



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ  
ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ  
ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΠΟΛΗΣ*



Παλατές Μιλτιάδης

Επιβλέπων: Δρ. - Μηχ. Δημήτριος Κουλοχέρης

ΑΘΗΝΑ 2015



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Καταρχήν, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα Δρ. - Μηχ. κ. Δημήτριο Κουλοχέρη, Λέκτορα Ε.Μ.Π., για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου αναθέτοντας μου την εκπόνηση της διπλωματικής αυτής εργασίας.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Δρ. - Μηχ. κ. Σταμάτη Πολύδωρα, ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π., για την διαρκή βοήθεια του σε όλα τα στάδια της διπλωματικής μου εργασίας και για την επιστημονική και τεχνική καθοδήγηση σε ειδικότερα θέματα του Ολοκληρωμένου Μηχανολογικού Σχεδιασμού.

Ευχαριστώ το κύριο Βουλγαρέλη Αντώνη, ιδιοκτήτη του μηχανουργείου 'ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΒΟΥΛΓΑΡΕΛΗΣ & ΣΙΑ ΟΕ' για την βοήθεια στις κοστολογήσεις.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου που με στήριξαν οικονομικά και ψυχολογικά καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο «Προκαταρκτική Μελέτη και Σχεδιασμός Αναδιπλούμενου Ποδηλάτου Πόλης» εκπονήθηκε στο «Εργαστήριο Οχημάτων» της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Η εργασία ασχολείται με τον προκαταρκτικό σχεδιασμό και μελέτη ενός αναδιπλούμενου ποδηλάτου πόλης το οποίο θα είναι χαμηλού κόστους και εξίσου ποιοτικό - αν όχι καλύτερο - με παρόμοια που κυκλοφορούν ήδη στην αγορά.

Ο λόγος για αυτό προκύπτει από το σύγχρονο παγκοσμιοποιημένο και ιδιαίτερα ανταγωνιστικό παραγωγικό περιβάλλον, σε συνθήκες ειδικά για την χώρα μας έντονης και διαρκούς οικονομικής κρίσης, που υπαγορεύουν τη συνεχή αναζήτηση βελτιωμένων και οικονομικά συμφερούσων λύσεων ακόμα και σε προβλήματα που έχουν ήδη αντιμετωπισθεί στο παρελθόν.

Η εργασία ξεκινά με μια ιστορική αναδρομή του ποδηλάτου, με έμφαση στο σχεδιασμό και κατασκευή αναδιπλούμενων ποδηλάτων πόλης.

Εν συνεχεία παρουσιάζονται τα βασικά αρχιτεκτονικά και γεωμετρικά δεδομένα του ποδηλάτου, κυρίως σε ότι αφορά το πλαίσιο και τα συνήθη υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του, καθώς αυτά κυρίως διέπουν το σχεδιασμό του.

Για την επίτευξη της κατάρτισης του φύλλου βασικών τεχνικών προδιαγραφών του μελετώμενου ποδηλάτου γίνεται ανασκόπηση και συστηματική αξιολόγηση των πιο επιτυχημένων ποδηλάτων της κατηγορίας αυτής. Αναζητούνται επίσης και καταγράφονται ευρύτερες προδιαγραφές, κανονισμοί και πρότυπα, με τα οποία κάθε ποδήλατο, και το μελετώμενο, οφείλουν να εναρμονίζονται.

Βασικό εργαλείο υλοποίησης της διπλωματικής εργασίας αποτελεί και το λογισμικό CAD/CAE SolidWorks της 3DS, στο οποίο γίνεται η σχεδίαση και στοιχειώδης ανάλυση των μερών του ποδηλάτου. Ως εκ τούτου γίνεται αναφορά και περιγραφή των βασικών δυνατοτήτων των στοιχείων του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκαν για τους παραπάνω σκοπούς.

Περιγράφονται, αναλύονται και αιτιολογούνται όλα τα στάδια, βήματα και αποφάσεις που ελήφθησαν για τον καθορισμό της Κατασκευαστικής Σύνθεσης και την υλοποίηση της συγκεκριμένης Κατασκευαστικής Διαμόρφωσης του μελετώμενου ποδηλάτου και οι οποίες υλοποιούνται, αναλύονται και επιδεικνύονται σε περιβάλλον SolidWorks.

Στον προτεινόμενο σχεδιασμό ενσωματώνονται έτοιμα εξαρτήματα και υποσυστήματα που αναζητήθηκαν και επελέγησαν από διαθέσιμα, καθώς και αρκετά που σχεδιάστηκαν και συμπληρώθηκαν επί τούτου, δίνοντας μια πληρέστερη συνολική εικόνα του προτεινόμενου ποδηλάτου που επίσης παρουσιάζεται σε περιβάλλον SolidWorks.

Τέλος, επιχειρείται επιμέρους και συνολική αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης-κατασκευαστικής διαμόρφωσης ως προς τους στόχους του σχεδιασμού και εξάγονται τα σχετικά συμπεράσματα.



## **ABSTRASCT**

The presented Diploma Thesis entitled “Preliminary Conceptual and Embodiment Design & Development of a Folding-type Urban Bicycle” was conducted at the “Vehicles Laboratory” of the Mechanical Design and Automatic Control Department of NTUA’s School of ME.

Within the frame of this work the preliminary conceptual and embodiment design and development stages for a folding-type urban bicycle are undertaken, with the goal to come up with a low cost solution, of equal, or even higher quality, when compared to similar existing products in the market.

The motive behind this project stems from the modern globalized and notably competitive nature of the production/manufacturing environment, especially under intense and continuous economic recession conditions for our own country, calling for constant search of improved and cost-effective solutions, even for problems that have been dealt in the past.

The study begins with a historical background review of bicycles, emphasizing on the design and manufacture of folding-type bicycles.

Next, basic architectural elements and geometrical data of bicycles are defined and presented, mainly concerning the frame and the most common raw manufacturing materials for it.

In order to constitute the proposed bicycle’s Product Design Specification (PDS) sheet, a review and systematic evaluation of this category’s most successful bicycles is performed. Also, broader specifications, rules and standards are being searched and registered, which the design of a bicycle also has to comply with.

A basic tool for the implementation of this work is the CAD/CAE software SolidWorks, developed by 3DS, which was used for the design and primary analysis of the proposed bicycle. So, a description and brief presentation of the software’s basic capabilities is given, for its elements that have been mainly used for the above purposes.

All stages, steps and decisions followed and leading to the proposed final concept and Design Configuration are being described, analyzed and justified. They are also displayed virtually in SolidWorks environment.

Existing commercial peripheral bicycle parts and subsystems were sought, found and incorporated on the suggested design, together with appropriate secondary parts that also had to be developed and designed, to offer a total perspective of the proposed bicycle. They are also presented in the SolidWorks environment.

Finally, in part and in total evaluations of the suggested design configuration against the PDS-implied design goals, is attempted. Conclusions are drawn and discussed.





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ .....	13
1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ .....	13
1.2. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ.....	13
1.3. ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝΤΕΣ ΤΥΠΟΙ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ.....	24
1.3.1. Ποδήλατα Πόλης .....	24
1.3.2. Ποδήλατα Τουρισμού .....	25
1.3.3. Ποδήλατα ΒΜΧ.....	25
1.3.4. Ποδήλατα Ορεινής Ποδηλασίας .....	25
1.3.5. Ποδήλατα Δρόμου .....	26
1.3.6. Ποδήλατα Πίστας .....	26
1.3.7. Ηλεκτρικά Ποδήλατα.....	27
1.3.8. Αναδιπλούμενο Ποδήλατο Πόλης.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΑΣΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ.....	29
2.1 ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ.....	29
2.1.1 Μέτωπο (Head Tube) .....	29
2.1.2 Άνω Σωλήνας (Top Tube) .....	29
2.1.3 Κάτω Σωλήνας (Down Tube) .....	30
2.1.4 Κάθετος Σωλήνας (Seat Tube).....	30
2.1.5 Κάτω Ψαλίδι (Chain Stays) .....	30
2.1.6 Άνω Ψαλίδι (Seat Stays).....	30
2.1.7 Κέλυφος Μεσαίας Τριβής (Bottom bracket shell) .....	30
2.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ .....	31
2.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	39
3.1 ΟΡΙΣΜΟΙ CAD & CAE.....	39
3.2 ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	40
3.2.1. Ιστορία Των Πεπερασμένων Στοιχείων.....	40
3.2.2. Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων .....	41
3.2.3. Μοντελοποίηση Και Τύποι Πεπερασμένων Στοιχείων .....	41
3.3. ΤΟ SOLIDWORKS ΚΑΙ ΤΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ .....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΟΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΑΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ .....	49

4.1.	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ ΠΟΛΗΣ -ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΕΓΚΥΡΩΝ ΥΠΑΡΚΤΩΝ ΛΥΣΕΩΝ.....	49
4.2.	ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ .....	57
4.3	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ .....	63
4.4	ΕΣΤΙΑΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΛΥΣΗΣ .....	65
4.4.1.	Σχεδιασμός Πλαισίου .....	65
4.4.2.	Σχεδιασμός Μηχανισμού Αναδίπλωσης.....	70
4.4.3.	Σχεδιασμός Συνδέσμων-Προσαρμογέων Πλαισίου-Μηχανισμού Αναδίπλωσης.....	80
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΚΑΤΑ ΑΡΧΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ .....	82
5.1.	ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	82
5.2.	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ SOLIDWORKS .....	85
5.3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ .....	88
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΜΕΝΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗ .....	96
6.1.	ΑΡΧΕΙΑ CAD ΒΑΣΙΚΩΝ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ .....	96
6.2	ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΠΛΗΡΟΥΣ ΤΕΛΙΚΟΥ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΜΕΝΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ.....	98
6.3	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ MOTION STUDY ΤΟΥ SOLIDWORKS.....	100
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΠΡΟΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	104
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ .....	107
	ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	110

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>ΣΧΗΜΑ 1.1</b> ΚΛΑΣΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ	13
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.1</b> ΝΤΡΕΖΙΝΑ ΤΟΥ 1818 ΜΕ ΤΗΝ ΔΙΑΦΗΜΙΣΤΙΚΗ ΤΗΣ ΑΦΙΣΑ	14
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.2</b> ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΜΗΧΑΝΟΚΙΝΗΤΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ, MACMILLAN 1839	14
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.3</b> ΠΟΔΗΛΑΤΟ “VELOCIPÈDE” ,MICHAUX 1968	15
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.4</b> HIGH BICYCLE ‘ARIEL’, JAMES STARLEY ΚΑΙ WILLIAM HILLMAN 1870	15
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.5</b> ΠΡΩΤΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΜΕ ΑΛΥΣΙΔΑ, HENRY LAWSON 1879	16
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.6</b> ΑΣΦΑΛΕΣ ΠΟΔΗΛΑΤΟ ‘ROVER’, JOHN K. STARLEY 1885	16
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.7</b> ΠΡΩΤΟ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ, WILLIAM GROUT 1878	17
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.8</b> ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ, EMMIT G.LATTA 1887	17
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.9</b> ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ, MICHAEL B.RYAN 1894	18
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.10</b> ΝΟΤΙΟΣ ΑΦΡΙΚΗ 1896, ΣΤΡΑΤΙΩΤΕΣ ΤΑΧΥΔΡΟΜΟΙ	19
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.11</b> ΔΙΠΛΟ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ, JULIEN SIMON ΚΑΙ VICTOR DUSSAULT 1895	19
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.12</b> ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΜΕ ΠΤΥΣΣΟΜΕΝΑ ΤΙΜΟΝΙΑ, WILLIAM CROWE 1899	20
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.13</b> ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ ‘MOULTON’, 1962	21
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.14</b> ΔΙΑΦΗΜΙΣΤΙΚΗ ΑΦΙΣΑ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ‘GRAZIELLA’, 1964	21
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.15</b> ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ ‘RALEIGH TWENTY’, 1974	22
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.16</b> ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ ‘PORTABLE BICKERTON’, 1971	22
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.17</b> MOUNTAIN BIKE,1974	23
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.18</b> ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΔΑΗΟΝ 1982 - ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ BROMPTON 1981	23
<b>ΣΧΗΜΑ 1.2.19</b> ΠΡΩΤΟ MOUNTAIN BIKE ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ MONTAQUE,1991	24
<b>ΣΧΗΜΑ 1.3.1</b> ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΠΟΛΗΣ	24
<b>ΣΧΗΜΑ 1.3.2</b> ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ	25
<b>ΣΧΗΜΑ 1.3.3</b> ΠΟΔΗΛΑΤΟ BMX	25
<b>ΣΧΗΜΑ 1.3.4</b> ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΟΡΕΙΝΗΣ ΠΟΔΗΛΑΣΙΑΣ	26
<b>ΣΧΗΜΑ 1.3.5</b> ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΔΡΟΜΟΥ	26
<b>ΣΧΗΜΑ 1.3.6</b> ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΠΙΣΤΑΣ	27
<b>ΣΧΗΜΑ 1.3.7</b> ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ	27
<b>ΣΧΗΜΑ 1.3.8</b> ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΠΟΛΗΣ	28
<b>ΣΧΗΜΑ 2.1</b> ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ	29
<b>ΣΧΗΜΑ 2.2.1</b> STAND OVER HEIGHT	31
<b>ΣΧΗΜΑ 2.2.2</b> SADDLE HEIGHT	31
<b>ΣΧΗΜΑ 2.2.3</b> REACH & STACK	32
<b>ΣΧΗΜΑ 2.2.4</b> SEAT TUBE LENGTH	32
<b>ΣΧΗΜΑ 2.2.5</b> SEAT TUBE ANGLE	32
<b>ΣΧΗΜΑ 2.2.6</b> SADDLE SET BACK	33
<b>ΣΧΗΜΑ 2.2.7</b> WHEELBASE & BOTTOM BRACKET DROP	33
<b>ΣΧΗΜΑ 2.2.8</b> HEAD TUBE ANGLE & TRAIL & FORK RAKE	34
<b>ΣΧΗΜΑ 2.3.1.</b> ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ	35
<b>ΣΧΗΜΑ 2.3.2</b> ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΑΠΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	36
<b>ΣΧΗΜΑ 2.3.3</b> ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΑΠΟ ΤΙΤΑΝΙΟ	37
<b>ΣΧΗΜΑ 2.3.4</b> ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΑ	37
<b>ΣΧΗΜΑ 3.1.1</b> 2D&3D ΣΧΕΔΙΟ	39
<b>ΣΧΗΜΑ 3.1.2</b> ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΠΙΣΤΟΝΙ	40
<b>ΣΧΗΜΑ 3.2.3</b> ΤΥΠΟΙ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	42
<b>ΣΧΗΜΑ 4.1.1</b> ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΔΑΗΟΝ VYBE C7A	49
<b>ΣΧΗΜΑ 4.1.2</b> ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ TERN LINK C7	50
	10

<b>ΣΧΗΜΑ 4.1.3</b>	<b>ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ BIRDY INTER 8</b>	51
<b>ΣΧΗΜΑ 4.1.4</b>	<b>ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ IF MOVE</b>	52
<b>ΣΧΗΜΑ 4.1.5</b>	<b>ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ, A-BIKE</b>	54
<b>ΣΧΗΜΑ 4.1.6</b>	<b>ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ, BTWIN TILT-7</b>	55
<b>ΣΧΗΜΑ 4.1.7</b>	<b>ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ, JANGO V18</b>	56
<b>ΣΧΗΜΑ 4.3.1</b>	<b>BOTTOM BRACKET, SHIMANO OCTALINK E25</b>	63
<b>ΣΧΗΜΑ 4.3.2</b>	<b>REAR AXLE, SHRAM MTH406</b>	64
<b>ΣΧΗΜΑ 4.3.3</b>	<b>FRONT AXLE, SHRAM MTH406</b>	64
<b>ΣΧΗΜΑ 4.3.4</b>	<b>CRANKSET, SHIMANO ALTUS M3117-8SPEED</b>	64
<b>ΣΧΗΜΑ 4.4.1.1</b>	<b>ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΠΟΔΗΛΑΤΟ ΤΥΠΟΥ ΔΙΑΜΑΝΤΙ</b>	65
<b>ΣΧΗΜΑ 4.4.1.2</b>	<b>ΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ</b>	66
<b>ΣΧΗΜΑ 4.4.2.1</b>	<b>1<sup>ΟΣ</sup> ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ, ΤΥΠΟΥ ΜΕΝΤΕΣΕ</b>	70
<b>ΣΧΗΜΑ 4.4.2.2</b>	<b>2<sup>ΟΣ</sup> ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ, ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ</b>	70
<b>ΣΧΗΜΑ 4.4.2.3</b>	<b>ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	71
<b>ΣΧΗΜΑ 5.1.1</b>	<b>ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΟΔΗΓΗΣΗΣ</b>	82
<b>ΣΧΗΜΑ 5.1.2</b>	<b>ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΚΡΟΥΣΗΣ 1</b>	83
<b>ΣΧΗΜΑ 5.1.3</b>	<b>ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΚΡΟΥΣΗΣ 2</b>	84
<b>ΣΧΗΜΑ 5.1.4</b>	<b>ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ</b>	84
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΣΤΟ SOLIDWORKS SIMULATION</b>	88
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.2</b>	<b>ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΣΤΟ SOLIDWORKS SIMULATION</b>	89
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.3</b>	<b>ΣΕΝΑΡΙΟ ΟΔΗΓΗΣΗΣ, ΤΑΣΗ VON MISSES</b>	90
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.4</b>	<b>ΣΕΝΑΡΙΟ ΟΔΗΓΗΣΗΣ, ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ</b>	90
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.5</b>	<b>ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΚΡΟΥΣΗΣ 1<sup>Ο</sup> ΣΤΟ SOLIDWORKS SIMULATION</b>	91
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.6</b>	<b>ΣΕΝΑΡΙΟ ΚΡΟΥΣΗΣ 1<sup>Ο</sup>, ΤΑΣΗ VON MISSES</b>	91
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.7</b>	<b>ΣΕΝΑΡΙΟ ΚΡΟΥΣΗΣ 1<sup>Ο</sup>, ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ</b>	92
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.8</b>	<b>ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΚΡΟΥΣΗΣ 2<sup>Ο</sup> ΣΤΟ SOLIDWORKS SIMULATION</b>	92
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.9</b>	<b>ΣΕΝΑΡΙΟ ΚΡΟΥΣΗΣ 2<sup>Ο</sup>, ΤΑΣΗ VON MISSES</b>	93
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.10</b>	<b>ΣΕΝΑΡΙΟ ΚΡΟΥΣΗΣ 2<sup>Ο</sup>, ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ</b>	93
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.11</b>	<b>ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΣΤΟ SOLIDWORKS SIMULATION</b>	94
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.12</b>	<b>ΣΕΝΑΡΙΟ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ, ΤΑΣΗ VON MISSES</b>	94
<b>ΣΧΗΜΑ 5.3.13</b>	<b>ΣΕΝΑΡΙΟ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ, ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ</b>	95
<b>ΣΧΗΜΑ 6.2.1</b>	<b>ΠΛΗΡΗΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ</b>	99
<b>ΣΧΗΜΑ 6.3.1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΟΤΙΟΝ STUDY</b>	100

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3</b>	<b>ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΛΙΚΩΝ</b>	<b>38</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.1</b>	<b>ΣΥΓΚΡΙΝΟΜΕΝΕΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ</b>	<b>58</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.2</b>	<b>ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ</b>	<b>59</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.3</b>	<b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ</b>	<b>59</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.4</b>	<b>ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ</b>	<b>60</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.5</b>	<b>ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ALUMINIUM 6061-T6</b>	<b>61</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.6</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ</b>	<b>61</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.7</b>	<b>ΑΡΧΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ</b>	<b>62</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.1.1</b>	<b>ΕΜΠΡΟΣΘΙΟ ΤΜΗΜΑ ΠΛΑΙΣΙΟΥ (FRONT PART)</b>	<b>67</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.1.2</b>	<b>ΠΙΣΩ ΤΜΗΜΑ ΠΛΑΙΣΙΟΥ (REAR PART)</b>	<b>68</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.1.3</b>	<b>ΠΙΡΟΥΝΙ (FORK)</b>	<b>69</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.1</b>	<b>ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>72</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.2</b>	<b>ΆΝΩ ΚΕΛΥΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>73</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.3</b>	<b>ΚΑΤΩ ΚΕΛΥΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>74</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.4</b>	<b>ΕΛΑΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>75</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.5</b>	<b>ΆΞΟΝΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>76</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.6</b>	<b>ΠΕΙΡΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>76</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.7</b>	<b>ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>77</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.8</b>	<b>ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>77</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.9</b>	<b>ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>78</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.10</b>	<b>ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>78</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.11</b>	<b>ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΕΔΡΑΣΗΣ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>79</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.12</b>	<b>ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ I ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>79</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.13</b>	<b>ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ II ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>80</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.3.1</b>	<b>ΟΠΙΣΘΙΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ-ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΑΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>80</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.3.2</b>	<b>ΕΜΠΡΟΣΘΙΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ-ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΑΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>81</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.3.3</b>	<b>ΚΑΤΩ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ-ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΑΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>81</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1</b>	<b>ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΑΠΟ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΕΣ</b>	<b>97</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2</b>	<b>ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΠΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΚΑΝ</b>	<b>98</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ</b>	<b>104</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ</b>	<b>105</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ</b>	<b>105</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΟΒΑΛ</b>	<b>106</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 7.5</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ</b>	<b>106</b>

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ**

### **1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ**

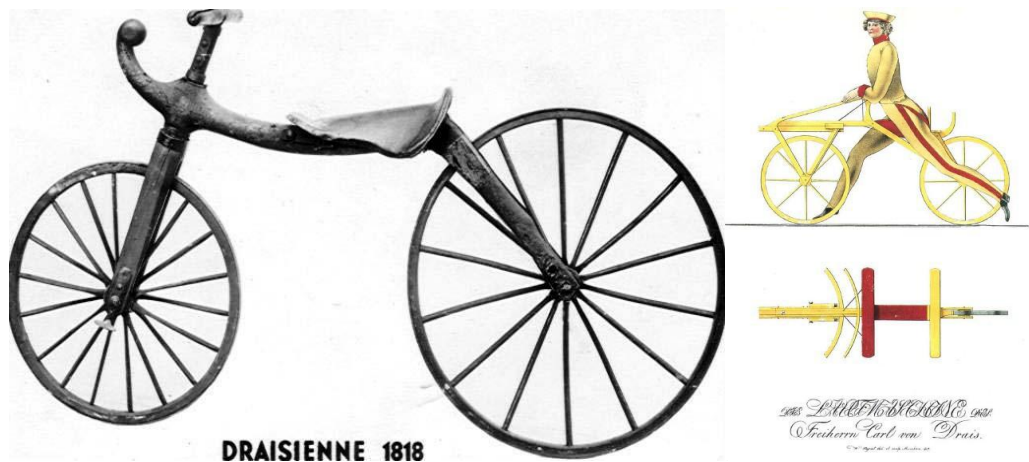
Ποδήλατο ονομάζεται το δίτροχο (μερικές φορές τρίτροχο) όχημα, που κινείται καθώς ο αναβάτης του χρησιμοποιεί τη μυϊκή δύναμη των ποδιών του. Το ποδήλατο αποτελεί ένα ιδιαίτερα διαδεδομένο μεταφορικό μέσο. Ο αριθμός των ποδηλάτων του πλανήτη στις μέρες μας υπολογίζεται ότι ξεπερνά το ένα δισεκατομμύριο. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ποδηλάτου αποτελεί η δυνατότητα του να ανταποκρίνεται σε αρκετά διαφορετικές απαιτήσεις, όπως είναι η μετακίνηση, η άθληση και η ψυχαγωγία. Στην κλασική του μορφή, το ποδήλατο αποτελείται από δύο τροχούς, οι οποίοι βρίσκονται ο ένας πίσω από τον άλλο και συνδέονται μεταξύ τους με μεταλλικό 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 (π.χ. εξαρτήματα μεταφοράς φορτίου, χειραντλία αέρα, εργαλειοθήκη κ.τ.λ.). (1)



Σχήμα 1.1 Κλασικός τύπος ποδηλάτου

### **1.2. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ**

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. Μία από τις κατασκευές αυτές, που από πολλούς θεωρείται ο πρόγονος του ποδηλάτου, ήταν η 'draisienne' (ντρεζίνα). Η ντρεζίνα κατασκευάστηκε από τον Γερμανό βαρόνο Karl Von Drais , το 1817 (η ονομασία 'draisienne' αποτελεί γαλλική απόδοση του ονόματος του κατασκευαστή της). Η draisienne ήταν σχεδόν εξολοκλήρου κατασκευασμένη από ξύλο, ζύγιζε 22 κιλά ,είχε δακτυλίους ορείχαλκου για την έδραση των τροχών, τροχούς με σίδηρο περιμετρικά, και ένα πίσω φρένο. Μη διαθέτοντας πετάλια, ο αναβάτης την έθετε σε κίνηση σπρώχνοντας με τα πόδια του προς τα πίσω. Η κατασκευή του Karl Von Drais έγινε γνωστή και ως hobby-horse, αντανakλώντας την πεποίθηση των οπαδών της ότι θα αντικαθιστούσε το βασικό μεταφορικό μέσο του 19ου αιώνα, το άλογο. (1)



Σχήμα 1.2.1 Ντρεζίνα του 1818 με την διαφημιστική της αφίσα

Το 1839 εμφανίζεται το πρώτο μηχανοκίνητο ποδήλατο, από τον σκωτσέζο σιδηρουργό Kirkpatrick MacMillan, ο οποίος σχεδιάζει και παρουσιάζει την 'velocipede'. Ο MacMillan βελτίωσε την κατασκευή του Karl Von Drais, εισάγοντας τη χρήση των πεταλιών, συνδεδεμένων με ράβδους με τον οπίσθιο τροχό. Με αυτό τον τρόπο, ο αναβάτης δεν ήταν πλέον αναγκασμένος να φέρνει τα πόδια του σε επαφή με το έδαφος, κάτι που περιόριζε σημαντικά την ταχύτητα του οχήματος. (1)



Σχήμα 1.2.2 Το πρώτο μηχανοκίνητο ποδήλατο, MacMillan 1839

Είκοσι χρόνια αργότερα, το 1860, ο Γάλλος Pierre Michaux αλλάζει το σχέδιο της 'velocipede', συνδέοντας τα πετάλια απευθείας με τον μπροστινό τροχό. Αργότερα, ο Michaux θα εισάγει τη χρήση συμπαγούς καουτσούκ στους τροχούς, δείχνοντας ουσιαστικά το δρόμο προς τα γνωστά στις μέρες μας ελαστικά ποδηλάτου. (2)

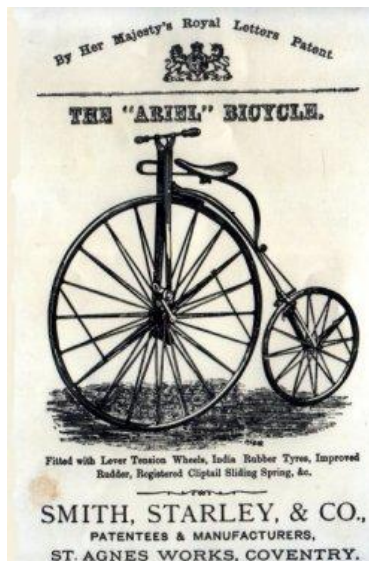
Το 1868 οι αδερφοί Olivier, διανύουν την απόσταση Παρίσι – Αβινιόν σε μόλις 8 ημέρες, αναγνωρίζοντας την αξία του ποδηλάτου. Έπειτα από αυτό το κατόρθωμα, συνεργάζονται με τον Pierre Michaux και με έναν μηχανικό, ανοίγουν την πρώτη επιχείρηση, που παρήγαγε μαζικά ποδήλατα, αντικαθιστώντας το ξύλινο πλαίσιο από δυο χυτά μεταλλικά κομμάτια ενωμένα μεταξύ τους με βίδα. (1)



Σχήμα 1.2.3 Ποδήλατο "Velocipede", Michaux 1968

Το 1869 γεννήθηκε το High Bicycle από τον γάλλο Eugene Meyer, ο οποίος επινόησε τις γνωστές ακτινωτές ζάντες που χρησιμοποιούνται στα δίτροχα οχήματα μέχρι και σήμερα. Οι ζάντες των τροχών στηρίζονταν στους άξονες με ακτίνες. Ο μπροστινός τροχός μεγάλωσε πάρα πολύ, ενώ ο πίσω μικρυνε πάρα πολύ και το πλαίσιο γίνεται ακόμα πιο ελαφρύ, επιτρέποντας έτσι μεγαλύτερες ταχύτητες και μείωση των κραδασμών από τους μεταλλικούς τροχούς. (1)

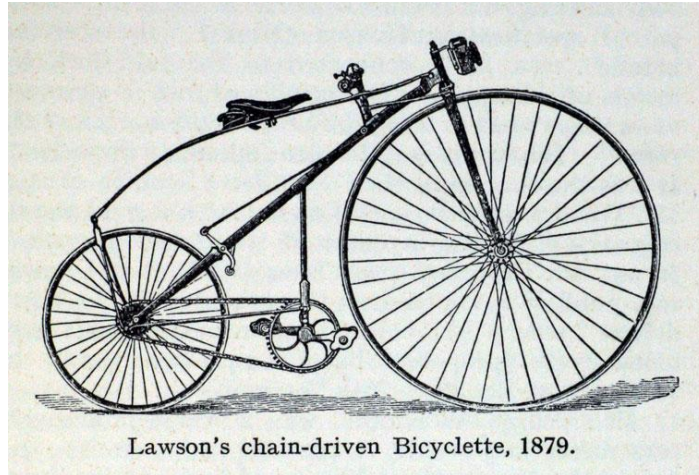
Το 1870 οι Βρετανοί James Starley και ο William Hillman σχεδιάζουν ένα ποδήλατο με αρκετά μεγαλύτερο μπροστινό τροχό. Με αυτό τον τρόπο καταφέρνουν την εκπληκτική, για την εποχή, ταχύτητα των 24 km/h. Το μοντέλο που κατασκεύασαν ονομάστηκε 'ariel' και ήταν το πρώτο ποδήλατο εξ' ολοκλήρου κατασκευασμένο από μέταλλο. Βασικό μειονέκτημα του, το μέγεθος του μπροστινού τροχού και η υψηλή θέση της σέλας, που είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ασφάλειας του αναβάτη. (2)



Σχήμα 1.2.4 High Bicycle 'ARIEL', James Starley και William Hillman 1870



Το 1879 ο Henry Lawson μεταφέρει την αλυσιδωτή κίνηση στον πίσω τροχό.



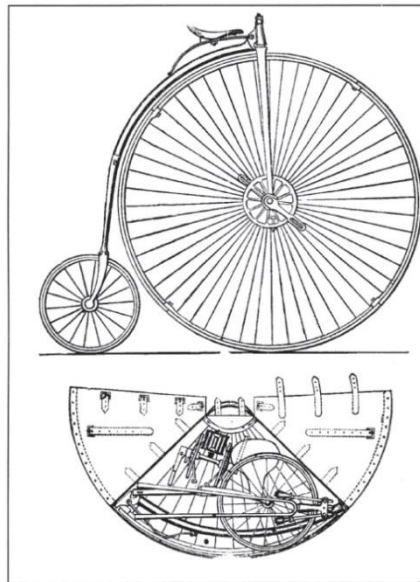
**Σχήμα 1.2.5** Πρώτο ποδήλατο με αλυσίδα, Henry Lawson 1879

Το 1885 έγινε η κυριότερη μετατροπή με την οποία το ποδήλατο πήρε την κλασική του μορφή, με τις δύο ίδιες ρόδες, την αλυσίδα που δίνει κίνηση στην πίσω ρόδα και τις μεταλλικές ακτίνες. Σε αυτό βοήθησε πολύ η εξέλιξη της μεταλλουργίας, καθώς και η εφεύρεση του John Dunlop , τα φουσκωτά λάστιχα. Το ποδήλατο με φουσκωτά λάστιχα προσέφερε άνετη διαδρομή και σε πλακόστρωτο αλλά και σε χωμάτινες διαδρομές, απορροφώντας τους κραδασμούς. Η χρήση αλυσιδωτής 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. Επίσης ο σκελετός είναι κούφιος μεταλλικός, μειώνοντας το βάρος του ποδηλάτου. Χαρακτηρίστηκε ως το πρώτο ασφαλές ποδήλατο και ονομάστηκε 'rover' ,με δημιουργό του τον John Kemp Starley. (1)



**Σχήμα 1.2.6** Ασφαλές ποδήλατο 'ROVER', John K. Starley 1885

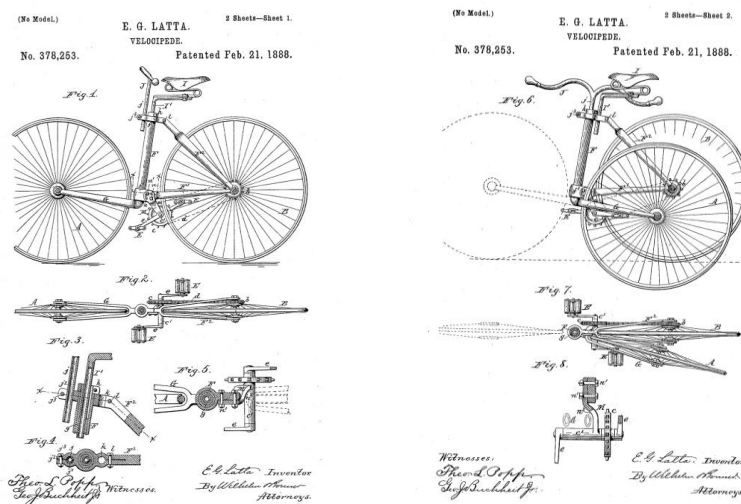
Παράλληλα με την ανάγκη για δημιουργία ενός ασφαλούς ποδηλάτου το 1878, ο άγγλος William Grouth μέλλει να γίνει ο πατέρας του αναδιπλούμενου ποδηλάτου. Σχεδιάζει ένα ποδήλατο που η τεράστια μπροστινή ρόδα σπάει σε κομμάτια και το πλαίσιο του αποσυναρμολογείται. Στην ουσία δεν είναι αναδιπλούμενο ποδήλατο, αλλά φορητό. (3)



The Grouth Portable attempted to overcome the obstacle to folding that large wheels posed, with a front wheel that split down into four quadrants.

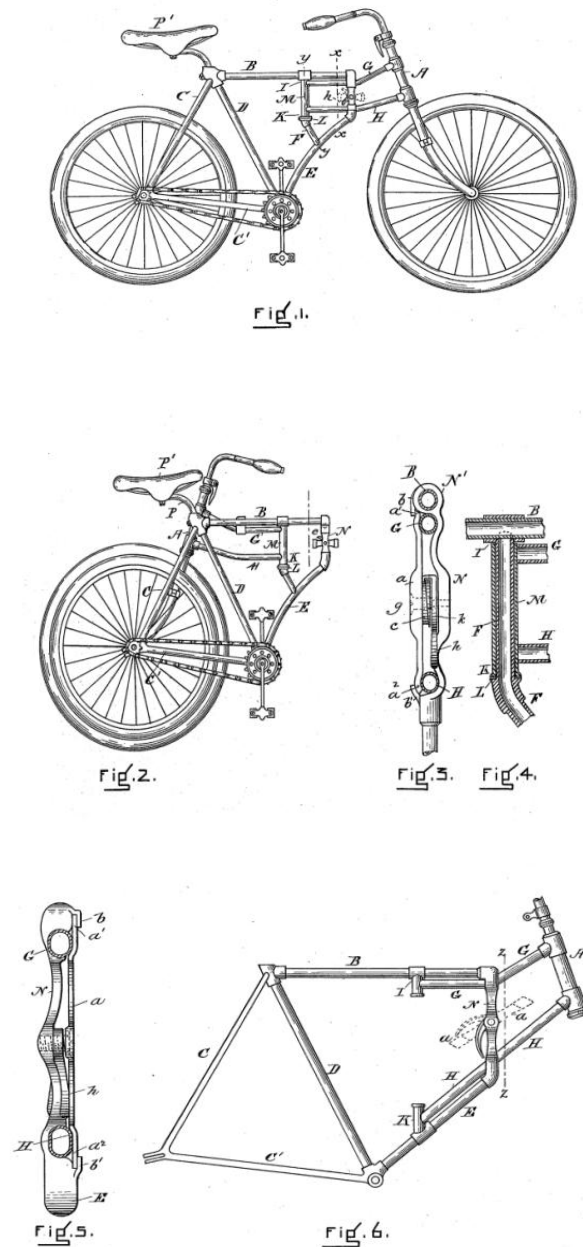
**Σχήμα 1.2.7** Πρώτο αναδιπλούμενο ποδήλατο, William Grouth 1878

Στις 16 Σεπτεμβρίου 1887 ο αμερικάνος Emmitt G. Latta πατεντάρισε την εφεύρεση ενός σπαστού ποδηλάτου και στην συνέχεια πουλά την πατέντα του στην εταιρία Pope Manufacturing Co. (3)



**Σχήμα 1.2.8** Αναδιπλούμενο ποδήλατο, Emmitt G.Latta 1887

Στις 17 Απριλίου 1894, ο Michael B. Ryan επίσης πατεντάρισε την εφεύρεση ενός ακόμα εναλλακτικού αναδιπλούμενου ποδηλάτου.



Σχήμα 1.2.9 Αναδιπλούμενο ποδήλατο, Michael B.Ryan 1894

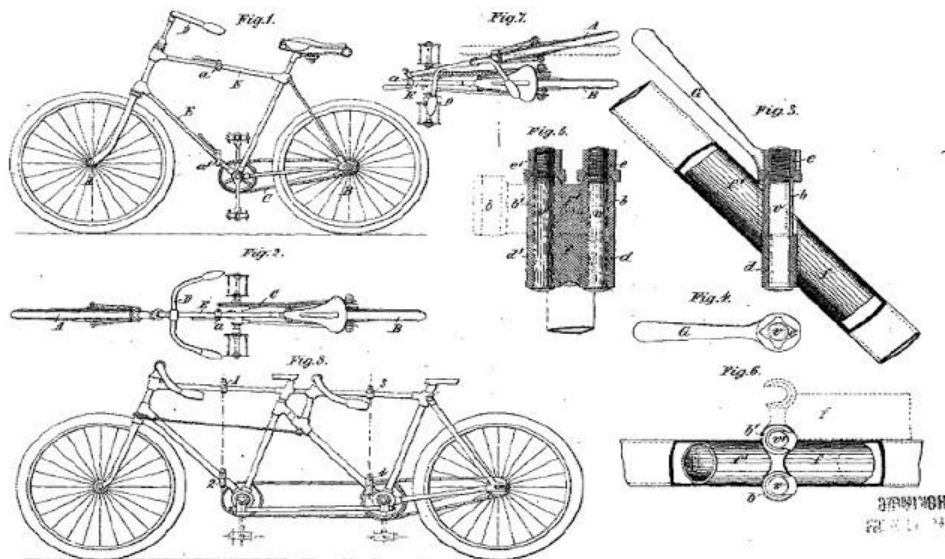
Στα τέλη του 19ου αιώνα, στην Ευρώπη, τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Αυστραλία, ήταν αναπόφευκτη και η στρατιωτική χρήση των αναδιπλούμενων ποδηλάτων. Το μέχρι τότε ελαφρύ μεταφορικό μέσο που χρησιμοποιούσαν οι στρατιώτες ήταν το άλογο που δημιουργούσε πολλά προβλήματα. Τα άλογα

χρειάζονταν φροντίδα, τροφή και χώρο για να κοιμούνται. Τα αναδιπλούμενα ποδήλατα ήταν εύκολο να επικρατήσουν των αλόγων γιατί αποθηκεύονταν εύκολα και απλά ήθελαν μια ελάχιστη συντήρηση. (4)



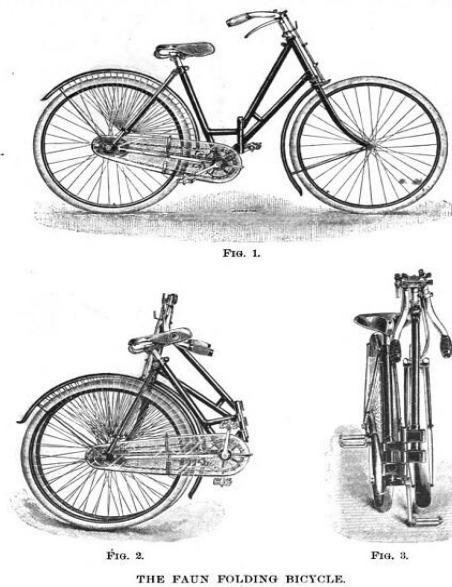
Σχήμα 1.2.10 Νότιος Αφρική 1896, στρατιώτες ταχυδρόμοι

Το πρώτο αναδιπλούμενο διπλό ποδήλατο επινοήθηκε από τον Julien Simon και Victor Dussault στη Γαλλία και έκαναν αίτηση για δίπλωμα ευρεσιτεχνία, στις 10 Μαΐου 1895. Ήταν ένα κανονικό αναδιπλούμενο ποδήλατο για ένα αναβάτη, που θα μπορούσε να μετατραπεί σε ένα αναδιπλούμενο ποδήλατο για δυο αναβάτες με την προσθήκη ενός άλλου πλαισίου και κάποιων συνδέσμων. (3)



Σχήμα 1.2.11 Διπλό αναδιπλούμενο ποδήλατο, Julien Simon και Victor Dussault 1895

Το 1896 στην Αγγλία παράγεται το 'Faun Folding Cycle' ένα αναδιπλούμενο ποδήλατο με πτυσσόμενα τιμόνια και μηχανισμό φρένου χειρός. Η καινοτομία αυτή εφευρέθηκε από τον William Crowe ο οποίος πήρε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για αυτό, στις 18 Μαρτίου 1899. (3)



**Σχήμα 1.2.12** Αναδιπλούμενο ποδήλατο με πτυσσόμενα τιμόνια, William Crowe 1899

Στις αρχές του 20ου αιώνα η μαζική παραγωγή των ποδηλάτων αυξάνεται κατακόρυφα, μειώνοντας έτσι το κόστος παραγωγής και τις τιμές. Το 1920, το ποδήλατο πλέον θεωρείται παιχνίδι των παιδιών και έως την δεκαετία του 1940, οι περισσότεροι κατασκευαστές ποδηλάτων στην Αμερική, φτιάχνουν ποδήλατα κυρίως για παιδιά. Απεναντίας, στην Ευρώπη, το ποδήλατο έχει καθιερωθεί ως «παιχνίδι ενηλίκων», και κατασκευάζονται πλέον ποδήλατα για αγώνες δρόμου και ποδήλατα για βόλτα στην εξοχή. Είναι η πρώτη φορά που εμφανίζονται διαφορετικές κατηγορίες ποδηλάτων, με διαφορετική γεωμετρία προσανατολισμένη περισσότερο προς μια κατεύθυνση.

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 από το 1930 και μετά επετράπη η χρήση του μηχανισμού αυτού σε αγώνες. 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, ποδόφρενο και μία μόνο ταχύτητα. Ήταν σχεδιασμένα να προσφέρουν αντοχή, άνεση, αεροδυναμική εμφάνιση, και μια τεράστια ποικιλία από παρελκόμενα εξαρτήματα, όπως φώτα κ.α. Την δεκαετία του 1950 στην Αμερική έγιναν δημοφιλή τα ελαφριά ποδήλατα, με φρένα χειρός, στενά λάστιχα, και ένα σύστημα τριών ταχυτήτων που εισάγονταν από την Αγγλία. Είχαν σαν εξοπλισμό, φώτα τα οποία έπαιρναν ενέργεια από δυναμό, ανακλαστήρες ασφάλειας και τρόμπες για τα λάστιχα προσαρμοσμένες στο πλαίσιο.

Στη δεκαετία του 1960 αναζωπυρώνεται το ενδιαφέρον για τα ποδήλατα που διπλώνουν. Ένα μεγάλο μέρος της ώθησης για το ενδιαφέρον αυτό έχει πιστωθεί με την κατασκευή του ποδηλάτου 'Moulton' το 1962. Αν και δεν είναι ένα ποδήλατο που αναδιπλώνεται εύκολα, το Moulton έγινε πηγή έμπνευσης για πολλά πτυσσόμενα σχέδια ποδηλάτων που κατασκευάστηκαν μετέπειτα. (5)



Σχήμα 1.2.13 Αναδιπλούμενο ποδήλατο 'Moulton', 1962

Ωστόσο, μεγάλη επίδραση στα μελλοντικά αναδιπλούμενα ποδήλατα προκάλεσε η κατασκευή της ιταλικής 'Graziella' το 1964. Είναι απλού σχήματος τύπου U και σχεδιάστηκε από το φημισμένο Ιταλό σχεδιαστή Rinaldo Donzelli. Το πρώτο μοντέλο παράγεται το 1964 από την εταιρεία Carnielli του Vittorio Veneto με συνολικό βάρος 16 kg και μέγεθος όταν είναι διπλωμένο 75x60x30cm. (6)



Σχήμα 1.2.14 Διαφημιστική αφίσα αναδιπλούμενου ποδηλάτου 'Graziella', 1964

Το 1971 δεκάδες κατασκευαστές σε πολλές χώρες παράγουν το πιο γνωστό αναδιπλούμενο ποδήλατο το 'Raleigh Twenty', που αρχικά κατασκευαζόταν την Αγγλία και την Γαλλία. Κατασκευαζόταν μέχρι το 1984 και αυτό δείχνει την μεγάλη διάρκεια ζωής στην αγορά. Σημαντικό χαρακτηριστικό η χρήση ταχυτήτων στον πίσω τροχό (εντός του άξονα του τροχού). (3)



**Σχήμα 1.2.15** Αναδιπλούμενο ποδήλατο 'Raleigh Twenty', 1974

Την ίδια χρονιά σχεδιάστηκε από τον Harry Bickerton το αναδιπλούμενο ποδήλατο με την ονομασία 'Portable Bickerton'. Το ποδήλατο ήταν κατασκευασμένο από αλουμίνιο που το έκανε ελαφρύ και μεταφερόταν με ευκολία γιατί όταν ήταν διπλωμένο ήταν αρκετά μικρό. Το 'Portable Bickerton' παρήχθη από το 1971 έως το 1991 με πωλήσεις περίπου 150.000 κομμάτια. (3)



**Σχήμα 1.2.16** Αναδιπλούμενο ποδήλατο 'Portable Bickerton', 1971

Το 1981, κάνει την εμφάνισή του το πρώτο ποδήλατο μαζικής παραγωγής, Mountain Bike. Αμέσως έγινε αγαπητό από το ποδηλατικό κοινό και ο λόγος είναι η ανάγκη των ανθρώπων να ξεφύγουν από την αστική ζωή, με την ορεινή ποδηλασία και να έρθουν περισσότερο σε επαφή με την φύση, δίνοντάς τους μια

αίσθηση απόδρασης από την ρουτίνα. Τα ποδήλατα αυτά χαρακτηρίζονται από τον στιβαρό σκελετό, τα φαρδιά 'τρακτερωτά' εκτός δρόμου λάστιχα, όρθια θέση του αναβάτη για να βλέπει από μακριά την διαδρομή και σε κάποια με αποσβεστήρες για περισσότερη άνεση. (3)



**Σχήμα 1.2.17** Mountain Bike,1974

Το 1981 ο Andrew Ritchie κατασκευάζει το πρώτο 'Brompton folding bicycle' ενώ το 1982 ο David Hon σχεδιάζει το πρώτο 'Dahon folding bicycle'. Και τα δύο αποτελούν τις δημοφιλέστερες μάρκες σπαστών ποδηλάτων ακόμα και σήμερα. (3)



**Σχήμα 1.2.18** Αναδιπλούμενο ποδήλατο Dahon 1982 - Αναδιπλούμενο Ποδήλατο Brompton 1981



Το 1987 ιδρύθηκε Montague Bikes από τον Harry και David Montague, πατέρα και γιο, για να παράγουν πλήρους μεγέθους αναδιπλούμενα ποδήλατα.



Σχήμα 1.2.19 Πρώτο Mountain Bike της εταιρείας Montague, 1991

Στις μέρες μας τα ποδήλατα εξελίσσονται ακόμη και μάλιστα πολύ γρήγορα, λόγω και της ραγδαίας εξέλιξης της τεχνολογίας. Η εύρεση και χρήση νέων υλικών και η αξιοποίηση σχεδιαστικών προγραμμάτων, πεπερασμένων στοιχείων και άλλων υπολογιστικών μεθόδων, έδωσαν την δύναμη στους κατασκευαστές να είναι σε θέση να αναλύσουν λεπτομερειακά και να τελειοποιήσουν ένα ποδήλατο.

### **1.3. ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝΤΕΣ ΤΥΠΟΙ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ**

Η εξέλιξη του ποδηλάτου όπως παρουσιάστηκε παραπάνω έχει οδηγήσει στην κατασκευή ποδηλάτων συγκεκριμένων πλέον τύπων, κυρίως ανάλογα με την χρήση τους. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι:

#### **1.3.1. Ποδήλατα Πόλης**

Τα ποδήλατα πόλης χρησιμοποιούνται σε αστικό περιβάλλον, για καθημερινές χρηστικές μετακινήσεις ή και αναψυχή, καθώς και σε ήπιο χωματόδρομο μιας και τα ελαστικά τους είναι ανθεκτικά στις ελαφριές χωματινές καταπονήσεις. Χαρακτηριστικά τους, οι μεγάλοι φαρδιοί τροχοί, για καλύτερη πρόσφυση στο δρόμο, με άνετες σέλες, ταχύτητες, χώρους για σακίδια και λασπωτήρες. (7)



Σχήμα 1.3.1 Ποδήλατο πόλης

### **1.3.2. Ποδήλατα Τουρισμού**

Τα ποδήλατα τουρισμού και μακρινών αποστάσεων, που χρησιμεύουν για αυθημερόν διαδρομές και για κάλυψη μακρινών αποστάσεων. Προσφέρουν άνεση στον αναβάτη, χώρους για την μεταφορά μικρών αποσκευών/εργαλείων και λασπωτήρες κάνοντας την εκδρομή πιο ανέμελη. (8)



Σχήμα 1.3.2 Ποδήλατο τουρισμού

### **1.3.3. Ποδήλατα BMX**

Το ποδήλατο BMX, Bicycle Motocross, χρησιμοποιείται σε ακραίες εκτός δρόμου διαδρομές και ακροβατικές/αθλητικές δραστηριότητες. Το μικρό μέγεθος, το χαμηλό ύψος, το ψηλό τιμόνι και η εύκολη στήριξη του αναβάτη το καθιστούν κατάλληλο για τις χρήσεις αυτές ακόμη και από παιδιά. Σήμερα το συναντάμε σε διάφορες επιδείξεις που διοργανώνονται από ποδηλατικές οργανώσεις, με τους αναβάτες να προσφέρουν “ακροβατικό” θέαμα. (7)



Σχήμα 1.3.3 Ποδήλατο BMX

### **1.3.4. Ποδήλατα Ορεινής Ποδηλασίας**

Το ποδήλατο ορεινής ποδηλασίας ή ποδήλατο βουνού έχει σχεδιαστεί για να μην αντιμετωπίζει προβλήματα όταν κινείται σε λασπώδεις ή άγριες επιφάνειες. Έχει φαρδιά έκτος δρόμου ελαστικά, υψηλής πρόσφυσης και διαθέτει αναρτήσεις. Η ανάρτηση στον μπροστινό τροχό τα πρώτα χρόνια ήταν δεδομένη ενώ τα τελευταία η χρήση ρυθμιζόμενων αναρτήσεων και στους δύο τροχούς γίνεται όλο και πιο απαραίτητη. Τα περισσότερα ποδήλατα ορεινής ποδηλασίας διαθέτουν πλέον δισκόφρενα, αυξάνοντας κατά πολύ την απόδοσή τους, κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες (π.χ. έντονη κατάβαση πλαγιάς). (7)



Σχήμα 1.3.4 Ποδήλατο ορεινής ποδηλασίας

### **1.3.5. Ποδήλατα Δρόμου**

Το ποδήλατο δρόμου είναι ένα ποδήλατο που ως επί το πλείστον έχει σχεδιαστεί για να κινείται σε δρόμους με άσφαλο, βατό λιθόστρωτο ή πλακόστρωτο δρόμο. Με την χρήση που έχει επικρατήσει πάντως έχει καθιερωθεί και σαν αγωνιστικό ποδήλατο. Σε γενικές γραμμές έχει μεγάλους τροχούς, 28 ιντσών, λεπτά και λεία ελαστικά, γυριστό τιμόνι ενώ στις περισσότερες εκδοχές του διαθέτει πολλές ταχύτητες. Συνήθως το τιμόνι τοποθετείται πιο χαμηλά από το ύψος της σέλας. Η θέση του ποδηλάτη είναι σχεδιασμένη ώστε να μεταφέρεται άμεσα και γρήγορα, η δύναμη από το ανθρώπινο πόδι στο ποδήλατο. Το ποδήλατο δρόμου έχει σχεδιαστεί με στόχο την καλύτερη αεροδυναμική του ποδηλάτη και το μικρό βάρος, βασιζόμενο πάντοτε στους κανονισμούς της International Cycling Union (UCI) και για τη χώρα μας της Ελληνικής Ομοσπονδίας Ποδηλασίας (ΕΟΠ). (7)



Σχήμα 1.3.5 Ποδήλατο δρόμου

### **1.3.6. Ποδήλατα Πίστας**

Το ποδήλατο πίστας είναι εντελώς διαφορετικό ποδήλατο από αυτό της ποδηλασίας δρόμου, αν και αυτό δεν είναι εύκολα αντιληπτό με την πρώτη ματιά. Είναι αυστηρά ποδήλατο αγώνων και έχει σχεδιαστεί για χρήση μόνο σε ποδηλατοδρόμια. Δε διαθέτει ταχύτητες, ούτε φρένα και ο αθλητής χρησιμοποιεί μια ελεύθερη σχέση γριναζιών που έχει επιλέξει από πριν. Τα ελαστικά του είναι στενά, ελαφριά και δέχονται εξαιρετικά μεγάλες πιέσεις.

Ο σχεδιασμός του σκελετού είναι ακριβής και ακολουθεί τους κανονισμούς της International Cycling Union (UCI) και της Ελληνικής Ομοσπονδίας Ποδηλασίας (ΕΟΠ). Αυτό το ποδήλατο είναι εξαιρετικά άκαμπτο, με

λείο φινίρισμα και αεροδυναμικό σχεδιασμό. Σε σχέση με το ποδήλατο δρόμου δεν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο το βάρος, όσο η ακαμψία του.

Στην κατασκευή ενός τέτοιου ποδηλάτου χρησιμοποιούνται κατά προτεραιότητα οι ίνες άνθρακα (carbon fiber), αφού είναι εξαιρετικά άκαμπτες και μπορούν να πάρουν το σχήμα που επιθυμεί ο κατασκευαστής, με στόχο την καλύτερη αεροδυναμική. Οι τροχοί ακολουθούν την ίδια λογική και για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον κλειστός τροχός πίσω και τροχός με λίγες ακτίνες μπροστά. (7)



Σχήμα 1.3.6 Ποδήλατο πίστας

### **1.3.7. Ηλεκτρικά Ποδήλατα**

Πρόκειται για ποδήλατα τα οποία είναι εξοπλισμένα 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 αισθητηρίων, ότι το ποδήλατο χρειάζεται παραπάνω ώθηση, όπως κατά την εκκίνηση ή σε κάποια ανηφόρα, η μπαταρία δίνει έξτρα ενέργεια στο ποδήλατο, βοηθώντας τον άνθρωπο. (1)



Σχήμα 1.3.7 Ηλεκτρικό ποδήλατο

### **1.3.8. Αναδιπλούμενο Ποδήλατο Πόλης**

Ειδικότερη αλλά ανεξάρτητη υποκατηγορία των ποδηλάτων πόλης, τα αναδιπλούμενα ποδήλατα είναι μικρά, ελαφριά, με μικρές ρόδες και μπορούν διπλώσουν, για να μπορούν να συνοδεύουν τον αναβάτη

στα σκέλη της καθημερινής διαδρομής του που δεν είναι δυνατή η χρήση κανονικού ποδηλάτου πόλης (π.χ. τρένο, λεωφορείο). Αξιοποιώντας το χαμηλό κέντρο βάρους, το μικρό μεταξόνιο και το μικρότερο πίσω τρίγωνο, πετυχαίνουν μεγάλη ευελιξία. Είναι ιδιαίτερα βολικό και για ταξίδια με αυτοκίνητο καθώς για την μεταφορά του, δεν χρειάζονται ειδικές υποδοχές και χωράει στο πορτ-μπαγκάζ. Τέλος, η δυνατότητα σχετικά εύκολης μετατροπής του σε ηλεκτρικό ποδήλατο ενισχύει την ευελιξία τους. Για τους παραπάνω λόγους, αλλά και γιατί προσφέρουν στο σύγχρονο άνθρωπο την δυνατότητα εύκολης και ήπιας καθημερινής εκγύμνασης η χρήση τους καθίσταται όλο και πιο διαδεδομένη. (1)

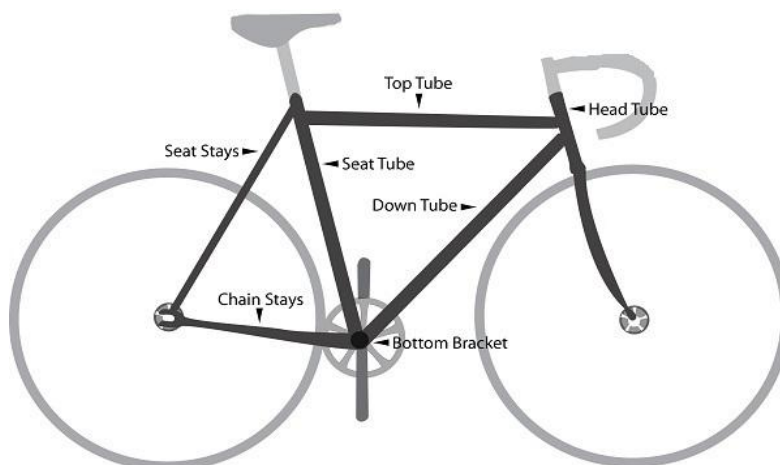


**Σχήμα 1.3.8** Αναδιπλούμενο ποδήλατο πόλης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΑΣΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ

### 2.1 ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ

Ο σκελετός του ποδηλάτου είναι το κύριο στοιχείο του, πάνω στο οποίο προσαρμόζονται οι τροχοί και τα λοιπά μέρη του. Ένα σύγχρονο και πολύ διαδεδομένο σχέδιο σκελετού αποτελείται από δύο τρίγωνα, ένα κεντρικό τρίγωνο και ένα ζευγαρωτό οπίσθιο τρίγωνο. Αυτός είναι ο πιο γνωστός σκελετός ποδηλάτου που αποκαλείται και σκελετός-διαμάντι. Το κεντρικό τρίγωνο αποτελείται από το μέτωπο (Head Tube), τον άνω σωλήνα (Top Tube), τον κάτω σωλήνα (Down Tube) και τον σωλήνα της σέλας (Seat Tube). Το πίσω τρίγωνο αποτελείται από τον σωλήνα της σέλας και τα άνω και κάτω ψαλίδια (Seat Stays-Chain Stays). Τα κομμάτια αυτά μπορεί να είναι από απλούς σωλήνες με διαμήκη ραφή (Pipe) ή ολόσωμους σωλήνες χωρίς ραφή (Tube), οι οποίοι ενώνονται στα άκρα τους με συγκόλληση. Η όλη κατασκευή μπορεί να γίνει και με ειδικούς συνδέσμους (Lugs) στην περιοχή που ενώνονται οι σωλήνες προσφέροντας έτσι μια πιο στιβαρή και φθηνή κατασκευή αλλά κατά τι πιο βαριά κατασκευή, έναντι της πρώτης.



Σχήμα 2.1 Κύρια μέρη ποδηλάτου

#### 2.1.1 Μέτωπο (Head Tube)

Το head tube ενώνεται μέσω του top tube και του down tube με τον σωλήνα της σέλας. Είναι ο κάθετος σωλήνας, στον οποίο προσαρμόζεται το μπροστινό πιρούνι, αλλά και το τιμόνι. Το head tube περιέχει το λεγόμενο ‘headset’ και τα ρουλεμάν για την περιστροφή του εμπρόσθιου πιρουνιού. (1)

#### 2.1.2 Άνω Σωλήνας (Top Tube)

Ο άνω σωλήνας συνδέει την κορυφή του head tube με την κορυφή του σωλήνα της σέλας. Στην γεωμετρία ενός κλασσικού σκελετού αγωνιστικού ποδηλάτου ο άνω σωλήνας τοποθετείται οριζόντια. Σε έναν σκελετό σύνθετης γεωμετρίας, ο άνω σωλήνας έχει κλίση προς τον σωλήνα της σέλας. Σε ένα σκελετό για ποδήλατο βουνού, ο άνω σωλήνας έχει σχεδόν πάντα κλίση προς τα κάτω προς τον σωλήνα της σέλας. Τα καλώδια ελέγχου ενσωματώνονται κατά μήκος της δοκού του άνω σωλήνα, ή μερικές φορές μέσα στον άνω σωλήνα. Συνήθως, αυτά τα καλώδια είναι των πίσω φρένων και ταχυτήτων. (1)

### **2.1.3 Κάτω Σωλήνας (Down Tube)**

Ο κάτω σωλήνας συνδέει το head tube με το περίβλημα της μεσαίας τριβής. Τα καλώδια ελέγχου ενσωματώνονται κατά μήκος της δοκού του κάτω σωλήνα, ή μερικές φορές μέσα στον κάτω σωλήνα. Στα παλαιότερα αγωνιστικά ποδήλατα, οι μοχλοί αλλαγής ταχυτήτων ήταν τοποθετημένοι στον κάτω σωλήνα. Οι αναρτήσεις της παγουροθήκης είναι επίσης στον κάτω σωλήνα και ορισμένες φορές τοποθετούνται σε αυτόν τον σωλήνα και μικρές αντλίες αέρα. (1)

### **2.1.4 Κάθετος Σωλήνας (Seat Tube)**

Ο σωλήνας θέσης ή αλλιώς κεντρικός σωλήνας περιέχει τον λαιμό της σέλας (seat post), ο οποίος συνδέεται με τη σέλα. Το ύψος της σέλας είναι ρυθμιζόμενο, με την αλλαγή του βαθμού εισδοχής του λαιμού της σέλας στον σωλήνα θέσης. Ο σωλήνας θέσης, μπορεί επίσης να έχει αναρτήσεις για την παγουροθήκη ή για τα εμπρόσθια καλώδια ταχυτήτων. (1)

### **2.1.5 Κάτω Ψαλίδι (Chain Stays)**

Τα chain stays διατρέχουν παράλληλα με την αλυσίδα, και συνδέουν το περίβλημα της μεσαίας τριβής με τις πλάκες που αναρτάται ο οπίσθιος τροχός (drop outs). Όταν το πίσω καλώδιο ταχυτήτων περνάει από το κάτω σωλήνα, τότε θα περνάει και από τα chain stays. Για σκελετούς με χρονολογία κατασκευής προ της δεκαετίας του 1990 υπήρχαν βάσεις για τα δισκόφρενα στα chain stays. Επιπλέον μπορεί να υπάρχει ένα μικρό στήριγμα που θα συνδέει τα chain stays μπροστά από τον οπίσθιο τροχό και πίσω από την μεσαία τριβή. Τα chain stays μπορεί να έχουν προφίλ στρογγυλό, κωνικό, ή και ορθογώνιο. (1)

### **2.1.6 Άνω Ψαλίδι (Seat Stays)**

Τα seat stays συνδέουν το επάνω μέρος του σωλήνα θέσης με τις πλάκες που αναρτάται ο οπίσθιος τροχός (drop outs). Υπάρχει μία παραλλαγή σκελετού όπου τα seat stays διαπερνούν τον σωλήνα θέσης και καταλήγουν λίγο πιο μπροστά από τις οπίσθιες καταλήξεις του άνω σωλήνα, δημιουργώντας ένα μικρό τρίγωνο. Το στυλ αυτό τον ονομάζουμε Hellenic, ελέω του κατασκευαστή του Fred Hellens που το εισήγαγε το 1923. Οι εκφράσεις single seat stay, mono stay και wishbone, όλες αναφέρονται σε seat stays που ενώνονται σε ένα σημείο προτού ενωθούν με το εμπρόσθιο τρίγωνο του ποδηλάτου. Ο όρος dual seat stay αναφέρεται σε seat stays που ενώνονται σε δύο ξεχωριστά σημεία. Στις μέρες μας υπάρχουν σκελετοί για αγωνιστικά ποδήλατα με συνδυασμό αλουμινίου και ανθρακονημάτων. Σε αυτά χρησιμοποιούνται ανθρακονήματα για τα seat stays και αλουμίνιο για τους υπόλοιπους σωλήνες. Ο σχεδιασμός αυτός εκμεταλλεύεται την καλύτερη απορρόφηση κραδασμών που προσφέρουν οι ίνες άνθρακα σε σύγκριση με το αλουμίνιο. (1)

### **2.1.7 Κέλυφος Μεσαίας Τριβής (Bottom bracket shell)**

Στην ποδηλατική ορολογία κέλυφος μεσαίας τριβής ορίζεται η έδραση του κεντρικού περιστροφικού στοιχείου της πεταλιέρας. Η μεσαία τριβή είναι ένας φαρδύς και λεπτός σωλήνας, σε σχέση με τους άλλους σωλήνες του πλαισίου. Τοποθετείται κάθετα σε σχέση με τον σωλήνα θέσης, τον κάτω σωλήνα και τα chain stays, οι οποίοι και οι τρεις καταλήγουν στο μεσαίο σημείο της μεσαίας τριβής. Σε μερικές παραλλαγές σκελετών η μεσαία τριβή είναι προσαρμόσιμη επιτρέποντας το τέντωμα και την χαλάρωση της αλυσίδας. Υπάρχουν κάποια καθιερωμένα πρότυπα για το πλάτος του κελύφους (68, 70 ή 73mm). Μερικά σύγχρονα ποδήλατα έχουν κέλυφος πλάτους 83 ή 100 mm κυρίως όμως εφαρμόζονται σε ειδικά ποδήλατα βουνού ή χιονιού. Ενδιαφέρον είναι ότι στην μεσαία τριβή απορροφάται η πλειοψηφία των ασκούμενων δυνάμεων (επομένως και η απορροφούμενη από το ποδήλατο ενέργεια), κατά την οδήγηση ή και στάση του ποδηλάτου. (1)

## 2.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ

Η γεωμετρία του σκελετού ενός ποδηλάτου καθορίζεται από διάφορα γεωμετρικά μεγέθη που έχουν να κάνουν, με το μέγεθος, το χειρισμό του, την χρήση του και την άνεση που προσφέρει στον αναβάτη. Πιο κάτω θα αναφερθούν τα γεωμετρικά μεγέθη που λαμβάνονται υπόψη για την κατασκευή ή ακόμα και την αγορά ενός ποδηλάτου.

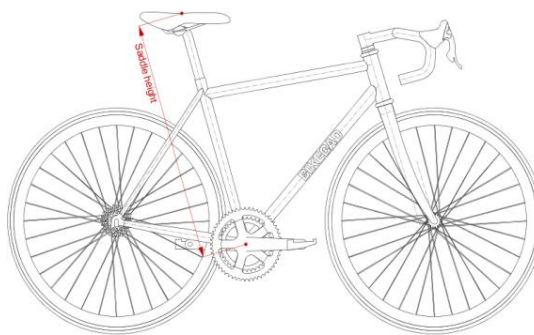
**Διάμετρος Τροχοί:** τα συνήθη μεγέθη τροχών είναι 16inches, 20inches, 26inches και 28inches. Οι τροχοί 16inches και 20inches χρησιμοποιούνται σε αναδιπλούμενα ποδήλατα, στα bmx και σε παιδικά ποδήλατα. Οι τροχοί 26inches και 28inches χρησιμοποιούνται στα ποδήλατα βουνού και στα ποδήλατα δρόμου αντίστοιχα, με αντίστοιχη κατά περίπτωση του πλάτους του πέλματος των τροχών.

**Stand Over Height:** είναι το μέσο ύψος που βρίσκεται ο άνω σωλήνας πάνω από το έδαφος.



Σχήμα 2.2.1 Stand over height

**Saddle Height:** είναι η απόσταση από το κέντρο της μεσαίας τριβής μέχρι το μεσαίο σημείο της σέλας.

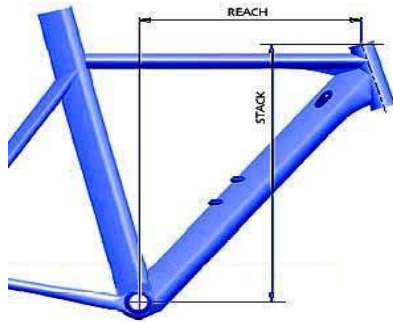


Σχήμα 2.2.2 Saddle height

**Reach & Stack:** Reach είναι η οριζόντια απόσταση από την μεσαία τριβή έως το άνω σημείο του μπροστινού σωλήνα και Stack είναι η κάθετη απόσταση από την μεσαία τριβή έως το άνω σημείο του μπροστινού σωλήνα. Το Reach παίζει ρόλο στο προσδιορισμό του μήκους του ποδηλάτου και το Stack στο

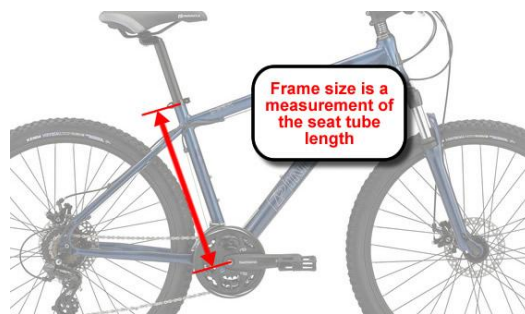


ύψος του ποδηλάτου, έτσι ώστε να μην ακουμπάνε τα πόδια μας το τιμόνι όταν ποδηλατούμε. Οι δυο αυτές διαστάσεις φαίνονται στο πιο κάτω σχήμα.



Σχήμα 2.2.3 Reach & Stack

**Seat Tube Length:** το μέγεθος ενός ποδηλάτου μετράται με βάση το μήκος του σωλήνα θέσης. Έτσι έχουμε το σωλήνα θέσης να μετράται από την κορυφή του, μέχρι το κέντρο της μεσαίας τριβής.



Σχήμα 2.2.4 Seat tube length

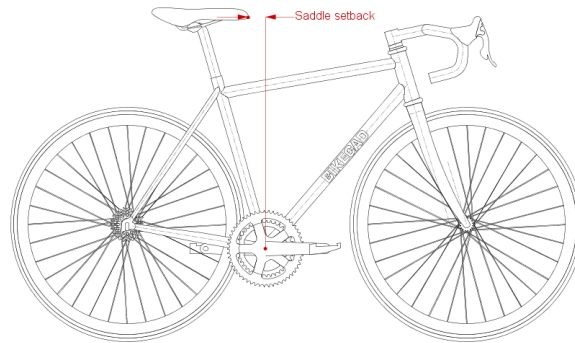
**Seat Tube Angle:** στα περισσότερα ποδήλατα η γωνία μεταξύ του σωλήνα θέσης με το έδαφος κυμαίνεται από  $72^{\circ}$  -  $74^{\circ}$ .



Σχήμα 2.2.5 Seat tube angle

**Toe Overlap:** είναι η απόσταση των δακτύλων του ποδιού του αναβάτη από τον εμπρόσθιο τροχό. Η απόσταση αυτή πρέπει να καθορισθεί σωστά αλλιώς ο αναβάτης όταν στρίψει το τιμόνι τα δάκτυλα του ποδιού του θα έρθουν σε επαφή με τον εμπρόσθιο τροχό κάτι που μπορεί να προκαλέσει την πτώση του.

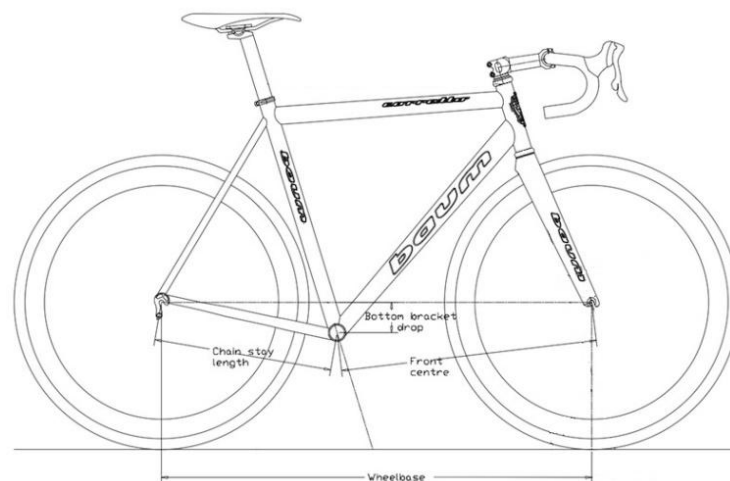
**Saddle Set Back:** είναι η οριζόντια απόσταση μεταξύ του εμπρόσθιου μέρους της σέλας και του κέντρου της μεσαίας τριβής.



Σχήμα 2.2.6 Saddle set back

**Wheelbase:** η απόσταση από τον μπροστά έως τον πίσω άξονα του τροχού.

**Bottom Bracket Drop:** η κάθετη απόσταση από την νοητή ευθεία που σχηματίζουν το κέντρο του εμπρόσθιου τροχού με τον πίσω, και το κέντρο της μεσαίας τριβής. Η διάσταση αυτή ορίζεται συνήθως στα 70 mm (προς τα κάτω). Βέβαια αυτό εξαρτάται και από τον τροχό που χρησιμοποιεί το ποδήλατο, και για αυτό ποδήλατα με μικρούς τροχούς μπορούν να έχουν την απόσταση αυτή ακόμα και προς τα πάνω.



Σχήμα 2.2.7 Wheelbase & Bottom bracket drop

**Head Tube Angle:** η γωνία μεταξύ του άνω σωλήνα και του μπροστινού σωλήνα για ένα κανονικό ποδήλατο (όπου ο άνω σωλήνας είναι οριζόντιος). Στα περισσότερα ποδήλατα αυτή κυμαίνεται από 72° - 74°.

**Fork Rake:** η κάθετη απόσταση μεταξύ του μπροστινού σωλήνα και του άξονα του εμπρόσθιου τροχού. Συνήθως το Fork Rake έχει τιμές από 40-55mm. Η απόσταση αυτή παίζει σημαντικό ρόλο στα ποδήλατα γιατί αποφεύγεται η αστοχία του πιρουνιού από κραδασμούς.

**Trail (Ίχνος):** η οριζόντια απόσταση από το σημείο, που διασταυρώνεται ο άξονας περιστροφής του ποδηλάτου με το έδαφος μέχρι το σημείο που εφάπτεται ο τροχός με το έδαφος. Θετικό ίχνος έχουμε όταν ο άξονας περιστροφής του ποδηλάτου 'πέφτει' μπροστά από το σημείο επαφής του τροχού με το έδαφος. Με το Fork Rake να έχει τιμές από 40-55mm έχουμε 50-63mm ίχνος. Περισσότερο ίχνος μεταφράζεται σαν πιο ομαλή συμπεριφορά στις υψηλές ταχύτητες, αλλά πιο άταστο στις χαμηλές.

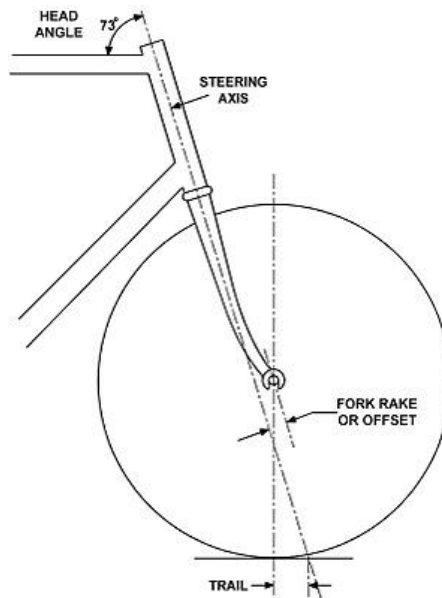
$$Trail = \frac{R_w \cos(A_h) - O_f}{\sin(A_h)}$$

**R<sub>w</sub>:** ακτίνα τροχού

**A<sub>h</sub>:** η κλίση του μπροστινού σωλήνα (ανθωρολογιακά)

**O<sub>f</sub>:** η μετατόπιση του μπροστινού τροχού

Κατά την διάρκεια μιας στροφής το ίχνος δεν έχει σταθερή τιμή καθώς το ποδήλατο γέρνει με βάση το έδαφος.



Σχήμα 2.2.8 Head tube angle & Trail & Fork rake

### 2.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το πιο διαδεδομένο υλικό κατασκευής ποδηλάτων είναι ο χάλυβας. Οι χαλύβδινοι σκελετοί κατασκευάζονται, από απλό χάλυβα και κράματα χάλυβα υψηλής αντοχής. Οι σκελετοί ποδηλάτων επίσης κατασκευάζονται από κράματα αλουμινίου και τιτανίου, καθώς και από ανθρακονήματα. Για την κατασκευή ενός σκελετού πρέπει να επιλεγεί το σωστό υλικό και αυτό γίνεται με βάση τις ιδιότητες του, που αναφέρονται πιο κάτω. Σημαντικός παράγοντας για την επιλογή του υλικού είναι και το κόστος.

**Πυκνότητα:** η μάζα του υλικού (βάρος υλικού) που περιέχεται σε μία μονάδα όγκου. Ο τύπος της είναι  $\rho = \frac{m}{V}$  και η μονάδα μέτρησης  $\frac{kg}{m^3}$  στο σύστημα SI.

**Όριο ελαστικότητας:** καθορίζει πόση δύναμη απαιτείται για να παραμορφωθεί μόνιμα το υλικό.

**Μέτρο ελαστικότητας:** είναι ο σταθερός λόγος της τάσης προς την παραμόρφωση. Ο τύπος της είναι  $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$  και μονάδα μέτρησης Pascal στο σύστημα SI.

**Επιμήκυνση θραύσης:** καθορίζει την επιτρεπόμενη παραμόρφωση για ένα υλικό μέχρι αυτό να σπάσει.

**Όριο θραύσης και όριο κόπωσης:** καθορίζει την ανώτατη φόρτιση που μπορεί να δεχτεί ένα σώμα χωρίς να αστοχήσει ακόμα και για άπειρο αριθμό επαναλήψεων.

#### Χάλυβας

Ο κλασικότερος τρόπος κατασκευής πλαισίου είναι η χρήση σωλήνων κυκλικής διατομής από χάλυβα που συνδέονται με συνδέσμους. Ο χάλυβας είναι μέταλλο ισχυρό, εύκολο στην κατεργασία, και σχετικά φθηνό, αλλά πυκνότερο από ότι πολλά άλλα δομικά υλικά. Οι σύνδεσμοι που χρησιμοποιούνται είναι εξαρτήματα από παχύτερα κομμάτια χάλυβα. Οι σωλήνες τοποθετούνται μέσα στις εξοχές των συνδέσμων και στην συνέχεια γίνεται η συγκόλληση τους. Οι χαμηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για αυτού του είδους την συγκόλληση έχει λιγότερο αρνητικές επιπτώσεις στη αντοχή του σωλήνα, αντί της συγκόλλησης με υψηλή θερμοκρασία που χρειάζεται για άλλα μέταλλα, επιτρέποντας σχετικά ελαφρύ σωλήνα να χρησιμοποιείται χωρίς να έχουμε απώλεια αντοχής. Επίσης, παρόλο που με διάφορα μέσα (όπως βαφή) προστατεύονται οι χαλύβδινοι σωλήνες, κάποια στιγμή παρατηρείται διάβρωση. Τα υψηλότερης ποιότητας πλαίσια ποδηλάτων είναι κατασκευασμένα από υψηλής αντοχής κράματα χάλυβα, όπως χρώμιο – μολυβδαίνιο, τα οποία μπορούν να δώσουν υψηλής αντοχής λεπτότοιχους σωλήνες.



Σχήμα 2.3.1. Πλαίσιο ποδηλάτου από χάλυβα

## Κράματα Αλουμινίου

Ένας σκελετός από αλουμίνιο δεν είναι μόνο ελαφρύτερος, αλλά και πιο στιβαρός από ένα αντίστοιχο χαλύβδινο. Αυτό οφείλεται στη δυνατότητα αύξησης της διαμέτρου των σωλήνων και μείωσης του πάχους των τοιχωμάτων του, χωρίς αντίστοιχη αύξηση του βάρους. Η μεγαλύτερη στιβαρότητα σημαίνει μικρότερες ελαστικές παραμορφώσεις του σκελετού κάτω από φορτία και στην πράξη, καλύτερη συμπεριφορά του ποδηλάτου. Έχει μεγάλη ικανότητα στο να αντιστέκεται στη διάβρωση. Οι σωλήνες αλουμινίου συγκολλούνται μεταξύ τους με συγκόλληση τόξου αερίου βολφραμίου TIG. Το αλουμίνιο δεν χρησιμοποιείται ποτέ καθαρό, αλλά με προσμίξεις διαφόρων άλλων στοιχείων σε μορφή κράματος (alloy). Τα πιο συνηθισμένα είναι το 6061 και το 7005. Αυτοί οι αριθμοί δεν δηλώνουν την αντοχή, όπως πολλοί εσφαλμένα νομίζουν (πρακτικά έχουν τις ίδιες ιδιότητες), είναι απλά κωδικοί που δείχνουν χονδρικά τη σύνθεση του κράματος. Συνήθως συνοδεύονται από τους κωδικούς T4 ή T6 που σημαίνουν ότι ο σκελετός έχει υποστεί θερμική κατεργασία για βελτίωση των ιδιοτήτων του. Πρόσφατα κράματα αλουμινίου, όπως το scandium, και άλλα στα οποία οι διάφοροι κατασκευαστές δίνουν δικά τους ονόματα, όπως M5, kinesisium ή superlight, έχουν ακόμη μεγαλύτερη αντοχή. Το ποσοστό των προσμίξεων στα κράματα είναι πολύ μικρό (γύρω στο 5%), ενώ το υπόλοιπο είναι καθαρό αλουμίνιο. Έτσι η πυκνότητα είναι πάνω κάτω η ίδια ( $2,7 \text{ g/cm}^3$ ), δηλαδή το scandium π.χ. δεν είναι ελαφρύτερο από το 6061 ή από το καθαρό αλουμίνιο. Επειδή όμως έχει μεγαλύτερη αντοχή, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε λιγότερο υλικό (για να έχουμε την ίδια αντοχή με μια κατασκευή από 6061) και έτσι το συνολικό βάρος του σκελετού μας θα είναι μικρότερο. Μια τεχνική για ακόμη χαμηλότερο βάρος είναι το butting, το πάχος των τοιχωμάτων των σωλήνων δεν είναι το ίδιο σε όλο το μήκος τους, αλλά μεγαλύτερο στα άκρα και μικρότερο στη μέση και φέρουν την ένδειξη double ή triple butted. Σχετικά νέα είναι η μέθοδος Hydroforming, όπου με χρήση υγρού με υψηλή πίεση μεταβάλλεται η διατομή και τροποποιείται το σχήμα ενός σωλήνα στα σημεία που οι φορτίσεις είναι μεγάλες, αυξάνοντας έτσι την αντοχή της κατασκευής, χωρίς να χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν πρόσθετες ενισχύσεις.



Σχήμα 2.3.2 Πλαίσιο ποδηλάτου από αλουμίνιο

## Τιτάνιο

Το τιτάνιο είναι το πιο ακριβό μέταλλο που χρησιμοποιείται για κατασκευή σκελετών ποδηλάτων. Συνδυάζει πολλά επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως η υψηλή αναλογία αντοχής-βάρους και εξαιρετική αντοχή στη διάβρωση. Οι σκελετοί τιτανίου μπορεί να είναι πολύ πιο ακριβοί από ότι παρόμοια είδη κραμάτων χάλυβα, καθιστώντας το κόστος απαγορευτικό για πολλούς ποδηλάτες. Οι σωλήνες τιτανίου συγκολλούνται μεταξύ τους με συγκόλληση τόξου αερίου βολφραμίου (GTAW ή TIG), αν και τελευταία

χρησιμοποιείται και συγκόλληση εν κενώ. Αυτό γιατί το ζεστό τιτάνιο έχει την τάση να απορροφά οξυγόνο, άζωτο, υδρογόνο και άνθρακα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η διάρκεια ζωής του. Είναι πιο δύσκολο στην κατεργασία από τον χάλυβα και το αλουμίνιο, γεγονός που περιορίζει μερικές φορές τις χρήσεις του ενώ αυξάνει και το κόστος παραγωγής.



**Σχήμα 2.3.3** Πλαίσιο ποδηλάτου από τιτάνιο

### **Ανθρακονήματα**

Τα ανθρακονήματα είναι ένα σύνθετο μη μεταλλικό υλικό που αποτελείται από ίνες άνθρακα υψηλής αντοχής και ρητίνη. Η ρητίνη είναι μια ειδική 'κόλλα' που δένει τις ίνες άνθρακα μεταξύ τους, τους δένει το επιθυμητό σχήμα και τις βοηθά να παραλαμβάνουν αποτελεσματικά τις δυνάμεις που προσέρχονται από εφελκυσμό, θλίψη, στρέψη ή κάμψη. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή ποδηλάτων γιατί είναι ελαφρύ, ανθεκτικό στη διάβρωση και μπορεί να διαμορφωθεί στο σχήμα που επιθυμούμε. Έτσι τα περισσότερα αγωνιστικά ποδήλατα που κατασκευάζονται για αγώνες χρησιμοποιούν αυτό το υλικό, μιας και μπορεί να διαμορφωθεί κατάλληλα και να δώσει καλύτερη αεροδυναμική στο ποδήλατο. Προσφέρει αντοχή σε μια επιθυμητή διεύθυνση, ένα χαρακτηριστικό που κανένα μέταλλο δεν μπορεί να προσφέρει. Ενώ παρέχουν υψηλή αντοχή, έχουν πολύ μικρότερη αντοχή στην κρούση και κατά συνέπεια, είναι επιρρεπής σε αστοχία σε περίπτωση σύγκρουσης ή κακομεταχείρισης. Τα υλικά αυτά είναι ευάλωτα σε κόπωση, μια διαδικασία που συμβαίνει με τη χρήση του ποδηλάτου για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ακόμη ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι το μεγάλο του κόστος. Μερικά πλαίσια από ανθρακονήματα χρησιμοποιούν κυλινδρικούς σωλήνες που ενώνονται με κόλλες και εσοχές-προεξοχές, σε μια μέθοδο κάπως παρόμοια με τα ατσάλινα πλαίσια με συνδέσμους. Ένας άλλος τύπος πλαισίου είναι η κατασκευή εξαρχής ολόκληρου του πλαισίου από ανθρακονήματα, σαν ένα ενιαίο κομμάτι («monocoque»).



**Σχήμα 2.3.4** Πλαίσιο ποδηλάτου από ανθρακονήματα

### Θερμοπλαστικά

Τα θερμοπλαστικά αναπτύχθηκαν αρχικά από τη 'Ford Motor Company Scientific Research laboratory' και την 'General Electric'. Η πρώτη εταιρεία που χρησιμοποίησε σε μοντέλα ποδηλάτου θερμοπλαστικά είναι η GT Bicycles. Τα θερμοπλαστικά είναι μια κατηγορία πολυμερών που μπορούν να ζεσταίνονται και να αναμορφώνονται, και υπάρχουν διάφοροι τρόποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργηθεί ένα σκελετός ποδηλάτου. Για παράδειγμα, μία υλοποίηση πλαισίων από θερμοπλαστικά, είναι ουσιαστικά ίνες από ανθρακονήματα μαζί με ίνες από θερμοπλαστικά, έπειτα από κάποια επεξεργασία .

### Μαγνήσιο

Τα πλαίσια ποδηλάτων που είναι κατασκευασμένα από μαγνήσιο, που έχει περίπου 64% της πυκνότητας του αλουμινίου. Στη δεκαετία του 1980, ο μηχανικός Frank Kirk, επινόησε έναν σκελετό ποδηλάτου που απαρτίζεται από δοκούς και όχι από σωλήνες. Τα σύγχρονα όμως ποδήλατα που χρησιμοποιούν Μαγνήσιο στο πλαίσιο τους, είναι κατασκευασμένα χρησιμοποιώντας σωλήνες. Μεγάλο μειονέκτημα, αποτελεί η ευκολία με την οποία διαβρώνεται το υλικό. Με αποτέλεσμα εάν δεν ληφθεί μέριμνα κατά την κατασκευή, θα προκληθεί γαλβανική διάβρωση στα σημεία που το μαγνήσιο έρχεται σε επαφή με χαλύβδινα ή αλουμινένια εξαρτήματα.

### ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΥΛΙΚΟ	ΘΕΤΙΚΑ	ΑΡΝΗΤΙΚΑ
ΧΑΛΥΒΑΣ	<ul style="list-style-type: none"><li>• ΦΘΗΝΟΣ</li><li>• ΕΥΚΟΛΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</li><li>• ΣΤΙΒΑΡΟ</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ΒΑΡΥ</li><li>• ΕΥΚΟΛΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ</li><li>• ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ</li></ul>
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	<ul style="list-style-type: none"><li>• ΦΘΗΝΟ</li><li>• ΕΛΑΦΡΥ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΒΑΡΟΣ ΤΟΥ</li><li>• ΕΙΝΑΙ ΣΤΙΒΑΡΟ</li><li>• ΔΕΝ ΔΙΑΒΡΩΝΕΤΑΙ</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ΔΥΣΚΟΛΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ</li><li>• ΔΥΣΚΟΛΗ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗ</li><li>• ΑΣΤΟΧΙΑ ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ</li></ul>
ΤΙΤΑΝΙΟ	<ul style="list-style-type: none"><li>• ΕΛΑΦΡΥ</li><li>• ΔΕΝ ΔΙΑΒΡΩΝΕΤΑΙ</li><li>• ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ΑΚΡΙΒΟ</li><li>• ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ ΠΡΟΦΙΛ</li><li>• ΚΑΚΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΟΡΑΤΕΣ</li></ul>
ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΑ	<ul style="list-style-type: none"><li>• ΤΟ ΠΙΟ ΕΛΑΦΡΥ ΑΠΟ ΟΛΑ ΤΑ ΥΛΙΚΑ</li><li>• ΔΕΝ ΔΙΑΒΡΩΝΕΤΑΙ</li><li>• ΕΥΚΟΛΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΕ ΟΠΟΙΟΔΗΠΟΤΕ ΠΡΟΦΙΛ</li><li>• ΕΥΚΟΛΙΑ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗΣ</li><li>• ΑΚΑΜΨΙΑ</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ΑΚΡΙΒΑ</li><li>• ΧΑΜΗΛΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ</li><li>• ΕΞΙΔΕΙΚΕΥΜΕΝΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ</li></ul>

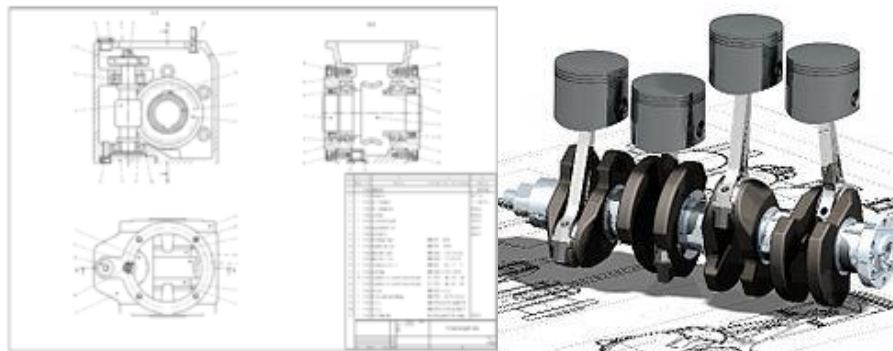
Πινάκας 2.3 Συγκεντρωτικός πίνακας υλικών

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

### **3.1 ΟΡΙΣΜΟΙ CAD & CAE**

Με την χρήση σχεδιαστικών προγραμμάτων οι κατασκευαστές ποδηλάτων έχουν στα χέρια τους ένα σημαντικό εργαλείο που τους βοηθά να σχεδιάσουν και να μελετήσουν ένα ποδήλατο προτού το κατασκευάσουν, κάτι που σημαίνει εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος. Πιο κάτω γίνεται αναφορά στα σχεδιαστικά προγράμματα.

Το λογισμικό CAD (Computer Aided Design ) αποσκοπεί στη δημιουργία, την τροποποίηση, την ανάλυση ή βελτιστοποίηση της σχεδίασης με την βοήθεια υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, για την δημιουργία σχεδίων. Το λογισμικό CAD χρησιμοποιείται για να αυξήσει την παραγωγικότητα του σχεδιαστή, να βελτίωση τη ποιότητα του σχεδιασμού, να βελτίώσει την επικοινωνία μέσα από την τεκμηρίωση και να δημιουργήσει μια βάση δεδομένων για την κατασκευή. Οι πληροφορίες στην έξοδο του CAD συνήθως είναι σε ηλεκτρονική μορφή (έτοιμες για εκτύπωση) ή σε γλώσσα μηχανής. Το λογισμικό CAD χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς . Η χρήση του στο σχεδιασμό των ηλεκτρονικών συστημάτων που είναι γνωστό ως EDA (Electronic Design Automation). Σε μηχανικό σχεδιασμό είναι γνωστό ως MDA (Mechanical Design Automation). Το λογισμικό CAD στον μηχανολογικό σχεδιασμό, για να εκφράσει την τρισδιάστατη μορφή του αντικειμένου στην δισδιάστατη οθόνη του υπολογιστή χρησιμοποιεί, διανύσματα και πίνακες. Επιπλέον παρέχει σημαντικές πληροφορίες, όπως διαστάσεις, υλικά, τεχνικά σχέδια για εκτύπωση και φάσεις παραγωγής του προϊόντος. Το λογισμικό CAD μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό καμπύλων και στοιχείων στις δυο διαστάσεις (2D) ή καμπύλες, επιφάνειες και στερεά στις τρεις διαστάσεις (3D). Χρησιμοποιείται ευρέως από την αυτοκινητοβιομηχανία, ναυπηγική βιομηχανία, αεροδιαστημική βιομηχανία, για βιομηχανικό και αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και στην προσθετική ιατρική, γιατί μειώνει το κόστος παραγωγής αλλά και το χρόνο παραγωγής. Λόγω της τεράστιας οικονομικής σημασίας του, το CAD υπήρξε μια σημαντική κινητήρια δύναμη για την έρευνα στην υπολογιστική γεωμετρία και στην αναβάθμιση (hardware & software) των υπολογιστών στο τομέα των γραφικών.



**Σχήμα 3.1.1** 2D&3D Σχέδιο

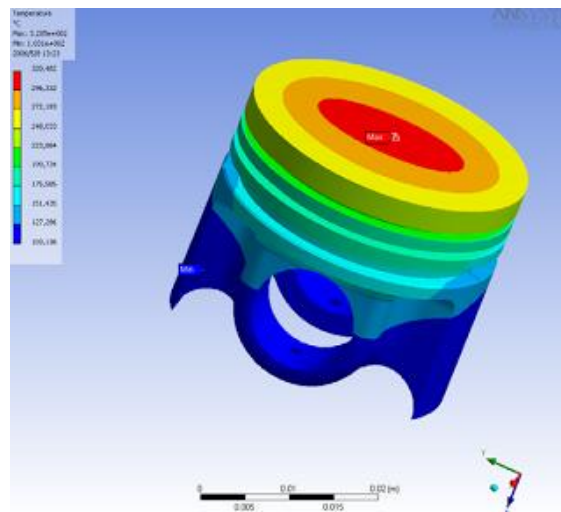


Το λογισμικό CAE (Computer Aided Engineering) βοηθά στην μηχανική ανάλυση με την χρήση υπολογιστή. Περιλαμβάνει ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων (Finite Element Analysis) με την οποία γίνεται στατική και δυναμική ανάλυση τάσεων και μετατοπίσεων, θερμική ανάλυση, ρευστομηχανική, αεροδυναμική, ακουστική, ακόμα και ανάλυση μαγνητικού πεδίου. Ακόμα περιλαμβάνει μελέτη δυναμικής συμπεριφοράς διασυνδεδεμένων σωμάτων (Multibody Dynamics) και βελτιστοποίηση (optimization).

Το λογισμικό CAE παλαιότερα το συναντούσαμε στην αεροδιαστημική και τη βιομηχανία αυτοκινήτων. Το φιλικό περιβάλλον προς το χρήστη καθώς και οι φθηνοί και συνάμα ισχυροί υπολογιστές που υπάρχουν στις μέρες μας, οδήγησε τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις και βιομηχανίες στην χρήση του.

Ο σκοπός της χρήσης του λογισμικού CAE είναι να επαληθευτεί ο σχεδιασμός ενός προϊόντος που έγινε στο λογισμικό CAD, ότι θα λειτουργεί όπως αναμένεται στις καθορισμένες συνθήκες λειτουργίας. Έτσι εντοπίζονται τυχόν λάθη στον σχεδιασμό του προϊόντος και γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις ή ακόμα και βελτιστοποιήσεις, προτού το προϊόν βγει στην παραγωγή, με τελικό όφελος να εξοικονομείται χρόνος και χρήμα από τυχόν λάθη που μπορούσαν να διαφύγουν.

Τέλος, η χρήση του λογισμικού CAE δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να σχεδιάσει προϊόντα υψηλότερης ποιότητας μιας και έχουμε επιτάχυνση της καινοτομίας και του δημιουργικού σχεδιασμού. (9)



Σχήμα 3.1.2 Θερμική ανάλυση σε πιστόνι

## 3.2 ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

### 3.2.1. Ιστορία Των Πεπερασμένων Στοιχείων

Το 1909 ο Γερμανός μαθηματικός Ritz ανέπτυξε τις αρχές της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων. Το 1915 ο Ρώσος μαθηματικός Galerkin ανέπτυξε σε βάθος την θεωρία των πεπερασμένων στοιχείων. Η απουσία του ηλεκτρονικού υπολογιστή καθυστέρησε την διάδοση και περαιτέρω ανάπτυξη της μεθόδου και παρέμεινε στάσιμη μέχρις της εφεύρεσης, εξέλιξης και διάδοσης του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή η μέθοδος έγινε περισσότερο γνωστή και διαδόθηκε στους ερευνητές. Η ιδέα

της ανάπτυξης της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων γεννήθηκε στην αεροναυπηγική από την ανάγκη της εύρεσης λύσης στα δύσκολα προβλήματα που αντιμετώπιζαν στην κατασκευή των αεροσκαφών. Το 1941 ο Hrenikoff εισήγαγε την καλούμενη framework method (μέθοδο του πλαισίου) με την οποία ένα επίπεδο ελαστικό μέσο μπορούσε να αντικατασταθεί με ένα ισοδύναμο σύστημα ράβδων και δοκών. Το 1943 ο Γερμανός μαθηματικός Courant έλυσε το πρόβλημα της στρέψης χρησιμοποιώντας τριγωνικά στοιχεία με την αρχή της ελαχίστης δυναμικής ενέργειας (minimum potential energy) και την ονόμασε Rayleigh Ritz μέθοδο. Επειδή τότε δεν υπήρχε ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, η θεωρία του Courant δεν μπορούσε να εφαρμοσθεί και ξεχάστηκε μέχρι που ανακαλύφθηκε ο υπολογιστής και οι επιστήμονες ξανά θεμελίωσαν την μέθοδο. Το 1955 ο Έλληνας Ι. Αργύρης έγραψε ένα βιβλίο με θέμα 'Ενεργειακά θεωρήματα και η μέθοδος των μητρώων' και εισήγαγε τις αρχές των πεπερασμένων στοιχείων. Το 1956 οι Αμερικανοί Turner, Clough, Martin και Top υπολόγισαν το μητρώο δυσκαμψίας της ράβδου και άλλων στοιχείων. Το 1960 ο Ι. Αργύρης και ο Kelsey δημοσίευσαν την εργασία τους η οποία βασιζόταν στις αρχές των πεπερασμένων στοιχείων. Το 1960 ο Clough χρησιμοποίησε για πρώτη φορά το όνομα 'Πεπερασμένα Στοιχεία' (Finite elements) στην εργασία του και από τότε όλοι χρησιμοποιούν αυτή την ονομασία. Το 1967 οι Sienkiewicz και Chung έγραψαν το πρώτο βιβλίο των πεπερασμένων στοιχείων.

Τα πρώτα υπολογιστικά πακέτα είναι, το NASTRAN που χρηματοδότησε η NASA και το SAP που δημιούργησε η UC Berkeley. Η ανάπτυξη των προσωπικών υπολογιστών οδήγησε στην χρήση των υπολογιστικών πακέτων και έτσι το 1980 χρησιμοποιείται ευρέως από μηχανικούς, μικρές επιχειρήσεις και πανεπιστήμια. Επιπλέον αρχίζει η προσπάθεια για μεγαλύτερη και καλύτερη γραφική απεικόνιση και ολοκλήρωση της μεθόδου στους υπολογιστές, καθώς και η προσπάθεια ενσωμάτωσής της, στα προγράμματα CAD και CAM. Το 1990 η μέθοδος πλέον εφαρμόζεται σε πολύπλοκα προγράμματα ρευστομηχανικής, συζευγμένα προβλήματα πολλαπλών πεδίων και περιοχών, ενώ αρχίζει και η επεξεργασία των προβλημάτων από πολλούς υπολογιστές παράλληλα, με κορύφωση την χρήση ενός υπολογιστή με πολλούς επεξεργαστές (παράλληλη επεξεργασία). (1)

### **3.2.2. Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων**

Σαν Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων, θεωρείται η προσεγγιστική και αριθμητική μέθοδος επίλυσης προβλημάτων, συνεχούς μέσου αυθαίρετης γεωμετρίας, οριακών συνθηκών και φορτίων. Βασίζεται στον συνδυασμό μεταβλητών μεθόδων και τοπικών προσεγγίσεων που ισχύουν σε περιορισμένη περιοχή του πεπερασμένου στοιχείου για την διακριτοποίηση του προβλήματος. Επανάληψη της τοπικής διακριτοποίησης στον υπόλοιπο χώρο του μέσου, καταλήγει στην συνολική διακριτοποίηση του προβλήματος, και την προσεγγιστική λύση. Σαν γενικός κανόνας, όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των κόμβων και των στοιχείων (στην h version) ή όσο μεγαλύτερος ο βαθμός του πολυωνύμου της συνάρτησης μορφής (στην p version), τόσο ακριβέστερη είναι η λύση των πεπερασμένων στοιχείων, αλλά επίσης τόσο πιο δαπανηρή η επίλυση.

### **3.2.3. Μοντελοποίηση Και Τύποι Πεπερασμένων Στοιχείων**

Το σύνολο των απαραίτητων διαδικασιών για την ανάπτυξη ενός πλήρους μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων, δηλ. η εισαγωγή της γεωμετρίας, η γένεση του πλέγματος, η επιβολή στηρίξεων και φορτίσεων αποτελούν αυτό που συνοπτικά ονομάζεται μοντελοποίηση πεπερασμένων στοιχείων (finite element modeling), η οποία συνήθως εκτελείται με τη βοήθεια κατάλληλου προ-επεξεργαστή. Πολύ παλιότερα, η εισαγωγή δεδομένων δινόταν με γραμμές εντολών με τη βοήθεια ενός αυτόνομου αρχείου δεδομένων (batch file).

Ο προ-επεξεργαστής ξεκινάει από το καθορισμό της γεωμετρίας του αντικειμένου για να ορίσει το πρόβλημα. Το επόμενο στάδιο είναι η δημιουργία πλέγματος και κατανομής κόμβων. Όταν σε κάθε πλέγμα αποδίδονται κόμβοι, τότε αυτό μετατρέπεται σε πεπερασμένο στοιχείο. Η γένεση πλέγματος είναι το πλέον σημαντικό και δύσκολο στάδιο της μοντελοποίησης πεπερασμένων στοιχείων. Για τη διευκόλυνση αυτού του σταδίου, σήμερα όλα τα συστήματα προσφέρουν δυνατότητες αυτόματης γένεσης πλέγματος. Η τυπική προσέγγιση είναι να προσφέρουν αυτόματο πλέγμα τετραεδρικών στοιχείων για στερεή γεωμετρία και τετραπλευρικά ή τριγωνικά στοιχεία για επιφάνεια στον τρισδιάστατο χώρο (κελύφη ή επίπεδη εντατική ή επίπεδη παραμορφωσιακή κατάσταση). Πολλά συστήματα επιτρέπουν στους χρήστες να επέμβουν στις παραμέτρους αυτόματης γένεσης πλέγματος όπως η πυκνότητα πλέγματος. Αυτές επιπλέον επιτρέπουν τοπική επέμβαση σε κρίσιμες περιοχές. Επίσης πολλά συστήματα επιτρέπουν τη διασύνδεση πλέγματος με τη γεωμετρία έτσι ώστε κάθε αλλαγή αυτής να αντανακλάται αυτόματα στο πλέγμα. (10)

Υπάρχουν πολλά γεωμετρικά σχήματα στοιχείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων για συγκεκριμένες εφαρμογές. Τα διάφορα στοιχεία που χρησιμοποιεί μία γενικού σκοπού εμπορική εφαρμογή FEA, ονομάζονται ως η βιβλιοθήκη των στοιχείων (element library). Τα στοιχεία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής: στοιχεία γραμμής, επιφανειακά στοιχεία, στερεά στοιχεία, και στοιχεία ειδικού σκοπού. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι κατηγορίες των στοιχείων που διατίθενται για την ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων που χρησιμοποιούνται στην επίλυση προβλημάτων. (11)

Element Type	None	Shape	Number of Nodes	Applications
Line	Truss		2	Pin-ended bar in tension or compression
	Beam		2	Bending
	Frame		2	Axial, torsional, and bending. With or without load stiffening.
Surface	4-node quadrilateral		4	Plane stress or strain, axisymmetry, shear panel, thin flat plate in bending
	8-node quadrilateral		8	Plane stress or strain, thin plate or shell in bending
	3-node triangular		3	Plane stress or strain, axisymmetry, shear panel, thin flat plate in bending. Prefer quad where possible. Used for transitions of quads.
	6-node Triangular		6	Plane stress or strain, axisymmetry, thin plate or shell in bending. Prefer quad where possible. Used for transitions of quads.
Solid†	8-node hexagonal (brick)		8	Solid, thick plate
	6-node pentagonal (wedge)		6	Solid, thick plate. Used for transitions.

Σχήμα 3.2.3 Τύποι πεπερασμένων στοιχείων

Αφού επιλεγεί η διάταξη των στοιχείων, καθορίζεται ο τύπος της ανάλυσης (π.χ. στατική ή δυναμική, γραμμική ή μη-γραμμική επίπεδη εντατική κατάσταση και επίπεδη παραμορφωσιακή κατάσταση). Επίσης οι άγνωστοι ή αλλιώς βαθμοί ελευθερίας συσχετίζονται με τους κόμβους. Οι άγνωστοι περιέχουν

μετατοπίσεις, περιστροφές, θερμοκρασία, ροή θερμότητας κ.α. Κατόπιν καθορίζονται οι οριακές συνθήκες όπως οι μετατοπίσεις, δυνάμεις και θερμοκρασίες. Αυτές οι οριακές συνθήκες πρέπει να εκφραστούν σαν ένα σύνολο τιμών μετατοπίσεων, δυνάμεων ή θερμοκρασιών σε συγκεκριμένους κόμβους πεπερασμένων στοιχείων. Ωστόσο μερικές φορές τα πεπερασμένα στοιχεία πρέπει να γεννηθούν χωρίς να έχουν οριακές συνθήκες. Εάν πρόκειται να εισαχθούν σημειακά φορτία, πρέπει να δημιουργηθούν κόμβοι στα αντίστοιχα σημεία εφαρμογής τους. Τα περισσότερα συστήματα που είναι συνδεδεμένα με CAD επιτρέπουν στο χρήστη να ορίσει τις οριακές συνθήκες στη γεωμετρία CAD, όπου και σε αυτή την περίπτωση οι οριακές συνθήκες μετατρέπονται σε ισοδύναμες οριακές συνθήκες στους κόμβους του πλέγματος από το ίδιο το σύστημα. Οι περισσότεροι μοντελοποιητές πεπερασμένων στοιχείων παρέχουν έναν αριθμό τρόπων εύκολου καθορισμού των φορτίσεων και των οριακών συνθηκών για το χειρισμό ευρείας κλίμακας προβλημάτων και ρεαλιστικών συνθηκών.

Σε κάθε πεπερασμένο στοιχείο πρέπει να αποδοθούν ιδιότητες υλικού. Αυτές οι ιδιότητες είναι τυπικά το μέτρο ελαστικότητας του Young και ο λόγος Poisson (για ελαστικές κατασκευές). Το πάχος στοιχείων κελύφους και πλακών αντιμετωπίζεται περισσότερο σαν ιδιότητα υλικού παρά σαν γεωμετρική ιδιότητα για την αποφυγή επίλυσης του προβλήματος στις τρεις διαστάσεις. Άλλες ιδιότητες υλικών περιλαμβάνουν θερμικές ιδιότητες όπως ειδική θερμότητα, συντελεστής αγωγιμότητας, λανθάνουσα θερμότητα κ.τ.λ. Μια απλή παραδοχή που γίνεται είναι ότι σε διαφορετικές περιοχές στοιχείων αποδίδονται διαφορετικές ιδιότητες υλικών. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να αναλύσει ένα αντικείμενο κατασκευασμένο από σύνθετο υλικό. Ένα κρίσιμο ζήτημα στην ανάλυση σύνθετων υλικών είναι η διαχείριση της διεπιφάνειας μεταξύ των στρώσεων προκειμένου να υπολογιστεί η αποκόλληση (delamination).

Από τη στιγμή που ορισθεί το μοντέλο των πεπερασμένων στοιχείων επιλέγοντας όλες τις παραμέτρους του πλέγματος, το μοντέλο εισάγεται στον κώδικα που εκτελεί την ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων. Μετά την αριθμητική επίλυση, τα αποτελέσματα απεικονίζονται σε ένα στάδιο που παραδοσιακά ονομάζεται μετά-επεξεργαστής (post-processor). Τα περισσότερα πακέτα προσφέρουν ποικίλους τρόπους απεικόνισης των αποτελεσμάτων, τα οποία περιλαμβάνουν τάσεις, παραμορφώσεις και το παραμορφωμένο σχήμα της κατασκευής. Ο συνήθης τρόπος απεικόνισης είναι υπό μορφή ισοστατικών επιφανειών, με τη χρήση χρωματικής κλίμακας. Στην περίπτωση δυναμικής ανάλυσης τα πακέτα διαθέτουν animation. (11)

### **3.3. TO SOLIDWORKS ΚΑΙ ΤΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ**

Το 1993, ο ιδρυτής SOLIDWORKS John Hirschtick προσλαμβάνει μια ομάδα μηχανικών με σκοπό την ανάπτυξη μιας πιο προσιτής προς τους χρήστες 3D CAD τεχνολογίας. Το πέτυχαν με την ανάπτυξη 3D CAD τεχνολογίας που έτρεξε για την πλατφόρμα των Windows και δεν απαιτούσε ακριβό εξοπλισμό και λογισμικό για να λειτουργήσει. Το 1995 σηματοδότησε την πρώτη έκδοση του λογισμικού SOLIDWORKS®. Μέσα σε δύο μήνες, είχε κερδίσει επευφημίες για την ευκολία στη χρήση, επιτρέποντας σε περισσότερους μηχανικούς από ποτέ να επωφεληθούν από 3D CAD για την επίτευξη των σχεδίων των προϊόντων τους. Το 1997, η μεγάλη παγκόσμια Dassault Systems SA αγοράζει το SolidWorks για \$ 310 εκατομμύρια. Σήμερα, το DS SOLIDWORKS προσφέρει ένα πλήρες σύνολο εργαλείων για τη δημιουργία, την προσομοίωση, δημοσίευση, και τη διαχείριση των δεδομένων, τη μεγιστοποίηση της καινοτομίας και της παραγωγικότητας. Όλες αυτές οι λύσεις επιτρέπουν στους οργανισμούς να σχεδιάσουν προϊόντα καλύτερα, πιο γρήγορα και με πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο. (12)

Το SolidWorks διαθέτει έξυπνα εργαλεία σχεδιασμού που βοηθούν στην δημιουργία λεπτομερών σχεδίων, γρήγορα και με ελάχιστα σφάλματα. Ο χρήστης μπορεί να σχεδιάσει το προϊόν του σαν 3D μοντέλο και αφού ελέγξει την πληρότητα των διαστάσεων, να απεικονίσει στην οθόνη του τα 2D σχέδια του μοντέλου. Επίσης η δυνατότητα αυτόματων ελέγχων εισχώρησης και ανίχνευσης σύγκρουσης, εξασφαλίζουν πως όλα τα τεμάχια συνδέονται κατάλληλα μαζί, προτού κατασκευαστεί ένα φυσικό πρωτότυπο, μειώνοντας έτσι το κόστος, καθώς και το συνολικό κύκλο σχεδιασμού, με αποτέλεσμα τον ταχύτερο χρόνο διάθεσης στην αγορά.

Το SolidWorks Simulation επικυρώνει το σχέδιό κατά το προγενέστερο στάδιο της διαδικασίας στην οθόνη, έτσι ώστε να μπορεί να ελέγχεται πώς θα συμπεριφέρεται κάτω από ακραίες συνθήκες ανέμου, θέρμανσης, καταπόνησης κ.α. Με τις απαντήσεις αυτές μπροστά, μπορεί να μειωθεί το βάρος, να αφαιρεθούν τα περιττά υλικά και να βελτιστοποιηθεί το κόστος, καθώς και να ελεγχθούν τυχόν αναξιόπιστες ή θέματα ασφαλείας.

Το λογισμικό SolidWorks παρέχει εργαλεία για ειδικές βιομηχανικές εφαρμογές, όπως λαμαρίνες, συγκολλητές κατασκευές με προφίλ δοκών (weldments), σχεδιασμό καλουπιών και μητρών, επιφανειών και δικτύων σωληνώσεων.

Με το SolidWorks υπάρχει η δυνατότητα ολοκληρωμένης παρουσίασης του προϊόντος πριν ακόμα και από την κατασκευή του με όλες τις λεπτομέρειες, με παραστάσεις σε 3D μοντέλα, 2D σχέδια, animation, καθώς και υψηλής ποιότητας φώτο – ρεαλιστική απεικόνιση.

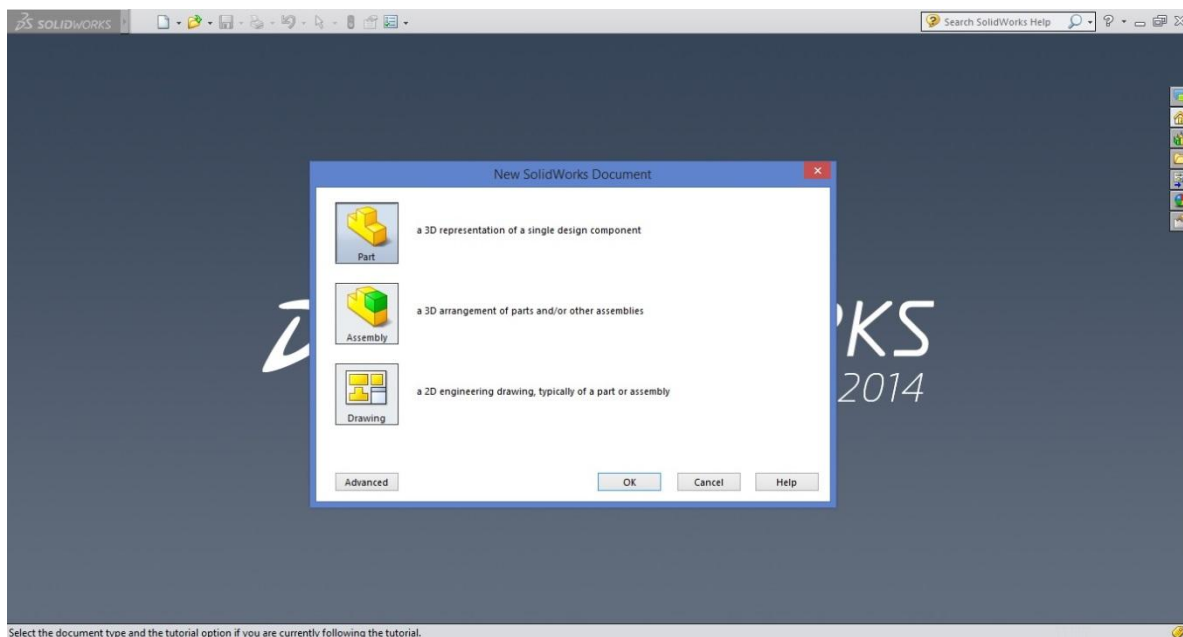
Πέρα από τη Μηχανολογία το SolidWorks Electrical είναι ένα ισχυρό λογισμικό νέας γενιάς το οποίο επιτρέπει στους ηλεκτρολόγους σχεδιαστές και ειδικούς αυτοματισμών να δημιουργούν έργα ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων και αυτοματισμών. Μέσα από το περιβάλλον των Windows, οι μηχανικοί μπορούν να παράγουν καλύτερα σχέδια εγκατάστασης, καθώς και να δημιουργήσουν ταχύτερα τα υποστηρικτικά έγγραφα. (13)

## Εισαγωγή στο σχεδιαστικό περιβάλλον και παρουσίαση των βασικών εργαλείων του SolidWorks που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία

Ανοίγοντας το πρόγραμμα ο χρήστης έρχεται σε επαφή με την πιο κάτω επιφάνεια εργασίας.



Με την επιλογή του εικονιδίου με τον αριθμό 'α' (New) ο χρήστης δημιουργεί ένα νέο αρχείο, έχοντας την δυνατότητα να επιλέξει ανάμεσα στην δημιουργία ενός 3D μοντέλου, στην δημιουργία μιας συναρμολόγησης ή στο σχεδιασμό ενός 2D σχεδίου. Στην πιο κάτω εικόνα φαίνονται οι τρεις επιλογές.



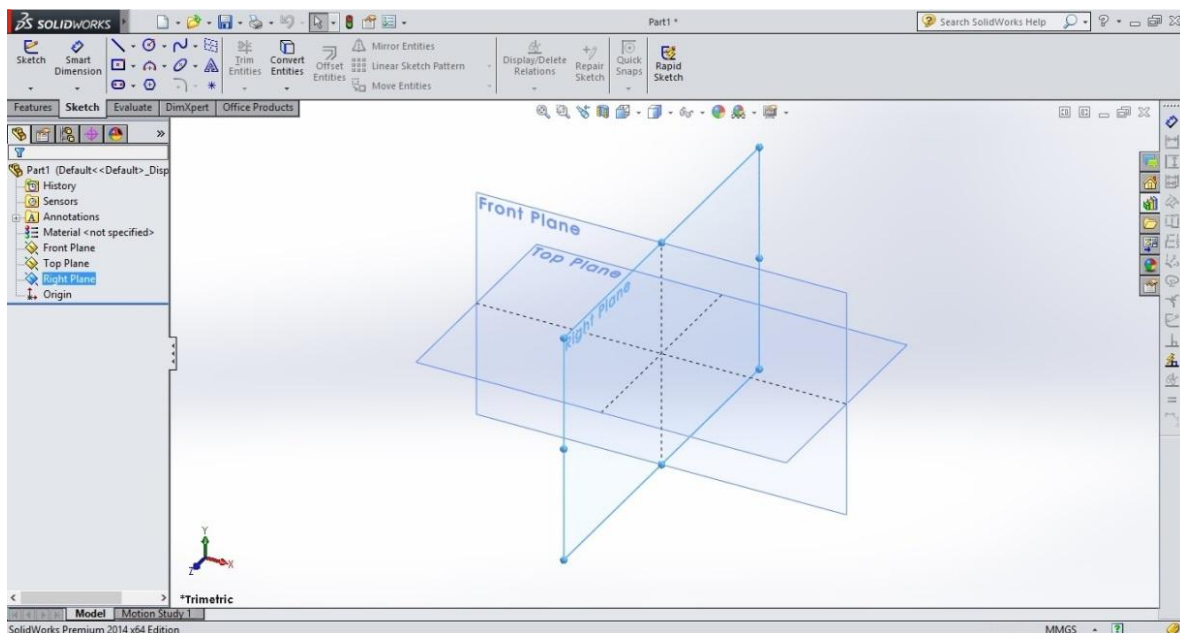
Αν επιλέξει το εικονίδιο με τον αριθμό 'b' (Open) τότε μπορεί να ανοίξει ένα υπάρχον αρχείο. Και με την επιλογή του εικονιδίου με τον αριθμό 'c' (Design Library) μπορεί να εισάγει στην επιφάνεια εργασίας τυποποιημένα στοιχεία μηχανών (π.χ. ρουλεμάν, κοχλίες, περικόχλια κλπ.) από ενσωματωμένες

βιβλιοθήκες. Συγκεκριμένα στα δεξιά της πιο κάτω εικόνα φαίνονται μια σειρά από ρουλεμάν και κοχλίες τυποποιημένα κατά ISO.



### Δημιουργία 3D μοντέλου

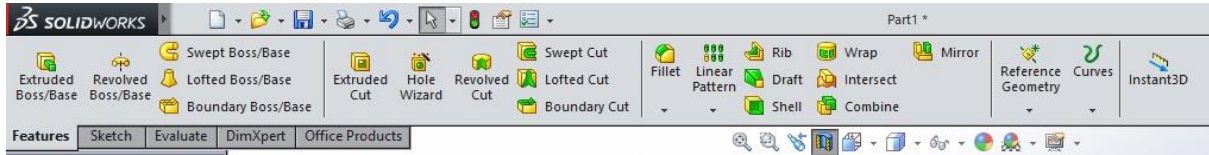
1) Επιλέγοντας την δημιουργία ενός νέου 3D μοντέλου ο χρήστης έρχεται σε επαφή με το πιο κάτω περιβάλλον σχεδίασης.



Στα αριστερά βρίσκεται το δέντρο του αρχείου στο οποίο φαίνονται τα 3 επίπεδα (Front Plane, Top Plane, Right Plane) και το καθετί που κάνει ο χρήστης με την σειρά που το κάνει (π.χ. Sketch1, Axis1, Plane1, Extrude Boss/Base). Στα αριστερά κάτω φαίνονται οι τρεις άξονες X,Y,Z.

2) Η σχεδίαση της επιθυμητής γεωμετρίας γίνεται, δημιουργώντας ένα νέο 'New Sketch' σε ένα από τα τρία επίπεδα (Front Plane, Top Plane, Right Plane) ή σε κάποιο άλλο επίπεδο που ορίζει ο χρήστης.

3) Με την εργαλειοθήκη features ο χρήστης έχει την δυνατότητα να μετατρέψει την επιθυμητή γεωμετρία που σχεδίασε σε στερεά κομμάτια (από 2D σε 3D). Οι βασικές εντολές (Extruded Boss/Base, Revolved Boss/Base, Swept Boss/Base, Swept Cut, Lofted Cut, Boundary Cut κ.α.) φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



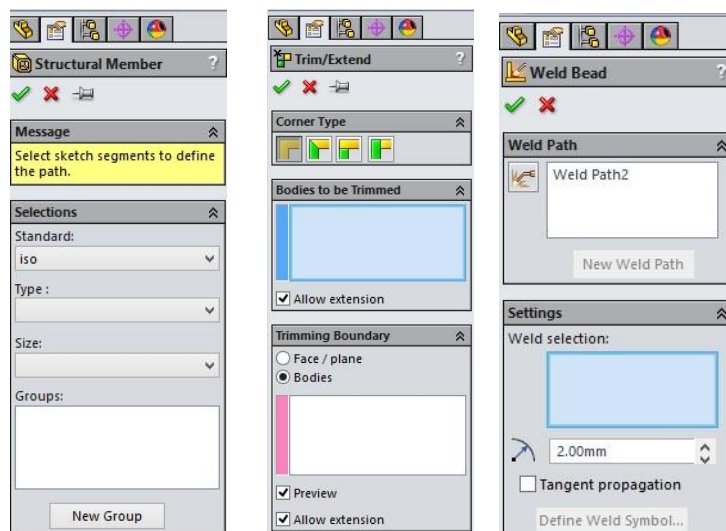
### Δημιουργία συγκολλητής κατασκευής

1) Για να δημιουργήσει ο χρήστης μια συγκολλητή κατασκευή, ενεργοποιεί την εργαλειοθήκη Weldments στο περιβάλλον σχεδίασης. Οι βασικές εντολές της εργαλειοθήκης Weldments (Trim/Extend, Structural Member, Weld Bead κ.α.) φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



2) Σχεδιάζει την επιθυμητή γεωμετρία για την εφαρμογή κάθε δομικού στοιχείου (δημιουργεί την διαδρομή που ακολουθεί το κάθε δομικό στοιχείο) της συγκολλητής κατασκευής, σε 'Sketch' και '3DSketch'.

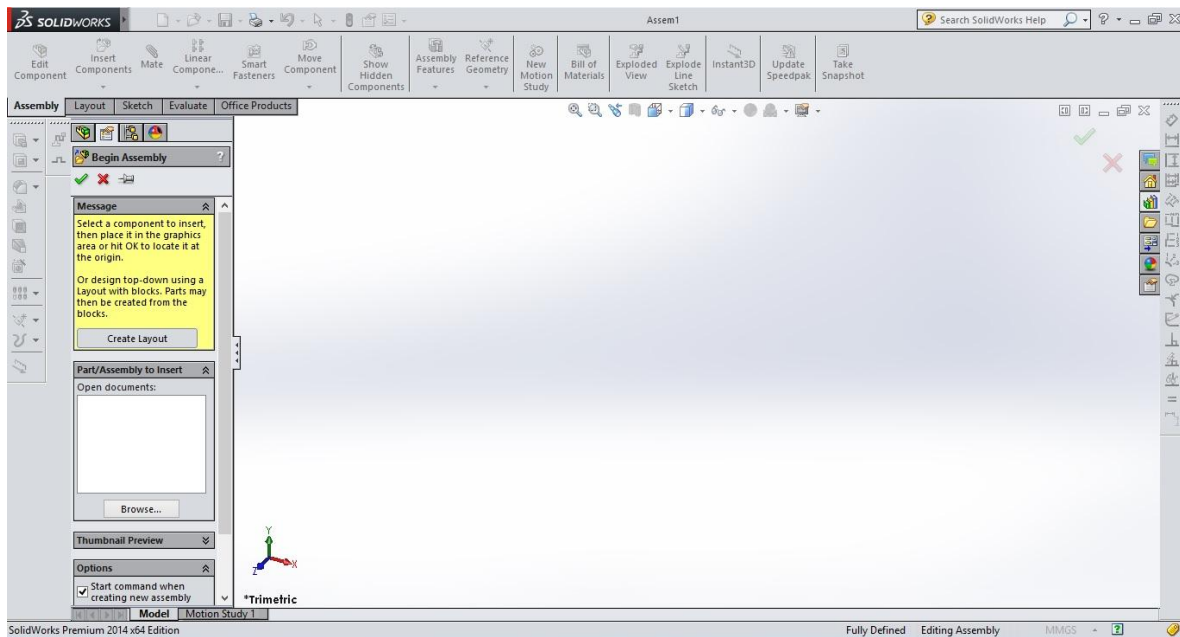
3) Με την εντολή 'Structural Member' δημιουργεί δομικά στοιχεία, επιλέγοντας το προφίλ κάθε δομικού στοιχείου από μια σειρά τυποποιημένων προφίλ ή δημιουργώντας / τροποποιώντας τυχόν ειδικά. Με την εντολή Trim/Extend ορίζει τον τρόπο σύνδεσης των δομικών στοιχείων μεταξύ τους, διαμορφώνοντας κατάλληλα τα άκρα τους. Τέλος, ορίζει τις συγκολλήσεις με την εντολή 'Weld Bead'.



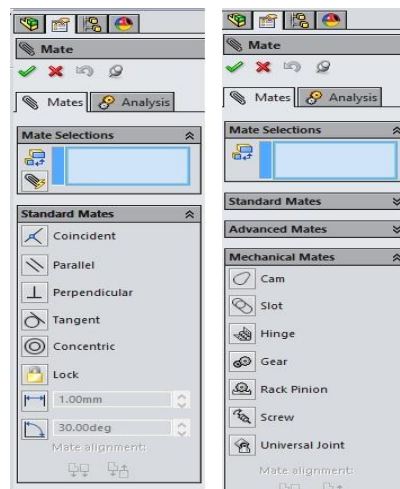


## Διαδικασία συναρμολόγησης

1) Επιλέγοντας την δημιουργία μιας νέας συναρμολόγησης 'New Assembly' ο χρήστης έρχεται σε επαφή με το πιο κάτω περιβάλλον.



2) Εισάγει τα κομμάτια που θέλει να συναρμολογήσει στο περιβάλλον συναρμολόγησης και στην συνέχεια δηλώνει το τρόπο σύνδεσης τους. Στις δυο εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι δυο βασικές κατηγορίες σύνδεσης δυο ή περισσότερων κομματιών που είναι τα 'Standard Mates' και τα 'Mechanical Mates'.



Με τα 'Standard Mates' ο χρήστης δηλώνει τους απλούς τρόπους σύνδεσης, όπως αν δυο κομμάτια είναι παράλληλα (Parallel), κάθετα (Perpendicular), ομόκεντρα (Concentric) κ.α. Με τα 'Mechanical Mates' ο χρήστης δηλώνει τον τρόπο σύνδεσης μηχανικών κομματιών ώστε να συνεργάζονται ομαλά. Όπως για παράδειγμα την συνεργασία δυο γινααζιών (Gear), την συνεργασία κοχλία - περικοχλίου κ.α.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΟΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΑΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ**

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο κατά το δυνατόν αρτιότερος σχεδιασμός ενός αναδιπλούμενου ποδηλάτου πόλης με πιθανότητα ηλεκτροκίνησης. Για το σχεδιασμό του προτεινόμενου αναδιπλούμενου ποδηλάτου πόλης, πρώτα συγκεντρώθηκαν τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά-προδιαγραφές από τα πιο διαδεδομένα και επιτυχημένα αναδιπλούμενα ποδήλατα που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά. Στη συνέχεια αναλύονται αυτές οι προδιαγραφές, αναγνωρίζονται περιοχές πιθανής βελτίωσης και προτείνονται κάποιες καινοτομικές αλλαγές που οδηγούν το σχεδιασμό του προτεινόμενου, ως ενός καλύτερου και ανταγωνιστικού αναδιπλούμενου ποδηλάτου. Παρακάτω παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά και ο τρόπος αναδίπλωσης 7 αναδιπλούμενων ποδηλάτων.

### **4.1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ ΠΟΛΗΣ -ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΕΓΚΥΡΩΝ ΥΠΑΡΚΤΩΝ ΛΥΣΕΩΝ**

#### **Dahon Vybe C7A**

Η εταιρεία Dahon είναι ο μεγαλύτερος κατασκευαστής αναδιπλωμένων ποδηλάτων παγκοσμίως, με μερίδιο 2/3 της αγοράς το 2006. Οι ιδιοκτήτες της είναι τα αδέρφια David και Henry Hon. Η έδρα της εταιρείας είναι στην Αμερική και τα εργοστάσια κατασκευής στην Κίνα και Βουλγαρία.



**Σχήμα 4.1.1** Αναδιπλούμενο Ποδήλατο Dahon Vybe C7A

Το πλαίσιο είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο και το συνολικό του βάρος είναι 11,46Kg. Οι τροχοί έχουν μέγεθος 20'' προσφέροντας μια πιο άνετη οδήγηση στον αναβάτη. (μεγαλύτεροι τροχοί, μεγαλύτερη

απόσβεση κραδασμών). Έχει 7 ταχύτητες, που καθιστούν τη χρήση του λιγότερο κουραστική. Διαθέτει σχάρα μεταφοράς αποσκευών και φρένα τύπου-V που ελέγχονται με συρματόσχοινα. Ο μηχανισμός αναδίπλωσης είναι ένας μεντεσές και ένας σύνδεσμος που κρατά τον σκελετό κουμπωμένο. Η αναδίπλωση του είναι πολύ εύκολη και διαρκεί μόλις 15sec. Διπλωμένο έχει συνολικές διαστάσεις 30cmX80cmX66cm. Υπάρχουν μαγνήτες που ασφαλίζουν τη θέση κλειδώματος. Λόγω της απλότητας της κατασκευής η τιμή του είναι εξαιρετικά χαμηλή, περίπου στα €430. (14)

### Διαδικασία Αναδίπλωσης

- 1) Χαμηλώνουμε τη σέλα.
- 2) Διπλώνουμε στη μέση το τιμόνι, αφού ελευθερώσουμε το μοχλό του.
- 3) Απελευθερώνουμε το ειδικό κλείστρο ώστε να μπορέσει να διπλώσει ο σκελετός και να έρθει ο μπροστινός τροχός προς τα πίσω.

\* Για να το ανοίξουμε ακλουθούμε την πιο πάνω διαδικασία αντίστροφα.



### Tern Link C7

Η εταιρεία Tern έχει ιδρυθεί το 2011 από το γιο του ιδρυτή της Dahon. Η έδρα της εταιρείας Tern είναι στην Ταϊβαν και τα ποδήλατα της πωλούνται σε περισσότερες από 65χωρες. Αν και με λίγα χρόνια παρουσίας τα ποδήλατα της έχουν πάρει αρκετά διεθνή βραβεία.



Σχήμα 4.1.2 Αναδιπλούμενο Ποδήλατο Tern Link C7

Το πλαίσιο είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο και το πιρούνι του από υψηλής αντοχής χάλυβα, με το συνολικό του βάρος να είναι 12,4Kg. Όλοι οι σκελετοί Tern έχουν το σύστημα Double Truss, που μετατρέπει το πίσω μέρος του σκελετού σε ένα χωροδικτύωμα ώστε να είναι πολύ πιο άκαμπτο. Οι τροχοί

έχουν μέγεθος 20'' και έχει 8 ταχύτητες. Τα φρένα του είναι τύπου-V και ελέγχονται με συρματόσχοινα. Ο μηχανισμός αναδίπλωσης είναι ένας μεντεσές και ένας σύνδεσμος FBL(Four Bar Linkage) που κρατά τον σκελετό κουμπωμένο. Ο σύνδεσμος FBL κατασκευάζεται και διαμορφώνεται με μεγάλη ακρίβεια για να προσφέρει λείες επιφάνειες για τα δάχτυλα. Υπάρχουν μαγνήτες που ασφαλίζουν τη θέση κλειδώματος. Η αναδίπλωση του είναι πολύ εύκολη και διαρκεί μόλις 10sec. Διπλωμένο έχει συνολικές διαστάσεις 34cmX85cmX65cm. Λόγω της απλότητας της κατασκευής η τιμή του είναι εξαιρετικά χαμηλή, στα €400. (15)

### **Διαδικασία Αναδίπλωσης**

- 1) Χαμηλώνουμε τη σέλα.
- 2) Διπλώνουμε στη μέση το τιμόνι, αφού ελευθερώσουμε το μοχλό του.
- 3) Απελευθερώνουμε το ειδικό κλείστρο ώστε να μπορέσει να διπλώσει ο σκελετός και να έρθει ο μπροστινός τροχός προς τα πίσω.

\* Για να το ανοίξουμε ακολουθούμε την πιο πάνω διαδικασία αντίστροφα.



### **Birdy Inter 8**

Το αναδιπλούμενο ποδήλατο Birdy σχεδιάστηκε στην Γερμανία από τους Riese και Muller και παράγεται στην Ταϊβαν από την εταιρεία Pacific Cycles. Κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1995 και ήταν το πρώτο αναδιπλούμενο ποδήλατο με αναρτήσεις. Σημαντική χρονιά του Birdy ήταν το 2010 όπου πουλήθηκαν περισσότερα από 100 000.



**Σχήμα 4.1.3** Αναδιπλούμενο Ποδήλατο Birdy Inter 8

Το πλαίσιο είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο και το συνολικό του βάρος είναι 12,6Kg. Το ολόσωμο πλαίσιο του, το κάνει πιο στιβαρό σε σύγκριση με άλλα πλαίσια αναδιπλούμενων ποδηλάτων. Οι τροχοί έχουν μέγεθος 18'' και έχει 8 ταχύτητες. Διαθέτει σχάρα μεταφοράς αποσκευών και τα φρένα του είναι τύπου-V που ελέγχονται με συρματόσχοινα. Η χρήση των αρθρώσεων που έχει για τις αναρτήσεις, στη διαδικασία αναδίπλωσης του αποτελεί και την καινοτομία του. Η αναδίπλωση του είναι πολύ εύκολη και διαρκεί γύρω στα 15sec. Διπλωμένο έχει συνολικές διαστάσεις 60cmX39cmX72cm. Η τιμή του είναι γύρω στα €1350. (16)

### **Διαδικασία Αναδίπλωσης**

1) Ελευθερώνουμε το μοχλό του πίσω τροχού και ανασηκώνουμε το ποδήλατο προς τα πάνω, έτσι ώστε ο οπίσθιος τροχός να περιστραφεί γύρω από την μεσαία τριβή όπου στεγάζεται η έδραση του.

2) Χαμηλώνουμε τη σέλα.

3) Απελευθερώνουμε το μοχλό του μπροστινού τροχού και ανασηκώνουμε το ποδήλατο προς τα πάνω, έτσι ώστε ο εμπρόσθιος τροχός να περιστραφεί προς τα πίσω.

4) Διπλώνουμε το τιμόνι, αφού ελευθερώσουμε το μοχλό του.

\* Για να το ανοίξουμε ακολουθούμε την πιο πάνω διαδικασία αντίστροφα.



### **If Move**

Το αναδιπλούμενο ποδήλατο If Move παράγεται από την αμερικανική εταιρεία Pacific Cycles. Σημαντική χρονιά του If Move είναι το 2013, όπου βραβεύεται στην Γερμανία με το διεθνές βραβείο σχεδιασμού 'red dot'.



Σχήμα 4.1.4 Αναδιπλούμενο Ποδήλατο If Move

Το πλαίσιο είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο και το συνολικό του βάρος είναι 11.5Kg. Οι τροχοί έχουν μέγεθος 20'' και έχει 9 ταχύτητες. Έχει δισκόφρενα στους δυο τροχούς ,για ασφαλέστερη ακινητοποίηση του ποδηλάτου όταν χρειαστεί. Ο σκελετός είναι σχεδιασμένος με μονό ψαλίδι και μονό πιρούνι. Η αναδίπλωση του είναι πολύ εύκολη και διαρκεί γύρω στα 10sec. Ο μηχανισμός αναδίπλωσης του είναι ένας μεντεσές, που κλειδώνει με ένα μοχλό ασφαλείας και δυο εξαρτήματα που οδηγούν το μπροστινό μέρος του σκελετού προς τα πίσω. Η καινοτομία του μηχανισμού είναι η έξυπνη περιστροφή του μπροστινού μέρους του σκελετού προς τα πίσω, που φέρνει τους δυο τροχούς παράλληλα και κάνει την μεταφορά του εύκολη και γρήγορη. Οπότε ο χρήστης για να το μεταφέρει απλά το κυλάει. Διπλωμένο έχει συνολικές διαστάσεις 97cmX27cmX50cm. Η τιμή του είναι περίπου €1600. (17)

### **Διαδικασία Αναδίπλωσης**

- 1) Ελευθερώνουμε το μοχλό που βρίσκεται στο κάτω μέρος του άνω σωλήνα και οδηγούμε τον μπροστινό τροχό προς τα πίσω.
- 2) Χαμηλώνουμε τη σέλα.
- 3) Σπάμε το τιμόνι δεξιά και αριστερά.

\*Για να το ανοίξουμε ακολουθούμε την πιο πάνω διαδικασία αντίστροφα.



## A-bike

Το A-bike εφευρέθηκε από τον Sir Clive Sinclair και παρουσιάστηκε στις 12 Ιουλίου 2006 στο Ηνωμένο Βασίλειο. Αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας για περισσότερα από 5 χρόνια.



Σχήμα 4.1.5 Αναδιπλούμενο Ποδήλατο, A-bike

Το πλαίσιο είναι κατασκευασμένο κατά 70% από αλουμίνιο και 30% πολυαμίδιο (PA66 GF), με το συνολικό του βάρος να είναι 5,6Kg. Οι τροχοί έχουν μέγεθος 6''x1 1/4'' που καθιστά δύσκολη την χρήση του σε ανώμαλα οδοστρώματα. Η αναδίπλωση του διαρκεί κάτω από 10sec. Διπλωμένο έχει συνολικές διαστάσεις 67cm X 30cm X 16cm. Η καινοτομία που παρουσιάζει είναι ο τηλεσκοπικός μηχανισμός που υπάρχει στα δυο τμήματα του και κάνει το μέγεθος του πολύ μικρό όταν είναι διπλωμένο, άρα ευκολότερη μεταφορά και αποθήκευση. Η τιμή του είναι εξαιρετικά χαμηλή στα €400. (18)

### Διαδικασία Αναδίπλωσης

- 1) Σπρώχνουμε την οριζόντια μπάρα προς τα πάνω και έτσι τα δυο τμήματα, που είναι αναρτημένοι οι τροχοί γίνονται παράλληλα.
- 2) Γυρίζουμε το τιμόνι 180° και σπρώχνουμε προς τα κάτω ώστε τα δυο τμήματα να συμπτυχτούν.
- 3) Στρέφουμε την σέλα προς τα κάτω.
- 4) Αποσυναρμολογούμε τα χερούλια του τιμονιού.

\*Για να το ανοίξουμε ακολουθούμε την πιο πάνω διαδικασία αντίστροφα.



## **Btwin Tilt-7**

Το αναδιπλούμενο ποδήλατο Btwin Tilt-7 παράγεται από την γαλλική εταιρεία Oxyane και αποτελεί ένα ακόμα διαδεδομένο μοντέλο παγκοσμίως.



**Σχήμα 4.1.6** Αναδιπλούμενο Ποδήλατο, Btwin Tilt-7

Το πλαίσιο είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο και το συνολικό του βάρος είναι 13,5Kg. Οι τροχοί έχουν μέγεθος 20" και έχει 2 εσωτερικές ταχύτητες στο πίσω άξονα. Η μετάδοση της κίνησης γίνεται με ενισχυμένο ιμάντα, άρα δεν υπάρχει φόβος από λεκέδες λιπαντικού. Έχει φρένα τύπου V που ελέγχονται με συρματόσχοινα. Διαθέτει φωτάκια led στον εμπρόσθιο σωλήνα και στο σωλήνα θέσης. Διπλωμένο έχει συνολικές διαστάσεις 47cmX66cmX80cm. Η αναδίπλωση του επιτυγχάνεται από ένα μοχλό, που υπάρχει κάτω από την σέλλα, που ενεργοποιεί την άρθρωση έτσι ώστε το ποδήλατο να μπορεί να περιστραφεί και να διπλώσει. Η καινοτομία του μηχανισμού του είναι ότι το ποδήλατο διπλώνει σε λιγότερο από 8sec. Έτσι για να το μεταφέρουμε άπλα το κυλάμε. Η τιμή του είναι περίπου στα €640. (19)

### **Διαδικασία Αναδίπλωσης**

- 1)** Ενεργοποιούμε τον μοχλό που βρίσκεται κάτω από την σέλλα και κρατώντας το από το τιμόνι οδηγούμε τον εμπρόσθιο τροχό προς τα πίσω.
- 2)** Χαμηλώνουμε την σέλλα προς τα κάτω .
- 3)** Τέλος διπλώνουμε στη μέση το τιμόνι πιέζοντας το 'κόκκινο' κουμπάκι και το 'γκρι' προς τα μέσα.

\* Για να το ανοίξουμε ακολουθούμε την πιο πάνω διαδικασία αντίστροφα.





## Jango V18

Το αναδιπλούμενο ποδήλατο Jango V18 παράγεται από την γερμανική εταιρεία ADP Engineering. Σημαντική χρονιά του Jango V18 είναι το 2007, όπου βραβεύεται με το βραβείο 'Eurobike'.



Σχήμα 4.1.7 Αναδιπλούμενο Ποδήλατο, Jango V18

Το πλαίσιο είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο και το συνολικό του βάρος είναι 12kg. Οι τροχοί έχουν μέγεθος 18" και διαθέτει ανάρτηση στο πίσω τροχό. Έχει 2X9=18 ταχύτητες και η ακινητοποίηση του πετυχαίνεται με φρένα τύπου V που ελέγχονται με συρματόσχοινα. Η αναδίπλωση του διαρκεί μόλις 8sec. Διπλωμένο έχει συνολικές διαστάσεις 90cmX31cmX81cm. Η λειτουργία του μηχανισμού αναδίπλωσης στηρίζεται στην άρθρωση της ανάρτησης καθώς και σε άλλα δυο σημεία που υπάρχει άρθρωση. Όταν είναι διπλωμένο οι τροχοί του μένουν στην ίδια ευθεία, έτσι η μεταφορά του είναι εύκολη και γίνεται κυλώντας το. Η τιμή του είναι περίπου στα €800. (20)

### Διαδικασία Αναδίπλωσης

- 1) Διπλώνουμε το τιμόνι ελευθερώνοντας το μοχλό του.
- 2) Απασφαλίζουμε το μοχλό που βρίσκεται στον σωλήνα θέσης.
- 3) Σπρώχνουμε τον σωλήνα της σέλλας προς τα μπροστά και έτσι ο πίσω τροχός κινείται προς το εμπρόσθιο και η σωλήνα της σέλλας ακουμπά στο κούτελο.

\* Για να το ανοίξουμε ακολουθούμε την πιο πάνω διαδικασία αντίστροφα



#### **4.2. ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ**

Οι ιδιότητες, η μορφή, το μέγεθος, η διάταξη και γενικά όλες οι επιθυμητές καθώς και όλες οι επιβαλλόμενες επιστημονικές και τεχνολογικές απαιτήσεις λειτουργίας από μια μηχανολογική κατασκευή συνιστούν την Τεχνική της Προδιαγραφής που πρέπει, στο μέτρο του κατά περίπτωση εφικτού, να ικανοποιηθεί κατά την σύνθεση, τον σχεδιασμό και την παραγωγή της. Μια Τεχνική Προδιαγραφή καθορίζει, όπως είναι γνωστό, τιμές και περιοχές επιτρεπόμενης διακύμανσης τους για εκείνα και μόνο τα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας κατασκευής που έχουν άμεση επίδραση στην εκτέλεση του προορισμού της. Στη παράγραφο αυτή καθορίζονται οι τεχνικές προδιαγραφές για την κατασκευή ενός αναδιπλούμενου ποδηλάτου. Πρώτα από όλα η κάθε τεχνική προδιαγραφή που θα οριστεί πρέπει να επιφέρει βελτίωση στο ποδήλατο, έτσι ώστε ο πελάτης που το αγοράζει να είναι ικανοποιημένος για την επιλογή που έκανε αγοράζοντας αυτό και όχι κάποιο άλλο. Η σωστή επιλογή των τεχνικών προδιαγραφών είναι αναγκαία, πριν προχωρήσει η διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής του ποδηλάτου. Και ο λόγος είναι ότι η λανθασμένη επιλογή τεχνικών προδιαγραφών, μεταφράζεται σε χρόνο για τον επανασχεδιασμό και σε χρήματα για την ανακατασκευή του. Καθορίζοντας τους στόχους που πρέπει να καλύπτει το αναδιπλούμενο ποδήλατο γίνεται η σωστή επιλογή των τεχνικών προδιαγραφών. (21)

#### **ΚΥΡΙΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΛΛΟΥ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ:**

1. Το ποδήλατο μας προορίζεται κυρίως για την ελληνική αγορά άρα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας την οικονομική κατάσταση της χώρας μας και να κατασκευάσουμε ένα ποδήλατο με προσιτή τιμή.
2. Να υπάρχει όσο το δυνατό καλύτερη αναλογία ανάμεσα στην τιμή και την ποιότητα.
3. Από αισθητικής πλευράς πρέπει να είναι άρτιο και να πείθει τον καταναλωτή για την αναγκαιότητα του και την χρησιμότητα του.
4. Προσθήκη καινοτομικών αλλαγών ώστε να είναι ανταγωνιστικό.
5. Να υπάρχει δυνατότητα μετατροπής του σε ηλεκτρικό ποδήλατο.
6. Πρέπει να υπακούει στην Ελληνική Νομοθεσία καθώς και στην Ευρωπαϊκή.

#### **ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ**

Η διαδικασία επιλογής τεχνικών προδιαγραφών ξεκινά με την συγκέντρωση σε πίνακα όλων εκείνων των προδιαγραφών που είναι σημαντικές και προέκυψαν από την ανάλυση των αναδιπλούμενων ποδηλάτων στη Παράγραφο 4.1 και στην συνέχεια γίνεται η αξιολόγησή τους.

**ΣΥΓΚΡΙΝΟΜΕΝΕΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ**

ΜΟΝΤΕΛΟ	ΒΑΡΟΣ (kg)	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΠΛΩΜΕΝΟ (cm)	ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ (sec)	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ (αρθρώσεις)	ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΡΟΧΩΝ (inches)	ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΥΛΙΚΟ	ΤΙΜΗ (€)
<b>Dahon-Vybe C7A</b>	11,46	80X30X66	15	2 σημεία	20	7 ταχύτητες, φρένα τύπου-V	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	430
<b>Tern Link-7</b>	12,4	85X34X65	10	2 σημεία	20	7 ταχύτητες, φρένα τύπου-V	Σκελετός ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ AL6061 Πιρούνι Hi-tensile steel	400
<b>Birdy-Inter8 Red</b>	12,6	60X39X72	15	3 σημεία	18	8 ταχύτητες, μπροστά αμορτισέρ, πίσω ανάρτηση (ελαστομερές), φρένα τύπου-V	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	1350
<b>If Move</b>	11,5	50X27X97	10	1 σημείο	20	9 ταχύτητες, δισκόφρενα	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ AL7005/6061	1600
<b>A-Bike</b>	5,6	30X16X67	10	Τηλεσκοπικός	6	Σύστημα διπλής αλυσίδας	70% AL6061-T6 30% POLYMER GF PA66	400
<b>Btwin Tilt-7</b>	13,5	80X47X66	8	2 σημεία	20	2 ταχύτητες (με τα γρανάζια στον πίσω άξονα), φρένα τύπου-V	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ AL6061	640
<b>Jango V18</b>	12	81X31X90	8	4 σημεία	18	2X9 ταχύτητες, πίσω ανάρτηση (ελαστομερές), δισκόφρενα	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ AL7005	800

**Πίνακας 4.2.1** Συγκρινόμενες Υφιστάμενες Λύσεις

## **ΒΑΣΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

Συγκεντρώνονται σε πίνακα τα κριτήρια, με τα όποια θα γίνει η αξιολόγηση κάθε ποδηλάτου και καθορίζεται ο συντελεστής βαρύτητας του κάθε κριτηρίου. Αυτό γίνεται με την διαδικασία 'Ψηφιακής Λογικής'. Πιο κάτω παρουσιάζεται ο πίνακας με τους συντελεστές βαρύτητας που πρόέκυψαν για το κάθε κριτήριο. (21)

<b>A/A</b>	<b>Κριτήριο</b>	<b>Βαρύτητα</b>
<b>1</b>	Βάρος	0,067
<b>2</b>	Υλικό	0,067
<b>3</b>	Τιμή	0,133
<b>4</b>	Χρόνος Αναδίπλωσης	0,2
<b>5</b>	Σκελετός (σχήμα, απλότητα, design)	0,2
<b>6</b>	Μηχανισμός Αναδίπλωσης (απλότητα, ευκολία συντήρησης)	0,333
	<b>Σύνολο</b>	<b>1</b>

**Πίνακας 4.2.2** Κριτήρια αξιολόγησης ποδηλάτων

## **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ**

Στην συνέχεια δημιουργείται ένας πίνακας, με την βαθμολογία που συγκεντρώνει το κάθε ποδήλατο με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης. Η βαθμολόγηση γίνεται με τους βαθμούς, (21):

0 = Ανεπαρκής (-ές)

1 = Ανεκτή (-ό)

2 = Επαρκής (-ές)

3 = Καλή (-ό)

4 = Πολύ Καλή (-ό) / Άριστη (-ό)

<b>A/A</b>	<b>Κριτήριο</b>	<b>Dahon Vybe C7A</b>	<b>Tern LinkC7</b>	<b>Birdy Inter8</b>	<b>If Move</b>	<b>A bike</b>	<b>Btwin Tilt7</b>	<b>Jango EZV9</b>
<b>1</b>	Βάρος	3	2	2	3	4	1	3
<b>2</b>	Υλικό	3	3	3	3	3	3	3
<b>3</b>	Τιμή	4	4	2	2	4	3	3
<b>4</b>	Χρόνος Αναδίπλωσης	1	2	1	2	2	4	4
<b>5</b>	Σκελετός (σχήμα, απλότητα, αισθητική)	4	4	2	3	1	3	1
<b>6</b>	Μηχανισμός Αναδίπλωσης (απλότητα, ευκολία συντήρησης)	4	4	3	3	1	3	1

**Πίνακας 4.2.3** Αξιολόγηση ποδηλάτων

## ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ

Σειρά έχει ο υπολογισμός του ολικού βαθμού αξιολόγησης του κάθε ποδηλάτου. Ο ολικός βαθμός αξιολόγησης κατατάσσει και συγκρίνει τα ποδήλατα μεταξύ τους με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης. Με την χρήση των δυο προηγούμενων πινάκων υπολογίζεται ο ολικός βαθμός κάθε ποδηλάτου, με τον τύπο (21):

$$B_j = \sum_{i=1}^{i=6} [(\sigma \cdot \beta)_i \times (\beta_{ij})]$$

$\sigma \cdot \beta$  = συντελεστής βαρύτητας

$\beta$  = βαθμός ποδηλάτου j ως προς το κριτήριο i

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

A/A	Dahon Vybe C7A	Tern LinkC7	Birdy Inter8	If Move	A-bike	Btwin Tilt7	Jango EZV9
1	0,2	0,133	0,133	0,2	0,267	0,067	0,2
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
3	0,533	0,533	0,267	0,267	0,533	0,4	0,4
4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,8	0,8
5	0,8	0,8	0,4	0,6	0,2	0,6	0,2
6	1,333	1,333	1	1	0,333	1	0,333
<b>Ολικός Βαθμός</b>	<b>3,267</b>	<b>3,4</b>	2,2	2,667	1,933	<b>3,067</b>	2,133
<b>Σειρά Λύσεων</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	5	4	7	<b>3</b>	6

Πίνακας 4.2.4 Σύνθεση σταθμισμένης τελικής βαθμολογίας ποδηλάτων

Αφότου καταγράφηκαν και αξιολογήθηκαν τα κύρια χαρακτηριστικά του κάθε ποδηλάτου, καθορίζονται οι τεχνικές προδιαγραφές που θα διέπουν το προτεινόμενο νέο ποδήλατο. Το συμπέρασμα που βγαίνει από τα αποτελέσματα του πίνακα τελικής αξιολόγησης, είναι ότι τα ποδήλατα της Tern, Dahon και Btwin ανταποκρίνονται σε μεγαλύτερο βαθμό στα κριτήρια που τέθηκαν. Για αυτό το λόγο οι προδιαγραφές που θα επιλεγούν για την σχεδίαση του ποδηλάτου θα βασίζονται κυρίως σε αυτά τα τρία ποδήλατα.

### 1<sup>η</sup> Προδιαγραφή

Το υλικό που θα επιλεγεί είναι το κράμα αλουμινίου 6061-T6 που χρησιμοποιείται στην κατασκευή ποδηλάτων. Συγκεκριμένα είναι μια πρόσμιξη αλουμινίου με μαγνήσιο και πυρίτιο (Al-Mg-Si) και έχει υποστεί θερμική επεξεργασία για βελτίωση των ιδιοτήτων του. Ένα πλαίσιο ποδηλάτου από αλουμίνιο δεν είναι μόνο ελαφρύτερο, αλλά και πιο στιβαρό από ένα αντίστοιχο χαλύβδινο. Αυτό οφείλεται στη δυνατότητα αύξησης της διαμέτρου των σωλήνων και μείωσης του πάχους των τοιχωμάτων του, χωρίς αντίστοιχη αύξηση του βάρους του. Μεγαλύτερη στιβαρότητα σημαίνει μικρότερες ελαστικές

παραμορφώσεις του πλαισίου κάτω από φορτία και στην πράξη, καλύτερη συμπεριφορά του ποδηλάτου. Επιπλέον έχει μεγάλη ικανότητα στο να αντιστέκεται στη διάβρωση.

Υλικό	Πυκνότητα $\rho(\text{g/cm}^3)$	Μέτρο ελαστικότητας E(GPa)	Όριο Διαρροής $\sigma_y(\text{MPa})$
Aluminium 6061-T6	2,7	69	275

Πίνακας 4.2.5 Ιδιότητες Aluminium 6061-T6

## 2<sup>η</sup> Προδιαγραφή

Το συνολικό βάρος του ποδηλάτου πρέπει να είναι συνολικά κάτω από 12,5kg. Από έρευνα στην αγορά, συγκεντρώνονται όλα τα εξαρτήματα που θα φέρει το ποδήλατο και καταγράφονται σε ένα πίνακα μαζί με το βάρος τους. Αφαιρώντας από το συνολικό βάρος των 12,5kg, το συνολικό βάρος όλων των εξαρτημάτων, καθορίζεται το βάρος που πρέπει να έχει το πλαίσιο του ποδηλάτου που θα σχεδιαστεί. Το συνολικό βάρος των εξαρτημάτων είναι 6,706kg, οπότε ο σκελετός πρέπει να είναι το πολύ 6kg.

A/A	Εξάρτημα	Κατασκευαστής - Μοντέλο	Βάρος (gr)
1	8 Speed Cassete	SRAM - PG830	330
2	Crankset	SHIMANO - ALTUS M311	832
3	8 Speed Chain	SRAM - PC850	310
4	Front Derailleur	SRAM - 3.0	90
5	Rear Derailleur	SRAM - X3	210
6	Speed Trigger Shifter Set(2)	SRAM - X4	265
7	Disc Brake Set (2)	SHIMANO-ACERA M395	924
8	Front Hub	SRAM - 406 F.H	260
9	Rear Hub	SRAM - 406 R.H	450
10	Bottom Bracket	SHIMANO – E25 OCTALINK	360
11	Rim 20''(2)	ALEX DM - 18	910
12	Tires 20''(2)	CONTINENTAL - EXPLORER	1120
13	Saddle	PRO VULTURE MAX	325
14	Seat post	BRAND - X	320
		<b>Συνολικό Βάρος(gr)</b>	<b>6706</b>

Πίνακας 4.2.6 Συνολικό βάρος εξαρτημάτων ποδηλάτου

## 3<sup>η</sup> Προδιαγραφή

Οι διαστάσεις του ποδηλάτου όταν είναι διπλωμένο, καθορίζονται με βάση τα τρία ποδήλατα που συγκέντρωσαν το μεγαλύτερο βαθμό και είναι περίπου 82cm(Μήκος)X37cm(Πλάτος)X66cm(Υψος). Οι ακριβείς διαστάσεις θα υπολογιστούν στην επόμενη παράγραφο όπου θα γίνει η σχεδίαση του ποδηλάτου.

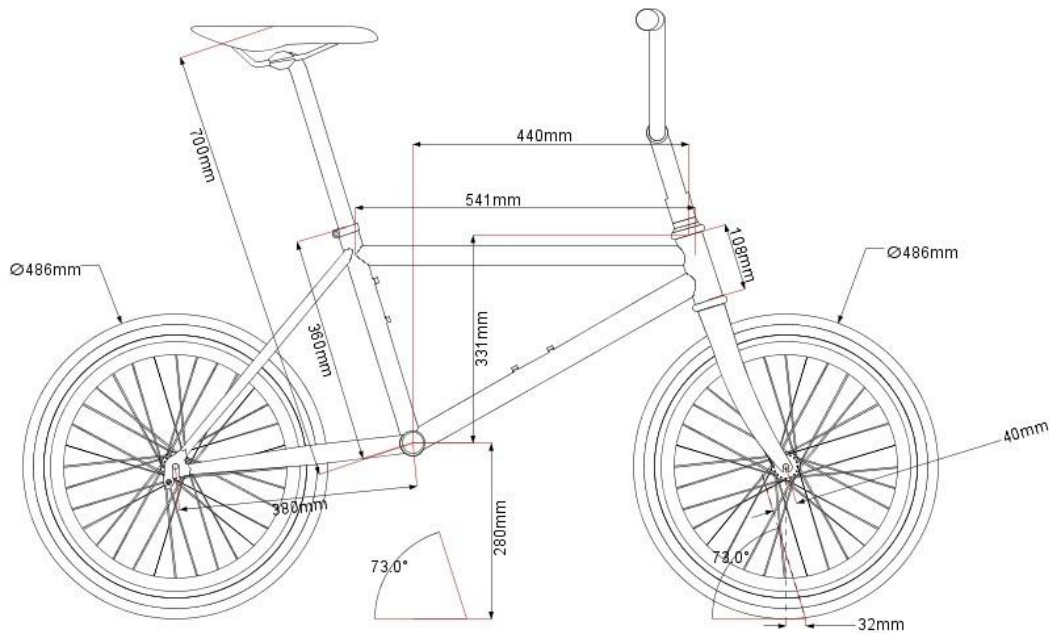
## 4<sup>η</sup> Προδιαγραφή

Οι τροχοί στα αναδιπλούμενα ποδήλατα συνήθως έχουν μέγεθος 18'' ή 20''. Επιλέγονται τροχοί 20'' και ο λόγος είναι ότι οι μεγαλύτεροι τροχοί προσφέρουν μεγαλύτερη απόσβεση των κραδασμών, που δημιουργούνται λόγω ανωμαλίας του οδοστρώματος. Έτσι οι τυχόν κραδασμοί που προκαλούνται από τις

πολλές λακούβες που υπάρχουν στους δρόμους της Ελλάδας μας, δεν θα είναι τόσο αισθητοί όσο με μικρότερους τροχούς.

### 5<sup>η</sup> Προδιαγραφή

Οι διαστάσεις που θα έχει το ποδήλατο, καθορίζονται από τις διαστάσεις των ποδηλάτων, που πέτυχαν μεγαλύτερο βαθμό στην αξιολόγηση που έγινε. Με με την χρήση του 'bike cad', ενός λογισμικού που παρέχεται δωρεάν στο διαδίκτυο και βοηθά τους σχεδιαστές να προσομοιώνουν την γεωμετρία ενός ποδηλάτου, σχεδιάζεται ένας σκελετός – διαμάντι με τις αρχικές διαστάσεις που θα έχει το ποδήλατο, ως τυπικό ποδήλατο πόλης και οι οποίες θα υπαγορεύουν εφεξής τη σχεδίαση του προτεινόμενου πλαισίου, το οποίο θα αποκλίνει από το κλασικό σχήμα σκελετού-διαμάντι. (22)



<b>Wheel Diameter</b>	486 mm
<b>Fork Rake</b>	40 mm
<b>Trail</b>	32 mm
<b>Bottom Bracket Height</b>	280 mm
<b>Head Tube Length</b>	108 mm
<b>Head Tube Angle</b>	73°
<b>Seat Tube Length</b>	360 mm
<b>Seat Tube Angle</b>	73°
<b>Reach</b>	440 mm
<b>Stack</b>	331 mm
<b>Chain Stay Length</b>	380 mm
<b>Saddle to Bottom Bracket</b>	700 mm

**Πίνακας 4.2.7** Αρχικές διαστάσεις αναδιπλούμενου ποδηλάτου

## **6<sup>η</sup> Προδιαγραφή**

Ο χρόνος αναδίπλωσης του πρέπει να είναι το πολύ 12sec, έτσι ώστε η αναδίπλωση του να είναι πολύ γρήγορη. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να διπλώνει μόνο σε 2 σημεία. Το ένα σημείο είναι αυτό που διπλώνει το πλαίσιο και το άλλο το τιμόνι.

## **7<sup>η</sup> Προδιαγραφή**

Το ποδήλατο για να είναι ανταγωνιστικό πρέπει να έχει ταχύτητες που θα καθιστούν την χρήση του λιγότερο κουραστική. Επίσης πρέπει να υπάρχουν υποδοχές στις οποίες μελλοντικά θα μπορεί να γίνει προσθήκη εξοπλισμού μεταφοράς αποσκευών (σχάρα).

## **8<sup>η</sup> Προδιαγραφή**

Το πλαίσιο που θα σχεδιαστεί πρέπει να τηρεί το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN14764/2005: City and trekking bicycles-Safety requirements and test methods. Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο το πλαίσιο θα υποβληθεί σε ορισμένα τεστ αντοχής. Τα τεστ αυτά θα προσομοιωθούν κατά το δυνατόν στο σχετικό υπολογιστικό περιβάλλον του SolidWorks (Simulation) με την χρήση πεπερασμένων στοιχείων.

### **4.3 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ**

Πριν ξεκινήσει ο σχεδιασμός θα πρέπει να καθοριστούν οι διαστάσεις των εξαρτημάτων που θα ενσωματωθούν στο ποδήλατο και παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των διαστάσεων ενός ποδήλατου. Από διάφορες πηγές (κατάλογοι υποκατασκευαστών, διαδίκτυο, κλπ.) συγκεντρώθηκαν πληροφορίες για τα περιφερειακά εξαρτήματα ενός ποδηλάτου και κυρίως πληροφορίες που έχουν σχέση με τις εξωτερικές διαστάσεις των εξαρτημάτων. Ακολουθεί περιγραφή αυτών των εξαρτημάτων.

#### **Μεσαία Τριβή (Bottom Bracket)**

Η μεσαία τριβή είναι της εταιρίας Shimano, Octalink E25. Όπως βλέπουμε και στην εικόνα, το Bottom Bracket έχει στα άκρα του κατάλληλη διαμόρφωση (Octalink Splined) ώστε να συνδέεται με την αντίστοιχη πεταλιέρα. Αποτελείται από τον άξονα 126mm, ένα σωλήνα στον οποίο περνάει ο άξονας και στηρίζεται με ρουλεμάν, και ειδικά τα περικόχλια με τα οποία θα βιδωθεί στο ποδήλατο. Τα περικόχλια αυτό έχουν σπείρωμα Whitworth, 1.37”x24TPI (Threads Per Inches). Οπότε η διάμετρος του σωλήνα που θα φιλοξενήσει το bottom bracket είναι 33,7 mm και το μήκος του 70mm. (23)



**Σχήμα 4.3.1** Bottom Bracket, Shimano Octalink E25



### **Άξονας Πίσω Τροχού (Rear Axle)**

Ο άξονας του πίσω τροχού είναι της εταιρίας Shram, MTH406. Είναι ειδικά διαμορφωμένος έτσι ώστε να δέχεται δισκόφρενο και ταχύτητες. Το συνολικό του μήκος είναι 145mm. Αυτό το μήκος θα καθορίσει το άνοιγμα των ψαλιδιών και συγκεκριμένα την απόσταση που θα έχουν οι καταληκτικές πλάκες σύνδεσης του τροχού στο πίσω ψαλίδι (dropouts) μεταξύ τους. (23)



Σχήμα 4.3.2 Rear Axle, Shram MTH406

### **Άξονας Εμπρόσθιου Τροχού (Front Axle)**

Ο άξονας του εμπρόσθιου τροχού είναι της εταιρίας Shram, MTH406. Είναι ειδικά διαμορφωμένος έτσι ώστε να δέχεται δισκόφρενο. Το συνολικό του μήκος είναι 135mm. Αυτό το μήκος θα καθορίσει το άνοιγμα του πιρουνιού και συγκεκριμένα την απόσταση που θα έχουν οι καταληκτικές πλάκες σύνδεσης του τροχού στο πιρούνι (dropouts) μεταξύ τους. (23)



Σχήμα 4.3.3 Front Axle, Shram MTH406

### **Πεταλιέρα (Crankset)**

Η πεταλιέρα είναι της εταιρίας Shimano, Altus M3117-8speed. Έχει τρεις δίσκους 42-32-22 δοντιών. Το μήκος που έχουν οι βραχίονες του είναι 170mm. Το μήκος αυτό καθορίζει την απόσταση που πρέπει να έχουν τα άκρα του βραχίονα με τον μπροστινό τροχό και τα chain stays, έτσι ώστε να μην έχουν επαφή. (24)



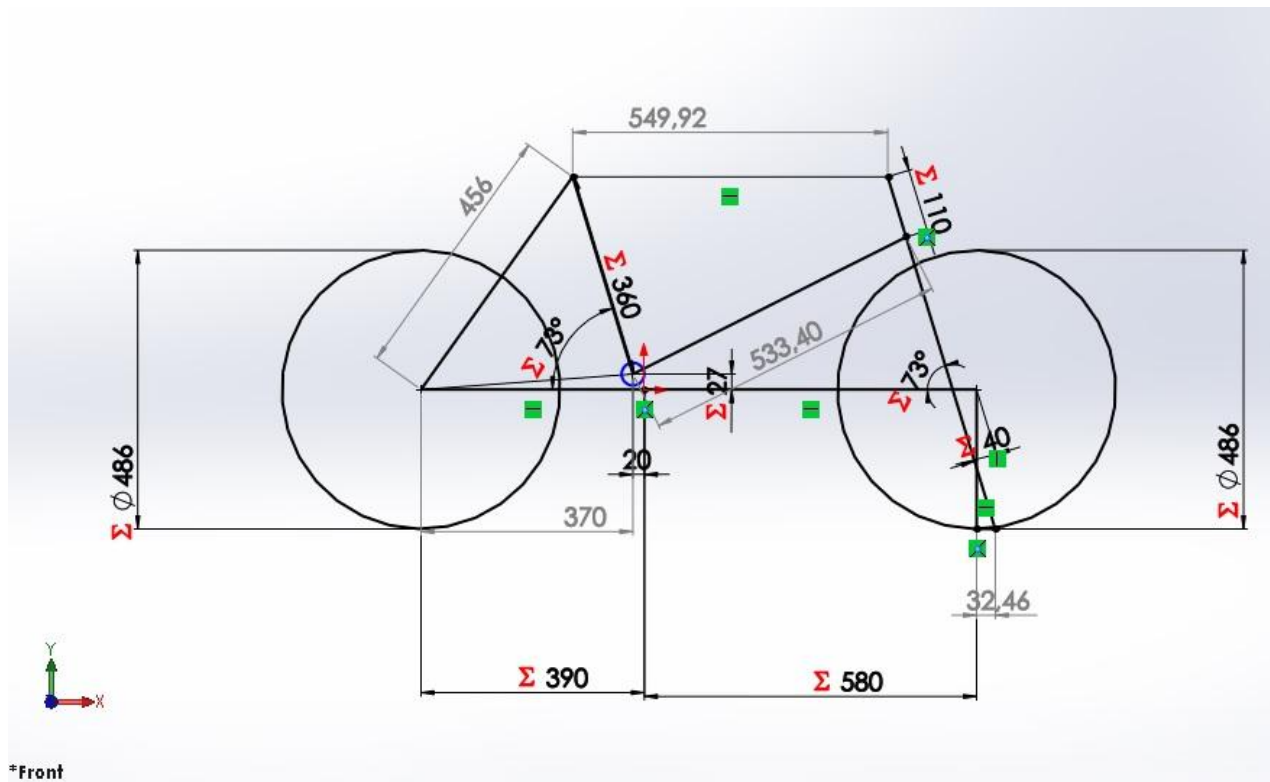
Σχήμα 4.3.4 Crankset, Shimano Altus M3117-8speed

#### 4.4 ΕΣΤΙΑΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΛΥΣΗΣ

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω καθίσταται πλέον σαφές ότι η προτεινόμενη λύση, για ένα νέο αναδιπλούμενο ποδήλατο στην παρούσα εργασία επικεντρώνεται και εστιάζεται σε δυο αλληλένδετους πυλώνες. Αφενός σε ένα προτεινόμενο βελτιωμένο σχεδιασμό για το πλαίσιο (σκελετό) και αφετέρου σε ένα απλό και αποτελεσματικό νέο μηχανισμό αναδίπλωσης.

##### 4.4.1. Σχεδιασμός Πλαισίου

Η σχεδίαση του πλαισίου θα γίνει παραμετρικά έτσι ώστε, η οποιαδήποτε αλλαγή κάποιας διάστασης να είναι εύκολη και να μην χρειάζεται επανασχεδιασμός του. Για να γίνει η παραμετροποίηση πρέπει κάποιες από τις διαστάσεις που έχουν ήδη οριστεί στην Παράγραφο 4.2 μέσω του bikecad να οριστούν ως μεταβλητές από τις οποίες θα εξαρτώνται οι υπόλοιπες και στο περιβάλλον SolidWorks. Πρώτα από όλα δημιουργείται ένα νέο Assembly με την ονομασία 'folding bicycle' και δημιουργείται σε αυτό ένα New Sketch στο Front Plane(XY), ενός ποδηλάτου τύπου διαμάντι με τις βασικές διαστάσεις που καθορίστηκαν. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται και οι σχέσεις (relations) που έχουν οι γραμμές μεταξύ τους και οι διαστάσεις του πλαισίου όπως φαίνεται στο σχήμα.



Σχήμα 4.4.1.1 Παραμετροποιημένο ποδήλατο τύπου διαμάντι

Οι διαστάσεις με γκρι χρώμα είναι εξαρτώμενες από αυτές με μαύρο χρώμα. Έτσι ως μεταβλητές δηλώνονται οι διαστάσεις με μαύρο χρώμα. Στην συνέχεια το πλαίσιο σχεδιάζεται σε τρία στερεά εξαρτήματα (parts – 'rear part', 'front part', 'fork') και για κάθε ένα από αυτά δημιουργείται ένα ξεχωριστό αρχείο (SLDPRT) με την ίδια γεωμετρία που καθορίστηκε στο Assembly. Κατά την διάρκεια της τελικής συναρμολόγησης, όταν εισάγονται και τα τρία αρχεία στο 'folding bicycle', αντιστοιχείται η κάθε διάσταση από το κάθε αρχείο με τις μεταβλητές που δηλώθηκαν.

Οι μεταβλητές που ορίζονται στο Assembly και χρησιμοποιούνται κατά την διαδικασία της παραμετροποίησης φαίνονται στην πιο κάτω εικόνα :

Equations, Global Variables, and Dimensions			
Name	Value / Equation	Evaluates to	Comments
<b>Global Variables</b>			
"X1"	= 580	580	
"X2"	= 390	390	
"headangle"	= 73	73	
"seatangle"	= 73	73	
"forkrake"	= 40	40	
"wheel"	= 486	486	
"headtube"	= 110	110	
"seattube"	= 360	360	
"bbdrop"	= 27	27	
<i>Add global variable</i>			
<b>Equations - Components</b>			
<i>Add equation</i>			
<b>Dimensions - Top Level</b>			
D1@Sketch1	= "X2"	390mm	
D2@Sketch1	= "wheel"	486mm	
D3@Sketch1	= "wheel"	486mm	
D4@Sketch1	= "X1"	580mm	
D5@Sketch1	= "bbdrop"	27mm	
D6@Sketch1	20mm	20mm	
D7@Sketch1	= "seatangle"	73deg	
D8@Sketch1	= "seattube"	360mm	
D9@Sketch1	= "forkrake"	40mm	
D10@Sketch1	= "headtube"	110mm	
D11@Sketch1	= "headangle"	73deg	
D12@Sketch1	32.46mm	32.46mm	
D13@Sketch1	549.92mm	549.92mm	
D14@Sketch1	533.4mm	533.4mm	
D15@Sketch1	456mm	456mm	
D16@Sketch1	370mm	370mm	

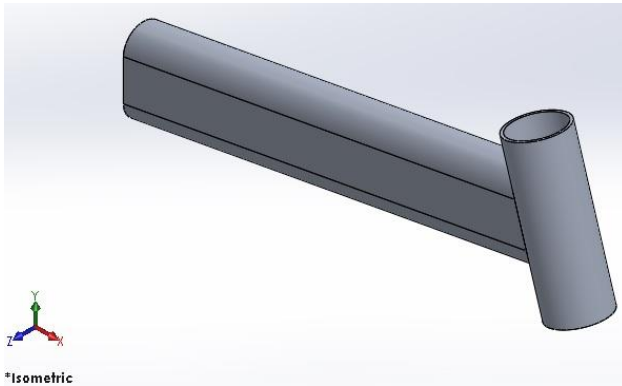
Automatically rebuild      Angular equation units: Degrees       Automatic solve order  
 Link to external file:

Σχήμα 4.4.1.2 Ορισμός μεταβλητών παραμετροποίησης ποδηλάτου

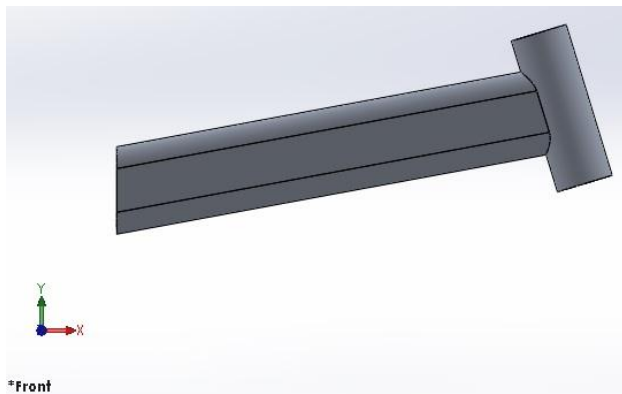
Ακολούθως επεξηγούνται ένα προς ένα όλα τα μέρη του πλαισίου του προτεινόμενου ποδηλάτου ως προς τον τρόπο προσέγγισης του σχεδιασμού και το ρόλο τους.

## Εμπρόσθιο Τμήμα Πλαισίου (Front Part)

### Ισομετρική Προβολή



### Πρόοψη



### Κάτοψη

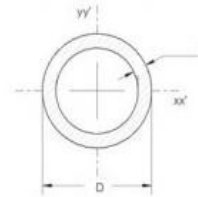


### Περιγραφή

Το εμπρόσθιο τμήμα του πλαισίου κατασκευάζεται από Aluminium 6061-T6 και αποτελείται από το μπροστινό σωλήνα (Head Tube) και τον άνω σωλήνα (Top Tube). Ο μπροστινός σωλήνας είναι κλασικός σωλήνας κυκλικής διατομής και άνω σωλήνας είναι σχήματος οβάλ. Τα δυο άκρα του άνω σωλήνα διαμορφώνονται κατάλληλα έτσι ώστε να μπορεί να συγκολληθεί από την μια μεριά με ένα σύνδεσμο και από την άλλη με το μπροστινό σωλήνα.

### Βασικές Διαστάσεις

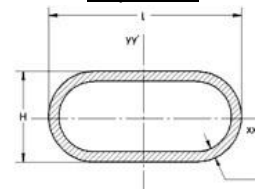
#### Head Tube



Διάμετρος:  $D=40\text{mm}$

Πάχος:  $t=2\text{mm}$

#### Top Tube



Μήκος:  $l=60\text{mm}$

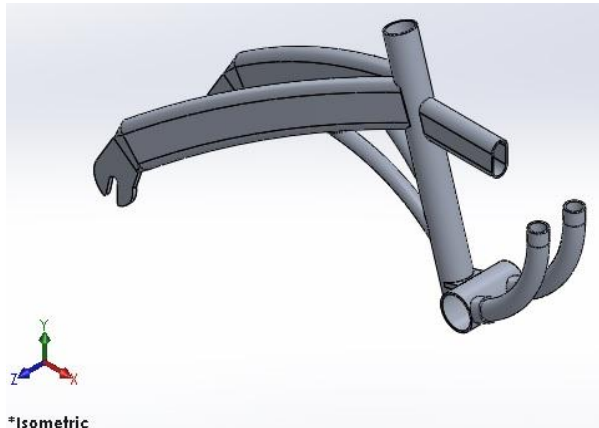
Ύψος:  $H=30\text{mm}$

Πάχος:  $t=4\text{mm}$

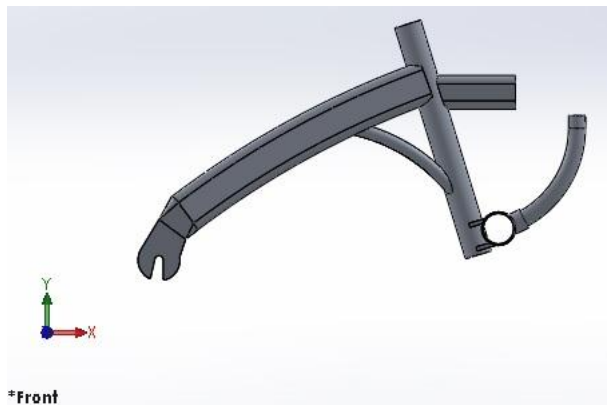
Πίνακας 4.4.1.1 Εμπρόσθιο τμήμα πλαισίου (Front Part)

## Πίσω Τμήμα Πλαισίου (Rear Part)

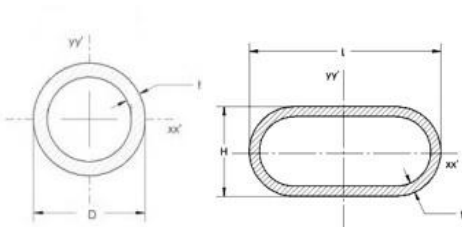
### Ισομετρική Προβολή



### Πρόοψη



### Προφίλ σωλήνων



### Περιγραφή

Το πίσω τμήμα του πλαισίου κατασκευάζεται από Aluminium 6061-T6 και αποτελείται από το άνω ψαλίδι (Seat Stays), το σωλήνα θέσης (Seat Tube), τη μεσαία τριβή (Bottom Bracket Shell) και τις δυο πλάκες (Rear Drop Outs) στις οποίες αναρτάται ο πίσω τροχός. Η απουσία του κάτω ψαλιδιού (Chain Stays), που επελέγη για μικρότερο βάρος και αρτιότερη αισθητική επιβάλλει την δημιουργία δυο νευρών στήριξης ανάμεσα στο σωλήνα θέσης και το άνω ψαλίδι. Ακόμα για να στηριχτεί ο μηχανισμός αναδίπλωσης δημιουργείται μια βάση υποδοχής του, που αποτελείται από τρεις σωλήνες. Οι σωλήνες αυτοί σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε ο κενός χώρος που δημιουργείται ανάμεσα τους να μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμος (ως αποθηκευτικός χώρος ή για φιλοξενία μπαταρίας σε περίπτωση μετατροπής σε ηλεκτρικό). Οι πλάκες (Rear Drop Outs) στις οποίες θα αναρτηθεί ο πίσω τροχός σχεδιάζονται με βάση το μήκος του πίσω άξονα του τροχού.

### Βασικές Διαστάσεις

#### Σωλήνες Κυκλικής Διατομής

	Νεύρα στήριξης	Σωλήνες βάσης	Σωλήνας θέσης	Μεσαία Τριβή
D(mm)	15	20	32	40
t(mm)	1.5	2	2	2

#### Σωλήνες σχήματος οβάλ

	Ψαλίδι	Σωλήνα βάσης
l(mm)	40	50
H(mm)	20	20
t(mm)	2	4

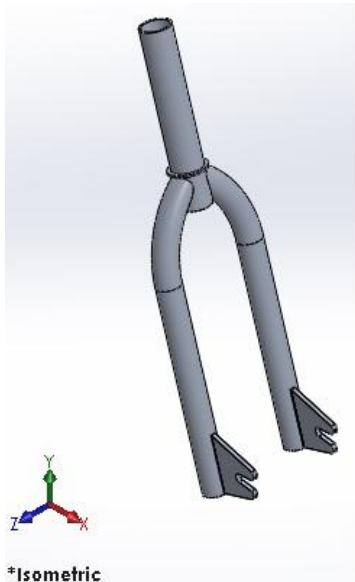
#### Πλάκες ( Rear Drop Outs)

Πάχος: 5mm

Πίνακας 4.4.1.2 Πίσω τμήμα πλαισίου (Rear Part)

## Πιρούνι (Fork)

### Ισομετρική Προβολή



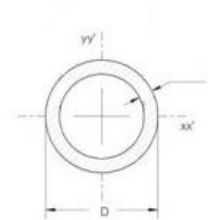
### Πρόοψη



### Περιγραφή

Το πιρούνι κατασκευάζεται από Aluminium 6061-T6 και αποτελείται από τρεις σωλήνες με την κατάλληλη διαμόρφωση, για καλύτερη παραλαβή φορτίων και ομαλότερες τάσεις, που συγκολλώνται μεταξύ τους και δυο πλάκες (Front Drop Outs) στις οποίες αναρτάται ο εμπρόσθιος τροχός. Οι πλάκες (Front Drop Outs) στις οποίες θα αναρτηθεί ο εμπρόσθιος τροχός σχεδιάζονται με βάση το μήκος του εμπρόσθιου άξονα του τροχού.

### Βασικές Διαστάσεις



### Σωλήνες Κυκλικής Διατομής

	Κεντρική σωλήνα	Πλάγιες σωλήνες
D(mm)	32	26
t(mm)	2	2

### Πλάκες ( Front Drop Outs)

Πάχος: 5mm

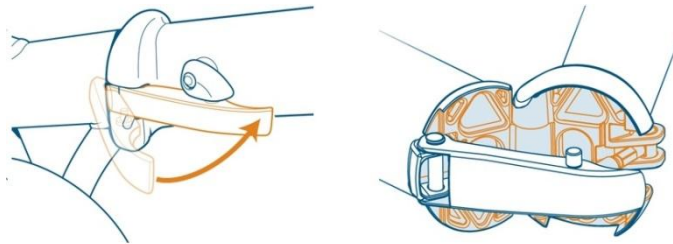
Πίνακας 4.4.1.3 Πιρούνι (Fork)

#### **4.4.2. Σχεδιασμός Μηχανισμού Αναδίπλωσης**

Αφού ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός του πλαισίου και δημιουργήθηκαν τα τρία αρχεία ‘rear part’, ‘front part’, ‘fork’, ξεκινά η μελέτη και ο σχεδιασμός ενός καινούριου μηχανισμού αναδίπλωσης. Πρώτα από όλα, παρουσιάζονται οι δυο μηχανισμοί αναδίπλωσης που συγκέντρωσαν την ψηλότερη βαθμολογία στην αξιολόγηση που έγινε στην Παράγραφο 4.1. και στην συνέχεια ο καινούριος μηχανισμός που προτείνεται.

##### **1<sup>ος</sup> Μηχανισμός Αναδίπλωσης**

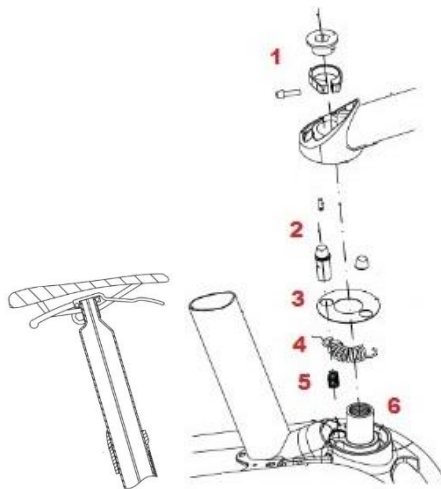
Στο ποδήλατο της Dahon και Tern υπάρχει ο ίδιος μηχανισμός αναδίπλωσης, τύπου μεντεσέ. Είναι μια καλή και φθηνή λύση μιας και αποτελείται από δυο πλάκες ενωμένες στην μια πλευρά με ένα πίσω και ένα ειδικό σύνδεσμο στην άλλη πλευρά που της κρατά κλειδωμένες.



Σχήμα 4.4.2.1 1<sup>ος</sup> Μηχανισμός αναδίπλωσης, τύπου μεντεσέ

##### **2<sup>ος</sup> Μηχανισμός Αναδίπλωσης**

Στο ποδήλατο Btwin Tilt εφαρμόστηκε ένας πιο πολύπλοκος αλλά συνάμα και έξυπνος μηχανισμός αναδίπλωσης. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός προσφέρει στο ποδήλατο μια γρήγορη αναδίπλωση , μόλις 1sec. Η πολυπλοκότητα του έγκειται στο ότι αποτελείται από πολλά εξαρτήματα κάτι που ανεβάζει το κόστος κατασκευής του. Πιο κάτω παρουσιάζεται ο μηχανισμός αυτός αποσυναρμολογημένος και στην συνέχεια ακολουθεί ανάλυση του.



Σχήμα 4.4.2.2 2<sup>ος</sup> Μηχανισμός αναδίπλωσης, περιστροφικού τύπου

Στο κάτω μέρος του μηχανισμού (6) υπάρχει ο άξονας περιστροφής όπου κουμπώνει το πάνω μέρος (1). Για την μείωση της τριβής κατά την λειτουργία, ανάμεσα στα δυο κύρια μέρη του μηχανισμού υπάρχει ένας αντιτριβικός δίσκος (3) έτσι ώστε να αποφεύγεται η τριβή ανάμεσα τους. Ο πείρος (2) ασφαλίσει το πάνω μέρος (1) του μηχανισμού με το κάτω (6). Αυτό πετυχαίνεται με το ελατήριο (5) το οποίο σπρώχνει προς τα πάνω τον πείρο (2). Για να επιτύχουμε περιστροφή του μηχανισμού, αναδίπλωση ποδηλάτου, πιέζουμε προς τα πάνω τον μοχλό που βρίσκεται κάτω από την σέλλα. Ο μοχλός αυτός είναι σε θέση να συσπειρώσει το ελατήριο (5) μέσω ενός καλωδίου. Το ελατήριο (4) τοποθετείται σε αυλάκι στο κάτω μέρος και τα δυο άκρα του στερεώνονται αντίστοιχα στις δυο προεξοχές που υπάρχουν στο πάνω και κάτω μέρος του μηχανισμού. Όταν το ποδήλατο είναι διπλωμένο, το ελατήριο (4) συμπιέζεται, οπότε κατά το ξεδίπλωμα η ενέργεια που αποθηκεύεται στο ελατήριο κάνει πιο γρήγορη την περιστροφή του μηχανισμού.

### Προτεινόμενος Μηχανισμός Αναδίπλωσης

Μελετώντας τους δυο αυτούς μηχανισμούς γεννάται η ιδέα της δημιουργίας ενός νέου μηχανισμού ο οποίος θα συνδυάζει, την απλότητα που έχει ο 1<sup>ος</sup> Μηχανισμός, με την ακρίβεια και ταχύτητα του 2<sup>ου</sup> Μηχανισμού. Στόχος η αναδίπλωση του ποδηλάτου να γίνεται σε χρόνο κάτω από 10sec καθώς και ο μηχανισμός να έχει τα απλούστερα δυνατά σε κατασκευή και λιγότερα στο σύνολο εξαρτήματα. Ως βέλτιστη συμβιβαστική λύση ανάμεσα στους δυο προηγούμενους προτείνεται ο μηχανισμός του παρακάτω σχήματος που αναλύεται ανά εξάρτημα.



Σχήμα 4.4.2.3 Προτεινόμενος μηχανισμός αναδίπλωσης



### Περιγραφή προτεινόμενου μηχανισμού

Ο μηχανισμός αποτελείται από τα δυο κυρία μέρη, το άνω (4) και κάτω (10) κέλυφος. Τα δυο κύρια μέρη θα συγκολληθούν με ειδικούς συνδέσμους, για την σύνδεση του με το προτεινόμενο πλαίσιο της Παραγραφου(4.1.1). Η περιστροφή του άνω μέρους ως προς το κάτω γίνεται με την βοήθεια του άξονα (12). Ο άξονας (12) συγκρατεί συνδεδεμένα το άνω και το κάτω κέλυφος του μηχανισμού με την βοήθεια ενός κοχλίου (2). Ανάμεσα στον άξονα και το κάτω μέρος καθώς και ανάμεσα στον κοχλία και το πάνω μέρος τοποθετούνται παράκυκλοι (11),(3) από τεφλόν, για την αποφυγή επαφής μέταλλο με μέταλλο. Επίσης τοποθετούνται οι δακτύλιοι (7), (9) οι οποίοι αποτρέπουν την επαφή των μεταλλικών επιφανειών και συγκρατούν ευθυγραμμισμένα τα δυο κύρια μέρη του μηχανισμού. Ο πείρος (8) αποτρέπει την περιστροφή του πάνω κομματιού σε σχέση με το κάτω και ασφαλίζει τον μηχανισμό. Ο πείρος παραμένει ασφαλισμένος χάρις το ελατήριο (6) που τον συμπιέζει προς τα κάτω. Το ελατήριο από την μια πλευρά ακουμπά στο τεφλόν (5) και από την άλλη στην βαθμίδα του πείρου. Τέλος, το δακτύλιος (1) εξυπηρετεί στο τράβηγμα του πείρου προς τα πάνω.

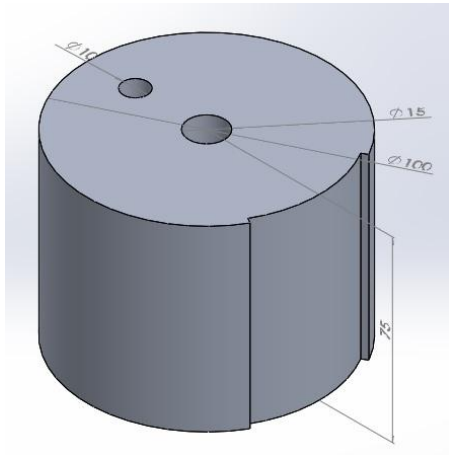
### Πίνακας Εξαρτημάτων Μηχανισμού Αναδίπλωσης

A/A	Όνομα	Υλικό	Ποσότητα	Προέλευση
1	Δακτύλιος	Θερμοπολυμερές (π.χ. ABS ή PP)	1	Χύτευση με Έγχυση
2	Κοχλίας	Χάλυβας St60	1	Τυποποιημένο
3	Παράκυκλος I	Τεφλόν (PTFE)	1	Κατεργασία
4	Άνω Κέλυφος	Aluminium 6061-T6	1	Χυτοπρεσαριστό
5	Στοιχείο Έδρασης Ελατηρίου	Τεφλόν (PTFE)	1	Κατεργασία
6	Ελατήριο	Χάλυβας 1,1211	1	Τυποποιημένο
7	Εσωτερικός Δακτύλιος	Τεφλόν	1	Κατεργασία
8	Πείρος	Χάλυβας St60	1	Κατεργασία
9	Εξωτερικός Δακτύλιος	Τεφλόν (PTFE)	1	Κατεργασία
10	Κάτω Κέλυφος	Aluminium 6061-T6	1	Χυτοπρεσαριστό
11	Παράκυκλος II	Τεφλόν (PTFE)	1	Κατεργασία
12	Άξονας	Χάλυβας Υψηλής Αντοχής 42CrMo4	1	Κατεργασία

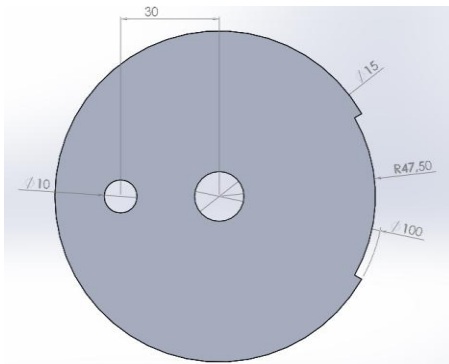
Πίνακας 4.4.2.1 Εξαρτήματα προτεινόμενου μηχανισμού αναδίπλωσης

## Άνω Κέλυφος (4)

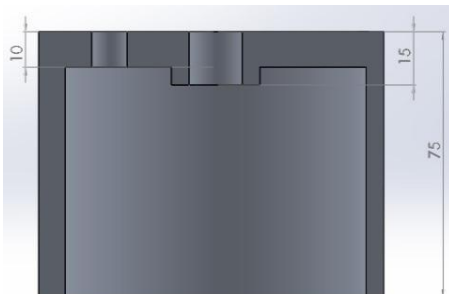
### Ισομετρική Προβολή



### Κάτοψη



### Τομή



### Περιγραφή

Το άνω κέλυφος του μηχανισμού προκύπτει από χυτοπρεσαριστό αλουμίνιο (6061-T6). Στο άνω κέλυφος του μηχανισμού δημιουργούνται δυο οπές. Από την οπή στο κέντρο περνά ο άξονας περιστροφής και από οπή που βρίσκεται σε ακτίνα 30 mm από το κέντρο, περνά ο πείρος. Στο εσωτερικό του κελύφους γύρω από την κεντρική οπή, υπάρχει μια προεξοχή, ώστε να εφαρμόζει πλήρως ο εσωτερικός δακτυλιος και να μην μετακινείται. Τέλος, εξωτερικά είναι διαμορφωμένο έτσι ώστε να μπορεί να υποδεχτεί τον εμπρόσθιο σύνδεσμο-προσαρμογέα .

### Βασικές Διαστάσεις

Ύψος:  $H=75\text{mm}$

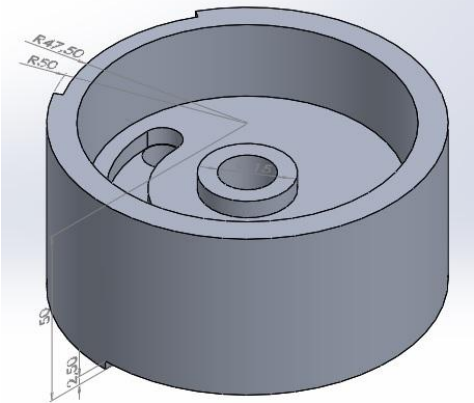
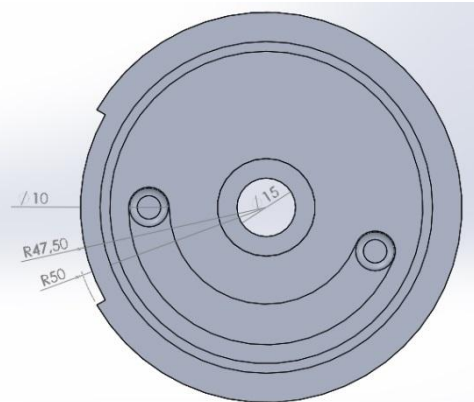
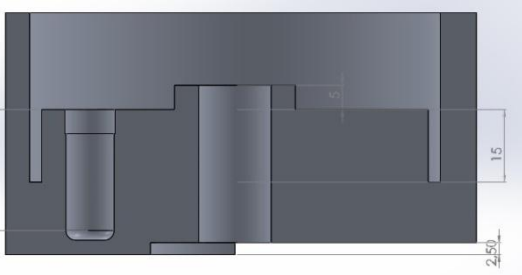
Διάμετρος:  $D=100\text{mm}$

Οπή στο κέντρο:  $D_k=15\text{mm}$ ,  $L_k=15\text{mm}$

Οπή σε ακτίνα:  $D_\alpha=10\text{mm}$ ,  $L_\alpha=10\text{mm}$

Πίνακας 4.4.2.2 Άνω κέλυφος μηχανισμού αναδίπλωσης

## Κάτω Κέλυφος (10)

<p style="text-align: center;"><b><u>Ισομετρική Προβολή</u></b></p>  <p style="text-align: center;"><b><u>Κάτοψη</u></b></p>  <p style="text-align: center;"><b><u>Τομή</u></b></p> 	<p style="text-align: center;"><b><u>Περιγραφή</u></b></p> <p>Το κάτω κέλυφος του μηχανισμού προκύπτει από χυτοπρεσαριστό αλουμίνιο (6061-T6). Στο κάτω κέλυφος του μηχανισμού δημιουργούνται τρεις οπές και δυο αυλάκια. Από την κεντρική οπή περνά ο άξονας περιστροφής. Οι άλλες δυο οπές βρίσκονται σε ακτίνα 30mm από το κέντρο, σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 158° και ενώνονται με αυλάκι. Ο πείρος ανάλογα με το αν το πλαίσιο είναι διπλωμένο ή ανοικτό περνά σε μια εκ τω δυο οπών. Έτσι το πλαίσιο ασφαλιζεται και όταν είναι διπλωμένο. Επίσης σε ακτίνα 40mm δημιουργείται το δεύτερο αυλάκι στο οποίο εφαρμόζει ο εξωτερικός δακτύλιος. Επίσης στο κάτω κέλυφος δημιουργείται μια εσοχή και μια προεξοχή για να εφαρμόσουν ο παράκυκλος II και ο εσωτερικός δακτύλιος αντίστοιχα. Τέλος, διαμορφώνεται εξωτερικά έτσι ώστε να μπορεί να υποδεχτεί τον οπίσθιο και τον κάτω σύνδεσμο.</p>
	<p style="text-align: center;"><b><u>Βασικές Διαστάσεις</u></b></p> <p><u>Ύψος:</u> H=50mm</p> <p><u>Διάμετρος:</u> D=100mm</p> <p><u>Οπή στο κέντρο:</u> D<sub>κ</sub>=15mm, L<sub>κ</sub>=32.5mm</p> <p><u>Οπές σε ακτίνα:</u> D<sub>α</sub>=10mm, L<sub>α</sub>=25mm</p> <p><u>Αυλάκι περιμετρικό:</u> t<sub>π</sub>=2.5mm</p> <p><u>Αυλάκι σύνδεσης οπών:</u> t<sub>ο</sub>=10.4mm</p>

Πίνακας 4.4.2.3 Κάτω κέλυφος μηχανισμού αναδίπλωσης

### Ελατήριο (6)

Η μια πλευρά του ακουμπά στην προεξοχή-βαθμίδα του πείρου και η άλλη στο στοιχείο έδρασης του ελατηρίου. Με βάση τις διαστάσεις και την απόσταση που έχουν μεταξύ τους όταν συναρμολογηθούν τα δυο αυτά εξαρτήματα, καθορίζεται το μήκος και η εξωτερική διάμετρος του ελατηρίου,  $L=40\text{mm}$  και  $D=15\text{mm}$ . Η μέγιστη επιθυμητή δύναμη που συμπιέζει το ελατήριο κατά  $\Delta X=22\text{mm}$ , καθορίστηκε να είναι  $F=20\text{N}$ . Το υλικό του ελατηρίου είναι χάλυβας 1.1211 που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ελατηρίων υψηλής αντοχής και διαμέτρου μικρότερης των 2 mm. Με βάση τα πιο πάνω δεδομένα υπολογίζονται πιο κάτω τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ελατηρίου. (25)

#### Υπολογισμος ελατηριου:

$$F = -K * \Delta X \quad (\text{Νόμος Hooke})$$

$$K = \frac{G * d^4}{8 * D^3 * n}$$

**F** : δύναμη που εφαρμόζεται στο ελατήριο N/mm

**K** : σταθερά του ελατηρίου N/mm

**$\Delta X$**  : Μετατόπιση ελατηρίου mm

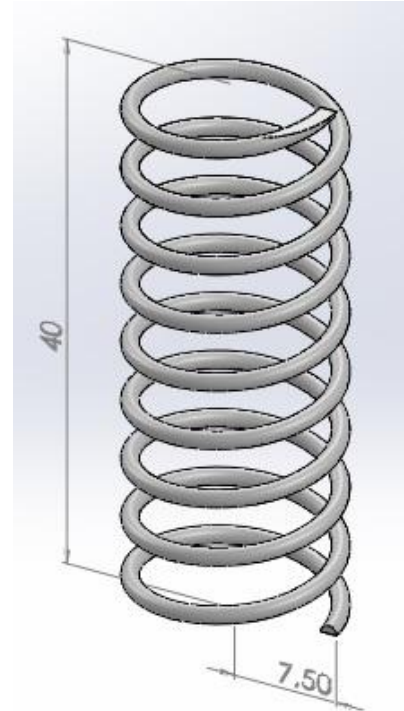
**G** : μέτρο διάτμησης ελατηρίου σε  $\text{N/mm}^2$

**d** : διάμετρος σύρματος ελατηρίου mm

**D** : διάμετρος του ελατηρίου

**n** : αριθμός ενεργών σπειρών ελατηρίου

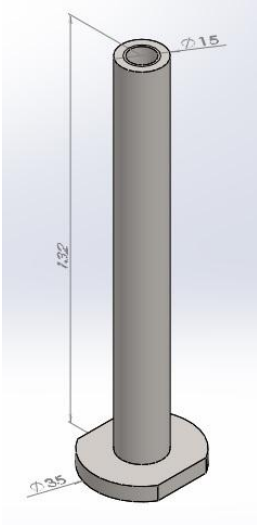
**n+2** : ολικός αριθμός σπειρών ελατηρίου



<b>F (N)</b>	<b><math>\Delta X</math> (mm)</b>	<b>K (N/mm)</b>	<b>G (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>d (mm)</b>	<b>D (mm)</b>	<b>n</b>	<b>n+2</b>
19,3097	22	0,877714286	80000	1,2	15	7	9

Πίνακας 4.4.2.4 Ελατήριο μηχανισμού αναδίπλωσης

### Άξονας Περιστροφής (12)

<p><b><u>Ισομετρική Προβολή</u></b></p> 	<p><b><u>Περιγραφή</u></b></p> <p>Ο άξονας περιστροφής προκύπτει από κατεργασία χάλυβα υψηλής αντοχής 42CrMo4. Στο πάνω μέρος του διαμορφώνεται μια οπή με σπείρωμα, η οποία υποδέχεται το κοχλία. Η βάση του διαμορφώνεται κατάλληλα για να μπορεί να πιάνεται με κλειδί.</p>
	<p><b><u>Βασικές Διαστάσεις</u></b></p> <p><u>Ύψος:</u> <math>H=132\text{mm}</math></p> <p><u>Διάμετρος βάσης άξονα:</u> <math>D_{\beta}=35\text{mm}</math></p> <p><u>Διάμετρος άξονα:</u> <math>D_{\alpha}=15\text{mm}</math></p> <p><u>Σπείρωμα:</u> ονομαστική διάμετρος M10, L= 30mm</p>

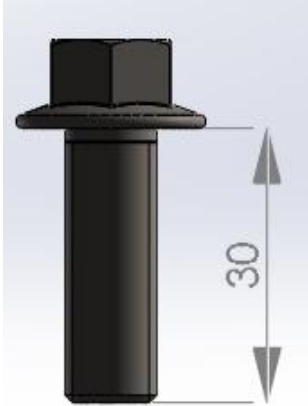
Πίνακας 4.4.2.5 Άξονας περιστροφής μηχανισμού αναδίπλωσης

### Πείρος (8)

<p><b><u>Ισομετρική Προβολή</u></b></p> 	<p><b><u>Περιγραφή</u></b></p> <p>Ο πείρος προκύπτει από κατεργασία χάλυβα St60. Στην κορυφή του διαμορφώνεται σπείρωμα για να μπορέσει να υποδεχτεί ένα δακτύλιος. Επίσης έχει μια βαθμίδα στην οποία ακουμπά το ελατήριο.</p>
	<p><b><u>Βασικές Διαστάσεις</u></b></p> <p><u>Ύψος:</u> <math>H=135\text{mm}</math></p> <p><u>Διάμετρος πείρου:</u> <math>D_{\text{πειρ.}}=10\text{mm}</math></p> <p><u>Διάμετρος βαθμίδας:</u> <math>D_{\text{βαθ.}}=20\text{mm}</math></p> <p><u>Σπείρωμα:</u> ονομαστική διάμετρος M10, L= 10mm</p>

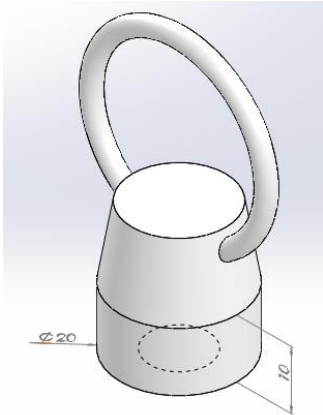
Πίνακας 4.4.2.6 Πείρος μηχανισμού αναδίπλωσης

## Κοχλίας (2)

<p style="text-align: center;"><b><u>Πρόοψη</u></b></p> 	<p style="text-align: center;"><b><u>Περιγραφή</u></b></p> <p>Ο κοχλίας είναι από χάλυβα St60 και είναι τυποποιημένος κατά ISO 4162. Κατά την διαδικασία σύσφιξης του με τον άξονα περιστροφής χρησιμοποιείται κόλλα σπειρωμάτων μεσαίας αντίστασης (Speed Bond-M150), για πλήρη ασφάλεια και αποφυγή αποκοχλίωσης η οποία θα γίνεται σε ειδικές περιπτώσεις μόνο για την συντήρηση και αντικατάσταση φθαρμένων μερών του μηχανισμού.</p>
	<p style="text-align: center;"><b><u>Βασικές Διαστάσεις</u></b></p> <p><u>Μήκος Στελέχους:</u> <math>L_{στ.}=30\text{mm}</math></p> <p><u>Σπείρωμα:</u> ονομαστική διάμετρος M10, L=28mm</p>

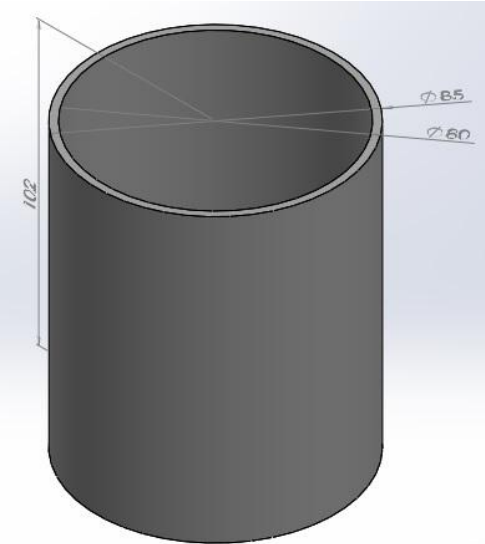
Πίνακας 4.4.2.7 Κοχλίας μηχανισμού αναδίπλωσης

## Δακτύλιος (1)

<p style="text-align: center;"><b><u>Πρόοψη</u></b></p> 	<p style="text-align: center;"><b><u>Περιγραφή</u></b></p> <p>Ο δακτύλιος προκύπτει από χύτευση με έγχυση θερμοπλαστικού υλικού (π.χ. ABS ή PP). Στο κάτω μέρος διαμορφώνεται οπή με σπείρωμα.</p>
	<p style="text-align: center;"><b><u>Βασικές Διαστάσεις</u></b></p> <p><u>Σπείρωμα:</u> ονομαστική διάμετρος M10, L=10mm</p>

Πίνακας 4.4.2.8 Δακτύλιος μηχανισμού αναδίπλωσης

### Εξωτερικός Δακτύλιος (9)

<p><b><u>Ισομετρική Προβολή</u></b></p>  <p>Isometric view of an external sleeve. The height is labeled as 102. The outer diameter is labeled as <math>\varnothing 85</math> and the inner diameter is labeled as <math>\varnothing 80</math>.</p>	<p><b><u>Περιγραφή</u></b></p> <p>Ο εξωτερικός δακτύλιος προκύπτει από κατεργασία τεφλόν(PTFE). Το τεφλόν επελέγη για αυτό και για άλλα εσωτερικά εξαρτήματα του μηχανισμού ως διαδομένο υψηλής αντοχής αντιτριβικό υλικό που συναντάται σε παρόμοιες τεχνικές λύσεις. Αποτρέπει την τριβή μεταξύ του άνω και του κάτω κελύφους του μηχανισμού. Επίσης ευθυγραμμίζει το άνω με το κάτω κέλυφος του μηχανισμού.</p> <p><b><u>Βασικές Διαστάσεις</u></b></p> <p><u>Εξωτερική διάμετρος:</u> <math>D_1=85\text{mm}</math></p> <p><u>Εσωτερική διάμετρος:</u> <math>D_2=80\text{mm}</math></p> <p><u>Ύψος:</u> <math>H=102\text{mm}</math></p>
---	--

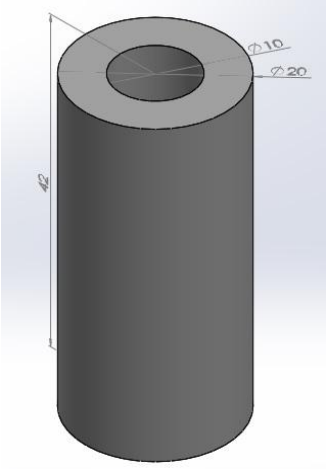
Πίνακας 4.4.2.9 Εξωτερικός δακτύλιος μηχανισμού αναδίπλωσης

### Εσωτερικός Δακτύλιος (7)

<p><b><u>Ισομετρική Προβολή</u></b></p>  <p>Isometric view of an internal sleeve. The height is labeled as 87. The outer diameter is labeled as <math>\varnothing 40</math> and the inner diameter is labeled as <math>\varnothing 25</math>.</p>	<p><b><u>Περιγραφή</u></b></p> <p>Ο εσωτερικός δακτύλιος προκύπτει από κατεργασία τεφλόν(PTFE). Αποτρέπει την τριβή μεταξύ του άνω και του κάτω κελύφους του μηχανισμού. Επίσης ευθυγραμμίζει το άνω με το κάτω κέλυφος του μηχανισμού και παραλαμβάνει και μεταφέρει δυνάμεις.</p> <p><b><u>Βασικές Διαστάσεις</u></b></p> <p><u>Εξωτερική διάμετρος:</u> <math>D_1=40\text{mm}</math></p> <p><u>Εσωτερική διάμετρος:</u> <math>D_2=15\text{mm}</math></p> <p><u>Πάχος εσοχής:</u> <math>t=10\text{mm}</math></p> <p><u>Βάθος εσοχής:</u> <math>l=5\text{mm}</math></p> <p><u>Ύψος:</u> <math>H=87\text{mm}</math></p>
--	---

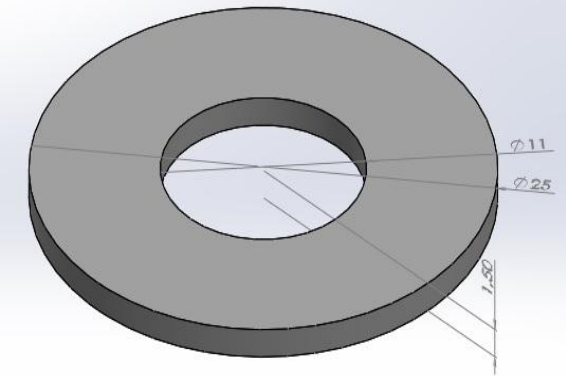
Πίνακας 4.4.2.10 Εσωτερικός δακτύλιος μηχανισμού αναδίπλωσης

### Στοιχείο Έδρασης Ελατηρίου (5)

<p style="text-align: center;"><b><u>Πρόοψη</u></b></p> 	<p style="text-align: center;"><b><u>Περιγραφή</u></b></p> <p>Το στοιχείο έδρασης ελατηρίου προκύπτει από κατεργασία τεφλόν(PTFE). Λειτουργεί ως αποστάτης από το άνω κέλυφος του μηχανισμού εξυπηρετώντας την συμπίεση του ελατηρίου του πείρου.</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Βασικές Διαστάσεις</u></b></p> <p><u>Εξωτερική διάμετρος:</u> <math>D_1=20\text{mm}</math></p> <p><u>Εσωτερική διάμετρος:</u> <math>D_2=10\text{mm}</math></p> <p><u>Ύψος:</u> <math>H=42\text{mm}</math></p>
---	--

Πίνακας 4.4.2.11 Στοιχείο έδρασης ελατηρίου μηχανισμού αναδίπλωσης

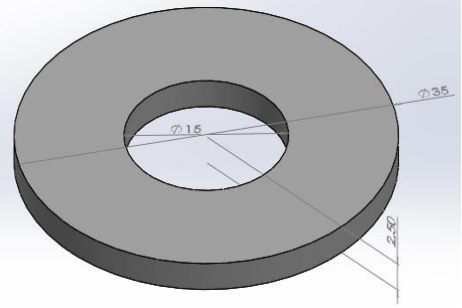
### Παράκυκλος Ι (3)

<p style="text-align: center;"><b><u>Πρόοψη</u></b></p> 	<p style="text-align: center;"><b><u>Περιγραφή</u></b></p> <p>Ο παράκυκλος Ι προκύπτει από κατεργασία τεφλόν(PTFE). Αποτρέπει την τριβή μεταξύ του κοχλία και του άνω κελύφους του μηχανισμού.</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Βασικές Διαστάσεις</u></b></p> <p><u>Εξωτερική διάμετρος:</u> <math>D_1=25\text{mm}</math></p> <p><u>Εσωτερική διάμετρος:</u> <math>D_2=11\text{mm}</math></p> <p><u>Πάχος:</u> <math>t=1.5\text{mm}</math></p>
---	---

Πίνακας 4.4.2.12 Παράκυκλος Ι μηχανισμού αναδίπλωσης



## Παράκυκλος II (11)

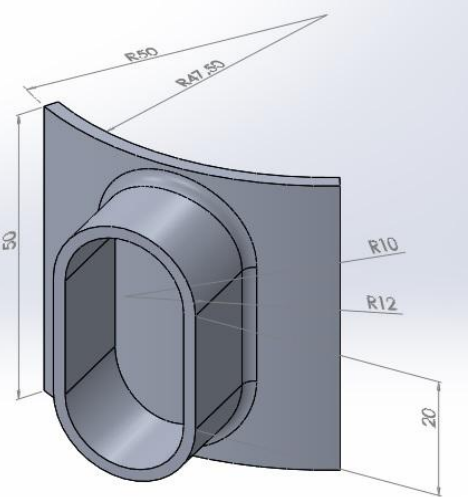
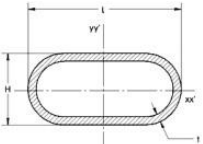
<p style="text-align: center;"><b>Πρόοψη</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Περιγραφή</b></p> <p>Ο παράκυκλος II προκύπτει από κατεργασία τεφλόν(PTFE). Αποτρέπει την τριβή μεταξύ του άξονα και του κάτω κελύφους του μηχανισμού.</p> <p style="text-align: center;"><b>Βασικές Διαστάσεις</b></p> <p><u>Εξωτερική διάμετρος:</u> <math>D_1=35\text{mm}</math></p> <p><u>Εσωτερική διάμετρος:</u> <math>D_2=15\text{mm}</math></p> <p><u>Πάχος:</u> <math>t=2.5\text{mm}</math></p>
--	--

Πίνακας 4.4.2.13 Παράκυκλος II μηχανισμού αναδίπλωσης

### 4.4.3. Σχεδιασμός Συνδέσμων-Προσαρμογών Πλαισίου-Μηχανισμού Αναδίπλωσης

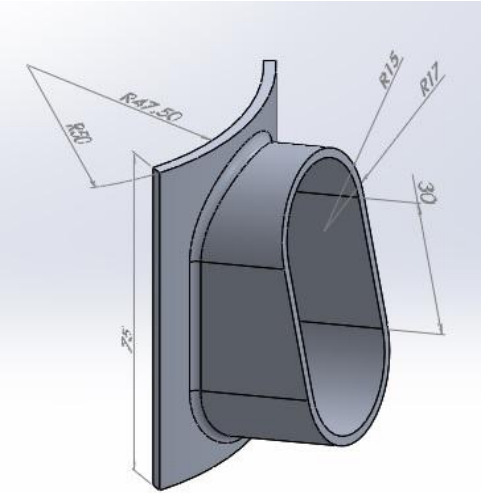
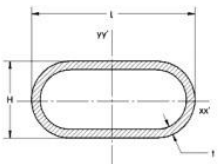
Περιγράφονται εδώ οι απαραίτητοι σύνδεσμοι (lugs) που επίσης αναπτύχθηκαν και σχεδιάστηκαν στην παρούσα εργασία με σκοπό να διασυνδέσουν τα στοιχεία του συγκεκριμένου προτεινόμενου πλαισίου με το μηχανισμό περιστροφής που ούτως η άλλως θα μπορούσε να είναι γενικότερης χρήσης.

### Οπίσθιος Σύνδεσμος-Προσαρμογέας

<p style="text-align: center;"><b>Πρόοψη</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Περιγραφή</b></p> <p>Ο οπίσθιος σύνδεσμος-προσαρμογέας κατασκευάζεται από χυτοπρεσαριστό αλουμίνιο (6061-T6).</p> <p style="text-align: center;"><b>Βασικές Διαστάσεις</b></p> <p style="text-align: center;"><u>Λεπτότοιχο Τμήμα</u></p> <p><u>Εξωτερική διάμετρος:</u> <math>D_1= 50\text{mm}</math></p> <p><u>Εσωτερική διάμετρος:</u> <math>D_2=47.5\text{mm}</math></p> <p><u>Ύψος :</u> <math>H=50\text{mm}</math></p> <p style="text-align: center;"><u>Εσοχή</u></p>  <p><u>Μήκος:</u> <math>l=44\text{mm}</math></p> <p><u>Πλάτος:</u> <math>W=24\text{mm}</math></p> <p><u>Πάχος:</u> <math>t=2\text{mm}</math></p>
--	--

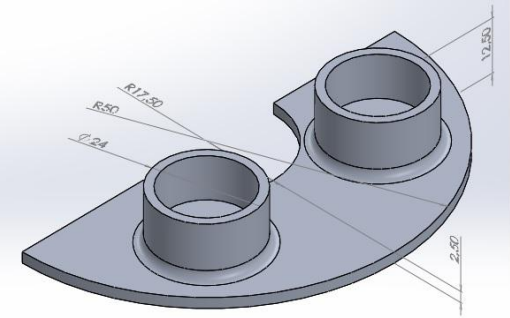
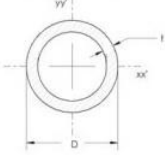
Πίνακας 4.4.3.1 Οπίσθιος σύνδεσμος-προσαρμογέας μηχανισμού αναδίπλωσης

### Εμπρόσθιος Σύνδεσμος-Προσαρμογέας

<p style="text-align: center;"><b><u>Πρόοψη</u></b></p> 	<p style="text-align: center;"><b><u>Περιγραφή</u></b></p> <p>Ο εμπρόσθιος σύνδεσμος-προσαρμογέας κατασκευάζεται από χυτοπρεσαριστό αλουμίνιο (6061-T6).</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b><u>Βασικές Διαστάσεις</u></b> <u>Λεπτότοιχο Τμήμα</u> <u>Εξωτερική διάμετρος:</u> <math>D_1=50\text{mm}</math> <u>Εσωτερική διάμετρος:</u> <math>D_2=47.5\text{mm}</math> <u>Ύψος :</u> <math>H=75\text{mm}</math></p> <p><u>Μήκος:</u> <math>l=64\text{mm}</math> <u>Πλάτος:</u> <math>W=34\text{mm}</math> <u>Πάχος:</u> <math>t=2\text{mm}</math></p> <p style="text-align: right;"><u>Εσοχή</u></p> 
---	--

Πίνακας 4.4.3.2 Εμπρόσθιος σύνδεσμος-προσαρμογέας μηχανισμού αναδίπλωσης

### Κάτω Σύνδεσμος-Προσαρμογέας

<p style="text-align: center;"><b><u>Ισομετρική Προβολή</u></b></p> 	<p style="text-align: center;"><b><u>Περιγραφή</u></b></p> <p>Ο σύνδεσμος κατασκευάζεται από χυτοπρεσαριστό αλουμίνιο (6061-T6).</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b><u>Βασικές Διαστάσεις</u></b> <u>Λεπτότοιχο Τμήμα</u> <u>Εξωτερική διάμετρος:</u> <math>D_1=50\text{mm}</math> <u>Πάχος:</u> <math>t_1=2.5\text{mm}</math> <u>Ύψος :</u> <math>H=75\text{mm}</math></p> <p style="text-align: right;"><u>Εσοχές</u></p> <p><u>Διάμετρος:</u> <math>D_2=64\text{mm}</math> <u>Πλάτος:</u> <math>l=34\text{mm}</math> <u>Πάχος:</u> <math>t_2=2\text{mm}</math></p> 
---	--

Πίνακας 4.4.3.3 Κάτω σύνδεσμος-προσαρμογέας μηχανισμού αναδίπλωσης

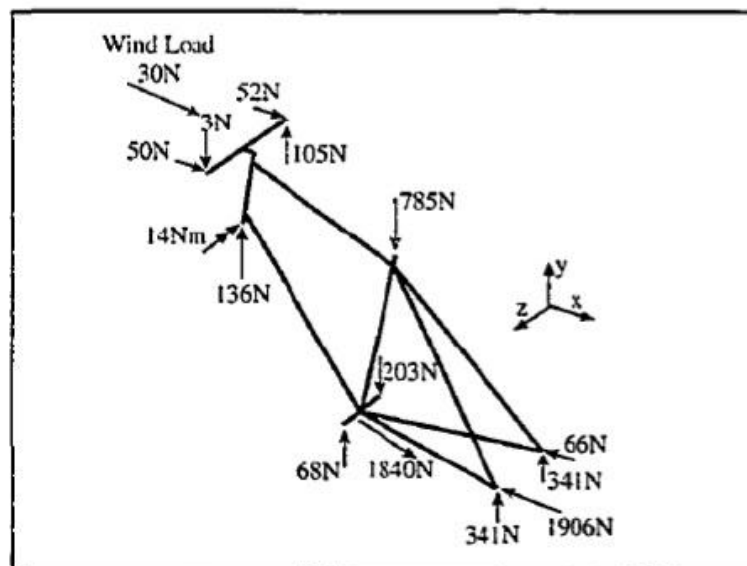
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΚΑΤΑ ΑΡΧΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του πλαισίου πρέπει να μελετηθεί η μηχανική συμπεριφορά του, υποβάλλοντας το πλαίσιο σε κάποια τεστ αντοχής που καθορίζονται από το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 14764 και από τις δημοσιεύσεις Patrick L. Lizzote. Η μελέτη αντοχής του πλαισίου γίνεται με προσομοίωση και για στατικό έλεγχο, οπότε εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα τεστ αυτά, δεν ανταποκρίνονται 100% στη πραγματικότητα. Από την άλλη, όμως ο στατικός έλεγχος αποτελεί μια αρχική προσέγγιση, η οποία μπορεί να δώσει μια ισχυρή ένδειξη για την μηχανική αντοχή του πλαισίου. Τέλος, εξετάζοντας τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το στατικό έλεγχο, εντοπίζονται και επανασχεδιάζονται τα προβληματικά σημεία του πλαισίου.

### **5.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ**

#### **Σενάριο Οδήγησης**

Το σενάριο οδήγησης είναι ένα σενάριο σύνθετης φόρτισης που παρουσιάζει πολλές παραλλαγές. Στο σχήμα που ακολουθεί βλέπουμε τις δυνάμεις που δέχεται ένα πλαίσιο ποδηλάτου που κινείται με 50km/h και βρίσκεται σε κατάσταση έντονης καταπόνησης. Όπως φαίνεται στο σχήμα υπάρχουν δυναμικές και στατικές φορτίσεις, οι οποίες δεν εφαρμόζονται συμμετρικά στις δυο πλευρές του πλαισίου, μεγαλύτερες στην μια πλευρά σε σχέση με την άλλη.



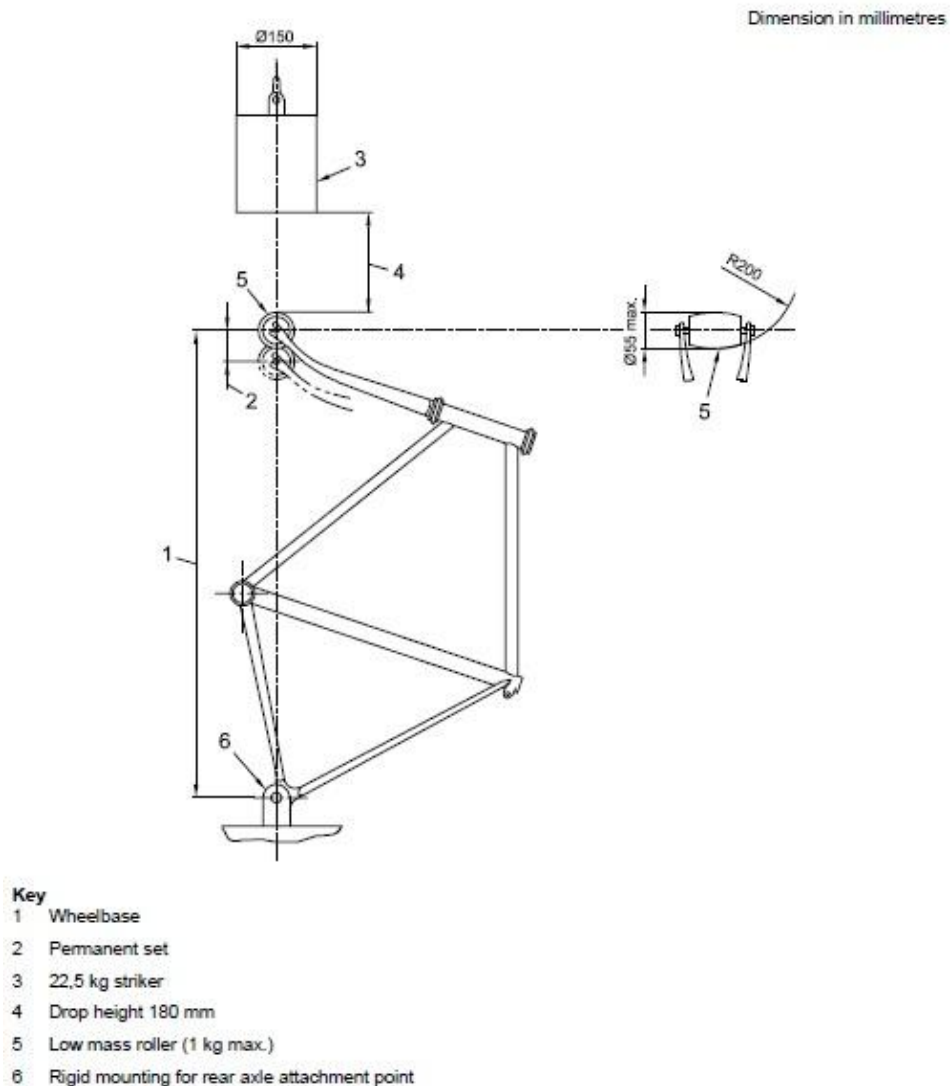
Σχήμα 5.1.1 Απεικόνιση σεναρίου οδήγησης

Στην εργασία αυτή θα παρουσιαστεί ένα σενάριο που προτείνεται στις δημοσιεύσεις Patrick L.Lizzote. Σε αυτό το σενάριο οι αεροδυναμικές δυνάμεις και δυνάμεις τριβής θεωρούνται αμελητέες. Συγκεκριμένα οι δυνάμεις που επιδρούν στο ποδήλατο είναι το βάρος του ποδηλάτη, ελκτικές δυνάμεις στο τιμόνι, οι

δυνάμεις στα πετάλια και οι δυνάμεις στους τροχούς. Οι οριακές συνθήκες που ορίζουμε είναι αρθρώσεις στα άκρα των chain stays και κύλιση στο κάτω μέρος του head tube. (26)

### Σενάριο Κρούσης 1<sup>ο</sup>

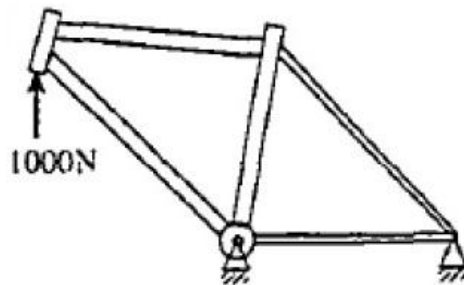
Σύμφωνα με το πρότυπο EN 14764 η προσομοίωση της κρούσης που προκαλείται λόγω ανωμαλιών του οδοστρώματος διενεργείται ακολουθώντας τη πιο κάτω διαδικασία. Τοποθετείται το πλαίσιο του ποδηλάτου σε κάθετη θέση και πακτώνεται στο πίσω μέρος μονάχα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στο πιρούνι αναρτάται ένας μικρός κύλινδρος 1kg, που επιτρέπει την κύλιση του πιρουνιού (άρα στο πιρούνι έχω κύλιση). Στο σημείο αυτό εφαρμόζεται μια μάζα 22,5kg. Μετρίεται η τιμή του μεταξονιού μετά το τεστ και συγκρίνεται με την τιμή που είχε πριν από το τεστ κρούσης. Η μέγιστη τιμή της μετατόπισης πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση με 30mm. (27)



Σχήμα 5.1.2 Απεικόνιση σεναρίου κρούσης 1

## Σενάριο Κρούσης 2<sup>ο</sup>

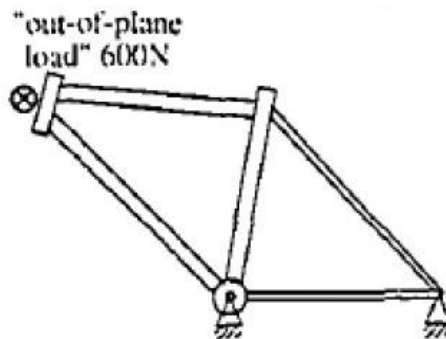
Σε αυτό το σενάριο κρούσης προσομοιώνεται η συμπεριφορά ενός ποδηλάτου, όταν έρθει σε επαφή με κάποια ανωμαλία του δρόμου. Η διαφορά του από το προηγούμενο σενάριο κρούσης, είναι ότι σε αυτό γίνεται μελέτη μόνο στο πλαίσιο του, με το πιρούνι να εξαιρείται από το τεστ. Για να προσομοιωθεί το σενάριο αυτό πακτώνεται (rigidly fixed) το πλαίσιο στο σημείο της μεσαίας τριβής και στα άκρα των chain stays. Στην συνέχεια εφαρμόζεται μια δύναμη με μέτρο 1000N κάθετη στην διατομή του head tube. Το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι μια μικρή μετατόπιση του πλαισίου, έτσι ώστε σε περίπτωση κρούσης οι δονήσεις να μην μεταφερθούν στον ποδηλάτη, αλλά στο πλαίσιο. (26)



Σχήμα 5.1.3 Απεικόνιση σεναρίου κρούσης 2

## Σενάριο Δυσκαμψίας

Στο σενάριο αυτό ελέγχεται το κατά πόσο το πλαίσιο είναι άκαμπτο σε συνθήκες έντονης ποδηλασίας με παρουσία πλευρικών δυνάμεων και ροπών. Για να προσομοιωθεί το σενάριο αυτό αρθρώνεται (rigidly restrained) το σημείο της μεσαίας τριβής και τα άκρα των chain stays. Έπειτα εφαρμόζεται μια δύναμη 600N (out of plane), στο σημείο του πιρουνιού όπου αναρτάται ο εμπρός τροχός. Επιθυμητό αποτέλεσμα είναι μια μικρή μετατόπιση του πλαισίου κάτι που σημαίνει πλαίσιο άκαμπτο. (26)

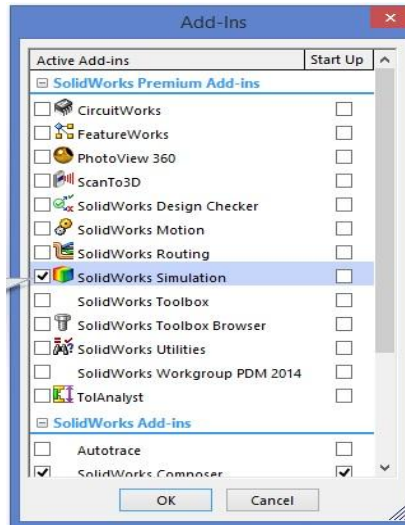


Σχήμα 5.1.4 Απεικόνιση σεναρίου δυσκαμψίας

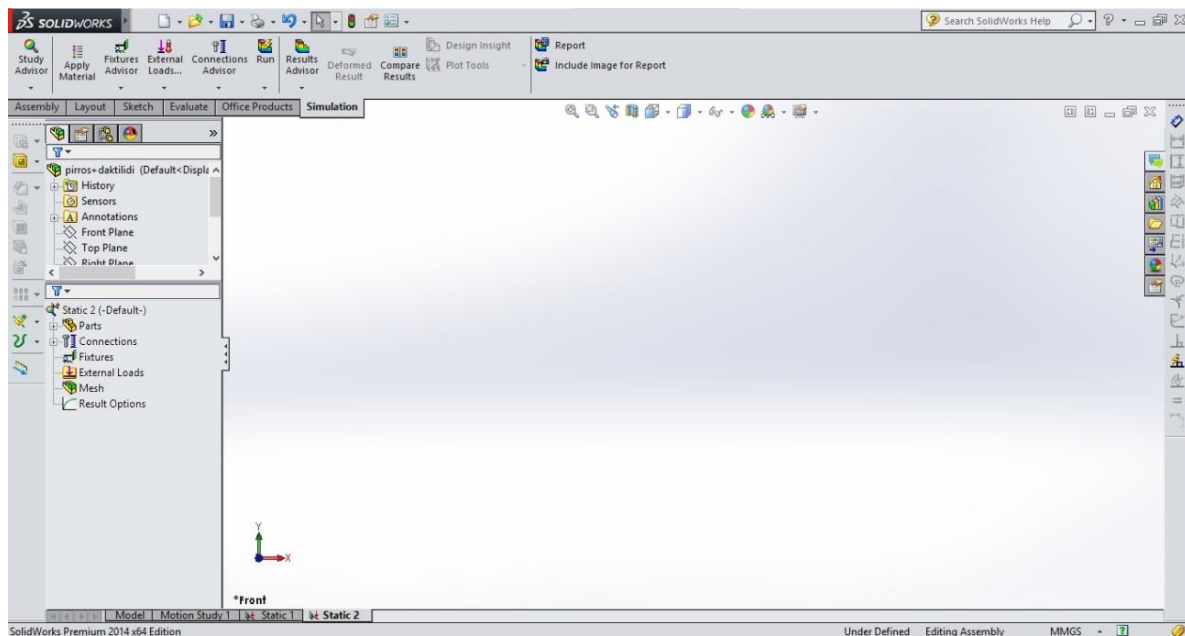
## 5.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ SOLIDWORKS

Στη παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθείται για τον στατικό έλεγχο ενός μοντέλου, με την χρήση πεπερασμένων στοιχείων στο περιβάλλον του SolidWorks.

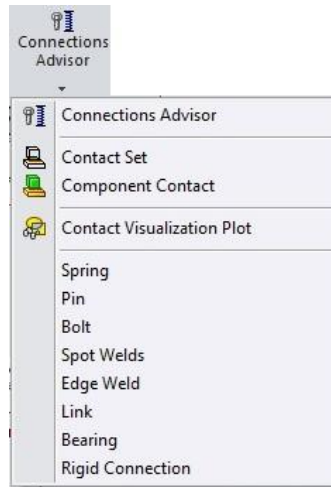
1) Εισάγεται το μοντέλο που θα μελετηθεί στο περιβάλλον του SolidWorks και ενεργοποιείται το SolidWorks Simulation. Συγκεκριμένα στην γραμμή εντολών Tools >> Add-Ins>> επιλέγεται το εικονίδιο SolidWorks Simulation.



2) Για να ξεκινήσει η στατική μελέτη στο SolidWorks επιλέγεται η δημιουργία μια νέας μελέτης 'New Study' και συγκεκριμένα μια στατικής μελέτης 'Static'. Εκτελούνται οι εντολές διαδοχικά Study Advisor>>New Study>>Static. Το περιβάλλον του SolidWorks όπου θα γίνει η στατική μελέτη φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα.



3) Εφαρμόζονται οι περιορισμοί ανάμεσα στα κομμάτια που απαρτίζουν το μοντέλο. Για παράδειγμα στην εργασία αυτή επειδή το μοντέλο είναι αναδιπλούμενο πλαίσιο ποδηλάτου και αποτελείται από περισσότερα από ένα κομμάτια πρέπει να οριστούν οι σωστοί περιορισμοί που έχουν τα μεταξύ τους με την εντολή 'Contact Set'.



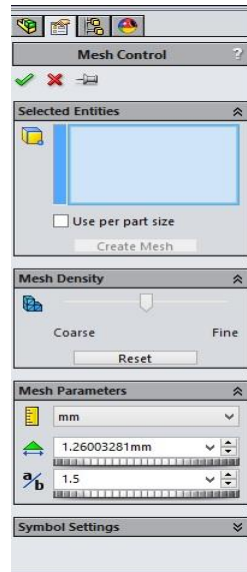
4) Ορίζονται τα φορτία που επιδρούν στο μοντέλο. Τα φορτία αυτά μπορεί να είναι σημειακές ή κατανεμημένες δυνάμεις, ροπές, βαρύτητα κ.α.



5) Ορίζεται ο τρόπος στήριξης του μοντέλου. Οι στηρίξεις μπορεί να είναι αρθρώσεις, κυλίσεις, πακτώσεις και ότι άλλο καθορίζεται με βάση τα τεστ που θα γίνουν.

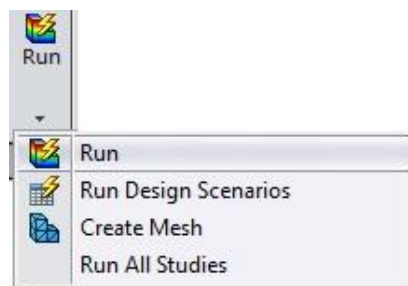


6) Η εφαρμογή πλέγματος στο μοντέλο γίνεται αυτόματα, μιας και το SolidWorks έχει την δυνατότητα να υπολογίζει πλέγμα με βέλτιστες προδιαγραφές για κάθε μοντέλο. Από την άλλη όμως το SolidWorks δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να καθορίσει τις προδιαγραφές του πλέγματος που θα εφαρμόσει στο μοντέλο, καθορίζοντας την πυκνότητα του και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του.



7) Από την βιβλιοθήκη υλικών επιλέγεται το υλικό για το κάθε κομμάτι του μοντέλου.

8) Τέλος, γίνεται το τρέξιμο του μοντέλου με την εντολή 'run'.



Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται σε τρεις γραφικές. Η πρώτη γραφική αναπαριστά την τάση κατά Von Misses, η δεύτερη την μετατόπιση και η τρίτη την ισοδύναμη τάση κατά Von Misses. Οι γραφικές απεικονίσεις αυτές γίνονται με μια κλίμακα χρωμάτων, ανάλογα με τις τιμές τάσεων και μετατοπίσεων που αναπτύσσονται στο μοντέλο. Επιπλέον δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να δει τα μέγιστα και τα ελάχιστα σημεία κάθε γραφικής αναπαράστασης κάτι που τον βοηθά να βρει τα ευάλωτα σημεία του μοντέλου.

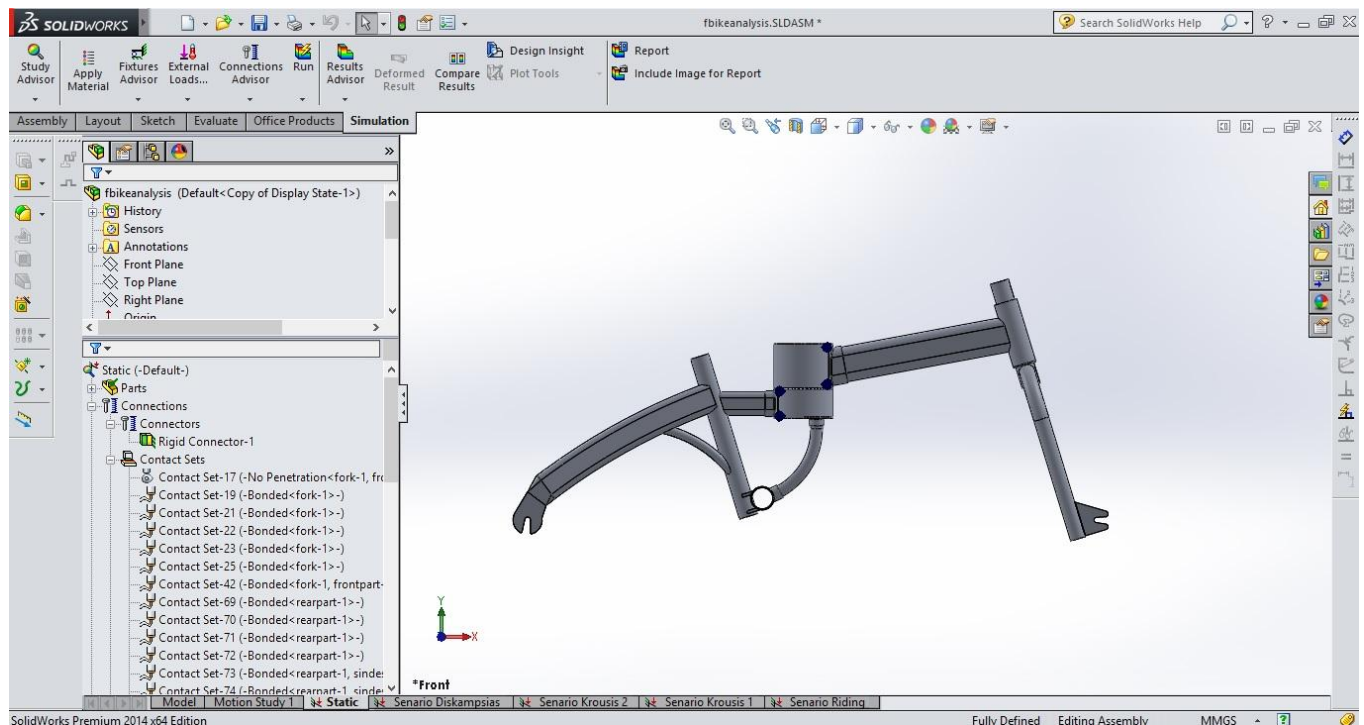


### 5.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ

Στη παράγραφο αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της στατικής μελέτη του πλαισίου με βάση τα σενάρια φόρτισης που καθορίστηκαν στην Παράγραφο 5.1.

**Πριν αρχίσει η εξέταση του κάθε σεναρίου ξεχωριστά θα αναφερθούν τα κοινά βήματα που εκτελούνται σε όλα τα σενάρια φόρτισης :**

- 1) Κατ' αρχήν συναρμολογούνται όλα τα κομμάτια που λαμβάνουν μέρος στην μελέτη, στο αρχείο με όνομα 'fbikeanalysis'. Τα κομμάτια είναι το 'rear part' , 'front part', το άνω και κάτω κέλυφος του μηχανισμού αναδίπλωσης, οι τρεις σύνδεσμοι καθώς και σε δυο σενάρια φόρτισης και το πιρούνι 'fork'.
- 2) Καθορίζονται δυο συστήματα συντεταγμένων 'Coordinate System 1' και 'Coordinate System 2' που θα βοηθήσουν στον καθορισμό δυνάμεων που επιδρούν στο πλαίσιο μας.
- 3) Εφαρμόζεται ο περιορισμός 'Rigid Connector' στο άνω και κάτω κέλυφος του μηχανισμού αναδίπλωσης.
- 4) Εφαρμόζονται οι εσωτερικοί περιορισμοί της γεωμετρίας 'Contact Set', π.χ. στα σημεία με συγκόλληση δυο σωλήνων, Bonded. Στην περίπτωση που εξετάζεται ένα σενάριο όπου λαμβάνει μέρος και το πιρούνι 'fork' , ο περιορισμός που εφαρμόζεται μεταξύ πιρουνιού και head tube είναι 'No Penetration' και όχι 'Bonded' γιατί τα δυο αυτά κομμάτια δεν συγκολλούνται.
- 5) Από την βιβλιοθήκη υλικών γίνεται επιλογή Aluminium 6061-T6 για όλα τα κομμάτια.
- 6) Εφαρμόζεται αυτόματη γένεση πλέγματος με βέλτιστες προδιαγραφές.

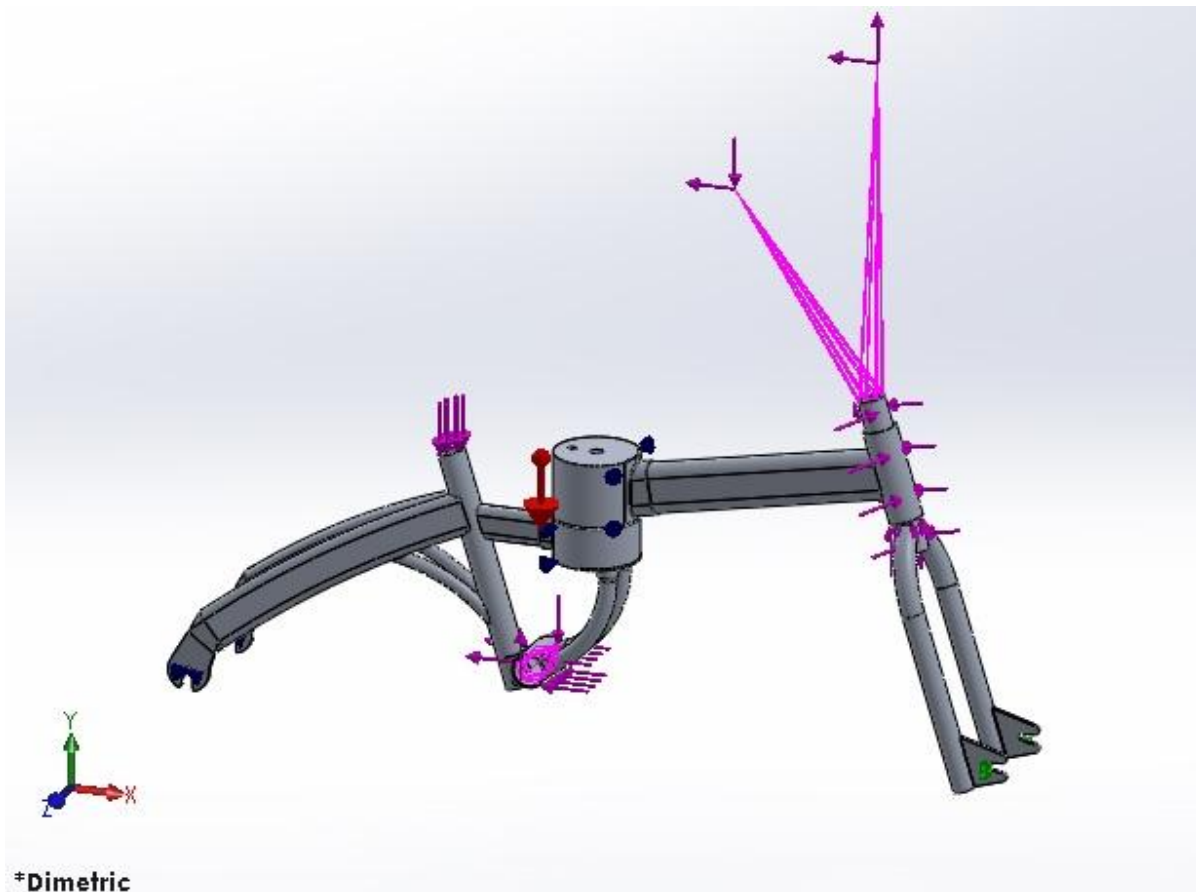


Σχήμα 5.3.1 Εισαγωγή αναδιπλούμενου ποδηλάτου στο SolidWorks Simulation

## Σενάριο Οδήγησης

Για να ξεκινήσει η μελέτη πρώτα από όλα ορίζονται τα σημεία στήριξης του πλαισίου. Οι αρθρώσεις στα Chain Stays πετυχαίνονται με την χρήση συνδέσμων 'Bearing Fixture' και η κύλιση στο πιρούνι με την χρήση συνδέσμων 'Roller/Slider'.

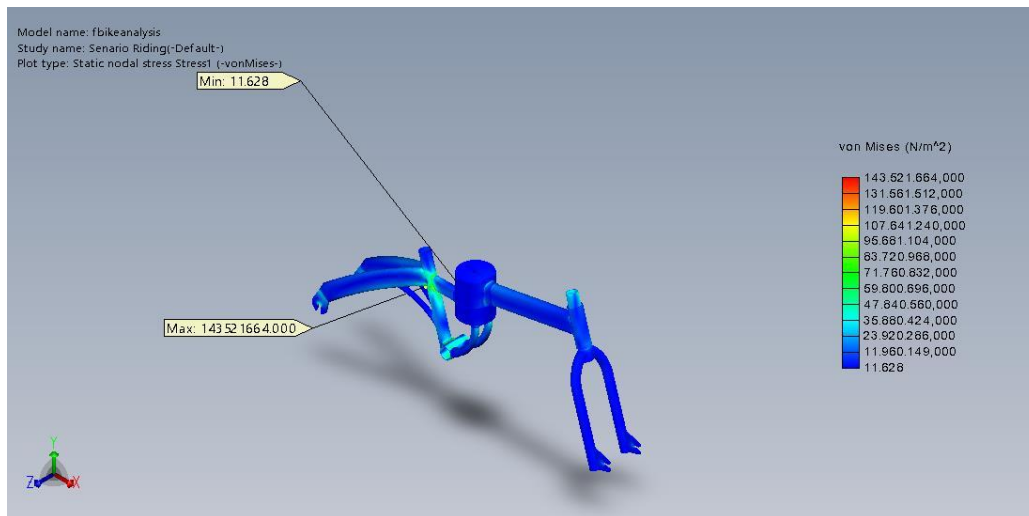
Σειρά έχουν οι δυνάμεις που εφαρμόζονται στο πλαίσιο μας. Καθορίζεται η δύναμη 1840N που επιδρά στην μεσαία τριβή και το βάρος του ποδηλάτη 785N. Επίσης εφαρμόζεται ροπή στο head tube 14N\*m και δύναμη κάθετη στο head tube 136N. Η ανάλυση του τιμονιού δεν συμπεριλαμβάνεται στην μελέτη οπότε οι δυνάμεις στο τιμόνι θα εφαρμόζονται σαν απομακρυσμένες δυνάμεις (Remote Load) και βρίσκονται στα σημεία (335,725,-230) ,(335,725,230). Το μέτρο τους είναι (-52,105,0)N, (-50,-3,0)N αντίστοιχα. Σαν απομακρυσμένες δυνάμεις (Remote Load) καθορίζονται και οι δυνάμεις που προκαλούνται από τα πετάλια και βρίσκονται στα σημεία (15,36,60), (15,36,-60). Το μετρό τους είναι (0,68), (0,-203) αντίστοιχα. Τέλος, εφαρμόζεται η βαρύτητα(Gravity) που είναι κάθετη στο επίπεδο XZ.



Σχήμα 5.3.2 Απεικόνιση σεναρίου οδήγησης στο SolidWorks Simulation

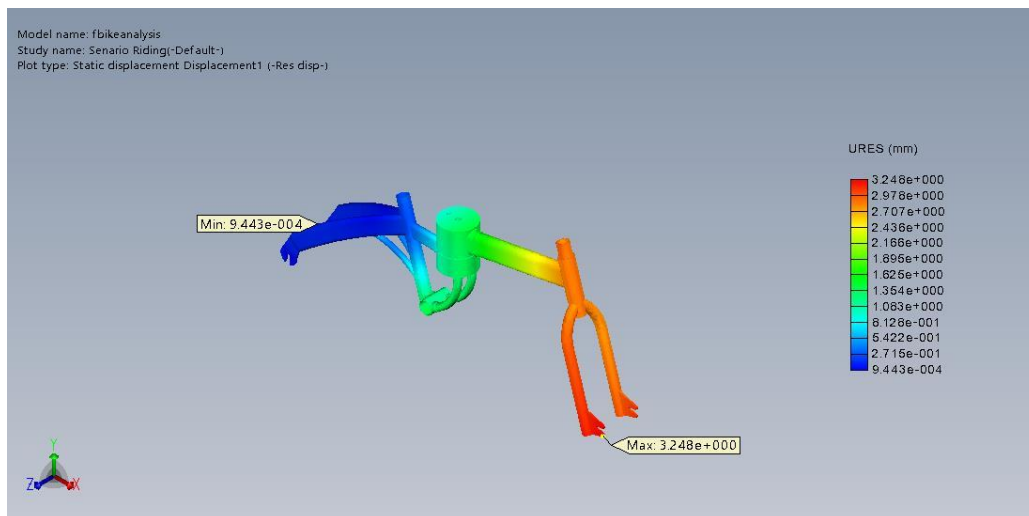
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Κατά Von Mises



Σχήμα 5.3.3 Σενάριο οδήγησης, Τάση Von Mises

### Μετατόπιση



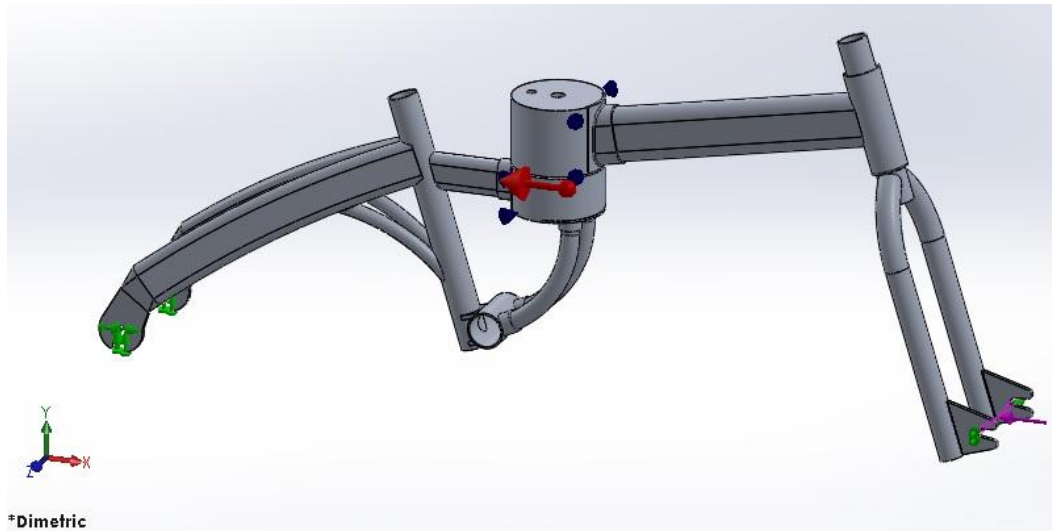
Σχήμα 5.3.4 Σενάριο οδήγησης, Μετατόπιση

## ΣΧΟΛΙΑ

Οι μεγαλύτερες τάσεις εμφανίζονται στις σωλήνες της βάσης που θα στηρίξουν το κάτω μέρος του μηχανισμού αναδίπλωσης του πλαισίου. Συγκεκριμένα η μεγαλύτερη τάση που εμφανίζεται είναι 143,521 MPa που είναι αρκετά κάτω από το όριο διαρροής των 275 MPa, για Aluminium 6061-T6. Επίσης παρατηρείται μια μικρή μετατόπιση 3,248 mm στα εμπρόσθια drop outs(πλάκες).

### Σενάριο Κρούσης 1<sup>ο</sup>

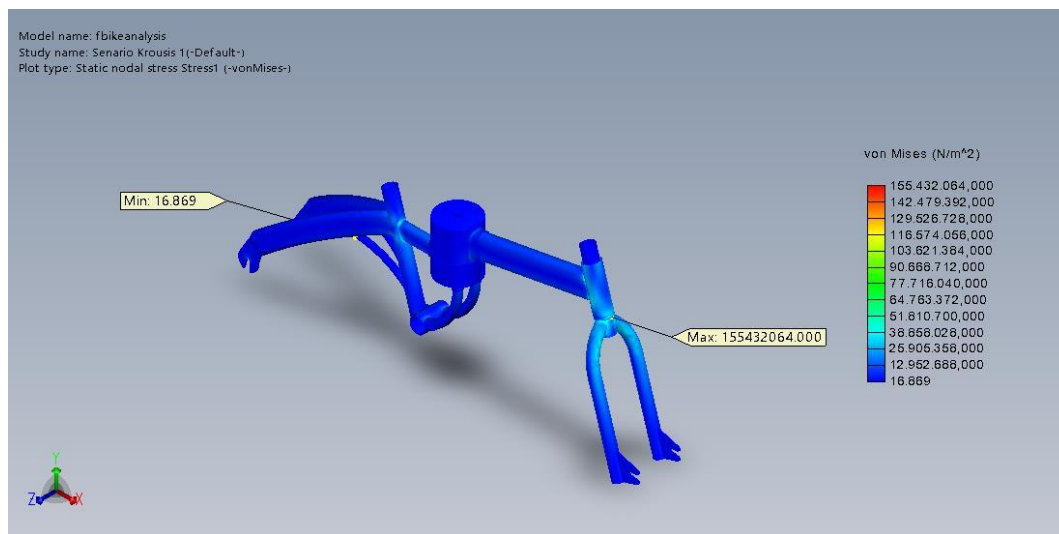
Στο σενάριο αυτό το πλαίσιο του ποδηλάτου τοποθετείται σε κάθετη θέση και πακτώνεται στο πίσω μέρος. Για το λόγο αυτό η βαρύτητα (Gravity) σε αυτή την περίπτωση εφαρμόζεται κάθετα στο επίπεδο YZ. Τα σημεία στήριξης του πλαισίου είναι πάκτωση στα Chain Stays με την χρήση συνδέσμων 'Fixture' και κύλιση στο πιρούνι με την χρήση συνδέσμων 'Roller/Slider'. Τέλος, η δύναμη 22,5kg εφαρμόζεται σαν απομακρυσμένη δύναμη (Remote Load) στο σημείο (580,0,0).



Σχήμα 5.3.5 Απεικόνιση σεναρίου κρούσης 1<sup>ο</sup> στο SolidWorks Simulation

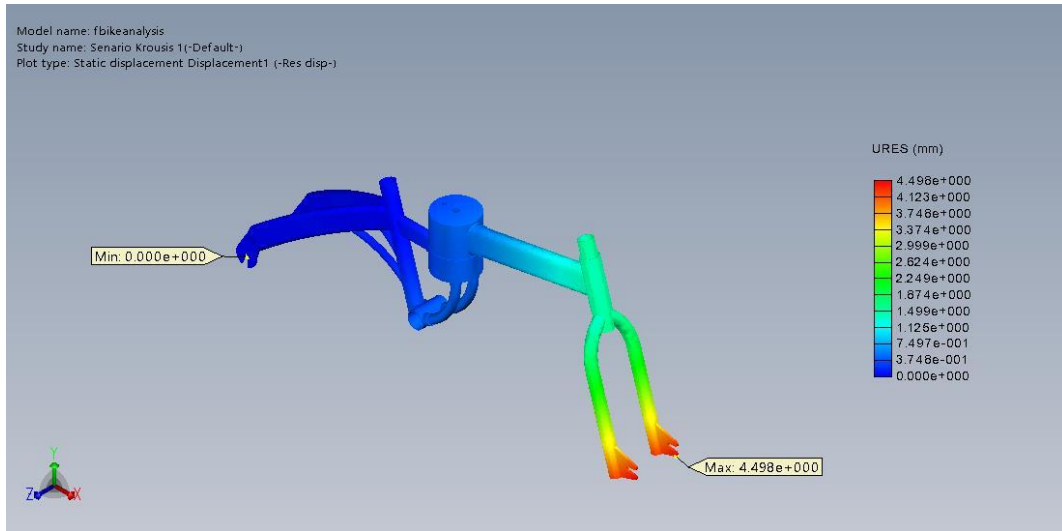
### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### Κατά Von Mises



Σχήμα 5.3.6 Σενάριο κρούσης 1<sup>ο</sup>, Τάση Von Mises

## Μετατόπιση



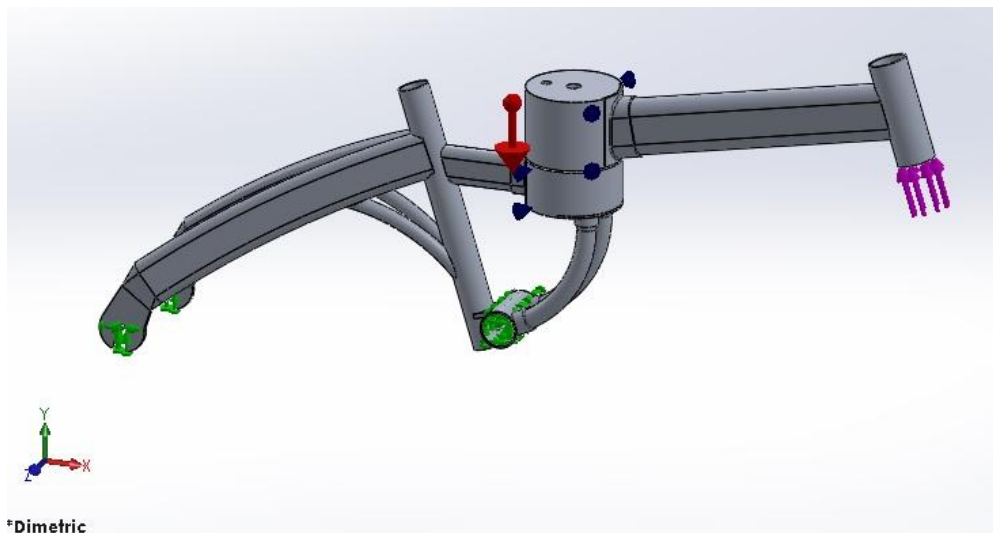
Σχήμα 5.3.7 Σενάριο κρούσης 1<sup>ο</sup>, Μετατόπιση

## ΣΧΟΛΙΑ

Η προϋπόθεση που πρέπει να τηρεί το πλαίσιο με βάση το πρότυπο EN 14764, είναι μεταβολή του μεταξονίου κάτω από 30 mm. Η μέγιστη μεταβολή του μεταξονίου 4,498 mm, άρα το πλαίσιο υπακούει στην προϋπόθεση του προτύπου. Από την άλλη και η μέγιστη τάση που εμφανίζεται στο πιρούνι είναι 155,432 MPa, που είναι κάτω από το όριο διαρροής 275 MPa, για Aluminium 6061-T6.

## Σενάριο Κρούσης 2<sup>ο</sup>

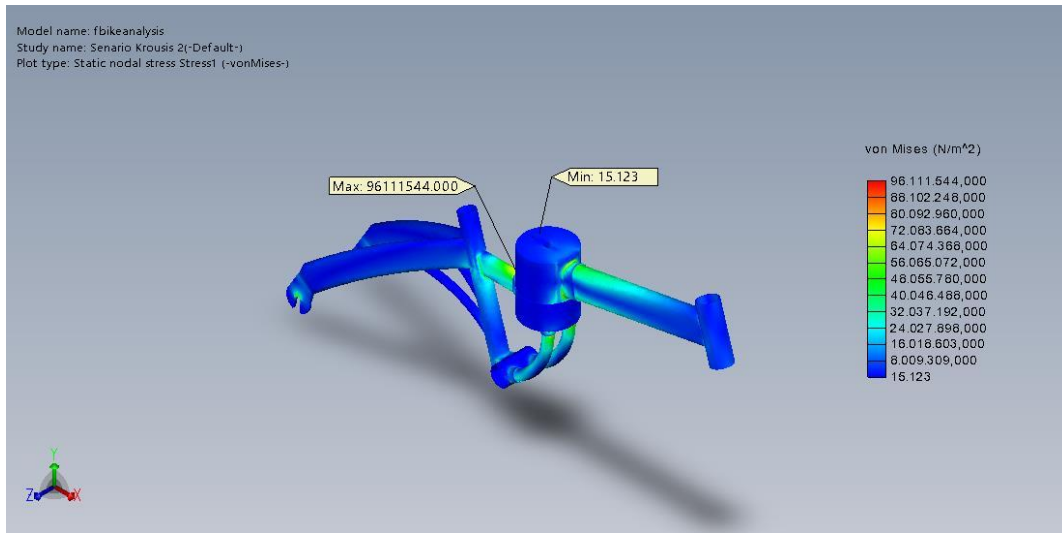
Τα σημεία στήριξης του πλαισίου είναι πάκτωση στα Chain Stays και στην μεσαία τριβή, με την χρήση συνδέσμων 'Fixture'. Η δύναμη που εφαρμόζεται είναι κάθετη στο head tube και έχει μέτρο 1000N. Τέλος, εφαρμόζεται η βαρύτητα(Gravity) που είναι κάθετη στο επίπεδο XZ.



Σχήμα 5.3.8 Απεικόνιση σεναρίου κρούσης 2<sup>ο</sup> στο SolidWorks Simulation

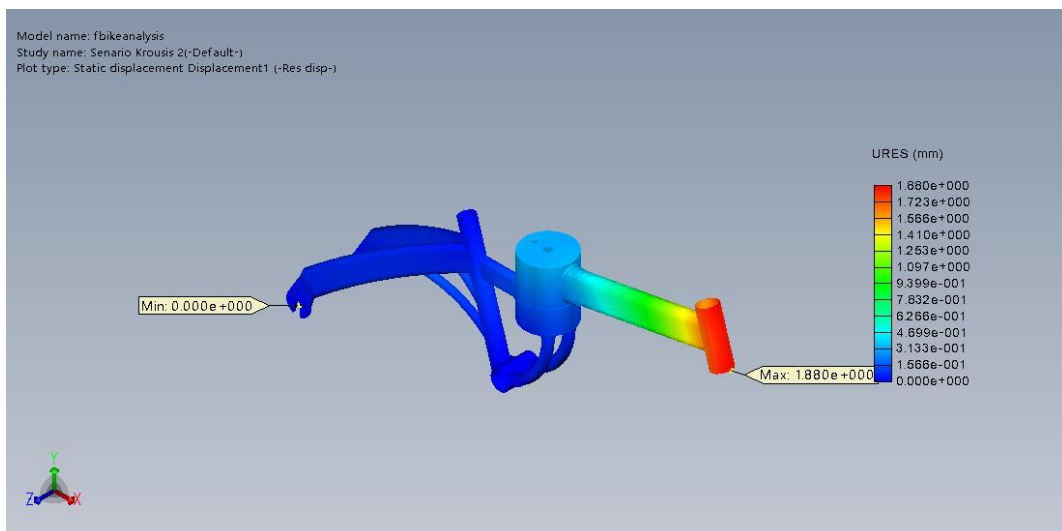
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Κατά Von Mises



Σχήμα 5.3.9 Σενάριο κρούσης 2<sup>ο</sup>, Τάση Von Mises

### Μετατόπιση



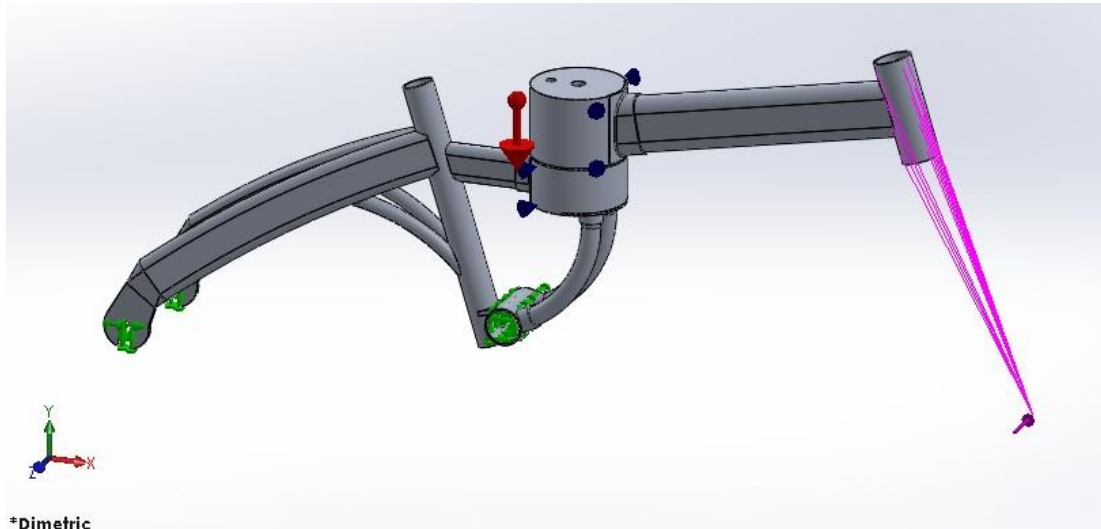
Σχήμα 5.3.10 Σενάριο κρούσης 2<sup>ο</sup>, Μετατόπιση

## ΣΧΟΛΙΑ

Η μεγαλύτερη τάση που εμφανίζεται είναι 96,111 MPa που είναι αρκετά μακριά από το όριο διαρροής των 275 MPa για Aluminium 6061-T6. Η μέγιστη μετατόπιση είναι 1,880 mm και παρατηρείται στο head tube. Αυτό μας δείχνει ότι οι κραδασμοί που εμφανίζονται από κάποια ανωμαλία του δρόμου, απορροφούνται από το μπροστινό κομμάτι του πλαισίου και δεν μεταφέρονται στα χέρια του ποδηλάτη.

## Σενάριο Δυσκαμψίας

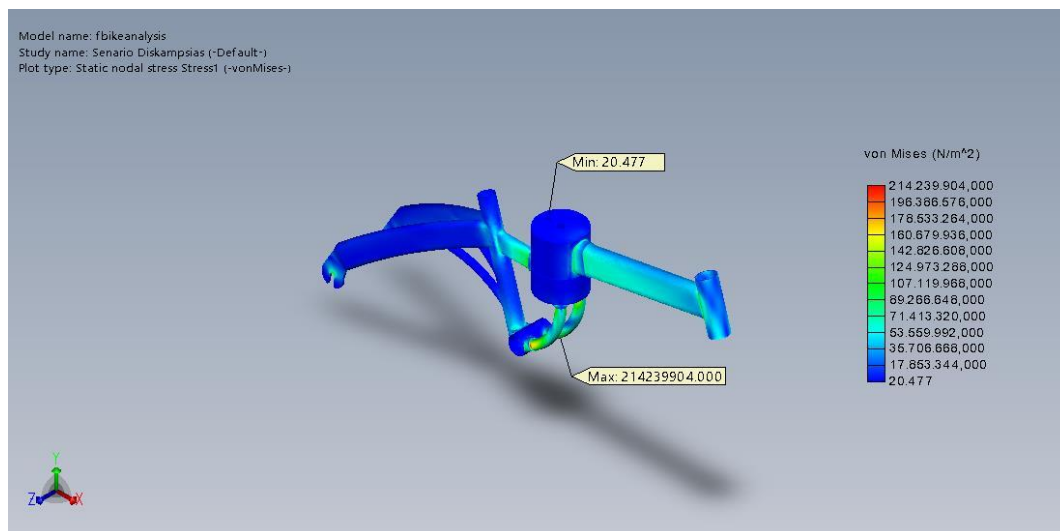
Τα σημεία στήριξης του πλαισίου είναι πάκτωση στα Chain Stays και στην μεσαία τριβή, με την χρήση συνδέσμων 'Fixture'. Η δύναμη που εφαρμόζεται είναι κάθετη στο πλαίσιο και συγκεκριμένα είναι μια απομακρυσμένη δύναμη(Remote Load) στο σημείο (580,0,0) και έχει μέτρο 600N. Τέλος, εφαρμόζεται η βαρύτητα(Gravity) που είναι κάθετη στο επίπεδο XZ.



Σχήμα 5.3.11 Απεικόνιση σεναρίου δυσκαμψίας στο SolidWorks Simulation

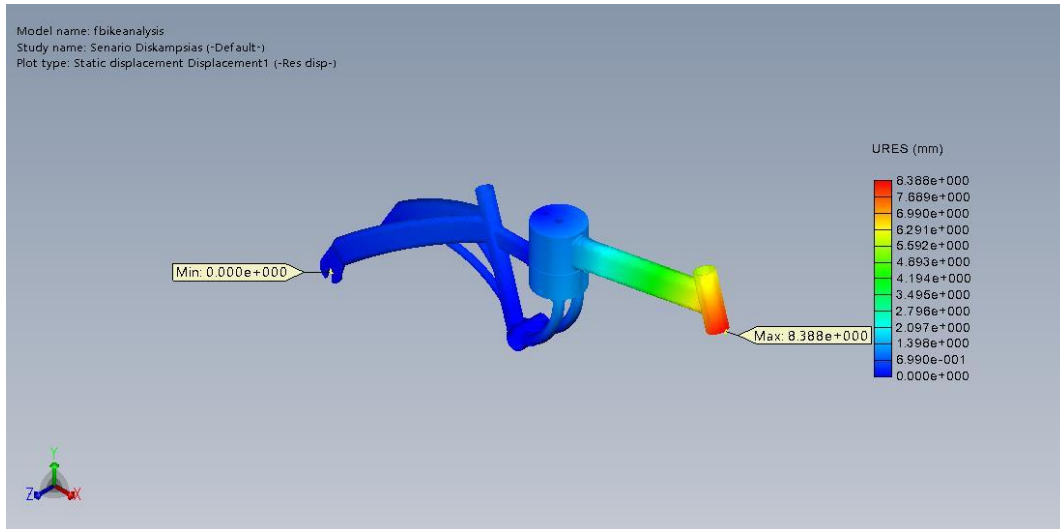
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Κατά Von Mises



Σχήμα 5.3.12 Σενάριο δυσκαμψίας, Τάση Von Mises

## Μετατόπιση



Σχήμα 5.3.13 Σενάριο δυσκαμψίας, Μετατόπιση

## ΣΧΟΛΙΑ

Οι μεγαλύτερες τάσεις εμφανίζονται στις σωλήνες που θα στηρίξουν το κάτω μέρος του μηχανισμού αναδίπλωσης. Συγκεκριμένα η μεγαλύτερη τάση που εμφανίζεται είναι 214,239 MPa που είναι κοντά στο όριο διαρροής των 275MPa, για Aluminium 6061-T6. Η μέγιστη μετατόπιση είναι 8,388mm και εμφανίζεται στο head tube κάτι που ήταν αναμενόμενο λόγω του ότι το πλαίσιο μας δεν πλευρικά άκαμπτο λόγω απουσίας του κάτω σωλήνα.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- 1)** Για να μειωθούν οι τάσεις που εμφανίζονται στις σωλήνες που στηρίζουν τον μηχανισμό αναδίπλωσης, θα πρέπει να εξεταστεί σύνδεσμος-προσαρμογέας μεταξύ των σωλήνων αυτών και του κελύφους μεσαίας τριβής.
- 2)** Για την μείωση των κραδασμών που προκαλούνται στο πλαίσιο, από τις ανωμαλίες των δρόμων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εμπρόσθια και οπίσθια ανάρτηση. Αυτό όμως θα οδηγούσε στον συνολικό επανασχεδιασμό του ποδηλάτου και σε κοστολογική του επιβάρυνση.
- 3)** Σε γενικές όμως γραμμές η προκαταρκτική ανάλυση του ποδηλάτου καταδεικνύει την επάρκεια του στα ελεγχόμενα σενάρια που αφορούν την χρήση του σε συνθήκες πόλης.




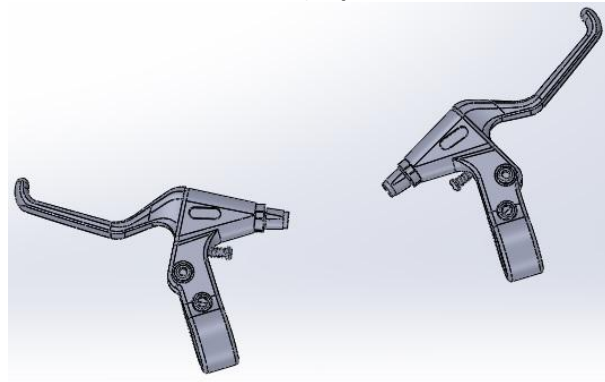
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΜΕΝΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗ

### **6.1. ΑΡΧΕΙΑ CAD ΒΑΣΙΚΩΝ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ**

Στη παράγραφο αυτή δεικνύονται ορισμένα εξαρτήματα που είναι βασικά και απαραίτητα για την λειτουργία ενός ποδηλάτου και των οποίων η ψηφιακή ενσωμάτωση στο συναρμολογημένο σύνολο του σε περιβάλλον SolidWorks είναι αυτή που θα δώσει μια πλήρη και ρεαλιστική εικόνα ποδηλάτου στην προτεινόμενη λύση και παράλληλα θα καταδείξει πλήρως την λειτουργία της αναδίπλωσης του.

Κάποια από αυτά βρέθηκαν στο διαδίκτυο (forum,3dCadModel κ.τ.λ.) και χρησιμοποιήθηκαν ως έτοιμα αρχεία (SolidWorks ή σε μορφή συμβατών ουδέτερων πρωτοκόλλων (π.χ. STEP) κ.τ.λ.) ενώ άλλα σχεδιάστηκαν εξ υπαρχής ηλεκτρονικά σε SolidWorks με βάση την προδιαγραφή τους. Πολλά από αυτά από την φύση τους ως υποσυστήματα ποδηλάτου είναι και τα ίδια συναρμολογημένα σύνολα μικρότερων εξαρτημάτων. Αυτά συμμετέχουν στο ευρύτερο συναρμολογημένο σύνολο του προτεινόμενου ποδηλάτου ως επιμέρους συναρμολογημένα (SubAssemblies) σύμφωνα με τους κανόνες και περιορισμούς που θέτει για αυτά το SolidWorks.



#### **Εξαρτήματα ποδηλάτου από βιβλιοθήκες με 3DCAD model**

<b><u>Πεταλιέρα</u></b>	<b><u>Μανέτες Φρένων</u></b>
	
<b><u>Μεσαία τριβή BB:</u></b> $L_1=70\text{mm}$ , $L_2=126\text{mm}$ <b><u>Βραχίονες:</u></b> $L = 170\text{mm}$ <b><u>Γρανάζι:</u></b> 42 δόντια <b><u>Πηγή:</u></b> GRABCAD <b><u>Τύπος Αρχείου:</u></b> SLDASM	<b><u>Διάμετρος σφικτήρα:</u></b> $D=22\text{mm}$ <b><u>Πηγή:</u></b> GRABCAD <b><u>Τύπος Αρχείου:</u></b> SLDASM

<p style="text-align: center;"><b><u>Seat Clamp</u></b></p>  <p><b><u>Διάμετρος σφιγκτήρα:</u></b> D=32mm  <b><u>Πηγή:</u></b> GRABCAD  <b><u>Τύπος Αρχείου:</u></b> SLDASM</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>Δισκόφρενο</u></b></p>  <p><b><u>Διάμετρος:</u></b> D=160mm  <b><u>Πηγή:</u></b> GRABCAD  <b><u>Τύπος Αρχείου:</u></b> SLDPRT</p>
--	---

Πίνακας 6.1 Εξαρτήματα ποδηλάτου από βιβλιοθήκες

**Εξαρτήματα ποδηλάτου που σχεδιάστηκαν**

<p style="text-align: center;"><b><u>Εμπρόσθιος τροχός</u></b></p>  <p><b><u>Μέγεθος Τροχού:</u></b> 20''X1.5'' (486mm)  <b><u>Άξονας:</u></b> L=135mm  <b><u>Τύπος Αρχείου:</u></b> SLDASM</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>Πίσω Τροχός</u></b></p>  <p><b><u>Μέγεθος Τροχού:</u></b> 20''X1.5 (486mm)  <b><u>Άξονας:</u></b> L=145mm  <b><u>Τύπος Αρχείου:</u></b> SLDASM</p>
<p style="text-align: center;"><b><u>Κασέτα 7-Ταχυτήτων</u></b></p>  <p><b><u>Γρανάζια:</u></b> 28-24-22-20-18-16-14 δόντια  <b><u>Τύπος Αρχείου:</u></b> SLDPRT</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>Σχάρα</u></b></p>  <p><b><u>Μήκος:</u></b> L=310mm  <b><u>Πλάτος:</u></b> W=120mm  <b><u>Τύπος Αρχείου:</u></b> SLDPRT</p>

<p style="text-align: center;"><b><u>Σωλήνας &amp; Σέλα</u></b></p>  <p><b><u>Σωλήνας:</u></b> L=450mm  <b><u>Σέλλα:</u></b> L=250mm, W=150mm  <b><u>Τύπος Αρχείου:</u></b> SLDASM</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>Τιμόνι</u></b></p>  <p><b><u>Χειρολαβή:</u></b> L=460mm  <b><u>Τύπος Αρχείου:</u></b> SLDASM</p>
---	--

Πινάκας 6.2 Εξαρτήματα ποδηλάτου που σχεδιάστηκαν

## 6.2 ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΠΛΗΡΟΥΣ ΤΕΛΙΚΟΥ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΜΕΝΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ

Με την συγκέντρωση και σχεδίαση όλων των περιφερειακών εξαρτημάτων που ενσωματώνονται στο ποδήλατο και αφού ήδη έχει ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός του πλαισίου και του μηχανισμού αναδίπλωσης, γίνεται η τελική συναρμολόγηση του προτεινόμενου ποδηλάτου. Για απλουστευτικούς λόγους που αφορούν και την κινηματική προσομοίωση εύκαμπτα στοιχεία (συρματοσόχοινα φρένων) και σύνθετη μηχανισμοί (αλυσίδα και σασμάν) παραλείπονται. Η πλήρης μορφή του φαίνεται στις εικόνες που ακολουθούν.

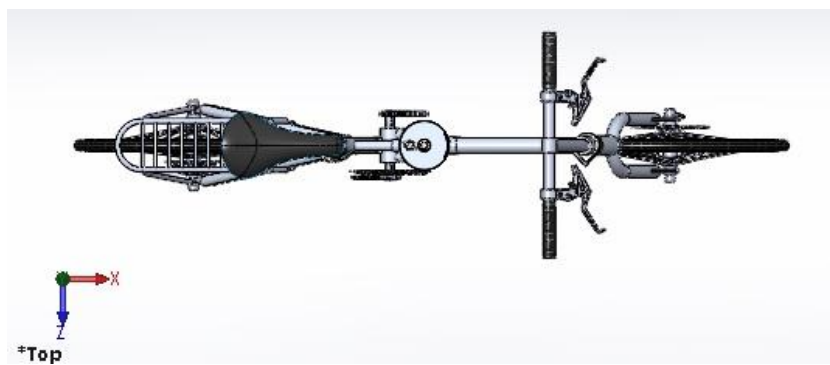
### Ισομετρική Προβολή



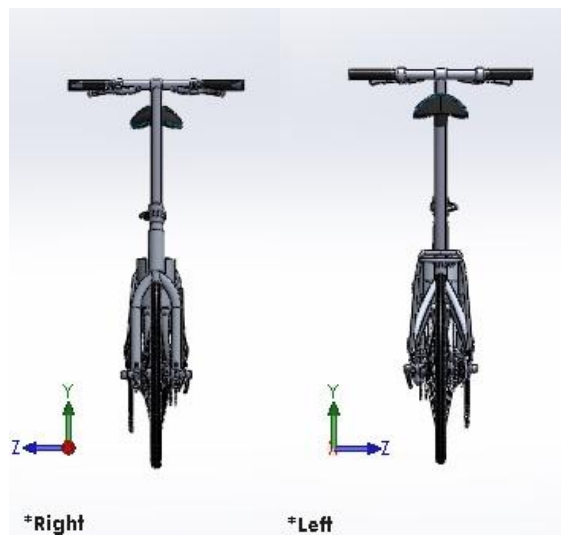
### Πρόοψη



### Κάτοψη



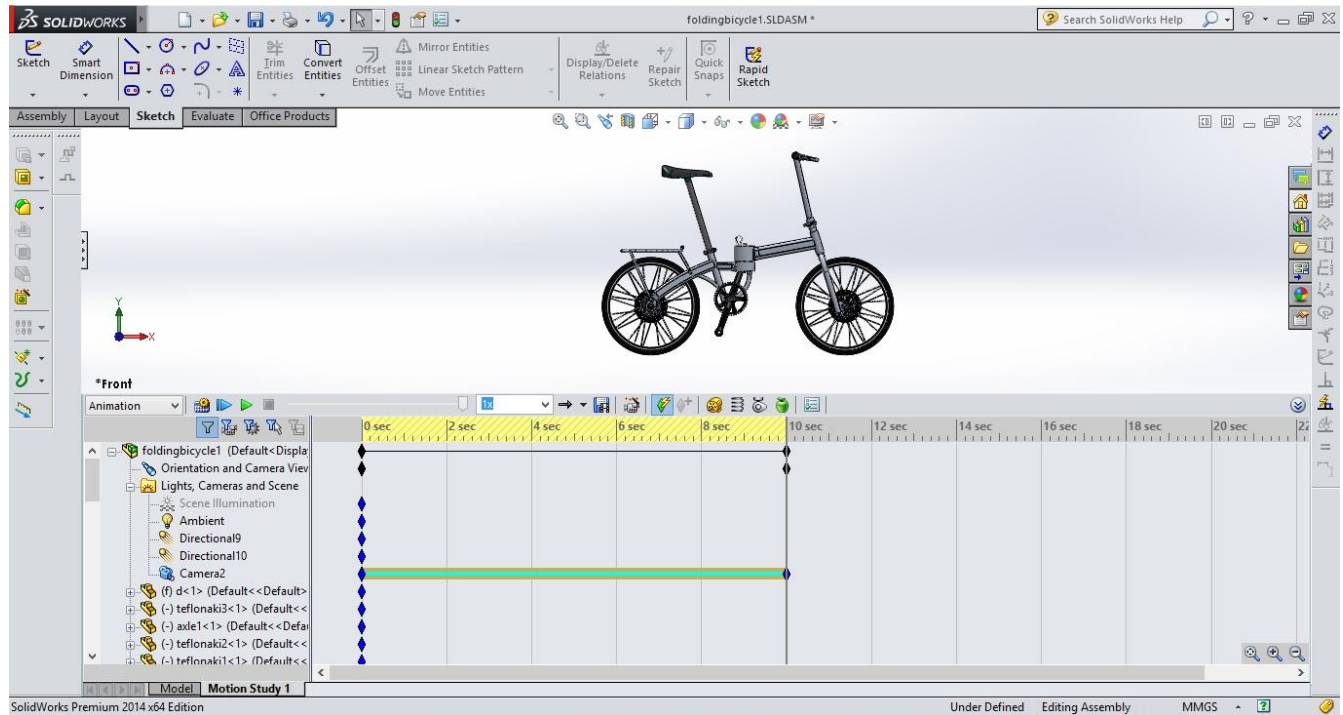
### Πλάγια Όψη από Δεξιά & Πλάγια Όψη από Αριστερά



Σχήμα 6.2.1 Πλήρης συναρμολόγηση προτεινόμενου ποδηλάτου


### 6.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑΔΙΠΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΟΤΙΟΝ STUDY ΤΟΥ SOLIDWORKS


Στη παράγραφο αυτή μελετάται κινηματικά το προτεινόμενο ποδήλατο, με σκοπό τον ρεαλιστικό προσδιορισμό του χρόνου που χρειάζεται για την πλήρη αναδίπλωση του. Συγκεκριμένα δημιουργείται μια κινηματική απεικόνιση (Animation) όπου παρουσιάζονται όλες οι βασικές κινηματικές λειτουργίες κατά την αναδίπλωση. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται το προτεινόμενο ποδήλατο στο περιβάλλον του Motion Study.





Σχήμα 6.3.1 Εισαγωγή προτεινόμενου ποδήλατου στο περιβάλλον Motion Study

#### **Βασικά εργαλεία και εντολές δημιουργίας Animation στο Motion Study :**

**Animation Wizard:** παρουσίαση της διαδικασίας συναρμολόγησης/αποσυναρμολόγησης και παρουσίαση όλων των όψεων ενός απλού μοντέλου (part) ή ενός συναρμολογημένου μοντέλου (assembly) περιστρέφοντας το γύρω από τους άξονες XYZ. 

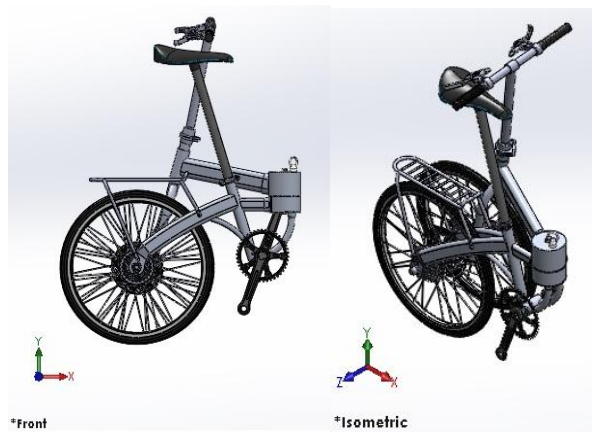
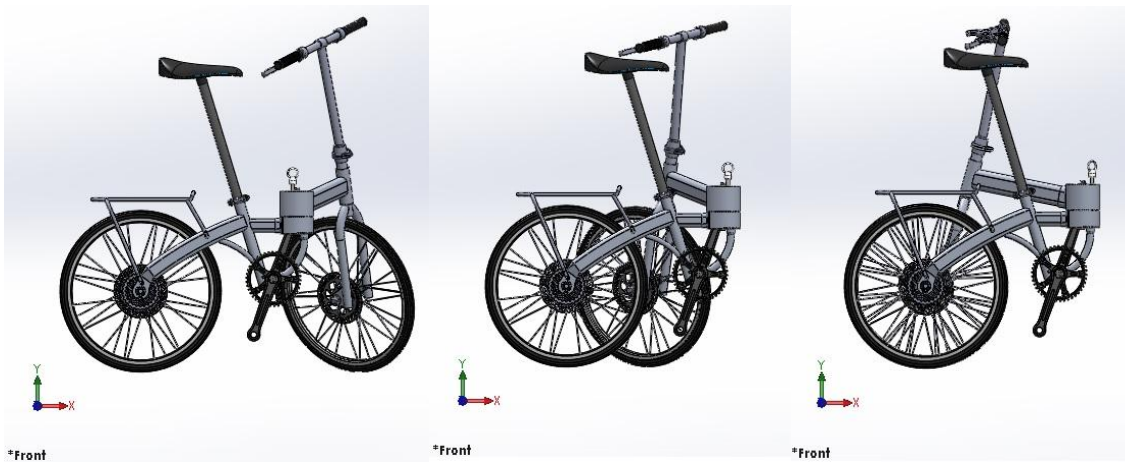
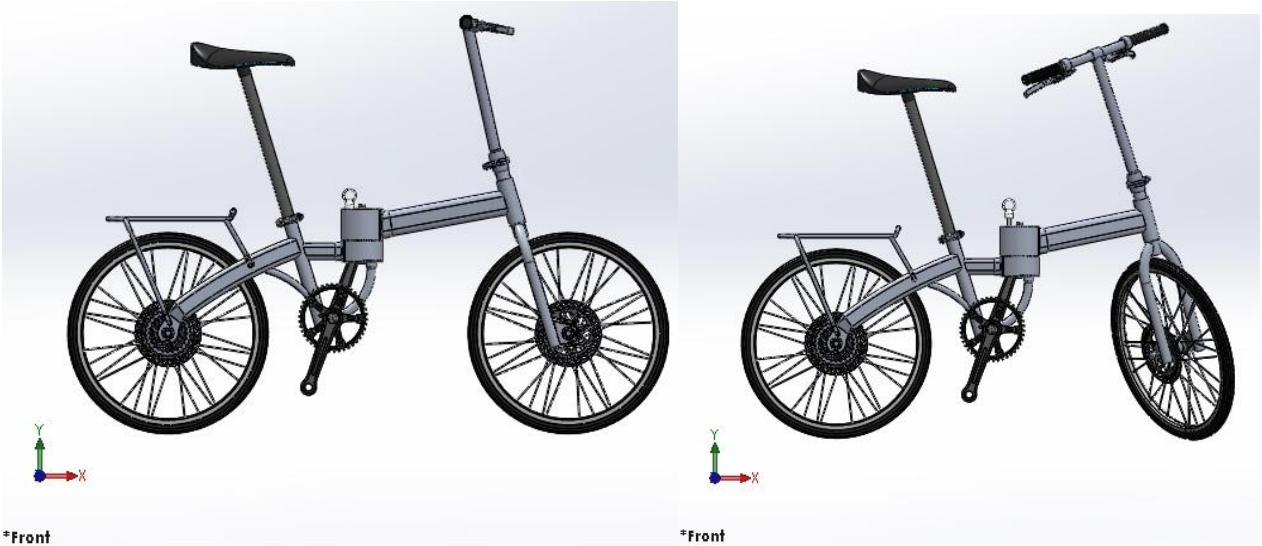
**Auto Key-Add/Update Key:** δηλώνεται η αρχική και η τελική θέση της κίνησης ενός μοντέλου. 

**Motor:** δηλώνεται η περιστροφική ή γραμμική κίνηση ενός μοντέλου. 

**Save Animation:** το αρχείο αποθηκεύεται σε άμορφη AVI ή σε άλλη μορφή. 

## Εικονική παρουσίαση της διαδικασίας αναδίπλωσης

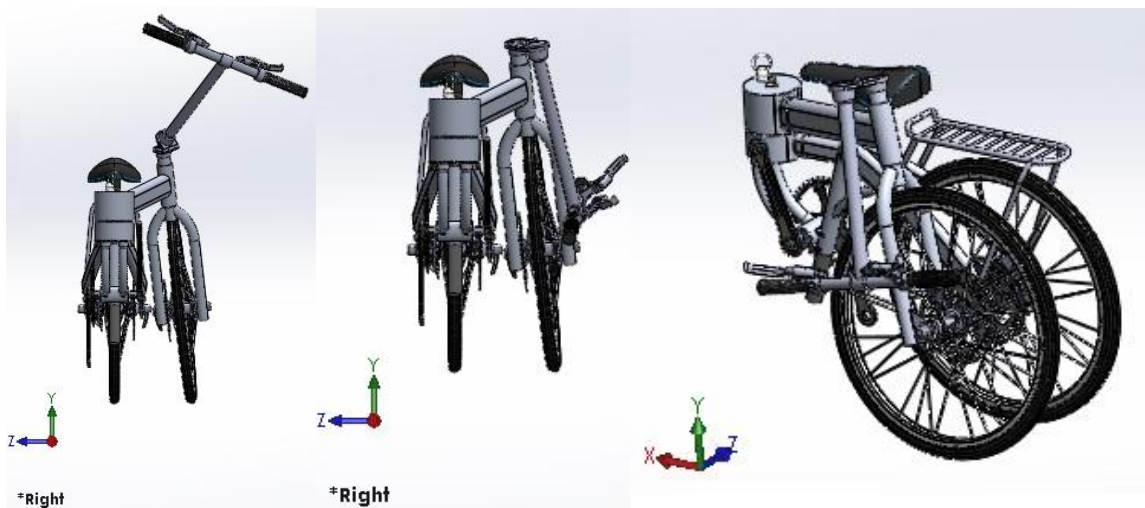
**Βήμα 1<sup>ο</sup>:** Ανασήκωμα του πείρου προς τα πάνω για να ενεργοποιηθεί η άρθρωση και ταυτόχρονη περιστροφή του μπροστινού μέρους προς τα πίσω.



**Βήμα 2° :** Χαμήλωμα της σέλας αφού ελευθερωθεί ο σφιγκτήρας.



**Βήμα 3° :** Δίπλωμα τιμονιού.



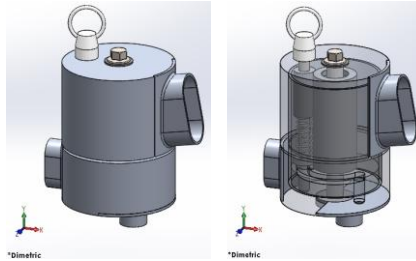
### **Εκτιμώμενος Χρόνος Αναδίπλωσης**

Ο εκτιμώμενος χρόνος αναδίπλωσης όπως εκτιμήθηκε στο περιβάλλον του Motion Study είναι 10sec.

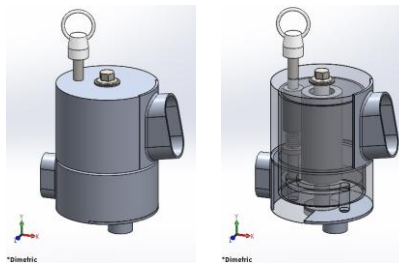
### Κινηματική αναπαράσταση μηχανισμού αναδίπλωσης

Όπως έγινε και για το πλήρες ποδήλατο, για την καλύτερη κατανόηση του γίνεται κινηματική αναπαράσταση και προσομοίωση λειτουργίας και για τον μηχανισμό αναδίπλωσης ειδικά, με βάση την παρακάτω αλληλουχία βημάτων-κινήσεων.

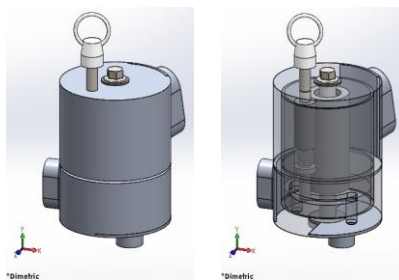
**1)** Ο πείρος βρίσκεται στην πρώτη οπή και ασφαλίζει το πλαίσιο στην θέση οδήγησης.



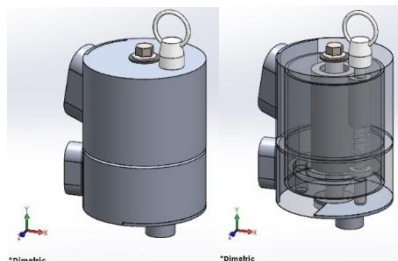
**2)** Ο πείρος ανασηκώνεται προς τα πάνω και βγαίνει από την πρώτη οπή συμπιέζοντας το ελατήριο.



**3)** Κατά την διάρκεια της αναδίπλωσης του πλαισίου ο πείρος τρέχει στο αυλάκι .



**4)** Ο πείρος βρίσκεται στην δεύτερη οπή και ασφαλίζει το πλαίσιο στην θέση μεταφοράς.





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΠΡΟΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

Αν και τα ακριβή κοστολογικά στοιχεία για την κατασκευή του προτεινόμενου ποδηλάτου μπορούν να προκύψουν μόνο κατόπιν του πλήρους αναλυτικού σχεδιασμού όλων των εξαρτημάτων και μερών που συμμετέχουν σε αυτό αλλά και της οριστικής επιλογής των μεθόδων και μέσων παραγωγής και συναρμολόγησης τους, είναι παρόλα αυτά απαραίτητο να εκτιμηθεί με ρεαλιστικό τρόπο το ποσό κατασκευής και κατά συνέπεια διάθεσης της προτεινόμενης λύσης ως προϊόν, μετά έως τώρα δεδομένα. Αυτό είναι απαραίτητο αφενός για να επικυρώσει τους έως εδώ σχεδιασμούς και αφετέρου για την αποτίμηση της επίτευξης ή μη της προδιαγραφής που αφορά το κόστος του ποδηλάτου.

Καθώς όπως έχει παραπάνω περιγράψει το προτεινόμενο ποδήλατο θα απαρτίζεται: α) από νέα πρωτότυπα μέρη και μηχανισμούς για το σκελετό και το μηχανισμό αναδίπλωσης, β) από υπάρχοντα ποδηλατικά εξαρτήματα του εμπορίου και γ) από ορισμένα έτοιμα και τυποποιημένα στοιχεία μηχανών, έγινε προσπάθεια συγκέντρωσης κοστολογικών δεδομένων για όλα αυτά σύμφωνα με την κατηγορία και την προέλευση τους, αλλά και σύμφωνα με την μέθοδο παραγωγής των νέων πρωτότυπων μερών από υπάρχοντες τιμοκαταλόγους αλλά και σε συνεργασία με εγκύρους ελληνικούς παραγωγικούς φορείς (ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΒΟΥΛΓΑΡΕΛΗΣ & ΣΙΑ ΟΕ). Επίσης συνυπολογίστηκαν ενδεικτικοί χρόνοι συναρμολόγησης και κόστη συσκευασίας. Τα βασικότερα από τα παραπάνω στοιχεία δίνονται πιο κάτω σε πινακοποιημένη μορφή για χαρακτηριστική παρτίδα-στόχο παραγωγής.

### **Στόχος παραγωγής 10000 ποδήλατα**

#### **Εξαρτήματα μηχανισμού αναδίπλωσης**

<b>A/A</b>	<b>Όνομα</b>	<b>Κόστος (€)</b>
<b>1</b>	Δακτύλιος	140000
<b>2</b>	Κοχλίας	3000
<b>3</b>	Παράκυκλος I	20000
<b>4</b>	Άνω Κέλυφος	56000
<b>5</b>	Στοιχείο Έδρασης Ελατηρίου	50000
<b>6</b>	Ελατήριο	2000
<b>7</b>	Εσωτερικός Δακτύλιος	50000
<b>8</b>	Πείρος	100000
<b>9</b>	Εξωτερικός Δακτύλιος	200000
<b>10</b>	Κάτω Κέλυφος	56000
<b>11</b>	Παράκυκλος II	20000
<b>12</b>	Άξονας	100000
<b>13</b>	Οπίσθιος Σύνδεσμος-Προσαρμογέας	34000
<b>14</b>	Εμπρόσθιος Σύνδεσμος-Προσαρμογέας	34000
<b>15</b>	Κάτω Σύνδεσμος-Προσαρμογέας	34000
	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 10000 (€)</b>	<b>899000</b>

**Πίνακας 7.1** Κόστος εξαρτημάτων προτεινόμενου μηχανισμού αναδίπλωσης

### Περιφερειακά Εξαρτήματα

Το συνολικό κόστος των περιφερειακών εξαρτημάτων για ένα ποδήλατο είναι €355. Για παραγωγή 10000 ποδηλάτων εκτιμάται μια έκπτωση 50% από τους κατασκευαστές των εξαρτημάτων προς την βιομηχανία ποδηλάτων. Στο πιο κάτω πίνακα παρουσιάζεται το κόστος αγοράς από το κατάστημα και στην συνέχεια υπολογίζεται το συνολικό κόστος αγοράς από την βιομηχανία ποδηλάτων.

A/A	Εξαρτήματα	Κατασκευαστής – Μοντέλο	Κόστος (€)
1	8 Speed Cassete	SRAM - PG830	11,5
2	Crankset	SHIMANO - ALTUS M311	34,5
3	8 Speed Chain	SRAM - PC850	10
4	Front Derailleur	SRAM - 3.0	11,5
5	Rear Derailleur	SRAM - X3	15,5
6	Speed Trigger Shifter Set(2)	SRAM - X4	22,5
7	Disc Brake set(2)	SHIMANO-ACERA M395	95
8	Front Hub	SRAM - 406 F.H	15,5
9	Rear Hub	SRAM - 406 R.H	20
10	Bottom Bracket	SHIMANO - ES25 OCTALINK	12
11	Rim 20"(2)	ALEX DM - 18	40
12	Tyres 20"(2)	CONTINENTAL - EXPLORER	25
13	Saddle	PRO VULTURE MAX	22
14	Seatpost	BRAND - X	20
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)</b>			<b>355</b>

Πίνακας 7.2 Κόστος περιφερειακών εξαρτημάτων

Συνολικό κόστος περιφερειακών εξαρτημάτων για ένα ποδήλατο: € 177,5

### Σωλήνες Πλαισίου

A/A	Διατομή Κυκλική	Σωλήνα 6m	Βάρος (kg/m)	Τιμή (6,9€/kg)
1	40mmX2mm	348	3,8679	9287,60148
2	32mmX2mm	890	3,05364	18752,40324
3	26mmX2mm	1112	2,4429	18743,88312
4	20mmX2mm	668	1,83216	8444,791872
5	15mmX1,5mm	834	1,03062	5930,805852
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 10000 (€)</b>				<b>61159,48556</b>

Πίνακας 7.3 Κόστος σωλήνων κυκλικής διατομής

A/A	Διατομή Οβάλ	Σωλήνα 6m	Βάρος (kg/m)	Τιμή (6,9€/kg)
1	60X30X4	834	9,18096	54832,75242
2	40X20X2	1112	3,12816	26001,74605
3	50X20X4	209	7,14522	12304,12176
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 10000 (€)</b>				<b>93138,62023</b>

Πίνακας 7.4 Κόστος σωλήνων διατομής οβάλ

Συνολικό κόστος σωλήνων πλαισίου ενός ποδηλάτου που παράγεται : € 15,43

**Συνολικό κόστος παραγωγής προτεινόμενου ποδηλάτου**

A/A	Κατηγορία Κόστους	Κόστος (€)
1	Εξαρτήματα μηχανισμού Αναδίπλωσης	89,9
2	Σωλήνες	15,43
3	Διαμόρφωση σωλήνων (κόψιμο, κουρμπάρισμα)	10
4	Front & Rear Drop Outs	4
5	Συγκόλληση TIG	20
6	Περιφερειακά εξαρτήματα	177,5
7	Συναρμολόγηση	5
8	Συσκευασία	5
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ (€)</b>		<b>326,83</b>

Πίνακας 7.5 Κόστος παραγωγής προτεινόμενου ποδηλάτου

Με βάση το συνολικό κόστος παραγωγής ενός ποδηλάτου μπορεί να καθοριστεί και η τιμή πώλησης του, με την υπόθεση ότι ο παραγωγός έχει ένα περιθώριο κέρδους 50% .

Οπότε :

$$\text{Τιμή Πώλησης} = 326,83 * 1,5 = \mathbf{€490,245}$$

Άρα, η τιμή πώλησης του θα κυμαίνεται γύρω στα €500.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

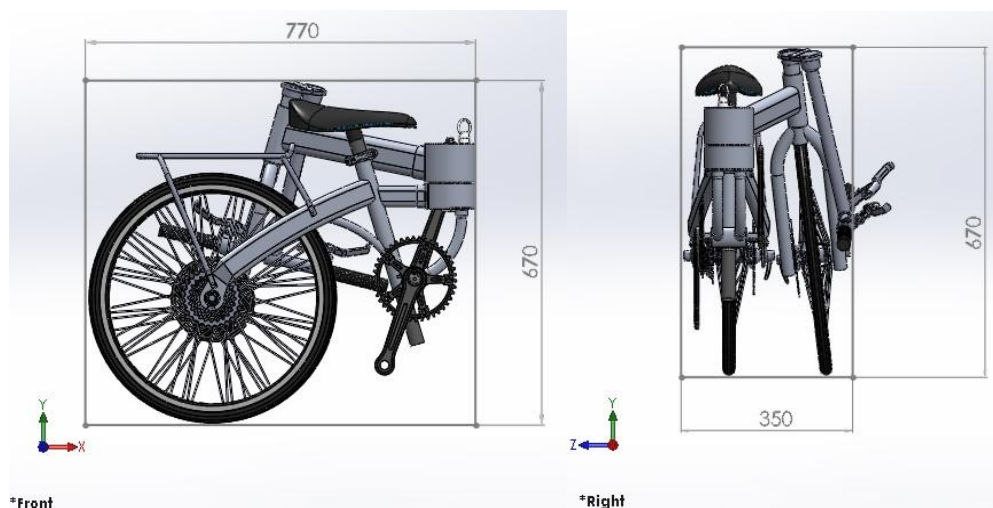
Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία μελετήθηκε και σχεδιάστηκε ένα νέο αναδιπλούμενο ποδήλατο. Η εργασία ξεκίνησε με μια ιστορική αναδρομή του ποδηλάτου, με έμφαση στο αναδιπλούμενο ποδήλατο. Στην συνέχεια παρουσιάστηκαν τα βασικά αρχιτεκτονικά και γεωμετρικά δεδομένα των ποδηλάτων και τα συνήθη υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους. Έγινε συγκρότηση του φύλλου βασικών τεχνικών προδιαγραφών του μελετώμενου ποδηλάτου μέσα από μια ανασκόπηση και συστηματική αξιολόγηση των πιο επιτυχημένων ποδηλάτων της κατηγορίας αυτής. Το λογισμικό CAD/CAE SolidWorks της 3DS, είναι το βασικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε στην υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας, στο οποίο έγινε η σχεδίαση και η στοιχειώδης ανάλυση των κύριων μερών του ποδηλάτου. Σε αυτό επίσης ενσωματώθηκαν και άλλα βασικά για την λειτουργία εξαρτήματα, δίνοντας έτσι μια πληρέστερη εικόνα στο προτεινόμενο ποδήλατο και συνάμα κάνοντας πιο ρεαλιστική τη προσομοίωση της λειτουργίας αναδίπλωσης.

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται επιμέρους και συνολική αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης-κατασκευαστικής διαμόρφωσης ως προς τους στόχους του σχεδιασμού και εξάγονται τα σχετικά συμπεράσματα.

### Αξιολόγηση προτεινόμενης λύσης-κατασκευαστικής διαμόρφωσης ως προς τις προδιαγραφές

**Βάρος :** Ο στόχος ήταν το συνολικό βάρος του ποδηλάτου να είναι κάτω από 12kg, με τα περιφερειακά εξαρτήματα να είναι 6,706kg. Το βάρος του προτεινόμενου ποδηλάτου όπως επιβεβαιώθηκε στο περιβάλλον SolidWorks με βάση τις γεωμετρικές που σχεδιάστηκαν και τα υλικά που επιλεχθήκαν, είναι 4,578kg. Οπότε το συνολικό βάρος του προτεινόμενου ποδηλάτου με τα περιφερειακά εξαρτήματα είναι 11,284 kg. Άρα, το βάρος είναι εντός των στόχων.

**Διαστάσεις:** Το προτεινόμενο ποδήλατο όταν είναι διπλωμένο έχει διαστάσεις 770mm(Μήκος) X 350mm(Πλάτος) X 670mm(Υψος) και είναι εντός της προδιαγραφής 820mm(Μήκος) X 370mm(Πλάτος) X 660mm(Υψος).

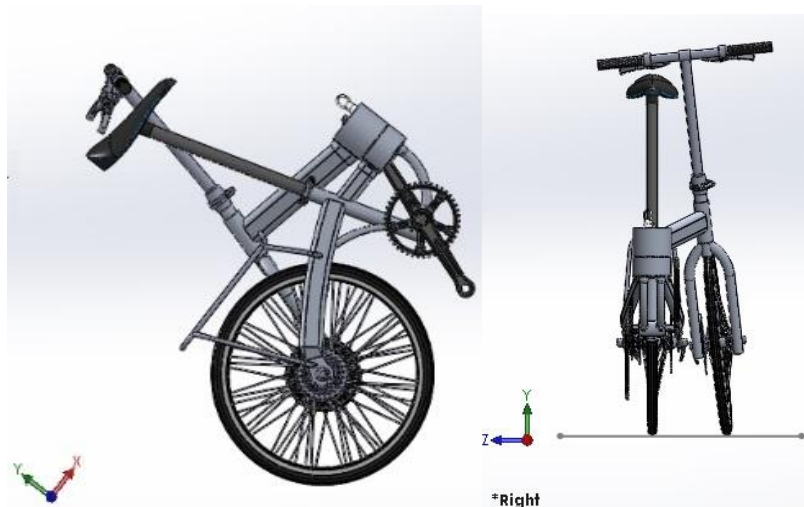


**Χρόνος Αναδίπλωσης:** Ο χρόνος αναδίπλωσης όπως εκτιμήθηκε στο περιβάλλον του Motion Study είναι 10sec και είναι εντός της προδιαγραφής των 12sec.

**Κόστος:** Με βάση τις τιμές που καθορίστηκαν στο Κεφάλαιο 7 επιβεβαιώνεται ότι το προτεινόμενο ποδήλατο εντάσσεται στην οικονομική κατηγορία μεταξύ των ομοειδών αναδιπλούμενων ποδηλάτων με δυνατότητες περαιτέρω ελαχιστοποίησης του κόστους από βελτιστοποίησης που μπορούν να συντελεστούν κατά τον αναλυτικό σχεδιασμό και προετοιμασία της παραγωγής του.

**Ηλεκτροκίνηση:** Σύμφωνα με την δεδομένη γεωμετρία που επελέγη για το προτεινόμενο ποδήλατο είναι εύκολη η μετατροπή του σε ηλεκτρικό, με την εναλλαγή ορισμένων εκ των έτοιμων ποδηλατικών εξαρτημάτων με άλλα (π.χ. οπίσθιος τροχός με hub motor, μανέτες χειρόγκαζο κλπ) και με την τοποθέτηση κατάλληλης μπαταρίας στο χώρο που ορίζουν οι σωλήνες κάτω από το μηχανισμό αναδίπλωσης, σε ασφαλή περιοχή, κεντρικά και χαμηλά, προς όφελος της οδικής συμπεριφοράς λόγω χαμηλού κέντρου βάρους.

**Εύκολη Μεταφορά:** Με το δεδομένο σχεδιασμό έχει επιτευχθεί πλήρης ευθυγράμμιση των τροχών όταν το ποδήλατο είναι διπλωμένο κάνοντας την μεταφορά του εύκολη και λιγότερο κουραστική.



### **Συμπεράσματα**

1) Σε επίπεδο προκαταρκτικής μελέτης και με αρκετά συστηματικό και τεκμηριωμένο τρόπο, επετεύχθη η εκπλήρωση - κατά το μάλλον ή ήττον - όλων των στόχων που τέθηκαν στις προδιαγραφές για το νέο αναδιπλούμενο ποδήλατο πόλης.

2) Έγινε σημαντική εκμετάλλευση πολλών εκ των δυνατοτήτων του λογισμικού ολοκληρωμένου μηχανολογικού σχεδιασμού 3DS SolidWorks για την σύλληψη, συγκρότηση και ψηφιακή-εικονική πρωτοτυπία και επίδειξη της κατασκευαστικής διαμόρφωσης της προτεινόμενης λύσης.

**3)** Επιχειρήθηκε με αρκετή επιτυχία η ταυτόχρονη εξυπηρέτηση της υψηλής απλότητας και λειτουργικότητας με χαμηλό κόστος και αποφεύχθηκαν εξεζητημένες, δύσκολες και ακριβές για το ελληνικό περιβάλλον λύσεις.

**4)** Η δουλειά που συντελέστηκε στην παρούσα εργασία θεωρείται επαρκής ακόμη και για την κατοχύρωση της προτεινόμενης λύσης από αρμόδιους φορείς και αποτελεί μια ικανή βάση για περαιτέρω αναλυτικό σχεδιασμό και βελτιστοποίηση που εύκολα και γρήγορα μπορούν να οδηγήσουν το ποδήλατο σε παραγωγή.

### **Επέκταση της εργασίας**

Με βάση την παρούσα εργασία μπορούν σε επόμενες να μελετηθούν και εκπονηθούν:

**1)** Ο αναλυτικός σχεδιασμός (Detailed Design), η πλήρης στατική και δυναμική ανάλυση (Simulation) και η βελτιστοποίηση (Optimization) του συγκεκριμένου ποδηλάτου.

**2)** Η συγκρότηση πλήρους τεχνικού φακέλου, η αναλυτική κοστολόγηση και η πλήρης προετοιμασία παραγωγής του.

**3)** Η πλήρης και ολοκληρωμένη μετατροπή του ποδηλάτου σε ηλεκτρικό ή ηλεκτρικά υποβοηθούμενο.

**4)** Η κατασκευή ενός πραγματικού πρωτοτύπου του ποδηλάτου για τη φυσική επιβεβαίωση των επιδόσεων, χαρακτηριστικών και λειτουργιών του.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page). [Ηλεκτρονικό]
2. <https://bikeline.wikidot.com/what-is-a-wiki-site>. [Ηλεκτρονικό]
3. <http://www.foldingcyclist.com./folding-bike-history.html>. [Ηλεκτρονικό]
4. <http://debyclark.blogspot.gr/2012/10/victorian-military-bicycle-uniforms.html>. [Ηλεκτρονικό]
5. <http://www.moultonbicycles.co.uk/heritage.html>. [Ηλεκτρονικό]
6. <http://www.lagraziella.com/en/history/index.html>. [Ηλεκτρονικό]
7. [http://www.oneman.gr/keimena/men\\_s\\_only/body/article1477691.ece](http://www.oneman.gr/keimena/men_s_only/body/article1477691.ece). [Ηλεκτρονικό]
8. <http://podilato.wikidot.com/orismoι-tourismou>. [Ηλεκτρονικό]
9. <http://www.functionbay.org/why-multibody-dynamics-simulation.html>. [Ηλεκτρονικό]
10. Καθηγητές Τσαμασφύρος, Θεοδοκογλου. Μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων Ι. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: Εκδόσεις Συμμετρίας, 2005.
11. Καρμιογιάννης, Παναγιώτης. Σχέδιο - Μελέτη Κατασκευής Πλαστικού Ποδηλάτου. Διπλωματική Ε.Μ.Π. - Επιβλέπων Καθηγητής Δ. Μανωλάκος. 2010.
12. [http://www.solidworks.com/sw/656\\_ENU\\_HTML.htm](http://www.solidworks.com/sw/656_ENU_HTML.htm). [Ηλεκτρονικό]
13. <http://www.alfasolid.gr/index.php/qsolidworks>. [Ηλεκτρονικό]
14. <http://dahon.com/mainnav/home.html>. [Ηλεκτρονικό]
15. <http://www.ternbicycles.com/>. [Ηλεκτρονικό]
16. <http://www.birdybike.com/>. [Ηλεκτρονικό]
17. <http://www.pacific-cycles.com/Product/IF/IFMOVE>. [Ηλεκτρονικό]
18. <http://www.a-bike.co.uk/>. [Ηλεκτρονικό]
19. <http://www.btwin.com/en/home>. [Ηλεκτρονικό]
20. <http://www.jangobikes.ru/home.html>. [Ηλεκτρονικό]
21. Μ.Μ, Σφαντζικόπουλος. Σχεδιασμός Μηχανολογικών Κατασκευών Ι. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. 2005.
22. <http://www.bikecad.ca/quickapplet>. [Ηλεκτρονικό]
23. <http://www.kstoerz.com/freespoke/>. [Ηλεκτρονικό]

24. <http://www.chainreactioncycles.com/gr/en>. [Ηλεκτρονικό]
25. **Ρ.Γραικούσης**. Στοιχεία Μηχανών Ι - Στοιχεία Συνδέσεως - Ελατήρια. 1983.
26. **L.Lizotte, Patrick**. Stress Analysis and Fabrication of Composite Monocoque Bicycle Frame. Department of Mechanical Engineering McGill University, Montreal. 1996.
27. **EN14764, EUROPEAN STANDARD**. City and trekking bicycles - Safety requirements and test methods.