

ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ
Α.Ε.Ι. ΠΕΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ

ΠΑΠΑΛΕΥΘΕΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ ΤΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

Επιβλ. Καθηγητής Φιλήμων Σκιττίδης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, με τίτλο «Σχεδίαση με CAD μεγάλου μεγέθους δομικών στοιχείων αεροσκάφους (Inventor)», παρουσιάζεται ο σχεδιασμός της πτέρυγας αεροπλάνου καθώς και των διαφραγμάτων του με το πρόγραμμα «Inventor». Σχεδιάστηκαν σε συμπαγή μορφή, αλλά και σε μηχανολογικό σχέδιο.

Γίνεται ιστορική αναφορά για την κατασκευή αεροσκάφους βαρύτερο απ' τον αέρα. Γίνεται αναφορά στην πτέρυγα του αεροσκάφους η οποία είναι το σημαντικότερο τμήμα του, γιατί σε αυτήν αναπτύσσονται οι αεροδυναμικές δυνάμεις. Υπάρχουν και οι αεροτομές NACA που έχουν τις κύριες παραμέτρους για τον σχεδιασμό κάθε αεροτομής. Επίσης, υπάρχει αναφορά στην εναπόθεση τιτανίου, μια σύγχρονη μέθοδο κατασκευής μεταλλικών εξαρτημάτων. Έπειτα, γίνεται ο υπολογισμός των πλευρών της πτέρυγας αεροσκάφους με μαθηματικούς τύπους.

Τέλος, με τη βοήθεια του προγράμματος «Inventor» της Autodesk, παρουσιάζονται 55 μηχανολογικά σχέδια της πτέρυγας του αεροσκάφους.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους αυτούς που στάθηκαν δίπλα μου και με βοήθησαν στην προσπάθεια μου αυτά τα χρόνια και ειδικότερα τους γονείς μου, που ήταν το μεγαλύτερο στήριγμα που είχα σε αυτήν μου την προσπάθεια.

Ευχαριστώ επίσης τον καθηγητή μου Δόκτωρ Φιλήμων Σκιττίδη, που με βοήθησε και με ενέπνευσε καθ' όλη την διάρκεια της πτυχιακής μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

1. Εισαγωγή	1
1.1. Περιγραφή του αεροπλάνου	3
2. Αεροτομή	5
2.1. Σχηματική επεξήγηση λεπτομερειών αεροτομής	5
2.2. Αεροτομή	7
2.3. Εισαγωγή στις αεροτομές NACA	8
3. Υπολογισμός της αεροτομής του αεροσκάφους (Chengdu J-20)	13
3.1. Υπολογισμοί	13
3.2. Σχεδιασμός εξαρτημάτων με το πρόγραμμα Inventor	14
4. Εναπόθεση τιτανίου (3D Printing Titanium)	19
5. Μηχανολογικά Σχέδια	25
6. Βιβλιογραφία	27

Σχήματα

	Σελίδα
Σχήμα 1.1: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά αεροτομής.	6
Σχήμα 1.2: Αεροτομή με τις γραμμές ροής.	7
Σχήμα 1.3: Παράδειγμα αεροτομής τύπου Four-digit NACA airfoil	9
Σχήμα 1.4: Παράδειγμα αεροτομής τύπου Five-digit NACA airfoil	10
Σχήμα 1.5: Παράδειγμα αεροτομής τύπου 6-series NACA airfoil	11

1 Εισαγωγή

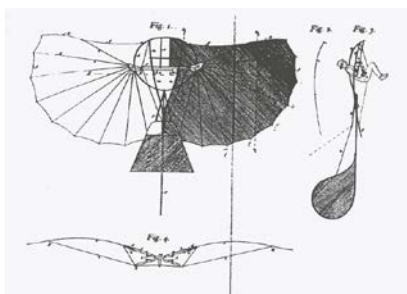
Το αεροπλάνο άρχισε να χρησιμοποιείται από τον 20ό αιώνα, αλλά η ιδέα να πετάξει στον αέρα ο άνθρωπος είναι πολύ παλιά. Η πτήση των πουλιών πάντα γοήτευε τον άνθρωπο και γι' αυτό άλλωστε, υπάρχουν σε όλους τους αρχαίους πολιτισμούς (Κίνας, Ινδίας, Αιγύπτου) εικόνες φτερωτών ανθρώπων.

Για πολλούς αιώνες, μηχανικοί και εφευρέτες της εποχής, έψαχναν τον τρόπο που θα έκανε τον άνθρωπο να πετάξει. Υπάρχουν πολλοί μύθοι γύρω από την πρώτη πτήση του ανθρώπου. Ένας από τους πιο γνωστούς είναι από την Ελλάδα. Πρόκειται για την ιστορία του **Ίκαρου** και του **Δαίδαλου**, οι οποίοι κατασκεύασαν τεχνητά φτερά, με τα οποία κατάφεραν να δραπετεύσουν από το παλάτι του βασιλιά Μίνωα της Κρήτης. Ένα ταξίδι, που τελικά ολοκλήρωσε μόνο ο Δαίδαλος, μιας και όπως είναι γνωστό από τον μύθο, ο Ίκαρος πέταξε πολύ κοντά στον ήλιο με αποτέλεσμα τα κέρνα φτερά του να λιώσουν.



Ξεφεύγοντας τώρα από τον μύθο, ερχόμαστε στην ιστορία και την πρώτη επιτυχής ελεγχόμενη πτήση αεροσκάφους βαρύτερου του αέρα, η οποία έγινε το 1891 από το Γερμανό **Otto Lilienthal**, που θεωρείται ο πατέρας της ανεμοπορίας. Ο Otto Lilienthal, διατύπωσε την άποψη ότι ο πιο πρακτικός τρόπος πτήσης είναι η κατολίσθηση από λόφους με αεροσκάφη χωρίς κινητήρα. Επίσης, έκανε εκτεταμένες δοκιμές μοντέλων πτερύγων για το προσδιορισμό των αεροδυναμικών δυνάμεων πάνω σε κινούμενες πτέρυγες και την επιλογή του βέλτιστου σχήματος αεροτομής. Στη συνέχεια, σχεδίασε και κατασκεύασε ένα μονοπλάνο με σταθερές ουραίες επιφάνειες και έλεγχο μέσω μετακίνησης του σώματος του χειριστή, με αλλαγή του κέντρου βάρους. Το μονοπλάνο αυτό,

είναι ουσιαστικά το πρώτο αιωρόπτερο, ένα πολύ απλό ανεμόπτερο –ολισθητής από ξύλο και πανί.



Ανεμόπτερο του 1893

Τα επόμενα χρόνια, ειδικότερα μετά το τέλος του Α' Παγκόσμιου Πολέμου, έγιναν εκτεταμένες προσπάθειες για την εξέλιξη του αεροπλάνου, διότι έγινε σαφές ότι αυτός που θα καταφέρει να κυριαρχήσει στους αιθέρους είναι πιο πιθανόν να υπερισχύσει σε έναν πόλεμο. Αυτοί που τελικά κατάφεραν να πάρουν την πρωτιά ήταν οι αδελφοί **Ράιτ**, αν και δεν ήταν οι πρώτοι που κατασκεύασαν και πέταξαν πειραματικά αεροσκάφη. Υπήρξαν όμως αυτοί, που εφηύραν τις επιφάνειες ελέγχου του αεροσκάφους, γεγονός που κατέστησε την πτήση αεροσκαφών σταθερής πτέρυγας εφικτή. Η θεμελιώδης ανακάλυψη των αδελφών **Ράιτ** ήταν η εφεύρεση του «**Ελέγχου στους τρεις άξονες**» (**three axis-control**) που επέτρεπε στον πιλότο να κατευθύνει το αεροσκάφος αποτελεσματικά και να διατηρεί την ισορροπία του αεροσκάφους. Η μέθοδος αυτή έγινε και παραμένει μέχρι σήμερα η κύρια και βασικότερη μέθοδος ελέγχου των αεροσκαφών σταθερής πτέρυγας κάθε είδους.



Το αεροπλάνο με το οποίο πέταξαν οι αδελφοί Ράιτ (1903).

1.1. Περιγραφή του αεροπλάνου

Το αεροπλάνο αποτελείται από τρία μέρη που διαφέρουν στη μορφή και τον προορισμό τους. Αυτά είναι: το κύριο σώμα του αεροπλάνου που λέγεται σκάφος ή αεροσκάφος, το σύστημα προώθησης και ο μηχανικός εξοπλισμός.

- Το σκάφος αποτελεί τον κορμό του αεροπλάνου και αποτελείται από δύο μέρη: τις πτέρυγες και την άτρακτο όπου είναι σταθερά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Σ' αυτό ακριβώς διαφέρει από το ελικόπτερο, που σ' αυτό τα πτερύγιά του κινούνται. Ανάλογα με τον αριθμό των πτερύγων, τα αεροπλάνα ονομάζονται μονοπτέρυγα, διπτέρυγα, πολυπτέρυγα. Τα κλασικά αεροπλάνα, επειδή παρουσιάζουν αστάθεια στην πτήση, χρησιμοποιούν βοηθητικές πτερυγικές επιφάνειες στην πίσω άκρη της ατράκτου. Αυτές αποτελούνται από τις οριζόντιες σταθερές πτέρυγες που δίνουν ευστάθεια, για να μην αναποδογυρίσει το αεροπλάνο και τις κάθετες σταθερές για να μη γυρίζει γύρω - γύρω. Η άτρακτος, όπως το λέει και το όνομά της, έχει σχήμα ατρακτοειδές και αποτελεί το βασικό τμήμα του σκάφους, στο οποίο προσαρμόζονται και οι πτέρυγες. Στο μπροστινό μέρος της ατράκτου υπάρχει ο θάλαμος χειρισμού και το μεγαλύτερο μέρος της χρησιμοποιείται για επιβάτες ή εμπορεύματα, αν το αεροπλάνο είναι μεταφορικό ή για αμυντικό ή επιθετικό εξοπλισμό, αν είναι πολεμικό.
- Το προωθητικό σύστημα είναι, είτε η έλικα στα πιο παλιά αεροπλάνα, είτε ο κινητήρας τζετ (στροβιλοαντιδραστήρας) στα πιο καινούρια. Ο κινητήρας τζετ χρησιμοποιείται στα αεροπλάνα που είναι επιθυμητό να έχουν μεγάλες ταχύτητες.
- Ο μηχανικός εξοπλισμός αποτελείται από τα εξαρτήματα που βοηθούν στην οδήγηση του αεροπλάνου και από τις συσκευές κλιματισμού και διατήρησης σταθερής πίεσης μέσα στην άτρακτο.

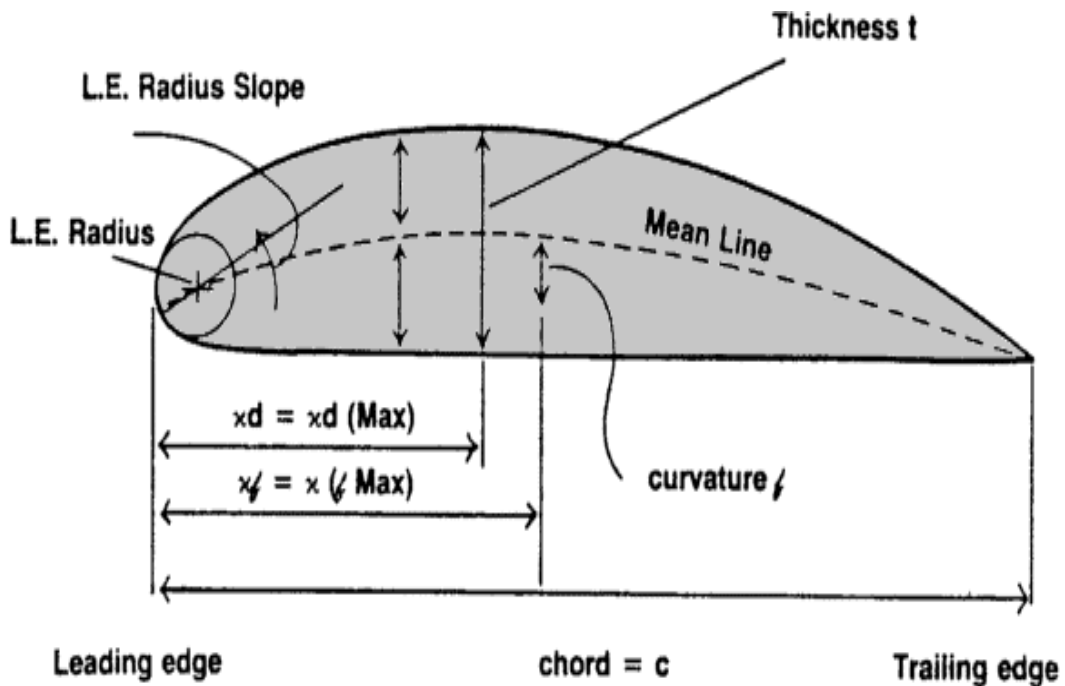
2 Αεροτομή

Η αεροτομή του αεροσκάφους αποτελεί ίσως το σημαντικότερο κομμάτι του και σίγουρα αυτό με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον όσον αφορά τους υπολογισμούς και τον σχεδιασμό. Επιπλέον, από τις αεροτομές κατασκευάζεται η πτέρυγα, η οποία έχει ως κύριο ρόλο την παραγωγή της απαιτούμενης άνωσης.

2.1. Σχηματική επεξήγηση λεπτομερειών αεροτομής

Μια αεροτομή αποτελείται από την άνω επιφάνεια και την κάτω επιφάνεια. Οι διάφοροι τύποι αεροτομών έχουν κάποια κοινά μεταξύ τους χαρακτηριστικά αλλά και κάποιες παραμέτρους, οι οποίες συντελούν στον διαχωρισμό τους. Μερικές από τις κύριες παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή διαφόρων τύπων αεροτομών είναι οι εξής:

- μέγιστο πάχος (maximum thickness),
- μέγιστη καμπυλότητα σε σχέση με τη χορδή (maximum camber),
- θέση του μέγιστου πάχους (position of max thickness),
- θέση της μέγιστης καμπυλότητας (position of maximum camber), και
- ακτίνα καμπυλότητας του χείλους προσβολής (nose radius).



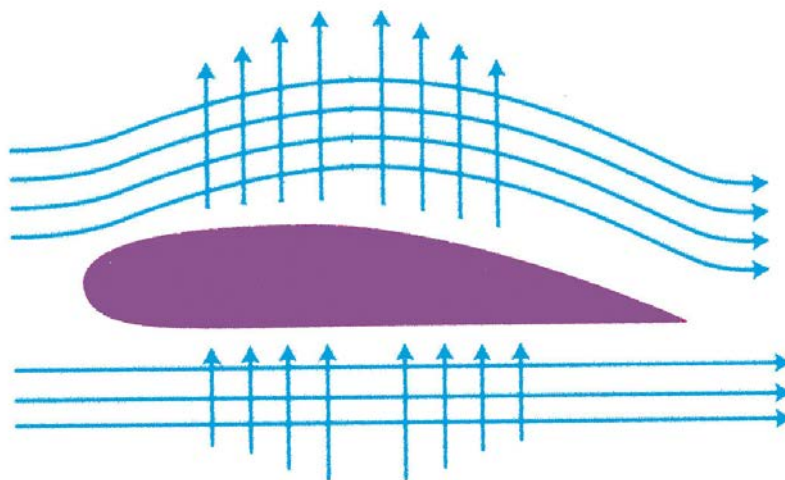
Σχήμα 1.1: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά αεροτομής. (Αμοιράλης Ε., 2004)

Αναλυτικά, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της αεροτομής είναι τα εξής:

- **Χείλος προσβολής (Leading edge)** : είναι το σημείο της αεροτομής από το οποίο ξεκινά η μέση γραμμή της.
- **Χείλος εκφυγής (Trailing edge)** : είναι το σημείο της αεροτομής στο οποίο καταλήγει η μέση γραμμή της.
- **Χορδή (Chord)** : είναι το ευθύγραμμο τμήμα, που συνδέει τα άκρα της μέσης γραμμής, δηλαδή το χείλος προσβολής και το χείλος εκφυγής της αεροτομής.
- **Μέση γραμμή καμπυλότητας (Mean camber line)** : Είναι ο γεωμετρικός τόπος των σημείων, που απέχουν ίση απόσταση από την άνω και κάτω επιφάνεια της αεροτομής.
- **Πάχος αεροτομής (Thickness)** : είναι η συνάρτηση που καθορίζει τη διανομή πάχους σε όλο το μήκος της μέσης γραμμής της αεροτομής.

2.2. Αεροτομή

Μια πτέρυγα σχηματίζεται από ένα πλήθος αεροτομών, οι οποίες τοποθετούνται παράλληλα μεταξύ τους και συνθέτουν την τρισδιάστατη γεωμετρία της. Η χαρακτηριστική μορφή της αεροτομής, αναγκάζει τις γραμμές ροής του αέρα να καμπυλώσουν, με αποτέλεσμα να εμφανιστεί μία δύναμη πάνω στην πτέρυγα. Η δύναμη αυτή αναλύεται σε δύο συνιστώσες, μία στη διεύθυνση της ροής (αντίσταση ή οπισθέλκουσα) και μία κάθετη στη διεύθυνση της ροής (άνωση), η οποία ευθύνεται για την ανύψωση του αεροσκάφους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην άνω επιφάνεια της αεροτομής να εμφανίζεται υποπίεση και αυξημένη ταχύτητα ροής, ενώ στην κάτω επιφάνεια υπερπίεση και μειωμένη ταχύτητα ροής.



Σχήμα 1.2: Αεροτομή με τις γραμμές ροής.

Η καμπύλωση των γραμμών ροής αποτελεί την κύρια αιτία που εμφανίζεται η άνωση. Έτσι, είναι κατανοητό ότι οι αεροτομές που έχουν μεγάλη καμπύλη θα παράγουν και μεγαλύτερη άνωση.

2.3. Εισαγωγή στις αεροτομές NACA

Οι αεροτομές NACA αναπτύχθηκαν από την NACA (προκάτοχος της NASA) την περίοδο 1930 μέχρι το 1940. Οι αεροτομές NACA είναι η πλέον αξιόπιστη βάση δεδομένων σε ότι έχει να κάνει με την επιλογή των αεροτομών. Προσφέρει διάφορες επιλογές με όλα τα χαρακτηριστικά μεγέθη των αεροτομών. Οι παρακάτω τρεις τύποι αεροτομών NACA είναι οι πιο ενδιαφέροντες.

I. *Four-digit NACA airfoils*

II. *Five-digit NACA airfoils*

III. *6-series NACA airfoils*

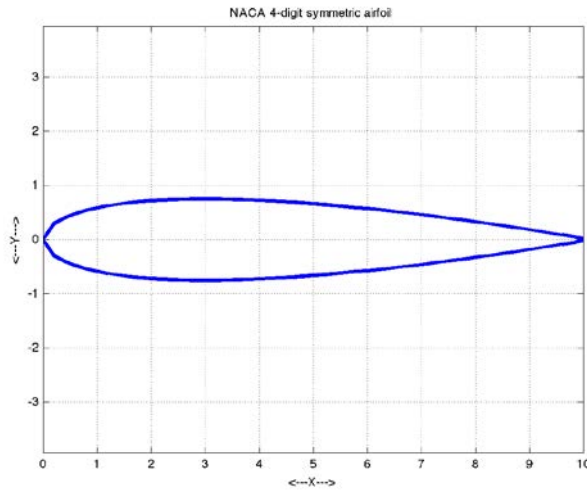
Όπως είναι εμφανές από την ονομασία τους, οι *Four-digit NACA airfoils* είναι αεροτομές που έχουν τετραψήφια ονομασία (π.χ. 2415), οι *Five-digit NACA airfoils* έχουν πενταψήφια ονομασία (π.χ. 23018). Οι *6-series NACA airfoils* έχουν επίσης στην ονομασία τους πέντε ψηφία, όπου το πρώτο είναι πάντα ο αριθμός “6”.

I. *Four-digit NACA airfoils*

Οι αεροτομές *Four-digit NACA airfoils* είναι οι πιο παλιές και ταυτόχρονα πιο απλές αεροτομές. Η καμπυλότητα σε αυτού του είδους τις αεροτομές δημιουργείται από δύο παραβολές. Η μία παραβολή δημιουργεί την καμπυλότητα από το χείλος προσβολής έως και το σημείο με την μεγαλύτερη κυρτότητα, ενώ η δεύτερη δημιουργεί την καμπυλότητα από το σημείο μέγιστης κυρτότητας μέχρι το χείλος εκφυγής.

Σε αυτό το είδος αεροτομών, το πρώτο ψηφίο τους δείχνει την μέγιστη κυρτότητα σε ποσοστό επί της χορδής της αεροτομής. Το δεύτερο ψηφίο δείχνει την θέση της μέγιστης κυρτότητας σε σχέση πάντα με το μήκος

της χορδής. Τέλος, τα τελευταία δύο ψηφία δείχνουν το πάχος της αεροτομής σε ποσοστό της χορδής.

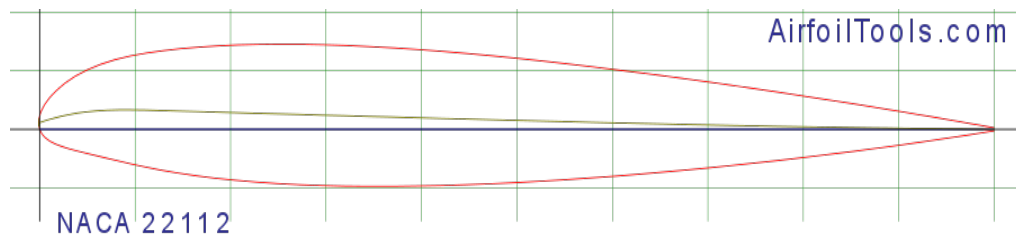


Σχήμα 1.3: Παράδειγμα αεροτομής τύπου **Four-digit NACA airfoil**

II. Five-digit NACA airfoils

Στις αεροτομές τύπου *Five-digit NACA airfoils* η κυρτότητα δημιουργείται από μια παραβολή και μια ευθεία γραμμή. Η παραβολή δημιουργεί της κυρτότητα από το χείλος προσβολής έως το σημείο με την μέγιστη καμπυλότητα και η ευθεία γραμμή ενώνει αυτό το σημείο με το χείλος εκφυγής.

Σε αυτό το είδος αεροτομών, το πρώτο ψηφίο δείχνει τα $2/3$ του ιδανικού συντελεστή ανέλκυσης. Ουσιαστικά, ο αριθμός αυτός αναπαριστά κατά κάποιον τρόπο την μέγιστη κυρτότητα σε ποσοστό επί της χορδής της αεροτομής. Το δεύτερο ψηφίο αναπαριστά την θέση της μέγιστης κυρτότητας σε σχέση με το μήκος της χορδής. Τέλος, τα τελευταία δύο ψηφία δείχνουν το πάχος της αεροτομής σε ποσοστό της χορδής.



Σχήμα 1.4: Παράδειγμα αεροτομής τύπου **Five-digit NACA airfoil**

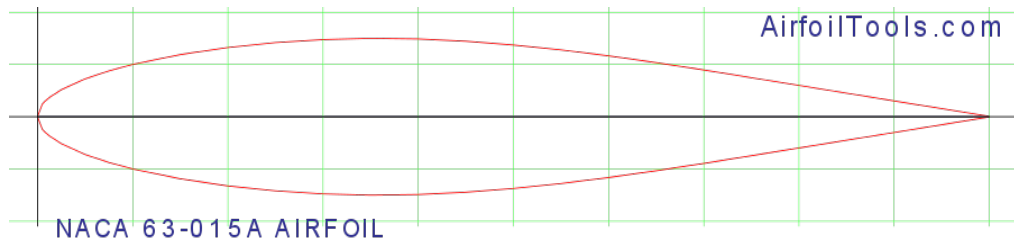
III. *6-series NACA airfoils*

Οι δύο προηγούμενοι τύποι αεροτομών είναι σχεδιασμένοι χρησιμοποιώντας παραβολές και ευθείες γραμμές. Δεν είναι σχεδιασμένοι ώστε να πληρούν όλες τις αεροδυναμικές απαιτήσεις που έχουν τα σύγχρονα αεροσκάφη, όπως για παράδειγμα τον διαχωρισμό της ροής του αέρα. Όταν έγινε λοιπόν αντιληπτό ότι οι δύο αυτοί τύποι αεροτομών δεν σχεδιάστηκαν όπως ακριβώς θα έπρεπε, οι ερευνητές της **NACA** ξεκίνησαν να αναπτύσσουν και να σχεδιάζουν νέες σειρές αεροτομών, οι οποίες ακολουθούσαν συγκεκριμένες οδηγίες ώστε να πληρούνται όλες οι απαιτήσεις. Επίσης, τα νέα αεροσκάφη, ειδικότερα τα πολεμικά, χρειαζόνταν νέες και πιο αποδοτικές αεροτομές. Δοκιμάστηκαν πολλές αεροτομές έως ότου να αποφασιστεί ότι οι **6-series** ήταν οι καλύτερες.

Οι αεροτομές αυτές έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρούν την στρωτή ροή στο μεγαλύτερο μέρος της χορδής. Έτσι, διατηρούν χαμηλότερο συντελεστή οπισθέλκουσας ($C_{d_{min}}$) συγκριτικά με τους δύο προηγούμενους τύπους αεροτομών.

Η ονομασία των αεροτομών αυτών αποτελείται από πέντε βασικά ψηφία, έχοντας πάντα ως πρώτο ψηφίο τον αριθμό “6”. Το δεύτερο ψηφίο δείχνει τη θέση με την ελάχιστη πίεση σε δέκατα της χορδής πίσω από το χείλος προσβολής για συμμετρική αεροτομή μηδενικής άνωσης (**zero**

lift). Ως τρίτο ψηφίο ορίζεται ο συντελεστής άνωσης. Τέλος, τα τελευταία δύο ψηφία δείχνουν το πάχος της αεροτομής σε ποσοστό της χορδής.



Σχήμα 1.5: Παράδειγμα αεροτομής τύπου **6-series NACA airfoil**

3 Υπολογισμός της αεροτομής του αεροσκάφους (Chengdu J-20)

Για να σχεδιαστεί αρχικά η αεροτομή και στην συνέχεια η πτέρυγα του αεροσκάφους, πρέπει πρώτα να υπολογιστούν οι πλευρές τους. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια μαθηματικών μοντέλων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός των αεροτομών και της πτέρυγας του αεροσκάφους **Chengdu J-20** έγινε με δεδομένα από άλλο παρόμοιου τύπου μαχητικό αεροσκάφος 5^{ης} γενιάς λόγω έλλειψης στοιχείων.

3.1. Υπολογισμοί

Οι υπολογισμοί της πτέρυγας του αεροσκάφους έγιναν σύμφωνα με τις διαστάσεις και τα στοιχεία του αεροσκάφους της **Lockheed Martin το F35-A**. Το συγκεκριμένο αεροσκάφος 5^{ης} γενιάς επιλέχθηκε καθώς ήταν εκείνο με τις περισσότερες ομοιότητες με το **Chengdu J-20**.

Το αεροσκάφος αυτό έχει επιφάνεια πτερύγων (**wing area**) 42.7 m², διάταγμα **AR** = 8. Για το προσδιορισμό των άγνωστων στοιχείων θα χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω μαθηματικοί τύποι:

$$AR = \frac{b^2}{S} \Rightarrow b = \sqrt{S * AR} = \sqrt{65 * 2.663} \Rightarrow b = 13.047 \text{ m}$$

$$AR = \frac{b}{\hat{c}} \Rightarrow \hat{c} = \frac{b}{AR} \Rightarrow \hat{c} = 4.9 \text{ m}$$

$$\hat{c} = \frac{2}{3} Cr \left(\frac{1+\lambda+\lambda^2}{1+\lambda} \right) \Rightarrow 4.9 = \frac{2}{3} Cr \left(\frac{1+0.234+0.234^2}{1+0.234} \right) \Rightarrow Cr = 7.052 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{Ct}{Cr} \Rightarrow 0.234 = \frac{Ct}{7.052} \Rightarrow Ct = 1.713 \text{ m}$$

3.2. Σχεδιασμός εξαρτημάτων με το πρόγραμμα Inventor

I. Σχεδιασμός Αεροτομής

Η σχεδίαση της πτέρυγας αεροπλάνου έγινε με την χρήση του προγράμματος **Inventor** της **Autodesk**. Το πρόγραμμα αυτό δίνει την δυνατότητα σχεδιασμού όλης της κατασκευής σε συμπαγή μορφή (**Solid**) και την παρουσίασή του δημιουργώντας μηχανολογικά σχέδια.

Αρχικά σχεδιάστηκαν τα νεύρα (**Ribs**), οι οποίες έχουν διαφορετικό μέγεθος ανάλογα την θέση τους στο φτερό του αεροπλάνου. Η μεγαλύτερη σε μέγεθος αεροτομή είναι αυτή που εφάπτεται με την άτρακτο ενώ η μικρότερη αντίστοιχα στο άλλο άκρο, δηλαδή το τέλος της πτέρυγας.

Ο σχεδιασμός έγινε ξεκινώντας με την πρώτη και μεγαλύτερη αεροτομή και καταλήγοντας στην τελευταία και μικρότερη από όλες τις προηγούμενες. Οι δύο εσωτερικές αεροτομές σχεδιάστηκαν ανάλογα με την απόσταση που έχουν από τις δύο εξωτερικές ώστε να υπάρχει συνοχή μεταξύ τους. Για τον σχεδιασμό των αεροτομών χρησιμοποιήθηκαν κατά κύριο λόγο οι

εντολές **Extrude** και **Extrude Cut** που επιτρέπουν την τρισδιάστατη απεικόνιση των αντικειμένων. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε η εντολή **Fillet** για να δοθούν τα ράδια στο τελικό στάδιο σχεδιασμού.

II. Σχεδιασμός Δοκών (Spars)

Οι δοκοί στήριξης της πτέρυγας (**Spars**) σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τα δεδομένα και τις διαστάσεις των αεροτομών καθώς η κάθε δοκός πρέπει να έχει τέλεια εφαρμογή και συνοχή με όλα τα **Ribs** με τα οποία εφάπτεται. Αρχικά, δημιουργήθηκαν τα δύο άκρα των δοκών σύμφωνα με την μεγαλύτερη και μικρότερη αεροτομή, και στην συνέχεια με την εντολή **Loft** δόθηκε το τελικό τους σχήμα. Ξεχωριστά σχεδιάστηκαν τα εξωτερικά 'νεύρα', τα οποία είναι συγκολλητά στις δοκούς με σκοπό την στήριξη της δοκού με την αεροτομή.

III. Σχεδιασμός Εξωτερικής επιφάνειας αεροσκάφους (Skin)

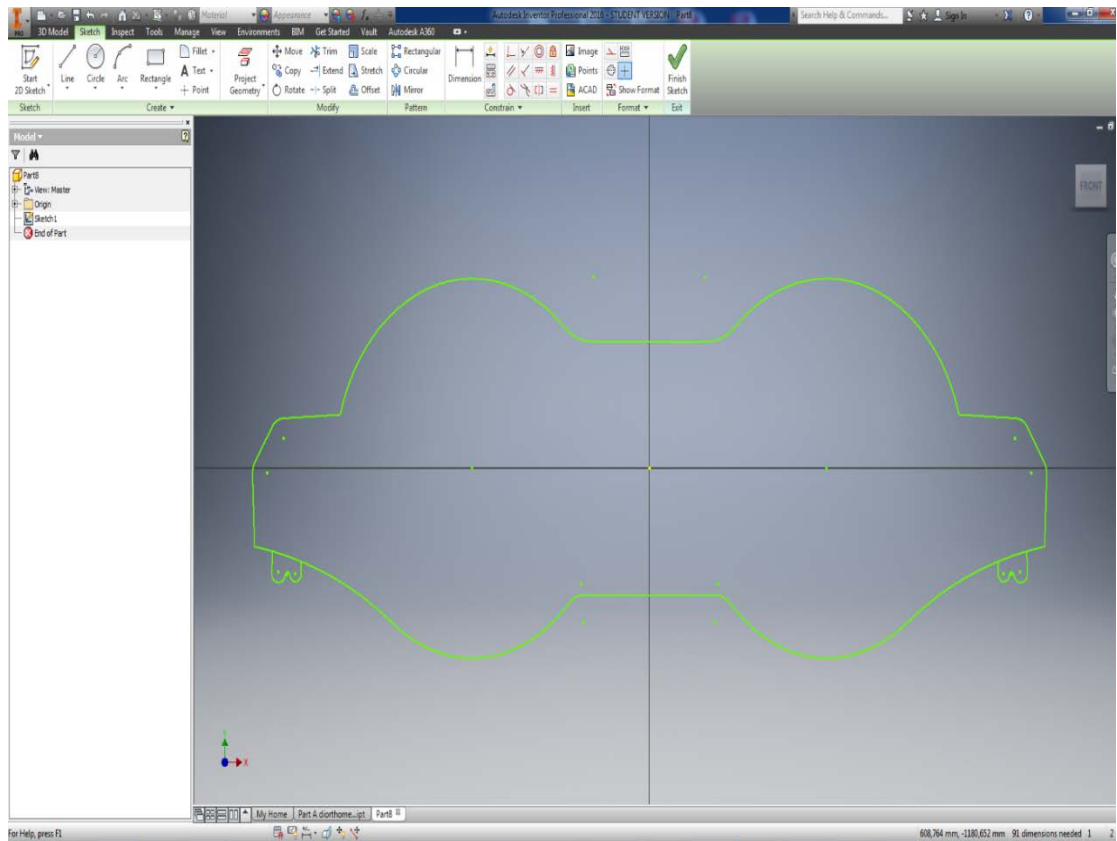
Η εξωτερική επιφάνεια της πτέρυγας (**Skin**) είναι το περίβλημα που καλύπτει όλη την πτέρυγα του αεροπλάνου. Η σχεδίαση του γίνεται με τον ίδιο τρόπο που σχεδιάστηκαν και τα **Ribs**. Αρχικά, σχεδιάστηκε το συμπαγές (**Solid**) κομμάτι, όπου οι διαστάσεις του είναι λίγο μεγαλύτερες από το μεγαλύτερο Rib ώστε να μπορεί να υπερκαλύψει την πτέρυγα του αεροσκάφους. Από την μία μεριά σχεδιάστηκε σύμφωνα με την διάσταση του μεγαλύτερου Rib ενώ στην απέναντι μεριά σύμφωνα με τις διαστάσεις του μικρότερου. Στην συνέχεια, με την εντολή Loft δόθηκε η μορφή της πτέρυγας (**Skin**). Τέλος, με την εντολή **Shell** αφαιρέθηκε το εσωτερικό από την συμπαγή κατασκευή και κατ'αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται το κέλυφος με το επιθυμητό πάντα πάχος.

IV. Σχεδιασμός Διαφράγματος (Bulkhead)

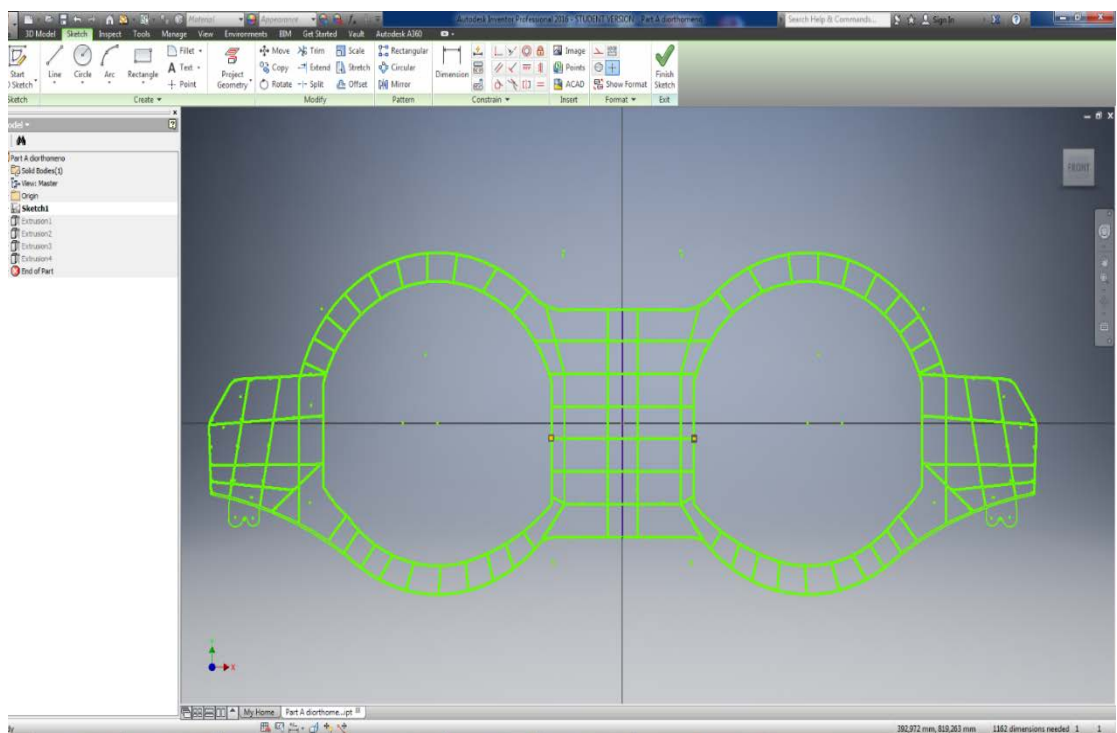
Η διαδικασία σχεδίασης του διαφράγματος ξεκινάει αρχικά σχεδιάζοντας το περίγραμμά του. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι πληροφορίες που υπάρχουν στο διαδίκτυο για τέτοιου είδους εξαρτήματα είναι ελάχιστες, όπως και οι αντίστοιχες φωτογραφίες τους, και με τα ελάχιστα αυτά στοιχεία που είχαμε στην διάθεσή μας ξεκινάει η σχεδίαση του περιγράμματος αρχικά, όπως φαίνεται στην **εικόνα 1**.

Στην συνέχεια, συνθέτουμε πια την δομή του διαφράγματος (**εικόνα 2**), περνώντας στο εσωτερικό του και σχεδιάζοντας τα υπόλοιπα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του, όπως κύκλοι, καμπύλες και τρίγωνα. Το επόμενο στάδιο είναι το “γέμισμα” ώστε να δημιουργηθεί η τρισδιάστατη πλέον μορφή του διαφράγματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την εντολή “**Extrude**”, όπως φαίνεται στην **εικόνα 3**.

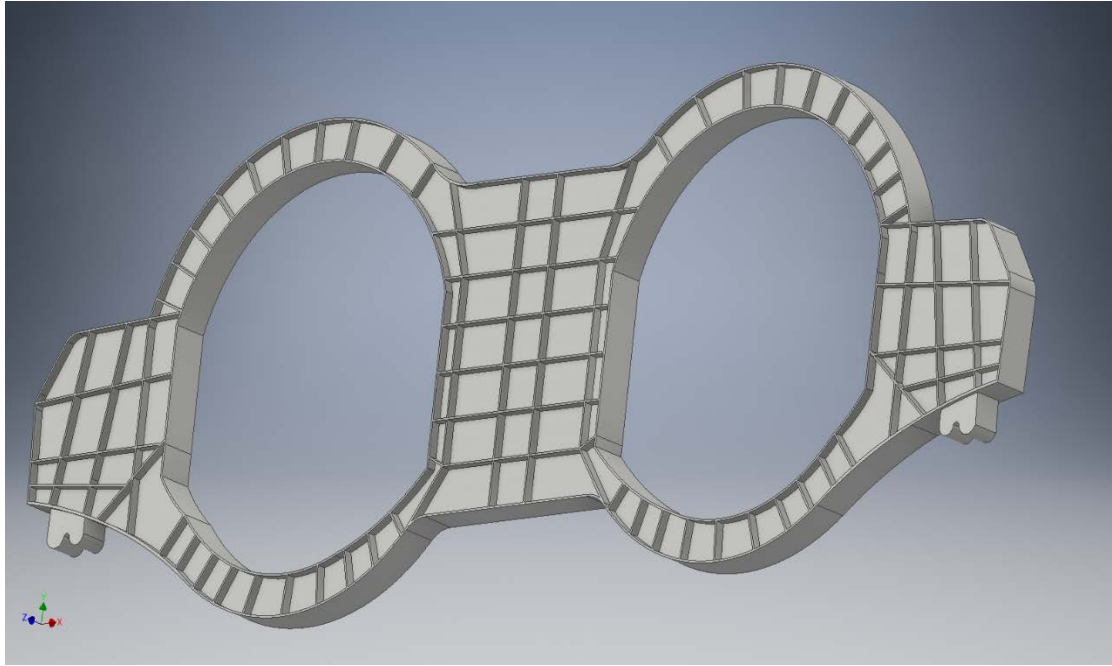
Τέλος, με την εντολή **Fillet** και την κατάλληλη ακτίνα R που σχετίζεται με την ακτίνα του κοπτικού εργαλείου της εργαλειομηχανής, διαμορφώνουμε τις αιχμές στην βάση των εσοχών (rockets), στις αιχμές των νεύρων που μετά την κατεργασία τους στο εφαρμοστήριο θα έχουν ένα μικρό ράδιο όπως επίσης και στις εξωτερικές γωνίες του διαφράγματος .



Εικόνα 1 Σχεδίαση περιγράμματος του Bulkhead σε περιβάλλον 2D Sketch.



Εικόνα 2 Σχεδιασμός του εσωτερικού με τα χαρακτηριστικά του διαφράγματος του J20 σε 2D Sketch.



Εικόνα 3 Το διάφραγμα J20 σε τρισδιάστατη μορφή μετά από τις εντολές **Extrude** και **Fillet**.

4 Εναπόθεση Τιτανίου (3D Printing Titanium)

Πολλά κομμάτια αεροσκαφών και όχι μόνο, συμπεριλαμβανομένου και του διαφράγματος (**Bulkhead**), κατασκευάζονται με τη μέθοδο εναπόθεσης τιτανίου (3D printing titanium).

Η τρισδιάστατη (3D) εκτύπωση μεταλλικών αντικειμένων υπάρχει εδώ και μερικά χρόνια, αλλά όσο οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές και τα λογισμικά που τους συνοδεύουν γίνονται φτηνότερα, η μέθοδος αυτή υιοθετείται από περισσότερες βιομηχανίες. Το τιτάνιο είναι ένα από τα πιο απαραίτητα μέταλλα στην βιομηχανία. Πρόκειται για ένα μέταλλο χαμηλής πυκνότητας και υψηλής αντοχής. Παρουσιάζει επίσης μεγάλη αντοχή στην διάβρωση καθώς και υψηλό σημείο τήξης. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν το τιτάνιο σαν το ιδανικό μέταλλο για εφαρμογές σε διάφορους τομείς, όπως την αεροναυπηγική, την αυτοκινητοβιομηχανία, στρατιωτικές εφαρμογές, την προσθετική ιατρική ,για οδοντιατρικά και ορθοπεδικά εμφυτεύματα ακόμα και για κοσμήματα. Στην σύγχρονη εποχή, η ζήτηση για τιτάνιο είναι μεγαλύτερη από ποτέ γιατί πλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε 3D εκτυπωτές.



3D Printed Object

Το τιτάνιο είναι το σκληρότερο αλλά ταυτόχρονα και το ελαφρύτερο μέταλλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε 3D εκτυπώσεις. Παραδοσιακά, όταν κάποιο προϊόν πρέπει να φτιαχτεί από τιτάνιο χρησιμοποιούνται CNC μηχανήματα ή καλούπια εάν μπορεί να γίνει χύτευση. Το γεγονός όμως ότι οι εφαρμογές 3D printing προσφέρουν απεριόριστες δυνατότητες σε ότι αφορά την πολυπλοκότητα των αντικειμένων και των απεικονίσεων, καθιστά τη μέθοδο αυτή ως την πιο συμφέρουσα λύση στην κατασκευή προϊόντων από τιτάνιο. Η εναπόθεση τιτανίου χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στην αεροναυπηγική, σε οδοντιατρικές και ιατρικές εφαρμογές, ειδικότερα στα ιατρικά εμφυτεύματα. Ο βασικότερος λόγος που χρησιμοποιείται το τιτάνιο είναι η μη τοξικότητά του, η σκληρότητα αλλά και η αντίσταση που παρουσιάζει στην διάβρωση.

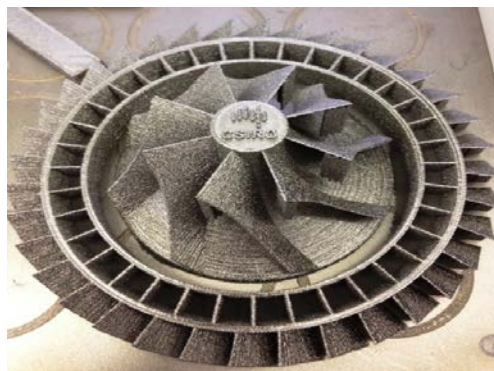
Η τεχνολογία που διατίθεται σήμερα δίνει την δυνατότητα να πραγματοποιηθούν 3D εκτυπώσεις τιτανίου με ελάχιστο πάχος ακόμα και τα 0,25 mm. Η εναπόθεση τιτανίου (3D printing) πραγματοποιείται πάνω στην βάση του εκάστοτε εκτυπωτή χρησιμοποιώντας κατά κύριο λόγο τιτάνιο σε σκόνη. Η συγκεκριμένη μέθοδος ονομάζεται «**Direct Metal Laser Sintering**» (**DMLS**). Ένας “βραχίονας” απλώνει ένα λεπτό στρώμα εξαιρετικής ποιότητας σκόνης τιτανίου πάνω στην βάση του εκτυπωτή, ενώ ταυτόχρονα ένα πολύ δυνατό λέιζερ διοξειδίου του άνθρακα λιώνει την σκόνη και προκαλεί την συγχώνευση του τιτανίου. Ουσιαστικά, η μόνη διαφορά στη διαδικασία αυτή με την αντίστοιχη των δισδιάστατων (2D) εκτυπωτών, είναι ότι το λέιζερ αντικαθιστά την κεφαλή με το μελάνι των απλών εκτυπωτών.



3D Printing Titanium Powder

Τα εξαρτήματα που κατασκευάζονται με αυτόν τον τρόπο δεν θα έχουν την κλασική γυαλάδα που έχουν τα εξαρτήματα τιτανίου αλλά το χρώμα τους θα είναι θαμπό γκρι ως επί το πλείστον. Οποιοδήποτε εξάρτημα όμως μπορεί να επεξεργαστεί στη συνέχεια και να γυαλιστεί ώστε να πάρει την μορφή και το χρώμα που έχουν όλα τα εξαρτήματα τιτανίου. Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί κάποια αυλάκωση σε ακατέργαστα εξαρτήματα που έχουν φτιαχτεί με την συγκεκριμένη μέθοδο συνήθως στο σημείο που έχουν λιώσει μαζί τα διαφορετικά στρώματα τιτανίου. Όμως, με τα σύγχρονα λογισμικά και τις νέες τεχνολογίες που αναπτύσσονται, η γωνία που εκτυπώνονται τα εξαρτήματα μπορεί να επεξεργαστεί, ώστε να αποφευχθούν οι αυλακώσεις και να δημιουργηθούν πιο δυνατά εξαρτήματα.

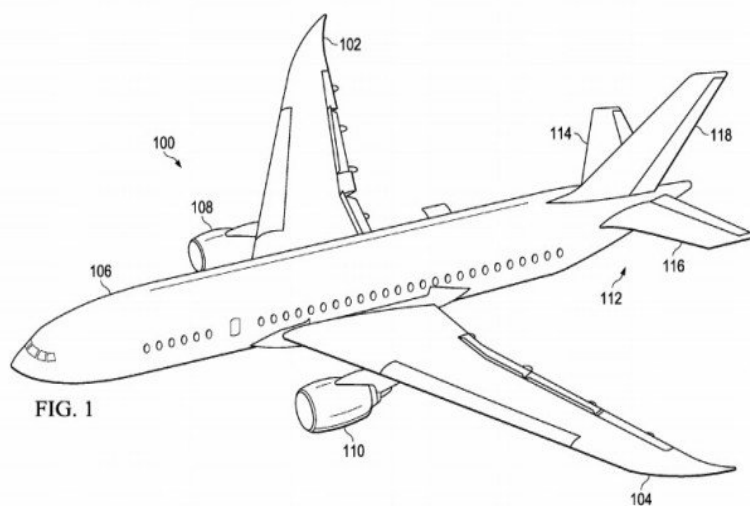
Για πολλές εφαρμογές η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει πολλά προφανή πλεονεκτήματα έναντι των κλασικών μεθόδων επεξεργασίας μετάλλων. Το τιτάνιο είναι από τα δυνατότερα μέταλλα στον κόσμο. Η δυνατότητα να κατασκευάζονται εξαρτήματα κάθε σχήματος από τιτάνιο που σε άλλες περιπτώσεις θα ήταν αδύνατο, δίνει στους σχεδιαστές απεριόριστες δυνατότητες. Υπάρχουν αρκετά λιγότεροι περιορισμοί όσον αφορά τις δυνατότητες κατασκευής εξαρτημάτων και με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα κατασκευής των πρωτότυπων γρηγορότερα και με πολύ μικρότερο κόστος. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να κατασκευαστούν εξαιρετικά προϊόντα τα οποία έχουν περάσει από πολλά στάδια σχεδίασης και επεξεργασίας ώστε να ανιχνευτούν όλες οι ατέλειες και τα προβλήματα τους. Τέλος, επιτρέπει στους κατασκευαστές να δώσουν στους πελάτες τους την δυνατότητα να προσαρμόζουν τα προϊόντα σύμφωνα με τις ανάγκες τους κάθε φορά και χωρίς επιπλέον κόστος.



3D Printed Compressor Blades

Η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει αναπτυχθεί πολύ τα τελευταία χρόνια και υπάρχουν πολλές περιπτώσεις που έχει χρησιμοποιηθεί κατά κόρον σε εφαρμογές της αεροναυπηγικής. Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα που δείχνουν ότι η τεχνολογία αυτή πρωταγωνιστεί στον τομέα της αεροναυπηγικής και σίγουρα θα συντελέσει στην αλλαγή του τρόπου που κατασκευάζονταν μέχρι σήμερα τα διάφορα μέρη των αεροσκαφών.

- Η **Boeing** πρώτη και καλύτερη, της οποίας τα 10 διαφορεικά μοντέλα αεροσκαφών χρησιμοποιούν περίπου 20.000 κομμάτια που είναι κατασκευασμένα με αυτήν την μέθοδο. Μάλιστα, σύμφωνα με την ίδια την εταιρεία έχει αλλάξει ο τρόπος που μεταφέρονται τα διάφορα μέρη του αεροσκάφους από εργοστάσιο σε εργοστάσιο. Πιο συγκεκριμένα, η εταιρεία σταμάτησε να τα μεταφέρει με τον παραδοσιακό τρόπο γιατί είναι οικονομικότερο να μεταφέρει απλά ένα αρχείο μέσω υπολογιστή και στη συνέχεια να εκτυπώνεται από έναν 3D εκτυπωτή.



- Η **Turbomeca**, μια γαλλική εταιρεία η οποία ειδικεύεται στην κατασκευή κινητήρων ελικοπτέρων, θα εγκαταστήσει αυτόν τον χρόνο (2016) μια καινούρια μονάδα παραγωγής η οποία θα δουλεύει εξ' ολοκλήρου με 3D

εκτυπωτές και θα κατασκευάζει αρκετά από τα μέρη που θα χρησιμοποιηθούν για τους καινούριους κινητήρες της εταιρείας, όπως τα ακροφύσια ψεκασμού καυσίμου.



- Η **Bell Helicopter** χρησιμοποιεί τους 3D εκτυπωτές για την κατασκευή πολλών εκ των διαφορετικών μερών των ελικοπτέρων της. Μετά απο ενδέλεχη έρευνα που πραγματοποίησε η εταιρεία στην παραγωγή της διαπίστωσε ότι η χρήση αυτής της τεχνολογίας έχει πολλά πλεονεκτήματα και έτσι την καθιέρωσε σαν την βασική της παραγωγική διαδικασία. Μερικά από τα πλεονεκτήματα που παρατήρησαν στις κατασκευές τους, ήταν η κατανομή της θερμότητας στα διάφορα μέρη του ελικοπτέρου, η μικρότερη φθορά, η ακρίβεια στις διαστάσεις, η γενική ποιότητα των εξαρτημάτων και οι επιδόσεις τους. Τέλος, τα οικονομικά στοιχεία καθιστούν την συγκεκριμένη μέθοδο εξαιρετικά συμφέρουσα.
- Η **GE Aviation** θα κατασκευάσει με τριασδιάστατη εκτύπωση τα στόμια ψεκασμού για τους νέου τύπου κινητήρες της. Παλαιότερα, για τα αντίστοιχα εξαρτήματα κατασκευάζονταν 20 διαφορετικά κομμάτια, τα οποία στη συνέχεια ενώνονταν και σχημάτιζαν το στόμια ψεκασμού. Με όλες αυτές τις ενώσεις και τις συναρμολογήσεις πέραν του χανόταν πολύτιμος χρόνος για μία μονάδα παραγωγής, μειωνόταν η αντοχή του εξαρτήματος. Σήμερα θα κατασκευαστεί (**εκτυπωθεί**) από την αρχή ολόκληρο το στόμιο μειώνοντας τον χρόνο κατασκευής και φυσικά τις πιθανότητες αστοχίας.

5 Μηχανολογικά Σχέδια

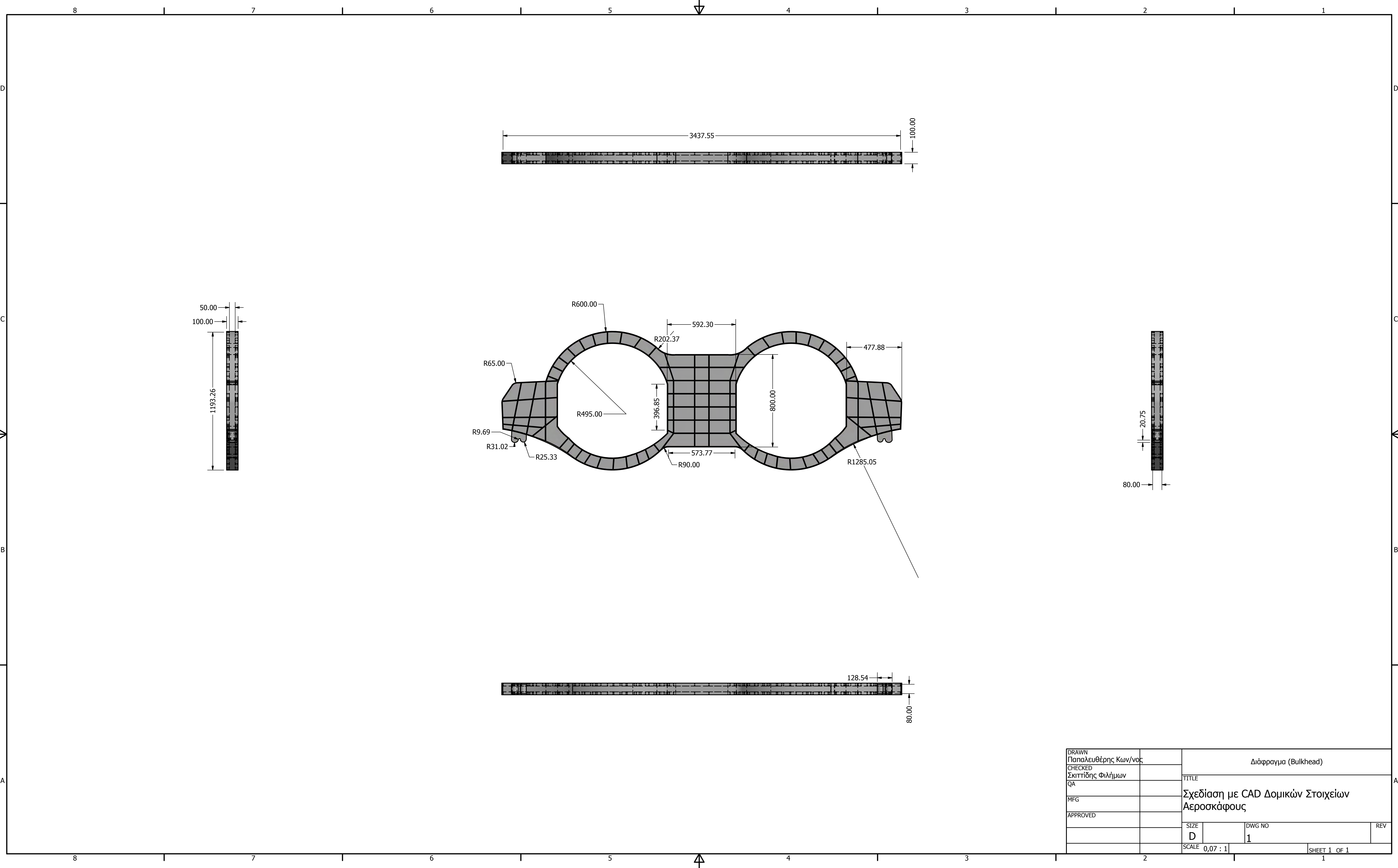
Μετά τον σχεδιασμό των εξαρτημάτων γίνεται η αναλυτική παρουσίασή τους από 55 Μηχανολογικά Σχέδια. Στα μηχανολογικά σχέδια αναφέρεται το κάθε εξάρτημα ξεχωριστά αλλά και συναρμολογημένα μεταξύ τους με όλες τις διαστάσεις τους.

Αρχικά παρουσιάζεται το κάθε νεύρο (Rib) ξεχωριστά. Πρώτα σε μορφή μηχανολογικού σχεδίου αλλά και στην συμπαγή μορφή του. Επίσης, παρουσιάζεται ολόκληρη η πτέρυγα με όλα τα νέυρα (Ribs). Στην συνέχεια, φαίνονται οι τρεις δοκοί (Spars) και τα δύο διαφορετικά είδη στηριγμάτων σε μηχανολογικά σχέδια και σε συμπαγή μορφή.

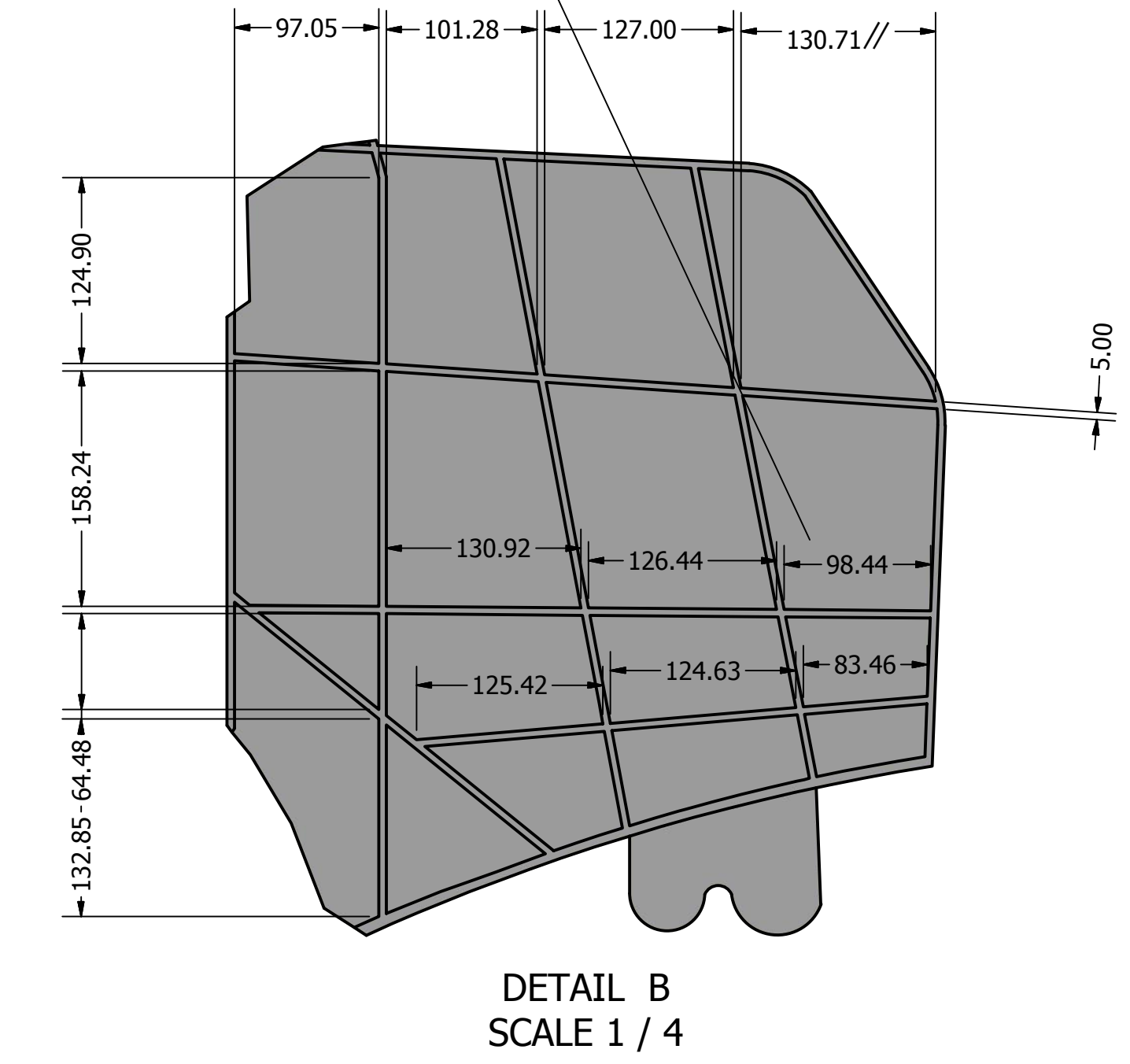
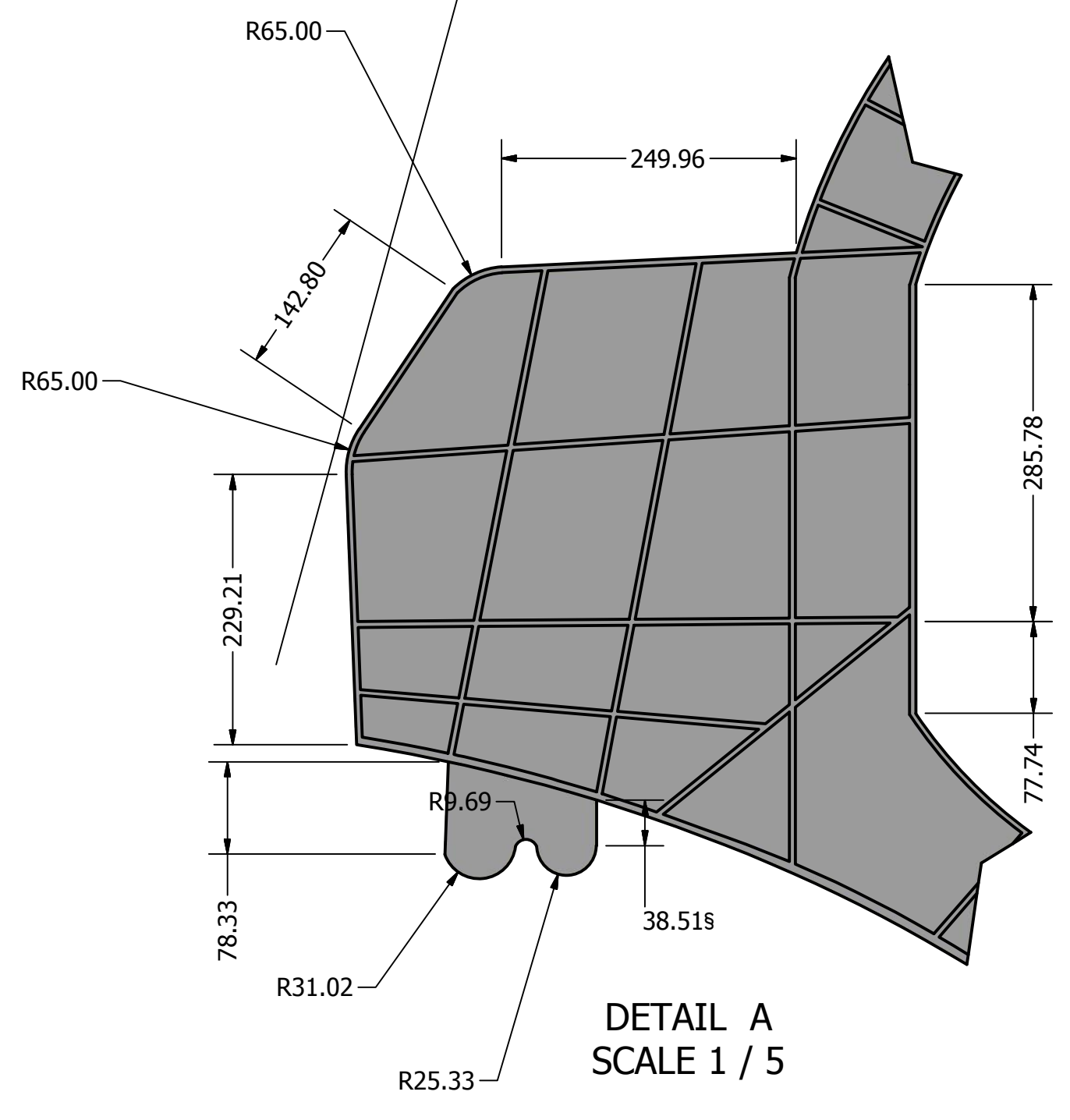
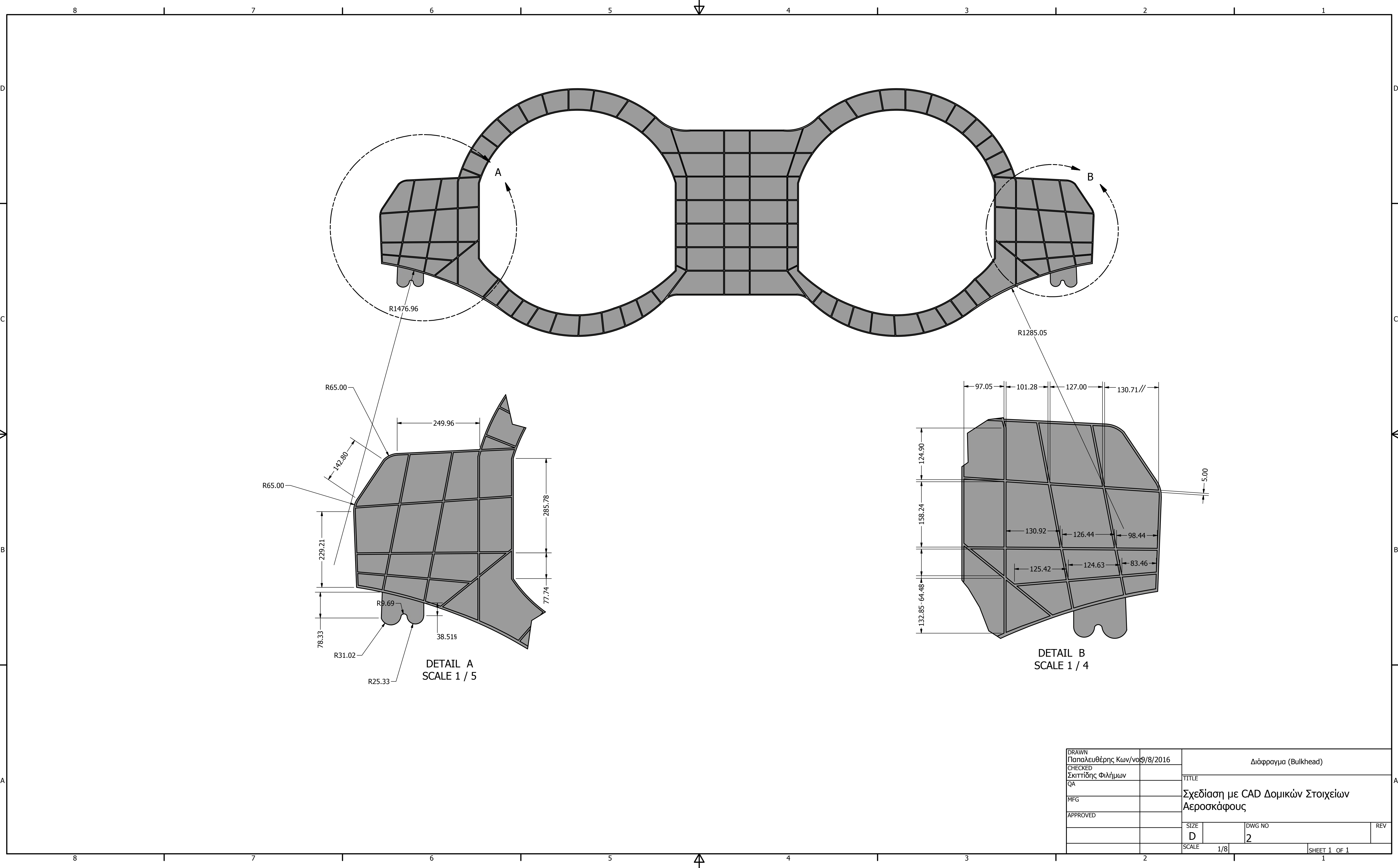
Στο τέλος παρουσιάζεται ολόκληρη η κατασκευή καθώς και λεπτομέρειες για την συνδεσμολογία της.

6 Βιβλιογραφία

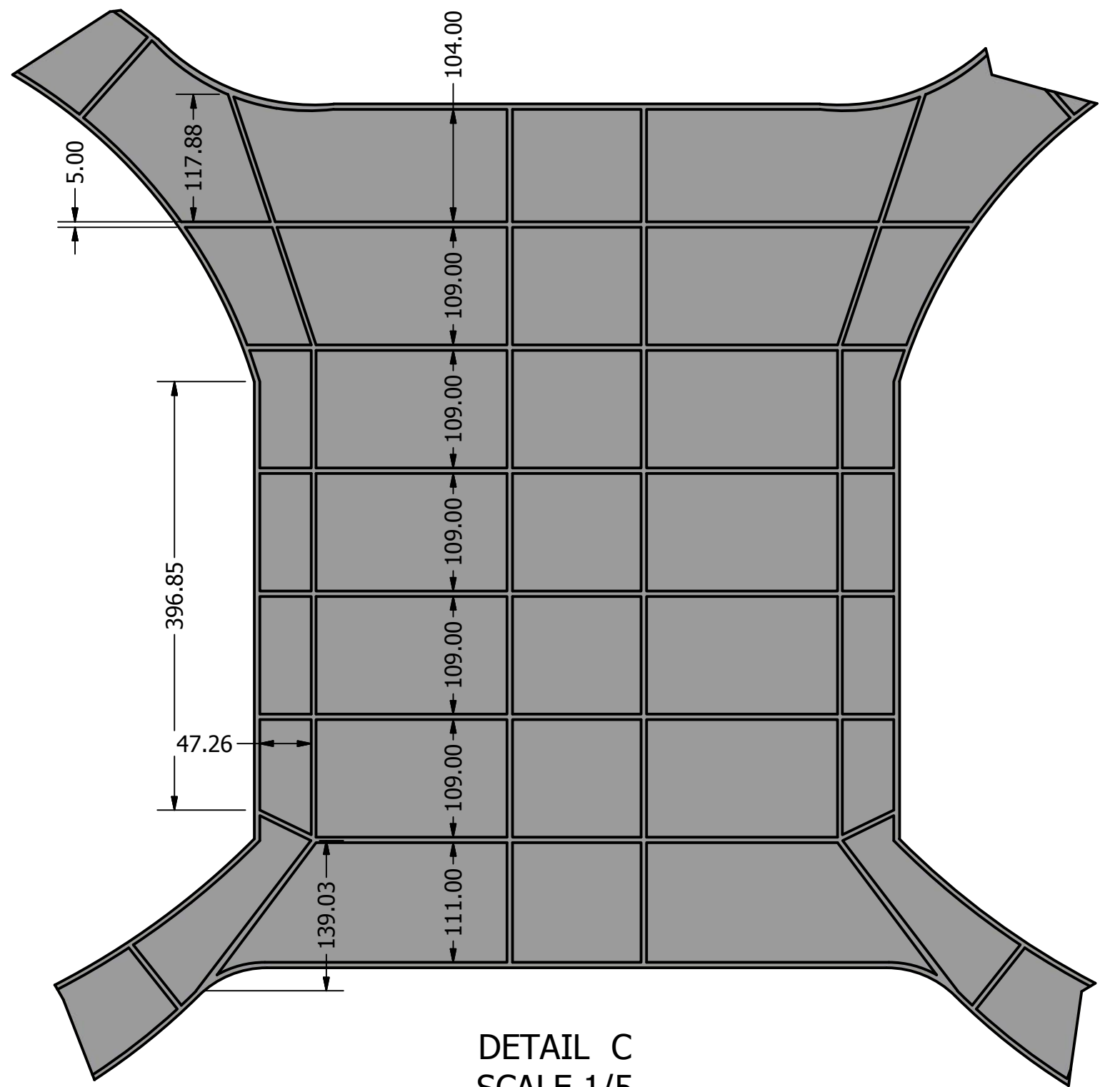
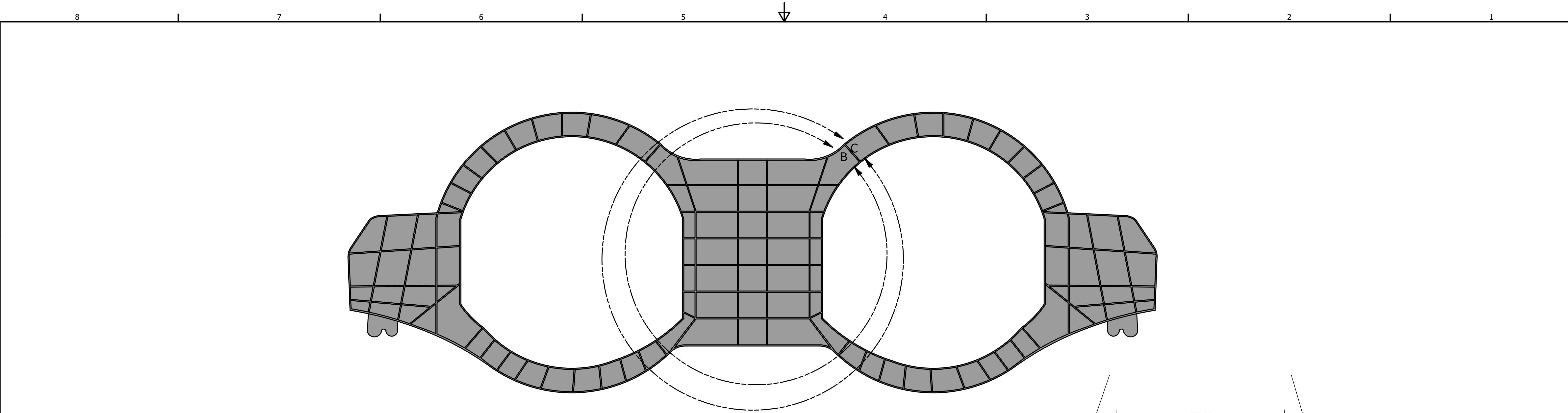
1. [Sadraey M., 2013], Sadraey Mohammad, *Wing Design*, Daniel Webster College, 2013
2. [Αμοιράλης Ε., 2004], Αμοιράλης Ελευθέριος, **Ανάπτυξη λογισμικού για διεπιδραστική σχεδίαση και μελέτη αεροτομών**, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2004.
<https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwjMo9SmnNTJAhVF2SwKHWN6CWEQFggnMAI&url=http%3A%2F%2Fdias.library.tuc.gr%2Fview%2Fmanf%2F24574&usq=AFQjCNFmea4LmJ3PIXPhf0Wz45adgjP5g&bvm=bv.109395566,d.bGg&cad=rja>
3. [Mary McMahon, 2015], <http://www.wisegeek.com/what-is-a-wingbox.htm>
4. <http://airfoiltools.com>
5. <https://3dprint.com>
6. <http://www.ibaset.com/>



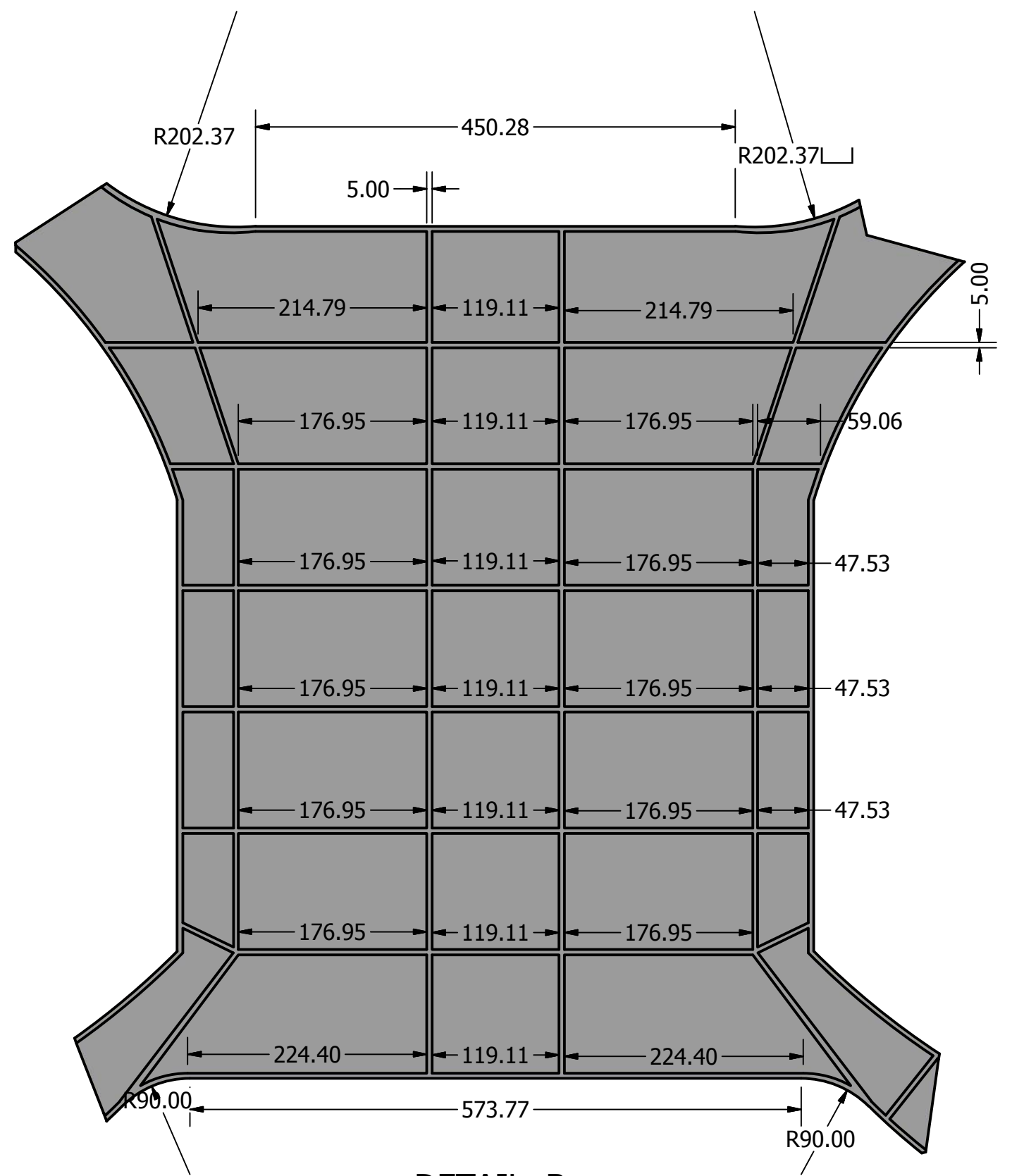
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Διάφραγμα (Bulkhead)		
CHECKED		TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	1	
		SCALE	SHEET 1 OF 1	
		0,07 : 1		



DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος/9/8/2016	Διάφραγμα (Bulkhead)		
CHECKED Σκιτπίδης Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 2	REV
MFG	SCALE 1/8	SHEET 1 OF 1	
APPROVED			

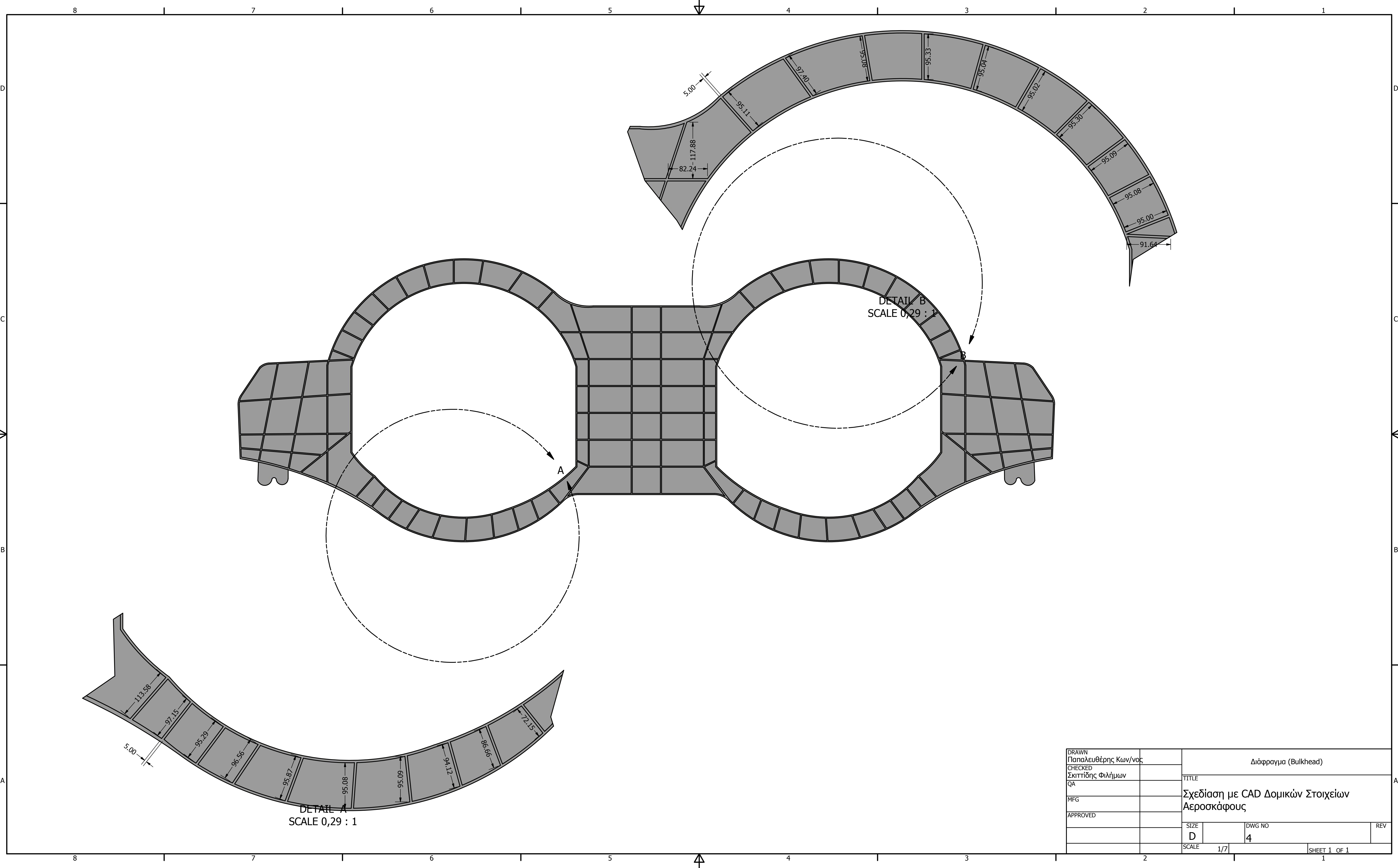


DETAIL C
SCALE 1/5



DETAIL B
SCALE 1 / 5

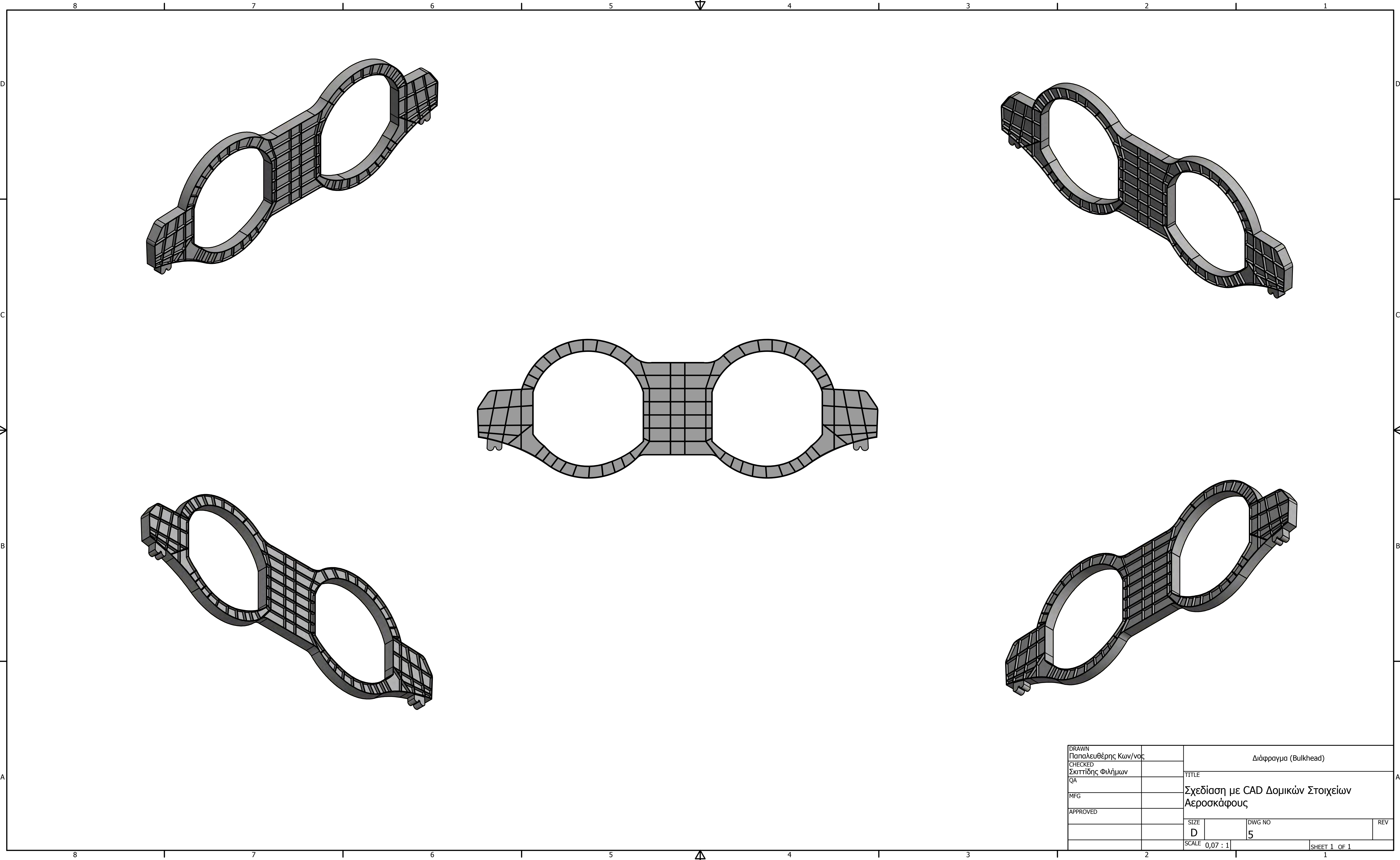
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Διάφραγμα (Bulkhead)		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 3	REV
MFG	SCALE 1/8	SHEET 1 OF 1	
APPROVED			



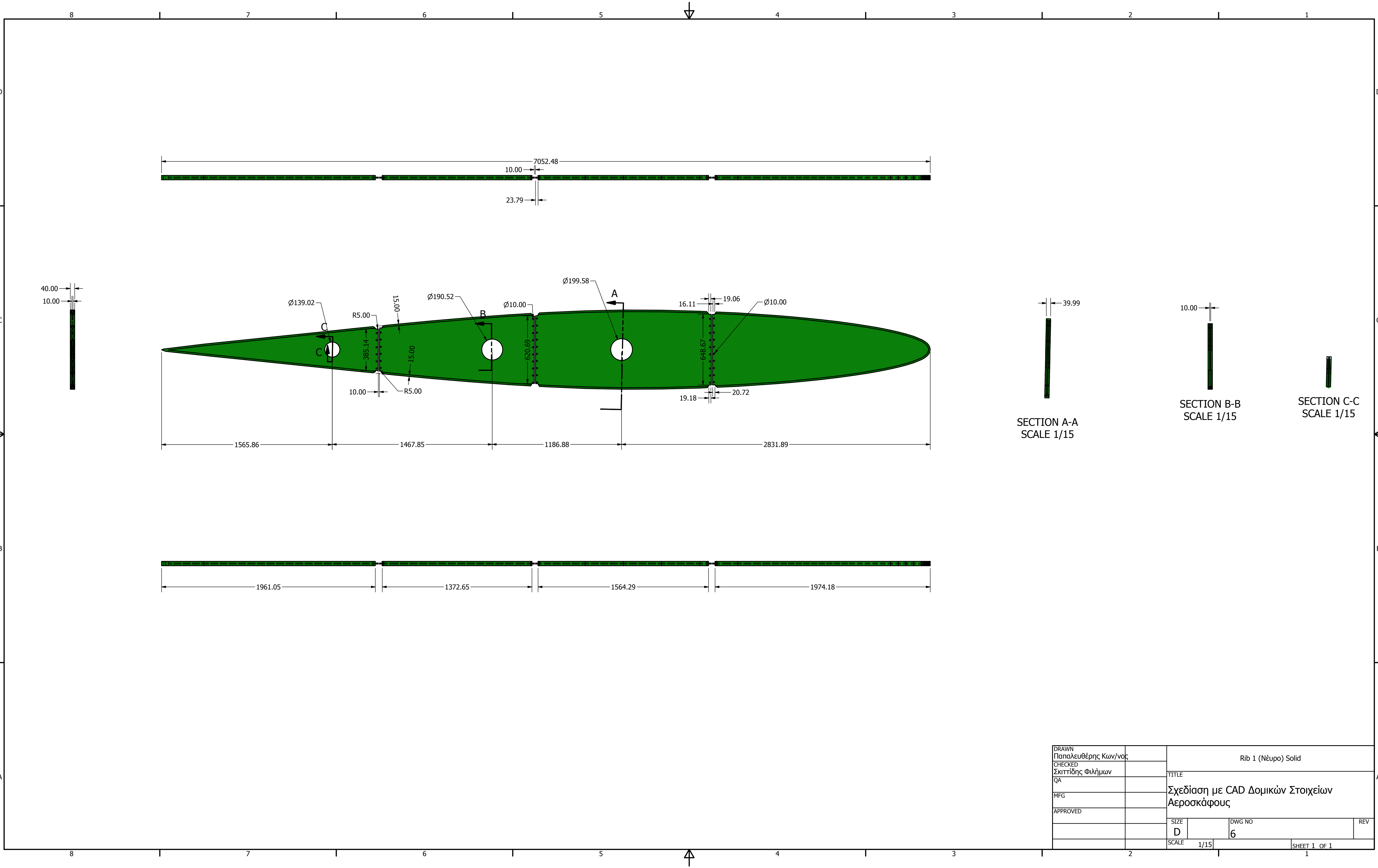
DETAIL B
SCALE 0,29 : 1

DETAIL A
SCALE 0,29 : 1

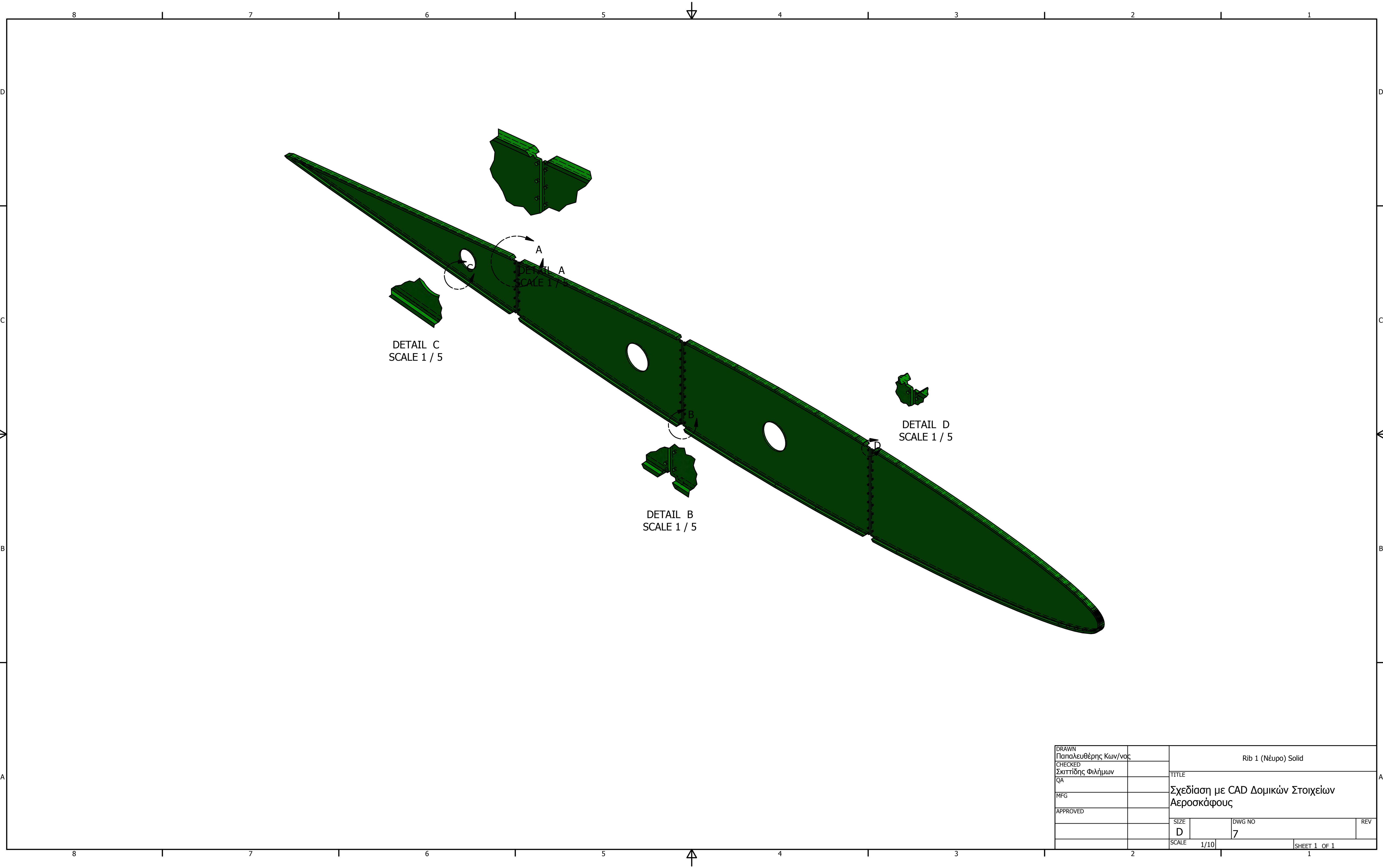
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Διάφραγμα (Bulkhead)		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG	Αεροσκάφους		
APPROVED	SIZE D	DWG NO 4	REV
	SCALE 1/7	SHEET 1 OF 1	



DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Διάφραγμα (Bulkhead)		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG	Αεροσκάφους		
APPROVED	SIZE D	DWG NO 5	REV
SCALE 0,07 : 1		SHEET 1 OF 1	



DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Rib 1 (Νέυρο) Solid		
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	6	
		SCALE	1/15	SHEET 1 OF 1



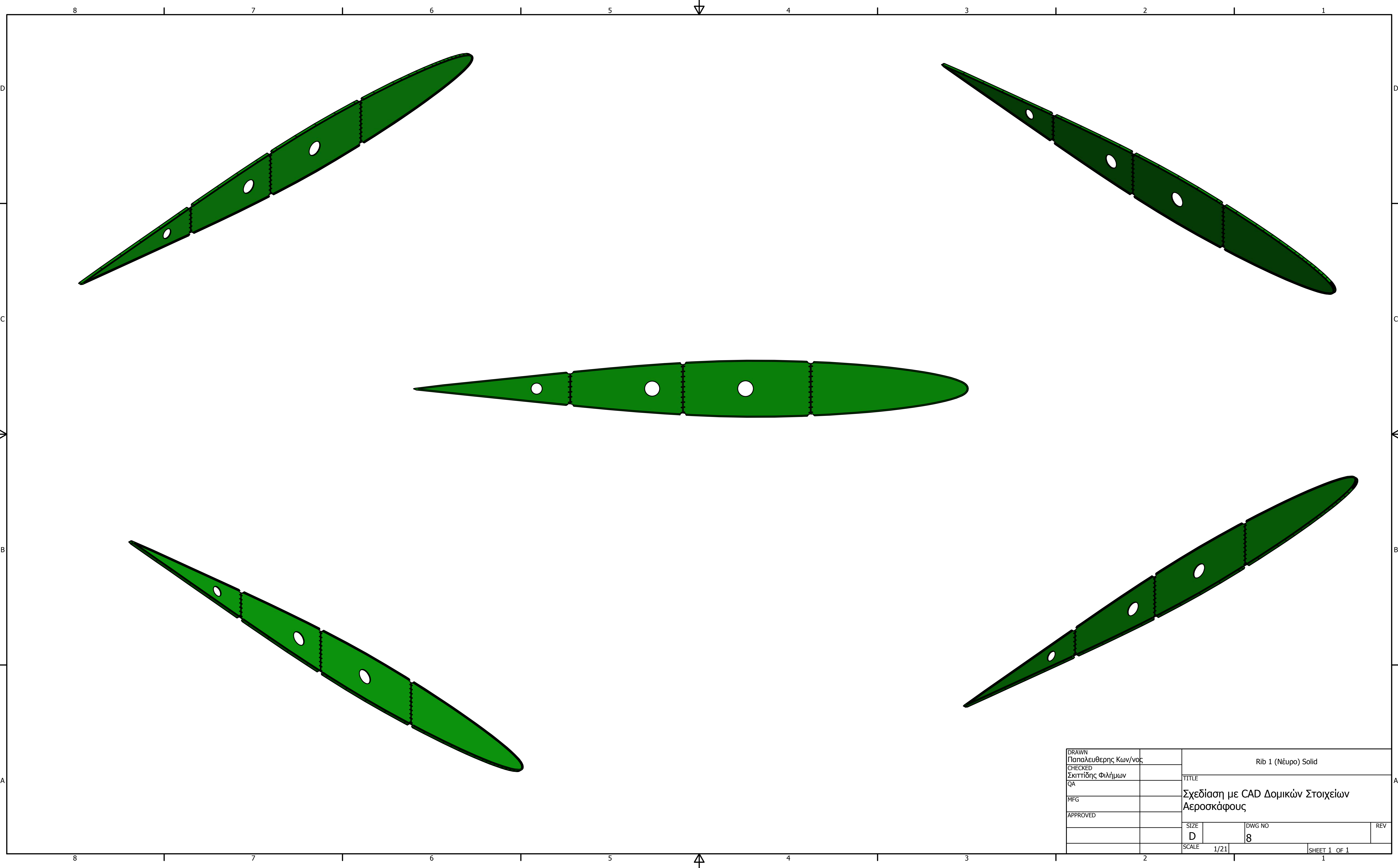
DETAIL C
SCALE 1 / 5

DETAIL A
SCALE 1 / 5

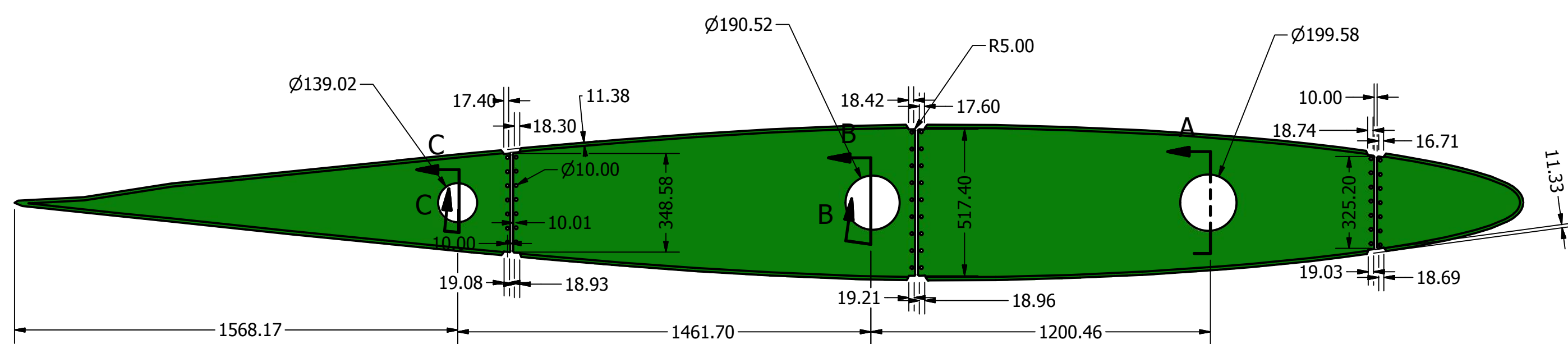
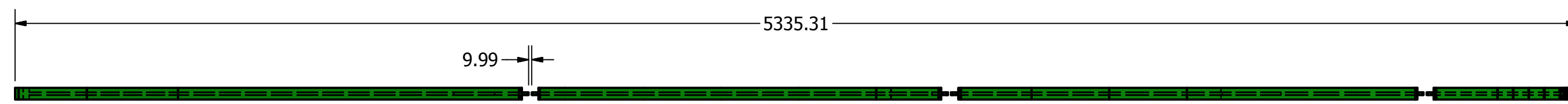
DETAIL B
SCALE 1 / 5

DETAIL D
SCALE 1 / 5

DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Rib 1 (Νέυρο) Solid		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 7	REV
MFG	SCALE 1/10	SHEET 1 OF 1	
APPROVED			



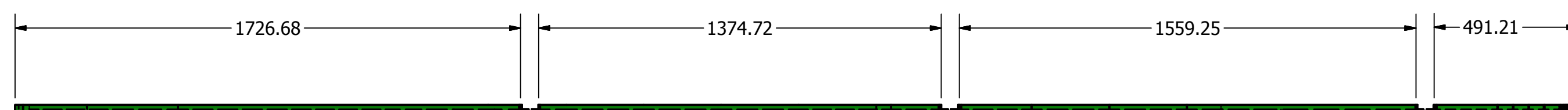
DRAWN	Παπαλευθνης Κων/νος	Rib 1 (Νέυρο) Solid		
CHECKED	Σκιπτιδης Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	8	
		SCALE	1/21	SHEET 1 OF 1



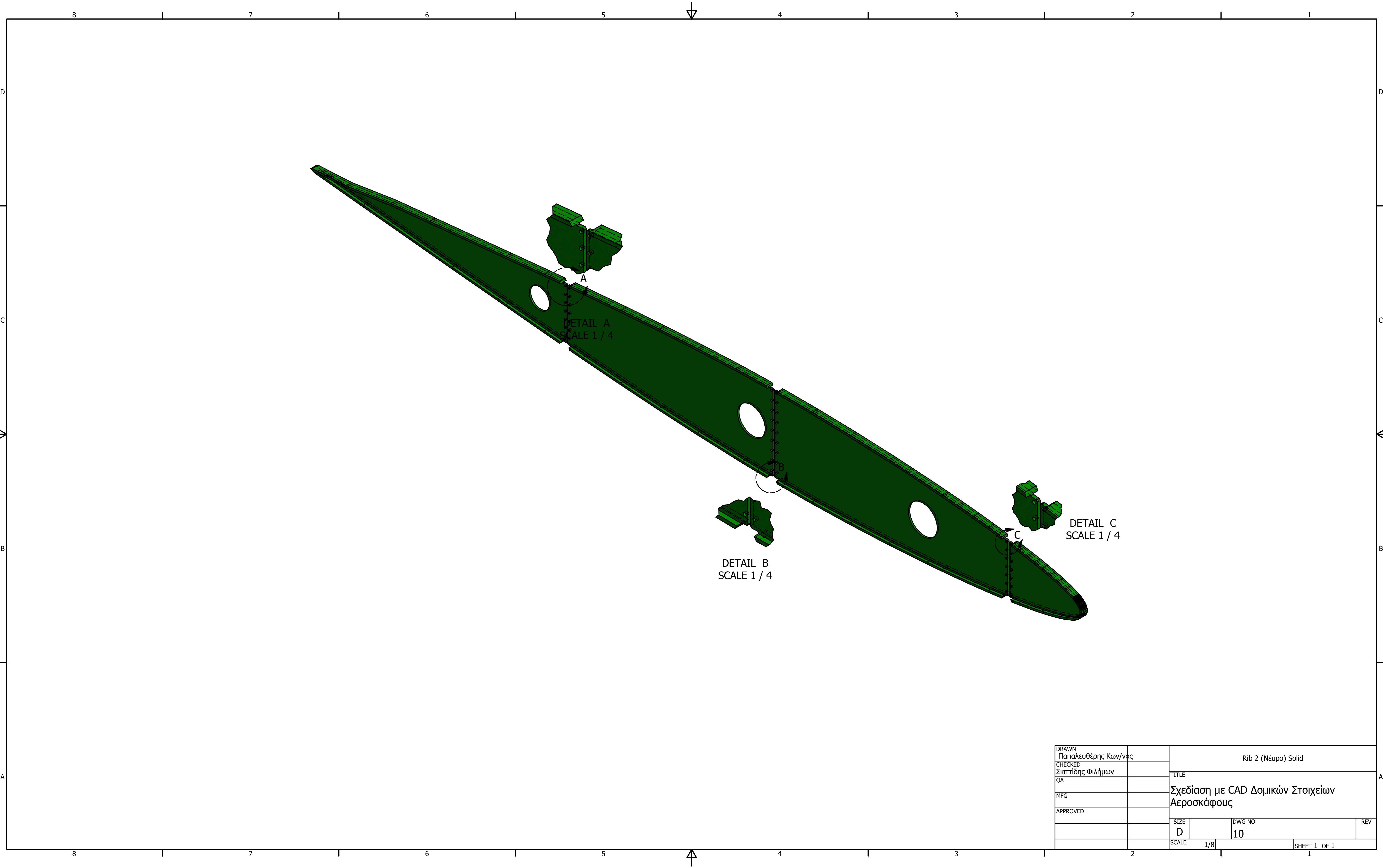
SECTION A-A
SCALE 1/15

SECTION B-B
SCALE 1/15

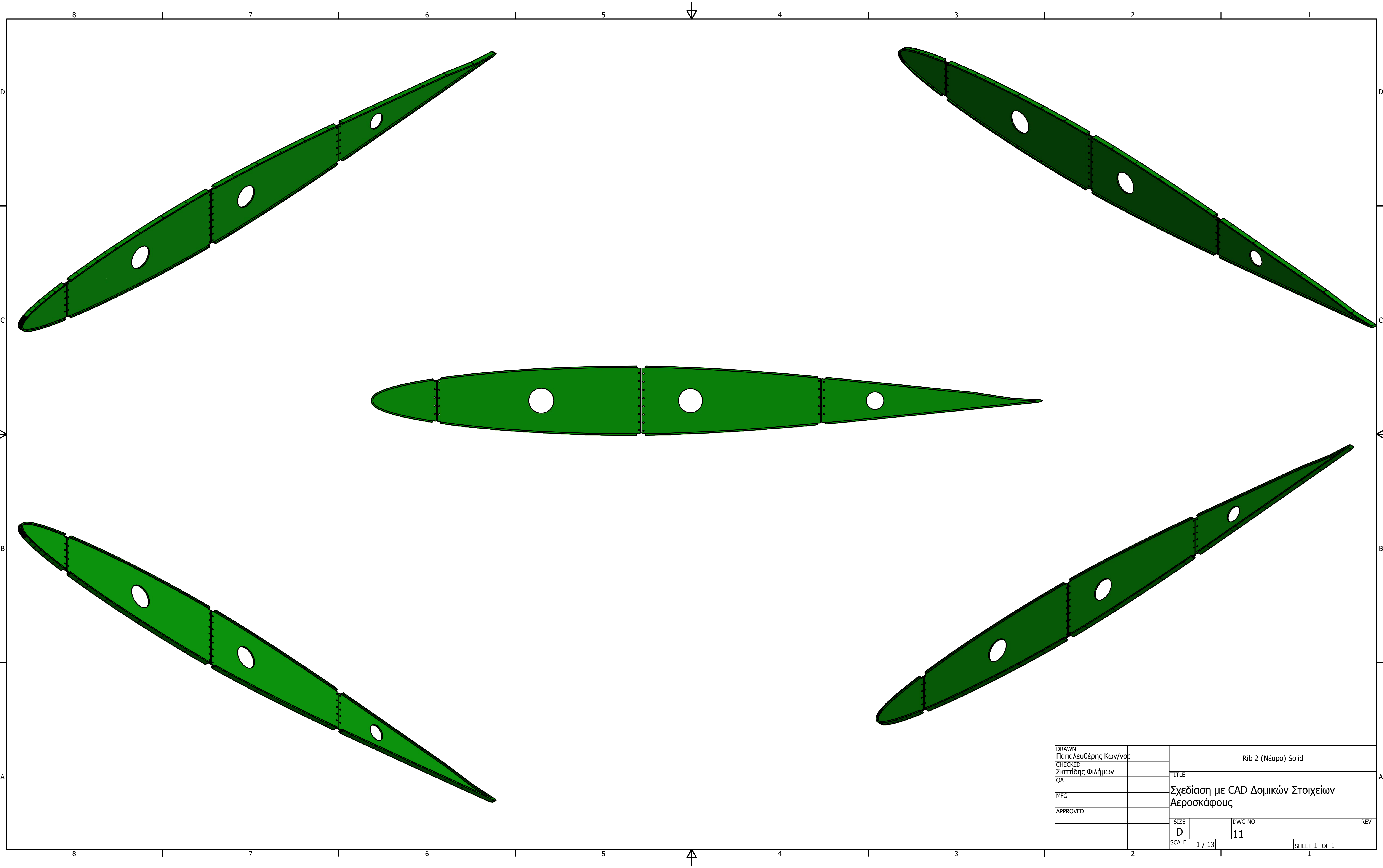
SECTION C-C
SCALE 1/15



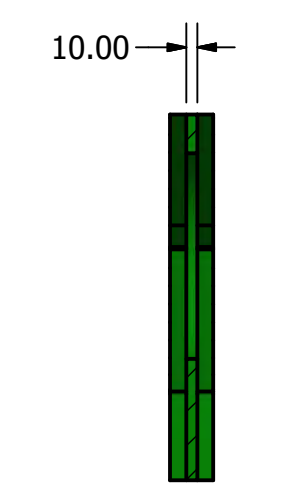
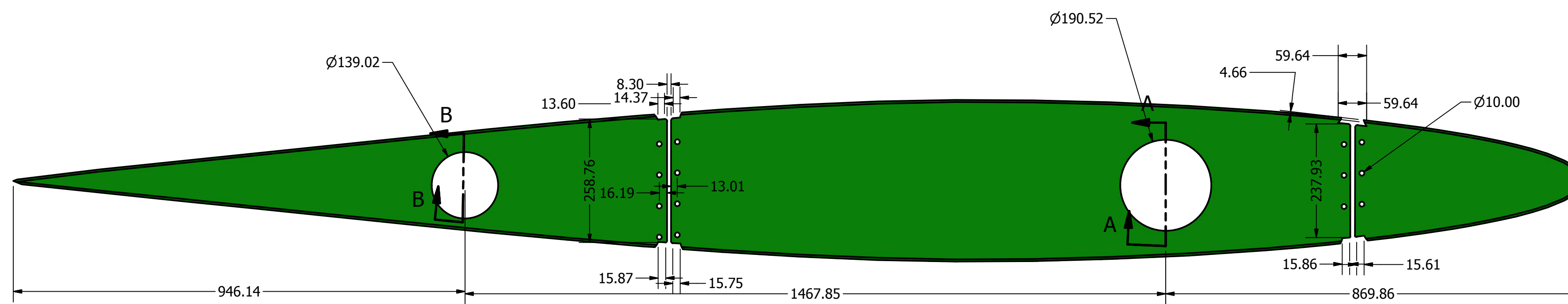
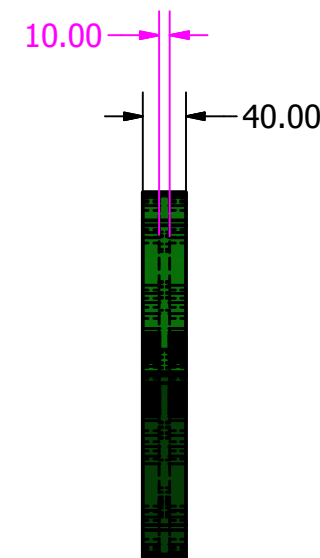
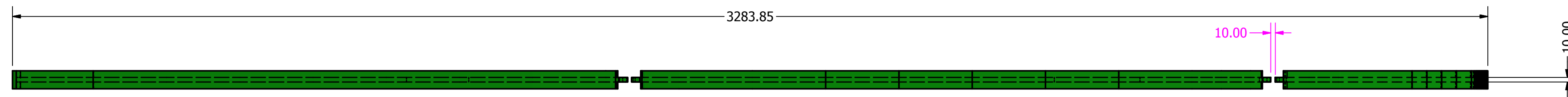
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Rib 2 (Νέυρο) Solid		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 9	REV
MFG	SCALE 1/15	SHEET 1 OF 1	
APPROVED			



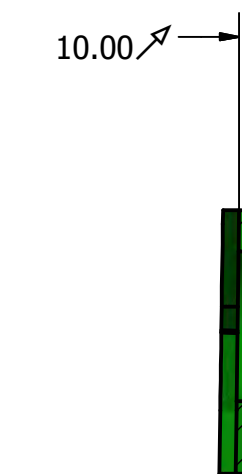
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νός	Rib 2 (Νέυρο) Solid		
CHECKED	Σκιπτιδής Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	10	
		SCALE	1/8	SHEET 1 OF 1



DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Rib 2 (Νέυρο) Solid		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 11	REV
MFG	SCALE 1 / 13		SHEET 1 OF 1
APPROVED			



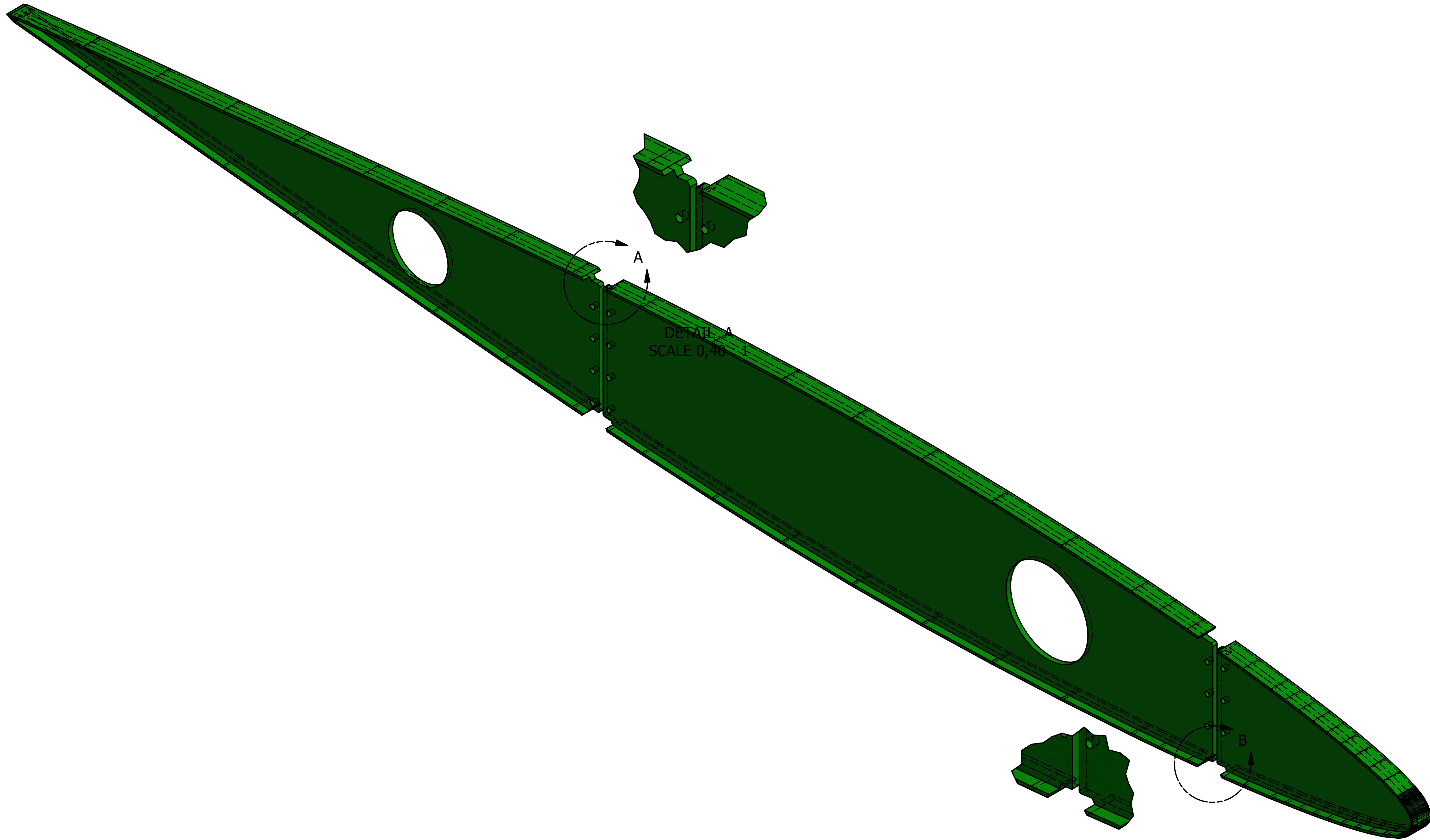
SECTION A-A
SCALE 1/7



SECTION B-B
SCALE 1/7



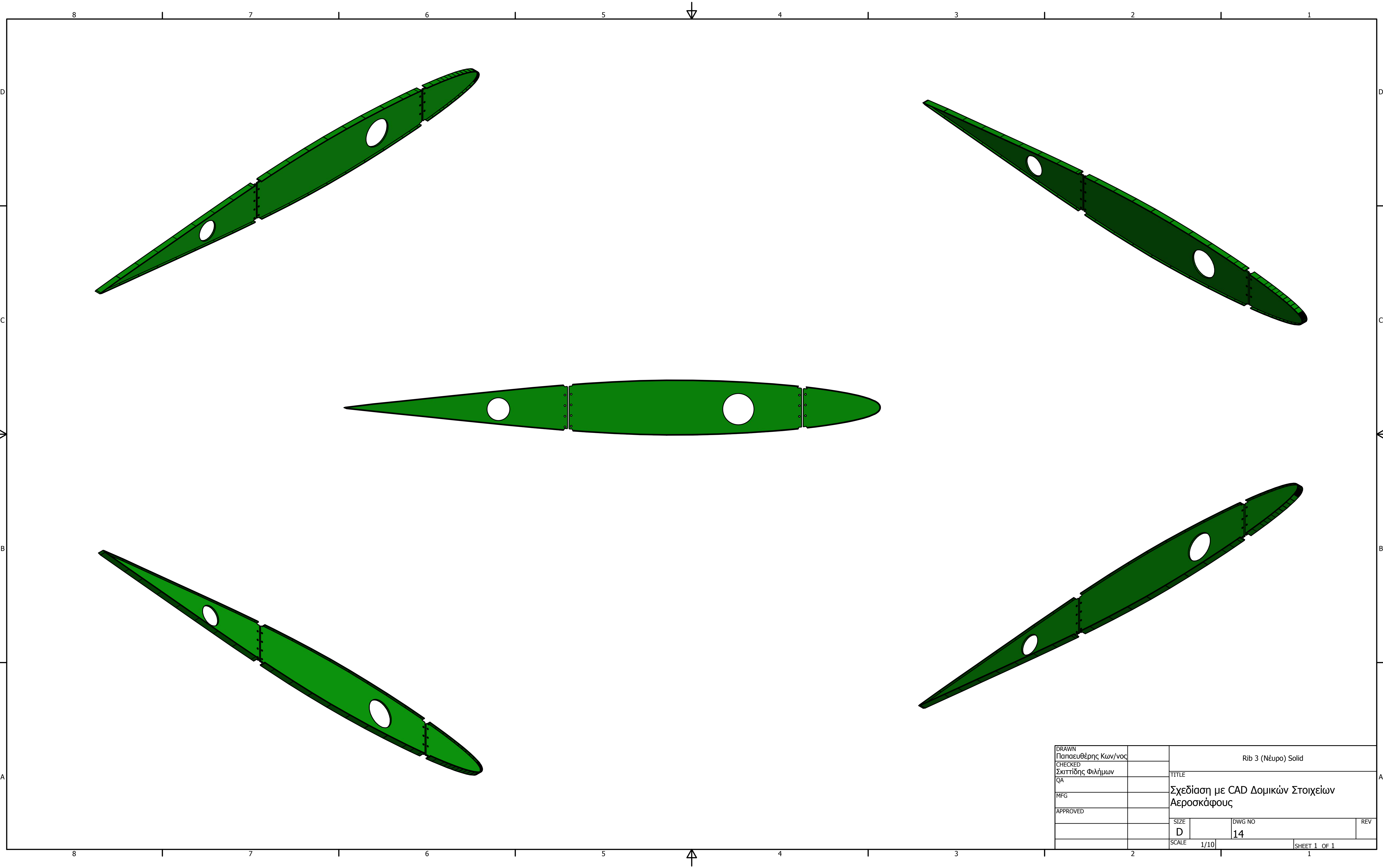
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Rib 3 (Νέυρο) Solid		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 12	REV
MFG	SCALE 1/7	SHEET 1 OF 1	
APPROVED			



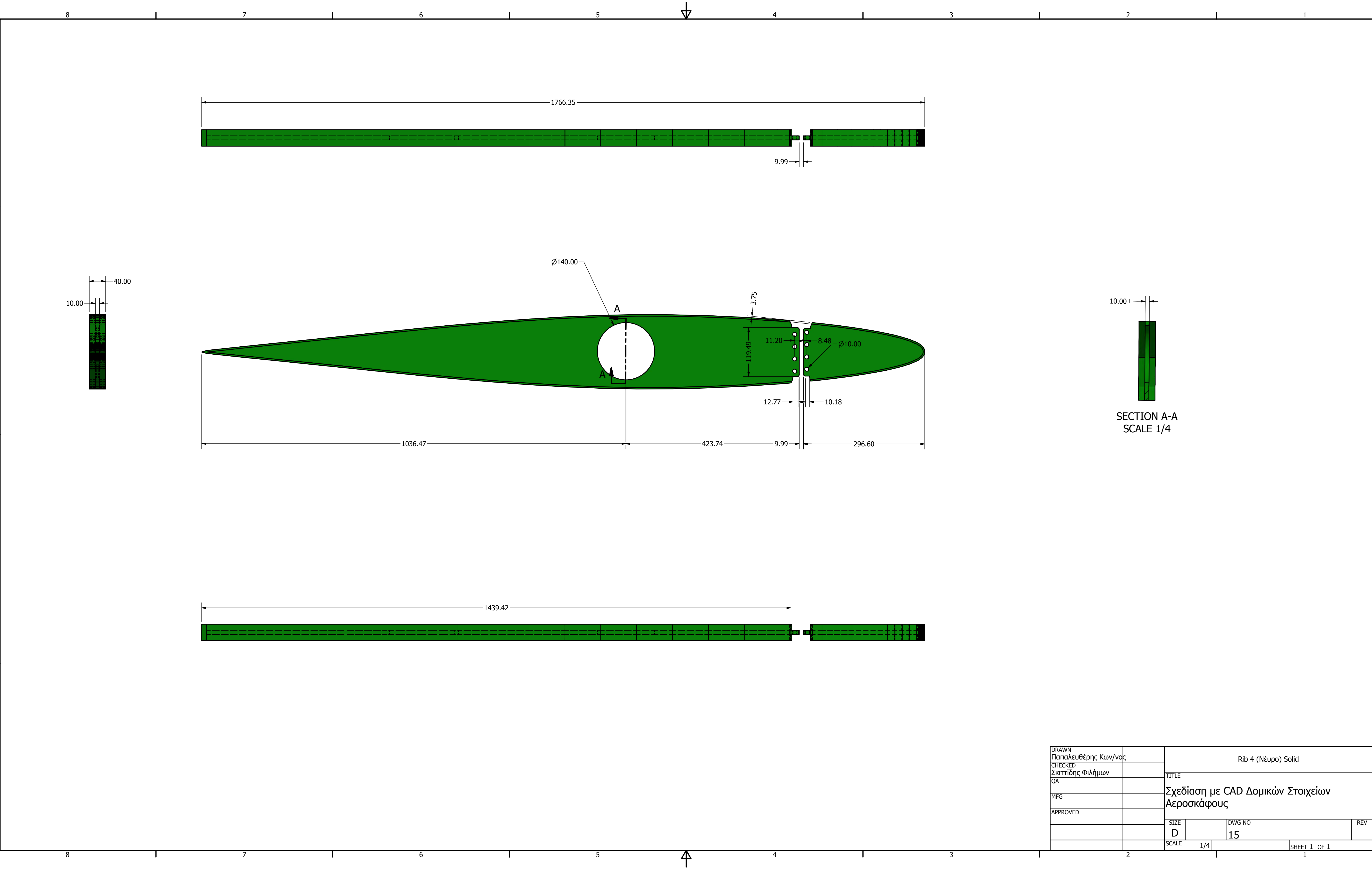
DETAIL A
SCALE 0,40 : 1

DETAIL B
SCALE 0,40 : 1

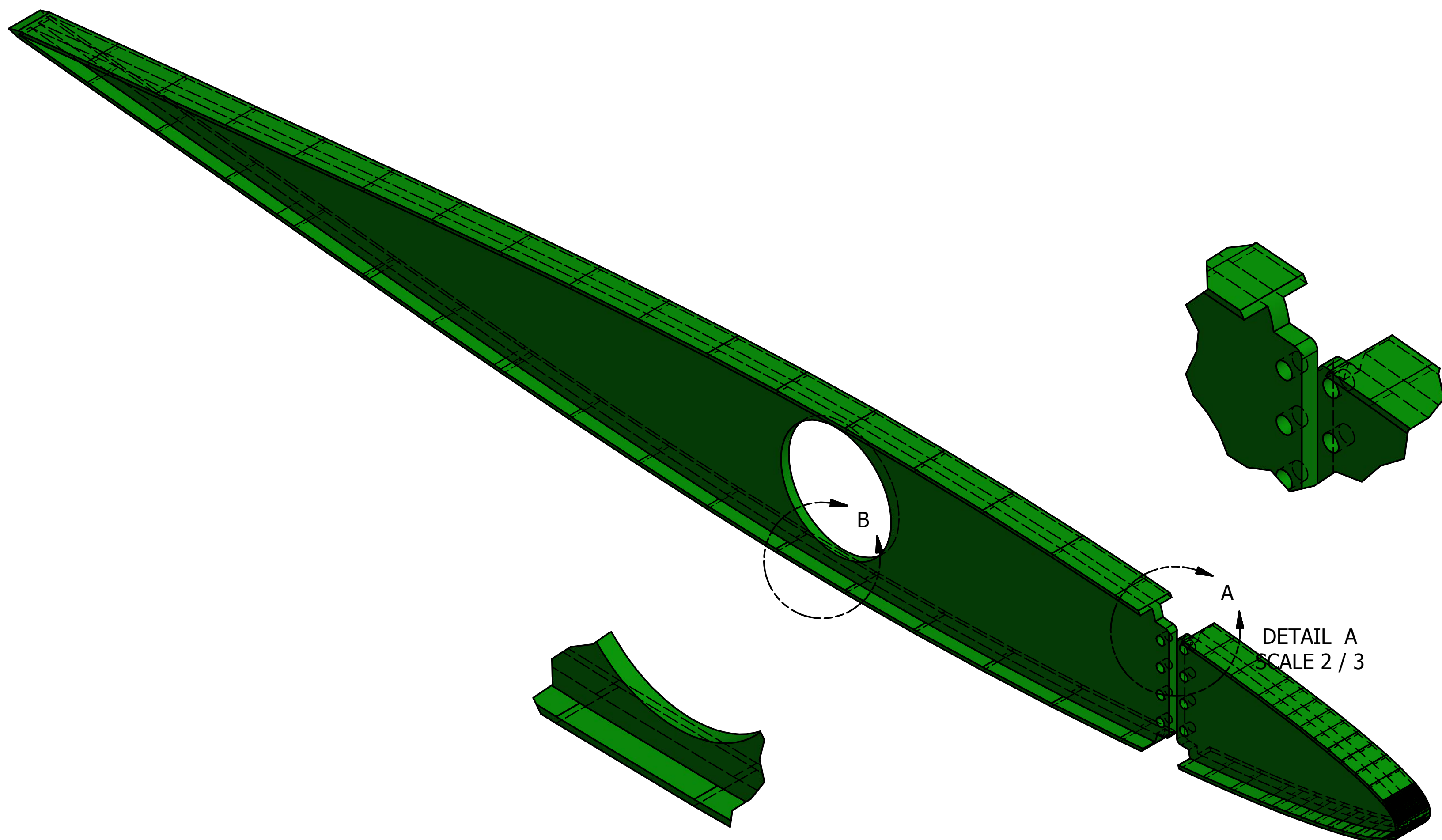
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Rib 3 (Νέυρο) Solid		
CHECKED Σκιττίδης Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 13	REV
MFG	SCALE 1/4	SHEET 1 OF 1	
APPROVED			



DRAWN	Παπαευθέρης Κων/νος	Rib 3 (Νέυρο) Solid		
CHECKED	Σκιτπίδης Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	14	
		SCALE	1/10	
			SHEET 1 OF 1	



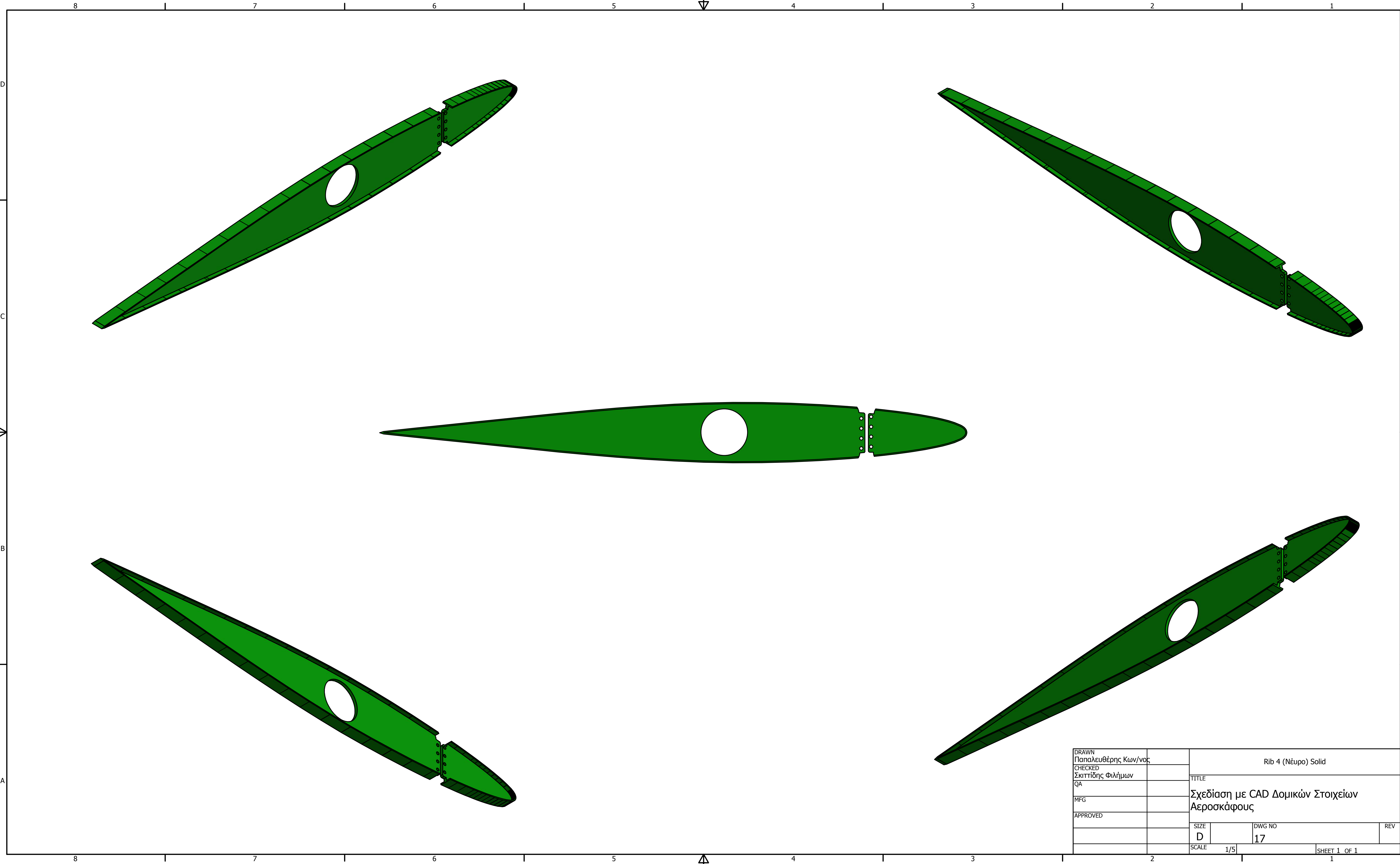
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Rib 4 (Νέυρο) Solid		
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	15	
		SCALE	1/4	SHEET 1 OF 1



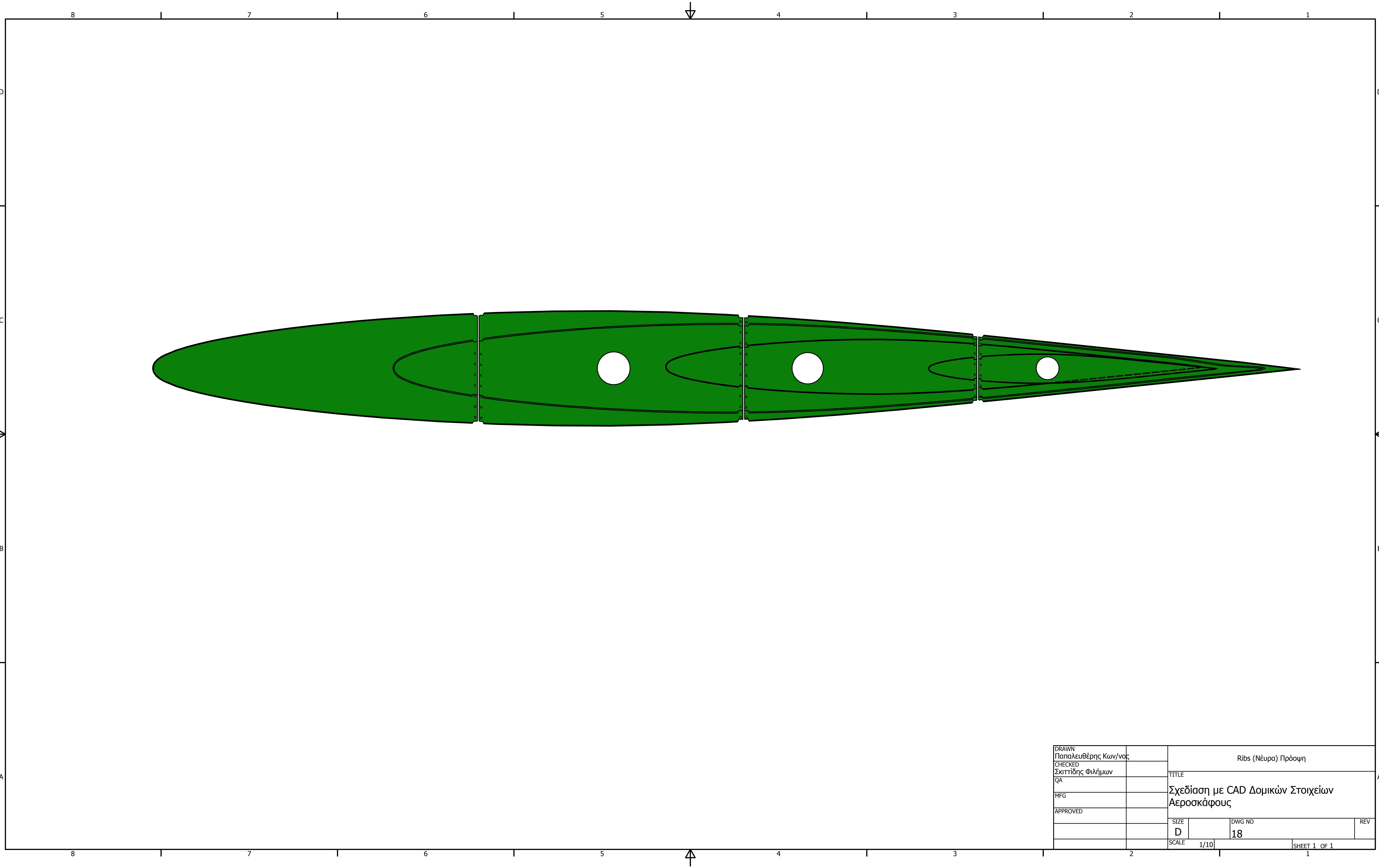
DETAIL B
SCALE 2 / 3

DETAIL A
SCALE 2 / 3

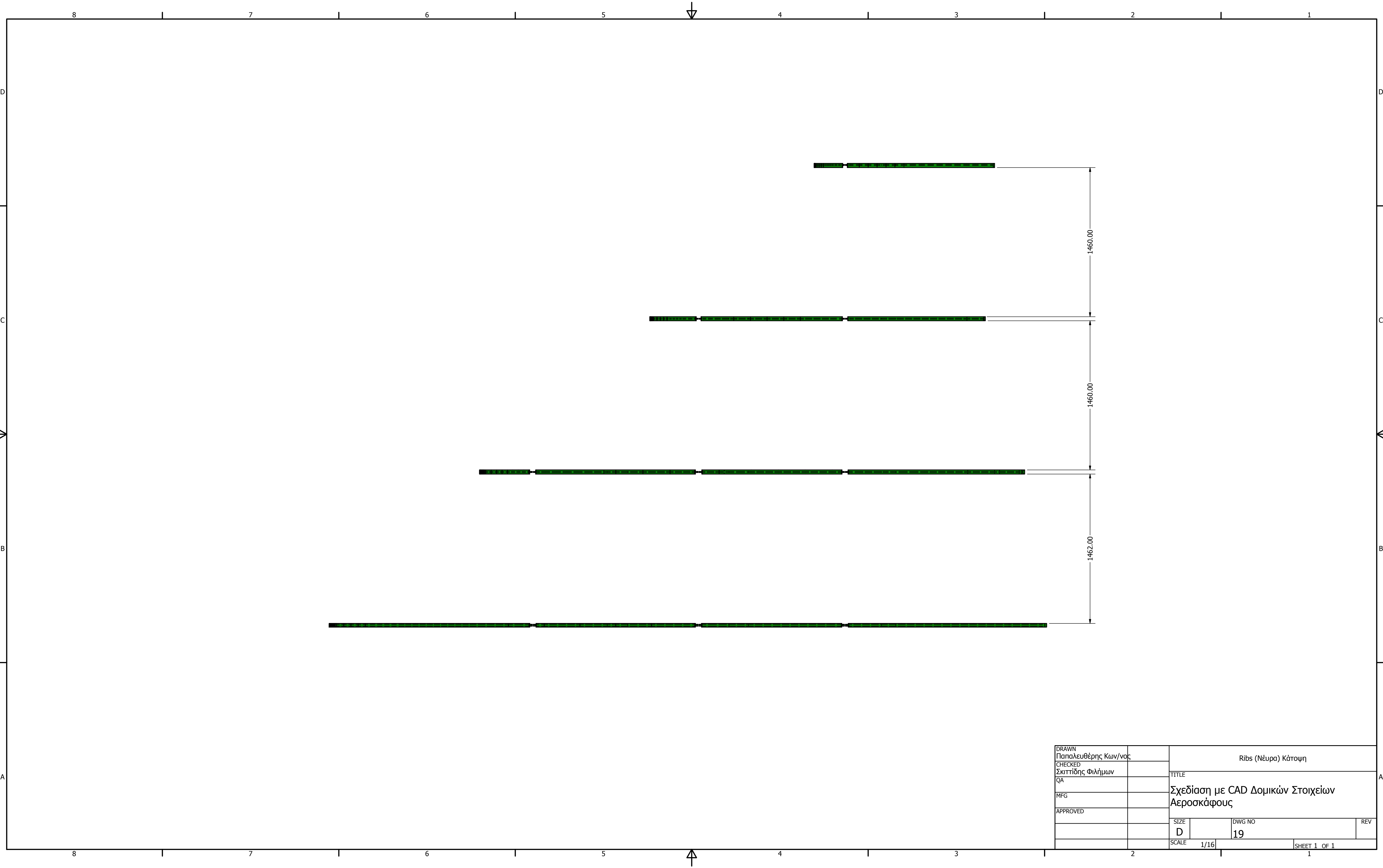
DRAWN Παπαλευθνης Κων/νος	Rib 4 (Νέυρο) Solid		
CHECKED Σκιπτιδης Φιλήμων	TITLE		
QA	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG	Αεροσκάφους		
APPROVED	SIZE D	DWG NO 16	REV
	SCALE 1/3	SHEET 1 OF 1	



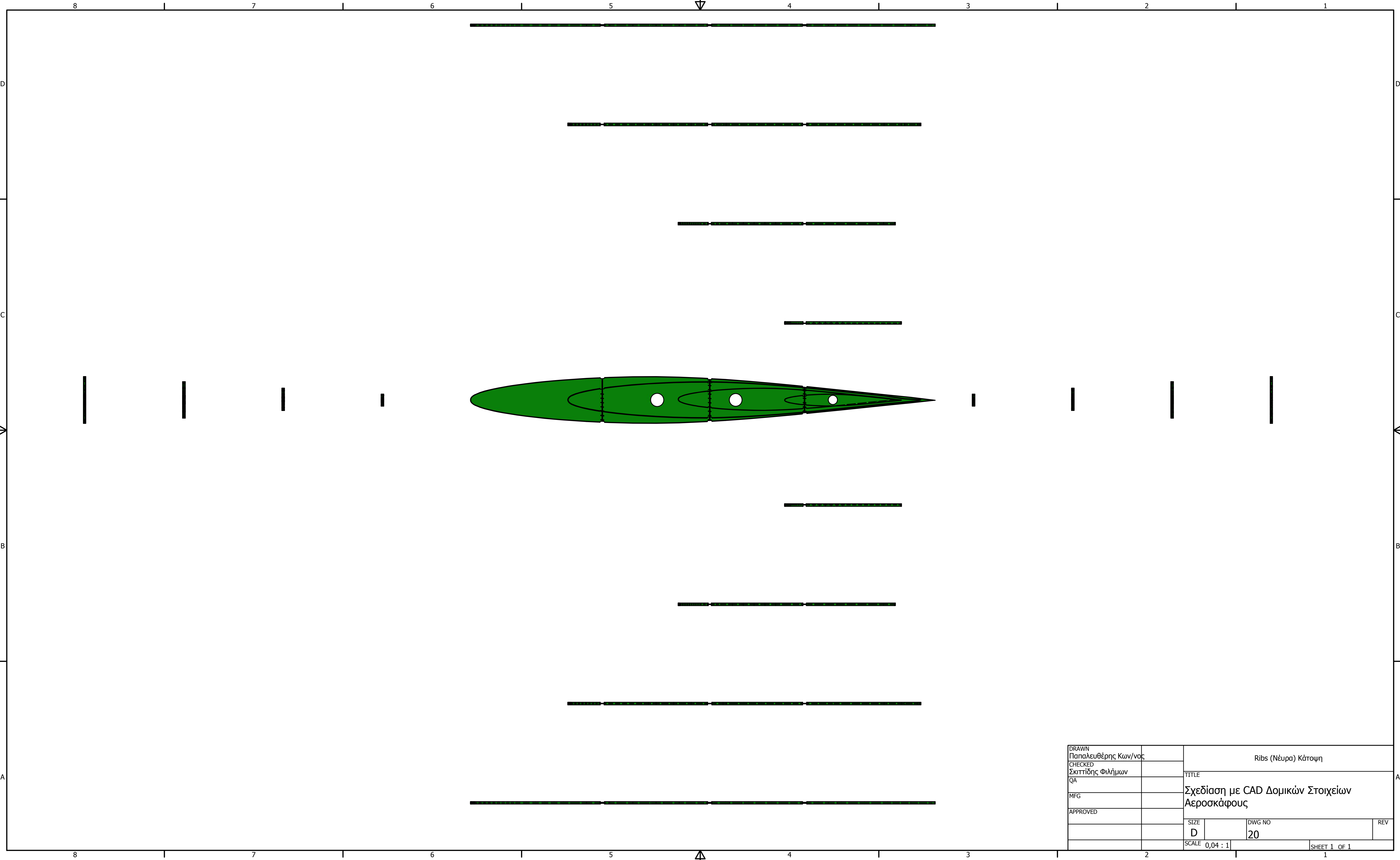
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Rib 4 (Νέυρο) Solid		
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	17	
		SCALE	1/5	SHEET 1 OF 1



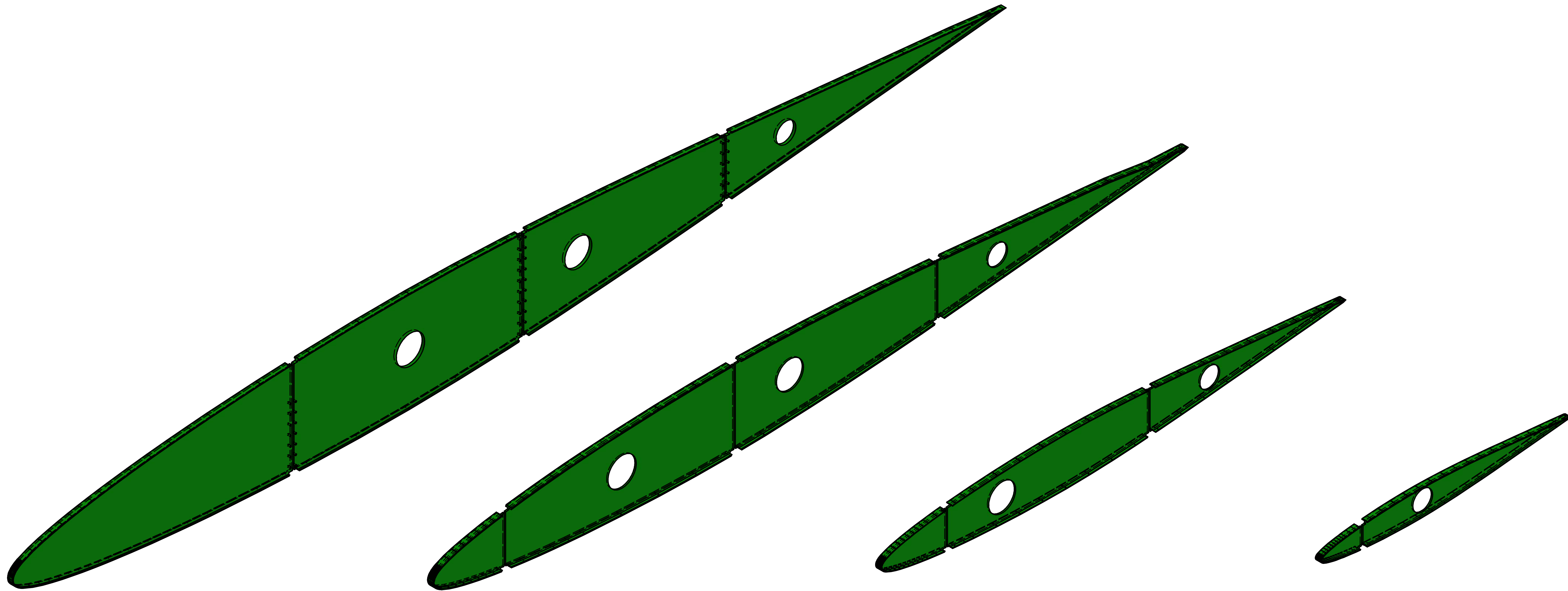
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Ribs (Νέυρα) Πρόσψη		
CHECKED Σκιπτιδης Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 18	REV
MFG	SCALE 1/10		SHEET 1 OF 1
APPROVED			



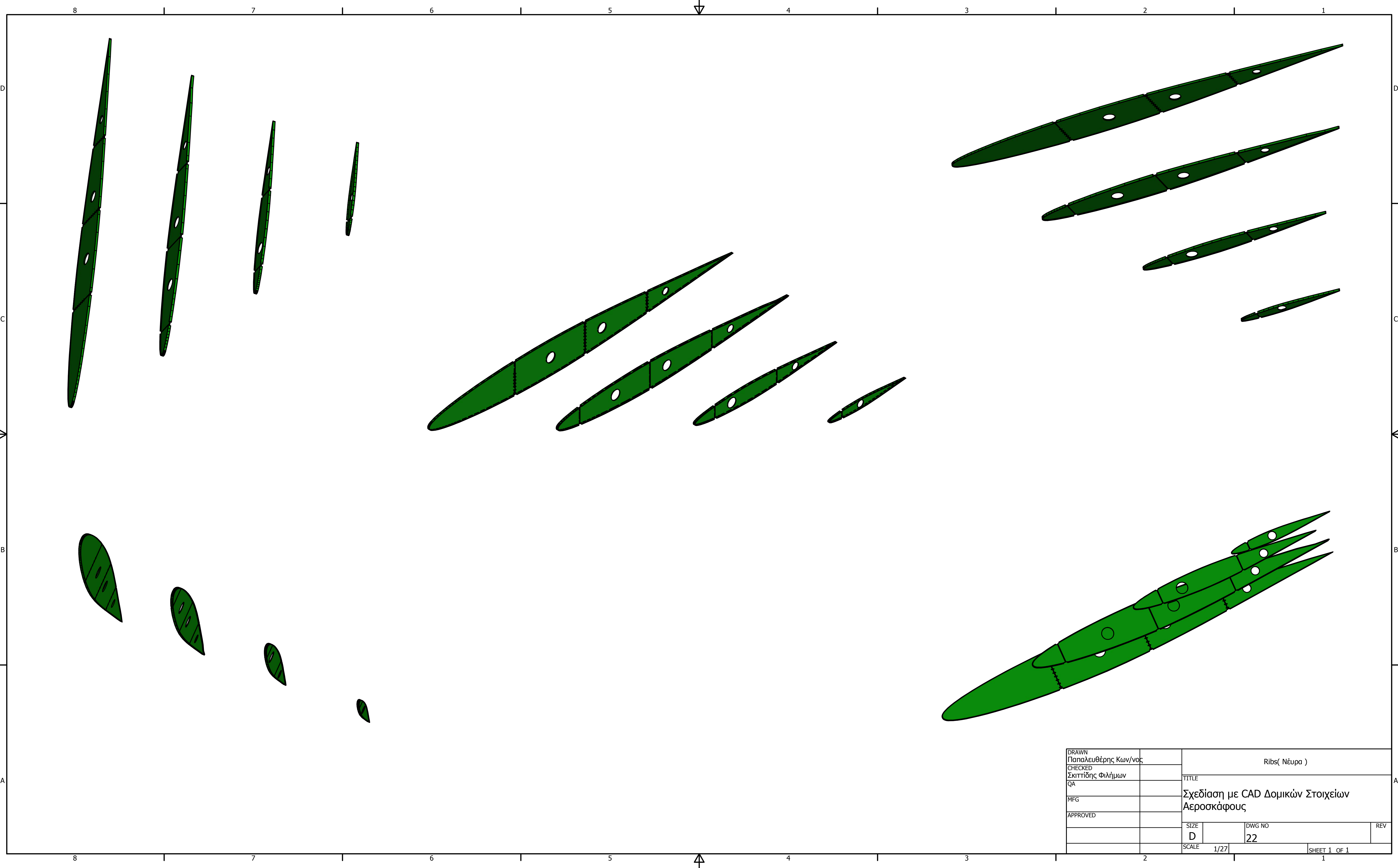
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Ribs (Νέυρα) Κάτοψη		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 19	REV
MFG	SCALE 1/16	SHEET 1 OF 1	
APPROVED			



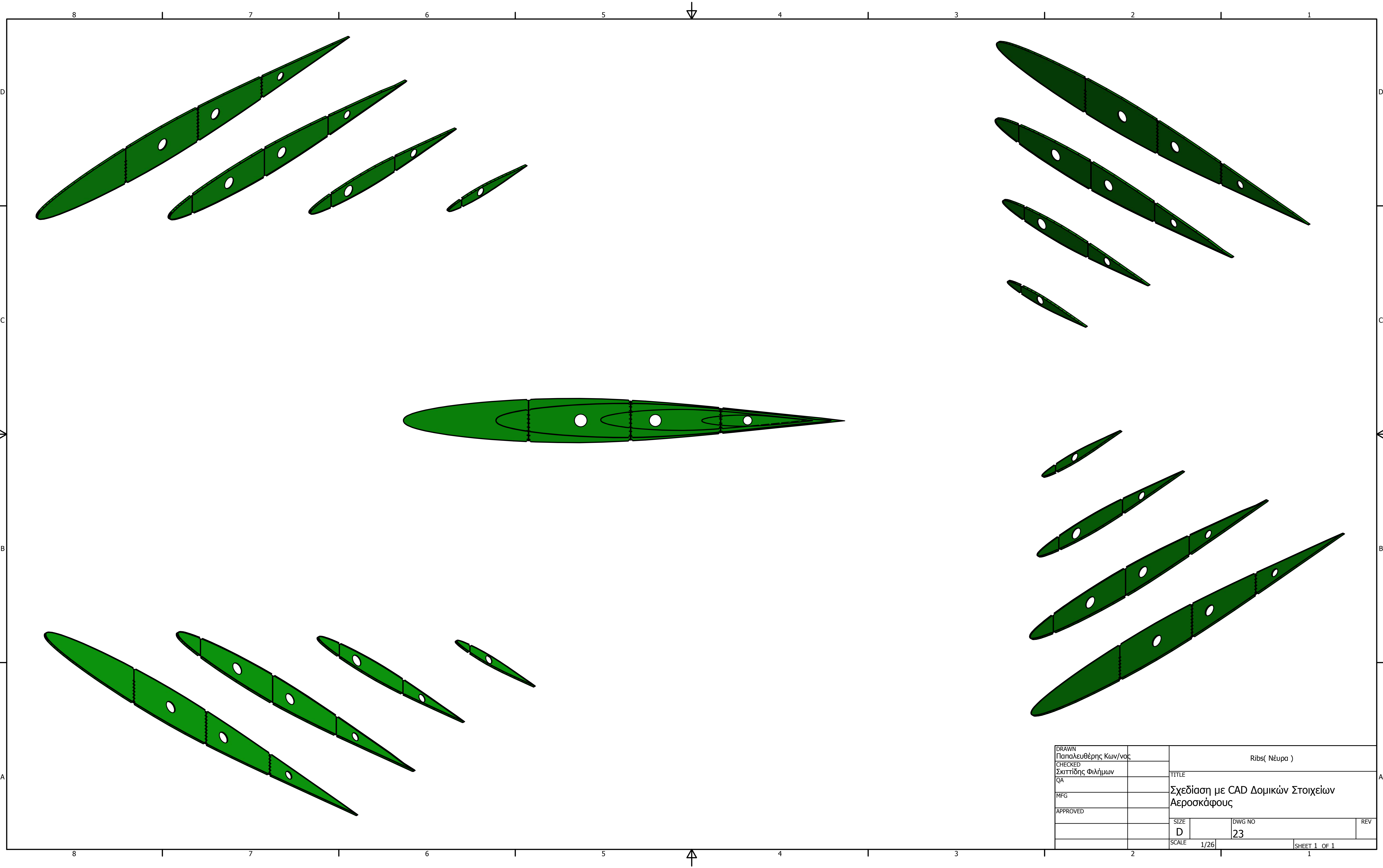
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Ribs (Νέυρα) Κάτοψη		
CHECKED	Σκιτπίδης Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	20	
SCALE 0,04 : 1		SHEET 1 OF 1		



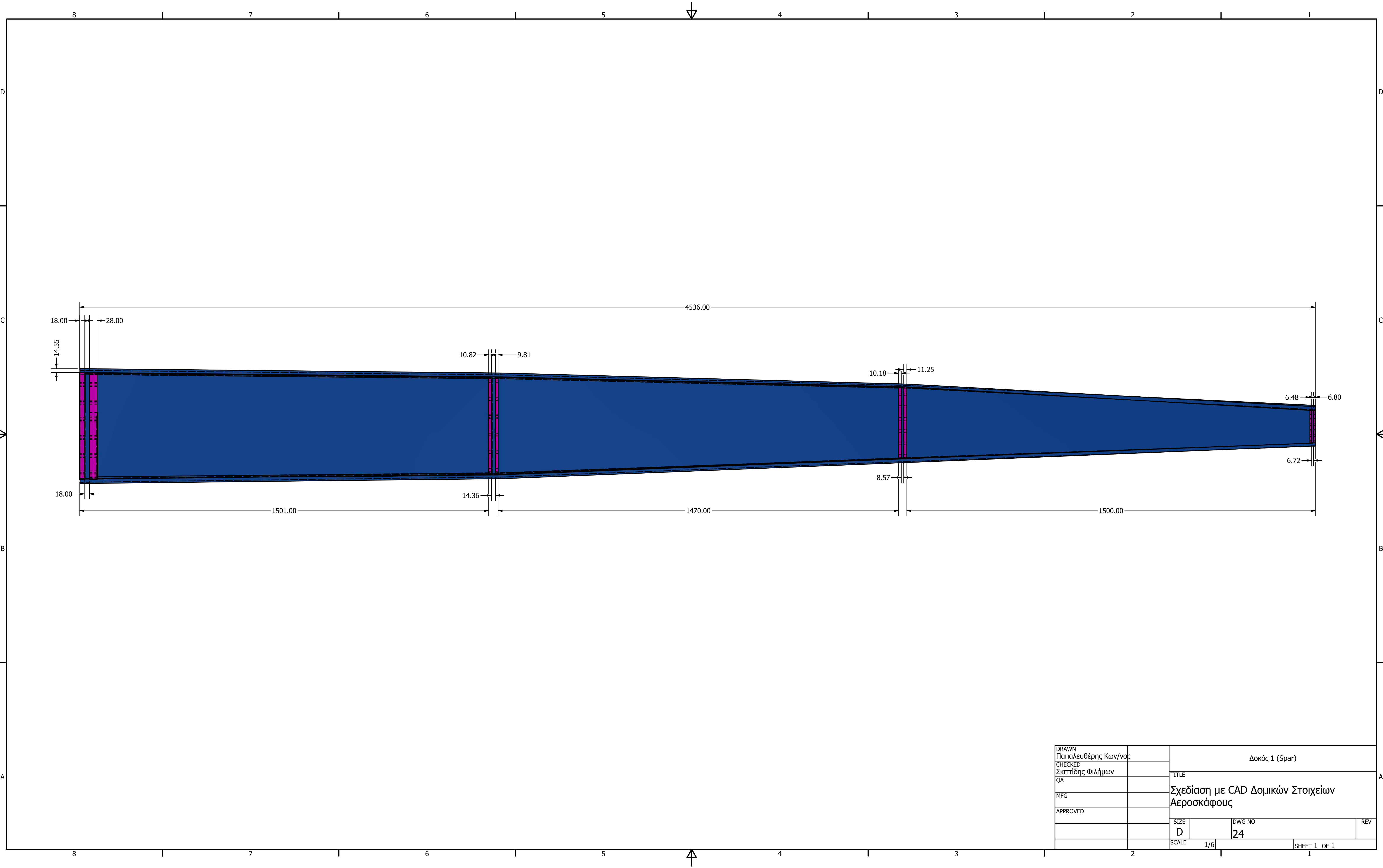
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Ribs (Νέυρα)		
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	21	
		SCALE	1/11	SHEET 1 OF 1



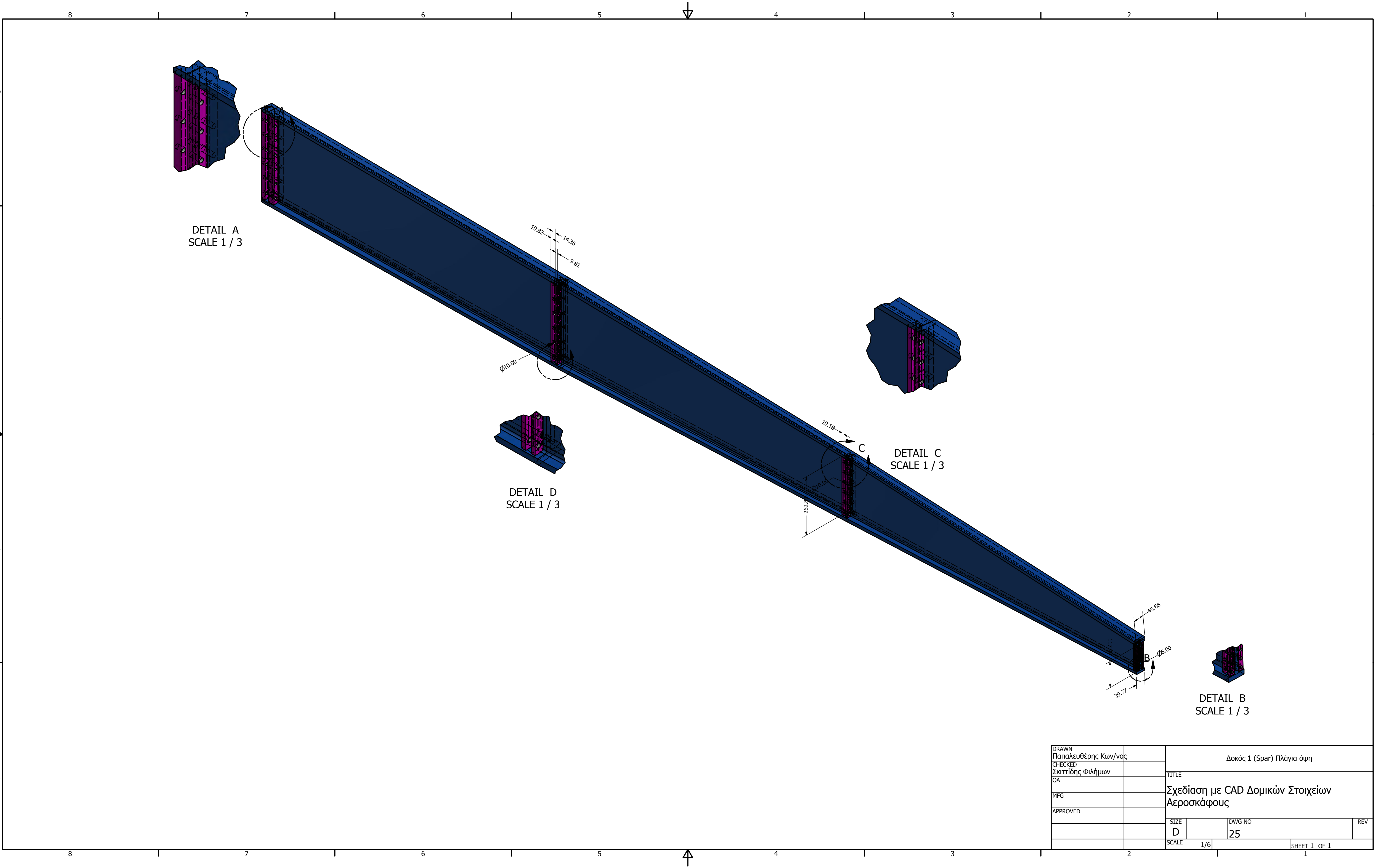
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Ribs(Νέυρα)	
CHECKED		TITLE	
QA	Σκιττίδης Φιλήμων	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
MFG		Αεροσκάφους	
APPROVED		SIZE	DWG NO
		D	22
		SCALE	1/27
		SHEET 1 OF 1	



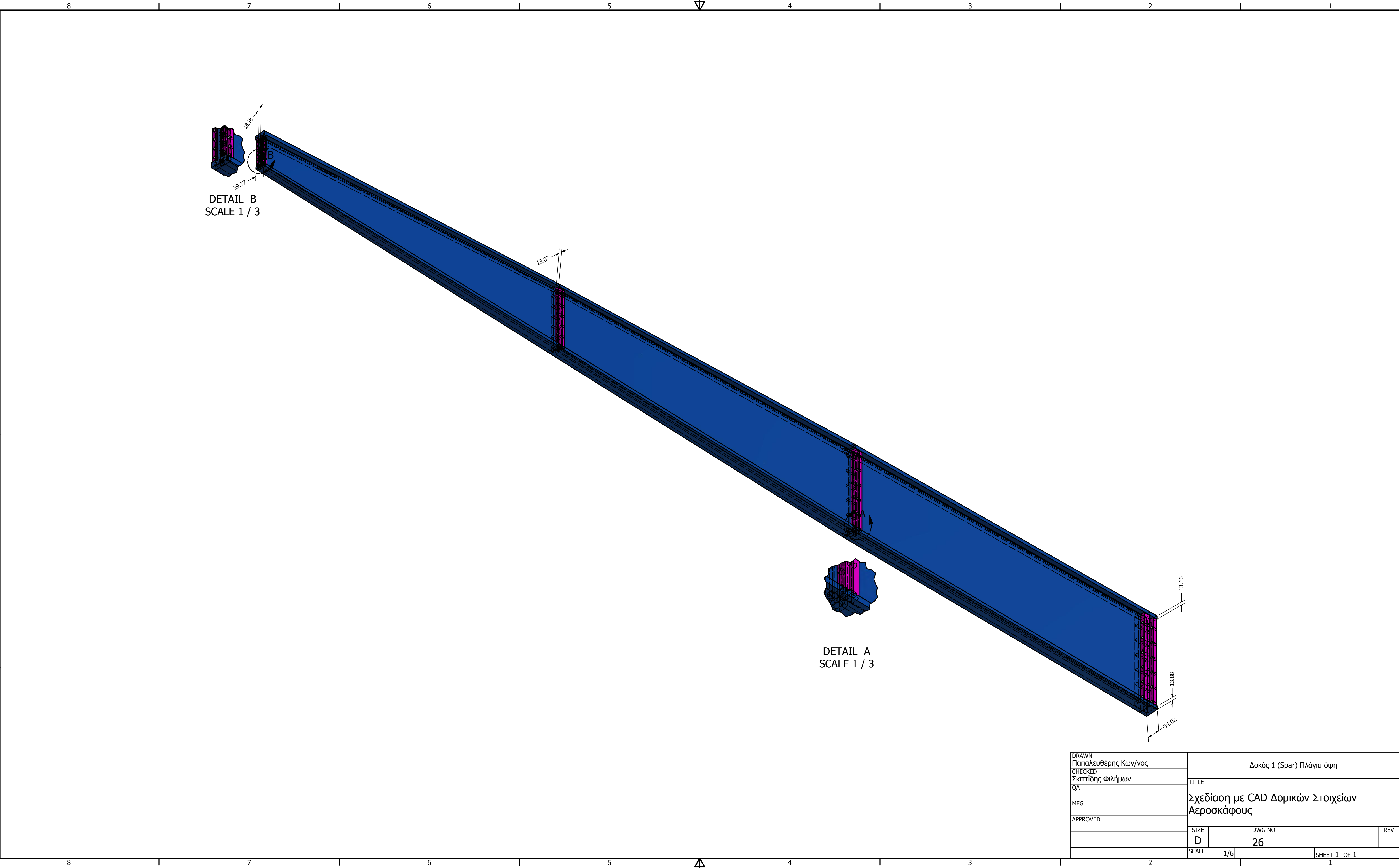
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Ribs(Νέυρα)		
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	23	
		SCALE	1/26	SHEET 1 OF 1



DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 1 (Spar)		
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	24	
		SCALE	1/6	SHEET 1 OF 1



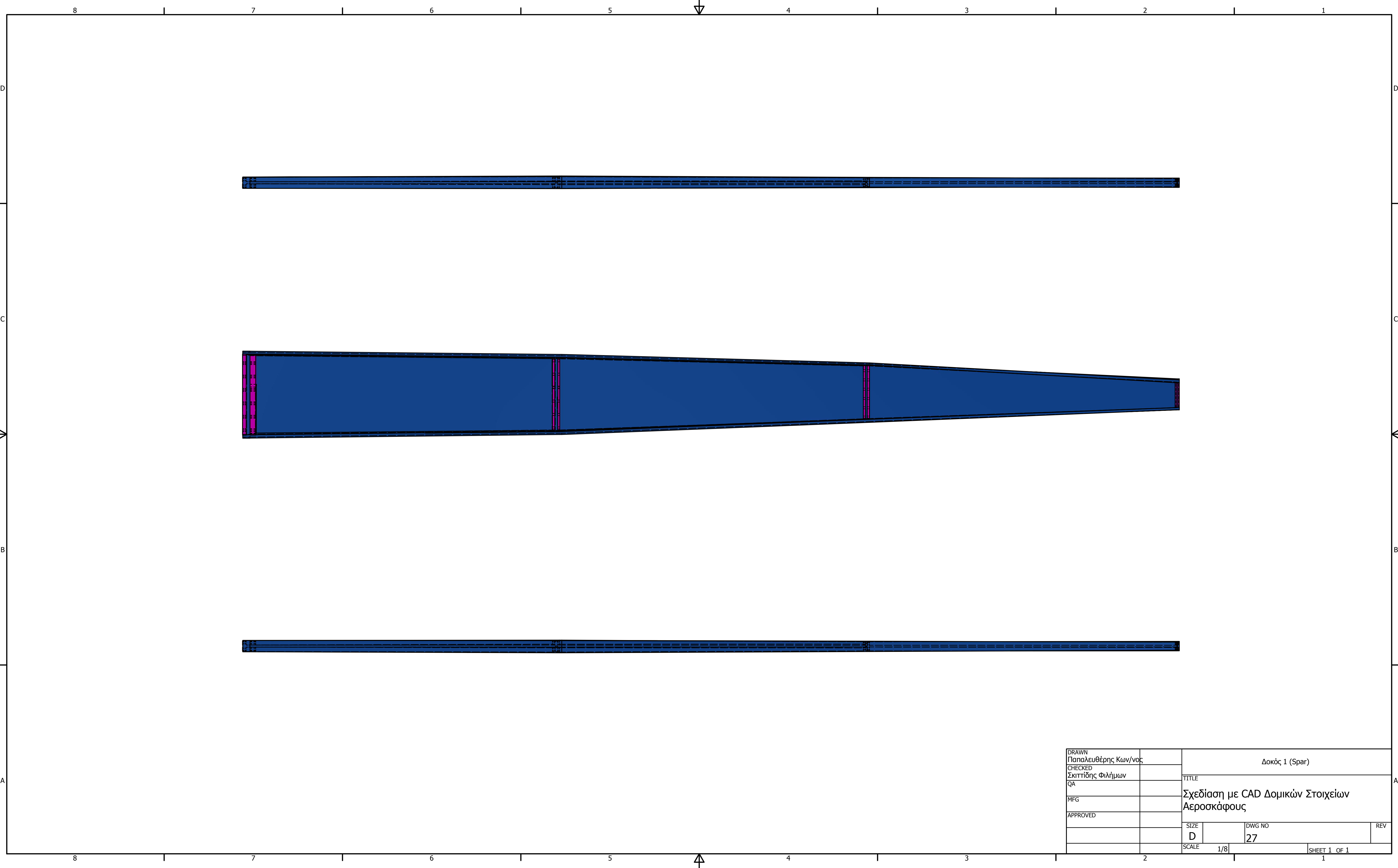
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 1 (Spar) Πλάγια όψη		
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	25	
		SCALE	1/6	SHEET 1 OF 1



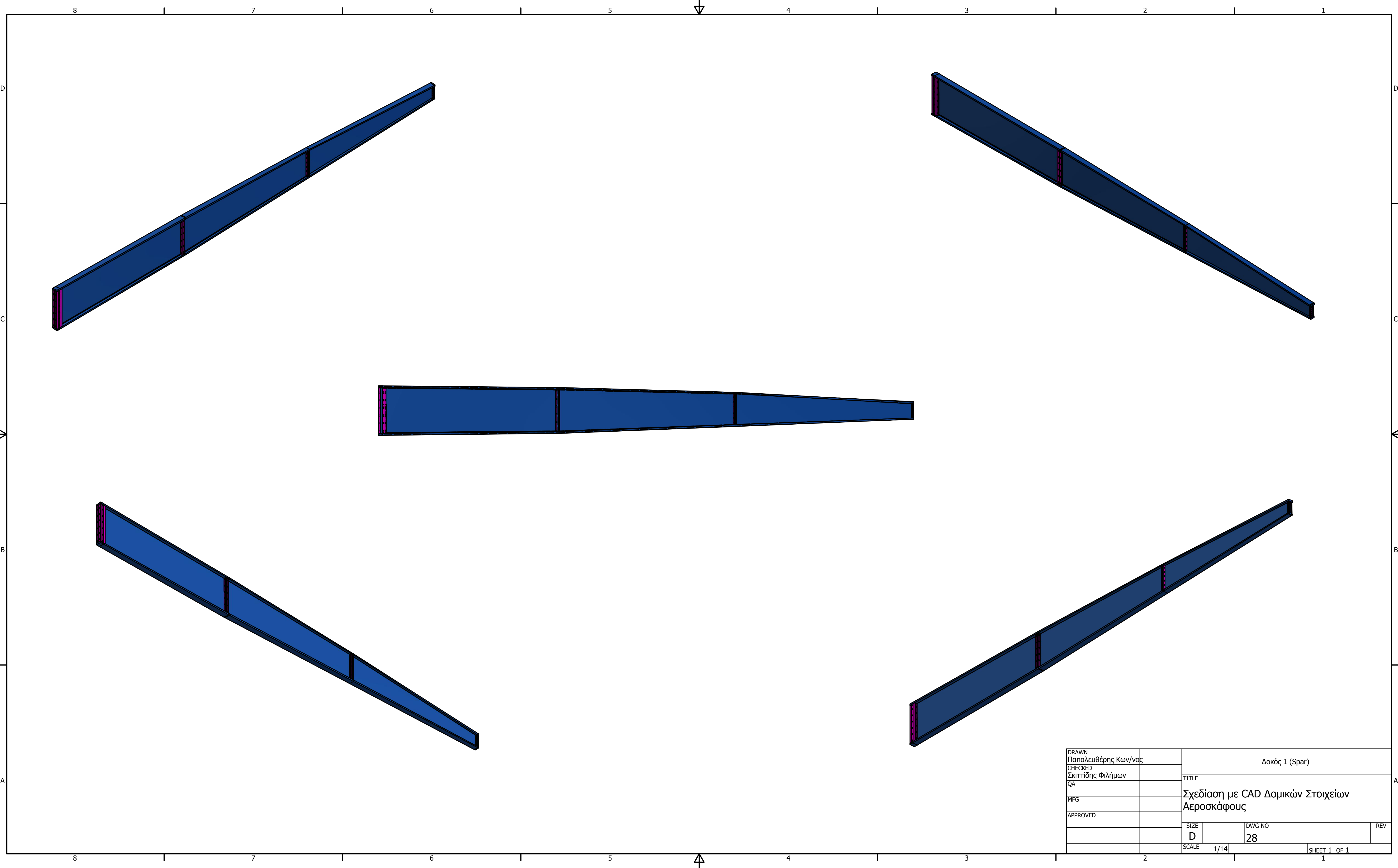
DETAIL B
SCALE 1 / 3

DETAIL A
SCALE 1 / 3

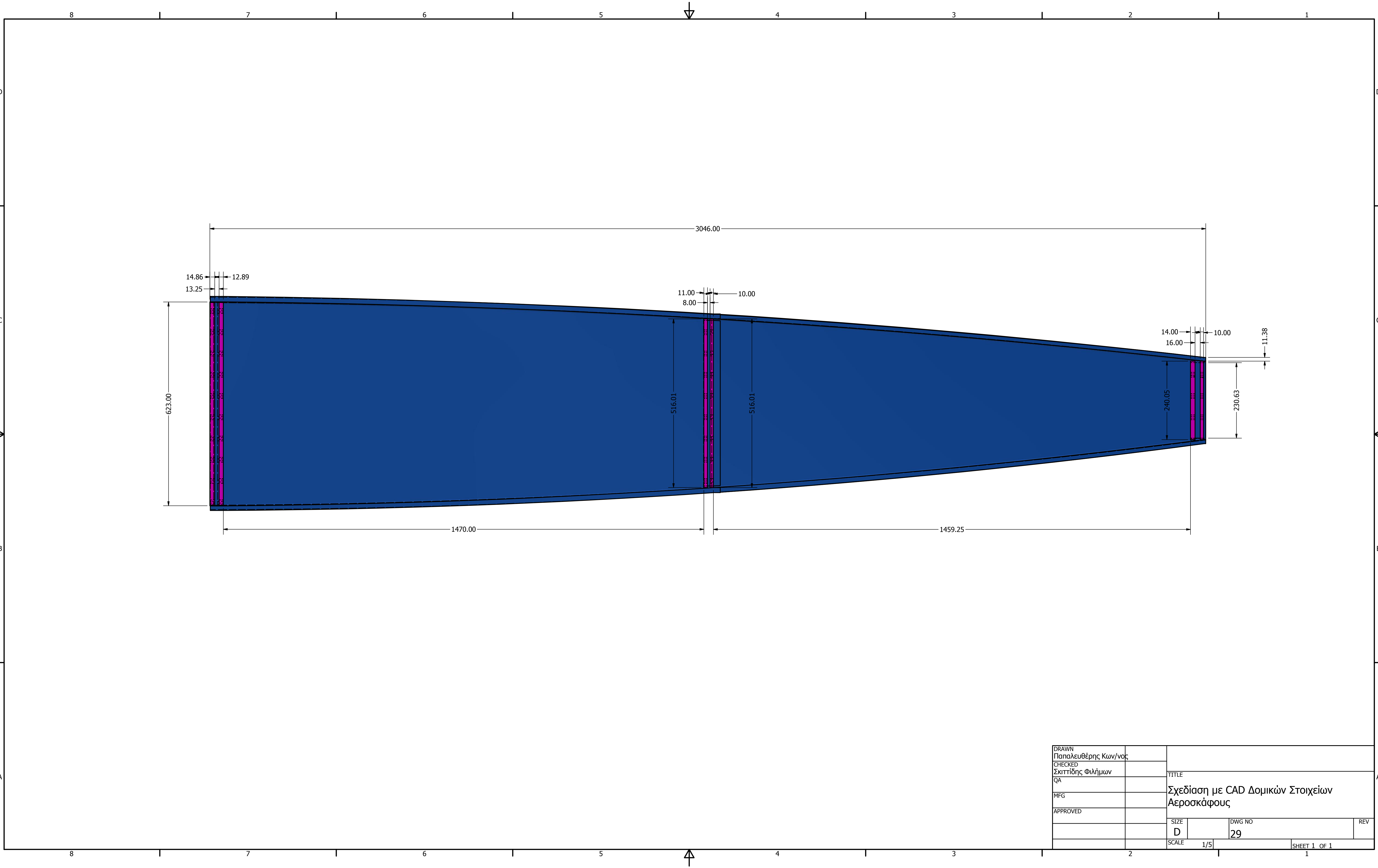
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 1 (Spar) Πλάγια όψη		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG	Αεροσκάφους		
APPROVED	SIZE D	DWG NO 26	REV
	SCALE 1/6	SHEET 1 OF 1	



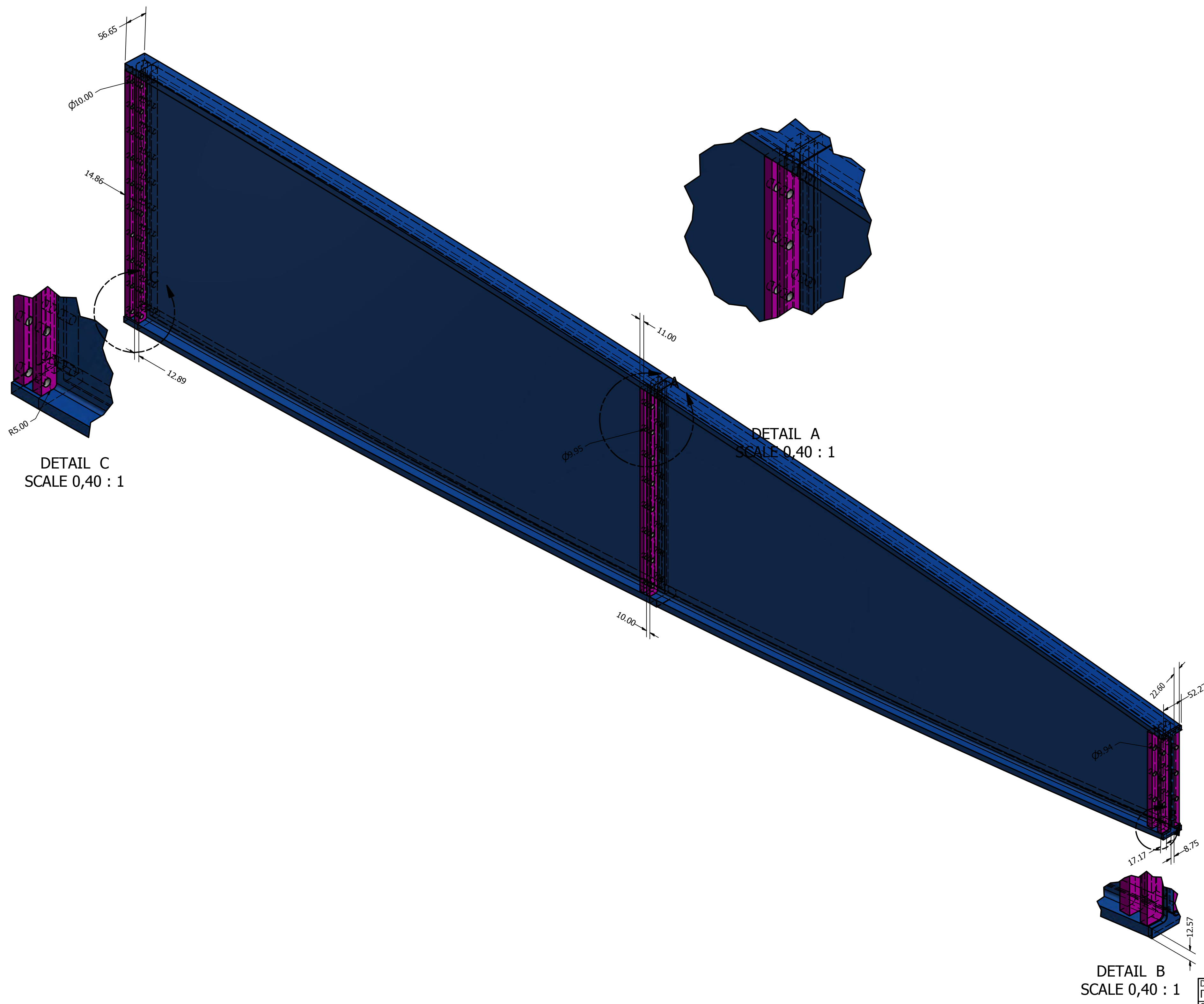
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 1 (Spar)		
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	27	
		SCALE	1/8	SHEET 1 OF 1



DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 1 (Spar)		
CHECKED		TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	28	
		SCALE	1/14	SHEET 1 OF 1



DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	TITLE	
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
QA		Αεροσκάφους	
MFG		SIZE	D
APPROVED		DWG NO	29
		SCALE	1/5
		SHEET	1 OF 1

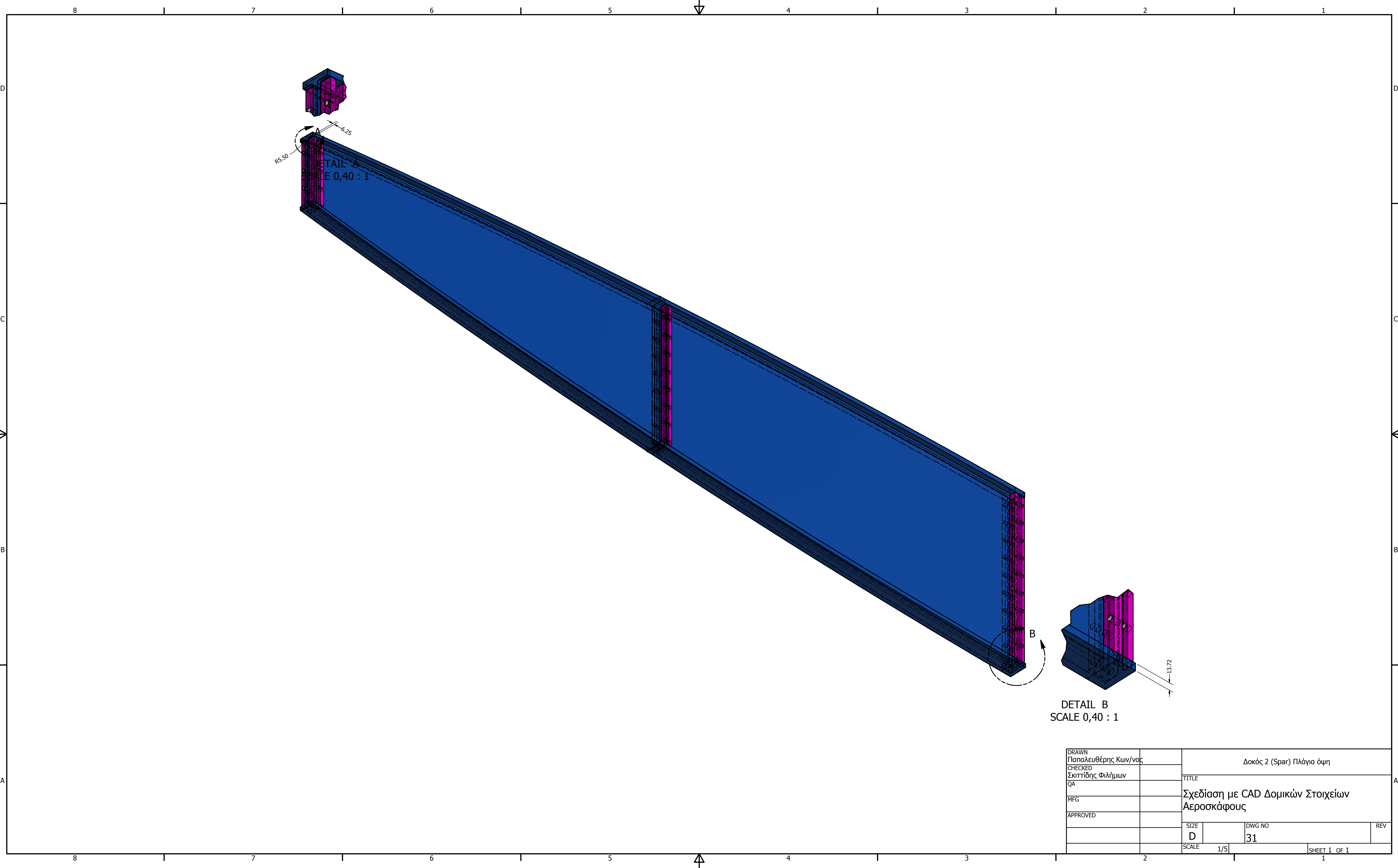


DETAIL C
SCALE 0,40 : 1

DETAIL A
SCALE 0,40 : 1

DETAIL B
SCALE 0,40 : 1

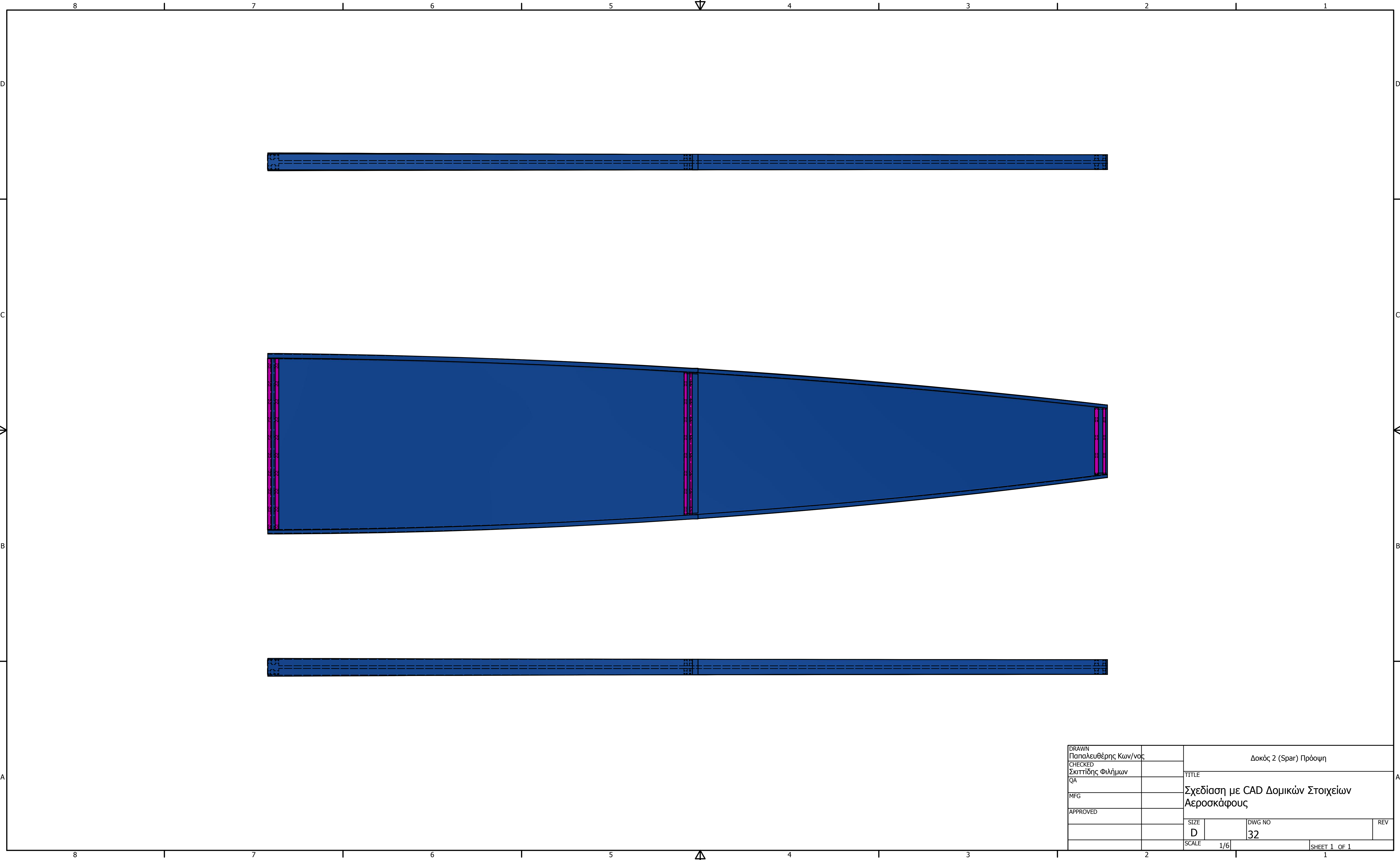
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 2 (Spar) Πλάγια όψη	
CHECKED		TITLE	
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
MFG		Αεροσκάφους	
APPROVED		SIZE	DWG NO
		D	30
		SCALE	1/5
		SHEET 1 OF 1	



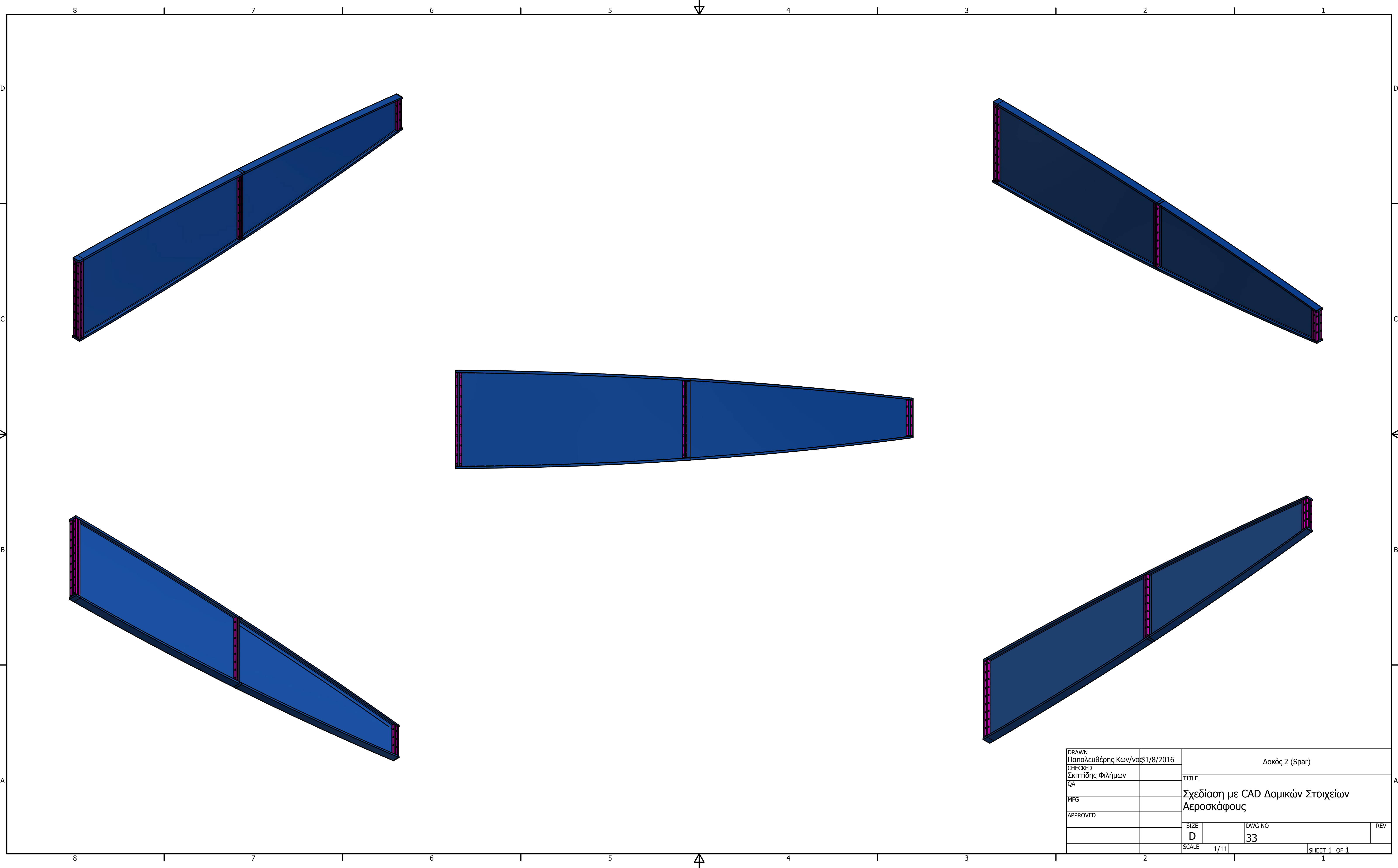
DETAIL A
SCALE 0,40 : 1

DETAIL B
SCALE 0,40 : 1

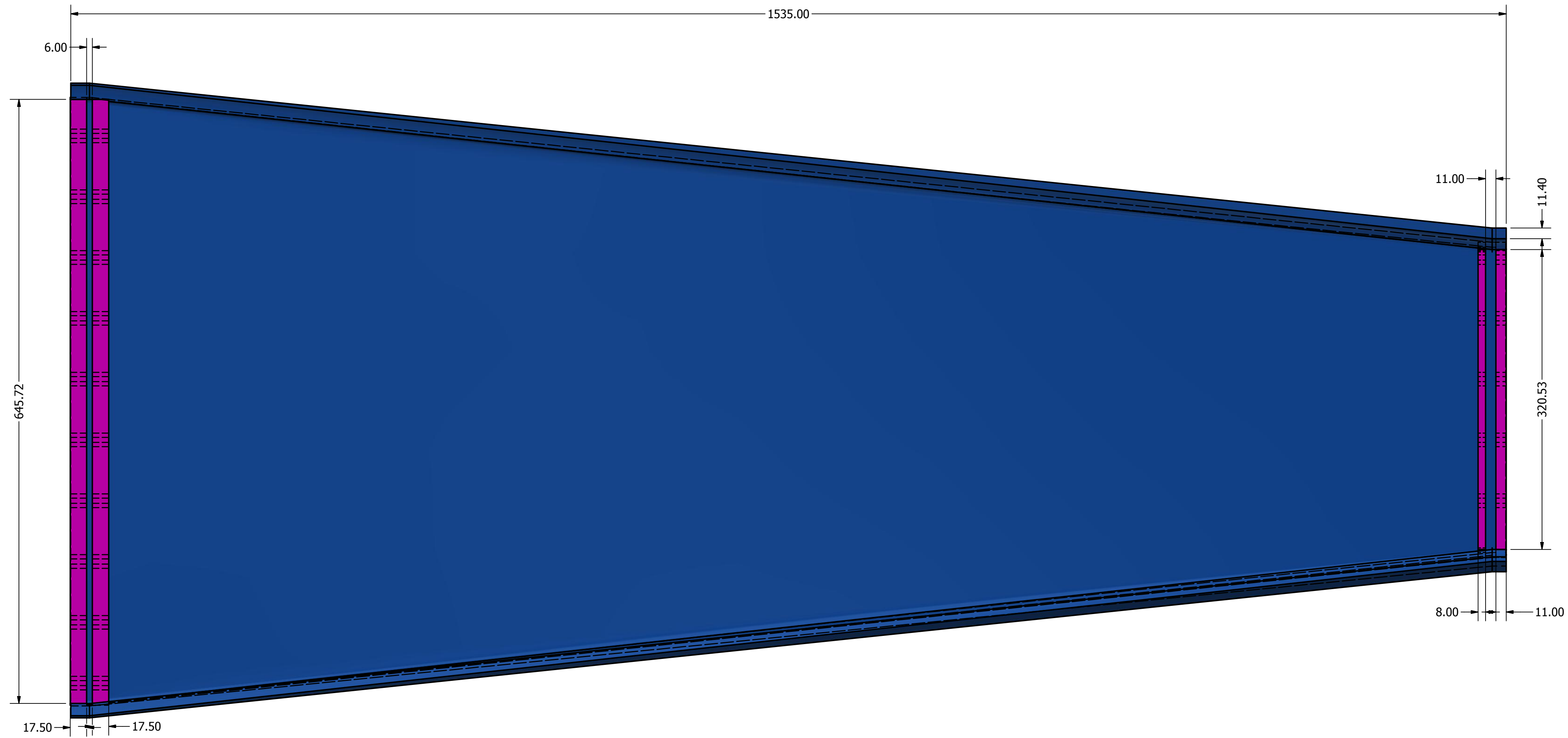
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 2 (Spar) Πλάγια όψη		
CHECKED Σκιτπίδης Φιλήμων	TITLE		
QA	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG	Αεροσκάφους		
APPROVED	SIZE D	DWG NO 31	REV
	SCALE 1/5	SHEET 1 OF 1	



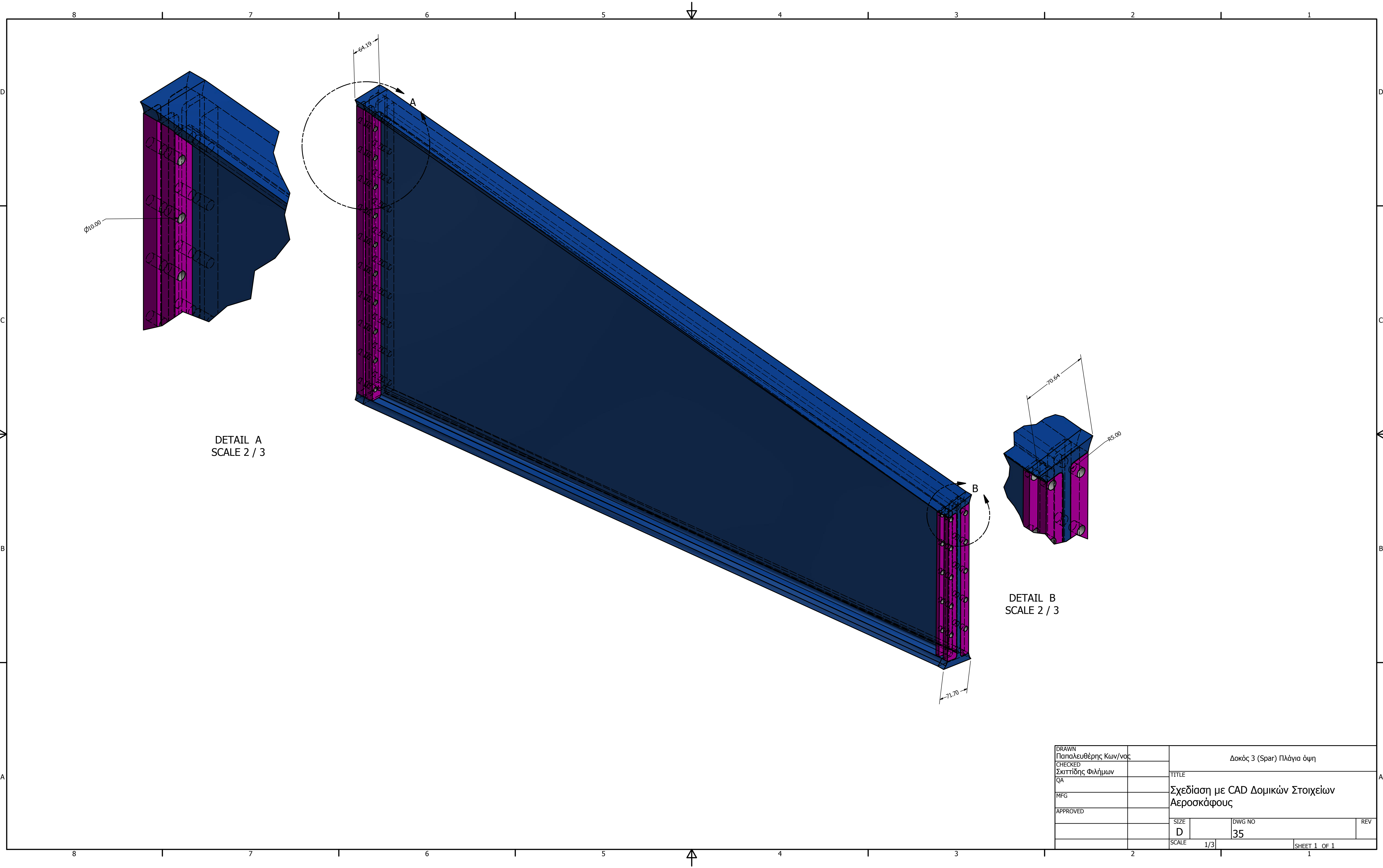
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 2 (Spar) Πρόωση	
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE	
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
MFG		Αεροσκάφους	
APPROVED		SIZE	DWG NO
		D	32
		SCALE	1/6
		SHEET 1 OF 1	



DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νο31/8/2016	Δοκός 2 (Spar)	
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE	
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
MFG		Αεροσκάφους	
APPROVED		SIZE	DWG NO
		D	33
		SCALE	1/11
		SHEET 1 OF 1	



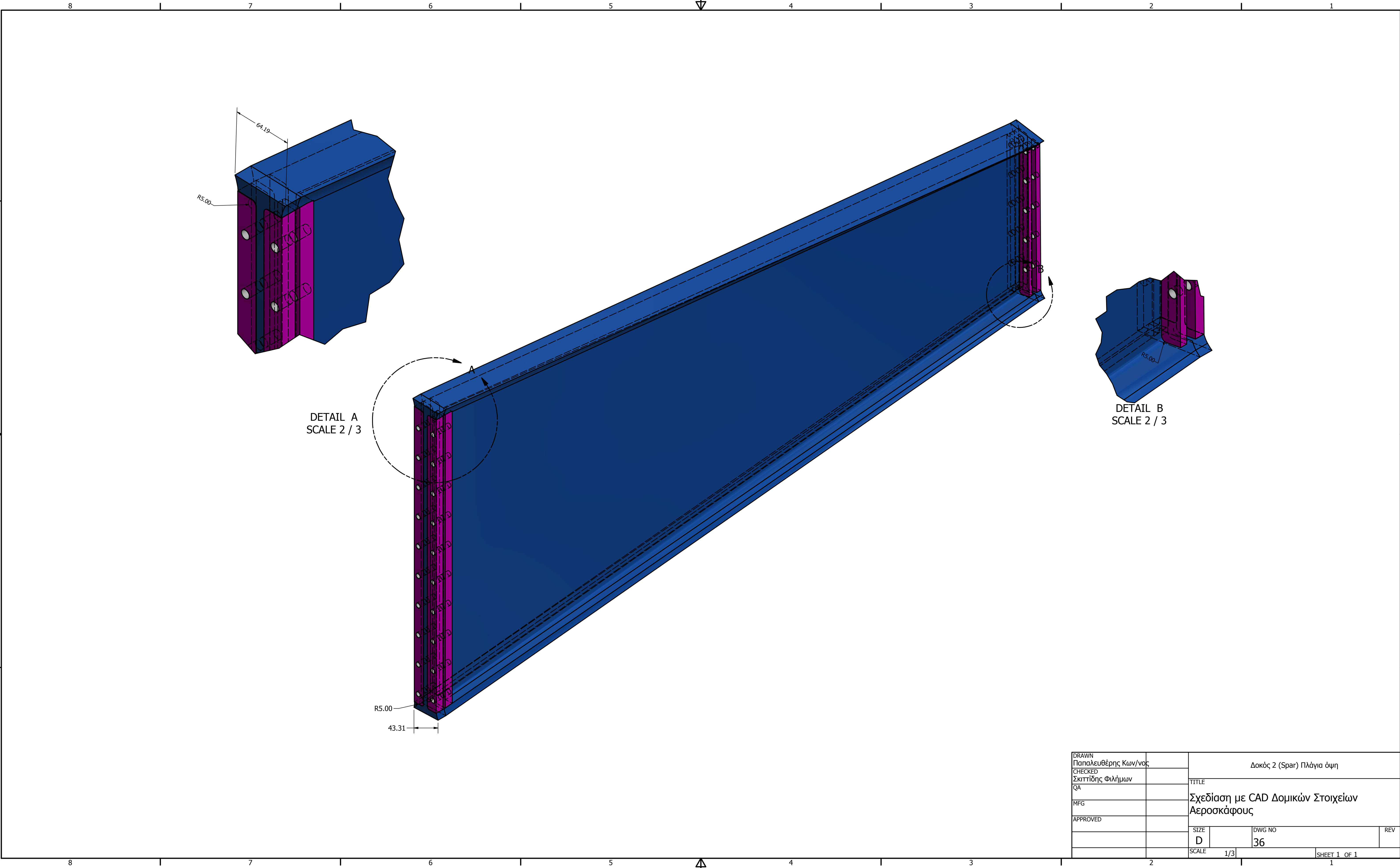
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 3 (Spar) Πρόσψη		
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	34	
		SCALE	1/3	SHEET 1 OF 1



DETAIL A
SCALE 2 / 3

DETAIL B
SCALE 2 / 3

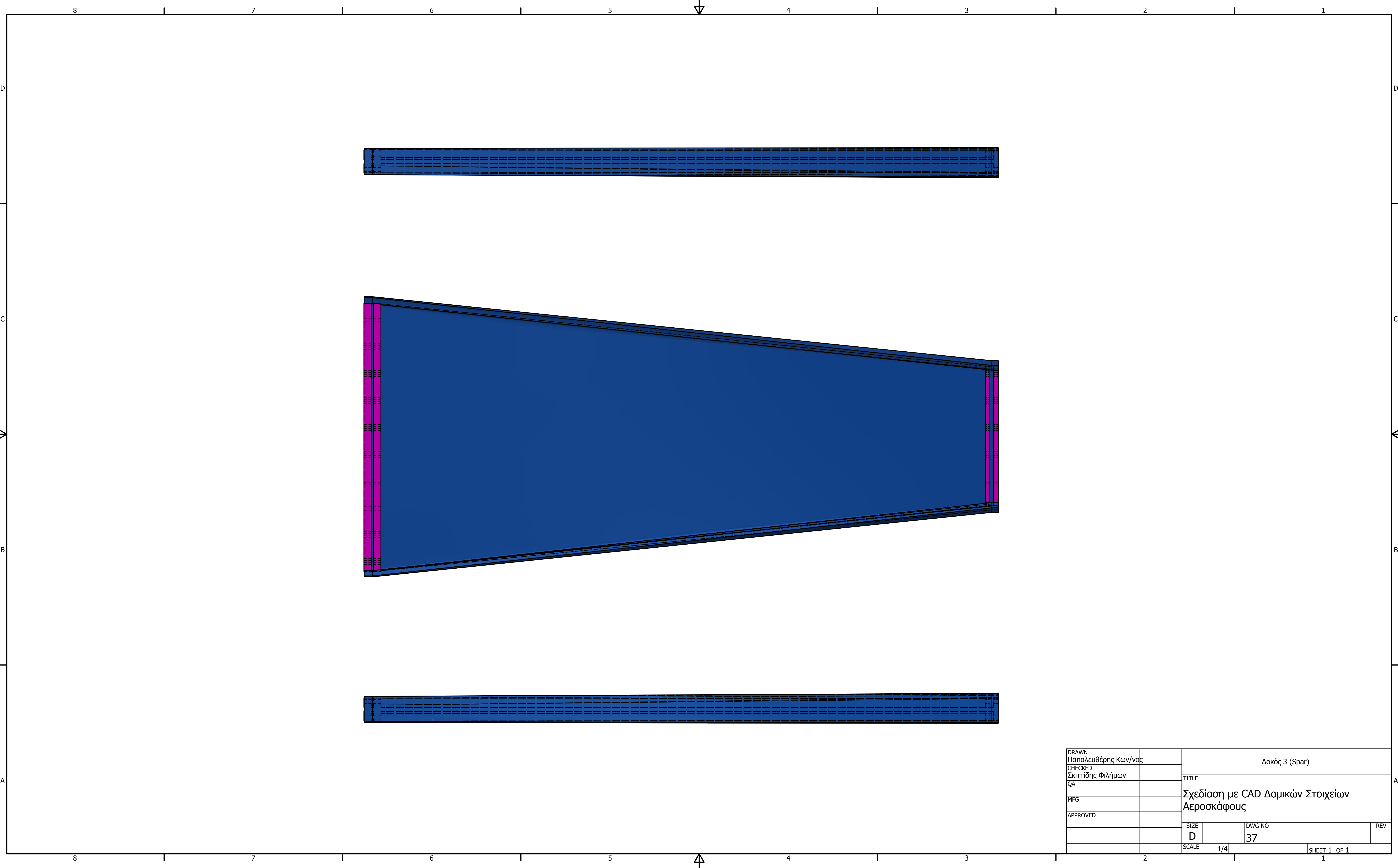
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 3 (Spar) Πλάγια όψη		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG	Αεροσκάφους		
APPROVED	SIZE D	DWG NO 35	REV
	SCALE 1/3	SHEET 1 OF 1	



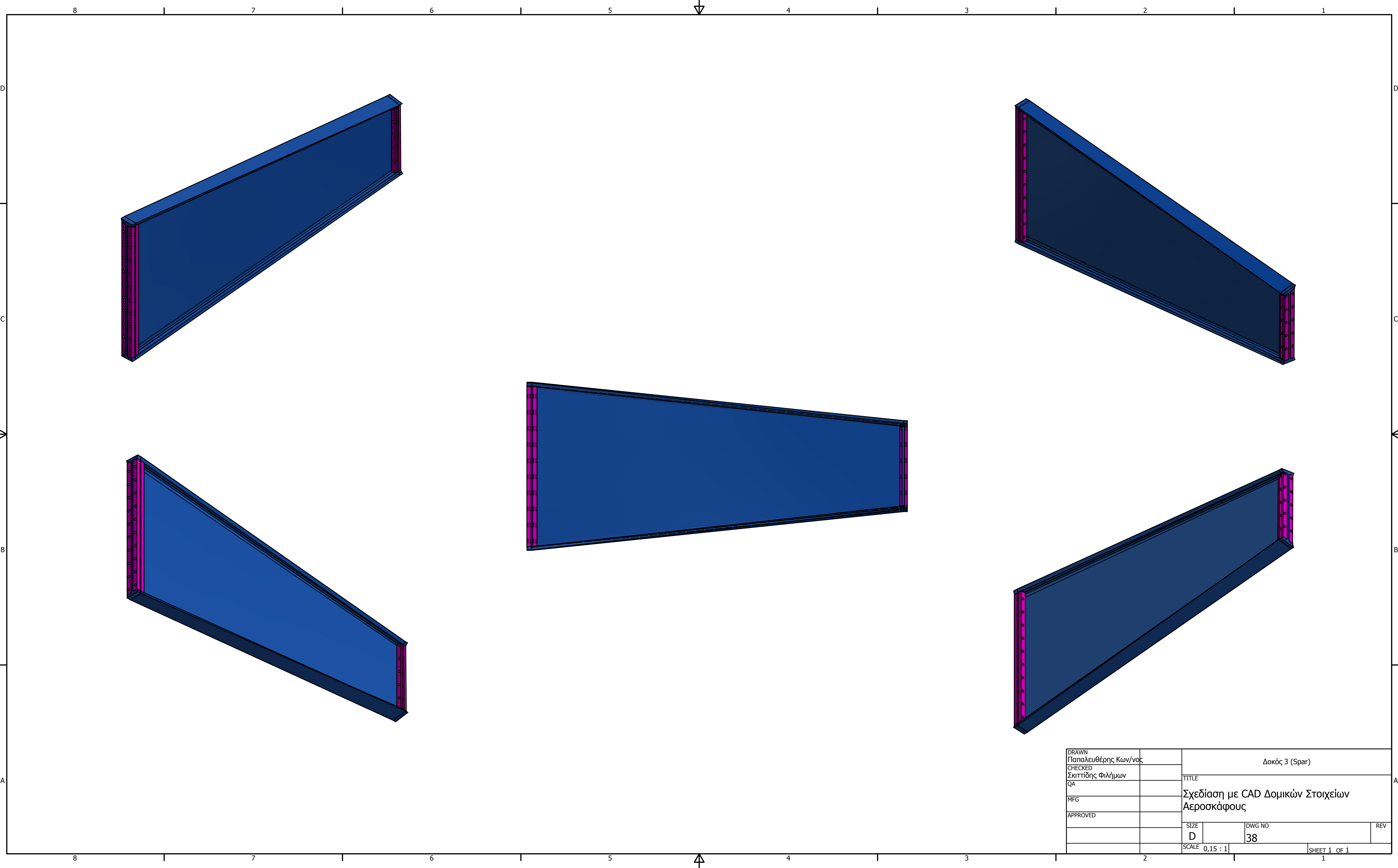
DETAIL A
SCALE 2 / 3

DETAIL B
SCALE 2 / 3

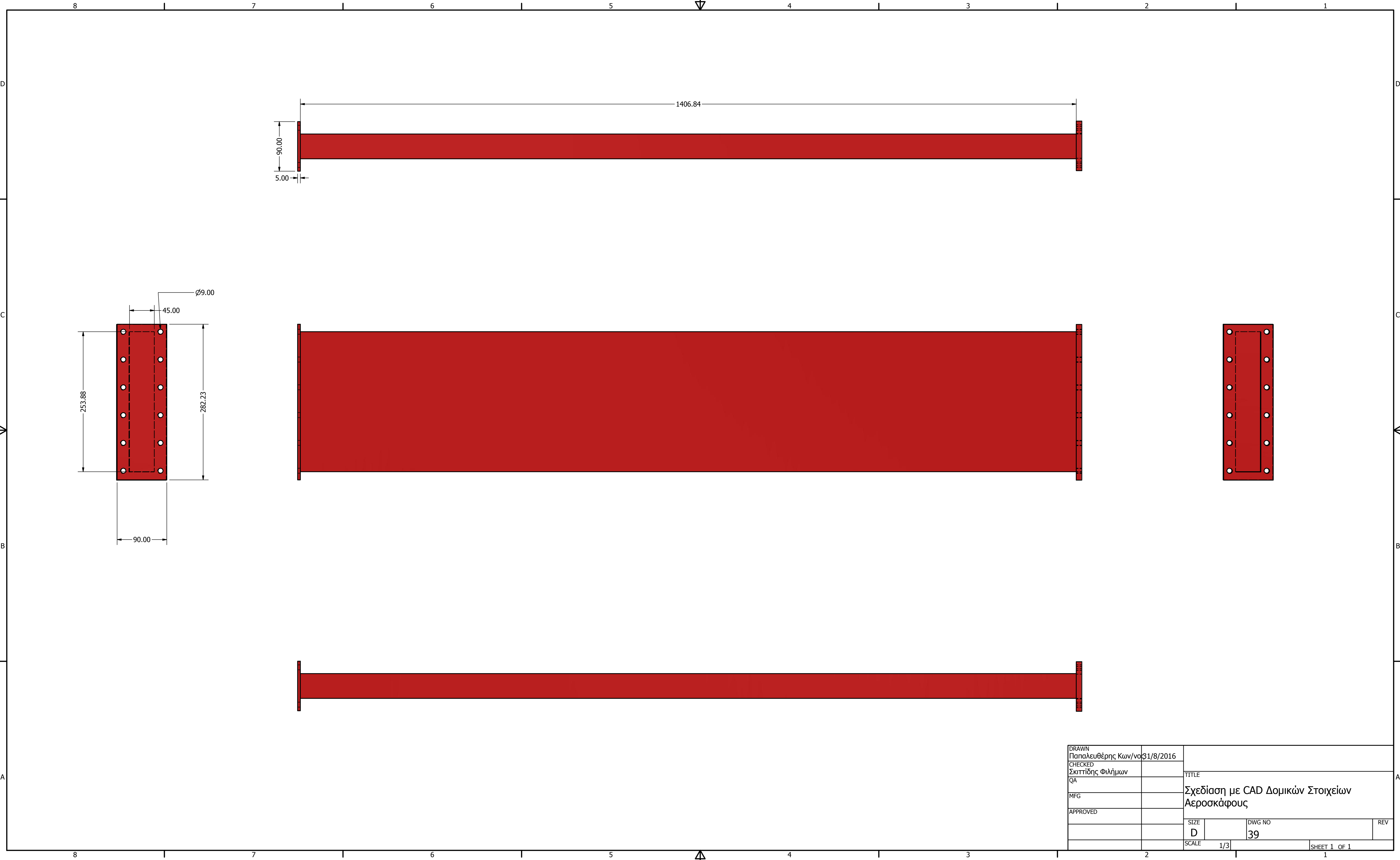
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 2 (Spar) Πλάγια όψη		
CHECKED Σκιτπίδης Φιλήμων	TITLE		
QA	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG	Αεροσκάφους		
APPROVED	SIZE D	DWG NO 36	REV
	SCALE 1/3	SHEET 1 OF 1	



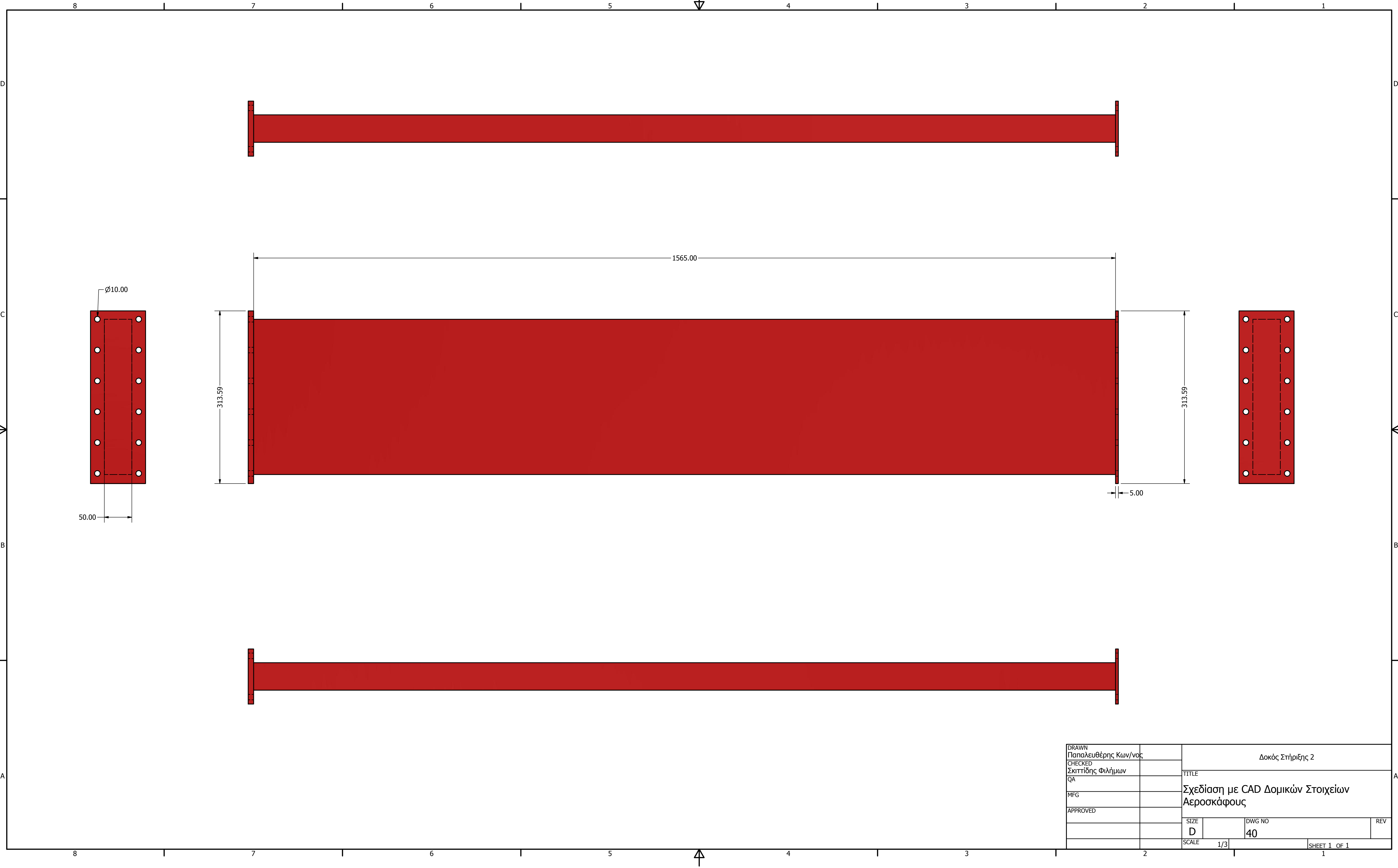
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 3 (Spar)		
CHECKED Σκιττίδης Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 37	REV
MFG	SCALE 1/4	SHEET 1 OF 1	
APPROVED			



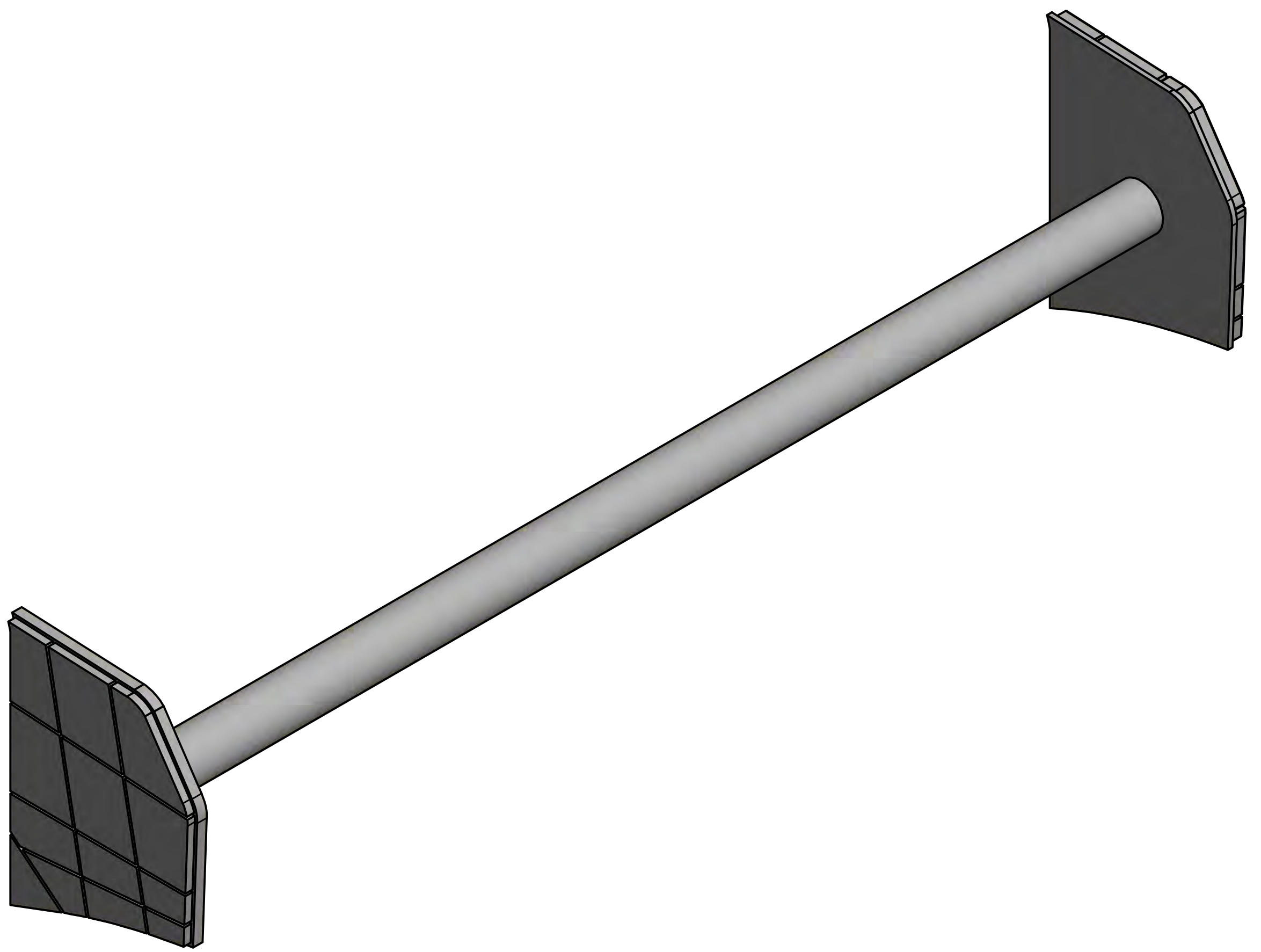
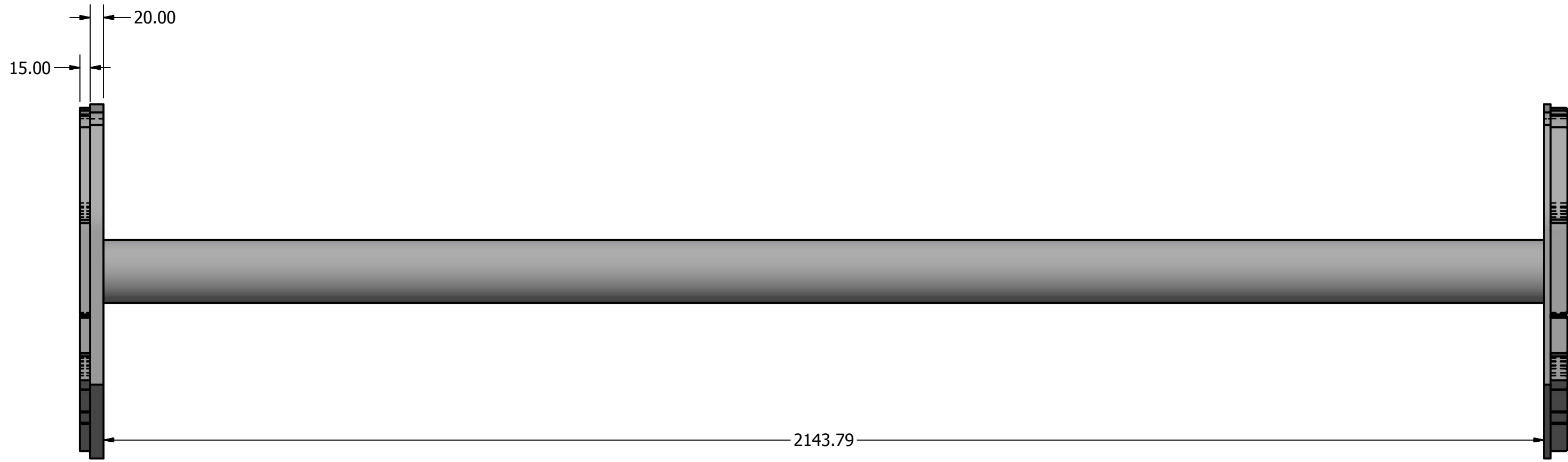
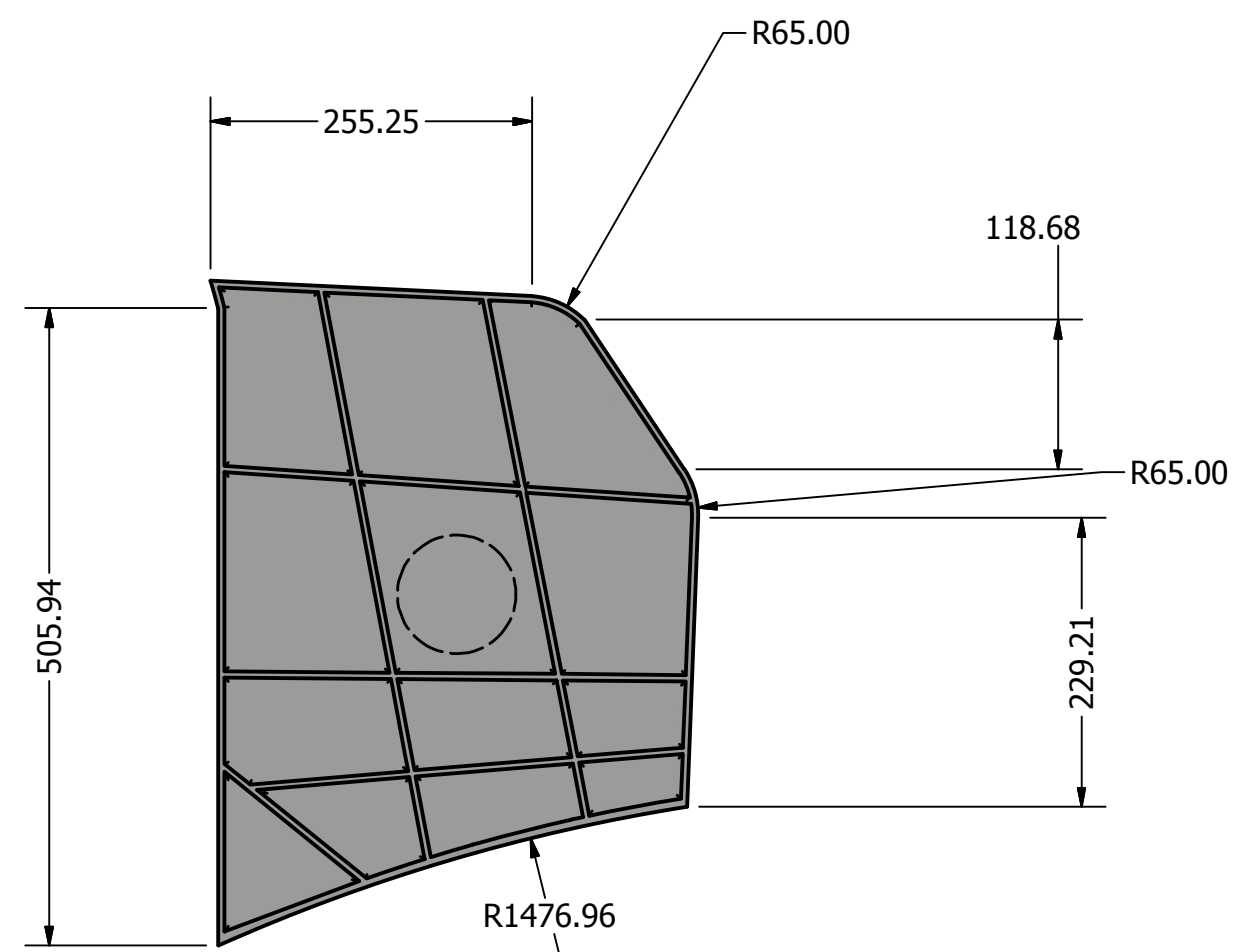
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός 3 (Spar)		
CHECKED		TITLE		
Σκιττήδης Φιλήμων		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
QA		Αεροσκάφους		
MFG		SIZE	DWG NO	REV
APPROVED		D	38	
		SCALE	0,15 : 1	SHEET 1 OF 1



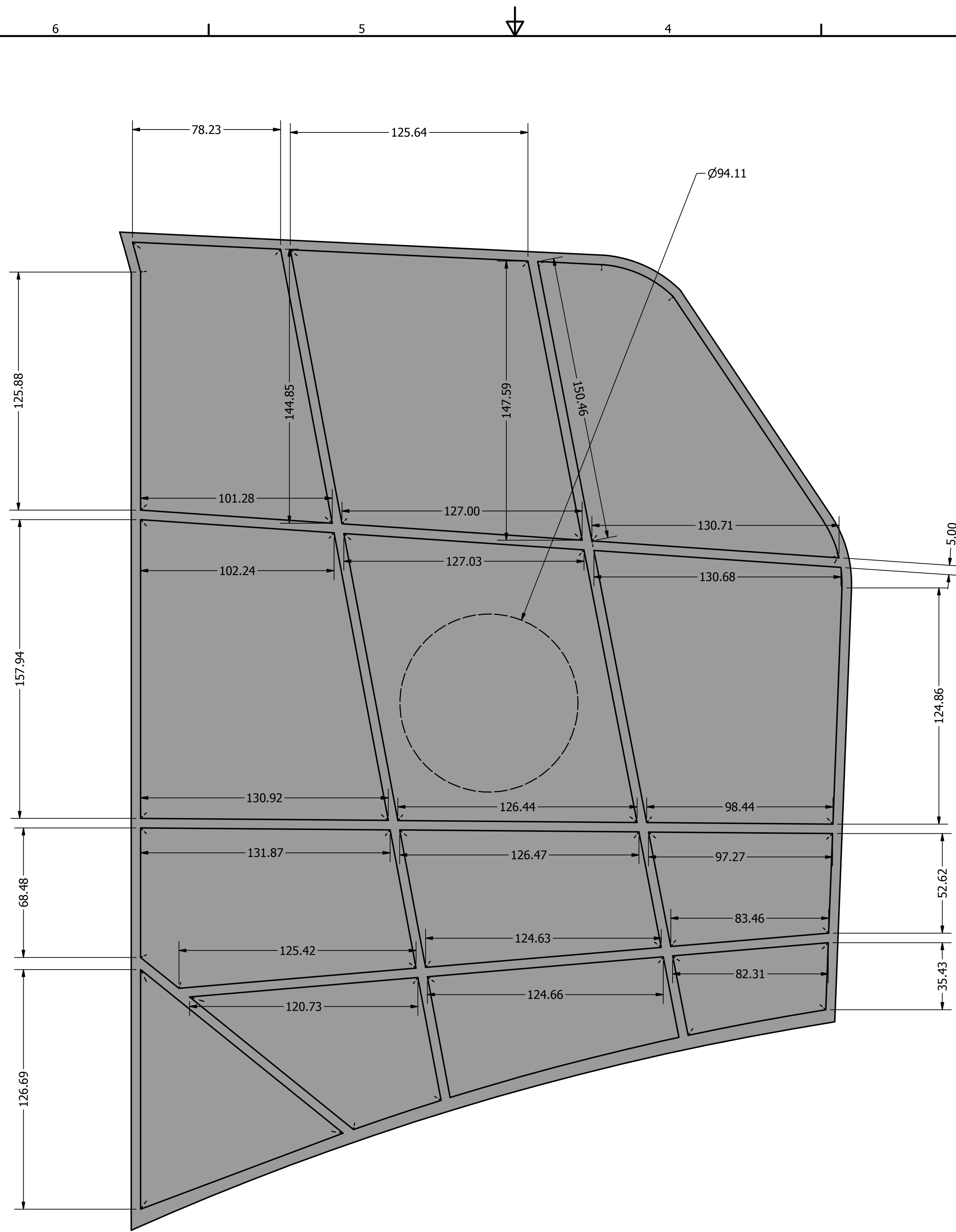
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	31/8/2016	TITLE	
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
QA			Αεροσκάφους	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			D	39
			SCALE	1/3
				SHEET 1 OF 1



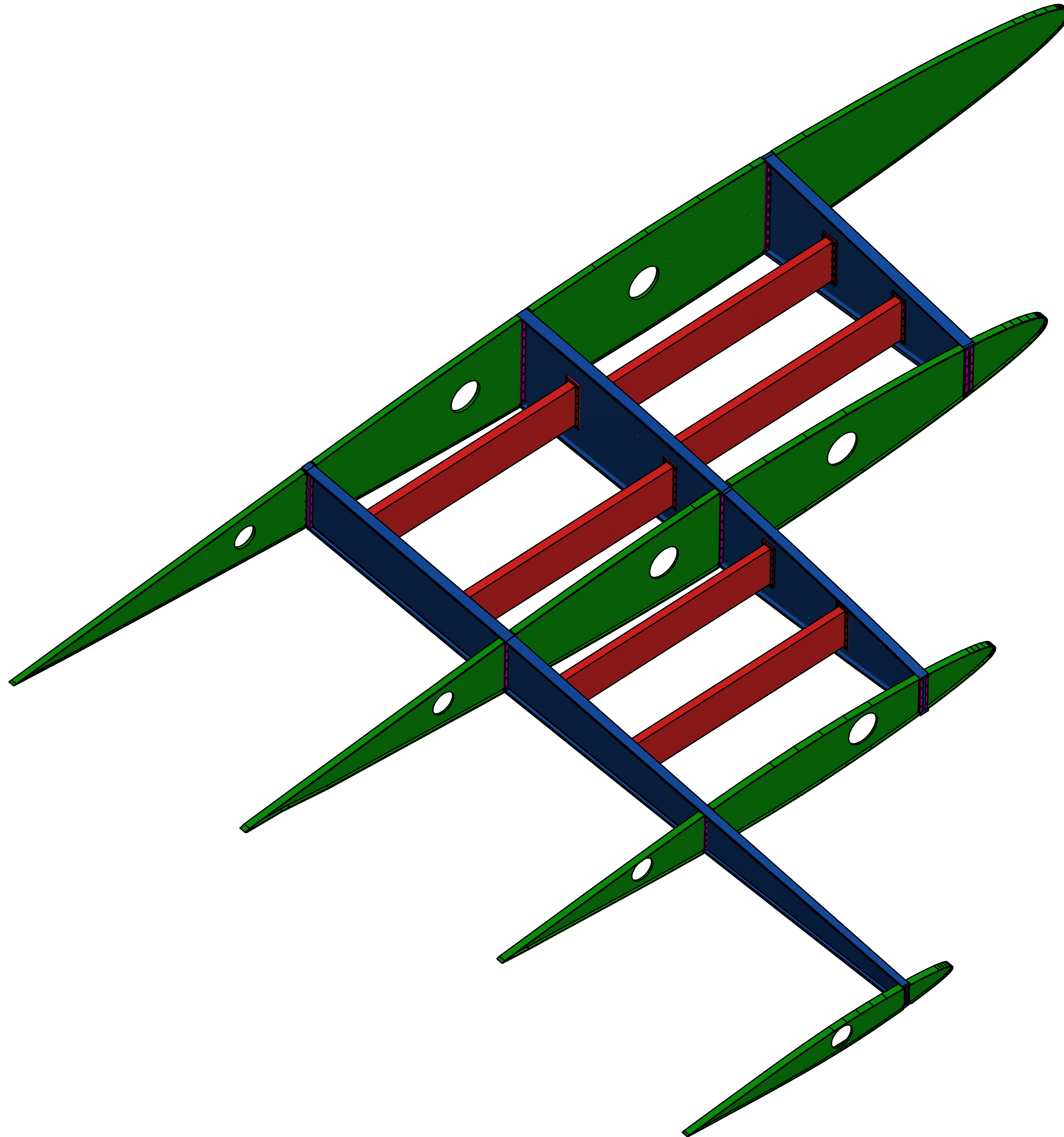
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Δοκός Στήριξης 2		
CHECKED	Σκιτπίδης Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	40	
		SCALE	1/3	SHEET 1 OF 1



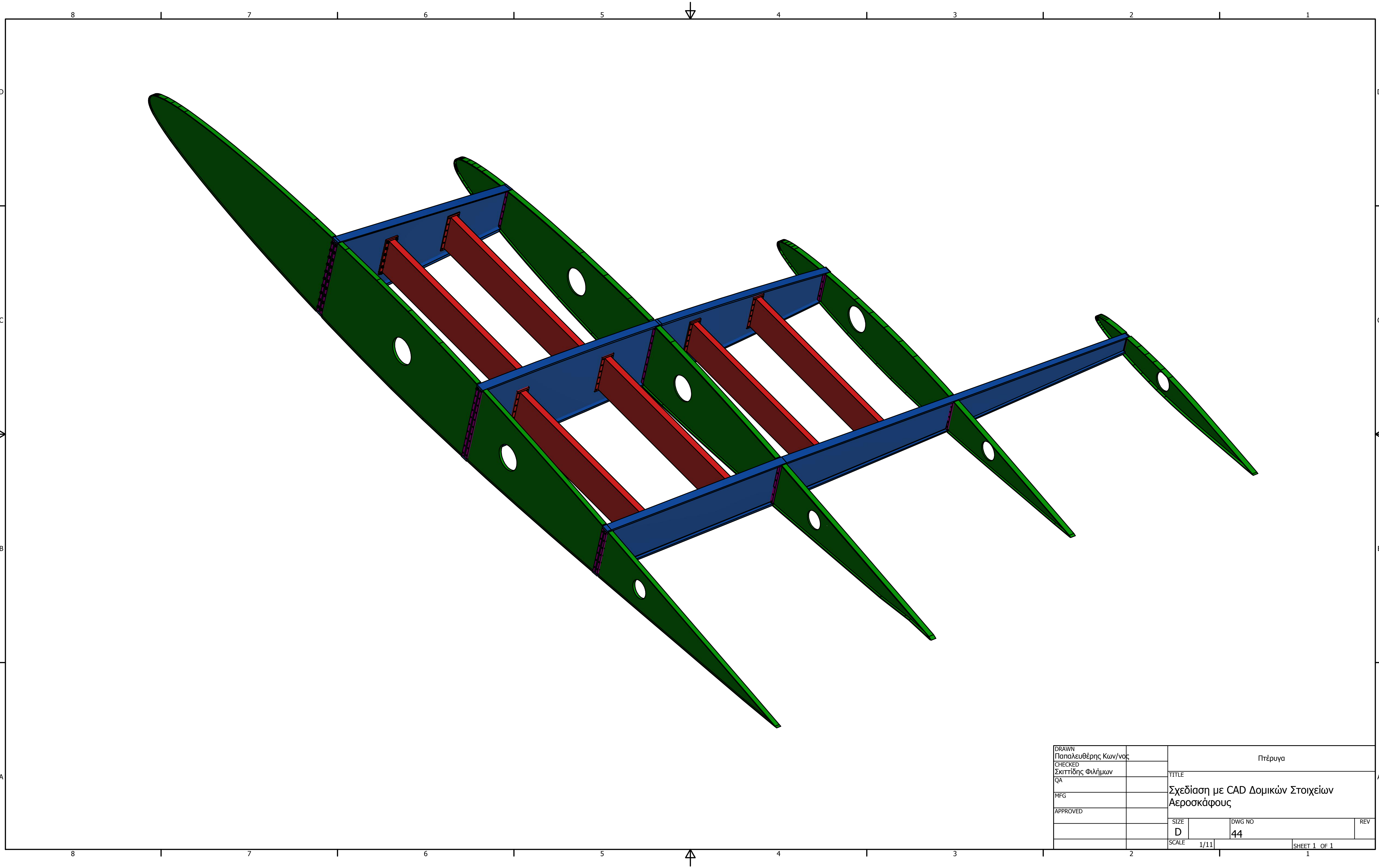
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Στήριξη Διαφράγματος		
CHECKED		TITLE		
Σκιττιδής Φιλήμων		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
QA		Αεροσκάφους		
MFG		SIZE	DWG NO	REV
APPROVED		D	41	
		SCALE	1/6	SHEET 1 OF 1



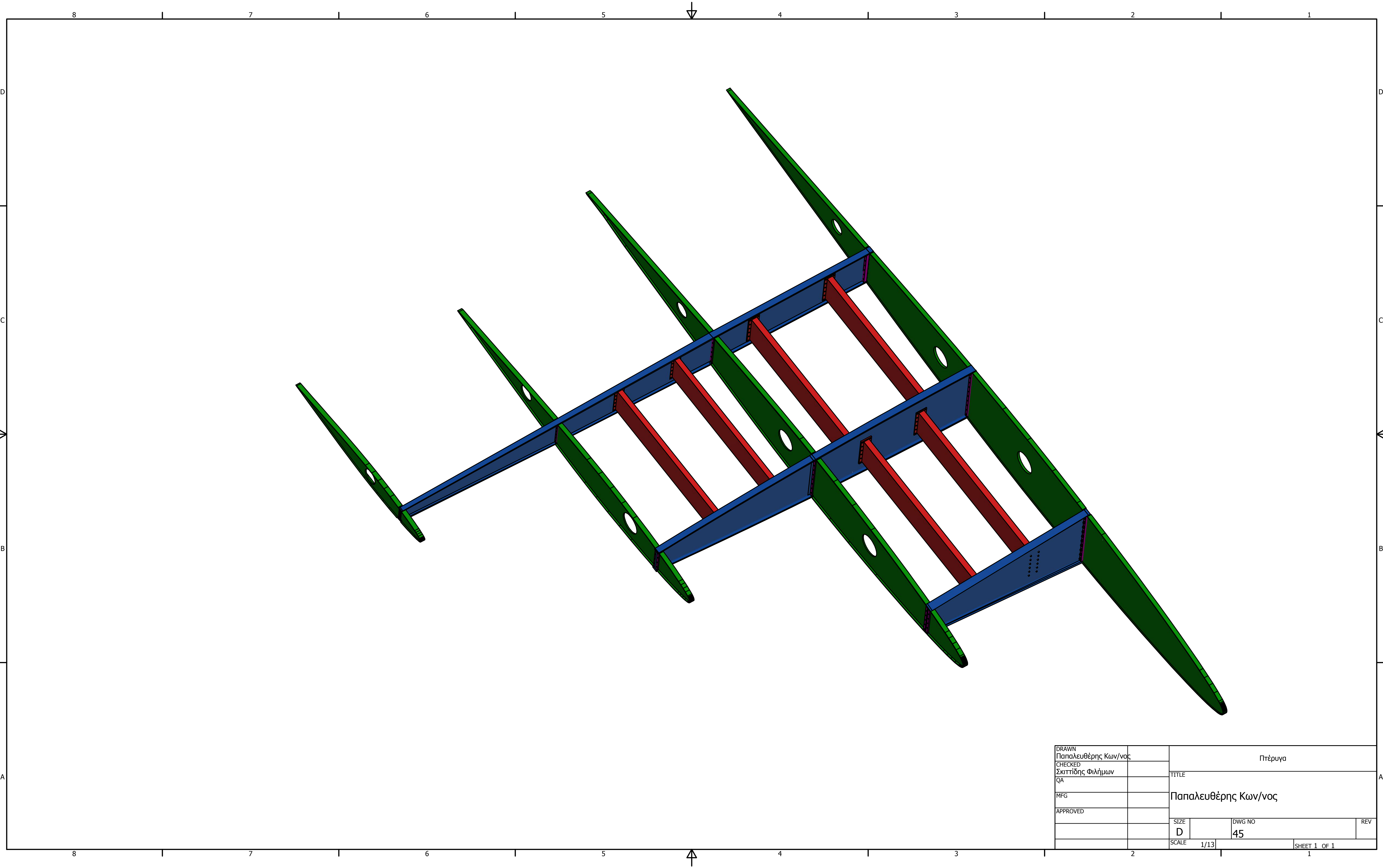
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Στήριξη Διαφράγματος	
CHECKED		TITLE	
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
MFG		Αεροσκάφους	
APPROVED		SIZE	DWG NO
		D	42
		SCALE	1/1.5
		SHEET 1 OF 1	



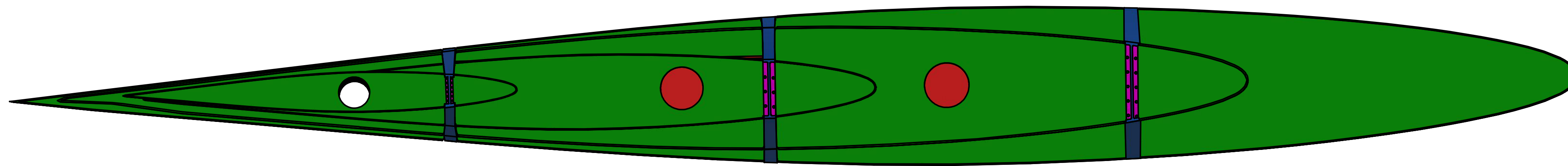
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Πτέρυγα		
CHECKED Σκιτπίδης Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 43	REV
MFG	SCALE 1/12		SHEET 1 OF 1
APPROVED			



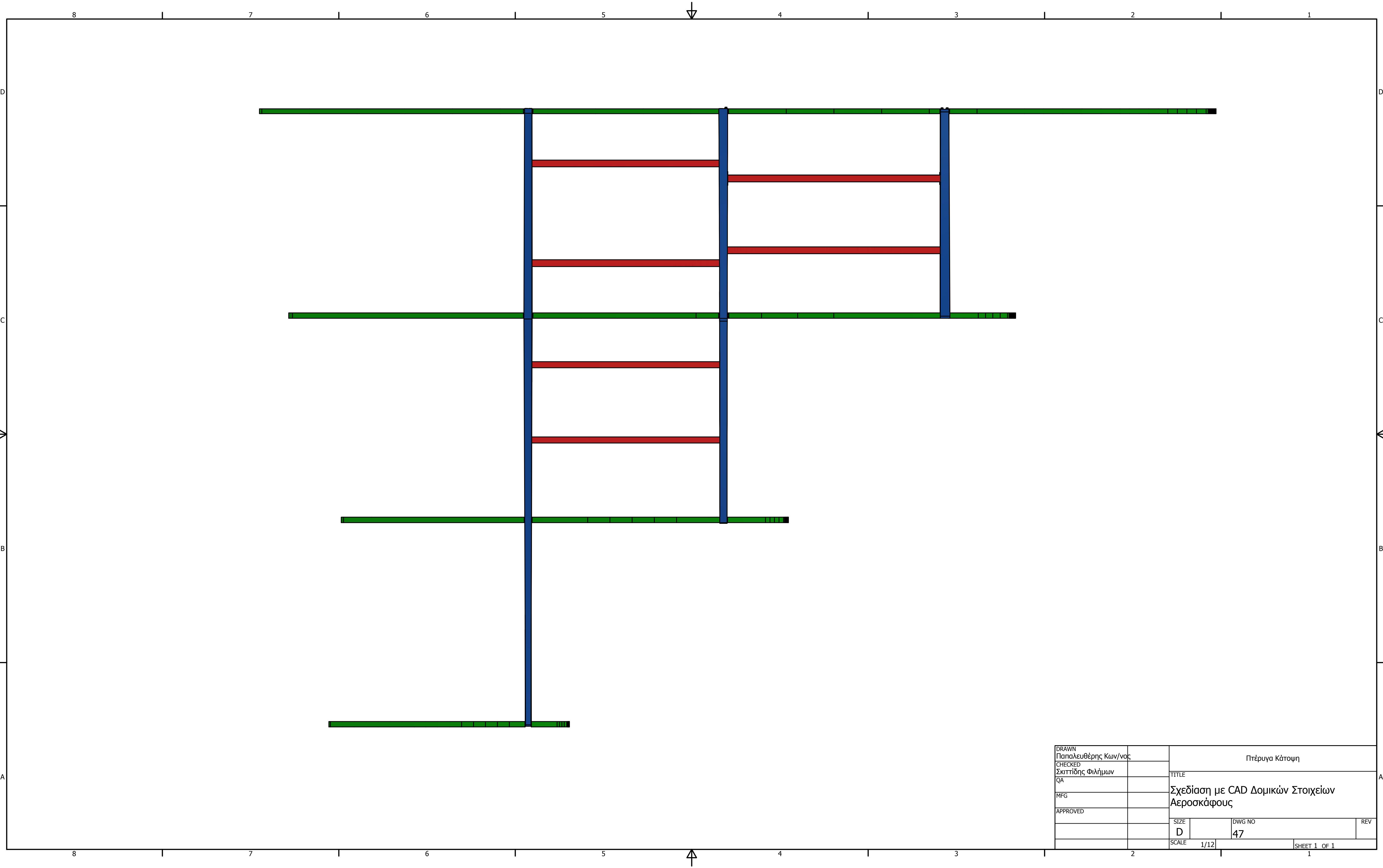
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Πτέρυγα		
CHECKED Σκιττιδης Φιλήμων	TITLE		
QA	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG	Αεροσκάφους		
APPROVED	SIZE D	DWG NO 44	REV
	SCALE 1/11	SHEET 1 OF 1	



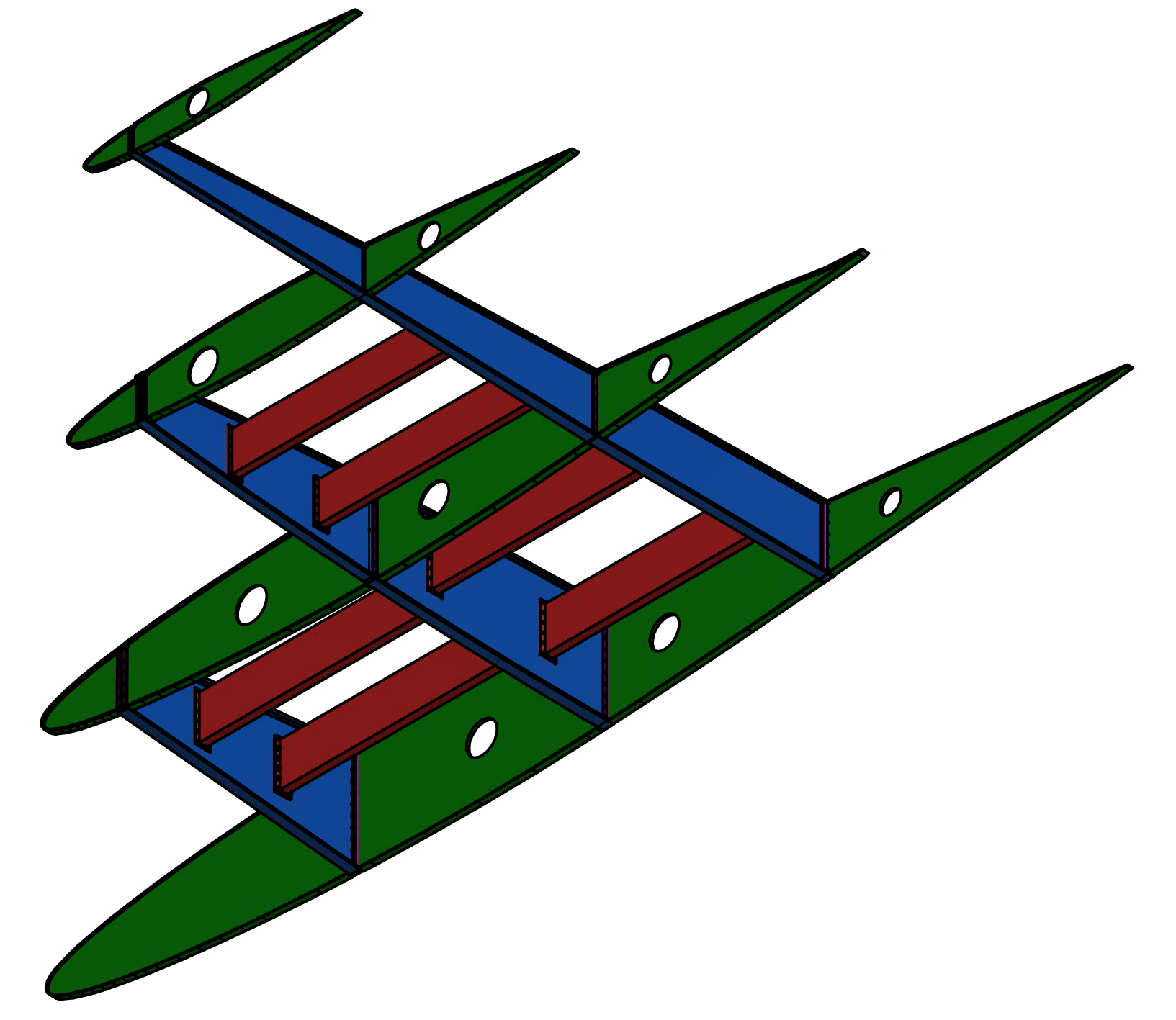
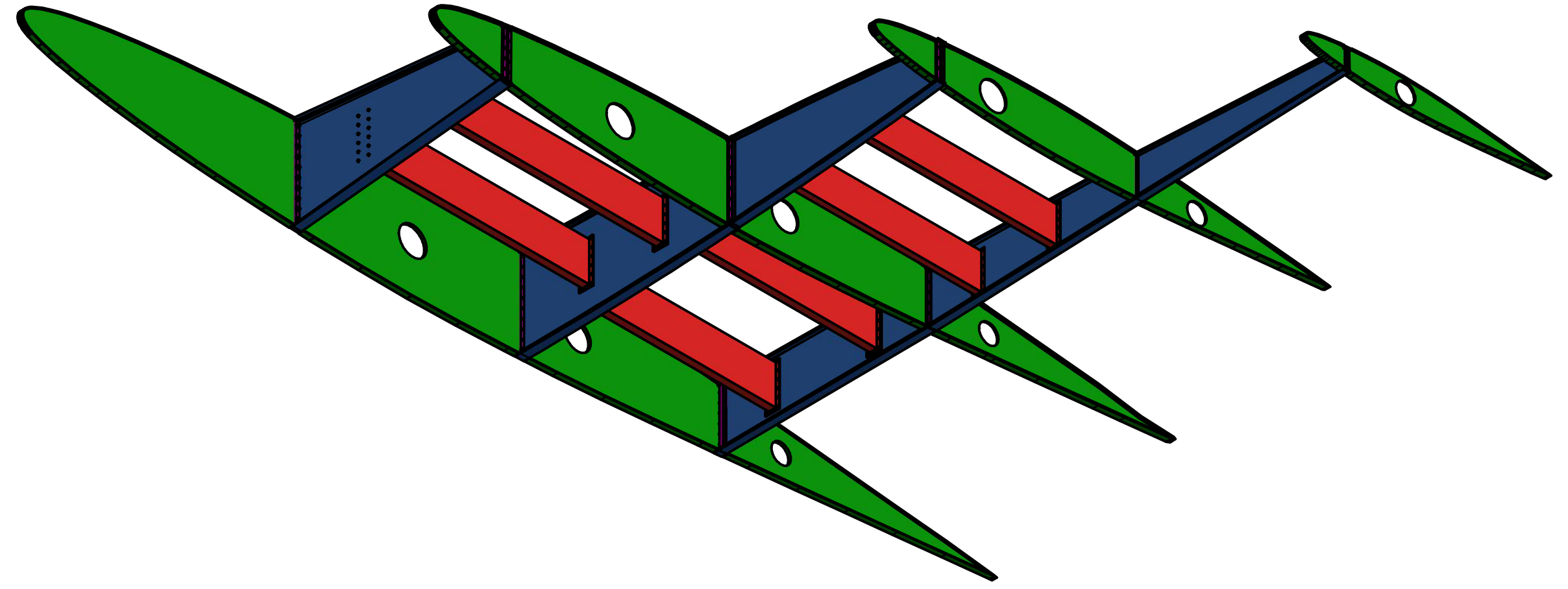
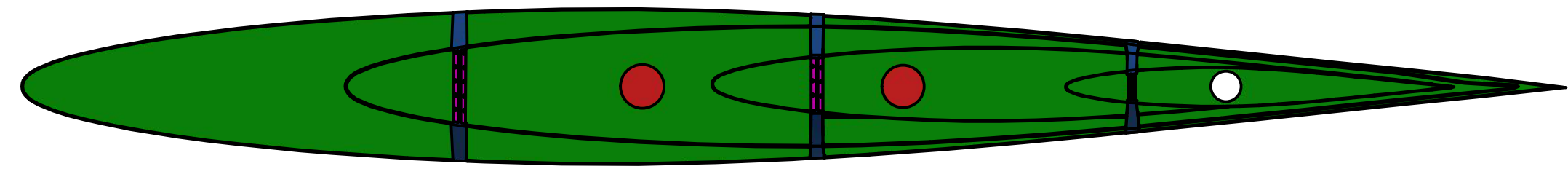
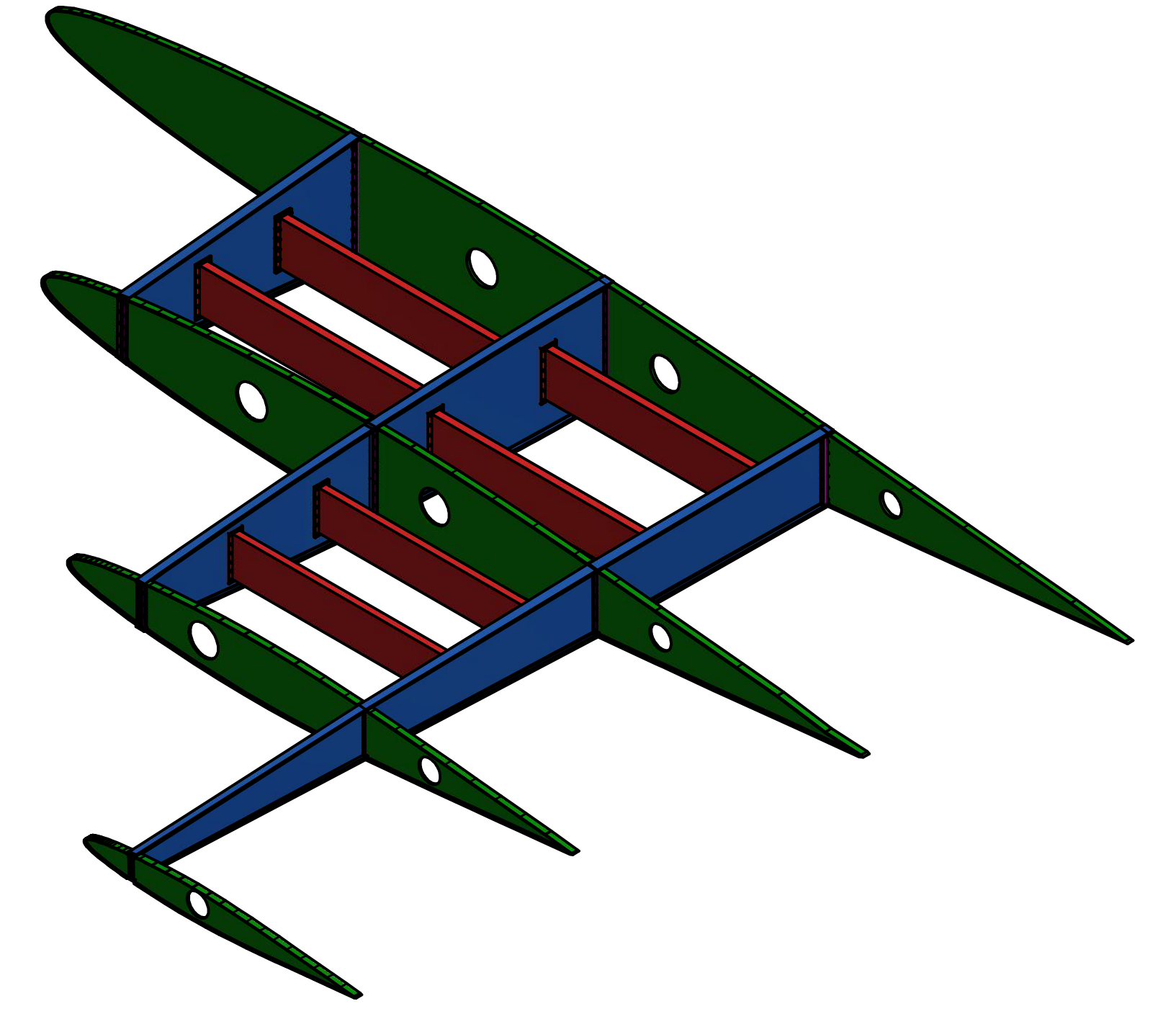
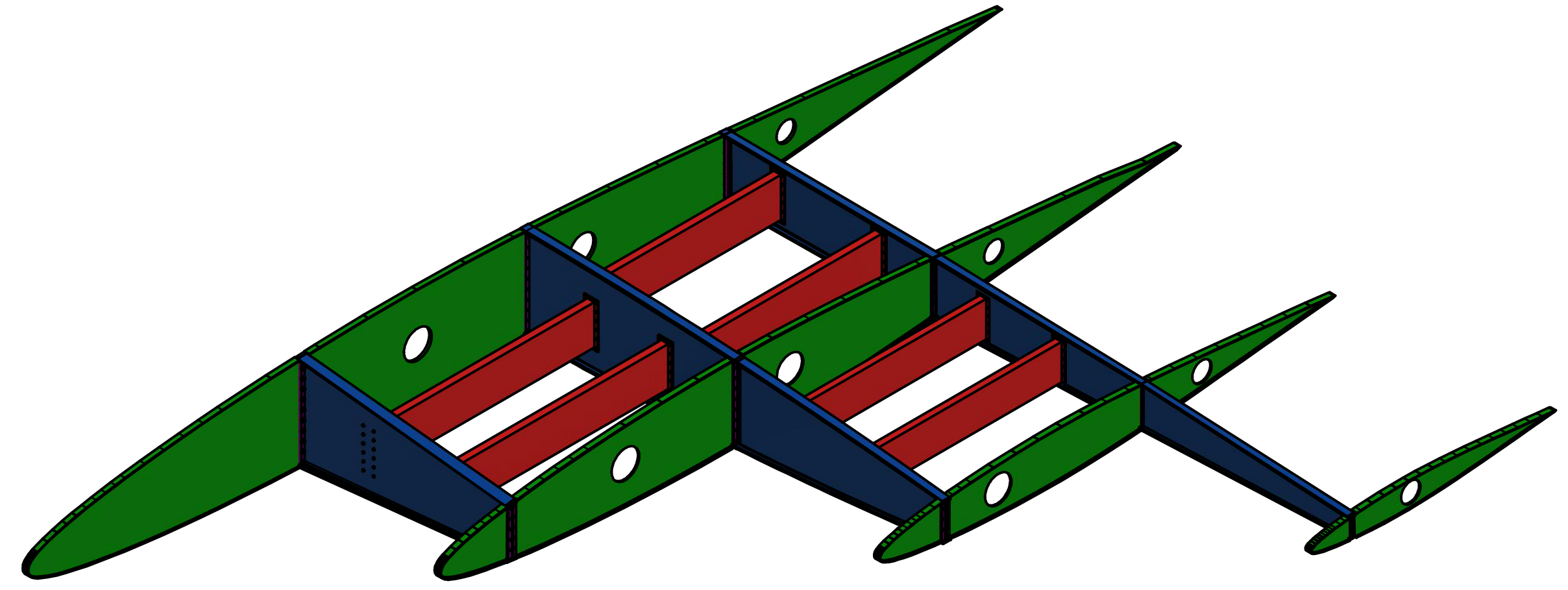
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Πτέρυγα		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE		
QA	Παπαλευθέρης Κων/νος		
MFG	SIZE D	DWG NO 45	REV
APPROVED	SCALE 1/13	SHEET 1 OF 1	



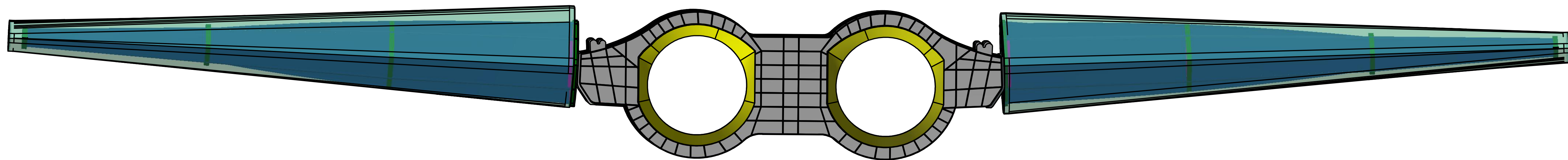
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Πτέρυγα Πρόσωση	
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE	
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
MFG		Αεροσκάφους	
APPROVED		SIZE	DWG NO
		D	46
		SCALE	1/13
		SHEET 1 OF 1	



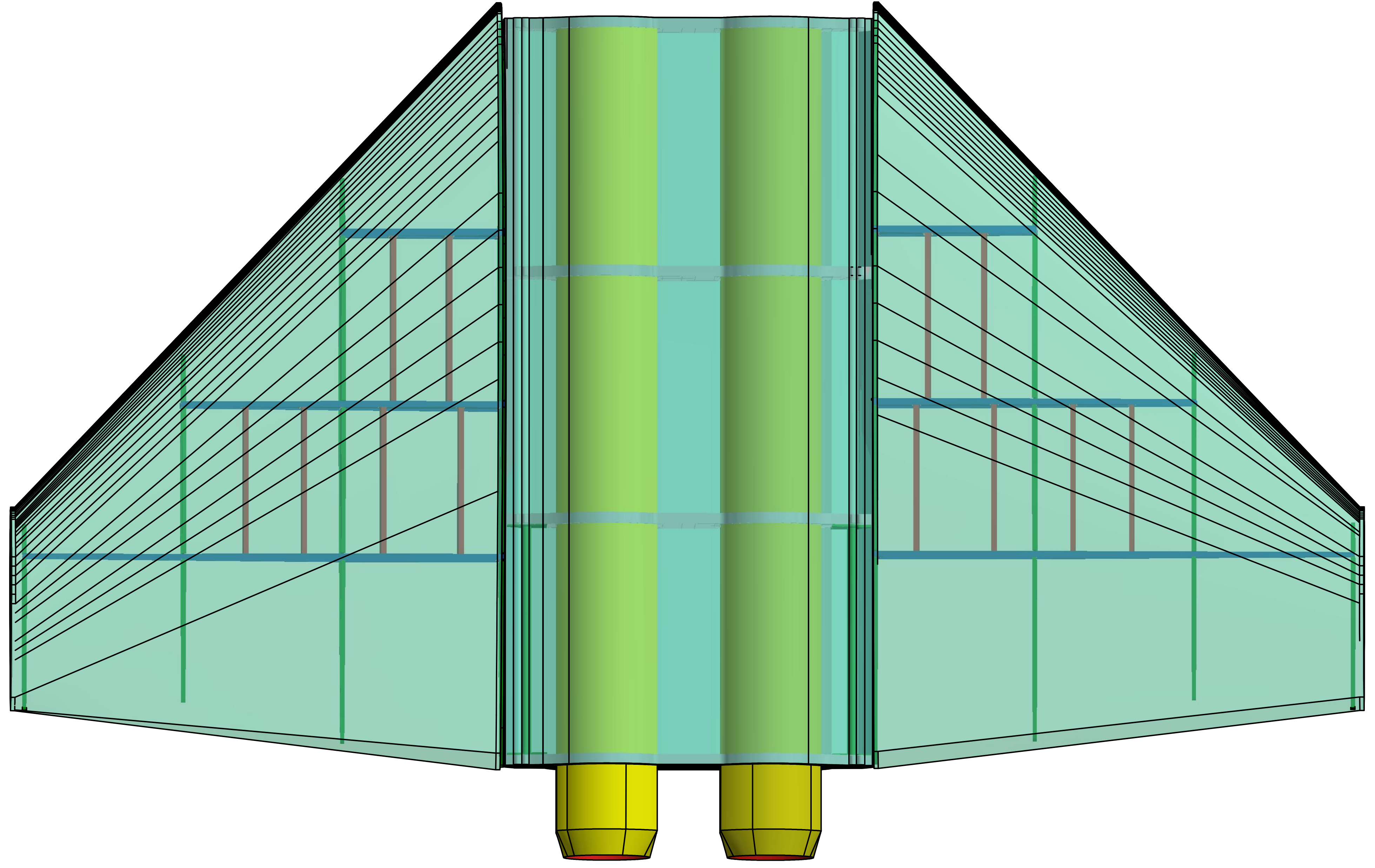
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Πτέρυγα Κάτοψη		
CHECKED Σκιτπίδης Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 47	REV
MFG	SCALE 1/12		SHEET 1 OF 1
APPROVED			



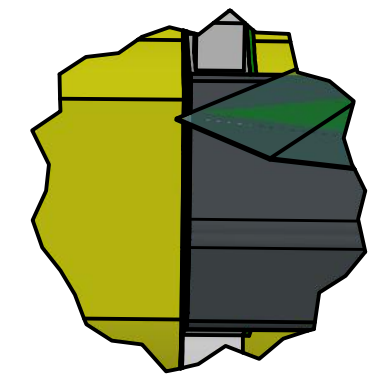
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Πτέρυγα	
CHECKED	Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE	
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
MFG		Αεροσκάφους	
APPROVED		SIZE	DWG NO
		D	48
		SCALE	1/25
		SHEET 1 OF 1	



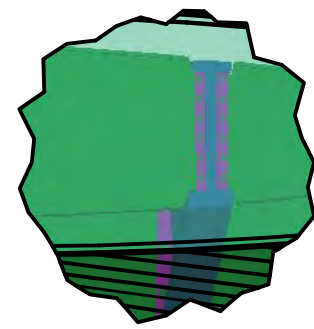
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Πρόσψη		
CHECKED Σκιττιδης Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 49	REV
MFG	SCALE 1/18		SHEET 1 OF 1
APPROVED			



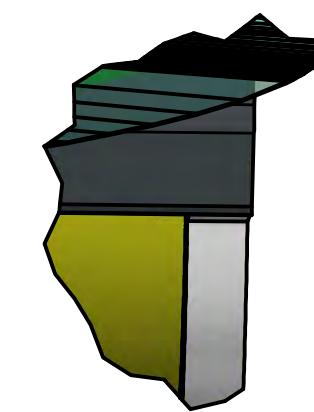
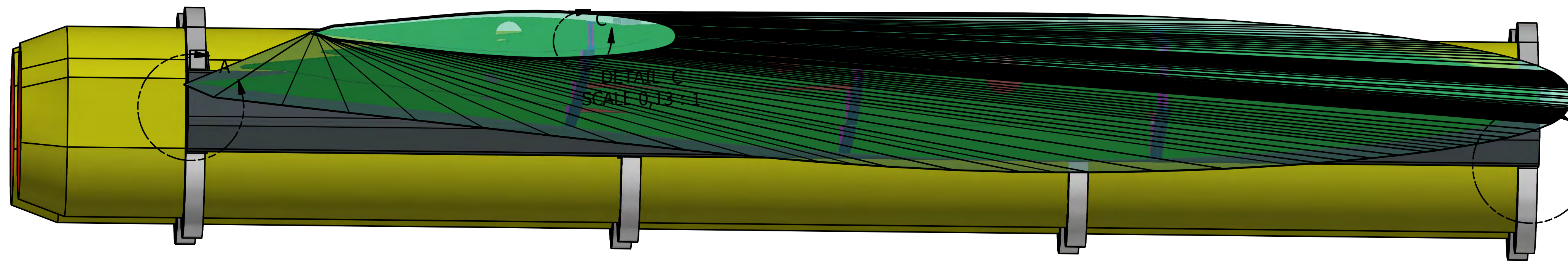
DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	Κάτοψη		
CHECKED	Σκιπτιδής Φιλήμων	TITLE		
QA		Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG		Αεροσκάφους		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		D	50	
		SCALE	1 / 25	
			SHEET 1 OF 1	



DETAIL A
SCALE 0,08 : 1

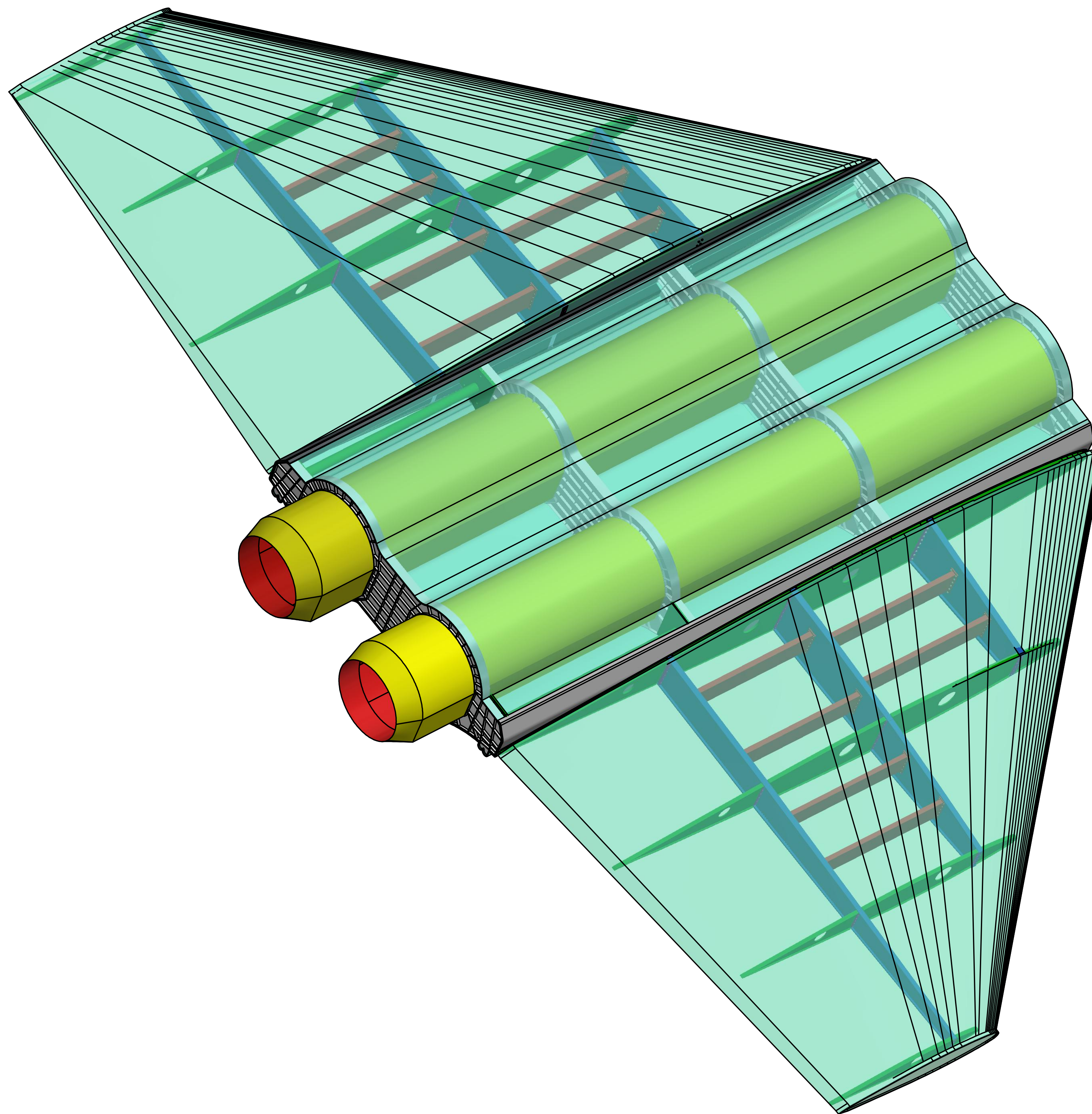


DETAIL C
SCALE 0,13 : 1

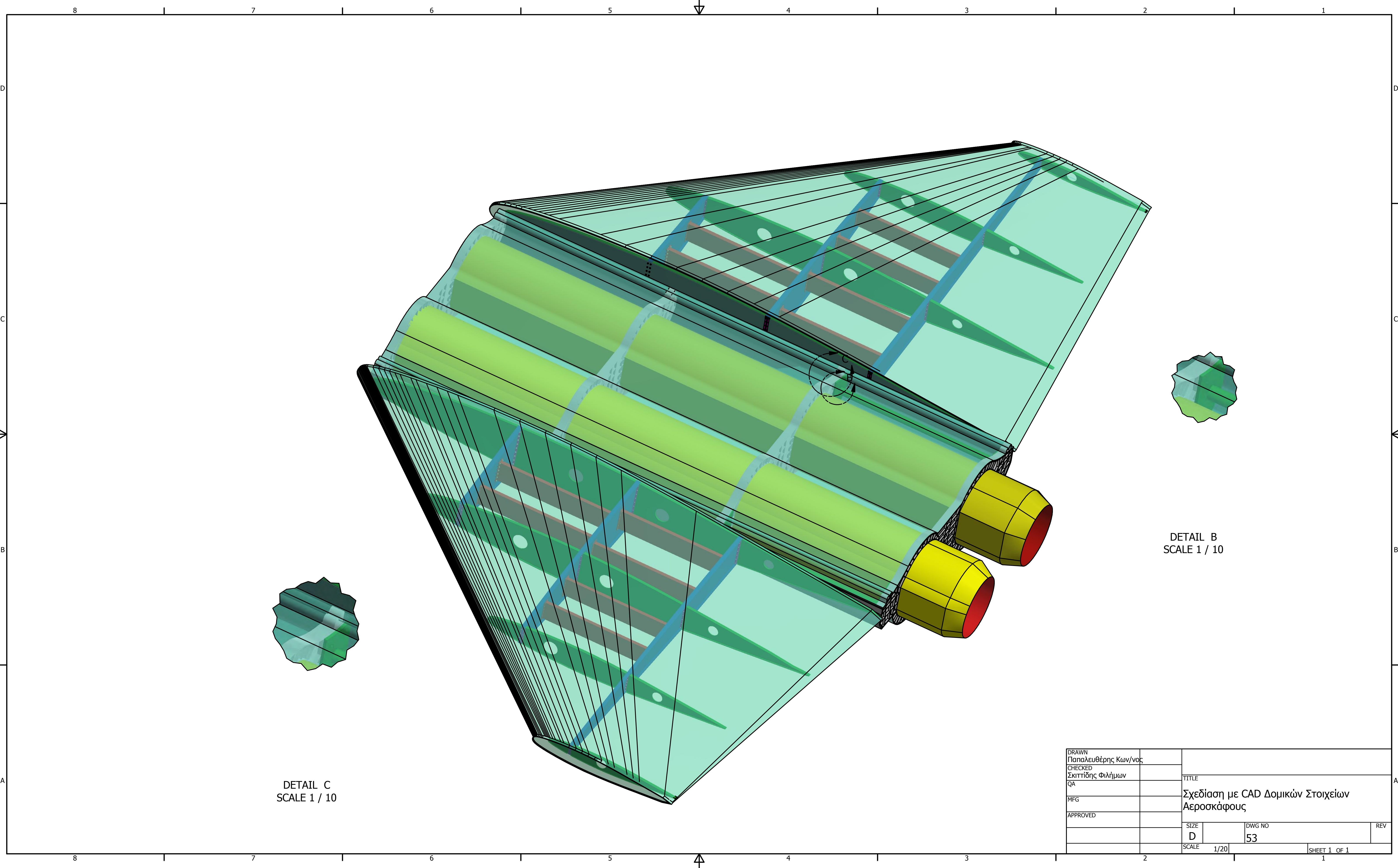


DETAIL B
SCALE 0,08 : 1

DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Πλάγια Όψη		
CHECKED Σκιττιδής Φιλήμων	TITLE Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων Αεροσκάφους		
QA	SIZE D	DWG NO 51	REV
MFG	SCALE 1/15		SHEET 1 OF 1
APPROVED			



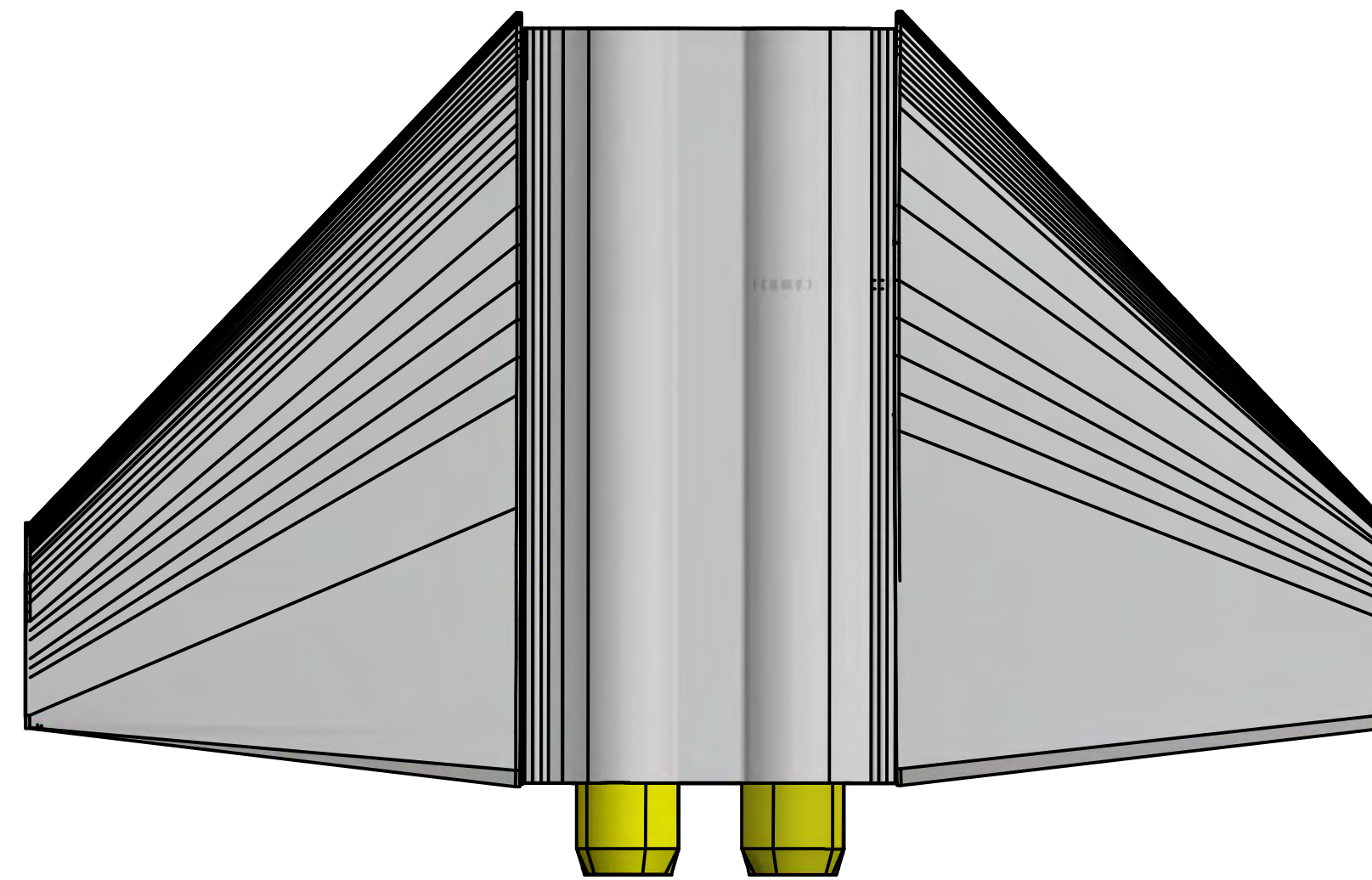
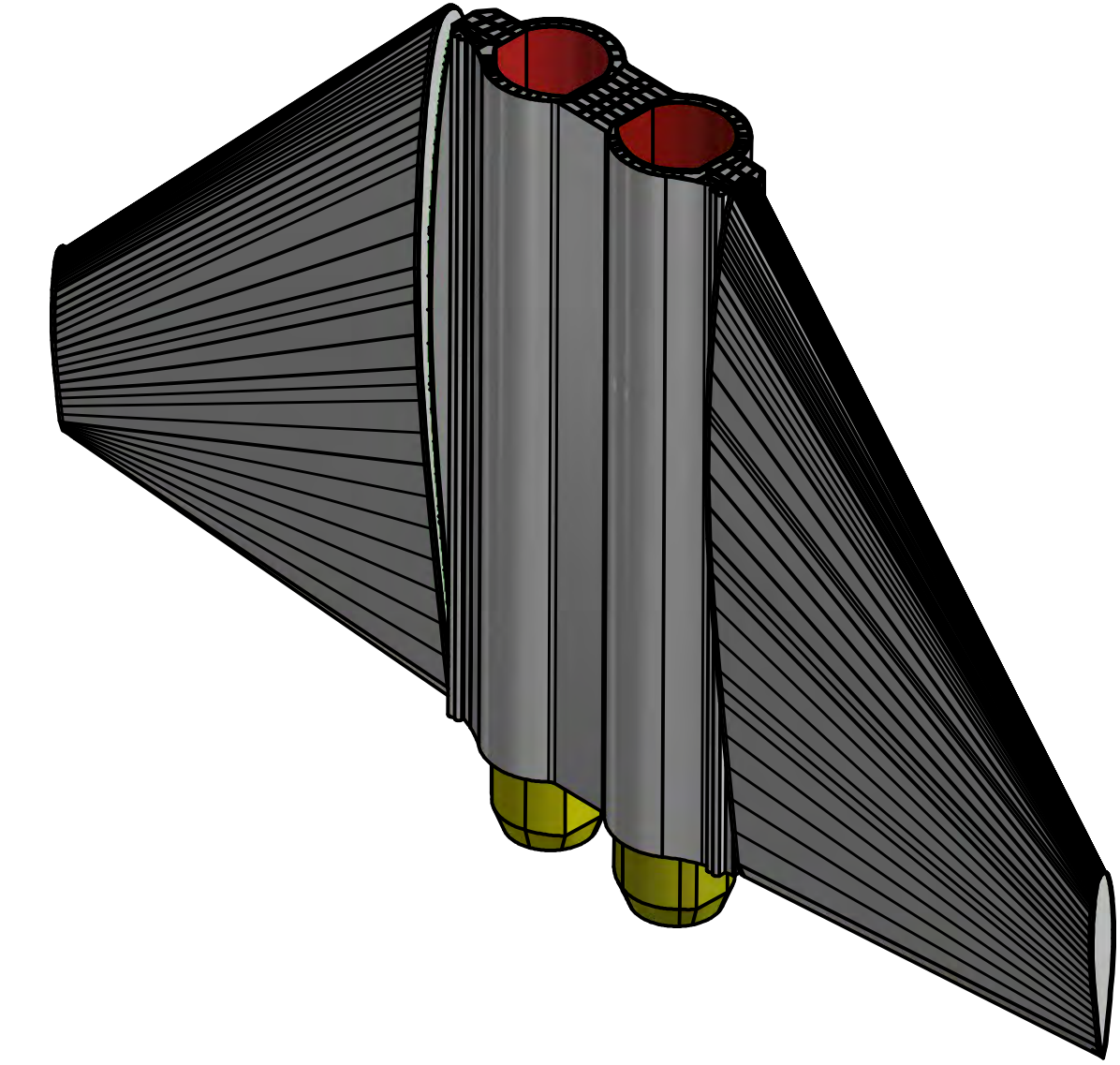
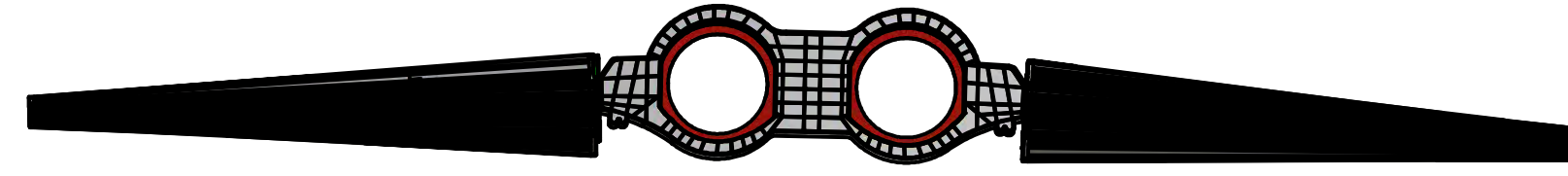
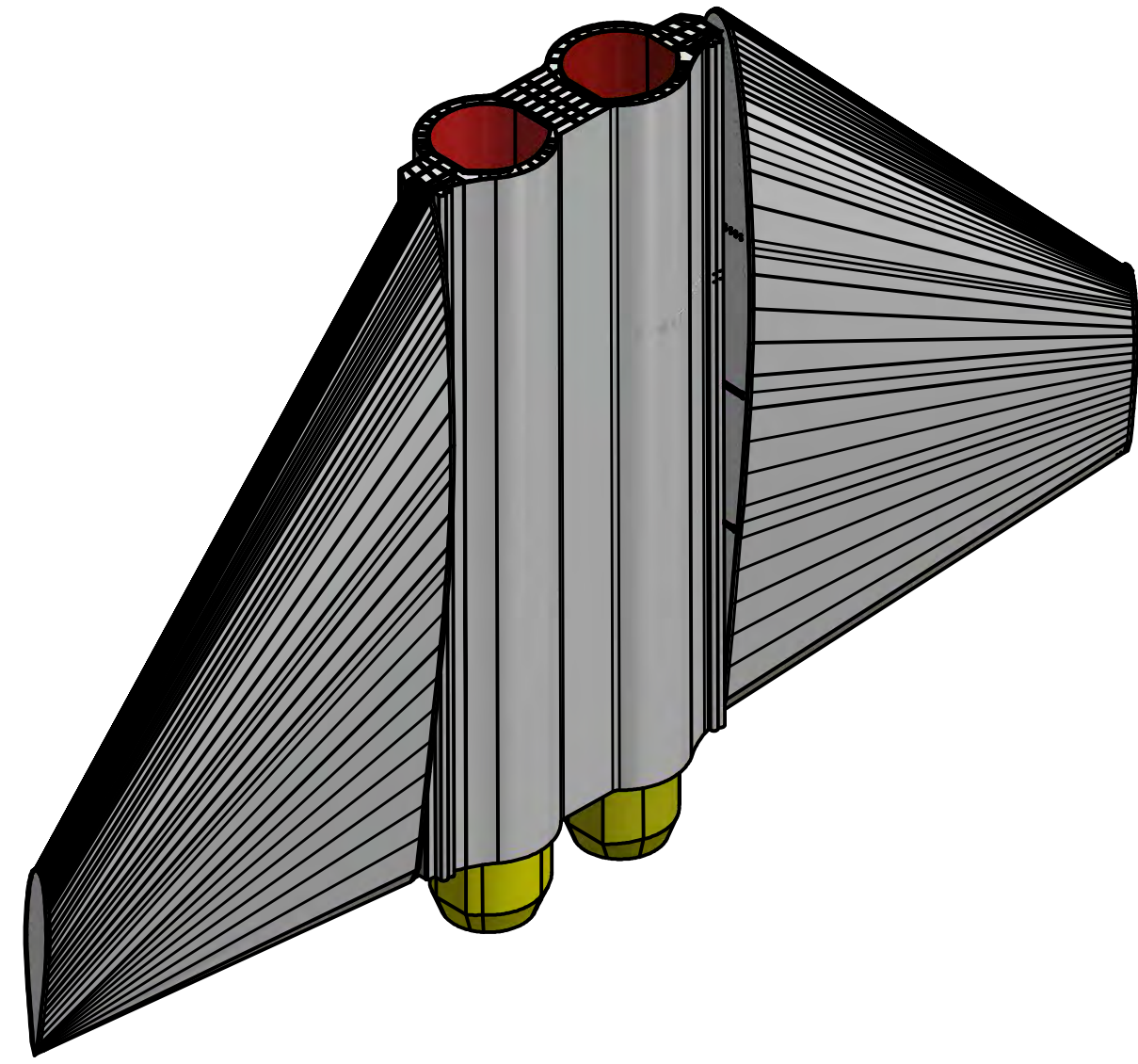
DRAWN Παπαλευθέρης Κων/νος	Πλάγια όψη 1		
CHECKED Σκιτπίδης Φιλήμων	TITLE		
QA	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων		
MFG	Αεροσκάφους		
APPROVED	SIZE D	DWG NO 52	REV
	SCALE 1/22	SHEET 1 OF 1	



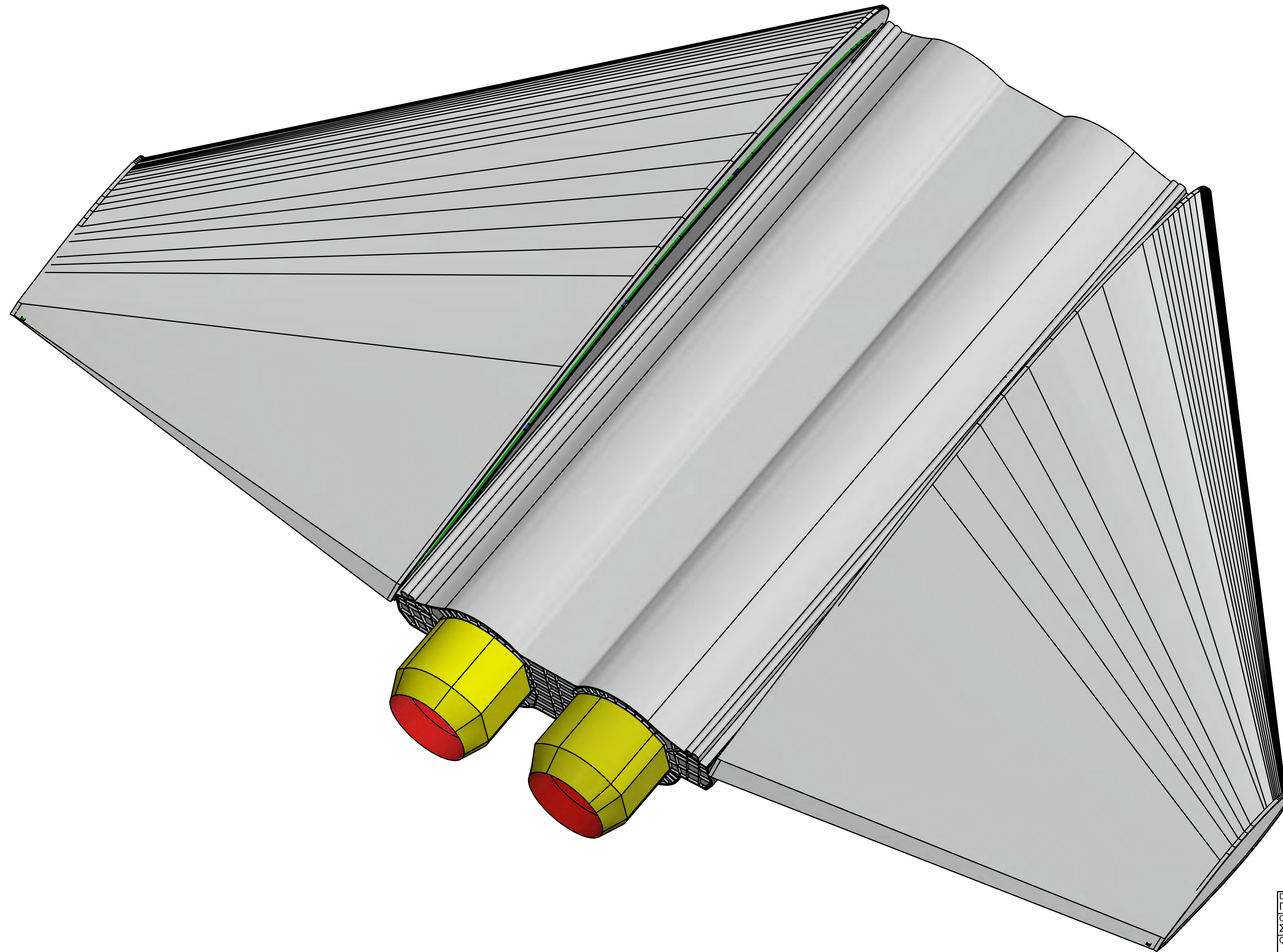
DETAIL C
SCALE 1 / 10

DETAIL B
SCALE 1 / 10

DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	TITLE	
CHECKED	Σκιτπίδης Φιλήμων	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
QA		Αεροσκάφους	
MFG		SIZE	D
APPROVED		DWG NO	53
		SCALE	1/20
		SHEET 1 OF 1	



DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	TITLE	
CHECKED	Σκιτπίδης Φιλήμων	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
QA		Αεροσκάφους	
MFG		SIZE	DWG NO
APPROVED		D	54
		SCALE	1 / 60
		SHEET 1 OF 1	



DRAWN	Παπαλευθέρης Κων/νος	TITLE	
CHECKED	Σκιτπίδης Φιλήμων	Σχεδίαση με CAD Δομικών Στοιχείων	
QA		Αεροσκάφους	
MFG		SIZE	DWG NO
APPROVED		D	55
		SCALE	1/20
		SHEET 1 OF 1	