



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Μοντελοποίηση Επιφανειών Με Μοντέλα Στερεών

Με χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος
Creo και του Freestyle

Ευτυχία Λουφαρδάκη

Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Μπιλάλης

Χανιά, 2016

Ευχαριστίες,

Η παρούσα διπλωματική εκπονήθηκε στον τομέα των συστημάτων παραγωγής και συγκεκριμένα στο εργαστήριο του CAD του πολυτεχνείου Κρήτης.

Υπεύθυνος για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας ήταν ο Καθηγητής κ. Νικόλαος Μπιλάλης, τον οποίο ευχαριστώ πολύ για την καθοδήγηση του και τις καίριες υποδείξεις του κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου καθώς και στην επιλογή του θέματος αφού μου δόθηκε η ευκαιρία να ασχοληθώ με έναν πολύ ενδιαφέροντα τομέα.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μοντελοποίηση επιφανειών ενός αντικειμένου με τη χρήση μοντέλου στερεών. Γι αυτό το σκοπό γίνεται χρήση μιας δυνατότητας του σχεδιαστικού προγράμματος Creo Parametric της PTC που ονομάζεται Freestyle.

Στο κεφάλαιο 1 παρουσιάζονται κάποια εισαγωγικά στοιχεία για τα συστήματα σχεδιομελέτης και την εξελικτική τους πορεία στον χρόνο. Στη συνέχεια, δίνεται ο ορισμός της σχεδιομελέτης καθώς και οι κάθετες εφαρμογές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα τρισδιάστατα μοντέλα που δημιουργούνται από τα συστήματα CAD.

Στο κεφάλαιο 2 αναλύεται η έννοια του βιομηχανικού σχεδιασμού και της ανάπτυξης των προϊόντων. Έπειτα, παρουσιάζεται η θεωρία των μοντέλων επιφανειών και των μοντέλων στερεών καθώς και η θεωρία των καμπύλων όπου χωρίζονται σε καμπύλες Bézier και σε B-Splines καμπύλες. Αναλύεται, επίσης, η μοντελοποίηση με επιφάνειες και στην συνέχεια, παρουσιάζεται η θεωρία για την ανάλυση της καμπυλότητας με τη μέθοδο Zebra.

Το κεφάλαιο 3 αναφέρεται στο σχεδιαστικό πρόγραμμα CREO 2.0 της PTC και στο Freestyle. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εμβάθυνση στη χρήση του σχεδιαστικού περιβάλλοντος του Freestyle, καθώς παρουσιάζεται και το μενού. Επίσης, γίνεται αναλυτική παρουσίαση των εντολών και των δυνατοτήτων που παρέχει στον χρήστη.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται μια εφαρμογή ενός μοντέλου μιας κούπας η οποία έχει δημιουργηθεί με το Freestyle. Γίνεται αναλυτική παρουσίαση βήμα προς βήμα των εντολών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του μοντέλου καθώς και ανάλυση της καμπυλότητας του αποτελέσματος με τη μέθοδο Zebra. Τέλος, γίνεται ανάπτυξη και αναλυτική παρουσίαση βήμα προς βήμα ενός πλαστικού δοχείου υγρών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	8
Κεφάλαιο 1: Συστήματα Σχεδιομελέτης (CAD).....	11
1.1 Ορισμός σχεδιομελέτης.....	11
1.2 Μοντέλα 3D προϊόντων και κάθετες εφαρμογές.....	11
1.3 Εξέλιξη Συστημάτων CAD	11
Κεφάλαιο 2: Ανάπτυξη Προϊόντος και Μοντελοποίηση.....	14
2.1 Βιομηχανικός Σχεδιασμός.....	14
2.2 Μοντέλα Επιφανειών	14
2.3 Μοντελοποίηση με Συστήματα Επιφανειών	15
2.3.1 Καμπύλες Bézier.....	17
2.3.2 Καμπύλες B-Splines	18
2.3.3 Στοιχεία Ορισμού Σε Καμπύλες/Επιφάνειες	19
2.3.4 Παραμετρική αναπαράσταση.....	19
2.3.5 Σημεία ελέγχου- Τμήματα και σημεία επεξεργασίας.....	20
2.3.6 Βαθμός.....	21
2.3.7 Διάνυσμα κόμβων.....	22
2.3.8: Μοντελοποίηση με Επιφάνειες.....	22
2.4: Ανάλυση Επιφανειών και Καμπυλότητα	23
2.5: Στερεά Μοντέλα.....	26
Κεφάλαιο 3: PTC Creo 2.0	29
3.1: Creo parametric	29
3.2: Creo Parametric Freestyle.....	29
3.2.1: Γενικά.....	29
3.2.2: Παρουσίαση Freestyle.....	30
3.2.2.1: Ξεκινώντας από το κύριο μενου	30
3.2.2.2: Επεξεργασία και Δυνατότητες	32
Κεφάλαιο 4: Μοντελοποίηση με το Freestyle.....	41
Κεφάλαιο 4.1: Ανάπτυξη προϊόντος : Κούπα.....	41
Κεφάλαιο 4.2: Ανάπτυξη προϊόντος : Πλαστικό δοχείο υγρών.....	64
Συμπεράσματα.....	84
Βιβλιογραφία	85

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

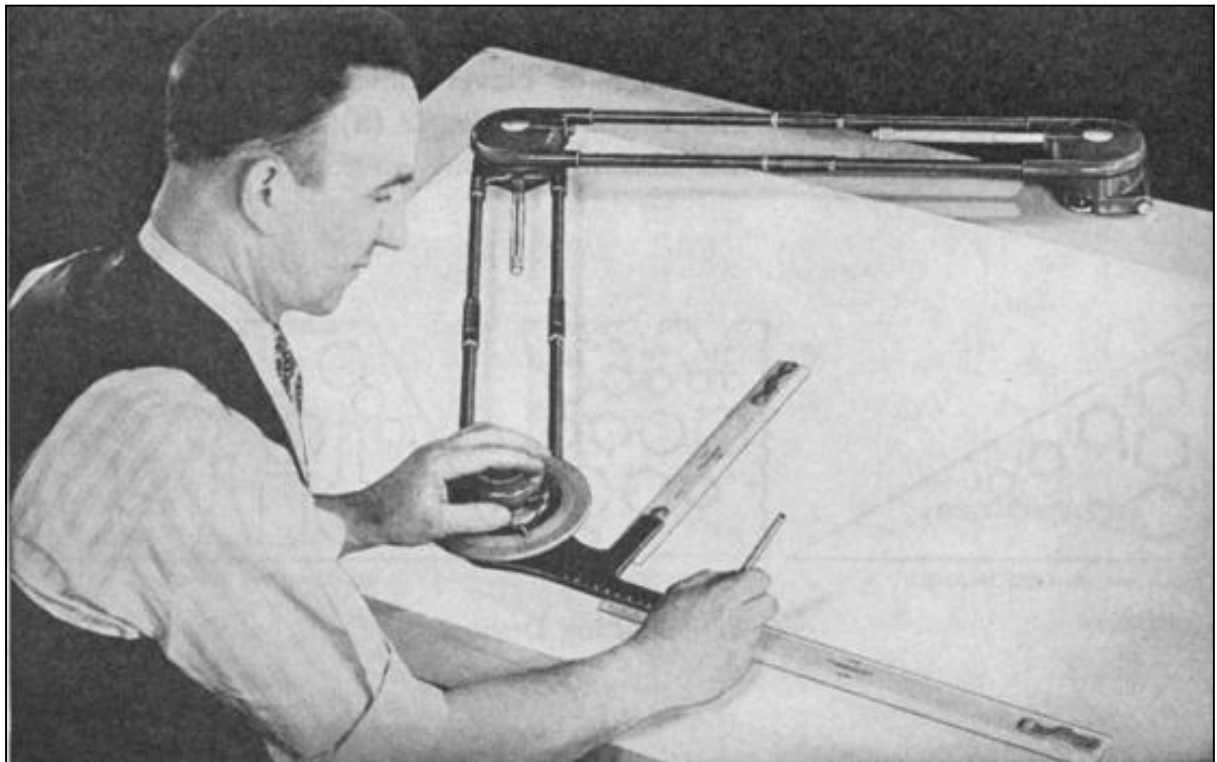
Η μηχανική δηλαδή η «τέχνη των μηχανών» αποτελεί αντικείμενο ενασχόλησης για τον άνθρωπο από την αρχή της ύπαρξής του. Για αιώνες η μηχανική επικεντρωνόταν στην κατασκευή πολεμικών μηχανών που προορίζονταν είτε για αμυντικούς είτε για επιθετικούς σκοπούς [Weisberg, D. 2008]. Αργότερα, η επιστήμη αυτή χρησιμοποιήθηκε για μη στρατιωτικούς σκοπούς όπως η κατασκευή κτιρίων. Τέτοια παραδείγματα είναι ο Παρθενώνας καθώς και άλλα εμβληματικά κτίρια της Ευρώπης. Οι κτίστες εκείνης της εποχής δεν χρησιμοποιούσαν σχέδια και σκίτσα απλά κατέγραφαν με κάποια μέθοδο τις πληροφορίες που αφορούσαν τις διαστάσεις και το σχήμα του κτιρίου καθώς στην κατασκευή εμπλέκονταν πολλοί άνθρωποι.

Ήταν μόνο στις αρχές του 15^{ου} αιώνα που οι Ιταλοί αρχιτέκτονες χρησιμοποίησαν την ιδέα της γραφικής απεικόνισης. Κάποια περιγραφικά μηχανολογικά σχέδια τα οποία έχουν διασωθεί μοιάζουν περισσότερο με σκίτσα καθώς δεν ήταν ούτε υπό κλίμακα ούτε είχαν διαστάσεις. Αντιθέτως, τα σχέδια περιείχαν εκτενή περιγραφικά κείμενα που βοηθούσαν στην κατανόηση του σκοπού τους. Αυτό συνέβαινε γιατί τα σχέδια αυτά είχαν δυο σκοπούς. Ο πρώτος ήταν ότι ο τεχνίτης έπρεπε να κατασκευάσει αυτό που έβλεπε χωρίς να τον απασχολεί η έλλειψη διαστάσεων, καθώς αυτό που έφτιαχνε κάθε φορά ήταν μοναδικό και ο δεύτερος λόγος ήταν ότι οι κατασκευές αυτές φτιάχνονταν για κάποιον βασιλιά ή πλούσιο αστό και έτσι έπρεπε να του τα παρουσιάσουν γραφικά.

Από τα πιο γνωστά πρώιμα μηχανολογικά σχέδια ανήκουν στον Λεονάρντο Ντα Βίντσι ο οποίος ήταν σχεδιαστής στρατιωτικών μηχανημάτων και πρόδρομος των σημερινών βιομηχανικών μηχανημάτων. Ωστόσο και τα δικά του σχέδια ήταν πιο πολύ καλλιτεχνικά καθώς δεν ήταν πολλαπλών όψεων. Παρόλα αυτά αναγνώρισε ότι τα σκίτσα πρέπει να είναι μεγαλύτερης ακρίβειας. Υποστηρικτής αυτής της ιδέα ήταν ο Λεόν Μπατίστα Αλμπέρτι που το 1435 και το 1436 έγγραψε δυο έργα που διερευνούσαν την ανάγκη χρήσης της ευκλείδειας γεωμετρίας στα σχέδια. [Richter, J.P., 1888]

Το μοντέρνο μηχανολογικό σχέδιο και η πρακτική κατάρτιση μπορεί να εντοπιστεί με την ανάπτυξη της περιγραφικής γεωμετρίας και κυρίως στο έργο του Ρενέ Ντεκάρτ (1596-1650) και του Γκασπάρ Μονκ (1746-1818). Το μηχανολογικό σχέδιο άρχισε να εξελίσσεται πιο γρήγορα στα τέλη του 18^{ου} αιώνα και ιδιαίτερα τον 19^ο κατά την βιομηχανική επανάσταση.

Μετά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο υπήρξε η ανάγκη κατοχύρωσης πατέντας για διάφορες καινούργιες συσκευές με συγκεκριμένη μορφολογία και έτσι αναπτύχθηκε το προσχέδιο. Σιγά σιγά αναπτύχθηκε εξοπλισμός που βοηθούσε τους σχεδιαστές να είναι πιο ακριβείς στα σχέδια τους καθώς και συγκεκριμένα πρότυπα τα οποία έπρεπε να ακολουθήσουν. Το πιο κοινό σχεδιαστικό σύστημα (Εικόνα 1) ήταν κατασκευασμένο από την εταιρία Universal Drafting Machine, από τους Frederick Post, Bruning, και Keuffel & Esser. [David E. Weisberg, 2008]



ΕΙΚΟΝΑ 1: ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ (UNIVERSAL DRAFTING MACHINE).

Η ανάπτυξη συστημάτων σχεδίασης και παραγωγής με χρήση Η/Υ, CAD ξεκίνησε τη δεκαετία του '60, κυρίως από τους μεγάλους χρήστες στην αυτοκινητοβιομηχανία και την αεροπορική βιομηχανία. Κύριος στόχος αυτών των συστημάτων ήταν η μοντελοποίηση επιφανειών ελεύθερης μορφής. Οι εταιρίες εκείνη την περίοδο κρατούσαν την ανάπτυξη μυστική και η καθεμία δούλευε ανεξάρτητα από τις άλλες. Η πιο σημαντική ανάπτυξη αυτήν την περίοδο ήταν από τους Pere Bézier (Renault), Paul de Causteljaeu (Citroen), Steven Anson Coons (MIT,Ford), James Ferguson (Boeing), Carl de Boor (GM), Birkhoff (GM), Garibedian (GM), W.Gordon (GM) και R.Riesenfeld.

Το 1963 ο Ivan Sutherland στο MIT αναπτύσσει το σύστημα Sketchpad που αποτελεί την πρώτη εφαρμογή CAD. Στο sketchpad χρησιμοποιείται για πρώτη φορά η γραφική επικοινωνία του χρήστη με το σύστημα με πένα φωτός και οθόνη με καθοδικές ακτίνες. Τα πιο σημαντικά συστήματα που ακολούθησαν υλοποιήθηκαν από μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες και αεροπορικές βιομηχανίες καθώς μόνο αυτού μπορούσαν να υποστηρίξουν την απαιτούμενη υπολογιστική ισχύ. Αυτά ήταν από την GM (Dr. Patrick J. Hanratty) το DAC-1 το 1964, από τη Lockheed Bell-GRAPHIC 1 Και από τη Renault (Bézier)-UNISURF 1971.

Η επέκταση των εφαρμογών συμβαδίζει με την ανάπτυξη των υπολογιστών και ιδιαίτερα η ανάπτυξη συστημάτων για επιτραπέζιους υπολογιστές που έδωσε την ώθηση για την πλήρη αξιοποίηση σε όλες τις εφαρμογές με την ίδρυση αυτόνομων εταιριών διάθεσης συστημάτων CAD όπως οι IBM, Intergraph IDS στις δεκαετίες '60, '70.

Οι πρώτες εφαρμογές σχεδίασης ήταν στις δυο διαστάσεις και μετά το 1980 επεκτάθηκε και στην τρισδιάστατη απεικόνιση με την ανάπτυξη της μοντελοποίησης με

επιφάνειες και στερεά που επέκτειναν πολύ το πεδίο εφαρμογών. Κύρια προϊόντα ήταν το CATIA (Daussault systems), το Autocad (Autodesk) το 1982 και το Pro/ENGINEER το 1988 που εισήγαγε την παραμετρική σχεδίαση. [Νικόλαος Μπιλάλης, Εμμανουήλ Μαραβελάκης 2014]



ΕΙΚΟΝΑ 2: SKETCHPAD 1963.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ (CAD)

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ

Το CAD (Computer Aided design) ορίζεται η χρήση της τεχνολογίας των υπολογιστών σε όλα τα στάδια ανάπτυξης των προϊόντων και ιδιαίτερα στη δημιουργία, ανάλυση, μεταβολή και βελτιστοποίηση της μορφής του προϊόντος. Η σχεδιομελέτη βασίζεται κυρίως στην τεχνολογία γραφικών, των βάσεων δεδομένων, της μαθηματικής μοντελοποίησης, της προσομοίωσης και του ελέγχου δεδομένων. Βασικός παράγοντας στη δημιουργία τρισδιάστατου γεωμετρικού μοντέλου του προϊόντος που αποτελεί βάση για την ανάπτυξη κάθετων εφαρμογών που αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση και παραγωγή του.

Το πλεονέκτημα των συστημάτων CAD είναι η δημιουργία ενός σωστού προϊόντος από την αρχή στον λιγότερο δυνατό χρόνο ανάπτυξης με την καλύτερη δυνατή ποιότητα και τη μείωση των λαθών που θα ελαχιστοποιήσουν το κόστος [Νικόλαος Μπιλάλης, Εμμανουήλ Μαραβελάκης 2014].

1.2 ΜΟΝΤΕΛΑ 3Δ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΕΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Τα τρισδιάστατα μοντέλα που δημιουργούνται από τα συστήματα CAD μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος κάθετων εφαρμογών με κύριες χρήσεις του τις παρακάτω:

1. Παρουσίαση στον πελάτη υπό πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, με χρήση της τεχνολογίας του φωτορεαλισμού.
2. Παραγωγή του προϊόντος, κύρια σε μηχανές ψηφιακής καθοδήγησης (συστήματα σχεδιομελέτης και παραγωγής με χρήση H/Y - Computer Aided Design and Manufacture - CAD/CAM), όπου έχουμε αναπαραγωγή στην οθόνη του υπολογιστή της κίνησης του κοπτικού εργαλείου της εργαλειομηχανής, που αποδίδει την μορφή του, πριν από τη πραγματική του κατεργασία.
3. Ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία για έλεγχο αντοχής, συμπεριφορά σε ροή, κατεργασιμότητα, κλπ. και παρουσίαση των αποτελεσμάτων στην οθόνη, για αξιολόγηση και βελτιστοποίηση.
4. Ανάλυση λειτουργικότητας του πρωτοτύπου με τη χρήση τεχνικών εικονικής πραγματικότητας (εικονικό ή πλασματικό πρωτότυπο - Virtual Prototype), για τη μείωση του αριθμού των πρωτοτύπων και για την αξιολόγηση των τεχνικών λύσεων σε πρώιμο στάδιο.
5. Ταχεία παραγωγή πρωτοτύπου και παραγωγή (Rapid Prototype and Manufacturing).
6. Παραγωγή πρωτοτύπων άμεσα από το μοντέλο με χρήση ειδικών μηχανών.
7. Επικοινωνία μεταξύ συνεργαζόμενων ομάδων.
8. Ανταλλαγή δεδομένων για τη μεταφορά των μοντέλων, ανταλλαγή εικόνων, συνεργασία ομάδων.

1.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ CAD

Τα σύγχρονα συστήματα σχεδιομελέτης CAD στηρίζονται στη χρήση τρισδιάστατης μοντελοποίησης που είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των κάθετων εφαρμογών. Τα πρώτα συστήματα που ήταν απλά μόνο για σχεδίαση ήταν δυο διαστάσεων και ο χρήστης απλά σχεδίαζε τις όψεις του αντικειμένου όπως θα έκανε στο χαρτί.

Όλα τα αντικείμενα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες. Στα αντικείμενα 2 ½ διαστάσεων (απλά ή σύνθετα) και σε αυτά των τριών διαστάσεων. Τα μοντέλα 2 ½ διαστάσεων έχουν σταθερή διατομή και το πάχος του είναι σταθερό και κάθετα προς τη διατομή ενώ τα αμιγώς τριών διαστάσεων δεν έχουν ομοιόμορφη διατομή και/ ή έχουν σταθερό πάχος (Εικόνα 3).

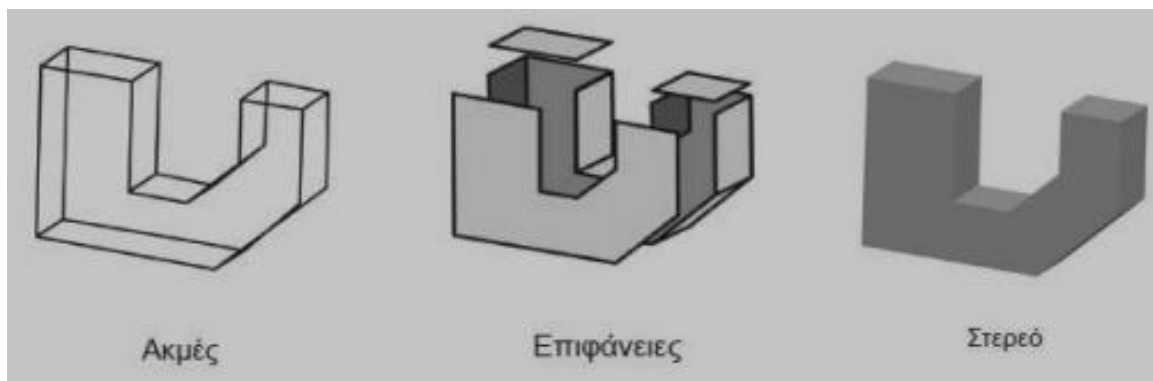


ΕΙΚΟΝΑ 3: ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ.

Για την αναπαράσταση των διάφορων τρισδιάστατων αντικειμένων έχουν αναπτυχθεί τρόποι μοντελοποίησης που καλύπτουν όλες τις ανάγκες σχεδιασμού των αντικειμένων αυτών. Αυτές είναι:

1. Μοντέλα ακμών ή σύρματος: κατάλληλα για αντικείμενα 2 ½ διαστάσεων.
2. Μοντέλα επιφανειών: πολύπλοκα αντικείμενα.
3. Μοντέλα στερεών: για πλήρη μοντέλα.
4. Στερεά παραμετρικά μοντέλα με μορφολογικά χαρακτηριστικά: για κάλυψη ομάδων αντικειμένων.

Τα πρώτα τρισδιάστατα συστήματα ήταν μοντέλα ακμών τα οποία απαιτούν λιγότερη υπολογιστική ισχύ αλλά αποδίδουν λιγότερες μορφές αντικειμένων περιορίζοντας τον χρήστη στο εύρος των εφαρμογών. Τα σημερινά συστήματα τρισδιάστατης μοντελοποίησης βασίζονται σε στερεά μοντέλα ή μοντέλα επιφανειών και μπορούν να αποδώσουν κάθε μορφή. Τα απλά στερεά μοντέλα έχουν αντικατασταθεί με παραμετρικά και έτσι ο χρήστης μπορεί να αποδώσει μορφολογικά χαρακτηριστικά με διαστάσεις ορισμού του στερεού να είναι παράμετροι (Εικόνα 4).



ΕΙΚΟΝΑ 4: ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΚΜΩΝ, ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ, ΣΤΕΡΕΩΝ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

2.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ο βιομηχανικός σχεδιασμός είναι η υπηρεσία σύλληψης, ανάπτυξης της ιδέας και των προδιαγραφών που βελτιστοποιούν τη λειτουργία την αξία, την αισθητική των προϊόντων και των συστημάτων προς αμοιβαίο όφελος τόσο των χρηστών όσο και των κατασκευαστών. [Industrial Design Society of America-IDSΑ]

Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές έχουν διπλό ρόλο, είναι μηχανικοί και καλλιτέχνες κατά τη διαδικασία ανάπτυξης και σχεδιασμού ενός προϊόντος. Δεν σχεδιάζουν με ακρίβεια όλα τα συστατικά του προϊόντος που το κάνουν να λειτουργεί αλλά επικεντρώνονται στη λειτουργία και τη μορφή του. Ένα παράδειγμα είναι ο σχεδιασμός ενός νέου μοντέλου αυτοκινήτου. Ο σχεδιαστής θα ασχοληθεί με την εξωτερική εμφάνιση και την λειτουργικότητα του αλλά όχι με τον κινητήρα και τις επιδόσεις.

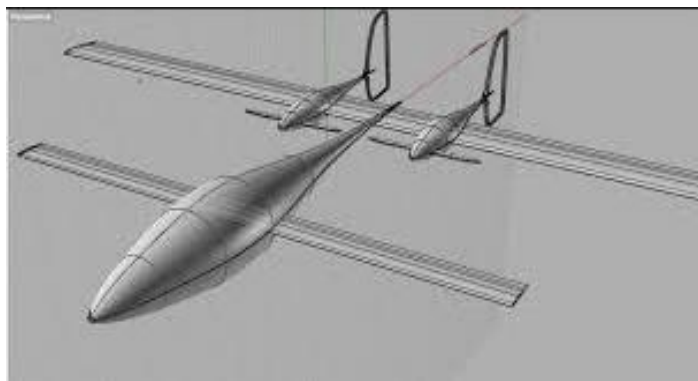
Τα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται στο στάδιο του σχεδίου του προϊόντος είναι το CAID (Computer Aided Industrial Design). Το CAID είναι ένα σύστημα το οποίο επιτρέπει την παραμετρική και ελεύθερη σχεδίαση για τη δημιουργία σκίτσων τα οποία δημιουργούνται στο στάδιο ανάπτυξης της ιδίας του προϊόντος. Μπορούν και απεικονίζουν στις δυο διαστάσεις πολύπλοκες μορφές κάνοντας χρήση της γεωμετρίας ώστε να ελέγχουν παράμετροι όπως η καμπυλότητα. Επίσης μπορεί να γίνει αυτόματη μετάφραση του σκίτσου στις τρεις διαστάσεις ώστε να γίνει περαιτέρω επεξεργασία. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα φωτορεαλισμού και κίνησης για την παρουσίαση του προϊόντος. [Νικόλαος Μπιλάλης, Εμμανουήλ Μαραβελάκης 2014]

2.2 ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Τα μοντέλα επιφανειών μοντελοποιούν τον φλοιό ενός αντικειμένου και σχηματίζουν την εξωτερική του μορφή. Με αυτόν τον τρόπο δεν απεικονίζεται το πάχος του αντικειμένου ή αν εσωτερικά είναι άδειο ή γεμάτο. Με την μέθοδο αυτή μπορούμε να καθορίσουμε με ακρίβεια την εξωτερική μορφή του αντικειμένου ανεξάρτητα της πολυπλοκότητας του (Εικόνα 5).

Όσο αναφορά τις κάθετες εφαρμογές, μπορεί να γίνει ανάλυση με τη δημιουργία πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων καθώς και δυνατότητα προγραμματισμού εργαλειομηχανής CNC για την παραγωγή του.

Το μειονέκτημα χρήσης μοντέλων επιφανειών είναι ότι δεν ενδείκνυται για την παραγωγή σχεδίων γιατί η δημιουργία όψεων είναι δύσκολη και χρονοβόρα. Επίσης χρειάζεται κάποια γνώση της μαθηματικής αναπαράστασης των καμπύλων των επιφανειών ελεύθερης μορφής καθώς πρέπει να επιλεγεί η κατάλληλη επιλογή επιφάνειας που θα αποδώσει σωστά την καμπύλη. Τέλος, η δημιουργία του μοντέλου είναι δύσκολη καθώς χρειάζεται καλές ικανότητες μοντελοποίησης.



ΕΙΚΟΝΑ 5: ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ.

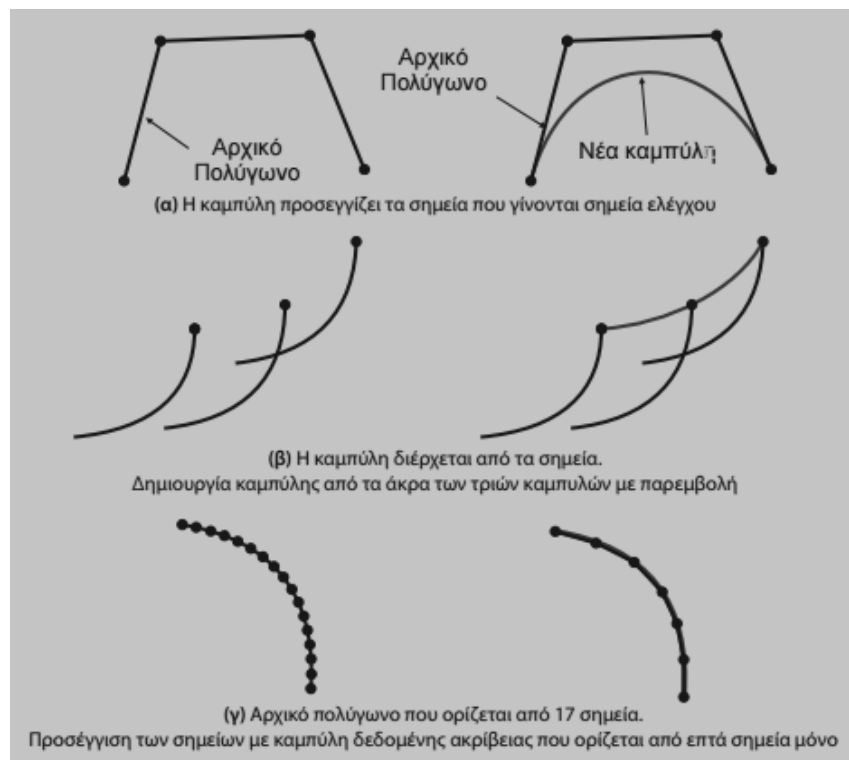
2.3 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Στην μοντελοποίηση με επιφάνειες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε καμπύλες και επιφάνειες. Καμπύλη μπορεί να είναι κάποιο ευθύγραμμο τμήμα, τόξο, κύκλος, έλλειψη, έλικες, ανοικτές ή κλειστές.

Μπορούμε να δημιουργήσουμε καμπύλες με τρεις τρόπους. Στην πρώτη περίπτωση μπορούμε να δημιουργήσουμε μια καμπύλη που να προσεγγίζει τα σημεία ενός αρχικού πολύγωνου ελέγχου (Εικόνα 6). Με αυτόν τον τρόπο η καμπύλη περνάει από το πρώτο και το τελευταίο σημείο προσεγγίζοντας τα υπόλοιπα. Έτσι, δημιουργούμε μια καμπύλη ελεύθερης μορφής την οποία μπορούμε να την προσαρμόσουμε στο σχήμα που επιθυμούμε. Οι καμπύλες μπορεί να είναι 3^{ου} μέχρι 5^{ου} βαθμού. Ο βαθμός μιας καμπύλης εξαρτάται από τον ελάχιστο αριθμό σημείων ελέγχου. Έτσι μπορούμε να έχουμε μια κυρτή καμπύλη μορφής C με τέσσερα σημεία ελέγχου (3^{ου} βαθμού), μια καμπύλη με κυρτά και κοίλα τμήματα μορφής S ή M (βαθμός καμπύλης 3 έως 5). Στα σημεία ελέγχου μπορούν να αποδοθούν και βάρη (Εικόνα 7).

Ο δεύτερος τρόπος ορισμού μιας καμπύλης είναι η καμπύλη να παρεμβάλλει ακριβώς όλα τα σημεία και το σύστημα δημιουργεί μια καμπύλη τύπου spline. Η δυσκολία εντοπίζεται στην περίπτωση που έχουμε πολλά σημεία ανομοιόμορφα κατανομημένα και μπορεί να αλλάξει η κύρτωση της καμπύλης. Όταν τα σημεία είναι τρία ή τέσσερα τότε η καμπύλη μπορεί να παραμείνει ομαλή.

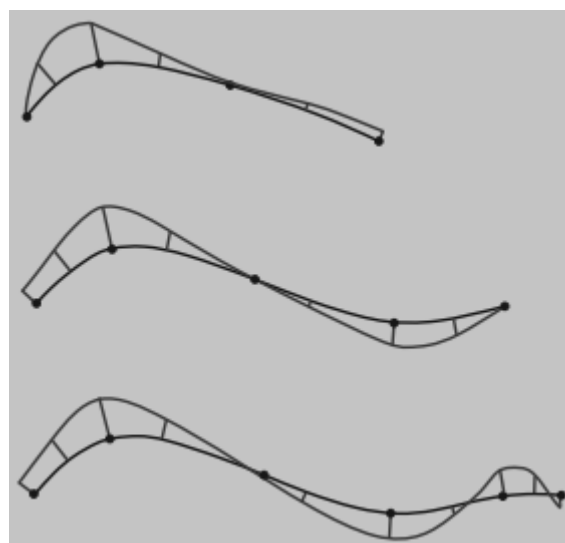
Στην τρίτη περίπτωση η καμπύλη μπορεί να προσεγγίσει και να παρεμβάλλει ορισμένα σημεία με δεδομένη ακρίβεια. Με τη μέθοδο αυτήν μπορούμε να αντιμετωπίσουμε περιπτώσεις που υπάρχουν εσφαλμένα σημεία λόγω της μεθόδου υπολογισμού τους (Εικόνα 8).



ΕΙΚΟΝΑ 6: ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΣΗΜΕΙΩΝ



ΕΙΚΟΝΑ 7: ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ BEZIER ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΕΙΚΟΝΑ 8: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΠΟΥ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΣΗΜΕΙΩΝ.

2.3.1 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΒÉZIER

Οι καμπύλες αυτές χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά από τον μαθηματικό Bézier το 1972 στη Renault και αποτέλεσαν βάση για πολλά συστήματα CAD.

Μία καμπύλη Bézier ορίζεται με τη βοήθεια των πολυωνύμων Bernstein. Η γενική μορφή της καμπύλης n-βαθμού είναι η κάτωθι [[Νικόλαος Μπιλάλης, Εμμανουήλ Μαραβελάκης 2014, Rovenski, V. 2010]:

$$C(u) = \sum_{i=0}^n P_i B_{i,n}(u) , \quad 0 \leq u \leq 1,$$

Όπου είναι τα πολυώνυμα Bernstein και τα $P(i) = 0, \dots, n$ είναι τα διανύσματα θέσης των σημείων ελέγχου της καμπύλης, που συνιστούν το χαρακτηριστικό πολυγώνου της καμπύλης. Τα πολυώνυμα Bernstein ορίζονται ως εξής:

$$B_{i,n} = D(n, i) u^i (1 - u)^{n-i}$$

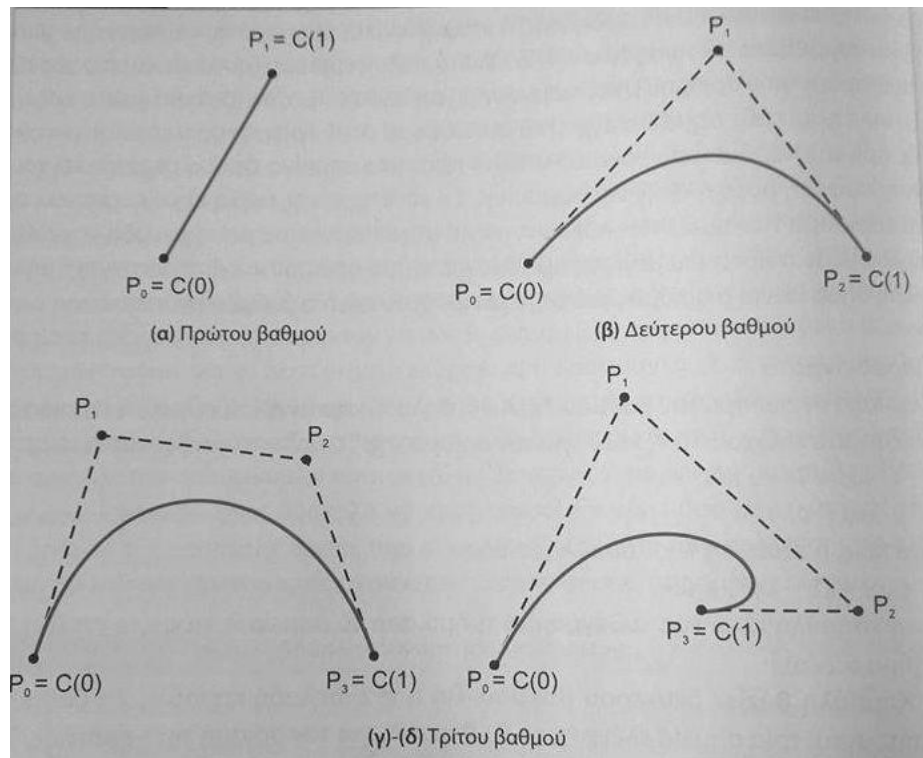
Όπου είναι ο δυωνυμικός συντελεστής

$$D(n, i) = \frac{n!}{i! (n - i)!}$$

Τα πολυώνυμα Bernstein προσδιορίζουν τον τρόπο με τον οποίο τα σημεία ελέγχου επηρεάζουν τη μορφή μίας καμπύλης Bézier. Η μορφή τους εξαρτάται από το που αποτελεί την παράμετρο ορισμού της καμπύλης και δείχνει τη συνεισφορά κάθε σημείου ελέγχου στον ορισμό της καμπύλης για τις διαφορετικές τιμές της παραμέτρου u .

Τα πολυώνυμα Bernstein ορίζονται σε όλο το εύρος του πεδίου ορισμού της παραμέτρου και εκτός των παίρνουν μη μηδενικές τιμές, με αποτέλεσμα κάθε σημείο ελέγχου να συνεισφέρει στον ορισμό της καμπύλης για κάθε τιμή της παραμέτρου ορισμού u . Σαν αποτέλεσμα η μορφή της καμπύλης επηρεάζεται από ένα σημείο ελέγχου. Σε κάθε τιμή της παραμέτρου ορισμού u , το άθροισμα των πολυωνύμων Bernstein είναι ίσο με τη μονάδα και κάθε πολυώνυμο παίρνει μία μέγιστη τιμή στο διάστημα ορισμού, και αυτή είναι για τιμή $u = \frac{i}{n}$, όπου i είναι ο αριθμός του σημείου ελέγχου και ο βαθμός της καμπύλης [Νικόλαος Μπιλάλης, Εμμανουήλ Μαραβελάκης 2014].

Για $n=1$ έχουμε καμπύλη Bézier 1^{ου} βαθμού και απαιτούνται δυο σημεία ελέγχου, για $n=2$ έχουμε καμπύλη Bézier 2^{ου} βαθμού και απαιτούνται τρία σημεία ελέγχου.



ΕΙΚΟΝΑ 9: ΒΑΘΜΟΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ

2.3.2 ΚΑΜΠΥΛΕΣ B-SPLINES

Οι καμπύλες B-Splines έχουν όλες τις ιδιότητες των καμπύλων Bézier καθώς και άλλα προτερήματα απέναντι τους αφού οι καμπύλες που αποτελούνται από μόνο ένα πολυωνυμικό ή ρητό τμήμα είναι συχνά ανεπαρκείς για τη γεωμετρική σχεδίαση. Αυτό αποτελεί μεγάλο μειονέκτημα των καμπύλων Bézier το οποίο απουσιάζει από τις καμπύλες B-Splines. Ένα προτέρημα των καμπύλων B-Splines είναι η δυνατότητα τοπικού ελέγχου της καμπύλης χωρίς να επηρεάζει όλη την καμπύλη παρά μόνο ορισμένα τμήματα. Στη συνέχεια, ο βαθμός της καμπύλης είναι ανεξάρτητος από τα σημεία ελέγχου και μπορεί να επιλεγεί ανάλογα τις ανάγκες κάθε φορά. Έτσι, η προσθήκη ή η διαγραφή σημείων ελέγχου μπορεί να γίνει χωρίς αλλαγή του βαθμού της καμπύλης. Αντίθετα, με τις καμπύλες Bézier η καμπύλη που προκύπτει είναι μεγάλου βαθμού, αν έχουμε ένα πολύπλοκο σχήμα, τότε υπάρχει υπολογιστική δυσκολία καθώς αυτή παρουσιάζει ταλαντώσεις.

Οι καμπύλες B-Splines μελετήθηκαν πενήντα χρόνια πριν από τον Nikolai Lobachevsky. Ο όρος B-Spline επινοήθηκε από τον Isaac Jacob Schoenberg και αποτελεί μία συντομογραφία για τη βασική καμπύλη (Basis spline).

Η χρήση των B-Splines, στο πλαίσιο των προγραμμάτων σχεδίασης με ηλεκτρονικούς υπολογιστές, αποδείχθηκε βιώσιμη και πολύ σημαντική μέθοδος αναπαράστασης από

πολλούς πρωτοπόρους που ασχολήθηκαν με αυτό το επιστημονικό πεδίο, όπως ο Riesenfeld, ο Boehm και πολλοί ακόμα ερευνητές [Piegl, L. 1997].

Είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την αναπαράσταση καμπυλών στο δισδιάστατο χώρο. Οι καμπύλες B-Splines ορίζονται από μία σειρά σημείων ελέγχου (σημεία de Boor) που σχηματίζουν το πολύγωνο ελέγχου (πολύγωνα de Boor). Οι καμπύλες B-Splines δεν είναι μονοτμηματικές καμπύλες αλλά αποτελούνται από περισσότερα τμήματα. Υπάρχει εξάρτηση μεταξύ του αριθμού των τμημάτων m , του αριθμού των σημείων ελέγχου $(n+1)$ και του βαθμού της καμπύλης p , που επιλέγεται από το χρήστη. Το πεδίο τιμών της παραμέτρου u , είναι πλέον $[0, m)$ και όχι $[0, 1)$ όπως στις καμπύλες Bézier. Μεταξύ των τμημάτων των καμπυλών B-Splines, υπάρχει συνέχεια $p-1$ [Piegl, L. 1997].

Η εξίσωση που περιγράφει τις καμπύλες B-Splines p βαθμού είναι:

$$C(u) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,p}(u), \quad 0 \leq u \leq U_{max}, \quad 1 \leq p \leq n$$

όπου $N_{i,p}(u)$ οι βασικές συναρτήσεις B-Splines.

Οι καμπύλες εξαρτώνται από την παράμετρο p που είτε ορίζεται από το χρήστη είτε εξ' ορισμού. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα ορισμού της παραμέτρου k που αναπαριστά την τάξη της καμπύλης και ισχύει $k = p + 1$.

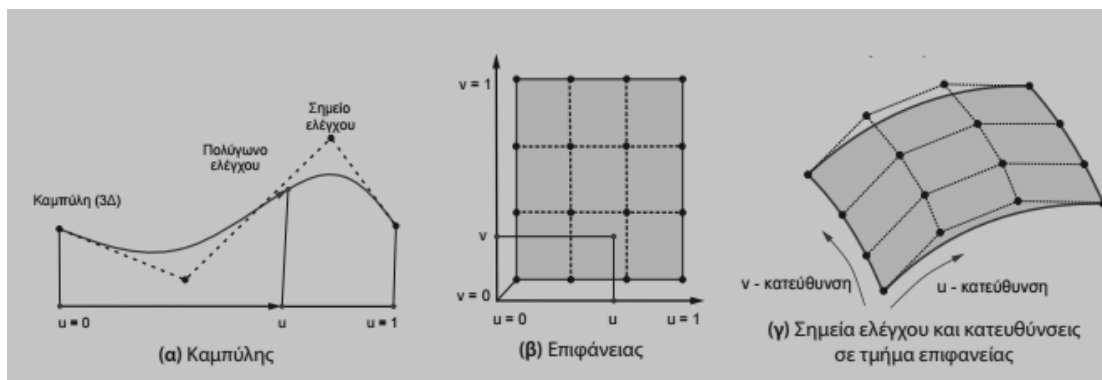
2.3.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΡΙΣΜΟΥ ΣΕ ΚΑΜΠΥΛΕΣ/ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Τα σύγχρονα συστήματα μοντελοποίησης με επιφάνειες στηρίζονται στη χρήση καμπυλών και επιφανειών τύπου NURBS (Non Uniform Rational B-Splines). Όταν έχουμε καμπύλες οι έννοιες αναφέρονται στη μια διάσταση ενώ όταν έχουμε επιφάνειες αναφέρονται σε δυο διαστάσεις. Οι καμπύλες τύπου NURBS ορίζονται από ένα σύνολο σημείων στο χώρο που ονομάζονται σημεία ελέγχου και όταν ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζουν το πολύγωνο ελέγχου ή κέλυφος. Μια καμπύλη NURBS μπορεί να έχει ένα ή επιμέρους τμήματα καμπύλων και ανάλογα με τον αριθμό των επιμέρους τμημάτων μπορεί να είναι τύπου Bézier ή B-Splines. Μια καμπύλη Bézier αποτελείται από ένα τμήμα και διέρχεται από τα ακραία σημεία ελέγχου ενώ μια καμπύλη B-Splines περνάει από ακραία σημεία ελέγχου αλλά εξαρτάται κάθε φορά από τον τύπο της παραμετροποίησης.

2.3.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ

Οι καμπύλες και οι επιφάνειες ελεύθερης μορφής εκφράζονται με τη χρήση της παραμετρικής αναπαράστασης. Για τον ορισμό της καμπύλης χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις της μορφής $X = f_x(u)$, $Y = f_y(u)$ και $Z = f_z(u)$ με το u να ορίζει κάθε σημείο στην καμπύλη. Στις καμπύλες Bézier που απαρτίζονται από ένα τμήμα, η παράμετρος ορισμού είναι $0 \leq u \leq 1$. Αντίθετα, στις καμπύλες τύπου NURBS οι τιμές είναι μεταξύ $0 \leq u \leq n$ για n τμήματα καμπύλης B-Splines. Οι επιφάνειες στα συστήματα CAD είναι τετράπλευρου τύπου (ορίζονται από τέσσερις οριακές καμπύλες) και υπάρχουν δύο παράμετροι ορισμού, u και v , και οι παραμετρικές εξισώσεις είναι $X = f_x(u, v)$, $Y = f_y(u, v)$ και $Z = f_z(u, v)$. Σε αντιστοιχία με τις καμπύλες, οι τιμές των παραμέτρων κυμαίνονται μεταξύ $0 < u \leq 1$, $0 < v \leq 1$, για τμήματα επιφανειών Bézier (Εικόνα

$10(\gamma))$ και $0 \leq u \leq m, 0 < v \leq 1$, για επιφάνεια τύπου B-Splines που αποτελείται από $m \times n$ επιμέρους τμήματα.

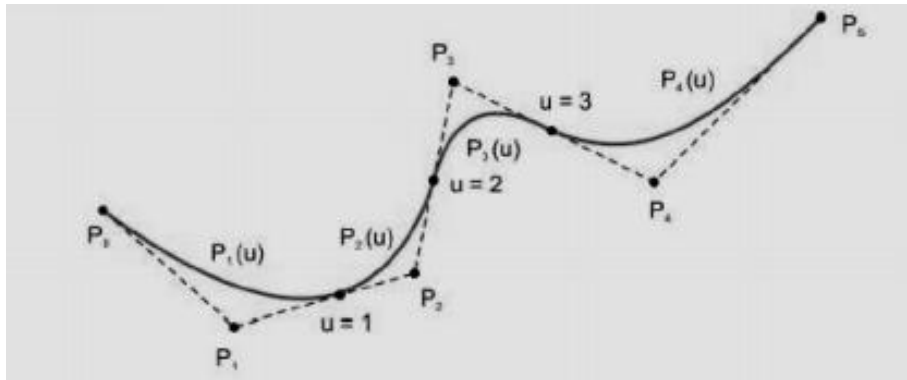


ΕΙΚΟΝΑ 10: ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ Α) ΚΑΜΠΥΛΗΣ, Β) ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ, Γ) ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΣΕ ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ.

2.3.5 ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ- ΤΜΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΗΜΕΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κάθε καμπύλη ορίζεται από τα σημεία ελέγχου (control points), τα οποία δεν βρίσκονται όλα πάνω στην καμπύλη/επιφάνεια που ορίζουν. Αυτά τα σημεία ελέγχου, τα οποία χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν τη μορφή της καμπύλης, όταν ενώνονται σχηματίζουν το πολύγωνο ελέγχου. Η μετακίνηση ενός σημείου ελέγχου επηρεάζει την καμπύλη σε μια περιοχή αλλά αυτό εξαρτάται από τον τύπο της καμπύλης. Στις καμπύλες Bézier με την μετακίνηση ενός σημείου επηρεάζεται όλη η καμπύλη. Συνεπώς, για τη μεταβολή της μορφής μιας επιφάνειας από τα σημεία ελέγχου ισχύει ότι και για τις επιφάνειες αλλά το τελικό αποτέλεσμα για την μορφή της επιφάνειας είναι λιγότερο προβλέψιμο.

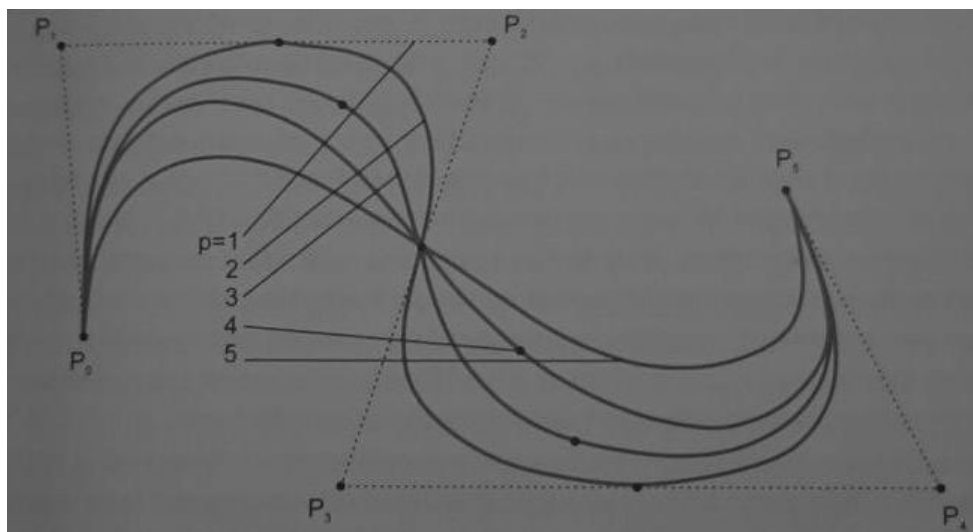
Μια επιφάνεια μπορεί να είναι Bézier ,δηλαδή να αποτελείται από ένα μόνο τμήμα, ή B-Spline, δηλαδή να αποτελείται από περισσότερα τμήματα (Εικόνα 11). Τα άκρα κάθε τμήματος ονομάζονται σημεία επεξεργασίας ή κόμβοι. Μια καμπύλη μπορούμε να την αποδώσουμε είτε από πολλά τμήματα (B-Splines), να είναι δηλαδή σύνθετη, είτε από ένα τμήμα (Bézier). Οι κόμβοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μεταβολή της μορφής της καμπύλης. Μπορούμε να αυξήσουμε τα σημεία επεξεργασίας και άρα τα τμήματα από τα οποία αποτελείται μια καμπύλη NURBS ώστε να επεξεργαστούμε μια επιφάνεια σε μεγαλύτερο βαθμό. Τον αριθμό των τμημάτων ελέγχου μπορούμε να τον αυξήσουμε ανάλογα τον βαθμό της καμπύλης. Τα σημεία επεξεργασίας μιας καμπύλης ανήκουν στο διάλυσμα κόμβων και είναι οι τιμές της παραμέτρου u που ορίζουν την καμπύλη. Οι επιφάνειες που ορίζονται είναι τετράπλευρου τύπου και ορίζονται από ακραίες καμπύλες και ονομάζονται ισοπαραμετρικές (Isoparms).



ΕΙΚΟΝΑ 11: ΚΑΜΠΥΛΗ B-SPLINES ΠΟΥ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΕΞΙ ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΕΙΝΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΒΑΘΜΟΥ. ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΕΣΣΕΡΑ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΑ.

2.3.6 ΒΑΘΜΟΣ

Για τον προσδιορισμό του βαθμού της καμπύλης πρέπει να επιλέξουμε αρχικά ένα είδος καμπύλης. Αν επιλέξουμε, λοιπόν, καμπύλη τύπου Bézier τότε ο βαθμός της καμπύλης προσδιορίζεται από τον αριθμό των σημείων ελέγχου και ισχύει ότι $\text{βαθμός καμπύλης} = \text{αριθμός σημείων ελέγχου} - 1$. Αντίθετα, αν επιλέξουμε να δημιουργήσουμε σύνθετη καμπύλη B-Spline τότε ο βαθμός καθορίζεται από τον χρήστη, που συνήθως είναι 3^{ου} βαθμού, και η καμπύλη αποτελείται από περισσότερα τμήματα. Γι αυτήν την περίπτωση ισχύει ότι ο $\text{αριθμός τμημάτων} = \text{με των αριθμό σημείων ελέγχου} - \text{τον βαθμό της καμπύλης}$. Για παράδειγμα, στην Εικόνα 12 τα σημεία ελέγχου είναι έξι, ο βαθμός της καμπύλης είναι τρία άρα η καμπύλη αποτελείται από τρία τμήματα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός της καμπύλης τόσο περισσότερα σημεία ελέγχου επηρεάζουν ένα τμήμα της καμπύλης. Επίσης, ο βαθμός μιας επιφάνειας καθορίζεται από έναν βαθμό κατά τις δυο διευθύνσεις ορισμού της επιφανείας, u και v και μπορεί να είναι διαφορετικός αλλά σταθερός για κάθε κατεύθυνση. Στην περίπτωση αυτή όσο πιο μεγάλος είναι ο βαθμός μιας επιφάνειας τόσο πιο ευέλικτη γίνεται.



ΕΙΚΟΝΑ 12: ΓΙΑ $P=1$, Η ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΥΜΠΙΠΤΕΙ ΜΕ ΤΟ ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΠΕΝΤΕ ΤΜΗΜΑΤΑ. ΓΙΑ $P=2$, Η ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΕΣΣΕΡΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΝΑΙ ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΕΠΑΦΗΣ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΜΕ ΤΟ ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΕΛΕΓΧΟΥ. ΓΙΑ $P=3$ ΕΩΣ 5 Η ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΡΙΑ, ΔΥΟ ΚΑΙ ΕΝΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ. ΓΙΑ $P=5$ ΕΙΜΑΙ ΜΙΑ ΚΑΜΠΥΛΗ BEZIER.

2.3.7 ΔΙΑΝΥΣΜΑ ΚΟΜΒΩΝ

Η επιλογή του διανύσματος κόμβων παίζει καταλυτικό ρόλο στη δημιουργία των βασικών συναρτήσεων, καθώς έχει επιπτώσεις στον υπολογισμό τους και στη τελικά μορφή των καμπυλών B-Spline. Τα διανύσματα κόμβων διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες, το ομοιόμορφο (Uniform), το ανοικτό ομοιόμορφο (Open- Uniform) και το ανομοιόμορφο (Non-Uniform).

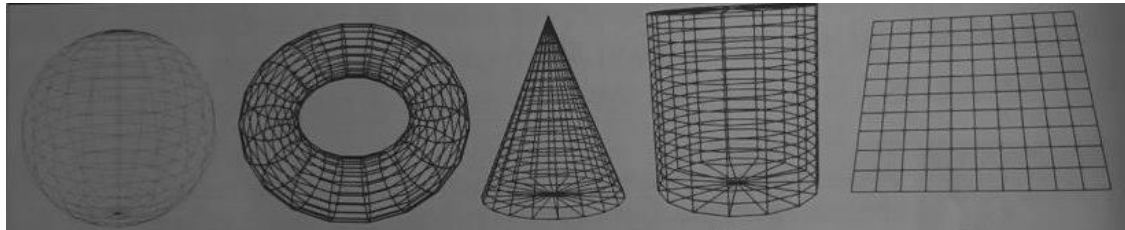
Στο ομοιόμορφο διάνυσμα κόμβων οι επιμέρους κόμβοι είναι διακριτοί και ισαπέχουν. Στο ανοικτό ομοιόμορφο διάνυσμα κόμβων, υπάρχει μία πολλαπλότητα στα άκρα, η οποία ισούται με την τάξη $K = p + 1$ των βασικών συναρτήσεων ενώ υπάρχει ομοιόμορφη διάταξη στους κόμβους στους εσωτερικούς κόμβους.

Τα ανομοιόμορφα διανύσματα κόμβων, είτε παίρνουν ανομοιόμορφα κατανεμημένες τιμές, είτε έχουν πολλαπλούς εσωτερικούς κόμβους, και μπορεί να είναι περιοδικά ή ανοικτά: π.χ. $[0,0,0,1,1,2,2,2]$ ή $[0,1,2,2,3,4]$ ή $[0,0.28,0.5, 0.72,1]$.

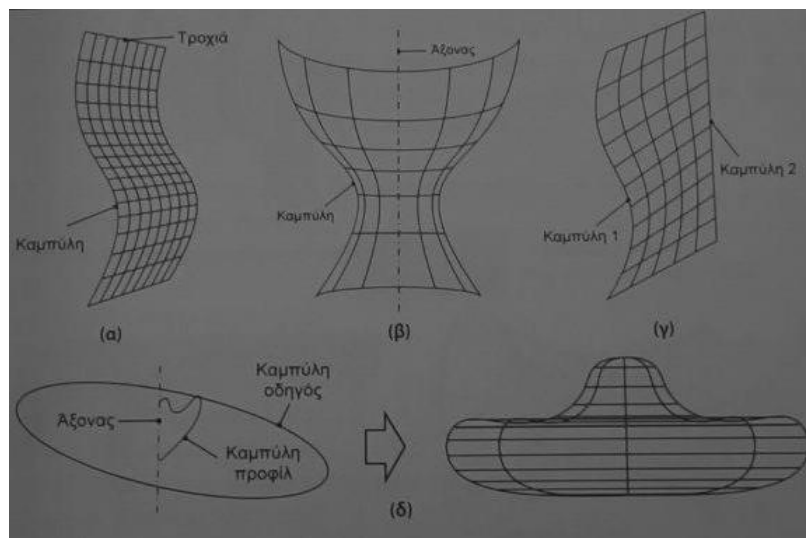
2.3.8: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Τα μοντέλα επιφανειών χρησιμοποιούνται ευρέως από τα περισσότερα συστήματα σχεδιασμού προϊόντων. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να δημιουργήσουμε μια επιφάνεια στο CAD που ανήκει σε κάποιο προϊόν με την προοπτική της διαχείρισης της. Ένας απλός τρόπος δημιουργίας απλών επιφανειακών τμημάτων είναι η δημιουργία σφαίρας, σαμπρέλας, κώνου, κυλίνδρου ή επιπέδου (Εικόνα 13). Οι μέθοδοι αυτοί είναι το tabulated cylinder που δημιουργείται από την προβολή της καμπύλης προς την κατεύθυνση του διανύσματος, η επιφάνεια από περιστροφή (revolved) όπου δημιουργεί την επιφάνεια από την περιστροφή της καμπύλης γύρω από έναν άξονα ενώ ο άξονας περιστροφής μπορεί να είναι 260° ή τμήμα κύκλου. Επίσης, άλλη μέθοδος

δημιουργίας επιφάνειας είναι η γραμμική επιφάνεια όπου δημιουργείται από επιφάνεια μεταξύ δυο καμπύλων στο χώρο. Η επιφάνεια χαρακτηρίζεται από ευθύγραμμα στοιχεία που ενώνουν αντίστοιχα σημεία των δυο καμπύλων. Μια παραλλαγή και πιο γενικευμένη λειτουργία περιστροφής είναι και η περιστροφή μιας διατομής γύρω από έναν άξονα ενώ το άλλο άκρο ακολουθεί τροχιά. Τέλος, πιο σύνθετες επιφάνειες μπορούν να δημιουργηθούν με τις λειτουργίες σάρωσης, προσαρμογής και επιφάνειες από πλέγμα καμπυλών ή σημείων (Εικόνα 14).



ΕΙΚΟΝΑ 13: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΠΛΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ.

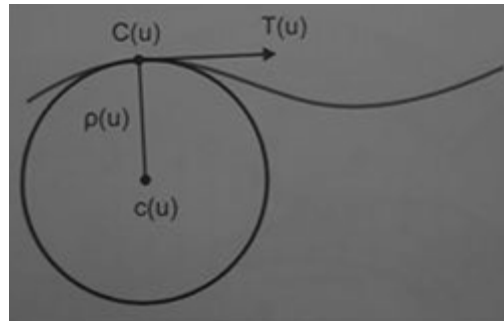


ΕΙΚΟΝΑ 14: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΜΕ ΑΠΛΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ.

2.4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑ

Η καμπυλότητα μιας επιφάνειας παίζει σημαντικό ρόλο για ένα μοντέλο που προορίζεται για ανάπτυξη προϊόντος. Αρχικά, παίζει ρόλο στην εμφάνιση του προϊόντος καθώς οι ομαλές καμπύλες γενικά είναι καλύτερες αισθητικά. Μετά το σχεδιασμό του το μοντέλο λογικά θα χρησιμοποιηθεί για κάθετες εφαρμογές, όπως η παραγωγή του με μηχανές ψηφιακής καθοδήγησης (CNC), ή ακόμα και με ταχεία προτυποποίηση. Συνεπώς, το μοντέλο πρέπει να έχει ομαλές καμπύλες για κατασκευαστικούς λόγους. Άλλος ένας λόγος, που πρέπει να γίνεται ανάλυση της καμπυλότητας μιας επιφάνειας, είναι η αποφυγή των αστοχιών που προκύπτουν συνήθως σε επιφάνειες που έχουν μη ομαλή καμπυλότητα. Στα πλαίσια του σχεδιασμού ενός μοντέλου υπάρχουν κάποιοι μέθοδοι που μας δείχνουν τα χαρακτηριστικά μιας καμπύλης.

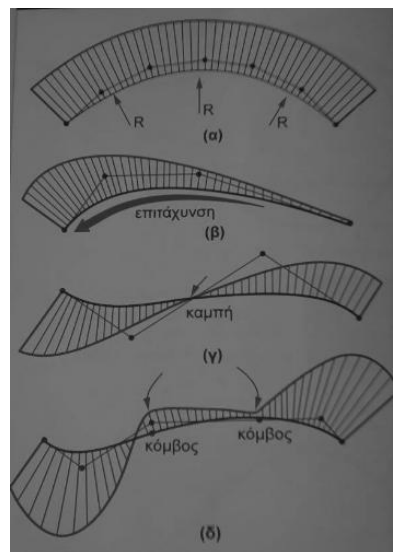
Γενικά, η καμπυλότητα μιας επιφάνειας ορίζεται σε κάθε σημείο της και αποτελεί τον ορισμό του κύκλου που εφάπτεται στο σημείο αυτό. Αποτελείται από τρία σημεία πάνω στην καμπύλη όπου τα δυο είναι πολύ κοντά και εκατέρωθεν στο σημείο που θέλουμε να υπολογίσουμε την καμπυλότητα. Το κέντρο και η ακτίνα του εφαπτόμενου κύκλου ορίζουν το κέντρο καμπυλότητας $c(u)$ και την ακτίνα καμπυλότητας $\rho(u)$ σε ένα σημείο. Η καμπυλότητα $\kappa(u)$ σε ένα σημείο ορίζεται ως το αντίστροφο της ακτίνας καμπυλότητας (Εικόνα 15). Η καμπυλότητα είναι μεγάλη όταν η ακτίνα του κύκλου είναι μεγάλη και μηδέν σε επίπεδες επιφάνειες.



ΕΙΚΟΝΑ 15: ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΣΕ ΣΗΜΕΙΟ ΚΑΜΠΥΛΗΣ.

Η αναπαράσταση της καμπυλότητας μιας καμπύλης γίνεται ως ακτίνες σε ίσες αποστάσεις κατά μήκος της καμπύλης. Όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα τόσο μεγαλύτερη είναι η καμπυλότητα. Η καμπύλη μεταβολής της καμπυλότητας δείχνει την ομαλότητα και το χαρακτήρα της καμπύλης.

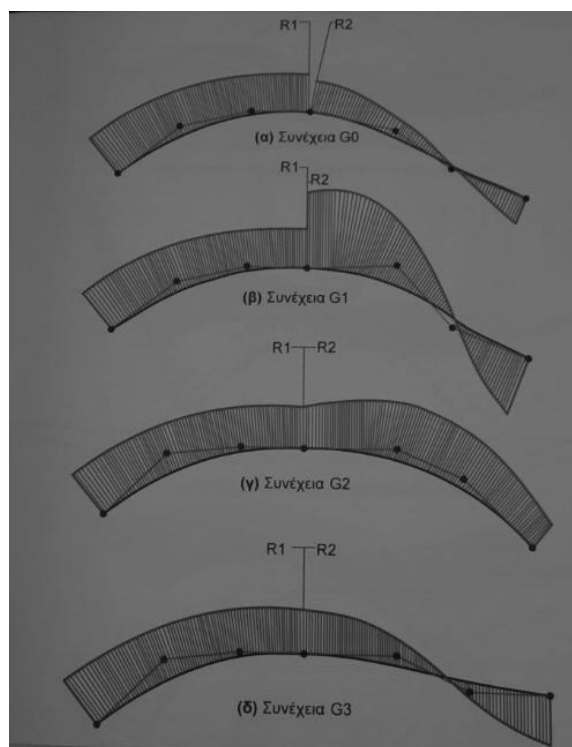
- Όταν το μέγεθος της καμπυλότητας είναι σταθερό τότε και η ακτίνα καμπυλότητας είναι σταθερή.
- Όταν αυξάνει συνεχώς τότε υπάρχει μια επιτάχυνση της καμπυλότητας.
- Όταν υπάρχει μια καμπή εκατέρωθεν της καμπύλης τότε η καμπύλη αλλάζει τα κοίλα (Εικόνα 16).



ΕΙΚΟΝΑ 16: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑ.

Η ομαλότητα στα μεταβατικά σημεία, δηλαδή η μετάβαση από ένα τμήμα της καμπύλης σε ένα άλλο, είναι πολύ σημαντική. Οι καμπύλες έχουν τέσσερα επίπεδα συνέχειας.

1. Συνέχεια θέσης G_0 όπου τα άκρα ενώνονται σύμφωνα με τις ανοχές.
2. Συνέχεια εφαπτόμενης G_1 , όπου η κατεύθυνση του εφαπτόμενου διανύσματος μένει ίδια αλλά η ακτίνα καμπυλότητας αλλάζει απότομα.
3. Συνέχεια καμπυλότητας G_2 , όπου η ακτίνα καμπυλότητας είναι η ίδια στο κοινό σημείο και η επιφάνεια φαίνεται σαν μια ενιαία ομαλή επιφάνεια.
4. Συνέχεια καμπυλότητας G_3 , όπου εκτός από την κοινή ακτίνα καμπυλότητας στην ένωση δυο τμημάτων και η καμπύλη μεταβολής στην ένωση συνεχής (Εικόνα 17).



ΕΙΚΟΝΑ 17: ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΝΩΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ.

Με τη μέθοδο Zebra μπορούμε να διακρίνουμε την συνέχεια μεταξύ διαφορετικών τμημάτων επιφανειών. Παρατηρούμε ότι για συνέχεια τύπου G_1 , G_2 , G_3 οι καμπύλες γίνονται διαδοχικά πιο απότομες. Στην Εικόνα 18 φαίνεται ο τύπος συνέχειας G_0 , όπου οι ρίγες έρχονται σε επαφή αλλά η κλίση και η καμπύλη δεν ταιριάζουν γιατί δεν ευθυγραμμίζονται. Στη συνέχεια, για τύπο συνέχειας G_1 όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 19 η θέση, η κλίση και η καμπύλη είναι ίδια οπότε οι ρίγες ευθυγραμμίζονται και δεν αποκλίνουν. Στην Εικόνα 20 φαίνεται η καμπυλότητα συνέχειας G_2 όπου και σε αυτήν την περίπτωση οι ρίγες ευθυγραμμίζονται αλλά όχι στην ακμή. Τέλος, ο τύπος καμπυλότητας G_3 είναι δύσκολος να διαχωριστεί από τον G_1 .



ΕΙΚΟΝΑ 18: ZEBRA STRIPES G0



ΕΙΚΟΝΑ 19: ZEBRA STRIPES G1



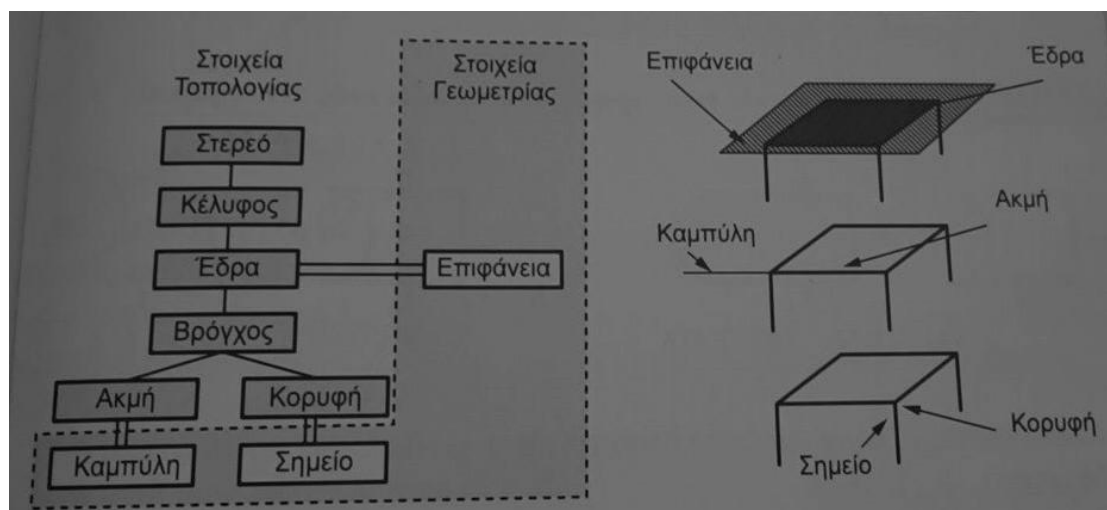
ΕΙΚΟΝΑ 20: ZEBRA STRIPES G2

2.5: ΣΤΕΡΕΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Τα στερεά μοντέλα (Solid models) αποτελούν τη σύγχρονη τάση στα συστήματα σχεδιομελέτης με χρήση Η/Υ για μηχανολογικές εφαρμογές και είναι ιδιαίτερα απαραίτητα στη μελέτη συναρμολογήσεων. Μοντελοποιούν τα αντικείμενα με κλειστούς όγκους, τα στερεά και όχι όπως τα μοντέλα ακμών ή επιφανειών ως ένα σύνολο επιφανειών. Σε ένα στερεό μοντέλο έχουμε την ταξινόμηση του χώρου. Δεν αναγνωρίζεται, δηλαδή, ο φλοιός του αντικειμένου αλλά αντίθετα ένα σημείο μπορεί να είναι εσωτερικό, εξωτερικό ή επάνω στο στερεό. Οι λειτουργίες δημιουργίας στερεών μοιάζουν αρκετά με τα μοντέλα επιφανειών αλλά έχουν λιγότερες δυνατότητες και η

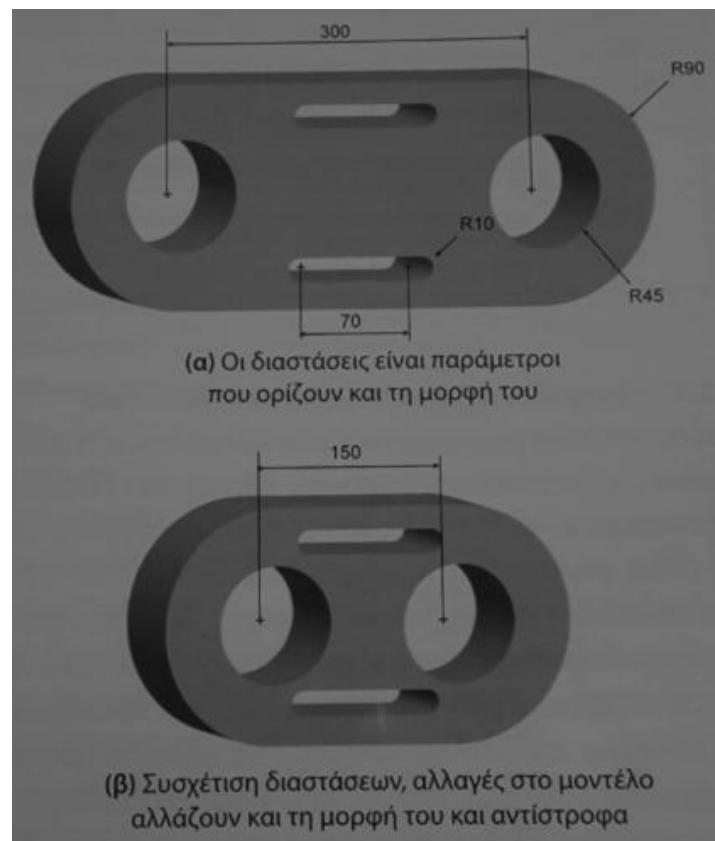
εξοικείωση του χρήστη με το σύστημα είναι πιο εύκολη. Επίσης, δεν είναι απαραίτητη η θεωρητική γνώση με διάφορες έννοιες που αφορούν τις καμπύλες.

Τα στερεά μοντέλα παρέχουν πλήρη και έγκυρη αναπαράσταση των αντικειμένων που επιτυγχάνεται με την καταχώρηση τόσο των γεωμετρικών στοιχείων όσο και των στοιχείων τοπολογίας. Τα γεωμετρικά στοιχεία είναι κοινά με τα συστήματα επιφανειών, δηλαδή, σημεία, καμπύλες και επιφάνειες. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν την μετρητική πληροφορία, είναι με απλά λόγια οι διαστάσεις και οι συνταγμένες των στοιχείων του αντικειμένου. Τέλος, τα στοιχεία τοπολογίας που αποτελούν το μοντέλο είναι τα γεωμετρικά στοιχεία και είναι οι κορυφές, οι ακμές, οι έδρες, οι βρόγχοι και τα κελύφη (Εικόνα 21).



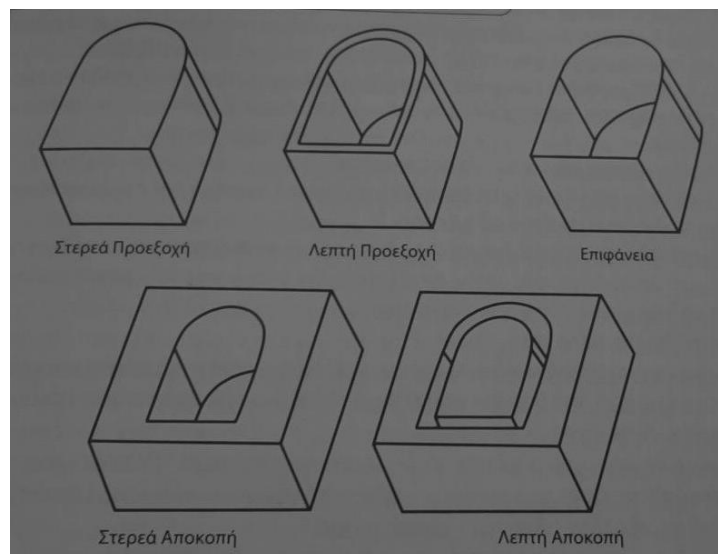
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΗ ΔΟΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.

Η παραμετρική μοντελοποίηση (parametric and feature base-modeling) είναι η μεθοδολογία σχεδιασμού της μορφής ενός μοντέλου με τον ορισμό των διαστάσεων τους ως παραμέτρους (Εικόνα 22). Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει τις διαστάσεις του μοντέλου. Αυτό άλλαξε τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται ένα μοντέλο καθώς δεν χρειάζεται με τη μεταβολή μιας διάστασης να ξανασχεδιάσουμε από την αρχή.



ΕΙΚΟΝΑ 22: Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ.

Στα συστήματα παραμετρικής σχεδίασης η μοντελοποίηση γίνεται με μορφολογικά χαρακτηριστικά (features), δηλαδή, παραμετρικές στερεές μορφές που σχετίζονται με μια σειρά από χαρακτηριστικά όπως γεωμετρικοί παράμετροι (μήκος, πλάτος, βάθος), παράμετροι προσανατολισμού, γεωμετρικές ανοχές, ιδιότητες υλικού και αναφορές σε μορφολογικά χαρακτηριστικά (Εικόνα 23). Έτσι, δημιουργείται ένα δέντρο με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που αποτελείται το μοντέλο.



ΕΙΚΟΝΑ 23: ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: PTC CREO 2.0

Το Creo είναι ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα CAD της οικογένειας της Parametric Technology Corporation (PTC). Το Creo βοηθάει στην ανάπτυξη προϊόντος καθώς είναι η μετάβαση από την ιδέα, στον σχεδιασμό του προϊόντος και στη δημιουργία πρωτότυπου. Η μετάβαση αυτή μπορεί να γίνει με ακρίβεια και επάρκεια καθώς οι δυνατότητες του προγράμματος είναι πολλές.

3.1: CREO PARAMETRIC

Το Creo parametric είναι το βασικό πρόγραμμα με βάση το οποίο μπορεί να γίνει παραμετρική και άμεση μοντελοποίηση μιας επιφάνειας ή ενός τρισδιάστατου μοντέλου. Η σχεδίαση του μοντέλου μπορεί να γίνει άμεσα σχεδιάζοντας αρχικά κάποιο σκίτσο δυο διαστάσεων και στη συνέχεια δίνοντας του όγκο με τα διαθέσιμα εργαλεία. Μπορούμε, επίσης, να λειτουργήσουμε κατευθείαν με την μοντελοποίηση κάποιου στερεού. Οι δυνατότητες του δεν τελειώνουν εκεί αφού είναι δυνατόν ο υπολογισμός αναπτυσσόμενων καταπονήσεων σε κρίσιμα σημεία (Creo Simulate), η προσομοίωση κινηματικών χαρακτηριστικών λειτουργίας, η ανάλυση συμπεριφοράς της εύπλαστης μάζας του υλικού και η προσομοίωση της κατεργασίας των εξαρτημάτων μέσω διαφόρων εργαλειομηχανών.

3.2: CREO PARAMETRIC FREESTYLE

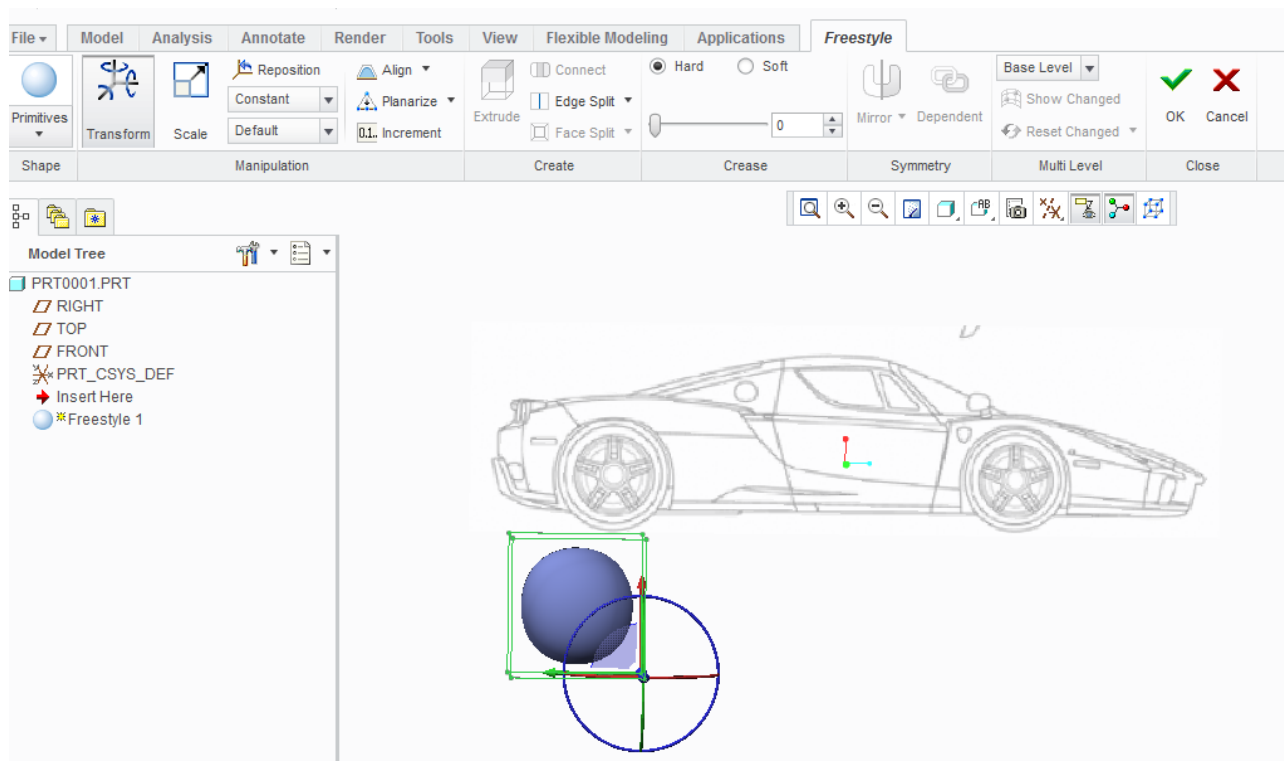
3.2.1: ΓΕΝΙΚΑ

Το Freestyle είναι ένα υπομενού το οποίο εμπεριέχεται στο βασικό πρόγραμμα Creo Parametric. Το υπομενού αυτό μορφοποιεί επιφάνειες με ελεύθερο τρόπο δημιουργώντας της εξωτερική εμφάνιση των προϊόντων. Μπορούμε, λοιπόν, να δούμε την σπουδαιότητα της εμφάνισης των καινούργιων προϊόντων παντού, καθώς ο καταναλωτής συνδέεται συναισθηματικά με το προϊόν μέσω αυτής.

Έτσι, το Freestyle δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργεί ελεύθερες επιφάνειες εύκολα επεξεργάσιμες με τη δημιουργία ομαλών και καλά ορισμένων καμπύλων B-Spines. Αυτό γίνεται με τη χρήση του πολυγώνου ελέγχου το οποίο διαθέτει άξονες προς όλες τις κατευθύνσεις ώστε ο χρήστης να μπορεί να το επεξεργαστεί με οποιοδήποτε τρόπο σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Επίσης, μπορεί να γίνει διαίρεση των πλευρών ή των ακμών του πλέγματος ελέγχου για να υπάρχει μεγαλύτερος έλεγχος στην επεξεργαζόμενη επιφάνεια.

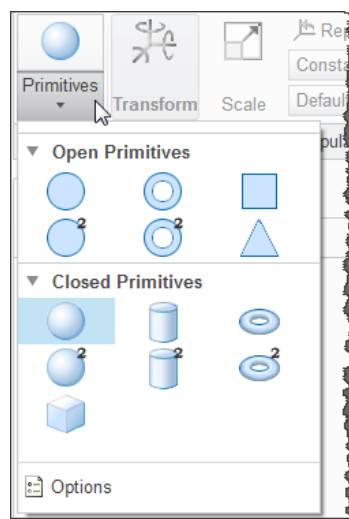
Το Freestyle είναι ένα εργαλείο μοντελοποίησης επιφανειών με μοντέλο στερεών. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι μπορούμε να μοντελοποιήσουμε με κάποιο στερεό το οποίο έχει όγκο και να του δώσουμε σχήμα ενώ ταυτόχρονα να επεξεργαζόμαστε κάθε επιφάνεια από την οποία αυτό αποτελείται όπως μοντελοποιούμε τις επιφάνειες και αναλύσαμε στο Κεφάλαιο 2.3.

Στη συνέχεια, οι δυνατότητες μοντελοποίησης που προσφέρει το Freestyle για ελεύθερη μοντελοποίηση είναι πάρα πολλές. Ο χρήστης χρειάζεται να έχει εξοικειωθεί



ΕΙΚΟΝΑ 26: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΩΣ ΟΔΗΓΟΣ.

Στη συνέχεια, επιλέγουμε κάποια πρωταρχική μορφή με την οποία θα δουλέψουμε. Οι επιλογές μας είναι μορφές δυο διαστάσεων ή τριών, ανοικτοί όγκοι ή κλειστοί (Εικόνα 27). Μόλις επιλέξουμε την αρχική μορφή που ταιριάζει καλύτερα στις ανάγκες του σχεδίου που θέλουμε να αναπτύξουμε τότε αυτό τοποθετείται στο προεπιλεγμένο σύστημα συντεταγμένων. Μόνο μια πρωταρχική μορφή επιτρέπεται για κάθε χαρακτηριστικό (Feature) αλλά μπορούμε να προσθέσουμε όσα χαρακτηριστικά θέλουμε με διαφορετικές μορφές Freestyle σε κάθε μοντέλο.



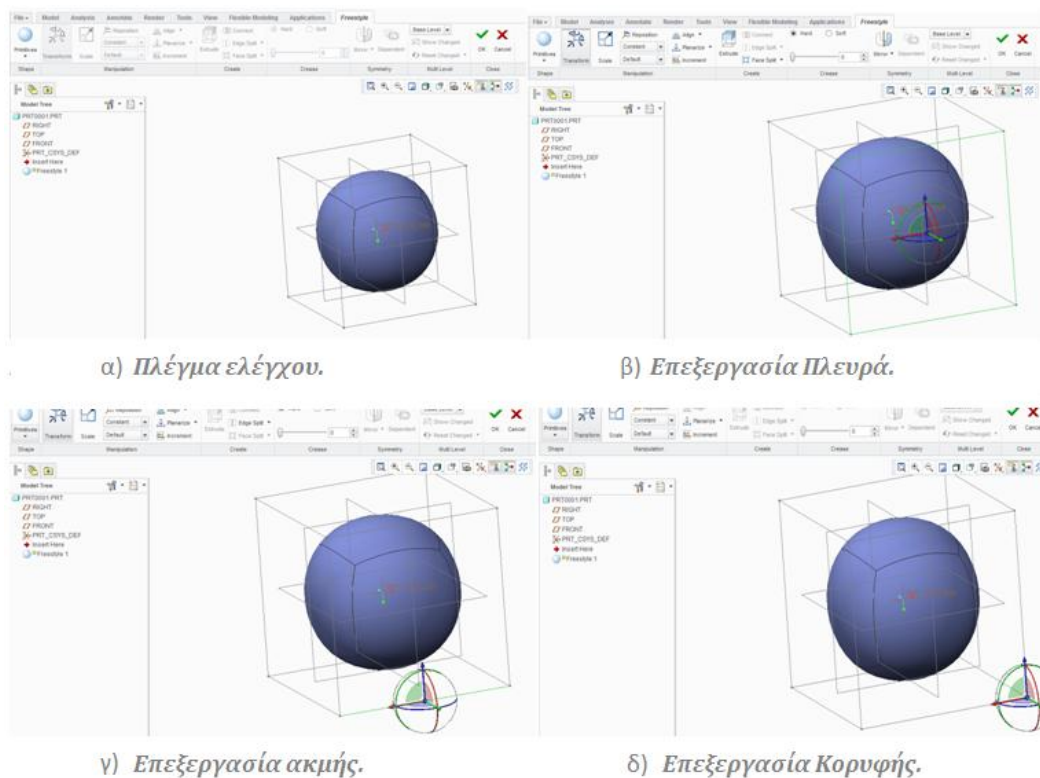
ΕΙΚΟΝΑ 27: ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ.

3.2.2.2: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ

ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

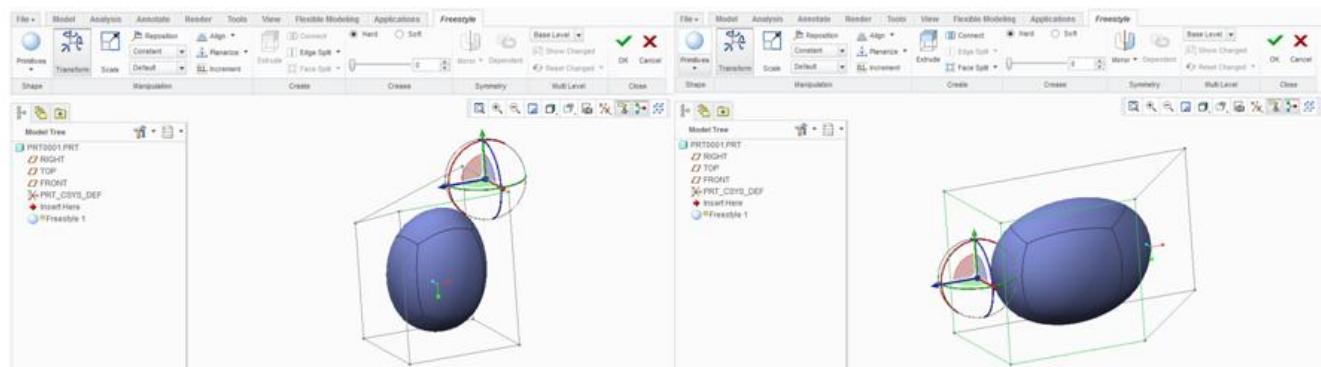
Ο τρόπος με τον οποίο επεξεργαζόμαστε το πρωταρχικό σχέδιο είναι απλός αρκεί να γίνει κατανοητή η θεωρία των σημείων ελέγχου και οι ιδιότητες των καμπύλων όπως αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2.3. Το πλέγμα που περιβάλλει την πρωταρχική μορφή αποτελείται από σημεία ελέγχου (Control points) που ενώνονται και σχηματίζουν το πολύγωνο ελέγχου. Η γενική ιδέα στην μορφοποίηση του μοντέλου είναι ότι η μετακίνηση ενός σημείου ελέγχου επηρεάζει όλη την καμπύλη NURBS με τον επιθυμητό τρόπο. Έτσι, επηρεάζουμε την καμπύλη προσεγγίζοντας μια άλλη καμπύλη που προέρχεται για παράδειγμα από μια εικόνα.

Το πλέγμα ελέγχου που περιβάλλει τη σφαίρα μπορεί να την μεταβάλλει επιλέγοντας κάθε φορά στοχευμένα, ανάλογα με το αποτέλεσμα που επιθυμούμε, να επεξεργαστεί μια πλευρά, μια κορυφή ή μια ακμή. Στην Εικόνα 28 φαίνεται κάθε φορά το στοιχείο του πλέγματος που έχουμε επιλέξει να επεξεργαστούμε χρωματισμένο με πράσινο χρώμα.



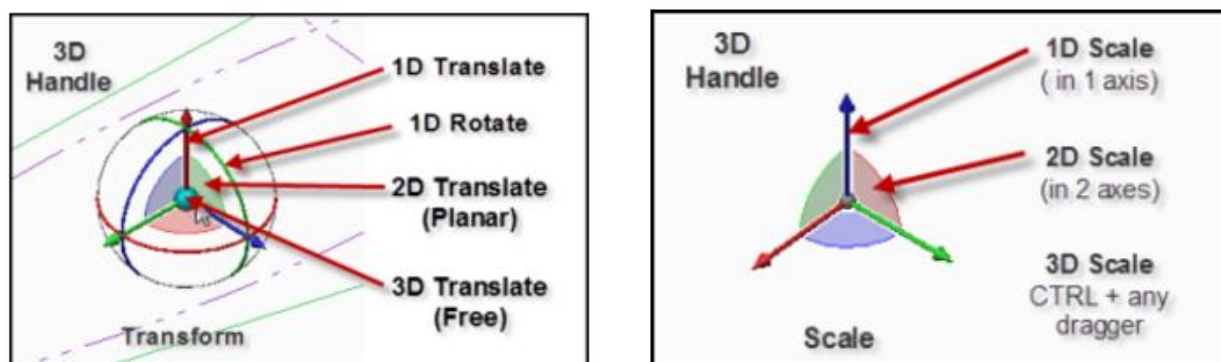
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ, Β) ΠΛΕΥΡΑΣ, Γ) ΑΚΜΗΣ, Δ) ΚΟΡΥΦΗΣ.

Υπάρχει δυνατότητα να επιλέξουμε περισσότερα από ένα στοιχεία, για παράδειγμα μπορούμε να επιλέξουμε με το Ctrl περισσότερες από μια ακμές, κορυφές ή πλευρές. Έτσι, η επεξεργασία της σφαίρας θα γίνει με ανάλογο τρόπο (Εικόνα 29-αριστερά επιλογή δυο ακμών και ανύψωση κατά τον y-άξονα, δεξιά επιλογή δυο επιφανειών και επεξεργασία κατά τον x-άξονα προς τα αριστερά).



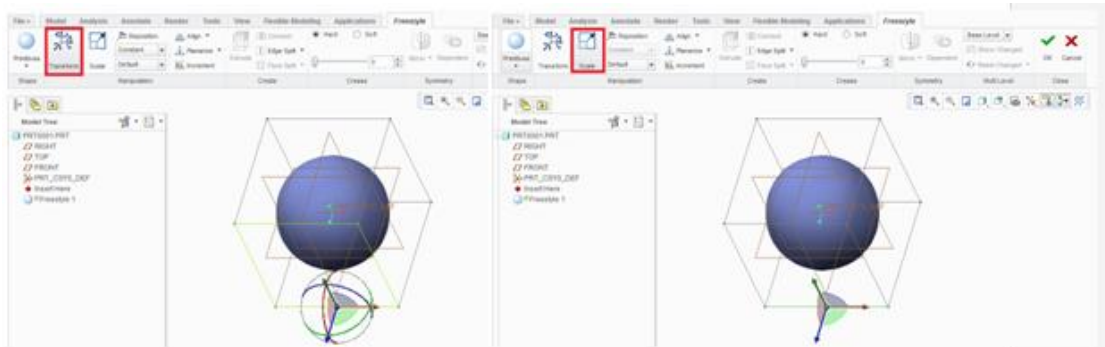
ΕΙΚΟΝΑ 29: ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΩΝ ΑΠΟ ΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.

Η επεξεργασία του μοντέλου γίνεται με τη λαβή τριών διαστάσεων. Η λαβή αυτή έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει, να μεγεθύνει ή να περιστρέφει. Επιλέγοντας, λοιπόν, το στοιχείο που θέλουμε να επεξεργαστούμε (ακμή, κορυφή, πλευρά) πατάμε πάνω του και εμφανίζεται η λαβή. Πρώτον, για να μετακινήσουμε το στοιχείο προς κάποια από τις τρεις κατευθύνσεις «τραβάμε» το αντίστοιχο βέλος. Για τον x-άξονα μετακινούμε το πράσινο βέλος, για τον y-άξονα μετακινούμε το κόκκινο και για τον z-άξονα το μπλε βέλος (Εικόνα 30-1D Scale). Δεύτερον, για να μετακινήσουμε το στοιχείο ανάμεσα σε δυο κατευθύνσεις τότε έχουμε το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε τόξο (Εικόνα 30-2D Scale). Τρίτον, για να μετακινήσουμε ελεύθερα στις τρεις διαστάσεις το στοιχείο χρησιμοποιούμε το κεντρικό σημείο (Εικόνα 30-3D Scale). Τέλος, έχουμε και τη δυνατότητα της περιστροφής αυτό μπορούμε να το κάνουμε προς μια οποιαδήποτε κατεύθυνση με τα 1D Rotate τόξα (Εικόνα 30-1D Rotate).



ΕΙΚΟΝΑ 30: ΛΑΒΗ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ.

Γνωρίζοντας με ποιον τρόπο μπορούμε να ελέγξουμε κάθε στοιχείο χρησιμοποιώντας τη λαβή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συνδυαστικά και άλλες εντολές. Αρχικά, με τη λαβή μπορούμε να επεξεργαστούμε κάποιο στοιχείο όταν είναι ενεργοποιημένη η εντολή “Transform” από το μενού (Εικόνα 31). Όταν είναι ενεργοποιημένη η εντολή “Scale” τότε η λαβή χρησιμεύει για την μεγέθυνση ή τη σμίκρυνση ολόκληρου του μοντέλου ή μόνο της επιλεγμένης περιοχής. Η λαβή διαφοροποιείται στην περίπτωση του Scale καθώς έχουμε μεταβολή του μεγέθους μόνο προς τις τρεις διαστάσεις (Εικόνα 32).

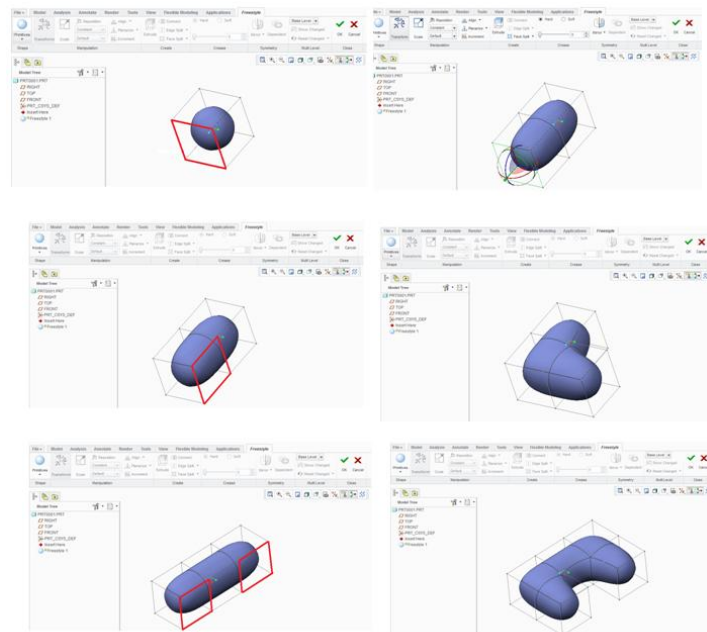


ΕΙΚΟΝΑ 31: ENTOΛΗ TRANSFORM.

ΕΙΚΟΝΑ 32: ENTOΛΗ SCALE.

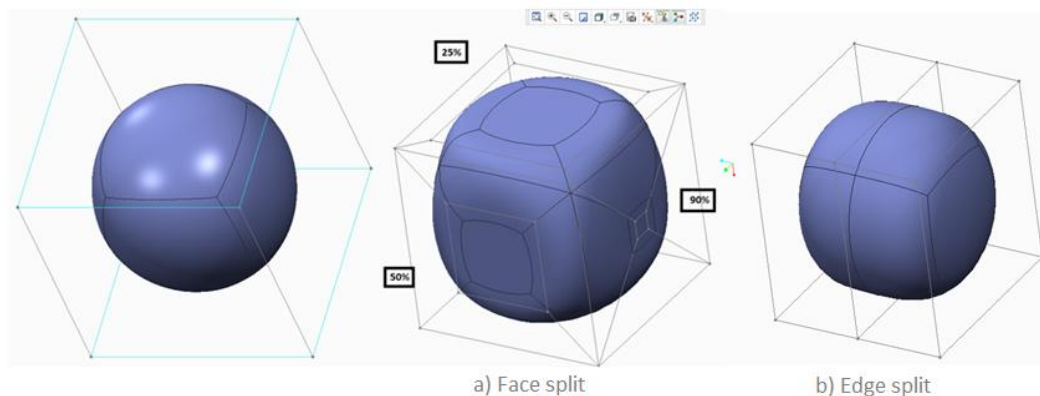
ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΜΕ ΤΗΝ ENTOΛΗ "EXTRUDE"

Στη συνέχεια, μπορούμε να αρχίσουμε να δίνουμε το σχήμα το οποίο επιθυμούμε στο μοντέλο της πρωταρχικής μορφής. Αυτό μπορούμε να το κάνουμε με την εντολή "Extrude". Με την εντολή αυτή δημιουργούμε καινούργιες πλευρές επεκτείνοντας το αρχικό σχέδιο και ουσιαστικά αυξάνουμε τα τμήματα της καμπύλης NURBS που επεξεργαζόμαστε. Η επέκταση γίνεται από την πλευρά που επιλέγουμε και έχει παράλληλες άκρες με αυτήν. Το μέγεθος της επέκτασης μπορούμε να το αυξήσουμε ή να το μειώσουμε με την εντολή Transform και τη λαβή. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 33 επιλέγουμε μια πλευρά ή περισσότερες κάθε φορά και στη συνέχεια με την εντολή Extrude αυξάνουμε προς την πλευρά αυτή.



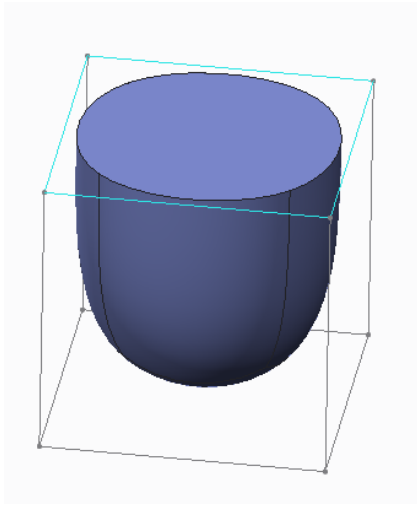
ΕΙΚΟΝΑ 33: ENTOΛΗ EXTRUDE.

Καθώς συνεχίζουμε την επεξεργασία έχουμε την επιλογή της διαίρεσης μιας επιφάνειας σε περισσότερες περιοχές με την εντολή “Face Split” ώστε να έχουμε μεγαλύτερο έλεγχο. Ουσιαστικά αυτό που γίνεται και σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι αυξάνουμε τα σημεία ελέγχου στην επιφάνεια. Μπορούμε να επιλέξουμε ένα ποσό της εκατό στο οποίο η περιοχή θα διαιρεθεί. Στην εικόνα 34 α φαίνεται πως επιδρά η επί της εκατό διαίρεση στην επιφάνεια κάθε φορά για διάφορες τιμές. Επίσης, με την εντολή “Edge Split” μπορούμε να χωρίσουμε μια ακμή με τον ίδιο τρόπο που χωρίσαμε την επιφάνεια με τα αποτελέσματα που φαίνονται στην εικόνα 34 β.

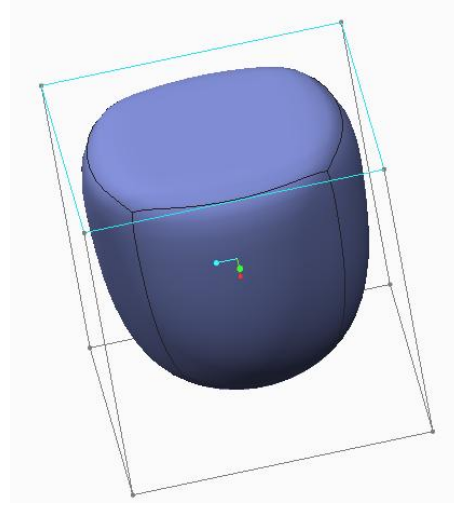


ΕΙΚΟΝΑ 34: ΕΝΤΟΛΗ Α) FACE SPLIT Β) EDGE SPLIT.

Το Freestyle δίνει τη δυνατότητα της «σκληρής» ή «μαλακής» άκρης σε επιλεγμένες επιφάνειες. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η «εύπλαστη» μάζα αποκτά σκληρές ή μαλακές άκρες και αυτό έχει αντίκτυπο στον τρόπο επεξεργασίας της επιφάνειας. Αν επιλέξουμε σκληρή άκρη τότε οι άκρες γίνονται πιο έντονες ή αλλιώς πιο μυτερές. Αν επιλέξουμε μαλακές άκρες τότε οι άκρες γίνονται πιο μαλακές στη μορφή. Μπορούμε να ρυθμίσουμε τη σκληρότητα της επιφάνειας με μια κλίμακα από το 0-100. Ένα παράδειγμα, στην περίπτωση της σφαίρας που έχουμε «σκληρύνει» τις άκρες με τιμή 100 φαίνεται στην Εικόνα 35. Αντίθετα, το αποτέλεσμα όταν έχουμε μαλακές άκρες, με τιμή 100 σε μια σφαίρα, φαίνεται στην Εικόνα 36. Με την μετατροπή της επιφάνειας σε πιο μαλακή ή σκληρή αυξάνουμε ή μειώνουμε την καμπυλότητα της επιφάνειας.



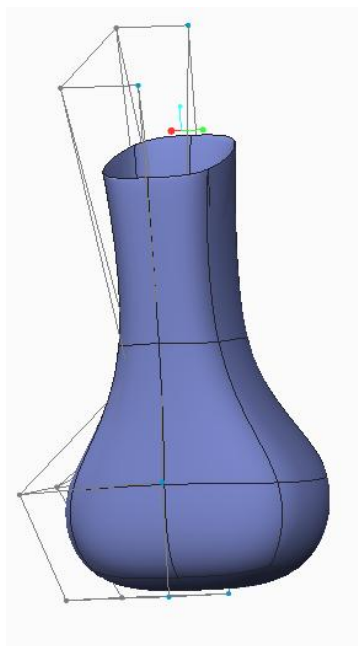
EIKONA 35: HARD CREASE 100.



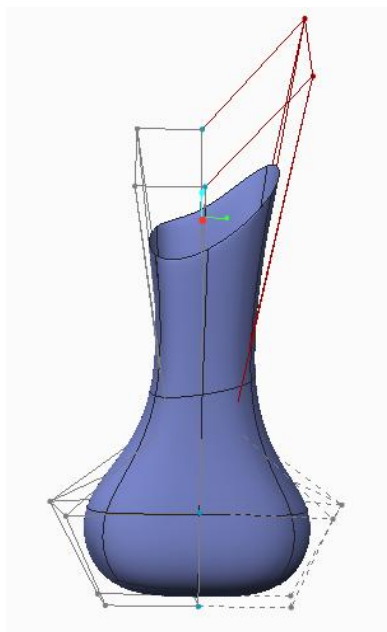
EIKONA 36: SOFT CREASE 100.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΤΟΛΗ MIRROR

Αν έχουμε την περίπτωση ενός συμμετρικού σχήματος τότε το Freestyle μας δίνει την δυνατότητα να επεξεργαζόμαστε την μια πλευρά και να γίνονται οι αλλαγές ταυτόχρονα και προς την άλλη. Αυτό μπορεί να γίνει προβάλλοντας την επιφάνεια που θέλουμε να είναι συμμετρική και στην συνέχεια επιλέγουμε τον άξονα συμμετρίας που αντιπροσωπεύεται από τα Datum Planes. Έτσι, ότι αλλαγές γίνονται στην μια πλευρά θα αντικατοπτρίζονται στην άλλη όπως φαίνεται στην Εικόνα 37 με το συμμετρικό βάζο. Αν κάποια στιγμή υπάρξει η ανάγκη για να επεξεργαστούμε την μια πλευρά χωρίς να χρειαστεί να αντικατοπτριστεί η αλλαγή τότε υπάρχει η εντολή “dependent” όπου ανεξαρτητοποιεί τις δυο πλευρές. Όπως βλέπουμε και στην Εικόνα 38 στην περίπτωση του βάζου που χρειάστηκε «ανεξάρτητη» επεξεργασία για την κατάλληλη διαμόρφωση του στομίου.



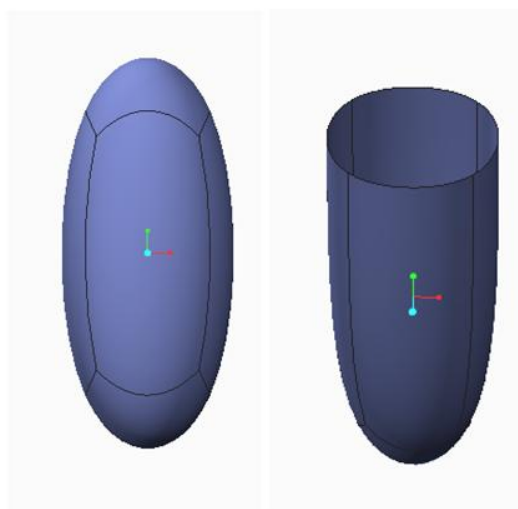
ΕΙΚΟΝΑ 37: ΕΝΤΟΛΗ MIRROR.



ΕΙΚΟΝΑ 38: ΕΝΤΟΛΗ MIRROR ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ DEPENDANT.

ΔΙΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ CONNECT

Επιπλέον, μπορούμε να διαγράψουμε κάποια επιφάνεια και να αφήσουμε ανοικτό τον όγκο όπως στην Εικόνα 39. Μπορούμε να επαναφέρουμε τον όγκο και να γεμίσουμε τρύπες με την εντολή “Connect”.

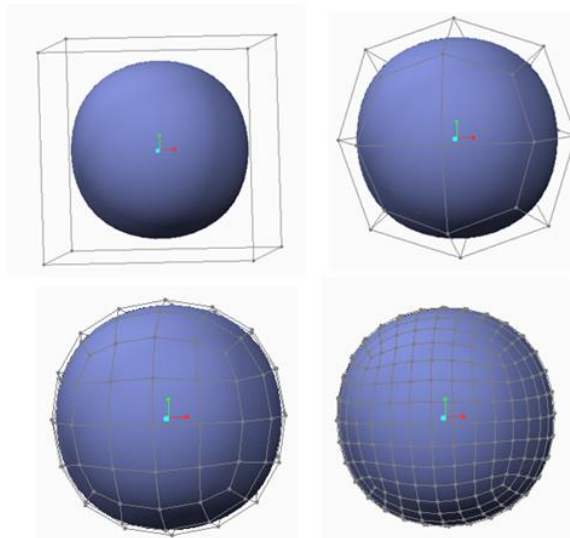


ΕΙΚΟΝΑ 39: ΔΙΑΓΡΑΦΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ, ΑΝΟΙΚΤΟΣ ΟΓΚΟΣ.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΠΙΟ ΠΥΚΝΟ ΠΛΕΓΜΑ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ | ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

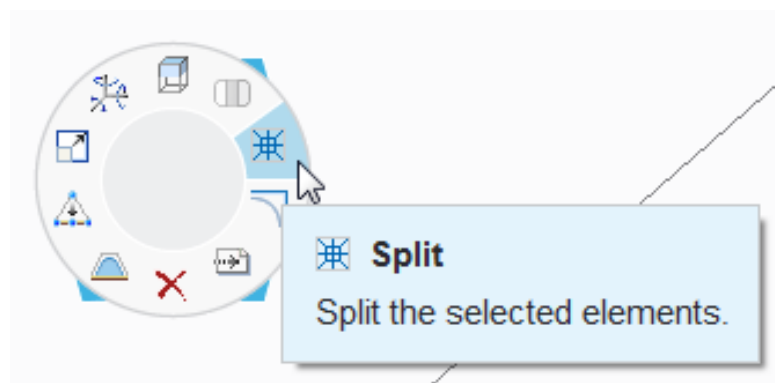
Το Freestyle όπως έχει αναφερθεί είναι ένα εργαλείο το οποίο μορφοποιεί τις επιφάνειες του στερεού μοντέλου ώστε αυτό να αποκτήσει τη μορφή που επιθυμούμαι. Υπάρχουν περιπτώσεις μοντέλων που απαιτούν μεγαλύτερη λεπτομέρεια στην επεξεργασία τους. Αυτό μπορούμε να το επιτύχουμε με το Freestyle καθώς μας παρέχει την δυνατότητα της πύκνωσης του πλέγματος. Ουσιαστικά, αυτό που κάνουμε είναι η αύξηση των σημείων ελέγχου του όγκου και επομένως τα επιμέρους τμήματα από τα οποία αποτελείται η καμπύλη. Στην αρχή είναι σημαντικό κάνουμε διαμορφώσεις σε βασικό επίπεδο (λίγα σημεία ελέγχου) και στη συνέχεια μπορούμε πυκνώνοντας το πλέγμα σταδιακά να περνάμε σε διαμορφώσεις μεγαλύτερης λεπτομέρειας όπως στην Εικόνα 40 (πύκνωση πλέγματος από τα δεξιά προς τα αριστερά). Συνολικά, το Freestyle μας παρέχει 3 επίπεδα πύκνωσης πλέγματος (Basic, Level 1, Level 2, Level 3).



ΕΙΚΟΝΑ 40: ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΥΚΝΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ.

ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ ΕΝΤΟΛΩΝ

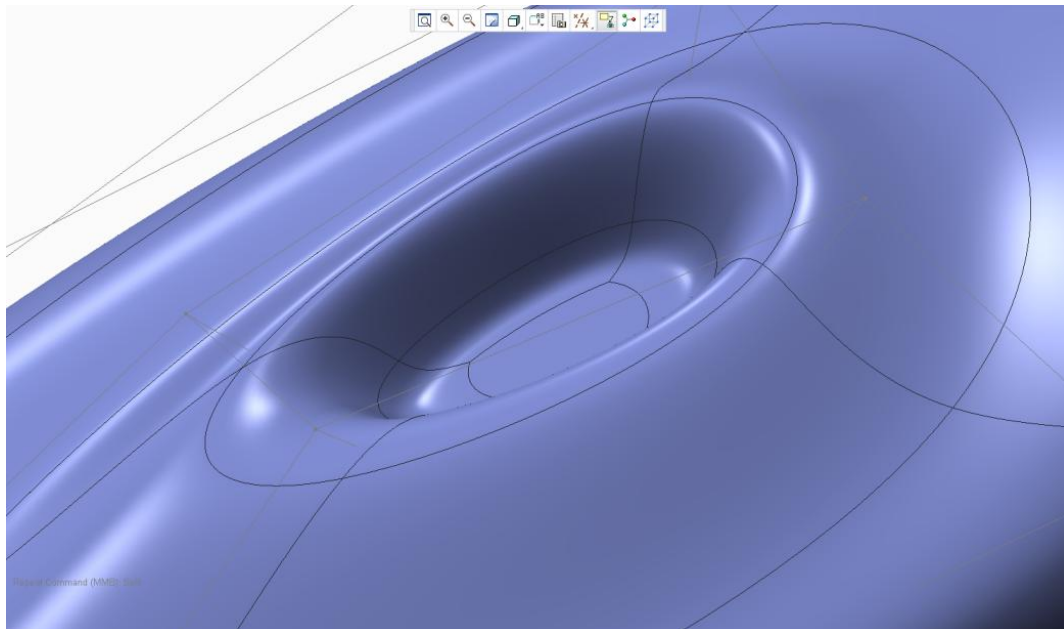
Μπορούμε να επιλέξουμε τις όλες τις παραπάνω εντολές από την βασική μπάρα του μενού ή από τις συντομεύσεις που εμφανίζονται με δεξί κλικ όταν είναι ενεργή η λαβή όπως εμφανίζονται στην Εικόνα 41.



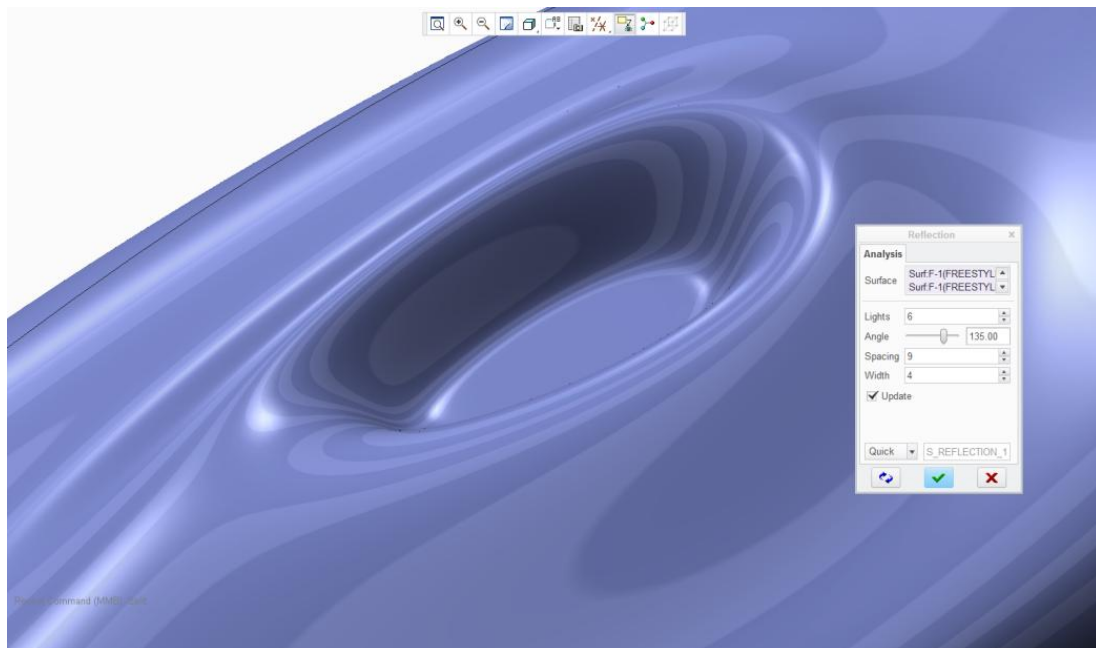
ΕΙΚΟΝΑ 41: ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ.

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Το Freestyle, γενικά, παράγει επιφάνειες υψηλής ποιότητας και αυτό μπορούμε να το δούμε με δυο τρόπους. Αρχικά, μπορούμε να συμπεράνουμε την ποιότητα της επιφάνειας από τα «επιφανειακά μπαλώματα» όταν έχουμε ενεργοποιημένη την επιλογή “shading with edges” από την καρτέλα View-->display style (Εικόνα 42). Όταν τα μπαλώματα αυτά είναι ομαλά τότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι έχουμε καλής ποιότητας καμπύλη. Στη συνέχεια, έχουμε την επιλογή από την καρτέλα Analysis --> Inspect Geometry --> Reflection να ενεργοποιήσουμε τις Zebra γραμμές (Εικόνα 43). Με αυτές τις γραμμές όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 2.4 μπορούμε να δούμε αν έχουμε συνεχείς και ομαλές ενώσεις και να συμπεράνουμε την ποιότητα της επιφάνειας.



ΕΙΚΟΝΑ 42: SHADING WITH EDGES.



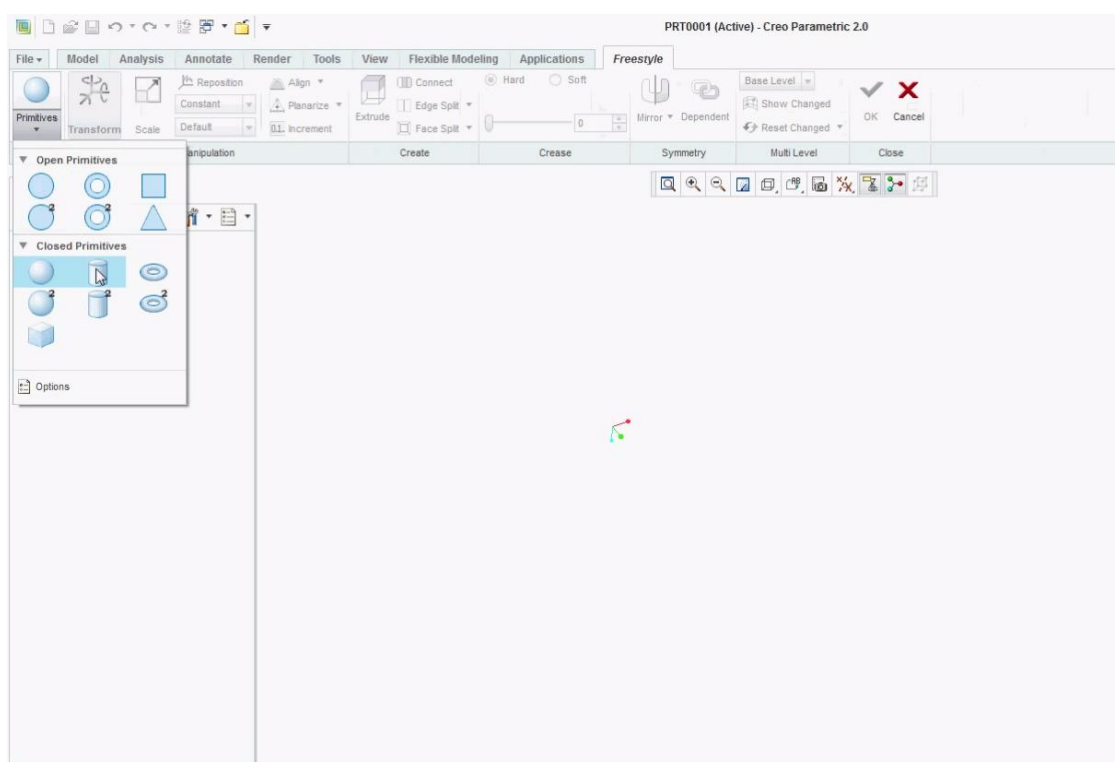
EIKONA 43: ZEBRA STRIPES.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΤΟ FREESTYLE

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.1: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ : ΚΟΥΠΑ

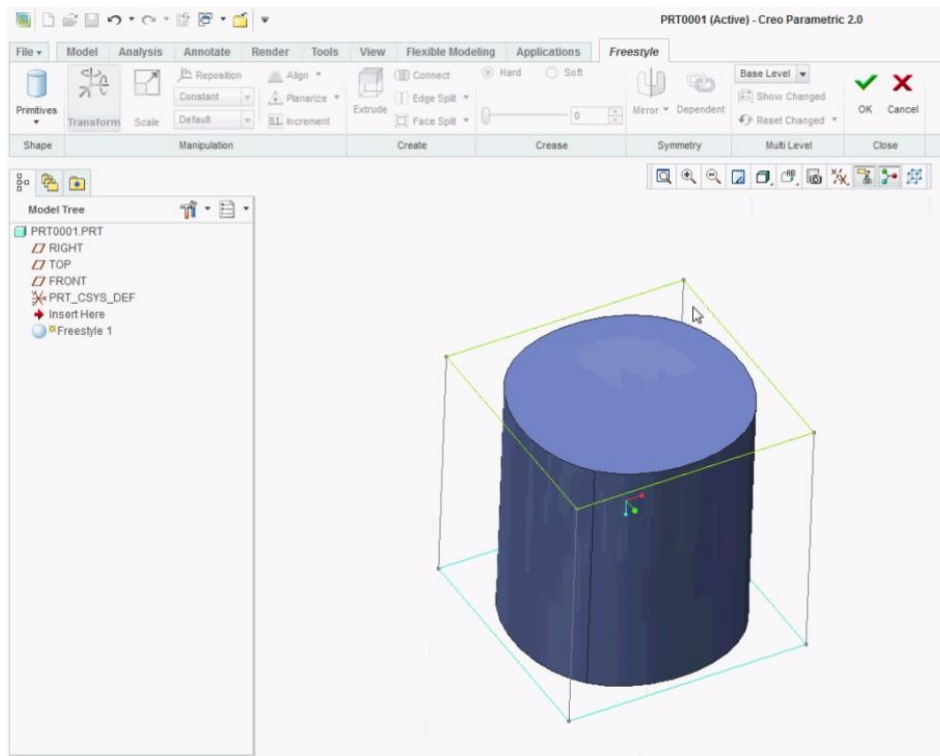
Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθεί ένα προϊόν, μια κούπα, με τη βοήθεια του Freestyle. Όπως έχει προαναφερθεί, το Freestyle είναι ένα υπομενού που βοηθάει στη μορφοποίηση επιφανειών, ώστε να δοθεί στο προϊόν που αναπτύσσεται, η εξωτερική του μορφή. Εδώ θα αναπτυχθεί και θα μορφοποιηθεί μια κούπα ως προϊόν το οποίο βρίσκεται στο στάδιο της μοντελοποίησης και το μοντέλο αυτό θα χρησιμοποιηθεί μελλοντικά για κάθετες εφαρμογές.

Ξεκινώντας, επιλέγουμε την πρωταρχική μορφή που θα χρησιμοποιήσουμε (Εικόνα 44).



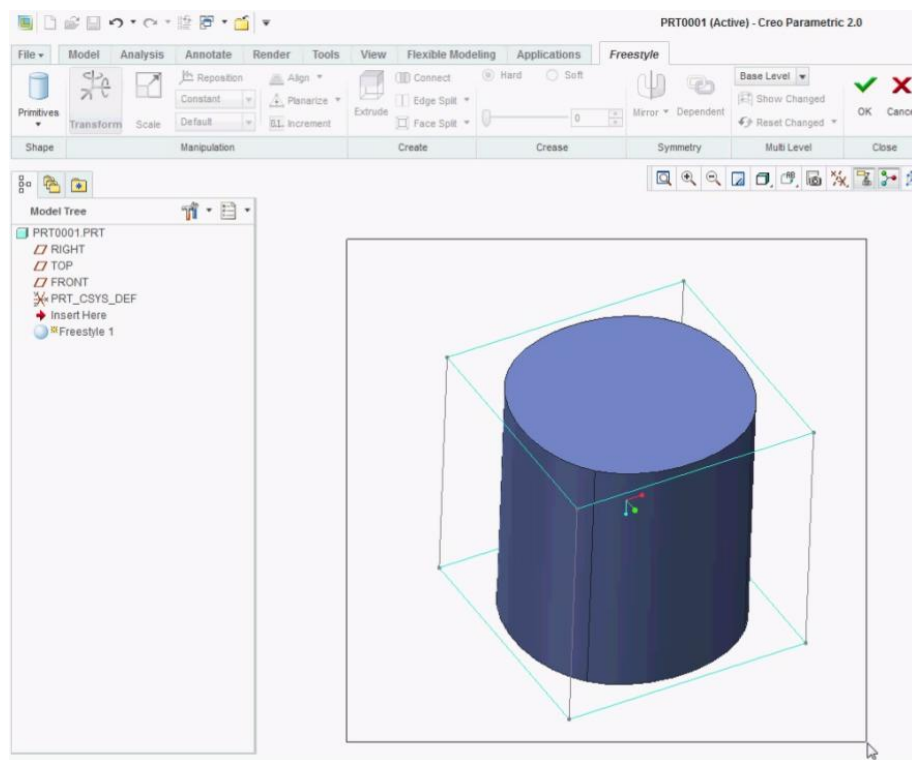
ΕΙΚΟΝΑ 44: ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΗΣ ΜΟΡΦΗΣ.

Επιλέγουμε τον κύλινδρο ως πρωταρχική μορφή επεξεργασίας (Εικόνα 45).

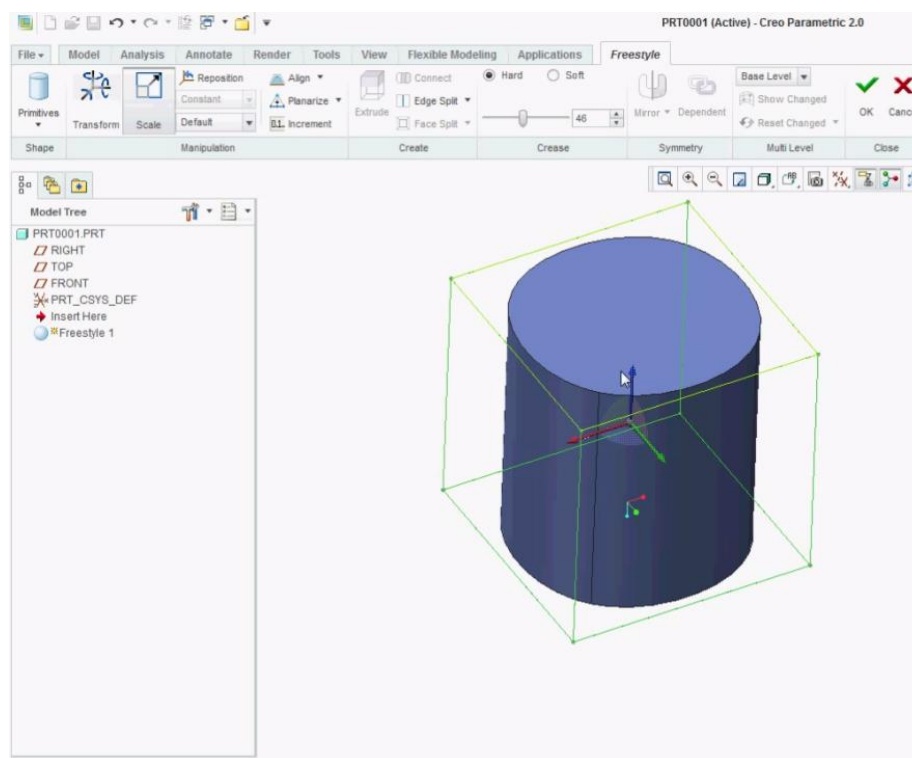


ΕΙΚΟΝΑ 45: ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΗ ΜΟΡΦΗ-ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ

Στην συνέχεια, θα ρυθμίσουμε το μέγεθος που θέλουμε να έχει η κούπα. Επιλέγουμε όλο το σχήμα και με την εντολή Scale δίνουμε την κατάλληλη διάσταση στους τρεις άξονες (Εικόνα 46-47).

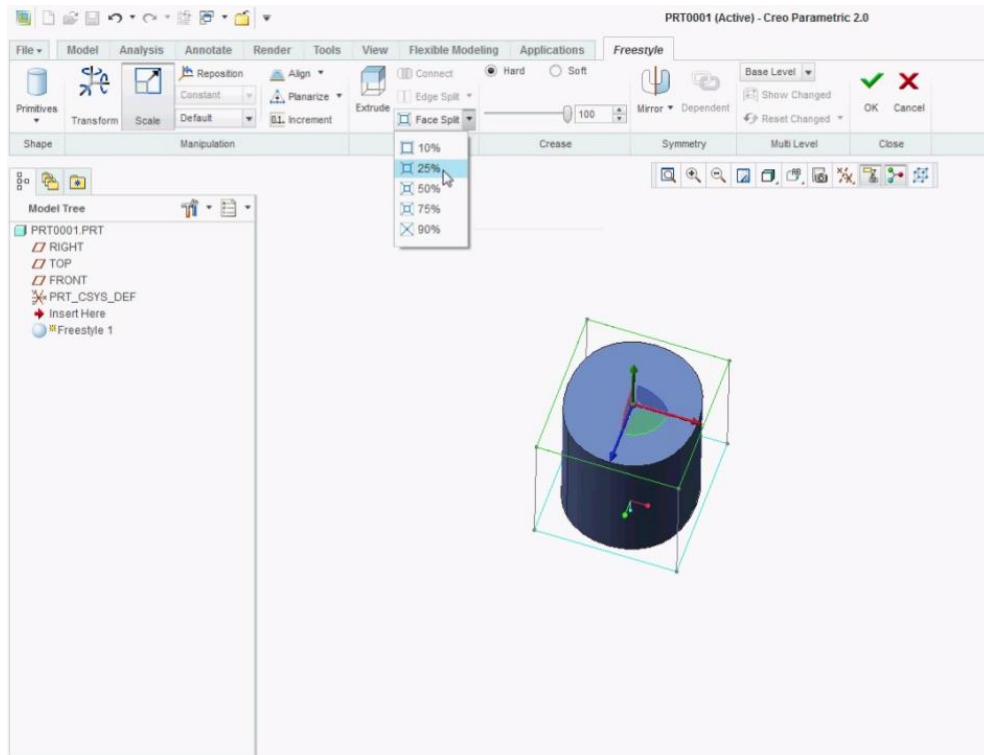


ΕΙΚΟΝΑ 46: ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΛΟΥ ΤΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ

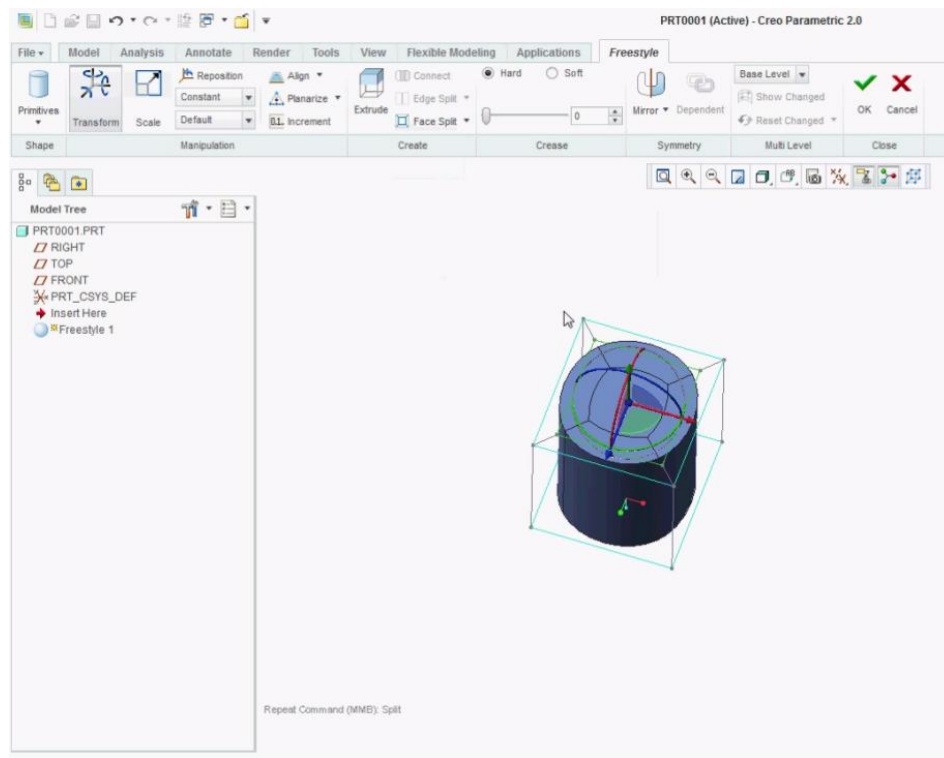


ΕΙΚΟΝΑ 47: ΡΥΘΜΙΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΤΟΛΗ SCALE.

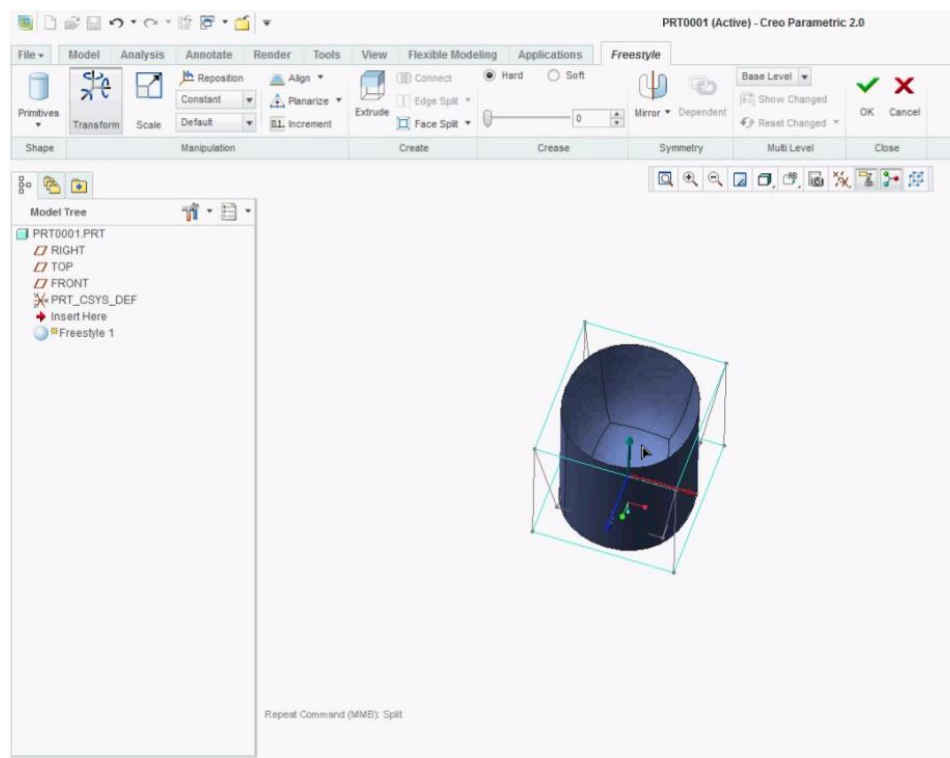
Τώρα μορφοποιούμε την πάνω πλευρά της κούπας ώστε να δημιουργήσουμε την εσωτερική κοιλότητα. Αυτό το κάνουμε με την εντολή Face Split. Έτσι, ορίζουμε πόσο θα είναι το τοίχωμα της κούπας και το υπόλοιπο το βυθίζουμε στο εσωτερικό του κυλίνδρου για τη δημιουργία της κοιλότητας. Επιλέγουμε Face Split 25% (Εικόνα 48-49).



ΕΙΚΟΝΑ 48: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΟΙΛΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΤΟΛΗ FACE SPLIT 25%.

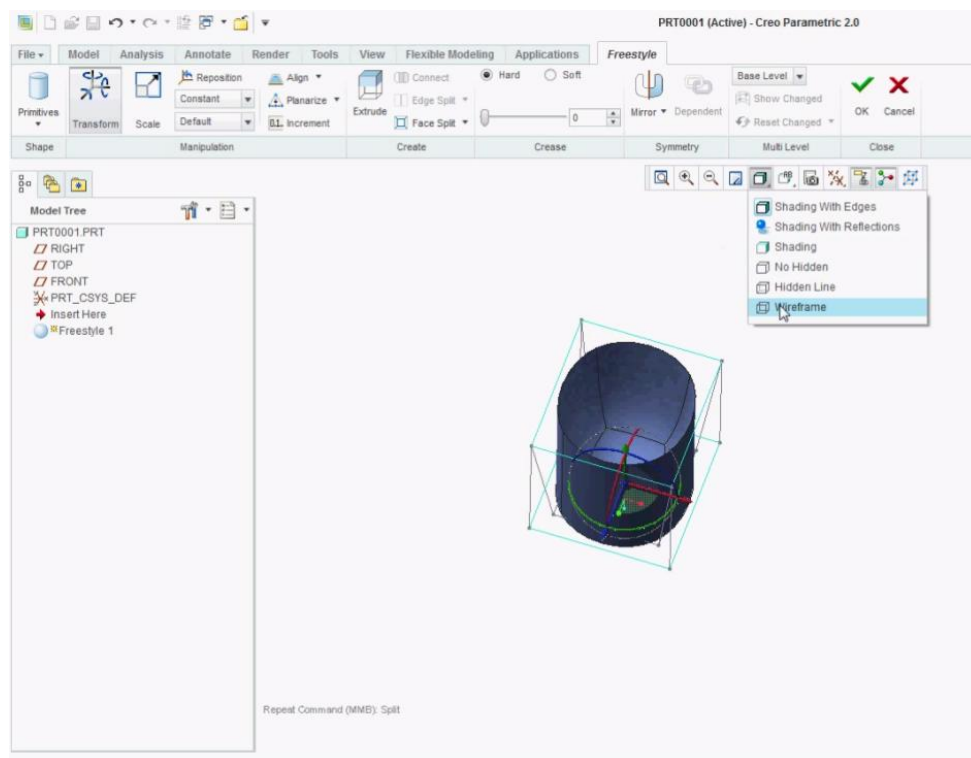


ΕΙΚΟΝΑ 49: FACE SPLIT ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ 25%.

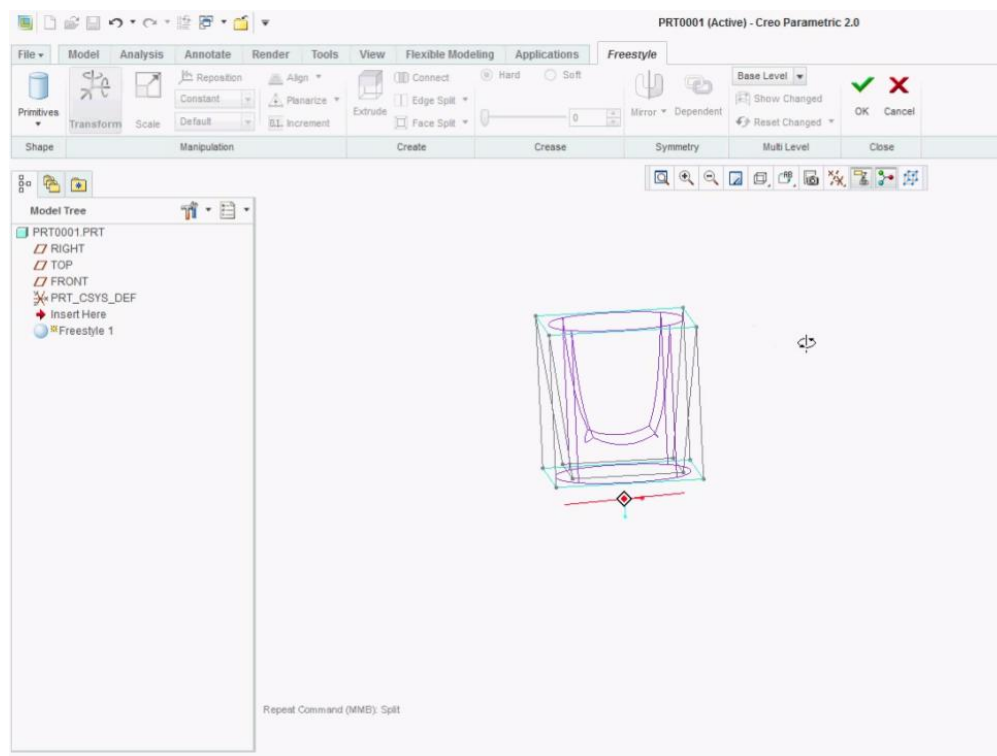


ΕΙΚΟΝΑ 50: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΟΙΛΟΤΗΤΑΣ.

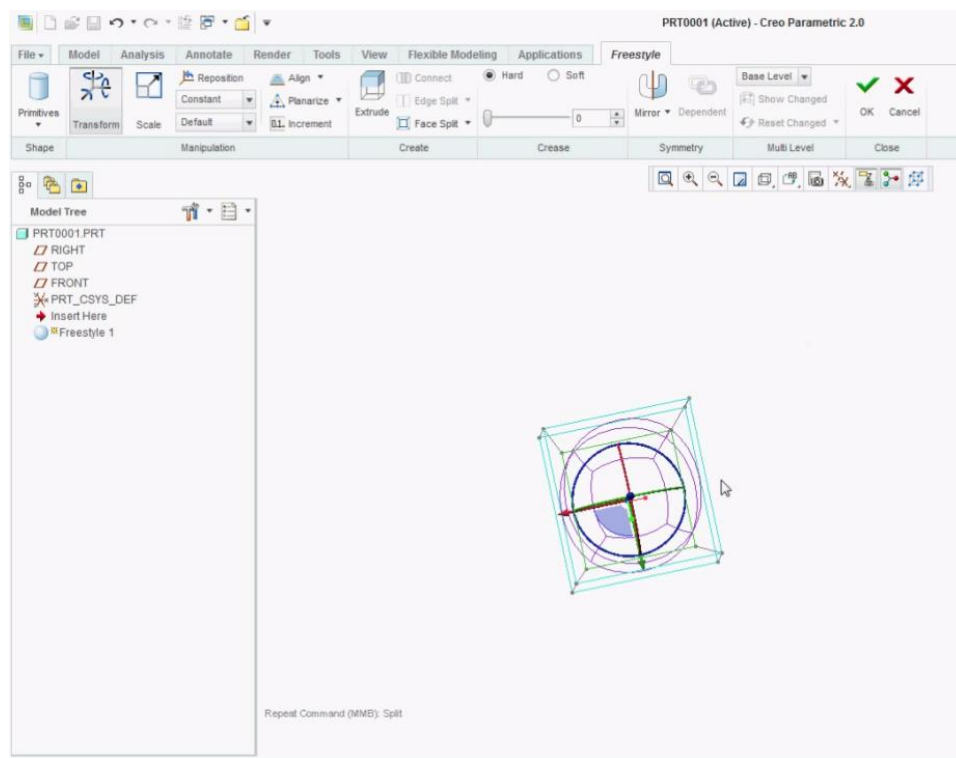
Επειδή δεν γνωρίζουμε σε τι βάθος βρίσκεται η κοιλότητα θα μεταβούμε σε προβολή ακμών όπου θα φτάσουμε στο επιθυμητό βάθος (Εικόνα 50-51).



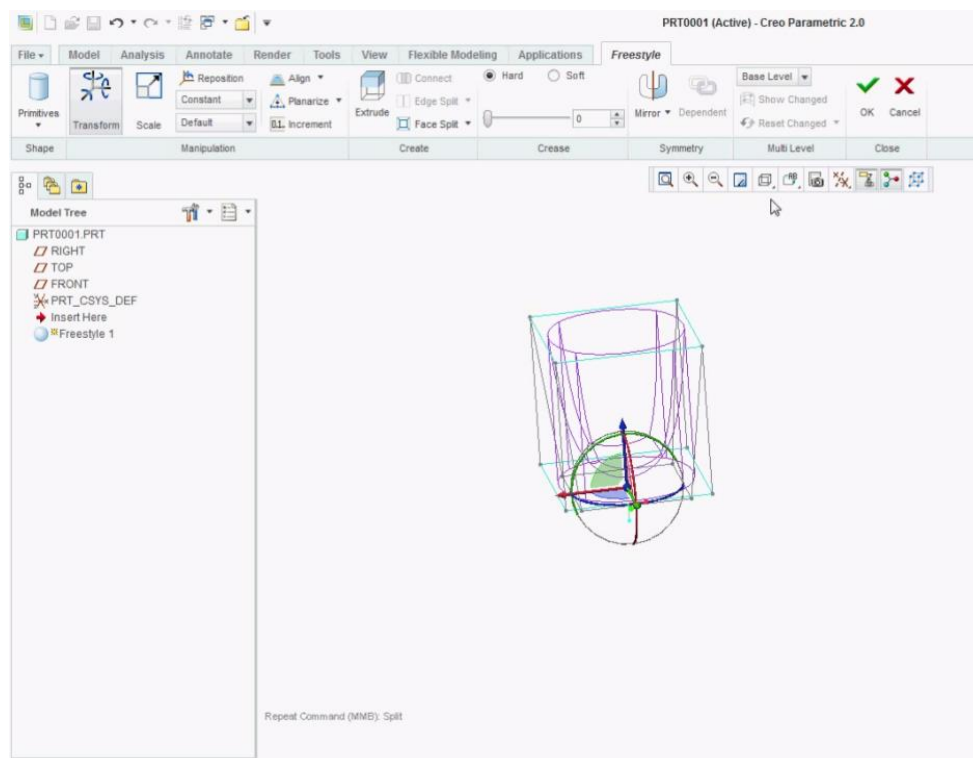
ΕΙΚΟΝΑ 51: ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΕ ΠΡΟΒΟΛΗ ΑΚΜΩΝ.



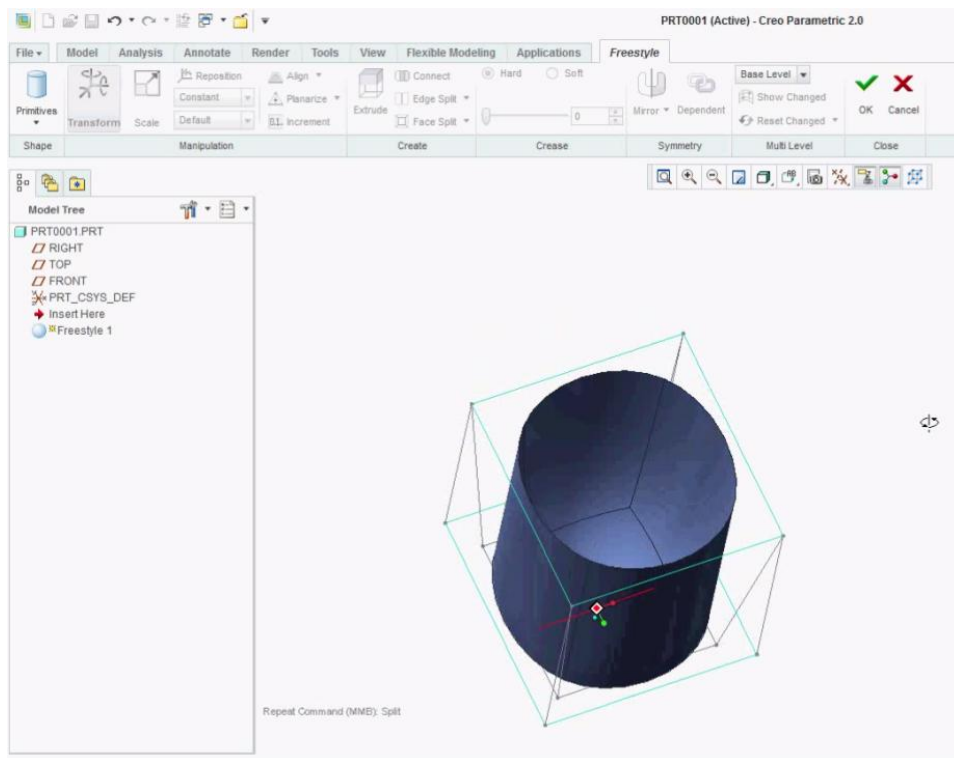
ΕΙΚΟΝΑ 52: ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΕ ΠΡΟΒΟΛΗ ΑΚΜΩΝ.



ΕΙΚΟΝΑ 53: ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΒΥΘΙΣΗΣ.

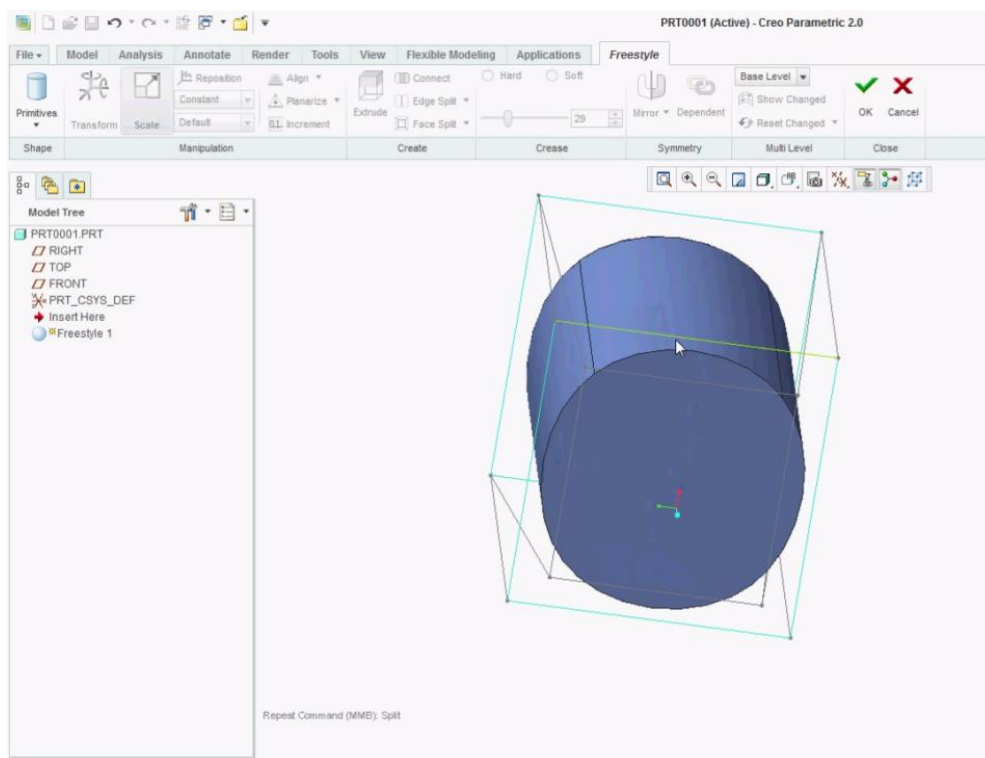


ΕΙΚΟΝΑ 54: ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΘΟΣ ΚΟΙΛΟΤΗΤΑΣ.

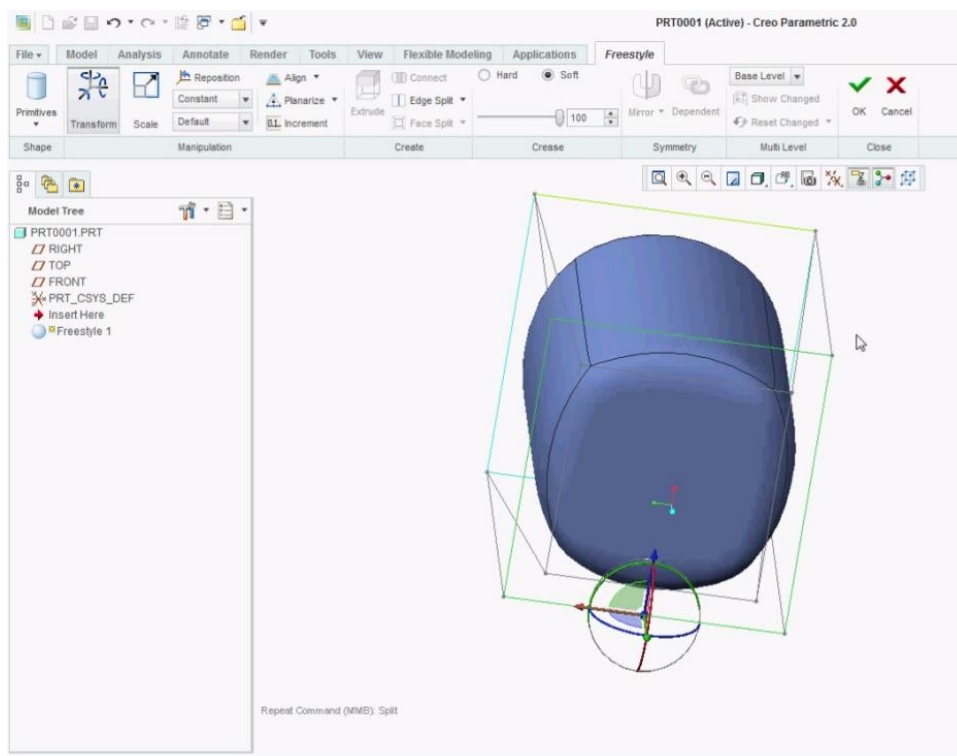


ΕΙΚΟΝΑ 55: ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΤΗΝ ΤΕΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΣΕ ΠΡΟΒΟΛΗ ΣΚΙΑΣΗΣ.

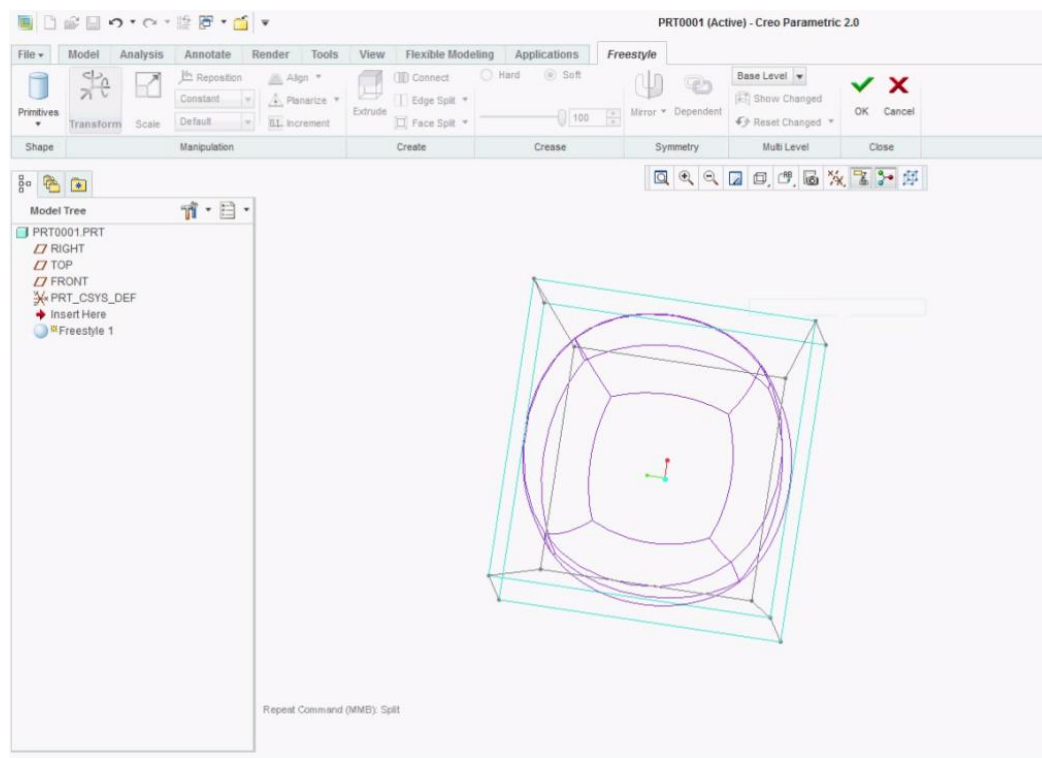
Τώρα θα μορφοποιήσουμε την κάτω πλευρά της κούπας και να της δώσουμε μια καμπυλότητα. Επιλέγουμε «μαλακή» επιφάνεια με την εντολή Soft με τιμή 100% (Εικόνα 56-59).



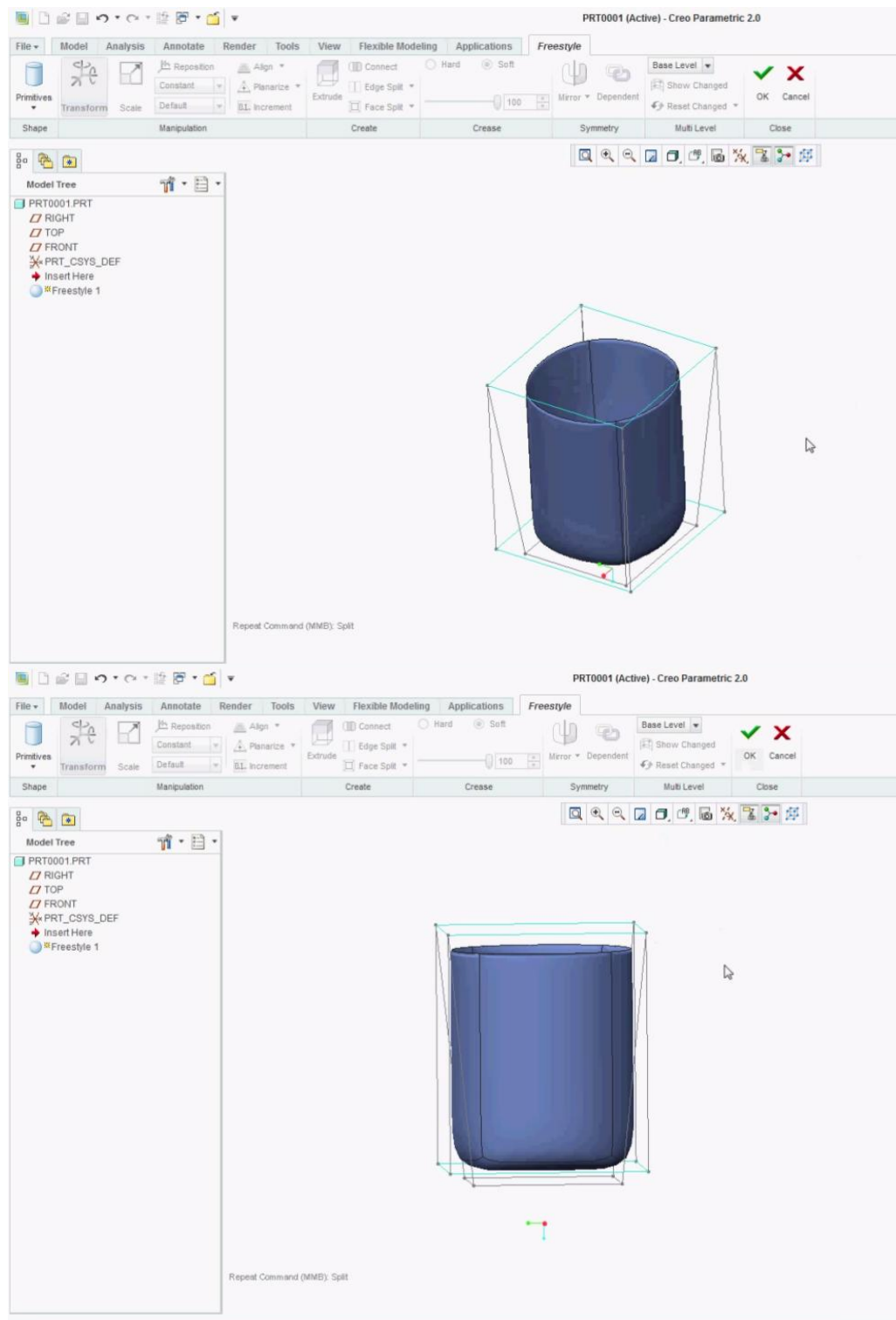
ΕΙΚΟΝΑ 56: ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΩ ΠΛΕΥΡΑΣ.



ΕΙΚΟΝΑ 57: ΕΝΤΟΛΗ SOFT 100%.

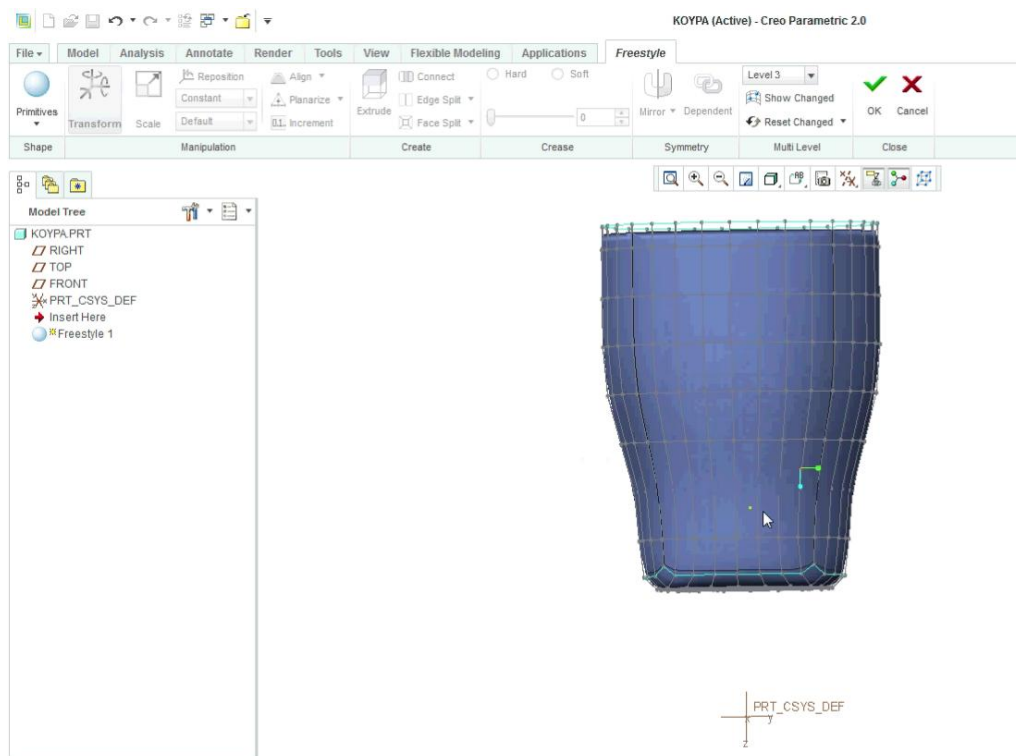


ΕΙΚΟΝΑ 58: Η ΜΟΡΦΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΝΤΟΛΗ SOFT 100% ΣΕ ΠΡΟΒΟΛΗ WIREFRAME.

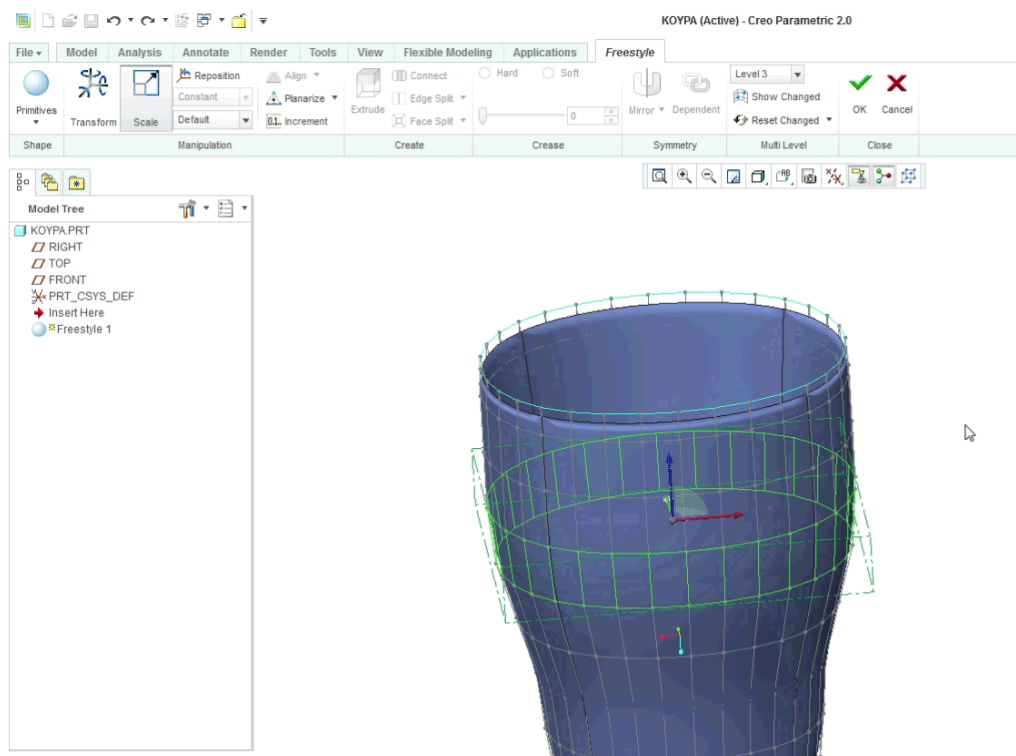


ΕΙΚΟΝΑ 59: Η ΜΟΡΦΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΝΤΟΛΗ SOFT 100% ΣΕ ΠΡΟΒΟΛΗ ΣΚΙΑΣΗΣ.

Για περαιτέρω μορφοποίηση και δημιουργία εξωτερικής διαμόρφωσης στην κούπα θα πυκνώσουμε το πλέγμα πρώτα στο επίπεδο 1 και στη συνέχεια στο επίπεδο 2 (Εικόνα 60-61).

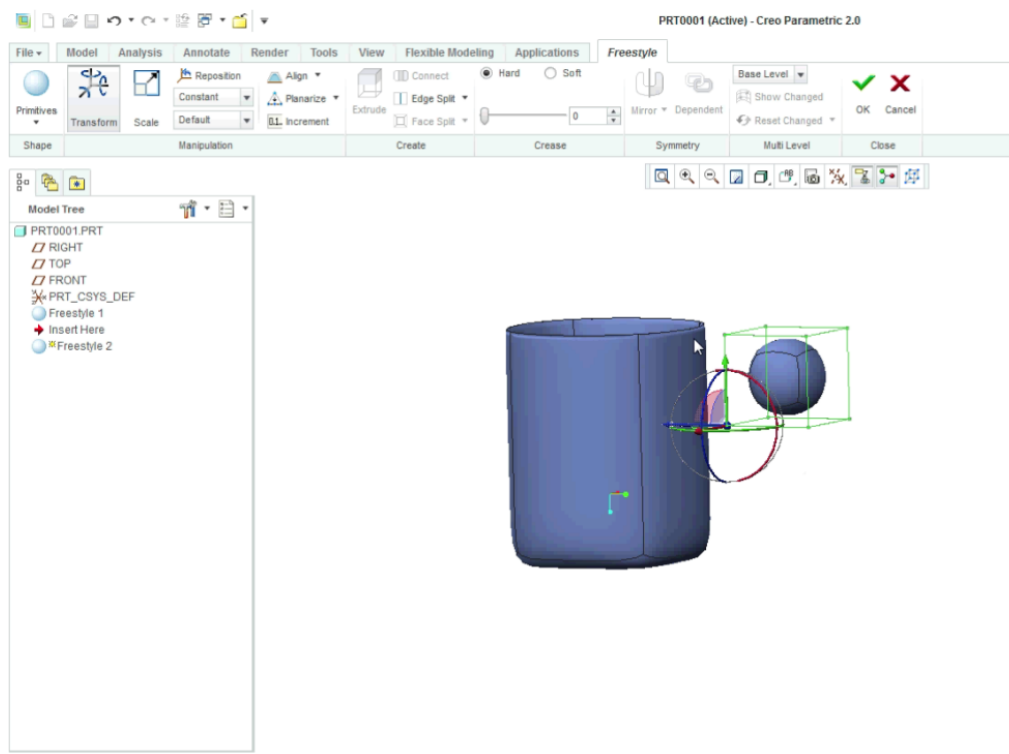


ΕΙΚΟΝΑ 60: ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΠΛΕΓΜΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 3.

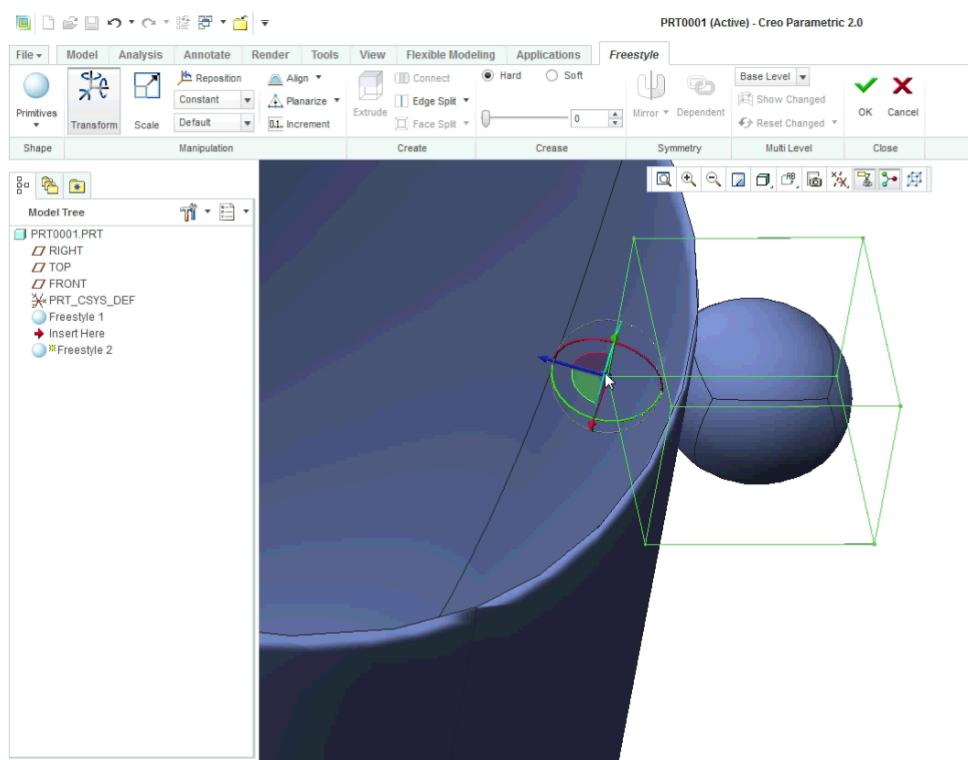


ΕΙΚΟΝΑ 61: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΟΥΠΑ ΜΕ ΠΛΕΓΜΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 3 ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΟΛΗ SCALE.

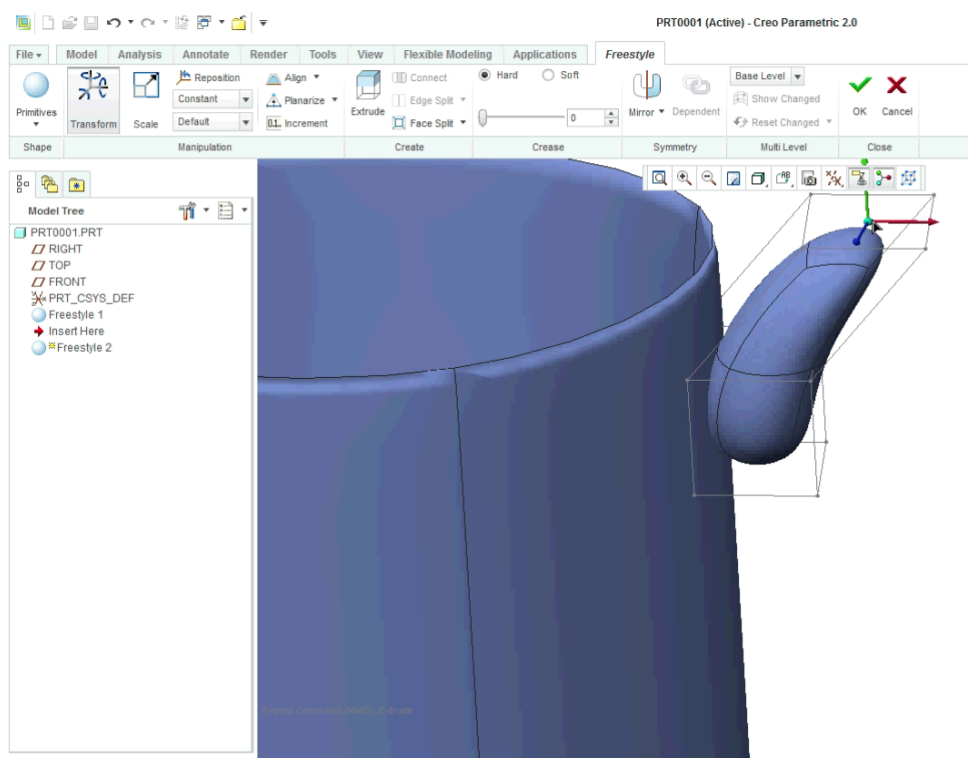
Στη συνέχεια, περνάμε στη δημιουργία της λαβής της κούπας. Αυτό θα γίνει με ελεύθερο τρόπο δημιουργώντας δεύτερο Freestyle. Η λαβή πραγματοποιείται σταδιακά με την εντολή Extrude και μορφοποίηση της διεύθυνσης και του μήκους με τη τριών διαστάσεων λαβή του Freestyle. Έτσι, η λαβή περνάει κάποια στάδια μέχρι να ολοκληρωθεί η κατασκευή της καθώς δεν είναι εύκολη η τροποποίηση (Εικόνα 62-68).



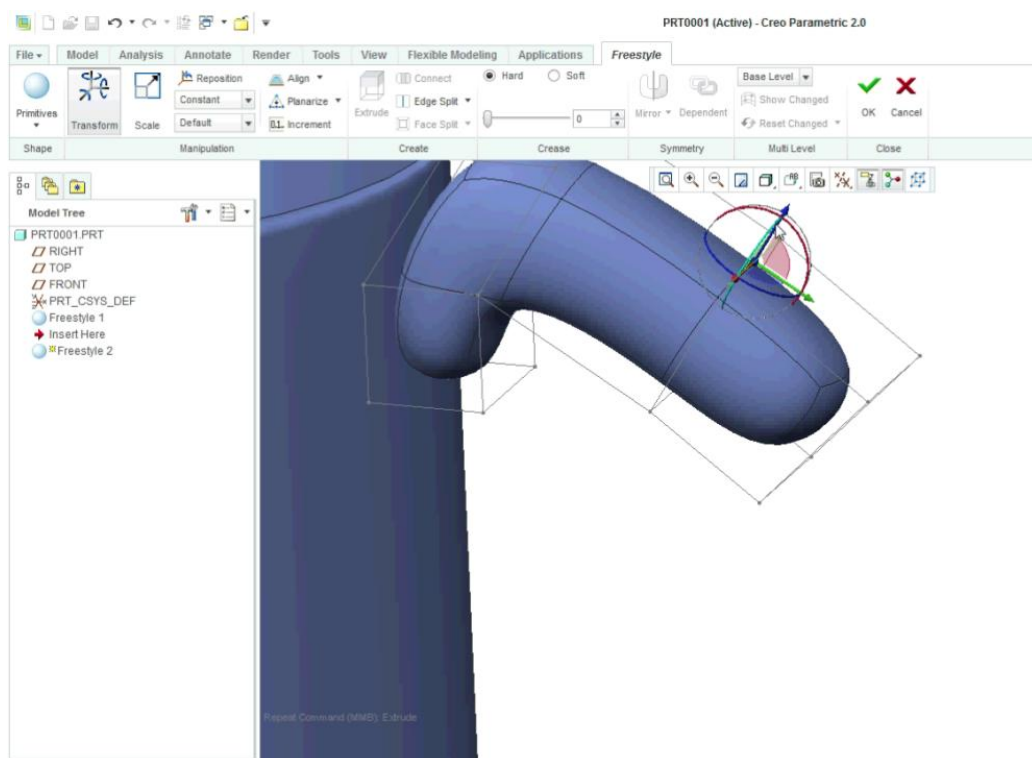
ΕΙΚΟΝΑ 62: ΣΤΑΔΙΑ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΑΒΗΣ.



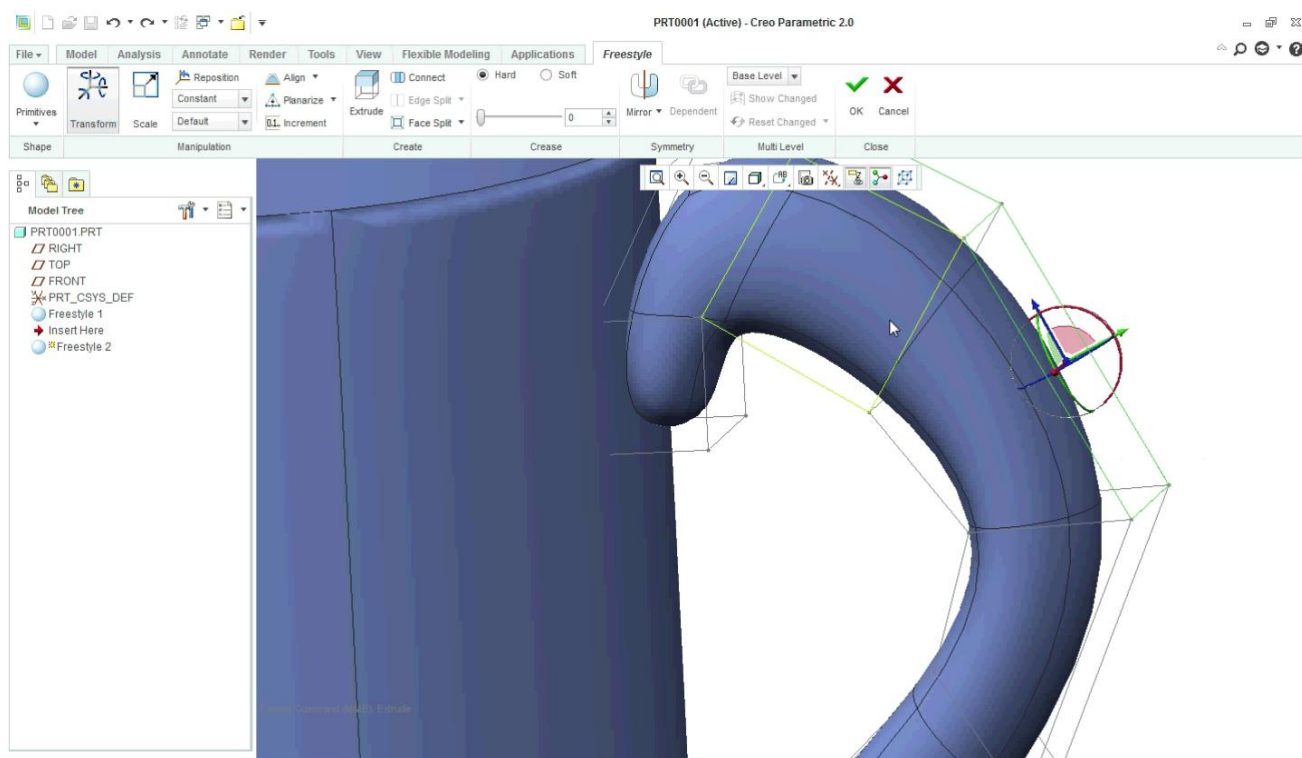
ΕΙΚΟΝΑ 63: ΣΤΑΔΙΑ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΑΒΗΣ.



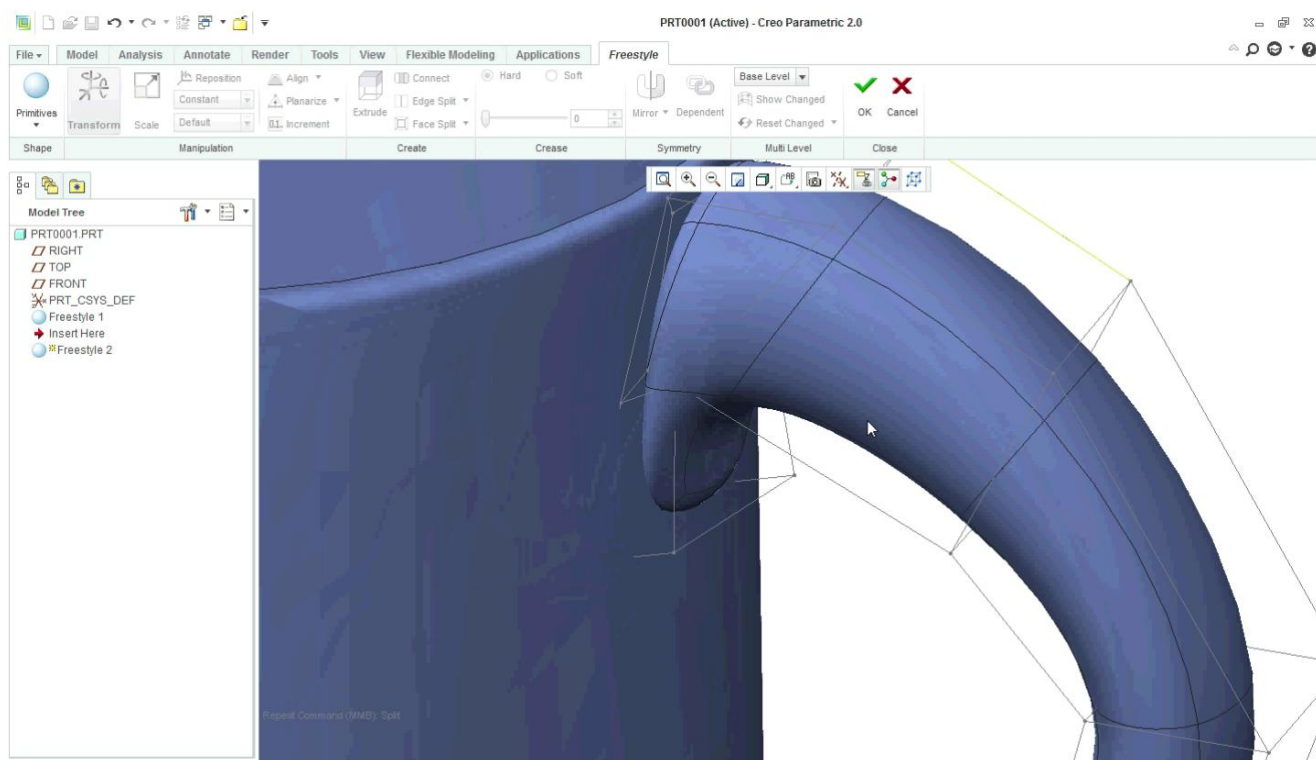
ΕΙΚΟΝΑ 64: ΣΤΑΔΙΑ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΑΒΗΣ.



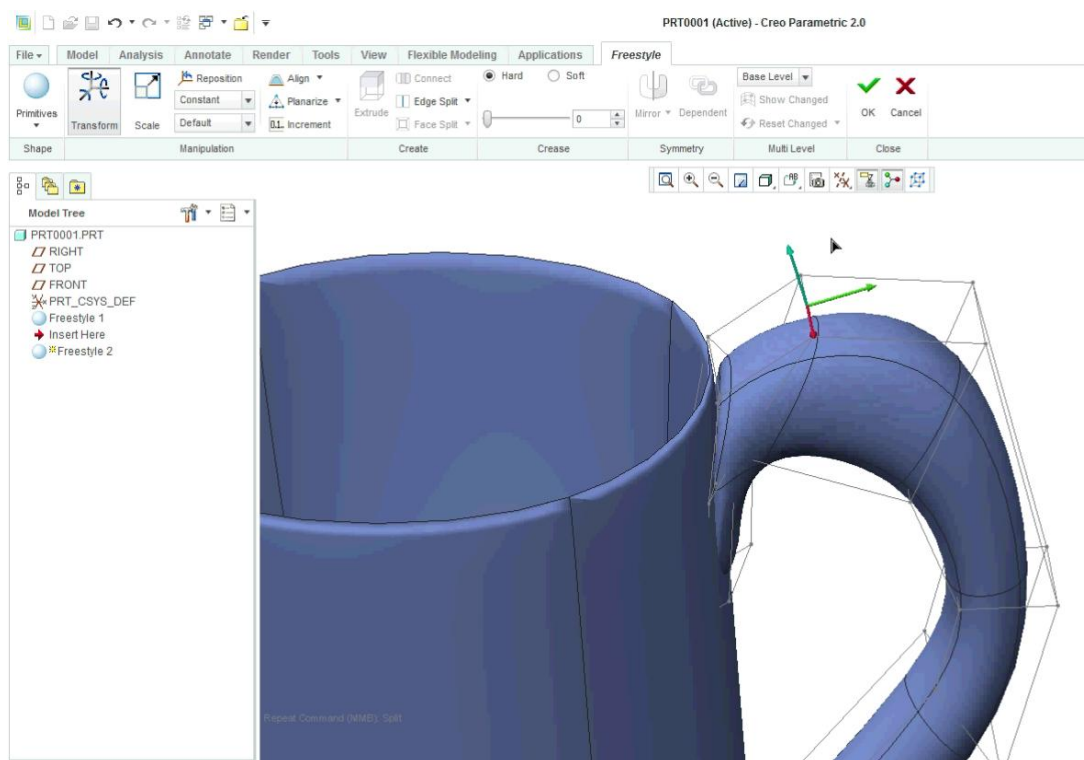
ΕΙΚΟΝΑ 65: ΣΤΑΔΙΑ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΑΒΗΣ.



ΕΙΚΟΝΑ 66: ΣΤΑΔΙΑ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΑΒΗΣ.

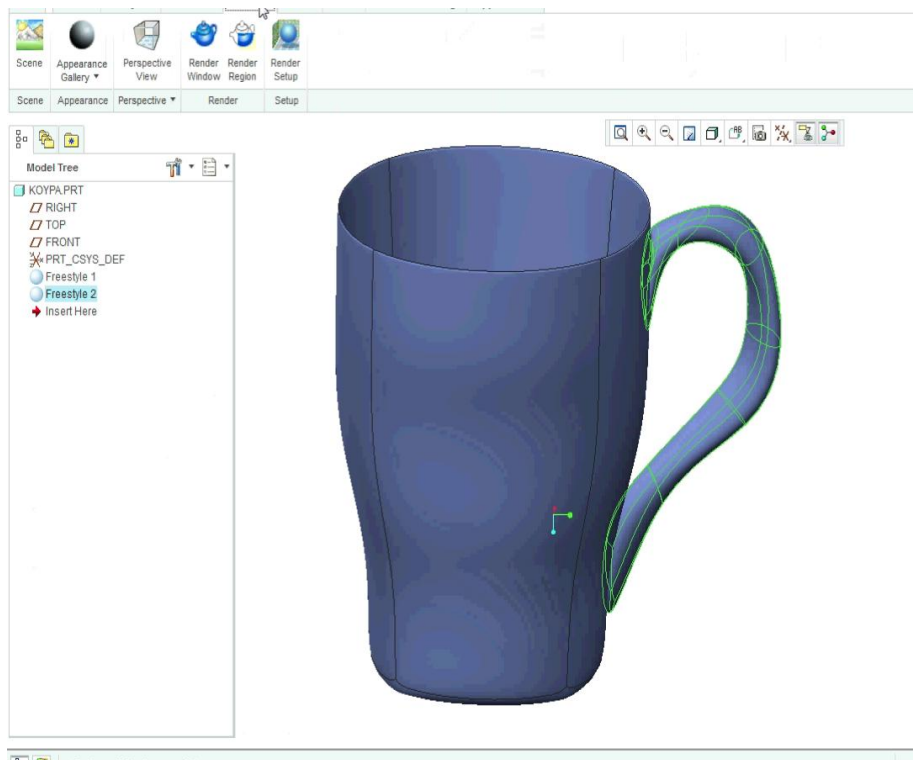


ΕΙΚΟΝΑ 67: ΣΤΑΔΙΑ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΑΒΗΣ.



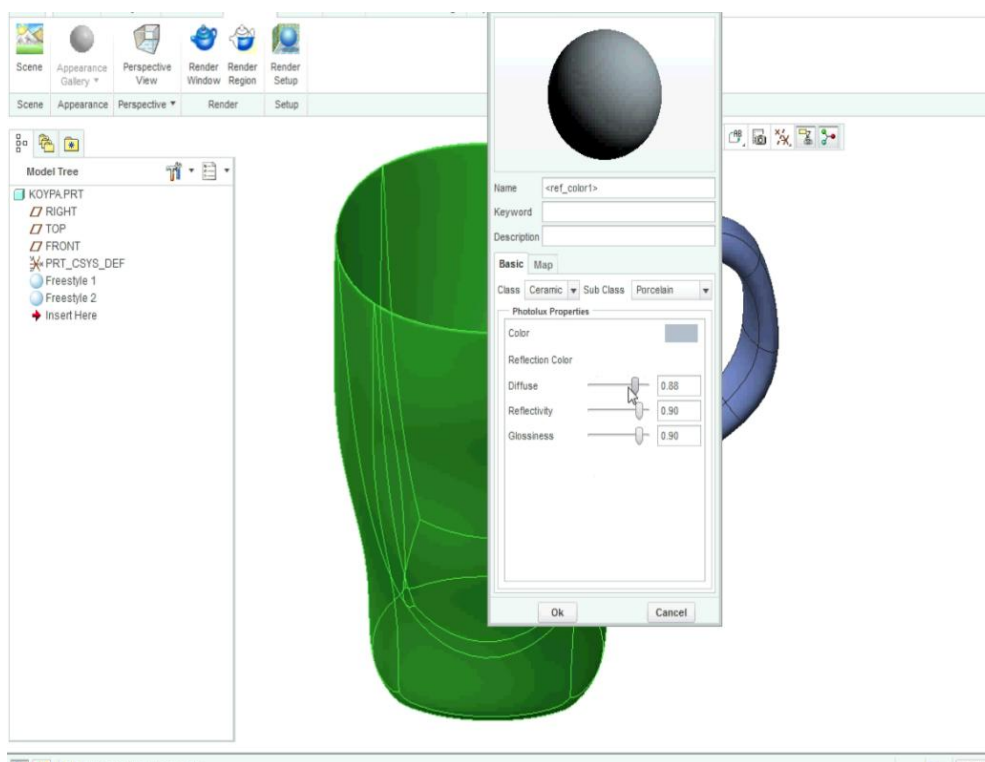
ΕΙΚΟΝΑ 68: ΣΤΑΔΙΑ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΑΒΗΣ.

Η τελική μορφή της κούπας μαζί με τη λαβή φαίνεται στην (Εικόνα 60).

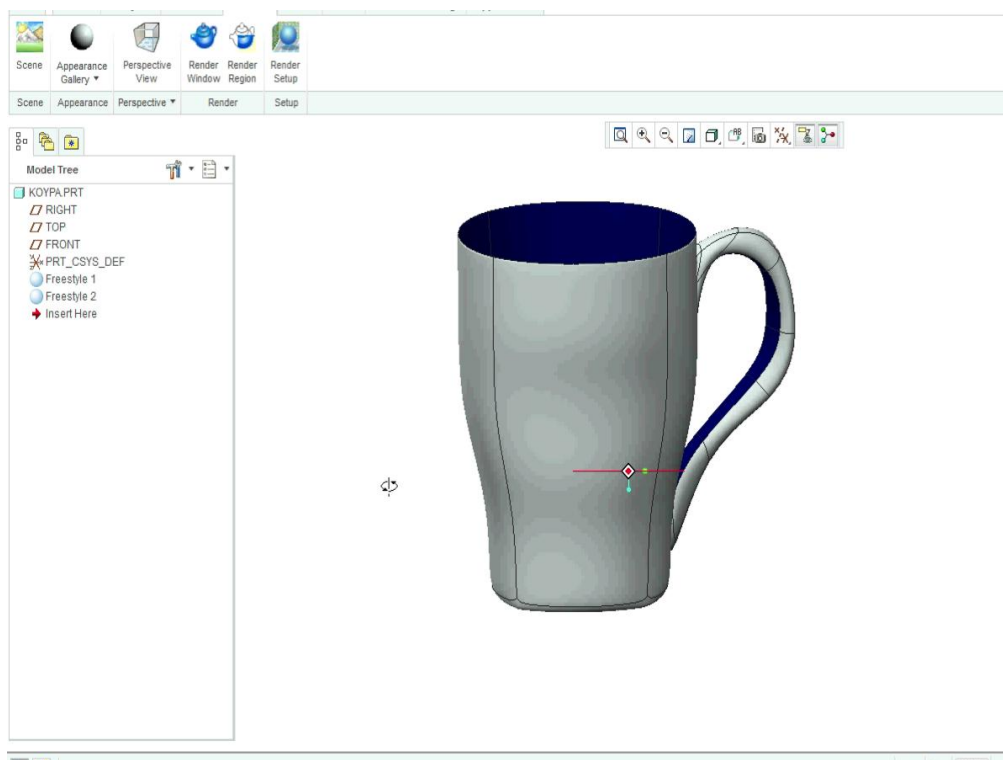


ΕΙΚΟΝΑ 69: ΤΕΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ.

Τέλος, θα επεξεργαστούμε το χρώμα και το σχέδιο της κούπας. Από το μενού και την καρτέλα Render→Appearance Gallery επιλέγουμε το χρώμα και το υλικό που θέλουμε. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχει επιλεγεί Class→Ceramic και Sub Class→Porcelain. Ορίζουμε το χρώμα και τοποθετούμε και μια εικόνα στις δυο όψεις (Εικόνα 70-74).



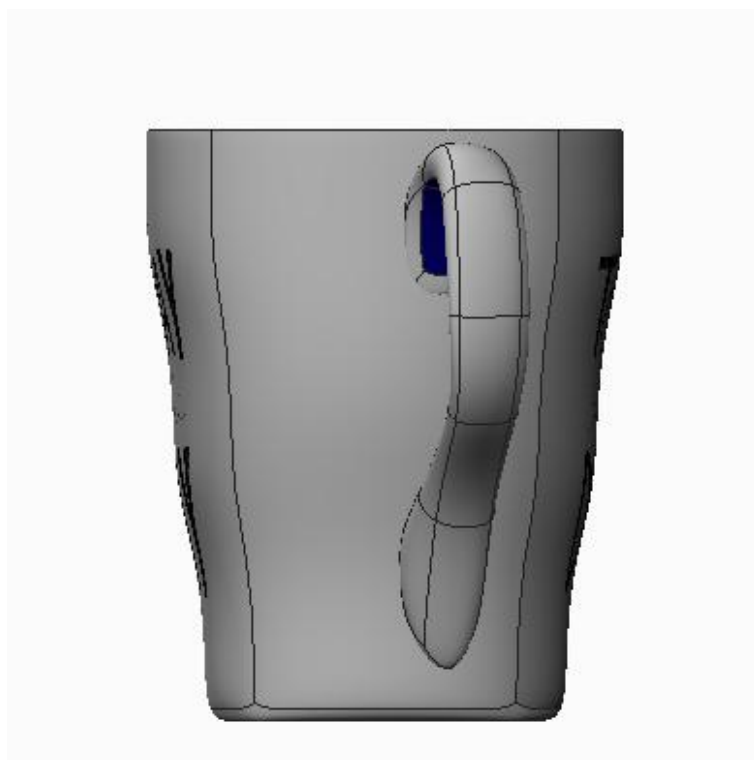
ΕΙΚΟΝΑ 70: ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.



ΕΙΚΟΝΑ 71: ΤΕΛΙΚΟΣ ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ.



ΕΙΚΟΝΑ 72: ΤΕΛΙΚΟ ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ (ΚΕΙΜΕΝΟ-ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΟΨΕΙΣ).



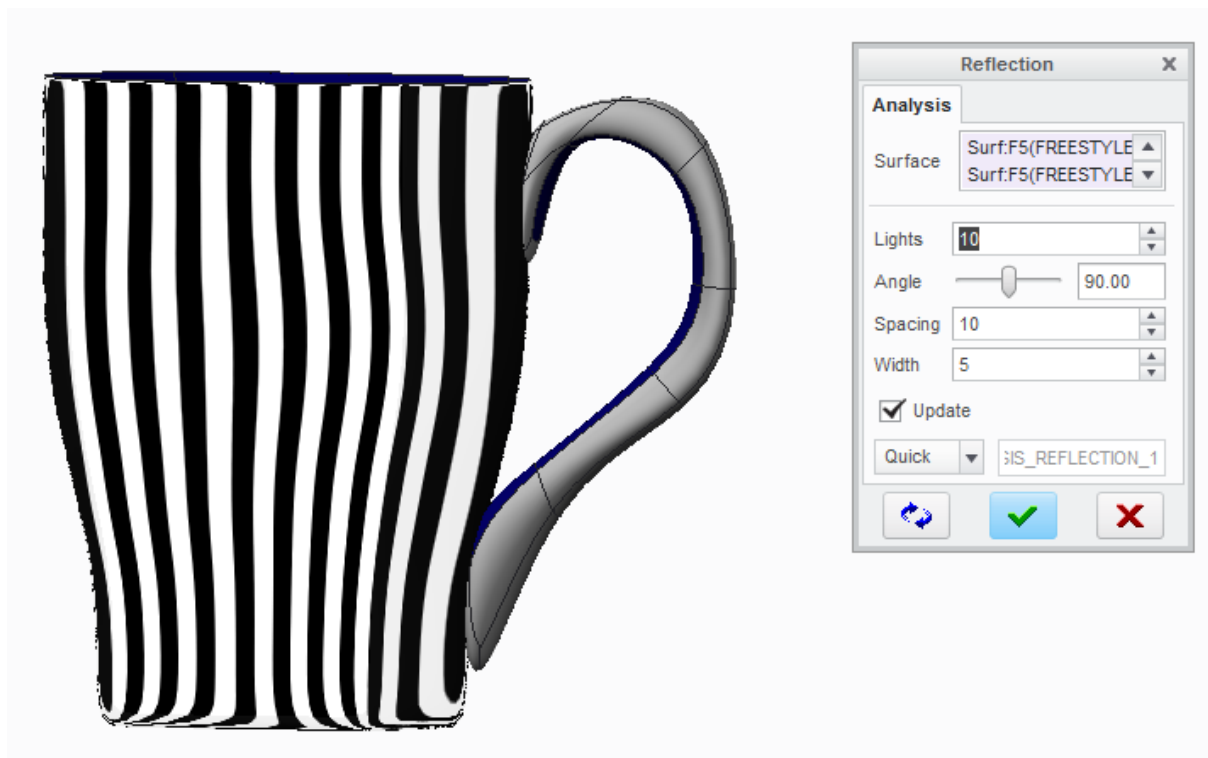
ΕΙΚΟΝΑ 73: Όψη τελικής μορφοποίησης κούπας.



ΕΙΚΟΝΑ 74: Τελική μορφή από την μέσα πλευρά.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ-ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑ

Θα πραγματοποιήσουμε ανάλυση επιφάνειας στην κούπα για να δούμε την καμπυλότητα που έχει δημιουργηθεί στις επιφάνειες. Η σπουδαιότητα της ομαλής καμπυλότητας έχουν αναπτυχθεί στο κεφάλαιο 2.4. Μπορούμε να δούμε την καμπυλότητα της επιφάνειας με τη μέθοδο Zebra πηγαίνοντας από το μενού και την καρτέλα Analysis→ Inspect Geometry→ Reflection. Από το παράθυρο που ανοίγεται μπορούμε να ρυθμίσουμε πόσο πυκνές θέλουμε να είναι οι ρίγες, πόσο πλάτος καθώς και πόση απόσταση να έχουν μεταξύ τους. Στην εικόνα 75 βλέπουμε ότι η καμπυλότητα είναι τύπου G1. Ίδια καμπυλότητα έχουμε και στην Εικόνα 76 όπου βλέπουμε την κοιλότητα της κούπας.

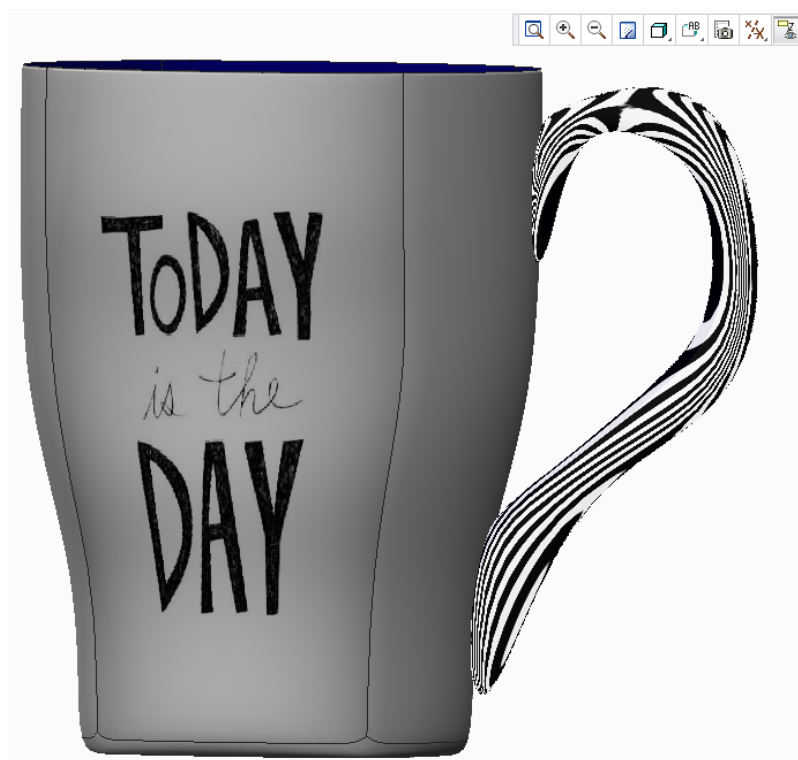


ΕΙΚΟΝΑ 75: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΚΟΥΠΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ZEBRA.



ΕΙΚΟΝΑ 76: ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΚΟΙΛΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΚΟΥΠΑΣ.

Ανάλυση καμπυλότητας θα πραγματοποιήσουμε και στη λαβή της κούπας. Από την Εικόνα 77 παρατηρούμε ότι η λαβή έχει καλή καμπυλότητα G1 και σε κάποια σημεία G2. Καμπυλότητα G2 έχουμε στα σημεία όπου υπάρχει ασυνέχεια των μαύρων γραμμών.

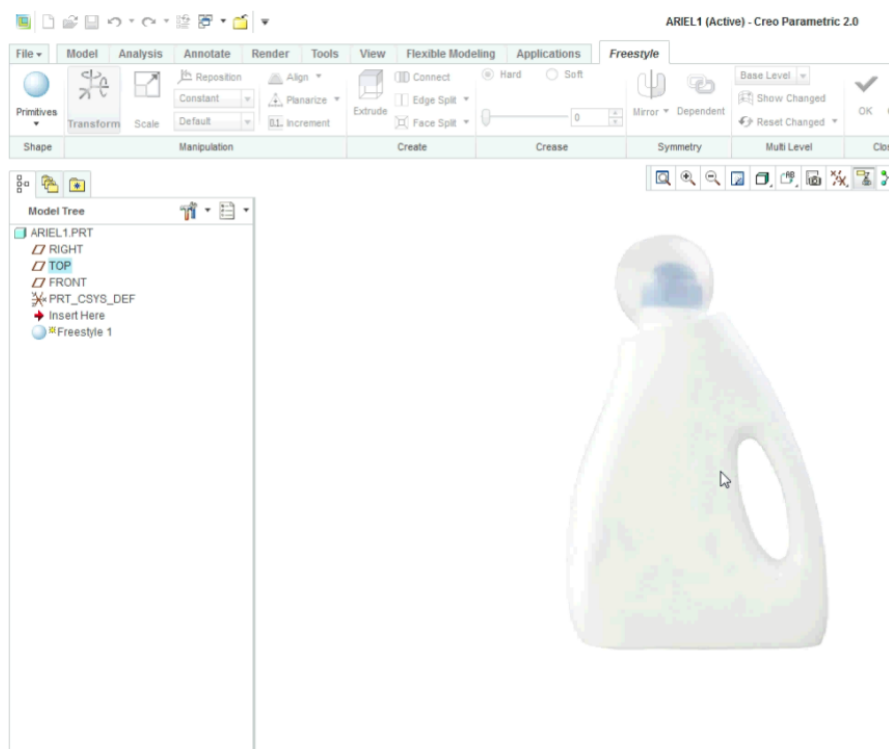


ΕΙΚΟΝΑ 77: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ ZEBRA ΣΤΗ ΛΑΒΗ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.2: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ : ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΔΟΧΕΙΟ ΥΓΡΩΝ

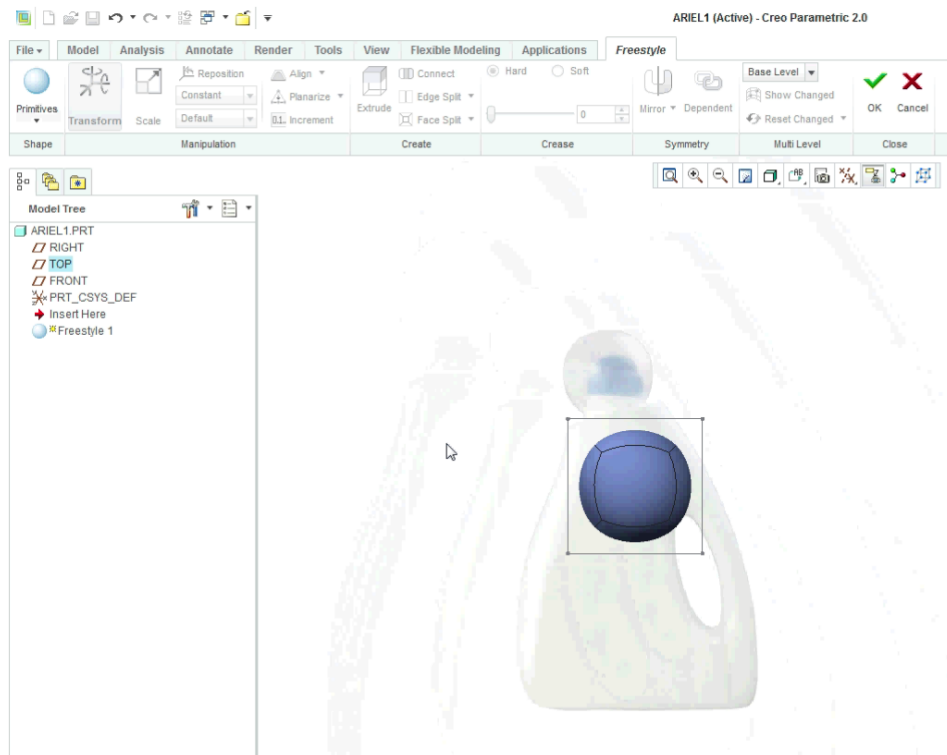
Στο κεφάλαιο αυτό θα συνεχιστεί η μοντελοποίηση στο σχεδιαστικό περιβάλλον του Freestyle με ένα άλλο προϊόν. Το προϊόν αυτό είναι ένα πλαστικό δοχείο υγρών το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παράδειγμα σε κάποιο απορρυπαντικό.

Στην περίπτωση αυτή θα γίνει χρήση ενός σχεδίου του προϊόντος που θέλουμε να σχεδιάσουμε. Ξεκινώντας από την καρτέλα View→Model Display→Images επιλέγουμε το Plane που θέλουμε να την τοποθετήσουμε και στην συνέχεια την εικόνα που θέλουμε από τον φάκελο.



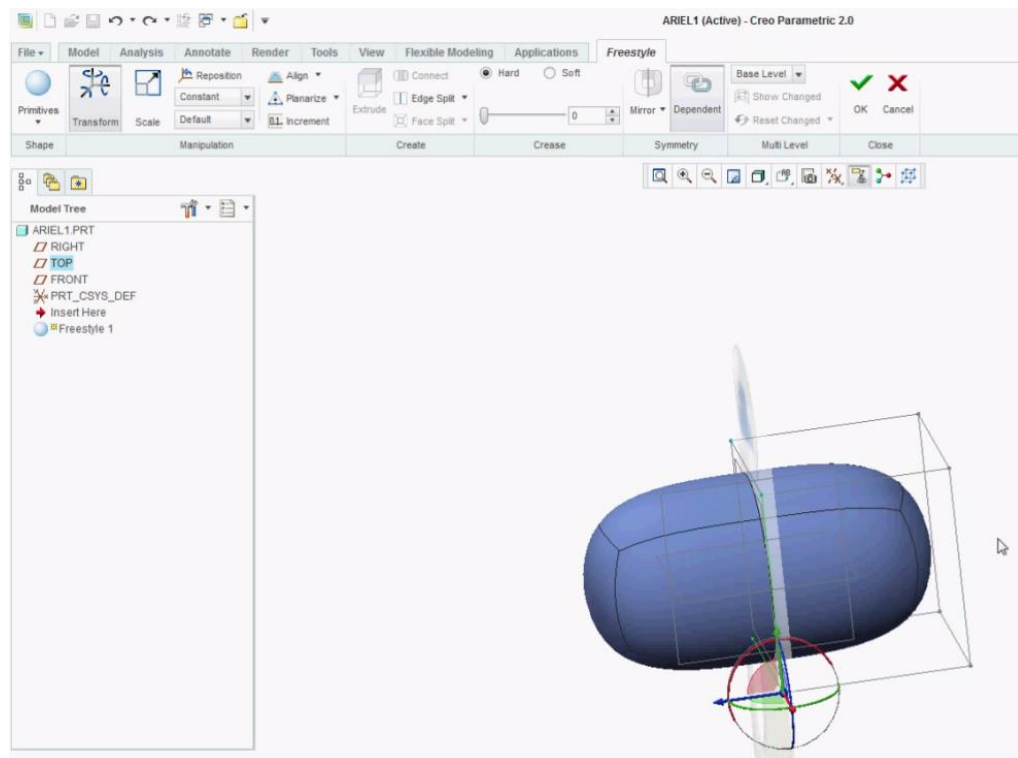
ΕΙΚΟΝΑ 78: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΤΟ BACKGROUND.

Επιλέγουμε την πρωταρχική μορφή που μας βολεύει για το σχέδιο που έχουμε επιλέξει (Εικόνα 79).



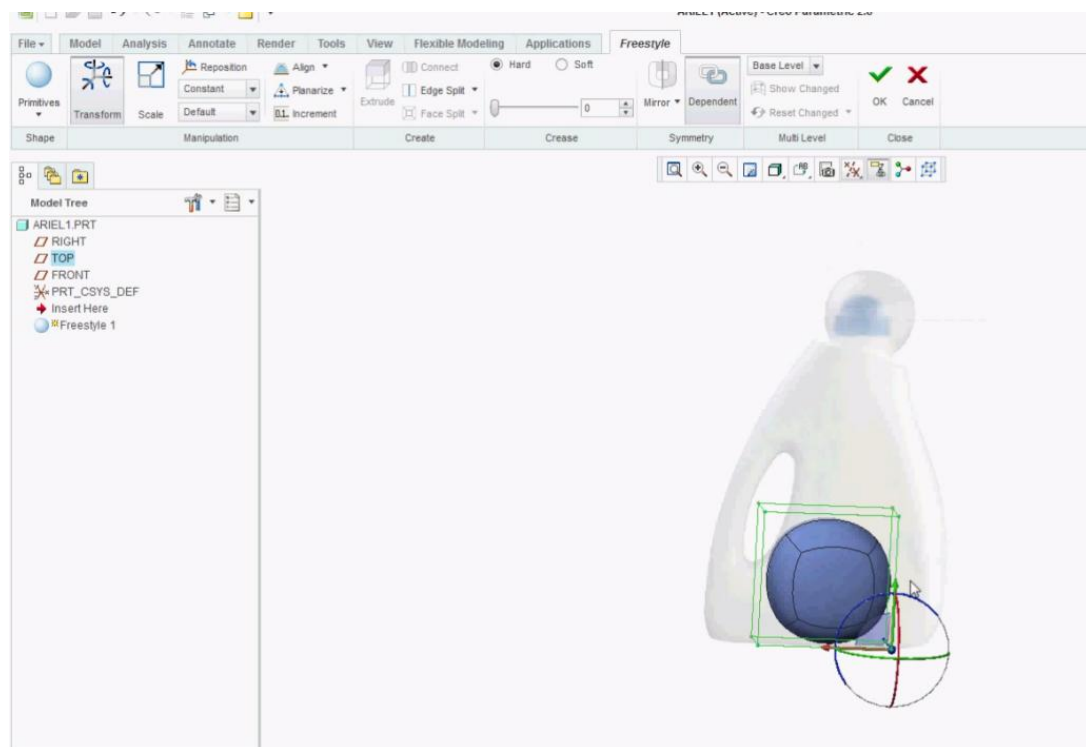
ΕΙΚΟΝΑ 79: ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΗΣ ΜΟΡΦΗΣ.

Στη συνέχεια, επειδή είναι το προϊόν μας συμμετρικό θα χρησιμοποιήσω την εντολή Mirror ώστε να μορφοποιώ την μια πλευρά και να έχω το ίδιο αποτέλεσμα και στην άλλη. Αυτό γίνεται επιλέγοντας την πλευρά που θέλω να καθρεπτιστεί και στην συνέχεια το επίπεδο (Plane) ως προς το οποίο θα γίνει ο καθρεπτισμός. Τα αποτελέσματα φαίνονται στην Εικόνα 80.

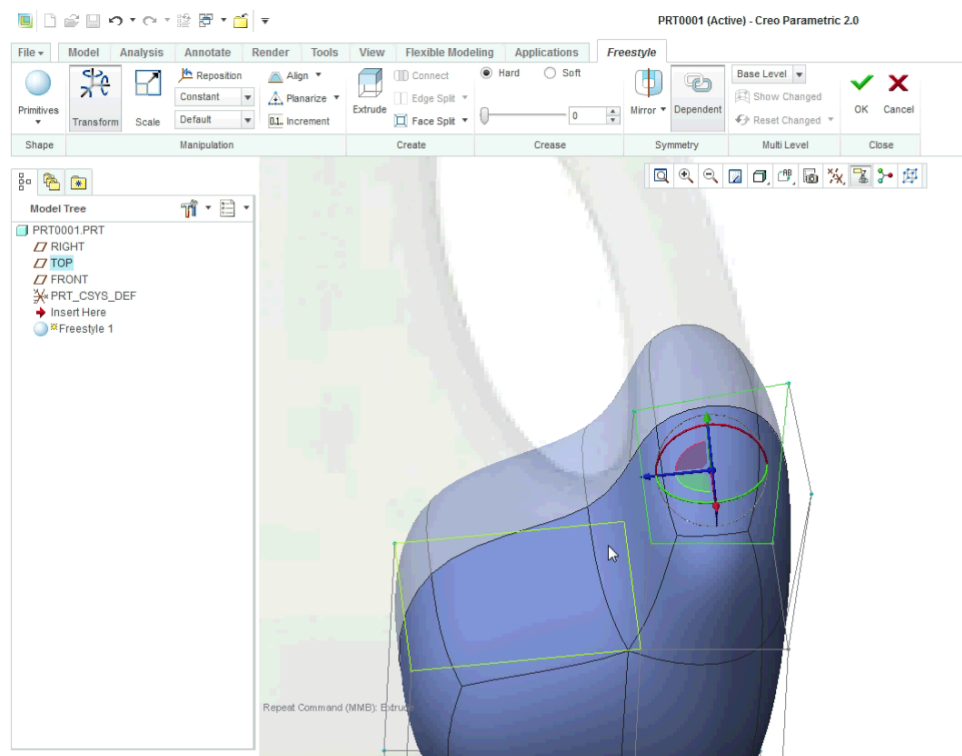


ΕΙΚΟΝΑ 80: ΕΝΤΟΛΗ MIRROR.

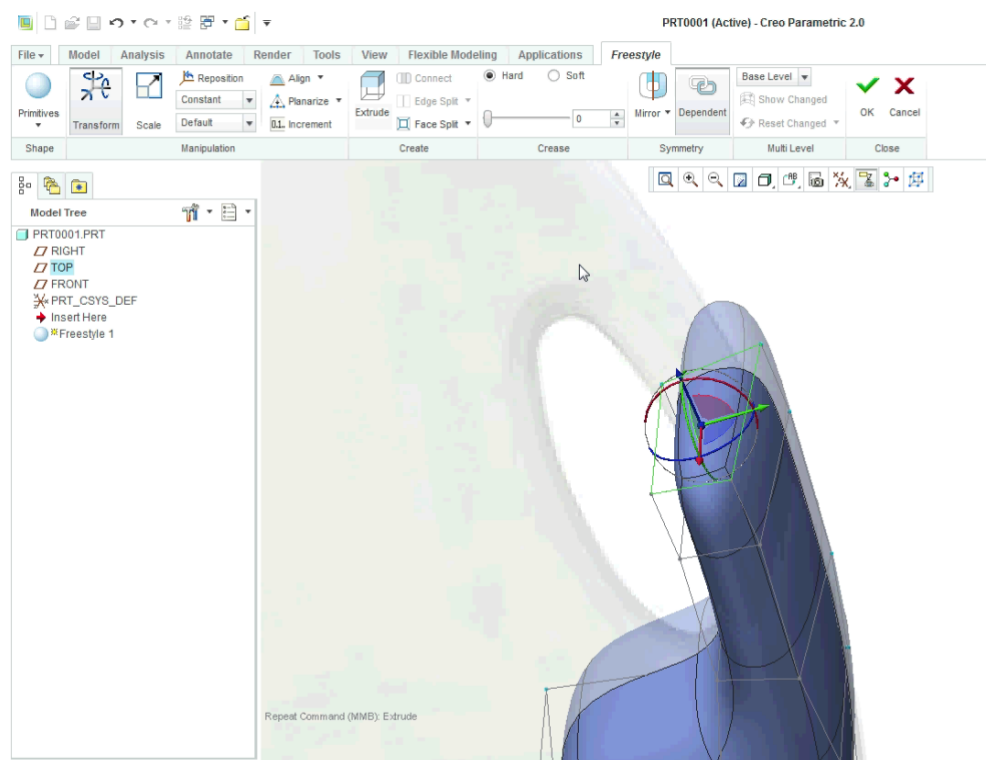
Αρχίζω την διαμόρφωση σταδιακά με την εντολή Extrude, Scale και Transform (Εικόνα 81-86).



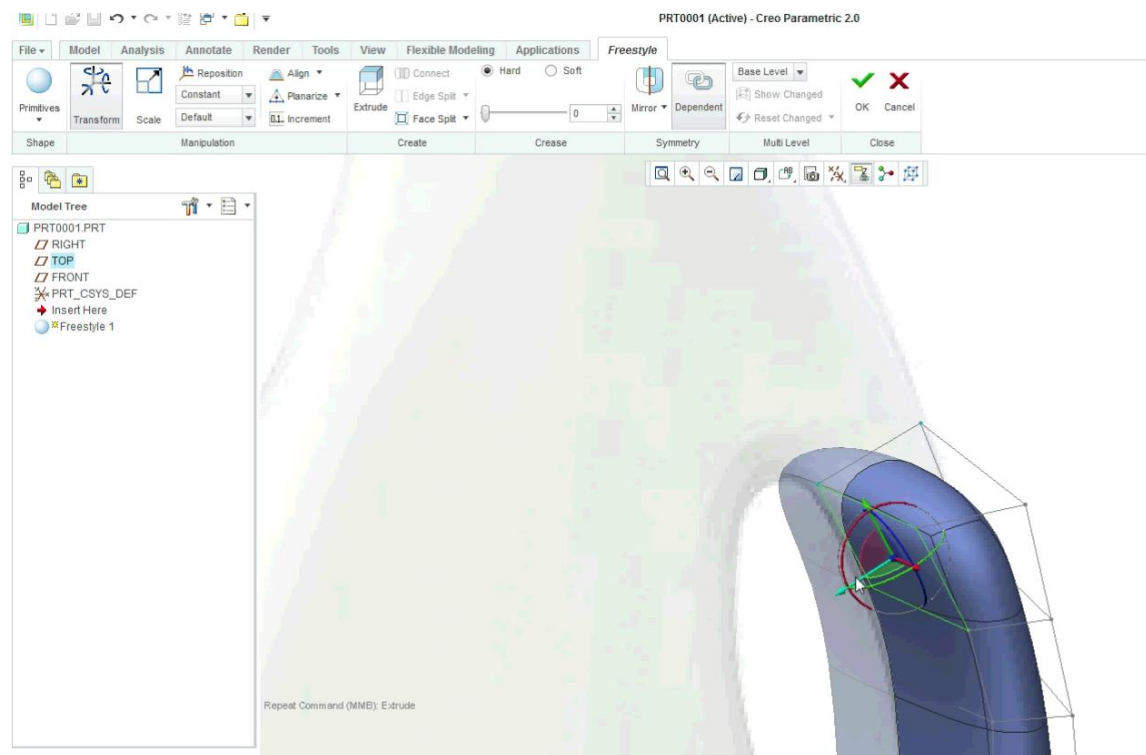
ΕΙΚΟΝΑ 81: ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΟΧΕΙΟΥ.



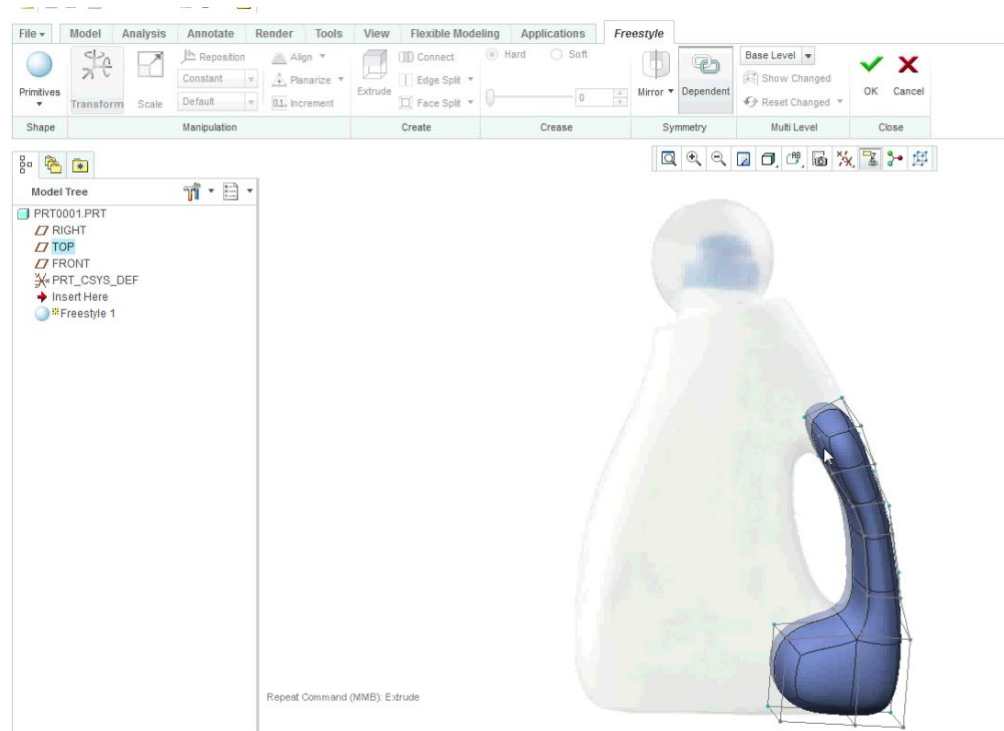
ΕΙΚΟΝΑ 82: ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΟΧΕΙΟΥ.



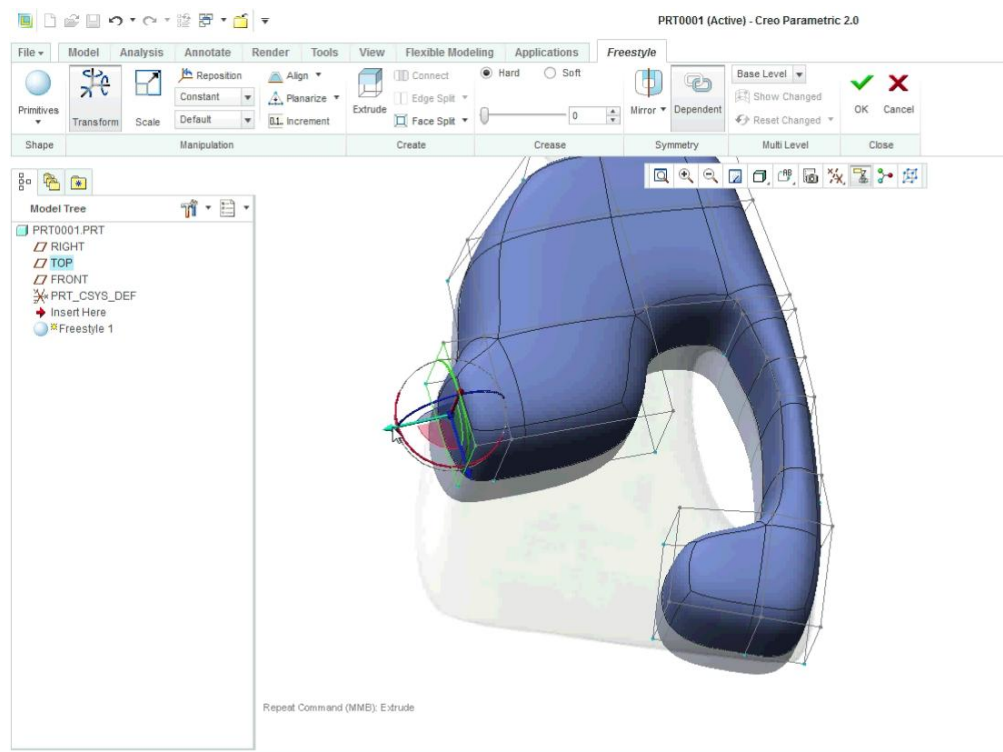
ΕΙΚΟΝΑ 83: ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΛΑΒΗΣ ΔΟΧΕΙΟΥ.



ΕΙΚΟΝΑ 84: ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΑΒΗΣ ΔΟΧΕΙΟΥ.

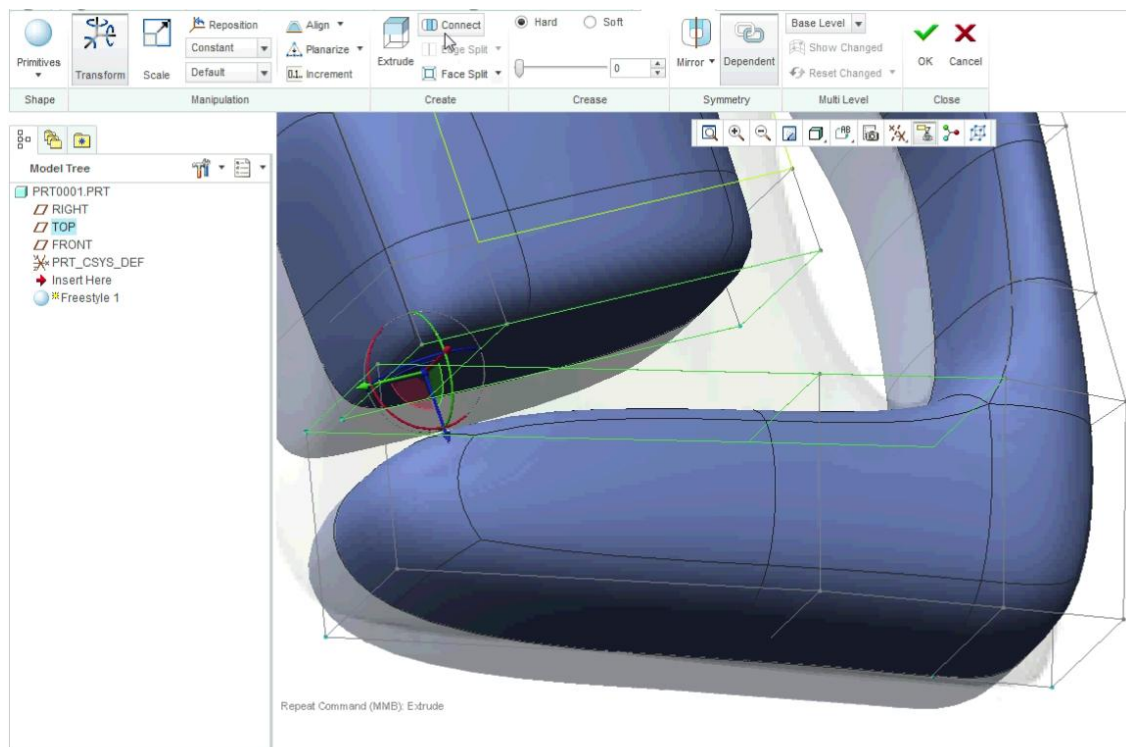


ΕΙΚΟΝΑ 85: ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΑΒΗΣ ΔΟΧΕΙΟΥ.

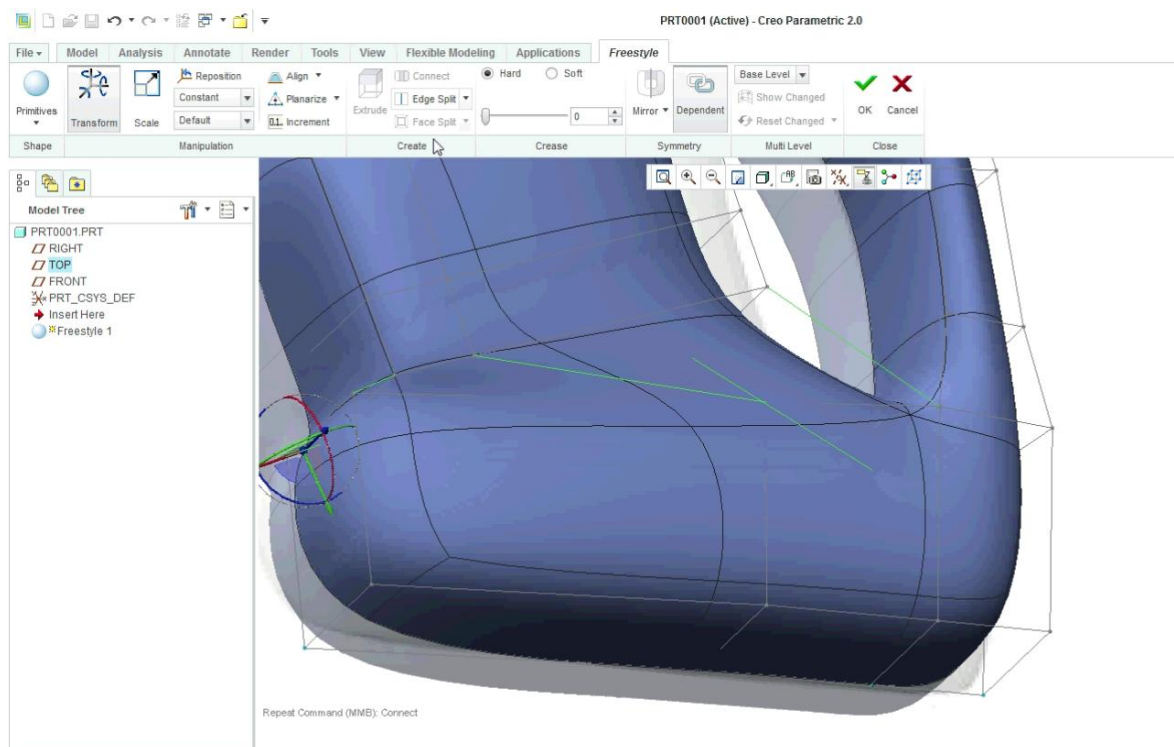


ΕΙΚΟΝΑ 86: ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ.

Με την εντολή Connect ενώνω τα 2 τμήματα που έχουν δημιουργηθεί. Αυτό γίνεται επιλέγοντας τα τμήματα που θέλω να ενώσω κ στην συνέχεια πατάω στην εντολή Connect. Αρχικά, όμως θα προετοιμάσουμε τα δυο τμήματα που θα ενωθούν (Εικόνα 87).



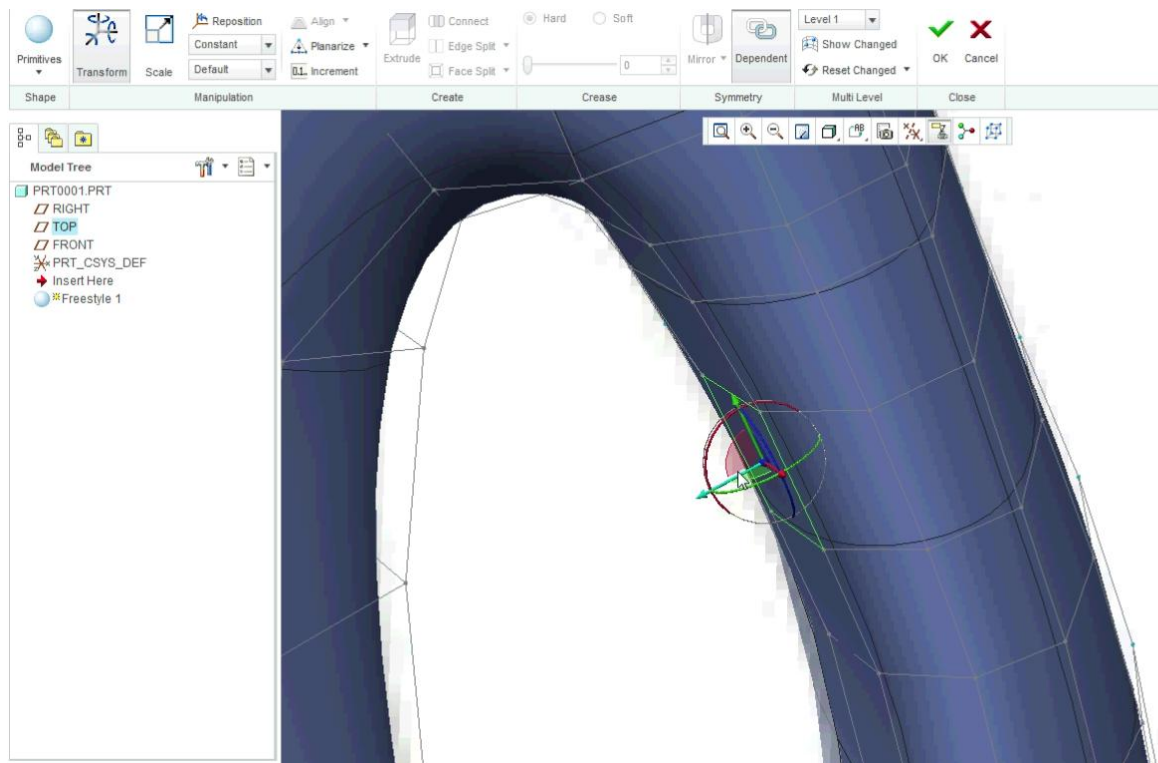
ΕΙΚΟΝΑ 87: ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΝΩΣΗΣ.



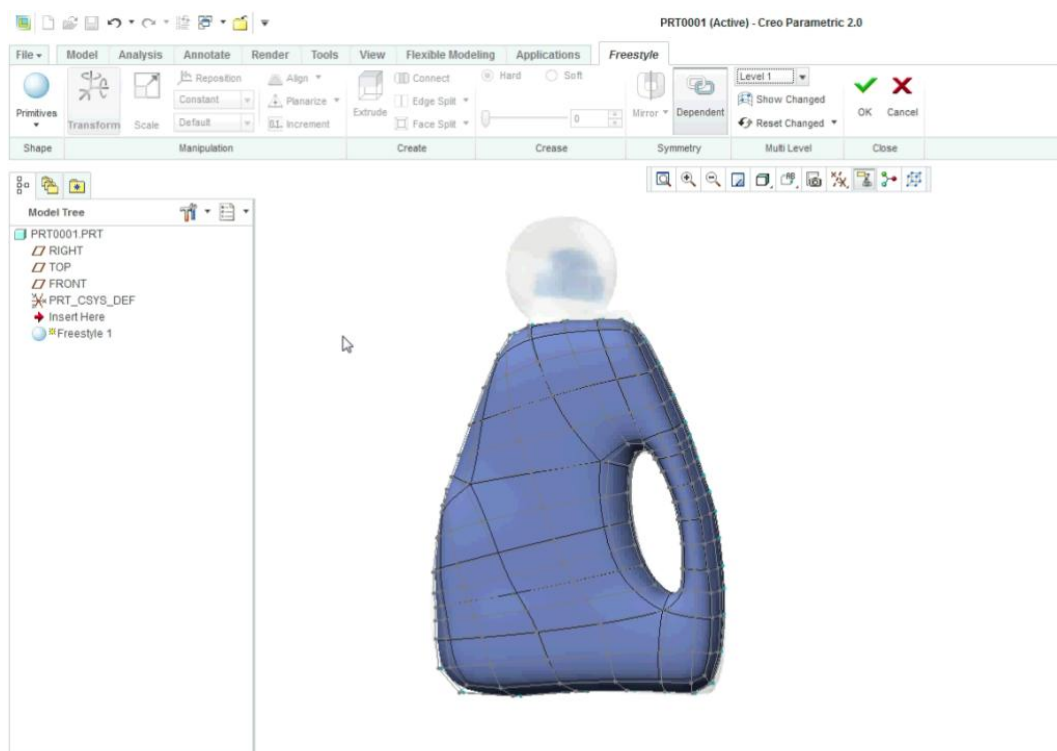
ΕΙΚΟΝΑ 88: ΕΝΩΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΤΟΛΗ CONNECT.

Έπειτα, θα μορφοποιήσω την περιοχή της λαβής και του δοχείου ώστε να προσαρμοστεί στην εικόνα κατάλληλα (Εικόνα 88).

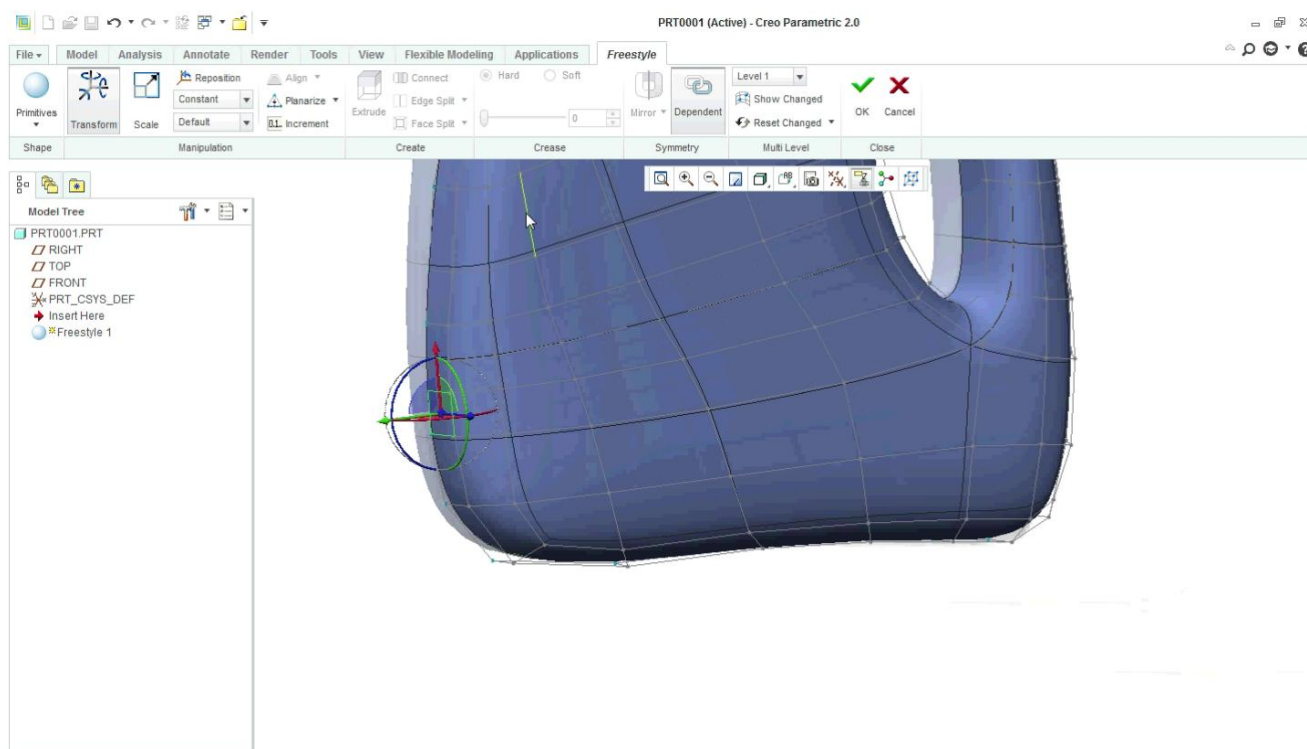
Τώρα θα πυκνώσουμε το πλέγμα (Level 1) ώστε να μορφοποιήσουμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια (Εικόνα 89-92).



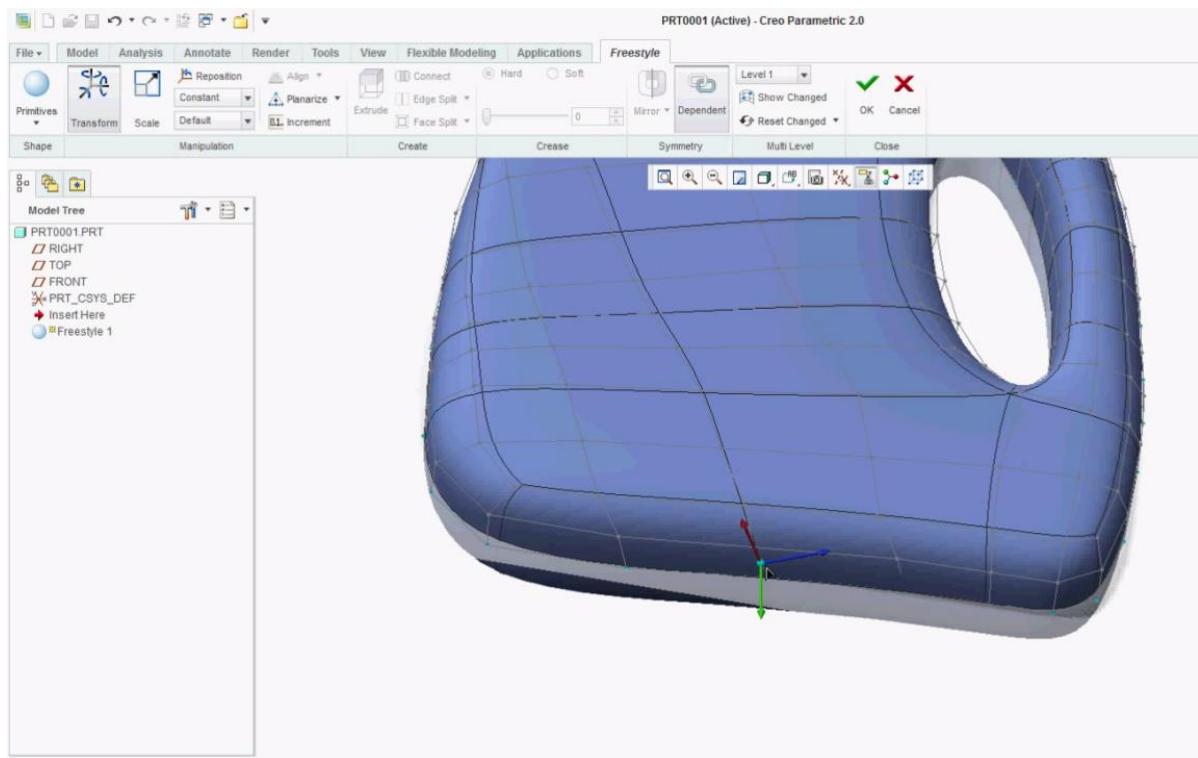
ΕΙΚΟΝΑ 89: ΠΥΚΝΩΣΗ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 1.



ΕΙΚΟΝΑ 90: ΔΟΧΕΙΟ ΜΕ ΤΗΝ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ.

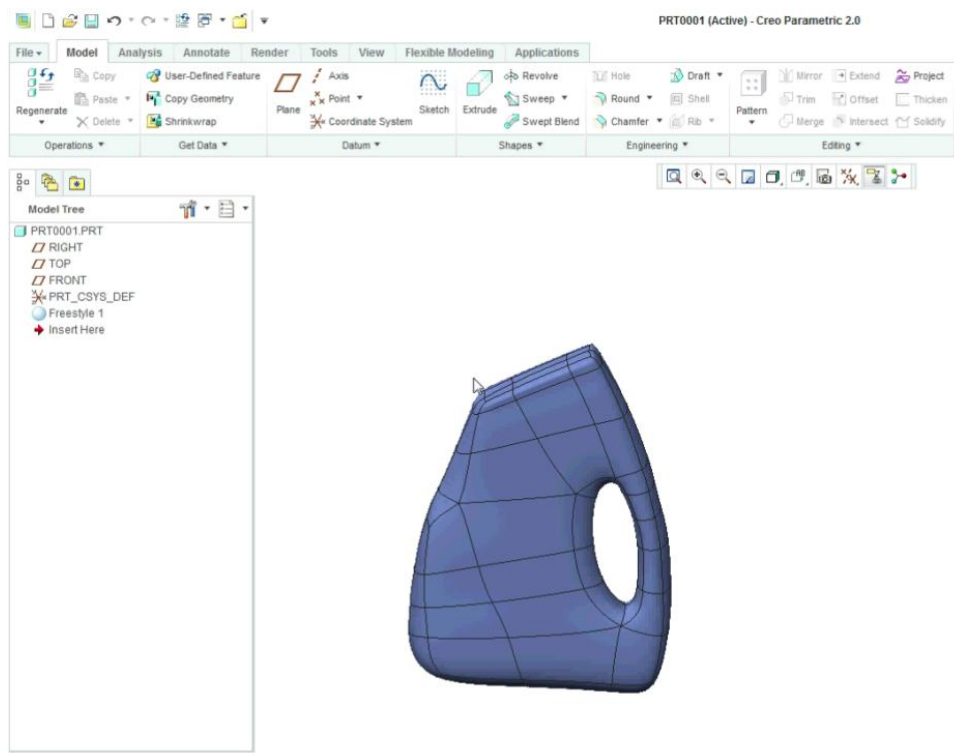


ΕΙΚΟΝΑ 91: ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 1.



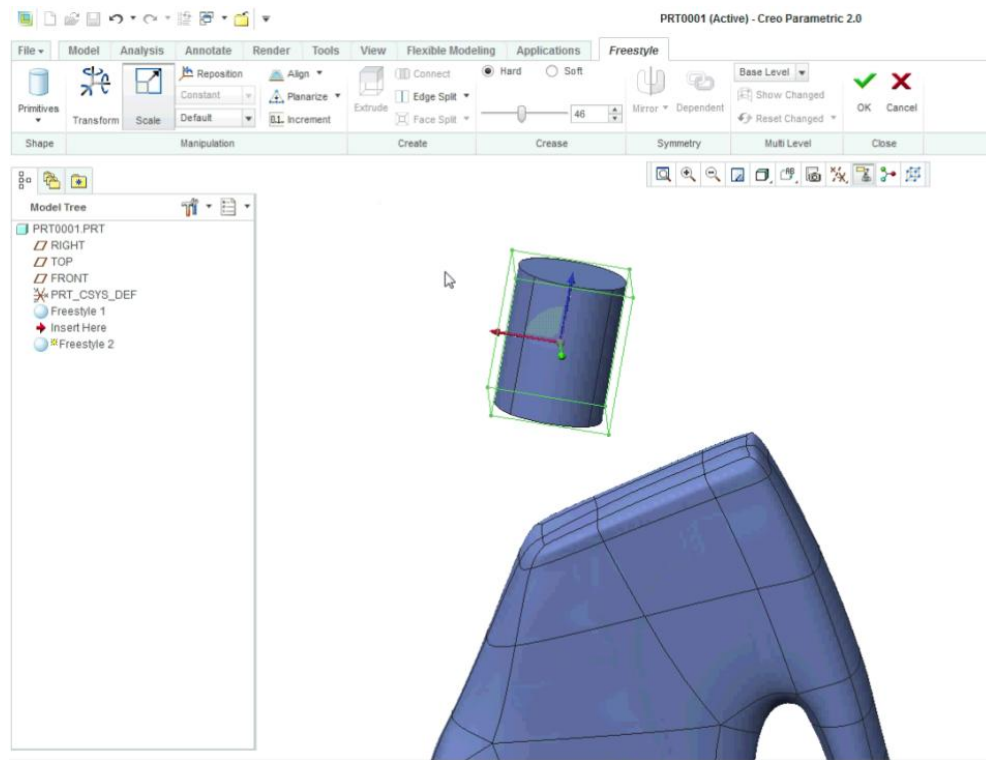
ΕΙΚΟΝΑ 92: ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 1.

ΤΟ ΒΑΣΙΚΟ ΜΑΣ ΔΟΧΕΙΟ ΤΩΡΑ ΕΙΝΑΙ ΕΤΟΙΜΟ (ΕΙΚΟΝΑ 93).



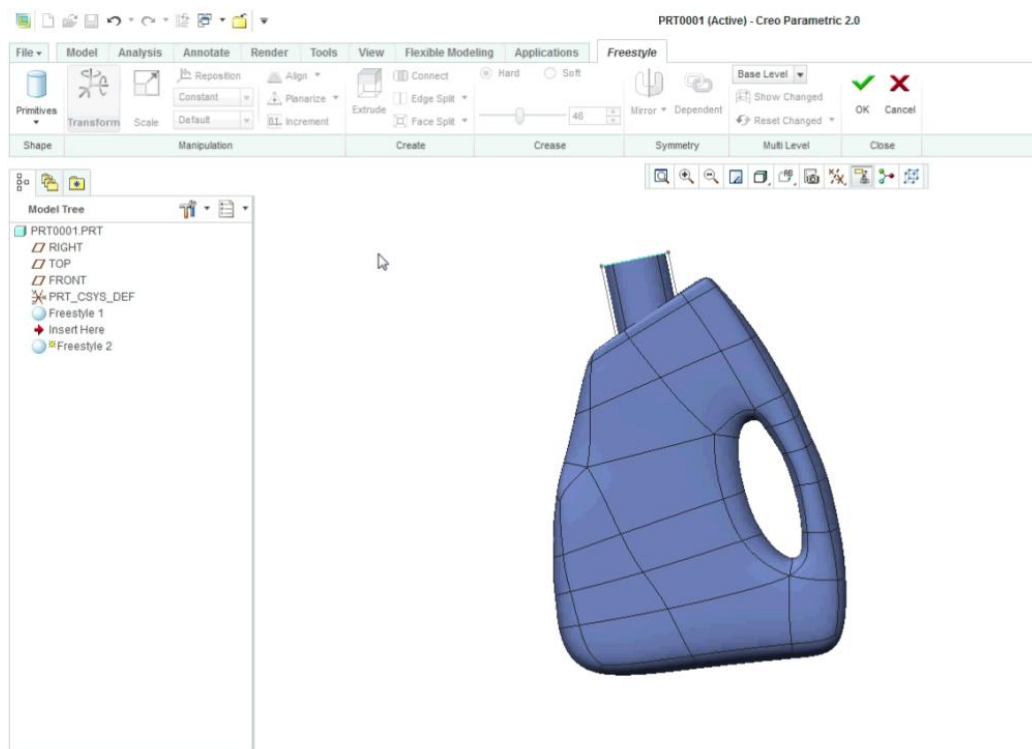
ΕΙΚΟΝΑ 93: ΔΟΧΕΙΟ ΣΕ ΠΡΟΒΟΛΗ.

Στη συνέχεια, θα φτιάξουμε το σημείο που θα εισέρχεται και θα εξέρχεται το υγρό. Ξεκινάμε ένα καινούργιο Freestyle με πρωταρχική μορφή τον κύλινδρο (Εικόνα 94).

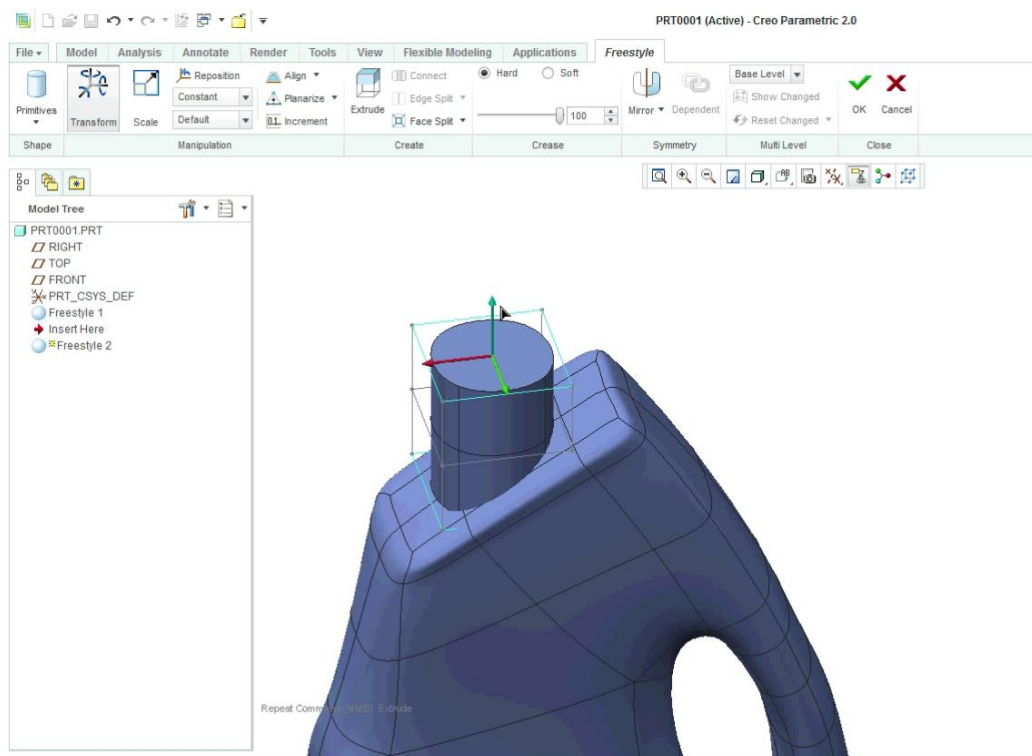


ΕΙΚΟΝΑ 94: ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΠΩΜΑΤΟΣ.

Τοποθετούμε τον κύλινδρο στην πάνω πλευρά και τον διαμορφώνουμε (Εικόνα 95-98).

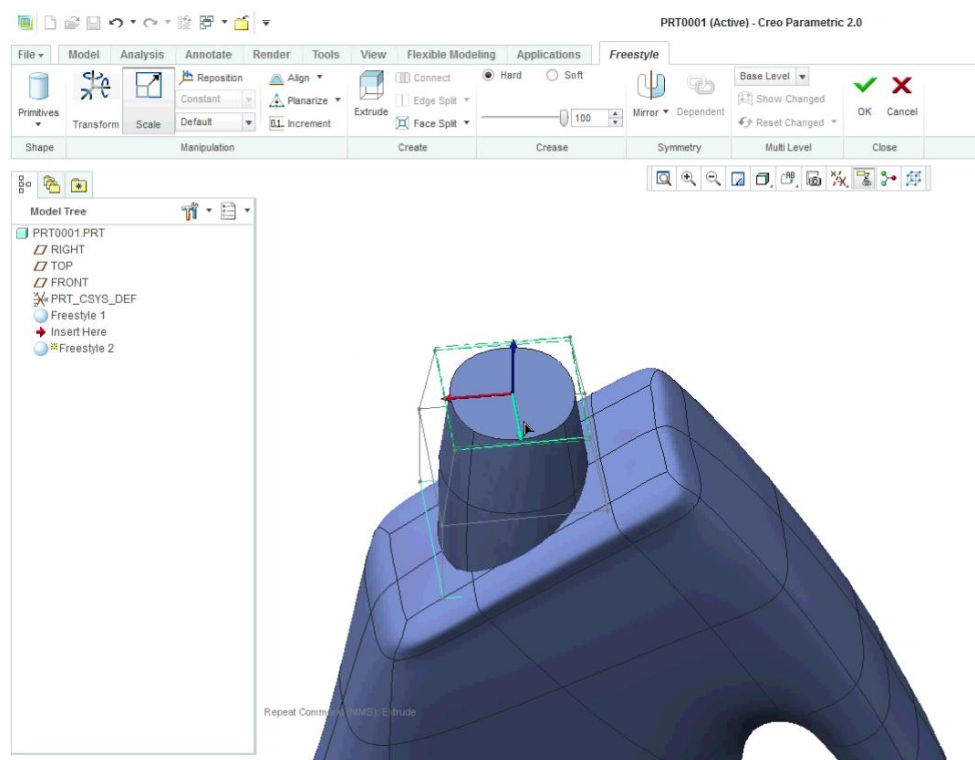


ΕΙΚΟΝΑ 95: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΩΜΑΤΟΣ.

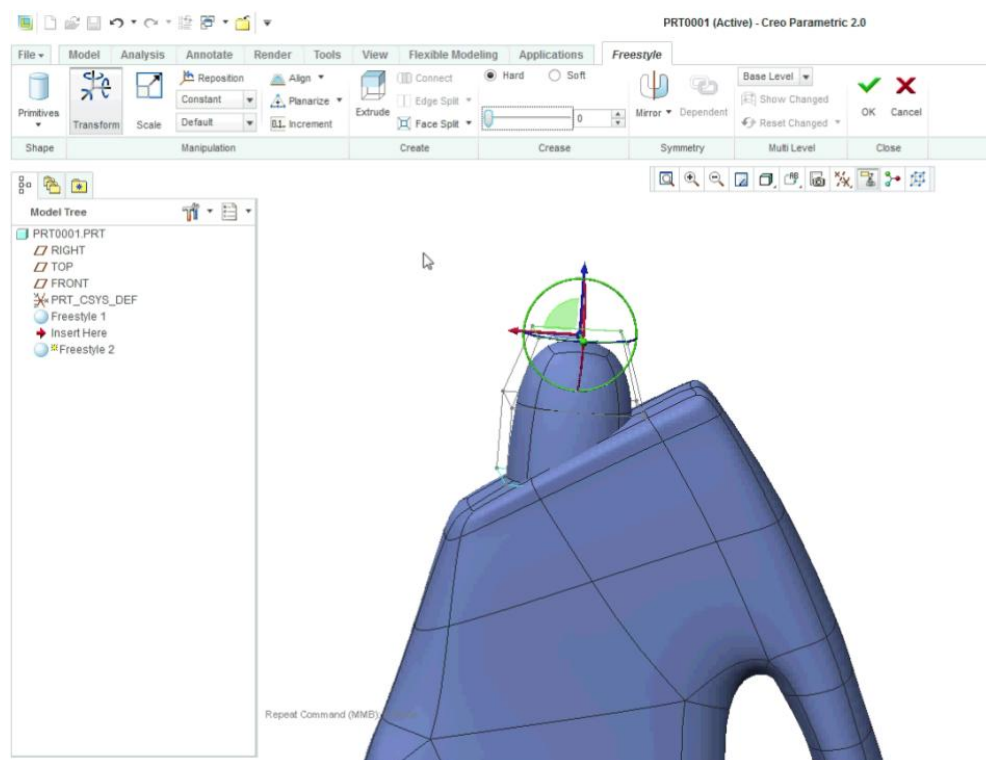


ΕΙΚΟΝΑ 96: ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΠΩΜΑΤΟΣ.

Με την εντολή Scale, Extrude και Hard με τιμή 0% φτιάχνουμε το πώμα.

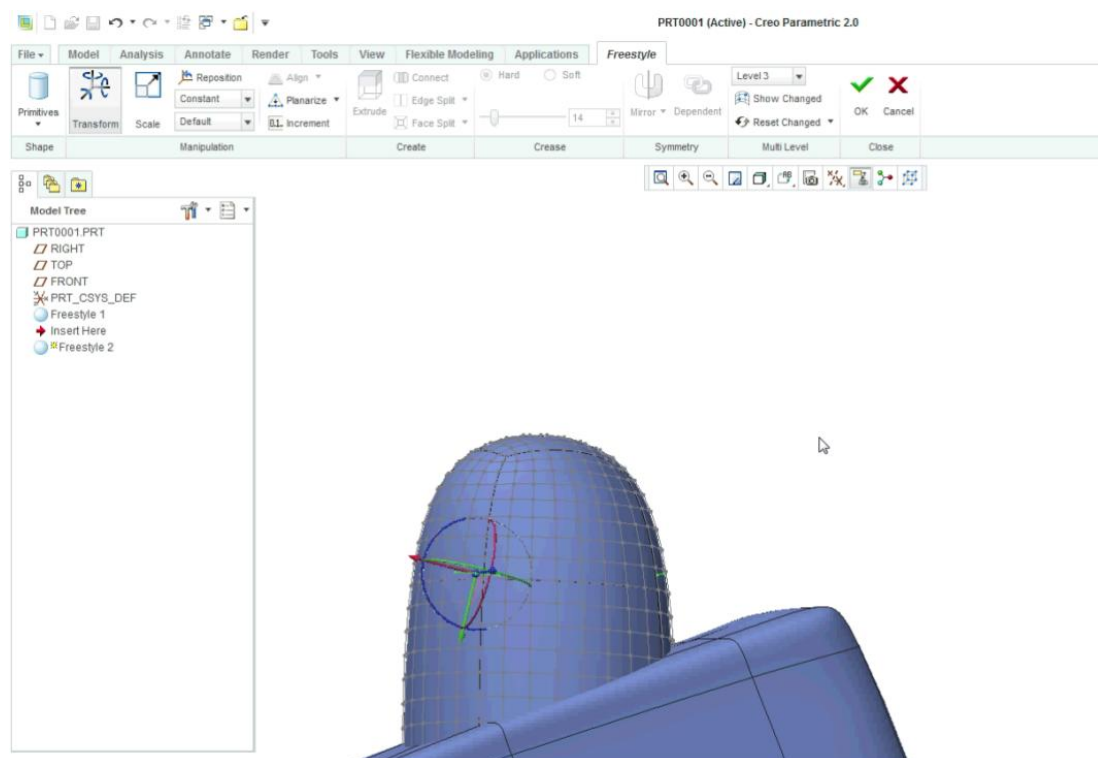


ΕΙΚΟΝΑ 97: ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΩΜΑΤΟΣ.

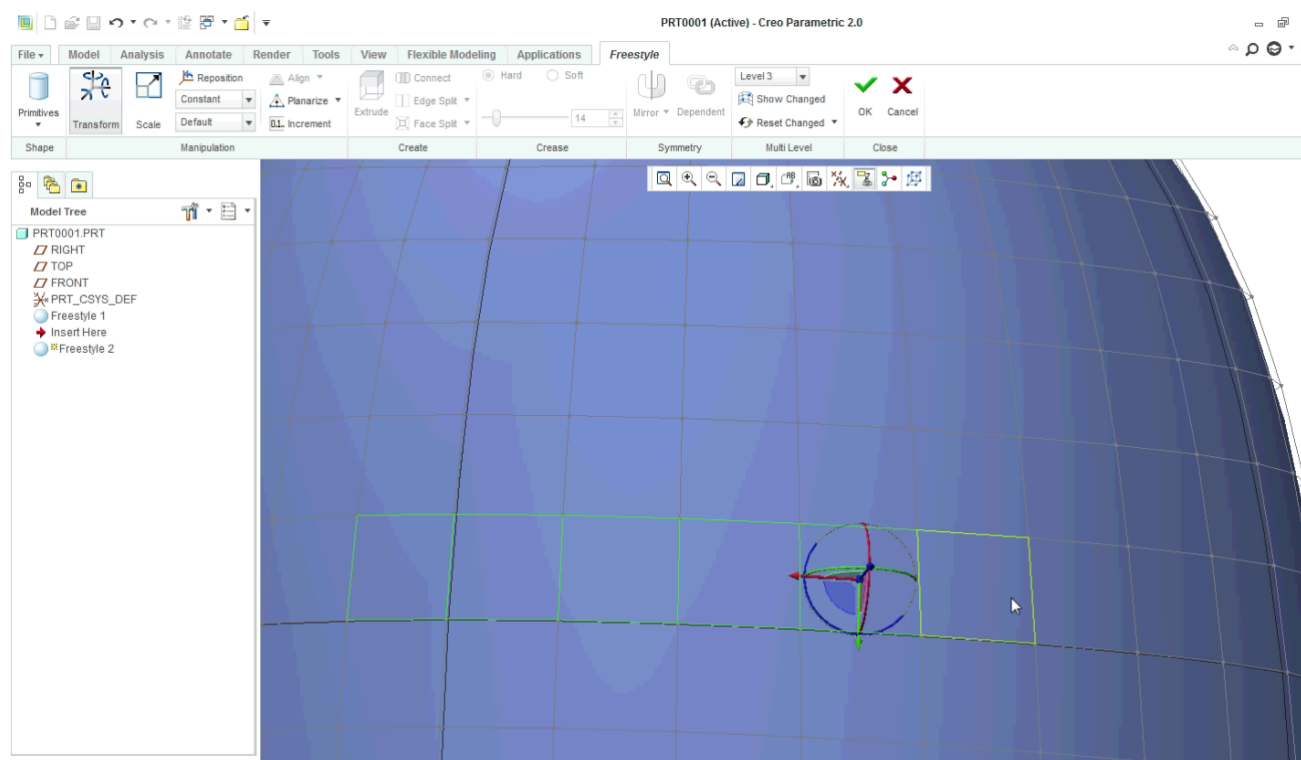


ΕΙΚΟΝΑ 98: ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΚΟΡΥΦΗΣ ΠΩΜΑΤΟΣ.

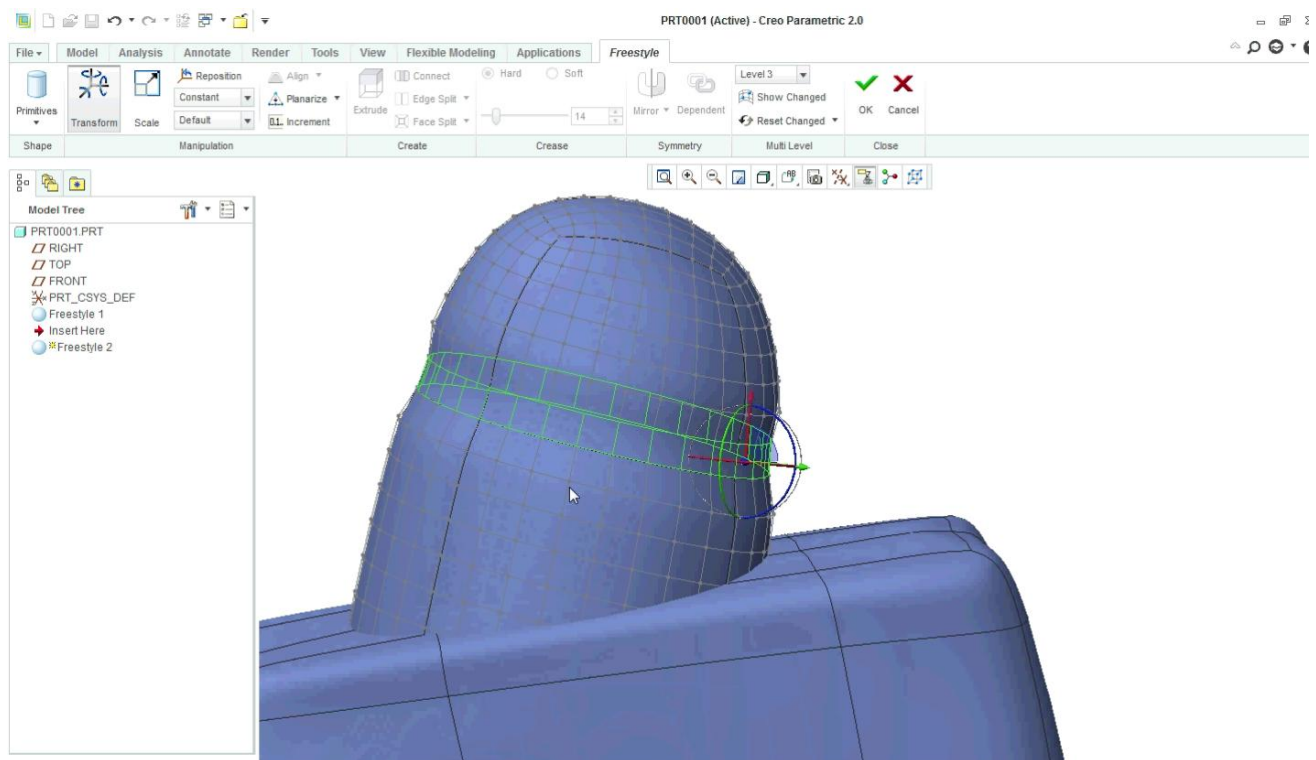
Κάνουμε άλλη μια μικρή διαμόρφωση με πιο πυκνό πλέγμα (Εικόνα 99-101).



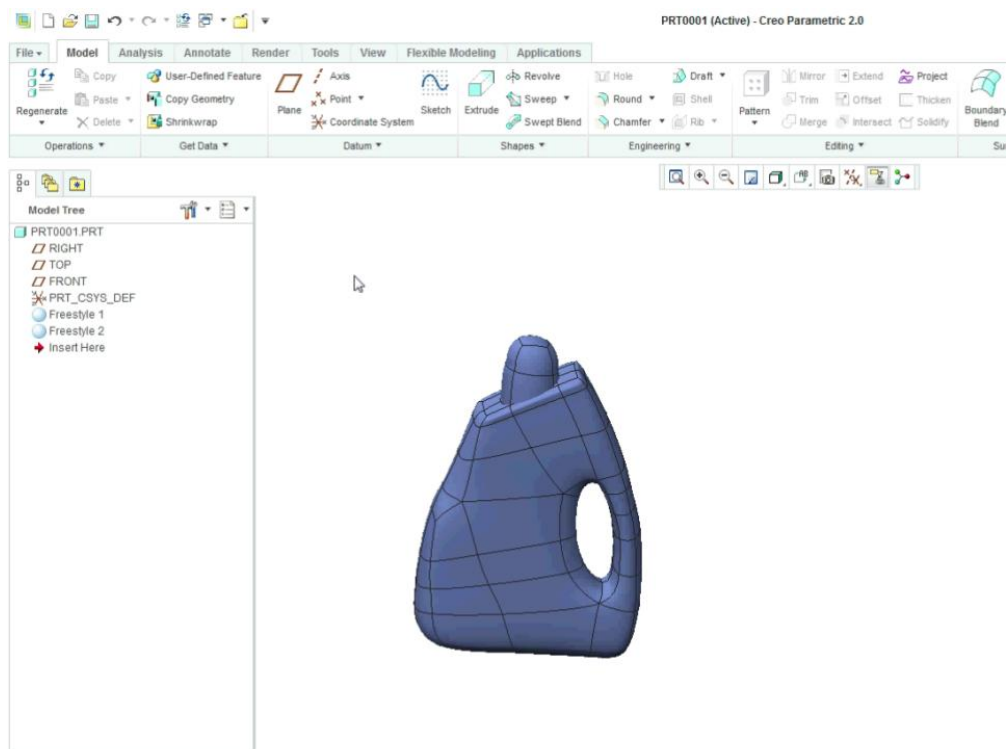
ΕΙΚΟΝΑ 99: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΤΟ ΠΩΜΑ.



ΕΙΚΟΝΑ 100: ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΤΟ ΠΩΜΑ.

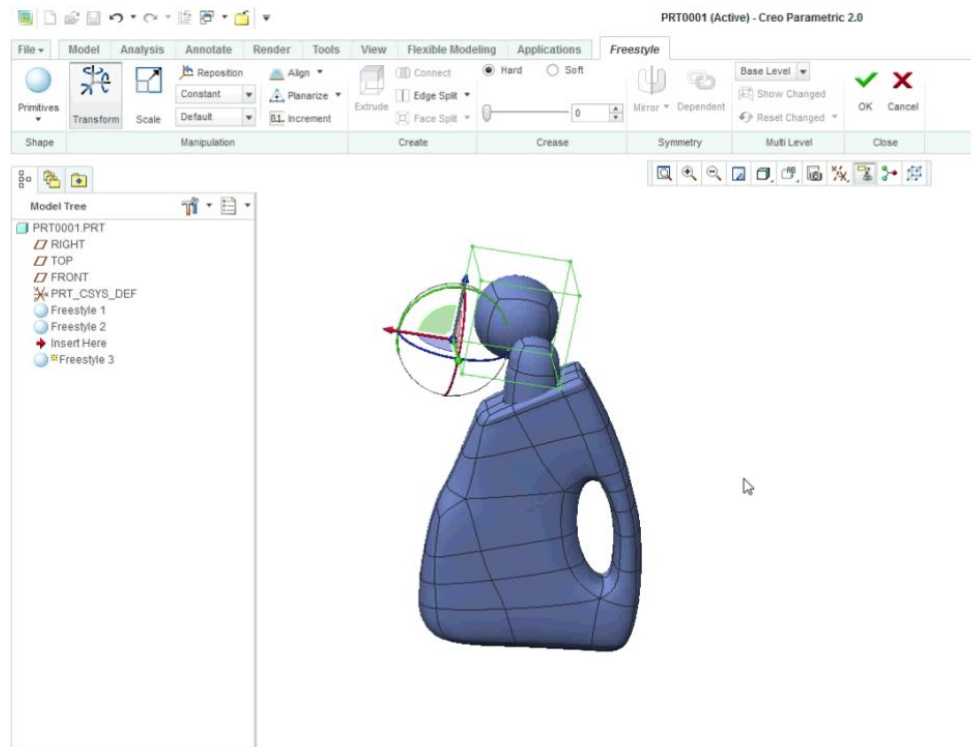


ΕΙΚΟΝΑ 101: ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ.



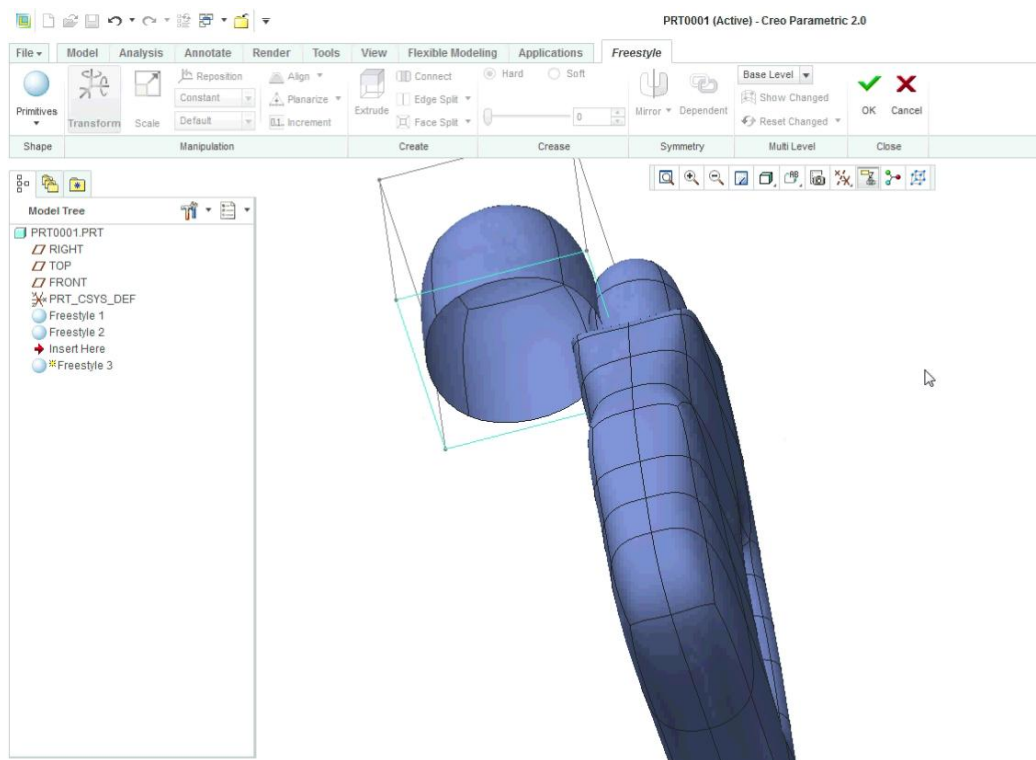
ΕΙΚΟΝΑ 102: ΚΥΡΙΟ ΔΟΧΕΙΟ ΜΕ ΤΟ ΠΩΜΑ ΣΕ ΠΡΟΒΟΛΗ.

Πάνω από το πώμα θα σχεδιάσουμε έναν άλλο καπάκι που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως δοσομετρητής. Χρησιμοποιούμε ως πρωταρχικό σχέδιο μια σφαίρα και συνεχίζουμε την μορφοποίηση.



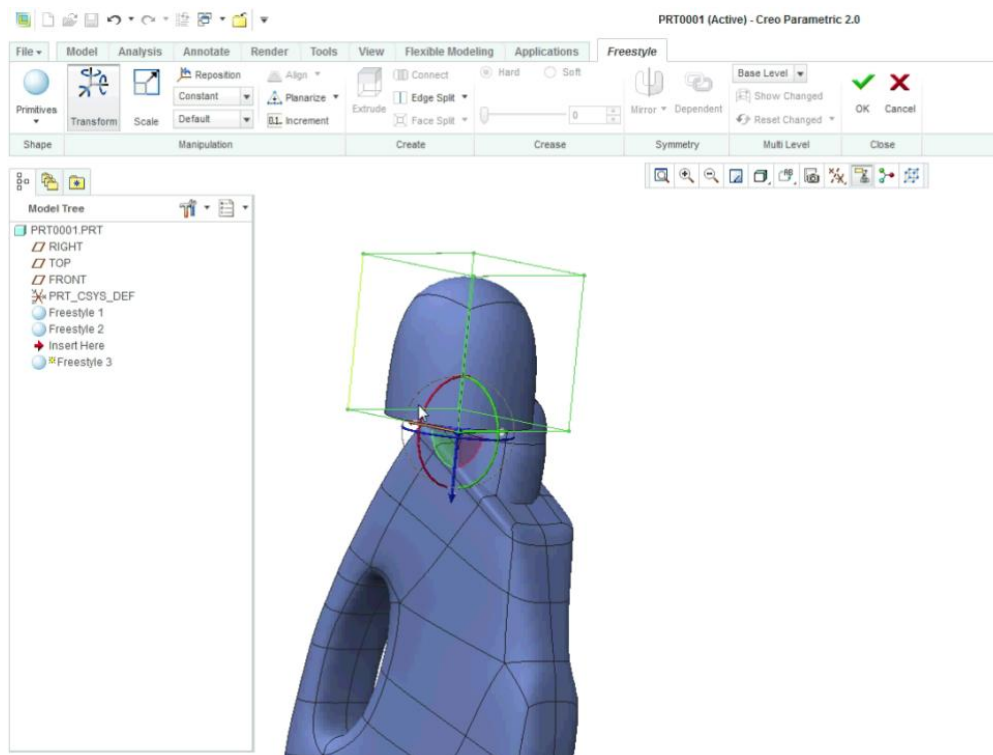
ΕΙΚΟΝΑ 103: ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΟΣΟΜΕΤΡΗΤΗ.

Στη συνέχεια, θα διαγράψουμε μια επιφάνεια και θα αφήσουμε ανοικτή την σφαίρα από την κάτω πλευρά (Εικόνα 104).



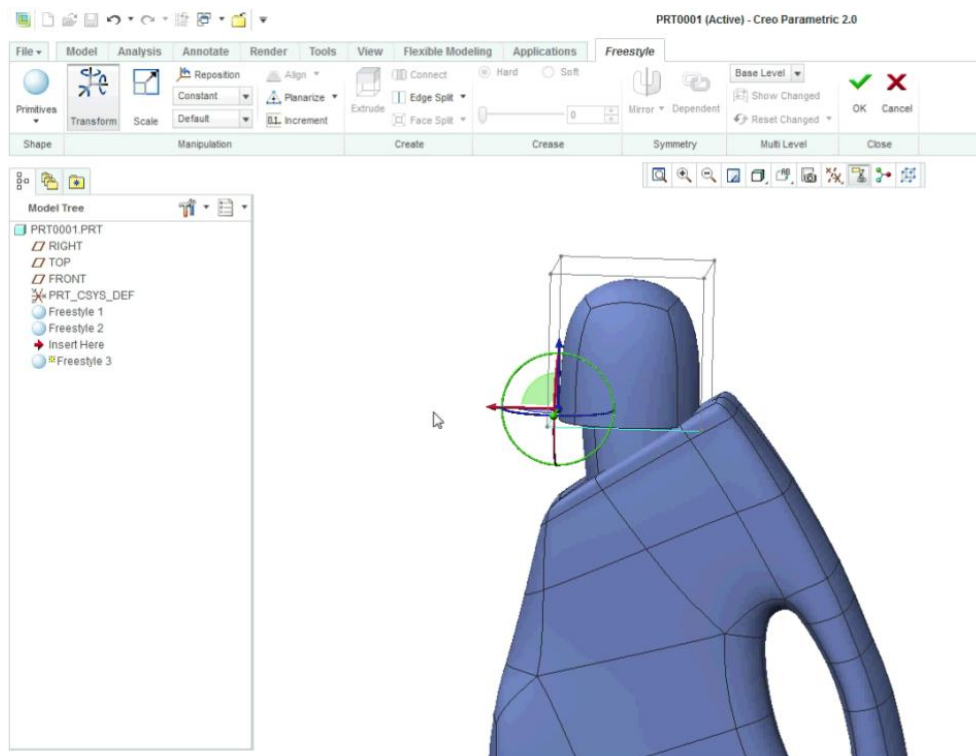
ΕΙΚΟΝΑ 104: ΔΙΑΓΡΑΦΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ.

Μορφοποιούμε το καπάκι-δοσομετρητή στο μέγεθος που θέλουμε (Εικόνα 105).

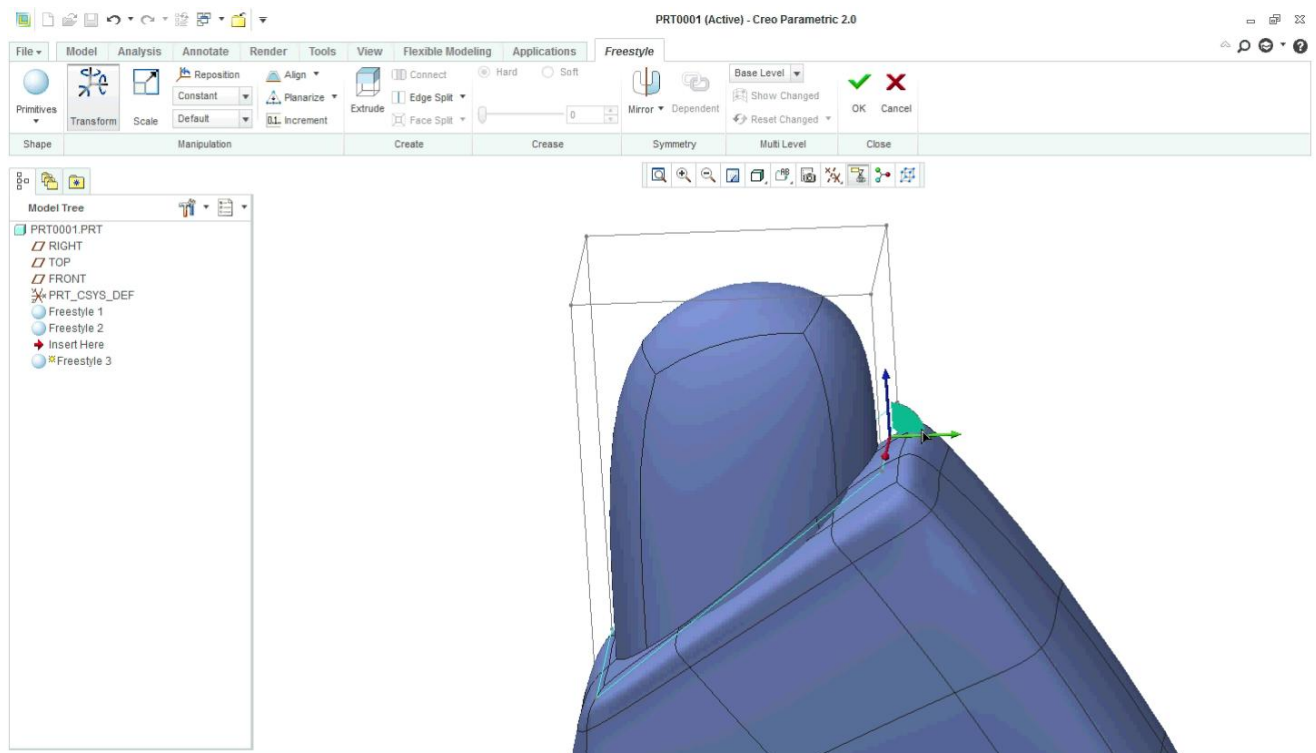


ΕΙΚΟΝΑ 105: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΟΣΟΜΕΤΡΗΤΗ ΣΤΟ ΠΩΜΑ.

Προσπαθούμε να το τοποθετήσουμε πάνω στο πώμα κατάλληλα (Εικόνα 106).

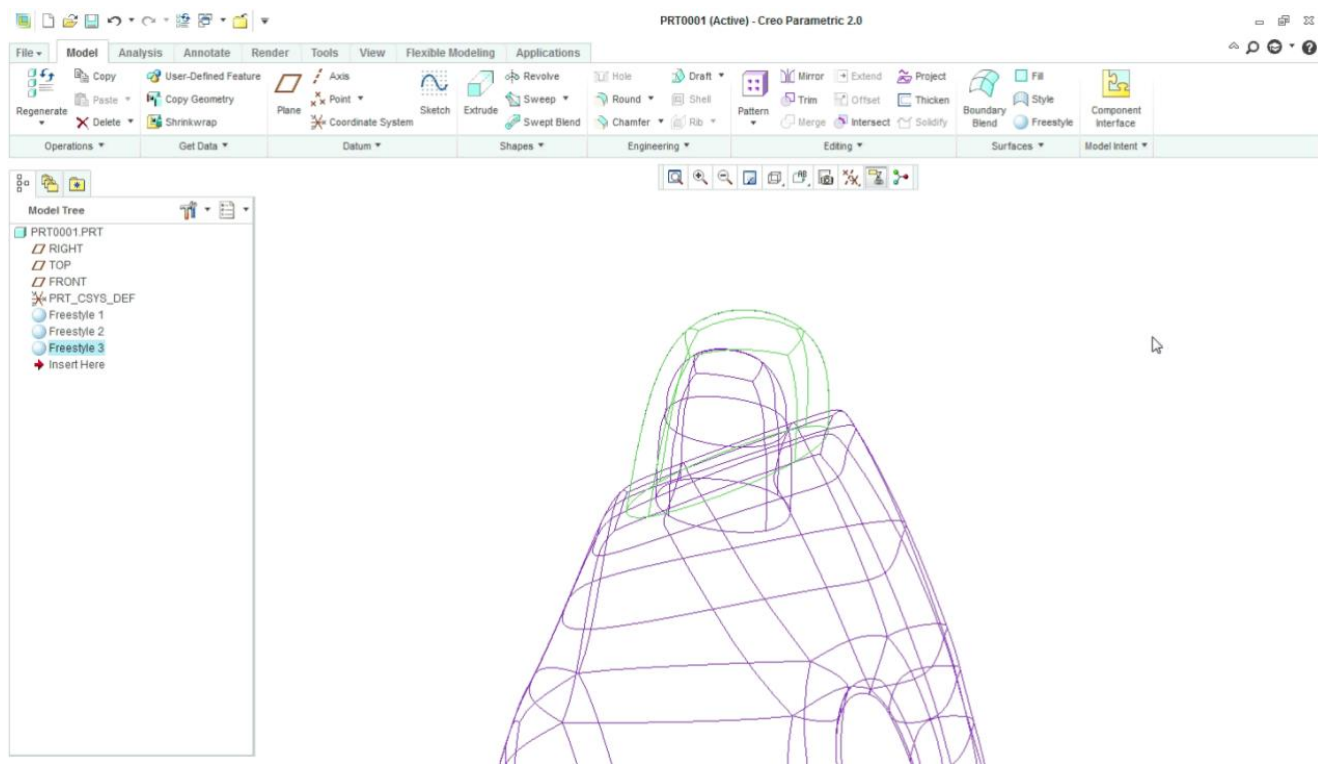


ΕΙΚΟΝΑ 106: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΟΣΟΜΕΤΡΗΤΗ.



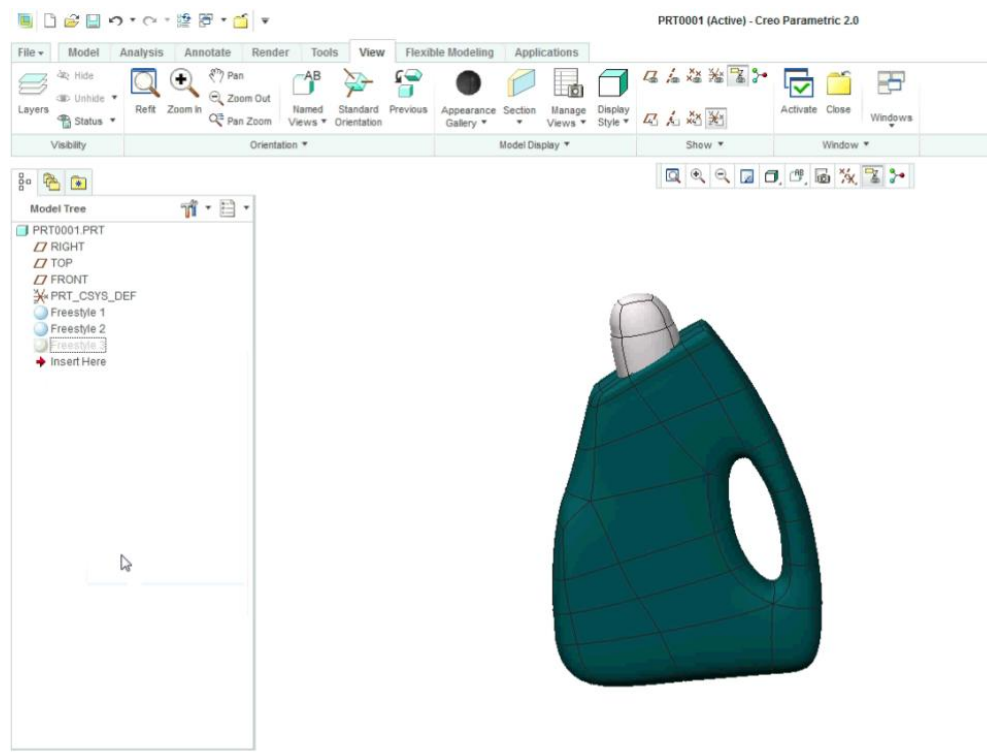
ΕΙΚΟΝΑ 107: ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΣΟΜΕΤΡΗΤΗ.

Επειδή δεν είναι εμφανές αν το καπάκι έχει καλύψει το πώμα, εμφανίζουμε το μοντέλο σε προβολή Wireframe και το τροποποιούμε (Εικόνα 108).



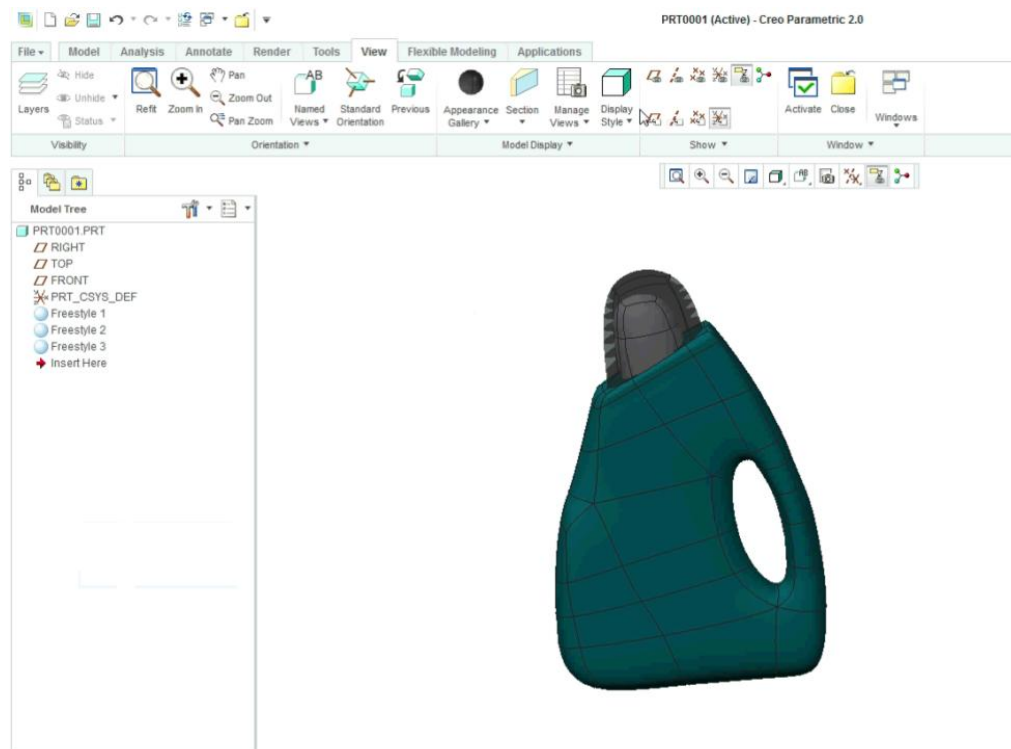
ΕΙΚΟΝΑ 108: ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΣΟΜΕΤΡΗΤΗ ΣΕ ΠΡΟΒΟΛΗ WIREFRAME.

Τέλος, όπως και στο κεφάλαιο 4.1 τροποποιώ το χρώμα στο μοντέλο (Εικόνα 109-110).



ΕΙΚΟΝΑ 109: ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το καπάκι-δοσομετρητής είναι ημιδιάφανος και έτσι φαίνεται από μέσα το πώμα του δοχείου.



ΕΙΚΟΝΑ 110: ΜΕΤΡΑΤΡΟΠΗ ΔΟΣΟΜΕΤΡΗΤΗ ΣΕ ΗΜΙΔΙΑΦΑΝΟ.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μοντελοποίηση επιφανειών δυο αντικειμένων, μιας κούπας και ενός πλαστικού δοχείου υγρών, με τη χρήση μοντέλου στερεών και μιας δυνατότητας του σχεδιαστικού προγράμματος Creo Parametric της PTC που ονομάζεται Freestyle. Κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης διαπιστώθηκε ότι αυτός ο τρόπος μοντελοποίησης και επεξεργασίας ενός προϊόντος, που βρίσκεται στο στάδιο της ανάπτυξης και του σχεδιασμού, γίνεται εύκολα καθώς το Freestyle είναι φιλικό προς τον χρήστη που γνωρίζει τις βασικές έννοιες των καμπύλων. Επίσης, παρουσιάστηκε η θεωρία των μοντέλων επιφανειών και των μοντέλων στερεών καθώς και οι βασικές έννοιες των καμπυλών Bézier και B-Splines ώστε να γίνει κατανοητή η θεωρία πάνω στην οποία βασίζεται η λειτουργία του Freestyle.

Στον βιομηχανικό σχεδιασμό η αισθητική και η λειτουργικότητα είναι πολύ σημαντικό κομμάτι γι αυτό τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη κάποιου προϊόντος πρέπει να είναι ευέλικτά και να δίνουν στον χρήστη μεγάλη ελευθερία κινήσεων και δυνατοτήτων ώστε να αναπτύξουν το προϊόν όπως το έχουν φανταστεί. Αυτήν τη δυνατότητα παρέχει το Freestyle στον χρήστη με έναν αρχικό «πηλό» που μπορεί να τον πλάσει με τον τρόπο που θέλει και να δημιουργήσει την εξωτερική εμφάνιση του μοντέλου με μεγάλη ελευθερία. Τέλος, ο χρήστης μπορεί να ελέγξει το μοντέλο που έχει δημιουργήσει σε πολλές παραμέτρους, μια από αυτές είναι η ανάλυση της καμπυλότητας μιας επιφάνειας με τη μέθοδο Zebra.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. [Weisberg, D. 2008] Weisberg, David, E., “The Engineering Design Revolution. The People, Companies and Computer Systems That Changed Forever the Practice of Engineering”.
2. [Richter, J.P.,1888] Richter, Jean Paul (Translator), Da Vinci, Leonardo (Author), “The Notebooks of Leonardo Da Vinci-Complete”, Public domain in the USA, 1888.
3. [Piegl, L. 1997] Piegl, Les , Tiller, Wayne, “The NURBS book”, Springer-Verlag, 2nd Edition, 1997.
4. [PTC]: <https://www.ptcusercommunity.com/docs/DOC-2051>
<http://www.ptc.com/cad/3d-design/parametric-and-freestyle-surfacing>
5. [Autodesk]: <https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/AutoCAD-Core/files/GUID-82E5989F-C943-49A6-A6C6-834B81CC203B-htm.html>
6. [Μπιλάλης, Ν. 2009] Μπιλάλης, Νικόλαος Α., Μαραβελάκης Εμμανουήλ, «Συστήματα CAD/CAM και τρισδιάστατη μοντελοποίηση», 1η εκδ., Αθήνα, Κριτική, 2009. Rovenski, V. 2010