



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων & Συστημάτων

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ:  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ  
ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ & ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ  
(ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ: ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΜΠΑΜΠΟΥ/ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΑ)

Συγγραφή: **Καρασμάνογλου Αλέξανδρος**

Επίβλεψη: **Παπανίκος Παρασκευάς**

Τριμελής Επιτροπή: **Παπανίκος Παρασκευάς**, επιβλέπων  
**Ζαχαρόπουλος Νικόλαος**, μέλος  
**Μουλιανίτης Βασίλειος**, μέλος

**Σύρος, Ιούνιος 2018**



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκεκριμένη εργασία εκπονήθηκε στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου στη Σύρο, στη Σχολή Θετικών Επιστημών, στο Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων & Συστημάτων στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος Ολοκληρωμένης Σχεδίασης καινοτόμων Προϊόντων.

Πρωτίστως, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Παπανίκο Παρασκευά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, για την καθοδήγηση και τις χρήσιμες παρατηρήσεις και υποδείξεις που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Δείχνοντας περισσή κατανόηση και υπομονή, μου προσέφερε ανεκτίμητη βοήθεια, χωρίς τα οποία δεν θα είχα φέρει εις πέρας την παρούσα εργασία, και για τον λόγο αυτό τον ευχαριστώ από καρδιάς.

Θα ήθελα επίσης ιδιαίτερος να ευχαριστήσω τους επόπτες καθηγητές που με τίμησαν με τη συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή εξέτασης της εργασίας μου, κ. Ζαχαρόπουλο Νικόλαο και τον κύριο Μουλιανίτη Βασίλειο.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύζυγό μου Βάια Καλαντζή για την αμέριστη συμπαράσταση και βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών, όπως επίσης και όλους εκείνους που στάθηκαν δίπλα μου και με υποστήριξαν όλο αυτό τον καιρό, ο καθένας με τον τρόπο του, συμβάλλοντας έτσι στην ολοκλήρωση της συγγραφής της Μ.Δ.Ε μου.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη ενός πρότυπου ελαφρού πλαισίου χωροδικτυώματος (σκελετού) ενός ποδηλάτου, όπου θα μελετηθεί η περίπτωση του συνδυασμού κατάλληλων φυσικών υλικών με σύνθετων για την δημιουργία του. Πιο συγκεκριμένα, τα υλικά που θα μελετηθούν θα είναι το φυσικό ξύλο μπαμπού σε μορφή ημιακατέργαστου καλαμιού όπου θα επιτελέσει τα ευθύγραμμα μέρη του χωροδικτυώματος και σύνθετα υλικά ρητινών – ανθρακονημάτων όπου με τη χρήση διαμορφωτικών καλουπιών θα επιτελέσουν τις ενώσεις (κόμβοι) του χωροδικτυώματος. Θα μελετηθεί επίσης, η αντοχή αυτού του συνδυασμού υλικών, σε επίπεδο μηχανικής προσομοίωσης μέσω συστημάτων CAD-CAM ώστε τα αποτελέσματα αυτής να μπορέσουν μελλοντικά ληφθούν υπόψη στη δημιουργία προδιαγραφών για το σχεδιασμό πλαισίων χωροδικτυωμάτων ποδηλάτων από ξύλο μπαμπού και από ανθρακονήματα.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εξετάζει μέσα από τον σχεδιασμό ενός ποδηλατικού πλαισίου τη μελέτη σύνθεσης φυσικών και τεχνητών υλικών με σκοπό τη δημιουργία σύνθετων προϊόντων που εκμεταλλεύονται τις ιδιότητες των πρώτων υλών τους έτσι ώστε να επιτύχουν αειφορία κατά τη παραγωγή τους, αειφορία κατά τη χρήση τους, υψηλή αισθητική μέσα από την τεχνολογία τους και το φινίρισμα τους, χαμηλό βάρος και ευκολία χρήσης.

Για να μπορέσει να υλοποιηθεί χωρίστηκε σε δυο μέρη και έξι κεφάλαια. Το πρώτο μέρος είναι το ερευνητικό μέρος της εργασίας όπου περιέχει τα τρία πρώτα κεφάλαια και καταγράφονται οι απαραίτητες πληροφορίες και ιδιότητες για το ξύλο μπαμπού, για τα σύνθετα υλικά ανθρακονημάτων, για τους τύπους ποδηλάτων, για τα απαραίτητα μέρη ενός ποδήλατου καθώς και τον τρόπο που υπολογίζουμε το μέγεθος και τη γεωμετρία ενός ποδηλατικού πλαισίου. Στο τέλος του κάθε κεφαλαίου η εργασία καταλήγει στον ακριβή τύπο υλικών που θα χρησιμοποιηθεί μαζί με τις ιδιότητες τους, καθώς και στον τύπο και μέγεθος του ποδηλατικού πλαισίου που θα αναπτύξουμε στο δεύτερο μέρος της εργασίας.

Στο δεύτερο μέρος που είναι ο σχεδιασμός - ανάλυση της εργασίας, όπου αναπτύσσεται ο σχεδιασμός του ποδηλατικού πλαισίου κάνοντας χρήση όλων των δεδομένων που καταλήξαμε από το πρώτο μέρος της εργασίας και στη συνέχεια μέσω κατάλληλου λογισμικού γίνεται η ανάλυση του πλαισίου με τη χρήση πεπερασμένων στοιχείων (FEA) όπου μας δίνουν μια σαφή εικόνα της επίδρασης των υλικών στο ποδηλατικό μας πλαίσιο.

Στο τέλος, καταγράφονται τα συμπεράσματα της εργασίας και δίνεται χώρος για συζήτηση και γενικές διαπιστώσεις γύρω από το θέμα.

## **ABSTRACT**

This double case study was designed to explore the congruence of designing a bike frame composition, out of natural and composite materials with the purpose of creating complex products that exploit the properties of raw materials in order to achieve sustainability through their production, sustainability in their use, aesthetics through their technology and finishing, low weight and easy usage.

To implement, the essay was split into two parts. The first part is the research part, that contains necessary information and properties about bamboo wood, composites of carbon fiber, types of bicycles, necessary parts of a bike, as well as calculations about the size and geometry of a bike frame.

The second part is the design and analysis piece of work, that develops the design of the bike frame using all of the data that came out from the first part. Then, using a suitable software, we get the frame analysis, using finite element analysis (FEA).

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8

### ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ: ΕΡΕΥΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> . Ιστορική αναδρομή του ποδηλάτου και η εξέλιξη του.

1.1. Ιστορική αναδρομή.....	10
1.2. Η σημασία του ποδηλάτου.....	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> . Μπαμπού & Ανθρακόνημα.

2.1. Το μπαμπού στην Βοτανολογία.....	21
2.1.1. Βιοχημική σύσταση μπαμπού.....	22
2.1.2. Μηχανικές ιδιότητες του μπαμπού.....	24
2.1.3. Επιλογή του μπαμπού ως υλικό.....	26
2.1.4. Το μπαμπού στο ποδήλατο.....	29
2.2 Σύνθετα υλικά ανθρακονημάτων.....	31
2.2.1 Η επιλογή σύνθετων ανθρακονημάτων ως υλικό.....	32
2.2.2 Ιδιότητες ανθρακονημάτων.....	34
2.2.3 Το ανθρακονημα στο ποδήλατο.....	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> . Βασικές πληροφορίες για το ποδήλατο.

3.1. Βασικοί τύποι ποδηλάτων.....	40
3.2. Τα βασικά μέρη ενός ποδηλάτου.....	44
3.3. Γεωμετρία ποδηλατικού πλαισίου.....	46
3.4. Μεγέθη ποδηλατικού πλαισίου.....	57

## ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ-ΑΝΑΛΥΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>. Σχεδιασμός ποδηλατικού πλαισίου.

4.1. Καθορισμός Σχεδιαστικών Προδιαγραφών.....	61
4.2. Λεπτομερειακός σχεδιασμός τελικού προϊόντος.....	62
4.3. Αξιολόγηση προϊόντος.....	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>. Ανάλυση μοντέλου.

5.1. Ανάλυση ποδηλατικού πλαισίου με πεπερασμένα στοιχεία (FEA)..	66
5.2. Σενάριο ανάλυσης.....	67
5.3. Μοντελοποίηση στο SolidWorks Simulation.....	68
5.4. Αποτελέσματα ανάλυσης.....	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : Συμπεράσματα.....74

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....75

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....78

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ποδήλατο αποτελεί ένα ιδιαίτερα διαδεδομένο μεταφορικό μέσο. Ο αριθμός των ποδηλάτων του πλανήτη στις μέρες μας υπολογίζεται ότι ξεπερνά το ένα δισεκατομμύριο. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ποδηλάτου αποτελεί η δυνατότητα του να ανταποκρίνεται σε αρκετά διαφορετικές απαιτήσεις, όπως είναι η μετακίνηση, η άθληση και η ψυχαγωγία. Κατατάσσεται στα μεταφορικά μέσα που έχουν μηδενικό περιβαλλοντολογικό αντίκτυπο κατά τη χρήση τους.

Στην κλασική του μορφή, το ποδήλατο αποτελείται από δύο τροχούς, οι οποίοι βρίσκονται ο ένας πίσω από τον άλλο και συνδέονται μεταξύ τους με σκελετό. Βασικά επίσης μέρη ενός τυπικού ποδηλάτου αποτελούν το τιμόνι, η σέλα, το σύστημα μετάδοσης της κίνησης και τα φρένα. Ως συμπληρωματικός εξοπλισμός, όχι δηλαδή απαραίτητος για τη λειτουργικότητα του ποδηλάτου, χρησιμοποιείται ένα πλήθος από εξαρτήματα.

Τα σύγχρονα ποδήλατα, δεν είναι απλά ένα μεταφορικό μέσο. Σχεδιάζονται και αναπτύσσονται περίπλοκα συστήματα ποδηλάτων με γεωμετρίες πλαισίων και υλικά κατασκευής που τα κάνουν να ξεχωρίσουν για την ομορφιά τους, αλλά και την εξελιγμένη τεχνολογία τους. Για τη δημιουργία τους επιστρατεύονται μηχανικοί, τεχνίτες, επιστήμονες από όλο το φάσμα της μηχανικής επιστήμης, κάνοντας χρήση των πιο σύγχρονων μεθόδων παράγωγης βιομηχανοποιημένων προϊόντων και εκμεταλλευόμενοι στο έπακρο τη τεχνολογία των υλικών τους.



## **ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ: ΕΡΕΥΝΑ**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : Ιστορική αναδρομή του ποδηλάτου και η εξέλιξή του.

### 1.1. Ιστορική Αναδρομή.

Αν και το ποδήλατο αποτελεί μια σχετικά απλή κατασκευή, εντούτοις η πρώτη κατασκευή του δεν τοποθετείται στην αρχαιότητα, όπως θα περίμενε κανείς, αλλά στα μέσα της δεύτερης χιλιετίας. Ψάχνοντας όμως κανείς, θα ανακαλύψει ότι δεν είναι έτσι. Η εξέλιξη του άρχισε να τρέχει με γοργότερους ρυθμούς το 19ο αι. μέχρι να φτάσει στην σημερινή του μορφή τα τελευταία χρόνια, και να αποτελέσει έτσι ένα κίνητρο για τη δημιουργία υποδομών, κατάλληλων για τη χρήση του.

Η πρώτη εμφάνιση του ποδηλάτου, προέρχεται από ένα σκίτσο που λέγεται ότι είναι από το 1493 και αποδίδεται στον Gian Giacomo Caprotti, ένας μαθητής του πασίγνωστου Leonardo da Vinci. Ο Hans-Erhard Lessing πρόσφατα ισχυρίστηκε ότι αυτός ο ισχυρισμός είναι απάτη, χωρίς ωστόσο να μπορεί να έχει αδιάσειστα στοιχεία που να επιβεβαιώνουν τον ισχυρισμό του.



Εικόνα 1: Φωτογραφία ενός πραγματικού μοντέλου του σχεδίου ποδηλάτου από τον Gian Giacomo Caprotti (1493)

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη χρονολογία στην οποία να αποδίδεται η εφεύρεση του ποδηλάτου, επομένως ούτε συγκεκριμένος 'εφευρέτης' αυτού. Πολύ πριν την εμφάνιση κάποιας κατασκευής παρόμοιας με ένα τυπικό σύγχρονο ποδήλατο, έχει καταγραφεί ένα ποικίλο φάσμα οχημάτων που εκμεταλλεύονταν μόνο τη μυϊκή δύναμη του αναβάτη τους. Παρόλα αυτά, η πρώτη επαληθεύσιμη εμφάνιση, για κάτι που μοιάζει με ποδήλατο που χρησιμοποιείται, ήταν η 'draisienne', η οποία ανήκει στον γερμανικό βαρόνο Karl von Drais, υπηρέτη του Μεγάλου Δούκα του Baden στη Γερμανία. Ο Drais εφηύρε τη Laufmaschine (γερμανικά για το 'Μηχανή τρεξίματος') το 1817 που ονομαζόταν Draisine (αγγλικά) ή Draisienne (γαλλικά) από τον τύπο. Ο Karl von Drais κατοχύρωσε την εφεύρεση με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1818, το οποίο ήταν το πρώτο εμπορικά επιτυχημένο δίτροχο, με δυνατότητα αλλαγής

κατεύθυνσης, και πηγή ενέργειας, τον άνθρωπο. Κατασκευασμένο σχεδόν εξ ολοκλήρου από ξύλο, η draisine ζύγιζε 48 κιλά. Μη διαθέτοντας πετάλια, ο αναβάτης την έθετε σε κίνηση σπρώχνοντας με τα πόδια του προς τα πίσω. Η κατασκευή του Φον Ντράις έγινε γνωστή και ως hobby-horse, αντανakλώντας την πεποίθηση των οπαδών της ότι θα αντικαθιστούσε το βασικό μεταφορικό μέσο του 19ου αιώνα, το άλογο. δακτυλίουσ ορείχαλκου εντός των ρουλεμάν των τροχών, τροχούς με σίδηρο περιμετρικά, και ένα πίσω φρένο. (James L. Witherell, 2010).



Εικόνα 2: Ξύλινη Draisine (γύρω στο 1820). Το πρώτο δίτροχο

Αυτά τα «ποδήλατα» ήταν ιδιαίτερα δημοφιλή στις υψηλές κοινωνικές τάξεις στην Μεγάλη Βρετανία, την Γαλλία, την Γερμανία κυρίως μετά από 1817 όταν ο βαρόνος Karl von Drais πρόσθεσε πηδαλιούχηση στην μπροστινή ρόδα. Δεν είχαν ιδιαίτερη πρακτική σημασία (λόγω των κακών οδοστρωμάτων) όσο ψυχαγωγική αφού οι ευγενείς τα χρησιμοποιούσαν για τις βόλτες τους στους κήπους των σπιτιών τους. Την δεκαετία του 1830, εμφανίζεται το πρώτο μηχανοκίνητο ποδήλατο, από τον σκωτσέζο σιδερά Kirkpatrick MacMillan, (1839). Το σχέδιο έμοιαζε με τις αρχικές ατμομηχανές που με την βοήθεια αξόνων μετέτρεπαν την ευθύγραμμη κίνηση σε κυκλική.

Ένα παρόμοιο μηχανήμα κατασκευάστηκε από τον Gavin Dalzell της Lesmahagow, περίπου το 1845. Αν και δεν φαίνεται ο Gavin να πήρε την ευθύνη για την εφεύρεση της μηχανής, πιστεύεται ότι αντέγραψε την ιδέα, επειδή αναγνώρισε τη δυνατότητα της, να τον βοηθήσει με τις τοπικές επιχειρήσεις του. Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι χρησιμοποίησε το ποδήλατο, για να μεταφέρει τα εμπορεύματά του στην αγροτική κοινότητα γύρω από το σπίτι του. Ένα αντίγραφο υπάρχει ακόμα και σήμερα στο Μουσείο Μεταφορών της Γλασκώβης και θεωρείται πως είναι το παλαιότερο ποδήλατο που υπάρχει μέχρι σήμερα. (James L. Witherell, 2010).

Τα πρώτα εμπορικά ποδήλατα που άνοιξαν το δρόμο για την μετέπειτα επιτυχημένη πορεία του εμφανίστηκαν στο διάστημα 1868-1870. Με απλούστερο σχέδιο από του Macmillan, είχαν περιστρεφόμενους άξονες και πετάλια στον μπροστινό τροχό, επιτρέποντας έτσι στον αναβάτη να αναπτύξει μεγαλύτερες ταχύτητες. Αυτό όμως είχε και τα όριά του, καθώς έθετε θέματα ισορροπίας και άνεσης, προσπαθώντας να κρατήσει κανείς το ποδήλατο σε ευθεία γραμμή. Το γεγονός ότι ο μπροστινός τροχός, που χρησιμοποιούνταν και για την στροφή, είχε πάνω του τα πετάλια ήταν από τα βασικότερα μειονεκτήματα των συγκεκριμένων ποδηλάτων.

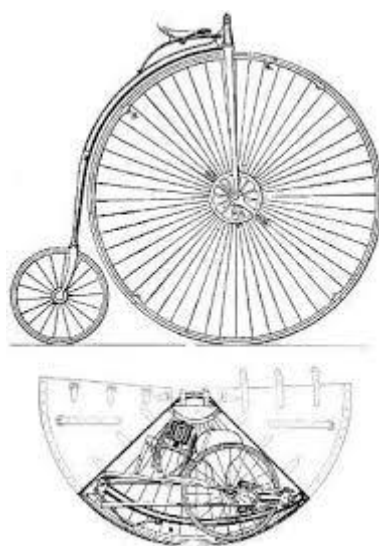
Τα πλαίσια άρχισαν να γίνονται από μέταλλο, κάτι που μείωσε το βάρος τους, επέτρεψε πιο λεπτεπίλεπτα σχέδια, αλλά πιο σημαντικό είναι ότι έγινε δυνατή η μαζική παραγωγή τους. Από τότε άρχισαν να εμφανίζονται και οι πρώτες διαφοροποιήσεις, σε μηχανισμούς όπως τα φρένα, με τον κάθε κατασκευαστή να έχει ξεχωριστό μηχανισμό. (James L. Witherell, 2010).

Το 1868 οι αδερφοί Olivier, διανύουν την απόσταση Παρίσι – Ανιγνον σε μόλις 8 ημέρες, αναγνωρίζοντας την αξία του ποδηλάτου. Έπειτα από αυτό το κατόρθωμα, συνεργάζονται με τον Pierre Michaux και με έναν μηχανικό, και ανοίγουν την πρώτη επιχείρηση, που παρήγαγε μαζικά ποδήλατα, αντικαθιστώντας το ξύλινο πλαίσιο από δυο χυτά μεταλλικά κομμάτια ενωμένα μεταξύ τους με βίδα. Η επιτυχία που γνώρισε η εταιρία τους, ώθησε και άλλους να μιμηθούν το παράδειγμά τους. (Rosa, Michael J Kolin & Denis M., 1979)

Η μετέπειτα εξέλιξη του ποδηλάτου, έκρυβε την λογική της τότε εποχής. Λόγω των κραδασμών από τους μεταλλικούς τροχούς, το ποδήλατο άρχισε να αλλάζει σχήμα. Ο μπροστινός τροχός μεγάλωσε πάρα πολύ ενώ ο πίσω, μικρυνε πάρα πολύ και το πλαίσιο γίνεται ακόμα πιο ελαφρύ, επιτρέποντας έτσι μεγαλύτερες ταχύτητες.

Έτσι λοιπόν, γεννήθηκε το «High Bicycle» από τον Γάλλο Eugene Meyer, ο οποίος εισήγαγε και τα ακτινικά σώτρα, το 1869. Ταυτόχρονα, ο James Starley, πατέρας της βρετανικής ποδηλατοποιίας, εισάγει μια εξοχή στο πλαίσιο για την πιο ομαλή ανάβαση στο ποδήλατο, ενώ χρησιμοποιεί συμπαγή λάστιχα στους τροχούς, επιτυγχάνοντας έτσι μια διάμετρο τροχού έως και 1.5m. Τα ποδήλατα αυτού του τύπου ήταν γρήγορα μεν αλλά καθόλου ασφαλή. Σε περίπτωση που έβρισκε σε ανωμαλία του δρόμου, μπορούσε πολύ εύκολα να ανατραπεί και να τραυματίσει τον ποδηλάτη. Το γεγονός αυτό έκανε τα ποδήλατα, να αποτελούν κυρίως ασχολία των νεαρών αντρών. Οι πιο ηλικιωμένοι προτιμούσαν τα τρίκυκλα ή τετράκυκλα που προσέφεραν μεγαλύτερη

ασφάλεια. Η δημιουργία ενός ασφαλούς ποδηλάτου, ήταν η πιο σημαντική αλλαγή στην ιστορία του, στις δεκαετίες που ακολούθησαν. Η εισαγωγή της αλυσιδωτής κίνησης στον πίσω τροχό έγινε το 1879, σε ένα ποδήλατο που ονομάστηκε «Κροκόδειλος», από τον Henry Lawson. Το ποδήλατο αυτό λόγω της μικρής πίσω ρόδας δεν ανέδειξε την πραγματική του αξία, και δεν γνώρισε την επιτυχία που του άξιζε. Το 1878, ο Άγγλος William Gout μέλλει να γίνει ο πατέρας του σπαστού ποδηλάτου, εφευρίσκοντας στην ουσία ένα ποδήλατο που δεν ήταν πραγματικά σπαστό. Το ποδήλατό του είχε μια τεράστια μπροστινή ρόδα, η οποία όμως έσπαγε σε διάφορα κομμάτια.



Εικόνα 3: Το πρώτο σπαστό ποδήλατο από τον William Gout (1878)

Το πρώτο «ασφαλές» ποδήλατο εφευρέθηκε το 1885 από τον John Kemp Starley (ανιψιό του προαναφερθέντος), ονομαζόμενο Rover. Χαρακτηριστικό του, ο περιστρεφόμενος μπροστινός τροχός με μια μικρή μετατόπιση προς τα εμπρός για καλύτερο ζύγισμα, η χρήση ίδιων τροχών μπρος-πίσω, και η αλυσίδα που μεταδίδει την κίνηση στον πίσω τροχό. (Rosa, Michael J Kolin & Denis M., 1979)

Στον δρόμο για την επιτυχία του συγκεκριμένου ποδηλάτου, ήρθε να βοηθήσει και η εφεύρεση του John Dunlop, τα φουσκωτά λάστιχα. Χάρη αυτά, το ποδήλατο που μέχρι τότε έχανε σε άνεση από το High Bicycle, τώρα προσέφερε άνετη διαδρομή και σε πλακόστρωτο αλλά και σε χωμάτινες διαδρομές, απορροφώντας τους κραδασμούς, και κάνοντας έτσι την χρήση των αποσβεστήρων, που είχαν κάνει την εμφάνισή τους, περιττή.

Η χρήση γραναζωτής μετάδοσης κίνησης, βελτίωσε την άνεση και αύξησε το φάσμα ταχυτήτων των ποδηλάτων. Μεταδίδοντας την κίνηση στον πίσω τροχό, ο οποίος δεν όριζε την πορεία του ποδηλάτου, οι

διαδρομές με ποδήλατο έγιναν πιο ομαλές, και ελαχιστοποίησαν τον κίνδυνο τραυματισμού, καθώς ο ποδηλάτης μπορούσε να δώσει την ίδια δύναμη ακόμα και κατά την διάρκεια στροφής, χωρίς να χρειάζεται να προσέχει όπως έκανε στα ποδήλατα με την κίνηση μπροστά, την μη ευθυγραμμισμένη κίνηση που έπρεπε να κάνει. Με τέσσερα κύρια χαρακτηριστικά: άνεση, ασφάλεια, ταχύτητα και ευκολία περιστροφής, το High Bicycle βελτιώθηκε και έγινε πολύ δημοφιλές στην υψηλή κοινωνία, αλλά και την μέση τάξη, καθώς μπορούσαν να κάνουν ποδηλασία και οι γυναίκες, χωρίς πρόβλημα. Μάλιστα, οι τότε φεμινίστριες, το αποκαλούσαν «Μηχανή της ελευθερίας». (Rosa, Michael J Kolín & Denis M., 1979)

Η πρώτη επιβεβαιωμένη έγκυρη εμφάνιση ενός σπαστού ποδηλάτου έγινε από τον Αμερικάνο Emmitt G. Latta, ο οποίος πατεντάρισε την εφεύρεσή του στις 16 Σεπτεμβρίου 1887. Έπειτα πούλησε την πατέντα του στην εταιρία Pope Manufacturing Co. Λίγο αργότερα, ένας άλλος αμερικάνος, ο Michael B. Ryan, καταχωρεί στο όνομά του μια παρόμοια πατέντα στις 26 Δεκεμβρίου 1893.

Μπαίνοντας στον 20 αιώνα, το σπαστό ποδήλατο γνωρίζει και την άσχημη όψη του, όταν διάφορα κράτη το χρησιμοποιούν σαν στρατιωτικό όχημα. Συγκεκριμένα η εταιρία Dwyer Folding Bicycle συνεργάζεται με κράτη της Νοτίου Αμερικής και παράγει για το στρατό τους ποδήλατα που διπλώνουν. Η τάση αυτή αργότερα εξαπλώνεται και στην Ευρώπη. Δυστυχώς ακόμα και σήμερα το ποδήλατο ακόμα χρησιμοποιείται από ορισμένες χώρες για τον ίδιο σκοπό.

Στις αρχές του 20ου αιώνα λοιπόν, έχουμε την «ποδηλατο-μανία», όπως την αποκαλούν οι ιστορικοί και το ποδήλατο πλέον αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μέσα μεταφοράς της εποχής. Αρχίζουν και σχηματίζονται λέσχες, η μαζική παραγωγή των ποδηλάτων αυξάνεται κατακόρυφα, μειώνοντας έτσι το κόστος παραγωγής, και εν συνεχεία, και τις τιμές. Παρόλα αυτά, και ενώ η «ποδηλατομανία» άνθιζε, πολλοί κατασκευαστές ποδηλάτων, οι οποίοι δεν είχαν ακολουθήσει την μέθοδο της μαζικής παραγωγής έκλεισαν λόγω της οικονομικής κρίσης του 1893. Το ποδήλατο σιγά σιγά κυριαρχεί στο πρώτο μισό του 20ου αιώνα, μέχρι την εμφάνιση του αυτοκινήτου, που χάνει δραματικά έδαφος, από το 1900- 1910, έως ότου το αυτοκίνητο γίνεται το αγαπημένο μέσο μετακίνησης. Στο 1920, το ποδήλατο πλέον θεωρείται παιχνίδι των παιδιών, και για το λόγο αυτό, έως την δεκαετία του 1940, οι περισσότεροι κατασκευαστές ποδηλάτων στην Αμερική, τα φτιάχνουν μόνο για παιδιά. Απεναντίας, στην Ευρώπη, το ποδήλατο έχει καθιερωθεί ως «παιχνίδι ενηλίκων», και κατασκευάζονται πλέον ποδήλατα για αγώνες δρόμου, ποδήλατα για βόλτα στην εξοχή. Είναι ίσως η πρώτη

φορά που εμφανίζονται διαφορετικές κατηγορίες ποδηλάτων, με διαφορετική γεωμετρία προσανατολισμένη περισσότερο προς μια κατεύθυνση. Στην γηραιά ήπειρο, τα παιδικά ποδήλατα, εμφανίζονται κοντά στο 1916. (James L. Witherell, 2010).

Πλέον το ποδήλατο εξελίσσεται με την κάθε κατηγορία, να κάνει τα δικά της βήματα προς τα εμπρός, ξεχωριστά από τις άλλες. Από το 1900-1910, κάνουν την εμφάνισή τους, και οι πολλές ταχύτητες σε ένα ποδήλατο, και ο μηχανισμός αυτός αρχίζει να εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου. Αν και στην αρχή δεν χρησιμοποιούνταν σε αγώνες, από το 1930 και μετά επιτράπη η χρήση του μηχανισμού αυτού. Έως τότε χρησιμοποιούσαν ένα σύστημα δύο γραναζιών στην πίσω ρόδα, ένα σε κάθε μεριά. Για να αλλάξει ταχύτητα ο ποδηλάτης, έπρεπε να σταματήσει να βγάλει την ρόδα, να της γυρίσει μεριά, και να την ξαναβάλει. Με την εισαγωγή του νέου συστήματος, οι χρόνοι των αγώνων έπεσαν κατακόρυφα. Στα μέσα του αιώνα, υπήρχαν δύο τύποι ποδηλάτων που επικρατούσαν στην Βόρεια Αμερική. Τα βαριά, ποδήλατα αναψυχής, τα οποία είχαν μεγάλα σε πλάτος φουσκωτά λάστιχα, φρένα όπως αυτά των σημερινών Roller Coaster, και μία μόνο ταχύτητα. Ήταν σχεδιασμένα να προσφέρουν αντοχή, άνεση, αεροδυναμική εμφάνιση, και μια τεράστια ποικιλία από παρελκόμενα εξαρτήματα, όπως φώτα κ.α. Ακόμα, υπήρχαν και τα ελαφριά ποδήλατα, με χειρόφρενα, στενά λάστιχα, και ένα σύστημα τριών ταχυτήτων (συχνά εισαγόμενο από Αγγλία), με τα τελευταία να γίνονται πολύ δημοφιλή την δεκαετία του 1950 στην Αμερική. Είχαν σαν εξοπλισμό, φώτα τα οποία έπαιρναν ενέργεια από γεννήτρια (δυναμό), ανακλαστήρες ασφαλείας, τρόμπες για τα λάστιχα, προσαρμοσμένες στο πλαίσιο. Στην Ευρώπη, κυριαρχούσαν τα ελαφριά ποδήλατα, τα οποία προσέφεραν αντοχή, για πολλές δεκαετίες.

Το 1970, το ενδιαφέρον για τα σπαστά ποδήλατα είναι τεράστιο, με δεκάδες κατασκευαστές σε πολλές χώρες να τα παράγουν. Το πιο γνωστό ποδήλατο αυτού του είδους είναι το Raleigh Twenty, που κατασκευαζόταν στην Αγγλία και την Γαλλία. Αρχικά ονομαζόταν Stowaway και στην πραγματικότητα άρχισε να κατασκευάζεται το 1984. Σήμα κατατεθέν του η μαζική παραγωγή που γνώρισε, και η χρήση ταχυτήτων στον πίσω τροχό, εντός του άξονα του τροχού. (James L. Witherell, 2010).



Εικόνα 4: Ποδήλατο Raleigh Twenty Folder (1974)

Την ίδια εποχή άλλο ένα αξιοσημείωτο σπαστό ποδήλατο είναι το «Bickerton Portable», δημιούργημα του Άγγλου Harry Bickerton. Κατασκευασμένο από αλουμίνιο, διπλωνόταν σε πολύ μικρές διαστάσεις αρκετά γρήγορα. Κατασκευαζόταν από το 1971 έως το 1991, πουλώντας 150.000 κομμάτια, και αποτέλεσε πηγή έμπνευσης για τον Andrew Ritchie, κατασκευαστή του σημερινού γνωστού «Brompton».

Το 1980, μια σουηδική εταιρία ποδηλάτων, κατασκευάζει για πρώτη φορά, το πρώτο ποδήλατο από πλαστικό, το οποίο όμως δεν βρήκε αντίκρισμα στο καταναλωτικό κοινό. Το 1981, κάνει την εμφάνισή του το πρώτο ποδήλατο μαζικής παραγωγής, Mountain Bike. Αμέσως έγινε αγαπητό από το ποδηλατικό κοινό, ξαφνιάζοντας τους πωλητές. Η απήχηση αυτή οφειλόταν στην μανία των ανθρώπων να ξεφύγουν από την αστική ζωή, και να έρθουν περισσότερο σε επαφή με την άγρια φύση, δίνοντάς τους μια αίσθηση απόδρασης από την ρουτίνα. Τα ποδήλατα αυτά χαρακτηρίζονται από τον στιβαρό σκελετό, τα φαρδιά τρακτερωτά λάστιχα, όρθια θέση του αναβάτη για να βλέπει από μακριά την διαδρομή και αποσβεστήρες για περισσότερη άνεση.

Την ίδια χρονιά (1981) ο Andrew Ritchie κατασκευάζει το πρώτο «Brompton bicycle» ενώ το 1982 ένας φυσικοθεραπευτής ονόματι David Hon, σχεδιάζει το πρώτο «Dahon folding bicycle». Και τα δύο αποτελούν τις δημοφιλέστερες μάρκες σπαστών ποδηλάτων ακόμα και σήμερα.

Μεγάλος αριθμός ποδηλατικών λεσχών κατακλύζει και τις δύο πλευρές του ατλαντικού ωκεανού, αντικατοπτρίζοντας την καινούργια μόδα. Μέσα στο πρώτο μισό τα μέσα του 20ου αιώνα, το ποδήλατο έχει γίνει το βασικό μέσο μετακίνησης για εκατομμύρια κατοίκους του πλανήτη. Ιδιαίτερα βοηθητική προς αυτή την κατεύθυνση ήταν η επαφή πολλών υπανάπτυκτων χωρών με τις ευρωπαϊκές χώρες, λόγω της αποικιοκρατίας. Από την άλλη πλευρά βέβαια, η ανάπτυξη των μηχανοκίνητων μέσων μεταφοράς είχε ως αποτέλεσμα να μειωθεί αρκετά το ενδιαφέρον για το ποδήλατο σε αρκετές ανεπτυγμένες χώρες. Εξαιρέση αποτελούν ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Γερμανία, η



Δανία και η Ολλανδία, στις οποίες η χρήση του ποδηλάτου διατηρήθηκε σε υψηλά επίπεδα.

Φτάσαμε στην σύγχρονη εποχή, στην δεκαετία που τώρα διανύουμε, και τα ποδήλατα συνεχίζουν να εξελίσσονται. Με τα νέα υλικά, την ανάπτυξη των εργαλείων που έχουν οι κατασκευαστές στην διάθεσή τους, βγαίνουν συνεχώς στην αγορά νέα ποδήλατα. Νεότερη κατηγορία, είναι τα Υβριδικά ποδήλατα, ποδήλατα δηλαδή που είναι σχεδιασμένα συνδυάζοντας δύο ή περισσότερες κατηγορίες.

Συνδυάζουν χαρακτηριστικά ποδηλάτων πόλης και βουνού, ενώ υπάρχουν και άλλα με φαρδιά λάστιχα, τα οποία χρησιμοποιούν τα mountain bike και χρησιμοποιούνται για την μεταφορά βαριών φορτίων. Χάρη την χρήση των CAD, πεπερασμένων στοιχείων, και άλλων υπολογιστικών μεθόδων, οι κατασκευαστές, είναι σε θέση να προβλέψουν και να τελειοποιήσουν ένα ποδήλατο, κάτι που μόνο εμπειρικά μπορούσε να γίνει παλιότερα. Τελευταία λέξη της τεχνολογίας, είναι κάτι που είχε εφευρεθεί και στο παρελθόν αλλά τα τότε υλικά δεν ήταν κατάλληλα, οι «εσωτερικές ταχύτητες» μέσα στον άξονα του πίσω τροχού, μέσω ενός συστήματος πλανητικών γραναζιών. (Rosa, Michael J Kolin & Denis M., 1979).

Στην Ελλάδα, το πρώτο ποδήλατο που εμφανίστηκε ήταν το μοντέλο «velocipede», στο τέλος της Οθωμανικής εποχής, περίπου το 1860 στον Πειραιά. Από τη στιγμή της εμφάνισης του, έγινε θέμα αρκετών συζητήσεων με αποτέλεσμα την ίδρυση της «Ποδηλατικής Εταιρίας Πειραιώς». Ωστόσο το 1885 άρχισε να κυκλοφορεί στην Ελλάδα και το πρώτο ποδήλατο με τη σημερινή του μορφή και εκεί τοποθετείται η απαρχή της χρήσης του ποδηλάτου στη χώρα. Το πρώτο ποδηλατοδρόμιο της χώρας κατασκευάζεται στην Αθήνα για τις ανάγκες των πρώτων Ολυμπιακών Αγώνων. Πρόκειται για το μετέπειτα ποδοσφαιρικό Γήπεδο Καραϊσκάκη. Στην Ελλάδα το πρώτο ελληνικό ποδήλατο με χειροποίητο σκελετό κατασκευάστηκε από την Raffbikes (HERMES) στο Ναύπλιο. Στις αρχές του 20ου αιώνα, άρχισε η εισαγωγή ποδηλάτων από χώρες του εξωτερικού, χωρίς ωστόσο η χρήση του να έχει πάρει σημαντικές διαστάσεις. Περίπου το 1960, η πορεία του ποδηλάτου ανακόπηκε στην Ελλάδα. «Τότε μεταβάλλονται τα πρότυπα διαβίωσης, με συνέπεια την αλματώδη αύξηση της προτίμησης στα μηχανοκίνητα μέσα και κυρίως στο αυτοκίνητο.» (Βλαστός Θ., Μηλάκης Δ., 2003).

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν αρχίσει να προωθούνται αρκετές μελέτες συγκοινωνιακού σχεδιασμού με αντικείμενο το ποδήλατο ως μέσο προώθησης της βιώσιμης αστικής κινητικότητας σε διάφορες πόλεις, με αποτέλεσμα και την αύξηση της παραγωγής ποδηλάτων. Η

πρώτη ελληνική βιοτεχνία που άρχισε την κατασκευή ποδηλάτων ήταν η «Michaello» στο Ναύπλιο το 1987. Από τότε έχει προωθηθεί η συστηματική παραγωγή αλλά και η χρήση του ποδηλάτου. Τα τελευταία χρόνια έχουν εκπονηθεί προγράμματα μίσθωσης κοινόχρηστων ποδηλάτων, με έντονη αποδοχή στην Ελλάδα. Την αρχή της εφαρμογής του προγράμματος έκανε ο δήμος Ναυπάκτου, και στη συνέχεια το πρόγραμμα εφαρμόστηκε και στην Κέρκυρα.

## **1.2. Η σημασία του ποδηλάτου.**

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 60% του πληθυσμού ζει σε αστικές περιοχές άνω των 10.000 κατοίκων. Οι πόλεις και οι μεγαλουπόλεις αποτελούν δηλαδή το πλαίσιο διαβίωσης της συντριπτικής πλειονότητας των πολιτών της Ε.Ε, στους οποίους πρέπει να προσφέρεται όσο το δυνατόν υψηλότερη ποιότητα ζωής. Για το λόγο αυτό χρειάζεται σήμερα κοινός προβληματισμός στο ζήτημα της αστικής κινητικότητας.

Σε όλη την Ευρώπη, η αύξηση της κίνησης στα αστικά κέντρα έχει ως αποτέλεσμα το επαναλαμβανόμενο φαινόμενο της συμφόρησης και πολυάριθμες αρνητικές συνέπειες από άποψη χαμένου χρόνου και περιβαλλοντικής όχλησης. Επιπλέον, η ατμοσφαιρική ρύπανση και ηχορρύπανση εντείνονται κάθε χρόνο. Η αστική κυκλοφορία ευθύνεται για το 40% των εκπομπών CO<sub>2</sub> και για το 70% των εκπομπών άλλων ρύπων από τις οδικές μεταφορές. (Βλαστός Θ., Μπαρμπόπουλος Ν., Μπαλτάς Π., 2005).

Όλοι αυτοί οι λόγοι, κάνουν πλέον επιτακτική την ανάγκη για μια νέα συλλογιστική για την αστική κινητικότητα, κάτι που ερμηνεύεται ως βελτιστοποίηση της χρήσης όλων των μέσων μεταφοράς και οργάνωση της συνδεσιμότητας μεταξύ αυτών (τρένο, τραμ, μετρό, λεωφορείο) και μεταξύ των διαφόρων ιδιωτικών τρόπων μεταφοράς (αυτοκίνητο, ποδήλατο, βάδισμα).

Η κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι ένα από τα κύρια προβλήματα που διαπιστώθηκαν. Έχει αρνητικό αντίκτυπο στην οικονομία, την κοινωνία, την υγεία και υποβαθμίζει το φυσικό και το δομημένο περιβάλλον. Λύση του προβλήματος θα αποτελούσε ένα σύστημα μεταφορών με συνεχή ροή το οποίο θα επιτρέπει την κίνηση σε μειωμένους χρόνους και θα περιορίζει αισθητά τις όποιες αρνητικές συνέπειες. Σημαντικότερη ίσως παράμετρος είναι η δημιουργία ελκυστικών εναλλακτικών λύσεων στη χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου, όπως είναι το βάδισμα, η ποδηλασία, τα μαζικά μέσα μεταφοράς. Ακόμα, οι πολίτες πρέπει να είναι σε θέση να μετακινούνται χρησιμοποιώντας αποτελεσματικούς τρόπους σύνδεσης με τους

διαφόρους τρόπους μεταφοράς. (Βλαστός Θ., 2005). Όπως προκύπτει, η προώθηση του βαδίσματος και της ποδηλασίας, αποτελεί σημαντικό παράγοντα. Για να γίνει πιο ελκυστικό και ασφαλές το βάδισμα και η ποδηλασία, οι τοπικές και περιφερειακές αρχές πρέπει να εξασφαλίσουν την πλήρη ενσωμάτωσή τους στην ανάπτυξη και την παρακολούθηση των πολιτικών αστικής κινητικότητας. Πρέπει επίσης, να γίνουν όλες οι απαραίτητες ενέργειες για τη δημιουργία των κατάλληλων υποδομών. Όταν λοιπόν μια πόλη πληροί τις απαραίτητες προϋποθέσεις για τη δημιουργία δικτύου ποδηλατοδρόμων και κατά συνέπεια τη διάδοση της χρήσης του ποδηλάτου, συμβάλει αναμφίβολα στη βιωσιμότητα της πόλης.

Τα πλεονεκτήματα του ποδηλάτου είναι σαφώς αναγνωρισμένα στις μέρες μας. Πλεονεκτήματα που αποτελούν οφέλη για το κοινωνικό σύνολο. Από οικονομικής άποψης, επιτυγχάνεται μείωση των πόρων που δαπανά κάθε νοικοκυριό για τη συντήρηση των μηχανοκίνητων οχημάτων που διαθέτει, μείωση των χρόνων εργασίας που χάνονται στις καθημερινές μετακινήσεις των επαγγελματιών. Από κοινωνικής άποψης, εξασφαλίζεται η κινητικότητα σε ευρύτερα στρώματα του πληθυσμού και επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αυτονομία και δυνατότητα πρόσβασης σε όλες τις εγκαταστάσεις για όλες τις ηλικίες. Από οικολογικής άποψης, καθώς το ποδήλατο αποτελεί τον κατ' εξοχήν οικολογικό τρόπο μετακίνησης αφού δεν επιβαρύνει καθόλου το περιβάλλον και αποτελεί εναλλακτική πρόταση απέναντι στα ρυπογόνα μηχανοκίνητα οχήματα. Τέλος, ειδική μνεία θα πρέπει να γίνει στα οφέλη στον τομέα της υγείας, τα οποία επιτυγχάνονται μέσω της άσκησης κατά τη διάρκεια των μετακινήσεων με το ποδήλατο.

Επιπλέον, παρατηρείται και μια πληθώρα πλεονεκτημάτων για τους δήμους που επιλέγουν να ενισχύσουν τη χρήση του ποδηλάτου, που αφορούν την ποιότητα ζωής, την ποιότητα του περιβάλλοντος και τη μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση πόρων που επιτυγχάνεται. Παρατηρείται μια μείωση των κυκλοφοριακών προβλημάτων, μέσω της μείωσης του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων (όπου γίνεται χρήση του ποδηλάτου ως αυτόνομο μέσο μεταφοράς) και μέσω της στροφής των πολιτών προς τις δημόσιες συγκοινωνίες (όπου αυτές συνδυάζονται με ένα δίκτυο ποδηλατικών διαδρομών). Βελτιώνεται έτσι η κυκλοφορική ροή και μειώνονται τα επίπεδα της ρύπανσης, τόσο της περιβαλλοντικής όσο και της ηχορύπανσης. Ως συνέπεια της μείωσης των κυκλοφορούντων οχημάτων, έρχεται να προστεθεί ένα ακόμα πλεονέκτημα, αυτό της εξοικονόμησης χώρου, τόσο οδοστρώματος, όσο και στάθμευσης. Αποτέλεσμα όλων αυτών, είναι η γενικότερη βελτίωση της ποιότητας ζωής στην πόλη, όπως επίσης και η μείωση της

φθοράς των μνημείων της πολιτιστικής κληρονομιάς κάθε χώρας. (Βλαστός Θ., 2005).

Αξιοσημείωτη είναι η μεγάλη αλληλεπίδραση του ποδηλάτου με τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Μια συνδυασμένη χρήση του ποδηλάτου με τη δημόσια συγκοινωνία, μπορεί να δημιουργήσει ένα πλήρες δίκτυο μετακινήσεων μεγάλων αποστάσεων. Αυτό συμβαίνει καθώς το ποδήλατο αυξάνει τη ζώνη επιρροής των μέσων μαζικής μεταφοράς εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη δυνατότητα πρόσβασης, κάνοντας έτσι τη δημόσια συγκοινωνία περισσότερο ελκυστική. Για να γίνει αυτό, θα πρέπει τα μέσα μαζικής μεταφοράς να διαθέτουν τις κατάλληλες υποδομές για μεταφορά και στάθμευση ποδηλάτων.

Η στρατηγική για την προώθηση ήπιων μορφών μετακίνησης όπως είναι το ποδήλατο και το βάδισμα πρέπει να διαμορφωθεί πάνω στους παρακάτω βασικούς άξονες που αφορούν στον αστικό σχεδιασμό και την υλοποίηση του: την εξασφάλιση της αναγκαίας υποδομής και την προώθηση ενός πακέτου μέτρων ειδικά για την προώθηση του ποδηλάτου ως μεταφορικού μέσου. Η αποτελεσματικότητα όμως των μέτρων που θα ληφθούν στην κατεύθυνση των παραπάνω αξόνων θα εξαρτηθεί σημαντικά και από άλλα μέτρα και δράσεις που πρέπει να ληφθούν στα πλαίσια μιας εθνικής στρατηγικής για την αστική κινητικότητα πάνω σε άξονες όπως την επένδυση στην ενημέρωση, παιδεία, ευαισθητοποίηση του πολίτη, τη συνεργασία σε όλα τα επίπεδα διακυβέρνησης, τη συστηματική αξιολόγηση των μέτρων και προγραμμάτων, τη θέσπιση κινήτρων, το συστηματικό έλεγχο και την επιβολή προστίμων στους παραβάτες με ανταποδοτικό όμως χαρακτήρα.

Τα πλεονεκτήματα του ποδηλάτου ως μέσο μεταφοράς, συνηγορούν υπέρ της αναγκαιότητας της προώθησής του ως μέσο καθημερινής μετακίνησης των κατοίκων μιας μεγαλούπολης. Τα πλεονεκτήματα αυτά θα μπορούσαν να συνοψιστούν σε μία λίστα:

- Το ποδήλατο αποτελεί έναν αθόρυβο τρόπο μετακίνησης, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση της ενοχλητικής βουής της σύγχρονης μεγαλούπολης.
- Δεν εκπέμπει αέρια απόβλητα. Συντελεί έτσι στη βελτίωση των αόρατων αστικών συνθηκών διαβίωσης (μείωση του νέφους), αλλά συνεισφέρει και ουσιαστικά στην προστασία του περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως εάν κάποιος χρησιμοποιεί καθημερινά το ποδήλατο αντί του αυτοκινήτου για να διανύσει μια απόσταση μετάβασης στην εργασία του μήκους 5 km, απαλλάσσει το περιβάλλον

από 300 κιλά CO<sub>2</sub> το χρόνο. (Βλαστός Θ., Μπαρμπόπουλος Ν., Μπαλτάς Π., 2005).

- Η ποδηλασία βελτιώνει τη φυσική κατάσταση και αποτελεί έντονη άσκηση βοηθώντας στην απώλεια βάρους. Εκπληκτικά αποτελέσματα επιτυγχάνονται με καθημερινή ποδηλασία μόλις 30 λεπτών, όσο δηλαδή χρειάζεται κάποιος για να μεταβεί στην εργασία του και να επιστρέψει.
- Το ποδήλατο αποτελεί το πιο οικονομικό μέσο μεταφοράς. Ο ποδηλάτης δεν χρειάζεται να ανησυχεί για καύσιμα, τέλη κυκλοφορίας, ασφάλεια, αντίτιμο στάθμευσης.
- Αποτελεί έναν εύκολο και γρήγορο τρόπο μετακίνησης στην πόλη, καθώς ο ποδηλάτης δεν είναι αναγκασμένος να περνάει ατέλειωτες ώρες περιμένοντας ακινητοποιημένος στην ουρά μεγάλων κυκλοφοριακών μποτιλιαρισμάτων. Ακόμα, δεν είναι αναγκασμένος να περιμένει στην ουρά των μέσω μαζικής μεταφοράς. Το ποδήλατο δίνει μια άλλη αίσθηση ελευθερίας στις καθημερινές μετακινήσεις σε μια μεγαλούπολη. (Βλαστός Θ., 2005)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> . Μπαμπού & Ανθρακόνημα

### 2.1. Το μπαμπού στην Βοτανολογία



εικόνα 5: Μπαμπού Tam Vong ή αλλιώς iron bamboo

Μπαμπού, είναι μια γενική κοινή ονομασία που αναφέρεται στα ψηλά δενδρόμορφα ξυλώδη φυτά τα οποία αποτελούν την υποοικογένεια Μπαμπουδοειδή της οικογένειας Αγρωστώδη (Graminae), δηλαδή εκείνα που έχουν ρίζωμα και βλαστό καλαμοειδή. Στη βοτανική βιβλιογραφία έχουν καταγραφεί 75 γένη και 1200 περίπου είδη μπαμπού έχουν εντοπιστεί παγκοσμίως κατά τους Wang και Shen το 1987. (Wang D., S.J. Shen., 1987). Οι πληροφορίες αυτές ωστόσο είναι συγκεχυμένες καθώς πολλοί ειδικοί στην μελέτη των μπαμπού υποστηρίζουν ότι πολλές από αυτές τις 1200 ονομασίες του μπαμπού είναι μεταξύ τους συνώνυμα.

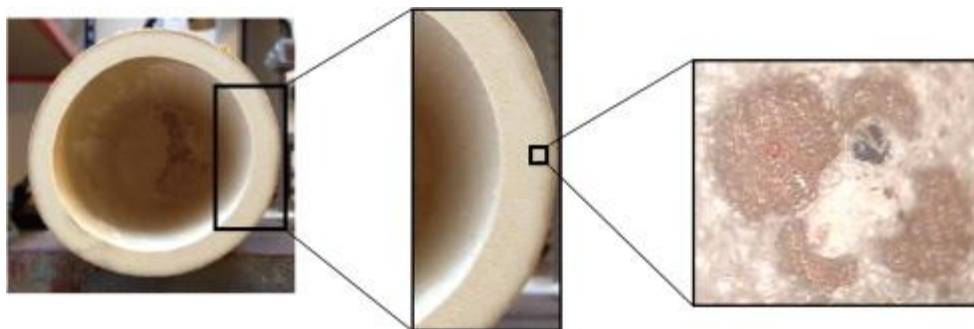
Τα μπαμπού τα συναντούμε στις τροπικές και υποτροπικές έως τις θερμές εύκρατες περιοχές, ο μεγαλύτερος αριθμός συναντάται στην νοτιοανατολική Ασία, στα νησιά του Ινδικού αλλά και του Ειρηνικού ωκεανού.

Το κύριο στέλεχος του μπαμπού κυμαίνεται σε μήκος από 50 περίπου εκατοστόμετρα μέχρι 45 μέτρα, αν και υπάρχουν αναφορές ότι το είδος *Dinochloa andamanica* φθάνει έως και τα 90 μέτρα. Τα Μπαμπού αναπτύσσονται κατά ομάδες από διακλαδισμένα υπόγεια ριζώματα. Οι βλαστοί αυτοί έχουν συνήθως κοίλα μεσογονάτια διαστήματα και συμπαγή γόνατα. Η διάμετρος τους κυμαίνεται από λιγότερο από ένα εκατοστόμετρο μέχρι εικοσιπέντε εκατοστόμετρα και πλέον. Οι κύριοι βλαστοί δεν φέρουν φύλλα, έχουν όμως κολεούς που πέφτουν, φύλλα φύονται όταν σταματήσει η αύξηση του βλαστού σε μικρά πλευρικά κλαδιά. Ο πολλαπλασιασμός γίνεται κυρίως με τα ριζώματα. Η ανθοφορία είναι συνήθως σπάνια, αν και μερικά είδη (π.χ.) *Chusquea subtessellata* φαίνεται να ανθοφορούν συνεχώς. Η ανθοφορία είναι συχνά φαινόμενο ομαδικό και συμβαίνει κατά περιόδους που μπορεί να απέχουν μεταξύ τους μέχρι και 60 χρόνια. φυτά συνήθως μονοκαρπικά που ανθούν δηλαδή μια μόνο φορά και μετά πεθαίνουν. (Lakkad, S. C., & Patel, J. M. 1981)

### **2.1.1. Βιοχημική σύσταση μπαμπού**

Η μοριακή φυσιολογία των φυτών αποτελεί έναν επιστημονικό κλάδο που ερευνά τις αντιδράσεις και τους χημικούς μηχανισμούς που πραγματοποιούνται στη ζωντανή ύλη. Πιο συγκεκριμένα έχει ως αντικείμενο έρευνας τις λειτουργικές δράσεις των οργανισμών, των οργάνων, των ιστών, των κυττάρων και των υποκυτταρικών συστατικών. Είναι γνωστό πως το κύτταρο αποτελεί τόσο τη δομική όσο και την τη λειτουργική μονάδα όλων των οργανισμών. Κατά συνέπεια, η κατανόηση των λειτουργικών δράσεων των κυτταρικών οργανιδίων σε συσχέτισμό με τη δομή τους αποτελεί στόχο με εξαιρετική σημασία για

να κατανοήσουμε στη συνέχεια τις ιδιότητες των φυτών και στην περίπτωση του ενδιαφέροντός μας, το μπαμπού. (Τσέκου Ιωάννη., 2000)



εικόνα 6: Λεπτομέρεια ξύλου μπαμπού.

Το μπαμπού είναι ένα σύνθετο υλικό, αποτελείται από μια μίξη ουσιών που του προσδίδουν μοναδικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες. Τα δύο υλικά που συνθέτουν το μπαμπού είναι η λιγνίνη καθώς και οι αγγειακές δέσμες. Η λιγνίνη ή αλλιώς ξυλίνη όπου η παρουσία της συνδέεται με την εμφάνιση των χερσαίων φυτών που διαθέτουν γερά σκελετικά συστατικά, είναι μια οργανική ουσία πολυμερής ένωσης σημαντικής πολυπλοκότητας ως προς την δομή της, που καταλαμβάνει το ένα τρίτο από τα βασικότερα συστατικά του ξύλου μετά την κυτταρίνη. Παρότι η χημική της σύσταση δεν είναι πλήρως καθορισμένη, γνωρίζουμε ότι το μόριο της αποτελείται από τα προϊόντα πολυμερισμού τριών αρωματικών αλκοολών: της κωνυφερυλικής, της συναπυλικής και της π-κουμαριλικής αλκοόλης. Είναι μια άμορφη ουσία με κίτρινο σταχτί χρώμα, αδιάλυτη στο νερό και στους οργανικούς διαλύτες, διαλυτή μόνο στο νιτρικό οξύ ή σε διάλυμα καυστικού καλίου με θέρμανση και πίεση. Η λειτουργία της λιγνίνης είναι να καταλαμβάνει τον ελεύθερο χώρο μεταξύ των ινιδίων της κυτταρίνης, συγκρατώντας τις ίνες της και καθιστώντας τα κύτταρα άκαμπτα. Η εναπόθεση λιγνίνης σε όλο το σκελετικό πλέγμα της κυτταρίνης, διαμορφώνεται ένα εξαιρετικά ανθεκτικό και στέρεο σύστημα, που οφείλει την εκτατότητά του στην κυτταρίνη και στην ακαμψία της λιγνίνης. Τα ποσοστά ύπαρξης της λιγνίνης είναι και αυτά που καθορίζουν τις μηχανικές ιδιότητες των διαφόρων κυτταρικών τοιχωμάτων. Στον στηρικτικό κορμό η εναπόθεση της κυτταρίνης εμφανίζεται καθυστερημένα, στο τέλος της κυτταρικής αύξησης, ενισχύοντας σημαντικά τη μηχανική αντοχή του φυτικού τοιχώματος. Η λιγνίνη είναι πολύ ανθεκτική στην δράση μικροοργανισμών και λειτουργεί ως φυσικό εμπόδιο στις αποσυνθετικές διαδικασίες, εμποδίζοντας τη μεταφορά ουσιών, καθώς και την είσοδο

παθογόνων οργανισμών στα φυτικά κύτταρα. Η διάσπαση της λιγνίνης επιτυγχάνεται μόνο με τη δράση κάποιων μυκήτων. (Lakkad, S. C., & Patel, J. M. 1981)

### **2.1.2 Επιλογή του Μπαμπού ως υλικό.**

Το μπαμπού έχει πολλά πλεονεκτήματα, ως δομικό υλικό είναι ένα ταχύτατα ανανεώσιμο και βιώσιμο υλικό όπου έχει μηχανικές ιδιότητες παρόμοιες με του ξύλου. Σε όλο τον κόσμο, υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον στην ανάπτυξη των προϊόντων μπαμπού ως μια βιώσιμη, costeffective και οικολογικά υπεύθυνη εναλλακτική κατασκευή υλικού (De Flander K.. 2005). Η επιλογή του μπαμπού ως ένα από τα δύο βασικά υλικά της κατασκευής του ποδηλατικού πλαισίου έχει να κάνει σαφώς με τις μηχανικές του ιδιότητες, οι οποίες και θα αποδειχθούν ως οι κατάλληλες στο ερευνητικό μέρος που ακολουθεί, άρα χρειαζόμαστε ένα υλικό ελαφρύ, στιβαρό το οποίο θα έχει μεγάλες αντοχές στις καταπονήσεις που δέχεται ένα ποδήλατο αλλά να είναι επίσης και φιλικό προς το περιβάλλον, χωρίς να είναι ενεργοβόρο κατά την διαδικασία της όποιας επεξεργασίας του. Η ευκολία επεξεργασίας του καθώς και το χαμηλό κόστος το καθιστούν ως το καταλληλότερο φυσικό υλικό που μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί για τους ευθύγραμμους σωλήνες στον σκελετό του ποδηλατικού πλαισίου.

Με τη συνεχή γρήγορη παγκόσμια ανάπτυξη και την ραγδαία αύξηση του πληθυσμού, η εναλλακτική αναζήτηση υλικών πέρα από το ξύλο και τα παράγωγα του είναι επιτακτική. Το μπαμπού φαντάζει ιδανικό. Καλλιεργείται εύκολα, σε μικρές εκτάσεις με μεγάλη απόδοση χωρίς την ανάγκη χρήσης χημικών και σε πολύ διαχειρήσιμο χρόνο. Για παράδειγμα, ένα μπαμπού μπορεί να ολοκληρώσει την ανάπτυξη του από τον πρώτο κιόλας έτος καλλιέργειάς του.

Παρότι το μπαμπού έγινε ευρέως γνωστό και άρχισε να χρησιμοποιείται στον δυτικό κόσμο μόλις τις τελευταίες δεκαετίες, η ιστορία του και η σχέση του με τον άνθρωπο κρατάει από πολύ παλιά. Πηγές αναφέρουν το μπαμπού σαν υλικό χρήσης στην αρχαία Κίνα. Επίσης, είναι ένα από τα παλαιότερα οικοδομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο.<sup>1</sup> (Abd.Latif, M., W.A. W. Tarmeze, and A. Fauzidah. 1990).

---

<sup>1</sup>Τα μπαμπού χρησιμοποιούνται ως υλικό κατασκευών, στην επιπλοποιία, στις κατασκευές σπιτιών, στην κατασκευή οικιακών αντικειμένων, καθώς και άλλων χρηστικών αντικειμένων όπως για παράδειγμα καλάμια ψαρέματος, ως καλλωπιστικά και στερεωτικά εδάφους. Νεαροί βλαστοί μπαμπού τρώγονται μαγειρεμένοι ως λαχανικό. Ο σπός και οι ίνες



Ενώ όπως έχει ήδη αναφερθεί υπάρχουν περισσότερα από 1200 είδη σε όλο τον κόσμο, η χρήση των μπαμπού περιορίζεται κάποιες φορές από τις διακυμάνσεις στο γεωμετρικό τους σχήμα αλλά και από τις μηχανικές ιδιότητες τους. Αυτοί οι δυο περιορισμοί ξεπεράστηκαν με την βοήθεια της τεχνολογίας ξύλου που έχει αποκτήσει ο άνθρωπος τις τελευταίες δεκαετίες όπου κατάφερε να δημιουργήσει βιομηχανοποιημένα προϊόντα από ξύλο μπαμπού τυποποιημένων τομών και διαστάσεων με ιδιότητες συγκρίσιμες ή μεγαλύτερες από τις φυσικές του.

Δύο παραδείγματα από εξεργασμένα είδη μπαμπού, είναι το μπαμπού scrimber καθώς και το laminated μπαμπού. (Sharma B, Gatoo A, Bock M, Mulligan H, Ramage M., 2014.)

Το μπαμπού scrimber, επίσης αναφέρεται ως κλωστοποιημένο ή παράλληλο μπαμπού, αποτελείται από θρυμματισμένες ίνες, δέσμες κορεσμένες σε ρητίνη και συμπιεσμένες σε ένα πυκνό μπλοκ. (Εικόνα 7).



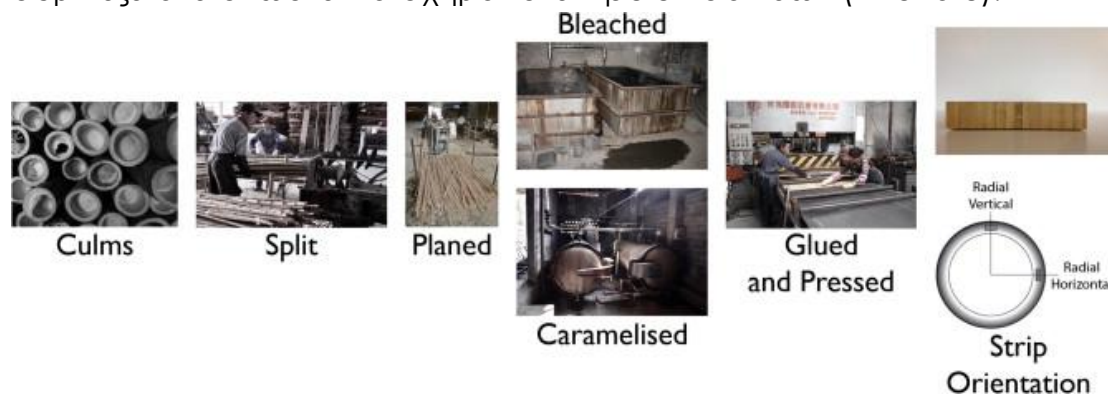
Εικόνα 7: Διαδικασία παραγωγής scrimber μπαμπού.

Η διαδικασία είναι ουσιαστικά αποδοτική, χρησιμοποιώντας περίπου το 80% της πρώτης ύλης. Παράγεται ένα προϊόν με μια σκληρότητα που είναι αποδεκτή για εξωτερικές εφαρμογές όπως το παρκέ. (van der Lugt P.,2008) Η διαδικασία διατηρεί τη διαμήκη

ορισμένων ειδών (πχ *Dedrocalamus stictus*, *Bambuss armidinaceu*) χρησιμοποιούνται στην χαρτοποιία.

κατεύθυνση των ινών του μπαμπού και χρησιμοποιεί τη μήτρα ρητίνης για να συνδέσει τις ίνες μεταξύ τους.

Αντίθετα, το laminated μπαμπού διατηρεί και τη διαμήκη κατεύθυνση των ινών του μπαμπού καθώς και ένα τμήμα της αρχικής μήτρας. Το μπαμπού χωρίζεται, πλανίζεται, επεξεργάζεται είτε με λεύκανση ή ακολουθεί καραμελοποίηση, πλαστικοποιείται και συμπιέζεται έτσι ώστε να σχηματιστεί προϊόν σανίδων (Εικόνα 8).



Εικόνα 8: Διαδικασία παραγωγής laminated μπαμπού.

Ο προσανατολισμός της λωρίδας εντός της σανίδας και επομένως η κατεύθυνση της πυκνότητας των ακτινικών ινών τοποθετείται τυχαία εντός της σανίδας (Σχήμα 3). Τα τελικά προϊόντα χρησιμοποιούν μόνο περίπου το 30% της εισροής πρώτων υλών λόγω μεγάλων απωλειών υλικού όταν οι λωρίδες έχουν σχεδιαστεί για να σχηματίσουν το ορθογώνιο τμήμα. Το προϊόν φύλλου χρησιμοποιείται κυρίως σε εσωτερικούς χώρους για επιφανειακές εφαρμογές ή έπιπλα. Ενώ και τα δύο υλικά χρησιμοποιούνται επί του παρόντος για επιφανειακές εφαρμογές, και οι δύο διατηρούν την εγγενή αντοχή του μπαμπού διατηρώντας τον διαμήκη προσανατολισμό των ινών και το κατασκευασμένο προϊόν δημιουργεί ένα ομοιόμορφο τμήμα για συνδέσεις και αρμούς σε δομικές εφαρμογές.

Η δυνατότητα να ξεφύγουμε από τον γεωμετρικό περιορισμό του φυσικού ξύλου μπαμπού είναι κάτι που μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα γιατί μας επιτρέπει να επεξεργαστούμε και να κατεργαστούμε τις δοκούς των ευθύγραμμων τμημάτων του ποδηλατικού πλαισίου με τέτοιο τρόπο που να μπορούμε να αλλάξουμε την διατομή τους επιτυγχάνοντας πιο αισθητικές και αεροδυναμικές παρεμβάσεις.

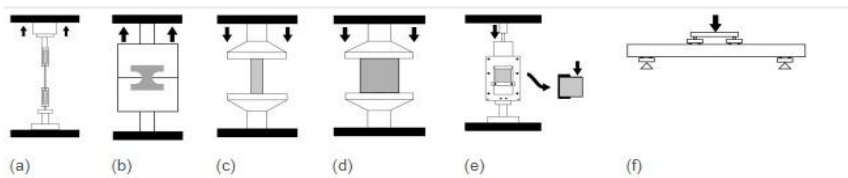
### 2.1.3. Μηχανικές ιδιότητες του μπαμπού.

Σύμφωνα με τις τυποποιημένες μεθόδους δοκιμών που διεξήχθησαν από τους Bhavna Sharma, Ana Gató, Maximilian Bock, Michael Ramage, το 2016 και την υποστήριξη από το EPSRC Grant EP /

K023403 / 1 και το Newton Trust και αποτελεί μέρος συνεργασίας μεταξύ του Πανεπιστημίου του Cambridge, του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT) και του Πανεπιστημίου της Βρετανικής Κολομβίας (UBC) βρισκόμαστε σε θέση να γνωρίζουμε τις υλικές και μηχανικές ιδιότητες των δυο αυτών εμπορικά παραγόμενων προϊόντων ξύλου μπαμπού.

Στα δυο αυτά είδη διεξήχθησαν δοκιμές τάνυσης, συμπίεσης, διάτμησης και κάμψης με βάση το BS 373 Μέθοδοι δοκιμής μικρών διαυγών δειγμάτων ξυλείας, ASTM D143 Πρότυπες Μέθοδοι Δοκιμής για μικρά διαυγή δείγματα ξυλείας και BS EN 408 Δομές ξυλείας - Οικοδομική ξυλεία και ξύλινη ελασματοποιημένη κόλλα. Οι αναφορές BS 373: 1957 ASTM D143-09 και οι δύο βασίζονται σε μικρά διαυγή δείγματα, ενώ το BS EN 408: 2010 επικεντρώνεται σε δείγματα διαστάσεων ξυλείας. Τα πρότυπα, οι μέθοδοι δοκιμής και οι παράμετροι δοκιμών που χρησιμοποιούνται συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Standard	Test method	Test schematic	Direction	n	Specimen size (mm)	Loading rate (mm/min)
ASTM D143 [25]	Tension	a	Parallel to grain	10	25 × 25 × 460	1.0
		b	Perpendicular to grain	10	62 × 50 × 50	2.5
BS 373 [24]	Compression	c	Parallel to grain	10	20 × 20 × 60	0.635
		d	Perpendicular to grain	10	50 × 50 × 50	0.635
BS 373 [24]	Shear	e	Parallel to grain	10	50 × 50 × 50	0.635
BS EN 408 [26]	Four-point bending	f	Bamboo scrimber	10	40 × 40 × 800	6.35
			Laminated bamboo		60 × 120 × 2400	10



Πίνακας 1: Πειραματικές μέθοδοι δοκιμών για μπαμπού.

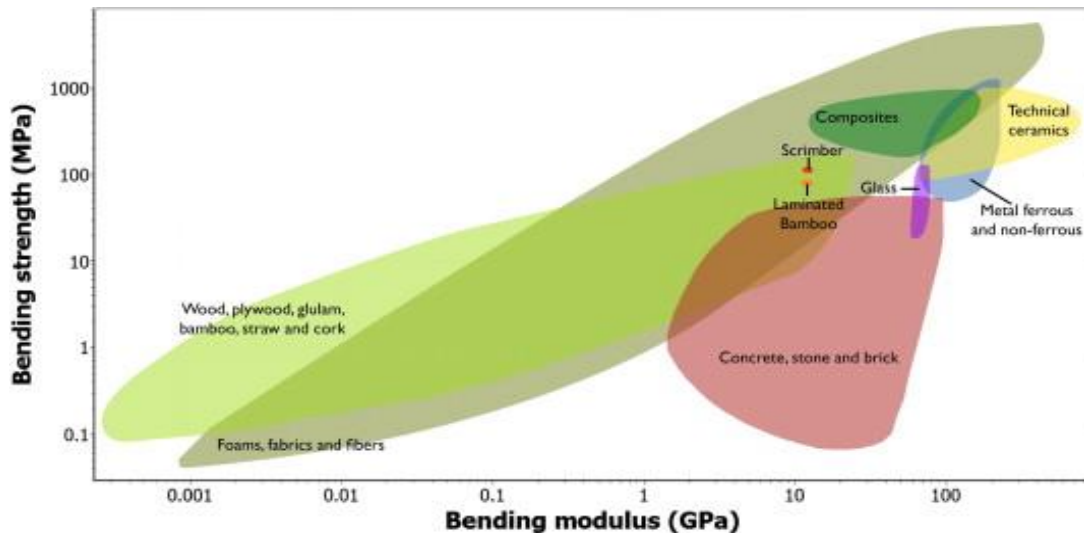
Μια σύνοψη των αποτελεσμάτων των δοκιμών παρουσιάζεται στον πίνακα 2 με πρόσθετες παρατηρήσεις για κάθε μηχανική ιδιότητα που παρουσιάζεται στις παρακάτω ενότητες. Όλες οι μηχανικές ιδιότητες υπολογίστηκαν στην γραμμική ελαστική περιοχή στο όριο της αναλογικότητας όπως απαιτείται από τα πρότυπα. Ο πίνακας 2 παραθέτει τον μέσο όρο ( $\bar{x}$ ) και ο συντελεστής μεταβλητότητας (COV).

Δέκα δείγματα δοκιμάστηκαν σε κάθε περίπτωση (δηλαδή,  $n=10$ ).

		Density	Compression		Tension		Shear	Flexural		$\frac{E_b}{\rho}$
		$\rho$	$f_{c\parallel}$	$f_{c\perp}$	$f_{t\parallel}$	$f_{t\perp}$	$\tau_{\parallel}$	$f_b$	$E_b$	
		kg/m <sup>3</sup>	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	GPa	10 <sup>6</sup> (m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> )
Laminated bamboo <sup>a</sup>	$\bar{x}$	686	77	22	90	2	16	77–83	11– 13	16–19
COV	0.05	0.05	0.07	0.26	0.13	0.05	0.06– 0.08	0.05– 0.06		
Bamboo scrimber <sup>a</sup>	$\bar{x}$	1163	86	37	120	3	15	119	13	11
COV	0.02	0.02	0.05	0.14	0.13	0.11	0.08	0.04		
Raw Bamboo <i>Phyllostachys pubescens</i> <sup>b,c</sup>	$\bar{x}$	666	53	–	153	–	16	135	9	14
Sitka spruce <sup>d,e</sup>	$\bar{x}$	383	36	–	59	–	9	67	8	21
Douglas-fir LVL <sup>f,g</sup>	$\bar{x}$	520	57	–	49	–	11	68	13	25

Πίνακας 2: Ιδιότητες υλικών για δομικά μπαμπού και συγκρίσιμα φυσικά προϊόντα απο μπαμπού και ξυλεία.

Η μελέτη έδειξε ότι τόσο τα scrimber μπαμπού, όσο και τα laminated μπαμπού παρουσιάζουν την ανισότροπη συμπεριφορά που χαρακτηρίζει το φυσικό μπαμπού και παρόμοια με αυτή των σύνθετων ενισχυμένων ινών. Η μηχανική συμπεριφορά του μπαμπού και του laminated μπαμπού είναι πολύ παρόμοια σε εφελκυσμό, σε θλίψη και σε διάτμηση παράλληλα με τους κόκκους. Το laminated όμως υπερτερεί σε κάμψη. Επίσης, τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι το κατασκευασμένο μπαμπού έχει συγκρίσιμες μηχανικές ιδιότητες με άλλα δομικά υλικά όπως η ξυλεία και το ακατέργαστο μπαμπού. Ένα πλεονέκτημα του laminated μπαμπού είναι ο λόγος αντοχής στην πυκνότητα. Το ειδικό μέτρο ελαστικότητας ( $E_b / \rho$ ) παρουσιάζεται στον πίνακα 2. Το laminated μπαμπού έχει παρόμοιο ειδικό συντελεστή (16-19 ( $10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ )) και ξεπερνά εκείνη του scrimber μπαμπού (11 ( $10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ )). Περαιτέρω σύγκριση των ιδιοτήτων κάμψης για διάφορα δομικά υλικά σε κατασκευασμένα σύνθετα μπαμπού φαίνεται στο σχήμα 1. Το γράφημα δείχνει ότι η αντοχή στην κάμψη του κατασκευασμένου μπαμπού βρίσκεται στο υψηλότερο άκρο του φυσικού σύνθετου περιβλήματος και είναι χαμηλότερη από τα σύνθετα πολυμερή ενισχυμένα με ίνες.



Σχήμα 1: Μέσο κάμψης σε σχέση με τη δύναμη κάμψης για διάφορα υλικά.

Επειδή όμως επιδρούν πάρα πολλές παράμετροι στις ιδιότητες του μπαμπού λόγω της πολυπλοκότητας του υλικού και των πολλών πραγμάτων που το επηρεάζουν (κατεύθυνση ινών, ποσοστό υγρασίας, διάμετρος, πάχος τοιχώματος, απόσταση από κόμπο σε κόμπο, μήκος, ηλικία και είδος) παρακάτω δίνονται κάποιες στάνταρ τιμές των χαρακτηριστικών των ιδιοτήτων του μπαμπού όπου βάση αυτών θα προχωρήσουμε στο δεύτερο μέρος της εργασίας, στην ανάλυση μοντελοποίησης του ποδηλατικού πλαισίου με τη χρήση πεπερασμένων στοιχείων.

Properties		units
Modulus of Elasticity(MOE)	16,170	(N/mm <sup>2</sup> )
Bending Strength, F <sub>b</sub>	20.27	(N/mm <sup>2</sup> )
Compressive Strength, F <sub>c</sub>	7.86	(N/mm <sup>2</sup> )
Tensile Strength, F <sub>t</sub>	14.96	(N/mm <sup>2</sup> )
Longitudinal Shear Strength, F <sub>v</sub>	1.41	(N/mm <sup>2</sup> )
Ultimate Compressive Stress	71.7	(N/mm <sup>2</sup> )
Diameter (mm)	25-62	mm
Species	Dendr. Strictus	
Length of culms (mm)	5400-7800	mm
Compression Standard	Node in center	

Πίνακας 3: ιδιότητες Μπαμπού.

#### 2.1.4. Το μπαμπού στο ποδήλατο.

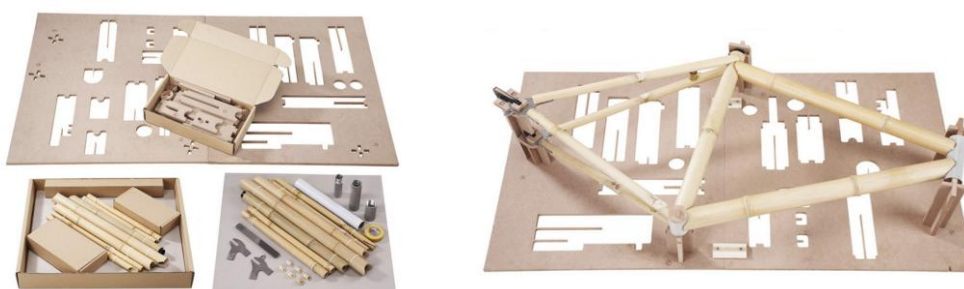
Το μπαμπού στο ποδήλατο δεν είναι κάτι καινούργιο, έχει χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιείται ακόμη σε ποδήλατα κυρίως στις ασιατικές και αφρικανικές χώρες ως το κυρίαρχο κατασκευαστικό υλικό. Είναι φθηνό, μπορεί να γίνει 100% ανακυκλώσιμο μιας και είναι

οργανικό, μπορεί να έχει πρόσβαση στο φυτό μπαμπού ο οποιοσδήποτε, μπορεί με σχετική ευκολία να επεξεργαστεί. Τα ποδήλατα μπαμπού καταπολεμούν τη φτώχεια και την κλιματική αλλαγή του πλανήτη. Παράδειγμα σε αυτό, είναι το «Ghana Bamboo Bicycle Initiative» . Πρόκειται για μια κοινωνική επιχείρηση που αντιμετωπίζει τις κλιματικές αλλαγές, τη φτώχεια, τη μετανάστευση αγροτικών πόλεων και την ανεργία των νέων, δημιουργώντας θέσεις εργασίας για τους νέους, ιδίως τις γυναίκες, μέσω της κατασκευής ποδηλάτων υψηλής ποιότητας από μπαμπού.



Εικόνα 9: παιδιά από χαμηλά οικονομικά στρώματα της Γκάνας με τα πρώτα τους ποδήλατα.

Τα τελευταία χρόνια όμως χρησιμοποιείται και από πολλές κατασκευάστριες εταιρείες ποδηλάτων σε Ευρώπη και Η.Π.Α. Ενσωματώνοντας όλα τα παραπάνω στη φιλοσοφία τους, αλλά και εκμεταλλεόμενοι στο έπακρο τις υλικές και μηχανικές ιδιότητες του μπαμπού οι εταιρείες αυτές έχουν δείξει αξιόλογα αποτελέσματα κατασκευάζοντας, όμορφα, ελαφριά, λειτουργικά και φιλικά προς το περιβάλλον ποδήλατα. Οι λύσεις που προσφέρουν είναι από ποδήλατα DIY σε μορφή kit, σε ποδήλατα ασυνήθιστου design, μέχρι υψηλής αισθητικής πλαίσια με εξαιρετικό φινίρισμα.



Εικόνα 10: Diy kit από την εταιρεία Bamboobee.



Εικόνα 11: Ένα ασυνήθιστο ποδήλατο από τον Designer Paulus Mairinka .



Εικόνα 12: Πλαίσιο από μπαμπού και ανθρακονήματα, Calfee Design.

## 2.2. Σύνθετα υλικά ινών άνθρακα

**ΟΡΙΣΜΟΣ** (Agarwal–1990): Σύνθετα είναι τα υλικά, τα οποία μακροσκοπικά αποτελούνται από δύο ή περισσότερα χημικά ευδιάκριτα συστατικά μέρη που έχουν μια συγκεκριμένη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ τους.

Οι ίνες άνθρακα χρονολογούνται από το 1879. Ο εφευρέτης, Thomas Edison, χρησιμοποίησε ίνες άνθρακα ως νήματα για πρώιμους λαμπτήρες (Hegde., 2004). Οι ίνες άνθρακα του Edison ήταν κατασκευασμένες από υλικά με βάση την κυτταρίνη, όπως το βαμβάκι ή το μπαμπού, σε αντίθεση με τις πρόδρομες ουσίες με βάση το πετρέλαιο που χρησιμοποιούνται σήμερα. Η ενανθράκωση πραγματοποιήθηκε με το ψήσιμο νηματίων μπαμπού σε υψηλές θερμοκρασίες σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα. Αυτή είναι μια μέθοδος γνωστή ως "πυρόλυση", η οποία

χρησιμοποιείται ακόμα σήμερα. Τα προκύπτοντα ανθρακούχα νημάτια από μπαμπού ήταν ανθεκτικά στη φωτιά και ήταν σε θέση να διατηρήσουν την απαιτούμενη έντονη θερμότητα φωτοβολία. Δεν ήταν μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1950 ότι ανακαλύφθηκαν ίνες άνθρακα υψηλής αντοχής σε εφελκυσμό. Ο Rayon έγινε ο πρώτος πρόδρομος που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία αυτών των σύγχρονων ινών. Τελικά, αντικαταστάθηκε από πιο αποτελεσματικά υλικά όπως πολυακρυλονιτρίλιο (PAN) και πίσσα. Τα οφέλη αυτών των ινών υψηλής αντοχής ήταν ξεκάθαρα. Ζυγίστηκαν ένα κλάσμα του βάρους του χάλυβα, αλλά περιείχαν πολύ μεγαλύτερη αντοχή εφελκυσμού από το χάλυβα. Ένα άλλο σημαντικό όφελος από τις ίνες άνθρακα ήταν το υψηλό μέτρο του ή η αντοχή στο τέντωμα. Αυτή η ελαστικότητα παίζει σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση άκαμπτων δομών όπως οι κώνοι μύτης σε υπερηχητικά αεροσκάφη. Οι ίνες άνθρακα χρησιμοποιούνται σε σύνθετα υλικά με ελαφριά μήτρα. Τα σύνθετα ινών άνθρακα είναι ιδανικά κατάλληλα για εφαρμογές όπου η αντοχή, η ακαμψία, το μικρότερο βάρος και τα εξαιρετικά χαρακτηριστικά κόπωσης είναι κρίσιμες απαιτήσεις.



Εικόνα 13: συνήθεις τύποι σε μορφή πανιού, ινών άνθρακα.

### 2.2.1. Η επιλογή ανθρακονημάτων ως υλικό.

Το **πολυμερές ενισχυμένο με ίνες άνθρακα**, από **πλαστικό ενισχυμένο με ίνες άνθρακα** ή από **θερμοπλαστικό ενισχυμένο με ίνες άνθρακα** ( **CFRP** , **CRP** , **CFRTP** ή συχνά απλά **ανθρακονήματα** ή ακόμα και **άνθρακα** ), είναι ένα εξαιρετικά ισχυρό και ελαφρύ ενισχυμένο με ίνες πλαστικό που περιέχει ίνες άνθρακα .

Τα CFRPs μπορεί να είναι δαπανηρά για την παραγωγή αλλά χρησιμοποιούνται συνήθως όπου απαιτείται μεγάλη αναλογία αντοχής σε βάρος και ακαμψία, όπως η αεροδιαστημική, η



αυτοκινητοβιομηχανία, η πολιτική μηχανική, τα αθλητικά είδη και ένας αυξανόμενος αριθμός άλλων καταναλωτικών και τεχνικών εφαρμογών.

Το πολυμερές σύνδεσης είναι συχνά θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη όπως εποξική, αλλά μερικές φορές χρησιμοποιούνται άλλα θερμοσκληρυνόμενα ή θερμοπλαστικά πολυμερή, όπως πολυεστέρας, βινυλεστέρας ή νάιλον. Το σύνθετο υλικό μπορεί να περιέχει άλλες ίνες, όπως ένα αραμίδιο (π.χ. Kevlar, Twaron), αλουμίνιο, πολυαιθυλένιο εξαιρετικά υψηλού μοριακού βάρους (UHMWPE) ή γυάλινες ίνες, καθώς και ίνες άνθρακα. Οι ιδιότητες του τελικού προϊόντος CFRP μπορούν επίσης να επηρεαστούν από τον τύπο των προσθέτων που εισάγονται στη μήτρα δέσμευσης (η ρητίνη). Το πιο συνηθισμένο πρόσθετο είναι το διοξείδιο του πυριτίου, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα πρόσθετα όπως νανοσωλήνες από καουτσούκ και άνθρακα. Το υλικό αναφέρεται επίσης ως πολυμερές ενισχυμένο με γραφίτη ή πολυμερές ενισχυμένο με γραφίτη (GFRP είναι λιγότερο συνηθισμένο, καθώς συγκρούεται με πολυμερές ενισχυμένο με ίνες γυαλιού). Στις διαφημίσεις προϊόντων, αναφέρεται μερικές φορές απλά ως ίνες άνθρακα, κοινώς *carbon fibers*.

**Η τεχνολογική πρόκληση:** Τα πρόδρομα υλικά με βάση το πετρέλαιο είναι σχετικά ακριβά και συνεισφέρουν σε περισσότερο από το 50% του τελικού κόστους παραγωγής. Πολλά άλλα πολυμερή, όπως είναι η λιγνίνη και το μετάξι, έχουν στοχευτεί ως πιθανοί πρόδρομοι ινών άνθρακα. Συγκεκριμένα για τη λιγνίνη, υπάρχει ένα ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον, το οποίο οφείλεται στην αφθονία του υλικού, την υψηλή περιεκτικότητά του σε άνθρακα, τη δυνατότητα ανακύκλωσής του και στο μικρό κόστος του σαν παραπροϊόν της βιομηχανίας χαρτιού και της εξόρυξης βιοκαυσίμων. Η λιγνίνη είναι εύκολα διατηρήσιμο υλικό ως πρώτη ύλη, το κόστος του οποίου είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητο από την τιμή των καυσίμων συγκριτικά με τις πρόδρομες ενώσεις τελευταίας τεχνολογίας (π.χ. PAN). Δράσεις όπως του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος **Fibralspec** διερευνά την παραγωγή και την αξιοποίηση εναλλακτικών πρώτων υλών για την παραγωγή ινών άνθρακα (IA). Το πρόγραμμα συντονίζεται από την Ερευνητική Μονάδα Προηγμένων, Σύνθετων, Νανοϋλικών και Νανοτεχνολογίας (R-NANO) της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ). Ένας από τους κύριους στόχους του Fibralspec είναι η παραγωγή IA από πράσινες πρώτες ύλες και η βελτιστοποίηση της απόδοσης των διεργασιών οξείδωσης. Σημαντικό να αναφερθεί εδώ πως δράσεις όπως η παραπάνω, μπορούν να συμβάλουν στην αειφόρο παραγωγή και ανακύκλωση ινών άνθρακα. Η τεχνολογική εξέλιξη αυτή μας δίνει τη δυνατότητα να σκαφτόμαστε ότι μπορούμε να

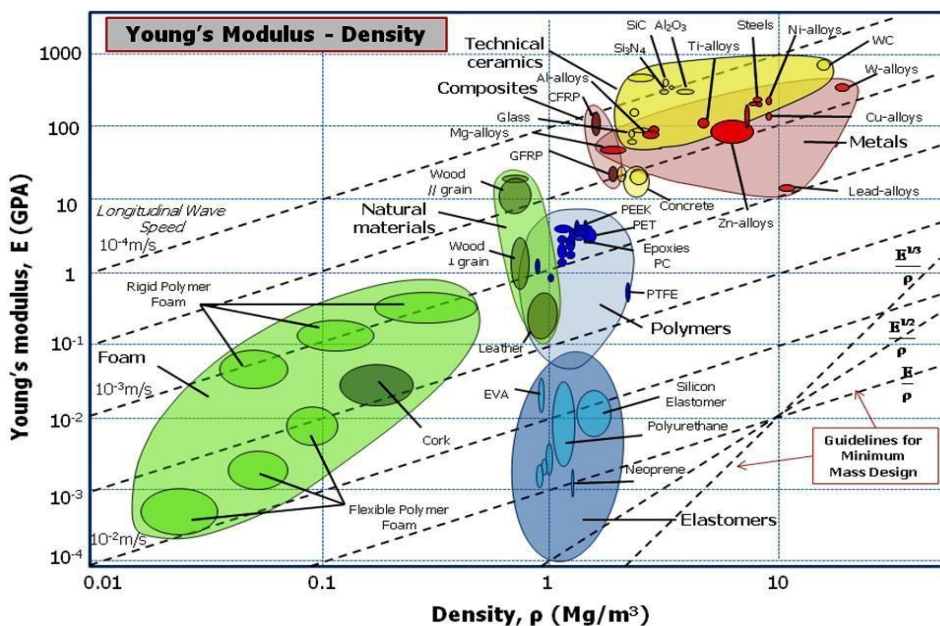
δημιουργήσουμε ποδήλατα στο μέλλον, χάρη στη σωστή επιλογή των υλικών, 100% φιλικά προς το περιβάλλον, επιτυγχάνοντας με αυτό τον τρόπο αειφορία στη σχεδίαση και την παραγωγή τους.

Τα πλαίσια ποδηλάτων CFRP ζυγίζουν λιγότερο από ένα από χάλυβα, αλουμίνιο ή τιτάνιο για την ίδια ισχύ. Ο τύπος και ο προσανατολισμός της ύφανσης από ίνες άνθρακα μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να μεγιστοποιούν τη δυσκαμψία στις απαιτούμενες κατευθύνσεις. Τα πλαίσια μπορούν να συντονιστούν για να αντιμετωπίσουν διαφορετικά στυλ οδήγησης από τους αναβάτες: τα ποδήλατα πίστας απαιτούν σκληρότερα πλαίσια, ενώ τα πιο συμβάντα απαιτούν πιο ευέλικτα πλαίσια για άνεση του αναβάτη σε μεγαλύτερες περιόδους. Η ποικιλία σχημάτων στα οποία μπορεί να ενσωματωθεί έχει περαιτέρω αυξημένη δυσκαμψία και επιτρέπει επίσης τμήματα αεροδυναμικού σωλήνα. Τα πιρούνια CFRP, συμπεριλαμβανομένων των στεφανιών, των τιμονιών και των στροφαλοφόρων βραχιόνων, γίνονται όλο και πιο κοινά σε ποδήλατα μεσαίας και υψηλής τιμής. Οι ζάντες CFRP παραμένουν ακριβά, αλλά η σταθερότητά τους σε σχέση με το αλουμίνιο μειώνει την ανάγκη επανεξέτασης ενός τροχού και η μειωμένη μάζα μειώνει τη ροπή αδράνειας του τροχού. Οι ακτίνες CFRP είναι σπάνιες και οι περισσότεροι άξονες άνθρακα διατηρούν παραδοσιακές ακτίνες ανοξείδωτου χάλυβα. Το CFRP εμφανίζεται όλο και περισσότερο σε άλλα εξαρτήματα όπως τα μέρη του μηχανισμού αλλαγής ταχυτήτων, οι μοχλοί και τα όργανα αλλαγής ταχυτήτων και πέδησης, οι οδοντωτοί τροχοί κασέτας, οι ανάρτηση, οι ρότορες δισκόφρενων, τα πεντάλ, τα πέλματα υποδημάτων και οι ράγες. Αν και ισχυρή και ελαφριά, η πρόσκρουση, η υπερβολική στρέβλωση ή η ακατάλληλη εγκατάσταση των εξαρτημάτων CFRP έχει ως αποτέλεσμα ρωγμές και βλάβες, οι οποίες μπορεί να είναι δύσκολο ή αδύνατο να επιδιορθωθούν.

### **2.2.2 Ιδιότητες ανθρακονημάτων.**

Τα CFRP είναι σύνθετα υλικά. Σε αυτή την περίπτωση το σύνθετο αποτελείται από δύο μέρη: μια μήτρα και μια ενίσχυση. Στα CFRP η ενίσχυση είναι ίνες άνθρακα, η οποία παρέχει τη δύναμη και εξαρτάται κυρίως από την κατ' όγκο περιεκτικότητα της σε ίνες. Η μήτρα είναι συνήθως μια ρητίνη πολυμερούς, όπως εποξική, για να δεσμεύσει μαζί τις ενισχύσεις. Επειδή τα CFRP αποτελείται από δύο διαφορετικά στοιχεία, οι ιδιότητες του υλικού εξαρτώνται από αυτά τα δύο στοιχεία. Η ενίσχυση

θα δώσει στο CFRP την αντοχή και την ακαμψία του. Που μετράται από το συντελεστή πίεσης και ελαστικότητας αντίστοιχα. Σε αντίθεση με ισότροπα υλικά όπως ο χάλυβας και το αλουμίνιο, το CFRP έχει ιδιότητες κατευθυντικής αντοχής. Οι ιδιότητες του CFRP εξαρτώνται από τις διατάξεις των ινών άνθρακα και την αναλογία των ινών άνθρακα σε σχέση με το πολυμερές. Οι δύο διαφορετικές εξισώσεις που διέπουν το καθαρό ελαστικό μέτρο των σύνθετων υλικών χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες των ινών άνθρακα και της πολυμερούς μήτρας μπορούν επίσης να εφαρμοστούν σε πλαστικά ενισχυμένα με ίνες άνθρακα. Παρακάτω, στην εικόνα 14, βλέπουμε στο χάρτη του μέτρου ελαστικότητας - ακαμψίας του Ashby που κατατάσσονται τα σύνθετα υλικά αλλά και που τα φυσικά υλικά. Επίσης, στον πίνακα 4 μπορούμε να δούμε τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των CFRP. Στη περίπτωση των συνδέσμων του πλαισίου που μελετούμε, θα επιλέξουμε τις ιδιότητες ενός τυπικού είδους ανθρακονημάτων με πλέξη +/- 45°. Αυτές φαίνονται στον πίνακα 4 με πράσινο χρωματισμό.



Εικόνα 14: Διάγραμμα μέτρου ελαστικότητας – πυκνότητας, Ashby maps.

### Mechanical Properties of Carbon Fibre Composite Materials, Fibre / Epoxy resin (120°C Cure)

Fibres @ 0° (UD), 0/90° (fabric) to loading axis, Dry, Room Temperature, Vf = 60% (UD), 50% (fabric)

	Symbol	Units	Std CF Fabric	HMCF Fabric	E glass Fabric	Kevlar Fabric	Std CF UD	HMCF UD	M55** UD	E glass UD	Kevlar UD	Boron UD	Steel S97	Al L65	Ti. dtd 5173
Young's Modulus 0°	E1	GPa	70	85	25	30	135	175	300	40	75	200	207	72	110
Young's Modulus 90°	E2	GPa	70	85	25	30	10	8	12	8	6	15	207	72	110
In-plane Shear Modulus	G12	GPa	5	5	4	5	5	5	5	4	2	5	80	25	
Major Poisson's Ratio	v12		0.10	0.10	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30	0.25	0.34	0.23			
Ult. Tensile Strength 0°	Xt	MPa	600	350	440	480	1500	1000	1600	1000	1300	1400	990	460	
Ult. Comp. Strength 0°	Xc	MPa	570	150	425	190	1200	850	1300	600	280	2800			
Ult. Tensile Strength 90°	Yt	MPa	600	350	440	480	50	40	50	30	30	90			
Ult. Comp. Strength 90°	Yc	MPa	570	150	425	190	250	200	250	110	140	280			
Ult. In-plane Shear Stren.	S	MPa	90	35	40	50	70	60	75	40	60	140			
Ult. Tensile Strain 0°	ext	%	0.85	0.40	1.75	1.60	1.05	0.55		2.50	1.70	0.70			
Ult. Comp. Strain 0°	exc	%	0.80	0.15	1.70	0.60	0.85	0.45		1.50	0.35	1.40			
Ult. Tensile Strain 90°	eyt	%	0.85	0.40	1.75	1.60	0.50	0.50		0.35	0.50	0.60			
Ult. Comp. Strain 90°	eyc	%	0.80	0.15	1.70	0.60	2.50	2.50		1.35	2.30	1.85			
Ult. In-plane shear strain	es	%	1.80	0.70	1.00	1.00	1.40	1.20		1.00	3.00	2.80			
Thermal Exp. Co-ef. 0°	Alpha1	Strain/K	2.10	1.10	11.60	7.40	-0.30	-0.30	-0.30	6.00	4.00	18.00			
Thermal Exp. Co-ef. 90°	Alpha2	Strain/K	2.10	1.10	11.60	7.40	28.00	25.00	28.00	35.00	40.00	40.00			
Moisture Exp. Co-ef 0°	Beta1	Strain/K	0.03	0.03	0.07	0.07	0.01	0.01		0.01	0.04	0.01			
Moisture Exp. Co-ef 90°	Beta2	Strain/K	0.03	0.03	0.07	0.07	0.30	0.30		0.30	0.30	0.30			
Density		g/cc	1.60	1.60	1.90	1.40	1.60	1.60	1.65	1.90	1.40	2.00			

\*\* Calculated figures

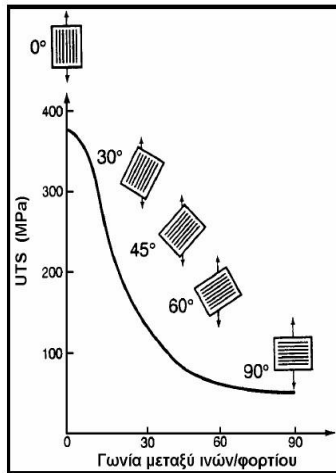
Fibres @ +/-45 Deg. to loading axis, Dry, Room Temperature, Vf = 60% (UD), 50% (fabric)

	Symbol	Units	Std. CF	HM CF	E Glass	Std. CF fabric	E Glass fabric	Steel	Al
Longitudinal Modulus	E1	GPa	17	17	12.3	19.1	12.2	207	72
Transverse Modulus	E2	GPa	17	17	12.3	19.1	12.2	207	72
In Plane Shear Modulus	G12	GPa	33	47	11	30	8	80	25
Poisson's Ratio	v12		.77	.83	.53	.74	.53		
Tensile Strength	Xt	MPa	110	110	90	120	120	990	460
Compressive Strength	Xc	MPa	110	110	90	120	120	990	460
In Plane Shear Strength	S	MPa	260	210	100	310	150		
Thermal Expansion Co-ef	Alpha1	Strain/K	2.15 E-6	0.9 E-6	12 E-6	4.9 E-6	10 E-6	11 E-6	23 E-6
Moisture Co-ef	Beta1	Strain/K	3.22 E-4	2.49 E-4	6.9 E-4				

\*\* Calculated figures

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικές ιδιότητες ανθρακονημάτων.

**Προσανατολισμός των ινών.** Η μηχανική τους αντοχή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διεύθυνση επιβολής του φορτίου. Ίνες διαφόρων προσανατολισμών είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν, ώστε η προσφερόμενη ενίσχυση του σύνθετου να είναι όσο το δυνατόν ισότροπη. Στο σχήμα 2, μπορούμε να δούμε ότι για σύνθετο υλικό με μονοδιευθυντικές ίνες, η βέλτιστη στιβαρότητα (μέτρο της οποίας είναι το μέτρο ελαστικότητας, E) και η βέλτιστη αντοχή, UTS επιτυγχάνονται εάν η εφαρμοζόμενη τάση είναι πάντοτε παράλληλη προς τον προσανατολισμό των ινών. Συνήθως, όμως, ένα σύνθετο υλικό δεν είναι μονοστρωματικό, αλλά πολυστρωματικό. Όταν οι ίνες κάθε στρώσης έχουν τον ίδιο προσανατολισμό, το σύνθετο συμπεριφέρεται ως ανισότροπο, ενώ, όταν η ενίσχυση μονοδιευθυντικών ινών βρίσκεται υπό τη μορφή διαδοχικών στρώσεων διαφορετικού προσανατολισμού, το σύνθετο αποκτά ισότροπη συμπεριφορά.

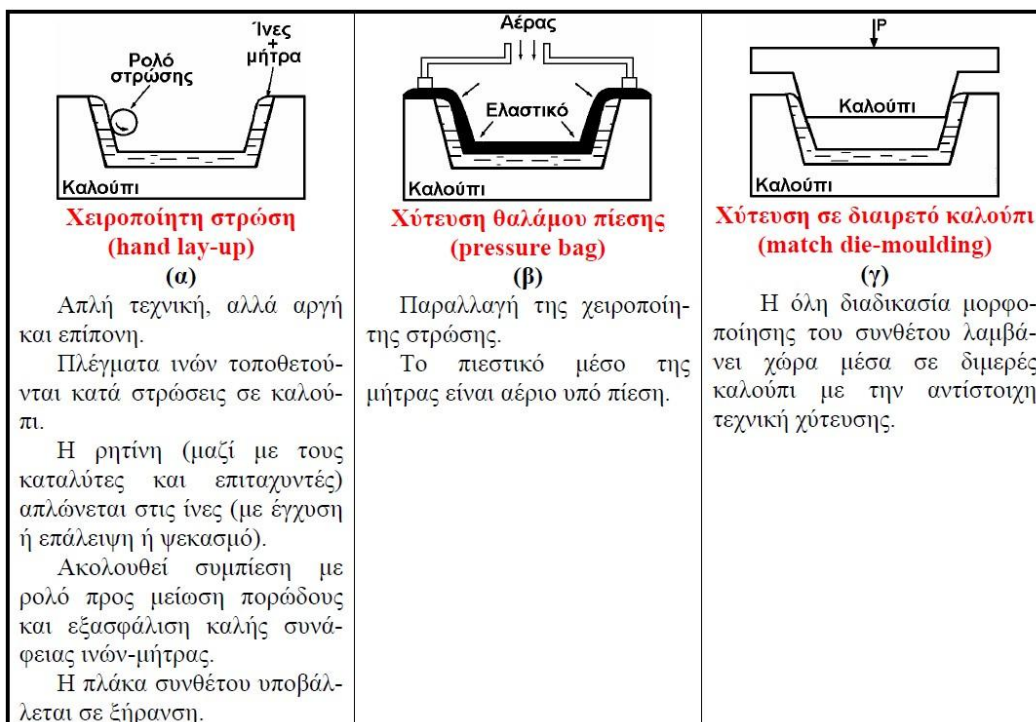


Σχήμα 2: Η επίδραση του προσανατολισμού των ινών στην αντοχή σε εφελκυσμό σύνθετου υλικού.

### Βασικές μέθοδοι μορφοποίησης σύνθετων υλικών.

Η μορφοποίηση σύνθετων υλικών ινών άνθρακα περιλαμβάνει συνήθως τα ακόλουθα στάδια:

- Παραγωγή των ινών. Στη προκειμένη περίπτωση για τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός ποδηλατικού πλαισίου, εμπορικές λύσεις έτοιμων ινών από κατασκευάστριες εταιρείες, υπάρχουν ποικίλες και έτσι θα στραφούμε προς την κατεύθυνση της έτοιμης λύσης.
- Διάταξη – διευθέτηση των ινών σε ιστό, πλέγμα ή πακέτα (yam, tow, Roving), όπου οι μεμονωμένες ίνες ομαδοποιούνται κατάλληλα ανά 100 – 100.000. Στην ουσία κι εδώ ισχύει ότι και παραπάνω, δηλ στην επιλογή προμήθειας έτοιμης λύσης “πανιού ανθρακονημάτων”.
- Εισαγωγή ινών στην μήτρα. Με βάση το υλικό της μήτρας που υποθετικά επιλέγουμε η μορφοποίηση στους συνδέσμους του ποδηλατικού πλαισίου θα επιτευχτεί με την μέθοδο ασυνεχής μορφοποίησης σύνθετου οργανικής μήτρας. Αυτό πρακτικά γίνεται με τρεις τρόπους (εικόνα 15): i) Χειροποίητη στρώση (hand lay-up), ii) Χύτευση θαλάμου πίεσης (pressure bag ή vacuum pressure) και iii) Χύτευση σε διαιρετό καλούπι (matched die-moulding).



Εικόνα 15: Ασυνεχής μορφοποίηση συνθέτου: (α) χειροποίητη στρώση, (β) χύτευση θαλάμου πίεσης, (γ) χύτευση σε διαμερό καλούπι.

### 2.2.3 Το Ανθρακόνημα στο ποδήλατο.

Οι κατασκευάστριες εταιρείες ποδηλάτων το αποκαλούν “μαγικό υλικό”. Οι αναβάτες και ιδιοκτήτες carbon ποδηλάτων το λατρεύουν για την ελαφριά τους αίσθηση και το εξαιρετικό φινίρισμα που προσδίδει ένα τέτοιο ποδήλατο.

Με τα σύνθετα υλικά “πράσινων” πρώτων υλών να είναι προ των πυλών πολλοί είναι αυτοί που πιστεύουν ότι είναι το υλικό του μέλλοντος στις κατασκευές και το ποδήλατο με τη ραγδαία ανάπτυξη του δε θα μπορεί να μείνει εκτός. Το παρόν που ζούμε, έρχεται απλά να το επιβεβαιώσει.



Εικόνα 16: Διαιρετό καλούπι για τη δημιουργία επιμέρους εξαρτήματος ποδηλατικού πλαισίου.



Εικόνα 17: Το ελαφρύτερο ποδήλατο στον κόσμο ζυγίζει μόλις 2,7 Kg!.



Εικόνα 18: Διάφορα μέρη ποδηλατικού πλαισίου, αποτέλεσμα συνδυασμού ξύλου μπαμπού και ινών άνθρακα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : Βασικές πληροφορίες για το ποδήλατο.

### 3.1 Βασικοί τύποι ποδηλάτων

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, όπως ήταν φυσικό, εξελίχθηκε και το ποδήλατο και εμφανίστηκαν διάφορων ειδών ποδήλατα, κατάλληλα εξοπλισμένα για κάθε είδους χρήση.

Ποδήλατα για την πόλη, ποδήλατα για το βουνό, ποδήλατα για ειδικές πίστες, και πολλά άλλα, κάθε ένα από αυτά ειδικά σχεδιασμένο, ώστε πέραν της γενικής χρήσης, να εμφανίζει ειδικά χαρακτηριστικά, τα οποία αποβλέπουν στην βέλτιστη απόδοση στην κατηγορία του. Ανάλογα λοιπόν με τον σκοπό για τον οποίο προορίζονται, τα ποδήλατα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις εξής κατηγορίες:

**Ποδήλατα ορεινής ποδηλασίας:** Προορίζεται για τους ποδηλάτες, που πέραν μιας απλής βόλτας, έχουν την ανάγκη να ανακαλύψουν νέα και συνήθως δύσβατα μονοπάτια σε βουνά και δάση, μακριά από τον πολιτισμό. Τα συγκεκριμένα ποδήλατα, είναι γνωστά και ως ποδήλατα βουνού, σχεδιασμένα για μεγαλύτερες αντοχές, απορρόφηση κραδασμών και κίνηση σε παντός είδους έδαφος, ώστε να κάνουν την διαδρομή πιο άνετη στον αναβάτη. Χαρακτηριστικά τους είναι τα φαρδιά



αυλακωτά λάστιχα, και οι αναρτήσεις (πλέον και στους δύο τροχούς). Τα τελευταία χρόνια είναι αρκετά διαδεδομένη και η χρήση των δισκοφρένων, για καλύτερο φρενάρισμα. Στην συγκεκριμένη κατηγορία ανήκουν τα ποδήλατα γνωστά και ως FREERIDE, MTB, 4X, MARATHON, SLOPSTYLE, ENDURO, DOWNHILL. Κάθε ένα από τα παραπάνω αποτελεί και παρακλάδι της γενικότερης οικογένειας, χρησιμοποιώντας ως κριτήριο, πάλι τον σκοπό χρήσης του.



Εικόνα 19: Ποδήλατο ορεινής ποδηλασίας της B.M.W με carbon πλαίσιο.

**Ποδήλατα Τουρισμού:** Κατάλληλα για οποιονδήποτε άνθρωπο, ο οποίος αρέσκεται στο να διανύει μεγάλες αποστάσεις, σε ομαλό δρόμο, από ασφαλτο έως και πλακόστρωτο, εξερευνώντας τα αξιοθέατα της περιοχής. Σχεδιασμένα για πόλη αλλά και εξοχή, τα ποδήλατα αυτής της κατηγορίας προσφέρουν άνεση στον αναβάτη, χώρους για την εναπόθεση μικρών αποσκευών, αλλά συνήθως και “λασπωτήρες”, κάνοντας την εκδρομή πιο ανέμελη.



Εικόνα 20: Ποδήλατο τουρισμού.

**Ποδήλατα πόλης:** Εδώ τα ποδήλατα είναι μελετημένα για κίνηση σε μεγάλες πόλεις, και οπουδήποτε υπάρχει οδόστρωμα σε καλή κατάσταση. Χαρακτηριστικά τους, οι μεγάλοι φαρδιοί, και συνάμα λείοι τροχοί, για καλύτερη πρόσφυση στο δρόμο, με άνετες σέλες, ταχύτητες, και δανειζόμενα από την προηγούμενη κατηγορία έχουν και χώρους για

σακίδια ή λασπωτήρες. Με τις πόλεις να αναπτύσσονται και την επαρχία ολοένα και να μικραίνει, η συγκεκριμένη κατηγορία βρίσκεται στην άνθησή της.



Εικόνα 21: Ποδήλατο πόλης.

**Ποδήλατα BMX:** Πρόκειται για μικρά ποδήλατα, αρκετά στιβαρά και τα οποία προσφέρουν πάρα πολύ καλό έλεγχο. Προτιμώνται από μικρές ηλικίες λόγω των διαστάσεών τους, αν και τα τελευταία χρόνια, τα συναντάει κανείς και σε επιδείξεις σε ποδηλατικές διοργανώσεις, με τους αναβάτες να προσφέρουν “ακροβατικό” θέαμα. Με χαρακτηριστικό στυλ το χαμηλό ύψος της σέλας, το ψηλό τιμόνι, και στηρίξεις για τα πόδια στους άξονες των μπροστινών και πίσω τροχών, τα ελαφριά αυτά ποδήλατα χρησιμοποιούν κυρίως για την αντοχή τους και την ευελιξία τους.



Εικόνα 22: Ποδήλατο BMX.

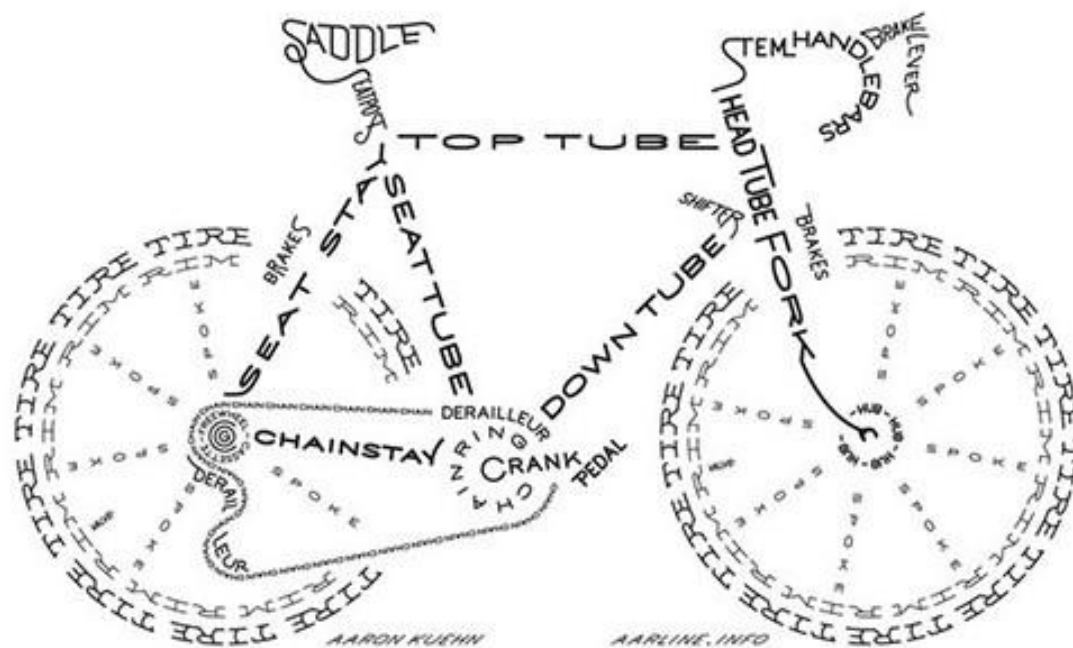
**Ηλεκτρικά ποδήλατα:** Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, δημιουργούνται νέοι τύποι ποδηλάτων που προκύπτουν από τις εκάστοτε ανάγκες – ανησυχίες μιας πολιτιστικής δομής. Έτσι προέκυψε και αυτή η κατηγορία, γνωστή και ως «πράσινη» κατηγορία., αυτή των ηλεκτρικών ποδηλάτων (EBikes). Πρόκειται για ποδήλατα παρομοίων διαστάσεων με τα σπαστά η οποία είναι εξοπλισμένη και με γεννήτρια και μπαταρίες. Με σκεπτικό

παρόμοιο αυτό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, οι εφευρέτες αυτής της κατηγορίας, χρησιμοποιούν τον άνθρωπο σαν πηγή ενέργειας. Κάνοντας πετάλι ο ποδηλάτης, φορτίζει την μπαταρία, και έτσι στις περιπτώσεις που το σύστημα αντιλαμβάνεται, μέσω αισθητήριων, ότι το ποδήλατο χρειάζεται παραπάνω ώθηση, όπως κατά την εκκίνηση ή σε κάποια ανηφόρα, η μπαταρία δίνει έξτρα ενέργεια στο ποδήλατο, βοηθώντας τον άνθρωπο. Η τεχνολογία αυτή βρίσκεται ακόμα σε αρχικά στάδια, αν και ολοένα και περισσότερο μπαίνει στην καθημερινή μας ζωή, προσφέροντας μια ακόμα λύση για «πράσινες πόλεις».



Εικόνα 23: Ποδήλατο με ηλεκτρική υποβοήθηση.

### 3.2. Τα βασικά μέρη ενός ποδηλάτου.



Εικόνα 24: Διάγραμμα με τα μέρη ενός ποδηλάτου.

Ένα τυπικό ποδήλατο αποτελείται από:

- **Πλαίσιο/Frame**

Το “σασί” του ποδηλάτου. Ο σκελετός στον οποίο δομείται όλο το σύνολο. Αλουμίνιο, ασάλι, τα πιο συνηθη πλαίσια αλλά και ανθρακονήματα, ξύλο μπορεί να αποτελέσει το υλικό του πλαισίου με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά. Η γεωμετρία του πλαισίου αναφέρεται στις γωνίες που σχηματίζουν οι σωλήνες και αποτελούν το λεγόμενο και ως “τρίγωνο” του πλαισίου.

- **Top tube**, από τη σέλα εκτείνεται ο οριζόντιος πάνω σωλήνας.
- **Seat tube**, ο μακρύς κατακόρυφος σωλήνας που εκτείνεται από τη σέλα μέχρι το δισκοβραχίωνα.
- **Head tube**, ο κοντός κατακόρυφος σωλήνας που εκτείνεται μέχρι και 6 ίντσες κάτω από τον οριζόντιο σωλήνα. Ο γνωστός και ως “κούτελο”.
- **Down tube**, ο κάτω σωλήνας που ενώνει το κούτελο με τον δισκοβραχίωνα.

Το πλαίσιο ολοκληρώνεται με το **chain stay** το γνωστό και ως ψαλίδι, στο οποίο “κουμπώνουν” τα πίσω μηχανικά μέρη του ποδηλάτου και ο πίσω τροχός, ενώ το **seat stay** αποτελεί το κομμάτι του πλαισίου που φέρνει σε ένωση το ψαλίδι με τον κάθετο σωλήνα.

- **Περιφερειακά εξαρτήματα/Groupset**

Το πλαίσιο για να γίνει λειτουργικό θα πρέπει να “ντυθεί” με διάφορα περιφερειακά εξαρτήματα.

- **Crankset**, ή αλλιώς δισκοβραχίονας. Το σύνολο των μπροστινών δίσκων (gears ή chainrings), ένας – δύο – τρεις, μαζί με τις πεταλιέρες (crank arms) και τα πετάλια (pedals). Ο δισκοβραχίονας αποτελεί το μέσο κατά το οποίο ασκούμε δύναμη στα πετάλια και θέτουμε σε κίνηση το ποδήλατο.
- **Cassette**, ή κασέτα, ή γρανάζια μαζί με τον δισκοβραχίονα αποτελούν το συνδυασμό των ταχυτήτων του ποδηλάτου μας. Είναι οι πολλοί μικροί δίσκοι, ένας (για μονοτάχυτο) – τρεις – πέντε – οχτώ – εννιά – δέκα – ακόμα και έντεκα που είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους και όλοι μαζί με τον πίσω τροχό.
- **Front & rear derailleur**, οι εκτροχιαστές. Ο μπροστά και ο πίσω αντίστοιχα. Η δουλειά του εκτροχιαστή είναι να μετατοπίζει με μηχανική καθοδήγηση την αλυσίδα (chain) μέσω του οδηγού (drive chain) στον δισκοβραχίονα (μπροστά εκτροχιαστής) και μέσω σασμάν στη κασέτα (πίσω εκτροχιαστής) για τους συνδυασμούς των ταχυτήτων.
- **Bottom bracket**, σε συντομογραφία ως BB και ελληνικά ως μεσαία τριβή. Αποτελεί το σημείο ένωσης μέσα από το πλαίσιο του δισκοβραχίονα με την αριστερή πεταλιέρα. Τα ρουλεμάν της μεσαιάς τριβής δίνουν ποιότητα στην αίσθηση της κίνησης του πεταλιού και ελαχιστοποιούν τις τριβές κατά τη κίνηση του πεταλιού.
- **Breaks**, τα γνωστά σε όλους φρένα. Δισκόφρενα και δαγκάνες κάθε είδους αποτελούν το σύστημα πέδησης σε μπροστά και πίσω τροχό.
- **Brake levers and gear shifters**, τα χειριστήρια στο τιμόνι σε φρένα και ταχύτητες αντίστοιχα. Η μηχανική κίνηση γίνεται από σύρματα που βρίσκονται είτε εξωτερικά, είτε εσωτερικά στο πλαίσιο.

- **Τροχοί/Wheels**

Η ανάλυση περιπεύει. Αλουμινίου (συνήθως) ή ανθρακονημάτινοι, αποτελούν την επαφή μας με το έδαφος. **Ακτίνες** (spokes) και **στεφάνη** (rim) αποτελούν τα εξαρτήματα ενός τροχού. Τα **hub** είναι τα ρουλεμάν των τροχών τα οποία όπως και η μεσαία τριβή βοηθούν στη περιστροφική κίνηση, ενώ τα **quick release** είναι οι βιδωτοί άξονες (μπρος και πίσω) που κρατάνε τους τροχούς στο ποδήλατο. Ονομάζονται quick release, λόγω της γρήγορης ευκολίας

απελευθέρωσης του τροχού από το υπόλοιπο ποδήλατο. Τα στεφάνια έρχονται σε επαφή με το έδαφος με τα **λάστιχα** (tyres), τα οποία είτε περιέχουν σαμπρέλα είτε όχι. Υπάρχουν διάφοροι τύποι τροχών και ελαστικών, ανάλογα τον τύπο ποδηλάτου και την χρήση του.

- **Πιρούνι/Fork**

Το εξάρτημα που συνδέει τον μπροστά τροχό με το σύστημα καθοδήγησης στο ποδήλατο μας. Διαπερνά το κούτελο (head tube) και συνδέεται μέσω ρουλεμάν με το λαιμό τιμονιού (stem). Ο λαιμός συνδέεται άμεσα με το τιμόνι (handlebar) του ποδηλάτου μας. Το πιρούνι μπορεί να είναι άκαμπτο ή με ανάρτηση.

- **Σύστημα καθοδήγησης/ Control Handlebar**

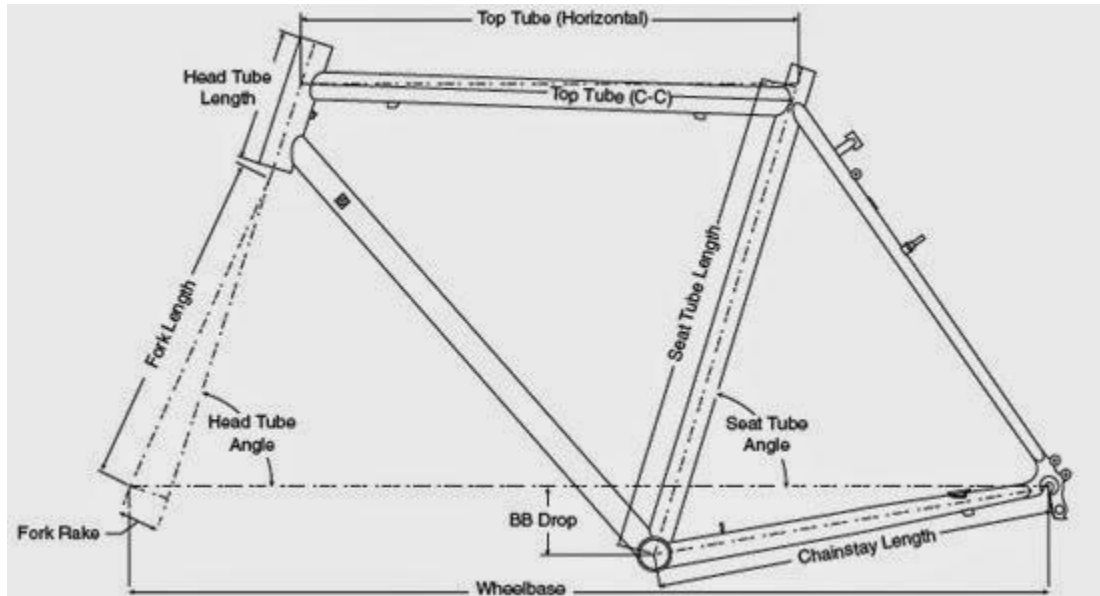
Κοινώς το τιμόνι, όπου μαζί με τα διάφορα περιφερειακά εξαρτήματα όπως οι χειρολαβές, λεβέδεις ταχυτήτων, μοχλοί φρένων, φώτα, αποτελούν το σύστημα καθοδήγησης ενός ποδηλάτου.

- **Σέλα & Παλουκόσελο/ Seat & Seat post**

Η σέλα είναι καθαρά προσωπική επιλογή γιατί θα πρέπει να έχει πλάτος όσο το μέγεθος της λεκάνης μας. Μία άνετη σέλα (αφού φυσικά συνηθίσουμε τη χρήση της), είναι βασικός παράγοντας για να μη κατεβαίνουμε από το ποδήλατο. Το παλουκόσελο συνδέει τη σέλα με το πλαίσιο και μετατοπίζοντας το παλουκόσελο πάνω/κάτω, ρυθμίζουμε και το ύψος της σέλας στο ποδήλατο μας.

### **3.3 Γεωμετρία ποδηλατικού πλαισίου.**

Είναι σημαντικό να επισημάνουμε εδώ ότι η γεωμετρία ενός ποδηλάτου για να είναι σωστή για τον κάθε χρήστη θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιες βασικές παράμετροι και κανόνες οι οποίοι κι αυτοί ποικίλουν ανά τύπο ποδηλάτου αλλά και μεγέθους. Θα αναλύσουμε τη γεωμετρία του ποδηλατικού πλαισίου κάνοντας μια σύγκριση μεταξύ δυο διαφορετικών τύπων ποδηλάτου. Ενός ποδηλάτου δρόμου (Touring) και ενός ποδηλάτου βουνού (cyclocross). Έτσι θα αποκτήσουμε μια καλύτερη οπτική, κατανοώντας καλύτερα σχετικά το θέμα. Καθώς όπως προείπαμε το μέγεθος του ποδηλατικού πλαισίου επηρεάζει την γεωμετρία, θα ορίσουμε μια τιμή των 56 cm οριζόντιου σωλήνα για την σύγκριση.



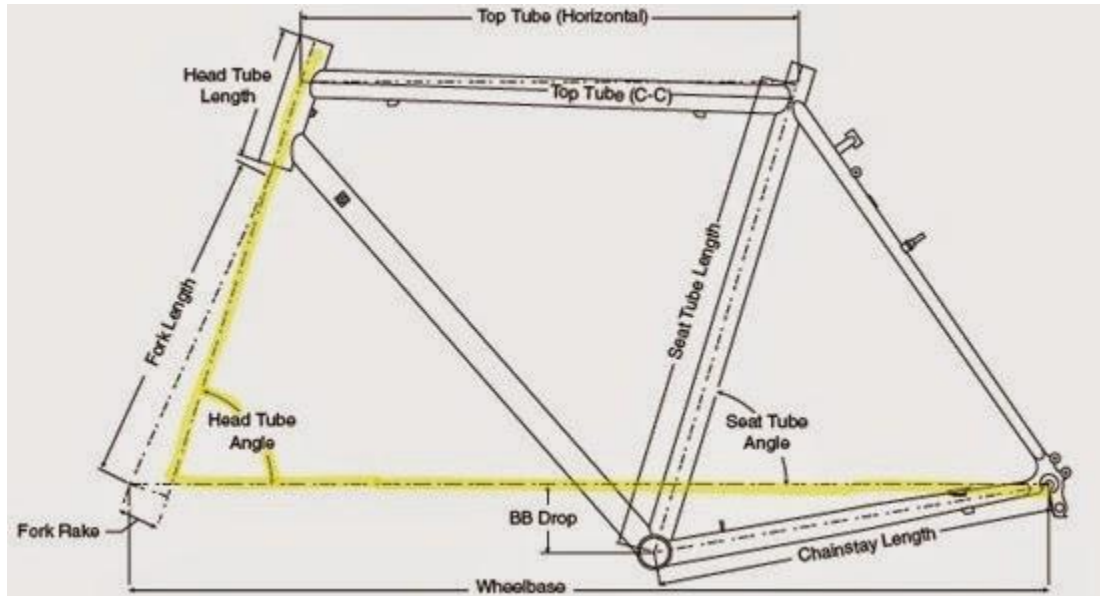
Εικόνα 25: Διάγραμμα ποδηλατικού πλαισίου.

## Κατανοώντας το σύστημα οδήγησης.

Το εμπρός σύστημα του ποδήλατου είναι λίγο περίπλοκο κι αυτό γιατί υπάρχουν τρεις μετρήσεις που μας ενδιαφέρουν: η γωνία σωλήνα του κούτελου (**head tube angle**), το ίχνος (**trail**) του πιρουνιού και η μετατόπιση (**rake ή offset**) του κέντρου του τροχού από τον άξονα του κούτελου. Από αυτά τα τρία, αυτό που καθορίζει για το πως στρίβει το ποδήλατο είναι το ίχνος του πιρουνιού.

### Γωνία του κούτελου (Tube Head Angle)

Πρόκειται για τη γωνία που σχηματίζει η νοητή προέκταση του κούτελου του ποδήλατου με το έδαφος.



Εικόνα 26: Γωνία του κούτελου (tube Head Angle).

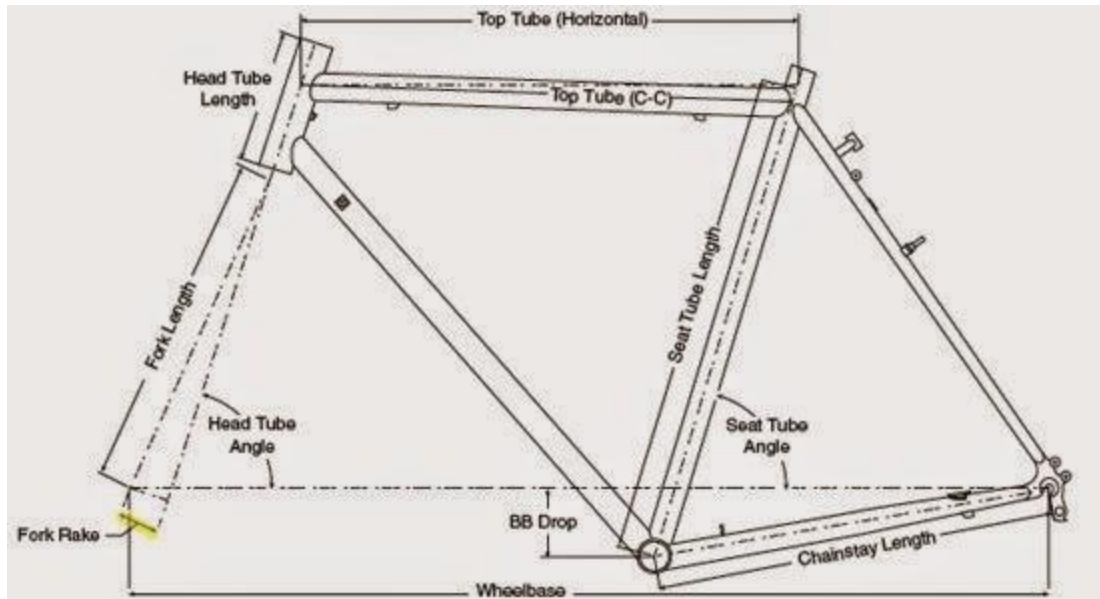
- Μια μεγαλύτερη, δηλαδή πιο απότομη, γωνία έχει ταχύτερο στρίψιμο και απαιτείται λιγότερη προσπάθεια για να στρίψει το ποδήλατο.
- Μια μικρότερη γωνία, προσφέρει βραδύτερο στρίψιμο και απαιτείται μεγαλύτερη προσπάθεια για να στρίψει το ποδήλατο.

Τα τουριστικά ποδήλατα έχουν μικρότερη γωνία σε σχέση με τα mtb ή τα ποδήλατα δρόμου, επειδή φέρουν επιπλέον βάρος εμπρός, έτσι, το πιο αργό τιμονιού βοηθά στη σταθερότητα. Οι συνηθισμένες γωνίες για τα τουριστικά ποδήλατα είναι 71-72°, για τα ποδήλατα δρόμου 73-74° και για τα cyclocross 72-73°.

### Επέκταση Πιρουνιού (Fork Rake ή Offset)

Fork rake ή offset ονομάζουμε τη μετατόπιση του κέντρου του τροχού από την νοητή προέκταση της ευθείας του συστήματος διεύθυνσης (κεντρική γραμμή του κούτελου).





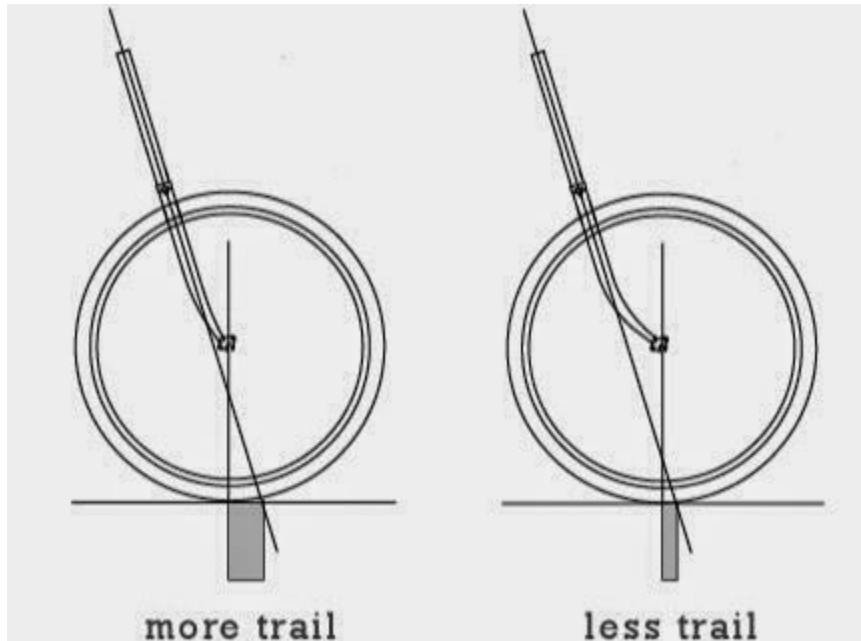
Εικόνα 27: Επέκταση Πιρουνιού (Fork Rake ή Offset).

- Μεγαλύτερο rake μεταφράζεται σε γρηγορότερο στρίψιμο.
- Μικρότερο rake μεταφράζεται σε πιο αργό στρίψιμο.

Τα touring ποδήλατα έχουν μεγαλύτερο rake σε σχέση με τα ποδήλατα δρόμου και τα mtb, με στόχο να έχουν μεγαλύτερο μεταξόνιο, έτσι ώστε να παρέχουν μεγαλύτερες γωνίες αποφυγής και να είναι πιο άνετα. Αφού όμως τα touring ποδήλατα έχουν μεγαλύτερο rake γιατί δεν μπορούν να στρίψουν τόσο γρήγορα? Δεν είναι μόνο το rake που επηρεάζει το στρίψιμο, αλλά και το ίχνος (trail) του πιρουνιού. Το συνηθισμένο rake για τα touring ποδήλατα είναι 45-52 mm, τα ποδήλατα δρόμου έχουν 40-45 mm ενώ τα cyclocross 45 mm.

### Ίχνος (Trail) πιρουνιού

Το ίχνος του πιρουνιού εξαρτάται από τη γωνία του κούτελου και το rake του πιρουνιού. Το μήκος αποτελεί έναν πραγματικό δείκτη για το πόσο γρήγορα μπορεί να στρίβει ένα ποδήλατο. Οι κατασκευαστές ποδηλάτων δεν συνηθίζουν να δίνουν πληροφορίες για το ίχνος, ωστόσο το ίχνος αποτελεί αναμφισβήτητη την πιο σημαντική παράμετρο, όσον αφορά το στρίψιμο του εμπρός τμήματος του ποδηλάτου.



Εικόνα 28:Επέκταση Πιρουνιού (Fork Rake ή Offset).

- Μικρότερο trail ισοδυναμεί με γρηγορότερο στρίψιμο. Κάνει το ποδήλατο πιο ευκίνητο, ενώ ο ποδηλάτης νιώθει το στρίψιμο περισσότερο στα χέρια του.
- Μεγαλύτερο trail ισοδυναμεί με πιο αργό στρίψιμο. Βελτιώνει τη σταθερότητα στις μεγάλες ταχύτητες, ενώ ο ποδηλάτης νιώθει το στρίψιμο πιο πολύ πλαγιάζοντας το σώμα.

Τα ποδήλατα τουρισμού έχουν μεγαλύτερο trail για να έχουν μικρότερη απόκριση στο στρίψιμο και να κρατούν σταθερό το ποδήλατο στις απότομες κατηφόρες. Όμως, χρειάζεται πιο πολύ πλάγιασμα σε σχέση με τα υπόλοιπα ποδήλατα, κάνοντας σχετικά πιο δύσκολο να το κρατήσει ο ποδηλάτης ευθεία πορεία σε χαμηλές και μεσαίες ταχύτητα, παρόλο που το βάρος εμπρός τείνει να αποσβέσει αυτή την αίσθηση.

Πολλά τουριστικά ποδήλατα έχουν από 55-70mm trail. Τα ποδήλατα δρόμου έχουν 50-60mm ενώ τα MTB και τα cyclocross 55-65mm.

### **Συμπέρασμα.**

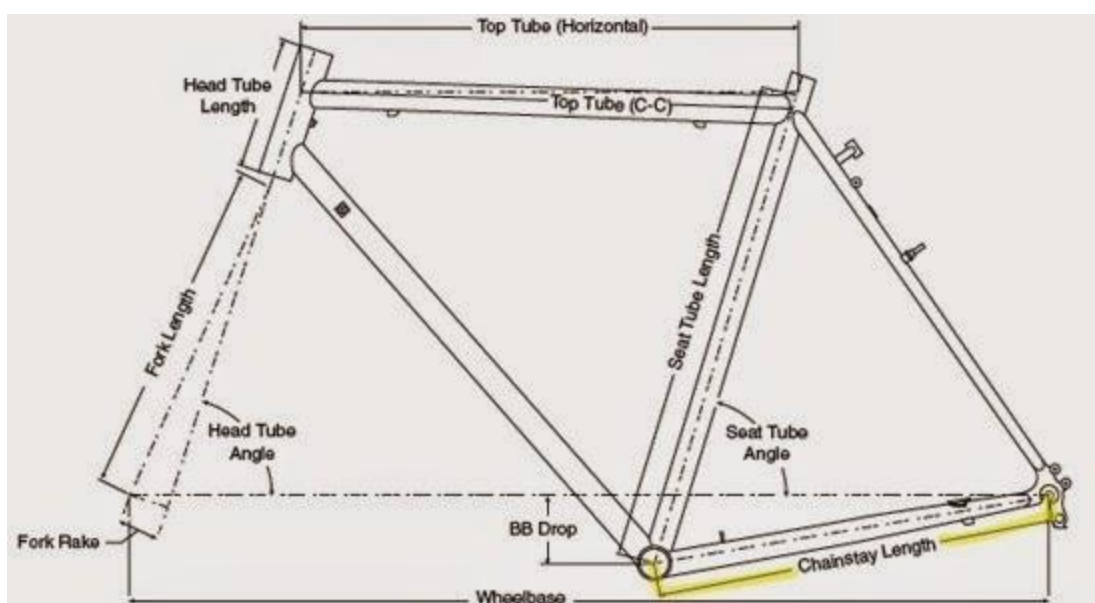
Τα ποδήλατα τουρισμού είναι βελτιστοποιημένα στο να παραμένουν σταθερά καθώς είναι φορτωμένα με βάρος εμπρός και πίσω. Αυτό είναι προφανές από τη μικρή γωνία κούτελου και το μεγάλο ίχνος που έχουν σε σχέση με τα ποδήλατα δρόμου ή τα cyclocross. Αυτά τα χαρακτηριστικά μειώνουν την ικανότητα για γρήγορο στρίψιμο του ποδηλάτου.

Είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι η γεωμετρία των ποδηλάτων δρόμου είναι πάντα η πιο επιθετική καθώς είναι σχεδιασμένα να έχουν γρήγορο στρίψιμο. Αυτό μετράει σε αγωνιστικές καταστάσεις που υπάρχει ανάγκη για άμεσες αλλαγές πορείας. Η γεωμετρία των cyclocross πάντα βρίσκεται κάπου ανάμεσα σε αυτή των τουριστικών ποδηλάτων και των ποδηλάτων δρόμου.

### **Μήκος (κάτω) ψαλιδιού (Chainstay Length).**

Ένας από τα πιο σημαντικούς παράγοντες σ' ένα ποδήλατο τουρισμού είναι το μήκος των ψαλιδιών του. Το μεγαλύτερο μήκος προτιμάται έτσι ώστε να είναι μεγάλο το μεταξόνιο (επομένως το ποδήλατο πιο σταθερό) και να υπάρχει περισσότερος χώρος για την άνετη τοποθέτηση των σακιδίων στο πίσω μέρος.

Η ευρυχωρία για τις βαλίτσες πίσω είναι πιο σημαντική για ποδηλάτες με μακριά πόδια. Για παράδειγμα, χωρίς 460 mm ψαλίδια, σε έναν ποδηλάτη με 46 νούμερο παπούτσια, τα πόδια του θα βρίσκουν στις βαλίτσες!



Εικόνα 29: Μήκος (κάτω) ψαλιδιού (Chainstay Length).

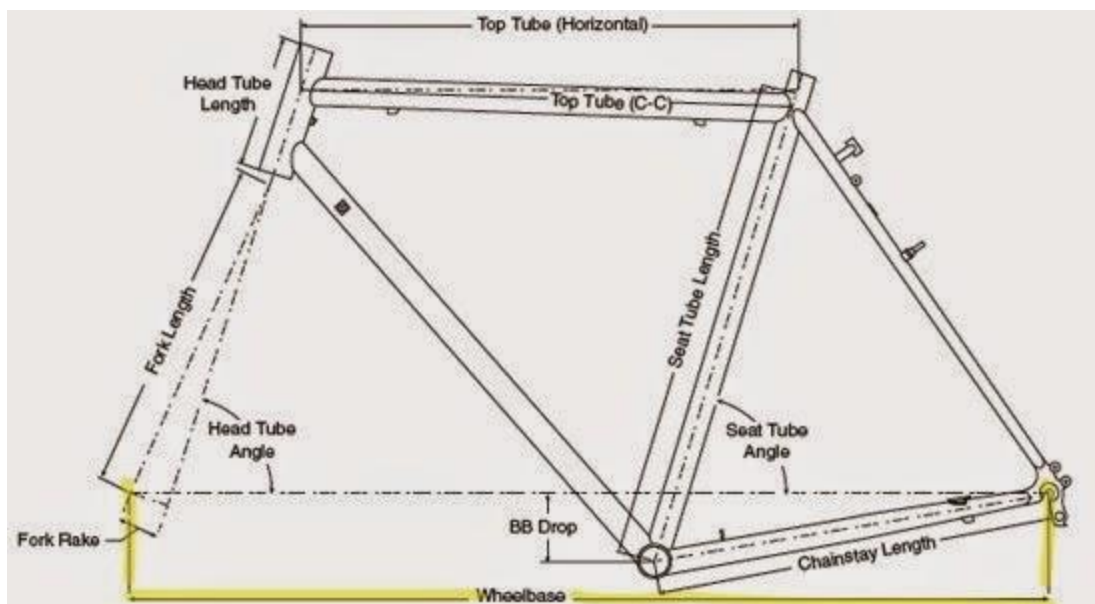
Στα τουριστικά ποδήλατα συνήθως βρίσκουμε: 445-470mm, στα ποδήλατα δρόμου 405-415mm και στα cyclocross 420-435mm.

### **Μεταξόνιο (Wheelbase).**

Το μεγαλύτερο μεταξόνιο παρέχει πιο σταθερή και άνετη βόλτα. Τα τουριστικά ποδήλατα έχουν μακρύτερο μεταξόνιο ως απόρροια την

μικρής γωνίας κούτελου, του μεγάλου offset του πιρουνιού και των μακριών ψαλιδιών.

Το συνηθισμένο μεταξόνιο των ποδηλάτων τουρισμού είναι 1050-1070mm. Τα ποδήλατα δρόμου έχουν περί τα 996mm ενώ τα cyclocross περί τα 1018mm.

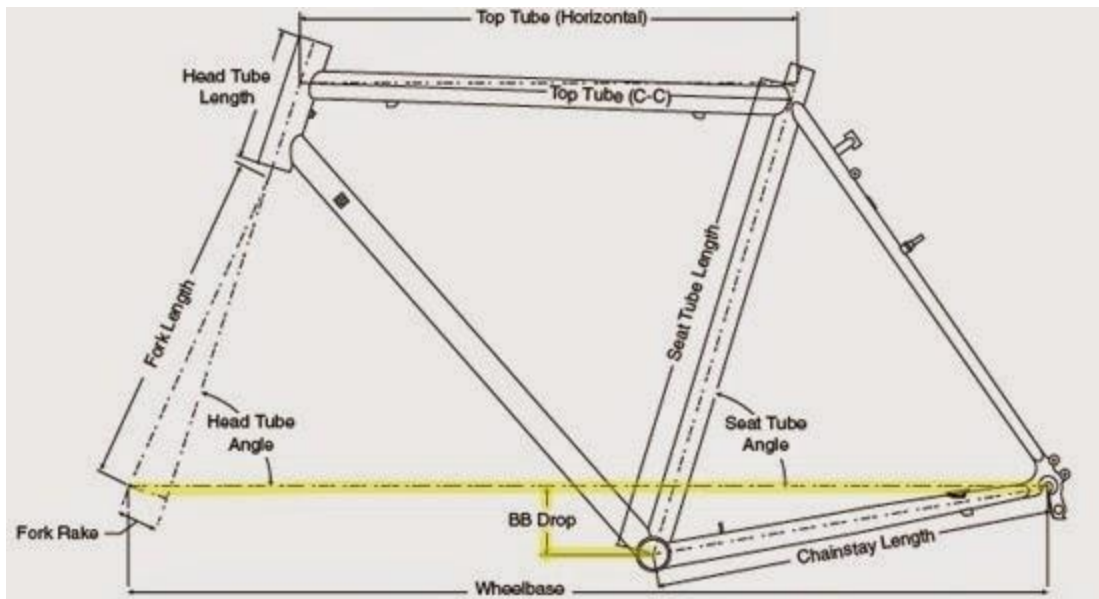


Εικόνα 30; Μεταξόνιο (Wheelbase).

### Χαμήλωμα μεσαίας τριβής (Bottom Bracket Drop).

Το χαμήλωμα της μεσαίας τριβής καθορίζει το πόσο απέχουν τα πηδάκια από το έδαφος. Μια χαμηλότερη θέση της μεσαίας τριβής μεταφράζεται σε χαμηλότερη θέση της σέλας, επομένως χαμηλότερο κέντρο βάρους του ποδηλάτου.

Τα ποδήλατα τουρισμού απαιτούν περισσότερη απόσταση από το έδαφος για να αποφεύγουν τυχόν εμπόδια, επομένως κάποιοι σχεδιαστές φτιάχνουν ποδήλατα με μικρό χαμήλωμα της μεσαίας τριβής (π.χ. 53mm για τροχούς 700c). Άλλοι φτιάχνουν ποδήλατα με μεγάλο χαμήλωμα (π.χ. 78mm για τροχούς 700c) έτσι ώστε να μεγιστοποιήσουν την ευστάθεια του ποδηλάτου με το ρίσκο όμως ότι το πηδάκι ίσως "βρει" στο έδαφος.

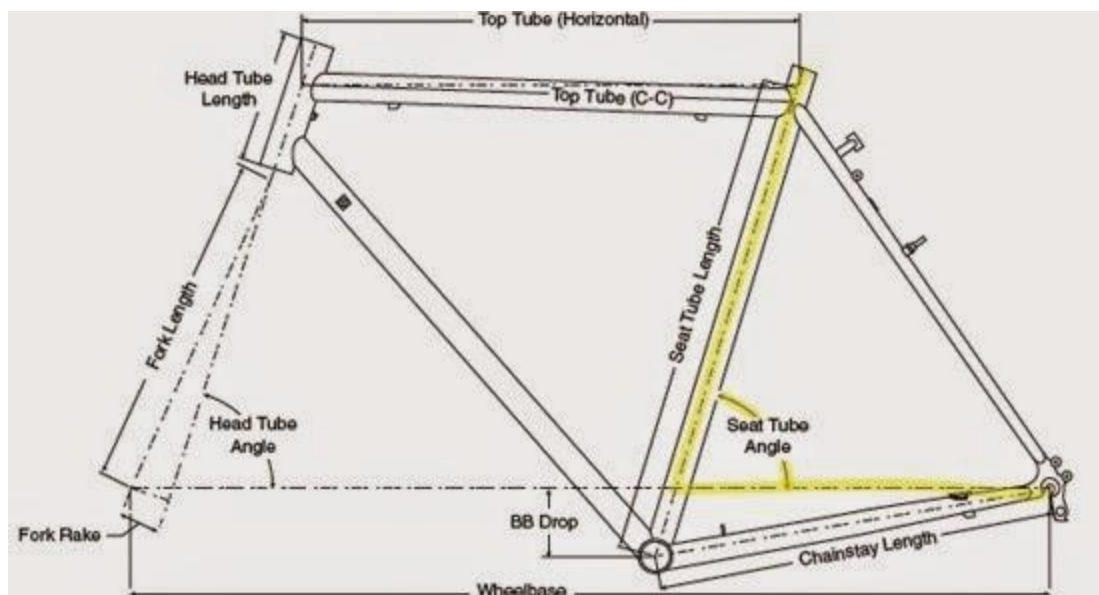


Εικόνα 31: Χαμήλωμα μεσαίας τριβής (Bottom Bracket Drop).

Εδώ δεν μπορεί να υπάρξει κάποια σύγκριση ανάμεσα στους διάφορους τύπους γεωμετρίας, καθώς παίζει ρόλο και το μέγεθος του τροχού που επηρεάζει το ύψος της μεσαίας τριβής.

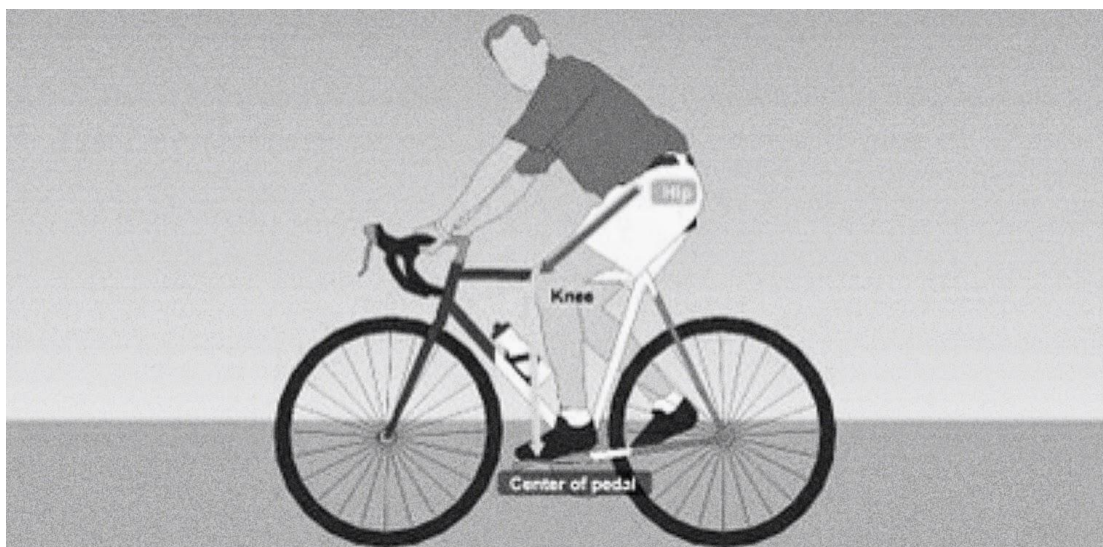
### Γωνία του κάθετου σωλήνα (Seat Tube Angle)

Η γωνία του κάθετου σωλήνα δεν διαφοροποιείται ιδιαίτερα ανάμεσα στις διαφορετικές γεωμετρίες, καθώς ο τρόπος που ποδηλατούμε είναι ανεξάρτητος από τον τύπο του ποδηλάτου.



Εικόνα 32: Γωνία του κάθετου σωλήνα (Seat Tube Angle)

Ένας πολύ γενικός κανόνας στο bicycle fitting (έτσι ώστε να βελτιστοποιήσουμε την απόδοση) είναι το να βρίσκεται το εμπρός τμήμα του γονάτου στο ίδιο κάθετο επίπεδο με το κέντρο του πηδαλιού (βλέπε κάτω εικόνα). Με μια μικρότερη γωνία του κάθετου σωλήνα, το γόνατό μας θα βρίσκεται πίσω από το κέντρο του πηδαλιού, επομένως, το πεταλάρισμα δεν θα είναι τόσο αποδοτικό.

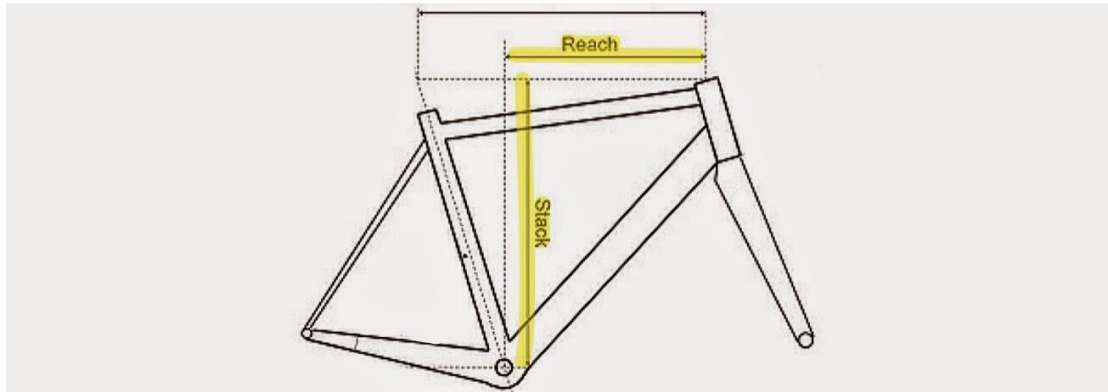


Εικόνα 33: Bicycle fitting.

Η συνηθισμένη γωνία για τα ποδήλατα τουρισμού είναι 71-73 μοίρες. Τα ποδήλατα δρόμου και τα cyclocross έχουν 73 μοίρες.

### **Μετρήσεις Stack (ύψος) και Reach (μήκος) και η σημασία τους στη σύγκριση ποδηλάτων**

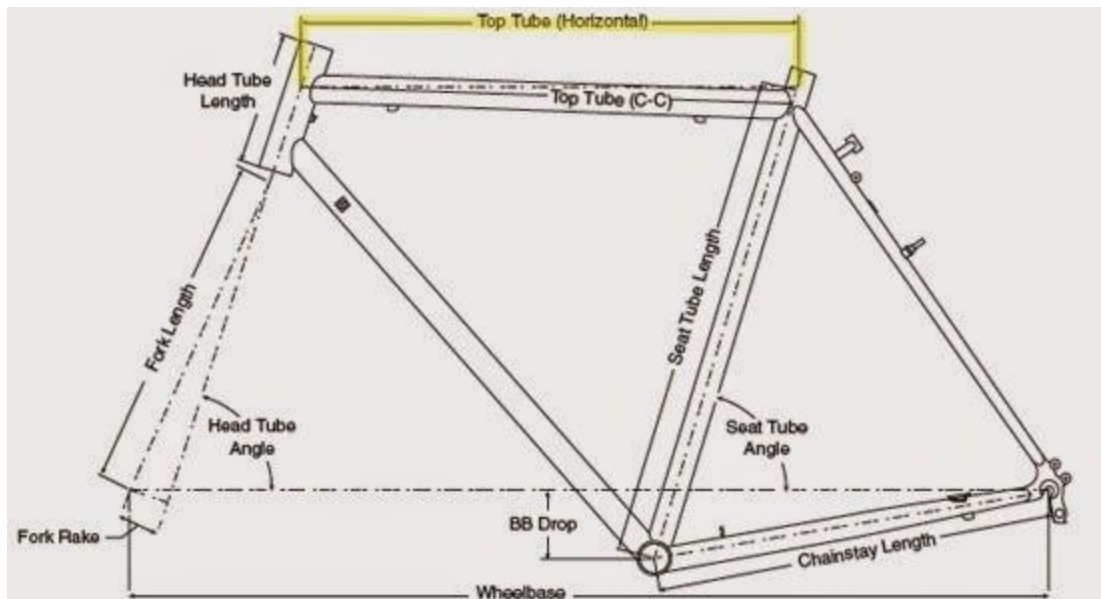
Οι μετρήσεις stack και reach είναι πιθανότητα οι πιο συνηθισμένες μετρήσεις που πρέπει να γνωρίζουμε για να δούμε αν μάς ταιριάζει ένα μέγεθος ποδηλάτου, χωρίς να το δοκιμάσουμε. Αυτά τα δυο μήκη δείχνουν τη θέση του άνω άκρου του κούτελου σε σχέση με τη μεσαία τριβή, ουσιαστικά τυποποιώντας αυτό που ονομάζουμε διαφορετική γεωμετρία ανάμεσα σε διαφορετικές μάρκες και μοντέλα ποδηλάτων. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, καθώς δυο ποδήλατα διαφορετικών κατασκευαστών που ονομάζονται λόγω χάρη medium ή 54cm μπορεί να είναι διαφορετικά κατά 2 εκατοστά μεταξύ τους, αρκετά μεγάλη απόσταση αφού 2 εκατοστά μικρότερο ή μεγαλύτερο μπορεί να είναι το προηγούμενο ή το επόμενο μέγεθος.



Εικόνα 34: Μετρήσεις Stack (ύψος) και Reach (μήκος).

### Ενεργό (οριζόντιο) μήκος άνω σωλήνα (Effective Top Tube Length)

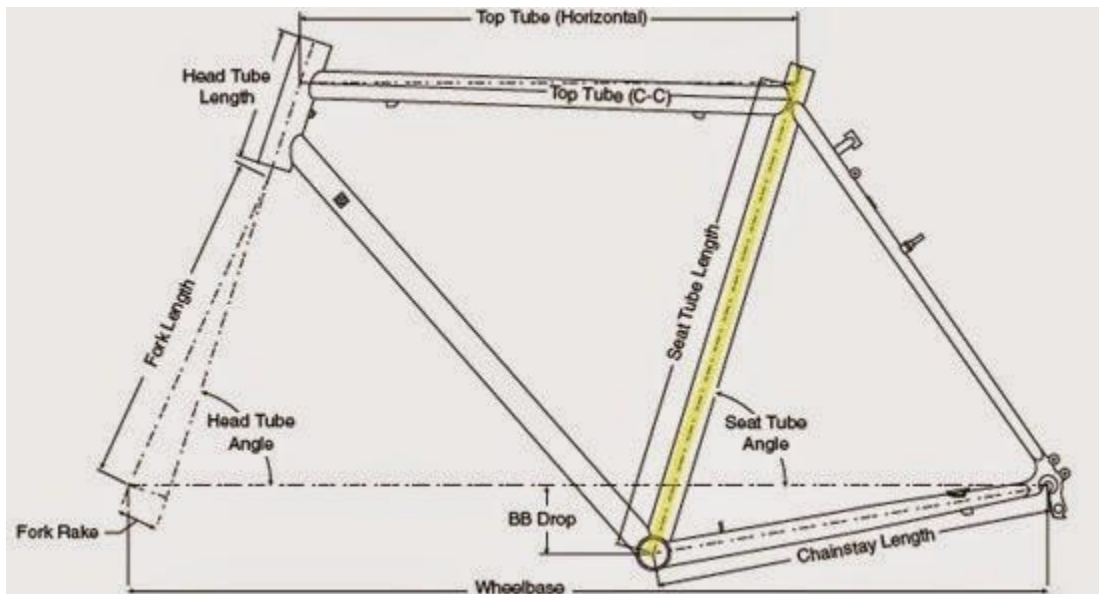
Το οριζόντιο μήκος του άνω σωλήνα είναι ο ευκολότερος τρόπος ώστε να καθοριστεί το μέγεθος ενός ποδηλάτου. Παρόλο που ενώ μπορεί να είναι ίδιο για 2 ποδήλατα, πιθανόν να έχουν διαφορετικό reach (μήκος). Χοντρικά, το οριζόντιο μήκος του άνω σωλήνα καθορίζει το πόσο μακριά βρίσκεται το τιμόνι από τη σέλα.



Εικόνα 35: Ενεργό (οριζόντιο) μήκος άνω σωλήνα (Effective Top Tube Length).

### Μήκος κάθετου σωλήνα (Seat Tube Length)

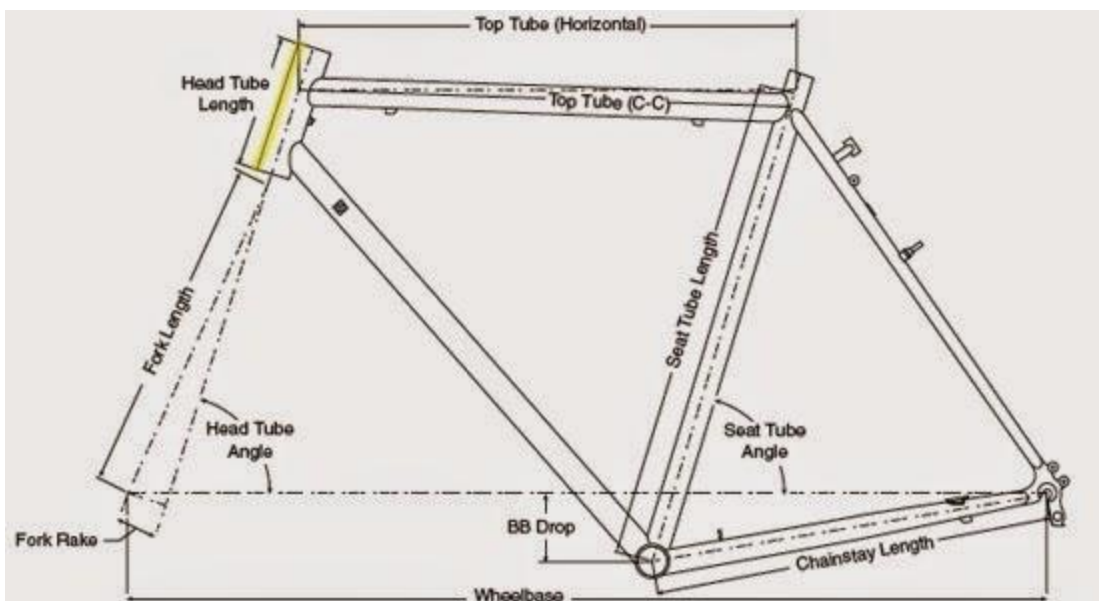
Αυτό το μήκος δεν έχει και τόση σημασία, εκτός αν ο αναβάτης έχει σχετικά κοντά πόδια για το ύψος του και χρειάζεται τον ανάλογο χώρο. Περισσότερα για το μήκος του κάθετου σωλήνα και της σημασίας του στην παράγραφο 3.4. Μεγέθη ποδηλατικού πλαισίου.



Εικόνα 36: Μήκος κάθετου σωλήνα (Seat Tube Length).

## Ύψος κούτελου (Head Tube Length)

Τα ψηλά κούτελα είναι συνηθισμένα σε τουριστικά ποδήλατα, έτσι ώστε το τιμόνι να βρίσκεται ψηλά, χωρίς να υπάρχει ανάγκη για πολλούς αποστάτες ανάμεσα στο λαιμό και το κούτελο. Το κούτελο σ' ένα τέτοιο ποδήλατο είναι συνήθως 40mm υψηλότερο από το αντίστοιχο σ' ένα ποδήλατο δρόμου ή cyclocross.



Εικόνα 37: Ύψος κούτελου (Head Tube Length).



## Κοντοί κάθετοι σωλήνες και κοντά κούτελα σε τουριστικά ποδήλατα

Ένας από τους βασικούς λόγους που τα ποδήλατα βουνού είναι ακατάλληλα για ποδηλατικό τουρισμό είναι το γεγονός ότι διαθέτουν κοντό κάθετο σωλήνα (αυξημένο χώρο κάτω από τη σέλα) και κοντά κούτελα (πιο αγωνιστική θέση ποδηλασίας).

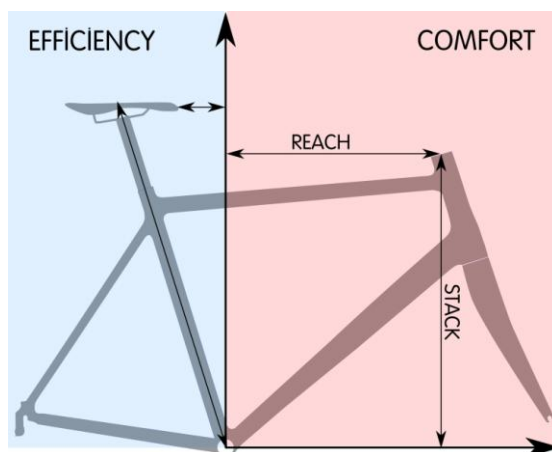
Όταν ο χρήστης χρησιμοποιεί ένα ποδήλατο βουνού για τουρισμό, συνήθως τοποθετεί αρκετούς αποστάτες κάτω από το λαιμό, με σκοπό το τιμόνι να έρθει ψηλότερα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει αρκετή ευκαμψία στο εμπρός τμήμα του ποδηλάτου σε σχέση μ' ένα τουριστικό ποδήλατο (κάτι που παρατηρείται εντονότερα όταν μεταφέρει και βάρος εμπρός).

Αυτή η ευκαμψία, πολλές φορές οδηγεί σε γρήγορες ταλαντώσεις, σαν τρέμουλο. Έχει παρατηρηθεί σε πολλά ποδήλατα, πολλών εταιρειών, ρυθμισμένα για τουρισμό, με εμπρός σχάρα και βαλίτσες.

### Συνοψίζοντας

Ένα ποδήλατο για τουρισμό έχει γεωμετρία κατάλληλη για μεταφορά φορτίων, κυρίως στο εμπρός τμήμα του. Το στρίψιμο και το μεταξόνιο έχουν βελτιστοποιηθεί για ευστάθεια, τα πίσω ψαλίδια είναι μακριά για ευρυχωρία των ποδιών και το κούτελο είναι ψηλό για να είναι και το τιμόνι ψηλά.

### 3.4 Επιλογή μεγέθους ποδηλατικού πλαισίου.



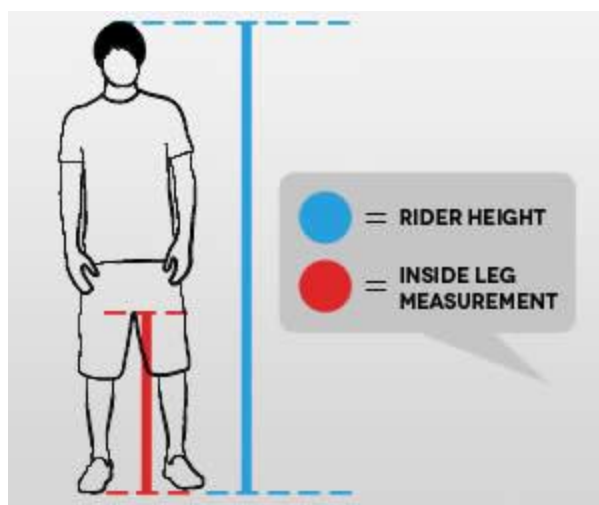
Το μέγεθος του ποδηλάτου είναι σημαντικό προκειμένου να έχει το σώμα τη σωστή στάση και να μην δημιουργηθούν προβλήματα. Άνθρωπος και ποδήλατο είναι ένα σύστημα μοχλών που πρέπει να

λειτουργεί αρμονικά, διαφορετικά δεν αποδίδει, κουράζει και δημιουργεί προβλήματα σε γόνατα και μέση. Για να υπάρχει η μέγιστη άνεση και απόδοση κατά τη χρήση του ποδηλάτου θα πρέπει να είναι στο μέγεθος του κάθε χρήστη. Το σωστό μέγεθος ποδηλάτου επιτρέπει στο σώμα μας να διατηρεί μια άνετη και ξεκούραστη στάση χωρίς να επιβαρύνεται το μυοσκελετικό, ενώ παράλληλα να είναι αεροδυναμικό και αποδοτικό.

Εξαρτάται λοιπόν, από το ύψος του αναβάτη και το μήκος των ποδιών του αλλά και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του σκελετού όπως το μήκος του οριζώντιου σωλήνα (Horizontal) και του σωλήνα της σέλας (Seatube).

Αποκλίσεις υπάρχουν από εταιρία σε εταιρία οπότε ίσως οριακά κάποιος να χρειάζεται διαφορετικό μέγεθος. Για παράδειγμα ένας αναβάτης ύψους 178 εκ μπορεί σε μια εταιρία να χρειάζεται medium σκελετό και σε άλλη large. Γι αυτό και όλες οι γνωστές εταιρίες ανακοινώνουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κάθε σκελετού ώστε να μπορεί ο χρήστης να επιλέξει σωστά.

Ένας εύκολος εμπειρικός τρόπος για την σωστή επιλογή μεγέθους είναι ο παρακάτω:



Εικόνα 38: Δείκτης μέτρησης.



Εικόνα 39: Δείκτης μέτρησης.

Αναλόγως του τύπου του ποδηλάτου και κάνοντας χρήση του παρακάτω υπολογιστικού τύπου εύκολα μπορεί κάποιος να υπολογίσει το κατάλληλο μέγεθος που του ταιριάζει.

- **Ποδήλατο πόλης** – Μήκος καβάλου (cm) x **0.685** = μέγεθος πλαισίου
- **Ποδήλατο βουνού** – Μήκος καβάλου (cm) x **0.66** = μέγεθος πλαισίου
- **Ποδήλατο δρόμου** – Μήκος καβάλου (cm) x **0.70** = μέγεθος πλαισίου

Για παράδειγμα, ένας αναβάτης με καβάλο 85 cm χρειάζεται μέγεθος πλαισίου για ποδήλατο πόλης –  $85 \times 0.685 = 58.225$ , άρα πλαίσιο 58 cm, για ποδήλατο βουνού –  $85 \times 0.66 = 56.1$ , άρα πλαίσιο 56 cm και τέλος για ποδήλατο δρόμου –  $85 \times 0.70 = 59.5$ , άρα πλαίσιο 59 cm, μπορεί και 60 cm.

Μικρές αλλαγές μπορούν να γίνουν αλλάζοντας τη θέση της σέλας και το μέγεθος του λαιμού του τιμονιού (που ποικίλει από 7 έως 13 εκ. με μέσο όρο τα 10 εκ). Όταν επιλέγουμε ποδήλατα αναβάσεων συνηθίζεται να επιλέγουμε κανονικό ή λίγο μικρότερο σκελετό ενώ στα ποδήλατα βουνού καταβάσεων επιλέγουμε κανονικό ή λίγο μεγαλύτερο μέγεθος προκειμένου στην πρώτη περίπτωση να έχουμε ευελιξία και στη δεύτερη σταθερότητα. Ρύθμιση του ύψους σέλας: με το πετάλι στο κατώτερο σημείο, το πόδι πρέπει να είναι τεντωμένο με πλήρη έκταση της .

## Συνοψίζοντας

Λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία του τελευταίου παραδείγματος, καταλήγουμε στην επιλογή του μεγέθους του ποδηλατικού πλαισίου όπου θα αναλυθεί και θα μοντελοποιηθεί στο δεύτερο μέρος της εργασίας. Θεωρούμε ότι το ποδηλατικό μας πλαίσιο είναι κατάλληλο για ποδήλατο πόλης ή δρόμου.

## **ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ-ΑΝΑΛΥΣΗ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>. Σχεδιασμός ποδηλατικού πλαισίου.**

Στα προηγούμενα κεφάλαια καταλήξαμε σε τέσσερα βασικά στοιχεία, στο είδος του μπαμπού που θα παίξει το ρόλο των σωλήνων του πλαισίου, στο είδος και τη δομή των ανθρακονημάτων όπου θα αποτελέσουν την δημιουργία των συνδέσμων μεταξύ των σωλήνων μπαμπού αλλά και των υπολοίπων υποστηρικτικών εξαρτημάτων που απαιτούνται για τη δημιουργία ενός ποδηλατικού πλαισίου, τον τύπο και τη γεωμετρία του πλαισίου και τέλος το μέγεθος του. Επιπρόσθετά με τα παραπάνω και χάρη στις σχεδιαστικές προδιαγραφές που θα οριστούν σε αυτό το κεφάλαιο, στο τέλος θα μπορέσουμε να αποδώσουμε σε επίπεδο λεπτομερειακού σχεδιασμού όχι μόνο το ποδηλατικό πλαίσιο, αλλά ένα πλήρες ποδήλατο πόλης ούτως ώστε να έχουμε μια πιο σαφή εικόνα του ποδηλατικού πλαισίου που σχεδιάστηκε. Το πλαίσιο που θα παρουσιαστεί δεν αποτελεί πρότυπο design της παρούσας εργασίας, αλλά πρόκειται για τον πλέον κοινό τύπο ποδηλατικού πλαισίου ο οποίος αποτελεί το σημείο αναφοράς για σχεδόν όλα τα ποδηλατικά πλαίσια που σχεδιάζονται από διάφορους κατασκευαστές ποδηλάτων παγκοσμίως.

### **4.1. Καθορισμός Σχεδιαστικών Προδιαγραφών.**

Σε αυτό το σημείο της εργασίας ορίζονται οι προδιαγραφές που θα καθορίσουν στη συνέχεια το τελικό σχέδιο του ποδηλατικού πλαισίου. Οι προδιαγραφές αυτές περιγράφουν τα χαρακτηριστικά, τις ιδιαιτερότητες και τους περιορισμούς όπως αυτοί παρουσιάστηκαν και διατυπώθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

- Το πλαίσιο ανήκει στο τύπο ποδηλάτου για αστική μετακίνηση, πρόκειται για ένα ποδήλατο πόλης τύπου fix bike.
- Το πλαίσιο έχει μέγεθος κατάλληλο για έναν αναβάτη με ύψος περίπου 1.80 m και ύψος καβάλου τα 85 cm.
- Να είναι ελαφρύ.
- Να είναι φιλικό προς το περιβάλλον.
- Να είναι ανακυκλώσιμο.
- Να έχει υψηλή αντοχή.
- Να έχει μεγάλη ακαμψία.
- Το πλαίσιο θα αποτελείται από τον συνδυασμό δυο υλικών . Του ξύλου μπαμπού και των σύνθετων ινών άνθρακα.
- Το ξύλο μπαμπού θα είναι αποτέλεσμα βιομηχανοποιημένου παράγωγου του και θα μπορεί να είναι είτε τύπου scrimber, είτε

τύπου laminated μπαμπού. Οι λόγος που επιλέγουμε ένα εκ των δύο είναι επειδή μπορούν να ξεπεράσουν τον περιορισμό της φυσικής γεωμετρίας ενός καλαμιού μπαμπού και μας επιτρέπει να επεξεργαστούμε και να κατεργαστούμε τις δοκούς των ευθύγραμμων τμημάτων του ποδηλατικού πλαισίου με τέτοιο τρόπο που να μπορούμε να αλλάξουμε την διατομή τους επιτυγχάνοντας πιο αισθητικές και αεροδυναμικές παρεμβάσεις.

- Το ανθρακόνημα που θα χρησιμοποιηθεί ως Α' ύλη για τη δημιουργία των συνδέσμων του ποδηλατικού πλαισίου μεταξύ των ευθύγραμμων τμημάτων από μπαμπού και θα είναι έτοιμο του εμπορίου, με 50% ίνες άνθρακα και 50% εποξική ρητίνη σε διάταξη πλέξης νήματος τις 45°.
- Να έχει ωραίο φινίρισμα.

#### **4.2. Λεπτομερειακός σχεδιασμός τελικού προϊόντος.**

Το πλαίσιο επιλέχθηκε να παρουσιαστεί με απλή γεωμετρία τόσο στον τύπο του, όσο και στις διατομές των δοκαριών. Πρόκειται για μια διάταξη ποδηλατικού πλαισίου τύπου “διαμαντιού” με στρόγγυλες διατομές στις δοκούς του διαφόρων διαμέτρων.

Στο *παράρτημα I* μπορείτε να δείτε τη πλήρη διαστασιολόγηση και τη γεωμετρία του πλαισίου.

Στο *παράρτημα II* φαίνεται από την όψη *explode view* η περιγραφή όλων των επιμέρους εξαρτημάτων και η θέση τους στο συγκρότημα για την σύνθεση του ποδηλατικού πλαισίου.

Η διαστασιολόγηση όλων απαιτούμενων εξαρτημάτων για τη δημιουργία του ποδηλατικού πλαισίου φαίνεται στο *παράρτημα III*.

Φωτορεαλιστικές λεπτομερείς απεικονίσεις του ποδηλατικού πλαισίου.

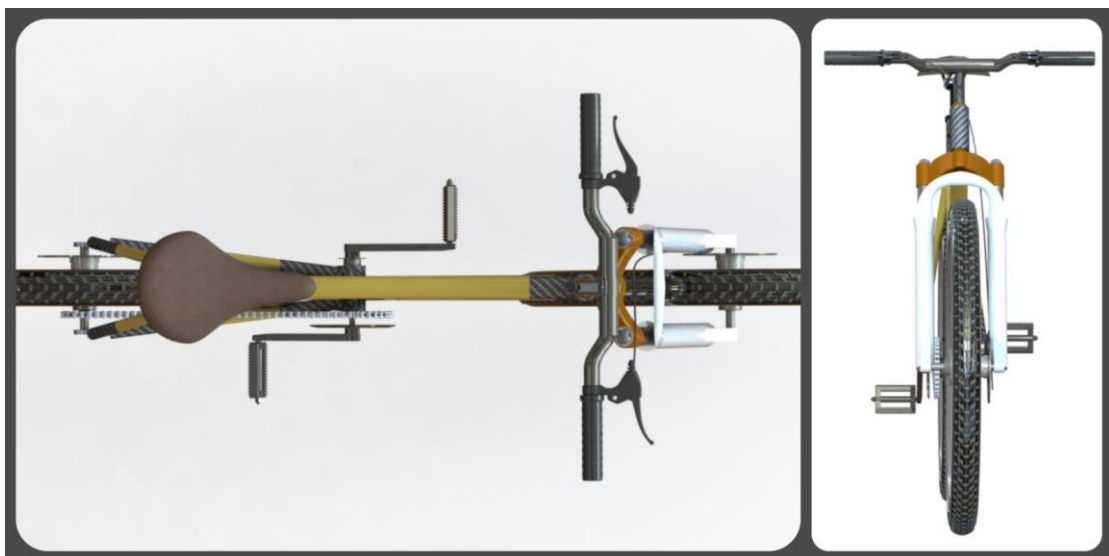


Εικόνα 40: λεπτομερείς Φωτορεαλιστικές απεικονίσεις του ποδηλατικού πλαισίου.

Φωτορεαλιστικές λεπτομερείς απεικονίσεις του ποδηλατικού πλαισίου με όλα τα περιφερειακά εξαρτήματα ενός τυπικού ποδηλάτου.



Εικόνα 41: Λεπτομερείς Φωτορεαλιστικές απεικονίσεις του ποδηλάτου.

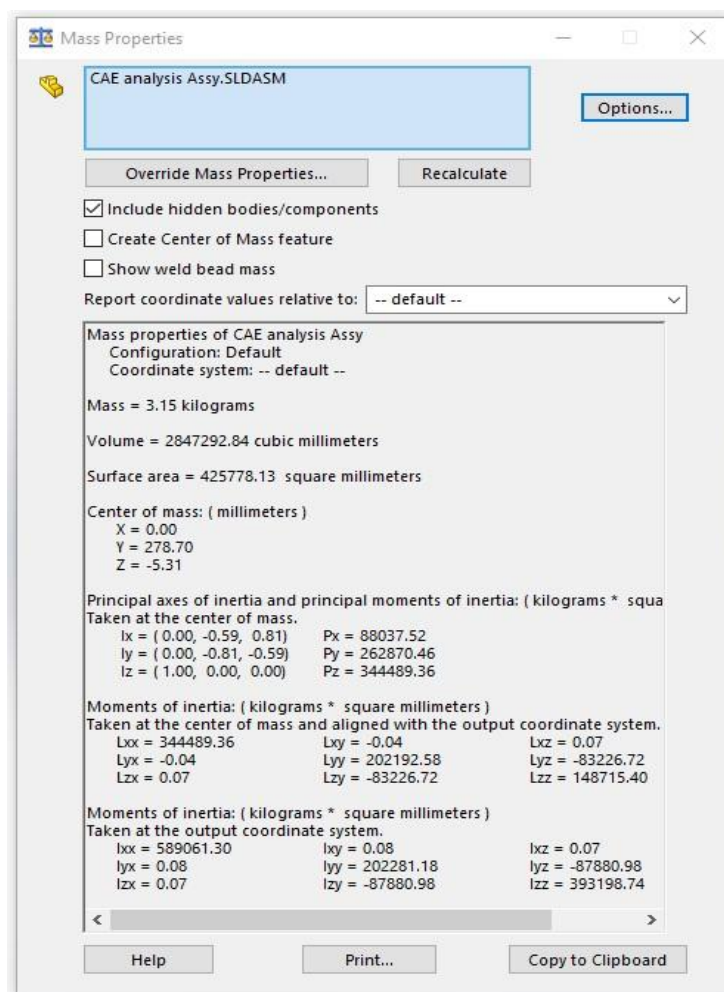


Εικόνα 42: Λεπτομερείς Φωτορεαλιστικές απεικονίσεις του ποδηλάτου.



### 4.3. Αξιολόγηση προϊόντος.

Το πλαίσιο έχει απλή αλλά όμορφη γεωμετρία. Ο συνδυασμός των υλικών του και το ποσοστό των υλικών που το καθένα καταλαμβάνει στο πλαίσιο δίνουν μια αίσθηση ισορροπίας και σωστής κατανομής. Αύτη η αίσθηση ισορροπίας θα πρέπει να αποδειχθεί ότι είναι αρκετή ώστε το μοντέλο να περάσει το πρώτο τεστ προσομοίωσης της αντοχής του. Στη περίπτωση που δε περάσει το τεστ, τότε είμαστε αναγκασμένοι να επιστρέψουμε πίσω στον σχεδιασμό και βελτιστοποιήσουμε το σχέδιο όπου απαιτείται.



Εικόνα 43: Ιδιότητες μάζας του ποδηλατικού πλαισίου.

Με βάρος πλαισίου μόλις 3,15 Kg το ποδήλατο ανταποκρίνεται πλήρως στις σύγχρονες απαιτήσεις ποδηλασίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>. Σχεδιασμός και ανάλυση μοντέλου.

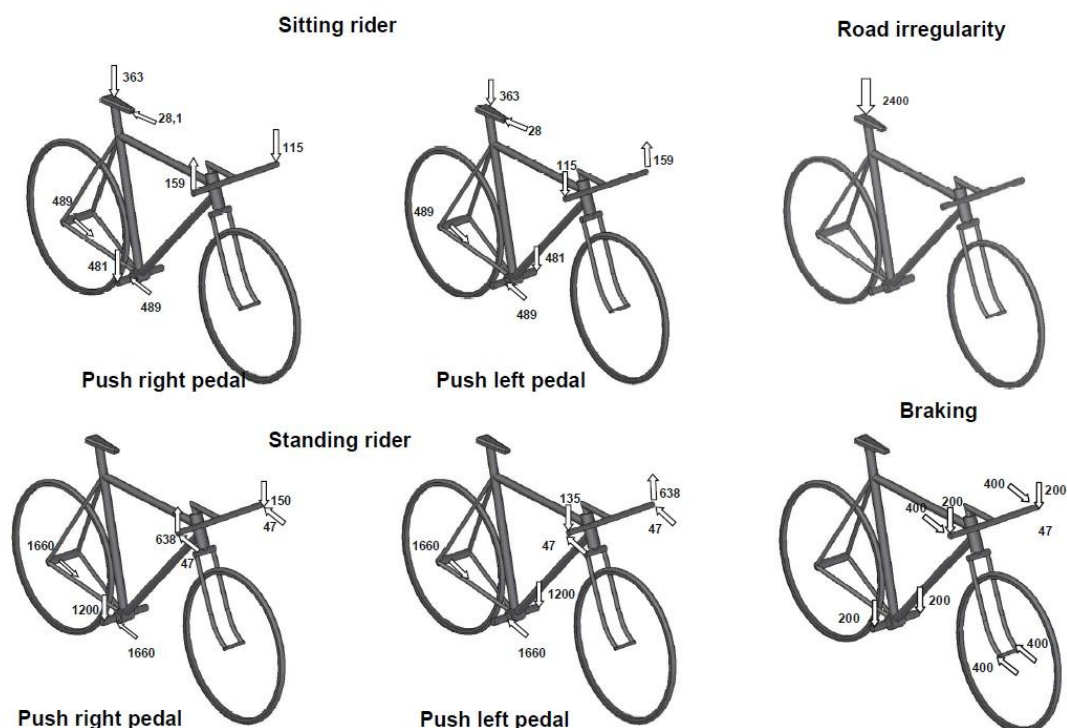
Μετά την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του ποδηλατικού πλαισίου, το μοντέλο εισήχθη στο λογισμικό μοντελοποίησης και ανάλυσης προσομοίωσης SolidWorks και μελετήθηκε η αντοχή και η μετατόπιση του σχεδίου.

### 5.1. Ανάλυση του ποδηλατικού πλαισίου με πεπερασμένα στοιχεία (FEA).

Η παρούσα ανάλυση βασίστηκε εν μέρη στη μελέτη των L.Maestrelli και A. Falsini όπου εφάρμοσαν ένα μοντέλο φορτίσεων ώστε να ορίζουν έξι διαφορετικές περιπτώσεις καταπονήσεων κατά την διάρκεια της ποδηλασίας (εικόνα 44).

Αυτές είναι κατά σειρά περίπτωσης:

1. Πεταλάρισμα καθιστός, πιέζοντας το δεξί πεντάλ.
2. Πεταλάρισμα καθιστός, πιέζοντας το αριστερό πεντάλ.
3. Πεταλάρισμα όρθιος, πιέζοντας το δεξί πεντάλ.
4. Πεταλάρισμα όρθιος, πιέζοντας το αριστερό πεντάλ.
5. Πρόσθετες προϋποθέσεις, ανωμαλία εδάφους.
6. Πρόσθετες προϋποθέσεις, φρενάρισμα.



Εικόνα 44: Λεπτομερείς Περιπτώσεις καταπονήσεων κατά τη διάρκεια της ποδηλασίας.

Στόχος της ανάλυσης δεν είναι να αποκτήσουμε συγκρίσιμα αποτελέσματα και να καταλήξουμε σε κάποια βέλτιστη επιλογή, αλλά να δούμε πως ανταποκρίνεται το ποδηλατικό πλαίσιο δυο υλικών στις φορτίσεις που θα του ασκήσουμε. Επιπρόσθετα, σκοπός της ανάλυσης αυτής είναι μελλοντικά να χτιστεί μια βάση δεδομένων για επιπλέον μελέτη και βελτιστοποίηση ποδηλατικών πλαισίων φυσικών και τεχνητών σύνθετων υλικών.

## 5.2. Σενάριο ανάλυσης.

Στη παρούσα εργασία εξετάζουμε δυο σενάρια. Το σενάριο που ο αναβάτης είναι σε θέση οδήγησης όρθιος και ασκεί τις δυνάμεις στο δεξιό πεντάλ για να επιταχύνει το πλαίσιο, το φορτίο δύναμης και βαρύτητας κατανέμονται στα πεντάλ από τους τροχούς με 70% και 30% αντίστοιχα. Το σενάριο που ο αναβάτης είναι καθιστός και ασκείται κάθετη δύναμη ως προς το *seat tube* λόγω της ανωμαλίας του εδάφους. Και στα δυο σενάρια ορίζουμε την κατανομή των δυνάμεων σύμφωνα με το αντίστοιχο σχήμα τους για το κάθε ένα από αυτά όπως προκύπτει από την εικόνα 44.

Στο λογισμικό εισάγαμε όλα τα απαραίτητα δεδομένα όπως αυτό της γεωμετρίας του πλαισίου, τις διαστάσεις των διατομών των δοκαριών του (σωλήνες), τις ιδιότητες του κάθε υλικού και τις συνοριακές συνθήκες για τη μελέτη των παραμορφώσεων και των τάσεων που αναπτύσσονται σε όλο το πλαίσιο.

Το πλαίσιο υπέστη μια μικρή τροποποίηση έναντι του αρχικού σχεδίου που παρουσιάστηκε στον λεπτομερειακό σχεδιασμό του. Απλοποιήθηκε μερικώς το πίσω μέρος του ποδηλάτου, στο νύχι του πίσω άξονα για να μπορέσουμε να ορίσουμε σωστά τις συνοριακές συνθήκες. Το πρώτο σενάριο μελετήθηκε έτσι ώστε η ανάλυση να είναι αρκετά ρεαλιστική. Εδώ οι συνοριακές συνθήκες δεν είναι σταθερά σημεία πάκτωσης. Ορίστηκε ότι στο πίσω μέρος, στον πίσω τροχό δηλ, η συνοριακή συνθήκη είναι δηλωμένη ως ρουλεμάν( αξονικό ρουλεμάν πίσω τροχού), εμπρός και κάτω από το **Head tube** ορίστηκε ότι η συνθήκη είναι ανάρτηση, το πάνω μέρος του **Head tube** ορίστηκε ότι είναι τιμόνι και ο αναβάτης ασκεί μια δύναμη τέτοια ώστε να επιταχύνει το ποδήλατο. Στο κέντρο ορίστηκε η δύναμη και η διεύθυνση επιτάχυνσης που κάνει ο αναβάτης κατά τη διάρκεια του πεταλαρίσματος και τέλος ορίστηκε και το φορτίο βαρύτητας κι αυτό να βρίσκεται στο κέντρο του σημείου της μεσαίας τριβής. Στο δεύτερο σενάριο οι συνθήκες των πίσω ρουλεμάν και της εμπρός ανάρτησης παρέμειναν οι ίδιες, οι συνθήκες του τιμονιού και της μεσαίας τριβής αφαιρέθηκαν και στη θέση τους

ορίστηκε μια νέα συνθήκη φόρτισης, μια δύναμη κάθετη στο **Seat tube**, στο ύψος της σέλας. Επίσης, θεωρούμε αμελητέα τα περιστροφικά και αεροδυναμικά φορτία καθώς και την τριβή.

### 5.3. Μοντελοποίηση με τη βοήθεια του SolidWorks simulation.

Στο πλαίσιο αφού ορίστηκαν όλες οι ιδιότητες των υλικών, οι συνθήκες και τα φορτία τους, έπειτα διακριτοποιήθηκε με πλεγματοποίηση Mesh πριν τρέξουν οι δυο στατικές αναλύσεις. Παρακάτω, μέσα από μια σειρά εικόνων φαίνονται όλα τα στοιχεία όλων των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη σειρά που έγιναν.

Αρχικά, ορίστηκαν οι ιδιότητες των δυο υλικών και το μέτρο ελαστικότητας τους. Τα δεδομένα των ιδιοτήτων καταγράφηκαν στο πρώτο μέρος της εργασίας.

**Material properties**  
Materials in the default library can not be edited. You must first copy the material to a custom library to edit it.

Model Type:

Units:

Category:

Name:

Description:

Source:

Sustainability:

Property	Value	Units
Elastic Modulus	16170	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.394	N/A
Shear Modulus		N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	666	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	14.96	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength	71.7	N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength		N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.41	W/(m·K)
Specific Heat		J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Εικόνα 45: Απαραίτητες ιδιότητες του μπαμπού για την ανάλυση του πλαισίου.

**Material properties**  
 Materials in the default library can not be edited. You must first copy the material to a custom library to edit it.

Model Type:

Units:

Category:

Name:

Default failure criterion:

Description:

Source:

Sustainability:

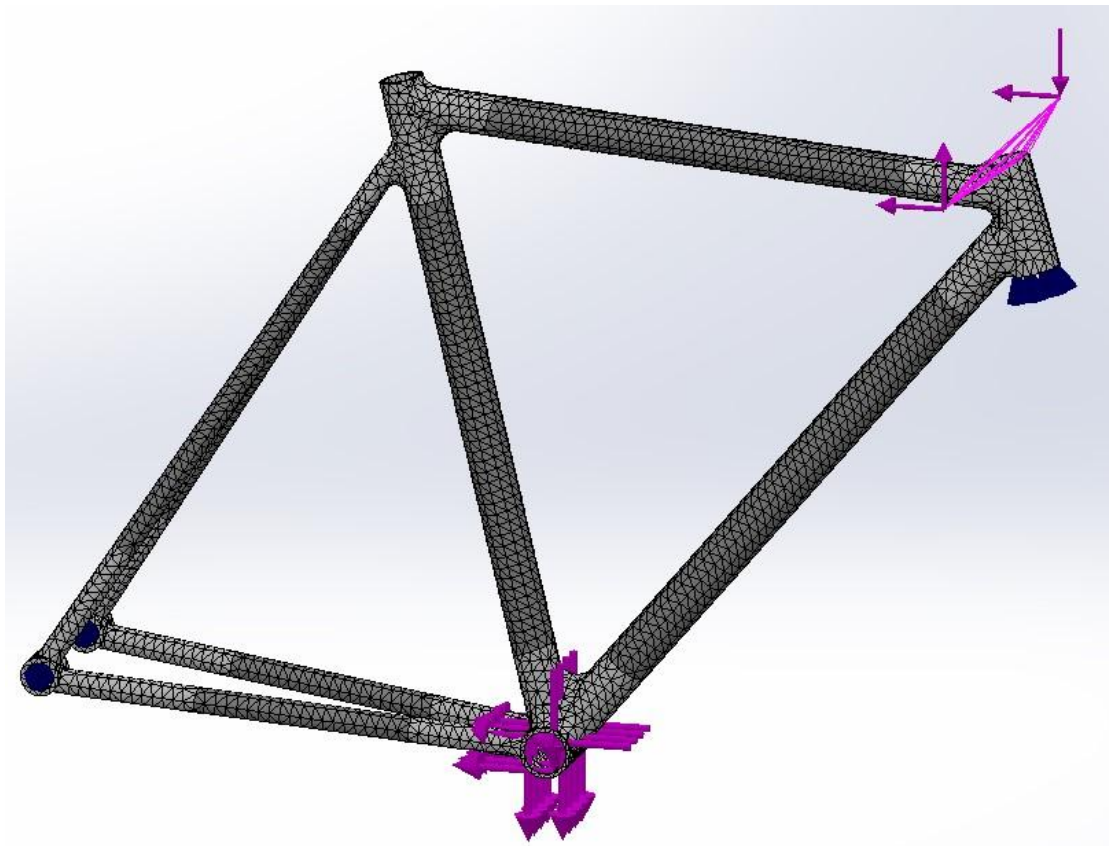
Property	Value	Units
Elastic Modulus	170000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.77	N/A
Shear Modulus		N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	1600	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	110	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength	110	N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength		N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.41	W/(m·K)
Specific Heat		J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Εικόνα 46: Απαραίτητες ιδιότητες των ανθρακονημάτων για την ανάλυση του πλαισίου.

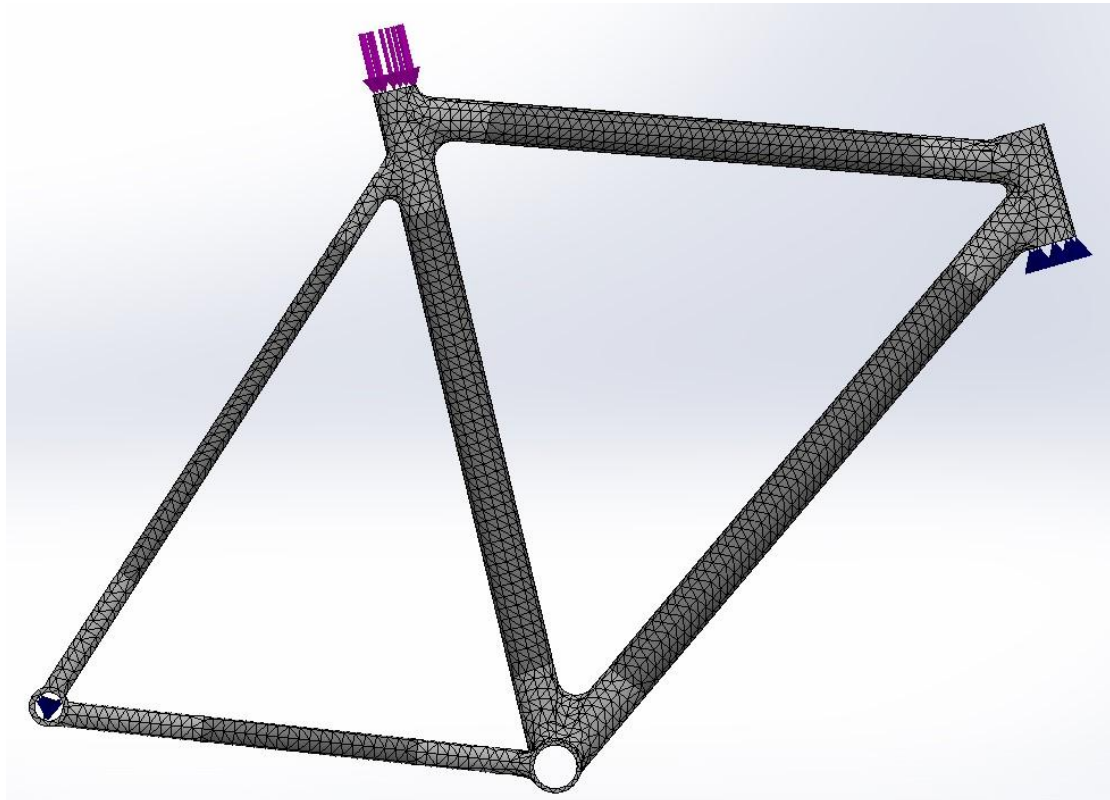
Στη συνέχεια, το μοντέλο διακριτοποιήθηκε σε πλέγμα mesh και στις δυο περιπτώσεις. Λεπτομέρειες των mesh φαίνονται στην εικόνα 47.

Mesh Details	
Study name	Standing pedalling (bike frame) (-Default-)
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Element size	10 mm
Tolerance	0.5 mm
Mesh quality	High
Total nodes	37833
Total elements	21273
Maximum Aspect Ratio	37.005
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	96.4
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	0.0517
% of distorted elements (Jacobian)	0
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:08
Computer name	

Εικόνα 47: Λεπτομερείς πληροφορίες για την ανάλυση του πλαισίου.



Εικόνα 48: Ανάλυση mesh του πλαισίου για το πρώτο σενάριο.



Εικόνα 49: Ανάλυση mesh του πλαισίου για το δεύτερο σενάριο.

Στις εικόνες του παρατήματος iv διακρίνονται όλες οι συνοριακές συνθήκες, οι φορτίσεις αλλά και οι διευθύνσεις των φορτίων που ορίστηκαν για την ανάλυση και των δυο σεναρίων.

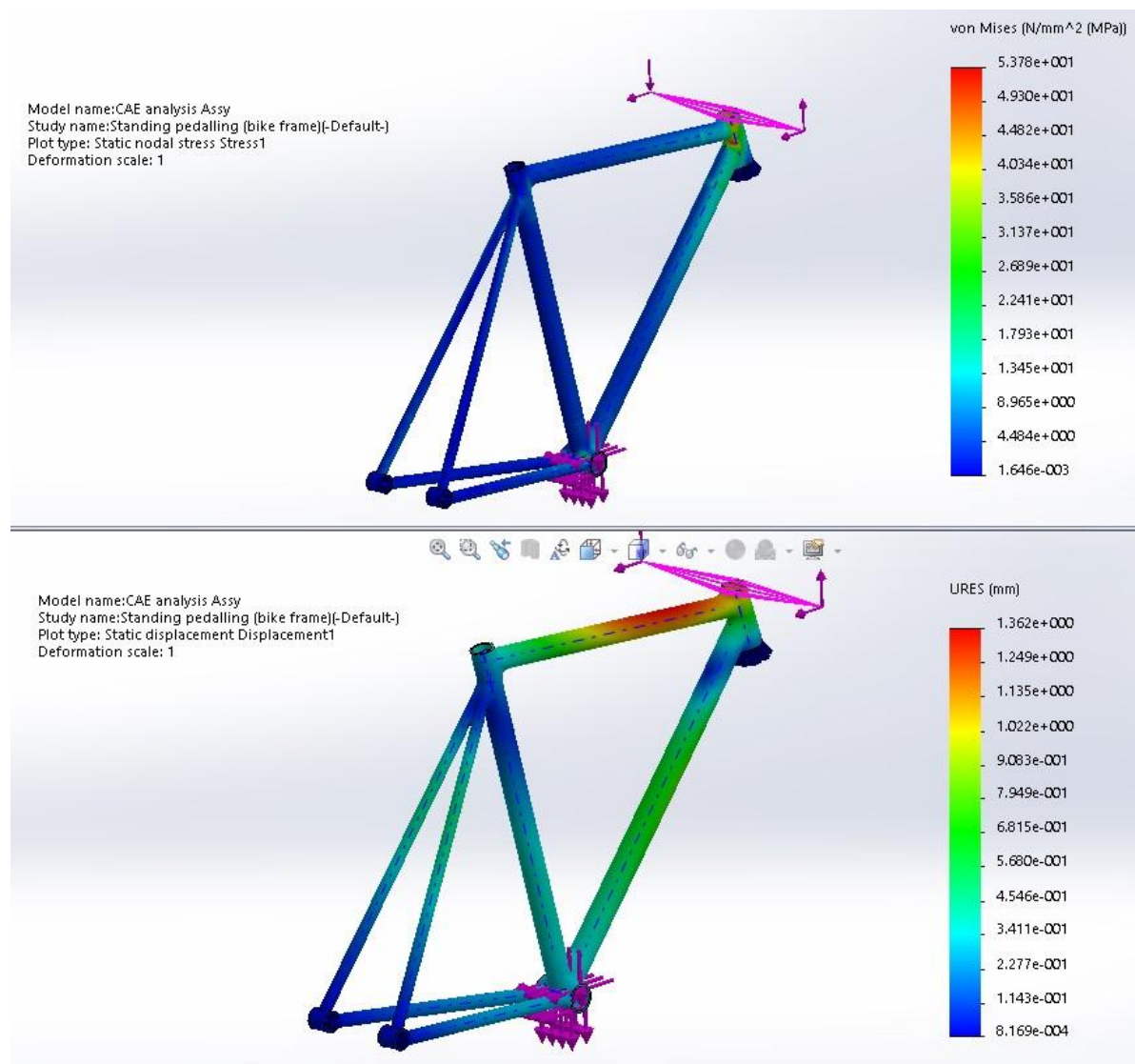
#### 5.4. Αποτελέσματα ανάλυσης.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων και των δυο σεναρίων όπου διακρίνεται η κατανομή των τάσεων και των παραμορφώσεων.

Στο πρώτο σενάριο διακρίνεται μια ελάχιστη παραμόρφωση λόγω των τάσεων στην περιοχή της ένωσης του Head tube με του Top tube με πιο έντονη παραμόρφωση να σχηματίζεται στον οριζόντιο σωλήνα Top tube. Λιγότερα έντονες και οι παραμορφώσεις λόγω των τάσεων στο ποτήρι της μεσαίας τριβής του δισκοβραχίωνα. Οι δυνάμεις που εφαρμόζονται δεν είναι αρκετές ώστε να επηρεάσουν με τον οποιοδήποτε τρόπο τη γεωμετρία του πλαισίου, αλλά είναι αρκετές ώστε να μπορούμε να πούμε ότι το πλαίσιο ανταποκρίθηκε με επιτυχία στο σενάριο. Μια ελαφριά τάση στο σημείο που το ένα υλικό διαχωρίζεται από το άλλο στο σημείο του Top tube βλέπουμε να υπάρχει και οφείλουμε να το καταγράψουμε, αλλά κι αυτή είναι πολύ μικρή για να

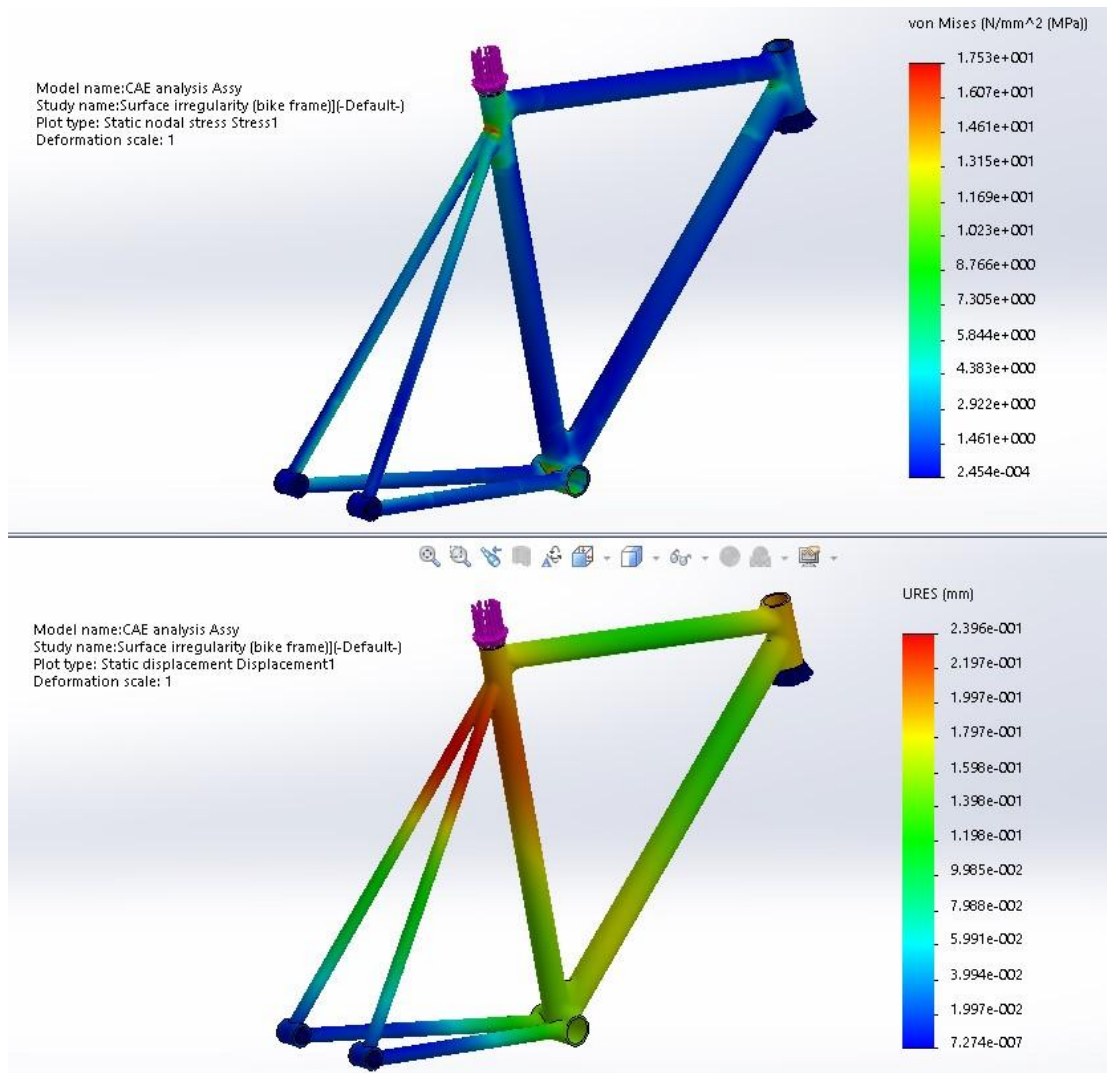
μας προβληματίσει. Γενικά το πλαίσιο χαρακτηρίζεται από έντονη ακαμψία. Αυτό συνεπάγεται ότι και τα δυο υλικά ανταπεξήλθαν πολύ ικανοποιητικά στο πείραμα αυτό.

Στο δεύτερο σενάριο η κάθετη δύναμη ως προς τον κατακόρυφο σωλήνα Seat Tube δίνει μια μικρή παραμόρφωση εξαιτίας της τάσης που δημιουργείται κυρίως στον σύνδεσμο μεταξύ των Top tube, Seat tube στο δέλτα των σωλήνων Seat stay και πολύ λιγότερο στις συνδέσεις του δισκοβραχίωνα και του Head Tube. Κι εδώ παρατηρείται ότι, ακριβώς, στο σημείο διαχωρισμού των δυο υλικών υπάρχει προδιάθεση για αύξηση της παραμόρφωσης λόγω των τάσεων. Συνεπώς, κι εδώ, τα δυο υλικά ανταπεξήλθαν εξίσου ικανοποιητικά και στο πείραμα αυτό.



Εικόνα 50: Γραφικά αποτελέσματα της ανάλυσης του πλαισίου για το πρώτο σενάριο.





Εικόνα 51: Γραφικά αποτελέσματα της ανάλυσης του πλαισίου για το δεύτερο σενάριο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : Συμπεράσματα

Στη παρούσα εργασία τέθηκε ένας αρχικός στόχος με καινοτομικό ενδιαφέρον. Να ερευνηθούν δυο κορυφαία υλικά κατασκευών τα οποία δουλεύουν συνδεδετικά μεταξύ τους στην ίδια κατασκευή και μέσω της μελέτης, της σχεδίασης και της ανάλυσης ενός ποδηλατικού πλαισίου να μπορέσουμε να αποκομίσουμε στοιχεία για την συμπεριφορά τους όταν βρίσκονται σε κατάσταση φόρτισης δυνάμεων.

Ο σχεδιασμός που επιλέξαμε απλός μεν, απόλυτα σαφής για την γεωμετρία του πλαισίου δε. Αυτό ως αποτέλεσμα μας δίνει τη δυνατότητα να δούμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των δυο υλικών που συνδέονται στην ίδια κατασκευή χωρίς κάτι άλλο να μπορεί να μας αποπροσανατολίσει.

Το σενάριο που εκτελέσαμε κατά την ανάλυση του μοντέλου είχε έναν πολύ υψηλό στόχο. Να μας δείξει τη συμπεριφορά του πλαισίου σε δυο ακραίες συνθήκες χρήσης του. Αύτη της επιτάχυνσης του αναβάτη από όρθια θέση και αυτή του καθημένου αναβάτη σε ανώμαλο έδαφος.

Τα αποτελέσματα των δυο σεναρίων έδειξαν ότι τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ανταποκρίνονται επιτυχώς στις απαιτήσεις που αρχικώς είχαμε ορίσει τόσο στην επιλογή των υλικών βάσει των ιδιαίτερων και πολύπλοκων χαρακτηριστικών τους αλλά και των ιδιοτήτων τους, όσο και στις προδιαγραφές που ορίστηκαν κατά τον αρχικό λεπτομερειακό σχεδιασμό του πλαισίου. Βασικές προδιαγραφές ιδιαίτερων τεχνολογικά χαρακτηριστικών που τέθηκαν όπως το μικρό βάρος του πλαισίου και η έντονη ακαμψία του επετεύχθησαν με επιτυχία.

Στο τέλος της εργασίας και λαμβάνοντας υπόψη όλα τα δεδομένα που εξήχθησαν από αυτή, προκύπτει ότι ο συνδυασμός αυτών των δυο υλικών μπορεί να γίνει η αφετηρία για τη δημιουργία όμορφων, πολύπλοκων συστημάτων και προϊόντων με σαφή κατεύθυνση την αιφόρο σχεδίαση τους, την υψηλή τεχνολογία τους και την αναβαθμισμένη αισθητική τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βατάλη, Α. (1998). *Ποιοτικός Έλεγχος και Τεχνολογία Υλικών*. Κοζάνη: Διδακτικές σημειώσεις Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικού Σχεδιασμού, Τ.Ε.Ι Κοζάνης.
- Βλαστός, Θ., Μπαρμπούπουλος, Ν., Μπαλτάς, Π. (2005). «*Νομοθεσία και πολιτικές για την προώθηση του ποδηλάτου στην Ευρώπη. Οι παλινωδίες στην Ελλάδα.*», *Περιβάλλον και Δίκαιο*: τ. 32: 235-243.
- Βλαστός, Θ., Μηλάκης, Δ. (2003). *Διερεύνηση με γεωμετρικά κριτήρια της δυνατότητας εισαγωγής του ποδηλάτου στην ελληνική πόλη. Το παράδειγμα του Μοσχάτου*, *Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονική Έκδοση του ΤΕΕ, τεύχος 1-3, τόμος 23, σειρά 1,σελ. 39-50.*  
[www.tee.gr](http://www.tee.gr)
- Βλαστός Θ., «*Δίκτυο για τη Βιώσιμη Κινητικότητα και το Ποδήλατο. Προϋποθέσεις λειτουργίας για μια αποτελεσματική εκστρατεία κινητοποίησης κατοίκων και τοπικής αυτοδιοίκησης*», *Οικοτοπία, τεύχος 35, Οκτ.-Δεκ. 2005, σελ. 26-28.*
- Βουθούνης, Π., (2002). *Τεχνική μηχανική ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ*. Αθήνα: Εκδόσεις Κουτουρίνης, Δ.
- Τσέκου, Ιωάννη . (2000). *Φυσιολογία Φυτών*. Δεύτερη έκδοση , Εκδοτικός Οίκος :Αδελφών Κυριακίδη α.ε.
- Τσικριτζή, Λ. (1996). *Τεχνολογία Υλικών*. Κοζάνη: Διδακτικές σημειώσεις Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικού Σχεδιασμού, Τ.Ε.Ι Κοζάνης.
- Ashby Mike., Johnson Kara. (2006). *Υλικά και Σχεδιασμός*. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Ashby Mike. (2004). *Επιλογή Υλικών στον Τεχνικό Σχεδιασμό. Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικού Σχεδιασμού, Τ.Ε.Ι Κοζάνης*.
- Barrows, J., & Iannucci, L. (2009). *The complete idiot's guide to green building and remodeling*. Penguin.
- De Flander, K. (2005). *The role of bamboo in global modernity: from traditional to innovative construction material* (Doctoral dissertation, Thesis: Wageningen University, Wageningen Netherlands).
- Fuad-Luke, A. (2002). *The eco-design handbook: a complete sourcebook for the home and office*. Thames & Hudson.
- Gellerstedt, G., Sjöholm, E., & Brodin, I. (2010). The wood-based biorefinery: A source of carbon fiber?. *The Open Agriculture Journal, 4*(1).
- Hudson, J. (2006). *1000 New Designs and where to Find Them: A 21st-century Sourcebook*. Laurence King Publishing.
- Lakkad, S. C., & Patel, J. M. (1981). Mechanical properties of bamboo, a natural composite. *Fibre science and technology, 14*(4), 319-322.

Leisha A. Peterson and Kelly J. Londry. (1986) *Finite-Element Structural Analysis: A New Tool for Bicycle Frame Design, The Strain Energy Design Method.*

Lewis, D., & Miles, C. A. (2007). *Farming Bamboo.* Lulu. com.

Li, X. (2004). Physical, chemical, and mechanical properties of bamboo and its utilization potential for fiberboard manufacturing.

Maestrelli, L., & Falsini, A. (2008). Bicycle frame optimization by means of an advanced Gradient Method Algorithm. In *Konf. nauk. "2nd European HTC" Strasbourg September 30th–October 1st.*

Mohmod, A. L., Ariffin, W. T. W., & Ahmad, F. (1990). Anatomical features and mechanical properties of three Malaysian bamboos. *Journal of Tropical Forest Science, 227-234.*Daphne

Polster, B., Neumann, C., Schuler, M., Lven, F. (2004). *The AZ of Modern Design.* Cologne: DuMont Literatur und Kunst Verlag.

Rosa, Michael J Kolin & Denis M. de la., (1979). *The Custom Bicycle.*

Sharma, B., Gato, A., Bock, M., Mulligan, H., & Ramage, M. (2014). Engineered bamboo: state of the art. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Construction Materials, 168(2), 57-67.*

Van der Lugt, P. (2008). Design interventions for stimulating bamboo commercialization-Dutch Design meets bamboo as a replicable model.

Witherell, J. L. (2010). *Bicycle History: A Chronological Cycling History of People, Races, and Technology.* McGann Pub.

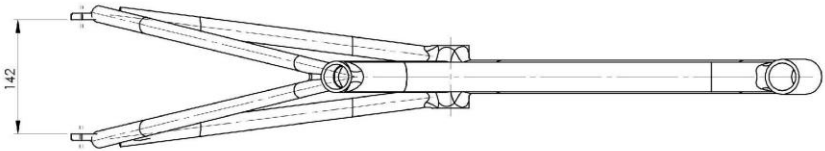
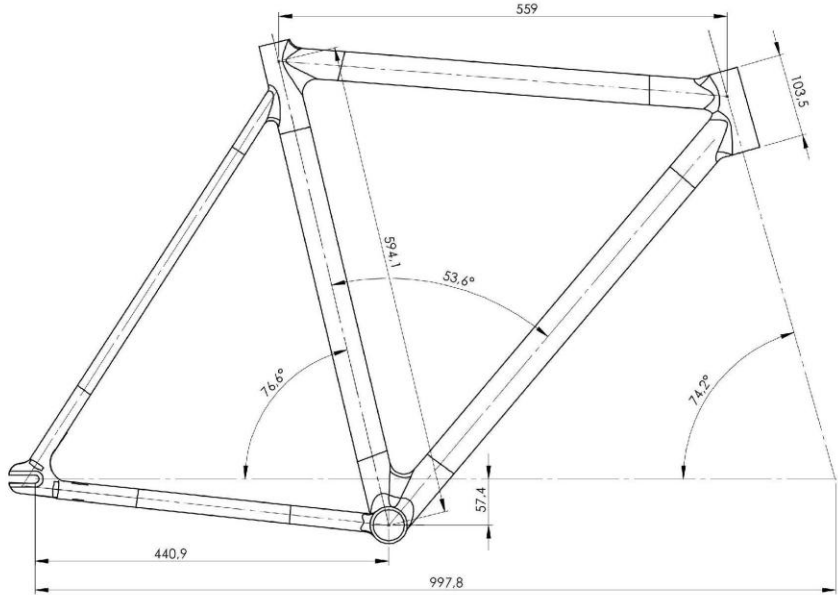
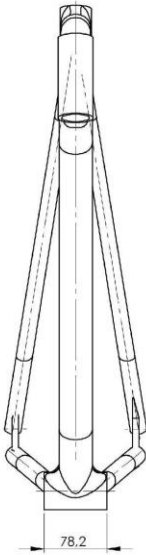
## Ιστοσελίδες

- <http://bamboo.wikispaces.asu.edu/4.+Bamboo+Properties>
- <https://nebikeconsulting.wordpress.com/category/guru/>
- <http://gr.t-composites.net/info/carbon-fiber-reinforced-polymer-19051891.html>
- [http://library.tee.gr/digital/m2173/m2173\\_dritsos.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2173/m2173_dritsos.pdf)
- <http://www.avgi.gr/article/10965/8074002/ines-anthraka-apo-prasines-protos-yles-phthenotes-kai-philikotes-pros-to-periballon>
- <http://gr.t-composites.net/info/the-history-of-carbon-fiber-19051888.html>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815001117>
- <https://www.bicycle-guider.com/bike-articles/bike-size-chart/>
- <http://bicycle.worldfx.us/bicycle-reach-measurement/>

- <http://www.cyclingsantorini.gr/2014/12/blog-post.html>
- <http://www.cyclingabout.com/understanding-bicycle-frame-geometry/>
- <http://www.ifitshipitshere.com/electric-folds-smarter-awesome-gibike/>
- <http://oregonmanifest.com/vote/>
- <https://pressyourlimits.wordpress.com/2013/11/16/podilato-mathe-ta-basika/>
- [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BF%CE%B4%CE%AE%CE%BB%CE%B1%CF%84%CE%BF#%CE%A4%CF%8D%CF%80%CE%BF%CE%B9\\_%CF%80%CE%BF%CE%B4%CE%B7%CE%BB%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BF%CE%B4%CE%AE%CE%BB%CE%B1%CF%84%CE%BF#%CE%A4%CF%8D%CF%80%CE%BF%CE%B9_%CF%80%CE%BF%CE%B4%CE%B7%CE%BB%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD)
- <http://www.yankodesign.com/2011/08/30/bamboo-bike/>
- [https://books.google.gr/books?id=YB4ADAMeqlAC&pg=PA241&lpg=PA241&dq=tam+vong+bamboo&source=bl&ots=MPN-HsW5nO&sig=88TQEbxI\\_N0Zh\\_SsNNmjhVd4Lo&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwiX3MzXn5nZAhWS3KQKHccDI44ChDoAQhBMAQ#v=onepage&q=tam%20vong%20bamboo&f=false](https://books.google.gr/books?id=YB4ADAMeqlAC&pg=PA241&lpg=PA241&dq=tam+vong+bamboo&source=bl&ots=MPN-HsW5nO&sig=88TQEbxI_N0Zh_SsNNmjhVd4Lo&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwiX3MzXn5nZAhWS3KQKHccDI44ChDoAQhBMAQ#v=onepage&q=tam%20vong%20bamboo&f=false)
- <http://www.core77.com/posts/27901/BIY-Bikes-Build-Your-Own-Bicycle-With-Bamboobee>
- <http://boobicycles.com/>
- <http://boobicycles.com/bamboo/>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CF%80%CE%B1%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%8D>
- <https://cleantechnica.com/2014/06/04/bamboo-cars-carbon-fiber/>
- [http://courseware.mech.ntua.gr/ml00001/mathimata/C1\\_Sintheta\\_ilika.pdf](http://courseware.mech.ntua.gr/ml00001/mathimata/C1_Sintheta_ilika.pdf)
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%B1>
- <https://www.treehugger.com/bikes/unusual-bamboo-bicycle-designed-for-ultimate-affordability.html>
- <http://calfeedesign.com/>
- <http://nemuscycles.de/#Home>
- <http://what-when-how.com/the-finite-element-method/fem-for-frames-finite-element-method-part-1/>
- [http://www.performance-composites.com/carbonfibre/mechanicalproperties\\_2.asp](http://www.performance-composites.com/carbonfibre/mechanicalproperties_2.asp)
- <http://bamboo.wikispaces.asu.edu/4.+Bamboo+Properties>

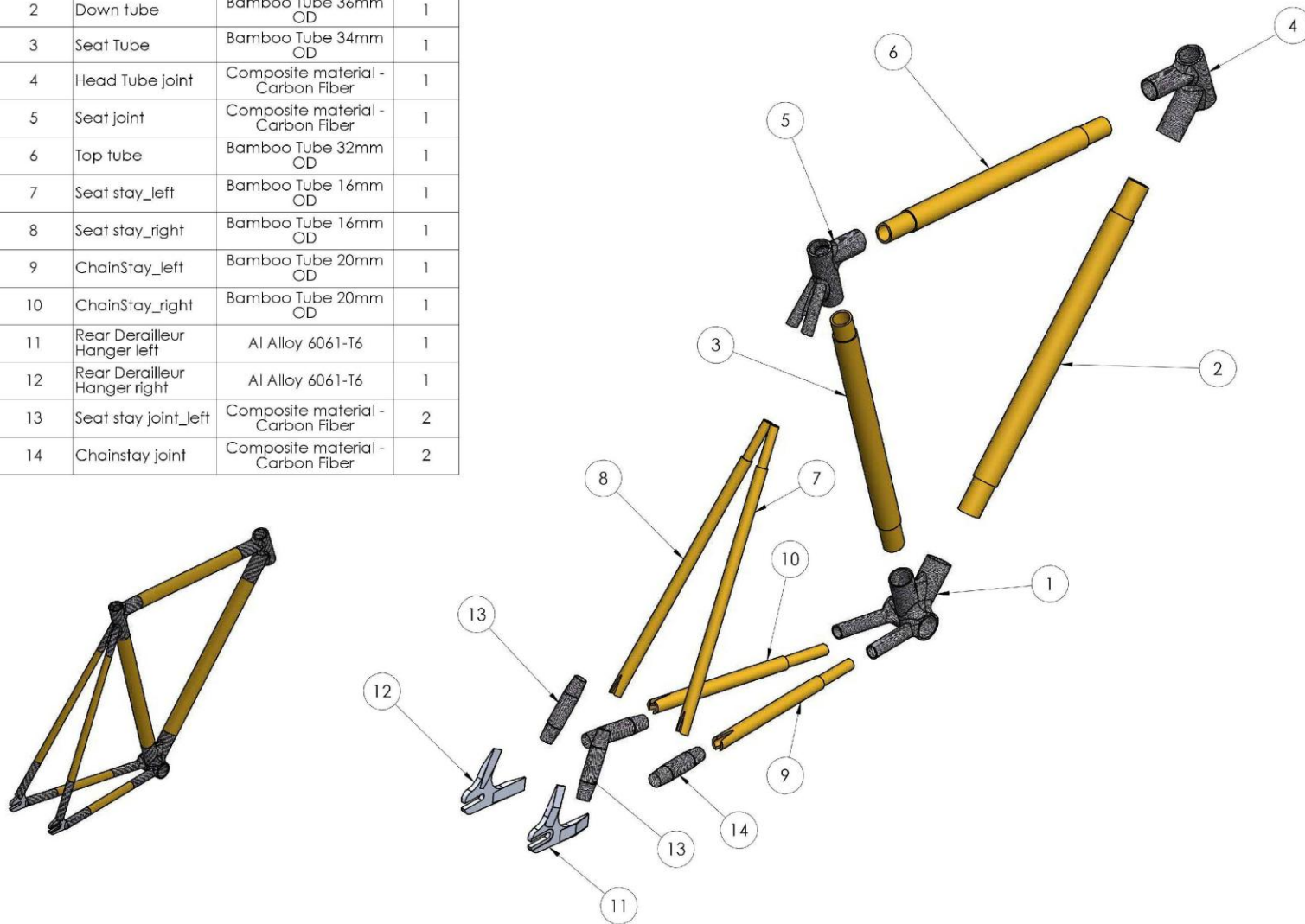
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**



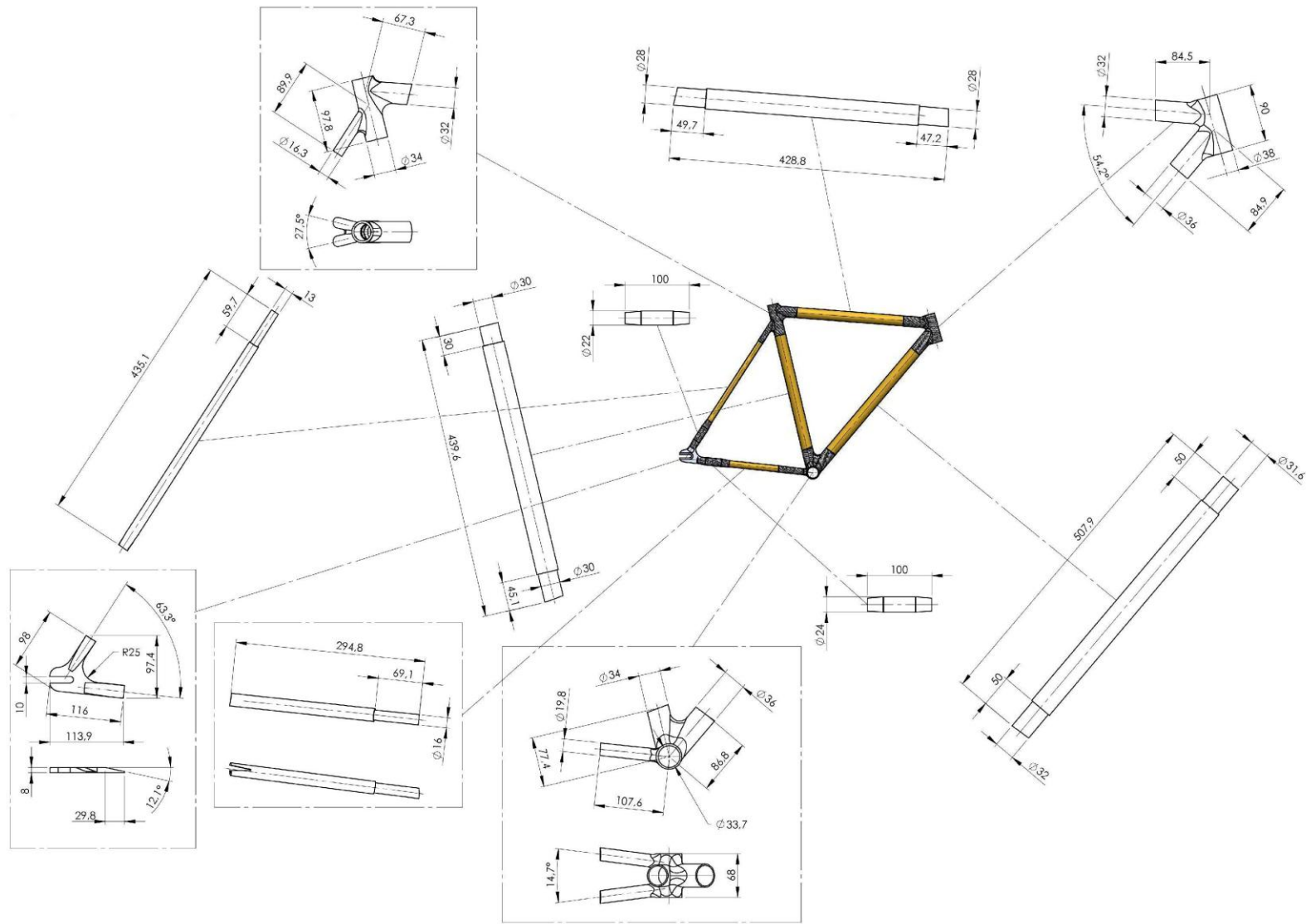
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Crank joint	Composite material - Carbon Fiber	1
2	Down tube	Bamboo Tube 36mm OD	1
3	Seat Tube	Bamboo Tube 34mm OD	1
4	Head Tube joint	Composite material - Carbon Fiber	1
5	Seat joint	Composite material - Carbon Fiber	1
6	Top tube	Bamboo Tube 32mm OD	1
7	Seat stay_left	Bamboo Tube 16mm OD	1
8	Seat stay_right	Bamboo Tube 16mm OD	1
9	ChainStay_left	Bamboo Tube 20mm OD	1
10	ChainStay_right	Bamboo Tube 20mm OD	1
11	Rear Derailleur Hanger left	Al Alloy 6061-T6	1
12	Rear Derailleur Hanger right	Al Alloy 6061-T6	1
13	Seat stay joint_left	Composite material - Carbon Fiber	2
14	Chainstay joint	Composite material - Carbon Fiber	2

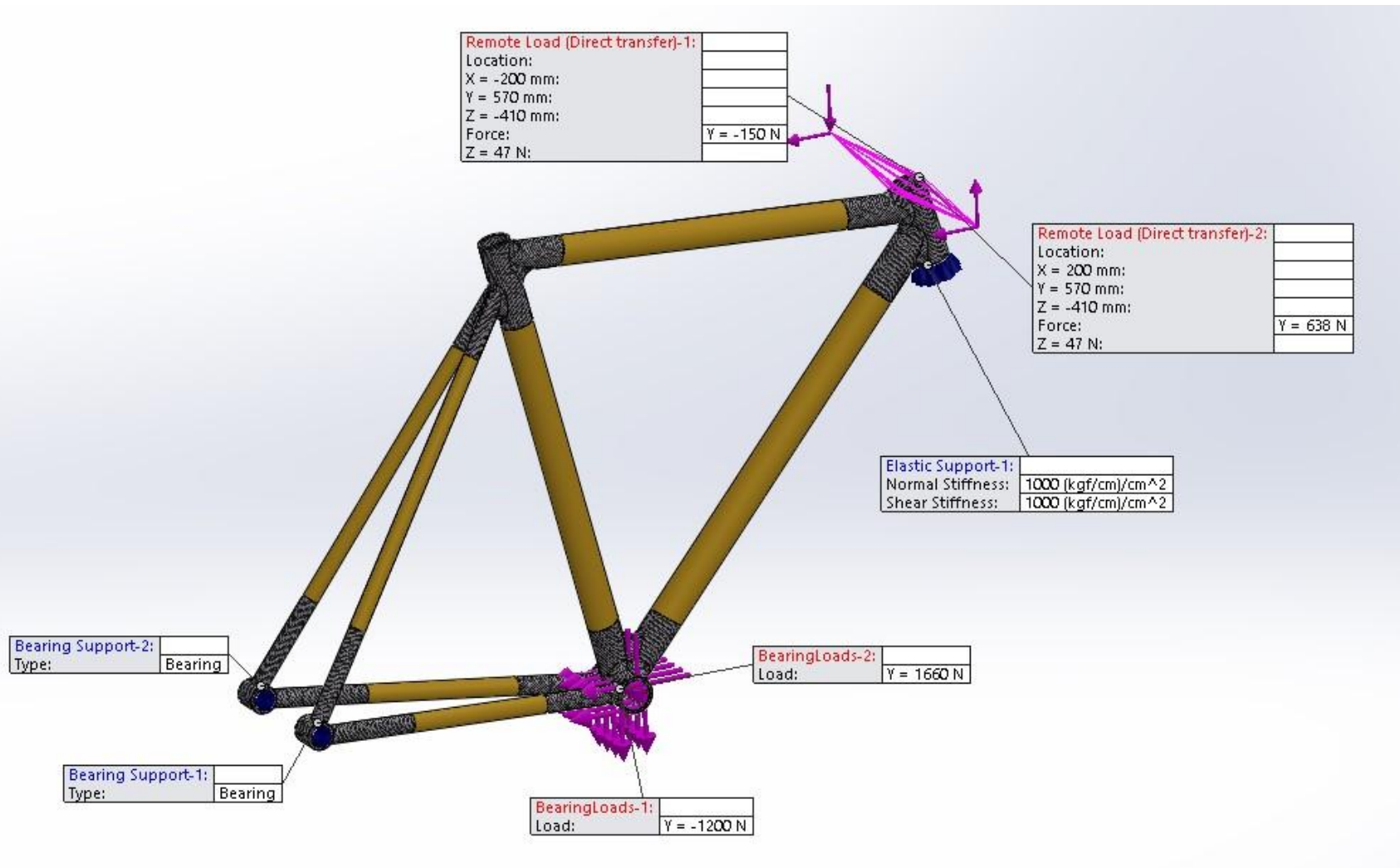




# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV



Force-1:  
Value: 2400 N



Elastic Support-1:  
Normal Stiffness: 1000 (kgf/cm)/cm<sup>2</sup>  
Shear Stiffness: 1000 (kgf/cm)/cm<sup>2</sup>



Bearing Support-2:  
Type: Bearing



Bearing Support-1:  
Type: Bearing

