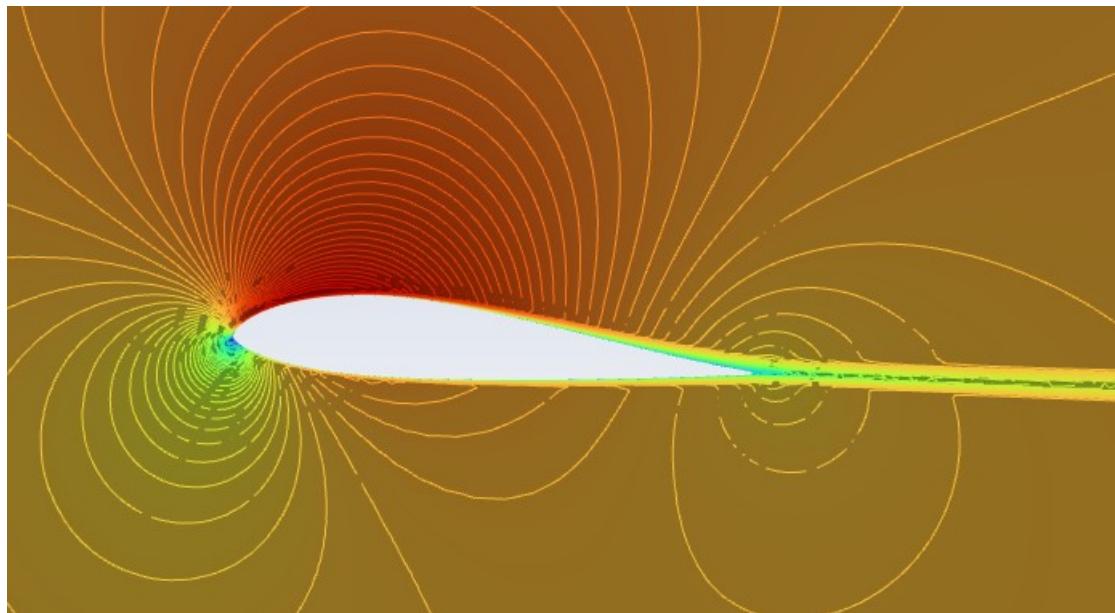


Computational Fluid Dynamics

Airfoil Analysis



Αντώνης Κυριακόπουλος
6337

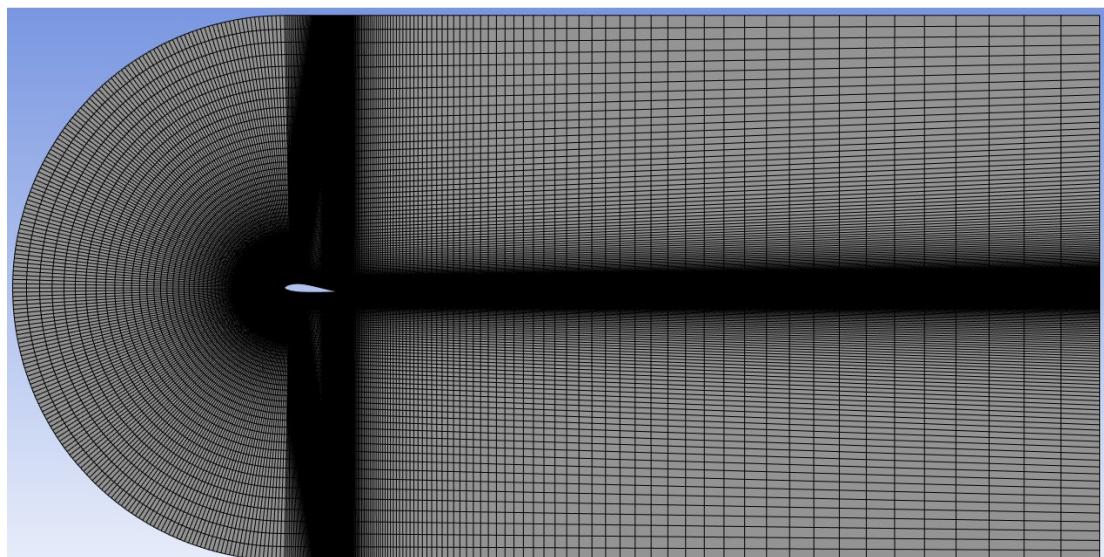
antokyri@meng.auth.gr

Περιεχόμενα

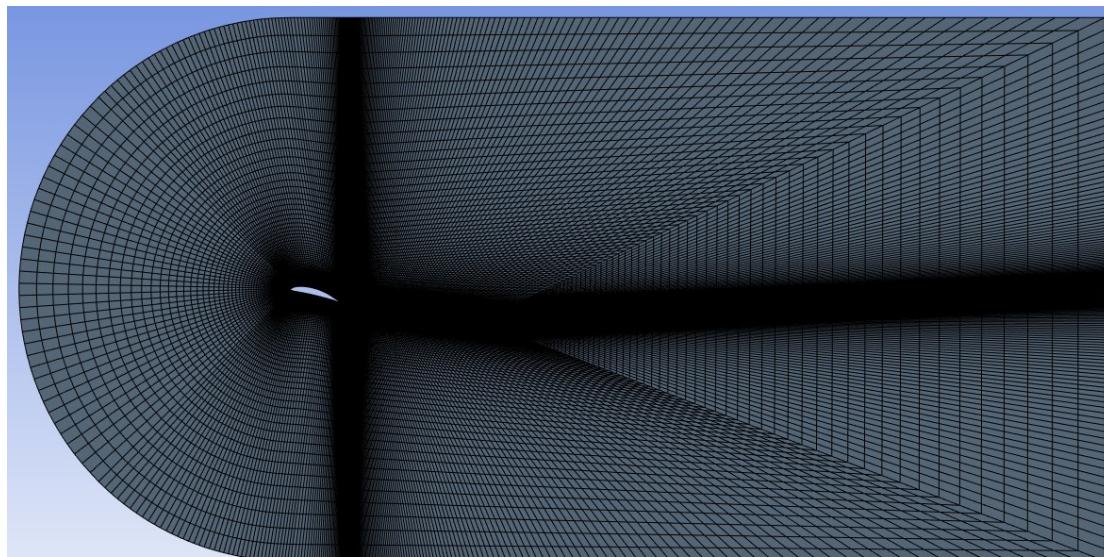
Μελέτη πλέγματος.....	3
Καμπύλες C_L, C_D	6
Ανάλυση άκρου πτέρυγας.....	8
Παράρτημα.....	10

A) Μελέτη πλέγματος:

Για τη μελέτη σύγκλισης πλέγματος, χρησιμοποιήται η γεωμετρία της αεροτομής MH108, τοποθετημένη σε γωνία προσβολής 4° . Έτσι, δομούνται πλέγματα με διάφορους αριθμούς στοιχείων και επιβλέπεται η σύγκλιση των μεταβλητών ενδιαφέροντος, στη συγκεκριμένη περίπτωση τα C_L , C_D . Για τη παρούσα εργασία μελετούνται δύο διαφορετικές μέθοδοι δόμησης πλέγματος που παρουσιάζονται σχηματικά παρακάτω. Το

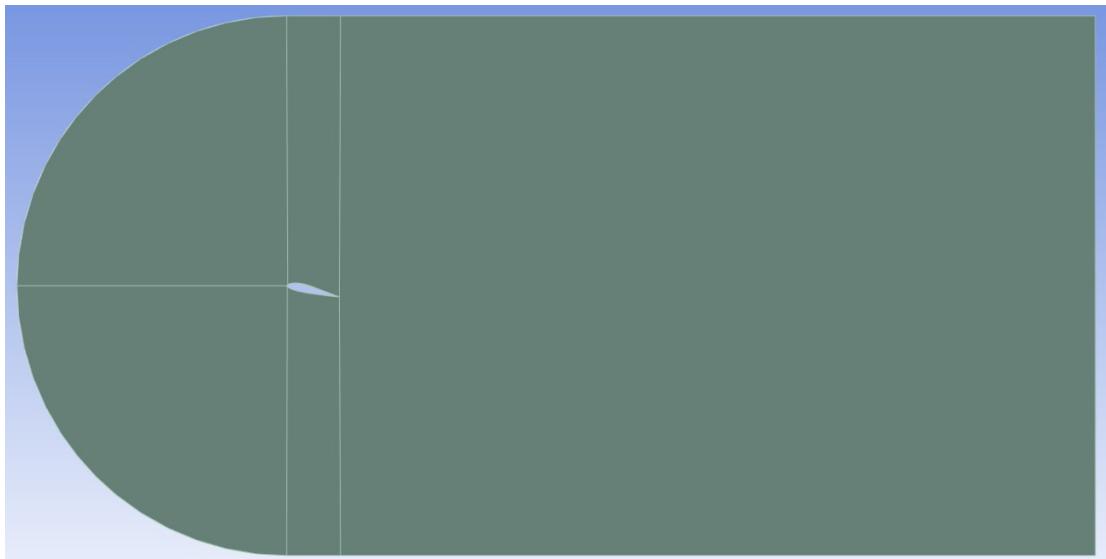


Classic C-Mesh

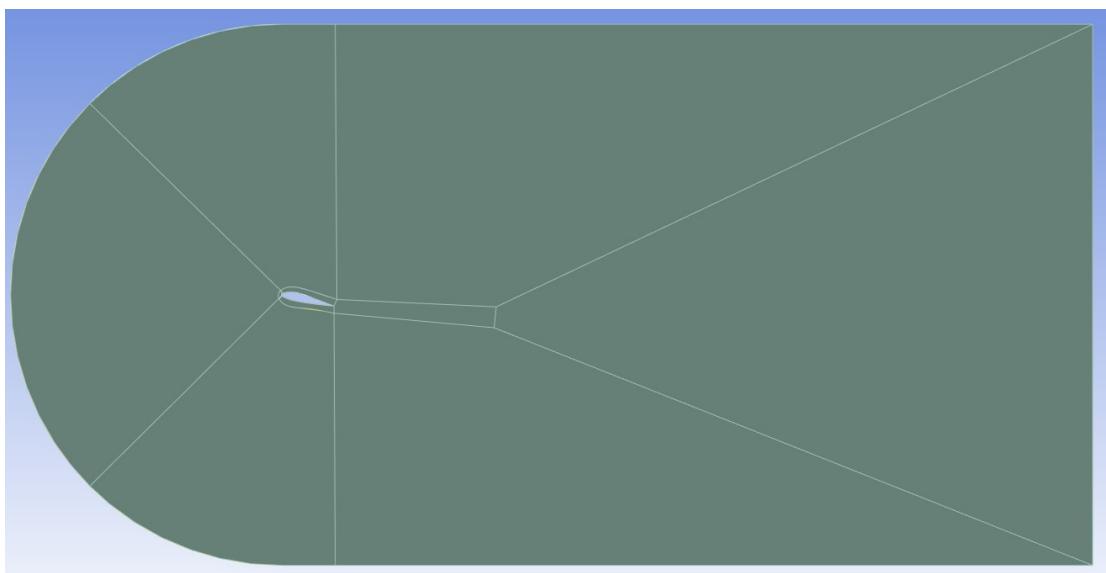


Modified C-Mesh

Για την παραγωγή του πλέγματος γίνεται διαχωρισμός του ροϊκού πεδίου σε υποχώρους όπως φαίνεται παρκάτω, οι οποίοι μετά “γεμίζονται” με πύκνωση προς τις περιοχές ενδιαφέροντος.

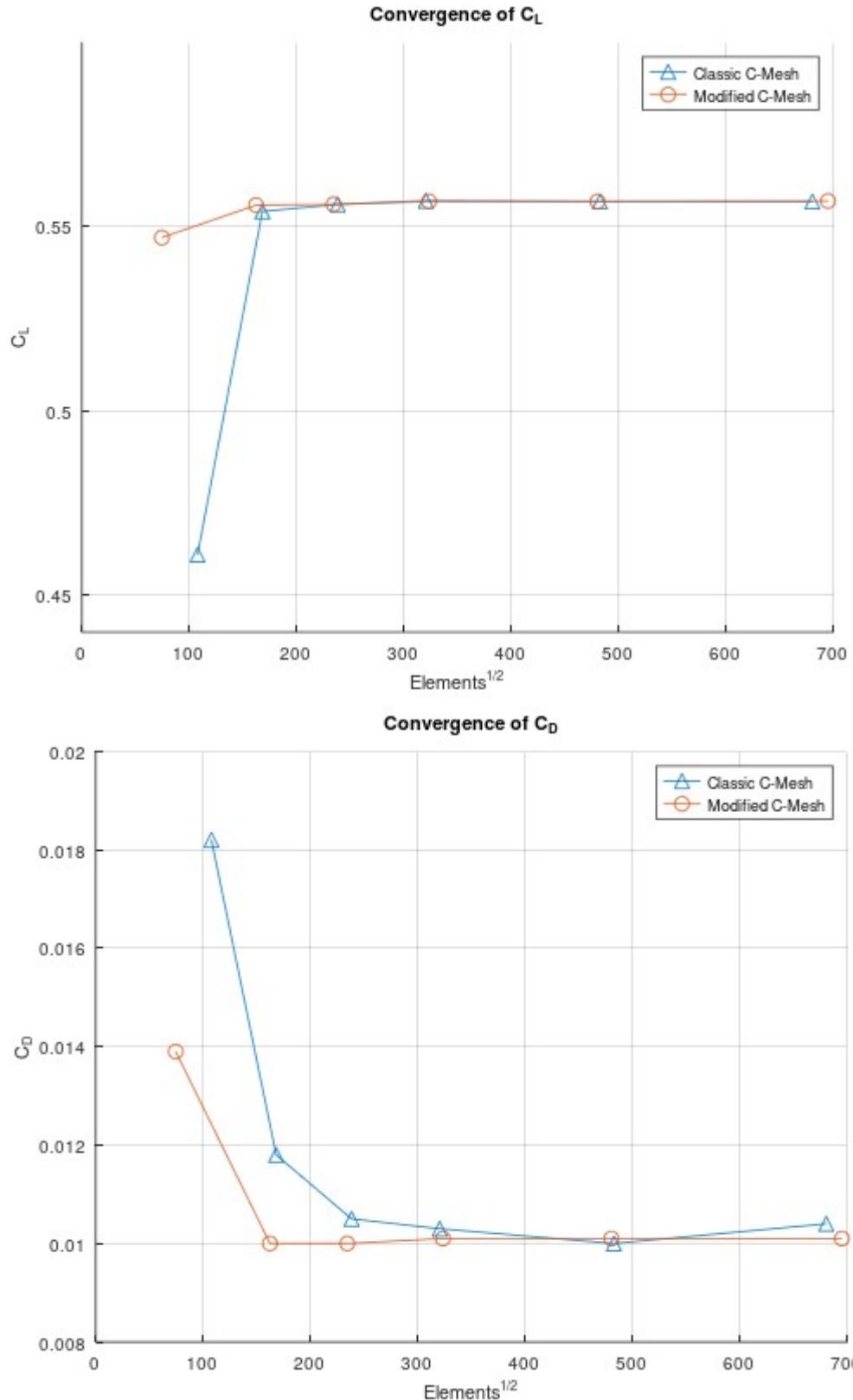


Αρχική γεωμετρία Classic C-Mesh



Αρχική γεωμετρία Modified C-Mesh

Μετά τη δημιουργία και επίλυση πλεγμάτων διαφόρων πυκνοτήτων, αποκτούνται οι συντελεστές, όπου και παρουσιάζονται διαγραμματικά παρακάτω. Επίσης παρουσιάζεται και ένας πίνακας με τα μέγιστα υπολογιζόμενα γ⁺ ανάλογα τον αριθμό των στοιχείων.



Classic C-Mesh		Modified C-Mesh	
Elements	y+	Elements	y+
11600	1950	5544	858
28240	407	26310	92.5
56750	132	54872	74
102600	105	104500	21.5
232800	34.2	230550	15.4
462800	7	482800	12.8

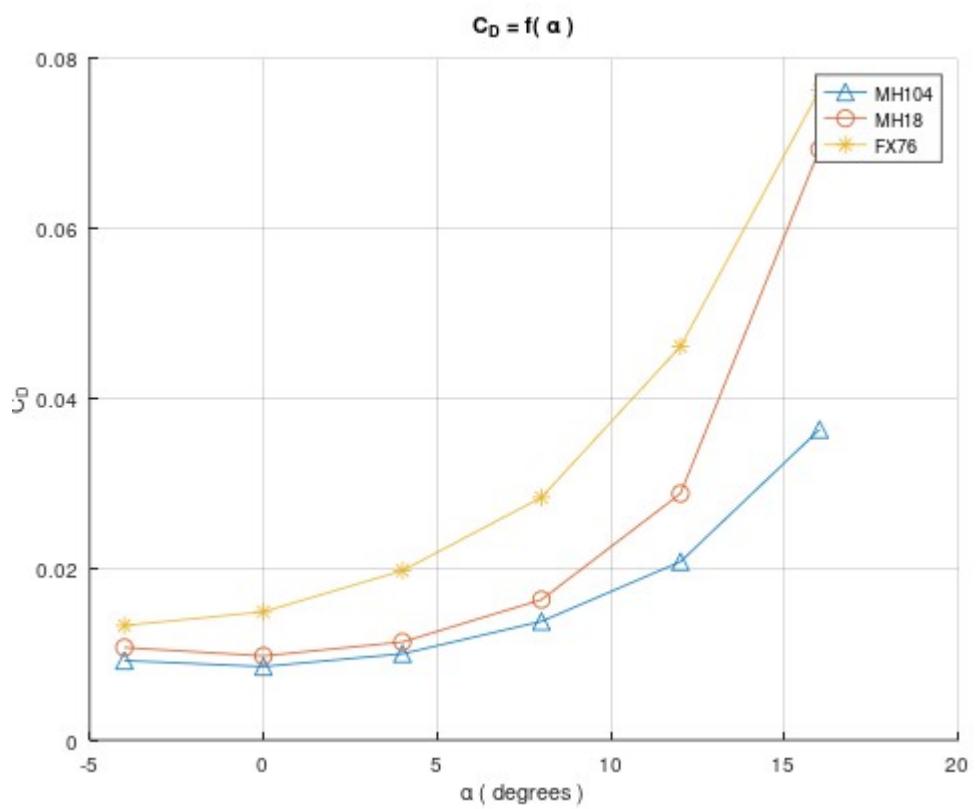
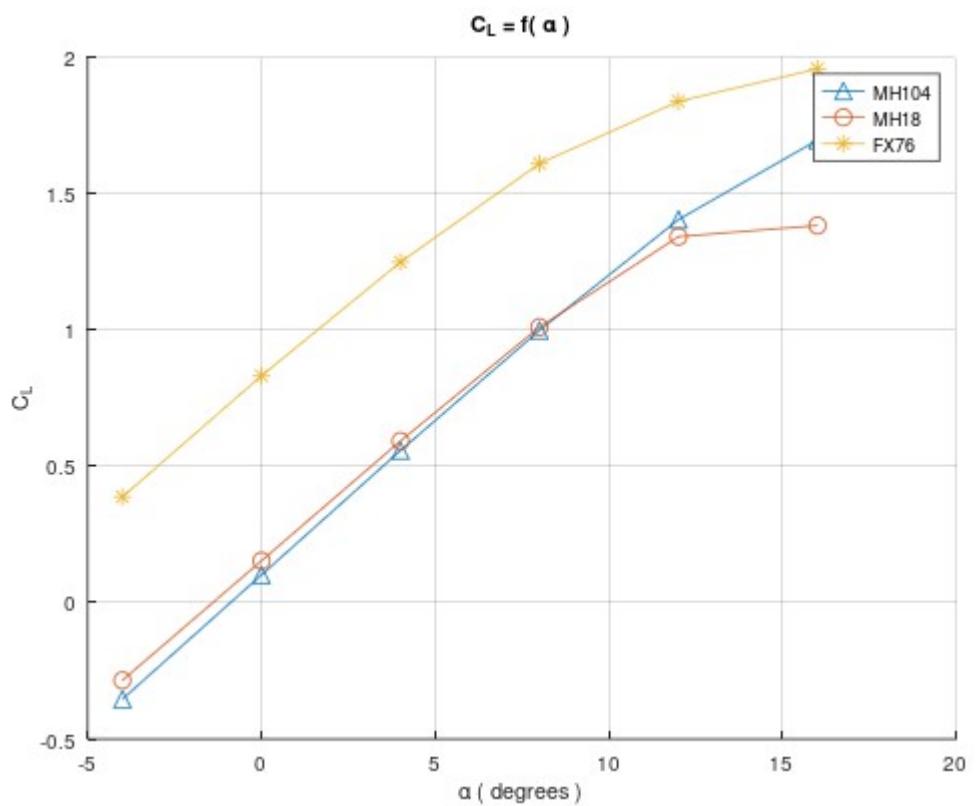
Έτσι, υπόψη της ακρίβειας αλλά και του υπολογιστικού κόστους, για τη συνέχεια της ανάλυσης δομήται πλέγμα 85310 στοιχείων, με τη μορφή “Modified C-Mesh”.

B) Καμπύλες C_L , C_D :

Για την εξαγωγή των καμπυλών C_L και C_D , για διάφορες γωνίες προσβολής, γίνεται παρεμβολή σε σημεία υπολογισμού. Συγκεκριμένα αναλύονται οι τρείς αεροτομές για διάφορες γωνίες προσβολής. Οι καμπύλες που εξάγονται παρουσιάζονται παρακάτω, μαζί με τα μέγιστα y^+ . Η πιο ξεκάθαρη συμπεριφορά του ροϊκού πεδίου φαίνεται στις απεικονίσεις των αποτελεσμάτων κάθε ανάλυσης, στο παράρτημα.

α (deg)	MH-104	MH-18	FX76-MP-120
-4	31.9	11.1	8.74
0	32.4	9.38	8.63
4	30.9	8.66	8.77
8	28.1	11.1	9.92
12	31.3	15.3	11.5
16	39.5	17.3	12.2

y^+ για κάθε αεροτομή για κάθε γωνία προσβολής σε πλέγμα 85000 στοιχείων



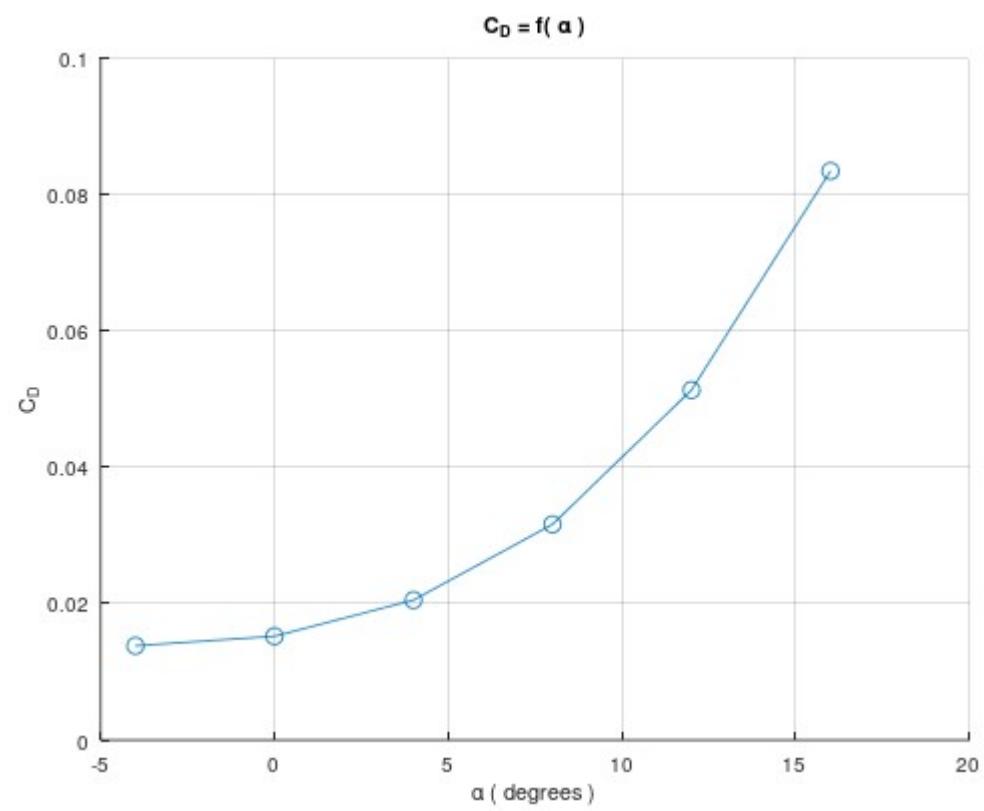
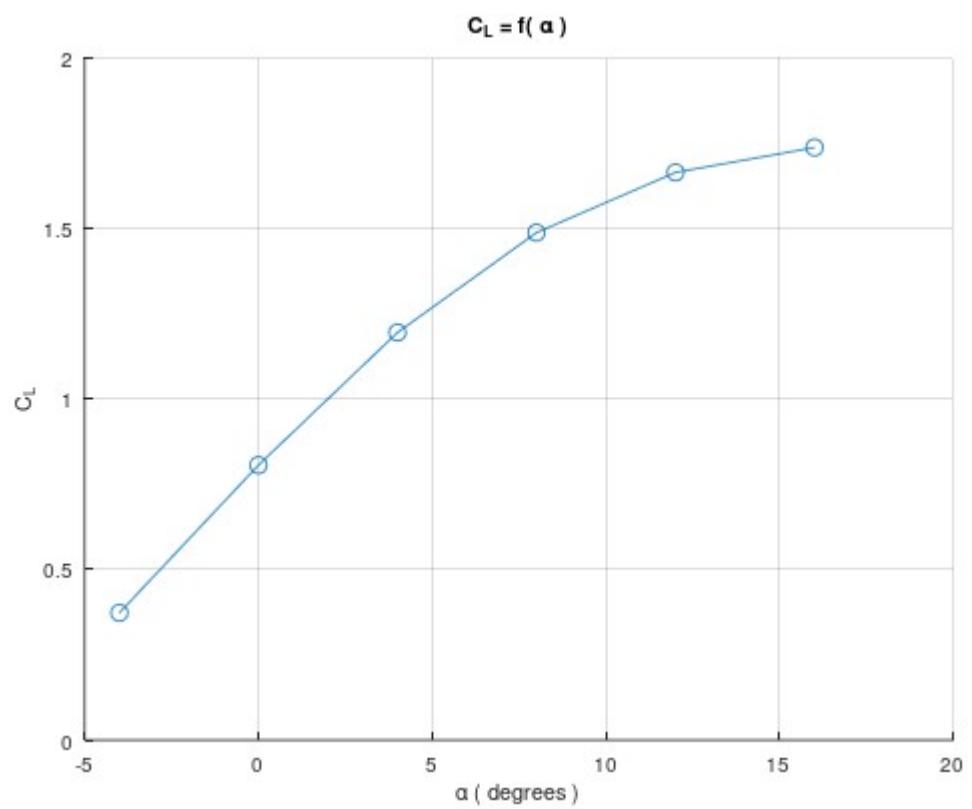
Επίλυση:

Για τις οριακές συνθήκες, επιλέγεται το ημικύκλιο του όγκου ελέγχου να έχει ταχύτητα $u = 0.15c = 49.35 \text{ m/s}$, ενώ οι άνω και κάτω πλευρές του όγκου τείθονται ως τοίχοι με μηδενική επιφανειακή τάση. Τέλος, το δεξί άκρο του όγκου αφήνεται απροσδιόριστο. Χωρίς φαινόμενα συμπιεστότητας, επιλέγεται ο pressure based συμπιεστής, ενώ στο ρευστό δίνονται οι ιδιότητες του αέρα του υψημέτρου πτήσης. Οι συντελεστές χαλάρωσης των εξισώσεων μειώνονται μόνο όταν αργεί η σύγκλιση. Το μοντέλο τύρβης είναι το μοντέλο Spalart - Allmaras, και για οριακές συνθήκες, σύμφωνα με τις συστάσεις των Rumsey-Spalart θα έχουμε: $\tilde{v} / v = 3$ καθώς δεν έχουμε πολύ ψηλούς Re .

Γ) Ανάλυση άκρου πτέρυγας:

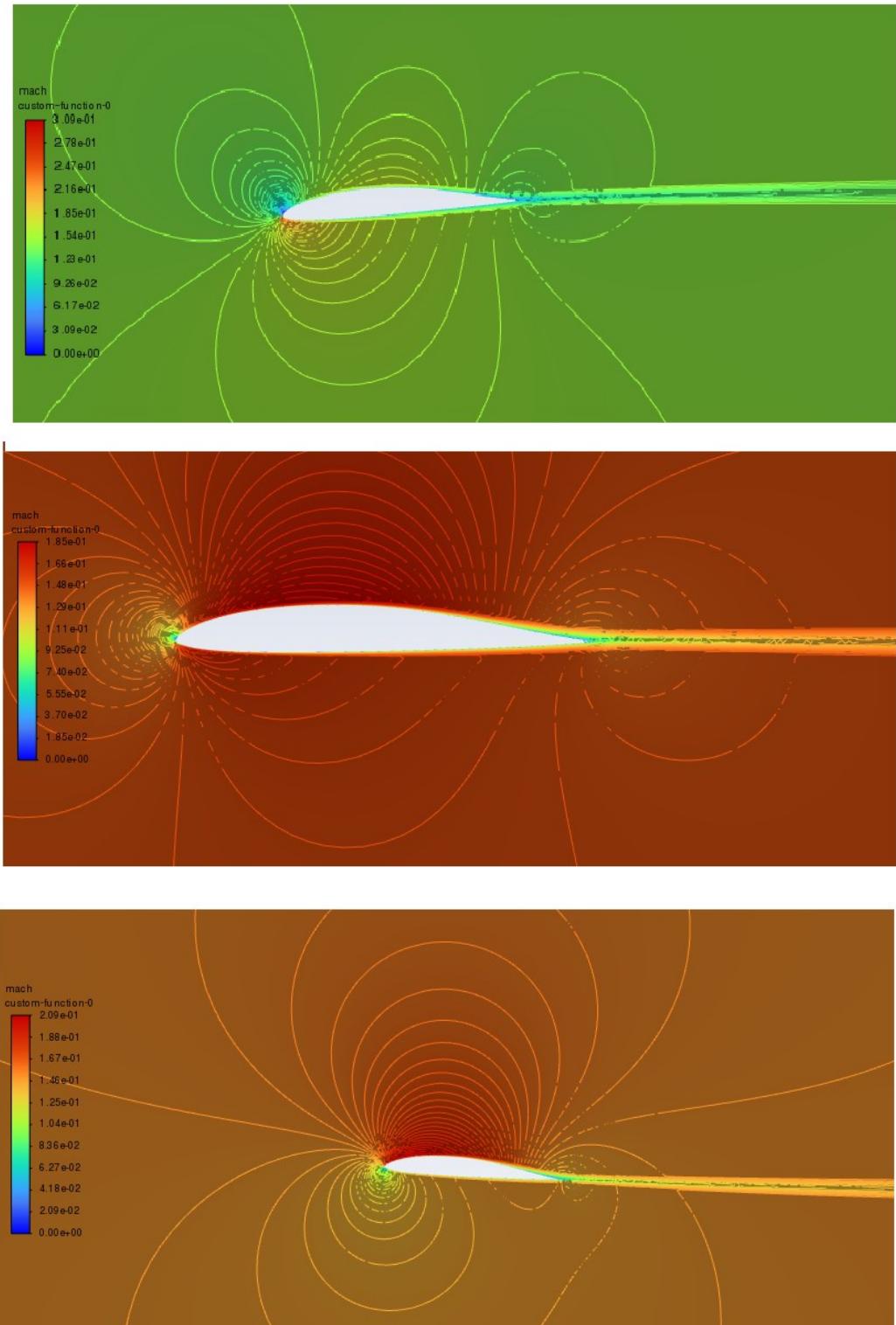
Ομοίως με πριν ξαναλύνεται το πεδίο ροής του άκρου της πτέρυγας, αυτή τη φορά με το μοντέλο τύρβης δύο εξισώσεων k - ω , με οριακές τιμές (πάλι σύμφωνα με τους Spalart - Rumsey): $k = 10^{-6} U^2$ και $\omega = 5U/c$. Από τα παρακάτω είναι φανερό ότι το k - ω εκτιμάει λίγο υψηλότερες εοιφανειακές τάσεις.

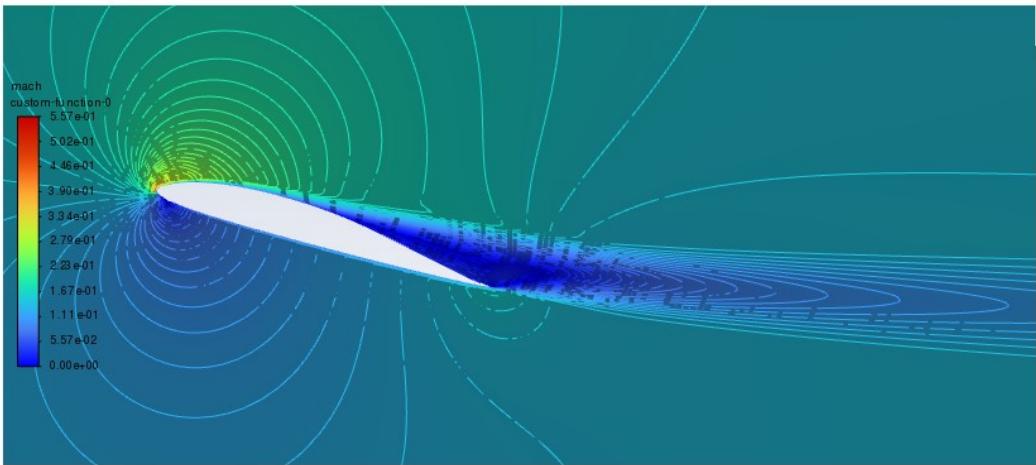
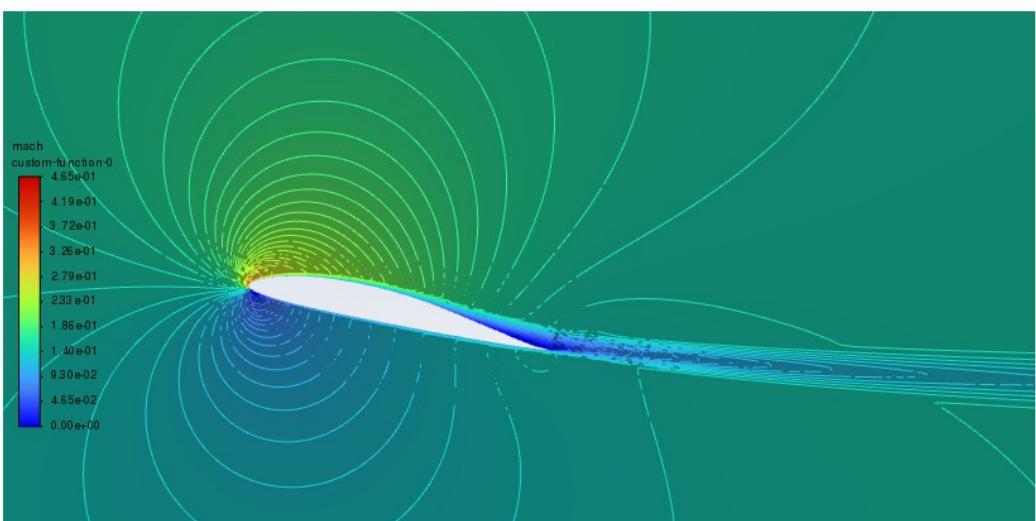
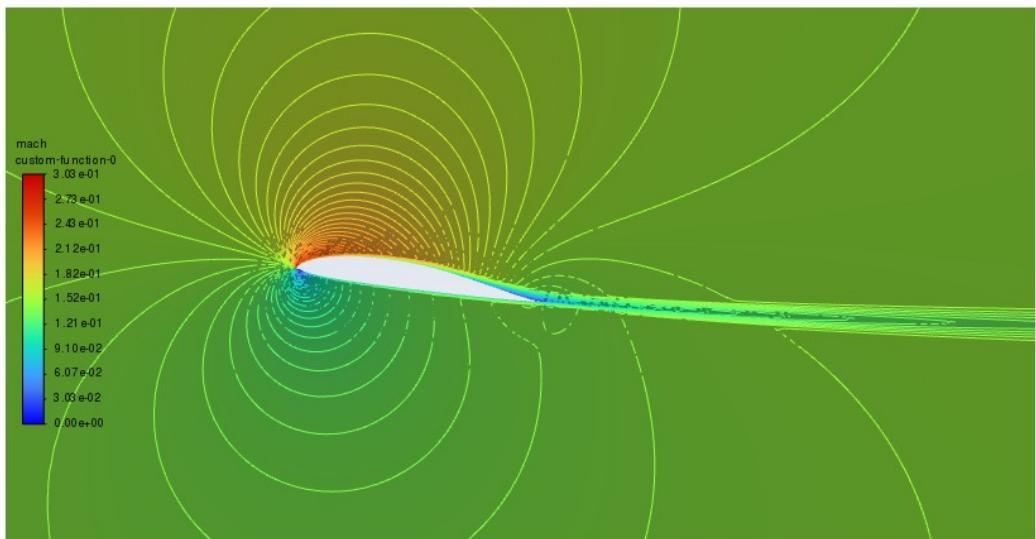
α (deg)	-4	0	4	8	12	16
$y+$	9.62	9.19	9.82	12.7	15.7	18



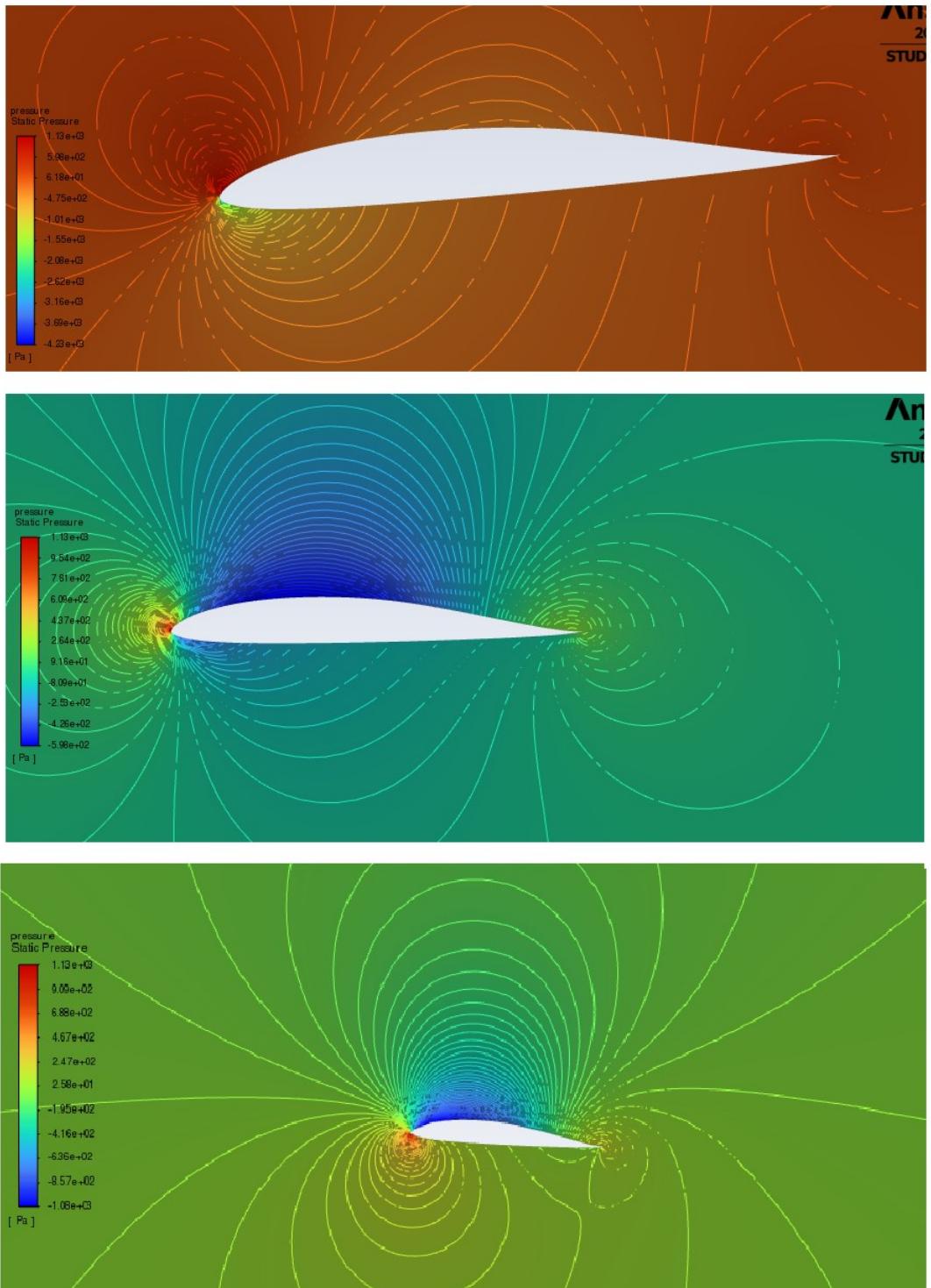
Παράρτημα

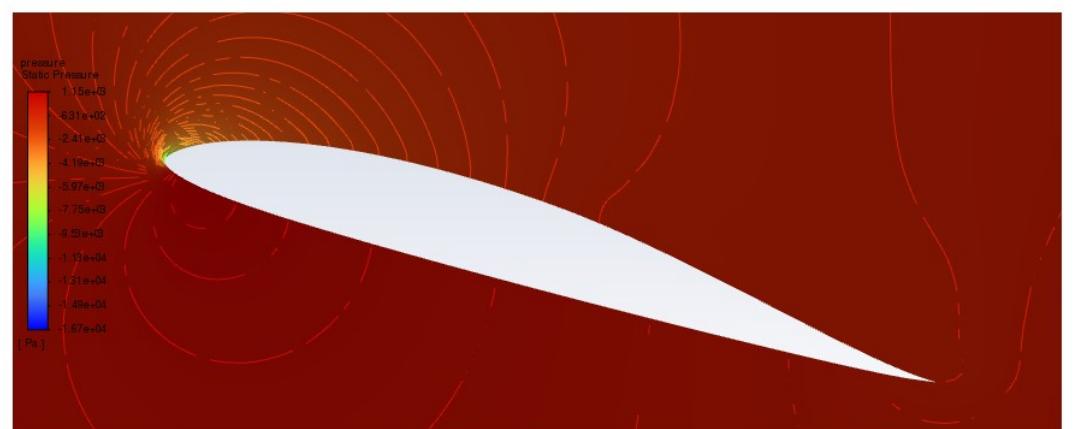
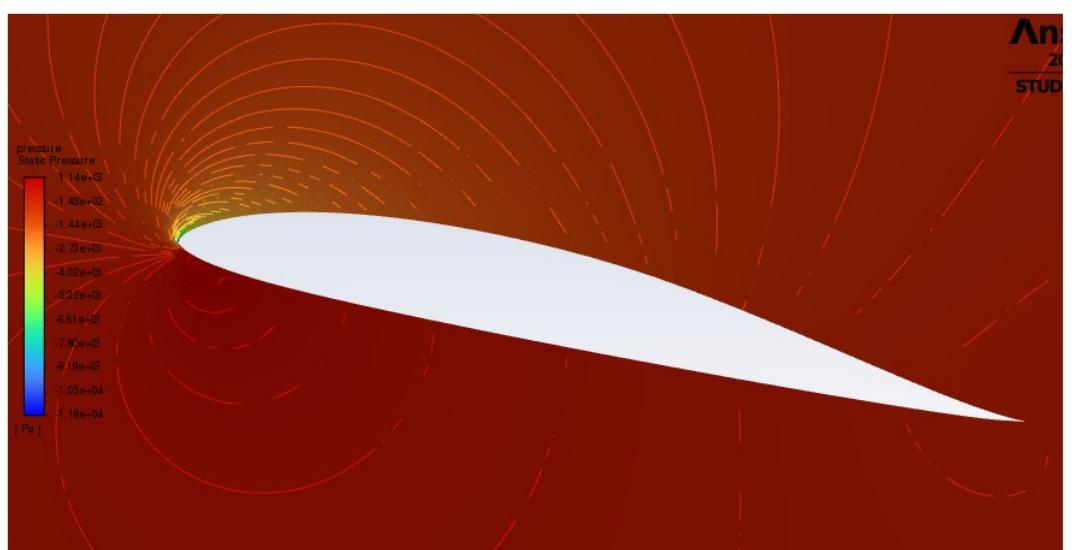
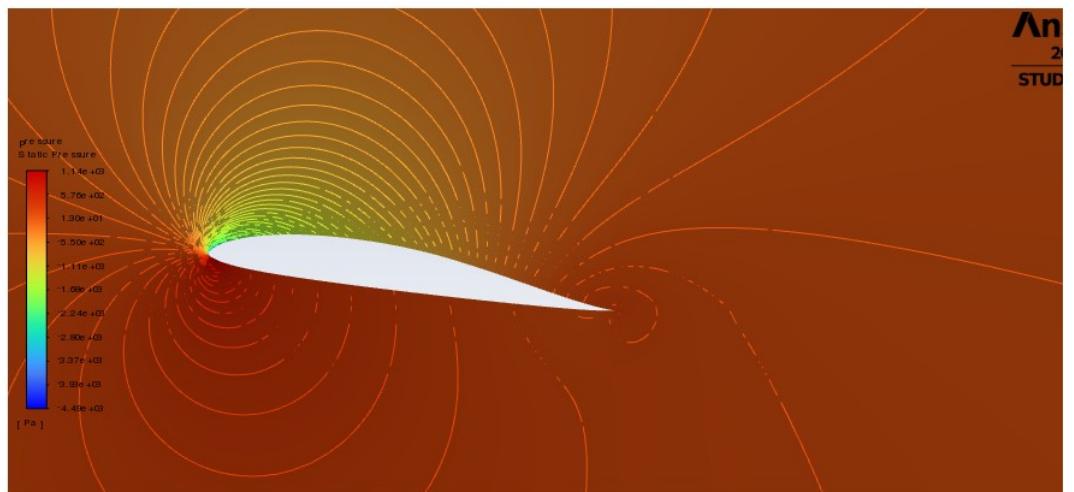
Εξέλιξη αριθμού Mach πεδίου ροής ανάλογα με τη γωνία προσβολής.
Άεροτομή: MH-18



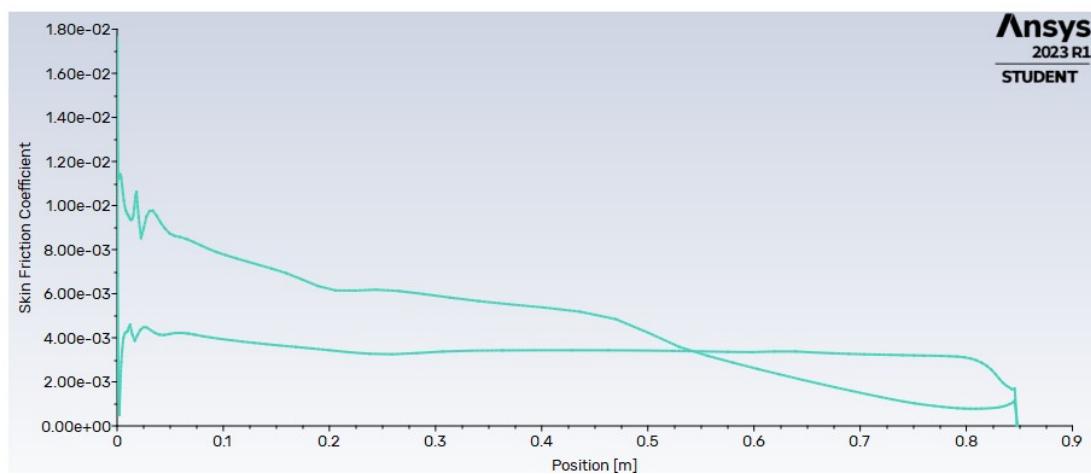
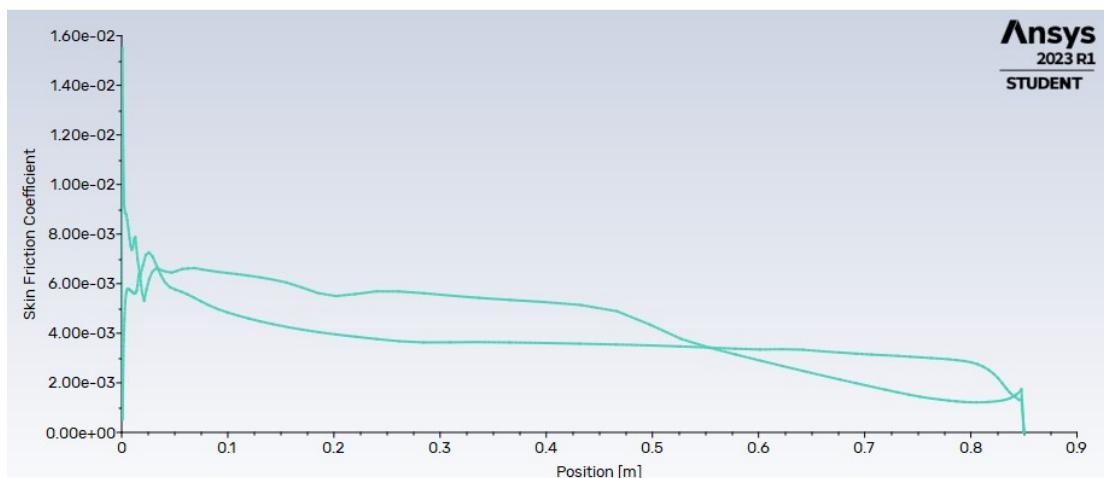
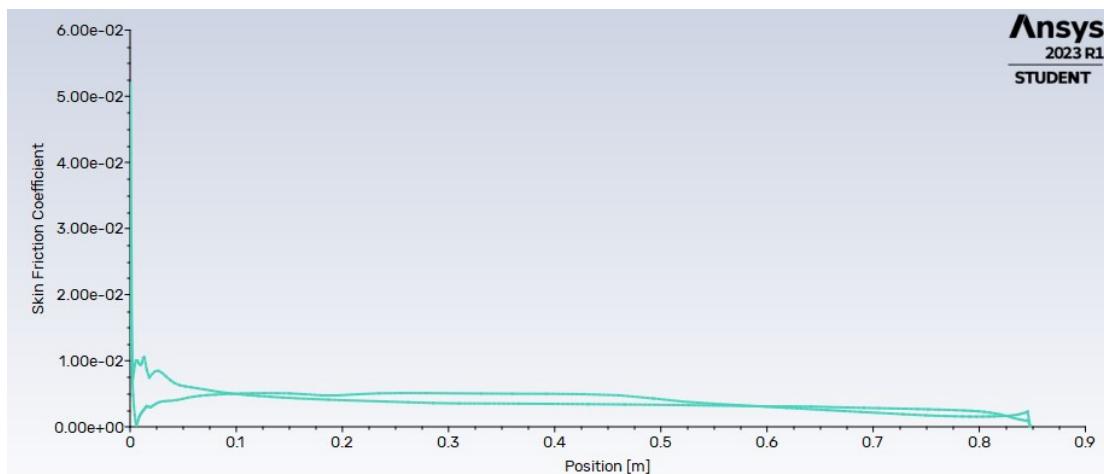


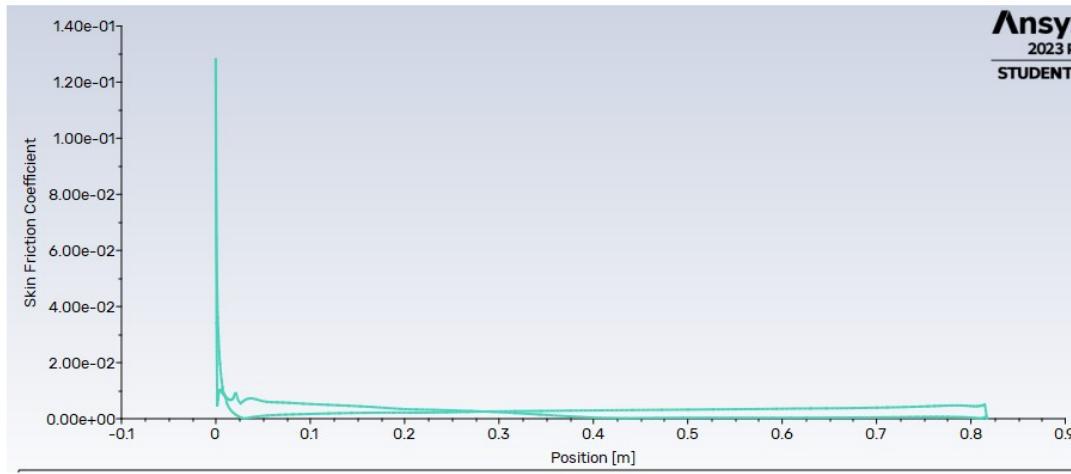
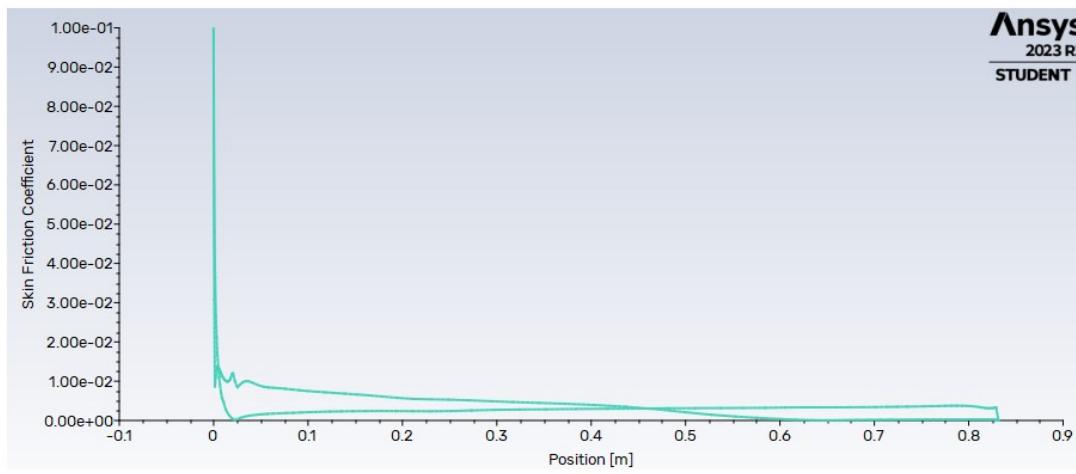
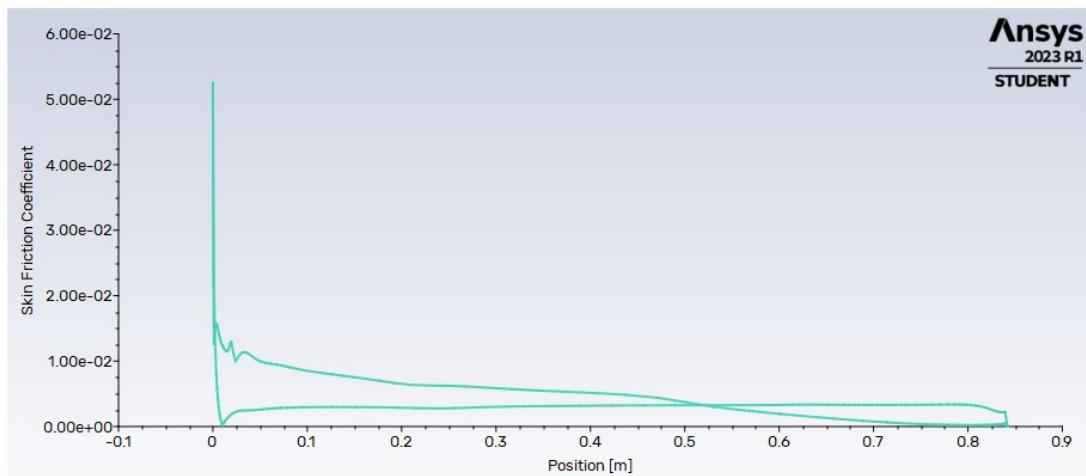
Εξέλιξη σχετικής στατικής πίεσης πεδίου ροής ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Άεροτομή: MH-18



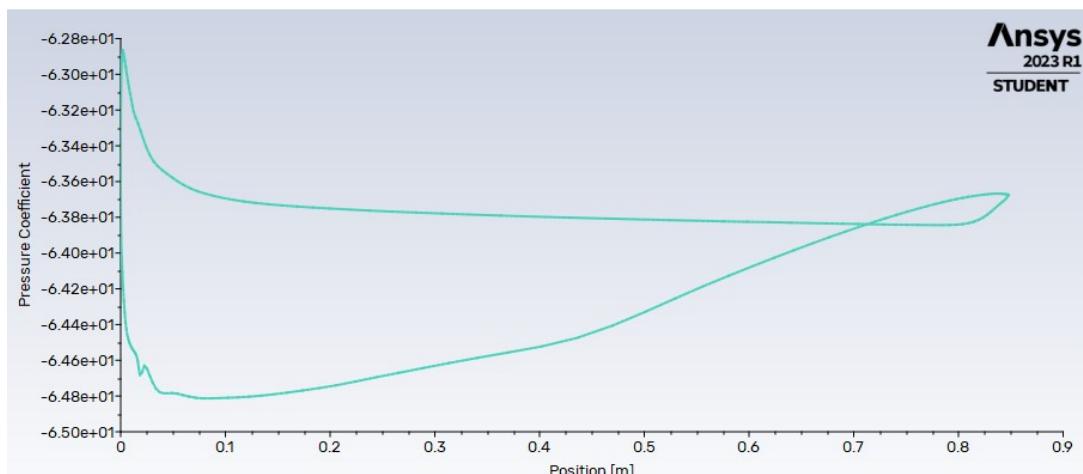
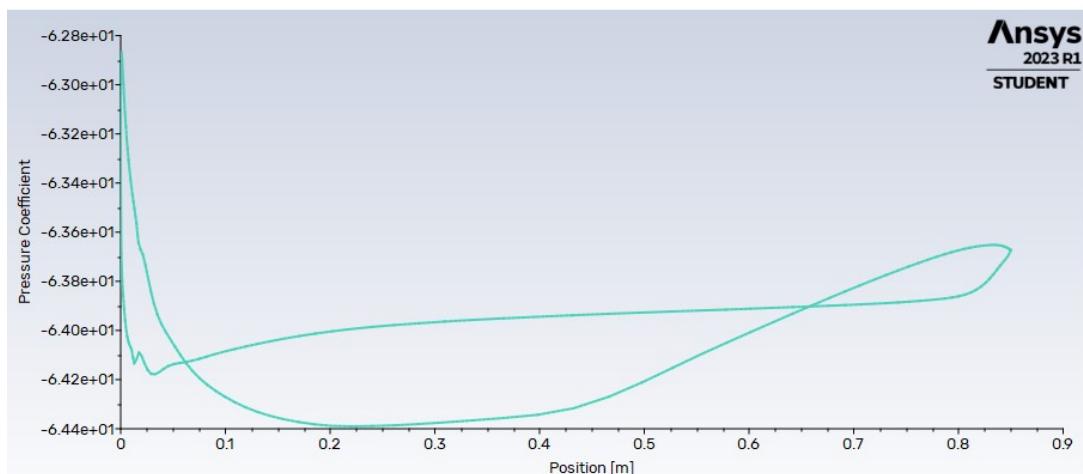
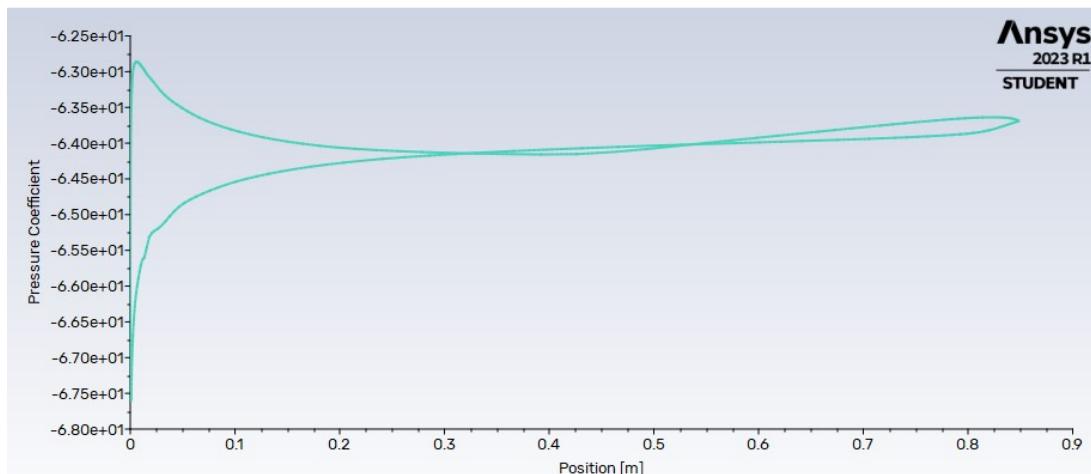


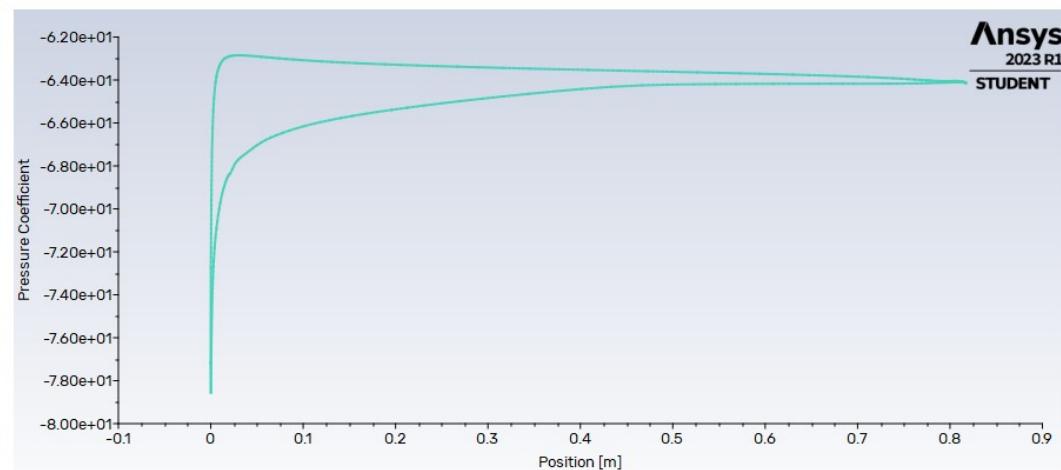
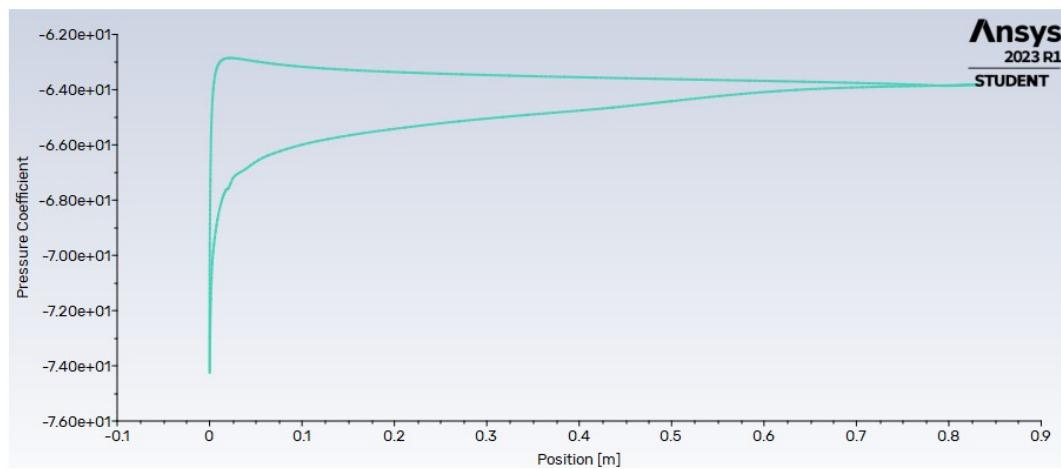
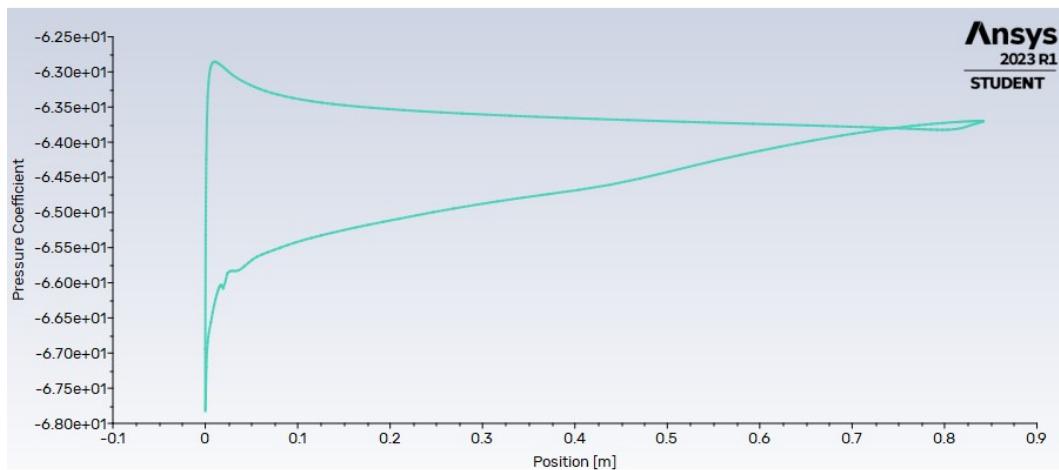
*Εξέλιξη αδιάστατου συντελεστή τριβής στην επιφάνεια αεροτομής
ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Άεροτομή: MH-18*





*Εξέλιξη αδιάστατου συντελεστή πίεσης στην επιφάνεια αεροτομής
ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Αεροτομή: MH-18*

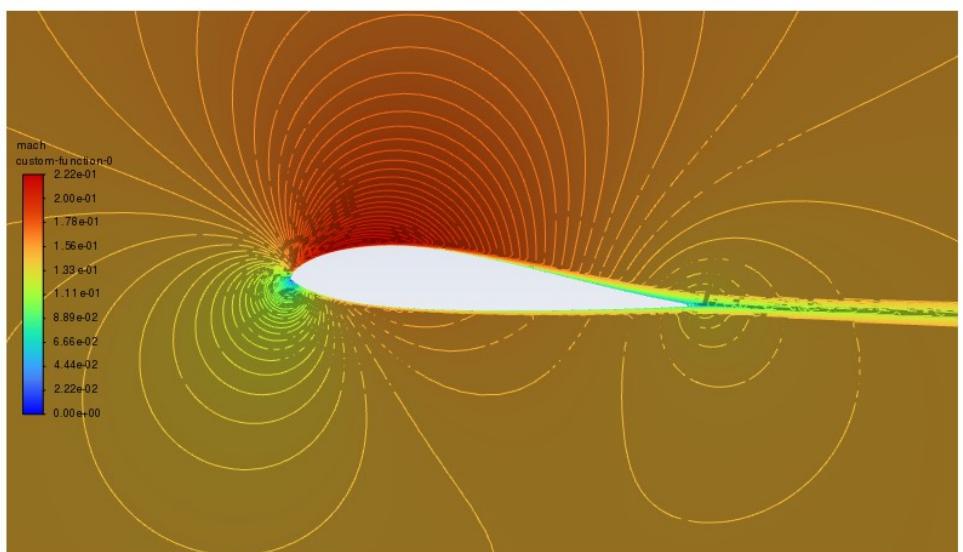
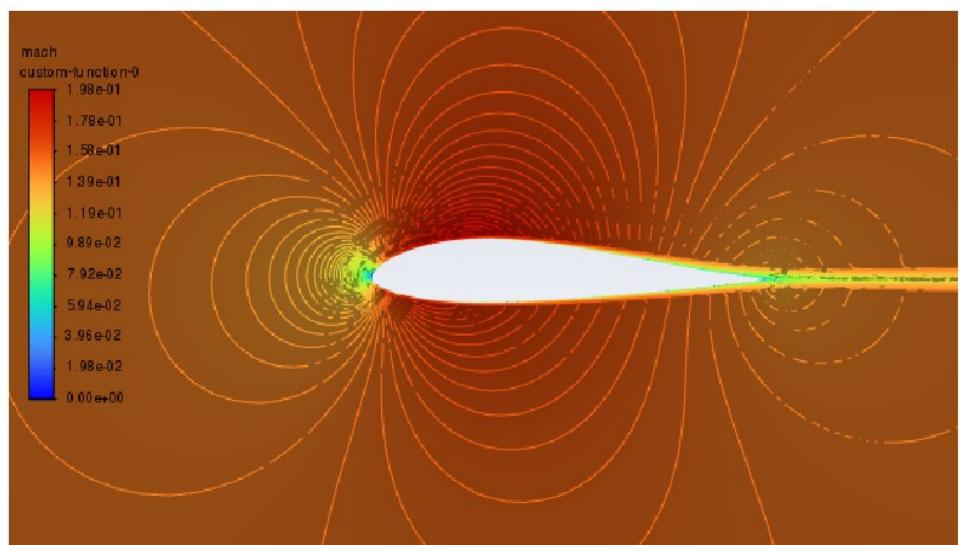
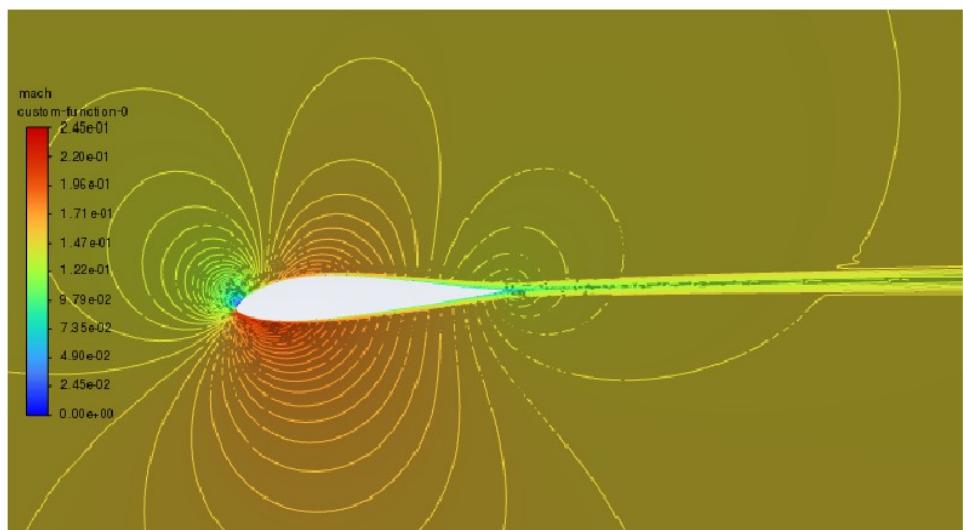


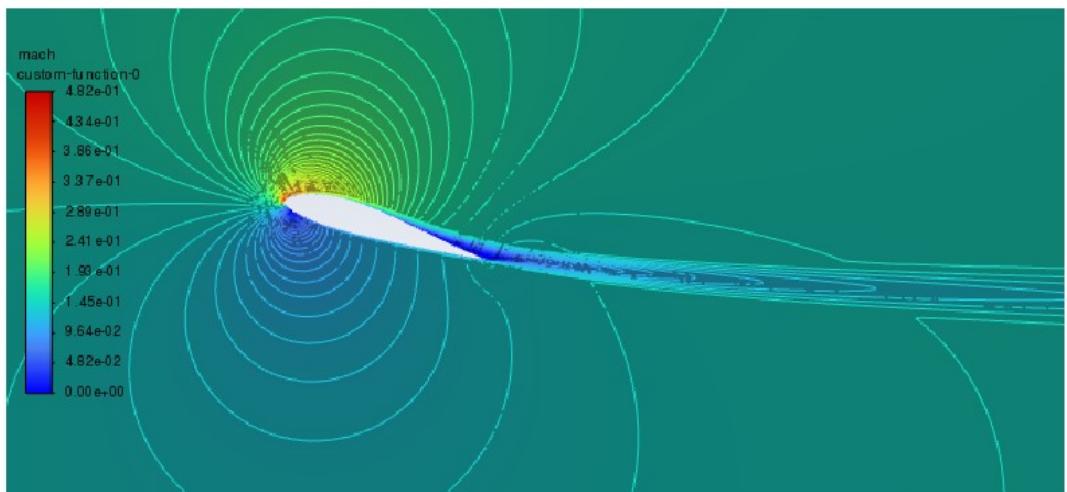
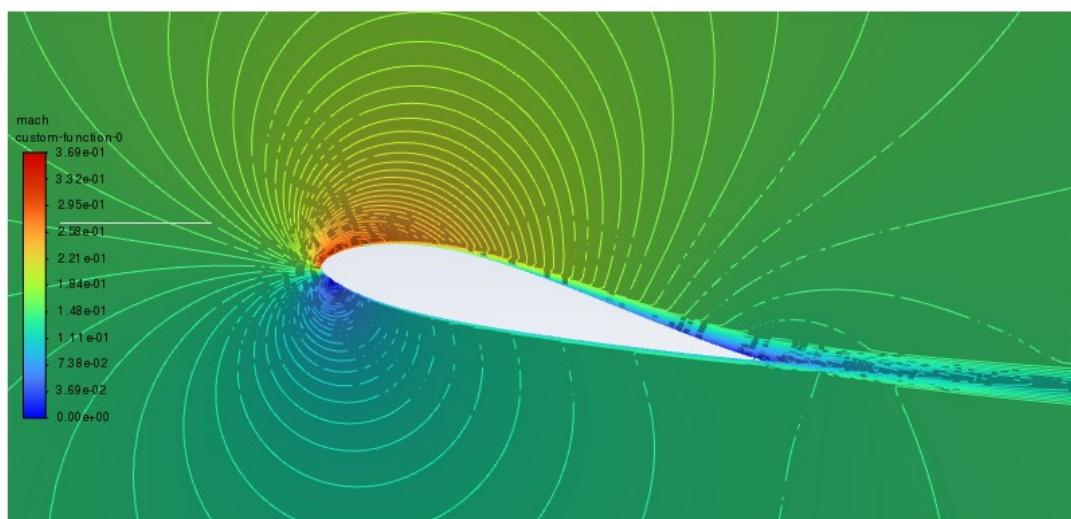
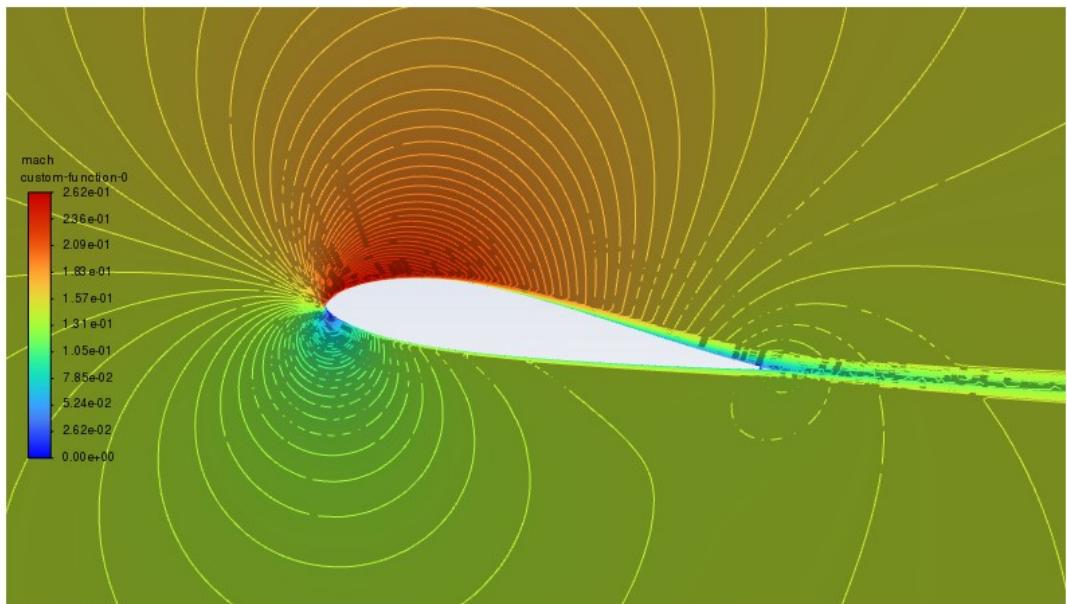


Εξέλιξη αριθμού *Mach* πεδίου ροής ανάλογα με τη γωνία προσβολής.

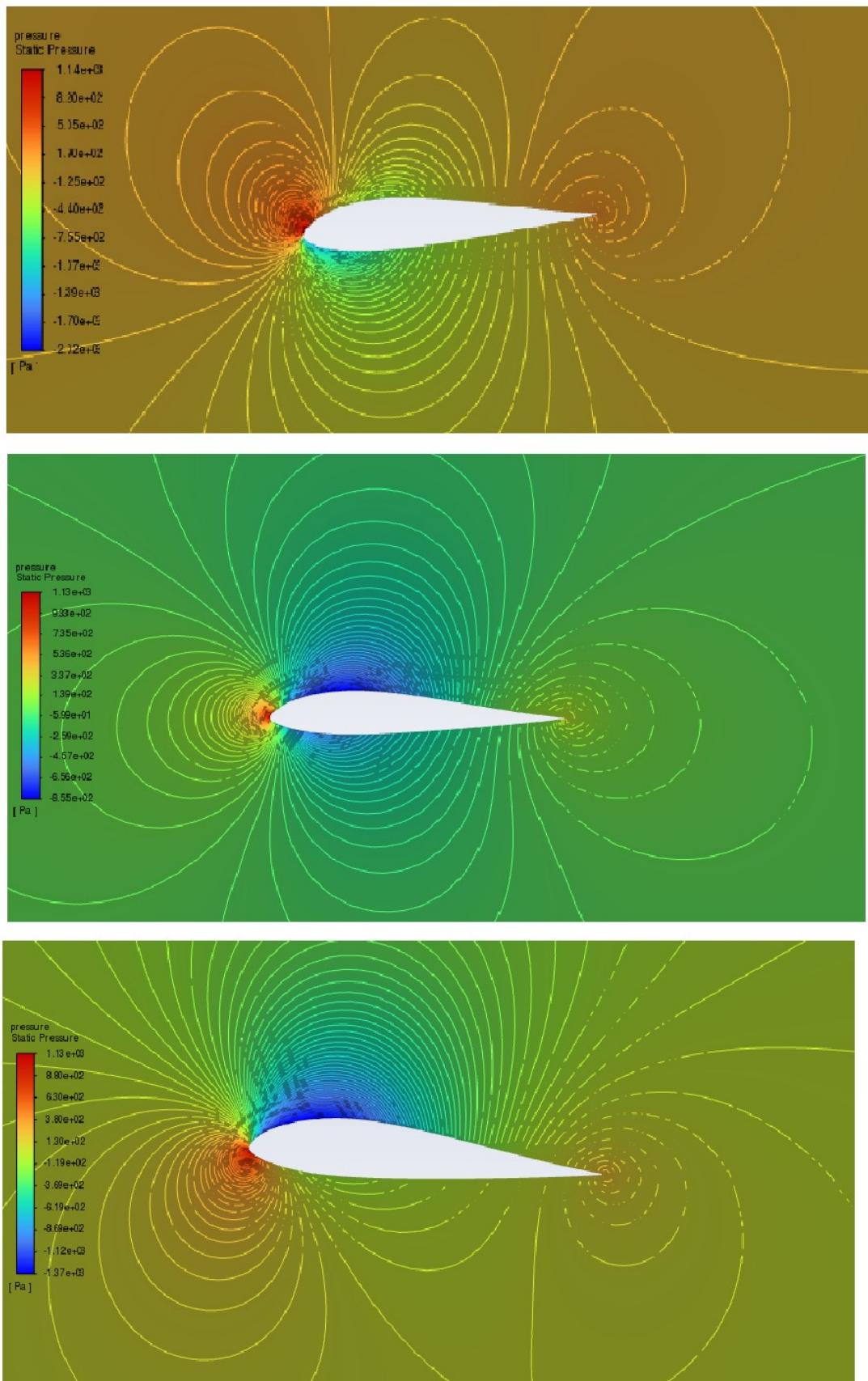
Άεροτομή:

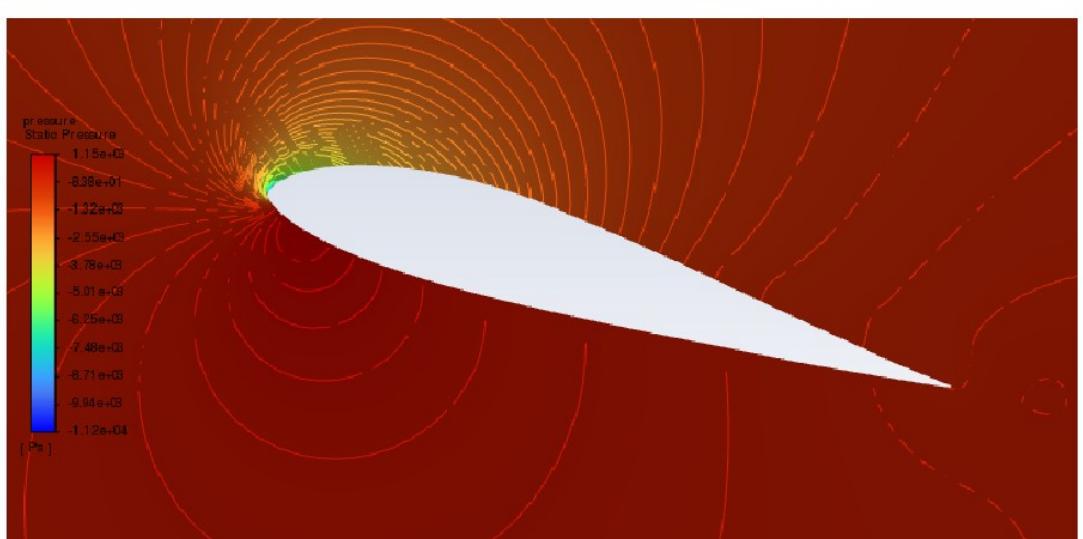
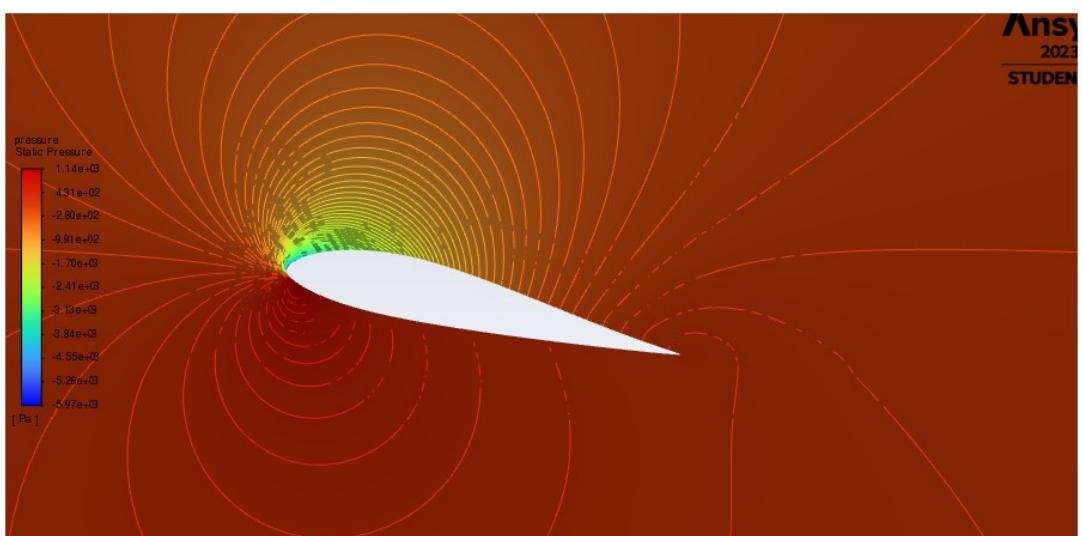
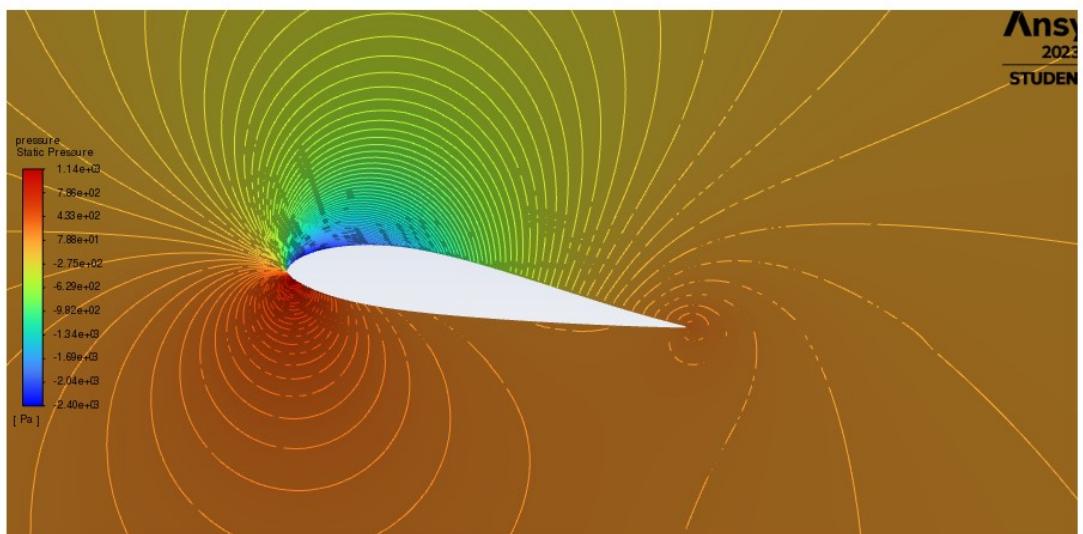
MH-104



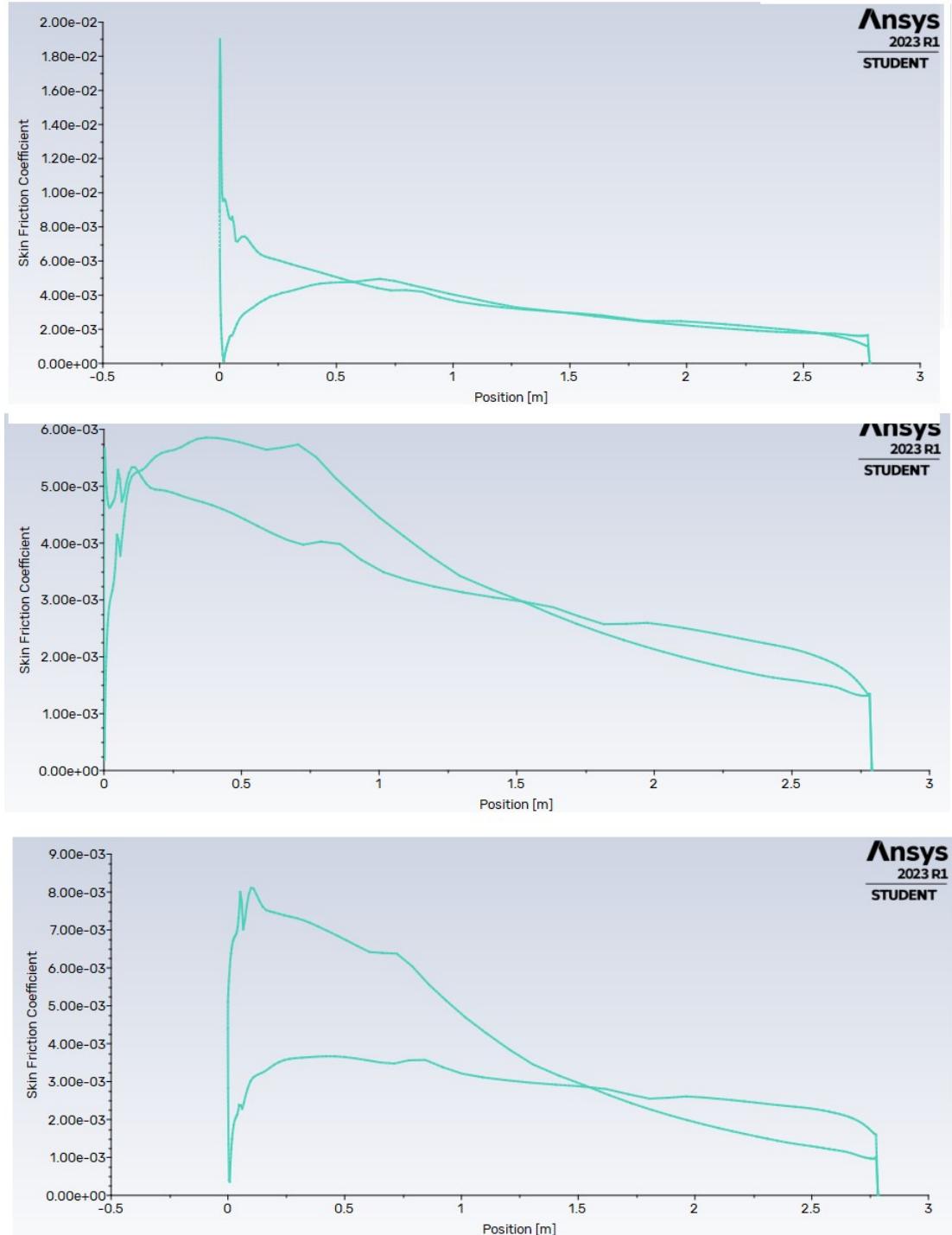


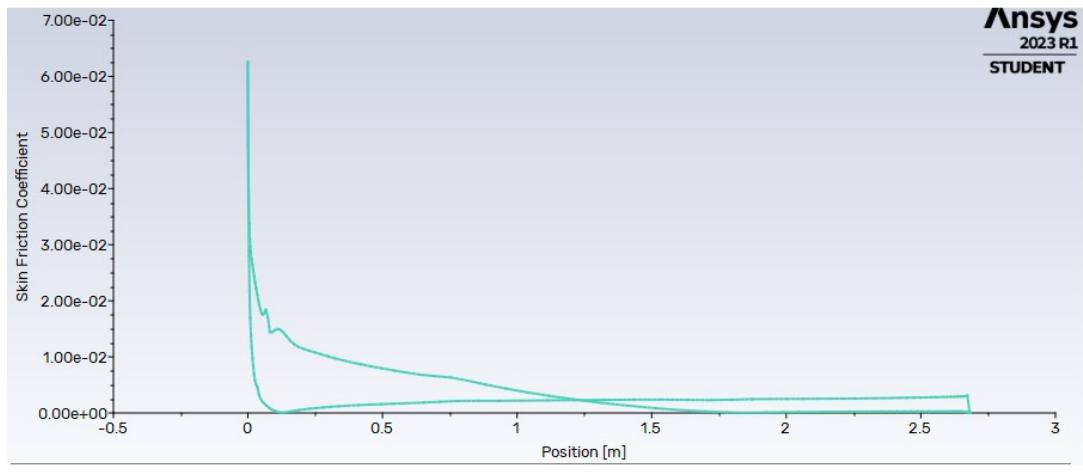
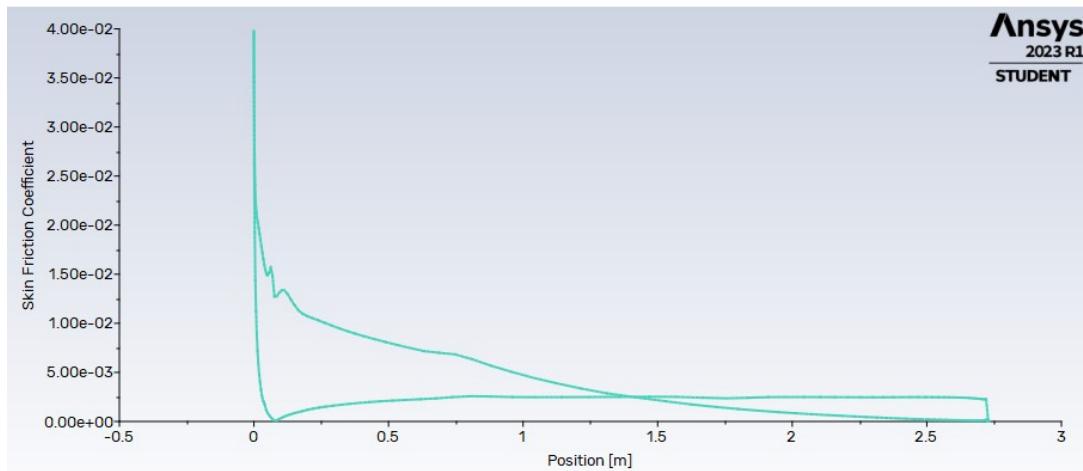
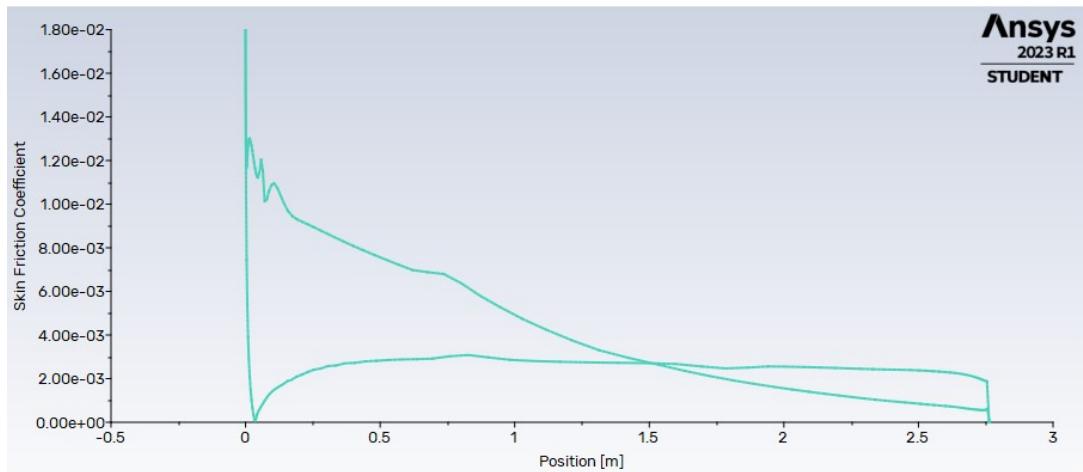
Εξέλιξη σχετικής στατικής πίεσης πεδίου ροής ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Άεροτομή: MH-104



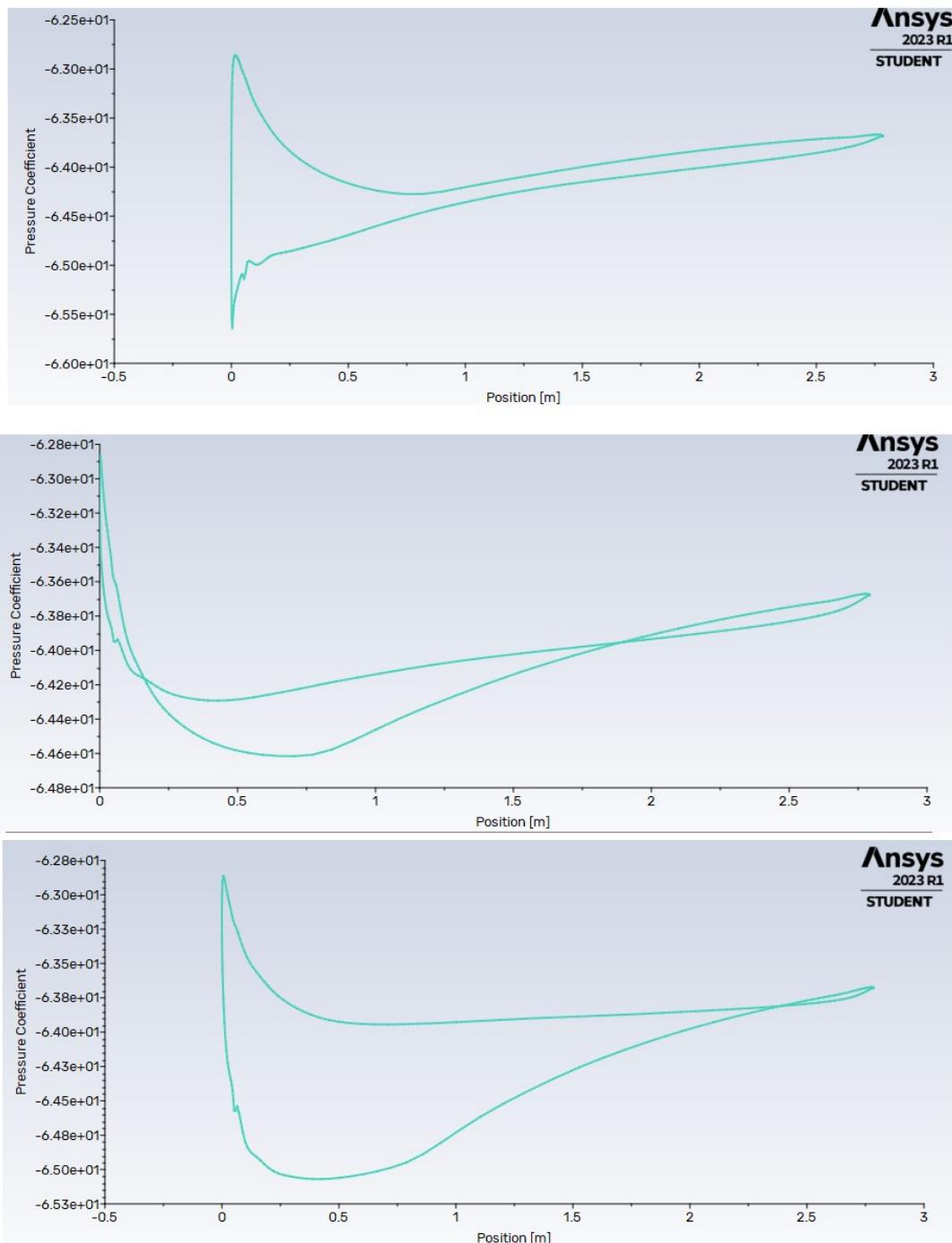


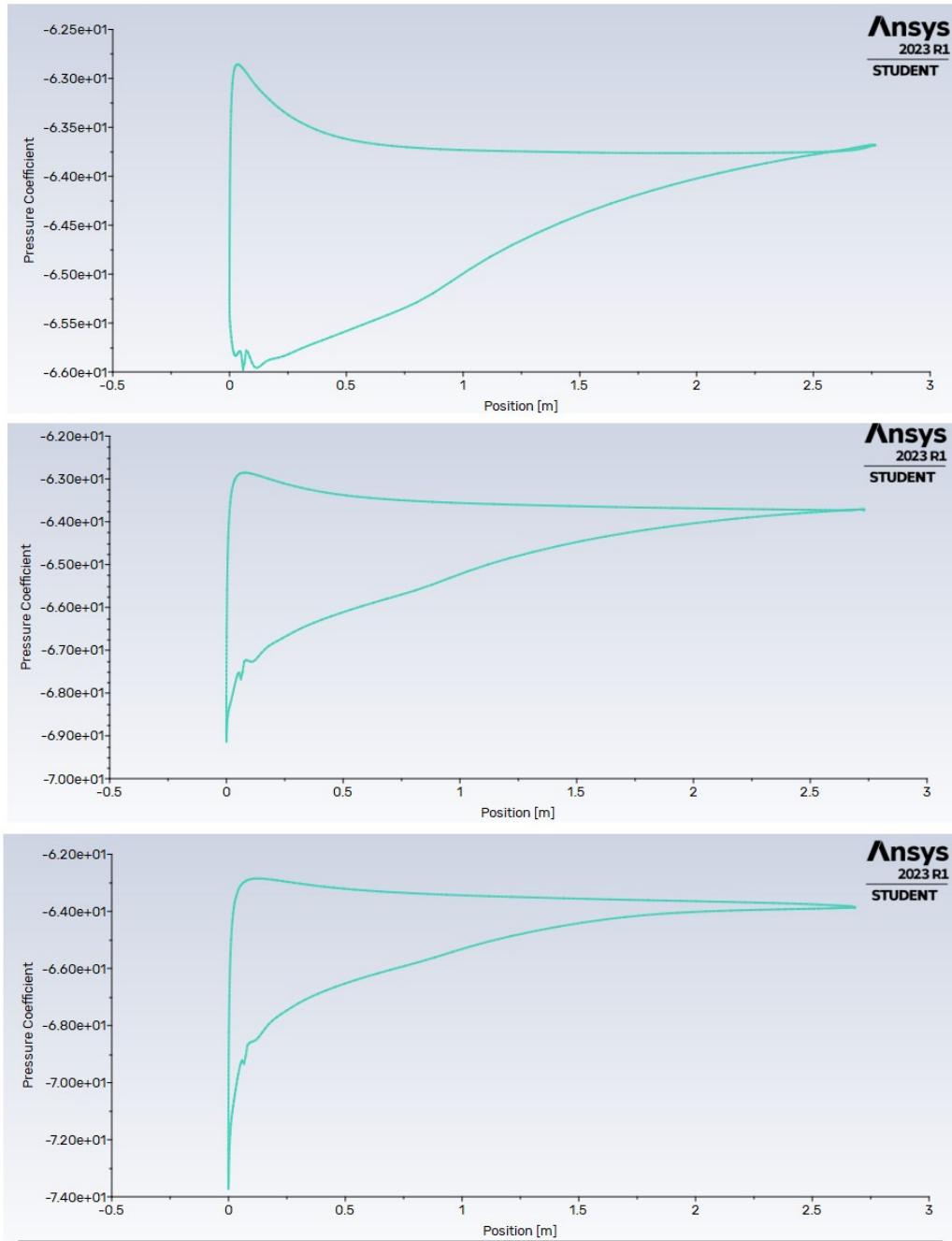
*Εξέλιξη αδιάστατου συντελεστή τριβής στην επιφάνεια αεροτομής
ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Άεροτομή: MH-104*



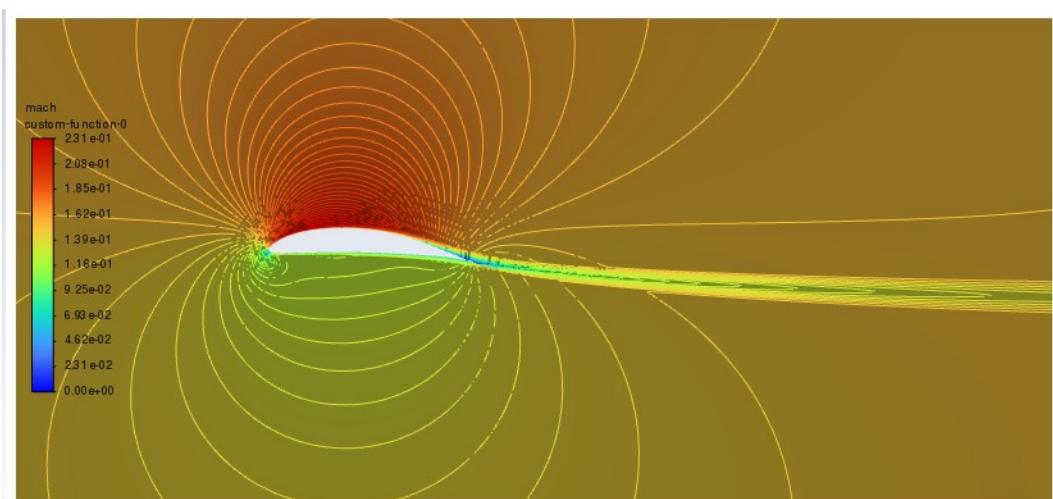
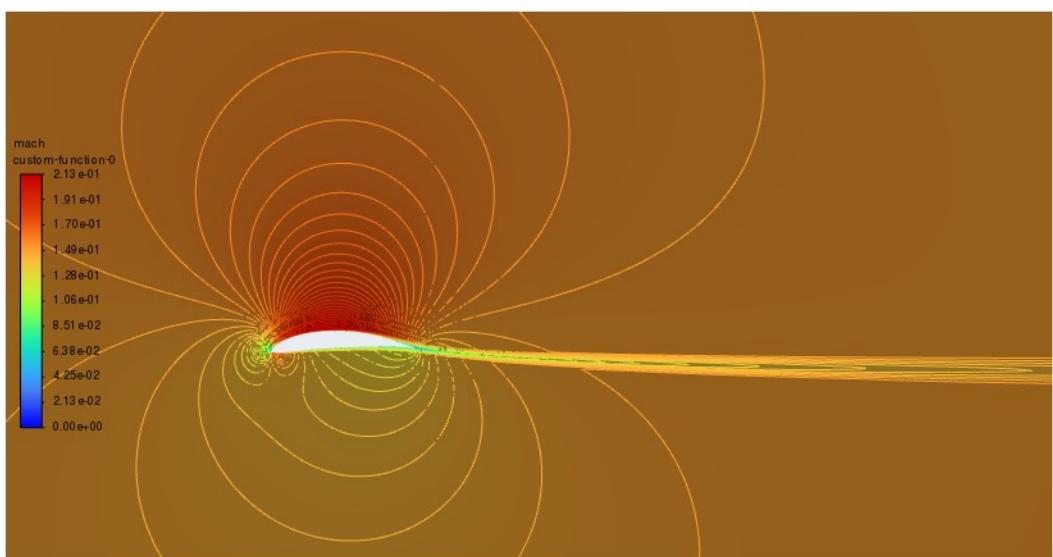
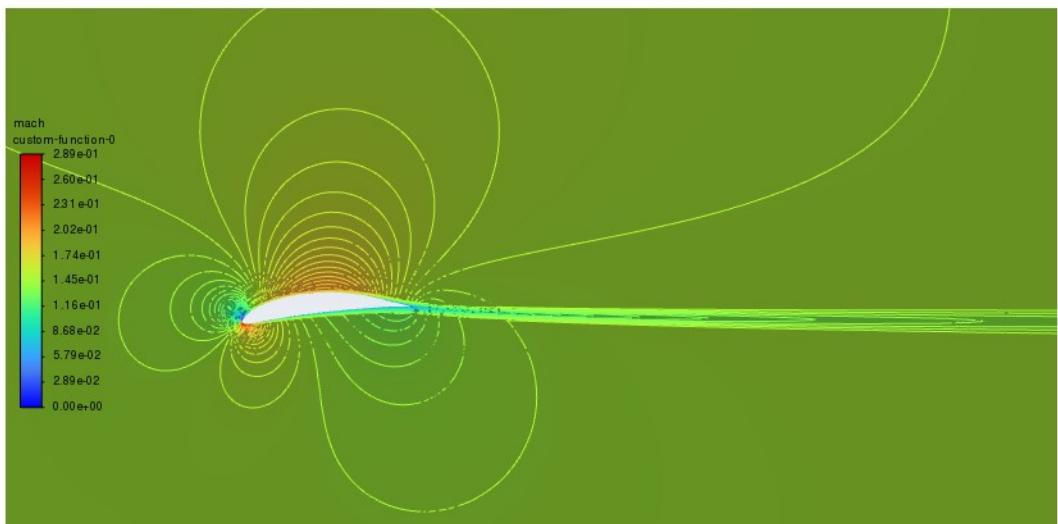


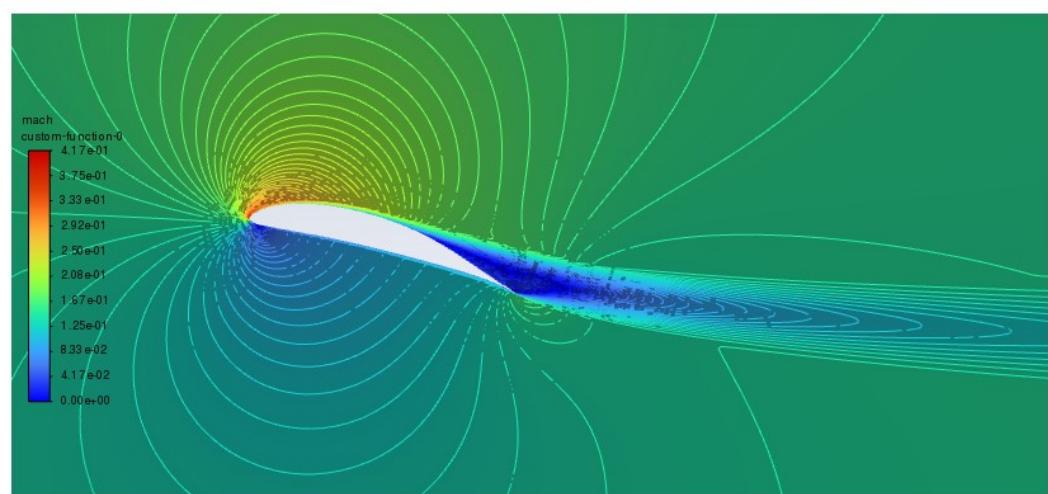
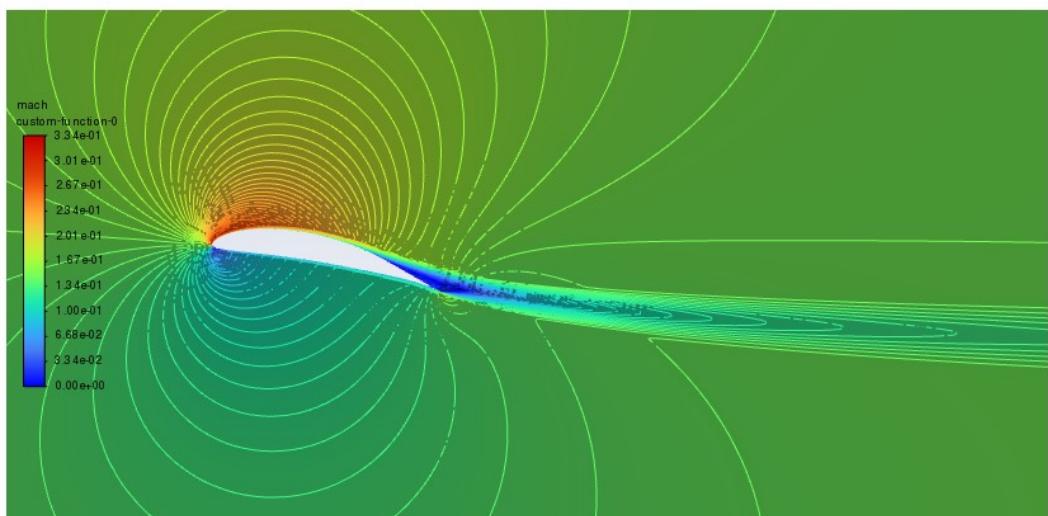
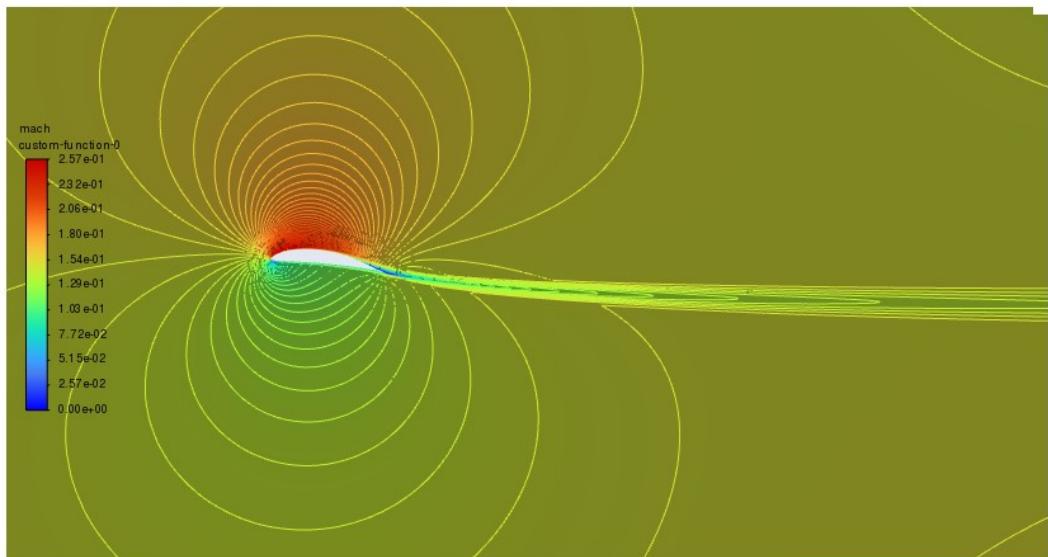
*Εξέλιξη αδιάστατου συντελεστή πίεσης στην επιφάνεια αεροτομής
ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Αεροτομή: MH-104*



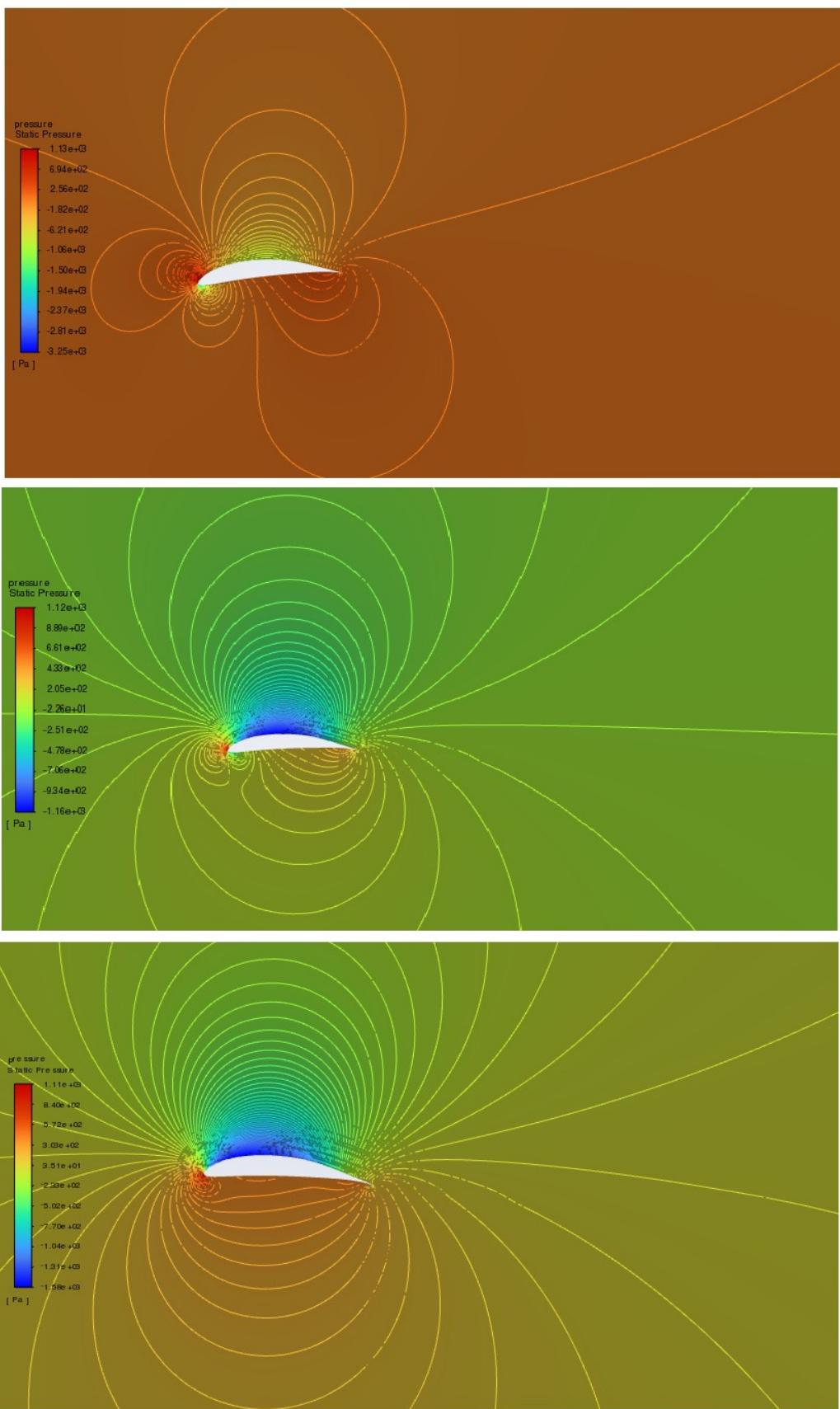


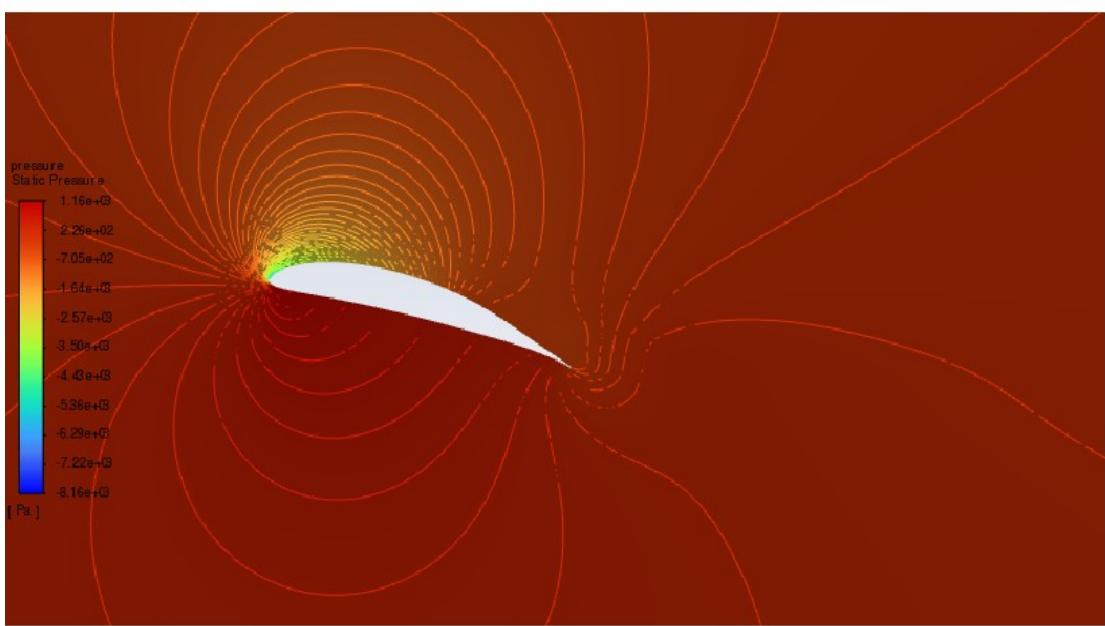
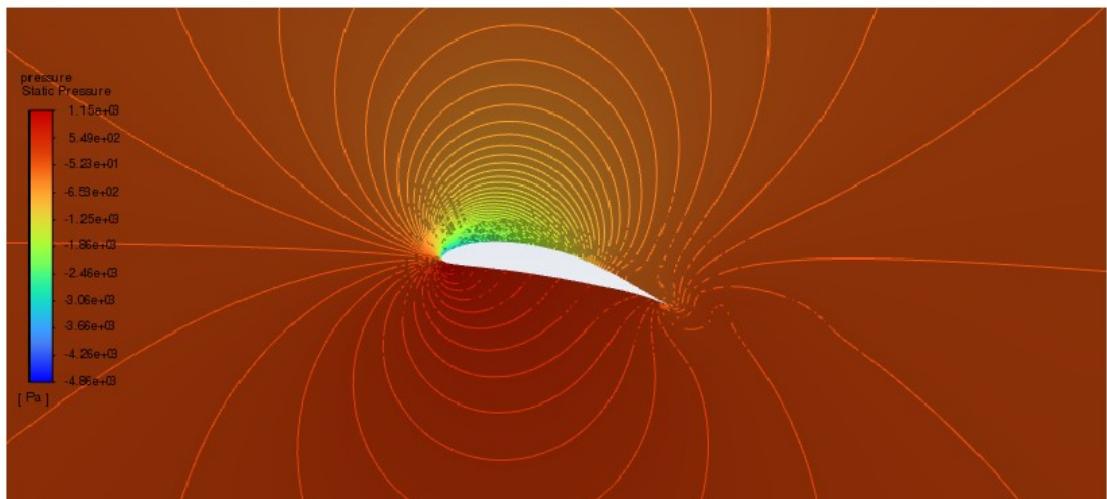
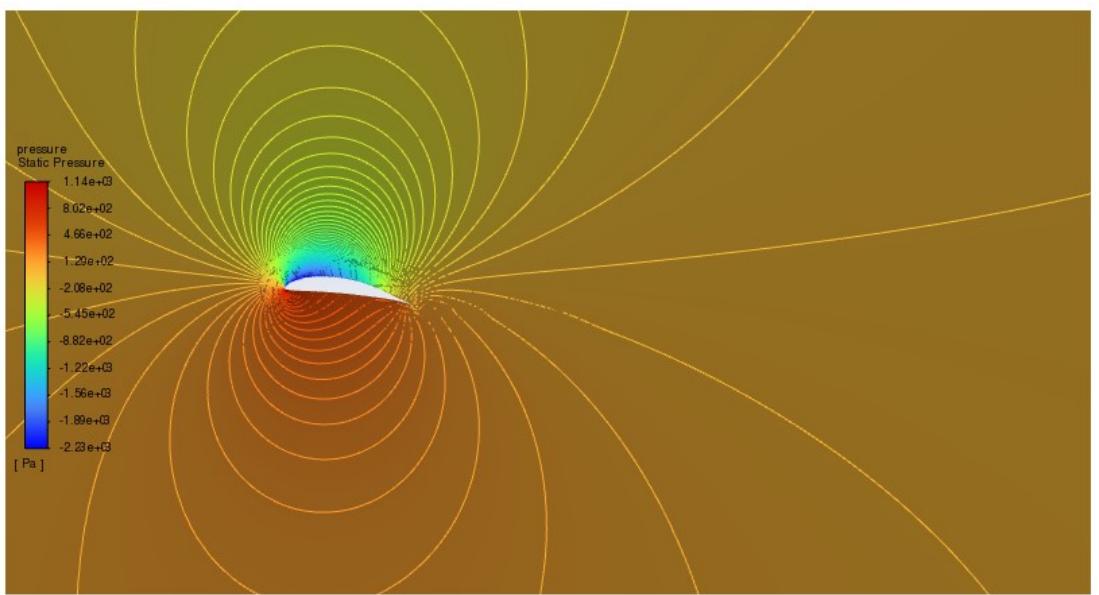
*Εξέλιξη αριθμού Mach πεδίου ροής ανάλογα με τη γωνία προσβολής.
Άεροτομή: FX 76-MP-120 (S-A)*



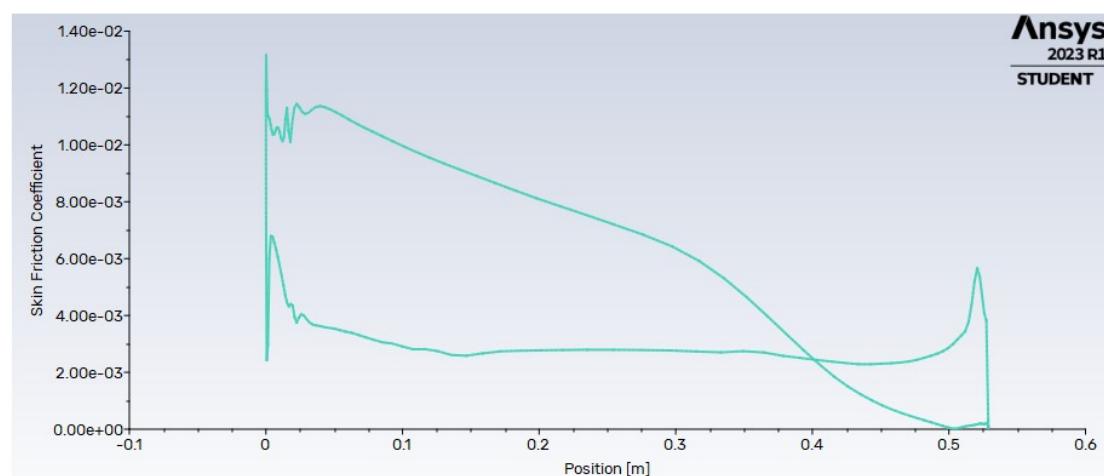
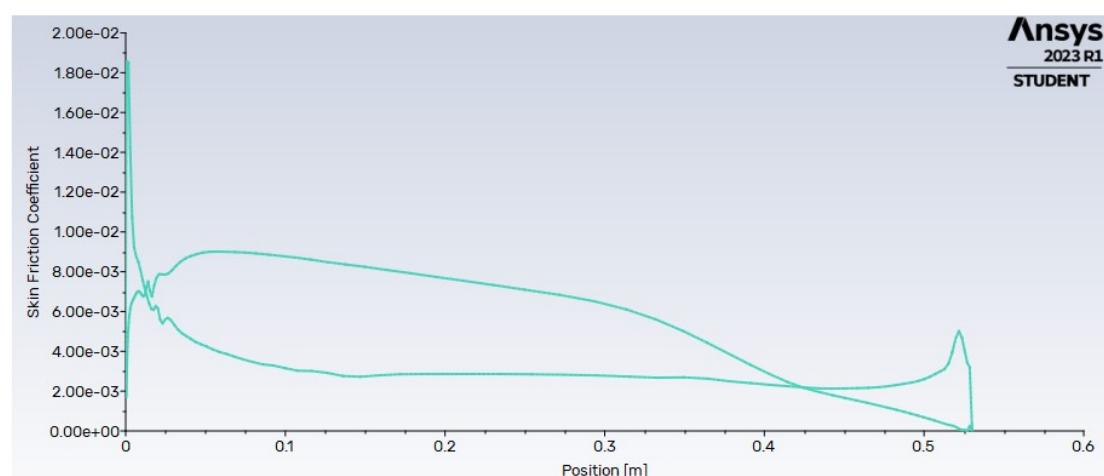
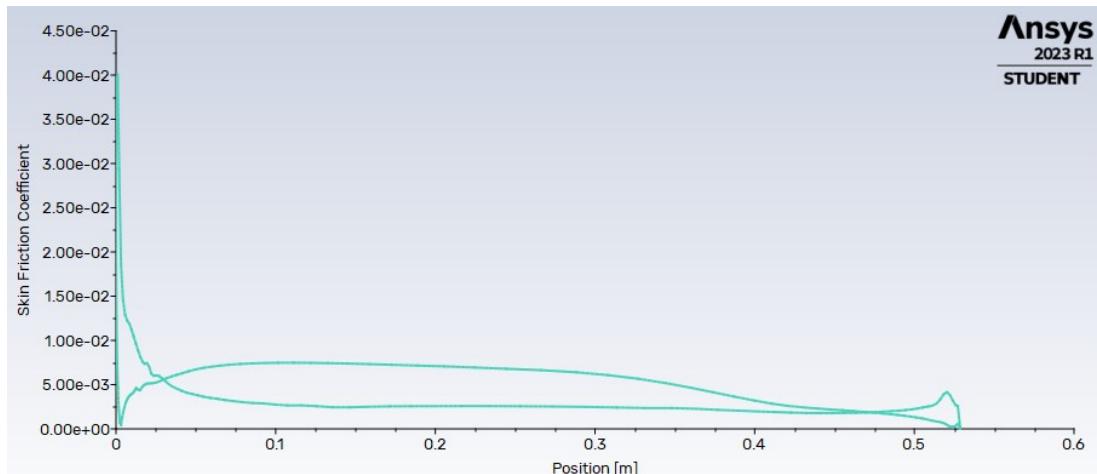


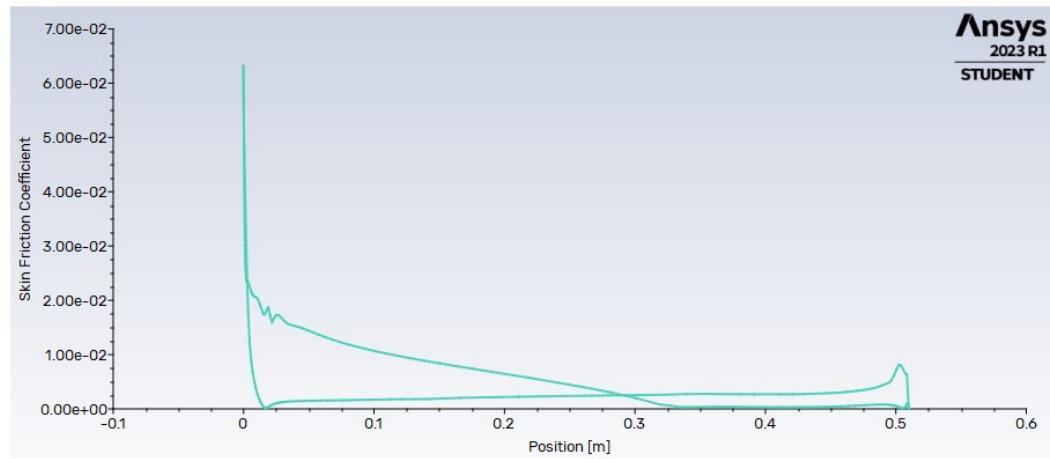
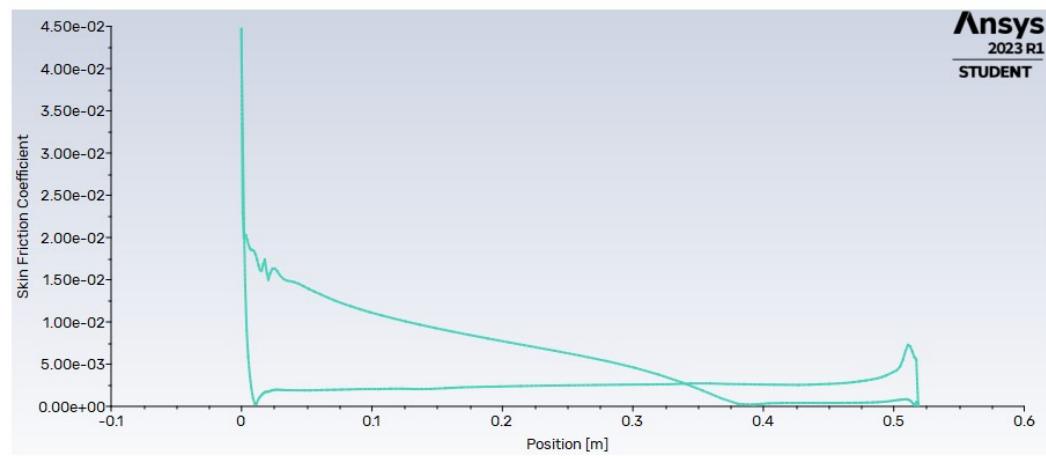
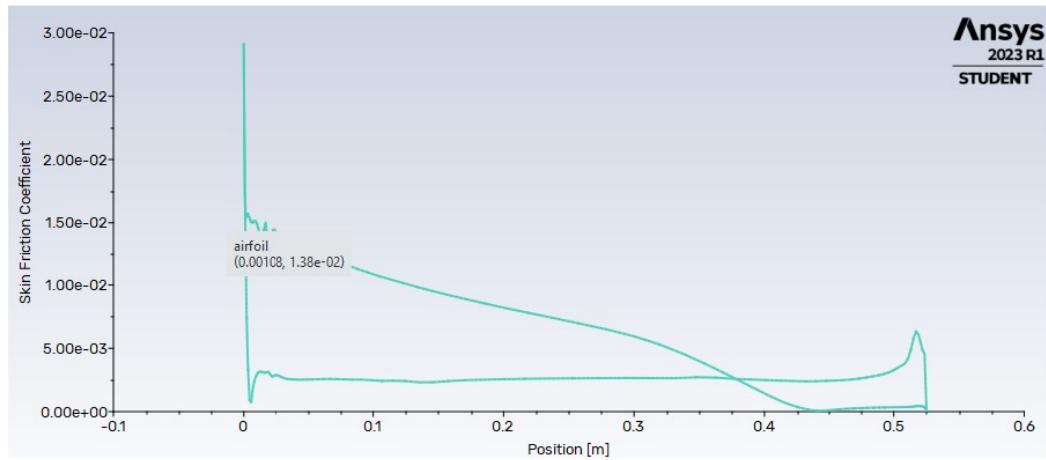
Εξέλιξη σχετικής στατικής πίεσης πεδίου ροής ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Άεροτομή: FX 76-MP-120 (S-A)



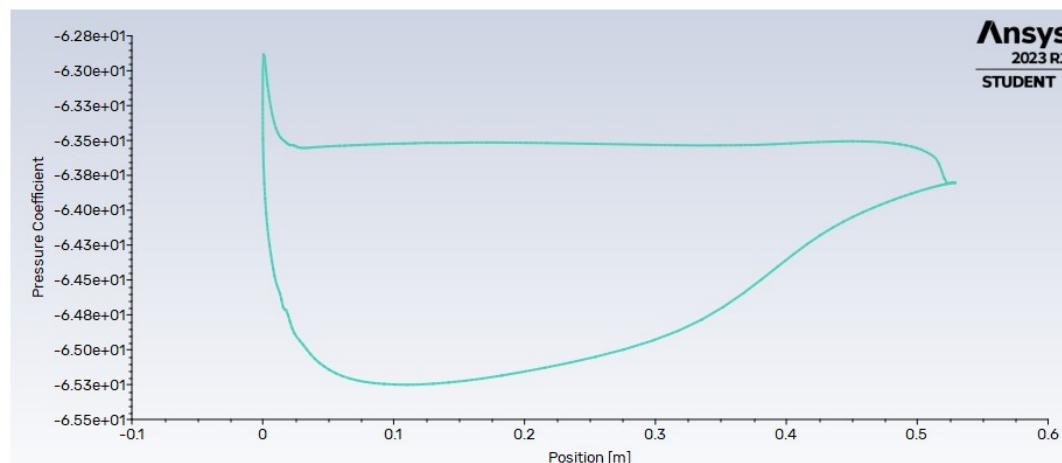
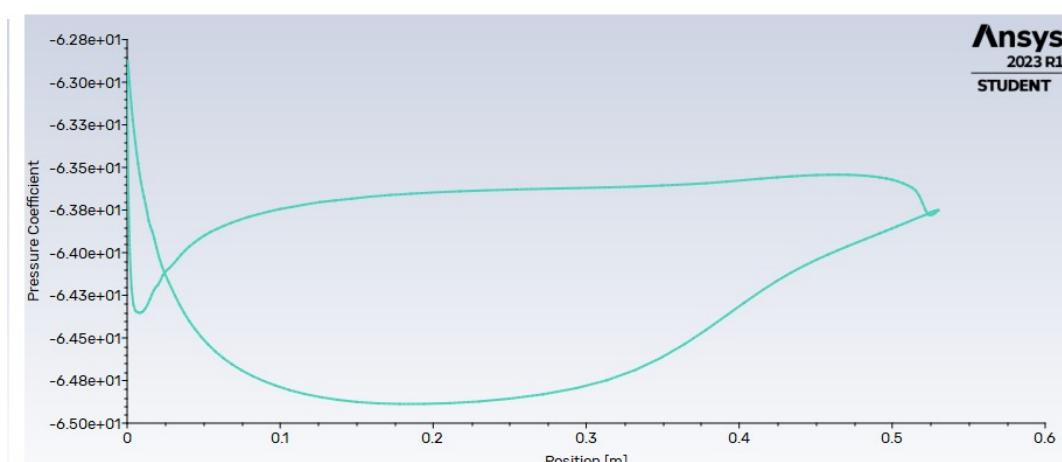
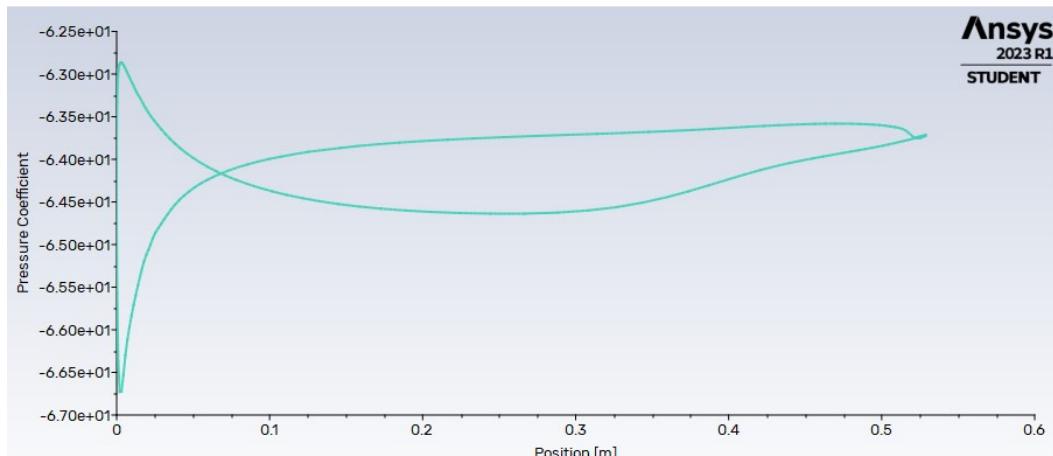


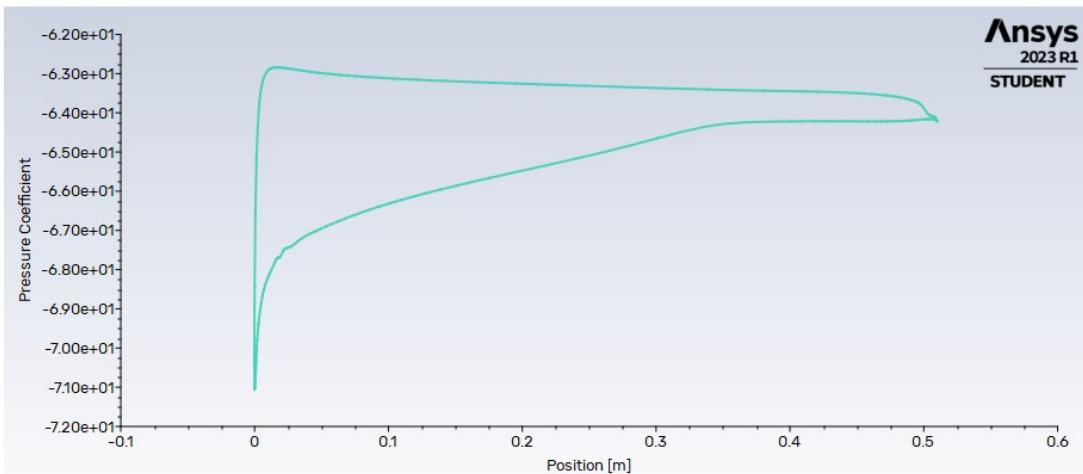
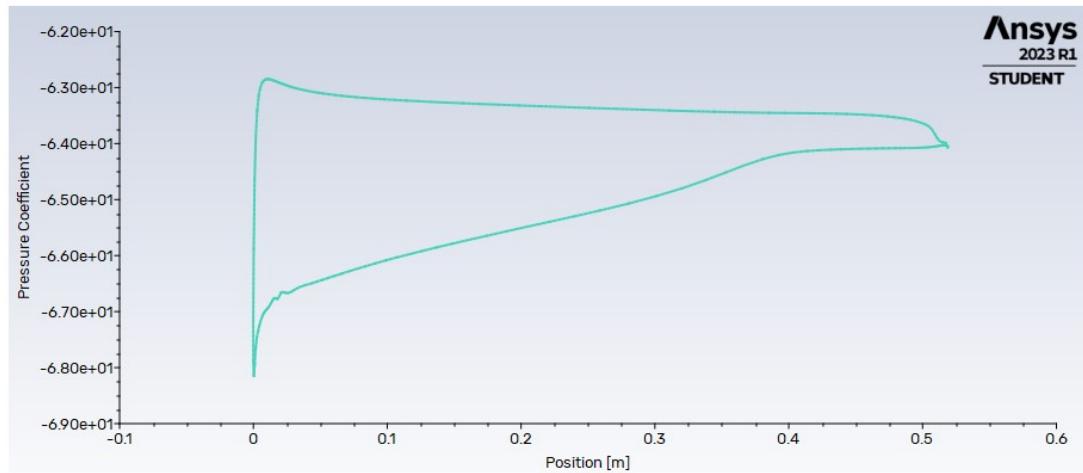
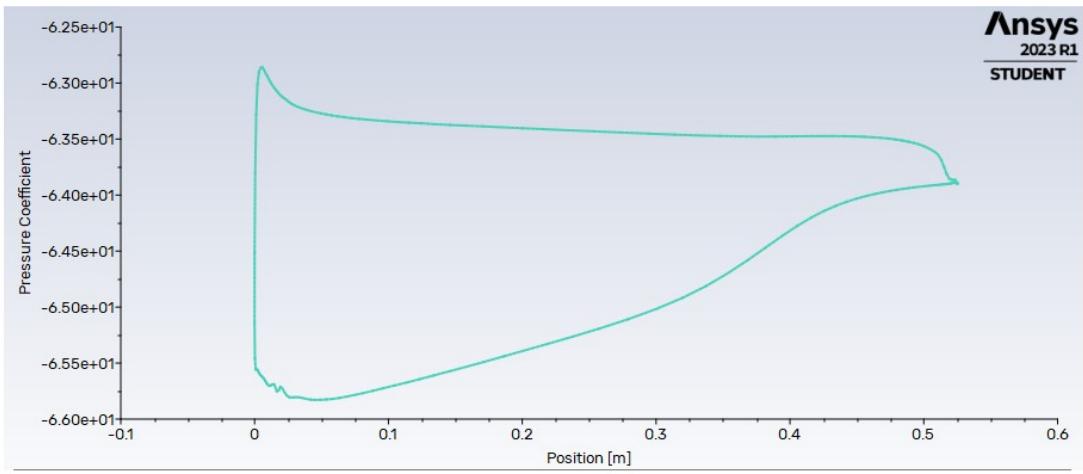
*Εξέλιξη αδιάστατου συντελεστή τριβής στην επιφάνεια αεροτομής
ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Άεροτομή: FX 76-MP-120 (S-A)*



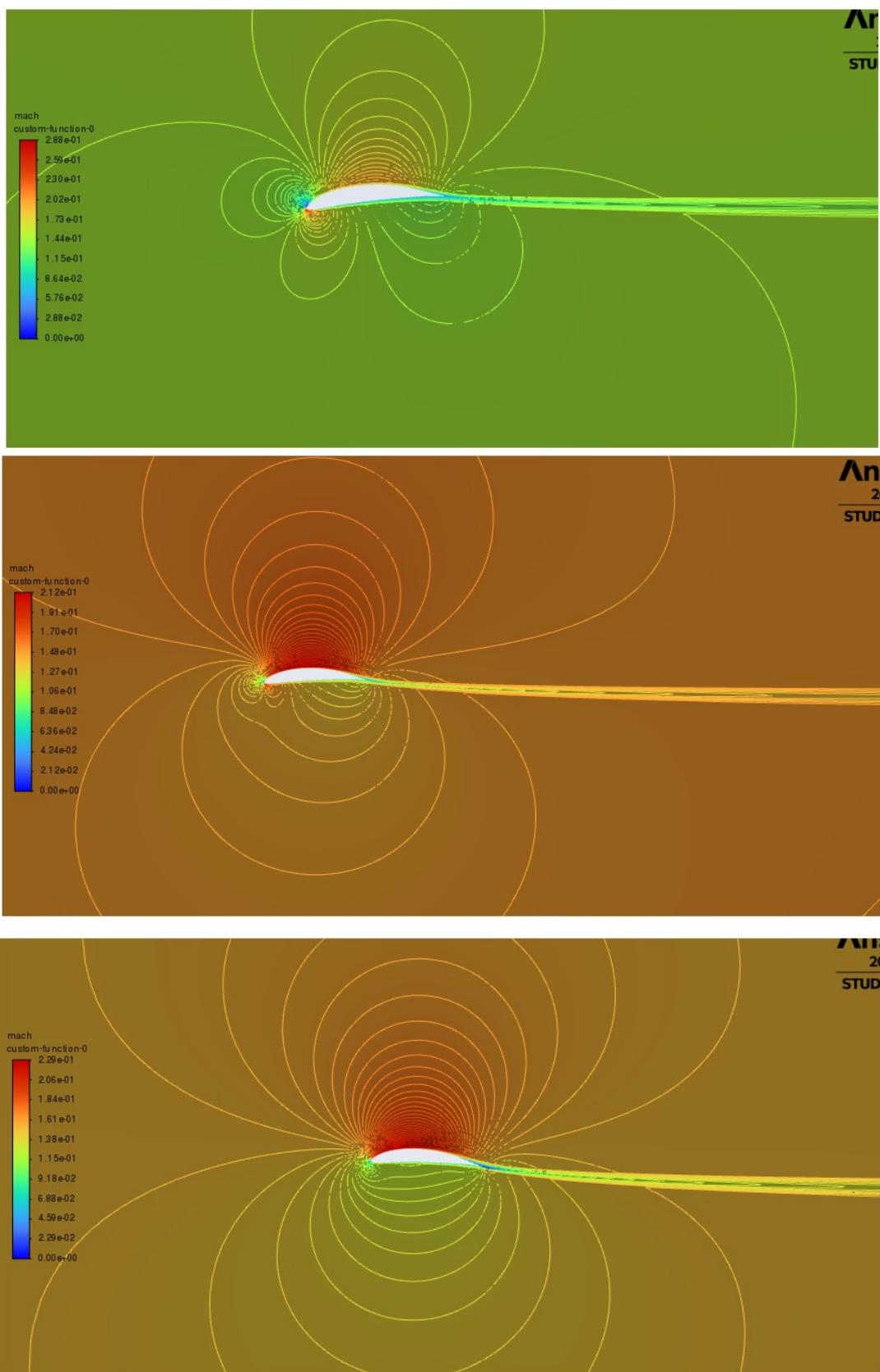


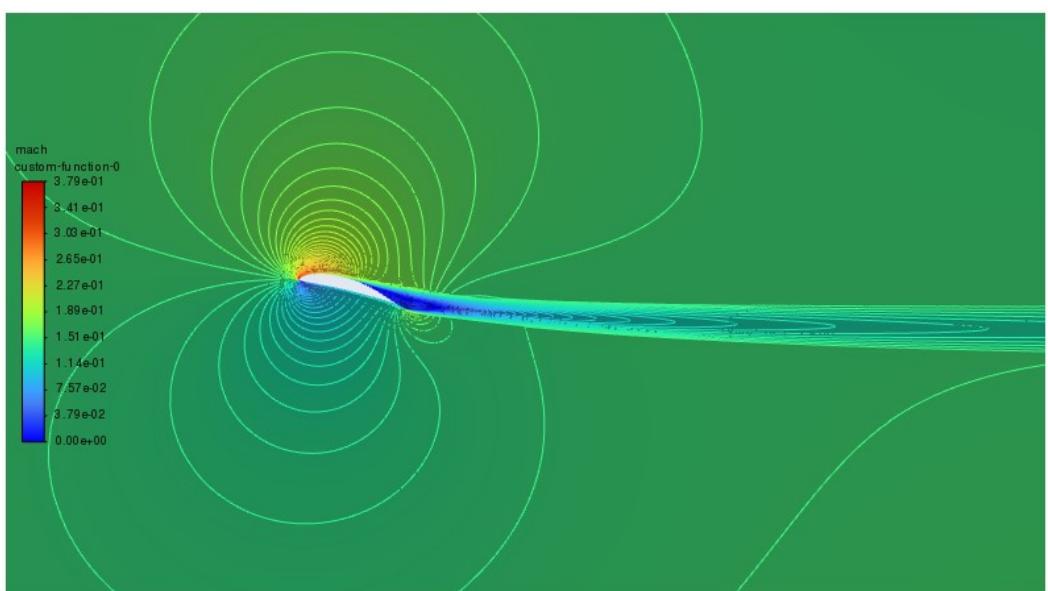
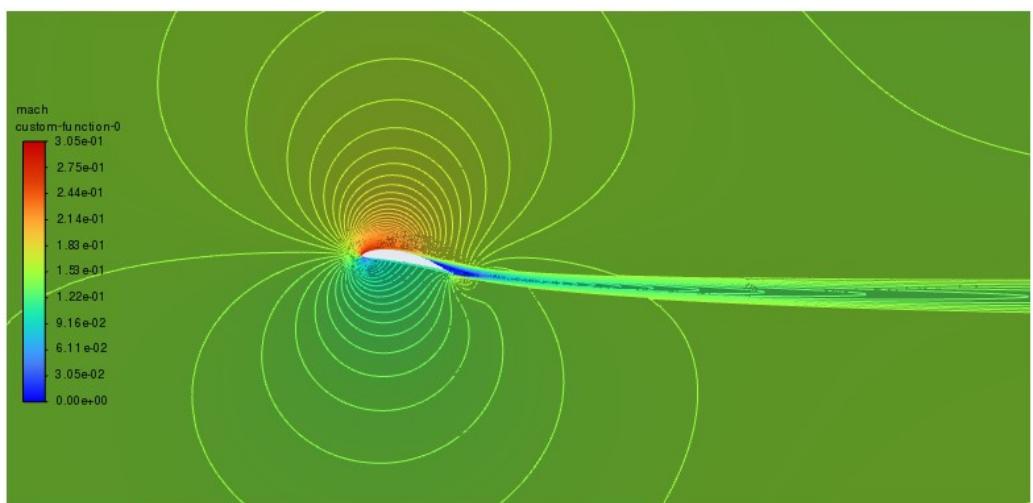
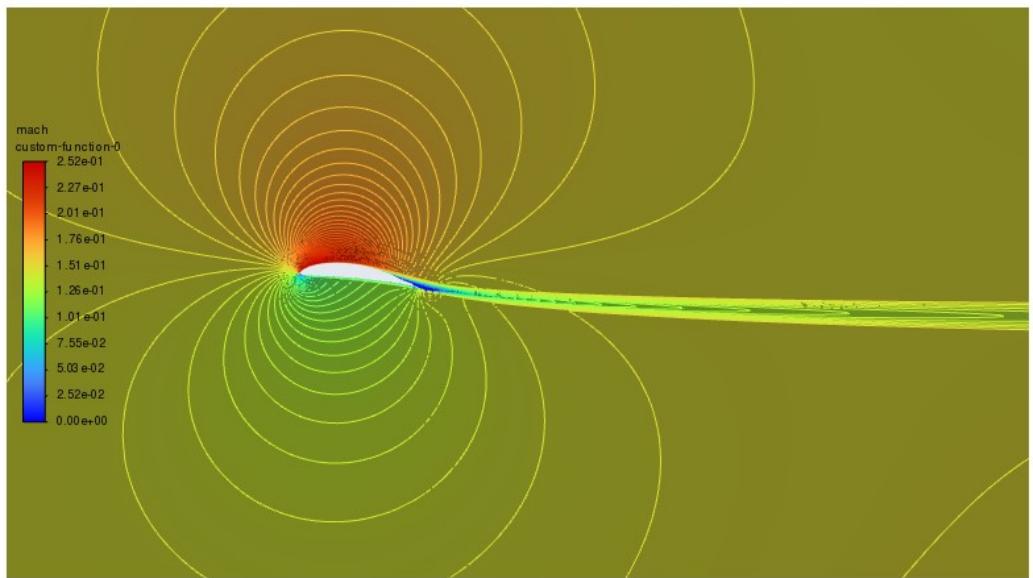
Εξέλιξη αδιάστατου συντελεστή πίεσης στην επιφάνεια αεροτομής ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Άεροτομή: FX 76-MP-120 (S-A)



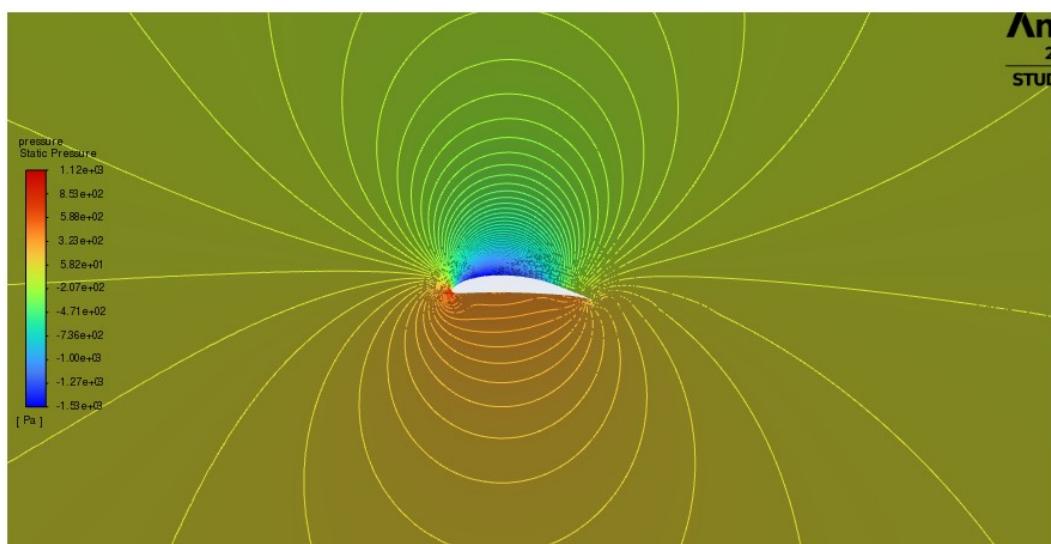
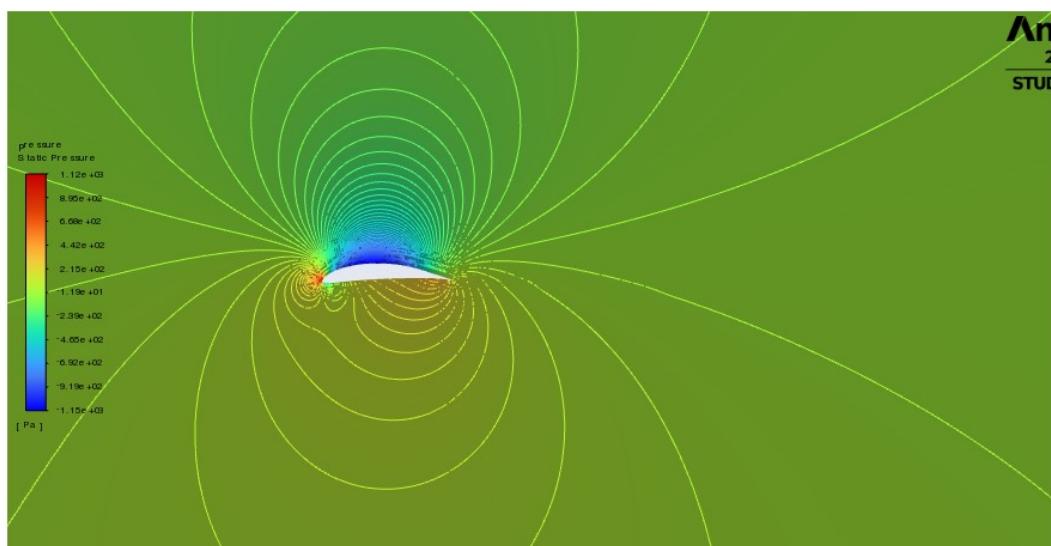
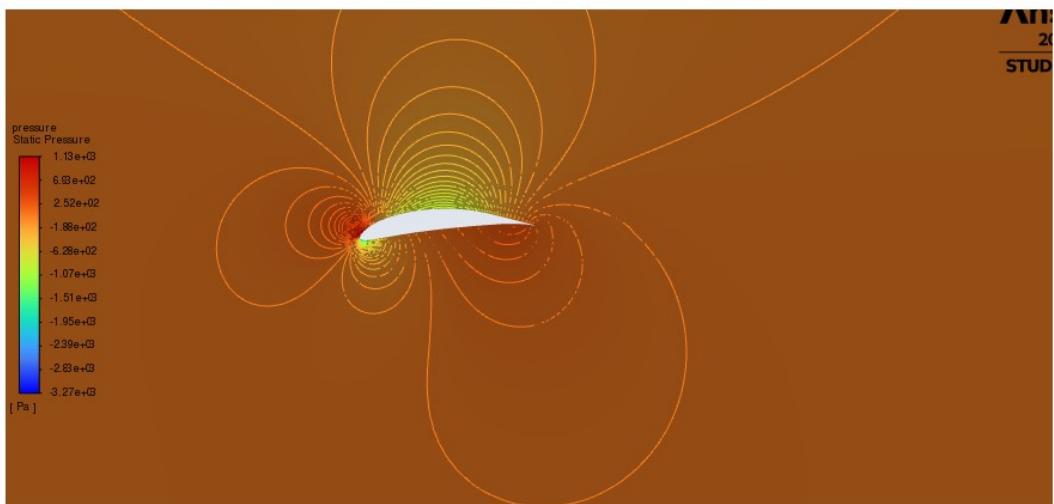


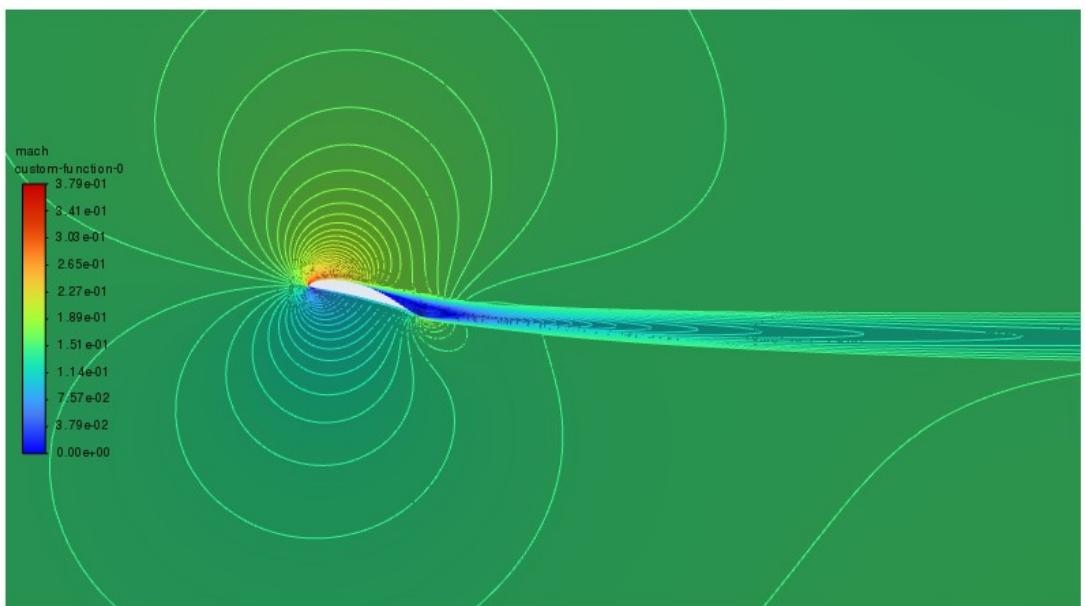
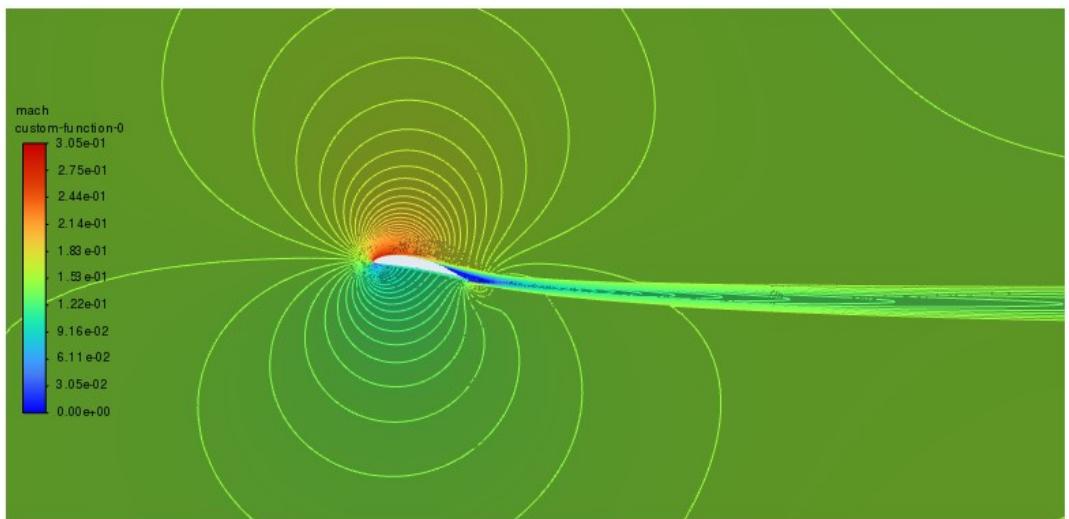
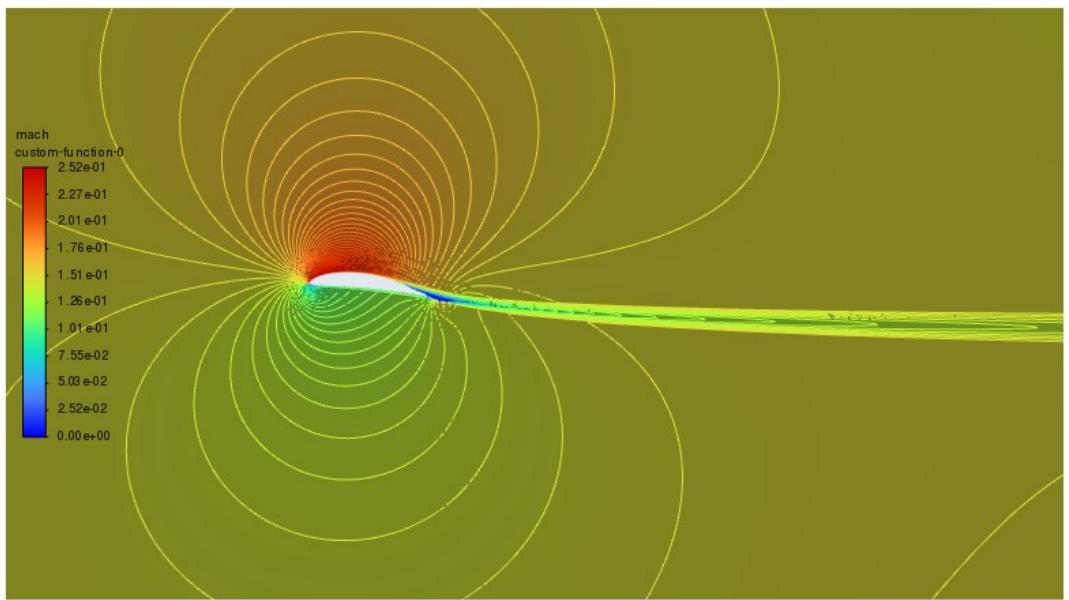
Εξέλιξη αριθμού Mach πεδίου ροής ανάλογα με τη γωνία προσβολής.
Άεροτομή: FX 76-MP-120 ($k-\omega$)



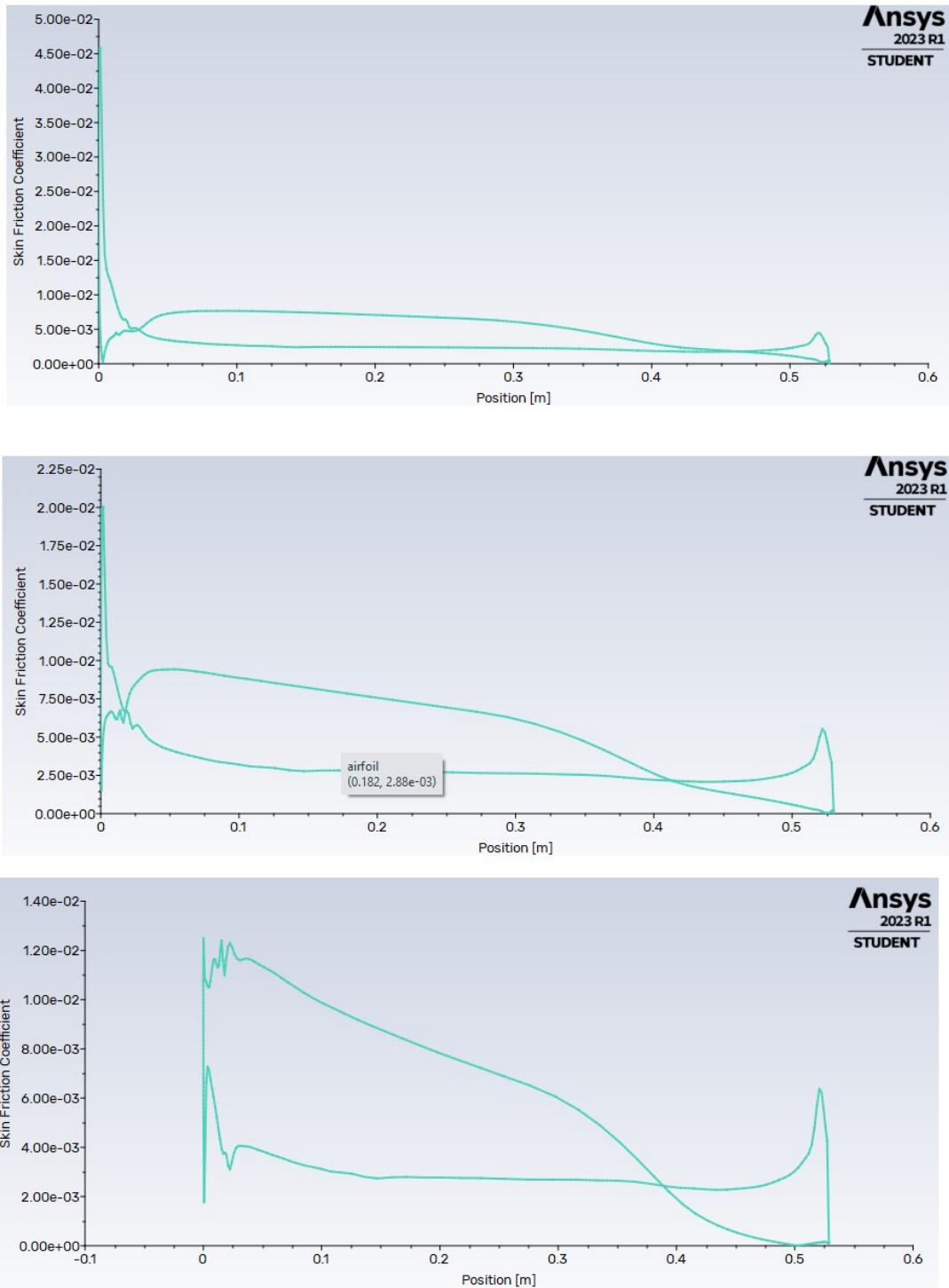


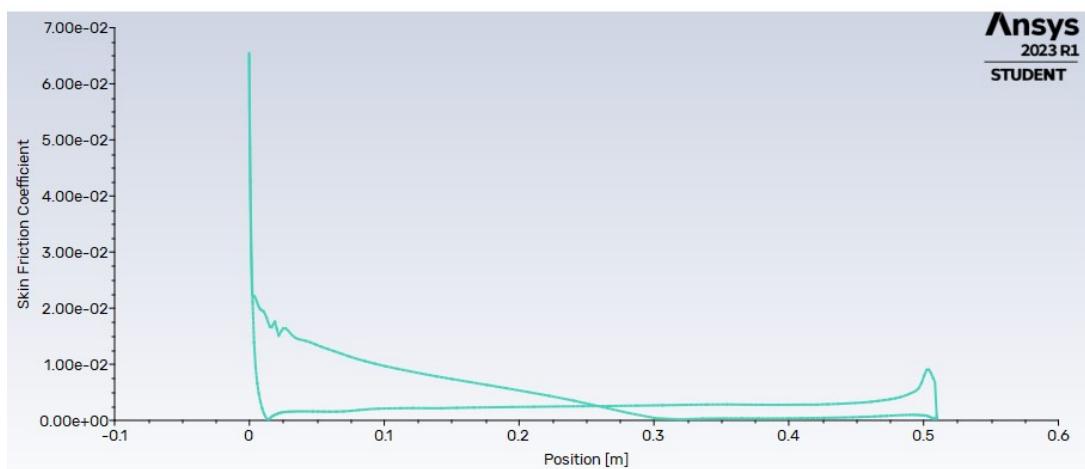
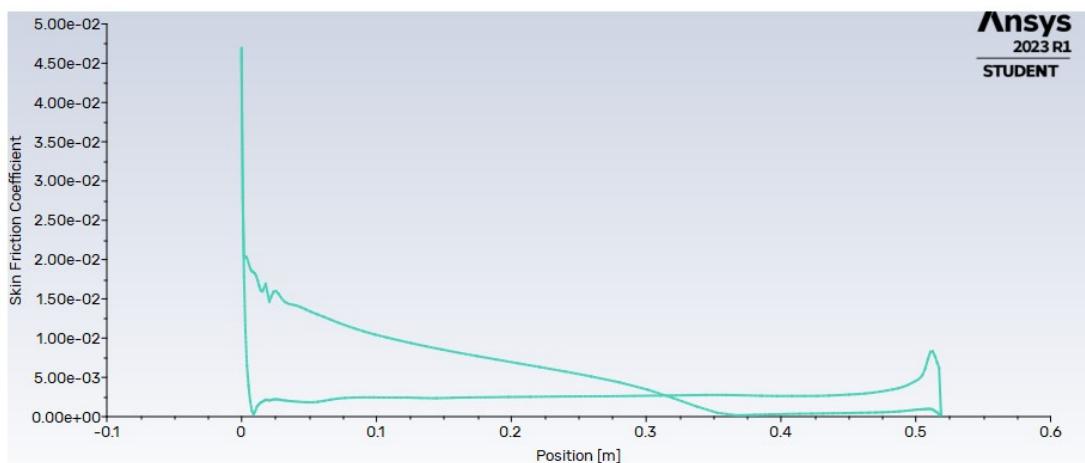
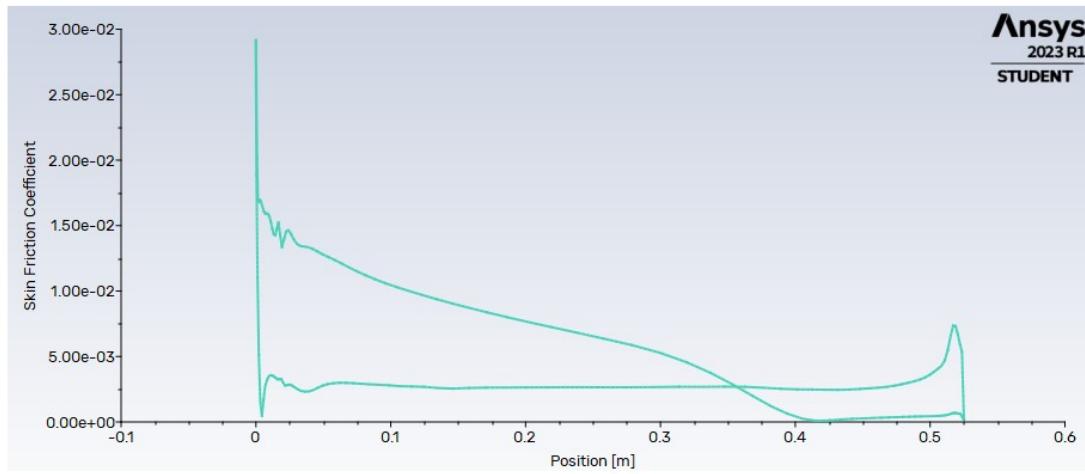
Εξέλιξη σχετικής στατικής πίεσης πεδίου ροής ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Άεροτομή: FX 76-MP-120 ($k-\omega$)





Εξέλιξη αδιάστατου συντελεστή τριβής στην επιφάνεια αεροτομής ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Άεροτομή: FX 76-MP-120 ($k-\omega$)





Εξέλιξη αδιάστατου συντελεστή πίεσης στην επιφάνεια αεροτομής ανάλογα με τη γωνία προσβολής. Άεροτομή: FX 76-MP-120 (k-ω)

