

# *Altimetry without tears*



**29.91 inches**



**991 hectopascal**

Αφιερωμένο στις γυναίκες των flight simmers και στην κόρη μου Δέσποινα, που κοιμάται δίπλα μου καθώς γράφω.

Ευχαριστώ πολύ την γυναίκα μου Ελένη, για την δημιουργία των σχημάτων και τους φίλους καπετάνιους Αναστασόπουλο Νεκτάριο και Κυπριανό Μπίρη για τις παρατηρήσεις και προτάσεις τους.

## 1. Διαστάσεις της γης

Η μέση ακτίνα της γης είναι 3.438 n.m και η διάμετρος της στον ισημερινό, περίπου 21.600 n.m. Αν διαιρέσουμε τα 21.600 n.m με τις 360 μοίρες τότε βρίσκουμε ότι κάθε μοίρα μεγίστου κύκλου, είναι περίπου 60 n.m

## 2. Ατμόσφαιρα

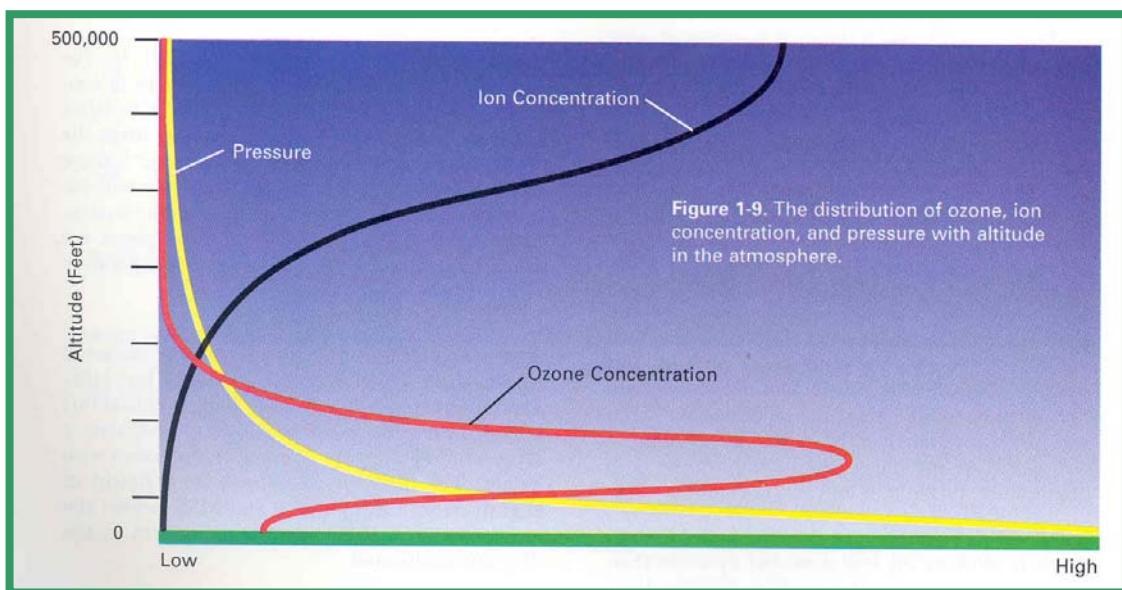
Το 99.9% της ατμοσφαιρικής μάζας βρίσκεται κάτω από τα 164.000ft(27n.m), ενώ το 50.0% αυτής βρίσκεται κάτω από τα 18.000 ft.

Συγκρίνοντας τα 27n.m με τα 21.600nm της μέσης ακτίνας της γης, καταλαβαίνουμε ότι η ατμόσφαιρα είναι απλά ένα πολύ λεπτό στρώμα.

Ανάλογη είναι η σύγκριση του δέρματος μιας μπάλας ποδοσφαίρου με τις διαστάσεις της μπάλας.

Αυτή η «μικρή» ατμόσφαιρα είναι έντονα συμπιεσμένη προς τα κάτω<sup>1</sup>.

Γενικά, όσο ψηλότερα ανεβαίνουμε τόσο μειώνεται η πυκνότητα του αέρα και η ατμοσφαιρική πίεση.



Τα πρώτα 36.000 πόδια της ατμόσφαιρας αποτελούν την τροπόσφαιρα. Η τροπόσφαιρα έχει ένα γνώριμο χαρακτηριστικό. Όσο αυξάνεται το ύψος, τόσο μειώνεται η θερμοκρασία.

Μετά την τροπόσφαιρα υπάρχει η τροπόπαυση που είναι ένα επίπεδο διαχωρισμού από την στρατόσφαιρα. Στην τροπόπαυση η θερμοκρασία παραμένει σταθερή. Το ακριβές ύψος της τροπόπαυσης εξαρτάται από την εποχή και την περιοχή της γης.

Στην στρατόσφαιρα, η οποία εκτείνεται μέχρι τα 160.000 ft, η θερμοκρασία αυξάνεται με το ύψος. Ο λόγος γι αυτό, είναι η ύπαρξη ενός στρώματος όζοντος (O<sub>3</sub>) με μέγιστη συγκέντρωση στα 80.000ft περίπου. Επάνω σε αυτό το στρώμα αποσβένεται η ηλιακή ακτινοβολία σε μεγάλο ποσοστό.

Η καταστροφή αυτού του στρώματος, είναι το γνωστό σε όλους θέμα της «τρύπας του όζοντος».

<sup>1</sup> Κίτρινη γραμμή στο σχήμα. Aviation Weather. Jeppesen

### 3. International Standard Atmosphere (ISA)

Η ISA είναι ένα ιδεατό μοντέλο ατμόσφαιρας που περιγράφεται σε διεθνή συμφωνία και έχει συγκεκριμένη κατανομή θερμοκρασίας, πίεσης και πυκνότητας.

Στην ISA ατμόσφαιρα προβλέπονται:

- Θερμοκρασία 15<sup>o</sup> C στο επίπεδο θάλασσας
- Μείωση της θερμοκρασίας κατά 2<sup>o</sup> C περίπου, για κάθε 1000ft μέχρι τα 36.000 ft .
- Πίεση 1013.25 mbars<sup>2</sup> (1013 κατά προσέγγιση) ή 29.92 inHg<sup>3</sup> στο επίπεδο της θάλασσας.
- Ελάττωση 1 in Hg ανά 1000ft ή 1 mb κάθε 29.0~30.0 ft περίπου, στο χαμηλότερο στρώμα της τροπόσφαιρας (προσεγγιστικά μέχρι τα 10.000ft)

Ακριβή πίνακα για τις τιμές της ISA ατμόσφαιρας μπορούμε να βρούμε εδώ:

<http://www.crh.noaa.gov/pub/metcon.shtml>

### 4. Non ISA Atmosphere

Οι διακυμάνσεις της πραγματικής ατμόσφαιρας, απέχουν συνήθως αρκετά από την ISA, η οποία όμως μας χρησιμεύει, σαν μαθηματικό μοντέλο και σαν βάση αναφοράς.

Χαρακτηριστικές είναι οι ακραίες τιμές για την τοπική βαρομετρική πίεση που έχουν παρατηρηθεί στον κόσμο σε σύγκριση με την 1013,25 mbars που προβλέπεται στην ISA ατμόσφαιρα στο μέσο επίπεδο θαλάσσης<sup>4</sup>.

Η μικρότερη που έχει παρατηρηθεί ήταν σε κυκλώνα και είχε τιμή 870 mbars ενώ η μεγαλύτερη, σε χειμωνιάτικη παγωνιά και είχε τιμή 1083.8 mbars

### 5. Ύψος σε μονάδες πίεσης?

Όσο περισσότερο ύψος έχουμε επάνω από την θάλασσα τόσο μικρότερη είναι η ατμοσφαιρική πίεση. Είδαμε στην παράγραφο 3 πώς σχετίζεται η μεταβολή ύψους με την μεταβολή της πίεσης σε ISA ατμόσφαιρα.

Κάθε περίπου 30ft αύξησης ύψους, η πίεση μειώνεται κατά 1 mb.

Αυτό μας επιτρέπει, αντί να μετράμε το ύψος σε πόδια, να το μετράμε σε mb. Αν κοιτάξουμε τον χάρτη 13-1 της Jeppesen για την VOR DME διαδικασία της Μυτιλήνης (LGMT) θα δούμε να αναφέρει.

Apt Elev<sup>5</sup> 57' και λίγο παρακάτω Apt Elev 2mb.

### 6. Πώς δουλεύει το όργανο altimeter.

Ένα από τα βασικά «flight instruments» είναι το altimeter. Όπως γνωρίζουμε, χρησιμεύει για να υπολογίζουμε το ύψος του αεροσκάφους.

Για να υπολογίσει το altimeter το ύψος μας επάνω από το μέσο ύψος της θάλασσας (MSL), χρειάζεται να "γνωρίζει" τρία πράγματα

α) Πώς μεταβάλλεται η πίεση με το ύψος.

β) Ποια είναι η στατική ατμοσφαιρική πίεση εκεί που πετάμε.

γ) Ποια είναι η ατμοσφαιρική πίεση στο μέσο ύψος θαλάσσης (MSL) κάτω από το αεροσκάφος μας.

<sup>2</sup> Χιλιοστά του Bar (Millibars, mbars) ή Hectopascal , hPa

<sup>3</sup> Ίντσες υδραργύρου

<sup>4</sup> Mean Sea Level .(MSL)

<sup>5</sup> Airport Elevation

Το (α) το γνωρίζει σύμφωνα με όσα είπαμε προηγουμένως.

Το (β) το μαθαίνει μέσω της static port του αεροσκάφους με την οποία είναι συνδεδεμένο, και στην οποία η πίεση ισούται με την στατική πίεση της ατμόσφαιρας στο ύψος που πετάμε<sup>6</sup>.

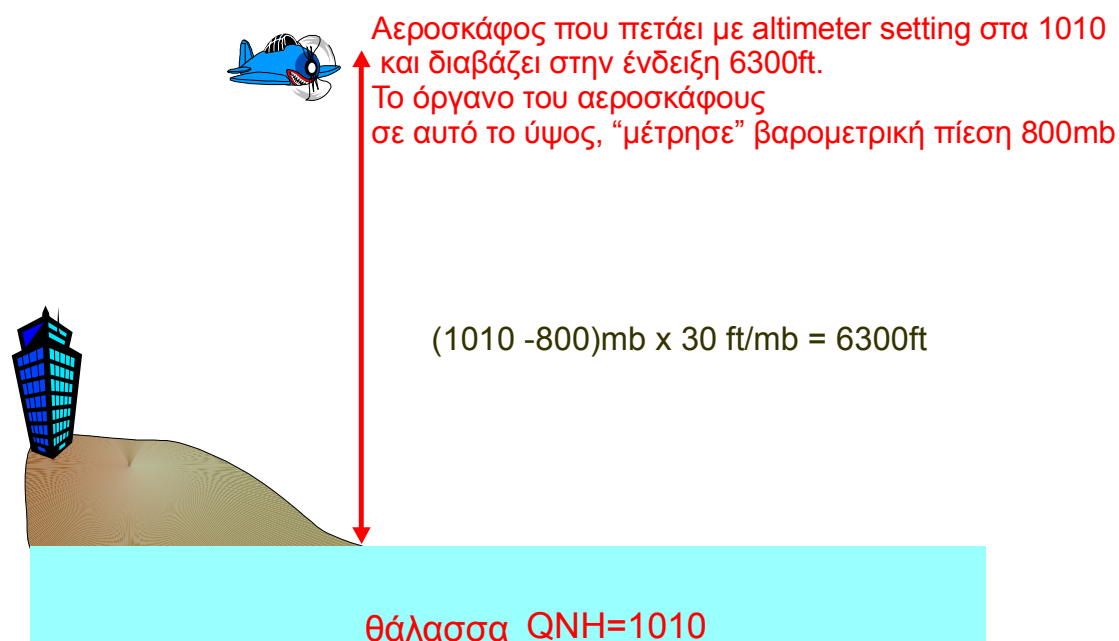
Το (γ) του το λέμε εμείς, ρυθμίζοντας με το κουμπί (knob) που υπάρχει σε κάθε altimeter, την τιμή της πίεσης που φαίνεται στο αντίστοιχο παράθυρο (altimeter window). Αυτή την τιμή, μας την δίνει συνήθως ο ελεγκτής ή την μαθαίνουμε από το μετεωρολογικό που εκδίδει κάθε σταθμός. Είναι γνωστή με τον όρο QNH. Από την στιγμή που το altimeter γνωρίζει αυτά τα τρία δεδομένα δεν έχει παρά να κάνει δύο εύκολες πράξεις.

Παράδειγμα.

Έστω τα δεδομένα: β) 800 mb γ) 1010mb

Ο υπολογισμός που κάνει το όργανο είναι:  $30\text{ft}/\text{mb} \times (1010-800)\text{mb}=6.300 \text{ ft}$

Το όργανο λοιπόν, θα μας δείξει ότι πετάμε στα 6.300 πόδια.



Ας προσέξουμε εδώ, ότι αν πούμε στο altimeter «ψέματα» για το (γ) τότε με «ψέματα» θα μας απαντήσει και το όργανο.

Θα δούμε όμως παρακάτω περιπτώσεις, όπου θέλουμε να λέμε και να μας λένε «ψέματα». !

Υπάρχουν διάφοροι τύποι υψών που χρησιμοποιούνται στην αεροπορία.

Αυτό που υπολογίσαμε πριν λίγο, είναι το «ενδεικνυόμενο ύψος» indicated altitude.

<sup>6</sup> Κάποια αεροσκάφη έχουν πολλαπλές static ports, πέραν από την backup για να παίρνουν την μέση τιμή της πίεσης.

## 7. Τύποι υψών.

### Indicated altitude

Είναι το ύψος που μας δείχνει το altimeter όταν το ρυθμίσουμε στην τοπική βαρομετρική που επικρατεί στην περιοχή, στο μέσο επίπεδο (MSL) θάλασσας.

Η τοπική βαρομετρική πίεση όπως προείπαμε, είναι γνωστή σαν QNH.

Αυτό το ύψος είναι πάντα κατά προσέγγιση, διότι υποθέτει ISA ατμοσφαιρικές συνθήκες κάτι που στην πραγματική ζωή δεν υπάρχει.

Αν εξαιρέσουμε όμως ακραίες ατμοσφαιρικές συνθήκες, η ακρίβειά του είναι πολύ καλή για την δουλειά που το θέλουμε.

Πάντοτε όταν χρησιμοποιούμε indicated altitude, αναφέρουμε το ύψος μας σε πόδια. (βλέπε παρακάτω pressure altitude)

### True altitude

Είναι το πραγματικό ύψος, επάνω από το μέσο ύψος θάλασσας (MSL).

Τα ύψη των πύργων, αεροδρομίων<sup>7</sup> κτλ είναι όλα true altitudes. Η μόνη περίπτωση το true altitude να συμπέσει ακριβώς με το indicated altitude είναι να έχουμε ακριβώς συνθήκες ISA ατμόσφαιρας. Δηλαδή πρακτικά ποτέ.

### Density altitude

Είναι το pressure altitude «διορθωμένο» για μη ISA θερμοκρασίες.

Είναι μια θεωρητική τιμή, που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της απόδοσης (performance) του αεροσκάφους.

Όπως είναι γνωστό, μεγαλύτερο ύψος, σημαίνει μικρότερη πυκνότητα αέρα και συνεπώς μικρότερη απόδοση του αεροσκάφους.

Το ίδιο όμως ισχύει και με την θερμοκρασία. Μεγαλύτερη θερμοκρασία συνεπάγεται μικρότερη πυκνότητα αέρα και μικρότερη απόδοση. Αν λοιπόν μπορούμε να βρούμε μία σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και ύψους τότε θα μπορούμε να μιλάμε για μείωση της απόδοσης σχετικά με την θερμοκρασία σε τιμές ύψους.

Την βρήκαμε όμως αυτή την σχέση. Είναι χονδρικά και κατά μέσο όρο, περίπου 120ft ανά 1<sup>ο</sup> C.

Η κεντρική ιδέα είναι η εξής:

Ένα αεροσκάφος πετάει σε ISA ατμόσφαιρα, στα 5000ft true altitude, και ένα ίδιο αεροσκάφος πετάει σε 5000ft true altitude αλλά σε θερμοκρασία 10<sup>ο</sup> C επάνω από την ISA. Τότε το δεύτερο αεροσκάφος, θα έχει μειωμένη απόδοση, σαν να πετούσε σε 5000ft+ 10\*120ft=6200ft

Καταλήγοντας:

Ο συνδυασμός υψηλών θερμοκρασιών, υψηλής υγρασίας και μεγάλου ύψους, συντελούν στην δημιουργία συνθηκών «High Density”.

Οι συνθήκες αυτές μειώνουν την απόδοση του αεροσκάφους για τρεις βασικούς λόγους.

- Η ισχύς της μηχανής μειώνεται διότι απορροφά λιγότερο αέρα για να κάνει την καύση.
- Η ώση μειώνεται διότι η έλικα του αεροσκάφους «δαγκάνει» λιγότερο στον αραιό αέρα.
- Η άνωση μειώνεται διότι η αραιός αέρας ασκεί λιγότερη πίεση στα φτερά.

Το density altitude, είναι ένας παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπ’ όψιν πριν απογειωθούμε από ένα αεροδρόμιο που βρίσκεται σε μεγάλο υψόμετρο ή όταν διαβάζουμε τους πίνακες με τα performance του αεροσκάφους που θέλουμε να αγοράσουμε.

---

<sup>7</sup> Airport elevation

Για να είναι «δίκαια» και συγκρίσιμα τα performance της διαφήμισης, θα πρέπει να αναφέρονται σε density altitude.

Τα αποτελέσματα του μεγάλου density altitude, μπορούμε να τα δούμε και στο Flight simulator.

Ας δοκιμάσουμε μια πτήση από ένα αεροδρόμιο με πολύ μεγάλο υψόμετρο και θα καταλάβουμε για τι μιλάμε.

Υπάρχουν πολλά άρθρα στο Internet που αναφέρονται στο density altitude.

Η υποτίμησή της σημασίας του, αποτελεί παράγοντα ατυχήματος.

### Pressure altitude

Είναι το ύψος επάνω από μία θεωρητική βάση, που υποθέτουμε ότι έχει πίεση  $1013^8$ mbars.

Δηλαδή "αυθαίρετα" επιλέγουμε να βάλουμε την τιμή 1013 στο altimetry window του οργάνου μας. Με αυτή την ενέργειά μας η ένδειξη που θα μας δώσει το όργανο, είναι το ύψος μας επάνω από ένα θεωρητικό βάθρο που έχει βαρομετρική 1013.

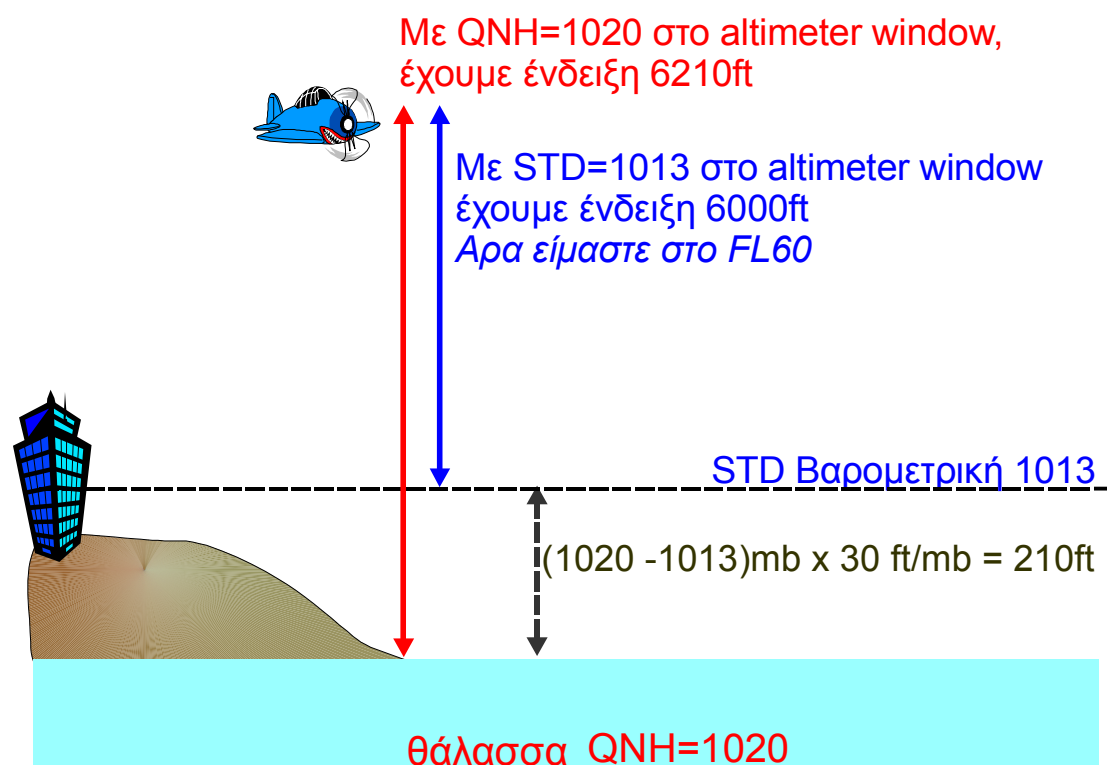
Παράδειγμα:

Η τοπική βαρομετρική σε μια περιοχή είναι 1020. Εμείς όμως βάλουμε στο altimetry window 1013 και βλέπουμε το όργανο να μας δείχνει την ένδειξη 6000ft. Τα 6000ft σύμφωνα με αυτά που είπαμε προηγουμένως, είναι το ύψος μας επάνω από την θεωρητική βάση που έχει πίεση 1013.

Λίγο ποιο χαμηλά όμως, υπάρχει το μέσο επίπεδο της θάλασσας που έχει βαρομετρική 1020.

Πόσο ποιο χαμηλά είναι?

Είναι  $30\text{ft}/\text{mb} \times (1020 - 1013) = 210\text{ft}$ . Συνεπώς το indicated altitude είναι 6210ft ενώ το pressure altitude είναι 6000ft.



Όταν μιλάμε για ύψος υπολογισμένο σαν pressure altitude χρησιμοποιούμε τον όρο Flight Level (FL) και όχι feet. Στο προηγούμενο παράδειγμα, εφ' όσον χρησιμοποιήσαμε STD=1013mb, είμαστε στο flight level 60 και ΟΧΙ στα 6000 πόδια.

<sup>8</sup> Για την ακρίβεια, 1013,25mbars

Τα flight levels είναι η ένδειξη του οργάνου, αφού την διαιρέσουμε με το 100 και με την προϋπόθεση ότι δεν έχουμε βάλει στο altimeter window την τοπική βαρομετρική, αλλά την standard pressure 1013mbars (29,92 in Hg).

Η χρήση των Flight Levels είναι ένα «τρικ» για να μπορούμε να είμαστε βέβαιοι, ότι δυο αεροσκάφη στην ίδια περιοχή, έχουν επαρκή κατακόρυφο διαχωρισμό μεταξύ τους και ανεξάρτητα και χωρίς να χρειάζεται η γνώση της τοπικής βαρομετρικής πίεσης.

Δεν μας ενδιαφέρει αν το ένα είναι στα 6210ft και το άλλο στα 7210ft ή αν το πρώτο είναι στα 5800ft και το δεύτερο στα 6800ft. Μας αρκεί να ξέρουμε ότι το ένα είναι στο FL60 και το άλλο στο FL70 οπότε γνωρίζουμε ότι ο κατακόρυφος διαχωρισμός τους είναι πράγματι 1000ft.

Το πλεονέκτημα της χρήσης flight levels αντί altitudes είναι ότι δεν απαιτεί την γνώση της τοπικής βαρομετρικής δεδομένου μάλιστα, ότι αυτή αλλάζει συνεχώς από τόπο σε τόπο.

Το pressure altitude ή αντίστοιχα το altimeter setting 1013,25 (29,92 inHg) είναι γνωστό και σαν QNE.

Το πότε χρησιμοποιούμε Indicated altitude (feet) και πότε pressure altitude (Flight Level) θα το δούμε στην συνέχεια.

## 8. QNH- QFE

Ας υποθέσουμε ότι είμαστε σε ένα αεροδρόμιο το οποίο έχει υψόμετρο<sup>9</sup> 120ft επάνω από το μέσο επίπεδο θαλάσσης.

Έστω ότι η τοπική βαρομετρική (QNH) που μας δίνει ο πύργος είναι 1010mb. Προφανώς, εφ' όσον αυτή η βαρομετρική αναφέρεται στο MSL, όταν την βάλουμε στο altimeter window αυτό θα μας δείξει 120ft, δηλαδή όσο και το ύψος του αεροδρομίου που βρισκόμαστε.

Υπάρχει όμως περίπτωση, να επιθυμούμε να βλέπουμε το ύψος μας, όχι με βάση αναφοράς το μέσο επίπεδο θαλάσσης, αλλά με βάση το ίδιο το αεροδρόμιο. Τότε θα πρέπει να σκεφτούμε, ότι εφ' όσον το αεροδρόμιο είναι σε ύψος 120ft θα έχει μικρότερη πίεση από την QNH κατά  $(120/30) \text{ mb} = 3 \text{ mb}$ . Συνεπώς θα βάλουμε στο altimeter window αντί 1010 Mb τα 1007 mb. Αυτό θα έχει σαν συνέπεια, να δούμε στο όργανο την ένδειξη 0 ft όσο είναι και το ύψος μας από το επίπεδο του αεροδρομίου.

Λέμε τότε ότι δεν χρησιμοποιούμε QNH αλλά QFE.

Το QFE μπορούμε όπως είδατε να το υπολογίσουμε εύκολα, αν ξέρουμε το QNH και, το ύψος του αεροδρομίου σε πόδια ή σε mb.

Η χρήση του QFE αντί του QNH είναι μια εναλλακτική μέθοδος χρήσης της ρύθμισης του altimeter, που συναντάται σε διαδικασίες προσέγγισης-κύκλου αεροδρομίου ή precision approach radar(PAR) και συνηθίζεται ή συνίσταται σε μερικές χώρες, όπως η Αγγλία.

Έχει επικρατήσει η χρήση του όρου height να υποδηλώνει ύψος με αναφορά το έδαφος (AGL<sup>10</sup>) και ο όρος altitude ή elevation ύψος από την μέση στάθμη θαλάσσης (MSL).

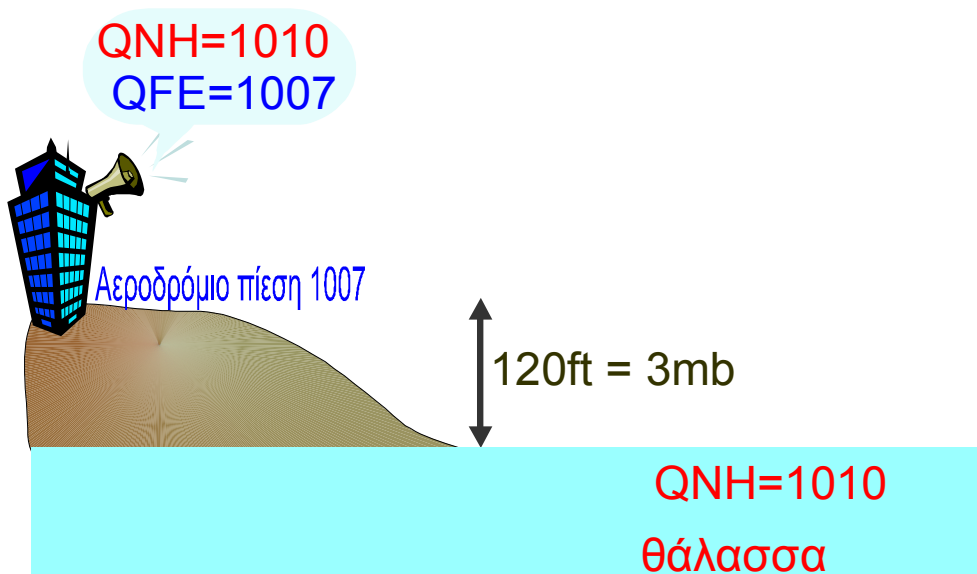
παραδείγματα σχετικών όρων:

TDZE: touchdown zone elevation

HAT: height above touchdown

DA: decision altitude

DH: decision height



<sup>9</sup> Το ύψος του αεροδρομίου, ορίζεται σαν το μεγαλύτερο ύψος όλων των ενεργών διαδρόμων. Για απλούστευση θα θεωρήσουμε εδώ ένα εντελώς επίπεδο αεροδρόμιο.

<sup>10</sup> Above Ground Level

## 9. Επίδραση του altimeter setting στην ένδειξη του altimeter.

Όταν αλλάζουμε το altimeter setting, η ένδειξη αλλάζει προς την ίδια κατεύθυνση. Δηλαδή, ελαττώνοντας το altimeter setting μειώνεται η ένδειξη ύψους.

Παράδειγμα.

Ας υποθέσουμε ότι στο altimeter setting έχουμε βάλει βαρομετρική 1010mb και βλέπουμε ένδειξη 4000ft. Αν την αλλάξουμε σε 1000mb τότε θα πάρουμε ένδειξη μικρότερη και συγκεκριμένα 3700ft. Αυτό μπορούμε να το αιτιολογήσουμε σύμφωνα με το σκεπτικό που ακολουθήσαμε προηγουμένως. Είναι μια καλή ευκαιρία επίσης, να το δοκιμάσουμε στο flight simulator.

## 10. Altimeter errors .

Τρία είναι τα σφάλματα ένδειξης ύψους που προέρχονται από την μη ύπαρξη ISA ατμόσφαιρας.

Το πρώτο είναι η διαφορά της πίεσης στο μέσο ύψος θαλάσσης από την standard 1013,25mb . Αυτό το υπερπηδάμε βάζοντας την σωστή βαρομετρική πίεση στο altimeter window.

Το πρόβλημα όμως παραμένει όταν μετακινηθούμε από μια περιοχή σε μια άλλη που έχει διαφορετική τοπική βαρομετρική πίεση. Τότε, το indicated altitude που θα δείχνει το όργανο, δεν θα είναι το σωστό. Αυτό ίσως να μην μας ενοχλεί πολύ όταν μετακινούμαστε από περιοχή χαμηλής βαρομετρικής σε περιοχή υψηλής βαρομετρικής πίεσης. Μας πειράζει όμως διότι μπορεί να αποδειχθεί επικίνδυνο, όταν μετακινούμαστε από περιοχή υψηλής σε περιοχή χαμηλής βαρομετρικής πίεσης.

Παράδειγμα.

Έστω ότι ξεκινάμε από την Λήμνο, με προορισμό την Μυτιλήνη.

Υποθέτουμε ότι στην Λήμνο η τοπική βαρομετρική πίεση είναι 1020mb.

Προσεγγίζοντας την Μυτιλήνη, για κάποιο λόγο δεν βάζουμε στο altimeter setting την τοπική βαρομετρική του σταθμού, που έστω ότι είναι 995mb και συνεχίζουμε να έχουμε στο altimeter την 1020mb.

Διατηρούμε δηλαδή μια διαφορά (1020-995)mb=25mbars από την σωστή QNH.

Όταν σε κάποια δεδομένη στιγμή και εκτελώντας την IFR διαδικασία για τον διάδρομο 15 δούμε στο altimeter την ένδειξη 1900ft που είναι τα ελάχιστα της διαδικασίας, στην πραγματικότητα θα είμαστε στα (1900-30x25)ft = 1150ft δηλαδή θα έχουμε «σπάσει» τα ελάχιστα, κατά (1900-1150)ft = 750 πόδια.!!

Από εδώ προέρχεται και ο μνημονικός κανόνας που γνωρίζει κάθε χειριστής.

From High to Low look out below.

Το δεύτερο προέρχεται από την μεγαλύτερη ή μικρότερη θερμοκρασία από αυτήν που προβλέπεται στην ISA ατμόσφαιρα.

Ο μεγάλος κίνδυνος, προέρχεται από την ύπαρξη πολύ χαμηλών θερμοκρασιών.

Ένας χονδροειδής υπολογισμός, λέει ότι για κάθε 10° C χαμηλότερης θερμοκρασίας από την ISA θα πρέπει να υπολογίζουμε 4% χαμηλότερο ύψος από την ένδειξη του οργάνου μας.

Υπάρχουν δημοσιευμένοι ειδικοί πίνακες<sup>11</sup> για την διόρθωση υψών λόγω της θερμοκρασίας, κυρίως για τα minima των διαδικασιών.

Το τρίτο σφάλμα, προέρχεται από την τυχόν ύπαρξη ισχυρών κατακόρυφων ριπών.

---

<sup>11</sup> Πίνακας στην σελίδα 16.

## 11. Transition altitude – Transition level

Στην παράγραφο 7, θέσαμε ένα ερώτημα που θα απαντήσουμε εδώ. Πότε χρησιμοποιούμε την τοπική βαρομετρική και συνεπώς αναφερόμαστε σε πόδια και πότε την standard pressure 1013 οπότε αναφερόμαστε σε flight levels; Θα χρειαστεί να μάθουμε τι είναι το Transition altitude και τι το Transition level που βλέπουμε συχνά σε IFR χάρτες ή ακούμε στα ATIS των αεροδρομίων.

Το Transition altitude μας ενδιαφέρει στην άνοδο κατά την αναχώρησή μας από ένα σταθμό. Αντίθετα, το Transition level μας ενδιαφέρει κατά την κάθοδο προς ένα σταθμό.

Αν δούμε ένα χάρτη αναχώρησης από ευρωπαϊκό αεροδρόμιο<sup>12</sup>, θα δούμε να αναφέρει TRANS ALT: και δίπλα κάποιο ύψος σε πόδια. π.χ για την Μυτιλήνη, αναφέρει 4500ft.

Αυτό πρακτικά σημαίνει, ότι μετά την απογείωση και περνώντας τα 4500ft που είναι το transition altitude, θα πρέπει να αλλάξουμε την τοπική βαρομετρική που έχουμε στο altimeter window και να βάλουμε την standard 1013mb.

Συνέπεια αυτού είναι ότι πάνω από τα 4500ft δεν αναφερόμαστε πλέον σε πόδια, αλλά σε Flight levels.

π.χ “περνάμε το FL60” και όχι “περνάμε τα 6000ft».

Το ίδιο συμβαίνει και με τις οδηγίες που δίνει το control. Όταν μας πει «συνεχίστε άνοδο για το FL80» αυτό υπονοεί και προϋποθέτει, ότι θα χρησιμοποιήσουμε την standard βαρομετρική 1013.

Από την άλλη μεριά, το transition level τουλάχιστον για τις ευρωπαϊκές χώρες, δεν είναι σταθερό και ορίζεται κάθε φορά από το ATC, όπως αναφέρεται και στους χάρτες που είδαμε προηγουμένως. (TRANS LEVEL: BY ATC)

Ας υποθέσουμε ότι κατερχόμαστε προσεγγίζοντας ένα σταθμό. Στο altimetry window έχουμε την standard 1013mb και αναφερόμαστε σε flight levels. Κάποια στιγμή όμως θα πρέπει να αλλάξουμε από την standard, στην τοπική βαρομετρική. Αυτό θα πρέπει να γίνει περνώντας το transition level κατά την κάθοδό μας. Το Control θα μας ενημερώσει για το ποιο είναι το Transition level και την τοπική βαρομετρική (QNH).

«A QNH altimeter setting shall be included in the descent clearance when first cleared to an altitude below the transition level, in approach clearances or clearances to enter the traffic circuit, and in taxi clearances for departing aircraft, except when it is known that the aircraft has already received the information.»<sup>13</sup>

Στην περίπτωση που δεν μας ενημερώσει αλλά να μας δώσει εντολή καθόδου από το flight level στο οποίο βρισκόμαστε, σε κάποιο ύψος, εννοείται ότι θα συνεχίσουμε την κάθοδό μας αλλάζοντας στην τοπική βαρομετρική.

Οι κανονισμοί του ICAO αφήνουν να εννοηθεί, ότι δεν είναι υποχρεωτικό να δίνει το control το transition level σε approach clearance, εκτός αν το επιτάσσει το ίδιο το Control ή το ζητήσει ο χειριστής.

«The transition level shall be included in approach clearances when so prescribed by the appropriate authority or requested by the pilot.»<sup>14</sup>

Επίσης αν ένα αεροσκάφος πάρει εντολή καθόδου από ένα flight level για κάποιο ύψος, τότε μπορεί αν κρίνει σκόπιμο, να αλλάξει άμεσα στην τοπική βαρομετρική, χωρίς να περιμένει να περάσει το transition level, με την προϋπόθεση ότι η κάθοδος θα είναι συνεχής και αδιάκοπη.

<sup>12</sup> SID (Standard Instrument Departure) ή DP (Departure Procedure)

<sup>13</sup> DOC 4444 14th edition 4.10.4.5

<sup>14</sup> DOC 4444 14th edition 4.10.4.4

Το Transition level στις Ευρωπαϊκές χώρες, υπολογίζεται κάθε φορά ανάλογα με το ποιο είναι το transition altitude του σταθμού και ποια η τοπική βαρομετρική την δεδομένη χρονική στιγμή.

Για τον σκοπό αυτό, υπάρχει σχετικός πίνακας ο οποίος περιλαμβάνεται στο τέλος αυτών των σημειώσεων.

Στην Αμερική ισχύει ένας απλούστερος κανόνας. Κάτω από τα 18000 πόδια χρησιμοποιείται η τοπική βαρομετρική και πάνω από εκεί η standard 1013 περιλαμβανομένου και του FL180.

Ποια όμως είναι η λογική υπολογισμού του transition level;

Για να γίνει κατανοητό, θα αρχίσουμε να σκεφτόμαστε το πρόβλημα «ανάποδα».

## 12. Λογική υπολογισμού του transition level. Transition layer

Έστω ένα αεροδρόμιο στο επίπεδο της θάλασσας, με transition alt 4000ft, η τοπική βαρομετρική είναι 1003mb και θέλουμε να προσδιορίσουμε το Transition Level για τις δεδομένες συνθήκες.

Ας υποθέσουμε ότι αυθαίρετα ορίσαμε το TL να είναι το FL50.

Η απαίτησή μας σύμφωνα με τους κανονισμούς του ICAO για κατακόρυφο διαχωρισμό είναι:

Ένα αεροσκάφος που βρίσκεται στα 4000ft (δηλαδή το μεγαλύτερο ύψος που αναφέρεται από τον συγκεκριμένο σταθμό σε πόδια) και ένα άλλο που βρίσκεται στο FL 50, (δηλαδή το μικρότερο ύψος που αναφέρεται από τον συγκεκριμένο σταθμό σε Levels) να έχουν κατακόρυφο διαχωρισμό μεταξύ τους τουλάχιστον 1000ft.

Έχουν όμως στο συγκεκριμένο case study που κάνουμε?

Θα το εξετάσουμε.

Το θεωρητικό σημείο της ατμόσφαιρας που έχει βαρομετρική πίεση 1013, βρίσκεται χαμηλότερα από το αεροδρόμιο, διότι όσο ανεβαίνουμε τόσο πέφτει η πίεση.

Πόσο χαμηλότερα?

$$(1003-1013)*30ft = -300ft$$

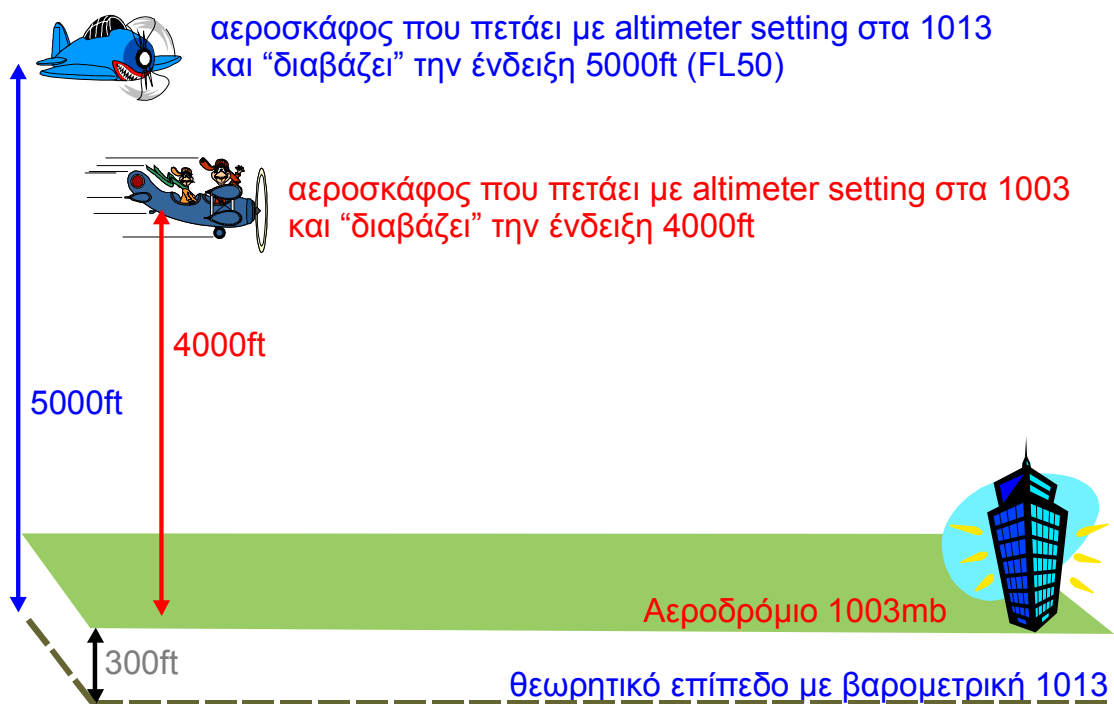
Από το σχήμα προκύπτει ότι το αεροσκάφος που πετάει στο FL50 έχει indicated altitude  $5000ft-300ft = 4700ft$ . Δηλαδή, τα δύο αεροσκάφη έχουν πραγματική διαφορά ύψους:

$$FL50-4000ft = (4700ft)-4000ft = 700ft$$

Συνεπώς σε αυτή την περίπτωση μεταξύ του FL 50 και 4000ft δεν υπάρχει ο απαιτούμενος διαχωρισμός των 1000ft .

Άρα δεν μπορεί το Control με τις δεδομένες συνθήκες να ορίσει transition level to FL50 θα πρέπει να ορίσει το FL55 όπως προκύπτει από τον πίνακα στο τέλος των σημειώσεων.

Πάντοτε τα Transition Levels, αυξάνονται ανά 500 πόδια (5 μονάδες) 40, 45, 50, 55 κτλ.



Αν τώρα εξετάσουμε την περίπτωση να ορίσουμε σαν Transition Level το FL55, τότε θα διαπιστώσουμε ότι μεταξύ FL55 και 4000ft η διαφορά ύψους είναι 1200ft το οποίο ικανοποιεί την αρχική μας απαίτηση.

Η ζώνη μεταξύ του transition altitude και transition Level ονομάζεται transition layer.

Προκύπτει όμως ακόμη ένα ερώτημα.

Όταν το αεροσκάφος μας είναι μέσα στο transition layer σε τι θα αναφέρει το ύψος του;

Η απάντηση έρχεται από το Doc4444 του ICAO

«While passing through the transition layer, vertical position shall be expressed in terms of flight levels when climbing and in terms of altitudes when descending»

Όσα αεροσκάφη βρίσκονται μέσα στο transition layer ανερχόμενα, έχουν αλλάξει το altimeter window στην standard 1013 και όσα είναι κατερχόμενα, έχουν αλλάξει στην τοπική βαρομετρική QNH.

Αυτός είναι και ένας λόγος που επιθυμούμε το transition layer να είναι όσο το δυνατόν μικρότερου εύρους. Να μια καλή απάντηση για όσους ρωτήσουν, «γιατί να μην ορίσουμε, στο προηγούμενο παράδειγμα, σαν TA το FL60 ;»

Η δεύτερη απάντηση, έρχεται από τους κανονισμούς του ICAO. «Transition Level is the lowest usable flight level».

### 13. Transponder

Τα περισσότερα σύγχρονα αεροσκάφη, έχουν transponder με δυνατότητα κωδικοποίησης ύψους (Mode C & Mode S).

Η πληροφορία ύψους του transponder δεν προέρχεται από το altimeter διότι τα δύο όργανα είναι εντελώς ανεξάρτητα.

Ο υπολογισμός και η μετάδοση του ύψους, γίνεται με βάση με την Standard 1013.

Συνεπώς ο transponder μεταδίδει το pressure altitude και όχι το indicated.

### 14. Μερικές σχετικές ICAO φρασεολογίες

Check altimeter setting and confirm (...level)

Stop Squawk Charlie wrong indication

Confirm (...level)

(Call sign) Low altitude warning, check your altitude immediately, QNH is (number)

## 15. Άλλοι σχετικοί ICAO κανονισμοί - ορισμοί

«Altimeter settings provided to aircraft shall be rounded down to the nearest lower whole hectopascal(mbar).»<sup>15</sup>

«*Aircraft maintaining a level.* An aircraft is considered to be maintaining its assigned level as long as the SSR Mode C-derived level information indicates that it is within  $\pm 300\text{ft}$  of the assigned level.»<sup>16</sup>

«Flight level»

A surface of constant atmospheric pressure which is related to a specific pressure datum, 1013,2 hectopascals (hPa) and is separated from other such surfaces by specific pressure intervals.

A pressure type altimeter calibrated in accordance with the Standard Atmosphere:

- a) when set to a QNH altimeter setting, will indicate altitude.
- b) when set to a QFE altimeter setting will indicate height above the QFE reference datum.
- c) when set to pressure of 1013,2 hPa, may be used to indicate flight levels. The terms "height" and "altitude", used above, indicate altimeter rather than geometric heights and altitudes.

«Altitude»

The vertical distance of a level, a point or an object considered as a point, measured from mean sea level (MSL).

«Height»

The vertical distance of a level, a point or an object considered as a point, measured from a specified datum.

«Pressure altitude»

An atmospheric pressure expressed in terms of altitude which corresponds to that pressure in the Standard Atmosphere.

---

<sup>15</sup> DOC 4444 14th edition 4.10.4.7

<sup>16</sup> DOC 4444 14th edition 8.5.4.2.2

<b>TABLE OF TRANSITION LEVEL DESIGNATION</b>						
TRANSITION ALTITUDE (TA) feet	BAROMETRIC PRESSURE QNH					
	From 942,2 to 959,4	From 959,5 to 977,1	From 977,2 to 995,0	From 995,1 to 1013,2	From 1013,3 to 1031,6	From 1031,7 to 1050,3
	TRANSITION LEVEL (TL)					
3000	60	55	50	45	40	35
3500	65	60	55	50	45	40
4000	70	65	60	55	50	45
4500	75	70	65	60	55	50
5000	80	75	70	65	60	55
5500	85	80	75	70	65	60
6000	90	85	80	75	70	65
6500	95	90	85	80	75	70
7000	100	95	90	85	80	75
7500	105	100	95	90	85	80

Hellenic Air Force. Military Aeronautical Information Publication (M.A.I.P) Greece 2001  
 Για την αντιγραφή: Μανώλης Αργυρόπουλος

**Table 3-2. Values to be added by the pilot to published altitudes (feet).**

Aerodrome Temp °C	Height <i>above</i> the elevation of the altimeter setting source (feet)													
	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000
0°	0	20	20	20	20	40	40	40	40	60	80	140	180	220
-10°	20	20	40	40	40	60	80	80	80	120	160	260	340	420
-20°	20	40	40	60	80	80	100	120	120	180	240	380	500	620
-30°	40	40	60	80	100	120	140	140	160	240	320	500	660	820
-40°	40	60	80	100	120	140	160	180	200	300	400	620	820	1,020
-50°	40	80	100	120	140	180	200	220	240	360	480	740	980	1,220