

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ “BUGGY”



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ (Α.Μ_7322) ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ (Α.Μ_6509)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΙΡΚΑΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2021

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την διπλωματική Εργασία που εκπονήθηκε στη σχολή Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και αποσκοπεί στην μελέτη, την σχεδίαση και την ανάλυση οχήματος Buggy με σκοπό την προώθηση του για αγώνες.

Ωστόσο, πριν ξεκινήσουμε την ανάλυση του θέματος αξίζει να αναφέρουμε τους καθηγητές οι οποίοι μας στήριξαν και μας βοήθησαν ώστε να πραγματοποιηθεί η παρούσα διπλωματική Εργασία. Δεν είναι άλλοι από τον Κ. Τσίρκα Σωτήριο όπου μας βοήθησαν και με στήριξαν καθ' όλη την διάρκεια της πτυχιακή μας εργασίας, τον Κ. Γραμματικόπουλο όπου μας έδειξε τον χειρισμό του Solidcam και τα επιμέρους κομμάτια του και τον Κ. Τσινόπουλο για τις γνώσεις που μας παρείχε στο κομμάτι των μηχανικών ταλαντώσεων. Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά όλους τους διδάσκοντες του Πανεπιστημίου όπου μας στήριξαν στην προσπάθεια μας όλα αυτά τα χρόνια και μας εμπλούτισαν με τις γνώσεις τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία βασίζεται στην μελέτη, την ανάλυση και την σχεδίαση ενός οχήματος τύπου Buggy όπου θα μπορεί να διαγωνίζεται σε χωμάτινα αθλήματα “offroad races”.

Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί μια σύντομη εισαγωγή ως προς την χρησιμότητα που αποσκοπεί ένα όχημα σαν το Buggy. Ωστόσο, θα παρουσιαστούν και τα αγωνίσματα στα οποία μπορεί να πάρει μέρος και οι ρυθμίσεις που εφαρμόζονται ανά αγώνισμα.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στα μηχανικά μέρη του οχήματος όπου γίνεται επεξήγηση όλων των μερών που εφαρμόζονται επάνω στο όχημα καθώς και μερικές ιδιαιτερότητες που μπορεί να φέρουν.

Στο τρίτο κεφάλαιο ξεκινάει ο σχεδιασμός του οχήματος όπου είναι και το κύριο κεφάλαιο που αποσκοπεί η παρούσα διπλωματική εργασία. Αρχικά, αναφέρεται στα κομμάτια που σχεδιαστήκαν και στην συνέχεια τελειώνει με την τελική συναρμογή του οχήματος (assembly) ανά βήμα σχεδίασης και τοποθέτησης εξαρτημάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο έχουν γίνει οι μηχανολογικές κατεργασίες σε όσα μηχανικά κομμάτια ήταν αυτό εφικτό με γνώμονα την ελάττωση κόστους και την εχεμύθεια κατασκευής καινοτόμων εξαρτημάτων της αρέσκειας μας.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι αναλύσεις που έχουν γίνει επάνω στο όχημα το οποίο κατά κύριο λόγο αποσκοπεί για αγωνιστικούς παράγοντες. Εμφανίζονται, οι αναλύσεις τους συστήματος μετάδοσης κίνησης, της ανάρτησης αλλά και διάφοροι παράμετροι που μπορούμε να επεξεργαστούμε εν ώρα αγώνα για καλύτερα αποτελέσματα επίδοσης του οχήματος.

ΠΕΡΙΟΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	ii
Περίληψη.....	iii
Αίτηση φοιτητών.....	v
1. ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΙΔΕΑΣ	
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Αγώνισμα και προδιαγραφές.....	2
1.3 Αγώνισμα ταχύτητας κλειστής διαδρομής.....	3
1.4 Χωμάτινο αγώνισμα κλειστής διαδρομής.....	4-6
1.5 Όχημα τύπου Buggy για τουριστική χρήση.....	7
2. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΤΥΠΟΥ BUGGY	
2.1 Πλαίσιο.....	8-9
2.2 Κινητήρας.....	10
2.3 Μετάδοση κίνησης.....	11
2.4 Τροχοί.....	12
2.5 Εργονομία και ηλεκτρολογικός εξοπλισμός.....	13
2.6 Σύστημα ανάρτησης.....	14-16
3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ BUGGY ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SOLIDWORKS	
3.1 Εισαγωγή σχεδιασμού.....	17-18
3.2 Σωληνωτό πλαίσιο Buggy οχήματος.....	19-28
3.3 Σύστημα αναρτήσεων.....	28-30
3.4 Άκρα οχήματος εμπρόςθιου και πίσω άξονα.....	30-31
3.5 Σύστημα μετάδοσης κίνησης.....	32-34
3.6 Κινητήρα οχήματος.....	35-37
3.7 Μουαγιέ τροχών, φρένα, ζάντες & ελαστικά.....	38-39
3.8 Εργονομία οχήματος.....	40-42
3.9 Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός και μηχανικά μέρη σύνδεσης.....	43-44
3.10 Φωτισμός.....	45
3.11 Προοδευτική συναρμολόγηση οχήματος Buggy.....	46-57
4. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SOLIDCAM	
4.1 Βάση διαφορικού.....	58-70
4.2 Οδοντωτός τροχός διαφορικού.....	71-76
4.3 Οδοντωτός τροχός κινητήρα.....	77-79
4.4 Ψαλίδια οχήματος.....	80-82
4.5 Δάπεδα οχήματος.....	83

5. ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ BUGGY

5.1 Περιγραφική ανάλυση συστήματος ανάρτησης.....	84-86
5.2 Περιγραφική ανάλυση συστήματος μετάδοσης κίνησης.....	87-88
5.3 Στατική αντοχή σύγκρουσης οχήματος (Solidworkssimulation.....	89-99
5.4 Ανάλυση συστήματος μετάδοσης κίνησης.....	100-104
5.5 Έλεγχος αντοχής οδοντωτών τροχών και αλυσίδας.....	105-106
5.5.1 Υπολογισμός διαμέτρου ενεργείας μικρού αλυσοτροχού.....	107
5.5.2 Υπολογισμός ροπής στρέψης μικρού γραναζιού.....	107
5.5.3 Υπολογισμός περιφερικής δύναμης U	107
5.5.4 Υπολογισμός ταχύτητας αλυσίδας u	107
5.5.5 Υπολογισμός φυγοκεντρικής δύναμης.....	107-108
5.6 Αντοχή κινητήριου οδοντωτού τροχού.....	109
5.6.1 Υπολογισμός ασκούμενης δύναμης F_t	109
5.6.2 Υπολογισμός γεωμετρικού συντελεστή J	110
5.6.3 Υπολογισμός συντελεστή υπερφόρτωσης.....	110
5.6.4 Υπολογισμός δυναμικού συντελεστή εξαρτώμενος από την γραμμική ταχύτητα.....	111
5.6.5 Υπολογισμός συντελεστής μεγέθους.....	112
5.6.6 Υπολογισμός συντελεστή διανομής φορτίου.....	112
5.6.7 Υπολογισμός συντελεστή πάχους στεφάνης.....	112-113
5.6.8 Υπολογισμός επιτρεπόμενης καμπτικής τάσης.....	113
5.6.9 Υπολογισμός επιτρεπόμενης καμπτικής τάσης του υλικού.....	114
5.6.10 Υπολογισμός κύκλων φόρτωσης.....	114
5.6.11 Υπολογισμός συντελεστή διάρκειας ζωής.....	115
5.6.12 Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας.....	115
5.6.13 Υπολογισμός συντελεστή θερμοκρασίας.....	116
5.6.14 Υπολογισμός συντελεστή αξιοποίησης.....	116-119
5.7 Ανάλυση συστήματος ανάρτησης.....	120-123
5.7.1 Κινηματική ανάλυση συστήματος ανάρτησης.....	124-127
5.7.2 Ανάλυση συστήματος ανάρτησης ως προς την δόνηση.....	127

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας όπως Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όπως πηγές όπως οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω όπως ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή όπως εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής
Μαρκόπουλος Ανδρέας



(Υπογραφή)

Ο Φοιτητής
Μαρκόπουλος Δημήτρης

ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ


(Υπογραφή)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1. ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΙΔΕΑΣ

1.1 Εισαγωγή

Με γνώμονα όπως σχεδιαστικές γνώσεις που όπως παρείχαν από το Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου και όπως μηχανολογικές κατεργασίες που έχουν διδαχθεί αποφασίσαμε στην μελέτη και την σχεδίαση όπως οχήματος τύπου Buggyόπου κατά κύριο λόγο η χρησιμότητα του θα αποσκοπεί στην χρήση για χωμάτινους αγώνες. Η ιδέα πίσω από αυτό το project ήρθε βλέποντας στο ίντερνετ διάφορα τέτοιου είδους οχήματα. Με βασικό κριτήριο τις γνώσεις που μας παρείχαν οι διδάσκοντες πάρθηκε η απόφαση να μελετήσουμε και να σχεδιάσουμε εξ' ολοκλήρου ένα όχημα από την αρχή ώστε να το φτάσουμε σε ένα ολοκληρωμένο ικανοποιητικό επίπεδο. Έτσι, με αυτή την ιδέα θα μπορέσουμε να φέρουμε στην επιφάνεια μία καινοτόμα και δημιουργική κατασκευή και παράλληλα θα μπορούμε να βοηθήσουμε και το ευρύ κοινό ή τον εκάστοτε μηχανικό που θα ήθελε να ασχοληθεί με μια τέτοια ιδέα, παρέχοντας του όμως απαραίτητες διαστάσεις , τα σχέδια και όπως αναλύσεις.



Εικόνα 1 : Wikipedia

1.2 ΑΓΩΝΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Ξεκινώντας, ένα όχημα τύπου Buggy χρήση του είναι απέραντη. Μπορεί, να χρησιμοποιηθεί ως αγωνιστικό όχημα για ασφαλτο, ή ως αγωνιστικό όχημα για χωμάτινους αγώνες. Ωστόσο, τον τελευταίο διάστημα πολλοί χρησιμοποιούν αυτήν την πλατφόρμα ώστε να δημιουργήσουν ένα όχημα που θα καλύπτει τα γούστα και όπως απαιτήσεις όπως είτε ως όπως το αγωνιστικό κομμάτι είτε όπως ένα όχημα αναψυχής που μπορείς να το χρησιμοποιείς σε διαδρομές όπου η κυκλοφορία είναι περιορισμένη κυρίως σε ορεινά σημεία. Ωστόσο, ένα τέτοιου είδους όχημα δεν μπορεί να βγει σε δημόσιο δρόμο καθώς δεν έχει πιστοποίηση οχήματος που να μπορεί να κυκλοφορεί κανονικά.



Εικόνα 1.1 : Ενδεικτική φωτογραφία οχήματος με σούστες caroto.gr

Όπως φορές, υπάρχουν μηχανικοί που σχεδιάζουν και φτιάχνουν Buggy με ασφαλείς προδιαγραφές όπως ορίζει ο κανονισμός των επιβατικών αυτοκινήτων και δημιουργούν οχήματα τύπου Buggy αλλά με πλήρης ασφάλεια ως όπως τον οδηγό. Ένα, τέτοιου είδους όχημα έχει δημιουργήσει η εταιρία CATERHAM όπου εστίασε στην δημιουργία όπως οχήματος buggy με προδιαγραφές κανονικού επιβατικού αυτοκινήτου.

1.3 ΑΓΩΝΙΣΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

Οι αγώνες ταχύτητας όπως ονομάζονται δηλαδή αγώνες σε κλειστές πίστες ασφάλτου ξεκίνησαν από την Formula 1 όπου και εκεί φτιάχτηκε με κοινή λογική ένα πλαίσιο (σασί) με προδιαγραφές πολύ ανώτερες από ένα Buggy, διότι αναπτύσσονται πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες και θα πρέπει να εξασφαλίζεται η ασφάλεια του οδηγού σε περίπτωση ατυχήματος. Ωστόσο, στην Formula 1 κατά το πέρασμα των χρόνων οι μηχανικοί εστίασαν στην ελάττωση του βάρους χρησιμοποιώντας καινοτόμα υλικά όπου παρέχουν μέγιστη αντοχή, στιβαρότητα και μειωμένο βάρος. Ωστόσο, η σχεδίαση και η κατασκευή όπως Buggy οχήματος διαφέρει και ως όπως το βάρος και την στιβαρότητα.



Εικόνα 1.2 : Buggy κατασκευή για αγώνισμα ανάβασης PikespeakShopitel.top

Δίχως να μπαίνουμε σε άσκοπες λεπτομέρειες παρατηρούμε ότι ένα όχημα θα έχει διαφορετικές προδιαγραφές ανάλογα την χρήση που προορίζεται. Ουσιαστικά, τα οχήματα τέτοιου είδους για άσφαλο θα πρέπει να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε σε περίπτωση σύγκρουσης να εξασφαλίζεται η πλήρης ασφάλεια του οδηγού εσωτερικά του οχήματος. Για παράδειγμα τέτοιου είδους αγωνίσματα είναι η διάσημη ανάβαση όπου γίνεται στην Αμερική το “PikesPeak” όπου ένα αγώνισμα απαρτίζεται και από οχήματα τύπου Buggy. Ωστόσο, τέτοιοι αγώνες είναι και οι πιο σοβαροί στο να λάβει υπόψιν του κάποιος την ασφάλεια του οχήματος. Κατά κύριο λόγο είναι αγώνες σε βουνό όπου σε περίπτωση λάθους του οδηγού ανά πάσα στιγμή το όχημα θα έρθει αντιμέτωπο με όπως δυνάμεις που θα του ασκηθούν όπως σωληνώσεις κατά την αναποδογυρίση του. Σε τέτοιου είδους αγώνες συνηθίζεται η χρήση σωληνώσεων να σχεδιάζεται σε σχήμα χιαστί σε σημεία όπου θα πρέπει να κρατήσει την πλήρη παραμόρφωση του στο μηδέν. Τέλος, οχήματα Buggy των συγκεκριμένων

αγωνισμάτων συνηθίζεται να φέρουν σωληνώσεις «μασίφ» δηλαδή ατόφιεσ εσωτερικά σε κύρια σημεία όπως στα πλάγια του οδηγού, στο επάνω μέρος του οδηγού και στο μπροστά σημείο όπως μύτης. Τα οχήματα αυτά πριν από κάθε αγώνα ελέγχονται αυστηρώσ από όπως διοργανωτέσ με προδιαγραφές που ορίζει ο παγκόσμιος οργανισμόσ F.I.A.

1.4 ΧΩΜΑΤΙΝΟ ΑΓΩΝΙΣΜΑ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

Το αγώνισμα αυτό είναι και το πιο δημοφιλές που έχουμε συνηθίσει να βλέπουμε όλοι όπως τα Buggy. Είναι οι αγώνες τύπου offroad δηλαδή αγώνες εκτός δρόμου. Όπως χωμάτινους αγώνες ισχύουν οι όπως προδιαγραφές με εξαιρέσεις όπως ότι αλλάζει η γεωμετρία όπως ανάρτησης και τα υλικά των επιμέρων εξαρτημάτων. Λόγο, των μεγάλων δυνάμεων που δέχονται κατά την πτώση από άλμα του οχήματος το όχημα θα πρέπει να διαθέτει στιβαρά ψαλίδια και αναρτήσεις ώστε κατά την πρόσκρουση με το έδαφος να μπορεί να απορροφήσει ουσιαστικά τα φορτία που θα του ασκηθούν. Συνηθίζεται οχήματα τέτοιων προδιαγραφών τα μέρη που καταπονούνται να αντικαθίστανται σχεδόν πάντα ανά ένα με δύο αγώνες. Τα οχήματα Buggy χωμάτινων προδιαγραφών ωστόσο ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες.

Η πρώτη κατηγορία είναι η ανεξάρτητη ανάρτηση με τα αμορτισέρ να πιάνουν επάνω στο πλαίσιο όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 1.3.

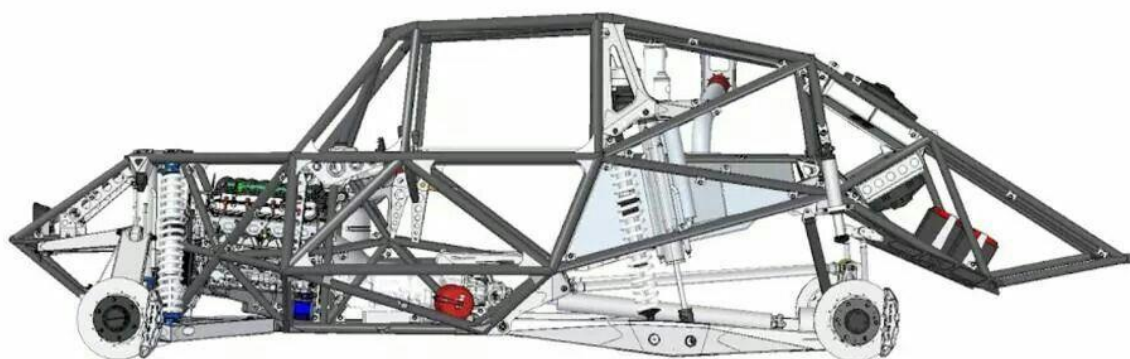


 dreamstime.com

ID 132260264 © Stokydoky

Εικόνα 1.3 : Buggy κατασκευή για αγώνισμα χώματος Dreamtime.com

Στην συνέχεια η τεχνολογία άρχισε να εξελίσσεται ραγδαία και να πιέζει όπως μηχανικούς να γίνονται ανταγωνιστικοί όλο ένα και παραπάνω. Έτσι, σκέφτηκαν την ιδέα σχεδίασης και κατασκευής όπως ενιαίου συστήματος όπου θα μπορεί να αποσβένει όπως κρούσεις από το έδαφος κατά την πτώση. Η κατασκευή αυτή αποτελείται από μια ειδικά διαμορφωμένη ράβδο που εφαρμόζει στο πλαίσιο όπου δεξιά και αριστερά φέρει δύο ράβδους που συγκρατεί όλο το σύστημα στο οποίο εφαρμόζουν οι τροχοί.



KINETIK
CAMBURG BUILT RACE VEHICLES

Εικόνα 1.4 : Βuggyκατασκευή για αγώνισμα χώματος



Εικόνα 1.5 : Σύστημα ανάρτησης τύπου ταιραγιά για buggyόχημα (Colemanracing)

1.5 Όχημα τύπου Buggy για τουριστική χρήση

Σε πολλά τουριστικά μέρη, ακόμη και σε Ελληνικά νησιά παρατηρείται η χρήση οχημάτων τύπου Buggy. Ο λόγος που χρησιμοποιούν οι επιχειρηματίες τέτοιου είδους οχήματα είναι για να τραβήξουν τον κόσμο και να προσφέρουν την καλύτερη δυνατή εμπειρία όπως επισκέπτες. Πολλοί επισκέπτες πάνε σε διάφορα μέρη κυρίως καλοκαιρινούς μήνες ώστε να απολαύσουν όπως διακοπές όπως. Με την κοινή ιδέα διαφόρων καταστηματαρχών να παρέχουν όπως επισκέπτες την καλύτερη δυνατή εμπειρία που μπορούν ώστε να μπορούν ο επισκέπτες να εξερευνήσουν τον τόπο και να περάσουν όμορφα χρησιμοποιούν οχήματα Buggygόπου ο κάθε όπως από εμάς μπορεί να χρησιμοποιήσει με την υπόδειξη ότι διαθέτει δίπλωμα οδήγησης επιβατικού οχήματος. Με τον τρόπο αυτό ο επισκέπτης μπορεί να ξεναγήσει τον τόπο που έχει επισκεφθεί και παράλληλα να νιώθει την ομορφιά όπως φύσης εφόσον το Buggyείναι ανοιχτό περιμετρικά και δεν κατακλίνεται από τζάμια. Όπως μέρες όπωςBuggyχρησιμοποιούνται σε πολλά τουριστικά νησιά στην Ελλάδα ή ακόμη και σε αρχαιολογικούς χώρους. Παρακάτω παρουσιάζεται μια απεικόνιση τέτοιου οχήματος.



Εικόνα 1.6 : Buggytουριστικής χρησιμότητας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Μηχανολογικός εξοπλισμός και περιγραφή εξαρτημάτων οχήματος Buggy

Αρχικά, τα εξαρτήματα που απαρτίζουν ένα τέτοιο όχημα είναι κοινά με αυτά του επιβατικού αυτοκινήτου. Ωστόσο, σε πολλά ίδιο-κατασκευασμένα τέτοια οχήματα συνηθίζεται μάλιστα να χρησιμοποιούνται και εξαρτήματα από αυτοκίνητα όπως άκρα, τιμόνια και πολλά άλλα.

2.1 Πλαίσιο οχήματος

Πλαίσιο: Το πλαίσιο που χρησιμοποιείται είναι κατά κύριο λόγο κατασκευασμένο από σωληνώσεις τετραγωνικής ή κυκλικής διατομής. Πολλοί μηχανικοί επιλέγουν να ξεκινούν την βάση τους από κάτω με τετραγωνικής διατομής και στην συνέχεια να συνδέουν όλο το υπόλοιπο σασί με κυκλικής διατομής σωληνώσεις ώστε να είναι πιο εύκολο το μοντάρισμα και η συγκόλληση τους. Παρακάτω παρουσιάζονται πλαίσια οχημάτων Buggy διαφορετικής γεωμετρίας.



Εικόνα2: Πλαίσιο ερασιτεχνικής χρήσης HiBid.com



Εικόνα2.1 : Πλαίσιο για αγωνιστική χρήση ασφάλτου



Εικόνα 2.2 : Πλαίσιο για επαγγελματική αγωνιστική χρήση χώματος

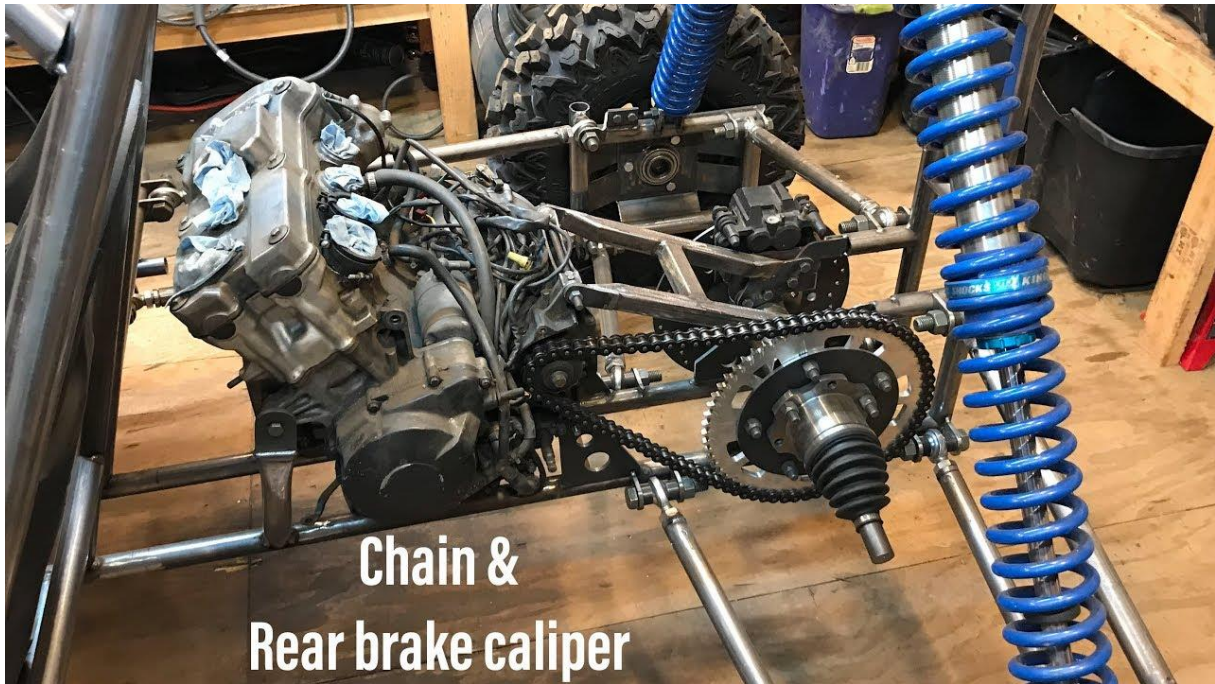


Εικόνα 2.3 : Πλαίσιο για επαγγελματική αγωνιστική χρήση σε διεθνείς αγώνες

Κινητήρας: ο κινητήρας που χρησιμοποιείται στα Buggyσυνήθιζεται να είναι από μοτοσυκλέτα λόγο της γεωμετρίας που είναι τοποθετημένος και της εύκολης στερέωσης του με χειροποίητες βάσεις μηχανής. Ωστόσο, μερικοί προτιμούν και κινητήρες από συμβατικά αυτοκίνητα αλλά προϋποθέτειςτιβαρότερη κατασκευή πλαισίου και συνεπώς μεγάλη αύξηση βάρους. Στην περίπτωση όπου το όχημα διαθέτει κινητήρα μοτοσυκλέτας η μετάδοση απλουστεύει εφόσον συνδέουμε απλά το γρανάζι του διαφορικού που θα τοποθετήσουμε με το γρανάζι του κινητήρα. Παρακάτω, παρουσιάζονται οι δύο κατηγορίες Buggy.



Εικόνα 2.4 : Buggy με κινητήρα συμβατικού αυτοκινήτου



Εικόνα 2.5 : Buggy με κινητήρα μοτοσυκλέτας

Μετάδοση κίνησης: η μετάδοση της κίνησης διαφέρει ανάλογα τον τύπο του κινητήρα που θα τοποθετήσουμε. Για κινητήρα αυτοκινήτου με κίνηση πίσω RWD η μετάδοση γίνεται μέσω του συμπλέκτη έπειτα στον σταυρό προς το διαφορικό και εν συνεχεία διανομή της κίνησης στα ημιαξόνια. Για κινητήρα όπου η μετάδοση θα είναι μπροστινής κίνησης το σασμάν εφαρμόζει ακριβώς δίπλα από τον κινητήρα και η κίνηση είναι έρχεται κατά τον ίδιο τρόπο μέσω του διαφορικού που είναι τοποθετημένο εσωτερικά κατευθείαν στους τροχούς. Τέλος, για Buggyπου χρησιμοποιούν κινητήρα μοτοσυκλέτας η κίνηση μεταδίδεται μέσω διαφορικού όπου εφαρμόζει ο οδοντωτός τροχός επάνω. Ουσιαστικά το γρανάζι του στροφαλοφόρου άξονα μεταδίδει την κίνηση προς το γρανάζι του διαφορικού και κατά συνέπεια τα ημιαξόνια παραλαμβάνουν την κίνηση αυτή κινώντας έτσι τους τροχούς του οχήματος αυτού.

Τροχοί: Οι τροχοί που χρησιμοποιούνται ποικίλουν ανάλογα με την χρήση που προορίζεται το συγκεκριμένο όχημα. Για παράδειγμα σε ένα buggyτο οποίο είναι ερασιτεχνικό χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο λάστιχα εμπορίου και ζάντες εργοστασιακές αυτοκινήτων κυρίως από ρεζέρβες για ελάττωση κόστους. Σε αγωνιστικό επίπεδο σε buggyδρόμου χρησιμοποιούνται ελαστικά τύπου slickή semislickμε ζάντες ελαφρωμένες ή ειδικά διαμορφωμένες μικρών διαστάσεων από 13άρες έως 15άρες. Για χωμάτινη χρήση buggyτότε τα ελαστικά που τοποθετούνται έχουν πολύ μεγαλύτερο προφίλ από αυτά του δρόμου και το πέλμα τους είναι από εξογκώματα (τραχτερωτό λάστιχο). Ο λόγος είναι για να έχουν περισσότερη και καλύτερη πρόσφυση με το έδαφος κατά την ώρα του αγώνα.



Εικόνα 2.6 : Ελαστικό ερασιτεχνικής χρήσης



Εικόνα 2.7 : Ελαστικό και ζάντες αγωνιστικής ασφάλτου χρήσης Yokohama



Εικόνα 2.8 : Ελαστικό και ζάντες αγωνιστικής χωμάτινης χρήσης Ultra4Racing

Εργονομία και ηλεκτρολογικός εξοπλισμός: Η χρήση της εργονομίας επάνω στο όχημα καθιστά την ευκολία του χειριστή (οδηγού) με το buggy. Ξεκινώντας, στις πιο πολλές κατασκευές καθιστάτε απαραίτητο η τοποθέτηση bucketκαθίσματος ώστε να εξασφαλίζεται η ασφάλεια του οδηγού σε περίπτωση ατυχήματος αλλά και να συγκρατείται σταθερά ο ίδιος ο οδηγός κατά την πορεία. Στην συνέχεια η διευκόλυνση προς τον χρήστη είναι να μπορεί να ρυθμίζει όλη την εργονομία του οχήματος μόνος του καθιστώντας έτσι εύκολη την οδήγηση του. Με γνώμονα αυτό τοποθετούνται ειδικές διαδρομές που εφαρμόζουν με πείρους στο δάπεδο του οχήματος με σκοπό να μπορεί ο εκάστοτε οδηγός να ρυθμίζει το κάθισμα που ακριβώς το θέλει. Επιπλέον, κύριο και σημαντικότερο είναι το όχημα να διαθέτει τον απαιτούμενο ηλεκτρολογικό εξοπλισμό όπως τον διακόπτη διακοπής λειτουργίας του κινητήρα ώστε σε περίπτωση που αναποδογυρίσει το buggy να σβήσει ακαριαία. Τέλος το τιμόνι θα πρέπει να είναι συνεφθιακά με τον οδηγό και η πεταλιέρα να έχει εξίσου ρυθμίσεις τοποθέτησης.

Παρακάτω, παρουσιάζονται οι δύο τύποι ηλεκτρονικών πινάκων που διαθέτει ένα τέτοιου είδους όχημα. Στην πρώτη φωτογραφία εμφανίζεται οι διακόπτες που χρησιμοποιούνταν για πολλά χρόνια και στην δεύτερη φωτογραφία οι διακόπτες που χρησιμοποιούνται πρόσφατα της Motec. Οι διακόπτες της Motecωστόσο συνδέονται μέσω εγκεφάλου με την λειτουργία του κινητήρα με αποτέλεσμα σε περίπτωση δυσλειτουργίας να μπορεί να στείλει σήμα πως κάτι δούλεψε σωστά και να σβήσει ο κινητήρας έγκαιρα.



Εικόνα 2.9 : Ηλεκτρονικός πίνακας ελέγχου οχήματος Buggy



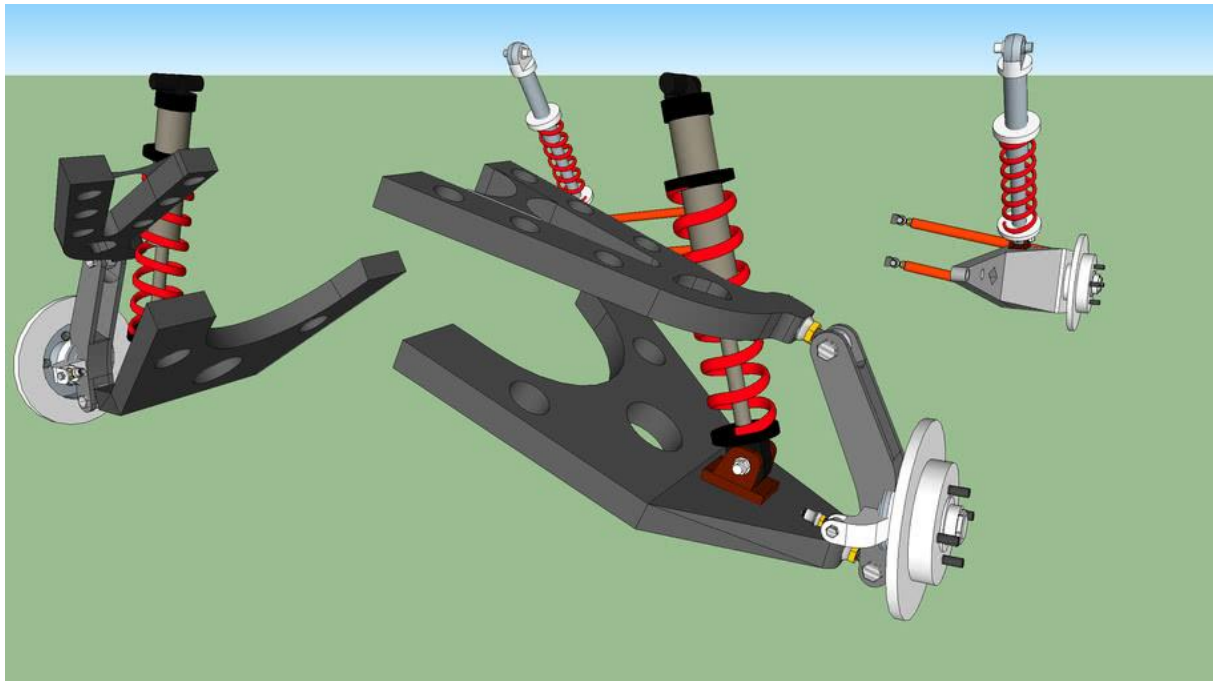
Εικόνα 2.10 : Σύγχρονος ηλεκτρονικός έλεγχος οχήματος Buggy

Σύστημα ανάρτησης: Στα σωληνωτά οχήματα τύπου Buggy, formula , gokart και λοιπά συνηθίζεται η χρήση ανεξάρτητης ανάρτησης. Ο συγκεκριμένος τύπος αναρτήσεων οδηγεί σε πλεονεκτήματα τα οποία εμφανίζονται και στην απόδοση του οχήματος. Αρχικά, το βάρος είναι μικρότερο σε σχέση με την κοινή ανάρτηση που χρησιμοποιούν τα συμβατικά αυτοκίνητα. Ο τρόπος δημιουργίας τους χωρίζεται ανάλογα τα εξαρτήματα που επιλέγει ο κάθε μηχανικός. Αρκετοί, επιλέγουν τα ψαλίδια να είναι σωληνωτά συνδεδεμένα μέσω συγκόλλησης και να εφαρμόζουν μέσω ειδικών βάσεων επάνω στο πλαίσιο. Ωστόσο, σε περιπτώσεις όπου θέλουμε να εξασφαλίσουμε στιβαρότητα, αντοχή και παράλληλα μειωμένο βάρος χρησιμοποιούμε ψαλίδια με ελαφρύνσεις που θα μπορούν να αντέξουν τα φορτία που θα τους ασκούνται επάνω.

Έτσι, και στην παρούσα διπλωματική εργασία έχουν επιλεγεί ψαλίδια συμπαγείς στο σχεδιασμό με ελαφρύνσεις στον εσωτερικό τους ώστε να εξασφαλίσουμε την μέγιστη αντοχή που μπορούμε και το λιγότερο δυνατό βάρος.



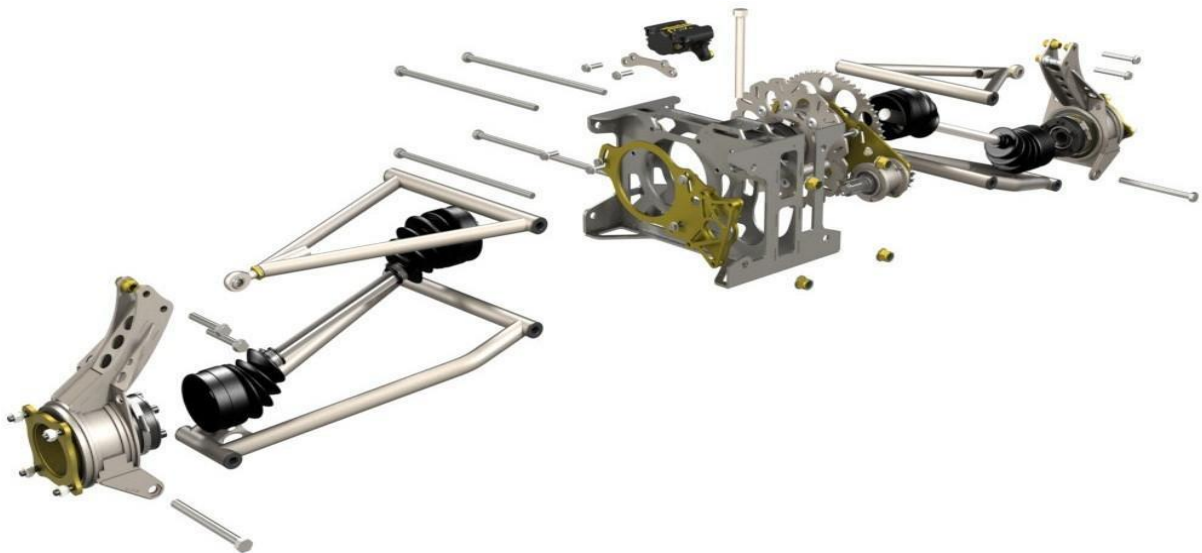
Εικόνα 2.11 : Σωληνωτές ψαλίδια



Εικόνα 2.12 : Συμπαγές ψαλίδια 3dwarehouse.com

Στην συνέχεια τα άκρα που εφαρμόζουν με τα ψαλίδια σχεδιάζονται και κατασκευάζονται από το εκάστοτε μηχανικό για να καλύψει τις ανάγκες υπολογισμού των παραμέτρων που έχει ορίσει. Με τον όρο των παραμέτρων εννοούμε το βάρος που θα ασκηθεί επάνω του, τις δυνάμεις που θα ασκούνται και τις κρούσεις κατά την ώρα της διαδρομής. Ωστόσο, η σχεδίαση και η δημιουργία των άκρων διαφέρει από Buggyσε Buggyαναλόγως την χρήση που προορίζονται. Σε τέτοια οχήματα τουριστικών προδιαγραφών για παράδειγμα μπορούμε να φτιάξουμε μια είδη υπάρχον κατασκευή με άκρα συμβατικού αυτοκινήτου. Εν όψη αγωνιστικού τομέα όμως και πιο αυστηρών κανονισμών τα άκρα πρέπει να σχεδιαστούν και να καταργαστούν σε CNCτις πιο πολλές φορές ώστε να επέλθει το επιθυμητό αποτέλεσμα που ζητάει ο κατασκευαστής.

Διάφοροι, τύποι άκρων κυκλοφορούν όπως τα συμπαγή ή ακόμη και άκρα μέσω δικτυωμάτων.



Εικόνα 2.13 : Άκρα συμπαγής της TheedgeProducts



Εικόνα 2.14 : Άκρα ειδικά διαμορφωμένα της Fxbuggy

Κεφάλαιο 3^ο

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ BUGGYΜΕΣΩ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SOLIDWORKS

Στο κεφάλαιο του σχεδιασμού θα γίνει λεπτομερές ανάλυση ξεχωριστά των εξαρτημάτων ώστε να φτάσουμε στην τελική συναρμολόγηση των επιμέρων κομματιών που απαρτίζουν το Buggy. Αρχικά, ο σχεδιασμός θα γίνει με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Solidworkστο οποίο μας δίνει την ευχέρεια να μπορούμε να σχεδιάσουμε και να παρουσιάσουμε την ιδέα από το στάδιο σύλληψης της προς το στάδιο παρουσίασης της.



Εικόνα 3 : Ενδεικτική φωτογραφία λογότυπου Solidworks

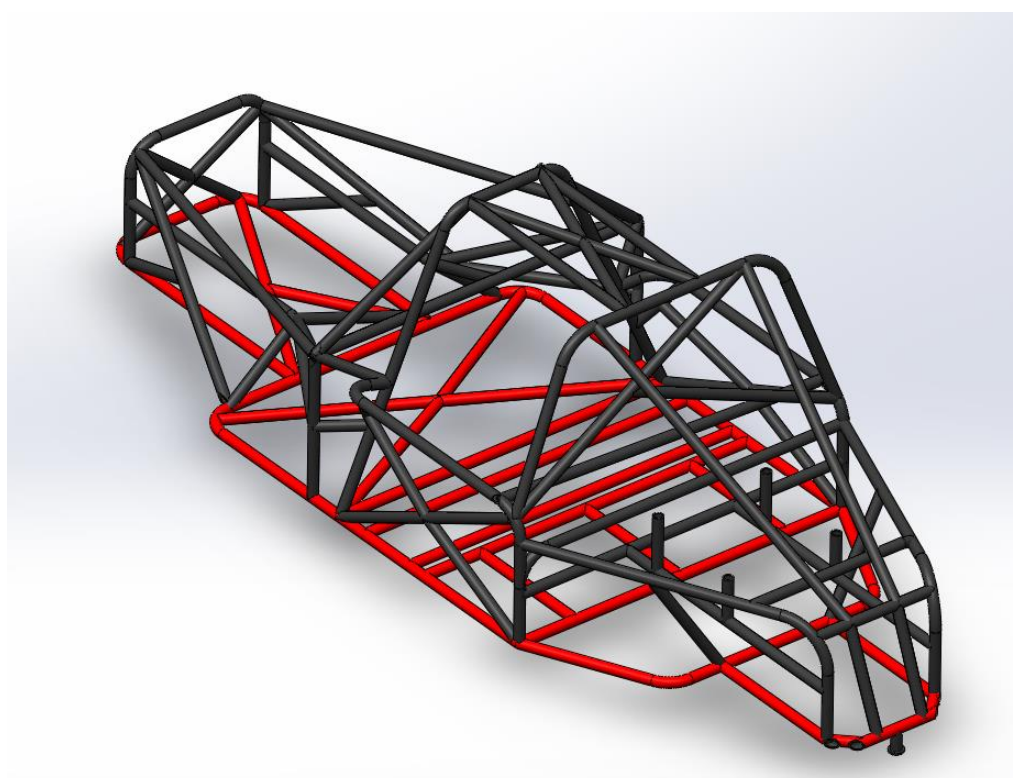
Αρχικά το όχημα μας αποτελείται από αρκετά εξαρτήματα διαφόρων συστημάτων όπου συνδέονται και καταλήγει στο τελικό assembly. Τα κύρια συστήματα όπου από σκοπούν και τα περισσότερα μηχανικά μέρη είναι το σύστημα ανάρτησης, το σύστημα μετάδοσης κίνησης, το σύστημα διεύθυνσης και η εργονομία που μπαίνει στο όχημα. Παρακάτω, θα παρουσιαστούν με την σειρά όλα τα μηχανικά μέρη που πήραν μέρος στην σχεδίαση καθώς και η σειρά που πραγματοποιήθηκε έως την τελική υλοποίηση του σχεδίου.

Σχέδια Solidworks (parts)

1. Σωληνωτό πλαίσιο Buggy οχήματος
2. Βάσεις ανάρτησης τοποθετημένες επάνω στο σασί
3. Ανάρτηση οχήματος (εσωτερική μπουκάλα & εξωτερικός δακτύλιος)
4. Ψαλίδια επάνω και κάτω πλευράς τοποθέτησης σχεδιασμένα καταλλήλως
5. Άκρα
6. Μουαγιέ τροχού
7. Διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης
8. Ρουλεμάν διαφορικού
9. Ρουλεμάν άκρων
10. Ημιαξόνια
11. Βάσεις διαφορικού
12. Φούσκες
13. Δισκόπλακες
14. Γρανάζι διαφορικού «55 δόντια»
15. Γρανάζι κινητήρα 13... 15 δόντια
16. Αλυσίδα
17. Κινητήρας CBR 600cc
18. Ζάντες & ελαστικά
19. Κώνος τιμονιού
20. Τιμόνι Sparco με πατούρα και αποσπώμενη υποδοχή
21. Βάση πολυεστερική για συγκράτηση κατράν
22. Αγωνιστικό κατράν της Motec
23. Υδραυλικό χειρόφρενο
24. Λεβιές ταχυτήτων
25. Βάση χειροποίητη συγκράτησης εργονομίας
26. Ηλεκτρονικοί διακόπτες (switches)
27. Φώτα φρένων LED
28. Φώτα πορείας
29. Καθρέφτης οχήματος
30. Recaro κάθισμα

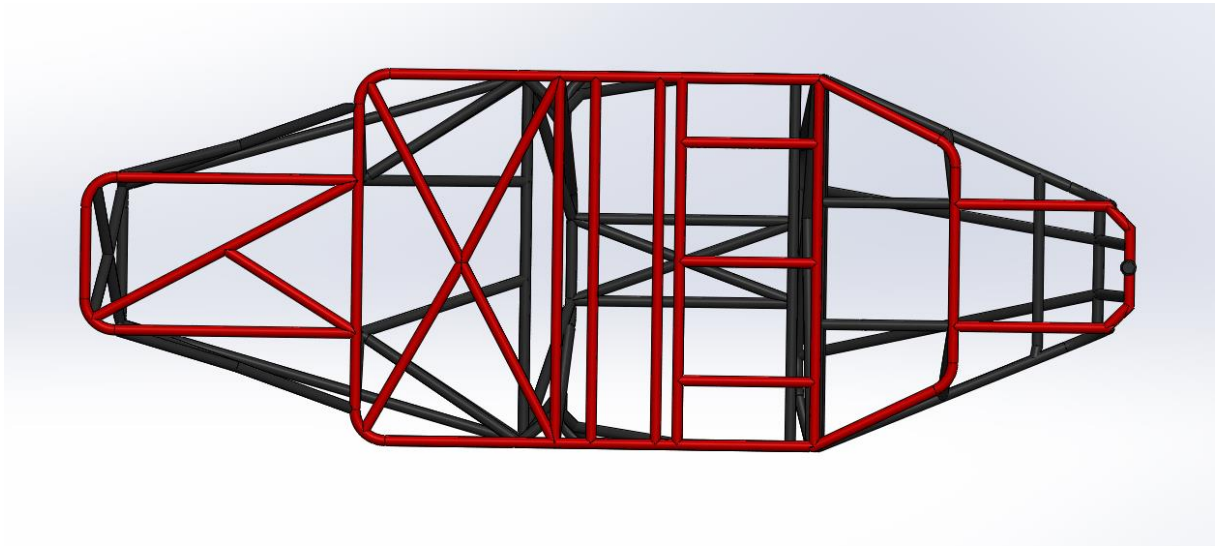
3.1 Σωληνωτό πλαίσιο Buggy οχήματος

Ο σχεδιασμός του πλαισίου έγινε με συγκεκριμένη σειρά κατασκευής και συγκόλλησης που θα γινόταν και στην πραγματικότητα. Ξεκινώντας, αρχίσαμε με τον σχεδιασμό ενός τετράγωνου σωληνωτού σχήματος όπου θα είναι το κύριο μέρος (καβούκι) όπου θα βρίσκεται ο οδηγός. Ο λόγος που θελήσαμε να ξεκινήσουμε από εκεί είναι για να εξασφαλίσουμε την πλήρη ασφάλεια του οδηγού εξ'αρχής πριν προχωρήσουμε σε επιμέρους λεπτομέρειες. Παρακάτω, στην εικόνα 3.1 παρουσιάζεται η βάση που σχεδιάστηκε και όπου θα πατήσουν και οι υπόλοιπες σωληνώσεις επάνω.

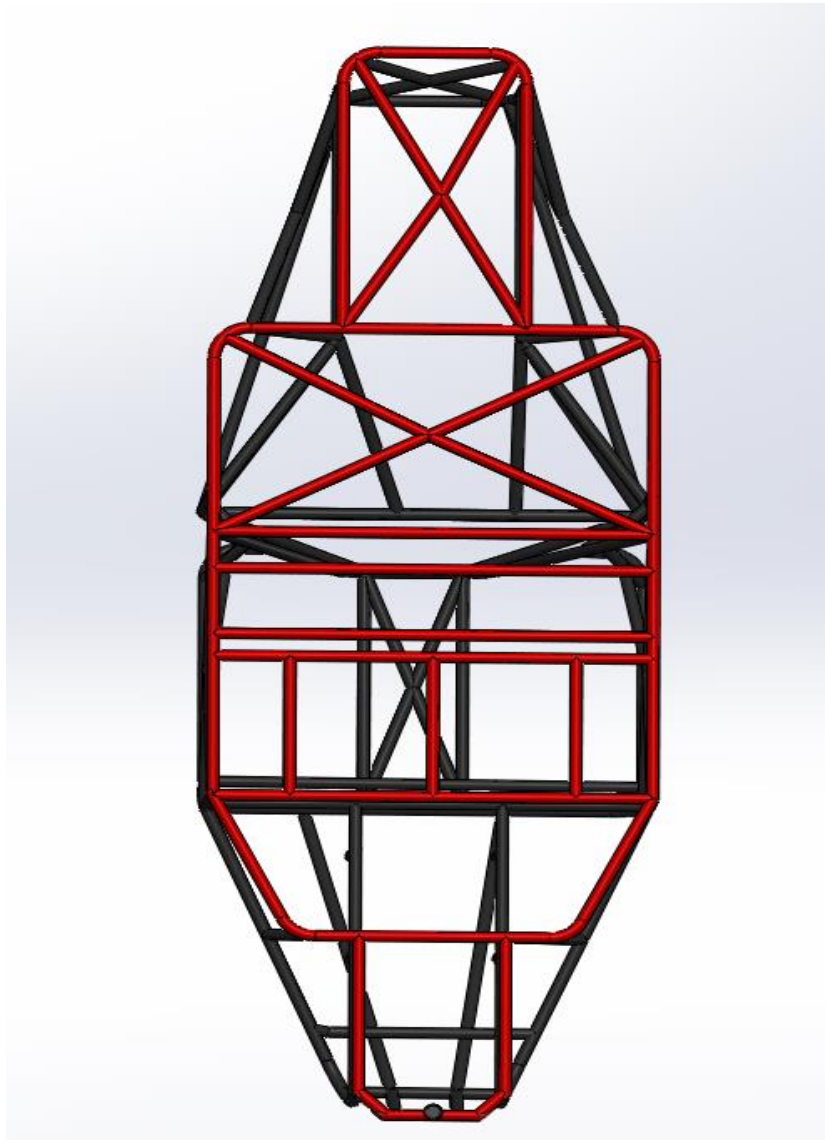


Εικόνα 3.1 : Φωτογραφία βάσης πλαισίου_1

Ωστόσο, στο σημείο όπου είναι η καμπύλα παρατηρείτε η τοποθέτηση παραπάνω σωληνώσεων. Κύριο μέλημα μας είναι σαφώς να έχουμε μειωμένο βάρος για βέλτιστη απόδοση με γνώμονα πάντα τα όρια που πρέπει να κρατάμε ώστε να εξασφαλίζεται στο έπακρον η ασφάλεια του οδηγού. Στο σημείο αυτό εγκαθίστανται παραπάνω σωληνώσεις ώστε το πλαίσιο να αποκτήσει στιβαρότητα και να μπορεί να αντέξει τα φορτία σε περίπτωση αναποδογύρευσης ή ακόμη και ατυχήματος.

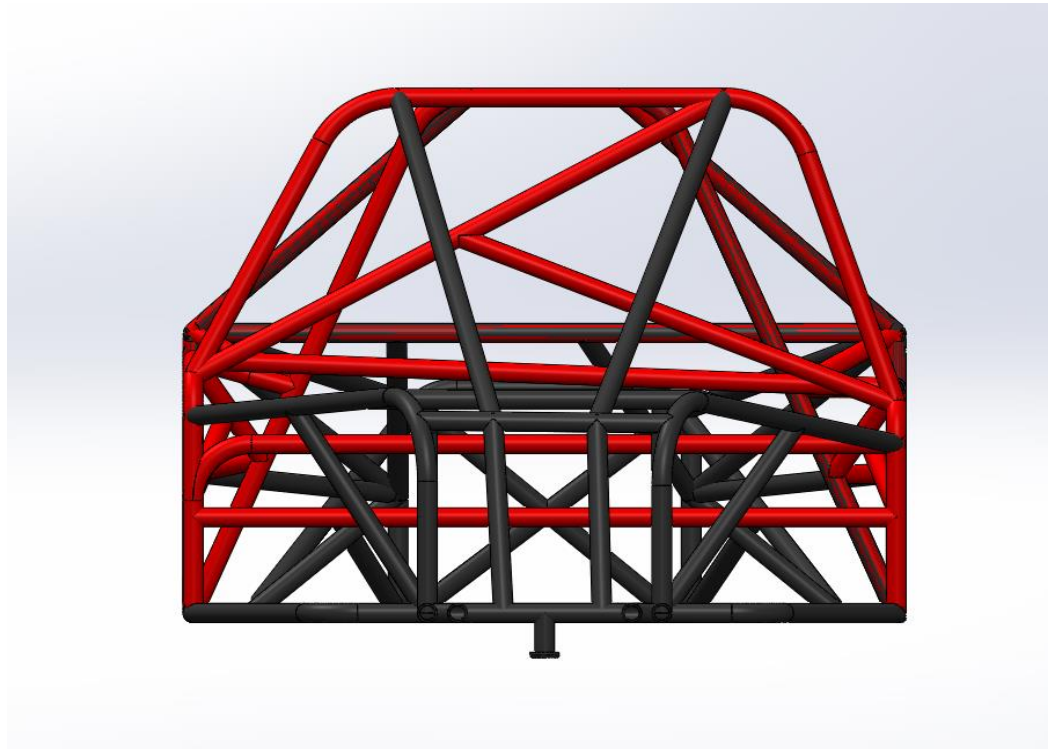


Εικόνα 3.2 : Φωτογραφία βάσης πλαισίου_2

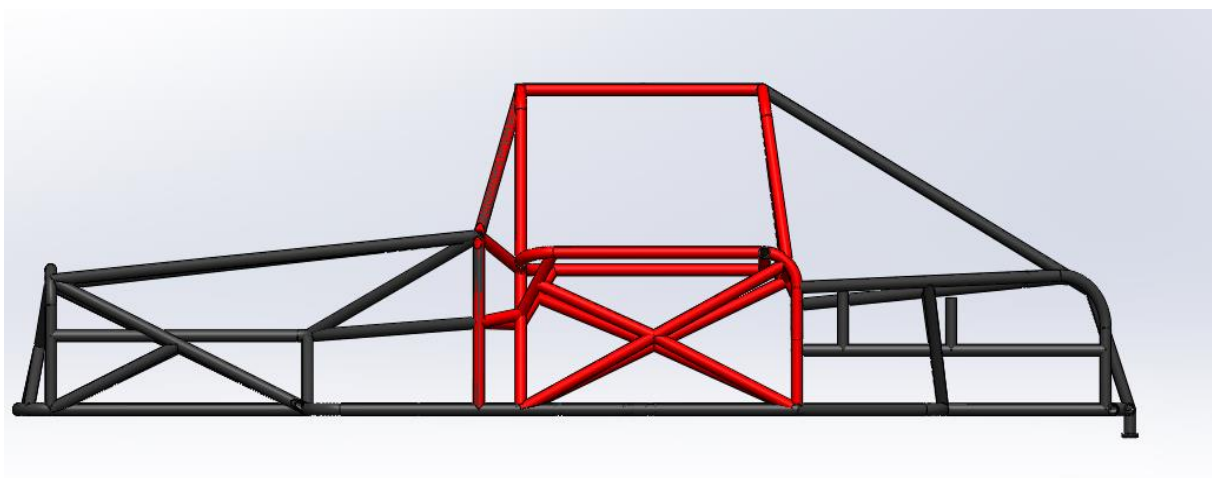


Εικόνα 3.2 : Φωτογραφία βάσης πλαισίου_3

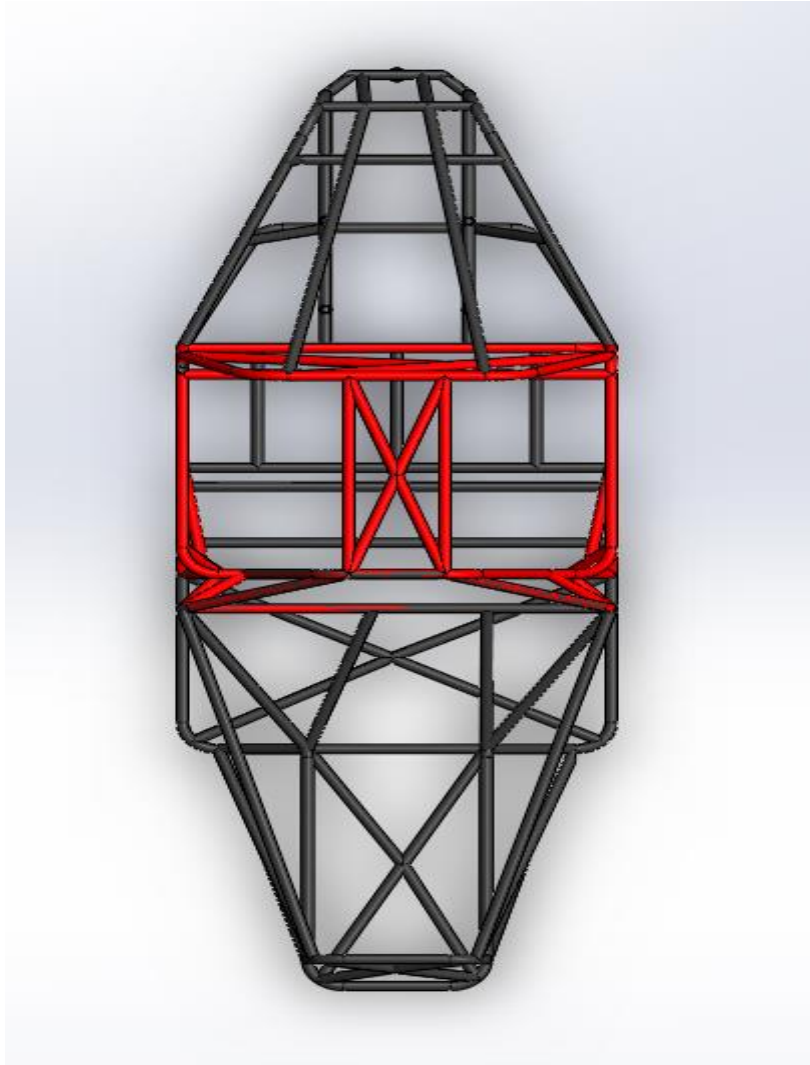
Εν συνεχεία, ο σχεδιασμός που θα ακολουθήσει θα είναι των δύο σημείων όπου θα είναι οι όρθιες σωληνώσεις (Hoops) όπου θα χωρίζεται το μπροστά μέρος του πλαισίου με αυτό του πίσω. Οι σωληνώσεις αυτές συνδέονται μεταξύ τους μέσω άλλων σε σχήμα (X). Ο λόγος που τοποθετούμε σε τέτοιο σχήμα είναι για να εξασφαλίσουμε την αντοχή του πλαισίου σε περίπτωση ατυχήματος. Ουσιαστικά φτιάχνουμε ένα είδους δικτύωμα το οποίο θα μπορεί να απορροφά την κρούση που μπορεί να προκληθεί σε ατύχημα χωρίς να λυγίσουν οι κύριες σωληνώσεις των Hoops. Στα πλαϊνά έχουν τοποθετηθεί εξίσου αντηρίδες τύπου (X) που προστατεύουν τον οδηγό σε μετωπικές συγκρούσεις.



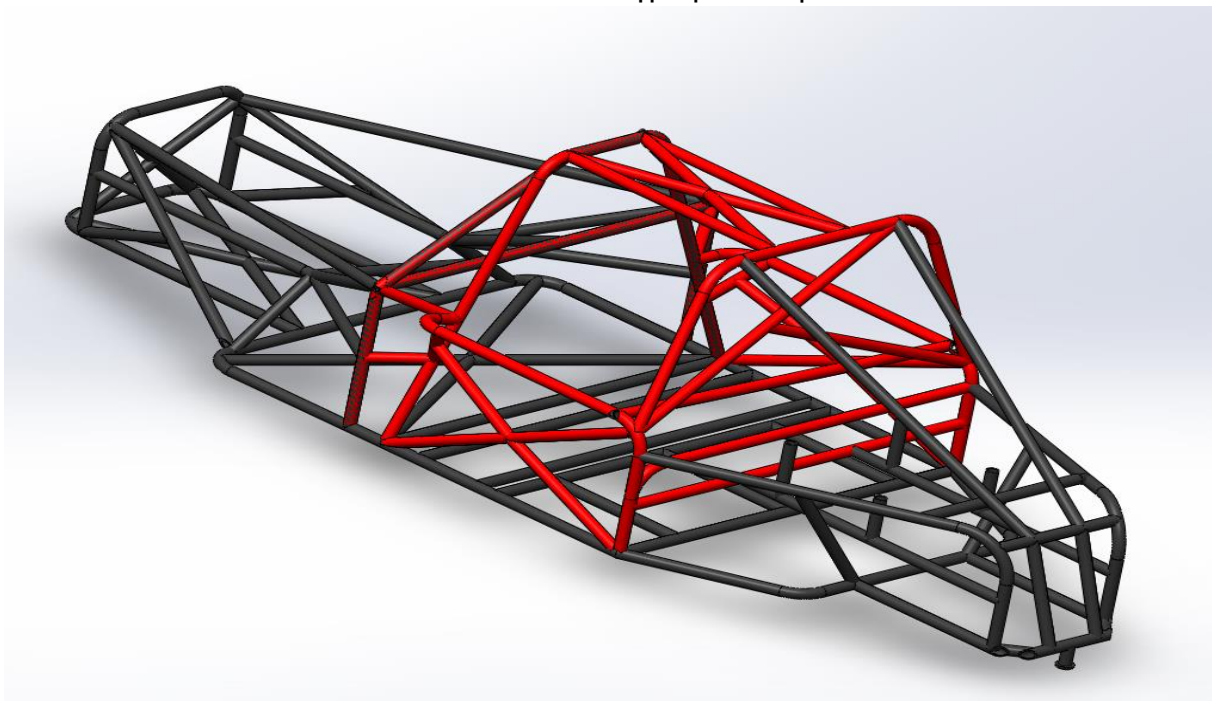
Εικόνα 3.3 : Φωτογραφία Hoop_1



Εικόνα 3.4 : Φωτογραφία Hoop_2

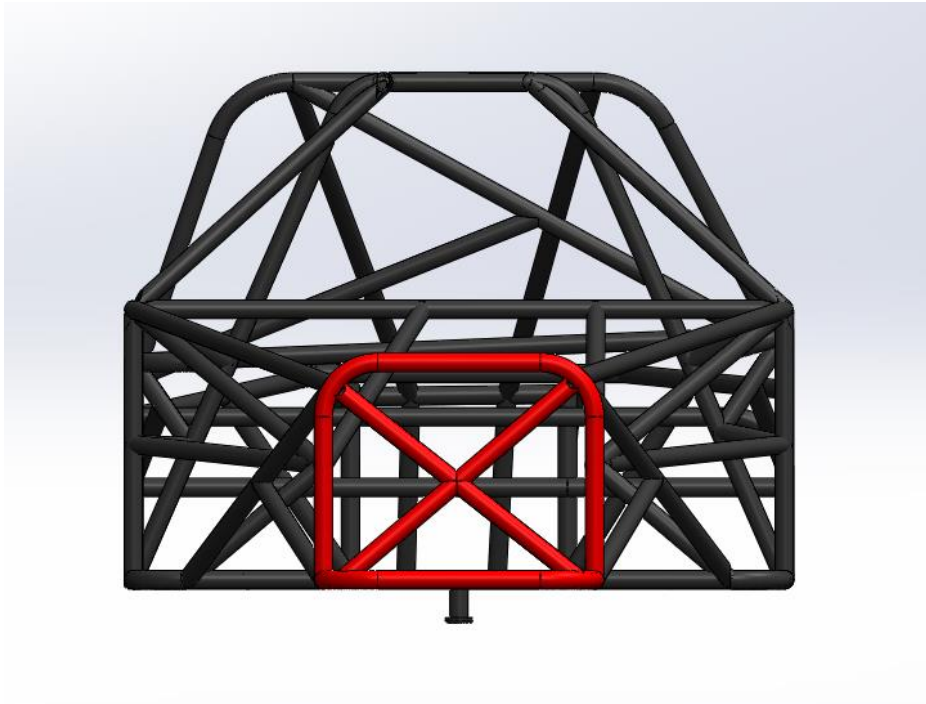


Εικόνα 3.5 : Φωτογραφία Hoop_3

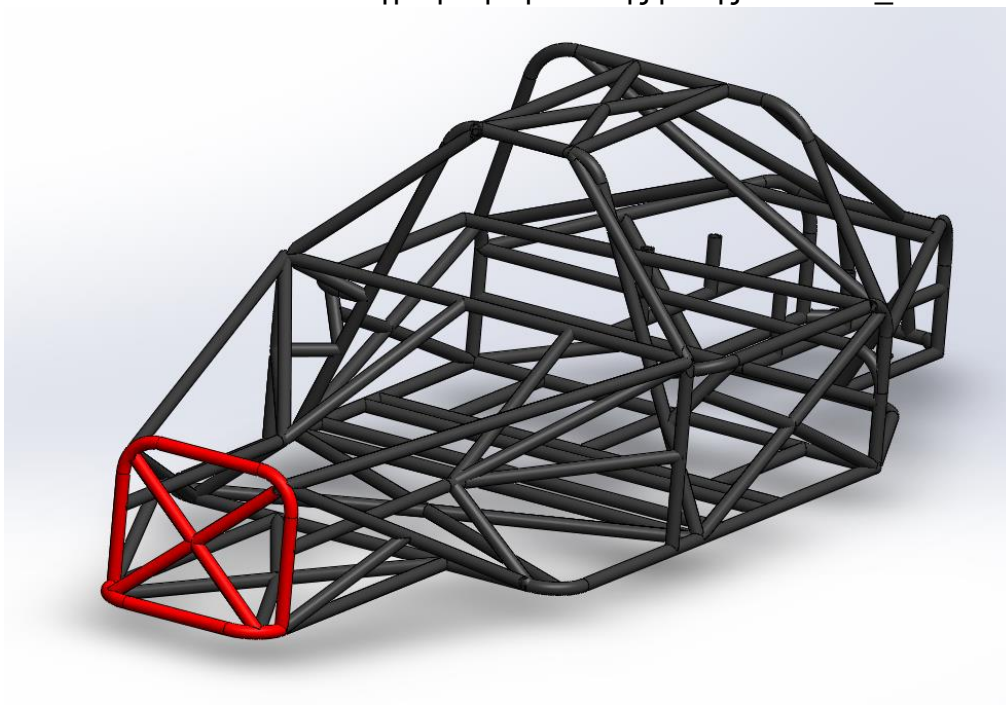


Εικόνα 3.6 : Φωτογραφία Hoop_4

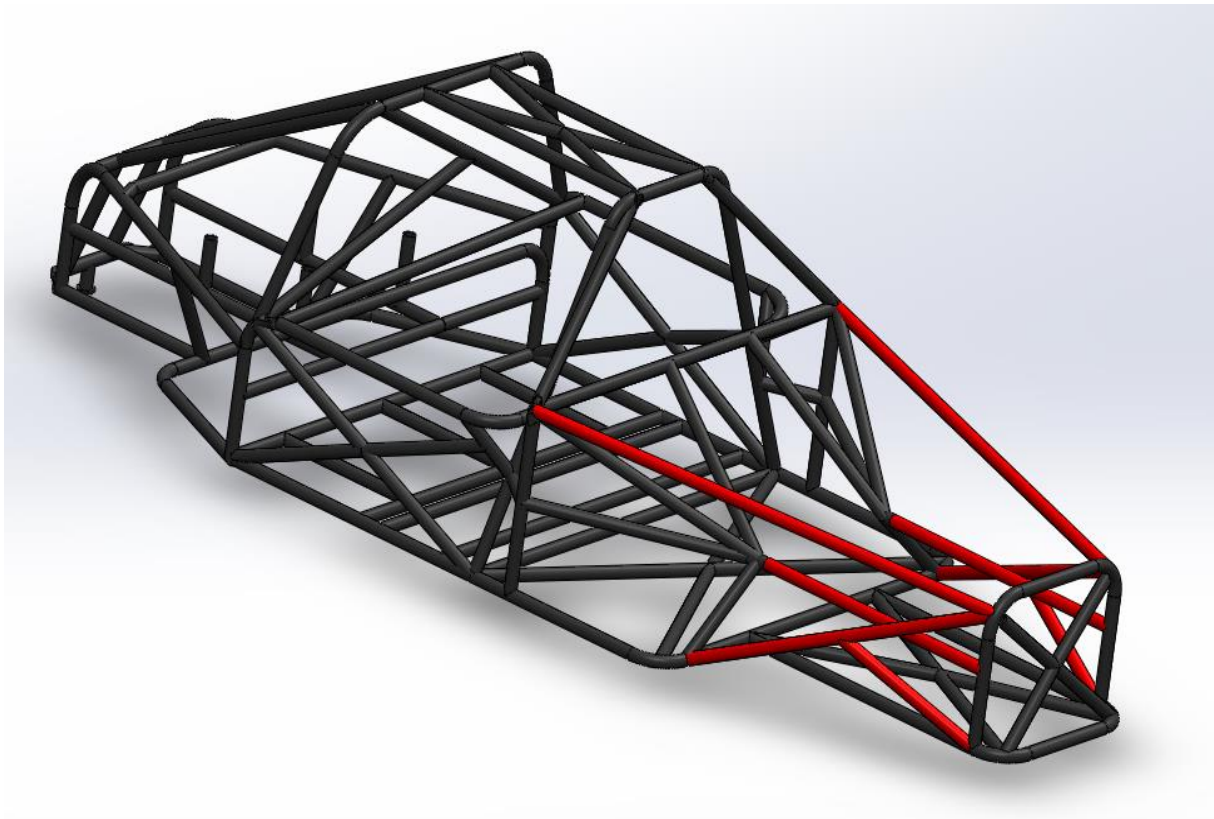
Έπειτα, συνεχίζουμε με τον σχεδιασμό του μπροστινού μέρους του οχήματος. Σε αυτό το κομμάτι του πλαισίου απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή ως προς την αντοχή σε περίπτωση μπροστινού χτυπήματος μετωπικής. Αρχίζουμε, σταδιακά με την “μύτη” του πλαισίου η οποία αποτελείται από ένα ορθογώνιο τμήμα κλειστής περιοχής και εσωτερικά θα φέρουν δύο σωληνώσεις όπου θα ενώνονται οι γωνίες μεταξύ τους. Εν, συνέχεια γίνονται οι πλαϊνές σωληνώσεις οι οποίες πιάνουν στις γωνίες του πλαισίου μέρους πάνω και κάτω.



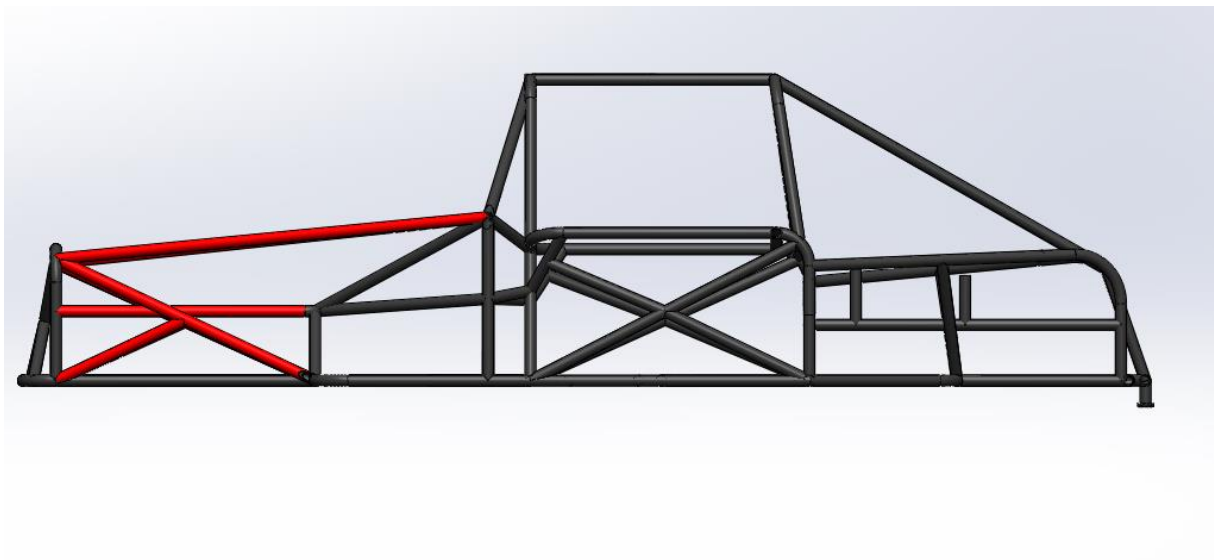
Εικόνα 3.7 : Φωτογραφία μπροστινής μύτης πλαισίου_1



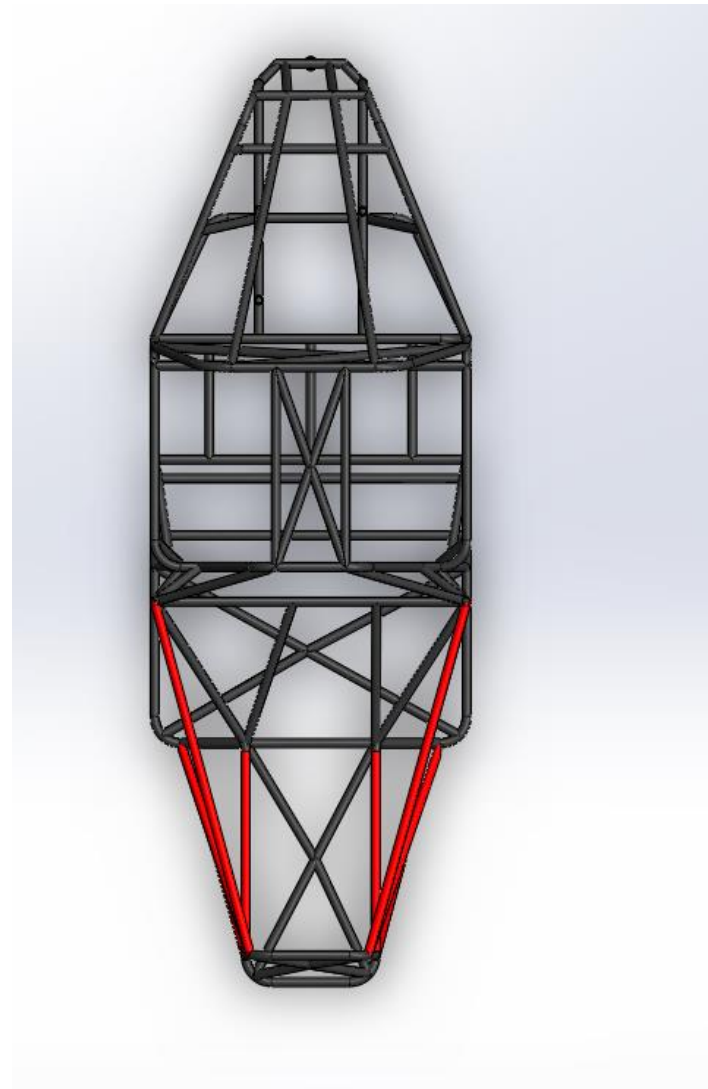
Εικόνα 3.8 : Φωτογραφία μπροστινής μύτης πλαισίου_2



Εικόνα 3.9 : Φωτογραφία πλάγιων σωληνώσεων μπροστινής πλευράς_1

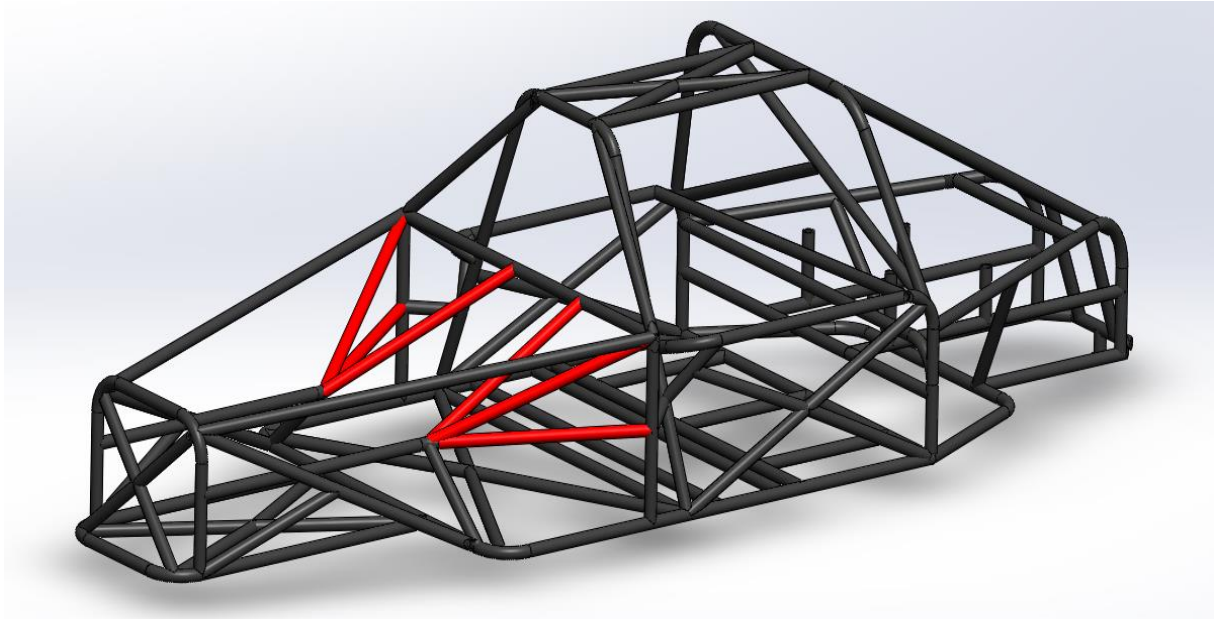


Εικόνα 3.10 : Φωτογραφία πλάγιων σωληνώσεων μπροστινής πλευράς_2



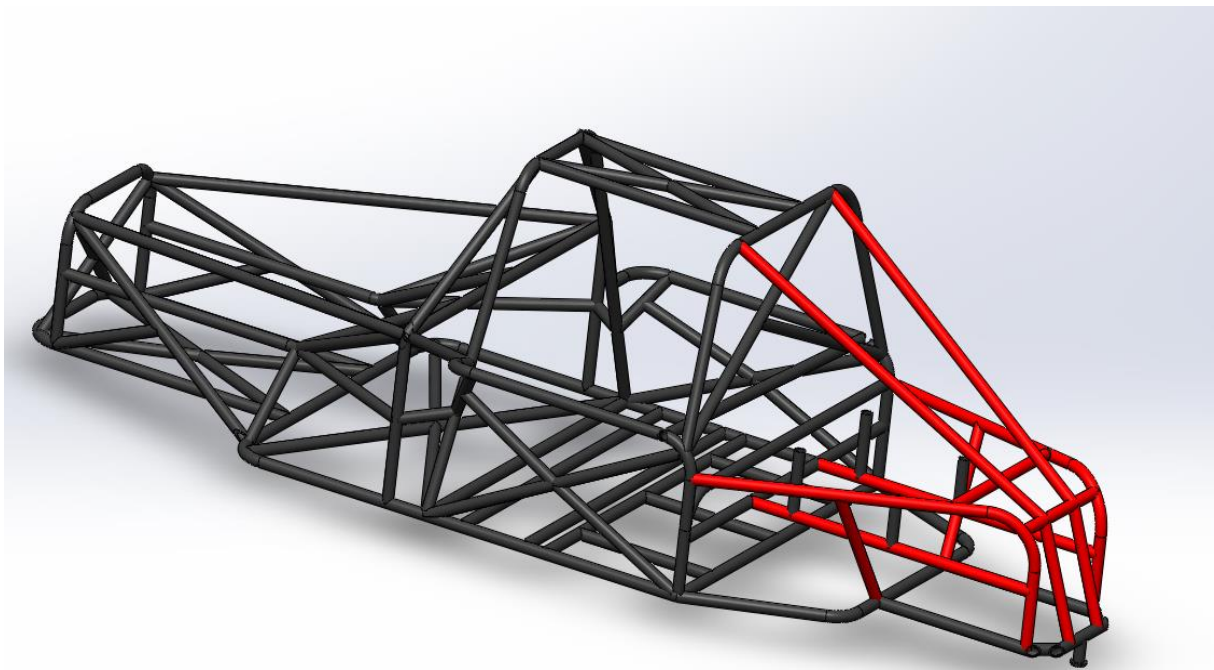
Εικόνα 3.11 : Φωτογραφία πλάγιων σωληνώσεων μπροστινής πλευράς_3

Άξιο σημείο αναφοράς αποτελεί η σύνδεση των πλαϊνών σωληνώσεων που συνδέει το μπροστινό μέρος με την καμπίνα του οδηγού. Η ένωση γίνεται μέσω μιας τρίοδης σύνδεσης που εφαρμόζει επάνω στην κεντρική δοκό του “moorcoque” και στα πλάγια του επάνω και κάτω μέρους αντίστοιχα. Με αυτό τον τρόπο προσθέτουμε τεχνητά νεύρα στο πλαίσιο με αποτέλεσμα να έχουμε μεγαλύτερη στιβαρότητα, αντοχή και στους υπολογισμούς της στατικής ανάλυσης να μπορούμε να βγάλουμε καλύτερες επιδόσεις έως και κατά 50% παραπάνω από τα προβλεπόμενα. Παρακάτω, παρουσιάζεται η σύνδεση που γίνεται των τριών σημείων.



Εικόνα 3.12 : Φωτογραφία τρίοδης σωλήνωσης για υποστήριξη

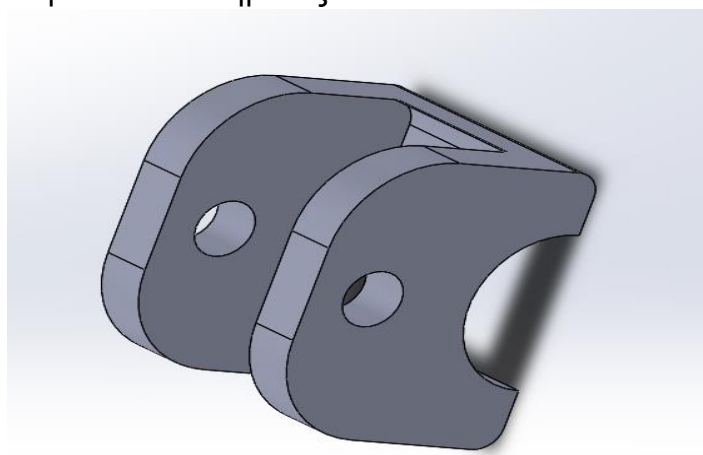
Πλησιάζοντας, προς το τέλος του πλαισίου σχεδιάστηκε το πίσω κομμάτι με διαστάσεις συγκεκριμένες ώστε να χωράει ο κινητήρας CBR που επιλέξαμε. Επιπρόσθετα, φτιαχτήκανε δύο σωληνώσεις συνδετικές του πίσω Ηοοrμε το πίσω μέρος του πλαισίου ώστε να εξασφαλισθεί η αντοχή σε όλα τα σημεία και τις πλευρές του οχήματος. Ωστόσο, έχουν προστεθεί και κάποιες παραπάνω αντηρίδες σε περίπτωση ατυχήματος με το πίσω μέρος του οχήματος. Τέλος, σχεδιάστηκαν και οι τέσσερις βάσεις όπου θα εφαρμόζει ο κινητήρας επάνω στις διαστάσεις των οπών.



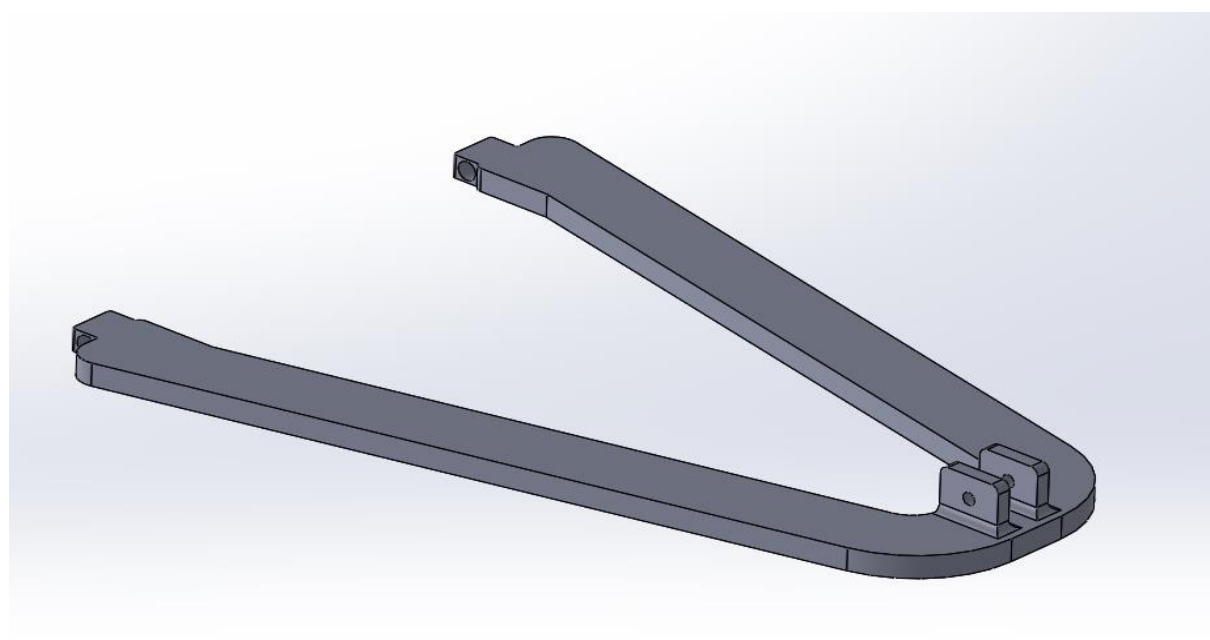
Εικόνα 3.13 : Φωτογραφία πίσω πλευράς πλαισίου

3.2 Σύστημα αναρτήσεων

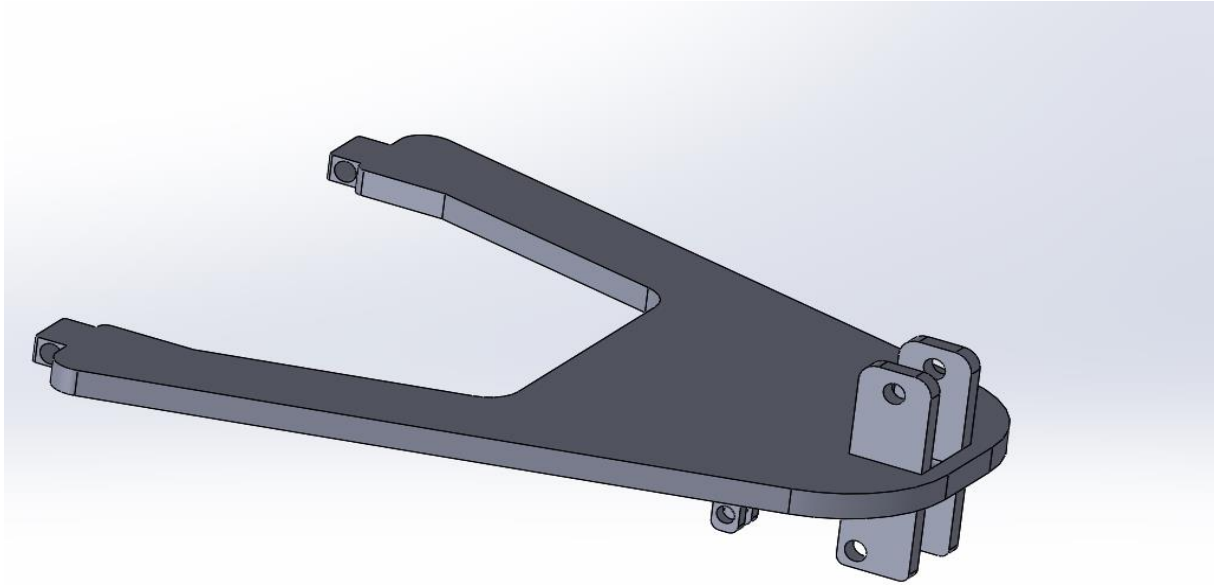
Στο σύστημα της ανάρτησης η βασική ιδέα ήταν ο σχεδιασμός και η τοποθέτηση μικρών ελασμάτων (βάσεων) όπου θα συγκολληθούν επάνω στο πλαίσιο δεξιά και αριστερά και αντίστοιχα στο μπροστινό και πίσω μέρος του πλαισίου. Εν συνεχεία σχεδιάστηκαν τα ψαλίδια τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους εφόσον πρέπει να καλύψουν κάποιες ιδιαιτερότητες. Τα κάτω ψαλίδια διαθέτουν ένα έλασμα προσκείμενό στην γωνία που κάνει το ψαλίδι. Ο σκοπός που εξυπηρετεί είναι η δημιουργία μια βάσης με οπή εσωτερικά όπου θα πιάνει η ανάρτηση στο ψαλίδι και αντίστοιχα θα εφαρμόζει και επάνω στο πλαίσιο. Από την άλλη μεριά τα επάνω ψαλίδια αποτελούνται μόνο από την περιμετρική γεωμετρία για λιγότερο βάρος και ευελιξία στην εργονομία του συστήματος.



Εικόνα 3.16 : Λαμάκι βάσης ανάρτησης



Εικόνα 3.17 : Ψαλίδι κάτω πλευράς τοποθέτησης

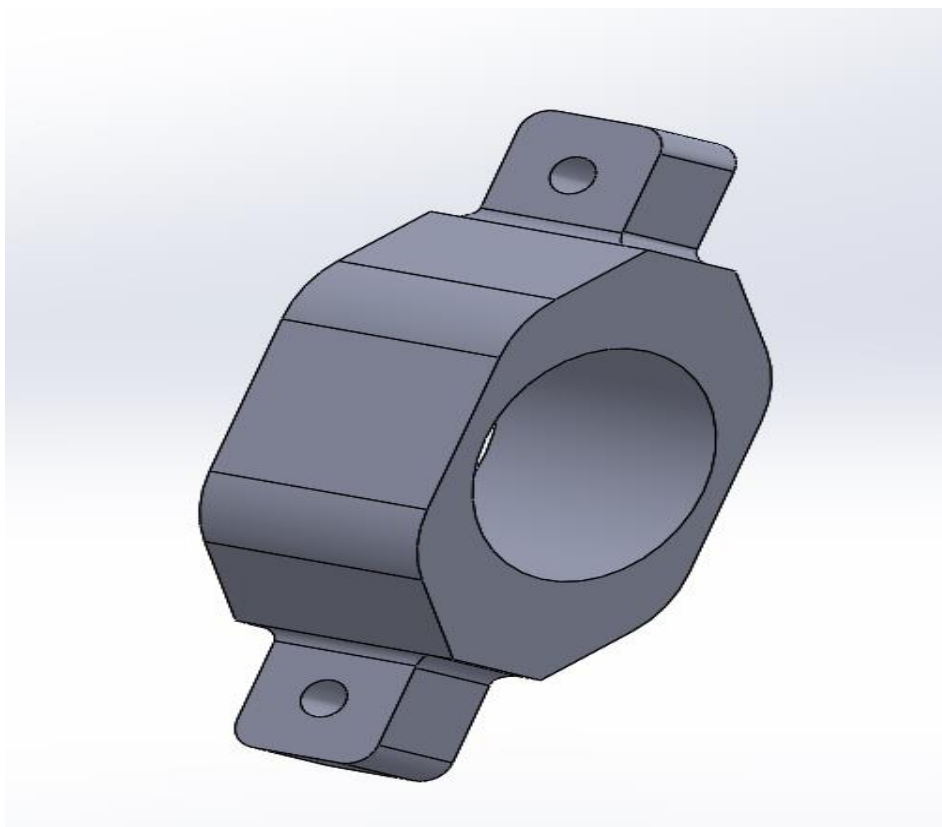


Εικόνα 3.18 : Ψαλίδι επάνω πλευράς τοποθέτησης

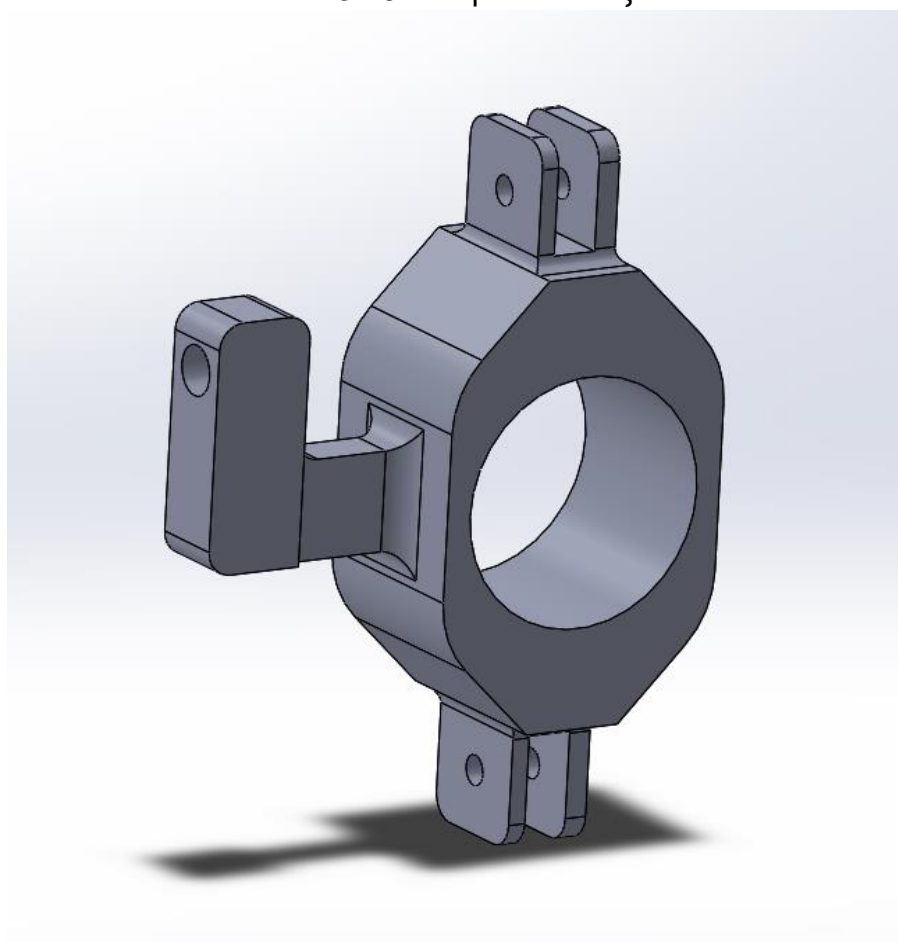
Στην εικόνα 3.18 παρατηρούμε δύο βάσεις στο επάνω και κάτω μέρος αντίστοιχα. Τα πάνω ψαλίδια σχεδιάστηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε στο επάνω μέρος να υφίσταται μια χειροποίητη βάση από δύο ελάσματα η οποία θα στηρίζει την ανάρτηση και από δύο ελάσματα στην ανάποδη μεριά όπου θα πιάνει το άκρο που θα χρησιμοποιήσουμε.

3.3 Άκρα οχήματος εμπρόσθιου και πίσω άξονα

Η γεωμετρία των άκρων έχει υλοποιηθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε η σύνδεση τους στον μπροστινό ή οπίσθιο άξονα να είναι εύκολη στα ψαλίδια και παράλληλα να μπορεί να φέρει τις κατάλληλες κλίσεις που χρειαζόμαστε. Ωστόσο, έχουν σχεδιαστεί από ατόφιο (μασίφ) σίδηρο ώστε να μπορούν να φέρουν τα εξασκούμενα φορτία που θα τους ασκούνται κατά την πορεία του οχήματος, πόσο μάλλον ένα όχημα όπως το Buggy του οποίου η χρήση είναι κυρίως σε οδόστρωμα μη ομαλού τύπου. Έχοντας θέσει τον πήχη για ένα πλάνο φάσματος ρυθμίσεων στον εμπρόσθιο άξονα, έγινε ο σχεδιασμός του άκρου με δύο οπές στο επάνω και κάτω μέρος. Σε αυτά τα δύο σημεία εμπλέκεται το μπαλάκι ρύθμισης (balljoint) του οποίου ο ρόλος είναι να μπορεί ο οδηγός να στρίβει το τιμόνι και κατά συνέπεια η ράβδος που ωθεί το άκρο και παράλληλα το άκρο να γυρνάει στις συγκεκριμένες μοίρες που το θέλουμε.



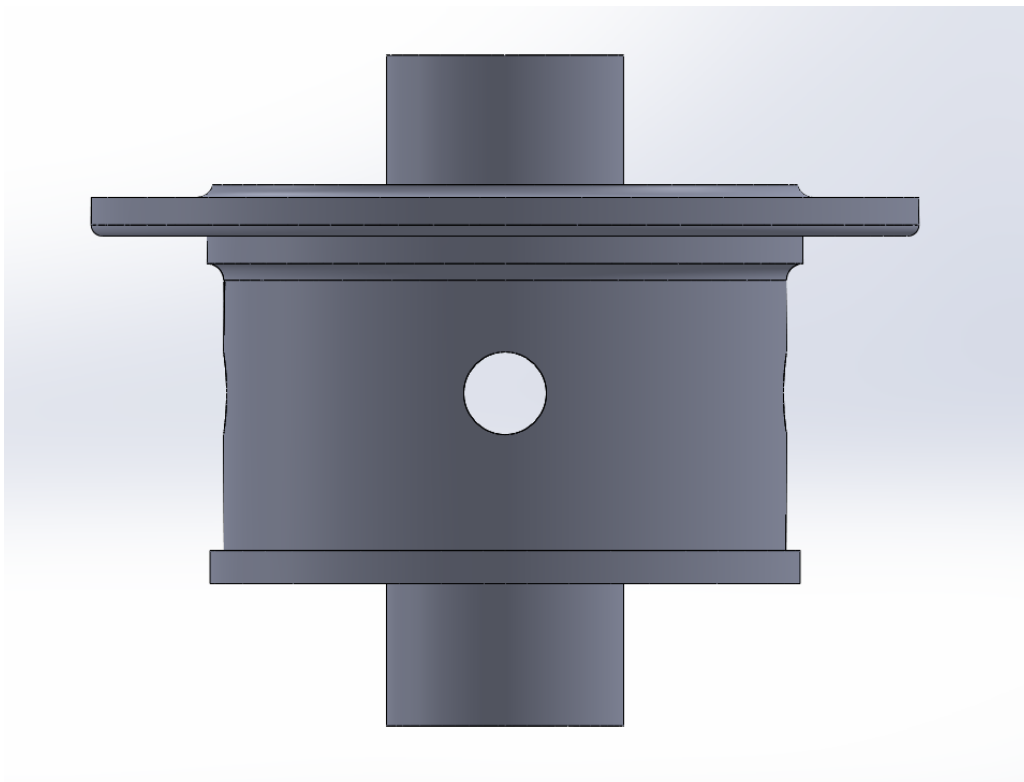
Εικόνα 3.19 : Άκρα πίσω άξονα



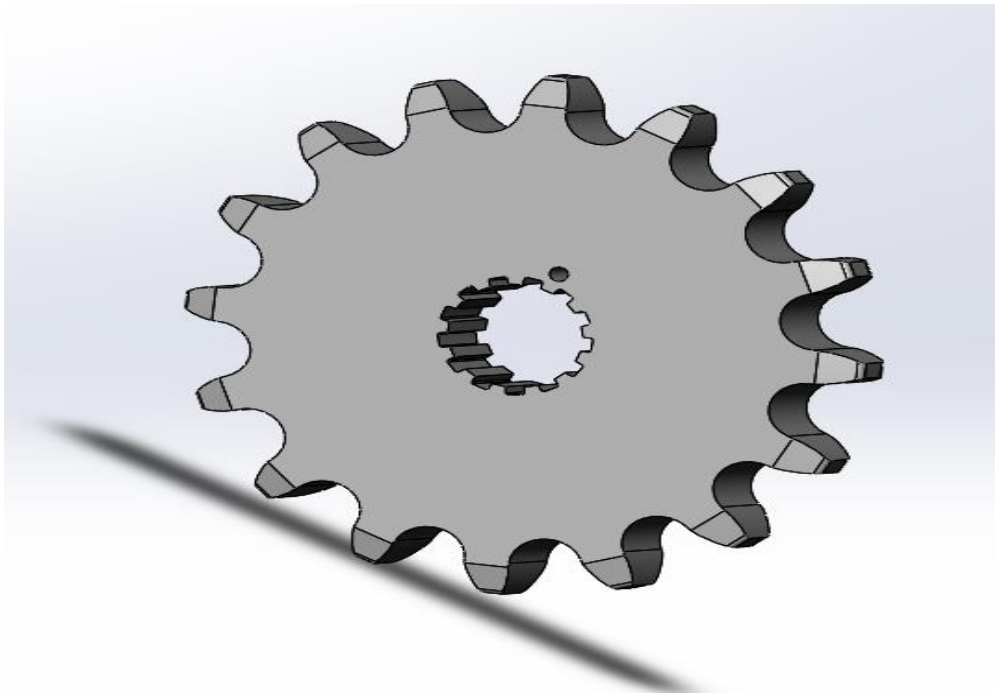
Εικόνα 3.20 : Άκρα μπροστινού άξονα

3.4 Σύστημα μετάδοσης κίνησης

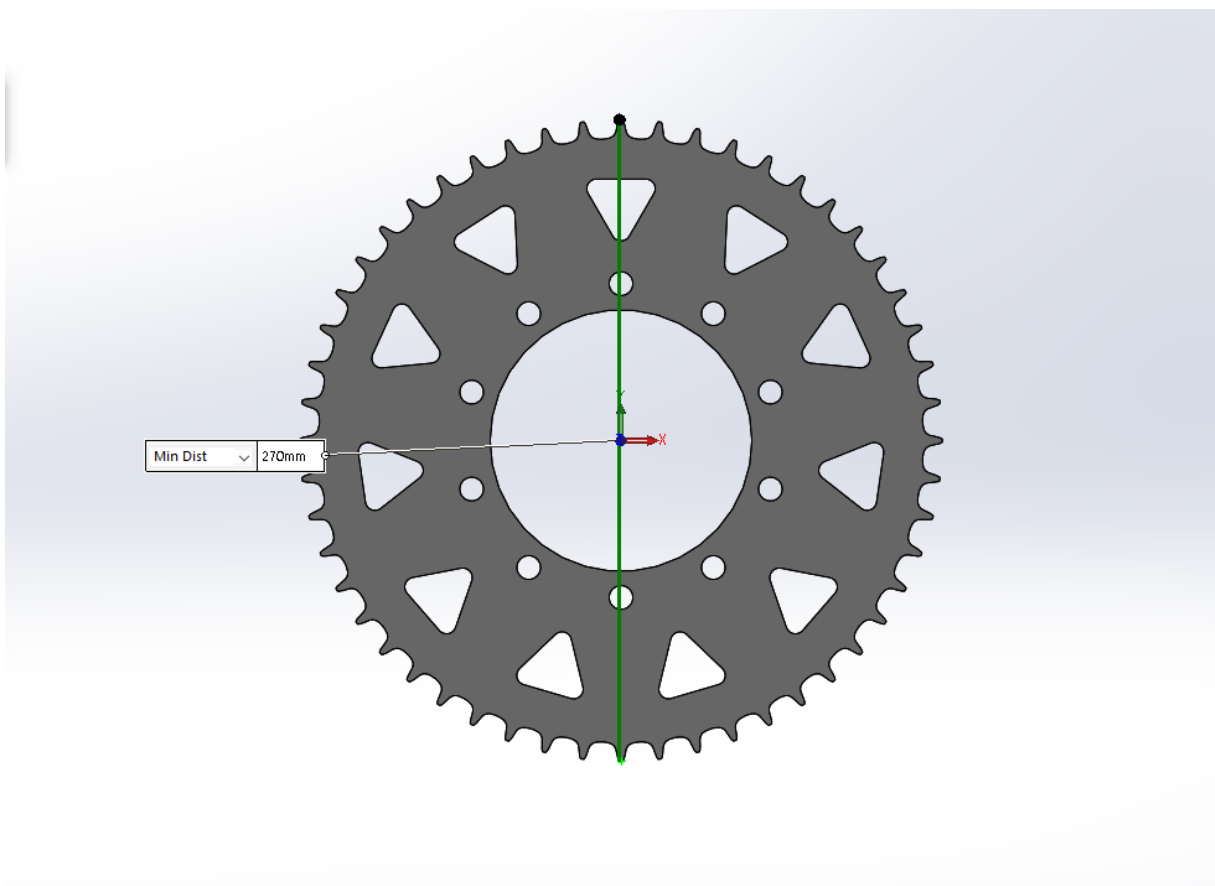
Στο σύστημα μετάδοσης κίνησης θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν κάποιες βασικοί παράμετροι οι οποίοι θα επηρεάσουν την τελική ταχύτητα του οχήματος, την σχέση μετάδοση μεταξύ των ταχυτήτων καθώς και τις εναλλαγές που θέλουμε να κάνουμε εν ώρα χρήσης. Ξεκινώντας, έχει γίνει ο σχεδιασμός ενός διαφορικού περιορισμένης ολίσθησης (LSD) το οποίο μας εξασφαλίζει ταυτόχρονη κίνηση και στους δύο κινητήριους τροχούς με την ίδιο ρυθμό περιστροφής των τροχών. Η ένωση της μετάδοσης γίνεται μέσω δύο γραναζιών του κινητήρα και του διαφορικού αντίστοιχα. Μεταξύ τους συνδέονται μέσω αλυσίδας που έχουμε επιλέξει να είναι η γνήσια του CBRκινητήρα. Ωστόσο, προηγουμένως αναφερθήκαμε στην παράμετρο των ρυθμίσεων επάνω στο σύστημα μετάδοσης κίνησης. Θέλοντας να εστιάσουμε στο κομμάτι των ρυθμίσεων έχει γίνει επιλογή γραναζιών κινητήρα από 13 έως 15 δόντια και διαφορικού 42 δόντια. Ωστόσο, ο λόγος που έχουν σχεδιαστεί γρανάζια με διαφορετικό αριθμό δοντιών είναι η εξασφάλιση εύχρηστων και γρήγορων ρυθμίσεων προς τον μηχανικό για το όχημα εν ώρα αγώνα ή ακόμη και ερασιτεχνικής χρήσης.



Εικόνα 3.21 : διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης

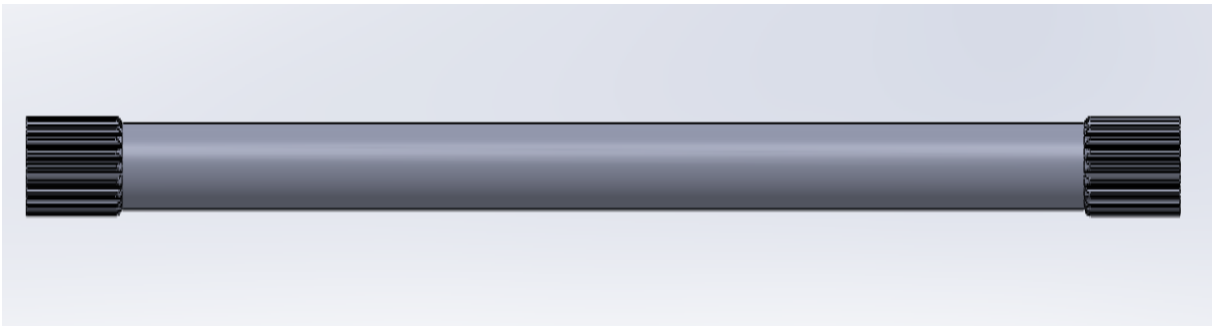


Εικόνα 3.21 : Γρανάζι κινητήρα



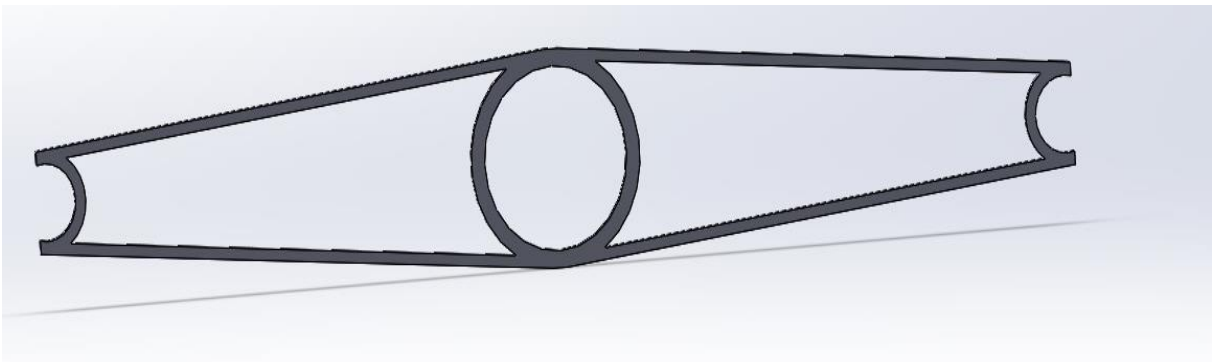
Εικόνα 3.22 : Γρανάζι διαφορικού

Αξίζει να αναφέρουμε πως τα ημιαξόνια του συστήματος μετάδοσης κίνησης του οχήματος διαφέρουν από την κάθε πλευρά ως προς το μήκος τους. Ο λόγος οφείλεται στην τοποθέτηση του διαφορικού η οποία γίνεται πιο αριστερά από την μέση του πλαισίου ώστε να εμπλέκεται με το γρανάζι που βγαίνει από τον κινητήρα. Το αποτέλεσμα εκ τούτου είναι να έχουμε μεγαλύτερου μήκους ημιαξόνιο στην δεξιά μεριά σε αντιστοιχία με την αριστερή ώστε να μεταφερθεί η κίνηση.



Εικόνα 3.23 : Ημιαξόνιο

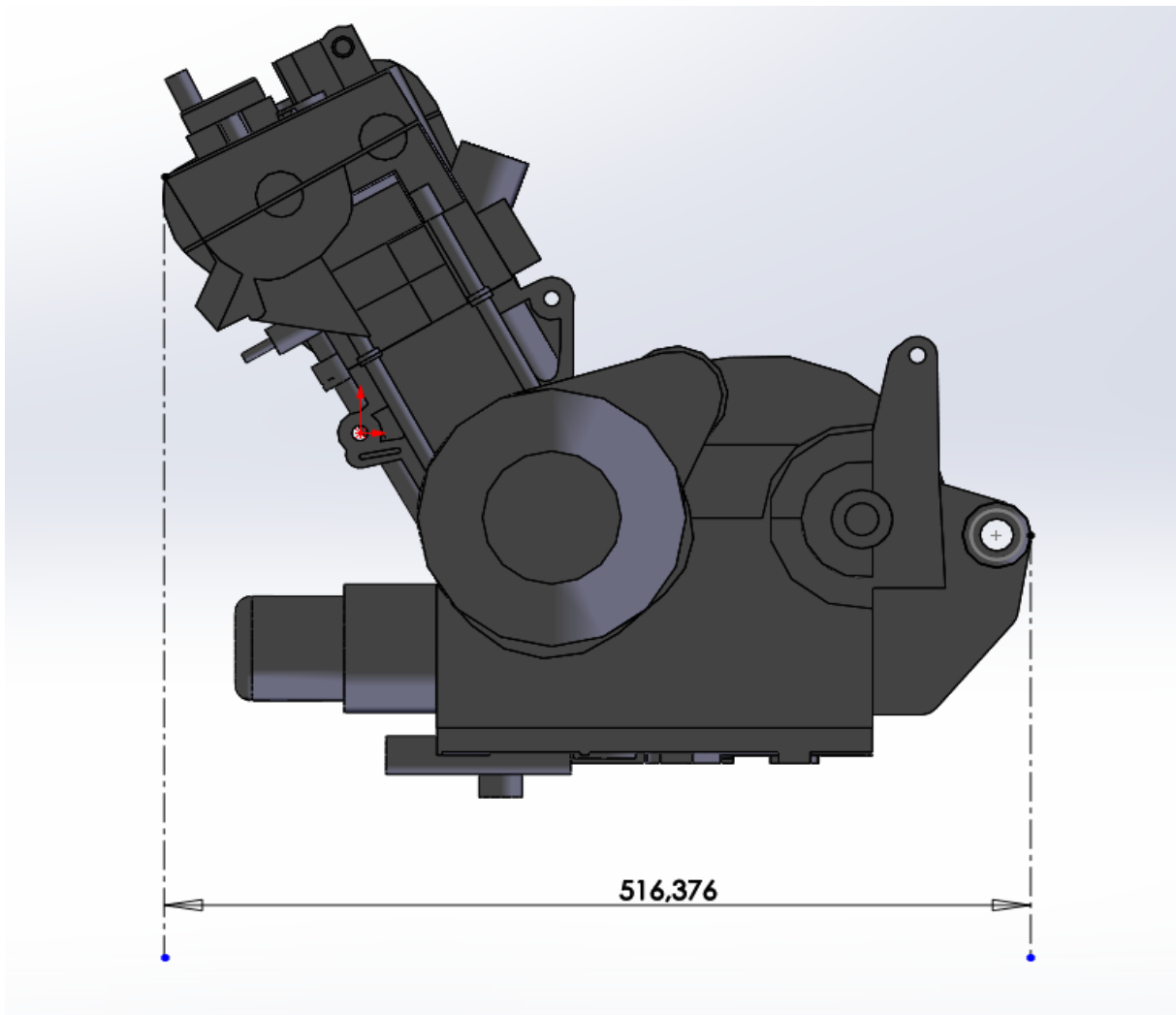
Το τελικό κομμάτι προς την συμπλήρωση του συστήματος είναι οι δύο βάσεις του διαφορικού οι οποίες είναι φτιαγμένες για να διαμορφωθούν με την βοήθεια CNC. Εσωτερικά, φέρουν οπή στην οποία πρεσάρονται τα ρουλεμάν σε δεξιά και αριστερά αντίστοιχα.



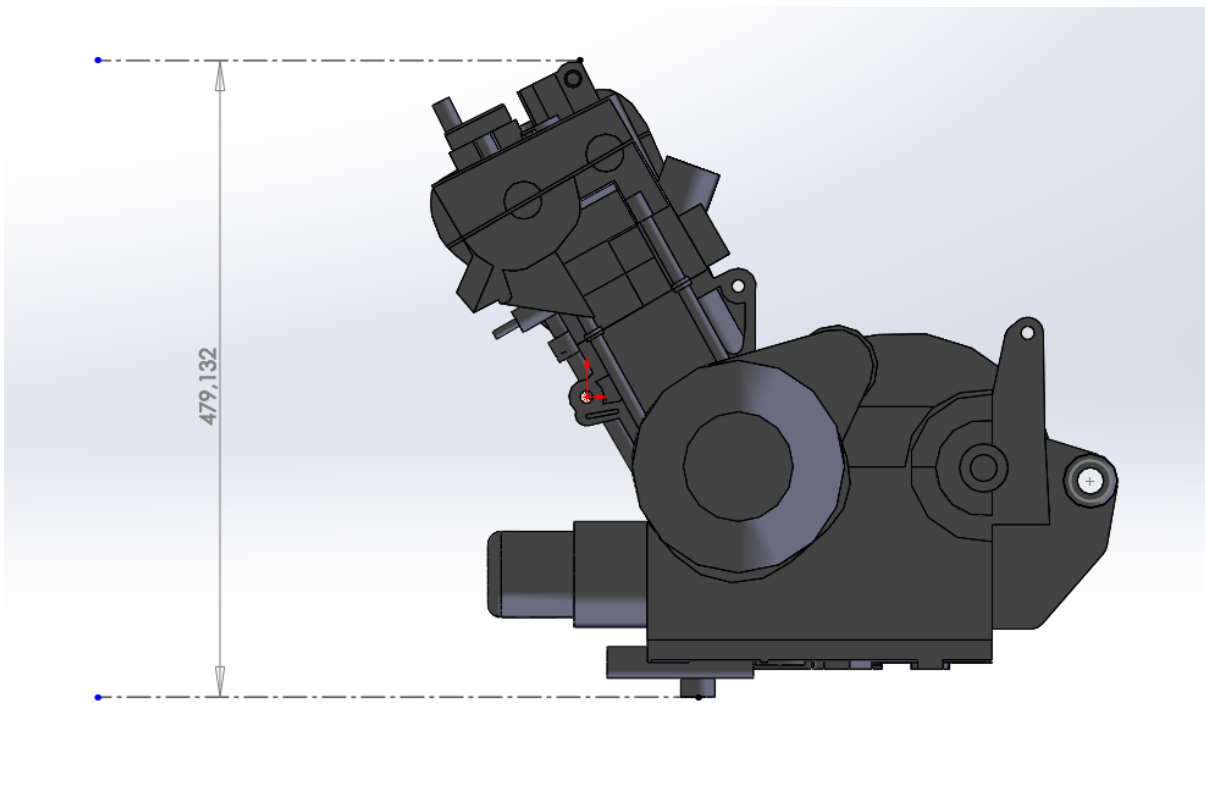
Εικόνα 3.24 : Βάση διαφορικού

3.5 Κινητήρας οχήματος

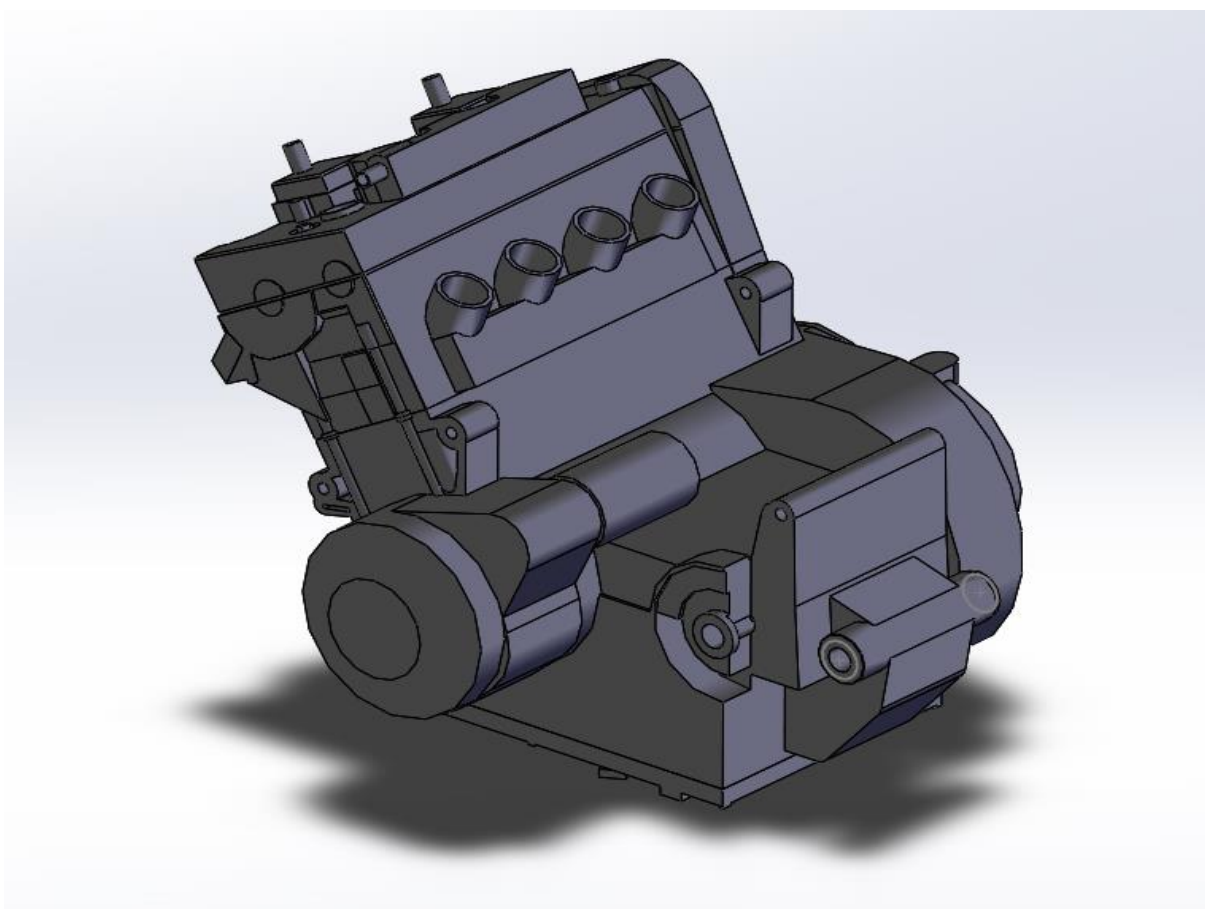
Στα οχήματα Buggy συνηθίζεται να τοποθετούνται κινητήρες από μοτοσυκλέτα και λιγότερο συμβατικών αυτοκινήτων. Αρχικά, υπερτερεί στο βάρος που διαθέτουν έναντι των αυτοκινήτων και πως η μετάδοση της κίνησης γίνεται με πιο απλό τρόπο κατασκευής. Ωστόσο, η γεωμετρία του κινητήρα βοηθάει στον εκάστοτε μηχανικό να μπορεί να τον προσαρμόσει εύκολα μέσω βάσεων μέσα στο πλαίσιο του οχήματος. Στην δική μας περίπτωση έχει επιλεγθεί ένας κινητήρας CBR600 κυβικών εκατοστών της HONDA. Λαμβάνοντας, τις απαραίτητες διαστάσεις του κινητήρα σχεδιάστηκε και το πίσω μέρος του πλαισίου όπου εφάρμοσαν και οι τέσσερις βάσεις μηχανής όπως παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 3.25 : Κινητήρας Honda CBR 600cc μέτρηση X' άξονα



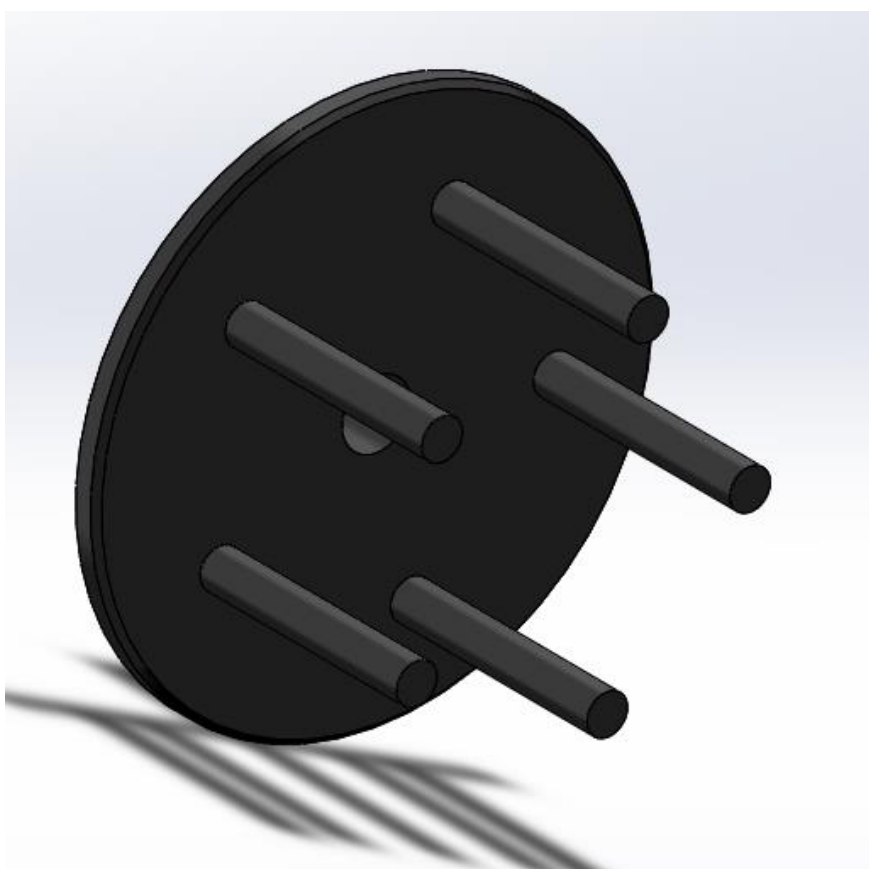
Εικόνα 3.26 : Κινητήρας HondaCBR 600ccμέτρηση Υ' άξονα



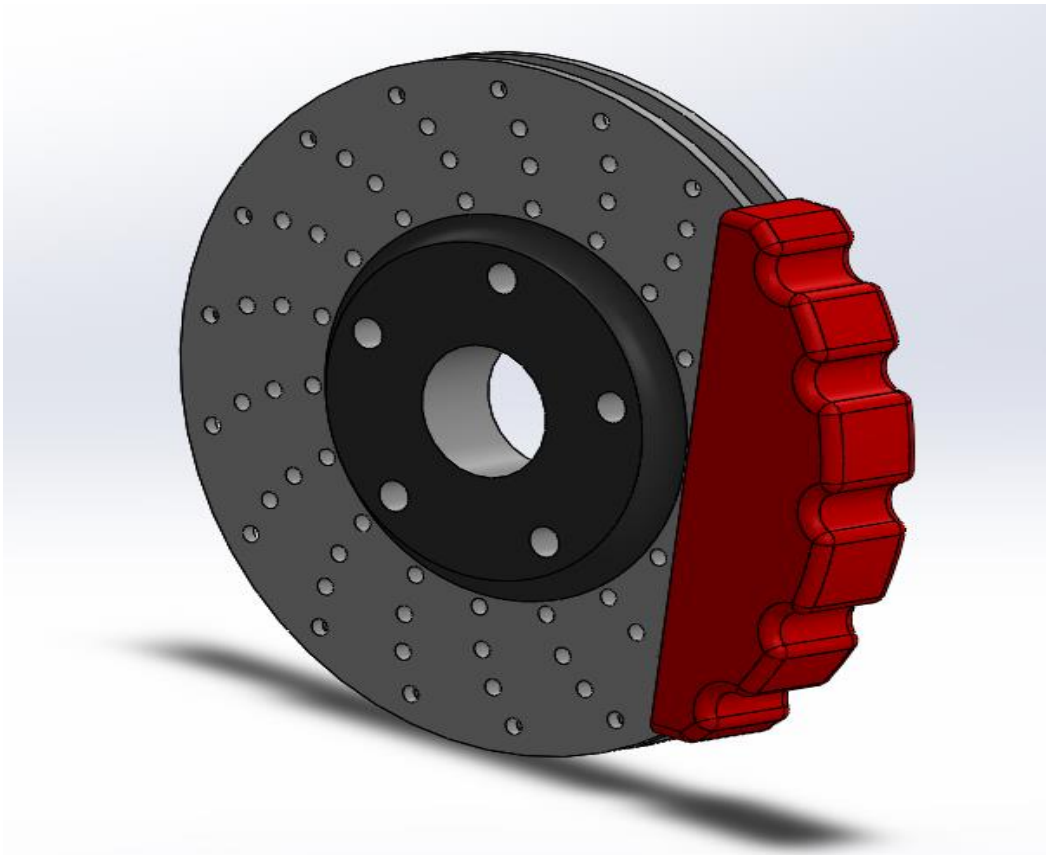
Εικόνα 3.27 : Κινητήρας HondaCBR 600cc

3.6 Μουαγιέ τροχών, φρένα, ζάντες & ελαστικά

Κάθε Buggyόχημα οι τροχοί του διαφέρουν ανάλογα την χρήση που προορίζεται. Οχήματα χωμάτινης χρήσης χρησιμοποιούν ελαστικά τραχτερωτά, οχήματα ασφαλικής χρήσης ελαστικά Slick. Ωστόσο, στο δικό μας όχημα επιλέξαμε να είναι ασφαλικής χρήσης εξίσου και ο λόγος των slickελαστικών. Κύριο σημείο αναφοράς είναι οι ζάντες οι οποίες είναι σχεδιασμένες βασισμένο σε ένα πρότυπο της εταιρίας Rotiform όπου το καρέ δηλαδή η περίμετρος του τροχού μπορεί και αποσυνδέεται εύκολα από την κεντρική εσωτερική ζάντα μέσω κοχλιών. Τέλος, όλες οι διαστάσεις έχουν παρθεί ώστε να ταιριάζουν τα μπουλόνια στις διαστάσεις του μουαγιέ 5x100 και της ζάντας του οχήματος.



Εικόνα 3.28 : μουαγιέ τροχού 5*100



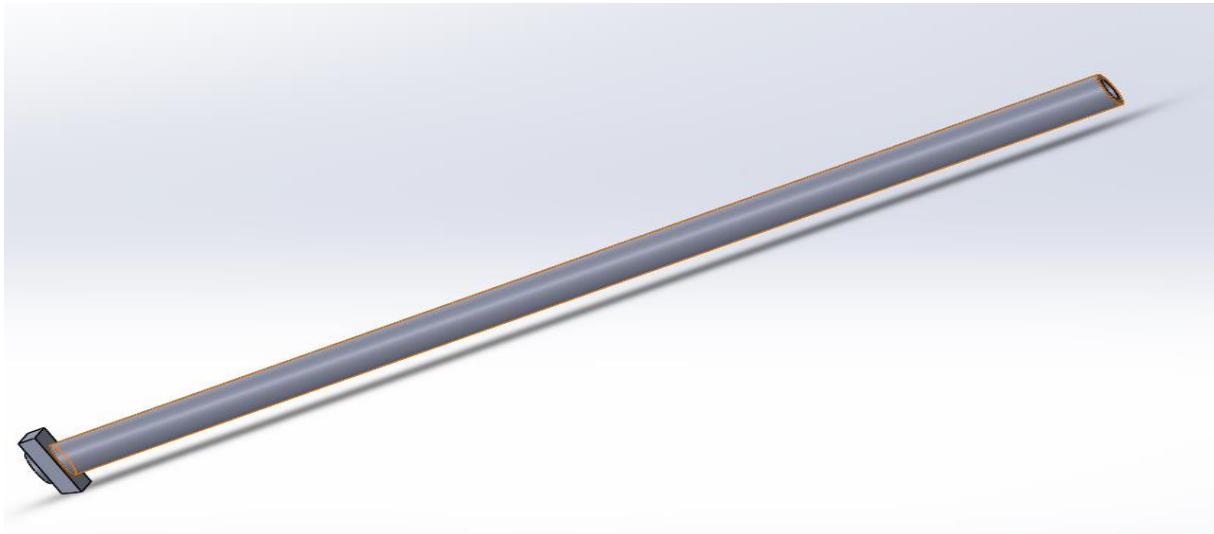
Εικόνα 3.29 : δισκόπλακα



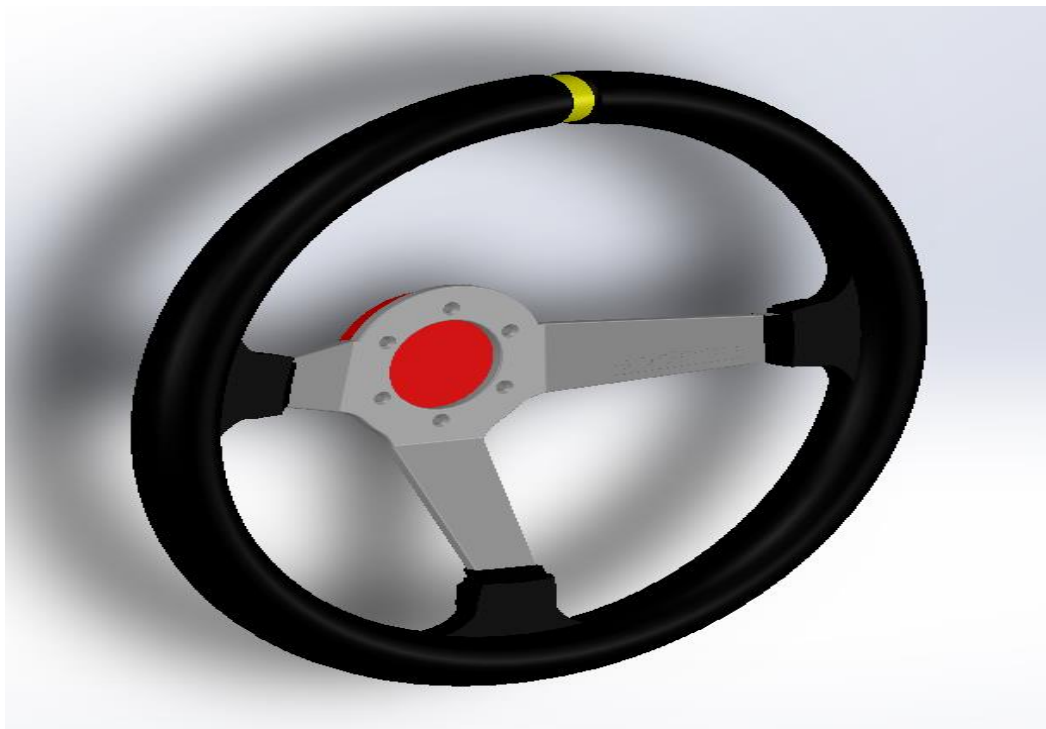
Εικόνα 3.30 : Ελαστικό + ζάντα

3.7 Εργονομία οχήματος

Στο κομμάτι της εργονομίας υπάρχουν πολλά εξαρτήματα και μέρη τα οποία απαρτίζονται στο όχημα. Ξεκινώντας, με το βασικότερο του συστήματος διεύθυνσης, έχει τοποθετηθεί ένα κεντρικός περιστροφικός άξονας ο οποίος στην μια άκρη εισέρχεται στην συγκολλημένη βάση στο πάτωμα μέσω μια οπής με ρουλεμάν εσωτερικά και στην άλλη πλευρά συνδέεται μέσω ειδικού καρέ το τιμόνι που έχουμε επιλέξει. Το τιμόνι που επιλέξαμε είναι της εταιρίας Sparcoόπου στην πίσω πλευρά φτιάξαμε αποστάτη με καρέ όπου θα μπορεί να συνδεθεί και να αποσυνδεθεί εύκολα μέσω του οδηγού.

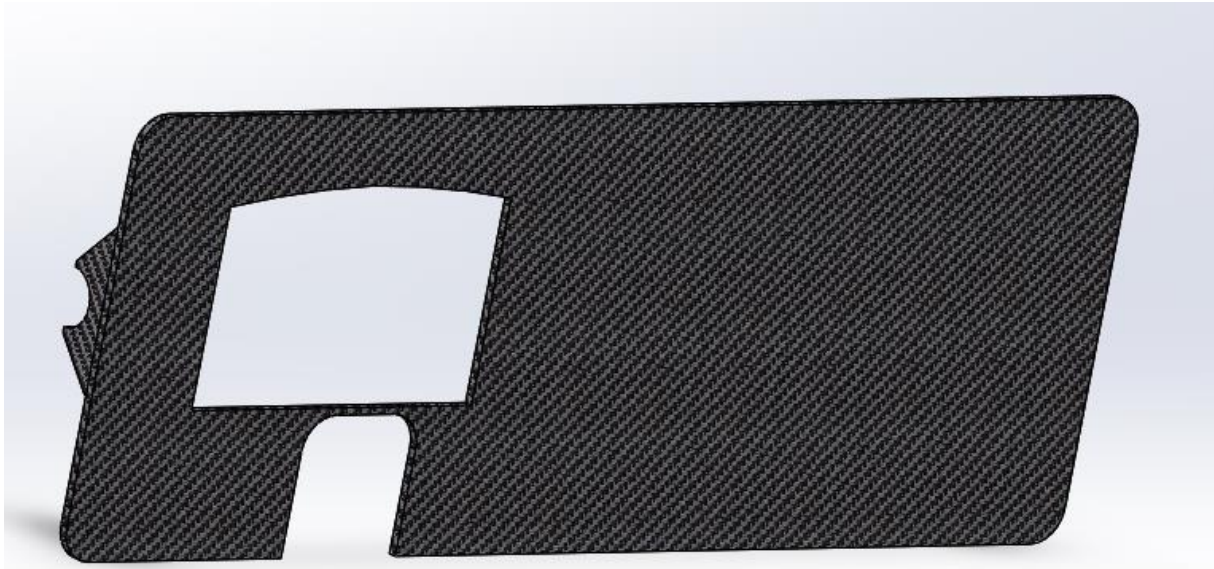


Εικόνα 3.30 : Κυκλώνας τιμονιού



Εικόνα 3.31 : Αγωνιστικού τύπου τιμόνι Sparco με πατούρα + αποστάτης

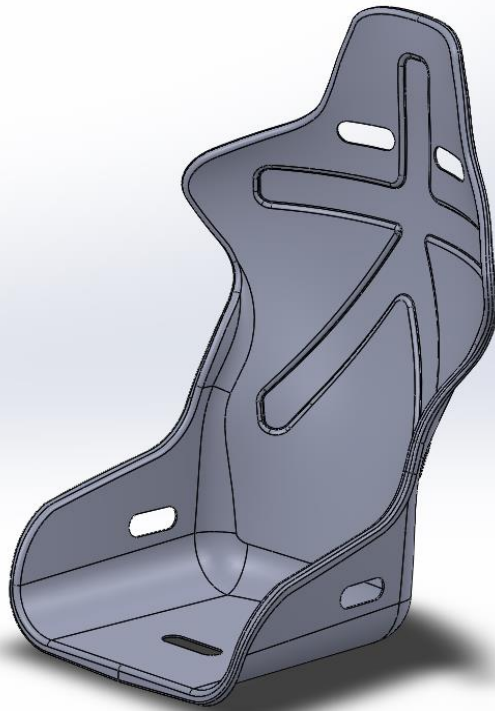
Η σωστή οδήγηση καλύπτεται με την σωστή πληροφόρηση ως προς τον οδηγό του οχήματος. Με κύριο κριτήριο την ορθό δρόμο προς αυτό επιλέξαμε τον σχεδιασμό μιας πολυεστερικής βάσης για μειωμένο βάρος στην οποία θα γίνει διάτρηση στην αριστερή πλευρά ώστε να εισαχθεί το καντράν της Motecγια να ενημερώνει τον οδηγό για οποιαδήποτε βλάβη και να παρουσιάζει φυσικά τις ενδείξεις ταχύτητας και χιλιομέτρων.



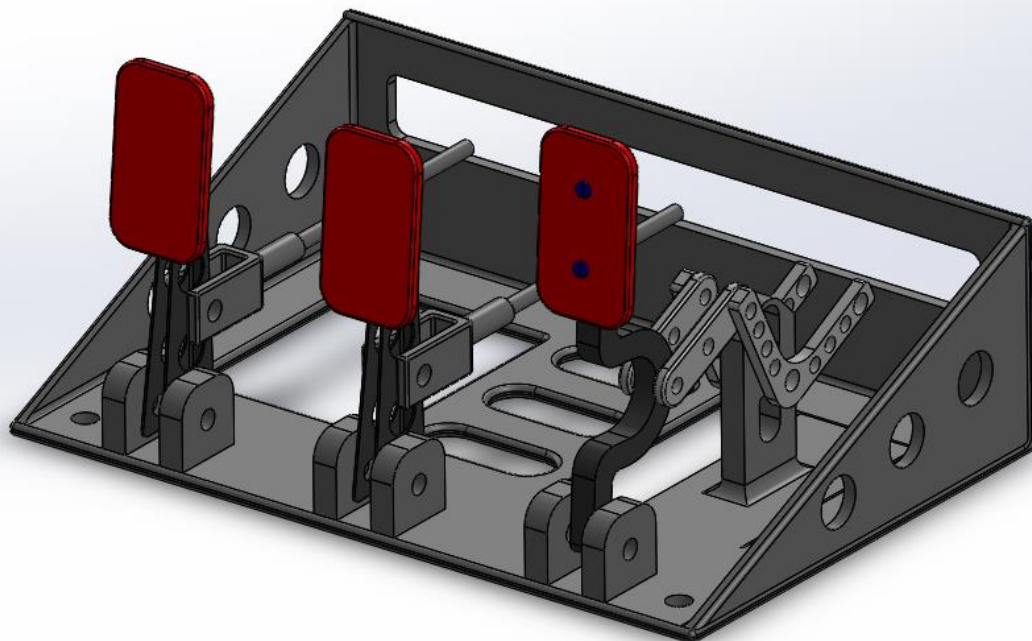
Εικόνα 3.32 : Πολυεστερική βάση καντράν



Εικόνα 3.33 : Αγωνιστικού τύπου καντράν της Motec



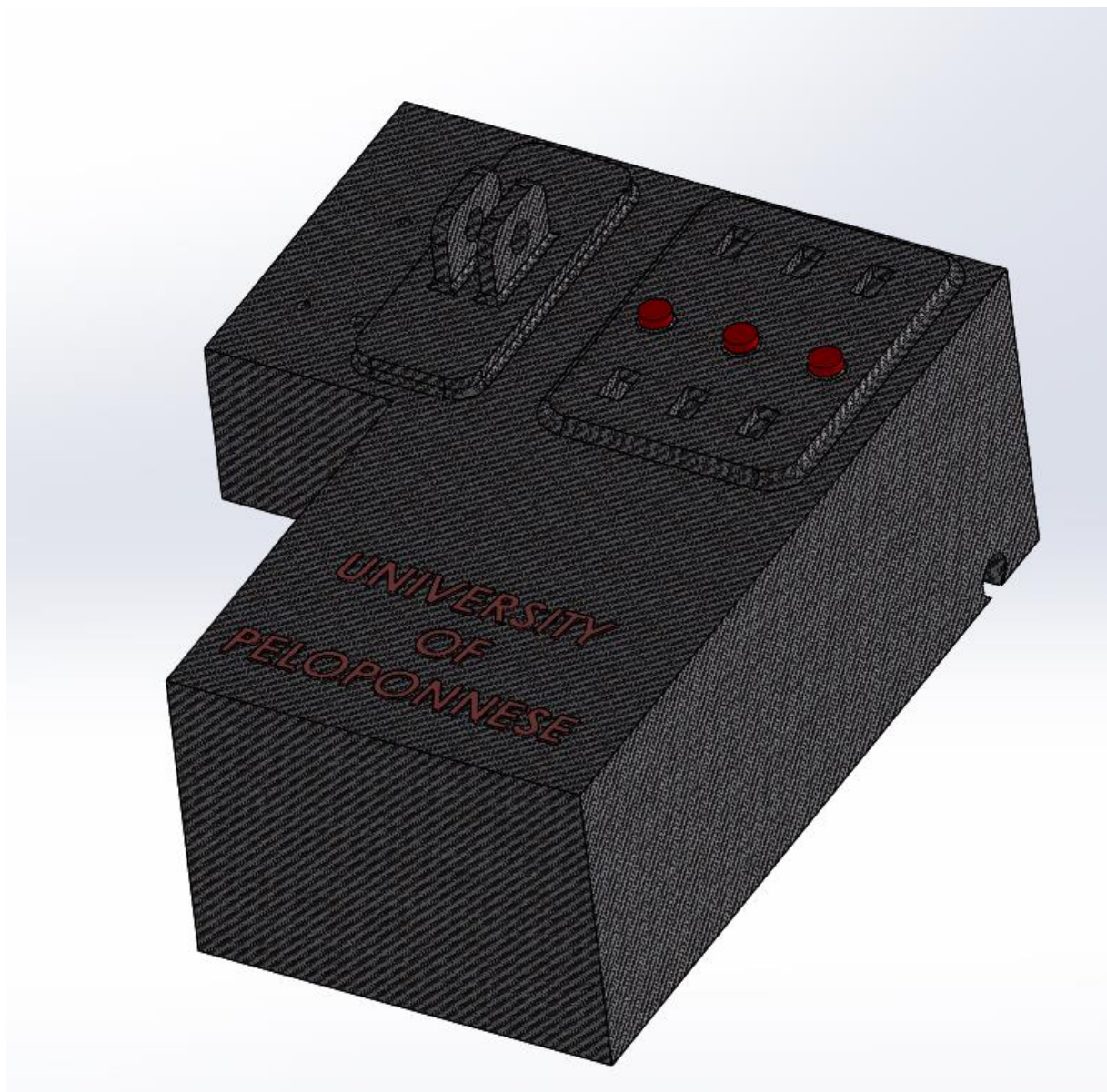
Εικόνα 3.34 : Αγωνιστικού τύπου κάθισμα της Recaro



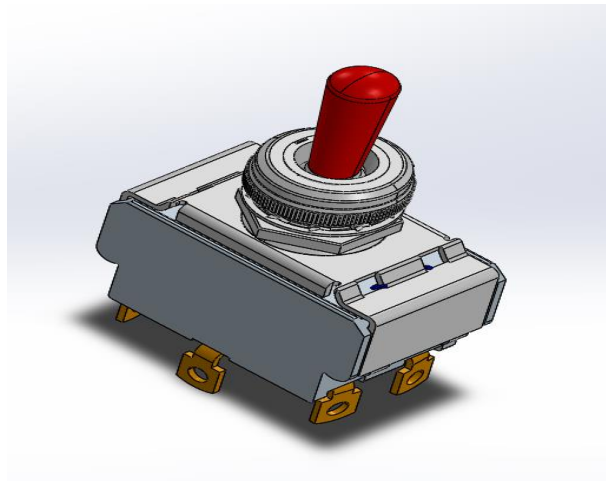
Εικόνα 3.35 : Αγωνιστική πεταλιέρα με ρυθμιστή γκαζιού

3.8 Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός + μηχανικά μέρη σύνδεσης

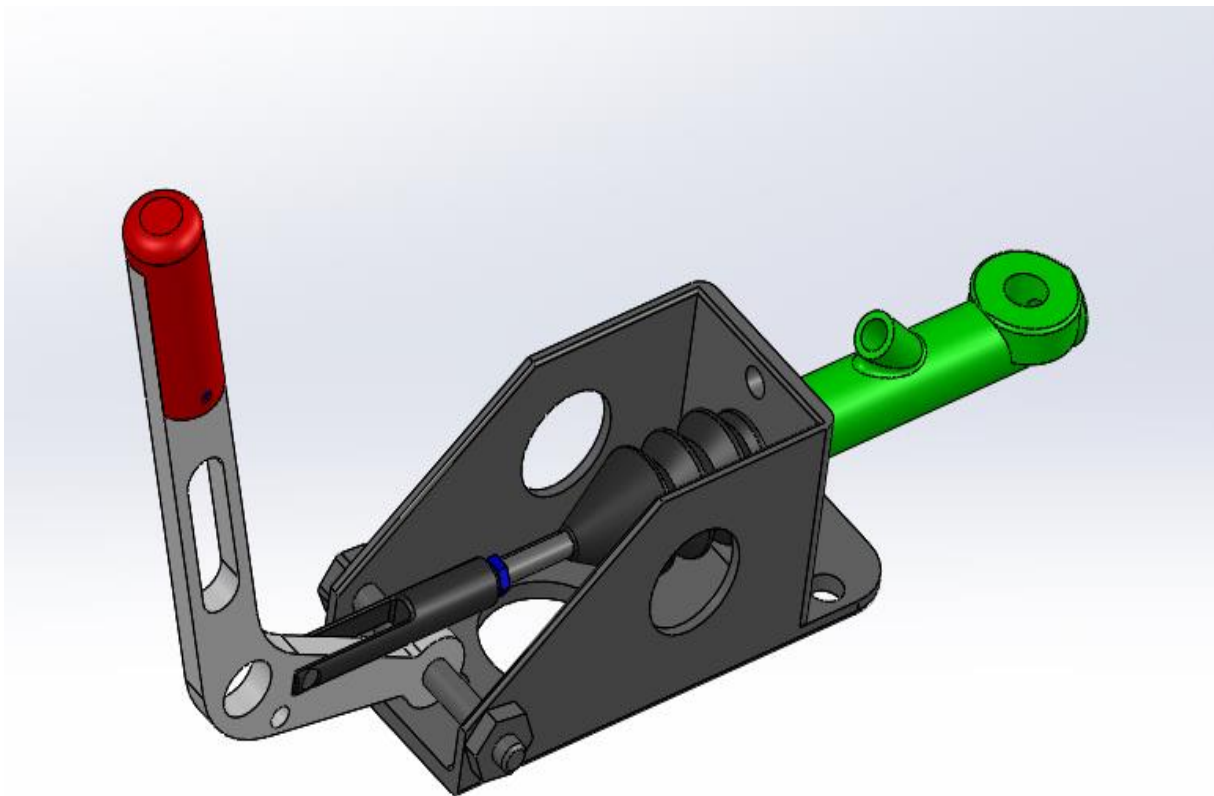
Προκειμένου, ένα όχημα να πληρή τους κανονισμούς για ασφαλής χρήση δεν μπορεί να λυπεί ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός. Αρχικά, έχουν σχεδιαστεί τα κύρια κομμάτια των διακοπών μίζας και φωτισμού. Ωστόσο, έχουν προστεθεί διακόπτες για άμεσο κόψιμο παροχής καυσίμου σε περίπτωση ατυχήματος ή λανθασμένης τροφοδοσίας. Προκειμένου, βέβαια ο εξοπλισμός αυτός να δουλέψει θα πρέπει να στηριχθεί κάπου. Έτσι, σχεδιάσαμε μια βάση η στην οποία πάνω θα στηρίζονται όλοι οι ηλεκτρονικοί διακόπτες και επιπρόσθετα θα φέρει οπή στην μέση όπου θα συνδέεται ο λεβιές ταχυτήτων. Τέλος επάνω στην βάση θα εφαρμόζει και το υδραυλικό χειρόφρενο το οποίο πρέπει να είναι κοντά στον οδηγό για να τον βοηθάει κατά την χρήση του οχήματος.



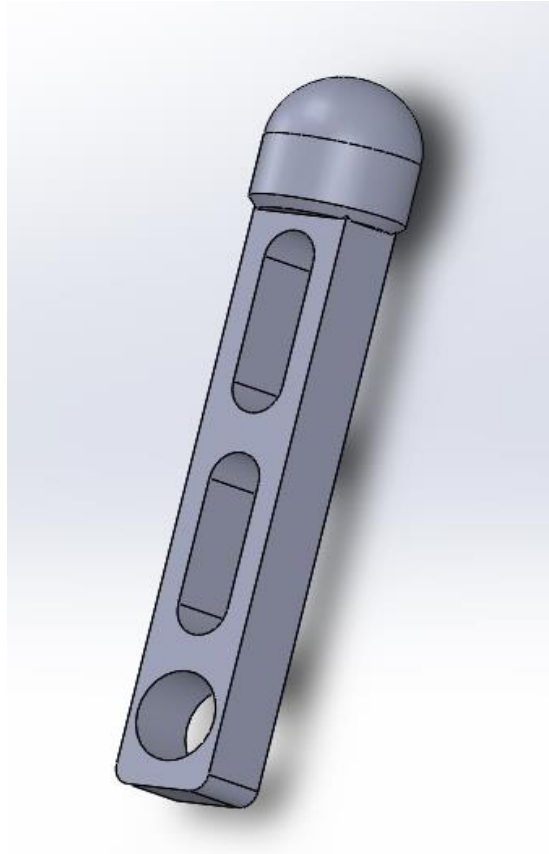
Εικόνα 3.36 : Πολυεστερική βάση χειρόφρενου, λεβιέ και ηλεκτρονικών συστημάτων



Εικόνα 3.37 : Ηλεκτρονικός διακόπτης



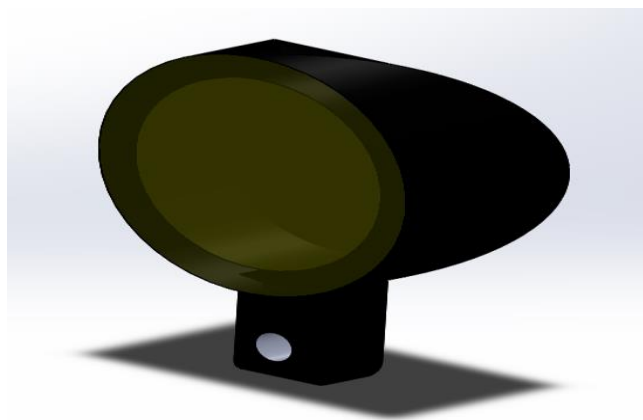
Εικόνα 3.38 : Υδραυλικό χειρόφρενο αγωνιστικής χρήσης



Εικόνα 3.39 : Ενισχυμένος λεβιές

3.9 Φωτισμός

Τέλος, ο σχεδιασμός του οχήματος τελείωσε με την προσθήκη φωτισμού εμπρός και πίσω του οχήματος. Στο πίσω μέρος τοποθετήθηκε φωτισμός LED για ένδειξη stop και μπροστά τοποθετήθηκαν στις πάνω μπάρες του πλαισίου δύο στρογγυλοί προβολείς μεγάλοι για να φωτίζουν το οδόστρωμα.

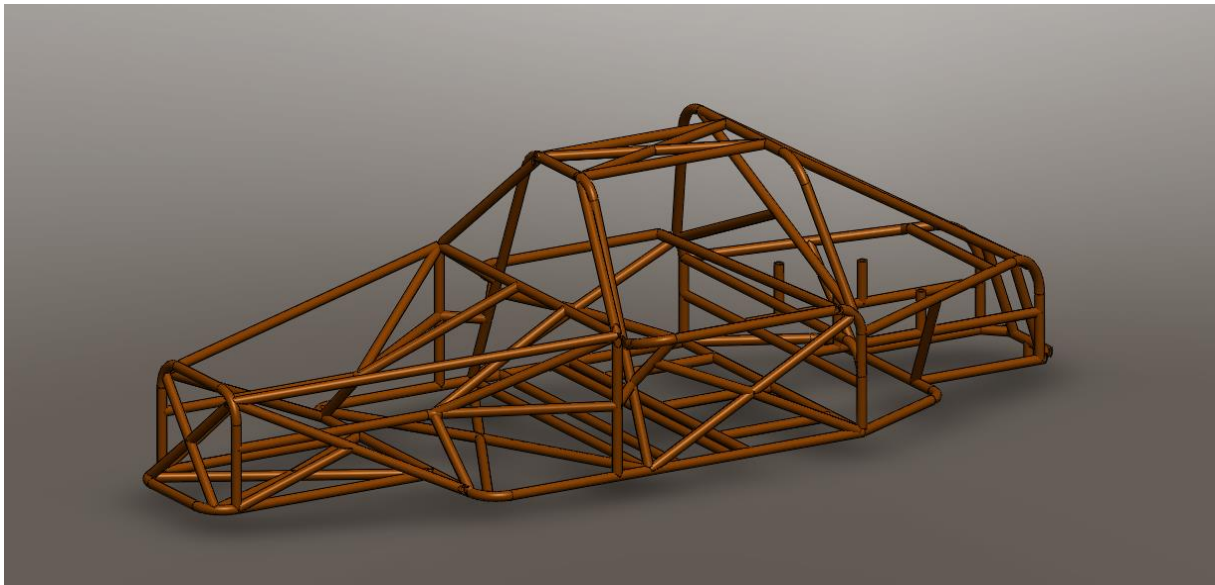


Εικόνα 3.40 : Εμπρόσθιος φωτισμός

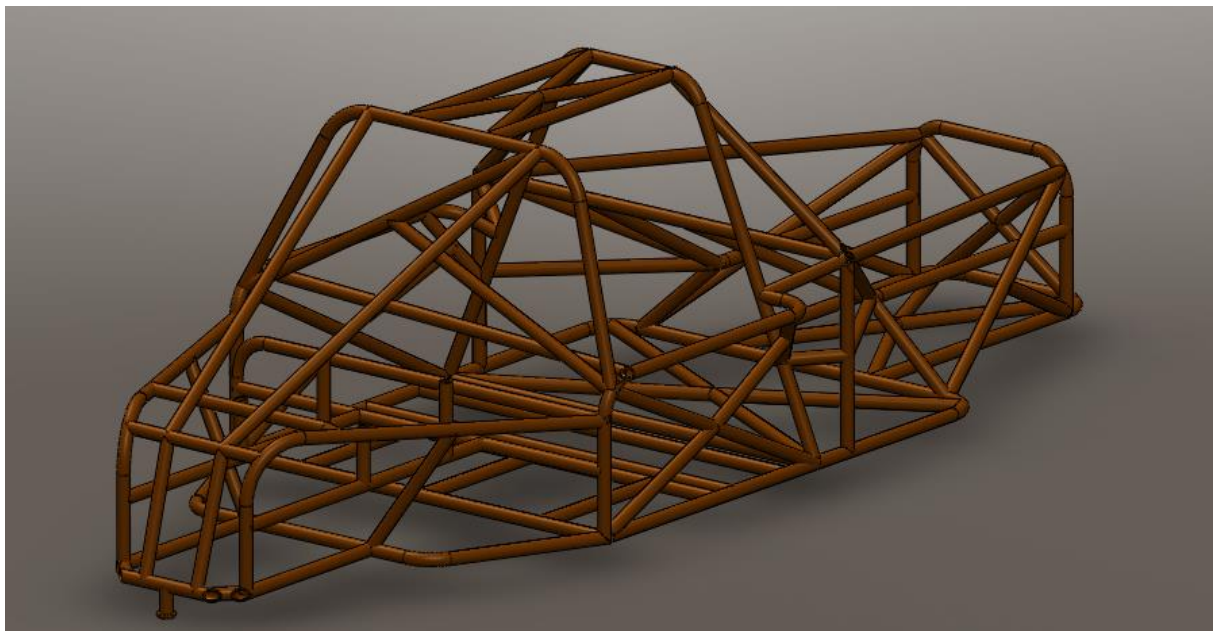
3.10 ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ BUGGY

ΒΗΜΑ 1^ο

Αρχικά, εισάγουμε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα του Solidworks το μηχανικό κομμάτι το οποίο είναι σταθερό. Στην περίπτωση μας το σταθερό αυτό κομμάτι θα είναι το πλαίσιο όπου επάνω θα εφαρμόσουν όλα τα συστήματα και τα μηχανικά μέρη.



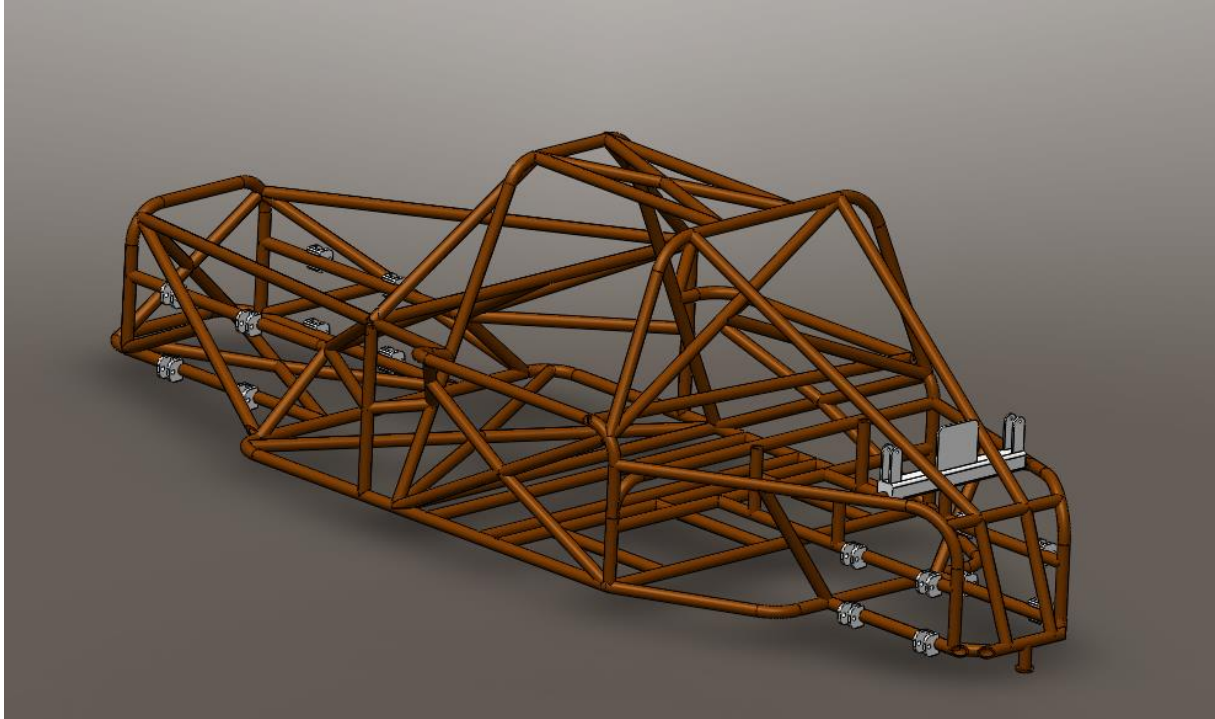
Εικόνα 3.41 : Φωτογραφία πλαισίου_1



Εικόνα 3.42 : Φωτογραφία πλαισίου_2

ΒΗΜΑ 2^ο

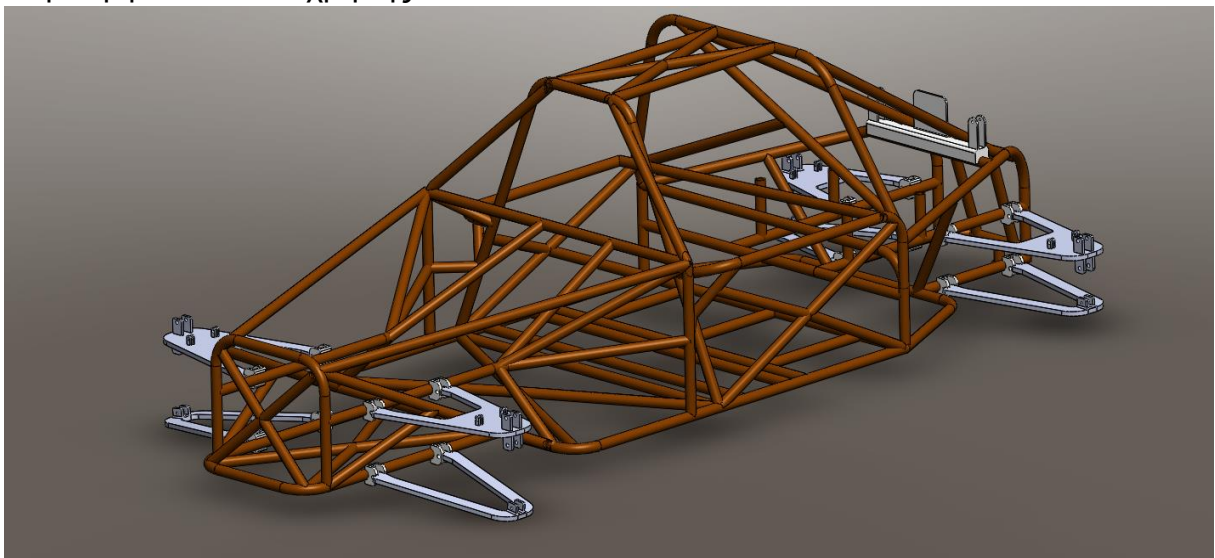
Στην συνέχεια θα τοποθετήσουμε τις βάσεις όπου θα βιδωθούν τα ψαλίδια πάνω. Οι βάσεις αυτές θα γίνουν με την μέθοδο lockκαθώς έχουν υπολογιστεί ώστε να συγκολληθούν.



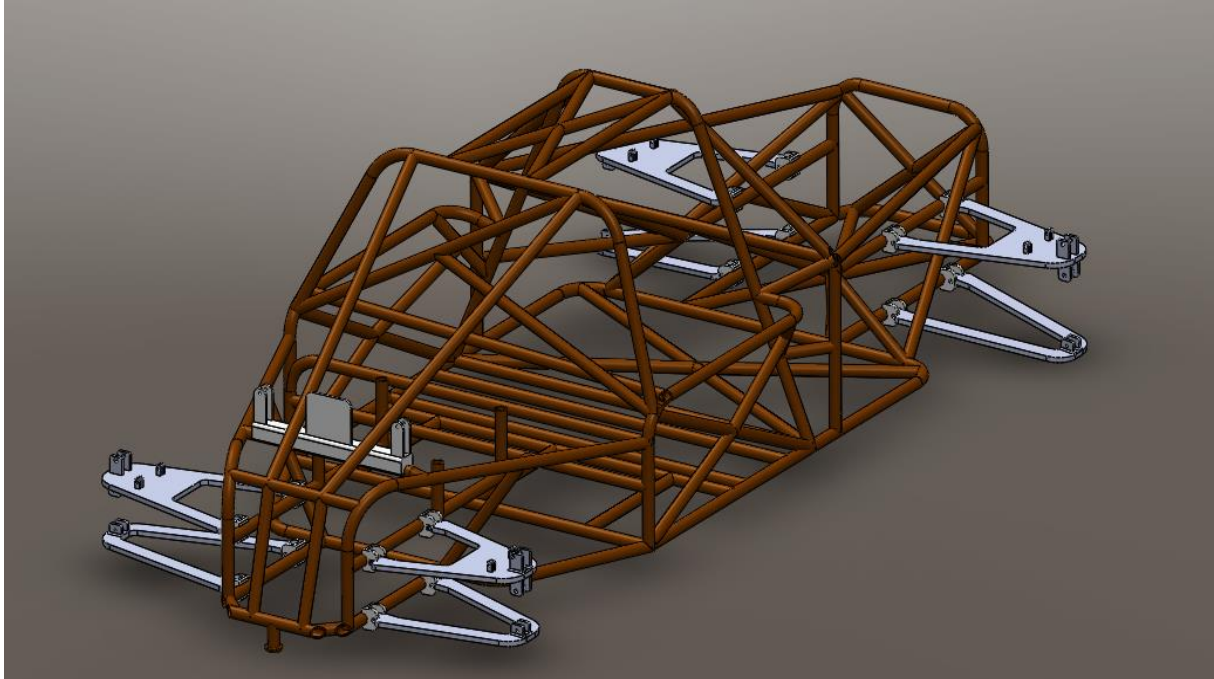
Εικόνα 3.43 : Φωτογραφία πλαισίου με βάσεις ανάρτησης

ΒΗΜΑ 3^ο

Συνεχίζουμε, με την εφαρμογή των ψαλιδιών στο εμπρός και πίσω μέρος του οχήματος αντίστοιχα τοποθετώντας καταλλήλως τα ψαλίδια που σχεδιάσαμε στην πάνω και κάτω πλευρά καθώς όπως προαναφέραμε το κάθε ένα αποσκοπεί σε συγκεκριμένο σκοπό χρήσης.



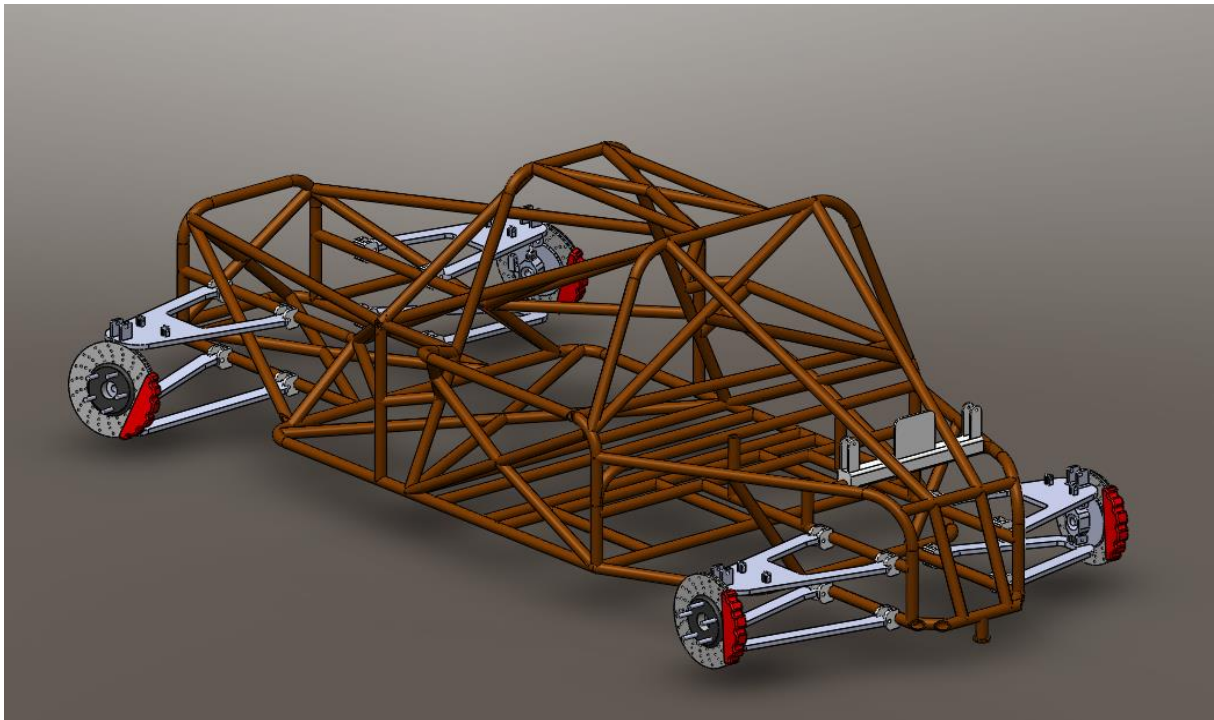
Εικόνα 3.44 : Φωτογραφία πλαισίου με ψαλίδια_1



Εικόνα 3.45 : Φωτογραφία πλαισίου με ψαλίδια_2

ΒΗΜΑ 4^ο

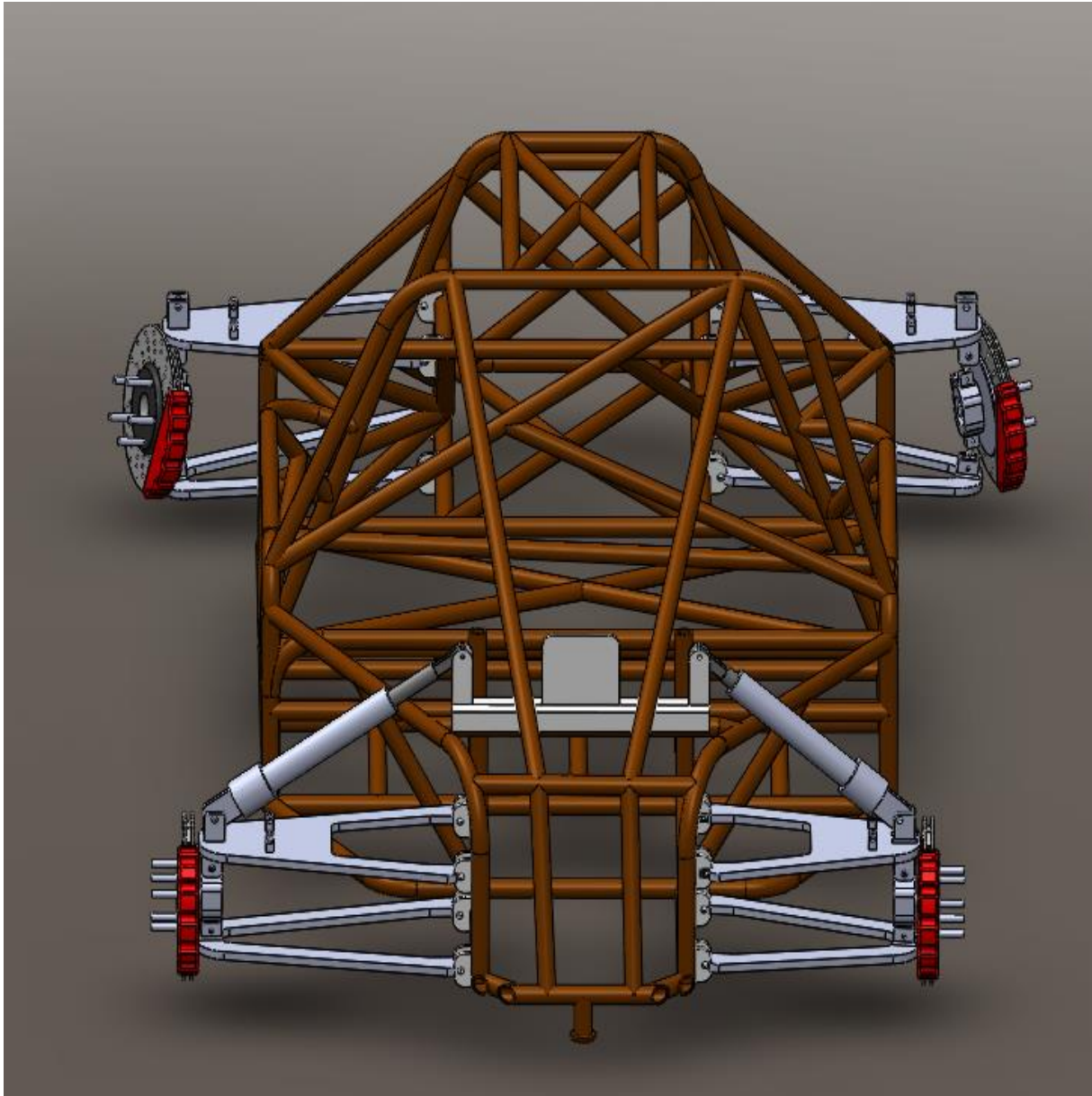
Στην συνέχεια θα γίνει η εφαρμογή των άκρων πίσω και μπροστά η σύνδεση τους μέσω balljoint. Έπειτα, συνδέονται τα ρουλεμάν εσωτερικά της σπής των άκρων και πρεσάρονται τα μπουαγιέ. Έχοντας, τελειώσει με την τοποθέτηση αυτών συνεχίζουμε με την προσθήκη των φρένων στον κάθε τροχό ξεχωριστά.



Εικόνα 3.46 : Φωτογραφία πλαισίου + ψαλίδια + δισκόπλακες

ΒΗΜΑ 5^ο

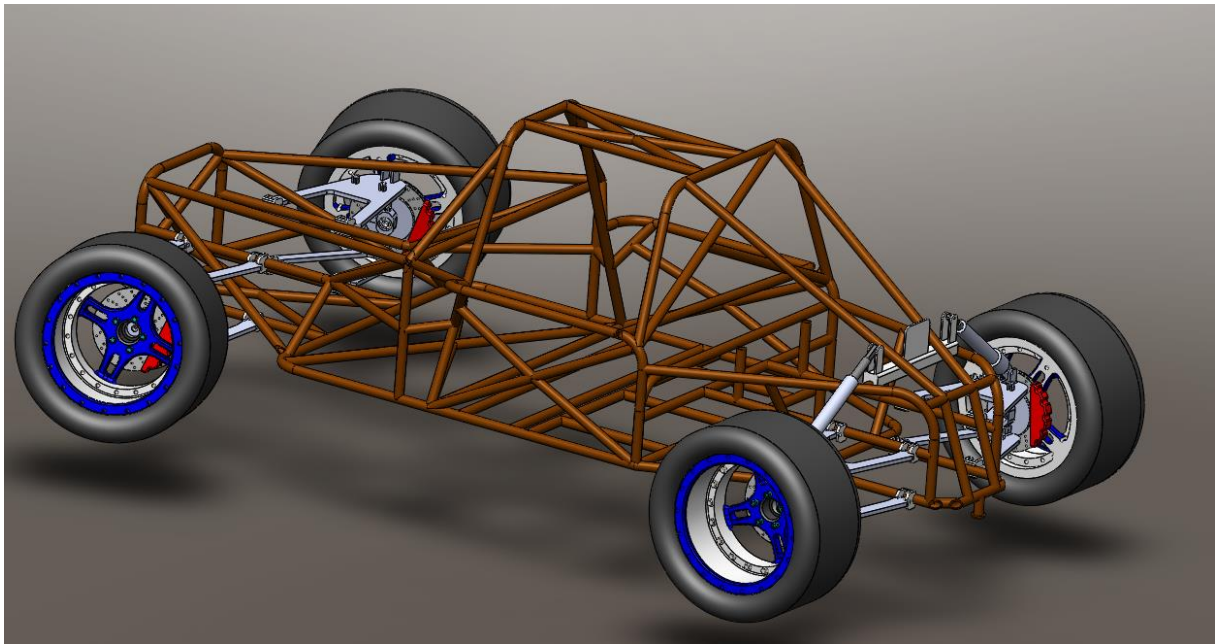
Στην συνέχεια, συνδέεται η ανάρτηση στην μια πλευρά με τα ψαλίδια και στην άλλη πλευρά αντίστοιχα με εκάστοτε βάση που βρίσκεται επάνω στο πλαίσιο. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως η ανάρτηση χωρίζεται από δύο ξεχωριστά μέρη τα οποία εφαρμόζουν το ένα μέσα στο άλλο ώστε να γίνεται η απόσβεση.



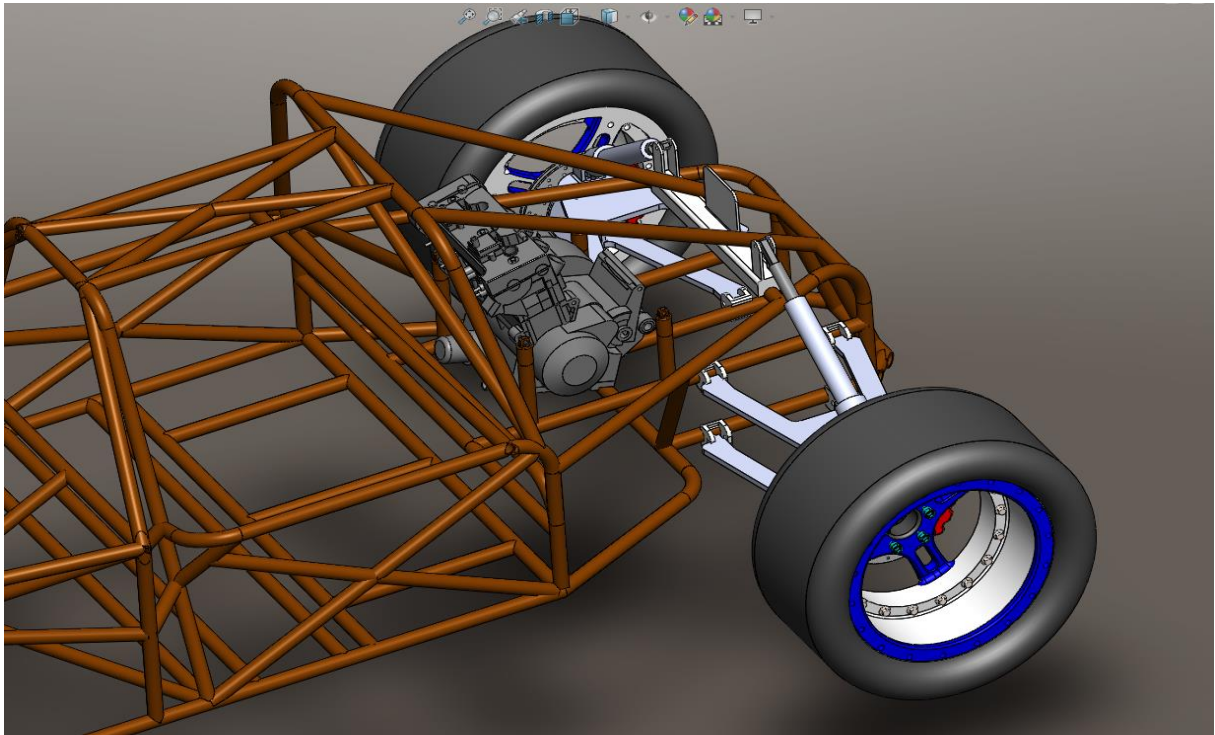
Εικόνα 3.47 :Φωτογραφία πλαισίου με ψαλίδια_Torplane

ΒΗΜΑ 6^ο

Τοποθετούνται, οι τροχοί με τα ελαστικά του οχήματος καθώς και τα μπουλόνια τα οποία έχουν φτιαχτεί μεγάλου μήκους για εύχρηστη χρήση συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης από τον χειριστή. Στην συνέχεια τοποθετούνται οι βάσεις μηχανής και εγκαθιστούμε τον κινητήρα της Honda.



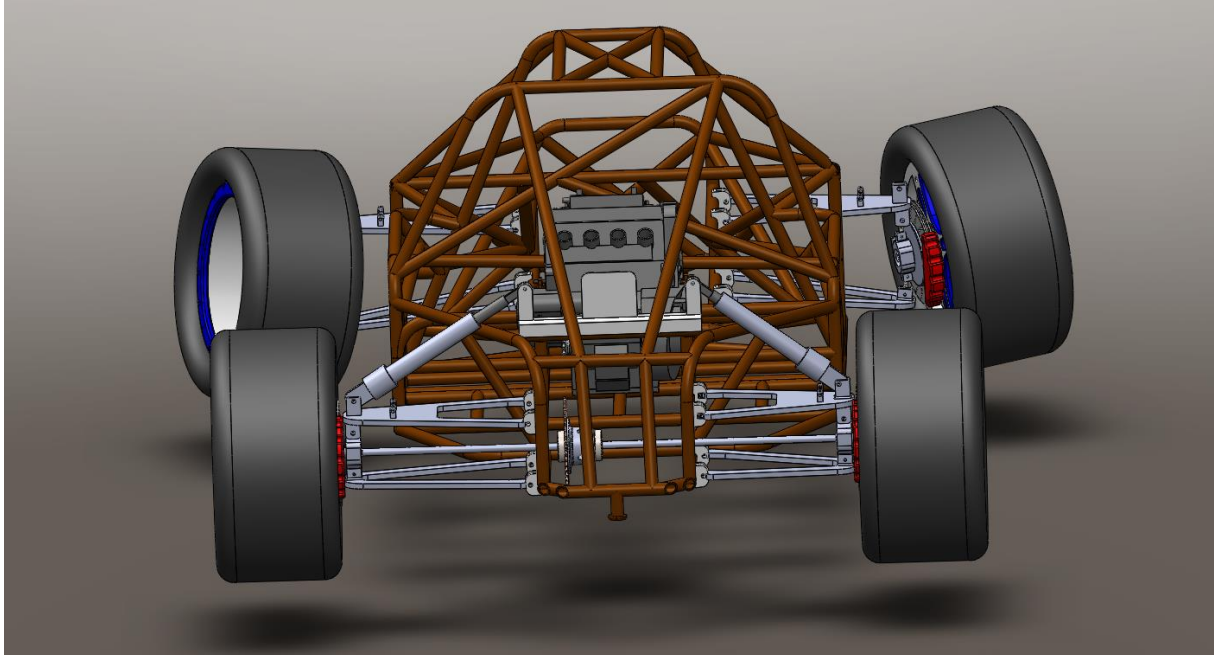
Εικόνα 3.48 : Φωτογραφία πλαισίου με αναρτήσεις και τροχούς



Εικόνα 3.49 : Εγκατάσταση βάσεων κινητήρα και κινητήρα CBR

ΒΗΜΑ 7^ο

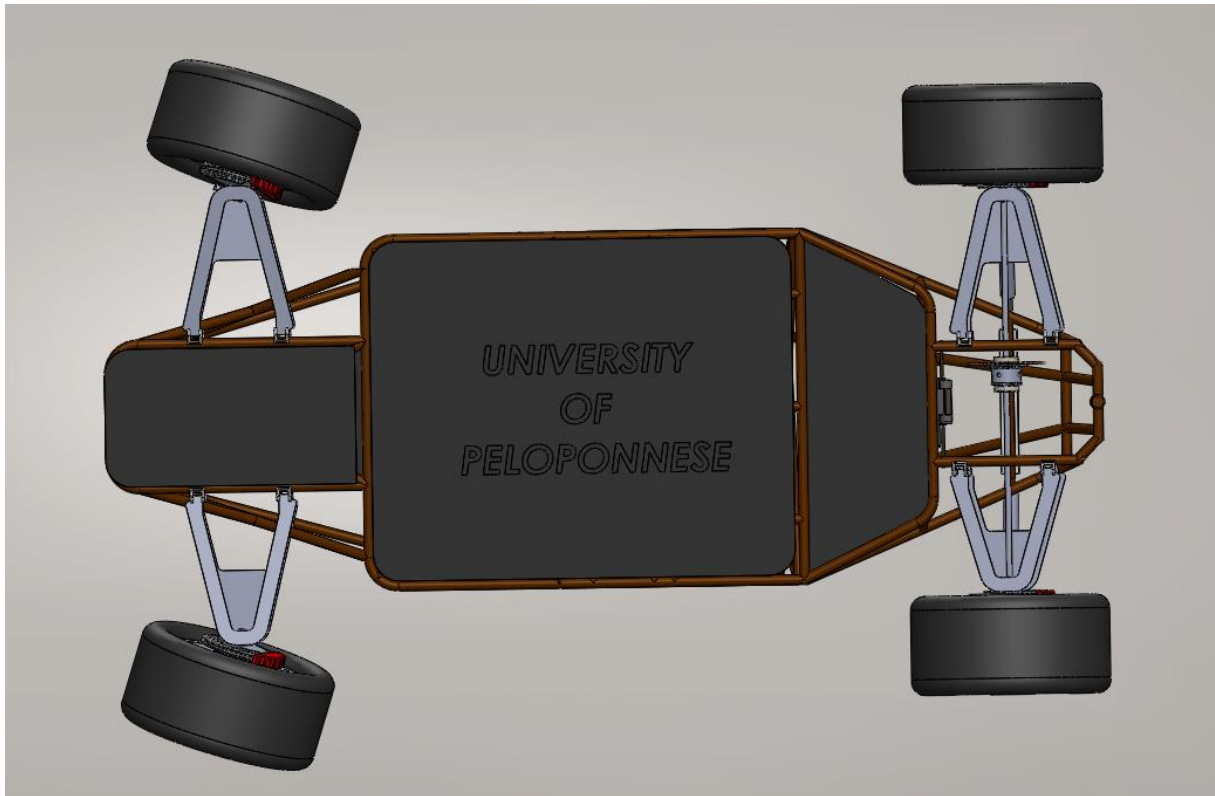
Στην συνέχεια θα γίνει η εγκατάσταση του συστήματος μετάδοσης κίνησης. Ξεκινάμε με την εφαρμογή του γραναζιού στο διαφορικό. Έπειτα, φέρνουμε στην ευθεία το γρανάζι του διαφορικού με το γρανάζι του κινητήρα καθώς φροντίζουμε και τα ημιαξόνια να είναι προσανολισμένα σωστά ώστε να εισέρχονται στις υποδοχές των μωαγιέ.



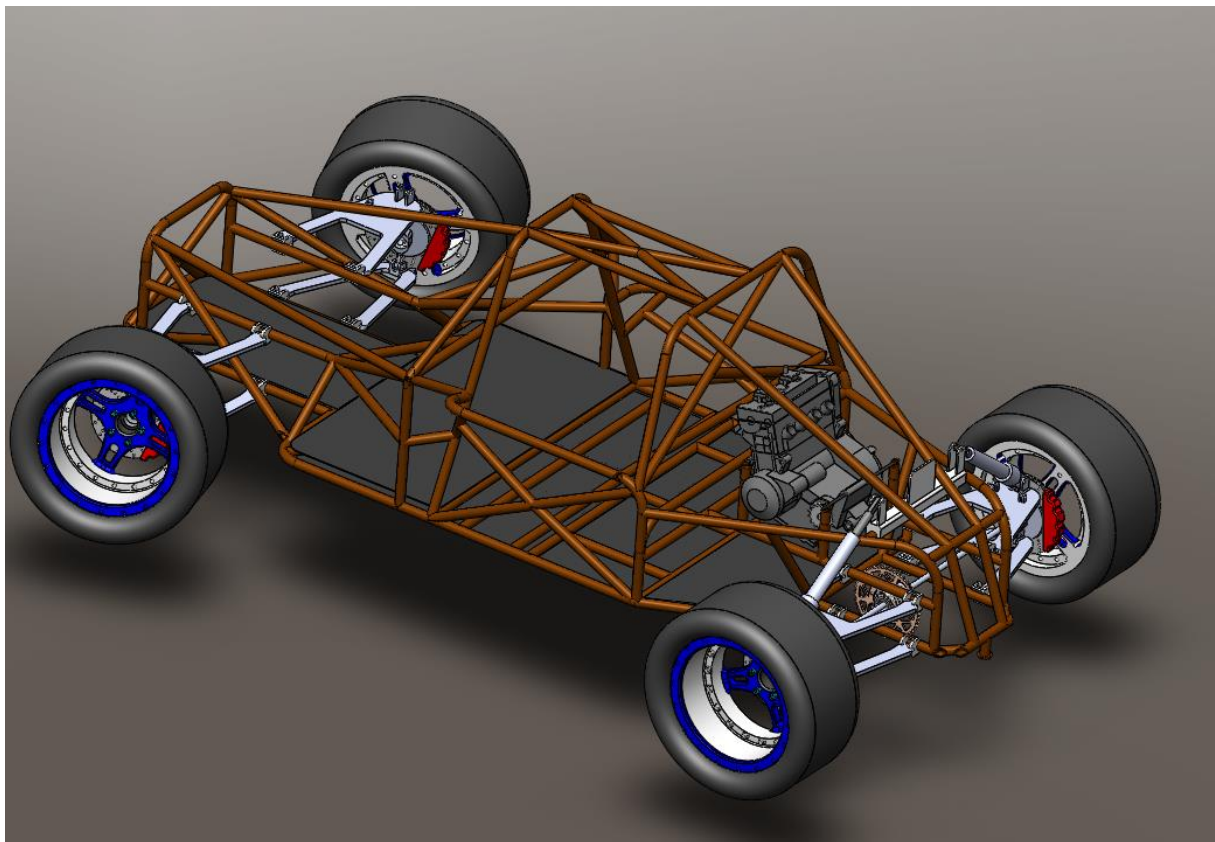
Εικόνα 3.49 : Εγκατάσταση ανάρτησης

ΒΗΜΑ 8^ο

Στο επόμενο βήμα εφόσον το όχημα μας έχει πατήσει στους τροχούς και έχει γίνει η εγκατάσταση του κινητήρα και της μετάδοσης θα πρέπει να τοποθετήσουμε τα εξαρτήματα της εργονομίας. Αρχικά, τοποθετούμε δάπεδα (λαμαρίνας) στο σχήμα του πλαισίου ώστε να καλύψουμε τα κενά και να εξασφαλίσουμε τον διαχωρισμό του οδηγού από το οδόστρωμα.



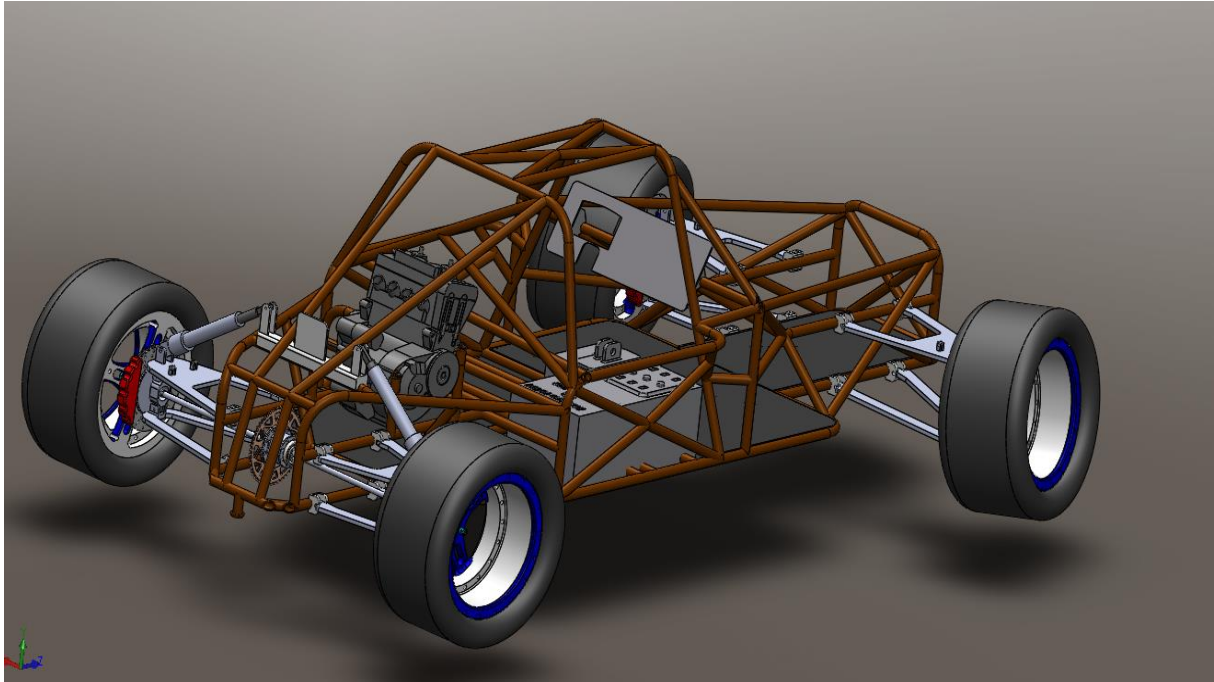
Εικόνα 3.50 : Εγκατάσταση δαπέδου_1



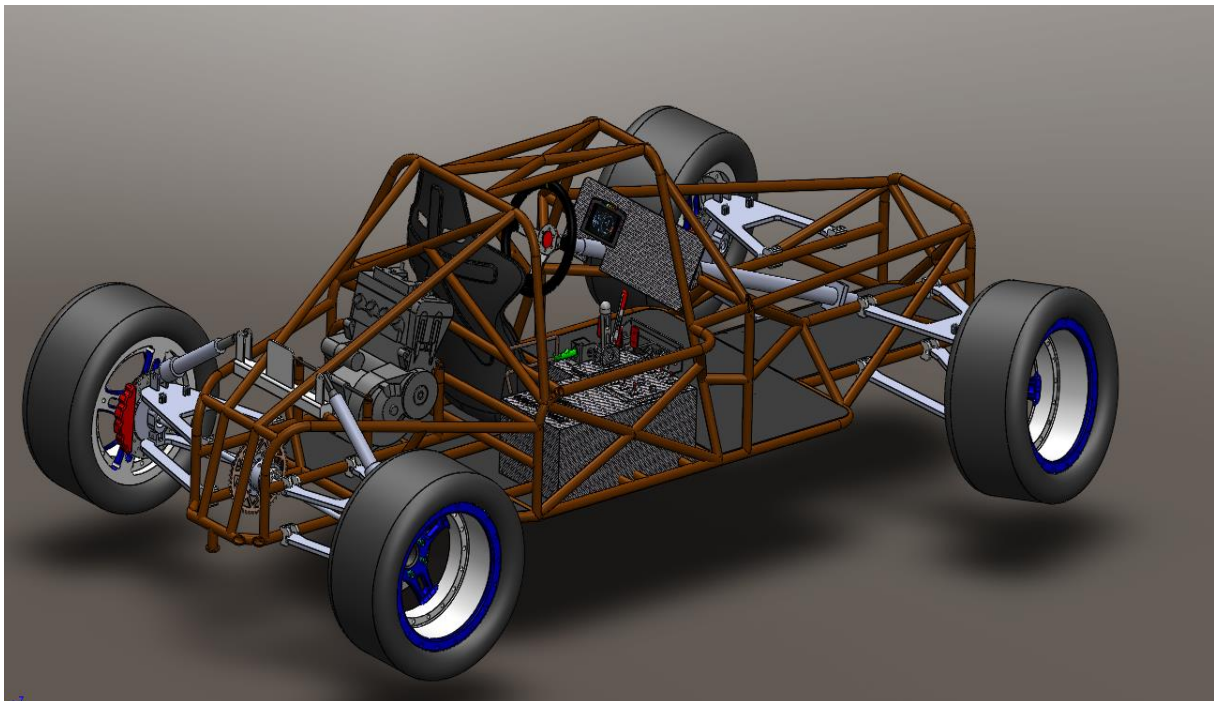
Εικόνα 3.51 : Εγκατάσταση δαπέδου_2

ΒΗΜΑ 9^ο

Φτάνοντας, προς το τέλος την συναρμολόγησης εγκαθιστούμε τις δύο βάσεις όπου θα συγκρατούν το καντράν, τα ηλεκτρολογικά εξαρτήματα καθώς και το χειρόφρενο με τον λεβιέ ταχυτήτων.



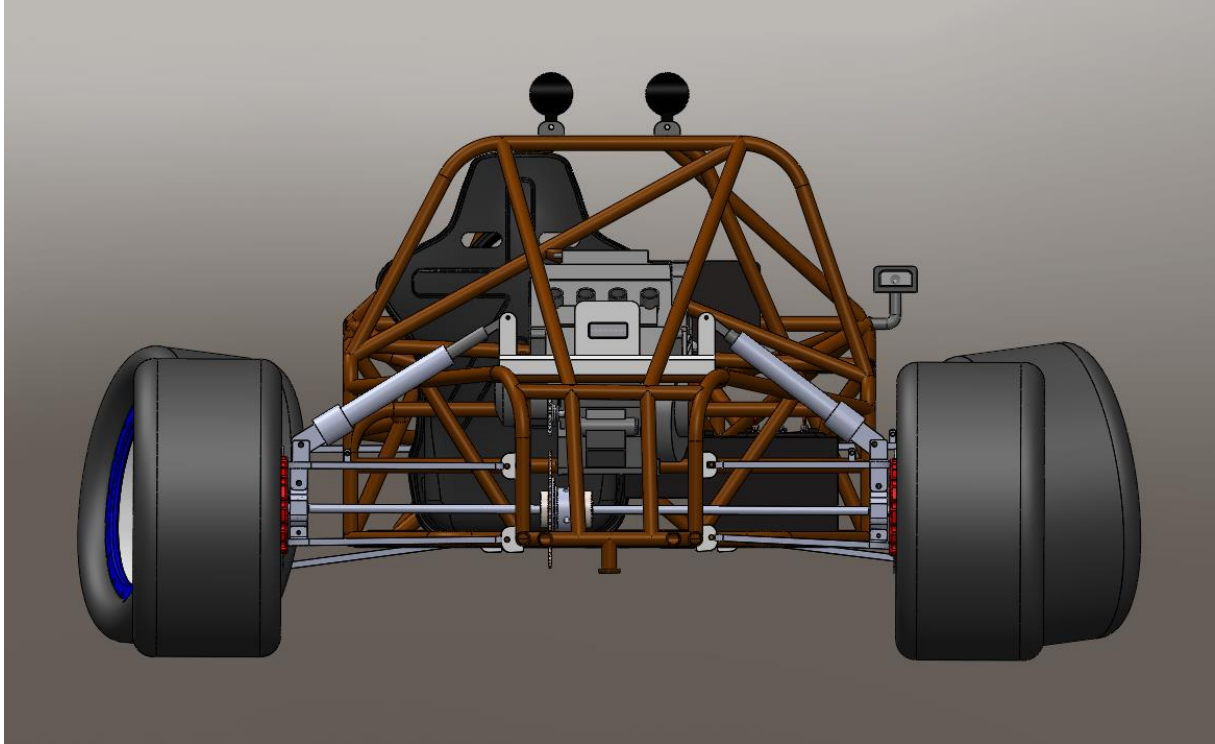
Εικόνα 3.52 : Εγκατάσταση πολυεστερικών βάσεων



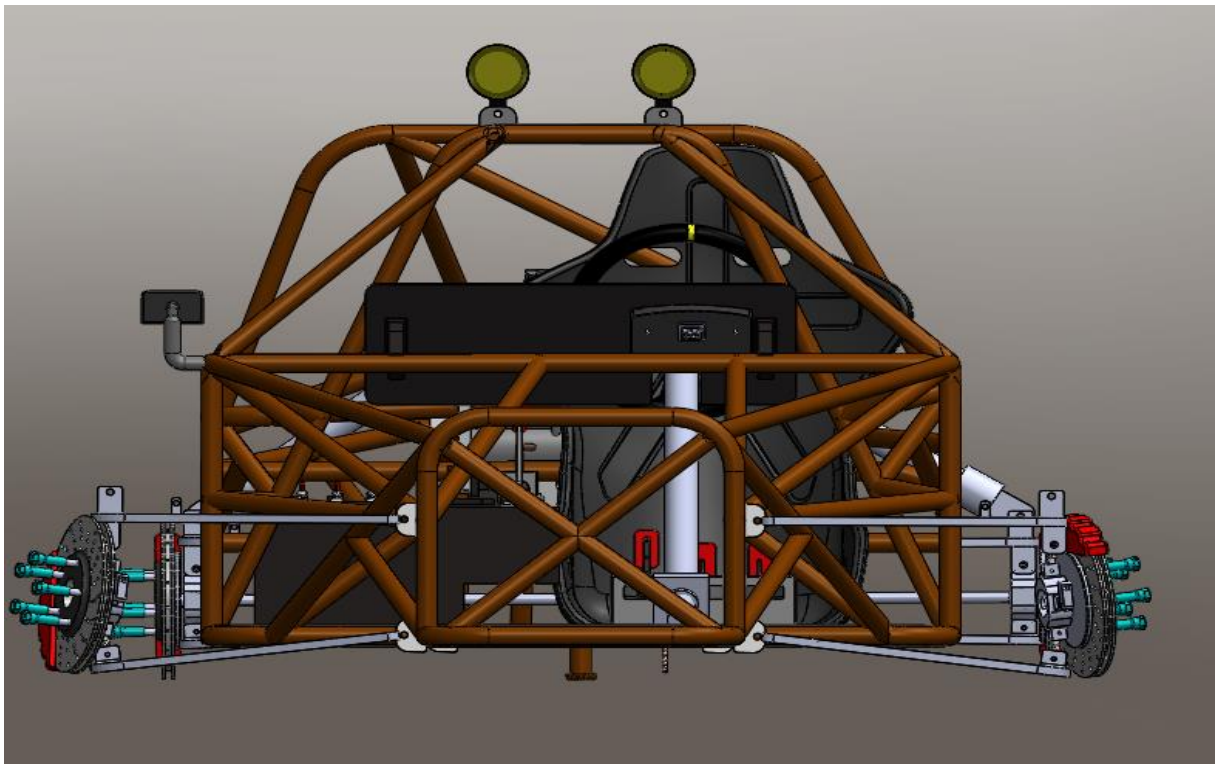
Εικόνα 3.53 : Εγκατάσταση συστημάτων εργονομίας

ΒΗΜΑ 10^ο

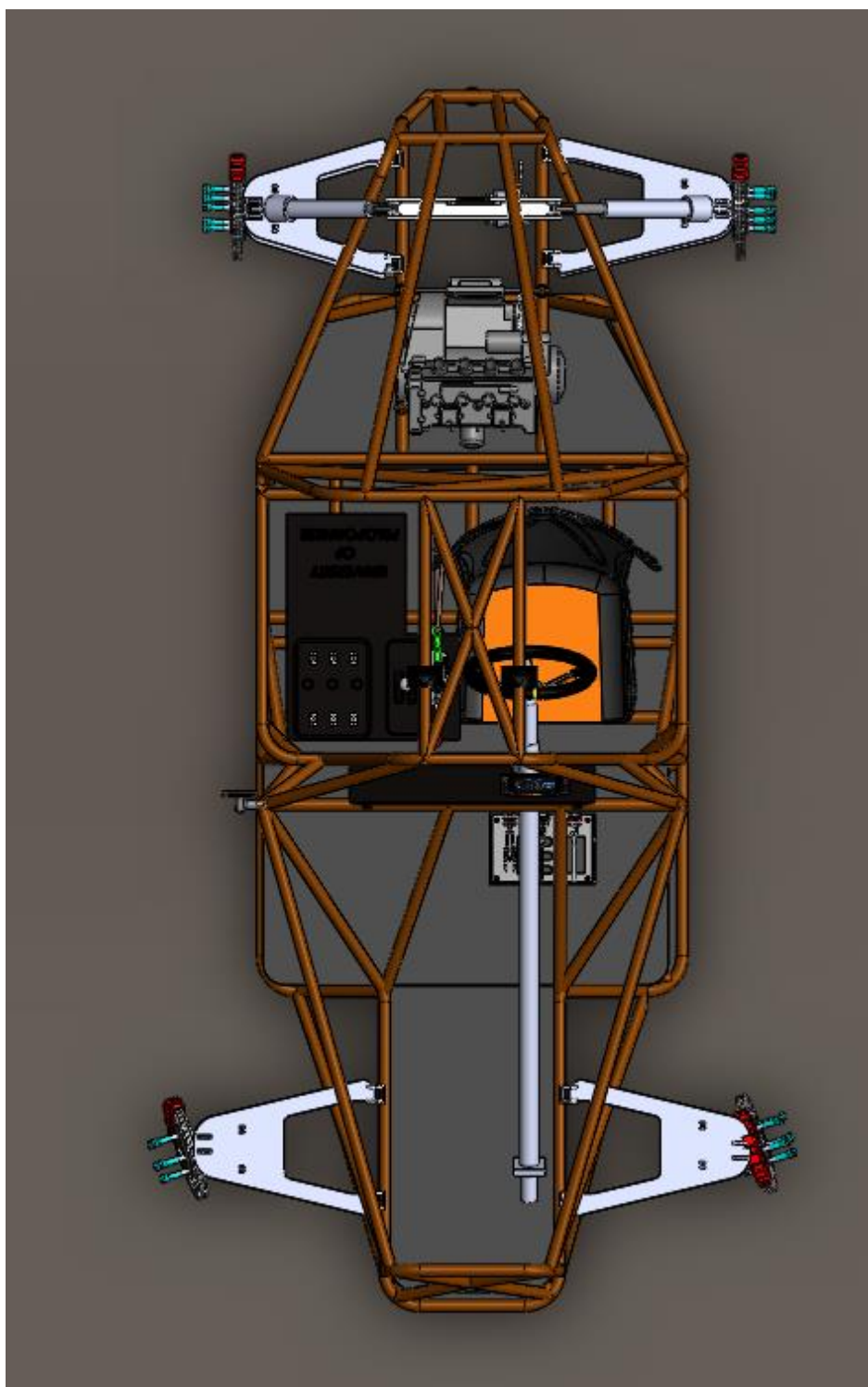
Προσθήκη φωτισμού, καθρεφτών και κοχλιών όπου χρειάζεται για την τελική υλοποίηση του πρότζεκτ. Παρακάτω, παρουσιάζονται σε διαφορετικές όψεις η τελική σχεδίαση και συναρμολόγηση του οχήματος.



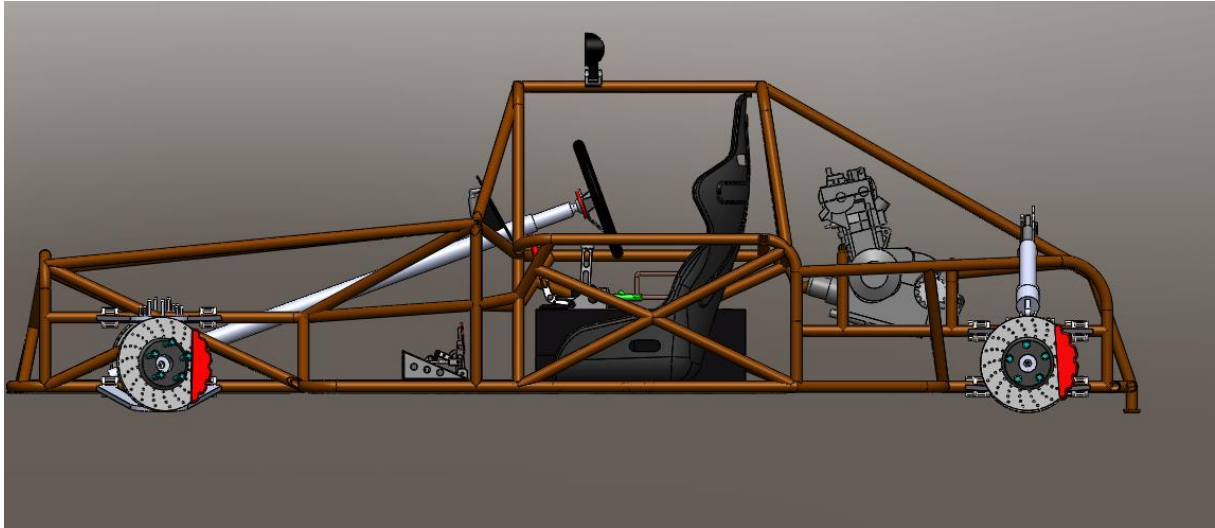
Εικόνα 3.54 : Εγκατάσταση φωτισμού και λοιπών κοχλιών



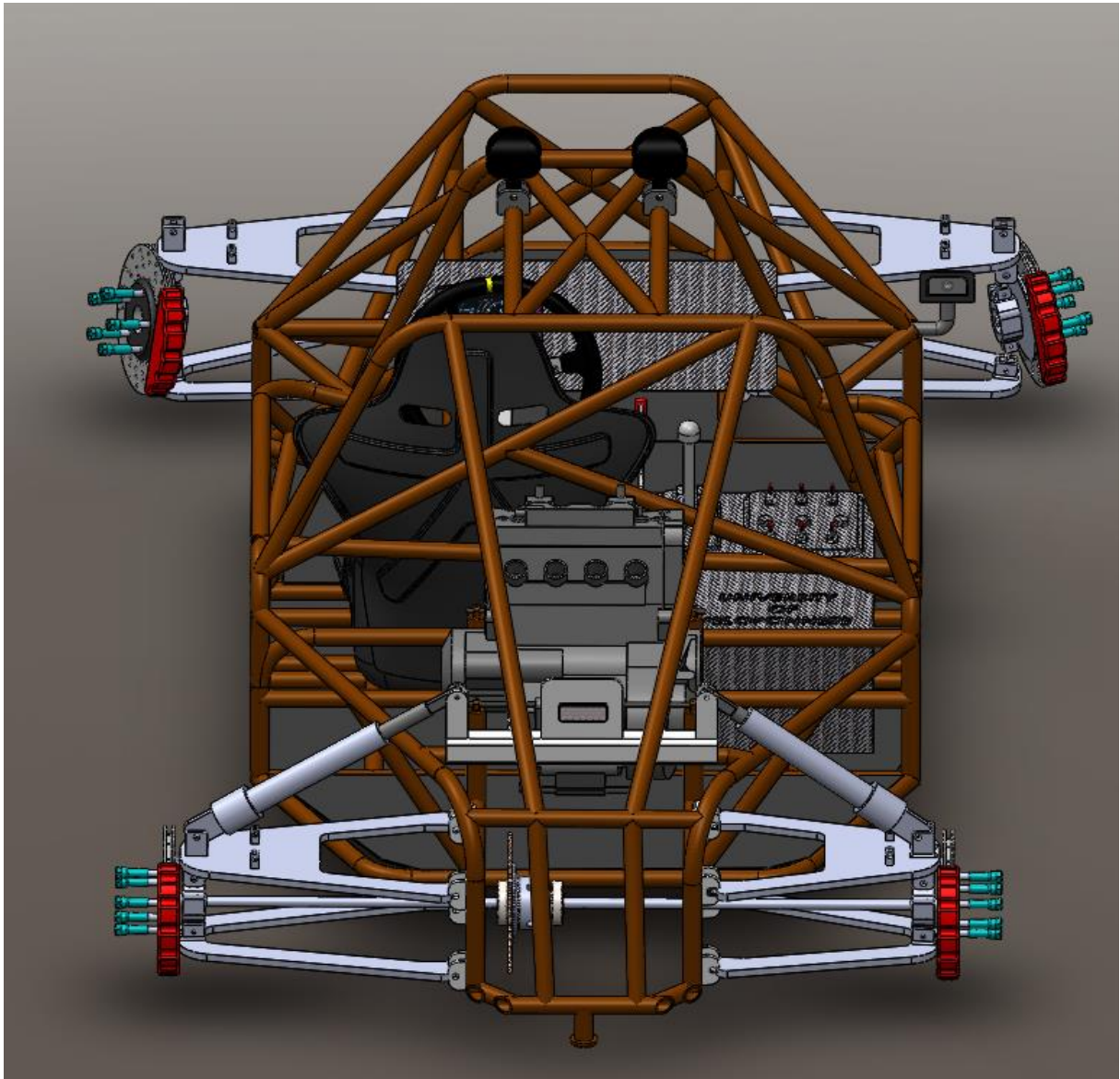
Εικόνα 3.55 : Τελικό σχέδιο οχήματος Frontplane



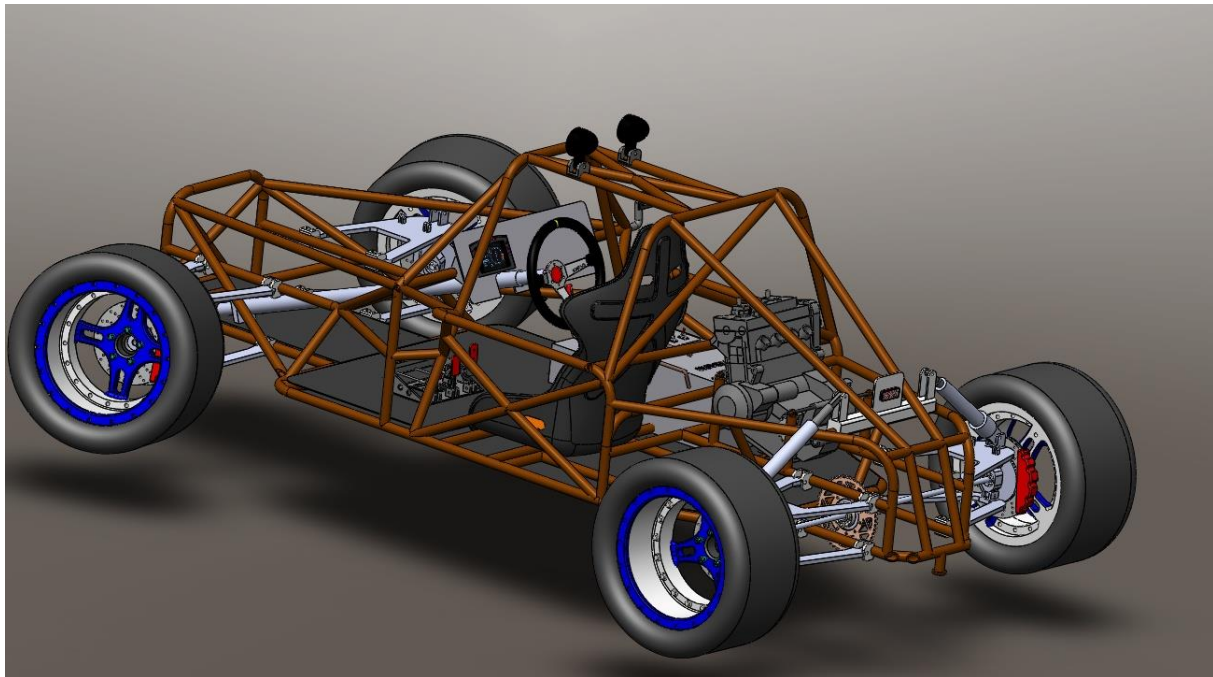
Εικόνα 3.56 : Τελικό σχέδιο οχήματος Torplane



Εικόνα 3.57 : Τελικό σχέδιο οχήματος Rightplane



Εικόνα 3.58 : Τελικό σχέδιο οχήματος 3dplane



Εικόνα 3.59 : Τελικό σχέδιο οχήματος Buggy

Include hidden bodies/components
 Create Center of Mass feature
 Show weld bead mass
 Report coordinate values relative to: -- default --

Mass properties of assembly
 Configuration: Default
 Coordinate system: -- default --

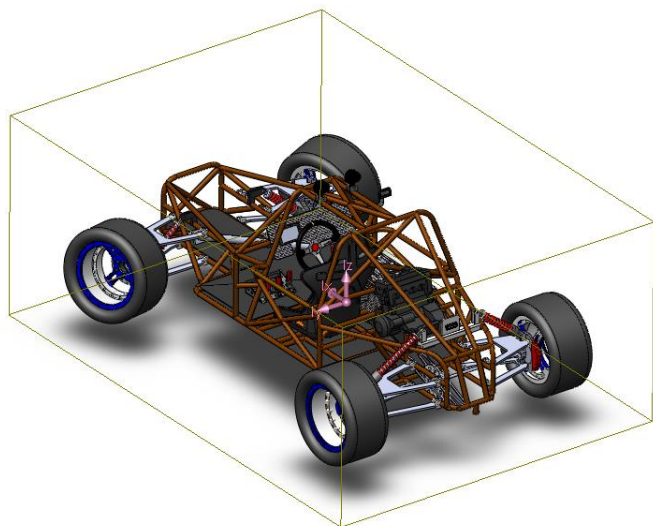
Mass = 457460.05 grams
 Volume = 414640525.91 cubic millimeters
 Surface area = 39890035.02 square millimeters

Center of mass: (millimeters)
 X = 610.79
 Y = 150.08
 Z = 483.15

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millir
 Taken at the center of mass.
 Ix = (-0.04, -0.02, 1.00) Px = 293516770361.14
 Iy = (1.00, 0.00, 0.04) Py = 681458222196.84
 Iz = (0.00, 1.00, 0.02) Pz = 929396284017.10

Moments of inertia: (grams * square millimeters)
 Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.
 Lxx = 680830561989.63 Lxy = -417836886.23 Lxz = -156260030
 Lyx = -417836886.23 Lyy = 929190816004.46 Lyz = -11368228:
 Lzx = -15626003000.43 Lzy = -11368228359.06 Lzz = 294349898

Moments of inertia: (grams * square millimeters)
 Taken at the output coordinate system.
 Ixx = 797919516943.74 Ixy = 41515607413.11 Ixz = 1193705786
 Iyx = 41515607413.11 Iyy = 1206636975794.31 Iyz = 2180208811
 Izx = 119370578670.98 Izy = 21802088115.19 Izz = 4753142266



Εικόνα 3.6: Τελικό βάρος οχήματος buggy: 457,46 kg

Κεφάλαιο 4^ο

Μηχανολογικές κατεργασίες Solidcam

Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού, κύριο μέλημα μας είναι να ελαττώσουμε το κόστος κατασκευής όσο μπορούμε με την βοήθεια των μηχανών κατεργασίας όπως είναι το CNC. Ωστόσο, για να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο θα πρέπει να υπάρχει και το προβλεπόμενο πρόγραμμα το οποίο θα έχει την ευχέρεια να συνδέει το σχέδιο με την μηχανή του CNC. Το πρόγραμμα που θα χρησιμοποιηθεί είναι το Solidcam το οποίο μας δίνει την δυνατότητα το σχέδιο κατά την ολοκλήρωσή του να μπορούμε να κάνουμε μια ηλεκτρονική προσομοίωση των κατεργασιών που θα γίνουν ώστε να βγει το τελικό κομμάτι που αναμένουμε. Η διαδικασία κατά την οποία γίνεται συνδέεται μέσω ενός κώδικα που ονομάζεται Gcode.



Εικόνα 4 : Ενδεικτική φωτογραφία προγράμματος Solidcam

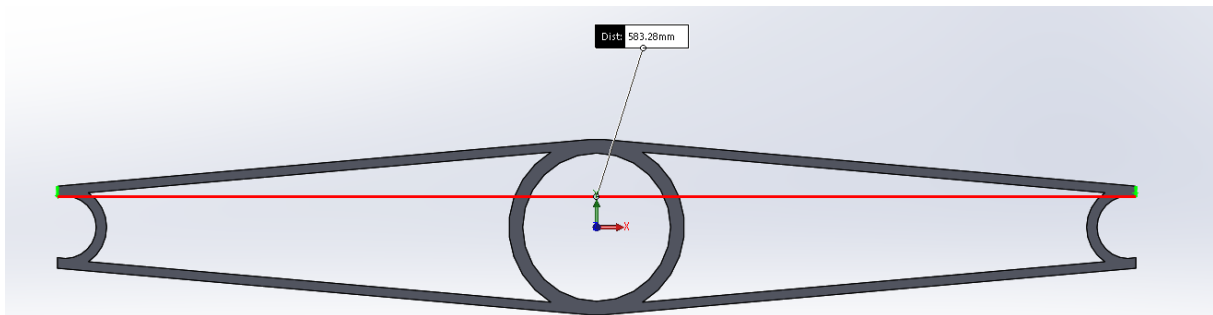
Η κατεργασία των κομματιών εξαρτάται από τον σχεδιασμό, την γεωμετρία και το πως θέλουμε να γίνει η παραγωγή. Έτσι διακρίνουμε για παράδειγμα διαφόρων ειδών κατεργασίες όπως της τόννευσης για κυλινδρικά δοκίμια, την διάτρηση για ξετρύπημα οπών και άλλες πολλές κατεργασίες που χρησιμοποιούνται είτε για καθαρισμό, είτε για ελαφρύσεις.

Το όχημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας που έχει σχεδιαστεί αποτελείται από πολλά τέτοιου είδους εξαρτήματα τα οποία μπορούν να σχεδιαστούν και να καταργαστούν μέσω του Solidcam και εν συνεχεία να μπουνέ μέσω του Gcode στο CNC. Κύριο σημείο αναφοράς είναι πως ελαττώνουμε το κόστος παραγωγής και αντίστοιχα μπορούμε να δούμε και αν το κομμάτι χρειάζεται σε κάποια σημεία διόρθωση. Παρακάτω, εμφανίζεται η λίστα με όλα τα εξαρτήματα (parts) που μπορούμε να καταργαστούμε μέσω CNC.

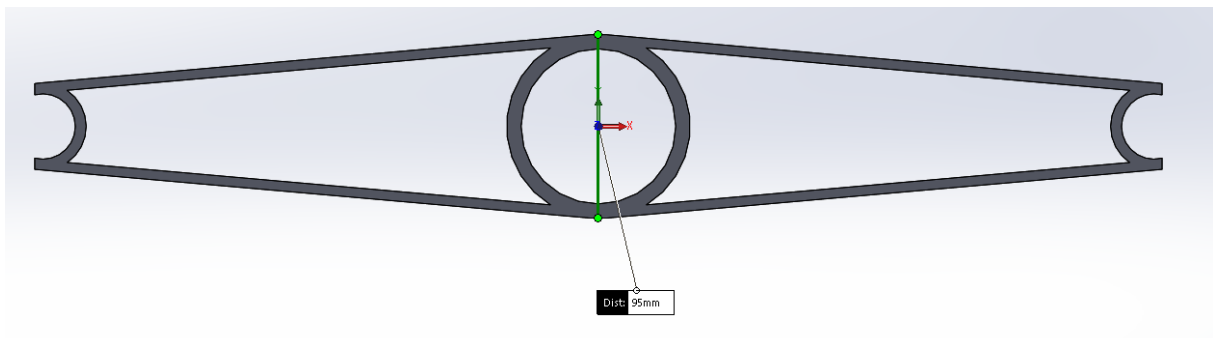
Κομμάτια προς καταργασία σε CNC μέσω του προγράμματος Solidcam
Βάση διαφορικού
Γρανάζι κινητήρα
Δάπεδα οχήματος
Γρανάζι διαφορικού
Ψαλίδια επάνω και κάτω

4.1 Βάση διαφορικού μέσω CNC

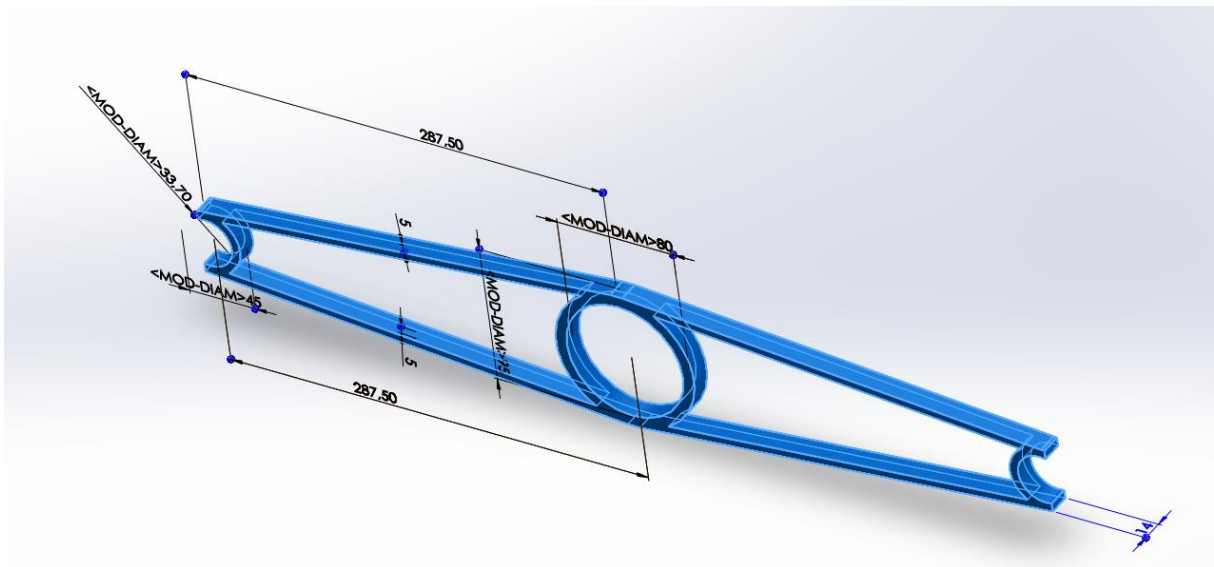
Αρχικά, το κομμάτι που θα ασχοληθούμε είναι η βάση του διαφορικού όπου θα στηρίζεται εσωτερικά των οπών μέσω ρουλεμάν το διαφορικό. Ξεκινάμε, καταγράφοντας τις διαστάσεις του κομματιού μέσω του βοηθητικού εργαλείου που παρέχει το Solidwork στην εντολή **Evaluate..measure**. Με την βοήθεια του measure θα καταγράψουμε τις διαστάσεις ως προς τον Χ' άξονα, τον Υ άξονα και τον Ζ' άξονα.



Εικόνα 4.1 : Μέτρηση βάσης διαφορικού ως προς τον Χ' άξονα



Εικόνα 4.2 : Μέτρηση βάσης διαφορικού ως προς τον Y' άξονα



Εικόνα 4.3 : Μέτρηση βάσης διαφορικού ως προς τον Z' άξονα

Έχοντας καταγράψει τις μετρήσεις και στους 3 άξονες, συνεχίζουμε με την εύρεση του κατάλληλου προπλάσματος βάση των διαστάσεων που έχουμε πάρει παραπάνω. Με αυτό τον τρόπο ταξινομούμαστε σε τρεις άξονες x,y,z όπου σε κάθε άξονα τοποθετούμε το κοπτικό εργαλείο και το μήκος του εκάστοτε άξονα.

Άξονας X: $(2 \cdot 50 \text{ (δέστρες)} + L + 2 \cdot D + 2 \cdot D)$
Άξονας Y: $(2 \cdot D + L + 2 \cdot D)$
Άξονας Z: $(B + 1..2)$

Με τις παραπάνω σχέσεις καταλήγουμε να παίρνουμε τις εξής διαστάσεις για κάθε ξεχωριστά άξονα:

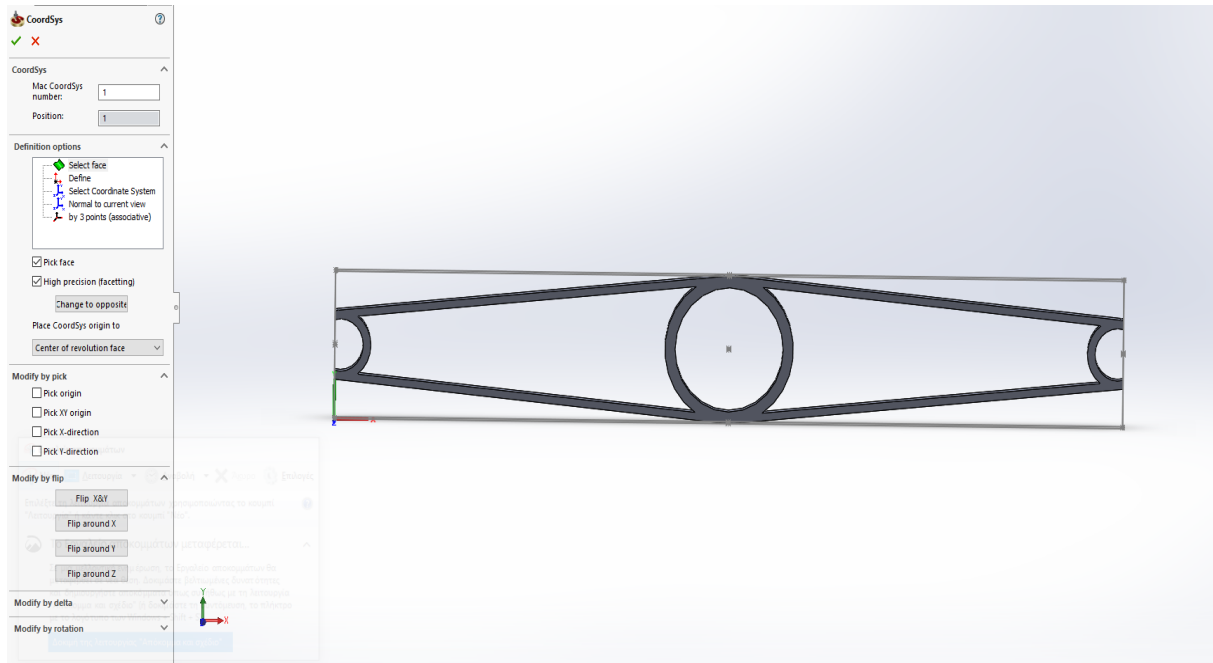
Άξονας X: $(2 \cdot 50 \text{ (δέστρες)} + 583,28 + 2 \cdot 6 + 2 \cdot 6)$
Άξονας Y: $(2 \cdot 6 + 95 + 2 \cdot 6)$
Άξονας Z: $(B + 1..2)$

X= 62mm

Y= 12mm

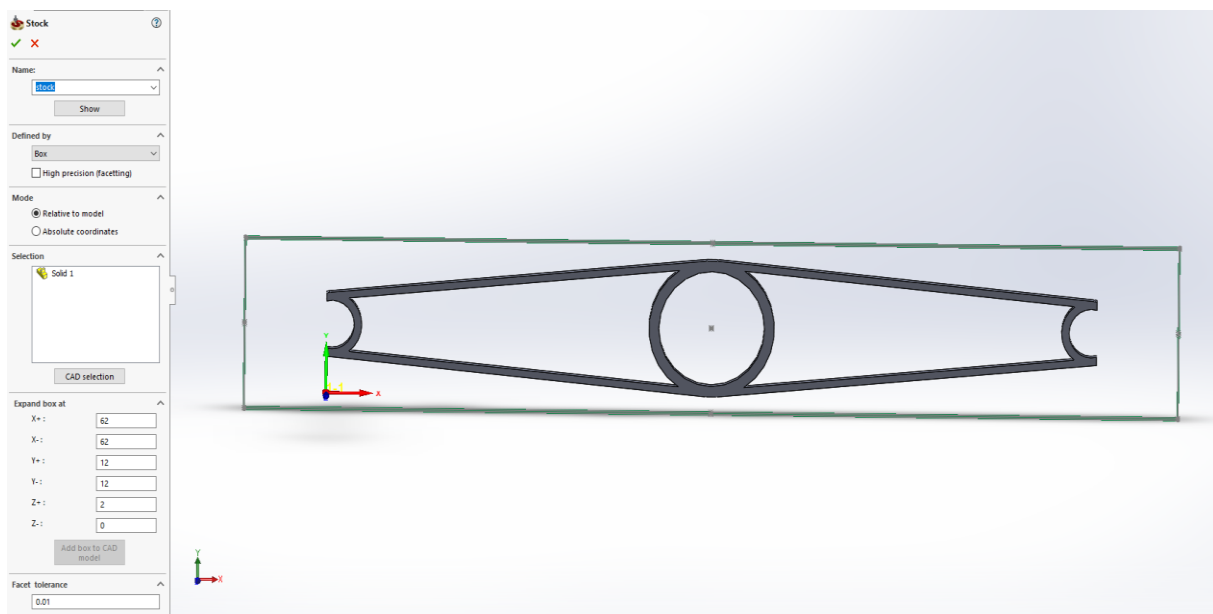
Z= 2mm

Στο επόμενο βήμα, ορίζουμε τις συντεταγμένες στο πρόπλασμα που έχει επιλεγθεί από το πρόγραμμα μέσω του **Coordinatesystem**. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως χρειάζεται προσοχή αυτό το βήμα καθώς οι συντεταγμένες που ορίζονται δεν είναι οι καταληκτικές.



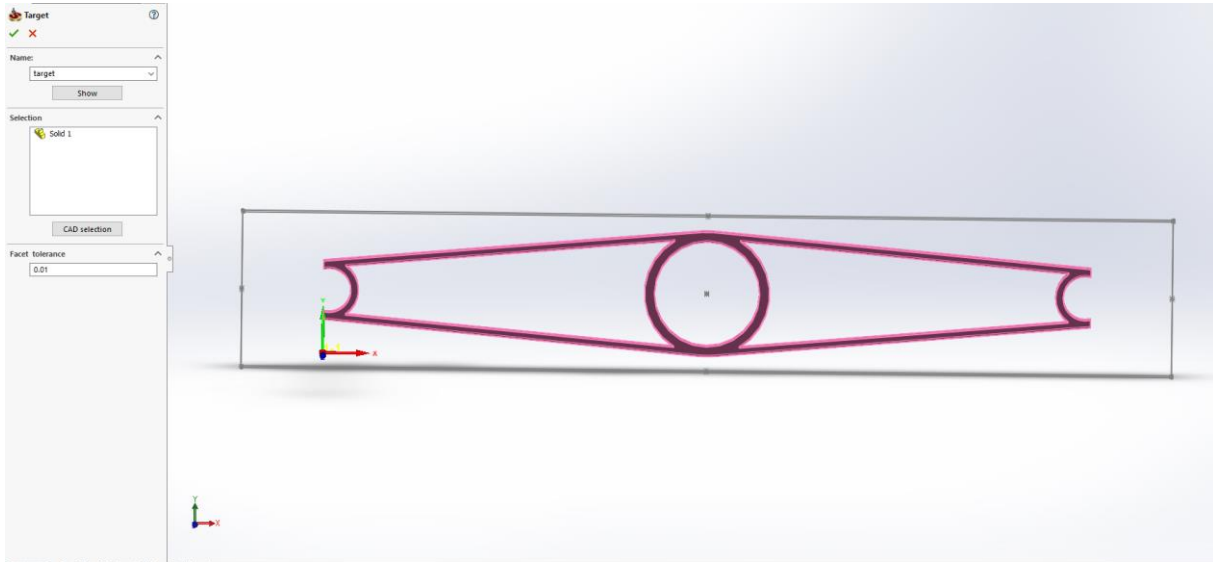
Εικόνα 4.4 : Ορισμός συντεταγμένων

Εν συνεχεία, εισάγουμε τις διαστάσεις στον x,y,zάξονα που υπολογίσαμε παραπάνω ώστε να οριστεί το πρόπλασμα που χρειαζόμαστε. Οι τελικές τιμές που υπολογίστηκαν από τις σχέσεις αφαιρούνται από τις αρχικές διαστάσεις του κάθε άξονα και στην συνέχεια διαιρούνται ώστε να οριστεί το τελικό νούμερο στο +x+y +zκαι στο -x -y -z άξονα αντίστοιχα.

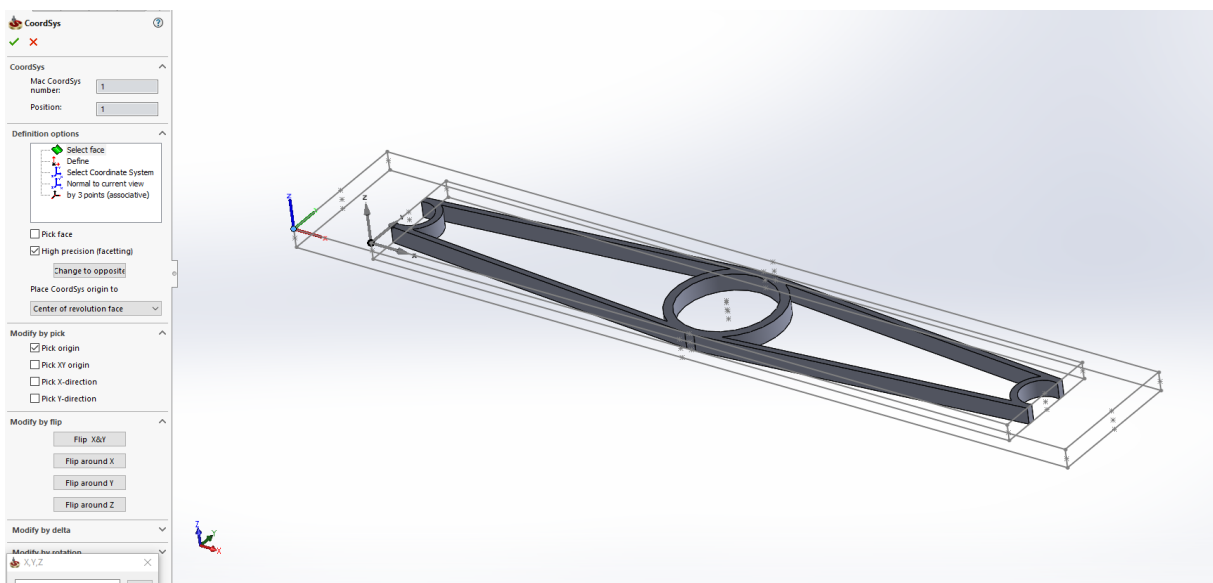


Εικόνα 4.5 : Διαστασιοποίηση προπλάσματος

Τελειώνοντας με το πρόπλασμα συνεχίζουμε με την ακριβή ορισμό του τεμαχίου που θέλουμε να επεξεργαστούμε μέσω του **target**. Πριν συνεχίσουμε στις προβλεπόμενες κατεργασίες θα πρέπει να επαναορίσουμε νέες συντεταγμένες στην γωνία του προπλάσματος που ορίσαμε.

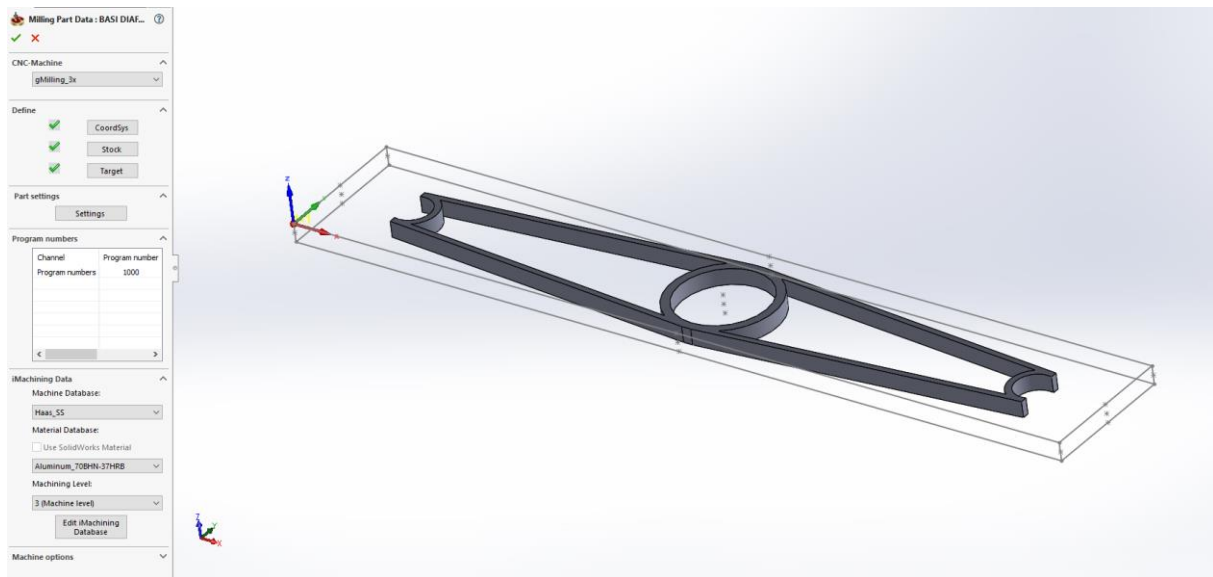


Εικόνα 4.6 : Ορισμός τεμαχίου προς επεξεργασία



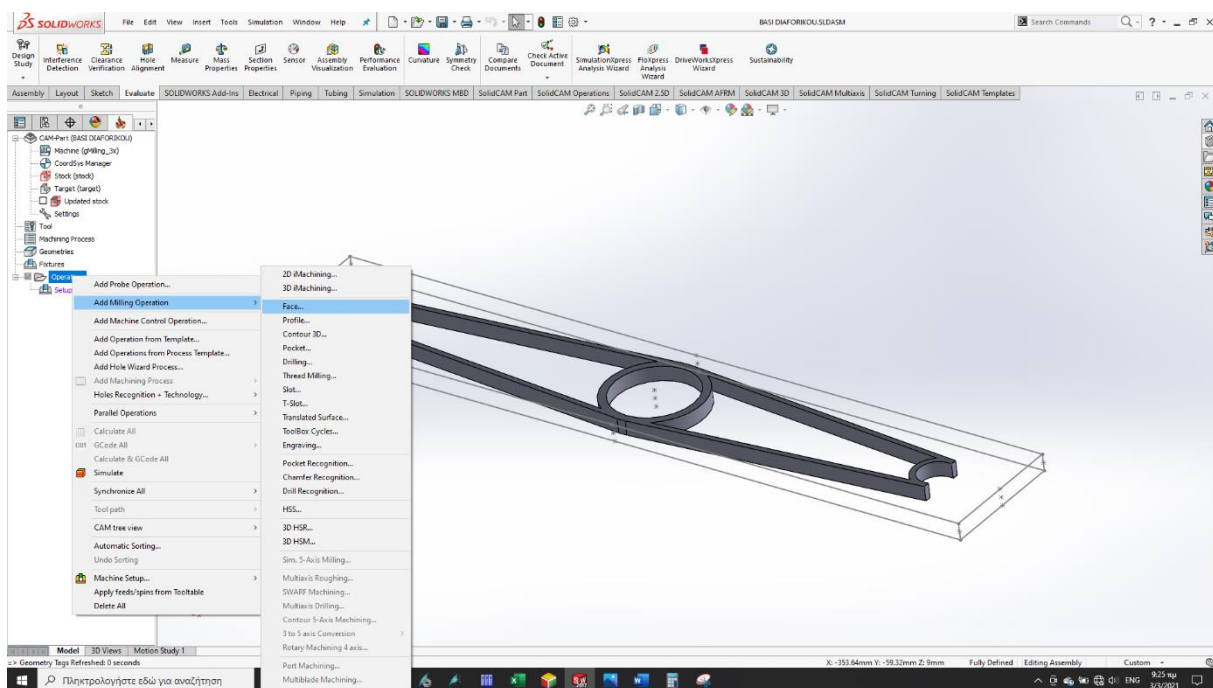
Εικόνα 4.7 : Επαναορισμός συντεταγμένων

Τελειώνοντας, με την εισαγωγή προσθέτουμε την μηχανή Haass και θέτουμε ως υλικό αλουμίνιο όπου θα χρησιμοποιηθεί για το συγκεκριμένο κομμάτι του οχήματος.



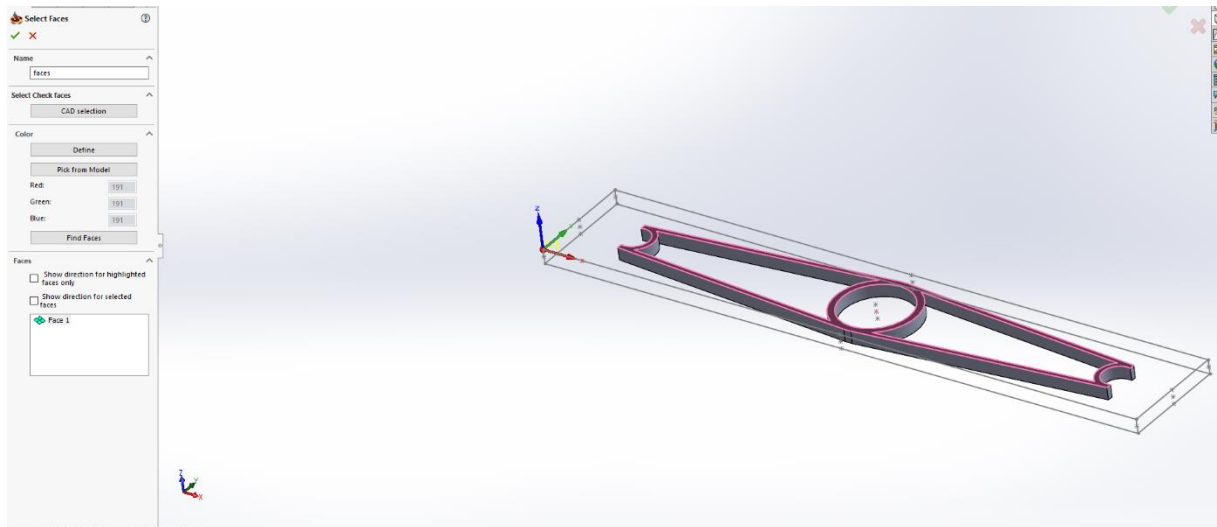
Εικόνα 4.8 : Επιλογή μηχανής και υλικού τεμαχίου

Στο επόμενο βήμα, συνεχίζουμε με την πρώτη διεργασία που ονομάζεται **face** η οποία αποσκοπεί στον καθαρισμό του προπλάσματος από τυχόν ακαθαρσίες ή διαβρώσεις. Συνηθίζεται να γίνεται σε όλα σχεδόν τα κομμάτια κατεργασίας σε CNC για λεπτομερές φινίρισμα της επιφάνειας.



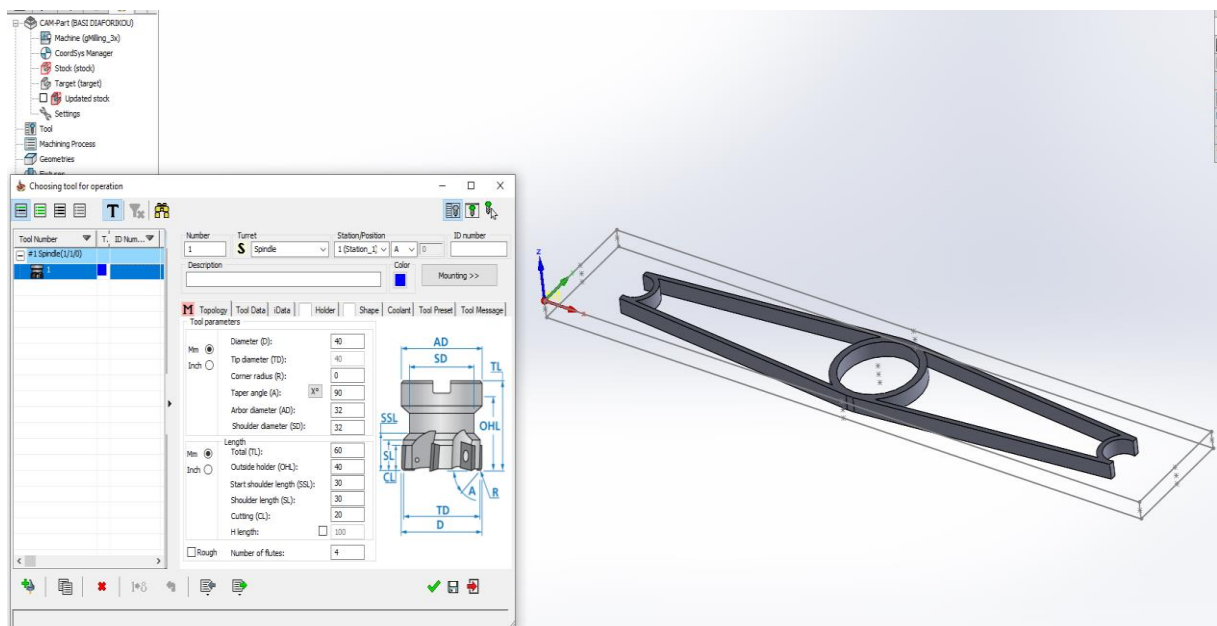
Εικόνα 4.9 : Διεργασία Face για την βάση διαφορικού

Στην συνέχεια ορίζουμε την γεωμετρία που θέλουμε να γίνει η διεργασία του **Face** μέσω της εντολής **Geometry**. Η επιλογή μπορεί να γίνει είτε μέσω **profile** είτε μέσω κλειστής περιοχής **Face**. Στο συγκεκριμένο κομμάτι θα γίνει επιλογή του **Face** ώστε να καθαρίσει όλη την πάνω επιφάνεια του προπλάσματος.



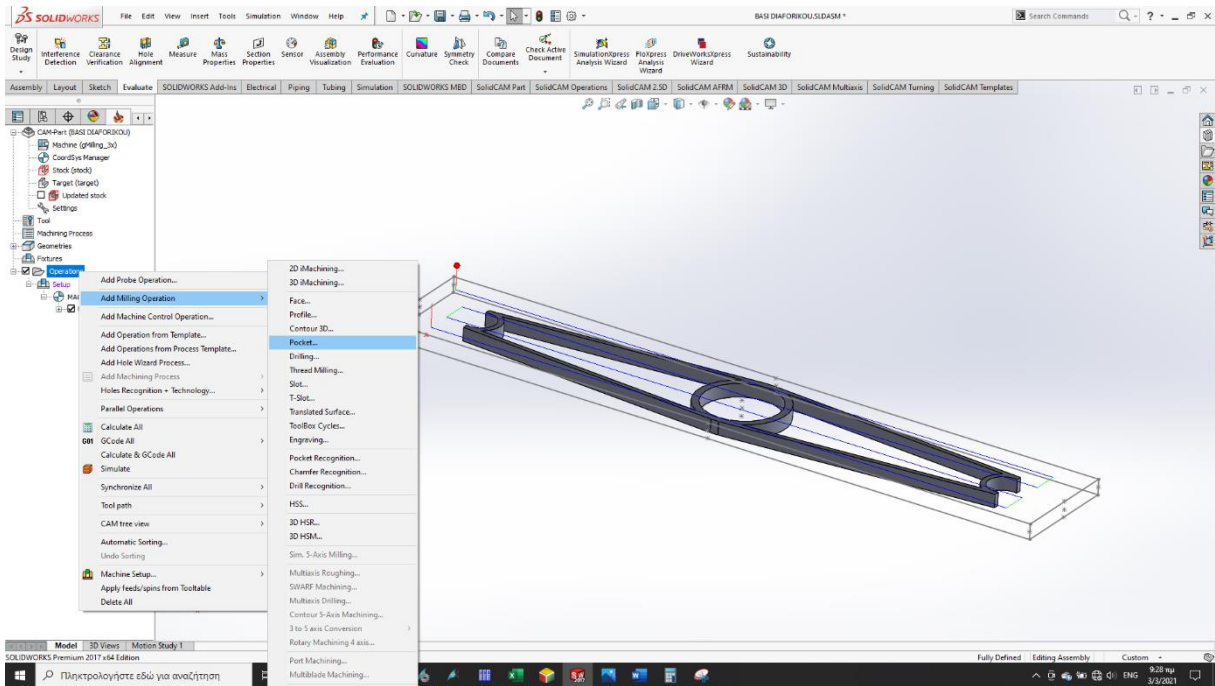
Εικόνα 4.10 : Ορισμός γεωμετρίας Faceβάσης διαφορικού

Τελειώνοντας με το βήμα της γεωμετρίας συνεχίζουμε στην επιλογή κοπτικού εργαλείου. Η επιλογή γίνεται ως εξής, **addmillingtool.. Facetool** με διάμετρο $\Phi 40$. Προσθέτουμε την λειτουργία του ψυκτικού υγρού σε ενεργοποιημένη ώστε την ώρα της κατεργασίας το κοπτικό εργαλείο να ψύχεται και να αποφεύγουμε τυχόν τάσεις που ασκούνται πάνω του. Έπειτα, θέτουμε ως μέγιστο ύψος κοπής τα 2mm δηλαδή ένα πέρασμα του κοπτικού εργαλείου. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στο βήμα της επιλογής των επιπέδων καθώς η επιλογή πρέπει να ξεκινάει από την γραμμή του προπλάσματος (την πάνω πλευρά του αρχικού τεμαχίου) και όχι από την επάνω πλευρά του κομματιού που θέλουμε να κατεργαστούμε.

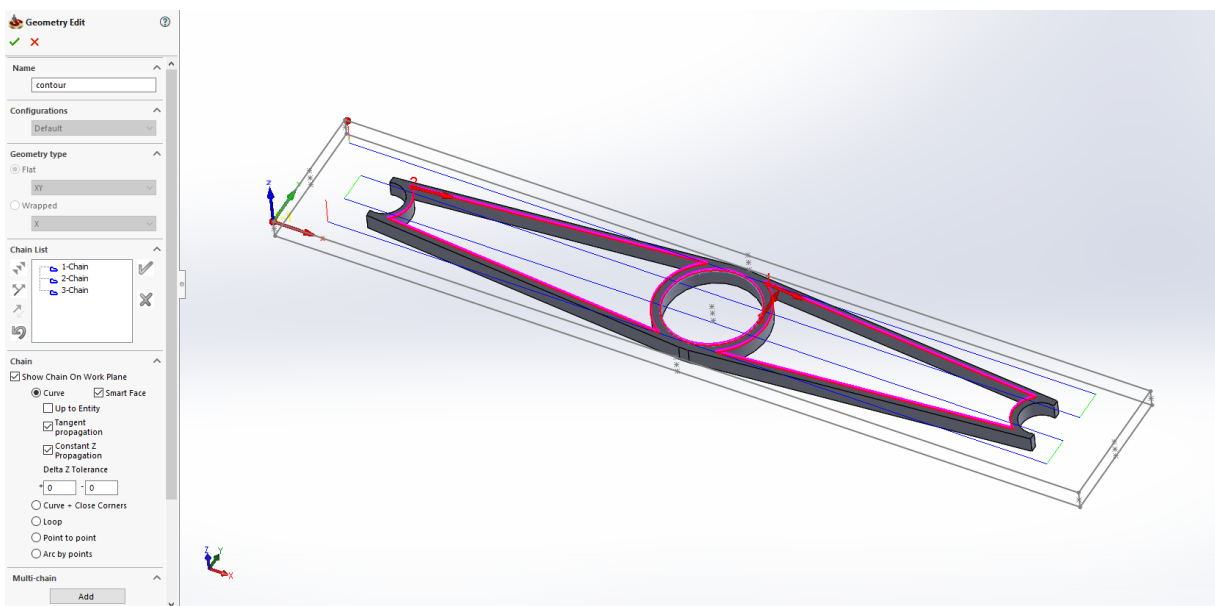


Εικόνα 4.11 : Επιλογή κοπτικού εργαλείου για την Faceδιεργασία της βάσης διαφορικού

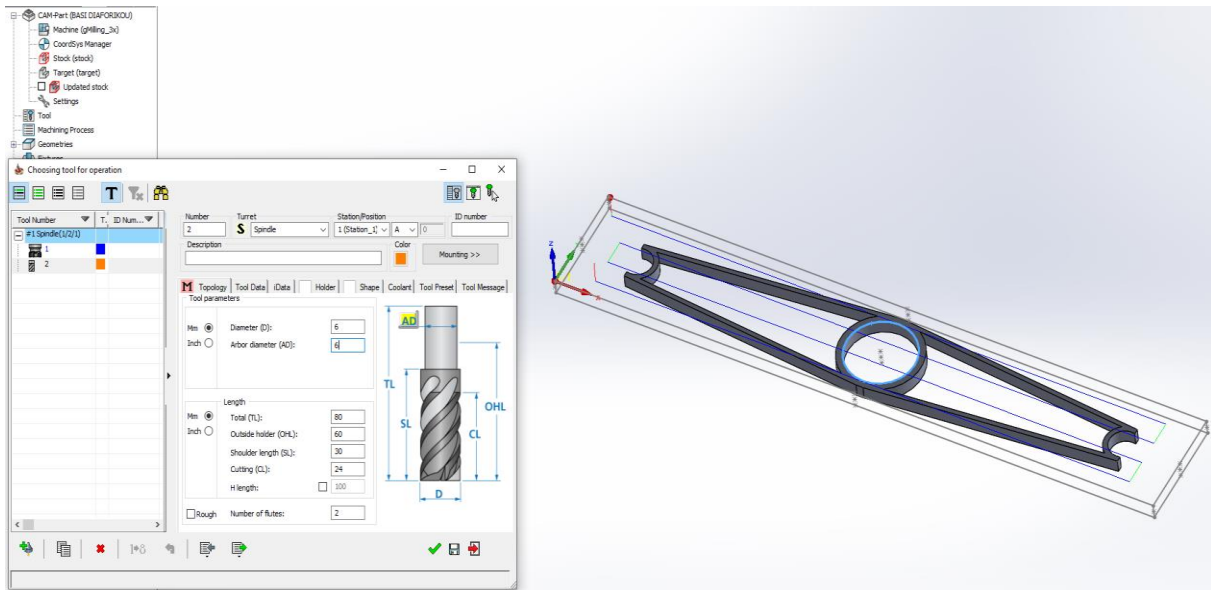
Έχοντας καθαρίσει το αρχικό τεμάχιο που πρόκειται να ακολουθήσουν οι επόμενες κατεργασίες προχωράμε στις ελαφρύνσεις της βάσης όπου έχουν γίνει δεξιά και αριστερά αντίστοιχα. Οι ελαφρύνσεις μπορούν να υλοποιηθούν με δύο μεθόδους την rocket και την profile. Ωστόσο, για αποφυγή επιπλέον τάσεων και λιγότερων διεργασιών στον τελικό κώδικα Gcode επιλέγουμε την rocketόπου χρησιμοποιείτε για κλειστές περιοχές. Επιλέγοντας **add millingoperation...Pocket** και επιλέγουμε τις τρεις γεωμετρίες που θέλουμε να κατεργαστούμε. Η επιλογή του κοπτικού εργαλείου θα είναι **Endmill Φ6** το οποίο θα μας αφήσει κάποιες γωνιές λόγο του κοπτικού (restmaterial) προσθέτοντας έτσι και επιπρόσθετη αντοχή (νεύρα) στην βάση του διαφορικού.



Εικόνα 4.12 : Διεργασία rocketγια ελαφρύνσεις βάσης διαφορικού

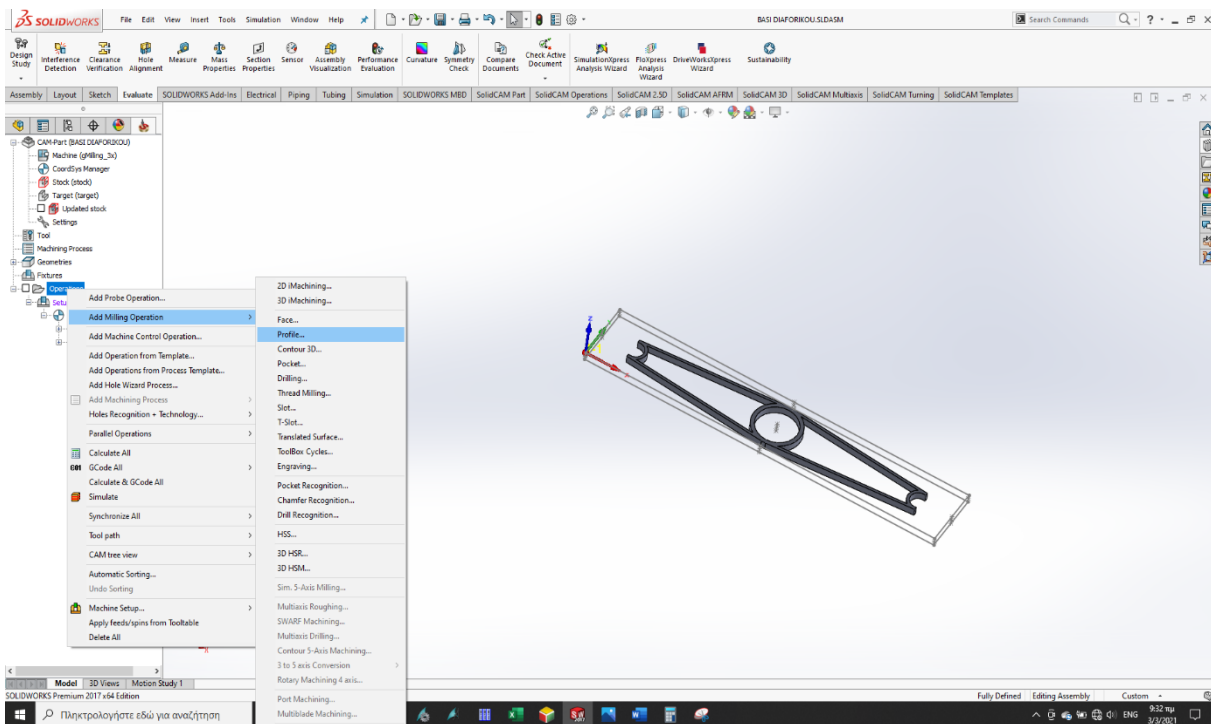


Εικόνα 4.13 : Επιλογή γεωμετριών βάσης διαφορικού

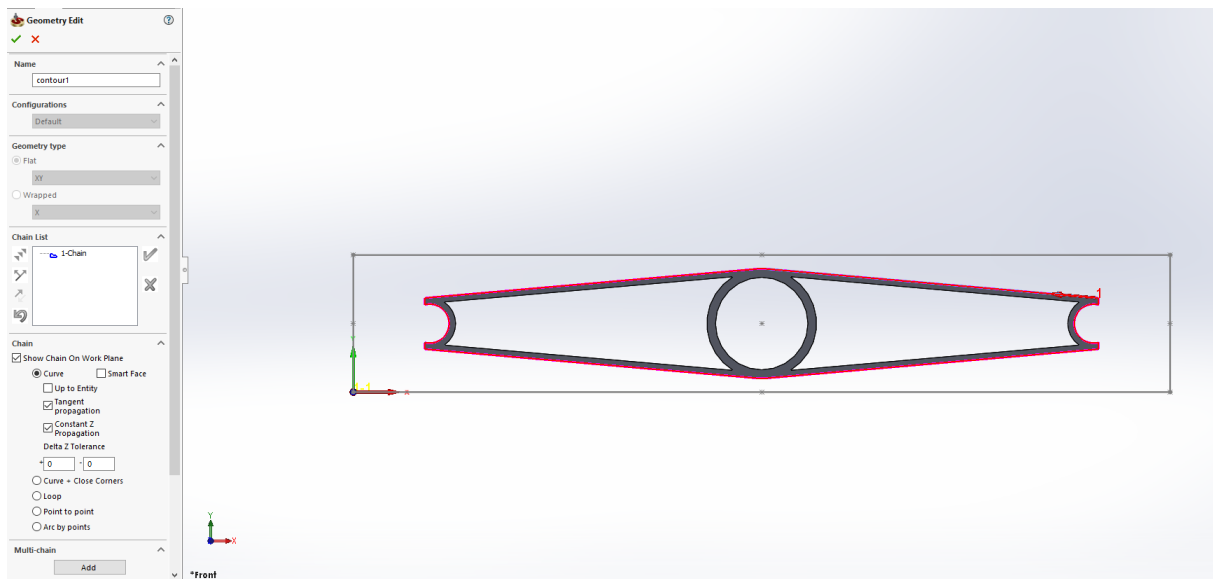


Εικόνα 4.14 : Επιλογή κοπτικού εργαλείου διεργασίας Rocketγια την βάση διαφορικού

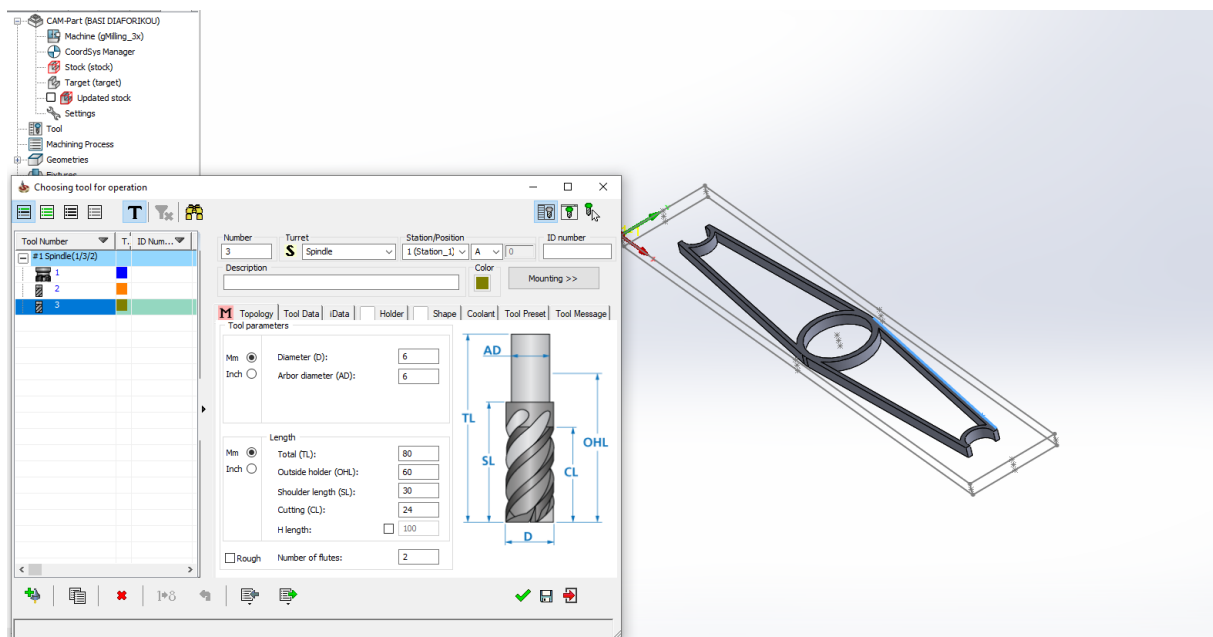
Φτάνοντας, στο τέλος των κατεργασιών του συγκεκριμένου τεμαχίου μένει να γίνει η τελική διεργασία στο οποίο το κομμάτι θα πέσει κάτω δηλαδή θα παραχθεί. Επιλέγουμε εξίσου **Add millingoperation...Profile** και ορίζουμε την περιμετρική γεωμετρία με κοπτικό εργαλείο **Endmill Φ6** κοινό με αυτό που χρησιμοποιήθηκε και για την rocket.



Εικόνα 4.15 : Τελικό Profileβάσης διαφορικού

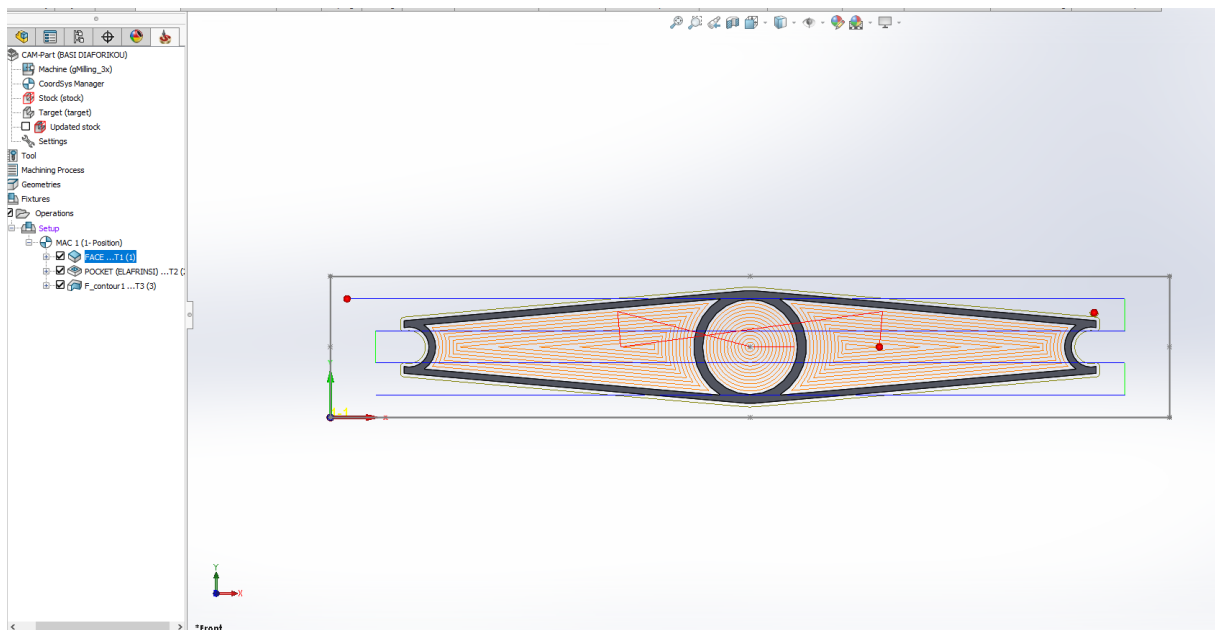


Εικόνα 4.16 : Επιλογή γεωμετρίας διεργασίας Profileγια την βάση διαφορικού



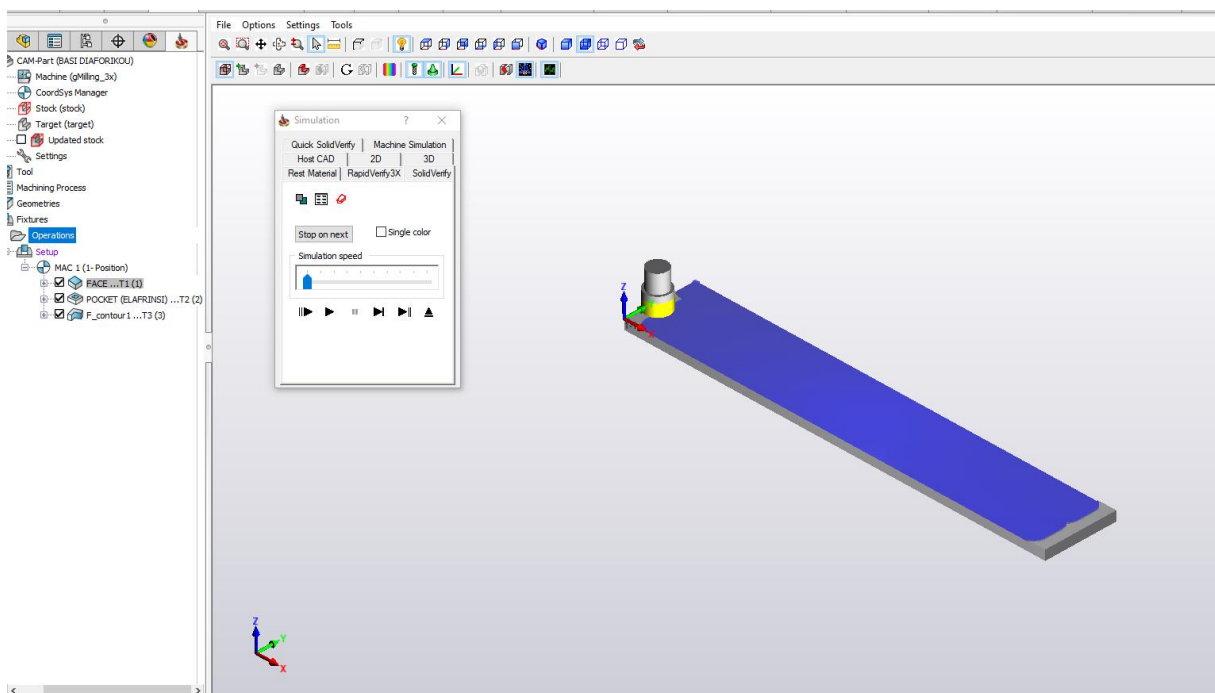
Εικόνα 4.17 : Επιλογή κοπτικού εργαλείου διεργασίας Profileγια την βάση διαφορικού

Φτάνοντας, στο τέλος υπολογίζουμε όλες τις διεργασίες που φτιάξαμε μέσω του Calculateallκαι το πρόγραμμα μας δημιουργεί τον κώδικα εν ονόματιGcodeσε ένα αρχείο 'txt'το οποίο εισέρχεται στην μηχανή που έχουμε ορίσει εμείς. Παρακάτω παρουσιάζεται και ο κύκλος των διεργασιών σε 2D.



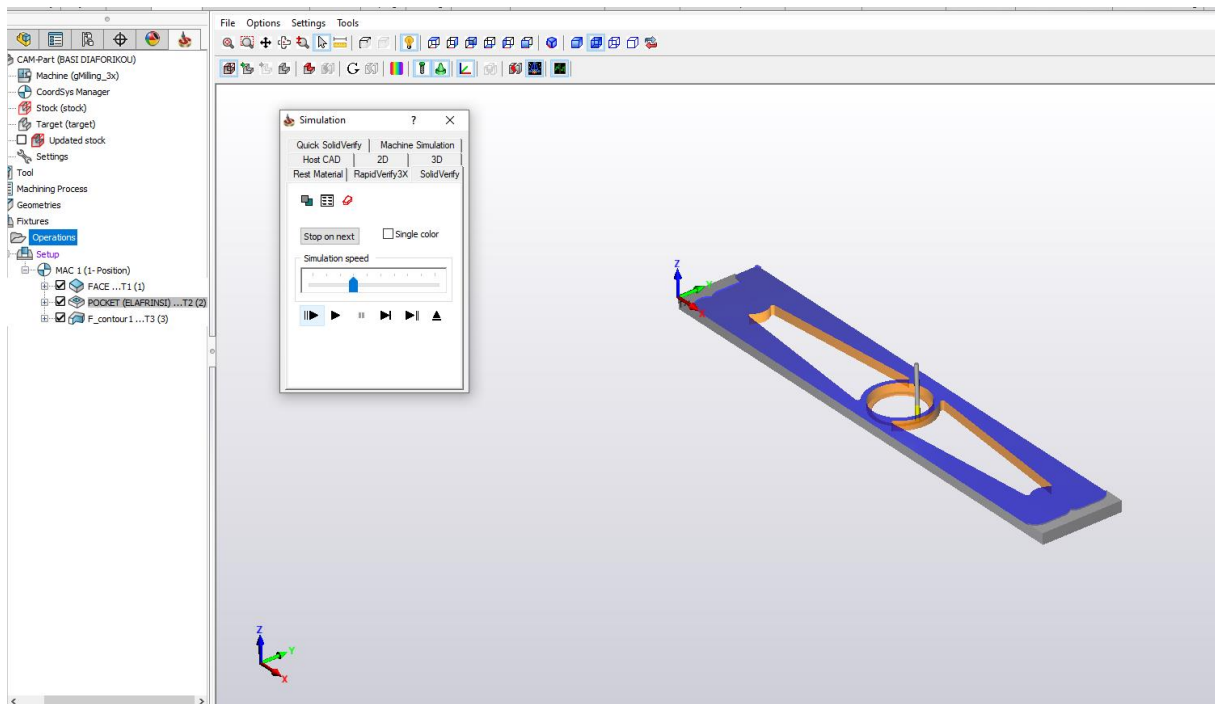
Εικόνα 4.18 : Παρουσίαση 2D μορφής διεργασιών βάσης διαφορεικού

Έτσι ο κύκλος των διεργασιών σε 3Dμορφή γίνεται μέσω του **Simulation**που παρέχει το πρόγραμμα Solidcam. Ξεκινάμε με την Faceδιεργασία όπου ουσιαστικά γίνεται ο καθαρισμός του προπλάσματος στην επάνω πλευρά.

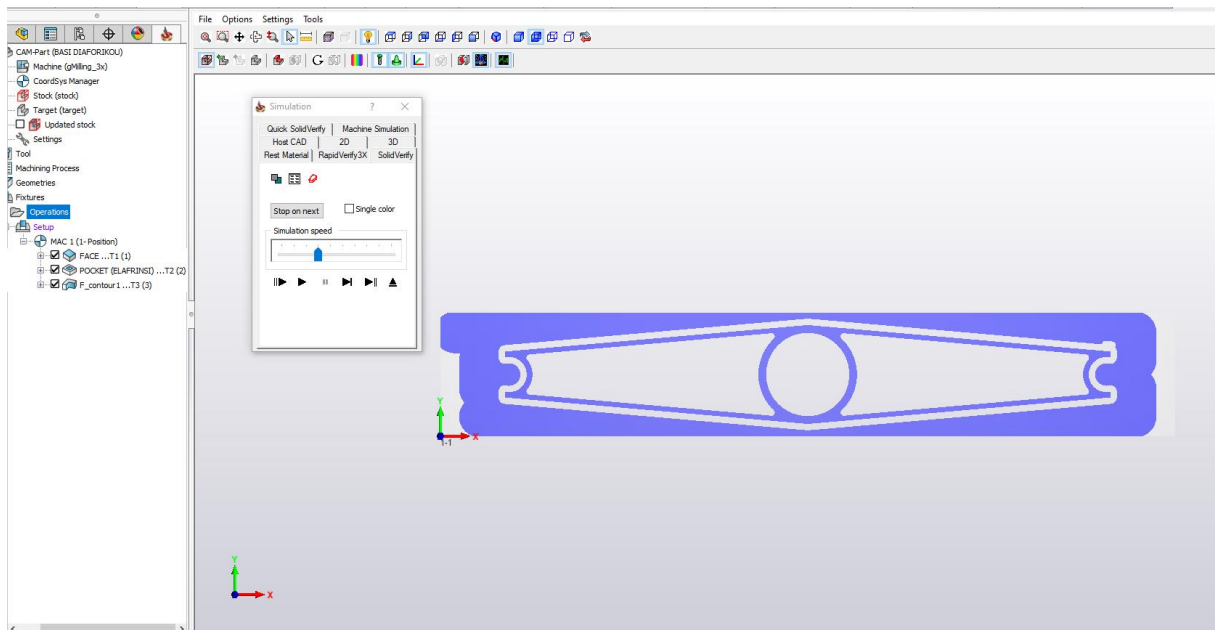


Εικόνα 4.19 : Παρουσίαση 3D μορφής διεργασίας Face βάσης διαφορεικού

Ακολουθούν οι ελαφρύσεις μέσω της Rocketόπου έχουν γίνει στο κομμάτι και έπειτα το τελικό Profileόπου θα πέσει το τελικό παραγόμενο κομμάτι κάτω.

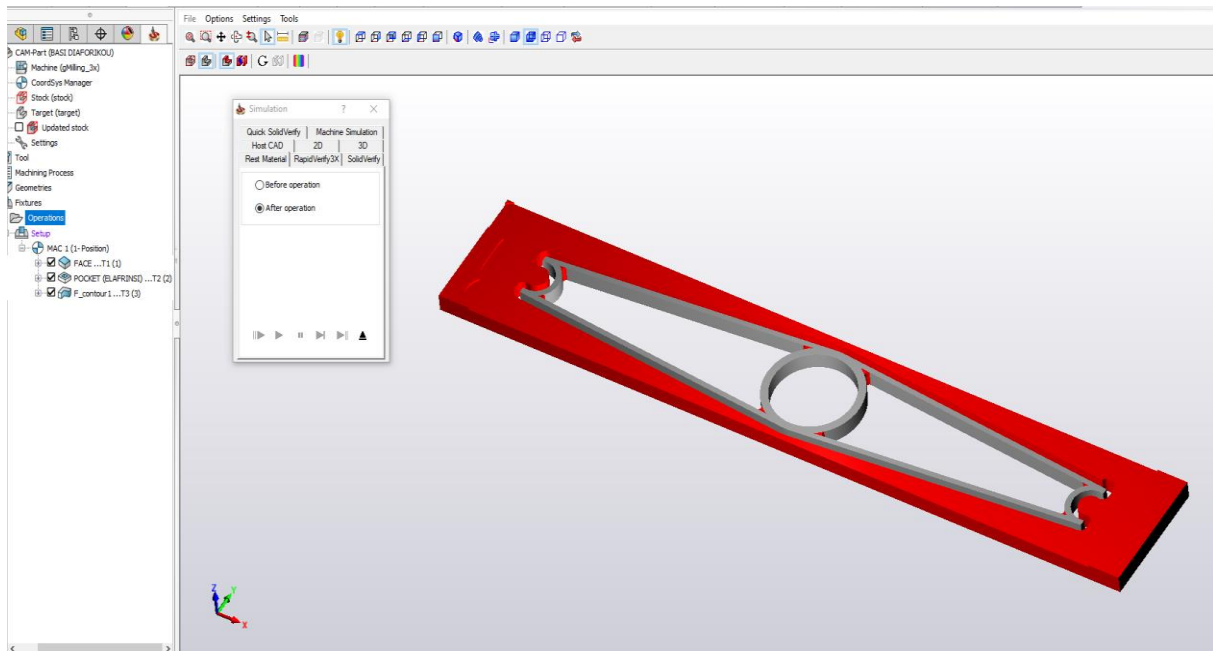


Εικόνα 4.20 : Παρουσίαση 3D μορφής διεργασίας Rocket βάσης διαφορικού



Εικόνα 4.21 : Παρουσίαση 3D μορφής διεργασίας Profile βάσης διαφορικού

Τέλος παρακάτω παρουσιάζεται η περίσσεια υλικού μέσω του **Restmaterial** που μένει επάνω κομμάτι η οποία οφείλεται στο κοπτικό εργαλείο Φ6 όπου στις γωνίες αφήνει την διάμετρο δηλαδή μια καμπύλη διαμέτρου Φ6 η οποία είναι χρήσιμη στην αντοχή του υλικού και στην προσθήκη νεύρων στις γωνίες.

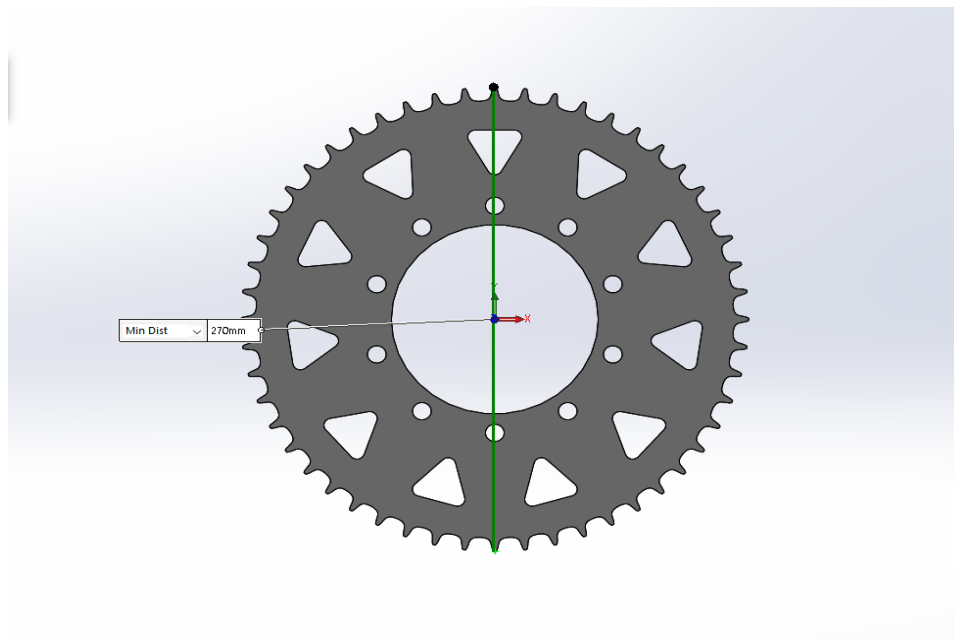


Εικόνα 4.22 : Παρουσίαση 3D περίσσειας υλικού (restmaterial) βάσης διαφορικού

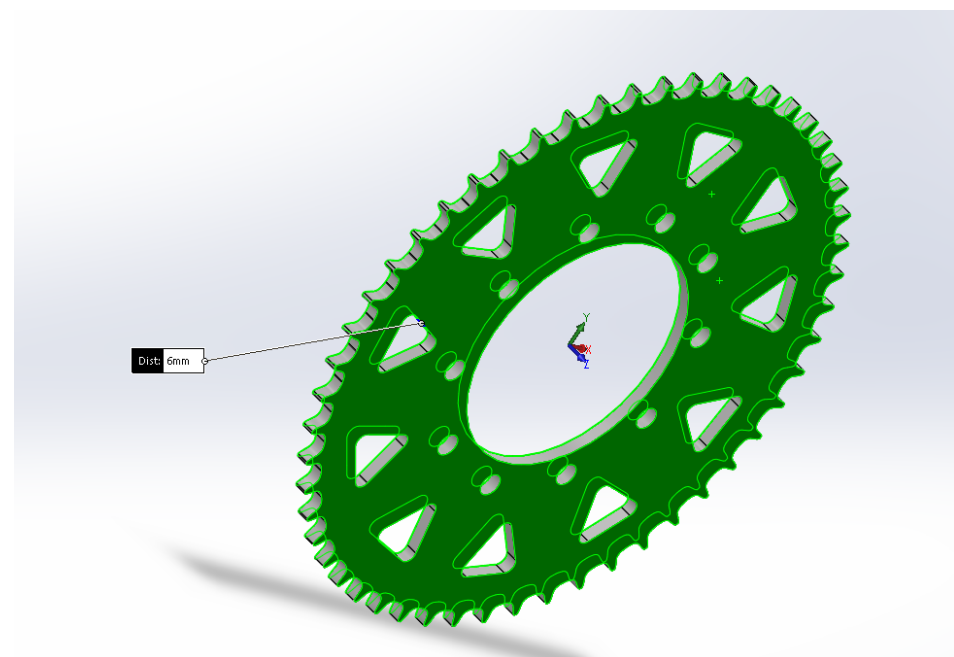
4.2 Οδοντωτός τροχός διαφορικού

Το σύστημα μετάδοσης κίνησης του οχήματος θετική εικόνα αντικατοπτρίζει το γεγονός πως πολλά εξαρτήματα μπορούν να παραχθούν με ελάχιστο κόστος και ευελιξία στην κατασκευή τους όπως η βάση, τα γρανάζια του κινητήρα και του διαφορικού. Ωστόσο, οι οδοντωτοί τροχοί μπορούν να καταργαστούν και σε γρναζοκόφτη.

Ξεκινώντας, με το γρανάζι του διαφορικού το οποίο μετρήθηκε 270mm η διάμετρος του και πάχος 6 mm. Θα κατασκευαστεί από χάλυβα ώστε να καλύπτεται η αντοχή και να αποφευχθεί το ενδεχόμενο αστοχίας υλικού από τάσεις που θα του ασκηθούν.

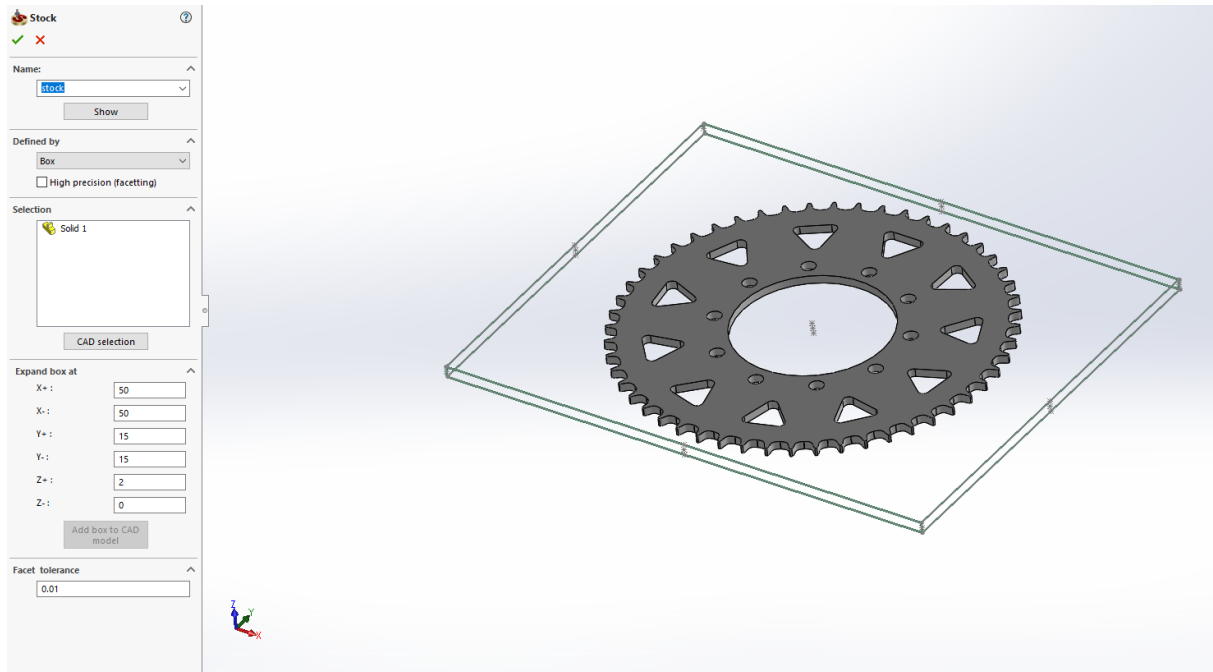


Εικόνα 4.23 : Μέτρηση διάστασης οδοντωτού τροχού διαφορικού



Εικόνα 4.24 : Μέτρηση πάχους οδοντωτού τροχού διαφορικού

Ακολουθως, γίνεται ο υπολογισμός του προπλάσματος με τις σχέσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω για την βάση του διαφορικού. Ωστόσο, η διάσταση στον X και στον Y άξονα θα είναι κοινή με την μόνη διαφορά τις δέστρες στον Y άξονα. Επιπροσθέτως, η επιλογή του κοπτικού εργαλείου θα είναι Φ4 διότι θέλουμε να εξασφαλίσουμε λεπτομερές κατεργασία στα δόντια του οδοντωτού τροχού ώστε να μην έχουμε διακυμάνσεις στις τελικές σχέσεις μετάδοσης.



Εικόνα 4.25 : Ορισμός προπλάσματος οδοντωτού τροχού διαφορικού

$$\begin{aligned} \text{Άξονας X: } & (2 \cdot 50 \text{ (δέστρες)} + L + 2 \cdot D + 2 \cdot D) \\ \text{Άξονας Y: } & (2 \cdot D + L + 2 \cdot D) \\ \text{Άξονας Z: } & (B + 1..2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Άξονας X: } & (2 \cdot 50 \text{ (δέστρες)} + 270 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 4) \\ \text{Άξονας Y: } & (2 \cdot 4 + 270 + 2 \cdot 4) \\ \text{Άξονας Z: } & (B + 1..2) \end{aligned}$$

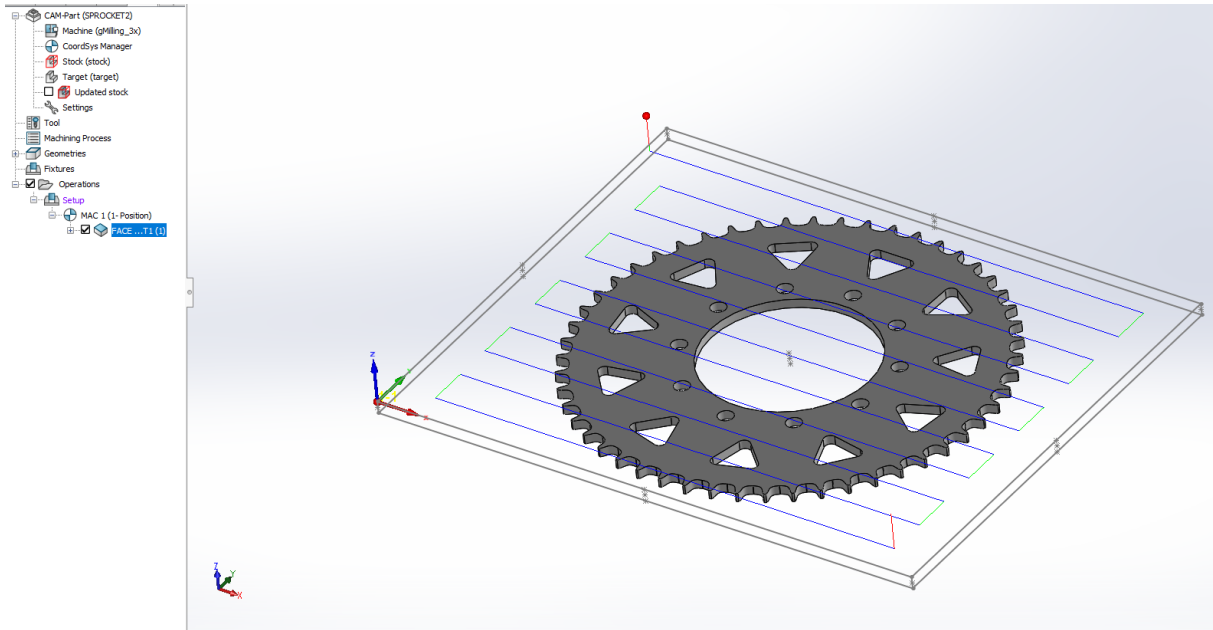
$$X = 58 \text{ mm}$$

$$Y = 8 \text{ mm}$$

$$Z = 2 \text{ mm}$$

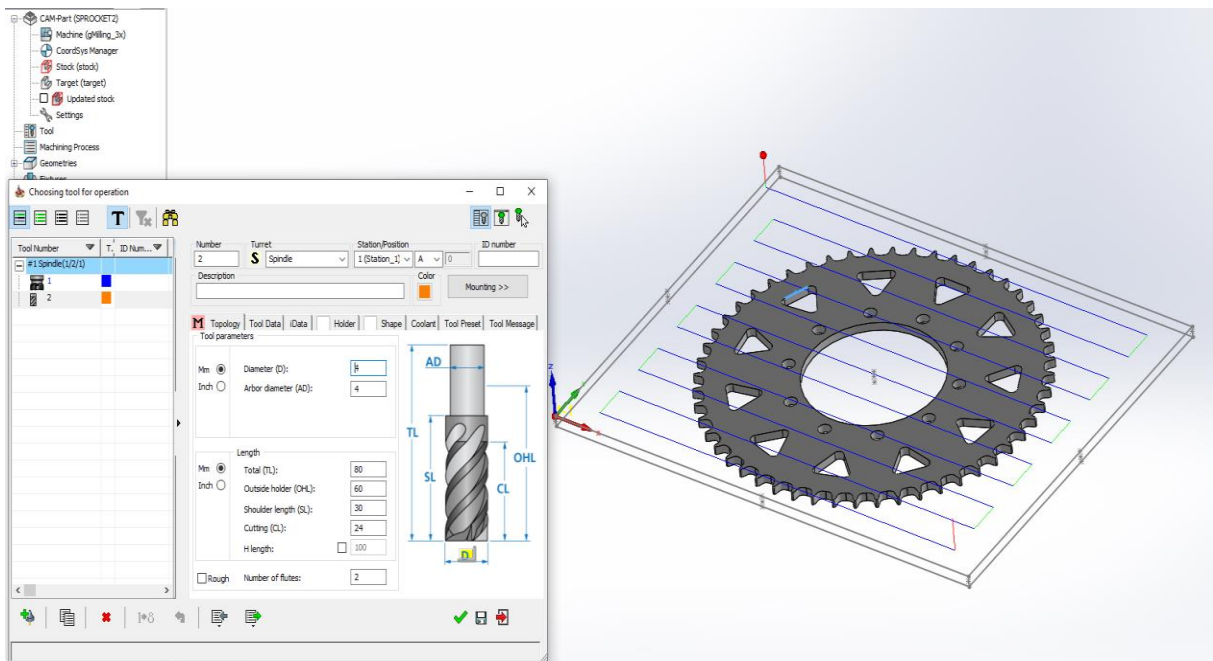
Παρατηρούμε, πως στον Y άξονα η τιμή που έχουμε ορίσει στο πρόγραμμα είναι μεγαλύτερη. Ο σκοπός που αποσκοπεί η τιμή αυτή είναι για λόγους ασφαλείας του κοπτικού εργαλείου

Στην συνέχεια ακολουθεί η διεργασία του Faceόπου θα γίνει ο καθαρισμός της επιφάνειας μέσω του κοπτικού εργαλείου **Facemill Φ40** διαμέτρου.

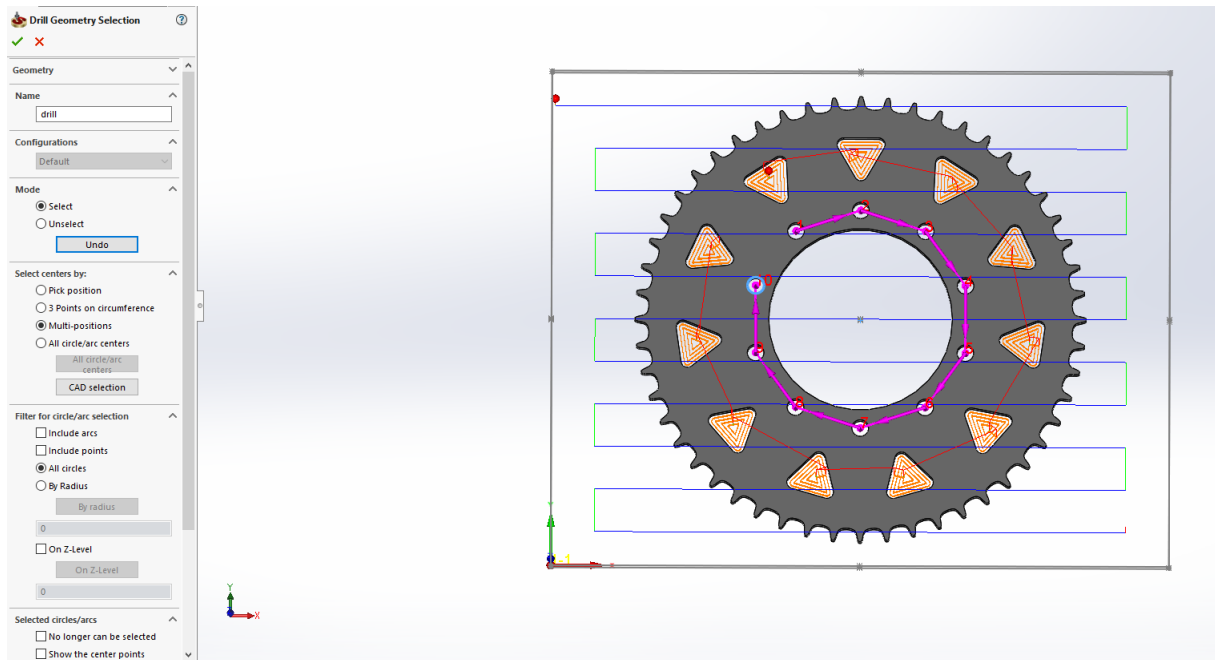


Εικόνα 4.26 : Διεργασία Face οδοντωτού τροχού διαφορικού

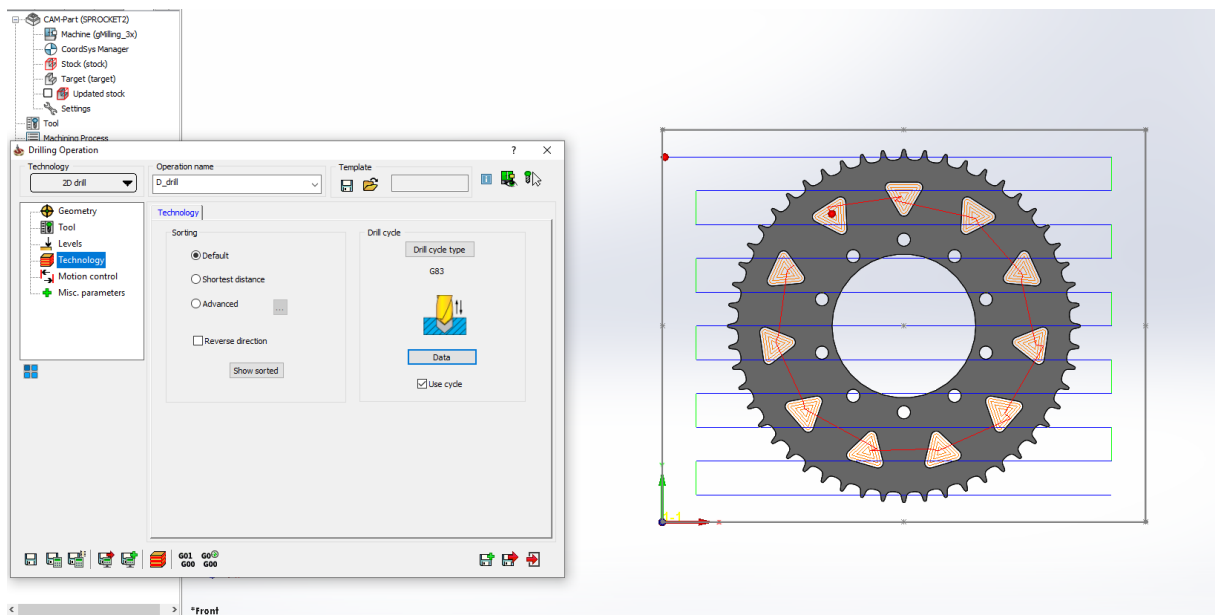
Εν συνεχεία θα ακολουθήσουν οι ελαφρύνσεις που έχουν γίνει επάνω στο γρανάζι του διαφορικού καθώς και οι διατρήσεις όπου θα εφαρμόσει μέσω κοχλιών με το εμπλοκέ διαφορικό που έχουμε επιλέξει. Οι ελαφρύνσεις θα γίνουν εξίσου με την εντολή της Rocketkai επομένως θα ακολουθήσει η εντολή της διάτρησης για τις οπές Φ10 στις οποίες θα χρησιμοποιηθεί κοπτικό εργαλείο DrilltoolΦ10 διαμέτρου. Στην διάτρηση των οπών θα εφαρμοστεί η μέθοδος G83 ώστε να προλαβαίνει το κοπτικό εργαλείο να ψύχεται με μέγιστο βάθος κοπής τα 2mm.



Εικόνα 4.27 : Επιλογή κοπτικού εργαλείου διεργασίας Rocket οδοντωτού τροχού διαφορικού

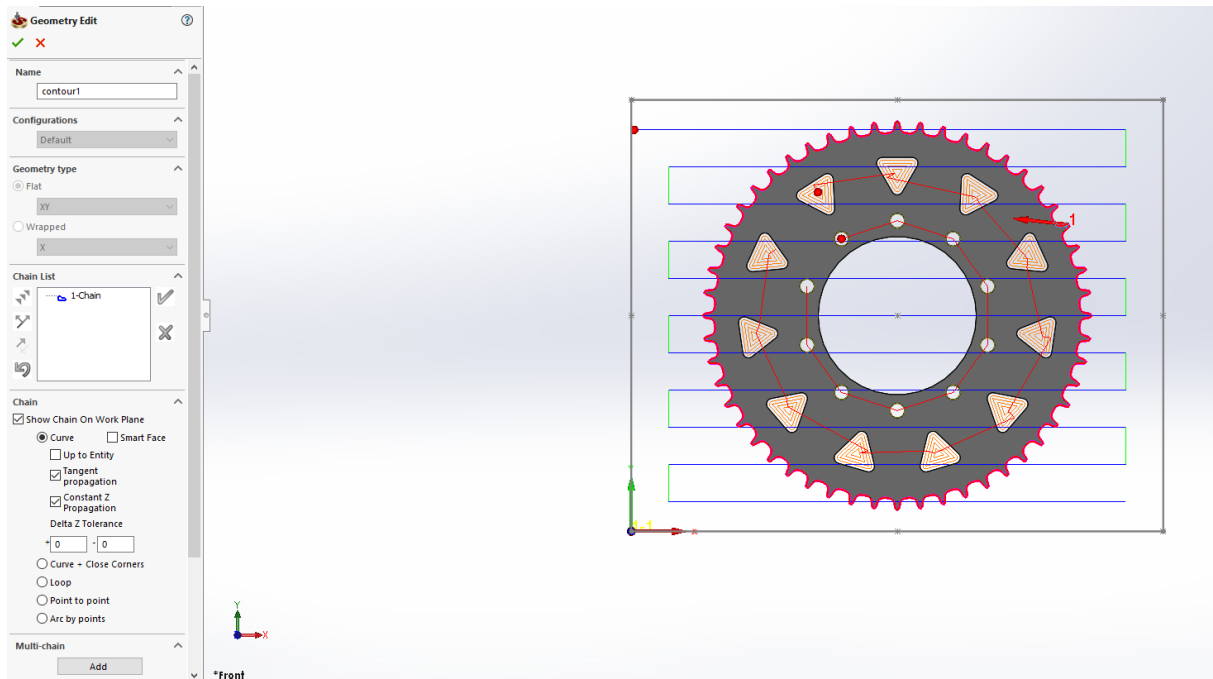


Εικόνα 4.28 : Επιλογή οπών Φ10 προς διάτρηση οδοντωτού τροχού διαφορικού

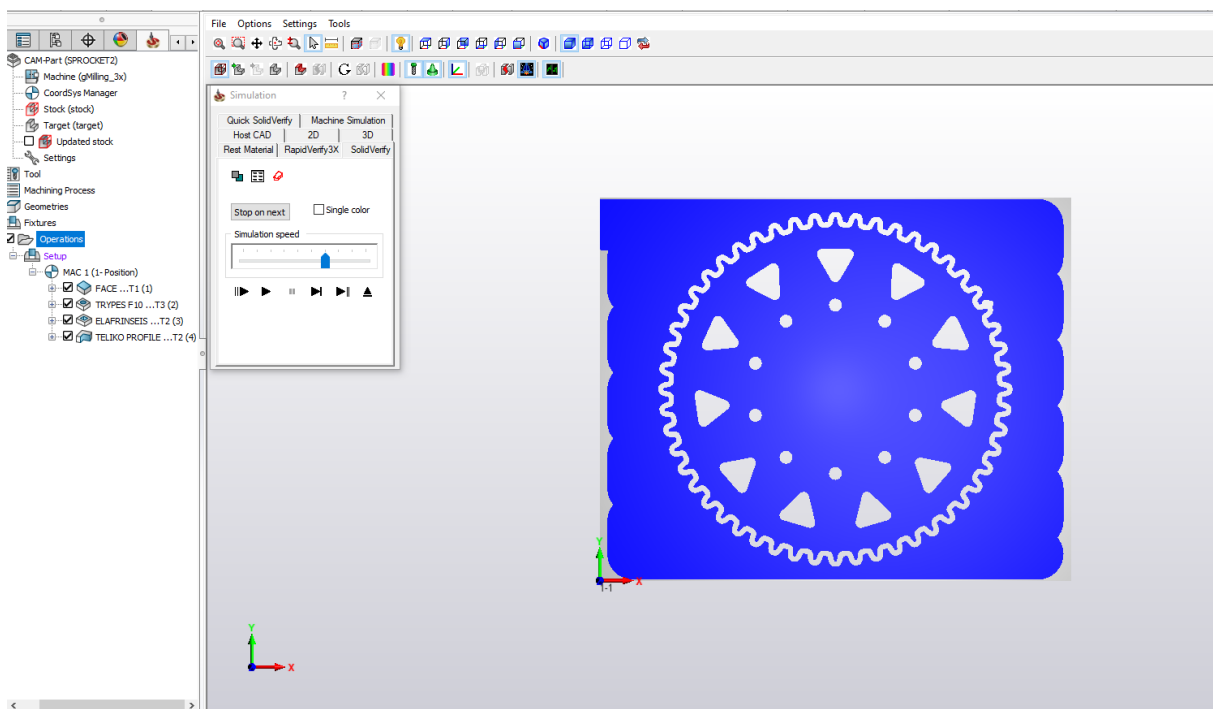


Εικόνα 4.29 : Επιλογή μεθόδου G83 κατά την διάτρηση των οπών του οδοντωτού τροχού διαφορικού

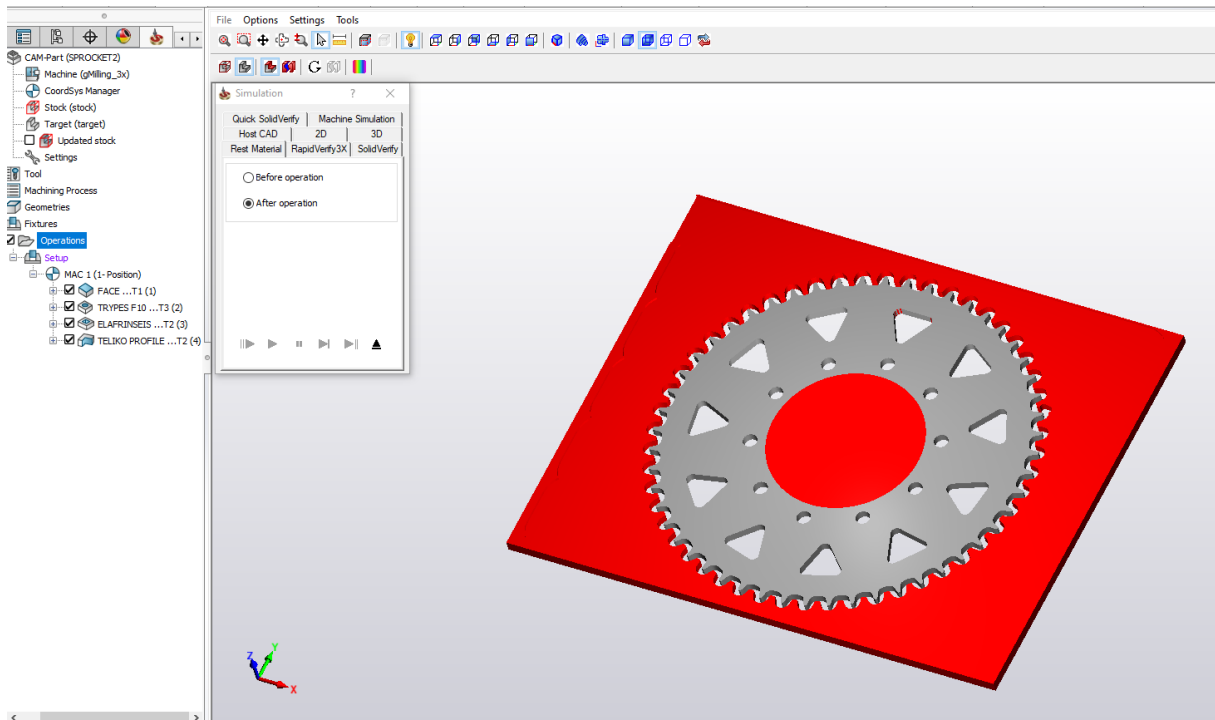
Φτάνοντας, προς το τέλος των κατεργασιών του οδοντωτού τροχού του διαφορικού επιλέγουμε την περιμετρική γεωμετρία των δοντιών ώστε να γίνει το τελικό profile και να πάρουμε το τελικό παραγόμενο κομμάτι μας. Έπειτα, ακολουθεί το Simulation όπου θα δούμε μέσω των διεργασιών το τελικό παραγόμενο κομμάτι και στην συνέχεια την περίσσεια του υλικού μέσω του (restmaterial).



Εικόνα 4.30 : Επιλογή γεωμετρίας profile οδοντωτού τροχού διαφορικού



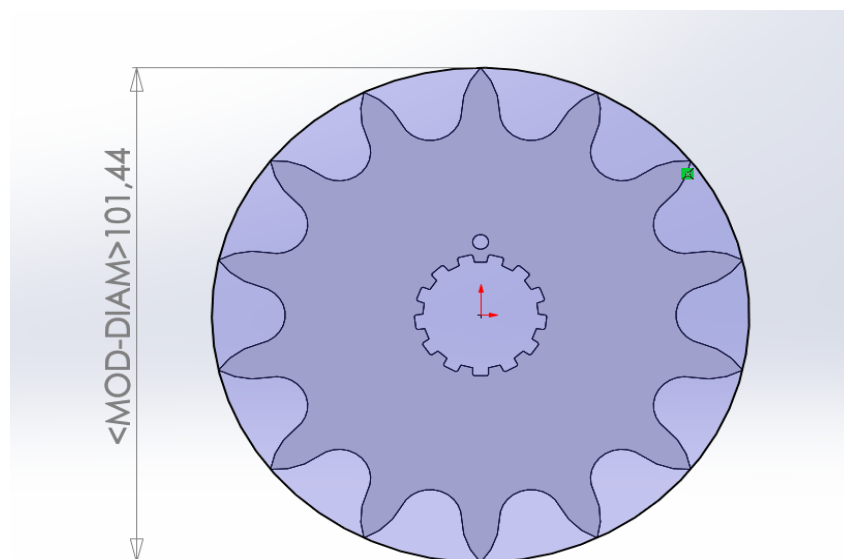
Εικόνα 4.31 : Τελικό τεμάχιο οδοντωτού τροχού διαφορικού



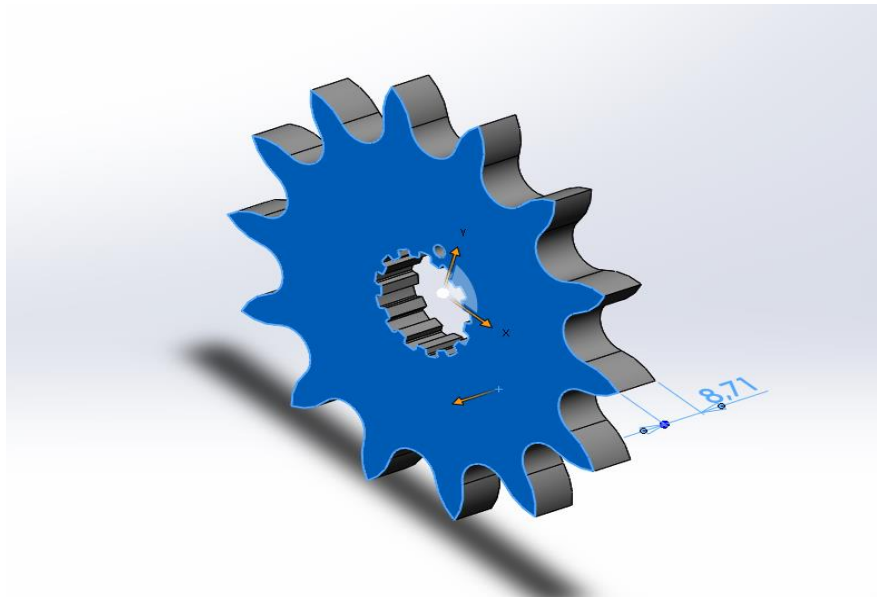
Εικόνα 4.32 : Περίσσεια υλικού οδοντωτού τροχού διαφορικού

4.3 Οδοντωτός τροχός κινητήρα

Η επιλογή του οδοντωτού τροχού του κινητήρα έχει γίνει από 13 έως 16 δόντια αναλόγως τις απαιτήσεις που έχουμε για τελική ταχύτητα και αλλαγές στην σχέση μετάδοσης του οχήματος. Ως παράδειγμα κατεργασίας έχουμε χρησιμοποιήσει το γρανάζι με τα 16 δόντια όπου η διάμετρος του μετρήθηκε 101,44 mm και το πάχος του 8,71. Οι διαστάσεις δεν είναι ακριβείς στο ακέραιο διότι είναι οι διαστάσεις του εμπορίου που παρέχονται με την διαφορά πως μπορούμε να επεμβούμε στην δημιουργία γραναζιών με περισσότερα ή λιγότερα δόντια.



Εικόνα 4.33 : Μέτρηση διαμέτρου οδοντωτού τροχού κινητήρα



Εικόνα 4.34 : Μέτρηση πάχους οδοντωτού τροχού κινητήρα

Ακολουθεί η διαστασιολόγηση του προπλάσματος στους 3 άξονες όπου υπολογίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\text{Άξονας X: } (2 \cdot 50 \text{ (δέσטרεις)} + 101,44 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 4)$$

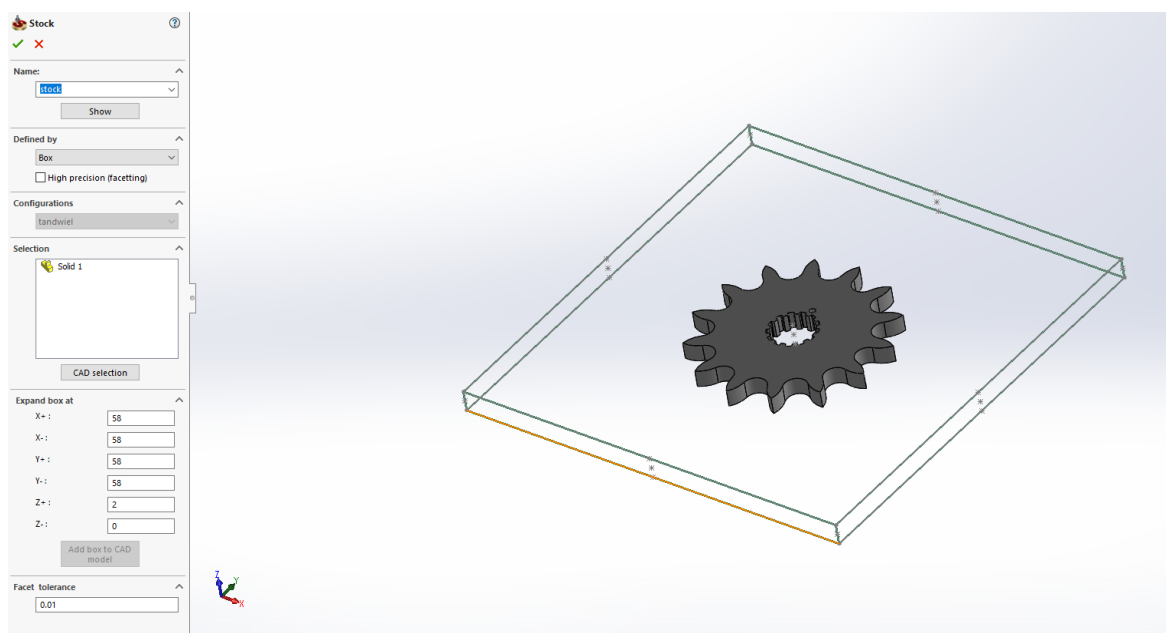
$$\text{Άξονας Y: } (2 \cdot 4 + 101,44 + 2 \cdot 4)$$

$$\text{Άξονας Z: } (B + 1..2)$$

$$X = 58 \text{ mm}$$

$$Y = 8 \text{ mm}$$

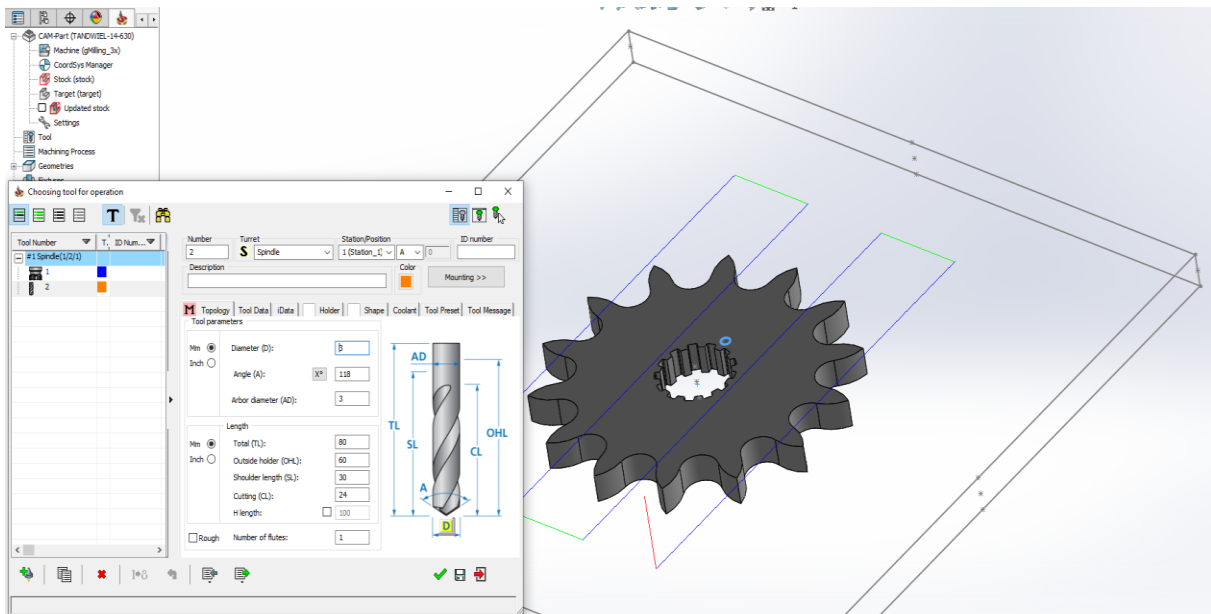
$$Z = 2 \text{ mm}$$



Εικόνα 4.35 : Διαστασιολόγηση προπλάσματος οδοντωτού τροχού κινητήρα

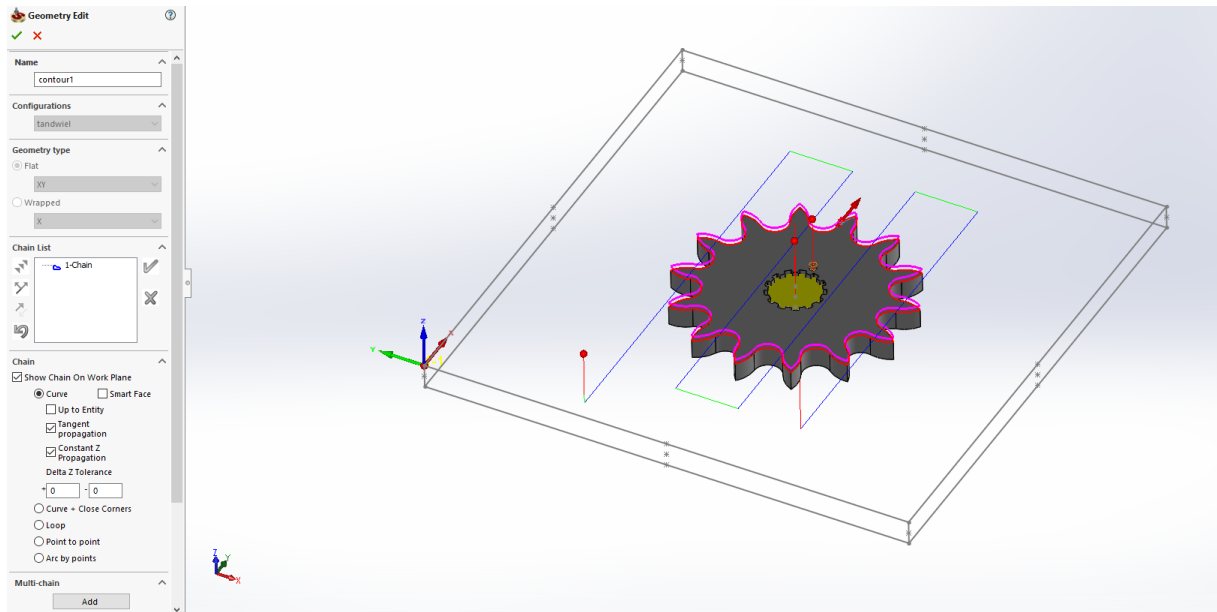
Έπειτα, θα γίνει το εσωτερικό καρέ μέσω της διεργασίας rocket όπου θα εφαρμόζει το καρέ του στροφαλοφόρου άξονα του Ηοηδακινητήρα. Η συγκεκριμένη διαδικασία θα γίνει με **Endmill Φ3** για λόγους λεπτομέρειας και ακρίβειας στην εμπλοκή-σύνδεση των δύο καρέ μεταξύ τους. Ωστόσο, κύριο σημείο αναφοράς είναι οι στροφές οι οποίες θα ελαττωθούν σε σχέση με τις υπόλοιπες διεργασίες της τάξης 80% κάτω ώστε να εξασφαλίσουμε την αντοχή του κοπτικού εργαλείου σε συνεργασία με την μόνιμη παροχή του ψυκτικού υγρού.

Μια από τις λεπτομέρειες που εμφανίζονται στο γρανάζι του κινητήρα είναι η μικρή οπή που υπάρχει Φ3 όπου χρησιμοποιείται για να ψύχει κατά την σύνδεση τα δύο καρέ του στροφαλοφόρου άξονα και του οδοντωτού τροχού. Η διάτρηση έχει υλοποιηθεί με κοπτικό εργαλείο **Drilltool Φ3** με την μέθοδο G83 και μέγιστο βάθος κοπής τα 2mm

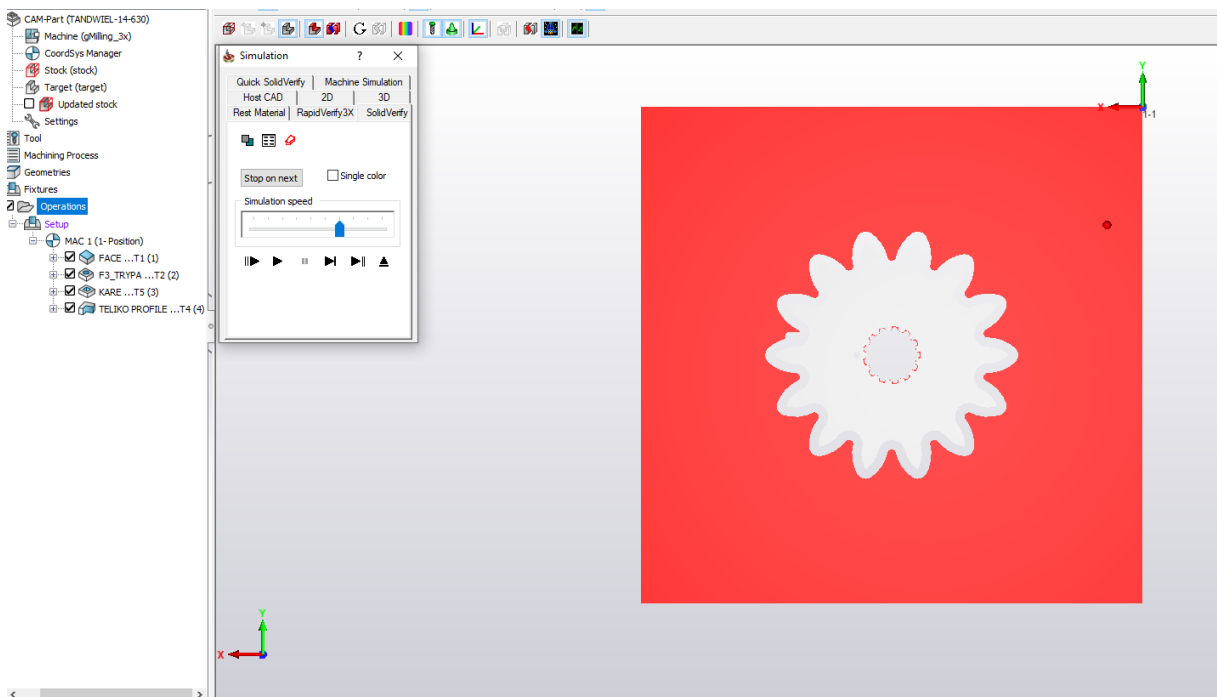


Εικόνα 4.36 : Επιλογή κοπτικού εργαλείου διάτρησης Φ3 οδοντωτού τροχού κινητήρα

Τέλος, ορίζεται η τελική γεωμετρία του οδοντωτού τροχού μέσω της διεργασίας της Profileme κοπτικό εργαλείο **Endmill Φ4** για ακριβέστερη λεπτομέρεια ώστε να εξασφαλισθεί η σωστή γεωμετρία των δοντιών και κατ' επέκταση και η ορθή σχέση μετάδοσης μεταξύ του οδοντωτού τροχού του κινητήρα και του διαφορικού.



Εικόνα 4.37 : Ορισμός τελικής γεωμετρίας οδοντωτού τροχού κινητήρα

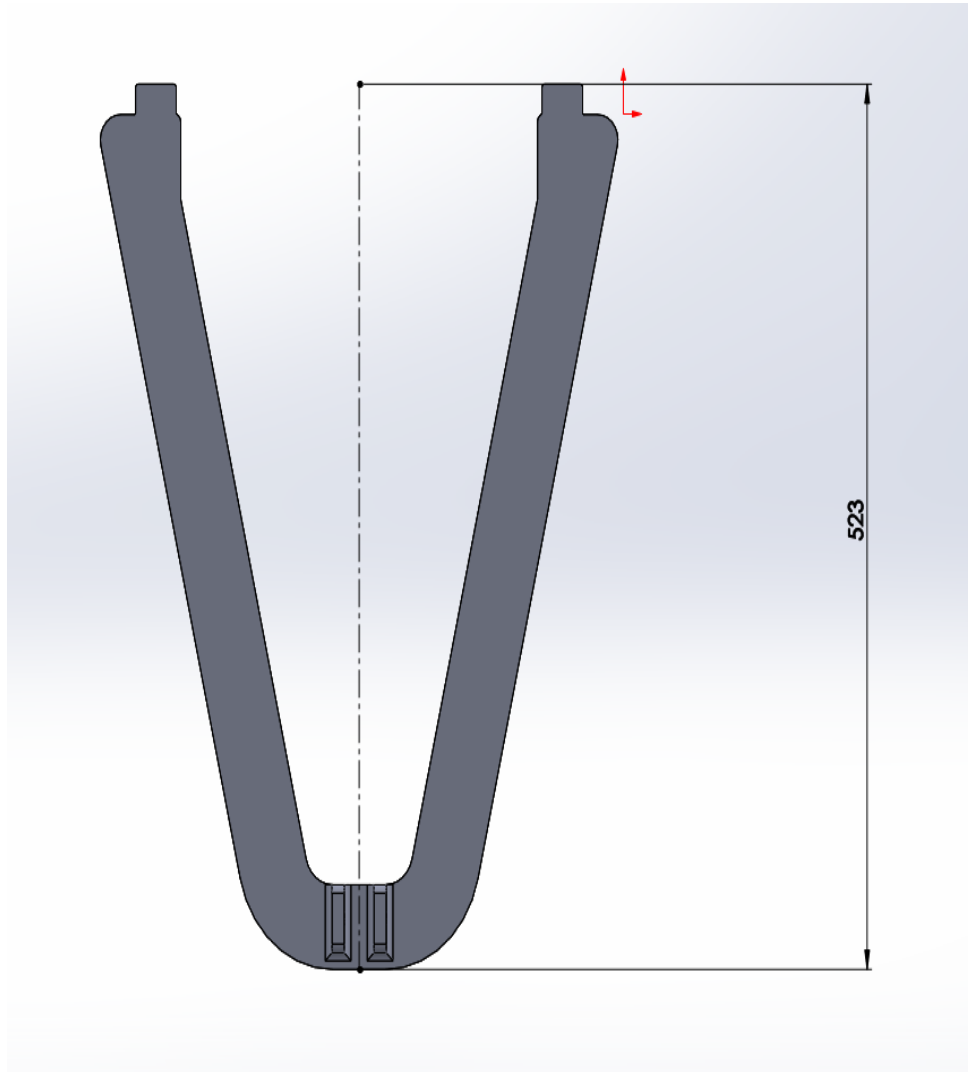


Εικόνα 4.38 : Τελικό τεμάχιο οδοντωτού τροχού κινητήρα με περίσσεια υλικού εσωτερικά του καρέ

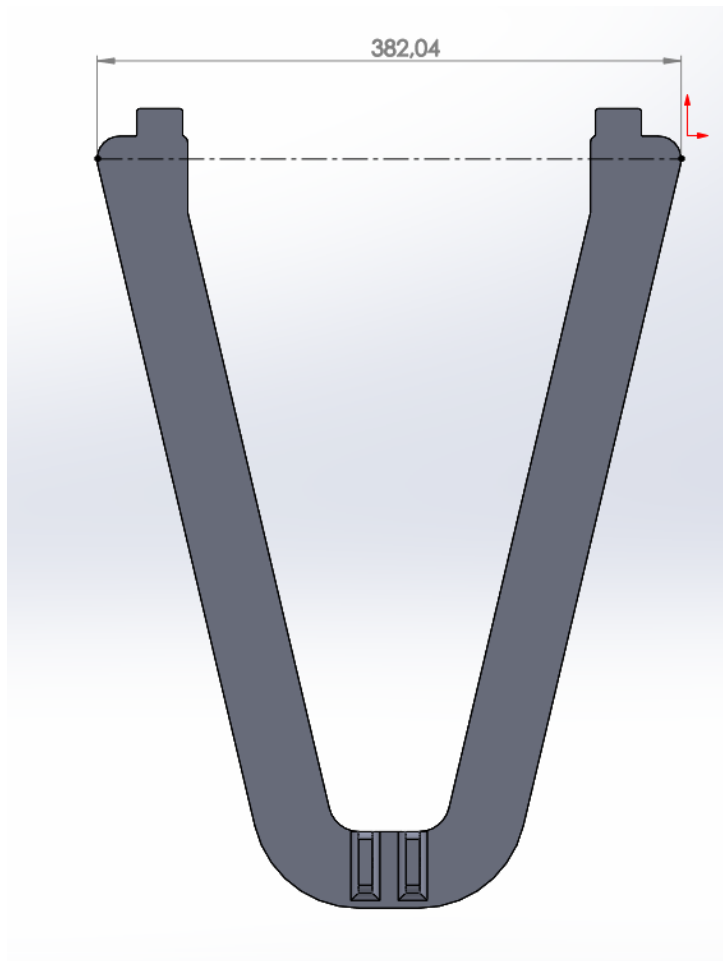
Παρατηρούμε, πως εσωτερικά στο καρέ παραμένει υλικό στο οποίο οφείλεται στην συγκεκριμένη κατεργασία της Rocket. Για μεγαλύτερη λεπτομέρεια του καρέ θα πρέπει να γίνει αλλαγή κοπτικού εργαλείου και διάτρησης μέσω του Engraving.

4.4 Ψαλίδι κάτω πλευράς μέσω CNC

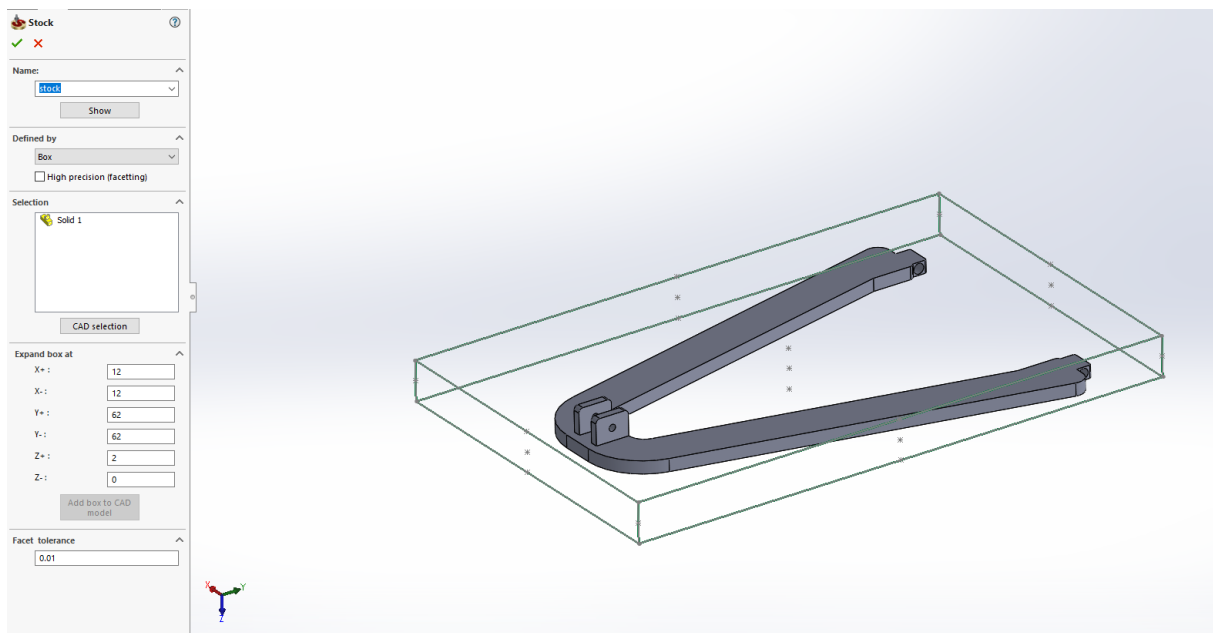
Τα ψαλίδια που θα χρησιμοποιηθούν στο όχημα τύπου buggy μπορούν να κατασκευασθούν είτε από μεταλλικό υλικό είτε από κάποιο σύνθετο υλικό (καρμπονικά). Ωστόσο, κύριο μέλημα μας είναι η αποφυγή μεγάλου κόστους και η ευελιξία της κατασκευής. Έτσι, ξεκινάμε με τις μετρήσεις του τεμαχίου στον X και στον Y άξονα αντίστοιχα και ακολούθως εφαρμόζουμε την διεργασία του φινιρίσματος στην πάνω επιφάνεια (Face).



Εικόνα 4.39 : Μέτρηση Y άξονα ψαλιδιού κάτω πλευράς τοποθέτησης

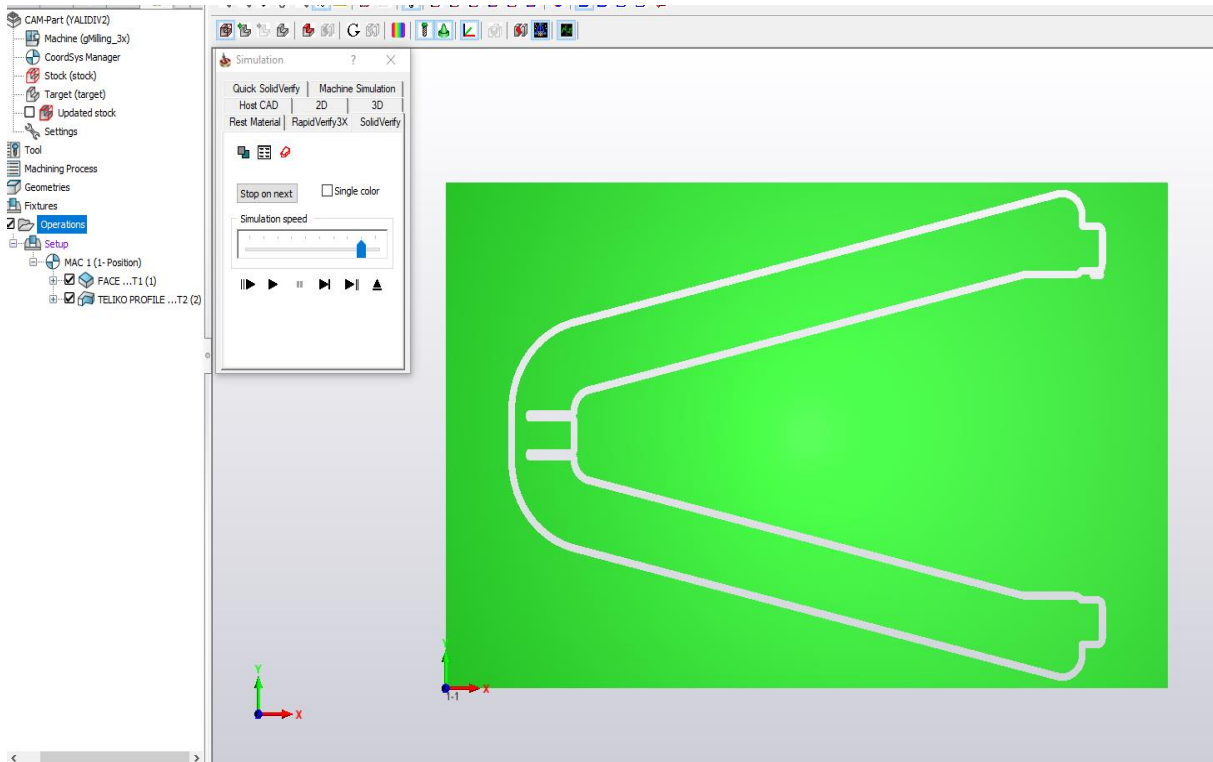


Εικόνα 4.40 : Μέτρηση X άξονα ψαλιδιού κάτω πλευράς τοποθέτησης



Εικόνα 4.41 : Δημιουργία προπλάσματος ψαλιδιού κάτω πλευράς τοποθέτησης

Τα ψαλίδια ωστόσο είναι εύκολα ως προς τις διεργασίες που χρειάζονται για να υλοποιηθούν και να φτάσουν στο τελικό στάδιο παραγωγής. Καθώς χρησιμοποιείται η Faceγια καθαρισμό, μια Profileόπου περνάει ανάμεσα από την βάση που πιάνει η ανάρτηση με το ψαλίδι και άλλη μια επιπρόσθετη Faceόπου κατεβαίνει σε πάχος στο επιθυμητό που έχουμε ορίσει εμείς. Έχοντας καλύψει όλες τις κατασκευαστικές διεργασίες που χρειάζονται παρακάτω παρουσιάζεται η τελική μορφή που θα έχει το ψαλίδι. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί πως οι διατρήσεις που θα γίνουν ώστε να εφαρμόζει στις οπές των βάσεων της ανάρτησης θα γίνουν σε μεταγενέστερο βήμα όπου θα γίνει συγκράτηση του τεμαχίου σε μέγγενη ή σε μηχανήμα διάτρησης.



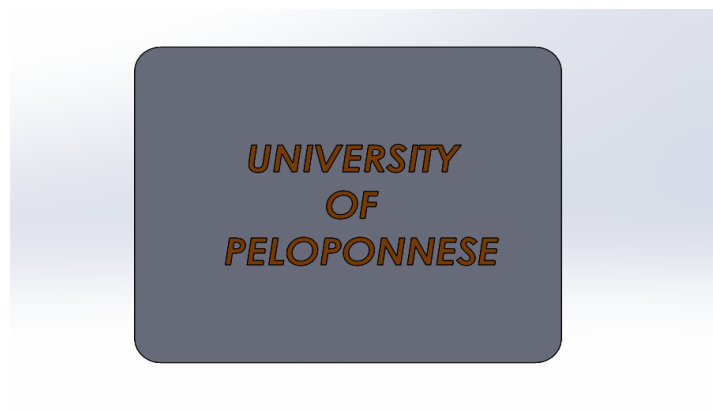
Εικόνα 4.42 : Τελικό τεμάχιο ψαλιδιού κάτω πλευράς τοποθέτησης

4.5 Δάπεδα οχήματος μέσω στραζόπρεσσας

Τα τελευταία κομμάτια που παρέμειναν προς κατεργασία είναι τα δάπεδα που θα συγκολληθούν στο πλαίσιο του Buggy. Ωστόσο, για να αποφύγουμε τις πολλές διεργασίες και τον χρόνο στο να υλοποιηθούν όλα μαζί μπορούμε να κόψουμε συγκεκριμένου πάχους λαμαρίνας σε στραζόπρεσσα και να την μορφοποιήσουμε είτε με ειδικό δίσκο κοπής είτε μέσω CNC. Παρακάτω, παρουσιάζονται τα δάπεδα που χρησιμοποιούνται για την μπροστινή-μεσαία-πίσω πλευρά τοποθέτησης του οχήματος.



Εικόνα 4.43 : Δάπεδο μπροστινής τοποθέτησης



Εικόνα 4.44 : Δάπεδο μεσαίας τοποθέτησης



Εικόνα 4.43 : Δάπεδο πίσω τοποθέτησης

Κεφάλαιο 5^ο

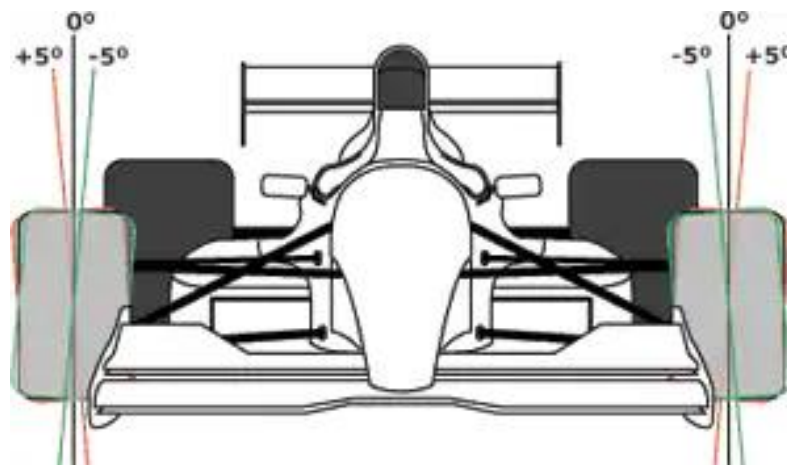
Αναλύσεις συστημάτων Buggy

5.1 Περιγραφική ανάλυση συστήματος ανάρτησης

Στο κεφάλαιο των αναλύσεων που θα γίνουν επάνω στα συστήματα του οχήματος buggy αποσκοπούν το σύστημα της ανάρτησης, το σύστημα μετάδοσης κίνησης καθώς και η αντοχή που θα παρέχει το σωληνωτό πλαίσιο. Οι αναλύσεις κατά κύριο λόγο στις αναρτήσεις θα υλοποιηθούν πάνω στον υπολογισμό της κρούσης όπου θα έχουν με το έδαφος. Ωστόσο, θα γίνει μια οργανωμένη σειρά ρυθμίσεων στην γεωμετρία των τροχών όπου πρέπει να έχουν ως προς camber, caster, bound, rebound, toein, toeout, και την μέγιστη κλίση όπου μπορεί να πάρει.

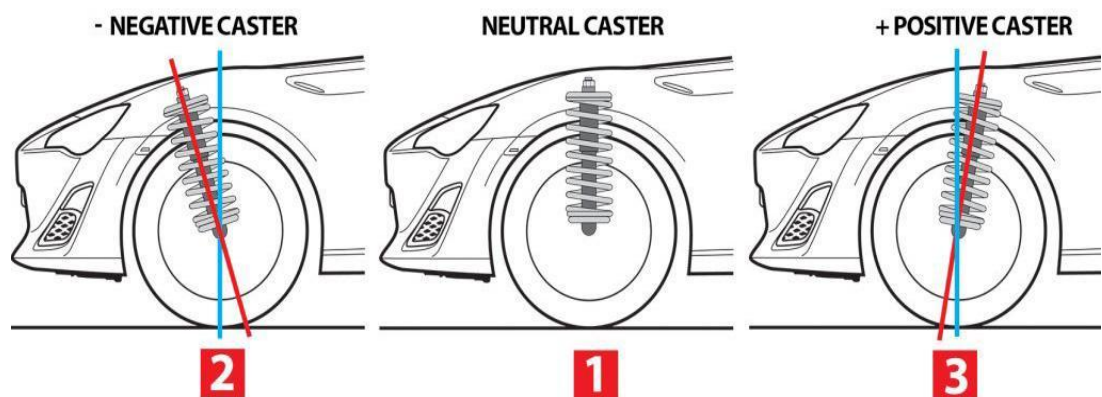
Πριν ξεκινήσουμε, στο επόμενο βήμα θα πρέπει να διευκρινίσουμε με σαφήνεια και λεπτομέρεια τι είναι η κάθε παράμετρος που αναφέρονται παραπάνω.

- **Camber:** είναι η γωνία που κάνει ο τροχός υπολογισμένος σε μοίρες με την κάθετη γραμμή της ανάρτησης. Οχήματα τα οποία αποσκοπούν σε αγωνίσματα στα οποία θα πρέπει να παίρνουν κλίσεις χωρίς να γυρνάει θα πρέπει να έχουν αρνητικό Camber. Ενώ οχήματα τα οποία χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για χωμάτινη χρήση συνηθίζονται να έχουν θετικό camber. Ωστόσο, υπάρχει μια εξαίρεση όπου σε οχήματα αγωνιστικού τύπου στους πίσω τροχούς εφαρμόζεται θετικό camber ρύθμιση. Ο σκοπός που γίνεται αυτό είναι την ώρα που ολισθαίνει ο τροχός και ουσιαστικά όλο το όχημα πιέζεται το κέντρο βάρους προς τα κάτω ο τροχός να επαναφέρεται στις 0 μοίρες.



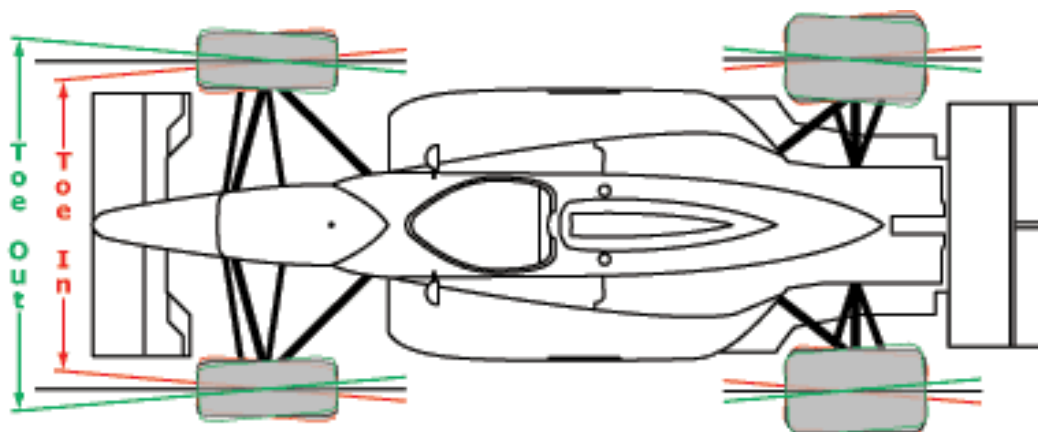
Εικόνα 5: Γωνία camber tire rack.com

- Caster:** Η γωνία caster είναι η γωνιακή μετατόπιση του άξονα διεύθυνσης από τον κατακόρυφο άξονα ενός τιμονιού σε ένα αυτοκίνητο, μοτοσικλέτα, ποδήλατο, άλλο όχημα ή σκάφος, όπως φαίνεται από την πλευρά του οχήματος. Ο άξονας διεύθυνσης σε ένα αυτοκίνητο με ανάρτηση με δύο σφαιρικούς συνδέσμους είναι μια φανταστική γραμμή που διατρέχει το κέντρο του άνω σφαιρικού συνδέσμου έως το κέντρο της κάτω άρθρωσης της σφαίρας, ή μέσω του κέντρου του πείρου για οχήματα με πείρο.



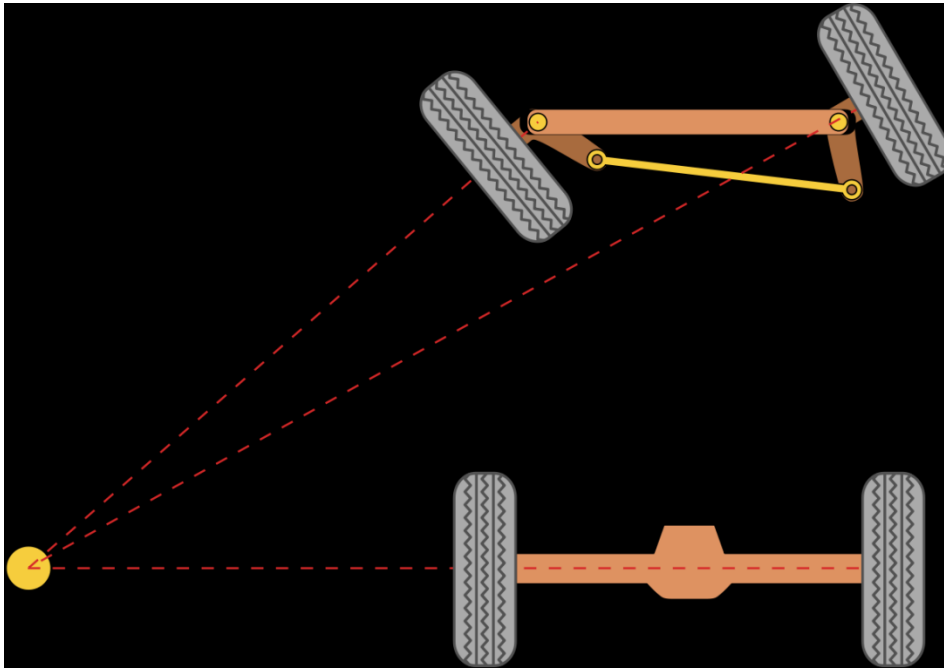
Εικόνα 5.1: ΓωνίαcasterToyotaGT-86 (carfromjapan)

- Toeangle:** Η γωνία Toe προσδιορίζει την ακριβή κατεύθυνση των ελαστικών σε σύγκριση με την κεντρική γραμμή του οχήματος όταν το βλέπεις από πάνω. Το toe εκφράζεται είτε σε μοίρες είτε σε κλάσματα της ίντσας και ένας άξονας λέγεται ότι έχει θετικό toe-in όταν οι φανταστικές γραμμές που διασχίζουν τις κεντρικές γραμμές των ελαστικών τέμνονται μπροστά από το όχημα και έχουν αρνητικό toe-out όταν αποκλίνουν. Η ρύθμιση των δακτύλων χρησιμοποιείται συνήθως για την αντιστάθμιση της συμμόρφωσης των δακτυλίων ανάρτησης για τη βελτίωση της φθοράς των ελαστικών. Το Toe μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την προσαρμογή του χειρισμού του οχήματος.



Εικόνα 5.2: ΓωνίαToein-out tirerack.com

- Μέγιστη κλίση τιμονιού (Ackerman): Το Ackerman είναι η διαφορά στην ακτίνα στροφής μεταξύ των μπροστινών ελαστικών. Σε οβάλ αυτοκίνητα τροχιάς μπορεί να είναι επιθυμητό να δημιουργηθεί μια κατάσταση όπου το αριστερό μπροστινό ελαστικό στρέφεται πιο γρήγορα από το δεξί μπροστινό ελαστικό. Η σωστή ρύθμιση της παραμέτρου Ackerman μπορεί να βοηθήσει το αυτοκίνητο να στρίψει καλύτερα στο κέντρο της στροφής.

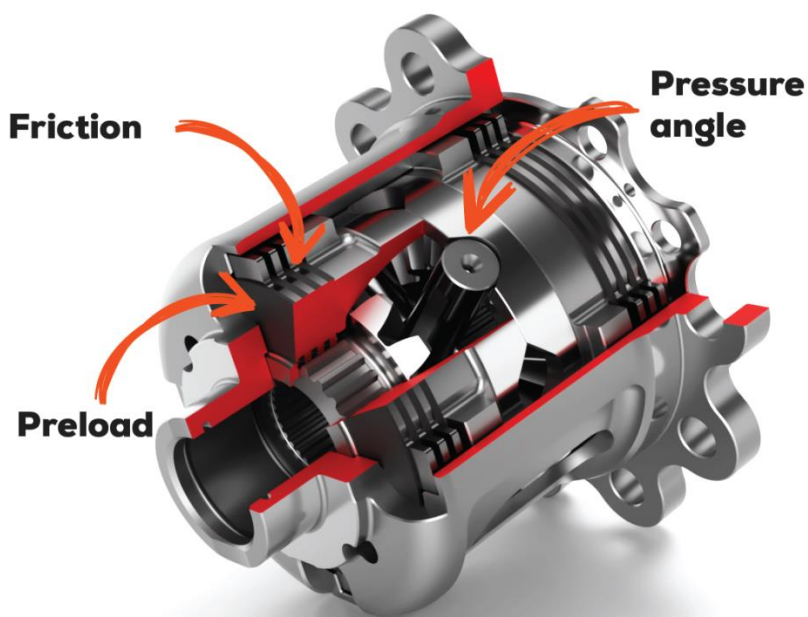


Εικόνα 5.3: AckermanWikipedia

5.2 Περιγραφική ανάλυση συστήματος μετάδοσης κίνησης

Το διαφορικό που θα χρησιμοποιηθεί στο όχημα μας θα είναι ένα ανοιχτού τύπου εμπλοκέ όπου θα μπορεί να δίνει την δυνατότητα στους πίσω κινητήριους τροχούς να περιστρέφονται ταυτόχρονα με την ίδια ταχύτητα. Παρακάτω, εμφανίζονται τα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται το διαφορικό εσωτερικά.

- **Δορυφόροι:** Στα συγκεκριμένα διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης (LSD) οι δορυφόροι που χρησιμοποιούνται είναι τέσσερις στο σύνολο και είναι κωνικού σχήματος. Τοποθετούνται επάνω στον σταυρωτό σύνδεσμο και εμπλέκονται μεταξύ τους.
- **Πλανήτες:** Ξεκινώντας, οι πλανήτες έχουν μεγαλύτερο μέγεθος από τους δορυφόρους και το σχήμα τους είναι κωνικής μορφής παρόμοια με τους εκάστοτε δορυφόρους. Ωστόσο, η λειτουργία των πλανητών είναι η σύμπλεξη με τους δορυφόρους ώστε να εξασφαλίσουν την ομοιόμορφη ταχύτητα περιστροφής και ροπή και στους δύο τροχούς. Το εσωτερικό τους κομμάτι περιέχει ένα συγκεκριμένο τύπου "καρέ" όπου συμπλέκεται εσωτερικά με το ημιαξόνιο



Εικόνα 5.4: Εμπλοκέ διαφορικό KMPDrivetrainsolutions

5.3 Στατική αντοχή σύγκρουσης οχήματος (Solidworks simulation)

Η επόμενη θεματική ενότητα βασίζεται στην αντοχή όπου θα κατέχει το πλαίσιο και ίσως είναι και από το σημαντικότερο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς καθιστά με σαφήνεια την ασφάλεια του επιβαίνων οδηγού σε περίπτωση ατυχήματος.

Αρχικά, θα ξεκινήσουμε με την επιλογή υλικού του πλαισίου η οποία μπορεί να γίνει είτε από χάλυβα (ALLOYSTEEL) είτε από αεροναυπηγικές σωληνώσεις (AISI 4130). Ωστόσο υπάρχει και η δυνατότητα για περεταίρω αντοχή να προσθέσουμε επιστρώσεις συνθέτων υλικών πολυκαρβουνιδίου στις κύριες σωληνώσεις του οχήματος. Παρατηρώντας πως κάθε υλικό διαθέτει διαφορετικά χαρακτηριστικά στην αντοχή και την παραμόρφωση επιλέξαμε τις αεροναυπηγικές σωληνώσεις AISI 4130 όπου εξασφαλίζουν εξαιρετικά χαρακτηριστικά αντοχής και παράλληλα καθίστανται ελαφρύτερα σε σχέση με τις σωληνώσεις από χάλυβα. Παρακάτω, έχει γίνει συλλογή πληροφοριών από το σχεδιαστικό πρόγραμμα Solidworks για τα δύο υλικά που προαναφέρθηκαν.

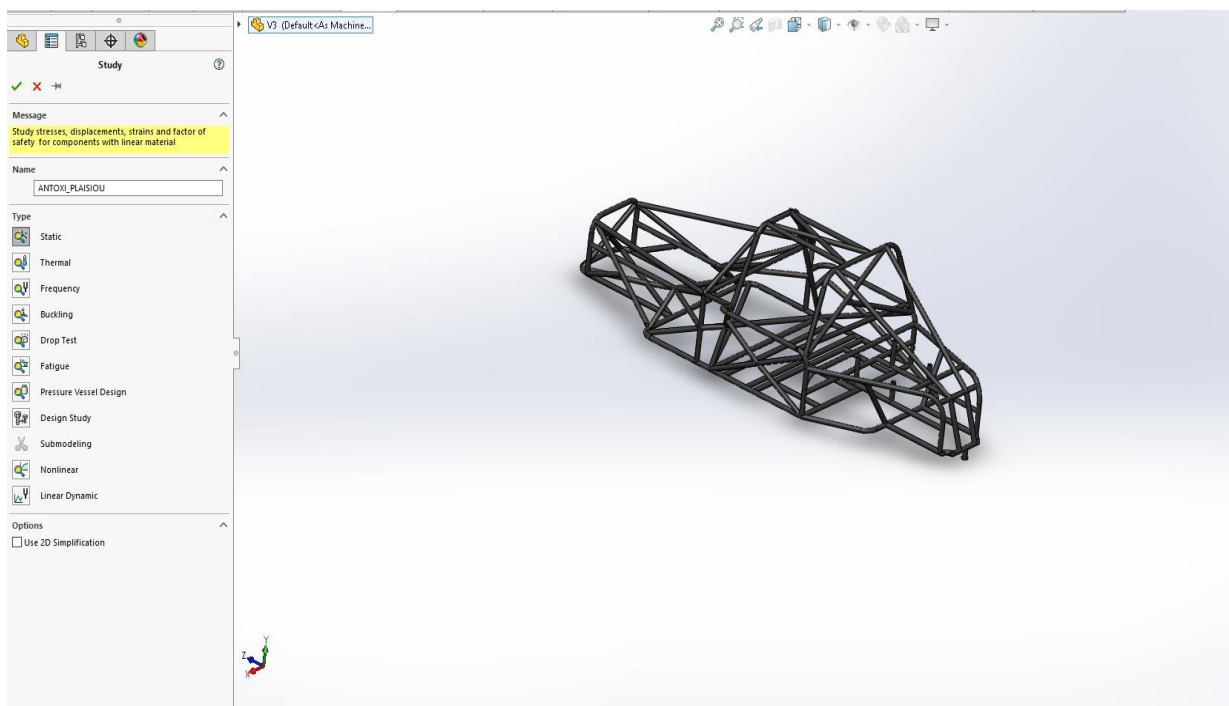
Alloy steel (χάλυβας)		
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ	ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
Ελαστική παραμόρφωση	2,1e+011	N/m ²
Τιμή Poisson's	0,28	-
Πυκνότητα	7700	Kg/m ³
Εφελκιστική αντοχή	723825600	N/m ²
Όριο διαρροής	620422000	N/m ²
Ειδική θερμότητα	460	J/kg*K

AISI 4130 steel (διαμορφωμένος χάλυβας στους 870 C°)		
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ	ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
Ελαστική παραμόρφωση	2,5e+011	N/m ²
Τιμή Poisson's	0,285	-
Πυκνότητα	7850	Kg/m ³
Εφελκιστική αντοχή	731000000	N/m ²
Όριο διαρροής	46000000	N/m ²
Ειδική θερμότητα	477	J/kg*K

Εφόσον, διαθέτουμε το υλικό που θα εφαρμόσουμε στο πλαίσιο του Buggyοχήματος θα πρέπει να ορίσουμε τις περιπτώσεις που θέλουμε να κάνουμε ανάλυση επάνω στο πλαίσιο. Με γνώμονα πως το συγκεκριμένο buggyπροορίζεται για αγωνιστική χρήση θα πρέπει να γίνει στατική αντοχή σε 4 περιπτώσεις.

- Περίπτωση_1 —————> Πλάγια κρούση οχήματος
- Περίπτωση_2 —————> Μπροστινή κρούση οχήματος
- Περίπτωση_3 —————> Πίσω κρούση οχήματος
- Περίπτωση_4 —————> Πάνω κρούση οχήματος

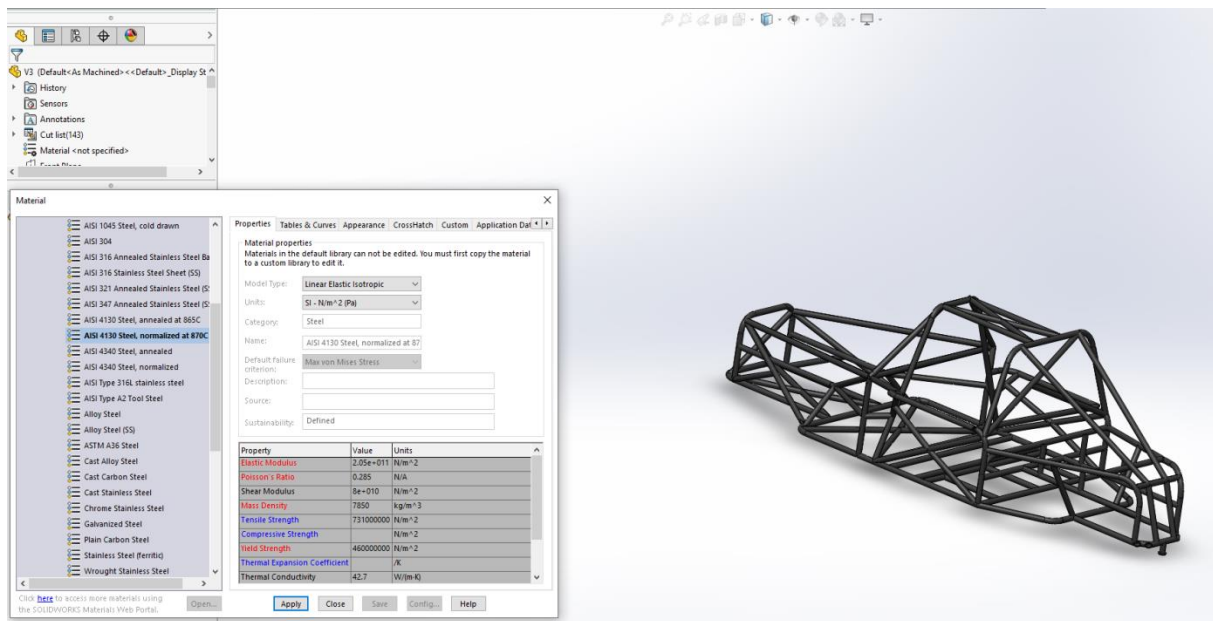
❖ **Περίπτωση 1:** Η πλάγια κρούση οχήματος συνήθως προξενείτε από τυχόν σύγκρουση που μπορεί να προξενθεί εν ώρα αγώνα μεταξύ άλλων οχημάτων. Ωστόσο, πολλές φορές παρατηρούμε σε διάφορα αγωνίσματα τέτοιου είδους με Buggyοχήματα οδηγούς που κατά την προσπάθεια να τυχαίνει να συγκρούονται με τον συν αθλητή τους στις πλάγιες μπάρες. Ως εκ τούτου θα πρέπει να μελετήσουμε την πλάγια αντοχή των σωληνώσεων ώστε σε περίπτωση σύγκρουσης να καλύπτεται πλήρως η ασφάλεια του οδηγού καθώς και η στιβαρότητα του οχήματος.



Εικόνα 5.5: Ανάλυση πλαισίου μέσω simulationτου Solidworks

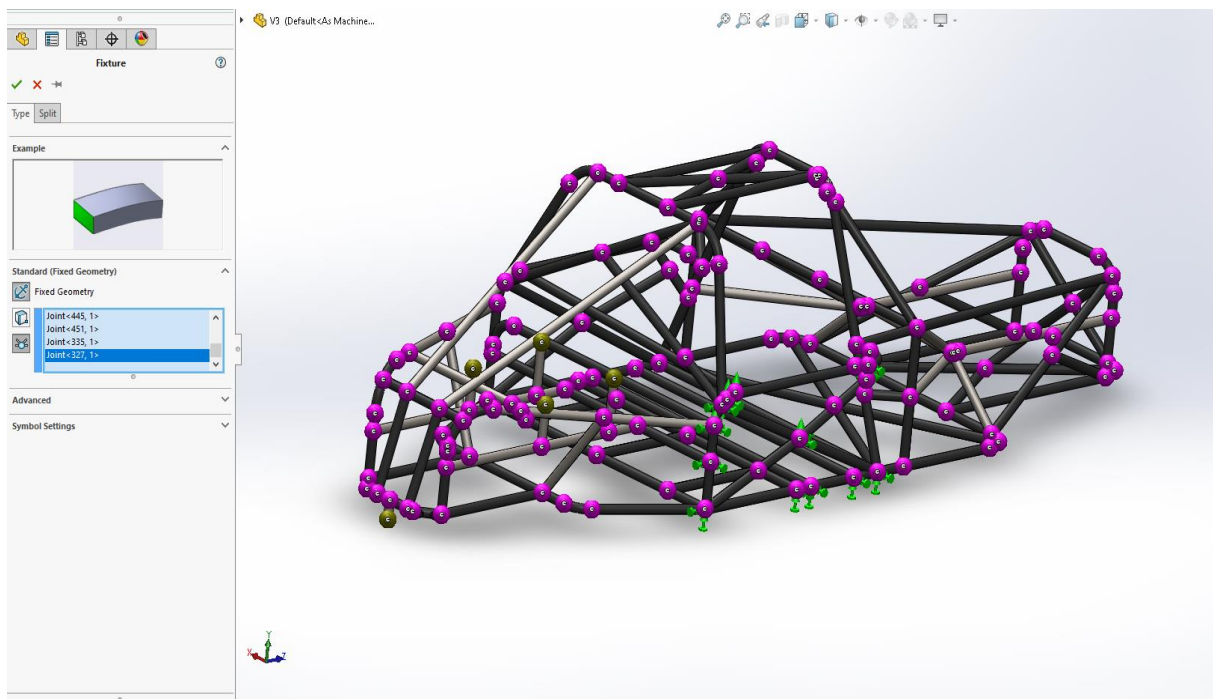
Ξεκινάμε, την ανάλυση επιλέγοντας την στατική όπου θα τοποθετήσουμε το σταθερό κομμάτι του πλαισίου (τις πακτώσεις) και έπειτα θα ορίσουμε φορτία στο εκάστοτε σημείο που χρειάζεται για την κάθε περίπτωση.

Στην συνέχεια, θα γίνει η επιλογή του υλικού για όλες τις σωληνώσεις του πλαισίου AISI 4130 steel.



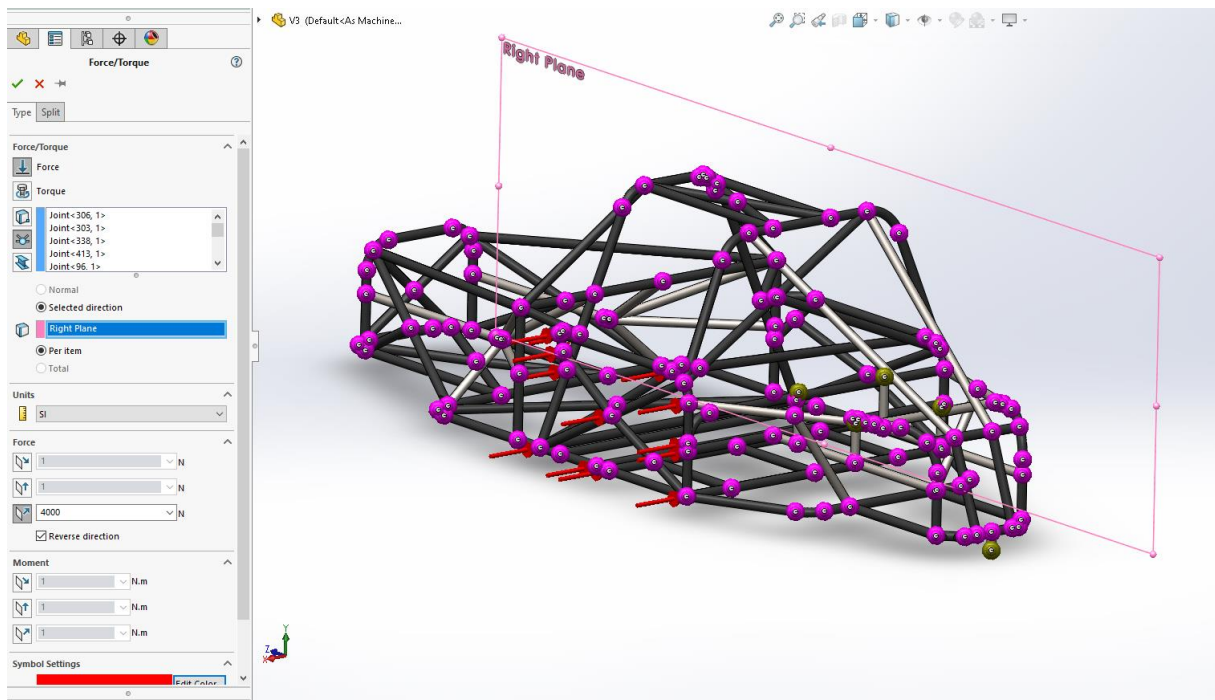
Εικόνα 5.6: Επιλογή υλικού μέσω simulation του Solidworks

Εισάγουμε τις πακτώσεις του πλαισίου ως προς την αντίθετη μεριά όπου θα ασκηθούν τα φορτία για να υπάρχει αντίσταση και να βγάλουμε ορθά αποτελέσματα στις τελικές μας τιμές. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στην τοποθέτηση των πακτώσεων καθώς πρέπει να οριστούν επάνω στους κόμβους του πλαισίου και όχι επάνω στις σωληνώσεις.



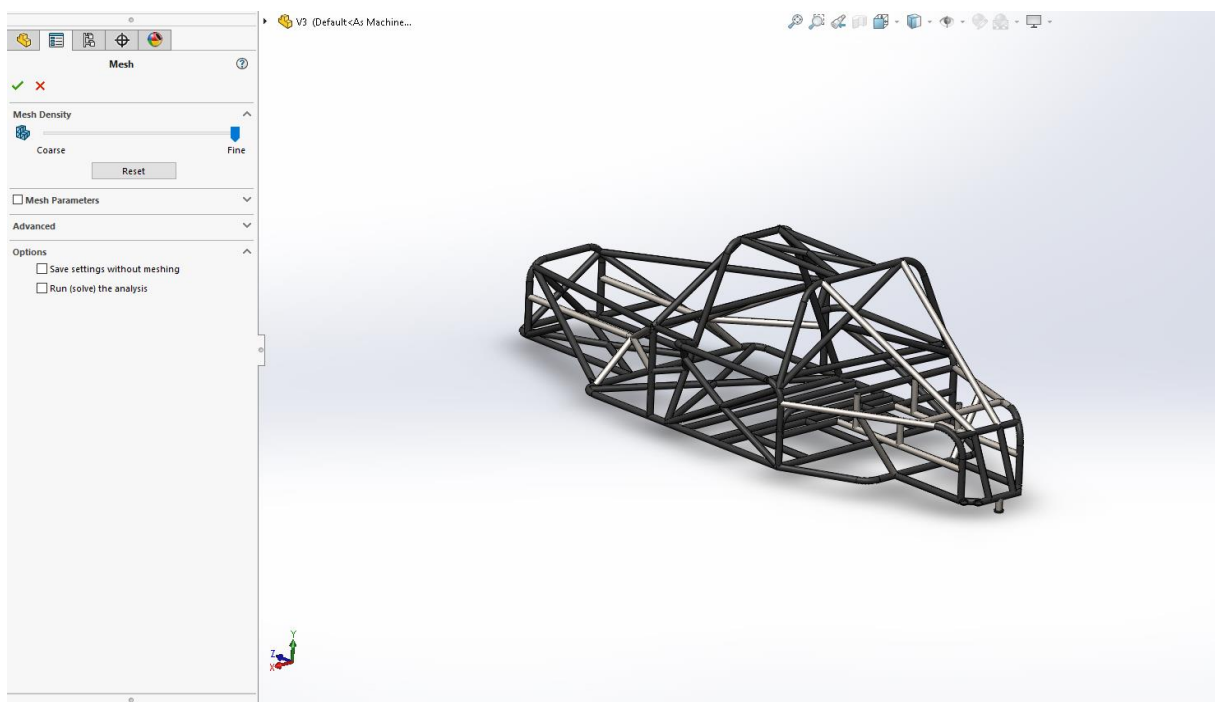
Εικόνα 5.7: Ορισμός πάκτωσης μέσω simulation του Solidworks

Στην συνέχεια, τοποθετούμε τα φορτία στους κόμβους της αντίθετης πλευρικής φοράς μέσω δυνάμεων (Force) και ορίζουμε την άσκηση τους να γίνει προς την φορά που είναι το Πλαίσιο του πλαισίου. Η δύναμη που θέτουμε είναι 4000 N όπου αντιστοιχούν σε 408 kgφορτίο μετωπικής σύγκρουσης.

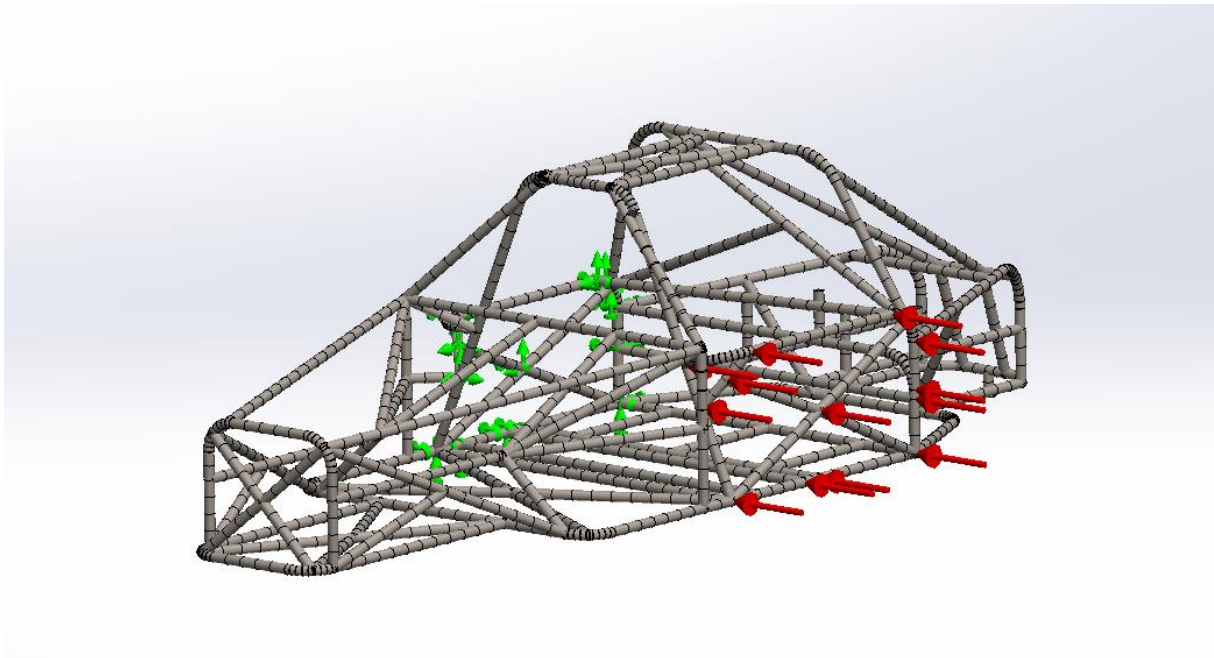


Εικόνα 5.8: Ορισμός φορτίων μέσω simulation του Solidworks

Στο επόμενο βήμα κάνουμε την διακριτοποίηση (Mesh) όπου το τεμάχιο μας όπου είναι το πλαίσιο του Buggy θα ταξινομηθεί σε πολύ μικρά κομμάτια προκειμένου να γίνει λεπτομερής ανάλυση ως προς την αντοχή του.

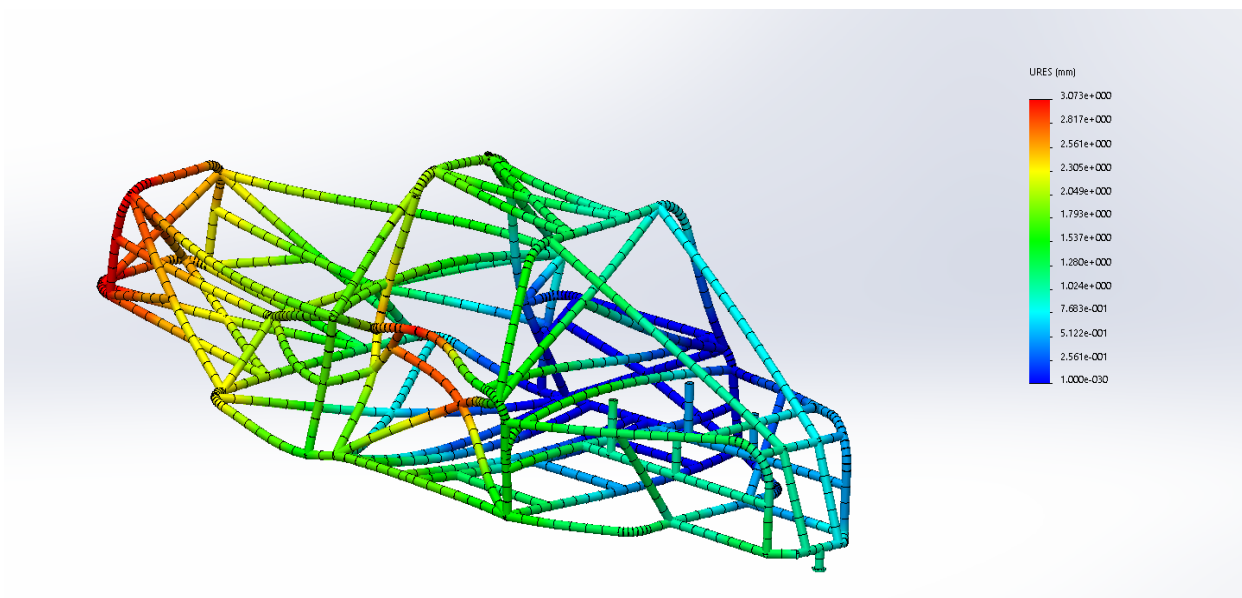


Εικόνα 5.9: Διακριτοποίηση μέσω simulation του Solidworks



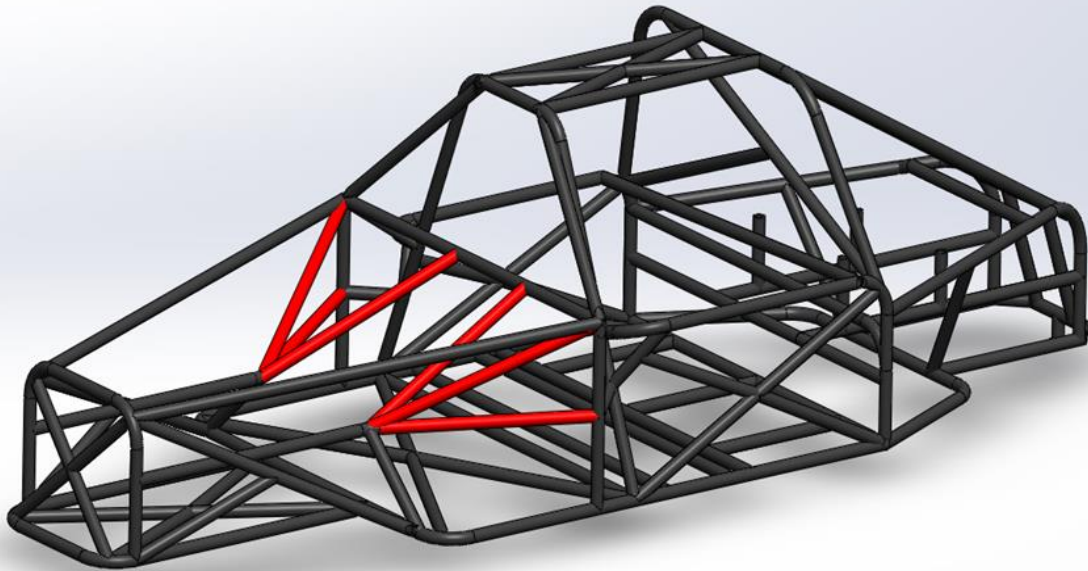
Εικόνα 5.10: Τελικό στάδιο αποτελεσμάτων ανάλυσης μέσω simulation του Solidworks

Παρατηρούμε στην παρακάτω φωτογραφία της τελικής ανάλυσης της 1ης περίπτωσης σύγκρουσης πως οι πλάγιες σωληνώσεις έχουν ενταχθεί εσωτερικά από τις δυνάμεις που ασκήθηκαν επάνω χωρίς να σπάσουν. Ωστόσο για βελτιστοποίηση της αντοχής και μικρότερη παραμόρφωση θα μπορούσαμε να εισάγουμε μια σωλήνα όπου θα συγκρατεί την πλαϊνή στήριξη με το κέντρο της χώρισης του πίσω μέρους του πλαισίου.

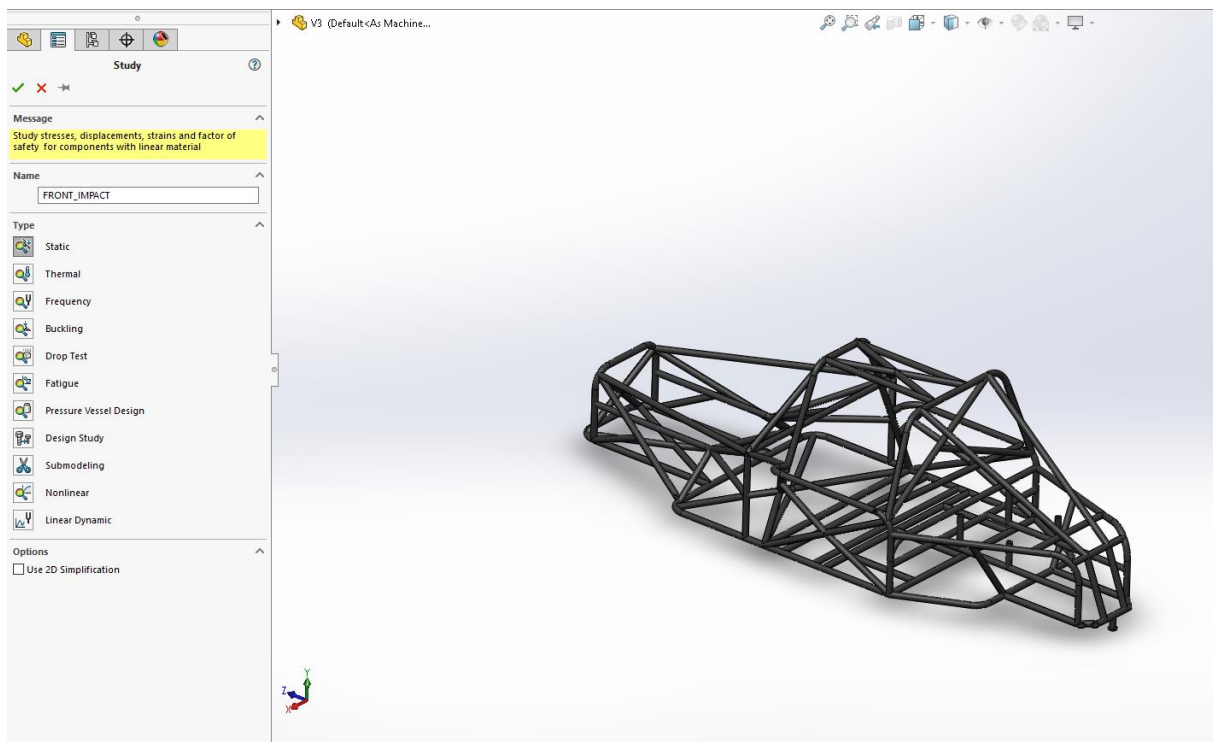


Εικόνα 5.11: Side impact Simulation

- ❖ **Περίπτωση 2:** ΗΜπροστική κρούση είναι και η συνηθέστερη που γίνεται συνήθως εν ώρα αγώνα από υπερεκτίμηση των ορίων από τον ίδιο τον οδηγό. Με κύριο κριτήριο την πλήρη ασφάλεια του οδηγού η ανάλυση στην συγκεκριμένη περίπτωση κρίνεται ως η πιο σοβαρή για να λάβουμε υπόψιν τις τιμές που θα μας δώσει η ανάλυση, καθώς στην μετωπική σύγκρουση θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν ότι θα ασκηθεί αρκετή δύναμη στην μπροστική μύτη. Ένας από αυτούς του λόγους είναι και η τρίοδη σωληνωτή συνδεσμολογία που έχει χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο όπου φαίνεται στην φωτογραφία 5.12.

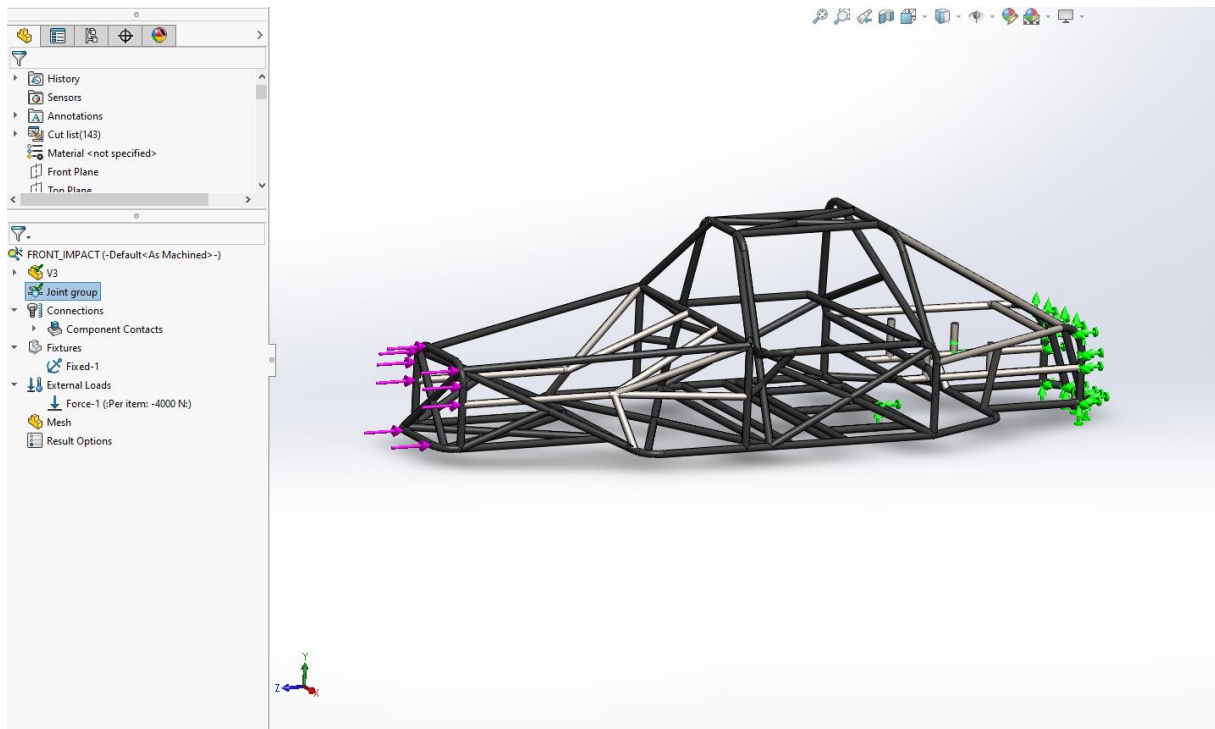


Εικόνα 5.12: Τρίοδη συνδεσμολογία σωληνώσεων πλαισίου Buggy

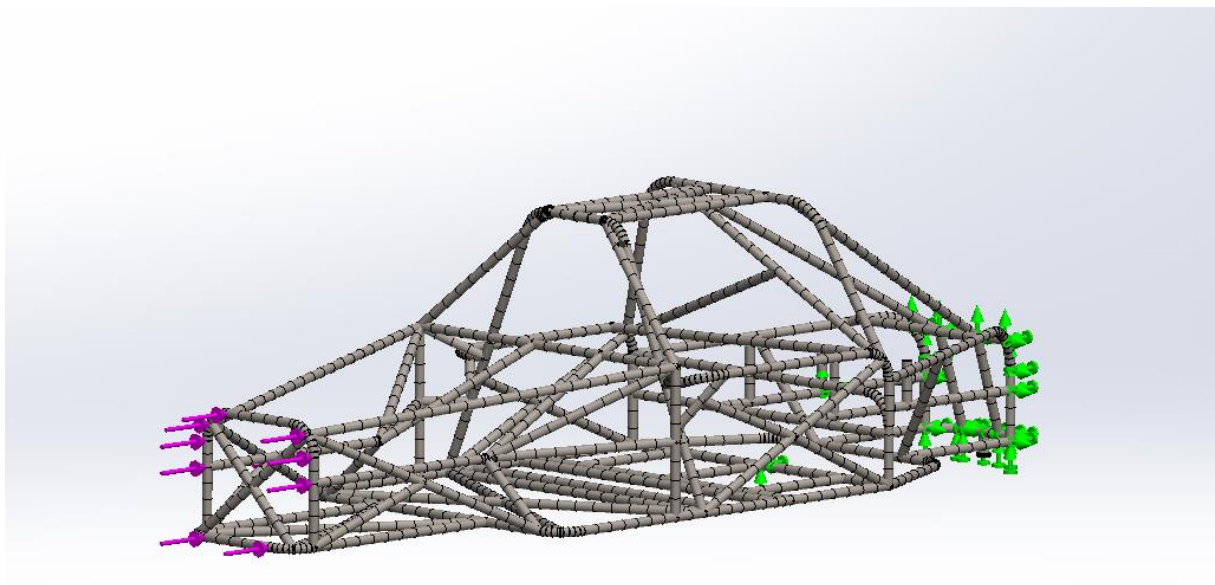


Εικόνα 5.13: Static simulation Front impact (για μπροστικό χτύπημα)

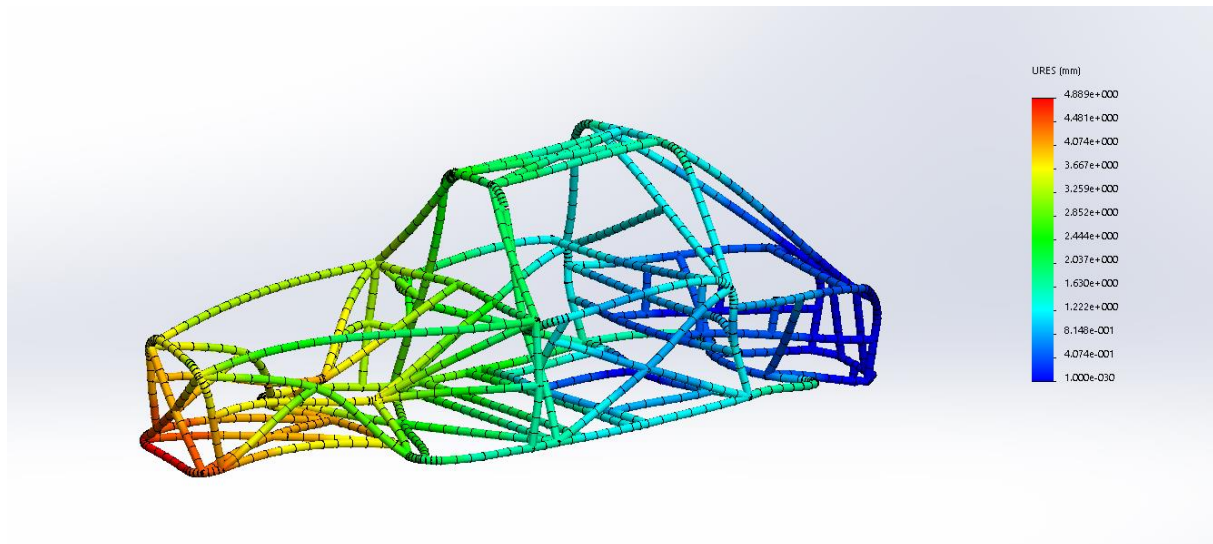
Εισάγουμε τις πακτώσεις στο πίσω μέρος του πλαισίου μέσω των κόμβων που παρουσιάζονται παρακάτω. Στην συνέχεια τοποθετούμε τα φορτία στο μπροστινό μέρος του πλαισίου (μύτη σασί) και κάνουμε την διακριτοποίηση όπου θα χωριστεί σε επιμέρους κομμάτια για να βγάλουμε την τελική ανάλυση.



Εικόνα 5.14: Ορισμός πακτώσεων και δυνάμεων (για μπροστινό χτύπημα)

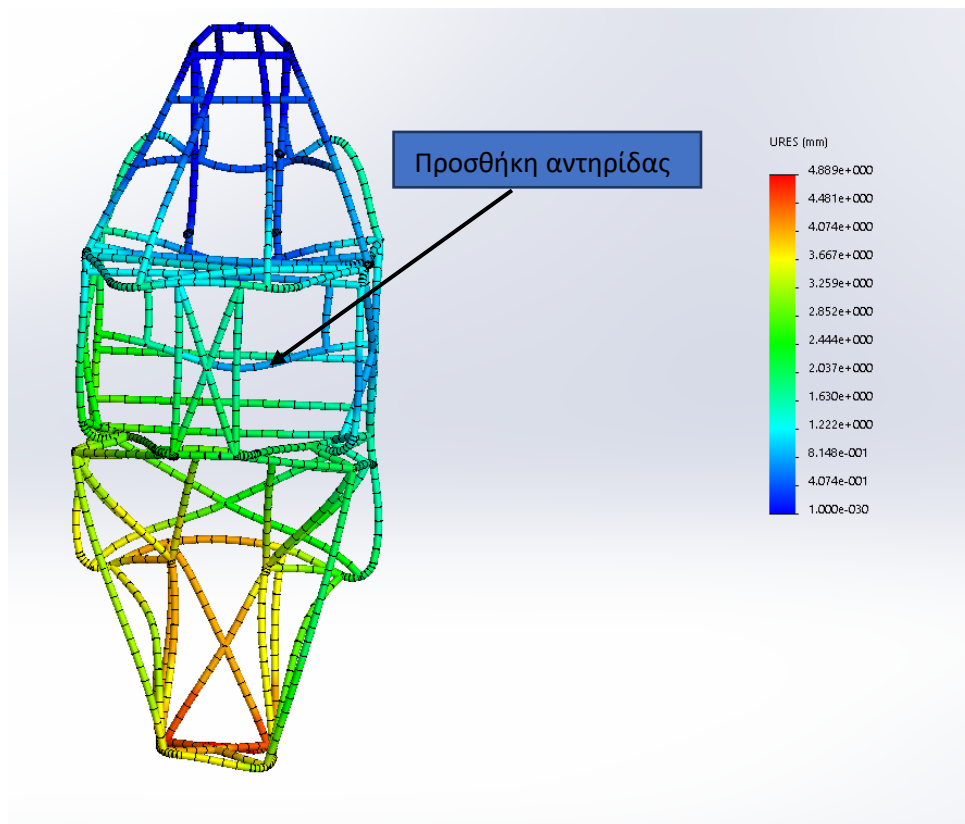


Εικόνα 5.15: Διακριτοποίηση(για μπροστινό χτύπημα)



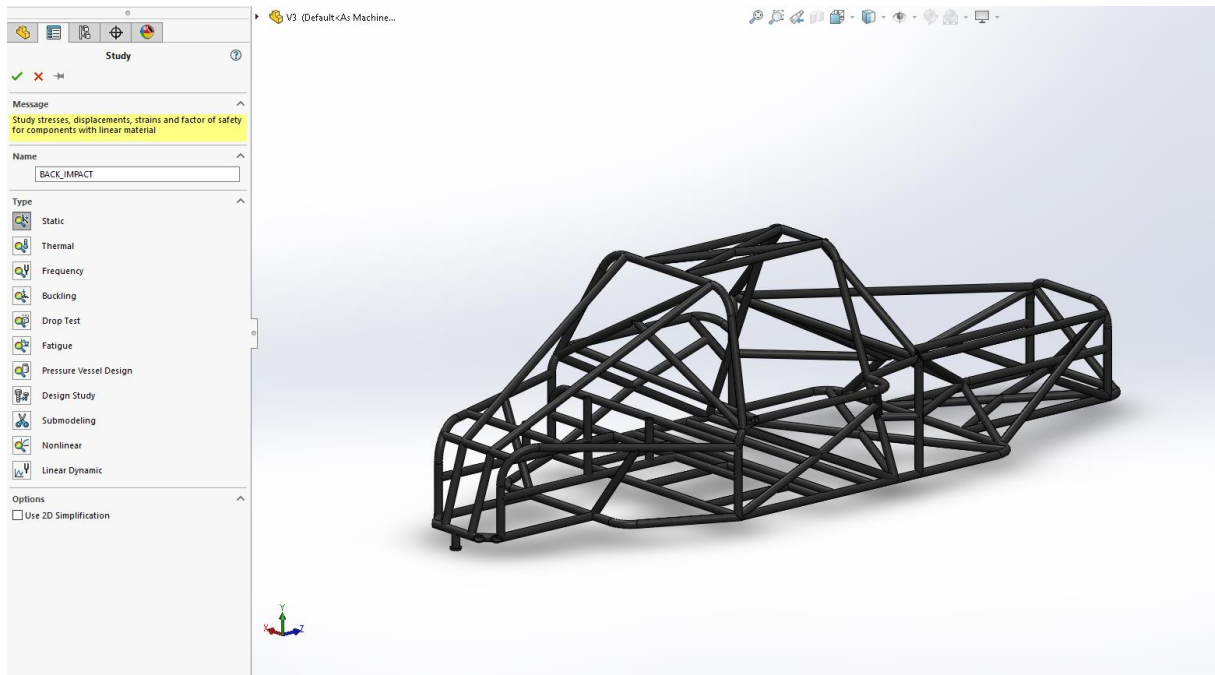
Εικόνα 5.16: Τελικά αποτελέσματα (γιαμπροστινόχτύπημα)

Παρατηρούμε την μπροστινή μύτη ότι δεν έχει επέλθει σημαντική παραμόρφωση παρά μόνο μια μικρή στρέβλωση. Ωστόσο, ο σωλήνας που συγκρατεί το κάθισμα του οδηγού παραμορφώθηκε κάτι που καθίσταται άκρως επικίνδυνο για τον οδηγό. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να προσθέσουμε αντηρίδες μεταξύ των σωληνώσεων που συγκρατούν το κάθισμα και να εφαρμόσουμε την ανάλυση μας εκ' νέου ώστε να καλύψουμε την πλήρης ασφάλεια του οδηγού.

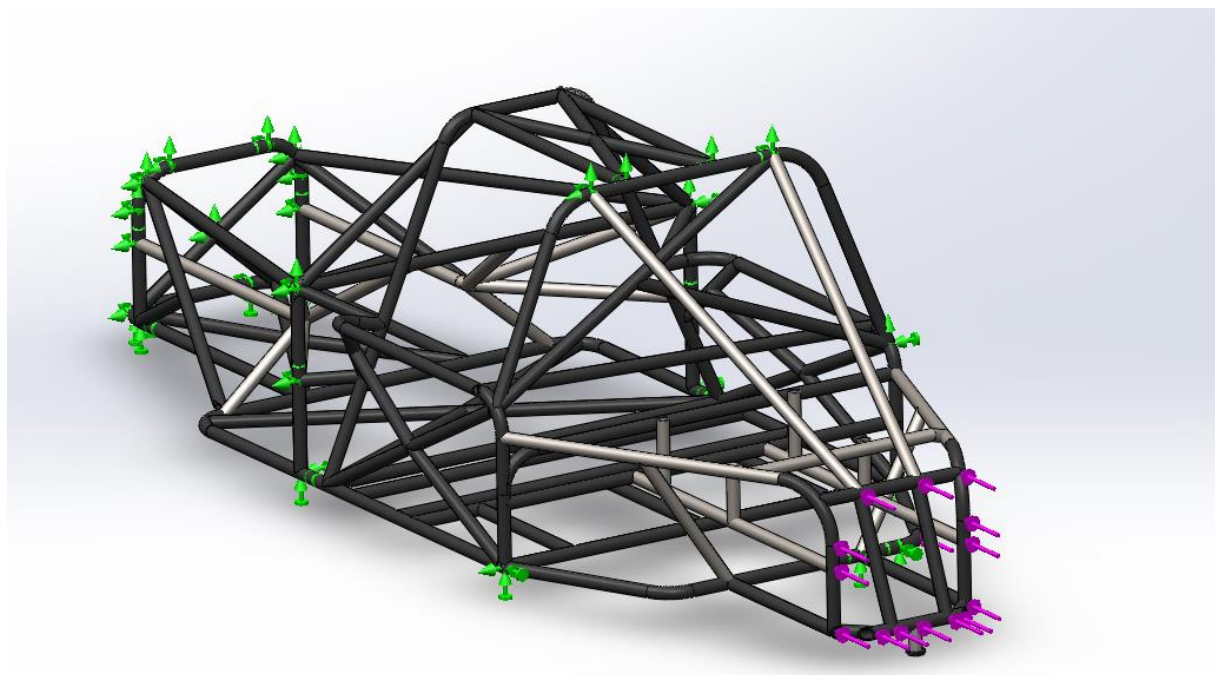


Εικόνα 5.17: Τελικά αποτελέσματα (για μπροστινό χτύπημα)

- ❖ **Περίπτωση 3^η:** Σε αυτή την περίπτωση λαμβάνουμε υπόψιν οχήματα που τυχαίνει να πέφτουν από πίσω εν ώρα αγώνα και να προξενούν ζημιά στο πλαίσιο. Ωστόσο, το σημαντικό κομμάτι δεν είναι τόσο η υλική ζημιά που θα προξενθεί στο πλαίσιο όσο ότι πίσω υπάρχει το δοχείο καυσίμων το οποίο θα πρέπει να είναι ασφαλές από τέτοιου είδους χτυπήματα για την εξασφάλιση της ακεραιότητας του οδηγού.

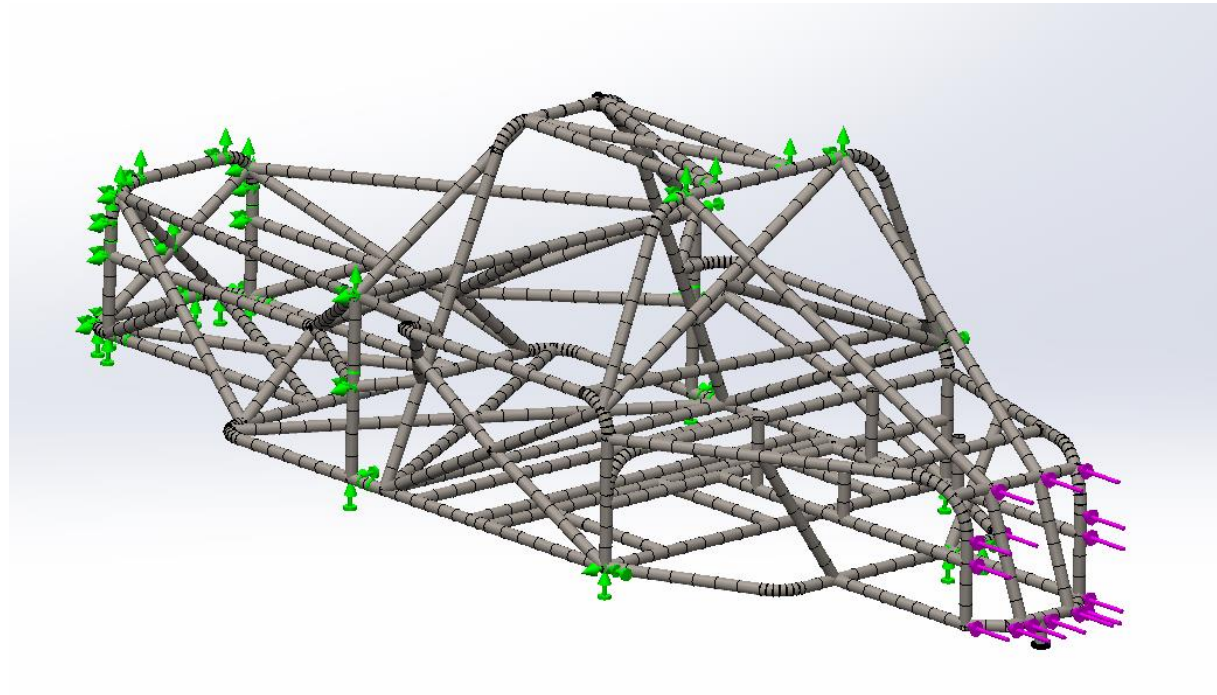


Εικόνα 5.18: Static simulation Back impact (για πίσω χτύπημα)

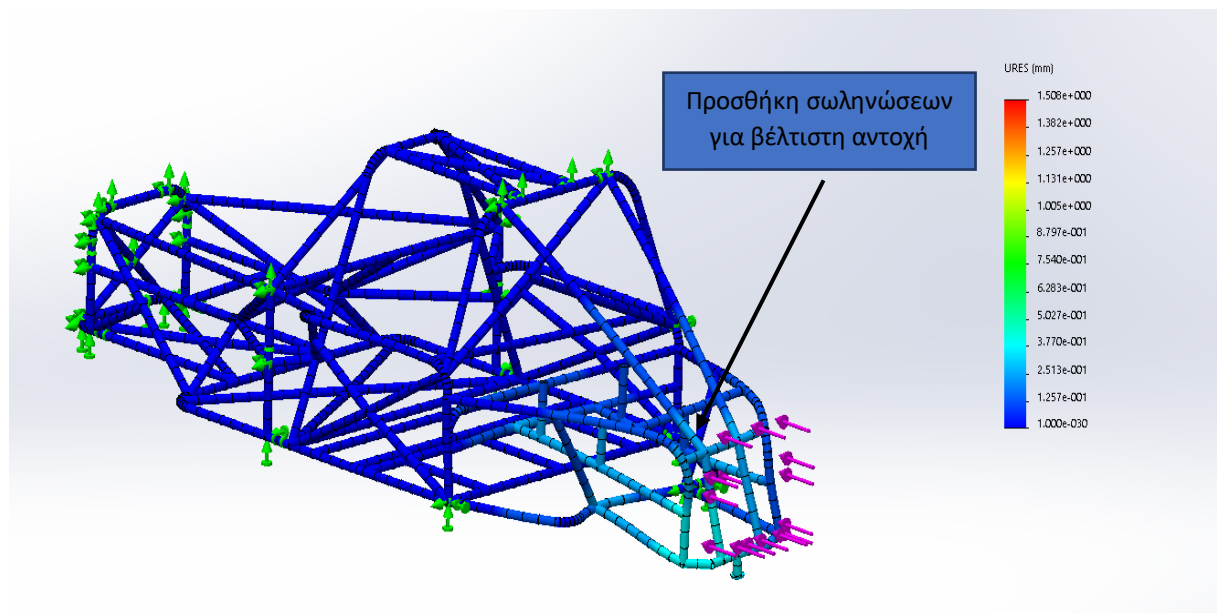


Εικόνα 5.19: Ορισμός πακτώσεων και δυνάμεων (για πίσω χτύπημα)

Τοποθετούμε όλες τις πακτώσεις σε αντίσταση των δυνάμεων που παρουσιάζονται στην εικόνα 5.19 και έπειτα εισάγουμε τα φορτία στο πίσω μέρος του πλαισίου όπου θα είναι τα 4000N. Αφού κατά τον ίδιο τρόπο κάνουμε την διακριτοποίηση θα βγάλουμε τα τελικά αποτελέσματα της ανάλυσης. Ιδιαίτερη προσοχή θέλει πως τα αποτελέσματα της παραμόρφωσης πρέπει να είναι μικρά για να αποφύγουμε τυχόν ενδεχόμενο με το ρεζερβουάρ του οχήματος.



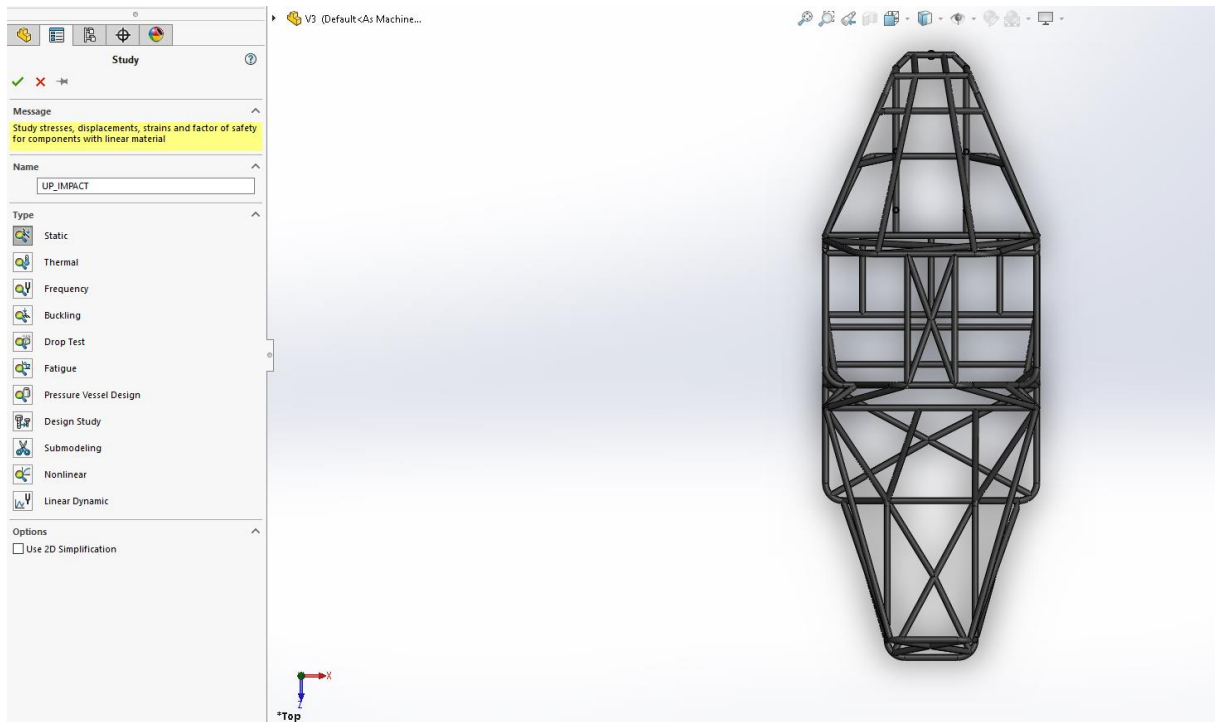
Εικόνα 5.20: Διακριτοποίηση (για πίσω χτύπημα)



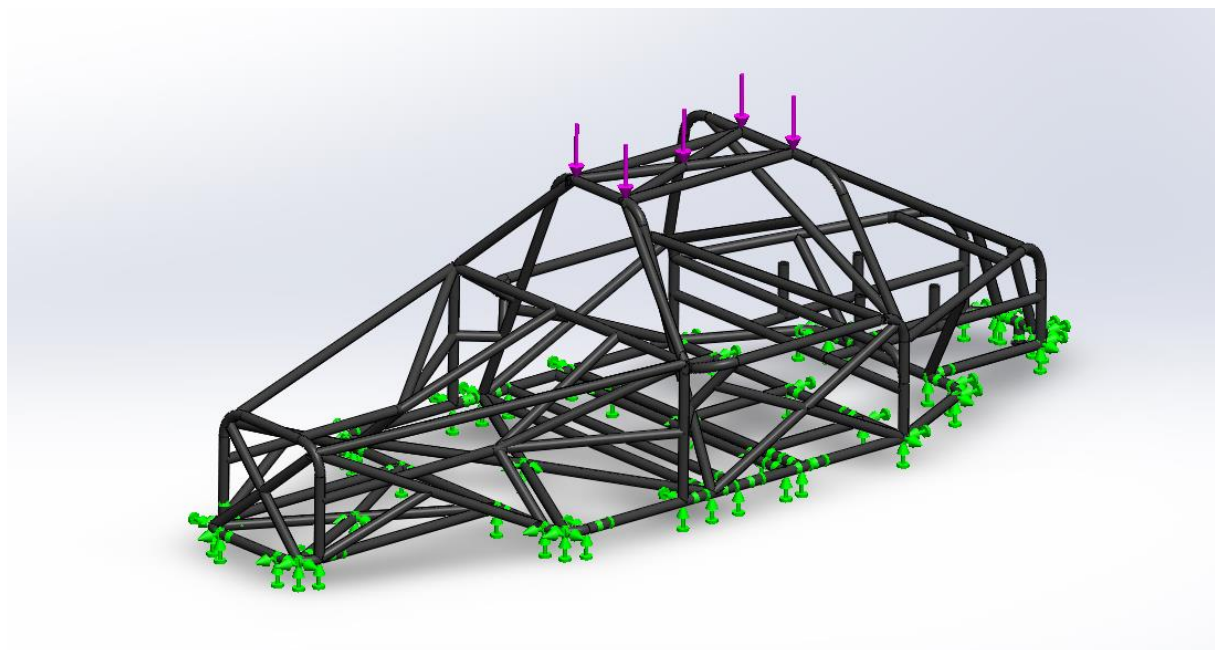
Εικόνα 5.21: Τελικά αποτελέσματα ανάλυσης (για πίσω χτύπημα)

Παρατηρούμε, στα τελικά μας αποτελέσματα μικρότερη αντοχή από την επιθυμητή. Ως εκ τούτου θα πρέπει να γίνει προσθήκη επιπλέον σωληνώσεων στο πίσω μέρος για βέλτιστη αντοχή και στιβαρότητα της κατασκευής και αποφυγή επαφής με το ρεζερβουάρ κατά την κρούση.

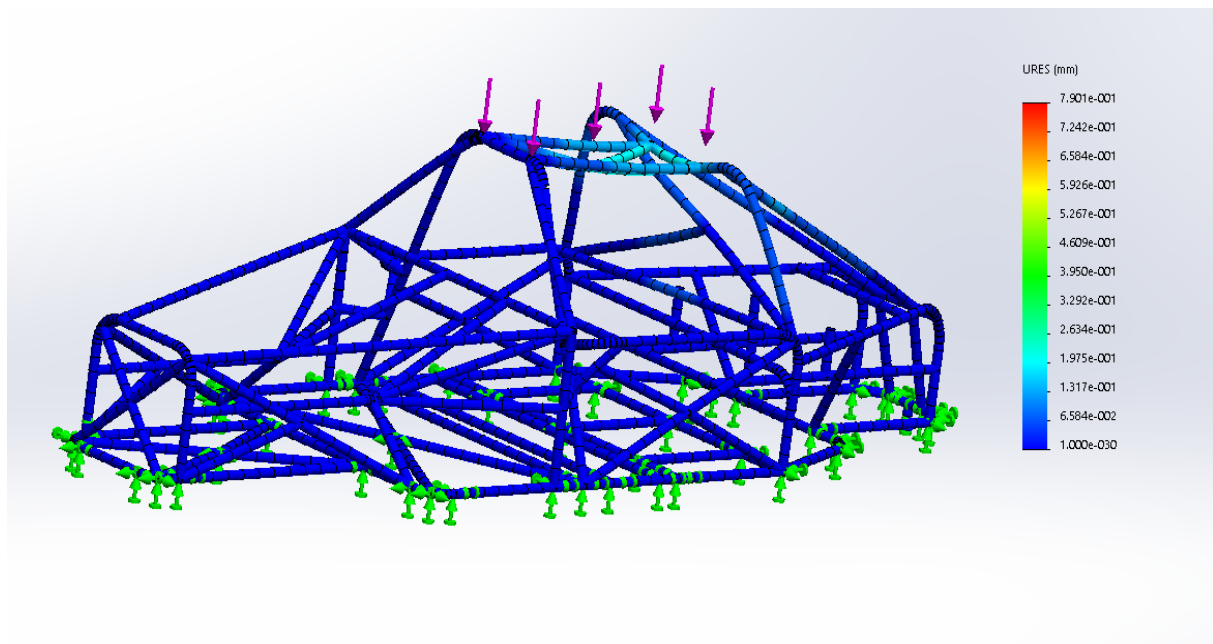
- ❖ **Περίπτωση 4η:** Στην τελευταία περίπτωση θα μελετήσουμε τις σωληνώσεις που βρίσκονται επάνω από το κεφάλι του οδηγού. Στις συγκεκριμένες θα ασκηθούν λιγότερες δυνάμεις διότι δεν κινδυνεύει από σύγκρουση με άλλο όχημα αλλά από τυχόν αναποδογυρίση του οχήματος.



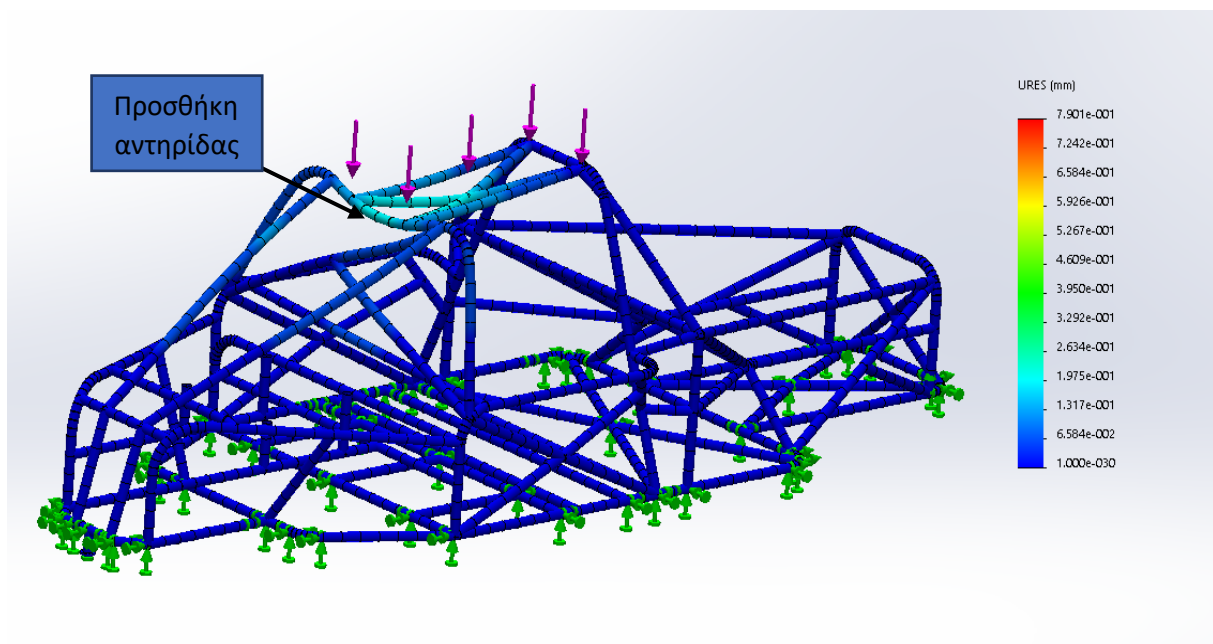
Εικόνα 5.22: Static simulation Up impact (γιαεπάνωχτύπημα)



Εικόνα 5.23: Ορισμός πακτώσεων και δυνάμεων (γιαεπάνωχτύπημα)



Εικόνα 5.24: Τελικά αποτελέσματα (γιαεπάνωχτύπημα)



Εικόνα 5.25: Τελικά αποτελέσματα (γιαεπάνωχτύπημα)

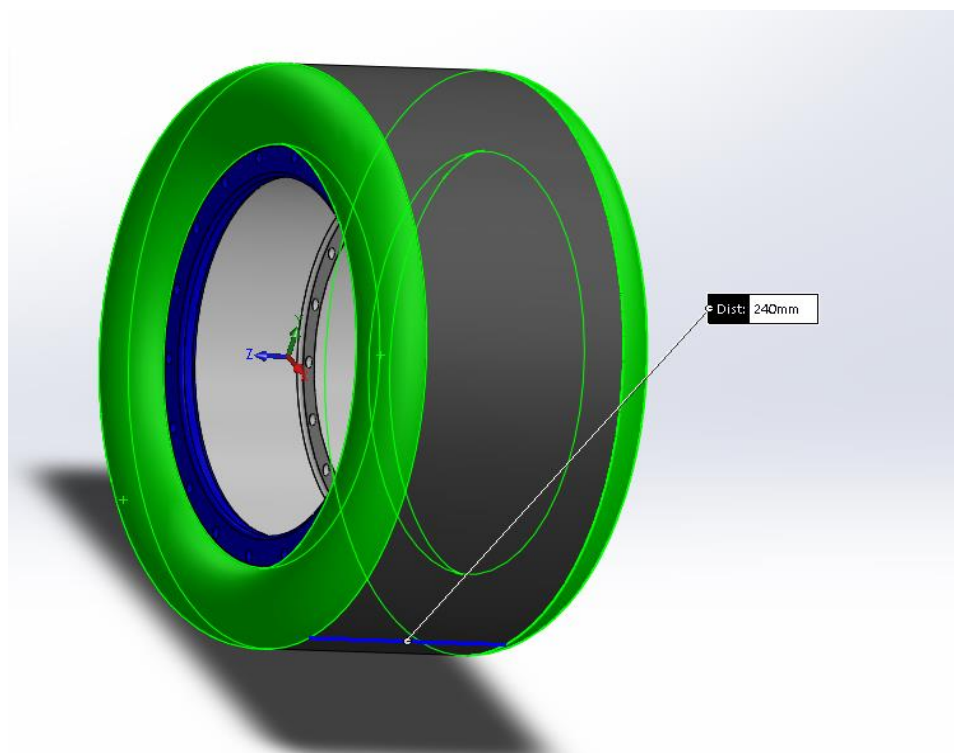
Παρατηρούμε, πως η παραμόρφωση που προξενείτε είναι κυρίως στην πίσω σωλήνα του πλαισίου όπου θα πρέπει να γίνει προσθήκη βοηθητικής αντηρίδας για βέλτιστη αντοχή και στιβαρότητα της κατασκευής.

5.4 Ανάλυση συστήματος μετάδοσης κίνησης

Αρχικά, η επιλογή μας είναι ένα εμπλοκέ διαφορικό εμπορίου όπου θα χρησιμοποιηθεί προκειμένου να μεταδώσει την κίνηση από τον κινητήρα της Honda προς τους κινητήριους τροχούς. Με γνώμονα την επιλογή κινητήρα της Honda CBR 600cc έχει γίνει αναζήτηση στο manual του κατασκευαστή προκειμένου να συλλέξουμε πληροφορίες σχετικά με τις σχέσεις μετάδοσης ανά ταχύτητα.

Ταχύτητα κιβωτίου ταχυτήτων	Σχέσεις κιβωτίου ταχυτήτων (gearratio)
Πρωτεύον άξονας	2,111
Δευτερεύον άξονας	2,625
1 ^η	2,750
2 ^η	2,000
3 ^η	1,667
4 ^η	1,444
5 ^η	1,304
6 ^η	1,208

Έχοντας, τις σχέσεις ταχυτήτων μετράμε και το πλάτος του ελαστικού που θα χρησιμοποιήσουμε προκειμένου να βγάλουμε τα κατάλληλα δεδομένα και να υπολογίσουμε τις τελικές ταχύτητες ανά σχέση στο κιβώτιο ταχυτήτων.



Εικόνα 5.26: Μέτρηση διαμέτρου ελαστικού Buggy

Οι τελικές ταχύτητες του οχήματος θα υπολογιστούν βάση των δύο αλυσοτροχών που έχουν τοποθετηθεί του κινητήρα και του διαφορικού. Η επιλογή στο γρανάτζι του κινητήρα είναι με 14 δόντια καθώς έχουν σχεδιαστεί και άλλα πανομοιότυπα κλίμακας 13..16 δόντια ανάλογα τις απαιτήσεις εν ώρα αγώνα που έχουμε. Έτσι, παρακάτω παρουσιάζεται η σχέση όπου μας δίνει τις στροφές που φθάνουν στον αλυσοτροχό αναλόγως αυτές που βγάζει στο γρανάτζι του στροφαλοφόρου άξονα.

$$\text{❖ Για την 1}^{\text{η}} \text{ σχέση: } n_1 = \frac{\text{στροφές κινητήρα}}{\text{συνολική σχέση μετάδοσης}} = \frac{13500}{2750} = 4909 \text{ rpm}$$

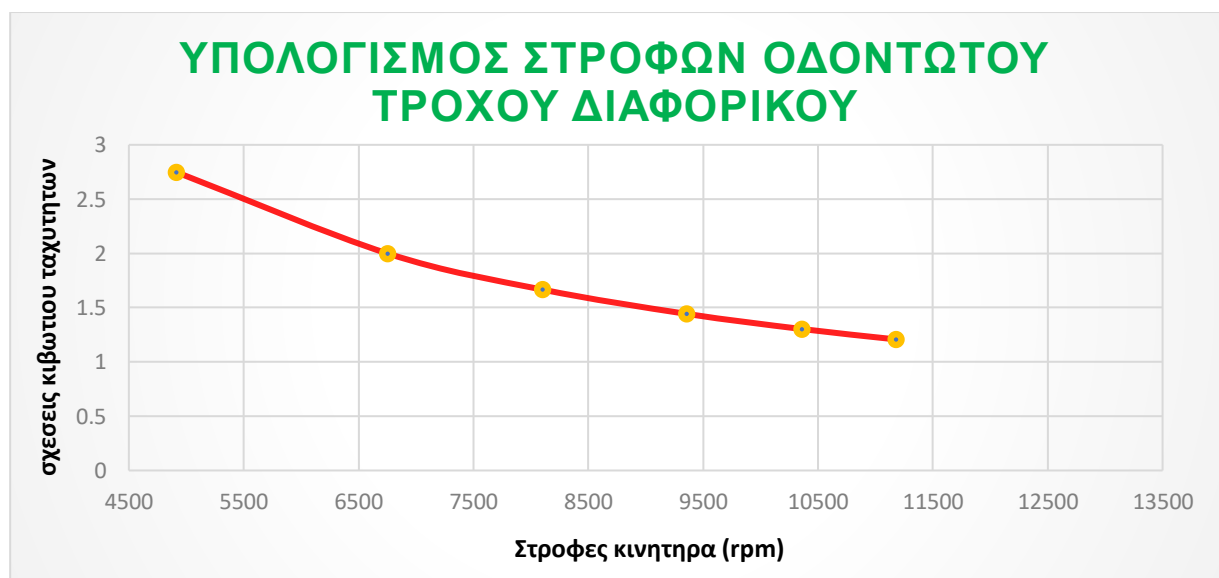
$$\text{❖ Για την 2}^{\text{η}} \text{ σχέση: } n_2 = \frac{\text{στροφές κινητήρα}}{\text{συνολική σχέση μετάδοσης}} = \frac{13500}{2,000} = 6750 \text{ rpm}$$

$$\text{❖ Για την 3}^{\text{η}} \text{ σχέση: } n_3 = \frac{\text{στροφές κινητήρα}}{\text{συνολική σχέση μετάδοσης}} = \frac{13500}{1,667} = 8098 \text{ rpm}$$

$$\text{❖ Για την 4}^{\text{η}} \text{ σχέση: } n_4 = \frac{\text{στροφές κινητήρα}}{\text{συνολική σχέση μετάδοσης}} = \frac{13500}{1,444} = 9349 \text{ rpm}$$

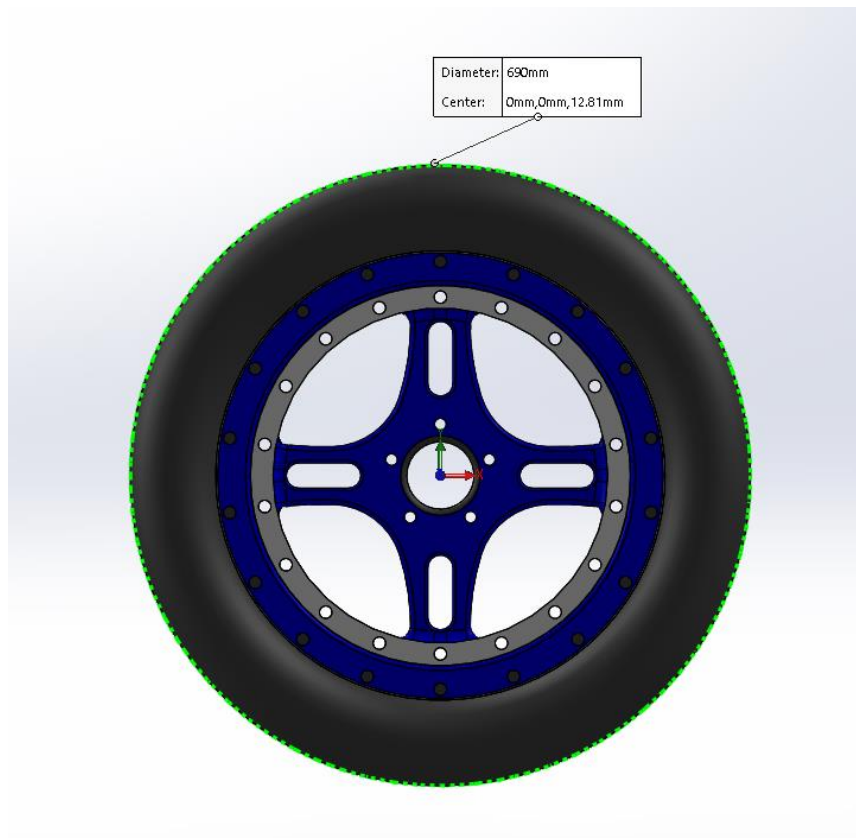
$$\text{❖ Για την 5}^{\text{η}} \text{ σχέση: } n_5 = \frac{\text{στροφές κινητήρα}}{\text{συνολική σχέση μετάδοσης}} = \frac{13500}{1,304} = 10352 \text{ rpm}$$

$$\text{❖ Για την 6}^{\text{η}} \text{ σχέση: } n_6 = \frac{\text{στροφές κινητήρα}}{\text{συνολική σχέση μετάδοσης}} = \frac{13500}{1,208} = 11175 \text{ rpm}$$



Από τις παραπάνω σχέσεις καταλήγουμε να παίρνουμε από τις 13500rpm που βγάζει ο κινητήρας τις 11175 rpm στον οδοντωτό τροχό του διαφορικού. Οι απώλειες που προκύπτουν κατά την μετάδοση κίνησης οφείλονται κυρίως στα γρανάτζια κινητήρα και διαφορικού αλλά και στην αλυσίδα όπου μεταδίδεται η κίνηση.

Στο επόμενο βήμα θα γίνει ο υπολογισμός των τελικών ταχυτήτων ανά σχέση ταχύτητας που θα αποκτάει το Buggy. Προκειμένου να υλοποιηθούν οι υπολογισμοί θα πρέπει να έχουμε την συνολική σχέση μετάδοσης του οχήματος και την διάμετρο του ελαστικού για να εισαχθούν στις παρακάτω σχέσεις.



Εικόνα 5.27: Μέτρηση διαμέτρου ελαστικού Buggy

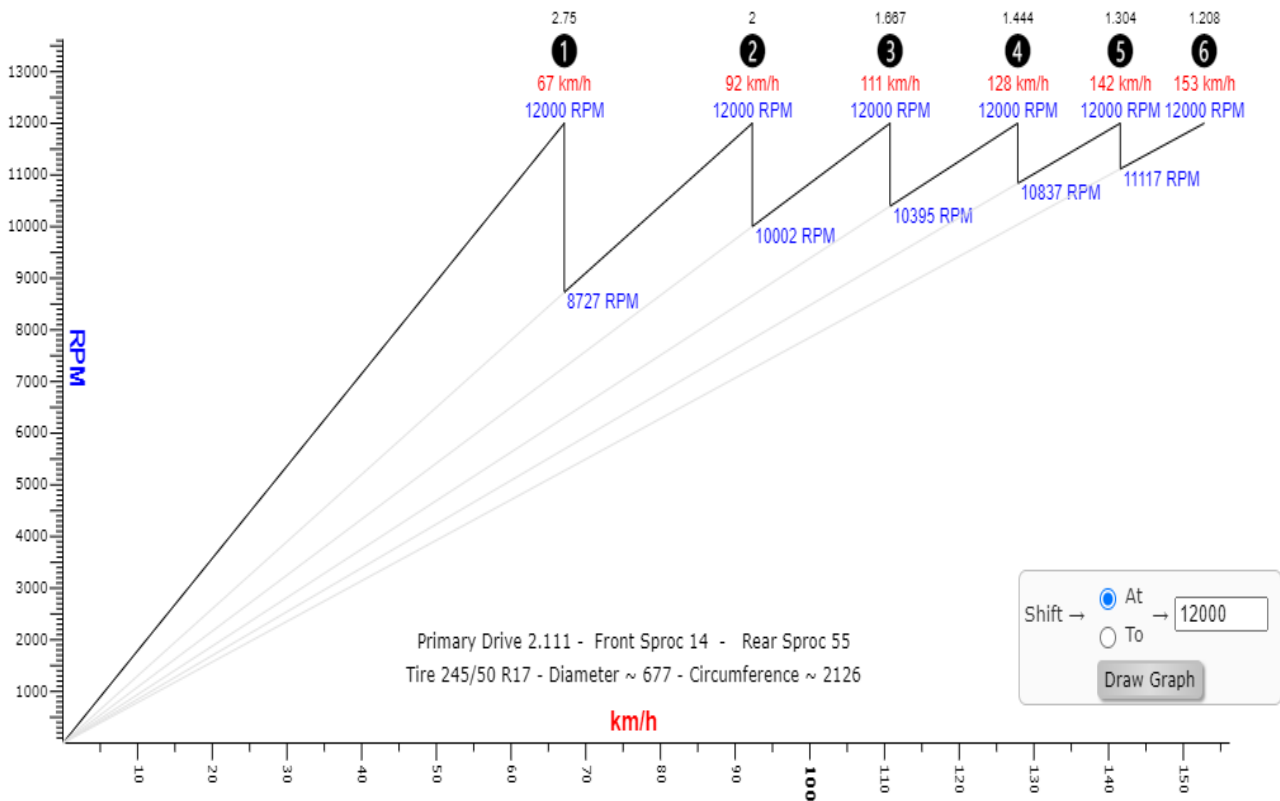
$$i_{total} = i_1 + i_2 + i_3 + i_4$$

- ❖ i_1 = πρωτεύουσα μετάδοση
- ❖ i_2 = Σχέσεις μετάδοσης κιβωτίου
- ❖ i_3 = Σχέση μετάδοσης αλυσοτροχού
- ❖ i_4 = Σχέση μετάδοσης διαφορικού
- ❖ i_{total} = Ολική Σχέση μετάδοσης

$$U = \frac{\pi * D * n}{60000 * i_{total}} * 3,6$$

- ❖ $\pi = 3,14159265$
- ❖ D = διάμετρος ελαστικού
- ❖ n = Στροφές λειτουργίας
- ❖ i_{total} = Ολική σχέση μετάδοσης

Παρακάτω, παρουσιάζεται στο διάγραμμα της εικόνας 5.28 οι στροφές του κινητήρα συναρτήσει των τελικών ταχυτήτων. Στην επάνω πλευρά παρατηρούμε τις σχέσεις μετάδοσης που διαθέτει ο συγκεκριμένος κινητήρας. Εσωτερικά του διαγράμματος παρουσιάζονται οι αλλαγές που γίνονται σε κάθε σχέση κιβωτίου στις 12000rpm. Ο σκοπός είναι να δούμε τις ταχύτητες που θα αναπτύσει το όχημα πριν φτάσει το μέγιστο φορτίο στροφών (κόφτη). Ωστόσο, για περιορισμό χιλιομέτρων μπορούμε είτε να προσθέσουμε μεγαλύτερης διαμέτρου οδοντωτό τροχό διαφορικού είτε να προσθέσουμε παραπάνω δόντια στο γρανάζι του διαφορικού καθώς του κινητήρα βρίσκεται ήδη στο κατώτατο όριο δοντιών όπου είναι $z=11$ δόντια.

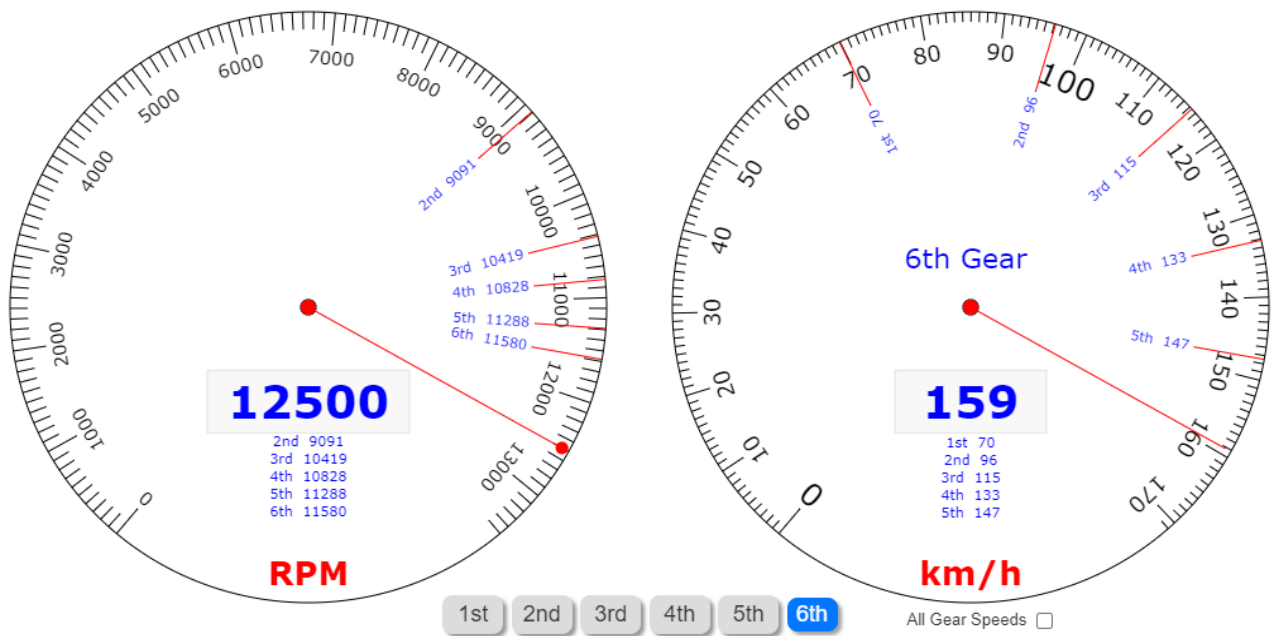


Εικόνα 5.28: Διάγραμμα στροφών-χιλιομέτρων την ώρα

↓ ⚡ →	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000
1st	6	11	17	22	28	34	39	45	50	56	62	67	73
2nd	8	15	23	31	38	46	54	62	69	77	85	92	100
3rd	9	18	28	37	46	55	65	74	83	92	102	111	120
4th	11	21	32	43	53	64	75	85	96	107	117	128	138
5th	12	24	35	47	59	71	83	94	106	118	130	142	153
6th	13	25	38	51	64	76	89	102	115	127	140	153	166

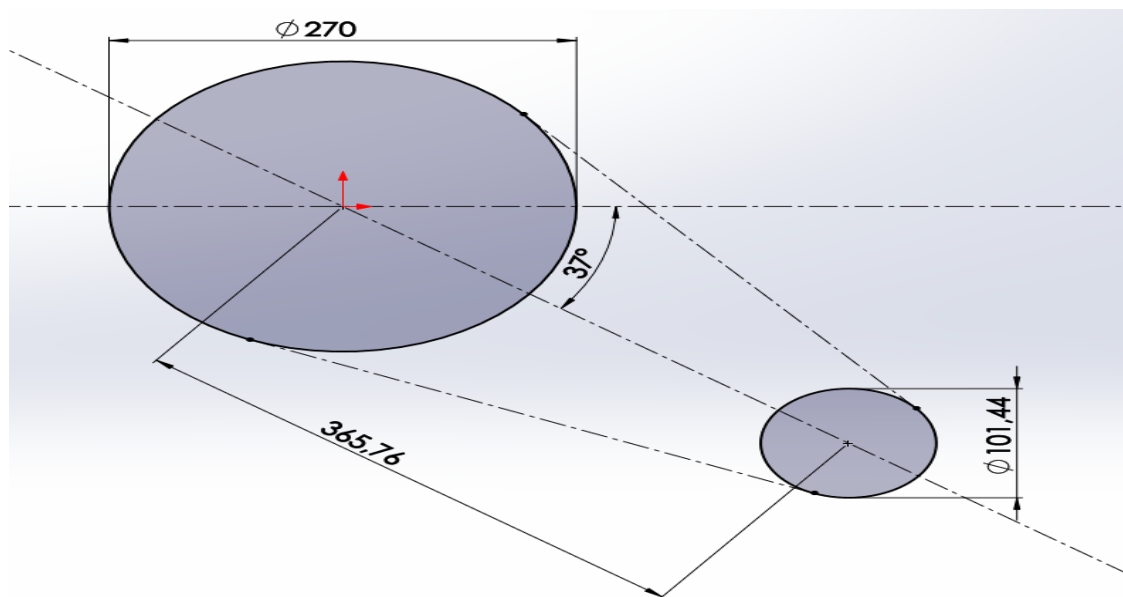
Εικόνα 5.29: Πίνακας στροφών (rpm) -χιλιομέτρων την ώρα (km/h)

Λαμβάνοντας, τα δεδομένα του διαγράμματος έχουμε την ευχέρεια απεικόνισης σε χιλιομετρικό κοντέρ τις στροφές και τα χιλιόμετρα που αναπτύσσει το όχημα ανά αλλαγή σχέσης στο κιβώτιο ταχυτήτων. Η παρακάτω απεικόνιση έχει ληφθεί μέσω του Blocklayer.comόπου μπορούμε να εισάγουμε τα δεδομένα που αναγράφονται στο manualτων σχέσεων μετάδοσης της Honda και συμπεριλαμβανομένου της ολικής σχέσης μετάδοσης που έχουμε υπολογίσει από τους οδοντωτούς τροχούς (διαφορικού και κινητήρα) , και να παρουσιάσουμε ανά αλλαγή και τα αντίστοιχα χιλιόμετρα που θα έχει το buggy. Ωστόσο, πρέπει να διευκρινιστεί πως στα 160km/hμπορούν να επέλθουν αλλαγές και να μειωθούν η να προστεθούν. Η εύκολη λύση που υπάρχει και μπορεί να υλοποιηθεί είναι η αφαίρεση 2 σχέσεων ταχυτήτων δηλαδή της 5^{ης} και 6^{ης} ταχύτητας ώστε να έχει τελική ταχύτητα στα 115km/h. Τέλος, επιπλέον λύση είναι η προσθήκη περιοριστή κόφτη στις 10000rpm–11000rpmόπου κάλλιστα το όχημα θα ελαττώσει την τελική του ταχύτητα της τάξης 25% κάτω.



Εικόνα 5.30: Απεικόνιση αλλαγών σχέσεων ταχυτήτων σε εικονικό χιλιομετρίτη

5.5 Έλεγχος αντοχής οδοντωτών τροχών και αλυσίδας

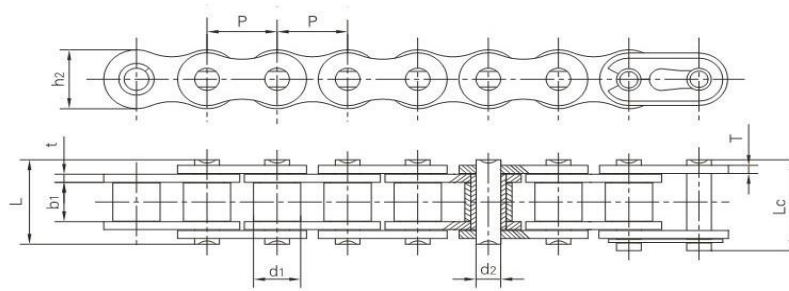


Εικόνα 5.31: Πλάγια απεικόνιση αποστάσεων οδοντωτών τροχών (Solidworks)

Από τα παραπάνω σχέδια και τα specs του κινητήρα έχουμε τα εξής δεδομένα:

- ❖ **Ισχύς Κινητήρα:** $N_1 = 118 \text{ HP}$
- ❖ **Στροφές μικρού αλυσοτροχού:** $n_1 = 13000 \text{ rpm}$
- ❖ **Αριθμός δοντιών μικρού γρναζιού:** $z_1 = 14$
- ❖ **Απόσταση Γρναζιών :** $a = 365,76 \text{ mm}$
- ❖ **Βήμα Γρναζιού** = 19,05mm
- ❖ **Κλίση του ελεύθερου κλάδου της αλυσίδας σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο:** $\gamma = 37^\circ$

Για τον υπολογισμό αντοχής αλυσίδας θα πρέπει να επιλέξουμε τον τύπο της αλυσίδας. Εφόσον ξέρουμε ότι το βήμα γρναζιού είναι 19,05mm από τον παρακάτω πίνακα επιλέγω αλυσίδα **VisionCHAINNO 630**:



Vision Chain No.	节距	滚子直径	内节内宽	销轴直径	销轴长度		内链板高度	链板厚度	极限拉伸载荷	平均拉伸载荷	每米重量
	Pitch	Roller diameter	Width between inner plates	Pin diameter	Pin length		Inner plate depth	Plate thickness	Ultimate tensile strength	Average tensile strength	Weight per meter
	P	d1 max	b1 min	d2 max	L max	Lc max	h2 max	t/T max	Q min	Q0	q
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN/LB	kN	kg/m
*25H	6.350	3.30	3.18	2.31	8.90	9.5	6.00	1.04	4.80/1091	5.5	0.17
*25H(E)	6.350	3.30	3.18	2.31	8.90	9.5	6.00	1.04	5.80/1305	6.0	0.18
*219H	7.774	4.59	5.00	3.01	11.90	12.7	7.40	1.2/1.04	6.60/1500	7.4	0.28
*270H	8.500	5.00	4.75	3.28	13.15		8.45	1.8/1.4	9.80/2227	11.0	0.33
*219HF1	7.785	4.60	4.50	3.28	13.00		7.00	2.0/1.40	9.0/2024	9.8	0.37
*T3F	9.525	6.00	9.50	4.50	18.60		9.30	1.85/1.50	11.80/2682	14.1	0.61
420	12.700	7.77	6.25	3.96	14.70	16.1	12.00	1.50	16.00/3636	18.1	0.55
420F3	12.700	7.77	6.40	3.96	15.00	18.6	11.80	1.6/1.45	16.00/3636	18.1	0.64
420H	12.700	7.77	6.25	3.96	17.00	18.4	12.00	2.03	16.00/3636	18.1	0.76
428	12.700	8.51	7.75	4.45	16.70	18.2	11.80	1.60	18.0/4091	20.1	0.70
428H	12.700	8.51	7.85	4.45	18.80	19.9	11.80	2.03	20.60/4682	23.4	0.79
428F1	12.700	8.51	7.94	4.50	16.70	18.05	11.80	1.60	17.15/3858	20.1	0.71
428DS	12.700	8.51	7.94	4.45	17.90	19.3	12.00	1.85	18.62/4232	21.0	0.76
520	15.875	10.16	6.25	5.08	17.50	19.0	15.09	2.03	26.50/6022	29.7	0.89
520F2	15.875	10.16	6.35	5.24	17.50	19.05	15.09	2.03	26.50/6022	29.7	0.97
520F3	15.875	10.16	6.48	5.08	17.50	19.0	15.09	2.03	26.50/6022	29.7	0.89
520H	15.875	10.16	6.25	5.08	19.30	20.8	15.09	2.42	26.50/6022	31.5	1.10
525	15.875	10.16	7.95	5.08	19.30	20.7	15.09	2.03	26.50/6022	29.9	1.06
525H	15.875	10.16	7.95	5.08	20.90	22.3	15.09	2.42	26.50/6022	29.9	1.20
530	15.875	10.16	9.40	5.08	20.70	22.2	15.09	2.03	26.50/6022	29.7	1.06
630	19.050	11.91	12.57	9.54	25.90	22.7	18.00	2.42	31.80/7227	41.5	1.50

*套筒链:表中滚子直径d1为套筒直径

*Bushing chains: d1 in the table indicate the external diameter of the bushing.

Εικόνα 5.32: Πίνακας αλυσίδας για επιλογή αλυσίδας

Και από τον παραπάνω πίνακα έχουμε τα εξής δεδομένα:

- ❖ Βήμα αλυσίδα = 19,05mm
- ❖ Ονομαστική αντοχή θραύσης σε εφελκυσμό: $U_{\varepsilon\pi} = 41,5 \text{ KN}$
- ❖ Γραμμική πυκνότητα: $w = 1,5 \text{ kg/m}$
- ❖ Επιφάνεια άρθρωσης: $f = 9,54\text{mm} \times 22,7\text{mm} = 216,5\text{mm}^2$
- ❖ Επιτρεπόμενη πίεση επιφάνειας $P_{\varepsilon\pi} = \frac{31800 \text{ N}}{216,5 \text{ mm}^2} = 146,88 \text{ Μρα}$

5.5.1 Υπολογισμός διάμετρος ενέργειας μικρού αλυσοτροχού

$$d_{w1} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_1}} = \frac{19,05 \text{ mm}}{\sin \frac{180^\circ}{14}} = 85,61 \text{ mm}$$

5.5.2 Υπολογισμός ροπής στρέψης μικρού γραναζιού

$$M_{t1} = 71620 \frac{N_1}{n_1} = 71620 \frac{118}{13000} = 650 \text{ Kp} \cdot \text{cm}$$

$$M_{t1} = 650 \text{ Kp} \cdot \text{cm} = 650 \cdot \frac{9,81}{100} = 63,77 \text{ Nm}$$

5.5.3 Υπολογισμός περιφερικής δύναμης U

$$U = \frac{2 \cdot M_{t1}}{d_{w1}} = \frac{2 \cdot 63,77 \text{ Nm}}{85,61 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 1489,78 \text{ N} \approx 1,49 \text{ KN}$$

Η τιμή της περιφερειακής δύναμης πρέπει να είναι μικρότερη από την ονομαστική αντοχή θραύσης της αλυσίδας σε εφελκυσμό $U_{\epsilon\pi}$ όπου και ισχύει:

$$U < U_{\epsilon\pi} = 1,49 < 41,5$$

5.5.4 Υπολογισμός ταχύτητας αλυσίδας u

$$u = \frac{z_1 \cdot t \cdot n_1}{60000} = \frac{14 \cdot 19,05 \cdot 13000}{60000} = 57,78 \text{ m/s}$$

5.5.5 Υπολογισμός φυγοκεντρικής δύναμης

$$S_c = w \cdot u^2 = 1,5 \cdot 57,78^2 = 5007,8 \text{ N} \approx 5 \text{ kN}$$

Δύναμη καμπύλωσης από το ίδιο βάρος

$$S_g = k_f \cdot g \cdot a \cdot w$$

Όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας = $9,81 \text{ m/s}^2$

- k_f = Ο συντελεστής καμπύλωσης και λαμβάνεται ανάλογα με την κλίση του ελεύθερου κλάδου της αλυσίδας σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, ως εξής:

- Για οριζόντια θέση: $k_f = 6$
- Για κλίση $\leq 40^\circ$: $k_f = 4$
- Για κλίση $> 40^\circ$: $k_f = 2$
- Για κατακόρυφη θέση: $k_f = 1$

Στην δίκη μας περίπτωση το k_f ισούται με 4 , οπότε

$$S_g = k_f \cdot g \cdot a \cdot w = 4 \cdot 9,81 \cdot 365,76 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 = 21,53 \text{ N} \approx 0,022 \text{ kN}$$

Άρα η συνολική δύναμη S που ασκείται είναι:

$$S = U + S_c + S_g = 1,49 + 5 + 0,022 = 6,512 \text{ KN}$$

Υπολογισμός αντοχής σε πίεσης επιφάνειας

$$p = \frac{S}{f} = \frac{6512 \text{ N}}{216,5 \text{ mm}^2} = 30,08 \text{ Mpa}$$

Πρέπει: $p < p_{\varepsilon\pi} \rightarrow 30,08 < 146,48$ άρα αντέχει

5.6 Αντοχή κινητήριου οδοντωτού τροχού

Η καπτική τάση στην οποία υπόκειται το δόντι σε MPa υπολογίζεται βάση της σχέσης:

$$\sigma_t = \frac{F_t}{mbJ} K_o K_u K_s K_m K_B$$

Όπου:

- ❖ Ft: Η ασκούμενη δύναμη
- ❖ m: Το module
- ❖ b: Το πάχος του γραναζιού
- ❖ J: Γεωμετρικός Συντελεστής
- ❖ Ko: Συντελεστής υπερφόρτισης
- ❖ Ku: Δυναμικός συντελεστής εξαρτώμενος από την γραμμική ταχύτητα
- ❖ Ks: Συντελεστής μεγέθους
- ❖ Km: Συντελεστής διανομής φορτίου
- ❖ KB: Συντελεστής πάχους στεφάνης

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΒΑΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ SPECS	
m: module	6,06mm
b: Πάχος γραναζιού	8,71mm (stock fazer)
N1: Ισχύς Κινητήρα	118 HP
n1: Στροφές μικρού γραναζιού	13000rpm
d1: Διάμετρος γραναζιού	101,44mm
z1 :αριθμός δοντιών	14
Υλικό κατασκευής	άνθρακας c49
Τύπος κατασκευής	θερμικά επεξεργασμένα και χειροποίητα για να πληρούν ή να υπερβαίνουν τα πρότυπα oem
Ποιότητα	Υψηλή Ποιότητα (13 και πάνω)

5.6.1 Υπολογισμός ασκούμενης δύναμης Ft

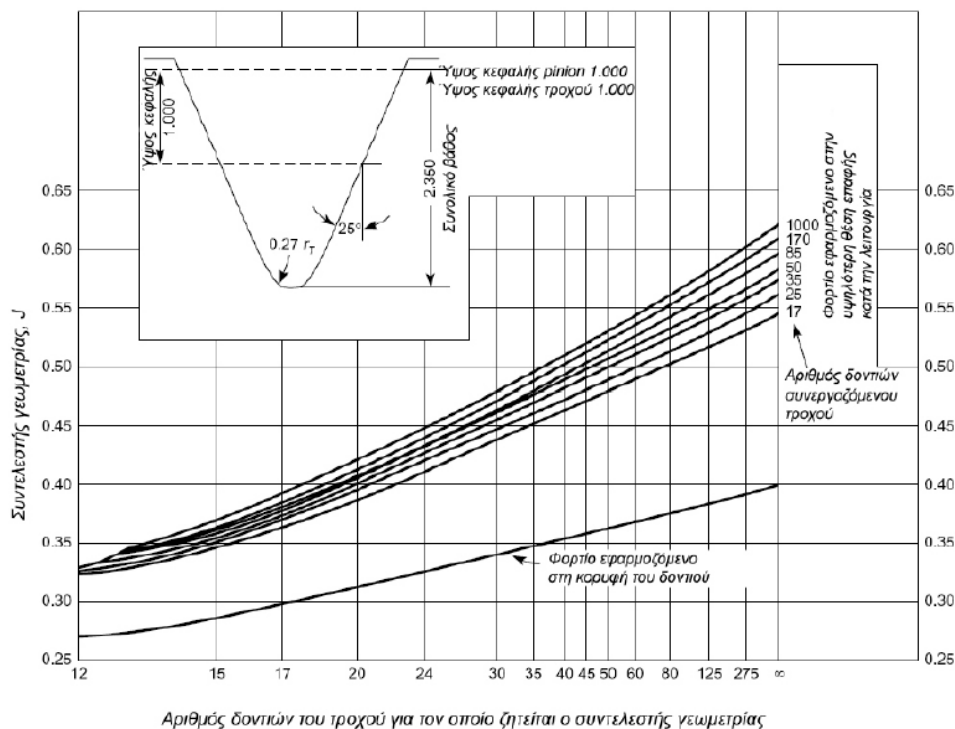
$$F_t = 71620 \frac{2 \cdot N_1}{n_1 \cdot d_1} = 71620 \frac{2 \cdot 118}{13000 \cdot 101,44 \cdot 10^{-1}} = 128,17 \text{ Kp}$$

$$F_t = 9,81 \cdot 128,17 \approx 1257 \text{ N}$$

5.6.2 Υπολογισμός Γεωμετρικού συντελεστή J

Από το παρακάτω διάγραμμα με βάση των αριθμό δοντιών του μικρού και του μεγάλου γραναζιού συν της γεωμετρίας του υπολογιζόμενου γραναζιού έχουμε:

$J \rightarrow$ Γεωμετρικός συντελεστής (μετωπικοί) για $\varphi=25^\circ$:



Στην δικιά μας περίπτωση η γωνία φ είναι 25° , άρα για 14 δόντια υπολογιζόμενου και 52 δόντια συνεργαζόμενου έχουμε $J=0,35$

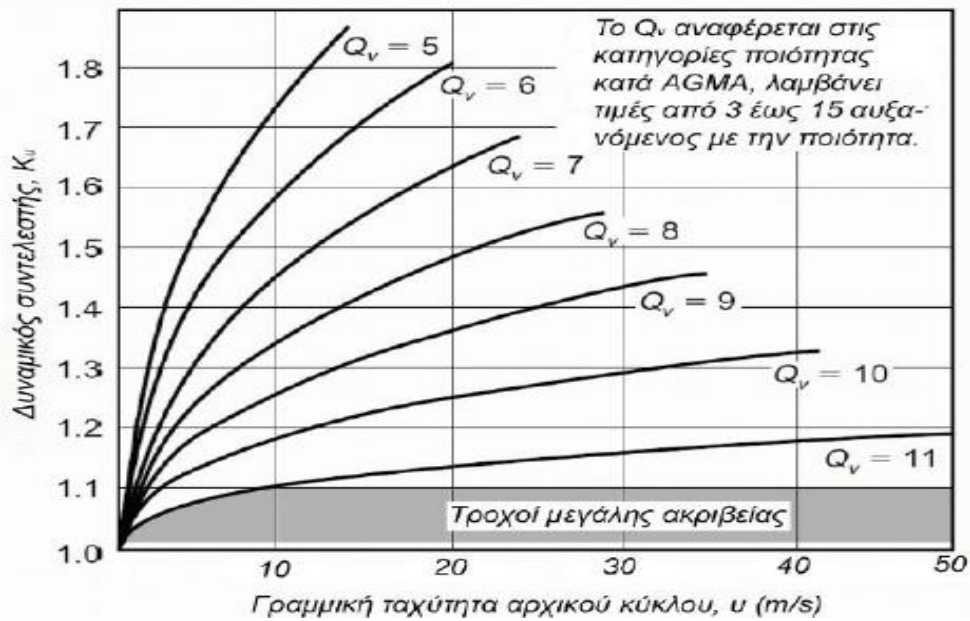
5.6.3 Υπολογισμός Συντελεστή Υπερφόρτισης

$K_o \rightarrow$ Συντελεστής Υπερφόρτισης:

Συντελεστής υπερφόρτισης K_o				
Χαρακτηριστικά κινητήριας μηχανής	Χαρακτηριστικά κινούμενης μηχανής			
	Ομοιόμορφο φορτίο	Ελαφρές κρούσεις	Μέτριες κρούσεις	Ισχυρές κρούσεις
Ομοιόμορφη στρωτή λειτουργία (πχ. ηλεκτροκινητήρες, τουρμπίνες)	1.00	1.25	1.50	1.75
Ελαφρές κρούσεις (πχ. πολυκύλινδρες βενζινομηχανές)	1.20	1.40	1.75	2.25
Μέτριες κρούσεις (πχ. μονοκύλινδρες μηχανές)	1.30	1.70	2.00	2.75

Στην περίπτωση μας εμείς έχουμε πολυκυλινδρική βενζινομηχανή με ελαφρές κρούσεις, άρα $K_o=1,4$

5.6.4 Υπολογισμός δυναμικού συντελεστή εξαρτώμενος από την γραμμική ταχύτητα



Με βάση το παραπάνω διάγραμμα στα specs έχουμε γρανάζι υψηλής ποιότητας πάνω 13, άρα $K_v=1,1$

5.6.5 Υπολογισμός Συντελεστή Μεγέθους

$K_s \rightarrow$ Συντελεστής μεγέθους:

Συντελεστής μεγέθους K_s	
Module	Συντελεστής μεγέθους
≤ 5	1.00
6.00	1.05
8.00	1.15
12.00	1.25
20.00	1.40

Το module του δικού μας γραναζιού είναι περίπου στο 6, άρα το $K_s=1,05$

5.6.6 Υπολογισμός Συντελεστή διανομής φορτίου

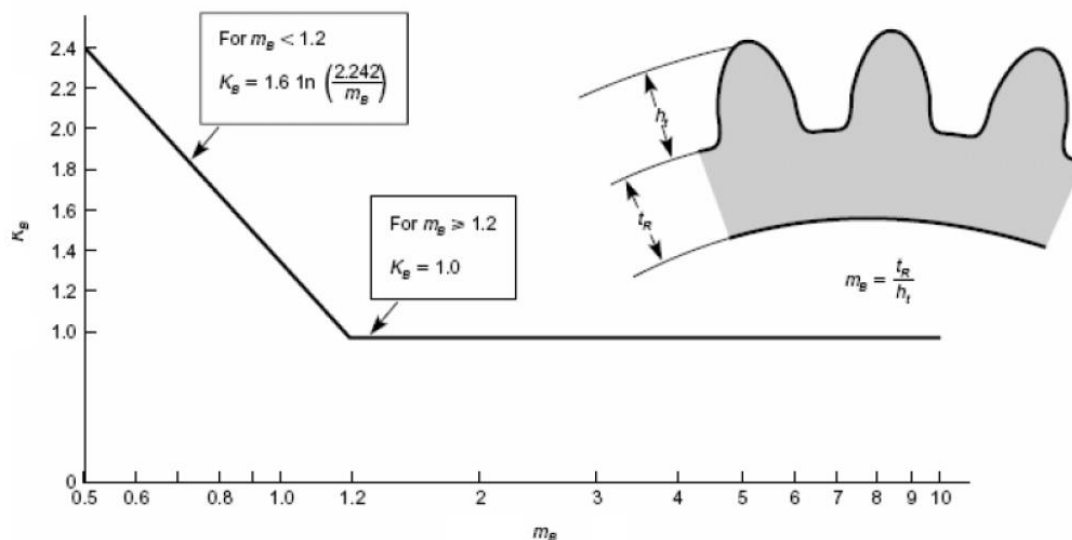
$K_m \rightarrow$ Συντελεστής διανομής φορτίου:

Συντελεστής διανομής φορτίου, K_m				
Ιδιότητες στήριξης και ακρίβειας κατασκευής τροχού	Πλάτος δοντιού, mm			
	Μικρότερο από 50 mm	Από 50 mm έως 150 mm	Από 150 mm έως 225 mm	Μεγαλύτερο από 400
Ακριβείς στήριξεις, μικρές ανοχές στα έδρανα, ελάχιστες παραμορφώσεις, ακριβής κατεργασία κατασκευής	1.3	1.4	1.5	1.8
Λιγότερο ακριβείς στήριξεις, μεγαλύτερες ανοχές στα έδρανα, λιγότερο ακριβής κατεργασία, πλήρης επαφή κατά πλάτος	1.6	1.7	1.8	2.2
Συνδυασμοί ιδιοτήτων στήριξεων και ακρίβειας κατασκευής που δεν δίνουν πλήρη επαφή κατά πλάτος των τροχών	_____ 2.2 ή μεγαλύτερο _____			

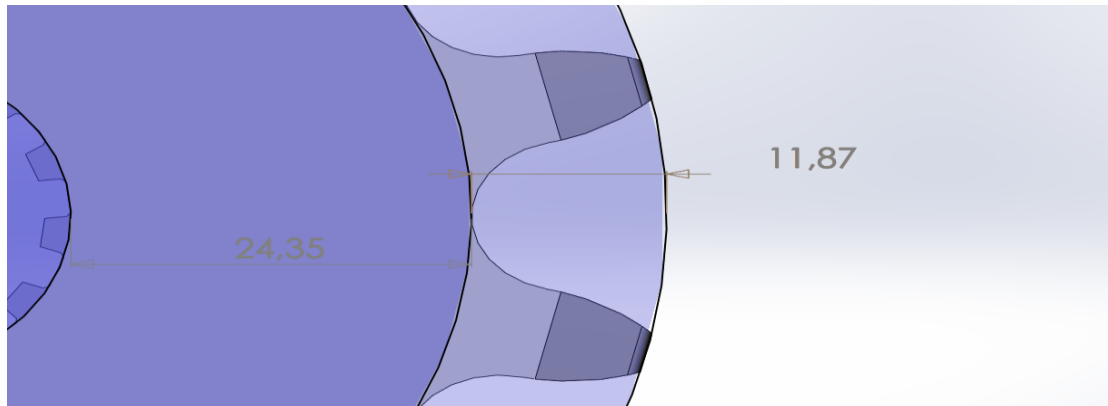
Στην δίκη μας περίπτωση , επειδή το γρανάζι εφαρμόζεται πολύ κοντά στον κινητήρα μας , έχουμε ακριβείς στήριξεις με μικρές ανοχές συν ότι το γρανάζι μας είναι μικρότερο από 50mm οπότε το K_m υπολογίζεται 1,3.

5.6.7 Υπολογισμός συντελεστή πάχους στεφάνης

$K_B \rightarrow$ Συντελεστής πάχους στεφάνης:



Από το σχέδιο μας έχουμε:



$$t_R = 24,35 \text{ mm} \quad h_t = 11,87 \text{ mm}$$

$$m_B = \frac{t_R}{h_t} = \frac{24,35}{11,87} = 2,05 > 1,2$$

Άρα το $K_B=1,0$

$$\sigma_t = \frac{F_t}{mbJ} K_o K_u K_s K_m K_B = \frac{1257}{6,06 \cdot 8,71 \cdot 0,35} 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 143 \text{ Mpa}$$

5.6.8 Υπολογισμός επιτρεπόμενης καμπτικής τάσης

$$S_{t\epsilon\pi} = \frac{S_{at} \cdot K_L}{S_F \cdot K_T \cdot K_R}$$

Όπου

- ❖ S_{at} : Η επιτρεπόμενη καμπτική τάση του υλικού
- ❖ K_L : Συντελεστής διάρκειας ζωής
- ❖ S_f : Συντελεστής ασφαλείας
- ❖ K_T : Συντελεστής θερμοκρασίας
- ❖ K_R : Συντελεστής αξιοπιστίας

5.6.9 Υπολογισμός επιτρεπόμενης καμπτικής τάσης του υλικού

S_{at} → Αντοχή σε κάμψη σε MPa:

Επιτρεπόμενη καμπτική τάση S_{at} για χαλύβδινους οδοντωτούς τροχούς				
Υλικό	Θερμική επεξεργασία	Επιτρεπόμενη καμπτική τάση S_{at} , MPa		
		Ποιότητα 1	Ποιότητα 2	Ποιότητα 3
Χάλυβας	Σκλήρυνση σε βάθος	Σχήμα α	Σχήμα α	----
	Σκλήρυνση με φλόγα ή επαγωγή με πατέντα τύπου A	317	387	----
	Σκλήρυνση με φλόγα ή επαγωγή με πατέντα τύπου B	155	155	----
	Σκλήρυνση με εναθράκωση	387	468 ή 493	528
	Εναζώτωση (Χάλυβες με σκλήρυνση σε βάθος)	Σχήμα b	Σχήμα b	----
Nitralloy 135M, Nitralloy N and 2.5% Chrome (no aluminum)	Εναζώτωση	Σχήμα c	Σχήμα c	Σχήμα c

Επιτρεπόμενη καμπτική τάση S_{at} για οδοντωτούς τροχούς από σίδηρο και μπρούντζο				
Υλικό	Κατηγορία υλικού	Θερμική επεξεργασία	Τυπική ελάχιστη επιφανειακή σκληρότητα	Επιτρεπόμενη καμπτική τάση S_{at} , MPa
ASTM A48 φαιός χυτοσίδηρος	Κατηγορία 20	Κατά την χύτευση	----	35
	Κατηγορία 30		174 HB	60
	Κατηγορία 40		201 HB	92
ASTM A536 δίκλιμος σίδηρος	Ποιότητα 60-40-18	Ανόπτηση	140 HB	155 έως 232
	Ποιότητα 80-55-06	Βαφή και επαναφορά	179 HB	155 έως 232
	Ποιότητα 100-70-03		229 HB	190 έως 282
	Ποιότητα 120-80-02		269 HB	218 έως 310
Μπρούντζος	----	Χύτευση (αμμός)	Ελάχιστη αντοχή εφέλκυσμού, 282 MPa	40
	ASTM B-148 Alloy 945	Βαφή και επαναφορά	Ελάχιστη αντοχή εφέλκυσμού, 634 MPa	166

Στην δίκια μας περίπτωση , βάση των specs έχουμε θερμική επεξεργασία με σκλήρυνση και εναθράκωσης υψηλής ποιότητας, οπότε το $S_{at}=528$ MPa.

5.6.10 Υπολογισμός κύκλων φόρτισης

Πίνακας 29: Συνιστώμενη διάρκεια ζωής οδοντωτών τροχών διαφόρων μηχανημάτων

Είδος μηχανήματος	Διάρκεια ζωής, σε ώρες
Οικιακές συσκευές	1.000–2.000
Μηχανές αεροσκαφών	1.000–4.000
Αυτοκίνητα	1.500–5.000
Γεωργικά μηχανήματα	3.000–6.000
Ανελκυστήρες, βιομηχανικοί ανεμιστήρες, οδοντωτοί τροχοί γενικών εφαρμογών	8.000–15.000
Ηλεκτρικοί κινητήρες, βιομηχανικά μηχανήματα γενικά, βιομηχανικοί φυσητήρες	20.000–30.000
Αντλίες, συμπιεστές	40.000–60.000
Ειδικά μηχανήματα με 24-ωρη λειτουργία	100.000–200.000

Στην δίκια μας περίπτωση το όχημα Buggy κατατάσσεται στην κατηγορία αυτοκίνητα οπότε επιλέγουμε διάρκεια ζωής $L= 5000$ ώρες, οπότε ο κύκλος φόρτισης υπολογίζεται από την εξής σχέση:

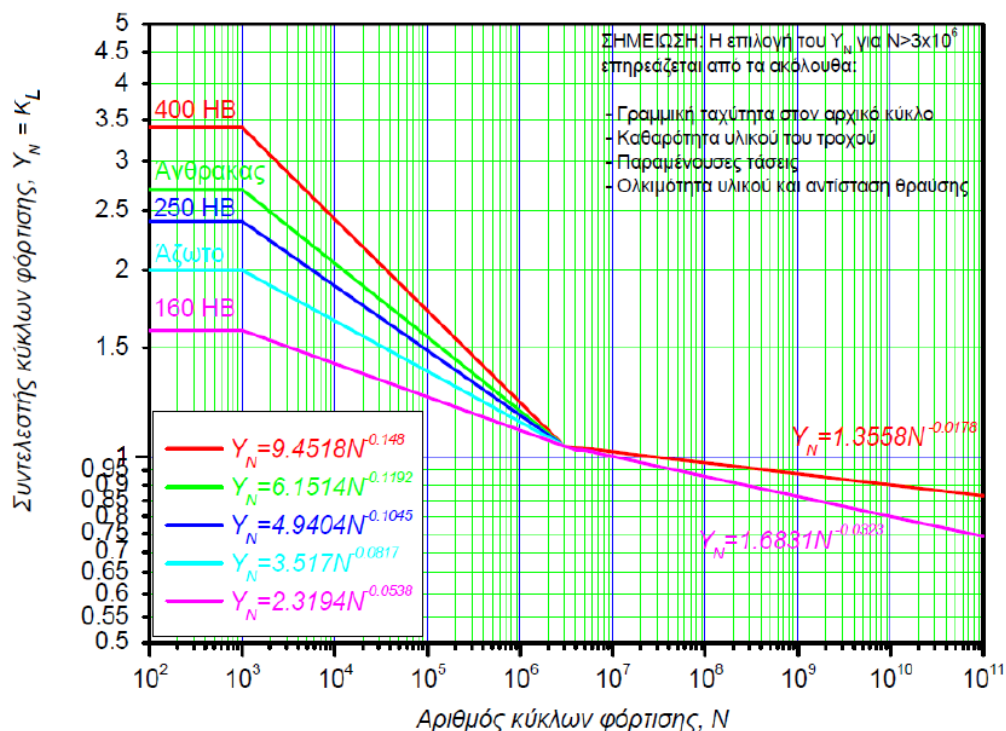
$$N = 60 \cdot n_2 \cdot L$$

Όπου n_2 οι στροφές του μεγάλου αλυσοτροχού που τις έχουμε υπολογίσει προηγουμένως (βλέπε σελίδα 101).

$$N = 60 \cdot 11175 \cdot 5000 = 3,4 \cdot 10^9 \text{ κυκλους}$$

5.6.11 Υπολογισμός συντελεστή διάρκειας ζωής

$K_L \rightarrow$ Συντελεστής διάρκειας ζωής:



Στην δικιά μας περίπτωση έχουμε άνθρακα οπότε υπολογίζεται από την εξής σχέση:

$$K_L = Y_N = 6,1514N^{-0,1192} = 6,1514 \cdot (3,4 \cdot 10^9)^{-0,1192} = 0,45$$

5.6.12 Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας

Για τον συντελεστή ασφαλείας SF έχουμε επιλογή από εύρος τιμών από 1,5 έως 2,5, εμείς διαλέξαμε τιμή SF=1,5

5.6.13 Υπολογισμός συντελεστή θερμοκρασίας

$$K_T \rightarrow \text{Συντελεστής θερμοκρασίας:}$$
$$K_T = \begin{cases} 1 & \text{για } T \leq 120^\circ \\ \frac{273 + T}{393} & \text{για } T > 120^\circ \end{cases}$$

Στον δικό μας κινητήρα εφαρμόζονται χαμηλές θερμοκρασίες μικρότερες των 120° οπότε $K_T=1$.

5.6.14 Υπολογισμός συντελεστή αξιοπιστίας

$K_R \rightarrow$ Συντελεστής αξιοπιστίας:

Συντελεστής αξιοπιστίας K_R	
Απαίτηση	K_R
1 αστοχία σε 10000	1.50
1 αστοχία σε 1000	1.25
1 αστοχία σε 100	1.00
1 αστοχία σε 10	0.85
1 αστοχία σε 2	0.70

Ο συντελεστής αξιοπιστίας εκφράζει την πιθανότητα αστοχίας σε κάμψη του δοντιού και λαμβάνεται από τον παραπάνω πίνακα. Για την περίπτωση γενικά των οδοντωτών τροχών λαμβάνεται αξιοπιστία πάνω από 99%, δηλαδή πιθανότητα αστοχίας κάτω από 1%. Σύμφωνα με τον πίνακα αυτόν προκύπτει ο συντελεστής: $K_R=1.0$

Εφόσον έχουν υπολογιστεί όλοι οι συντελεστές το $S_{τεπ}$ είναι:

$$S_{τεπ} = \frac{S_{at} \cdot K_L}{S_F \cdot K_T \cdot K_R} = \frac{528 \cdot 0,45}{1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0} = 158,4 \text{ Mpa}$$

Πρέπει να ισχύει:

$$\sigma_t \leq S_{t\epsilon\pi} \rightarrow 143 \text{ Mpa} \leq 158,4 \text{ Mpa}$$

Άρα αντέχει

Με την ίδια διαδικασία υπολογίζονται και οι τάσεις του μεγάλου γραναζιού (γραναζί διαφορικού):

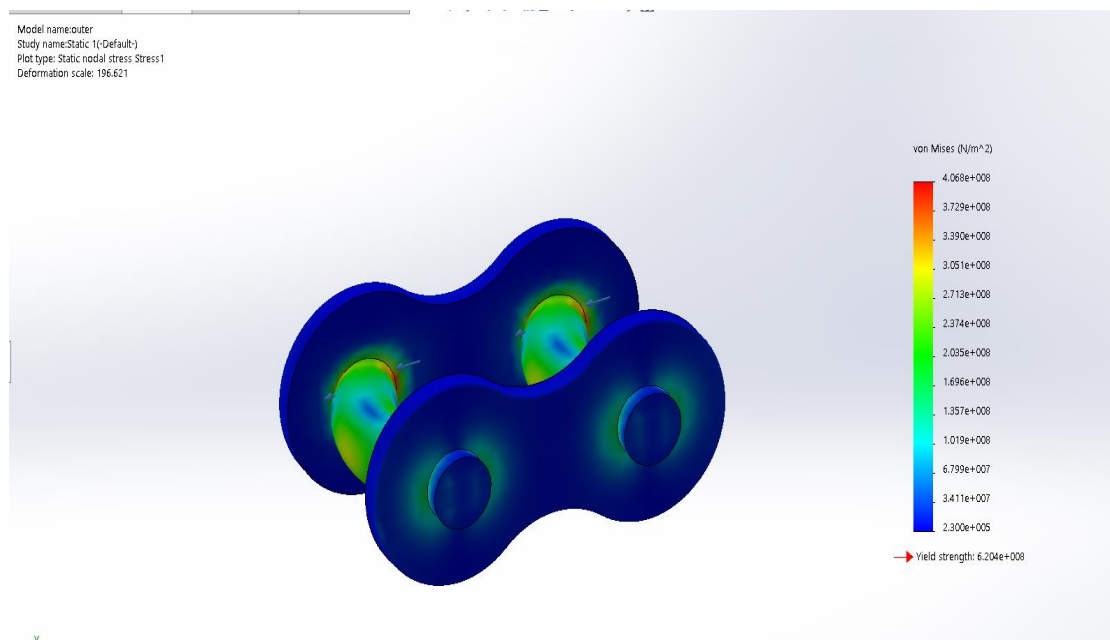
$$\sigma_t = \frac{F_t}{mbJ} K_o K_u K_s K_m K_B = \frac{55}{6,06 \cdot 6 \cdot 0,45} 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 7,07 \text{ Mpa}$$

$$S_{t\epsilon\pi} = \frac{S_{at} \cdot K_L}{S_F \cdot K_T \cdot K_R} = \frac{528 \cdot 0,44}{2,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0} = 92,9 \text{ Mpa}$$

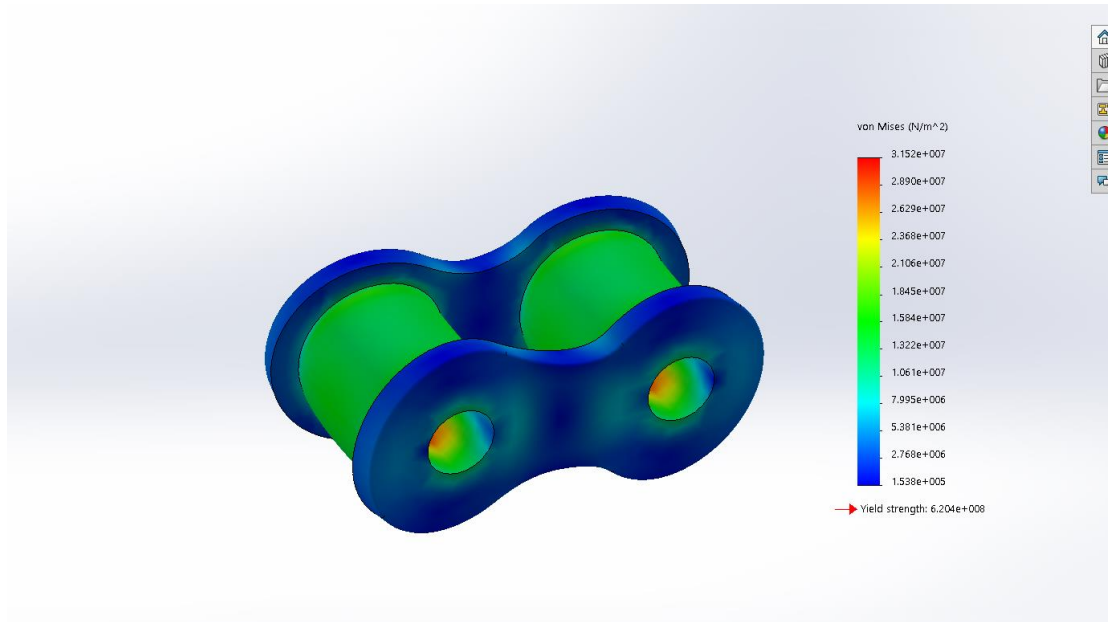
$$\sigma_t \leq S_{t\epsilon\pi} \rightarrow 7,07 \text{ Mpa} \leq 92,9 \text{ Mpa}$$

Άρα αντέχει

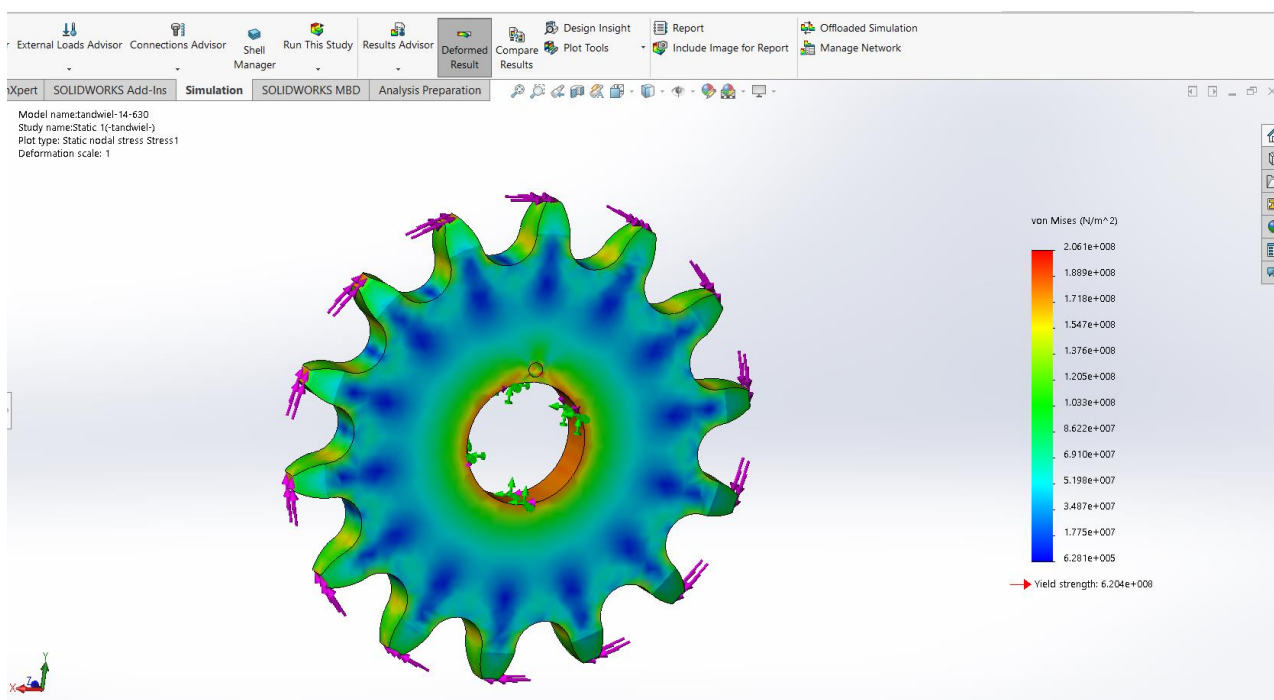
Τέλος, τα νούμερα που υπολογίσαμε τα τοποθετούμε στο solidworks simulation και θα έχουμε τις αντίστοιχες εικόνες:



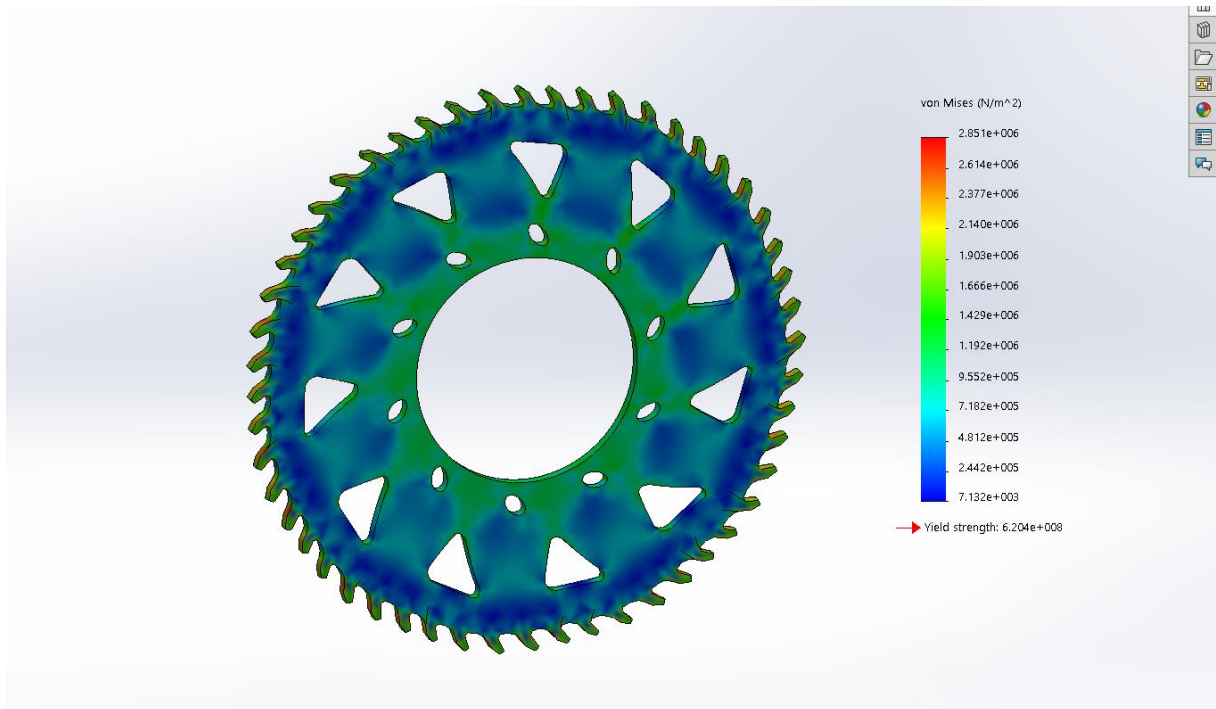
Εικόνα 5.33: Έλεγχος αντοχής αλυσίδας εσωτερικού κρίκου



Εικόνα 5.34: Έλεγχος αντοχής αλυσίδας εξωτερικού κρίκου



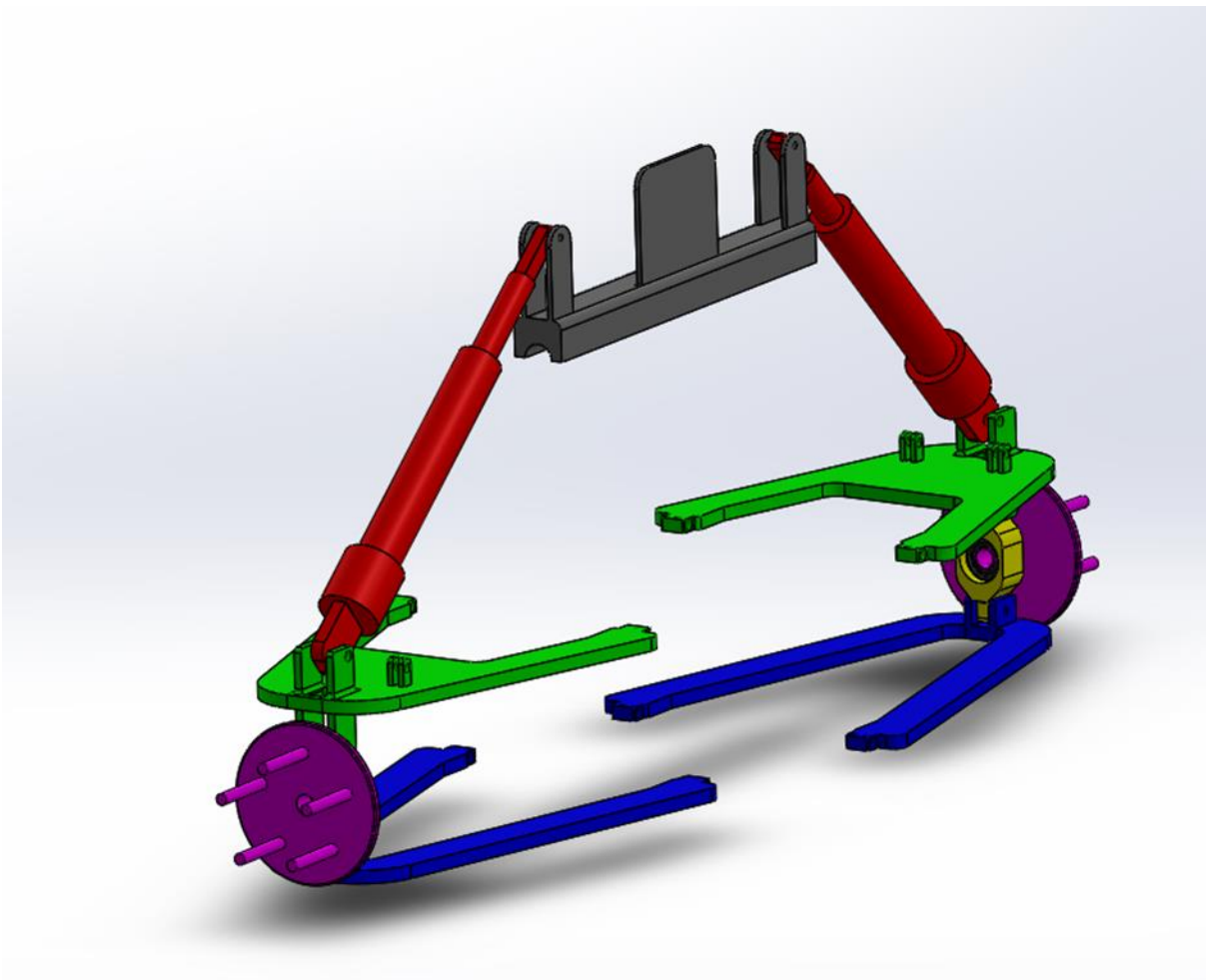
Εικόνα 5.35: Έλεγχος αντοχής κινητήριου οδοντωτού τροχού



Εικόνα 5.36: Έλεγχος αντοχής κινούμενου οδοντωτού τροχού

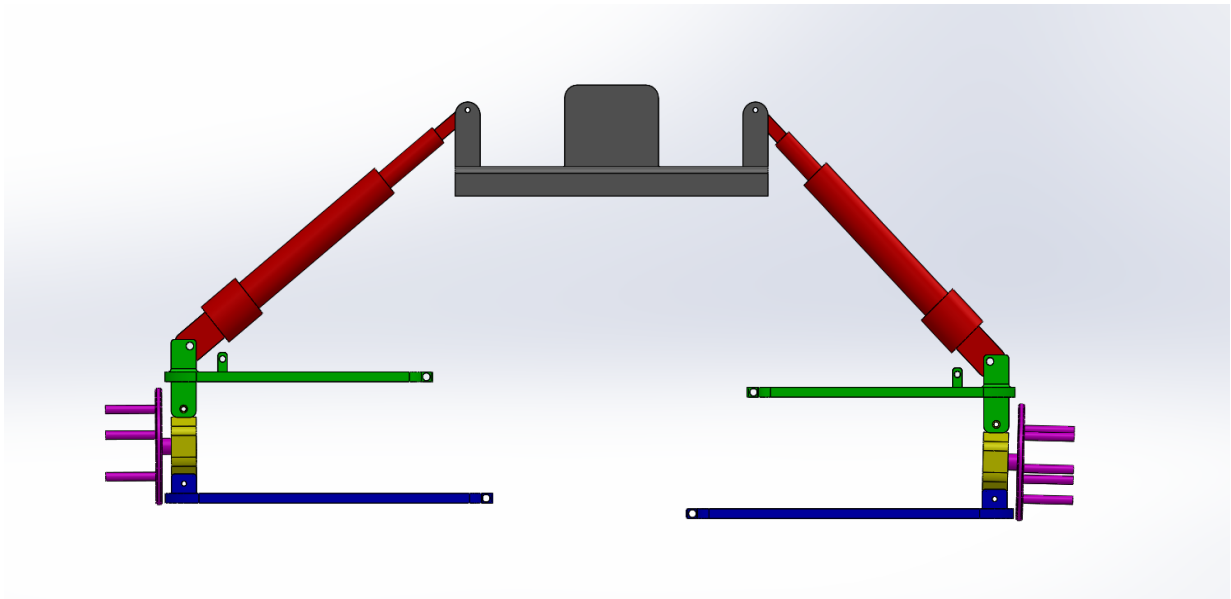
5.7 Ανάλυση συστήματος ανάρτησης

Οδεύοντας, προς το τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας η τελική ανάλυση θα είναι στο σύστημα της ανάρτησης όπου θα γίνει επεξήγηση των εξαρτημάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί ξεχωριστά καθώς και ανάλυση επάνω σε αυτά. Παρακάτω, παρουσιάζονται τα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται το σύστημα της ανάρτησης τα οποία είναι χωρισμένα με το αντίστοιχο χρώμα.

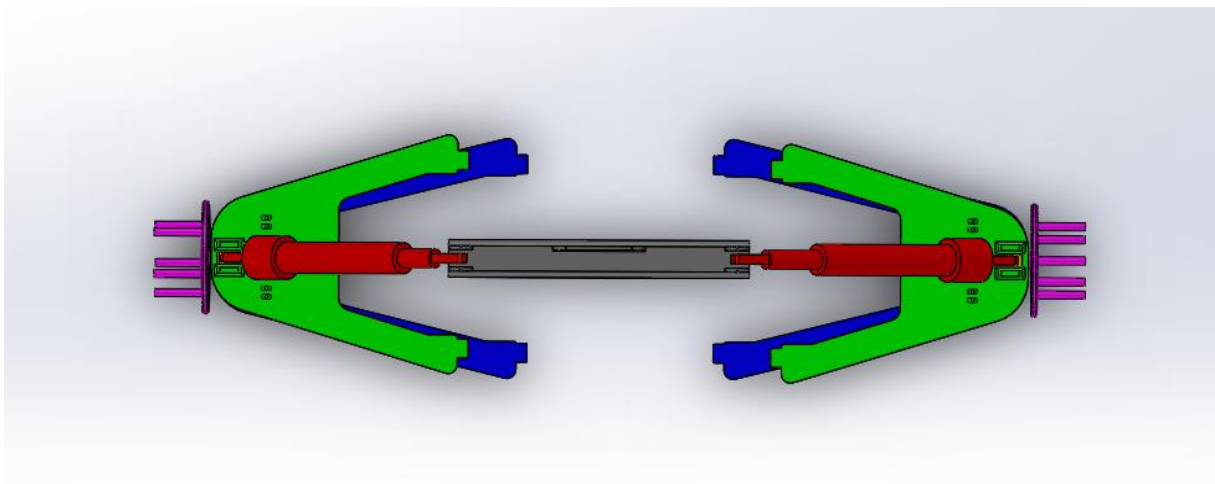


Εικόνα 5.31: Τρισδιάστατη απεικόνιση συστήματος ανάρτησης

Σύστημα ανάρτησης Buggy οχήματος
Κεντρική βάση στήριξης ανάρτησης (εφαρμογή με σωλήνα πλαισίου)
Ανάρτηση
Ψαλίδια επάνω πλευράς
Άκρα
Ρουλεμάν
Ψαλίδια κάτω πλευράς
Μουαγιέ τροχών

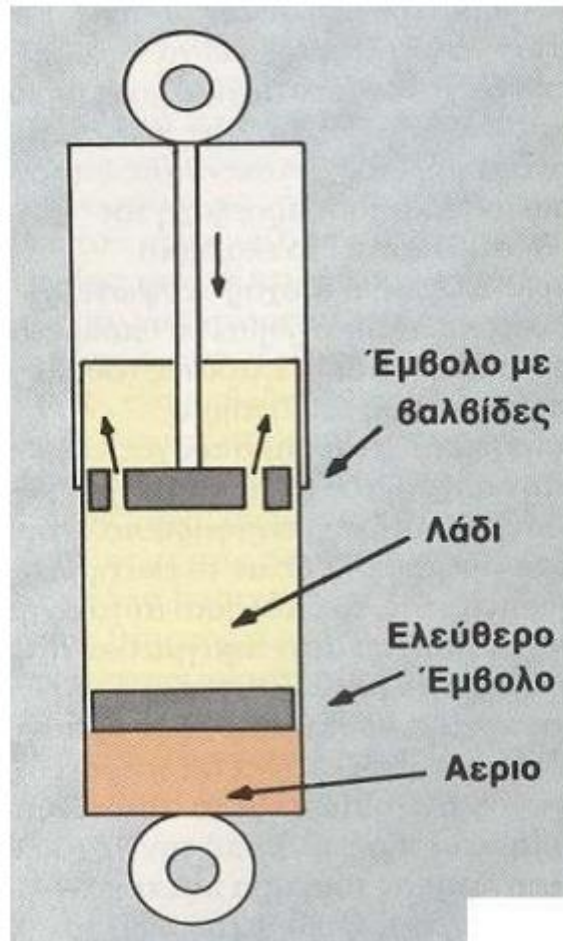


Εικόνα 5.32: Frontplane απεικόνιση συστήματος ανάρτησης



Εικόνα 5.33: Topplane απεικόνιση συστήματος ανάρτησης

Οι αναρτήσεις που έχουν επιλεγθεί είναι υδραυλικές και δουλεύουν μέσω λιπαντικού. Ωστόσο, σε πολλές κατασκευές Buggy πολλοί χρησιμοποιούν και ηλεκτρο-υδραυλικές αναρτήσεις όπου ο οδηγός μπορεί και ρυθμίζει τις παραμέτρους του οχήματος μέσω ηλεκτρονικών διακοπών που είτε αφαιρούν είτε προσθέτουν λάδι στο σύστημα και κατ' επέκταση είτε χαμηλώνει είτε ψηλώνει το όχημα ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε αγωνίσματος.

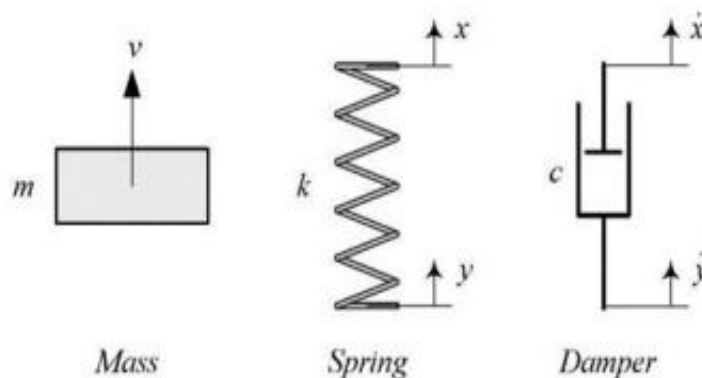


Εικόνα 5.34: Υδραυλική ανάρτηση σε τομή

Ξεκινώντας με την ανάλυση του συστήματος θα κάνουμε μια σύντομη περιγραφή στις παραμέτρους που θα μελετήσουμε. Μία μηχανική δόνηση είναι το αποτέλεσμα της συνεχούς μετατροπής της κινητικής ενέργειας K σε δυναμική V , και αντίστροφα. Όταν η δυναμική ενέργεια βρίσκεται στη μέγιστη τιμή της, η κινητική ενέργεια είναι μηδέν, και αντίστροφα. Επειδή η περιοδική διακύμανση της κινητικής ενέργειας εμφανίζεται ως περιοδική κίνηση ενός σώματος (μάζας), καλείται ως μετασχηματισμός μηχανικής ταλάντωσης.

Το στοιχείο εκείνο που αποθηκεύει τη κινητική ενέργεια ονομάζεται μάζα (mass) και το στοιχείο εκείνο που αποθηκεύει τη δυναμική ενέργεια καλείται **ελατήριο** (spring). Εάν η συνολική τιμή της μηχανικής ενέργειας $E = K + V$ ελαττώνεται κατά τη διάρκεια μιας δόνησης, υπάρχει ένα μηχανικό στοιχείο το οποίο διασκορπίζει την ενέργεια. Το στοιχείο αυτό ονομάζεται **αποσβεστήρας**. Μια μάζα, ένα ελατήριο και ένας αποσβεστήρας απεικονίζονται στην εικόνα 5.35.

$$K = \frac{1}{2} * m * U^2$$



Εικόνα 5.35: Ελατήριο και αποσβεστήρας

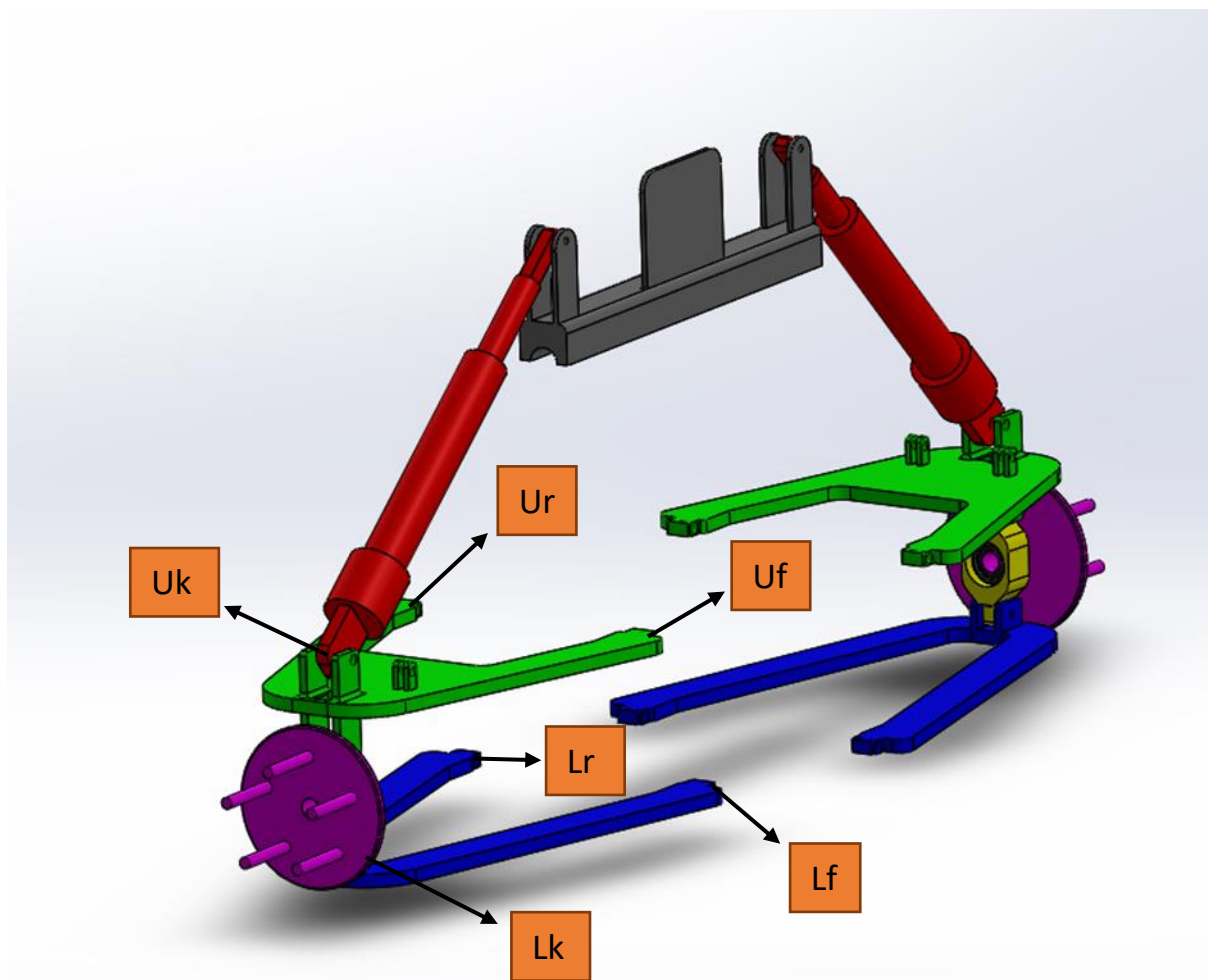
Ένα ελατήριο χαρακτηρίζεται από τη στιβαρότητά του (stiffness) k . Η δύναμη f που απαιτείται για να παραμορφωθεί το ελατήριο είναι ανάλογη της μετατόπισης των άκρων του. Η στιβαρότητα k μπορεί να είναι και εδώ, μια συνάρτηση θέσης και χρόνου.

$$f_k = -kz = -k * (x - y)$$

5.7.1 Κινηματική ανάλυση συστήματος ανάρτησης

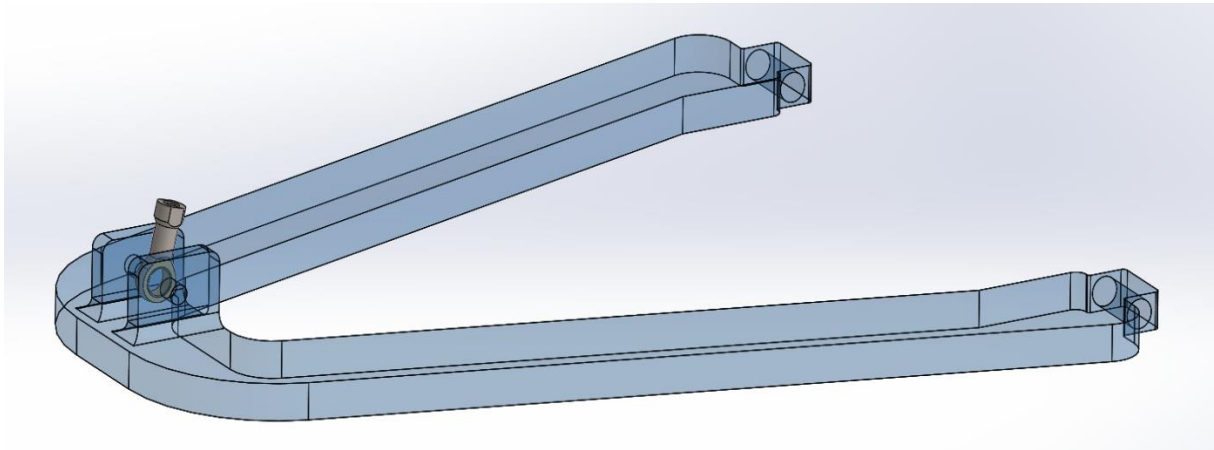
Η κινηματική ανάλυση χρησιμοποιείται για να δείξει τις διαφορές στις ρυθμίσεις που επεμβαίνουν στους τροχούς του οχήματος (caster, camber, toe angle).

Η γεωμετρία της κινηματικής που εκφράζει το σύστημα της ανάρτησης του Buggy παρουσιάζεται στην εικόνα 5.36.

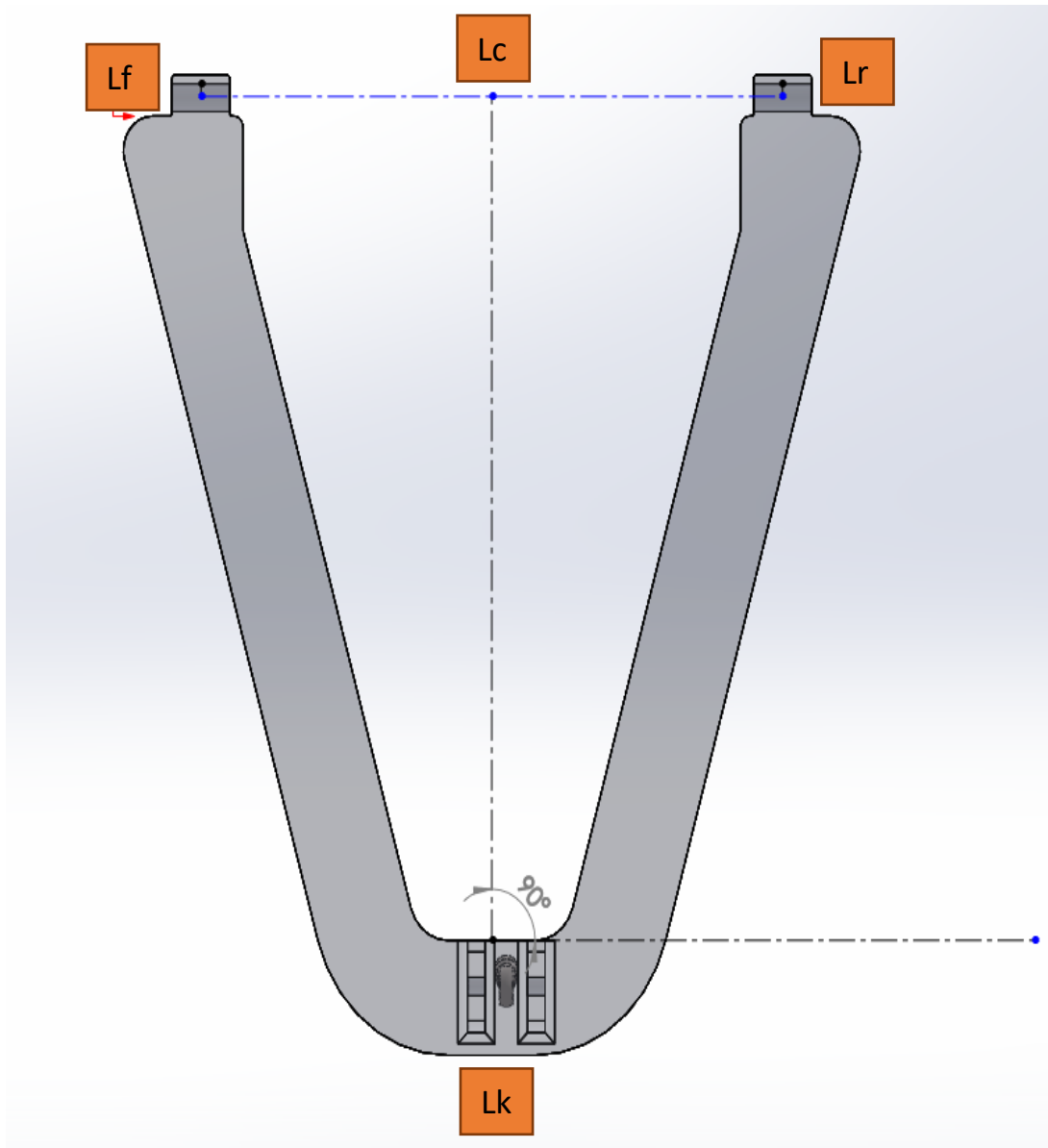


Εικόνα 5.36: Σημεία πάκτωσης αποσβεστήρα

Δεδομένου ότι η ανάρτηση αποτελείται από συνδέσμους στον άξονα Z (U_r , U_f , L_r και L_f) καθώς και σφαιρικούς συνδέσμους (U_k , L_k , T_k και T_c) τα λεγόμενα balljoints, και ως εκ τούτου, πραγματοποιήθηκε η κινηματική ανάλυση χρησιμοποιώντας τρισδιάστατη γραφική μέθοδο. Υποτίθεται ότι οι συντεταγμένες των σημείων U_f , U_r , L_r , L_f και T_c και οι αρχικές συντεταγμένες των, L_k και T_k είναι γνωστές. Προκειμένου να απλοποιηθεί η ανάλυση, κάθε ψαλιδίου αναπαρίστανται ως ένας μοναδικός σύνδεσμος (U_k-U_c ή L_k-L_c) όπως φαίνεται στην εικόνα 5.36.



Εικόνα 5.37: Ψαλίδι σε σύνδεση με balljoint



Εικόνα 5.38: Απλή παρουσίαση σημείων ψαλιδιών

Στη συνέχεια, τα παρακάτω δεδομένα υπολογιστούν από τις αρχικές συντεταγμένες όλων των σημείων όπως χρησιμοποιήθηκαν ως σταθερές κατά την ανάλυση:

- Μήκος τροποποιημένου άνω ψαλιδιού (dU), κάτω ψαλιδιού (dL) και ζαμφόρ (dT).
- Απόσταση μεταξύ L_k και U_k (dK).
- Κάθετη απόσταση μεταξύ του T_k και της γραμμής που ενώνουν το U_k και το L_k (dP).
- Η αναλογία (r) στην οποία κάθετη από το T_k διαιρεί τη γραμμή που ενώνει το U_k και το L_k .

Με τα σημεία L_c , U_c και T_c σταθερά, και ο στόχος της κινηματικής ανάλυσης ήταν να βρεθούν οι συντεταγμένες των σημείων L_k , U_k και T_k για να βρείτε την ευθυγράμμιση των τροχών. Για μια δεδομένη γωνία στο κάτω ψαλίδι και με την οριζόντια (θ), λαμβάνοντας το L_c ως προέλευση, οι συντεταγμένες του L_k βγήκαν ($-dL \cos \theta$, $-dL \sin \theta$, 0). Από τα δύο σημεία του τομή της σφαίρας με κέντρο ως L_k και ακτίνα dK και τον κύκλο με κέντρο ως U_c , ακτίνα dU και άξονα ως άξονα Z · το σημείο που ήταν πιο κοντά στις προηγούμενες συντεταγμένες του Ηνωμένου Βασιλείου επιλέχθηκε να είναι Αγγλικά. Το σημείο που διαιρεί τη γραμμή ενώνοντας το U_k και το L_k στην αναλογία r ονομάστηκε R .

Από τα δύο σημεία τομής της σφαίρας με κέντρο ως T_c και ακτίνα ως dT και ο κύκλος με κέντρο ως R , ακτίνα dP και άξονας ως γραμμή που ενώνει το U_k και το L_k , το σημείο που ήταν πιο κοντά στις προηγούμενες συντεταγμένες του T_k επιλέχθηκε να είναι T_k . Το $Caster$ υπολογίστηκε με την εύρεση της γωνίας μεταξύ της προβολής του διανύσματος U_k-L_k στο επίπεδο YZ και του άξονα Y . Το $Camber$ βρέθηκε με την εύρεση της γωνίας μεταξύ της προβολής του διανύσματος N_k στο επίπεδο XY και του άξονα X . Εδώ N_k είναι το διασταυρούμενο μέρος των (L_k-U_k) και (T_k-U_k) και ως εκ τούτου, το κανονικό προς το επίπεδο άρθρωσης. Η γωνία Toe βρέθηκε βρίσκοντας τη γωνία που έκανε η προβολή του διανύσματος N_k στο επίπεδο XZ με τον άξονα X . Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω μεθοδολογία, η ευθυγράμμιση των τροχών υπολογίστηκε για θ που κυμαίνεται από -5° έως $+5^\circ$ και τα επίπεδα του $Caster$.

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & Lz & Ly \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Ly & Lx & 0 \\ \tan\alpha_2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{ux} \\ F_{uy} \\ F_{uz} \\ F_{lx} \\ F_{ly} \\ F_{lz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_y - W_t \\ -F_z \\ -t_x(F_y - W_t) - F_z t_y \\ -(F_x + F_{st}) \\ -F_{st}s - t_x(F_y - W_t) - t_y F_x \\ 0.5W_{ua} \end{bmatrix} \quad \mathbf{1}$$

By solving equation (1), all the forces acting on knuckle ball joints were obtained.

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \frac{Lp}{Ll}(\tan\alpha_1) & \frac{Lp}{Ll} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \tan\theta_f & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \tan\theta_s & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{pbx} \\ F_{pby} \\ F_{pbz} \\ F_{plx} \\ F_{ply} \\ F_{plz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{ly} + 0.5W_{ua} + F_{lx}\tan\alpha_1 \\ 0 \\ Wp \\ -0.5Wp \tan\theta_f \\ 0 \\ -0.5Wp \tan\theta_s \end{bmatrix} \quad \mathbf{2}$$

Με την επίλυση της εξίσωσης (2), όλες οι δυνάμεις που ενεργούσαν στη ράβδο ώθησης στο κάτω άκρο του βραχίονα καθώς και στο άκρο του λαμβάνονται. Διαπιστώθηκε ότι η δύναμη $-F_{pb}$ που ενεργεί στο στρόφαλο από το pushrod δεν είναι ταυτόχρονη με το στρόφαλο. Οπότε εξισορροπήστε τη ροπή γύρω από το αρθρωτό σημείο του στροφαλοφόρου, το συστατικό του $-F_{pb}$, που βρίσκεται στο επίπεδο του στρόφαλου υπολογίστηκε.

$$\mathbf{F} = \mathbf{Fbp} - n * \mathbf{Fpb} \quad \mathbf{3}$$

5.7.2 Ανάλυση συστήματος ανάρτησης ως προς την δόνηση

Η ανάλυση διαδρομής πραγματοποιήθηκε για τον υπολογισμό του συντελεστή απόσβεσης του αποσβεστήρα. Ο συντελεστής απόσβεσης του τροχού παραμελήθηκε διότι είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με τον συντελεστή απόσβεσης του αποσβεστήρα ελατηρίου. Οι τελικές εξισώσεις του μοντέλου τετάρτου αυτοκινήτου δίνονται παρακάτω:

$$\frac{Z_s(s)}{Z_r(s)} = \frac{K_t(Cs + K)}{[(M_s s^2 + Cs + K)(M_u s^2 + Cs + K + K_t) - (Cs + K)^2]} \quad [15, 16, 17, 18] \quad 4$$

$$\frac{Z_u(s)}{Z_r(s)} = \frac{K_t(M_s s^2 + Cs + K)}{[(M_s s^2 + Cs + K)(M_u s^2 + Cs + K + K_t) - (Cs + K)^2]} \quad [15, 16, 17, 18] \quad 5$$

$$\frac{Z_s(s) - Z_u(s)}{Z_r(s)} = \frac{-K_t M_s s^2}{[(M_s s^2 + Cs + K)(M_u s^2 + Cs + K + K_t) - (Cs + K)^2]} \quad [15, 16, 17, 18] \quad 6$$

$$\frac{Z_u(s) - Z_r(s)}{Z_r(s)} = \frac{-[(M_s s^2 + Cs + K)(M_u s^2 + Cs + K) - (Cs + K)^2]}{[(M_s s^2 + Cs + K)(M_u s^2 + Cs + K + K_t) - (Cs + K)^2]} \quad [15, 16, 17, 18] \quad 7$$

Η εξίσωση (4), (5), (6) και (7) δείχνει τη δυνατότητα μετάδοσης της μάζας του ελατηρίου. Για τη βελτιστοποίηση του συστήματος ανάρτησης, τα χρονικά διαστήματα απόκρισης του Οι εξισώσεις (5), (6), (7) και η απόκριση συχνότητας των εξισώσεων. Από την απόκριση χρόνου, το εύρος του λόγου απόσβεσης επιλέγεται προκειμένου να έχει κατάσταση απόσβεσης με τον απαιτούμενο χρόνο. Σε περίπτωση αγωνιστικών αυτοκινήτων, η απόσβεση πρέπει να είναι αρκετά γρήγορη για να μετριάσει τις ταλαντώσεις σε 0,2 έως 0,5 δευτερόλεπτα, εξ ου και επιλέγεται ο λόγος απόσβεσης. Η απόκριση συχνότητας των εξισώσεων (3) και (4) απεικονίζεται σε αυτό επιλεγμένο εύρος αναλογίας απόσβεσης. Από τότε, η άνεση του αναβάτη μειώνεται με την αύξηση της επιτάχυνσης του αμαξώματος, το πλάτος της επιτάχυνσης της ελατηριακής μάζας έπρεπε να ελαχιστοποιηθεί. Το μέγιστο πλάτος της μετατόπισης των τροχών στο και οι δύο θεμελιώδεις συχνότητες μάζας χωρίς ελατήριο να ελαχιστοποιηθούν προκειμένου να διασφαλιστεί ότι ο τροχός δεν θα χάσει την επαφή με το έδαφος. Καθώς αυξάνεται ο λόγος απόσβεσης του αποσβεστήρα, μειώνεται η επιτάχυνση της μάζας ελατηρίου. Αλλά Ταυτόχρονα αυξάνεται επίσης η δυνατότητα μετάδοσης της μάζας χωρίς ελατήριο, η οποία μπορεί να χάσει την επαφή των ελαστικών με το έδαφος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τέλος, στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μια παρουσίαση σχεδίων και συναρμογής του οχήματος Buggy με σκοπό την λειτουργία του σε αγώνες ασφάλτου. Κατά την πορεία διάφορα εξαρτήματα παρουσιάζονται ως διαμορφώσιμα μέσω CNC κάτι που σημαίνει μικρότερο κόστος κατασκευής και ευκολότερη κατεργασιμότητα. Έτσι ακολούθως συμπεριληφθήκαν και οι αναλύσεις σε διάφορα συστήματα του οχήματος.

Συνοψίζοντας, έγινε μια λεπτομερής παρουσίαση και ανάλυση των συστημάτων προκειμένου να μπορεί ο κάθε μηχανικός που θα φτιάξει ένα τέτοιου είδους όχημα να μπορεί να βοηθηθεί από το συγκεκριμένο υλικό της παρούσας διπλωματικής εργασίας και να του δώσει κίνητρο να φτιάξει και το κάτι παραπάνω. Τελειώνοντας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τους διδάσκοντες μας για την στήριξη όλα αυτά τα χρόνια φοίτησης καθώς και τις οικογένειες μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ

Εικόνες:

Φωτογραφία εξωφύλλου: <https://www.facebook.com/Yacarcross/photos/>

Βιβλία:

- Βιβλίο στοιχεία μηχανών I και II Γιαννόπουλος Ανδρέας
- Σημειώσεις Τσίρκας Σωτήριος CNC/ CAM
- http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/pdf/8547/4636/24-0024-01_Systimata-Autokinitou-I_G-EPAL_Vivlio-Mathiti-Emploutismeno/
- http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/pdf/8547/4634/24-0022-02_Michanes-Esoterikis-Kausis-I_G-EPAL_Vivlio-Mathiti-Emploutismeno/
- http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/pdf/8547/4642/24-0031-01_Stoicheia-Michanon-Schedio_B-EPAL_Vivlio-Mathiti-Emploutismeno/

Δημοσιεύσεις & ιστοσελίδες:

- caroto.gr
- <https://www.fsaenline.com/cdsweb/app/NewsItem.aspx?NewsItemID=51cf7622-651e-4b57-8c9c-e0391bc08edc>
- <https://yacarcross.es/vehiculos/kartcross/?lang=en#1479765579525-2704061d-844f>
- <https://www.aemelectronics.com/products/programmable-engine-management-systems/infinity-ecu>
- <https://www.ijser.org/researchpaper/ANALYSIS-OF-FSAE-CHASSIS.pdf>
- <https://www.ijser.org/researchpaper/Design-and-Analysis-of-Suspension-System-with-Different-Material-for-SUPRA-SAE-INDIA-2018.pdf>
- <http://www.tvchain.cn/upload/motorcycle%20chain-PDF.jpg>
- https://www.carpimoto.com/en-US/18912_JTF327-14-JT-Sprockets-Front-Sprocket-JTF327.htm
- <https://www.amazon.com/JT-Sprockets-JTF249-14-Steel-Sprocket/dp/B001AVVXV8>