

Σκοπός του θέματος

Στα πλαίσια της σχεδίασης 3D πτερυγώσης συμπιεστή με διαχείριση μέσω του λογισμικού CATIA, το οποίο έχει αναπτύξει η Dassault Systemes, θυγατρική εταιρία της Dassault Aviation, έγινε εφικτός ο σχεδιασμός και η χωρική διακριτοποίηση με δομημένα πλέγματα τετραεδρικών στοιχείων των υπολογιστικών χωρίων που αντιστοιχούν σε περιφερειακή 3D πτερυγώση στροβιλομηχανών.

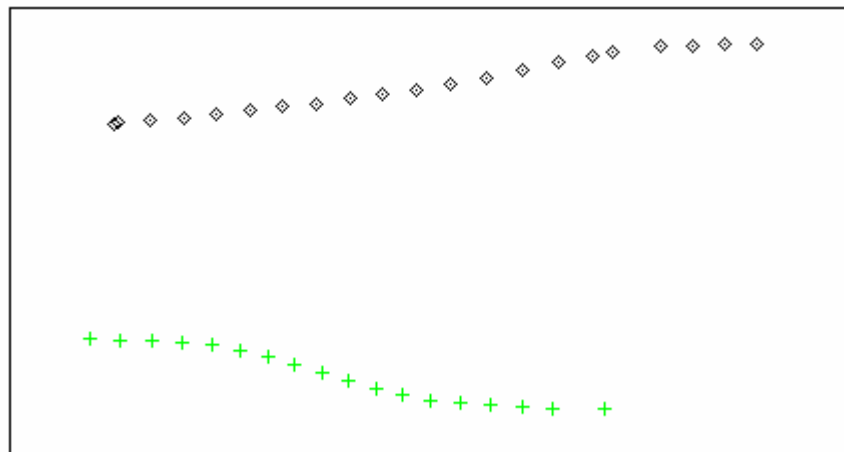
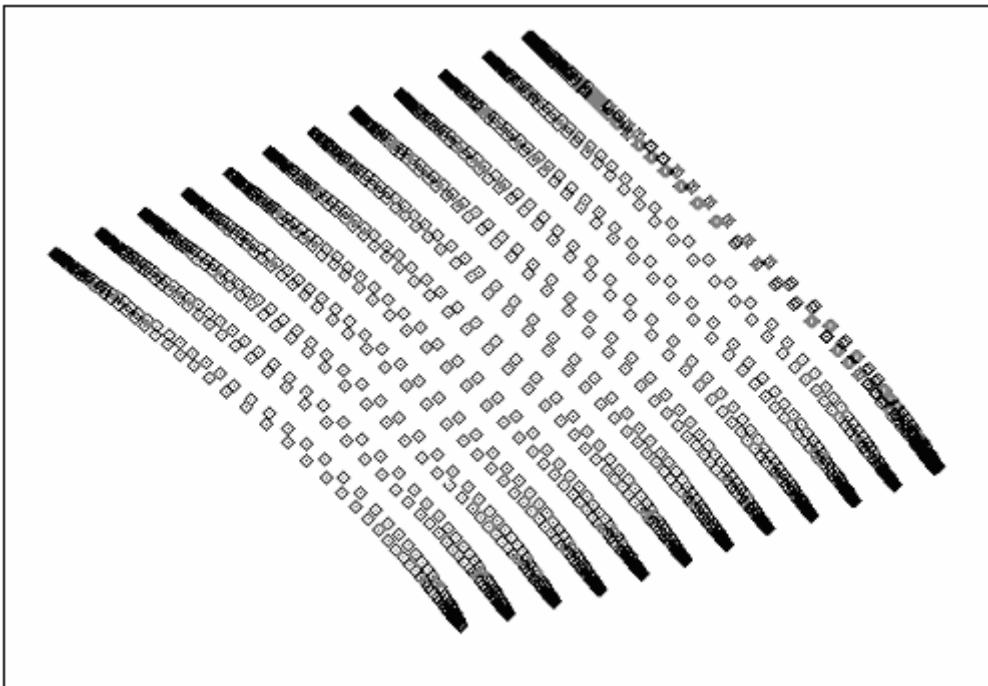
Το θέμα απαιτούσε μάθηση-εξοικείωση με το λογισμικό CATIA που διαθέτει το Εργαστήριο των Θερμικών Στροβιλομηχανών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, αναγνώριση των πιο κατάλληλων διαδικασιών που θα βοηθήσουν να φτάσουμε στο τελικό αποτέλεσμα και την κατά το δυνατό αυτοματοποίηση τους ώστε να είναι εφικτή η χρήση του λογισμικού επίλυσης τρισδιάστατων ροών σε τέτοιες πτερυγώσεις (όπως το λογισμικό PUMA του ΕΘΣ/ΕΜΠ), που αποτελεί το επόμενο βήμα ύστερα από την επιτυχή ολοκλήρωση του παρόντος θέματος.

Διαδικασία και επίδειξη της συνδυάζονται στο ενιαίο κείμενο που ακολουθεί. Για την επίδειξη επιλέχτηκε η γεωμετρία μιας γνωστής κινητής πτερυγώσης, Rotor 37 της NASA, που αποτελεί γνωστή test case στο χώρο της Υπολογιστικής Ρευστομηχανικής στις στροβιλομηχανές.

1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΤΕΡΥΓΩΣΗΣ

1.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΤΕΡΥΓΙΟΥ

Αρχικά περιγράφεται η σχεδίαση της περύγωσης ενός ρότορα έχοντας ως δεδομένα τις συντεταγμένες των σημείων που περιγράφουν τη γεωμετρία των αεροτομών ενός περυγίου και τη σημειακή ανάλυση των κελυφών ποδός και κεφαλής (αξονοσυμμετρικές επιφάνειες). Πιο αναλυτικά, δεδομένα είναι 200 σημεία - 100 για την πλευρά υποπίεσης και 100 για την πλευρά υπερπίεσης - για δεκατρείς αεροτομές σε κυλινδρικές συντεταγμένες (που αποτελούν τομές σε διαφορετικές ακτινικές θέσεις κατά ύψος του περυγίου)



Η αλληλουχία των βημάτων είναι η εξής:

- είσοδος των σημείων που περιγράφουν τη γεωμετρία των αεροτομών
- δημιουργία των καμπυλών που διέρχονται από τα παραπάνω σημεία
- δημιουργία των επιφανειών που διέρχονται από τις καμπύλες
- κλείσιμο του περυγίου στην περιοχή του ελεύθερου άκρου

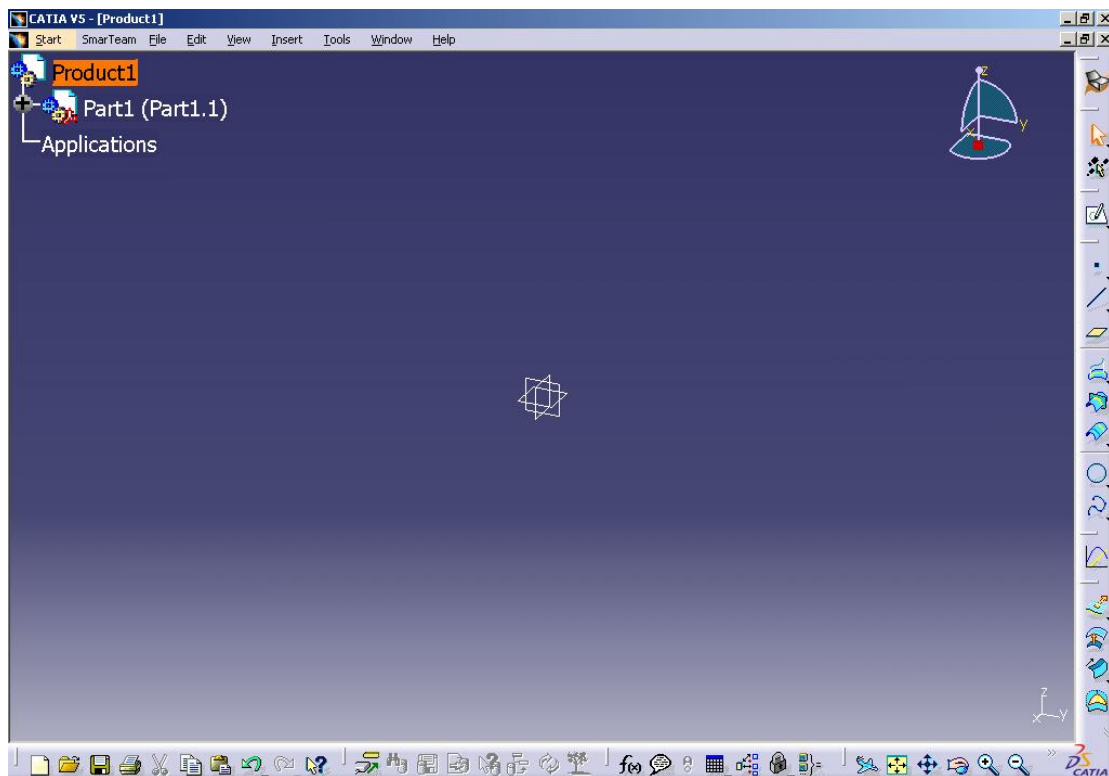
Επειδή το CATIA δέχεται μόνο καρτεσιανές συντεταγμένες, μετατρέπουμε τις δοθείσες κυλινδρικές, σε καρτεσιανές μέσω ενός κώδικα Fortran,. Τρέχοντας τον παραπάνω κώδικα για τις δεκατρείς αεροτομές παίρνουμε ως αποτελέσματα τις καρτεσιανές συντεταγμένες των σημείων οι οποίες αποθηκεύονται σε εικοσιέξι αρχεία, δύο για κάθε αεροτομή – ένα για την πλευρά υποπίεσης (Suction Side) και ένα για την πλευρά υπερίεσης (Pressure Side). Ο παραπάνω διαχωρισμός δεν είναι απαραίτητος, αλλά με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται ο σχεδιασμός των αεροτομών.

Χρησιμοποιώντας ένα script σε γλώσσα Basic μπορούμε να περάσουμε τα παραπάνω σημεία καθώς και τις καμπύλες που διέρχονται από αυτά στο CATIA με μοναδικό περιορισμό κάθε καμπύλη να διέρχεται το πολύ από 500 σημεία, γεγονός που δε μας δημιουργεί πρόβλημα αφού στη συγκεκριμένη περίπτωση κάθε καμπύλη θα διέρχεται από 100 σημεία. (Σε περίπτωση που έχουμε περισσότερα από 500 σημεία, ο παραπάνω περιορισμός μπορεί να αρθεί χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες των μακροεντολών του Excel). Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμε το περύγιο σε μορφή Wire frame. Το script απαιτεί την ύπαρξη ενός αρχείου Excel το οποίο θα περιέχει τις συντεταγμένες των σημείων σε τρεις στήλες- η πρώτη στήλη θα περιέχει τις τιμές του άξονα x, η δεύτερη στήλη θα περιέχει τις τιμές του άξονα y και η τρίτη στήλη θα περιέχει τις τιμές του άξονα z. Για το λόγο αυτό αντιγράφονται οι εκατοντάδες των σημείων σε ένα αρχείο Excel, στην αρχή του οποίου γράφουμε Start Loft και στην επόμενη γραμμή του Start Curve, γιατί με αυτήν την έκφραση ορίζεται η αρχή κάθε εκατοντάδας σημείων. Αντίστοιχα, το τέλος κάθε εκατοντάδας ορίζεται από την έκφραση End Curve. Τώρα είναι εφικτή η χάραξη των καμπυλών-αεροτομών.

Ο αριθμός των αρχείων που θα δημιουργήσουμε και η σειρά με την οποία θα περάσουμε τις εκατοντάδες των σημείων είναι υποκειμενική. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέχτηκε να δημιουργηθεί ένα αρχείο (ώστε να τρέξουμε το script μόνο μια φορά) και να τοποθετηθούν πρώτα όλες οι πλευρές υποπίεσης και στη συνέχεια όλες οι πλευρές υπερίεσης. Στο τέλος του αρχείου γράφουμε End Loft κατά αντιστοιχία με το Start Loft και End. Το αρχείο Excel έχει την παρακάτω μορφή.

StartLoft		
StartCurve		
-2068,38	17.669,72451	28,1091
-2062,06	17.670,61310	28,9117
...
1431,657	18.678,63002	4303,921
1425,112	18.679,25867	4304,76
EndCurve		
StartCurve		
-2068,38	17.669,7245	28,1091
-2074,74	17.669,1286	28,9117
...
1418,549	18.679,6300	4303,921
1425,112	18.679,2587	4304,76
EndCurve		
...
EndLoft		
End		

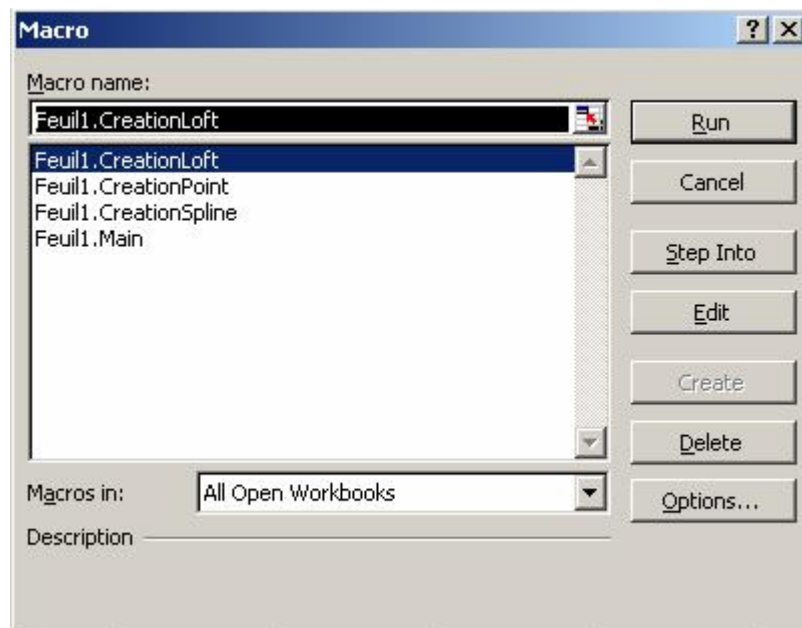
Για να περάσουμε τα σημεία αυτά από το προηγούμενο αρχείο στο CATIA απαιτείται η εισαγωγή ενός Open Body αφού πρώτα ανοίξουμε στο CATIA ένα αρχείο μέσω της διαδρομής Start =>Shape => Generative Shape Design.



Το πλαίσιο διαλόγου της εισαγωγής του Open Body φαίνεται παρακάτω:

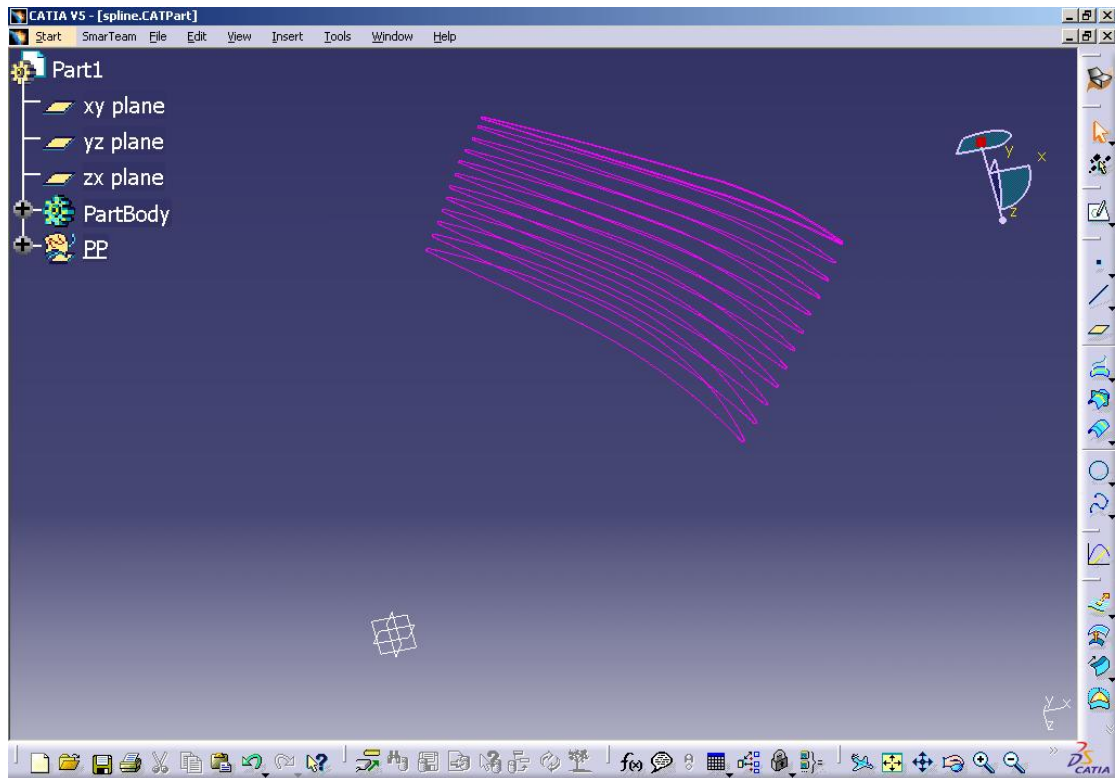


όπου και δίνουμε το όνομα «blade» και πατάμε OK. Στο σημείο αυτό, ανοίγουμε το αρχείο Excel που περιέχει τις συντεταγμένες των αεροτομών και από το Menu Tools επιλέγουμε Macro =>Macros και έτσι εμφανίζεται το παράθυρο:




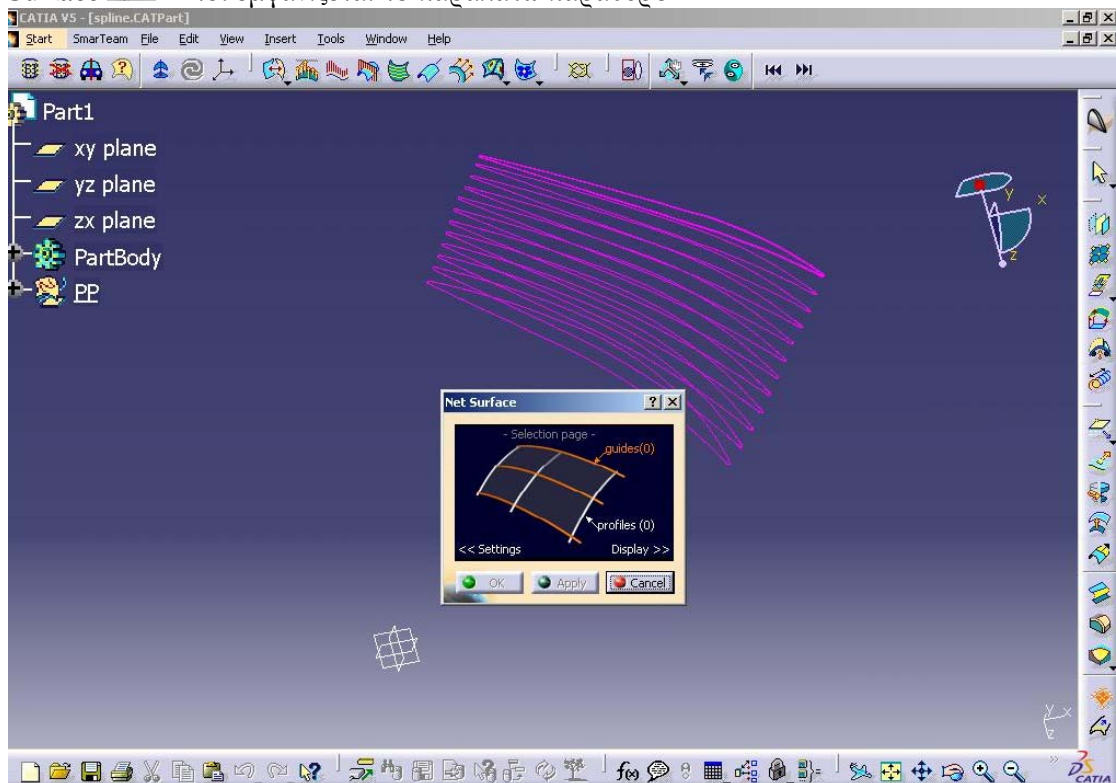
Επιλέγουμε το Feuil1. Creation Spline και στη συνέχεια πατάμε Run. Τώρα όλα τα σημεία που είχαμε καθώς και οι καμπύλες που διέρχονται από αυτά έχουν περάσει στο αρχείο του CATIA.

Έτσι παίρνουμε ως αποτέλεσμα το περὺγιο σε μορφή Wire frame.

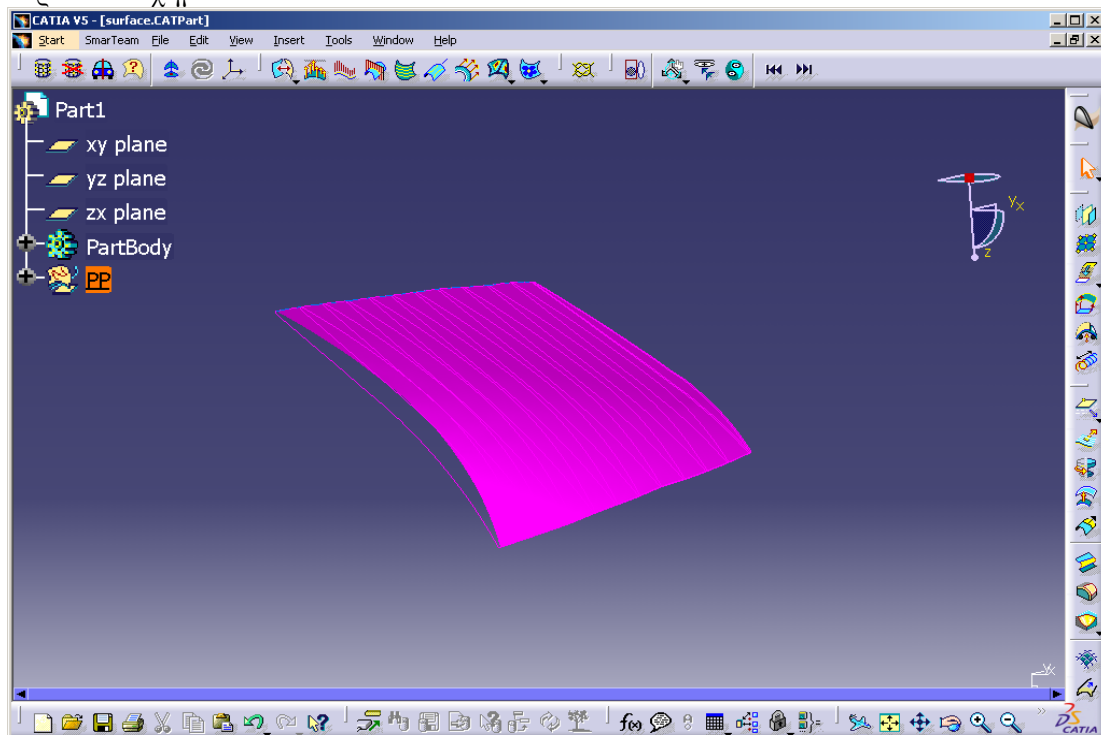


Στη συνέχεια, δημιουργούμε τις πλευρικές επιφάνειες του πτερυγίου που διέρχονται από τις παραπάνω αεροτομές με τη βοήθεια της εντολής Net Surface. Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως θα περάσουμε χωριστά την κάθε πλευρά. Την παραπάνω εντολή την επιλέγουμε ακολουθώντας τη διαδρομή Start=>Shape=> FreeStyle και στη συνέχεια το εικονίδιο Net

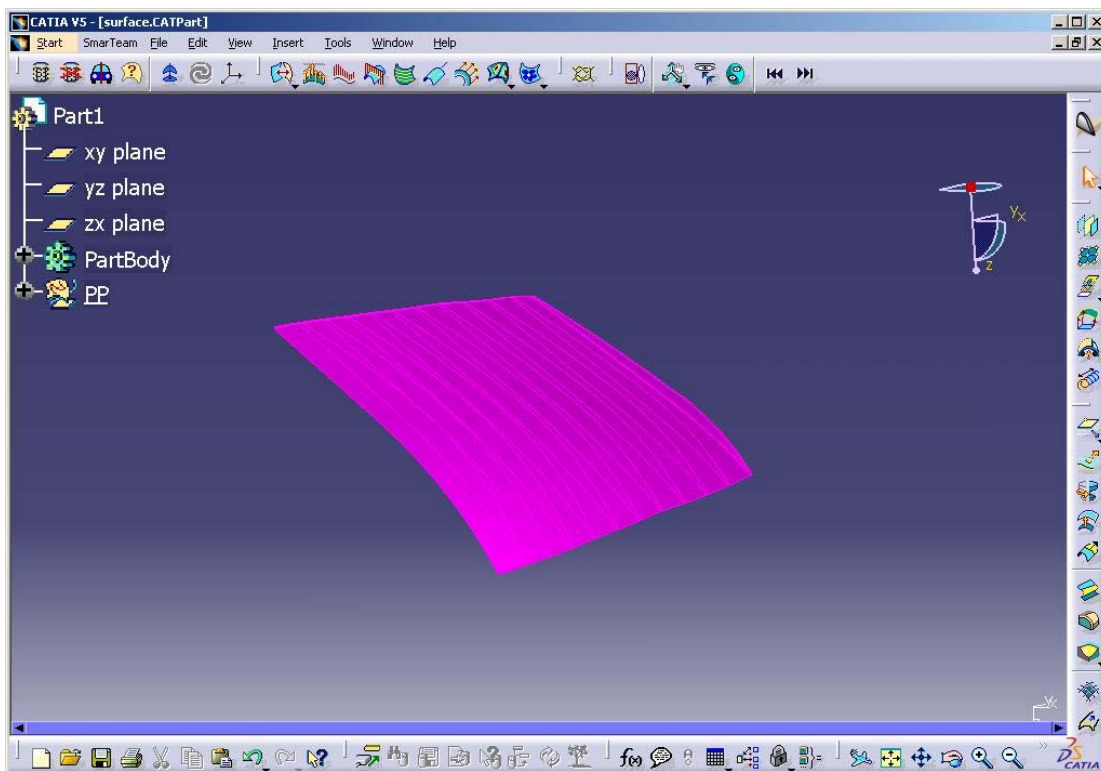
Surface . Έτσι εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:



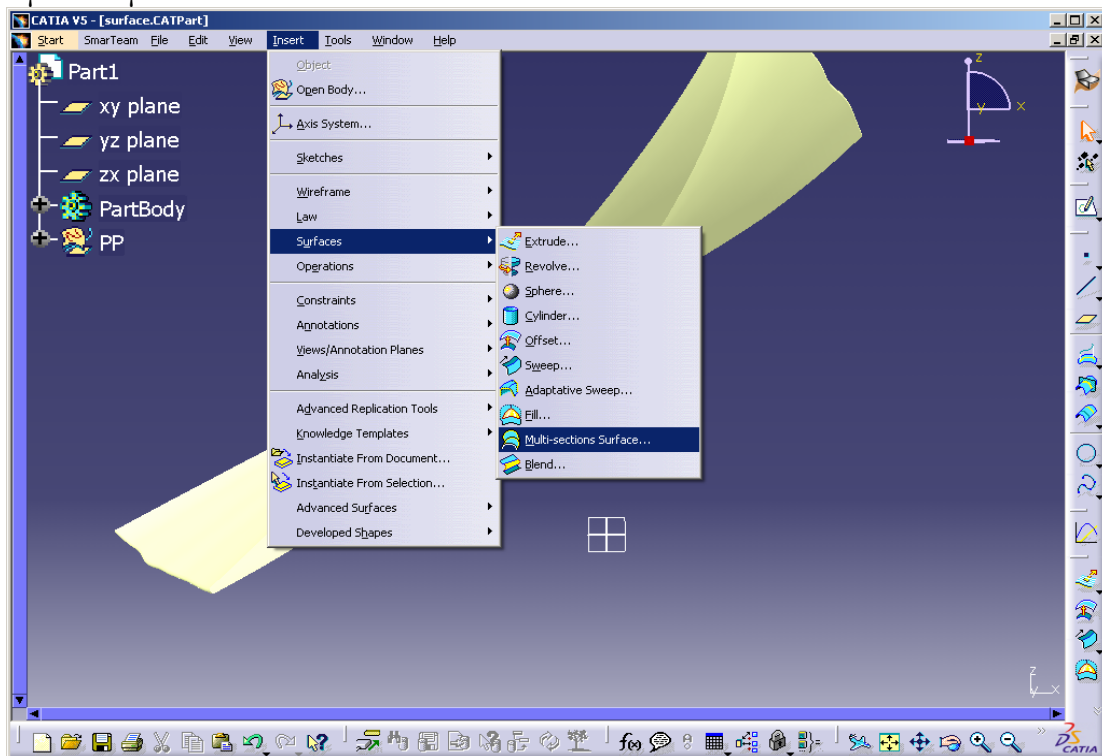
Στο πλαίσιο που εμφανίζεται, επιλέγουμε το profiles και στη συνέχεια με πατημένο το Ctrl επιλέγουμε αρχικά όλες τις πλευρές υπερπίεσης και πατάμε OK. Έτσι προκύπτει το παρακάτω σχήμα:



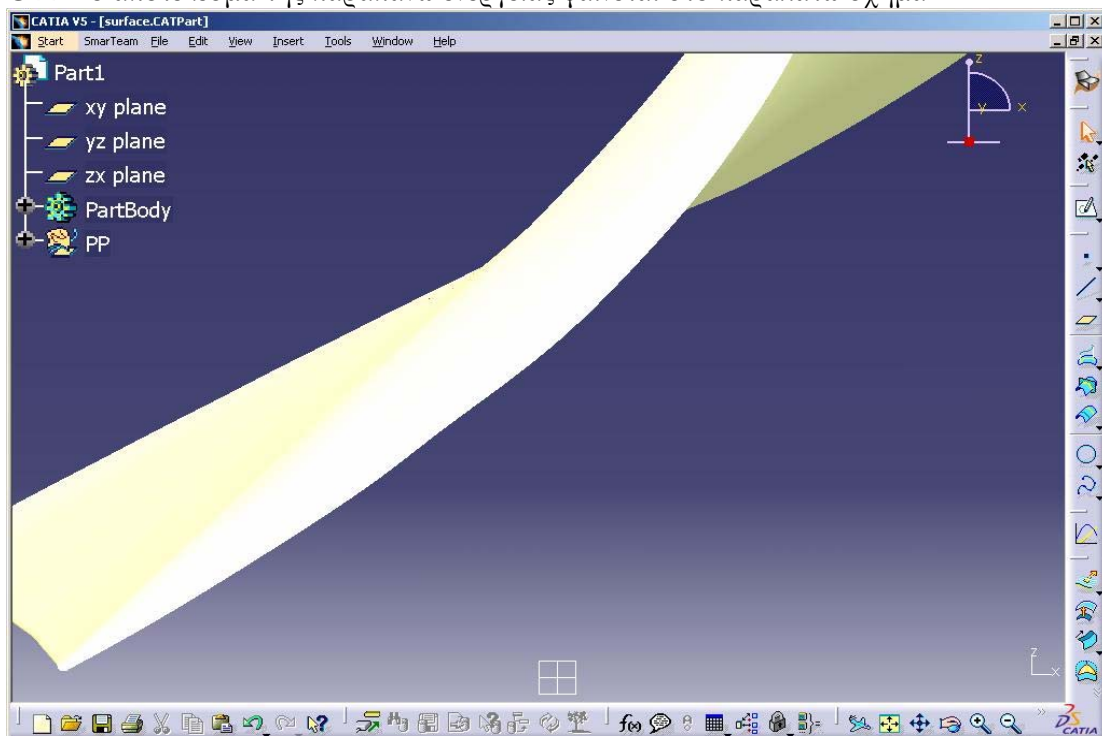
Υστερα επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία και για τις πλευρές υποπίεσης και λαμβάνουμε το παρακάτω σχήμα.



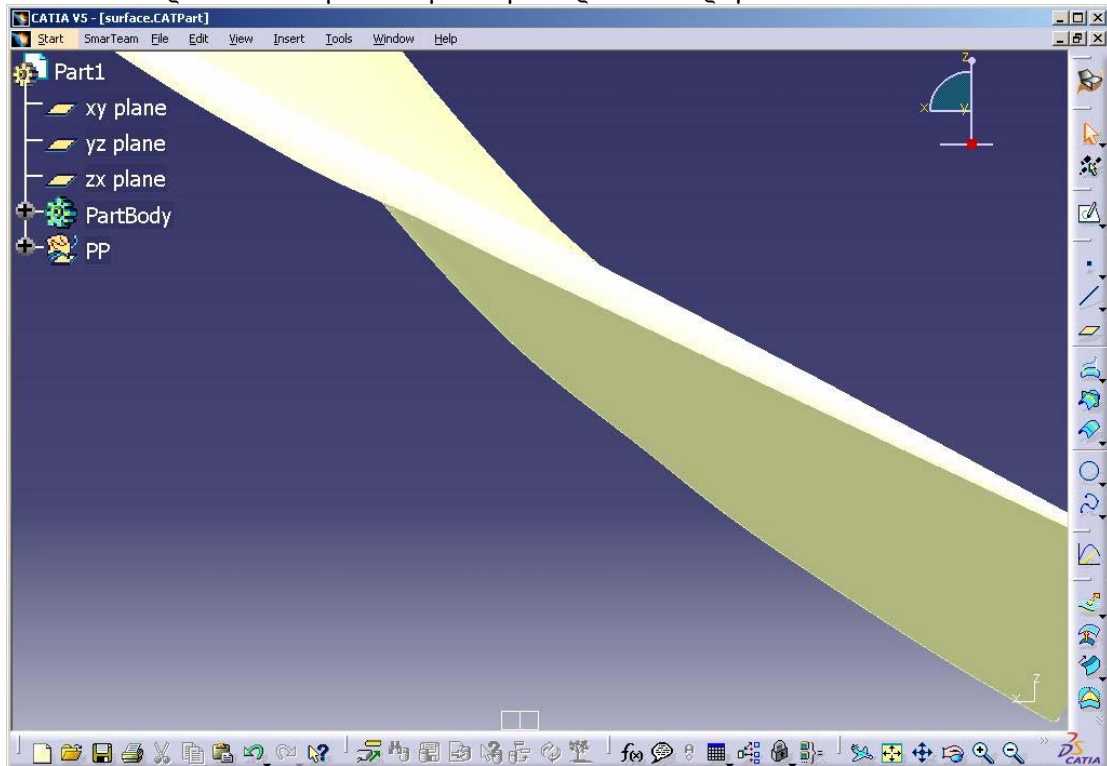
Προκειμένου να δώσουμε στο περυσί την τελική του μορφή, κλείνουμε το ελεύθερο ακροπερυσί επιλέγοντας Start=>Shape=> Generative Shape Design και στη συνέχεια την εντολή Multi- sections Surfaces.



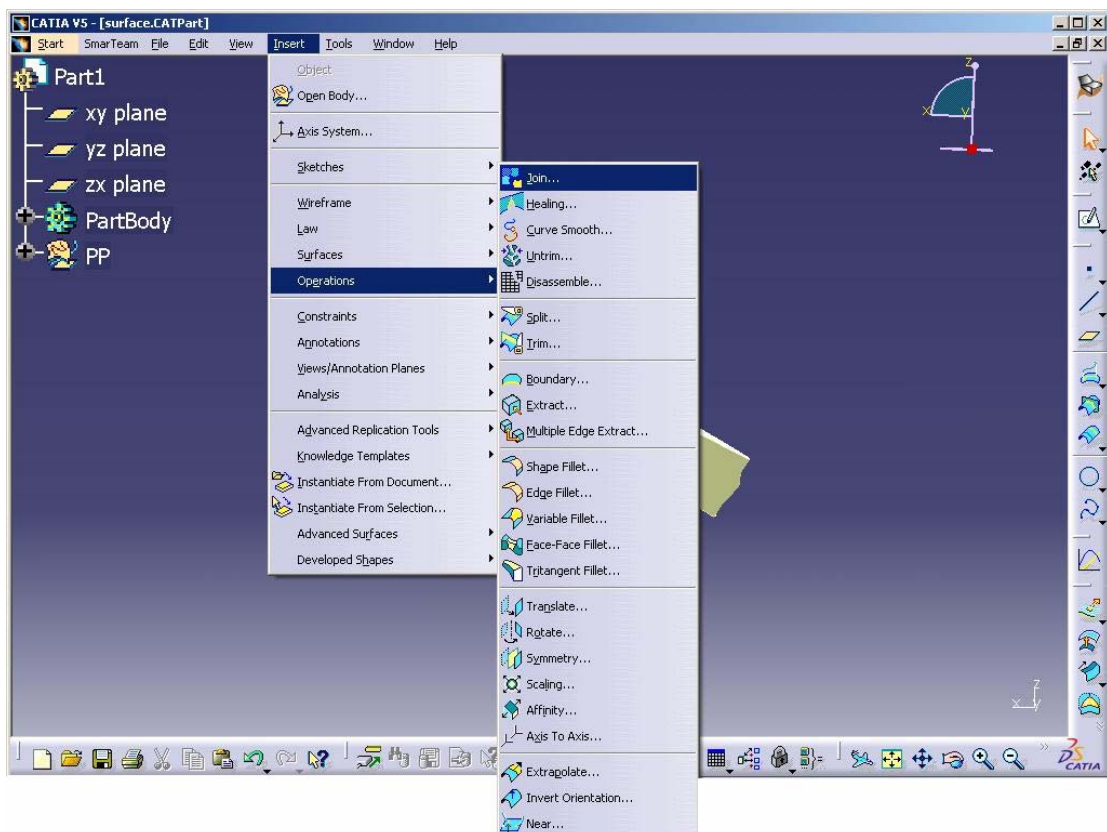
Επιλέγουμε τις δύο άκρες του περυσίου οι οποίες εμφανίζονται στο εικονίδιο και πατάμε OK. Το αποτέλεσμα της παραπάνω ενέργειας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



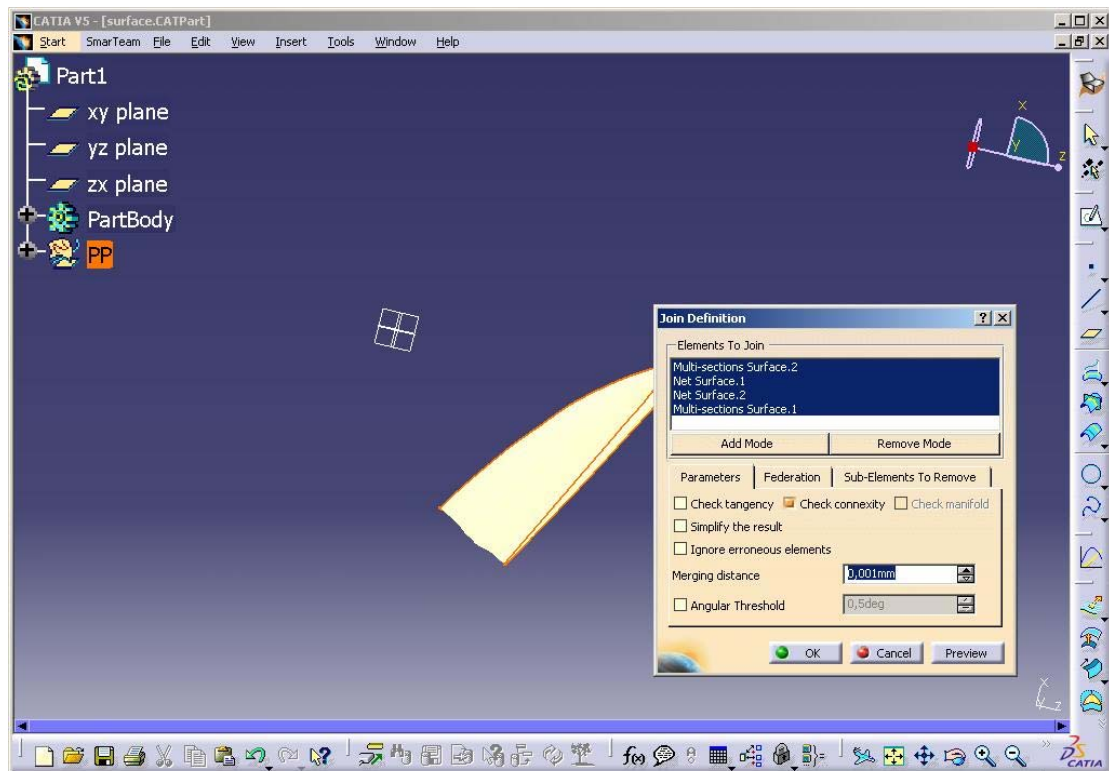
Με τον ίδιο τρόπο κλείνουμε και την άλλη πλευρά του περυγίου:



Το περύγιο είναι πλέον μια κλειστή επιφάνεια, ωστόσο για να θεωρηθεί και από το CATIA ως μια οντότητα κάνουμε join τις τέσσερις επιφάνειες από τις οποίες αποτελείται το περύγιο.

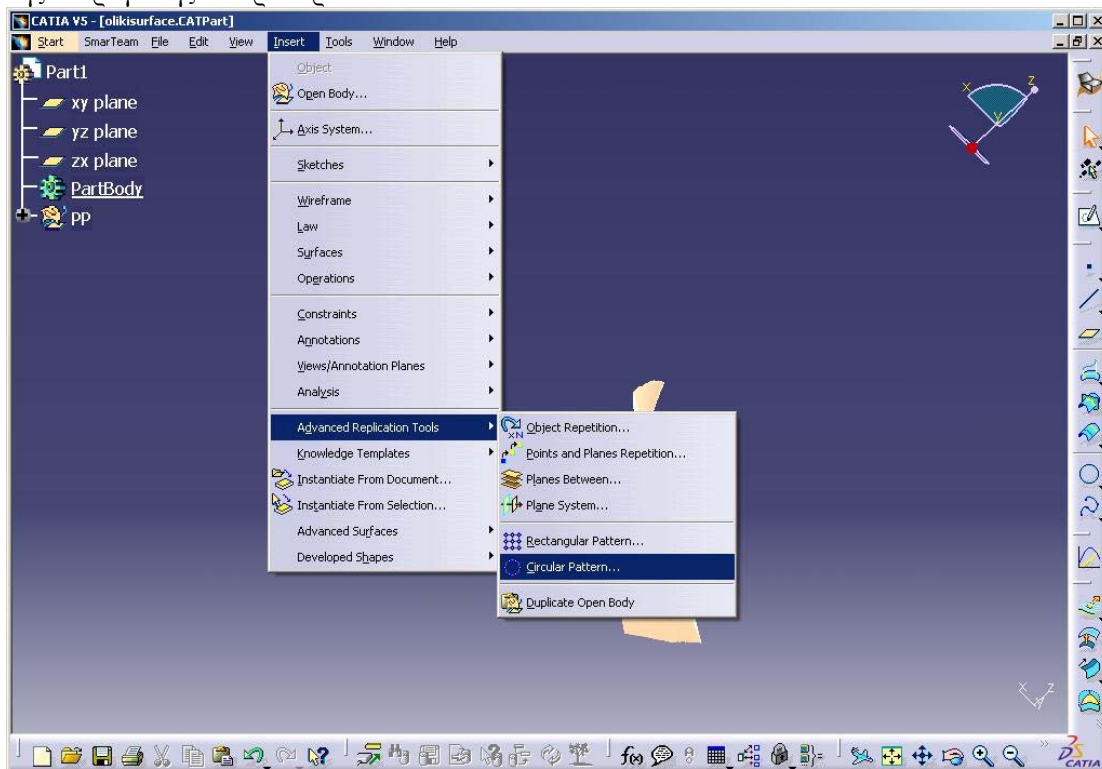


Αφού επιλέξουμε τα τέσσερα στοιχεία, -δηλαδή τη πλευρά υποπίεσης, τη πλευρά υπερπίεσης και τις δύο επιφάνειες με τις οποίες έχουμε κλείσει το περὺγιο-, αυτά εμφανίζονται στο πλαίσιο διαλόγου του join και στη συνέχεια πατάμε OK .

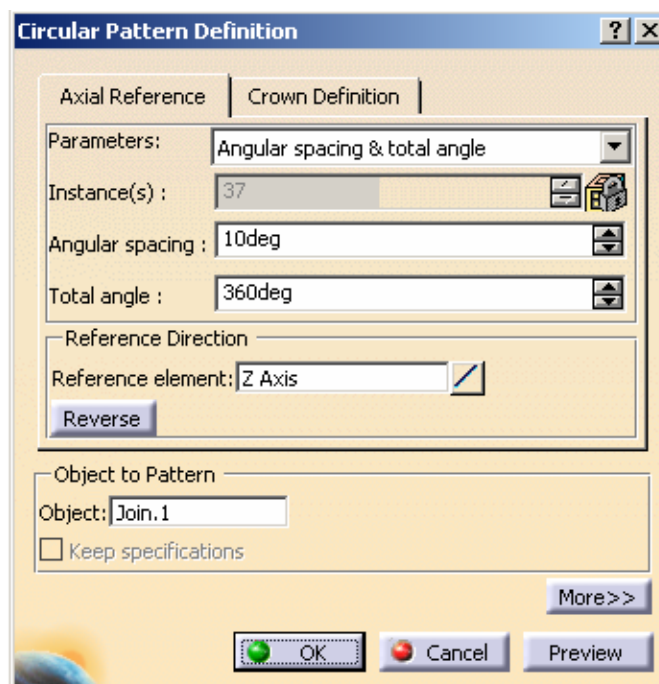


1.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ 3D ΠΤΕΡΥΓΩΣΗΣ

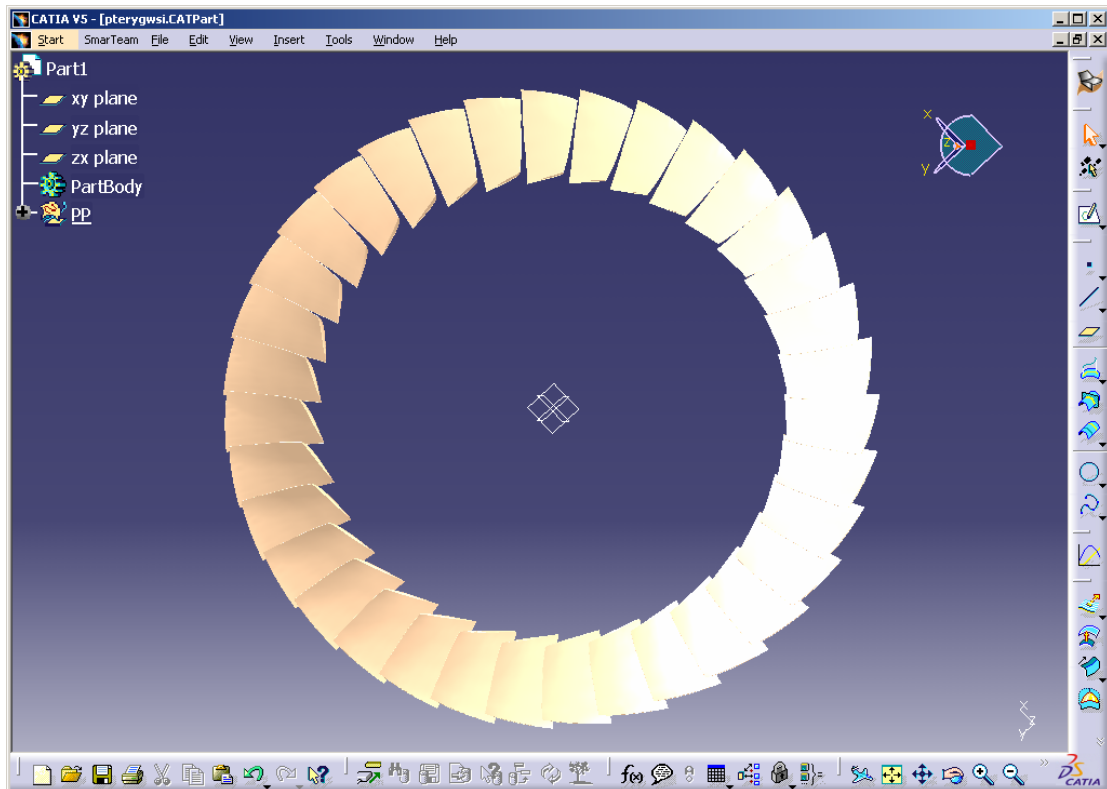
Στο σημείο αυτό, με τη βοήθεια της εντολής Circular Pattern δημιουργούμε τα 36 πτερύγια της πτερύγωσης του ρότορα.



Στην καρτέλα Axial Reference που εμφανίζεται, επιλέγουμε αρχικά το join και ως parameters την ολική γωνία που είναι ίση με 360° και το γωνιακό βήμα που ισούται με 10° . Η πτερύγωση έχει ως άξονα συμμετρίας τον άξονα z, άρα ως reference element επιλέγεται ο z axis.



Η περσόγωση που δημιουργήθηκε φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΞΓΜΑΤΟΣ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΧΩΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΣΤΗΝ ΠΤΕΡΥΓΩΣΗ

Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία μέσω της οποίας μπορεί να υπολογιστεί επιφανειακό πλέγμα με τριγωνικά σχήματα ή τρισδιάστατο πλέγμα σε κατάλληλο χωρίο ώστε να είναι εφικτή η επίλυση των εξισώσεων ροής. Προφανώς, το χωρίο αναφέρεται σε ένα περυσίο και όχι σε όλη την περυσόγωση. Ορίζεται από το εσωτερικό και το εξωτερικό κελύφος, δυο περιοδικές επιφάνειες σε απόσταση από την αεροτομή ανάλογη του γωνιακού βήματος, που εν προκειμένω επιλέχθηκε ίση με το μισό του γωνιακού βήματος και δύο επιφάνειες με σταθερό z που οριοθετούν την αρχή και το τέλος του χωρίου, οι οποίες επιλέχθηκαν στη συγκεκριμένη περίπτωση, να απέχουν από τις ακμές προσβολής και εκφυγής απόσταση ίση με το μήκος μιας χορδής, το οποίο ισούται με:

$$\Delta z = z_{\text{σημείο εκφυγής}} - z_{\text{σημείο προσβολής}}$$

Άρα το z της μπροστά επιφάνειας του χωρίου ισούται με:
και αντίστοιχα το z για την άλλη επιφάνεια είναι:

$$\begin{aligned} z_{\text{σημείο προσβολής}} - \Delta z \\ z_{\text{σημείο εκφυγής}} + \Delta z. \end{aligned}$$

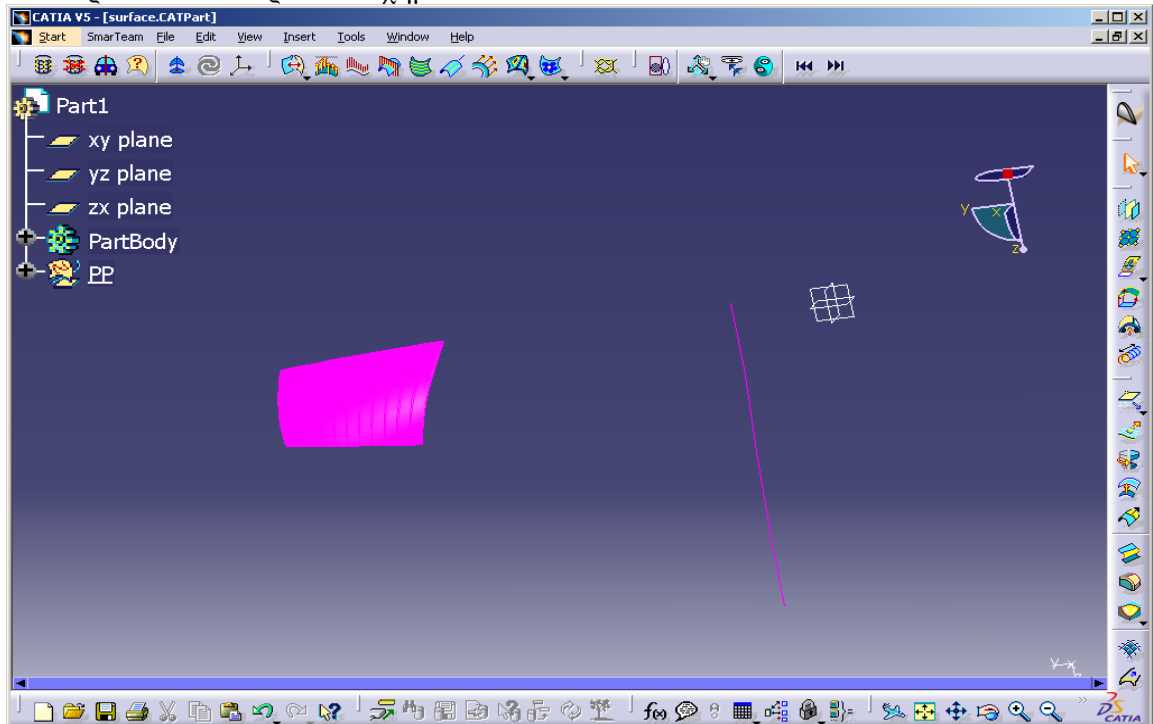
Με βάση τα παραπάνω z ανατρέχουμε στα αρχεία που περιέχουν τις συντεταγμένες για τις εκ περιστροφής επιφάνειες και βρίσκουμε την ακτίνα που αντιστοιχεί σε καθένα από αυτά. Σε ότι αφορά τη γωνία στις συγκεκριμένες θέσεις, αυτή υπολογίζεται αφαιρώντας από τη γωνία εκφυγής 10° ώστε να δημιουργηθεί τέτοιο χωρίο που να προσεγγίζει τη ροή. Έτσι, έχουμε τέσσερα σημεία σε πολικές συντεταγμένες τις οποίες μετατρέπουμε σε καρτεσιανές για να μπορούμε να τις περάσουμε στο CATIA.


Διαδοχικά, λοιπόν, δημιουργούμε τις παραπάνω επιφάνειες ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

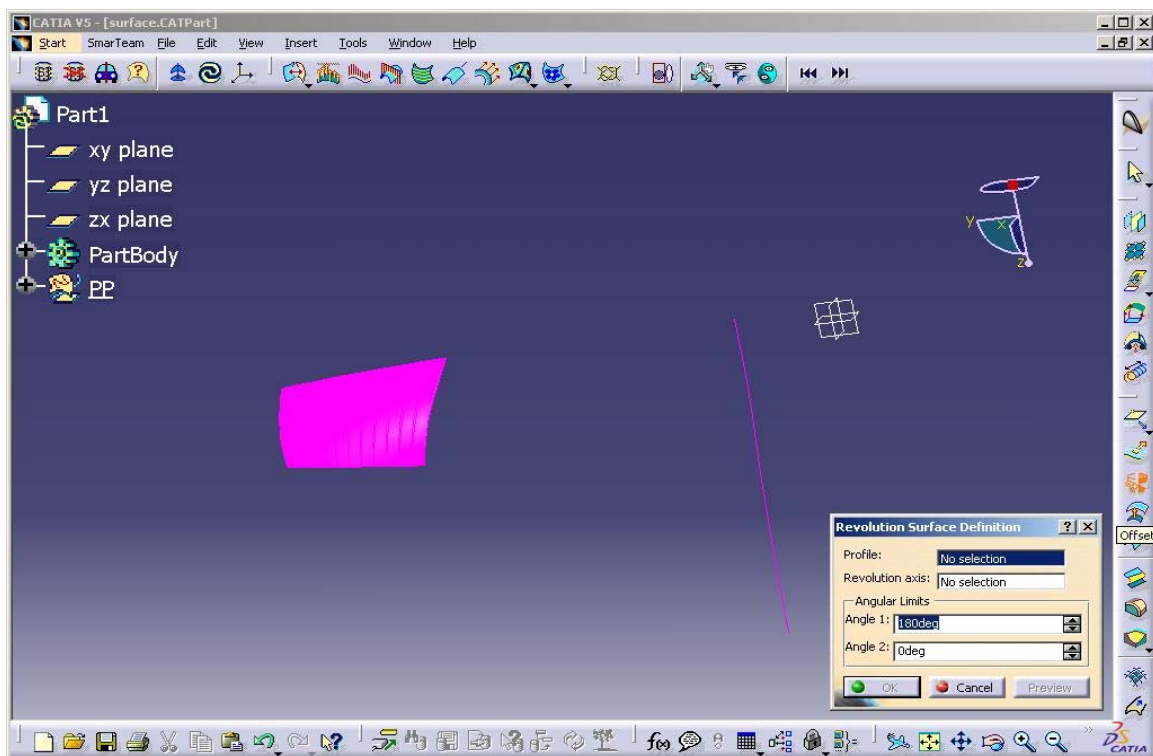
- κατασκευή του εσωτερικού και το εξωτερικού κελύφους
- κατασκευή των δύο περιοδικών επιφανειών
- κατασκευή των δύο επιφανειών που οριοθετούν την είσοδο και την έξοδο του περυσίου

Για να δημιουργήσουμε τα δύο κελύφη θα χρησιμοποιήσουμε τη σημειακή ανάλυση των κελυφών που μας έχει δοθεί ως δεδομένο. Περνάμε τα σημεία του εσωτερικού κελύφους σε ένα αρχείο Excel και δουλεύουμε με τρόπο αντίστοιχο αυτού που περιγράφηκε παραπάνω για τη δημιουργία των αεροτομών.

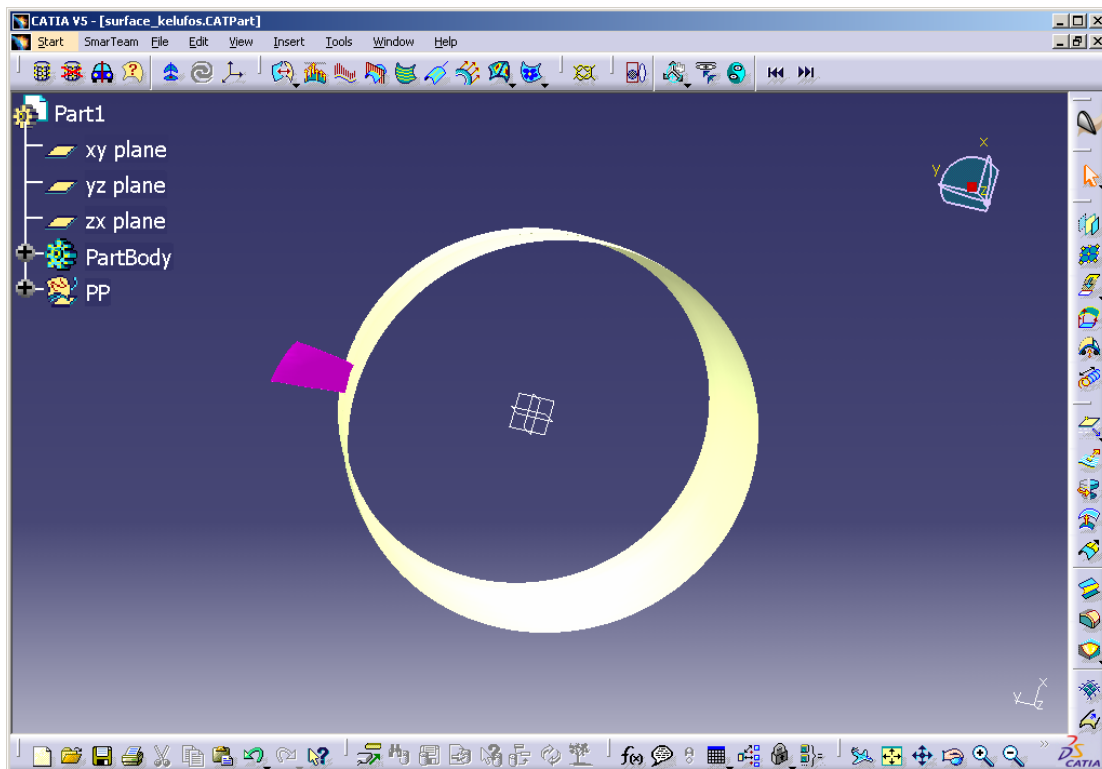
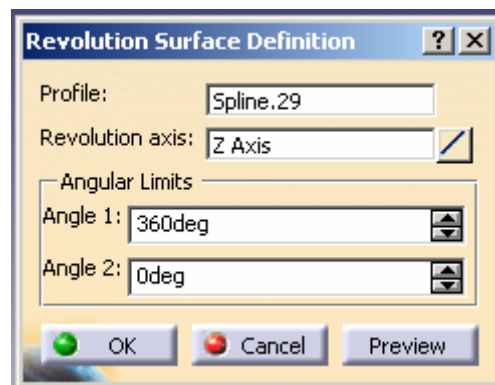
Έτσι προκύπτει το παρακάτω σχήμα:



Με βάση την παραπάνω καμπύλη, δημιουργούμε το εσωτερικό κέλυφος με τη βοήθεια της εντολής Revolve .



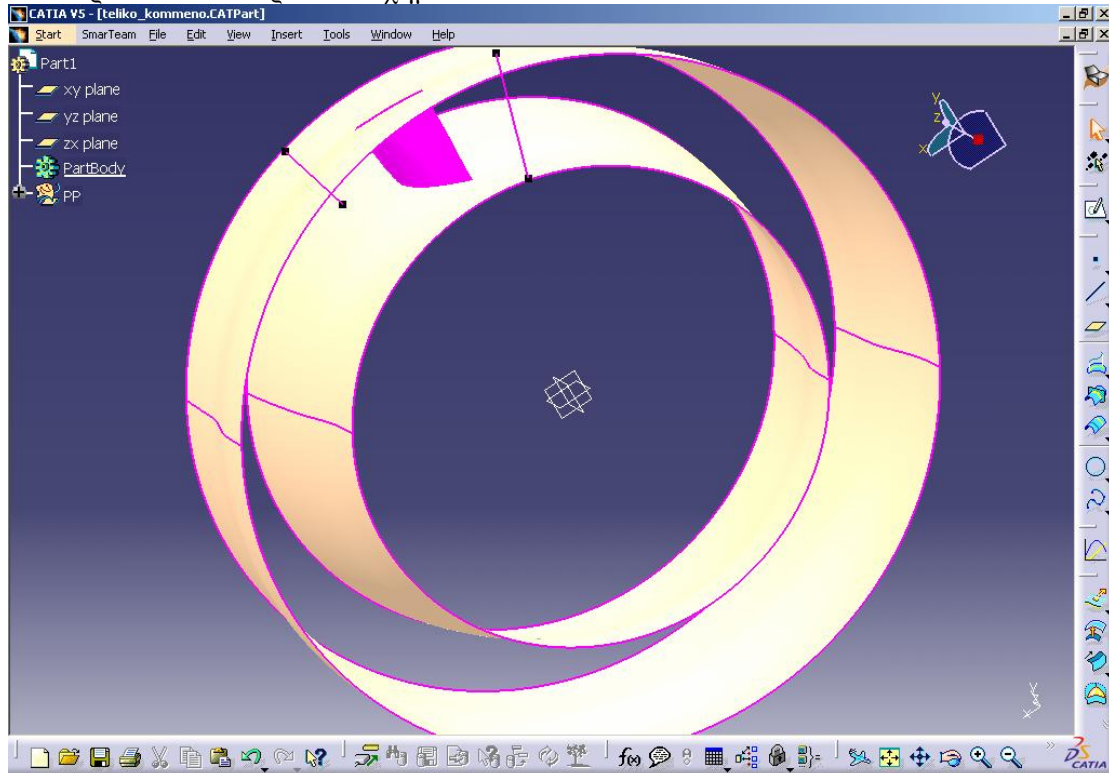
Επιλέγουμε ως profile την παραπάνω καμπύλη, ως άξονα περιστροφής (revolution axis) τον άξονα z , μια πλήρη περιστροφή (από 0° έως 360°), πατάμε OK και εμφανίζεται στην οθόνη το κέλυφος ποδός (hub).




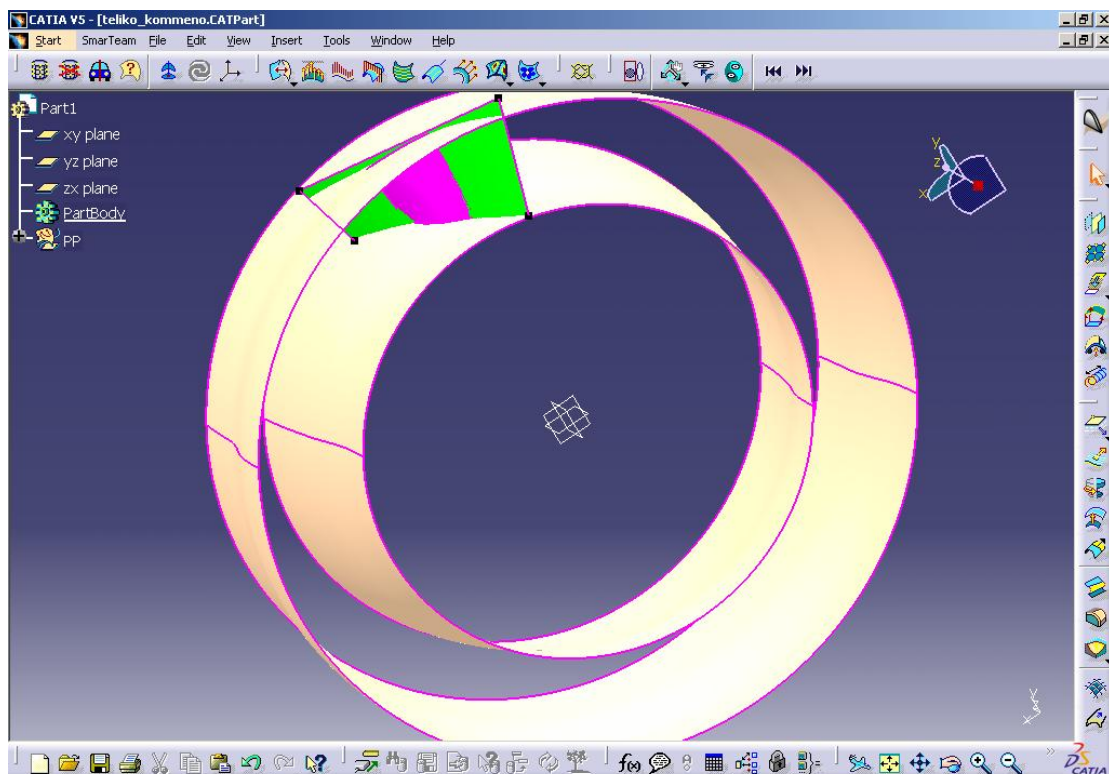
Ομοίως, σχεδιάζουμε και το εξωτερικό κέλυφος. Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο να ελέγξουμε αν η πρώτη αεροτομή εφάπτεται στο εσωτερικό κέλυφος και αν υφίσταται το ακτινικό διάκενο. Σε γενικές γραμμές, αυτό επιτυγχάνεται κάνοντας zoom στις συγκεκριμένες περιοχές αλλά στη συγκεκριμένη περίπτωση επειδή πρόκειται για μικρές αποστάσεις, αυτό δεν είναι εφικτό. Για αυτόν τον λόγο, χρησιμοποιούμε την εντολή Trim, μέσω της οποίας μπορούμε εύκολα να ελέγξουμε την ύπαρξη ή όχι τομής μεταξύ του περυγίου και των δύο εξωτερικών επιφανειών.

Στη συνέχεια προβαίνουμε στη δημιουργία των περιοδικών επιφανειών, περνώντας τα τέσσερα σημεία που υπολογίσαμε νωρίτερα και τις ευθείες που διέρχονται από αυτά.

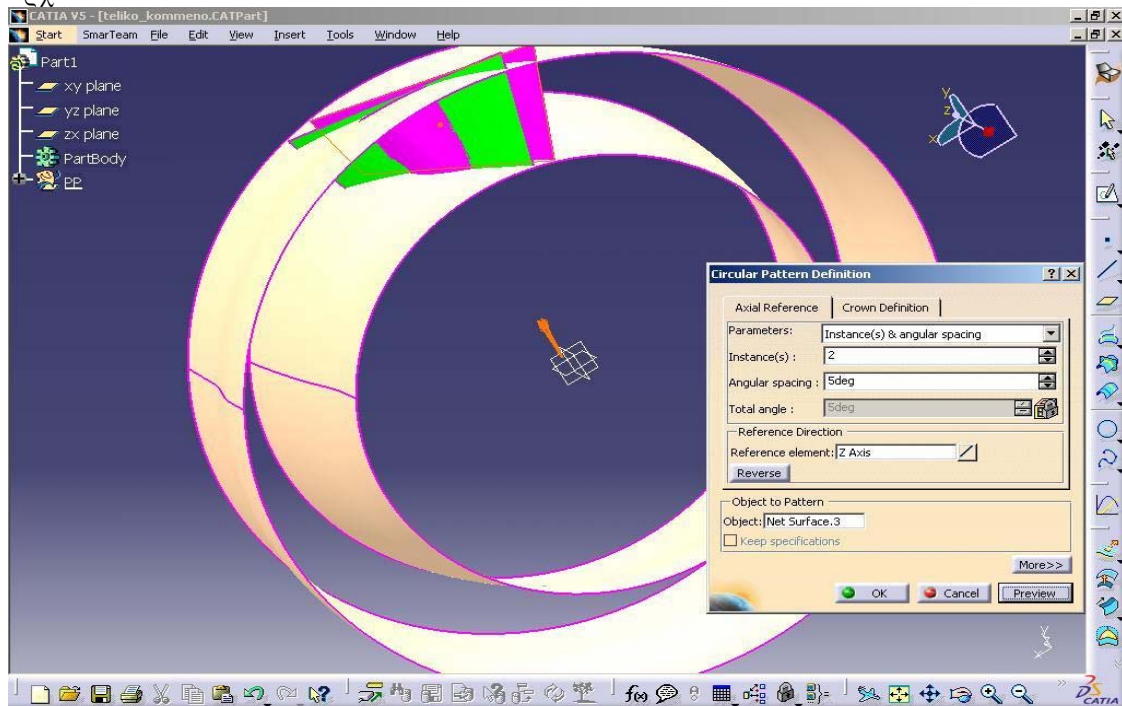
Έτσι προκύπτει το παρακάτω σχήμα:



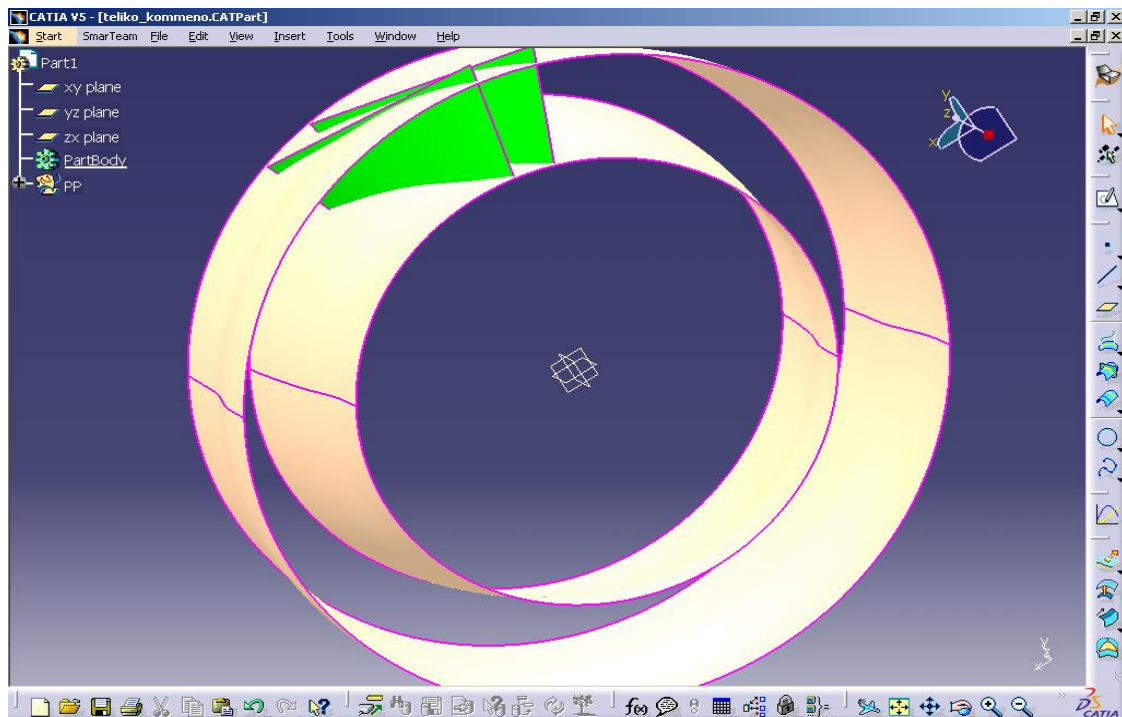
Με τη βοήθεια της διαδρομής Start => Shape => FreeStyle δημιουργούμε την επιφάνεια που διέρχεται από τις δύο παραπάνω ευθείες. Αυτό πραγματοποιείται επιλέγοντας το εικονίδιο Net Surface , τις δύο ευθείες και έτσι προκύπτει η ζητούμενη επιφάνεια .



Η περιοδικότητα των επιφανειών επιτυγχάνεται με την εντολή Circular Pattern, μέσω της οποίας μεταφέρουμε αρχικά την επιφάνεια αυτή σε απόσταση ίση με το μισό γωνιακό βήμα και στη συνέχεια σε απόσταση ίση με την αρνητική τιμή του μισού γωνιακού βήματος. Εν προκειμένω, το γωνιακό βήμα ισούται με 10° , άρα η παραπάνω επιφάνεια μεταφέρεται αρχικά κατά 5° .




και στη συνέχεια, επαναλαμβάνουμε το προηγούμενο βήμα μεταφέροντας την κατά -5° και «αρβύβουμε» την αρχική. Έτσι παίρνουμε το παρακάτω σχήμα:

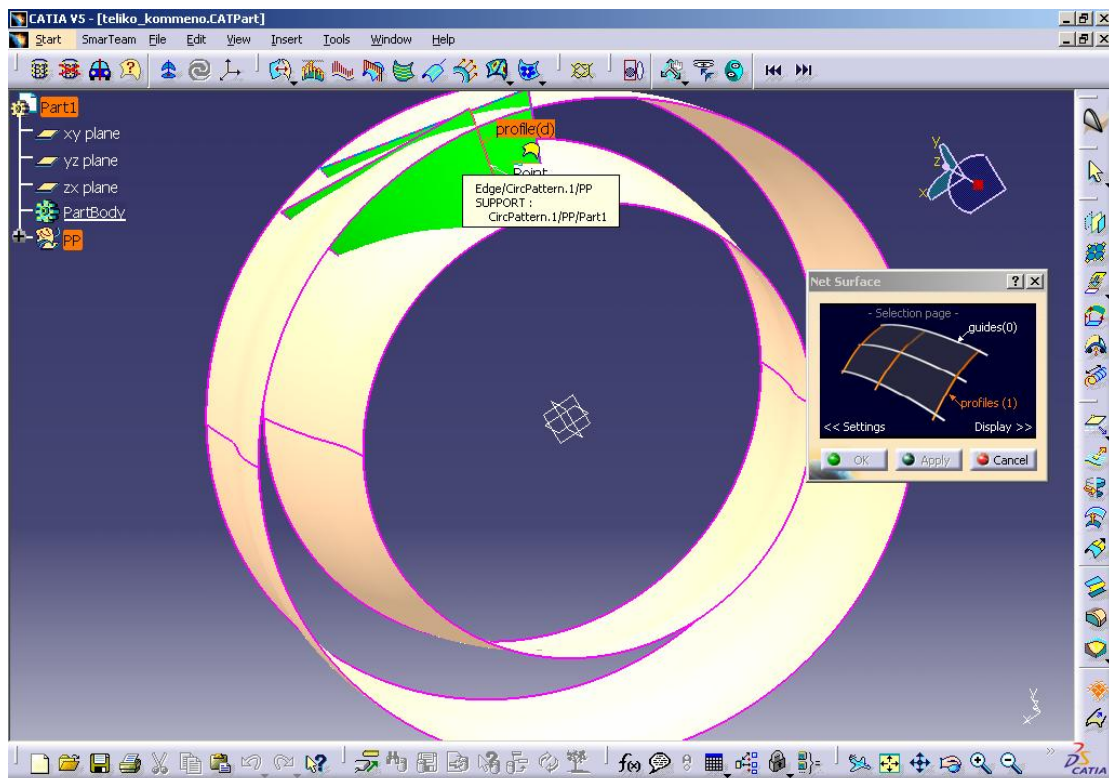


Για να επιβεβαιώσουμε πως οι επιφάνειες που δημιουργήθηκαν δεν τέμνουν τα γειτονικά περύγια, μπορούμε να δημιουργήσουμε την περύγωση ώστε να ελεγχθεί η σχετική τους θέση. Επειδή όμως η παραπάνω ενέργεια δημιουργεί πρόβλημα λόγω του μεγέθους του αρχείου είναι προτιμότερο να εμφανίσουμε μόνο τα γειτονικά περύγια.

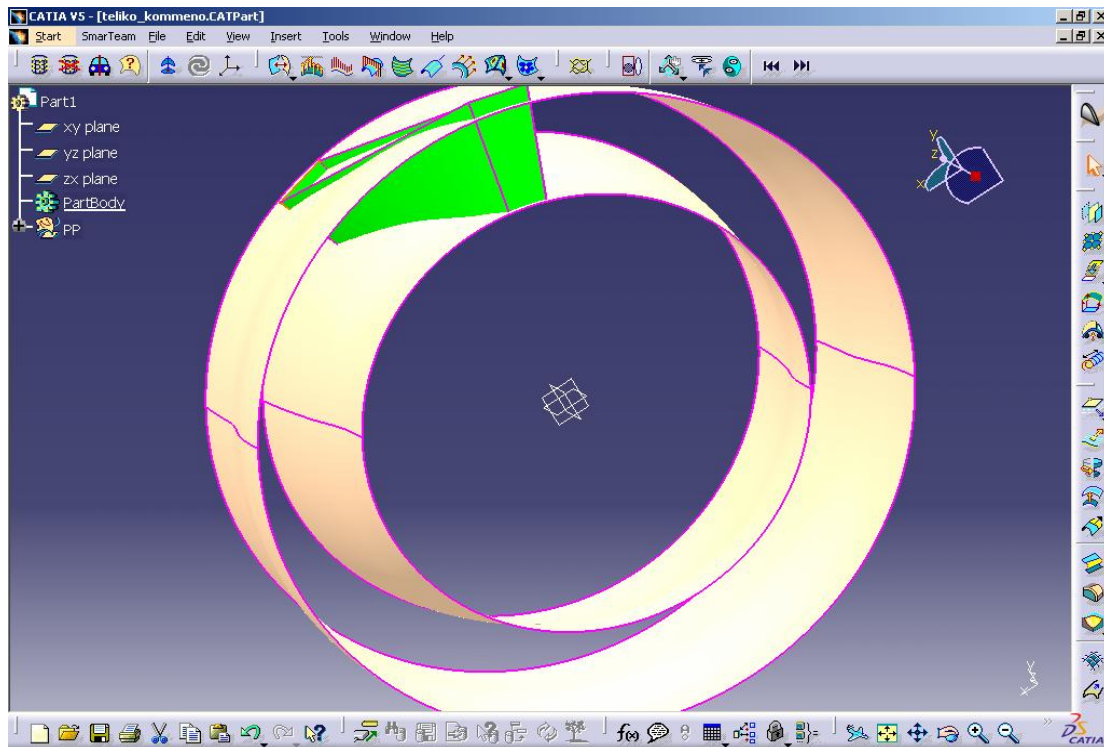
Έτσι εφαρμόζουμε την εντολή Circular Pattern και στο εικονίδιο που εμφανίζεται επιλέγουμε τιμή για angular spacing ίση με το γωνιακό βήμα και την τιμή 2 για την παράμετρο instances ώστε να εμφανιστεί ένα περύγιο σε απόσταση ίση με το γωνιακό βήμα από το περύγιο του οποίου θα μελετήσουμε τη ροή.

Εφαρμόζουμε την παραπάνω διαδικασία για δεύτερη φορά θεωρώντας ως τιμή για angular spacing την αντίθετη του γωνιακού βήματος. Έτσι, έχουμε δύο περύγια εκατέρωθεν του χωρίου και μπορούμε να ελέγξουμε αν τέμνονται.

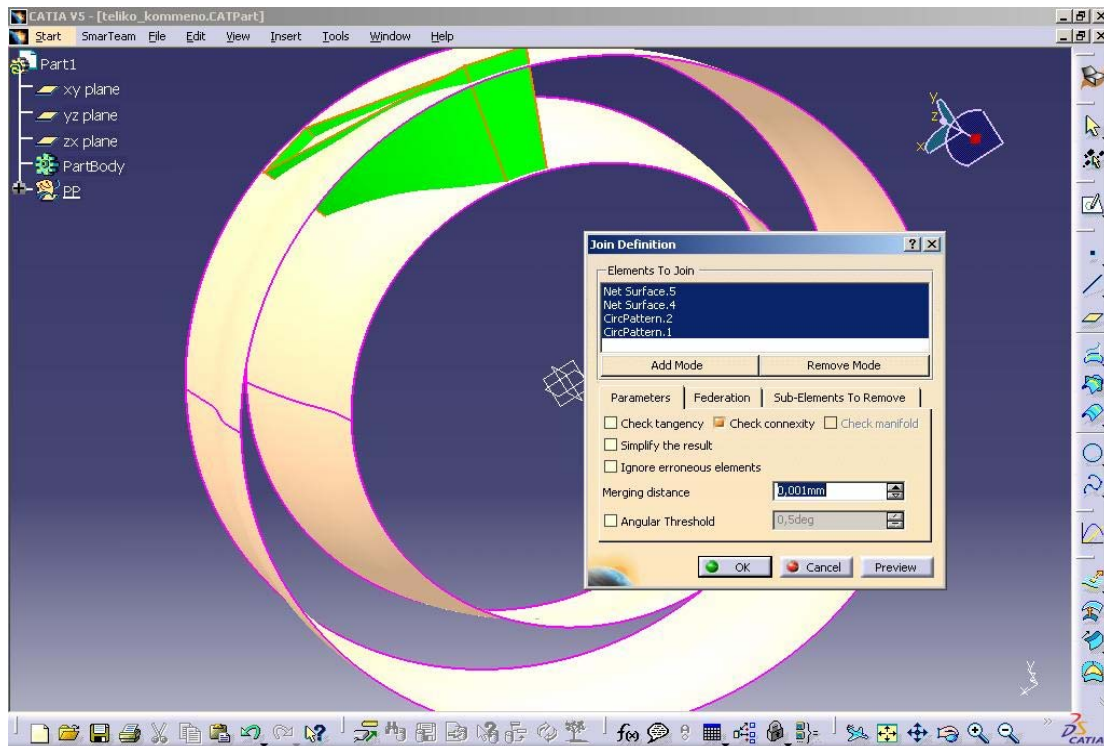
Στη συνέχεια, εφαρμόζοντας δύο φορές την εντολή Net Surface  δημιουργούμε τις επιφάνειες που διέρχονται από τις ακμές των παραπάνω πλευρών.

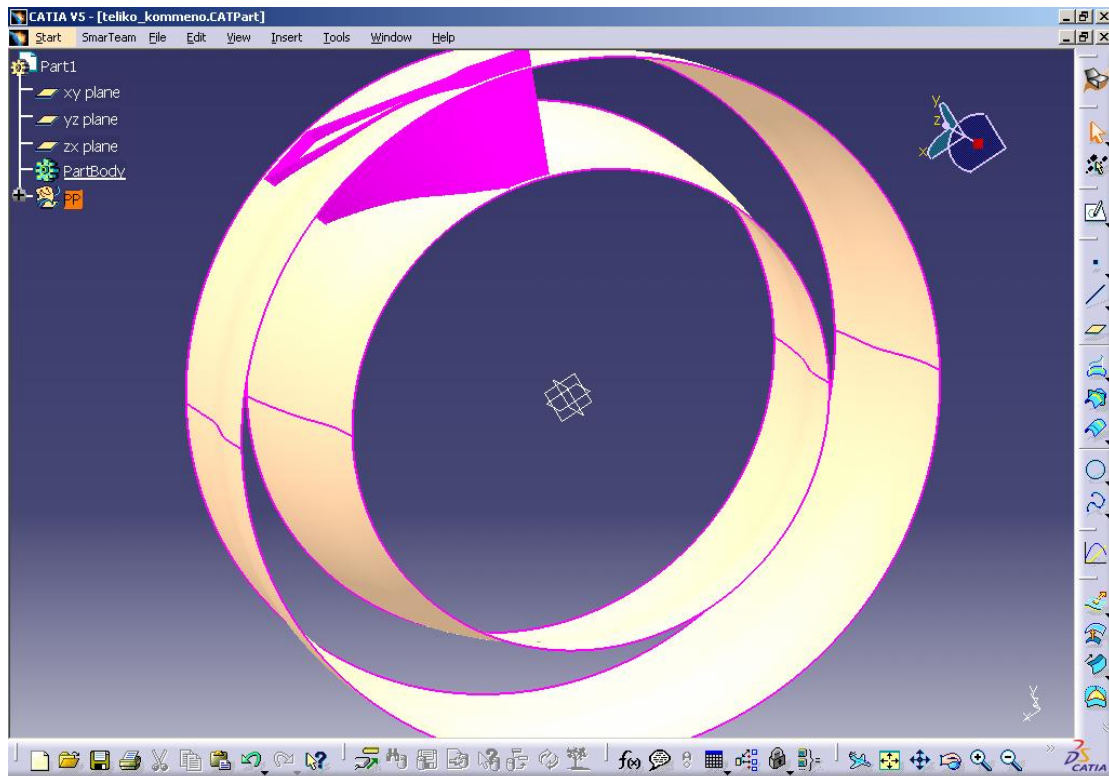


Έτσι προκύπτουν διαδοχικά οι δύο πλευρές:

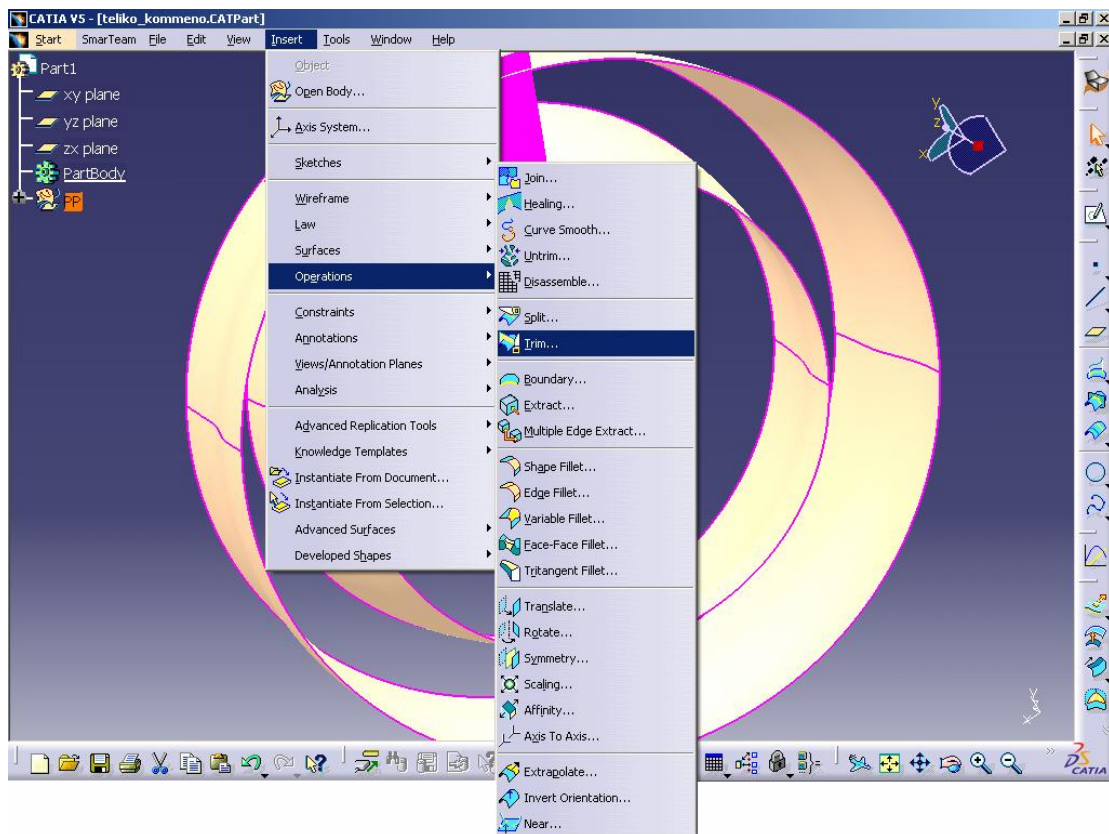


Προκειμένου να δώσουμε στο χωρίο την τελική του μορφή, πρέπει να «κόψουμε» το τα δύο κελύφη στα όρια των παραπάνω επιφανειών, αφού πρώτα τις ενώσουμε σε μια επιφάνεια με τη βοήθεια της εντολής join.

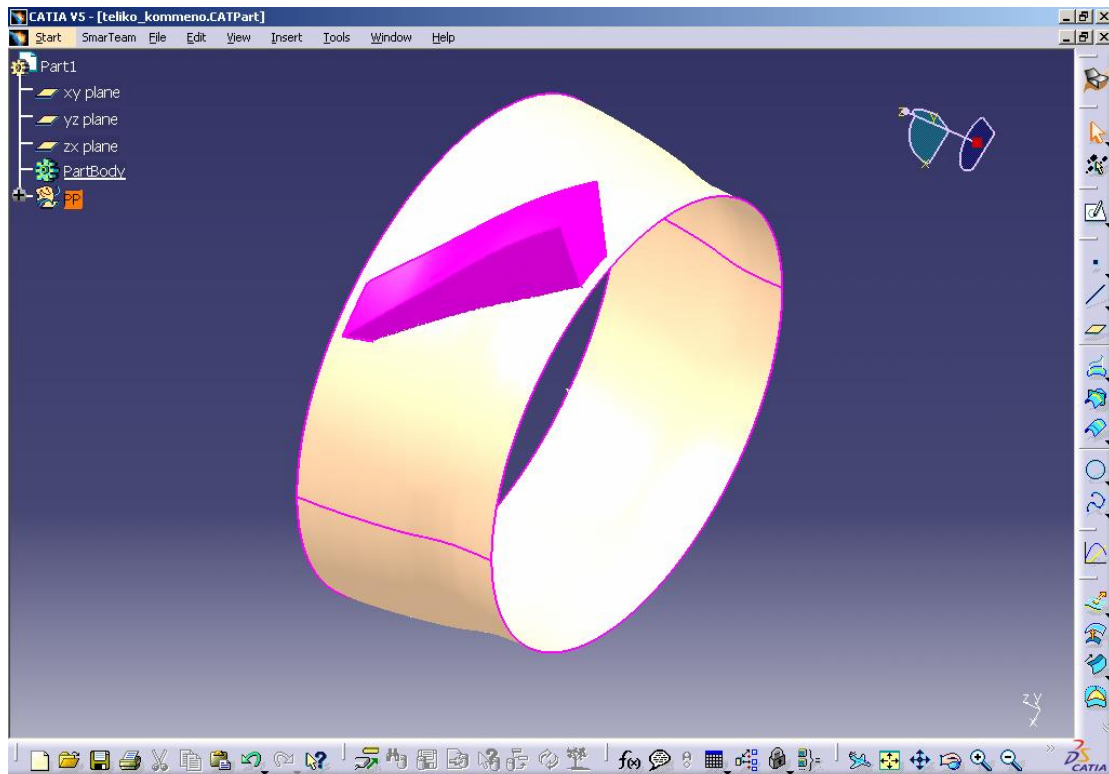




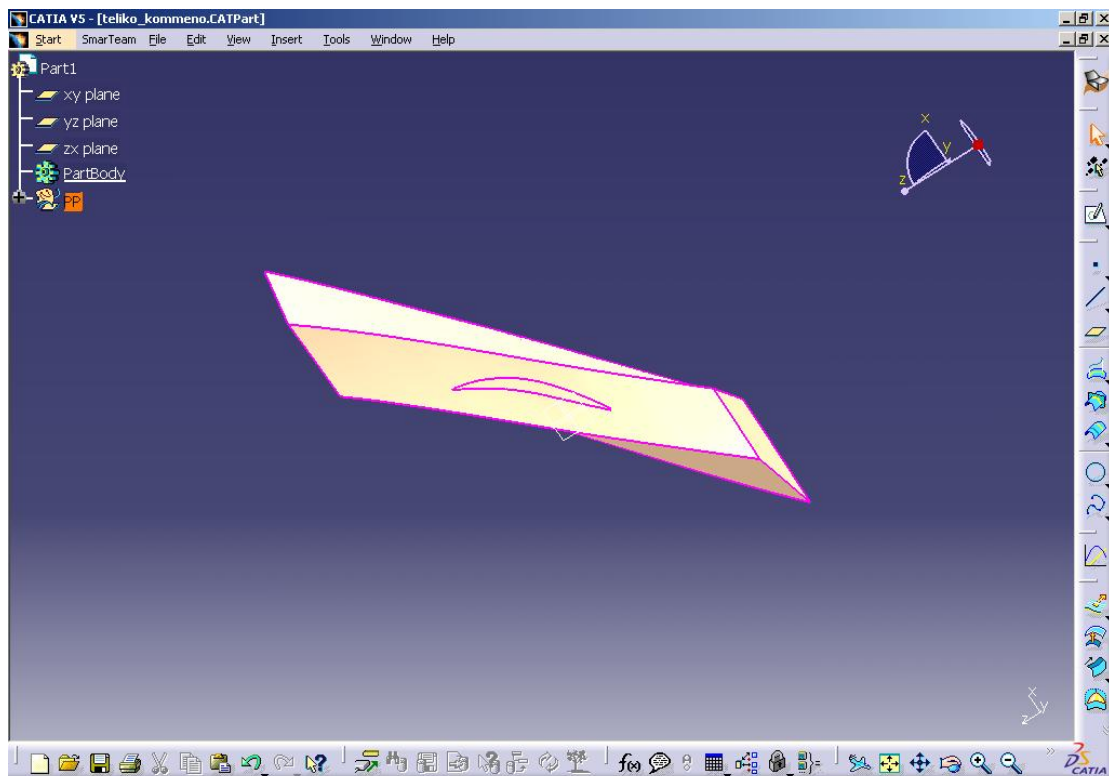
Στο σημείο αυτό, μπορούμε να κόψουμε τα δύο κελύφη στα όρια του joint. Επιλέγεται η εντολή trim και ως elements το εξωτερικό κέλυφος και το joint που δημιουργήσαμε νωρίτερα.



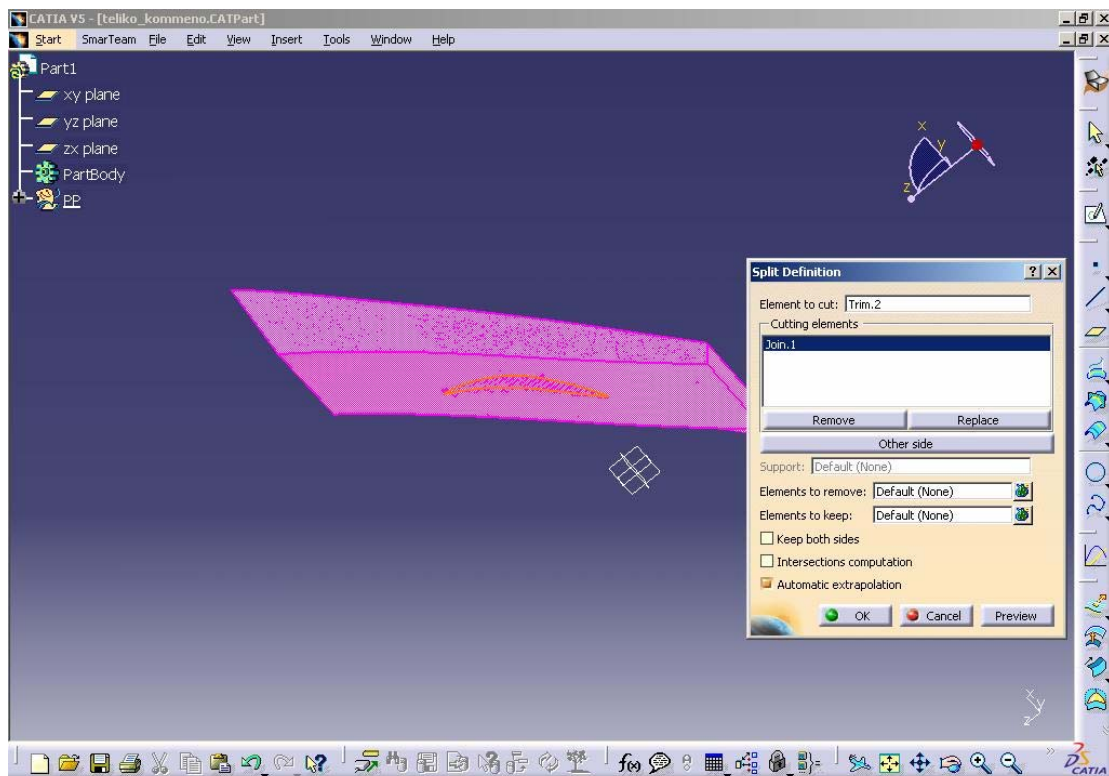
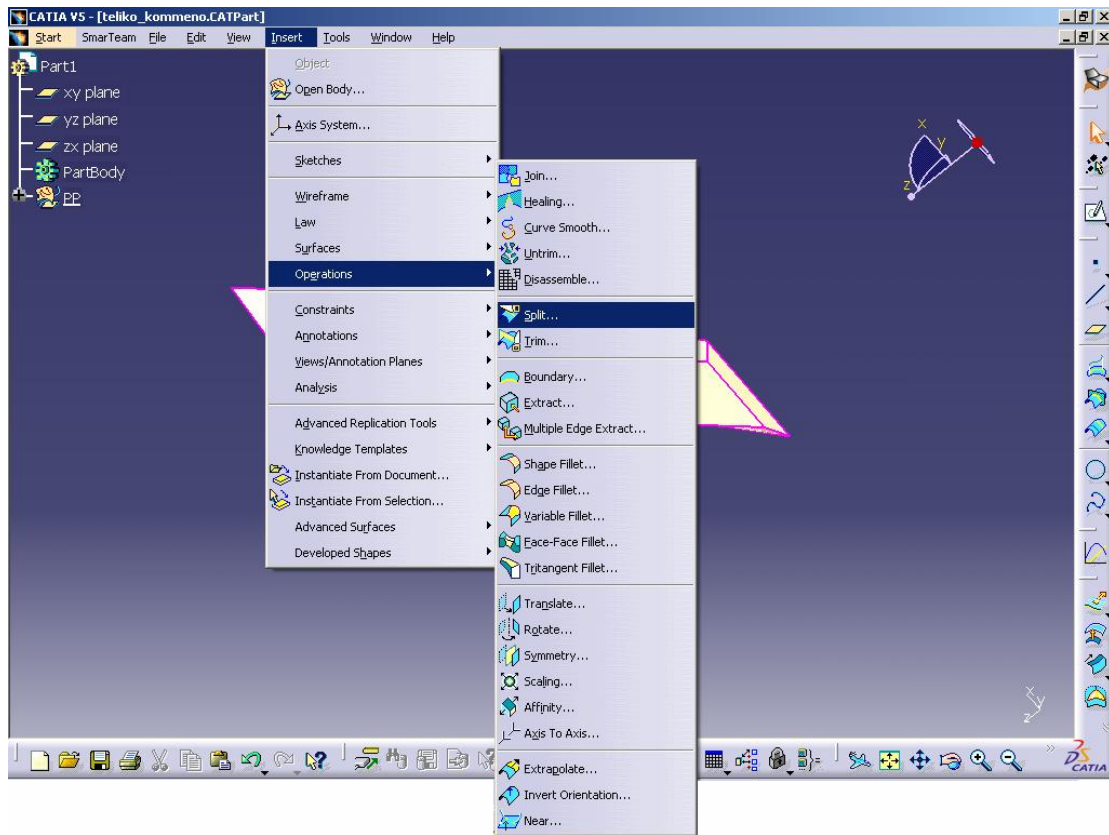
Έτσι προκύπτει το παρακάτω σχήμα:



Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία για το εσωτερικό κέλυφος και το χωρίο παίρνει την παρακάτω μορφή.

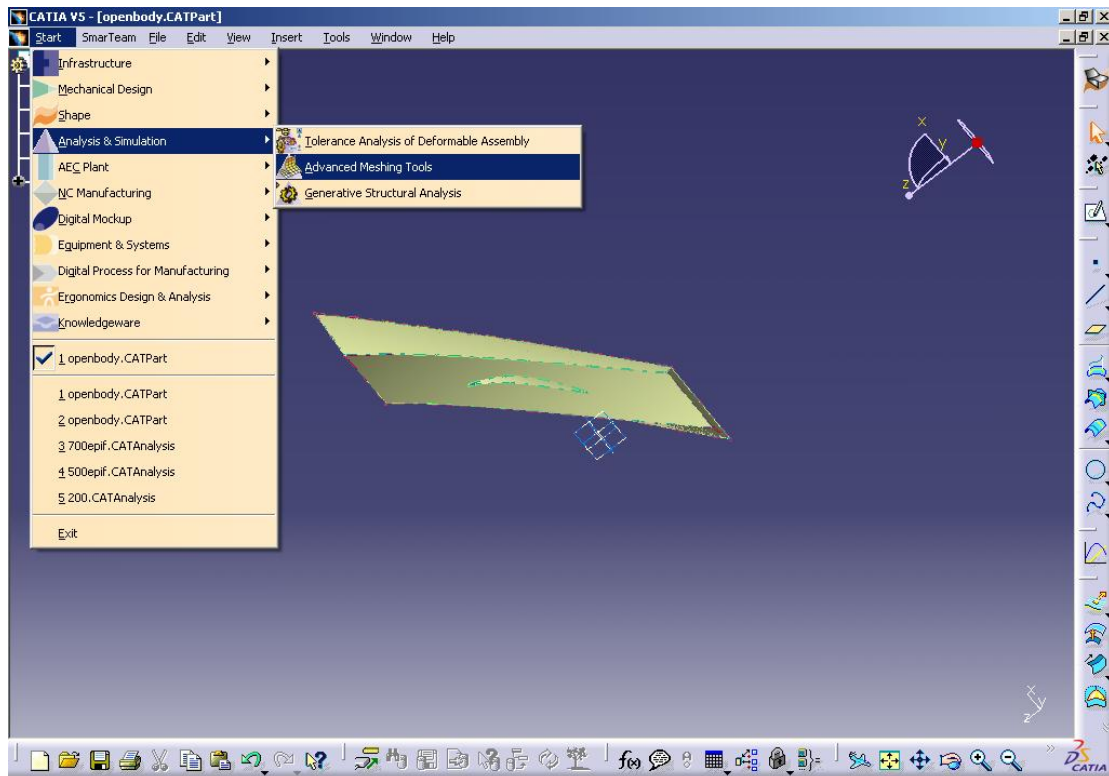


Τέλος, επειδή η πρώτη αεροτομή εφάπτεται στην ακτίνα ποδός κόβουμε το χωρίο στο όριο της με τη βοήθεια της εντολής Split.

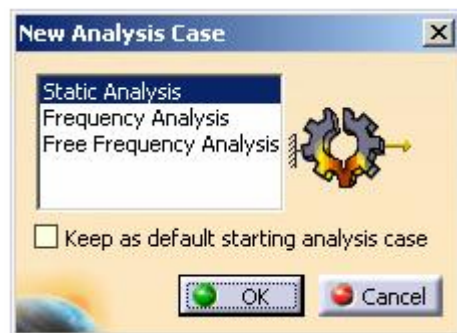


2.2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

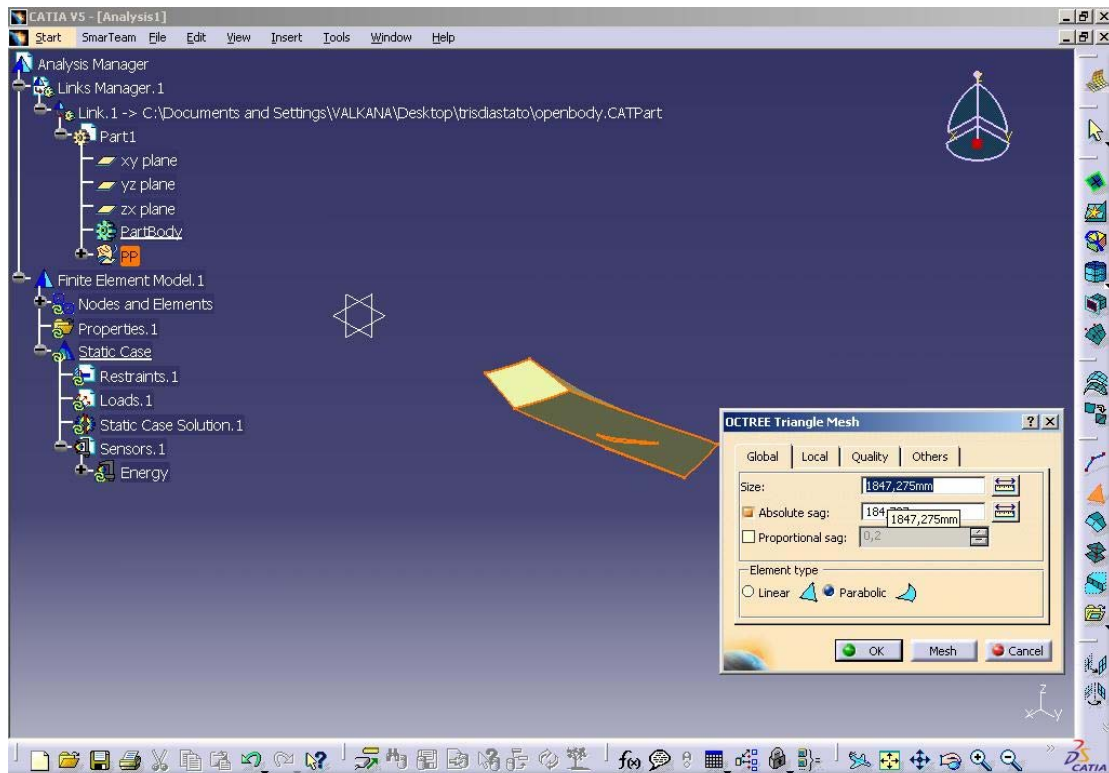
Το χωρίο έχει πλέον αποκτήσει την τελική του μορφή και στο σημείο αυτό μπορούμε να υπολογίσουμε το επιφανειακό πλέγμα με τριγωνικό σχήμα, μέσω της διαδρομής :
Start => Analysis & Simulation => Advanced Structural Tools.



Στην οθόνη εμφανίζεται το παρακάτω εικονίδιο, κάτι που εξηγείται από το γεγονός ότι στο τμήμα αυτό το CATIA μπορεί να πραγματοποιήσει και τη στατική ανάλυση. Στην περίπτωση μας πατάμε OK.



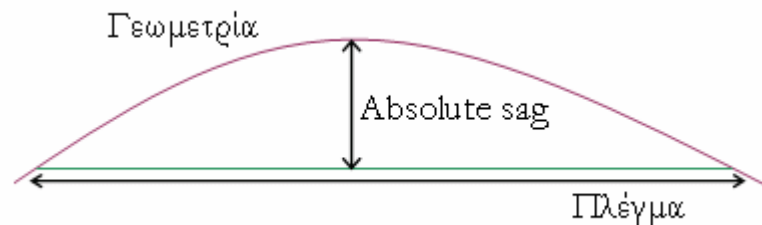
Για τη δημιουργία του πλέγματος επιλέγουμε την επιφάνεια από το «δέντρο» και την αντίστοιχη εντολή «OCTREE Triangle Mesh»



Στο παραπάνω πλαίσιο εμφανίζονται οι παράμετροι του πλέγματος:

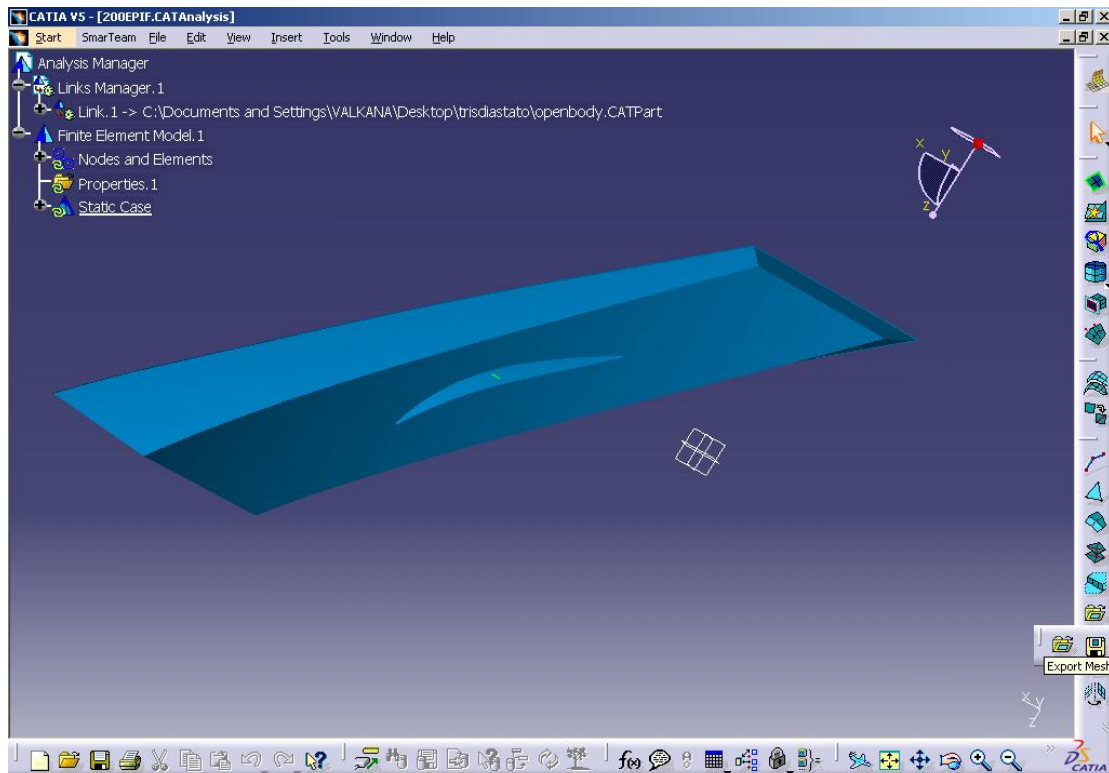
- το size καθορίζει το μέγεθος των τριγώνων
- το absolute sag καθορίζει τη μέγιστη απόσταση του πλέγματος από τη επιφάνεια

Ενδεικτικό είναι το παρακάτω σχήμα:



Για τις παραπάνω παραμέτρους εμφανίζονται κάποιες προτεινόμενες τιμές από το CATIA, ωστόσο οι τιμές αυτές δεν ανταποκρίνονται στις ανάγκες της υπολογιστικής ρευστομηχανικής, γιατί οδηγούν στη δημιουργία ενός αρκετά αραιού πλέγματος. Για αυτόν το λόγο, συνήθως δίνουμε πολύ μικρότερες τιμές στα παραπάνω μεγέθη -περίπου το 10% των προτεινόμενων τιμών. Δίνοντας στο size την τιμή 200 και στο absolute sag την τιμή 20 προκύπτει το παρακάτω επιφανειακό πλέγμα που αποτελείται από:

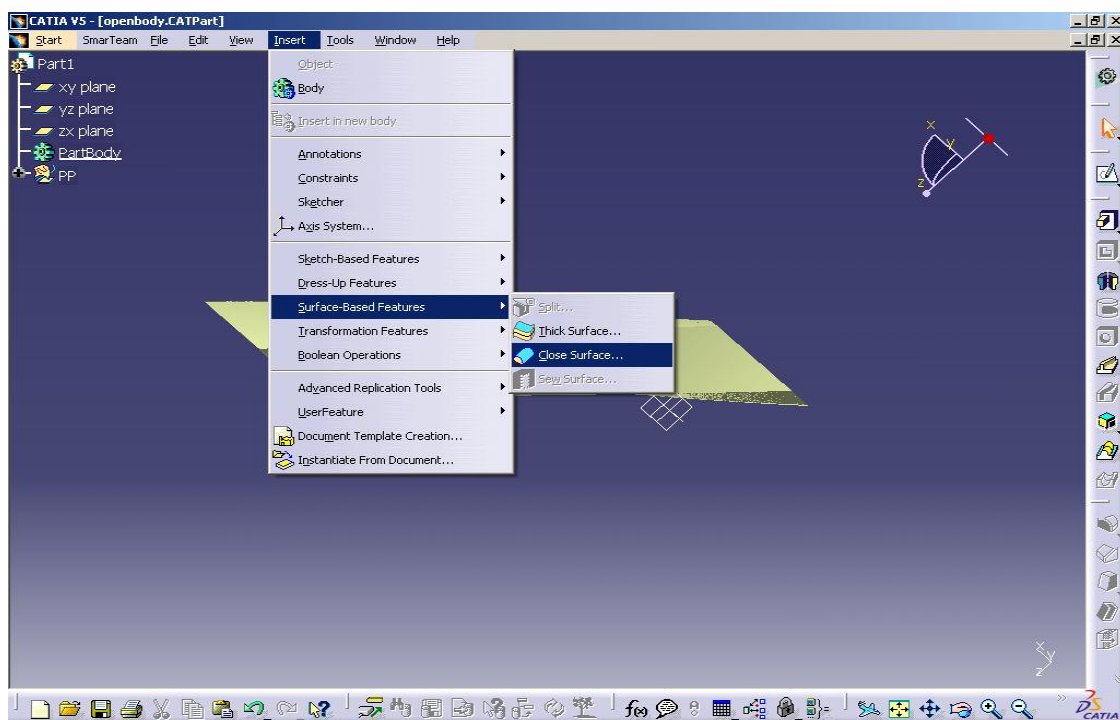
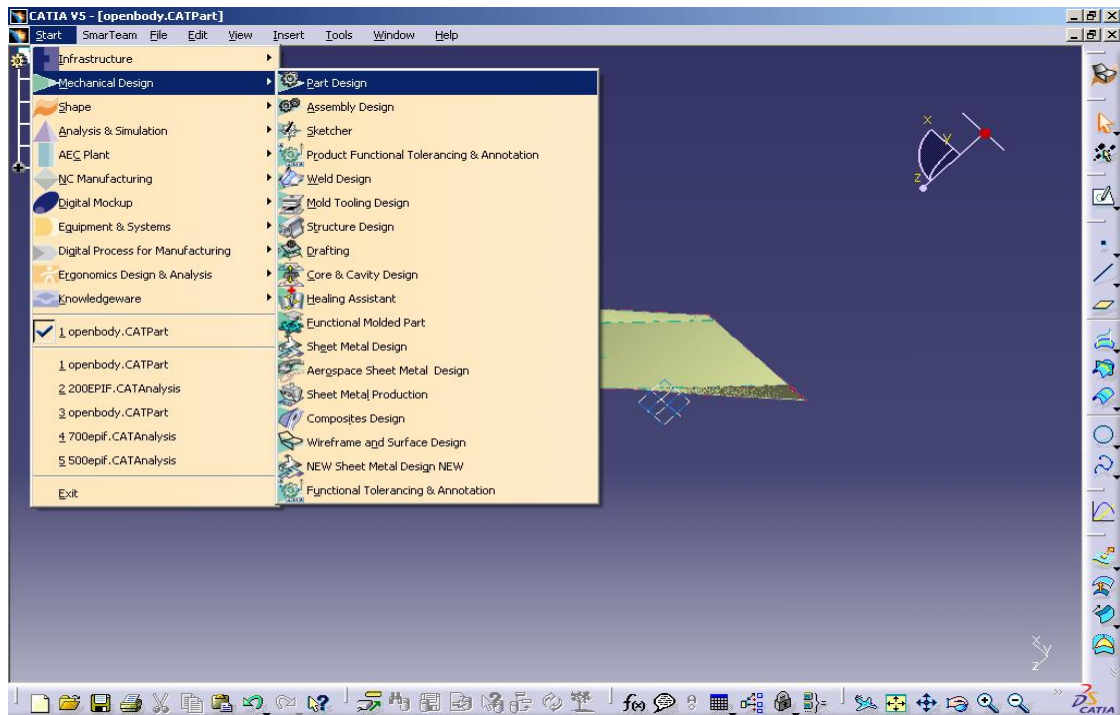
- 12049 κόμβους και
- 24094 τρίγωνα



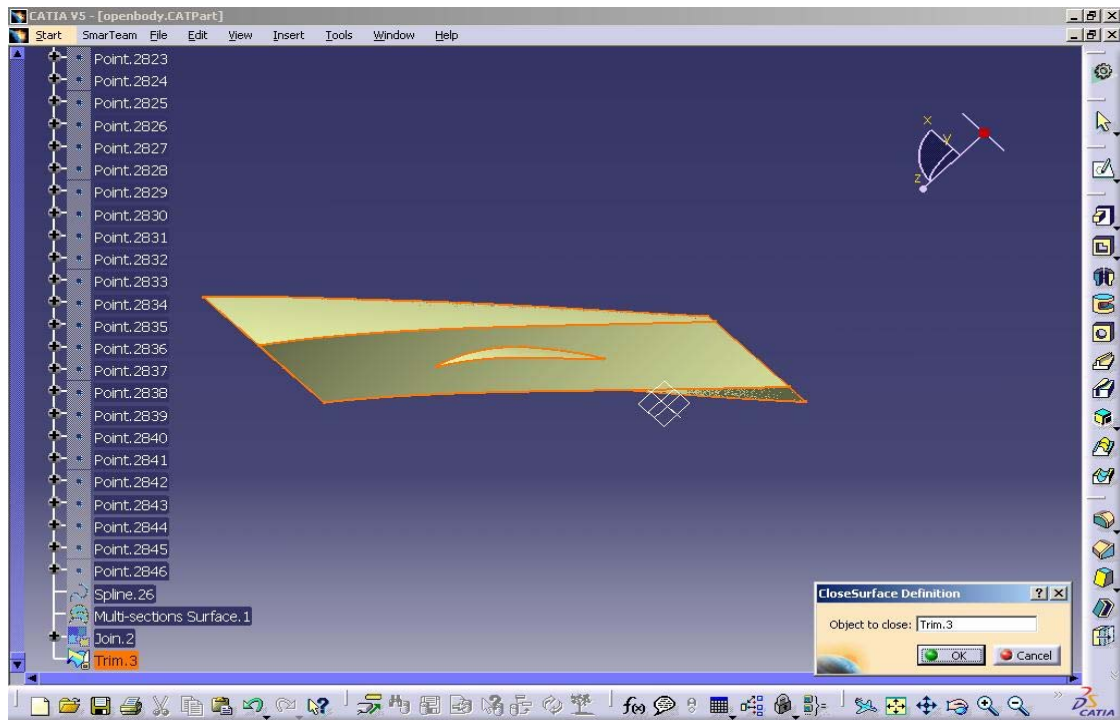
Έχοντας δημιουργήσει το επιφανειακό πλέγμα εξάγουμε σε ένα αρχείο τα δεδομένα του πλέγματος, δηλαδή το συνολικό αριθμό των κόμβων και των τριγώνων, τις συντεταγμένες των πρώτων και τους κόμβους από τους οποίους αποτελείται το κάθε τρίγωνο. Αυτό υλοποιείται με τη βοήθεια της εντολής “Export Mesh”.

2.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

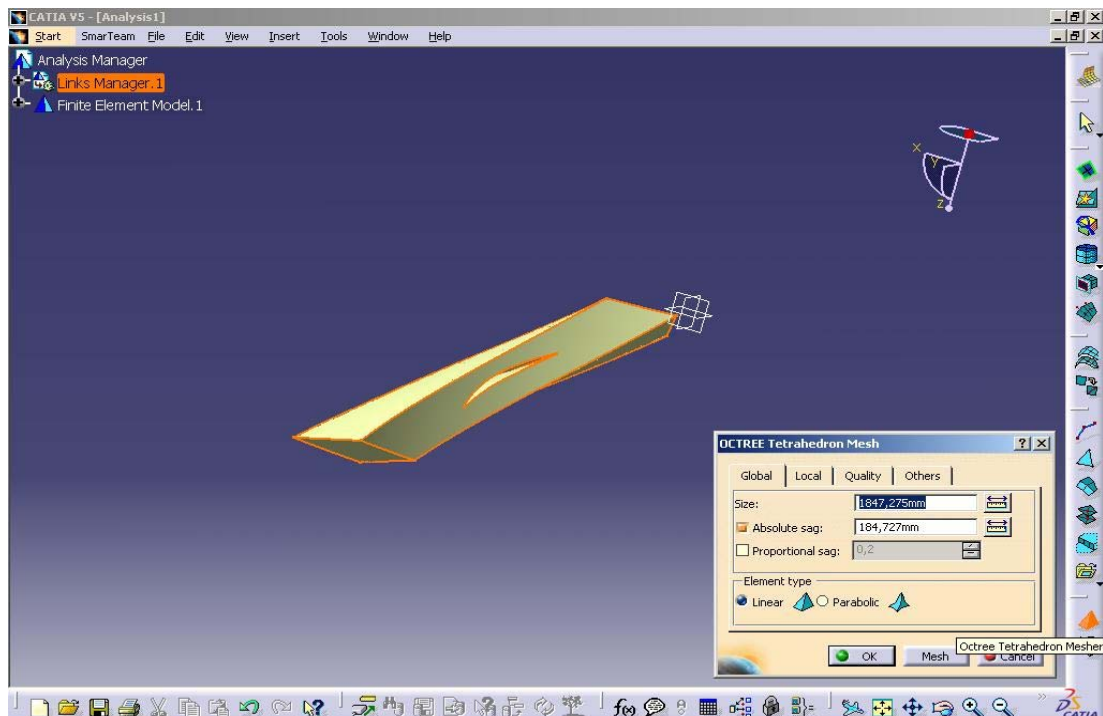
Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία υπολογισμού του τριδιάστατου πλέγματος (πυραμίδες). Για να είναι εφικτή η δημιουργία του πλέγματος αυτού, θα πρέπει αρχικά να κάνουμε close το χωρίο, ώστε το CATIA να το αντιλαμβάνεται ως στερεό και όχι ως επιφάνεια. Έπειτα ακολουθείται μια διαδικασία ανάλογη με αυτή του επιφανειακού πλέγματος. Για να μετατρέψουμε την επιφάνεια σε στερεό επιλέγουμε Start =>Mechanical Design =>Part Design και στη συνέχεια την εντολή «Close surface».



Επιλέγουμε από το δέντρο το Trim3 που αποτελεί την τελική μορφή του χωρίου, πατάμε OK και το χωρίο έχει πλέον μετατραπεί σε στερεό.



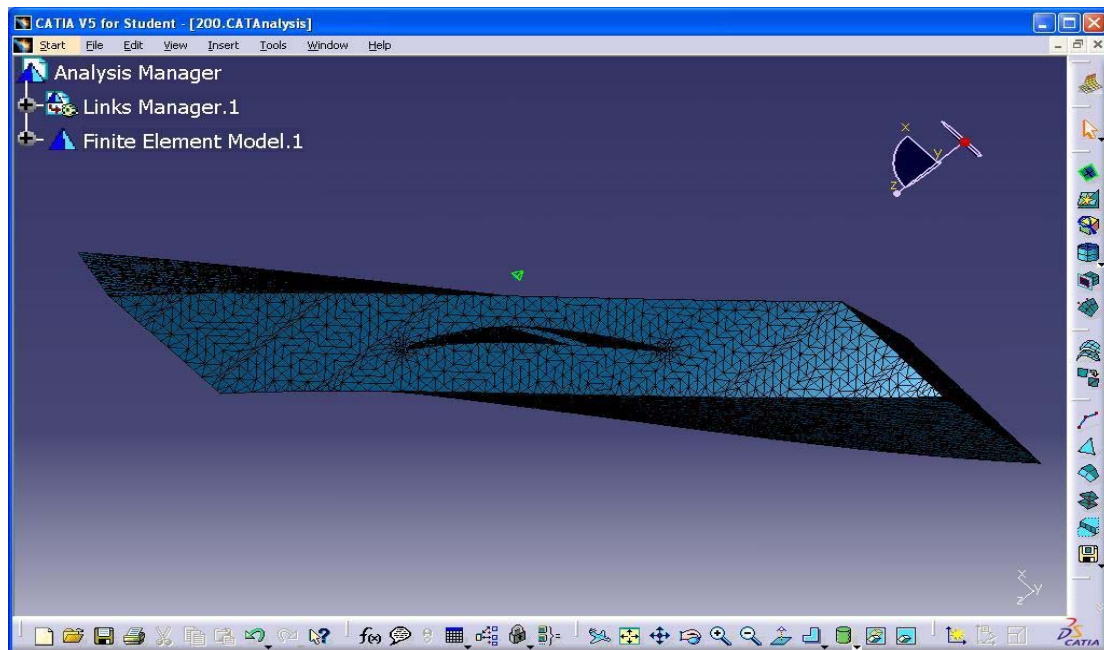
Στη συνέχεια με την εντολή «Octree Tetrahedron Mesher» η οποία επιλέγεται αν ακολουθήσουμε τη γνωστή πλέον διαδρομή Start =>Analysis&Simulation =>Advanced Structural Tools υπολογίζουμε το χωρικό πλέγμα. Οι παράμετροι αυτής της εντολής είναι αντίστοιχες με αυτές του επιφανειακού πλέγματος.



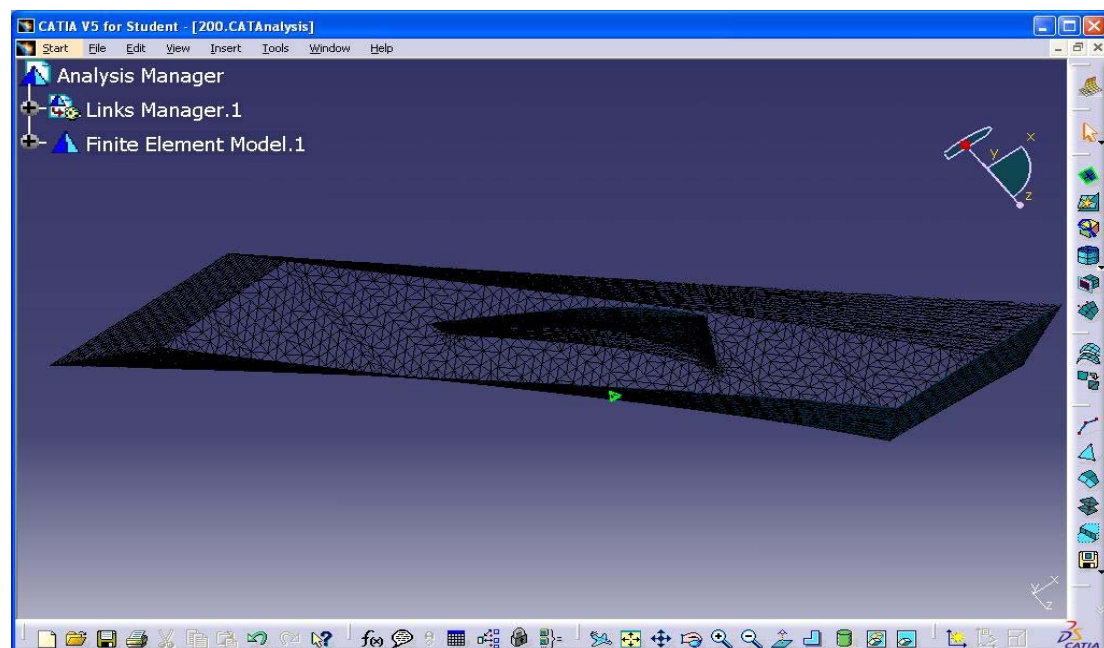
Σε αντιστοιχία με το επιφανειακό πλέγμα που δημιουργήθηκε προηγουμένως επιλέγουμε τις ίδιες τιμές για το size και το absolute sag. Το τριδιάστατο πλέγμα που δημιουργήθηκε αποτελείται από:

- 174932 κόμβους και
- 118463 τετράεδρα

Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται το πλέγμα σε πρόοψη

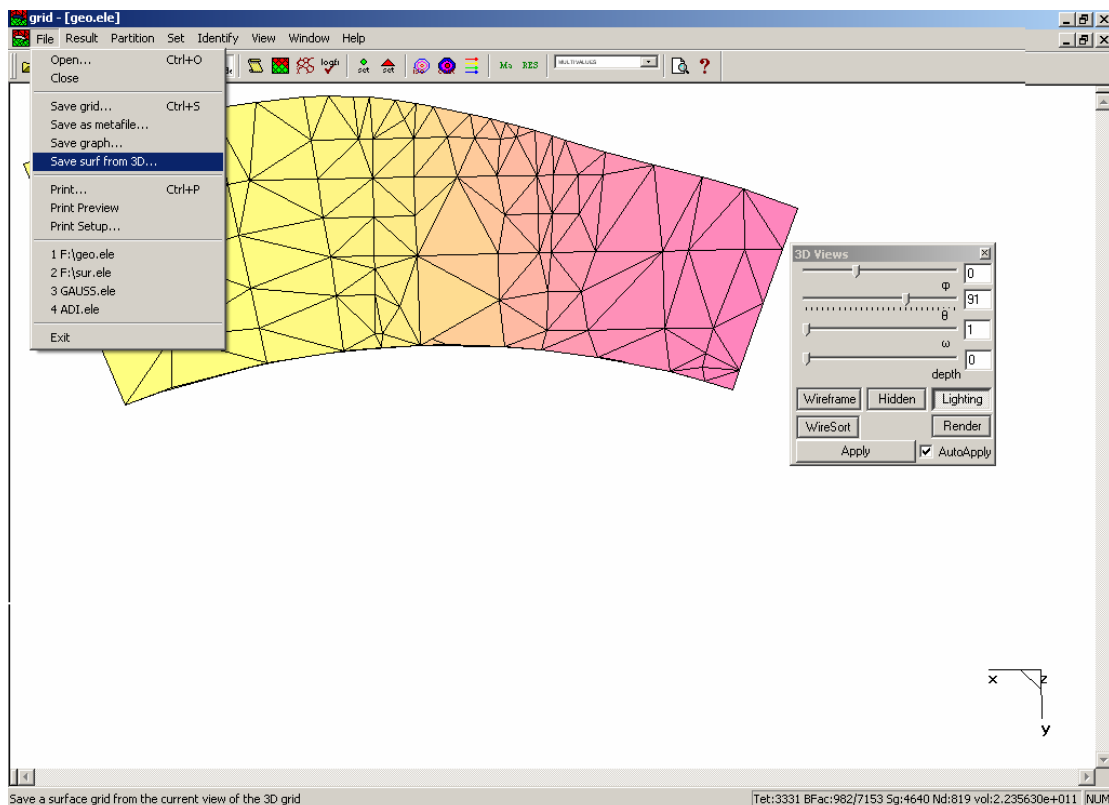


και σε τομή:

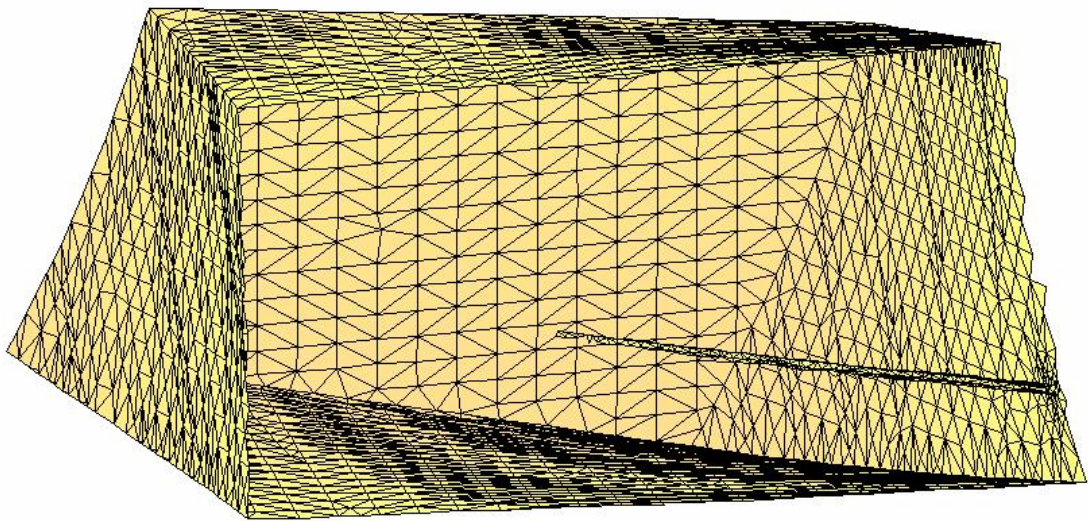
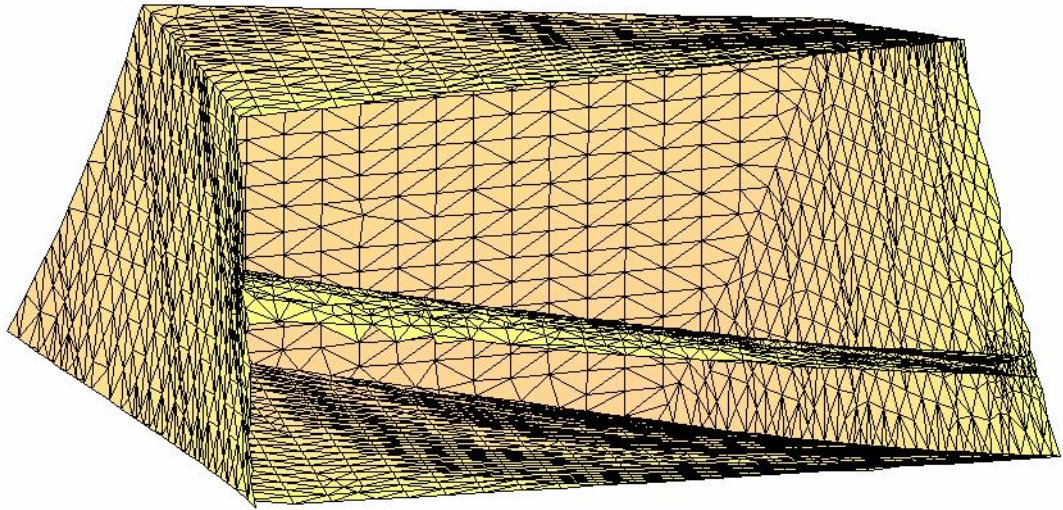
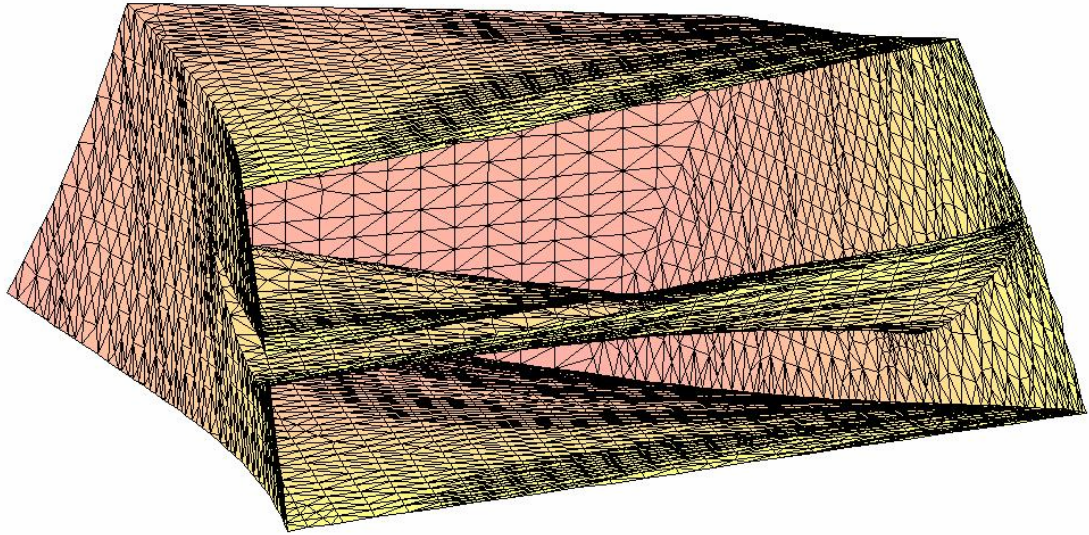


2.4 ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΡΧΕΙΟ

Χρησιμοποιώντας την εντολή “Export Mesh” εξάγουμε σε ένα αρχείο τα δεδομένα του πλέγματος, δηλαδή το συνολικό αριθμό των κόμβων και των πυραμίδων, τις συντεταγμένες των πρώτων και τους κόμβους από τους οποίους αποτελείται η κάθε πυραμίδα. Τα αρχεία χρησιμοποιούνται ως δεδομένα σε ένα άλλο πακέτο με τη βοήθεια του οποίου μπορούμε να έχουμε καλύτερη απεικόνιση του πλέγματος καθώς μας επιτρέπει να κάνουμε τομές σε διάφορα βάθια του χωρίου. Τα στοιχεία αυτά μεταφέρονται σε δύο ξεχωριστά αρχεία: στο μεν πρώτο, -το οποίο έχει extension nod-, αποθηκεύεται ο συνολικός αριθμός των κόμβων, οι ακέραιοι \log_{10} που χαρακτηρίζουν τον τύπο του κάθε κόμβου του 3D πλέγματος (για τον επιλύτη της ροής), οι οποίοι προς το παρόν τίθενται ίσοι με μηδέν αλλά παραμένει το πρόβλημα προς περαιτέρω διερεύνηση και οι συντεταγμένες των κόμβων, ενώ στο άλλο - το οποίο έχει extension ele-, αποθηκεύεται ο συνολικός αριθμός των τετραέδρων και οι κόμβοι από τους οποίους αποτελείται η κάθε πυραμίδα.



Παίρνοντας διάφορες τιμές για τις γωνίες ϕ, θ, ω φέρνουμε το χωρίο σε κατάλληλη θέση ώστε να έχουμε καλύτερη οπτική και για διάφορα βάθια προκύπτουν τα παρακάτω σχήματα .



Συμπεράσματα

Τελικά, διαπιστώθηκε ότι χρησιμοποιώντας το CATIA μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα χωρίο για τον υπολογισμό ροής σε 3D περύγωση στροβιλομηχανών με ακτινικό διάκενο και στη συνέχεια να υπολογιστεί το πλέγμα με σχετικά απλό τρόπο.

Γενικά το CATIA είναι φιλικό αλλά η σημερινή εμπειρία δείχνει ότι δεν ενδείκνυται για εφαρμογές Υπολογιστικής Ρευστομηχανικής, η οποία απαιτεί πυκνά πλέγματα και κυρίως ανισότροπα. Προσφέρει, ωστόσο, πολλές δυνατότητες σε θέματα που αφορούν τομές και περιστροφές επιφανειών.

Τέλος, όπως έχει προαναφερθεί, χρήζει περαιτέρω διερεύνησης ο ορισμός των ακεραίων logfr στο αρχείο με επέκταση pod, ώστε να είναι εφικτός ο προσδιορισμός των οριακών συνθηκών κάθε κόμβου και κατ' επέκταση η επίλυση της ροής.