

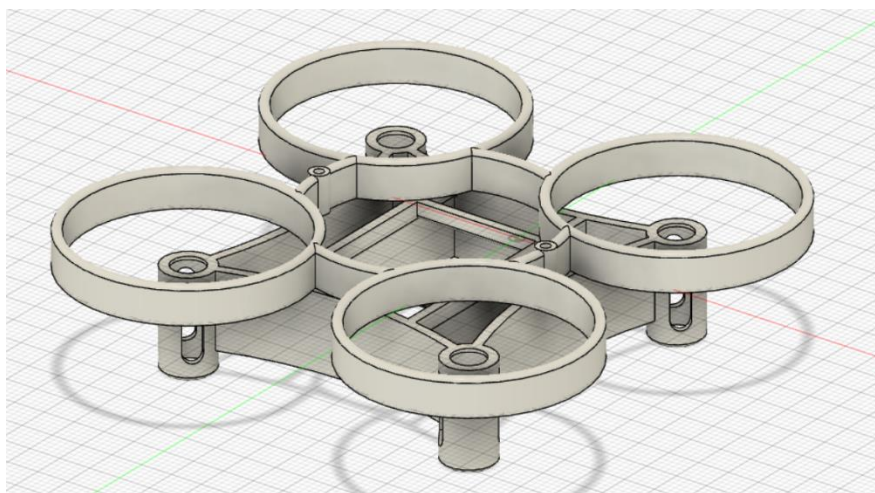


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Διπλωματική Εργασία

Σχεδίαση drone για κατασκευή μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης



Φοιτητής: Μίχας Ευάγγελος

AM:71447095

Επιβλέπων: Φίλιππος Αζαριάδης, Καθηγητής



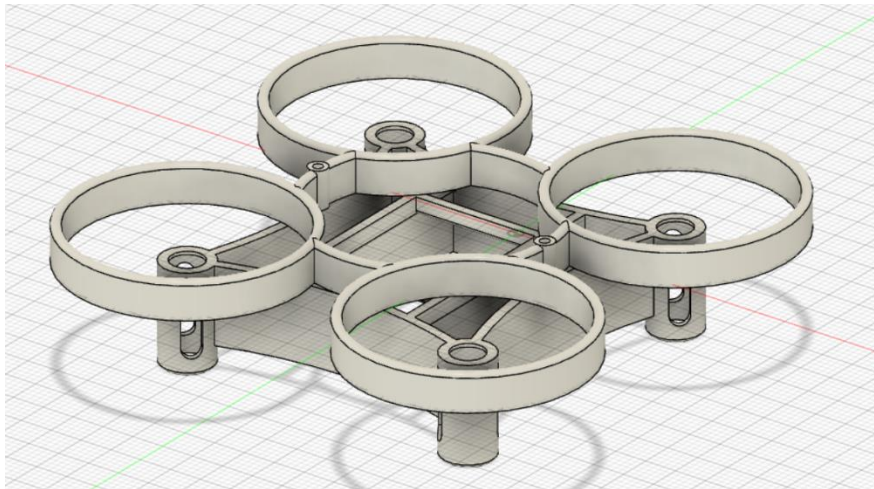


UNIVERSITY OF WEST ATTICA

**Department of
Industrial Design & Production Engineering**

Diploma Thesis

Drone design for manufacturing through 3D printing



Student: Michas Evangelos

Registration Number:71447095

Supervisor: Philip Azariadis, Professor



Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

--	--	--

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μίχας Ευάγγελος του Ιωάννη με αριθμό μητρώου 71447095 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Περίληψη: Η διπλωματική εργασία με τίτλο «Σχεδίαση drone για κατασκευή μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης» πραγματεύεται τον σχεδιασμό, την μοντελοποίηση και την εξομοίωση ενός τετρακόπτερου ικανού να κατασκευαστεί μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης. Παράλληλα αναλύονται τα στάδια σχεδιασμού του τετρακόπτερου και τεχνικές εξομοίωσης στατικής καταπόνησης αλλά και θερμικής ανάλυσης με στόχο την εύρεση του βέλτιστου δυνατού και πιο αποδοτικού μοντέλου με βάση τους στόχους που έχουμε ορίσει εξ αρχής. Επιπλέον παρουσιάζονται οι ορισμοί και το θεωρητικό υπόβαθρο των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων.

Abstract: The thesis entitled "Drone design for manufacturing through 3D printing" deals with the design, modelling and simulation of a quadcopter capable of being manufactured through 3D printing. At the same time, the design stages of the quadcopter and techniques for static stress simulation and thermal analysis are analysed in order to find the best possible and most efficient model based on the objectives set from the beginning. In addition, the definitions and theoretical background of unmanned aerial vehicles are presented.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	3
Κεφάλαιο 1 Θεωρητικό μέρος.....	5
1.1 Εισαγωγή Κεφαλαίου.....	5
1.2 Ορισμοί.....	5
1.3 Θεωρητικό μοντέλο.....	7
1.4 Ροπή.....	7
Κεφάλαιο 2 Σχεδιασμός	8
2.1 Σχεδιασμός μοντέλου τετρακόπτερου.....	8
2.2 Σχεδιασμός κυκλικών θαλάμων.....	8
2.3 Σχεδιασμός βάσης τετρακόπτερου.....	13
2.4 Σχεδιασμός κυκλικών καλυμμάτων.....	21
2.5 Σχεδιασμός οπών.....	23
Κεφάλαιο 3 Υλικό κατασκευής.....	25
3.1 Επιλογή Υλικού Κατασκευής.....	25
3.2 Ιδιότητες του ABS Plastic.....	25
3.3 Τελική επιλογή υλικού κατασκευής.....	26
Κεφάλαιο 4 Διαδικασίες προσομοίωσης.....	26
4.1 Στατική Καταπόνηση (Static Stress)	26
4.2 Εξομοίωση στατικής καταπόνησης.....	27
4.3 Συμπεράσματα προσομοίωσης στατικής καταπόνησης.....	28
4.4 Διόρθωση σχεδίου.....	30
4.5 Θερμική Ανάλυση (Thermal Analysis)	32
4.6 Εξομοίωση θερμικής ανάλυσης.....	34
4.7 Συμπεράσματα προσομοίωσης θερμικής ανάλυσης.....	34
Κεφάλαιο 5 Προηγμένα κατασκευαστικά σχέδια.....	35
5.1 Τελικές ιδιότητες μοντέλου.....	35
5.2 Κατασκευαστικά σχέδια.....	36
Κεφάλαιο 6 Τελικό στάδιο κατασκευής.....	38
6.1 Εκτύπωση τετρακόπτερου.....	38
6.2 Συμπεράσματα.....	39
Βιβλιογραφία.....	40

Κεφάλαιο 1 Θεωρητικό Μέρος

1.1 Εισαγωγή Κεφαλαίου

Σε αυτό το κεφάλαιο αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας που αναφέρεται στα τετρακόπτερα (drones).

1.2 Ορισμοί

Ως μη επανδρωμένο εναέριο όχημα (UAV) ορίζουμε κάθε μηχανοκίνητο εναέριο όχημα από το οποίο απουσιάζει ο ανθρώπινος χειριστής από το σκάφος. Τα UAVs μπορούν να πραγματοποιήσουν πτήσεις είτε μέσω τηλεχειρισμού από ανθρώπινο πιλότο εκ του εδάφους είτε εντελώς αυτόνομα ενσωματώνοντας υπολογιστές στους οποίους συχνά αναφερόμαστε ως αυτόματος πιλότος.

Όρος drone ο οποίος είναι και ο πλέον διαδεδομένος στο ευρύ κοινό πρωτοεμφανίστηκε την δεκαετία του 1920 και αναφερόταν σε αντικείμενα που εκτελούσαν ελεύθερη πτήση και σκοπός τους ήταν να λειτουργούν ως στόχοι για αεροσκάφη της Βρετανικής αεροπορίας αλλά και πλοία του Βρετανικού ναυτικού, στη χώρα μας πολλές φορές αναφερόμαστε Σε αυτά και ως τετρακόπτερα .

Ωστόσο η λέξη drone παρά την αγγλική της προέλευση σημαίνει βούισμα και αναφέρεται στο χαρακτηριστικό ήχο των αρσενικών μελισσών. Στα ελληνικά η επίσημη ονομασία τους είναι συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκαφών ή αλλιώς ΣμηΕΑ. Είναι συσκευές πολύ πιο εξελιγμένες από τα απλά τηλεκατευθυνόμενα αεροσκάφη διότι ενσωματώνουν τεχνολογίες αιχμής και μπορούν ουσιαστικά να ελεγχθούν από απόσταση αλλά και να εκτελέσουν πλήρως αυτόνομες πτήσεις χάρη στη βοήθεια των αισθητήρων τοποθεσίας και ελέγχων που διαθέτουν.

Τα drones διαθέτουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά αεροσκάφη πληρώματος και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν αρχικά για την εκπλήρωση αποστολών που ήταν πολύ επικίνδυνες για τον άνθρωπο. Ωστόσο στις μέρες μας τα drones έχουν αναπτυχθεί τόσο πολύ που έχουν καταφέρει να υπερπηδήσουν τις αποκλειστικά στρατιωτικές εφαρμογές τους και πλέον συμβάλλουν στην επιτήρηση, τις επιστήμες, την παράδοση προϊόντων, ακόμα και στη γεωργία.

Στις μέρες μας οι όροι UAV και drone πολλές φορές χρησιμοποιούνται εναλλακτικά αλλά λανθασμένα. Αυτή η σύγχυση των ορισμών ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι πολλά UAVs. Μπορούν να πραγματοποιήσουν αυτοματοποιημένες αποστολές παρόλα αυτά ο χειρισμός τους εξακολουθεί να βασίζεται στον άνθρωπο. Από την άλλη πλευρά ένα drone που λειτουργεί αυτόνομα είναι ουσιαστικά ένα UAV που μπορεί να λειτουργήσει χωρίς την παρέμβαση ανθρώπινου χειριστή. Εν κατακλείδι τα drones μπορούν να εκτελέσουν αποστολές πλήρως αυτοματοποιημένα ενώ

παρόλο που και τα UAVs διαθέτουν κάποιο βαθμό αυτοματοποίησης δεν μπορούμε να πούμε απαραίτητα ότι εντάσσονται στην κατηγορία των drones.

Δεδομένου ότι τα drones δεν διαθέτουν ανθρώπινο χειριστή το σύστημα διαχείρισης επικοινωνιών και το λογισμικό ελέγχου εδάφους παίζουν εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στη λειτουργία τους. Ωστόσο παρά το εξελιγμένο λογισμικό τα drones διαθέτουν παράλληλα τεχνολογίες αιχμής όπως είναι αυτή της μηχανικής μάθησης της τεχνητής νοημοσύνης αλλά και ποικίλους αισθητήρες που τους επιτρέπουν να εκτελούν εργασίες χωρίς την παρέμβαση ανθρώπινου χειριστή.

Στις μέρες μας με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα τετρακόπτερα έχουν αρχίσει να ενσωματώνονται σε μεγάλες εμπορικές βιομηχανίες και να τις μεταβάλουν ριζικά. Διαθέτοντας ποικίλους τρόπους αυτοματοποίησης τα drones επιτυγχάνουν στη μεγιστοποίηση της παραγωγής των βιομηχανιών αλλά και πολλές φορές στην μείωση του κόστους παραγωγής, καθώς και στην εξάλειψη κινδύνων εφόσον δεν εμπλέκεται ανθρώπινος χειριστής. Ειδικότερα την περίοδο της πανδημίας πολλές βιομηχανίες υιοθέτησαν τη νοοτροπία αυτή και εκσυγχρόνισαν τις γραμμές παραγωγής τους με τρανά παραδείγματα την αμερικανική FedEx αλλά και την Amazon Prime οι οποίες τα τελευταία χρόνια συνεχίζουν να εξελίσσουν τον στόλο των αυτόνομων drones και εκτελούν μέχρι και σήμερα αυτοματοποιημένες παραδώσεις παραγγελιών. Παράλληλα και οι δύο εταιρείες παρατήρησαν σημαντική πτώση στα έξοδα αποστολής αλλά και αύξηση εσόδων από τη μείωση του ανθρώπινου δυναμικού και την αυτοματοποίηση των γραμμών παραγωγής τους. Για τον λόγο αυτόν τα επόμενα χρόνια αναμένονται μεγάλοι παίκτες στον τομέα της βιομηχανίας να υιοθετήσουν το παράδειγμα αυτό και η εξέλιξη των αυτόνομων drones να γνωρίσει ραγδαία ανάπτυξη.

Στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούμε στο σχεδιασμό ενός τετρακόπτερου το οποίο θα πρέπει να πληροί τις εξής προδιαγραφές:

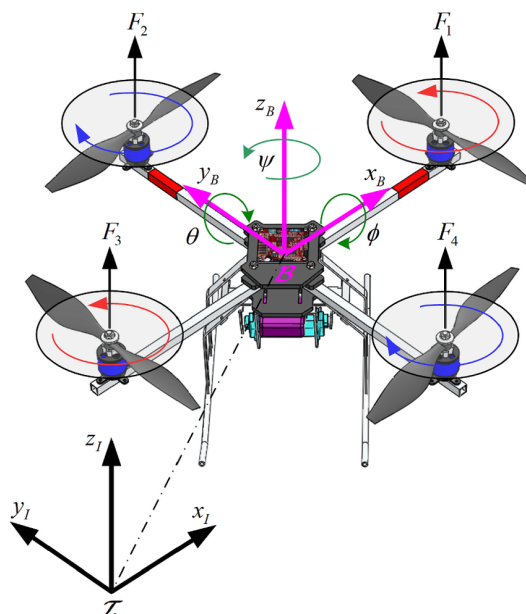
- 1) Αρχικά θα πρέπει να είναι ικανό να παραχθεί μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης έτσι ώστε να είναι άμεσα διαθέσιμο στο ευρύ κοινό
- 2) Επιπλέον το κόστος παραγωγής του θα πρέπει να είναι εξαιρετικά χαμηλό αλλά ταυτόχρονα να είναι ανθεκτικό και αξιόπιστο
- 3) Παράλληλα για την εκπλήρωση των δύο προαναφερθέντων προδιαγραφών και θέτοντας ως στόχο την εκπλήρωση ποικίλων αποστολών θα πρέπει να διατηρήσουμε ένα αρκετά μικρό μέγεθος στο μοντέλο μας
- 4) Επίσης εξαιτίας του μικρού μεγέθους θα πρέπει το βάρος να είναι το ελάχιστο δυνατόν
- 5) Τέλος προκειμένου να επιτύχουμε τον βέλτιστο δυνατό σχεδιασμό του μοντέλου μας θα πρέπει να εκτελέσουμε ποικίλες προσομοιώσεις και θα αναλύσουμε την κάθε μία ξεχωριστά

1.3 Θεωρητικό μοντέλο

Κατά κύριο λόγο τα τετρακόπτερα αποτελούνται από τέσσερις ρότορες εκ των οποίων οι δύο περιστρέφονται δεξιόστροφα και οι δύο αριστερόστροφα, και οι τέσσερις παράγουν μία αντίσταση αντίθετη της κατεύθυνσης που ακολουθεί το drone ενώ παράλληλα παράγουν ροπή και ανύψωση γύρω από το κέντρο περιστροφής τους. Για τον λόγο αυτό ο έλεγχος των τετρακόπτερων επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας την ταχύτητα και επομένως την ροπή και την ανύψωση του εκάστοτε ρότορα. Με τον τρόπο αυτόν επιτρέπουν σχεδιαστικά την πλήρη απουσία ελέγχου κυκλικού βήματος σε αντίθεση με τα συμβατικά ελικόπτερα καθώς τα προβλήματα ελέγχου που προκαλούνται από ροπή μπορούν εύκολα να αντιμετωπιστούν με την χρήση της αντίστροφης περιστροφής και ταυτόχρονα οι μικρότεροι έλικες μπορούν να παραχθούν πολύ πιο εύκολα.

1.4 Ροπή

Στην περίπτωση μας λοιπόν που διαθέτουμε τέσσερις ρότορες και θέτουμε δύο εξ αυτών να περιστρέφονται δεξιόστροφα και τους άλλους δύο αριστερόστροφα η ροπή εκτροπής γύρω από τον άξονα είναι μηδενική αυτό μας επιτρέπει κατά τον σχεδιασμό την πλήρη έλλειψη ενός πέμπτου ρότορα ουράς ομοίου με αυτόν των συμβατικών ελικοπτέρων. Αποτέλεσμα του σχεδιασμού αυτού είναι ο χαρακτηριστικός ήχος που παράγουν τα drones ο οποίος οφείλεται στην ανισοροπία των αεροδυναμικών δυνάμεων.



Όπως λοιπόν βλέπουμε στο παραπάνω σχεδιάγραμμα οι ρότορες 1 και 3 περιστρέφονται αριστερόστροφα εννοεί ρότορες 2 και 4 περιστρέφονται δεξιόστροφα επιφέροντας αντίθετες ροπές.

Στην περίπτωση που η ώθηση και στους τρεις ρότορες είναι ίδια το τετρακόπτερο θα βρίσκεται σε μία κατάσταση ισορροπίας κατά την οποία είτε απλά θα αιωρείται σταθερό είτε θα ρυθμίζει το ύψος του. Αν για παράδειγμα θα θέλαμε να μετακινηθεί προς μία κατεύθυνση αυτό θα γινόταν αυξάνοντας την ώθηση στον έναν ρότορα ενώ παράλληλα θα μείωνε την ώθηση στον αντιδιαμετρικό του ρότορα. Όπως συμπεραίνουμε λοιπόν τα βασικά εξαρτήματα που απαρτίζουν ένα τετρακόπτερο είναι οι έλικες οι κινητήρες και το πλαίσιο στο οποίο εφάπτονται.

Κεφάλαιο 2 Σχεδιασμός

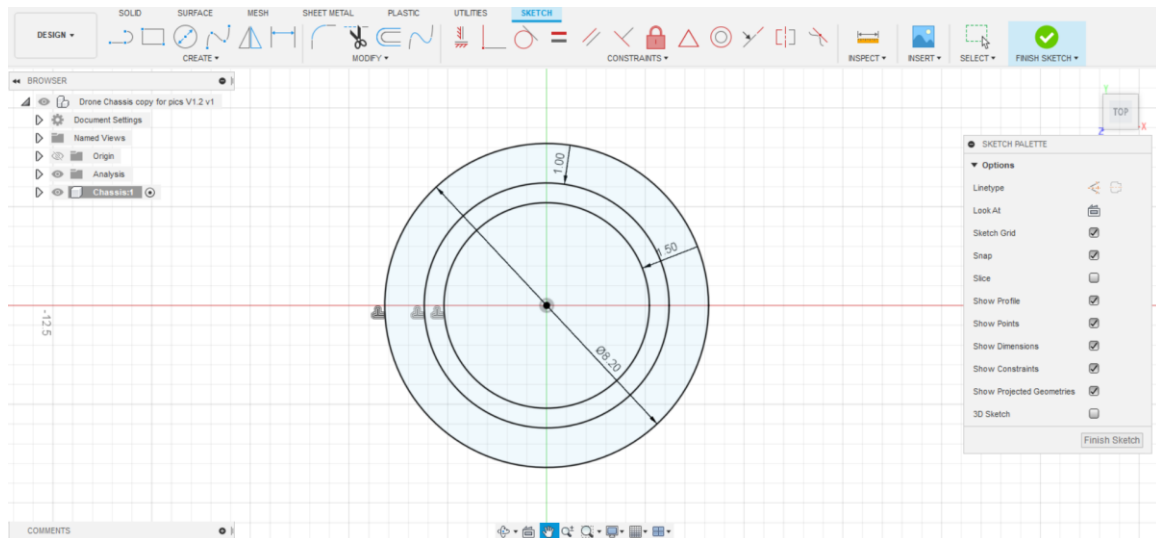
2.1 Σχεδιασμός μοντέλου τετρακόπτερου

Ξεκινώντας λοιπόν θα σχεδιάσουμε το μοντέλο μας στο πρόγραμμα Autodesk Fusion 360 το οποίο αποτελεί ένα από τα πλέον διαδεδομένα προγράμματα σχεδιασμού και μοντελοποίησης καθώς παρέχει πλήθος εργαλείων, μεγάλη ποικιλία δυνατοτήτων εξομίωσης και βασίζει μεγάλο μέρος των υπολογισμών του στο Cloud έτσι δεν απαιτεί εκτεταμένους υπολογιστικούς πόρους καθιστώντας το έτσι φιλικό στο ευρύ κοινό.

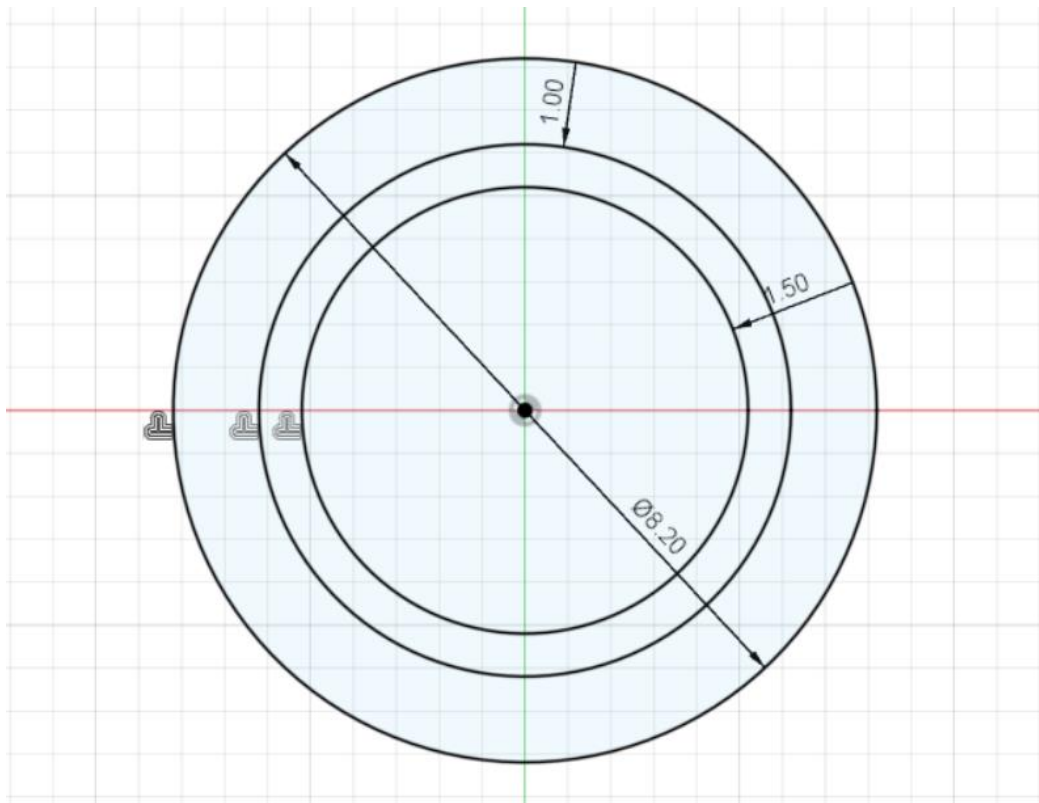


2.2 Σχεδιασμός κυκλικών θαλάμων

Αρχικά λοιπόν έχοντας υπόψιν όλες τις προδιαγραφές που αναφέραμε ξεκινάμε σχεδιάζοντας τέσσερις κυκλικούς θαλάμους στους οποίους θα τοποθετηθούν κινητήρες του τετρακόπτερου. Να αναφέρουμε ότι όλες οι διαστάσεις είναι στην κλίμακα των millimeter δηλαδή χιλιοστών και παρατηρούμε την κάτοψη του σχεδίου πριν του δώσουμε μορφή.

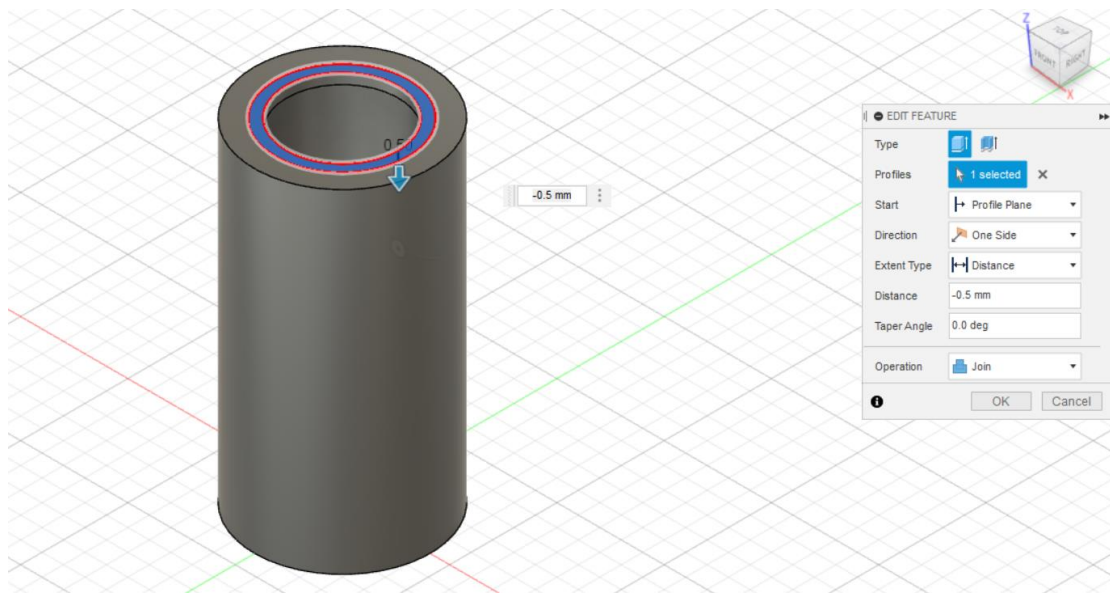


Όπως παρατηρούμε η συνολική διάμετρος των κυκλικών θαλάμων ανέρχεται στα 8,20 χιλιοστά ενώ το ωφέλιμο συμπαγές πάχος τους ανέρχεται στο 1 χιλιοστό. ένας δεύτερος εσωτερικός κύκλος εντός του σχεδίου μας ο οποίος ξεπερνά το συμπαγές υλικό κατά μισό χιλιοστό αποτελεί ουσιαστικά μία βάση στήριξης σαν κλείστρο για την τοποθέτηση των κινητήρων.

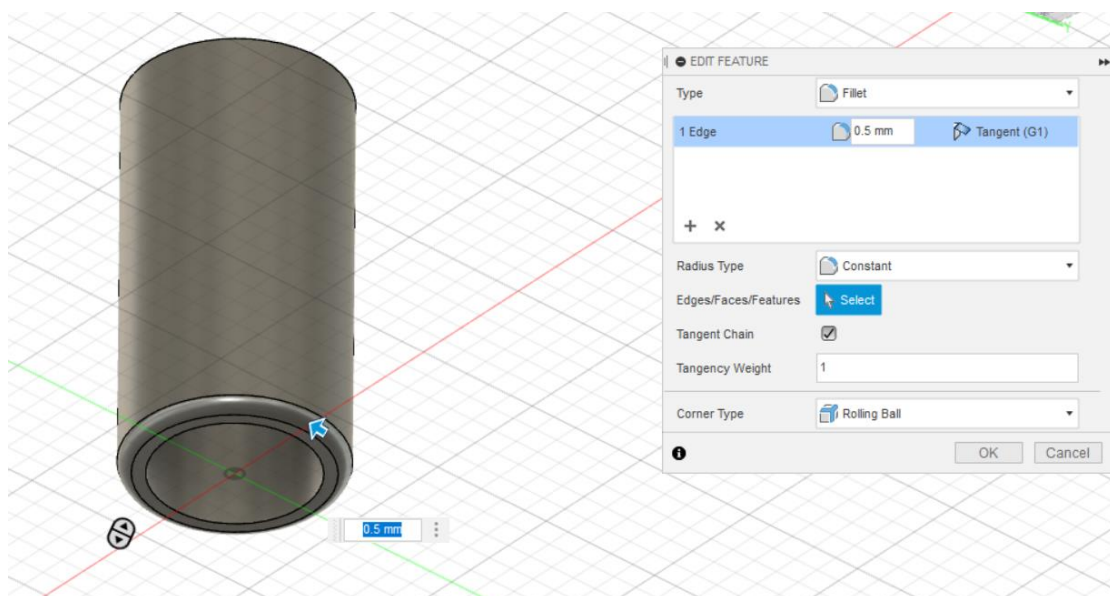


Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας το εργαλείο extrude επεκτείνουμε το σχέδιό μας παράγοντας ένα 3D μοντέλο και θέτουμε το ύψος των κυκλικών θαλάμων στα 15,5 χιλιοστά.

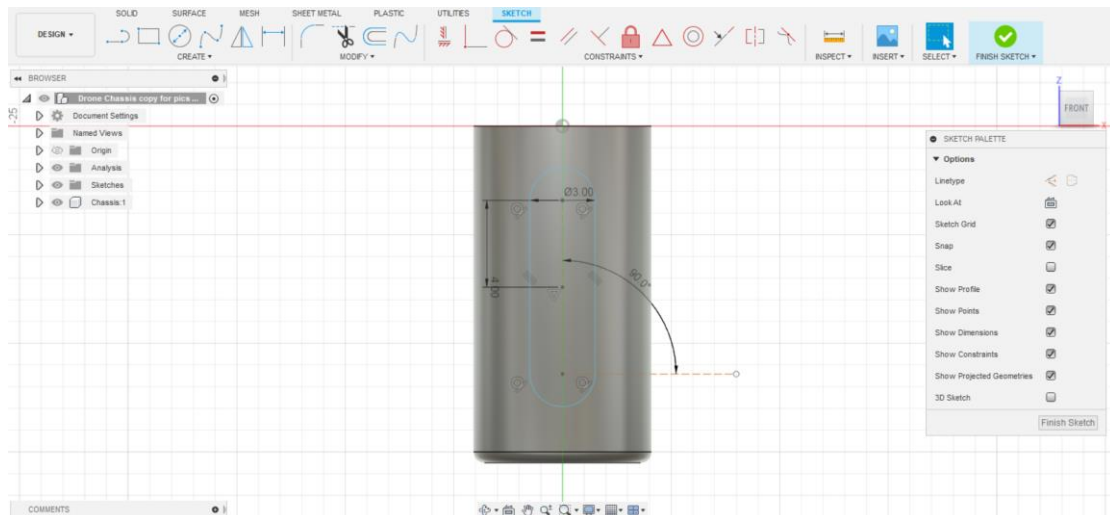
Επιπλέον εξωθούμε τον δεύτερο εσωτερικό κύκλο του σχεδίου μας ο οποίος θα λειτουργεί σαν βάση στήριξης κατά μισό χιλιοστό.



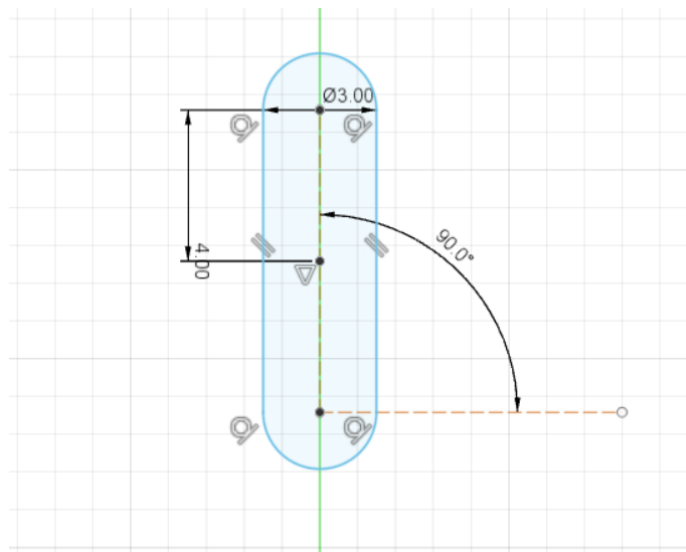
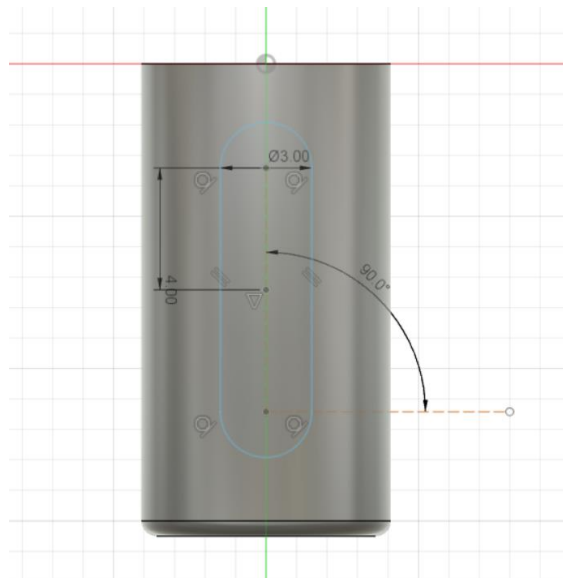
Χρησιμοποιώντας το εργαλείο Fillet ουσιαστικά λειαίνουμε το κάτω μέρος των κυκλικών θαλάμων κατά μισό χιλιοστό, πετυχαίνοντας έτσι την βέλτιστη δυνατή αεροδυναμική ενώ ταυτόχρονα θα εξομαλύνονται τυχόν κραδασμοί κατά την προσγείωση του τετρακόπτερου καθώς αυτές θα αποτελούν ουσιαστικά τις βάσεις του drone.



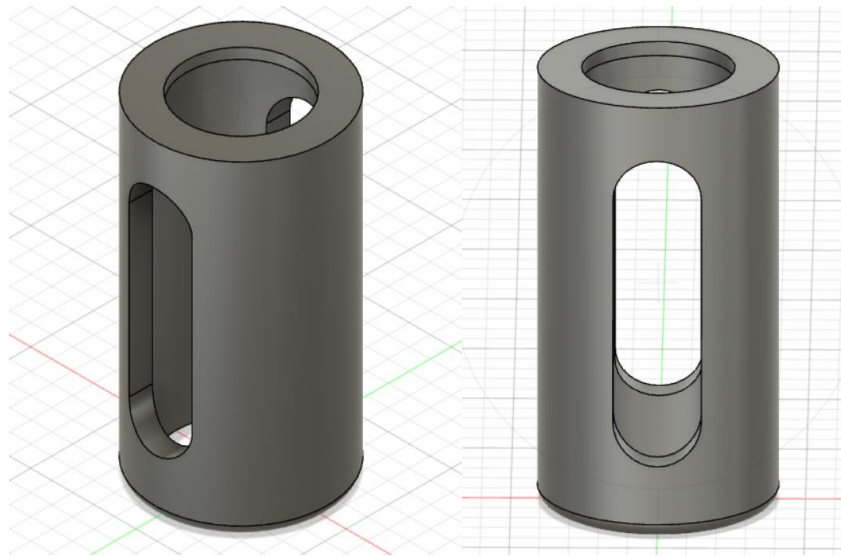
Με σκοπό την διατήρηση του βάρους στο ελάχιστο δυνατό σχεδιάζουμε δυο ωοειδής σπές αντιδιαμετρικά των κυκλικών θαλάμων με τον τρόπο αυτόν πετυχαίνουμε επίσης και την θερμική αποσυμφόρηση των κινητήρων καθώς σε πλήρη λειτουργία είναι αρκετά σύνηθες φαινόμενο η αύξηση της θερμοκρασίας τους εξαιτίας της συνεχούς λειτουργίας.



Όπως παρατηρούμε στο παρακάτω σχήμα το συνολικό μήκος των οπών ανέρχεται στα 10 χιλιοστά ενώ το πάχος τους ανέρχεται στα 3 χιλιοστά και τοποθετούνται στο κέντρο των κυκλικών θαλάμων.

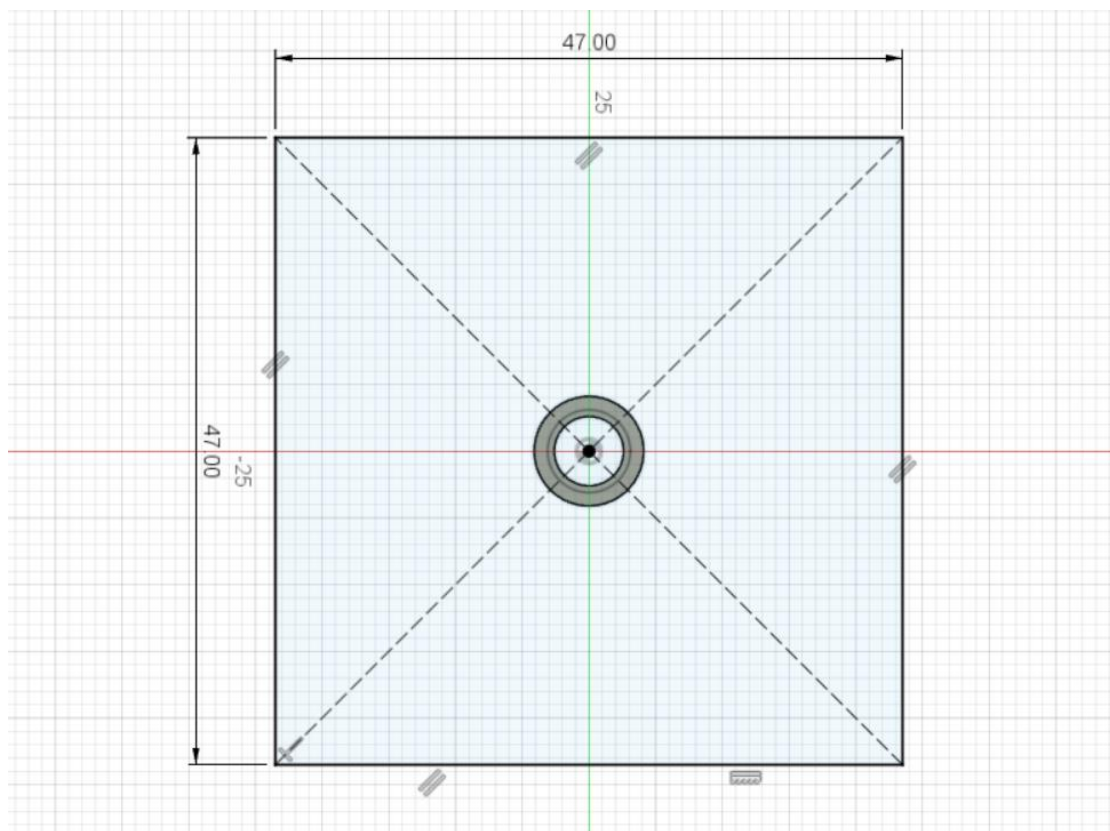


Χρησιμοποιώντας το εργαλείο extrude τοποθετούμε τις οπές στο κέντρο των κυκλικών θαλάμων.

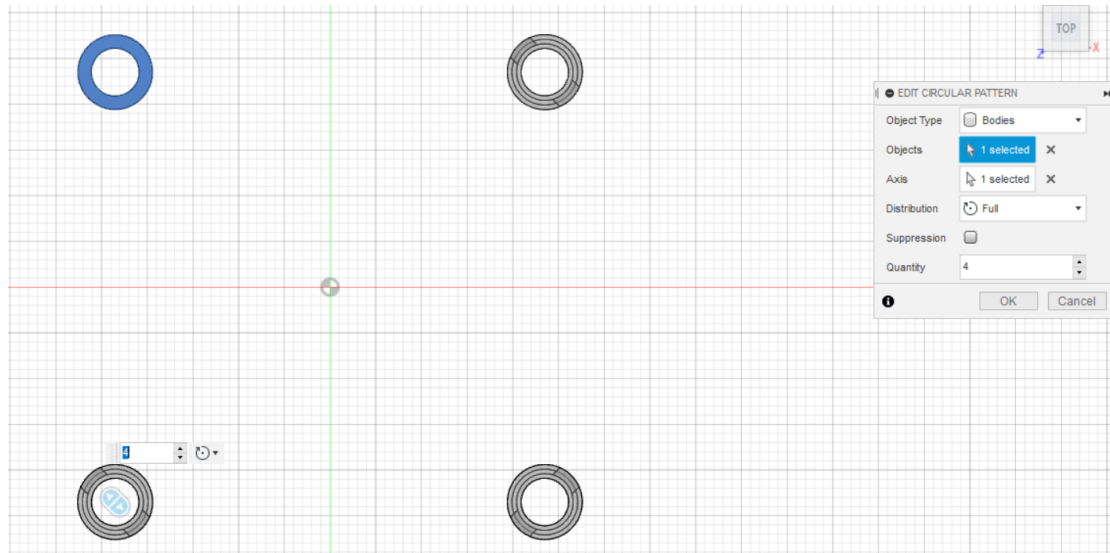


2.3 Σχεδιασμός βάσης τετρακόπτερου

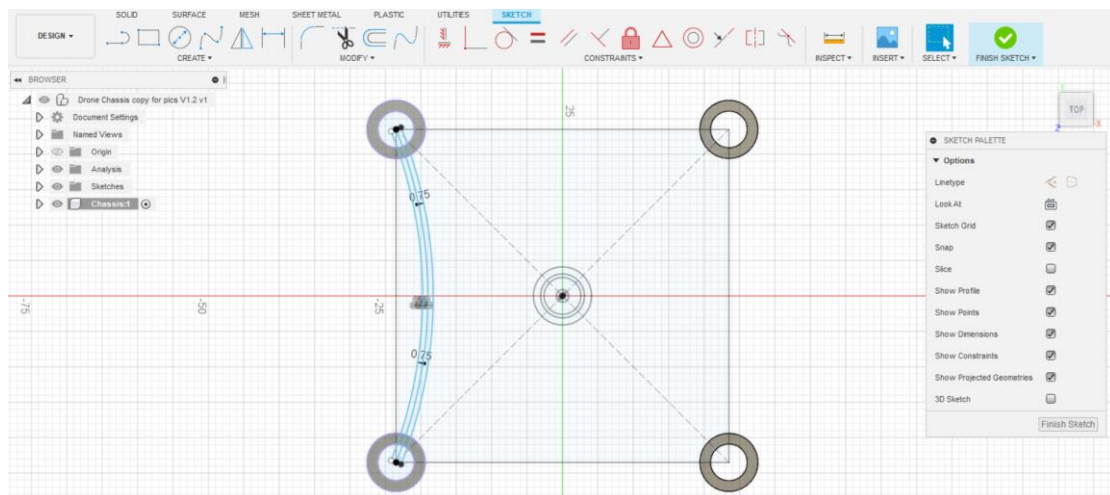
Επανερχόμαστε ξανά στο sketch Και σχεδιάζουμε ένα τετράγωνο με διαστάσεις 47mm οι γωνίες του οποίου θα αποτελούν τα κέντρα των τεσσάρων κεντρικών θαλάμων.



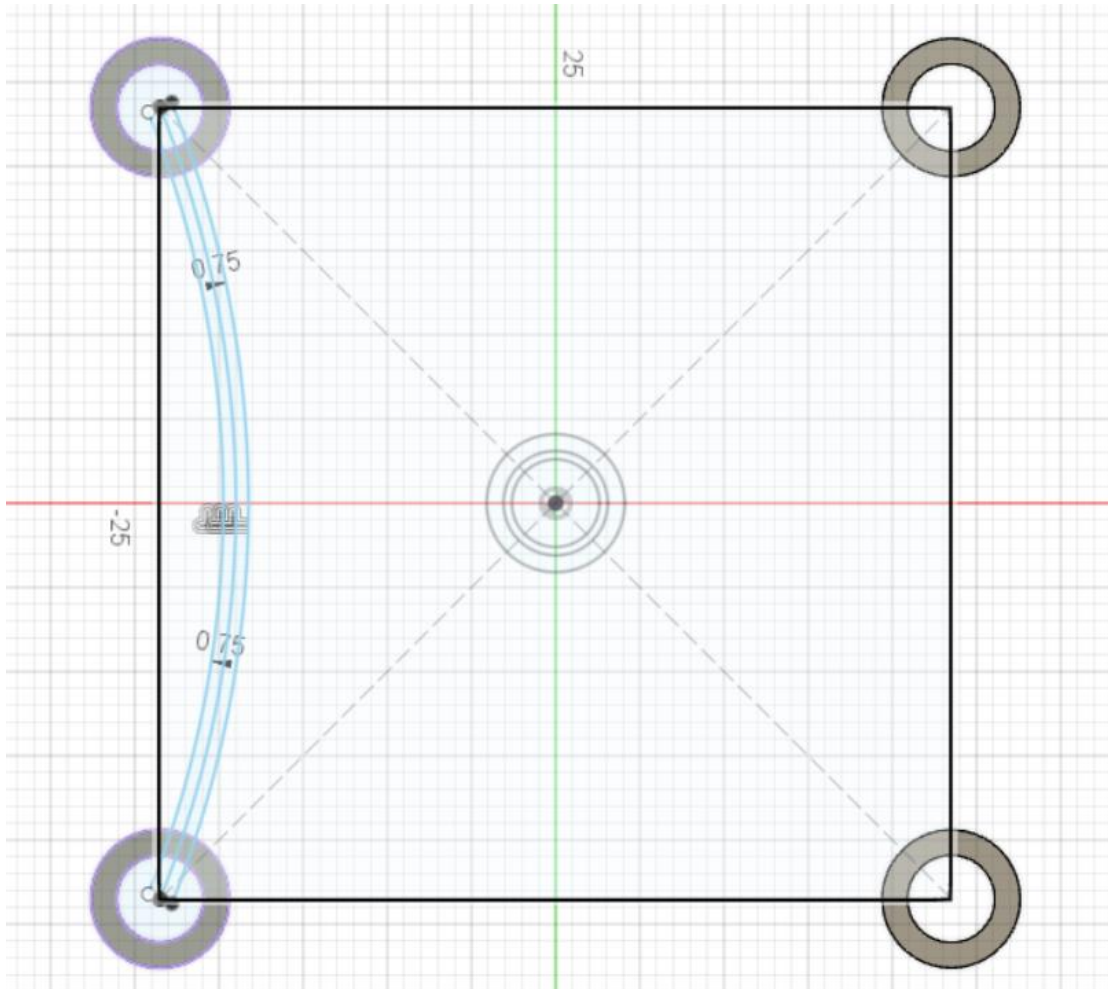
Χρησιμοποιώντας το εργαλείο Mirror δημιουργούμε τέσσερα πιστά αντίγραφα του αρχικού κυκλικού θαλάμου τα οποία τοποθετούμε στα άκρα του τετραγώνου που δημιουργήσαμε στο προηγούμενο βήμα δημιουργώντας ουσιαστικά την βάση του τετρακόπτερου.



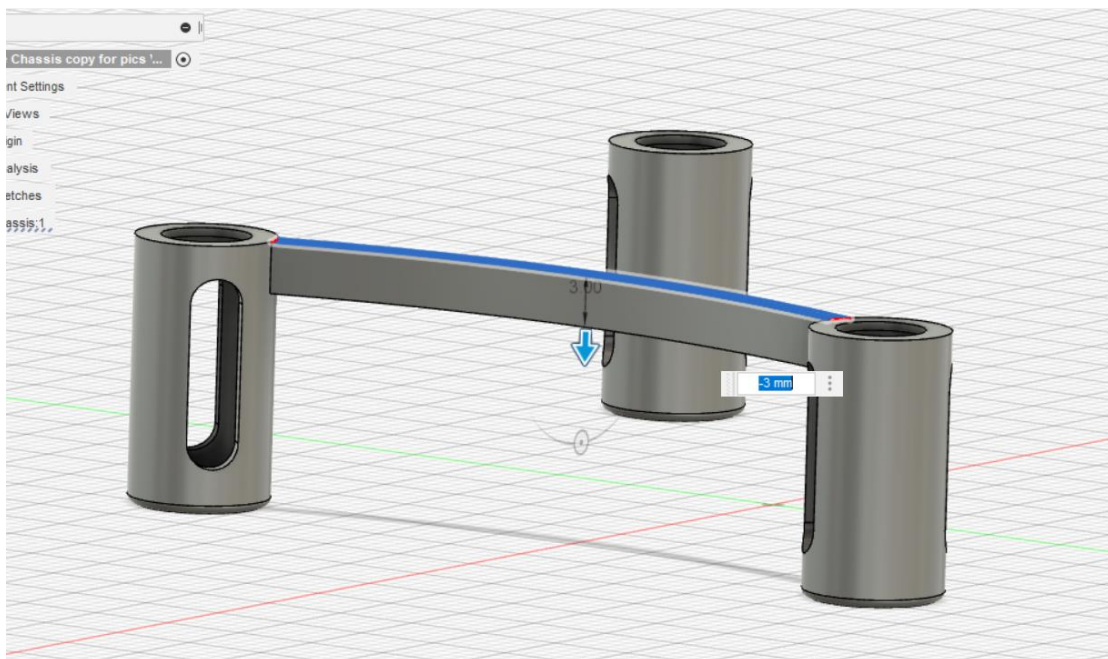
Συνεχίζοντας ανοίγουμε το sketch και σχεδιάζουμε δύο καμπυλωτές ακτίνες οι οποίες ενώνουν τους δύο κυκλικούς θαλάμους ξεκινώντας έτσι να σχεδιάζουμε το κύριο σώμα του drone.



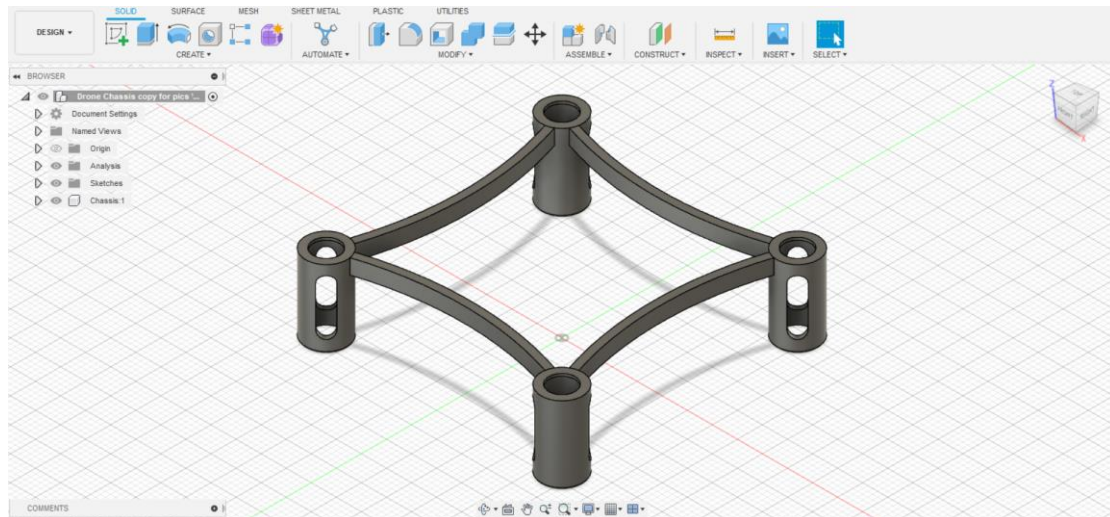
Οι ακτίνες είναι καμπυλωτές έτσι ώστε να επιτευχθεί μία επιθυμητή ελαστικότητα σε περίπτωση κραδασμών. Το συνολικό τους μήκος ανέρχεται στα 44 χιλιοστά ενώ το πάχος τους στο 1,5 χιλιοστό.



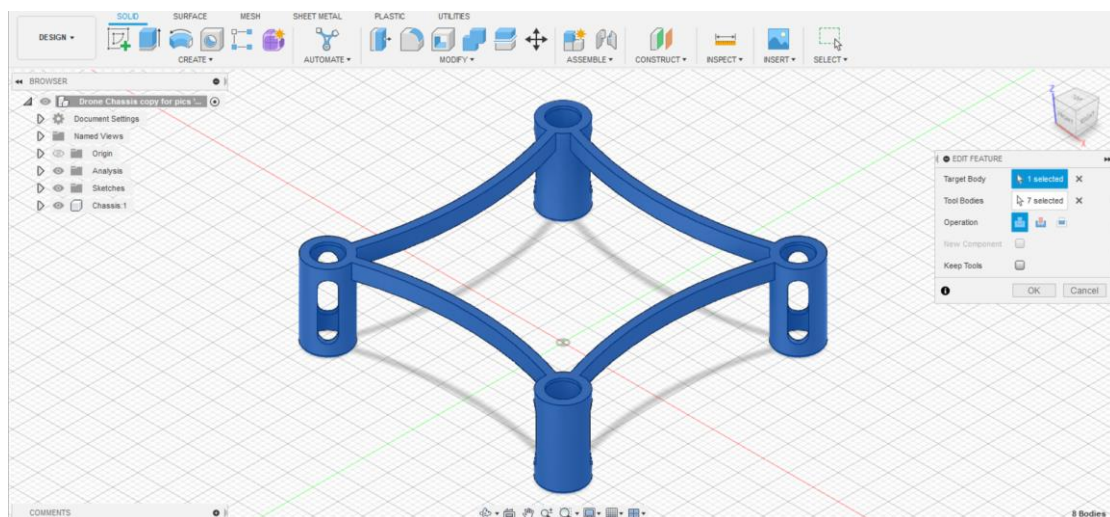
Στη συνέχεια ομοίως με το εργαλείο extrude επεκτείνουμε την ακτίνα κατά τρία χιλιοστά.



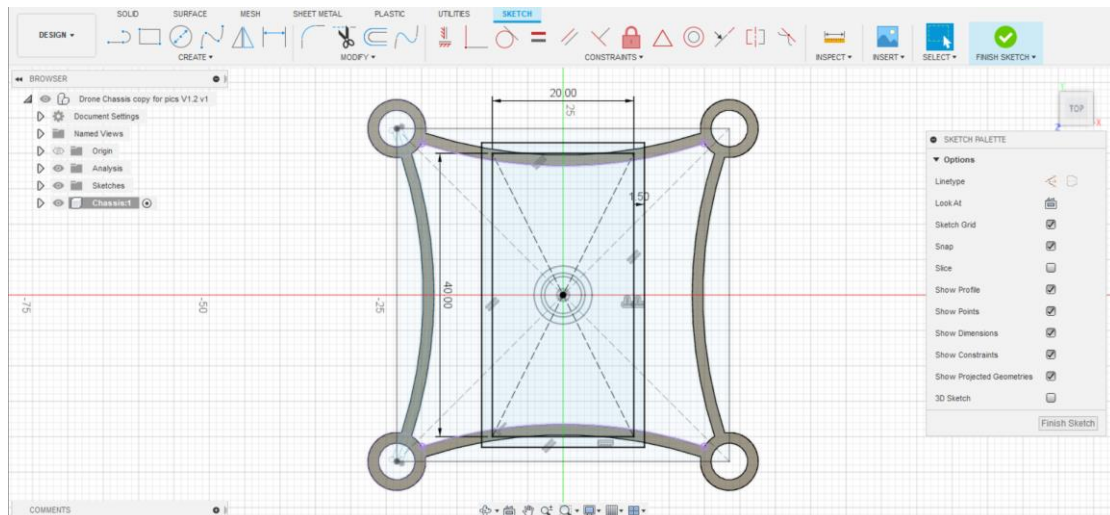
Επιπλέον χρησιμοποιώντας το εργαλείο Mirror δημιουργούμε συνολικά τέσσερις όμοιες ακτίνες τις οποίες τοποθετούμε στα ύψη των κυκλικών θαλάμων δημιουργώντας έτσι ένα συμπαγές σώμα.



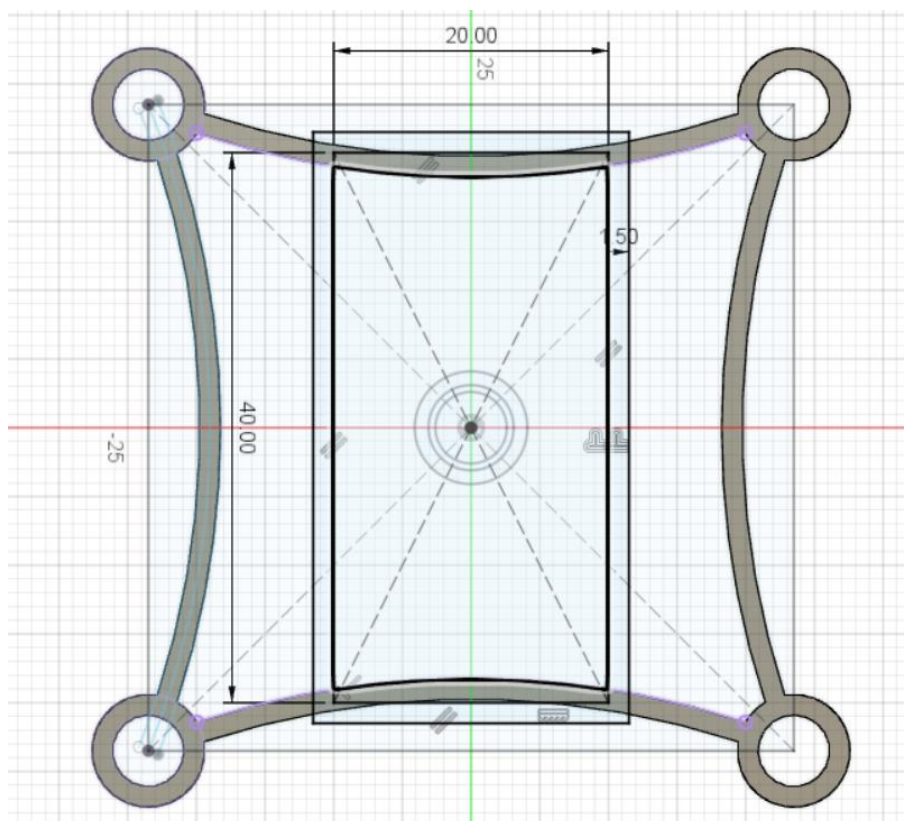
Στη συνέχεια φροντίζουμε να ενοποιήσουμε όλα τα κομμάτια μας δημιουργώντας έτσι μία συμπαγής κατασκευή ώστε να μπορούμε να την διαχειριζόμαστε σαν σύνολο.



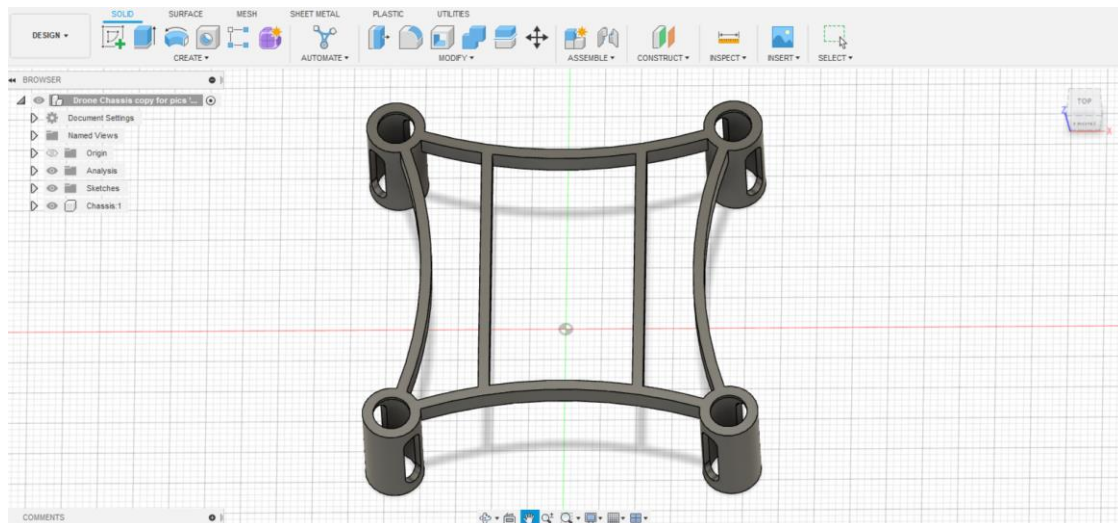
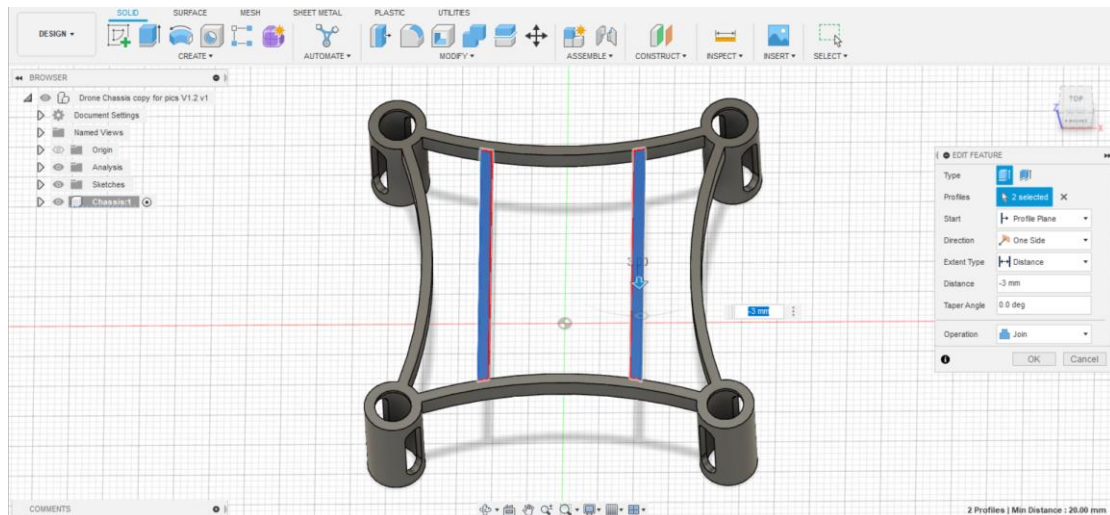
Συνεχίζοντας επιστρέφουμε στο σχεδιασμό και δημιουργούμε ένα ορθογώνιο στο κέντρο του βασικού σώματός του τετρακόπτερου με σκοπό να δημιουργήσουμε μία πιο συμπαγή κι ανθεκτική βάση ώστε να επιτύχουμε έτσι την επιθυμητή αξιοπιστία.



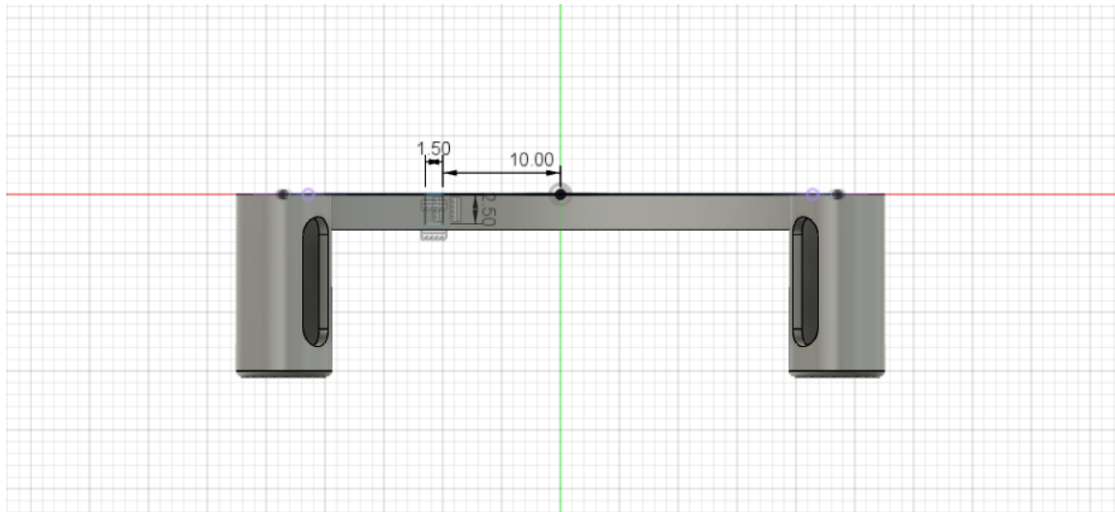
Όπως παρατηρούμε από το σχήμα παρακάτω το ορθογώνιο έχει μήκος 40 χιλιοστών και πλάτος 20 χιλιοστών ενώ το πάχος του ανέρχεται στο 1,5 χιλιοστό



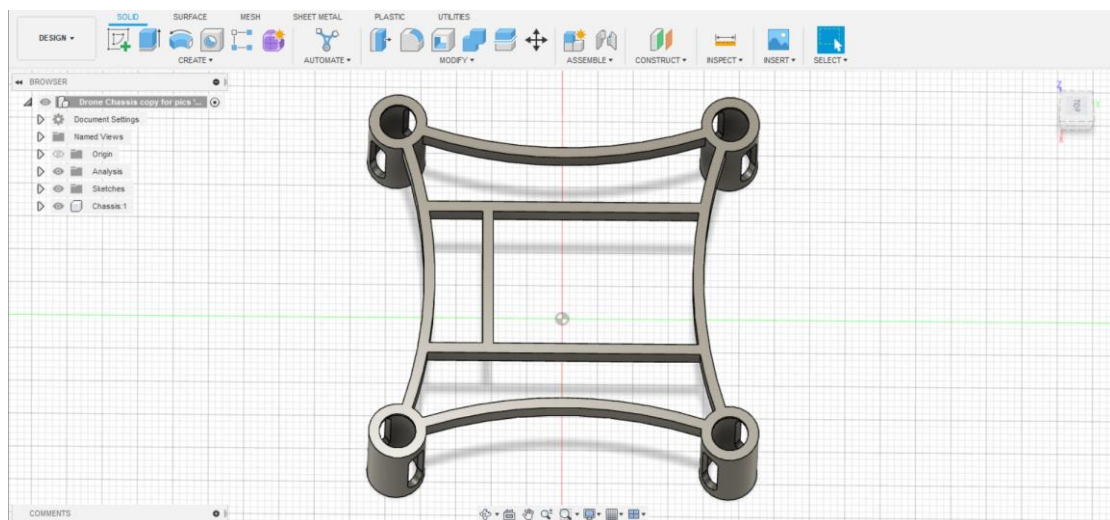
Χρησιμοποιώντας το εργαλείο extrude επεκτείνουμε το πάχος του παραλληλόγραμμου κατά τρία χιλιοστά, κατά τη διαδικασία αυτή θα πρέπει να έχουμε ενεργοποιημένη την εντολή Join έτσι ώστε τα μέρη που δημιουργούμε να ενώνονται με το βασικό μας σώμα και να λειτουργούν ως ένα αντικείμενο .



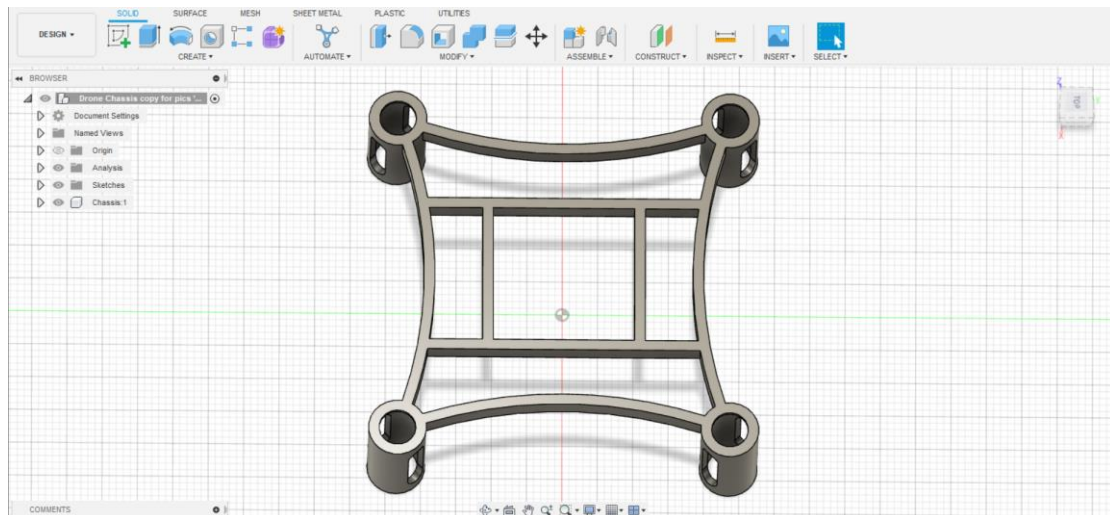
Επιπλέον θέλοντας να ενισχύσουμε ακόμα περισσότερο την αντοχή της βάσης μας δημιουργούμε ένα παραλληλόγραμμο το οποίο θα ενώνει τις δύο πλευρές του προηγούμενου. Το οποίο θα έχει πλάτος 1,5 χιλιοστό και μήκος 2,5 χιλιοστά.



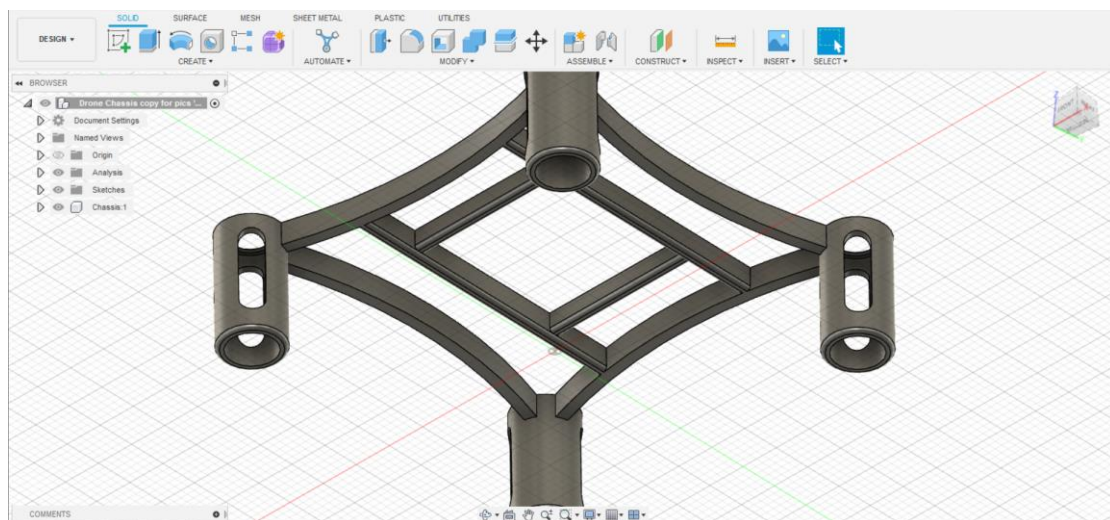
Με την χρήση του εργαλείου extrude τοποθετούμε το παραλληλόγραμμα ώστε να εφάπτεται στις πλευρές του προϋπάρχον.



Ενώ με τη χρήση του εργαλείου Mirror δημιουργούμε ένα όμοιο το οποίο τοποθετούμε στην ακριβώς αντίθετη κατεύθυνση.



Με την χρήση του εργαλείου Fillet λειαίνουμε τις βάσεις των παραλληλογράμμων που δημιουργήσαμε με στόχο την βέλτιστη δυνατή αεροδυναμική και την αύξηση αντοχής σε κραδασμούς.

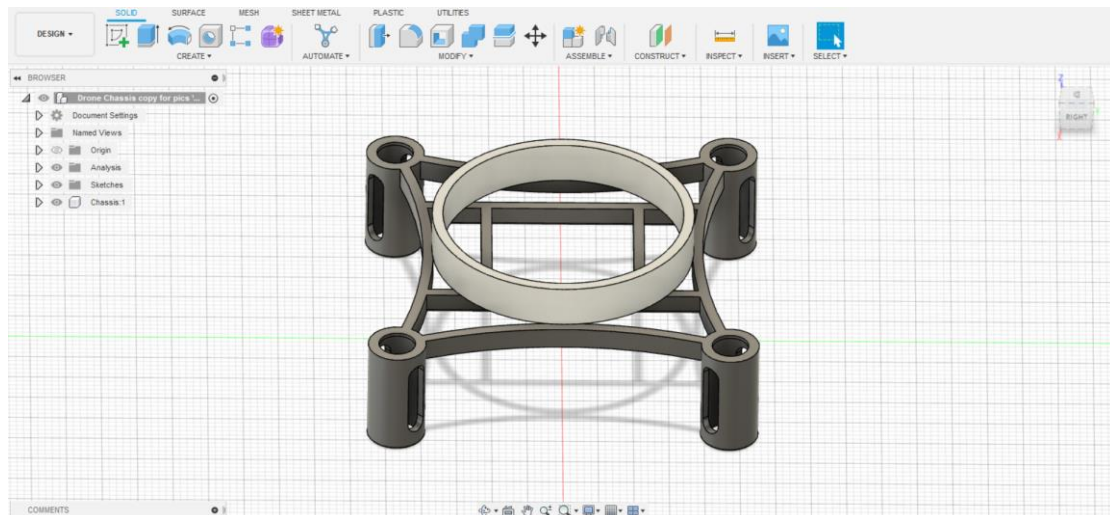


2.4 Σχεδιασμός κυκλικών καλυμμάτων

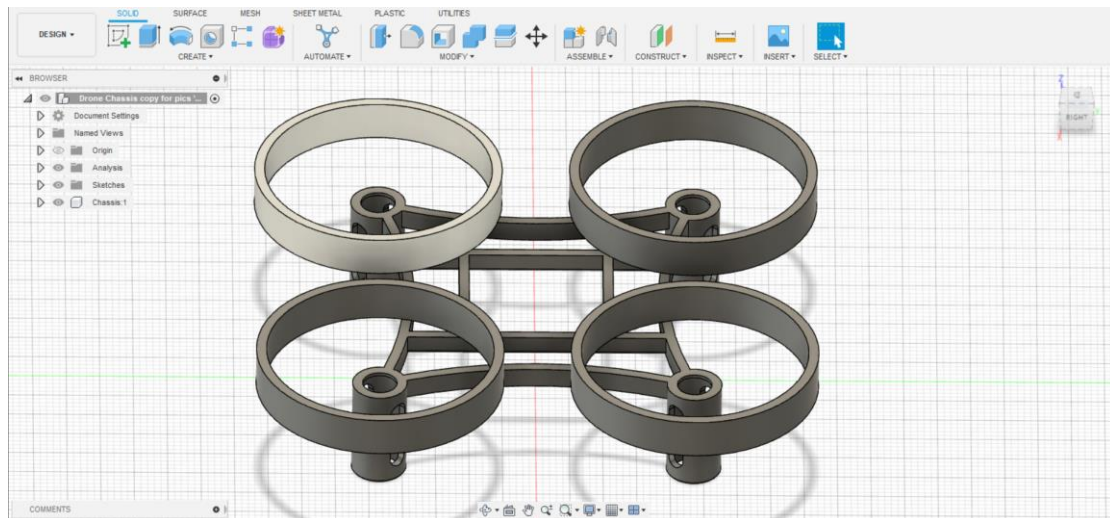
Στη συνέχεια σχεδιάσουμε ένα κύκλο ύψους 6 χιλιοστών συνολικής διαμέτρου 32 χιλιοστών και πάχους 1,5 χιλιοστού, ο οποίος θα αποτελεί ουσιαστικά την βάση για τους έλικες του τετρακόπτερου προσφέροντας παράλληλα περιμετρική προστασία.



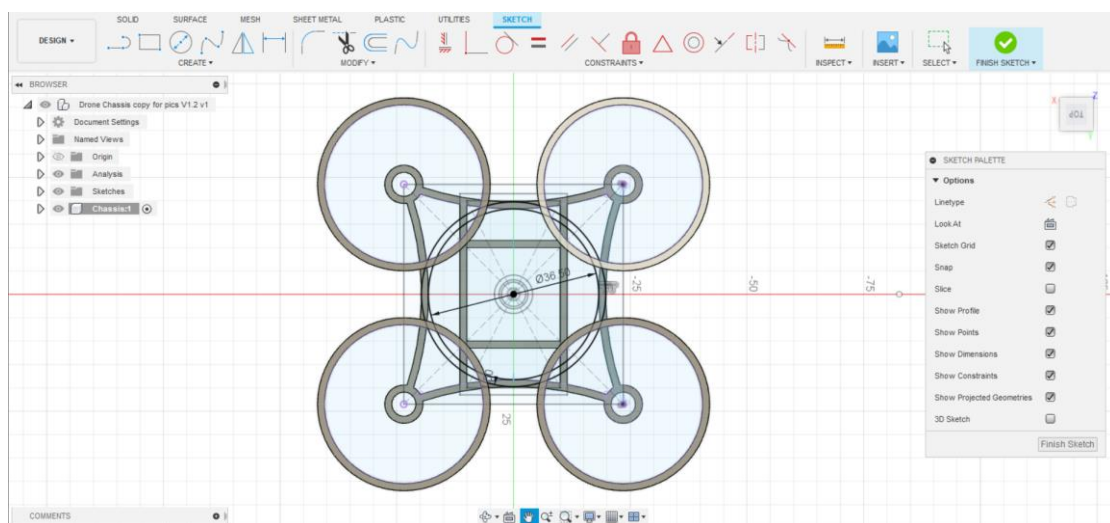
Ομοίως με τη χρήση του εργαλείου Extrude δημιουργούμε το κυκλικό κάλυμμα.



Επιπλέον με τη χρήση του εργαλείου Mirror δημιουργούμε συνολικά τέσσερα όμοια κυκλικά καλύμματα και τα τοποθετούμε στα κέντρα των κυκλικών θαλάμων



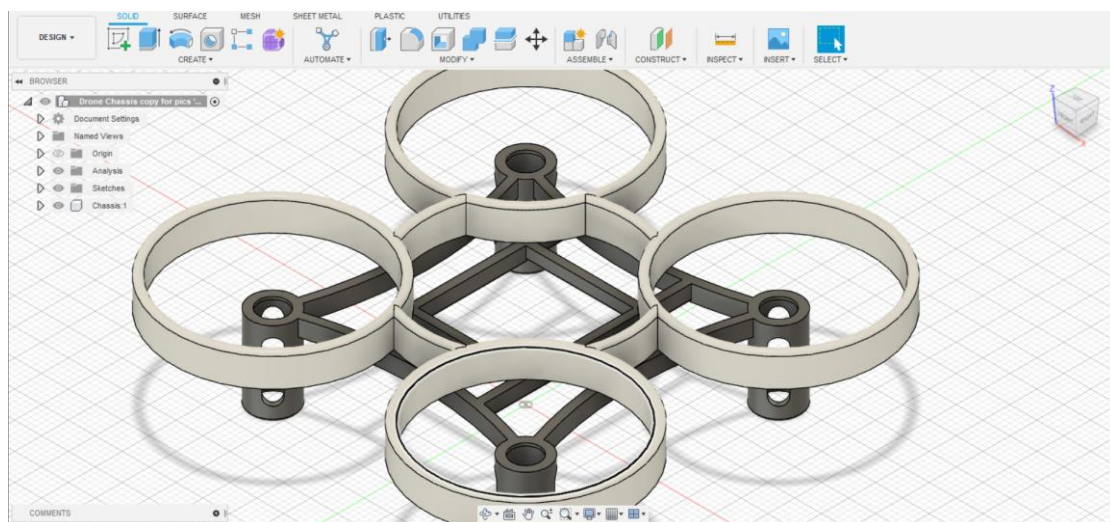
Παράλληλα σχεδιάζουμε ένα κυκλικό σώμα στο κέντρο της βάσης μας το οποίο έχει διάμετρο 36,5 χιλιοστά και συνολικό πάχος 1,5 χιλιοστό. Σκοπός του κυκλικού σώματος είναι να ενώσει τα τέσσερα επί μέρους κυκλικά καλύμματα των υλικών μεταξύ τους αλλά και με το υπόλοιπο σώμα προσφέροντας έτσι στην αντοχή του συνόλου.



Με τη χρήση του εργαλείου extrude επεκτείνουμε το κύκλωμα σώμα και φροντίζουμε με την εντολή Join να κρατήσουμε μόνο τα ωφέλιμα μέρη τα οποία και εντάσσουμε στο βασικό μας σώμα.

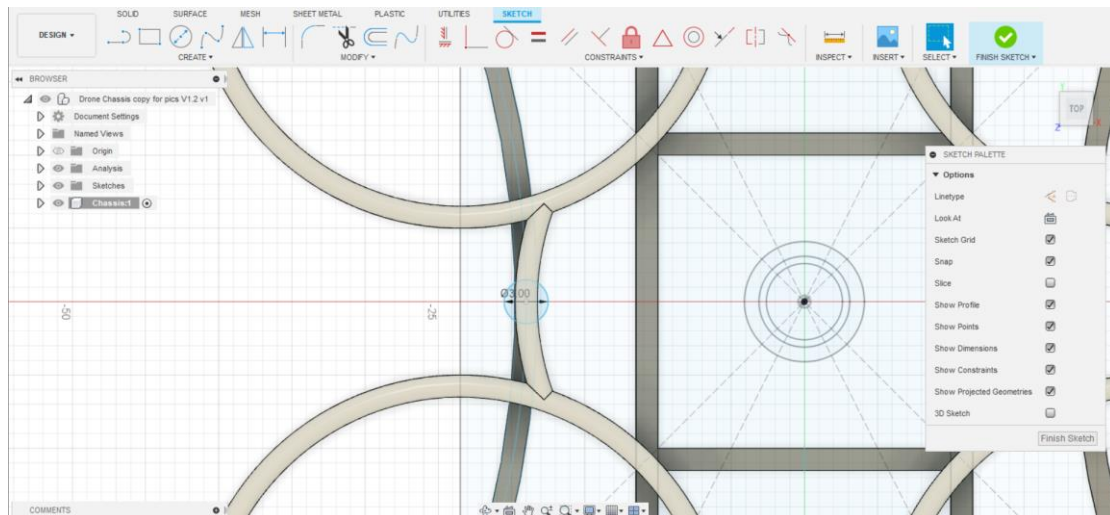


Συνεχίζοντας χρησιμοποιούμε την εντολή Fillet και λειαίνουμε όλο το πάνω μέρος του τετρακόπτερου προσφέροντας έτσι στην αεροδυναμική.

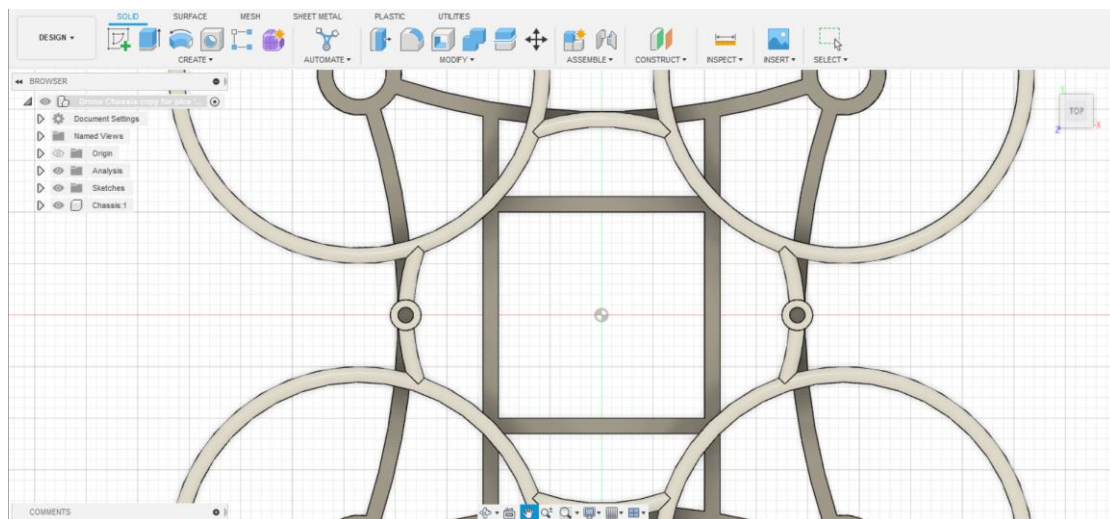


2.5 Σχεδιασμός οπών

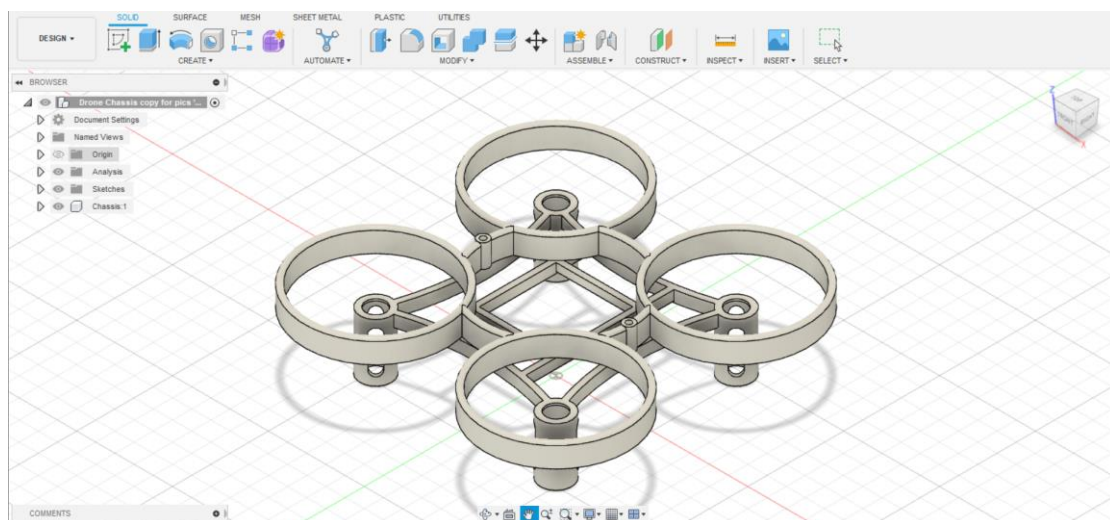
Επιστρέφοντας στο σχεδιασμό, σχεδιάζουμε στα άκρα του κυκλικού σώματος δύο κυκλικές οπές στις οποίες μελλοντικά θα στηριχθεί η οποιαδήποτε μονάδα επεξεργασίας με σκοπό την αυτοματοποίηση του τετρακόπτερου. Οι βάσεις στήριξης έχουν συνολική διάμετρο 3 χιλιοστά.



Ενώ με την χρήση του εργαλείου Mirror δημιουργούμε μια όμοια βάση στήριξης αντιδιαμετρικά της ήδη υπάρχουσας.



Τέλος φροντίζουμε να ενοποιήσουμε τα επιμέρους κομμάτια με το κοινό μας σώμα έτσι ώστε να τα διαχειριζόμαστε σαν ένα.



Κεφάλαιο 3 Υλικό κατασκευής

3.1 Επιλογή Υλικού Κατασκευής

Στο σημείο αυτό έχοντας έτοιμο το μοντέλο μας θα πρέπει να επιλέξουμε το υλικό κατασκευής του. Το κριτήριο επιλογής του θα πρέπει να βασίζεται αυστηρά στις προδιαγραφές που έχουμε θέσει δηλαδή θα πρέπει να είναι ένα υλικό συμβατό με τους περισσότερους 3D εκτυπωτές ταυτόχρονα να είναι φτηνό και να παρέχει ανθεκτικότητα αλλά και ελαστικότητα προσφέροντας έτσι αντοχή και αξιοπιστία στο τελικό μας μοντέλο. Η καλύτερη επιλογή που μπορούμε να κάνουμε είναι το ABS plastic τα αρχικά του οποίου σημαίνουν Acrylonitrile Butadiene Styrene ή αλλιώς Ακρυλονιτρίλιο Βουταδιένιο Στυρένιο (ABS).

3.2 Ιδιότητες του ABS Plastic

Το ABS είναι ένα αδιαφανές θερμοπλαστικό και άμορφο πολυμερές. Ο όρος "θερμοπλαστικό" σε αντίθεση με τον όρο "θερμοσκληρυνόμενο" αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο το υλικό ανταποκρίνεται στη θερμότητα.

Τα θερμοπλαστικά γίνονται υγρά, δηλαδή έχουν "υαλώδη μετάβαση" σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία 105 βαθμούς Κελσίου στην περίπτωση του πλαστικού μας. Μπορούν να θερμανθούν μέχρι το σημείο τήξης τους, να ψυχθούν και να ξαναζεσταθούν χωρίς σημαντική υποβάθμιση. Αντί να καίγονται, τα θερμοπλαστικά όπως το ABS υγροποιούνται, γεγονός που τους επιτρέπει να χυτεύονται εύκολα με έγχυση και στη συνέχεια να ανακυκλώνονται.

Αντίθετα, τα θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά μπορούν να θερμανθούν μόνο μία φορά συνήθως κατά τη διαδικασία χύτευσης με έγχυση. Η πρώτη θέρμανση προκαλεί τη σκλήρυνση των θερμοσκληρυνόμενων υλικών παρόμοια με ένα εποξειδικό υλικό 2 συστατικών, με αποτέλεσμα μια χημική αλλαγή που δεν μπορεί να αντιστραφεί. Εάν προσπαθήσουμε να θερμάνουμε ένα θερμοσκληρυνόμενο πλαστικό σε υψηλή θερμοκρασία για δεύτερη φορά, απλώς θα καεί. Αυτό το χαρακτηριστικό καθιστά τα θερμοσκληρυνόμενα υλικά φτωχούς υποψήφιους για ανακύκλωση. Το ABS είναι επίσης ένα άμορφο υλικό που σημαίνει ότι δεν παρουσιάζει τα διατεταγμένα χαρακτηριστικά των κρυσταλλικών στερεών.

Επιπλέον, το ABS έχει μεγάλη αντοχή σε διαβρωτικές χημικές ουσίες και φυσικές κρούσεις. Είναι πολύ εύκολο στην κατεργασία και έχει χαμηλή θερμοκρασία τήξης, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα απλό στη χρήση σε διαδικασίες κατασκευής με χύτευση με έγχυση ή τρισδιάστατη εκτύπωση σε μηχανή FDM. Το ABS είναι επίσης αρκετά φθηνό οι τιμές, που σήμερα κυμαίνονται γύρω στα 1,50 ευρώ ανά κιλό, τυπικά βρίσκονται κάπου μεταξύ εκείνων του πολυπροπυλενίου "PP" και του πολυκαρβονικού "PC". Το πλαστικό ABS δεν χρησιμοποιείται συνήθως σε καταστάσεις υψηλής θερμότητας λόγω του χαμηλού σημείου τήξης του. Αυτά τα

χαρακτηριστικά οδηγούν στο να χρησιμοποιείται το ABS σε μεγάλο αριθμό εφαρμογών σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών.

Επιπροσθέτως το ABS κατεργάζεται εύκολα, τρίβεται, κολλάται και βάφεται. Αυτό το καθιστά ένα εξαιρετικό υλικό για την κατασκευή πρωτοτύπων, ειδικά όταν πρόκειται για συσκευασίες CR. Μπορούμε επίσης να επιτύχουμε καλά χρωματικά φινιρίσματα με το ABS καθώς μπορεί να χρωματιστεί σχετικά εύκολα, σε αντίθεση με ορισμένα άλλα πλαστικά. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται συχνά για περιβλήματα που μπορεί να έχουν διαφορετικές υφές ή γυαλιστερές επιφάνειες.

3.3 Τελική επιλογή υλικού κατασκευής

Συνοψίζοντας το ABS είναι σχετικά ακίνδυνο, καθώς δεν έχει γνωστές καρκινογόνες ουσίες και δεν υπάρχουν γνωστές δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία που σχετίζονται με την έκθεση στο ABS. Στον παρακάτω πίνακα μέσω του προγράμματος σχεδίασης μπορούμε να ελέγξουμε όλες τις ιδιότητες του πλαστικού ABS.

Material	
Density	1.06E-06 kg / mm ³
Young's Modulus	2.24 GPa
Poisson's Ratio	0.38
Yield Strength	20 MPa
Ultimate Tensile Strength	29.6 MPa
Thermal Conductivity	1.6E-04 W / (mm C)
Thermal Expansion Coefficient	8.57E-05 / C
Specific Heat	1500 J / (kg C)

Κεφάλαιο 4 Διαδικασίες προσομοίωσης

4.1 Στατική Καταπόνηση (Static Stress)

Οι στατικές αναλύσεις τάσεων είναι ένας από τους συνηθέστερους τύπους δομικών αναλύσεων με πεπερασμένα στοιχεία. Το εξάρτημα ή το συγκρότημα εξαρτημάτων υποβάλλεται σε ένα εύρος συνθηκών φόρτισης και τα αποτελέσματα των τάσεων και των παραμορφώσεων που προκύπτουν αναλύονται για να προσδιοριστεί η πιθανότητα αστοχίας του σχεδιασμού.

Οι γραμμικές στατικές αναλύσεις τάσεων υποθέτουν ότι:

- Η δομή επιστρέφει στην αρχική της μορφή
- Δεν υπάρχουν αλλαγές στη διεύθυνση ή το μέγεθος της φόρτισης
- Οι ιδιότητες των υλικών δεν αλλάζουν
- Η παραμόρφωση και η αλλοίωση είναι μικρές

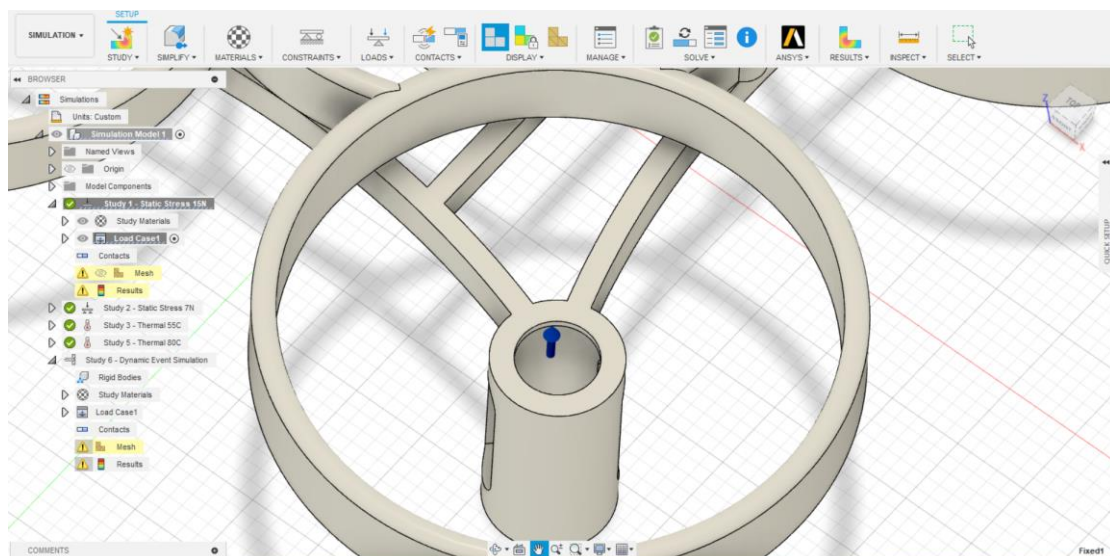
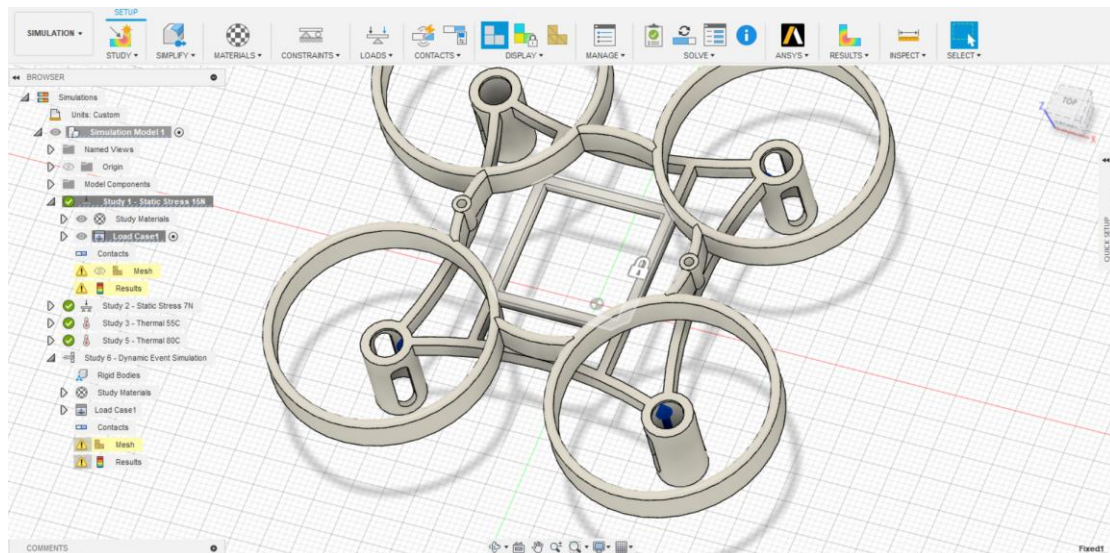
Παραδοχές για γραμμική στατική ανάλυση τάσεων

Οι ακόλουθες συνθήκες πρέπει να ισχύουν για να είναι έγκυρη η ανάλυση στατικής τάσης:

- 1) Η φόρτιση προκαλεί μόνο μικρές παραμορφώσεις ή περιστροφές. Με τον όρο μικρές εννοούμε ότι ικανοποιούνται οι ακόλουθες επιμέρους συνθήκες:
 - Η παραμόρφωση δεν έχει σημαντική επίδραση στην κατεύθυνση της φόρτισης, στο μέγεθος της φόρτισης ή στις επιφάνειες στις οποίες εφαρμόζονται φορτία.
 - Η παραμόρφωση δεν μεταβάλλει τις οριακές συνθήκες που περιορίζονται τα μέρη.
- 2) Τα υλικά συμπεριφέρονται γραμμικά και παραμένουν εντός της ελαστικής περιοχής της καμπύλης τάσης-παραμόρφωσης του υλικού. Με άλλα λόγια, η δυσκαμψία και η αντοχή του υλικού δεν μεταβάλλονται.
- 3) Οι δυναμικές επιδράσεις από τις συνθήκες φόρτισης δεν είναι σημαντικές. Η στατική ανάλυση τάσεων δεν λαμβάνει υπόψη τις αδρανειακές επιδράσεις. Ωστόσο, η μάζα του μοντέλου χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό ορισμένων στατικών φορτίων, όπως η βαρύτητα και οι δυνάμεις περιστροφής.

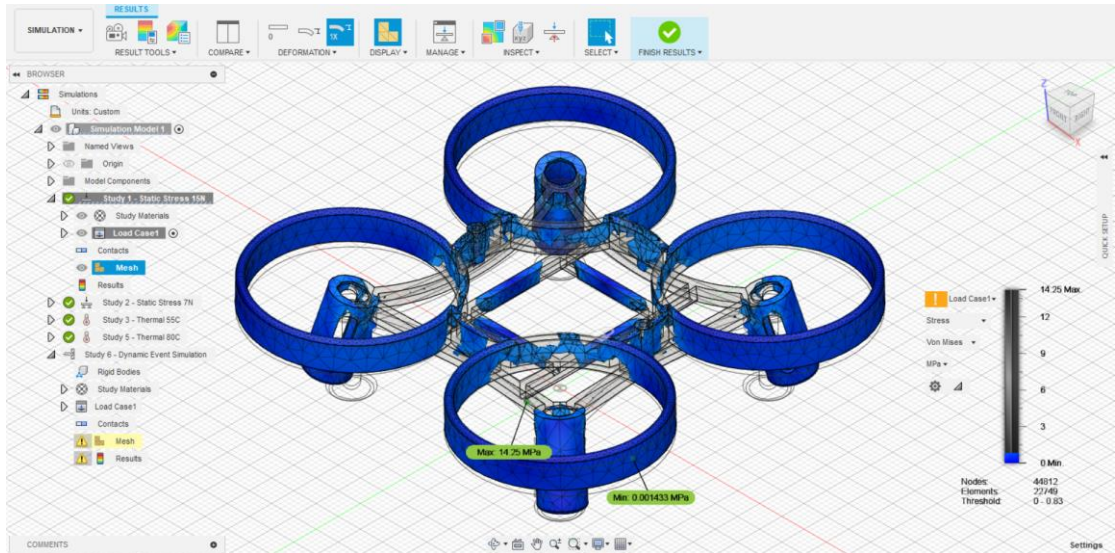
4.2 Εξομοίωση στατικής καταπόνησης

Στην πρώτη μας προσομοίωση στατικής καταπόνησης θα εξετάσουμε δύο περιπτώσεις. Αρχικά ξεκινάμε θέτοντας τις δυνάμεις και τις σταθερές μας. Επιπλέον θέτουμε ένα fixed point το οποίο αν θέλετε είναι ένα κλειδωμένο σημείο και στην περίπτωση μας είναι κεντρική μας βάση καθώς αυτή θα φέρει αντίσταση κατά την ανύψωση του τετρακόπτερου, παράλληλα θέτουμε τέσσερις δυνάμεις κάθετους στους κυκλικούς θαλάμους προσομοιώνοντας έτσι την ανυψωτική Τάση στην περίπτωση που είχαμε λειτουργικούς κινητήρες. Στο πρώτο σενάριο οι δυνάμεις αυτές είναι ίσες με 7 Newton ενώ στο δεύτερο σενάριο οι δυνάμεις είναι ίσες με 15 Newton.

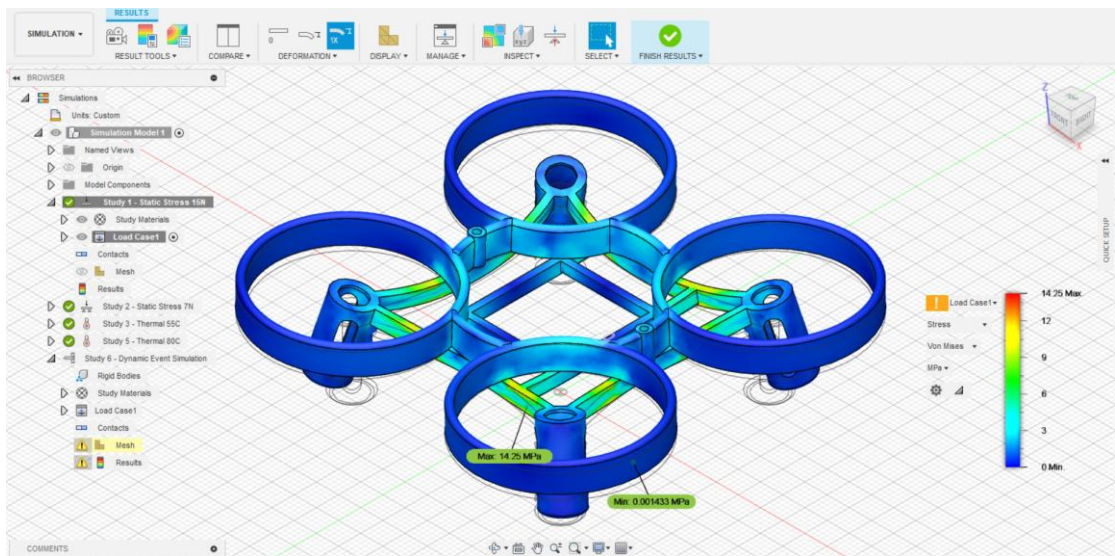


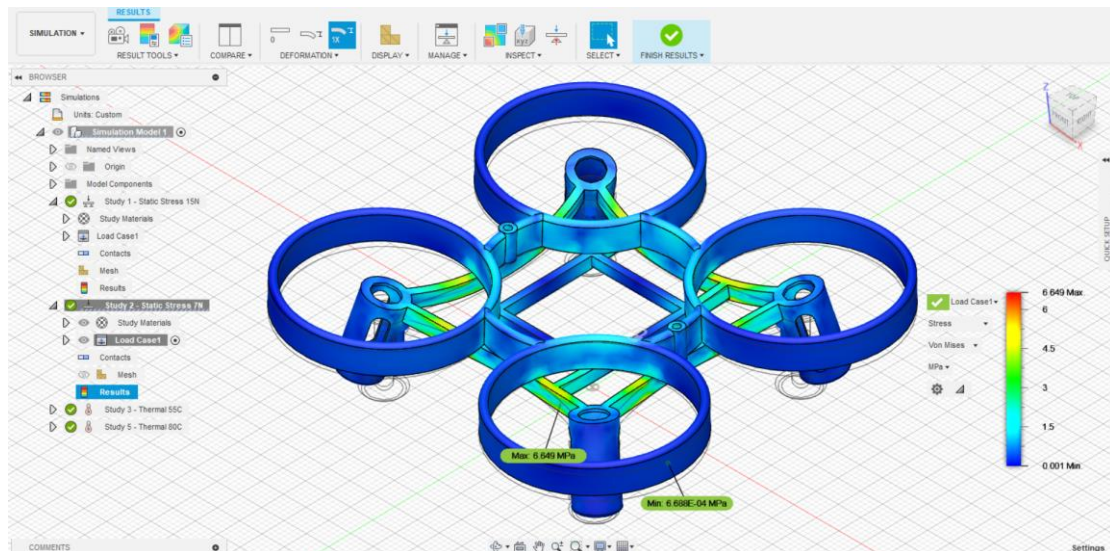
4.3 Συμπεράσματα προσομοίωσης στατικής καταπόνησης

Αυτό που παρατηρούμε λοιπόν κατά την διάρκεια της προσομοίωσης είναι ότι το τετρακόπτερο αρχικά δέχεται δυνάμεις παραμόρφωσης στους κυκλικούς θαλάμους και κυρίως στο πάνω μέρος των κυκλικών καλυμμάτων των ελίκων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση του κυρίου σώματος καθώς τόσο οι κυκλικοί θάλαμοι όσο και τα καλύμματα παραμορφώνονται και καμπυλώνουν προς τα πάνω.



Παρατηρούμε επίσης ότι στην δεύτερη περίπτωση όπου οι δυνάμεις ισούται με 15 Newton το σώμα δέχεται το μέγιστο 14.25 MPa ενώ στην πρώτη περίπτωση όπου οι δυνάμεις ισούται με 7 Newton το σώμα δέχεται το μέγιστο 6,64 MPa.

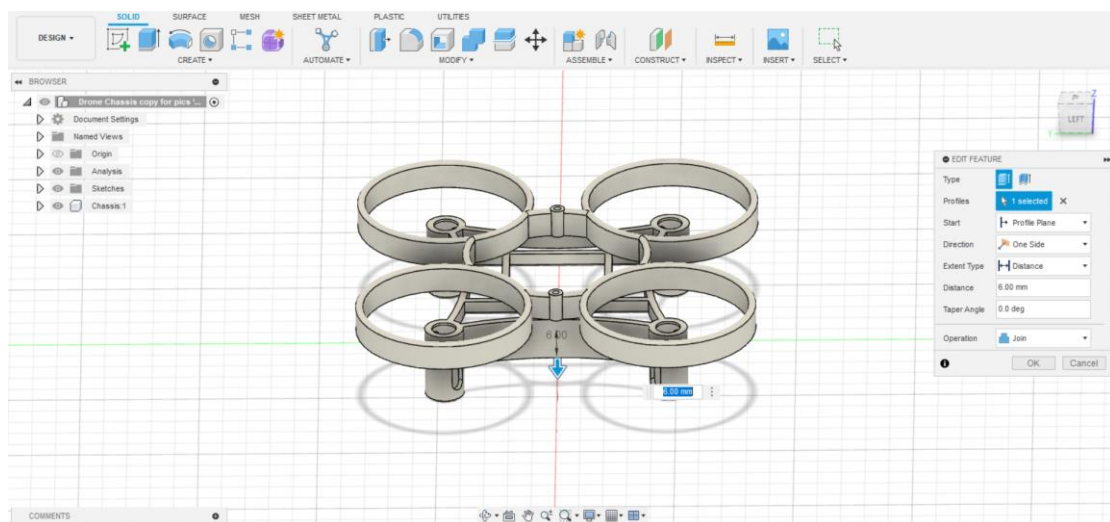




Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι πρέπει να επιστρέψουμε στο σχεδιασμό και να ενισχύσουμε τις βάσεις των κυκλικών θαλάμων ώστε να αποφύγουμε περαιτέρω παραμορφώσεις.

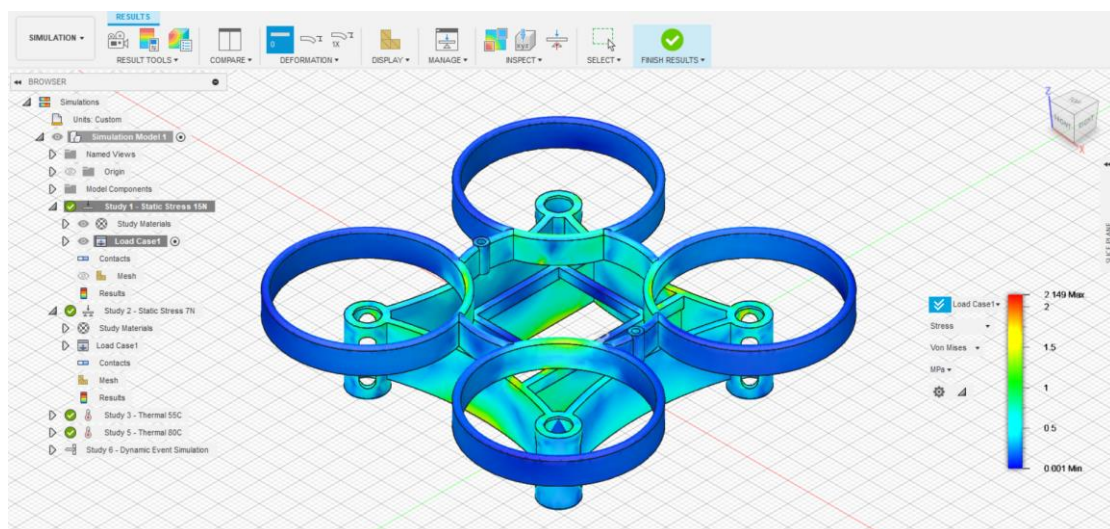
4.4 Διόρθωση σχεδίου

Επεκτείνουμε λοιπόν τις εξωτερικές βάσεις που συγκρατούν τους κυκλικούς θαλάμους κατά 6 χιλιοστά





Επιστρέφοντας εκ νέου στις προσομοιώσεις εκτελούμε ομοίως και τις δύο για να εξετάσουμε αν οι αλλαγές μας επέφεραν κάποιο αποτέλεσμα.



Πράγματι εφόσον εκτελέσουμε τις προσομοιώσεις μετά τις αλλαγές που επιφέρουμε στο μοντέλο διαπιστώνουμε ότι τόσο στην πρώτη περίπτωση των 15 Newton όσο και στην δεύτερη περίπτωση των 7 Newton το μοντέλο μας είναι σε θέση να ανταπεξέλθει στην καταπόνηση και να διατηρήσει το αρχικό του σχήμα χωρίς αλλοιώσεις.

4.5 Θερμική Ανάλυση (Thermal Analysis)

Η θερμική ανάλυση υπολογίζει την αγωγή ενέργειας σε όλη τη γεωμετρία του μοντέλου.

Μέθοδος μεταφοράς θερμότητας της θερμικής ανάλυσης

Η αγωγή μπορεί να οριστεί μαθηματικά ως εξής:

$$Q = kA \frac{\Delta T}{L}$$

Όπου:

- Q = Ροή θερμότητας
- k = Θερμική αγωγιμότητα, η οποία εισάγεται ως σταθερή ιδιότητα του υλικού
- A = Εμβαδόν διατομής (υπολογίζεται από το λογισμικό)
- $\Delta T/L$ = Η μεταβολή της θερμοκρασίας προς την κατεύθυνση που είναι κάθετη στην περιοχή

Η αγωγιμότητα είναι η βάση για τους υπολογισμούς σε ολόκληρο το μοντέλο. Η πραγματική ισχύς μιας θερμικής ανάλυσης είναι ο ακριβής καθορισμός του τρόπου με τον οποίο επηρεάζεται το σώμα ενός μοντέλου ή μιας σχεδίαση. Οι εξωτερικές επιδράσεις και ορισμένες εσωτερικές επιδράσεις ορίζονται ως φορτία.

Τα θερμικά φορτία μπορούν να απεικονίσουν άλλους τύπους μεταφοράς θερμότητας. Η συναγωγή ή ροή θερμότητας είναι η μεταφορά ενέργειας μεταξύ ενός ρευστού και ενός στερεού (συνήθως του περιβάλλοντος αέρα). Η συναγωγή ορίζεται μαθηματικά ως εξής:

$$Q = hA(T_s - T)$$

Όπου:

- Q = Ροή θερμότητας
- h = Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή (εισάγεται χειροκίνητα και θεωρείται σταθερός)
- A = Επιφάνεια της επιλεγμένης επιφάνειας (υπολογίζεται από το λογισμικό)
- T_s = Επιφανειακή θερμοκρασία της επιλεγμένης επιφάνειας (υπολογίζεται από το λογισμικό)

- T = Θερμοκρασία περιβάλλοντος ρευστού (εισάγεται χειροκίνητα και θεωρείται σταθερή)

Για να ληφθεί σωστά υπόψη η συναγωγή γύρω από ένα μοντέλο, ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή είναι το κλειδί. Πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τον συντελεστή, από την ταχύτητα του περιβάλλοντος ρευστού μέχρι το περιβάλλον στο οποίο είναι το ρευστό. Όταν θεωρούμε ότι οι υπολογιστές χρησιμοποιούν συχνά ανεμιστήρες για ψύξη, για την αύξηση της ταχύτητας του ρευστού αυξάνεται η τιμή h . Η υψηλότερη τιμή h με τη σειρά της μειώνει τη θερμοκρασία. Οι φυσικές ιδιότητες του ρευστού αλλάζουν επίσης τον συντελεστή. Για να διατηρηθεί το ίδιο πλαίσιο αναφοράς, ορισμένοι υπολογιστές χρησιμοποιούν ψύξη με υγρό αντί για αέρα. Οι τιμές h από ένα υγρό τείνουν να είναι πιο αποτελεσματικές (υψηλότερες) από ένα αέριο.

Ένας τυπικός συντελεστής φυσικής συναγωγής στον αέρα είναι της τάξης των 5-25 $W/m^2 \cdot K$. Ποικίλα παραδείγματα μπορούν να βρεθούν στο διαδίκτυο για διαφορετικά υγρά ή συνθήκες.

Η ακτινοβολία είναι η μεταφορά ενέργειας μεταξύ του μοντέλου και του περιβάλλοντος. Η ακτινοβολία ορίζεται μαθηματικά ως εξής:

$$Q = \sigma \varepsilon A (T_s^4 - T^4)$$

Όπου:

- Q = Ροή θερμότητας
- σ = σταθερά Stefan-Boltzmann
- ε = συντελεστής εκπομπής της επιλεγμένης επιφάνειας (εισάγεται χειροκίνητα)
- A = Επιφάνεια της επιλεγμένης επιφάνειας (υπολογίζεται από το λογισμικό)
- T_s^4 = Επιφανειακή θερμοκρασία της επιλεγμένης επιφάνειας ανυψωμένη στην τέταρτη δύναμη (υπολογίζεται από το λογισμικό) θερμοκρασία περιβάλλοντος στην 4η δύναμη
- T^4 = θερμοκρασία περιβάλλοντος αυξημένη στην τέταρτη δύναμη (η T εισάγεται χειροκίνητα, το λογισμικό την υπολογίζει στην τέταρτη δύναμη)

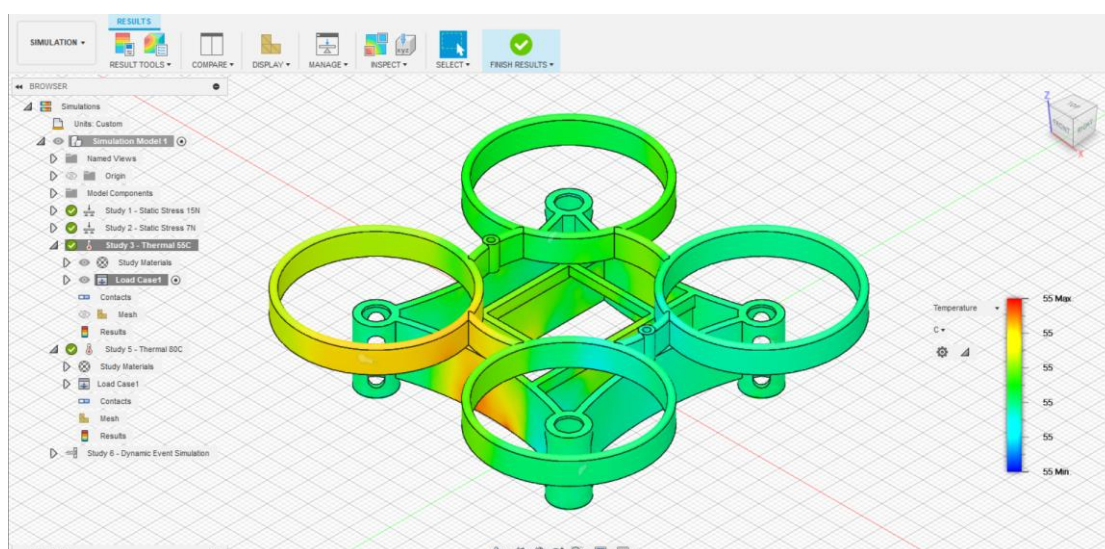
Η χρήση της ακτινοβολίας προϋποθέτει συντελεστή προβολής ίσο με 1.

Τα φορτία ακτινοβολίας λαμβάνουν υπόψη μόνο την ενέργεια που ανταλλάσσεται με το περιβάλλον, η ακτινοβολία στο μοντέλο (από μέρος σε μέρος ή από επιφάνεια σε επιφάνεια) δεν λαμβάνεται υπόψη. Η ακτινοβολία μπορεί να γίνει η κυρίαρχη μορφή μεταφοράς θερμότητας σε καταστάσεις με υψηλές μεταβολές θερμοκρασίας ή χαμηλούς ρυθμούς ροής. Παρατηρούμε ότι η εξίσωση ακτινοβολίας έχει τις τιμές της θερμοκρασίας αυξημένες στην τέταρτη δύναμη. Καθώς η θερμοκρασία

αυξάνεται, η ακτινοβολία μπορεί γρήγορα να γίνει η κυρίαρχη μορφή μεταφοράς θερμότητας. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι χαμηλές ταχύτητες, όπως αυτές της φυσικής συναγωγής, έχουν χαμηλούς συντελεστές μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή. Η ακτινοβολία μπορεί να γίνει η κυρίαρχη μορφή μεταφοράς θερμότητας σε αυτά τα σενάρια.

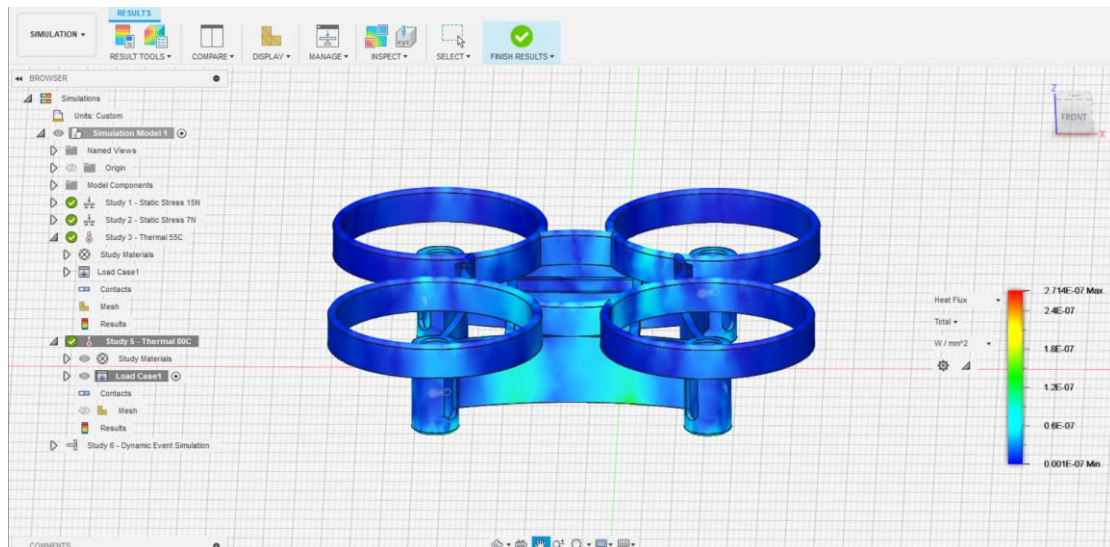
4.6 Εξομοίωση θερμικής ανάλυσης

Ξεκινώντας λοιπόν στην περίπτωση του μοντέλου μας θα εκτελέσουμε δύο προσομοιώσεις θερμικής ανάλυσης. Ομοίως με τα προηγούμενα σενάρια της στατικής καταπόνησης τα σημεία στα οποία δύναται να αναπτυχθεί η μεγαλύτερη θερμοκρασία στο τετρακόπτερο είναι οι τέσσερις κυκλικοί θάλαμοι στους οποίους θα τοποθετηθούν οι κινητήρες του. Θα εξετάσουμε δύο σενάρια λοιπόν, το πρώτο θα εξετάσει το ενδεχόμενο ανάπτυξης θερμοκρασιών έως και 55 βαθμών κελσίου στους κυκλικούς θαλάμους ενώ το δεύτερο και πιο ακραίο θα εξετάσει το ενδεχόμενο ανάπτυξης 80 βαθμών κελσίου.



4.7 Συμπεράσματα προσομοίωσης θερμικής ανάλυσης

Όπως παρατηρούμε τόσο στο πρώτο σενάριο των 55 βαθμών κελσίου όσο και στο δεύτερο των 80 βαθμών κελσίου το μοντέλο μας είναι σε θέση να διαχειριστεί τις θερμοκρασίες και να παραμείνει αναλλοίωτο.

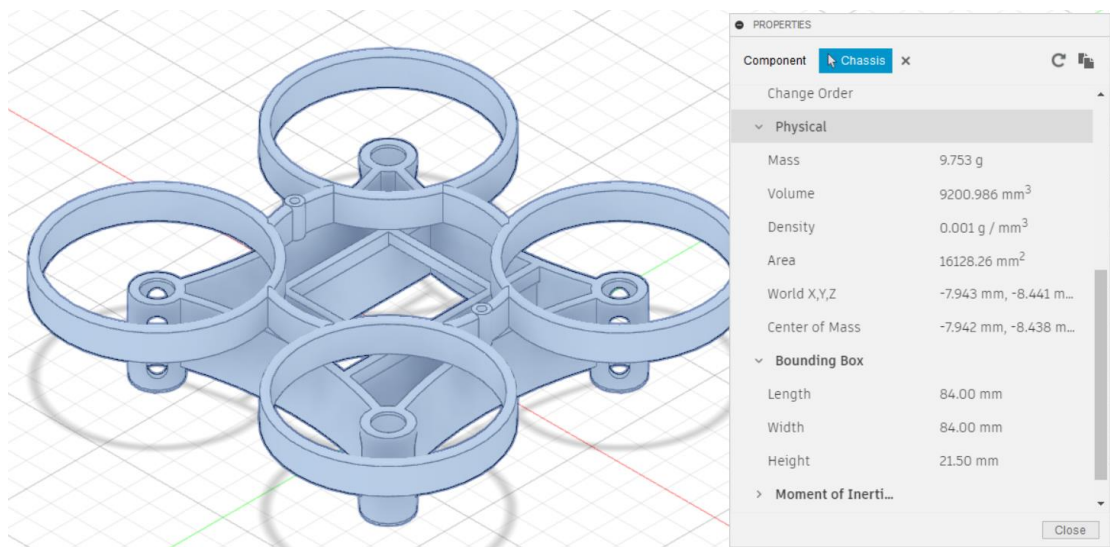


Επιπλέον στην δεύτερη και πιο ακραία περίπτωση των 80 βαθμών κελσίου αν μεταβούμε στην ταμπέλα Heat flux θα διαπιστώσουμε ότι η θερμοκρασία διαμοιράζεται στις επεκτάσεις των σημείων του σκελετού που εκτελέσαμε κατά τη στατική καταπόνηση επομένως οι αλλαγές μας άθελά μας συνέβαλαν και στον καλύτερο διαμοιρασμό θερμότητας στο μοντέλο ώστε αυτό να είναι σε θέση να διαχειριστεί υψηλότερες θερμοκρασίες.

Κεφάλαιο 5 Προηγμένα κατασκευαστικά σχέδια

5.1 Τελικές ιδιότητες μοντέλου

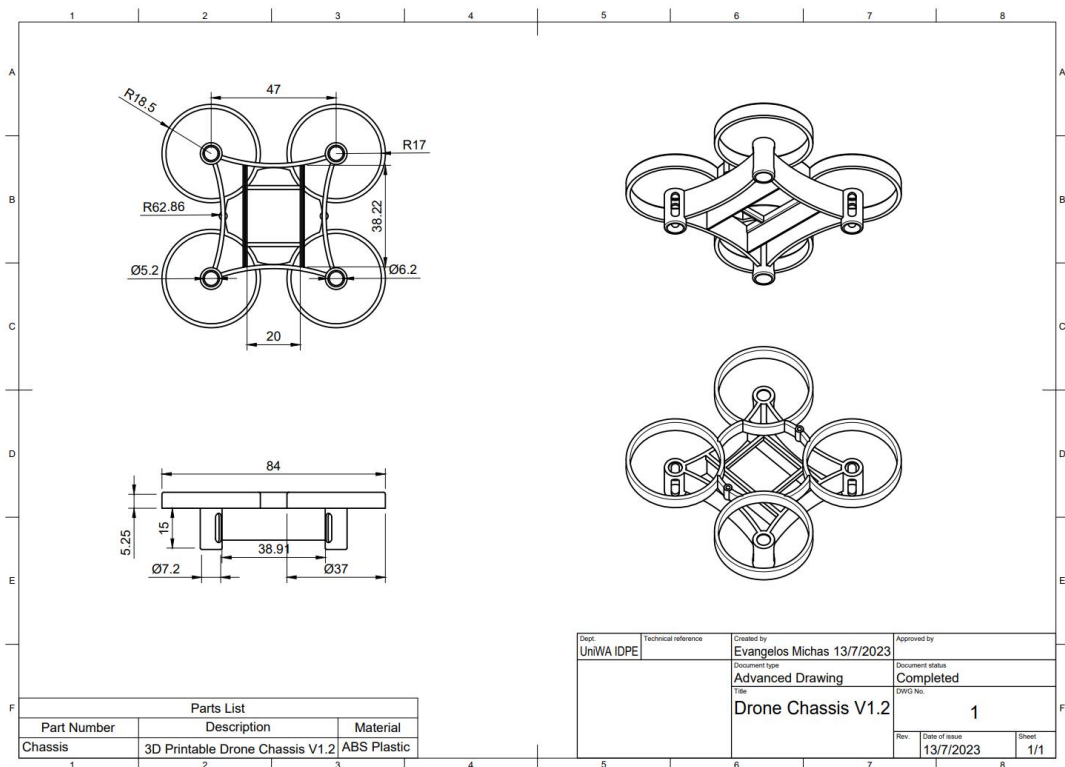
Έχοντας πλέον βελτιστοποιήσει τον σχεδιασμό του μοντέλου μας πριν μεταβούμε στη δημιουργία κατασκευαστικών σχεδίων μπορούμε να εξετάσουμε τις ιδιότητες του τελικού σώματός του τετρακόπτερου από την καρτέλα properties.



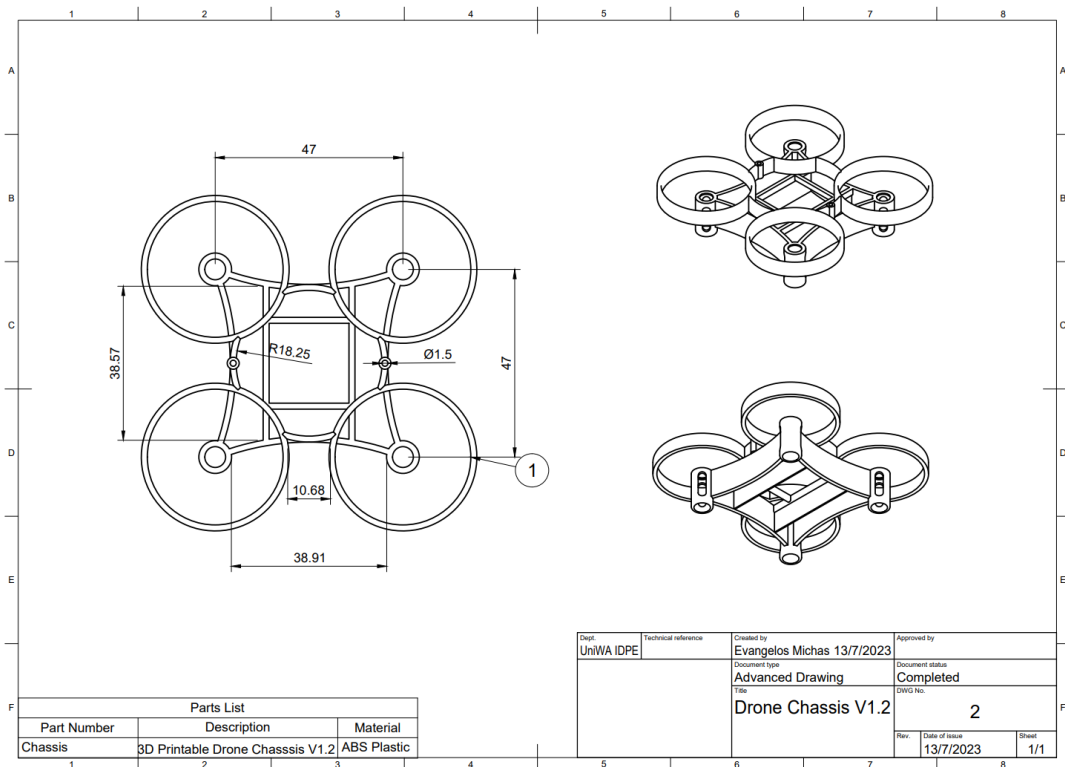
Όπως παρατηρούμε το τελικό σώμα του drone μας δεν ξεπερνά σε μήκος και πλάτος τα 84 χιλιοστά επιπλέον πετύχαμε να διατηρήσουμε το συνολικό του βάρος κάτω από τα 10 γραμμάρια και συγκεκριμένα το βάρος του ανέρχεται στα 9,75 γραμμάρια, πετυχαίνοντας έτσι όλους τους στόχους που είχαμε ορίσει εξαρχής.

5.2 Κατασκευαστικά σχέδια

Έχοντας πλέον τελειοποιήσει το μοντέλο μας μπορούμε να προβούμε στην εξαγωγή των κατασκευαστικών σχεδίων. Το σχεδιαστικό περιβάλλον Fusion 360 μας παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία για την εξαγωγή των σχεδίων μας παρόλα αυτά θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στις πληροφορίες που θα δοθούν καθώς αυτές ορίζονται από το χρήστη.



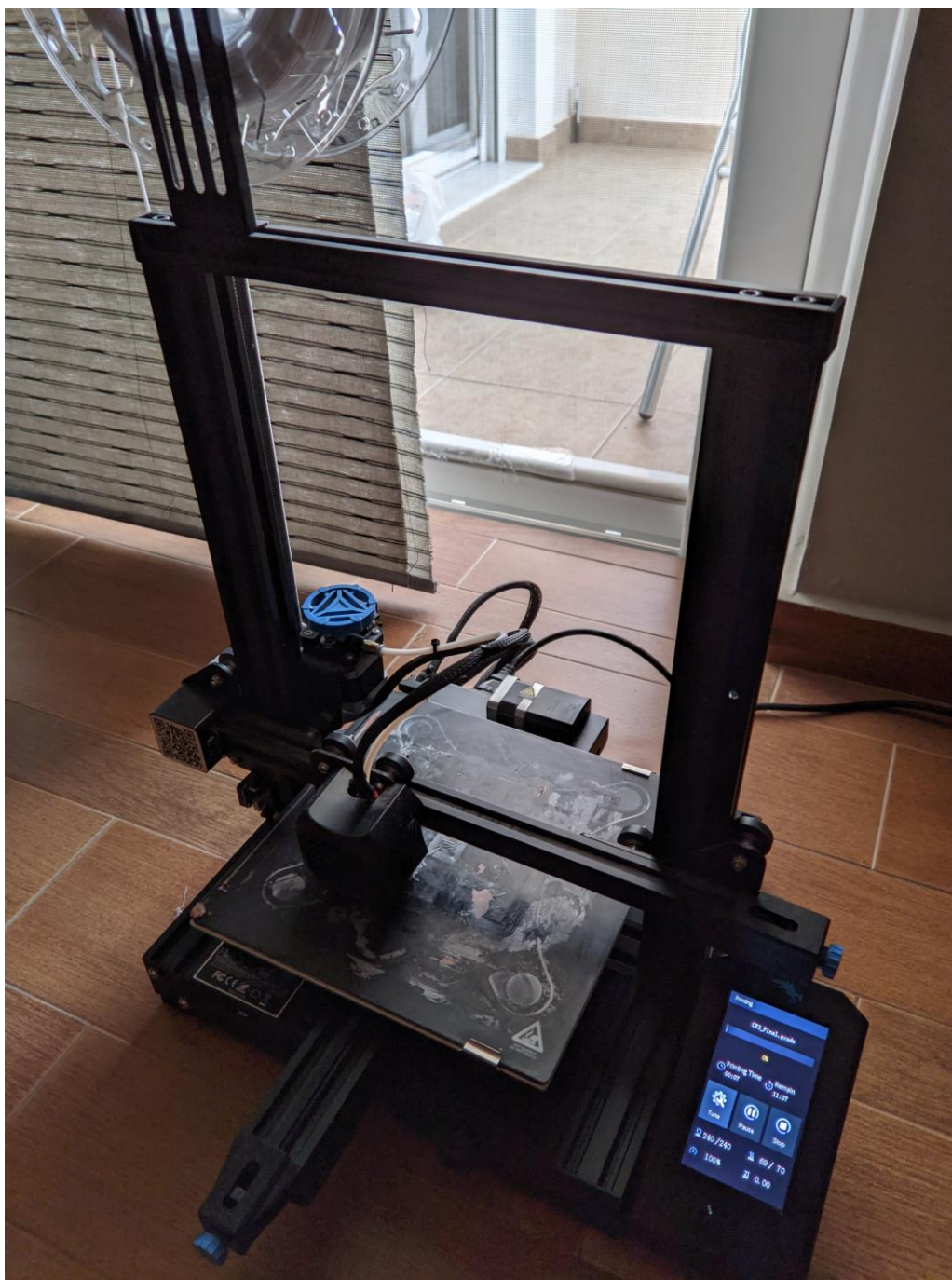
Θα πρέπει λοιπόν να παρέχουμε όλες τις πληροφορίες για τις διαστάσεις του μοντέλου μας καθώς και πλήθος εικόνων και κατόψεων από διάφορες οπτικές γωνίες ώστε η κατασκευή του να είναι εύκολα αντιληπτή για κάθε νέο χρήστη. Οι διαστάσεις του κάθε μέρους του μοντέλου μας θα πρέπει να είναι ευδιάκριτες ενώ ταυτόχρονα πρέπει να παρέχονται πληροφορίες για τα υλικά κατασκευής και την ημερομηνία σχεδίασης.



Κεφάλαιο 6 Τελικό στάδιο κατασκευής

6.1 Εκτύπωση τετρακόπτερου

Συνεχίζοντας, έχοντας δημιουργήσει τα κατασκευαστικά σχέδια μπορούμε πλέον να προβούμε στο κομμάτι της παραγωγής. Για την εκτύπωση του μοντέλου μας θα χρησιμοποιήσουμε τον εκτυπωτή Creality3D Ender-3 V2 Neo η ταχύτητα του οποίου ανέρχεται στα 180 mm/s και το υλικό κατασκευής του θα είναι το Esun ABS 3D Printer Filament 1.75mm χρώματος μαύρου ακολουθώντας τις προδιαγραφές που είχαμε θέσει εξαρχής.



Η εκτύπωση του μοντέλου μας ολοκληρώθηκε επιτυχώς μετά από 11 ώρες και με βάση τις τρέχουσες τιμές διαδικτύου το κόστος παραγωγής του υπολογίζεται στα 0,17 ευρώ.



6.2 Συμπεράσματα

Κατά τη διάρκεια υλοποίησης της συγκεκριμένης εργασίας διαπιστώθηκε ότι ένα από τα δυσκολότερα μέρη της ήταν η εύρεση του βέλτιστου δυνατού μοντέλου. Κατά την διάρκεια του σχεδιασμού έπρεπε να πραγματοποιηθούν δοκιμές και προσομοιώσεις ώστε να βρεθούν οι όποιες αστοχίες και να διορθωθούν άμεσα διατηρώντας ωστόσο τις προδιαγραφές που είχαν τεθεί εξ αρχής. Ωστόσο τα περιθώρια βελτίωσης δεν έχουν στερέψει καθώς το πλήθος των δυνατών εξομοιώσεων που μπορούν να πραγματοποιηθούν περαιτέρω είναι μεγάλο και σίγουρα κάθε επιπλέον δοκιμή μόνο επικοινωνητική μπορεί να είναι για το μοντέλο μας.

Ιδιαίτερα απαιτητική ήταν μάλιστα η επιλογή του υλικού κατασκευής εξαιτίας των αυστηρών προδιαγραφών που είχαν τεθεί. Ωστόσο σαν πρόταση μελλοντικής εξέλιξης σε περίπτωση μαζικής παραγωγής του μοντέλου θα ήταν η δοκιμή και η μελέτη περισσότερων υλικών κατασκευής καθώς και η εκτέλεση εξομοιώσεων σε αυτά αφού το πλαστικό διαθέτει πολυάριθμες παραλλαγές και σίγουρα υπάρχουν παραλλαγές που εξυπηρετούν διάφορους σκοπούς ειδικά για κάθε χρήστη.

Βιβλιογραφία

Zhang, Juan, Campbell, James F. Energy consumption models for delivery drones: A comparison and assessment ISSN: 13619209, DOI: 10.1016/j.trd.2020.102668

Hassanalain M., Abdelkefi A., Classifications, applications, and design challenges of drones: A review ISSN: 03760421, DOI: 10.1016/j.paerosci.2017.04.003

Hadidi Ramyad, Asgari Bahar, Jijina Sam, Amyette Adriana, Quantifying the design-space tradeoffs in autonomous drones DOI: 10.1145/3445814.3446721 SGR: 85104749720

Karl D.D., WillisYewen, Wojciech Matusik Fusion 360 gallery: A dataset and environment for programmatic CAD reconstruction ISSN: 23318422

Shantanu D. Munghate and Dr. Prashant S. Kadu Design and Development of Agricultural Spraying Drone: Frame and Analysis DOI: 10.46501/ijmtst060843

Pinto Roberto, Lagorio Alexandra Point-to-point drone-based delivery network design with intermediate charging stations ISSN: 0968090X DOI: 10.1016/j.trc.2021.103506

Matthew Ritchie, Francesco Fioranelli, Hugh Griffiths, Borge Torvik Micro-drone RCS analysis DOI: 10.1109/RadarConf.2015.7411926

Nithyavathy N., Pavithra S., Naveen M., Logesh B. Design and development of drone for healthcare ISSN: 22778616 SGR: 85078720583

José Luis Saorín, Jorge de la Torre-Cantero, Vicente López-Chao Cloud-based collaborative 3D modeling to train engineers for the industry 4.0 DOI: 10.3390/app9214559 ISSN: 20763417

May Morgan J.S., Braga Mateus A.R., Ferguson Philip A. SOFAR and Auto-link: software tools that bridge the gap between multirotor drone design optimization and CAD1 ISSN: 25644939 DOI: 10.1139/dsa-2021-0051 SGR: 85144011580

Mohamedzain Ahmed O., Chua Huangshen, Yap Kianmeng, Uthayasurian Pavithren Novel Drone Design Using an Optimization Software with 3D Model, Simulation, and Fabrication in Drone Systems Research ISSN: 2504446X DOI: 10.3390/drones6040097 SGR: 85129219835

Zhang Guanglu, Soria Zurita, Nicolas F., Stump Gary, Song Binyang Data on the design and operation of drones by both individuals and teams ISSN: 23523409 DOI: 10.1016/j.dib.2021.107008 SGR: 85103705519

Mueller Mark W., Lee Seung Jae, D'Andrea Raffaello, Design and Control of Drones ISSN: 25735144 DOI: 10.1146/annurev-control-042920-012045 SGR: 85128659530

Juqian Zhang, Zhaohui Ren, Chao Deng, Bangchun Wen Adaptive fuzzy global sliding mode control for trajectory tracking of quadrotor UAVs DOI: 10.1007/s11071-019-05002-9

Quan Quan, Introduction to Multicopter Design and Control ISBN: 978-981-10-3382-7

Zaid Abdul Wahab, Hashim Muhammad, Fahrul Hassan, Hafiz Tuparman, Pendidikan Tinggi, Panchor Jln A Study on Drone Design for Packages Delivery Services ISSN: 2773-4765

Soria Zurita, Nolte Hannah, Singh Harshika, Cagan Jonathan When Faced with Increasing Complexity: The Effectiveness of Artificial Intelligence Assistance for Drone Design ISSN: 10500472 DOI: 10.1115/1.4051871 SGR: 85114899601

Talaeizadeh Amin, Najafi Esmail, Pishkenari Hossein Nejat, Alasty Aria Deployment of Model-based Design Approach for a Mini -quadcopter DOI: 10.1109/ICRoM48714.2019.9071917 SGR: 85084374941

Bouhoubeiny E., Bénard E., Bronz M., Gavrilovic N., Optimal design of long endurance mini UAVs for atmospheric measurement SGR: 69546565395

Fiodor Gambella UAV and Artificial Intelligence in Precision Viticulture DOI: 10.19080/jojha.2018.01.555569

Altuğ Erdiñç, Türkmen Abdullah, A Novel Mini Jet Engine Powered Unmanned Aerial Vehicle: Modeling and Control DOI: 10.1142/S2301385022500017 ISSN: 23013869 SGR: 85106203492

Muralidharan N., Pratheep V. G., Shanmugam A., Hariram A. Structural analysis of mini drone developed using 3D printing technique ISSN: 22147853 DOI: 10.1016/j.matpr.2021.04.053 SGR: 85114185590

Shukla Dhwani, Komerath Narayanan Multicopter drone aerodynamic interaction investigation ISSN: 2504446X DOI: 10.3390/drones2040043 SGR: 85071857549