

Διπλωματική εργασία 2018-19

Υπολογιστική προσομοίωση και διερεύνηση σπηλαίωσης σε υδροτομή NACA 66 με διάφορα γνωστά μοντέλα τύρβης σε διάφορες ροϊκές συνθήκες

ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

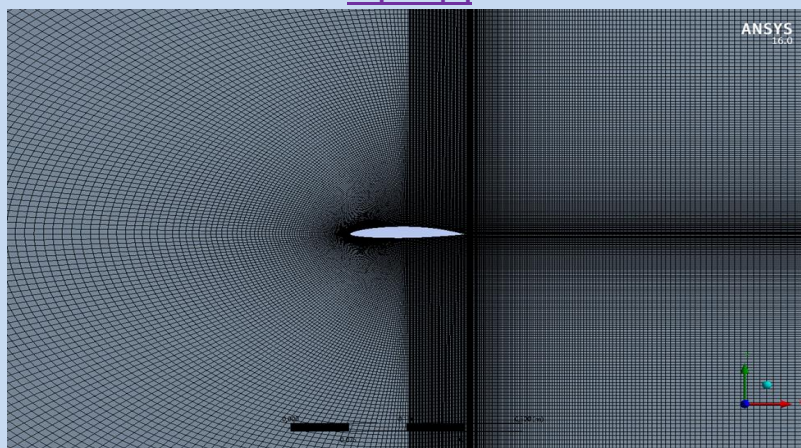
AM:4755

Fluid Mechanics Laboratory
Mechanical Engineering and Aeronautics Dept.
University of Patras, Greece
margaris@mech.upatras.gr

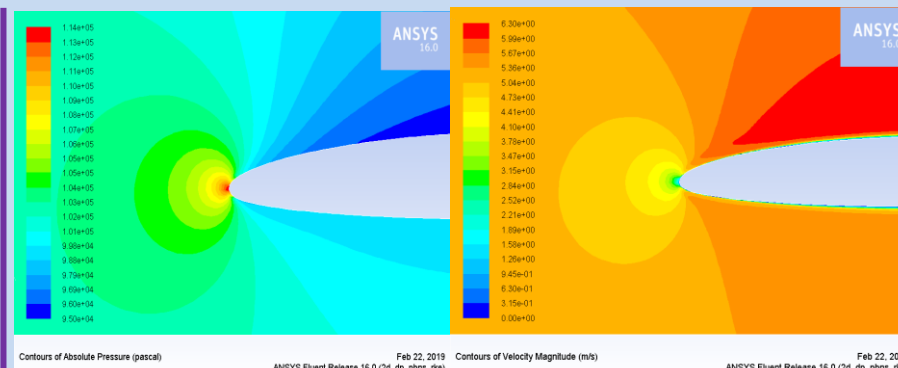
Περίληψη

Η παρούσα Διπλωματική εργασία αρχικά ασχολείται με υπολογιστική προσομοίωση σταθερής κατάστασης, ασυμπίεστης, δισδιάστατης μονοφασικής ροής νερού και διφασικής ροής ατμού – νερού με εμφάνιση σπηλαίωσης γύρω από τροποποιημένη υδροτομή NACA66 ($c=0.15m$, μέγιστο πάχος ανά μονάδας χορδής 12%, θέση μέγιστου πάχους από χείλος προσβολής 45%, μέγιστη απόσταση μέσης γραμμής-χορδής 2% και θέση απόστασης μέσης γραμμής-χορδής από το χείλος προσβολής 50%). Το πλέγμα που κατασκευάστηκε ήταν δομημένο τύπου C με το $y+$ να έχει μέγιστη τιμή 132 και ελάχιστη 0,7 στην επιφάνεια της υδροτομής για $\alpha=6,5^\circ$. Ο συνολικός αριθμός των υπολογιστικών κελιών ανήλθε σε 141600. Το πρόγραμμα επίλυσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Ansys fluent v16. Στη μονοφασική ροή δοκιμάστηκαν 4 μοντέλα τύρβης για $(-2, 0, 2, 4, 6, 6,5, 8, 10^\circ)$ γωνίες προσβολής του νερού με σταθερή ταχύτητα εισόδου του νερού $U=5,33m/s$ με την υδροτομή. Μετά από σύγκριση με τα πειραματικά δεδομένα για τους συντελεστές άνωσης και αντίστασης της υδροτομής, επιλέχθηκε το $k-\epsilon$ realizable και εφαρμόστηκε για το δεύτερο στάδιο επίλυσης του φαινομένου της σπηλαίωσης για 3 διαφορετικούς αριθμούς σ 1.41, 1.34, 1.30, σταθερή ταχύτητα $U=5,33m/s$ και σταθερή γωνία προσβολής $\alpha=6,5^\circ$ ενώ το μοντέλο της σπηλαίωσης ήταν το Singhal et Al. Στην διφασική ροή με σπηλαίωση το $k-\epsilon$ realizable απέδωσε πολύ καλά αποτελέσματα και παρατηρήθηκε αύξηση της άνωσης με την μείωση της τιμής σ αλλά και αύξηση της αντίστασης.

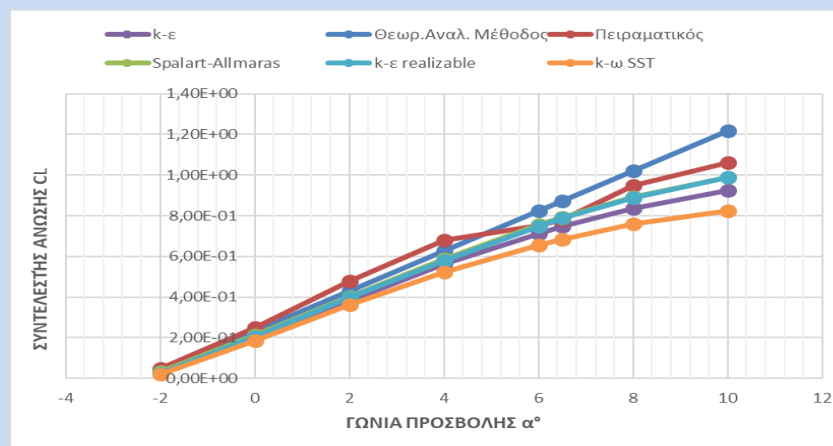
Το πλέγμα και η πυκνωση του mesh κοντά στην υδροτομή



Μονοφασική ροή

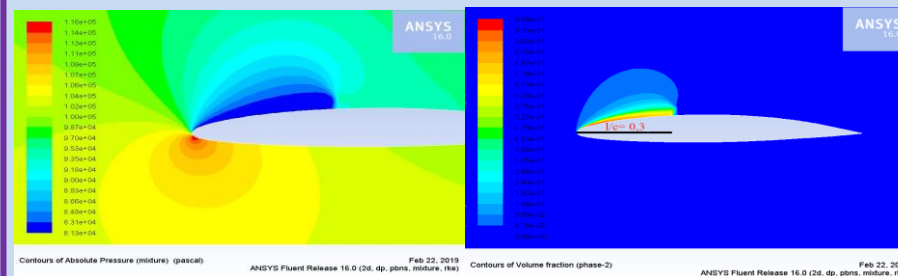


Contours για 0° , $k-\epsilon$ realizable, absolute pressure, velocity magnitude, χείλος προσβολής

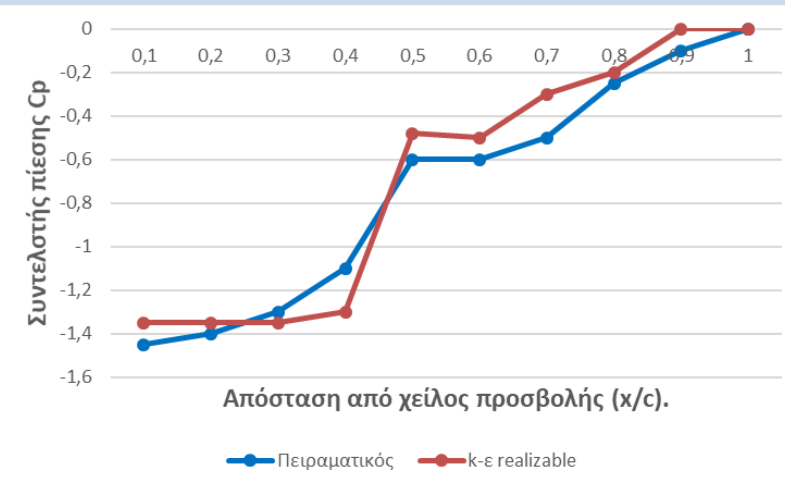


Σύγκριση $CL - \alpha^\circ$, διάφορα μοντέλα σε σχέση με πειραματικά δεδομένα

Σπηλαίωση



Contours absolute pressure, volume fraction of gas, $\sigma=1.41$, $\alpha=6,5^\circ$, $U=5,33m/s$



Σύγκριση κατανομής C_p ανά x/c , $k-\epsilon$ realizable με πειραματικό, $\sigma=1,34$, $\alpha=6,5^\circ$

Συμπεράσματα

- Η υδροτομή παρουσιάζει μέγιστη άνωση υπό συγκεκριμένη γωνία προσβολής της με το νερό.
- Η μέγιστη πίεση βλέπουμε ότι εμφανίζεται πάνω σε σημείο στο χείλος προσβολής, το οποίο μετατοπίζεται ανάλογα με την γωνία προσβολής του νερού ενώ η διαφορά πίεσης πάνω-κάτω επιφάνειας της υδροτομής αυξάνει όταν αυξάνουμε την α° μέχρι ένα σημείο.
- Στο σημείο που συγκρούεται το νερό με την υδροτομή έχουμε ελάχιστη ταχύτητα (σημείο ανακοπής, μέγιστη πίεση). Από τα διαγράμματα των συντελεστών άνωσης και αντίστασης μπορούμε να καταλάβουμε την συμπεριφορά της κάθε υδροτομής.
- Παρατηρούμε ότι καθώς το σ μειώνεται το μήκος σπηλαίωσης μεγαλώνει στην πάνω επιφάνεια της υδροτομής, ενώ η άνωση και η αντίσταση αυξάνεται επίσης.
- Το μοντέλο $k-\epsilon$ realizable προσέγγισε πολύ καλά τα πειραματικά αποτελέσματα, για τον συντελεστή άνωσης το σφάλμα πειραματικού - υπολογιστικού είναι πολύ μικρό, 1,57% για $\sigma=1.41$, 0,86% για $\sigma=1.34$. Τέλος ο συντελεστής αντίστασης παρουσιάζει μεγαλύτερη απόκλιση από τα πειραματικά 12,7% για $\sigma=1.41$ και 8,6% για $\sigma=1.34$.