

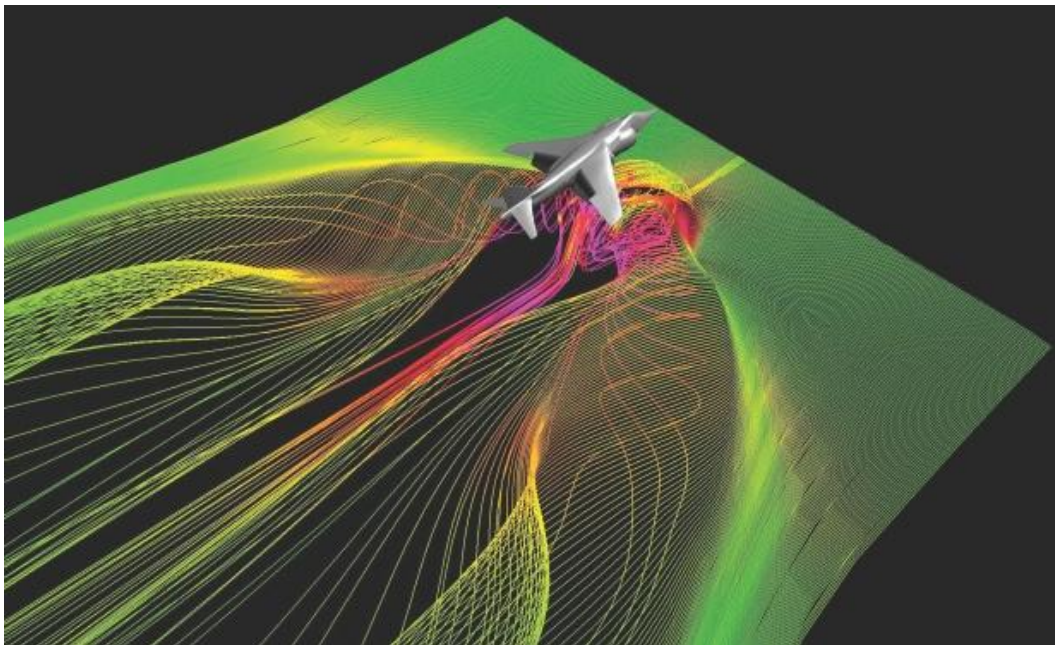
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΡΟΗΣ ΑΕΡΑ ΣΕ ΠΡΟΤΥΠΗ ΑΕΡΟΣΗΡΑΓΓΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΝΙΚΑ ΦΩΤΑΚΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΕΥΓΕΝΙΟΣ ΣΚΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ

9/2/15

# **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην επιτυχή εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας. Θα πρέπει να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Σκούρα Ευγένιο για την καθοδήγηση και επίβλεψη αυτής της πτυχιακής εργασίας ήταν πάντα διαθέσιμος να μου προσφέρει τις γνώσεις του και την εμπειρία του ,να ασχοληθεί με κάθε απορία μου σχετική με ακαδημαϊκά ζητήματα, εντός και εκτός των πλαισίων της παρούσας εργασίας και με κάθε δισταγμό μου. Τον ευχαριστώ θερμά για τις ιδέες που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας και για όλες τις ερευνητικές συζητήσεις που πραγματοποιήθηκαν μέσα στα πλαίσια της ομάδας μελέτης που ο ίδιος επέβλεπε. Έπειτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ανωτάτου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών που με καθοδήγησαν τα τελευταία τέσσερα χρόνια στο πολύ ενδιαφέρον και ευρύ αντικείμενο του μηχανολόγου μηχανικού. Θέλω να ευχαριστήσω θερμά ορισμένους συμφοιτητές για την βοήθεια την όποια μου παρείχαν όποτε την είχα ανάγκη πάνω σε ακαδημαϊκά θέματα. Σε αυτό το σημείο θέλω να αναφέρω ανθρώπους, εκτός του στενού ακαδημαϊκού περιβάλλοντος, που υπήρξαν σημαντικοί πόλοι στη ζωή μου, προσδίδοντας την απαιτούμενη ισορροπία. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και τις φίλες των φοιτητικών μου χρόνων, που έκαναν τα χρόνια αυτά μία πραγματικά αξέχαστη εμπειρία. Βέβαια, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στους γονείς μου, των οποίων η πίστη στις δυνατότητες μου αποτέλεσε αρωγός σε όλους τους στόχους και τα όνειρά μου για αυτό και η παρακάτω πτυχιακή εργασία είναι αφιερωμένη σε αυτούς.



## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην μελέτη και προσομοίωση ροής αέρα γύρω από αντικείμενα αεροδυναμικού ενδιαφέροντος μέσω του προγράμματος υπολογιστής ρευστομηχανικής, Ansys fluent CFD . Πιο συγκεκριμένα το αντικείμενο εργασίας είναι ο σχεδιασμός ,η προσομοίωση και η σύγκριση ενός μαχητικού αεροπλάνου του Α' παγκοσμίου πολέμου ενός Fokker dr1 με ένα σύγχρονο υπερηχητικό αεροπλάνο F-16 FIGHTING FALCON. Σκοπός της μελέτης αυτής είναι η παρουσίαση των φαινομένων που διέπουν το πεδίο ροής.

Η πτυχιακή εργασία χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια .

Στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μια ιστορική ανασκόπηση στην προσπάθεια του ανθρώπου να φτιάξει ιπτάμενες κατασκευές .Στο δεύτερο κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση διαφόρων τύπων αεροπλάνα και θα δούμε ποιες είναι οι πιθανότητες να πέσει ένα αεροσκάφος .

Στο τρίτο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στην βασική θεωρία της ρευστομηχανικής και τους νόμους που διέπουν το πεδίο ροής, θα αναφερθούμε για το πώς καταφέρνει ένα αεροπλάνο να πετάξει .

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα δούμε λεπτομερώς την διαδικασία με την οποία καταφέραμε να σχεδιάσουμε τα δυο μαχητικά αεροπλάνα με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος solidworks ,ποιες βασικές εντολές χρησιμοποιήθηκαν και γενικότερα όλη την διαδικασία σχεδίασης Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο εργαστήκαμε στο πρόγραμμα ansys fluent-CFD ώστε να δομήσουμε την προσομοίωση της ροής γύρω από τα δυο μαχητικά αεροπλάνα .θα γίνει αναφορά του τρόπου με τον οποίο έγινε η δομή της μοντελοποίησης του πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων. Παρουσιάσαμε τα είδη και τον σκοπό για τον οποίο είναι απαραίτητα τα πεπερασμένα στοιχεία στις μελέτες προσομοίωσης και θα δούμε τον τρόπο με τον οποίο εισάγουμε τις συνθήκες προσομοίωσης της μελέτης μας. Τέλος θα δούμε τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν από την προσομοίωση της ροής

# **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

## **1. ΠΤΑΜΕΝΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΕΛ**

1.1 Ιστορική ανασκόπηση της προσπάθειας του ανθρώπου να πετάξει	1
1.2 Διαφόρων τύπων αεροπλάνα	9
1.3 Πολεμικά αεροσκάφη	21
1.4 Συχνότητα και αιτίες πτώσεις αεροπλάνων	41

## **2. ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΔΙΟ ΡΟΗΣ**

2.1 Αρχή διατήρησης της ενεργείας ( Bernoulli equation)	49
2.2 Αιτία πτήσης των αεροπλάνων	52

## **3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΑΧΗΤΙΚΩΝ**

3.1 Σχεδιασμός των μαχητικών αεροπλάνων μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος solidworks	62
---	----

## **4. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΡΟΗΣ ΣΕ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**

4.1 Σταδία και διαδικασία προσομοίωσης ροής	72
4.2 Σύγκριση μαχητικού αεροσκάφους f-16 με ένα Fokker dr1	76
4.3 Συμπεράσματα και τελικά αποτελέσματα	87

## **5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή:** Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχει επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω αναγορεύσει στην εργασία μου προερχόμενο από Πηλίδα ή άλλες εργασίες ή το διαθέσιμα γραμμένα ακριβώς ή παραφρασμένα, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής  
(Όνοματεπώνυμο)

(Υπογραφή)

## 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΝΑ ΠΕΤΑΞΕΙ

Πολλοί άνθρωποι από την αρχαιότητα είχαν ξεκινήσει προσπάθειες να φτιάξουν κατασκευές οι οποίες θα τους έκαναν να πετάξουν. Μια από αυτές τις προσπάθειες αναφέρεται σε έναν πολύ γνωστό σε όλους μας μύθο είναι εκείνος του Ικάρου και του Δαίδαλου. Σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία, ο Ίκαρος ήταν γιος του Δαίδαλου και της Ναυκράτης, η οποία, κατά μια παράδοση, ήταν δούλη του Μίνωα. Όταν ο Δαίδαλος καταδικάστηκε από τον Άρειο Πάγο επειδή είχε φονεύσει τον τεχνίτη Τάλω, έφυγε στην Κρήτη. Εκεί κατασκεύασε τον Λαβύρινθο για να ζει μέσα ο Μινώταυρος, ο γιος της γυναίκας του Μίνωα Πασιφάης. Μέσα στον Λαβύρινθο φυλάκιζε ο Μίνωας και τον ίδιο τον Δαίδαλο με τον γιο του Ίκαρο, διότι ο Δαίδαλος είχε βοηθήσει την Πασιφάη να ενωθεί με τον Ταύρο του Ποσειδώνα και να γεννηθεί ο Μινώταυρος. Ο Δαίδαλος με τον Ίκαρο δραπέτευσαν από τον Λαβύρινθο με τη βοήθεια των φτερών που είχε κατασκευάσει και για τους δύο ο Δαίδαλος, χρησιμοποιώντας πούπουλα και κερί. Τα φτερά αυτά τα προσάρτησαν στους ώμους τους και πέταξαν στον ουρανό.



Εικόνα 1. Ίκαρος και δαίδαλος [10]

Ο Ίκαρος όμως, γοητευμένος από την πτήση, παράκουσε την εντολή του πατέρα του να μην πετάει πολύ ψηλά για να μη λιώσει από τη ζέστη του ήλιου το κερί των φτερών, ούτε και πολύ χαμηλά για να μην λυθούν τα φτερά από την υγρασία της θάλασσας: πέταξε ψηλά με αποτέλεσμα να λιώσει το κερί και να αποκολληθούν τα φτερά, να πέσει στη θάλασσα και να χάσει τη ζωή του. Η θαλάσσια περιοχή όπου ο Ίκαρος βρήκε τον θάνατο ονομάστηκε έκτοτε Ικάριο Πέλαγος ή Ικάριος Πόντος. Η περιοχή αυτή βρίσκεται νότια του νησιού που ονομάστηκε Ικαρία. Έτσι διηγείται την ιστορία του Ικάρου ο Απολλόδωρος. Σύμφωνα με άλλες πηγές, ο

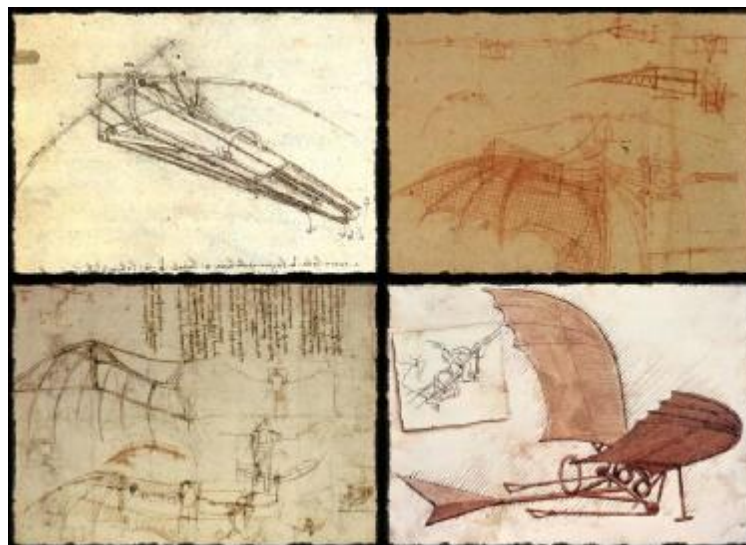
Ίκαρος, αναζητώντας τον πατέρα του Δαίδαλο που είχε εξοριστεί στην Κρήτη, επιβιβάστηκε σε πλοίο για να ταξιδέψει, το πλοίο όμως ναυάγησε κοντά στη Σάμο και η θάλασσα ξέβρασε το σώμα του στο νησί, το οποίο από το γεγονός αυτό ονομάστηκε Ικαρία.

Ένας θρύλος αναφέρει ότι οι Ίνκας τοποθετούσαν επιφανείς νεκρούς σε ένα όχημα που έμοιαζε με αντεστραμμένη πυραμίδα, το οποίο στην συνέχεια απογειωνόταν με την βοήθεια θερμού αέρα και μετέφερε τους νεκρούς στους θεούς - προφανώς στον εγγύτερο ωκεανό



Εικόνα 2. [10]

Ευρήματα όμως γι' αυτό το θρύλο δεν υπάρχουν ακόμα. Ο Λεονάρντο ντα Βίντσι σχεδίασε πολλές <<μηχανές>> και διατάξεις, οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν για πτήση, αλλά δεν υλοποίησε καμία από αυτές.



Εικόνα 3. Σχεδία κατασκευών [10]

Αργότερα το 1709 πέτυχε η πρώτη καταγεγραμμένη <<πτήση >> στην Πορτογαλία. Ο Bartholomeo Lourenco de Gusmao κατασκεύασε ένα μπαλόνι με διάμετρο 70 cm και το οποίο ετροφοδοτείτο με ζεστό αέρα που δημιουργούσε η καύση χόρτων και ξύλων σε ένα μικρό δοχείο στο κάτω μέρος του. Μερικές δεκαετίες αργότερα οι αδελφοί Joseph-Michele(1740-1810) και Jacques-Etienne Montgolfier (Μονγκολφιερ, 1745-1799) αποφάσισαν να κατασκευάσουν ένα μπαλόνι που θα ανέβαινε ψηλά με ζεστό αέρα.Υπάρχουν πολλές εκδοχές για τις εργασίες και δόκιμες που εκτελεστήκαν, ωστόσο κατάφεραν να ανυψώσουν ένα μπαλόνι με διαμετρο30 μέτρων, το οποίο λέγεται ότι έφτασε σε ύψος μερικών χιλιομέτρων. Παράλληλα όμως ένας άλλος ερευνητής από το Παρίσι ο Jacques Alexander Cesar Charles (Σαρλς, 1746-1823) συνδύασε την εφεύρεση με τις πληροφορίες που είχε από την Ακαδημία για τη συμπεριφορά του υδρογόνου και οργάνωσε, με συλλογή χρημάτων από φίλους και συνεργάτες του, την πραγματοποίηση πτήσης με μπαλόνι υδρογόνου. Πράγματι τον Αύγουστο 1783 πραγματοποιήθηκε αυτή η πτήση, όπου η πρωτόγονη διάταξη για παράγωγη υδρογόνου προκάλεσε τεραστία ρύπανση, τελικά η πτήση πραγματοποιήθηκε με επιτυχία και θεωρήθηκε η πρώτη πτήση μπαλονιού, παρόλο που η πρώτη πτήση είχε γίνει το 1783 από τους αδελφούς Μονγκολφιερ οι οποίοι ήταν ακόμα άγνωστοι στο Παρίσι.



Εικόνα 4. Αερόστατο [10]

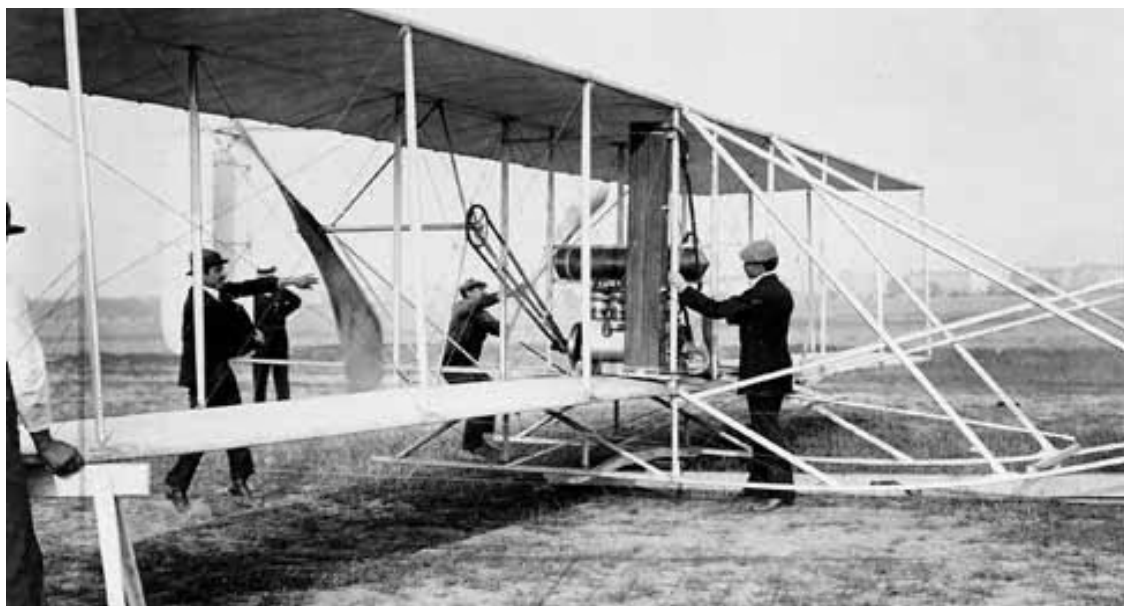
Οι δυο αδελφοί έφτασαν ανυποψίαστοι στο Παρίσι μετά την επίδειξη του Σαρλ και, όταν πληροφορήθηκαν τα γεγονότα προσπάθησαν να καλύψουν το χαμένο έδαφος των εντυπώσεων, τότε πραγματοποίησαν την πτήση ενός αεροστάτου με ένα αρνί ως επιβάτη, για να ελέγχει, αν θα επιζήσει το ζώο στα μεγάλα ύψη που θα έφτανε το αερόστατο. Η πτήση έτυχε, το αερόστατο έφτασε στα 1.000 μετρά περίπου και το αρνί επέζησε. Ο Σαρλ όμως δεν το έβαλε κάτω, συνέχισε να βελτιώνει το δικό του αερόστατο και επινόησε την τοποθέτηση σακών με άμμο, ώστε να ελέγχεται το ύψος



πτήσης με άδειασμα κάποιων σακών. Επίσης εισήγαγε μια βαλβίδα ώστε να ελευθερώνεται αέριο, όταν το αερόστατο έφτανε ψηλά δεδομένου ότι σε κάποιες εκατοντάδες μετρά από το έδαφος ,το μπαλόνι φούσκωνε υπερβολικά λόγω της μειωμένης ατμοσφαιρικής πίεσης. Αργότερα το έτος 1804 ταξίδεψαν δυο διάσημοι Γάλλοι ερευνητές, ο Biot (Μπόι) και ο Gay-Lussac (Γκαυ Λυσάκ) που ήταν οι πρώτοι που ταξίδεψαν με αερόστατο σε ύψος 6,5 χιλιομέτρων.Στην συνέχεια υπήρξαν και άλλες επιδείξεις αερόστατων και το 1999, ο Μπερτών πικαρ και ο Μπράιαν Τζόουνς έγιναν οι πρώτοι που έκαναν τον γύρο του κόσμου με αερόστατο χωρίς καμία στάση.

### **Οι αδελφοί Ράιτ επιτυγχάνουν την πρώτη πτήση παγκοσμίως με μηχανοκίνητο αεροπλάνο [17 Δεκεμβρίου 1903]**

Οι αδελφοί Ράιτ, Όρβιλ (Orville Wright, 19 Αυγούστου 1971 – 30 Ιανουαρίου 1948) και Γουίλμπουρ (Wilbur Wright, 16 Απριλίου 1867 – 30 Μαΐου 1912), είναι οι δύο Αμερικανοί στους οποίους αποδίδεται η εφεύρεση και κατασκευή του πρώτου επιτυχημένου αεροπλάνου στον κόσμο και η πραγματοποίηση της πρώτης ελεγχόμενης, μηχανικά προωθούμενης και με διάρκεια, βαρύτερης από τον αέρα, ανθρώπινης πτήσης στις 17 Δεκεμβρίου 1903.Την ιστορική αυτή πτήση τους επιχείρησαν στο Κίτυ Χωκ στη Βόρεια Καρολίνα, με το διπλάνο τους «Φλάιερ» που έφερε κινητήρα 12 ίππων που κινούσε δύο έλικες. Η πτήση εκτελέστηκε με τέσσερις δοκιμές, διάρκειας 12, 13, 15 και 59 δευτερολέπτων. Κατά την τελευταία διανύθηκε απόσταση 260 μέτρα

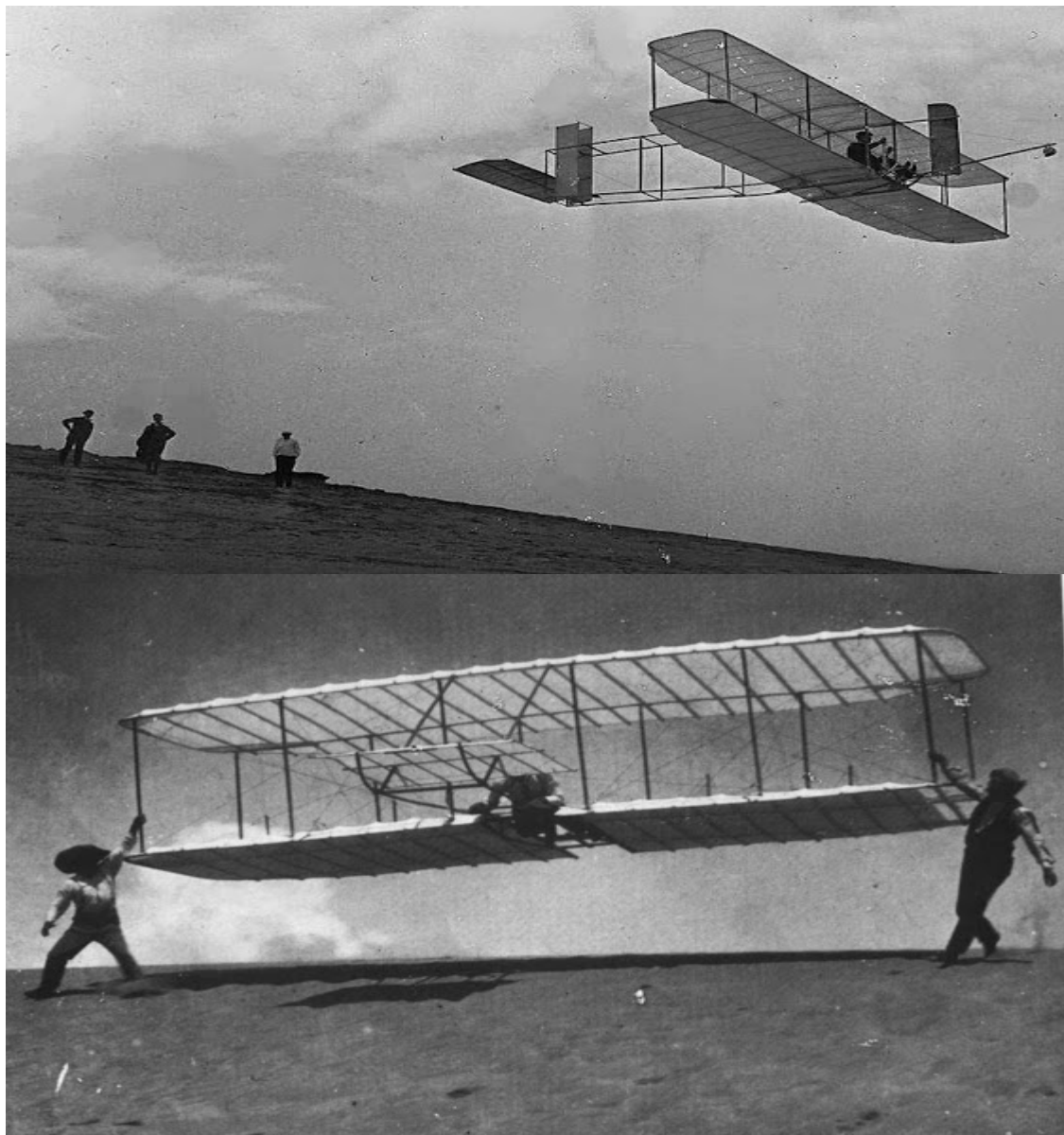


Εικόνα 5. Εικόνες από το πρώτο αεροπλάνο [10]

Το πρωί της 17ης Δεκεμβρίου 1903 απογειώθηκε ένα όνειρο. Γερακόμορφο, περήφανο, μεγαλοπρεπές, από έλατο και μουσελίνα, με έλικα, τετρακύλινδρη μηχανή 16 ίππων και πηδάλιο.

*«Φέρτε στο μυαλό σας μια ατμομηχανή που εκτροχιάζεται, σκαρφαλώνει στον αέρα... χωρίς ρόδες, με λευκά φτερά... και θα καταλάβετε τι ήταν αυτό που είδαν τα μάτια μου».*

Έτσι περιέγραψε την παρθενική πτήση της ανθρωπότητας ένας αυτόπτης μάρτυρας, κάποιος απορημένος έμπορος από το Οχάιο.



Εικόνα 6. Εικόνες από το πρώτο αεροπλάνο [10]

Ο 36χρονος Γουίλμπερ και ο κατά τέσσερα χρόνια μικρότερός του Ορβιλ βολτάρισαν για 12 ολόκληρα δευτερόλεπτα πάνω από τα σύννεφα· στα 120 πόδια, για την ακρίβεια. Την ίδια ημέρα ακολούθησαν τρεις ακόμη πτήσεις. Το Flyer I, το διθέσιο αεροπλάνο των αδελφών Ράιτ, έσχισε τους αιθέρες και εκμηδένισε τον χώρο, τον χρόνο, τη λήθη. Βεβαίως την επόμενη ημέρα μόνο τέσσερις αμερικανικές εφημερίδες ανέφεραν αυτή την πρώτη επιτυχημένη πτήση. Ο κόσμος των αρχών του αιώνα είχε συνηθίσει στα επίγεια. Δεν μπορούσε έτσι εύκολα να πιστέψει ένα τόσο ουρανοκατέβατο όνειρο.



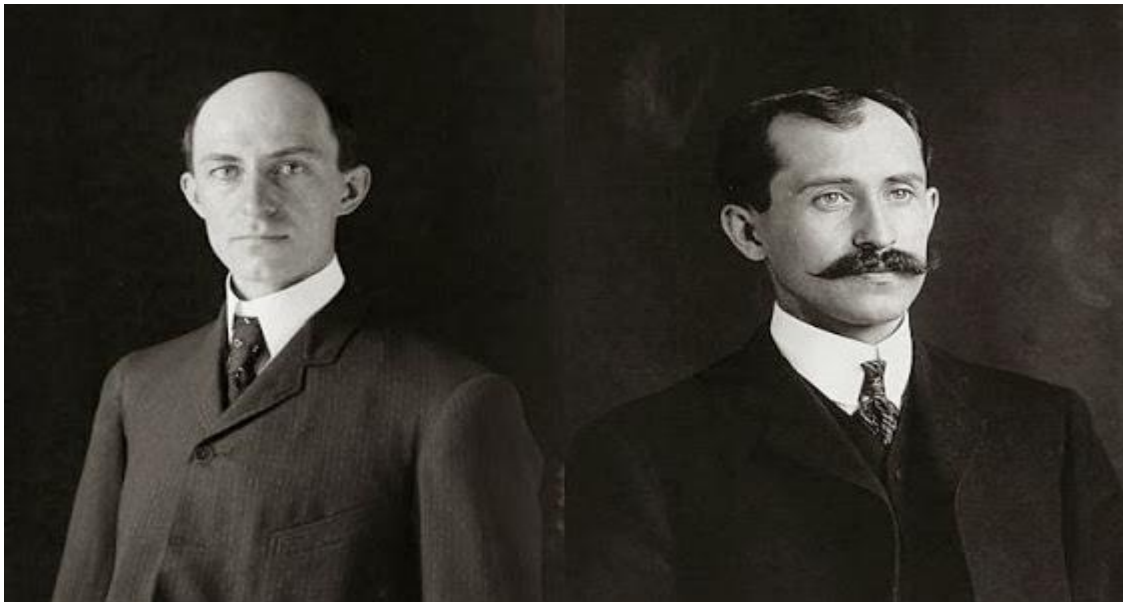
Εικόνα 7. Εικόνες από το πρώτο αεροπλάνο [10]

Όσο για τους **αδελφούς Ράιτ** δεν ήταν παρά δύο αιθεροβάμονες μηχανικοί ποδηλάτων. Όλα ξεκίνησαν το 1878, όταν ο πατέρας τους, επίσκοπος της Ευαγγελικής Εκκλησίας, τους έκανε δώρο ένα ιπτάμενο παιχνιδάκι από φελλό και μπαμπού. Από τότε τα μυαλά τους πήραν... αέρα! Η μόρφωσή τους ήταν υποτυπώδης, αλλά το πάθος τους για τις μηχανές επαρκές. Στην αρχή ασχολήθηκαν με τον σχεδιασμό και την κατασκευή τυπογραφικών μηχανών, ενώ το 1892 αποφάσισαν να ιδρύσουν στο Ντέιτον του Οχάιο τη δική τους εταιρεία κατασκευής ποδηλάτων, Wright Cycle Co., που ήταν τελικά η μόνιμη πηγή κεφαλαίου για τα μετέπειτα εναέρια πειράματά τους. Η αεροδυναμική δεν άργησε να προσεδαφιστεί στην καθημερινότητά τους. Για πολύ καιρό παρατηρούσαν το πέταγμα των γερακιών. Στο τέλος διαπίστωσαν ότι η κίνησή τους βασιζόταν σε τρεις άξονες, για την ανύψωση και την κάθοδο, την κλίση προς τη μία ή την άλλη πλευρά και τη στροφή προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά. Στηριζόμενοι σε αυτές τις φυσιολατρικές παρατηρήσεις αλλά και στα πειράματα του γερμανού πρωτοπόρου της αεροναυτικής Οτο Λίλιενταλ (ο οποίος πραγματοποίησε πάνω από 2.000 πτήσεις με ανεμόπτερα προτού βρει τραγικό θάνατο στον αέρα το 1896) αποφάσισαν να εμφυσήσουν ζωή στο πρώτο αεροπλάνο με κινητήρα και ελεγχόμενη πτήση. Δεν θα μπορούσαν να έχουν διαλέξει πιο κατάλληλη στιγμή. Η αεροδυναμική, η μηχανική των κατασκευών, ο σχεδιασμός μηχανών και η τεχνολογία των καυσίμων είχαν προλειάνει το έδαφος για μια καθολική απογείωση: μπορούσαν πλέον να συνδυαστούν για την παραγωγή μιας μηχανής που θα αψήφουσε τον αέρα.



Εικόνα 8. Εικόνες από το πρώτο αεροπλάνο [10]

Το **Flyer I** το ακολούθησε το αδελφοποιητό Flyer II (1904) με ενισχυμένη μηχανή και λίγο αργότερα το Flyer III (1905), το πρώτο αεροπλάνο που είχε τη δυνατότητα να ελίσσεται σχηματίζοντας ευμεγέθη «οχτάρια» και παραμένοντας σε πτήση για χρόνο μεγαλύτερο από 30 λεπτά. Οι **αδελφοί Ράιτ** ήταν πλέον έτοιμοι να παραδώσουν το όνειρό τους στον 20ό αιώνα. Μόνο που η προσγείωση ήταν κάπως απότομη. Η επίμονη άρνηση του αμερικανικού στρατού να αποδεχθεί το μεγαλείο της νέας εφεύρεσης αλλά και οι φόβοι για βιομηχανική κατασκοπεία (αρκετοί ανά την Ευρώπη μαθητευόμενοι Ίκαροι έσπευσαν να αντιγράψουν τη μυστική «φόρμουλα» και να κατασκευάσουν αεροπλάνα) ανάγκασαν τον Γουίλμπερ και τον Ορβιλ να διακόψουν εντελώς τις πτήσεις για τρία ολόκληρα χρόνια. Το 1908 σταμάτησαν οι αντιδράσεις. Οι **αδελφοί Ράιτ** έδωσαν αισίως την άδεια να κατασκευαστούν αεροπλάνα τους στην Ευρώπη, ενώ ταυτόχρονα υπέγραψαν συμβόλαιο με την ηγεσία του στρατού των ΗΠΑ. Ύστερα από μια σειρά μυστικές δοκιμαστικές επιδείξεις, ο Γουίλμπερ πραγματοποίησε στο Λε Μαν της Γαλλίας την πρώτη δημόσια πτήση (8 Αυγούστου 1908). Τα επόμενα χρόνια τα δύο αδέρφια συμπλήρωσαν εκατοντάδες ώρες στον αέρα. Μόνο μία εξ αυτών αμαύρωσε τη δόξα της θεόπνευστης εφεύρεσης. Επρόκειτο στην πραγματικότητα για το πρώτο αεροπορικό δυστύχημα. Κατά τη διάρκεια μιας πτήσης στη Βιρτζίνια ο κινητήρας ενός αεροπλάνου με πιλότο τον Ορβιλ παρουσίασε μηχανική βλάβη. Το αεροσκάφος έπεσε, με αποτέλεσμα να τραυματιστεί σοβαρά ο ίδιος και να σκοτωθεί ο επιβάτης του, ο υπολοχαγός Τ. Ε. Σέλφριτζ



Εικόνα 9. Αδελφοί Ράιτ [10]

Ο Γουίλμπερ Ράιτ πέθανε από τύφο το 1912, πολύ προτού οι αεροπορικές εταιρείες καθιερώσουν τα εναέρια γεύματα. Ο Ορβιλ Ράιτ κράτησε ζωντανό το κοινό τους αεροδυναμικό όνειρο ως το 1948. Και οι δύο αδελφοί έμειναν σε όλη τη ζωή τους άγαμοι ισόβιοι εραστές μιας φτερωτής μηχανής. Το μοναδικό αντικείμενο του πόθου τους, το Flyer I, βρίσκεται σήμερα στο Εθνικό Μουσείο Αεροναυπηγικής της Ουάσιγκτον.

## **‘1.2 ΊΠΤΑΜΕΝΑ ΜΕΤΑΛΛΑ’**

### **ΥΔΡΟΠΛΑΝΟ**

Το **Υδροπλάνο** (Seaplane)\* είναι ειδικός τύπος αεροσκάφους ικανό να πλέει και να κινείται στην επιφάνεια της θάλασσας ή και σε ευρεία υδάτινη έκταση π.χ. λίμνη ή ποταμό, καθώς και να ξεκινά την πτήση του απ’ αυτή και να τερματίζει επίσης σε ίδια επιφάνεια. Για τα υδροπλάνα αντί τους όρους "απογείωση" και "προσγείωση" χρησιμοποιούνται οι όροι "αποθαλάσσωση" και "προσθαλάσσωση" αντίστοιχα.

Η πλευστότητα του υδροπλάνου εξασφαλίζεται είτε με πλευρικούς πλωτήρες, είτε με ειδική διασκευή της ατράκτου σε σκάφος ή και με συνδυασμό σκάφους και πλωτήρων. Παλαιότερα τα υδροπλάνα που συνδύαζαν άτρακτο και πλωτήρες ονομάζονταν **αεράκατοι**. Σήμερα παράλληλα με τον όρο υδροπλάνο χρησιμοποιείται και ο όρος "αμφίβιο αεροσκάφος". Αντιληπτό βεβαίως είναι ότι τα σκάφη αυτά διατηρούν σύστημα τροχοδρόμησης, τους τροχούς τους, για κανονική προσγείωση και απογείωση. Το υδροπλάνο καθ’ όλο το χρόνο που βρίσκεται σε επαφή με την υδάτινη επιφάνεια, από τη στιγμή της πρώτης επαφής του, κατά την προσθαλάσσωση και μέχρι της απόσπασής του απ’ αυτή, κατά την αποθαλάσσωση, νομικά και τεχνικά, εκλαμβάνεται ως πλοίο και είναι υπόχρεο στη τήρηση όλων των ναυτικών κανονισμών, όπως φανών ναυσιπλοΐας, κανονισμών αποφυγής σύγκρουσης κ.α.. Σήμερα τέτοιοι τύποι αεροσκαφών χρησιμοποιούνται κυρίως ως πυροσβεστικά αεροσκάφη αλλά και ως συγκοινωνιακά μέσα μεταξύ λιμένων συνήθως νήσων και περισσότερο σε αρχιπελάγη όπου το κόστος λιμενικών έργων κρίνεται πολύ υψηλό. Στον ελλαδικό χώρο πριν τον Β’ παγκόσμιο Πόλεμο μεγάλη συγκοινωνιακή ανάπτυξη με υδροπλάνα παρουσίαζαν τα Δωδεκάνησα και ιδιαίτερα το Καστελόριζο που ήταν τέρμα και αφετηρία των τότε ιταλικών υδρο-αερογραμμών.



Εικόνα 1.0. Υδροπλάνο [10]

## **ΕΛΙΚΟΠΤΕΡΟ**

### Λειτουργία του ελικοπτέρου

Λόγω του ιδιαίτερου τρόπου πτήσης, για την ανάπτυξη των ελικοπτέρων έπρεπε να αντιμετωπιστούν πολλά προβλήματα, καθώς απαιτούν περισσότερη ισχύ σε σχέση με τα αντίστοιχα αεροσκάφη σταθερών πτερυγίων του ίδιου βάρους. Λόγω της ροπής που δημιουργείται από την περιστροφή του κύριου έλικα, στο ελικόπτερο μονού έλικα είναι απαραίτητο να υπάρχει κάποιος μηχανισμός αντιστάθμισης της ροπής, συνήθως ένας δευτερεύον έλικας (tail rotor, ουριαίος ρότορας), που παράγει την ροπή αντιστάθμισης από την περιστροφή του κύριου έλικα, και επίσης παρέχει τον έλεγχο περιστροφής του ελικοπτέρου. Στα ελικόπτερα με δύο ρότορες που περιστρέφονται αντίθετα ο ένας από τον άλλο δεν απαιτείται δευτερεύον έλικας. Τα ελικόπτερα είναι πιο πολύπλοκα στην λειτουργία τους από ότι αρχικά φαίνονται. Αεροδυναμικά, το ρεύμα αέρα που περνάει από την επιφάνια του έλικα είναι πολύ δύσκολο να οριστεί και μετά από τόσα χρόνια έρευνας δεν έχει περιγραφεί ακόμα πλήρως. Η δυνατότητα ορισμού και πρόβλεψης των αεροδυναμικών χαρακτηριστικών του έλικα, είναι το κλειδί για την πρόβλεψη της απόδοσης του ελικοπτέρου επί συνόλου. Τα μακριά λεπτά στρεφόμενα (twist) πτερύγια, τα οποία αλλάζουν κλίση (flap up and down), είναι προσαρμοσμένα σε μια άρθρωση η οποία είναι προσκολλημένη στο σώμα του αεροσκάφους. Για να υπάρχει έλεγχος των αεροδυναμικών δυνάμεων του έλικα, η γωνία του κάθε πτερυγίου του έλικα αλλάζει ξεχωριστά καθώς αυτά περιστρέφονται. Ωστόσο, παρόλη την αεροδυναμική και μηχανολογική πολυπλοκότητα που έχει συνολικά το ελικόπτερο, υπάρχουν ακόμα και πολλές ομοιότητες με τα αεροσκάφη σταθερών πτερυγίων. Έτσι ο πιλότος χρησιμοποιεί τέσσερις βασικές λειτουργίες ελέγχου της πτήσης του ελικοπτέρου. Αυτές είναι ο κυκλικός μηχανισμός ελέγχου (cyclic pitch control), ο γενικός μηχανισμός ελέγχου (collective pitch control), η διάταξη αυξομείωσης των στροφών του

κινητήρα (throttle, γκάζι), καθώς και δυο πετάλια ελέγχου του μηχανισμού αντιστάθμισης της ροπής του κύριου έλικα (Antitorque Pedals). Ο κυκλικός μηχανισμός ελέγχου και ο γενικός μηχανισμός ελέγχου, προορίζονται για τον έλεγχο των κινήσεων των πτερυγίων του κύριου έλικα.

## **ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ**

### ***Canadair CL-215***



Εικόνα 1.1. Αεροσκάφος CL-215 [10]

Το Bombardier (πρώην Canadair) **CL-215** (*Scooper*) είναι ένα Καναδικό αμφίβιο αεροσκάφος, ειδικά σχεδιασμένο για ρόλους αεροπυρόσβεσης. Είναι πρώτο αεροσκάφος σχεδιασμένο και κατασκευασμένο αποκλειστικά για αυτόν το ρόλο και σε αυτό βασίζεται το νεώτερο **CL-415** της ίδιας εταιρίας. Το CL-215 είναι δικινητήριο αμφίβιο αεροσκάφος, υψηλής πτέρυγας, σχεδιασμένο να επιχειρεί σε χαμηλές ταχύτητες με μεγάλο φορτίο στις άσχημες συνθήκες που δημιουργούνται από τις δασικές πυρκαγιές και να αποπροσγειώνεται σε μικρούς, μη ασφαλτοστρωμένους διαδρόμους.

### **Επιχειρησιακή Ιστορία**

Το CL-215 είναι γνωστό με πολλά παρατσούκλια, ανάλογα με το που χρησιμοποιούνται. Στην Γαλλία και την Ελλάδα είναι γνωστά ως **Canadair** (Κανανταίρ) από την κατασκευάστρια εταιρεία τους. Στον δυτικό Καναδά είναι γνωστά ως *Πάπιες* (Ducks). Οι περισσότεροι χρήστες πάντως τα



αποκαλούν **Scoopers** ενώ τα **CL-215T** and **CL-415** είναι γνωστά ως **Super Scoopers** λόγω των αυξημένων επιδόσεών τους. Το CL-215 έχει την δυνατότητα να πραγματοποιήσει υδροληψίες από λίμνες, ποτάμια ή την ανοιχτή θάλασσα. Ο απαιτούμενος χρόνος μέχρι να γεμίσει τις δεξαμενές του με 5,455 λίτρα νερού είναι μόλις δέκα δευτερόλεπτα, το οποίο μπορεί να εμπλουτίσει με επιβραδυντικό αφρό και να ρίξει στη φωτιά, επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία χωρίς να χρειάζεται να επιστρέψει στην βάση του για να εφοδιαστεί με νερό. Εφόσον υπάρχει δυνατότητα υδροληψίας σε κοντινή απόσταση από το μέτωπο της φωτιάς, το CL-215 μπορεί να παραδώσει από 75 έως 125 φορτία νερού σε μία μέρα, ενισχύοντας τις προσπάθειες της πυρόσβεσης. Το CL-215, πέρα από τη διαμόρφωση εναέριας πυρόσβεσης, μπορεί να διαμορφωθεί για αποστολές θαλάσσιας περιπολίας, έρευνας και διάσωσης και μεταφοράς προσωπικού και φορτίου.

### Το CL-215 σε Ελληνική υπηρεσία

#### Αεροσκάφος CL-215 της ΠΑ

Η Ελληνική Πολεμική Αεροπορία άρχισε να παραλαμβάνει τα πρώτα CL-215 τον Δεκέμβριο του 1975. Τα αεροσκάφη εντάχθηκαν στην 355 Μοίρα Τακτικών Μεταφορών που εδρεύει στην 112 Πτέρυγα Μάχης, στην αεροπορική βάση της Ελευσίνας, συχνά όμως μοιράζονται σε όλη την επικράτεια για μεγαλύτερη κάλυψη και καλύτερη προστασία. Τα Ελληνικά CL-215 επιχειρούν αποστολές αεροπυρόσβεσης και έρευνας και διάσωσης σε όλη την Ελλάδα.

Canadair CL-215		Πηγή ισχύος	
		Κινητήρες	2x Pratt & Whitney R-2000-03AM
Canadair CL-215		Ισχύς	2,100 hp (έκαστος)
<b>Περιγραφή</b>		<b>Επιδόσεις</b>	
Αποστολή	Αμφίβιο Πυροσβεστικό Αεροσκάφος	Μέγιστη ταχύτητα	290 km/h
Πλήρωμα	2	Αυτονομία	2,430 km
Κατασκευαστής	Bombardier (Canadair)	<b>Μεταφορική Ικανότητα</b>	
<b>Διαστάσεις</b>		5,455 λίτρα νερού	
Μήκος	19.62 m	6,120 λίτρα επιβραδυντικού υγρού	
Εκπέτασμα	28.6 m		
Ύψος	8.08 m		
<b>Βάρος</b>			
Άδειο	12,200 kg		
Μέγιστο απογείωσης	19,730 kg		

Εικόνα 1.2 .Χαρακτηριστικά. Αεροσκάφους CL-215 [10]

## **ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ**

Το **Boeing 747** είναι ένα αεροσκάφος ευρείας ατράκτου για επιβατικές αερογραμμές και μεταφορά εμπορευμάτων, το οποίο αναφέρεται πολλές φορές ως *Τζάμπο τζετ*. Είναι ανάμεσα στα πιο αναγνωρίσιμα αεροσκάφη του κόσμου και ήταν το πρώτο αεροσκάφος ευρείας ατράκτου που κατασκευάστηκε. Η πρώτη πτήση του έγινε το 1970 και κατείχε για σχεδόν 37 χρόνια το ρεκόρ για τη μεγαλύτερη χωρητικότητα επιβατών από αεροσκάφος.



Εικόνα 1.3 .Επιβατικό αεροσκάφος τύπου Boeing [10]

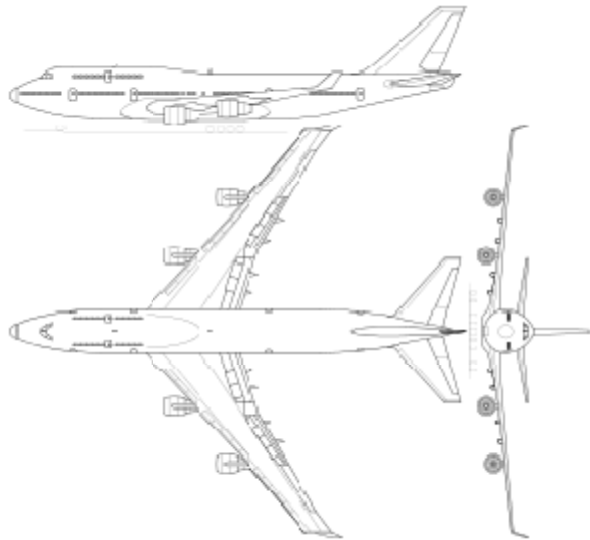
Το τετρακινητήριο 747 χρησιμοποιεί ένα διπλό κατάστρωμα που διαμορφώνει μέρος του μήκους του. Είναι διαθέσιμο σε εκδόσεις για μεταφορά επιβατών και για μεταφορά φορτίων. Η Boeing σχεδίασε το επάνω κατάστρωμα για στεγάσει την πρώτη θέση ή (όπως συμβαίνει τώρα συνήθως) ως επιπλέον καθίσματα και για να επιτρέπει τη γρήγορη μετατροπή του αεροσκάφους σε αεροσκάφος εμπορευμάτων με την αφαίρεση των καθισμάτων και την προσθήκη πρόσθιας θύρας. Η Boeing έπραξε έτσι διότι πίστευε ότι τα υπερηχητικά αεροσκάφη θα καθιστούσαν τα υποχητικά αεροσκάφη ξεπερασμένα, ενώ η ζήτηση για υποχητικά

αεροσκάφη εμπορευμάτων θα ήταν σημαντική στο μέλλον. Πιστευόταν μάλιστα ότι το 747 θα θεωρούταν ξεπερασμένο μετά τις πωλήσεις 400 μονάδων αλλά ξεπέρασε τις προσδοκίες των επικριτών με την παραγωγή να περνάει το όριο των 1.000 μονάδων το 1993. Με βάση τα στοιχεία του Ιουνίου 2009, 1.416 αεροσκάφη είχαν κατασκευαστεί, με 107 παραλλαγές να βρίσκονται υπό παραγγελία. Το **Boeing 747-400**, η πιο πρόσφατη έκδοση σε χρήση, είναι ανάμεσα στα ταχύτερα υποηχητικά αεροσκάφη σε χρήση με ταχύτητα πτήσης περίπου 0,85 mach (915 χιλιόμετρα ανά ώρα) και έχει εμβέλεια περίπου 13.450 χιλιομέτρων. Το 747-400 μπορεί να μεταφέρει ανάλογα με την οργάνωση των θέσεων 416 με 524 επιβάτες. Η επόμενη γενιά του αεροσκάφους, το **747-8**, βρίσκεται σε παραγωγή και αναμένεται να χρησιμοποιηθεί το 2010. Το 747 αναμένεται να αντικατασταθεί με το Boeing Y3 στο κοντινό μέλλον.



Κατασκευαστής	Boeing Commercial Airplanes
Έτος πρώτης χρήσης	1969 <sup>[1]</sup>
Πρώτη αεροπορική εταιρεία	Pan Am <sup>[1]</sup>
Μοντέλα	100, 200, 300, 400, 8
Διαστάσεις	
Μήκος	70.6 - 76.3 m
Εκπέτασμα	59.6 - 68.5 m
Ύψος	19.3 - 19.4 m
Ελάχιστο βάρος απογείωσης	162.400 - 214.500 kg
Χαρακτηριστικά	
Ταχύτητα πτήσης	893-913 km/h
Μέγιστη Εμβέλεια	9.800-14.800 km
Μέγιστη χωρητικότητα καυσίμου	183.000 - 240.000 L

Εικόνα 1.4 .Χαρακτηριστικά επιβατικού αεροσκάφους τύπου Boeing [10]



Εικόνα 1.5 .Όψεις επιβατικού αεροσκάφος τύπου Boeing [10]

Το 1963, η United States Air Force άρχισε μία σειρά μελετών σχετικά με πολύ μεγάλο στρατηγικό μεταφορικό αεροπλάνο. Αν και το C-141 Starlifter άρχισε να χρησιμοποιείται, υπήρχε η αίσθηση ότι ένα μεγαλύτερο αεροσκάφος χρειαζόταν, ειδικός για να μεταφέρει πολύ μεγάλου μεγέθους εμπορεύματα που δε χωρούσαν σε κανένα από τα υπάρχοντα αεροσκάφη. Αυτές οι μελέτες έπρεπε να λάβουν υπόψιν τις αρχικές απαιτήσεις για τη μεταφορά του CX-Heavy Logistics System (CX-HLS) το Μάρτιο του 1964 για ένα αεροσκάφος με ικανότητα μεταφοράς φορτίου περίπου 90.000 κιλών με ταχύτητα 0,75 Μαχ και εμβέλεια χωρίς ανεφοδιασμό 5.000 ναυτικών μιλίων με ωφέλιμο φορτίο περίπου 65.000 κιλών. Η περιοχή που τα ωφέλιμο φορτίο θα τοποθετούταν έπρεπε να έχει πλάτος 5,2 μέτρα, ύψος 4,1 μέτρα και μήκος 30 με πρόσβαση στις εμπρός και πίσω πόρτες. Διαθέτοντας μόνο δύο μηχανές, η σχεδίαση απαιτούσε νέες μηχανές με αυξημένη δύναμη και καλύτερη οικονομία καυσίμων. Στις 18 Μαΐου 1964, προτάσεις για το αεροσκάφος έγιναν από τις Boeing, Douglas, General Dynamics, Lockheed και Martin Marietta, ενώ καινούργιες μηχανές προτάθηκαν από General Electric, Curtiss-Wright, και Pratt & Whitney. Ύστερα από την επιλογή, στις Boeing, Douglas και Lockheed δόθηκαν επιπλέον συμβόλαια για έρευνα σχετικά με το αεροσκάφος, μαζί με τις General Electric και Pratt & Whitney για τους κινητήρες. Όλες οι προτάσεις διέθεταν κάποια κοινά χαρακτηριστικά. Καθώς το CX-HLS έπρεπε να είναι ικανό να φορτώνεται στο αεροσκάφος από εμπρός, μία πόρτα έπρεπε να προστεθεί εκεί που συνήθως βρισκόταν το πιλοτήριο. Όλες οι εταιρείες έλυσαν αυτό το πρόβλημα μετακινώντας το πιλοτήριο πάνω από την περιοχή που βρίσκονταν τα εμπορεύματα. Η

Douglas είχε μία μικρή «καμπούρα» λίγο μπροστά και πάνω από τα φτερά, η Lockheed χρησιμοποίησε μία μακρυνά «σπονδυλική στήλη» που διέτρεχε όλο το μήκος του αεροσκάφους και τα φτερά περνούσαν μέσα από αυτή, ενώ η Boeing συνδύασε και τα δύο, με μακρύτερη «καμπούρα» που ήταν από το πιλοτήριο μέχρι λίγο μετά τα φτερά. Το 1965 το σχέδιο της Lockheed και οι κινήτρες της General Electric χρησιμοποιήθηκαν στο καινούργιο C-5 Galaxy, το οποίο ήταν το μεγαλύτερο στρατιωτικό αεροπλάνο εκείνη τη περίοδο. Η εμπρόσθια πόρτα και το ανυψωμένο πιλοτήριο διατηρήθηκαν στη σχεδίαση του 747.

### **Πρόταση για επιβατική χρήση**

Το 747 οραματίστηκε ενώ οι εναέρια μεταφορές αυξάνονταν κατά τη δεκαετία του 1960. Η περίοδος της εμπορικής μεταφοράς με τζετ, που καθοδηγήθηκε από τη δημοτικότητα των Boeing 707 και Douglas DC-8, είχε φέρει την επανάσταση στο ταξίδι μεγάλων αποστάσεων. Πριν ακόμη χάσει το σύμβολο για το CX-HLS, η Boeing πιεζόταν από τον Juan Trippe, πρόεδρο της Παν Αμ, ενός από τους πιο σημαντικούς πελάτες ανάμεσα στις αεροπορικές εταιρείες, να κατασκευάσει ένα αεροσκάφος με διπλάσιο μέγεθος από το 707. Εκείνη τη περίοδο, η εναέρια συμφόρηση, που γινόταν χειρότερη από τον αυξημένο αριθμός επιβατών που μεταφερόταν από μικρά αεροσκάφη έγινε ένα πρόβλημα το οποίο ο Τριππέ πίστευε ότι μπορούσε να αντιμετωπίσει με ένα νέο μεγάλο αεροσκάφος. Το 1965, ο Joe Sutter μεταφέρθηκε από την ομάδα ανάπτυξης του 737 για να διευθύνει τη μελέτη ενός νέου αεροσκάφους, του μοντέλου με τον αριθμό 747. Ο Sutter άρχισε τη μελέτη σχεδίασης με την Παν Αμ και άλλες εταιρείες, για να καταλάβει τις απαιτήσεις τους. Εκείνη την περίοδο, το 747 θεωρούταν ότι τελικά θα θεωρούταν ξεπερασμένο σε λίγο χρόνο από τα υπερηχητικά αεροσκάφη. Η Boeing αντέδρασε σχεδιάζοντας το 747 έτσι ώστε να μπορεί γρήγορα να μετατραπεί σε εμπορικό και να παραμείνει σε παραγωγή αν οι πωλήσεις της επιβατικής εκδοχής φθίνουν. Στο ρόλο του εμπορικού, η ξεκάθαρη ανάγκη ήταν να υποβαστάξει τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων με πλοία τα οποία εμφανίζονταν εκείνο τον καιρό. Τα κιβώτια έχουν διαστάσεις ύψος και πλάτος 2,4 μέτρα και μήκος 6,1 και 12 μέτρα και αυτό σημαίνει ότι χωράει ένα σωρό από 2 επί 2 κιβωτίων με μήκος 2 ή 3 σειρές σε μία άτρακτο με τον αρχικό σχεδιασμό.



Εικόνα 1.6. Πιλοτήριο αεροσκάφους τύπου Boeing [10]

Ένα από τα πρώτα πιλοτήρια του 747, τοποθετημένο στο επάνω κατάστρωμα. Τον Απρίλιο του 1966, η Παν Αμ παρήγγειλε 25 αεροσκάφη 747-100 για 525 αμερικανικά δολάρια. Κατά τη διάρκεια του επετειακού συμποσίου σύναψης των συμβάσεων για το 747 στο Σιάτλ για τα 50 χρόνια της Μπόινγκ, ο Χουάν Τριππέ προέβλεψε ότι το 747 θα γινόταν «ένα σπουδαίο όπλο για ειρήνη, ανταγωνιζόμενο τους διηπειρωτικούς πυραύλους για το πεπρωμένο της ανθρωπότητας», σύμφωνα με τον Μάλκομ Τ. Στάμπερ, ενός από τους διαχειριστές του προγράμματος του 747 εκείνη τη περίοδο. Ως πρώτος πελάτης, και εξαιτίας της πρώιμης ανάπτυξης πριν την επίσημη παραγγελία, η Παν Αμ ήταν ικανή να επηρεάσει τη σχεδίαση και την ανάπτυξη του 747 σε ένα σημείο πρωτόγνωρο για αεροπορική εταιρεία.

### **Προσπάθεια σχεδιασμού**

Τελικά, το σχέδιο της Boeing για το CX-HLS δε χρησιμοποιήθηκε στο 747, αν και κάποιες τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν για αυτό το σχέδιο είχαν μία επίδραση. Το πρωτότυπο μοντέλο περιελάμβανε μία σε όλο το μήκος με διπλό κατάστρωμα άτρακτο με σειρές οκτώ κατά πλάτος καθισμάτων και δύο διαδρόμους στο κάτω κατάστρωμα και εφτά κατά πλάτος καθίσματα και δύο διαδρόμους στο επάνω κατάστρωμα. Όμως, ανησυχίες σχετικά τις διαδρομές εκκένωσης και τη περιορισμένη δυνατότητα μεταφοράς εμπορευμάτων έκαναν την ιδέα να αλλάξει στις αρχές του 1966 για χάρη ενός σχεδίου με πλατύτερο μονό κατάστρωμα. Το πιλοτήριο, για αυτό το λόγο, τοποθετήθηκε σε ένα κοντύτερο επάνω κατάστρωμα έτσι ώστε μία πόρτα φόρτωσης εμπορευμάτων να μπορεί να τοποθετηθεί στη μύτη του αεροσκάφους. Αυτό το σχέδιο παρήγαγε το χαρακτηριστικό «εξόγκωμα» του 747. Στα πρώτα μοντέλα δεν ήταν ξεκάθαρο τι θα γινόταν με το χώρο πίσω από το πιλοτήριο, και έτσι χαρακτηρίστηκε ως «σαλόνι» χωρίς μόνιμα καθίσματα.

Ο κινητήρας τούρμπο-φαν Pratt & Whitney JT9D αναπτύχθηκε για το 747. Μία από τις κύριες τεχνολογίες που βοήθησαν ένα αεροσκάφος τόσο μεγάλο όσο το 747 να λειτουργήσει ήταν οι μηχανές τουρμποφάν υψηλής διαφυγής. Η τεχνολογία των κινητήρων θεωρούταν ότι μπορεί να παράγει διπλάσια ώθηση από τους πρώτους κινητήρες αερίωσης (jet), ενώ κατανάλωνε λιγότερα καύσιμα. Η General Electric είχε πρωτοπορήσει σε αυτό το σχέδιο αλλά είχε δεσμευτεί στην παραγωγή του κινητήρα του C-5 Galaxy και δεν μπόρεσε στην εμπορική αγορά μέχρι να τελειώσει. Η Pratt & Whitney επίσης δούλεψε στην ίδια αρχή και, στο τέλος του 1966, οι Boeing, Pan-Am και Pratt & Whitney συμφώνησαν στην παραγωγή ενός νέου κινητήρα, με την ονομασία JT9D, για να τροφοδοτεί το 747. Η μηχανή είχε σχεδιαστεί με βάση μία καινούργια μεθοδολογία, γνωστή και ως ανάλυση του υπαιτίου δέντρου, η οποία επέτρεπε να μελετηθούν οι επιδράσεις της βλάβης ενός μόνο μέρους για να καθοριστεί η επίδρασή του στα άλλα συστήματα. Για να αντιμετωπιστούν προβλήματα σχετικά με την ασφάλεια και την πτήση, το σχέδιο του 747 περιλαμβάνει δομική redundancy, redundant υδραυλικά συστήματα, τετραπλούς κύριους τροχούς προσγείωσης και διπλές επιφάνειες ελέγχου. Επιπλέον, κάποιους από τους πιο εξελιγμένους μηχανισμούς υψηλής άνωσης, για να χωράει και να λειτουργεί στους υπάρχοντες αερολιμένες. Αυτοί περιλαμβάνουν κύρια ακραία φλαπς σχεδόν σε όλο το μήκος των φτερών, όπως και σύνθετα τριών μερών φλαπς στους τροχούς. Τα σύνθετα τριπλά φλαπς των φτερών αύξαναν την επιφάνεια των φτερών κατά 21% και την άνωση κατά 90% όταν αναπτύσσονταν πλήρως σε σύγκριση με την αναδιπλωμένη εκδοχή. Η Boeing συμφώνησε να παραδώσει το πρώτο 747 στην Παν Αμ μέχρι το τέλος του 1969. Η ημερομηνία παράδοσης άφησε μόνο 28 μήνες για το σχεδιασμό του αεροσκάφους, δηλαδή τα δύο τρίτα του κανονικού χρόνου. Το πρόγραμμα είχε τόσο γρήγορο ρυθμό που οι άνθρωποι που δούλευαν σε αυτό είχαν το παρατσούκλι «οι Απίθανοι».<sup>1</sup> Η ανάπτυξη του αεροσκάφους ήταν τόσο μεγάλη τεχνική και οικονομική πρόκληση που η διεύθυνση λεγόταν ότι είχε «στοιχηματίσει την εταιρεία» όταν άρχισε η μελέτη.

## Εργοστάσιο παραγωγής

Η τελική συναρμολόγηση του 747 στο εργοστάσιο της Boeing ΈβερετΗ Boeing δε διέθετε ένα εργοστάσιο αρκετά μεγάλο για να συναρμολογήσει το τεράστιο αεροσκάφος. Γι αυτό η εταιρεία σκέφτηκε τοποθεσίες σε 50 πόλεις, και τελικά αποφάσισε να κατασκευάσει το νέο εργοστάσιο 50 χιλιόμετρα βόρεια του Σιάτλ, σε μία περιοχή κοντά στο Έβερετ. Αγόρασε τα 316 εκτάρια του χώρου τον Ιούνιο του 1966. Η ανάπτυξη του 747 ήταν μία μεγάλη πρόκληση, και η κατασκευή της μονάδας συναρμολόγησης ήταν επίσης δέσμευση. Η πρόεδρος της Boeing Γούλιαμ Άλλεν είπε στο Μάλκολμ Στάμπερ, τότε επικεφαλής της του τμήματος κινητήρων της εταιρείας, να επιτηρεί την κατασκευή του εργοστασίου Έβερεττ και να αρχίσει την παραγωγή του 747. Για να έχει η περιοχή ίσο υψόμετρο μετακινήθηκαν περισσότερα από 3,1 εκατομμύρια κυβικά μέτρα χώματος. Ο χρόνος ήταν τόσο λίγος που το πλήρους μεγέθους μοκ-απ του 747 κατασκευάστηκε πριν αποπερατωθεί η οροφή του εργοστασίου. Το εργοστάσιο είναι το μεγαλύτερο κτήριο σε όγκο που έχει ποτέ κατασκευαστεί και επεκταθεί πολλές φορές για να επιτρέπει την κατασκευή και άλλων μοντέλων της Boeing ευρείας ατράκτου.

## Σχεδίαση

Το Boeing 747 είναι ένα μεγάλο ευρείας ατράκτου (με δύο διαδρόμους) αεροσκάφος με τέσσερις κινητήρες στερεωμένους στις πτέρυγες. Οι πτέρυγες έχουν υψηλή κλίση 37,5 μοίρες προς τα πίσω για γρήγορη και αποδοτική πτήση με περίπου 0,85 mach .Επίσης αυτή η κλίση επιτρέπει στο 747 να χωρά στα υπάρχοντα υπόστεγα. Η χωρητικότητα καθισμάτων υπερβαίνει τα 366 τοποθετημένα σε μία διάταξη 3-4-3 (σε μία τομή υπάρχουν 3 καθίσματα, διάδρομος, 4 καθίσματα, διάδρομος, 3 καθίσματα) στην οικονομική θέση και μία διάταξη 2-3-2 για την πρώτη θέση στο κύριο κατάστρωμα. Το πάνω κατάστρωμα διαθέτει μία διάταξη καθισμάτων 3-3 στην οικονομική και 2-2 στην πρώτη τάξη.



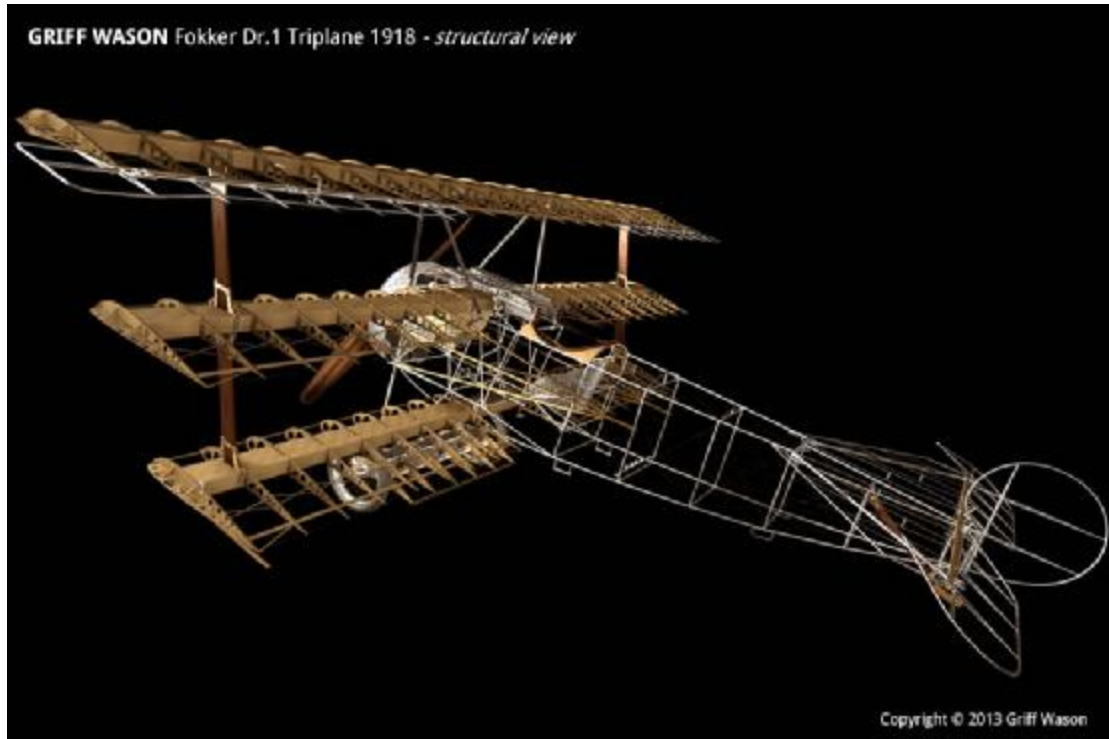


Εικόνα 1.7 .Επιβατικό αεροσκάφος τύπου Boeing [10]

Ένα Cargolux 747-400F με την εμπρόσθια πόρτα φόρτωσης στη μύτη ανοικτή. Το πιλοτήριο βρίσκεται πάνω από το κύριο κατάστρωμα και σχηματίζει μία καμπούρα. Αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει τη φόρτωση διαφόρων εμπορευμάτων από εμπρός. Το επάνω κατάστρωμα πίσω από το πιλοτήριο παρέχει χώρο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σαλόνι ή για να τοποθετηθούν επιπλέον καθίσματα.

## 1.3 ΠΟΛΕΜΙΚΑ ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ

### **FOKKER DR1- TRIPLANE**



Εικόνα 1.8. Σκελετός Fokker dr1 [10]

Το Fokker Dr.I Dreidecker ( Triplane ) ήταν ένα γερμανικό μαχητικό αεροπλάνο του Α Παγκοσμίου Πολέμου .Το αεροσκάφος Fokker Dr.I ήταν η απάντηση της Γερμανίας στη βρετανική Sopwith, το οποίο είχε χρησιμοποιηθεί με μεγάλη επιτυχία κατά τη διάρκεια της Μάχης της Arras τον Απρίλιο του 1917.Όταν ένα από τα αεροπλάνα της βρετανικής αεροπορίας έπεσε πίσω από τις γερμανικές γραμμές τότε οι γερμανοί σχεδιαστές και μηχανικοί βρήκαν την ευκαιρία να το μελετήσουν και να το σχεδιάσουν. Ο διοικητής της γερμανικής αυτοκρατορίας von Höppner ήταν πολύ ενθουσιασμένος με το αγγλικό sopwith που το επένευσε δημοσίως ,αυτόματα όλες οι αεροπορικές κατασκευαστικές εταιρίες της εποχής προσπάθησαν να το παράγουν στην δική τους εκδοχή .Αυτός που τα κατάφερε ήταν ο Anthony Fokker ο οποίος είχε πετάξει ένα sopwith και είχε μελετήσει από πρώτο χέρι το αεροπλάνο το οποίο είχε πέσει στο γερμανικό έδαφος.Παρόλο που ο οπλισμός τους δεν ήταν σημαντικός και αποτελούταν από μόνο ένα πυροβόλο το Fokker αποδείχθηκε πολύ ανώτερο από τα βαριά οπλισμένα μαχητικά αεροπλάνα της εποχής του.



Εικόνα 1.9. Fokker dr1 [10]

#### General characteristics

- **Crew:** One
- **Length:** 5.77 m (18 ft 11 in)
- **Wingspan:** 7.20 m (23 ft 7 in)
- **Height:** 2.95 m (9 ft 8 in)
- **Wing area:** 18.70 m<sup>2</sup> (201 ft<sup>2</sup>)
- **Empty weight:** 406 kg (895 lb)
- **Loaded weight:** 586 kg (1,292 lb)
- **Powerplant:** 1 × Oberursel Ur.II 9-cylinder rotary engine, 82 kW (110 hp)
- **Zero-lift drag coefficient:** 0.0323
- **Drag area:** 0.62 m<sup>2</sup> (6.69 ft<sup>2</sup>)
- **Aspect ratio:** 4.04

#### Performance

- **Maximum speed:** 185 km/h at sea level (115 mph at sea level)
- **Stall speed:** 72 km/h (45 mph)
- **Range:** 300 km (185 mi)
- **Service ceiling:** 6,095 m (20,000 ft)
- **Rate of climb:** 5.7 m/s (1,130 ft/min)
- **Lift-to-drag ratio:** 8.0

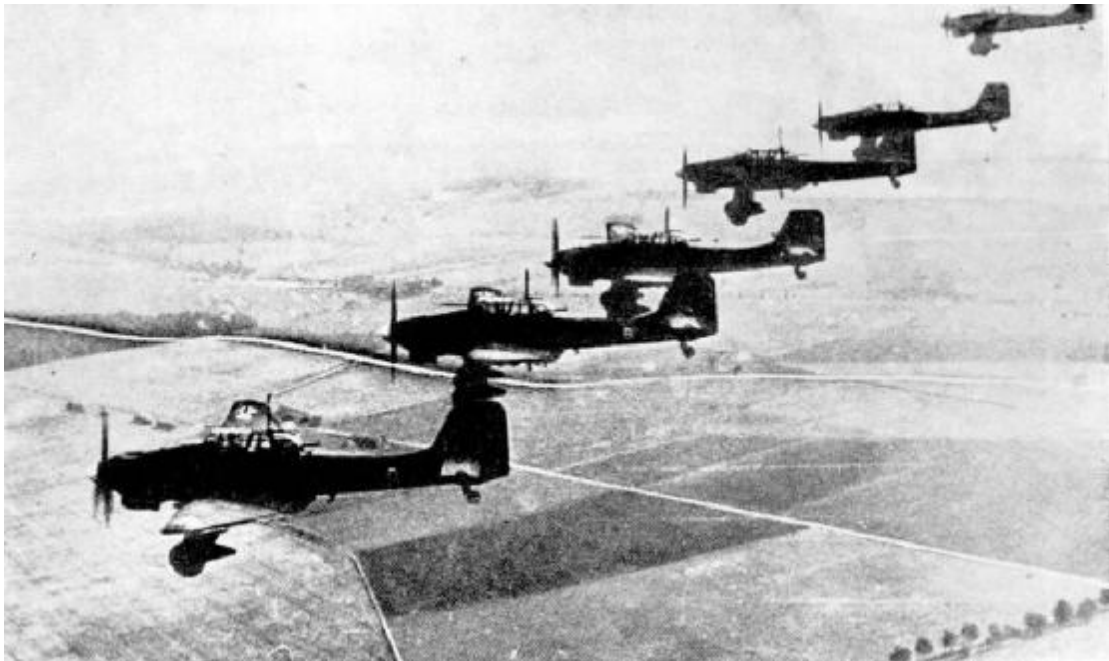
#### Armament

- 2 × 7.92 mm (.312 in) "Spandau" IMG 08 machine guns.

Εικόνα 2.0.Χαρακτηριστικά Fokker dr1 [10]

## **STUKA**

Το Junkers Ju 87, ή Stuka είναι συντόμευση της λέξης Sturzkampfflugzeug, (πολεμικό αεροσκάφος κάθετης εφόρμησης). Αναγνωρίζεται εύκολα από τις αντεστραμμένες πτέρυγες γλάρου, από τις σταθερές ρόδες και τη σειρήνα του που λόγω της επιπρόσθετης οπισθέλκουσας μείωνε την ταχύτητα στο ήδη αργό αεροσκάφος.



Εικόνα 2.1. Stukas εν πτήση [10]

Το Stuka εισήγαγε κάποιες πρωτοποριακές καινοτομίες, όπως τα αυτόματα φρένα , που εξασφάλιζαν την έξοδο του αεροσκάφους από τη βύθιση, ακόμα και στην περίπτωση λιποθυμίας του πιλότου από την έντονη επιτάχυνση και μια σειρήνα κάτω από το ρύγχος, που λειτουργούσε με τον εισερχόμενο αέρα και ούρλιαζε κατά τη διάρκεια των βυθίσεων για να τρομοκρατεί τους αντιπάλους. Τα Stukas αποτελούσαν ένα είδος ψυχολογικού πολέμου. Οι σταθερές ρόδες του επέτρεπαν να προσ-απογειώνεται σε αυτοσχέδιους αεροδιαδρόμους κοντά στην πρώτη γραμμή, παρέχοντας στενή υποστήριξη στις προελαύνουσες Γερμανικές δυνάμεις. Σχεδόν 6.000 Ju 87 κατασκευάστηκαν στην περίοδο 1936-1944. Ένα Ju 87 πέτυχε την πρώτη κατάρριψη του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου την 1η Σεπτεμβρίου 1939, όταν ο οπίσθιος πολυβολητής του σκότωσε τον πιλότο ενός Πολωνικού καταδιωκτικού PZL P.11 c.Αν και εύρωστο, ακριβές και πολύ αποτελεσματικό, το Stuka υπέφερε από την χαμηλή ταχύτητα και την περιορισμένη ευελιξία του, που σε συνδυασμό με τον

ανεπαρκή αμυντικό του εξοπλισμό το καθιστούσε ιδιαίτερα ευάλωτο στα εχθρικά καταδιωκτικά. Στη Μάχη της Αγγλίας οι Γερμανοί έμαθαν πως για να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά τα αεροσκάφη προσβολής στόχων εδάφους, έπρεπε πρώτα να εξασφαλιστεί η αεροπορική υπεροχή. Μετά τη μάχη αυτή, το Stuka χρησιμοποιήθηκε ελάχιστα στη Δυτική Ευρώπη, αλλά χρησιμοποιήθηκε σε τεράστιους αριθμούς στο ανατολικό μέτωπο, όπου υπήρχε ανεπάρκεια Συμμαχικών καταδιωκτικών και στη Μεσόγειο. Διακρίθηκε ιδιαίτερα στη Μάχη της Κρήτης και τη Μάχη της Μάλτας. Ίσως το κορυφαίο παράδειγμα της ευπάθειάς του ήταν η κατάρριψη πέντε Stuka μέσα σε λίγα μόνο λεπτά από τον Αυστραλό άσσο Clive Caldwell με αεροσκάφος P-40 Tomahawk, στη Λιβύη στις 5 Δεκεμβρίου 1941. Παρόλα αυτά, τα Stuka χρησιμοποιήθηκαν στο Ανατολικό Μέτωπο με μεγάλη αποτελεσματικότητα, αν και η σταθερή αύξηση της Σοβιετικής αεροπορικής ισχύος στην πορεία του πολέμου σήμαινε πως οι Μοίρες Stuka υπέστησαν τελικά βαρύτερες απώλειες. Ο Χανς Ούλριχ Ρούντελ (Hans-Ulrich Rudel) υπήρξε ο πιο αξιοσημείωτος άσσος των Stuka και τιμήθηκε με ανώτερες διακρίσεις από οποιονδήποτε άλλο Γερμανό στρατιωτικό κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο.

### **Διαδικασία καθέτου εφορμήσεως**

Πετώντας στα 4.600 μέτρα, ο πιλότος εντόπιζε το στόχο του μέσα από ένα παράθυρο διόπτρευσης στο δάπεδο του πιλοτηρίου. Αφού άνοιγε τα αερόφρενα, έκοβε ταχύτητα και περιέστρεφε το αεροσκάφος κατά 180° γύρω από τον διαμήκη άξονά του, ρίχνοντάς το σε μια κάθετη βύθιση. Κόκκινες ετικέτες ανυψώνονταν από την πάνω επιφάνεια των πτερύγων, σαν οπτική ένδειξη προς τον πιλότο πως εάν η πίεση από την επιτάχυνση («g») τον άφηνε αναίσθητο, το αυτόματο σύστημα ανύψωσης θα ενεργοποιούνταν. Η βύθιση γινόταν σε μια γωνία 60 ως 90 μοιρών, επιταχύνοντας στα 600 περίπου km/h. Όταν το αεροσκάφος βρισκόταν σε μια λογική απόσταση από το στόχο, άναβε μία λυχνία στο όργανο ένδειξης υψομέτρου, για να επισημάνει την κατάλληλη στιγμή για την απελευθέρωση της βόμβας (περίπου 450 m). Ο πιλότος έριχνε τη βόμβα πιέζοντας ένα κομβίο στον πίνακα οργάνων, που ταυτόχρονα με την απελευθέρωση της βόμβας εκκινούσε και τον αυτόματο μηχανισμό ανύψωσης. Μία αρπάγη κάτω από την άτρακτο θα εξέτρεπε τη βόμβα, ώστε να παρακάμψει το δίσκο του έλικα και το αεροσκάφος θα ξεκινούσε αυτόματα την έξοδό του, με 6 «g». Όταν το ρύγχος ανέβαινε πάνω από το οριζόντιο επίπεδο, τα αερόφρενα ανασύρονταν, ανέβαιναν οι στροφές και ο έλικας ρυθμιζόνταν σε ανάβαση. Ο πιλότος ανακτούσε πάλι τον έλεγχο και συνέχιζε κανονικά την πτήση.

## Καταστροφέας αρμάτων Ju 87G

Αναπτύχθηκε στις αρχές του 1943, οπλισμένο με δύο πυροβόλα των 37 mm εγκατεστημένα σε ατρακτίδια κάτω από τις ημιπτέρυγες και αποδείχθηκε τρομερά αποτελεσματικό στα χέρια έμπειρων πιλότων. Αν και παρέμενε αργοκίνητο, η σταθερότητά του, οι τεράστιες πτέρυγες και η θαυμάσια απόδοσή του σε βραδεία πτήση ήταν πολύτιμες για την προσβολή αργοκίνητων στόχων όπως πολεμικά οχήματα και αποβατικά σκάφη. Το Ju 87 γενικά επηρέασε το σχέδιο του A-10 Thunderbolt II και το προσωπικό του υποχρεώθηκε να μελετά το εγχειρίδιο του Stuka.

Junkers Ju 87	
	
Ju 87	
Περιγραφή	
Αποστολή	Βομβαρδιστικό καθέτου εφορμήσεως
Πλήρωμα	2 άτομα
Κατασκευαστής	Junkers
Σχεδιαστής	Hermann Pohlmann
Παρθενική πτήση	Τέλη 1935
Είσοδος σε υπηρεσία	1937
Απόσυρση	1945
Πρωτεύων χρήστης	Luftwaffe
Περίοδος παραγωγής	1936–1944
Συνολική	5.752

Εικόνα 22. Χαρακτηριστικά ενός Stuka [10]

παραγωγή

#### Διαστάσεις

Μήκος 11,10 m

Εκπέτασμα 13,80 m

Ύψος 3,90 m

Επιφάνεια 31,90 m<sup>2</sup>

πτέρυγας

#### Βάρος

Μεικτό 5.720 kg

#### Σύστημα πρόωσης

Κινητήρες 1x Junkers Jumo 211J (1.410 hp)

#### Επιδόσεις

Μέγιστη ταχύτητα 408 km/h

Αυτονομία 1.165 km

Μέγιστο ύψος 9.000 m

#### Οπλικό φορτίο

Πολυβόλα 2 σταθερά πυροβόλα MG 17 των 7,92 mm, 1 οπίσθιο αμυντικό πολυβόλο MG 81 των 7,92 mm

Βόμβες 1 των 500 ή 1.000 kg και 4 των 50 kg



© 1998 by Richard J. Caruana

Εικόνα 2.2. Χαρακτηριστικά ενός Stuka [10]

## **F-16**

Το F-16 Fighting Falcon (Μαχόμενο Γεράκι) είναι ένα μοντέρνο μαχητικό αεροσκάφος κατασκευασμένο στις ΗΠΑ. Σχεδιασμένο ως ένα ελαφρύ καταδιωκτικό και καταδιωκτικό-βομβαρδιστικό έχει μέχρι στιγμής επιτυχημένο ρόλο στον τομέα του. Οι μεγάλες του δυνατότητες σε ταχύτητα, ευελιξία, ικανότητα στροφής και περιστροφής το κάνουν έναν από τους πιο δύσκολους αντιπάλους στον αέρα. Το F-16 κατασκευάστηκε από την General Dynamics. Το 1993 η General Dynamics πωλήθηκε στην Lockheed Corporation, τώρα Lockheed Martin. Το καταδιωκτικό αυτό υπηρετεί σε 24 χώρες, περιλαμβανομένης και της Ελλάδας, όπου από το 1989 αποτελεί τον κύριο τύπο καταδιωκτικού αναχαίτισης. Πιθανόν να είναι το πιο διαδεδομένο Δυτικό καταδιωκτικό, αφού έχουν κατασκευαστεί πάνω από 4000 μοντέλα. Το F-4 Phantom II είχε μια αρκετά απογοητευτική απόδοση στον πόλεμο του Βιετνάμ, όντας ιδιαίτερα μεγάλο και δυσκίνητο, και αντιμετώπισε μεγάλες δυσκολίες με τα μικρά και ευέλικτα μαχητικά των Βορειοβιετναμέζων. Ο διάδοχος του, το F-15 Eagle, διαφαινόταν επίσης ένα μεγάλο (αλλά κατά πολύ πιο ευέλικτο), μαχητικό το οποίο όμως συνάντησε ιδιαίτερες αντιδράσεις λόγω των κακών εμπειριών με το F-4. Η πιο οργανωμένη από αυτές ήταν μια ομάδα από αξιωματικούς της Πολεμικής Αεροπορίας των ΗΠΑ που αυτοαποκαλείτο "Fighter mafia". Αποτελείτο από τους σμήναρχο Τζων Μπόνιτ, σμήναρχο Έβερστ Ριτσιόνι, τους αναλυτές Τομ Κρίστι και Πιέρ Σπρέι. Αυτή η ομάδα πίεσε και πέτυχε την δημιουργία διαγωνισμού από το Πεντάγωνο των ΗΠΑ για ένα μικρό, ελαφρύ καταδιωκτικό ημέρας με πολύ βασικό εξοπλισμό και χωρίς ραντάρ. Το πρόγραμμα ονομάστηκε Light-Weight Fighter (LWF) program και στις 13 Απριλίου 1972 το μοντέλο 401-16B της General Dynamics επελέγη από τον ανταγωνισμό. Η πρώτη επίσημη πτήση του αεροσκάφους (με το νέο όνομα YF-16) έγινε στις 2 Φεβρουαρίου 1974 και το αεροσκάφος μπήκε σε ενεργό υπηρεσία στις 17 Οκτωβρίου 1978 με την USAF. Αν και αρχικά το F-16 είχε ως αποκλειστικό σκοπό την υπεροχή σε κλειστές αερομαχίες και οπλισμό μόνο τους πυραύλους αέρος-αέρος AIM-9, κατά τη διάρκεια της θητείας του απέκτησε μια μεγάλη γκάμα αναβαθμίσεων που το κατέστησαν σχεδόν ισάξιο με τον ανταγωνιστή του - το F-15 Eagle. Οι σημερινές εκδόσεις (blocks) F-16 φέρουν μια αξιοθαύμαστη συμβατότητα με σχεδόν όλα τα οπλικά συστήματα του NATO και ανεπτυγμένες δυνατότητες επιβίωσης σε εχθρικό περιβάλλον.



## ***Το αεροσκάφος***

Το F-16 εξελίχθηκε από την αρχική αποστολή του για ένα απλό μαχητικό ημέρας σε ένα αεροσκάφος πολλαπλών ρόλων. Το αεροσκάφος είναι ιδιαίτερα μικρό συγκρινόμενο με τα άλλα μαχητικά ανάλογων δυνατοτήτων, και επιβίωσης. Σε αυτό βοηθάει ο πολύ ευρηματικός σχεδιασμός του σώματος του αεροσκάφους, που "αναμιγνύεται" με τα φτερά, δημιουργώντας έτσι επιπλέον χώρους στη μικρή άτρακτο, για εσωτερικά καύσιμα και συστήματα. Μια καινοτομία που εισήχθη στο αεροσκάφος είναι ότι είναι αεροδυναμικά ασταθές. Αυτό σημαίνει ότι το κέντρο άντωσης του είναι μπροστά από το κέντρο βάρους του. Υπό κανονικές συνθήκες το αεροσκάφος θα έπρεπε να βρίσκεται συνεχώς εκτός οποιουδήποτε ελέγχου από τον πιλότο. Οι μηχανικοί της General Dynamics έδωσαν λύση εισάγοντας για πρώτη φορά σε καταδιωκτικό ένα ηλεκτρονικό σύστημα πτήσης (fly by wire), το οποίο αισθάνεται την αστάθεια του αεροσκάφους και την διορθώνει αυτόματα και στιγμιαία με μικρές κινήσεις των επιφανειών ελέγχου, χωρίς να γίνει αισθητή από τον πιλότο. Οι αεροδυναμιστές υποστηρίζουν ότι το αεροδυναμικά ασταθές αεροσκάφος είναι πιο ευέλικτο από ένα αεροδυναμικά σταθερό.



Εικόνα 2.3. F-16 [10]



Εικόνα 2.3 Τρία F-16 Fighting Falcon στην αεροπορική βάση Edwards [10]

Το σύστημα αυτό επέτρεψε ορισμένες πολύ σημαντικές αλλαγές στον θάλαμο χειρισμού. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα μαχητικά, το F-16 χρησιμοποιεί ένα μικρό χειριστήριο στο δεξί χέρι του πιλότου αντί για μια κεντρική κολώνα χειρισμού. Αυτό επέτρεψε στην εταιρία να τοποθετήσει υποστήριξη στο χέρι του πιλότου ώστε αυτό να είναι πιο ξεκούραστο και να αντέχει τις μεγαλύτερες καταπονήσεις στις δυνάμεις g. Το χειριστήριο δεν κινείται παρά μόνο μισό εκατοστό από την μηδενική θέση, σε αντίθεση με τις αρκετά μεγαλύτερες κινήσεις που απαιτούνται στην κεντρική κολώνα χειρισμού. Λειτουργεί ως αισθητήρας δύναμης, αισθάνεται δηλαδή την δύναμη που του ασκεί ο χειριστής και ανάλογα μεταφέρει τις εντολές στο ηλεκτρονικό σύστημα πτήσης. Στα αρχικά σχέδια της εταιρίας ήταν το χειριστήριο να μην κινείται καθόλου, αλλά αυτό αποδείχθηκε ιδιαίτερα μη αρεστό στους πιλότους δοκιμών κι έτσι επετράπη μια στοιχειώδης κίνηση (0.635 εκατοστά). Το ίδιο το χειριστήριο και η μανέτα του κινητήρα αποτελούν τμήματα μιας γενικότερης φιλοσοφίας και κατασκευής του πιλοτηρίου, που ονομάζεται HOTAS (Hands On Throttle And Stick - Χέρια Στη Μανέτα και το Χειριστήριο). Σε αυτήν την φιλοσοφία, ο πιλότος δεν χρειάζεται να αφήσει τη μανέτα ή το χειριστήριο για τις πιο άμεσες λειτουργίες πτήσης και μάχης καθώς όλοι οι διακόπτες και τα κουμπιά που χρειάζεται βρίσκονται πάνω σε αυτά. Το σύστημα αυτό έχει περάσει και σε πολλά πιο σύγχρονα μαχητικά πλέον, δείγμα της επιτυχίας που είχε με την κοινότητα των

ιπτάμενων. Το F-16 εξ'αρχής είχε σχεδιαστεί για να είναι φτηνό. Στην πορεία, πολλά στοιχεία μετατράπηκαν από το αρχικό αεροσκάφος για περαιτέρω μείωση του κόστους ώστε το πρόγραμμα να επιβιώσει έναντι του F-15 Eagle (που ήταν πιο αγαπητό στις τάξεις της USAF). Έτσι, το αεροσκάφος χρησιμοποιεί σταθερή εισαγωγή αέρα, πράγμα που περιορίζει τις επιδόσεις του - σε σύγκριση με άλλα μαχητικά - στις υπερηχητικές ταχύτητες. Χρησιμοποιεί επίσης και μικρότερης δυνατότητας ραντάρ καθώς ο σχεδιασμός θα έπρεπε να αλλάξει ριζικά για μεγαλύτερα μοντελα. Οι τελευταίες εκδόσεις του τύπου (E/F blk60) φέρουν παρ'όλα αυτά ραντάρ τύπου AESA, τα οποία θεωρούνται κορυφαίων επιδόσεων. Το αεροσκάφος έχει δυνατότητες στροφών 9g, που σημαίνει ότι η ακτίνα μιας στροφής 360 μοιρών στην ιδανική ταχύτητα είναι μόλις 470 μέτρα. Έχει μια εξαιρετική αναλογία ώσης/βάρους, που το καθιστά εξαιρετικά δύσκολο αντίπαλο σε κλειστές αερομαχίες, αλλά και μια αναλογία ανεμοπλοΐας 1:1 που το καθιστά ιδιαίτερα ασφαλές σε περίπτωση βλάβης στον κινητήρα. Αν και ο τύπος έχει αγαπηθεί ιδιαίτερα από τους χειριστές του και από την στρατιωτική κοινότητα, ορισμένα στοιχεία του είναι εγγενώς υποδεέστερα άλλων μαχητικών όπως του F-15. Εκτός από τον προαναφερθέντα περιορισμό του ραντάρ, το αεροσκάφος έχει μικρότερη ακτίνα δράσης από πολλούς ανταγωνιστές του ενώ είναι πιο ευάλωτο στις αερομαχίες εκτός οπτικής επαφής λόγω του υποδεέστερου ηλεκτρονικού εξοπλισμού που φέρει. Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι ένα F-16 έχει ένα πολύ δύσκολο έργο ενάντι ενός F-15 πχ. σε τέτοιου τύπου αερομαχία. Τέλος, ο σχεδιασμός μονού κινητήρα το καθιστά για διάφορους λόγους λιγότερο ασφαλές από άλλα, δικινητήρια αεροσκάφη.



Εικόνα 2.4 Σκοπευτήριο F-16

### ***Το F-16 σε πόλεμο***



Εικόνα 2.5 Ένα F-16 Fighting Falcon πάνω από το Ιράκ [10]



Εικόνα 2.6 Ένα F-16 Fighting Falcon της αεροπορίας της Πολωνίας [10]

Το 1981, το Ισραήλ κατέγραψε την πρώτη πολεμική χρήση του F-16, βομβαρδίζοντας τον Ιρακινό πυρηνικό αντιδραστήρα Όσιρακ που θεωρούταν ότι θα χρησιμοποιούταν για την παραγωγή πυρηνικών όπλων για το καθεστώς του Σαντάμ Χουσεΐν. Αν και η επιχείρηση κατακρίθηκε ιδιαίτερα, η απόδοση των F-16 στην επιχείρηση αυτή έκανε ιδιαίτερη αίσθηση σε όλον τον στρατιωτικό κόσμο. Το F-16 συνέχισε την επιτυχία του με την Ισραηλινή Αεροπορία στον Ισραηλινο-Λιβανέζικο πόλεμο του 1982, πετυχαίνοντας την κατάρριψη 44 συριακών αεροσκαφών χωρίς απώλειες. Περίπου μια δεκαετία αργότερα, το F-16 έλαβε μέρος ως βομβαρδιστικό ημέρας στην Καταιγίδα της Ερήμου στο Ιράκ, όπου και εντυπωσίασε με την αποτελεσματικότητα των συστημάτων του. 2 αμερικανικά F-16 καταρρίφθηκαν από αντι-αεροπορικούς πυραύλους κατά τη διάρκεια αποστολής ημέρας πάνω από τη Βαγδάτη. Οι πιλότοι των αεροσκαφών αιχμαλωτίστηκαν από τον ιρακινό στρατό. Τα F-16 παρέμειναν στους ουρανούς του Ιράκ και μετά το τέλος του πολέμου, περιπολώντας τις Ζώνες Απαγόρευσης Πτήσης που επέβαλαν τα Ηνωμένα Έθνη. Μάλιστα, το F-16 ήταν το πρώτο αεροσκάφος που κατέρριψε εχθρικό αεροσκάφος με τον νέο τύπο πυράυλων μέσου βεληνεκούς AIM-120 AMRAAM κατά τη διάρκεια περιπολίας στις 7 Ιανουαρίου 1993. Τα F-16 ήταν η αιχμή του δόρατος του NATO κατά τις επιχειρήσεις Deny Flight και Allied Force (Γιουγκοσλαβία, 1993-95 και 1999), όπου μάλιστα σημειώθηκε η πρώτη κατάρριψη αεροσκάφους από ευρωπαϊκό F-16 (συγκεκριμένα, της Βασιλικής Πολεμικής Αεροπορίας της Ολλανδίας). Τουλάχιστον 2 τέτοια αεροσκάφη της USAF κατερρίφθησαν, ένα κατά την διάρκεια της επιχείρησης Deny Flight και τουλάχιστον ένα κατά την επιχείρηση Allied Force, από τις Σερβικές δυνάμεις, χωρίς όμως να σημειωθούν απώλειες πιλότων. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν για την επιχείρηση Noble Eagle (ΗΠΑ, 2001-σήμερα), Enduring Freedom (Αφγανιστάν, 2001) και Iraqi Freedom (2003-σήμερα) για βομβαρδισμούς και αεροπορική υπεροχή από τις ΗΠΑ. Το Ισραήλ χρησιμοποίησε τα F-16 και για τις εξοντώσεις ατόμων που χαρακτήριζε ως τρομοκράτες στα μέσα της δεκαετίας του 2000, αλλά και βομβαρδισμούς στον Λίβανο κατά την διάρκεια του Λιβανέζο-Ισραηλινού πολέμου του 2006. Η Ισραηλινή Αεροπορία χρησιμοποιεί επίσης εκτενώς το αεροσκάφος και στις επιχειρήσεις της στη Γάζα.

## Το F-16 στην Ελληνική Πολεμική Αεροπορία



Εικόνα 2.7.F-16 Fighting Falcon της Ελληνικής Πολεμικής Αεροπορίας [10]

Η Πολεμική Αεροπορία διαθέτει 157 F-16: 32 (από 40) F-16C/D Block 30, 38 (από 40, 1 F-16 Blk 50 εκσυγχρονίστηκε σε F-16 Block 50+ Adv.) F-16C/D Block 50, 56 (από 60) F-16C/D Block 52+ και 30 F-16C/D Block 52+ Advanced -ή αλλιώς F-16 Block 52M. Το Νοέμβριο του 1984, η ελληνική κυβέρνηση εκδήλωσε το ενδιαφέρον της για την απόκτηση 40 αεροσκαφών F-16 προς αντικατάσταση των F-5. Η επίσημη συμφωνία αγοράς των αεροσκαφών υπογράφηκε τον Ιανουάριο του 1987 και το πρόγραμμα ονομάστηκε Peace Xenia I. Η πρώτη ομάδα F-16C/D Block 30 παραδόθηκε μεταξύ Νοεμβρίου 1988 και Οκτωβρίου 1989 στην Ελλάδα. Το 1997 παρεδόθησαν και αεροσκάφη τύπου Block 50 με το πρόγραμμα Peace Xenia II. 40 αεροσκάφη παρεδόθησαν, πολλά από τα οποία ήταν ειδικά τροποποιημένα για τις ανάγκες της ΠΑ. Το 2000, παραγγέλθηκαν με το πρόγραμμα Peace Xenia III άλλα 50 (+10) Block 52+, η παράδοση των οποίων τελείωσε το 2004. Τέλος, με μια απόφαση που προκάλεσε πολλές διαμαρτυρίες, το 2005 η Ελληνική Κυβέρνηση αποφάσισε την αγορά άλλων 30 F-16 Block 52+ Adv. διατηρώντας την επιλογή για άλλα 10 η οποία δεν πραγματοποιήθηκε ποτέ.<sup>[1][2]</sup> Οι παραδόσεις ξεκίνησαν στα μέσα 2009 και τελείωσαν στις αρχές του 2010. Τα Block 52+ Adv ανήκουν στη 335 Μοίρα με χαρακτηριστικό κλήσης Τίγρης/Tiger (στον Άραξο). Σε αυτήν την 20ετία, τα ελληνικά F-16 έχουν περάσει από διάφορες αναβαθμίσεις, όπως το Falcon Up, στην ΕΑΒ. Τα ελληνικά F-16 θεωρούνται από τα πιο προηγμένα στον τομέα τους. Χαρακτηριστικό είναι ότι η Πολεμική Αεροπορία αρνήθηκε την αγορά μεταχειρισμένων αεροσκαφών από τις ΗΠΑ για την αναβάθμιση της στο ρόλο του πυρηνικού πολέμου στο ΝΑΤΟ. Η αιτιολογία ήταν ότι τα προσφερόμενα αεροσκάφη δεν συμβάδιζαν με τις τεχνολογικές και υπηρεσιακές δυνατότητες των ήδη υπάρχοντων. Το F-16 στην Πολεμική Αεροπορία χρησιμοποιείται για ρόλους βομβαρδισμού και αεράμυνας.

Όντας πιθανώς το πιο γνωστό μαχητικό στο ελληνικό κοινό, το F-16 βρίσκεται συχνά εμπλεκόμενο σε επεισόδια στο Αιγαίο με την Τουρκική Πολεμική Αεροπορία. Το 2006, ένα από αυτά κατέληξε τραγικά, με ένα ελληνικό και ένα τουρκικό F-16 να συγκρούονται κατά τη διάρκεια εμπλοκής<sup>[3]</sup>, γεγονός που κατέληξε στον θάνατο του σημαγαού Κωνσταντίνου Ηλιάκη<sup>[4][5]</sup> και σε προσωρινή ένταση μεταξύ των δύο χωρών. Συνολικά, σε ασκήσεις και εμπλοκές, έχουν καταστραφεί 13 αεροσκάφη (8 Block 30, 1 Block 50 και 4 Block 52+). Τα F-16 της ΠΑ χρησιμοποιούνται συχνά σε διάφορες ασκήσεις του NATO και ελληνικές και φέρουν ιδιαίτερη παραλλαγή, ειδικά σχεδιασμένη για το περιβάλλον του Αιγαίου (Aegean Ghost). Είναι ίσως το πιο γνωστό στο ελληνικό κοινό μαχητικό που χρησιμοποιεί αυτή τη στιγμή η Πολεμική Αεροπορία. Τα ελληνικά F-16 διαφέρουν σε ορισμένα στοιχεία τους από τα F-16 άλλων χωρών. Εκτός από την προαναφερθείσα παραλλαγή, τα Block 30 φέρουν το ειδικά σχεδιασμένο σύστημα ηλεκτρονικής προστασίας ASPIS (Advanced Self Protection Integrated Suite) αλλά και προβολέα αναζήτησης. Τα Block 52+ φέρουν και σύμμορφες δεξαμενές καυσίμου (Conformal Fuel Tanks, CFT's),<sup>[15]</sup> που επιτρέπουν επιπλέον ακτίνα δράσης στα αεροσκάφη αυτά χωρίς να τα επηρεάζουν αεροδυναμικά. Επίσης, χρησιμοποιούν το σκοπευτικό επί κάσκας JHMCS καθώς και το βλήμα A-A AIM-2000 IRIS-T.

### **Το Πρώτο Εκσυγχρονισμένο F-16 (της Π.Α.)**

Το F-16 Block 50+ Advanced με Serial Number 045 είναι το πρώτο ελληνικό εκσυγχρονισμένο F-16. Επιχειρεί μαζί με τα F-16 Block 52+ Advanced, στον Άραξο. Η κύρια διαφορά μεταξύ των F-16 Block 52+ Adv. με το εκσυγχρονισμένο F-16, είναι στο ότι δεν μπορεί να φέρει σύμμορφες δεξαμενές καυσίμου (CFT's) και ο κινητήρας του είναι General Electric F110, σε αντίθεση των Block 52M που φέρουν τον Pratt & Whitney F100-PW. Το συγκεκριμένο F-16 είναι το πρώτο F-16, του εξοπλιστικού προγράμματος Peace Xenia II, που οι παραδόσεις ξεκίνησαν το 1997.

Όνομασία Μοίρας	Βάση	Τύπος	Αποστολή
337 "Φάντασμα"	Λάρισα	F-16 C/D blk52+	Πολλαπλή
330 "Κεραυνός"	Νέα Αγχίαλος	F-16 C/D blk30	Πολλαπλή
341 "Βέλος"	Νέα Αγχίαλος	F-16 C/D blk50	SEAD
347 "Περσέας"	Νέα Αγχίαλος	F-16 C/D blk50	Βομβαρδισμό
ΣΜΕΤ "Αλέξανδρος"	Νέα Αγχίαλος	F-16 C/D blk30/50	Εκπαιδευτική
340 "Άλεπού"	Σούδα	F-16 C/D blk52+	Πολλαπλή
343 "Αστέρι"	Σούδα	F-16 C/D blk52+	Πολλαπλή, SEAD
ΣΜΕΤ "Άσσοσ"	Σούδα	F-16 C/D blk52+	Εκπαιδευτική
ΚΕΑΤ	Ανδραβίδα	F-16 blk30/50/52	Εκπαιδευτική
335 "Τίγρης"	Άραξος	F-16 C/D blk52+/50+ Adv.	Βομβαρδισμού

### Μοίρες F-16 στην ΠΑ [10]

Χρήστες του τύπου



[10]

Χώρες χρήστες του F-16. Οι κύριοι χρήστες σημειώνονται με μπλε, οι δευτερεύοντες με γαλάζιο, ενώ οι προτεινόμενες ή ακυρωμένες παραγγελίες με κίτρινο.

[35]

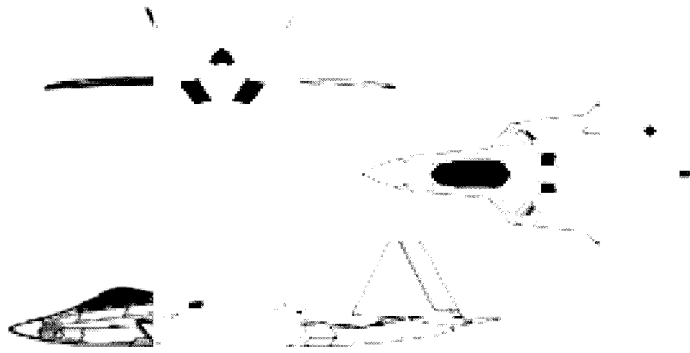


## ***F-22 Raptor***

Το **F-22 Raptor** είναι αμερικανικό μαχητικό αεροσκάφος πέμπτης γενιάς χαμηλής παρατηρησιμότητας. Η κύρια αποστολή του είναι η αεροπορική υπεροχή αλλά είναι ικανό να αναλάβει και άλλες αποστολές όπως βομβαρδισμού και ηλεκτρονικού πολέμου. Το F-22 αυτή τη στιγμή αποτελεί την αιχμή του δόρατος της Αμερικανικής Πολεμικής Αεροπορίας. Στα μέσα της δεκαετίας του '80 η Αμερικανική Πολεμική Αεροπορία ζήτησε, μέσω του προγράμματος Advanced Tactical Fighter (ATF), την ανάπτυξη ενός μαχητικού αεροσκάφους νέας γενιάς, το οποίο θα αντικαθιστούσε στις τάξεις της το F-15 και θα αντιμετώπιζε τα υπό ανάπτυξη τότε νέα σοβιετικά μαχητικά Su-27 και MiG-29. Στο αίτημα αυτό ανταποκρίθηκαν δύο ομάδες κατασκευαστών. Η πρώτη αποτελούνταν από τη Lockheed, τη Boeing και τη General Dynamics και η δεύτερη από τις Northrop και McDonnell Douglas. Αντίστοιχα κατασκευάστηκαν τα πρωτότυπα αεροσκάφη YF-22 και YF-23. Μετά από μια εκτενή διαδικασία δοκιμών το YF-22 ανακηρύχθηκε ως ο νικητής του διαγωνισμού στις 23 Απριλίου 1991 με το πρώτο F-22 παραγωγής να πραγματοποιεί την παρθενική του πτήση στις 7 Σεπτεμβρίου 1997. Η εισαγωγή του αεροσκάφους σε υπηρεσία έγινε στις 15 Δεκεμβρίου του 2005.

### **Σχεδίαση / Τεχνικά χαρακτηριστικά**

Η αρχική απαίτηση της Αμερικανικής Πολεμικής Αεροπορίας ήταν για ένα μαχητικό αεροσκάφος το οποίο θα ήταν κατασκευασμένο από προηγμένα κράματα και συνθετικά υλικά, με σύγχρονο σύστημα ελέγχου πτήσης, ισχυρούς κινητήρες, προηγμένο ηλεκτρονικό εξοπλισμό και, τέλος, θα είχε μειωμένο ίχνος στα ραντάρ. Πραγματικά, η σχεδίαση του αεροσκάφους με τέτοιο τρόπο και η χρήση υλικών που απορροφούν τα ραδιοκύματα δίνουν ίχνος στα ραντάρ παρόμοιο με μιας μπίλιας! Επίσης το F-22 έχει τη δυνατότητα να πετά υπερηχητικά χωρίς μετάκαυση. Κάτι τέτοιο έχει πολλαπλά οφέλη, όπως εξοικονόμηση καυσίμου και μείωση .



Εικόνα 28 Όψεις F -22 raptor [10]



Εικόνα 2.9 Πτήση του F-22 με κινητήρες σε πλήρη μετάκαυση [10]



Εικόνα 3.0 Το F22 σε φάση βαφής [10]

.  
. .  
. .  
. .  
. .  
. .

- Η Αμερικανική Πολεμική Αεροπορία σκόπευε κάποτε να προμηθευτεί 750 F-22 με σκοπό να πετούν στους Σοβιετικούς ουραμούς για την αντιμετώπιση της πυραυλικής υπεροχής της Σοβιετικής Ένωσης. Μετά την κατάρρευση της Σοβιετικής Ένωσης το 1991 ήρθε το τέλος του ψυχρού πολέμου και ο αριθμός αυτός μειώθηκε σταδιακά για να φθάσει τελικά στα 187 αεροσκάφη. Οι Ηνωμένες Πολιτείες είναι ο μοναδικός χρήστης του F-22 καθώς το Κογκρέσο έχει απαγορεύσει την εξαγωγή αυτού του τύπου αεροσκάφους λόγω της προηγμένης τεχνολογίας που ενσωματώνει. Χώρες σαν την Ιαπωνία, την Αυστραλία και το Ισραήλ έχουν ενδιαφερθεί να το αποκτήσουν αλλά για να γίνει κάτι τέτοιο θα πρέπει ή να αλλάξει ο νόμος ή να αναπτυχθεί μια έκδοση ειδικά για εξαγωγή. Οι κατασκευαστές του διατείνονται ότι το F-22 υπερिशύει όλων των μαχητικών που βρίσκεται σε παραγωγή, αλλά και αυτών που θα εμφανιστούν στο εγγύς μέλλον.

Περιγραφή	
Αποστολή	αεροπορική υπεροχή / πολλαπλού ρόλου / κατασκοπείας
Πλήρωμα	1
Κατασκευαστής	Lockheed Martin / Boeing
Διαστάσεις	
Μήκος	18,90 m
Ύψος	5,08 m
Επιφάνεια πτέρυγας	78,04 m <sup>2</sup>
Βάρος	
Άδειο	19700 kg
Έμφορτο	29300 kg
Μέγιστο βάρος απογείωσης	38000 kg
Πηγή ισχύος	
Κινητήρες	2 x Pratt & Whitney Me δυνατότητα μετάκαυσης <b>F119-PW-100</b>
Συνολική ισχύς	70000 lbf                      31752 kg
Επιδόσεις	
Ταχύτητα	2,25 Mach
Μέγιστο ύψος	65000 ft                      19812 m
Αυτονομία	2960 km
Κόστος	
Κόστος ανάπτυξης	66,7 δισεκατομμύρια \$
Κόστος μονάδας	150 εκατομμύρια \$

Εικόνα 3.1 Χαρακτηριστικά F-22 [10]

## Alenia C-27J

Το **Alenia C-27J Spartan** είναι μέσο στρατιωτικό μεταγωγικό αεροσκάφος. Αποτελεί εξελιγμένη έκδοση του Alenia G.222 (C-27A Spartan σε υπηρεσία με την Αμερικανική αεροπορία), με τους κινητήρες και τα συστήματα του Lockheed Martin C-130J Hercules.

C-27J Spartan	
	
C-27J Spartan	
Περιγραφή <sup>(1)</sup>	
Αποστολή	Μεταγωγικό Αεροσκάφος
Πλήρωμα	3
Κατασκευαστής	Alenia
Διαστάσεις	
Μήκος	22,7 m
Εκπέτασμα	28,7 m
Ύψος	9,6 m
Επιφάνεια πτέρυγας	82 m <sup>2</sup>
Βάρος	
Αόρατο	17.100 kg
Μέγιστο απογείωσης	31.800 kg
Πηγή ισχύος	
Κινητήρες	2x Rolls-Royce Allison A-2100-107
Ισχύς	1.637 shp (Εκκυστός)
Επιδόσεις	
Μέγιστη ταχύτητα	802 km/h
Αυτονομία	4.650 km
Μέγιστο ύψος	9.144 m
Μεταφορική Ικανότητα	
Μέχρι 11.500 kg	
60 υφαντάκια	
46 Αλεξπτωιστές	
36 φορτία με 6 ιστρικούς συναρτάκια	

Εικόνα 3.2 Χαρακτηριστικά Alenia c27 j [10]

## Σχεδίαση και Εξέλιξη

Το 1997 η Alenia και η Lockheed Martin δημιούργησαν την **Lockheed Martin Alenia Τακτικά Μεταφορικά Συστήματα (Lockheed Martin Alenia Tactical Transport Systems - LMATTS)** για την εξέλιξη μίας αναβαθμισμένης έκδοσης του **G.222** με προηγμένα συστήματα πτήσης, γυάλινο κόκπιτ και νέους κινητήρες, τους ίδιους Rolls-Royce AE 2100 που χρησιμοποιούνται στο C-130J Hercules. Αργότερα όμως οι Alenia και Lockheed Martin αποχώρησαν από την κοινή τους προσπάθεια λόγω της απόφασης της Lockheed Martin να προσφέρει το C-130J ως διαγωνιζόμενο στον ίδιο διαγωνισμό για Κοινό Μεταφορικό Αεροσκάφος για την Αμερικανική Πολεμική Αεροπορία και τον Αμερικανικό Στρατό,

στον οποίο διαγωνιζόταν και το C-27J Η Alenia Aeronautica συνεργάστηκε τότε με την L-3 Communications, δημιουργώντας έτσι την **Global Military Aircraft Systems** (GMAS) για την προώθηση του C-27J ενώ στην πορεία στην προσπάθεια εντάχθηκε και η Boeing. Το C-27J Spartan έχει 35% μεγαλύτερη εμβέλεια και 30% μεγαλύτερο επιχειρησιακό ύψος σε σχέση με το G.222. Η Ιταλική Πολεμική Αεροπορία και η Ελληνική Πολεμική Αεροπορία παράγγειλαν από 12 αεροσκάφη έκαστη ενώ τη Βουλγαρική Πολεμική Αεροπορία επέλεξε το C-27J, παραγγέλλοντας 5. Η Alenia επίσης προσφέρει το C-27J στον Καναδά ως αντικαταστάτη των CC-130 Hercules και CC-115 Buffalo. Η Λιθουανία παρήγγειλε τρία C-27J αντικαθιστώντας τα Antonov An-26, παραλαμβάνοντας το πρώτο αεροσκάφος στα τέλη του 2006. Το C-27J προωθήθηκε στα πλαίσια του διαγωνισμού για Κοινό Μεταφορικό Αεροσκάφος για την Αμερικανική Πολεμική Αεροπορία και τον Αμερικανικό Στρατό έχοντας ως κύριο ανταγωνιστή το C-295 των Raytheon and EADS Βορείου Αμερικής, σε ένα διαγωνισμό που αφορά συνδυασμένες παραγγελίες πάνω από 100 αεροσκαφών. Το Κοινό Μεταφορικό Αεροσκάφος αναμένεται να αντικαταστήσει τα C-23 Sherpa, C-12 Huron και C-26 Metroliners Η Ρουμανία παρήγγειλε επτά C-27J με σκοπό να παραδοθούν το 2008, ώστε να αντικαταστήσει τα Antonov An-24 and Antonov An-26, επικρατώντας του EADS CASA C-295. Το C-27J αποτελεί πιθανό υποψήφιο για την απαίτηση της Βασιλικής Αυστραλιανής Πολεμικής Αεροπορίας για 12 αεροσκάφη τα οποία θα αντικαταστήσουν τα γερασμένα DHC-4 Caribou το 2010, με την πιθανότητα απόκτησης περισσότερων αεροσκαφών εάν η Αυστραλιανή Αεροπορία αποφασίσει να αντικαταστήσει και όλα τα C-130H Hercules της.

### **Το C-130 στην Ελληνική Πολεμική Αεροπορία**

Η Ελληνική Πολεμική Αεροπορία έχει προμηθευτεί 8 αεροπλάνα, η παράδοση των οποίων ξεκίνησε το 2004. Τα αεροπλάνα έχουν ενταχθεί στην **354 Μοίρα Τακτικών Μεταφορών «Πήγασος»** και φέρουν μονόχρωμη γκρι παραλλαγή.

Ελληνική Πολεμική Αεροπορία: 8 αεροσκάφη

## 1.4 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΙΤΙΕΣ ΠΤΩΣΗΣ ΑΕΡΟΠΛΑΝΩΝ

### *Στατιστική και συμπτώσεις*

*Πόσο πιθανό είναι να πέσουν τρία αεροπλάνα σε οκτώ ημέρες;*



Εικόνα 3.3 Πτώσεις αεροπλάνων [10]

Πολλοί άνθρωποι ίσως αρχίσουν να αναρωτιούνται πόσο ασφαλές είναι να πετάει κανείς αυτές τις ημέρες, έπειτα από τη συντριβή τριών επιβατικών αεροπλάνων σε διάστημα οκτώ ημερών. Στην πραγματικότητα όμως αυτή η σύμπτωση δεν είναι τόσο απίθανη, και τίποτα δεν έχει αλλάξει στην ασφάλεια των πτήσεων. Συνολικά 462 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους σε διάστημα οκτώ ημερών, πρώτα στη μαλαισιανή πτήση MH17 που κατερρίφθη στην Ουκρανία στις 17 Ιουλίου, έπειτα στην πτώση αεροπλάνου στην Ταϊβάν επτά μέρες αργότερα, και τέλος στην εξαφάνιση μιας ακόμα επιβατικής πτήσης, που ταξίδευε προς την Αλγερία, στις 24 Ιουλίου. Σύμφωνα με τα δεδομένα του δικτυακού

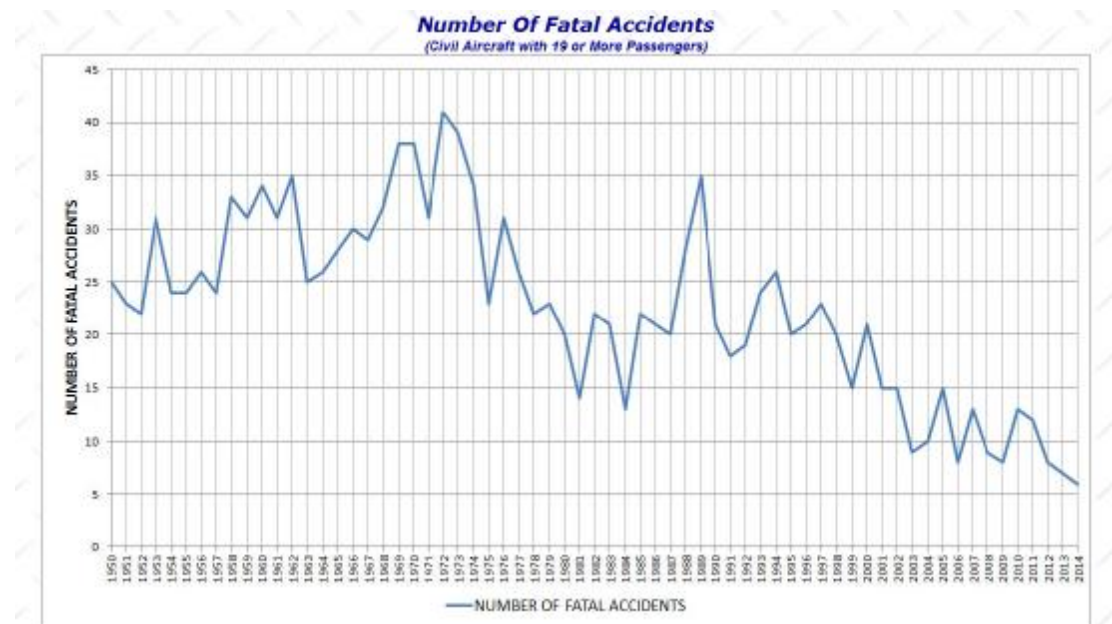
τόπου [Plane Crash Info](#), ο οποίος συγκεντρώνει στοιχεία για τα αεροπορικά ατυχήματα, την τελευταία δεκαετία έχουν χαθεί 91 επιβατικά αεροπλάνα με περισσότερους από 18 επιβάτες το καθένα. Τα δυστυχήματα επομένως πρέπει να συμβαίνουν περίπου μια φορά ανά 40 ημέρες, και όχι τρία ανά οκτώ ημέρες. Επιπλέον, το 2014 έχασαν τη ζωή τους σε αεροπορικά δυστυχήματα γύρω στα 700 άτομα, ενώ ο μέσος ετήσιος όρος είναι μόλις 500. Συμβαίνει άραγε κάτι ασυνήθιστο; Ή πρόκειται για σύμπτωση; Ο Χάρο Ράντερ, διευθυντής της οργάνωσης Aviation Safety Network, αναφέρει στο BBC ότι τέτοια «σμήνη» δυστυχημάτων, όπως αυτό των τελευταίων ημερών, δεν είναι και τόσο σπάνια: από το 1990 ως σήμερα έχουν αναφερθεί 45 περιπτώσεις στις οποίες δύο ή και τρία αεροπλάνα με τουλάχιστον 14 επιβάτες συνετρίβησαν την ίδια μέρα (εξαιρουμένων μάλιστα των ατυχημάτων από σύγκρουση). Επιπλέον, υπάρχουν 105 περιπτώσεις συντριβών που συνέβησαν σε διαδοχικές ημερομηνίες. Και το εντυπωσιακό είναι ότι, λόγω μιας θεωρίας της στατιστικής που ονομάζεται κατανομή Πουασσόν, ένα οποιοδήποτε αεροπλάνο είναι πιθανότερο να συντριβεί την επομένη ενός αεροπορικού δυστυχήματος παρά δύο ή τρεις μέρες αργότερα. «Φαίνεται παράλογο, το συμπέρασμα όμως προκύπτει από τους αμείλικτους νόμους των πιθανοτήτων» σχολιάζει ο Άρνολντ Μπάρνερ, καθηγητής Στατιστικής στο MIT που έχει ασχοληθεί με τα αεροπορικά δυστυχήματα. Οι συντριβές των τελευταίων ημερών «είναι ουσιαστικά μια σύμπτωση, εκτός από την τεχνική λεπτομέρεια ότι η κακοκαιρία [η οποία έπαιξε ρόλο στις δύο τελευταίες συντριβές], όπως οι καταιγίδες και οι τυφώνες, είναι πιο συχνή ορισμένες εποχές παρά άλλες» αναφέρει. Τελικά, πόσο πιθανό είναι να υπάρξουν τρεις απώλειες αεροπλάνων σε διάστημα οκτώ ημερών; Την απάντηση δίνει στο ιστολόγιό του ο Ντέιβιντ Σπίγκελχαρτερ, καθηγητής Δημόσιας Κατανόησης Ρίσκου στο Πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ. Βάσει των στατιστικών στοιχείων των τελευταίων δεκαετιών, υπολογίζει ο καθηγητής, η πιθανότητα τριών συντριβών σε διάστημα οκτώ ημερών την επόμενη δεκαετία φτάνει το εντυπωσιακό ποσοστό του 59%. Επιπλέον, «ο πιθανότερος μέγιστος αριθμός συντριβών επιβατικών αεροπλάνων άνω των 18 επιβατών σε ένα οποιοδήποτε παράθυρο των 8 ημερών είναι ακριβώς... 3». Με άλλα λόγια, η συντριβή τριών αεροπλάνων σε οκτώ ημέρες είναι πιθανότερη από τη συντριβή δύο ή τεσσάρων αεροπλάνων στο ίδιο διάστημα. Και αυτό ακριβώς είναι που συνέβη το περασμένο οκταήμερο. Για τη Στατιστική, οι

τραγωδίες των περασμένων ημερών δυστυχώς δεν ήταν τίποτα το ασυνήθιστο. Και όσον αφορά την ασφάλεια των πτήσεων, ο Άρνολντ Μπάρνερτ του MIT επισημαίνει ότι ο κίνδυνος θανάτου σε μια οποιαδήποτε πτήση είναι μία στα 25 εκατομμύρια. Και αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα να πεθάνει ένα παιδί στην επόμενη πτήση «είναι μικρότερη από την πιθανότητα να γίνει πρωθυπουργός, να κερδίσει το χρυσό στους Ολυμπιακούς ή να βραβευτεί με Νόμπελ».

### Causes of Fatal Accidents by Decade (percentage)

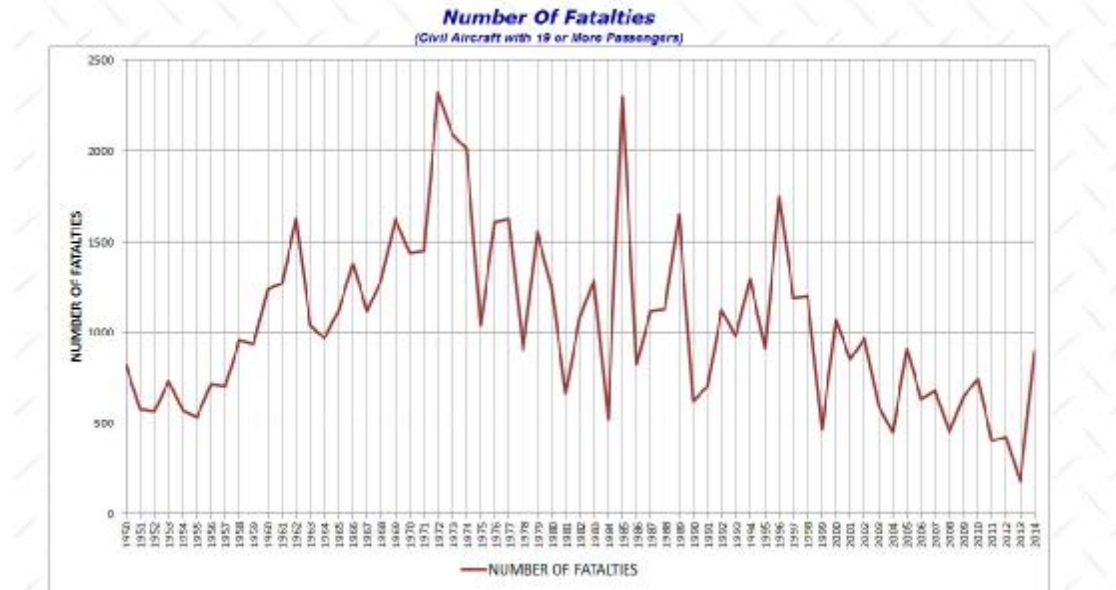
Cause	1950s	1960s	1970s	1980s	1990s	2000s	All
<b>Total Pilot Error</b>	<b>58</b>	<b>63</b>	<b>44</b>	<b>57</b>	<b>55</b>	<b>57</b>	<b>53</b>
Pilot Error	42	36	25	29	29	34	32
Pilot Error (weather related)	10	18	14	16	21	18	16
Pilot Error (mechanical related)	6	9	5	2	5	5	5
Other Human Error	3	8	9	5	8	6	6
Weather	16	9	14	14	8	6	12
Mechanical Failure	21	19	20	21	18	22	20
Sabotage	3	5	11	12	10	9	8
Other Cause	0	2	2	1	1	0	1

Πίνακας 1 Αιτίες πτώσης αεροσκαφών [10]

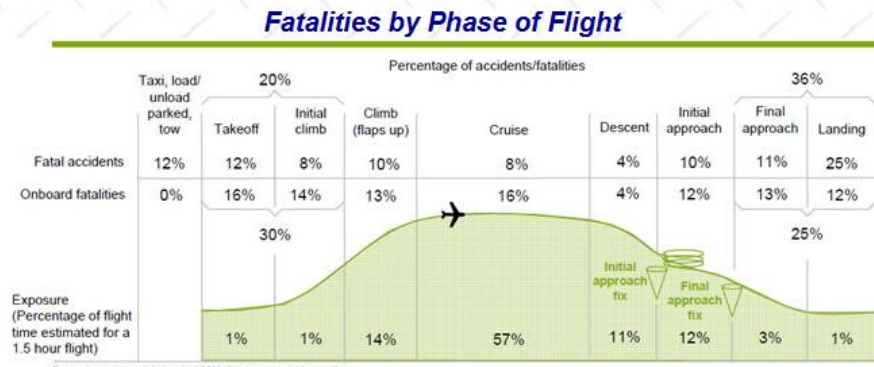




## Διάγραμμα Δυστυχημάτων ανά έτος [10]



## Διάγραμμα Θυμάτων ανά έτος [10]



Source: Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, 1959 - 2008, Boeing

### **Which type of flying is safer**

Type of Flight	Fatalities per million flight hours
Airliner (Scheduled and nonscheduled Part 121)	4.03
Commuter Airline (Scheduled Part 135)	10.74
Commuter Plane (Nonscheduled Part 135 - Air taxi on demand)	12.24
General Aviation (Private Part 91)	22.43

Sources: NTSB Accidents and Accident Rates by NTSB Classification 1998-2007

## Πίνακας 2 Φάσης πτώσης αεροσκαφών [10]

<b>Notable Accident Causes by Category</b>			
<b>Bird Strikes</b>			
7/04/1980	Boston, Massachusetts	Eastern AL	During takeoff the aircraft struck a flock of starlings lost thrust engines and crashed.
11/23/1962	Cilcoot, Maryland	United AL	The aircraft struck a Whistling Swan tearing off the left horizontal stabilizer.
04/15/1988	Bahar Dar, Ethiopia	Ethiopian AL	Engine failure due to ingestion of 10-15 Columba Guinea Birds causing a crash.
04/18/1990	OT/Panamá	Aero Perlas	Crashed on takeoff due to engine failure caused by bird ingestion.
09/22/1995	Anchorage, Alaska	U.S. Air Force	Flew into a flock of 100 or more Canada Geese, lost two engines, and crashed.
04/19/2000	Pape, Congo	Comptonic Airlines	Crashed after losing its engines after striking birds.
01/15/2009	New York, New York	US Airways	Ditched in Hudson River after losing both engines after collision with Canadian Geese.
<b>Air Traffic Control Error</b>			
04/14/1958	Casitel de Hets, Spain	Aviaco	Another aircraft was permitted to takeoff without knowing the exact position of the plane.
01/27/1987	Shonayu, Alaska	Alaska AL	Lack of guidance from air traffic controller during last stages of flight.
02/06/1965	New York, New York	Eastern AL	Placement of the two aircraft on a near head on course causing one to crash.
01/20/1969	San Juan, Puerto Rico	Pinar	A trained vectored the aircraft into mountainous terrain under IFR conditions.
02/06/1970	Semelkand, USSR	Aeroflot	Misidentification of aircraft by the ATC causing the plane to impact a mountain.
12/20/1972	Chicago, Illinois	Delta/North Central	The ATC gave ambiguous instructions to the crew.
01/09/1976	Ankhr, Russia	Aeroflot/Aeroflot	Violation of separation rules.
00/11/1979	Dneprodzerzhinsk, USSR	Aeroflot	Separation error by the ATC causing a mid-air collision.
04/10/1983	Kentkran, Russia	Aeroflot	ATC procedural error in not identifying the planes position.
02/07/1997	Los Angeles, California	USAir/Shevost	ATC cleared a plane to land while the runway was occupied by another aircraft.
11/07/1996	Lagos, Nigeria	Aviation Dev. Corp.	The controller thought he had cleared to aircraft to the correct altitude but didn't.
04/06/1997	Batu Malan, Indonesia	Garda Indonesian AL	ATC error in directing the plane in the wrong direction into mountainous terrain.
07/01/2002	Überlingen, Germany	Bushairian AL/DHL	Conflicting information given to pilot by ATC and what he was receiving on his TCAS.

Πίνακας 2 Αιτίες πτώσης αεροσκαφών [10]

09/07/1945	Florence, South Carolina	Eastern AL	A fire of undetermined origin in the rear cargo compartment or lavatory.
08/07/1949	Jagwano, Azores	Vang	A fire broke out in cargo hold G.
01/09/1964	Zarate, Argentina	Aero Libertad Argentina	The crew was possibly overcome by fumes from a fire.
07/09/1964	ParrottspWla, Tennessee	United AL	An uncontrollable fire of unknown origin which started below the passenger floor and eventually involved the passenger cabin.
07/25/1968	Dikre, Algeria	Air Algérie	A fire in an electrical panel led to a cabin fire.
08/14/1977	Königs, East Germany	Interflug	Melting insulation ignited flammable fluid which led to an uncontrollable fire that eventually weakened the structure until the tail fell off.
08/31/1977	Mogonjarsk, Russia	Aeroflot	Fire caused by spontaneous ignition of passenger baggage.
07/11/1973	Paris, Orly, France	Vauy	A fire started in the aft right toilet either from an electrical short or discarded cigarette.
11/03/1973	Doston, Massachusetts	Pan American	Smoke in the cockpit and uncontrollable fire caused by spillage of nitric acid on sandal packing in the cargo hold.
11/26/1979	Ta'if, Jeddah, Saudi Arabia	Pakistan Inter. AL	A fire may have been started by a passenger possibly from a leaking kerosene stove.
08/19/1980	Hiyadh, Saudi Arabia	Saudi Arabian AL	A fire broke out in the aft cargo compartment.
12/24/1982	Gienjyhuu, China	CAAC	A passenger's cigarette caused a fire in the cabin which led to an oxygen tank exploding.
08/02/1983	Covington, Kentucky	Air Canada	An in-flight fire in the rear lavatory, of unknown origin.
07/02/1986	Sykyvay, Russia	Aeroflot	An in-flight fire was caused by baggage that ignited in the rear cargo hold.
05/09/1987	Warsaw, Poland	LOT	A fire in the cargo hold was not detected because of damage to the fire warning system.
11/28/1987	Mauritius, Indian Ocean	South African Airways	A fire originated in a front pallet on the right side in the upper deck cargo hold.
01/13/1990	Pervouralsk, Russia	Aeroflot	A fire broke out in the rear cargo hold.
05/11/1986	Pvargtades, Finland	Vaajjar	An in-flight fire caused by activation of oxygen generators in the forward cargo hold.
09/07/1998	Plaggy, Gwyn, New South	Swireair	A fire in the entertainment system wiring started in a hidden area above the cockpit ceiling when arcing ignited the cover material made of thermal insulation blankets.

Πίνακας 3 Αιτίες πτώσης αεροσκαφών [10]

Design Flaw			
03/01/1931	Dallas, Kansas	Trans Cont. & West A/W	Aileron flutter, brought about by moisture leaking into the wing's interior, weakening the glue that bonded the wooden spars.
10/24/1947	Bryce Canyon, Utah	United AL	Allowed vented fuel to be carried back into the cabin heater air intake causing a fire.
11/11/1947	Gallup, New Mexico	American AL	Allowed vented fuel to be carried back into the cabin heater air intake causing a fire.
06/17/1948	Mt. Carmel, Pennsylvania	United AL	Design flaw allowed carbon dioxide used to suppress a fire to leak into the cockpit and asphyxiate the CREW.
08/20/1948	Winnipeg, Minnesota	Northwest Orient AL	Loss of the outer panel of the left wing which separated as a result of a fatigue crack which was induced by a faulty design of a wing flange.
01/10/1954	Edo, Italy	British Overseas A/W	Metal fatigue due to a design flaw.
04/18/1954	Off Stromboli, Italy	Trans Canada AL	Metal fatigue due to a design flaw.
02/03/1955	Calabar, Nigeria	West African A/W	A design flaw in the wing led to fatigue cracks and wing failure.
09/29/1955	Enfida, Texas	Brant AL	A design flaw caused an oscillation known as mode to transfer propeller wobble to the outboard nacelles and induce flutter in the wing which led to the separation of the wing.
03/17/1960	Ill City, Indiana	Northwest Orient AL	A design flaw caused an oscillation known as mode to transfer propeller wobble to the outboard nacelles and induce flutter in the wing which led to the separation of the wing.
07/05/1970	Toronto, Canada	Air Canada	Faulty design by allowing the spoiler handle to perform two different unrelated tasks.
03/02/1971	Cremona/Wo, France	Turkish AL	A defect in the latching mechanism on the cargo door.
07/06/1982	Moscow, Russia	Aeroflot	Failure of the aircraft's power plant fire warning system due to design deficiencies which resulted in false fire indications in both engines.
04/06/1993	Over the Pacific Ocean	China Eastern AL	Inadequate design of flap/aileron actuation handle that allowed it to be inadvertently dislodged from the UP/RET position causing extension of the leading edge slats.
03/12/1991	Columb Springs, Colorado	United AL	Uncommanded deflection of the rudder caused by the jamming of the main rudder PUC servo valve. Design flaw.
08/18/1994	Altoona, Pennsylvania	USair	Uncommanded deflection of the rudder caused by the jamming of the main rudder PUC servo valve. Design flaw.
12/05/1997	Moscow, Russia	Russian Air Force	Design flaw which led to uncoordinated operation of the high-pressure compressors.

Πίνακας 4 Αιτίες πτώσης αεροσκαφών [10]

03/28/1933	Olean, Ohio	Imperial A/W	Ignited by a passenger in an attempt to commit suicide.
10/18/1933	Chesterton, Indiana	United AL	Explosive device placed in the cargo hold, also glycerol with timing device.
05/17/1943	Sibuyan Sea, Philippines	Philippine AL	Bomb placed aboard to kill the husband of a woman involved with another man.
03/08/1943	Sault-au-Cochon, Canada	Canadian Pacific AL	Bomb placed aboard by husband to collect insurance on wife.
08/17/1952	Palmira de Guayas, Brazil	Traves Aero Mar.	A bomb exploded aboard killing everyone aboard.
04/11/1955	Sam Napani Island, Sarawak	Amindia	An aircraft worker placed an incendiary device in the starboard wheel well.
11/01/1955	Logansport, Colorado	United AL	Jack Graham placed a bomb aboard to collect insurance on the death of his mother.
07/26/1957	Loggert, California	Western AL	Traveler Seal Blanken detonated a bomb in lavatory to suicide for insurance plot.
04/17/1959	Puerto Rico, Mexico	Figas Voladores	A bomb is believed to have exploded onboard.
09/08/1959	Hozo Rica, Mexico	Mexicana	A passenger, who was believed to have been carrying a bomb, fell from the airplane.
11/16/1959	San Jose, Mexico	National AL	Explosion of a bomb aboard was strongly suspected.
07/06/1960	Bahia, North Carolina	National AL	A passenger detonated a bomb under his seat in suicide for insurance plot.
05/10/1961	In Amenas, Libya	Air France	Detonation of a nitrocellulose bomb.
05/22/1962	Umanika, Missouri	Continental AL	Detonation of a dynamite bomb in the right rear lavatory in a towel bin.
12/08/1964	Tripun, Malaya	Aerolineas Almas	Detonation of a bomb in the tail section. A suicide for insurance plot was suspected.
06/08/1965	Dog Creek, British Columbia	Canadian Pacific AL	A bomb exploded in the cabin. Acid and gunpowder may have been poured in toilet.
11/22/1968	Aden, Yemen	Aden A/W	Detonation of an explosive device placed in hand luggage in the cabin.
02/09/1967	Mexico City, Mexico	Cubana	Crashed due to bomb explosion.
10/12/1967	Rhodes, Greece	British European A/W	Destroyed by a detonation of a bomb within the cabin.
12/21/1969	Nha Trang, Vietnam	Air Vietnam	An explosive device was detonated in the cabin just as the aircraft was about to land.
02/21/1970	Zurich, Switzerland	Swissair	A bomb with an altimeter trigger was believed to have been placed in a mail package.
04/27/1970	Manila, Philippines	Philippine AL	Crashed into mountains terrain after an explosion in the rear lavatory.
11/21/1971	Pailin Island, Taiwan	China AL	Detonation of an explosive device.
01/26/1972	Hermadorf, Czechoslovakia	JAT	Detonation of a bomb in the forward cargo hold.
06/15/1972	Pleiku, Vietnam	Cathay Pacific A/W	Detonation of an explosive device in the passenger cabin in a suitcase under a seat.
03/19/1973	Don Me Thieu, South Vietnam	Air Vietnam	Crashed after an explosion in the cargo hold.

Πίνακας 5 Αιτίες πτώσης αεροσκαφών [10]

06/15/1972	Pleiku, Vietnam	Cathay Pacific AIV	Detonation of an explosive device in the passenger cabin in a suitcase under a seat.
03/19/1973	Ban Me Thout, South Vietnam	Air Vietnam	Crashed after an explosion in the cargo hold.
12/17/1973	Rome, Italy	Pan American AIV	Two phosphorus bombs were thrown into the aircraft prior to its departure.
09/08/1974	Ionian Sea, Greece	Trans World AL	Detonation of an explosive device in the aft cargo hold.
01/01/1976	Al Gaysumah, Saudi Arabia	Middle East AL	Detonation of an explosive device in the forward cargo compartment.
10/06/1976	Bridgetown, Barbados	Cubana	Detonation of an explosive device in the aft of the cabin.
09/03/1978	Kariba, Rhodesia	Air Rhodesia	Shot down with surface-to-air missile.
02/12/1979	Kariba, Rhodesia	Air Rhodesia	Shot down with surface-to-air missile.
02/19/1979	Barentu, Ethiopia	Ethiopian Airlines	Crashed after a bomb exploded aboard.
06/27/1980	Tyrrhenian Sea, Italy	Avia	An explosive device aboard the aircraft causing the plane crash.
12/21/1980	Rio Hacha, Colombia	Trans. Aereos del Caribe	Explosion possibly caused by a bomb placed in the rear section of the aircraft.
09/23/1983	Mina Jebel Ali, UAE	Gulf Air	Detonation of an explosive device in the baggage compartment.
06/23/1985	Atlantic Ocean, Ireland	Air India	Detonation of an explosive device in the forward cargo hold.
04/02/1986	Athens, Greece	Trans World AL	Detonation of a explosive device in the cabin causing 4 passengers to be sucked out.
05/03/1986	Colombo, Sri Lanka	Air Lanka	Detonation of an explosive device in the rear section of the cabin while on the ground.
11/29/1987	Andaman Sea	Korean AL	Detonation of an explosive device in the passenger cabin.
03/01/1988	Johannesburg, South Africa	Comair	Detonation of a nitro-glycerine bomb in the cabin. Suicide for insurance.
08/17/1988	Bahawalpur, Pakistan	Pakistan Air Force	Detonation of a low level explosive device or incapacitating gas.
12/21/1988	Lockerbie, Scotland	Pan American AIV	Detonation of an explosive device in the forward cargo area planted by terrorism.
09/19/1989	Bilma, Niger	Union des Trans. Aer.	Detonation of a bomb in a container location I3-R in the forward cargo hold.
11/27/1989	Bogota, Colombia	Avianca	Detonation of a bomb at seat 15F causing ignition of fuel vapors in an empty fuel tank.
07/19/1994	Colon, Panama	Alas Chiricanas	Crashed after a bomb exploded aboard.
07/09/1997	Suzano, Brazil	TAM	A small bomb containing only 7 oz. of explosives was placed under a passenger seat.
05/07/2002	Off Daifan, China	China Northern Airlines	Out of control fire after a passenger deliberately started a fire.
08/24/2004	Tofa, Russia	Volga-Avia Express	Detonation of an explosive device aboard.
08/24/2004	Tofa, Russia	Volga-Avia Express	Detonation of an explosive device aboard.
08/24/2004	Rasnov-on-Don, Russia	Sibir Airlines	Detonation of an explosive device aboard.
07/17/2014	Hrabove, Ukraine	Malaysia Airlines	Shot down.

Πίνακας 6 Αιτίες πτώσης αεροσκαφών [10]

<b>Fuel Starvation</b>			
05/10/1905	Knowles Flying Service	Flint, Michigan	Negligence: on the pilot for not replenishing his fuel supply before it got dangerously low.
12/31/1905	Imperial Airways	Alexandria, Egypt	Ran out of fuel.
07/02/1937	Laa, New Guinea	Purdue Res. Found.	The aircraft had to be flown higher than expected due to storms which used extra fuel.
11/24/1938	Hitt Point Hayes, Calif.	United Airlines	Ran out of fuel forcing a ditching at sea.
02/09/1943	Hamlet, New Brunswick	British Overseas AIV	Ran out of fuel.
12/28/1948	Michigan City, Michigan	American AL	Ran out of fuel for unknown reasons.
01/05/1947	Carmel, New Jersey	Nationwide Air Trans.	Near fuel exhaustion forced the crew to carry out an emergency landing.
01/11/1947	Lymington, England	BOAC	Ran out of fuel because of poor weather conditions encountered throughout the flight.
01/16/1948	Savannah, Georgia	Coastal Air Lines	The fuel valves were positioned so that both engines were supplied from only one tank.
01/31/1948	Near Bermuda	Amesh So. Am. AIV	Ran into strong head winds in the Atlantic and ran out of fuel.
08/15/1949	Long Point, Ireland	Transocean Air Lines	Ran out of fuel and ditched in the Atlantic.
07/20/1950	Forquely, Brazil	Petravel do Brasil	Ran out of fuel while in a holding pattern.
04/00/1952	Dehi, India	Deccan. AIV	Fuel starvation after the plane banked to make a turn and the tank was almost empty.
06/26/1952	Atari, Mauritania	British Overseas AIV	Became lost in the desert and ran out of fuel.
06/14/1954	Fairbairne, England	Svenskar	Ditched into the Atlantic Ocean after running out of fuel.
12/27/1954	Hillsburgh, Pennsylvania	Akutanon Flying Service	Ditched into the Monongahela River after running out of fuel.
05/02/1970	St. Croix, Virgin Islands	American AL	Ran out of fuel and ditched into the Mediterranean Sea.
12/05/1970	Dehi, India	Jemair	The No. 2 engine failed on takeoff due to fuel starvation.
02/01/1972	Tagai, Indonesia	Panair	Due to a compass error the aircraft became lost and crashed due to fuel starvation.
01/24/1973	Hindiahi, HI	Air Hawk	Fuel starvation. Rear auxiliary tanks not serviced.
08/11/1974	Onagadanga, Upper Volta	Air Mail	After being diverted and a navigation error the crew circled the wrong city.
10/20/1977	Gillsburg, Mississippi	T. & J. Company	A malfunction in the No.2 engine caused a higher than normal fuel consumption.
12/02/1977	Al Darya, Lebanon	Dalman Bulgarian AL	Because of fog, the crew could not find the alternate airport and ran out of fuel.
12/20/1978	Portland, Oregon	United AL	Ran out of fuel while the crew was distracted with a landing gear problem.
08/04/1982	Rio Branco, Brazil	Cia Bras. de Tratoras	Ran out of fuel on the third approach in poor weather.
01/23/1983	Gimli, Manitoba, Canada	Air Canada	Accidentally used pounds/liter for the specific gravity factor instead of kilograms/liter.
08/03/1989	Sao Jose do Rio Preto, Brazil	Varia	The crew flew in the wrong direction for two hours then ran out of fuel.
01/25/1990	Quaw Muck, New York	Avianca	Put in series of holding patterns because of heavy traffic and ran out of fuel.

<i>Hijacking (resulting in fatalities)</i>			
07/10/1948	Pacific Ocean	Canby Pacific AW	Crashed after being attacked and losing control during a struggle in the cockpit.
11/01/1950	Wipe Day, Cuba	Cubana	Crashed after being hijacked and running out of fuel.
04/28/1960	Caribbeo, Venezuela	Lines Aem. Venezolano	Detonation of a hand grenade brought aboard by a Russian immigrant.
05/07/1964	San Ramon, California	Pacific AL	Francisco Gonzales, a passenger, shot both the pilot and first officer.
01/29/1971	Korean Air Lines	Sokcho, South Korea	A hijacker detonated grenades he was carrying.
12/09/1971	Jakarta, Surtan	Surtan AW	Hijacked and ran out of fuel.
05/10/1973	China, Russia	Aeroflot	Detonation of a bomb in the cabin being carried by a hijacker.
08/17/1974	Phan Hai, Vietnam	An Vietnam	Detonation of two hand grenades in the passenger compartment by a hijacker.
05/23/1975	Zamboanga, Philippines	PHilippine AL	A hijacker set off grenades in the cabin.
06/27/1978	Enschede, Uganda	Air France	Seven passengers were killed during a commando raid by Israeli forces.
12/04/1977	Kampung Lankang, Malaysia	Malaysia AI	Hijacked with both pilots shot.
08/14/1983	Athens, Greece	Trans World AL	U.S. Navy diver Robert Stethem was murdered aboard by hijackers.
11/24/1985	Izua, Malta	Egyptair	Several hand grenades were thrown into the cabin causing a fire.
08/05/1988	Karachi, Pakistan	Pan American AW	Hijackers opened fire on the passengers and crew and threw grenades among them.
12/21/1986	Ay, Saudi Arabia	Iran AW	Two hand grenades exploded in the cockpit causing the plane to lose control & crash.
07/24/1987	Geneva, Switzerland	Air Afrique	A hijacker killed one passenger before the plane was stormed by troops.
12/01/1987	San Luis Obispo, California	Pacific Southwest AL	David Berk, a fired employee, shot the pilot and first officer.
04/07/1988	Limassol, Cyprus	Kuwait AW	Two hostages killed on the ground by hijackers.
10/02/1990	Guangzhou, China	Xianwen/China SW AL	After a struggle in the cockpit with a hijacker the pilot hit three parked planes.
08/29/1993	Rahing, Tajikistan	Tajikistan NA. AI	The crew was cornered into taking off with an overloaded plane by armed hijackers.
12/25/1984	Algiers, Algeria	Air France	Three passengers and four hijackers were killed when the plane was stormed.
11/23/1996	Moroni, Comoros Islands	Ethiopian AL	The plane was hijacked and ran out of fuel crashing in the ocean.
01/29/1983	Tokyo, Japan	All Nippon AW	The pilot was stabbed and killed by a mentally ill passenger but the copilot landed the plane safely.
12/24/1993	Amritsar, India	Indian Airlines	One crew member was killed after the plane was hijacked.
05/29/2000	Manila, Philippines	Philippine Air Lines	A hijacker was killed after jumping out of plane with a homemade parachute.
03/15/2001	Meatba, Saudi Arabia	Vnukovo Airlines	Three people were killed after the hijacked plane was stormed.
08/11/2001	New York, New York	American AL	Hijacked and flown into the twin towers in New York.

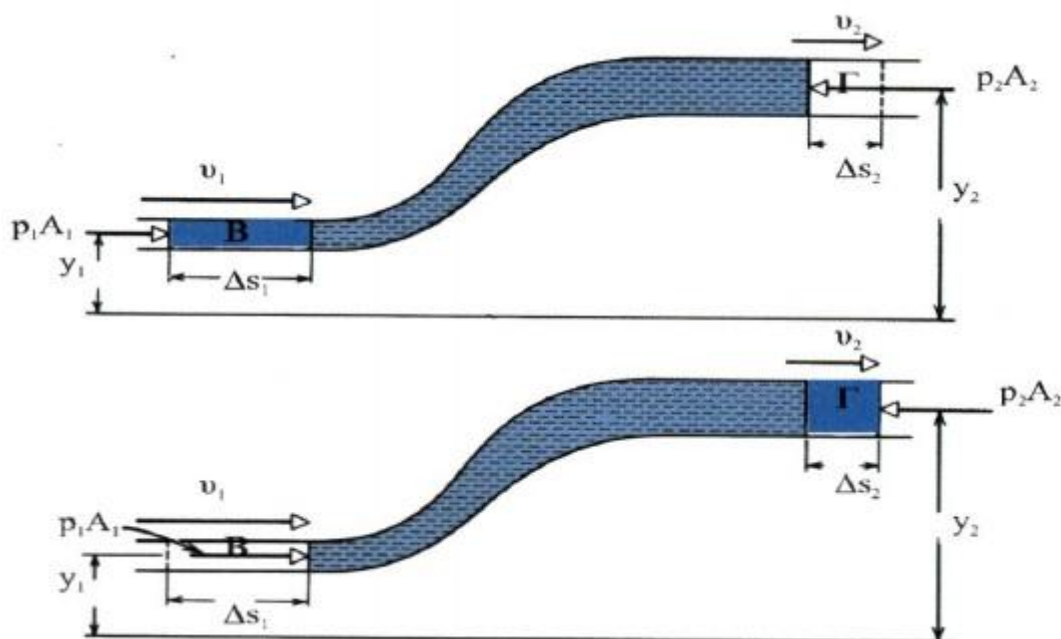
Πίνακας 7 Αιτίες πτώσης αεροσκαφών [10]

<i>Lightning</i>			
06/03/1929	Mt. Taylor, New Mexico	Trans Con. Air Transport	Struck by lightning during a thunderstorm.
07/22/1938	Stulpica, Romania	LOT	Struck by lightning.
08/31/1940	Lovettsville, Virginia	Pan Central AL	Disabled pilots by a severe lightning discharge in vicinity of plane.
01/17/1951	Civitanovecchia, Italy	Alitalia	Lightning ignited mixture of air and fuel fumes in the fuel tank.
06/26/1959	Varese, Italy	Trans World AL	Ignition of gasoline vapors emanating from the fuel tank vent pipes by static discharge.
07/19/1961	Azul, Brazil	Aerolineas Argentinas	Struck by lightning and extreme turbulence.
12/19/1962	Warsaw, Poland	LOT	Stalled after being struck by lightning.
08/12/1963	Lyon, France	Air Inter	Possibility of a flash of lightning dazzling the crew and causing temporary blindness.
12/08/1963	Elkton, Maryland	Pan American AW	Lightning induced ignition of fuel tank vapors.
04/18/1967	Zarand, Iran	Iranian Air Force	Crashed after being struck by lightning.
12/24/1971	Puerto Inca, Peru	Lineas Aereas Nac.	Lightning caused a fire which led to the separation of the right wing.
05/09/1976	Madrid, Spain	Iran Air Force	Lightning caused an explosion in the No. 1 fuel tank which caused the left wing to fall.
08/05/1980	Montellimar, France	Kuwait Air Force	Struck by lightning.
02/08/1988	Munheim, Germany	NFD	Struck by lightning and suffered a complete electrical failure.
06/22/2000	Shizat, China	Wuhan AL	Struck by lightning causing the plane to explode and crash.
10/10/2001	Off Valencia, Spain	Flightline	Electrical power was lost following a lightning strike.
12/27/2002	Anjouan, Comoros Islands	Ocean Airlines	Struck by lightning causing loss of artificial horizons and gyro compasses.
<i>Pilot incapacitation</i>			
10/06/1955	Ceanennial, Wyoming	United AL	Incapacitation of crew by carbon monoxide emanating from a faulty cabin heater.
10/30/1958	Waynesborough, Virginia	Piedmont AL	Mental breakdown of captain during flight.
12/14/1962	Berbank, California	Flying Tiger Line	Incapacitation of the captain with a heart attack at a critical point in the approach.
04/22/1966	Ardmore, Oklahoma	American Flyers AL	Incapacitation of the captain with a heart attack during final stages of approach.
03/13/1967	East London, South Africa	South African AW	The captain suffered a heart attack and first officer could not regain control of aircraft.
01/14/1970	Mt. Pumasaca, Peru	Fausett	The mental state of the pilot adversely affected his judgment and efficiency.
06/18/1972	Staines, Surrey, England	British European AW	Incapacitation of the captain due to a possible arterial hemorrhage.
10/13/1972	Krasnaya, Polyana, USSR	Aeroflot	Sudden incapacitation of the crew for reasons unknown.
02/09/1982	Tokyo, Japan	Japan AL	The captain, known to have mental problems, put the inboard engines into reverse.
03/31/1995	Baloiesti, Romania	Trans. Aeriene Rom.	The captain was incapacitated shortly after taking off.

Πίνακας 8 Αιτίες πτώσης αεροσκαφών [10]

## 2.1 Η ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΟΥ BERNOULLI (ΜΠΕΡΝΟΥΛΙ)

Έστω ότι έχουμε ένα σωλήνα μεταβλητής διατομής μέσα στον οποίο ρέει ένα ασυμπίεστο ρευστό (σχ. 3.10). Θα εξετάσουμε την πίεση σε δύο σημεία Β, Γ, του σωλήνα. Το σημείο Β βρίσκεται σε ύψος  $y_1$  από το έδαφος και ο σωλήνας έχει στην περιοχή του Β διατομή  $A_1$ . Η πίεση του ρευστού στο Β είναι  $p_1$ . Το σημείο Γ βρίσκεται σε ύψος  $y_2$  από το έδαφος, η διατομή του σωλήνα εκεί είναι  $A_2$  και η πίεση  $p_2$ . Αν θεωρήσουμε σαν σύστημα το ρευστό από το Β μέχρι το Γ, βλέπουμε ότι δέχεται από το υπόλοιπο ρευστό μια δύναμη  $p_1 A_1$  στην περιοχή του Β και μια δύναμη, την  $p_2 A_2$  στην περιοχή του Γ, με φορά αντίθετη με τη φορά της  $p_1 A_1$ . Σ' ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα  $\Delta t$  ένα στοιχειώδες τμήμα του ρευστού στην περιοχή του Β μετατοπίζεται κατά  $\Delta s_1$  ενώ ένα αντίστοιχο τμήμα του ρευστού ίσης μάζας, άρα και όγκου, στην περιοχή του Γ μετατοπίζεται κατά  $\Delta s_2$ .



Θα εφαρμόσουμε το θεώρημα έργου - ενέργειας στο μικρό χρονικό διάστημα  $\Delta t$ . Σύμφωνα με αυτό

$$W + W_B = \Delta K \quad (3.10)$$

όπου  $W$  το έργο που προσφέρεται στο τμήμα του ρευστού από το Β στο Γ από το περιβάλλον ρευστό. Το έργο αυτό θα είναι το έργο της δύναμης  $p_1 A_1$  (θετικό) συν το έργο της  $p_2 A_2$  (αρνητικό)

$$W = p_1 A_1 \Delta s_1 - p_2 A_2 \Delta s_2 \quad (3.11)$$

$$\text{Όμως: } A_1 \Delta s_1 = A_2 \Delta s_2 = \Delta V$$

$$\text{Οπότε: } W = (p_1 - p_2) \Delta V$$

Το έργο του βάρους στο ίδιο χρονικό διάστημα είναι

$$W_B = -\Delta m g(y_2 - y_1) = -\rho \Delta V g(y_2 - y_1) \quad (3.12)$$

καθώς, στην ουσία, ένα τμήμα του ρευστού  $\Delta m$  έφυγε από το ύψος  $y_1$  και βρέθηκε στο ύψος  $y_2$ . Η μεταβολή της κινητικής ενέργειας θα είναι

$$\Delta K = \frac{1}{2} \Delta m u_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m u_1^2 = \frac{1}{2} \rho \Delta V (u_2^2 - u_1^2)$$

όπου  $u_1$  η ταχύτητα του ρευστού στο Β και  $u_2$  η ταχύτητα του ρευστού στο Γ. Αντικαθιστώντας τις (3.11), (3.12) και (3.13) στη σχέση (3.10) έχουμε

$$(p_1 - p_2) \Delta V - \rho \Delta V g(y_2 - y_1) = \frac{1}{2} \rho \Delta V (u_2^2 - u_1^2)$$

Απλοποιούμε τα  $\Delta V$  και αναδιατάσσοντας την εξίσωση έχουμε

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho u_1^2 + \frac{1}{2} \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho u_2^2 + \rho g y_2$$

Η σχέση αυτή ισχύει για οποιοδήποτε ζεύγος σημείων άρα μπορεί να γραφτεί και με τη μορφή

$$p + \frac{1}{2} \rho u^2 + \rho g y = \text{σταθερό}$$

Η παραπάνω σχέση είναι η **εξίσωση του Bernoulli** για ιδανικό ρευστό.

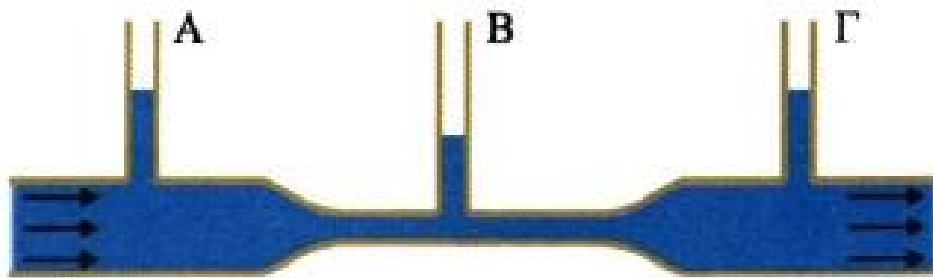
Από την εξίσωση του Bernoulli προκύπτει

1. **ότι το άθροισμα της πίεσης ( $p$ ), της κινητικής ενέργειας ανά μονάδα όγκου ( $\frac{1}{2} \rho u^2$ ) και της δυναμικής ενέργειας ανά μονάδα όγκου ( $\rho g y$ ) έχει την ίδια σταθερή τιμή σε οποιοδήποτε σημείο της ρευματικής γραμμής.**

Η εξίσωση του Bernoulli αποτελεί έκφραση της αρχής διατήρησης της ενέργειας στη ροή των ρευστών. Αν ο σωλήνας είναι οριζόντιος η εξίσωση του Bernoulli παίρνει τη μορφή

$$\rho + (\frac{1}{2})\rho v^2 = \text{σταθερό}$$

από όπου φαίνεται ότι σε περιοχές όπου πυκνώνουν οι ρευματικές γραμμές (μικρή διατομή του σωλήνα) και η ταχύτητα ροής αυξάνεται, η πίεση ελαττώνεται.

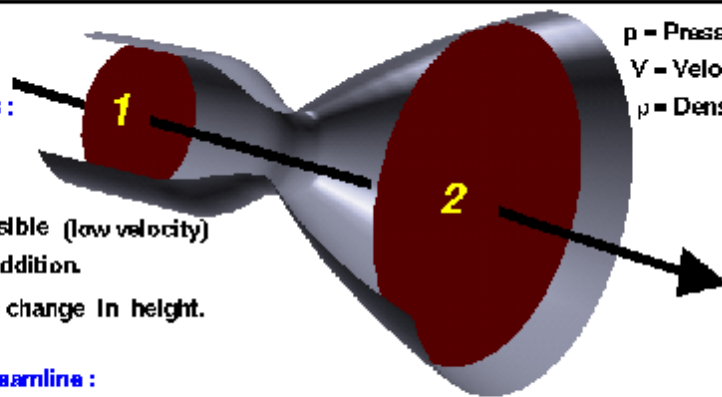


## Bernoulli's Equation

Glenn  
Research  
Center

### Restrictions:

- Inviscid
- Steady
- Incompressible (low velocity)
- No heat addition.
- Negligible change in height.



### Along a streamline:

static pressure + dynamic pressure = total pressure

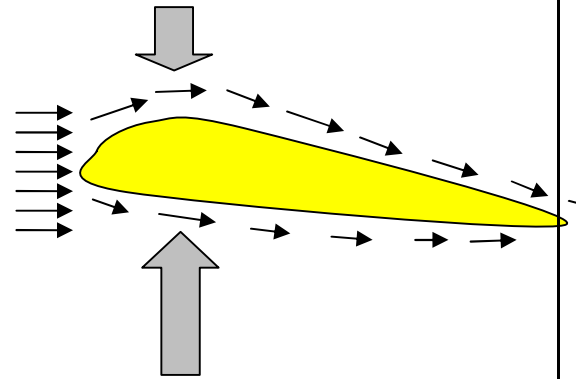
$$p_s + \frac{\rho V^2}{2} = p_t$$

$$\left(p_s + \frac{\rho V^2}{2}\right)_1 = \left(p_s + \frac{\rho V^2}{2}\right)_2$$



## 2.2 ΠΩΣ ΚΑΤΑΦΕΡΝΟΥΝ ΚΑΙ ΠΕΤΟΥΝ ΤΑ ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ???

Σίγουρα όλοι έχουμε βρεθεί κοντά σε ένα αεροδρόμιο και έχουμε θαυμάσει την προσγείωση ή την απογείωση ενός αεροπλάνου. Όσες φορές και να έχουμε δει την πτήση ενός αεροπλάνου, πάντα μένουμε έκθαμβοι θαυμάζοντας αυτό το τεχνολογικό θαύμα, εκατοντάδες τόνους μέταλλο να γλιστράνε απαλά πάνω σε ένα στρώμα αέρα. Η ερμηνεία που δίνουν τα βιβλία και οι φυσικοί για το φαινόμενο δεν μειώνουν στο ελάχιστο αυτό το θαυμασμό, όπως εξάλλου συμβαίνει και με πολλά άλλα τεχνολογικά θαύματα. Η εξοικείωσή μας με την τεχνολογία και μόνο αυτή, δεν μας αφήνει να διερωτηθούμε πώς είναι δυνατό να συμβαίνει κάτι στη μια μεριά του πλανήτη και να το βλέπουμε και να το ακούμε με διαφορά δευτερολέπτων στην τηλεόρασή μας; Ή πως είναι δυνατό να καίμε το κάρβουνο στην Κοζάνη και να ζεσταίνεται το νερό στο θερμοσίφωνα του σπιτιού μας. Ή πως ένα μικρό φλασάκι μνήμης μπορεί και χωράει εκατοντάδες εγκυκλοπαίδειες;. Οι γνώσεις που αποκτάμε στο σχολείο δεν είναι καθόλου επαρκείς αλλά πολλές φορές και λανθασμένες για την ερμηνεία πολλών από αυτά τα τεχνολογικά θαύματα. Η πιο λανθασμένη όμως ερμηνεία θεωρώ ότι είναι αυτή που έχει να κάνει με την πτήση του αεροπλάνου. Η ερμηνεία που αναφέρουν τα περισσότερα εγχειρίδια για την πτήση ενός αεροπλάνου είναι αυτή που βασίζεται στην αρχή του Bernoulli. Λόγω του ειδικού σχήματος της πτέρυγας, ο αέρας διαγράφει μεγαλύτερο διάστημα όταν διανύει το πάνω μέρος της πτέρυγας από ότι το κάτω. Λόγω της ασυμπίεστότητας του αέρα, θα πρέπει να οι δύο αυτές αποστάσεις να διανύονται στον ίδιο χρόνο. Άρα η ταχύτητα του αέρα στο πάνω μέρος της πτέρυγας είναι μεγαλύτερη από ότι η ταχύτητα στο κάτω μέρος. Αυτή η διαφορά ταχυτήτων λόγω της σχέσεως Bernoulli δημιουργεί και μια διαφορά πιέσεων. Η πίεση προς τα πάνω είναι μεγαλύτερη από την πίεση προς τα κάτω και έτσι δημιουργείται η δύναμη της άντωσης που ανυψώνει το αεροπλάνο.



$$\text{Σχέση Bernouli } P_1 + \frac{1}{2} \rho u_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho u_2^2$$

Η ερμηνεία αυτή μολονότι λογικοφανής έχει πολλά κενά. Μπορούμε να εκφράσουμε πολλές ενστάσεις πάνω σε αυτή την ερμηνεία όπως:

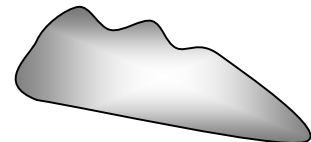
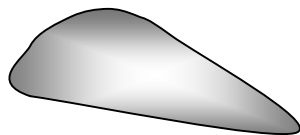
### 1<sup>η</sup> Ένσταση

Αν η δύναμη που κρατάει στον αέρα το αεροπλάνο οφείλεται στο ειδικό σχήμα της πτέρυγας, τότε τα αεροπλάνα δεν θα μπορούσαν να πετάξουν ανάποδα. Παρόλα αυτά όλοι πιστεύω έχουμε θαυμάσει σε αγώνες επίδειξης πτήσης, αεροπλάνα να πετάνε ανάποδα.



### 2<sup>η</sup> Ένσταση

Κάποια σχήματα πτερύγων όπως τα παρακάτω που θα περιμέναμε με την παραπάνω λογική ότι θα δημιουργούσαν μεγαλύτερη δύναμη άντωσης, αφού θα δημιουργούσαν μεγαλύτερη διαφορά ταχυτήτων πάνω και κάτω από την πτέρυγα, αντίθετα δεν λειτουργούν αποτελεσματικά.



### 3<sup>η</sup> Ένσταση

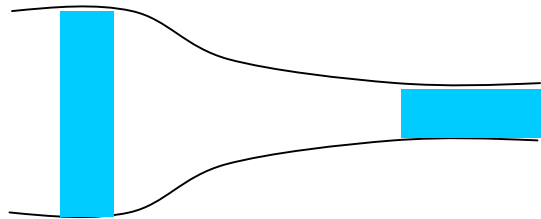
Ούτε όμως τα νούμερα βγαίνουν. Ας προβούμε και σε κάποιους ποσοτικούς υπολογισμούς.

Ας πάρουμε ένα μικρό μοντέλο αεροπλάνου με τα εξής χαρακτηριστικά.

Μάζα : 0,7 Kg

Μήκος πτέρυγας:	1m
Μήκος της πάνω χορδής της πτέρυγας:	0,1636m
Μήκος της κάτω χορδής της πτέρυγας:	0,1624m
Τυπική ταχύτητα του μοντέλου:	10m/s
Πυκνότητα αέρα:	1,2Kg/m <sup>3</sup>

Εφαρμόζοντας τη σχέση Bernoulli βρίσκουμε ότι η ανυψωτική δύναμη είναι 0,14N που είναι όμως 50 φορές μικρότερη από την απαιτούμενη των 6,9N που είναι το βάρος του μοντέλου μας. Άρα παρατηρούμε ότι η αρχή του Bernoulli αποτυγχάνει παταγωδώς να ερμηνεύσει την κίνηση των αεροπλάνων. Αν το δούμε από άλλη σκοπιά η σχέση του Bernoulli η απόδειξη της οποίας στα περισσότερα βιβλία γίνεται με την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας, δεν είναι τίποτε άλλο από ένα πόρισμα του θεμελιώδη νόμου. (όπως εξάλλου πόρισμα του θεμελιώδη νόμου είναι και η αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας). Για του λόγου το αληθές θα αποδείξουμε τη σχέση Bernoulli, με τη βοήθεια του



θεμελιώδη νόμου.

Έστω μια ποσότητα νερού που μεταβαίνει από ένα φαρδύτερο σωλήνα σε έναν στενότερο. Η ταχύτητα αυτής της μάζας αλλάζει, αφού στο φαρδύ μέρος κινείται με ταχύτητα  $u_1$  ενώ στο στενό με ταχύτητα  $u_2$ . άρα από το πέρασμα ασκήθηκε στη μάζα μία δύναμη. Η δύναμη αυτή δίνεται από τη σχέση:

$$F_{oi} = \frac{m(u_2 - u_1)}{Dt} \text{ ® } DP \times \bar{S} = \frac{d \times V(u_2 - u_1)}{Dt} \text{ ® } DP \times \bar{S} = \frac{d \times DI \times \bar{S}(u_2 - u_1)}{Dt} \text{ ®}$$

$$DP = d(u_2 - u_1) \left( \frac{u_1 + u_2}{2} \right) \text{ ® } P_1 + \frac{1}{2} du_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} du_2^2$$

Στην παραπάνω απόδειξη το  $\bar{S}$  παριστάνει το μέσο εμβαδό και το  $\frac{DI}{Dt}$  τη μέση ταχύτητα που είναι το ημίθροισμα των δύο ταχυτήτων. Μολονότι η

απόδειξη δεν είναι αυστηρή, φανερώνει ότι η σχέση Bernoulli δεν είναι μία ξεχωριστή αρχή της φυσικής, αλλά απόρροια του θεμελιώδη νόμου. Εγκαταλείποντας τώρα την ερμηνεία με τη βοήθεια της σχέσης Bernoulli προσφεύγουμε στην δύναμη της αντίστασης του αέρα για μεγάλες σχετικά ταχύτητες όπου η ροή δεν μπορεί να θεωρηθεί στρωτή. Τότε μια καλή προσέγγιση είναι να πάρουμε την αντίσταση του αέρα ως εξάρτηση της ταχύτητας στο τετράγωνο. Ο αντίστοιχος τύπος είναι ο νόμος του Stokes:

$$F_{\text{ant}} = \frac{1}{2} d C_{\text{ant}} S u^2$$

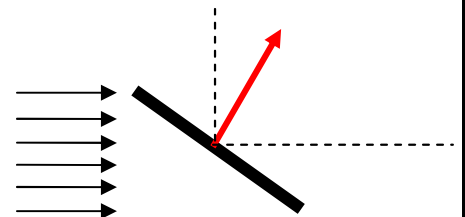
Όπου  $d=1,25\text{Kg}/\text{m}^3$  η πυκνότητα του αέρα

$S$  το εμβαδόν της επιφάνειας που εμποδίζει την κίνηση του αέρα

$u$  η ταχύτητα του αέρα

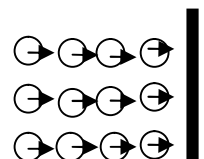
$C_{\text{αντ}}$  μια σταθερά που έχει να κάνει με το σχήμα του σώματος και μια τυπική τιμή της είναι 0,2

Η αντίσταση του αέρα είναι πάντα κάθετη στην επιφάνεια. Έτσι μπορεί να αναλυθεί σε μία οριζόντια που αντιστέκεται στην κίνηση του αεροπλάνου και λέγεται οπισθέλκουσα και μία κατακόρυφη που



λέγεται άντωση. Η αντίσταση του αέρα ερμηνεύει λοιπόν την δύναμη της άντωσης καθώς και το ότι τα πολεμικά αεροπλάνα που έχουν σχεδόν επίπεδα πτερύγια μπορούν να πετάξουν και ανάποδα. Αρκεί να αντιστρέψουν την κλίση της πτέρυγας. Αν όμως κάνουμε τους απαραίτητους υπολογισμούς θα δούμε ότι πάλι αυτή η δύναμη δεν μπορεί να κρατήσει ένα αεροπλάνο αφού είναι τουλάχιστον 50 φορές μικρότερη από το βάρος του αεροπλάνου. Άρα το πρόβλημα παραμένει. Αυτό που έχει ενδιαφέρον είναι ότι και αυτή η δύναμη δεν είναι τίποτε άλλο παρά μία απόρροια του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα. Να και η απόδειξη:

Έστω μόρια του αέρα που χτυπάνε μια επιφάνεια εμβαδού  $S$ . Τότε το κάθε μόριο ασκεί στην επιφάνεια δύναμη

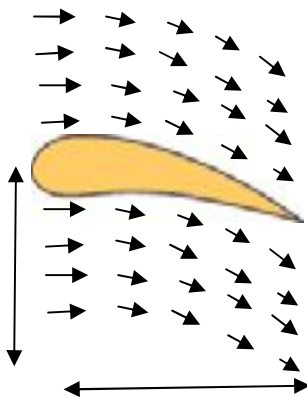


$$F = \frac{Dp}{Dt} = k \frac{mu}{Dt}$$

Όπου  $k$  μία σταθερά που κυμαίνεται από 1 μέχρι 2 ανάλογα αν η κρούση είναι πλαστική ή ελαστική ή ανελαστική. Η συνολική δύναμη που θα δέχεται η επιφάνεια σε χρόνο  $t$  θα είναι:

$$F_{ol} = \frac{kNmu}{Dt} = k \frac{m_{ol} u}{Dt} = k \frac{dVu}{Dt} = kdS \frac{Dx}{Dt} u = kdSu^2$$

Η απόδειξη μπορεί να μην είναι αυστηρή αλλά δείχνει ξεκάθαρα ότι αυτή η αντίσταση του αέρα προέρχεται και πάλι από την εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> Νόμου του Νεύτωνα και τη βασική κινητική θεωρία των αερίων. Η σχέση στην οποία καταλήγουμε είναι της ίδιας τάξεως με τη σχέση που θα καταλήγαμε αν χρησιμοποιούσαμε την αρχή του Bernoulli, οπότε καταλήγουμε και πάλι σε αδιέξοδο. Η λύση από αυτό το αδιέξοδο ερμηνείας της πτήσης των αεροπλάνων προέρχεται από το φαινόμενο Coanda. Φαινόμενο Coanda, ονομάζουμε την τάση ενός ρεύματος αέρα ή ρευστού γενικότερα, να μένει σε επαφή κατά την πορεία του με μια κυρτή επιφάνεια, από το να ακολουθήσει μια πορεία σε ευθεία γραμμή όπως η αρχική του. Έτσι μια πτέρυγα ενός αεροπλάνου δεν στρεβλώνει μόνο το τμήμα του αέρα που πέφτει πάνω της, αλλά και ένα μεγάλο μέρος πάνω και κάτω από την πτέρυγα, όσο περίπου το πλάτος της πτέρυγας.



Λόγω αυτού του φαινομένου, ο αέρας που εκτρέπεται προς τα κάτω από μια πτέρυγα, δεν είναι ανάλογος της μετωπικής επιφάνειας της πτέρυγας, αλλά ανάλογος του πλάτους της πτέρυγας. Έτσι η κίνηση του αεροπλάνου δημιουργεί μία ορμή του αέρα στον άξονα  $y$  προς τα κάτω. Με άλλα λόγια η κίνηση της πτέρυγας ασκεί στον αέρα μία δύναμη προς τα κάτω η οποία είναι ίση με το ρυθμό μεταβολής

της ορμής του αέρα στον άξονα  $y$ . Λόγω της δράσης αντίδρασης και ο αέρας θα ασκεί στο αεροπλάνο μια αντίθετη δύναμη προς τα πάνω, η οποία θα εξουδετερώνει το βάρος του αεροπλάνου. Που οφείλεται όμως το φαινόμενο Coanda;. Η ερμηνεία του φαινομένου κρύβεται στις δυνάμεις

Van der Waals που αναπτύσσονται μεταξύ πτέρυγας και μορίων του αέρα καθώς και μεταξύ των μορίων του αέρα μεταξύ τους. Η πτήση του αεροπλάνου είναι τελικά το αποτέλεσμα της πολύπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ μορίων του αέρα καθώς και μεταξύ μορίων του αέρα και αεροπλάνου. Η αλληλεπίδραση αυτή μπορεί να ερμηνευτεί αποκλειστικά από το θεμελιώδη νόμο.

Το φαινόμενο Coanda σε συνδυασμό με τον θεμελιώδη νόμο δίνουν μία τυπική ερμηνεία την πτήσης των αεροπλάνων. Ας πάρουμε το παράδειγμα ενός Airbus a300

Άνοιγμα φτερών 45m

Μέγιστο βάρος 170 tn

Ταχύτητα 0,8\*340m/s

Ισχύς κινητήρων 300KN 67000 Λίβρες=67000\*0,45Kp

Εφαρμόζοντας τώρα το νόμο της αντίστασης Stokes και λαμβάνοντας υπόψη το φαινόμενο Coanda θα πάρουμε ως επιφάνεια που αντιστέκεται στην κίνηση του αέρα το μήκος των πτερυγίων επί το πλάτος τους δηλαδή  $45 \times 6 = 270 \text{m}^2$ . Πήραμε το ύψος 6 μέτρα αφού ο αέρας που εκτρέπεται είναι όπως αναφέραμε όσο περίπου το πλάτος του φτερού που είναι 3 μέτρα και από πάνω και από κάτω από το φτερό. Αν η ταχύτητα του αεροπλάνου είναι  $250 \text{Km/h} = 70 \text{m/s}$  και η κλίση της πτέρυγας με κατεβασμένα τα φλαγκς είναι 60 μοίρες, τότε η συνιστώσα της αντίστασης του αέρα στον άξονα y θα είναι:

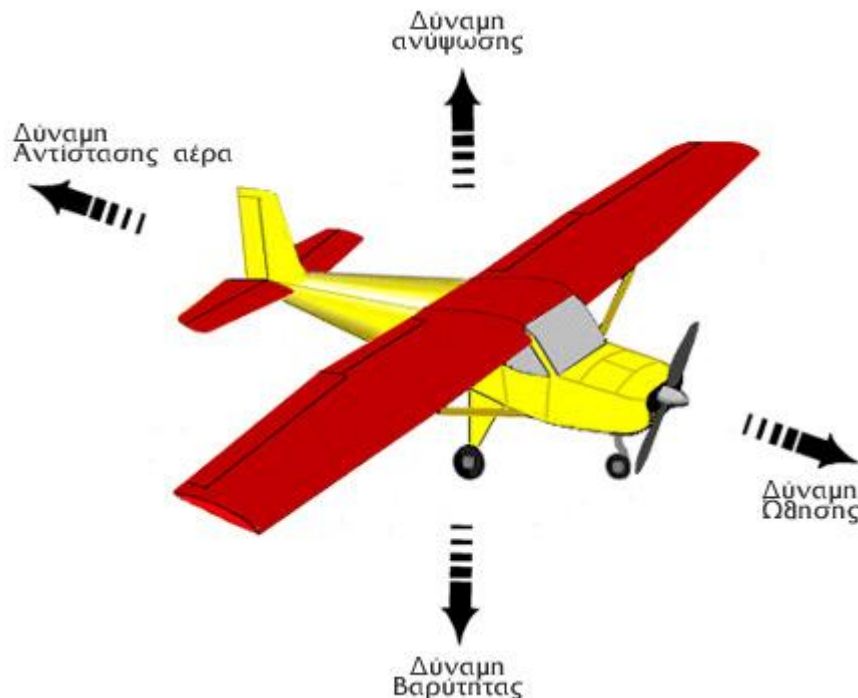
$$F_{\text{ant}} = \frac{1}{2} d C_{\text{ant}} S u^2 = \frac{1}{2} 1,25 \times 0,2 \times 270 \times 4900 \text{N} \approx 165000 \text{N} = 16 \text{tn}$$

Αν λάβουμε υπόψη και τη συνιστώσα της αντίστασης αυτής παίρνοντας ως γωνία τις 45 μοίρες, η δύναμη της άντωσης γίνεται περίπου ίση με 11 τόνοι, αρκετά μικρότερο μέγεθος από τους 170 τόνους. Η μόνη δυνατότητα για την απογείωση του αεροπλάνου είναι η αύξηση της ταχύτητας κατά 4 φορές, πράγμα που είναι αδύνατο, οπότε και πάλι το πρόβλημα της ερμηνείας. Ας δούμε το πρόβλημα μέσα από το δεύτερο

θεμελιώδη νόμο. Αν το αεροπλάνο κατά την απογείωση φθάνει σε ταχύτητα  $70\text{m/s}$  σε  $20\text{s}$  τότε διαπιστώνουμε ότι αποκτάει λόγω της λειτουργίας των κινητήρων επιτάχυνση  $a=3,5\text{m/s}^2$ . Αν η κλίση του αεροπλάνου κατά την απογείωση είναι περίπου  $30$  μοίρες, τότε η συνιστώσα της δύναμης του κινητήρα προς τα πάνω είναι  $B/6$ . Τώρα έχουμε μία καλύτερη προσέγγιση της πραγματικότητας, η θεωρία μας όμως δεν ερμηνεύει ακόμη την πτήση του αεροπλάνου. Εν κατακλείδι θα λέγαμε ότι στον κατακόρυφο άξονα ασκείται στο αεροπλάνο δύναμη τουλάχιστον όση και το βάρος του. Η δύναμη αυτή προέρχεται από τον περιβάλλοντα αέρα. Άρα και στον αέρα ασκείται μία αντίθετη δύναμη προς τα κάτω η οποία επιφέρει και μία κατακόρυφη μεταβολή της ορμής του αέρα. Ο κατακόρυφος ρυθμός μεταβολής της ορμής του αέρα είναι τουλάχιστον ίσος με το βάρος του αεροπλάνου. Αυτή ίσως η πρόταση είναι εν κατακλείδι και το συμπέρασμα όλου του άρθρου. Η μεταβολή αυτή της ορμής επιτυγχάνεται αφενός μεν από το σχήμα του αεροπλάνου και ειδικά των φτερών του από την ταχύτητά του που πετυχαίνεται μέσω του κινητήρα του, καθώς και από τον ίδιο τον κινητήρα του. Ίσως η ανάλυση που κάναμε μέχρι τώρα να γίνει πιο κατανοητή αν πάμε να την εφαρμόσουμε για ένα υποβρύχιο. Ένα υποβρύχιο με πυκνότητα μεγαλύτερη από το νερό μπορεί να μην βυθίζεται, η απάντηση είναι ναι. Και αυτό μπορεί να το κάνει με δύο τρόπους. Με τη χρήση μιας έλικας που ρίχνει νερό προς τα κάτω με τέτοιο ρυθμό ώστε να εξουδετερώνει το βάρος του υποβρυχίου. Έτσι το υποβρύχιο μπορεί να ισορροπεί. Το αντίστοιχο αυτού στον αέρα είναι η ισορροπία ενός ελικοπτέρου. Μπορεί όμως με τη βοήθεια πάλι της έλικας να σπρώχνει νερό προς τα πίσω οπότε αυτό να κινείται προς τα μπρος. Τότε με τη βοήθεια κατάλληλων πτερυγίων μπορεί να κινείται σε ευθεία αφού λόγω των πτερυγίων θα έχουμε μία ποσότητα νερού να κινείται προς τα κάτω δημιουργώντας έτσι την απαραίτητη δύναμη για την εξουδετέρωση του βάρους του υποβρυχίου. Τελικά μπορεί να μην καταφέραμε να ερμηνεύσουμε πλήρως τη λειτουργία της πτήσης ενός αεροπλάνου, αλλά μετά από όλα αυτά θεωρώ ότι γίναμε λίγο σοφότεροι γύρω από το θέμα. Όλο το κόλπο για να πετάξει ένα **αεροπλάνο**, είναι ο **αέρας!** Αν δεν υπήρχε ο **αέρας**, δεν θα μπορούσαν να πετάνε τα αεροπλάνα με τίποτα. Ας ξεκινήσουμε λοιπόν, απλά και κατανοητά. Αρχικά, για να πάρουμε τα πράγματα με σωστή σειρά, ας δούμε όλες τις αεροδυναμικές πιέσεις-δυνάμεις που ασκούνται σε ένα αεροπλάνο.

Σε ένα αεροσκάφος υπάρχουν 4 δυνάμεις:

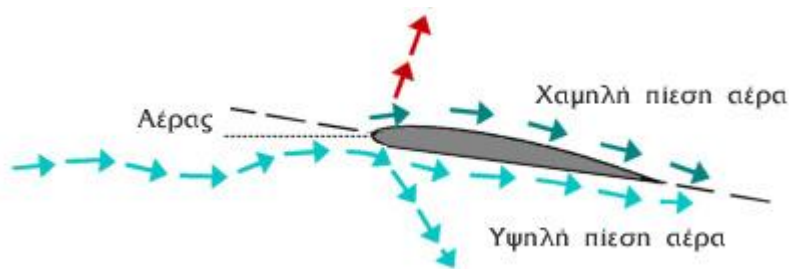
- 1) η δύναμη της ανύψωσης, είναι αυτή που ωθεί το αεροπλάνο προς τα πάνω, εξαιτίας της συμπεριφοράς του (πχ επιτάχυνση κατά την απογείωση και ρύθμιση των φτερών για απογείωση)
- 2) η δύναμη της αντίστασης, είναι η δύναμη της αντίστασης του αέρα
- 3) η δύναμη της ώθησης, είναι η δύναμη που δίνει ο κινητήρας στο σκάφος για να επιταχύνει - κινείται
- 4) η δύναμη της βαρύτητας, είναι αυτή που δημιουργείται από το βάρος του αεροσκάφους.



Έτσι, για να καταφέρει ένα **αεροσκάφος να πετάξει**, θα πρέπει η δύναμη της ώθησης να είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη της αντίστασης του αέρα και η δύναμη της ανύψωσης μεγαλύτερη επίσης από τη δύναμη της βαρύτητας.

Τα **φτερά** του αεροπλάνου, δεν είναι επίπεδα. Είναι ελαφρώς καμπύλα, κατά τρόπο αεροδυναμικό. Κατά την πτήση μας, ο αέρας περνάει πάνω και κάτω από κάθε φτερό. Έτσι, τα φτερά έχουν μια ελαφρώς ανηφορική κλήση, ώστε να εξοστρακίζουν τον περισσότερο αέρα στο κάτω μέρος των φτερών, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πίεση κάτω από τα φτερά.





Αυτή η πίεση ωθεί το αεροπλάνο να πάει προς τα πάνω. Είναι σαν να το πιάνουμε κάτω από τα φτερά και να το πιέζουμε προς τα πάνω. Αυτό συμβαίνει για τον ίδιο λόγο: φυσώντας από την πάνω μεριά, διώχνουμε στιγμιαία την πίεση του αέρα που υπάρχει από πάνω, με αποτέλεσμα η πίεση από κάτω να είναι μεγαλύτερη και να ωθεί το χαρτί προς τα πάνω!

Τώρα, στο αεροπλάνο, όσο περισσότερη επιτάχυνση για **απογείωση** αποκτήσει, τόσο πιο έντονα γίνεται αυτό, δηλαδή τόσο μεγαλύτερη πίεση δημιουργείται κάτω από τα φτερά και τόσο ελαχιστοποιείται η πίεση του αέρα από πάνω.

Έτσι αυξάνετε η δύναμη της ανύψωσης που αναφέραμε στην αρχή! Βέβαια, παράλληλα όσο επιταχύνει το αεροπλάνο, τόσο μεγαλύτερη γίνεται και η αντίσταση του αέρα στο σκάφος. Γι' αυτό το λόγο όλο το σκάφος έχει πλήρως αεροδυναμική μορφή, ώστε να ελαχιστοποιεί όσο γίνεται την αύξηση της **αντίστασης του αέρα**, κατά την επιτάχυνση και την κίνησή του.

Τώρα, για τον περαιτέρω χειρισμό του αεροπλάνου, εκμεταλλευόμαστε με παρόμοιο τρόπο τον αέρα είτε για να το στρίψουμε, είτε για να το ανεβοκατεβάσουμε, είτε για να το "φρενάρουμε".

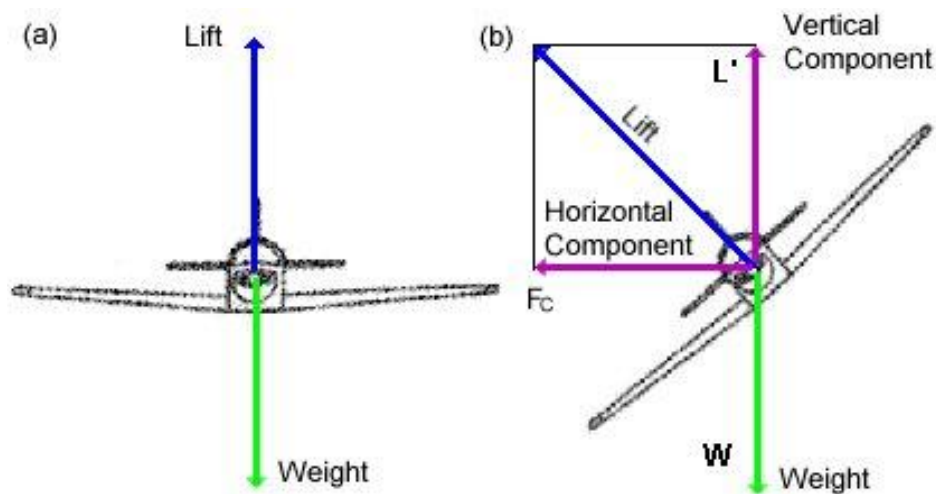
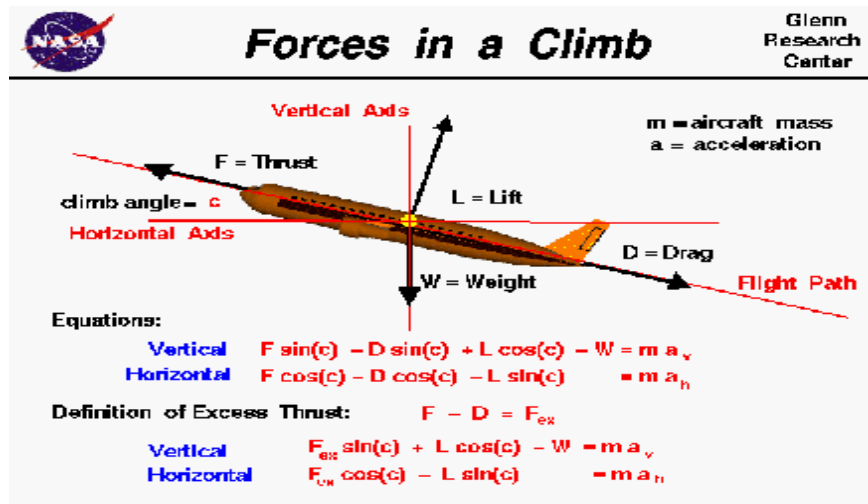


Τώρα, κατά τη διάρκεια της πτήσης, όταν αποκτήσει το επιθυμητό ύψος, για να μη συνεχίσει να πηγαίνει κι άλλο επάνω, το πίσω μέρος των φτερών, παίρνει τέτοια κλίση, ώστε να ρυθμίσει την πίεση του αέρα που περνάει από τα φτερά: να την εξισορροπήσει εξίσου ίδια πάνω και κάτω από τα φτερά.

Έτσι, το αεροπλάνο πηγαίνει ευθεία (και δεν ανεβαίνει προς τα πάνω).

Αντίστοιχα, αν θέλουμε να κατέβει, το πίσω μέρος των φτερών αλλάζει κλίση, με αποτέλεσμα να χαλάει την ισορροπία της πίεσης πάνω και κάτω από τα φτερά: δημιουργεί μεγαλύτερη **πίεση** από πάνω και μικρότερη από κάτω από τα φτερά. Έτσι εδώ γίνεται το αντίστροφο, ωθεί το αεροπλάνο να κατέβει. Επίσης, για να στρίψει το

αεροπλάνο με γύρισμα, παίρνουν αντίστοιχες κλήσεις τα πίσω μέρη των φτερών, παίζοντας πάντα με την πίεση του αέρα, και πάει λέγοντας. Προσπαθήσαμε να απλοποιήσουμε κατά πολύ και να σας μεταφέρουμε τη βασική λογική βάσει της οποίας **πετάνε τα αεροπλάνα**, για να καταλάβετε.



Εικόνα 34 Δυνάμεις σε αεροπλάνο εν πτήση [10]

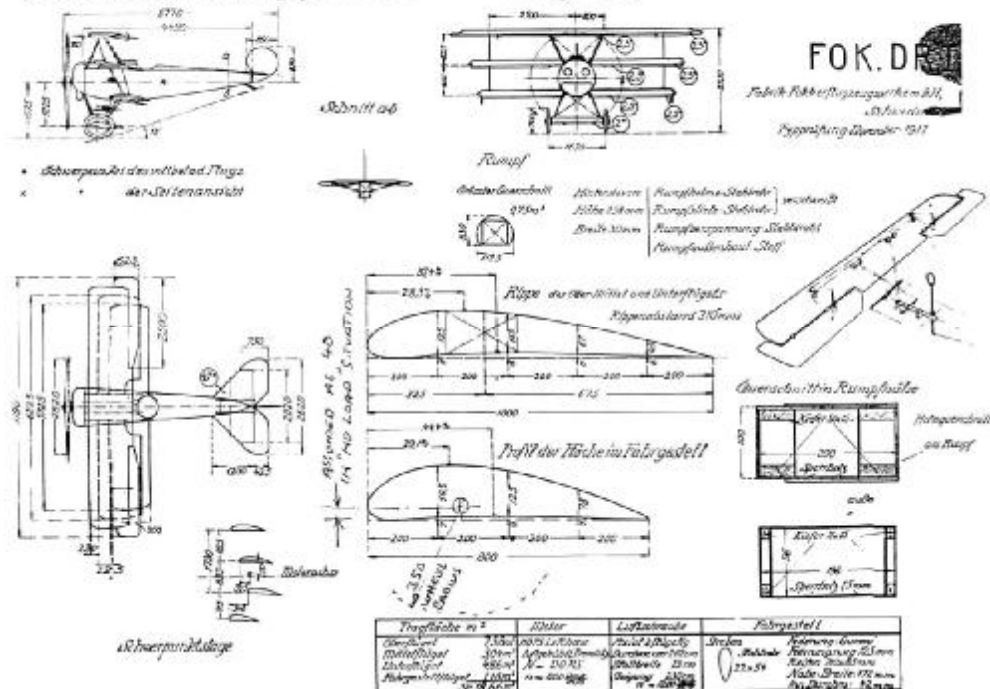
### 3.0 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΑΧΗΤΙΚΩΝ ΑΕΡΟΠΛΑΝΩΝ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SOLIDWORKS

Ο σχεδιασμός των δυο αεροπλάνων έγινε με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος SOLIDWORKS . Το SolidWorks είναι το πλέον καταξιωμένο λογισμικό παγκοσμίως, στο χώρο του 3D μηχανολογικού σχεδιασμού, εφόσον στις αρχές του 2014 περισσότεροι των 2.170.000 σχεδιαστών προϊόντων και μηχανικών χρησιμοποιούν το SolidWorks.

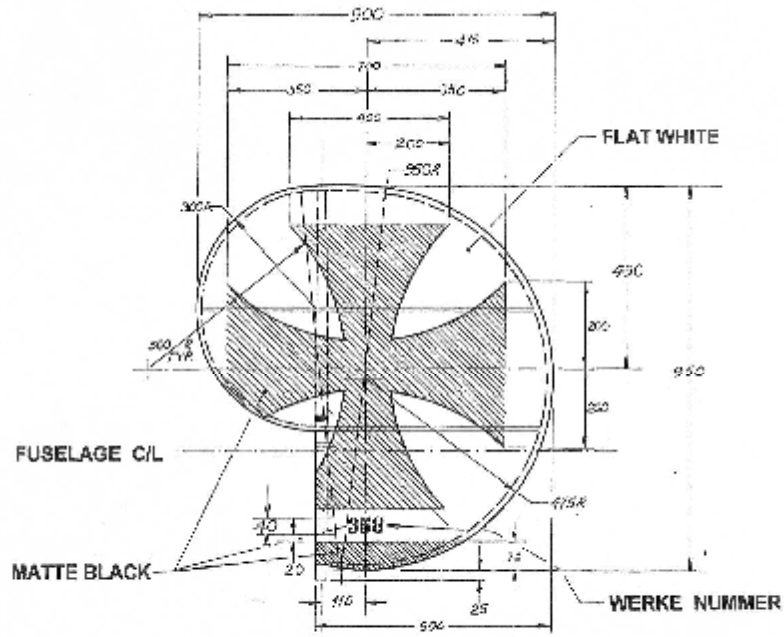


Για να μπορέσουμε να ξεκινήσουμε τον σχεδιασμό των δυο αεροπλάνων θα έπρεπε πρώτα να βρούμε τα σχέδια κάτι το οποίο ήταν σχετικά εύκολο καθώς υπάρχει μεγάλη βοήθεια από το διαδίκτυο. Παρακάτω βλέπουμε μερικά από τα σχέδια .

#### 1. Baubeschreibung für ...D. R... Flugzeuge.

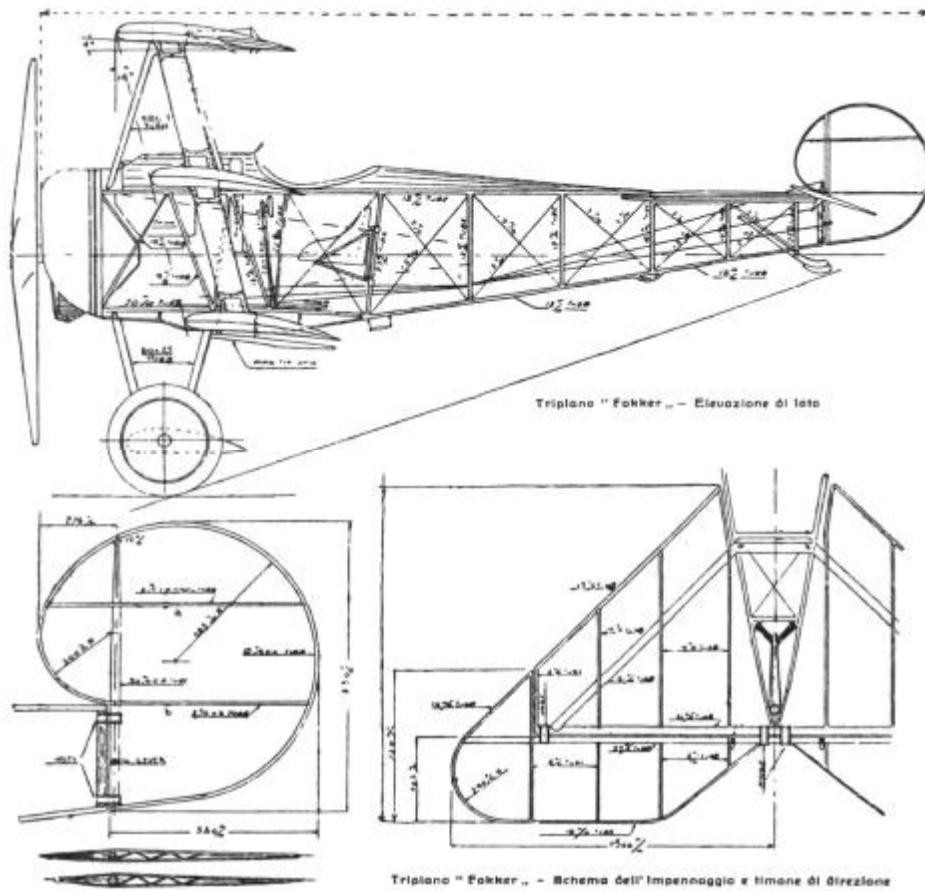


Εικόνα 3.5 Σχέδια μαχητικού αεροσκάφους τύπου Fokker dr1 [10]

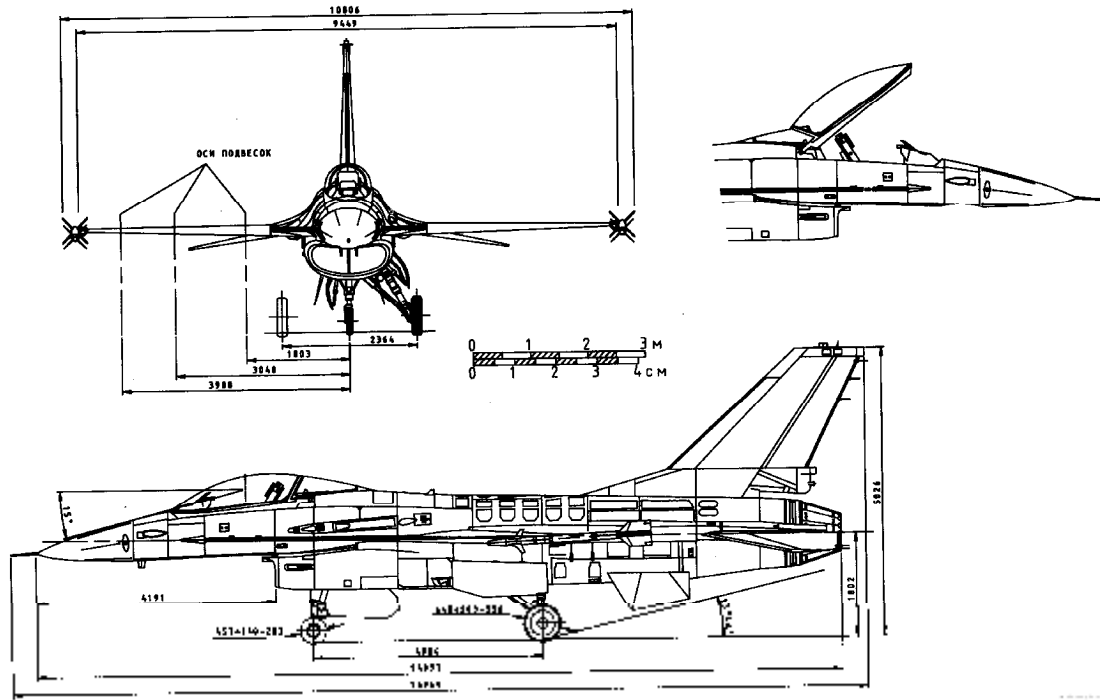


SCALE: 1/10 SIZE.

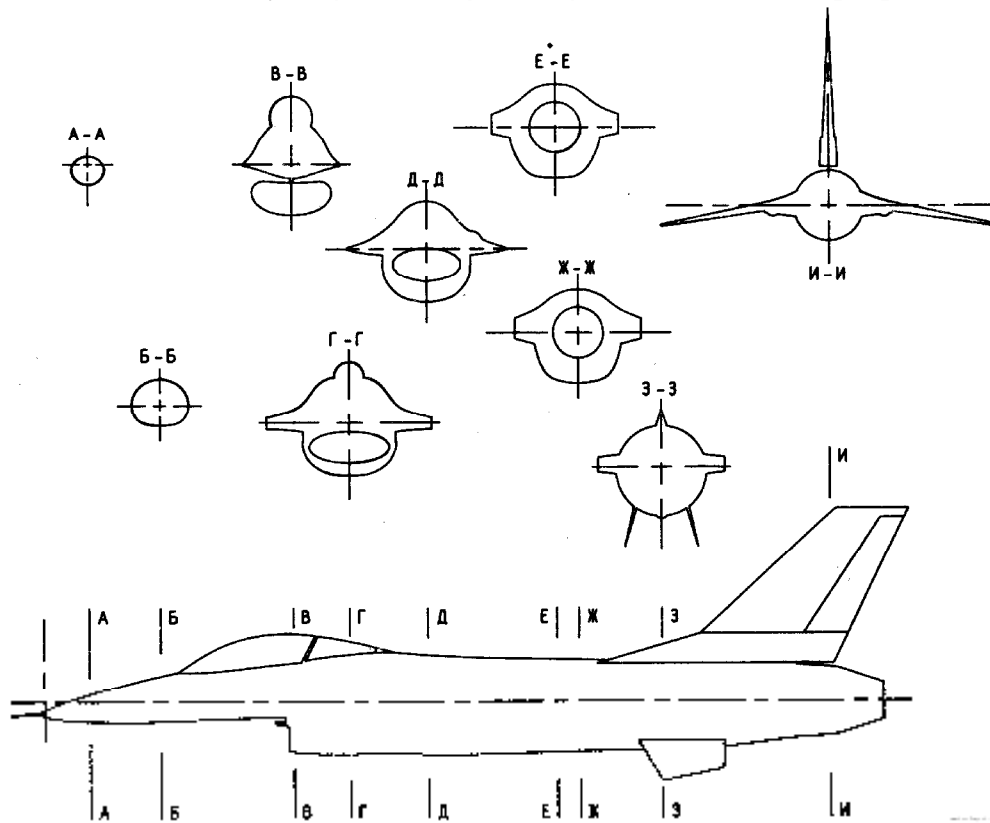
RUDDER MARKINGS  
FOKKER E.III (B.I.14)  
DAN-SAN ABBOTT © 1999



Εικόνα 36 Σχέδια μαχητικού αεροσκάφους τύπου Fokker dr1 [10]

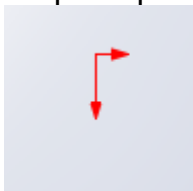


Εικόνα 37 Σχέδια μαχητικού αεροσκάφους τύπου F-16 [10]

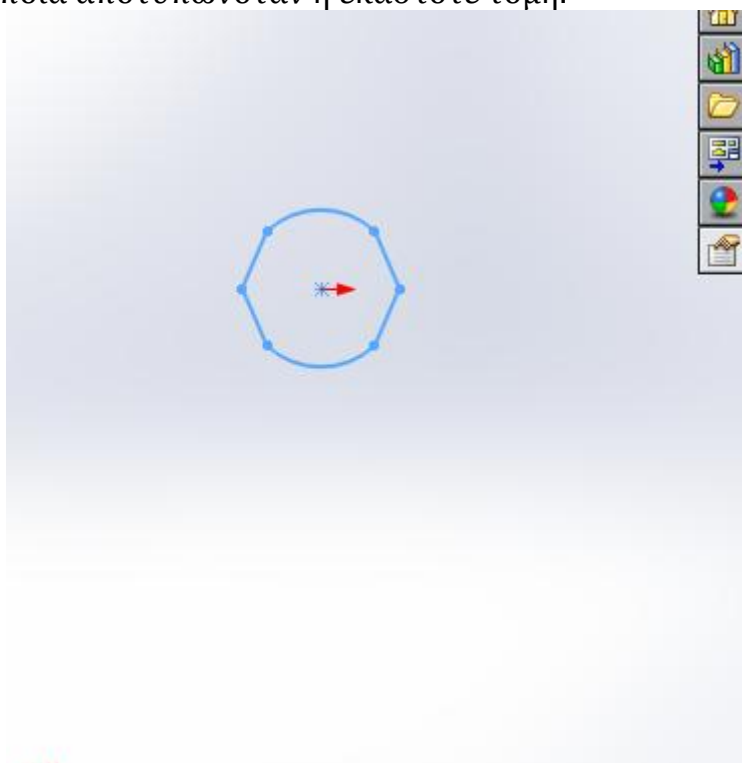


Εικόνα 38 Σχέδια μαχητικού αεροσκάφους τύπου F-16 [10]

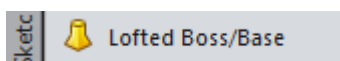
Αρχικά έγινε ο σχεδιασμός του αεροσκάφους Fokker καθώς ο σχεδιασμός του είναι λιγότερο απαιτητικός από τον σχεδιασμό του F-16. Για λόγους ευκολίας η αρχή έγινε από τον κορμό του αεροπλάνου και κάνοντας τομές κατά μήκος της ατράκτου ο σχεδιασμός έγινε πιο εύκολος. Αυτό που στην ουσία έγινε ήταν να βάλουμε ένα σημείο αναφοράς και να φτιάχνουμε κατά μήκος αυτού του σημείου παράλληλα επίπεδα



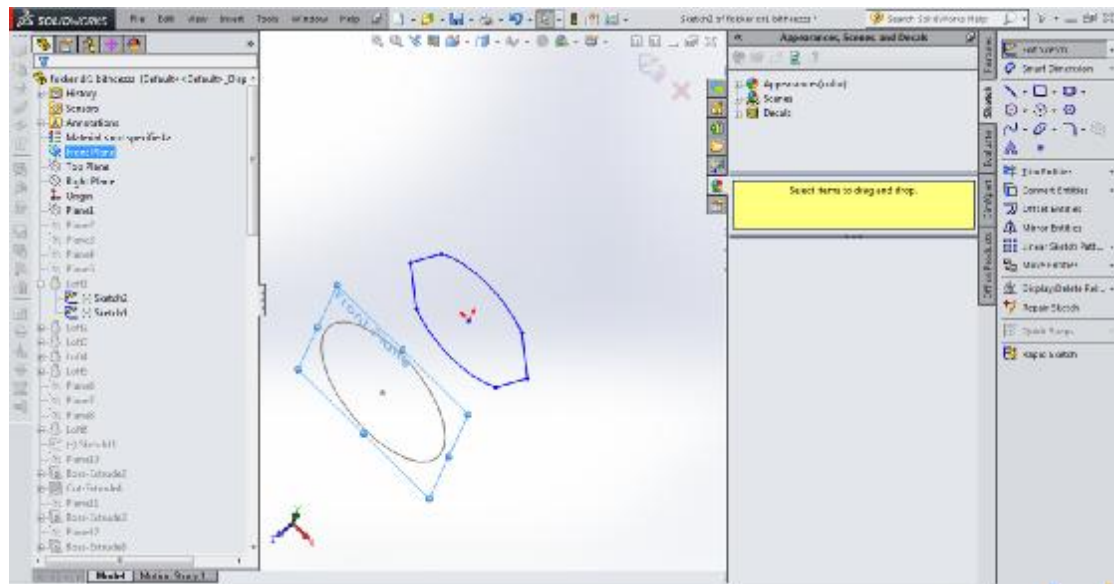
πάνω στα οποία αποτυπωνόταν η εκάστοτε τομή.



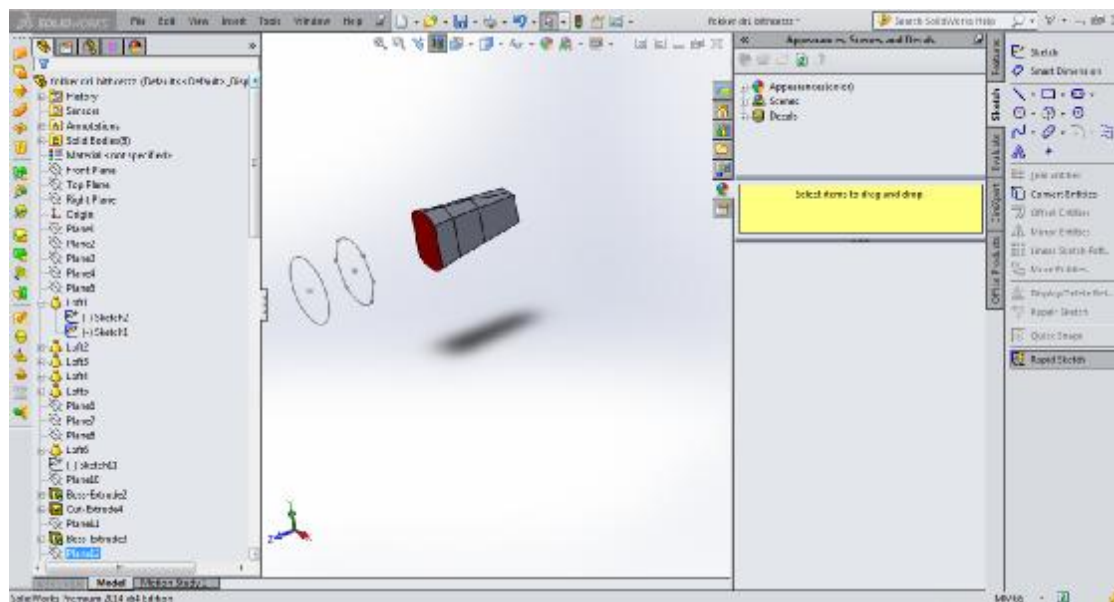
Με την βοήθεια της εντολή Lofted boss



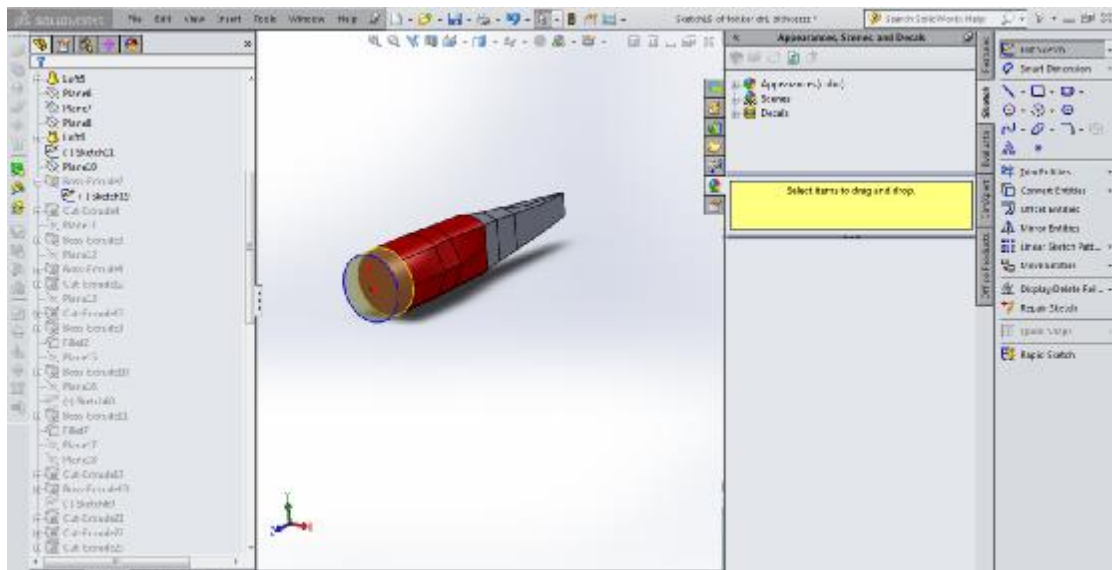
γινόταν η προσθήκη υλικού ανάμεσα στα δυο συστήματα. Η επανάληψη της συγκεκριμένης διαδικασίας έφερε την ολοκλήρωση του κορμού του αεροσκάφους.



Εικόνα 3.9 Πορεία σχεδιασμού του αεροσκάφους

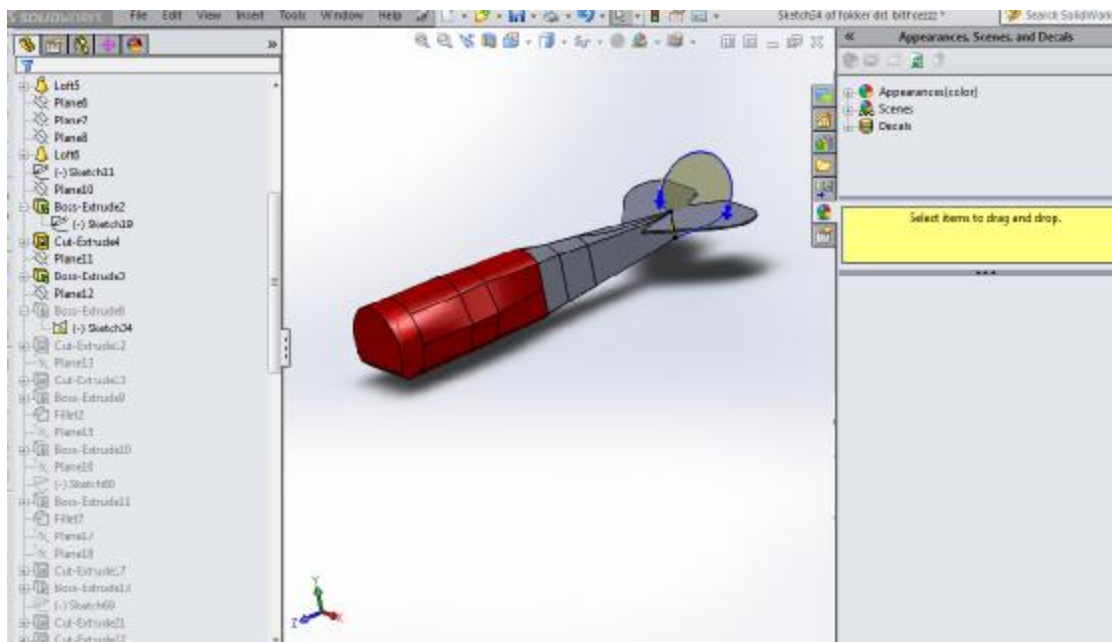
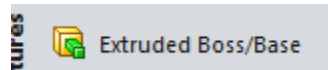


Εικόνα 4.0 Πορεία σχεδιασμού του αεροσκάφους



Εικόνα 4.0 Στιγμιότυπα από τον σχεδιασμό του αεροσκάφους

Μετά την ολοκλήρωση του κορμού του αεροσκάφους σειρά είχαν τα πτερύγια. Εφόσον έγινε η αποτύπωση των σχεδίων τους τότε αυτό που έμενε ήταν να τους δοθεί το απαραίτητο βάθος σε υλικό, κάτι το οποίο έγινε με την εντολή Extrude boss.

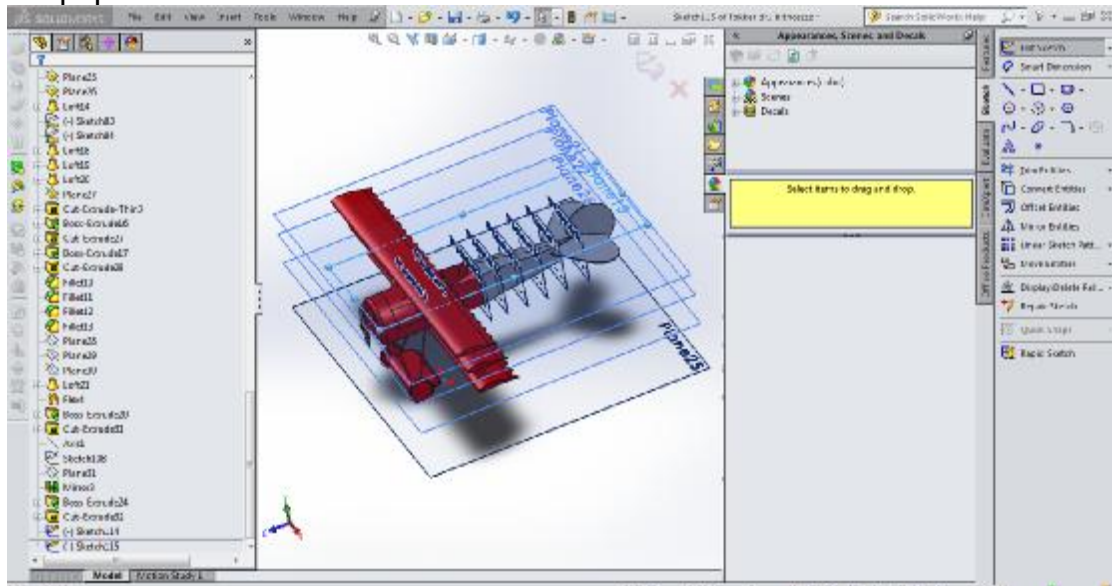


Εικόνα 4.2 Σχεδιασμός πτερυγίων του αεροσκάφους

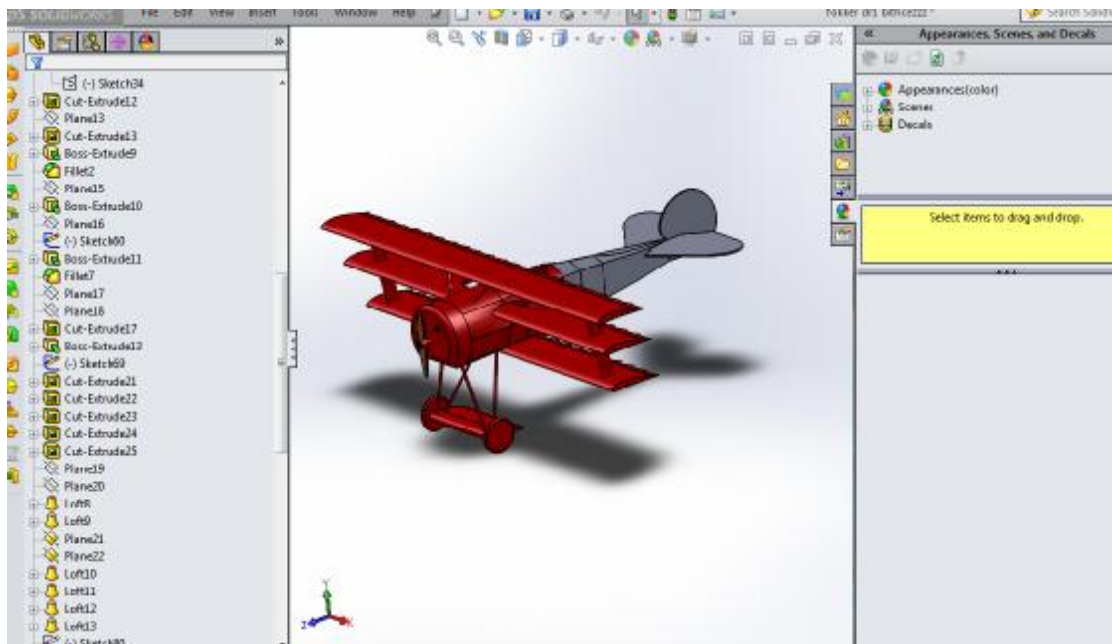
Με παρόμοιο τρόπο συνεχίσαμε με τα υπόλοιπα εξαρτήματα του αεροσκάφους.



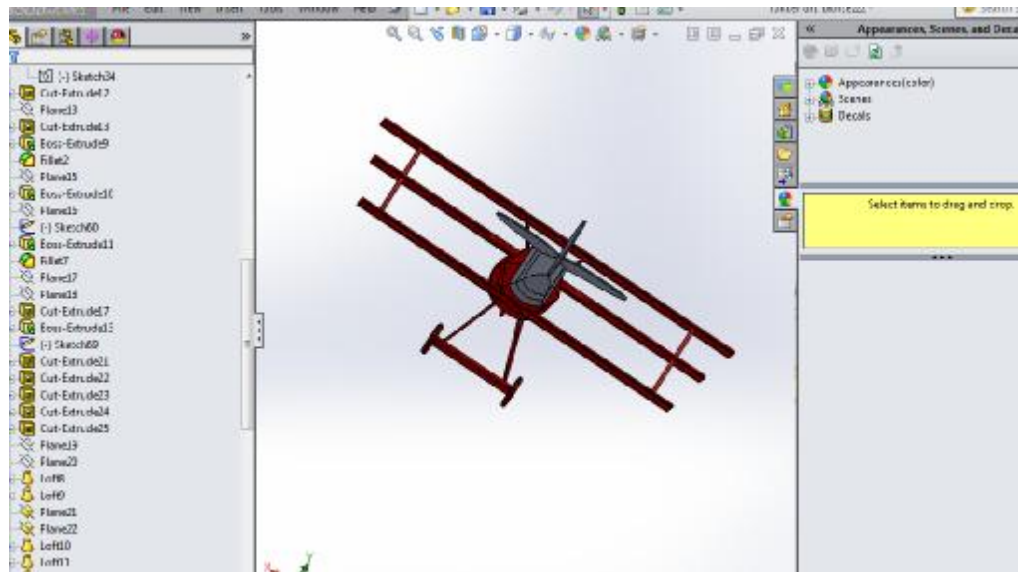
Για την ολοκλήρωση ολοκλήρου του αεροσκάφους χρειάστηκαν 31 διαφορετικά επίπεδα.



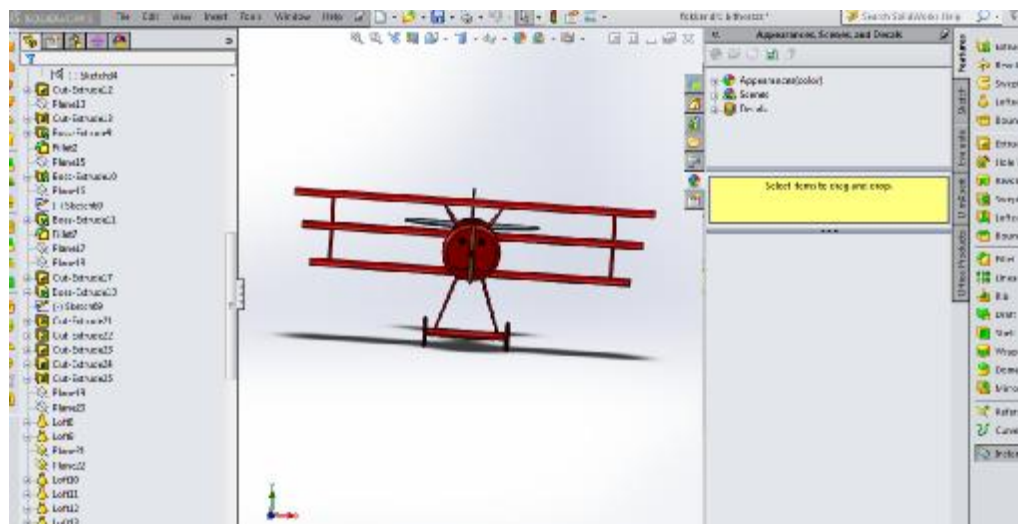
Εικόνα 4.3 τελικό σχήμα αεροσκάφους



Εικόνα 4.4 τελικό σχήμα αεροσκάφους

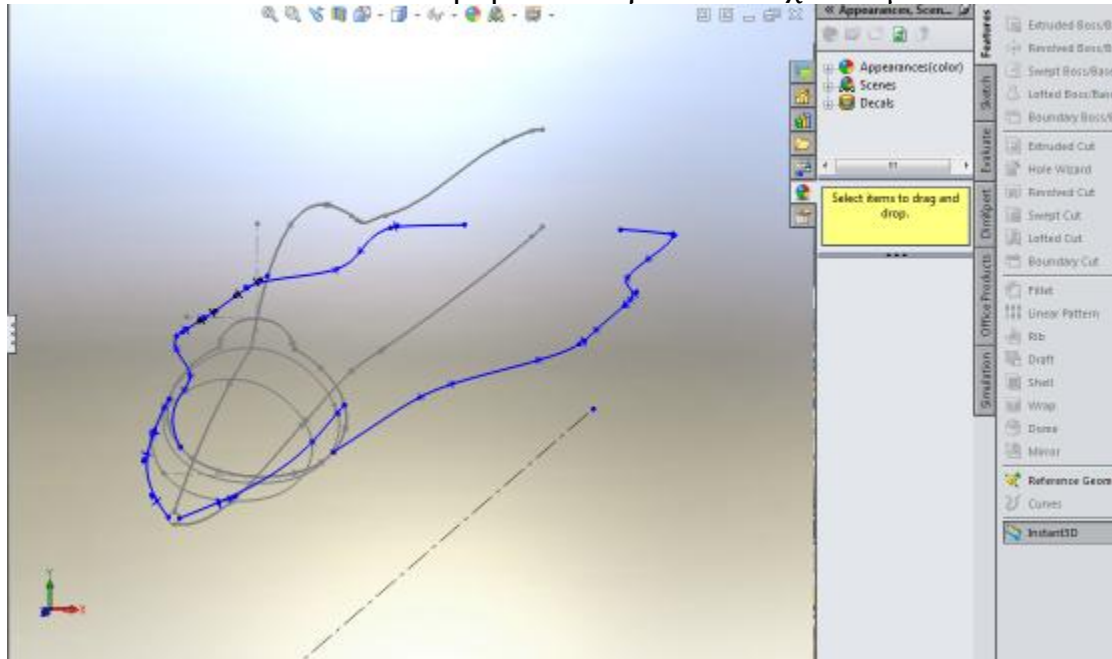


Εικόνα 4.5 τελικό σχήμα αεροσκάφους

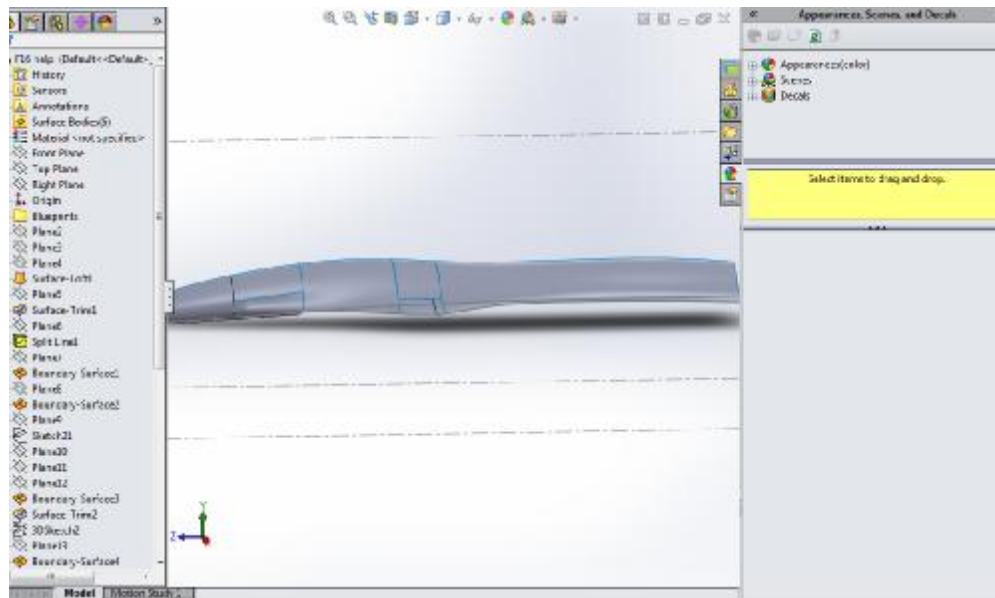


Εικόνα 4.6 τελικό σχήμα αεροσκάφους

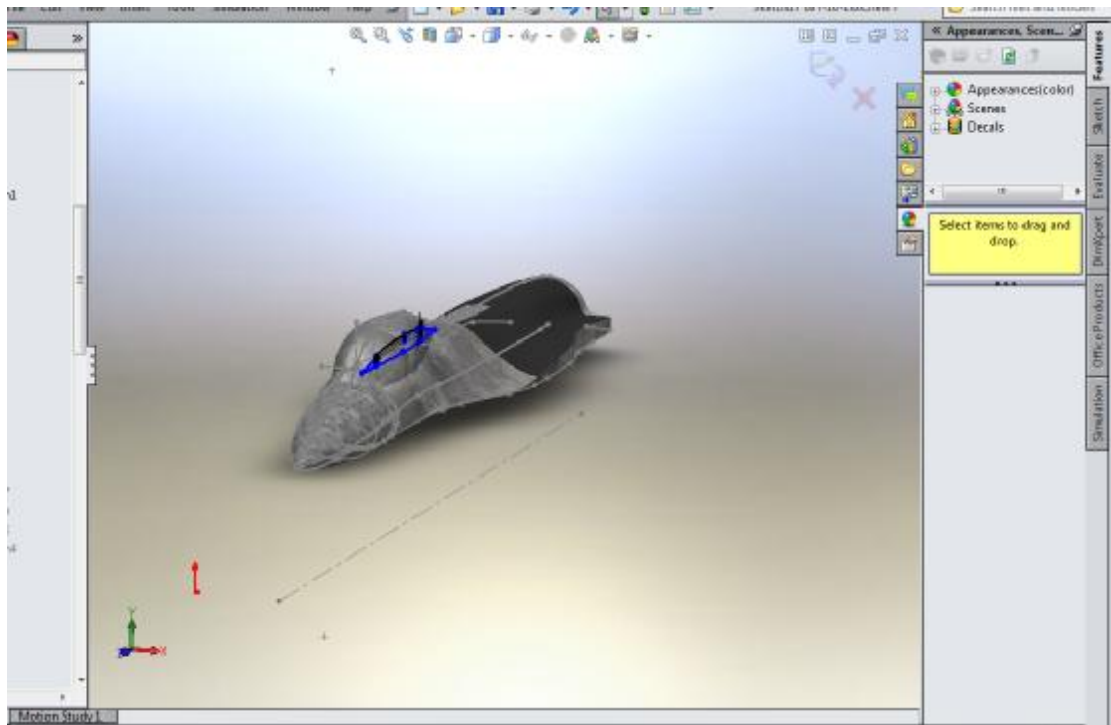
Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τον σχεδιασμό του F-16



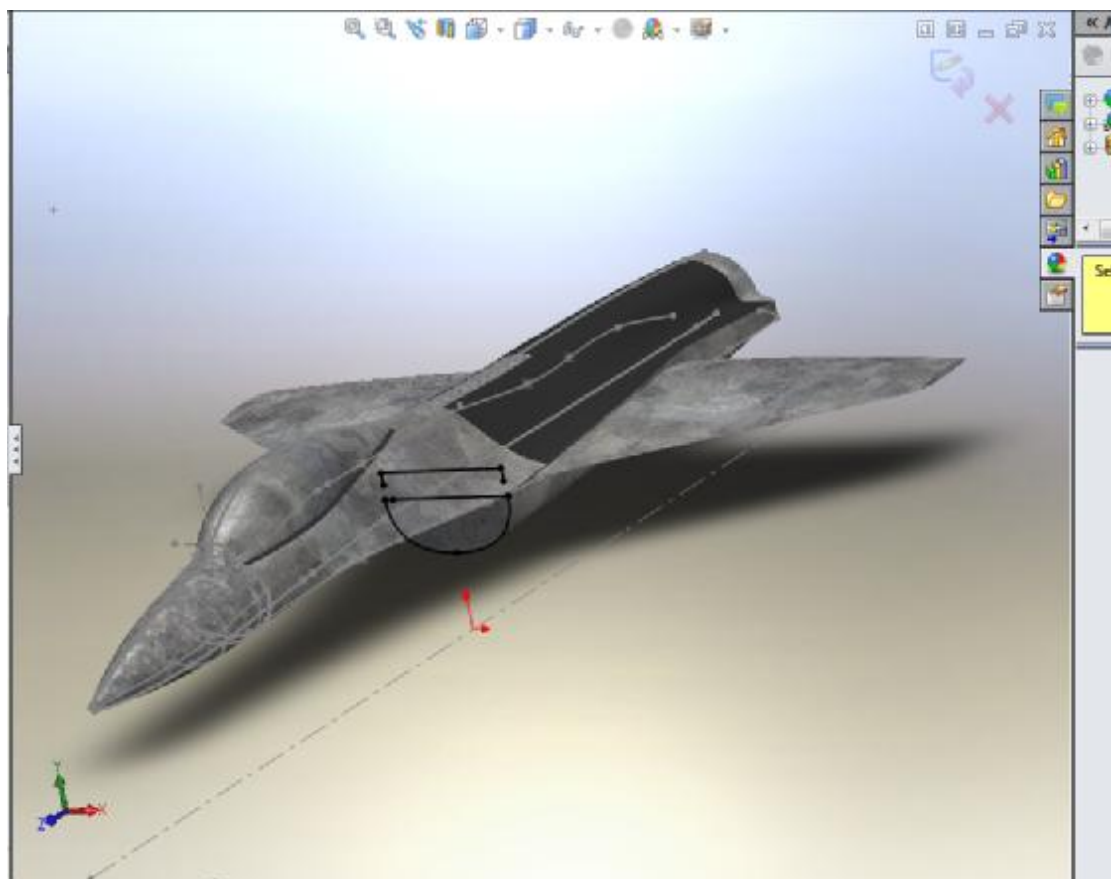
Εικόνα 4.3 Πορεία σχεδιασμού του αεροσκάφους τύπου F-16



Εικόνα 4.4 Ολοκλήρωση της ατράκτου του αεροσκάφους



Εικόνα 4.7 Άτρακτος αεροσκάφους



Εικόνα 4.8 Ολοκλήρωση πτερυγίων αεροσκάφους

## 4.1 Ansys Fluent Cfd



Εφόσον ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός των δυο αεροσκαφών τότε το επόμενο βήμα ήταν να περάσουμε στην προσομοίωση του αέρα. Η προσομοίωση ροής αέρα μπορεί να γίνει με διάφορα λογισμικά προγράμματα που κυκλοφορούν ένα από αυτά είναι το ansys το οποίο και επιλέξαμε.

### ANSYS

Το πρόγραμμα ANSYS "τρέχει" σε περιβάλλον Windows 95/98/Me/2000/XP και Windows NT. Έχει τη μεγαλύτερη βιβλιοθήκη πεπερασμένων στοιχείων και παρέχει τις εξής δυνατότητες:

- Γραφική εισαγωγή δεδομένων.
- Εισαγωγή γεωμετρικού μοντέλου από οποιοδήποτε σχεδιαστικό πρόγραμμα.
- Γραμμική και μη γραμμική ανάλυση, σε 2 και 3 διαστάσεις.
- Δυναμική ανάλυση με τη μέθοδο των ιδιομορφων, χρήση του φάσματος της σεισμικής απόκρισης, εισαγωγή αρμονικών ή παροδικών φορτίσεων σε συνάρτηση του χρόνου.
- Ανάλυση δευτέρας τάξεως με λήψη της επίδρασης των ρωγμών, μεγάλων παραμορφώσεων, αλλαγής ακαμψίας, κόπωσης και

υπερελαστικών ή εξαρτώμενων εκ της θερμοκρασίας υλικών στην επίλυση των φορέων.

- Θερμική: σταθερής κατάστασης, μετάβασης, αλλαγής φάσης, θερμική-δομική.

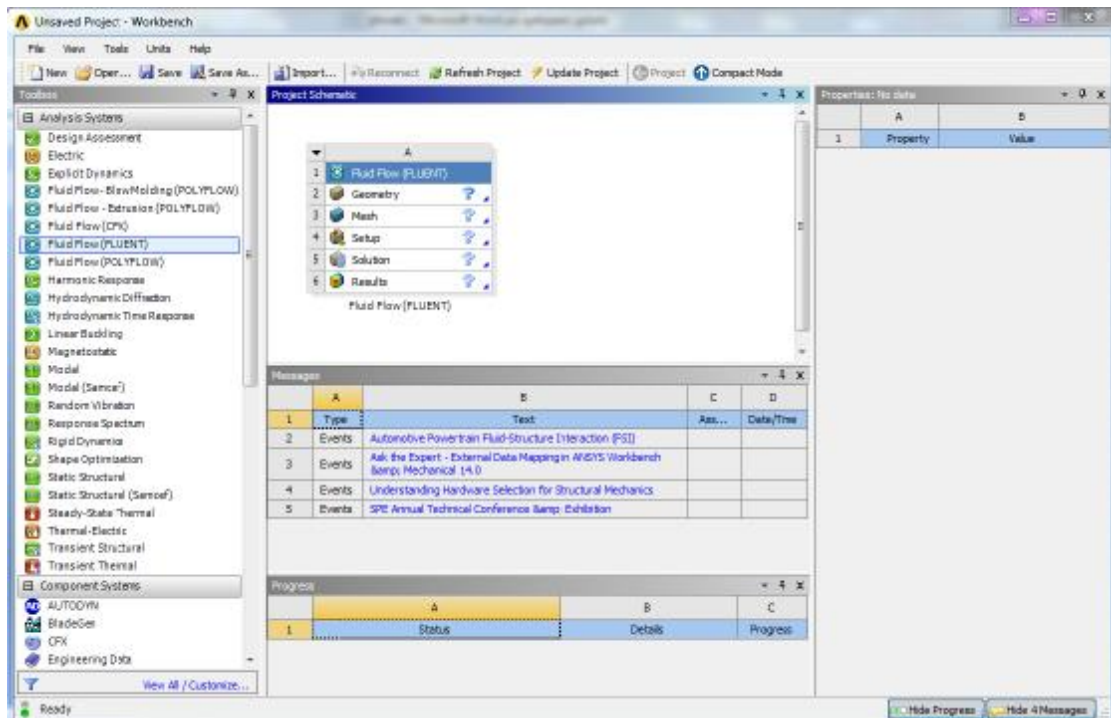
Ηλεκτρομαγνητική: ηλεκτροστατικά, μαγνητοδομικά, σταθερό και χρονομεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο.

- Ροή ρευστών: αριθμητική δυναμική ρευστών (μέσω ολοκλήρωσης με το πρόγραμμα FLOTRAN), ροή σε αγωγούς, ροή δυναμικού, διάχυση μέσω πορώδους (seepage).
- Είναι δυνατή η διαστασιολόγηση κτιρίων και ειδικών κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος, βάσει του Ευρωκώδικα 2 και του Ευρωκώδικα 3, με το πρόγραμμα CivilFEM, που δουλεύει σε συνεργασία με το ANSYS.
- Εφαρμογές στην εδαφομηχανική.
- Το ANSYS είναι ένα εργαλείο ευρείας χρήσης για σχεδίαση και ανάλυση πάσης  
φύσεως κατασκευών, από απλά κτιριακά έργα μέχρι σήραγγες, φράγματα κλπ.  
Αυτές οι δυνατότητες το κατατάσσουν ως ένα από τα καλύτερα στατικά και μηχανολογικά προγράμματα στον κόσμο.

Ανοίγοντας την εφαρμογή workbench

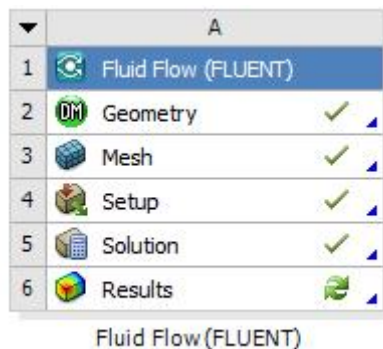


τότε θα ανοίξει μπροστά μας ένα παράθυρο το οποίο θα μας έχει διαφορές επιλογές ανάλογα με την μελέτη την οποία θέλουμε να κάνουμε .Η προσομοίωση και μελέτη της ροής μας έγινε στο πρόγραμμα fluent το οποίο αποτελεί μια από τις επιλογές του ansys.



Εικόνα 4.8 Περιβάλλον Ansys

Η διαδικασία της προσομοίωσης αποτελείται από 5 στάδια τα οποία βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα. Στάδια τα όποια θα πρέπει να ακολουθήσουμε κατά σειρά για μπορέσουμε να ολοκληρώσουμε την διαδικασία, δεν μπορούμε ούτε να παραλείψουμε κάποιο αλλά ούτε και να προσπεράσουμε κάποιο.



Εικόνα 4.9 Διαδικασία και στάδια προσομοίωσης

Το πρώτο στάδιο αναφέρεται στον σχεδιασμό της γεωμετρίας την οποία θα περάσουμε μέσα στο πεδίο ροής και την οποία θα μελετήσουμε. Το ansys μας δίνει την δυνατότητα να σχεδιάσουμε σε δυο η και τρεις διαστάσεις. Επίσης μπορούμε με την εντολή " Import external Geometry ". να εισάγουμε σχέδια τα οποία δεν έγιναν στο λογισμικό του ansys αλλά

σε αλλά σχεδιαστικά λογισμικά. Το δεύτερο στάδιο η αλλιώς mesh αναφέρεται στην ανάλυση της γεωμετρίας του σχεδίου μας και του πεδίου ροής. Μπορούμε να ορίσουμε τις οριακές συνθήκες, την είσοδο και έξοδο του ρευστού. Πρέπει η επιλογές που γίνονται μέσα στην ανάλυση της γεωμετρίας να είναι πολύ προσεκτικές διότι μια κακή ανάλυση της γεωμετρίας μπορεί να μην μας δώσει τα έγκυρα αποτελέσματα και αντιθέτως μια πολύ λεπτομερειακή ανάλυση μπορεί να κάνει το πρόγραμμα να τρέχει για αρκετό χρονικό διάστημα έως ότου μας δώσει αποτελέσματα. Στο τρίτο στάδιο (setup) δίνουμε στο πεδίο ροής τις συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται η ροή του ρευστού ,δηλαδή θα ορίσουμε την ταχύτητα την οποία θα έχει το ρευστό ,την πίεση την οποία θα επικρατεί στην έξοδο και θα δοθούν οι κατάλληλες τιμές σε όσους συντελεστές απαιτείται. Τέλος στα δυο τελευταία στάδια μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δηλαδή όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά τα οποία χρειαζόμαστε όπως γραμμές ροής ,δυνάμεις, πιέσεις και ταχύτητες οι οποίες αναπτύσσονται μέσα στο πεδίο ροής.



## **4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΟΣ FOKKER DR1 TRIPLANE ME ΕΝΑ F-16 FIGHTING FALCON**



Εικόνα 5.0 Μαχητικό αεροσκάφος F-16 Εικόνα 5.1 Μαχητικό τύπου Fokker.

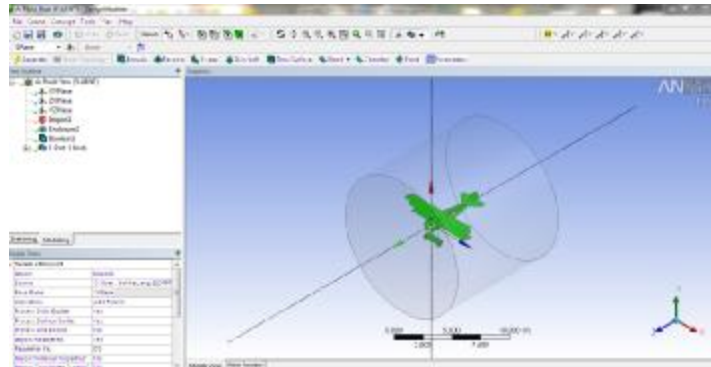
Ο σχεδιασμός της γεωμετρίας των αεροσκαφών δεν έγινε στο περιβάλλον του ANSYS αλλά στο λογισμικό solidworks παρόλα αυτά το ansys έχει την δυνατότητα να 'διαβάζει' σχέδια από διάφορα λογισμικά. Για να κάνουμε εισαγωγή του σχεδίου θα χρειαστεί να επιλέξουμε την επιλογή geometry και στην συνέχεια " Import external Geometry ".

Μετά την εισαγωγή της γεωμετρίας χρειάστηκε να φτιάξουμε το πρότυπο πεδίο ροής μέσα στο οποίο θα απεικονίζετε το αεροσκάφος μας και γύρω από το οποίο θα γίνετε η προσομοίωση της ροής του αέρα. Για λόγους ευκολίας προτιμήσαμε ένα κυλινδρικό σχήμα το οποίο έχει τις παρακάτω διαστάσεις :

$R=25m$

$L=20m$

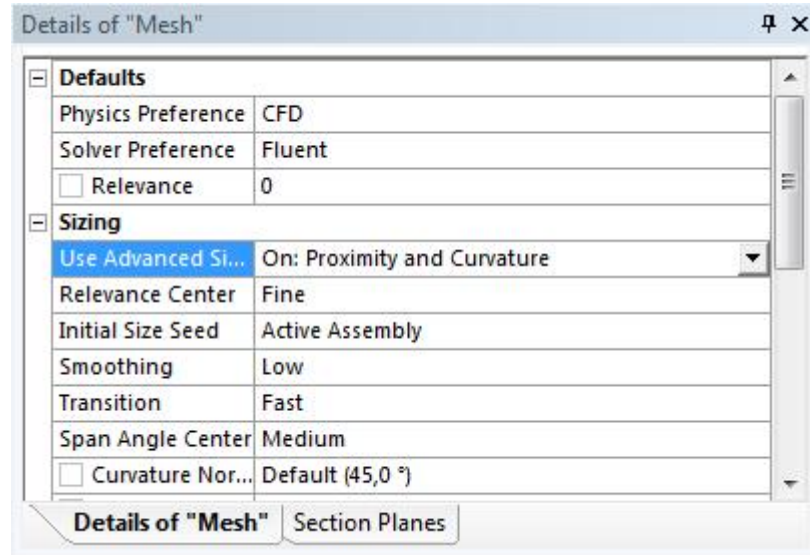
Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία τότε το σχήμα μας θα έχει την παρακάτω μορφή :



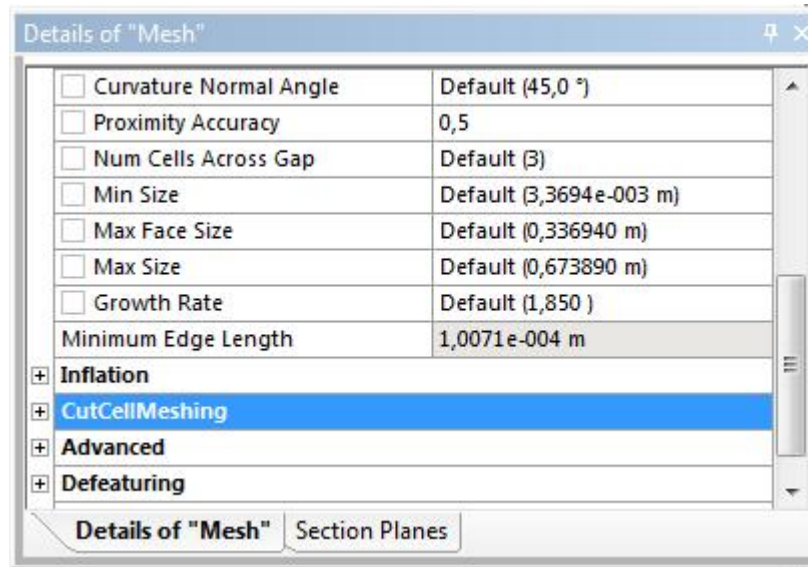
Εικόνα 5.2 Πεδίο ροής

Εφόσον η γεωμετρία έχει ολοκληρωθεί περνάμε στο επόμενο στάδιο στο οποίο θα γίνει η ανάλυση γεωμετρίας μέσω της εφαρμογής ANSYS MESHING.

Ανοίγοντας την εφαρμογή mesh προχωράμε στις απαραίτητες ρυθμίσεις ώστε να επιλέξουμε την κατάλληλη δομή πλέγματος, πράγμα το οποίο είναι πολύ σημαντικό διότι ο καθορισμός ενός σωστά δομημένου πλέγματος είναι από τις πιο κρίσιμες πτυχές για την προσομοίωση. Πάρα πολλά κύτταρα” μπορεί να οδηγήσουν σε επιβράδυνση της διαδικασίας προσομοίωσης ενώ αντίθετα πολύ λίγα μπορεί να οδηγήσουν σε μη έγκυρα αποτελέσματα. Στις παρακάτω εικόνες μπορούμε να δούμε τις ρυθμίσεις τις οποίες κάναμε για να έχουμε ένα σωστά δομημένο πλέγμα.

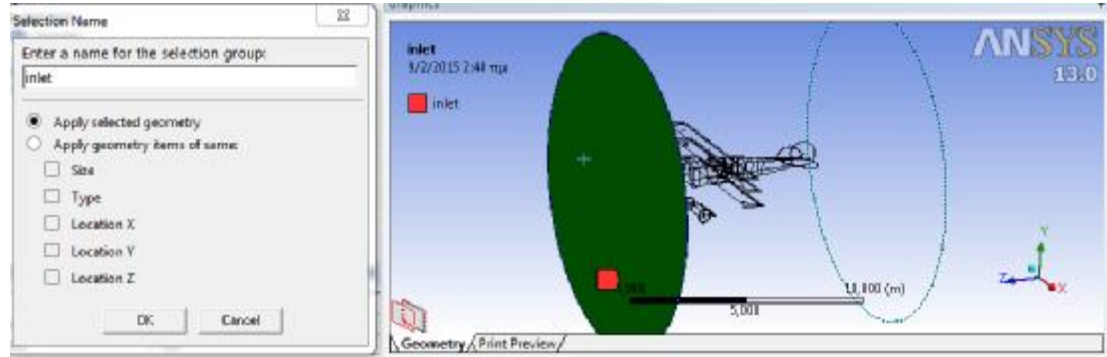


Εικόνα 5.3 Επιλογές Ανάλυσης Γεωμετρίας



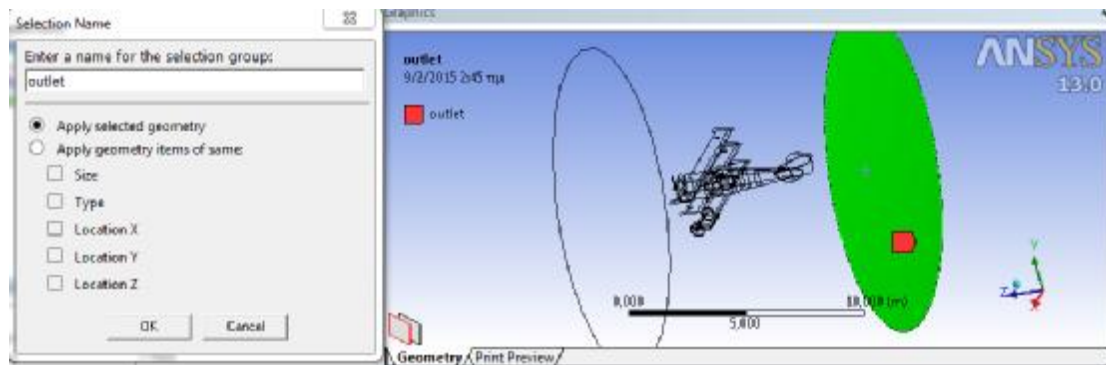
Εικόνα 5.4 Επιλογές Ανάλυσης Γεωμετρίας

Μετά την επιλογή των απαραίτητων ρυθμίσεων θα πρέπει να ορίσουμε τα όρια του πεδίου ροής και να επιλέξουμε την είσοδο, έξοδο και τα τοιχώματα του ρευστού γύρω από το πεδίο ροής.



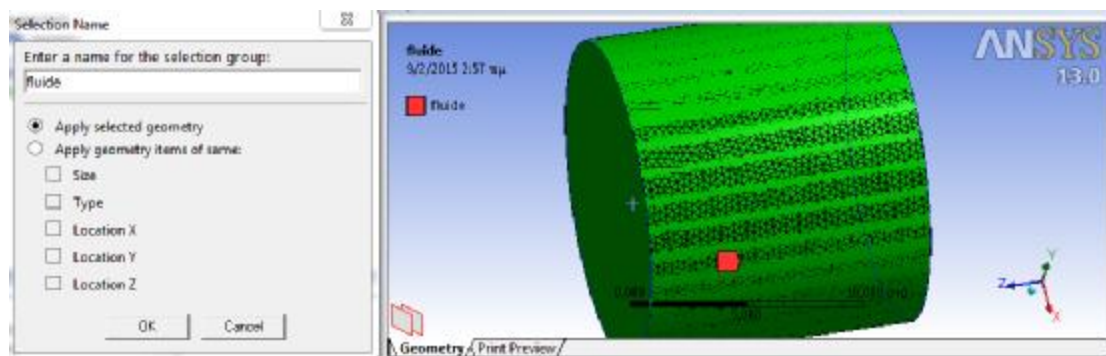
Εικόνα 5.5 Είσοδος ρευστού στο πεδίο ροής

Εδώ γίνεται η επιλογή και η ονομασία της πλάγιας όψης του πεδίου ροής που στην ουσία είναι η είσοδος του ρευστού. Και στο κάτω σχήμα βλέπουμε την αντίστοιχη έξοδο του ρευστού από το πεδίο ροής.



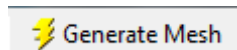
Εικόνα 5.6 Έξοδος ρευστού στο πεδίο ροής

Τέλος, γίνεται η επιλογή και η ονομασία ολόκληρου του πεδίου ροής



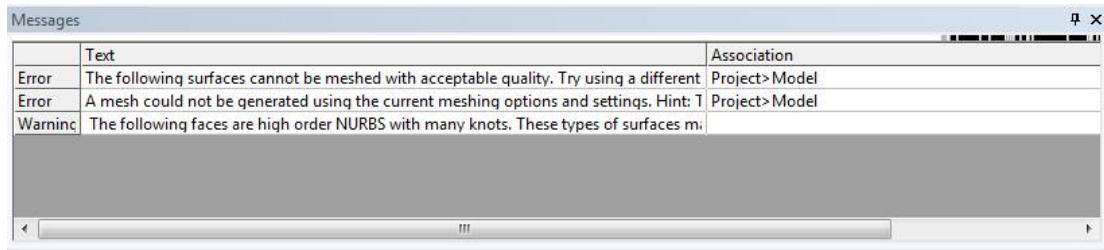
Εικόνα 5.7 Πεδίο ροής

Για να ολοκληρωθεί η ανάλυση της γεωμετρίας επιλεγούμε



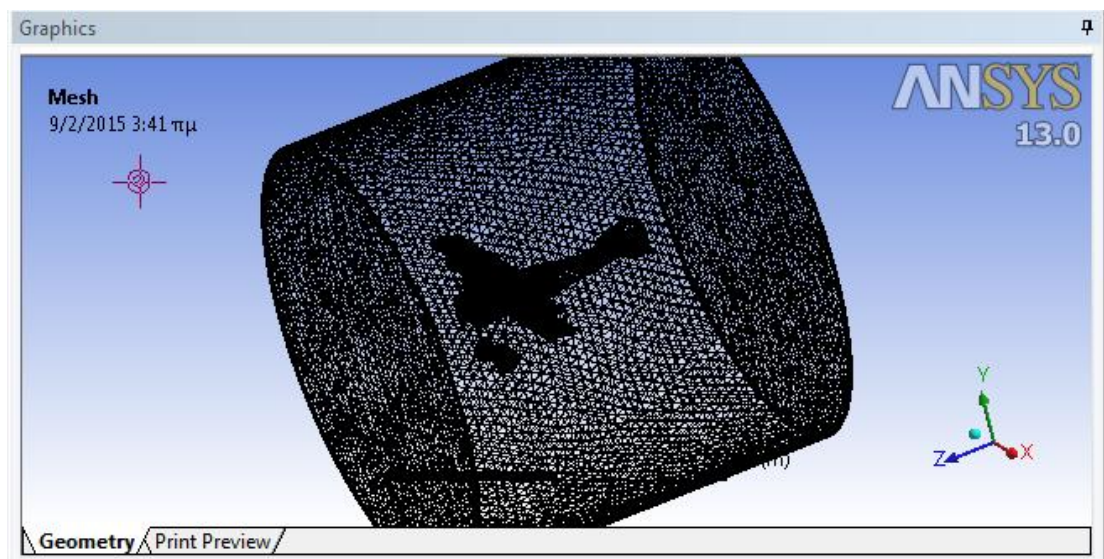
Και περιμένουμε έως ότου ολοκληρωθεί η διαδικασία, εάν η διαδικασία δεν ολοκληρωθεί με επιτυχία και εμφανιστούν μηνύματα τα οποία δείχνουν ότι έχουν γίνει εσφαλμένες επιλογές meshing τότε θα πρέπει να επιστρέψουμε στις ρυθμίσεις, να κάνουμε εκ νέου καινούργιες οι οποίες αυτήν την φορά θα φέρουν τα σωστά αποτελέσματα.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε μερικά μηνύματα τα οποία υποδηλώνουν σφάλματα.

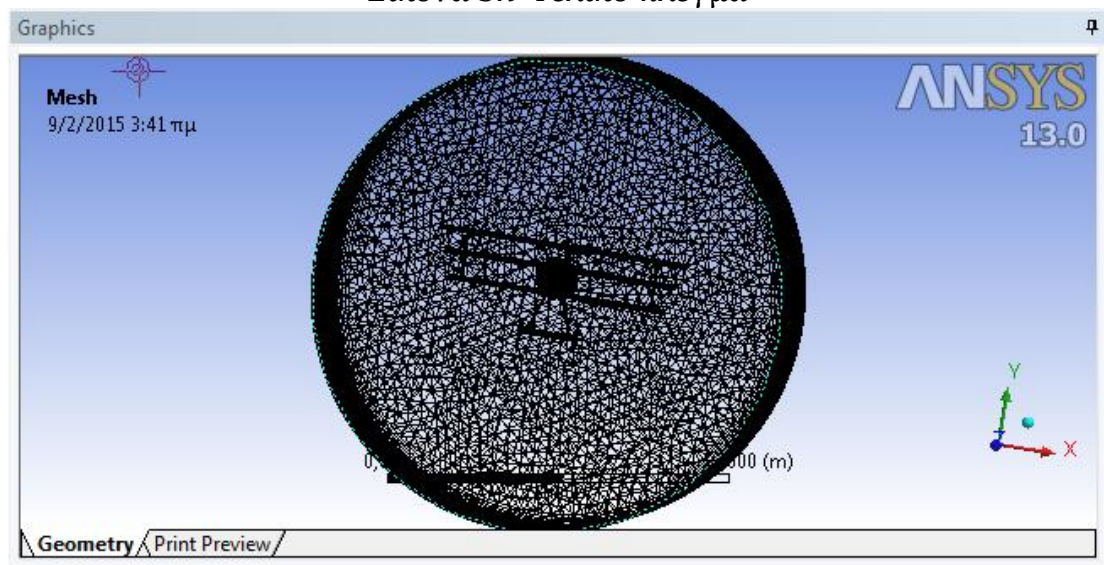


Εικόνα 5.8 Μηνύματα σφαλμάτων

Όταν η διαδικασία ολοκληρωθεί με επιτυχία τότε η τελική της μορφή της ανάλυσης θα είναι η εξής



Εικόνα 5.9 Τελικό πλέγμα

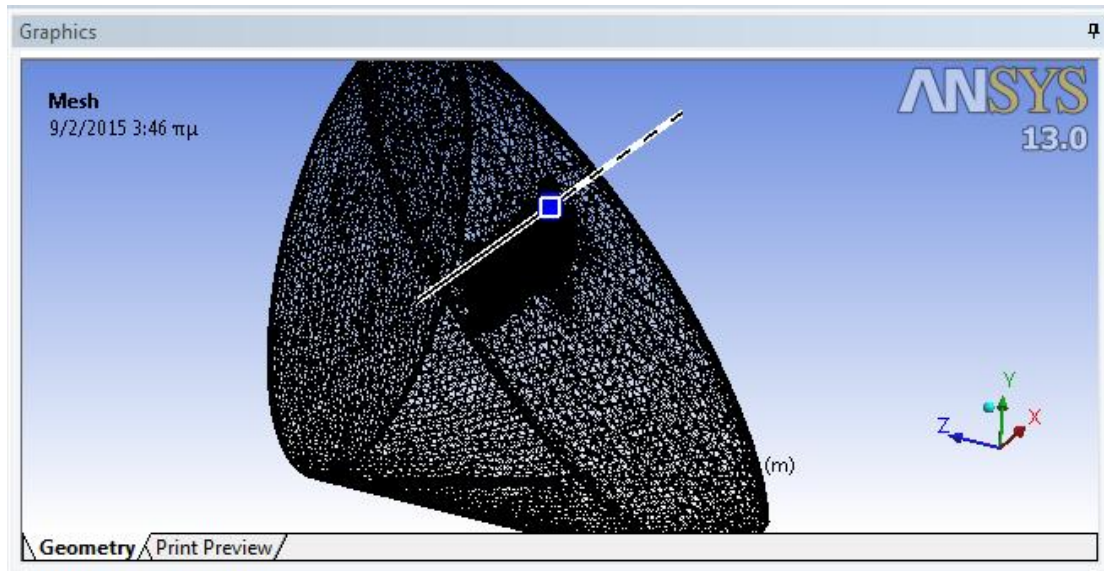


Εικόνα 6.0 Τελικό πλέγμα

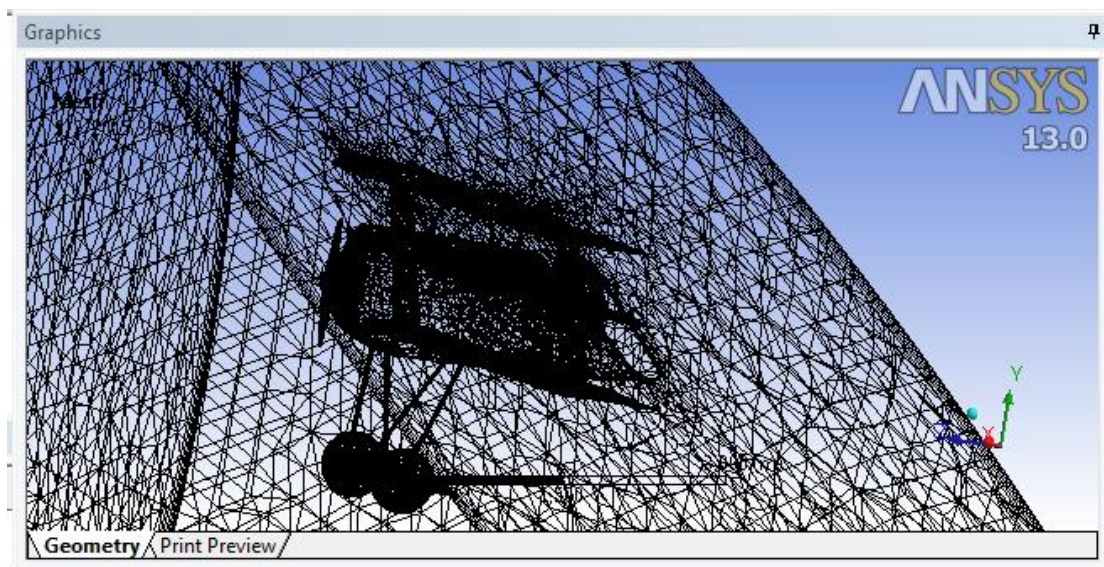
Για να δούμε καλύτερα στην ανάλυση της γεωμετρίας μπορούμε με την επιλογή

## Section Planes

Να κάνουμε τομή σε οποιοδήποτε σημείο του πεδίου ροής ώστε να δούμε την δομή του πλέγματος .





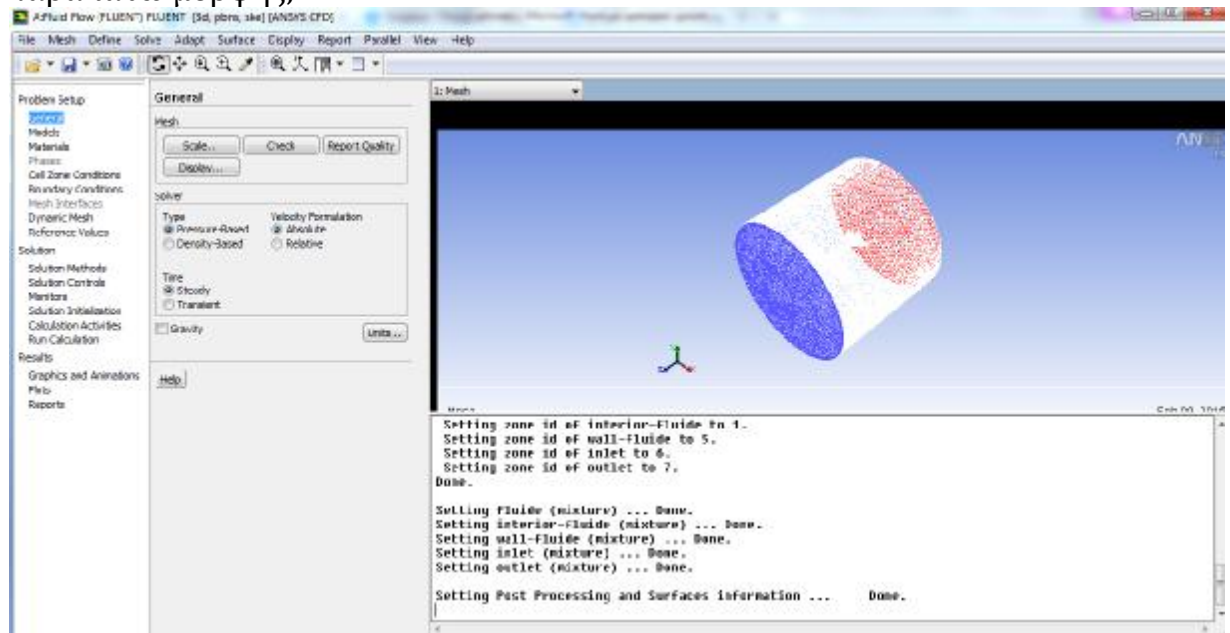
Εικόνα 6.1 Τομή πλέγματος



Εικόνα 6.2 Τομή πλέγματος

Εφόσον η ανάλυση της γεωμετρίας ολοκληρώθηκε το επόμενο βήμα ήταν να περάσουμε στις ρυθμίσεις στις οποίες θα έπρεπε να κάνουμε στο πεδίο ροής ώστε να ορίσουμε τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θέλουμε να γίνει

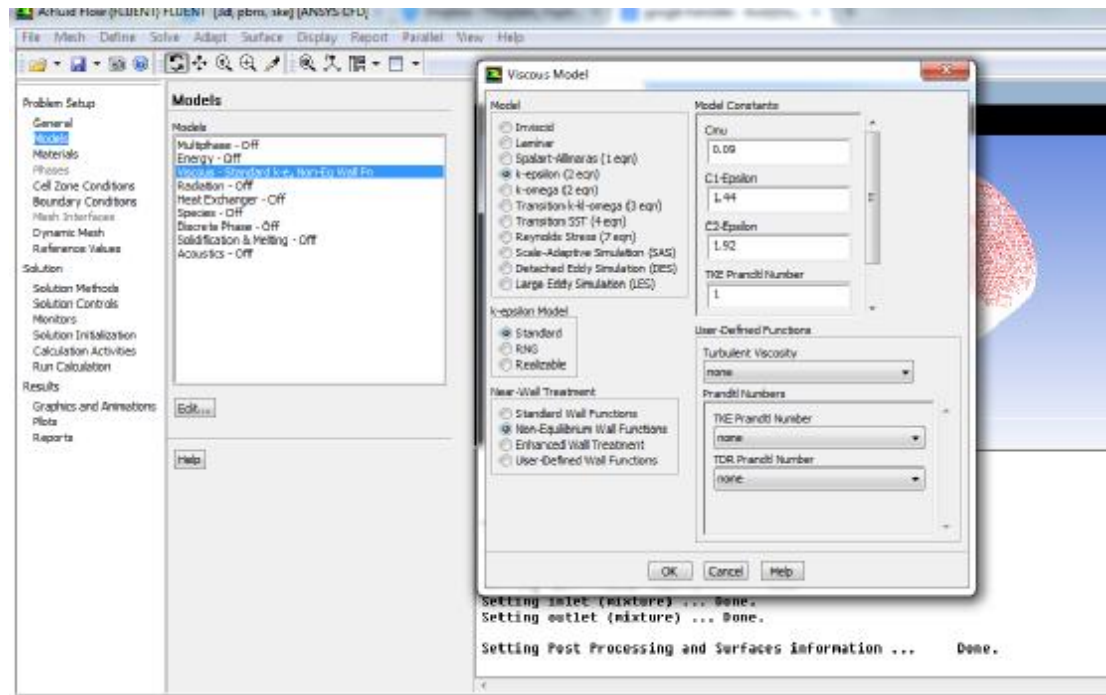
η προσομοίωση της ροής του αέρα. Αναλυτικότερα ενεργοποιώντας την εφαρμογή  Setup  τότε θα ανοίξει ένα παράθυρο της παρακάτω μορφής,



Εικόνες 6.3 Επιλογή Συνθηκών ροής

μέσα στο οποίο θα γίνετε η απεικόνιση του πεδίου ροής και του αντικειμένου που βρίσκεται υπό μελέτη. Αριστερά όπως βλέπουμε την εικόνα μπορούμε να δούμε τις ρυθμίσεις που μπορούμε να κάνουμε. Για την προσομοίωση της ροής γύρω από το αεροσκάφος f-16 κάναμε τις παρακάτω επιλογές.

## 1) Model



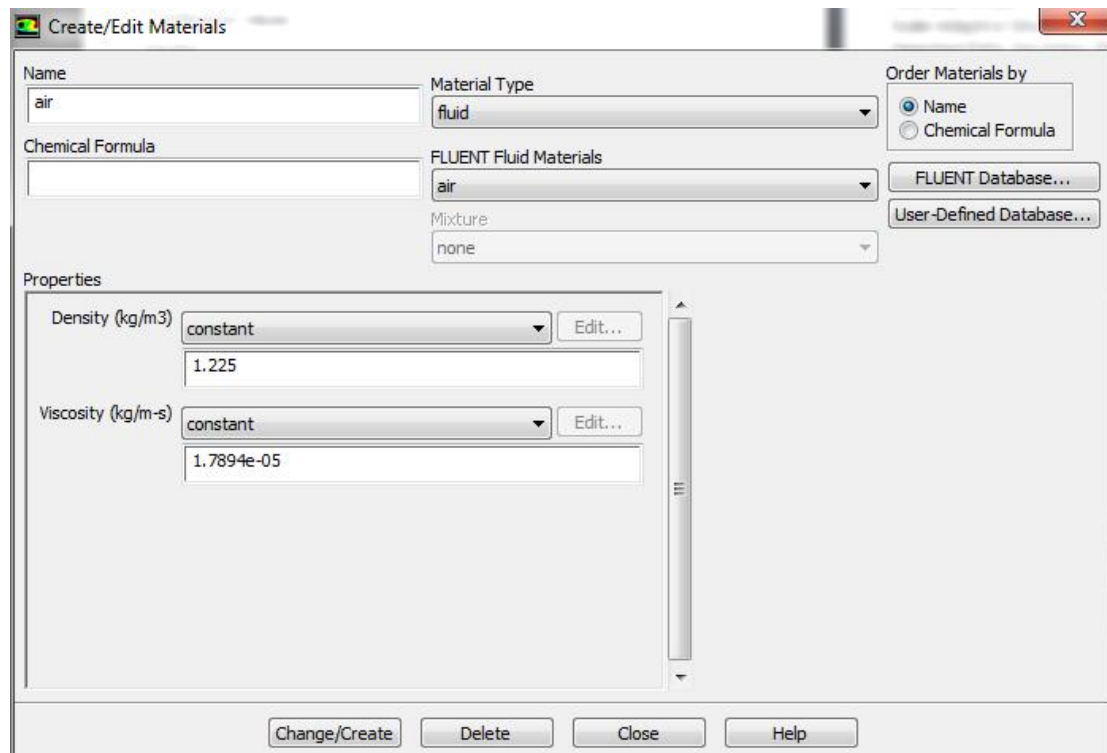
Εικόνα 6.4 Επιλογή μοντέλου k-ε

Το μοντέλο που χρησιμοποιείται για αυτό το είδος της προσομοίωσης είναι το μοντέλο k - ε . Αυτό είναι ένα μοντέλο που αποτελείται από δύο εξισώσεις στην οποία μία εξίσωση αντιστοιχεί στην τυρβώδη κινητική ενέργεια (k) και το άλλο στον ειδικό ρυθμό διάχυσης ( ε ) .

## 2). Materials - Υλικά

Το εργαζόμενο ρευστό σε αυτή την προσομοίωση είναι αέρας και θεωρείται ότι δρα επί του αεροσκάφους σε υψόμετρο 50.000 ποδών . Μόνο η πυκνότητα θεωρείται ως σταθερή ιδιότητα του αέρα και είναι 1.225 kg / m<sup>3</sup>.

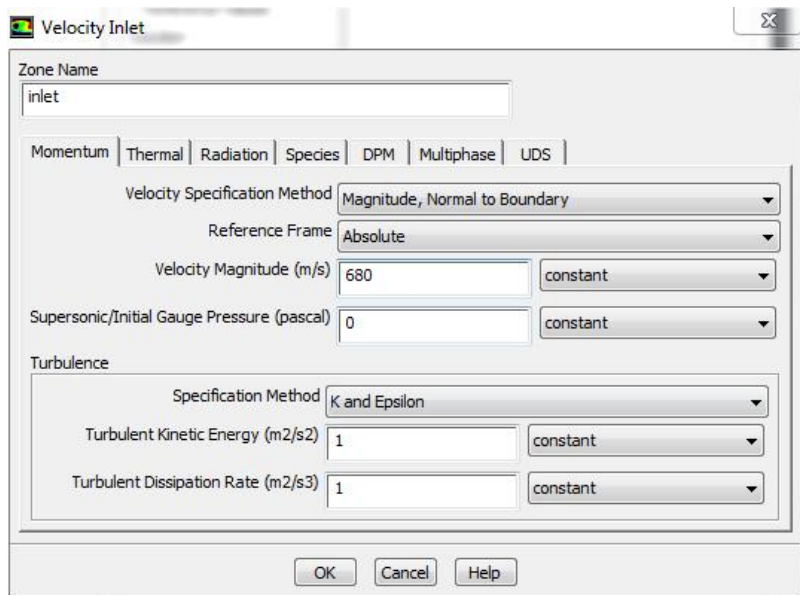




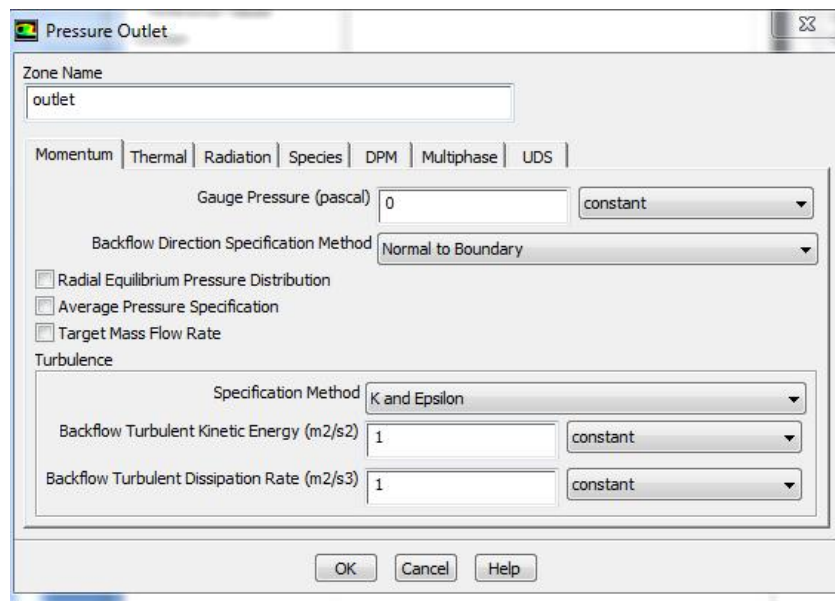
Εικόνα 6.5 Επιλογή ρευστού προσομοίωσης

### 3. Boundary Conditions- συνοριακές συνθήκες

Οι σημαντικές οριακές συνθήκες σε μια ανάλυση εξωτερικής ροής είναι ο αριθμός Mach ή η ταχύτητα στο στόμιο εισόδου και της πίεσης στην έξοδο. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές για τα αεροσκάφη F-16, που παρέχονται από την βιομηχανία Lockheed Martin που κατασκευάζει αυτό το αεροσκάφος, η ταχύτητα του αεροσκάφους είναι 1.5 Mach στο επίπεδο της θάλασσας και Mach 2 σε υψόμετρο 50.000 ποδών. Ως εκ τούτου, η κατάσταση εισόδου δίνεται ως 2 Mach, δηλαδή ίση με 680 m/s και η ταχύτητα του ήχου σε αυτό το υψόμετρο είναι 334,72 m/s. Η οριακή συνθήκη εξόδου δίνεται ως πίεση και η τιμή του δίδεται ως 0 Pa. Οι υπόλοιπες όψεις του πεδίου ροής αναφέρονται ως τοιχώματα και η ταχύτητα σε αυτά είναι μηδενική.



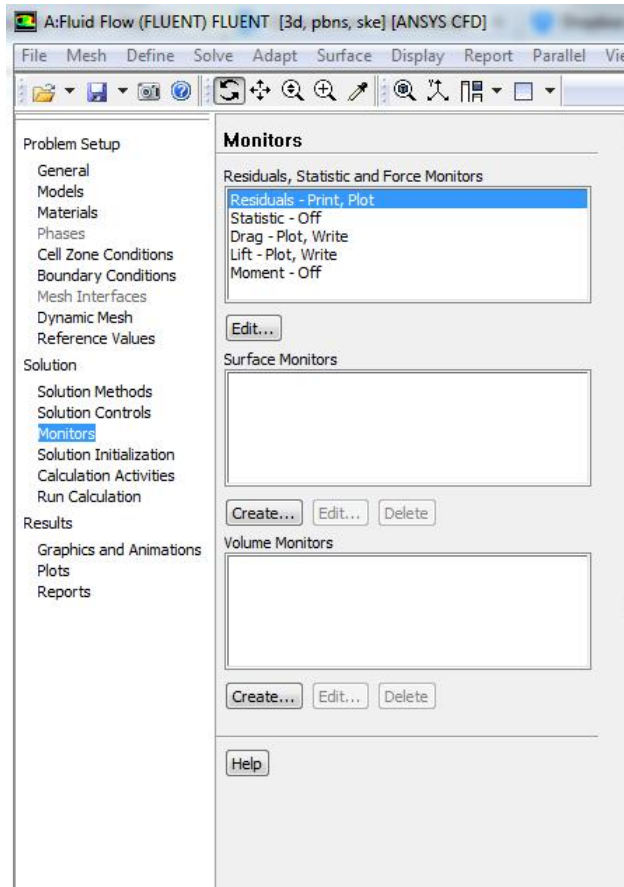
Εικόνα `6.6 Επιλογή ταχύτητας ρευστού μέσα στο πεδίο ροής



Εικόνα `6.7 Επιλογή Πίεσης ρευστού στην έξοδο του πεδίου ροής.

## 5. Solution-λύση

Το επόμενο βήμα μετά τον ορισμό των συνοριακών συνθηκών είναι να περάσουμε στην προσομοίωση της ροής .Επιλέγουμε τις δυνάμεις τις οποίες θέλουμε να αναλύσουμε στην προσημείωση που στην περίπτωση μας είναι η δύναμη άνωσης και οπισθέλκουσας.(drag - lift)

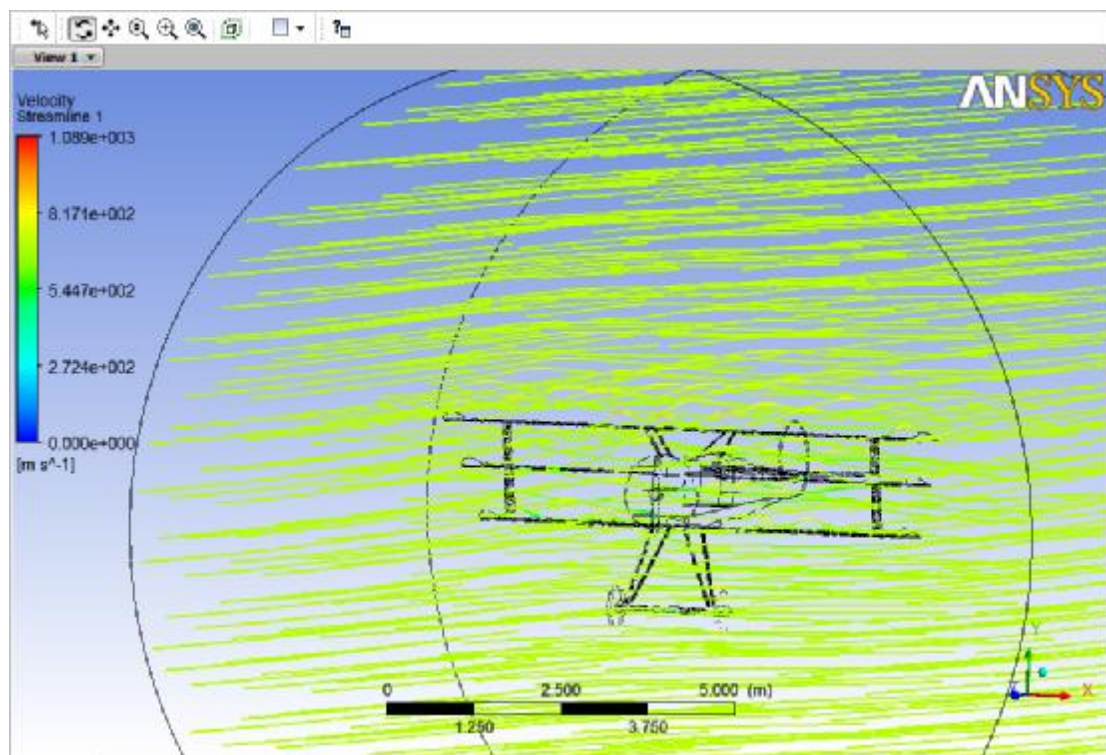


Τέλος με την εφαρμογή run calculation μπορούμε να αρχίσουμε την διαδικασία προσομοίωσης αρκεί να ορίσουμε ένα αρκετά ικανοποιητικό αριθμό σημείων πάνω στα διαγράμματα των δυνάμεων.



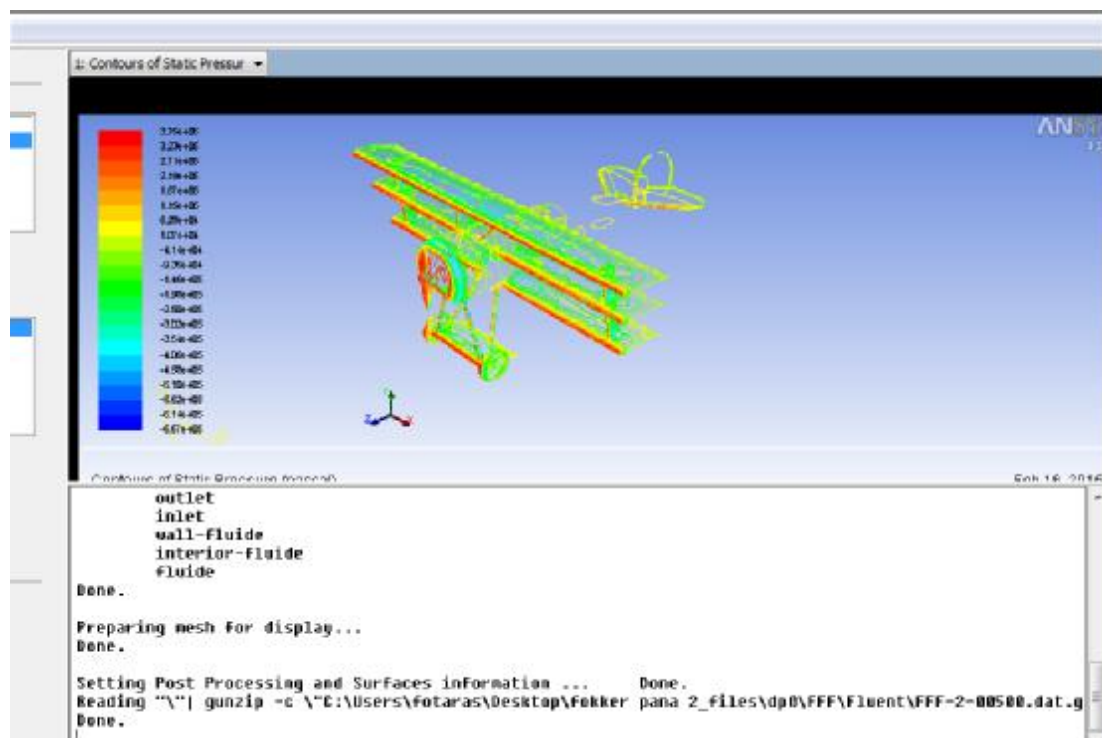
### **4.3 ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Εφόσον ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός των αεροσκαφών στο λογισμικό solidworks τότε αυτό που έμενε ήταν να περάσουμε στην διαδικασία προσομοίωσης .Για να έχουμε σωστά και έγκυρα αποτελέσματα θα πρέπει η σύγκριση των δυο αεροπλάνων να γίνει κατά τις ίδιες συνθήκες ροής . Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας προσομοίωσης είναι αναγκαίο να δούμε το πεδίο ροής και τις ροικες γραμμές και να εκτιμήσουμε κατά ποσό η διαδικασία έχει ολοκληρωθεί με επιτυχία. Αφού γίνει αυτό τότε περνάμε στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 7.0 Ροικες γραμμές γύρω από το αεροσκάφος

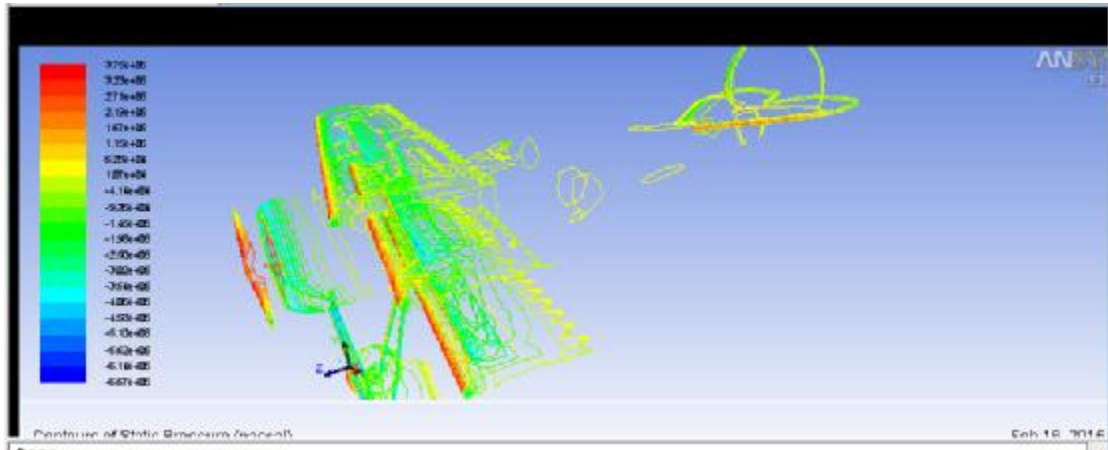
## Fokker dr1



### 3. Σχεδιάγραμμα κατανομής Πίεσης Γύρω από αεροσκάφος τύπου Fokker

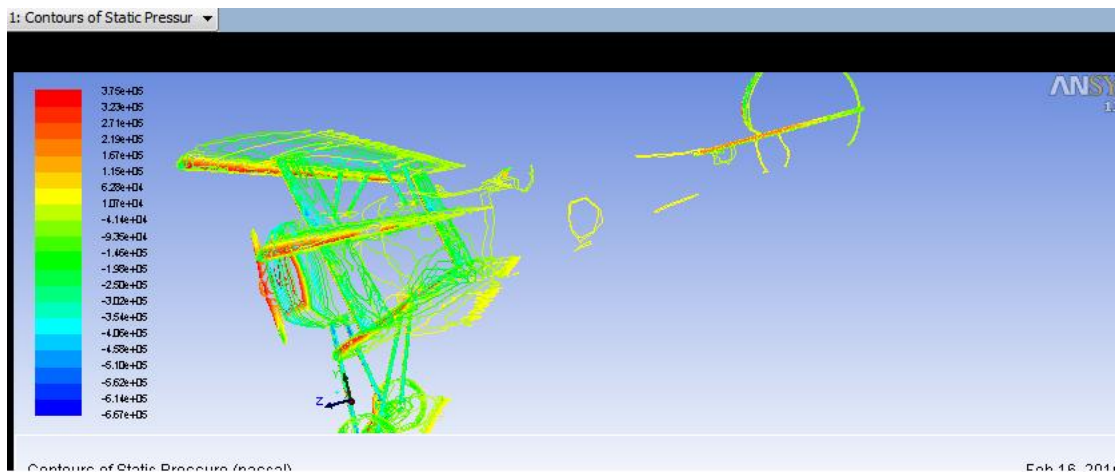
Αυτό το οποίο παρατηρήθηκε στο σχεδιάγραμμα πίεσης είναι ότι οι επιφάνειες στις οποίες ο αέρας έρχεται σε κάθετη σύγκρουση παρουσιάζουν αυξημένη πίεση σε σχέση με τα υπόλοιπα τμήματα του αεροπλάνου στα οποία η ροή του αέρα γίνεται πιο ομαλά. Αυτά τα σημεία είναι η πρόσοψη των πτερυγίων, το μπροστινό τμήμα του κορμού του αεροσκάφους και η έλικα του αεροσκάφους, αν και στην πραγματικότητα η πίεση που ασκείται στην έλικα αναμένεται να είναι ελαφρώς μικρότερη διότι στην προσομοίωση η έλικα δίνεται ως στατικό μέρος του αεροσκάφους ενώ στην πραγματικότητα κινείται. Αν παρατήσουμε την κατανομή της πίεσης στα πτερύγια τους αεροσκάφους θα παρατηρήσουμε ότι στο άνω μέρος των φτερών η πίεση είναι πολύ χαμηλότερη σε σχέση με το κάτω μέρος, αυτό όπως αναφέραμε και παραπάνω οφείλεται στην γεωμετρία των πτερυγίων καθώς στο πάνω μέρος αναγκάζουν τον αέρα να κινηθεί πιο γρήγορα και στο κάτω μέρος πιο αργά. Από την εξίσωση Bernoulli ξέρουμε ότι καθώς η ταχύτητα αυξάνεται σε ένα πεδίο ροής τότε η πίεση μειώνεται και αντιστρόφως όταν η ταχύτητα μειώνεται τότε η πίεση αυξάνεται. Καθώς λοιπόν στο

κάτω μέρος έχουμε μεγαλύτερη πίεση τότε έχουμε και φαινόμενα άνωσης



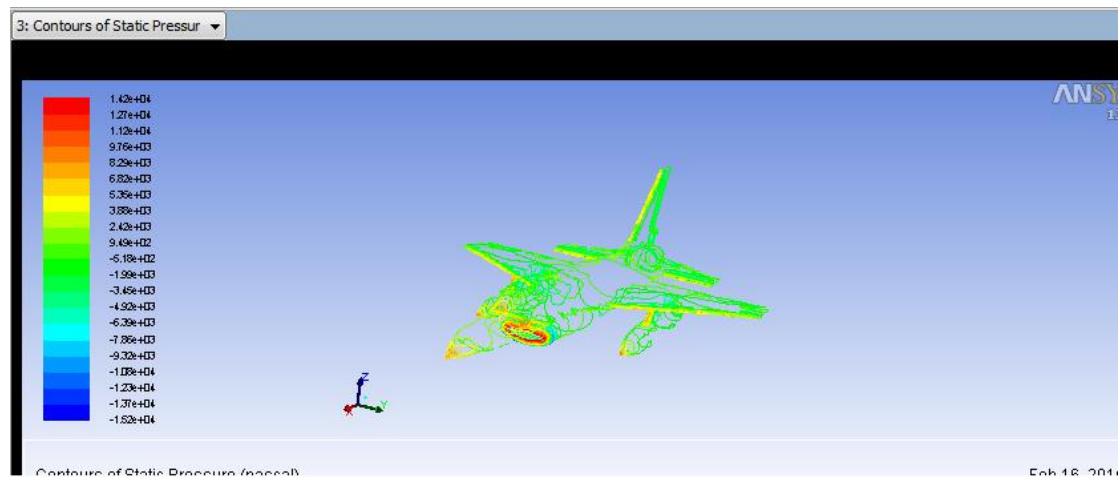
4. Σχεδιάγραμμα κατανομής Πίεσης Γύρω από τα πτερύγια

Παρατηρούμε ότι η πίεση στα στο άνω μέρος των πτερυγίων είναι με γαλάζιο χρώμα σε αντίθεση με το κάτω μέρος το οποίο είναι πράσινο πράγμα που επιβεβαιώνει την άνωση στο αεροπλάνο .



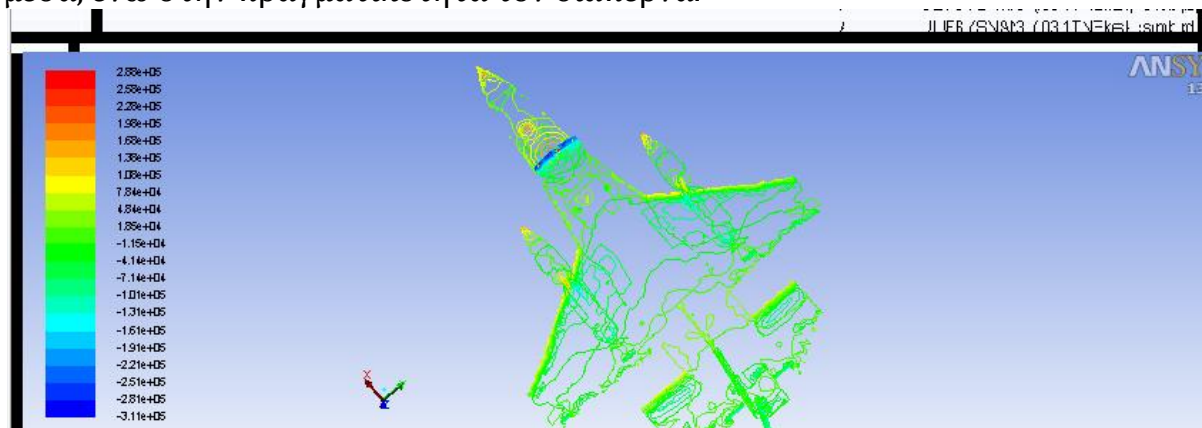
5. Σχεδιάγραμμα κατανομής Πίεσης Γύρω από τα πτερύγια

## F-16



6 Σχεδιάγραμμα κατανομής Πίεσης Γύρω F-16

Ομοίως όπως και στο Fokker dr1 και στο f-16 αυτό το οποίο παρατηρήθηκε στο σχεδιάγραμμα πίεσης είναι ότι οι επιφάνειες στις οποίες ο αέρας έρχεται σε κάθετη σύγκρουση παρουσιάζουν αυξημένη πίεση σε σχέση με τα υπόλοιπα τμήματα του αεροσκάφους στα οποία η ροή του αέρα γίνεται πιο ομαλά. Αυτά τα σημεία είναι η πρόσοψη των πτερυγίων, το μπροστινό τμήμα του αεροσκάφους το δοχείο καυσίμων και ο αεραγωγός. Στην πραγματικότητα όμως η πίεση που αναπτύσσεται στον αεραγωγό του f-16 ίσως είναι μικρότερη η μεγαλύτερη. Στο σχεδιάγραμμα φαίνεται μεγάλη διότι ο αέρας προσκρούει και εγκλωβίζεται μέσα, ενώ στην πραγματικότητα τον διαπερνά.



7 Σχεδιάγραμμα κατανομής Πίεσης Γύρω F-16  
Δυνάμεις άνωσης και οπισθέλκουσας. ( lift and drag forces)

Το Fokker dr1 είναι ένα αεροπλάνο το οποίο ζυγίζει μόλις 450 kg και μπορεί μετά βίας να φτάσει μεγίστη ταχύτητα 180 km/h αντιθέτως με

ένα f-16 το οποίο μπορεί να φτάσει ταχύτητα 2 mach και ζυγίζει γύρω στα 12000 kg. Βάση λογικής και εξέλιξης τεχνολογίας περιμένουμε το f-16 να είναι ένα πολύ καλύτερα αεροδυναμικά αεροσκάφος ,για να δούμε όμως τι έχουν να μας πουν και τα αποτελέσματα. ?

	Fokker dr1 (150 m/s)	f-16 (150 m/s)	Fokker dr1 (2 mach )	F-16 (2 mach)
DRAG	45132(N)	27886(N)	901841(N)	92807(N)
LIFT	89705(N)	6549(N)	1854071(N)	55803(N)

Πινάκας 1. Δυνάμεις άνωσης και οπισθέλκουσας συναρτήσει ταχύτητας αεροσκάφους

Τα συμπεράσματα τα οποία βγαίνουν από τα αποτελέσματα είναι ότι Fokker είναι ένα αεροπλάνο το οποίο παρόλο που είναι παλαιάς τεχνολογίας και από τα πρώτα αεροσκάφη τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ποτέ σε πόλεμο παρουσιάζει εξαιρετικές αεροδυναμικές ιδιότητες όπως φαίνετε και στον πίνακα. Έχει εξαιρετική άνωση πράγμα και το οποίο επιβεβαιώνεται στο γεγονός ότι μπορεί να απογειωθεί με ταχύτητα μόλις 60 km την ώρα .Η καλή άνωση η οποία έχει το αεροπλάνο οφείλεται στα πτερύγια του τα οποία είναι μεγάλης επιφάνειας. Αν υποθέσουμε ότι μπορούσαμε να το κάνουμε να πετάξει με ταχύτητα λίγο πάνω από την μέγιστη του και συγκεκριμένα με 150 (m/s) τότε θα παρατηρούσαμε ότι μπορεί να σηκώσει 18 φορές το βάρος του. Από την άλλη μεριά το f-16 είναι επίσης ένα εξαιρετικά αεροδυναμικά αεροπλάνο το οποίο όμως θέλει μεγαλύτερες δυνάμεις ανώσεις για να μπορέσει να απογειωθεί συγκριτικά με ένα Fokker ,όμως οι οπισθέλκουσες δυνάμεις οι οποίες αναπτύσσονται είναι πολύ μικρότερες συγκριτικά με ένα Fokker γεγονός που οφείλεται στην πολύ καλά σχεδιασμένη άτρακτο του αεροσκάφους. Το συμπέρασμα λοιπόν είναι ότι ένα Fokker μπορεί να πετάξει πιο εύκολα από ένα f-16 αλλά οι δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται στο Fokker λόγω αέρα είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με ένα f-16 .Τώρα όσον αφορά την καταστροφή την οποία μπορεί να προκαλέσουν τα δυο αεροπλάνα νομίζω πως δεν υπάρχει μετρό σύγκρισης το Fokker είναι τόσο αργό αεροσκάφος που μέχρι και ένα f-16 θα δυσκολευόταν να το κατάρριψη.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Δημητρίου Ι. , Ρευστοδυναμική, Εκδόσεις Φούντας, Αθήνα, 2008
2. Μαυρίδης Π.Κ., Υπολογιστική Ρευστομηχανική, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 2003
3. Μπεργελές Γ., Η αεροδυναμική του υποηχητικού αεροσκάφους, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 2009
4. Μπεργελές Γ., Υπολογιστική Ρευστομηχανική, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2006
5. Νανούσης, Ρευστοδυναμική, Εκδόσεις Ιών, Αθήνα, 2003
6. Παγιατάκης Α.Χ., Υπολογιστική Ρευστομηχανική, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Εκτυπώσεων Τυπογραφείου, 2004
7. Τσαγκάρης Σ., Μηχανική των Ρευστών, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 2005
8. F. M. White , Fluid Mechanics, McGraw-Hill
9. W. J. Devenport, M. C. Rife, S. I. Liapis, G. J. Follin “The structure and development of a wingtip vortex” Journal of Fluid Mechanics vol. 312 pp.
10. Διαδίκτυο