

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ & ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΒΑΣΕΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

Σύστημα anDMF — Παρακολούθηση Διαδικασιών Αποφυγής Θορύβου (NADP) και Αντίστροφης Ώσης

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Εξοπλισμός Παραγωγικής Λειτουργίας (Production) & Λογισμικό

1. Εισαγωγή

Η παρούσα αφορά στην εγκατάσταση και θέση σε πλήρη παραγωγική λειτουργία (production) του ολοκληρωμένου συστήματος ανDMF για την αυτόματη ανίχνευση, καταγραφή και τεκμηρίωση παραβάσεων πτήσεων αεροσκαφών :

- κατά τις αναχωρήσεις για μη τήρηση Διαδικασιών Αποφυγής Θορύβου NADP, (με εφαρμοστέα στον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών την αυστηρή NADP-A) και
- κατά τις προσγειώσεις για χρήση αντίστροφης ώσης (reverse thrust πάνω από το όριο idle).

Τελικός στόχος είναι η αυτόματη και έγκαιρη παραγωγή πλήρως στοιχειοθετημένου φακέλου για κάθε ένδειξη παράβασης, με την ανθρώπινη εμπλοκή να περιορίζεται στην τελική έγκριση.

Επισημαίνεται ότι οι ενδείξεις παραβάσεων εξάγονται σε πραγματικό χρόνο. Τα ίχνη των πτήσεων με ένδειξη παράβασης παρουσιάζονται online στο ανDMF με μικρή καθυστέρηση, όση απαιτείται αποκλειστικά για την ανίχνευση της παράβασης.

Το ενσωματωμένο Σύστημα Ειδοποιήσεων (Notification System) αποστέλλει αυτόματα push notifications, SMS ή email σε καθορισμένη λίστα παραληπτών για κάθε πτήση με ένδειξη παράβασης.

Το σύστημα απευθύνεται σε φορείς διαχείρισης αεροδρομίων, εποπτικές αρχές (ΥΠΑ/ΑΠΑ), οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης και φορείς προστασίας του περιβάλλοντος των όμορων περιοχών, και έχει σχεδιαστεί ώστε κάθε καταγεγραμμένη παράβαση να συνοδεύεται από πλήρη, νομικά αξιοποιήσιμο φάκελο τεκμηρίωσης, ικανό να υποστηρίξει διοικητική ή δικαστική διαδικασία επιβολής προστίμου.

Σημειώνεται ότι η χρήση αντίστροφης ώσης πάνω από idle, καθώς και η στιγμιαία υπέρβαση του επιτρεπόμενου ορίου θορύβου αποτελούν παραβάσεις θορύβου πτήσεων.

Η πλατφόρμα ανDMF βρίσκεται ήδη σε λειτουργία με περισσότερες από 9.000 καταγεγραμμένες ενδείξεις παραβάσεων αναχωρήσεων και επεκτείνεται με το νέο module προσγειώσεων (reverse thrust). Η προκαταρκτική φάση του συστήματος σχεδιάστηκε και επικυρώθηκε με πραγματικά δεδομένα πτήσεων του Διεθνούς Αερολιμένα Αθηνών «Ελευθέριος Βενιζέλος» (LGAV): μόνο για τον Μάρτιο του 2023 επεξεργάστηκαν 4.200.000 εγγραφές ίχνους, από τις οποίες 1.900.000 αφορούσαν κινήσεις από/προς το αεροδρόμιο έως ύψος 10.000 ft — απόδειξη ότι η αρχιτεκτονική διαχειρίζεται αξιόπιστα όγκους δεδομένων κλίμακας big data.

2. Συνοπτική περιγραφή & αρχιτεκτονική συστήματος

Το σύστημα αποτελείται από τέσσερα συνεργαζόμενα υποσυστήματα:

- **Υποσύστημα ADS-B** — Παρακολούθηση πτήσεων μέσω, έως τριών (3) δεκτών ADS-B με κεραίες — με ενιαία επεξεργασία των ροών, καταγραφή της ταυτότητας του δέκτη σε κάθε θέση ίχνους και εφεδρική κάλυψη (redundancy): συνεχής λήψη ίχνους (θέση, ύψος, ταχύτητα, callsign, flight id) για κάθε κίνηση, με ακριβή χρονοσήμανση GPS, συσχέτιση ανά διάδρομο (03R / 03L / 21L / 21R κλπ) και αποθήκευση σε γεωχωρική βάση δεδομένων (PostgreSQL/PostGIS). Υποστηρίζεται επίσης μαζική φόρτωση ιστορικών δεδομένων (αρχεία τύπου SBS): ενδεικτικά, πλήρης μήνας κίνησης (≈720 ωριαία αρχεία, ≈1.900.000 εγγραφές) φορτώνεται σε περίπου 15 λεπτά και ελέγχεται συνολικά για παραβάσεις σε 4–6 λεπτά.

- **Υποσύστημα ακουστικής παρακολούθησης** — Μόνιμοι σταθμοί ηχομέτρησης Class 1 (IEC 61672-1) κατά ISO 20906 (unattended monitoring of aircraft sound), εγκατεστημένοι παράλληλα στη ζώνη προσγείωσης, με χρονικό συγχρονισμό GPS, καταγραφή LAFmax και φασματικής υπογραφής (1/3 οκτάβας), και αποστολή μετρήσεων μέσω 4G/LTE.
- **Μετεωρολογικό υποσύστημα** — Αυτόματη λήψη και αρχειοθέτηση METAR/TAF ανά αεροδρόμιο, ώστε κάθε συμβάν να συνοδεύεται από τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (evidence hygiene). Τα ίδια δεδομένα χρησιμοποιούνται και για τη βαρομετρική διόρθωση (QNH) των υψών του ίχνους ADS-B, απαραίτητη για τον ακριβή έλεγχο των κατακόρυφων προφίλ.
- **Λογισμικό ανDMF** — Διαδικτυακή εφαρμογή (web) διαχείρισης: μηχανή ανίχνευσης παραβάσεων, χάρτες, διαγράμματα, φάκελοι παραβάσεων, χρήστες/ρόλοι/φορείς, πολυγλωσσικό περιβάλλον (ελληνικά/αγγλικά). Περιλαμβάνει γεωγραφικό υποσύστημα (GIS) για τη σχεδίαση και συντήρηση γεωμετριών διαδρόμων, SID/STAR και ζωνών ελέγχου, μητρώο αεροσκαφών και τύπων αεροσκαφών (ICAO DOC 8643) με διαχείριση της εξαίρεσης NADP-A ανά τύπο, αυτόματο εμπλουτισμό των στοιχείων αεροσκαφών από εξωτερικές πηγές δεδομένων, καθώς και διαχείριση της υποδομής συλλογής (δέκτες ADS-B, ηχόμετρα, εξωτερικές πηγές, MQTT).

Λειτουργία πραγματικού χρόνου: η ροή ADS-B επεξεργάζεται συνεχώς, κάθε παράβαση ανιχνεύεται σε **πραγματικό χρόνο** και το ίχνος της πτήσης με ένδειξη παράβασης εμφανίζεται **online στον χάρτη του ανDMF με μικρή καθυστέρηση**, όση απαιτείται αποκλειστικά για την ολοκλήρωση των ελέγχων ανίχνευσης. Παράλληλα, το **Σύστημα Ειδοποιήσεων (Notification System)** αποστέλλει αυτόματα **push notifications, SMS ή email** στην καθορισμένη λίστα παραληπτών για κάθε πτήση με ένδειξη παράβασης.

Διασύνδεση ηχομέτρων μέσω MQTT: Η επικοινωνία των σταθμών ηχομέτρησης με το κεντρικό σύστημα γίνεται μέσω του ανοικτού πρωτοκόλλου MQTT (ISO/IEC 20922) — του διεθνούς προτύπου επικοινωνίας συσκευών IoT. Κάθε ηχόμετρο συνδέεται μέσω WiFi/Internet στον εξυπηρετητή MQTT (broker) του cloud avdmf.dmf.gr, με ξεχωριστά διαπιστευτήρια ανά συσκευή και κρυπτογράφηση TLS όπου υποστηρίζεται από τη συσκευή, και αποστέλλει τις χρονοσειρές σταθμών θορύβου (Leq, Lmax, Lmin, Lpeak) με εγγυημένη παράδοση (QoS 1): σε διακοπή δικτύου οι μετρήσεις παραμένουν στη μνήμη της συσκευής και αναμεταδίδονται αυτόματα με την αποκατάσταση της σύνδεσης, χωρίς απώλεια δεδομένων. Το ανDMF παραλαμβάνει τα μηνύματα σε πραγματικό χρόνο, καταχωρεί αυτόματα τις μετρήσεις και τα «ζωτικά σημεία» κάθε σταθμού (μπαταρία, θερμοκρασία, ισχύς σήματος WiFi) στη βάση δεδομένων και τα διαθέτει για χρονική συσχέτιση με τις κινήσεις των αεροσκαφών. Η διασύνδεση τίθεται σε λειτουργία με τα δοκιμαστικά ηχόμετρα NSRTW_mk4-MQTT και η ίδια υποδομή εξυπηρετεί, χωρίς αλλαγές, και τους σταθμούς ηχομέτρησης της παραγωγικής φάσης. Αναλυτική τεχνική τεκμηρίωση της διασύνδεσης παρέχεται σε χωριστό έγγραφο («ανDMF — Διασύνδεση ηχομέτρων μέσω MQTT — Τεχνική Τεκμηρίωση»).

Ο φορητός υπολογιστής πεδίου (rugged laptop) χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση, βαθμονόμηση και περιοδική συντήρηση των σταθμών ηχομέτρησης, για επιτόπιες μετρήσεις επαλήθευσης, καθώς και για ζωντανή παρακολούθηση του συστήματος στο πεδίο.

3. Θεωρητικό, νομοθετικό & κανονιστικό πλαίσιο

3.1 Πηγές αεροπορικού θορύβου και τεχνικές περιορισμού

Ο αεροπορικός θόρυβος στο περιβάλλον ενός αεροδρομίου δεν αποτελεί ενιαίο μέγεθος, προέρχεται από διακριτές πηγές, καθεμία από τις οποίες αντιμετωπίζεται με διαφορετικά μέτρα:

- **Κινητήρες αεροσκαφών** — εμβολοφόροι (piston), στροβιλοελικοφόροι (turboprop) και κινητήρες αεριωθήσεως (jet), στα σύγχρονα αεριωθούμενα. Ο θόρυβος κατά την απογείωση και την αρχική άνοδο παραμένει η σημαντικότερη πηγή όχλησης των όμορων περιοχών.
- **Αναστροφείς ώσεως (thrust reversers)** — η χρήση αντίστροφης ώσης πάνω από idle κατά την προσγείωση συνιστά μία από τις εντονότερες στιγμιαίες πηγές θορύβου στη ζώνη του διαδρόμου.
- **Βοηθητικές μονάδες ισχύος (APU) και στροφέα ελικοπτέρων** — πηγές θορύβου εδάφους και χαμηλού ύψους αντίστοιχα.

Αντίστοιχα, τα μέτρα περιορισμού κατανέμονται ανά φάση πτήσης:

στην προσέγγιση με διαδικασίες συνεχούς καθόδου (CDA), στο έδαφος με περιορισμό της αντίστροφης ώσης και της λειτουργίας APU, και στην αναχώρηση με τις διαδικασίες αρχικής ανόδου κατά ICAO (NADP). Το σύστημα ανDMF παρακολουθεί ακριβώς εκείνα τα μέτρα που επιδέχονται αντικειμενικό, αυτοματοποιημένο έλεγχο: την τήρηση των διαδικασιών NADP, την τήρηση των διαδρομών SID, τη χρήση αντίστροφης ώσης και τις στάθμες θορύβου (LAFmax).

Σημειώνεται ότι, κατά την ορθή θεώρηση, «περιορισμός θορύβου» σημαίνει ελάττωση των προσλαμβανόμενων σταθμών στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό — όχι απλώς συμμόρφωση με τα θεσμοθετημένα όρια. Υπό το πρίσμα αυτό, η συστηματική παρακολούθηση της τήρησης των διαδικασιών αποτελεί το βασικό διαθέσιμο εργαλείο μείωσης της πραγματικής όχλησης.

3.2 Νομοθετικό & κανονιστικό πλαίσιο

Η λειτουργία του συστήματος και η τεκμηρίωση των παραβάσεων ερείδονται στο ακόλουθο κανονιστικό πλαίσιο:

- **ΚΥΑ 13586/724/2006 (ΦΕΚ Β' 384)** — «Καθορισμός μέτρων, όρων και μεθόδων για την αξιολόγηση και τη διαχείριση του θορύβου στο περιβάλλον», σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2002/49/ΕΚ για την αξιολόγηση και διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου.
- **ΚΥΑ ΥΠΕΝ/ΔΚΑΠΑ/13757/255 (ΦΕΚ Β' 710/2022)** — Τροποποίηση των Παραρτημάτων II και III της ανωτέρω ΚΥΑ, σε συμμόρφωση με την κατ' εξουσιοδότηση Οδηγία (ΕΕ) 2021/1226 (κοινές μέθοδοι αξιολόγησης θορύβου — CNOSSOS-EU) και την Οδηγία (ΕΕ) 2020/367 (μέθοδοι αξιολόγησης των επιβλαβών επιδράσεων του περιβαλλοντικού θορύβου). Περιλαμβάνει τη μεθοδολογία υπολογισμού αεροπορικού θορύβου με τη βάση δεδομένων ANP (Aircraft Noise and Performance) και τις σχέσεις θορύβου-απόστασης (NPD), στην οποία ευθυγραμμίζεται η μετρολογική προσέγγιση του συστήματος.
- **ICAO Doc 8168 (PANS-OPS)** — Διαδικασίες Αποφυγής Θορύβου κατά την αναχώρηση (Noise Abatement Departure Procedures — NADP), βάση των δημοσιευμένων διαδικασιών αρχικής ανόδου. Στον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών οι διαδικασίες αυτές εξειδικεύονται στην αυστηρότερη διαδικασία NADP-A (βλ. ενότητα 4).

- **AIP Ελλάδος / διαδικασίες αεροδρομίου** — Δημοσιευμένες διαδικασίες SID και περιορισμοί αποφυγής θορύβου ανά διάδρομο (συμπεριλαμβανομένης της διαδικασίας «TANGO» — SID 4 RWY 03R), όπως ισχύουν στο AIP Ελλάδος και στις οικείες κανονιστικές πράξεις.
- **Τοπικοί κανονισμοί αποτροπής θορύβου** — πρόσθετα μέτρα που θεσπίζονται ανά αεροδρόμιο· ενδεικτικά, στον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών προβλέπονται αποφυγή υπερπτήσεων των οικιστικών περιοχών Αρτέμιδας, Ραφήνας, Μαρκόπουλου, Κορωπίου και Σπάτων, νυχτερινοί περιορισμοί (23:00–07:00 τοπική ώρα), προσεγγίσεις συνεχούς καθόδου, καθώς και περιορισμοί χρήσης αναστροφών ώσεως και λειτουργίας APU.
- **Πρότυπα** — Μετρολογικά πρότυπα οργάνων: IEC 61672-1 Class 1 (ηχόμετρα), IEC 60942 (ακουστικοί βαθμονομητές), ISO 20906 (μη επιτηρούμενη παρακολούθηση αεροπορικού θορύβου σε αεροδρόμια).

Η πρόσφατη νομολογία (επικύρωση προστίμου για παράβαση χρήσης αντίστροφης ώσης πάνω από idle και προστίμου για στιγμιαία υπέρβαση της επιτρεπόμενης στάθμης θορύβου) καθιστά κρίσιμη την ιχνηλάτιση, κατά τα ανωτέρω πρότυπα, και καταγραφή κάθε συμβάντος.

3.3 Αρμοδιότητες φορέων — πού εντάσσεται το σύστημα

Η εφαρμογή των κανονισμών αποτροπής θορύβου κατανέμεται σε περισσότερους του ενός φορείς, γεγονός που καθιστά κρίσιμη την ύπαρξη κοινής, αντικειμενικής βάσης τεκμηρίωσης:

- **Φορέας διαχείρισης αεροδρομίου** — τήρηση των κανονισμών εδάφους (αναστροφείς ώσεως, APU) και συμμετοχή στην επιβολή κυρώσεων και συνεπειών.
- **Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ)** — θεσμικός φορέας ορισμού των κανονισμών και παροχής υπηρεσιών εναέριας κυκλοφορίας (διαδρομές προσέγγισης/αναχώρησης).
- **Αρχή Πολιτικής Αεροπορίας (ΑΠΑ)** — θεσμικός φορέας ελέγχου της τήρησης των κανονισμών και επιβολής κυρώσεων.
- **Τοπική αυτοδιοίκηση & φορείς πολιτών** — παρακολούθηση πτήσεων, τεκμηρίωση παραβάσεων και ανάδειξή τους προς τις αρμόδιες αρχές.

Το anDMF παρέχει σε όλους τους ανωτέρω κοινό, ουδέτερο και ιχνηλάσιμο υπόβαθρο στοιχείων: κάθε φορέας ασκεί την αρμοδιότητά του επί των ίδιων, μετρολογικά τεκμηριωμένων δεδομένων, περιορίζοντας δραστικά το περιθώριο αμφισβήτησης.

4. Παραβάσεις αναχωρήσεων — Διαδικασίες αρχικής ανόδου (NADP)

Κατά την απογείωση, τα αεροσκάφη υποχρεούνται να εφαρμόζουν τις δημοσιευμένες Διαδικασίες Αποφυγής Θορύβου (Noise Abatement Procedures), οι οποίες βασίζονται στα πρότυπα ICAO (Doc 8168 — NADP) και εξειδικεύονται στο εθνικό κανονιστικό πλαίσιο και στο AIP του αεροδρομίου.

Κατά το πρότυπο διάγραμμα σταδίων αρχικής ανόδου του ICAO, κάθε αναχώρηση εξελίσσεται σε τέσσερα στάδια: (α) απογείωση με ισχύ απογείωσης και ταχύτητα V2 έως V2 + 15 kt, (β) μείωση σε ισχύ ανόδου στο «ύψος μείωσης ισχύος», (γ) διατήρηση της ταχύτητας ανόδου μέχρι το «ύψος έναρξης επιτάχυνσης» και επιτάχυνση στους 250 kt, και (δ) άνοδος ταξιδιού με 250 kt. Οι επιμέρους διαδικασίες διαφοροποιούνται ακριβώς ως προς τα δύο αυτά χαρακτηριστικά ύψη — τα οποία το σύστημα εκτιμά αυτόματα από το ίχνος ADS-B και συγκρίνει με τα προβλεπόμενα κατώφλια.

4.1 Διαδικασία NADP-A (υποχρεωτική στον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών)

- Απογείωση με ισχύ απογείωσης και ταχύτητα V2 έως V2 + 15 kt· μείωση σε ισχύ ανόδου στα **1.800 ft MSL**, δηλαδή 1.500 ft πάνω από το αεροδρόμιο (υψόμετρο ΔΑΑ ≈ 300 ft MSL) — σημαντικά υψηλότερα από τα 800 ft των τυπικών διαδικασιών ICAO.
- Διατήρηση ταχύτητας ανόδου V2 έως V2 + 15 kt και της διαμόρφωσης απογείωσης (flaps/slats) μέχρι τα **3.300 ft MSL** (3.000 ft πάνω από το αεροδρόμιο) — προτεραιότητα στο απότομο κέρδος ύψους πάνω από τις οικιστικές περιοχές.
- Επιτάχυνση στους 250 kt και αναδίπλωση των συστημάτων υπεραντώσεως μόνο μετά τα 3.300 ft MSL, οπότε και αρχίζει η άνοδος ταξιδιού.

4.2 Τυπικές διαδικασίες ICAO (NADP-1 / NADP-2)

- **NADP-1:** μείωση ισχύος στα 1.100 ft MSL (800 ft πάνω από το αεροδρόμιο) και διατήρηση V2 έως V2 + 15 kt μέχρι τα 3.300 ft MSL, όπου αρχίζει η επιτάχυνση στους 250 kt.
- **NADP-2:** μείωση ισχύος στα 800 ft και άμεση έναρξη επιτάχυνσης προς τους 250 kt με σταδιακή αναδίπλωση των flaps — το χαμηλότερο και ακουστικά δυσμενέστερο προφίλ για τις παρακείμενες περιοχές.
- **Σύγκριση:** αμφότερες οι τυπικές διαδικασίες υπολείπονται της NADP-A — η NADP-1 μειώνει ισχύ 700 ft χαμηλότερα, ενώ η NADP-2 επιταχύνει ήδη από τα 800 ft αντί των 3.000 ft.

Υποχρέωση εφαρμογής της αυστηρής NADP-A: στον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών η δημοσιευμένη διαδικασία αρχικής ανόδου είναι η NADP-A. Η εκτέλεση προφίλ τύπου NADP-1 (πρόωρη μείωση ισχύος κάτω από τα 1.800 ft MSL) ή τύπου NADP-2 (πρόωρη επιτάχυνση κάτω από τα 3.300 ft MSL) συνιστά μη τήρηση της διαδικασίας και καταγράφεται από το σύστημα ως παράβαση.

Η επιχειρησιακή σημασία της τήρησης είναι μετρήσιμη: συγκριτική ανάλυση στο αεροδρόμιο Heathrow σε αεροσκάφη B787 (CAA, CAP 1191) έδειξε ότι αεροσκάφος που εκτελεί προφίλ τύπου NADP-2 βρίσκεται έως και 2.000 ft χαμηλότερα από αεροσκάφος με προφίλ τύπου NADP-1 στην ίδια απόσταση από τον διάδρομο — και «η διαφορά στον θόρυβο που οφείλεται σε αυτήν τη διαφορά ύψους είναι τεράστια». Καθοριστικός παράγοντας της πραγματικής όχλησης είναι επομένως η πιστή εφαρμογή της αυστηρότερης διαδικασίας — την οποία ακριβώς ελέγχει το σύστημα.

4.3 Ειδική διαδικασία «TANGO» (SID 4 RWY 03R)

Το σύστημα παραμετροποιείται και για την παρακολούθηση της ειδικής διαδικασίας «TANGO» του διαδρόμου 03R, με τους ακόλουθους ελέγχους ανά απογείωση:

- Έλεγχος έναρξης απογείωσης εντός των πρώτων 300 μέτρων του διαδρόμου 03R.
- Έλεγχος διατήρησης της αρχικής ταχύτητας απογείωσης (ταχύτητα αναφοράς σε ζώνη 200–400 ft πάνω από το υψόμετρο του διαδρόμου — ρυθμιζόμενη παράμετρος) μέχρι τα 3.300 ft — ως σημαντική μεταβολή θεωρείται απόκλιση μεγαλύτερη των 10 kt από την αρχική ταχύτητα.
- Έλεγχος αλλαγής πορείας πριν από τα 4.300 ft.
- Έλεγχος υπέρβασης της ταχύτητας των 250 kt σε ύψος χαμηλότερο των 10.000 ft.

4.4 Τι ελέγχει το σύστημα στις αναχωρήσεις

Για κάθε αναχώρηση, το σύστημα συγκρίνει αυτόματα το πραγματικό ίχνος ADS-B με το απαιτούμενο προφίλ της εφαρμοστέας διαδικασίας (NADP-A / TANGO). Η επεξεργασία περιλαμβάνει εξομάλυνση των

περισυλλεγόμενων παραμέτρων και αυτόματο εντοπισμό του ύψους μείωσης ισχύος και του ύψους έναρξης επιτάχυνσης — των δύο μετρήσιμων «υπογραφών» της εφαρμοζόμενης διαδικασίας. Ανιχνεύονται ιδίως:

- **Ύψος μείωσης ισχύος:** εκτιμάται από τη χαρακτηριστική κάμψη του ρυθμού ανόδου στο εξομαλυμένο ίχνος ADS-B και ελέγχεται έναντι του κατωφλίου της NADP-A (1.800 ft MSL)· πρόωρη μείωση ισχύος επισημαίνεται ως παράβαση.
- **Ύψος έναρξης επιτάχυνσης:** εκτιμάται από την έξοδο της ταχύτητας από τη ζώνη V2 έως V2 + 15 kt και ελέγχεται έναντι του κατωφλίου των 3.300 ft MSL· πρόωρη επιτάχυνση (προφίλ τύπου NADP-2) επισημαίνεται ως παράβαση.
- **Παράβαση ύψους/απόστασης:** Μη επίτευξη του ελάχιστου ύψους συναρτήσει της απόστασης από τον διάδρομο (προφίλ ανόδου).
- **Παράβαση ταχύτητας:** Μη τήρηση του προβλεπόμενου προφίλ ταχύτητας/επιτάχυνσης (ένδειξη πρόωρης επιτάχυνσης αντί ανόδου).
- **Οριζόντια απόκλιση:** Έξοδος του ίχνους από τον δημοσιευμένο διάδρομο SID — γεωχωρικός έλεγχος του ίχνους εντός του εγκεκριμένου corridor. Καλύπτεται και η συνήθης πρακτική της «συντόμευσης» (πρόωρης στροφής) της διαδρομής.
- **Συνδυαστικοί έλεγχοι:** Συνδυαστικός έλεγχος ταχύτητας–απόστασης και κατακόρυφου προφίλ ανά σημείο ίχνους.

4.5 Εξαίρεση αεροσκαφών από τη διαδικασία NADP-A

Βάσει της κείμενης νομοθεσίας, ορισμένες κατηγορίες αεροσκαφών (π.χ. μικρά ελικοφόρα/εμβολοφόρα) εξαιρούνται από την υποχρέωση τήρησης των διαδικασιών αποφυγής θορύβου. Το anDMF υλοποιεί την εξαίρεση αυτή δομικά και ελεγχόμενα: τηρείται Μητρώο Τύπων Αεροσκαφών κατά ICAO DOC 8643 (κατηγορία, τύπος και αριθμός κινητήρων, wake category, MTOW), στο οποίο η εξαίρεση NADP-A ορίζεται ανά τύπο αεροσκάφους από τον διαχειριστή, με πεδίο τεκμηρίωσης της σχετικής κανονιστικής διάταξης. Κάθε κίνηση συσχετίζεται αυτόματα (μέσω ICAO24 / Mode-S) με το συγκεκριμένο αεροσκάφος και τον τύπο του: πτήσεις εξαιρούμενων τύπων δεν παράγουν ενδείξεις παράβασης NADP-A, ενώ η κρίση υπαγωγής ή εξαίρεσης αποθηκεύεται ως στιγμιότυπο (snapshot) στον φάκελο κάθε πτήσης — ώστε κάθε καταγραφή να τεκμηριώνει το καθεστώς που ίσχυε κατά τον χρόνο του συμβάντος, ακόμη και αν η νομοθεσία μεταβληθεί μεταγενέστερα. Τα χαρακτηριστικά των αεροσκαφών (τύπος, κατασκευαστής, μοντέλο, νηολόγιο, εταιρεία) αντλούνται αυτόματα από εξωτερικές πηγές δεδομένων και είναι πλήρως διαχειρίσιμα από την ενότητα «Αεροσκάφη» της εφαρμογής (βλ. 6.4).

Κανονιστική τεκμηρίωση των κανόνων εξαίρεσης. Από την έρευνα του κανονιστικού πλαισίου (AIP GREECE — LGAV AD 2.21 «Noise Abatement Procedures», ICAO Doc 8168/PANS-OPS, KYA σε συμμόρφωση με την οδηγία 2002/49/EK — ΦΕΚ Β' 710/2022) προκύπτει σαφής διάκριση ανάμεσα σε ό,τι καθορίζεται ρητά από τη νομοθεσία και σε ό,τι υπάγεται στην τεχνική μας κρίση:

- **Ρητά καθοριζόμενη εξαίρεση (AIP LGAV AD 2.21.3(a)):** η διαδικασία μείωσης ώσης / καθυστερημένης επιτάχυνσης (NADP-A) εφαρμόζεται σε όλα τα αναχωρούντα αεροσκάφη από τους διαδρόμους 03L/03R, με μοναδική ρητή εξαίρεση τα ελικοφόρα αεροσκάφη με μέγιστο βάρος απογείωσης (MTOW) έως 5.700 kg: «Propeller-driven aircraft whose MTOW does not exceed 5700 KG are excluded».

- **Τεχνική κρίση — ελικόπτερα:** το AIP δεν εξαιρεί ρητά τα ελικόπτερα από το AD 2.21.3(a), όμως οι παράμετροι της διαδικασίας (ζώνη ταχυτήτων V2 έως V2+15 kt, διαμόρφωση flaps/slats, διαδρομές SID) δεν έχουν τεχνική εφαρμογή σε αυτά, ενώ το ίδιο το AIP τα αντιμετωπίζει χωριστά (AD 2.21.1.6: σχεδίαση διαδρομών ελικοπτέρων εκτός οικιστικών περιοχών). Κρίνουμε συνεπώς ότι δεν υπάγονται στον έλεγχο NADP-A και τα εξαιρούμε, με δυνατότητα διακριτής παρακολούθησης διαδρομών εφόσον ζητηθεί.
- **Τεχνική κρίση — ελικοφόρα χωρίς δημοσιευμένο MTOW:** όταν το MTOW ενός τύπου δεν είναι διαθέσιμο στις εξωτερικές πηγές (Eurocontrol Aircraft Performance Database), εξαιρούνται μόνο τα εμβολοφόρα με κατηγορία αναταράξεων απορεύματος (wake category) L — δηλαδή κάτω των 7.000 kg κατά ICAO, στην πράξη όλα κάτω των 5.700 kg. Στροβιλοελικοφόρα χωρίς τεκμηριωμένο MTOW δεν εξαιρούνται (συντηρητική προσέγγιση — π.χ. τα ATR 42/72 των 18–23 τόνων ορθώς υπάγονται πλήρως στον έλεγχο).
- **Δεν κωδικοποιούνται ως εξαίρεση τύπου:** οι επιχειρησιακές εξαιρέσεις ανά πτήση/αποστολή — πτήσεις ταχυδρομείου, κυβερνητικές, ασθενοφόρες, ελικόπτερα αστυνομίας, ανθρωπιστικές και έκτακτης ανάγκης (AD 2.21.5.2, νυχτερινοί περιορισμοί) — καθώς και οι παρεκκλίσεις για λόγους ασφαλείας ή ακραίων καιρικών συνθηκών (AD 2.21.7). Αυτές αφορούν τη συγκεκριμένη πτήση και όχι τον τύπο αεροσκάφους· τυχόν χαρακτηρισμός τους γίνεται κατά την αξιολόγηση του εκάστοτε συμβάντος.

Οι ανωτέρω κανόνες εφαρμόζονται αυτόματα στο Μητρώο Τύπων: κάθε τύπος που πληροί τα κριτήρια χαρακτηρίζεται εξαιρούμενος με καταγραφή της κανονιστικής βάσης (παραπομπή στο AIP LGAV AD 2.21.3(a)) στο πεδίο τεκμηρίωσης, ενώ ο αυτόματος κανόνας ουδέποτε αναιρεί χειροκίνητο χαρακτηρισμό του διαχειριστή, ο οποίος διατηρεί πάντοτε τον τελικό λόγο. Με τα τρέχοντα δεδομένα κίνησης του ΔΑΑ, 18 από τους 119 καταγεγραμμένους τύπους χαρακτηρίζονται εξαιρούμενοι (ενδεικτικά: Cessna 172/208, Piper PA-28/31/34/46, Diamond DA40/DA62, Pilatus PC-12, Beechcraft King Air C90/200, Piaggio P.180, Robinson R44, Airbus Helicopters AS355).

5. Παράβαση προσγείωσης — Αντίστροφη ώση πάνω από idle (max reverse thrust)

Ο κανονισμός απαγορεύει τη χρήση αντίστροφης ώσης πάνω από το επίπεδο idle κατά την προσγείωση, πλην περιπτώσεων μηχανικής βλάβης. Κρίσιμο νομικό στοιχείο: μόνη αποδεκτή εξαίρεση είναι η τεκμηριωμένη μηχανική βλάβη — οι καιρικές συνθήκες ή η κατάσταση του διαδρόμου δεν συνιστούν δικαιολογία. Το βάρος απόδειξης μετατίθεται έτσι στην αεροπορική εταιρεία (tech log / MEL / αρχεία συντήρησης). Από ακουστική άποψη, η αντίστροφη ώση πάνω από idle συνιστά μία από τις εντονότερες στιγμιαίες πηγές αεροπορικού θορύβου στη ζώνη προσγείωσης — γεγονός που καθιστά τον περιορισμό της βασικό μέτρο προστασίας των όμορων οικισμών.

5.1 Μεθοδολογία ανίχνευσης

- Εντοπισμός χρονικής στιγμής και διαδρόμου προσγείωσης (touchdown) από το ίχνος ADS-B.
- Ακουστική ανάλυση στο παράθυρο των πρώτων 15–20 δευτερολέπτων του rollout: απότομη άνοδος LAFmax (Fast, 125 ms) και ευρυζωνική φασματική υπογραφή 1/3 οκτάβας, χαρακτηριστική της αύξησης στροφών N1 (διάκριση «spooled-up» έναντι idle).

- Χωρικός έλεγχος TDOA μεταξύ των τριών συγχρονισμένων (GPS) σταθμών: η ηχητική πηγή πρέπει να κινείται κατά μήκος του άξονα του διαδρόμου με ταχύτητα προσγείωσης — απορρίπτονται οχήματα και άλλα αεροσκάφη.
- Ταξινόμηση idle / above-idle με κατώφλια βαθμονομημένα ανά τύπο αεροσκάφους (A320, B737, E190 κ.λπ.), με δυνατότητα επικύρωσης έναντι δεδομένων FDM/FOQA.
- Διασταύρωση ίδιου νηολογίου (tail number): εάν το ίδιο αεροσκάφος προσγειώθηκε κανονικά σε άλλη πτήση της ίδιας περιόδου, καταρρίπτεται ο ισχυρισμός μηχανικής βλάβης.

Το σύστημα είναι σχεδιασμένο ασύμμετρα συντηρητικό (μηδενικά ψευδώς θετικά): υψηλό κατώφλι βεβαιότητας, διπλή επιβεβαίωση και έγκριση από χειριστή (human-in-the-loop) πριν την έκδοση οποιασδήποτε βεβαίωσης παράβασης.

6. Το λογισμικό anDMF — όπως παρουσιάζεται στο σύστημα

Η εφαρμογή είναι διαδικτυακή (πρόσβαση με φυλλομετρητή), με έλεγχο πρόσβασης ανά ρόλο και φορέα, και δίγλωσσο περιβάλλον (ελληνικά / αγγλικά). Οι βασικές ενότητες του μενού:

6.1 Αεροδρόμια (Airports)

- Διαχείριση αεροδρομίων και διαδρόμων σε διαδραστικό χάρτη (γεωμετρίες διαδρόμων, corridors SID, ζώνες ελέγχου). Υποστηρίζεται πρακτικά απεριόριστος αριθμός αεροδρομίων· η ακριβής σχεδίαση των corridors SID βάσει των δημοσιευμένων χαρτών AIP είναι καθοριστική για την ορθότητα των παραβάσεων οριζόντιου ίχνους και περιλαμβάνεται στην παραμετροποίηση.
- Προβολή METAR ανά αεροδρόμιο με ιστορικό αρχείο μετεωρολογικών δεδομένων.

6.2 Απογειώσεις (Takeoff)

- Κατάλογος παραβάσεων με φίλτρα ανά αεροδρόμιο, μήνα και έτος (ημερομηνία/ώρα, flight id, callsign, διάδρομος, περιγραφή).
- Προβολή παράβασης σε χάρτη: πλήρες ίχνος πτήσης πάνω στον διάδρομο SID.
- Διάγραμμα ύψους–απόστασης: πραγματικό προφίλ ανόδου έναντι απαιτούμενου.
- Διάγραμμα ταχύτητας και διάγραμμα ταχύτητας–απόστασης.
- Διάγραμμα κατακόρυφου προφίλ / κατακόρυφης απόκλισης.
- Εξαγωγή πλήρους φακέλου παράβασης σε αρχείο Word και επισύναψη συμπληρωματικών αρχείων στον φάκελο.

6.3 Προσγειώσεις (Touchdown)

- Νέα ενότητα για τις παραβάσεις αντίστροφης ώσης: κατάλογος συμβάντων, ακουστική χρονοσειρά LAFmax και φάσμα, συσχέτιση με ίχνος ADS-B, στάδιο έγκρισης από χειριστή.

6.4 Αεροσκάφη (Aircraft)

- Μητρώο Αεροσκαφών: χαρακτηριστικά ανά ICAO24 / Mode-S (νηολόγιο, τύπος, κατασκευαστής, μοντέλο, εταιρεία, ιδιοκτήτης, χώρα), με αυτόματο εμπλουτισμό από εξωτερικές πηγές δεδομένων και ένδειξη υπαγωγής ή εξαίρεσης NADP-A ανά αεροσκάφος.

- Τύποι Αεροσκαφών (ICAO DOC 8643): κατηγορία, τύπος/αριθμός κινητήρων, wake category, MTOW και flag εξαίρεσης NADP-A ανά τύπο — η μεταβολή του flag (π.χ. σε αλλαγή νομοθεσίας) εφαρμόζεται αυτόματα σε όλα τα αεροσκάφη του τύπου, χωρίς παρέμβαση στον κώδικα.
- Αεροπορικές Εταιρείες: κωδικοί ICAO/IATA με αυτόματη συσχέτιση μέσω του προθέματος του callsign.

6.5 Διαχείριση (Settings)

- Διαχείριση χρηστών, ρόλων και φορέων (αντιστοίχιση χρηστών σε φορείς, δικαιώματα πρόσβασης ανά ενότητα).
- Καταγραφή ενεργειών (logging), ειδοποιήσεις, παραμετροποίηση ανά χρήστη. Περιλαμβάνεται η διαχείριση της λίστας παραληπτών του Συστήματος Ειδοποιήσεων (push notifications / SMS / email).
- Διαχείριση υποδομής συλλογής δεδομένων: δέκτες ADS-B (με δυνατότητα αντιστοίχισης κάθε δέκτη σε περισσότερα του ενός αεροδρόμια), σταθμοί ηχομέτρησης δοκιμαστικοί και παραγωγής (με απεριόριστες πρόσθετες παραμέτρους ανά σταθμό), εξωτερικές πηγές δεδομένων (METAR/TAF και πηγές στοιχείων αεροσκαφών, με προτεραιότητες και αυτόματο fallback) και παράμετροι MQTT. Για κάθε δέκτη ADS-B καταχωρίζονται γεωγραφικές συντεταγμένες (lat/long) και υψόμετρο κεραίας, για την τεκμηρίωση της κάλυψης και τον έλεγχο οπτικής επαφής με τους διαδρόμους.
- Κανόνες Παραβάσεων: πλήρης παραμετροποίηση, μέσα από την εφαρμογή, όλων των αριθμητικών τιμών που συμμετέχουν στον χαρακτηρισμό μιας πτήσης ως παράβασης — κατώφλια ανά κανόνα (NADP-A / TANGO), ζώνες μέτρησης, ασφαλιστικές δικλείδες, διόρθωση QNH και υψόμετρα αεροδρομίων/διαδρόμων — χωρίς επέμβαση στον κώδικα.

6.6 Λειτουργία πραγματικού χρόνου & Σύστημα Ειδοποιήσεων (Notification System)

- Εξαγωγή παραβάσεων σε πραγματικό χρόνο: οι ενδείξεις παραβάσεων εξάγονται σε πραγματικό χρόνο και τα ίχνη των πτήσεων με ένδειξη παράβασης παρουσιάζονται online στο anDMF με μικρή μόνο καθυστέρηση — αποκλειστικά όση απαιτείται για την ολοκλήρωση της ανίχνευσης της παράβασης.
- Σύστημα Ειδοποιήσεων (Notification System): για κάθε πτήση με ένδειξη παράβασης, το anDMF αποστέλλει αυτόματα push notifications, SMS ή email σε καθοριζόμενη λίστα παραληπτών, με προτιμώμενο τρόπο ειδοποίησης ανά παραλήπτη και επιλογή ειδοποίησης ανά είδος παράβασης (απογειώσεις / προσγειώσεις). Η λίστα ορίζεται ανά αεροδρόμιο και φορέα από την ενότητα Διαχείρισης (6.5).

6.7 Δεδομένα της εφαρμογής (τρέχοντα μεγέθη)

Η βάση δεδομένων της εφαρμογής περιλαμβάνει σήμερα (στοιχεία παραγωγικής βάσης, 04/08/2026):

Τύποι Αεροσκαφών: 132

Αεροπορικές Εταιρείες (Airlines): 213

Μητρώο Αεροσκαφών: 3.203

Πτήσεις: 19.853

Πτήσεις με ενδείξεις Παραβάσεων: 9.186

Καταγεγραμμένα στίγματα πτήσεων (θέσεις ADS-B): 3.506.770.

7. Output συστήματος — Τύποι παραβάσεων

Το σύστημα παράγει, ανά κίνηση αεροσκάφους, τους ακόλουθους τύπους καταγεγραμμένων παραβάσεων:

A/A	Τύπος παράβασης	Φάση πτήσης	Πηγή δεδομένων
1	Παράβαση ύψους/απόστασης (προφίλ ανόδου NADP)	Αναχώρηση	ADS-B
2	Παράβαση προφίλ ταχύτητας / επιτάχυνσης	Αναχώρηση	ADS-B
3	Παράβαση ταχύτητας–απόστασης (συνδυαστική)	Αναχώρηση	ADS-B
4	Οριζόντια απόκλιση από διάδρομο SID	Αναχώρηση	ADS-B / PostGIS
5	Κατακόρυφη απόκλιση από απαιτούμενο προφίλ	Αναχώρηση	ADS-B
6	Αντίστροφη ώση πάνω από idle (reverse above idle)	Προσγείωση	Ηχώμετρα + ADS-B
7	Στιγμιαία υπέρβαση επιτρεπόμενης στάθμης θορύβου (LAFmax)	Αναχώρηση / Προσγείωση	Ηχώμετρα

Κάθε καταγραφή συνοδεύεται από: ημερομηνία/ώρα, flight id, callsign, τύπο αεροσκάφους — με ένδειξη υπαγωγής ή εξαίρεσής του από τη διαδικασία NADP-A —, διάδρομο, πλήρες γεωχωρικό ίχνος (σημεία και γραμμή), ύψη, ταχύτητες, βαρομετρική πίεση, αποστάσεις από το κατώφλι, μετρήσεις θορύβου (όπου εφαρμόζεται) και METAR της ώρας του συμβάντος. Οι έλεγχοι NADP εφαρμόζονται αποκλειστικά σε αεροσκάφη υπαγόμενα στη διαδικασία: τύποι εξαιρούμενοι βάσει νομοθεσίας (βλ. ενότητα 4.5) εξαιρούνται αυτόματα από την παραγωγή σχετικών ενδείξεων, με ρητή καταγραφή της εξαίρεσης.

Όλες οι ανωτέρω ενδείξεις εξάγονται σε πραγματικό χρόνο και ενεργοποιούν αυτόματα το Σύστημα Ειδοποιήσεων (push notifications / SMS / email προς τη λίστα παραληπτών).

8. Φάκελος παράβασης

Για κάθε επιβεβαιωμένη παράβαση, το σύστημα παράγει αυτόματα πλήρη φάκελο τεκμηρίωσης (εξαγωγή σε αρχείο Word), κατάλληλο για κοινοποίηση στην αεροπορική εταιρεία και για χρήση σε διοικητική ή δικαστική διαδικασία. Ο φάκελος περιλαμβάνει:

- Στοιχεία πτήσης: ημερομηνία/ώρα, flight id, callsign, τύπος αεροσκάφους, νηολόγιο, διάδρομος, αεροδρόμιο.
- Περιγραφή της παράβασης με αναφορά στον παραβιαζόμενο κανόνα/διαδικασία (NADP-A / απαγόρευση reverse above idle).
- Απεικόνιση του ίχνους της πτήσης σε χάρτη, με τον εγκεκριμένο διάδρομο SID.
- Διαγράμματα ύψους–απόστασης, ταχύτητας και αποκλίσεων.
- Για παραβάσεις προσγείωσης: χρονοσειρά LAFmax, φασματική ανάλυση, αποτέλεσμα ελέγχου TDOA, βαθμός βεβαιότητας, αποτέλεσμα διασταύρωσης νηολογίου.
- METAR/TAF της ώρας του συμβάντος (τεκμηρίωση καιρικών συνθηκών).

- Πιστοποιητικά βαθμονόμησης οργάνων (ιχνηλάσιμη διακρίβωση) και παραπομπή στα πρότυπα IEC 61672-1 Class 1, IEC 60942, ISO 20906.
- Δυνατότητα επισύναψης πρόσθετων αρχείων (φωτογραφίες, έγγραφα, αλληλογραφία) στον ηλεκτρονικό φάκελο, με ασφαλή αποθήκευση στο cloud.

9. Μετεωρολογικά δεδομένα — Συνδρομές METAR/TAF

Το σύστημα λαμβάνει αυτόματα, σε συνεχή βάση, METAR και TAF για τα παρακολουθούμενα αεροδρόμια μέσω εμπορικής υπηρεσίας δεδομένων (API), τα αρχειοθετεί και τα συσχετίζει χρονικά με κάθε κίνηση. Η αδιάλειπτη αρχειοθέτηση είναι απαραίτητη ώστε ο φάκελος κάθε παράβασης να προλαμβάνει εκ των προτέρων τυχόν ισχυρισμούς περί καιρικών συνθηκών (οι οποίες, σημειωτέον, δεν συνιστούν νόμιμη εξαίρεση για τη χρήση reverse πάνω από idle). Η ετήσια συνδρομή στην υπηρεσία METAR/TAF περιλαμβάνεται στον πίνακα λειτουργικών δαπανών (ενότητα 12). Τα ίδια δεδομένα, με ωριαία ανάλυση, τροφοδοτούν και τη βαρομετρική διόρθωση (QNH) των υψών των ιχνών ADS-B που περιγράφεται στην ενότητα 2.