



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Πολυτεχνική Σχολή
πρώην Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Βιομηχανικού Σχεδιασμού
(Εισαγωγική Κατεύθυνση Βιομηχανικού Σχεδιασμού)

Πτυχιακή εργασία με τίτλο:

“Σχεδιασμός και κατασκευή τηλεκατευθυνόμενου αυτοκινήτου”

Του: **Ρουσόπουλου Θεόδωρου**

ΑΜ:BS02929



Επιβλέπων καθηγητής: **Κ.Κακκούλης**

Κοζάνη 2022

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	3
Περίληψη.....	4
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή.....	4
Κεφάλαιο 2 – Έρευνα αγοράς.....	5
Κεφάλαιο 3 – Νομοθεσία.....	5
3.1 Υλικά.....	6
Κεφάλαιο 4 – Σχεδιασμός.....	11
4.1 Mindmap.....	11
4.2 Σχέδια στο χέρι.....	12
4.3 CAD.....	14
4.4 Renders.....	16
Κεφάλαιο 5 – Κατασκευή 3D.....	19
Κεφάλαιο 6 – Συμπεράσματα.....	20
Βιβλιογραφία.....	21
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α-Σχέδια	22

Περίληψη

Η τρισδιάστατη εκτύπωση και οι νέες τεχνολογίες με ισχυρότερους εκτυπωτές και με την αύξηση στη ποιότητα των κατεργασιών αυτών έχει καταστήσει το 3D print αναπόσπαστο κομμάτι και πολύ σημαντικό εργαλείο στον σχεδιασμό προϊόντων. Μικρές αλλά και μεγάλες βιομηχανίες κάνουν χρήση τέτοιων εφαρμογών για ολοένα και περισσότερα πεδία εφαρμογών όπως πρωτότυπα ή ακόμα και ολοκληρωμένα προϊόντα αποκλειστικά με τρισδιάστατους εκτυπωτές που μέχρι τα τελευταία χρόνια δεν ήταν δυνατόν. Εκτός από το φάσμα αυτών των εφαρμογών που έχει επεκταθεί, σημαντική είναι και η μείωση του κόστους των μηχανημάτων τρισδιάστατης εκτύπωσης αλλά και των υλικών που σε συνδιασμό προσφέρουν ένα προϊόν άριστης ποιότητας συγκρίσιμο και ισάξιο με τους κλασσικούς τρόπους παραγωγής.

Η εργασία αυτή έχει ως θέμα τον σχεδιασμό και τον τρόπο κατασκευής με τρισδιάστατη εκτύπωση το κέλυφος ενός τηλεκατεθυνόμενου αυτοκινήτου, πλαστικού παιχνιδιού. Περιέχει αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια τη διαδικασία επιλογής και σχεδιασμού του συγκεκριμένου προϊόντος, τις αρχικές ιδέες, τους στόχους, εμπνεύσεις, πληροφορίες σχετικά με τα υλικά που είναι τα πιο κοινά στις εφαρμογές αυτές, σχέδια και σκίτσα στο χαρτί, στον υπολογιστή και την μεταφορά, σχεδίαση και δημιουργία ενός μοντέλου cad στο solidworks και τέλος τη κατασκευή μακέτας του μοντέλου με εκτυπωτή 3D.

Κεφάλαιο 1 –Εισαγωγή

Πιο συγκεκριμένα και σχετικά με το θέμα αυτής της εργασίας, η διάδοση και η χρήση του 3D στο σχεδιασμό τηλεκατευθυνόμενων αυτοκινήτων και στο μοντελισμό είναι εμφανής. Αν είναι κάποιος λάτρης αυτών των ασχολιών σίγουρα δεν μπορεί να αρνηθεί ότι με τις ικανότητες των εκτυπωτών σήμερα μπορεί να δημιουργήσει τελείως αυθεντικά σχέδια ή και μεμονομένα πολύπλοκα και απλά εξαρτήματα τα οποία για διάφορους λόγους δεν είναι δυνατό να προμηθευτεί ή να κατασκευάσει με άλλες τρόπους κατασκευής και μορφοποίησης. Για να γίνει αυτό χρειάζεται σίγουρα η γνώση σχεδιαστικών προγραμμάτων CAD για το σωστό σχεδιασμό και η κατοχή και γνώση χρήσης και συντήρησης τρισδιάστατου εκτυπωτή, κατάλληλου έτσι ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του χρήστη. Οι εκτυπωτές χρησιμοποιούν τεχνολογία FDM-FFF για αυτές τις εφαρμογές κατά κύριο λόγο αλλά και άλλες όπως stereolithography. Τέλος χρειάζεται γνώση και εμπειρία πάνω και στον τομέα των υλικών καθώς είναι πολύ σημαντικό να χρησιμοποιείται το κατάλληλο για τη βέλτιστη κατεργασία και ποιότητα. Στη συγκεκριμένη εργασία το θέμα που επιλέχθηκε είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός πλαστικού αυτοκινήτου και παρακάτω ακολουθεί η έρευνα υλικών και η σχεδιαστική διαδικασία μέχρι την κατασκευή.

Κεφάλαιο 2 – Έρευνα αγοράς

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές έχουν αλλάξει τον τρόπο σχεδίασης και κατασκευής τέτοιου είδους προϊόντων. Με το 3D είναι πιο εύκολο να κατασκευαστούν διάφορα αντικείμενα όπως μεταξύ αυτών σώματα αυτοκινήτων για τηλεκατευθυνόμενα.

Το πεδίο αυτό είναι ιδιαίτερα δημοφιλές σε μεγάλο εύρος καταναλωτών από μικρά παιδιά μέχρι χομπύστες και μοντελιστές κάθε ηλικίας και οι ευκαιρίες που προσφέρει η γνώση τέτοιας τεχνολογίας επιτρέπει την κατασκευή μοντέλων και εξαρτημάτων που δεν μπορούν να βρεθούν πουθενά στο εμπόριο, όπως παλιά μοντέλα αυτοκινήτων ή ακόμα και συλλεκτικά.

Επίσης δίνει τη δυνατότητα σχεδίασης πρωτοτύπων και μοναδικών σχεδίων. Η πολυπλοκότητα ενός σχεδίου δεν αποτελεί πλέον πρόβλημα και περιορισμό στις κατασκευές με 3D print καθώς είναι ικανοί να παράγουν αντικείμενα πολύπλοκης γεωμετρίας σε συνδιασμό με υψηλή ποιότητα. Τα χρήματα που πρέπει να ξοδέψει κάποιος που θέλει να προμηθευτεί έναν εκτυπωτή είναι ανάλογα του μεγέθους του εκτυπωτή και το τί μπορεί να προσφέρει. Υπάρχουν μοντέλα που κοστίζουν 200 ευρώ και οι δυνατότητές τους και η ποιότητα εκτύπωσης είναι ανάλογες των χρημάτων που διατίθενται, όμως είναι κατάλληλοι στα πλαίσια προσωπικής και οικιακής χρήσης. Αντίθετα, υπάρχουν εκτυπωτές πολύ ακριβοί που απευθύνονται σε βιομηχανίες που ολοένα και προσθέτουν το 3D στις εφαρμογές τους.

Με μία έρευνα στο internet μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι στο τομέα του μοντελισμού συγκεκριμένα υπάρχουν πολλές πληροφορίες για το θέμα αυτό, όπως λεπτομερείς οδηγοί σχεδίασης και κατασκευής, αναλυτικές πληροφορίες και δυνατότητες των εκτυπωτών, ακόμη και ιστοσελίδες με custom made προϊόντα (Cad files) που μπορεί ο κάθε ενδιαφερόμενος να κατεβάσει -αγοράσει για προσωπική του χρήση. Τα σχέδια CAD τα οποία είναι διαθέσιμα στην αγορά είναι πάρα πολλά και για κάθε είδους όχημα, όπως φορτηγά, παιδικά και σπόρ αυτοκίνητα. Δεδομένου ότι ο καταναλωτής-χρήστης έχει στη διάθεσή του έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή, οι τιμές αυτών αρχίζουν με τα πολύ μικρά σε μέγεθος αντικείμενα να κυμαίνονται από δέκα ευρώ και πάνω, ενώ όσο μεγαλώνει το μέγεθος και σε σχέση πάντα με το βαθμό λεπτομέρειας και δημοτικότητας που έχει το κάθε σχέδιο φυσικά αυξάνεται και η τιμή του. Επίσης, εκτός των παιδικών παιχνιδιών τα πιστά αντίγραφα αληθινών αυτοκινήτων σε κλίμακα και συλλεκτικών οχημάτων, τηλεκατευθυνόμενα και μή, γενικότερα έχουν ιδιαίτερη ζήτηση και με τις 3D νέες τεχνολογίες και υλικά κατάλληλα, τα προϊόντα αυτά προσφέρουν την αίσθηση ποιότητας και πολυτέλειας με έμφαση στη λεπτομέρεια και στην εμφάνιση αλλά είναι και πλήρως λειτουργικά. Ο συνδιασμός διάφορων υλικών, κατεργασιών και τρόπων κατασκευής οδηγεί σε ένα τελικό προϊόν άξιου της υψηλής τιμής του.

Κεφάλαιο 3 - Νομοθεσία

Η διαδικασία εκτύπωσης fused filament fabrication(FFF) γνωστή και ως fused deposition modeling (FDM) αναπτύχθηκε από τον S.Scott Cum συνιδρυτή της εταιρείας Stratasys το 1988. Μετά τη λήξη της πατέντας το 2009 η τεχνολογία αυτή δώθηκε χωρίς πληρωμή στον κόσμο έτσι ώστε να μπορεί ο καθένας να τη χρησιμοποιήσει ακόμα και ερασιτεχνική χρήση. Εξαιτίας αυτού έχει οδηγήσει σε πτώση τιμής των εφαρμογών αυτών, ωστόσο η Stratasys κατέχει ακόμα τα πνευματικά δικαιώματα της FDM και λόγω της αυξημένης ζήτησης και χρήσης έχει αυξηθεί το ποσοστό νομικών και καθοριστικών ζητημάτων, όπως η αξιοπιστία του προϊόντος και θέματα προστασίας του καταναλωτή.

Σήμερα με τους νόμους που ισχύουν, ο σχεδιαστής έχει τα πνευματικά δικαιώματα του προϊόντος που ως βασική προϋπόθεση είναι η αυθεντικότητα. Όμως όταν έχουμε ένα CAD αρχείο γραμμένο από το μηδέν χάνεται η αυθεντικότητα λόγω των τεχνικών σχεδίων, διαγραμμάτων και μοντέλων. Η νομοθεσία δεν προστατεύει μια πιθανή παραποίηση του προϊόντος λόγω άλλων υλικών κατά την κατασκευή. Για τον κώδικα στον υπολογιστή (software) η νομοθεσία είναι η ίδια στο κομμάτι των πνευματικών δικαιωμάτων.

3.1 ΥΛΙΚΑ

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην τρισδιάστατη εκτύπωση είναι κατά κύριο λόγο το PLA (polylactic acid) και το ABS (acrylonitrile butadiene styrene). Ανακυκλώσιμα και τα δύο. Υπάρχουν όμως και άλλα υλικά όπως το PET-PETG, το HIPS, TPU και Nylon.



Εικόνα 1. Νήματα τρισδιάστατης εκτύπωσης

Το ABS είναι ένα κοινό θερμοπλαστικό πολυμερές αρκετά ισχυρότερο από το κλασικό πλαστικό πολυστηρένιο. Τα συστατικά του ABS προσφέρουν αρκετές μηχανικές ιδιότητες όπως χημική και θερμική αντίσταση, αντοχή στην κόπωση και στην πλαστική παραμόρφωση, σκληρότητα και ακαμψία. Σε σχέση με τη τρισδιάστατη εκτύπωση, η χρήση του υλικού αυτού είναι πολύ κοινή καθώς είναι φθινό υλικό, δυνατό, έχει μεγάλη σταθερότητα και μπορεί να επεξεργαστεί αργότερα με φινιρίσμα, γυάλισμα, μπορεί επίσης και να κολληθεί. Σε μία τρισδιάστατη εκτύπωση το υλικό μπορεί να παρουσιάσει στρέβλωση και συρρίκνωση που προκύπτουν με την ψύξη του κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης. Αυτό μπορεί να μειωθεί αν υπάρχει θερμενόμενη πλάκα στον εκτυπωτή ή αν υπάρχει κόλλα η οποία θα κρατήσει το πρώτο στρώμα υλικού καλά στερεωμένο στη βάση. Τέλος το ABS χρησιμοποιείται

μόνο στις διαδικασίες FFF/FDM στους 3D εκτυπωτές καθώς οι εκτυπωτές ρητίνης δεν μπορούν να λιώσουν πλαστικό. Η τιμή του υλικού είναι 40 ευρώ/κιλό.



Εικόνα 2.Νήμα ABS

Το δεύτερο υλικό που είναι ευρέως γνωστό για τη χρήση του στις τρισδιάστατες εκτυπώσεις είναι το PLA ή αλλιώς πολυγαλακτικό οξύ. Είναι ένα βιοδιασπάσιμο και βιοδραστικό υλικό που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Φτιάχνεται από άμυλο καλαμποκιού ή από ζαχαροκάλαμο και έχει μεγάλο όγκο κατανάλωσης σε όλο τον κόσμο. Έχει διαφορές με το abs που είναι αρκετές και υστερεί έναντι του σε χαρακτηριστικά μηχανικής, έχει υψηλότερο βαθμό τήξης, στην ακρίβεια και ικανότητα αποτύπωσης λεπτομέρειας εκτύπωσης και γενικά είναι υλικό που καλό είναι κάποιος που δεν έχει μεγάλη εμπειρία και θέλει να ασχοληθεί με το 3D printing να το δοκιμάσει. Για πιο υψηλού επιπέδου εκτυπώσεις το abs είναι πολύ καλύτερη επιλογή. Το pla χρησιμοποιείται συχνότερα για τη κατασκευή συσκευασιών προϊόντων ενώ αντίθετα το abs για κατασκευή μουσικών οργάνων, lego και άλλων παρομοίων ειδών.



Εικόνα 3.Νήμα PLA

Άλλα υλικά μεγαλύτερης ποιότητας σε αντοχή και ελαστικότητα απο τα παραπάνω είναι το PET (polyethylene terephthalate) και το PETG των οποίων η χρήση είναι αρκετά διαδεδομένη λόγω των δυνατοτήτων τους και την ευκολία να εφαρμόζονται σε όλα τα είδη προϊόντων. Τα υλικά αυτά είναι τα πιο γνωστά θερμοπλαστικά πολυμερή που χρησιμοποιούνται κυρίως σε πλαστικά μπουκάλια και σε συσκευασίες. Χάρη στη προσαρμοστικότητα του PET στις τρισδιάστατες εκτυπώσεις έχουμε την νέα εκδοχή του υλικού PETG που με τη προσθήκη γλυκόλης γίνεται λιγότερο εύθραυστο, πιο εύκολο στη χρήση και πιο ανθεκτικό. Αυτή η εκδοχή του υλικού προτιμάται στις εφαρμογές 3D καθώς οι μηχανικές ιδιότητες, η θερμική και χημική αντίσταση και η αντοχή στην υγρασία που προσφέρει υπερτερούν άλλα υλικά όπως το PLA. Οι εφαρμογές του PETG στο 3D είναι σε λειτουργικά πρωτότυπα, δοχεία για υγρά, επιγραφές και συσκευασίες ηλεκτρικού εξοπλισμού. Για πιο απαιτητικές εφαρμογές όπου είναι επιθυμητή μεγάλη θερμική και χημική αντίσταση αλλά και μηχανική χρησιμοποιείται απο μηχανικούς και τεχνίτες για τη κατασκευή εργαλείων και προσαρμοσμένων εξαρτημάτων δοκιμής. Τέλος, το PETG στη χρήση του πάνω στο 3D προσφέρει λείες και γυαλιστερές επιφάνειες που είναι πολύ σημαντική η εμφάνιση. Επίσης, η χρήση στηρίξεων και θερμενόμενων επιφανειών στις εκτυπώσεις είναι απαραίτητη για να αποφευχθούν στρεβλώσεις και ανακρίβειες. Η τιμή του Petg είναι γύρω στα 20 ευρώ/κιλό .



Εικόνα 4. Νήμα PETG

Ένα ακόμα υλικό που αξίζει να σημειωθεί είναι το HIPS η αλλιώς High Impact Polystyrene. Είναι ένα διαλυτό υλικό που χρησιμοποιείται σε συνδιασμό με το ABS σε στηρίξεις. Το υλικό έχει την ιδιότητα να διαλύεται σε δοχείο με δ-λεμονένιο αφήνοντας έτσι το εκτυπωμένο μέρος καθαρό απο τα σημάδια των στηρίξεων. Το HIPS μοιάζει με το ABS στις ιδιότητες εκτύπωσης κάνοντάς το κατάλληλο για χρήση με διπλό φουσητήρα με το abs. Επίσης το HIPS είναι πιο ελαφρύ και σταθερό, ανθεκτικό και αδιάβροχο και με χαμηλό κόστος. Κάποια μειονεκτήματα που έχει είναι οτι η χρήση θερμενόμενης πλάκας είναι απαραίτητη και καθώς εκτυπώνεται με υψηλή θερμοκρασία η χρήση εξαερισμού είναι επίσης απαραίτητη. Το υλικό χρησιμοποιείται σε προστατευτικές θήκες, σε διαλυτά μέρη σε συνδιασμό με

ABS και σε προϊόντα γενικής χρήσης όπως αμφιέσεις και ρουχισμό.



Εικόνα 5.HIPS σε διαλύτη με δ-λεμονένιο

Το TPU (Thermoplastic polyurethane) είναι ένα θερμοπλαστικό ελαστομερή υλικό με πολλές ιδιότητες όπως ελαστικότητα, διαφάνεια και αντίσταση σε διάβρωση και σε λίπη. Είναι κατάλληλο για χρήση σε πολλές εφαρμογές όπως σε ταμπλό οργάνων αυτοκινήτων, ζώνες ασφαλείας, ιατρικές συσκευές καθώς και για την κατασκευή παπουτσιών και είδη αθλητισμού. Είναι επίσης δημοφιλές υλικό στη χρήση του σε εξωτερικές θήκες κινητών, σε προστατευτικά ηλεκτρολογίων και σε συνδιασμό με άλλα πολυμερή το συναντάμε σε υψηλής αντοχής τζάμια αυτοκινήτων. Το TPU συναντάμε και στο 3D print καθώς είναι ανθεκτικό στη τριβή, αρκετά ελαστικό και μπορεί να αντέχει θερμοκρασίες μέχρι 80 βαθμούς Κελσίου. Επίσης αντέχει χτυπήματα και είναι ανθεκτικό σε πολλά χημικά. Υπάρχουν διαφορετικές εκδοχές του υλικού με κυριότερες δύο, την εκδοχή γνωστή ως Polyether Polyurethane και δεύτερη την Polyester Polyurethane όπου και οι δύο έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά που μπορούν να προσαρμοστούν για συγκεκριμένες χρήσεις. Γενικά είναι ένα ιδανικό υλικό όταν σκοπός είναι ένα προϊόν ελαστικό και εύκαμπτο. Η μορφή του και σε σκόνη του επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί και με άλλου είδους εφαρμογές εκτύπωσης όπως SLS και 3D Inkjet printing.



Εικόνα 6.Νήμα TPU

Το τελευταίο υλικό που είναι απο τα πιο διαδεδομένα στις τρισδιάστατες εκτυπώσεις είναι το nylon ή αλλιώς πολυαμύδιο(polyamide). Το nylon είναι συνθετικό πολυμερές σκληρό και σχετικά ελαστικό υλικό που προσφέρει μεγάλη αντοχή σε χτυπήματα και σε διαβρώσεις. Είναι ιδανική επιλογή για την εκτύπωση ανθεκτικών κομματιών και χρειάζεται υψηλές θερμοκρασίες κοντά στους 250 βαθμούς κελσίου για να εκτυπωθεί, κάτι που δεν είναι ικανοί να παρέχουν όλοι οι εκτυπωτές. Το υλικό αυτό είναι υγροσκοπικό, που σημαίνει πως απορροφά την υγρασία του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης, που οδηγεί σε θέματα ποιότητας και χρήζει προσοχής και διαρκής επιτήρησης της εκτύπωσης για την αποφυγή λάθους. Η υψηλή του θερμοκρασία τήξης και μορφοποίησης μπορεί να οδηγήσει σε καμπύλωση του κομματιού και δεν είναι κατάλληλο για χρήση σε περιβάλλον με υγρασία, επίσης πρέπει να αποθηκευτεί σε αεροστεγές σημείο, είναι όμως ένα δυνατό υλικό και αρκετά ανθεκτικό για χρήση σε λειτουργικά κινούμενα μέρη λόγω του χαμηλού συντελεστή τριβής που έχει. Όλες αυτές οι ιδιότητες το κάνουν και πιο ακριβό σαν υλικό καθώς η τιμή του είναι στα 50 ευρώ και το συναντάμε και με τη μορφή σκόνης, μπορεί επίσης να βαφτεί και να κατεργαστεί.



Εικόνα 7.Νήμα nylon

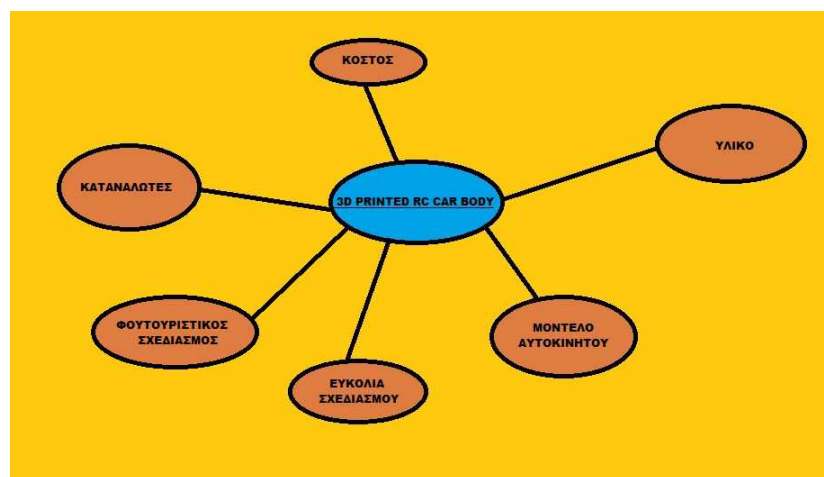
Κεφάλαιο 4 -Σχεδιασμός

Η ιδέα για αυτή την εργασία προήλθε απο την αυξημένη ζήτηση μινιατούρων αυτοκινήτων και όχι μόνο, τα τελευταία χρόνια λόγω της ευκολίας χρήσης και διάδοσης της τρισδιάστατης εκτύπωσης προϊόντων.Μερικά απο αυτά είναι εξειδικευμένα εξαρτήματα αυτών, κέλυφη αυτοκινήτων και άλλων μικρών λεπτομερειών όπως τζάμια και καθρεφτες.Γενικά είναι ένα μεγάλο πεδίο πολλών ευκαιριών.

4.1 Mindmap.

Η τελική επιλογή του τύπου μοντέλου αυτοκινήτου που επιλέχθηκε είναι sport coupe racing car και έγινε λόγω οτι είναι αρκετά πολύπλοκο και δύσκολο στη σχεδίαση αλλά ικανοποιητικό σε επίπεδο εξάσκησης του προγράμματος solidworks και στην εξερεύνηση πολλών διαφορετικών εντολών σχεδίασης.Ακόμα, η ελευθερία των καμπυλών που έχουν τα σπορ αυτοκίνητα προσφέρουν προκλήσεις,περιθώρια βελτίωσης και δημιουργίας ενός διαφορετικού μοντέλου απο τα άλλα πιο καθορισμένα.

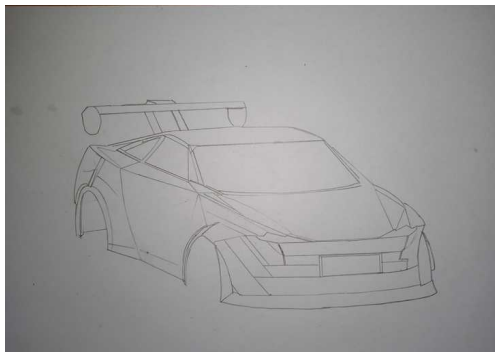
Άλλοι λόγοι που οδήγησαν σε αυτή την επιλογή είναι το στοιχείο της ταχύτητας που πολλοί αγαπάνε,είναι μοντέρνο με φουτουριστικά χαρακτηριστικά και πιο δυναμικό,αρέσει περισσότερο στον καταναλωτή και απευθύνεται κυρίως σε άτομα που τους αρέσουν τα γρήγορα αυτοκίνητα.Το κόστος του υλικού για την παραγωγή του προϊόντος είναι φθηνό και κατάλληλο για αυτόν του είδους εφαρμογές.Τέλος η σχεδίαση και κατασκευή μέσω του 3D print είναι ευκολότερη σε σχέση με άλλες τεχνολογίες παραγωγής.



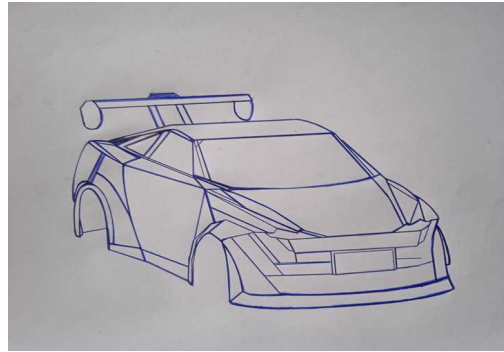
Εικόνα 8.Mindmap

4.2 Σχέδια στο χέρι

Ο αρχικός σχεδιασμός ενός αντικειμένου γίνεται με το χέρι και είναι απο τα πιο σημαντικά και σοβαρά στάδια της σχεδιαστικής διαδικασίας καθώς καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξη, αναθεώρηση και αποτύπωση των ιδεών του σχεδιαστή, τόσο για τον ίδιο αλλά και για άλλους ενδιαφερόμενους όπως τους συνεργάτες και καταναλωτές. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σχέδια στο χέρι από την έναρξη της σχεδιαστικής διαδικασίας μέχρι την ολοκλήρωσή τους. Τα εργαλεία σχεδίασης που χρησιμοποιήθηκαν είναι το μολύβι στην αρχή για έναν πιο πρόχειρο και ελεύθερο σχεδιασμό και στη συνέχεια, σύμφωνα με τα διάφορα χαρακτηριστικά που είναι επιθυμητά καταλήγουμε στα ολοκληρωμένα σχέδια που υλοποιήθηκαν με στυλό, μαρκαδόρο και με χρώματα. Στο κεφάλαιο "παράρτημα" υπάρχουν και άλλα σχέδια τα οποία για λόγους αισθητικής δεν τοποθετήθηκαν στο κύριο μέρος της εργασίας.

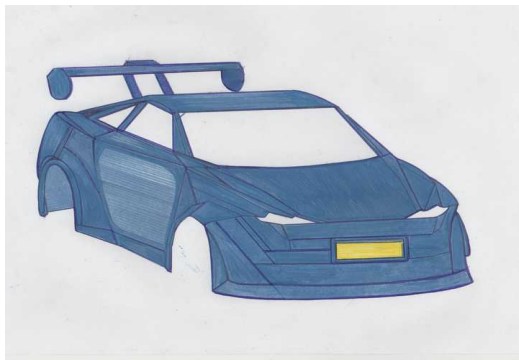


(α)

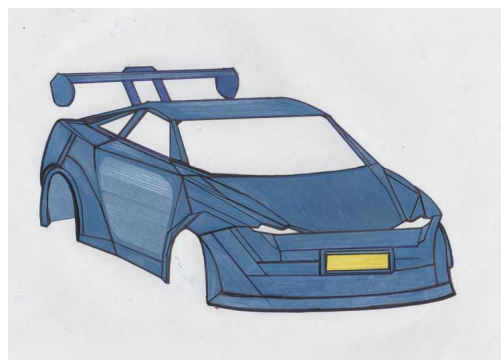


(β)

Εικόνα 9. Στάδια σχεδίασης με μολύβι και στυλό

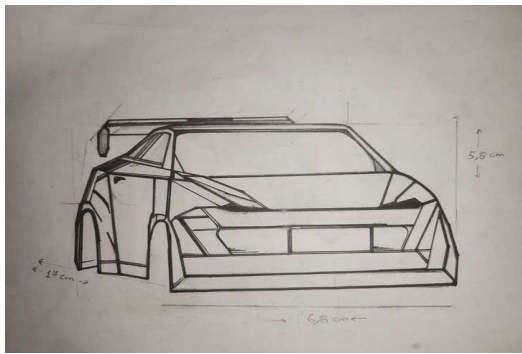


(α)

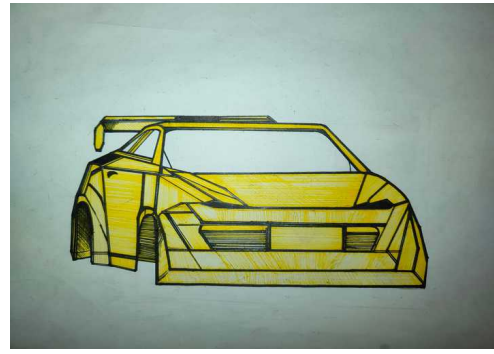


(β)

Εικόνα 10. Στάδια σχεδίασης με χρώμα



(α)

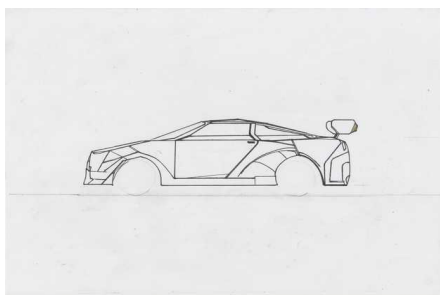


(β)

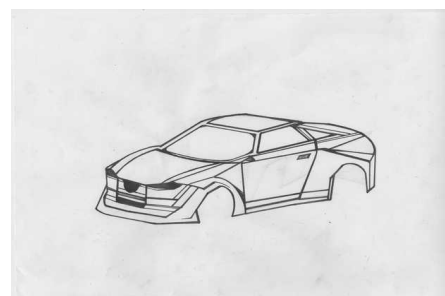


(γ)

Εικόνα 11.Στάδια σχεδίασης



(α)



(β)

Εικόνα 12.Αρχικά σχέδια

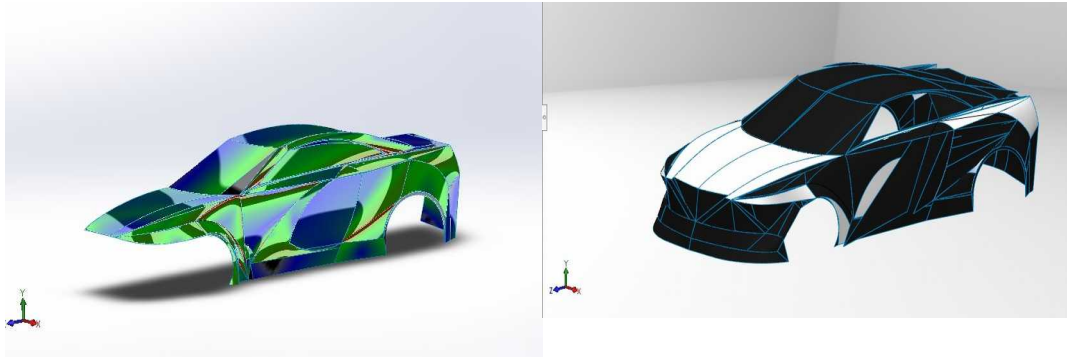
4.3 CAD

Μετά την ολοκλήρωση των σχεδίων στο χέρι σειρά έχει ο σχεδιασμός του προϊόντος σε περιβάλλον CAD. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το Solidworks 2017. Παρακάτω εξηγούνται και αναλύονται ως ένα βαθμό η σειρά των εργασιών και οι εντολές-εργαλεία που βοήθησαν στην υλοποίηση αυτού.

Η διαδικασία άρχισε με την εισαγωγή των δισδιάστατων σχεδίων (blueprints) στο πρόγραμμα και το πρώτο βήμα είναι να κεντραριστούν στις επιφάνειες με τη βοήθεια της εντολής **sketch picture**. Στη συνέχεια με τις εντολές **sketch** και **spline** αλλά και **centerlines**, **points**, **midpoints** για κάθε κομμάτι του αυτοκινήτου με τις απαιτούμενες διαστάσεις, σε συνδιασμό με τις εντολές σχεδίασης επιφανειών όπως η **boundary surface**, η **loft** και η **surface fill** σχεδιάστηκαν οι επιφάνειες (**surface bodies**). Ο σχεδιασμός των κομματιών όπως το καπό, το μπροστά και πίσω τζάμι, η οροφή, οι πόρτες και το πίσω πάνω μέρος του αυτοκινήτου έγινε με την εντολή **loft**, ενώ όλα τα υπόλοιπα μέρη σχεδιάστηκαν με την εντολή **boundary surface**. Με την εντολή **fill surface** έγιναν τα πλάγια τζάμια και κάποια άλλα σημεία με την εντολή **surface extrude**. Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού χρησιμοποιήθηκαν για διορθώσεις και οι εντολές όπως **surface trim** και **extend** όπου κόβουμε ή παρατείνουμε μία επιφάνεια καθώς και η επιλογή εμφάνισης καμπυλότητας με χρωματική κατανομή που προσφέρει το solidworks βοηθά στην καλύτερη και αποδοτικότερη σχεδίαση.

Για να δημιουργήσουμε ένα 3D αντικείμενο το οποίο θα κατασκευαστεί με τρισδιάστατο εκτυπωτή όλα τα μέρη του πρέπει να είναι σε μορφή **solid bodies**, δηλαδή στερεά και με κάποιο πάχος το οποίο πρέπει ο σχεδιαστής να καθορίσει ανάλογα με το τι τύπο εκτυπωτή είναι να δουλέψει και ποιές είναι οι παράμετροι που τον περιορίζουν όπως για παράδειγμα το ελάχιστο πάχος υλικού που είναι ικανό το εκάτοστε μηχανήμα να προσφέρει, διαστάσεις και άλλα. Για να γίνει αυτό οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν είναι η **thicken** η οποία δίνει πάχος στην επιφάνεια και σε συνδιασμό με την **knit** με την οποία ράβουμε τις επιφάνειες μεταξύ τους ώστε το πάχος που δίνουμε αργότερα να εισάγεται σε ένα σύνολο επιφανειών και να υπάρχει ομοιομορφία. Σε αυτό το σημείο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και εντολές κατεργασίας όπως η **fillet** και **chamfer** για επεξεργασία των ακμών και την **freeform** η οποία βοηθάει αρκετά για επιφάνειες όπου θέλουμε να πετύχουμε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα να βελτιώσουμε την αεροδυναμική του αυτοκινήτου ή και για χαρακτηριστικά αισθητικής.

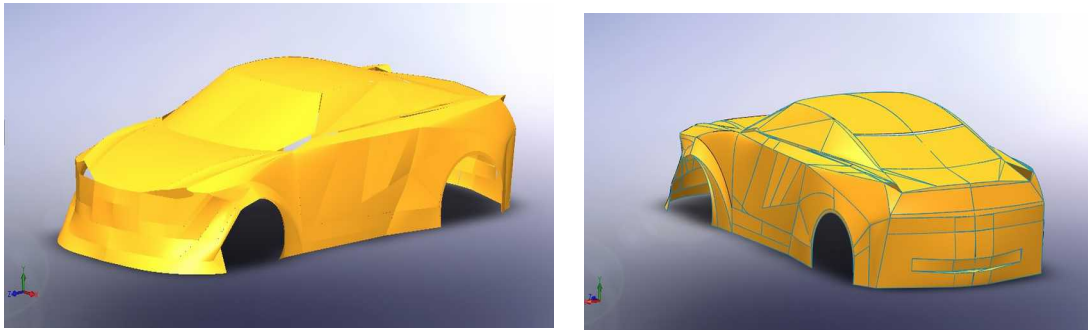
Τέλος, με την εντολή **mirror** και εφόσον το αντικείμενο που σχεδιάζουμε θέλουμε να έχει συμμετρία, μπορούμε να ολοκληρώσουμε και το άλλο μισό του κομματιού που ήδη σχεδιάσαμε ώστε στη συνέχεια να προχωρήσουμε στο επόμενο στάδιο της φωτορεαλιστικής απεικόνισης (**render**). Να σημειωθεί ότι πριν από αυτό το στάδιο πρέπει όλες οι επιφάνειες να είναι **solid** και να έχουμε εισάγει το κατάλληλο υλικό γιατί και το υλικό καθορίζει την ποιότητα των εικόνων **render** όπως και τα φώτα ή τις ταπετσαρίες που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε. Το συγκεκριμένο σχέδιο που είναι στο τέλος ένα κομμάτι αποτελείται από 829 features συνολικά, με τα 176 να είναι **solid** και 70 **surfaces**. Η πυκνότητα είναι 1.02 grams per cubic centimeter, η μάζα του 48.35 g, ο όγκος 47.40 cubic centimeters και τέλος το μήκος του είναι 17cm, το ύψος 4.5 cm και τέλος το πλάτος 7 cm



(α)

(β)

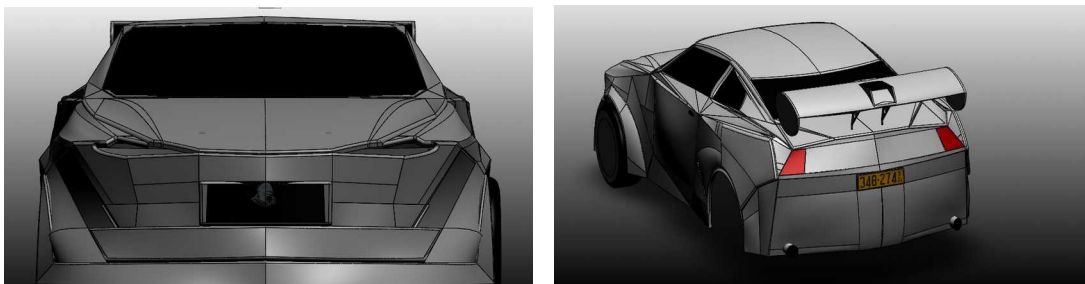
Εικόνα 13.Επιφάνειες σε αρχικό στάδιο



(α)

(β)

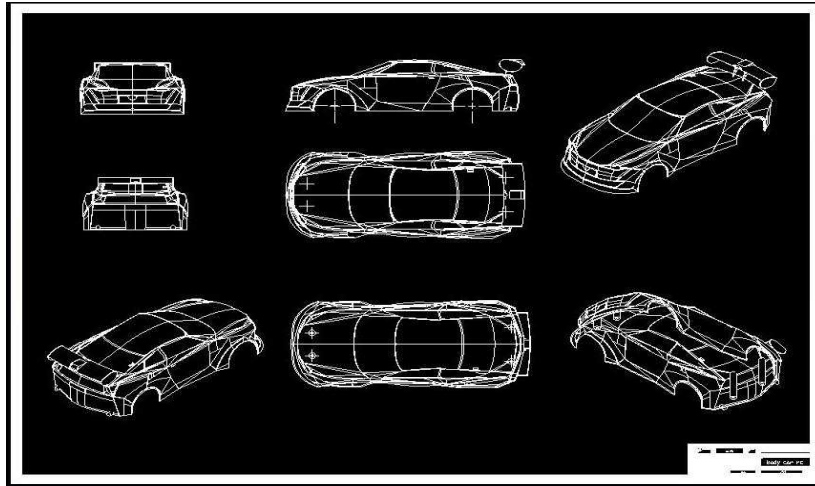
Εικόνα 14.Surface bodies



(α)

(β)

Εικόνα 15.Solid bodies



Εικόνα 16.Όψεις σε μορφή μηχανολογικού σχεδίου

4.4 RENDERS.

Η φωτορεαλιστική απεικόνιση στο σχεδιασμό προϊόντων είναι πάρα πολύ χρήσιμο κομμάτι καθώς δείχνει πώς θα ήταν ένα προϊόν όπως στην πραγματικότητα, προσφέροντας έτσι μια εικόνα στον σχεδιαστή αλλά και στον καταναλωτή-πελάτη ο οποίος μπορεί να δει σε μεγάλο βαθμό λεπτομέρειας ένα αντικείμενο πριν αυτό κυκλοφορήσει και προχωρήσει στο στάδιο της παραγωγής. Στη συνέχεια βλέπουμε κάποια render του σχεδίου αυτού με μερικές διαφορές στα χρώματα αλλά και σε διαφορετικές όψεις.



Εικόνα 17.Φωτορεαλιστική απεικόνιση



(α)



(β)



(γ)



(δ)



(ε)



(στ)

Εικόνα 18. Πολλαπλές όψεις φωτορεαλισμού



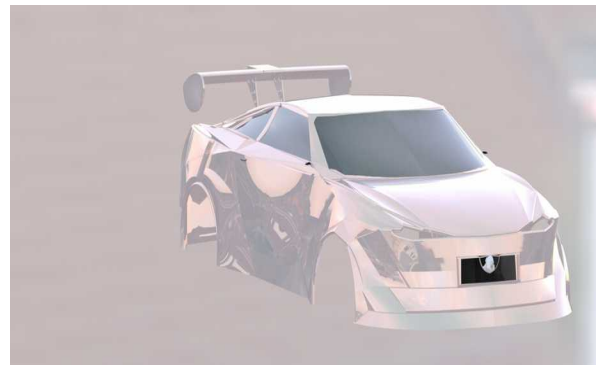
(α)



(β)

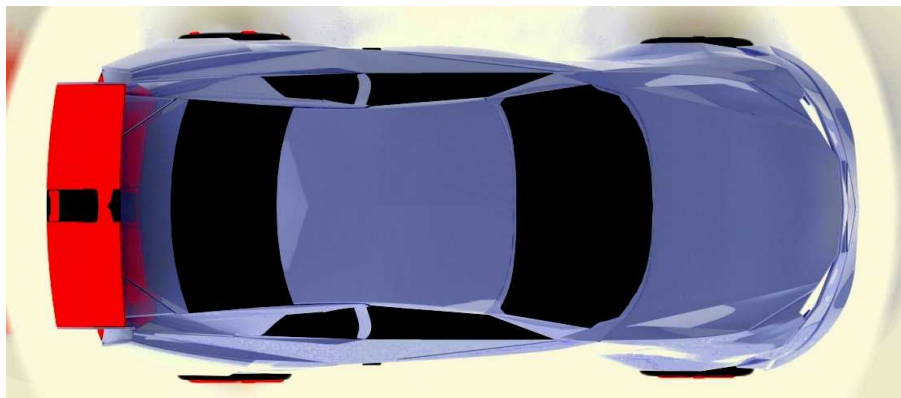


(γ)



(δ)

Εικόνα 19. Φωτορεαλισμός διαφόρων χρωμάτων



Εικόνα 20. Render απο ψηλά

Κεφάλαιο 5 -Κατασκευή 3D print

Ο τελικός στόχος ήταν να κατασκευαστεί το αντικείμενο με τρισδιάστατο εκτυπωτή όπως και έγινε. Παρακάτω υπάρχουν επιλεγμένες φωτογραφίες της κατασκευής που δείχνουν την ποιότητα εκτύπωσης και το τελικό προϊόν σε συνδιασμό με τον αρχικό μηχανισμό του αυτοκινήτου.



(α)



(β)



(γ)



(δ)



Εικόνα 21. Το εκτυπωμένο κομμάτι

Κεφάλαιο 6 -Συμπεράσματα

Όπως είδαμε,η διαδικασία του σχεδιασμού και της υλοποίησης ενός πολύπλοκου αντικειμένου δεν είναι καθόλου εύκολη.Απο τα αρχικά σχέδια και ιδέες μέχρι το τελικό αποτέλεσμα πολλά μπορούν να αλλάξουν και εκτός απο χρόνο απαιτεί και πολλές γνώσεις πάνω στο τομέα του σχεδιασμού τόσο στο χέρι όσο και σε cad προγράμματα.Επίσης μια καλή τρισδιάστατη εκτύπωση δεν γίνεται να υπάρξει χωρίς πρώτα κάποια λάθη και κάποιες αστοχίες του υλικού. Στο τέλος της διαδικασίας της εκτύπωσης φαίνεται το αποτέλεσμα.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση όσων αφορά το θέμα της σχεδίασης και μεταφοράς του σχεδίου σε περιβάλλον cad οι στόχοι πραγματοποιήθηκαν.Το τελικό σχέδιο είχε την επιθυμητή μορφή χωρίς κάποιες σημαντικές αλλαγές.Τελος,παρατηρώντας την μέτρια ποιότητα εκτύπωσης σε συγκεκριμένα μέρη του αυτοκινήτου βλέπουμε κάποια λάθη και αστοχίες.Εκτός απο το υλικό που επηρεάζει την ποιότητα της επιφάνειας είναι και το πάχος του αντικειμένου που θέλουμε να δημιουργήσουμε.Εδώ το πάχος στο πάνω μέρος του αυτοκινήτου ήταν λίγο μικρότερο απο όσο έπρεπε και έτσι μπορεί να υπάρξει κακή ποιότητα επιφάνειας.

Η μεγάλη θερμοκρασία σε συνδυασμό με τον χαμηλό βαθμό τήξης του υλικού μας συμβάλει στο να στρεβλώσει λίγο η επιφάνεια και να λιώσει.Με φινίρισμα και βάψιμο μπορούμε να δούμε μια βελτίωση αλλά αυτο το υλικό όπως αναφέραμε και πριν δεν είναι για καλής ποιότητας αντικείμενα καθώς είναι αρκετά εύθραυστο.Σε άλλα μέρη του αυτοκινήτου όπως οι πόρτες φαίνεται καθαρά η καμυλότητα που σχεδιάσαμε με την freeform και η λεπτομέρεια είναι αρκετά ικανοποιητική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile_butadiene_styrene (προσβάσιμο στις 20 Ιανουαρίου 2022)
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Fused_filament_fabrication#cite_note-Robotica-2 (προσβάσιμο στις 20 Ιανουαρίου 2022)
3. <https://web.archive.org/web/20140122070657/http://www.absplastic.eu/pla-abs-plastic-pros-and-cons/> (προσβάσιμο στις 20 Ιανουαρίου 2022)
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Polylactic_acid (προσβάσιμο στις 20 Ιανουαρίου 2022)
5. <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/> (προσβάσιμο στις 20 Ιανουαρίου 2022)
6. <https://all3dp.com> (προσβάσιμο στις 20 Ιανουαρίου 2022)
7. <https://www.3dexpert.gr/eshop/> (προσβάσιμο στις 20 Ιανουαρίου 2022)
8. Υλικά και σχεδιασμός- Ιωάννης Ζουμπουρτικούδης
- 9.Επιστήμη & τεχνολογία υλικών-Αργύρης Βατάλης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ “Α” ΣΧΕΔΙΑ ΣΤΟ ΧΕΡΙ

