κατασκευές των οποίων τα μέλη χαρακτηρίζονται από μια ελεγχόμενη ελαστικότητα. Οι κατασκευές αυτές ανοίγουν οργανικά και η διαδικασία ανοίγματος και κλεισίματος είναι μερικώς ελεγχόμενη.

Σε δεύτερο επίπεδο η κατηγοριοποίηση γίνεται με βάση το τρόπο ανοίγματος των κατασκευών. Ο αριθμός του τρόπου έκτασης είναι περιορισμένος και οι περισσότερες κατηγορίες θα μπορούσαν να έχουν περισσότερους από ένα τρόπους. Αυτοί είναι: η γραμμική έκταση, η ακτινωτή έκταση, η περιστροφή, η αναδίπλωση, η κύλιση.²

Η κατηγορία που εξυπηρετούσε πιο ιδανικά τη δική μας περίπτωση ήταν η πρώτη των άκαμπτων μελών και πιο συγκεκριμένα οι ψαλιδωτές κατασκευές.

ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

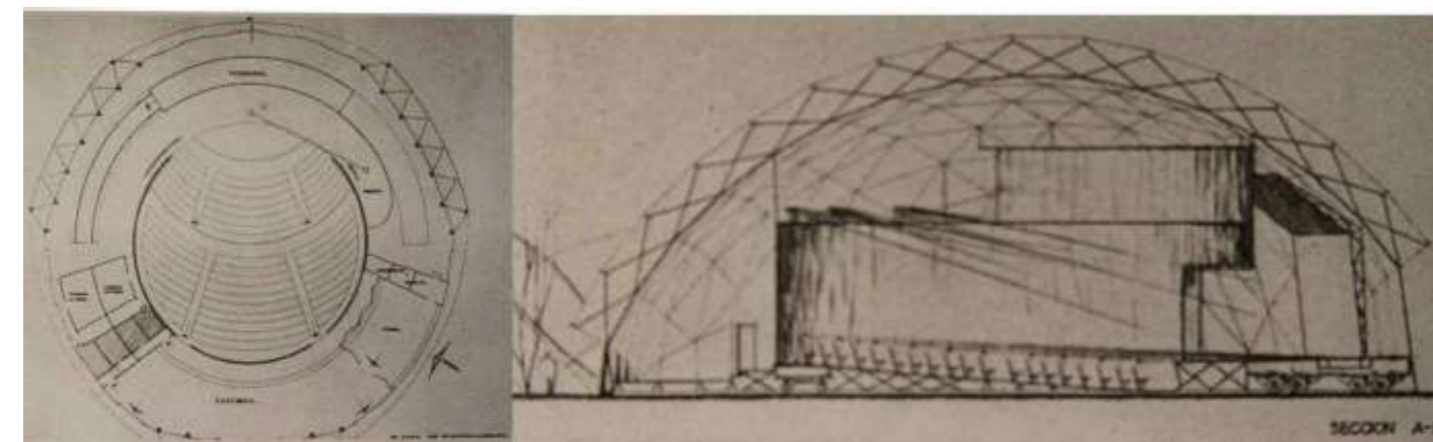


1.4. Ανάλυση αρχιτεκτόνων - μηχανικών

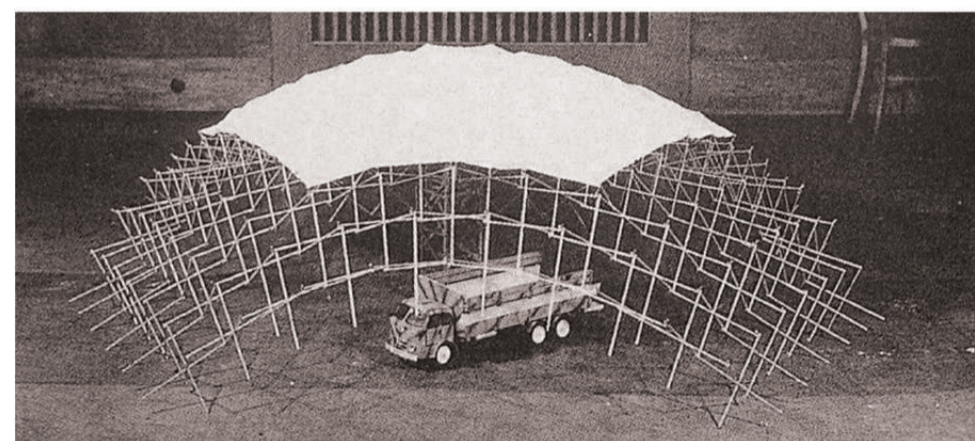
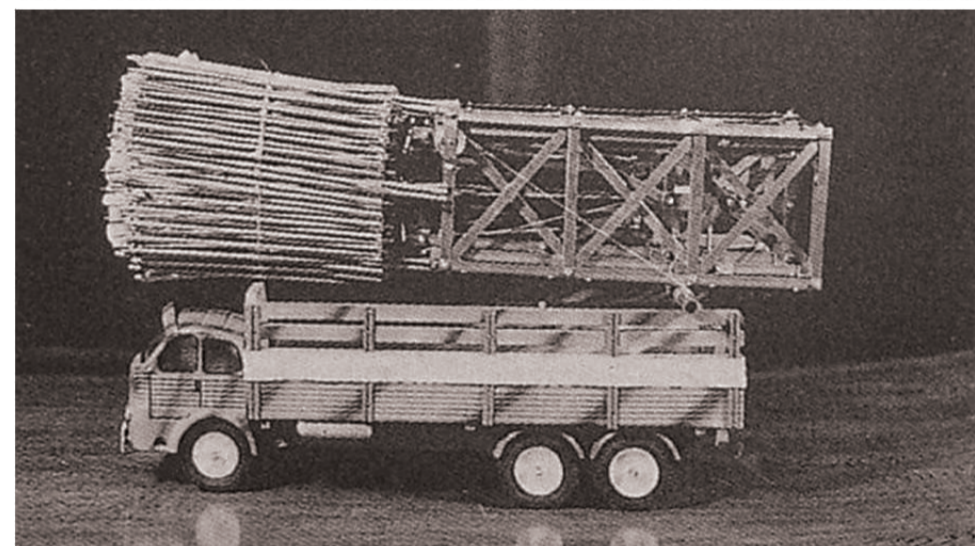
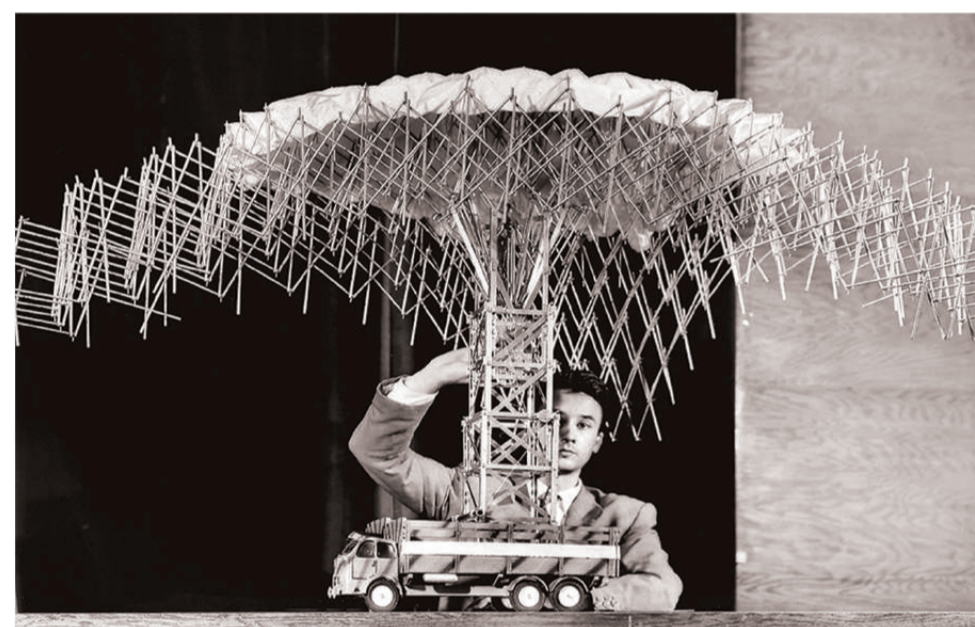
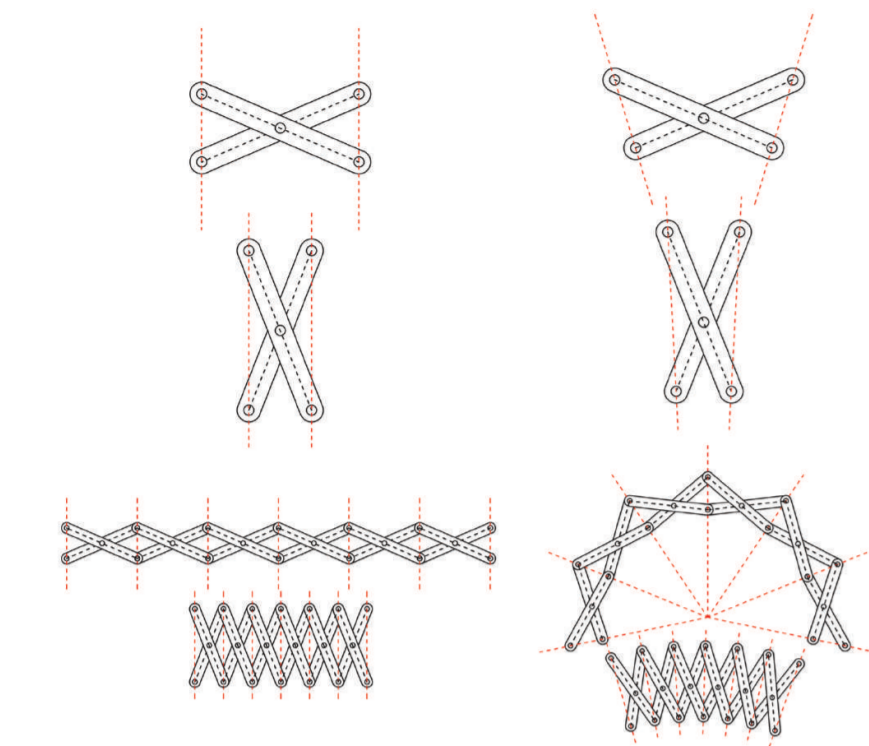
Από τη έρευνα μας υπάρχουν κάποια βασικά ονόματα μηχανικών/αρχιτεκτόνων που ξεχωρίσαμε και θα θέλαμε να αναλύσουμε το έργο τους .

EMILIO PEREZ PINERO (1935 - 1972)

Το έργο του Emilio Pérez Piñero αναπτύχθηκε μεταξύ των ετών 1961 και 1972. Το 1961 κέρδισε στο Λονδίνο τον διαγωνισμό για φοιτητές, που τέθηκε στο συνέδριο της Διεθνούς Ένωσης Αρχιτεκτόνων με το έργο «Κινητό Θέατρο». Αυτό το πρώτο του έργο τον έκανε ευρέως γνωστό παγκοσμίως και μας επιτρέπει να συσχετίζουμε το έργο του με το πρωτοποριακό κίνημα που υπηρέτούσε και ο ίδιος στην δεκαετία των 60's. Ο Piñero σχεδίασε ένα θέατρο που μεταβαλλόταν προς όλες τις κατευθύνσεις. Η δικτυωτή δομή που επιλέγει ως στέγη για το Θέατρο είναι ένας θόλος με τη γεωμετρία μιας μειωμένης σφαίρας. Το σύστημα διπλώματος πρόκειται να κατοχυρωθεί στις ΗΠΑ με την ονομασία "Τρισδιάστατη δικτυωτή δομή". Για την κατασκευή της δικτυωτής δομής, ο Piñero εφαρμόζει το ψαλιδωτό σύστημα και στην 3η διάσταση με τη μετατόπιση του κεντρικού κόμβου για τη δημιουργία της καμπύλης. Όπως αναφέρθηκε στην περίληψη της ευρεσιτεχνίας "εάν η ενδιάμεση σύζευξη είναι εξίσου διαφορετική από τις άλλες δύο τότε η δομή όταν εκτείνεται υιοθετεί τη μορφή μιας σφαίρας και όταν αυτές οι μονάδες συνδυαστούν προκύπτει ένα εξαγωνικό περίγραμμα το οποίο θα μπορούσε να εγγραφεί σε έναν μεγαλύτερο κύκλο".



Κάτοψη και Τομή Μεταβαλλόμενου κινητού θεάτρου



1961 : Μεταβαλλόμενο κινητό θέατρο, Ισπανία (κλίμακα έργου :1/10)

Πηγές:

3. Peña Fernández Serrano, Martino, "The 'movable Theatre' from Emilio Pérez Piñero. A space-time journey", Universidad Politécnica de Cartagena, UPCT, Arquitectura y Tecnología de la Edificación, ETSAE, Cartagena, España.

CHUCK HOBERMAN (1956-)

Ο Chuck Hoberman είναι καλλιτέχνης, μηχανικός, αρχιτέκτονας και εφευρέτης μεταβαλλόμενων παιχνιδιών και δομών. Είναι ιδιαίτερα γνωστός για την σφαίρα Hoberman η οποία λειτουργεί ως παιχνίδι , αλλά έχει κατασκευαστεί και σε μεγαλύτερη κλίμακα ως χωρικό γλυπτό. Στη σφαίρα αυτή ο Hoberman έχει εφεύρει το σπαστό ψαλίδι, μία άρθρωση στην οποία τα δυο της μέλη είναι σπαστά. Το 1990 ιδρύει την Hoberman Associates, μία εταιρεία η οποία ασχολείται με την δημιουργία αντικειμένων τα οποία μιμούνται ζωντανούς οργανισμούς της φύσης. Τα τελευταία χρόνια η εταιρεία εκτός από κατασκευές μικρότερης κλίμακας επιχειρεί να ενσωματώσει την λογική των μεταβαλλόμενων κατασκευών στην αρχιτεκτονική κατασκευάζοντας σε συνεργασία με αρχιτεκτονικές εταιρείες στην Αμερική, την Ευρώπη και την Ασία, επιφάνειες αερισμού, μεταβαλλόμενες οροφές και τέντες, καθώς και αναδιπλούμενες προσόψεις για χώρους πολλαπλών χρήσεων. Ο στόχος τους είναι να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας και να παρέχονται βελτιωμένα περιβάλλοντα κτιρίων στο πλαίσιο των προηγμένων στρατηγικών της βιώσιμης ανάπτυξης.

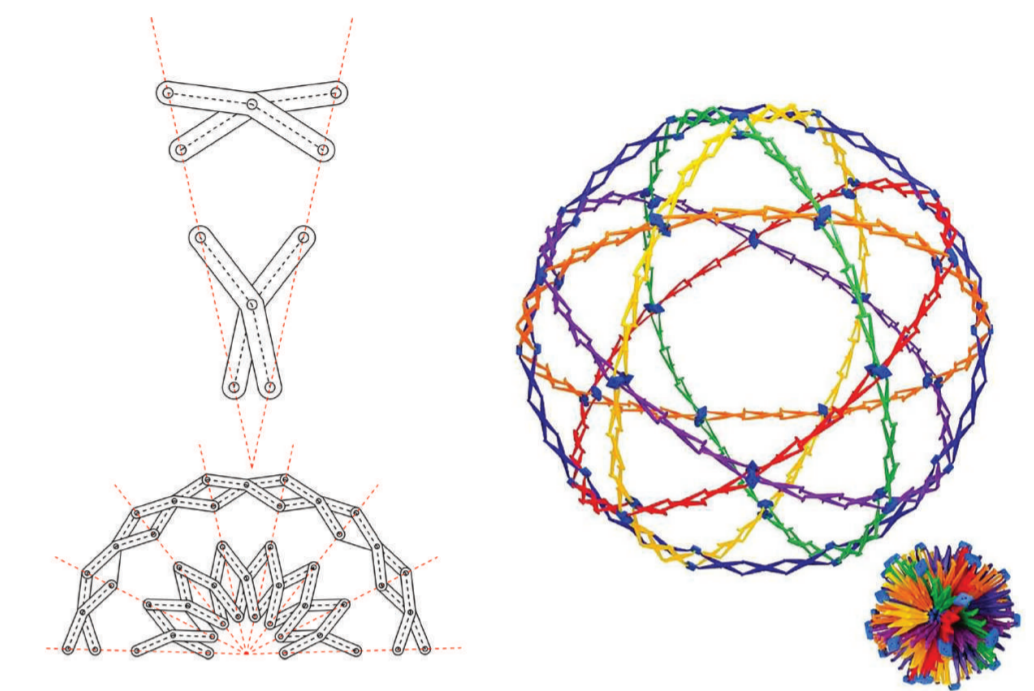


1991 - 2012 : Κινητό γλυπτό

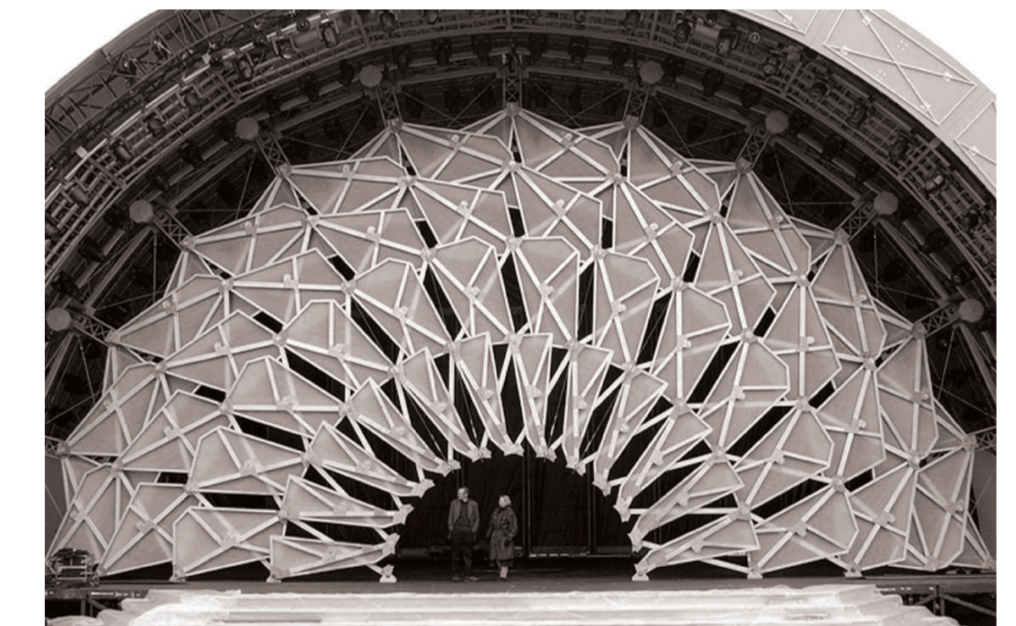
Πηγές:

4. J. Gantes, "Deployable Structures : Analysis and Design", WITpress, Boston, 2001

5. www.hoberman.com



Παιχνίδι του Hoberman



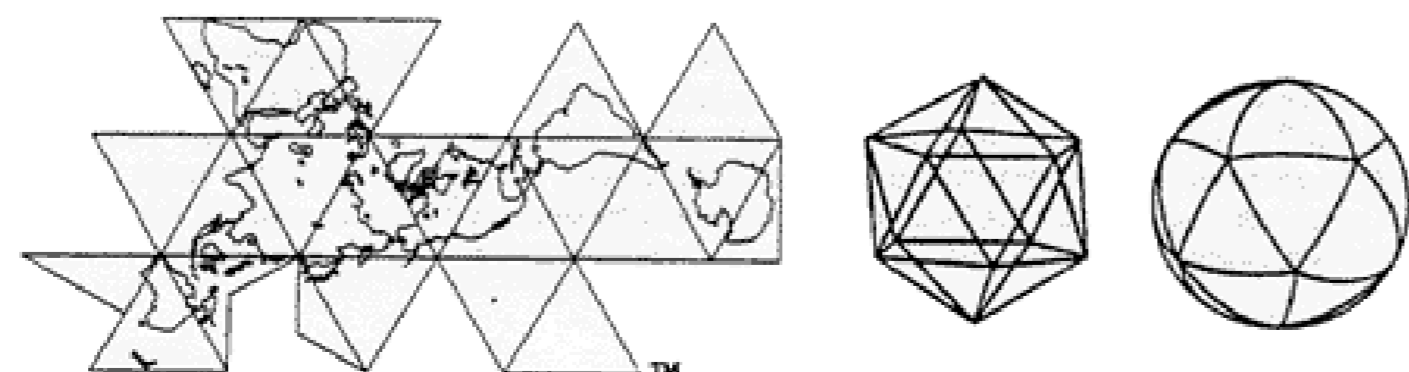
2002 : Αψίδα Χειμερινών Ολυμπιακών Αγώνων στη Salt Lake City, USA

RICHARD BUCKMINSTER “BUCKY” FULLER
(1985- 1983)

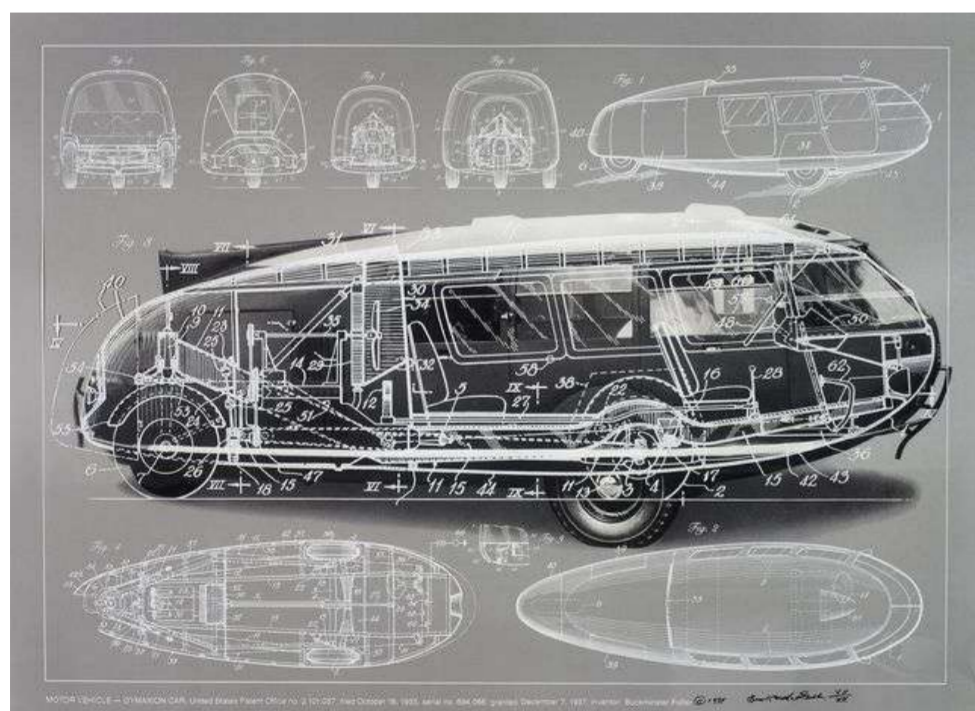
Ο R. Buckminster Fuller ήταν ένας εφευρέτης και οραματιστής του 20ού αιώνα. Δεν περιορίστηκε σε έναν τομέα, αλλά εργάστηκε ως αρχιτέκτονας, θεωρητικός συστημάτων, συγγραφέας, σχεδιαστής, και φουτουριστής για την επίλυση παγκόσμιων προβλημάτων γύρω από τη στέγαση, τις μεταφορές, την εκπαίδευση, την ενέργεια, την οικολογική καταστροφή και τη φτώχεια. Καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του, ο Fuller κατείχε 28 διπλώματα ευρεσιτεχνίας, δημοσίευσε 28 βιβλία και έλαβε 47 τιμητικούς βαθμούς.

Σπούδασε στο Harvard, υπηρέτησε στο στρατό κατά το Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, το 1927 έπεσε σε κατάθλιψη αλλά κατάφερε να την νικήσει αποφασίζοντας ότι είχε την ευθύνη να χρησιμοποιήσει τις εμπειρίες του στην υπηρεσία των άλλων.

Το 1927, σχεδίασε το Dymaxion House, ένα φθινόμαζικό σπίτι. Η λέξη Dymaxion έγινε συνώνυμη με τη φιλοσοφία σχεδιασμού της, “Doing more with less”, να κάνεις περισσότερα με λιγότερα, μια φράση που αντανακλούσε την τάση της εποχής για την ανάπτυξη αποδοτικών τεχνολογιών. Με το όνομα αυτό ο Fuller σχεδίασε και άλλες πατέντες όπως το “Dymaxion car”, ένα αυτοκίνητο που έστριβε εξαιρετικά εύκολα. Παράλληλα το 1946 σχεδίασε τον χάρτη Dymaxion ο οποίος απεικόνιζε ολόκληρο την γη σε ένα ενιαίο επίπεδο χάρτη χωρίς ορατή παραμόρφωση των σχημάτων και μεγεθών των ηπείρων προτρέποντας τους ανθρώπους να σκεφτούν διεξοδικά τον πλανήτη. Στις αρχές της δεκαετίας του 1950, εφάρμοσε τη γνωστή φράση “Spaceship Earth”, γη διαστημόπλοιο, για να τονίσει ότι η γη είναι ένας ζωντανός οργανισμός.



1 9 2 7 : Dymaxion House



1 9 2 7 : Dymaxion car

Πηγές:

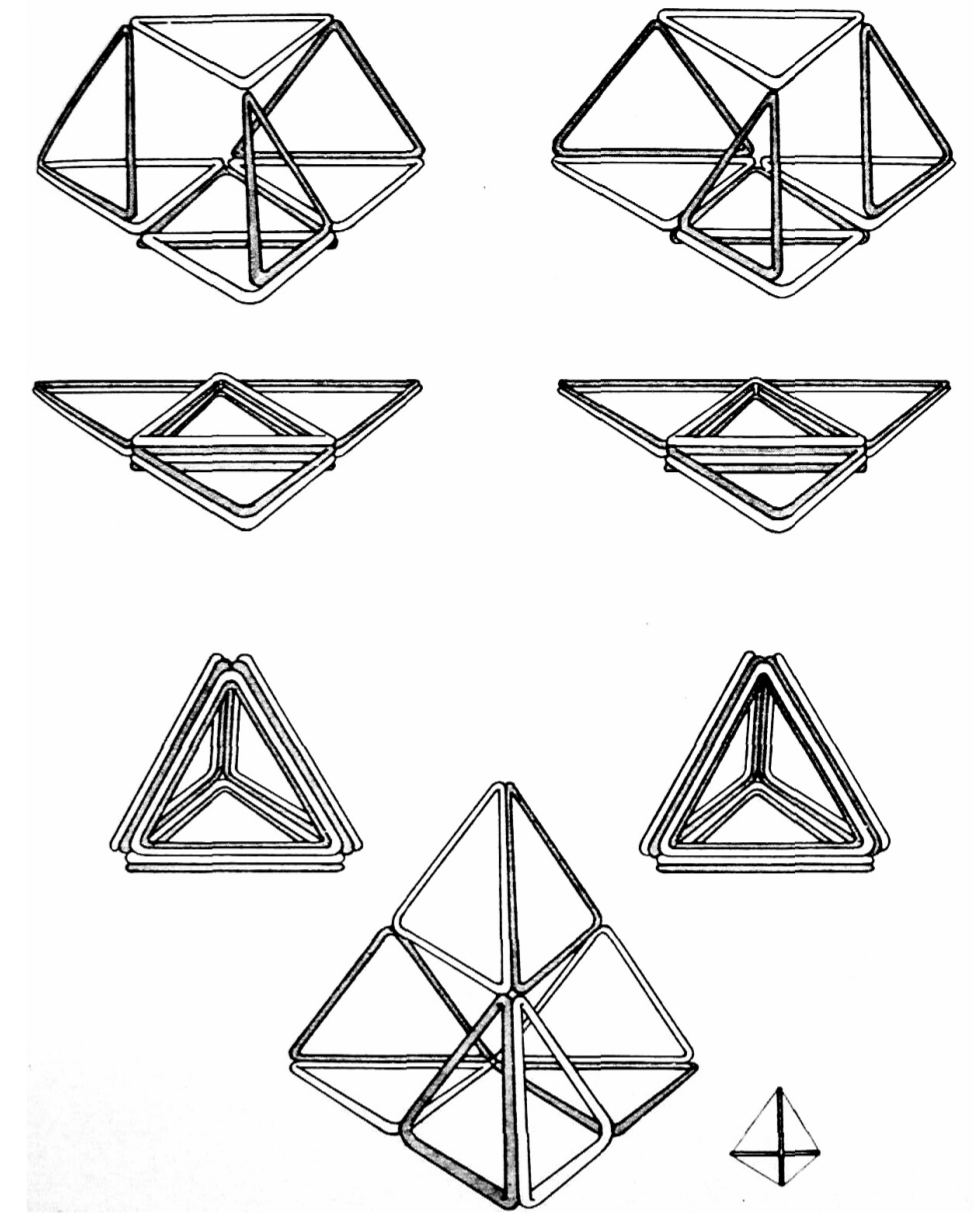
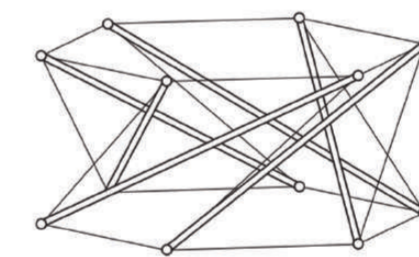
4. J. Gantes, “Deployable Structures : Analysis and Design”, WITpress, Boston, 2001

6. www.bfi.org

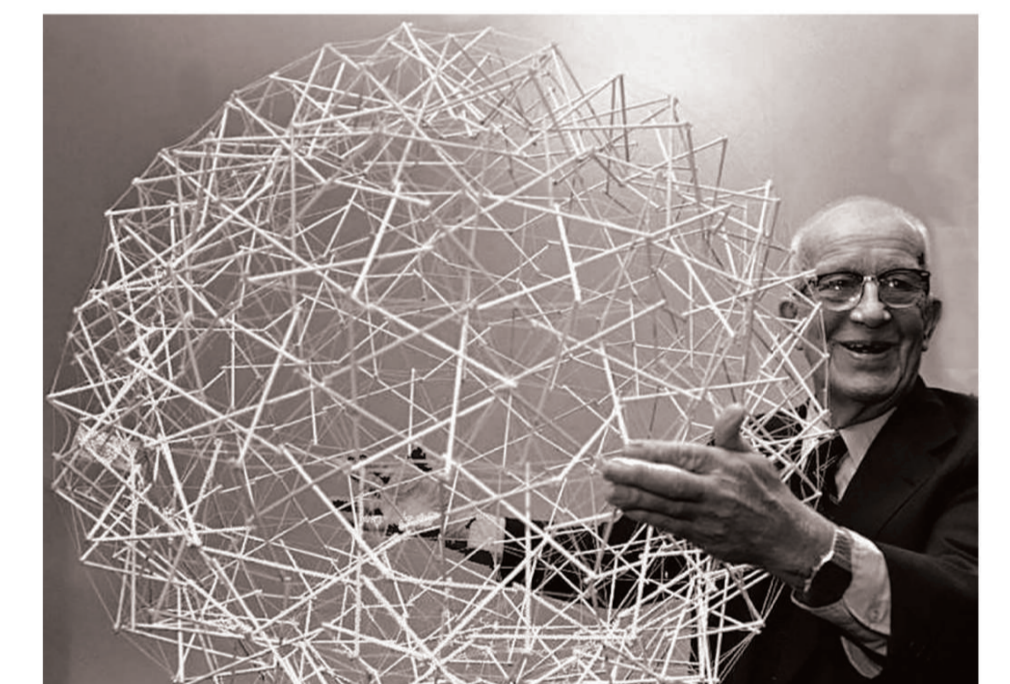
Το 1947 εφηύρε το πιο γνωστό δημιούργημά του, το γεωδαιτικό θόλο, μια ελαφριά, οικονομικά αποδοτική κατασκευή, εύκολη στην συναρμολόγηση που μπορεί να στεγάσει μεγάλες επιφάνειες χωρίς ενδιάμεσους στύλους. Η ευρεσιτεχνία αυτή κατοχυρώθηκε στο όνομά του το 1954 και έκτοτε έχει παραχθεί πάνω από 300.000 φορές παγκοσμίως από καταφύγια έως σταθμούς ραντάρ και γεωδαιτικές κατασκευές σε παιδικές χαρές.

Ο Fuller θα μπορούσε επίσης να θεωρηθεί ο πατέρας του tensegrity, ένα σύστημα στο οποίο τα στοιχεία φαίνεται να αιωρούνται

Ο πραγματικός αντίκτυπος του Fuller στον κόσμο σήμερα μπορεί να βρεθεί στη συνεχιζόμενη επιρροή του σε γενιές σχεδιαστών, αρχιτεκτόνων, επιστημόνων, και καλλιτεχνών που εργάζονται για να δημιουργήσουν έναν πιο βιώσιμο πλανήτη.



Equilibrium



1 9 6 0 s : Tensegrity κατασκευές

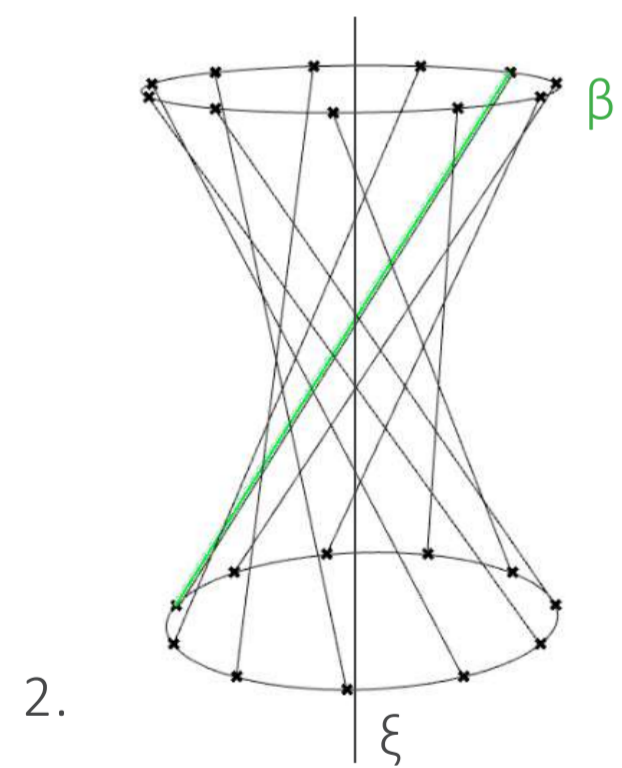
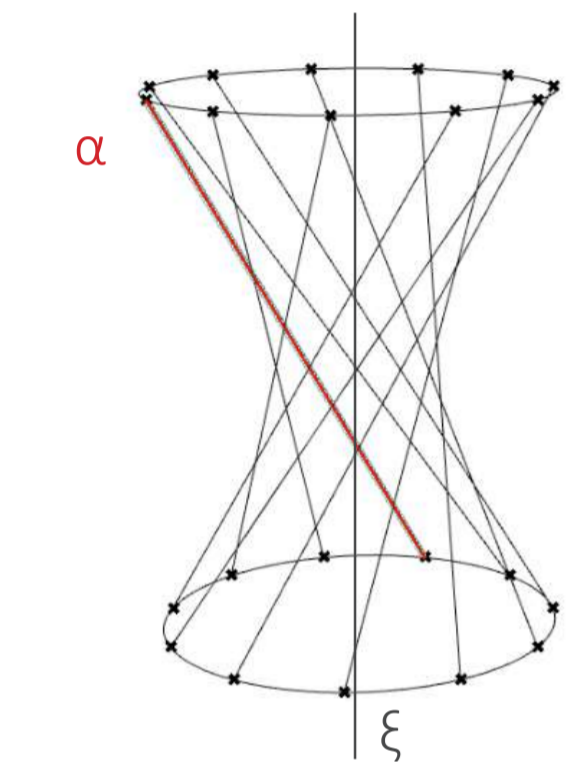
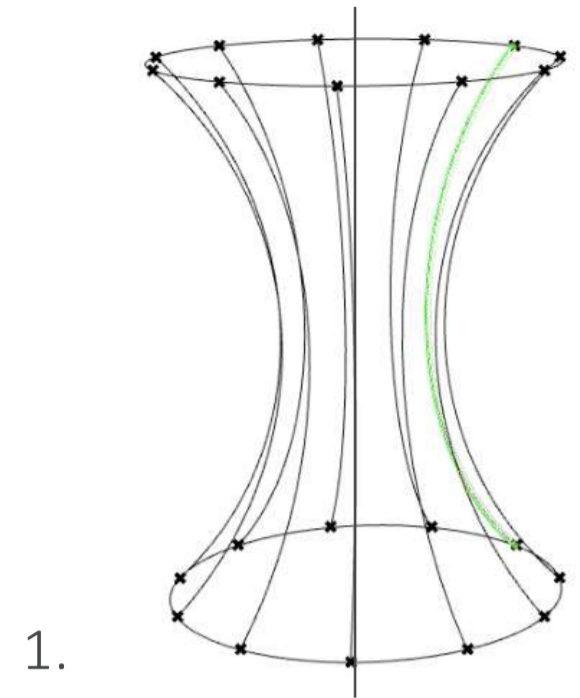
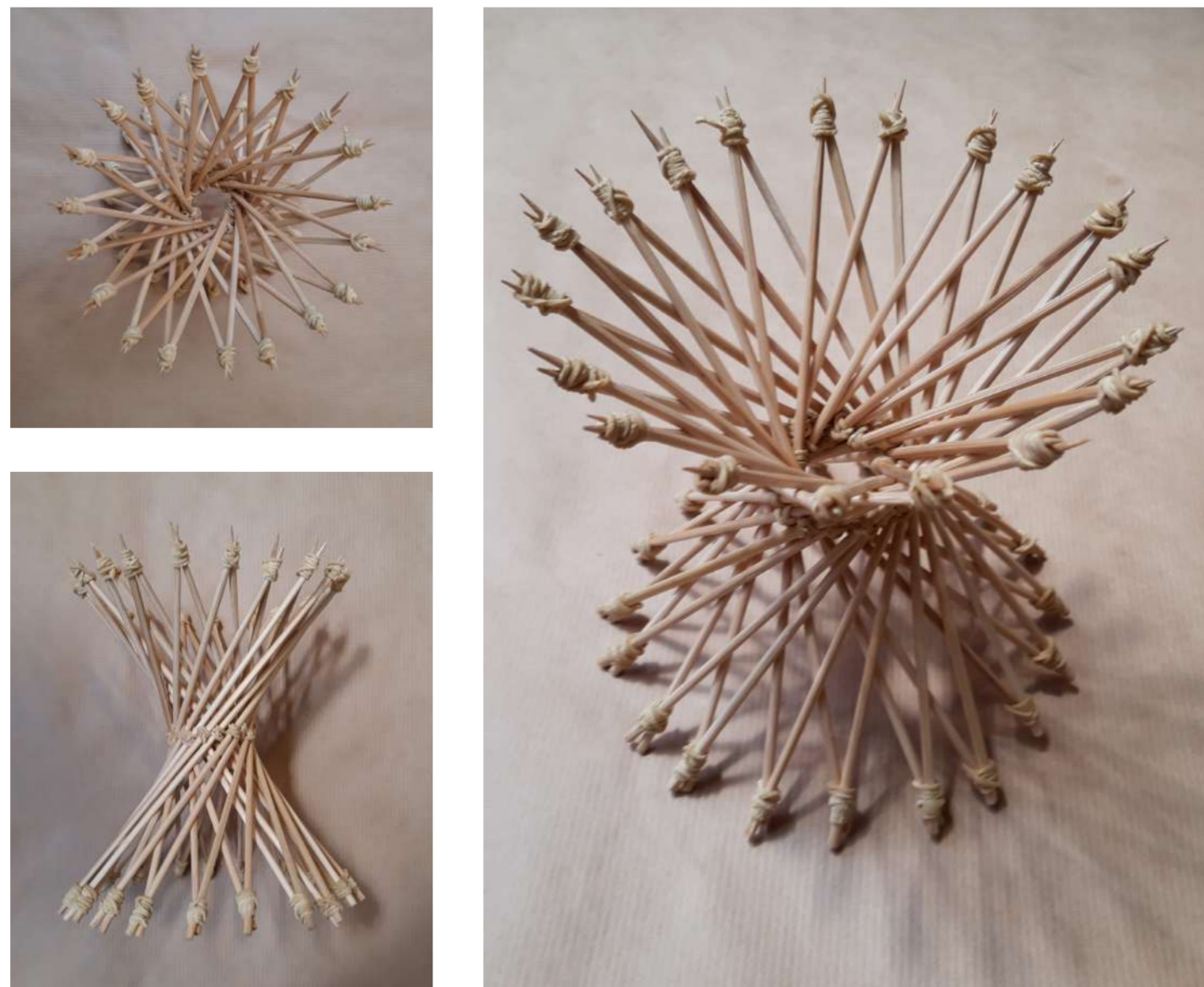


1.5. Ανάλυση υπερβολοειδής γεωμετρίας

Παράλληλα με τη μελέτη των πτυσσόμενων κατασκευών παρουσιάζουμε και η μελέτη μας πάνω στη γεωμετρία των υπερβολοειδών μορφών. Τα υπερβολοειδή είναι επιφάνειες 2ου βαθμού και με βάση τη θεωρία ένα εκ περιστροφής μονόχωρο υπερβολοειδές προκύπτει: (1) είτε από τη περιστροφή μιας υπερβολής γύρω από τον δευτερεύοντα άξονα της, (2) είτε από την περιστροφή μιας ευθείας α (γενέτειρά) γύρω από ένα άξονα ξ ασύμβατο προς την ευθεία αυτή.

Κάθε υπερβολοειδές έχει δύο οικογένειες γενέτειρών. Αυτό σημαίνει ότι η υπερβολή αυτή παράγεται είτε από τη στρέψη των κόκκινων γενέτειρών(α) είτε από τη περιστροφή των πράσινων(β), όπως φαίνεται και στο διάγραμμα.

Μακέτα υπερβολοειδούς n = 19



Πηγές:

7. Feray Maden, Koray Korkmaz, "Geometric and Kinematic Analysis of Deployable Doubly Ruled Hyperboloids", Megaron, August 2017

8. Νίκος Κουρνιατής, "Γεωμετρικές Απεικονίσεις II: Γεωμετρικές Απεικονίσεις και Πληροφορική", κεφ. 1.8, Τετραγωνικές Επιφάνειες: Μονόχωρο Υπερβολοειδές εκ Περιστροφής, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο

Αυξάνοντας τον αριθμό των γενέτειρων τα υπερβολοειδή που προκύπτουν κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα το σχήμα της εκάστοτε κάτοψης, τριγωνικό, τετραγωνικό, πενταγωνικό, εξαγωνικό, επταγωνικό, οκταγωνικό, κ.τ.λ. Κάθε κατηγορία μπορεί να έχει εναλλακτικές ανάλογα το βαθμό περιστροφής των σημείων της μίας ορίζουσας καμπύλης (κύκλου) σε σχέση με την άλλη.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εναλλακτικές που δημιουργούνται με την αύξηση των στοιχείων και της στροφής.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

n = αριθμός στοιχείων μιας ομάδας γενέτειρων, αριθμός γωνιών εκάστοτε κάτοψης
 I_n = συνολικός αριθμός γενέτειρων α και β

ϕ = γωνία ακτίνας μεταξύ δύο κορυφών υπερβολοειδούς σε κάτοψη
 α_k = γωνία ακτίνας μεταξύ των δύο σημείων κάθε γενέτειρας σε κάτοψη

J_i = αριθμός σημείων ένωσης μιας γενέτειρας με κάποια άλλη

J_i = αριθμός περιεχόμενων σημείων ένωσης μιας γενέτειρας με κάποια άλλη

J_n = συνολικός αριθμός σημείων ένωσης γενέτειρων όλου του υπερβολοειδούς

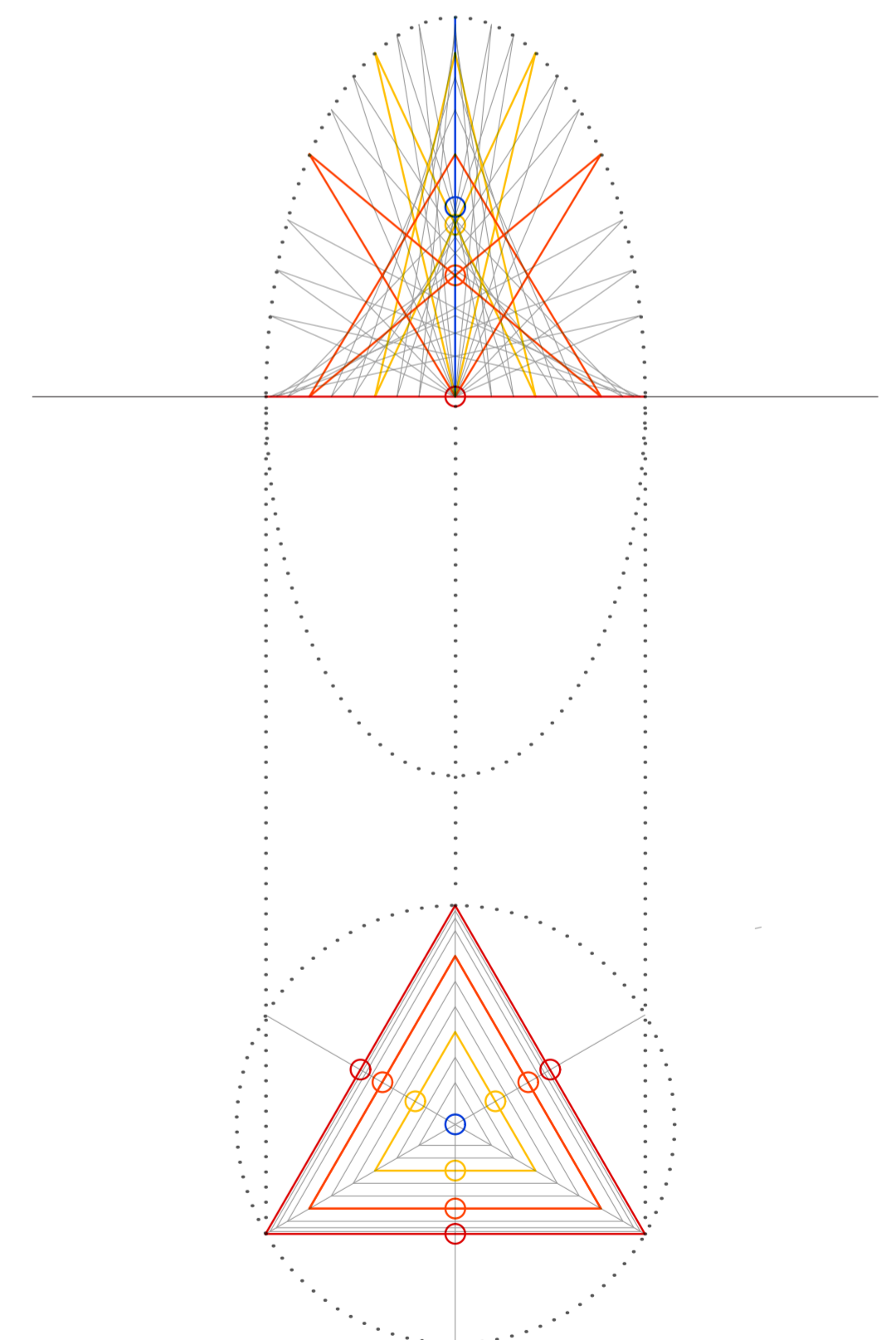
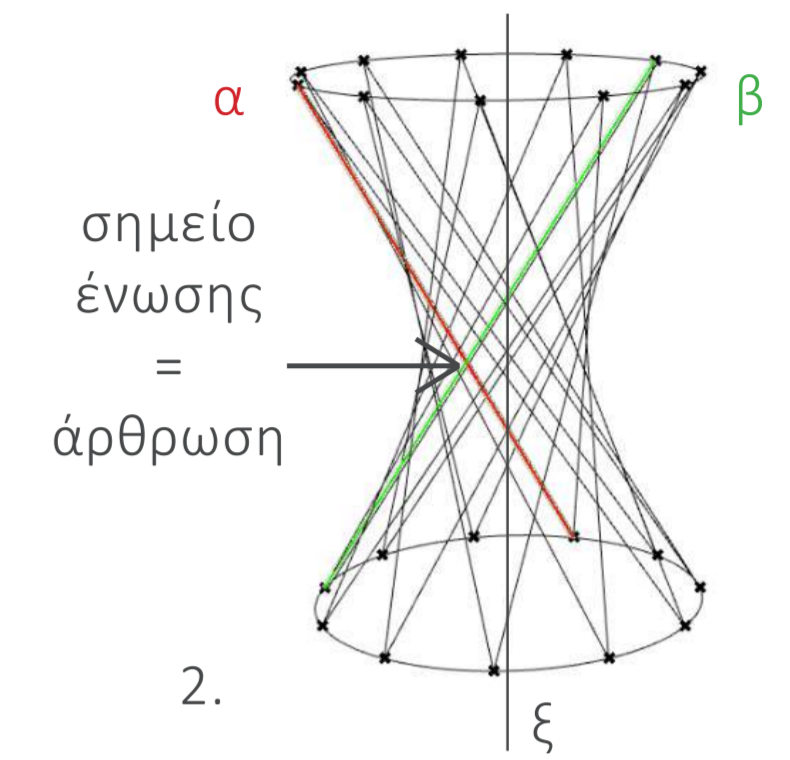
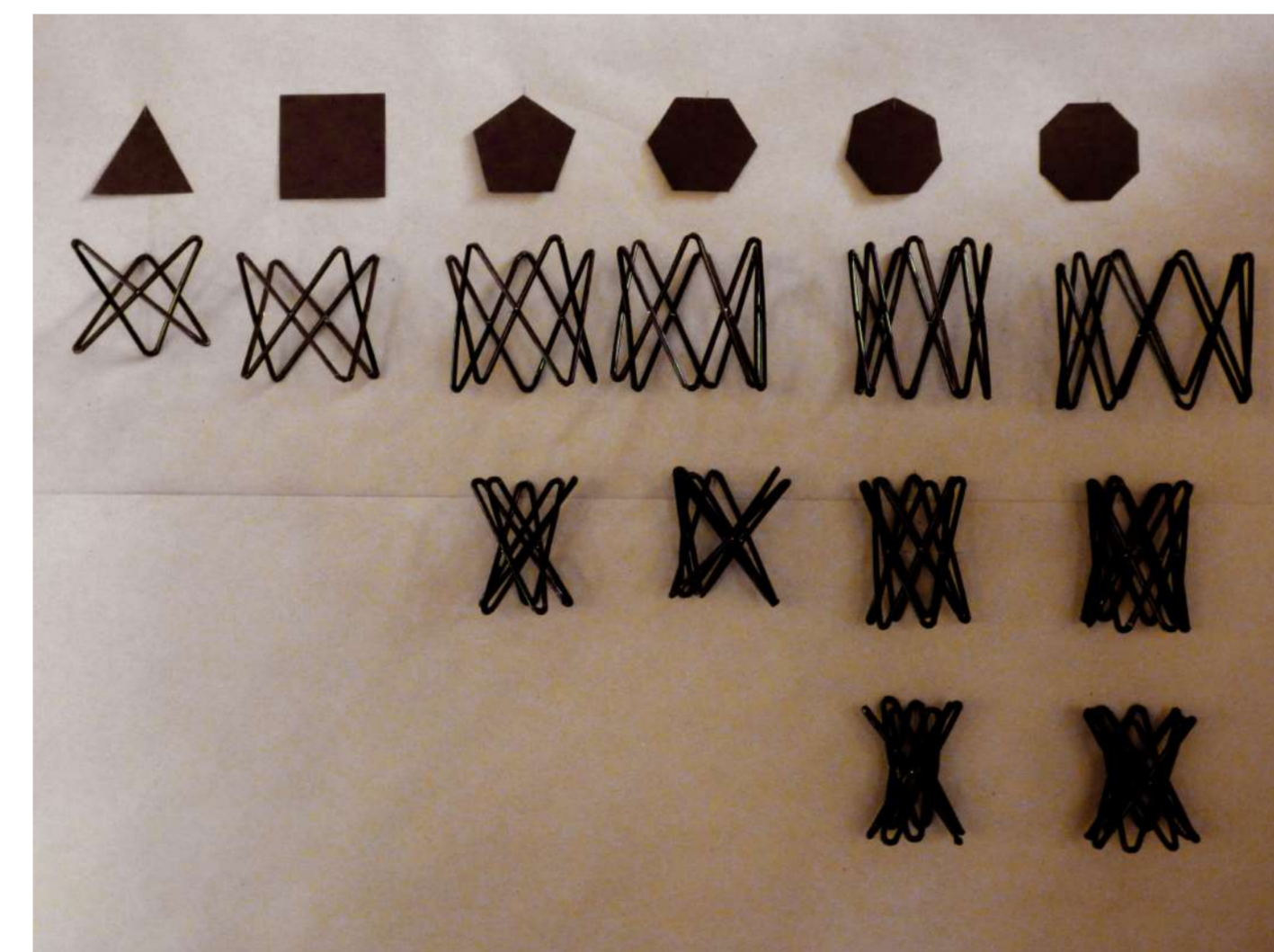
Τριγωνικό Υπερβολοειδές		Τετραγωνικό Υπερβολοειδές		Πενταγωνικό Υπερβολοειδές		Εξαγωνικό Υπερβολοειδές											
$n = 3$ $I_n = 6$	$\phi = 120^\circ$ $\alpha_k = 120^\circ$	$J_i = 3$ $J_i = 1$ $J_n = 9$	$n = 4$ $I_n = 8$	$\phi = 90^\circ$ $\alpha_k = 90^\circ$	$J_i = 3$ $J_i = 1$ $J_n = 12$	$n = 5$ $I_n = 10$	$\phi = 72^\circ$ $\alpha_k = 72^\circ$	$J_i = 3$ $J_i = 1$ $J_n = 15$	$n = 5$ $I_n = 10$	$\phi = 72^\circ$ $\alpha_k = 144^\circ$	$J_i = 5$ $J_i = 3$ $J_n = 25$	$n = 6$ $I_n = 12$	$\phi = 60^\circ$ $\alpha_k = 60^\circ$	$J_i = 3$ $J_i = 1$ $J_n = 18$	$n = 6$ $I_n = 12$	$\phi = 60^\circ$ $\alpha_k = 120^\circ$	$J_i = 5$ $J_i = 3$ $J_n = 30$
Επταγωνικό Υπερβολοειδές				Οκταγωνικό Υπερβολοειδές													
$n = 7$ $I_n = 14$	$\phi = 51.4^\circ$ $\alpha_k = 51.4^\circ$	$J_i = 3$ $J_i = 1$ $J_n = 21$	$n = 7$ $I_n = 14$	$\phi = 51.4^\circ$ $\alpha_k = 102.8^\circ$	$J_i = 5$ $J_i = 3$ $J_n = 35$	$n = 7$ $I_n = 14$	$\phi = 51.4^\circ$ $\alpha_k = 154.2^\circ$	$J_i = 7$ $J_i = 5$ $J_n = 49$	$n = 8$ $I_n = 16$	$\phi = 45^\circ$ $\alpha_k = 45^\circ$	$J_i = 3$ $J_i = 1$ $J_n = 24$	$n = 8$ $I_n = 16$	$\phi = 45^\circ$ $\alpha_k = 90^\circ$	$J_i = 5$ $J_i = 3$ $J_n = 40$	$n = 8$ $I_n = 16$	$\phi = 45^\circ$ $\alpha_k = 135^\circ$	$J_i = 7$ $J_i = 5$ $J_n = 56$

2.1. Επιλογή μονάδας

Σμίγοντας την υπερβολοειδή γεωμετρία με το τρόπο λειτουργίας των ψαλιδωτών κατασκευών, τοποθετούμε άρθρωση στα σημεία ένωσης των γενέτειρων α και β και έτσι όλες οι μορφές υπερβολοειδών που δείξαμε έχουν τη δυνατότητα να ανοιγοκλείνουν.

Από όλα τα υπερβολοειδή εμείς επιλέγουμε το τριγωνικό.

Η επιλογή αυτή έγινε γιατί το τριγωνικό υπερβολοειδές έχει τα λιγότερα δυνατά στοιχεία (6) γεγονός που ενισχύει το σενάριο μας να μπορεί η μονάδα να μεταφερθεί από ένα ή δύο άτομα. Η τριγωνική του κάτοψη επίσης παρέχει συνολικά ακαμψία στη κατασκευή.



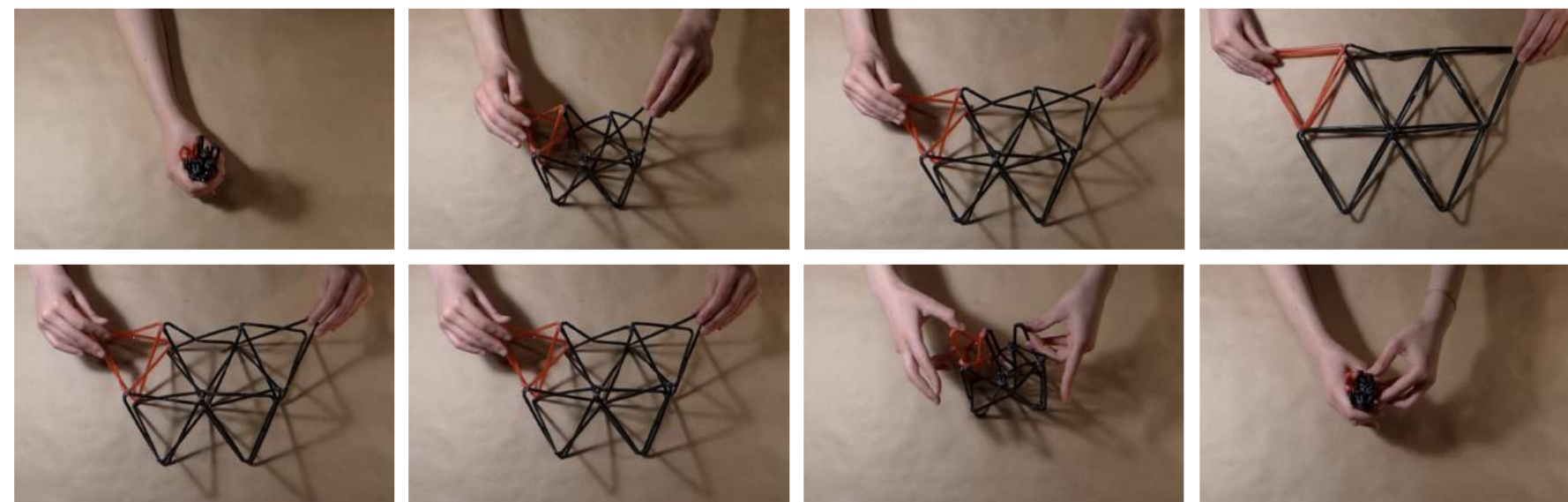
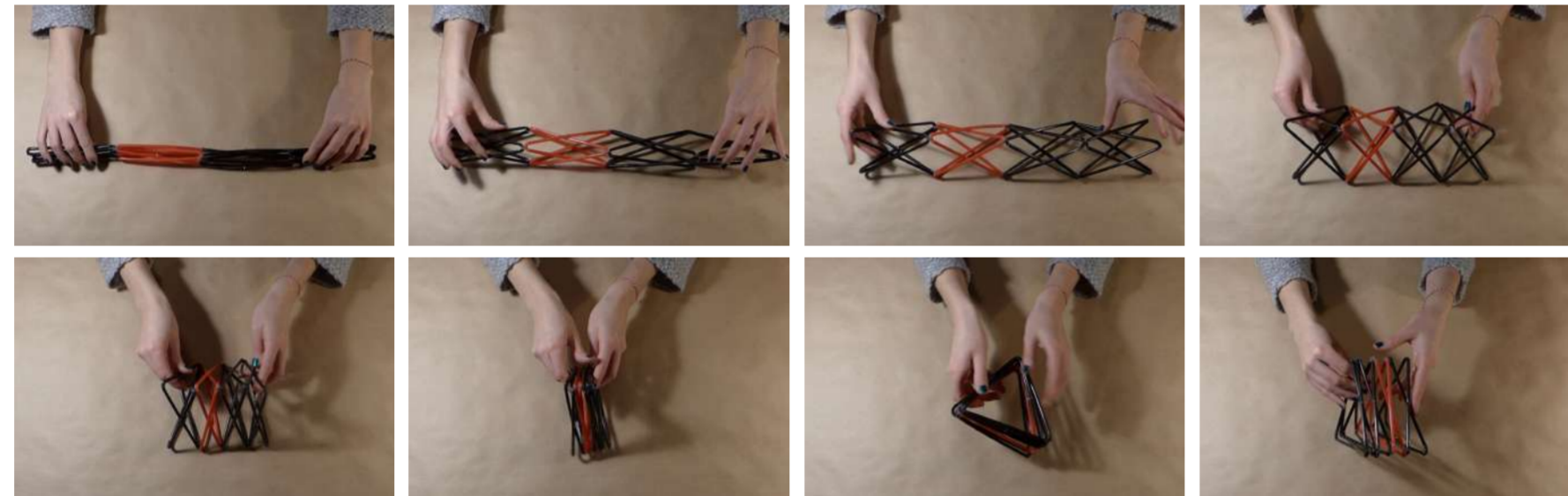
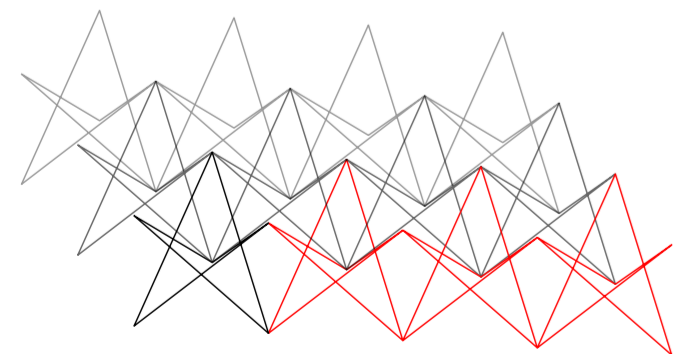
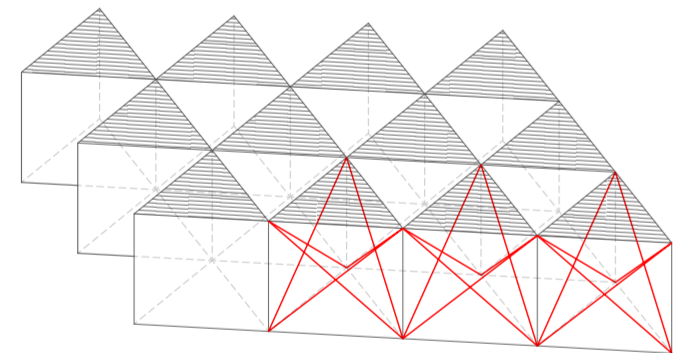
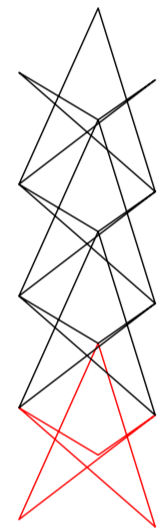
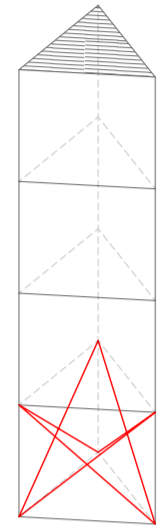
2.2. Επανάληψη μονάδας

Η μονάδα με την επανάληψη της μπορεί να παράξει ενδιαφέρουσες δομές. Ένας εύκολος τρόπος να τις κατανοήσει κανείς είναι αν φανταστεί αυτή τη γεωμετρία εγγεγραμμένη μέσα σε ένα τριγωνικό πρίσμα. Η επανάληψη μπορεί να γίνει είτε γραμμικά είτε ακτινωτά.

Σημαντικό χαρακτηριστικό στις μορφές που προκύπτουν είναι ότι όλες οι μονάδες που την απαρτίζουν λειτουργούν αλληλένδετα μεταξύ τους.

Γραμμική επανάληψη

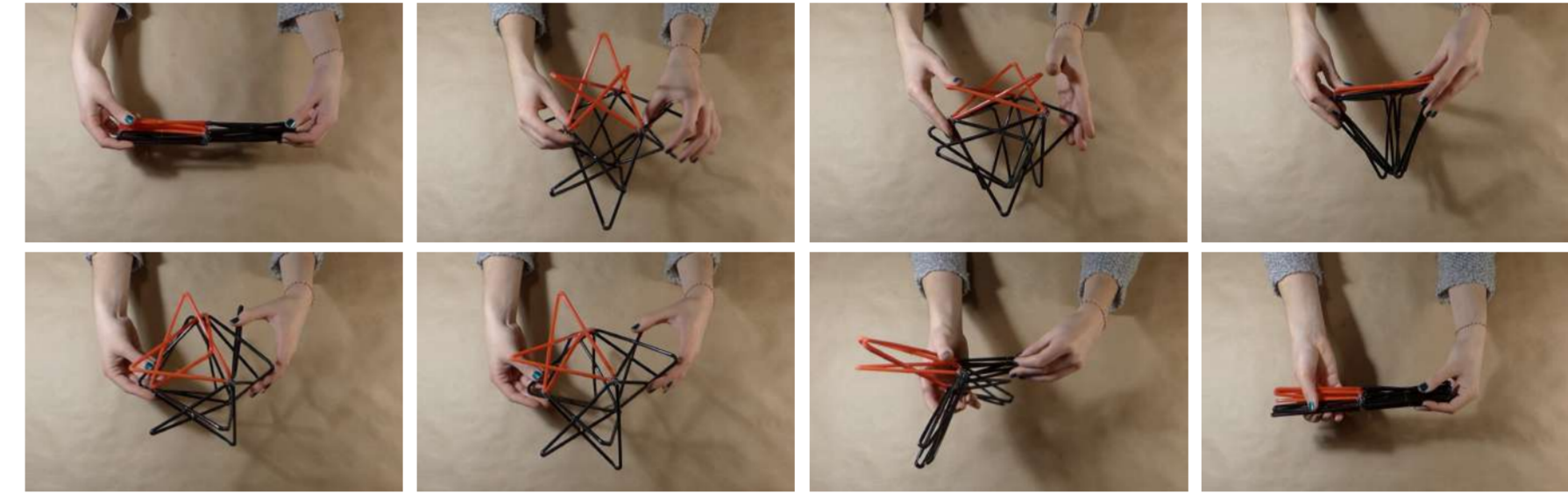
Κατά την γραμμική επανάληψη οι μονάδες τοποθετούνται είτε η μία πάνω στην άλλη είτε η μία δίπλα από την άλλη.



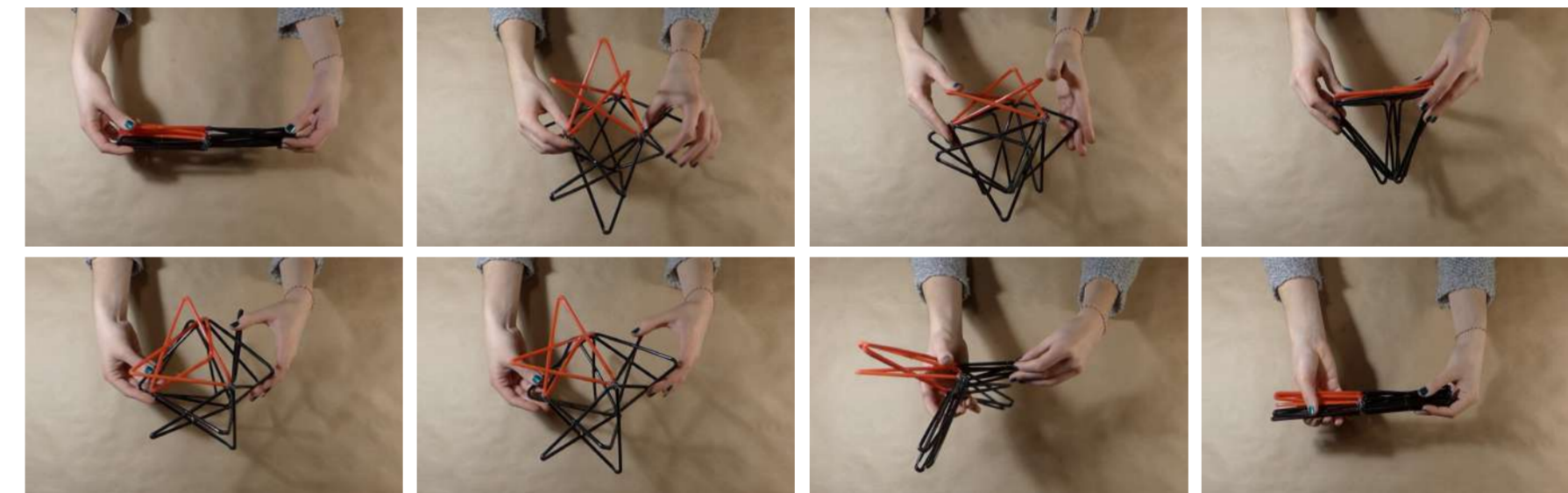
Αξονική επανάληψη

Κατά την ακτινωτή επανάληψη οι βάσεις των τριγωνικών πρισμάτων τοποθετούνται στις πλευρές των πλατωνικών στερεών με τριγωνικές έδρες.

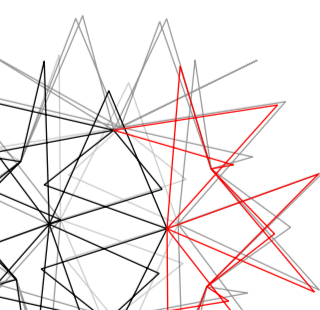
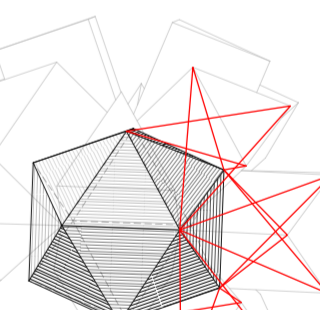
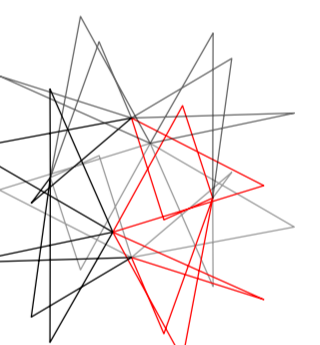
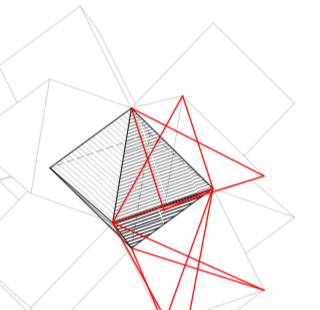
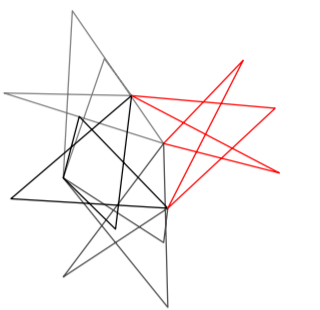
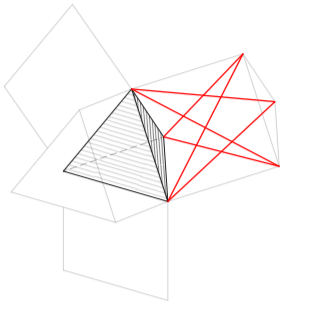
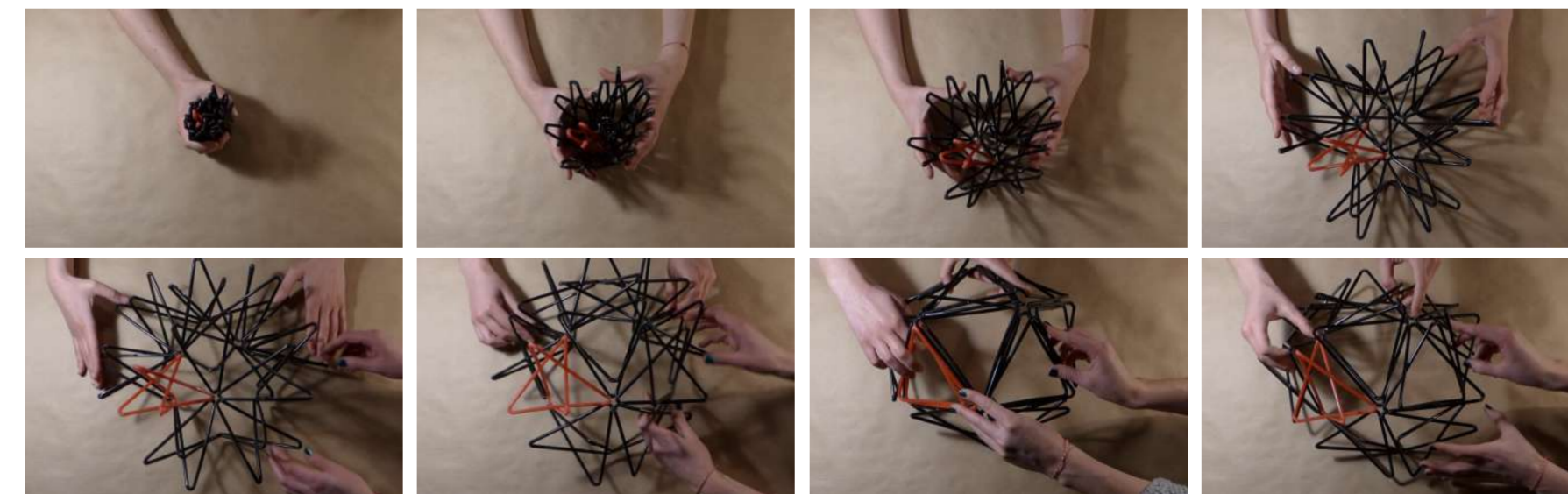
Επανάληψη γύρω από τετράεδρο



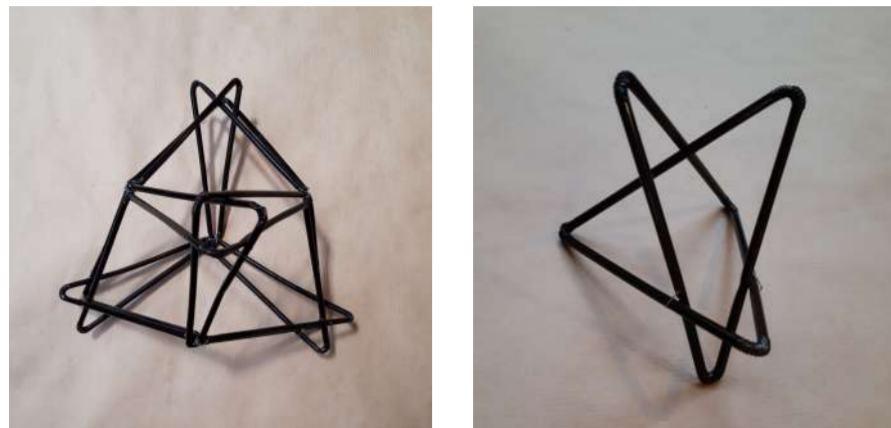
Επανάληψη γύρω από πεντάεδρο



Επανάληψη γύρω από εξάεδρο



2.3. Τροποποίηση μονάδας

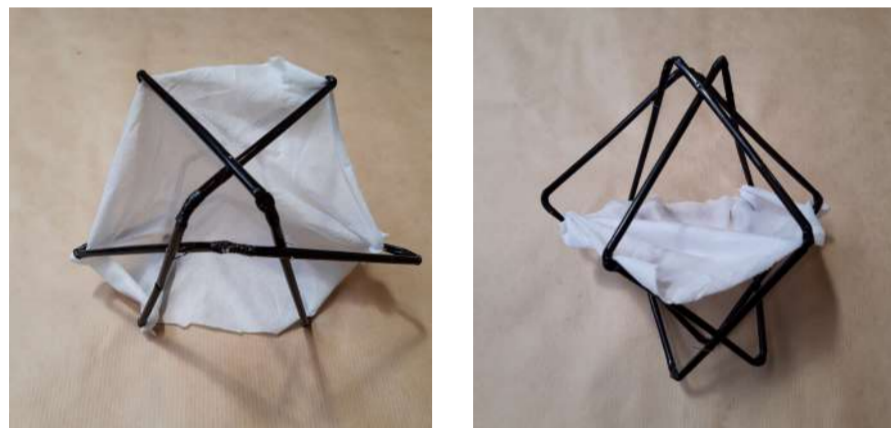


Για να καταφέρουμε να κατανοήσουμε τις δυνατότητες της μονάδας μας και να αντιληφθούμε τις μορφές που μπορούν να προκύψουν μέσα από αυτή ξεκινήσαμε να την τροποποιούμε με την βοήθεια προπλασμάτων.



Αρχικά αλλάξαμε το ύψος της άρθρωσης του ψαλιδιού. Η μορφή που προέκυψε είχε μεγαλύτερη επιφάνεια έδρασης.

Στην περίπτωση που ο κόμβος της άρθρωσης των ψαλιδιών δεν βρισκόταν στο ίδιο ύψος η μονάδα δεν μπορούσε να κλείσει.

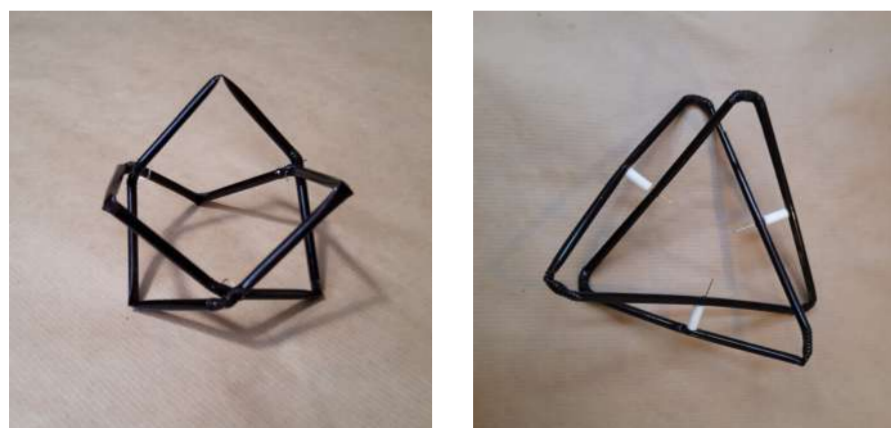


Στη συνέχεια συνδέσαμε ίδιες μονάδες διαφορετικής κλίμακας. Οι μορφές που προέκυπταν είχαν την δυνατότητα να ανοιγοκλείνουν.



Παράλληλα επιχειρήσαμε να προσθέσουμε επιπλέον στοιχεία στη μονάδα. Οι μορφές που προέκυψαν έδωσαν ενδιαφέροντα χωρικά αποτελέσματα, αλλά σε πολλές περιπτώσεις χάθηκε η ακαμψία της μονάδας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι αυτά με :

- Την προσθήκη 3 στοιχείων
- Την προσθήκη 6 στοιχείων



Τέλος επιχειρήσαμε να αλλάξουμε την μορφή των ψαλιδιών είτε απομακρύνοντας τα στοιχεία στο σημείο της άρθρωσης είτε επιλέγοντας να χρησιμοποιήσουμε μη ευθύγραμμα στοιχεία.

2.4. Εναλλακτικές χρήσεις μονάδας

Η μορφή αυτή υπάρχει και χρησιμοποιείται με πολλούς τρόπους στην αρχιτεκτονική σε διαφορετικές κλίμακες. Κάποια παραδείγματα που βρήκαμε εμείς κατά την αναζήτηση μας ήταν μια γέφυρα στην Ιαπωνία και θόλοι ή προσωρινές κατασκευές από μια ερευνητική ομάδα στην Ισπανία τους Smia (Structural morphology in architecture).

Εμείς επιλέγουμε να το φέρουμε κοντά στην ανθρώπινη κλίμακα.

Στο σημείο αυτό ορίζουμε ως χρήστες ομάδες παιδιών στο γενικότερο πλαίσιο παιδικών κατασκηνώσεων. Οι διαφορετικές δομές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως παιχνίδια, κιόσκια, στέγαστρα, συλλογικοί και ατομικοί χώροι ύπνου, παρατηρητήρια κ.α. Στο σενάριο αυτό δίνεται η δυνατότητα στα παιδιά να τροποποιήσουν τις μορφές και να παράγουν διαφορετικές χωρικές συνθήκες.



Είδη κάμπινγκ

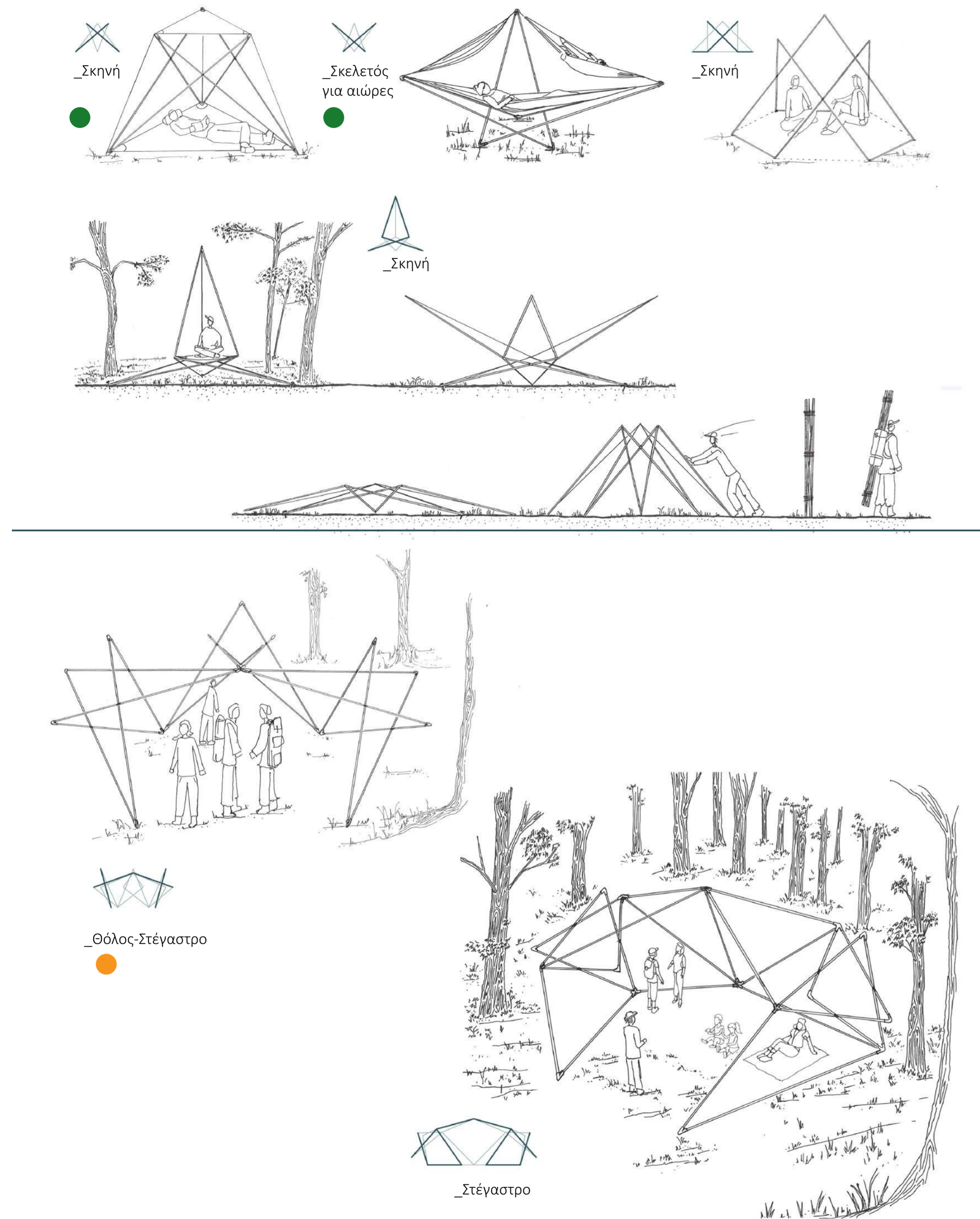


2015: ΙΑΠΩΝΙΑ
Hiroshima University
Expanding origami bridge Γέφυρα

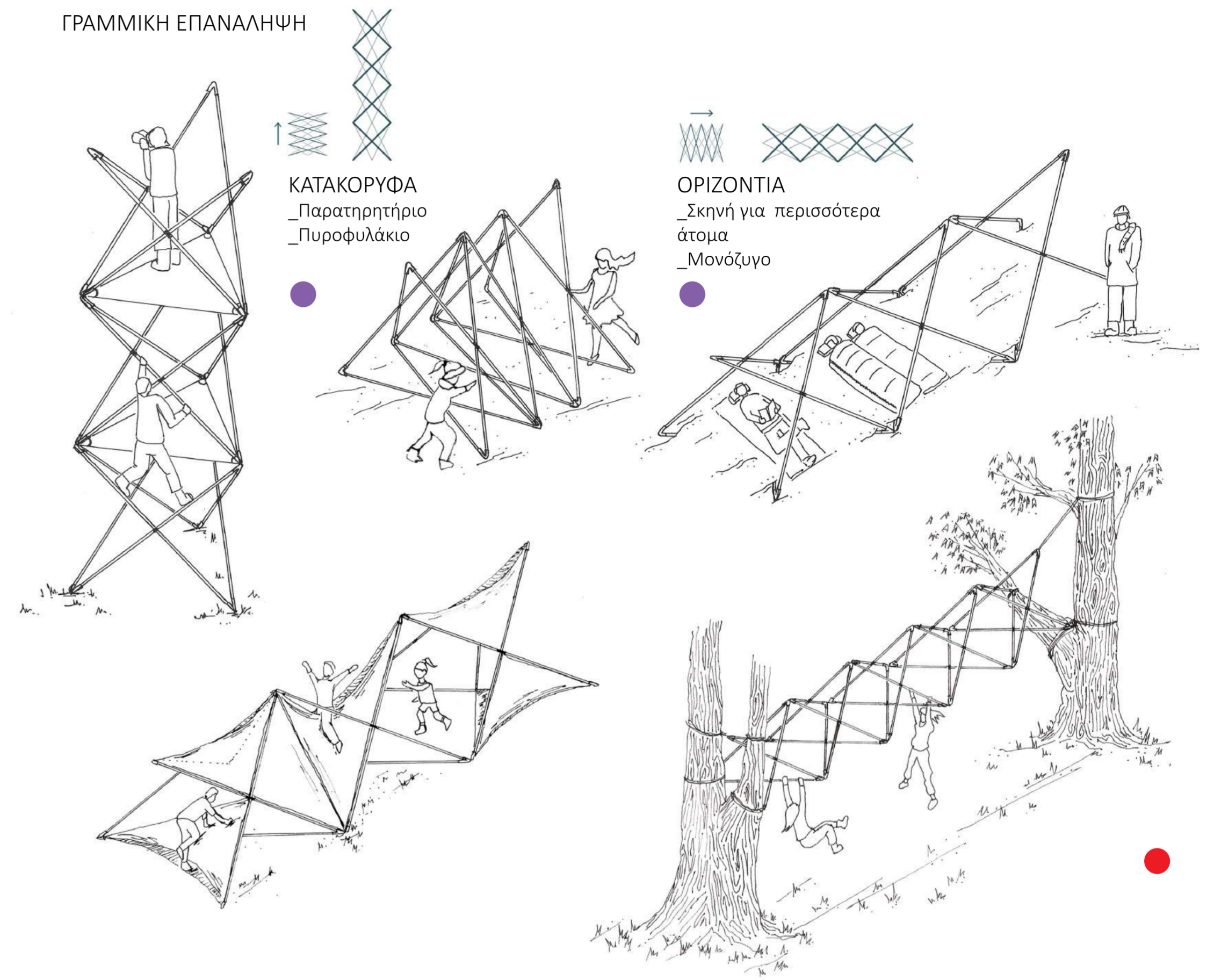


Ερευνητική ομάδα Smia, ΙΣΠΑΝΙΑ

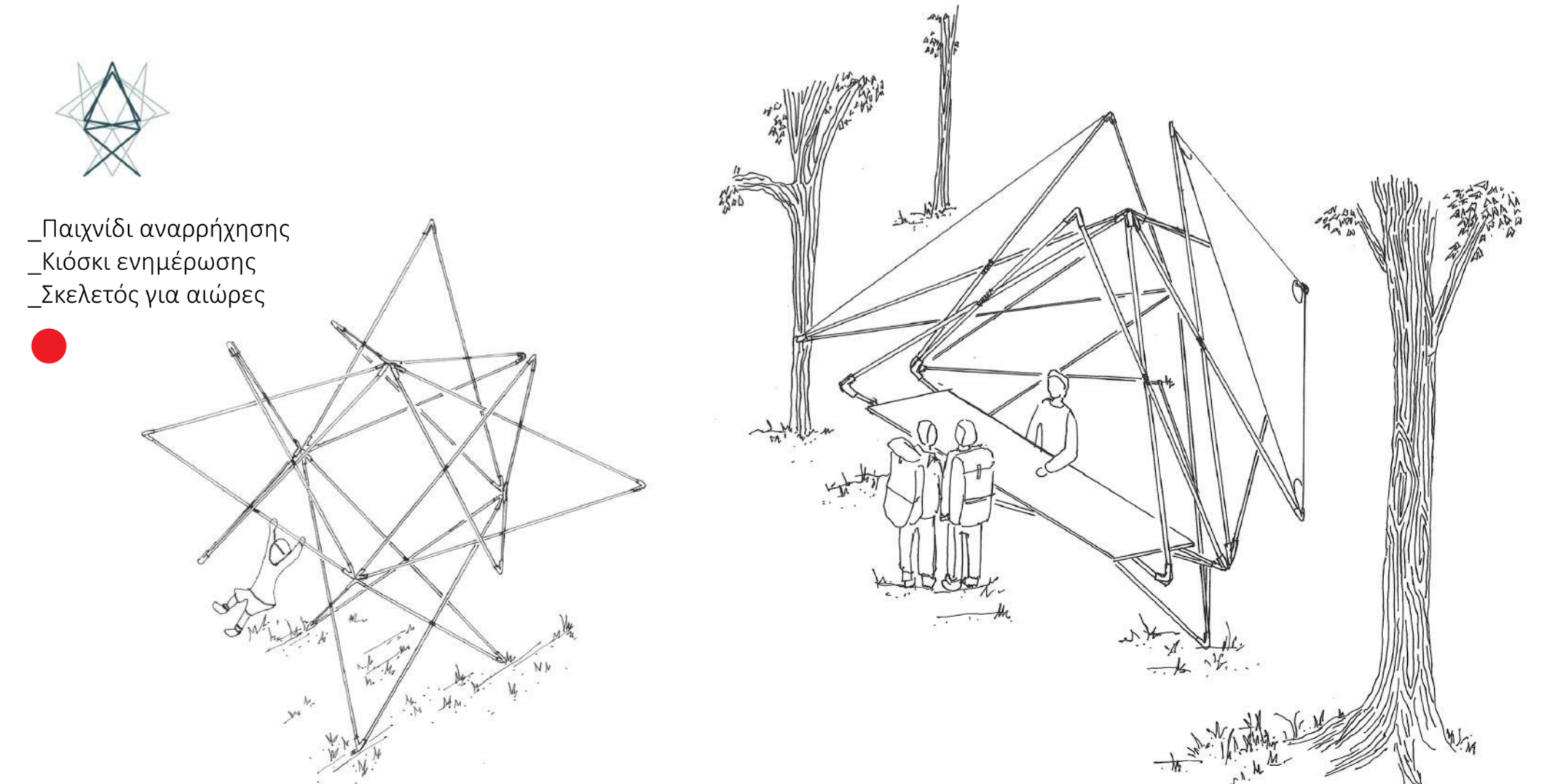


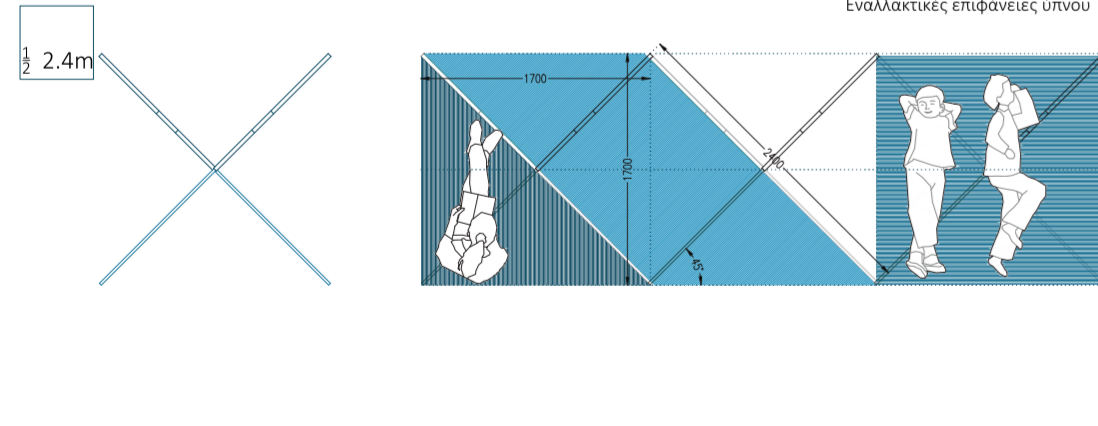
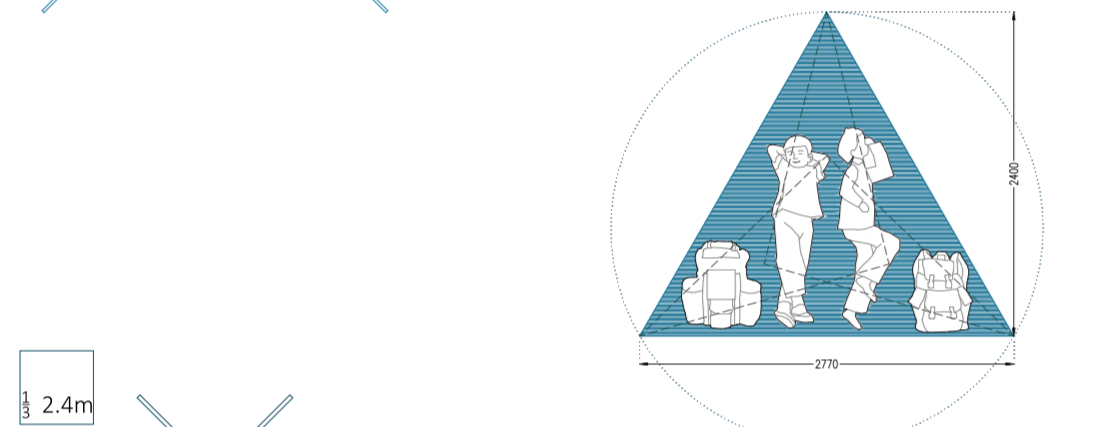
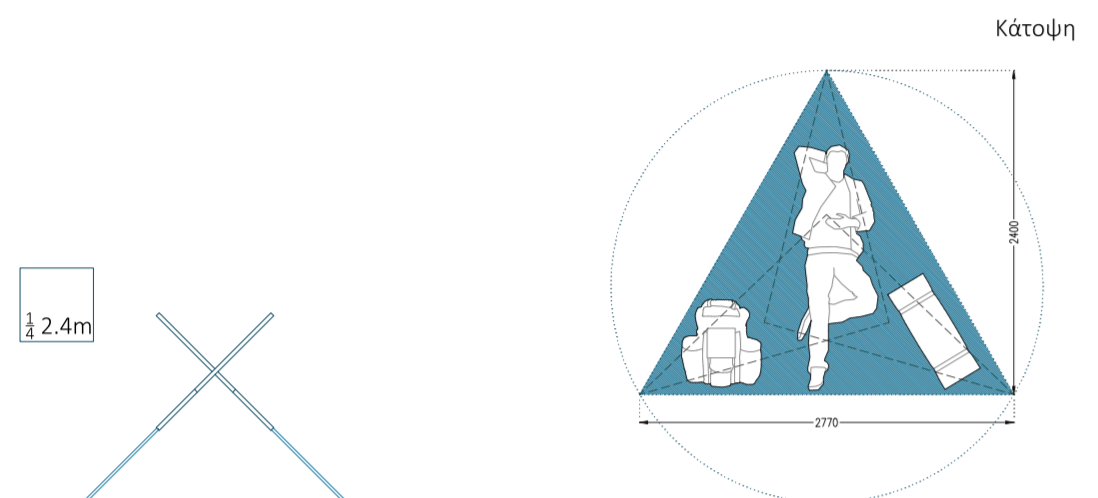
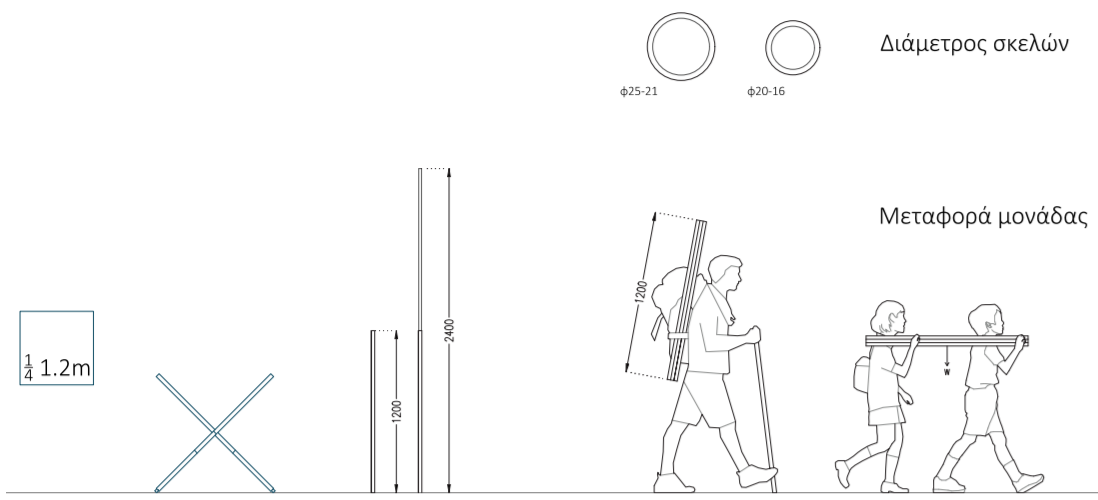


ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ



ΑΞΟΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ





2.5. Ορισμός μεγεθών μονάδας

Με βάση αυτή τη συνθήκη ξεκινήσαμε να ορίζουμε τα βασικά μεγέθη της κατασκευής μας.

Τα σκέλη αποφασίσαμε να είναι σωλήνες κυκλικής διατομής. Η επιλογή αυτή επιφέρει ένα αποτέλεσμα πιο φιλικό στους χρήστες μας και εξυπηρετεί στην επίλυση των κόμβων.

Με προϋπόθεση να μεταφέρεται ευκολά από έναν ενήλικα ή δυο παιδιά το μήκος των σκελών ορίστηκε στα 1,2 μέτρα.

Παρόλα αυτά επειδή το μήκος αυτό ήταν μικρό για να μπορέσει η μονάδα να φιλοξενήσει τη χρήση της σκηνής, τα σκέλη αποφασίσαμε να γίνουν τηλεσκοπικά έτσι ώστε να παίρνουν το διπλάσιο μήκος.

Για τις εναλλακτικές χρήσεις που έχουμε σκεφτεί τοποθετούμε το κόμβο του χιαστί σε διαφορετικές θέσεις ανάλογα με τη μορφή που χρειαζόμαστε κάθε φορά. Κάποιες εναλλακτικές προκύπτουν με την τοποθέτηση του κόμβου :

- στο 1/4 στην ανοιχτή θέση που η μονάδα φιλοξενεί την χρήση του ύπνου καθώς και την τοποθέτηση αιώρων.
- στο 1/3 στην ανοιχτή θέση που η μονάδα στην επανάληψή της δημιουργεί στέγαστρα.
- στο 1/2 στην ανοιχτή θέση που η μονάδα στην επανάληψή της δημιουργεί σκηνές στη σειρά καθώς και χώρους παιχνιδιού.

Με την αλλαγή του μήκους των τηλεσκοπικών σκελών και την μετατόπιση του κόμβου του χιαστί, η κατασκευή μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικές συνθήκες εδάφους.

2.6. Σταθεροποίηση μονάδας

Για τη σταθεροποίηση της δομής το ελάχιστό που απαιτείται είναι 2 σχοινιά στις δύο διευθύνσεις κίνησης της μονάδας.

Στις περιπτώσεις επανάληψης της μονάδας αν σταθεροποιηθεί έστω και μία σταθεροποιούνται όλες.

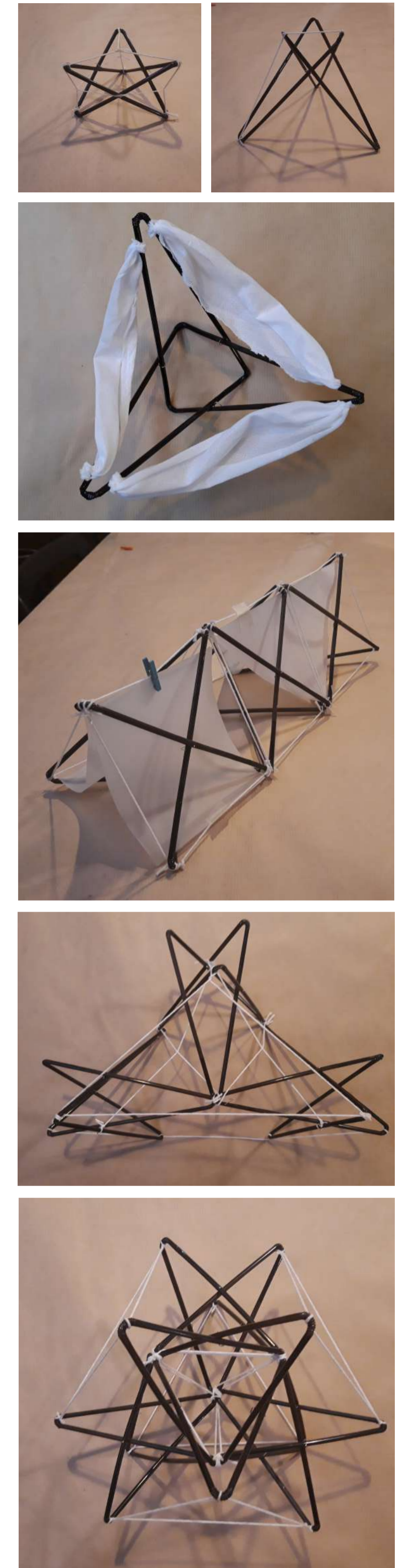
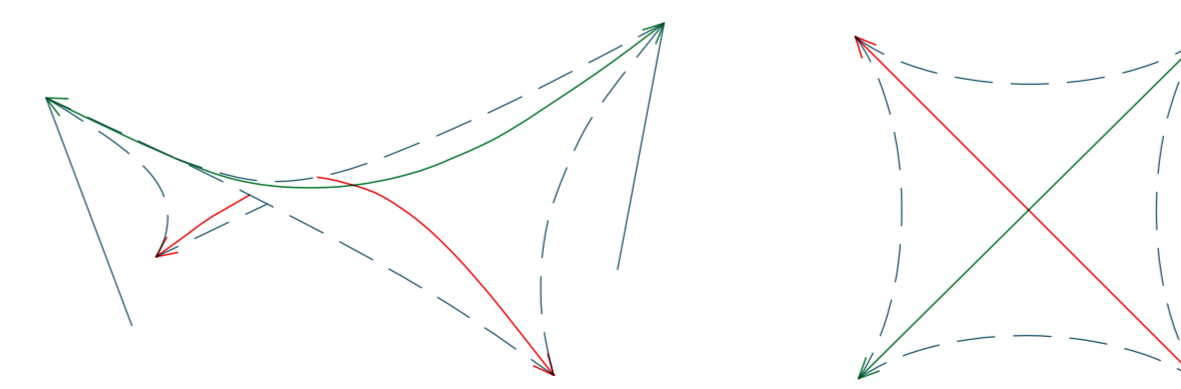
Για τη σταθεροποίηση ως προς το περιβάλλον της, οι κόμβοι αγκυρώνονται στο έδαφος, όπως και στις συμβατικές σκηνές, γεγονός που κάνει την μονάδα ακόμα πιο άκαμπτη.

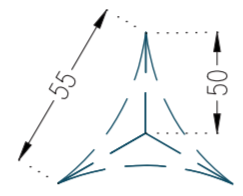
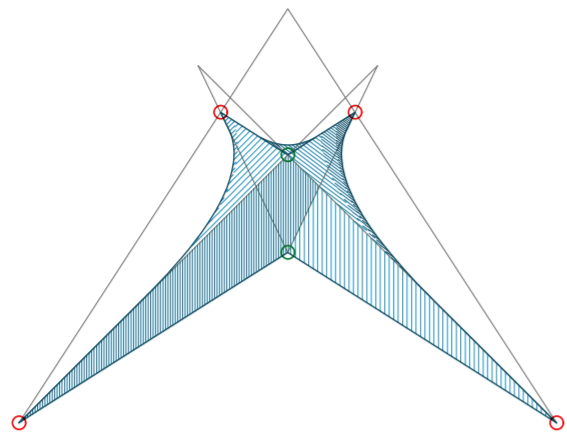
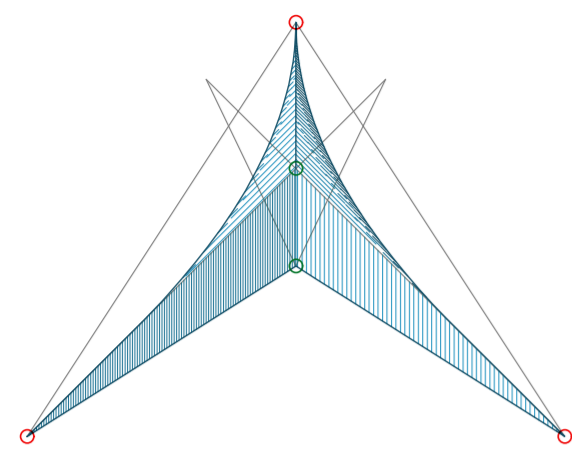
Εκτός από τα σχοινιά η ακαμψία της κατασκευής μπορεί να επιτευχθεί και με τη χρήση πλήρωσης. Οι συνθήκες είναι δύο. Η περίπτωση ύπνου κατά την οποία η πλήρωση είναι

εντελώς κλειστή και εσωτερικά του σκελετού. Η συνθήκη αυτή επιτυγχάνεται όταν η μονάδα χρησιμοποιείται είτε ατομικά είτε σε γραμμική επανάληψη. Στην περίπτωση της ατομικής σκηνής σχεδιάσαμε το πατρόν της πλήρωσης.

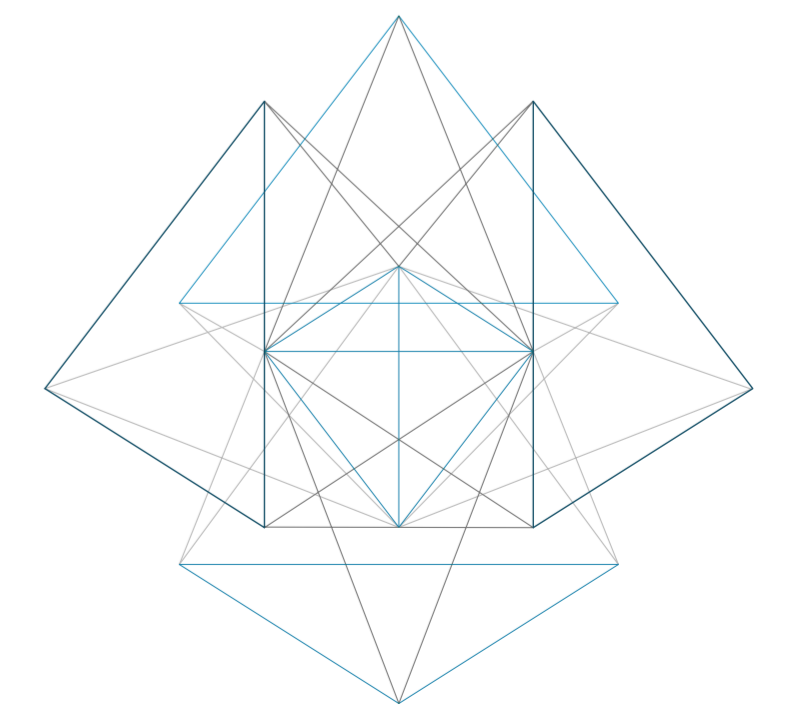
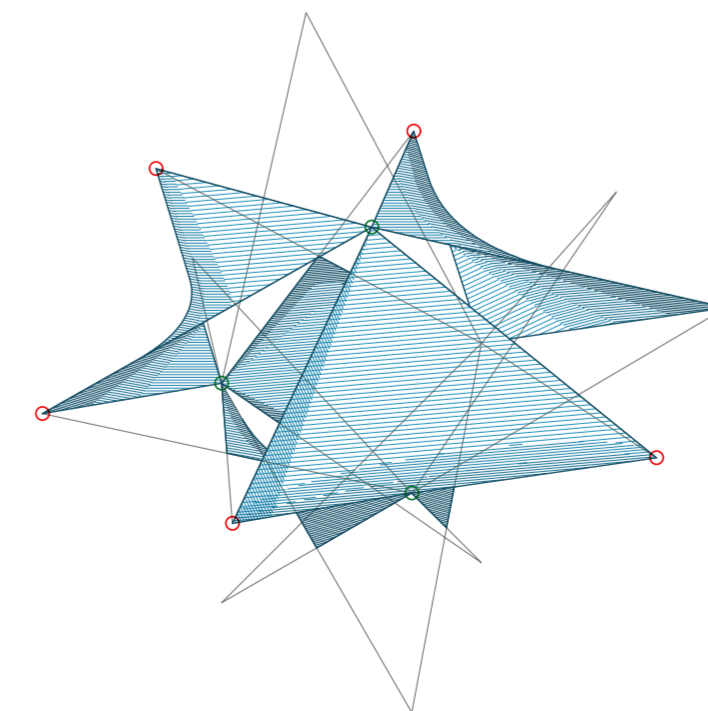
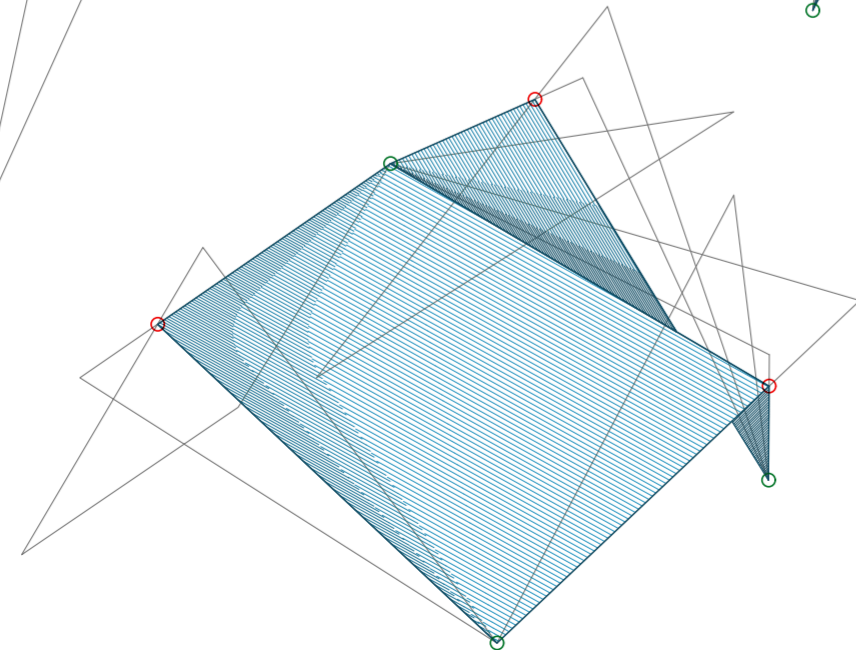
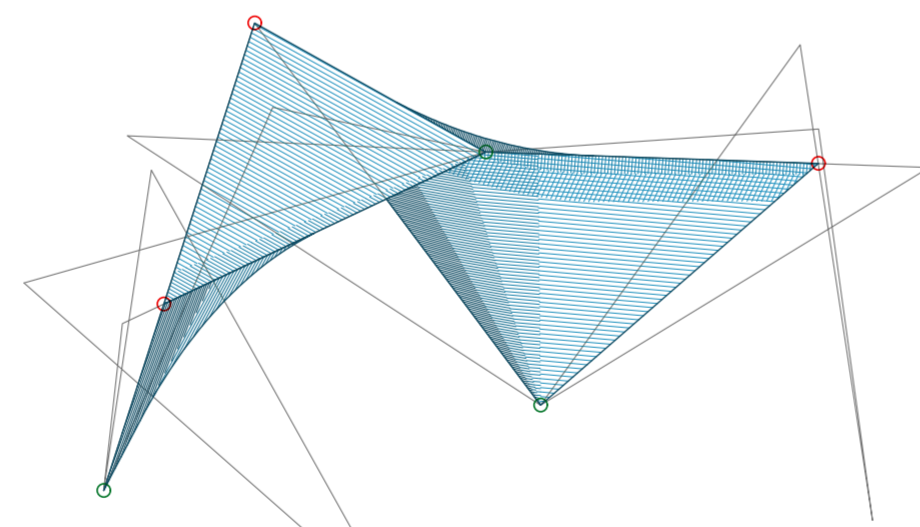
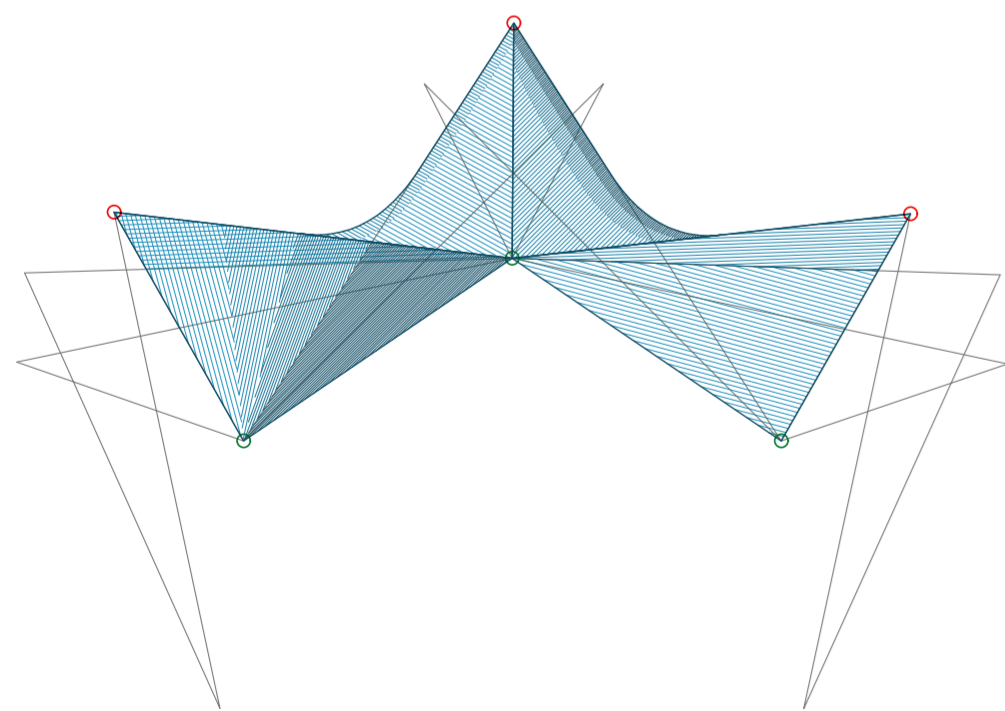
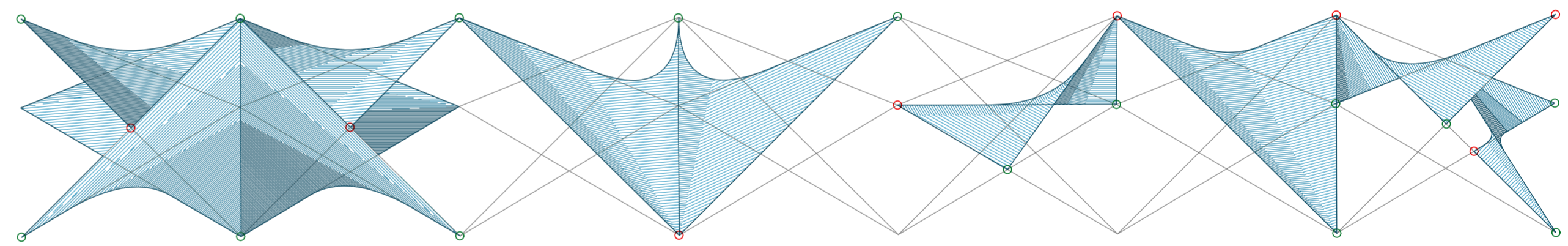
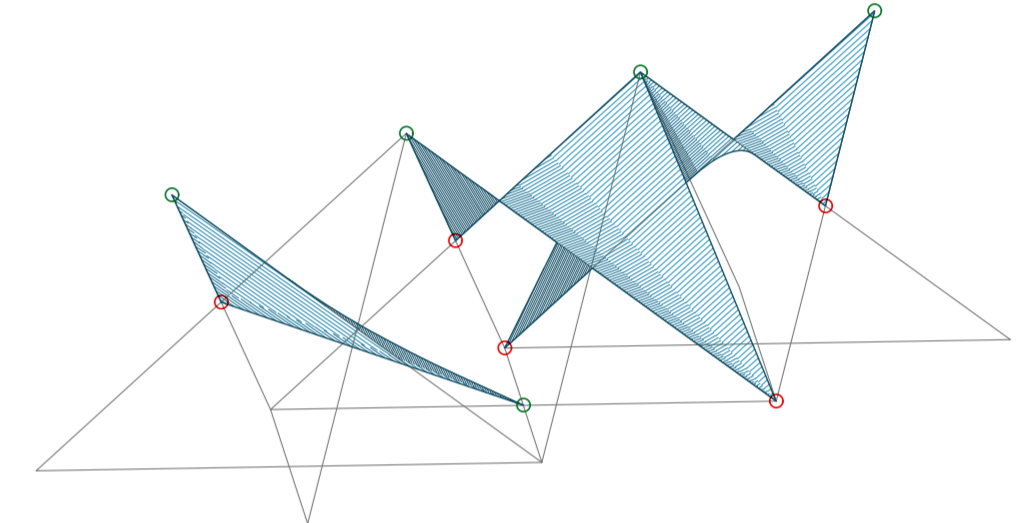
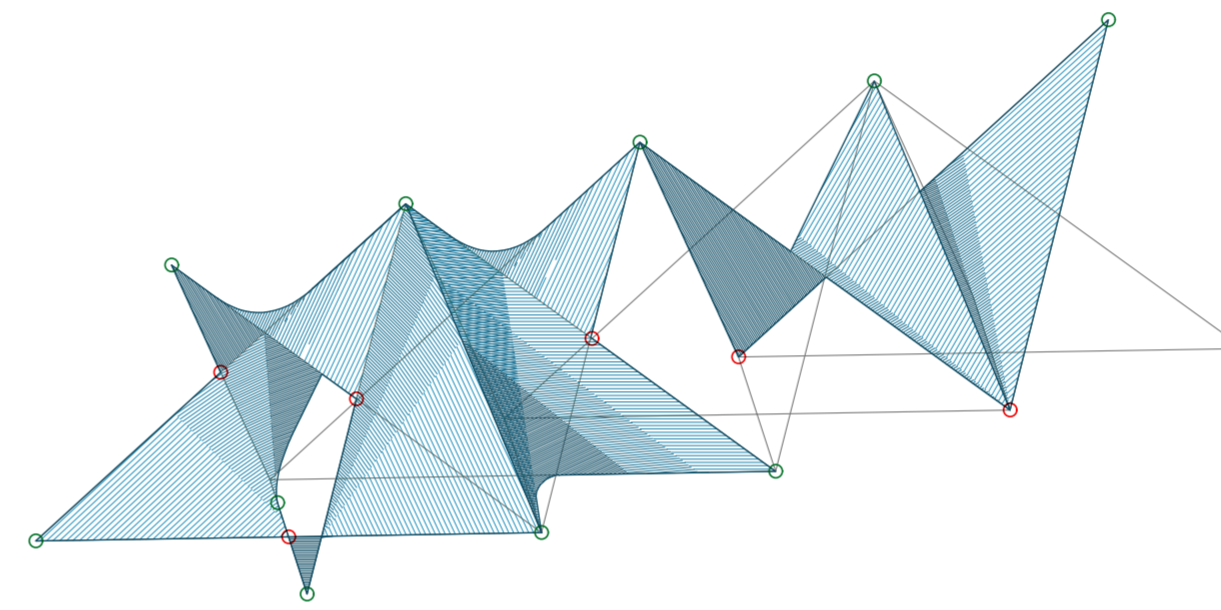
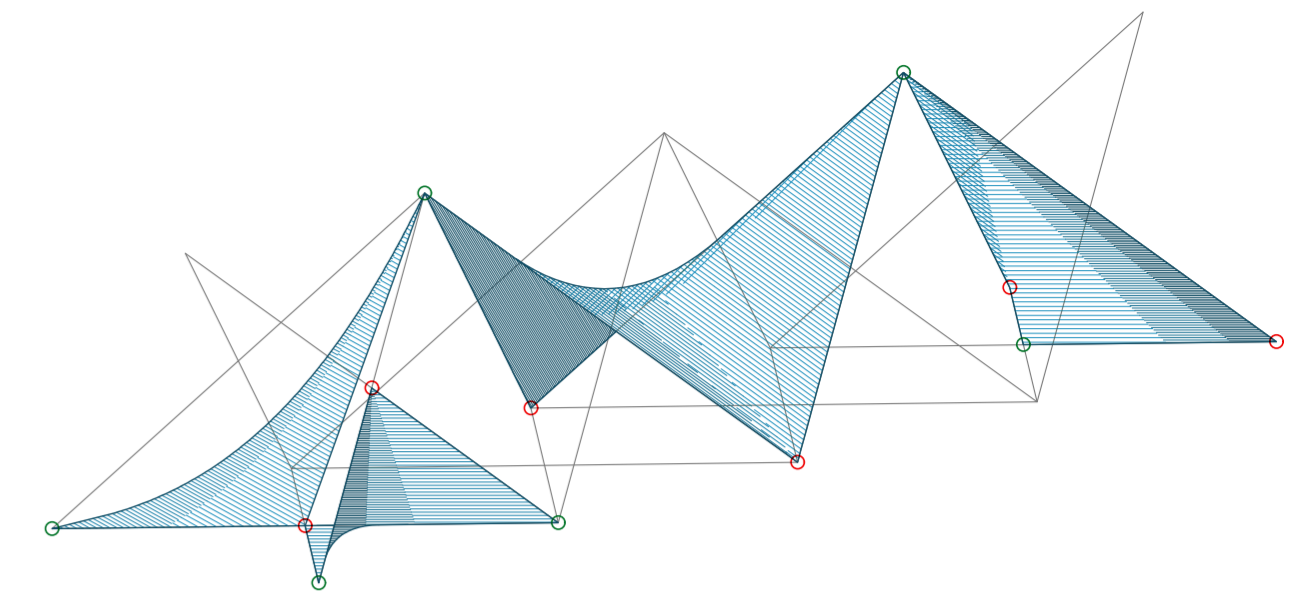
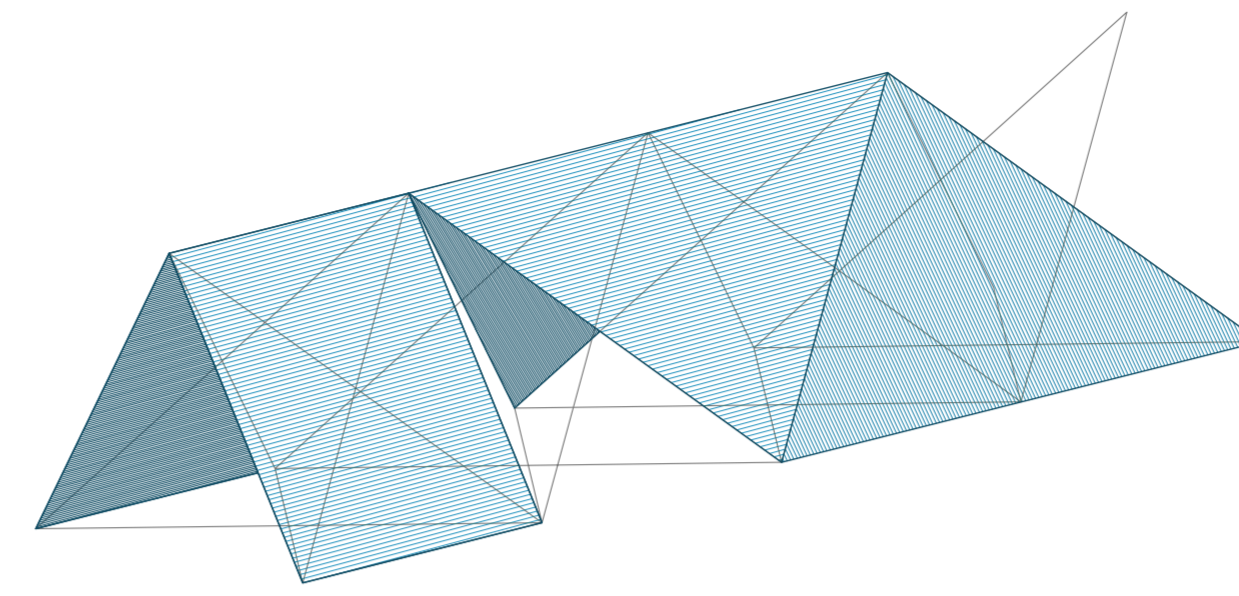
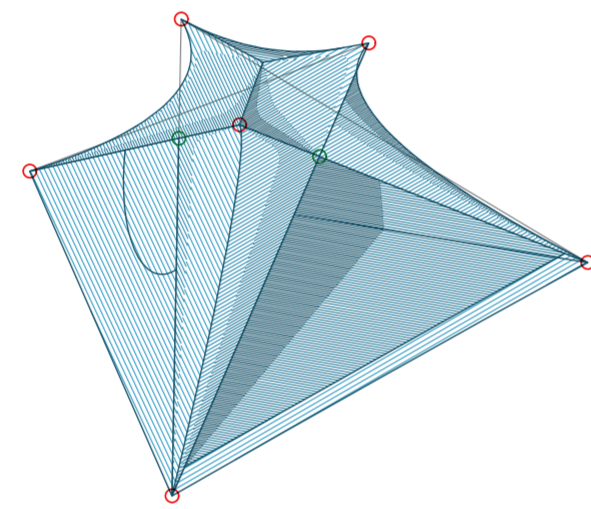
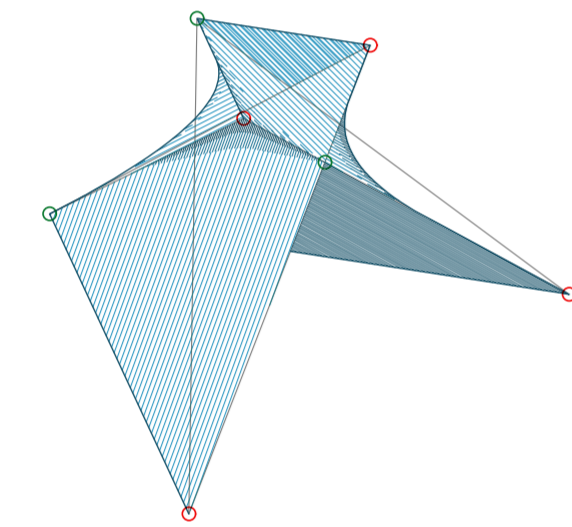
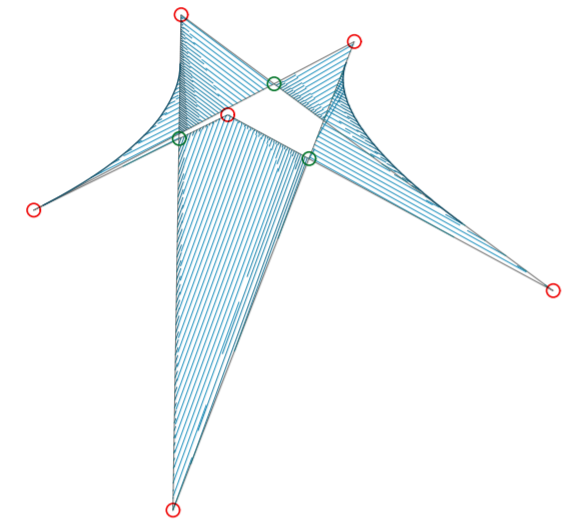
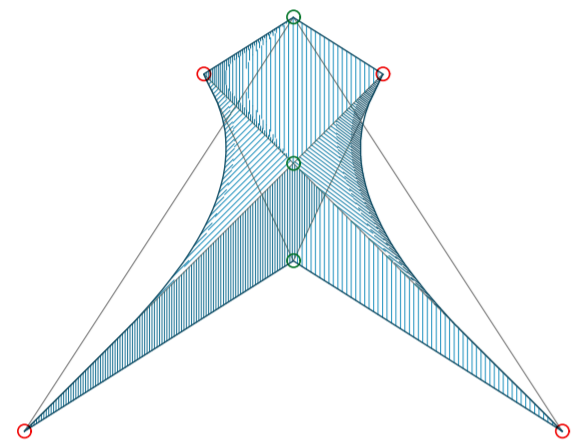
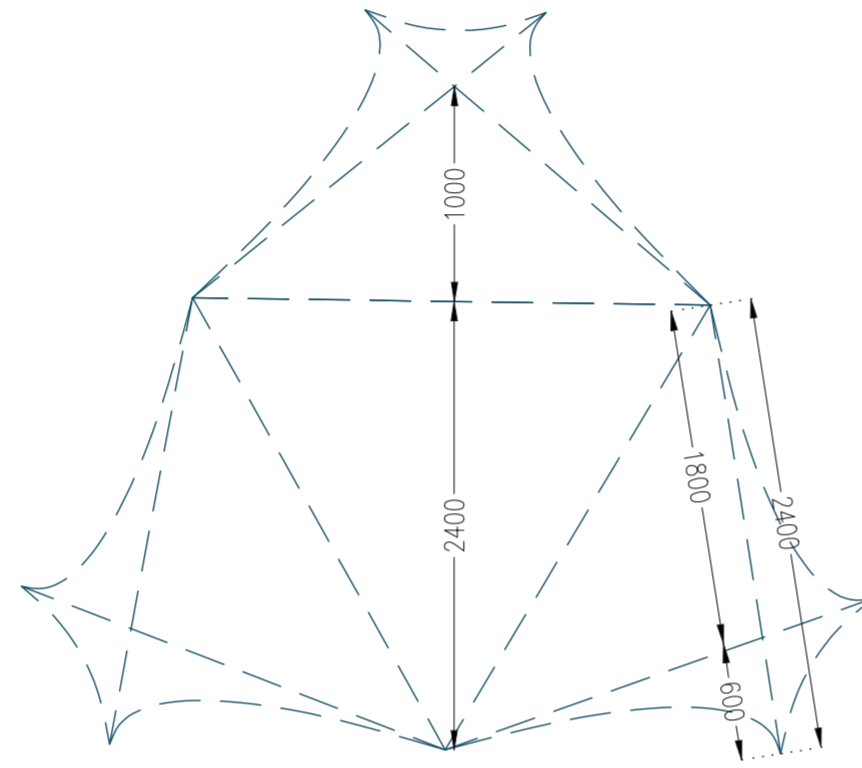
Στη δεύτερη συνθήκη υπάρχουν τετράγωνα πανιά που τοποθετούνται με μεγάλο βαθμό ελευθερίας, αναλόγως την ανάγκη από τους χρήστες για να σταθεροποιήσουν τη κατασκευή. Η σταθεροποίηση γίνεται βασιζόμενη στη λογική των εφελκυσόμενων κατασκευών.

Λογική σταθεροποίησης εφελκυσόμενων κατασκευών





Πατρόν ατομικής σκηνής





Πλαστικός σωλήνας PVC



Σωλήνας αλουμινίου



Σωλήνας από ανθρακονήματα

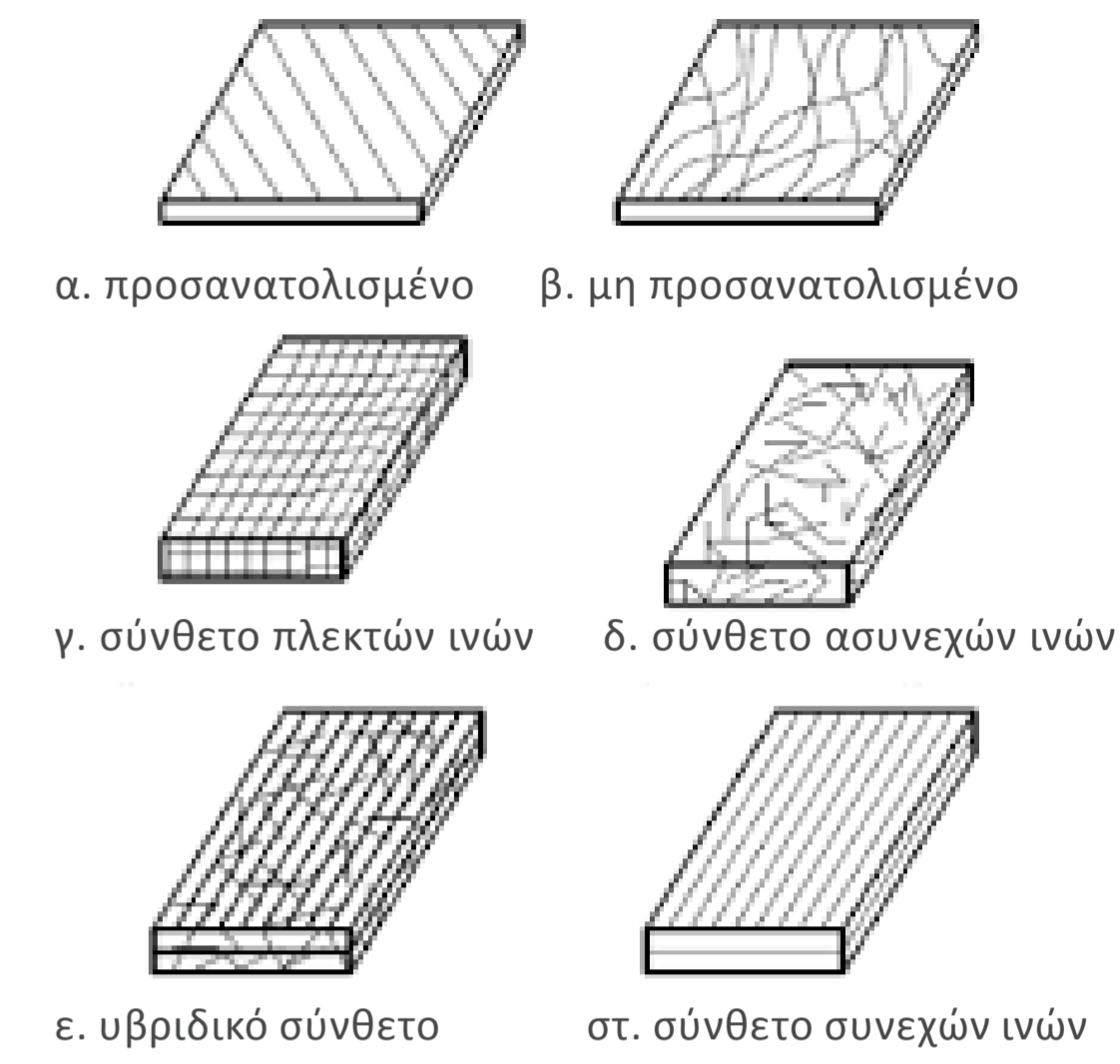
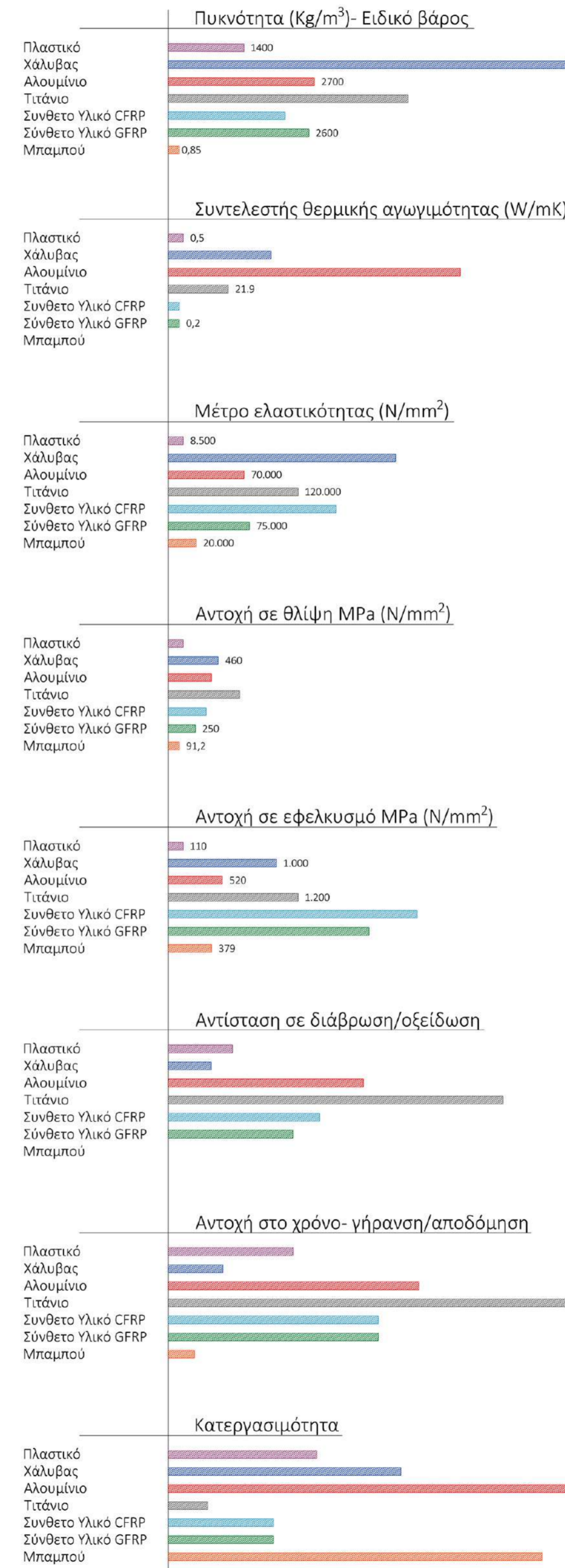


Μπαμπού καλάμια

2.7. Επιλογή υλικών

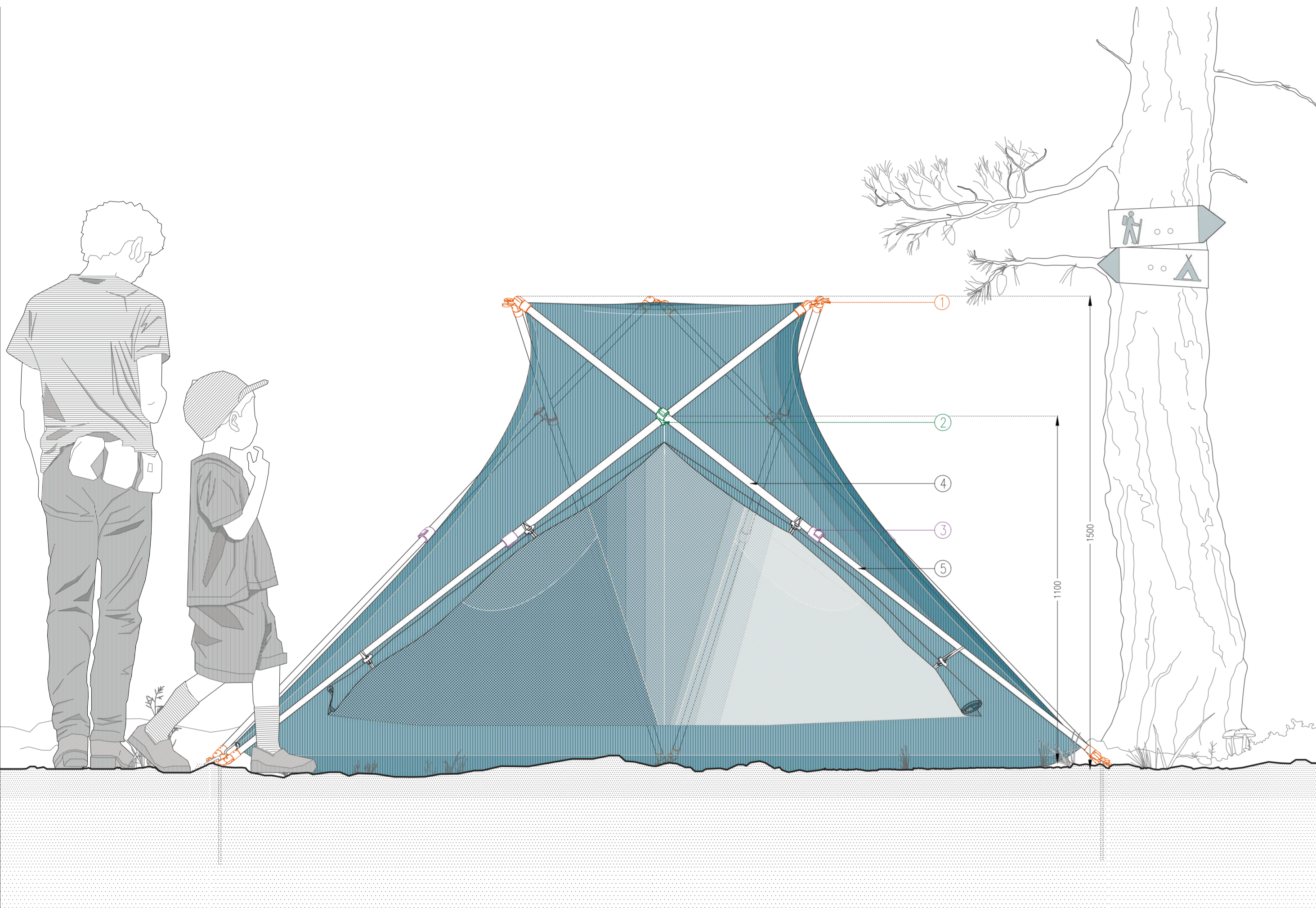
Σε αντίστοιχες κατασκευές η επιλογή του υλικού γίνεται ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες. Στην δικιά μας περίπτωση θέλαμε η μονάδα μας να είναι σχετικά ελάφρεια, οπότε το υλικό που θα χρησιμοποιούσαμε θα έπρεπε να έχει σχετικά μικρό βάρος. Παράλληλα το υλικό που θα επιλέγαμε βασικό ήταν να μπορεί να ανταποκριθεί στις χρήσεις που δώσαμε στην μονάδα μας, συνεπώς να έχει μεγάλες αντοχές και να μην αποδομείται εύκολα καθώς η κατασκευή θα τοποθετείται στην ύπαιθρο. Έτσι κάναμε κάποια συγκριτικά διαγράμματα που περιλαμβάνουν το πλαστικό, το χάλυβα, το αλουμίνιο, το τιτάνιο, τα σύνθετα υλικά (με υαλονήματα και ανθρακονήματα) και το μπαμπού ως ένα φυσικό υλικό.

Με βάση τα αποτελέσματα από τα διαγράμματα επιλέξαμε στους κόμβους μας να χρησιμοποιήσουμε το αλουμίνιο καθώς έχει σχετικά μικρό βάρος και υψηλές αντοχές ανάλογα με το κράμα αλουμινίου που θα χρησιμοποιηθεί. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι πως κατά την θραύση στραβώνει και δεν σπάει όπως το πλαστικό που σπάει ψαθυρά. Έχει υψηλό βαθμό κατεργασιμότητας, αντέχει στο χρόνο και παράλληλα είναι οικολογικό σαν υλικό καθώς μπορεί να ανακυκλωθεί. Για τους τηλεσκοπικούς σωλήνες επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε σωλήνες από ανθρακονήματα καθώς έχουν πολύ υψηλές αντοχές και παράλληλα πολύ μικρό βάρος. Παράλληλα διαθέτουν αρκετά μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, γεγονός που θα διευκολύνει τους χρήστες να το χρησιμοποιούν κατά τους θερινούς μήνες.



Κατηγορίες υαλοφασμάτων ανάλογα τη πλέξη των ινών τους





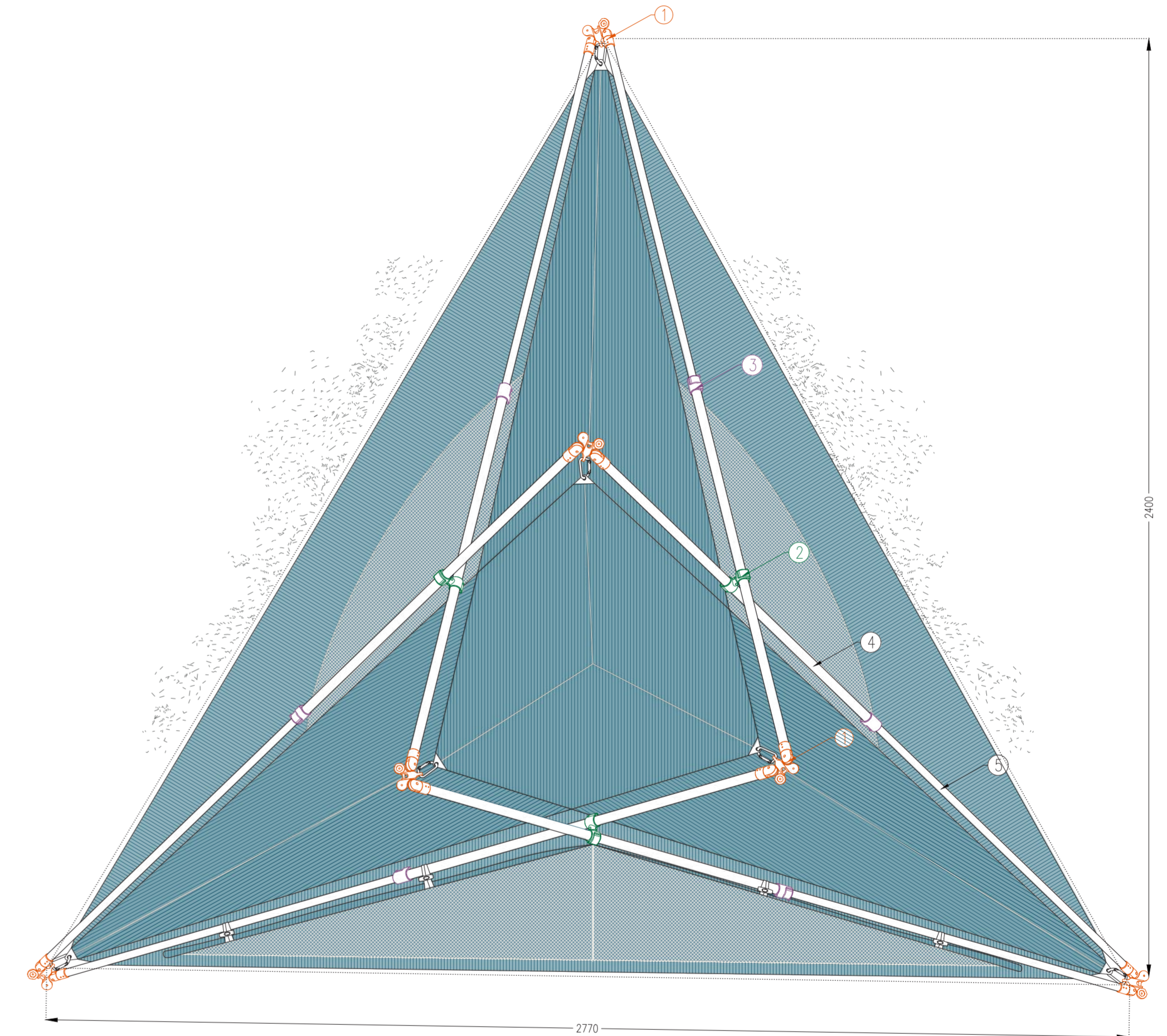
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- 1. κόμβος τύπου Α
- 2. κόμβος τύπου Β
- 3. κόμβος σφιγχτήρα
- 4. σωλήνας φ25 μήκος 1.2 m
- 5. σωλήνας φ20 μήκος 1.2 m

ΣΧΕΔΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ

Σ_1

ΟΨΗ



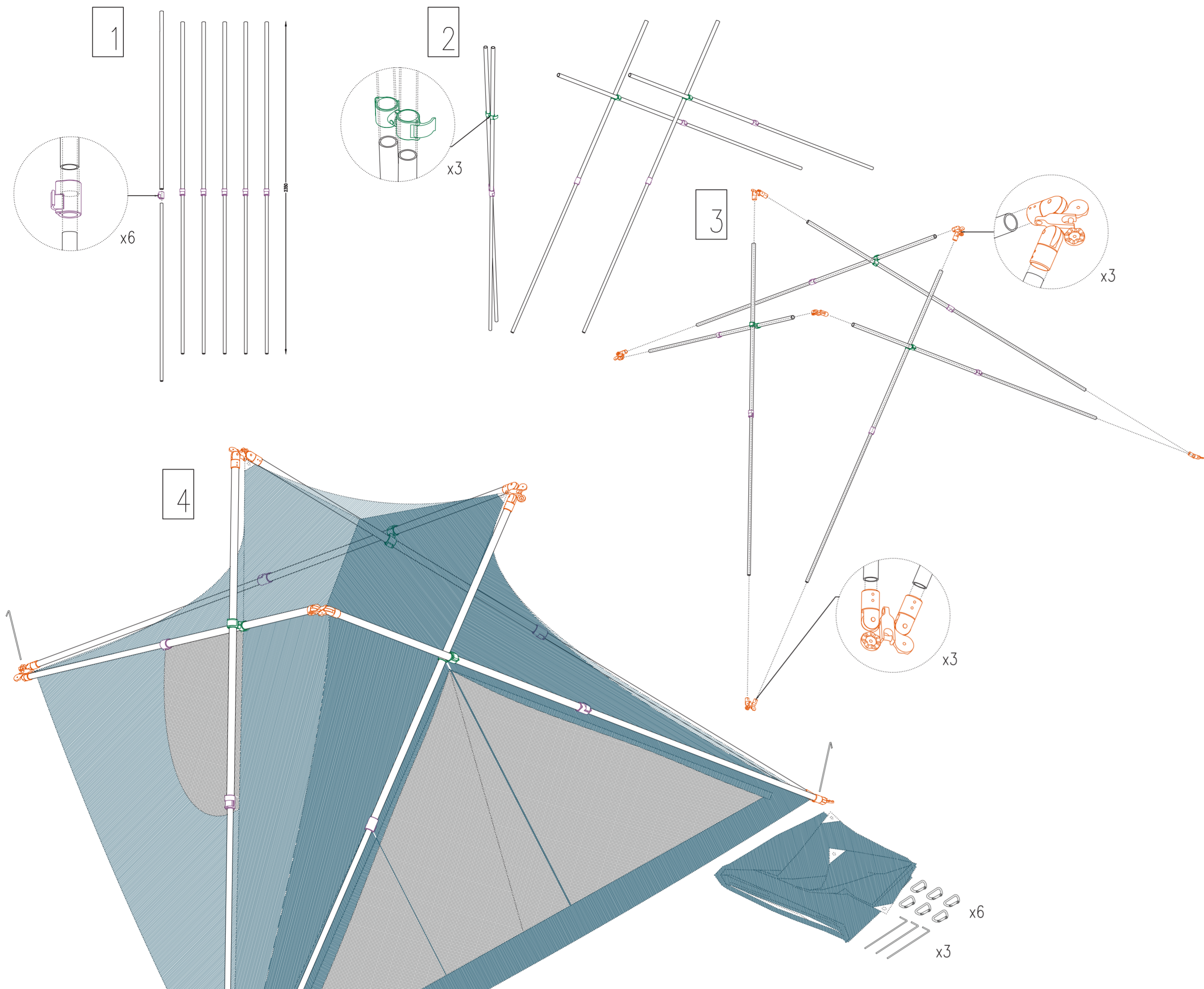
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- 1. κόμβος τύπου Α
- 2. κόμβος τύπου Β
- 3. κόμβος σφιγχτήρα
- 4. σωλήνας φ25 μήκος 1.2 m
- 5. σωλήνας φ20 μήκος 1.2 m

ΣΧΕΔΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ

Σ_2

ΚΑΤΟΨΗ



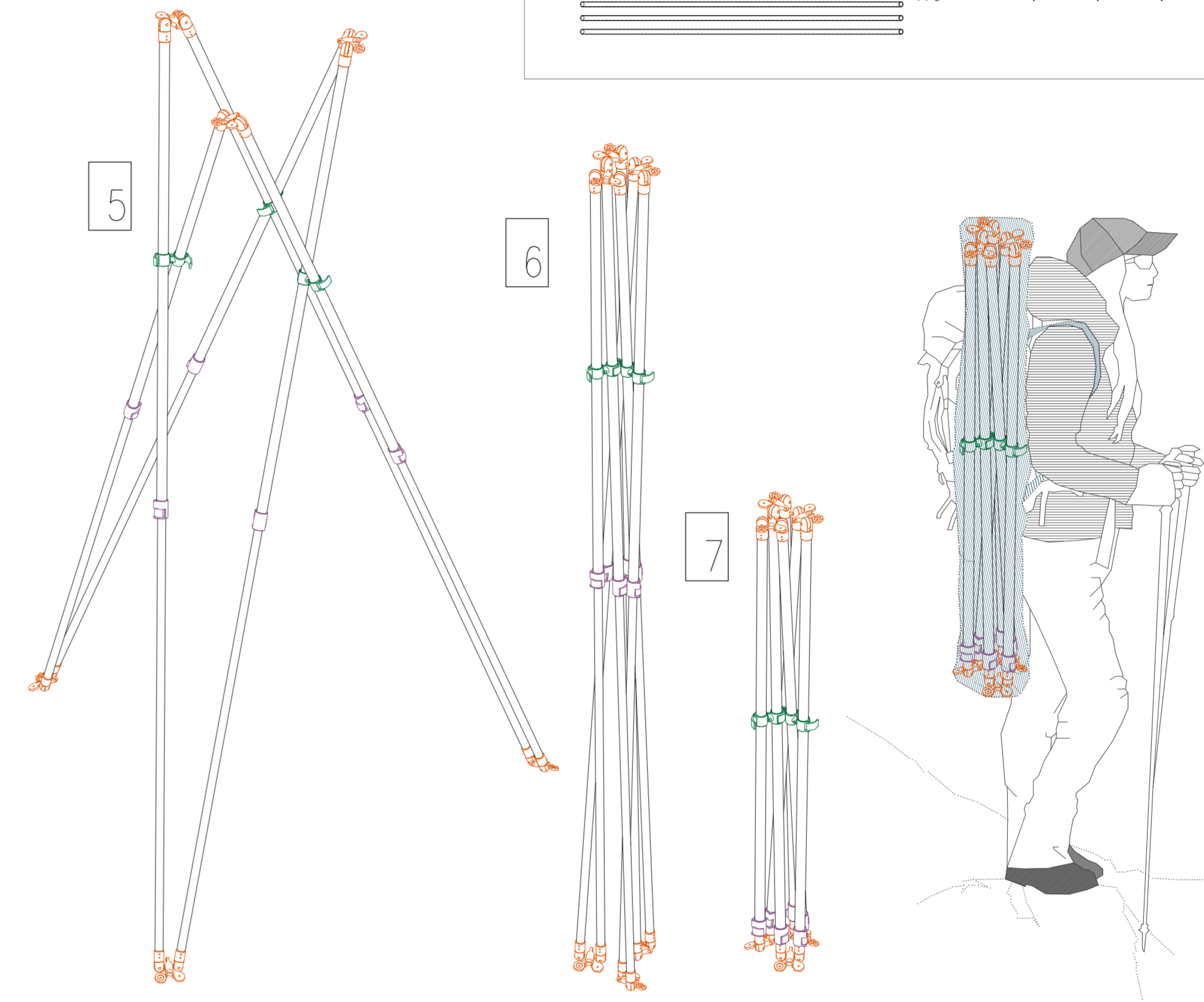
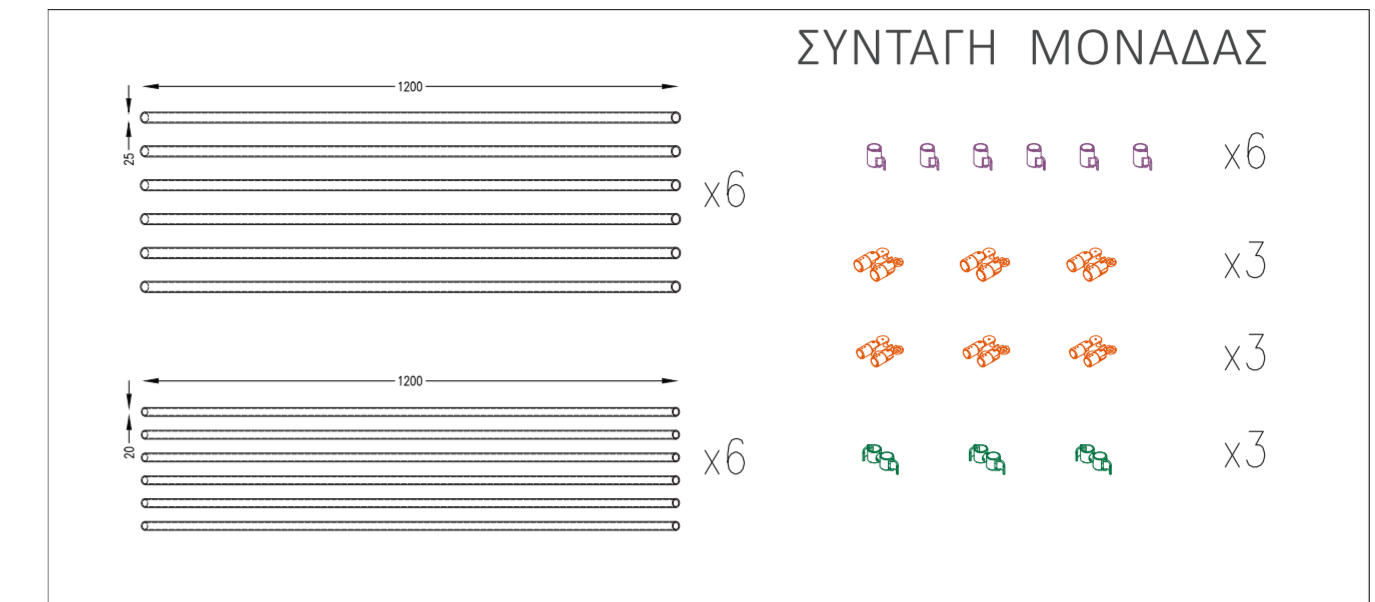
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---|---|
| 1. τοποθέτηση σφιγχτήρα
-ένωση σωλήνων φ25 με φ20 | -τοποθέτηση πλήρωσης με τη χρήση καρμπίνερ |
| 2. τοποθέτηση κεντρικού κόμβου τύπου A
-ένωση τηλεσκοπικών σωλήνων ανά 2 | -πασαλάκια για σταθεροποίηση στο έδαφος |
| 3. τοποθέτηση κόμβων τύπου B στις γωνίες | 5. ενδιάμεσο στάδιο στο κλείσιμο του σκελετού |
| 4. τελικό στάδιο δημιουργίας σκελετού
-ανοιχτή θέση | 6. κλειστός σκελετός |
| | 7. κλείσιμο τηλεσκοπικών σωλήνων
-κλειστή θέση |

ΣΧΕΔΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ

Σ₃

ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---|---|
| 1. τοποθέτηση σφιγχτήρα
-ένωση σωλήνων φ25 με φ20 | -τοποθέτηση πλήρωσης με τη χρήση καρμπίνερ |
| 2. τοποθέτηση κεντρικού κόμβου τύπου A
-ένωση τηλεσκοπικών σωλήνων ανά 2 | -πασαλάκια για σταθεροποίηση στο έδαφος |
| 3. τοποθέτηση κόμβων τύπου B στις γωνίες | 5. ενδιάμεσο στάδιο στο κλείσιμο του σκελετού |
| 4. τελικό στάδιο δημιουργίας σκελετού
-ανοιχτή θέση | 6. κλειστός σκελετός |
| | 7. κλείσιμο τηλεσκοπικών σωλήνων
-κλειστή θέση |

ΣΧΕΔΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ

Σ₃

ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

2.8. ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΟΜΒΩΝ

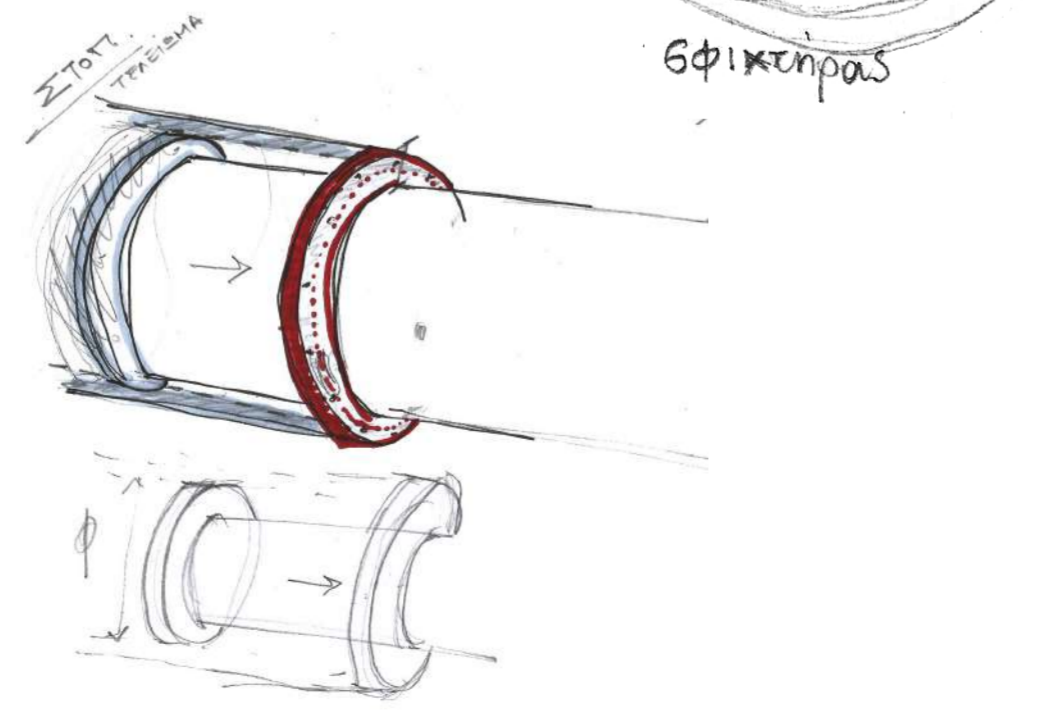
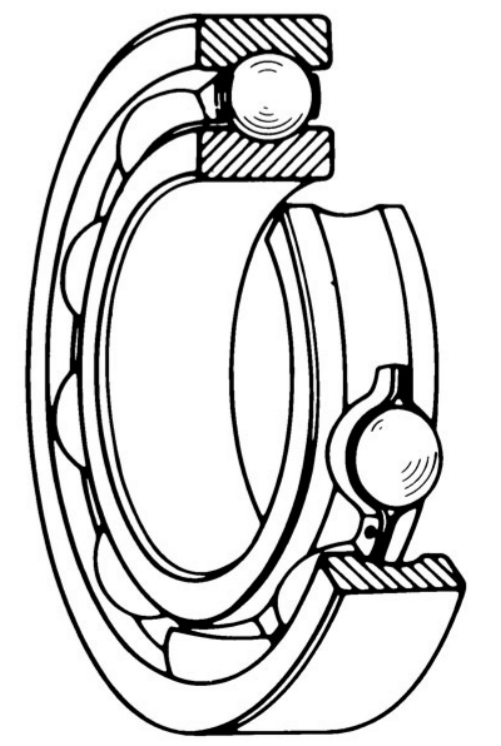
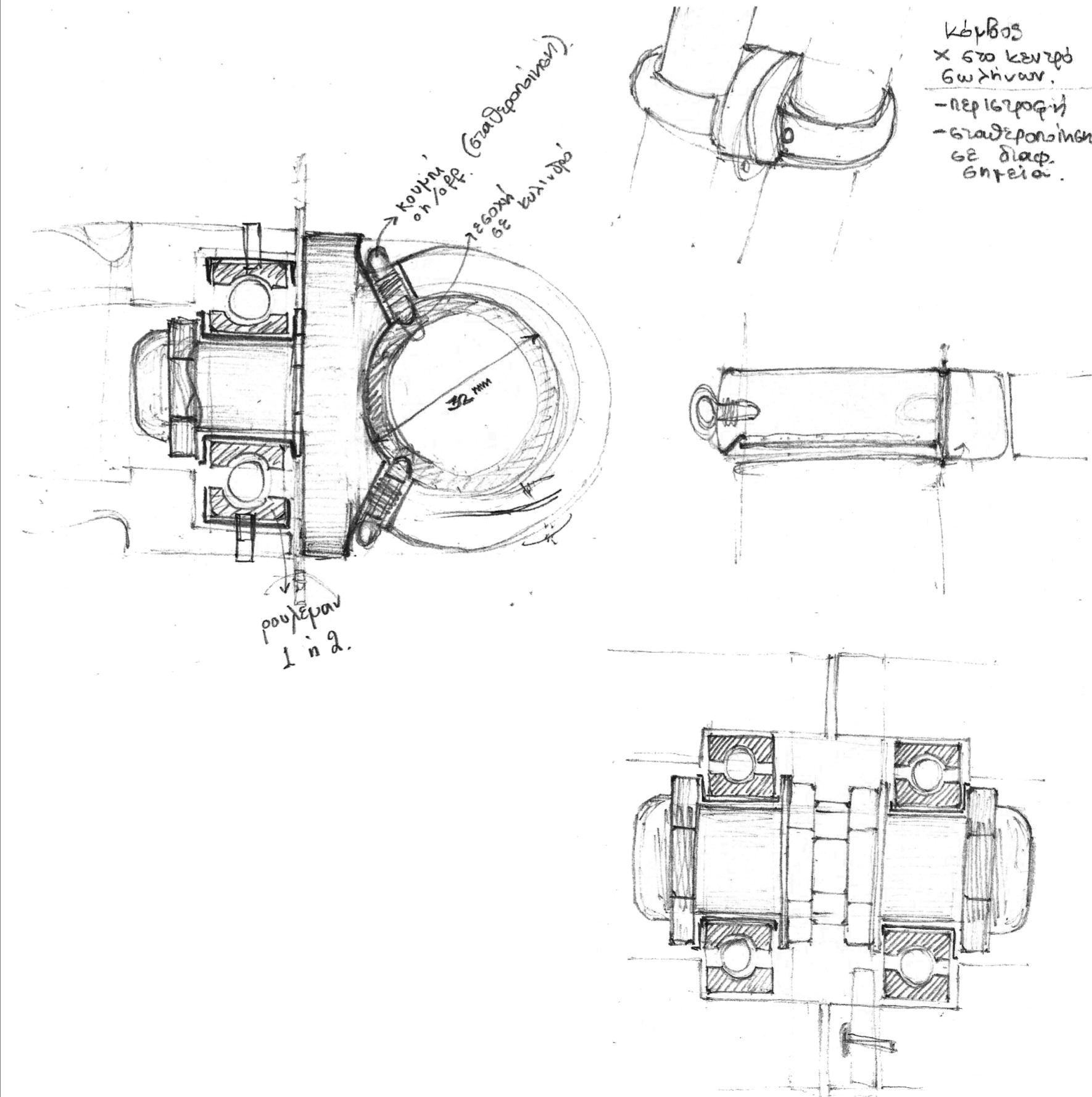
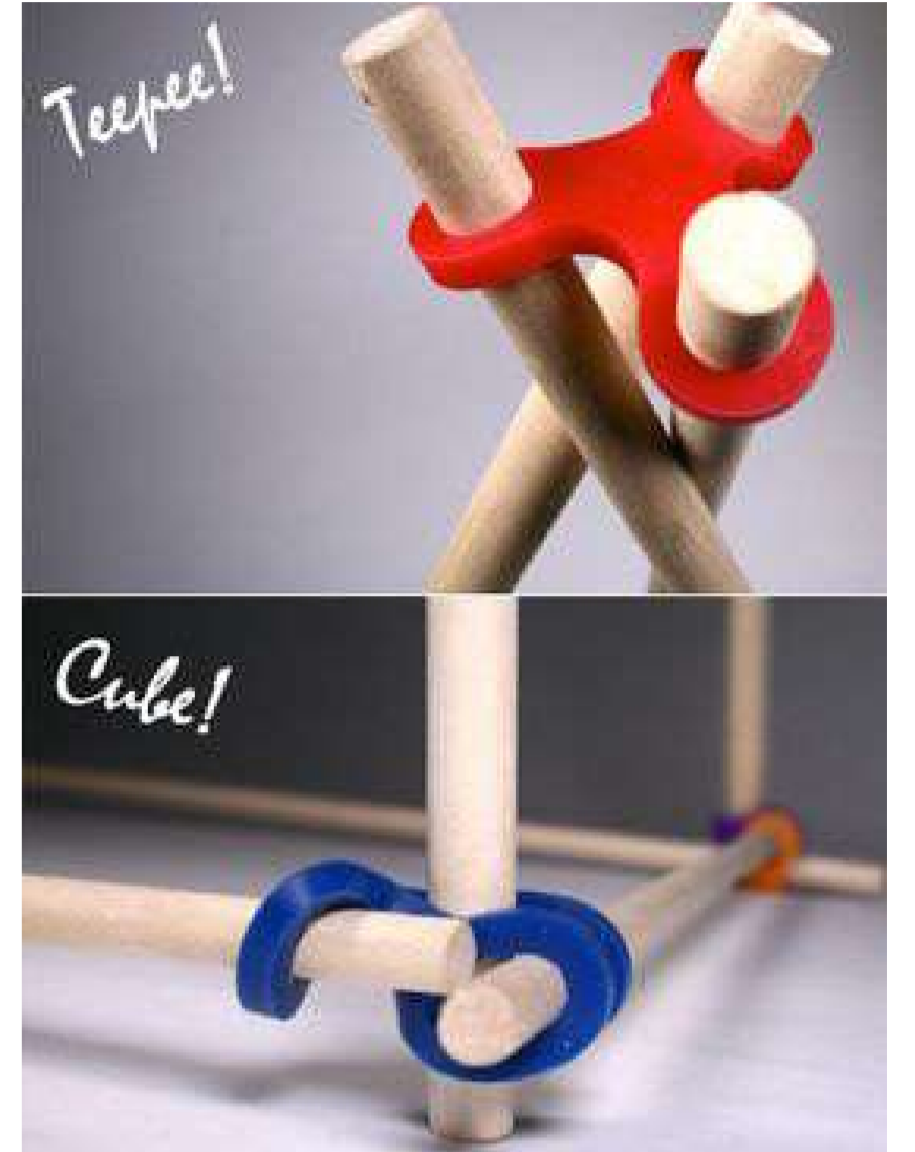
Δοκιμές για τον κόμβο του σφιγκτήρα

Για να διπλασιάσουμε το μήκος των σκελών της μονάδας επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε τηλεσκοπικά κοντάρια. Βασική απαίτηση για τον κόμβο αυτό ήταν να μπορεί ο χρήστης με εύκολο και γρήγορο τρόπο να δίνει το μήκος που επιθυμεί στα σκέλη για να μπορεί να χρησιμοποιήσει την μονάδα με τον τρόπο που θέλει την κάθε φορά. Επίσης δεν θέλαμε ο κόμβος να τρυπάει τα σκέλη για να μην μειώνει την αντοχή τους. Για τους λόγους αυτούς επιλέξαμε να τοποθετήσουμε σφιγκτήρες γρήγορης απασφάλισης, η λογική των οποίων είναι η πιο διαδεδομένη στα τηλεσκοπικά κοντάρια.

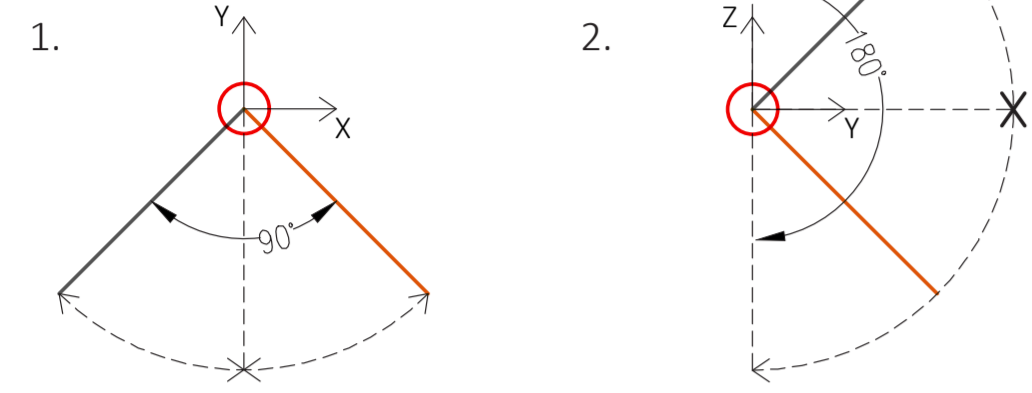


Δοκιμές για τον κόμβο τύπου A

Ο κόμβος αυτός θα μπορούσε να εκφραστεί με μία απλή άρθρωση. Παρόλα αυτά εμείς δεν θέλαμε να τρυπήσουμε τα σκέλη της μονάδας μας και παράλληλα θέλαμε ο κόμβος αυτός να έχει την δυνατότητα να μετακινείται και να σταθεροποιείται εύκολα και γρήγορα κατά μήκος των σκελών για να μπορεί ο χρήστης να παράξει τις μορφές που επιθυμεί την κάθε φορά. Γι'αυτό προσανατολιστήκαμε στη λογική των δύο δαχτυλιδιών που προσαρμόζονται εξωτερικά των σωλήνων και συνδέονται με άρθρωση. Για να ελαχιστοποιήσουμε τις τριβές σκεφτήκαμε να προσαρμόσουμε ρουλεμάν αλλά το απορρίψαμε λόγω του μικρού μεγέθους του κόμβου. Παρόλα αυτά στην τελική επίλυση μιμηθήκαμε και απλοποιήσαμε την λογική του ρουλεμάν.



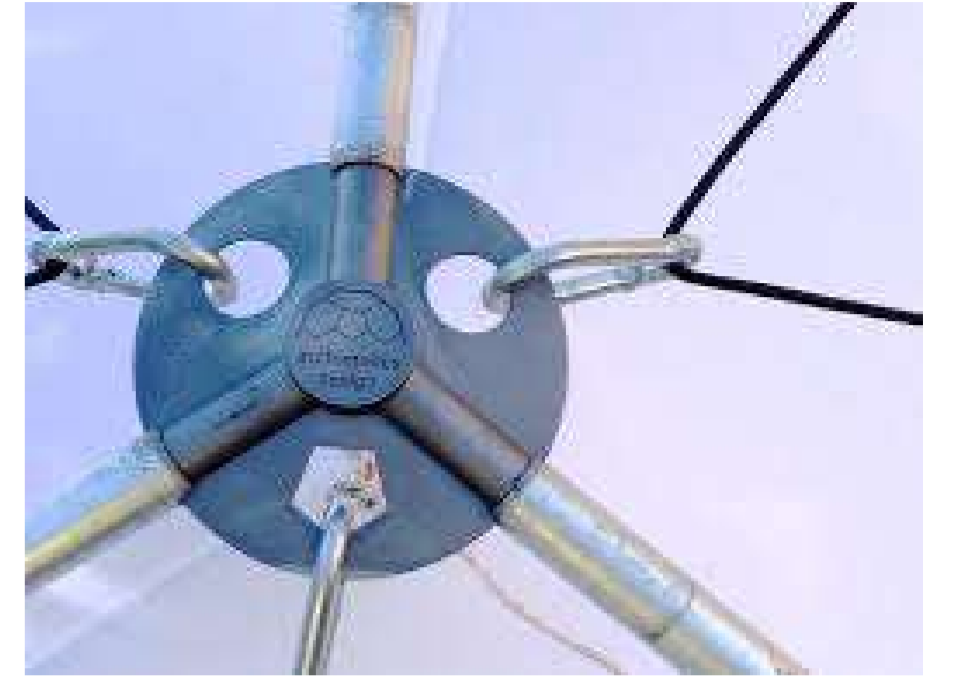
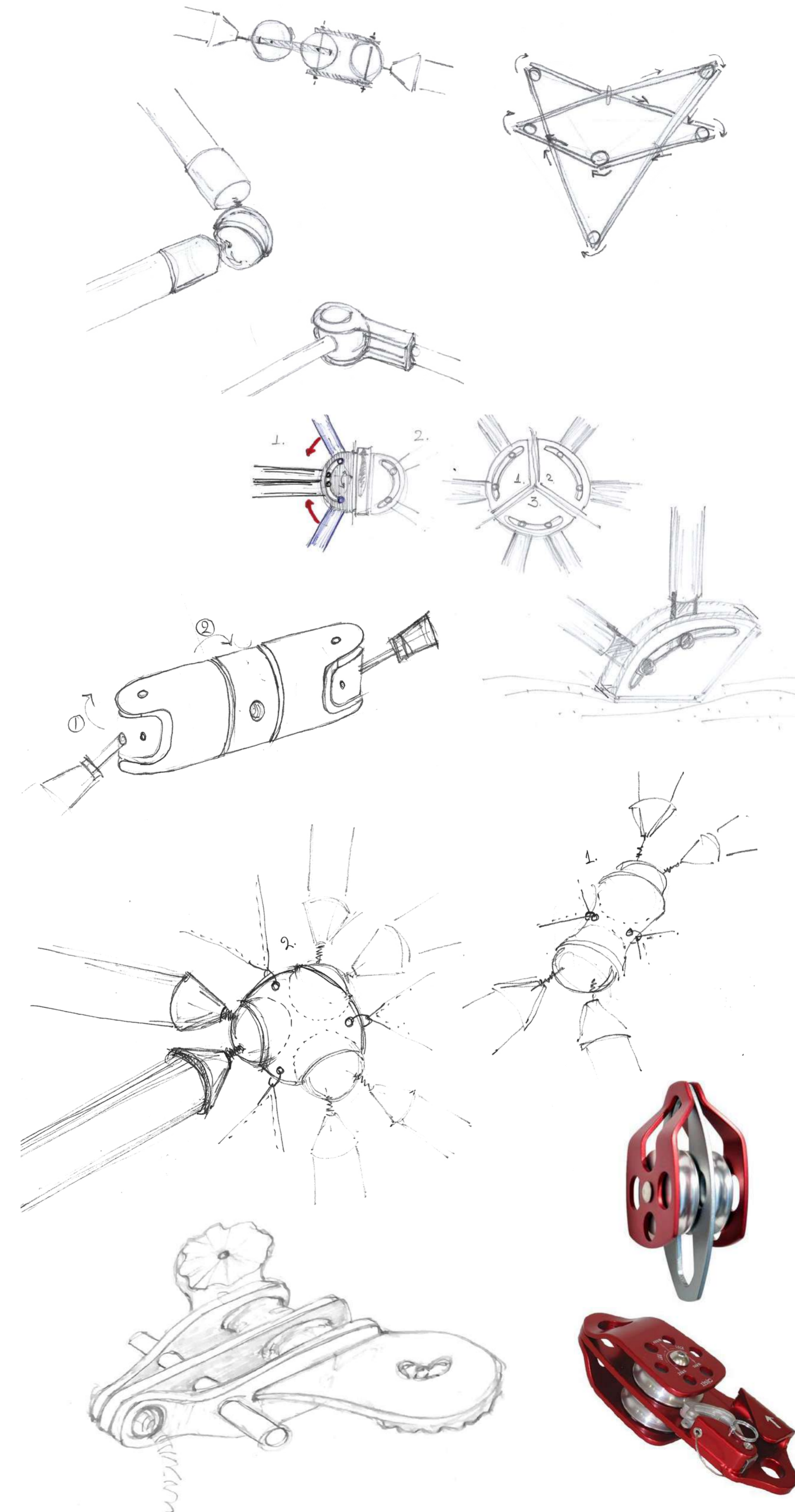
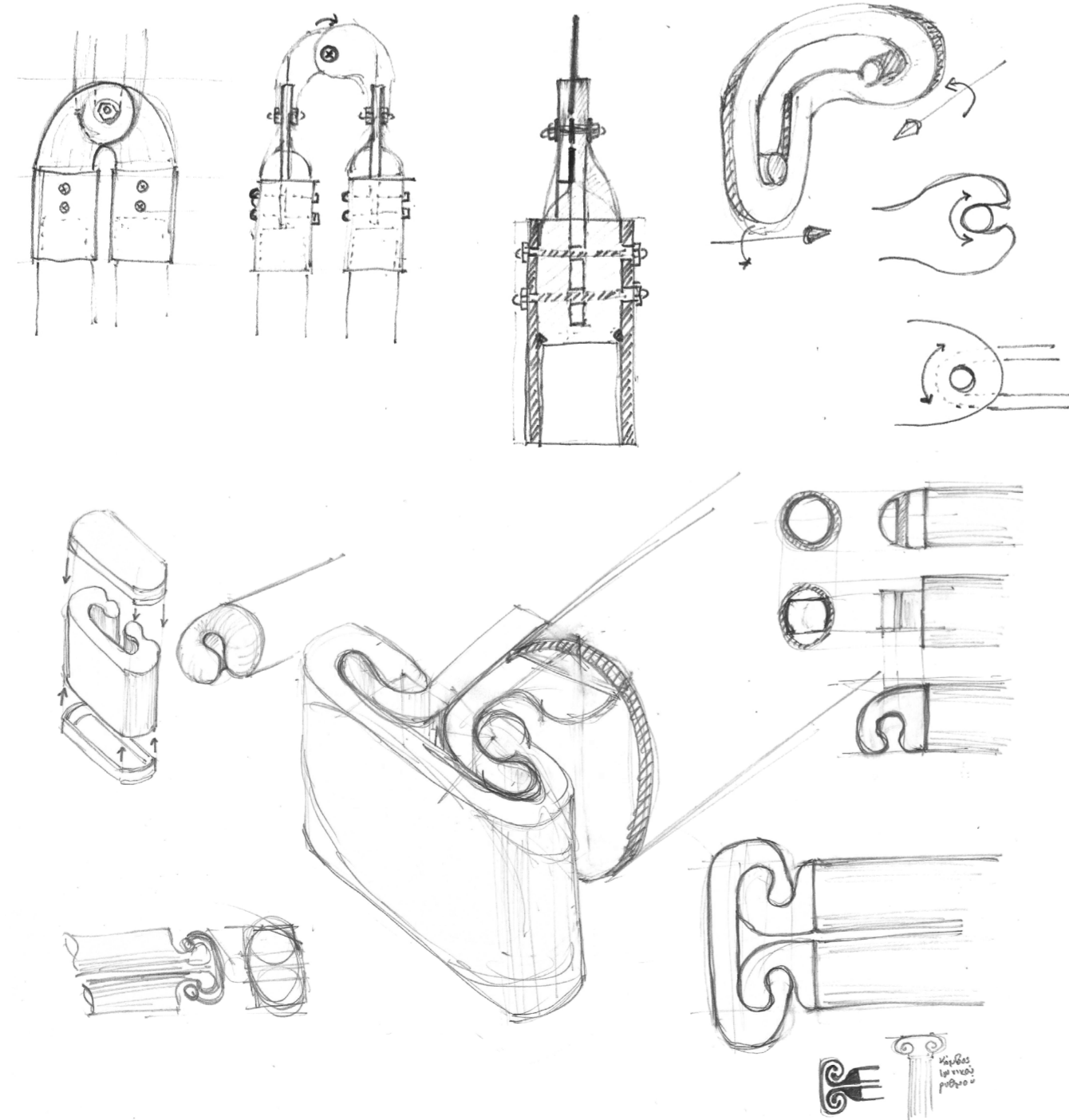
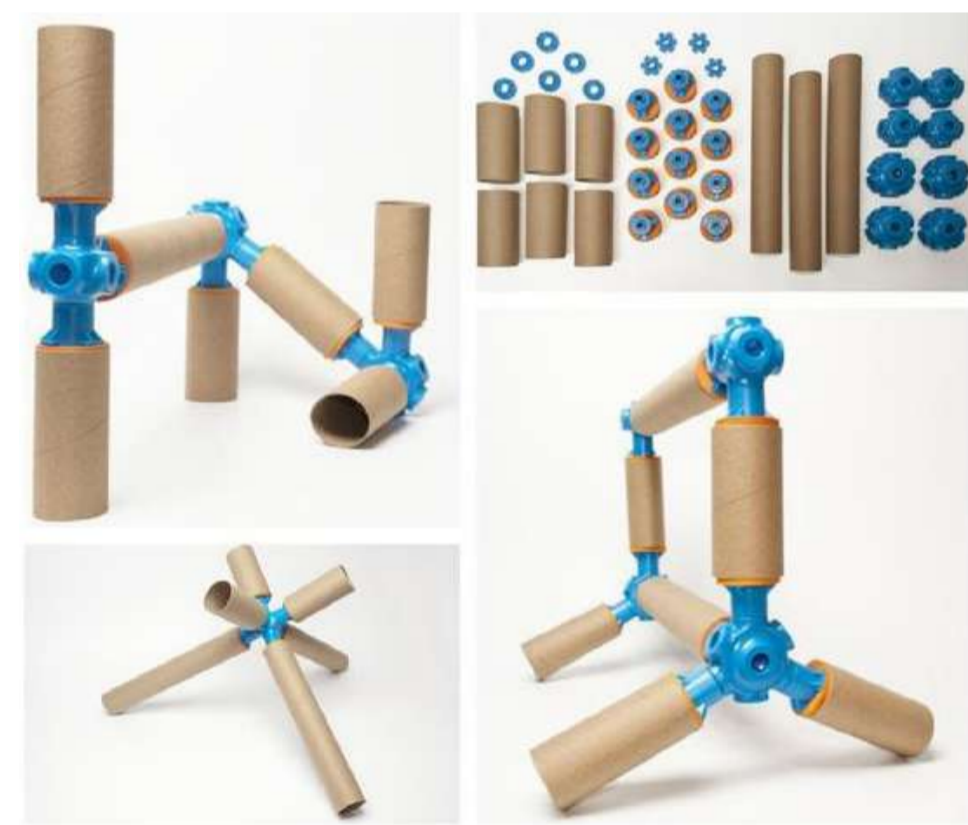
ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΚΟΜΒΟΥ



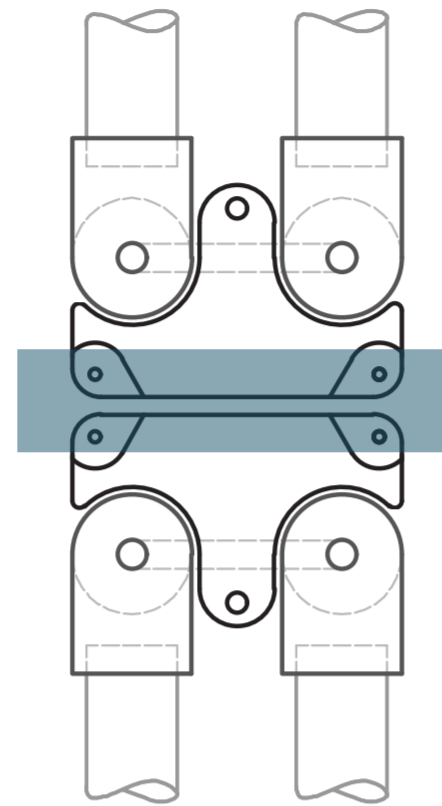
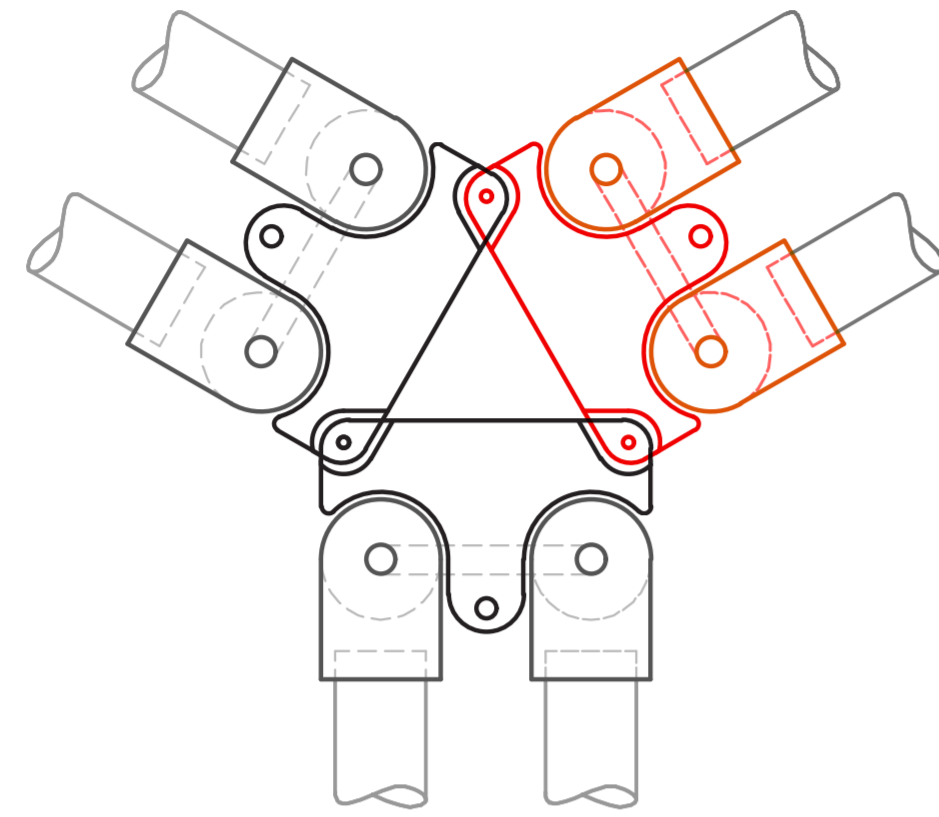
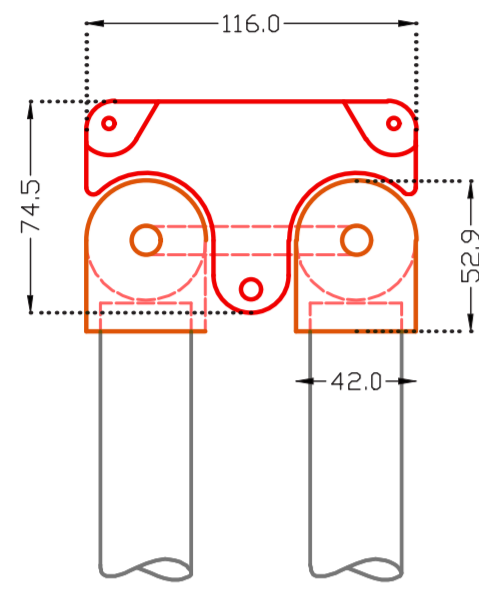
Δοκιμές για τον κόμβο τύπου Β

Ο κόμβος αυτός ήταν ο πιο απαιτητικός γιατί διαθέτει πολλαπλούς βαθμούς ελευθερίας. Βασικές προϋποθέσεις που θέσαμε για να σταθεροποιηθεί ο σκελετός της μονάδας ήταν να έχει τη δυνατότητα να πακτώνεται ο κόμβος στο έδαφος και να έχει υποδοχή για σκοινί ή πανί. Παράλληλα βασική απαίτηση ήταν να μπορεί να ενωθεί με όμοιους του κόμβους σε γωνίες 180, 60 και 45 μοίρες για να επιτευχθούν οι μορφές των επαναλήψεων της μονάδας.

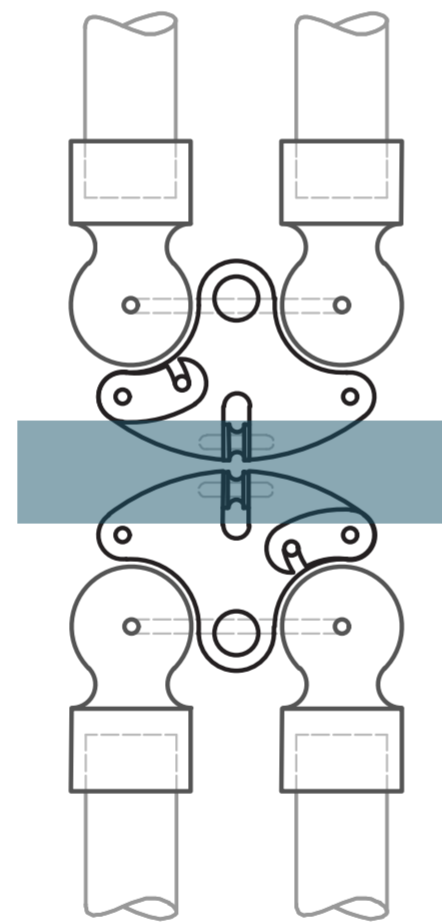
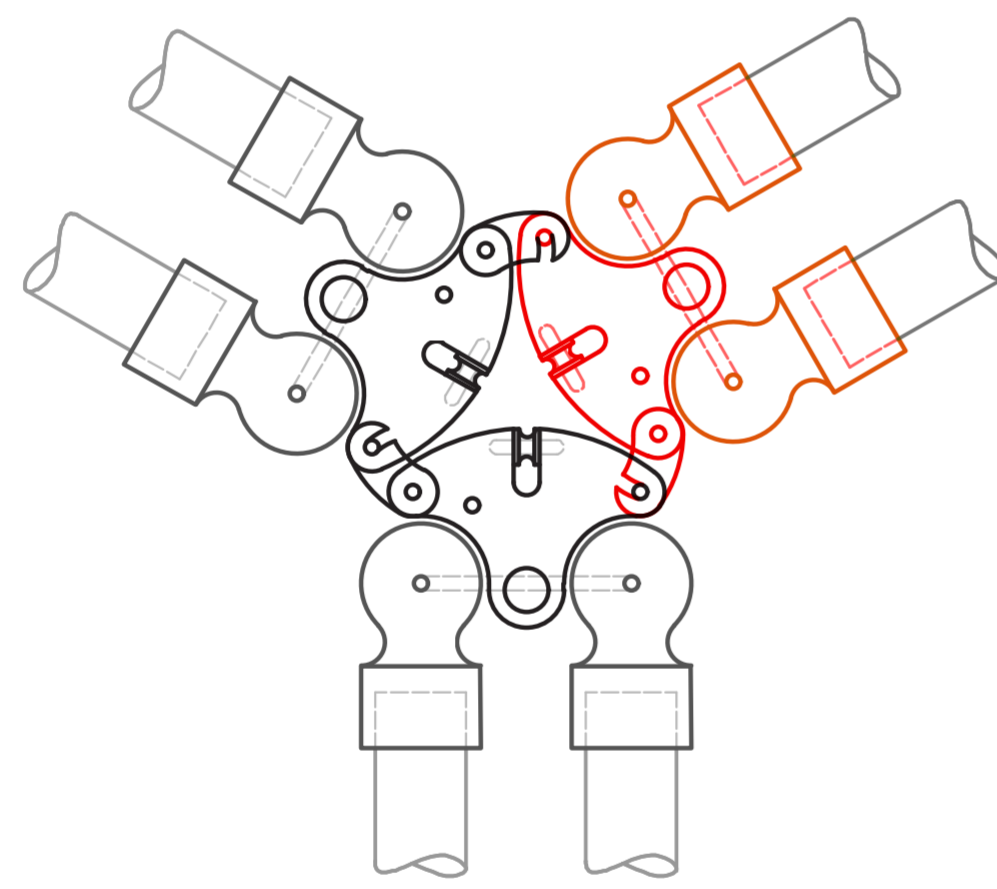
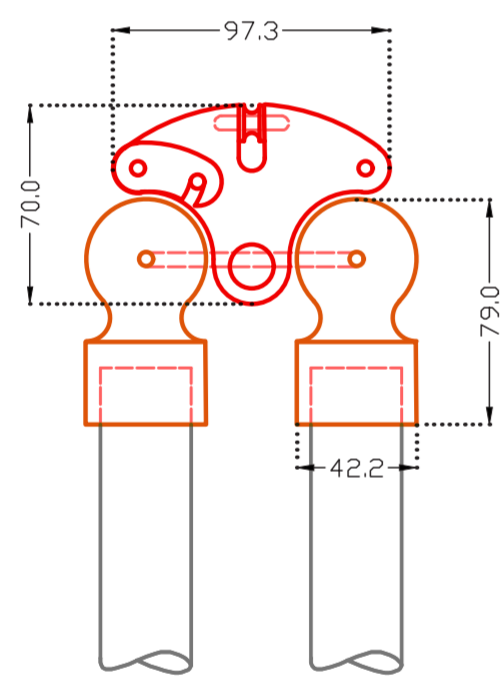
Για να μπορέσει ο κόμβος να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις που θέσαμε αποφασίσαμε να αποτελείται από ένα πρίσμα το οποίο θα έχει τρύπα για σκοινί-πανί καθώς και τρύπα για να υποδέχεται τα πασαλάκια για την πάκτωση του στο έδαφος. Παράλληλα το πρίσμα αυτό μέσω της γεωμετρίας του να μπορεί να ενωθεί στις γωνίες που θέσαμε δημιουργώντας ένα κλειστό και σταθερό σχήμα με τους άλλους κόμβους. Τέλος αποφασίσαμε οι κινήσεις που κάνουν να σκέλη για να ανοιγοκλείνει η μονάδα να συγκεντρωθούν σε ένα ξεχωριστό σημείο του πρίσματος.



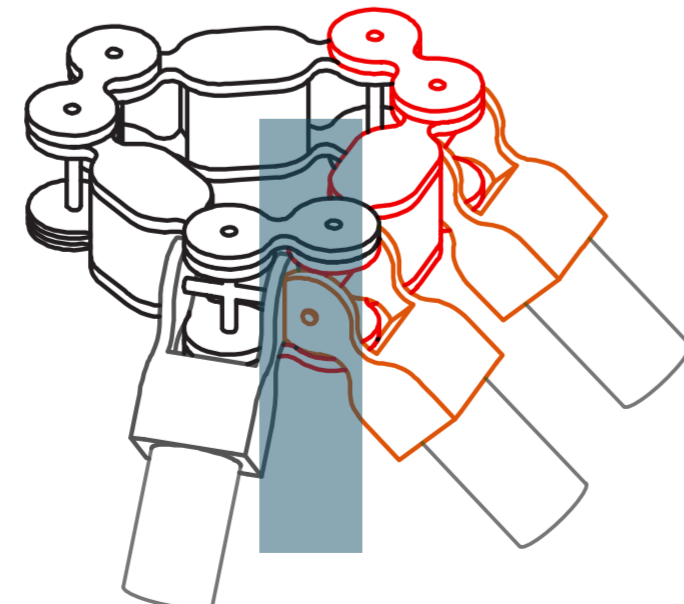
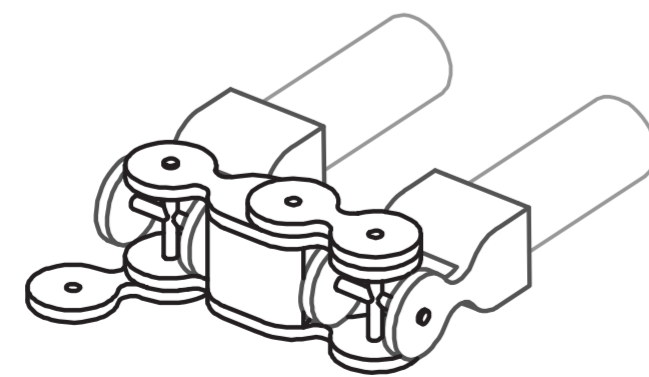
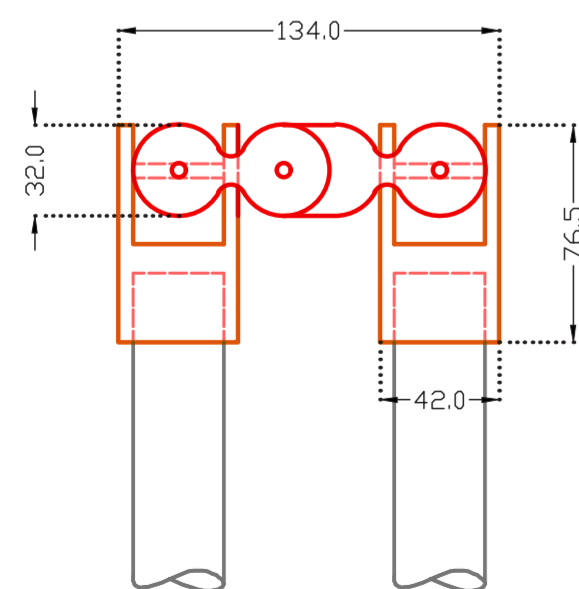
Δοκιμές για τον κόμβο τύπου Β



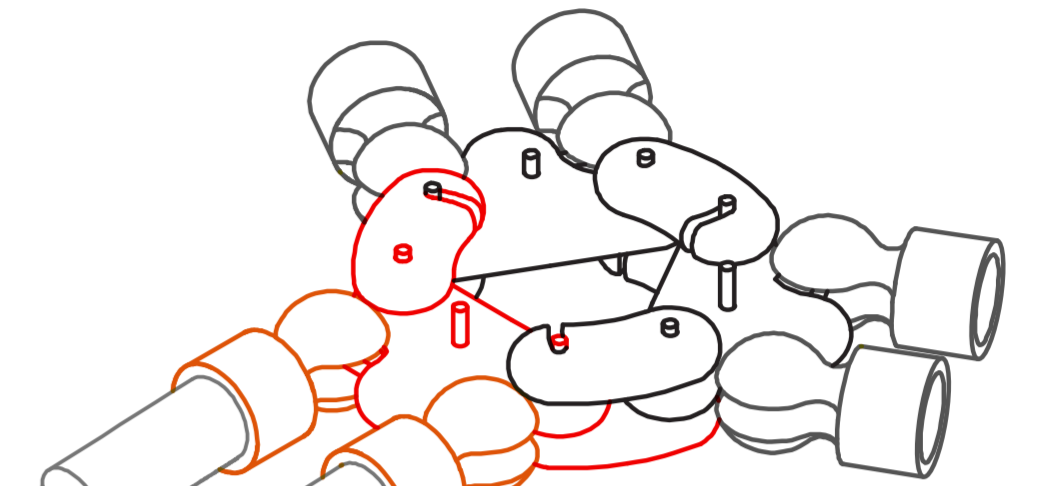
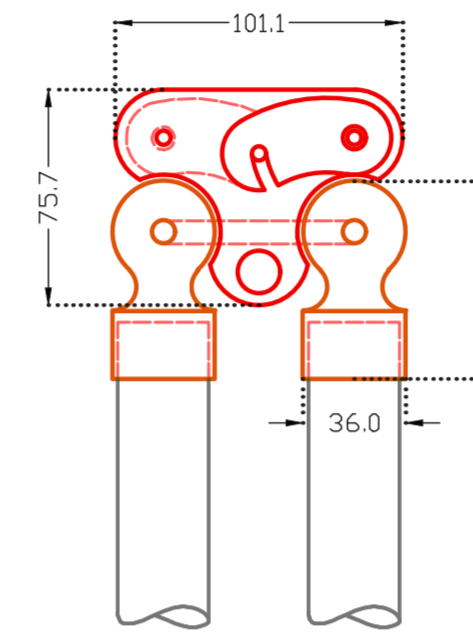
αδύνατη η ένωση σε 180°



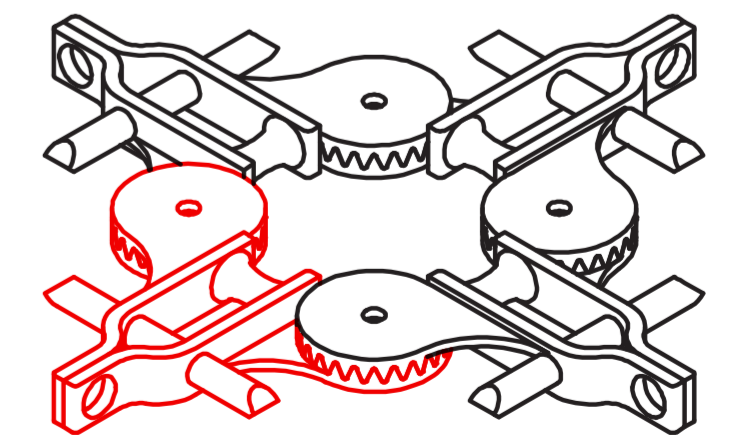
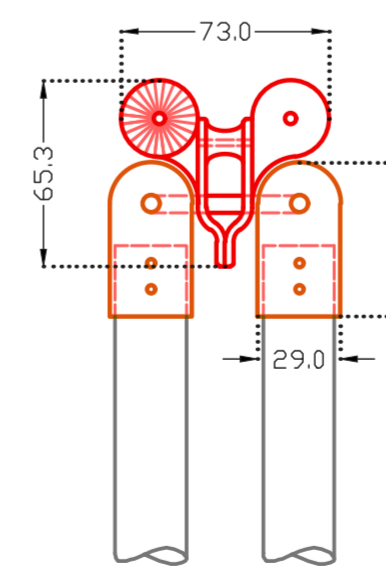
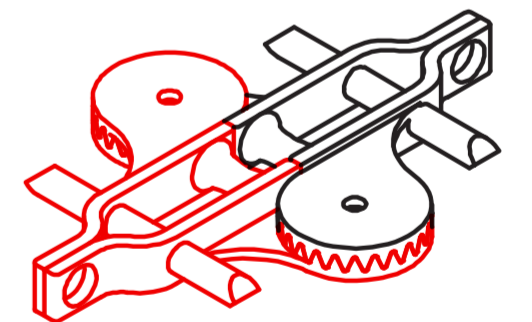
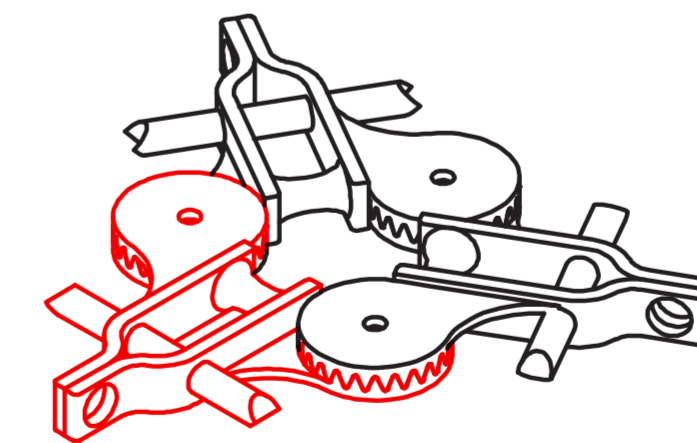
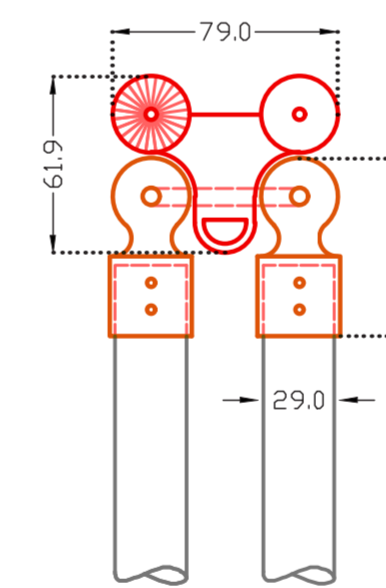
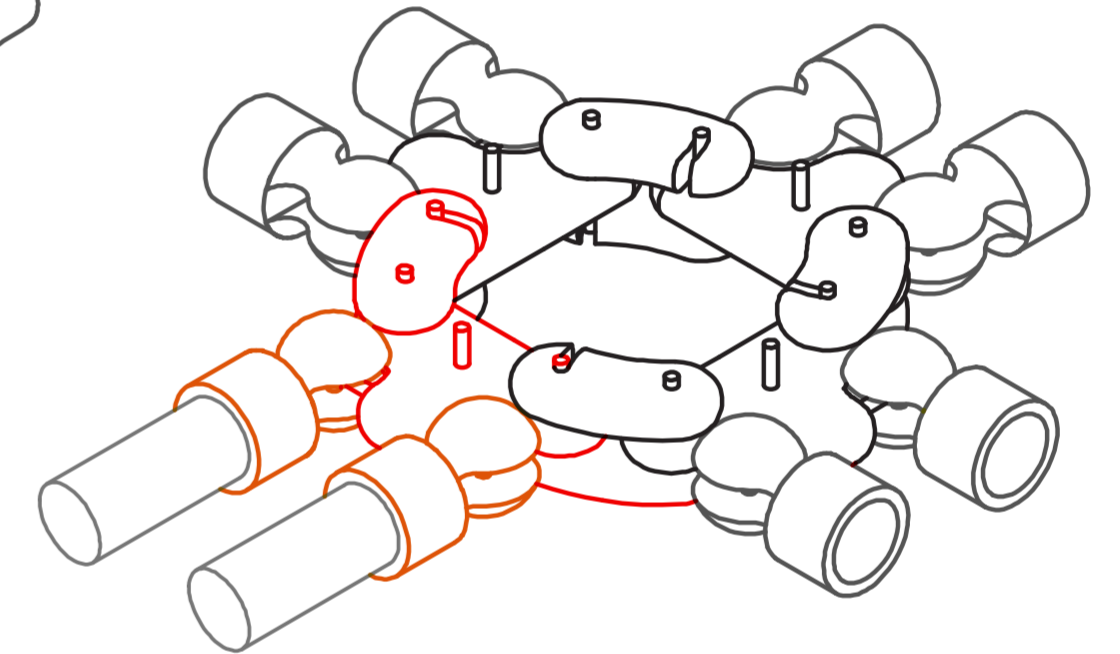
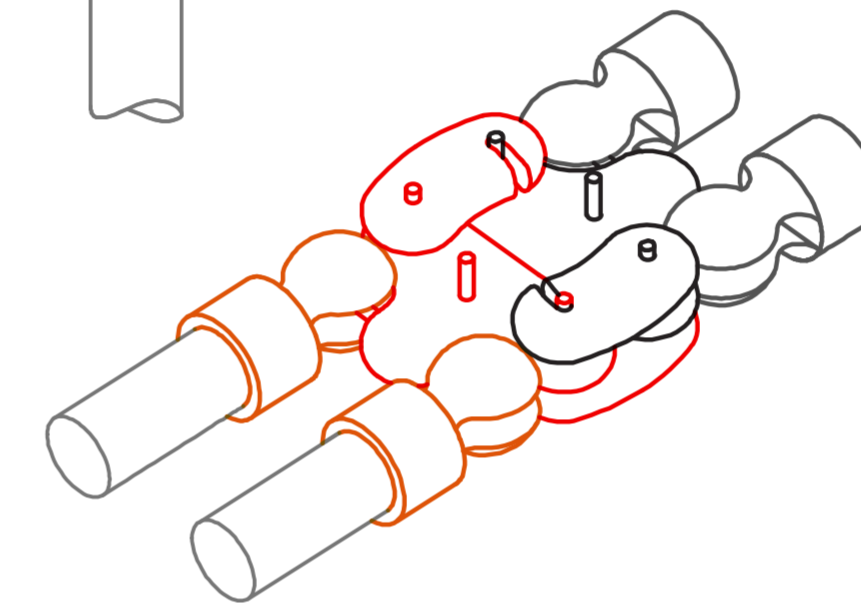
αδύνατη η ένωση σε 180°



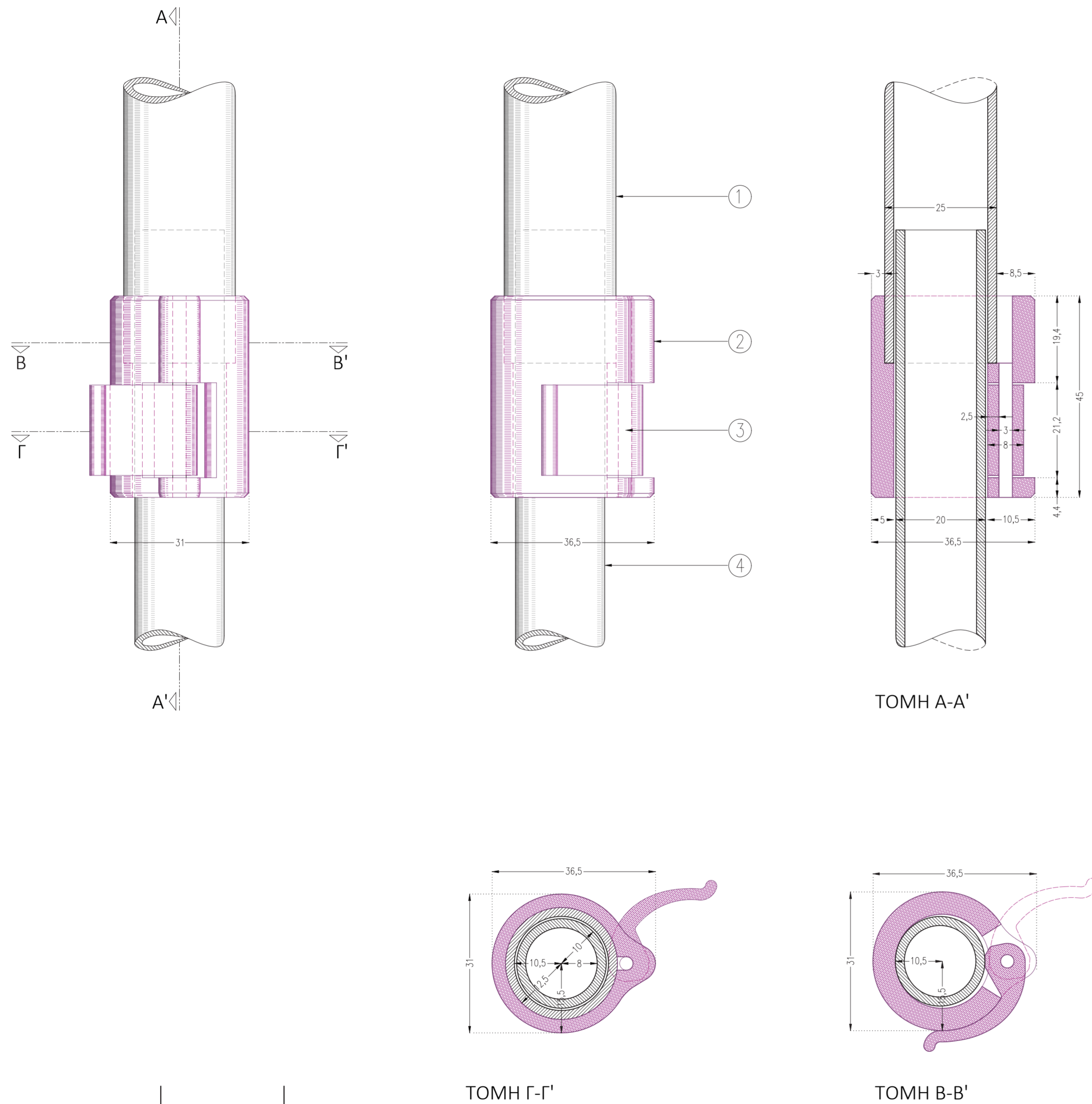
σύγκρουση στοιχείων γεωμετρίας κατά τη κίνηση



κύληση στοιχείων κατά την ένωση τριών ή τεσσάρων μονάδων



περίπλοκη και λεπτομερείς γεωμετρία πολύπλοκη κατάσκευή



ΣΧΕΔΙΑ
ΚΟΜΒΟΥ
ΣΦΙΓΧΤΗΡΑ



ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ

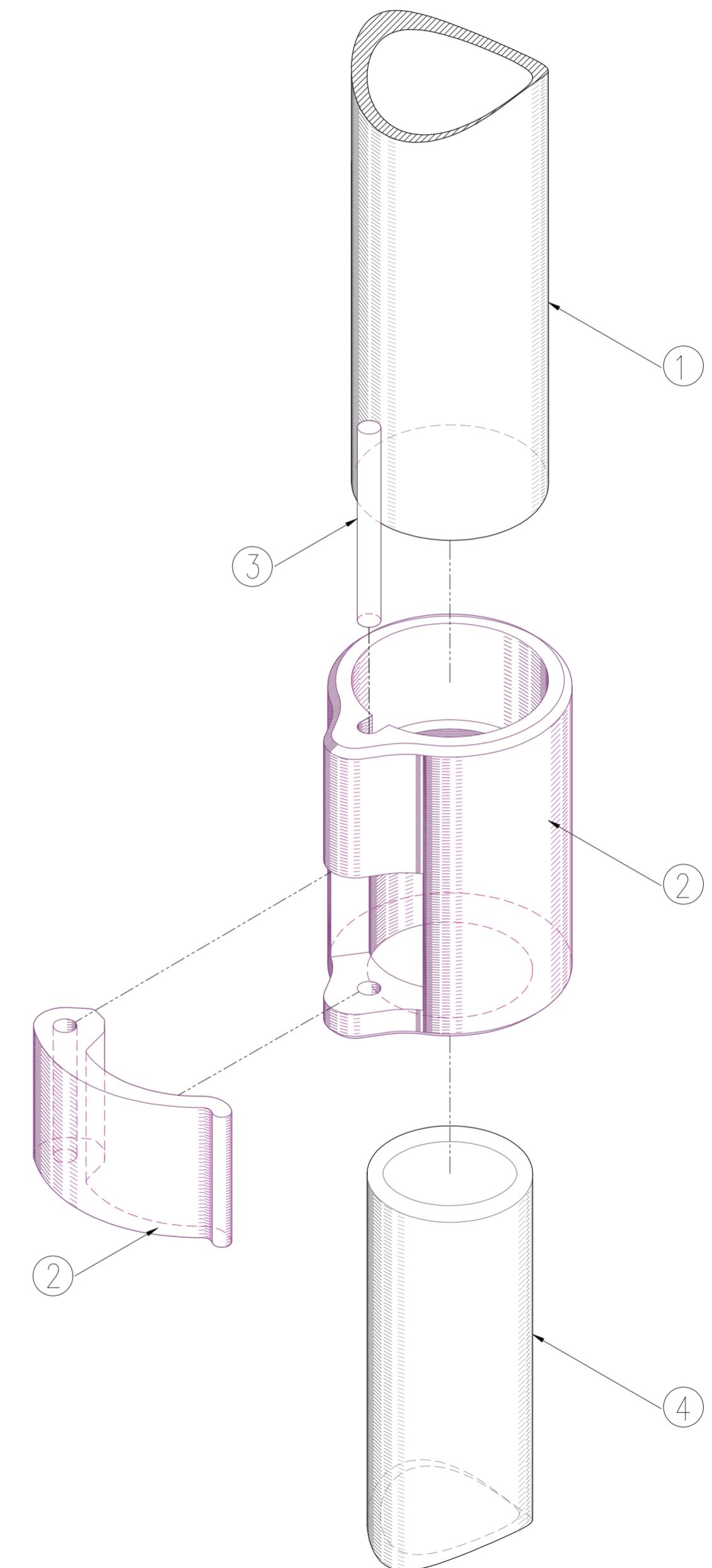
ΣΧΕΔΙΑ
ΚΟΜΒΟΥ
ΣΦΙΓΧΤΗΡΑ

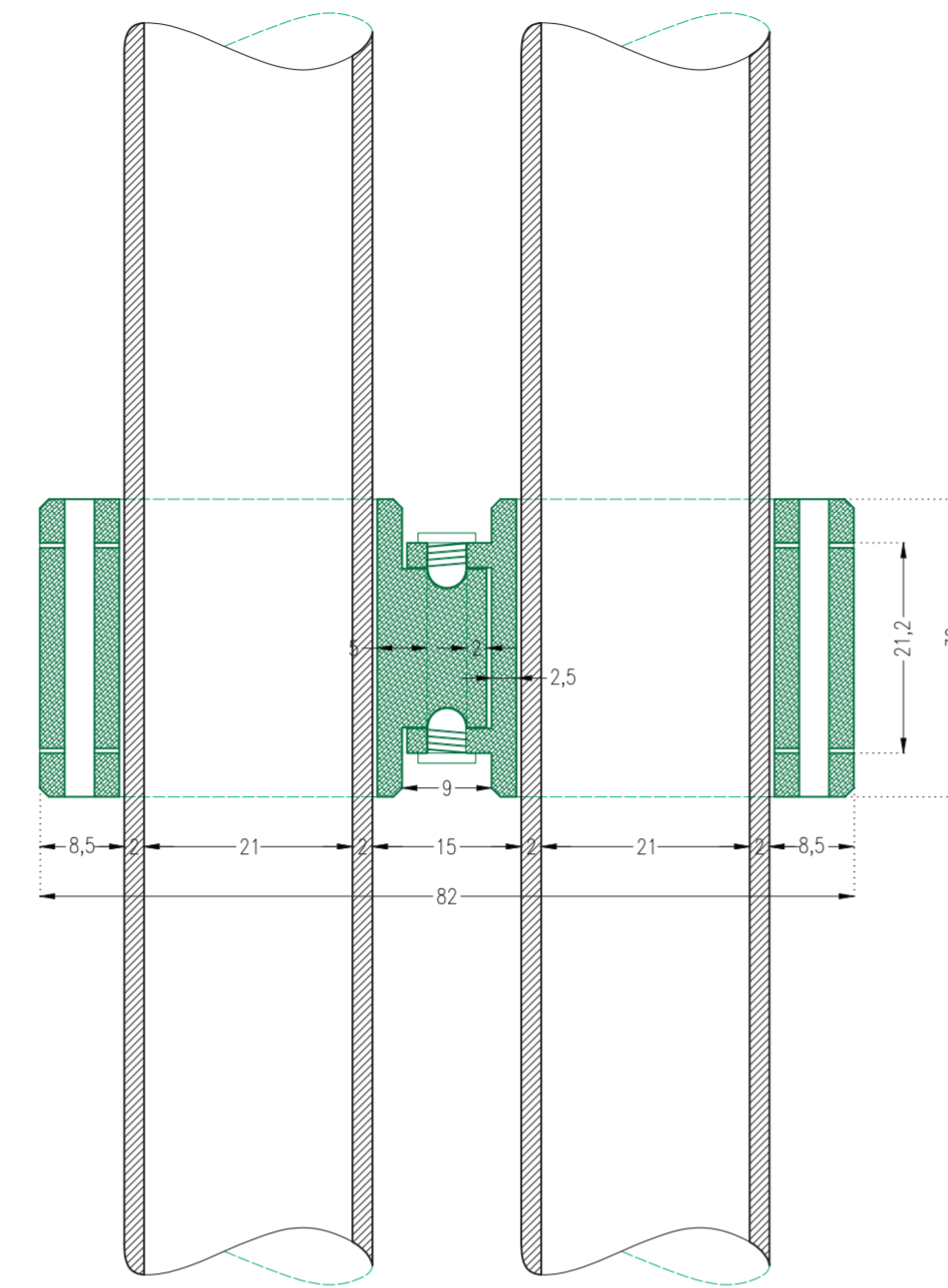
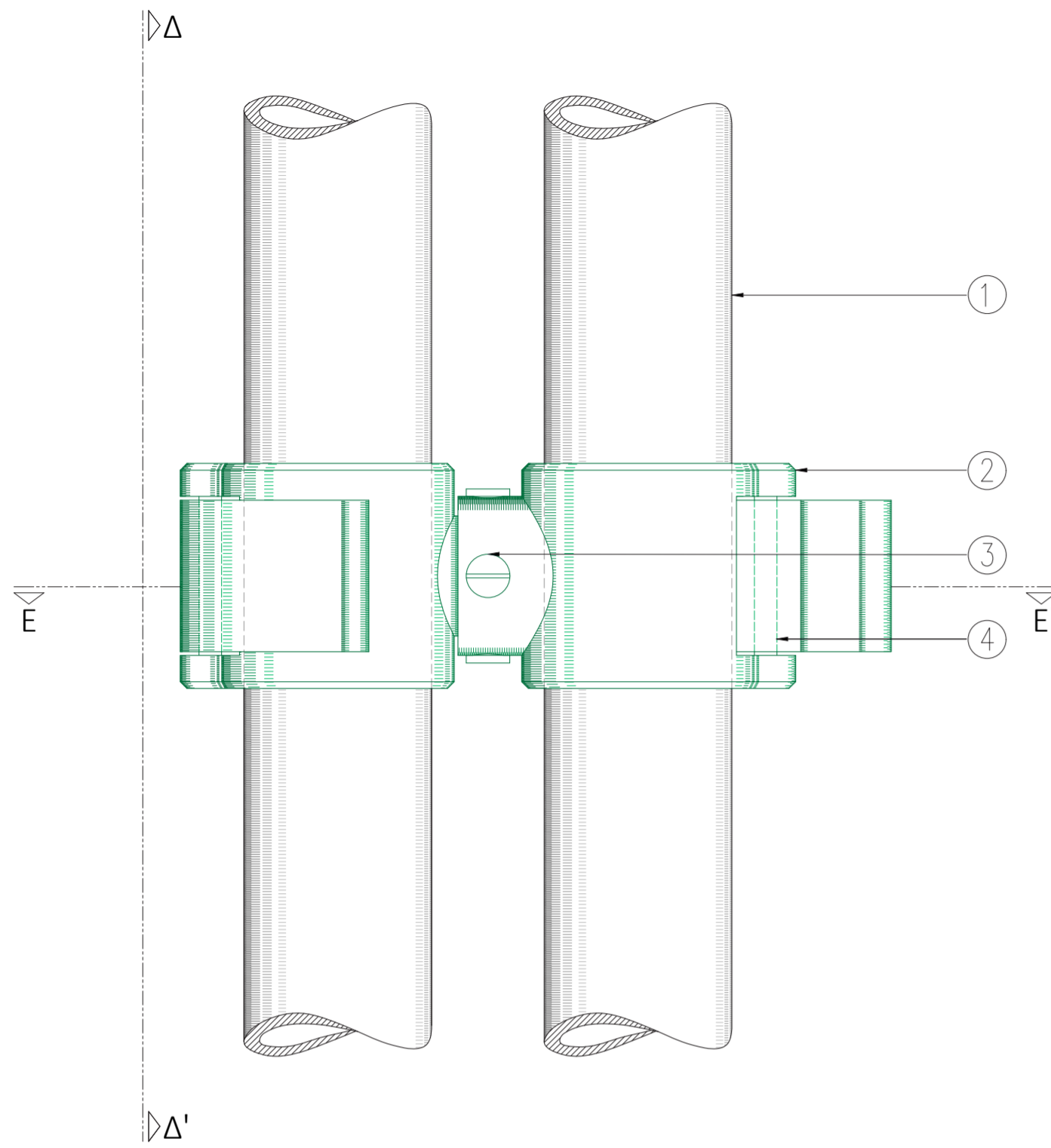


ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ

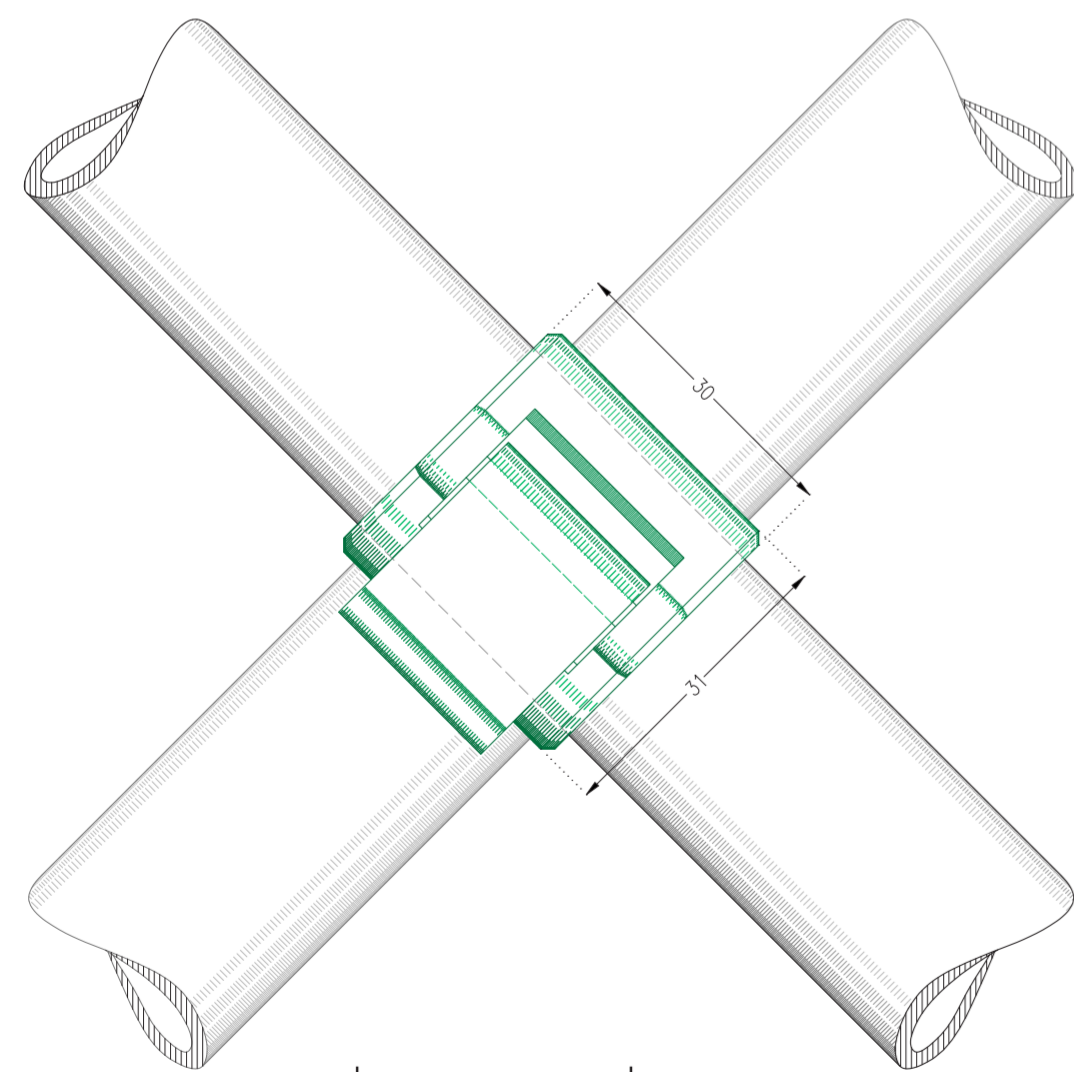
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. κυκλική κοίλη διατομή φ25-21 από συνθετικό υλικό μήκους 1.2m
2. επεξεργασμένο αλουμίνιο
3. πύρος σύνδεσης μεταλλικός M3
4. κυκλική κοίλη διατομή φ20-16 από συνθετικό υλικό μήκους 1.2m





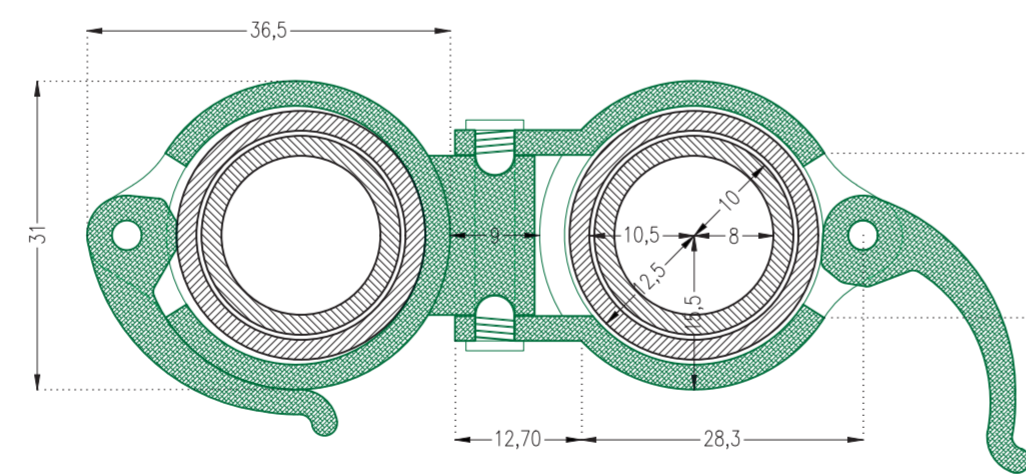
ΤΟΜΗ Δ-Δ'



ΣΧΕΔΙΑ
ΚΟΜΒΟΥ
ΤΥΠΟΥ Α



ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ



ΤΟΜΗ Ε-Ε'

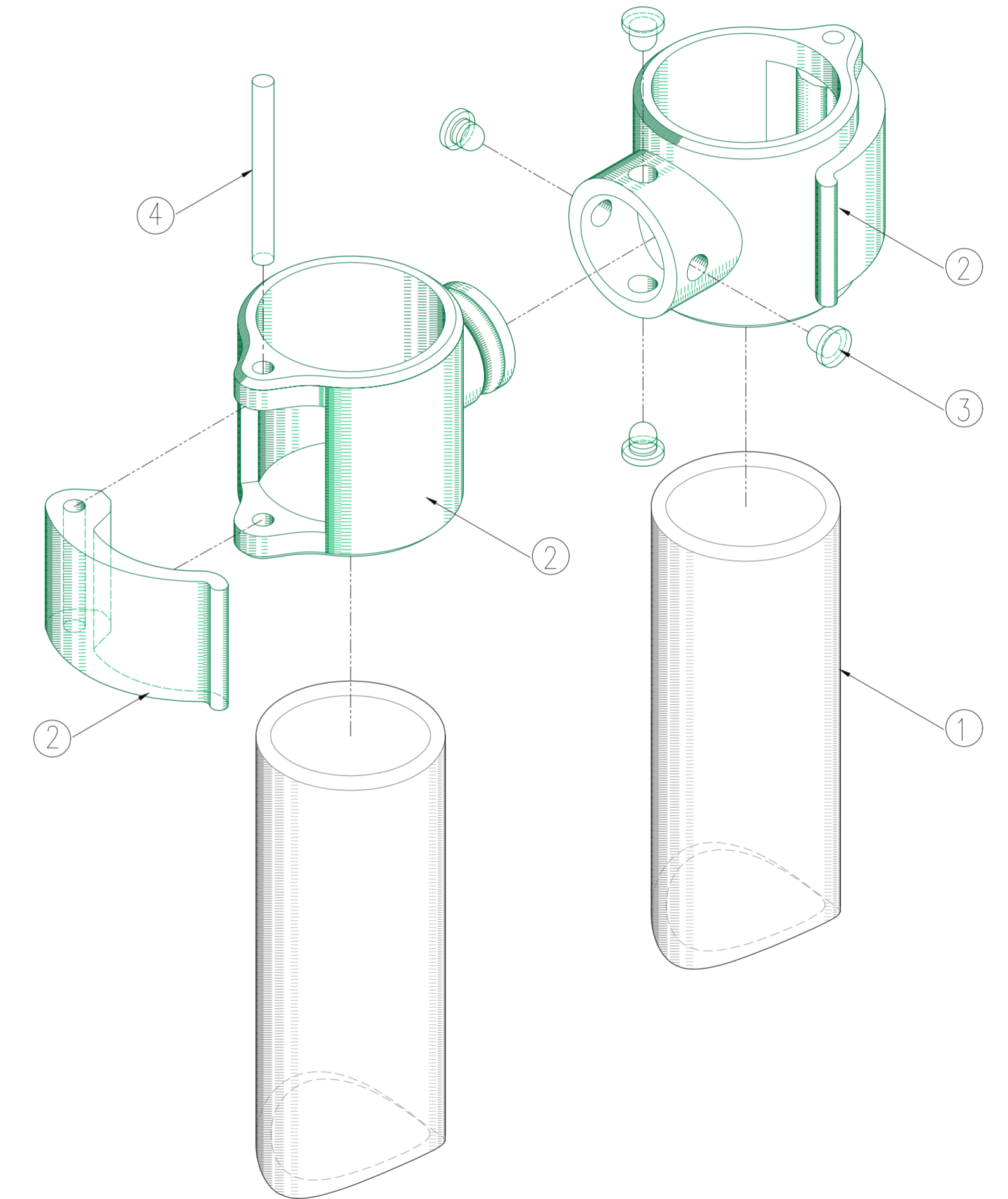
ΣΧΕΔΙΑ
ΚΟΜΒΟΥ
ΤΥΠΟΥ Α

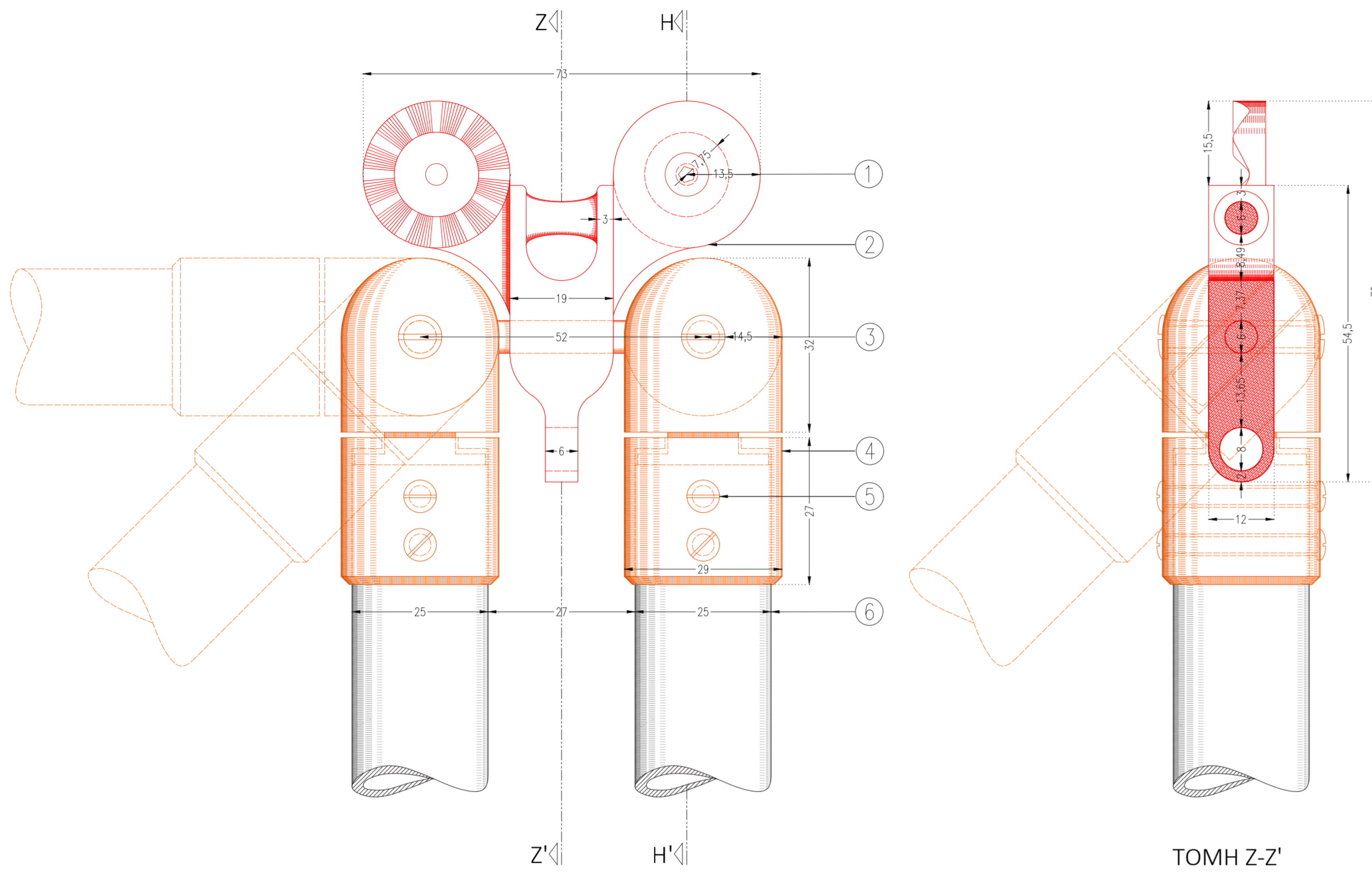


ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. κυκλική κοίλη διατομή φ25-21 από συνθετικό υλικό μήκους 1.2m
2. επεξεργασμένο αλουμίνιο
3. πύρος σύνδεσης μεταλλικός M3
4. κυκλική κοίλη διατομή φ20-16 από συνθετικό υλικό μήκους 1.2m





ΤΟΜΗ Z-Z'

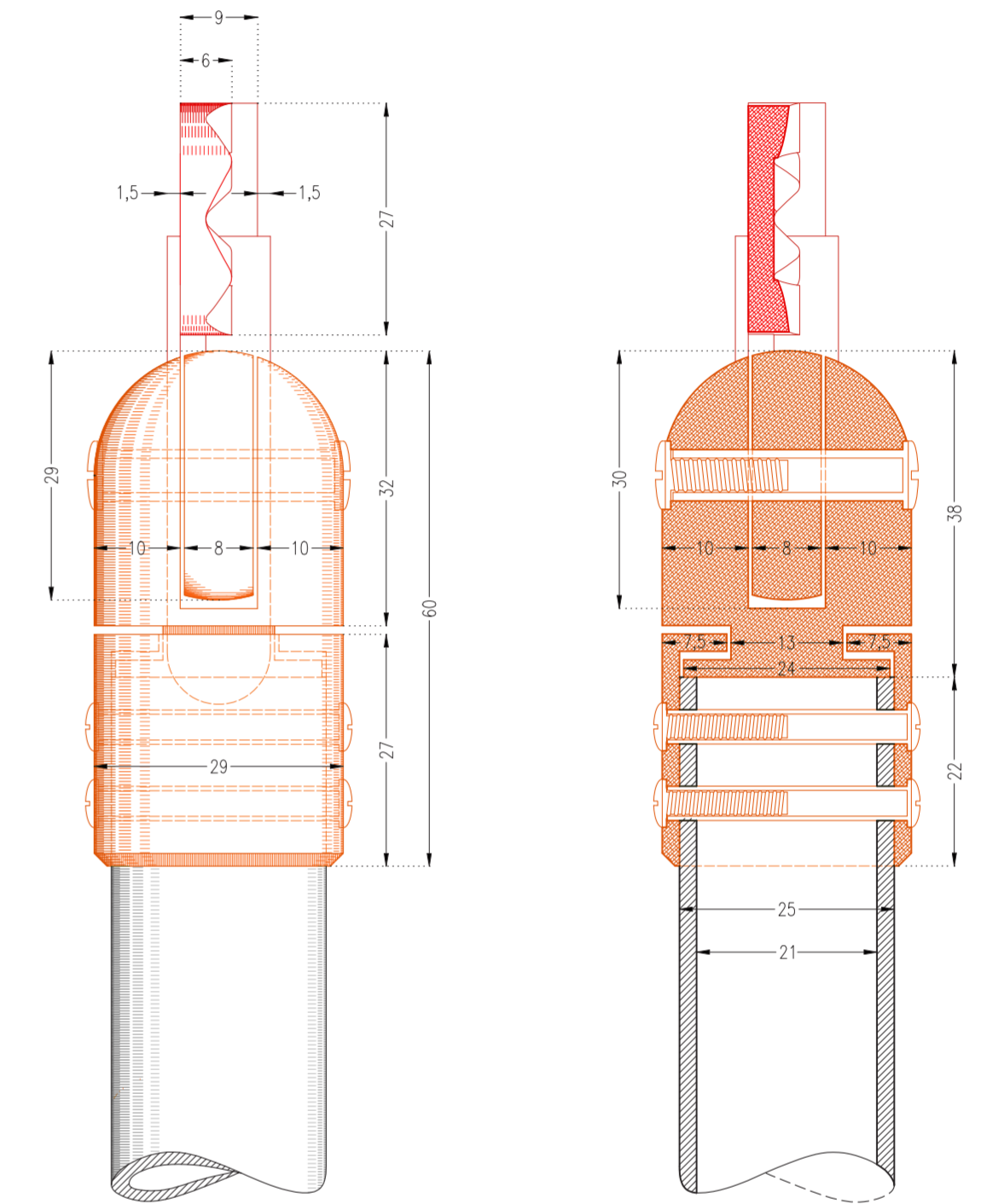
ΣΧΕΔΙΑ
ΚΟΜΒΟΥ
ΤΥΠΟΥ Β



ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. βίδα σύνδεσης μεταλλική M4
2. επεξεργασμένο αλουμίνιο
3. αμφικόχλιο M6
4. επεξεργασμένο αλουμίνιο
5. αμφικόχλιο M4
6. κυκλική κοίλη διατομή φ25-21 από συνθετικό υλικό μήκους 1.2m

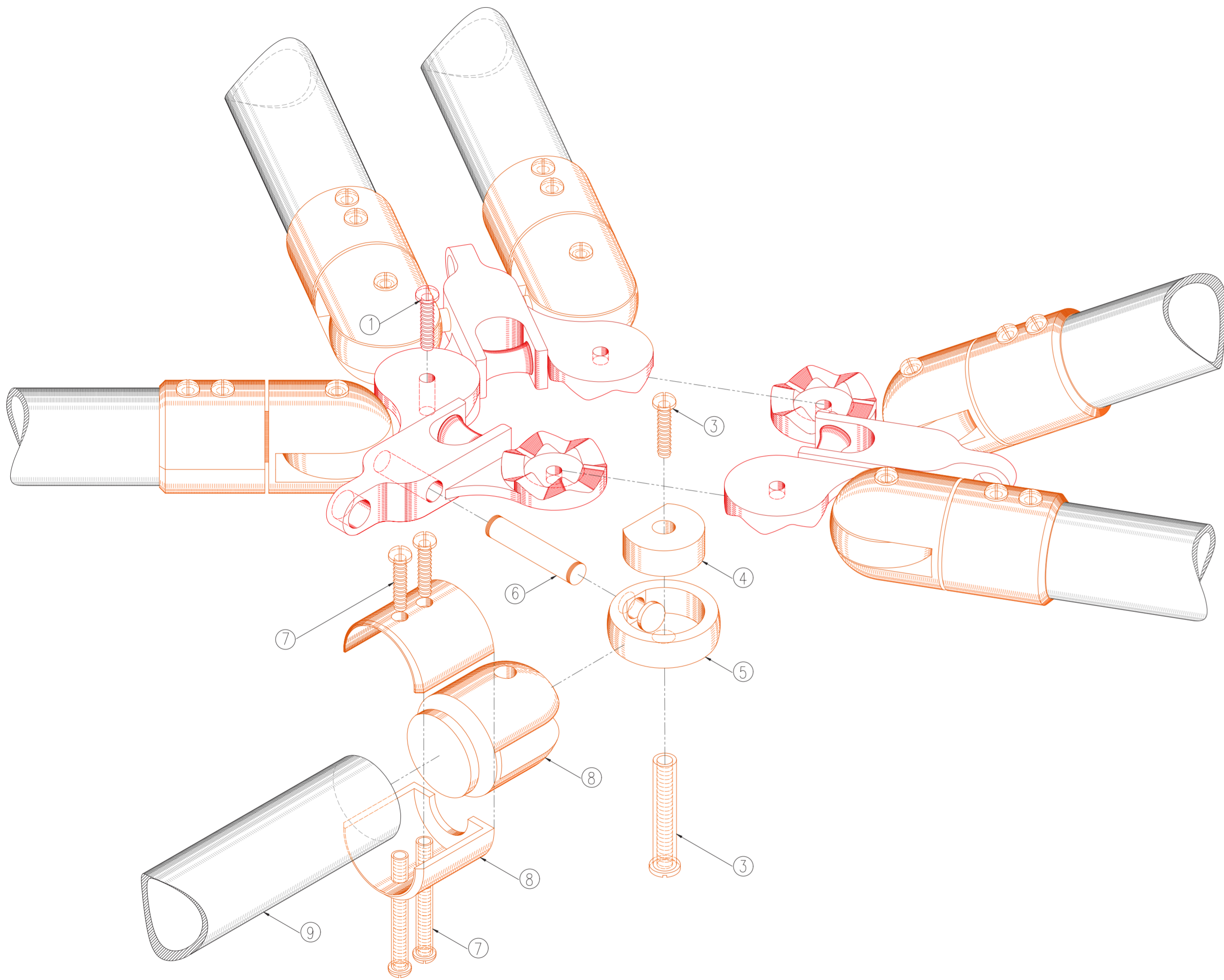


ΤΟΜΗ Η-Η'

ΣΧΕΔΙΑ
ΚΟΜΒΟΥ
ΤΥΠΟΥ Β



ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ



ΣΧΕΔΙΑ
ΚΟΜΒΟΥ
ΤΥΠΟΥ Β



ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ

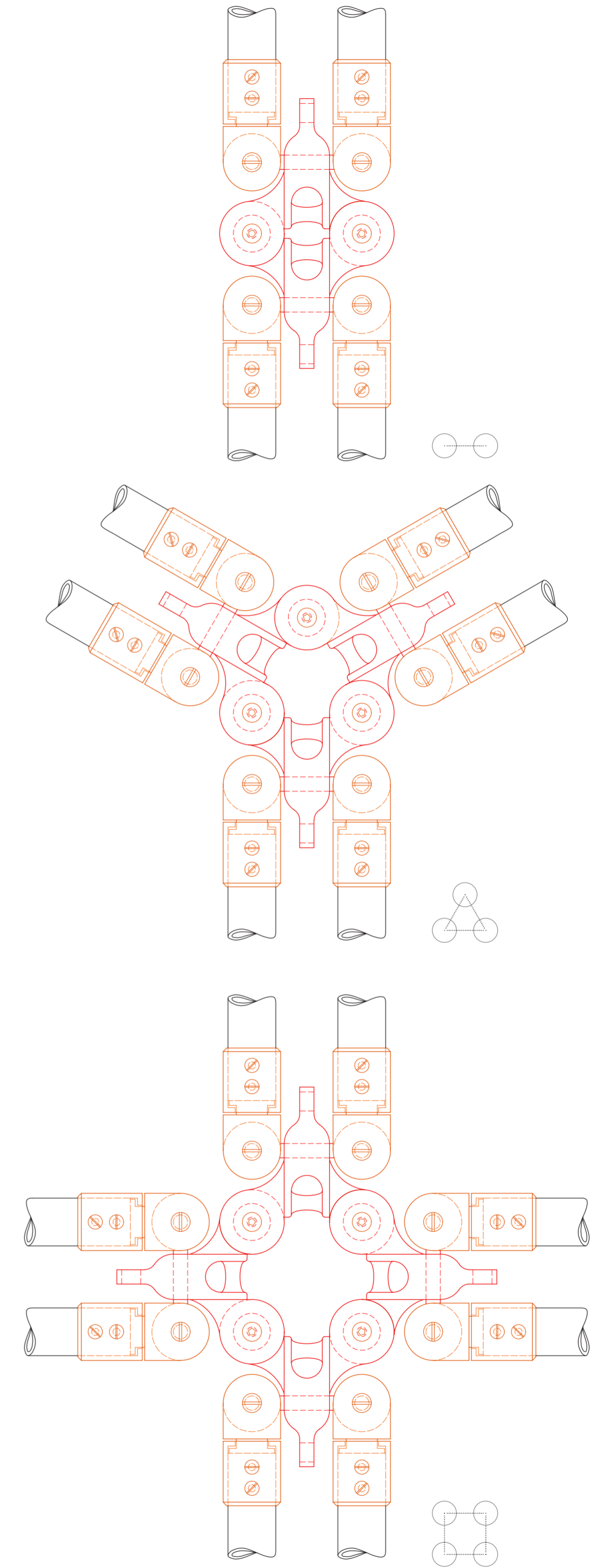
ΣΧΕΔΙΑ
ΚΟΜΒΟΥ
ΤΥΠΟΥ Β



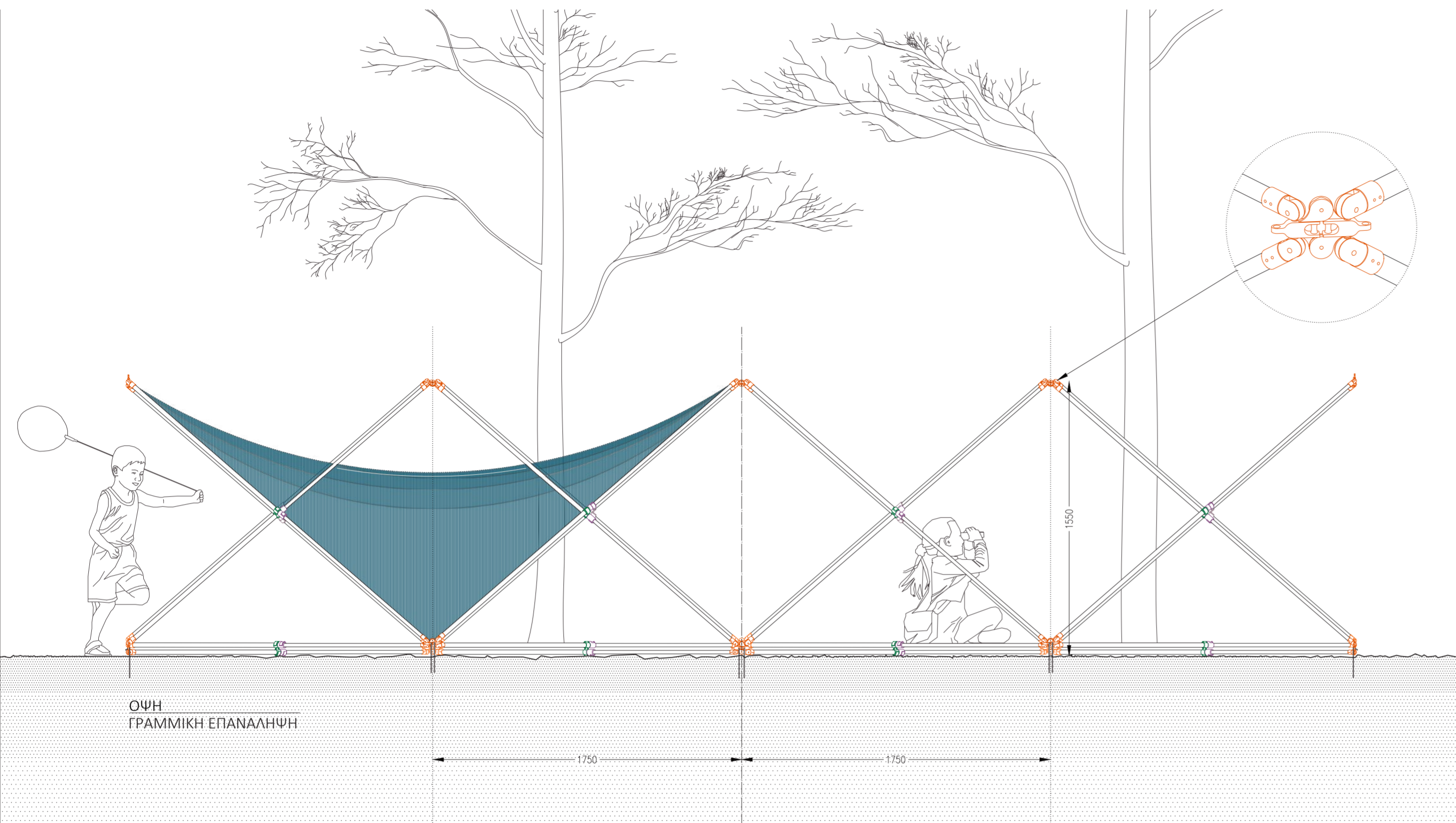
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

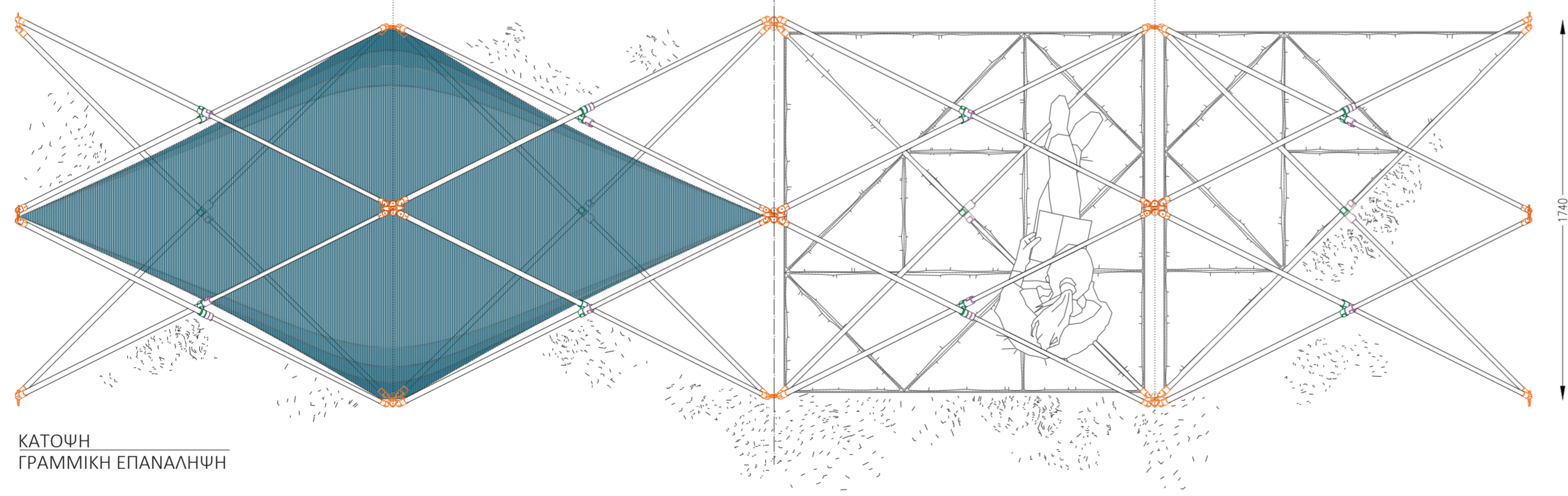
1. βίδα σύνδεσης μεταλλική M4
2. επεξεργασμένο αλουμίνιο
3. αμφικόχλιο M6
4. επεξεργασμένο αλουμίνιο
5. επεξεργασμένο αλουμίνιο
6. πύρος σύνδεσης M6
7. αμφικόχλιο M4
8. επεξεργασμένο αλουμίνιο
9. κυκλική κοίλη διατομή φ25-21 από συνθετικό υλικό μήκους 1.2m



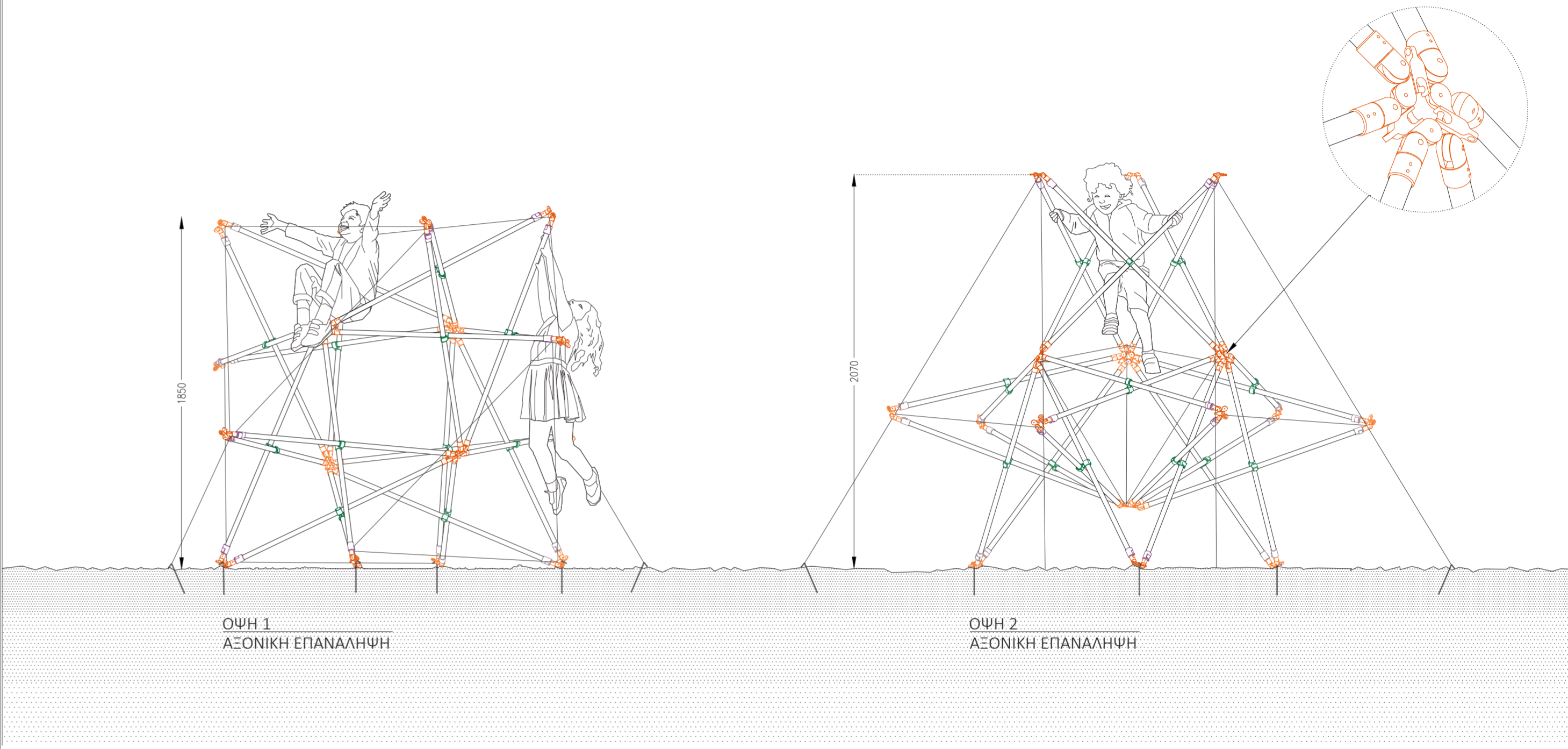
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:1



ΟΨΗ
ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ



ΚΑΤΟΨΗ
ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ



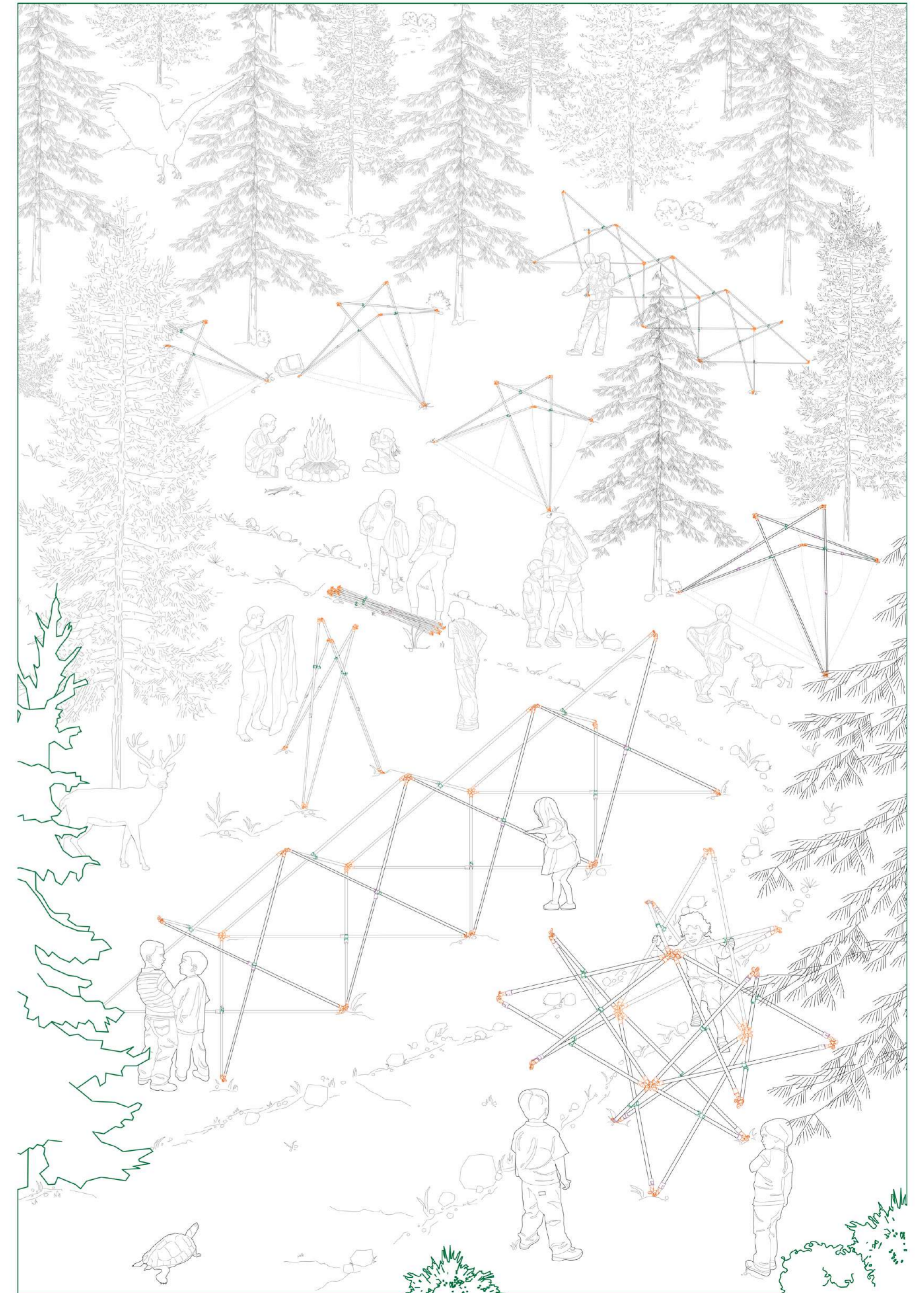
ΟΨΗ 1
ΑΞΟΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ

ΟΨΗ 2
ΑΞΟΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ

ΣΧΕΔΙΑ
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ
ΜΟΝΑΔΑΣ

\sum_4

4 ΜΟΝΑΔΕΣ
γραμμική και αξονική επανάληψη





3.1. Κατασκευή προπλασμάτων

Το τελευταίο στάδιο της διπλωματικής ήταν η υλοποίηση της κατασκευής σε κλίμακα 1:1. Η αρχική μας πρόθεση ήταν να χρησιμοποιήσουμε όσο το δυνατόν πιο συμβατικά και φτηνά υλικά. Όλες οι μακέτες έρευνας είχαν ήδη υλοποιηθεί με πλαστικά και ξύλινα καλαμάκια, σχοινί, καρφίτσες, λαστιχάκια και ύφασμα. Το πρώτο μας προπλασμα έγινε από πλαστικούς σωλήνες PVC και ξύλινους κόμβους βιδωμένους σε πλαστικές μούφες. Για το κεντρικό κόμβο χρησιμοποιήσαμε ρακόρ με μια βίδα για άξονα περιστροφής. Η μακέτα αυτή είχε πρόβλημα σταθεροποίησης και δεν λειτουργούσε σωστά ο κόμβος των πτυσσόμενων στοιχείων. Παρόλα αυτά, μας βοήθησε να κατανοήσουμε καλύτερα τις κινήσεις στους κόμβους της γωνίας.

Το τελικό μοντέλο που ανοίξε και την ημέρα της παρουσίασης ήταν φτιαγμένο από έξι πτυσσομένα κοντάρια σκούπας κομμένα στα έξι μέτρα. Τους κόμβους των γωνιών καταφέραμε να τους υλοποιήσουμε με αρκετά μεγάλη ακρίβεια σε τωρνο από μασίφ αλουμίνιο. Φυσικά έγιναν βετιστοποιήσεις σε λεπτομέρειες του κόμβου κατά τη διαδικασία της υλοποίησής αυτής. Τα κομμάτια σύνδεσης των μονάδων έγιναν από πλέξιγκλας και δεν τοποθετήθηκαν στο 1:1. Για τους κεντρικούς κομβους των χιαστί χρησιμοποιήσαμε θηκες υδραυλική σωλήνων με μια βίδα για κεντρικό άξονα περιστροφής. Τέλος, κατασκευάσαμε σε ραφίο και ένα μέρος του υφάσματος της πλήρωσης από καμπαρντίνα, το οποίο εξυπηρετούσε και στη σταθεροποίηση της κατασκευής.

1ο ΠΡΟΠΛΑΣΜΑ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:1
1η δοκιμή κόμβου

ΥΛΙΚΟ : χαρτόνι/μούφες



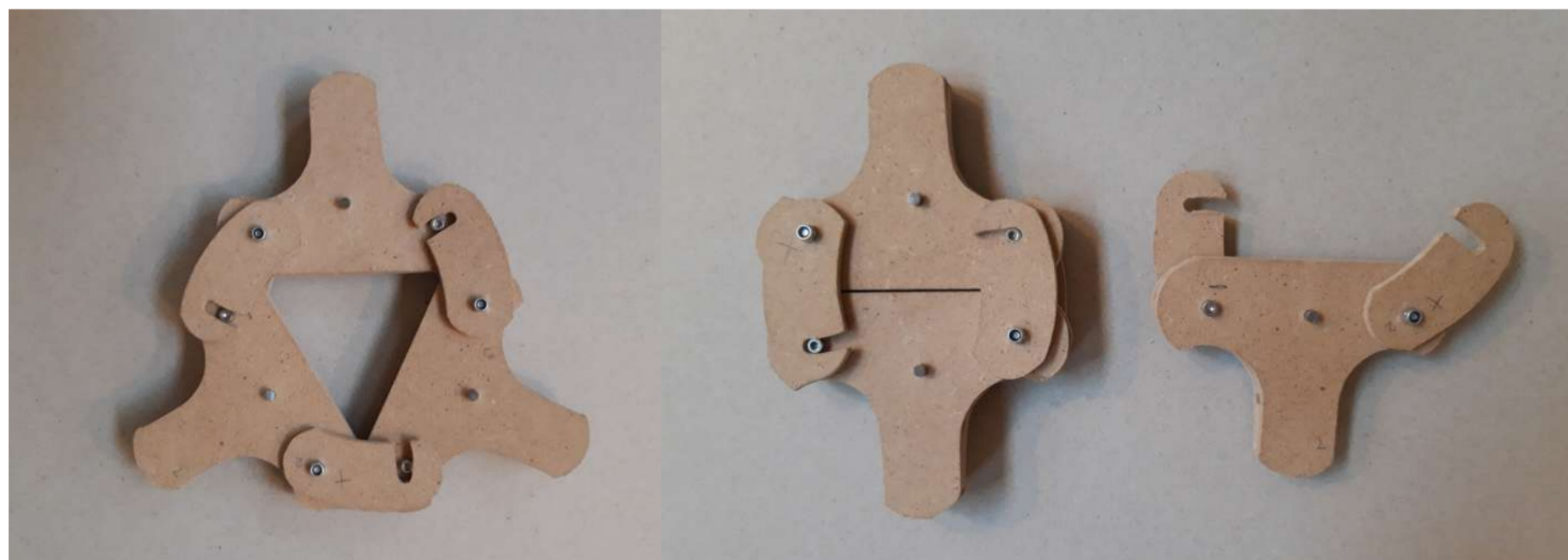
2η δοκιμή κόμβου

ΥΛΙΚΟ : ξύλο/μούφες/βίδες



3η δοκιμή κόμβου συνδυασμού

ΥΛΙΚΟ : ξύλο/βίδες



ΚΛΙΜΑΚΑ 1:1

ΥΛΙΚΟ : Πλαστικοί υδραυλικοί σωλήνες PVC

ανοιχτή μορφή πτυσσόμενων σωλήνων

κλειστή μορφή πτυσσόμενων



2ο ΠΡΟΠΛΑΣΜΑ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:1

ΥΛΙΚΟ : αλουμίνιο

κατασκευή τελικών κόμβων

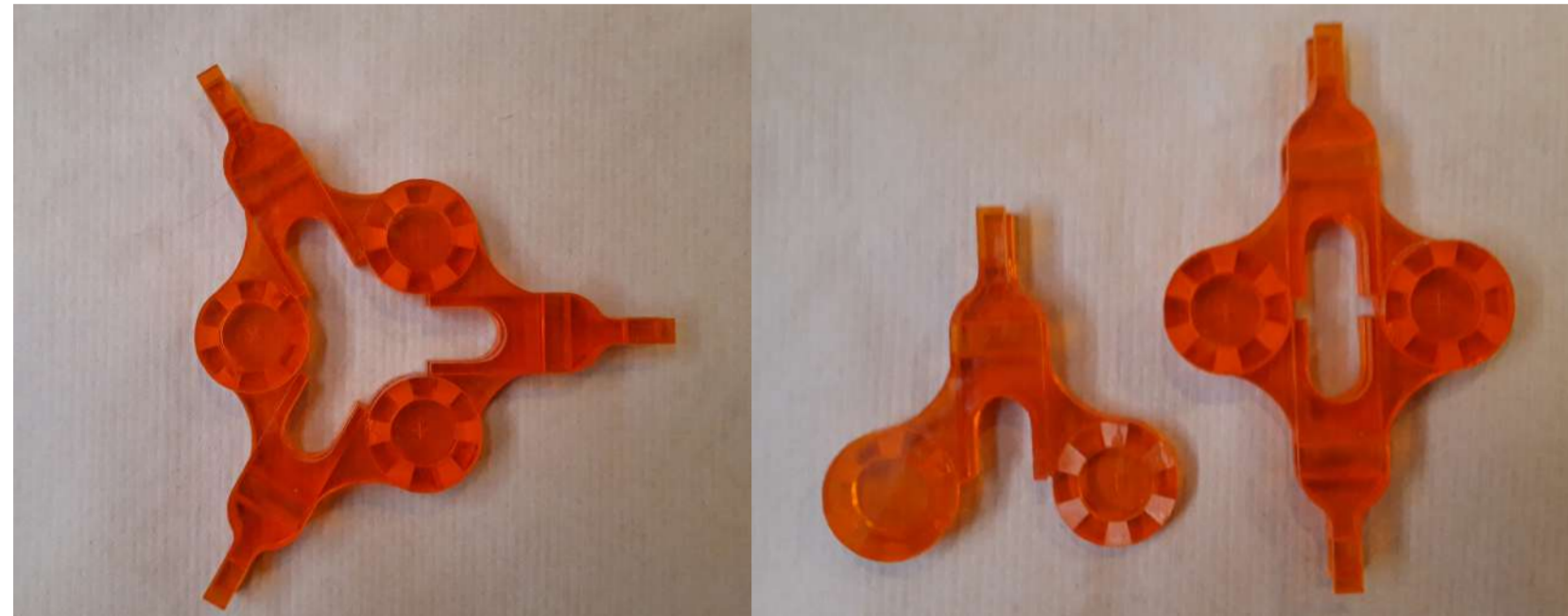


2ο ΠΡΟΠΛΑΣΜΑ

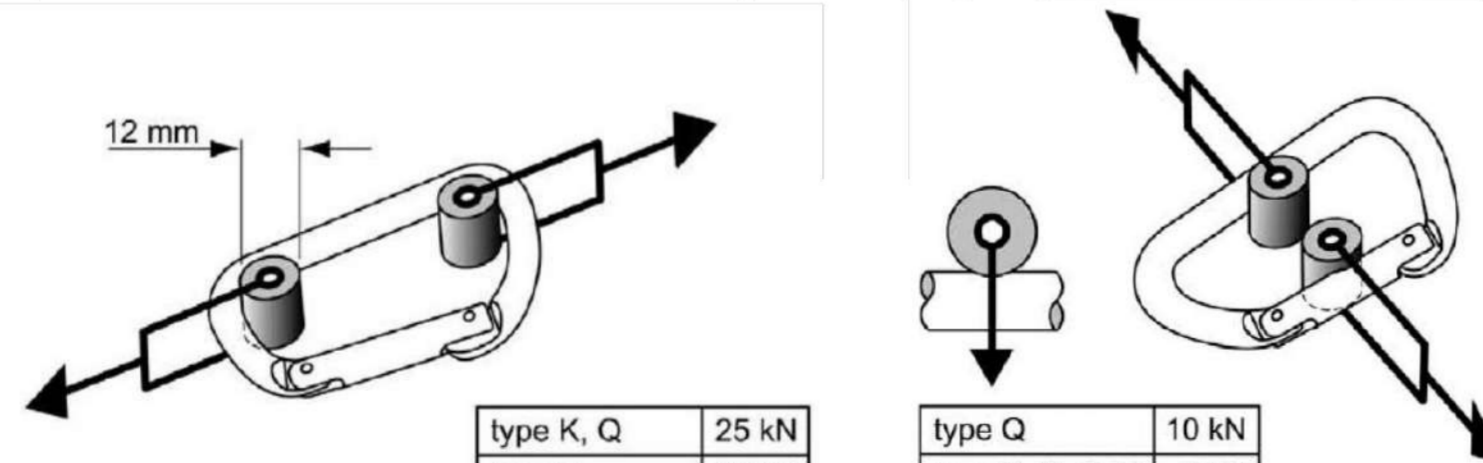
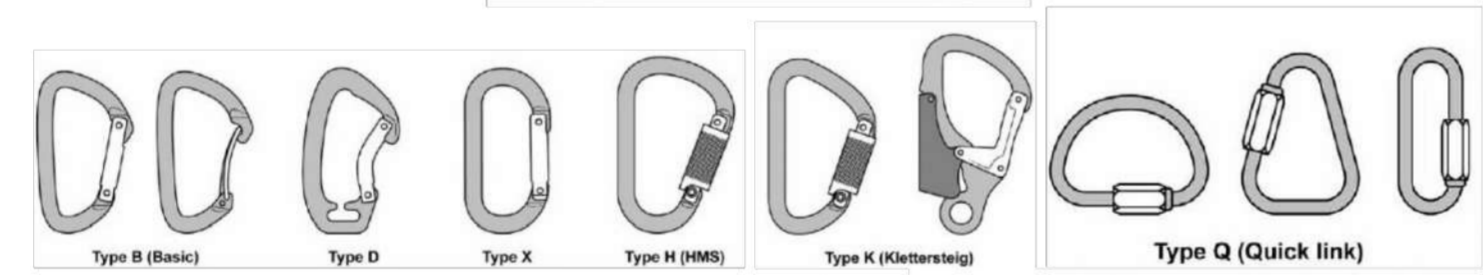
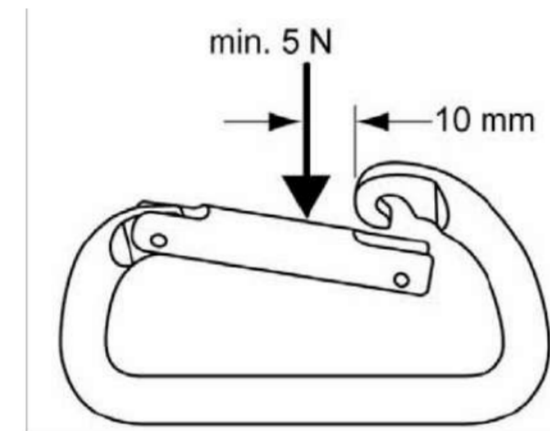
ΚΛΙΜΑΚΑ 1: 1

ΥΛΙΚΟ : plexiglass

δοκιμή τελικού κομματιού (κόμβος Β) για συνδυασμό μονάδων



σταθεροποίηση πλήρωσης με καραμπίνερ ορειβασίας πάνω σε προβλεπόμενη οπή κόμβου



type K, Q	25 kN
type X	18 kN
Υπόλοιπα	20 kN

type Q	10 kN
type B, H, K, X	7 kN
typ D	--

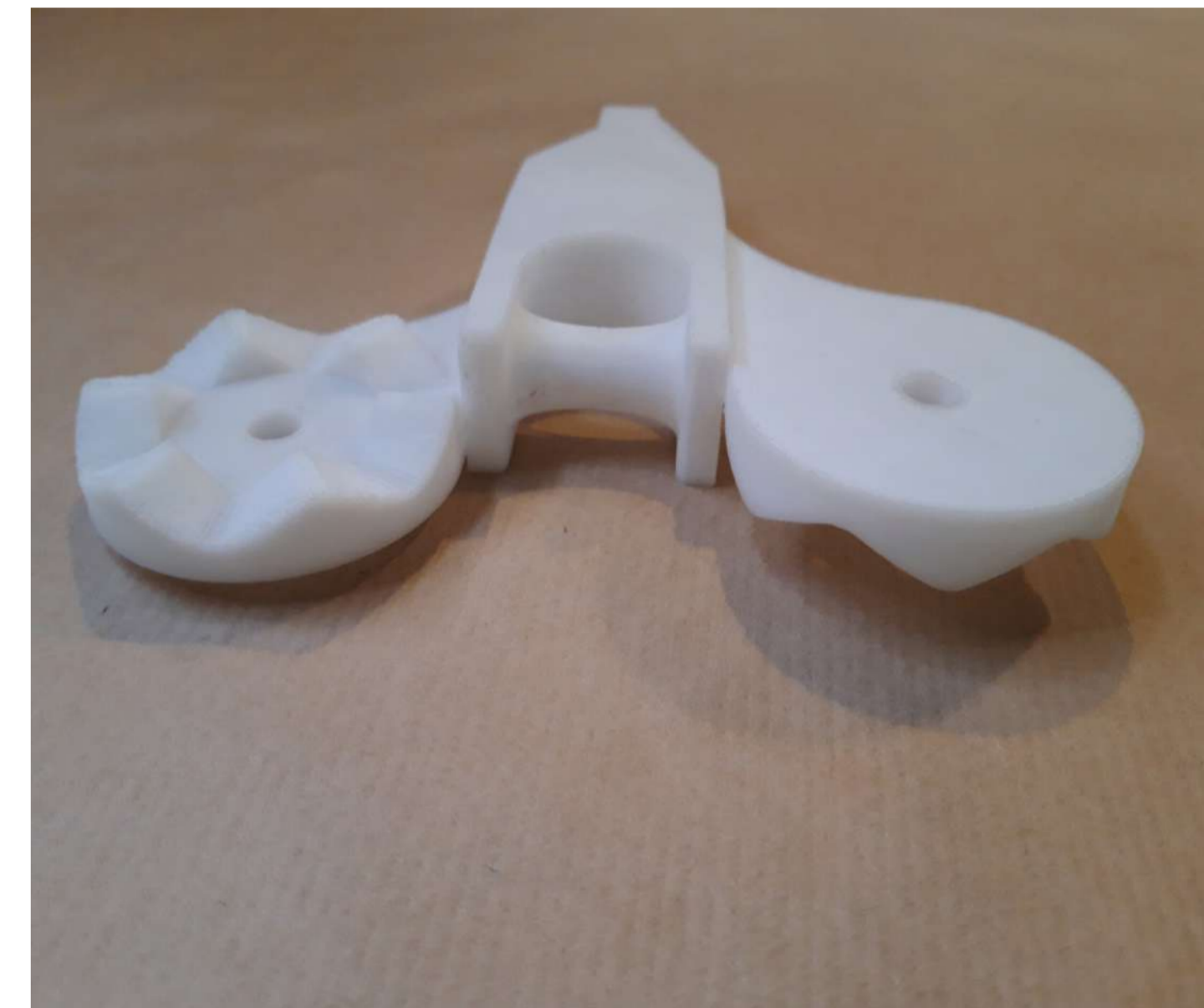
Πηγές:

9. Δ.Γ.Καραλής, “Τεχνική έκθεση προς Ελληνική ομοσπονδία ορειβασίας και αναρρίχησης”, UIAA Standards, Απρίλιος 2011

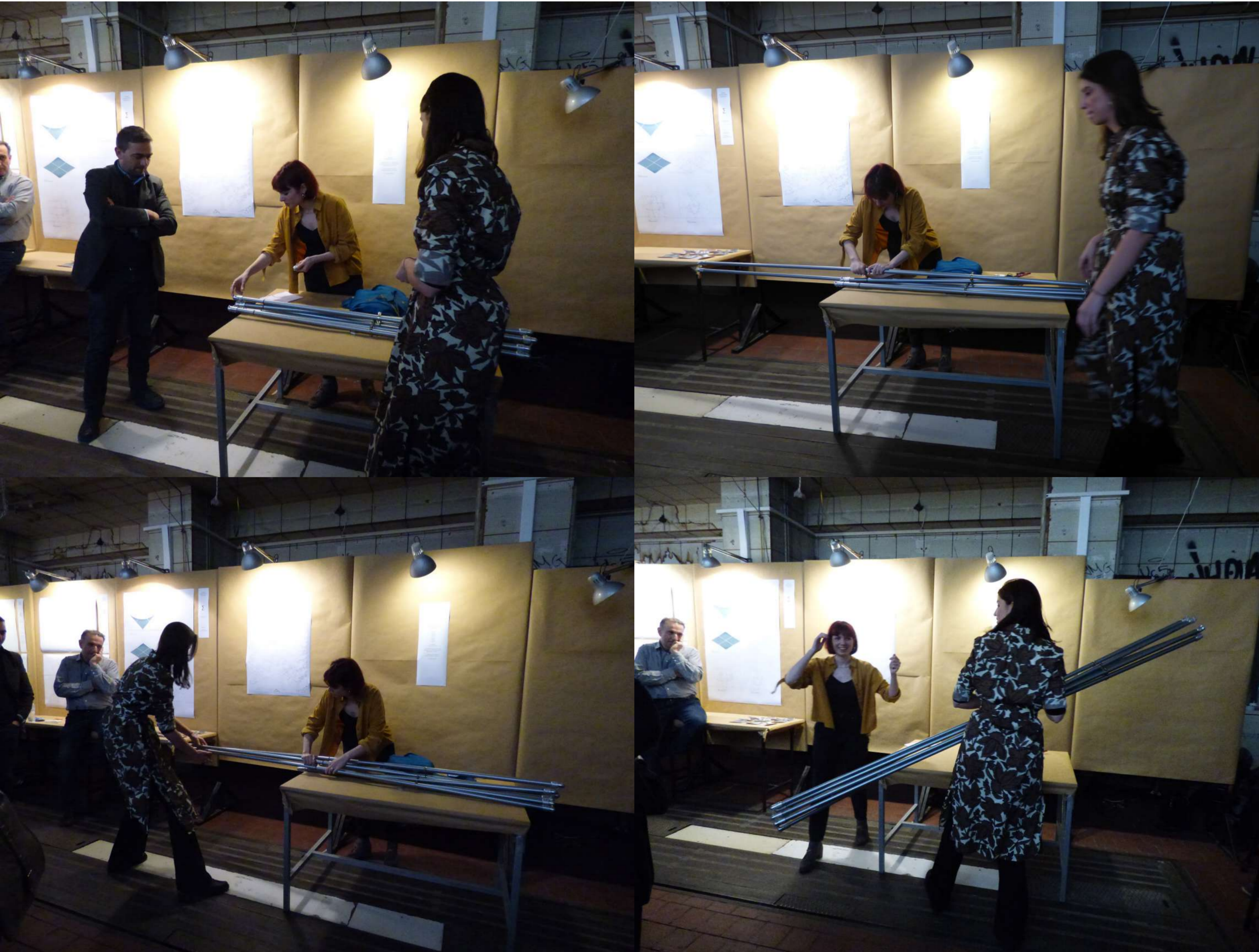
ΚΛΙΜΑΚΑ 2: 1

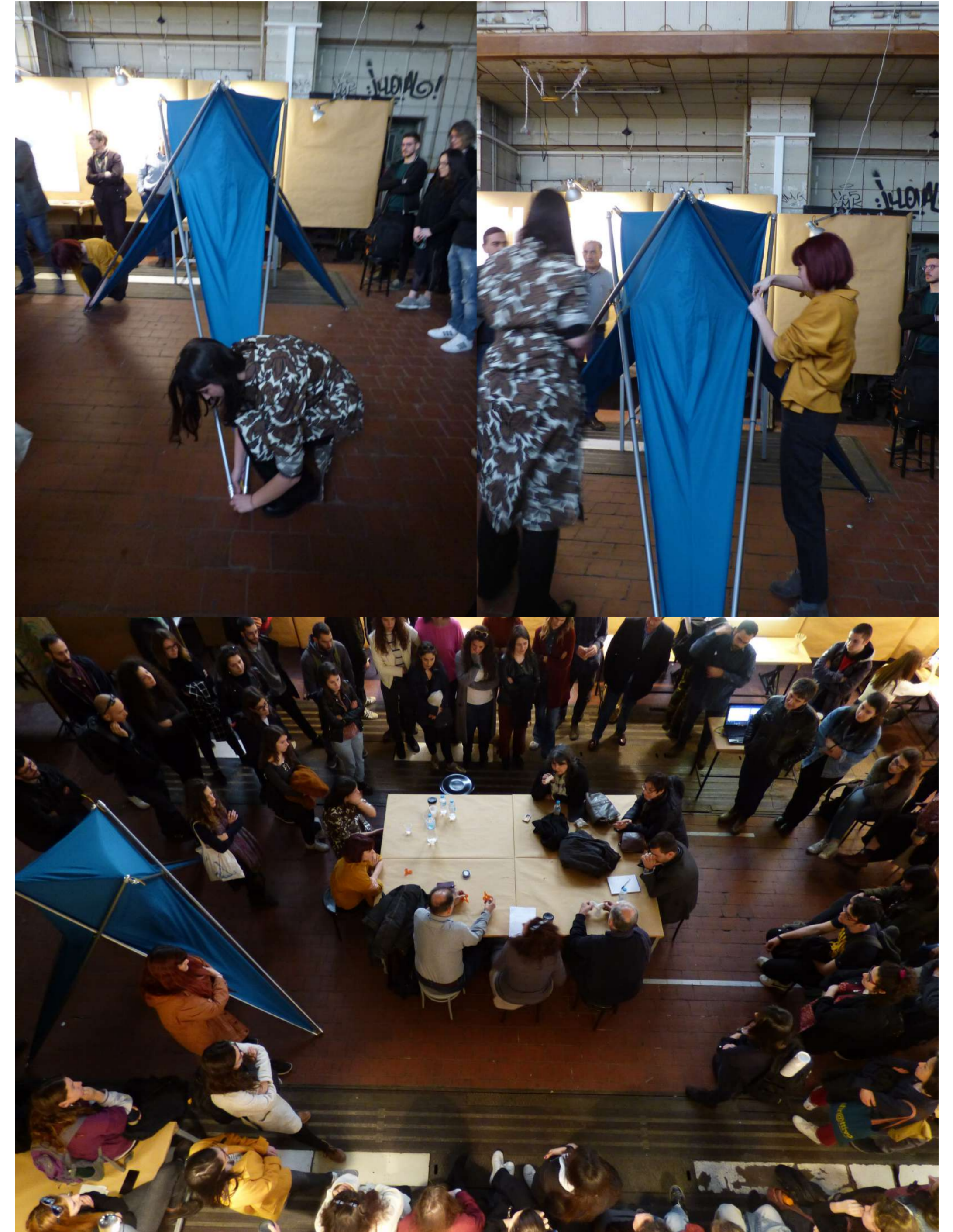
ΥΛΙΚΟ : πλαστικό

δοκιμή τελικού κομματιού (κόμβος Β) για συνδυασμό μονάδων



Άνοιγμα 1:1 μονάδας την ημέρα της παρουσίασης





Βιβλιογραφία

ΒΙΒΛΙΑ

Esther Rivas Adrover, *“Deployable Structures: Form + Technique”*, Laurence King Publishing Ltd, China, 2015

Peña Fernández Serrano, Martino, *“The ‘movable Theatre’ from Emilio Pérez Piñero. A space-time journey”*, Universidad Politécnica de Cartagena, UPCT, Arquitectura y Tecnología de la Edificación, ETSAE, Cartagena, Ισπανία.

J. Gantes, *“Deployable Structures : Analysis and Design”*, WITpress, Boston, 2001

Νίκος Κουρνιατίης, *“Γεωμετρικές Απεικονίσεις II: Γεωμετρικές Απεικονίσεις και Πληροφορική”*, κεφ. 1.8, Τετραγωνικές Επιφάνειες: Μονόχωρο Υπερβολοειδές εκ Περιστροφής, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο

Robert Kronenburg, *“Portable Architecture”*, Elsevier/Architecture Press, Oxford, Third Edition, 2003 (721.04 KRO)

Rene Motro, *“Tensegrity: Structural Systems for the Future”*, Kogan Page Science, United States, 2003

Peter Pearce, *“Structure in Nature is a Strategy for Design”*, DEKR Coporaton, United States, 1978

Michael Seidel, *“Tensile Surface Structures: A Practical Guide to Cable and Membrane Construction”*, Ernst & Sohn, Germany, 2009

Robert O. Parmley P.E., *“Illustrated sourcebook of mechanical components”*, McGraw-Hill company, United States, 2000

ΑΡΘΡΑ

Doroftei Ioan, *“Deployable Structures for Architecture Application – a Short Review”*, Trans Tech Publication, Switzerland, 2014

Feray Maden, Koray Korkmaz, *“Geometric and Kinematic Analysis of Deployable Doubly Ruled Hyperboloids”*, Megaron, August 2017

Δ.Γ. Καραλής, *“Τεχνική έκθεση προς Ελληνική ομοσπονδία ορειβάσις και αναρρίχησης”*, UIAA Standards, Απρίλιος 2011

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Miriam Euni Son, *“The Design and Analysis of Tension Fabric Structures”*, Master of Engineering in Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, June 2007

Nicholas O’Brien Melin, *“Application of Bennett Mechanisms to Long-Span Shelters”*, Department of Engineering Science, University of Oxford, Trinity Term, 2004

Carlos Henrigue Hernandez Merchan, *“Deployable Structures”*, Massachusetts Institute of Technology, June 1984

Niels De Temmerman, *“Design and Analysis of deployable bar structures for mobile architecture applications”*, Department of Architecture Engineering Sciences, Vrije University Brussel, June 2007

Περιγιάννης Αναστάσιος, Σαββοπούλου Ευαγγελία, *“Εκτατικές Δομές: Από την Έρευνα στην Κατασκευή”*, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάρτιος 2017

ΤΑΙΝΙΕΣ

“Microtopia”, Documentary, Sweden, 2013

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

www.hoberman.com
www.bfi.org
www.perezpinero.org



Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον υπεύθυνο καθηγητή μας Παναγιώτη Βασιλατο για τη πολύτιμη βοήθεια και στήριξη καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της διπλωματικής. Επιπλέον, τη κυρία Μιλτιάδου για τις συμβουλές και τις πληροφορίες πάνω στα υλικά. Τους κυρίους Μαρκουλή και Καραλή στους ναυτικούς δοκίμους και στο τμήμα ναυπηγών μηχανικών του Ε.Μ.Π. για τις πληροφορίες πάνω στα υλικά και τα δείγματα που μας παρείχαν. Τέλος, τους μάστορες των κόμβων μας Σπύρο και Μάκη και το ράφτη μας κυριο Ιορδάνη στο “χρυσό ψαλίδι”. Φυσικά απο αυτή η διπλωματική δε θα μπορούσε να λείπει η στήριξη από τις οικογένειές μας και τους φίλους μας, που τους ευχαριστούμε εξίσου παρά πολύ.

Ευχαριστούμε πολύ τους

Σοφία
Ιωάννα
Ευτυχία
Ευδοκία
Τάσος
Μαρίλια
κ. Μάκης
κ. Σπύρος

κ. Ντάφλος
κ. Αναστασόπουλος

κ. Μαρκουλής από το εργαστήριο
Δοκιμών Ναυπηγών Μηχανολόγων
Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

κ. Καραλής από τη σχολή
Ναυτικών Δοκίμων-Πειραιάς

το “κομψό ψαλίδι”

Τ Ε Λ Ο Σ