

---

# Μελέτη και Σχεδίαση Αυτόματου Πλαϊνού Στηρίγματος Μοτοσυκλετών.

---



Γεωργουλάκης Αριστείδης

Χανιά, Μάιος 2022

Στους γονείς μου,  
Νίκο και Γαρυφαλλιά  
και στη θεία μου,  
Ειρήνη.

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Μελέτη και Σχεδίαση Αυτόματου Πλαϊνού  
Στηρίγματος Μοτοσυκλετών.



Εργασία που υπεβλήθη για την μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων  
απόκτησης διπλώματος υπό τον

Αριστείδη Ν. Γεωργουλάκη

---

Επιβλέπων: Νικόλαος Χρ. Τσουρβελούδης

Copyright © Γεωργουλάκης Ν. Αριστείδης, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

## Περίληψη

Αναπόσπαστο εξάρτημα κάθε μοτοσυκλέτας αποτελεί το στήριγμα (stand), ρόλος του οποίου είναι να προσφέρει στήριξη κατά την στάθμευση. Με επιρροή από την όλο και μεγαλύτερη τάση της εποχής για «έξυπνες» και αυτόματες/αυτόνομες δομές, η εργασία αυτή στοχεύει στο να αντικαταστήσει το κλασσικό, ενεργοποιούμενο με το πόδι, στήριγμα σε μια κατασκευή η οποία θα έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει πότε πρέπει να εκτείνει και πότε να ανασύρει το πλαϊνό στήριγμα της μοτοσυκλέτας. Με τον τρόπο αυτό, πολλά ατυχήματα που συμβαίνουν ανά καιρούς λόγω αμέλειας των οδηγών να ανασηκώσουν το στήριγμα της μοτοσυκλέτας τους, μπορούν πλέον να αποφευχθούν. Η σχεδίαση του στηρίγματος που παρουσιάζεται ακολουθεί τη μορφολογία του πλαισίου συγκεκριμένης μοτοσυκλέτας, χωρίς να επιβαρύνει, οπτικά ή λειτουργικά, το όχημα. Πραγματοποιείται στατική ανάλυση των φορτίσεων και επιλέγεται υλικό και τελική σχεδίαση του στηρίγματος. Αναλύεται η λογική σχεδίαση του συστήματος ελέγχου και παρουσιάζονται τα δομικά τμήματα του προτεινόμενου πρωτότυπου συστήματος.

## **Abstract**

The stand makes up an integral part of every motorcycle, offering the appropriate support on the vehicle during parking. Following the all-growing trend of our times for “clever” and automatic/autonomous solutions, this thesis aims to replace the classic, foot-powered, side-stand with a part which, automatically, will be able to recognize when to expand and when to retract itself. This way, many accidents happening over time due to carelessness of drivers, forgetting to retract their motorcycle’s stand, can now be avoided. Moreover, the design is been performed in a way that the stand will follow the morphology of the motorcycle’s frame, in which it is going to be attached on, so that it has an aerodynamic profile and not turn into an obstacle over the air flow on that specific plane, improving this way the whole on-road performance of the vehicle. The procedure covers also the application of appropriate loads onto the stand, so that its durability can be tested and ensured in a static simulation study, by utilizing the finite elements analysis method, inside the environment of specialized computer software, resulting in its final form.

# Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Νικόλαο Τσουρβελούδη, για την στήριξη του καθ'όλη την διάρκεια της προσπάθειας μου. Η καθοδήγηση του αποτέλεσε σημαντική βοήθεια στην ολοκλήρωση του έργου.

Ακόμη, ευχαριστώ τον Δρ. Πολ. Σπανουδάκη, ΕΔΙΠ του διατμηματικού εργαστηρίου Εργαλειομηχανών του Πολυτεχνείου Κρήτης, για την παροχή του τρισδιάστατου μοντέλου της μοτοσυκλέτας πάνω στην οποία αναπτύσσεται το στήριγμα της εν λόγω εργασίας.

Ένα ευχαριστώ οφείλω επιπλέον σε ολόκληρο το στενό οικογενειακό μου περιβάλλον για την αδιάκοπη στήριξη που μου παρείχαν και ιδιαίτερος στη θεία μου, Αθανασοπούλου Ειρήνη, της οποίας οι γνώσεις και βοήθεια αποτέλεσαν αρωγό στη μαθητική και ακαδημαϊκή μου πορεία.

Τέλος, ευχαριστώ τους αγαπημένους μου φίλους, εντός και εκτός Πολυτεχνείου Κρήτης, που αποτελούν για εμένα συνεχή πηγή έμπνευσης.

# Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>5</b>
1.1	Η σημασία του στηρίγματος . . . . .	5
1.2	Ιστορική Αναδρομή . . . . .	5
1.3	Είδη στηριγμάτων . . . . .	5
1.4	Ανάγκη ανάπτυξης αυτόματου στηρίγματος – Σκοπός της εργασίας . . .	6
1.5	Project Daedalus . . . . .	7
1.6	Μεθοδολογία Ανάπτυξης . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Αρχικός Σχεδιασμός</b>	<b>9</b>
2.1	Απαιτήσεις και περιορισμοί . . . . .	9
2.2	Αρχικός σχεδιασμός στηρίγματος και βάσης στήριξης . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Ανάλυση Μοντέλου</b>	<b>13</b>
3.1	Εισαγωγή . . . . .	13
3.2	Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων . . . . .	13
3.3	Αστοχίες . . . . .	14
3.4	Μελέτη στατικής φόρτισης . . . . .	16
3.4.1	Μοντελοποίηση δυνάμεων και περιορισμών . . . . .	16
3.4.2	Πλέγμα . . . . .	17
3.4.3	Επιλογή Υλικού . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Αποτελέσματα &amp; Βελτιστοποίηση Σχεδιασμού</b>	<b>18</b>
4.1	Αποτελέσματα στατικής μελέτης . . . . .	18
4.2	Βελτιστοποίηση σχεδιασμού . . . . .	19
4.3	Αξιολόγηση βελτιώσεων . . . . .	20
4.4	Συγκράτηση στην κλειστή θέση - Κιβώτιο γραναζιών & Ατέρμονας Κοχλίας . . . . .	22
4.5	Μετάδοση περιστροφικής κίνησης . . . . .	23
4.6	Εσωτερικό κάλυμα . . . . .	25
4.7	Συγκράτηση στηρίγματος στην εκτεταμένη θέση . . . . .	26
<b>5</b>	<b>Ηλεκτρονικά</b>	<b>28</b>
5.1	Σύστημα ηλεκτρικού κινητήρα . . . . .	28
5.2	Αισθητήρας Θέσης (encoder) . . . . .	29
5.3	Κουμπί χειροκίνητου ελέγχου . . . . .	30
5.4	Συνδεσμολογία ηλεκτρονικού/ηλεκτρικού συστήματος του στηρίγματος	31
5.5	Ενδείξεις πίνακα οργάνων . . . . .	31

<b>6 Έλεγχος Λειτουργίας</b>	<b>33</b>
6.1 Ορισμός αριθμού περιστροφών . . . . .	33
6.2 Εντοπισμός εμποδίων . . . . .	33
6.3 Λογικό διάγραμμα ελέγχου λειτουργίας . . . . .	34
<b>7 Σχέδια της Ολοκληρωμένης Κατασκευής &amp; Σχόλια</b>	<b>36</b>
7.1 Σχέδια της κατασκευής . . . . .	36
7.2 Παραγωγή & πιθανές βελτιώσεις . . . . .	38

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

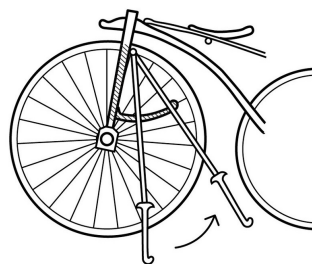
### 1.1 Η σημασία του στηρίγματος

Αναπόσπαστο εξάρτημα κάθε μοτοσυκλέτας αποτελεί το στήριγμα, το οποίο αποτελεί μια συσκευή που επιτρέπει στο εκάστοτε όχημα να παραμένει σταθερό και όρθιο κατά τη στάθμευση. Πρόκειται για ένα μεταλλικό, συνήθως, εξάρτημα το οποίο εκτείνεται από το πλαίσιο του οχήματος και ακουμπάει στο έδαφος, προσφέροντας την απαραίτητη στήριξη. Έτσι δεν χρειάζεται να στηρίζεται η μοτοσυκλέτα πάνω σε κάποιο αντικείμενο ή να την κρατάει κάποιος άνθρωπος για να μη πέσει.

Τα στηρίγματα έχουν την δυνατότητα να κλειδώνουν και να παραμένουν στη θέση που βρίσκονται χρησιμοποιώντας κατάλληλο μηχανισμό συγκράτησης.

### 1.2 Ιστορική Αναδρομή

Το πρώτο γνωστό στήριγμα (Σχήμα 1.1) κατασκευάστηκε το 1869 από τον Albert Berruyer με εφαρμογή σε ποδήλατο. Βρισκόταν κάτω από το τιμόνι και ως εκ τούτου ήταν πολύ μεγαλύτερο από τα στηρίγματα που έχουμε συνηθίσει να βλέπουμε σήμερα. Έκτοτε έχουν επέλθει πολλές νεότερες επανασχεδιάσεις του εν λόγω εξαρτήματος. Το 1926 ένα πιο κοντό μοντέλο πατενταρίστηκε από τον Eldon Henderson, ενώ τη δεκαετία του 30 ένας ακόμη πιο μικρός και βολικός σχεδιασμός αναπτύχθηκε από τον Joseph Paul Treen [10].



Σχήμα 1.1: Το πρώτο γνωστό στήριγμα που κατασκευάστηκε για ποδήλατο [10]

### 1.3 Είδη στηριγμάτων

#### Πλαϊνό στήριγμα kick stand

Τα στηρίγματα τύπου kickstand δεν είναι τίποτε άλλο από ένα βραχίονα ο οποίος τοποθετείται στο πλαϊνό μέρος μιας μοτοσυκλέτας και έχει τη δυνατότητα να εκτείνεται (ή να ανασύρεται) όταν του εφαρμόζεται πίεση από το πόδι του αναβάτη. Το όχημα γέρνει προς το μέρος του στηρίγματος και στηρίζεται πάνω σε αυτό παραμένοντας όρθιο.

Τις περισσότερες φορές βρίσκεται τοποθετημένο στην αριστερή πλευρά της μοτοσυκλέτας και περίπου στο ήμισυ αυτής, όπου και εντοπίζεται το σημείο εφαρμογής του κέντρου βάρους της. Σε ορισμένες περιπτώσεις τοποθετείται και στο πίσω μέρος της, πάνω στο ψαλίδι του οπίσθιου τροχού [10].

### Κεντρικό στήριγμα center stand

Στην περίπτωση αυτή έχουμε ένα σύστημα δύο βραχιόνων αντί για έναν, το οποίο εκτείνεται ευθέως προς το κάτω και αναστηλώνει τον ένα τροχό, συνήθως τον πίσω, στον αέρα προσφέροντας στήριξη. Η τοποθέτηση του γίνεται και εδώ είτε στο μέσον είτε στο πίσω μέρος της μοτοσυκλέτας.

Η χρήση κεντρικού στηρίγματος πλεονεκτεί έναντι του πλαϊνού στηρίγματος στο γεγονός ότι αφαιρεί το βάρος της μοτοσυκλέτας από τον έναν τροχό με αποτέλεσμα αυτός να δέχεται γενικότερα λιγότερη καταπόνηση σε περίπτωση μακροπρόθεσμης στάθμευσης του οχήματος. Επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα άνετης εκτέλεσης εργασιών συντήρησης/επισκευής καθώς διατηρεί την μοτοσυκλέτα ανασηκωμένη. Αντίθετα, το βάρος τέτοιων στηριγμάτων είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των πλαϊνών στηριγμάτων καθώς επίσης καταλαμβάνουν και περισσότερο χώρο γύρω από το πλαίσιο της μοτοσυκλέτας που τοποθετούνται, οπότε η χρήση τους είναι απαγορευτική σε περιπτώσεις όπου ο στόχος είναι η μεγιστοποίηση της απόδοσης [10].

Υπάρχουν περιπτώσεις μοτοσυκλετών που φέρουν και τα δύο είδη στηριγμάτων.



Σχήμα 1.2: (αριστερά) κεντρικό στήριγμα , (δεξιά) πλαϊνό στήριγμα [6]

## 1.4 Ανάγκη ανάπτυξης αυτόματου στηρίγματος – Σκοπός της εργασίας

Ετησίως, καταγράφονται περίπου 1.2 εκατομμύρια θάνατοι παγκοσμίως προκληθέντες από τροχαία δυστυχήματα στους δρόμους [4]. Μέρος των δυστυχημάτων αυτών απο-

τελεί η αμέλεια των οδηγών μοτοσυκλέτας να ανασηκώσουν το στήριγμα του οχήματος τους καθώς ξεκινούν την οδήγηση, με συνέπεια αυτό να ακουμπήσει στο έδαφος κατά την κίνηση, να χαθεί η ισορροπία και ο οδηγός να πέσει κάτω. Το πρόβλημα αυτό επιδεινώνεται όταν μια μοτοσυκλέτα φέρει και τους δύο τύπους στηριγμάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω, όπου ο οδηγός ανασηκώνει το ένα στήριγμα και ξεκινάει την οδήγηση νομίζοντας πως κανένα στήριγμα δεν βρίσκεται ανοιχτό, αλλά το άλλο παραμένει εκτεταμένο.

Με ερέθισμα το γεγονός αυτό, το αίσθημα ενίσχυσης της οδικής ασφάλειας αλλά και την όλο αυξανόμενη τάση της εποχής για «έξυπνες» και αυτόματες/αυτόνομες κατασκευές, προκύπτει η ανάγκη ανάπτυξης ενός πλαϊνού στηρίγματος για μοτοσυκλέτες, το οποίο θα φέρει την καινοτομία της αυτόματης έκτασης/ανάκλησης του δίχως να χρειάζεται ο οδηγός να μεριμνήσει για αυτό, όπως συνέβαινε μέχρι τώρα με τα παραδοσιακά στηρίγματα.

Η ανάπτυξη του στηρίγματος γίνεται πάνω στη μοτοσυκλέτα Daedalus και πλην του αυτόματου χαρακτήρα, ένας ακόμη στόχος της σχεδίασης αποτελεί η επίτευξη αεροδυναμικού προφίλ, ακολουθώντας τη μορφολογία του πλαισίου της μοτοσυκλέτας στο οποίο τοποθετείται, με στόχο να μην αποτελεί εμπόδιο στη ροή του αέρα πάνω στο συγκεκριμένο επίπεδο, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση του οχήματος στο δρόμο.

## 1.5 Project Daedalus

Με επίκεντρο την ανάπτυξη καινοτόμων οχημάτων και την αξιολόγηση του μέλλοντος των αστικών συγκοινωνιών, ο στόχος της ομάδας TUCER του Πολυτεχνείου Κρήτης είναι να κατασκευάσει μια ηλεκτροκίνητη μοτοσυκλέτα με ολοκληρωμένα καινοτόμα συστήματα.

Το Daedalus είναι μια νέα ηλεκτρική μοτοσυκλέτα με τρεις τροχούς (δύο τροχούς μπροστά, έναν πίσω), η οποία μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως νέος τύπος sport-touring και θα ξεχωρίζει για τον σχεδιασμό της, τις πρωτοποριακές τεχνολογίες και προδιαγραφές της σε σχέση με τα προϊόντα τα οποία κυκλοφορούν αυτή τη στιγμή στην αγορά. Οι καινοτόμες λύσεις που αναπτύσσονται αναμένεται να θέσουν ένα νέο πρότυπο για αυτόν τον τύπο οχημάτων. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα στο οποίο συμμετέχουν σημαντικοί εταίροι παγκόσμιας κλίμακας σε διάφορα τεχνικά θέματα, για την ανάπτυξη ενός προϊόντος υψηλής τεχνολογίας.

Η μοτοσυκλέτα Daedalus περιλαμβάνει την ανάπτυξη καινοτόμων συστημάτων και τεχνολογιών αιχμής για τις μοτοσυκλέτες του προσεχούς μέλλοντος, όπως:

- Πρωτότυπος σχεδιασμός, απόδοση και μηδενικές εκπομπές ρύπων

- Αυτόνομη πλατφόρμα: Μια ιδιαίτερη πλατφόρμα για την ενοποίηση αυτόνομων συστημάτων οδήγησης και τη δοκιμή αυτόνομων τεχνολογιών πλοήγησης.

- Μεγαλύτερη ασφάλεια: Η χρήση τριών τροχών, ένα νέο καινοτόμο σύστημα ανάρτησης και τα προηγμένα συστήματα πέδησης, στοχεύουν σε μεγαλύτερη ευστάθεια και πρόσφυση στις διάφορες συνθήκες του οδοστρώματος.



Σχήμα 1.3: Project Daedalus [2]

- Προηγμένος χειρισμός και οδήγηση: Τα προηγμένα συστήματα διεύθυνσης και τιμονιού στοχεύουν στην επίτευξη εξαιρετικής εμπειρίας οδήγησης και χειρισμού για τον αναβάτη [15],[2] .

## 1.6 Μεθοδολογία Ανάπτυξης

Προκειμένου να αναπτυχθεί ένα νέο προϊόν, εν προκειμένω, το στήριγμα, κατανοείται σε πρώτη φάση πλήρως ο σκοπός που έπεται να καλύψει και οι απαιτήσεις που έχουμε από την εφαρμογή του. Εν συνεχεία ορίζονται πλήρως οποιοιδήποτε περιορισμοί και ιδιαιτερότητες προκύπτουν από τη μορφολογία της υπόλοιπης δομής πάνω στην οποία πρόκειται να τοποθετηθεί. Έπειτα, συλλέγονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες που απαιτούνται και δημιουργείται ένας αρχικός σχεδιασμός ο οποίος καλύπτει όλους τους προαναφερθέντες παράγοντες. Ο σχεδιασμός αυτός, υποβάλλεται σε στατική μελέτη αντοχής με τη χρήση του SolidWorks, ενός εξειδικευμένου υπολογιστικού περιβάλλοντος CAE (Computer-Aided Engineering), όπου μοντελοποιούνται όλα τα φορτία που αναμένεται να ασκούνται πάνω του υπό πραγματικές συνθήκες και από τα αποτελέσματα που εξάγονται, οδηγούμαστε σε διορθωτικές ενέργειες που αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση του αρχικού σχεδιασμού ώστε το τελικό προϊόν να μην πάσχει σε κανένα σημείο.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται και μετά από κάθε αλλαγή τα νέα αποτελέσματα αξιολογούνται και συγκρίνονται με τα προηγούμενα προκειμένου να αποφανθούμε εάν οι όποιες τροποποιήσεις είχαν θετική έκβαση και έλυσαν ό,τι προβλήματα υπήρχαν.

## Κεφάλαιο 2

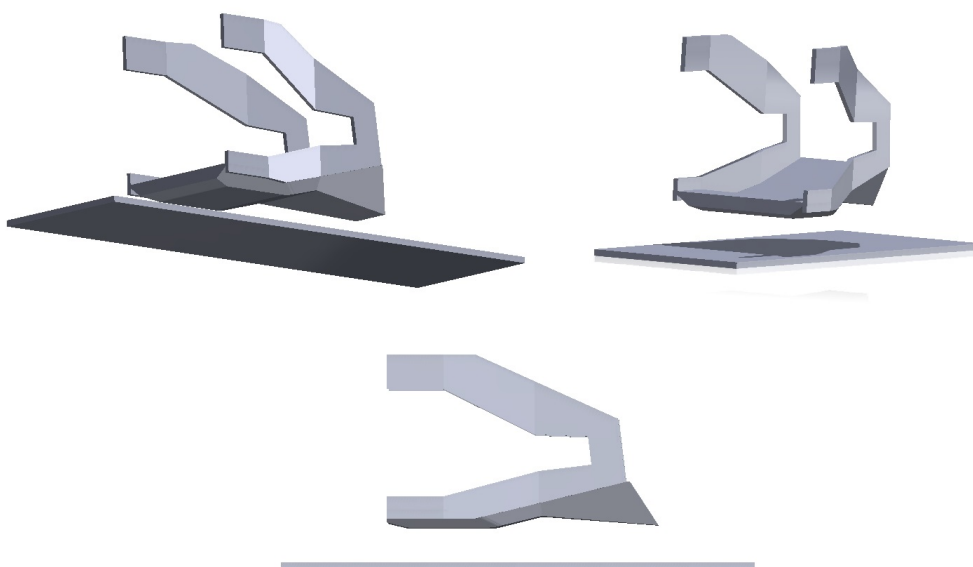
# Αρχικός Σχεδιασμός

### 2.1 Απαιτήσεις και περιορισμοί

Απαίτηση ενός στηρίγματος είναι να μπορεί να στηρίζει επιτυχώς την μοτοσυκλέτα πάνω στην οποία τοποθετείται. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να είναι ικανό να αντέξει το βάρος και της μοτοσυκλέτας αλλά και του οδηγού της δίχως να καταστραφεί. Ως ενδεικτικό βάρος για τη μελέτη ορίζονται τα 320 kg.

Επιπλέον απαίτηση στο συγκεκριμένο εγχείρημα είναι να μην εξέχει κανένα τμήμα του από το πλαίσιο της μοτοσυκλέτας στο οποίο εφαρμόζει ώστε να μην διακόπτει την ροή του αέρα πάνω σε αυτό , γεγονός που θα προκαλούσε επιπλέον αντιστάσεις λόγω περισσότερων συγκρουόμενων με τον αέρα επιφανειών και μάλιστα από τη μία πλευρά του οχήματος μονάχα.

Επιλέγεται να σχεδιαστεί ένα στήριγμα τραπεζοειδούς σχήματος το οποίο ακολουθεί τη μορφολογία που έχει το πλαίσιο της μοτοσυκλέτας. Η κάτω πλευρά του σχεδιάζεται ελαφρώς μεγαλύτερη από την πάνω ώστε να μπορεί να εκτείνεται δίχως να φράσσεται από κάποιο εμπόδιο της υπόλοιπης μορφολογίας του πλαισίου. Η μορφή αυτή αποδίδει, ακόμη, μεγαλύτερη τελική επιφάνεια επαφής με το έδαφος.



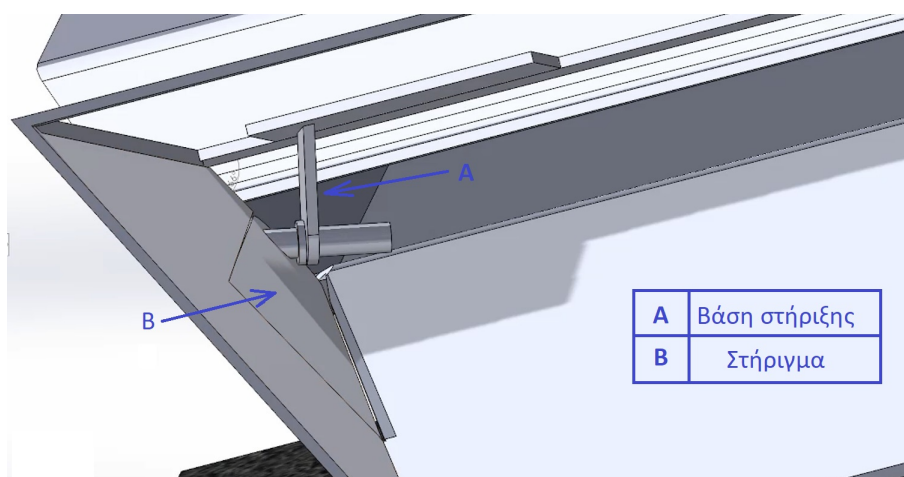
Σχήμα 2.1: Τρισδιάστατο μοντέλο του πλαισίου και του εδάφους.

Για να μπορεί το στήριγμα να εκτείνεται προς τα έξω θα πρέπει η βάση πάνω στην οποία στηρίζεται, να τοποθετηθεί με κλίση προς τα έξω. Ειδικά, εάν τοποθετηθεί και αυτή κατά τη φορά του επιπέδου του πλαισίου της μοτοσυκλέτας (σχήμα 2.1), το στήριγμα θα ανοίγει προς τα μέσα με αποτέλεσμα να μην παρέχει καθόλου στήριξη. Το γεγονός αυτό μας προσθέτει έναν ακόμη περιορισμό.

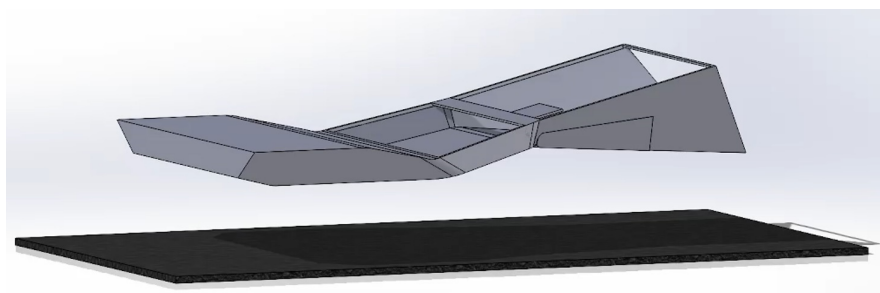
## 2.2 Αρχικός σχεδιασμός στηρίγματος και βάσης στήριξης

Σχεδιάζεται το αρχικό μοντέλο του στηρίγματος και της βάσης του που καλύπτουν τους βασικούς αυτούς παράγοντες. Η σχεδίαση πραγματοποιείται στο περιβάλλον του SolidWorks.

Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά ο σχεδιασμός. Τμήματα του πλαισίου της μοτοσυκλέτας έχουν αποκρυφθεί από το μοντέλο για να είναι πιο άνετη η παρουσίαση και εποπτεία του μηχανισμού.

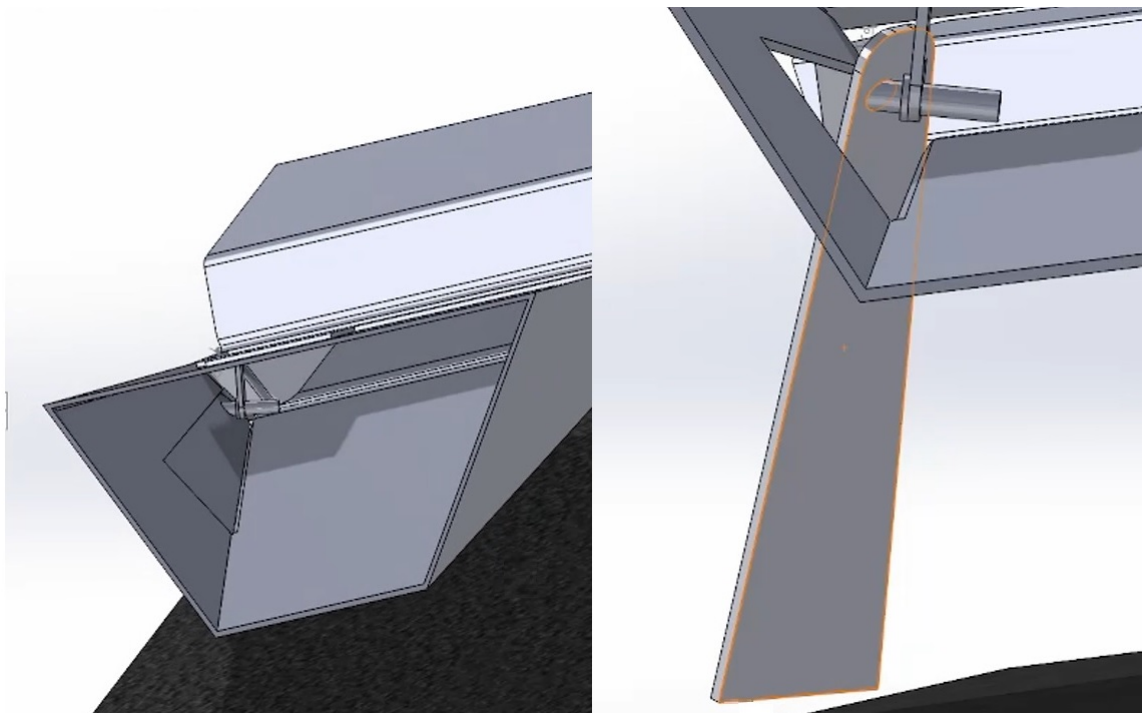


Σχήμα 2.2: Αρχική σχεδίαση του στηρίγματος και της βάσης του

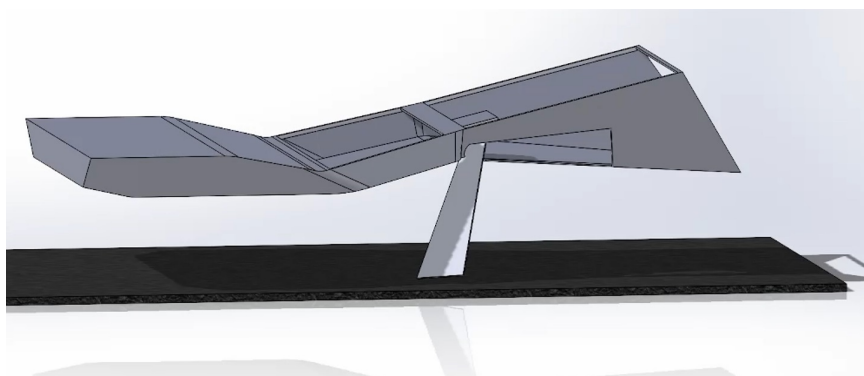


Σχήμα 2.3: Εξωτερική άποψη του πλαισίου και του στηρίγματος. Το στήριγμα ακολουθεί τη μορφολογία του πλαισίου και δεν διακόπτει τη ροή του αέρα.

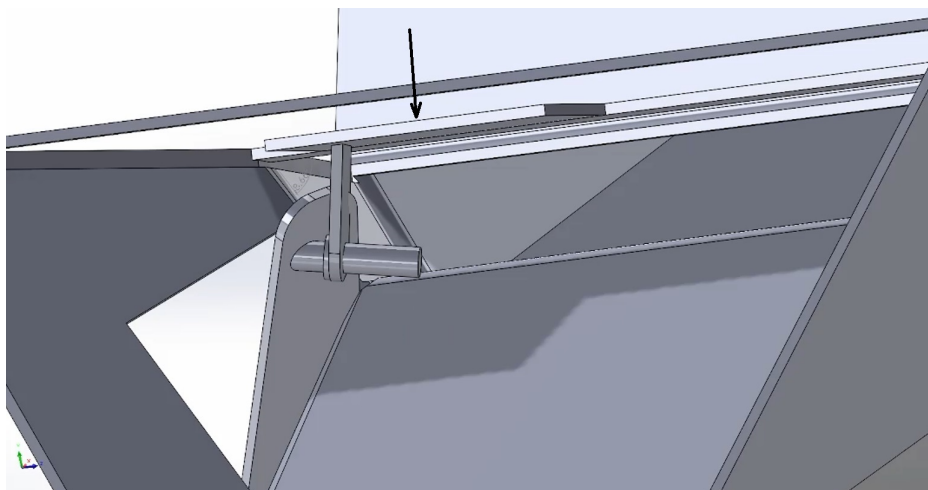
Η βάση παρέχει στο στήριγμα τη δυνατότητα να ανοίγει με κλίση προς τα έξω, παρόλο που η μορφολογία του πλαισίου της μοτοσυκλέτας έχει κλίση προς τα μέσα. Ταυτόχρονα στην τελική, ανοιχτή, του θέση βρίσκεται σε κατεύθυνση διαγώνια με το έδαφος, γεγονός που αυξάνει την επιφάνεια επαφής στηρίγματος-εδάφους, ενισχύοντας την δυνατότητα στήριξης.



Σχήμα 2.4: (αριστερά) Εσωτερική άποψη του στηρίγματος σε πλήρη ανάταση. (δεξιά) Το στήριγμα κατά την έκταση του.



Σχήμα 2.5: Εξωτερική άποψη του στηρίγματος σε πλήρη έκταση.



Σχήμα 2.6: Θέση τοποθέτησης βάσης στήριξης για τις ανάγκες της εργασίας.

Η έδραση της βάσης παρουσιάζεται να γίνεται πάνω σε ένα απλό παραλληλόγραμμο έλασμα (Σχήμα 2.6). Αυτή η αναπαράσταση δεν ανταποκρίνεται στην τελική κατασκευή, αλλά στην παρούσα εργασία δεν μας ενδιαφέρει το συγκεκριμένο κομμάτι παρά μόνο η ανάπτυξη του στηρίγματος και της βάσης του. Η σύνδεση του όλου συστήματος πάνω στο υπόλοιπο μεταλλικό πλαίσιο της μοτοσυκλέτας μπορεί να γίνει με πολύ εύκολο τρόπο. Οποιοδήποτε μεταλλικό δομικό στοιχείο, δηλαδή, που υπάρχει πάνω από το προβαλλόμενο μοντέλο έχει απλοποιηθεί στο παραλληλόγραμμο αυτό έλασμα.

# Κεφάλαιο 3

## Ανάλυση Μοντέλου

### 3.1 Εισαγωγή

Για τον έλεγχο της αντοχής αλλά και πρόληψη τυχών αστοχίας του στηρίγματος και της βάσης του πραγματοποιείται προσομοίωση και ανάλυση με χρήση υπολογιστή. Υπάρχουν πολλές τεχνικές ανεπτυγμένες από την βιομηχανία με στόχο την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια ή την ταχύτητα επεξεργασίας. Για την συγκεκριμένη μελέτη θα γίνει μια γραμμική στατική ανάλυση [12], [7].

Η έννοια της «γραμμικής» ανάλυσης υποδηλώνει ότι οι υπολογιζόμενες παραμορφώσεις στο μοντέλο εξαρτώνται γραμμικά από το μέγεθος των εφαρμοζόμενων δυνάμεων ενώ η έννοια «στατική» σημαίνει ότι οι δυνάμεις αυτές είναι σταθερές στον χρόνο και δεν μεταβάλλεται το μέγεθος τους κατά τη διάρκεια της ανάλυσης. Τα προγράμματα που πραγματοποιούν τέτοιες αναλύσεις χρησιμοποιούν τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων ή FEA (Finite Element Analysis) [12], [5].

Τα προγράμματα αυτά έχουν ως στόχο την μείωση του κόστους και του χρόνου κατά την εξέλιξη μίας κατασκευής. Παρέχουν αποτελέσματα τα οποία βοηθούν στην όσο το δυνατόν μείωση των πολυέξοδων και χρονοβόρων πειραματικών δοκιμών. Έτσι εάν μία κατασκευή εμφανίσει αδυναμία και δεν πληρεί τις επιθυμητές προδιαγραφές μπορεί να διορθωθεί εγκαίρως στο στάδιο του σχεδιασμού [12], [7].

### 3.2 Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων

Η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων (FEA) παρέχει μεγάλη ακρίβεια αποτελεσμάτων σε πολύπλοκες κατασκευές αλλά χρησιμοποιεί πολλούς και χρονοβόρους υπολογισμούς. Όμως με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας τις τελευταίες δύο δεκαετίες είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν αναλύσεις μεγάλου μεγέθους σε χρονικό πλαίσιο λεπτών και όχι ημερών [13], [12].

Η FEA είναι μια αριθμητική μέθοδος βασισμένη σε υπολογιστή που χρησιμοποιείται για μεγάλο εύρος προβλημάτων εφαρμοσμένης μηχανικής. Βασική αρχή της είναι η θεωρήση ενός στερεού ή συνεχούς ρευστού ως δομημένο από μεγάλο αριθμό μικρού μεγέθους συνδεδεμένα στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να τοποθετηθούν με οποιονδήποτε τρόπο καθιστώντας έτσι δυνατή την διαμόρφωση πολύπλοκων μορφών [13], [12].

Στη μέθοδο αυτή η κατασκευή μοντελοποιείται ως ένα πλέγμα ξεχωριστών συγκεκριμένου (πεπερασμένου) αριθμού στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά συνδέονται μεταξύ

τους στις άκρες τους και τα σημεία αυτά ονομάζονται κόμβοι. Για μία ανάλυση τάσεων χρησιμοποιούνται βασικές εξισώσεις ορθών τάσεων και παραμορφώσεων οι οποίες υπολογίζουν την μετατόπιση κάθε ενός στοιχείου και στη συνέχεια από την εκτροπή των κόμβων υπολογίζεται η παραμόρφωση και η ορθή τάση των κόμβων [13], [12].

Για τον υπολογισμό όμως της δύναμης σε ένα κόμβο λαμβάνεται υπόψιν και οι δυνάμεις των γειτονικών. Κατά τη διάρκεια της επίλυσης τα στοιχεία συμπεριφέρονται σαν ένα σύστημα ελατηρίων τα οποία εκτρέπονται έως ότου όλες οι δυνάμεις να βρεθούν σε ισορροπία. Ως αποτέλεσμα έχουμε ένα σύνθετο σύστημα ταυτόχρονων εξισώσεων όπου απαιτείται άλγεβρα πινάκων [12].

### 3.3 Αστοχίες

**Συντελεστής ασφαλείας:** είναι ο λόγος της μέγιστης τάσης  $\sigma$  που μπορεί να αντέξει μία κατασκευή ως προς την τάση που ασκείται από τις παρούσες δυνάμεις  $\sigma_{\epsilon\pi}$ , δηλώνει δηλαδή πόσο δυνατότερη είναι μία κατασκευή απ' όσο χρειάζεται για να ανταπεξέλθει στα απαιτούμενα φορτία [14].

$$\frac{\sigma}{\sigma_{\epsilon\pi}} > 1 \quad (3.1)$$

Όταν ένα στοιχείο φορτίζεται προς μία διεύθυνση τότε η τάση που εμφανίζεται μπορεί να συγκριθεί απευθείας με τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού και να υπολογιστεί ο συντελεστής ασφαλείας. Όταν όμως ασκούνται δυσδιάστατα η τρισδιάστατα φορτία το πρόβλημα γίνεται πιο περίπλοκο καθώς έχουμε πολλές τάσεις άλλα μόνο μια σημαντική αντοχή [13], [12]. Για να πραγματοποιηθεί λοιπόν ο υπολογισμός του συντελεστή ασφαλείας αναπτύχθηκαν οι εξής θεωρίες:

- **Θεωρία μέγιστης ορθής τάσης**

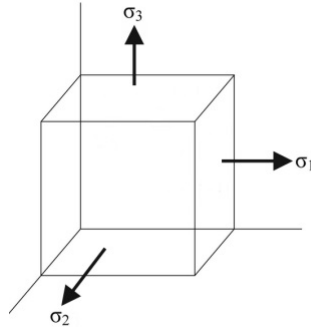
Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή αστοχία θα προκύψει όταν μία από τις τρεις βασικές τάσεις φτάσει την αντοχή του υλικού. Έτσι αν κατατάξουμε τις τάσεις για οποιαδήποτε κατάσταση στην παρακάτω σειρά:  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ , τότε η θεωρία αυτή προβλέπει ότι θα έχουμε αστοχία όταν:

$$\sigma_1 = S_y \quad (3.2)$$

ή

$$\sigma_3 = -S_c \quad (3.3)$$

όπου  $S_y$  και  $S_c$  είναι οι αντοχές θλίψης και εφελκυσμού που αφορούν, είτε το όριο διαρροής, είτε το μέγιστο όριο αντίστοιχα [13], [12].



Σχήμα 3.1: Αναπαράσταση των τρισδιάστατων τάσεων [13]

- **Θεωρία μέγιστης διατμητικής τάσης**

Στη θεωρία αυτή η διαρροή ξεκινάει όταν η μέγιστη διατμητική τάση σε οποιοδήποτε τμήμα γίνει ίση με την μέγιστη ορθή τάση ενός δείγματος του τεμαχίου σε εφελκυσμό. Προϋπόθεση είναι το μοντέλο να αποτελείται από το ίδιο υλικό όταν το δείγμα αυτό αρχίσει να διαρρέει [13], [12]. Αν καταταχθούν και πάλι οι τάσεις ως  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ , τότε η θεωρία αυτή προβλέπει ότι η διαρροή θα προκύψει όταν:

$$\tau_{max} \geq \frac{S_y}{2} \quad (3.4)$$

ή

$$\sigma_1 - \sigma_3 \geq -S_y \quad (3.5)$$

- **Θεωρία ενέργειας παραμόρφωσης ή Von Misses**

Σε αυτή τη θεωρία προβλέπεται ότι η αστοχία από διαρροή προκύπτει όταν η Von Misses ή αλλιώς ισοδύναμη τάση  $\sigma$ , ισούται με το όριο διαρροής του υλικού [12]. Η τιμή της τάσης αυτής δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\sigma' = \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.6)$$

Το σημαντικό στοιχείο αυτής της θεωρίας είναι ότι μπορεί να αναπαραστήσει ολόκληρη την κατάσταση των τάσεων, όσο πολύπλοκη και αν είναι, ενώ παράλληλα δίνει ακριβέστερα αποτελέσματα από τις άλλες δύο [13], [12].

Ένας ακόμα όρος άμεσα σχετιζόμενος με τις αστοχίες, που πρέπει να ορίσουμε είναι η **παραμόρφωση** ή **displacement (μετατόπιση)**. Μετά την επιβολή φορτίου επάνω στο εξάρτημα, εάν αυτό δεν αστοχήσει (καταστραφεί), τότε τα μέρη του θα μετατοπιστούν κατά κάποια κατεύθυνση προκαλώντας παραμόρφωση της γεωμετρίας του. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό λοιπόν η παραμόρφωση αυτή να διατηρηθεί όσο πιο μικρή γίνεται, καθώς ακόμη και να μην καταστραφεί το υπό μελέτη εξάρτημα, η συνεχής καταπόνηση του σε τάσεις θα οδηγήσει σταδιακά σε αλλαγή των χαρακτηριστικών του και κατ' επέκταση η χρησιμότητα και αξιοπιστία του θα μειωθεί.

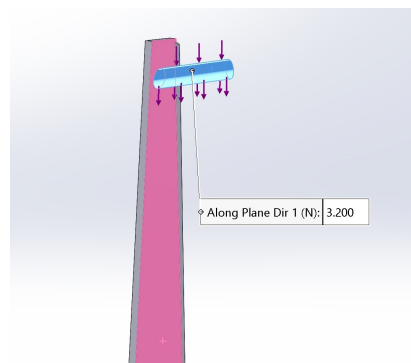
## 3.4 Μελέτη στατικής φόρτισης

### 3.4.1 Μοντελοποίηση δυνάμεων και περιορισμών

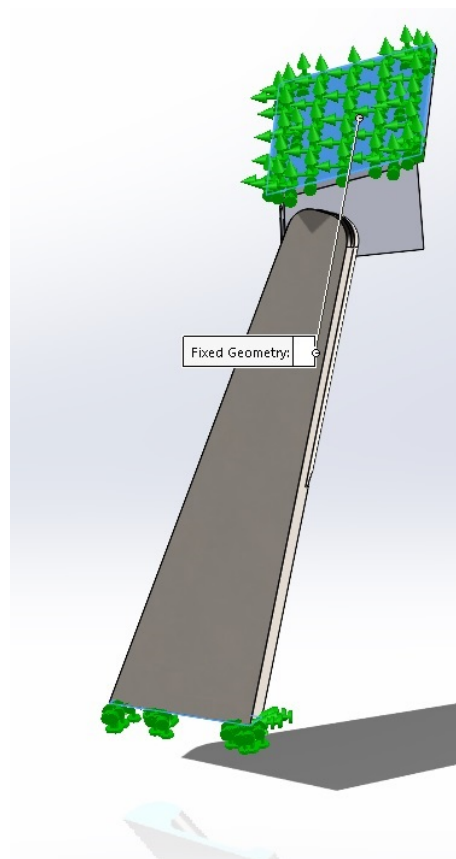
Μοντελοποιούνται οι δυνάμεις και οι περιορισμοί που διέπουν το μοντέλο. Ορίζεται κατάλληλο σημείο εφαρμογής της μόνης ασκούμενης δύναμης, που είναι το βάρος, καθώς και οι επιφάνειες πάκτωσης του μοντέλου ώστε το λογισμικό να προσδιορίσει οποιεσδήποτε δυνάμεις αντίδρασης ασκούνται πάνω σε αυτό. Ως σημείο εφαρμογής του βάρους ορίζεται ο άξονας περιστροφής του στηρίγματος, καθότι αποτελεί το πιο ευάλωτο κομμάτι της συναρμογής. Επομένως εάν ανταπεξέλθει την καταπόνηση, τότε μπορούμε με μεγάλη βεβαιότητα να καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως σε πραγματικές συνθήκες η κατασκευή θα ανταπεξέλθει εξίσου. Μάλιστα θα καταπονηθεί ακόμα λιγότερο από ότι στην προσομοίωση καθώς με ρεαλιστικά δεδομένα, το βάρος δεν πέφτει όλο ούτε επάνω στον άξονα περιστροφής αλλά και ούτε στο στήριγμα αυτό κάθε αυτό, αφού το όχημα εφάπτεται με το έδαφος και με τους τροχούς του. Οπότε λόγω και του συνολικού του σχήματος, το κέντρο βάρους είναι κατανομημένο διαφορετικά. Ως διεύθυνση της δύναμης επιλέγεται η φορά του επιπέδου του στηρίγματος.

Το μέτρο της δύναμης, εκφρασμένο σε Newtons είναι  $F = 320kg \cdot 9.81m/sec^2 = 3.139.2N$ . Στην ανάλυση χρησιμοποιούνται 3200 N.

Οι πακτώσεις στο μοντέλο τοποθετούνται στην κορυφή της βάσης, όπου πρόκειται να συνδεθεί με το υπόλοιπο σασί της μοτοσυκλέτας, καθώς και στο πέλμα του στηρίγματος που εφάπτεται με το έδαφος.



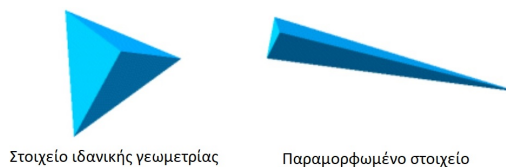
Σχήμα 3.2: Σημείο εφαρμογής βάρους



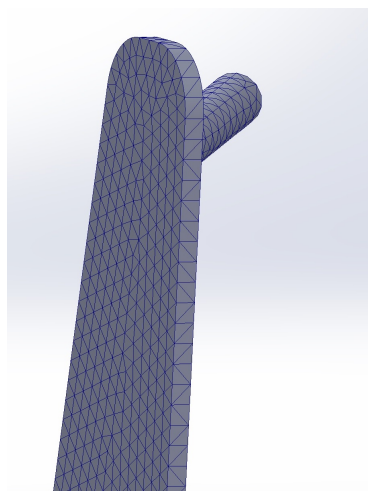
Σχήμα 3.3: Τοποθέτηση πακτώσεων.

### 3.4.2 Πλέγμα

Ολόκληρος ο όγκος του στηρίγματος και της βάσης του πλαισιώνονται με πλέγμα στερεού όγκου (solid mesh) προκειμένου να μπορέσει να εφαρμοστεί η μέθοδος της ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων. Το πλέγμα αυτό δημιουργείται από ένα σύνολο 3567 τετράεδρων στοιχείων (Σχήμα 3.4), τα οποία κρίνονται ως πιο κατάλληλα για χρήση στο εν λόγω μοντέλο λόγω της γεωμετρίας του. Για μεγαλύτερη βεβαιότητα ως προς την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων, το πλέγμα ελέγχεται, από το CAE λογισμικό, ως προς την ποιότητα των στοιχείων που έχουν δημιουργηθεί βάσει του Ιακωβιανού λόγου (Jacobian Ratio), ο οποίος αποτελεί μέτρο σύγκρισης της απόκλισης της γεωμετρίας ενός δεδομένου στοιχείου από ένα στοιχείο με ιδανική γεωμετρία. Όσα στοιχεία αποτύχουν τον έλεγχο, διαγράφονται και το εκάστοτε τμήμα του πλέγματος επανακατασκευάζεται. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, δεν βρέθηκε κανένα ελαττωματικό στοιχείο.



Σχήμα 3.4: Τετράεδρο στοιχείο.



Σχήμα 3.5: Το στήριγμα με πλέγμα στερεού όγκου

### 3.4.3 Επιλογή Υλικού

Το υλικό που επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή του στηρίγματος και της βάσης του, είναι κράμα ατσαλιού με όριο διαρροής τα 620.422 MPa και πυκνότητα μάζας 7700 kg/m<sup>3</sup>.

Επιλέγεται το συγκεκριμένο υλικό καθώς συνδυάζει χαμηλά επίπεδα βάρους με πολύ υψηλό όριο διαρροής που κρίνεται απαραίτητο χαρακτηριστικό σε μια κατασκευή σαν τη συγκεκριμένη, η οποία προορίζεται να δέχεται κατ' εξακολούθηση αρκετά μεγάλα στατικά φορτία.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2.1e+11	N/m <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.28	N/A
Shear Modulus	7.9e+10	N/m <sup>2</sup>
Mass Density	7700	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	723825600	N/m <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/m <sup>2</sup>
Yield Strength	620422000	N/m <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	1.3e-05	/K
Thermal Conductivity	50	W/(m·K)
Specific Heat	460	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Σχήμα 3.6: Χαρακτηριστικά του κράματος ατσαλιού. (Πηγή: SolidWorks )

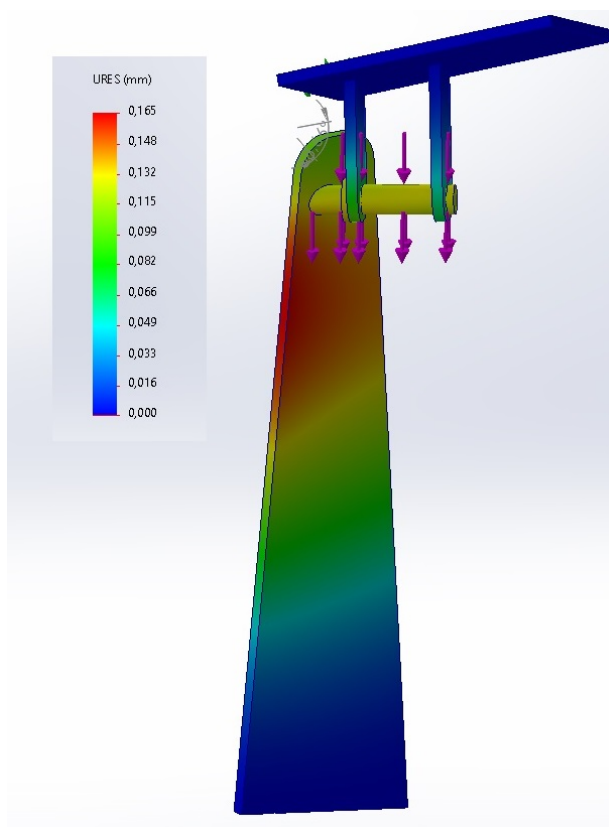
## Κεφάλαιο 4

# Αποτελέσματα & Βελτιστοποίηση Σχεδιασμού

### 4.1 Αποτελέσματα στατικής μελέτης

Από την εκπόνηση της στατικής μελέτης, υπολογίζονται οι τάσεις κατά Von Misses καθώς και η παραμόρφωση των μοντέλων. Οι διαφορετικές χρωματικές περιοχές πάνω στα μοντέλα αποτελούν κλίμακα που αναπαριστά τα σημεία πάνω στα οποία έχουμε τις ανάλογες τάσεις/παραμορφώσεις.

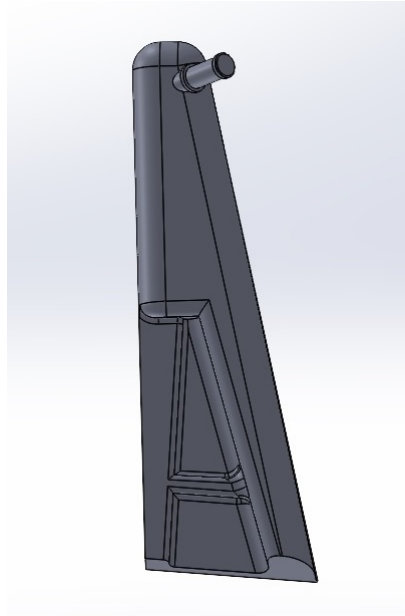
Αναφορικά με τις τάσεις, τόσο το στήριγμα όσο και η βάση δεν παρουσιάζουν κανένα πρόβλημα καθώς η μέγιστη πίεση που προκύπτει, ανέρχεται περίπου στα 248 MPa, νούμερο που δεν πλησιάζει καθόλου το όριο διαρροής του υλικού. Σχετικά με τις μετατοπίσεις (Σχήμα 4.1), παρατηρείται παραμόρφωση 0.165 χιλιοστών πάνω στο στήριγμα και μια μικρότερη παραμόρφωση περίπου 0.132 χιλιοστών πάνω στον άξονα περιστροφής. Παρόλο που οι παραμορφώσεις αυτές δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες, ο στόχος εδώ είναι η κατασκευή ενός ιδιαίτερα στιβαρού και αξιόπιστου εξαρτήματος που δέχεται υψηλές καταπονήσεις με μεγάλη συχνότητα, οπότε επιχειρούμε, με μικρούς ανασχεδιασμούς, να ελαχιστοποιήσουμε αυτά τα νούμερα.



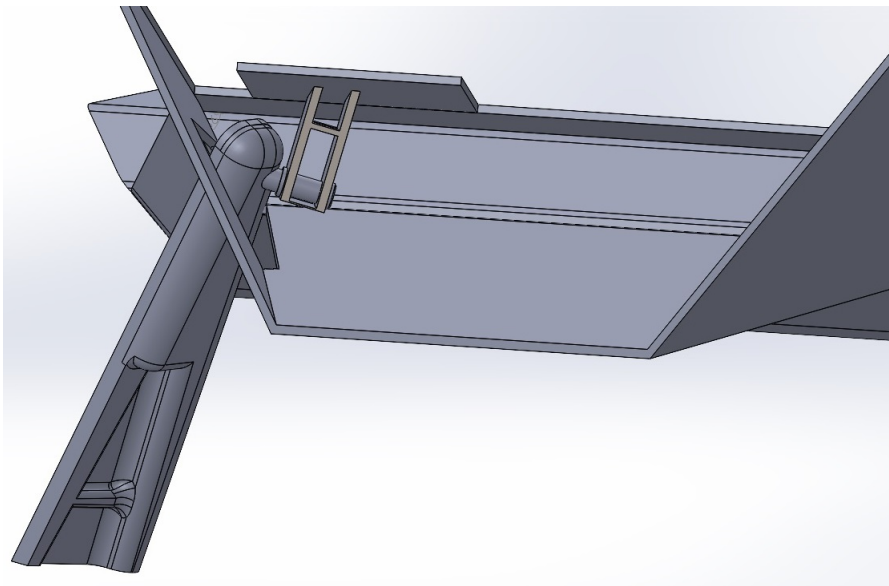
Σχήμα 4.1: Αποτελέσματα παραμορφώσεων του στηρίγματος και της βάσης

## 4.2 Βελτιστοποίηση σχεδιασμού

Έχοντας ως οδηγό τα αποτελέσματα της προηγούμενης στατικής ανάλυσης, ενισχύονται τα σημεία του στηρίγματος και της βάσης που δέχονται τη μεγαλύτερη καταπόνηση και παραμόρφωση. Έπειτα του επανασχεδιασμού, προκύπτει το νέο, βελτιωμένο μοντέλο, που παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 4.2: Επανασχεδιασμένο στήριγμα

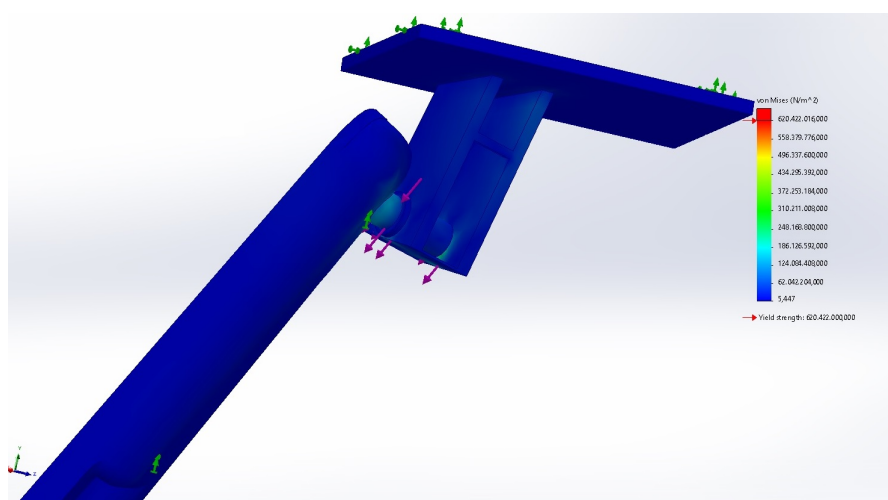


Σχήμα 4.3: Άποψη νέου στηρίγματος και βάσης πάνω στη μοτοσυκλέτα

### 4.3 Αξιολόγηση βελτιώσεων

Οι βελτιώσεις γίνονται στοχευμένα στα σημεία τα οποία πάσχουν περισσότερο και δέχονται την μεγαλύτερη παραμόρφωση. Πιο συγκεκριμένα, ενισχύεται το σώμα του στηρίγματος στα μέρη όπου δέχεται τη μεγαλύτερη καταπόνηση και προστίθεται μια μικρή ενίσχυση στη βάση του για αύξηση της αντοχής της. Για να αξιολογηθεί η εγκυρότητα των κινήσεων αυτών και να επιβεβαιωθεί η αποτελεσματικότητά τους, επαναλαμβάνεται η εκπόνηση μιας στατικής μελέτης. Οι παράμετροι στην νέα μελέτη παραμένουν ίδιοι με προηγούμενως.

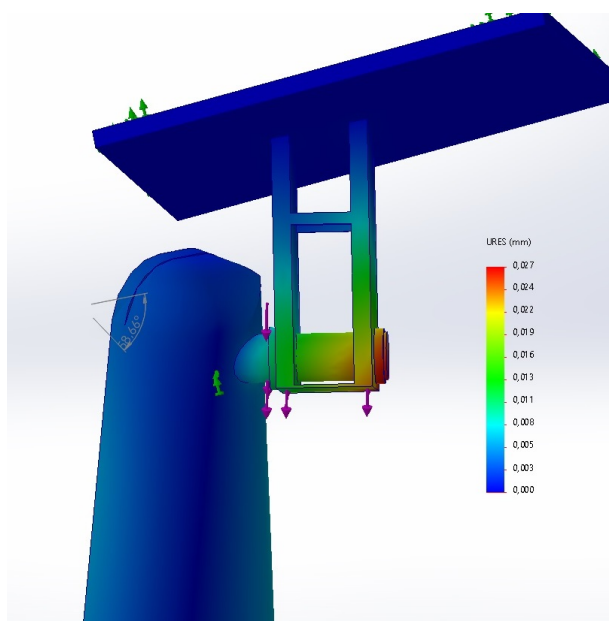
Τα αποτελέσματα σε πιέσεις Von Misses και παραμόρφωση που εξάγονται είναι τα ακόλουθα:



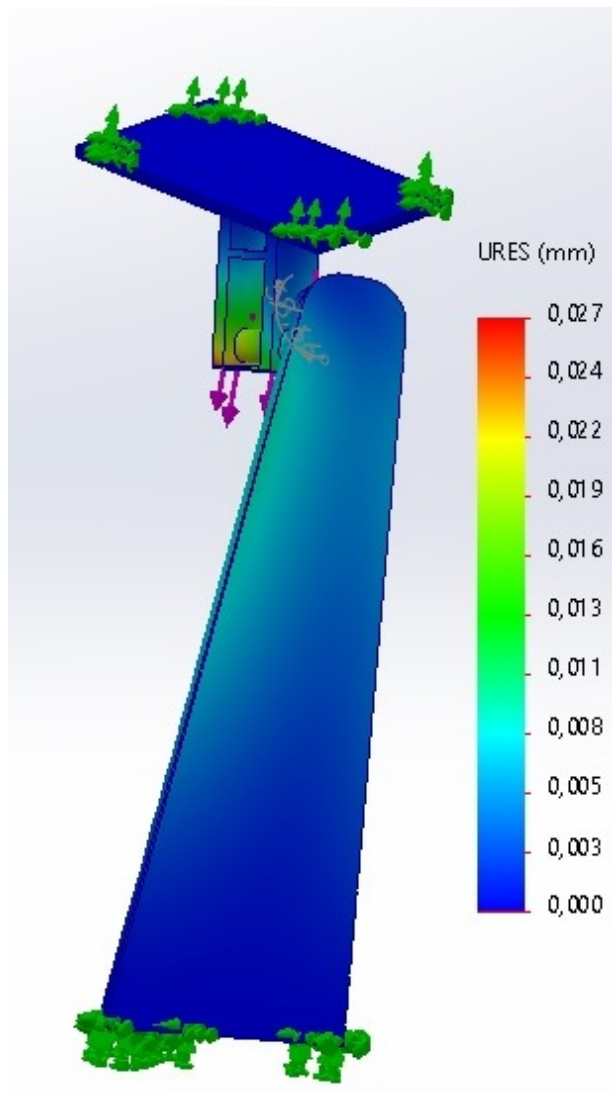
Σχήμα 4.4: Αποτελέσματα τάσεων νέας σχεδίασης

Η μέγιστη τάση που ασκείται ανέρχεται περίπου στα 186 MPa, με το όριο διαρροής να είναι τα 620.422 MPa επομένως δεν τίθεται λόγος για την αντοχή του εξαρτήματος στη συγκεκριμένη επιβάρυνση ως προς τη θραύση.

Αντιστοίχως, η μέγιστη παραμόρφωση πλέον ανέρχεται μόλις στα 0.027 χιλιοστά, από 0.165 που ήταν προηγούμενως, νούμερο που μπορούμε πλέον να το θεωρήσουμε αμελητέας σημασίας, ειδικά αν συνυπολογίσουμε τον ελαστικό χαρακτήρα που έχουν τα μέταλλα ως όλκιμα υλικά.



Σχήμα 4.5: Αποτελέσματα παραμορφώσεων νέας σχεδίασης



Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των τάσεων, παρατηρείται πως στο σώμα του στηρίγματος η μέγιστη παραμόρφωση ανέρχεται μόλις γύρω στα 0.01 χιλιοστά, ενώ η μέγιστη παραμόρφωση των 0.027 χιλιοστών εντοπίζεται στον άξονα περιστροφής και στο σημείο της βάσης που έρχεται σε επαφή μαζί του. Όμως, για την εκπόνηση της μελέτης θεωρούμε πως το σύνολο των 3200 N βάρους πέφτει εξ ολοκλήρου πάνω στον άξονα περιστροφής. Όπως έχει προαναφερθεί, σε πραγματικές συνθήκες δεν δύναται ολόκληρο το φορτίο να ασκηθεί επάνω εκεί, άρα είναι ασφαλές να θεωρήσουμε πως στην ουσία η παραμόρφωση (και άρα και η καταπόνηση) είναι ακόμα μικρότερη. Από τη στιγμή όμως που ακόμα και έτσι έχουμε οδηγηθεί σε ένα άρτιο αποτέλεσμα, επιβεβαιώνεται η αξιοπιστία της κατασκευής.

Σχήμα 4.6: Αποτελέσματα παραμορφώσεων νέας σχεδίασης

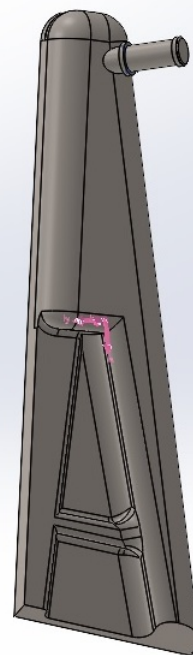
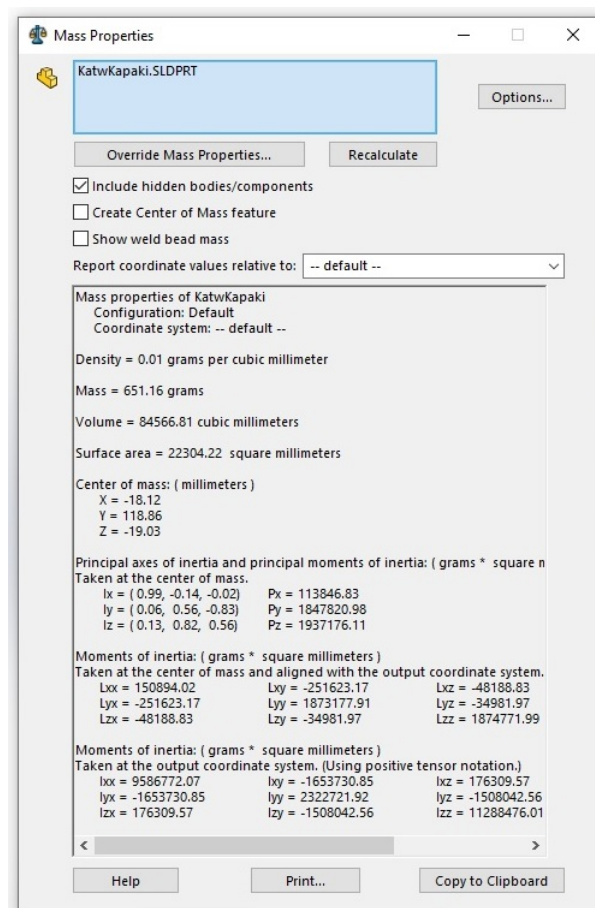
	Αρχική Σχεδίαση	Τελική Σχεδίαση
<b>Μέγιστη Τάση</b>	<b>~ 248 MPa</b>	<b>~ 186 MPa</b>
<b>Μέγιστη παραμόρφωση</b>	<b>0.165 mm</b>	<b>0.027 mm</b>

Πίνακας 4.1: Διαφορές στις μέγιστες τάσεις και παραμορφώσεις μεταξύ αρχικής και τελικής σχεδίασης

Υπολογίζεται η μάζα του στηρίγματος, η οποία ανέρχεται στα 0.65116 kg, ήτοι 6.5116 Newtons δύναμης βάρους.

Ακόμη, λαμβάνεται η θέση του κέντρου μάζας του οποίου η κάθετη απόσταση από τον άξονα περιστροφής είναι 78.54 χιλιοστά.

Από τα δύο αυτά στοιχεία προκύπτει ότι η ελάχιστη ροπή στρέψης που πρέπει να διαχειρίζεται ο υπεύθυνος για την περιστροφή του στηρίγματος, ηλεκτρικός κινητήρας είναι  $R = 6.5116N \cdot 0.07854m = 0.5114Nm$ .

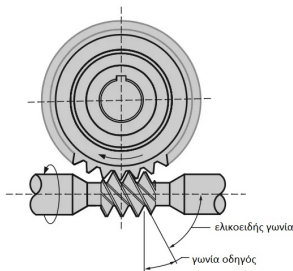


Σχήμα 4.7: Ιδιότητες μάζας του στηρίγματος με βάση το χρώμα ατσαλιού

#### 4.4 Συγκράτηση στην κλειστή θέση - Κιβώτιο γραναζιών & Ατέρμονας Κοχλίας

Η περιστροφική κίνηση του στηρίγματος επιτυγχάνεται με τη χρήση ηλεκτρικού κινητήρα. Προκειμένου να μπορεί το στηρίγμα να κλειδώνει στην άνω κλειστή του θέση δίχως την προσθήκη ελατηρίου ή άλλου μηχανισμού και δίχως φυσικά την συνεχή επιβολή ηλεκτρικού φορτίου πάνω στον ηλεκτροκινητήρα για να δουλεύει συνεχώς ως «ηλεκτρικό φρένο», χρησιμοποιείται κιβώτιο γραναζιών το οποίο έχει ως κινητήριο γρανάζι εισόδου ένα γρανάζι τύπου κοχλία (worm gear). Μια τέτοια διάταξη γραναζιών επιφέρει κλείδωμα του ρότορα του μοτέρ στη θέση που βρίσκεται. Το φαινόμενο αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι όσο ο συντελεστής τριβής ανάμεσα σε ένα γρανάζι και στο γρανάζι-κοχλία είναι μεγαλύτερος από την υποτείνουσα της γωνίας οδηγού (lead

angle) του γραναζιού, τότε το γρανάξι-κοχλίας θεωρείται ότι μπορεί να κλειδώσει στη θέση του και να μην γυρίσει προς την αντίθετη κατεύθυνση [9]. Το κιβώτιο αυτό ενσωματώνεται επάνω στον ρότορα του κινητήρα.



Σχήμα 4.8: Γωνίες γραναζιού κοχλία [9]

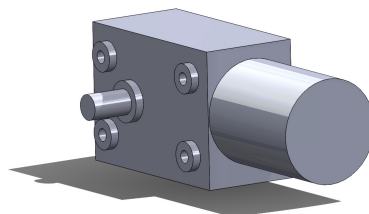


Σχήμα 4.9: Τομή κιβωτίου γραναζιών με χρήση κοχλία [9]

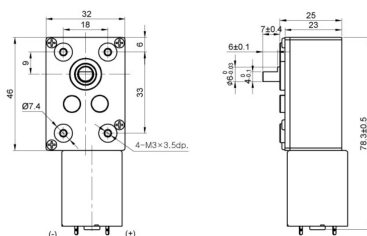
## 4.5 Μετάδοση περιστροφικής κίνησης

Για την πρόσδεση του ηλεκτρικού κινητήρα και του κιβωτίου γραναζιών πάνω στη βάση του στηρίγματος, αναπτύσσεται κατάλληλη συναρμογή για τη μετάδοση της κίνησης από τον ρότορα του κινητήρα σε αυτό.

Για τον προσδιορισμό του καλύτερου τρόπου πρόσδεσης των αντίστοιχων εξαρτημάτων μέσα στον περιορισμένο χώρο της κατασκευής, μοντελοποιείται τόσο ο κινητήρας που χρησιμοποιείται όσο και το κιβώτιο (χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται στο Κεφ.5) στο λογισμικό CAD με βάση τις διαστάσεις που παρέχονται από την ανάλογη ιστοσελίδα του κατασκευαστή.

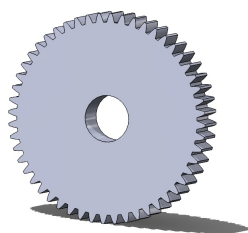


Σχήμα 4.10: Τρισδιάστατη μοντελοποίηση κινητήρα-κιβωτίου

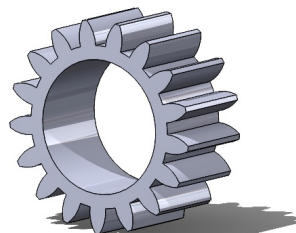


Σχήμα 4.11: Διαστάσεις κινητήρα-κιβωτίου [8]

Σχεδιάζονται και μοντελοποιούνται για τη μετάδοση της κίνησης δύο γρανάκια, ένα κινητήριο (pinion gear) με 52 δόντια και ένα κινούμενο (spur gear) με 17 δόντια.



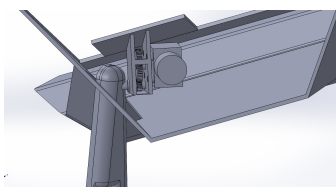
Σχήμα 4.12: Κινητήριο γρανάζι (pinion)



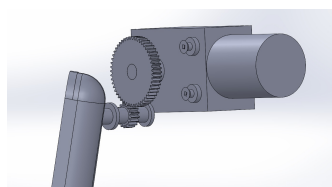
Σχήμα 4.13: Κινούμενο γρανάζι (spur)

Η συγκεκριμένη επιλογή γραναζιών μειώνει την ροπή κατά 3 φορές, αλλά αυξάνει την ταχύτητα περιστροφής κατά 3 φορές. Έκφραση αυτών των σχέσεων με νούμερα παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

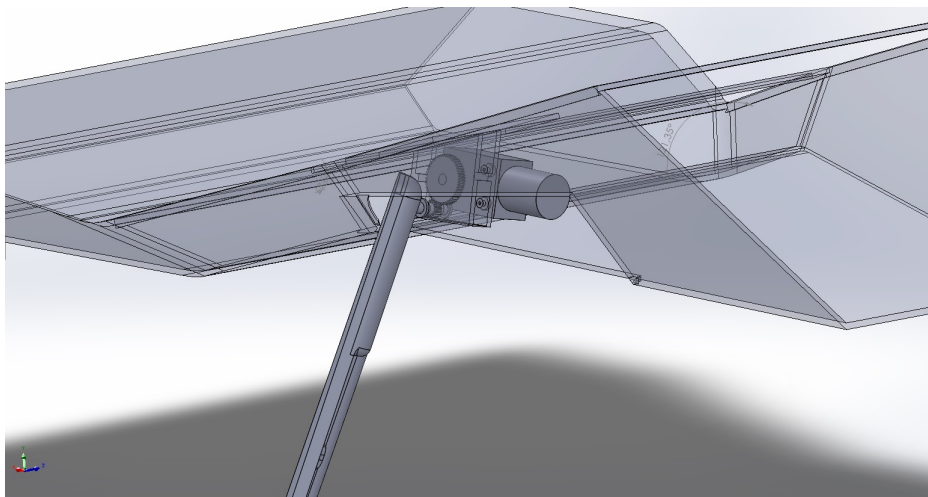
Το σύνολο του συστήματος γραναζιών και ηλεκτρικού κινητήρα τοποθετείται πάνω στην βάση του στηρίγματος εντός της μοτοσυκλέτας και προσδένεται με αυτό.



Σχήμα 4.14: Άποψη από τη συναρμολόγηση του μηχανισμού.



Σχήμα 4.15: Σύνδεση ηλεκτρικού μοτέρ και στηρίγματος με χρήση γραναζιών.

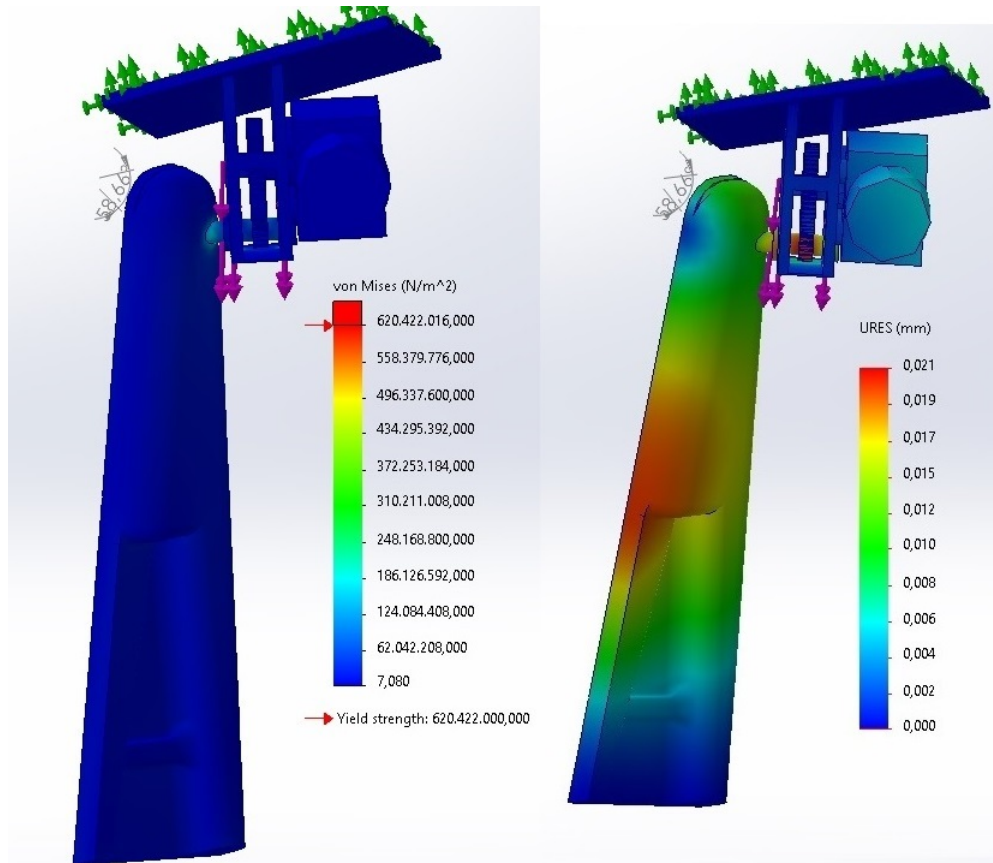


Σχήμα 4.16: Άποψη από την πρόσδεση του μηχανισμού

Για να επιβεβαιωθεί επιπλέον η αξιοπιστία της τελικής συναρμογής, επαναλαμβάνεται ξανά η διαδικασία της στατικής μελέτης που έχει προηγηθεί, αλλά αυτή τη φορά στο ολοκληρωμένο σύστημα που περιέχει και τα επιπλέον μηχανολογικά στοιχεία που προστέθηκαν (γρανάζια, ηλεκτροκινητήρας, κοχλίες).

Ξανά οι παράμετροι για την μελέτη παραμένουν ως είχαν και ως περιεγράφηκαν παραπάνω.

Από την εκπόνηση της μελέτης, εξάγονται για τις τάσεις και παραμορφώσεις τα παρακάτω αποτελέσματα:

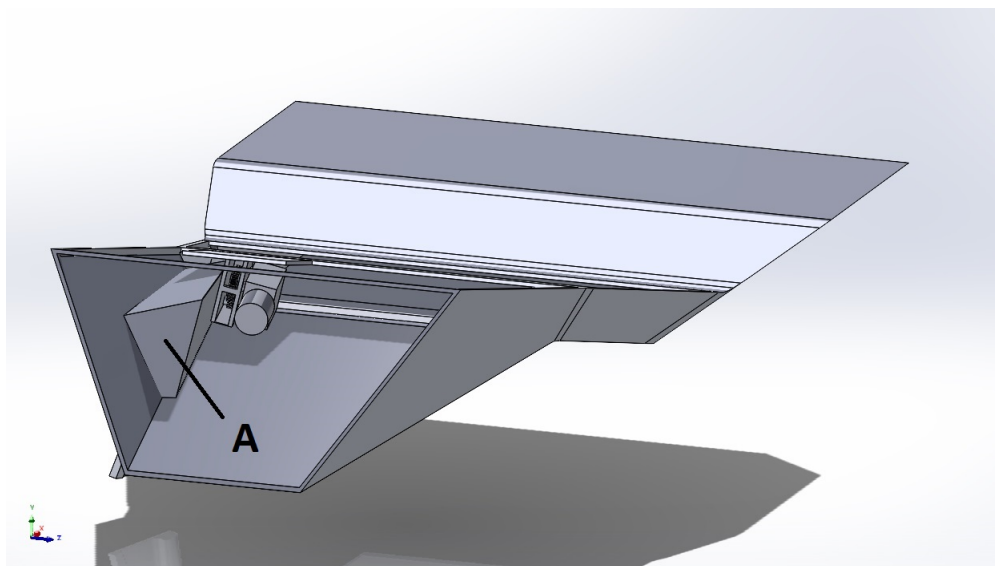


Σχήμα 4.17: Αποτελέσματα τάσεων και παραμορφώσεων νέας στατικής μελέτης.

Τα αποτελέσματα είναι ίδια και από άποψη τάσεων αλλά και παραμορφώσεων με την περίπτωση εκείνη όπου απουσίαζαν όλα τα επιπλέον στοιχεία που προστέθηκαν έπειτα. Συμπεραίνεται επομένως πως δεν επηρεάζουν την αξιοπιστία της κατασκευής.

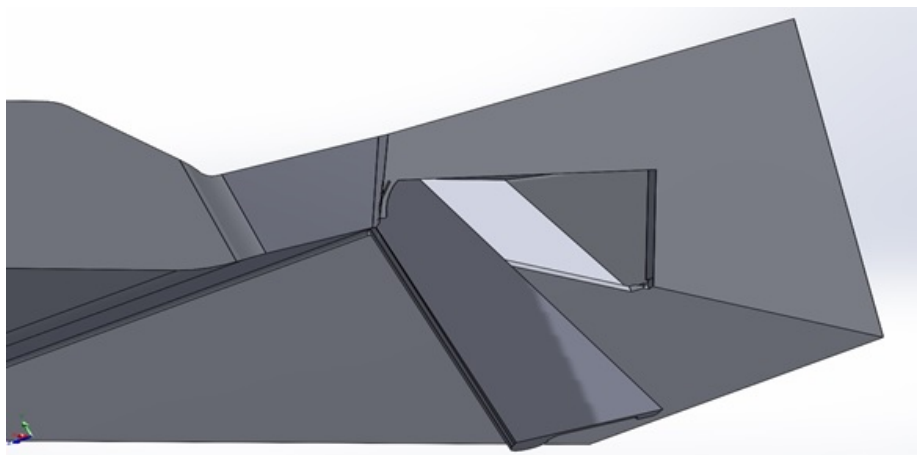
## 4.6 Εσωτερικό κάλυμα

Σχεδιάζεται και προστίθεται στον εσωτερικό χώρο του στηρίγματος ένα επιπλέον κάλυμα (Σχήμα 4.18), σκοπός του οποίου είναι να προστατεύει από σκόνες, χώμα και λοιπά ανεπιθύμητα στοιχεία, η συσσώρευση των οποίων τόσο στο ευρύτερο εσωτερικό μέρος της μοτοσυκλέτας που είναι κενό αλλά και τον μηχανισμό με τα γρανάζια στη βάση του στηρίγματος, μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή και αστοχίες.



Σχήμα 4.18: Εσωτερικό κάλυμα (A). Εσωτερική άποψη.

Επιπλέον σκοπός της συγκεκριμένης προσθήκης είναι να προσδώσει αισθητική άποψη στον κενό εκείνο χώρο.

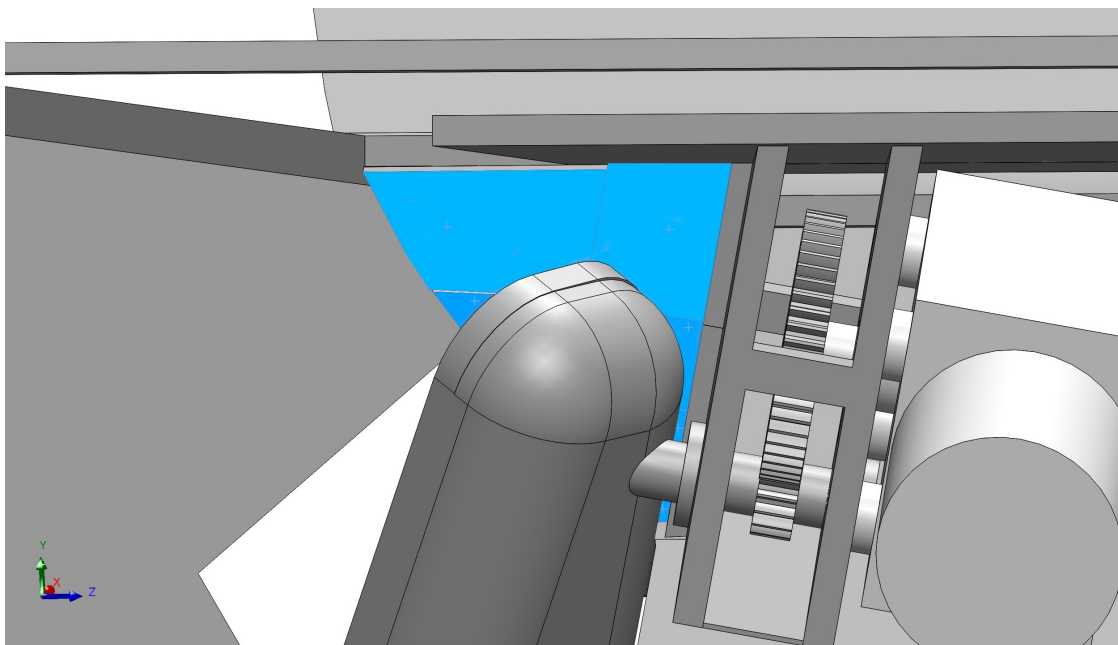


Σχήμα 4.19: Εσωτερικό κάλυμα. Εξωτερική άποψη.

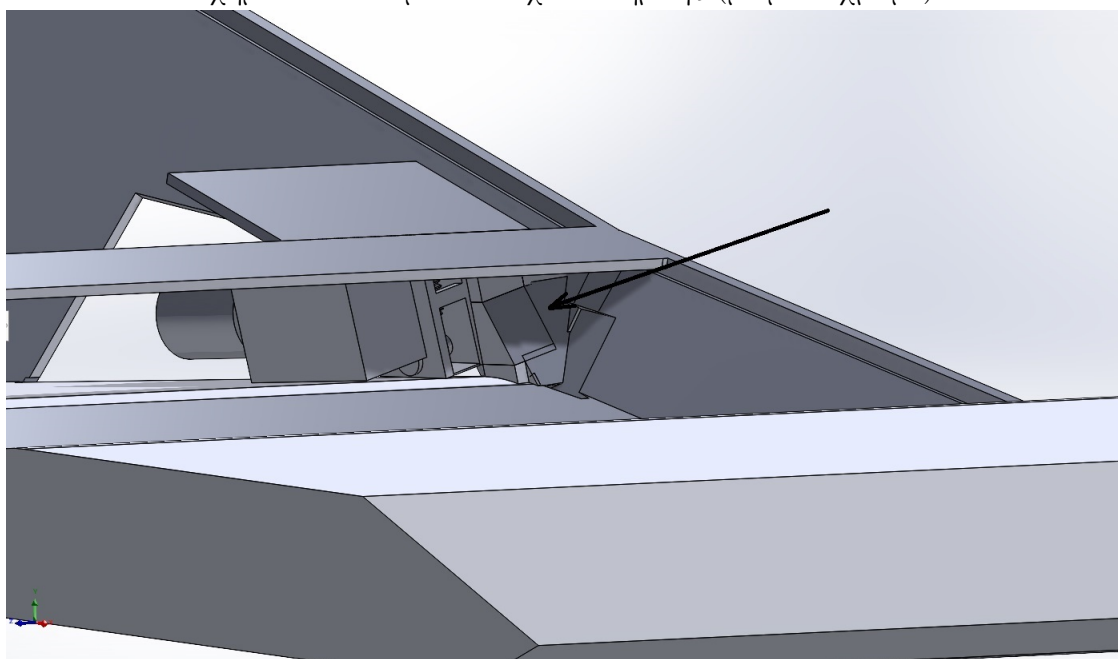
## 4.7 Συγκράτηση στηρίγματος στην εκτεταμένη θέση

Κατά την ανοιχτή (εκτεταμένη) θέση δεν μπορούμε να βασιστούμε στο γρανάζι κοχλία (worm gear) για να κρατήσει το στήριγμα σταθερά ανοιχτό καθώς δεν είναι δυνατόν να διαχειριστεί το μεγάλο φορτίο που ασκείται στην περίπτωση αυτή.

Προστίθεται ένα επιπλέον δομικό στοιχείο κατασκευασμένο επίσης από το ίδιο κράμα ατσαλιού, το οποίο προσδένεται στο σασί και σκοπός του είναι το στήριγμα κατά την πλήρη έκταση να ακουμπήσει πάνω και να υποστηριχθεί ώστε να παραμείνει ασφαλώς στη θέση που πρέπει.



Σχήμα 4.20: Δομικό στοιχείο στήριξης (με μπλε χρώμα).



Σχήμα 4.21: Δομικό στοιχείο στήριξης.

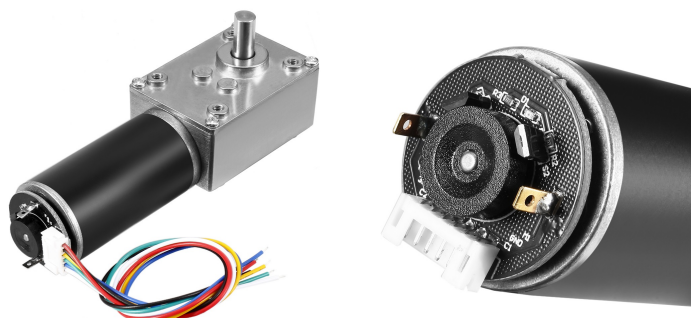
# Κεφάλαιο 5

## Ηλεκτρονικά

### 5.1 Σύστημα ηλεκτρικού κινητήρα

Ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι απαραίτητο στοιχείο καθώς αποτελεί το μέσο εκείνο που παρέχει την κινητήρια δύναμη στο στήριγμα για να μπορεί να εκταθεί και να ανακληθεί. Πρέπει να διαθέτει αρκετή ροπή για να είναι σε θέση να εκτελέσει τις κινήσεις αυτές.

Επιλέγεται το παρακάτω ηλεκτρικό μοτέρ του εμπορίου με ενσωματωμένο μαγνητικό αισθητήρα θέσης (hall effect encoder) αλλά και κιβώτιο γραναζιών ατέρμονα κοχλία για το αυτό-κλείδωμα.



Σχήμα 5.1: Ηλεκτρικός κινητήρας 12V DC με κιβώτιο γραναζιών και αισθητήρα θέσης (Πηγή: Amazon.com )

Ο συγκεκριμένος ηλεκτρικός κινητήρας απαιτεί για την τροφοδοσία του 12V τάση συνεχούς ρεύματος, που παρέχεται από την κεντρική πηγή ενέργειας της μοτοσυκλέτας (μπαταρία). Αποδίδει ροπή 2.94 Nm, που είναι αρκετά μεγαλύτερη της ελάχιστης απαιτούμενης (0.5114 m) και σε συνθήκες χωρίς φορτίο περιστρέφεται με 7 περιστροφές το λεπτό. Η διάταξη κινητήρα-κιβωτίου που επιλέγεται, αποφέρει αρκετή περισσότερη ροπή από την ελάχιστη απαιτούμενη, επομένως υπάρχει η ευχέρεια μείωσης της ώστε να αυξηθεί η τελική ταχύτητα περιστροφής.

Κάτι τέτοιο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για δύο λόγους. Ο πρώτος είναι πως λόγω του εξαιρετικά περιορισμένου χώρου στον οποίον τοποθετείται ο άξονας περιστροφής του στήριγματος, χρησιμοποιείται ένα αρκετά μικρό σε αριθμό δοντιών γρανάτζι πάνω σε αυτόν, ενώ αντίθετα το κινητήριο γρανάτζι που συνδέεται με τον ρότορα του ηλεκτροκινητήρα είναι αρκετά μεγαλύτερο προκειμένου να επιτευχθεί σύμπλεξη ανάμεσα στα δύο γρανάτζια. Το γεγονός αυτό επιφέρει αναγκαστικά μείωση της τελικής ροπής αλλά αύξηση της ταχύτητας περιστροφής.

Ο δεύτερος λόγος που η αύξηση της ταχύτητας περιστροφής αποτελεί επιθυμητή ενέργεια, είναι το γεγονός ότι σε πραγματικές συνθήκες στάθμευσης της καθημερινότητας που ο οδηγός της μοτοσυκλέτας θα θέλει να ενεργοποιηθεί το στήριγμα, είτε για να ανοίξει είτε για να κλείσει, θα πρέπει η κίνηση αυτή να πραγματοποιηθεί σε ανεκτό χρόνο και όχι να περιμένει πολύ ώρα μέχρι το στήριγμα να κινηθεί και να φτάσει στη θέση που πρέπει να φτάσει. Άρα ως έμμεση απαίτηση προκύπτει και η σχετικά γρήγορη ταχύτητα περιστροφής την οποία δεν την έχουμε με τις 7 περιστροφές ανά λεπτό που δίνει ο κατασκευαστής για τον ηλεκτρικό κινητήρα.

Με τη συγκεκριμένη επιλογή γραναζιών (κινητήριο γρανάζι 52 δοντιών, κινούμενο γρανάζι 17 δοντιών), επιτυγχάνεται αύξηση της ταχύτητας περιστροφής από 7 *rpm* σε 21.41 *rpm* (σχεδόν 3 φορές περισσότερο), ενώ η ροπή μειώνεται από 2.94 *Nm* στα 0.9612 *Nm* (σχεδόν 3 φορές λιγότερο). Η ροπή αυτή παραμένει σε αποδεκτά επίπεδα και αρκετά πάνω από την ελάχιστη απαιτούμενη των 0.5114 *Nm*.

Αριθμός δοντιών γραναζιού εισόδου	52	Αρχική ταχύτητα περιστροφής	7 <a href="#">rpm</a>
Αριθμός δοντιών γραναζιού εξόδου	17	Τελική ταχύτητα περιστροφής	21.41 <a href="#">rpm</a>
Σχέση γραναζιών (gear ratio)	3.0588 :1	Αρχική ροπή	2.94 <a href="#">Nm</a>
Μηχανικό πλεονέκτημα	0.33	Τελική ροπή	0.9612 <a href="#">Nm</a>

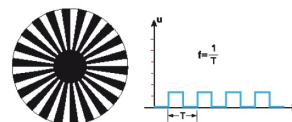
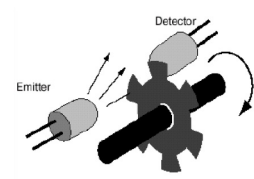
Σχήμα 5.2: Αρχική-τελική ροπή και ταχύτητα περιστροφής μέσω της σχέσης των γραναζιών.

## 5.2 Αισθητήρας Θέσης (encoder)

Απαραίτητο στοιχείο για την λειτουργία της κατασκευής είναι η γνώση, ανά πάσα στιγμή της θέσης και της ταχύτητας του ρότορα του ηλεκτρικού κινητήρα. Μια τέτοια πληροφορία λαμβάνεται χρησιμοποιώντας αισθητήρα θέσης (encoder). Οι αισθητήρες θέσης μετατρέπουν την κίνηση σε ηλεκτρικό σήμα που διαβάζεται από κάποια συσκευή. Οι αισθητήρες αυτοί στέλνουν συνεχώς σήμα ανατροφοδότησης προς τη συσκευή αυτή μέσω του οποίου προσδιορίζεται η θέση, η ταχύτητα, ο αριθμός στροφών ή η κατεύθυνση [1].

Ορισμένοι από τους βασικότερους τύπους αισθητήρων θέσης είναι οι οπτικοί κωδικοποιητές και οι μαγνητικοί κωδικοποιητές.

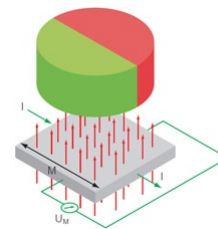
Οι οπτικοί κωδικοποιητές αποτελούνται από ένα, διαιρεμένο σε τομείς, περιστρεφόμενο δίσκο ο οποίος είναι εναλλάξ διαφανής και μη διαφανής. Στη μια πλευρά του δίσκου τοποθετείται μια φωτεινή πηγή και στην άλλη ένα φωτοκύτταρο. Όταν ο δίσκος περιστρέφεται, κάθε μεταβολή του φωτός που προσπίπτει στο φωτοκύτταρο παράγει ένα παλμό εξόδου. Το πλήθος των παλμών αυτών ανά μονάδα χρόνου είναι ανάλογο προς τη γωνια-



Σχήμα 5.3: Οπτικοί κωδικοποιητές [11]

κή ταχύτητα του άξονα και το ολικό πλήθος παλμών κάθε χρονική στιγμή είναι ανάλογο προς την ολική γωνιακή μετατόπιση του μετρούμενου άξονα [11].

Οι μαγνητικοί κωδικοποιητές βασίζονται στο φαινόμενο του hall και χρησιμοποιούν διατάξεις μαγνητικής φάσης που περιέχουν στοιχεία από αισθητήρες διατεταγμένους με τρόπο τέτοιο που να ταιριάζουν σε ένα μαγνητικό δίσκο. Ένα ηλεκτρικό σήμα παράγεται καθώς ο αισθητήρας περνάει πάνω από το μαγνητικό πεδίο, το οποίο στη συνέχεια μετατρέπεται στην επιθυμητή πληροφορία [3].



Σχήμα 5.4: Λειτουργία μαγνητικού κωδικοποιητή [3]

Οι μαγνητικοί αισθητήρες συγκριτικά με τους οπτικούς αποτελούν πιο αξιόπιστη επιλογή.

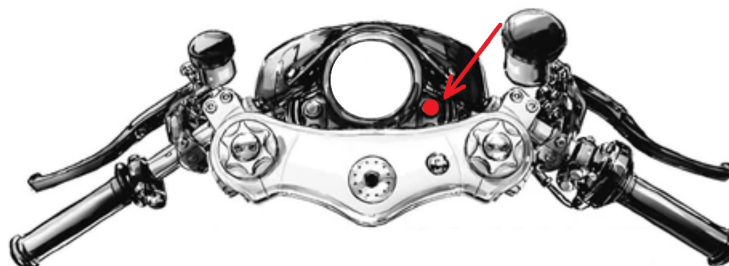
### 5.3 Κουμπί χειροκίνητου ελέγχου

Παρόλο που το στήριγμα κατασκευάζεται έτσι ώστε να είναι εντελώς αυτόματο ως προς το άνοιγμα και το κλείσιμο του, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας επιπλέον επιλογής, τέτοια ώστε ο οδηγός να μπορεί κατά βούληση να το ελέγξει, εάν οι συνθήκες το απαιτήσουν.

Για το λόγο αυτό προστίθεται ένα κουμπί (button) στο τιμόνι της μοτοσυκλέτας για χειροκίνητο έλεγχο.

Το άνοιγμα και το κλείσιμο του στηρίγματος από το κουμπί αυτό διενεργείται μονάχα κάτω από ορισμένες συνθήκες, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω.

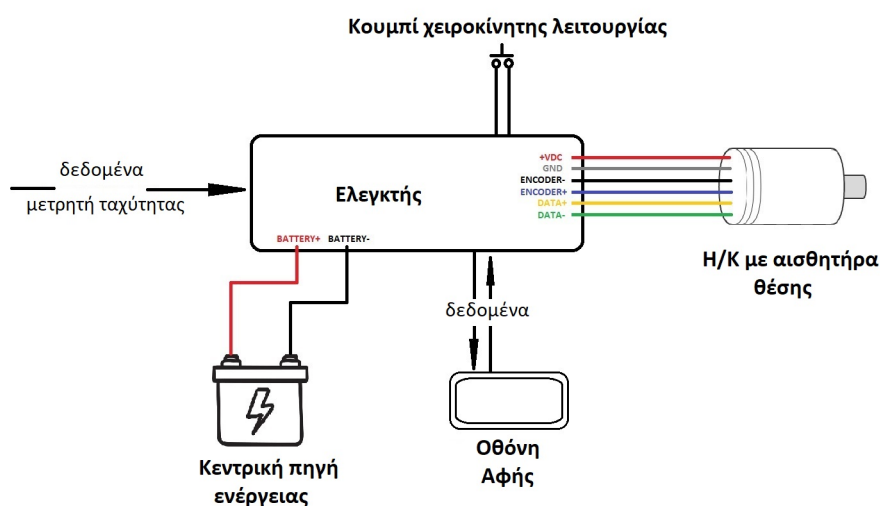
Η έδραση του συγκεκριμένου κουμπιού πάνω στο τιμόνι γίνεται σε σημείο περιμετρικά της οθόνης του πίνακα ενδείξεων (Σχήμα 5.5) και όχι κάπου κοντά στους συνήθεις διακόπτες του τιμονιού (εκκίνησης, φώτων, κλπ). Ο λόγος είναι πως για να το πατήσει ο οδηγός θα πρέπει, εξ ορισμού, το όχημα να βρίσκεται πλήρως ακινητοποιημένο. Το στήριγμα απαγορεύεται να λειτουργήσει όταν η μοτοσυκλέτα είναι εν κινήσει. Οπότε έτσι, υπάρχει μεγάλη ευχέρεια να πατηθεί ακόμη και αν βρίσκεται τοποθετημένο σε σημείο λιγότερο εργονομικό. Εάν αντίθετα μπει κάπου κοντά στους διακόπτες του τιμονιού που πρέπει να μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν ανά πάσα ώρα κατά την οδήγηση, γεμίζει το γύρω χώρο δίχως λόγο και δυσκολεύει τη χρήση τους.



Σχήμα 5.5: Πιθανή θέση τοποθέτησης κουμπιού χειροκίνητου ελέγχου

## 5.4 Συνδεσμολογία ηλεκτρονικού/ηλεκτρικού συστήματος του στηρίγματος

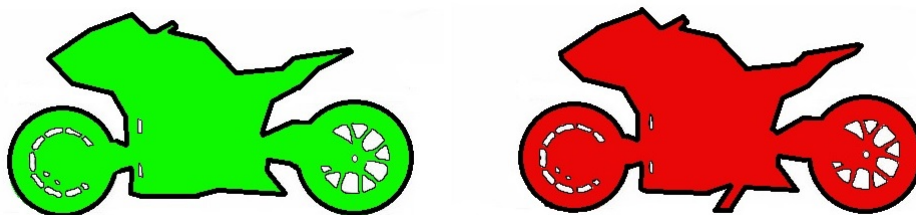
Ο βασικός πυλώνας της ηλεκτρονικής πλευράς του εγχειρήματος είναι ο ελεγκτής. Πάνω σε αυτόν συνδέεται ο ηλεκτρικός κινητήρας μέσω του θετικού και του αρνητικού πόλου τροφοδοσίας καθώς και ο κωδικοποιητής του (encoder). Δεδομένα σχετικά με την ταχύτητα του οχήματος που θα χρειαστούν για τον έλεγχο του στηρίγματος εισέρχονται στον ελεγκτή από το ανάλογο μετρητικό σύστημα της μοτοσυκλέτας. Δεδομένα επίσης αποστέλλονται από και προς την οθόνη αφής με την οποία εξοπλίζεται το όχημα τα οποία ενημερώνουν τον οδηγό ανά πάσα στιγμή για τη λειτουργία του στηρίγματος. Πάνω στον ελεγκτή συνδέεται και το κουμπί για τον χειροκίνητο έλεγχο. Η τροφοδοσία ολόκληρης της εγκατάστασης πραγματοποιείται από την κύρια πηγή ενέργειας της μοτοσυκλέτας (μπαταρία).



Σχήμα 5.6: Ηλεκτρονικό/ηλεκτρικό διάγραμμα

## 5.5 Ενδείξεις πίνακα οργάνων

Μέσω της οθόνης αφής στον πίνακα οργάνων, ο οδηγός μπορεί ανά πάσα στιγμή να πληροφορηθεί για το αν το στηρίγμα βρίσκεται ανοιχτό ή κλειστό. Ακολουθεί σχεδιαστική άποψη των αντίστοιχων εικονιδίων. Το πράσινο χρώμα αναλογεί σε κλειστό στηρίγμα, ενώ το κόκκινο σε ανοιχτό.



Σχήμα 5.7: Ενδείξεις θέσης στηρίγματος. Πράσινο - κλειστό, Κόκκινο - ανοιχτό

Παρουσιάζεται επίσης και σχεδιαστική άποψη του προειδοποιητικού μηνύματος για την περίπτωση εντοπισμού εμποδίου. Το μήνυμα αυτό συνοδεύεται και από ανάλογο προειδοποιητικό ήχο για την άμεση ενημέρωση του οδηγού.



Σχήμα 5.8: Προειδοποιητικό μήνυμα για την περίπτωση εντοπισμού εμποδίου

## Κεφάλαιο 6

# Έλεγχος Λειτουργίας

### 6.1 Ορισμός αριθμού περιστροφών

Για να μεταβεί το στήριγμα από την κλειστή θέση στην ανοιχτή ή αντίστροφα, θα πρέπει η μονάδα ελέγχου να γνωρίζει ακριβώς τη χρονική διάρκεια που θα παρέχει ηλεκτρικό ρεύμα στον ηλεκτρικό κινητήρα ώστε αυτός να λειτουργήσει απολύτως όσο χρειάζεται και να μην περιστρέφεται πέρα από τα όρια των δύο θέσεων.

Για το σκοπό αυτό μετريέται επί τω πρακτώ πόσες περιστροφές πρέπει να εκτελέσει ο ρότορας του ηλεκτρικού κινητήρα για να φέρει το στήριγμα από τη μία θέση στην άλλη και ο αριθμός αυτός αποθηκεύεται στον ελεγκτή.

Μέσω του αισθητήρα θέσης ο ελεγκτής λαμβάνει συνεχώς πληροφορία για τον αριθμό περιστροφών που έχει διανύσει ο ρότορας και παρέχει ρεύμα στον κινητήρα μέχρι οι στροφές αυτές να γίνουν ίσες με τις στροφές που έχουν, πειραματικά, οριστεί.

### 6.2 Εντοπισμός εμποδίων

Κατά την πορεία της έκτασης ή της ανάκλησης του στηρίγματος είναι πολύ πιθανό να βρεθεί κάποιο εμπόδιο, όπως ξύλα, πετραδάκια, πεζούλια κλπ που θα διακόψουν την διαδικασία παρεμβάλλοντας ενάντια σε αυτό. Εάν δεν υπάρχει κάποια διαδικασία εντοπισμού εμποδίων, το ηλεκτρικό μοτέρ θα συνεχίσει να κινείται κόντρα στο εκάστοτε εμπόδιο αφού δεν θα έχει ολοκληρώσει όλες τις περιστροφές που έχουν οριστεί για να μεταβεί από τη μια θέση στην άλλη, με αποτέλεσμα πιθανή καταστροφή του ιδίου ή/και κάποιου μέρους της μοτοσυκλέτας.

Αξιοποιείται, ξανά, ο encoder αισθητήρας και γίνεται χρήση της πληροφορίας που παρέχει για την ταχύτητα περιστροφής του ηλεκτρικού κινητήρα. Εάν υπάρξει εμπόδιο, τότε η ταχύτητα περιστροφής θα μειωθεί ξαφνικά σε σχέση με το τι ταχύτητα θα είχε το στήριγμα γυρνώντας στον αέρα (άνευ εμποδίου). Επομένως αν προκύψει μείωση της ταχύτητας σε ένα ποσοστό 80 % (ανεκτό ποσοστό ώστε να μην προλάβει ο ηλεκτροκινητήρας να δεχτεί αντίσταση και καταστραφεί) τότε γίνεται αντιληπτό πως κάποιο εμπόδιο παρεμβάλλεται και η κίνηση αλλάζει φορά γυρνώντας το στήριγμα στην προηγούμενη του θέση.

Στην αρχή κάθε ενεργοποίησης του στηρίγματος και μέχρι το τέλος της διαδρομής του, λαμβάνεται και συγκρίνεται συνεχώς η ταχύτητα περιστροφής με την ορισμένη (εν κενώ) ταχύτητα λειτουργίας:

**Algorithm 1** Περιγραφή εντοπισμού εμποδίου

---

```

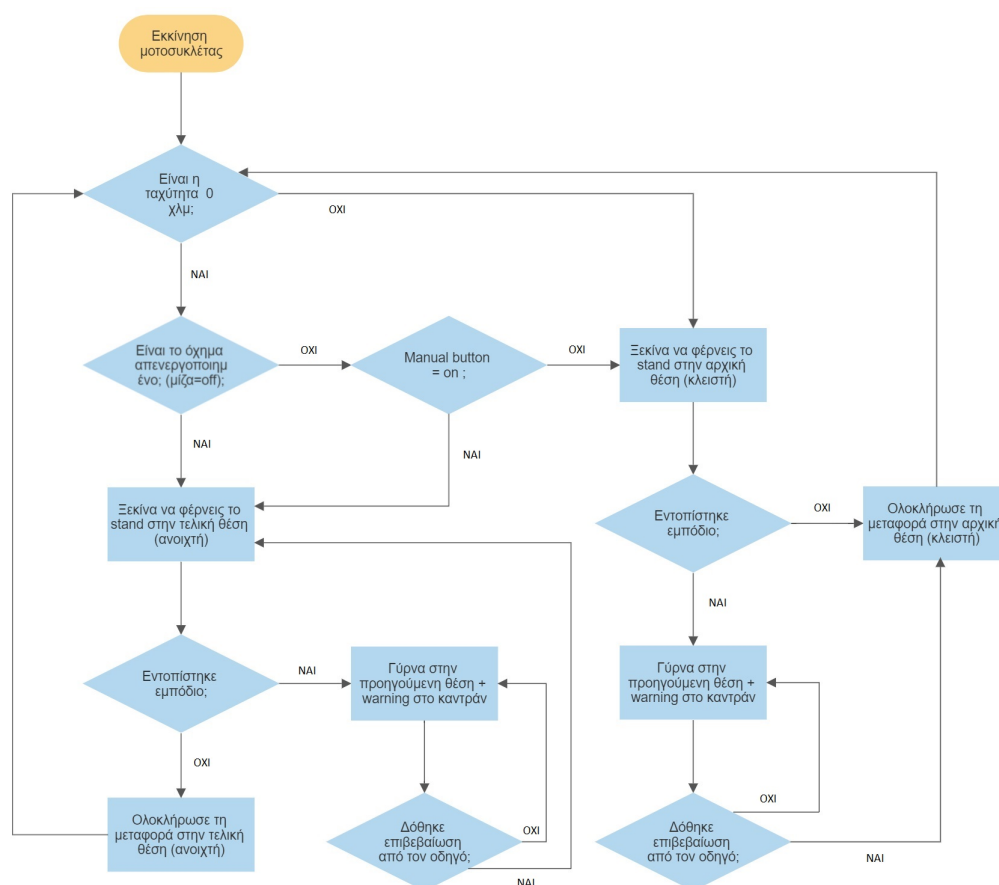
SetRotationNumber  $\leftarrow Y$ 
SetRotationalSpeed  $\leftarrow X$ 
while CurrentRotationNumber  $\neq$  SetRotationNumber do
  if CurrentRotationalSpeed  $\leq$  SetRotationalSpeed  $\cdot 0.8$  then
    Stop the movement and return to previous position.
  else
    Continue the movement.
  end if
end while

```

---

### 6.3 Λογικό διάγραμμα ελέγχου λειτουργίας

Για την αυτοματοποίηση της κατασκευής, προγραμματίζεται η μονάδα ελέγχου που είναι υπεύθυνη για τις κινήσεις του στηρίγματος καταλλήλως ώστε να μπορεί να φέρει εις πέρας με πλήρη ασφάλεια όλες τις απαιτούμενες ενέργειες. Περιγράφονται σαφώς όλες εκείνες οι συνθήκες που διέπουν την πορεία λειτουργίας του εγχειρήματος και παρουσιάζονται στο επακόλουθο λογικό διάγραμμα ροής:



Σχήμα 6.1: Λογικό διάγραμμα ροής λειτουργίας

Βασική συνθήκη για την οποιαδήποτε κίνηση του στηρίγματος είναι το όχημα να βρίσκεται πλήρως ακινητοποιημένο. Ο λόγος είναι ότι αν αρχίσει να κινείται ενώ η μοτοσυκλέτα προχωράει είναι πάρα πολύ πιθανό να χτυπήσει κάπου, είτε στο οδόστρωμα είτε σε άλλο εμπόδιο εντός της πορείας της, με αποτέλεσμα να προκληθεί ενδεχόμενη πτώση του οδηγού. Άρα αυτή η συνθήκη είναι σίγουρα η πιο σημαντική για τον έλεγχο της λειτουργίας.

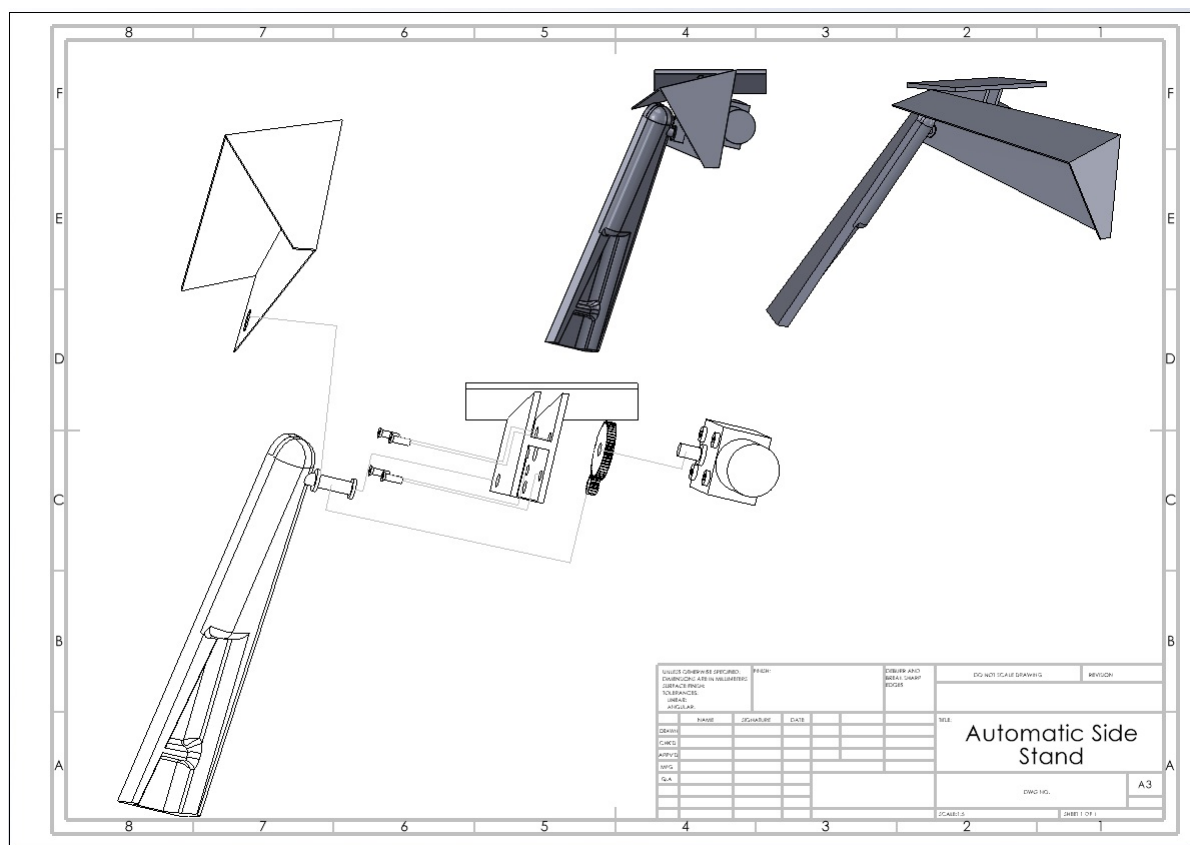
Αναλύοντας το διάγραμμα ελέγχου προκύπτουν οι εξής περιπτώσεις λειτουργίας:

- Εάν η μοτοσυκλέτα είναι πλήρως ακινητοποιημένη (ταχύτητα = 0 χλμ/ω) και ο οδηγός την απενεργοποιήσει (μίζα = off) τότε η μονάδα ελέγχου ξεκινάει να ανοίγει το στήριγμα (αφού το όχημα προορίζεται, προφανώς, σε αυτή την περίπτωση για στάθμευση). Εάν κατά τη διάρκεια της έκτασης χτυπήσει κάποιο εμπόδιο και διακοπεί η πορεία της κίνησης, τότε το στήριγμα γυρνάει πάλι πίσω στην προηγούμενη θέση που είχε και ένα μήνυμα προειδοποίησης, συνοδεύει χαρακτηριστικού ήχου, εμφανίζεται στην οθόνη του οδηγού. Ο οδηγός, αφού ελέγξει και αφαιρέσει το εμπόδιο από το χώρο του στηρίγματος, πρέπει να επιβεβαιώσει αυτό το μήνυμα πατώντας πάνω στο αντίστοιχο κουμπί της οθόνης και η διαδικασία έκτασης ξεκινάει εκ νέου. Εάν για οποιοδήποτε λόγο βρεθεί πάλι εμπόδιο, τότε η προγραφείσα διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρις ότου πάψει να εντοπίζεται εμπόδιο.
- Εάν η μοτοσυκλέτα δεν είναι πλήρως ακινητοποιημένη (άρα η ταχύτητα δεν είναι 0 χλμ/ω) τότε το στήριγμα μπαίνει σε διαδικασία ανάκλησης ώστε να βρεθεί σε κλειστή θέση. Εάν κατά τη διάρκεια της ανάκλησης χτυπήσει κάποιο εμπόδιο και διακοπεί η πορεία της κίνησης, τότε το στήριγμα γυρνάει πάλι πίσω στην προηγούμενη θέση που είχε και ένα μήνυμα προειδοποίησης, συνοδεύει χαρακτηριστικού ήχου, εμφανίζεται στην οθόνη του οδηγού. Ο οδηγός, αφού ελέγξει και αφαιρέσει το εμπόδιο από το χώρο του στηρίγματος, πρέπει να επιβεβαιώσει αυτό το μήνυμα πατώντας πάνω στο αντίστοιχο κουμπί της οθόνης και η διαδικασία ανάκλησης ξεκινάει εκ νέου. Εάν για οποιοδήποτε λόγο βρεθεί πάλι εμπόδιο, τότε η προγραφείσα διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρις ότου πάψει να εντοπίζεται εμπόδιο.
- Εάν η μοτοσυκλέτα είναι πλήρως ακινητοποιημένη (ταχύτητα = 0 χλμ/ω) και ο οδηγός δεν την απενεργοποιήσει (μίζα = on) τότε, μέσω του κουμπιού στο τιμόνι, έχει τη δυνατότητα να δώσει χειροκίνητα εντολή για έκταση/ανάκληση του στηρίγματος. Εάν το κουμπί αυτό βρεθεί στη θέση “on” ξεκινάει η έκταση του (προφανώς ενώ το στήριγμα βρίσκεται στην κλειστή θέση), ενώ εάν βρεθεί στην θέση “off” ξεκινάει η ανάκληση του (προφανώς πάλι ενώ πριν βρισκόταν στην ανοιχτή θέση). Σε αμφότερες εκ των δύο θέσεων on/off διενεργείται κάθε φορά έλεγχος ενδεχόμενου εμποδίου όπως περιγράφηκε στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις.

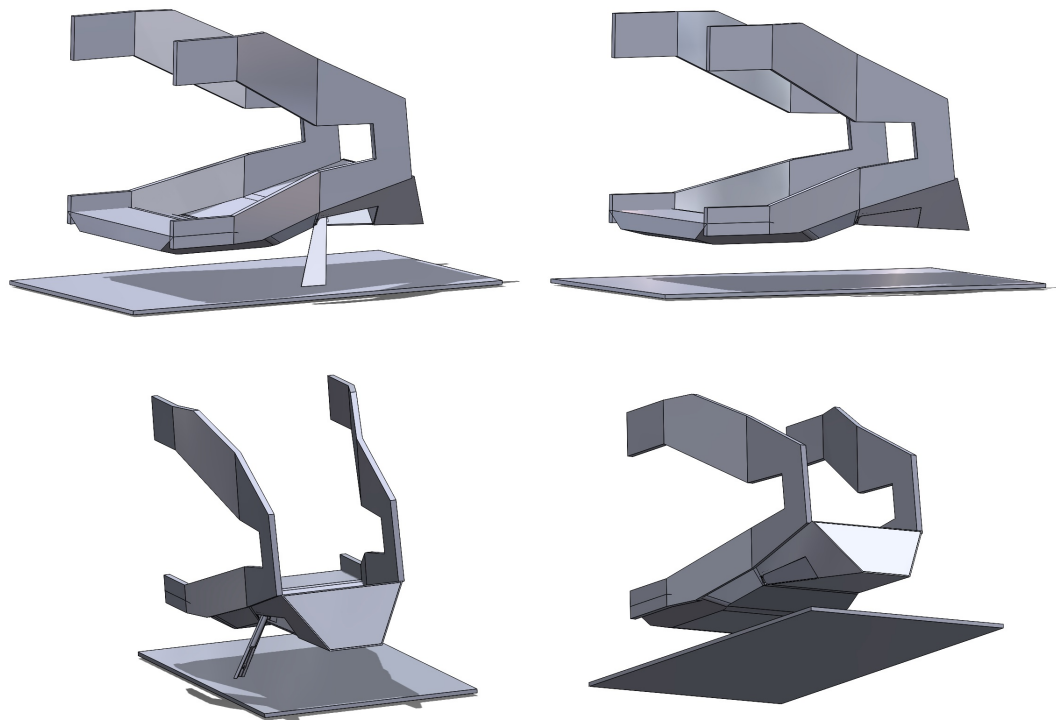
## Κεφάλαιο 7

# Σχέδια της Ολοκληρωμένης Κατασκευής & Σχόλια

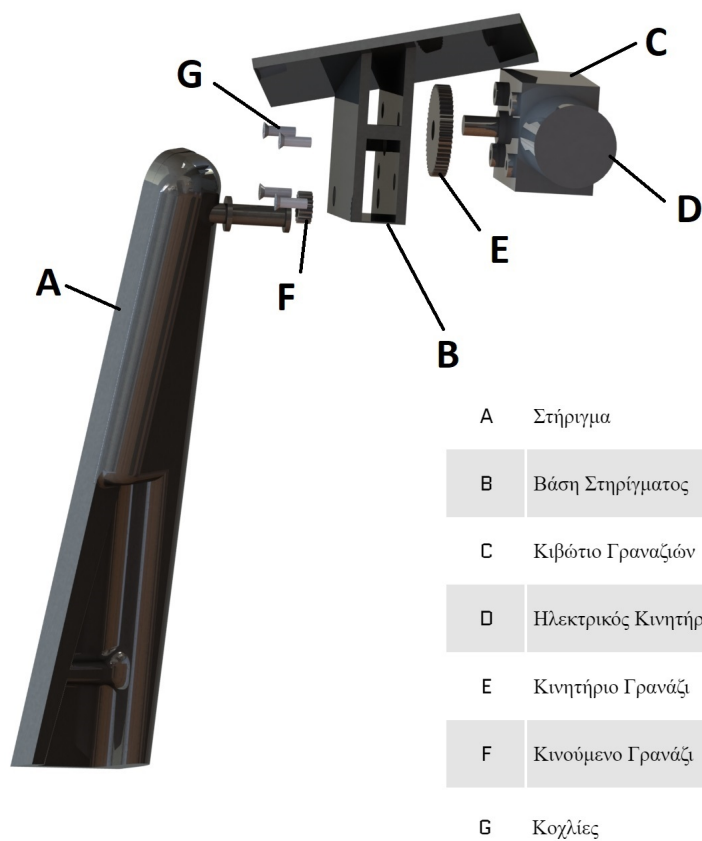
### 7.1 Σχέδια της κατασκευής



Σχήμα 7.1: Σχέδιο συναρμολόγησης κατασκευής



Σχήμα 7.2: Άποψη της ολοκληρωμένης κατασκευής.(Αριστερά: στήριγμα ανοιχτό)(Δεξιά: στήριγμα κλειστό)



Σχήμα 7.3: Τα κύρια μέρη της κατασκευής

## 7.2 Παραγωγή & πιθανές βελτιώσεις

Όλα τα εξαρτήματα που παρουσιάζονται στην συγκεκριμένη εργασία είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε η κατασκευή τους σε φυσικά προϊόντα να είναι ευκόλως εφικτή.

Η βάση αποτελείται από πολύ απλής γεωμετρίας μέρη τα οποία μπορούν να μορφοποιηθούν με κατεργασία κράματος ατσάλιου σε φρέζα. Επίσης με χρήση φρέζας και τη βοήθεια διαιρέτη μπορούν να κατασκευαστούν τα δύο γρανάζια μετάδοσης της κίνησης. Διαφορετικά υπάρχει και η δυνατότητα χρήσης γραναζοκόπτη (Hobbing) για μεγαλύτερη ακρίβεια και ευκολία στην κατασκευή των οδοντώσεων.

Το στηρίγμα φέρει μια πολυπλοκότερη γεωμετρία, καθώς αποτελείται από στρογγυλοποιημένες ακμές, επομένως η μορφοποίηση του αποφέρει υψηλότερης δυσκολίας κατεργασία ενός δοκιμίου σε φρέζα. Φυσικά, η πρόσβαση σε κέντρο κατεργασίας CNC απλοποιεί υπερθετικά την συγκεκριμένη διαδικασία.

Για την διάνοιξη των οπών χρησιμοποιείται δράπανο με τρυπάνι κατάλληλης διαμέτρου, ενώ η μορφοποίηση κυλινδρικών επιφανειών όπως ο άξονας περιστροφής του στηρίγματος μπορεί να επιτευχθεί με κατεργασία σε τόρνο. Σε τόρνο επίσης, ή με χρήση ανάλογου σετ κολαούζων, κατασκευάζεται το σπείρωμα για τη χρήση κοχλιών.

Το εσωτερικό καπάκι κατασκευάζεται από το ίδιο υλικό με το υπόλοιπο πλαίσιο της μοτοσυκλέτας με τις ανάλογες μεθόδους χύτευσης/τρισδιάστατης εκτύπωσης. Τα υλικά αυτά δύναται να είναι πλαστικό ή ανθρακόνημα για αυξημένη μηχανική αντοχή και χαμηλό βάρος.

Μελλοντικές βελτιώσεις που ενδέχεται να προκύψουν, αφορούν την επανασχεδίαση της γεωμετρίας του στηρίγματος, μειώνοντας το συνολικό του μέγεθος, άρα και βάρος, διατηρώντας όμως την αντοχή του στα ασκούμενα φορτία σε αποδεκτά επίπεδα. Κάτι τέτοιο απαιτεί την παραγωγή πρωτότυπων τεμαχίων του συγκεκριμένου εξαρτήματος και εκτέλεση δοκιμών σε πραγματικές συνθήκες για την επιλογή της βέλτιστης σχεδίασης.

# Βιβλιογραφία

- [1] Encoder Products Company. *Encoder: The Ultimate Guide — What is an Encoder, Uses & More*. 2016. URL: <https://www.encoder.com/article-what-is-an-encoder>.
- [2] *Daedalus Project*. 2017. URL: <http://daedalus.tuc.gr/>.
- [3] Dynapar. *Hall Effect Encoders*. 2017. URL: [https://www.dynapar.com/technology/encoder\\_basics/hall\\_effect\\_encoders/](https://www.dynapar.com/technology/encoder_basics/hall_effect_encoders/).
- [4] H.Ritchie and M.Roser. “Causes of death”. In: 2019. URL: <https://ourworldindata.org/causes-of-death#what-do-people-die-from>.
- [5] G. Koumartzakis, P. Spanoudakis, and N. Tsourveloudis. “Design and development of a prototype electric vehicle’s chassis”. In: *7th BETA CAE International Conference* (2017).
- [6] Motodeal. *Center stands vs kickstands – Which is better?* 2020. URL: <https://www.motodeal.com.ph/articles/motorcycle-features/center-stands-vs-kickstands-which-better>.
- [7] R.L. Rossini et al. *The Automotive Body – Volume I: Component Design & Volume II: System Design: Components Design*. Springer, 2011.
- [8] DC & Gear Motor Solutions. *WGM46-A DC Worm Gear Motor*. 2018. URL: [https://www.gearmotordc.com/product/Worm\\_DC\\_Gear\\_Motor/WGM46-A-worm-gear-motor.html](https://www.gearmotordc.com/product/Worm_DC_Gear_Motor/WGM46-A-worm-gear-motor.html).
- [9] Motion Control Tips. *Self-locking in worm gears: How does it work and where is it useful?* 2017. URL: <https://www.motioncontroltips.com/when-are-worm-gears-self-locking-and-where-is-this-useful/>.
- [10] Wikipedia. *Kickstand*. 2012. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Kickstand>.
- [11] Ε. Δοϊτσιδης. «Αισθητήρια & Μετατροπείς Μηχατρονικών Συστημάτων». Στο: *Μηχατρονική, Διάλεξη 2* (2021).
- [12] Γ. Κουμαρτζάκης. *Σχεδιασμός και ανάπτυξη πλαισίου πρωτότυπου ηλεκτρικού οχήματος*. Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, 2016.
- [13] Π. Σπανουδάκης. *Σχεδίαση νέου μη - επανδρωμένου κάθετης απογείωσης - Προσγείωσης*. Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, 2003.
- [14] Λ. Σπάρταλης και Ν. Χαιρέτης. *Σημειώσεις Τεχνολογίας Παραγωγής Ι – Εργαστήριο*. Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2003.

- [15] Ε. Χρήστενας. *Μελέτη αντοχής και τοπολογική βελτιστοποίηση εμπρόσθιου ψαλιδιού ηλεκτρικής μοτοσυκλέτας*. Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, 2020.