

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΙΚΡΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ

(DESIGN OF SMALL SIZE STRUCTURAL PART OF AIRCRAFT)

Τ... φοιτητ...

.....

Αρ. Μητρώου:

Επιβλέπων καθηγητής

.....

ΑΘΗΝΑ 2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα ασχοληθούμε με τον σχεδιασμό των δομικών στοιχείων φτερών αεροπλάνου. Αρχικά θα κάνουμε μια σύντομη παραπομπή στην ιστορική εξέλιξη των αεροπλάνων. Μέσα από αυτήν την αναδρομή προσεγγίζεται η σχεδιαστική καθώς και κατασκευαστική εξέλιξη που έχει γίνει έως σήμερα. Στην συνέχεια πραγματοποιείται μια σύντομη ανάλυση των δόμων ενός αεροπλάνου. Στην ανάλυση αυτήν περιγράφονται συνοπτικά τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται καθώς και η πλεύση του αεροπλάνου. Έπειτα γίνεται μια πιο εκτεταμένη αναφορά στην δομή της πτέρυγας και των δομικών στοιχείων της. Αφού κατανοήσουμε τον ρόλο που έχουν τα δομικά στοιχεία της πτέρυγας του αεροπλάνου, θα επεκταθούμε στον σχεδιασμό τους. Στο κεφάλαιο του σχεδιασμού γίνεται παρουσίαση του προγράμματος CAD με το οποίο έγινε ο σχεδιασμός καθώς και ο τρόπος με τον οποίον σχεδιάστηκε. Τέλος παρουσιάζονται τα κατασκευαστικά σχέδια με βοηθητικές εικόνες συναρμολόγησης των δομικών αυτών στοιχείων.

ABSTRACT

In this thesis we deal with the design of airplane wings structural elements. Initially we will make a brief reference to the historical development of airplanes. In this recursion approached the design and construction progress that has been made to date. Then performed a brief analysis of the structures of an airplane. In this analysis outlined the elements that make up and the navigation of the airplane. Following is a more extensive reference to the wing structure and its components. Once you understand the role that are the building blocks of the airplane wing will expand the design. Chapter design become presentation of CAD program that the design was and how they have been designed. Finally presented the construction plans with auxiliary assembly images of these components.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέπων καθηγητή της παρούσας πτυχιακής εργασίας Φιλήμονος Χρ. Σκιπτιδής ,με τον οποίο υπήρξε μια εξαιρετική επικοινωνία κατά την εκπόνηση την εργασίας.

Κατάλογος περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT.....	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	9
Σύντομη ιστορική ανασκόπηση της εξέλιξης των αεροπλάνων.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	15
Δομή αεροπλάνου	15
2.1. Πλευση Αεροπλάνου.....	17
.....	18
2.2 Πτέρυγα αεροπλάνου.....	19
Σχήμα και μέγεθος πτέρυγας.....	21
2.3 Δομικά στοιχεία της πτέρυγας.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	25
Σχεδιασμός πτέρυγας αεροπλάνου μεσώ ηλεκτρονικού υπολογιστή	25
3.1 Σχεδιασμός και μοντελοποίηση με το πρόγραμμα Autodesk Inventor 2016.....	27
3.2 Σχεδιασμός και μοντελοποίηση δομικών στοιχείων πτέρυγας αεροπλάνου με το πρόγραμμα Inventor 2016.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	36
Μηχανολογικά σχέδια πτέρυγας αεροπλάνου.....	36
4.1 Μηχανολογικά σχέδια δομικών στοιχείων πτέρυγας με αεροτομή (airfoil) NACA0012....	36
4.2 Μηχανολογικά σχέδια δομικών στοιχείων πτέρυγας με αεροτομή (airfoil) Fage & Collin 4	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	38

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1: Δυνάμεις που επιδρούν κατα την πλεύση11.....	19
Σχήμα 2: Αεροτομή (Airfoil)15.....	22
Σχήμα 3: Σχηματική αναπαράσταση της κατανομής πιέσεων με την αλλαγή της γωνιάς πρόσπτωσης.16.....	22
Σχήμα 4: Τρόποι τοποθέτησης φτερών σε άτρακτο17.....	24
Σχήμα 5: Σχήματα φτερών στην κάτοψη του αεροπλάνου 18.....	24
Σχήμα 6: Δομικά στοιχεία της πτέρυγας20.....	32
Σχήμα 7: Αεροτομή (Airfoil) NACA001224.....	36
Σχήμα 8: Αεροτομή (Airfoil) Fage & Collins 4 25.....	37
Σχήμα 9: Γραφική απεικόνιση των συντεταγμένων της ρίζας (root) NACA0012.....	38
Σχήμα 10: Γραφική απεικόνιση των συντεταγμένων της άκρης (tip) NACA0012.....	38
Σχήμα 11Γραφική απεικόνιση των συντεταγμένων της ρίζας (root) Fage&Collins 4.....	39
Σχήμα 12: Γραφική απεικόνιση των συντεταγμένων της άκρης (tip) Fage &Collins 4.....	39
Σχήμα 13: Διαστασιολόγηση του σχήματος των φτερών	40
Σχήμα 14 Δοκός τύπου INP26.....	41
Σχήμα 15Μπροστινό υποστύλωμα (spar) NACA0012.....	42
Σχήμα 16Πίσω υποστύλωμα (spar) NACA0012.....	42
Σχήμα 17Μπροστινό υποστύλωμα (spar) F&C 4.....	42
Σχήμα 18Πίσω υποστύλωμα (spar) F&C 4.....	42

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: George Cayley1.....	10
Εικόνα 2: Αεροπλάνο του Cayley2.....	10
Εικόνα 3: Ο Otto Lilienthal και η κατασκευή του.3.....	11
Εικόνα 4: Wright Flyer4.....	11
Εικόνα 5: Frenchman Louis Bleriot5.....	12

Εικόνα 6: Bleriot XI6.....	12
Εικόνα 7: German Hugo Junker7.....	12
Εικόνα 8: Αεροσκάφη κατα τον Β'ΠΠ8.....	15
Εικόνα 9: Jumbo Jet 19639.....	16
Εικόνα 10: Απ' εικόνηση των στοιχείων του αεροπλάνου.10.....	18
Εικόνα 11: Οι ποιο συνηθισμένη δοκοί υποστυλωμάτων (spars) που χρησιμοποιούνται σε πτέρυγες19.....	25
Εικόνα 12: Μοντέλα ακμών(wire frame models)21.....	34
Εικόνα 13: Μοντέλα επιφανειών (surface model)22.....	34
Εικόνα 14: Μτερεά μοντέλα (solid model)23.....	34
Εικόνα 15 Απεικόνιση δομικών στοιχείων πτέρυγας (Wing) NACA 0012.....	47
Εικόνα 16 Απεικόνιση νεύρου (Rib).....	47
Εικόνα 17 Απεικόνιση δομικών στοιχείων πτέρυγας (Wing) Fage & Collin 4.....	48
Εικόνα 18 Απεικόνιση νεύρου (Rib).....	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Σύντομη ιστορική ανασκόπηση της εξέλιξης των αεροπλάνων.

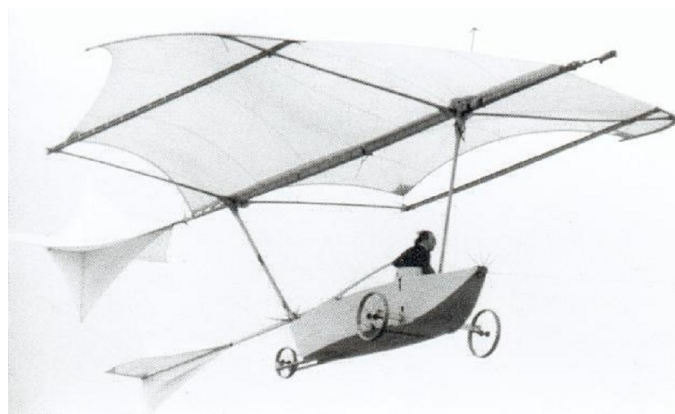
Η ιστορία των αεροναυπηγικών κατασκευών υπόκειται στην ιστορία της αεροπορίας. Η πρόοδος στην τεχνολογία των υλικών καθώς και η καινοτομία της παραγωγής, οδήγησαν την εξέλιξη των αεροσκαφών από ξύλινες κατασκευές με ένα απλό αεροδυναμικό σχήμα, στις σημερινές κατασκευές. Σε συνδυασμό με την συνεχή δυναμική εξέλιξη στην τεχνολογία της κατεργασίας, η δομή των “ιπταμένων οχημάτων” έχει αλλάξει σημαντικά.

Η ανακάλυψη της άντωσης (lift) ή δύναμης ανύψωσης, που μπορούσε να δημιουργηθεί από την ροή ρευστού (αέρα) στην κορυφή μια καμπύλης επιφάνειας πυροδότησε την ανάπτυξη των σταθερών-πτερυγίων (fix-wings) και περιστρεφόμενων-πτερυγίων (rotate-wings) αεροσκαφών.

Ο George Cayley ήταν ο πρώτος που ανέπτυξε μια αποτελεσματική κυρτή αεροτομή στις αρχές του 1800 μ.χ. Καταγράφεται ως η πρώτη επιτυχής επανδρωμένη ανεμόπτερα του αιώνα. Ο George Cayley ήταν ο πρώτος που μελέτησε τις συνθήκες που επικρατούν σε μια αεροναυπηγική κατασκευή. Μάλιστα ήταν αυτός που κατέγραψε τις δυνάμεις που επιδρούν σε ένα αεροπλάνο κατά την πλεύση του, όπως η άντωσης (lift), το βάρος (weight), η οπισθέλκουσα (drag) και η ώση (thrust).



Εικόνα 1: George Cayley¹



Εικόνα 2: Αεροπλάνο του Cayley²

1 : <http://www.mylearning.org/learning/inventors-and-inventions-from-yorkshire/Cayley.jpg>

2 : https://theblogofthecosmos.files.wordpress.com/2015/06/george_cayley_glider.jpg

Ο Cayley ήταν αυτός που έφτιαξε τα πρώτα φτερά, κατασκευάζοντας έτσι το πρώτο τριπτέρυγο αεροπλάνο που πέταξε το 1853. Αργότερα μελέτησε το κέντρο βάρους των ιπταμένων κατασκευών ως προς την επίδραση της δίδρου των φτερών. Επιπλέον ήταν ο πρωτοπόρος στην εφαρμογή του πρωταρχικού συστήματος έλεγχου της πλεύσης με την παλιότερη μορφή του πηδαλίου.

Στα τέλη του 1800 ο Otto Lilienthal βασισμένος στην ανακάλυψη του Cayley, κατασκεύασε την δική του αερόπτερα και πραγματοποίησε πάνω από 2000 πτήσεις με αυτήν.

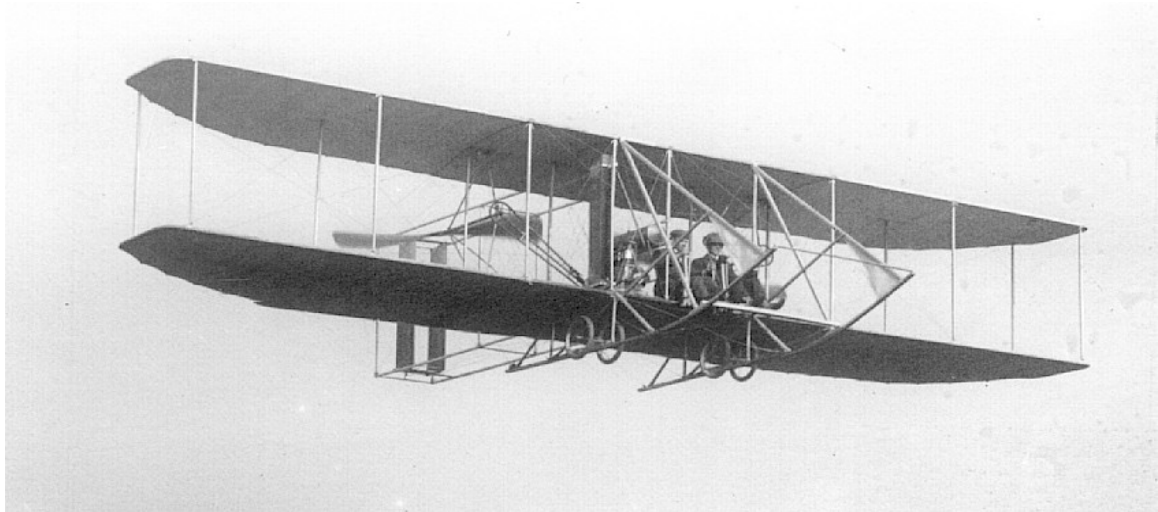


Εικόνα 3: Ο Otto Lilienthal και η κατασκευή του.³

Τα υλικά των κατασκευών του ήταν ξύλο ιτιάς και πανιά. Η βασική δομή τους καθώς και το σχήμα τους ήταν βασισμένες σε εκτεταμένες μελέτες που είχε πραγματοποιήσει σε πουλιά. Επίσης έκανε καθοριστική χρήση οριζοντίων και κάθετων πτερυγίων πίσω από τα φτερά, αυτό τον βοηθούσε στον έλεγχο της κατεύθυνσης.

Το έργο αυτού του ανθρώπου ήταν γνωστό στους αδερφούς Wright. Βασισμένοι στον Otto κατασκεύασαν με μεγάλη επιτυχία το πρώτο του είδους αυτού αεροπλάνο, ικανό να μεταφέρει έναν άνθρωπο πολύ ψηλά. Το Wright Flyer είχε λεπτά φτερά καλυμμένα με ύφασμα και συνδεδεμένα με την δομή του αεροπλάνου. Η δομή του ήταν κατασκευασμένη κύριος από ξύλο. Τα φτερά (wings) περιλαμβάνουν μπροστά και πίσω ορθοστάτες (spars) όπου υποστηρίζονται από αντηρίδες και συρματοσχοίνα.

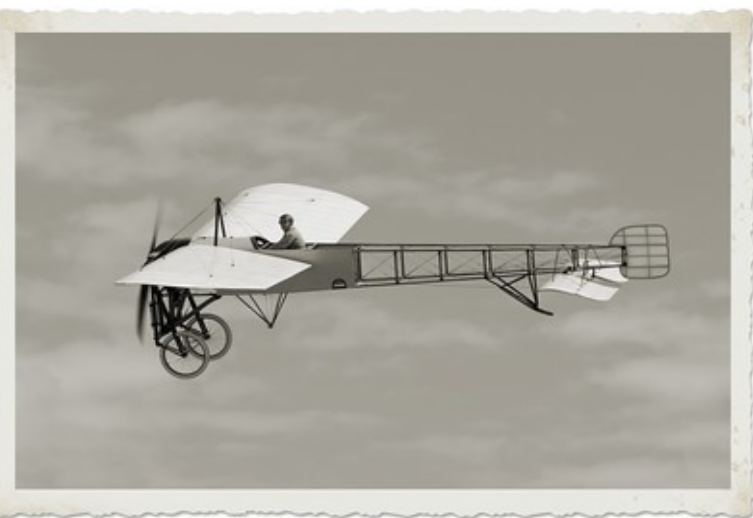
³ : https://theblogofthecosmos.files.wordpress.com/2015/06/george_cayley_glider.jpg



Εικόνα 4: *Wright Flyer*⁴

Πολλοί εφευρέτες και αεροπόροι άρχισαν να εμφανίζονται μετά , ο καθένας από αυτούς να κατασκευάζει τα δικά του αεροπλάνα. Αρχικά πολλά από αυτά ήταν παρόμοια με την υφασμάτινη και ξύλινη κατασκευή των Wrights.

Το 1909 ο Frenchman Louis Bleriot κατάφερε να κατασκευάσει ένα αεροσκάφος με αξιοσημείωτες διαφορές στον σχεδιασμό του. Τα φτερά αυτού εξακολουθούσαν να υποστηρίζονται από συρματόσχοινα , η τοποθέτηση τούς όμως ήταν πάνω καθώς και κάτω από αυτά. Με αυτόν τον τρόπο κατέστησε την δυνατότητα μεγαλύτερης επιφανείας φτερών, αυτό ομολογουμένως έχει ως συνέπεια την αύξηση της άντωσης (lift).



Εικόνα 5: *Frenchman Louis Bleriot* **Εικόνα 6:** *Bleriot XI*⁶
*Bleriot*⁵

4 : https://theblogofthecosmos.files.wordpress.com/2015/06/george_cayley_glider.jpg

5 : https://theblogofthecosmos.files.wordpress.com/2015/06/george_cayley_glider.jpg

6 : https://theblogofthecosmos.files.wordpress.com/2015/06/george_cayley_glider.jpg

Η πρόοδος στις μηχανές εσωτερικής καύσης επωφέλησαν πολύ την ανάπτυξη των αεροσκαφών. Στις αρχές του 1910 ο German Hugo Junker ήταν σε θέση να κατασκευάσει αεροσκάφος με μεταλλικά υλικά. Αεροπλάνα κατασκευασμένα με μεταλλικά υλικά έχουν την ικανότητα για πιο ψηλές και ταχύτερες πτήσεις. Επίσης η χρήση των μεταλλικών υλικών στην θέση του ξύλου, περιόρισε σημαντικά το μέγεθος των φτερών καθώς και τον αριθμό τους.



Εικόνα 7: German Hugo Junker⁷

Έως τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο η εμφάνιση ισχυρότερων κινητήρων παρότρυναν τους σχεδιαστές στην παράγωγη λεπτότερων φτερών και ανθεκτικότερων υποστυλωμάτων (spars). Αυτό είχε ως προϋπόθεση την κατασκευή μεγαλύτερης επιφανείας για περισσότερη ποσότητα άντωσης (lift).

Την δεκαετία του 1920 η χρήση του μετάλλου στα αεροσκάφη αυξήθηκε δραματικά. Άτρακτοι αεροσκαφών πλέων ήταν ικανοί να μεταφέρουν επιβάτες και μεγάλα φορτία. Τα πρώτα αεροσκάφη που βγήκαν στην παράγωγη απο αεροναυπηγική βιομηχανία, ήταν σχεδιασμένα με μονολιθικού (monolithique) τύπου άτρακτο. Την δεκαετία του 1930 όλα τα μεταλλικά αεροσκάφη εξοπλίστηκαν με ελαφρύτερους και πιο ισχυρούς κινητήρες.

Ο Β' Παγκόσμιος Πόλεμος έφερε μια μυριάδα μεταλλικών αεροσκαφών. Η μεταφορά του καύσιμου μέσω των φτερών ήταν ο κανόνας. Η επιθυμία όμως για πιο υψηλές και με μεγαλύτερη ταχύτητα πτήσης, ανάγκασε τους σχεδιαστές στην κατασκευή λεπτότερων φτερών. Αυτό είχε ως συνέπεια την τοποθέτηση του καυσίμου στην άτρακτο.

7 : http://media.pointtec.de/homepage/img/history/hugo_junkers.jpg



Εικόνα 8: Αεροσκάφη κατά τον Β'ΠΠ⁸

Μετά τον Β'Π.Π η ανάπτυξη των μηχανών συνεχής εσωτερικής καύσης (turbine engines) , οδήγησε σε πολύ ταχύτερες και υψηλότερες πτήσεις. Έτσι γεννήθηκε η ανάγκη αεροσκαφών με μεγαλύτερη αντοχή στις συνθήκες και τις πιέσεις που επικρατούν κατά την πλεύση τους. Αυτό έκανε τις αεροπορικές βιομηχανίες να προχωρήσουν σε βελτιστοποίηση της μεταλλουργίας. Κατασκεύασαν ατράκτους ικανούς να αντέχουν τους κύκλους της συμπίεσης-αποσυμπίεσης. Στρογγυλεμένα παράθυρα και πόρτες σχεδιάστηκαν για την αποφυγή των αστοχιών. Κράματα χαλκού και αλουμινίου ήταν τα βασικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή αεροπλάνων. Η ανάπτυξη των χημικών επιφανειακών κατεργασιών βοήθησε πολύ στην καλή αντοχή τους και προκάλεσε υψηλές αποδώσεις. Η αντοχή των φτερών σε φορτίσεις αναπτύχθηκε περίφημα , καλύπτοντας την ανάγκη για ταχύτερες πτήσεις. Κατ' επέκταση ο σχεδιασμός πολύ-υποστυλωμάτων (multispars) και δοκών, ήταν απαραίτητος για αυτές τις εφαρμογές.

Την δεκαετία του 1960 ακόμα μεγαλύτερα αεροπλάνα κατασκευάστηκαν με σκοπό την μεταφορά περισσότερων επιβατών. Η βελτιστοποίηση των κινητήρων έφερε στην παραγωγή τα Jumbo Jet. Τα Jumbo Jet είναι κατασκευασμένα με αλουμινίου ήμι-μονολιθικού τύπου (semimonocoque). Τα αεροπλάνα αυτά έφεραν μια επανάσταση στην αεροναυπηγική βιομηχανία, πυροδοτώντας έτσι μεγάλες έρευνες που γίνονται έως και σήμερα.

8 : <https://cstrohmeyer.files.wordpress.com/2011/02/b29-p47-p51.jpg>



Εικόνα 9: *Jumbo Jet 1963*⁹

Έρευνες για ελαφρύτερα και ανθεκτικότερα υλικά λαμβάνουν χωρά έως και σήμερα. Η boeíng μάλιστα ήταν η πρωτοπόρα εταιρία που εφάρμοσε στα αεροσκάφη της κράματα με κυψελοειδή μικρο δομή. Με αυτόν το τρόπο κατάφερε να μειώσει σημαντικά το βάρος του αεροπλάνου και ταυτόχρονα αύξησε την αντοχή τους στις εναλλασσόμενες καταπονήσεις. Αρχικά, πυρήνες αλουμινίου με αλουμίνιο ή ύαλο-ίνες (fiberglass) χρησιμοποιήθηκαν σε πάνελ φτερών , επιφάνειες έλεγχου πτήσης , στην καμπίνα και σε άλλες εφαρμογές.

Από το 1970 έως και σήμερα υπήρχε μια σταθερή ανάπτυξη σε σύνθετα υλικά της αεροναυπηγικής. Η κυψελοειδής πυρήνες και αφροειδής μικρο-δομή των υλικών χρησιμοποιήθηκαν σε εξαρτήματα των αεροσκαφών. Προηγμένες τεχνικές και συνδυασμοί υλικών όπως αλουμίνιο με ίνες-άνθρακα και άλλα ισχυρά υλικά σχεδιάστηκαν με σκοπό να καλύψουν συγκεκριμένες ανάγκες εξαρτημάτων. Πολλά αεροσκάφη

πλέον είναι κατασκευασμένα με προηγμένα υλικά αγγίζοντας από το 50% έως και το 100% της μάζας. Ο σκοπός σήμερα των πολύ ελαφριού τύπου αεροσκαφών (Very Light Jet . VLJ), περιγράφει μια νέα γενιά αεροπλάνων κατασκευασμένα από προηγμένα υλικά.

9 : <http://www.panam.org/images/Eras/jet-age.jpg>

https://en.wikipedia.org/wiki/Early_flying_machines

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Δομή αεροπλάνου

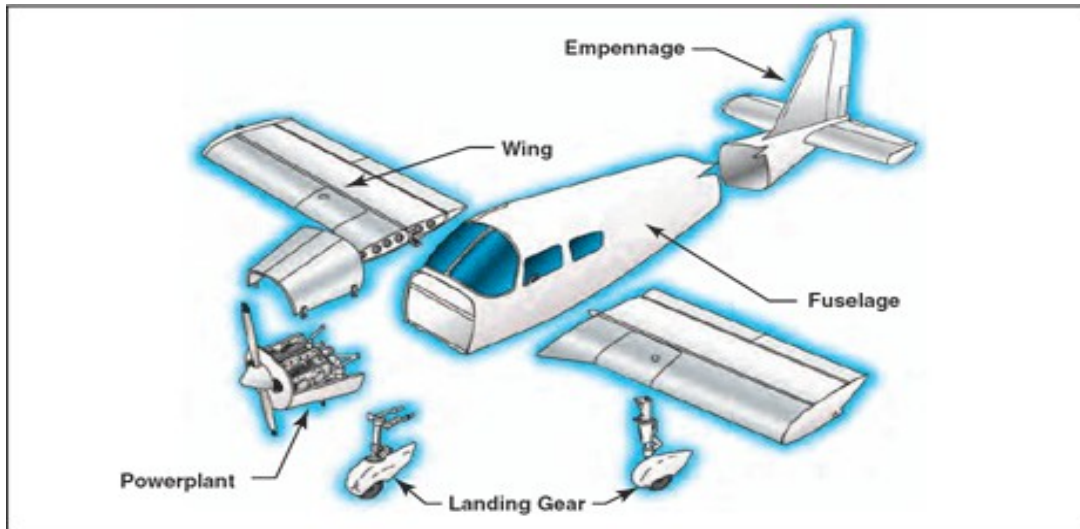
Το αεροπλάνο αποτελείται από τρία κύρια στοιχεία. Αυτά διαφέρουν στην μορφή καθώς και στον προορισμό τους. Αυτά είναι :

α) Το κύριο σώμα του αεροπλάνου που λέγεται σκάφος. Το σκάφος αποτελεί τον κορμό του αεροπλάνου και αποτελείται από δύο μέρη. Τις πτέρυγες και την άτρακτο. Οι πτέρυγες είναι σταθερά συνδεδεμένες με την άτρακτο και ο σκοπός τους είναι να παράγουν άντωση (Lift) ή δύναμη ανύψωσης. 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 τμήμα της ατράκτου υπάρχει ο θάλαμος διακυβέρνησης και το μεγαλύτερο μέρος της χρησιμοποιείται για επιβάτες, αποσκευές ή εμπορεύματα, αν το αεροπλάνο είναι μεταφορικό και για αμυντικό ή επιθετικό εξοπλισμό, αν είναι πολεμικό.

β) Το σύστημα προώθησης. Το προωθητικό σύστημα είναι, είτε η έλικα στα πιο παλιά αεροπλάνα είτε ο κινητήρας συνεχούς καύσης (στροβιλοαντιδραστήρας) τουρμπίνα (turbine jet) στα πιο καινούργια αεροπλάνα.

γ) Ο μηχανικός εξοπλισμός. Ο μηχανικός εξοπλισμός αποτελείται από τα εξαρτήματα που βοηθούν στην οδήγηση του αεροπλάνου από τις συσκευές κλιματισμού και διατήρησης σταθερής πίεσης μέσα στην άτρακτο. Επίσης, εδώ περιλαμβάνονται το ταχύμετρο, ο αυτόματος χειριστής (πιλότος), οι εγκαταστάσεις ραδιοτηλεφωνίας και ραδιοεντοπισμού, το σύστημα προσγείωσης, οι γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος, οι επιπλώσεις των θαλάμων (διακυβέρνησης, επιβατών) κλπ

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BB%CE%AC%CE%BD%CE%BF>



Εικόνα 10: Απ' εικόνηση των στοιχείων του αεροπλάνου.¹⁰

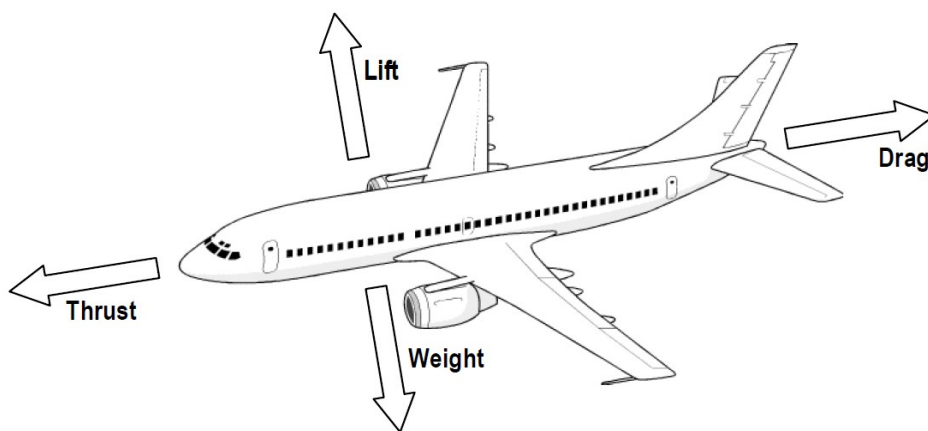
Είναι φανερό από την παραπάνω αναφορά πως τον κύριο ρόλο τον παίζουν τα φτερά και η άτρακτος του αεροπλάνου. Τα δυο αυτά μέρη του αεροσκάφους δέχονται όλες τις καταπονήσεις. Επομένως πρέπει να δίνετε μεγάλη προσοχή στον σχεδιασμό των επιμέρους αυτών στοιχείων. Τα δομικά στοιχεία του αεροπλάνου πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μπορούν να φέρουν μεγάλα φορτία και δυνάμεις. Ο σχεδιασμός των δομικών στοιχείων των φτερών και της άτρακτου πρέπει να βασίζεται πάνω στα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του υλικού που επρόκειτο να κατασκευαστεί.

Αν και οι μέθοδοι σχεδιασμού και μελέτης των αεροσκαφών δεν αφορούν το τεχνικό κομμάτι, η αναγνώριση και η κατανόηση αυτών από τον τεχνικούς είναι απαραίτητη. Όταν ένας τεχνικός μπορεί να καταλάβει την επίδραση των τάσεων και των δυνάμεων, τότε αποφεύγονται τυχόν αλλαγές από τον αρχικό σχεδιασμό κατά την διάρκεια της επισκευής.

10 : <http://docplayer.gr/docs-images/21/1149355/images/5-0.png>

2.1. Πλεύση Αεροπλάνου.

Παρακάτω θα εξετάσουμε τις δυνάμεις που επιδρούν σε ένα αεροπλάνο κατά την πλεύση του στον αέρα. Αυτό θα μας βοηθήσει να μπορούμε να έχουμε μια σφαιρική εικόνα των προβλημάτων που αντιμετωπίζουμε. Ας φανταστούμε ένα αεροπλάνο το οποίο πλέει με σταθερή ταχύτητα στο οριζόντιο επίπεδο. Αναλύοντας το με αυτές τις συνθήκες παρατηρούμε ότι ασκούνται πάνω σε αυτό 4 δυνάμεις. Το βάρος του αεροσκάφους (Weight), η Άντωση (Lift), η Οπισθέλκουσα (Drag) και η Ώθηση (Thrust).



Σχήμα 1: Δυνάμεις που επιδρούν κατά την πλεύση¹¹

Βάρος (Weight) είναι η δύναμη που δημιουργείται από την βαρύτητα τραβώντας το αεροσκάφος στο έδαφος. Για αυτόν τον λόγο προκειμένου ένα αεροπλάνο να πετάει χρειάζεται μια δύναμη που να αντιτίθεται στην δύναμη της βαρύτητας.

Άντωσης (Lift)¹² είναι η δύναμη που αντιτίθεται στην βαρύτητα. Αυτή η δύναμη παράγεται κυρίως από τα φτερά του αεροπλάνου. Για αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητο τα φτερά του αεροπλάνου να έχουν αεροδυναμικό σχήμα.

Οπισθέλκουσα (Drag)¹³ είναι μια δύναμη που παράγεται κατά την πλεύση του αεροπλάνου με αντίθετη φορά από την φορά του. Αυτό οφείλεται στην ροή του ρευστού (αέρα) γύρω από το αεροπλάνο η οποία δημιουργεί μια αντίσταση σε αυτό. Είναι για παράδειγμα όπως το κουτί με το οποίο μετακινείται η βάρκα στο νερό. Όσο πιο γρήγορα κάνεις κουτί τόσο μεγαλώνει η αντίσταση του νερού . Η κατεύθυνση της βάρκας όμως είναι ίδια με την αντίσταση, αλλά αντίθετη με το κουτί. Στο παράδειγμα με την βάρκα η οπισθέλκουσα είναι ωφέλιμη για την μετακίνηση της, γιατί έχει την ίδια κατεύθυνση με τον προορισμό της. Στα αεροπλάνα έχει αντίθετη κατεύθυνση για αυτόν τον λόγο προκαλεί πρόβλημα στην πλεύση.

Ωθηση (Thrust)¹⁴ είναι η δύναμη που παράγεται από τούς κινητήρες του αεροπλάνου. Η δύναμη αυτή ωθεί το αεροπλάνο να εκτελεί γραμμική κίνηση. Για τα αεροπλάνα υπάρχει μεγάλη γκάμα κινητήρων. Οι κινητήρες συνήθως σκοπό έχουν να παράγουν την ώθηση περιστρέφοντας μια προπέλα ή επιταχύνοντας το ρευστό (αέρας). Οι προπέλες έχουν έναν μικρο αριθμό λεπίδων με αεροδυναμικό σχήμα και περιστρέφονται γύρο από έναν άξονα παράλληλο με την άτρακτο του αεροπλάνου. Σκοπός τους είναι να τραβούν το αεροπλάνο παράγοντας μια δύναμη άντωσης (Lift) κάθετη στο επίπεδο περιστροφής τούς. Η επιτάχυνση του ρευστού πραγματοποιείται μέσω του στροβιλοκινητήρα (Turbine engines). Οι κινητήρες αυτοί αποτελούνται από λεπίδες πολλές σε αριθμό όπου περιστρέφονται σε ένα άξονα παράλληλο με την άτρακτο του αεροπλάνου. Σκοπός τούς όμως είναι η επιτάχυνση ενός στενού ρεύματος αέρα. Ο αέρας αυτός κινείται με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα από το αεροπλάνο αλλά έχει πολύ μικρότερη μάζα.

Η ανάλυση για την δημιουργία των παραπάνω δυνάμεων αφορά τον κλάδο την μηχανικής ρευστών ή αεροδυναμικής. Οι δυνάμεις όμως που σχηματίζονται μέσω της ροής είναι οι πυλώνες πάνω στους οποίους στηρίζεται ο σχεδιασμός του αεροπλάνου. Περαιτέρω ανάλυση στα φαινόμενα της μεταφορά δεν αφορά το αντικείμενο με το οποίο πραγματεύεται η εργασία αυτή. Σκοπός του σχεδιαστή δηλαδή είναι να μειωθεί το βάρος (Weight) και η οπισθέλκουσα (Drag) που μας προκαλούν το βασικό πρόβλημα στην πλεύση του αεροπλάνου.

11 : <http://clipartix.com/wp-content/uploads/2016/04/Airplane-cliparts-clipart-image.png>

12 : <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/lift1.html>

13 : <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/drag1.html>

14 : <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/thrust1.html>

2.2 Πτέρυγα αεροπλάνου.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε στα φτερά του αεροσκάφους. Έπειτα από τις παραπάνω αναφορές είναι πια κατανοητός το ρόλος και η σπουδαιότητα των φτερών σε ένα αεροπλάνο. Έτσι θα πραγματοποιηθεί μια συνοπτική θεωρία πάνω στην δομή και τον σχεδιασμό μια πτέρυγας.

Η κύρια λειτουργία μιας πτέρυγας είναι να παράγει όπως είπαμε και παραπάνω μια δύναμη η οποία ανυψώνει το αεροπλάνο. Αυτό είναι δυνατόν να γίνει μόνο όταν υπάρχει αεροδυναμικό σχήμα. Ο σχεδιασμός ενός αεροδυναμικού σχήματος προκύπτει από την αεροτομή (Airfoil) που έχουμε επιλέξει. Η πτέρυγα είναι ένα εξάρτημα το οποίο υπάρχει στον χώρο των τριών διαστάσεων, ενώ η αεροτομή υπάρχει στις δυο διαστάσεις.

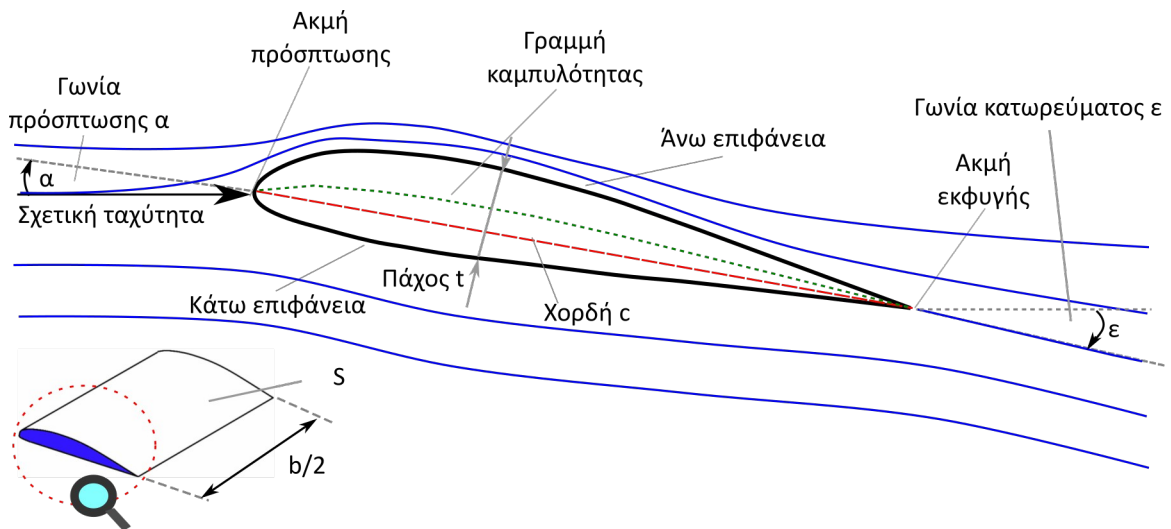
Αεροτομή (Airfoil)

Η σχεδίαση μιας αεροτομής είναι περίπλοκη και προϋποθέτει μεγάλη εμπειρία και γνώση στις αρχές της αεροδυναμικής. Επίσης για την μελέτη αεροτομών επιβάλλονται δοκιμές σε μεγάλες σήραγγες. Ομολογουμένως οι δοκιμές αυτές είναι αρκετά δαπανηρές. Μεγάλες αεροπορικές βιομηχανίες έχουν τον κατάλληλο εξοπλισμό και το απαραίτητο προσωπικό για την εκτέλεση αυτών των πειραμάτων. Η δυνατότητα αυτών είναι η καινοτομία στον σχεδιασμό ενός αεροδυναμικού σχήματος. Εταιρίες παραγωγής μικρού μεγέθους αεροσκαφών που δεν έχουν την δυνατότητα για έναν εξοπλισμό σαν αυτόν, δεν μπορούν να παράγουν δικές τους αεροτομές. Σε αυτήν την περίπτωση επιλέγεται μια αεροτομή από κάποιον κατάλογο που είναι διαθέσιμος σε βιβλία ή στο ίντερνετ.

Με την βοήθεια τώρα πια των ηλεκτρονικών υπολογιστών γίνεται πολύ εύκολη η μελέτη μιας αεροτομής. Αυτό δεν συνεπάγεται πως δεν είναι απαραίτητο να διεξάγονται πειραματικές μελέτες. Υπάρχουν πολλά πακέτα αεροδυναμικής ανάλυσης στην αγορά. Αυτό δίνει την δυνατότητα στον σχεδιαστή να μπορεί να έχει μια αντιπροσωπευτική εικόνα ,στο ποια θα είναι η ροή του ρευστού , προκειμένου να μπορεί να υπολογίσει τις πιέσεις που ασκούνται πάνω στις επιφάνειες.

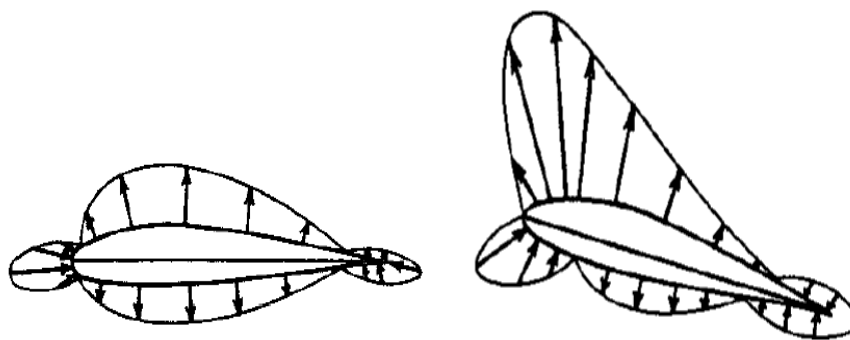
<http://faculty.dwc.edu/sadraey/Chapter%205.%20Wing%20Design.pdf>

Μια τυπική αεροτομή (airfoil) παριστάνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2: Αεροτομή (Airfoil)¹⁵

Υπάρχουν κάποιοι γεωμετρικοί παράγοντες που είναι απαραίτητοι στην επιλογή μια αεροτομής. Αν η γραμμή καμπυλότητας είναι ευθεία τότε μιλάμε για συμμετρική αεροτομή. Σε άλλη περίπτωση μιλάμε για κοίλη αεροτομή και αυτή θα πρέπει να είναι θετική. Σε μια θετική αεροτομή η στατική πίεση στο άνω μέρος της είναι μικρότερη από το περιβάλλον, ενώ στο κάτω μέρος της είναι μεγαλύτερη. Έτσι έχουμε μεγαλύτερη ροή αέρα στο άνω μέρος και μικρότερη ροή στο κάτω μέρος. Επομένως όσο η γωνία πρόσπτωσης αυξάνεται τόσο η διαφορά της πίεσης αυξάνεται.



Σχήμα 3: Σχηματική αναπαράσταση της κατανομής πιέσεων με την αλλαγή της γωνιάς πρόσπτωσης.¹⁶

15 : http://repfiles.kallipos.gr/html_books/3395/00_master_document_files/image009.png

16 : [Figure 5.7. Pressure distribution around an airfoil Chapter 5 Wing Design pdf](#)

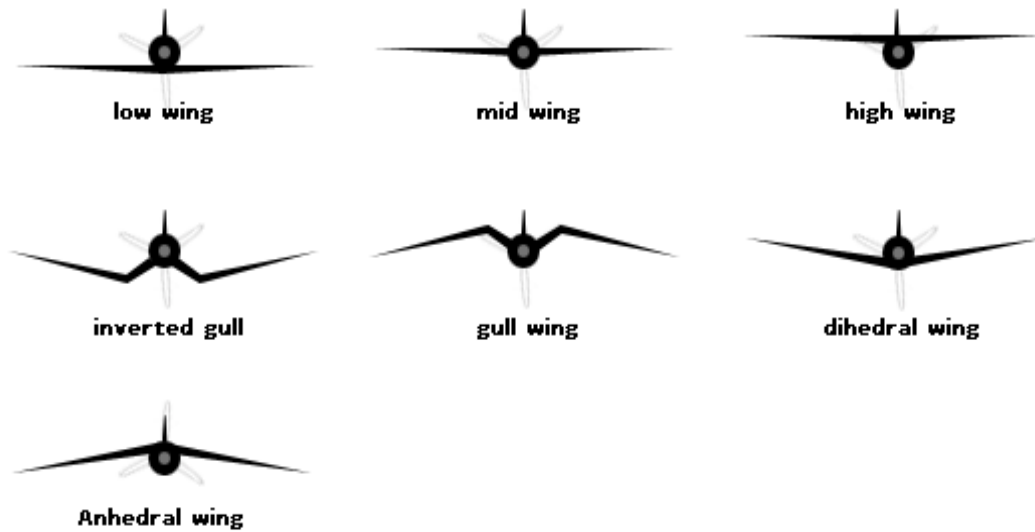
<http://faculty.dwc.edu/sadraey/Chapter%205.%20Wing%20Design.pdf>

Σχήμα και μέγεθος πτέρυγας

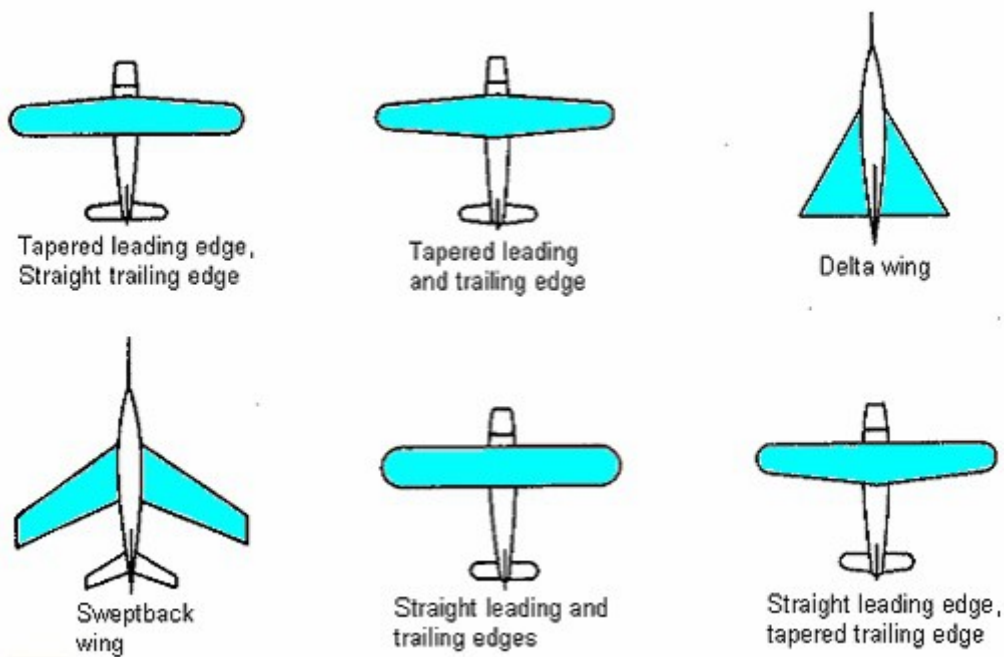
Όπως αναφέραμε και προηγουμένως η κύρια λειτουργία της πτέρυγας ενός αεροπλάνου είναι να παράγει άντωση (Lift). Αλλάζοντας λοιπόν το μέγεθος της πτέρυγας όπως το μήκος και το πλάτος, αλλάζουμε και την ποσότητα της άντωσης (Lift). Το πιο σημαντικό κομμάτι που πρέπει να λαμβάνει υπόψιν του ένας σχεδιαστής για την επιλογή των μεγεθών σε μια πτέρυγα είναι το άνω μέρος της . Η περιοχή αυτή ονομάζεται κάτοψη (platform area). Όσο μεγαλύτερη είναι η περιοχή της κάτοψης τόσο μεγαλύτερη άντωση θα έχουμε. Περισσότερη άντωση (lift) μας επιτρέπει να έχουμε και μεγαλύτερο φορτίο στο αεροπλάνο. Αλλά αυξάνοντας την άντωση ως αποτέλεσμα έχουμε και την αύξηση της οπισθέλκουσα (Drag) . Ένα μεγάλο φτερό έχει σαν συνέπεια μεγάλη οπισθέλκουσα, με αποτέλεσμα την αύξηση της ισχύος στον κινητήρα. Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερους κινητήρες και περισσότερο καύσιμο. Έτσι θέλουμε μεγάλα και ανθεκτικά φτερά. Αυτό μας προκαλεί αύξηση του βάρους. Για αυτόν τον λόγο πρέπει να υπάρχει μεγάλη προσοχή κατά τον σχεδιασμό. Αν δεν λαμβάνονται υπόψιν οι παραπάνω παράμετροι ίσως θέσουν σε κίνδυνο την πλεύση του αεροσκάφους.

Υπάρχουν πολλά σχήματα φτερών. Κάθε παραλλαγή επιδρά στον τρόπο πτήσης του αεροπλάνου. Αρχικά τα φτερά του αεροπλάνου μπορούν να είναι συνδεδεμένα με την άτρακτο στο πάνω μέρος , στο κάτω μέρος και στην μέση. Μπορούν μάλιστα να έχουν κάθετη προέκταση με την άτρακτο ή να σχηματίζουν γωνιά στην κάτοψη τους. Επίσης μπορούν να είναι παράλληλα με το οριζόντιο επίπεδο του αεροπλάνου ή να σχηματίζουν κλίση προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Η απόκλιση αυτή ονομάζεται δίδρομος φτερών (wing dihedral) και επιδρά στην πλευρική σταθερότητα του αεροπλάνου. Παρακάτω απεικονίζονται σχήματα για όσα αναφέραμε σε αυτήν την παράγραφο. Δεν θα γίνει περαιτέρω αναφορά καθώς δεν εντάσσεται στα πλαίσια της εργασίας αυτής.

<http://faculty.dwc.edu/sadraey/Chapter%205.%20Wing%20Design.pdf>



Σχήμα 4: Τρόποι τοποθέτησης φτερών σε άτρακτο¹⁷



Σχήμα 5: Σχήματα φτερών στην κάτοψη του αεροπλάνου¹⁸

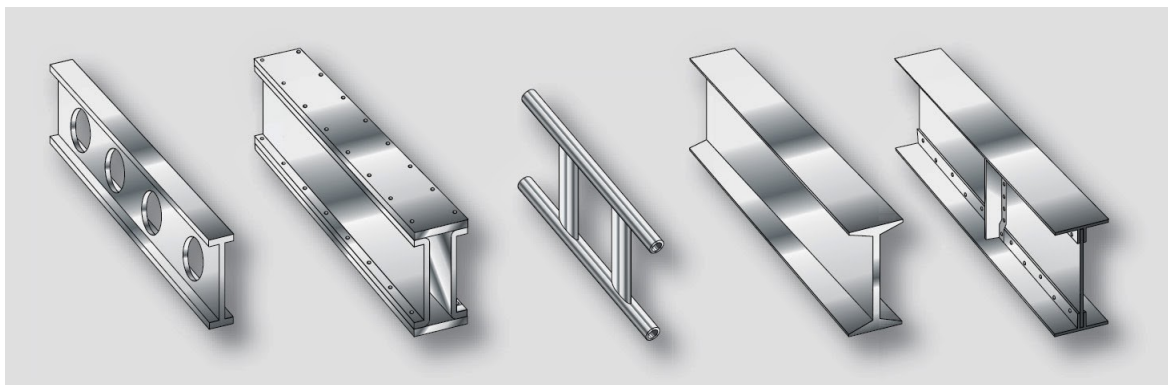
17 : <http://i.imgur.com/TAZ76g2.jpg>

18 : http://4.bp.blogspot.com/_LVd1lyRZR5U/S--TSIOOzII/AAAAAAAAAL8/IfNjuyM_R2A/s1600/wing-type.jpg

2.3 Δομικά στοιχεία της πτέρυγας.

Σύμφωνα λοιπόν με τις παραπάνω αναφορές, για τον σχεδιασμό της πτέρυγας του αεροπλάνου είναι απαραίτητο να λαμβάνουμε υπόψιν τα γεωμετρικά στοιχεία της αεροτομής, το μέγεθος και το σχήμα της πτέρυγας, το βάρος του αεροσκάφους καθώς και τη χρήση αυτού. Επομένως πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στα δομικά στοιχεία της πτέρυγας. Τα βασικά δομικά στοιχεία των φτερών είναι τα υποστυλώματα (spars), νεύρα (ribs) και το δέρμα (skin).

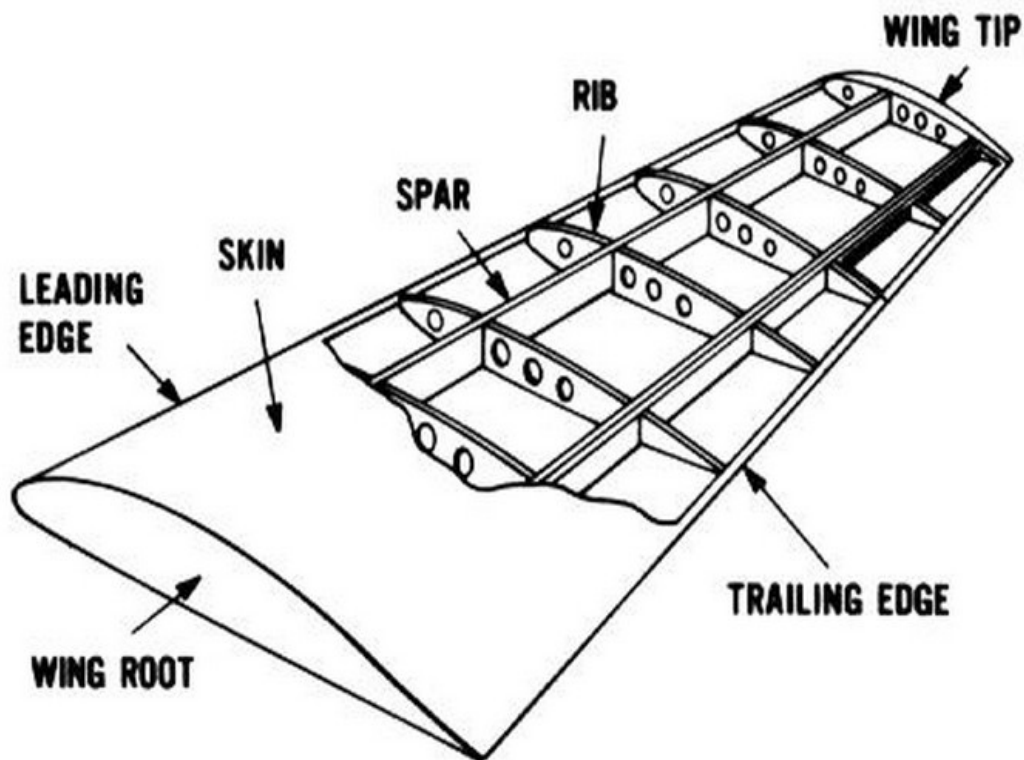
Τα υποστυλώματα (spar) είναι κατασκευασμένα από ελάσματα. Οι περισσότεροι κατασκευαστές αεροσκαφών χρησιμοποιούν κράματα αλουμινίου διέλασης ή ελάσματα. Τα ελάσματα αυτά είτε είναι καρφωμένα μεταξύ τους σχηματίζοντας έτσι την δοκό ή αποτελούν ένα ενιαίο έλασμα όπου διαμορφώνεται με κατάλληλη μηχανουργική κατεργασία. Η τοποθέτηση των υποστυλωμάτων είναι εγκάρσια με την άτρακτο του αεροσκάφους. Το σημείο συναρμογής τους με την άτρακτο το ονομάζουμε δίδεδρο. Ως κανόνας κάθε φτερό έχει τουλάχιστον δυο υποστυλώματα (spars). Το ένα είναι τοποθετημένο κοντά στο μπροστινό μέρος της πτέρυγας και το άλλο έχει απόσταση $1/2$ ή $1/3$ του πλάτους της πτέρυγας από αυτό. Τα υποστυλώματα είναι το πιο σημαντικό μέρος της κατασκευής καθώς πάνω σε αυτά συνδέονται όλα τα υπόλοιπα στοιχεία και αυτά δέχονται όλες τις καταπονήσεις.



Εικόνα 11: Οι πιο συνηθισμένη δοκοί υποστυλωμάτων (spars) που χρησιμοποιούνται σε πτέρυγες¹⁹

Τα νεύρα (ribs) είναι επίσης κατασκευασμένα από ελάσματα. Συνδέονται με τα υποστυλώματα (spars) σε εγκάρσια θέση. Πάνω σε αυτά συνδέουμε το δέρμα (skin). Είναι αυτό που διαμορφώνει το αεροδυναμικό σχήμα του φτερού. Το κάθε νεύρο (rib) πρέπει να έχει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της αεροτομής που επιλέχθηκε. Συνήθως είναι ένα έλασμα που διαμορφώνετε με την κατάλληλη μηχανουργική κατεργασία. Είναι το απαραίτητο δομικό στοιχείο πάνω στο οποίο συνδέουμε το δέρμα (skin) του φτερού. Οι πιέσεις από την επιφάνεια του δέρματος (skin) μεταφέρονται σε αυτό και από εκεί στα υποστυλώματα (spar).

Το δέρμα (skin) είναι η εξωτερική επιφάνεια του φτερού. Έχει πολύ λεπτό πάχος μεταξύ 2-3 μμ. Το υλικό που θα επιλέξει ο κατασκευαστής θα πρέπει να έχει πολύ καλή ελαστικότητα. Συνήθως επιλέγεται κράμα με κυψελοειδή μικρο δομή. Τα ελάσματα αυτά με την κυψελοειδή μικρο δομή μπορούν να κατασκευαστούν από διάφορα υλικά με συνηθέστερο το αλουμίνιο. Το δέρμα είναι αυτό που έρχεται σε επαφή με την ροή του αέρα και κατά συνέπεια φέρει όλες τις πιέσεις. Για αυτό τον λόγο πρέπει να έχει πολύ καλή αντοχή στην διάβρωση. Αυτό προϋποθέτει χημική επιφανειακή κατεργασία. Το δέρμα πρέπει να είναι πολύ καλά συναρμολογημένο και να μην υπάρχουν ανοίγματα που να συνδέουν το εσωτερικό του φτερού με το περιβάλλον. Οι δυνάμεις που ασκούνται στο δέρμα μεταφέρονται στα νεύρα(rib) και από τα νευρά στα υποστυλώματα(spar).



Σχήμα 6: Δομικά στοιχεία της πτέρυγας²⁰

19 : http://2.bp.blogspot.com/_gYIDE8woHvQ/U7kmnyFj5HI/AAAAAAAAACmA/7twhr3ALH3w/s1600/Examples+of+metal+wing+spar+shapes.jpg

20 : <http://www.cfinotebook.net/graphics/aerodynamics-and-performance/aircraft-components-and-structure/wing-construction.png>

<http://www.allstar.fiu.edu/AERO/flight12.htm>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Σχεδιασμός πτέρυγας αεροπλάνου μεσώ ηλεκτρονικού υπολογιστή

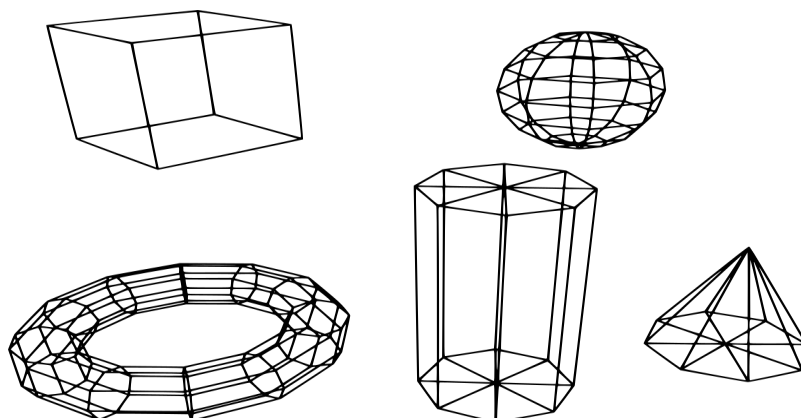
Υπάρχουν πολλά προγράμματα ηλεκτρονικής σχεδίασης μεσώ υπολογιστή (CAD) στην αγορά. Τα προγράμματα αυτά παρέχουν ευκολία στον σχεδιασμό μηχανολογικών εφαρμογών. Ένας σχεδιαστής μπορεί γρήγορα και εύκολα να παράγει μηχανολογικά σχέδια. Πριν την εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών τα σχέδια αυτά γινόντουσαν με το χέρι. Ο σχεδιασμός τότε διαρκούσε πολύ μέχρι την ολοκλήρωση του αντικείμενου. Τώρα πια ο χρόνος που δαπανάται είναι πολύ λιγότερος. Σε αυτό έχει συντελέσει και η πρόοδος των προγραμμάτων CAD καθώς υπάρχει πλέον η δυνατότητα σχεδίασης τριών διαστάσεων (3D desing).

Η τρισδιάστατη απεικόνιση είναι απαραίτητη για τις περισσότερες εφαρμογές. Μέσω της τρισδιάστατης σχεδίασης μας δίνεται η δυνατότητα για ανάλυση της συμπεριφοράς του αντικείμενου, την παραγωγή του κ.α. Για την μοντελοποίηση των τρισδιάστατων αντικείμενων έχουν αναπτυχθεί διάφορες μεθοδολογίες όπως τα μοντέλα ακμών (wire frame models), μοντέλα επιφανειών (surface model) και μοντέλα στερεών (solid model).

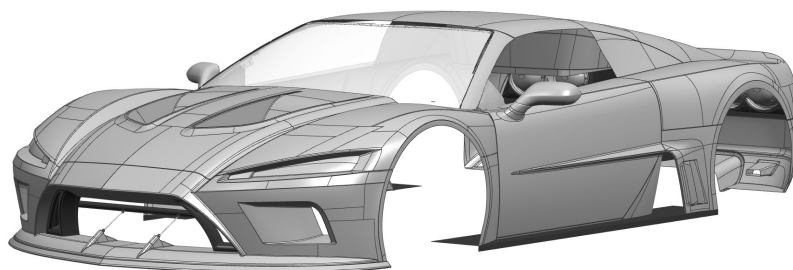
Τα μοντέλα ακμών(wire frame models) αποτελούνται μόνο από κορυφές και ευθύγραμμα τμήματα, κύκλους, τόξα ή κωνικές τομές και σύνθετες καμπύλες ελεύθερης μορφής. Αποτελεί την πιο απλή μορφή απεικόνισης του χώρου και η τρισδιάστατη μοντελοποίηση αποτελεί υποσύνολο του μοντέλου ακμών. Το μοντέλο ακμών προέρχεται από το διδιάστατο μοντέλο με την προσθήκη της τρίτης διάστασης και την ανάπτυξη εργαλείων δημιουργίας, επεξεργασίας και προβολής της γεωμετρίας στην οθόνη.

Στα μοντέλα επιφανειών (surface model) μοντελοποιείται ο φλοιός που περιβάλλει ένα αντικείμενο και αποδίδεται η εξωτερική του μορφή. Αντίθετα δεν μπορεί να απεικονιστεί το πάχος του εξαρτήματος. Η μέθοδος αυτή είναι σήμερα η πιο διαδεδομένη και χρησιμοποιείται από την πλειοψηφία των σχεδιαστών. Είναι μια μέθοδος που εξυπηρετεί τον σχεδιασμό αεροναυπηγικών και ναυπηγικών εφαρμογών.

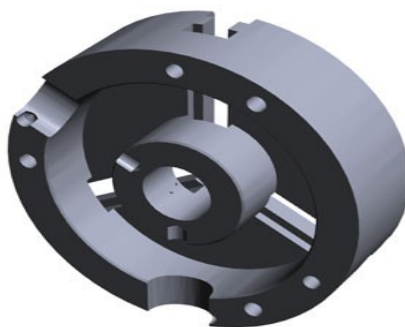
Τα στερεά μοντέλα (solid model) αποτελούν την σύγχρονη τάση στα συστήματα ηλεκτρονικού σχεδιασμού και μελέτης σε μηχανολογικές εφαρμογές. Παρέχει επίσης την δυνατότητα συναρμολόγησης της κατασκευής πράγμα που βοηθάει πλήρως στην αποφυγή σφαλμάτων. Τα αντικείμενα μοντελοποιούνται σε κλειστούς όγκους ως στερεά και όχι όπως είναι με τα μοντέλα ακμών ή επιφανειών. Τα στερεά μοντέλα έχουν πλήρη αναπαράσταση των αντικείμενων. Αυτό επιτυγχάνεται με την καταχώρηση τόσο των γεωμετρικών στοιχείων όσο και των στοιχείων της τοπολογίας.



Εικόνα 12: Μοντέλα ακμών(wire frame models)²¹



Εικόνα 13: Μοντέλα επιφανειών (surface model)²²



Εικόνα 14: Μτερέα μοντέλα (solid model)²³

21 : <http://faculty.dwc.edu/sadraey/Chapter%205.%20Wing%20Design.pdf>

22 : <http://nebula.wsimg.com/68bf97833ead07d973645dd295ce44ca?AccessKeyId=3FC5A4AD6ED756760E27&disposition=0&alloworigin=1>

23 : <http://www.caterinaengineering.com/AnimSM6.jpg>

3.1 Σχεδιασμός και μοντελοποίηση με το πρόγραμμα Autodesk Inventor 2016.

Το σχεδιαστικό πρόγραμμα το οποίο επιλέχθηκε για την εκπόνηση της εργασίας είναι το Autodesk Inventor 2016. Παρακάτω γίνεται μια σύντομη παρουσίαση του προγράμματος.

Το πρόγραμμα Autodesk Inventor είναι ένα πολύ διαδεδομένο πρόγραμμα σχεδίασης στον κλάδο του μηχανολόγου. Χρησιμοποιείται από πολλές εταιρίες και βιομηχανίες για την παραγωγή μηχανολογικού εξοπλισμού. Παρέχει ένα πολύ εύχρηστο περιβάλλον τρισδιάστατης μοντελοποίησης με πολλές δυνατότητες και μεγάλη βιβλιοθήκη προτύπων. Οι βασικές δυνατότητες τρισδιάστατης σχεδίασης και μοντελοποίησης που προσφέρει το πρόγραμμα είναι οι παρακάτω.

Τρισδιάστατη σχεδίαση αντικείμενου (part). Σε αυτήν την επιλογή μπορείς να σχεδιάσεις κάποιο ενιαίο κομμάτι (part) μιας κατασκευής. Στο χώρο αυτόν σου δίνετε η δυνατότητα σχεδίου (sketch) δυο ή τριών διαστάσεων (2D or 3D). Έπειτα με βάση το σχέδιο μπορείς να εκτελέσεις μια τρισδιάστατη απεικόνιση ως μοντέλο επιφανειών (surface model) ή στερεό μοντέλο (solid model). Σου παρέχει μια πληθώρα επιλογών διαμόρφωσης του τρισδιάστατου μοντέλου όπως οπές (holes) , στρογγυλεύματα ακμών (fillets) , επανάληψη-αντιγραφή (pattern) κ.α.

Συναρμολόγηση (assembly) κατασκευής. Σε αυτήν την επιλογή έχεις την δυνατότητα να συναρμολογήσεις τα τρισδιάστατα αντικείμενα που έχεις σχεδιάσει για την ολοκληρωμένη απεικόνιση της εφαρμογής. Σου δίνετε η επιλογή για μια πολύ ρεαλιστική απεικόνιση της λειτουργικότητας του τρισδιάστατου μοντέλου. Μπορείς μάλιστα να κάνεις χρήση διαφόρων προτύπων αντικειμένων όπως δοκούς, ελατήρια, γρανάζια, κοχλίες κ.α κατά διεθνή πρότυπα ISO ή ευρωπαϊκά DIN μέσα από την βιβλιοθήκη που σου παρέχει η Autodesk.

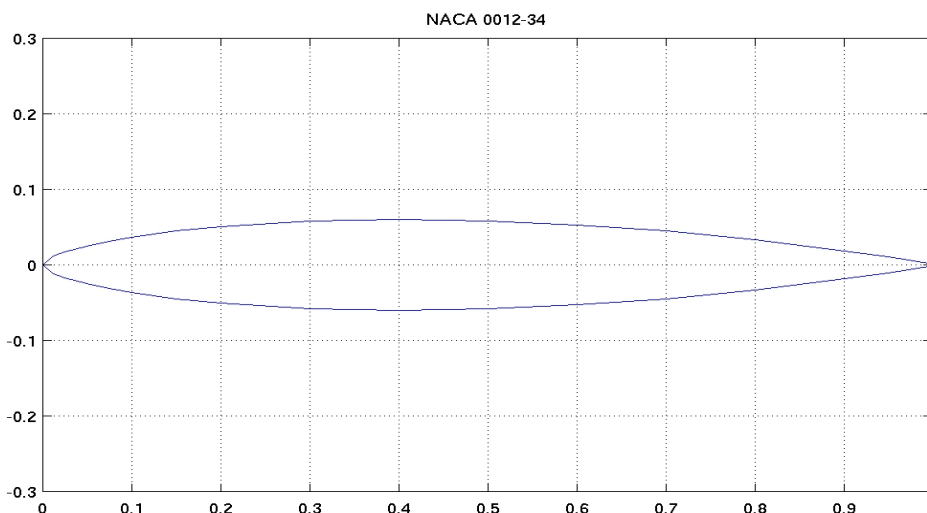
Μηχανολογικό σχέδιο (Drawing) κατασκευής. Σου παρέχει την δυνατότητα απεικόνισης του μοντέλου σε φύλο μηχανολογικού σχεδίου προκείμενου να εκτυπωθεί και να δοθεί στον κατασκευαστή. Στην επιλογή αυτήν μπορείς να προβάλεις όλες της πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την κατασκευή του μοντέλου όπως διαστάσεις, τομές κ.α

Παρουσίαση (presentation) της μηχανολογικής εφαρμογής. Σε αυτήν την επιλογή μπορείς να παρέχεις μια τρισδιάστατη παρουσίαση την συναρμολόγησης ως βίντεο. Η παρουσίαση του βίντεο μπορεί να παρέχει την διαδικασία συναρμολόγησης καθώς και την λειτουργικότητα της εφαρμογής.

3.2 Σχεδιασμός και μοντελοποίηση δομικών στοιχείων πτέρυγας αεροπλάνου με το πρόγραμμα Inventor 2016.

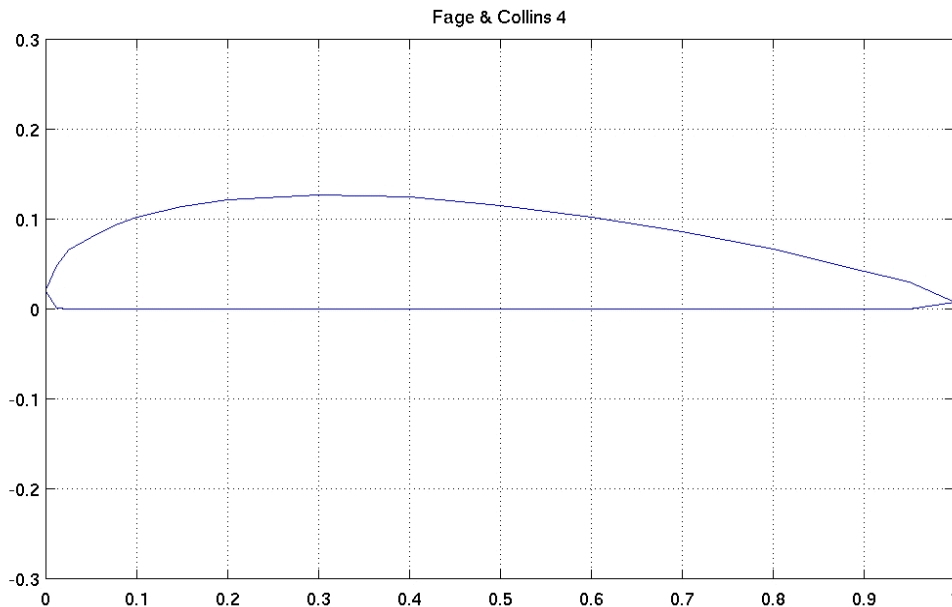
Παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία με την οποία πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός των δομικών στοιχείων πτέρυγας αεροπλάνου. Ο σχεδιασμός όπως αναφέραμε έγινε με το πρόγραμμα Inventor 2016. Η επιλογή του προγράμματος καθώς και η μεθοδολογία για τον τρισδιάστατο σχεδιασμό δεν είναι απαραίτητα η ίδια για κάθε σχεδιαστή. Ο κάθε σχεδιαστής μπορεί να επιλέξει την δικιά του μεθοδολογία με την οποία θα εκτελέσει την μοντελοποίηση του αντικείμενου.

Όπως αναφέραμε και σε παραπάνω κεφάλαιο για την σχεδίαση μιας πτέρυγας αεροσκάφους το βασικότερο στοιχείο που χρειάζεται ένας σχεδιαστής είναι η αεροτομή (airfoil). Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός δυο διαφορετικών φτερών. Η επιλογή κάθε αεροτομής (airfoil) έγινε από το UIUC Airfoil Data Site σε μορφή XL. Η διαδικτυακή αυτή πλατφόρμα παρέχει την δυνατότητα σε σχεδιαστές που δεν έχουν τον εξοπλισμό για μελέτη και σχεδίαση της δικιάς τους αεροτομής να κατεβάσουν τα δεδομένα της αεροτομής που τους ενδιαφέρει. Οι αεροτομές που επιλέχθηκαν στην παρούσα εργασία είναι η NACA0012 και η Fage&Collins 4.



Σχήμα 7: Αεροτομή (Airfoil) NACA0012²⁴

24 : <http://m-selig.ae.illinois.edu/ads/afplots/naca001234.gif>



Σχήμα 8: Αεροτομή (Airfoil) Fage & Collins 4 ²⁵

Αφού έγινε η επιλογή της αεροτομής το επόμενο βήμα είναι το σχήμα του φτερού. Όταν μιλάμε για το σχήμα του φτερού αναφερόμαστε στον χώρο των τριών διαστάσεων. Η επιλογή είναι στον κάθε σχεδιαστή διαφορετική. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που επιλέγονται σε μια πτέρυγα καθορίζουν και τα χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων αυτής. Δηλαδή :

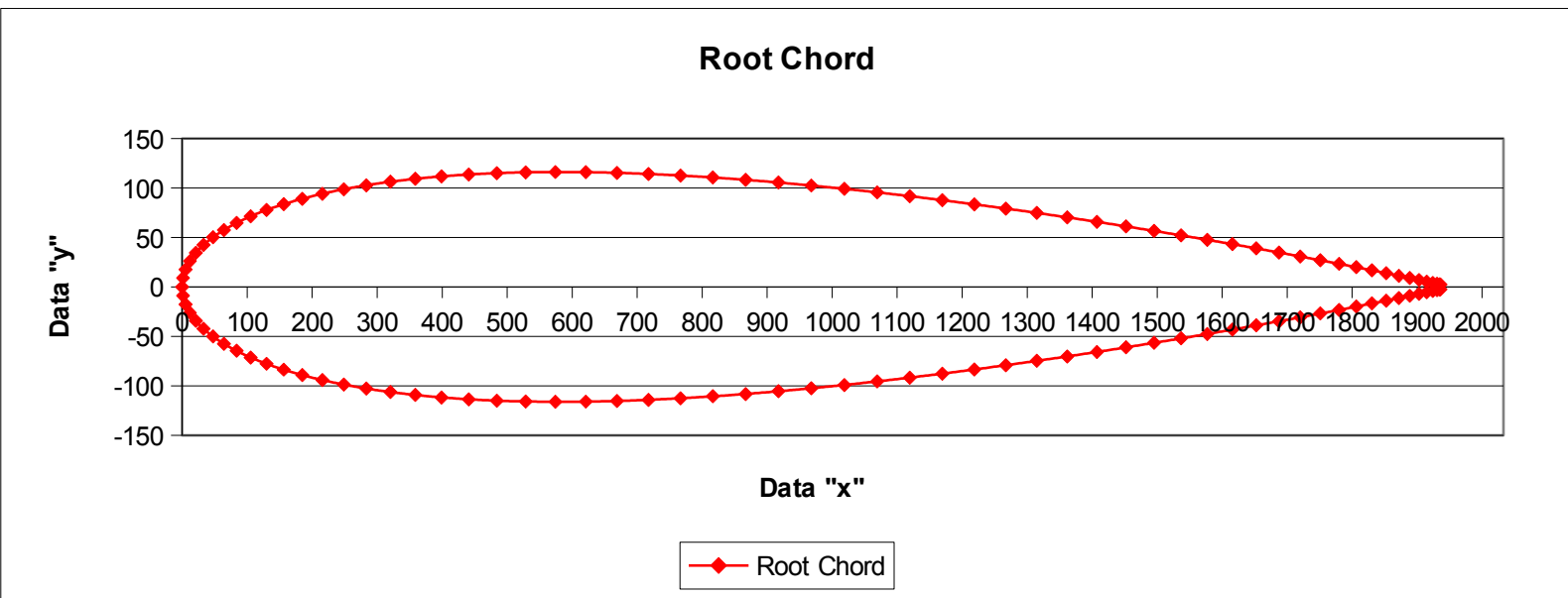
α) Αν τα χαρακτηριστικά της αεροτομής μένουν σταθερά η αλλάζουν κατά μήκος της πτέρυγας. Δηλαδή η τομή στην ρίζα (root) θα είναι διαφορετική από την τομή της άκρης (tip).

β) Ποιες θα είναι οι κλίσεις των άκμων μπροστά (leading adge) και πίσω (trail adge) της πτέρυγας ως προς την άτρακτο στο οριζόντιο επίπεδο και.

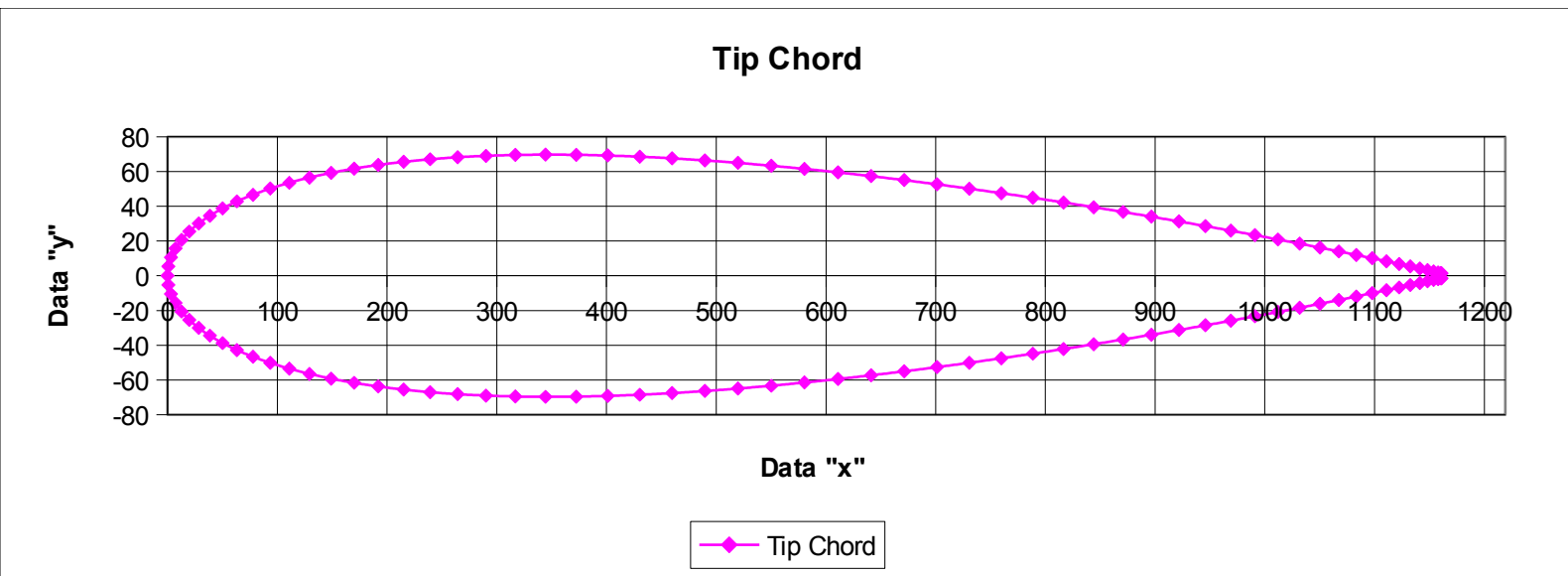
γ) Αφού γίνει η επιλογή του σχήματος έπειτα προχωράμε στην επιλογή των δομικών στοιχείων της. Ποιος θα είναι ο τύπος των υποστυλωμάτων (spars) και των νευρών (ribs).

²⁵ : <http://m-selig.ae.illinois.edu/ads/afplots/fg4.gif>

Παρακάτω παρουσιάζονται τα γεωμετρικά μεγέθη που επιλέχθηκαν για τις αεροτομές NACA0012 και η Fage&Collins 4 στα σημεία ρίζας (root) και άκρης (tip) μέσα από συντεταγμένες στο επίπεδο X,Y.,

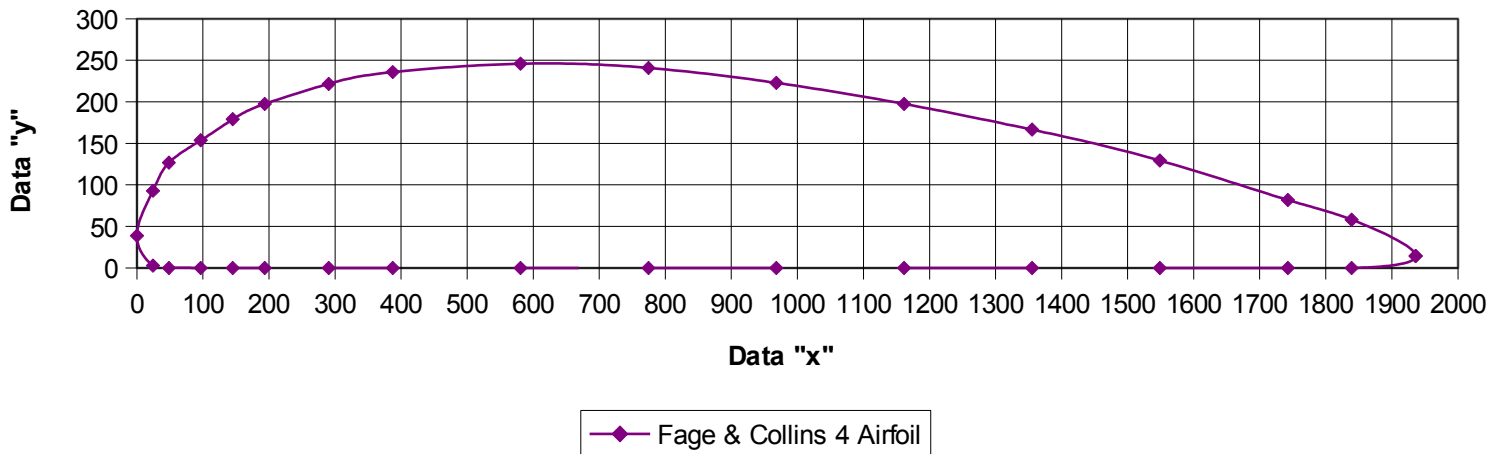


Σχήμα 9: Γραφική απεικόνιση των συντεταγμένων της ρίζας (root) NACA0012



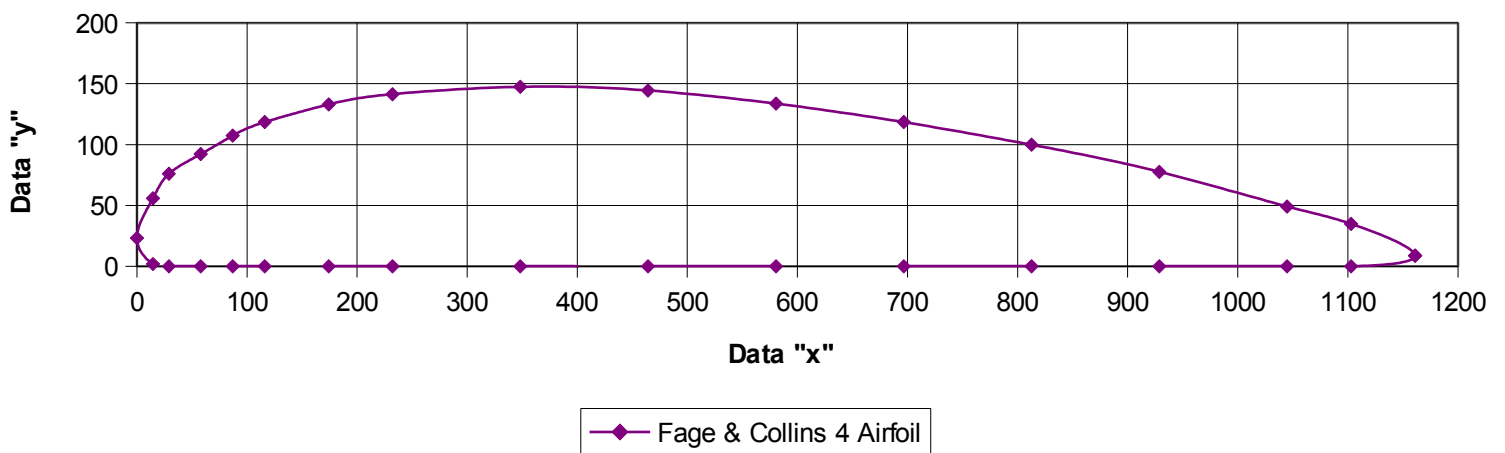
Σχήμα 10: Γραφική απεικόνιση των συντεταγμένων της άκρης (tip) NACA0012

Fage & Collins 4 (Root Chord)



Σχήμα 11 Γραφική απεικόνιση των συντεταγμένων της ρίζας (root) Fage&Collins 4

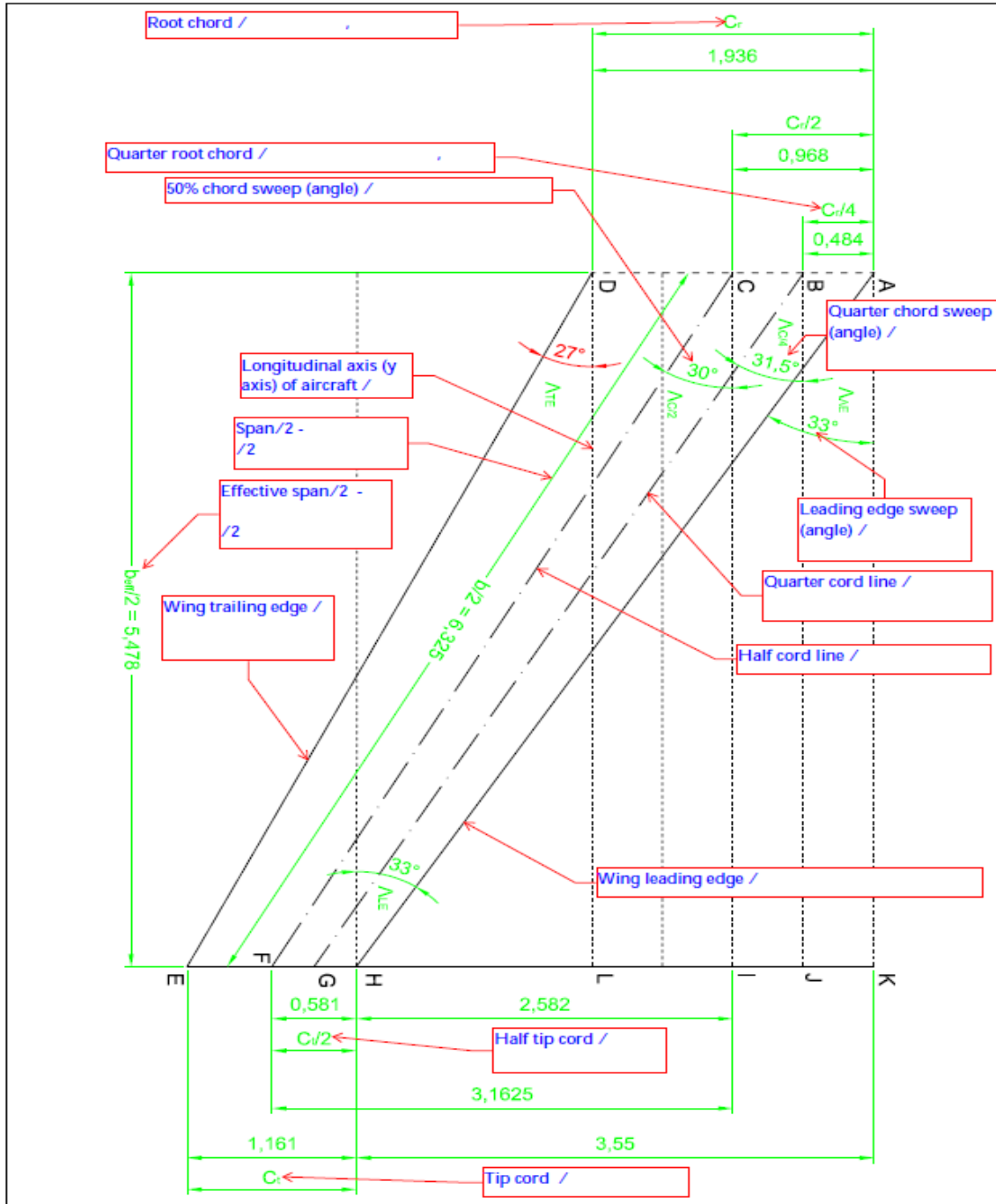
Fage & Collins 4 (Tip Chord)



Σχήμα 12: Γραφική απεικόνιση των συντεταγμένων της άκρης (tip) Fage &Collins 4

Οι παραπάνω συντεταγμένες των αεροτομών που έχουν αναρτηθεί στο UIUC Airfoil Data Site είναι από το πειραματικό μοντέλο που είχε χρησιμοποιηθεί. Για το πραγματικό μέγεθος έπρεπε να πολλαπλασιάσουμε τις συντεταγμένες με έναν συντελεστή.

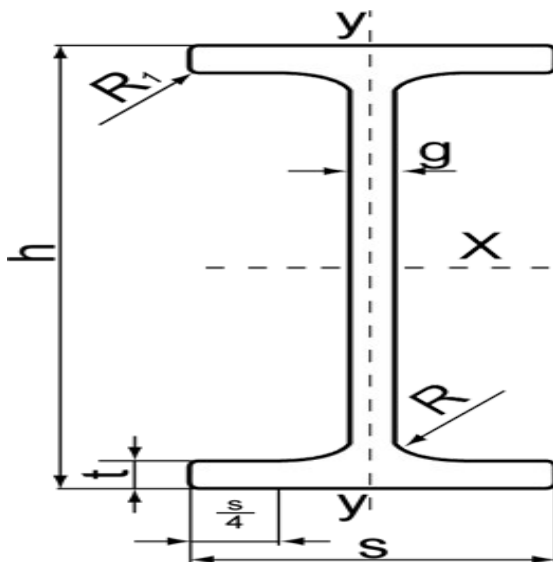
Παρακάτω απεικονίζονται η Διαστασιολόγηση μεταξύ των νοητών γραμμών ρίζας (root) , άκρης (tip) , μπροστινής ακμής (leading adge), πίσω ακμής (trailing adge) και υποστυλωμάτων (spars).



Σχήμα 13: Διαστασιολόγηση του σχήματος των φτερών

Όπως αναφέραμε και παραπάνω το εσωτερικό της πτέρυγας αποτελείται από δυο βασικά στοιχεία όπου την στηρίζουν και της δίνουν την αεροδυναμική μορφή που έχει. Τα στοιχεία αυτά είναι τα υποστυλώματα (spars) και τα νεύρα (ribs) τα οποία βρίσκονται σε εγκάρσια θέση μεταξύ τους. Αφού ορίσαμε πια είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάθε πτέρυγας πρέπει να επιλέξουμε τον τύπο των υποστυλωμάτων (spars) και των νεύρων (ribs). Ο τύπος των υποστυλωμάτων (spars) καθορίζεται από το σχήμα στο προφίλ του.

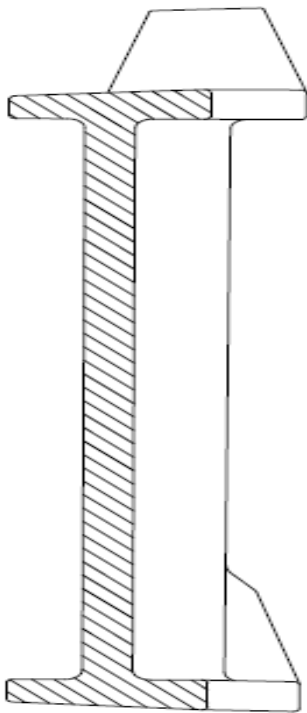
Ανατρέχοντας στην βιβλιογραφία για τους μεταλλικούς δοκούς που συνήθως χρησιμοποιούνται σε αεροναυπηγικές κατασκευές επιλέχθηκε δοκός τύπου INP με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που απεικονίζονται στο σχήμα.14. Τον ίδιο τύπο ακολούθησε και το προφίλ των νεύρων (ribs). Το προφίλ των δομικών στοιχείων δεν είναι σταθερό καθώς τα χαρακτηριστικά του κάθε στοιχείου είναι διαφορετικά και διαμορφώνονται από το σχήμα που ακολουθεί η πτέρυγα.



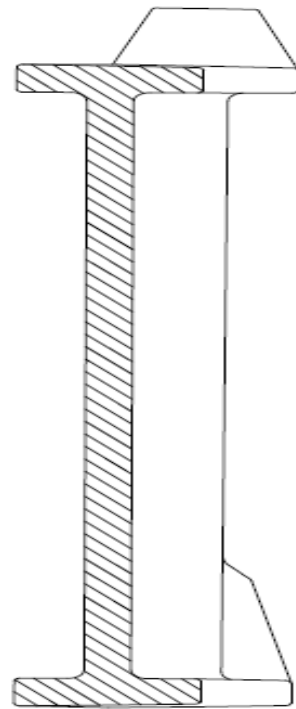
Σχήμα 14 Δοκός τύπου INP²⁶

Τα ακόλουθα σχήματα (15,16,17 και 18) παρουσιάζουν την διαμόρφωση που υπεισέρχεται στο προφίλ των υποστυλωμάτων (spars) σύμφωνα με την αεροτομή (airfoil) που ακολουθεί.

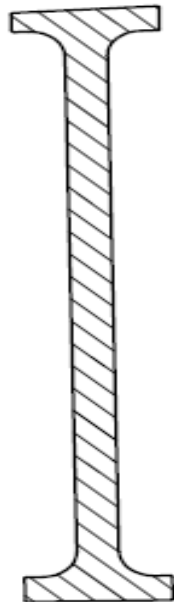
26 : http://www.cygi.eu/grafika_kalkulator/dwuteowniki_inp.png



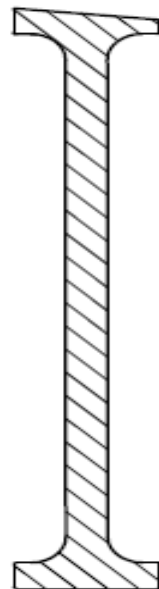
Σχήμα 16 Σπίσω υποστύλωμα (spar) NACA0012



Σχήμα 15 Μπροστινό υποστύλωμα (spar) NACA0012



Σχήμα 17 Μπροστινό υποστύλωμα (spar) F&C 4



Σχήμα 18 Σπίσω υποστύλωμα (spar) F&C 4

Παραπάνω αναφερθήκαμε στην διαδικασία της επιλογής αεροτομής (airfoil) , διαστασιολόγησης της πτέρυγας και επιλογή του προφίλ των υποστυλωμάτων (spars). Μετά από τις παραπάνω ενέργειες σειρά έχει η τρισδιάστατη σχεδίαση. Παρακάτω περιγράφονται τα βασικά στοιχεία της μεθοδολογίας που ακολούθησε στην εργασία αυτήν κατά την ηλεκτρονική σχεδίαση των δομικών στοιχείων των φτερών.

Αρχικά πρέπει να εντάξουμε τα δεδομένα της αεροτομής (airfoil) στο περιβάλλον σχεδίασης (sketch). Για κάθε πτέρυγα υπάρχουν οι συντεταγμένες της ρίζας (root) και άκρης (tip) όπως αναφέραμε και παραπάνω. Εισάγοντας τις συντεταγμένες σχηματίζεται η καμπύλη (spline). Έπειτα σχηματίζονται τα προφίλ ρίζας (root) και άκρης(tip) στον τρισδιάστατο χώρο.

Τοποθετούνται τα προφίλ με βάση τις αποστάσεις σύμφωνα με το σχήμα της πτέρυγας που απεικονίζεται στο σχήμα.13. Μέτα σχηματίζεται το κέλυφος της πτέρυγας με την μορφή επιφάνειας (surface). Την δυνατότητα αυτήν την προσφέρει η επιλογή Surface Loft του σχεδιαστικού προγράμματος. Η λειτουργία του Surface Loft είναι το βασικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την τρισδιάστατη σχεδίαση κάθε στοιχείου της πτέρυγας.

Με τον ίδιο τρόπο σχεδιάζονται και τα υποστυλώματα. Πρώτα σχηματίζεται το προφίλ που έχουν στην ριζά (root) και στην άκρη (tip). Έπειτα εκτελείται η επιλογή Surface loft δημιουργώντας επιφάνεια με την τρισδιάστατη μορφή του κάθε υποστυλώματος.

Επειδή όμως το υποστυλώμα (spar) είναι στερεό (solid) αντικείμενο χρειάζεται η λειτουργία Surface Sculpt. Με την λειτουργία αυτή μπορείς να δημιουργήσεις ένα στερεό αντικείμενο στον χώρο που υπάρχει μεταξύ ενός κλειστού σχήματος από επιφάνειες (Surface).

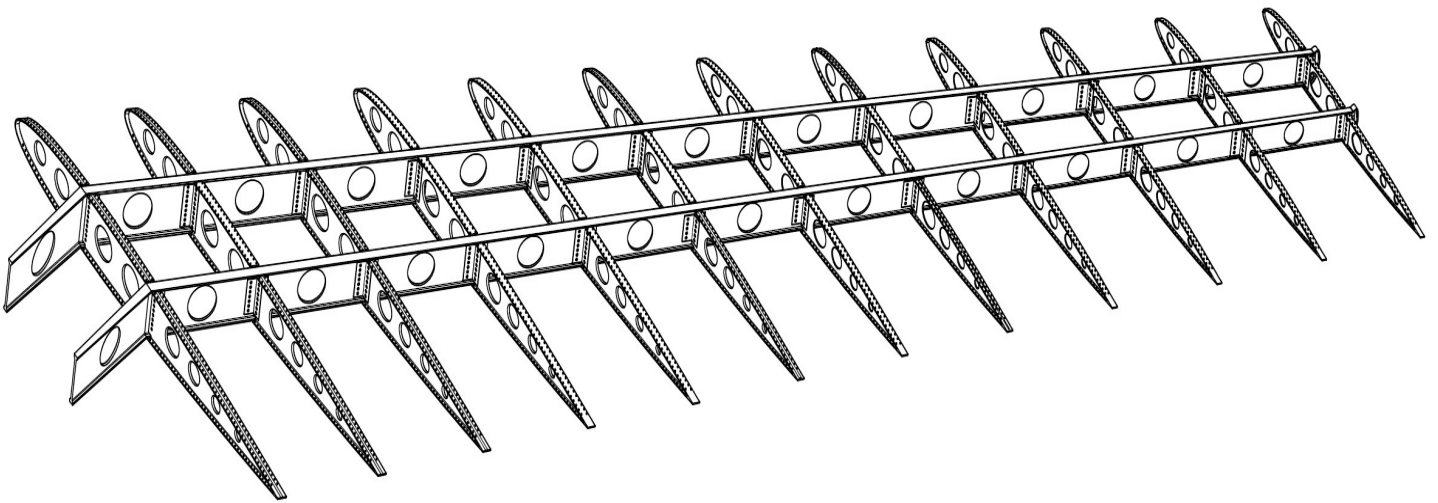
Τρισδιάστατη σχεδίαση των νεύρων (ribs). Αρχικά σχεδιάζονται επίπεδες επιφάνειες (plane surface) εγκάρσια του μήκους της πτέρυγας και παράλληλα με το επίπεδο σχεδίασης της αεροτομής. Η κατανομή των επιφανειών ήταν σε ίσες αποστάσεις κατά μήκος της πτέρυγας και 12 στο σύνολο, όσα και τα νεύρα (ribs). Σκοπός των επίπεδων επιφανειών (plane surface) είναι η προβολή της γεωμετρίας στο επίπεδο που διαιρούσε κάθε επιφάνεια την πτέρυγα. Η κάθε προβολή καταχωρείται ως σχέδιο (sketch). Με βάση κάθε σχέδιο διαμορφώθηκε και το κάθε νεύρο (rib).

Μια ακόμα λειτουργία που χρησιμοποιήθηκε είναι το πάχος (thicken). Με αυτήν την λειτουργία μπορείς μια επιφάνεια (surface) να την κάνεις στερεή (solid) προσδίδοντάς της πάχος.

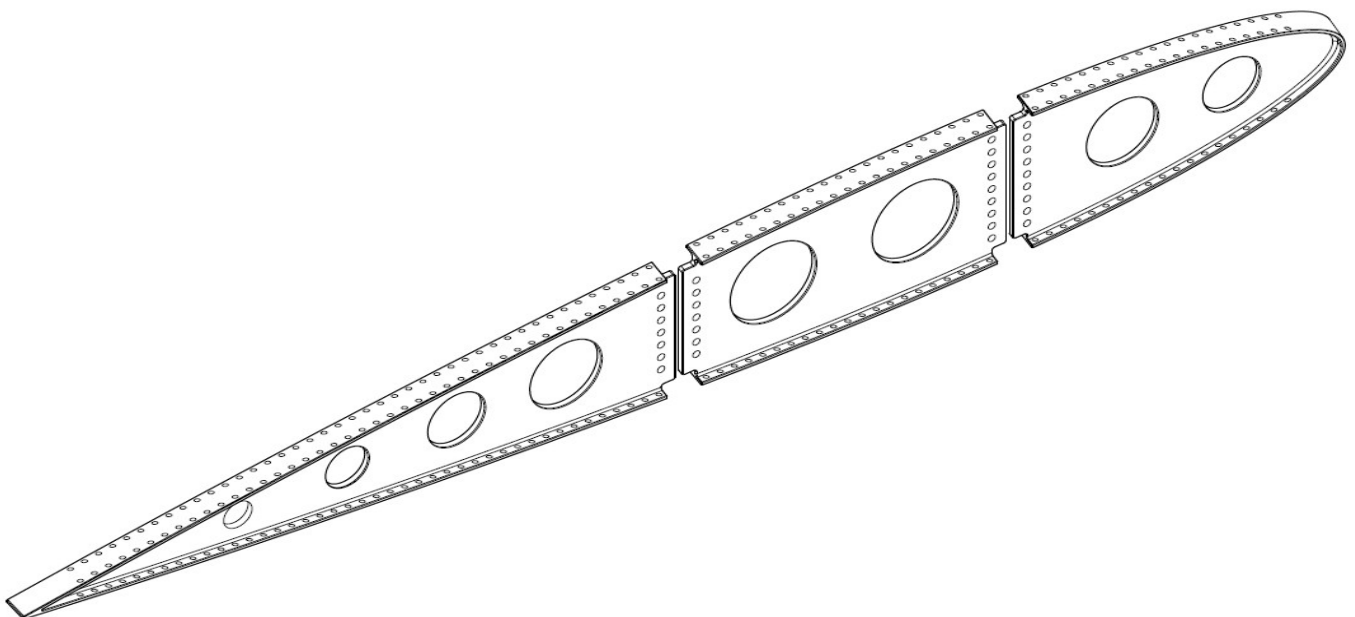
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Μηχανολογικά σχέδια πτέρυγας αεροπλάνου.

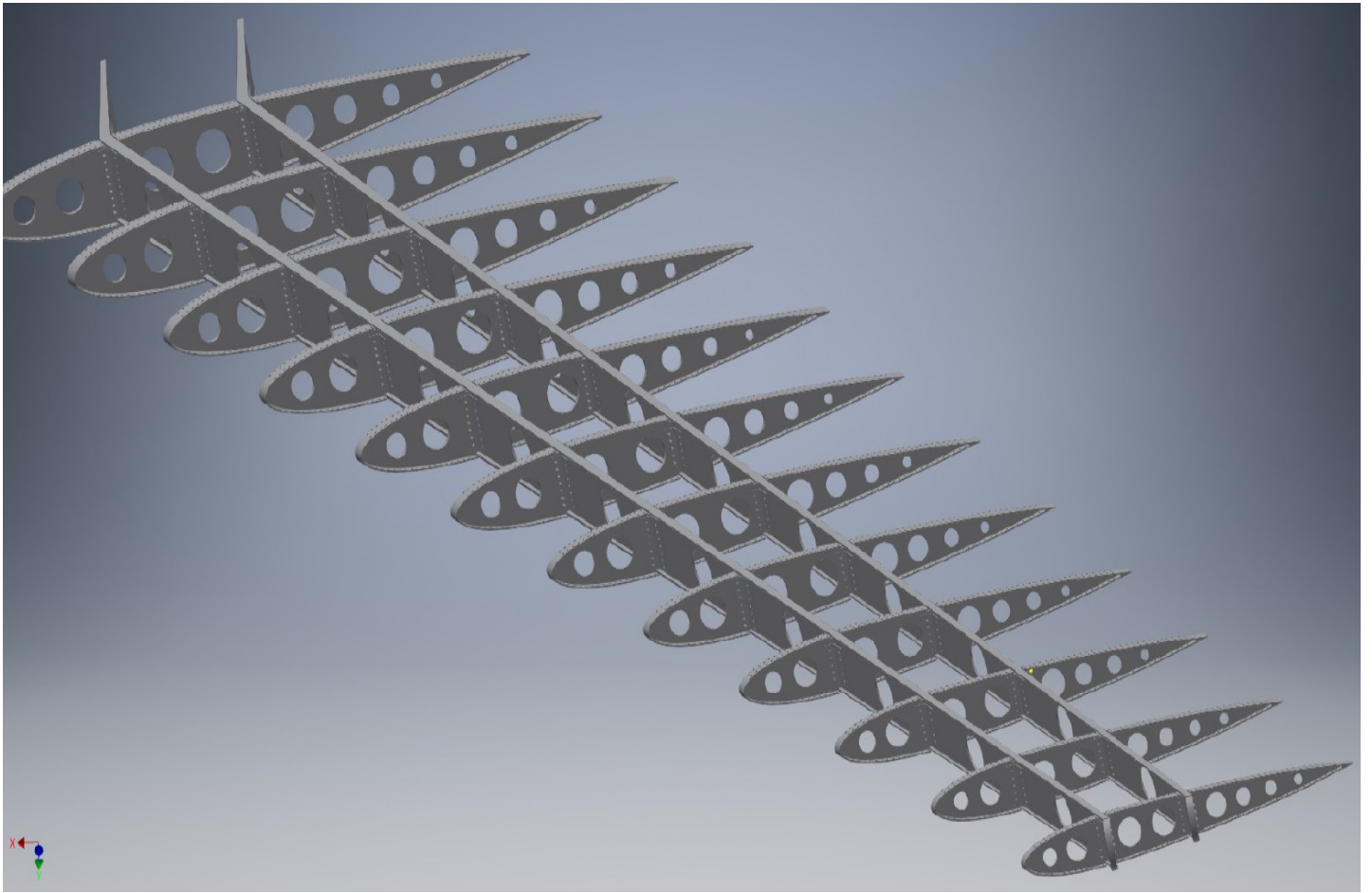
4.1 Μηχανολογικά σχέδια δομικών στοιχείων πτέρυγας με αεροτομή (*airfoil*) NACA0012.



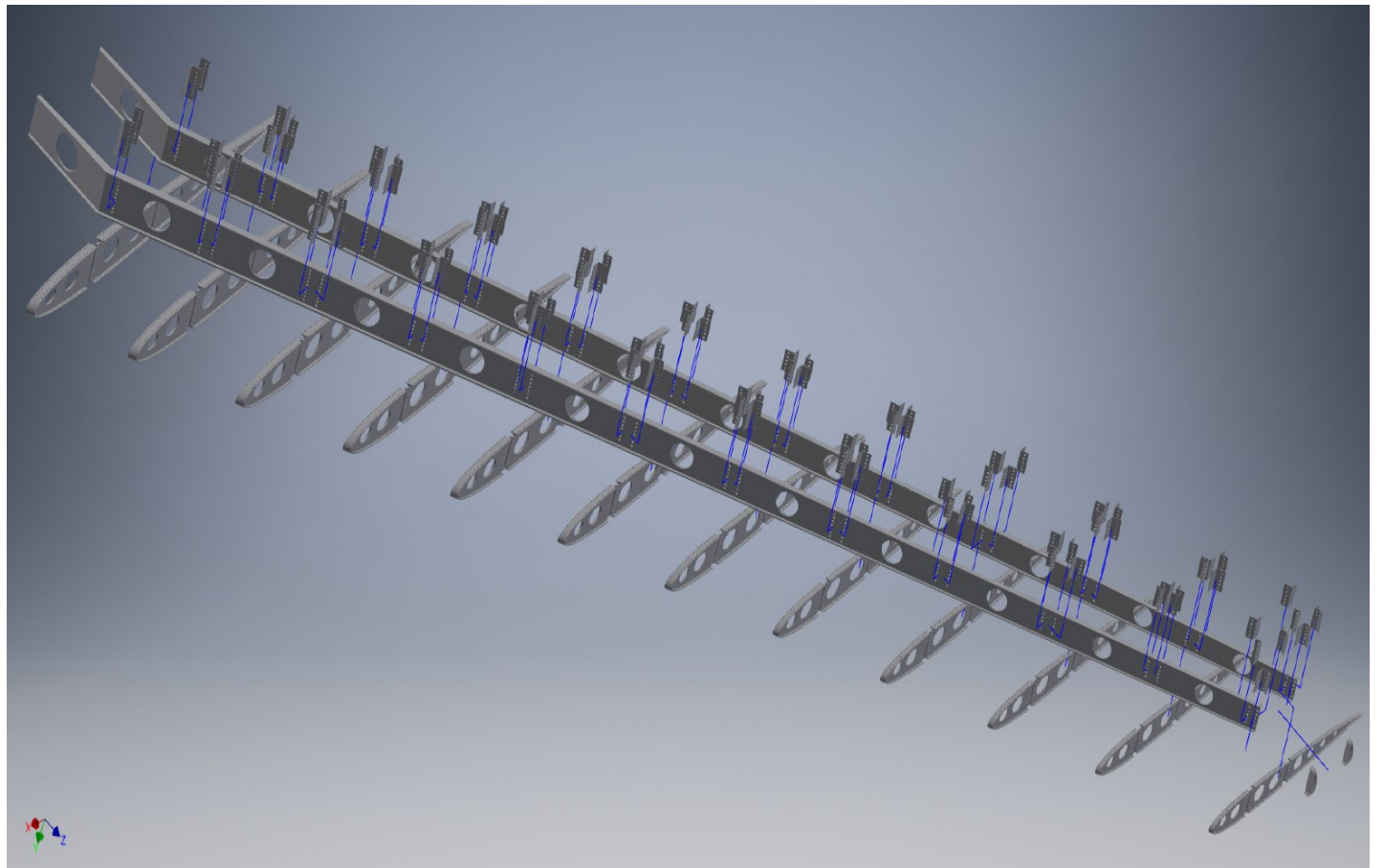
Εικόνα 15 Απεικόνιση δομικών στοιχείων πτέρυγας (*Wing*) NACA 0012



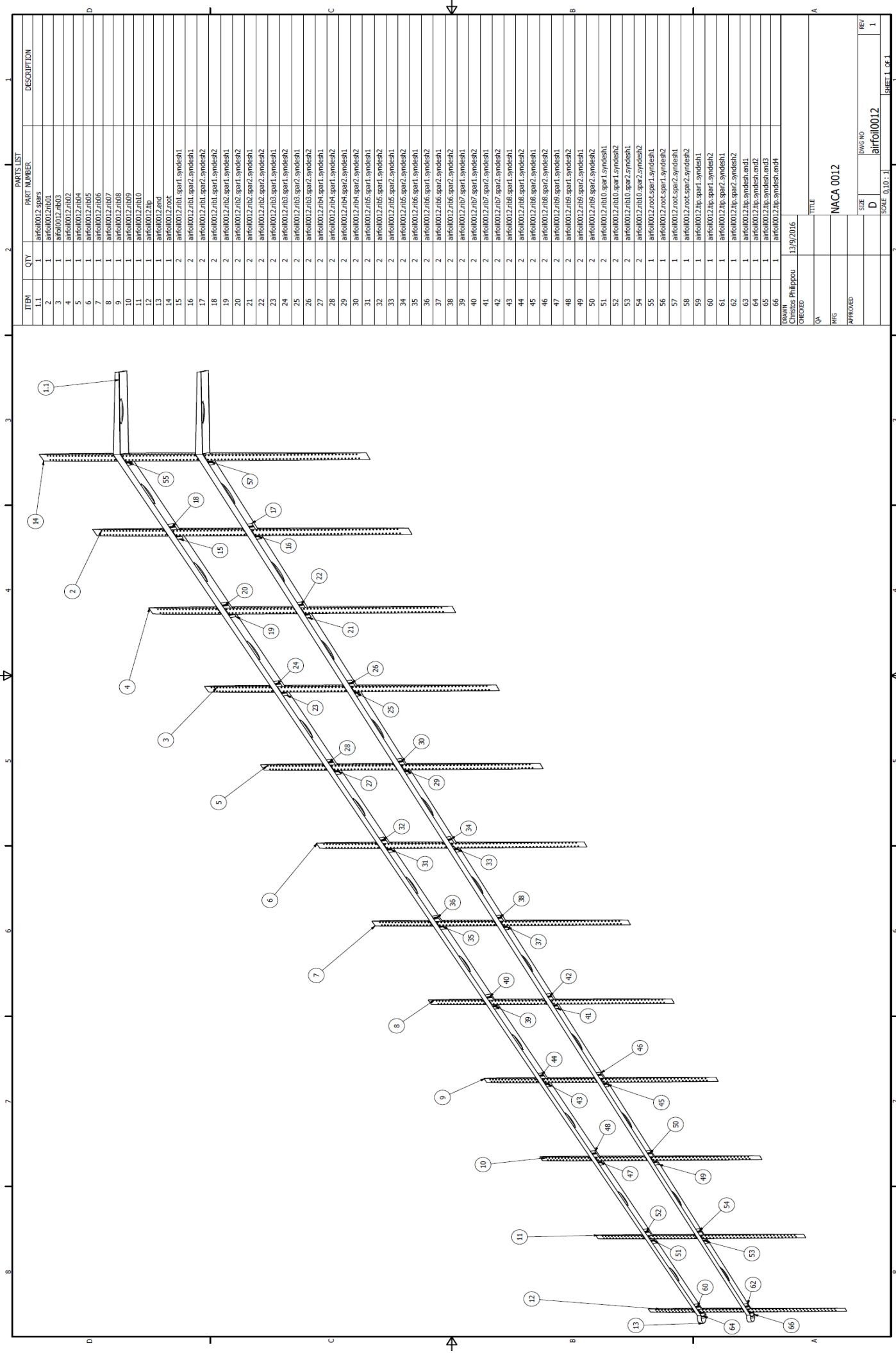
Εικόνα 16 Απεικόνιση νεύρου (*Rib*)



Απεικόνιση δομικών στοιχείων πτέρυγας (Wing) NACA 0012

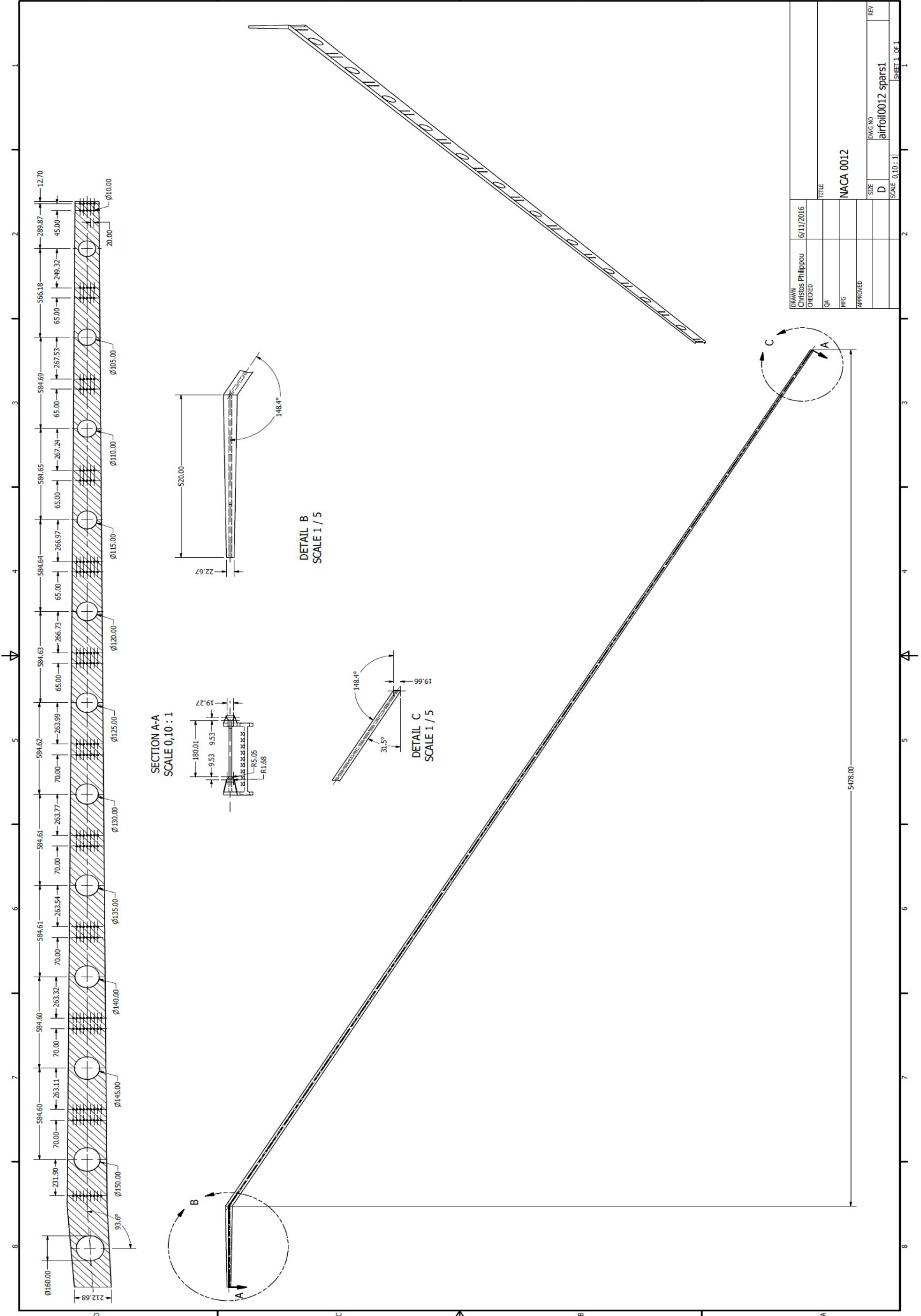


Απεικόνιση συναρμολόγησης πτέρυγας NACA 0012

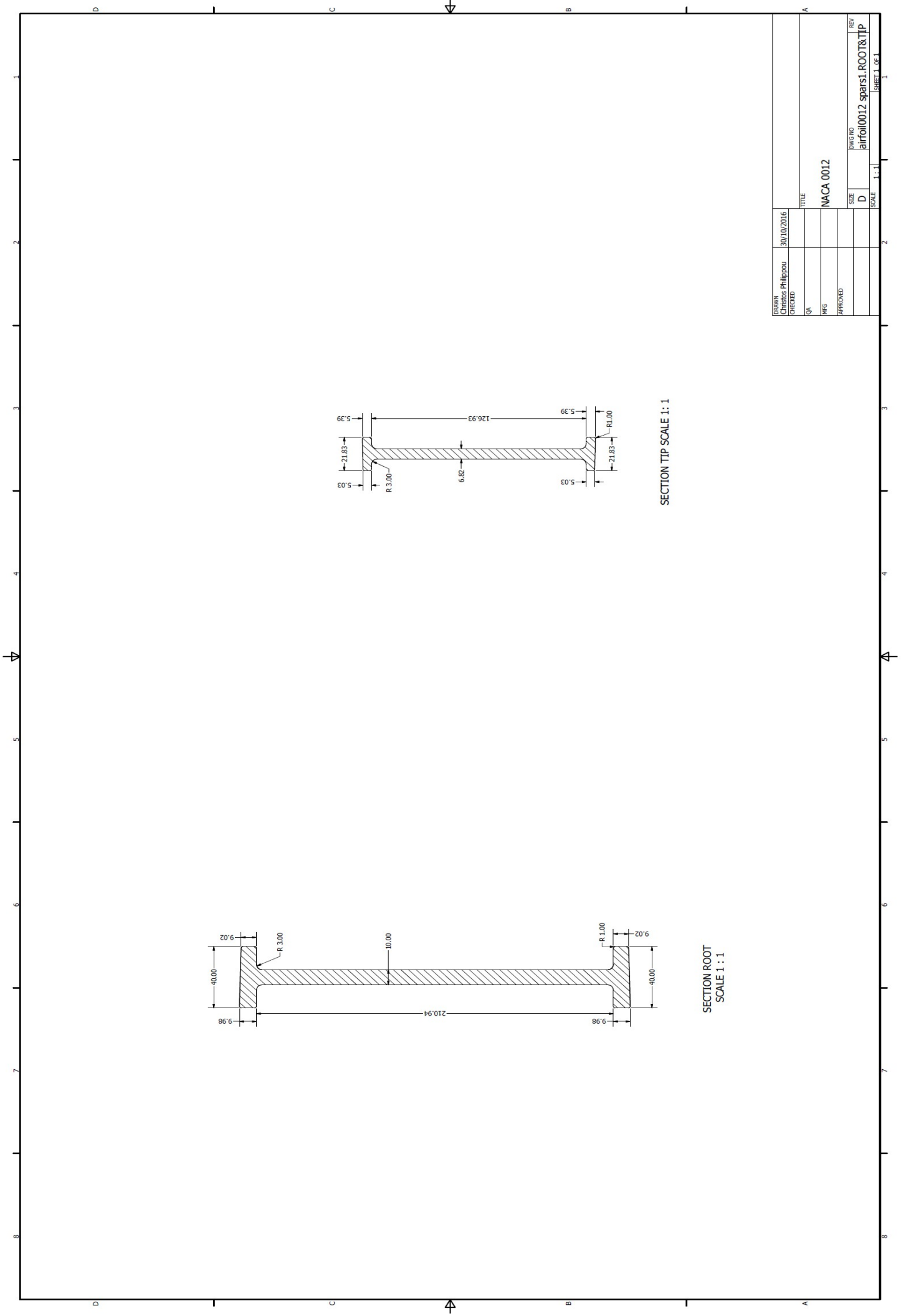


ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1.1	1	airfoi0012.spars	
2	1	airfoi0012.rh001	
3	1	airfoi0012.rh003	
4	1	airfoi0012.rh002	
5	1	airfoi0012.rh004	
6	1	airfoi0012.rh005	
7	1	airfoi0012.rh006	
8	1	airfoi0012.rh007	
9	1	airfoi0012.rh008	
10	1	airfoi0012.rh009	
11	1	airfoi0012.rh010	
12	1	airfoi0012.hp	
13	1	airfoi0012.end	
14	1	airfoi0012.root	
15	2	airfoi0012.rh1.spars1.syndesh1	
16	2	airfoi0012.rh1.spars2.syndesh1	
17	2	airfoi0012.rh1.spars2.syndesh2	
18	2	airfoi0012.rh2.spars1.syndesh2	
19	2	airfoi0012.rh2.spars1.syndesh1	
20	2	airfoi0012.rh2.spars2.syndesh2	
21	2	airfoi0012.rh2.spars2.syndesh1	
22	2	airfoi0012.rh3.spars1.syndesh2	
23	2	airfoi0012.rh3.spars1.syndesh1	
24	2	airfoi0012.rh3.spars2.syndesh2	
25	2	airfoi0012.rh3.spars2.syndesh1	
26	2	airfoi0012.rh3.spars2.syndesh2	
27	2	airfoi0012.rh4.spars1.syndesh1	
28	2	airfoi0012.rh4.spars1.syndesh2	
29	2	airfoi0012.rh4.spars2.syndesh1	
30	2	airfoi0012.rh4.spars2.syndesh2	
31	2	airfoi0012.rh5.spars1.syndesh1	
32	2	airfoi0012.rh5.spars1.syndesh2	
33	2	airfoi0012.rh5.spars2.syndesh1	
34	2	airfoi0012.rh5.spars2.syndesh2	
35	2	airfoi0012.rh6.spars1.syndesh1	
36	2	airfoi0012.rh6.spars1.syndesh2	
37	2	airfoi0012.rh6.spars2.syndesh1	
38	2	airfoi0012.rh6.spars2.syndesh2	
39	2	airfoi0012.rh7.spars1.syndesh1	
40	2	airfoi0012.rh7.spars1.syndesh2	
41	2	airfoi0012.rh7.spars2.syndesh1	
42	2	airfoi0012.rh7.spars2.syndesh2	
43	2	airfoi0012.rh8.spars1.syndesh1	
44	2	airfoi0012.rh8.spars1.syndesh2	
45	2	airfoi0012.rh8.spars2.syndesh1	
46	2	airfoi0012.rh8.spars2.syndesh2	
47	2	airfoi0012.rh9.spars1.syndesh1	
48	2	airfoi0012.rh9.spars1.syndesh2	
49	2	airfoi0012.rh9.spars2.syndesh1	
50	2	airfoi0012.rh9.spars2.syndesh2	
51	2	airfoi0012.rh10.spars1.syndesh1	
52	2	airfoi0012.rh10.spars1.syndesh2	
53	2	airfoi0012.rh10.spars2.syndesh1	
54	2	airfoi0012.rh10.spars2.syndesh2	
55	1	airfoi0012.root.spars1.syndesh1	
56	1	airfoi0012.root.spars1.syndesh2	
57	1	airfoi0012.root.spars2.syndesh1	
58	1	airfoi0012.root.spars2.syndesh2	
59	1	airfoi0012.hp.spars1.syndesh1	
60	1	airfoi0012.hp.spars1.syndesh2	
61	1	airfoi0012.hp.spars2.syndesh1	
62	1	airfoi0012.hp.spars2.syndesh2	
63	1	airfoi0012.hp.syndesh.end1	
64	1	airfoi0012.hp.syndesh.end2	
65	1	airfoi0012.hp.syndesh.end3	
66	1	airfoi0012.hp.syndesh.end4	

DRAWN: Christos Philippou
 CHECKED: 13/09/2016
 TITLE: NACA 0012
 DWG NO: airfoi0012
 SCALE: 0.10 : 1
 REV: 1
 SHEET 1 OF 1



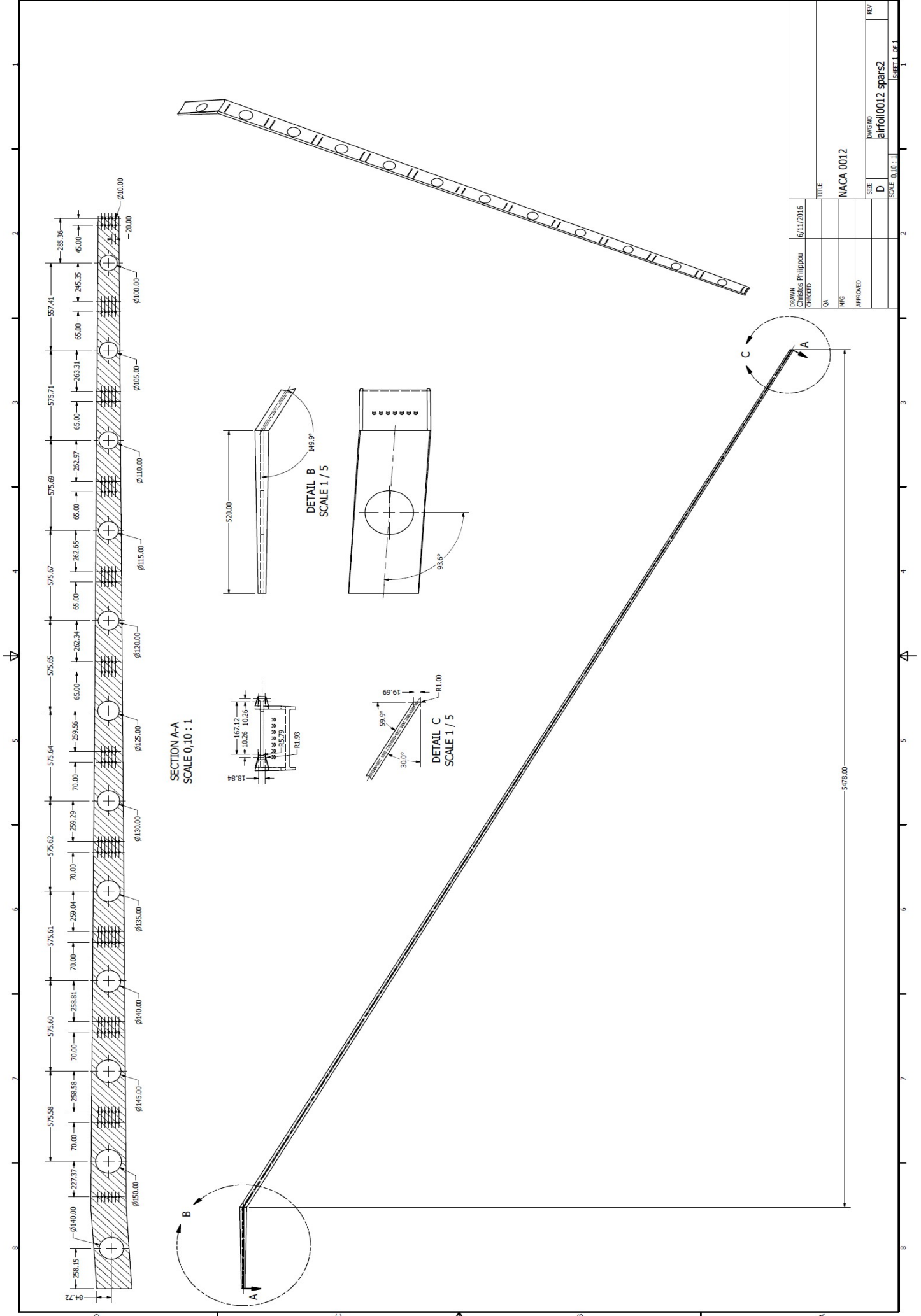
DESIGNED BY	CHRISTOS Philippou	DATE	6/11/2016
CHECKED BY	QA	TITLE	
APPROVED BY	MFG	PROJECT NO.	NACA 0012
SIZE	D	DWG NO.	airfoil0012 spars1
SCALE	0,10 : 1	SHEET	2



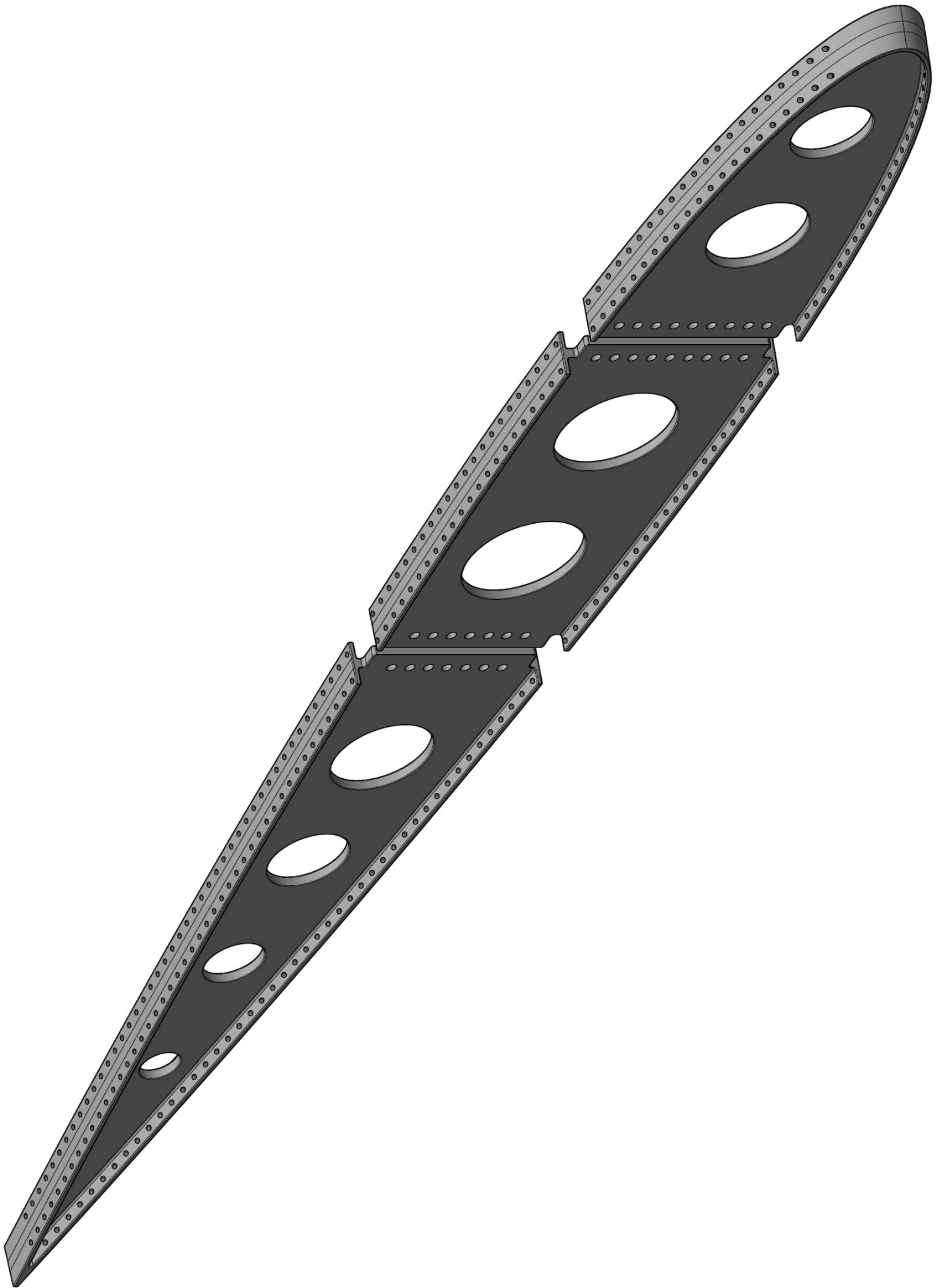
DATE	30/10/2016
DRAWN	Christos Phippou
CHECKED	QA
TITLE	NACA 0012
SIZE	D
SCALE	1:1
DWG NO	airfoil0012_sparts1.ROOT&TIP
REV	

SECTION TIP SCALE 1:1

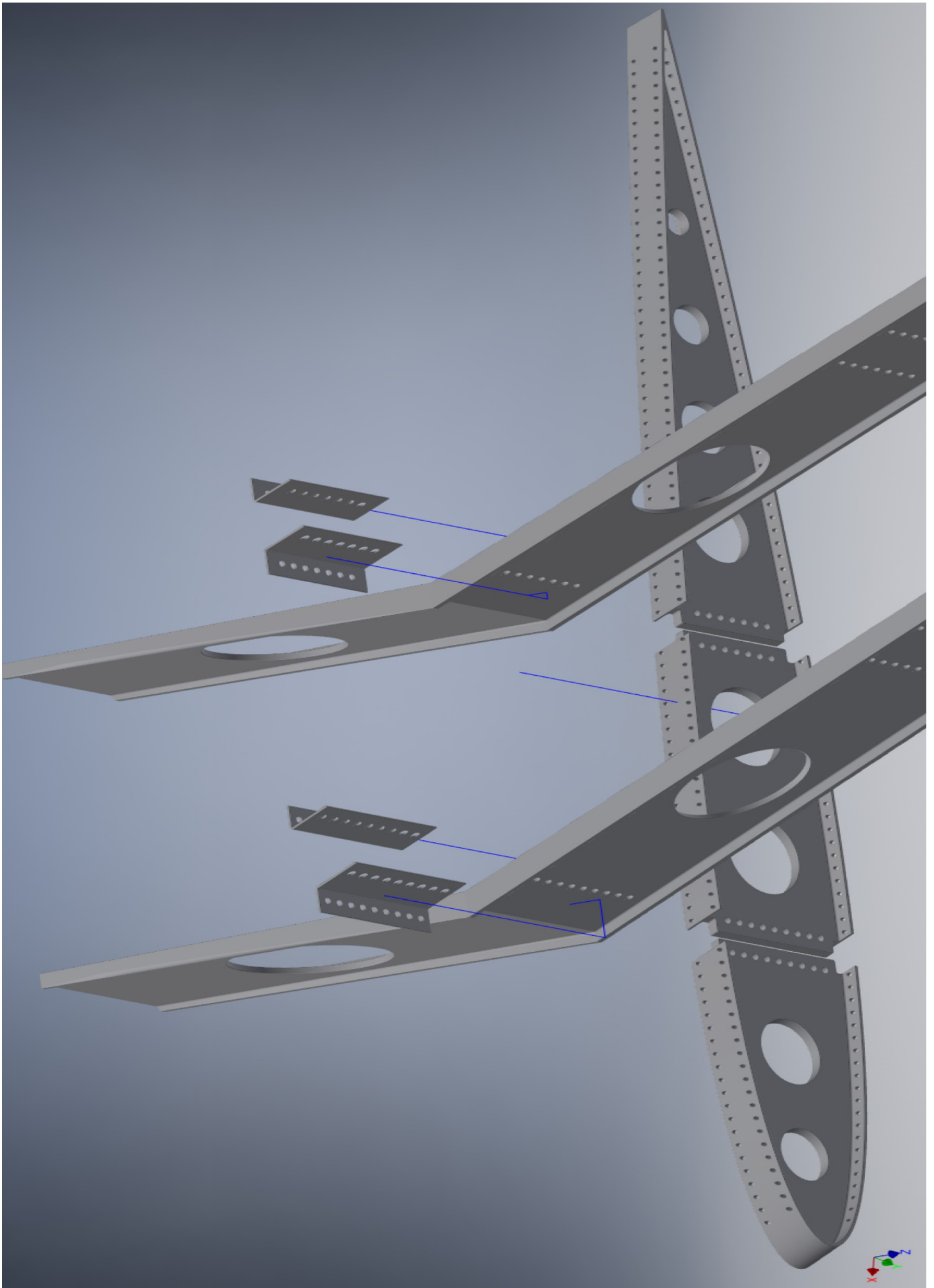
SECTION ROOT SCALE 1:1



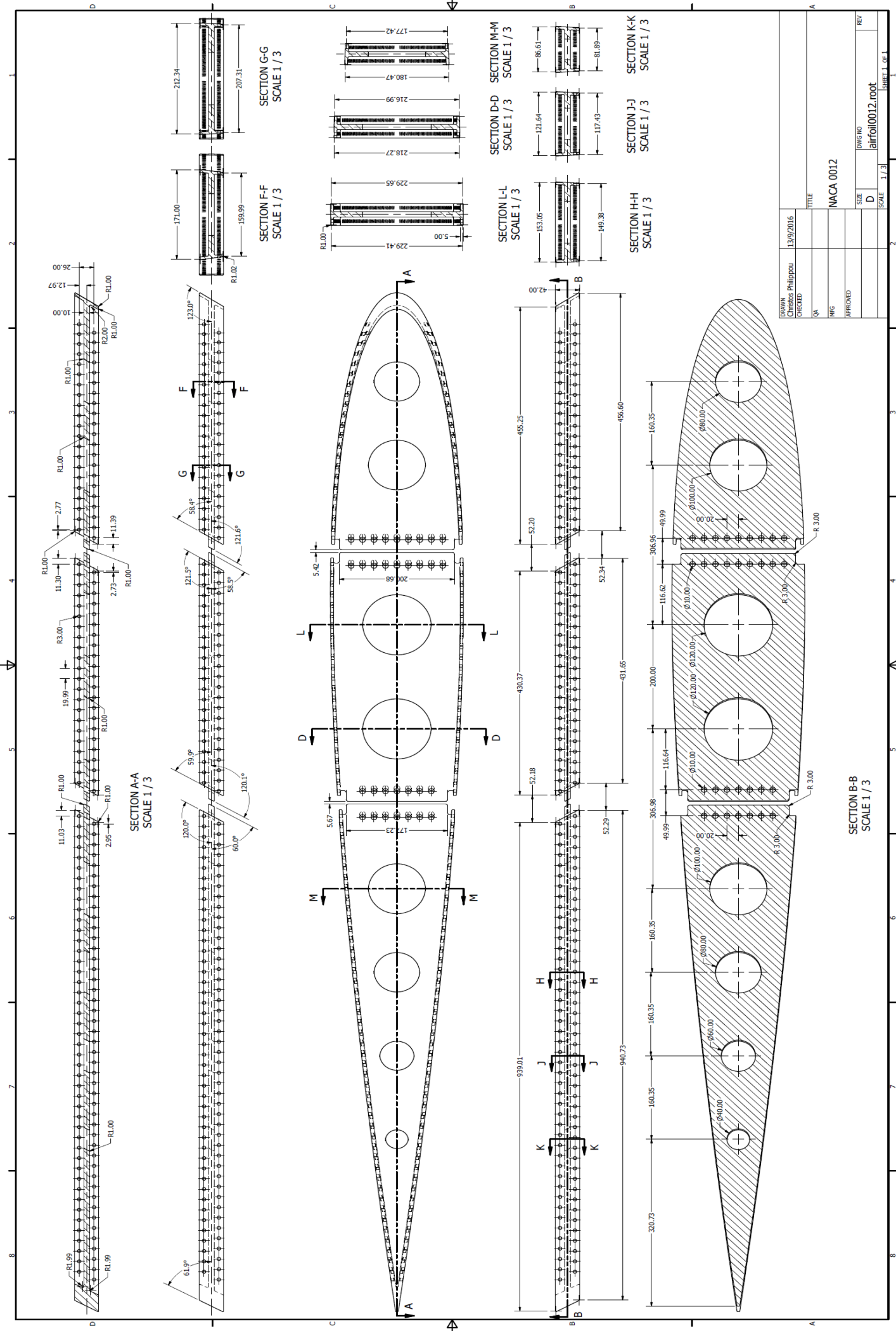
DRAWN	6/11/2016	TITLE	
CHECKED	Christos Philippou	QA	
		MFG	NACA 0012
		APPROVED	
		SIZE	D
		DWG NO	airfoil0012_sparts2
		SCALE	0,10 : 1
		REV	



Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Root



Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρου (Rib) : Root



DRAWN	13/9/2016	TITLE	
CHECKED			
QA			
MFG		NACA 0012	
APPROVED			
SIZE	D	DWG NO	airfoil0012.root
SCALE	1:1	SHEET	1 OF 1

SECTION B-B
SCALE 1 / 3

SECTION G-G
SCALE 1 / 3

SECTION F-F
SCALE 1 / 3

SECTION A-A
SCALE 1 / 3

SECTION L-L
SCALE 1 / 3

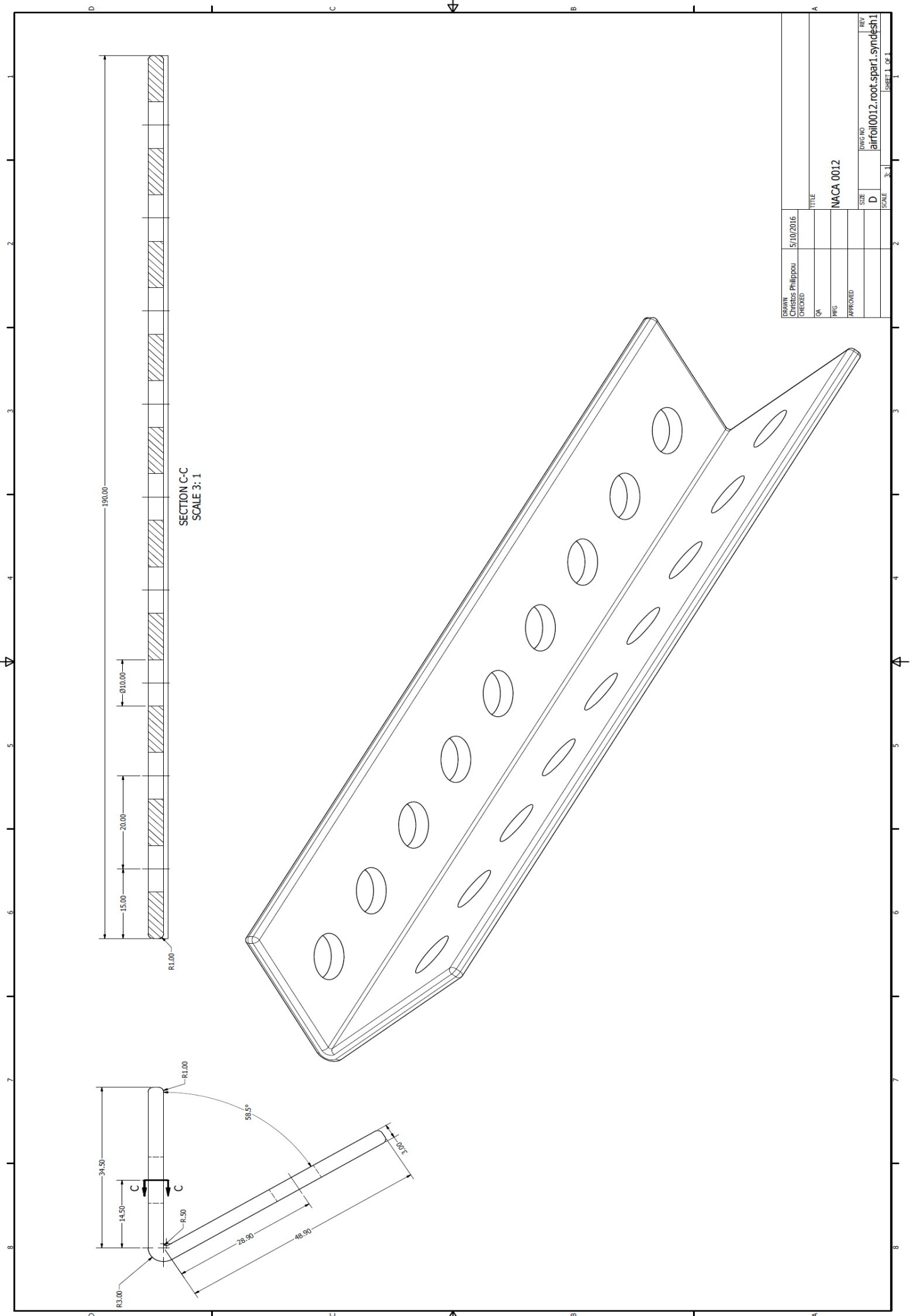
SECTION D-D
SCALE 1 / 3

SECTION M-M
SCALE 1 / 3

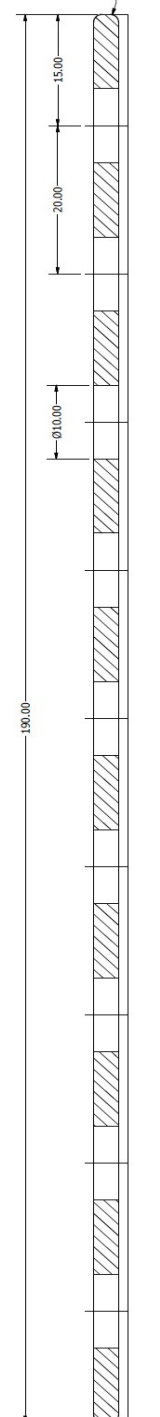
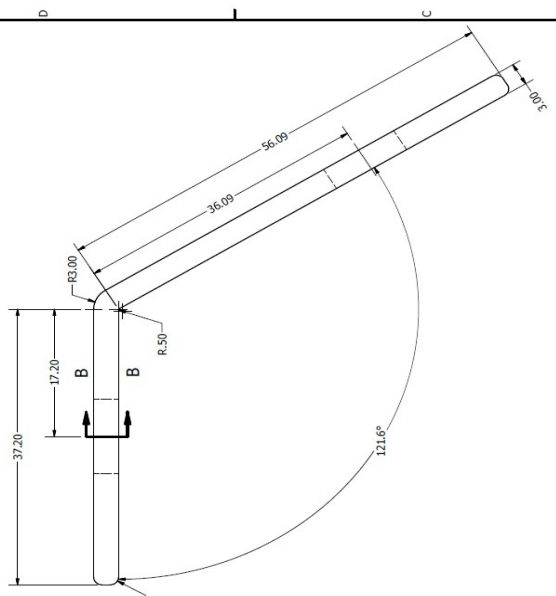
SECTION H-H
SCALE 1 / 3

SECTION K-K
SCALE 1 / 3

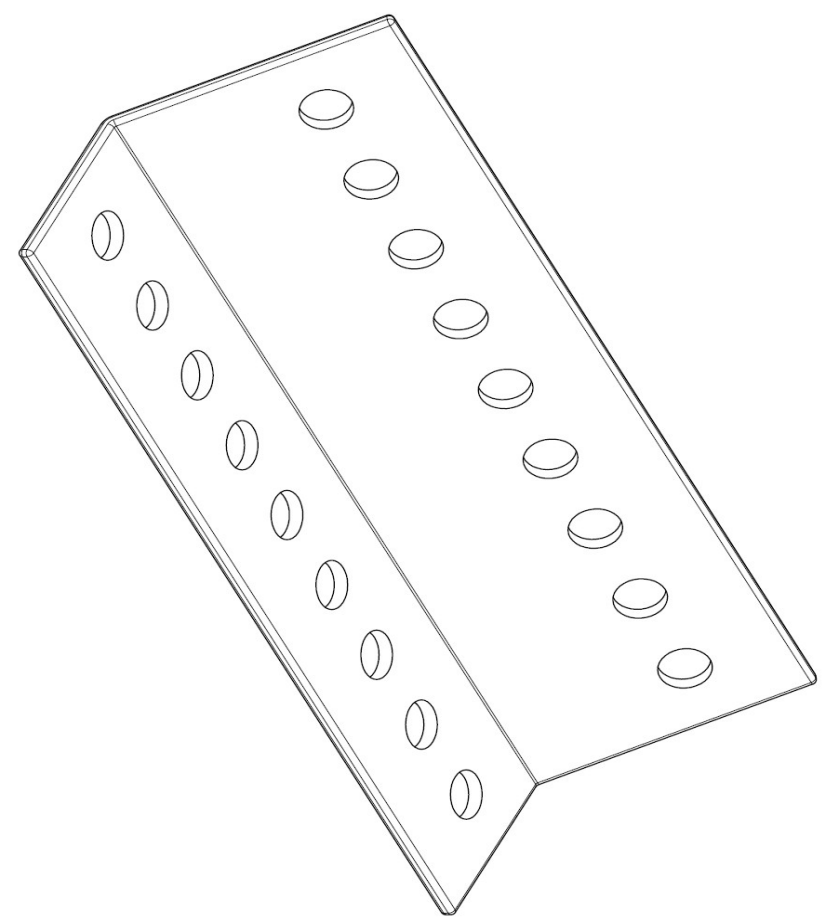
2 3 4 5 6 7 8



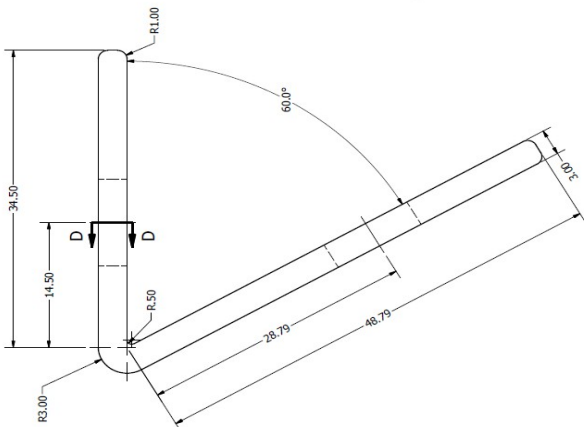
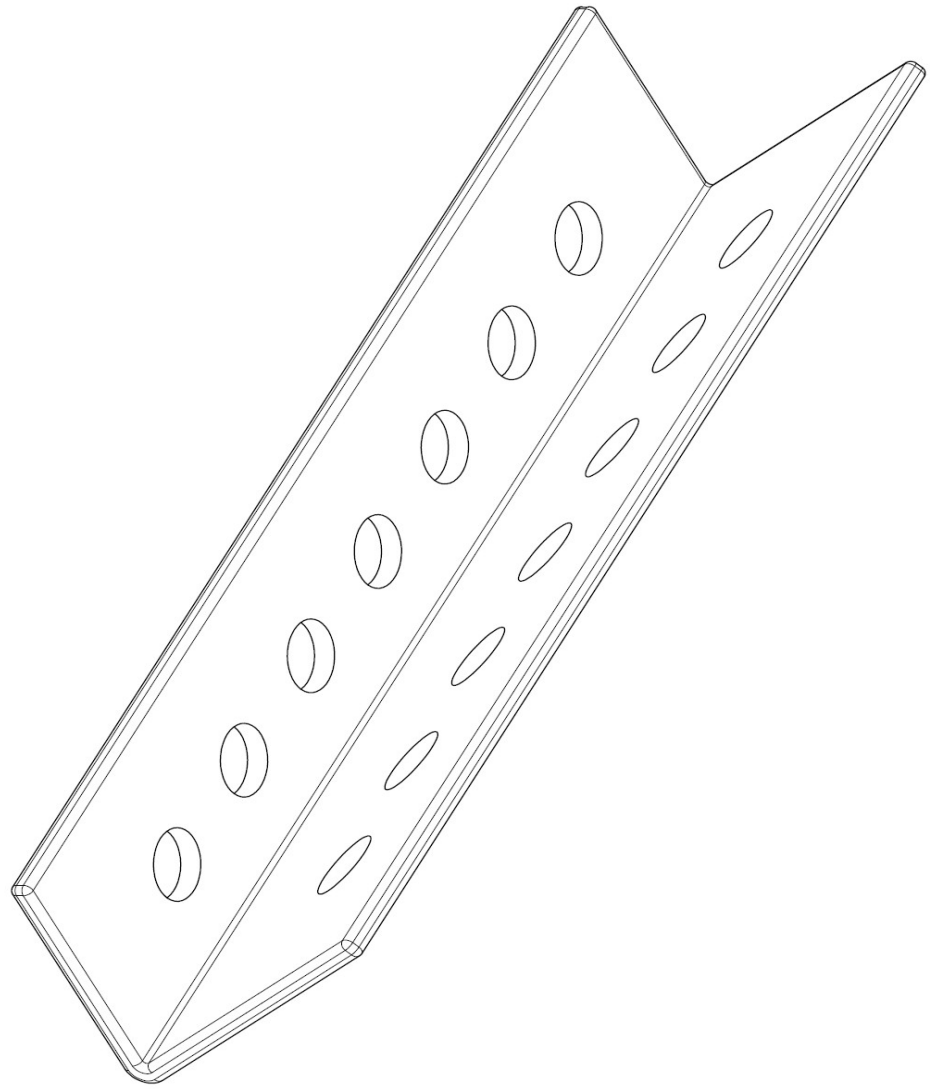
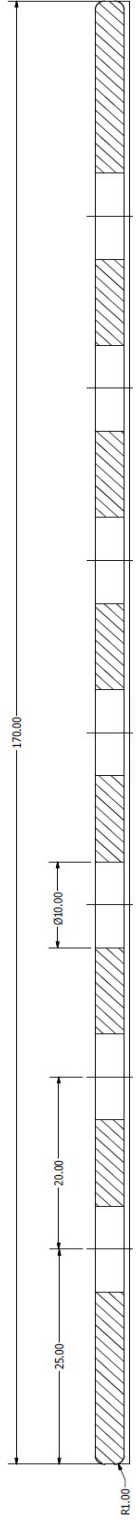
DESIGNED Christos Philippou	DATE 5/10/2016	TITLE MACA 0012
CHECKED CA		
APPROVED PHG		
DWG NO airfoil0012.root.spar1.syndesth1	SIZE D	REV 1
	SCALE 3:1	SHEET NO 1 OF 1



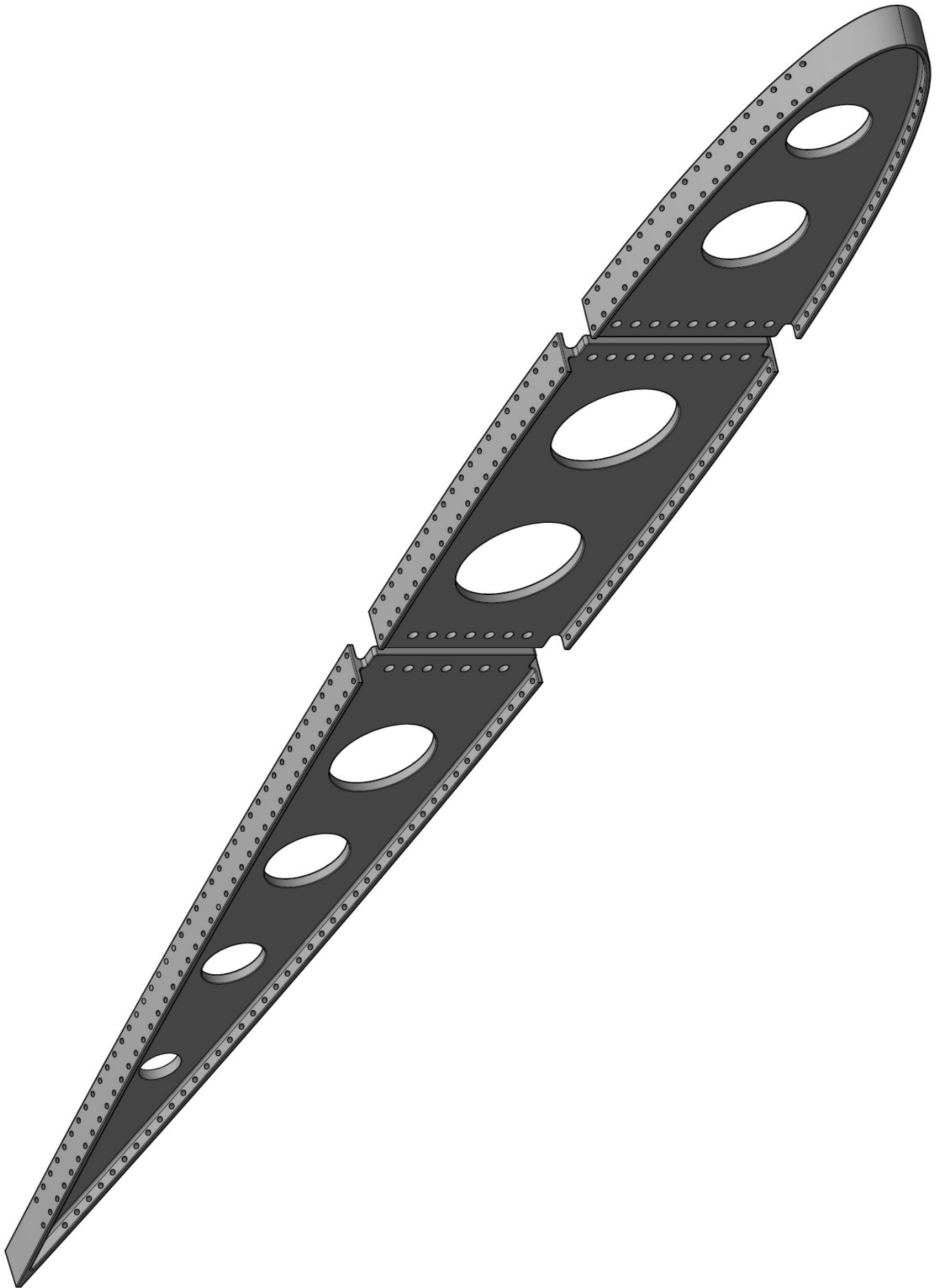
SECTION B-B
SCALE 3: 1



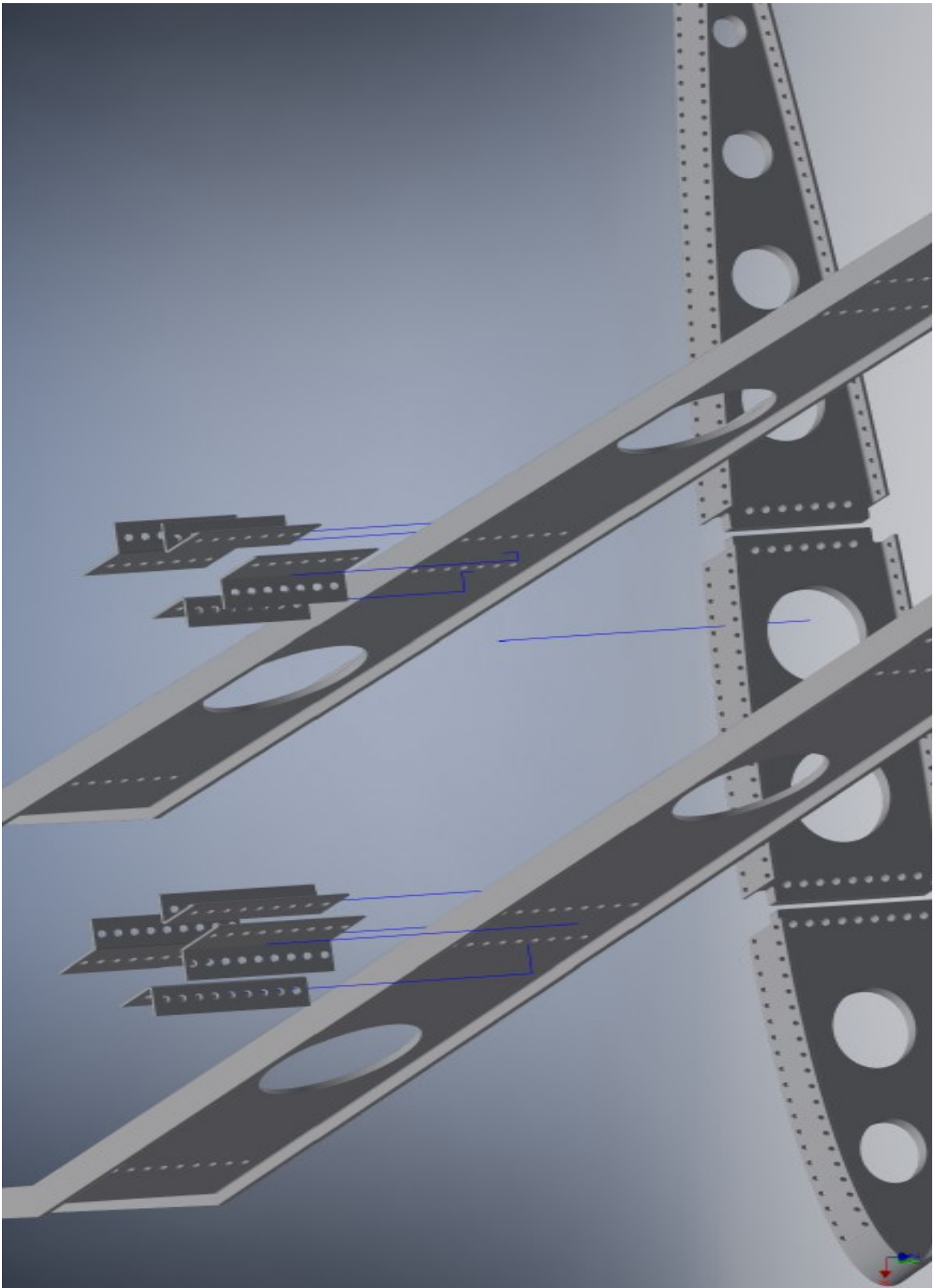
DRAWN	PHILIPPOU	5/10/2016	TITLE
CHECKED			
QA			
APPROVED			
SIZE	D	SCALE	3: 1
REV			
NACA 0012			
airfoil0012.root.spar1.syndest2			
SHEET 1 OF 1			



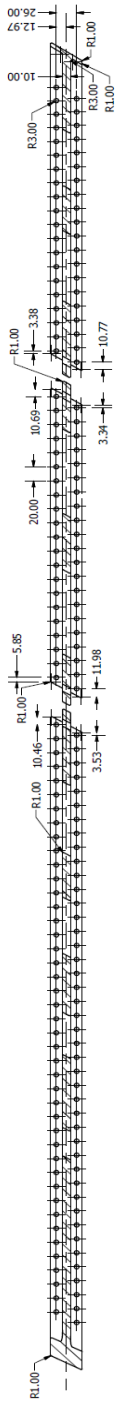
DESIGNER Christos Philippou	DATE 5/10/2016	TITLE MACA 0012
CHECKED CA		
FIGS		
APPROVED		
SIZE D	DWG NO airfoil0012.root.spar2.syndesh1	REV
SCALE 3.5:1		



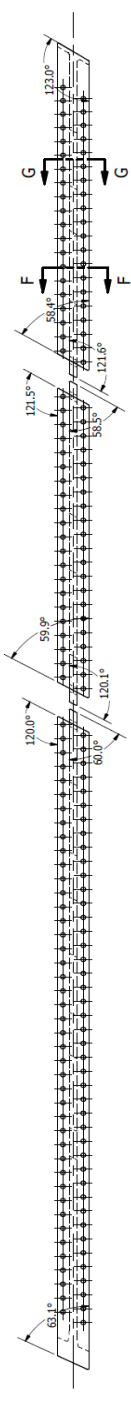
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib 01



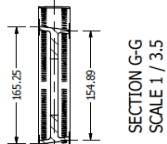
Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρου (Rib) : Rib 01



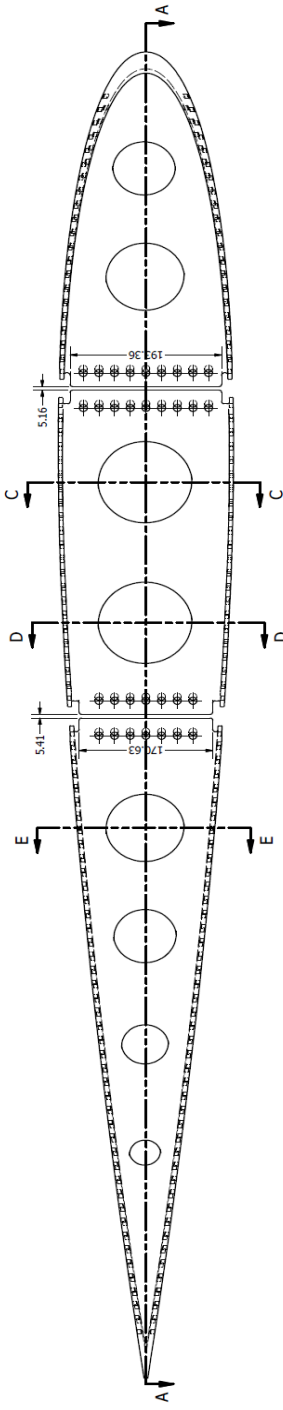
SECTION A-A
SCALE 1 / 3.5



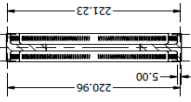
SECTION F-F
SCALE 1 / 3.5



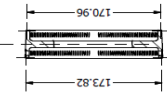
SECTION G-G
SCALE 1 / 3.5



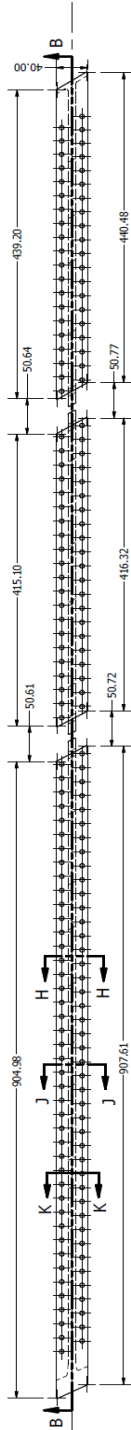
SECTION C-C
SCALE 1 / 3.5



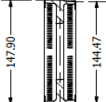
SECTION D-D
SCALE 1 / 3.5



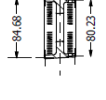
SECTION E-E
SCALE 1 / 3.5



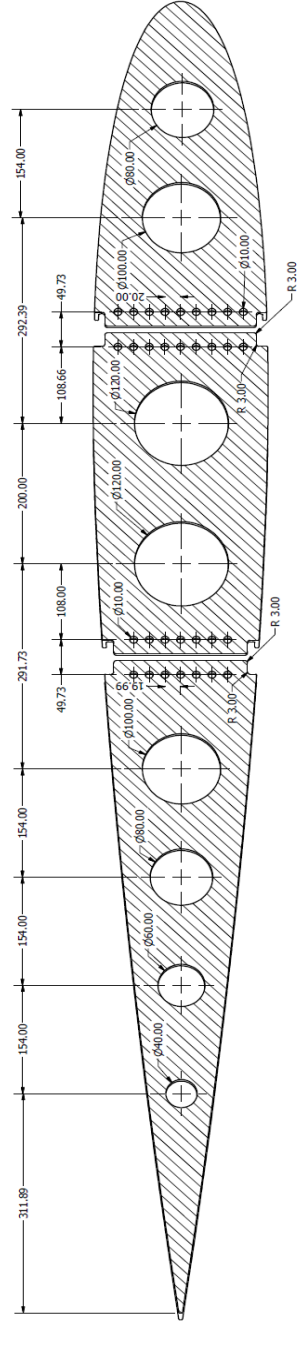
SECTION H-H
SCALE 1 / 3.5



SECTION J-J
SCALE 1 / 3.5

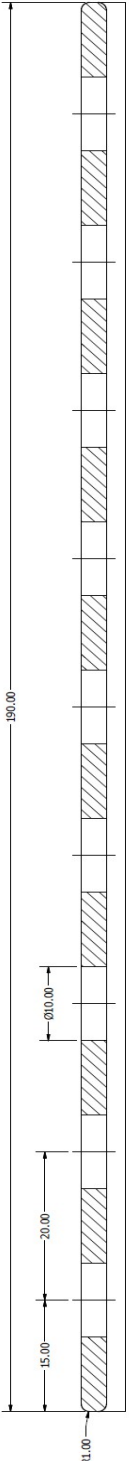


SECTION K-K
SCALE 1 / 3.5

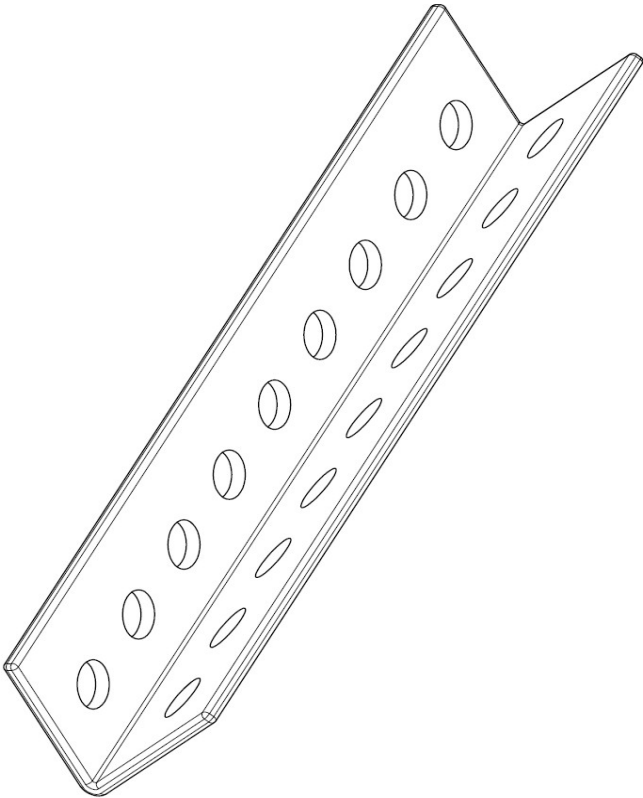
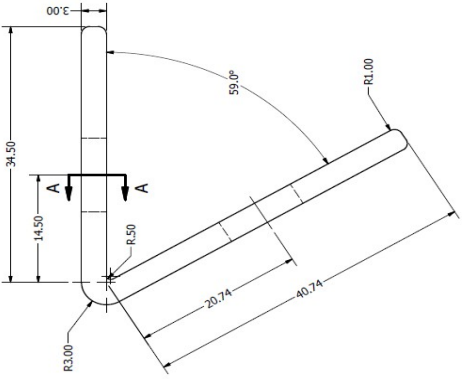


SECTION B-B
SCALE 1 / 3.5

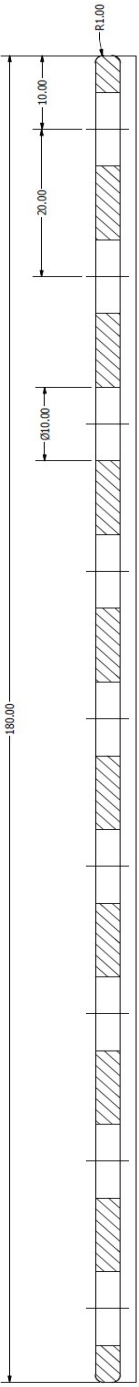
DESIGNED BY Christos Philippou	CHECKED GA	DATE 20/9/2016	TITLE NACA 0012
APPROVED	APPROVED	SIZE D	SCALE 1 / 3.5
DWG NO airfoil0012.rtb1	REV		



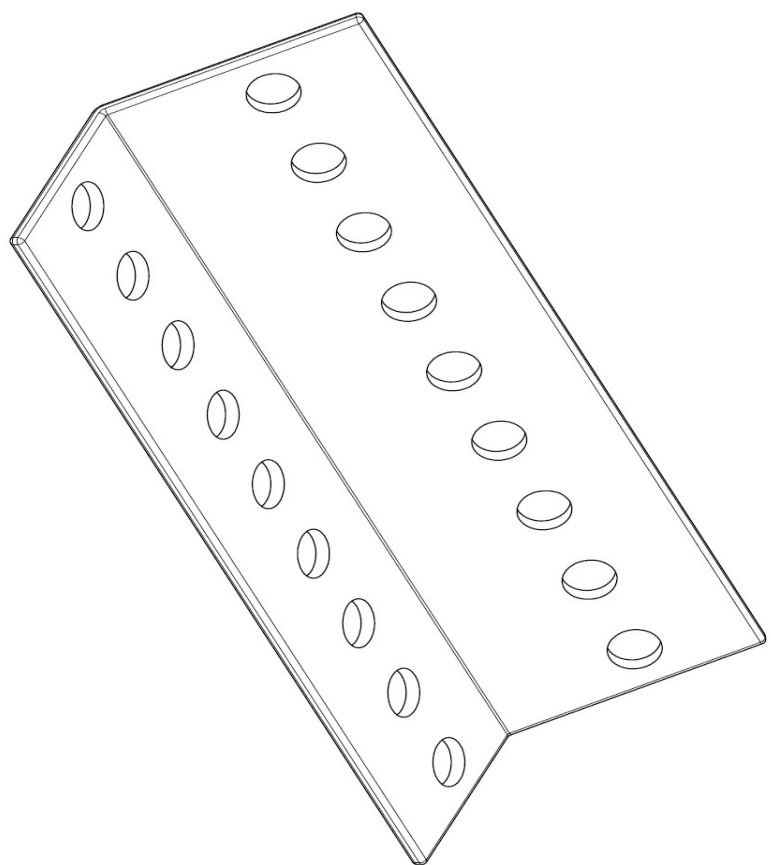
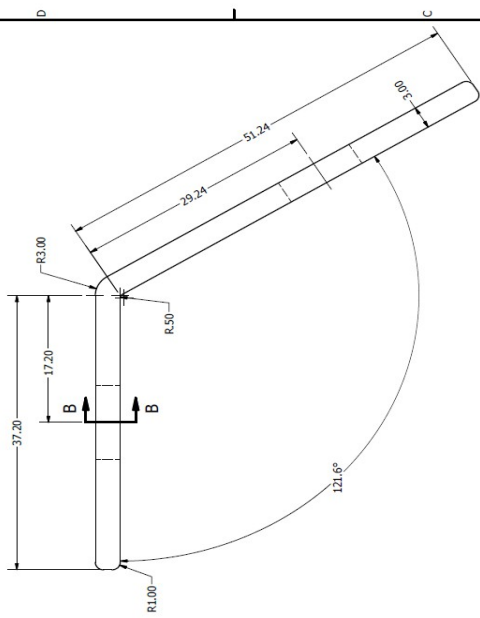
SECTION A-A
SCALE 3: 1



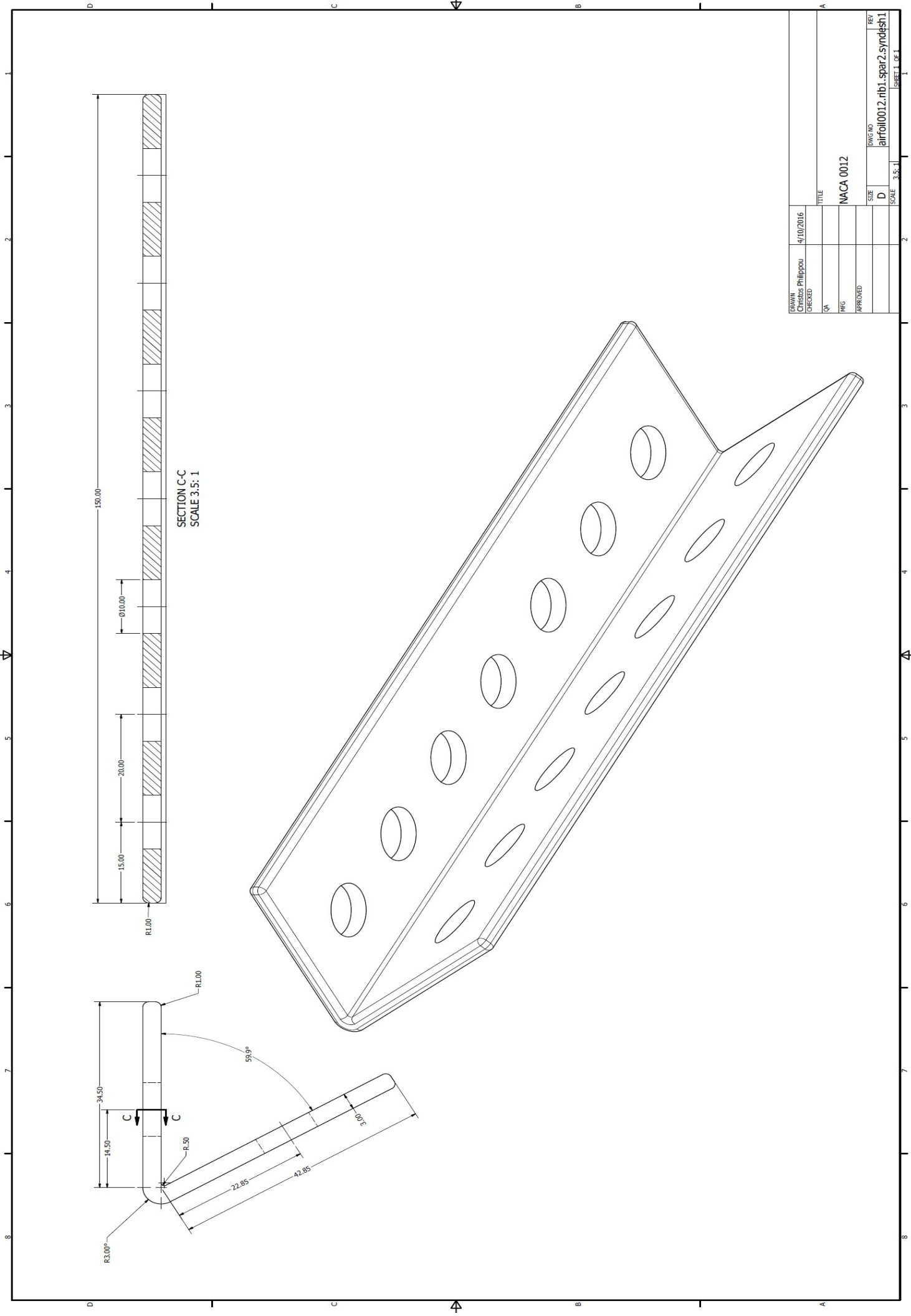
DRAWN Christos Philippou	4/10/2016	TITLE
CHECKED		
QA		NACA 0012
PHG		
APPROVED		
		SIZE
		D
		DWG NO
		airfoil0012.rib1.spar1.syndesh1
		REV
		D
		SCALE
		3:1

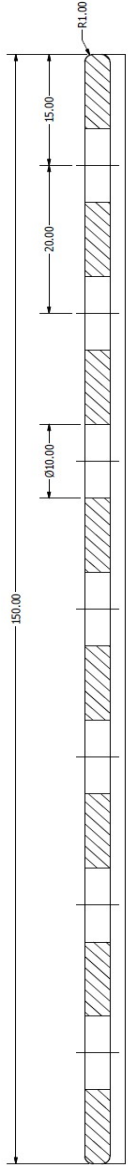
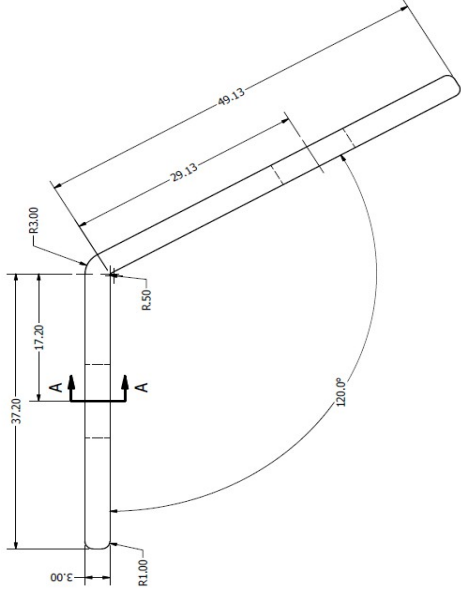


SECTION B-B
SCALE 3:1

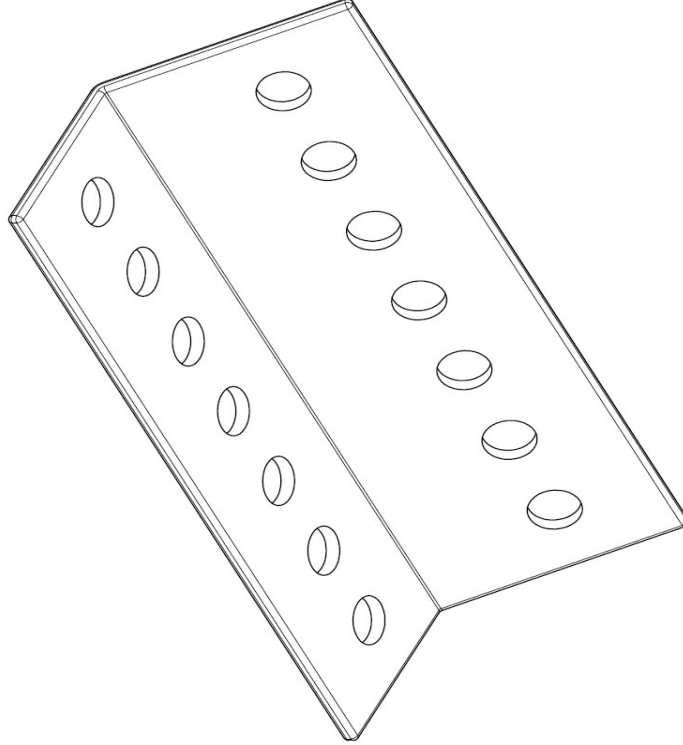


DRAWN	Checked	4/10/2016	TITLE
Checked			
QA			
MIG			NACA 0012
APPROVED			
SIZE	DWG NO	REV	
D	airfoil0012.rtb1.spar1.syndesst2		
SCALE	3:1	SHEET	1 OF 1

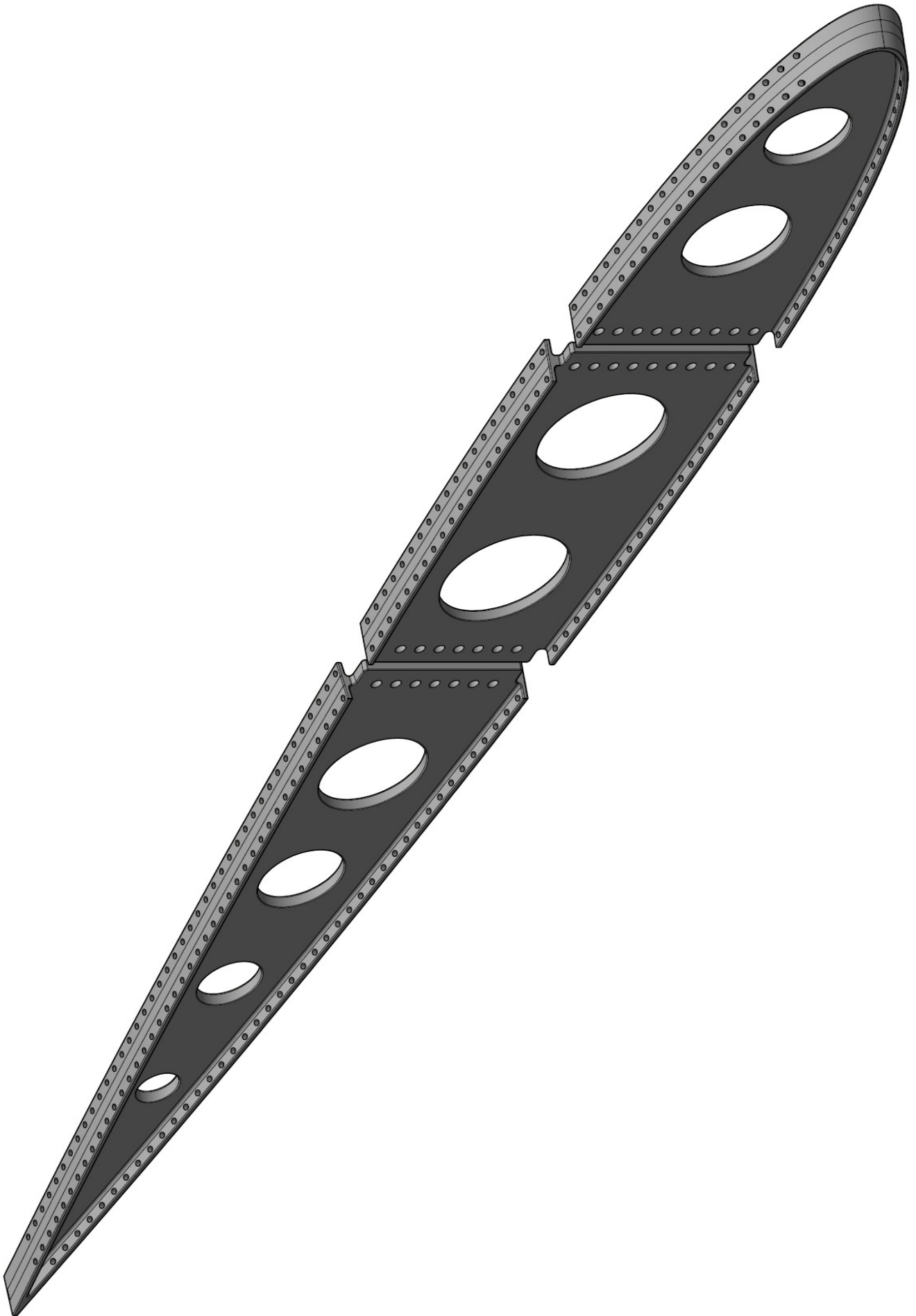




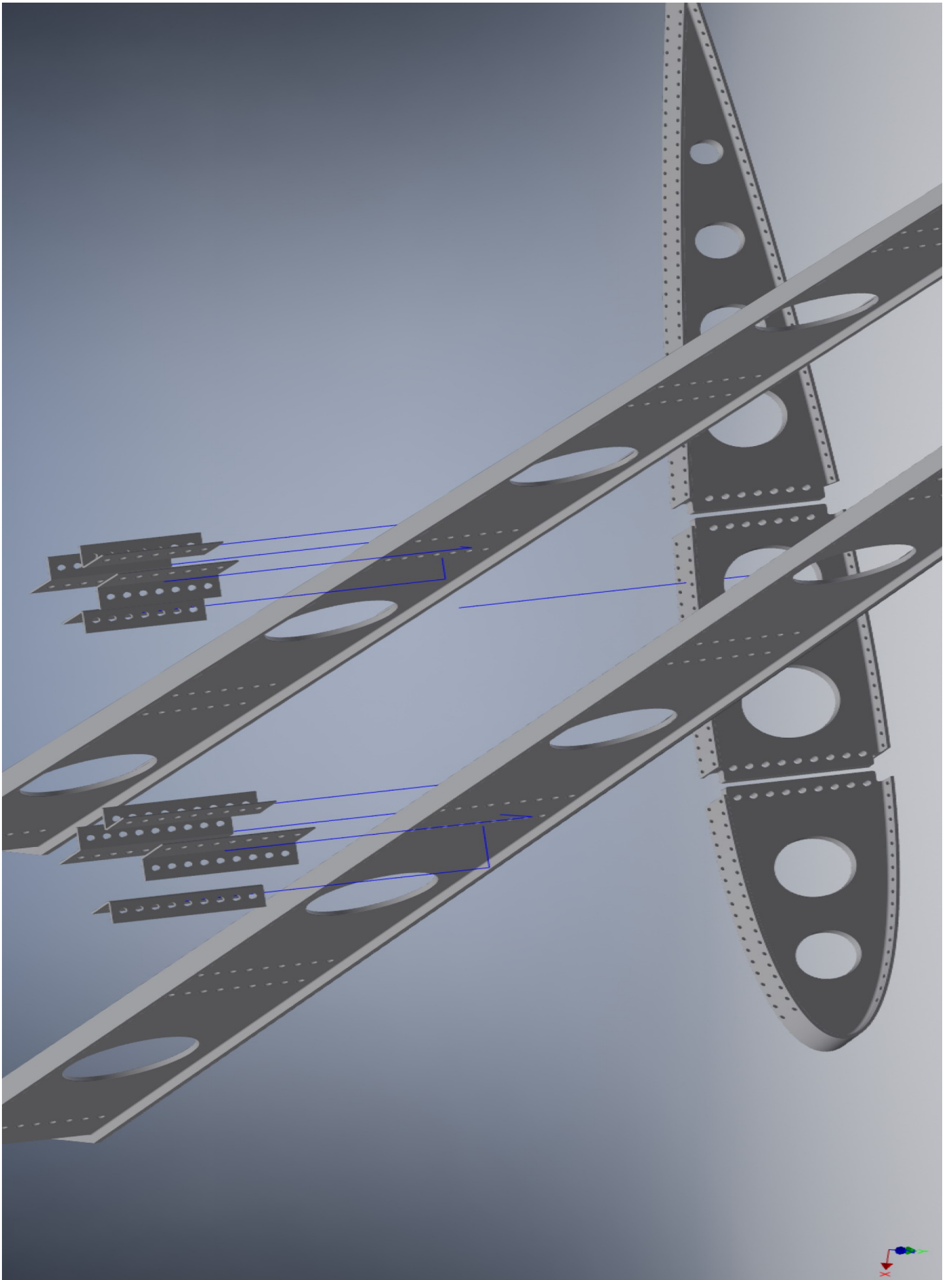
SECTION A-A
SCALE 3:1



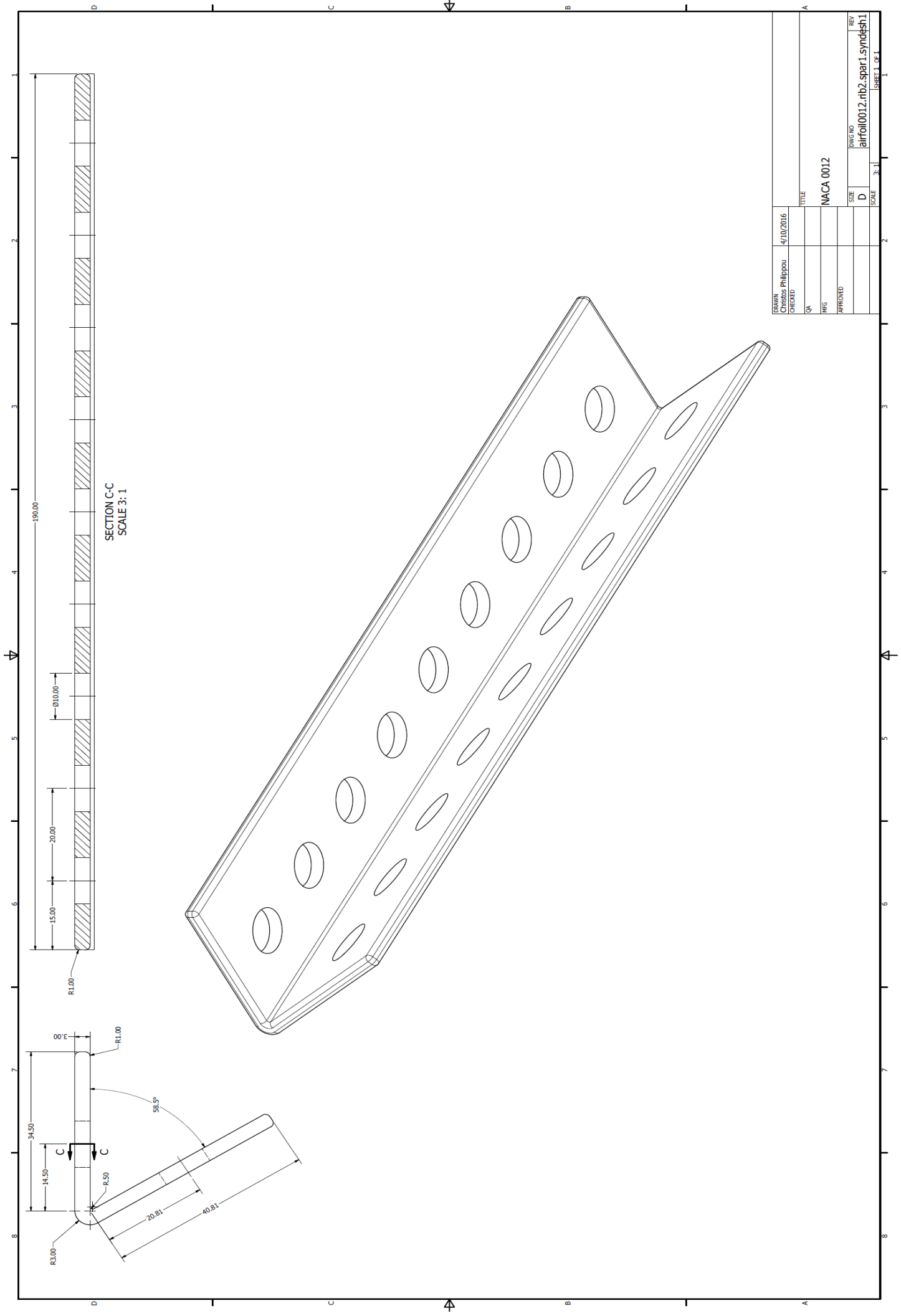
DRAWN	Christos Philippou	4/10/2016	TITLE	
CHECKED				
QA				
FIG				
APPROVED				
			TITLE	NACA 0012
			SIZE	D
			DWG NO	airfoil0012.rtb1.spar2.syndest2
			SCALE	3:1
				SHEET 1 OF 1



Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib 02

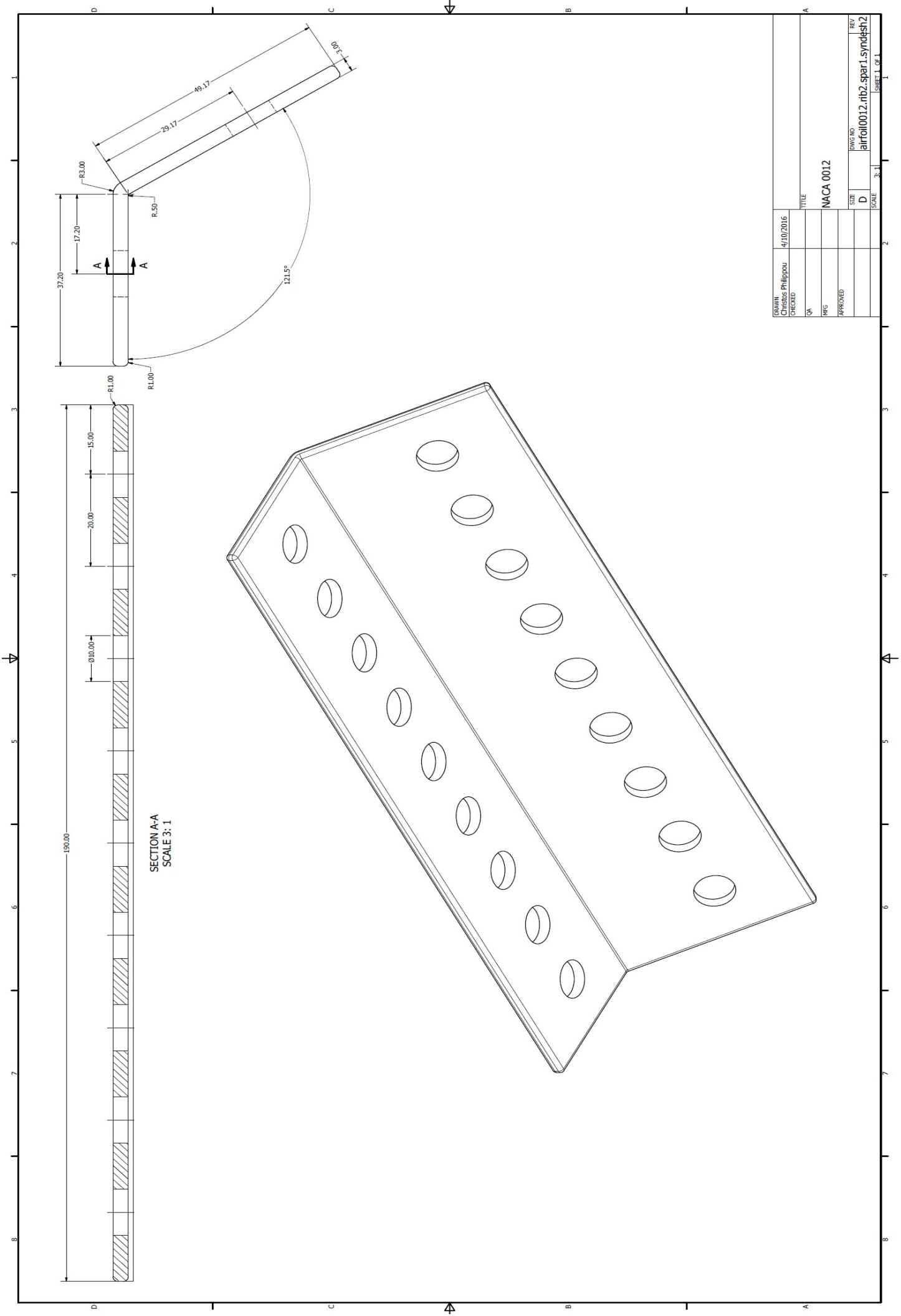


Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρου (Rib) : Rib 02



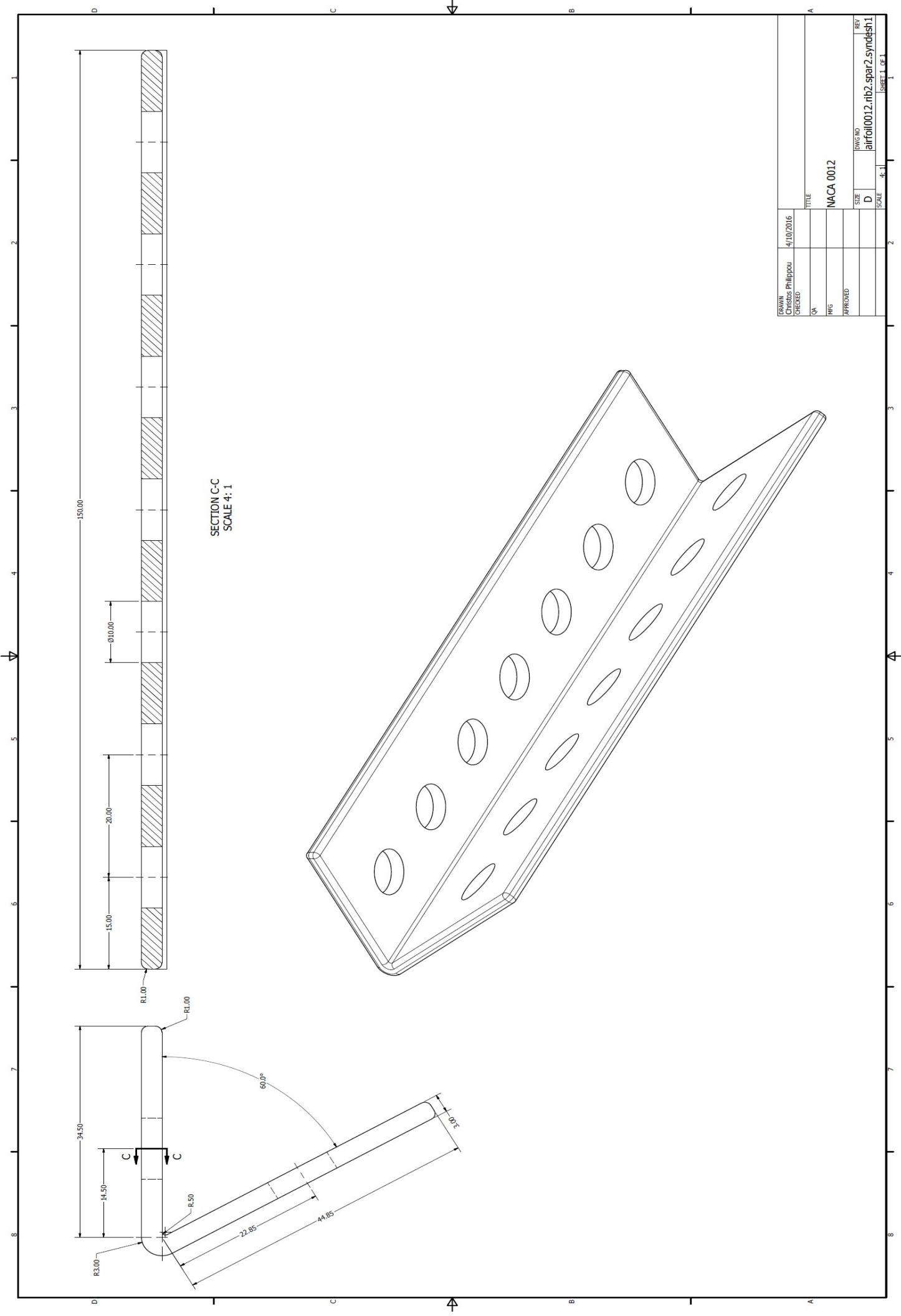
SECTION C-C
SCALE 3:1

DESIGNED BY	4/10/2016	DATE	
DRAWN BY	Christos Philippou	CHECKED BY	
QA		TITLE	
RWG		PROJECT NO.	NACA 0012
APPROVED		REV	
		SIZE	D
		DWG NO	airfoil0012.rtb2.spar1.syndesh1
		SCALE	3:1
		SHEET NO.	1



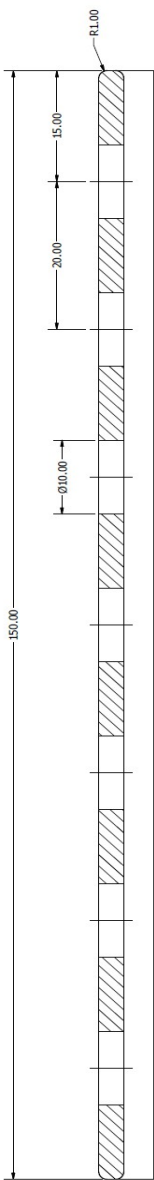
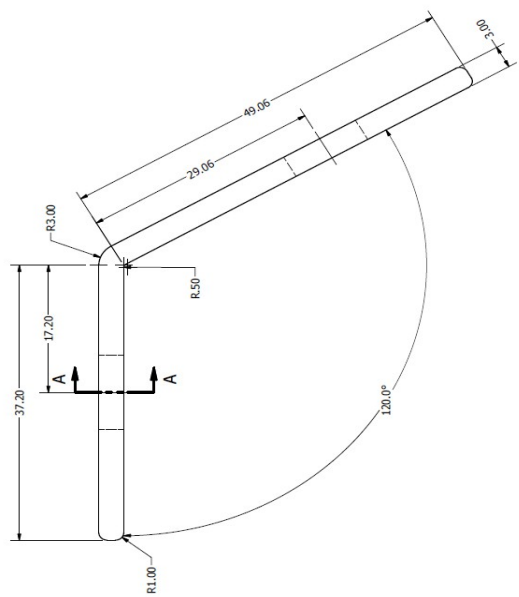
SECTION A-A
SCALE 3: 1

DESIGN	CHRISDS Philippou	DATE	4/10/2016
CHECKED	QA	TITLE	NACA 0012
APPROVED		SIZE	D
REF		SCALE	3:1
DWG NO		airfoil0012.rtb2.spar1.syndesth2	
SHEET		1 OF 1	

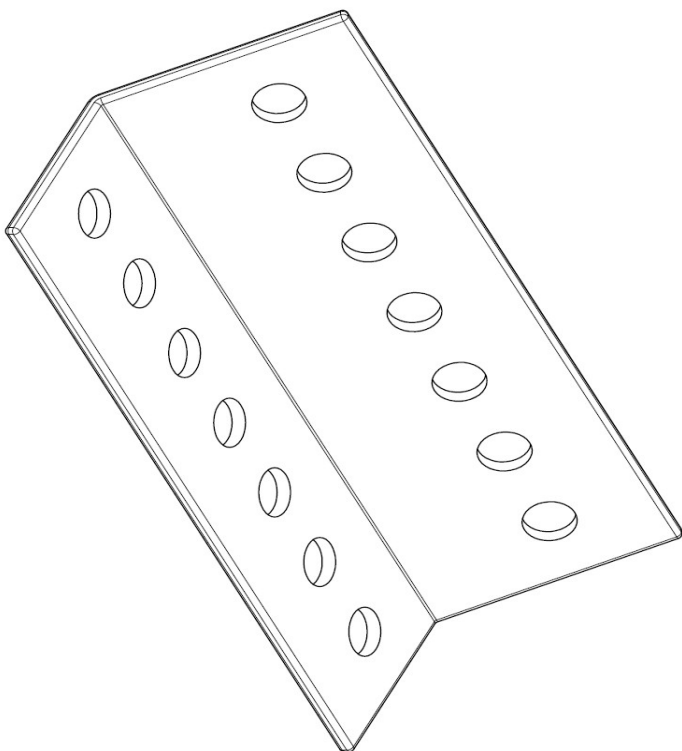


DRAWN	CHRISTOS PHILIPPOU	4/10/2016	TITLE
CHECKED			
QA			
MG			
APPROVED			
SIZE	D		
DWG NO	I:\rtr0012.nib2.spar2.syndesh1		REV
SCALE	4:1		

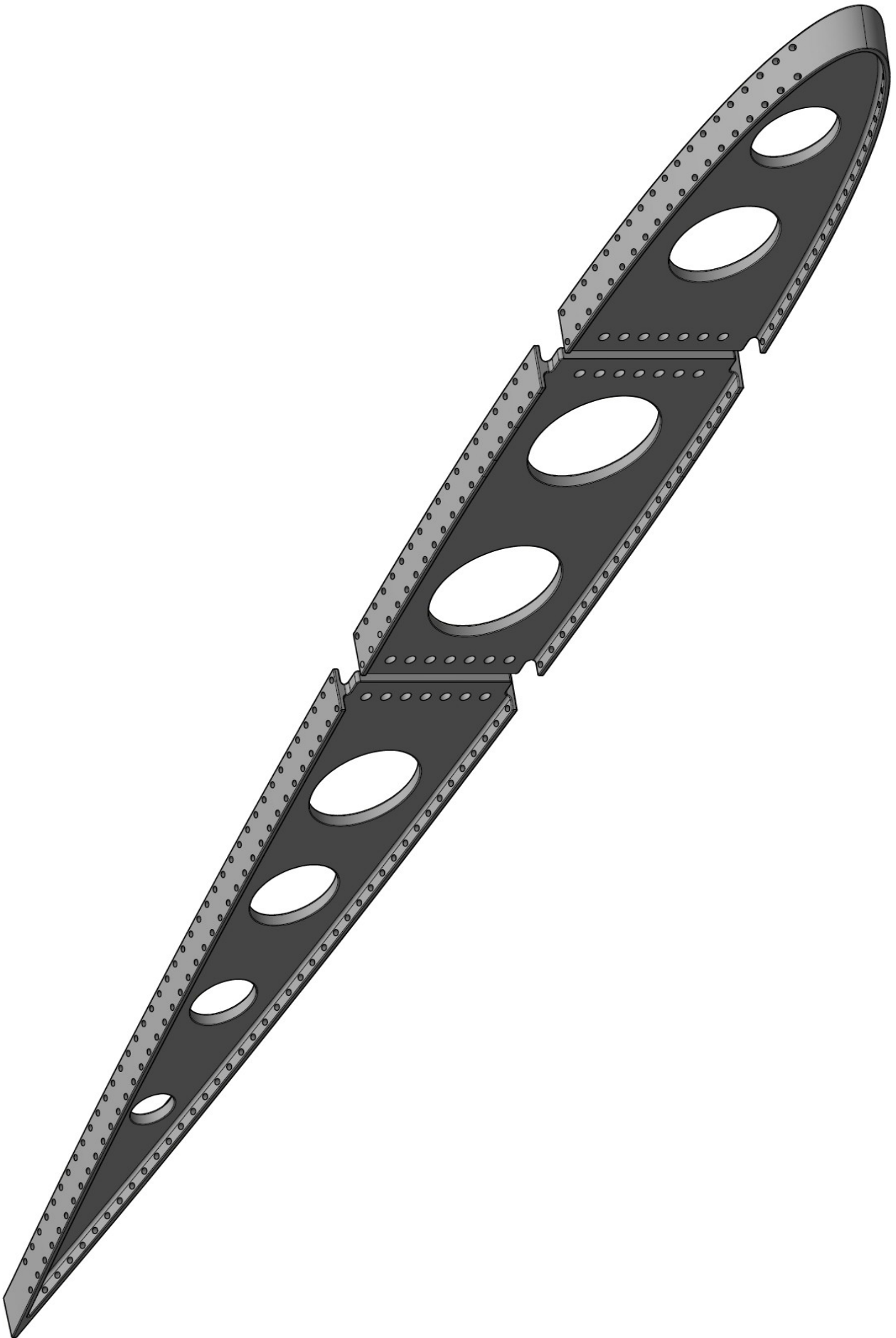
MACA 0012



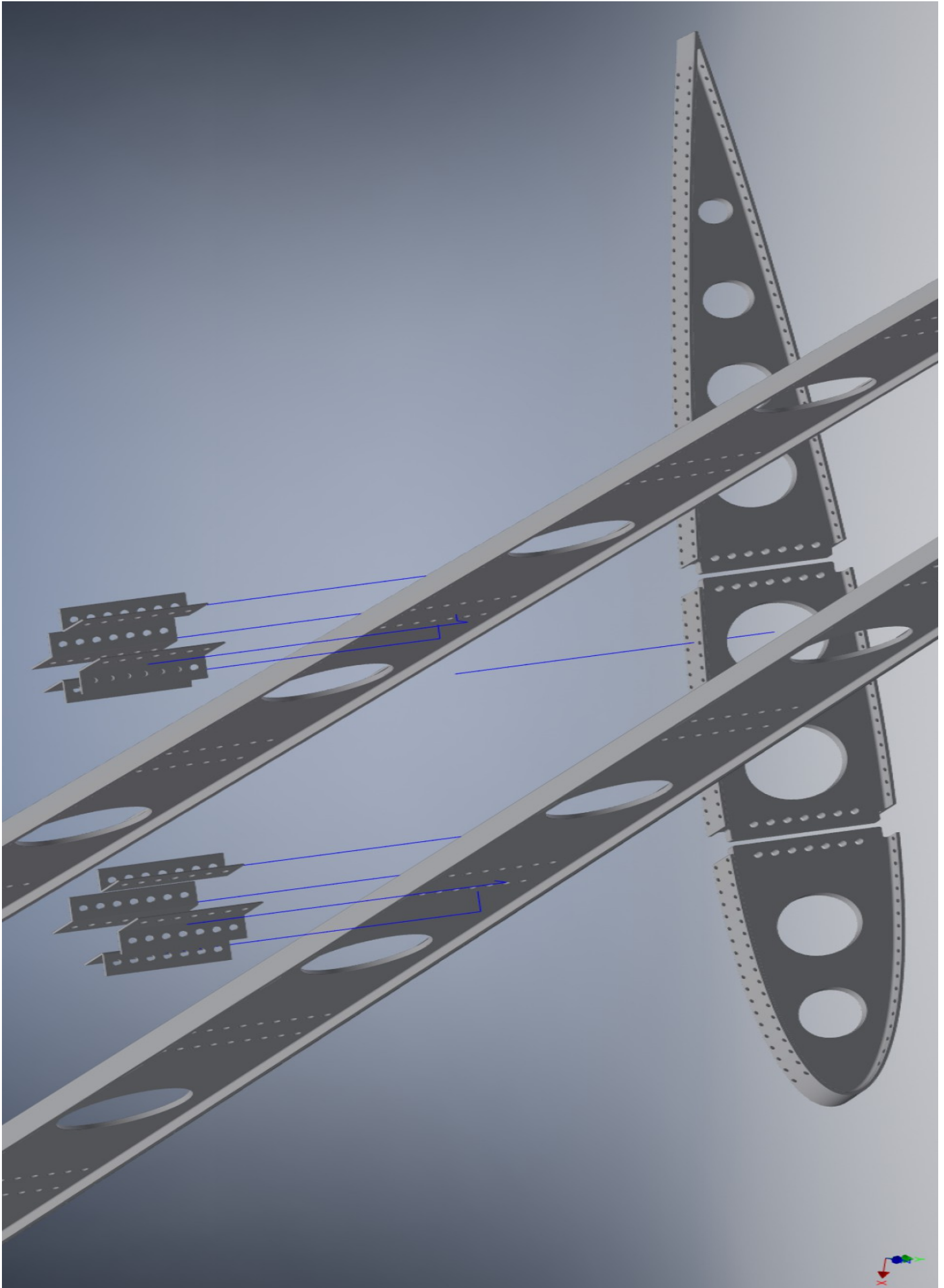
SECTION A-A
SCALE 3:1



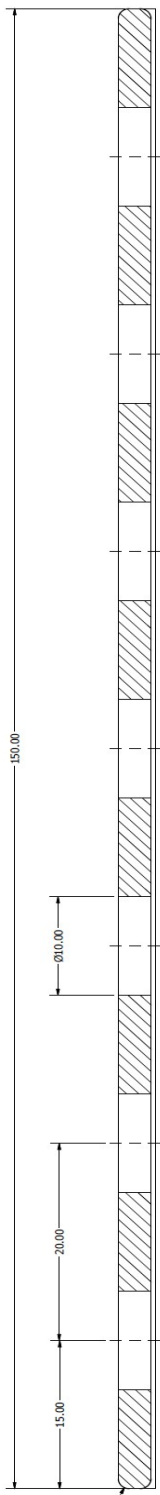
DRAWN	CHRISTOPHER Philipou	4/10/2016	TITLE	
CHECKED				
QA				
MFG			NACA 0012	
APPROVED				
SIZE	D	DWG NO	airfoil0012.rtb.spar2.syndest12	REV
SCALE	3:1			SHEET 1 OF 1



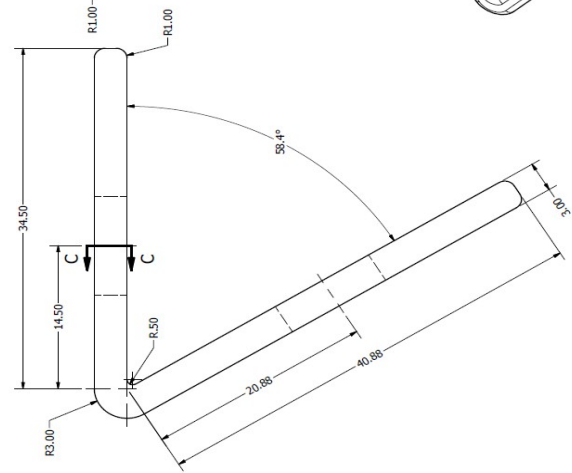
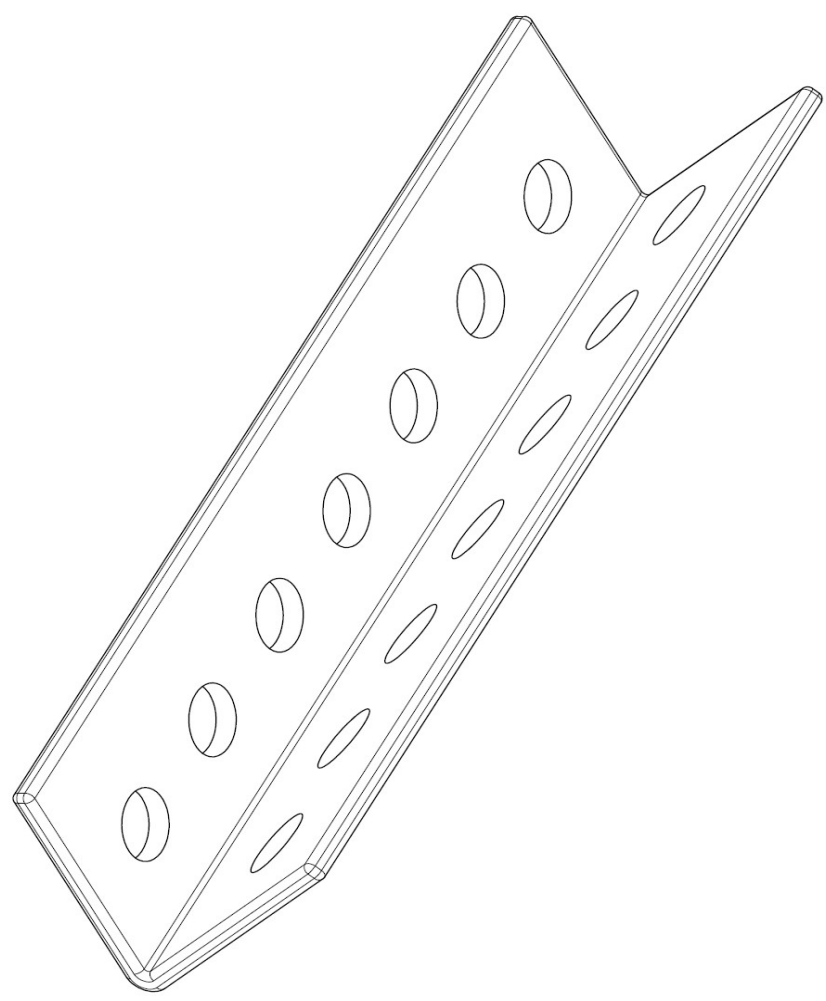
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib03



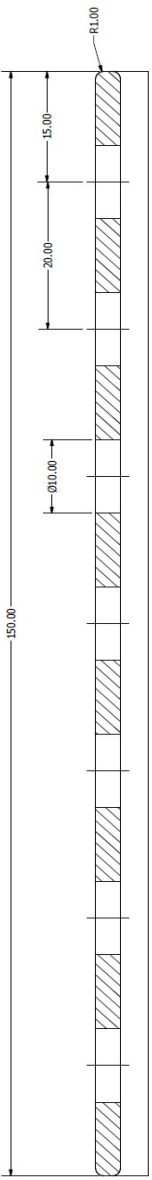
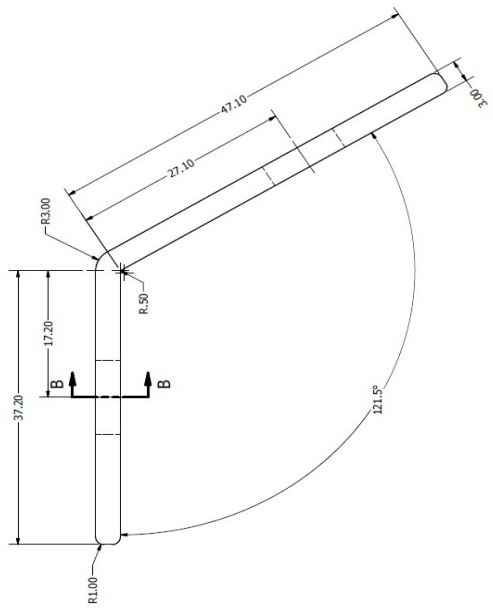
Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρων (Rib) : Rib 03



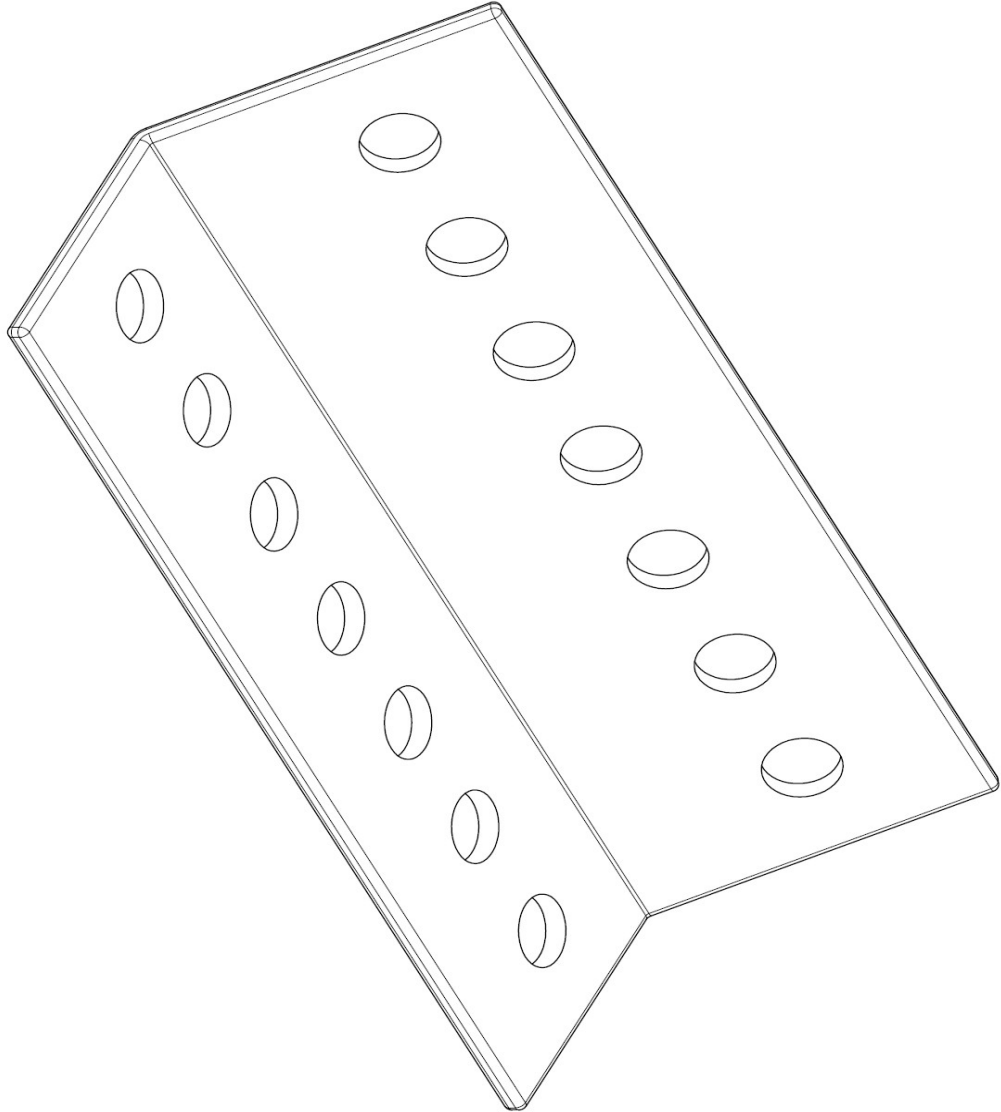
SECTION C-C
SCALE 4: 1



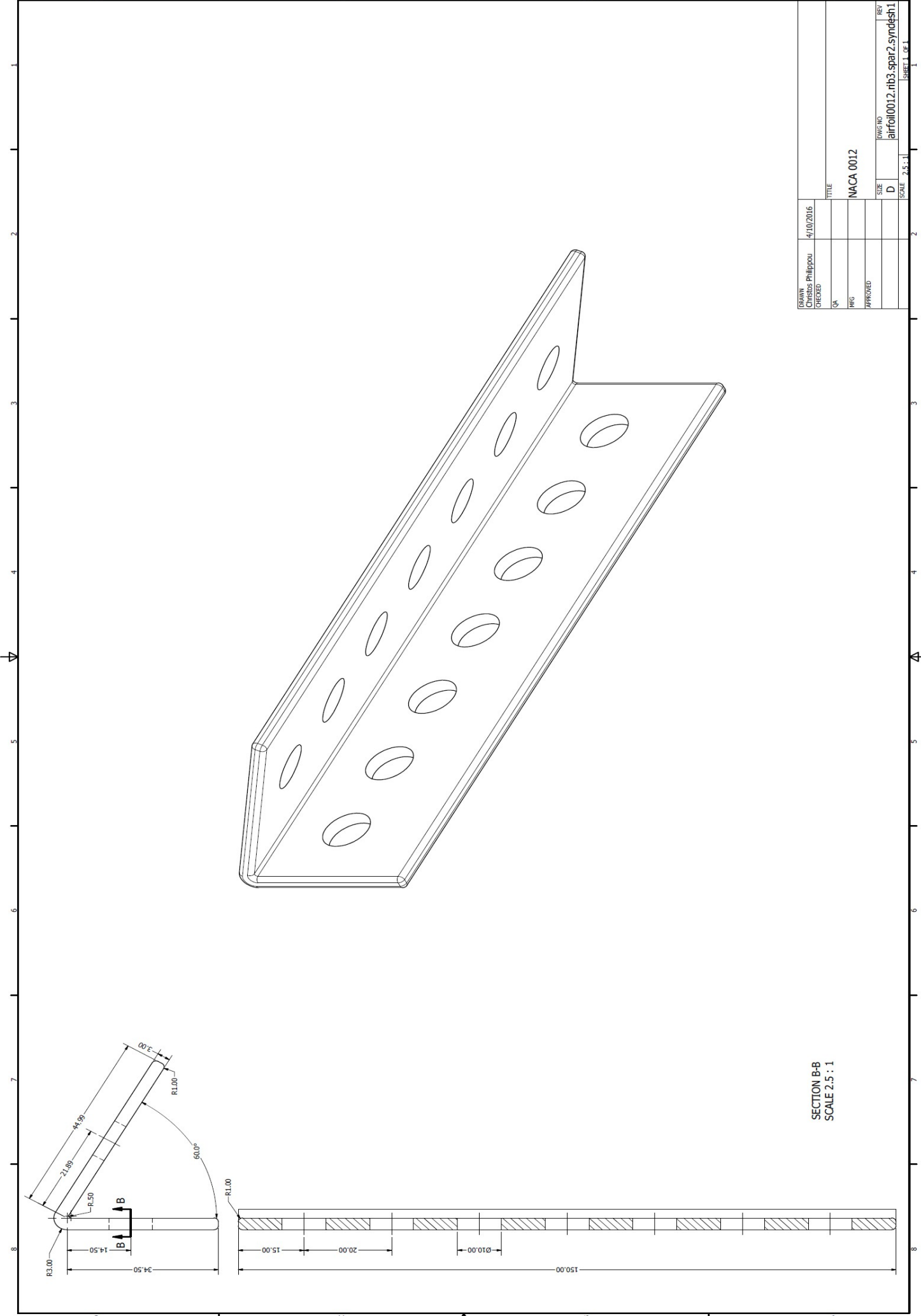
DRAWN	4/10/2016	TITLE
CHECKED		NACA 0012
QA		
MG		
APPROVED		
SIZE	D	REV
SCALE	4:1	airfoil0012.rtb3.spar1.syndest1



SECTION B-B
SCALE 3: 1

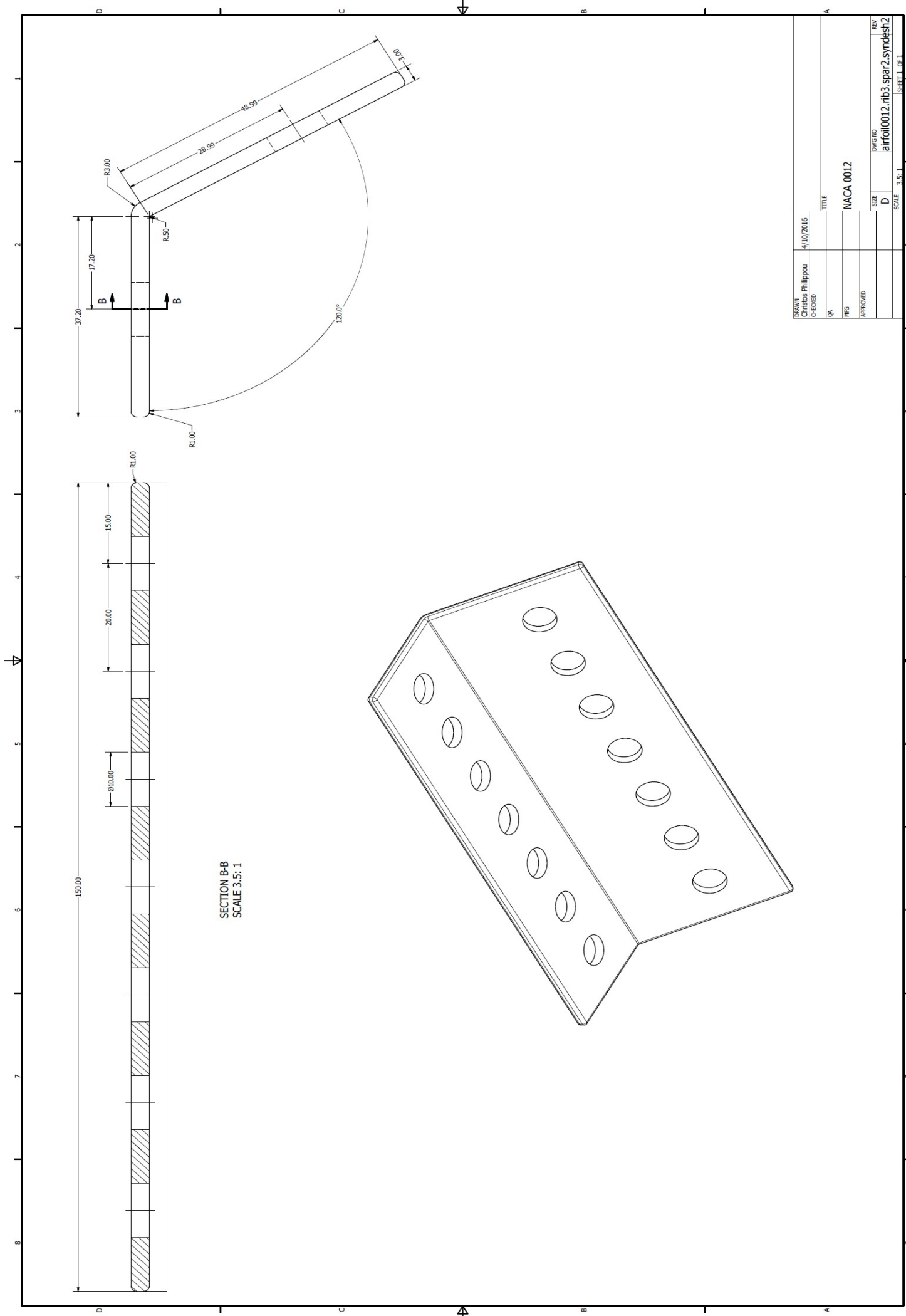


DRAWN	CHRISTOS PHILIPPOU	4/10/2016	TITLE
CHECKED			
QA			NACA 0012
MFG			
APPROVED			
SIZE	D	UNIVERSITY	REV
		airfoi0012.nb3.spar1.syndesh2	
		SCALE 3:1	SHEET 1 OF 1

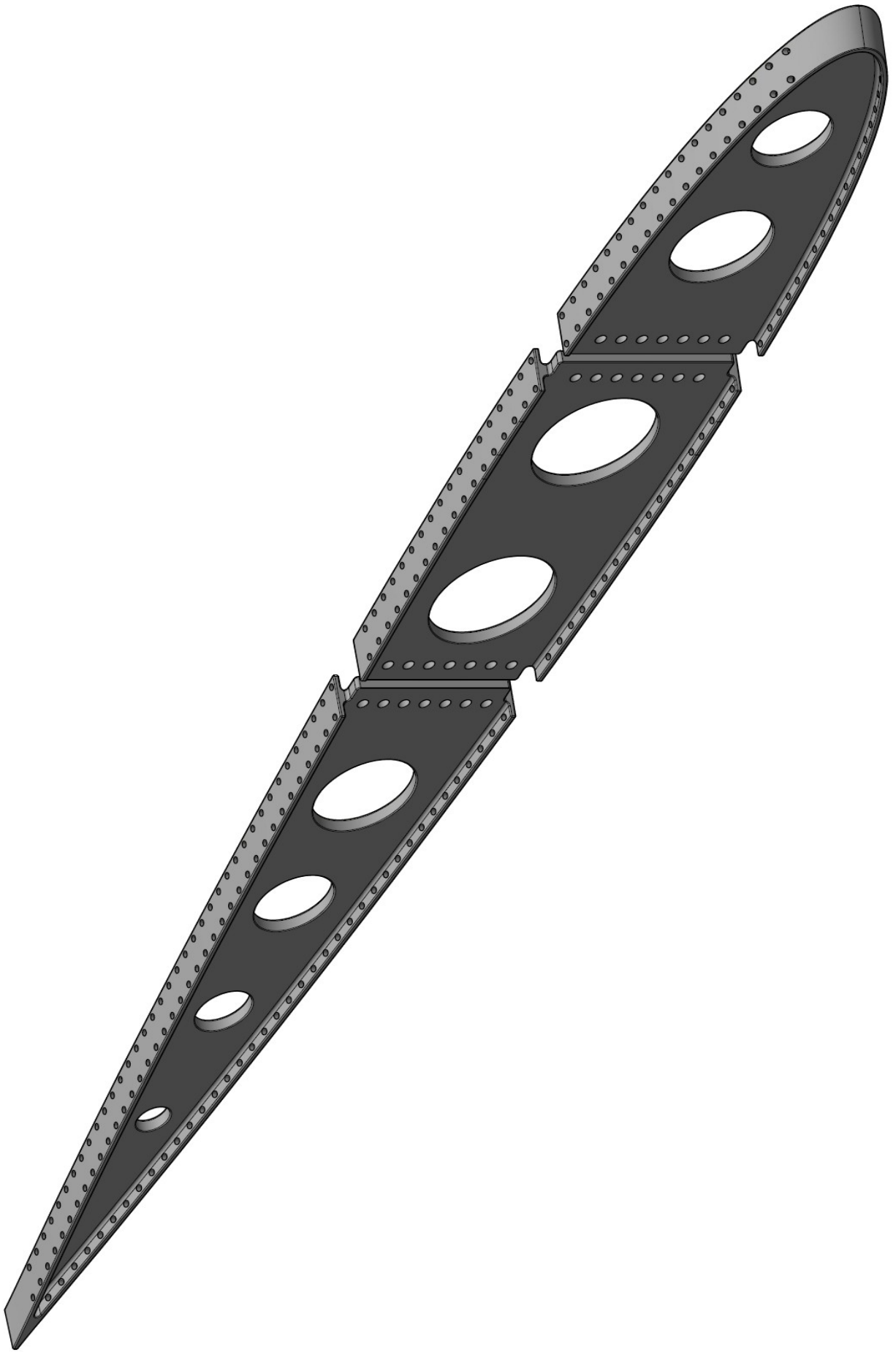


DRAWN	CHRISTOS PHILIPPOU	4/10/2016	TITLE	MACA 0012
CHECKED	QA		SIZE	D
APPROVED			DWG NO	airfoil0012.rtb3.spar2.syndesh1
			SCALE	2.5:1
				SHEET 1 OF 1

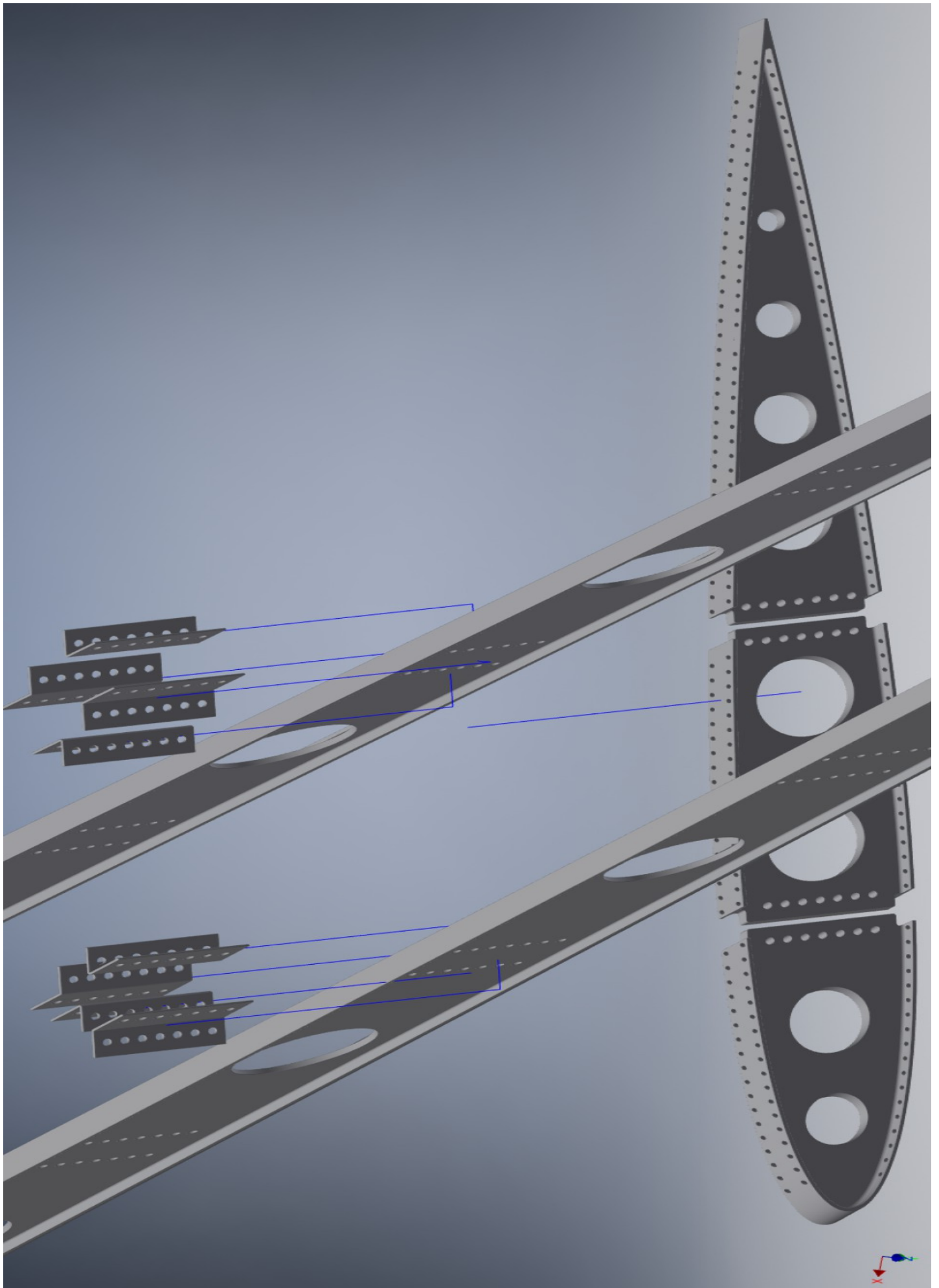
SECTION B-B
SCALE 2.5 : 1



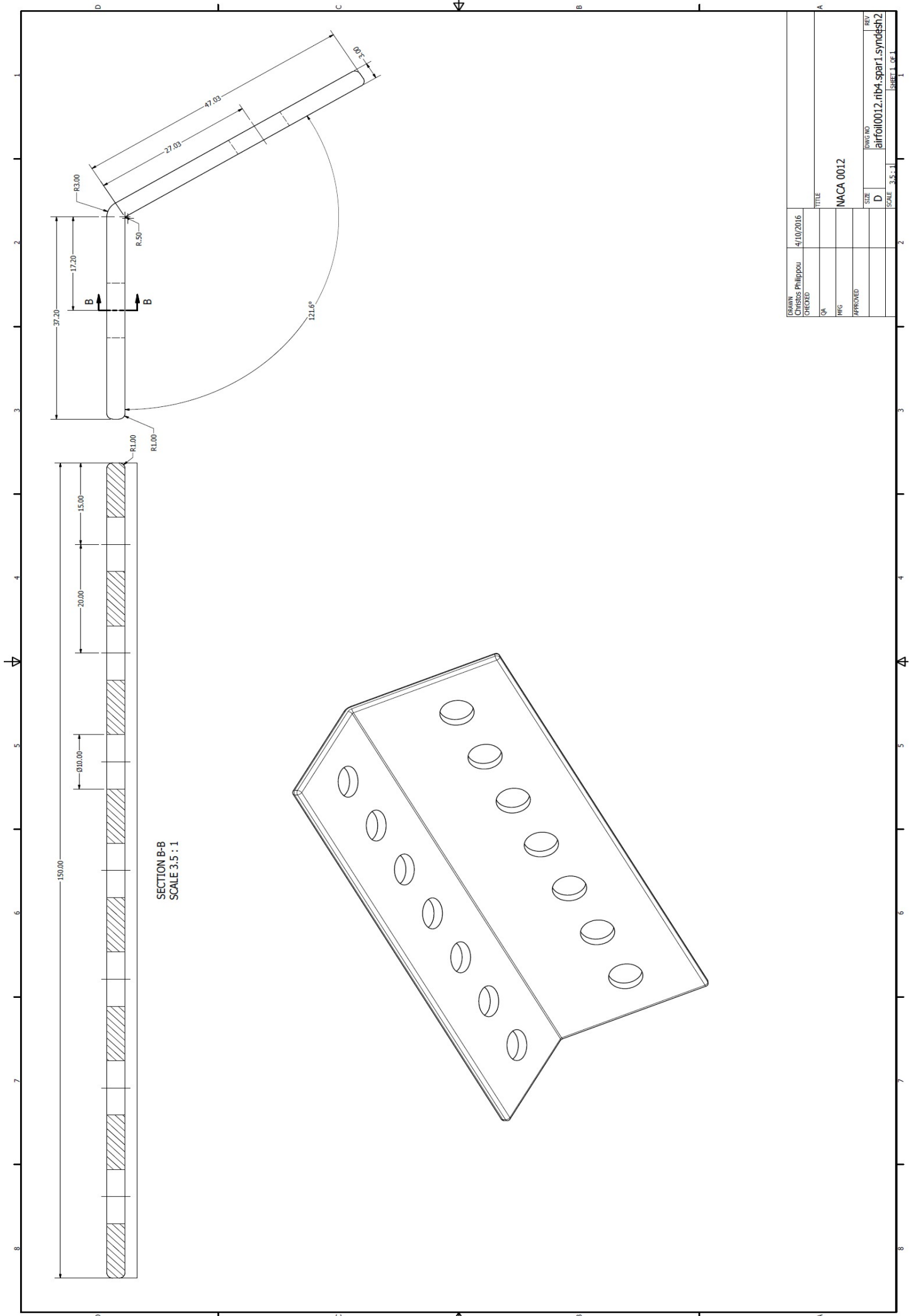
DESIGN	Checked Philippou	4/10/2016	TITLE	
CHECKED	QA		TITLE	
APPROVED	MFG		TITLE	NACA 0012
REV			SIZE	D
			DWG NO	airfoil0012.nib3.spar2.syndsh2
			SCALE	3.5: 1



Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib04

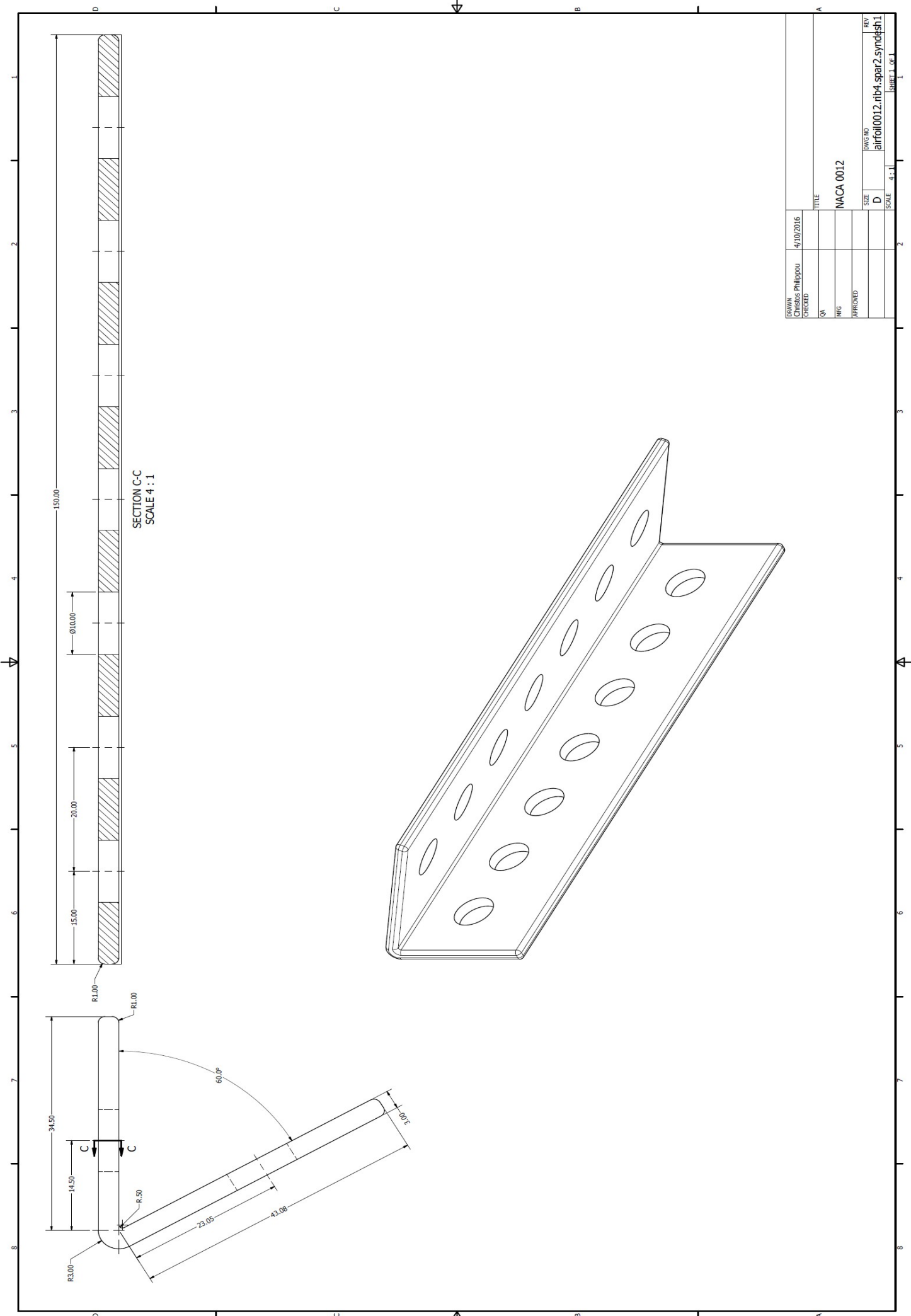


Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρου (Rib) : Rib 04

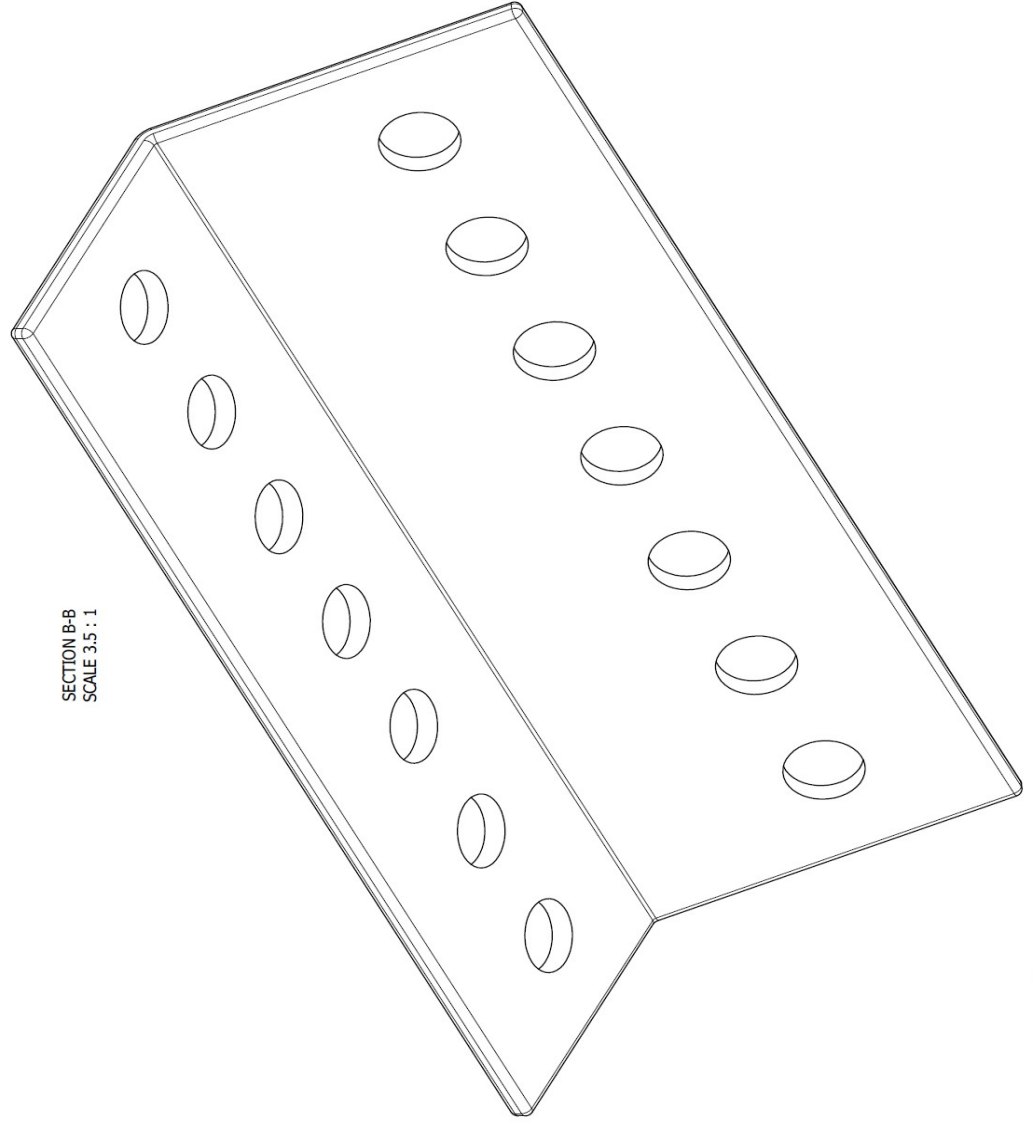
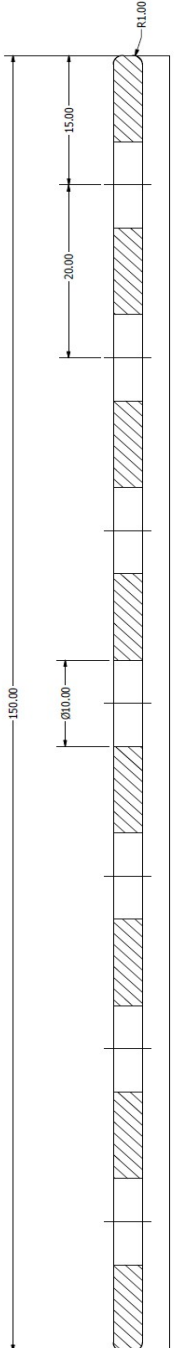
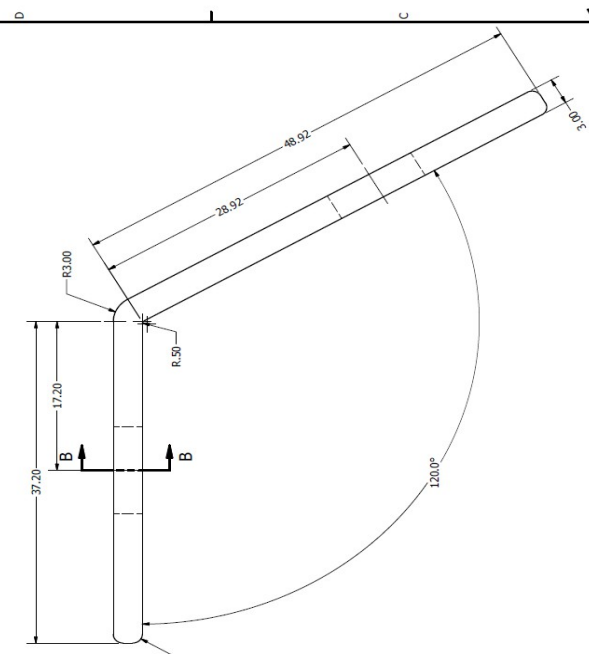


SECTION B-B
SCALE 3.5 : 1

DRAWN	Chrisos Philippou	4/10/2016	TITLE
CHECKED	CA		
DESIGNED			NACA 0012
APPROVED			
SIZE			
DWG NO	airfoil0012.nb4-spar1.syndesh2		
REV			
D			
SCALE	3.5 : 1		

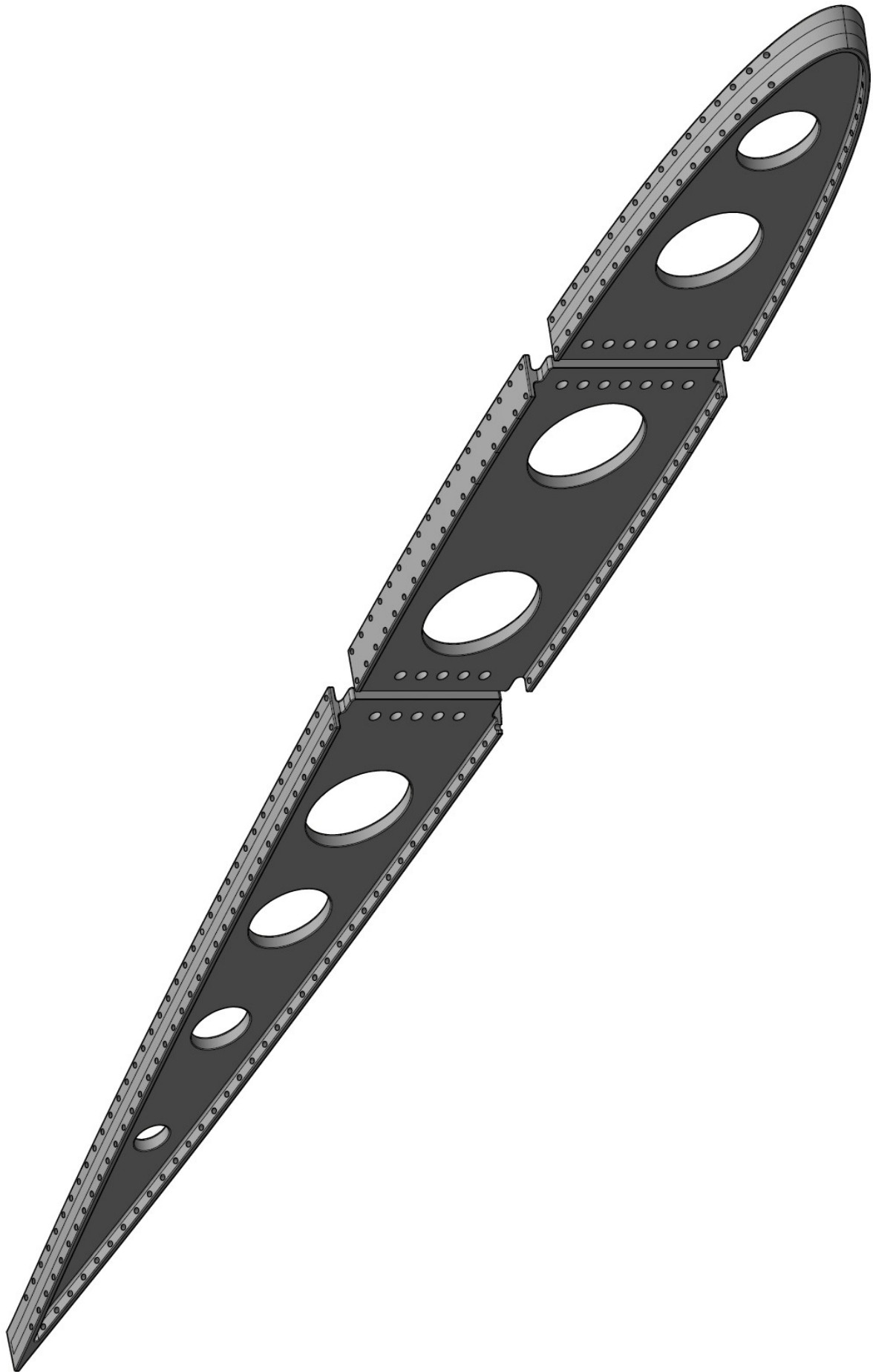


DRAWN	CHRISTOPHER Philippon	4/10/2016	TITLE
CHECKED			NACA 0012
QA			
MFG			
APPROVED			
SIZE	DWG NO	REV	
D	airfoil0012.rtb4.spar2.synthes1		
SCALE	4:1		

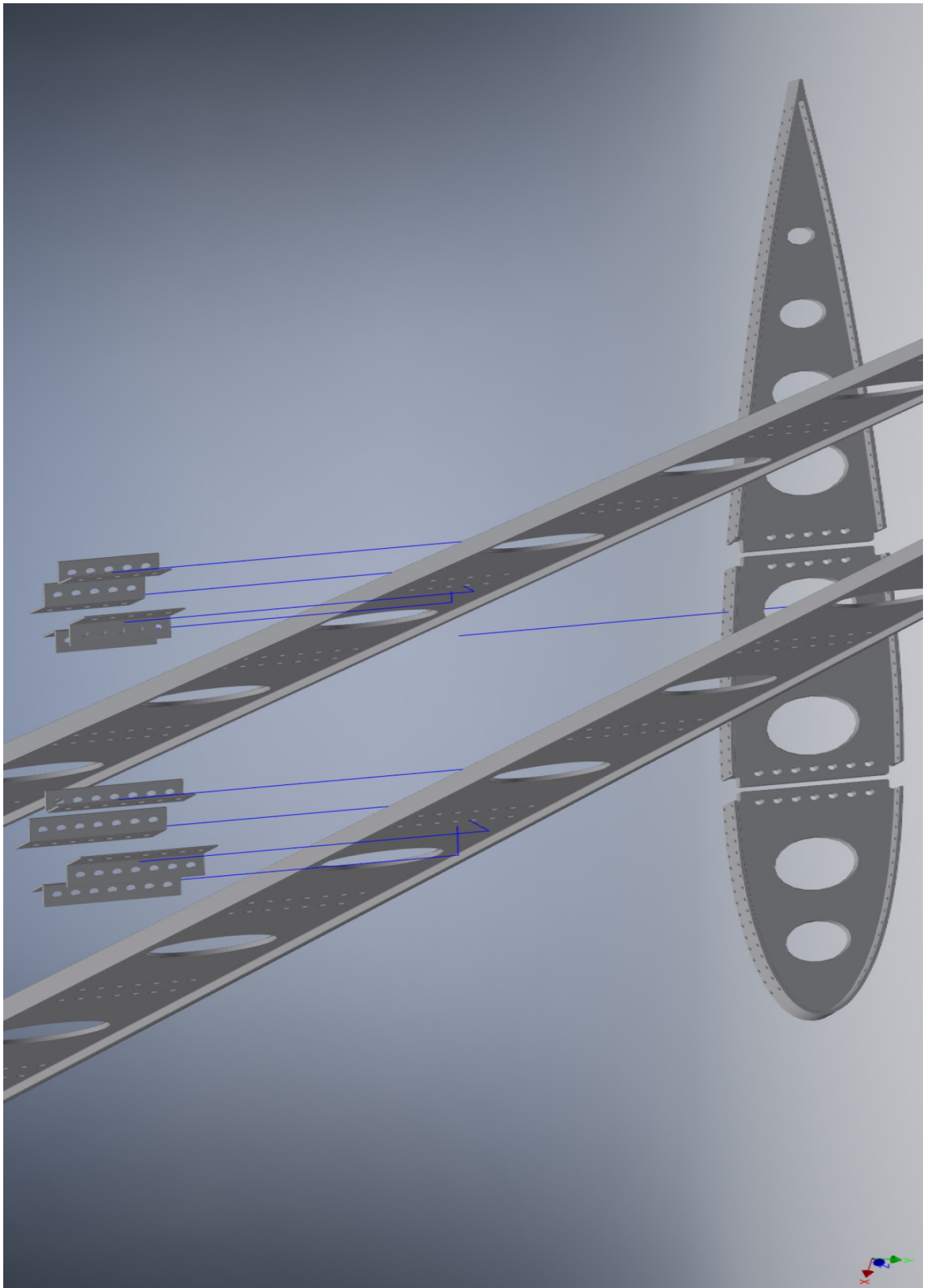


SECTION B-B
SCALE 3.5 : 1

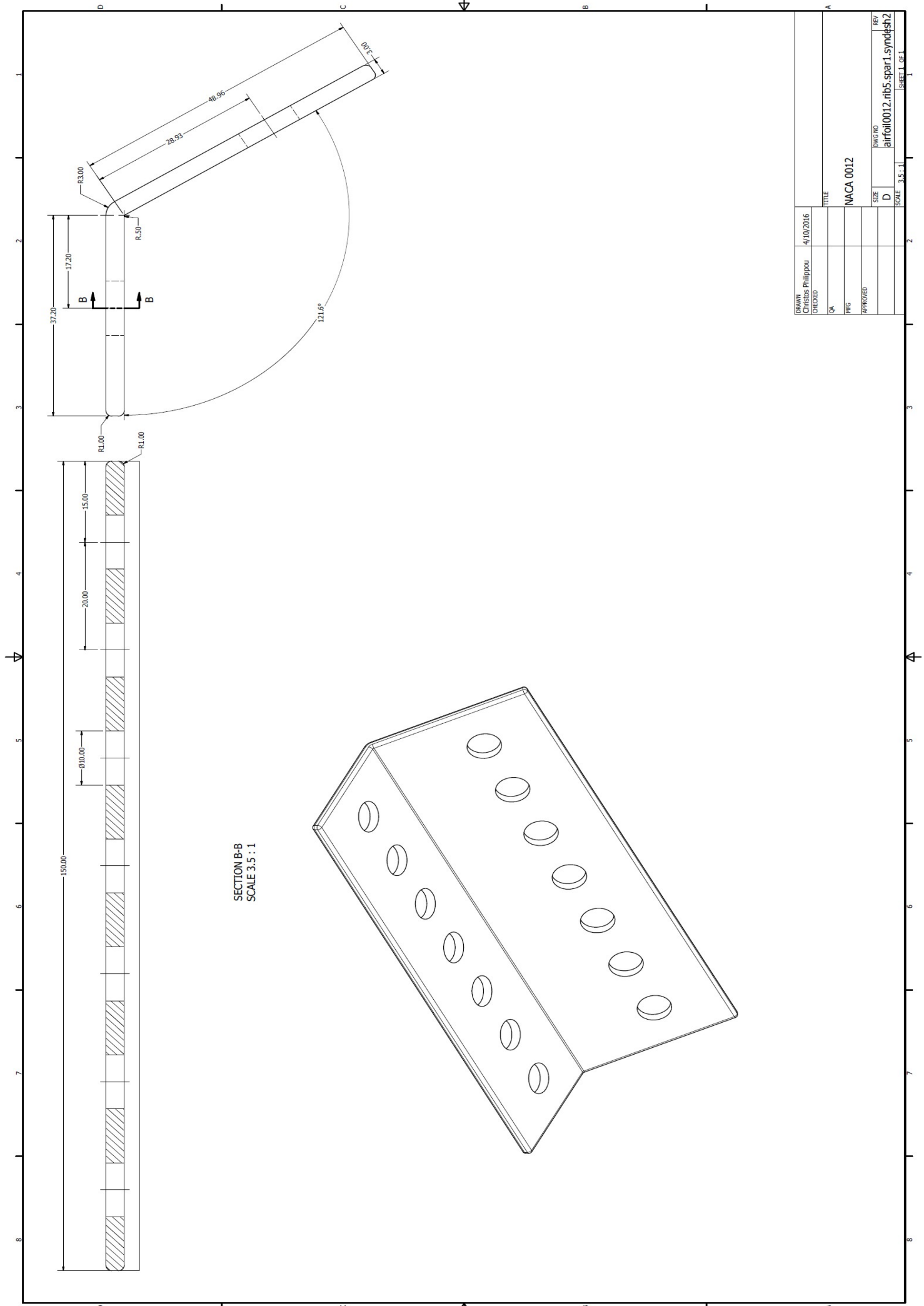
DRAWN	CHRISTOPHER PHILIPPOU	4/10/2016	TITLE
CHECKED			NACA 0012
QA			
MG			
APPROVED			
SIZE	DWG NO	REV	
D	airrol0012.rtb4.spar2.syndesth2		
SCALE	3.5 : 1		



Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib05

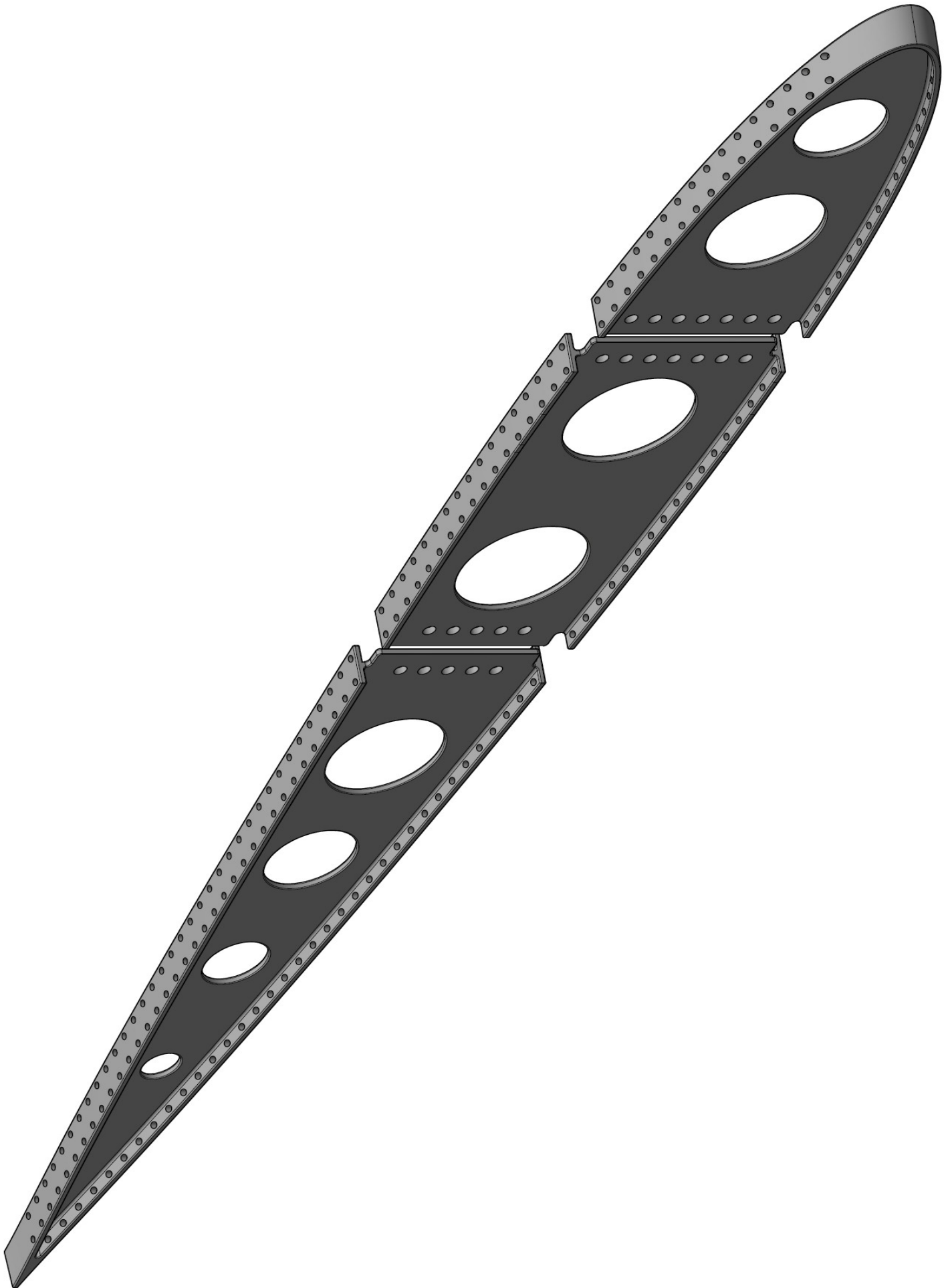


Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρου (Rib) : Rib 05

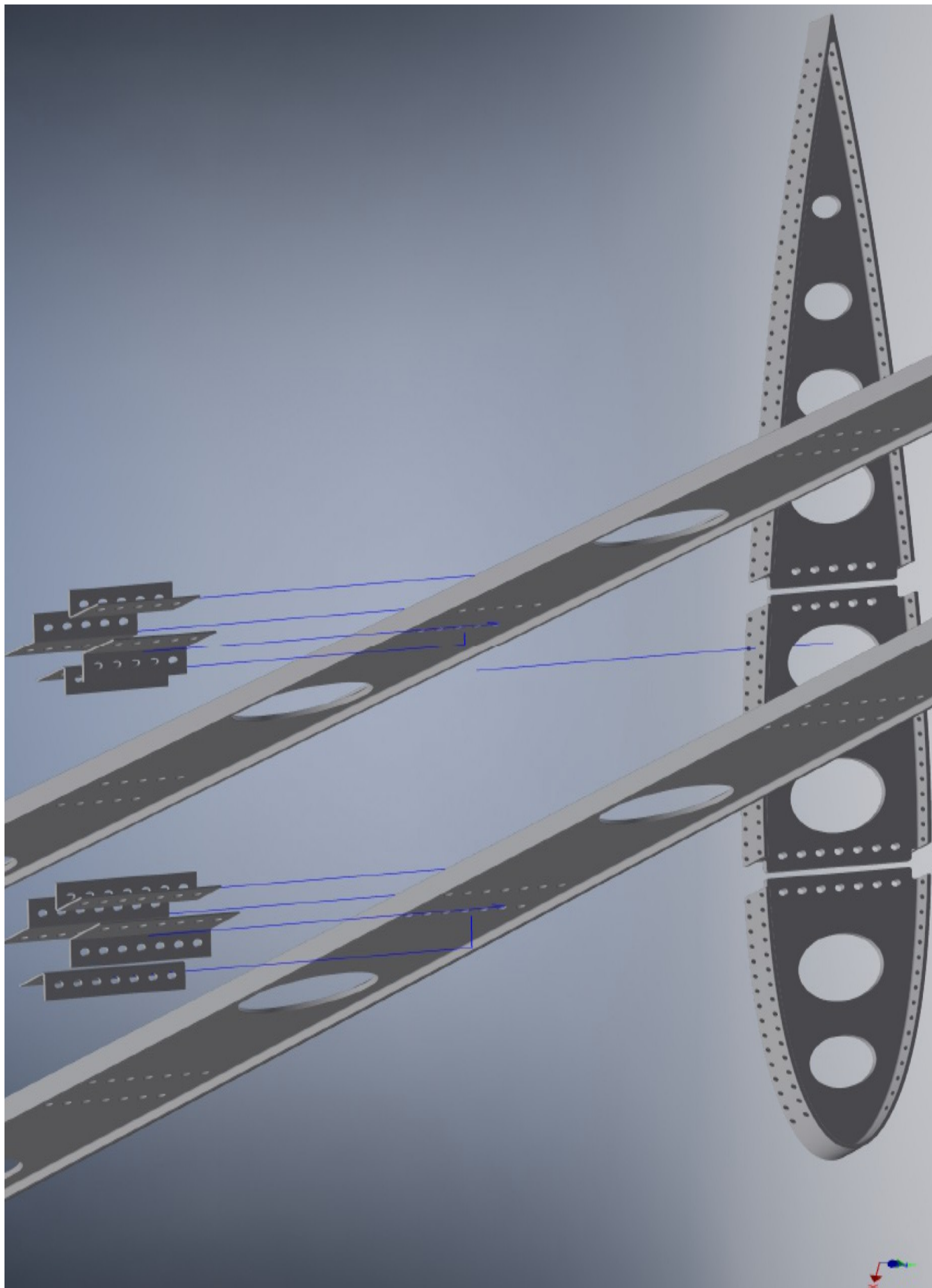


SECTION B-B
SCALE 3.5 : 1

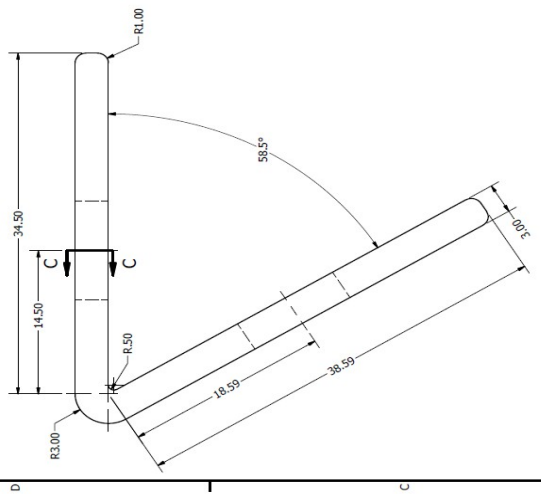
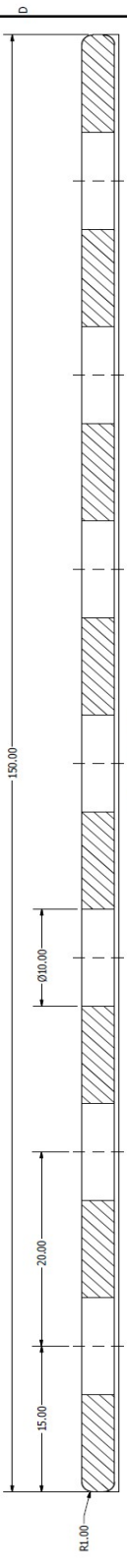
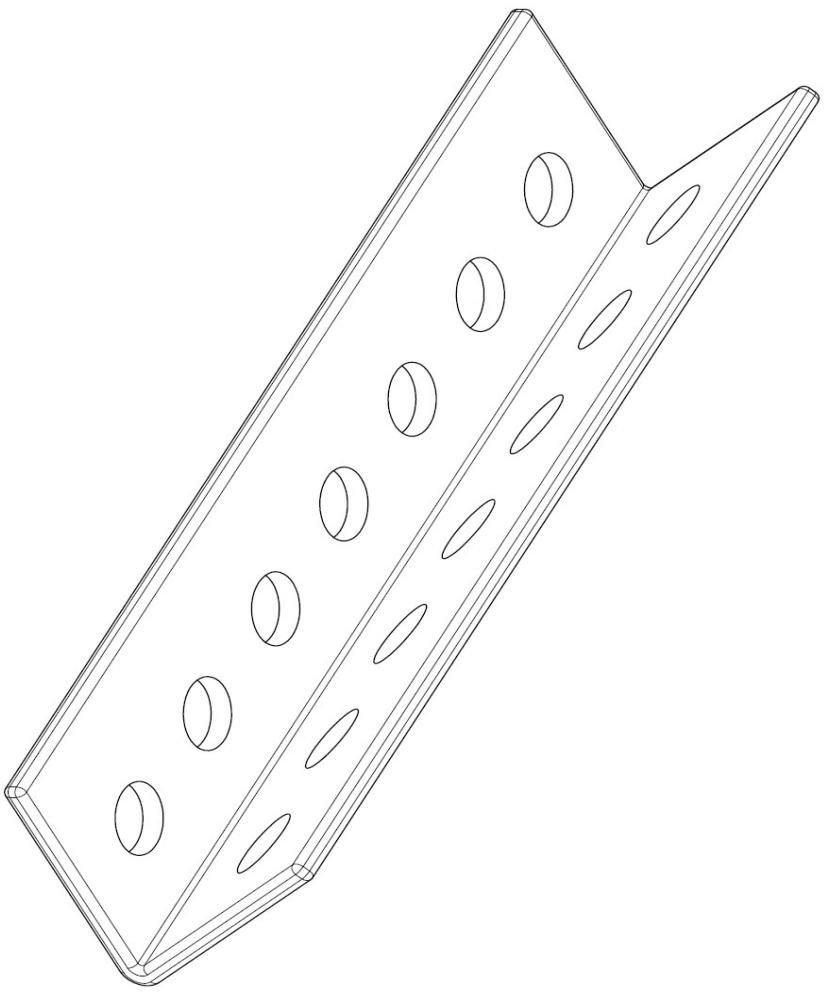
DRAWN	4/10/2016	TITLE	
CHECKED	Christos Philippou		
QA			
DWG		NACA 0012	
APPROVED			
DWG NO		SIZE	D
REV		SCALE	3.5 : 1



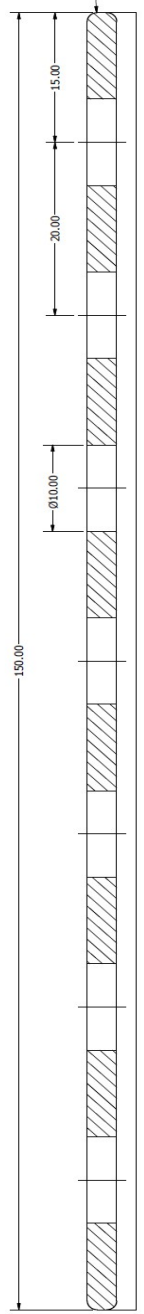
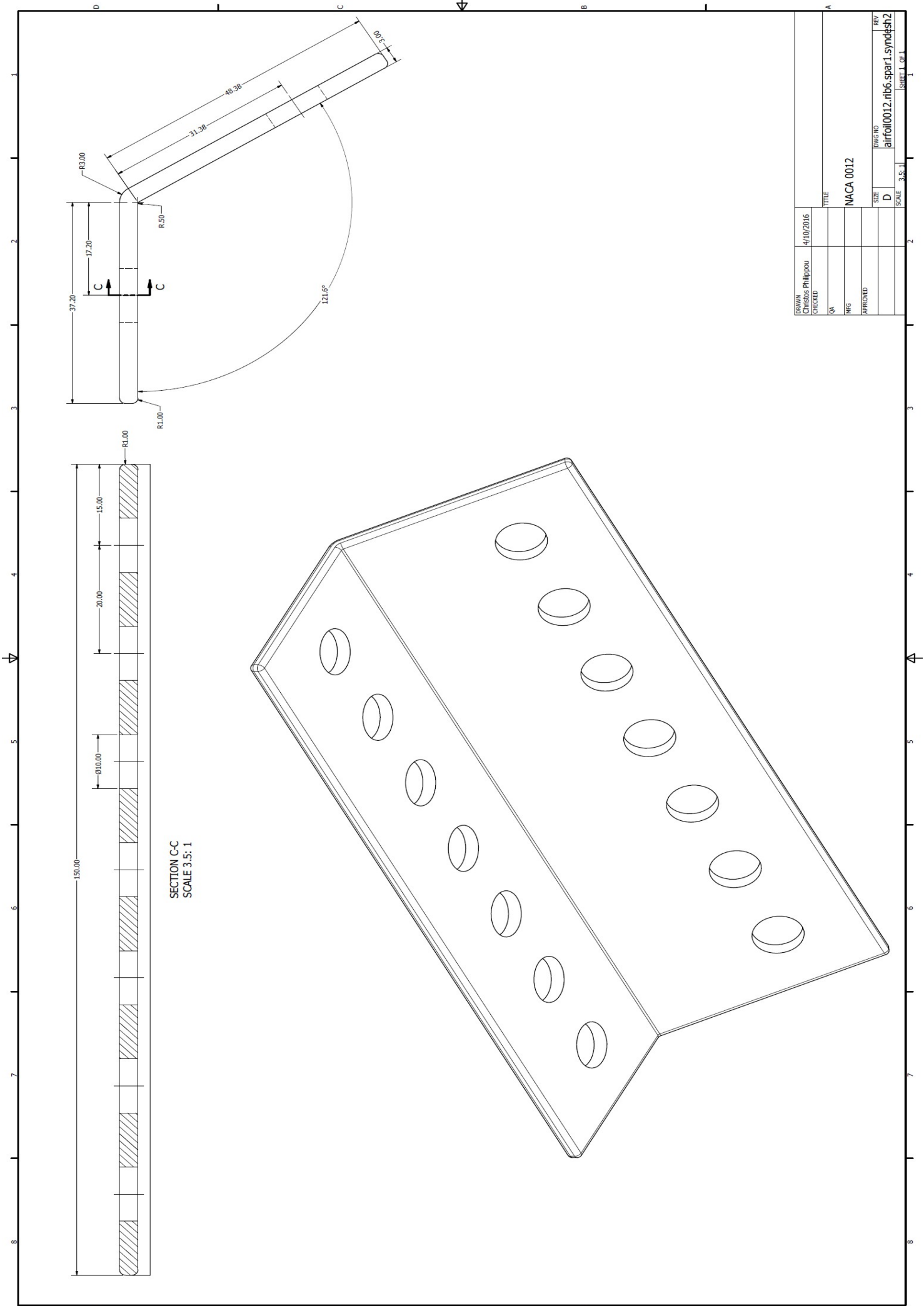
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib06



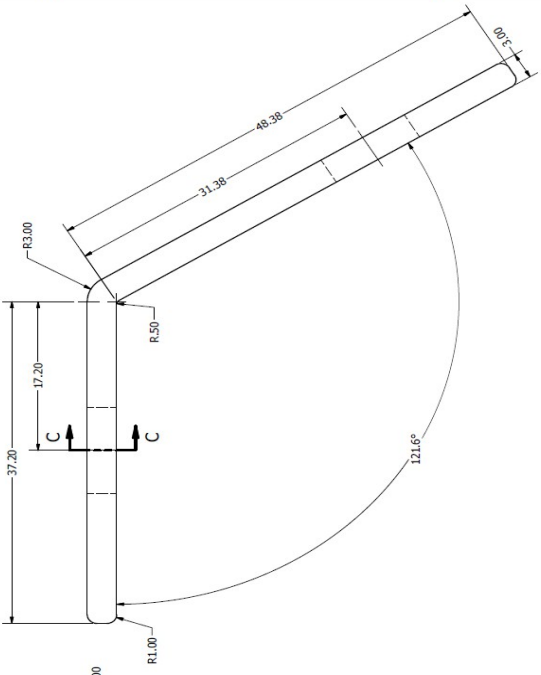
Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρου (Rib) : Rib 06



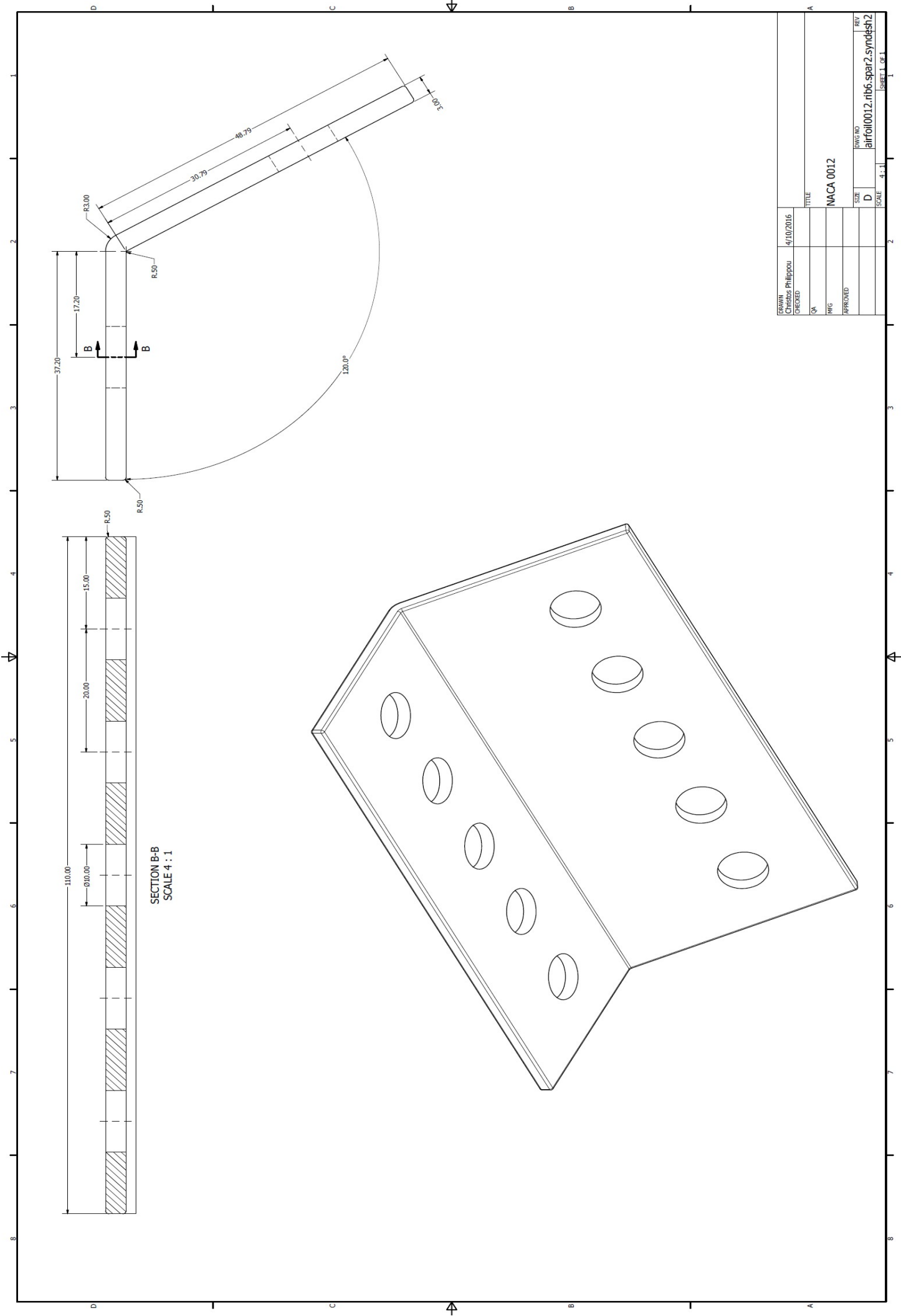
DRAWN	4/10/2016	TITLE
Christos Philippou		
CHECKED		
QA		
DWG		NACA 0012
APPROVED		
DWG NO		
REV		
SIZE	D	
SCALE	4:1	
airfoil0012.rib6.spar.1.syndish1		
SHEET 1 OF 1		



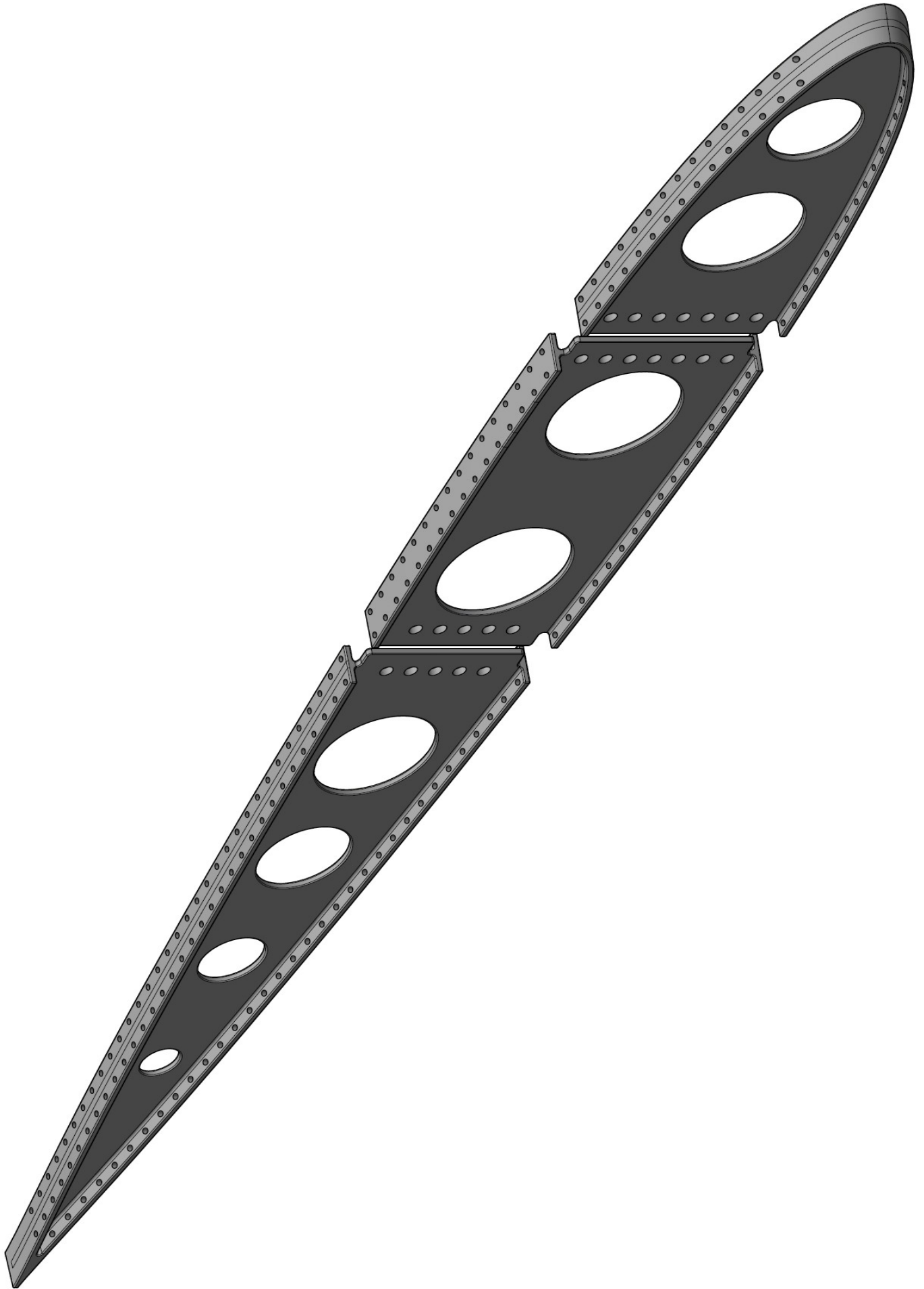
SECTION C-C
SCALE 3.5: 1



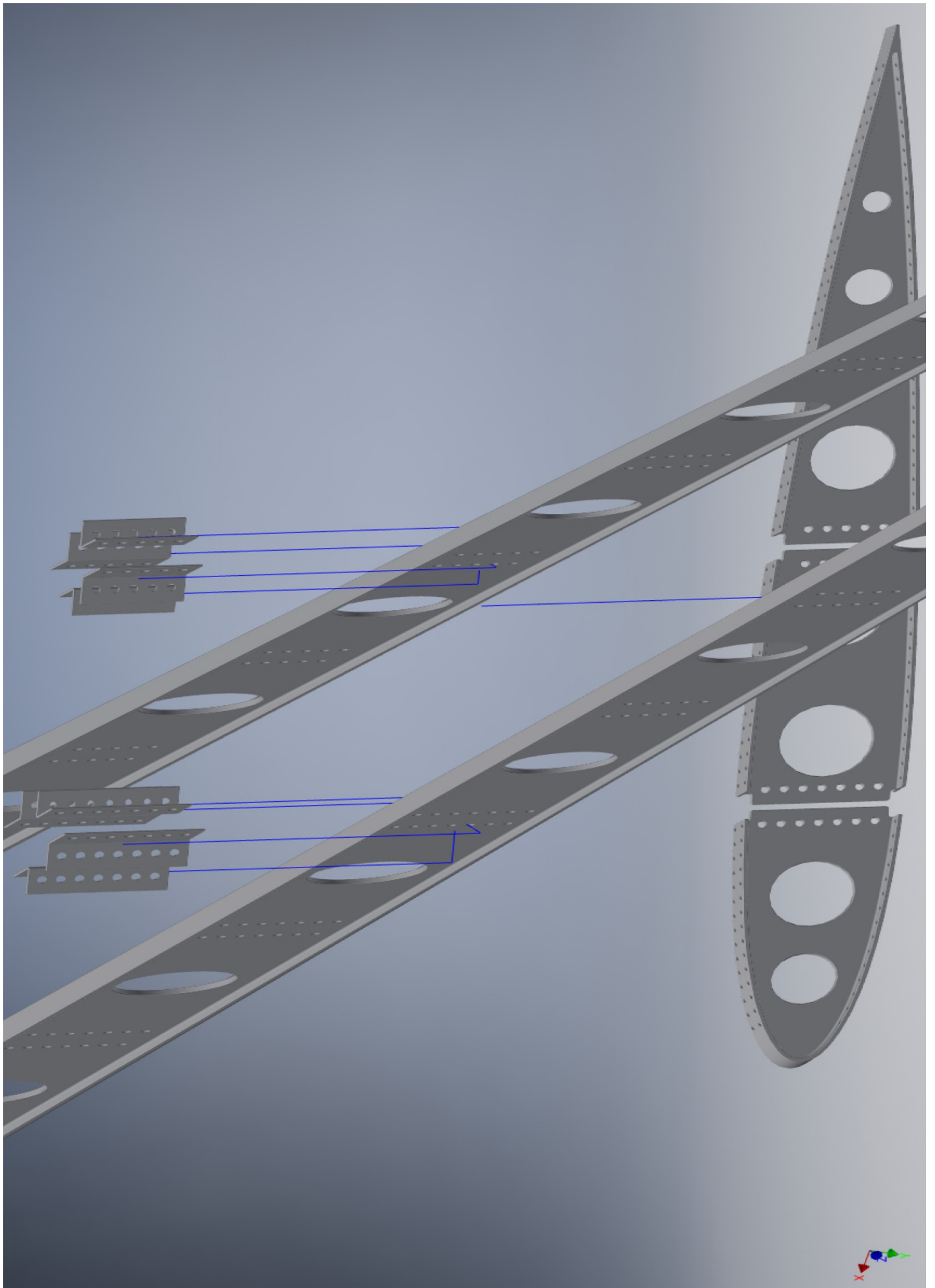
DRAWN Christos Philippou CHECKED CA	DATE 4/10/2016	TITLE NACA 0012
DESIGNED APPROVED	DRAWING NO. airfoil0012.nib6.spar.1.syndesth2	SIZE D
SCALE 3.5: 1	SHEET NO. 1 OF 1	REV.



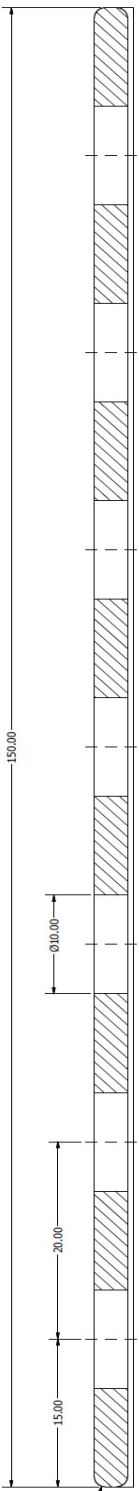
DRAWN	Checked Philippou	4/10/2016	TITLE
CHECKED			NACA 0012
QA			
MFG			
APPROVED			
SIZE	DWG NO	REV	
D	airfoi0012.rtb.spar2.synthes12		
SCALE	4:1	SHEET	1 OF 1



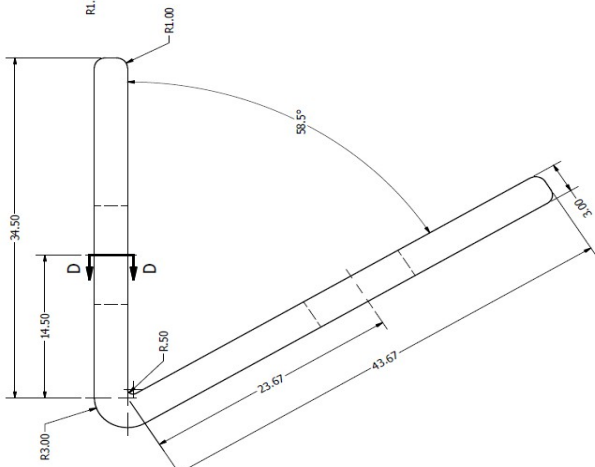
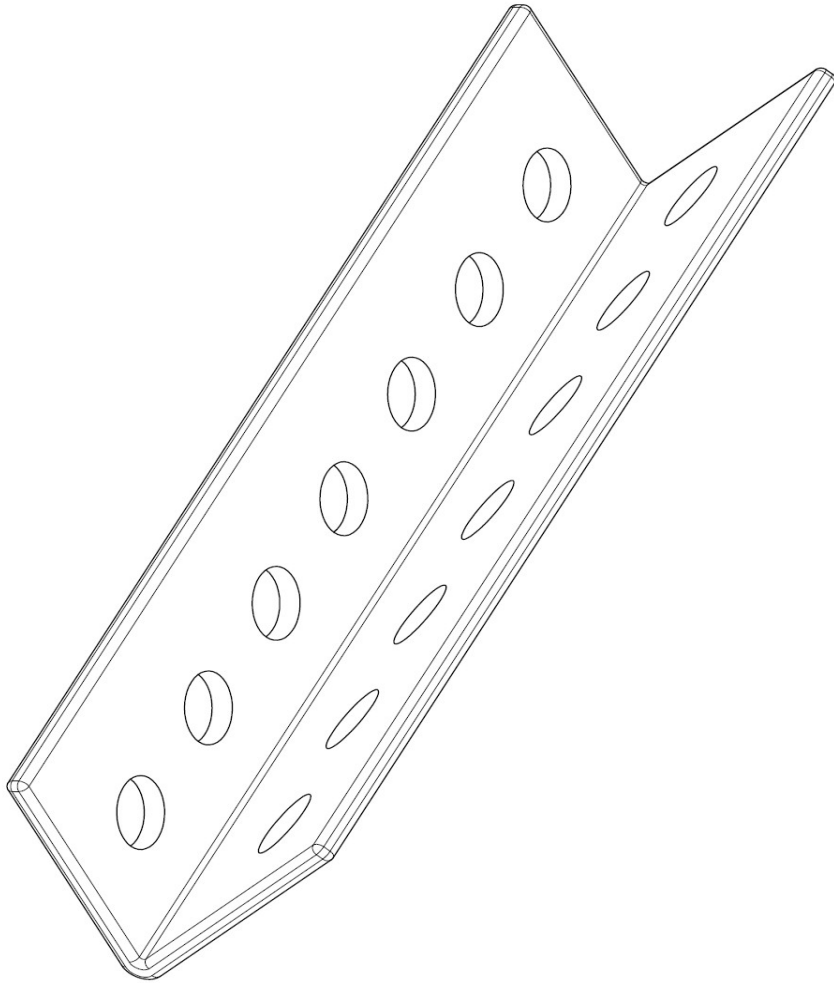
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib07



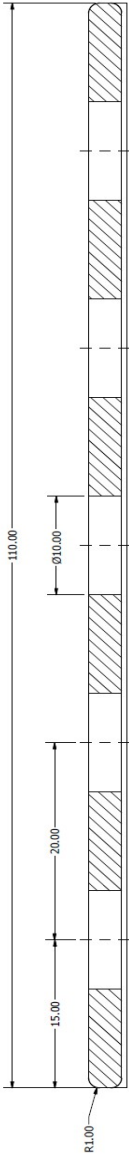
Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρου (Rib) : Rib 07



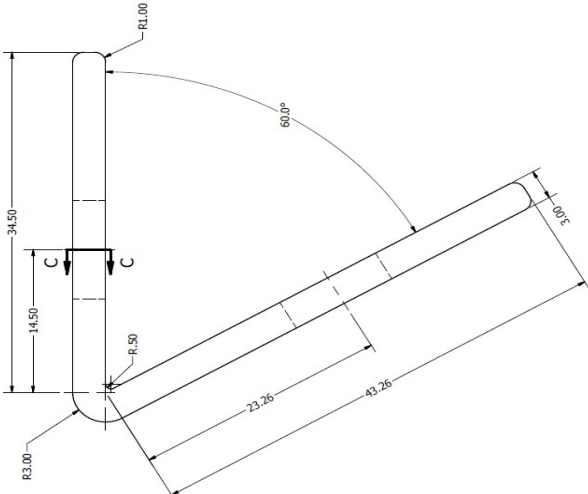
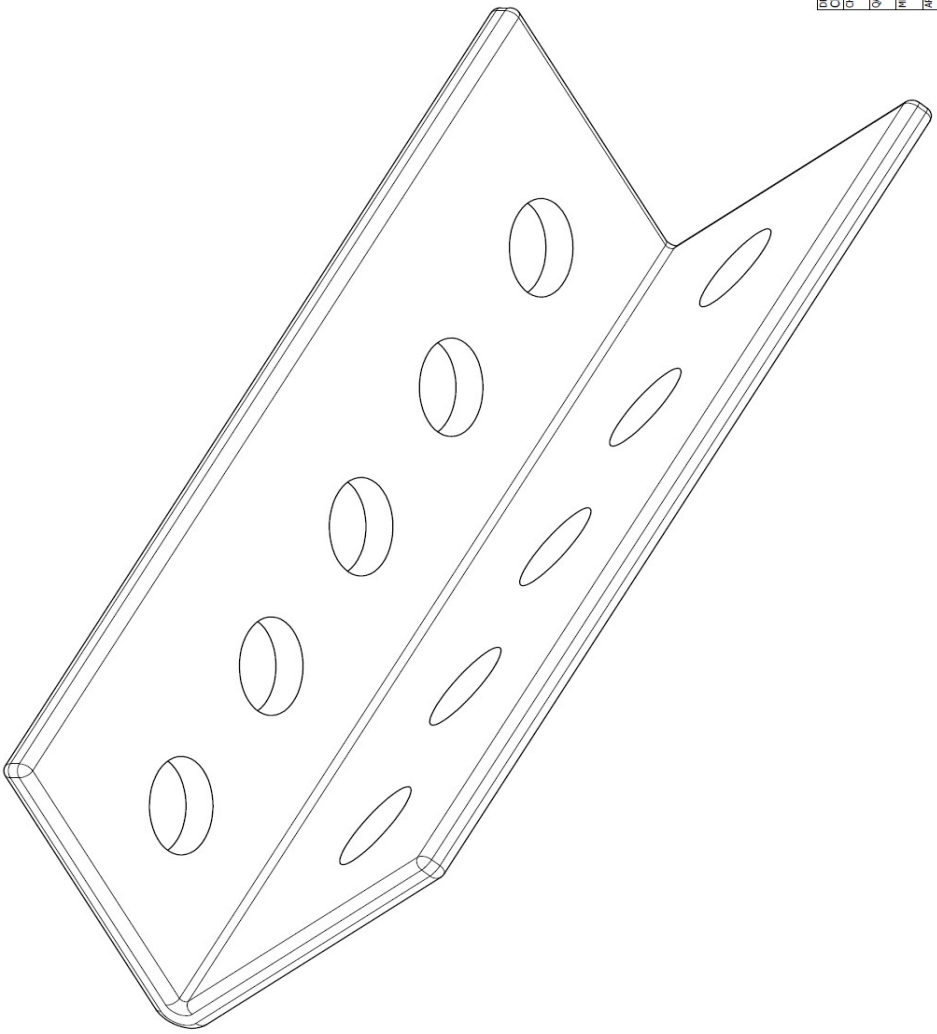
SECTION D-D
SCALE 4 : 1



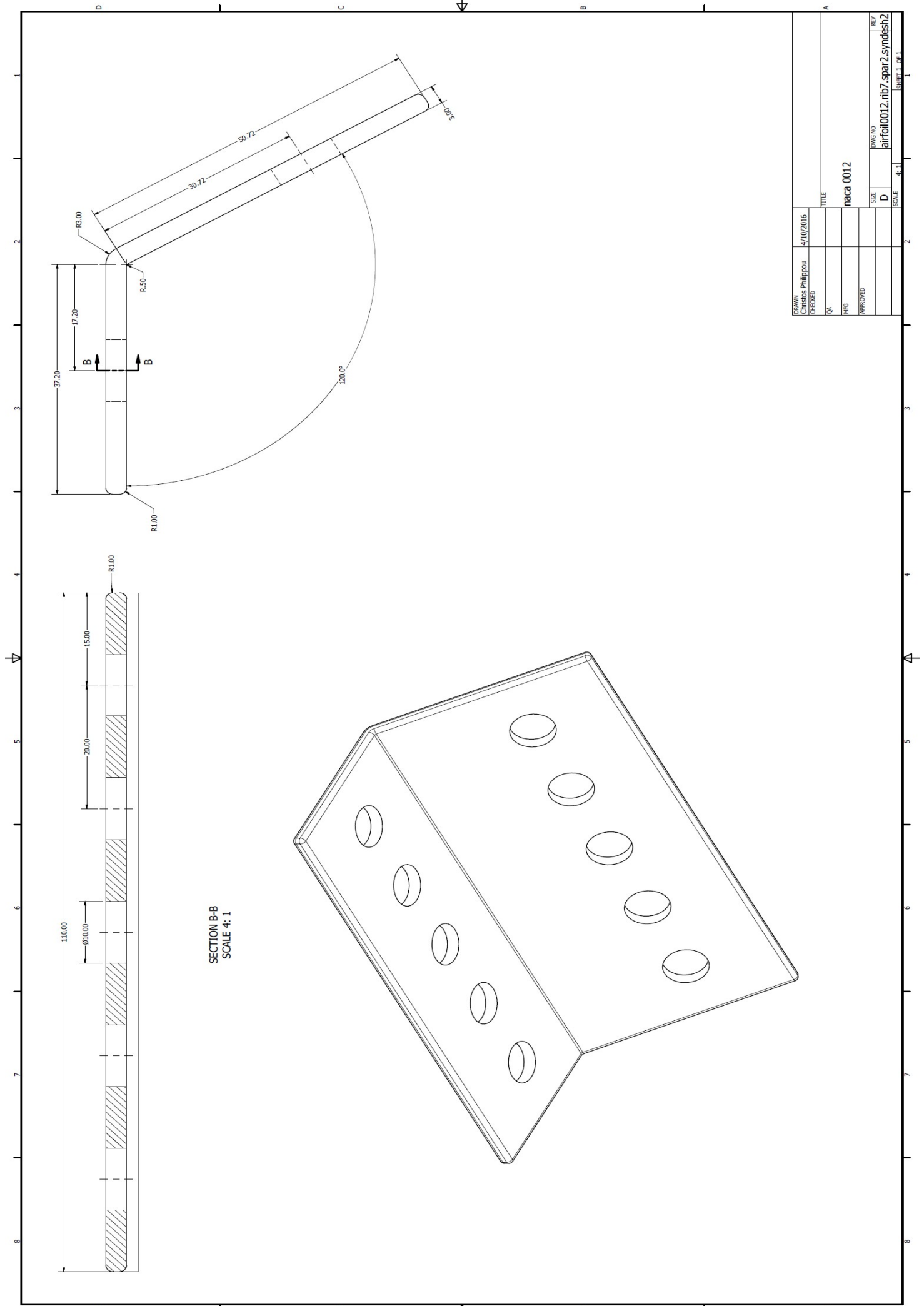
DRAWN	CHRISTOPHER Philipou	4/10/2016	TITLE
CHECKED			NACA 0012
QA			
MFG			
APPROVED			
SIZE	DWG/NO	REV	
D	airfoil0012.rtb7.spar1.synthesis1		
SCALE	4 : 1	SHEET 1 OF 1	



SECTION C-C
SCALE 4: 1

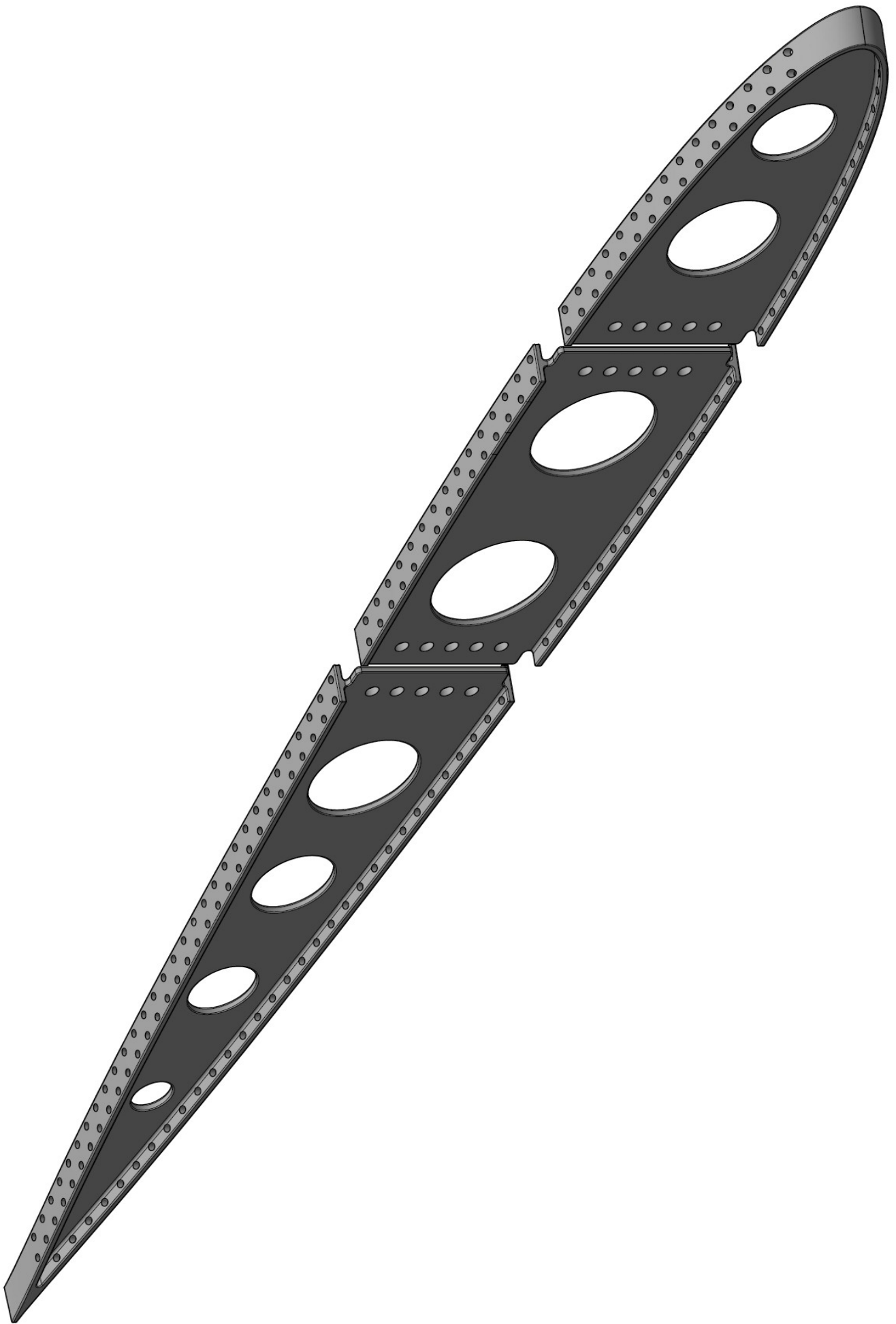


DRAWN	CHRISTOPH Philippou	4/10/2016	TITLE
CHECKED	QA		
APPROVED	MHG		NACA 0012
DATE	09/03/16	REV	
SCALE	D		
SHEET 1 OF 1		4:1	

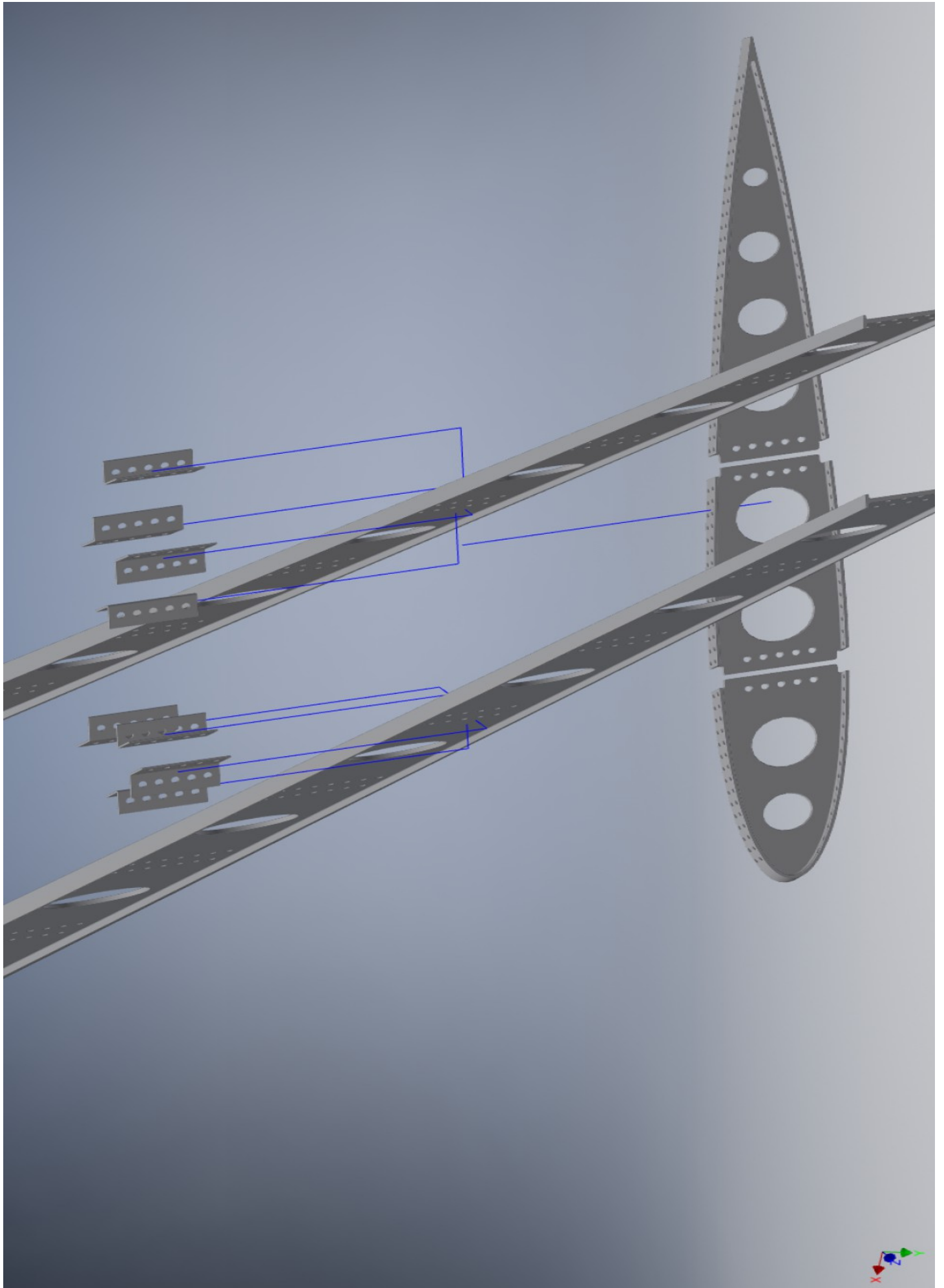


SECTION B-B
SCALE 4: 1

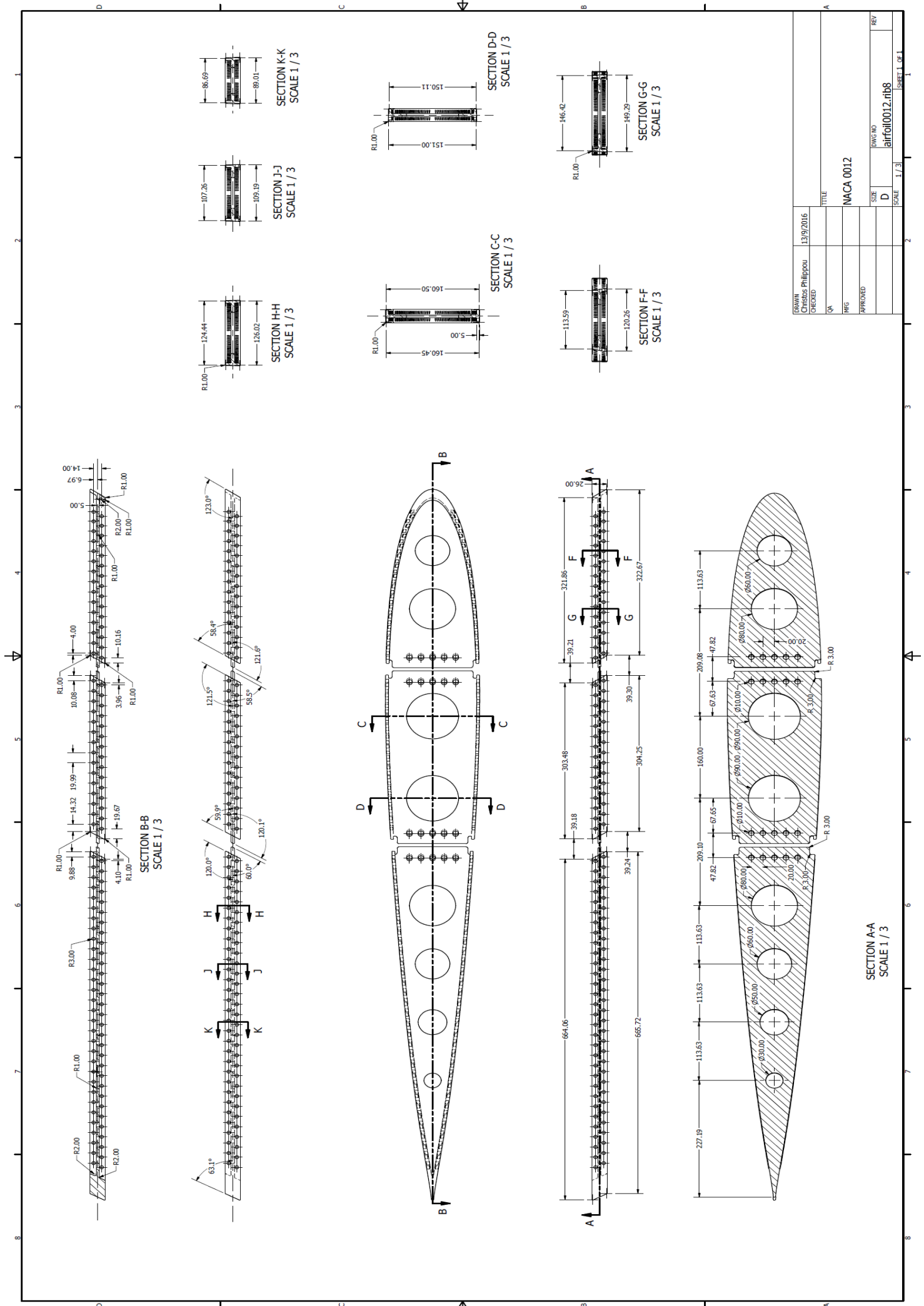
DRAWN	Christos Philippou	4/10/2016	TITLE	
CHECKED				
QA				
FIG			naca 0012	
APPROVED				
			SIZE	D
			DWG NO	airfoil0012.nb7_spar2_syndesh2
			SCALE	4:1
			SHEET	1 OF 1



Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib08

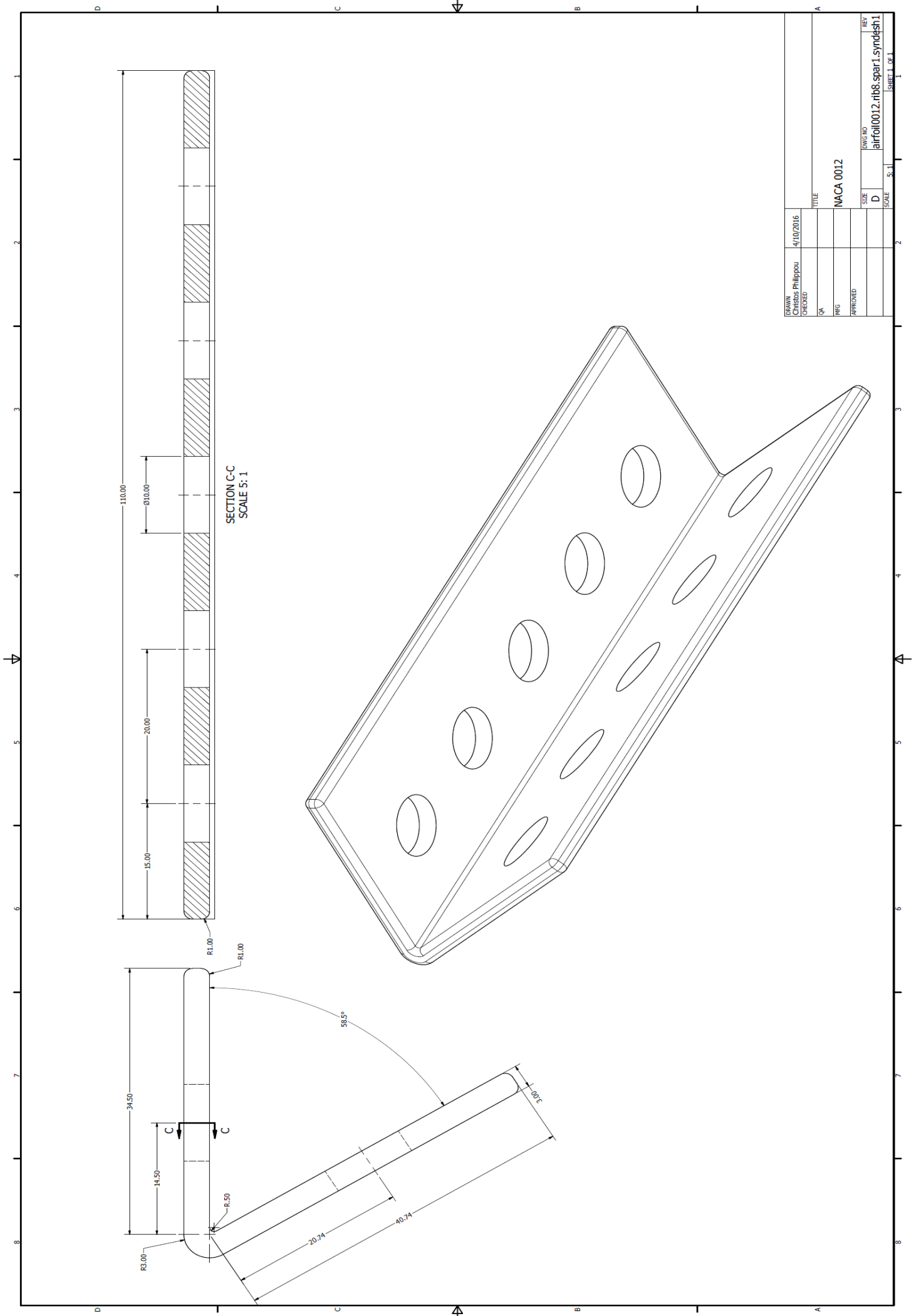


Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρου (Rib) : Rib 08



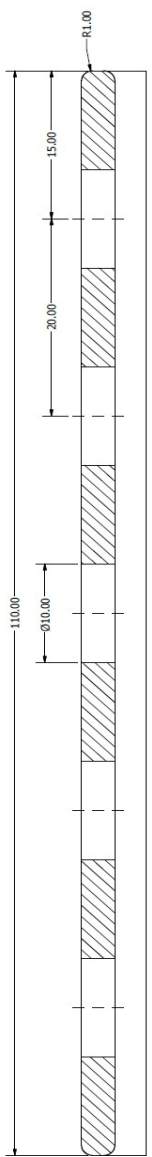
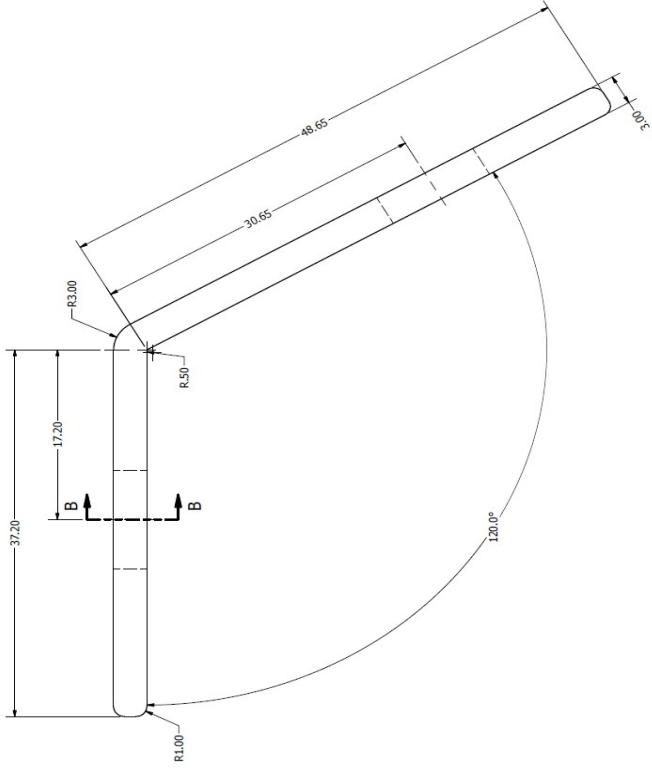
DESIGNED	13/9/2016	TITLE	
CHECKED	Christos Philippou	DATE	
DRAWN	QA	SCALE	1/3
APPROVED	MGC	SIZE	D
		DWG NO	airfoil0012.rtb8
		REV	

SECTION A-A SCALE 1/3		SECTION D-D SCALE 1/3	
SECTION B-B SCALE 1/3		SECTION C-C SCALE 1/3	
SECTION F-F SCALE 1/3		SECTION G-G SCALE 1/3	
SECTION H-H SCALE 1/3		SECTION J-J SCALE 1/3	
SECTION K-K SCALE 1/3			

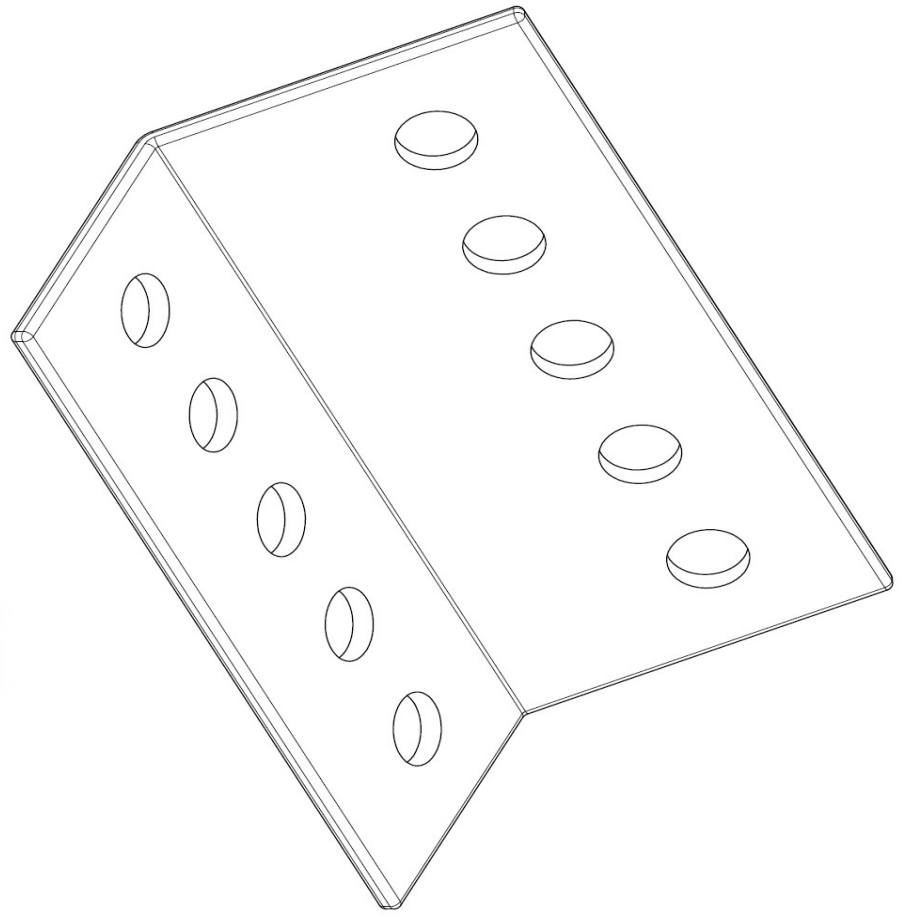


SECTION C-C
SCALE 5: 1

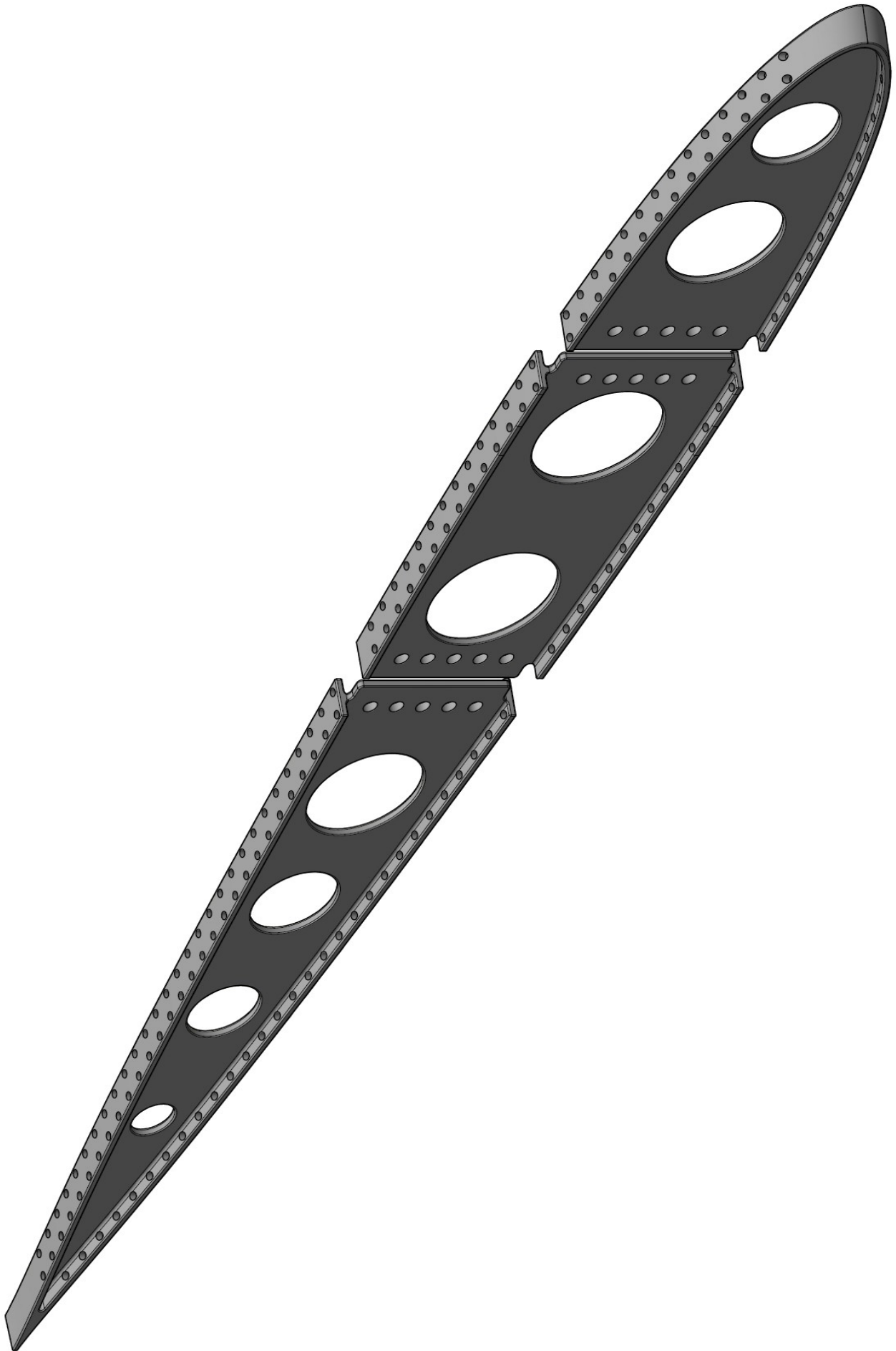
DRAWN C. Phippos	DATE 4/10/2016	TITLE NACA 0012
CHECKED CA		
APPROVED MG		
SIZE D	DWG NO airfoil0012.nib8.spar1.syndest1	REV 1
SCALE 5:1		SHEET 1 OF 1



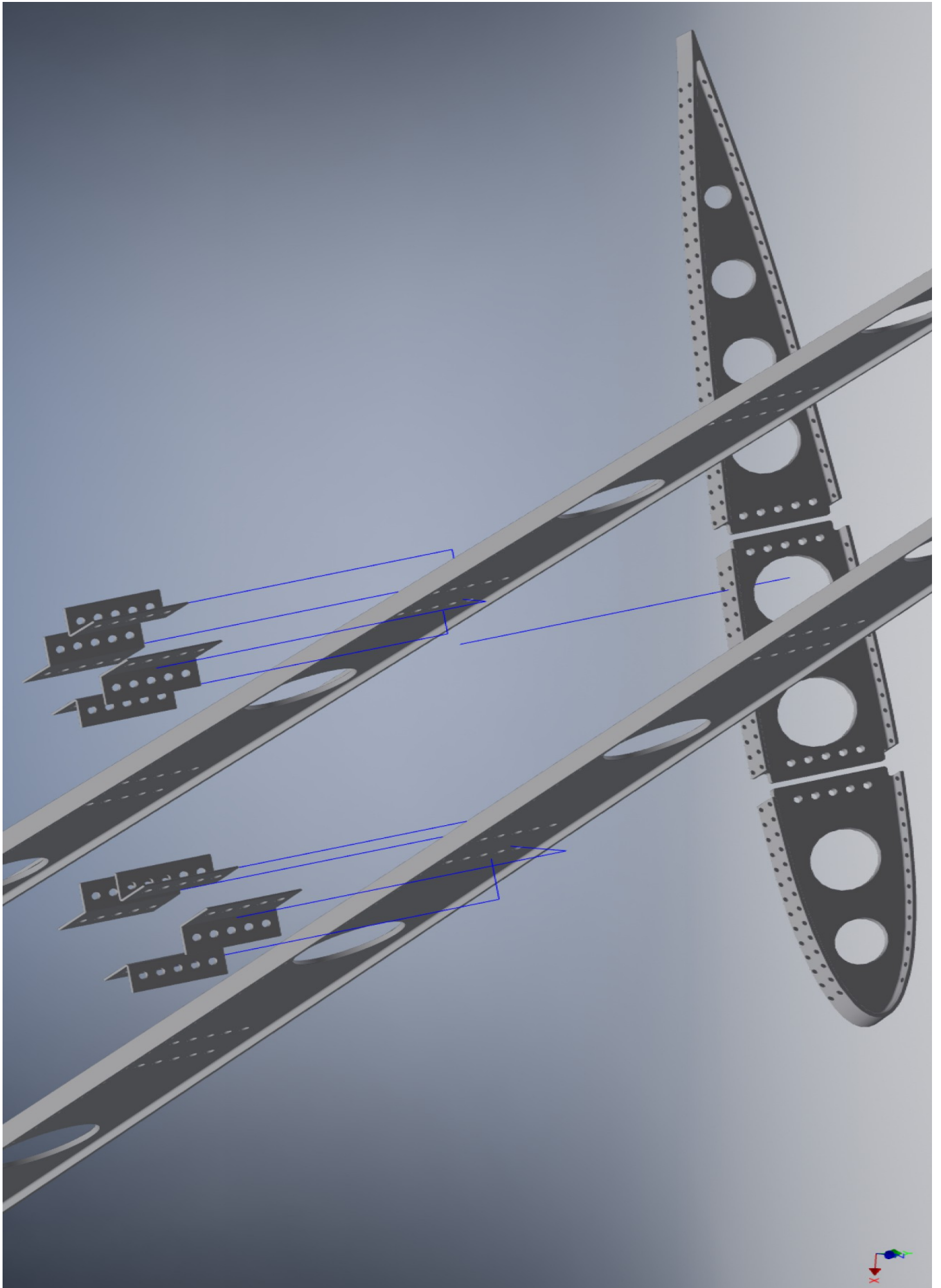
SECTION B-B
SCALE 4: 1



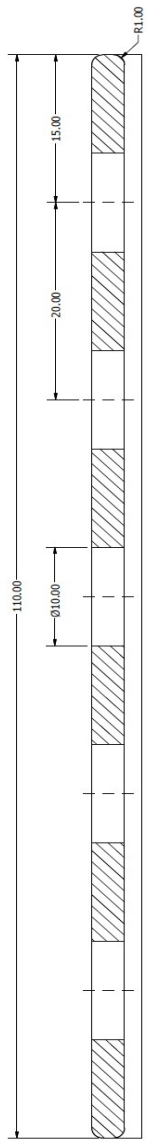
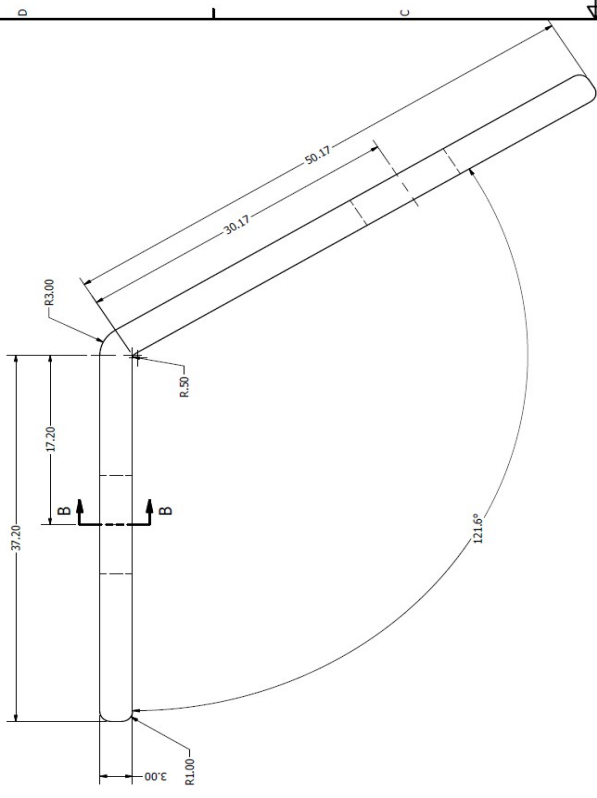
DRAWN	CHRISTOS Philippou	DATE	4/10/2016
CHECKED	QA	TITLE	NACA 0012
APPROVED	MFG	SIZE	D
REV	1	DWG NO	airfoil0012.rib8.spar2.syndsh2
		SCALE	4: 1



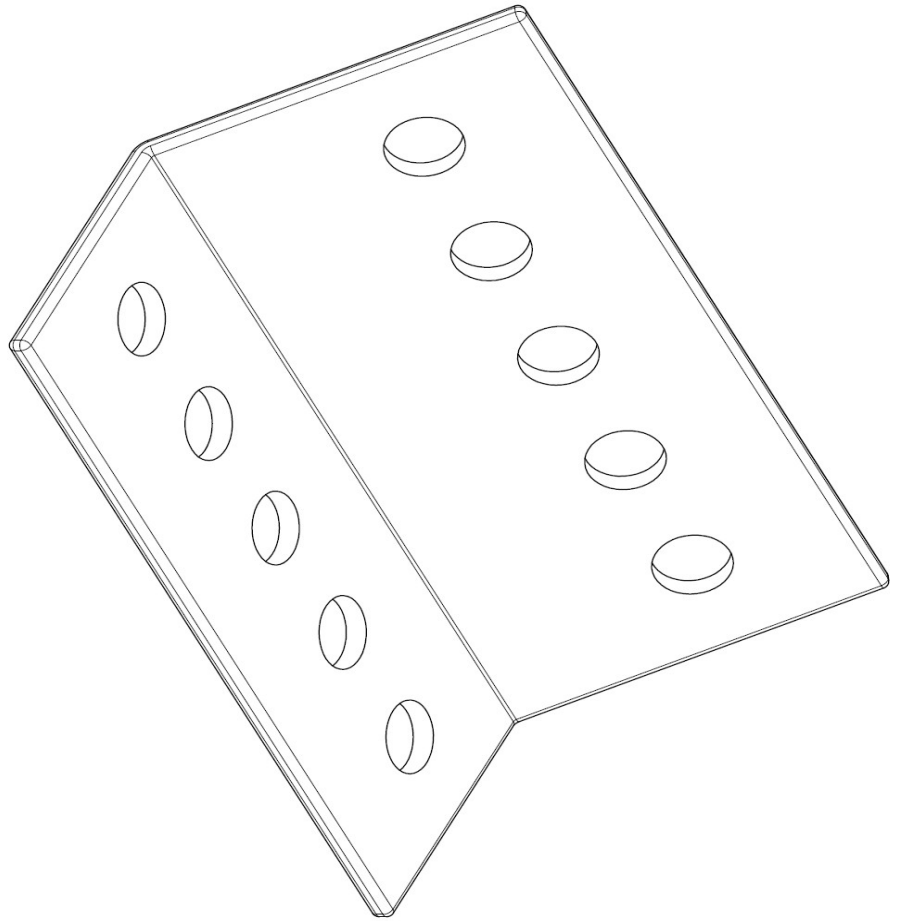
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib09



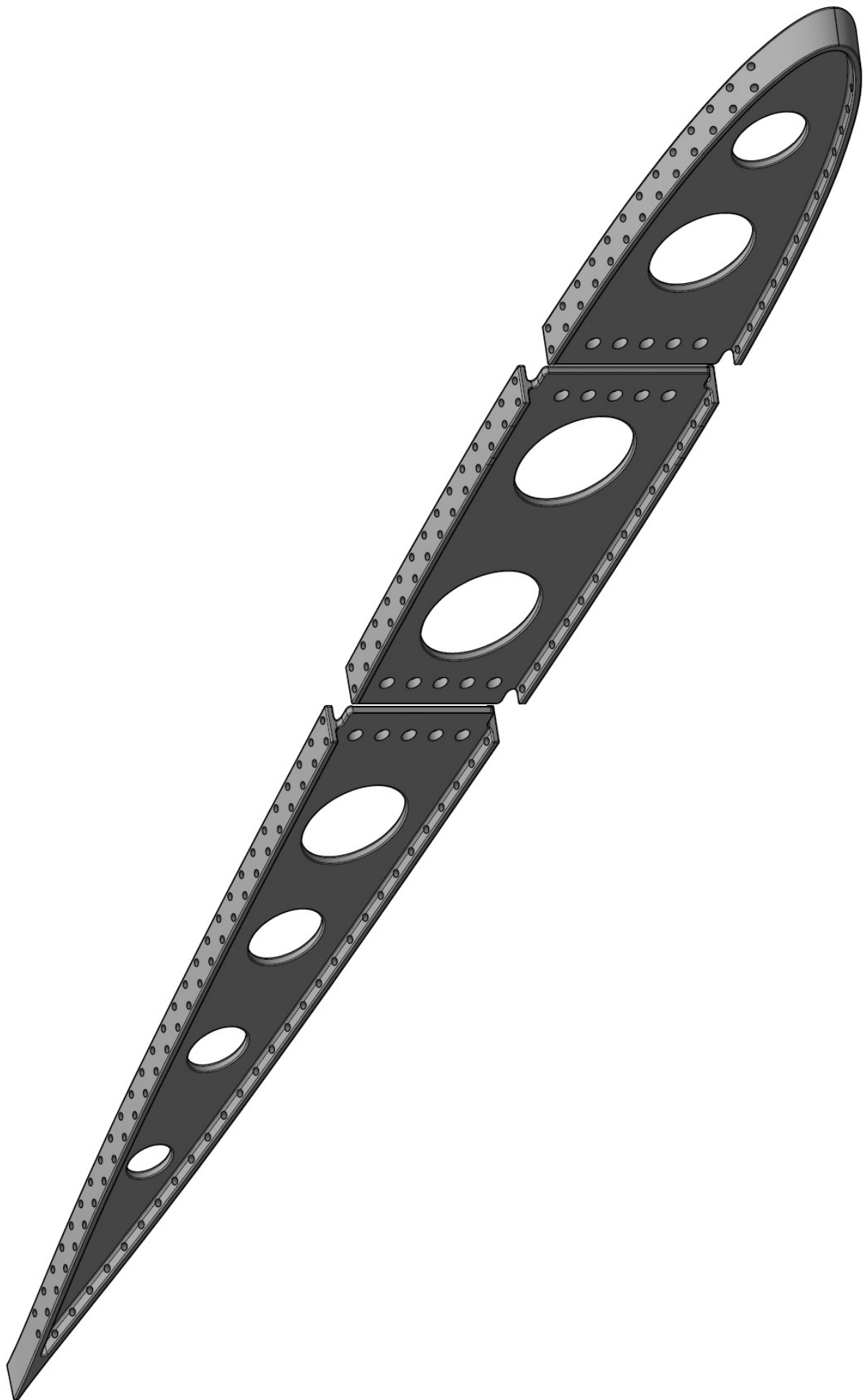
Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρου (Rib) : Rib 09



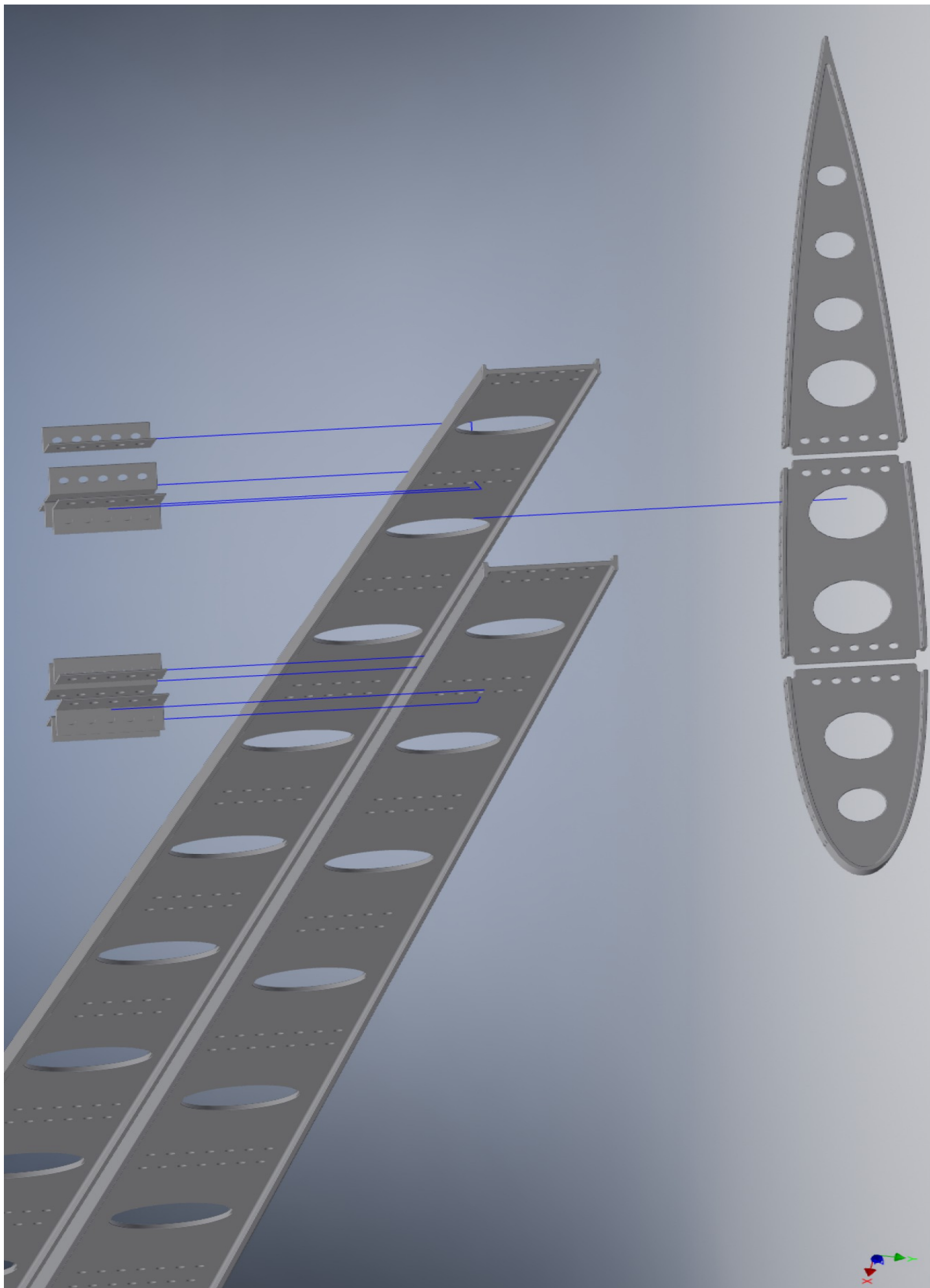
SECTION B-B
SCALE 4: 1



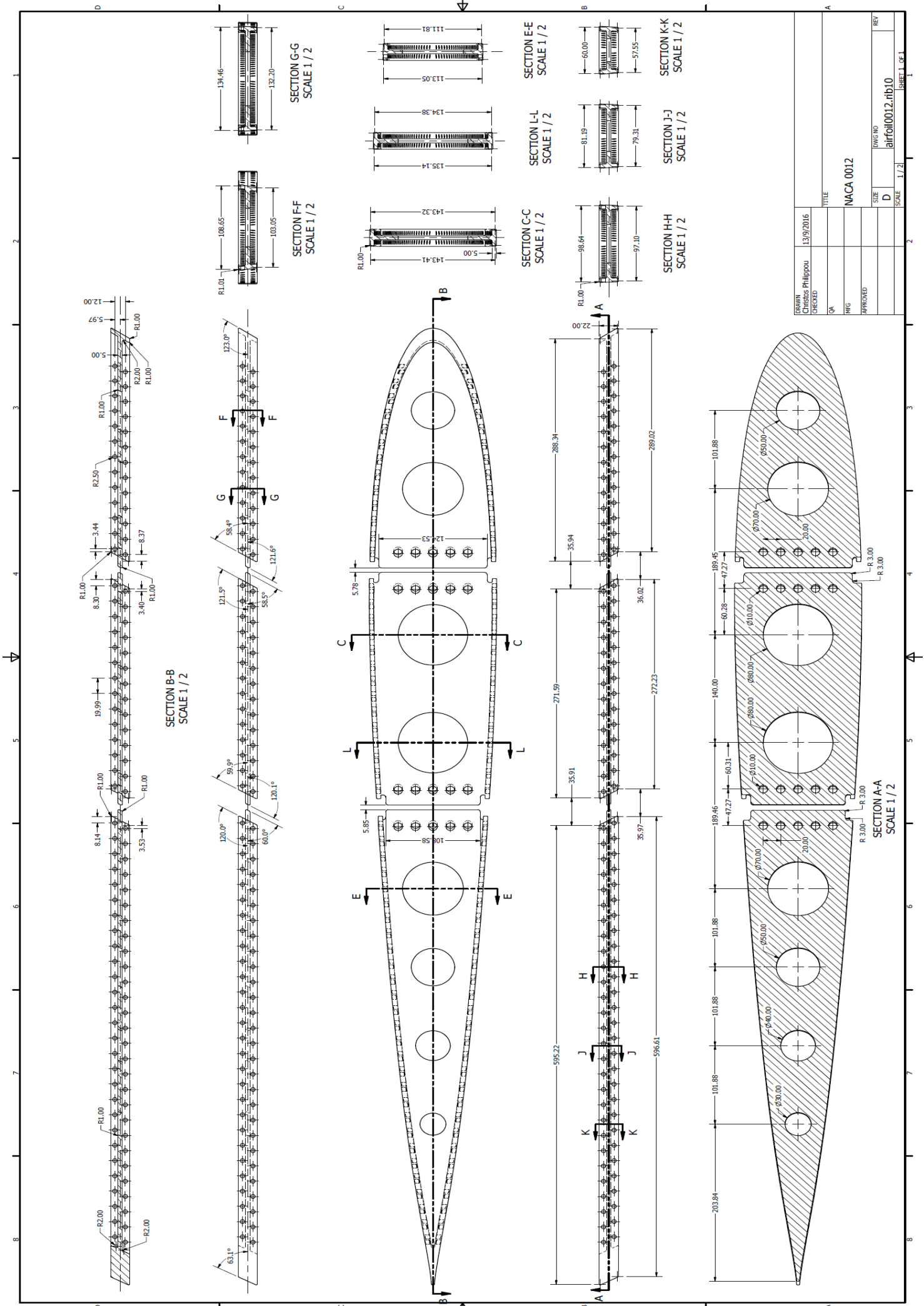
DESIGN	Checked: Philippou	DATE	4/10/2016
CHECKED	QA	TITLE	
APPROVED	PHG	TITLE	NACA 0012
SIZE	D	DATE	
SCALE	4: 1	REV	
		FILE	airfoil0012.rtb9.spart1.syndest2
		SHEET	1 OF 1



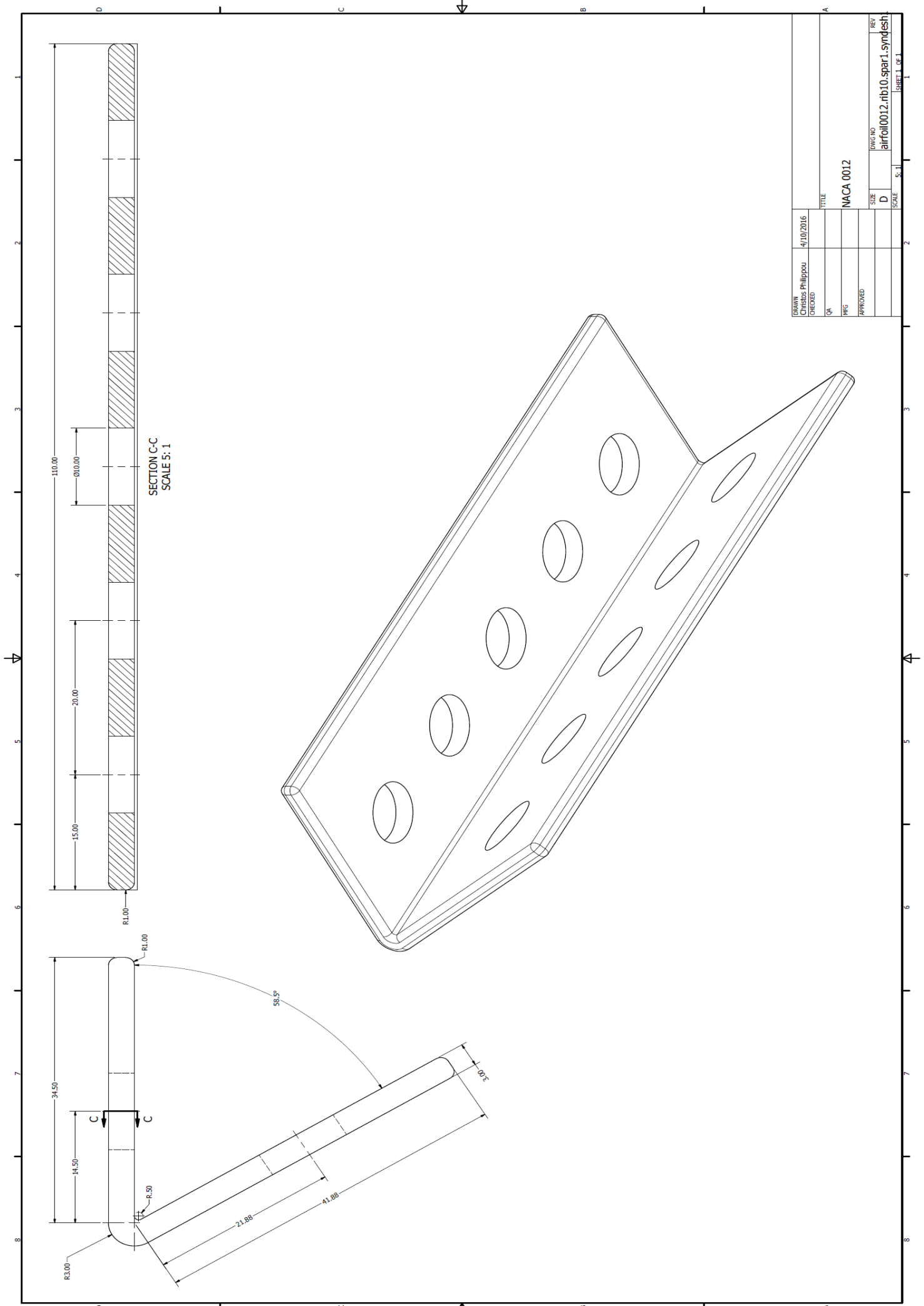
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib10

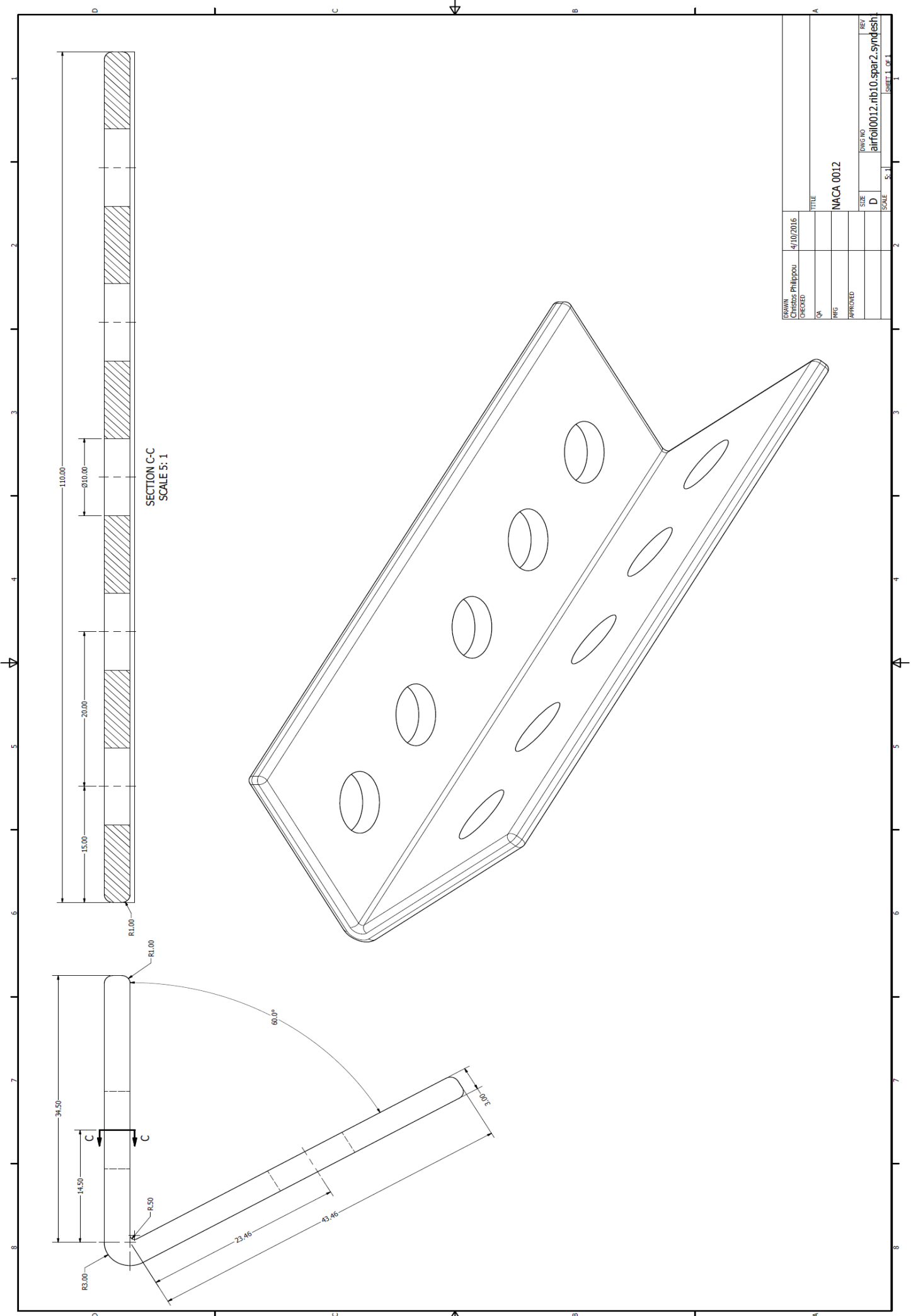


Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρου (Rib) : Rib 10

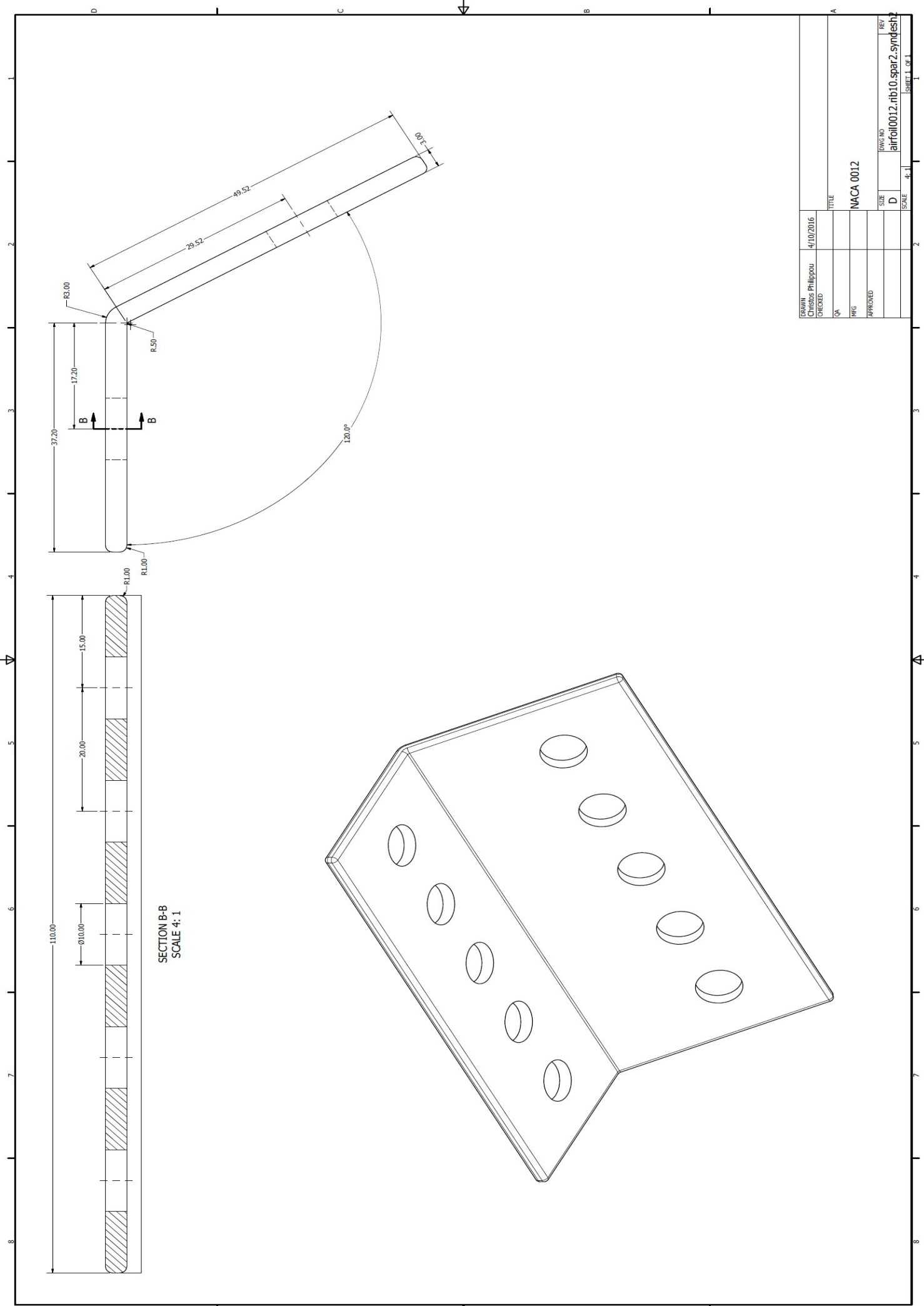


DRAWN	13/9/2016	TITLE	NACA 0012
CHECKED	CA	DATE	
APPROVED	RHG	SCALE	1/2
		DWG NO	airfoil0012.rtb10
		SIZE	D
		REV	

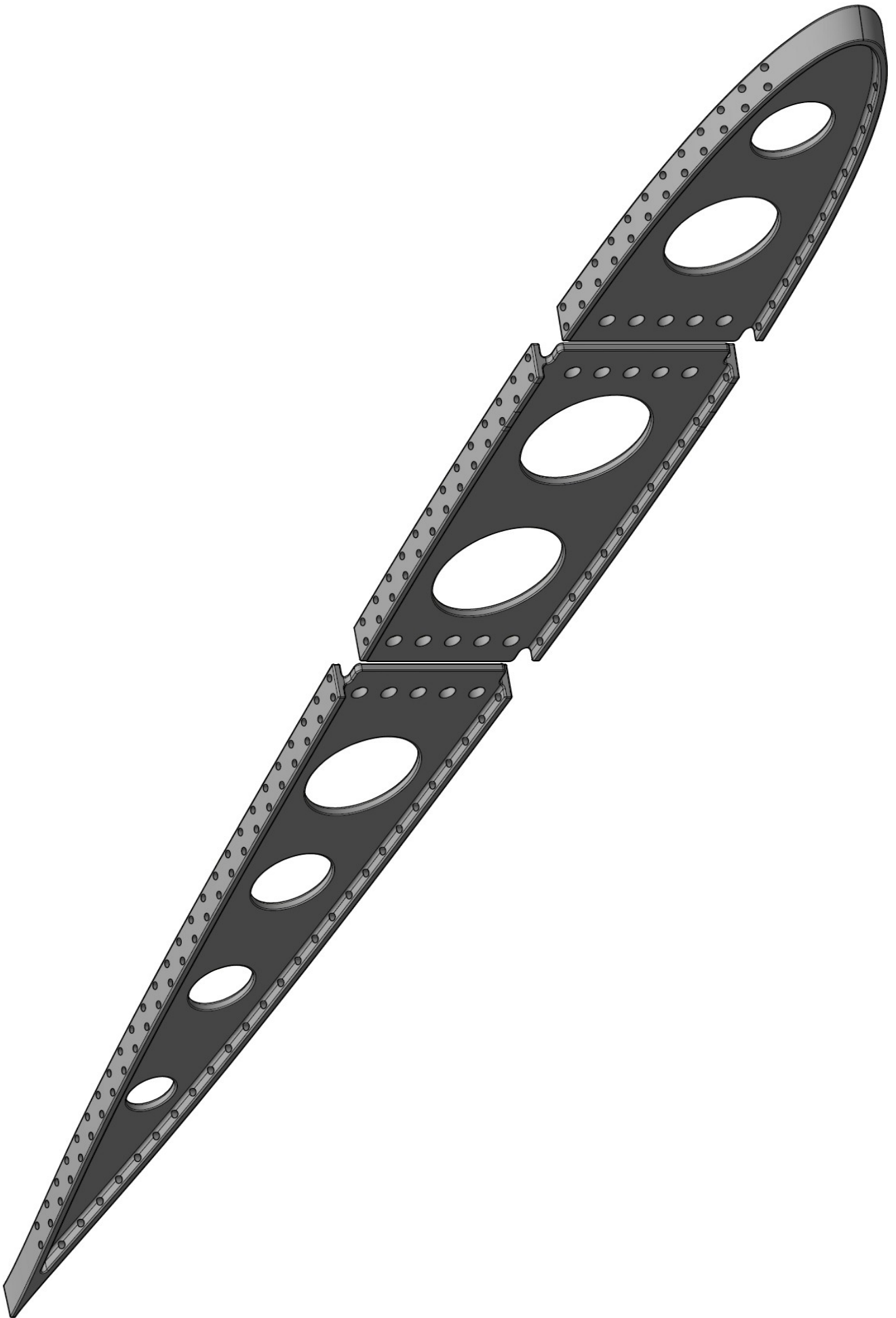




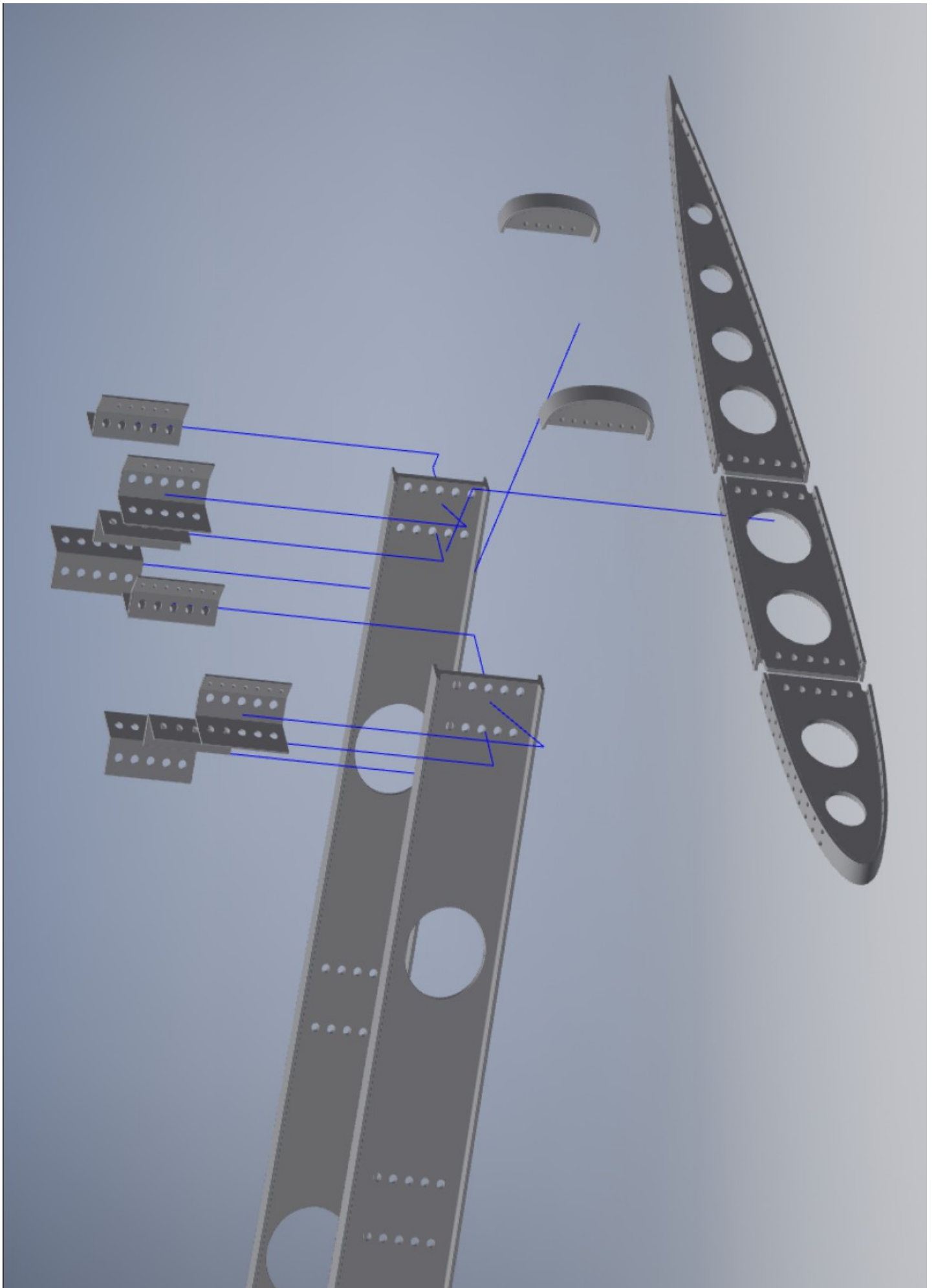
DESIGN	Christos Philippou	DATE	4/10/2016
CHECKED	QA	TITLE	
APPROVED		NO.	NACA 0012
SIZE	D	DWG NO	latrfol0012_rib10_spar2_syndesh
SCALE	5:1	REV	



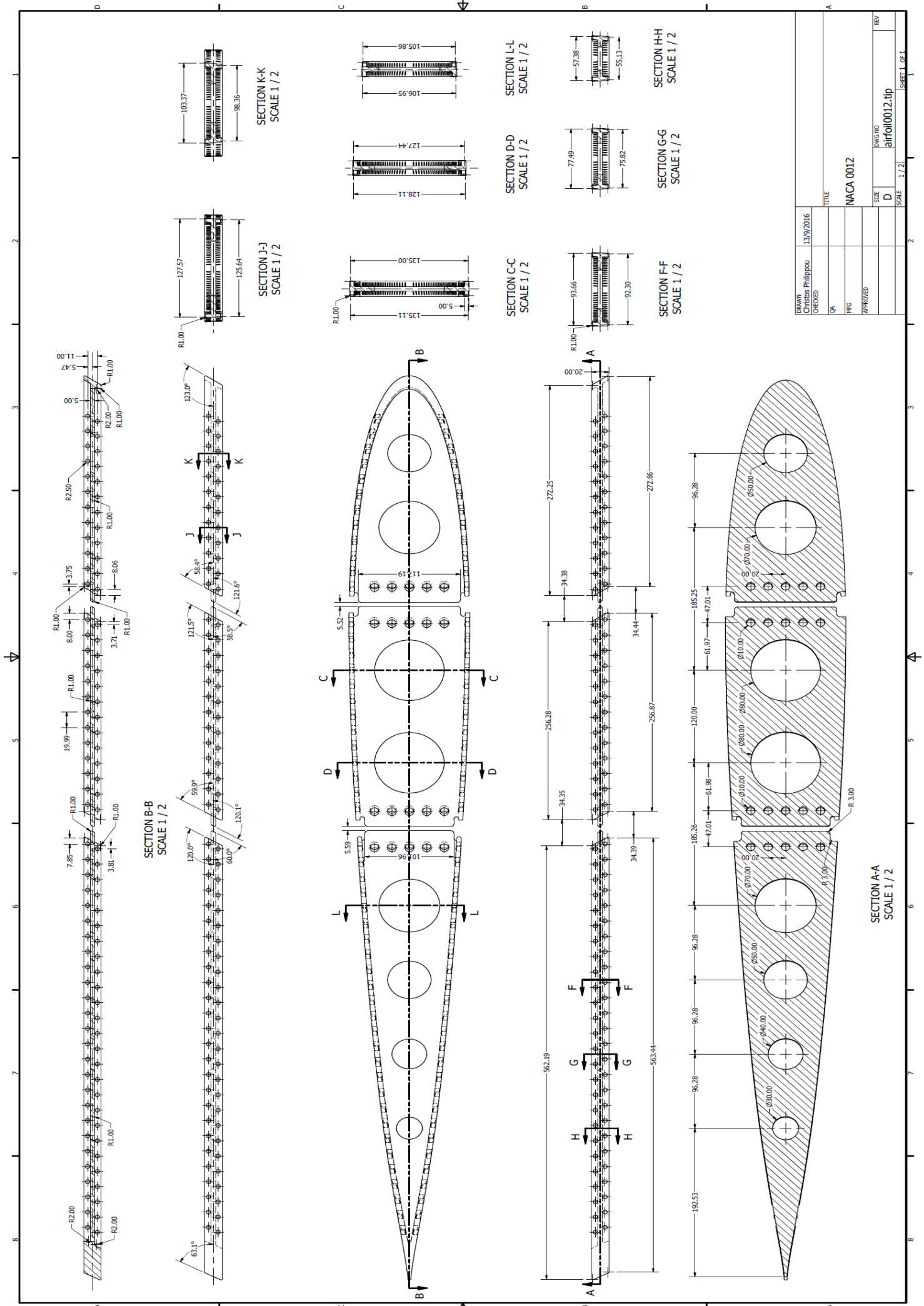
DRAWN	Christos Philippou	4/10/2016	
CHECKED			
QA			TITLE
RMG			NACA 0012
APPROVED			
			SIZE
			D
			SCALE
			4:1
			REV
			DWG NO
			airfoil0012_rib10_spar2_synthesi
			SHEET 1 OF 1



Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Tip



Απεικόνιση συναρμολόγησης νεύρου (Rib) : Tip



DESIGNED	13/9/2016	TITLE	
CHECKED	CA		
APPROVED			
DRAWN		NACA 0012	
SIZE	D	DWG NO	airfoil0012.dwg
SCALE	1/2	REV	

SECTION A-A
SCALE 1/2

SECTION L-L
SCALE 1/2

SECTION D-D
SCALE 1/2

SECTION C-C
SCALE 1/2

SECTION K-K
SCALE 1/2

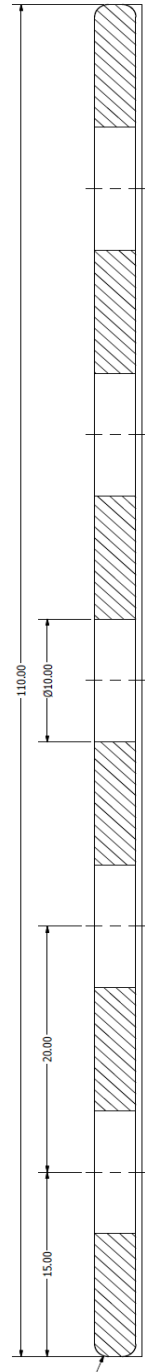
SECTION J-J
SCALE 1/2

SECTION B-B
SCALE 1/2

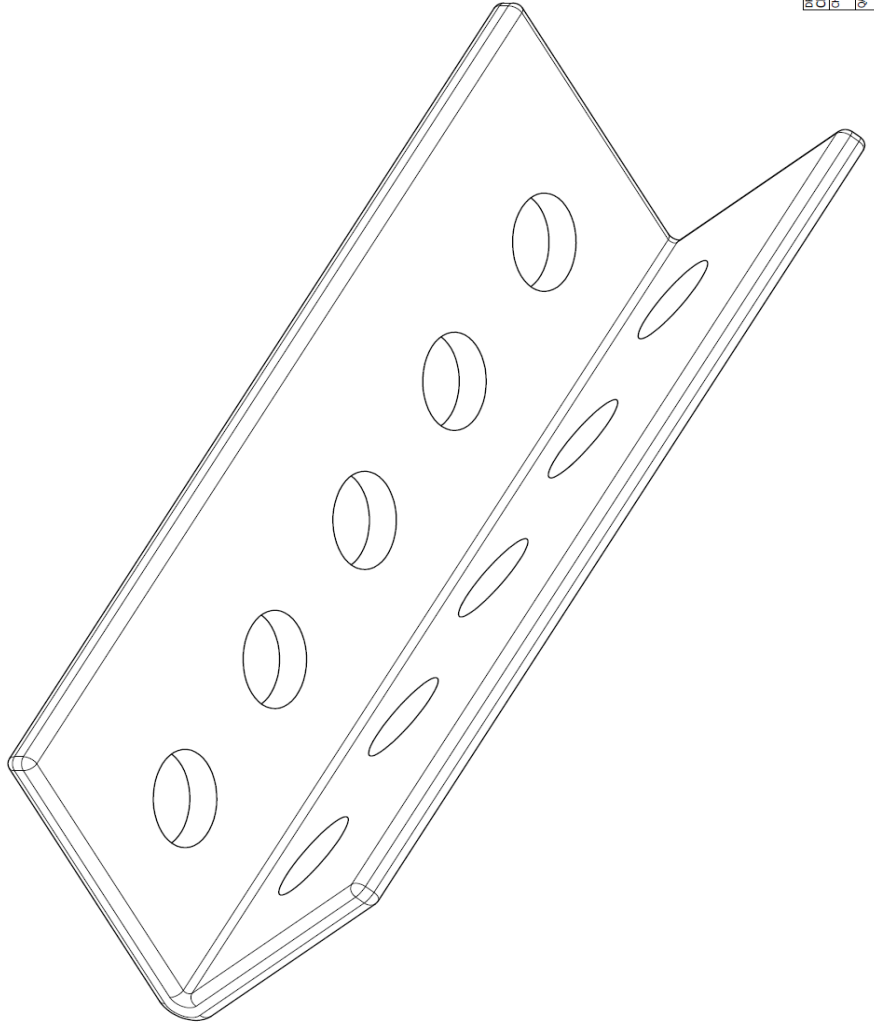
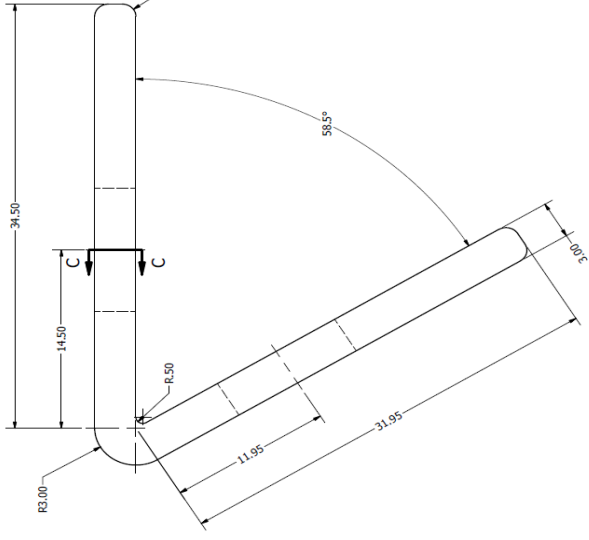
SECTION H-H
SCALE 1/2

SECTION G-G
SCALE 1/2

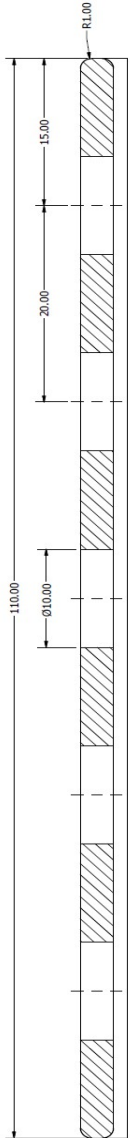
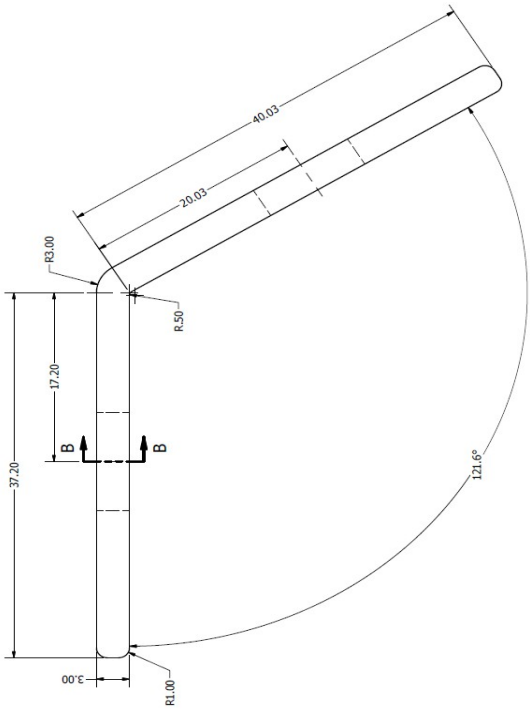
SECTION F-F
SCALE 1/2



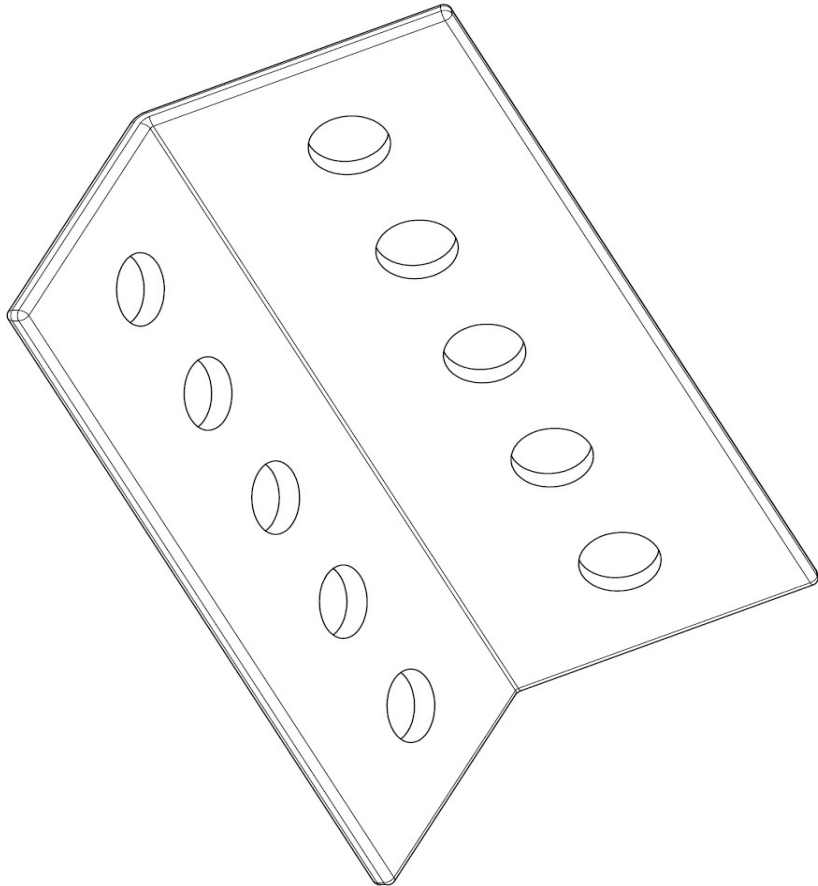
SECTION C-C
SCALE 5:1



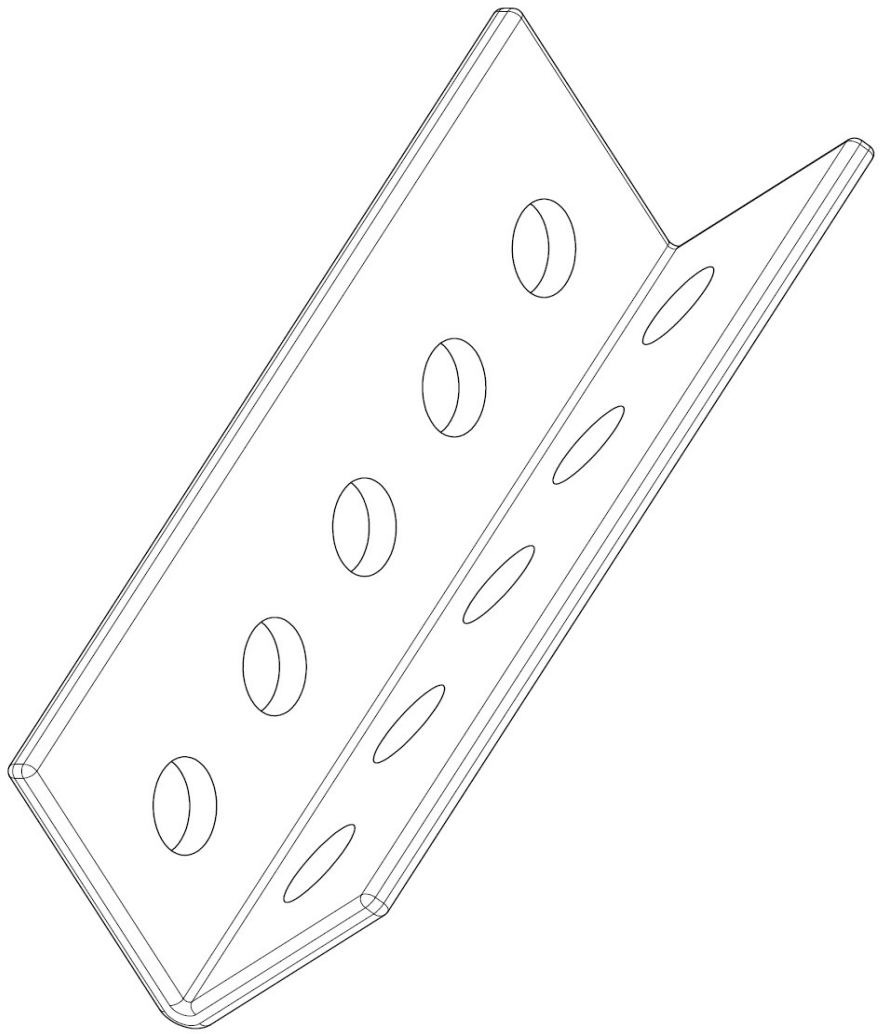
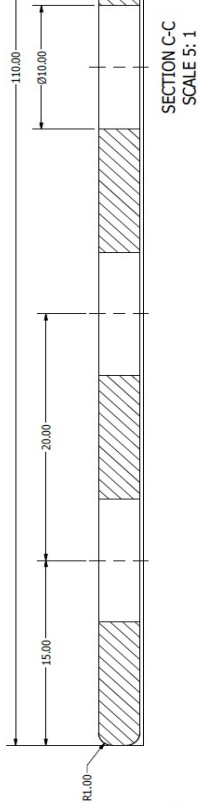
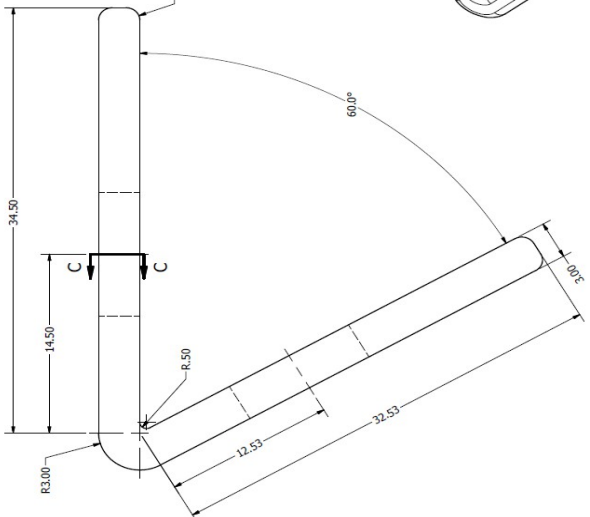
DRAWN	Checked Philippou	5/10/2016	TITLE
CHECKED			
QA			
MFG			NACA 0012
APPROVED			
SIZE	DWG NO	REV	
D	airfoil0012.tlp.spar1.synदेश1		
SCALE	5:1	SHEET	1 OF 1



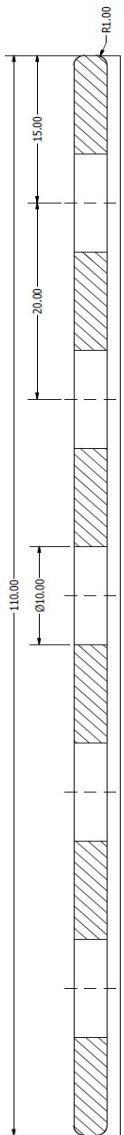
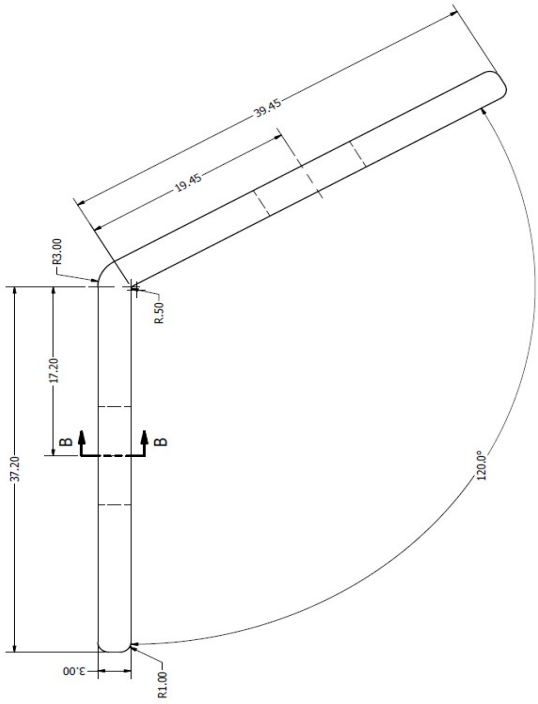
SECTION B-B
SCALE 4:1



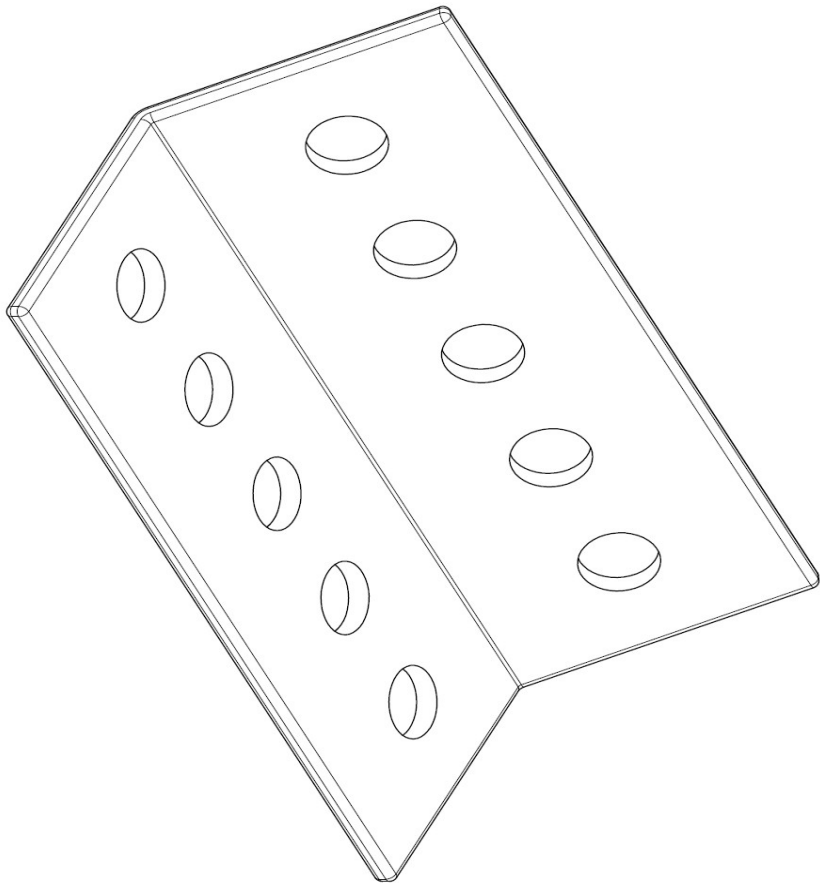
DRAWN	CHRISTOPHER PHILIPPOU	5/10/2016	TITLE
CHECKED			
QA			NACA 0012
MFG			
APPROVED			
SIZE	D	UNIVERSITY	REV
SCALE	4:1	airfoils0012.tip.spar1.syndesth2	
			SHEET 1 OF 1



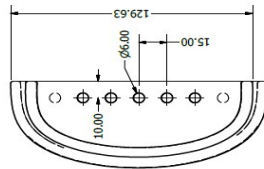
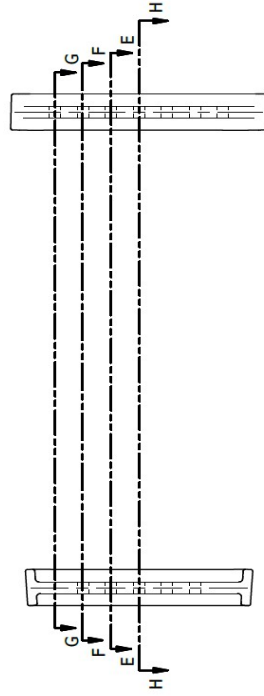
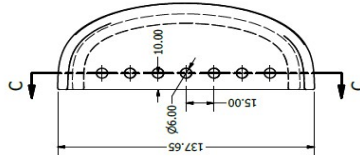
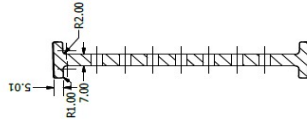
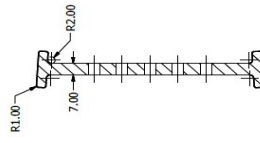
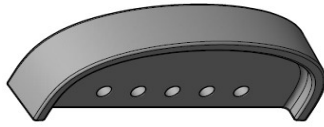
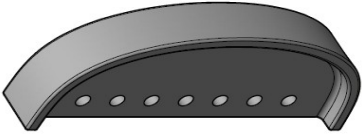
DESIGN	5/10/2016	TITLE	
CHECKED			
QA			
IMG			
APPROVED			
SIZE	D	SCALE	5: 1
REV			
DRAWING NO		airfoil0012.tip.spar2.synthes1	
PROJECT		NACA 0012	



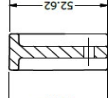
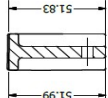
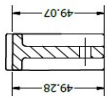
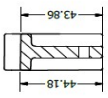
SECTION B-B
SCALE 4: 1



DRAWN Christos Philippou CHECKED QA FIG APPROVED	DATE 5/10/2016	TITLE MACA 0012
DWG NO airfoil0012.ttp_spar2_syndesi2	SIZE D	REV D
SCALE 4:1	SHEET NO 2	TOTAL SHEETS 4



SECTION C-C
SCALE 1 / 1.5

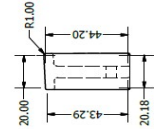
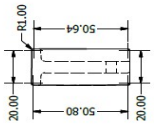


SECTION G-G
SCALE 1 / 1.5

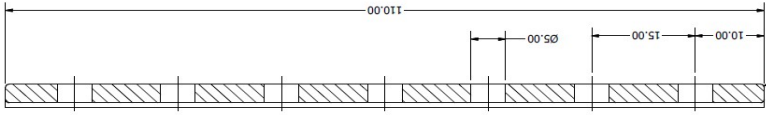
SECTION F-F
SCALE 1 / 1.5

SECTION E-E
SCALE 1 / 1.5

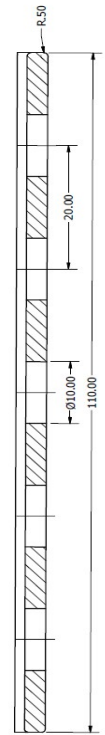
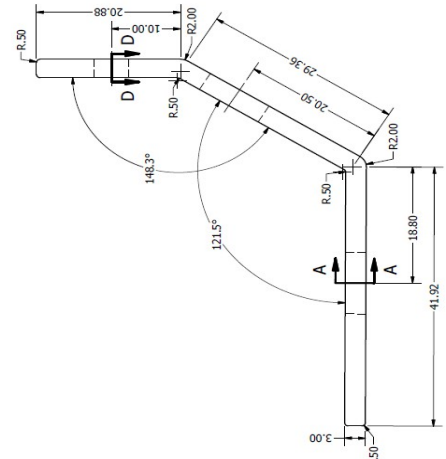
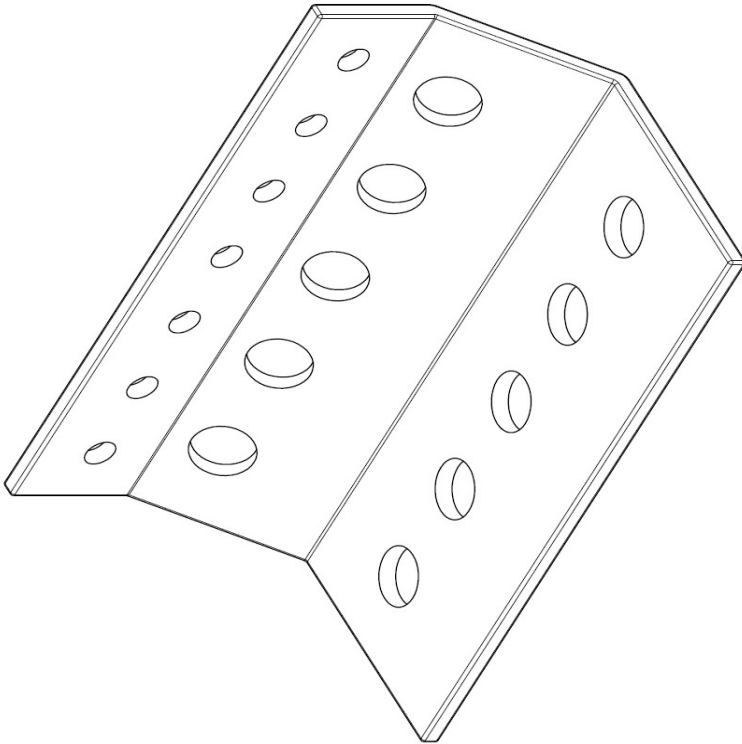
SECTION H-H
SCALE 1 / 1.5



DESIGN CHRISTOS PHILIPPOU	DATE 16/09/2016	TITLE
CHECKED CA		NACA 0012
APPROVED PHG		
REV D	REV NO airfoil0012.end-1	SCALE 1 / 1.5

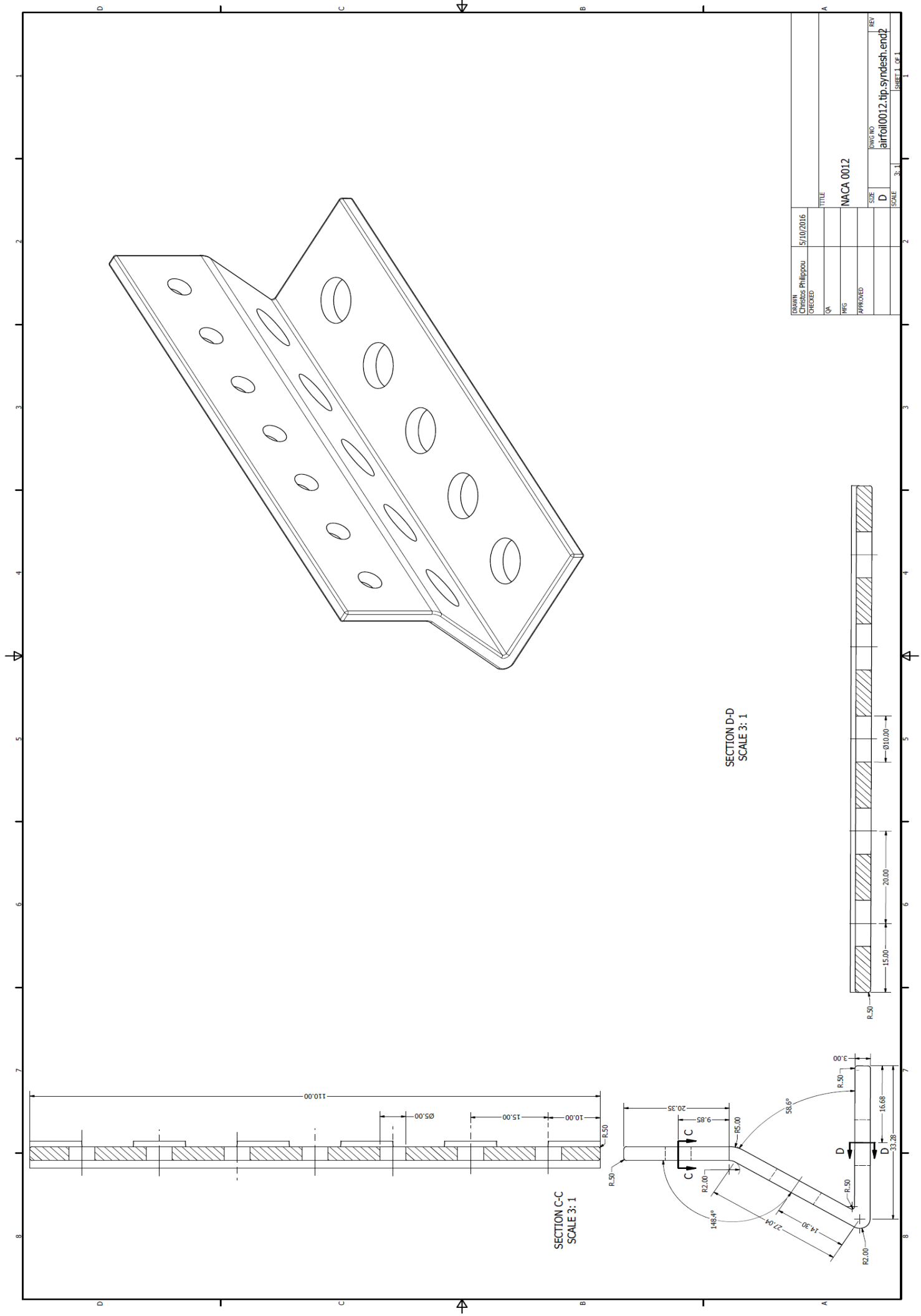


SECTION D-D
SCALE 2.5: 1

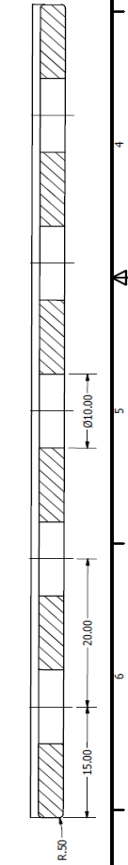


SECTION A-A
SCALE 2.5: 1

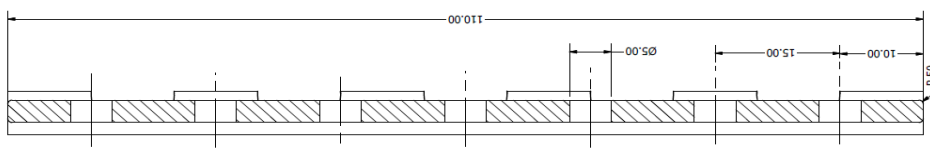
DRAWN	5/10/2016	TITLE
CHECKED		
QA		
MFG		NACA 0012
APPROVED		
SIZE	D	
DWG NO	airfoi0012.tip.syndesh.end	
SCALE	2.5:1	
SHEET	1	OF 1



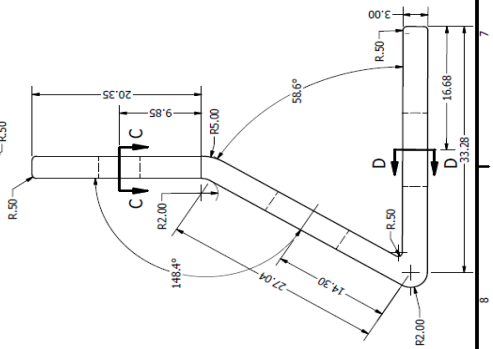
DATE	5/10/2016	TITLE	
DRAWN	Christos Philippou	CHECKED	
QA		MFG	
APPROVED		SCALE	3:1
DWG NO	airfoil0012.tip.syndesh.end2	SIZE	D
REV		SCALE	3:1

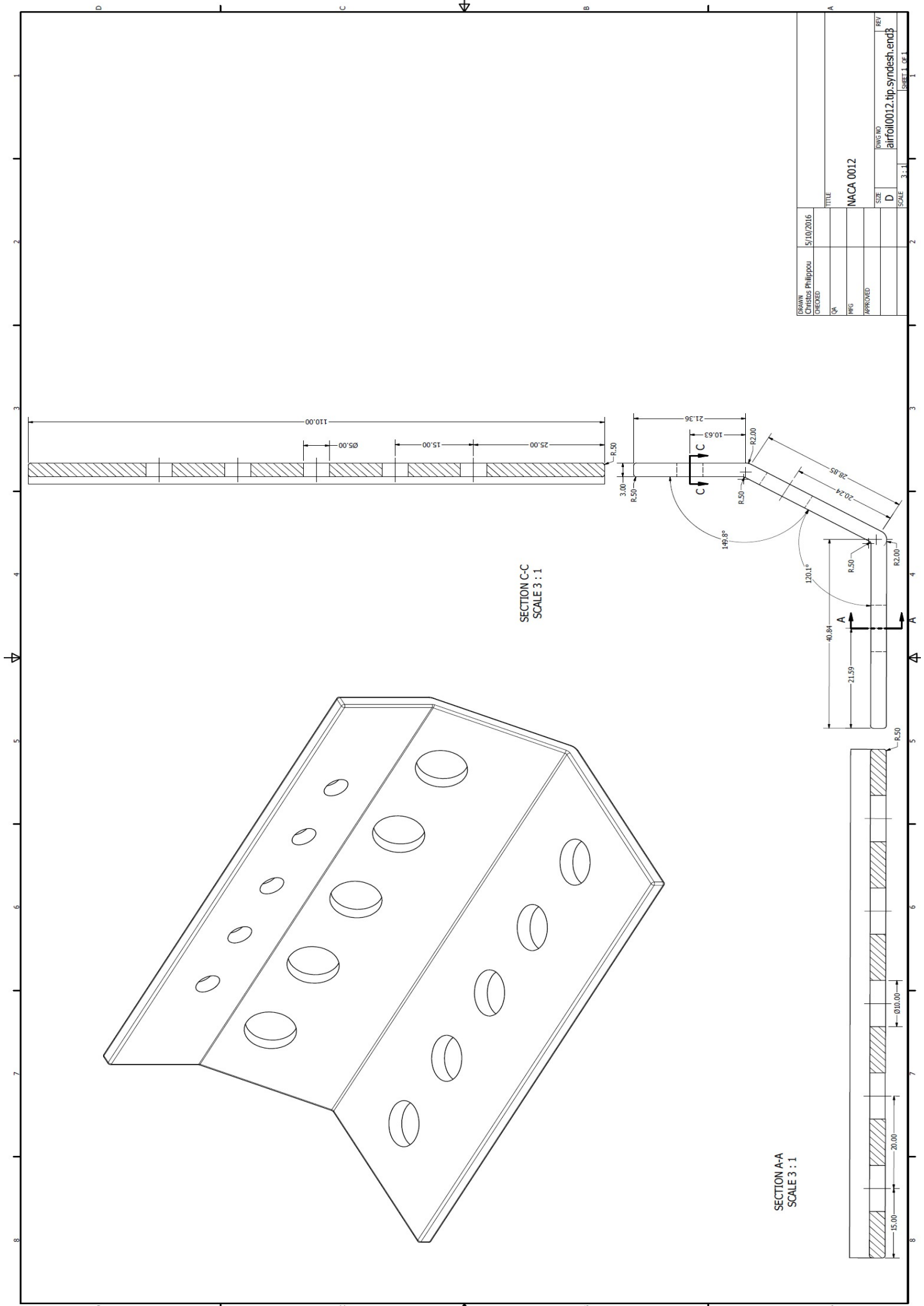


SECTION D-D
SCALE 3: 1



SECTION C-C
SCALE 3: 1



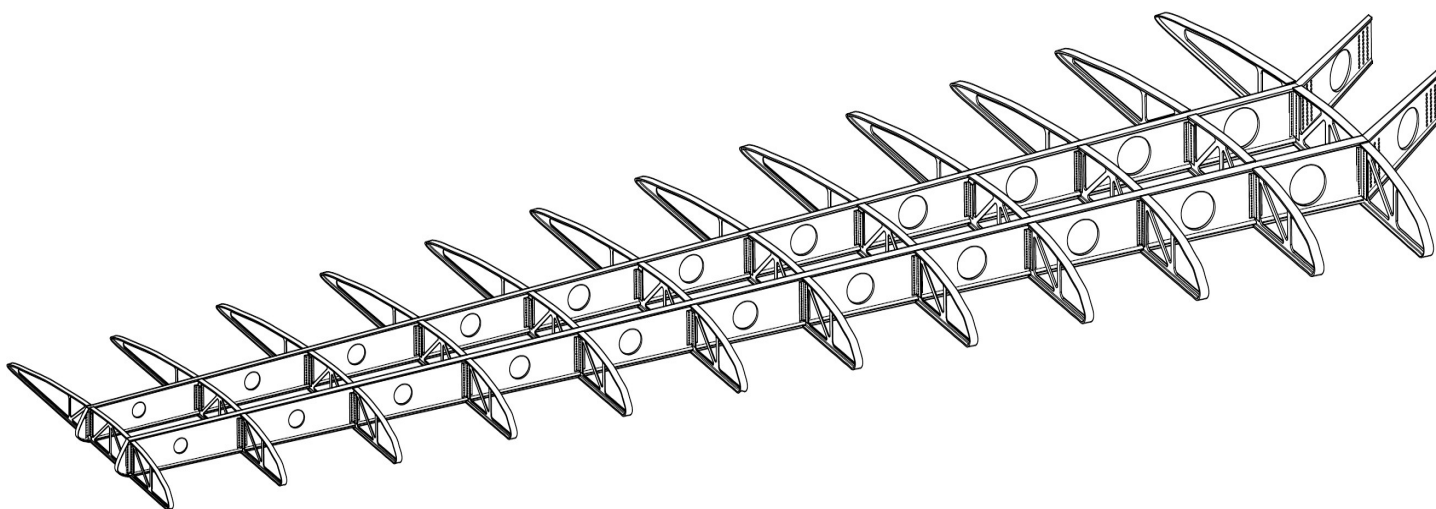


SECTION C-C
SCALE 3 : 1

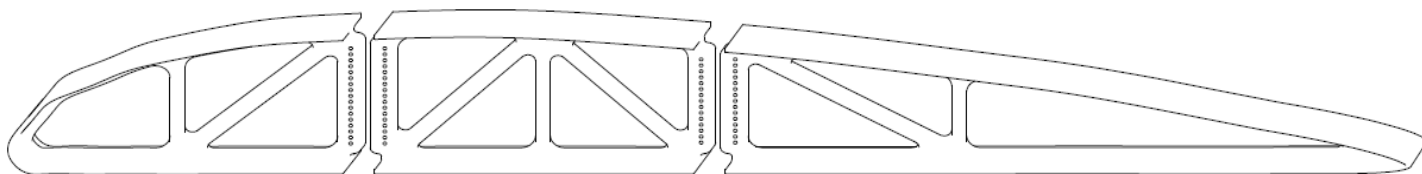
SECTION A-A
SCALE 3 : 1

DESIGNER Christos Philippou	DATE 5/10/2016	TITLE NACA 0012
CHECKED CA		
APPROVED MG		
SCALE D	DWG NO airfoil0012.tip.syndesh.endp	REV
SCALE 3:1		SHEET 1 OF 1

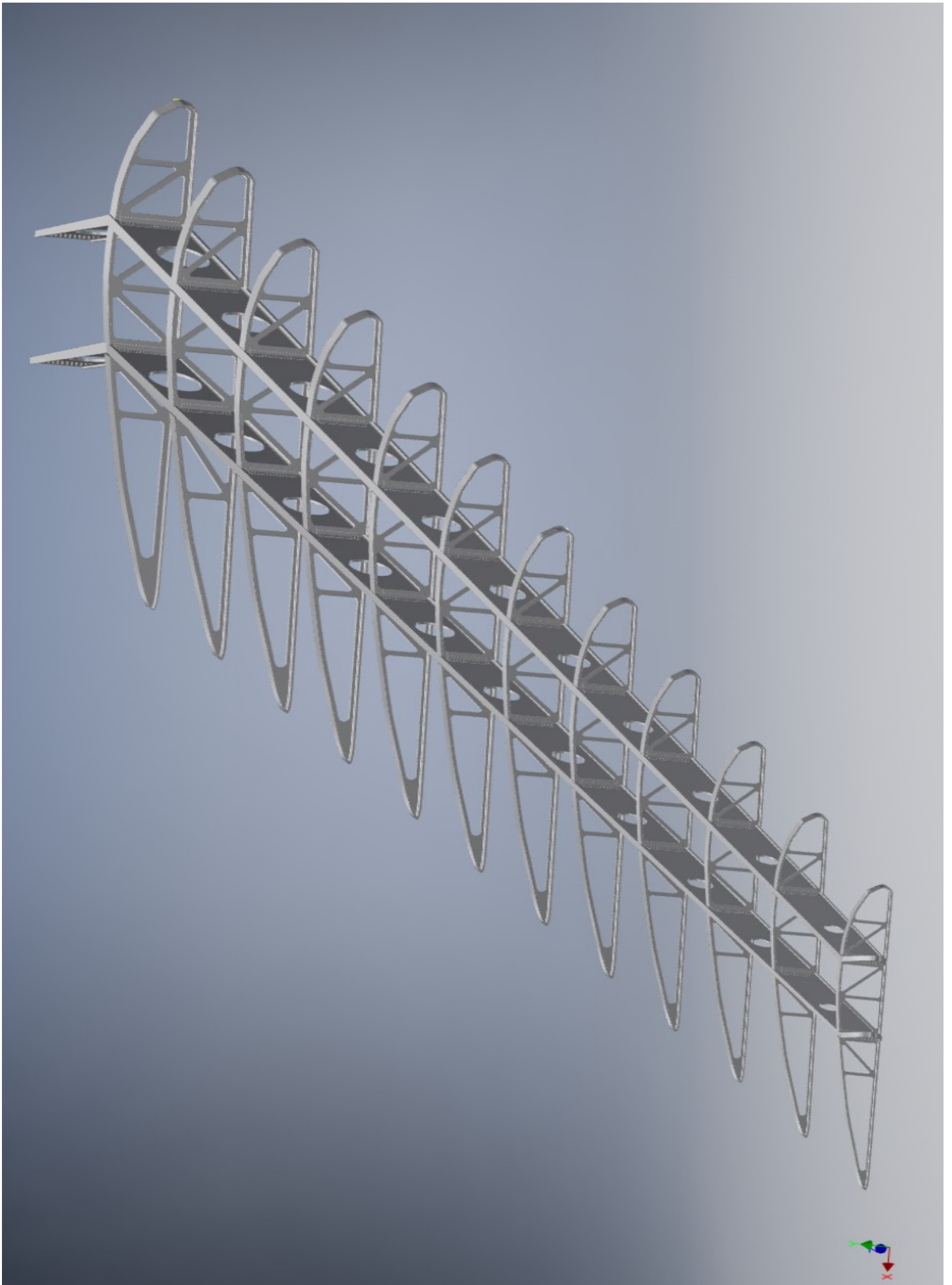
4.2 Μηχανολογικά σχέδια δομικών στοιχείων πτέρυγας με αεροτομή (airfoil) Fage & Collin 4



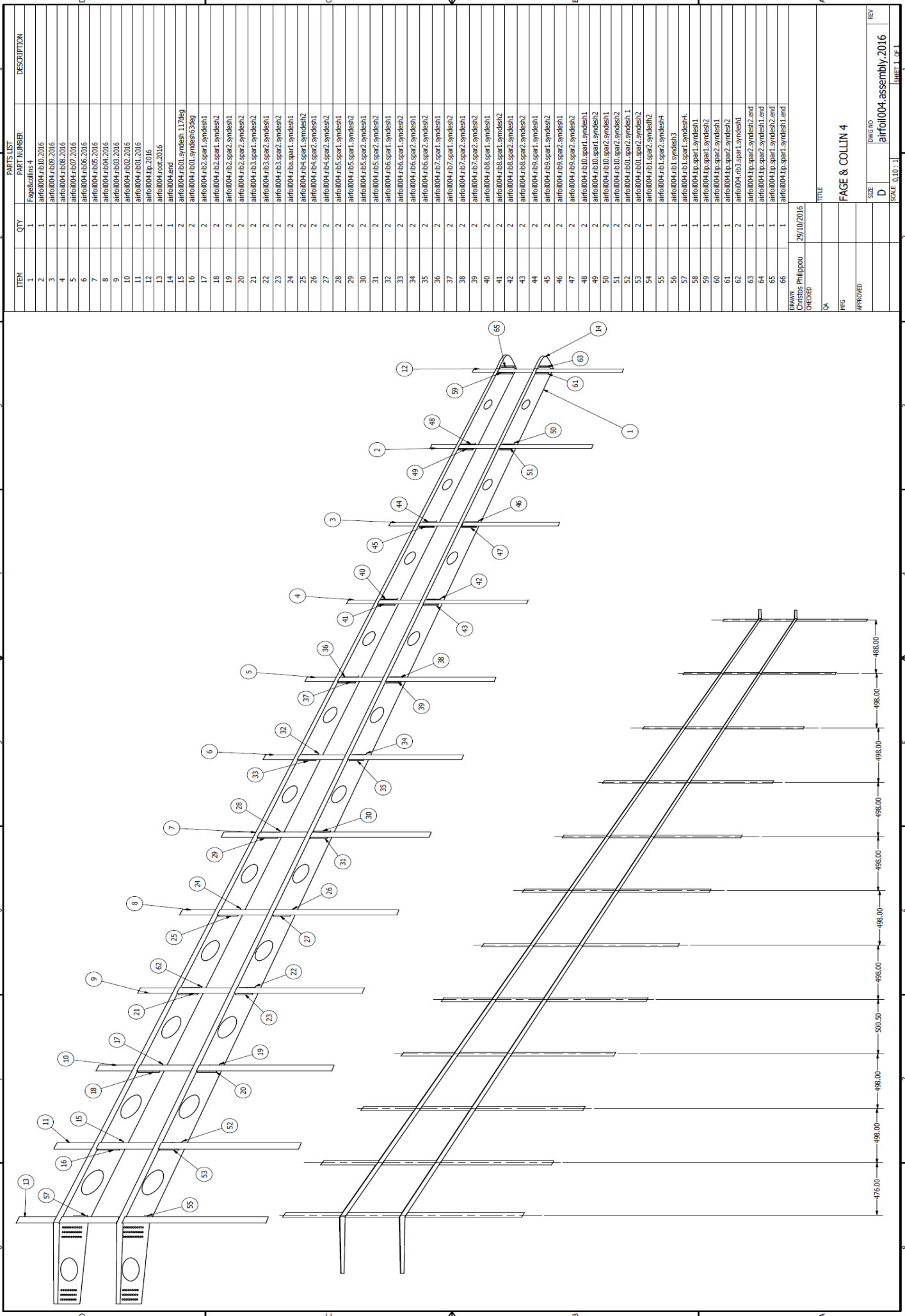
Εικόνα 17 Απεικόνιση δομικών στοιχείων πτέρυγας (Wing) Fage & Collin 4



Εικόνα 18 Απεικόνιση νεύρου (Rib)



Απεικόνιση δομικών στοιχείων πτέρυγας (Wing) Fage & Collin 4



ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Page&collins 4	
2	1	airfoi004.rib10.2016	
3	1	airfoi004.rib9.2016	
4	1	airfoi004.rib8.2016	
5	1	airfoi004.rib7.2016	
6	1	airfoi004.rib6.2016	
7	1	airfoi004.rib5.2016	
8	1	airfoi004.rib4.2016	
9	1	airfoi004.rib3.2016	
10	1	airfoi004.rib2.2016	
11	1	airfoi004.rib1.2016	
12	1	airfoi004.sp.2016	
13	1	airfoi004.sp.2016	
14	1	airfoi004.sp.2016	
15	2	airfoi004.rib1.synthes1	172leg
16	2	airfoi004.rib1.synthes3leg	
17	2	airfoi004.rib2.spant1.synthes1	
18	2	airfoi004.rib2.spant2.synthes1	
19	2	airfoi004.rib2.spant2.synthes1	
20	2	airfoi004.rib2.spant2.synthes2	
21	2	airfoi004.rib3.spant1.synthes1	
22	2	airfoi004.rib3.spant2.synthes1	
23	2	airfoi004.rib3.spant2.synthes2	
24	2	airfoi004.rib3.spant1.synthes1	
25	2	airfoi004.rib4.spant1.synthes2	
26	2	airfoi004.rib4.spant2.synthes1	
27	2	airfoi004.rib4.spant2.synthes2	
28	2	airfoi004.rib5.spant1.synthes1	
29	2	airfoi004.rib5.spant1.synthes2	
30	2	airfoi004.rib5.spant2.synthes1	
31	2	airfoi004.rib5.spant2.synthes2	
32	2	airfoi004.rib6.spant1.synthes1	
33	2	airfoi004.rib6.spant1.synthes2	
34	2	airfoi004.rib6.spant2.synthes1	
35	2	airfoi004.rib6.spant2.synthes2	
36	2	airfoi004.rib7.spant1.synthes1	
37	2	airfoi004.rib7.spant1.synthes2	
38	2	airfoi004.rib7.spant2.synthes1	
39	2	airfoi004.rib7.spant2.synthes2	
40	2	airfoi004.rib8.spant1.synthes1	
41	2	airfoi004.rib8.spant1.synthes2	
42	2	airfoi004.rib8.spant2.synthes1	
43	2	airfoi004.rib8.spant2.synthes2	
44	2	airfoi004.rib9.spant1.synthes1	
45	2	airfoi004.rib9.spant1.synthes2	
46	2	airfoi004.rib9.spant2.synthes1	
47	2	airfoi004.rib9.spant2.synthes2	
48	2	airfoi004.rib10.spant1.synthes1	
49	2	airfoi004.rib10.spant1.synthes2	
50	2	airfoi004.rib10.spant2.synthes1	
51	2	airfoi004.rib10.spant2.synthes2	
52	2	airfoi004.rib11.spant1.synthes1	
53	2	airfoi004.rib11.spant1.synthes2	
54	1	airfoi004.rib11.spant2.synthes1	
55	1	airfoi004.rib11.spant2.synthes2	
56	1	airfoi004.rib11.synthes3	
57	1	airfoi004.rib1.spant1.synthes4	
58	1	airfoi004.rib1.spant1.synthes4	
59	1	airfoi004.rib1.spant1.synthes4	
60	1	airfoi004.rib2.spant2.synthes1	
61	1	airfoi004.rib2.spant2.synthes2	
62	2	airfoi004.rib3.spant1.synthes1	
63	1	airfoi004.rib3.spant2.synthes1.end	
64	1	airfoi004.rib3.spant2.synthes1.end	
65	1	airfoi004.rib3.spant2.synthes2.end	
66	1	airfoi004.rib3.spant2.synthes2.end	

FACE & COLLIN 4

SCALE 0.10:1

REV D

airfoi004.assembly.2016

SHEET 1 OF 1

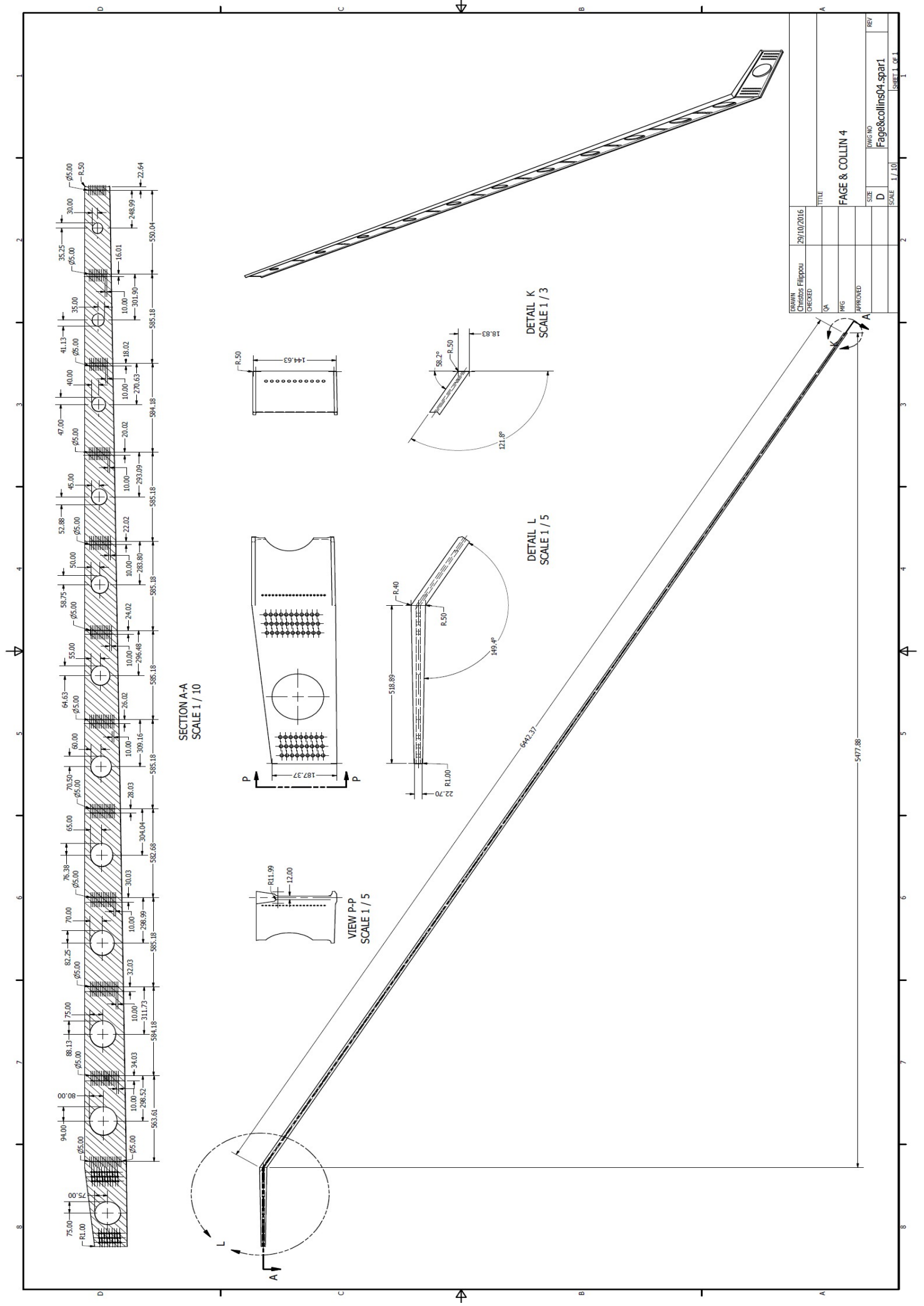
DRAWN Chrisos Philippou 29/10/2016

CHECKED

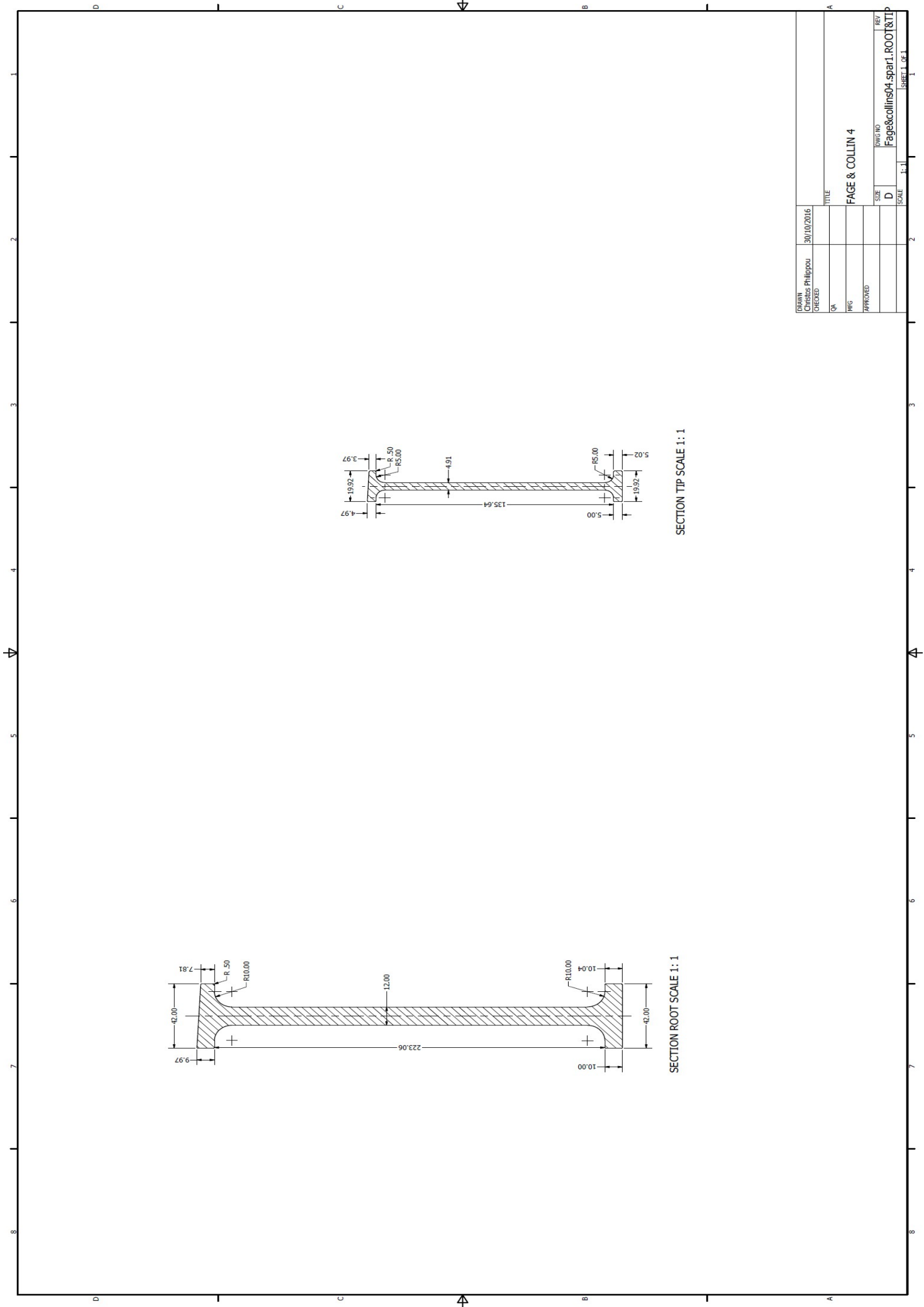
QA

MFG

APPROVED



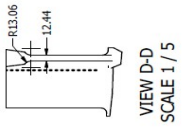
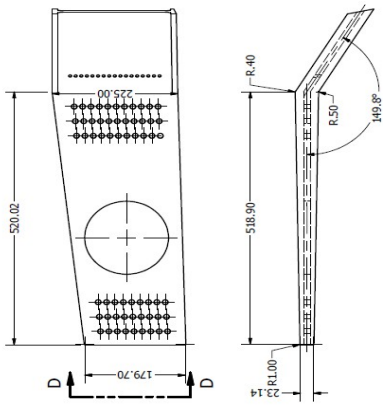
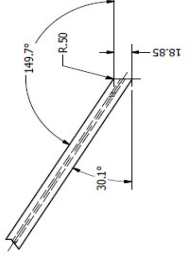
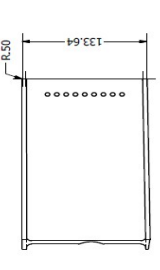
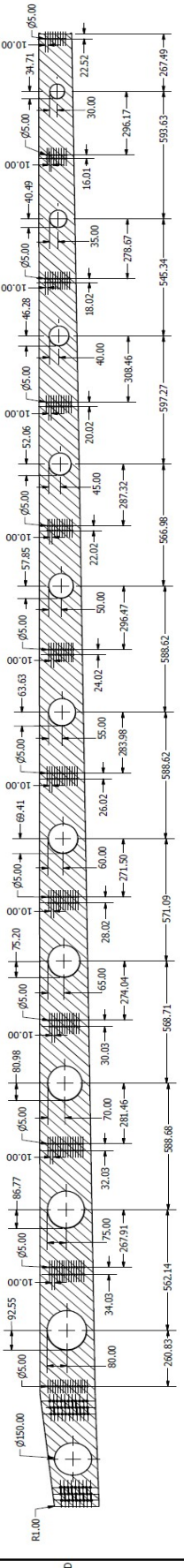
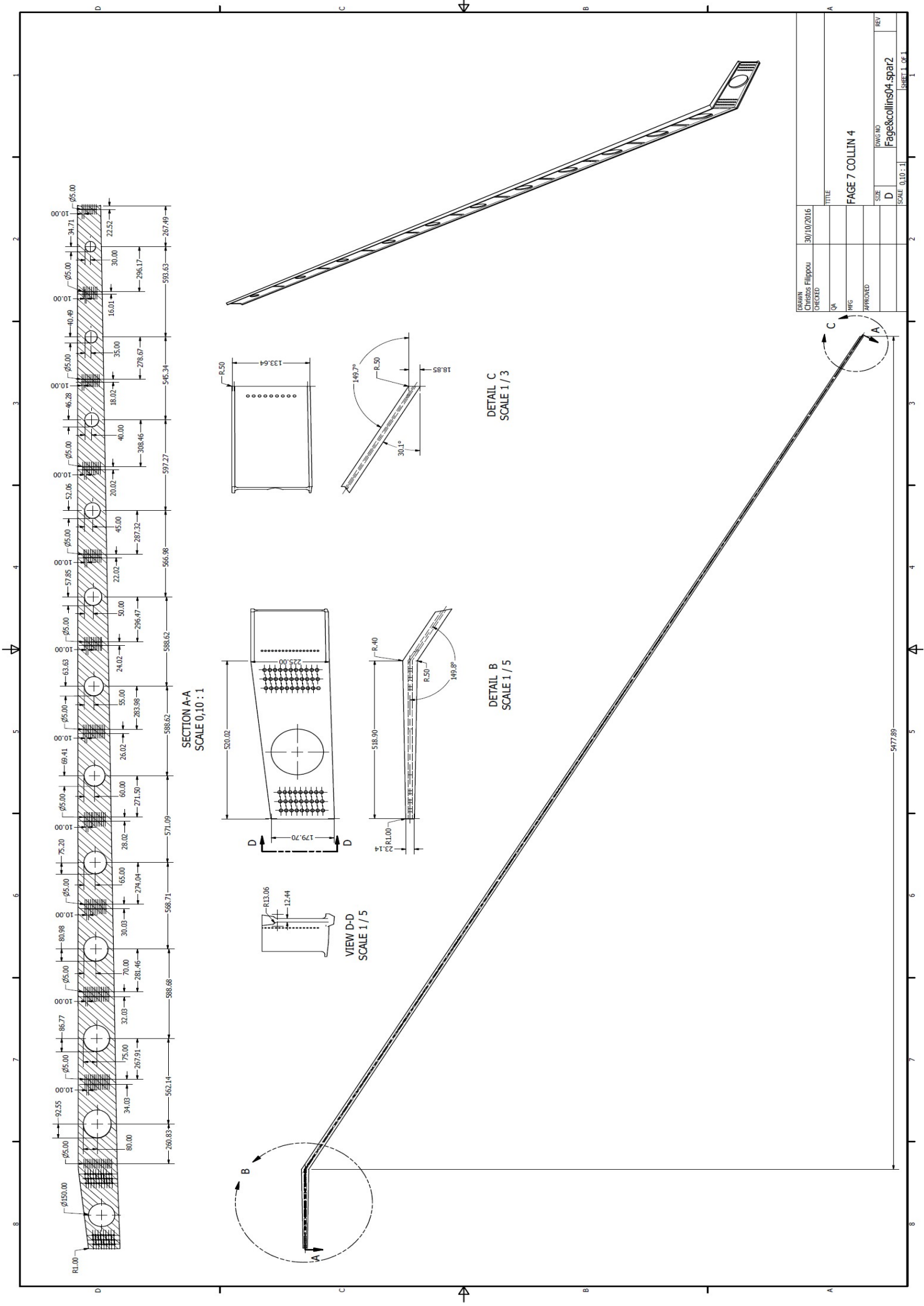
DRAWN	CHRISTOS FILIPPOU	29/10/2016	TITLE
CHECKED			FAGE & COLLIN 4
QA			
PMG			
APPROVED			
SIZE	DWG NO	SCALE	REV
D	Page&collins04.spar1	1/10	
			SHEET 1 OF 1



SECTION TIP SCALE 1: 1

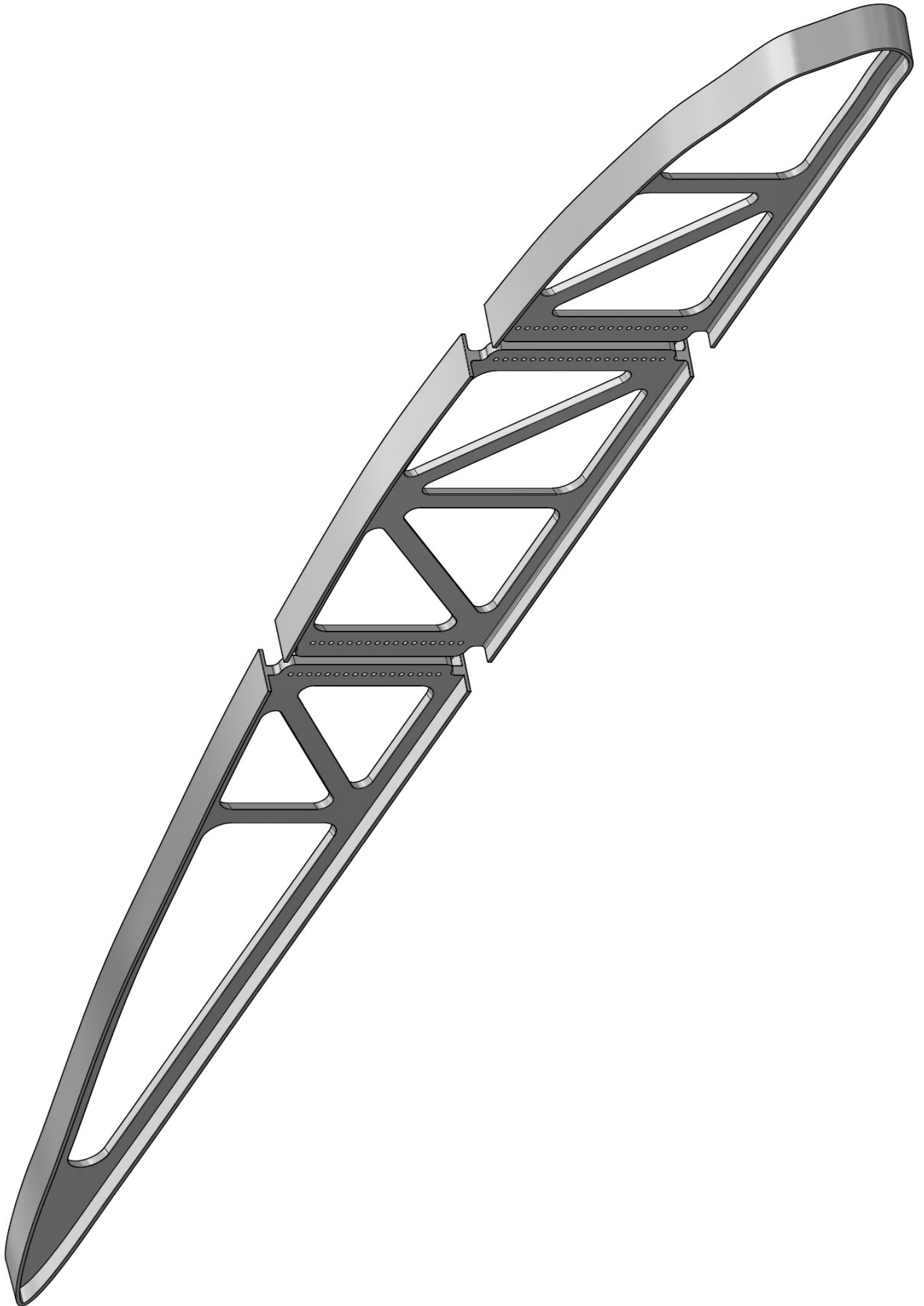
SECTION ROOT SCALE 1: 1

DRAWN	30/10/2016	TITLE	
CHECKED	Christos Philippou		
QA			
HRG		FAGE & COLLIN 4	
APPROVED			
SIZE	D	DWG NO	Fage&collins04_spart_ROOT&TIP
SCALE	1:1	REV	

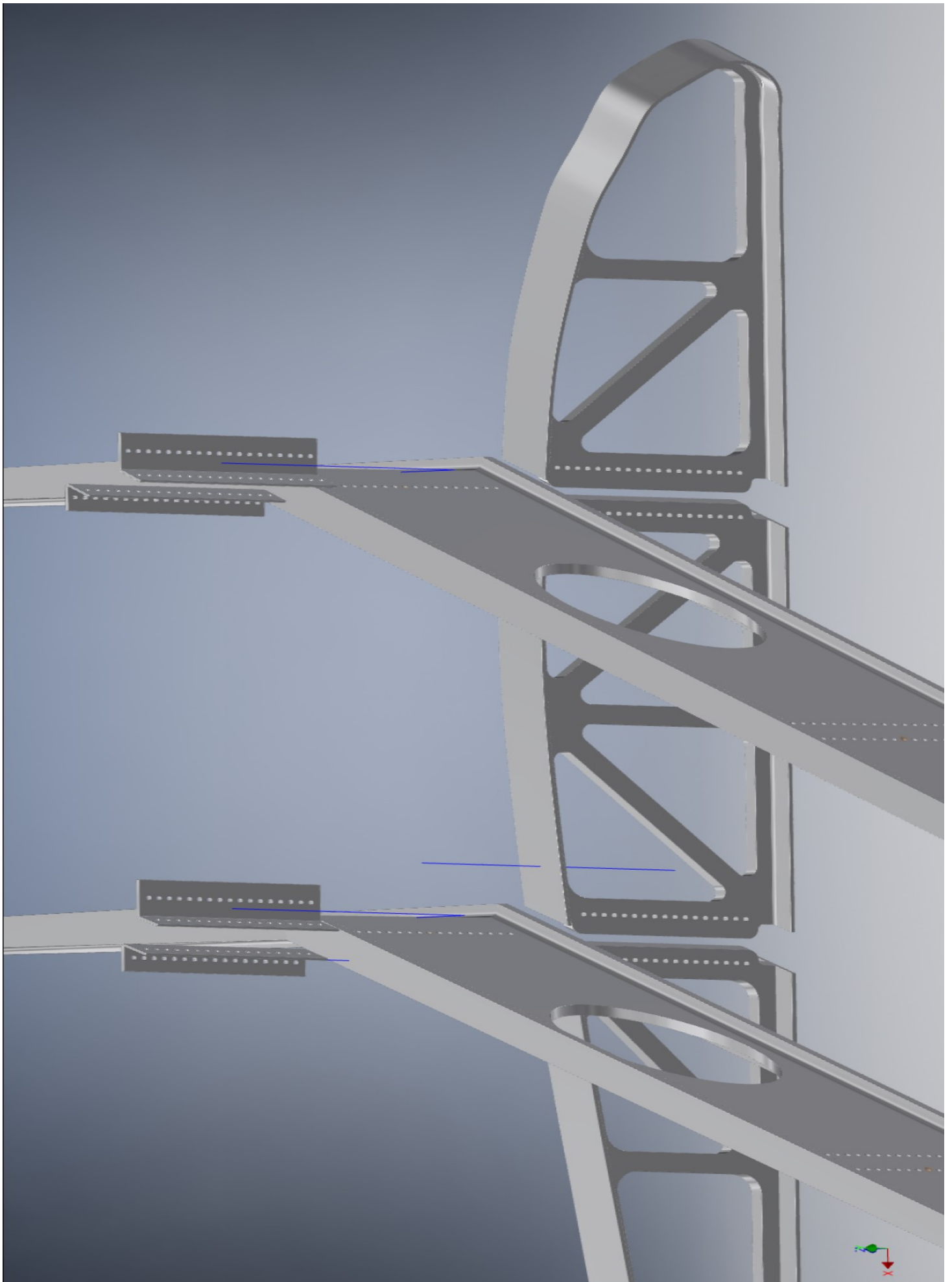


DESIGN	30/10/2016	TITLE	FAGE 7 COLLIN 4
CHECKED		DATE	
APPROVED		SCALE	0,10 : 1
REV		SIZE	D
		PROJ. NO.	Fage&collins04.spar2
		SHEET	1 OF 1

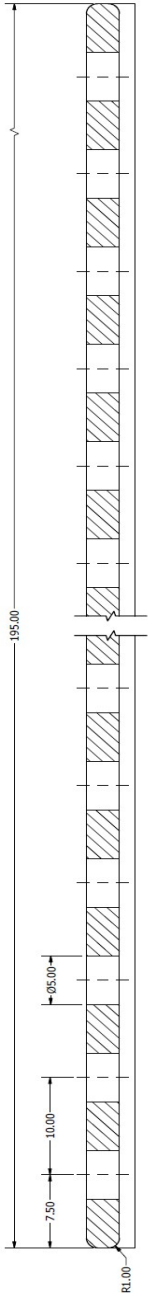
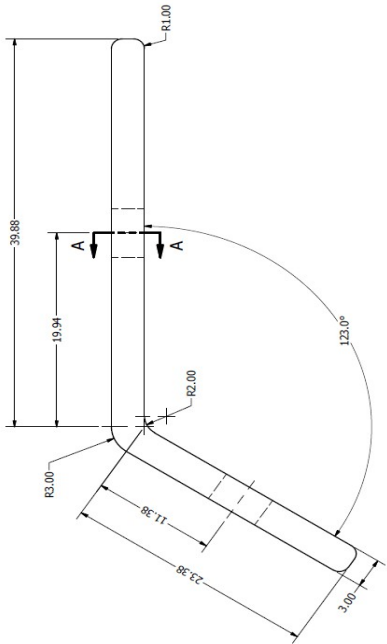
5177.89



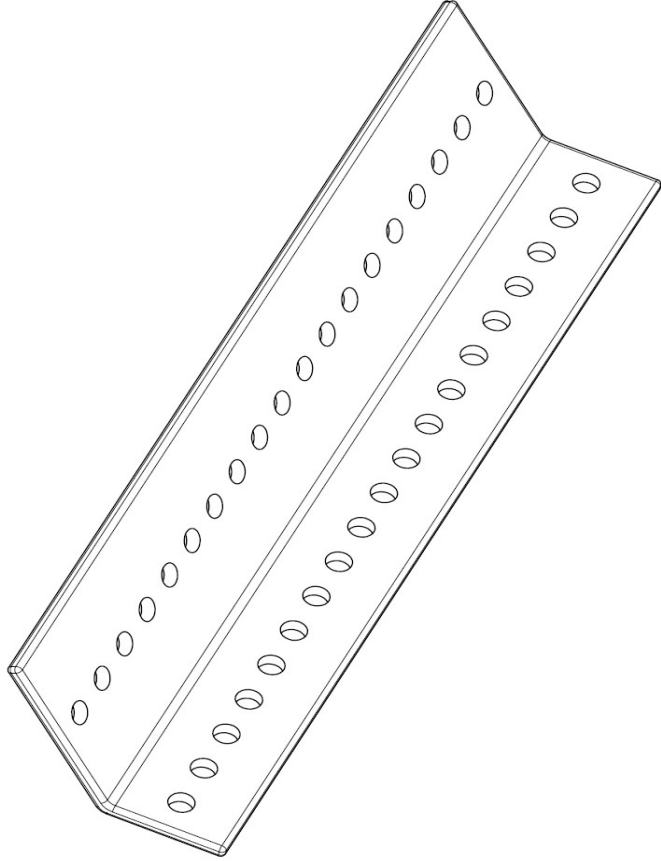
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Root



Συναρμολόγηση νεύρου (Rib) : Root

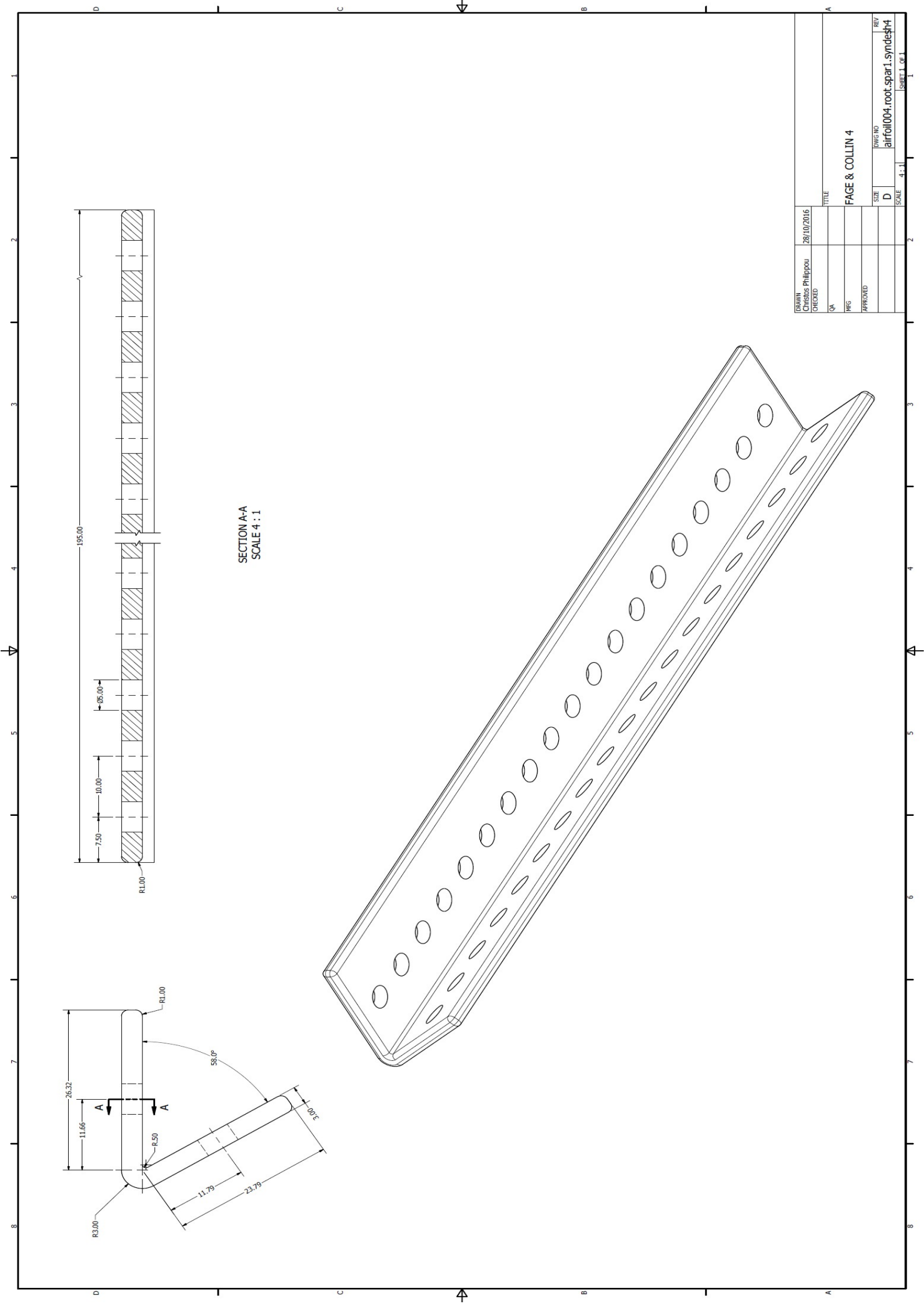


SECTION A-A
SCALE 4 : 1



DESIGN	28/10/2016	TITLE	
CHECKED		DATE	
QA		APPROVED	
PHG		SCALE	4:1
		SIZE	D
		REF	
		FILE NO	airfoil004.root.spar1_syndeh3
		SCALE	4:1
		SHEET	1 OF 1

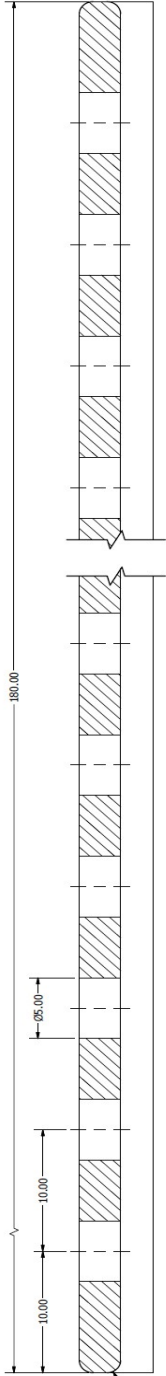
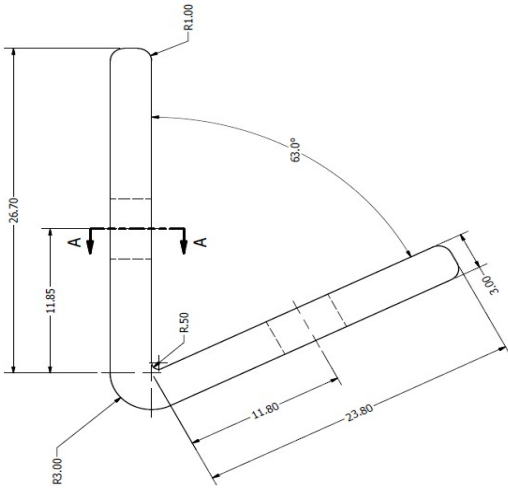
FAGE & COLLIN 4



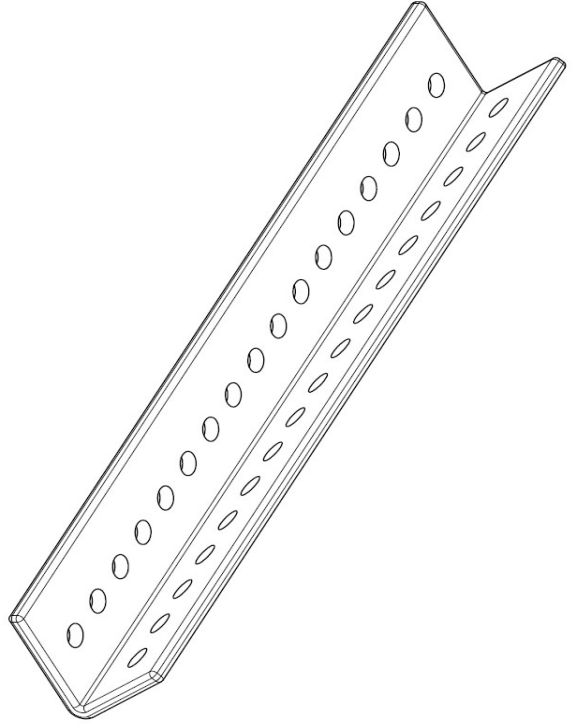
SECTION A-A
SCALE 4 : 1

DRAWN	28/10/2016	TITLE
CHECKED		
QA		
WEG		
APPROVED		
SIZE	DWG NO	REV
D	airfa004.root.spar1.syndesth4	
SCALE	4:1	SHEET 1 OF 1

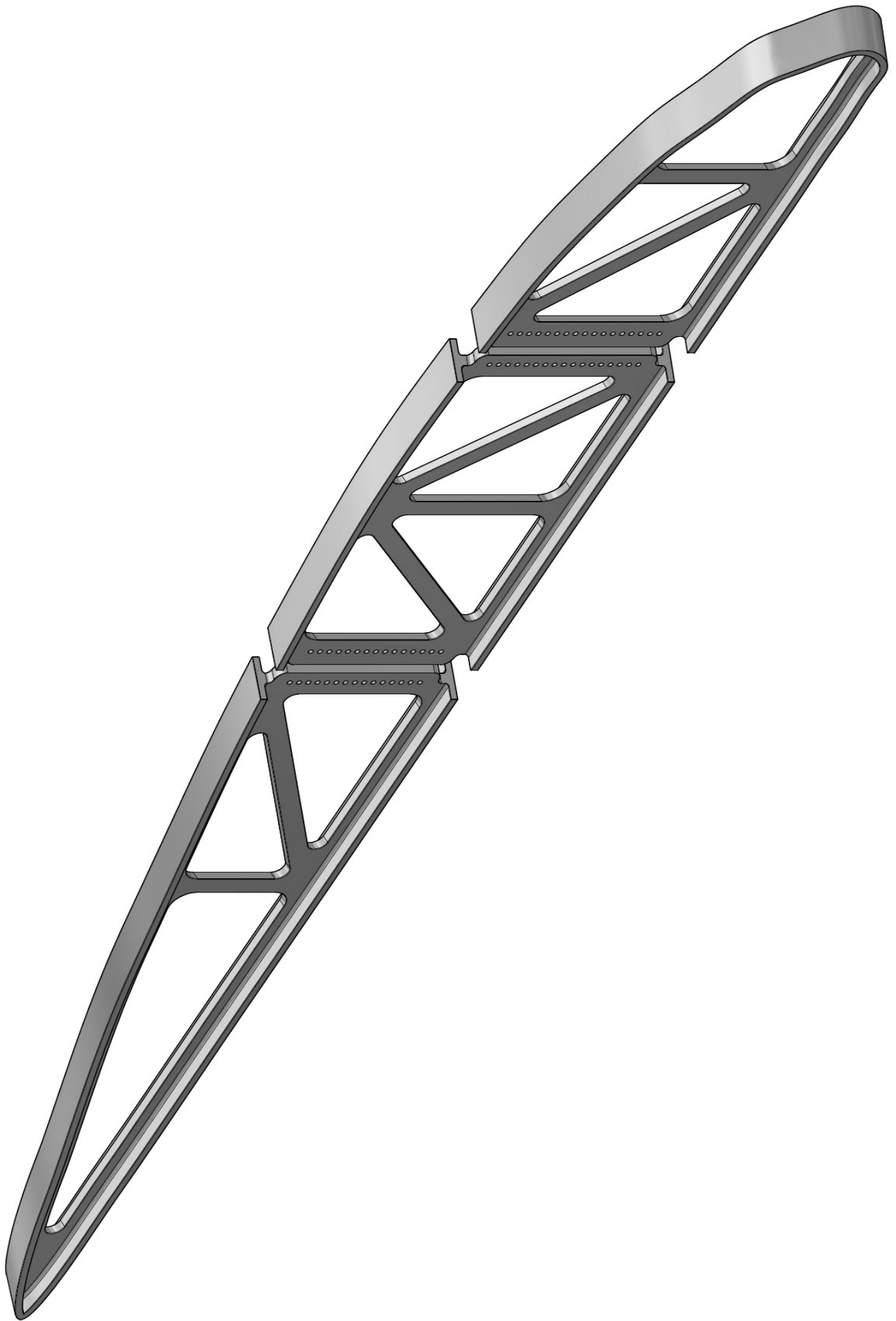
FAGE & COLLIN 4



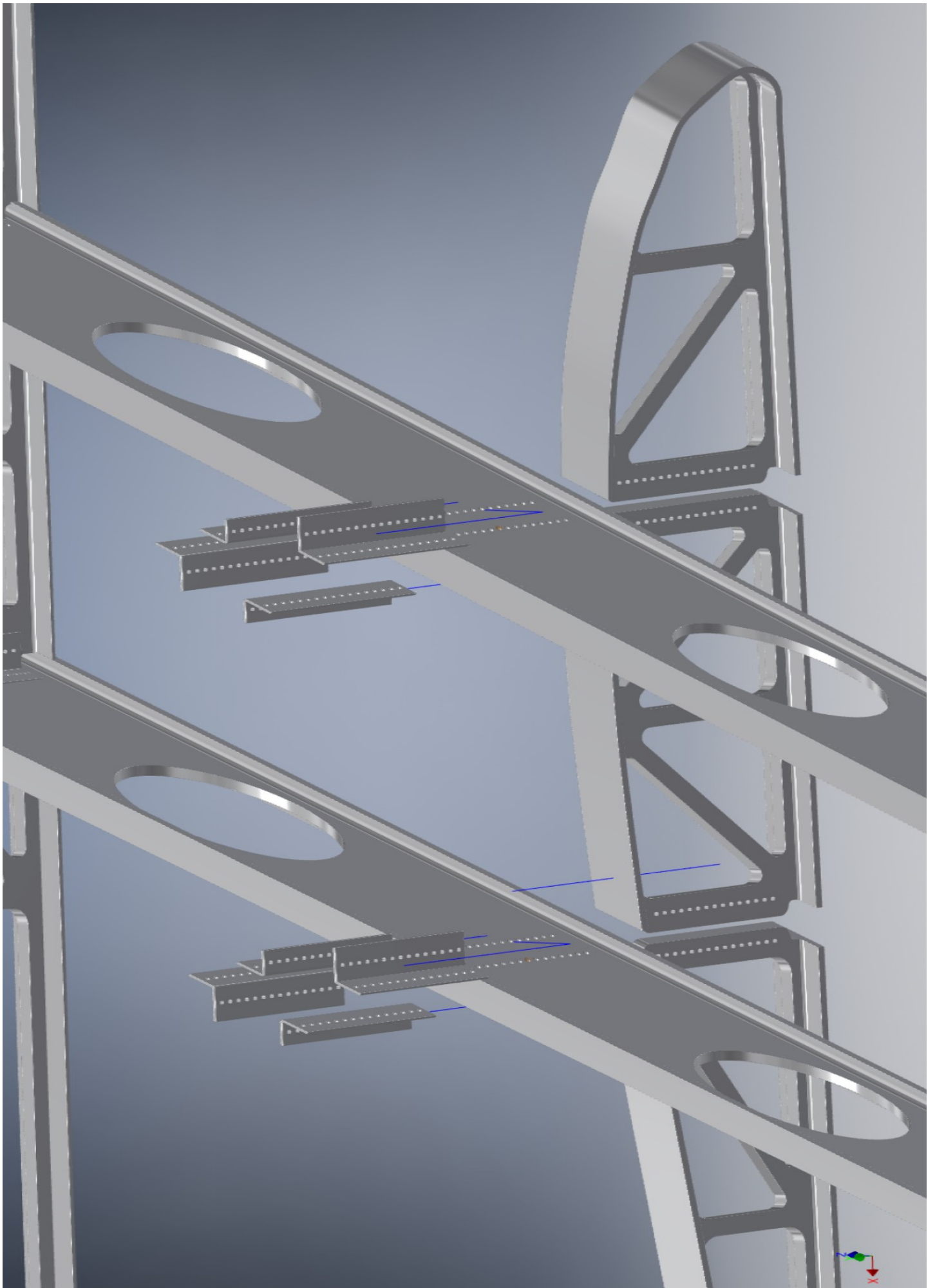
SECTION A-A
SCALE 5 : 1



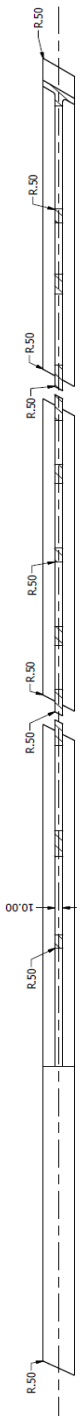
DRAWN	CHRISTOS FILIPPOU	28/10/2016	TITLE
CHECKED	QA		FAGE & COLLIN 4
APPROVED			
SIZE	DWG NO	REV	
D	airfoil004.root.spar2.syndesh4		
SCALE	5:1	SHEET	1



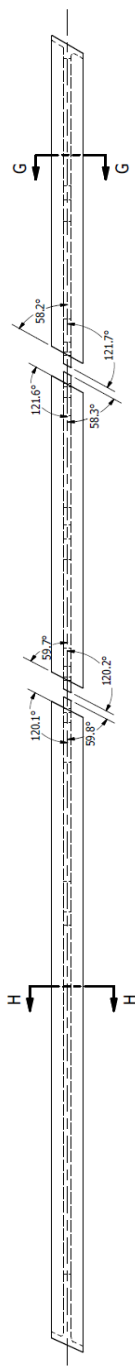
Απεικόνιση νεύρου (Rib) :Rib01



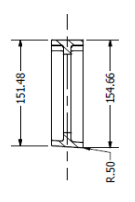
Συναρμολόγηση νεύρου (Rib) : Rib 01



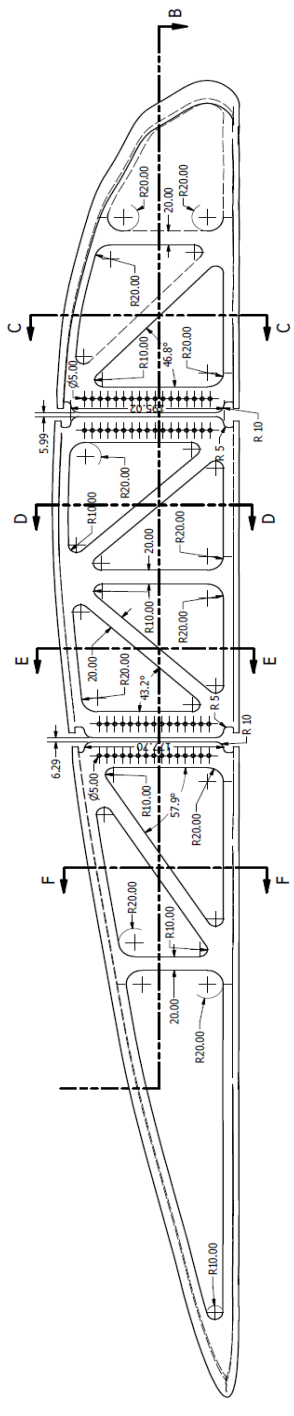
SECTION B-B
SCALE 1/3.5



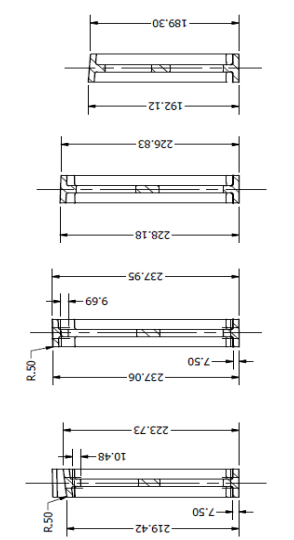
SECTION G-G
SCALE 1/3.5



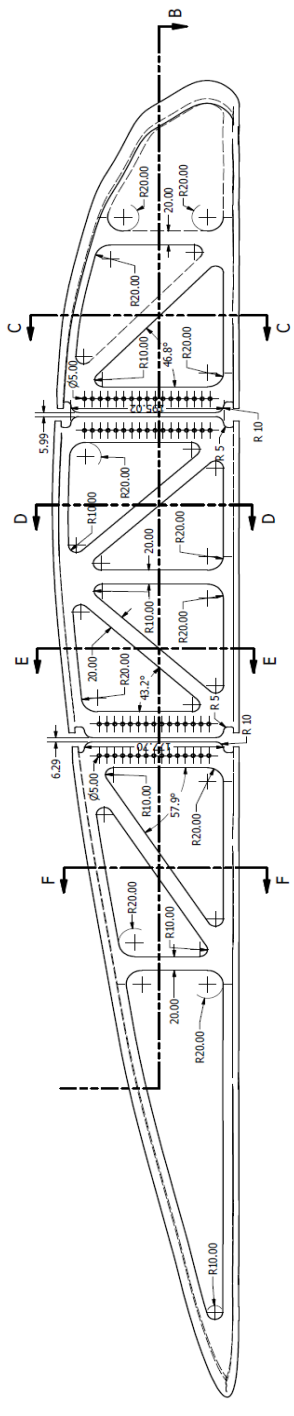
SECTION H-H
SCALE 1/3.5



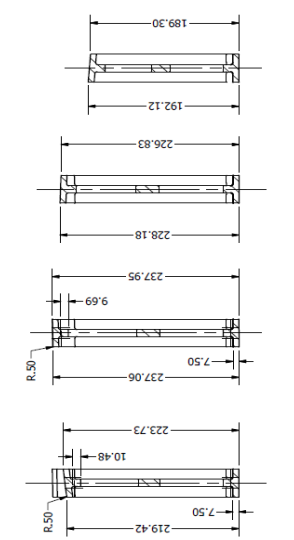
SECTION C-C
SCALE 1/3.5



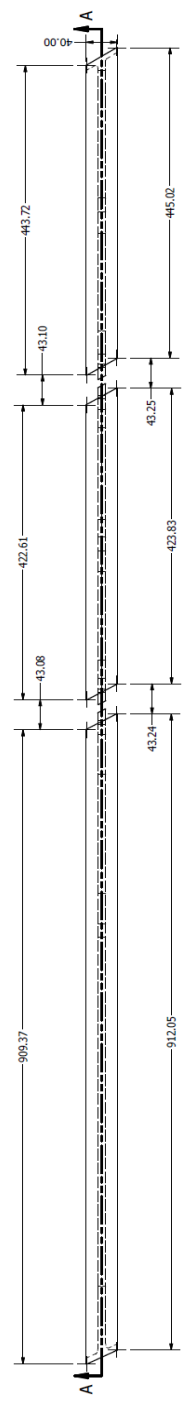
SECTION D-D
SCALE 1/3.5



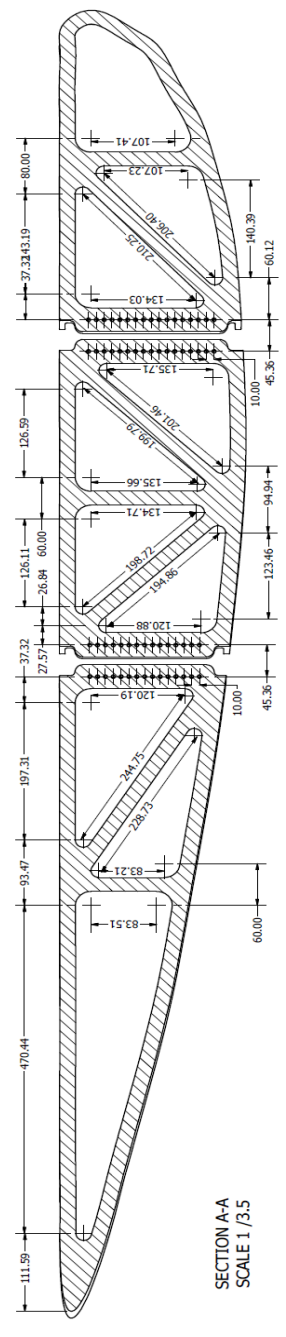
SECTION E-E
SCALE 1/3.5



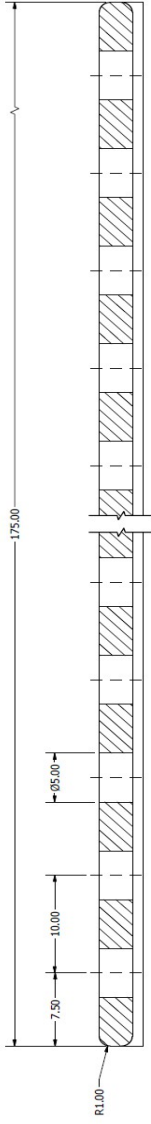
SECTION F-F
SCALE 1/3.5



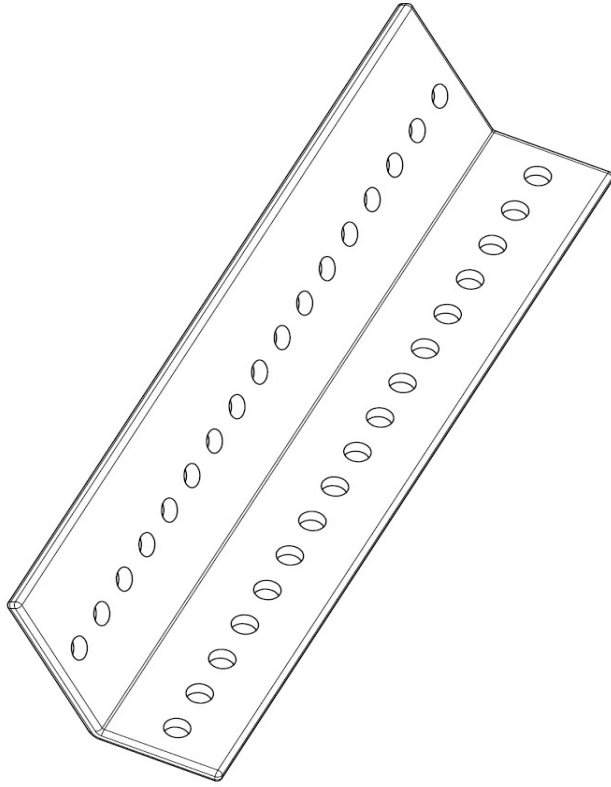
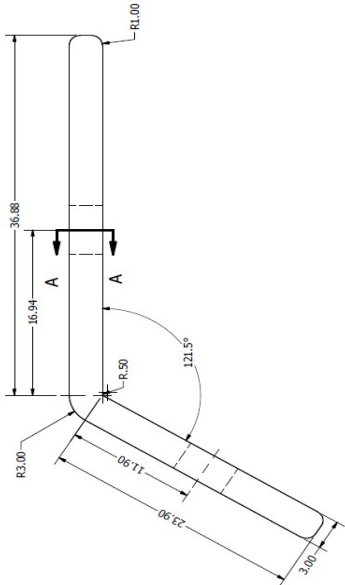
SECTION A-A
SCALE 1/3.5



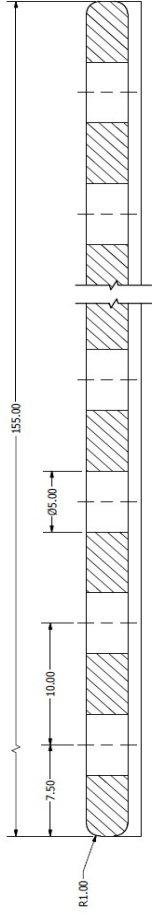
DRAWN	Christos Philippou	20/9/2016	TITLE	
CHECKED	CP			
APPROVED	MF			
			FACE & COLLIN 4	
SIZE	D	DWG NO	airfoil004.rib01.2016	
SCALE	1/3.5	SHEET	1 OF 1	



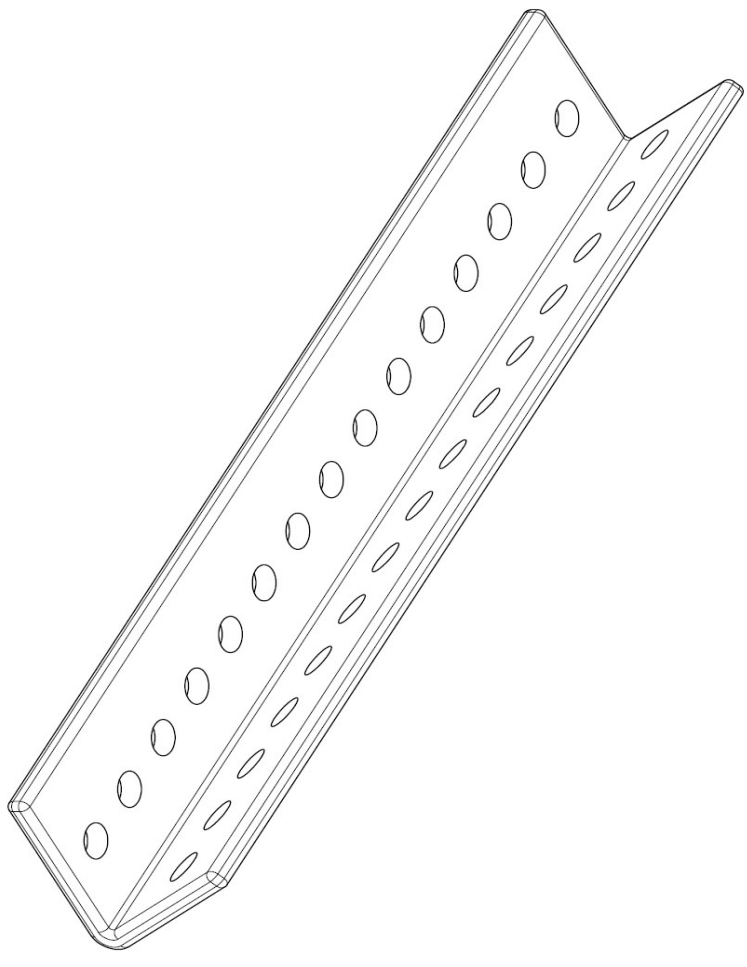
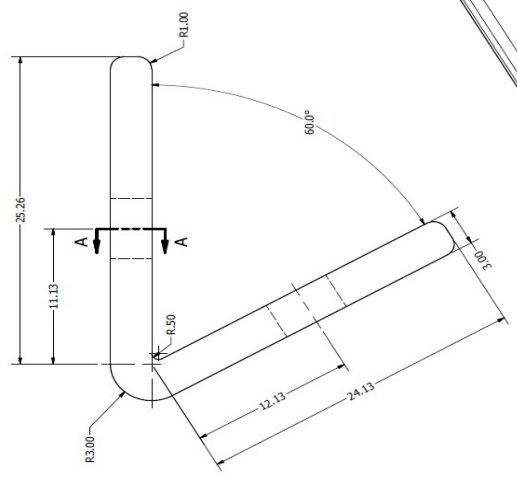
SECTION A-A
SCALE 4 : 1



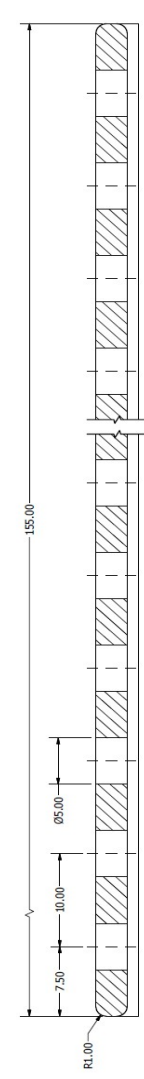
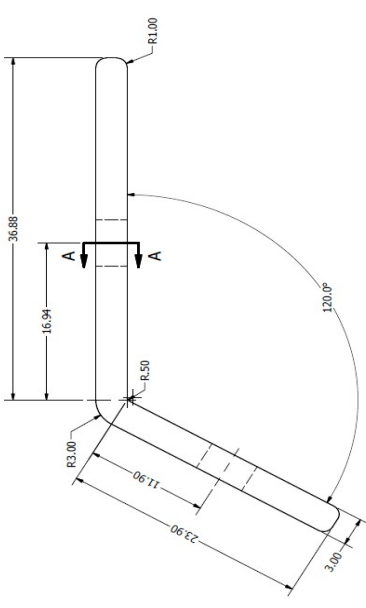
DRAWN Christos Filippou	28/10/2016	TITLE
CHECKED		
DATE		
DESIGNED MFG		FAGE & COLLIN 4
APPROVED		
SIZE	DWG NO	REV
D	airfoil004.rb01.spar1.syndest2	
SCALE	4:1	SHEET 1 OF 1



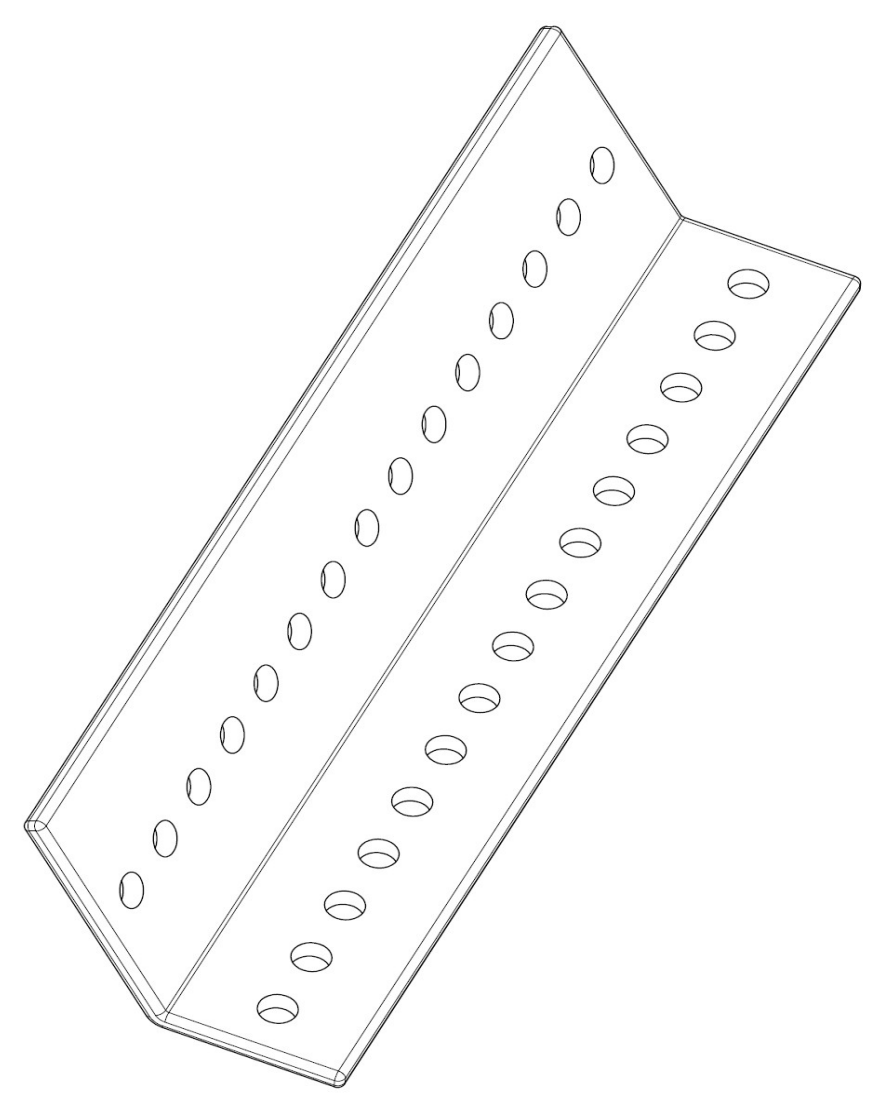
SECTION A-A
SCALE 5 : 1



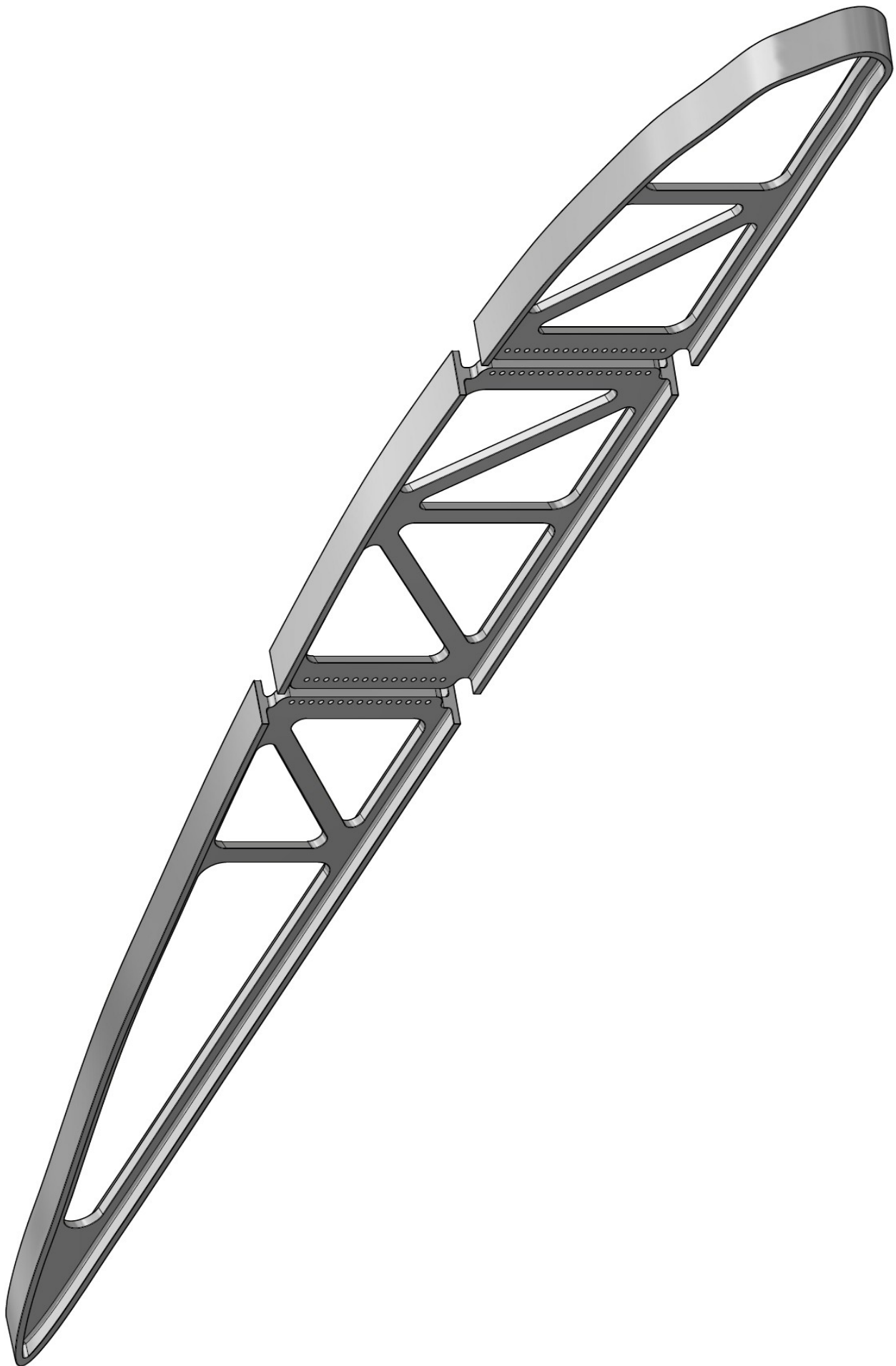
DRAWN	CHRISTOS FILIPPOU	28/10/2016	TITLE
CHECKED	OK		FAGE & COLLIN 4
APPROVED	PMG		
SCALE	D	5:1	
SHEET	1	OF 1	



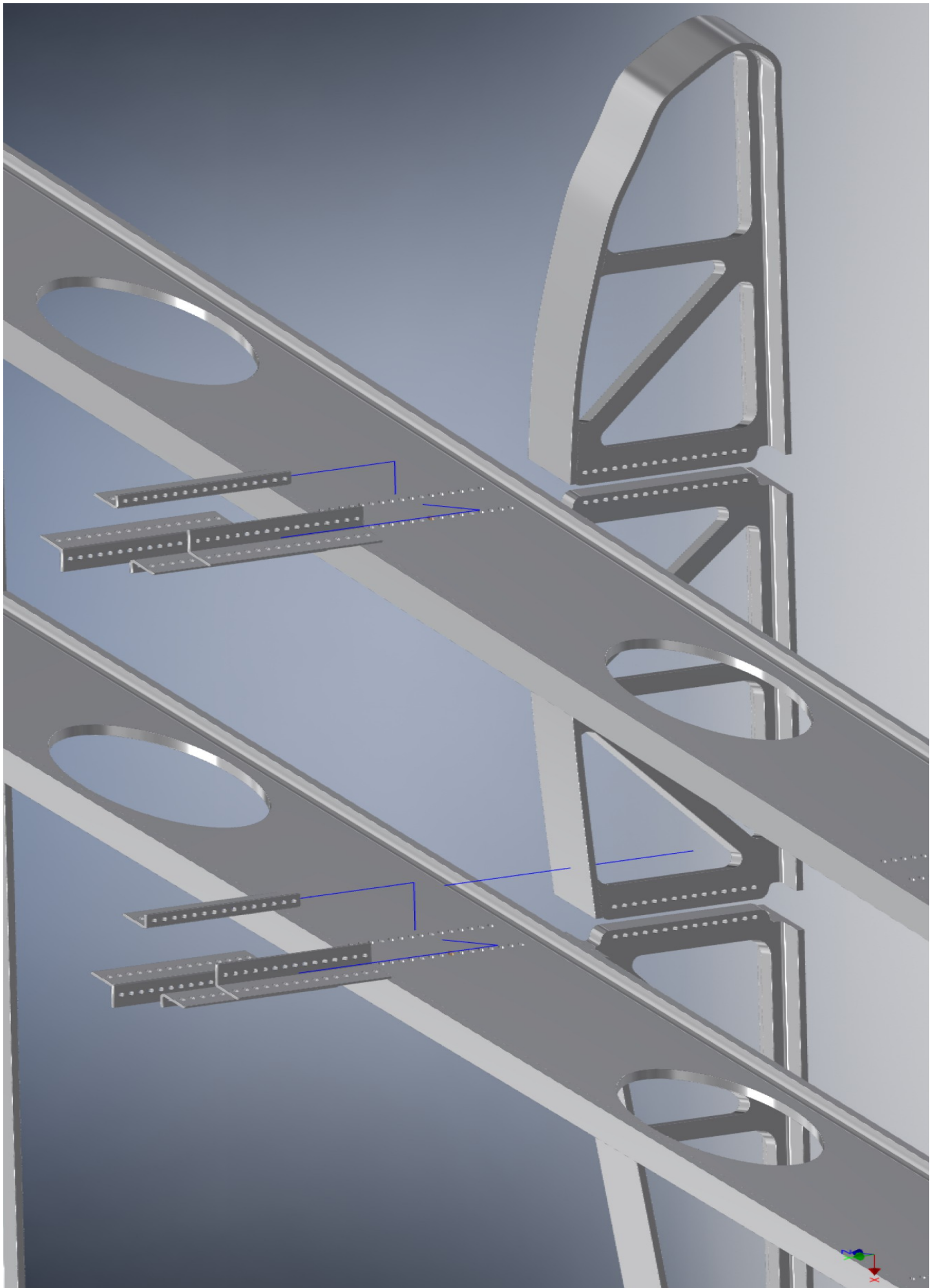
SECTION A-A
SCALE 3.8 : 1



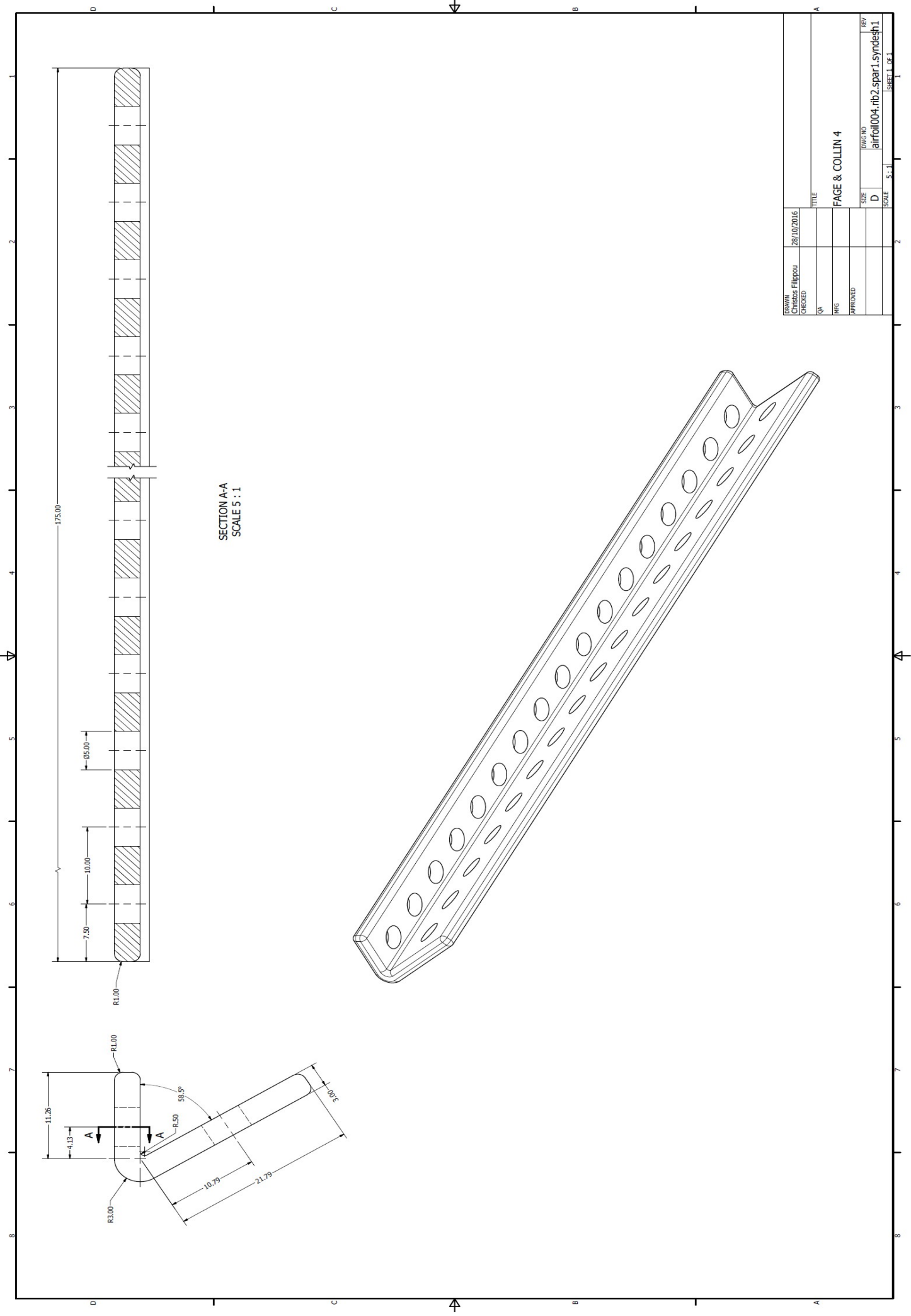
DRAWN CHRISTOS ELLIPOU	28/10/2016	TITLE
CHECKED		
QA		
MFG		
APPROVED		
PAGE & COLLIN 4		
SIZE	DWGNO	REV
D	airfol004.nib01.spar2.syndtsh2	
SCALE	3.8:1	SHEET 1 OF 1



Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib 02

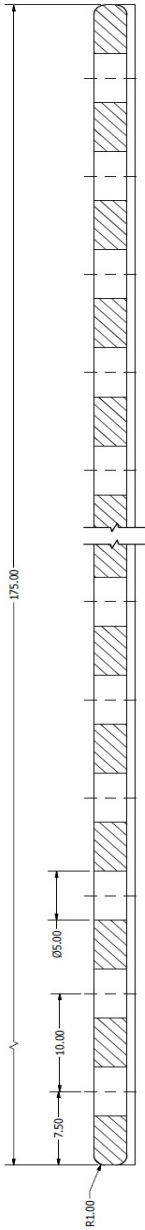


Συναρμολόγηση νεύρου (Rib) : Rib 02

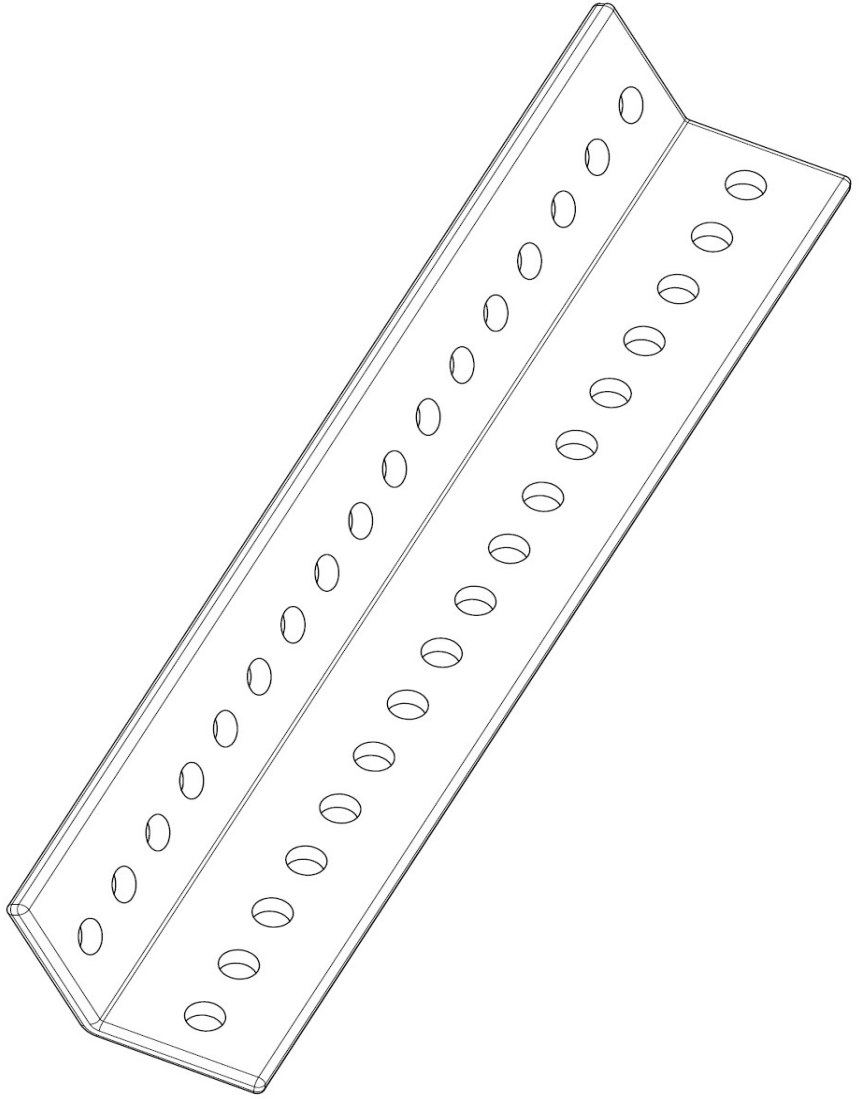
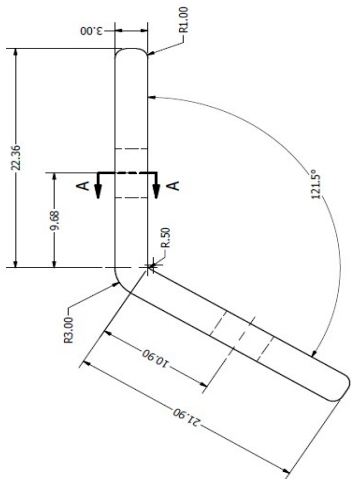


SECTION A-A
SCALE 5 : 1

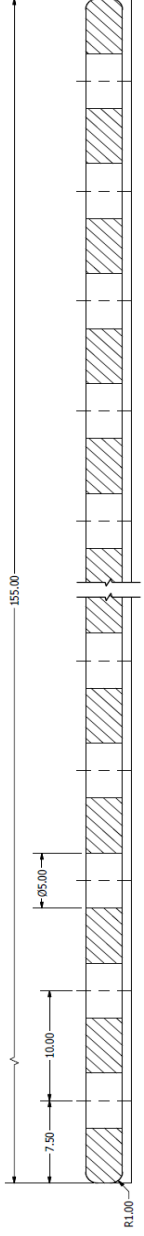
DESIGN	28/10/2016	TITLE	
CHECKED	Charles Filippou		
QA			FAGE & COLLIN 4
PHG			
APPROVED			
SIZE	D	REV	
SCALE	5:1	FILE NO	airfoil004_rib2_spar1_synthesht
			SHEET 1 OF 1



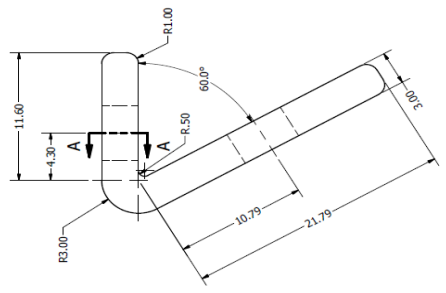
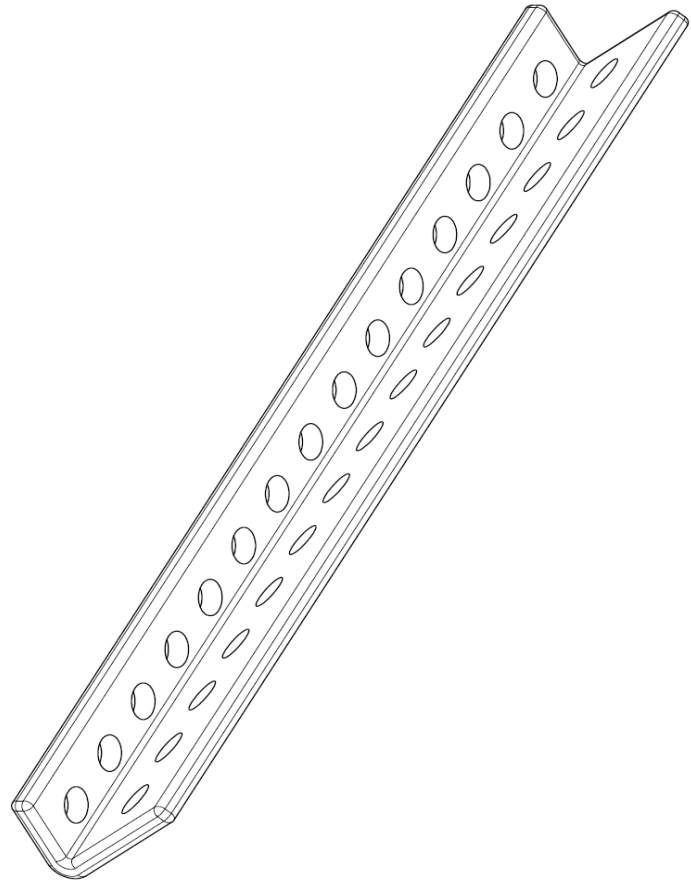
SECTION A-A
SCALE 4 : 1



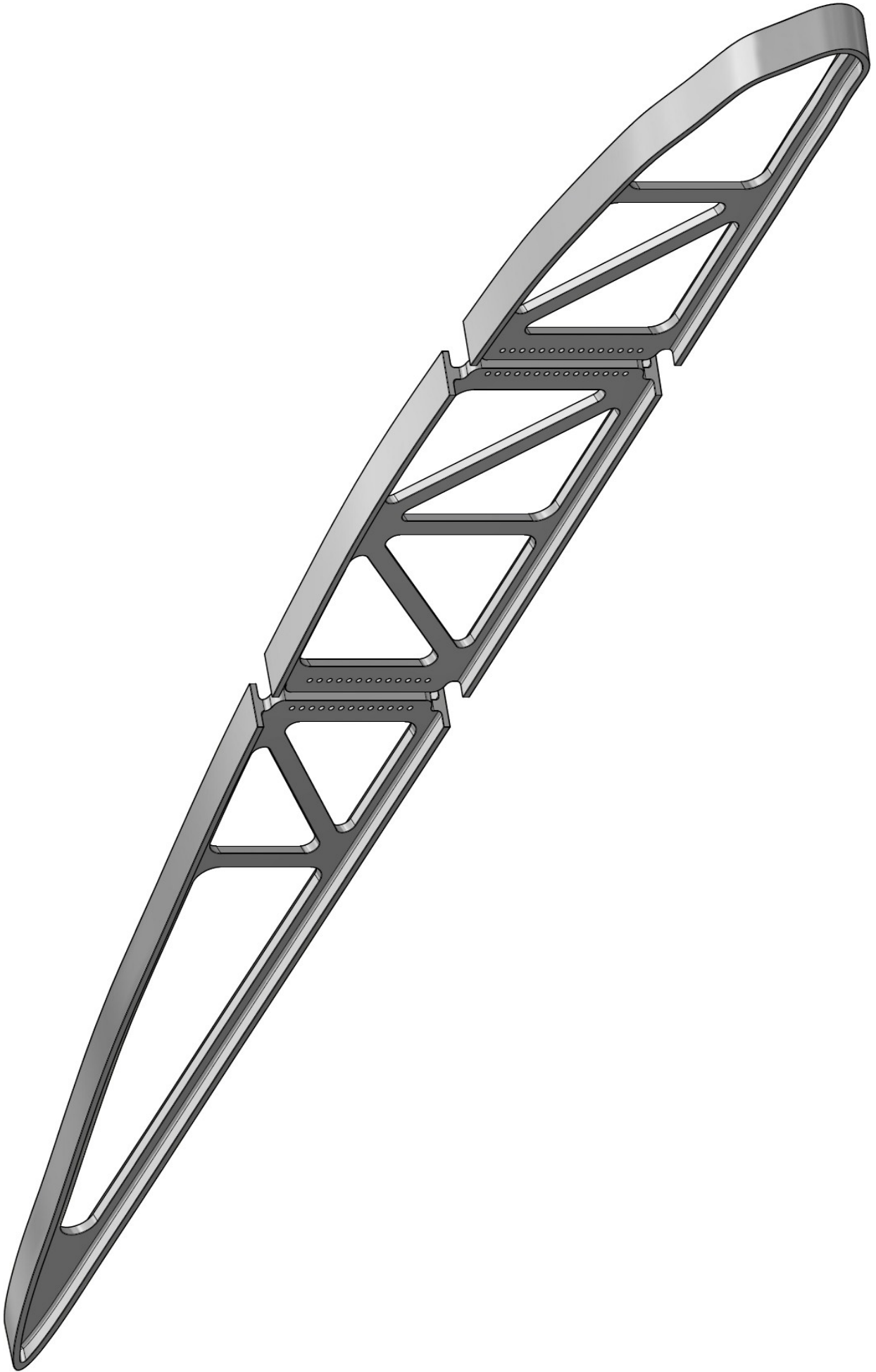
DRAWN Christos Filippou	28/10/2016	TITLE
CHECKED		FACE & COLLIN 4
DATE		SIZE
MFG		D
APPROVED		SCALE
		4 : 1
		REV
		D
		airfoil004_nb2.spar1_syndesh2
		SHEET 1 OF 1



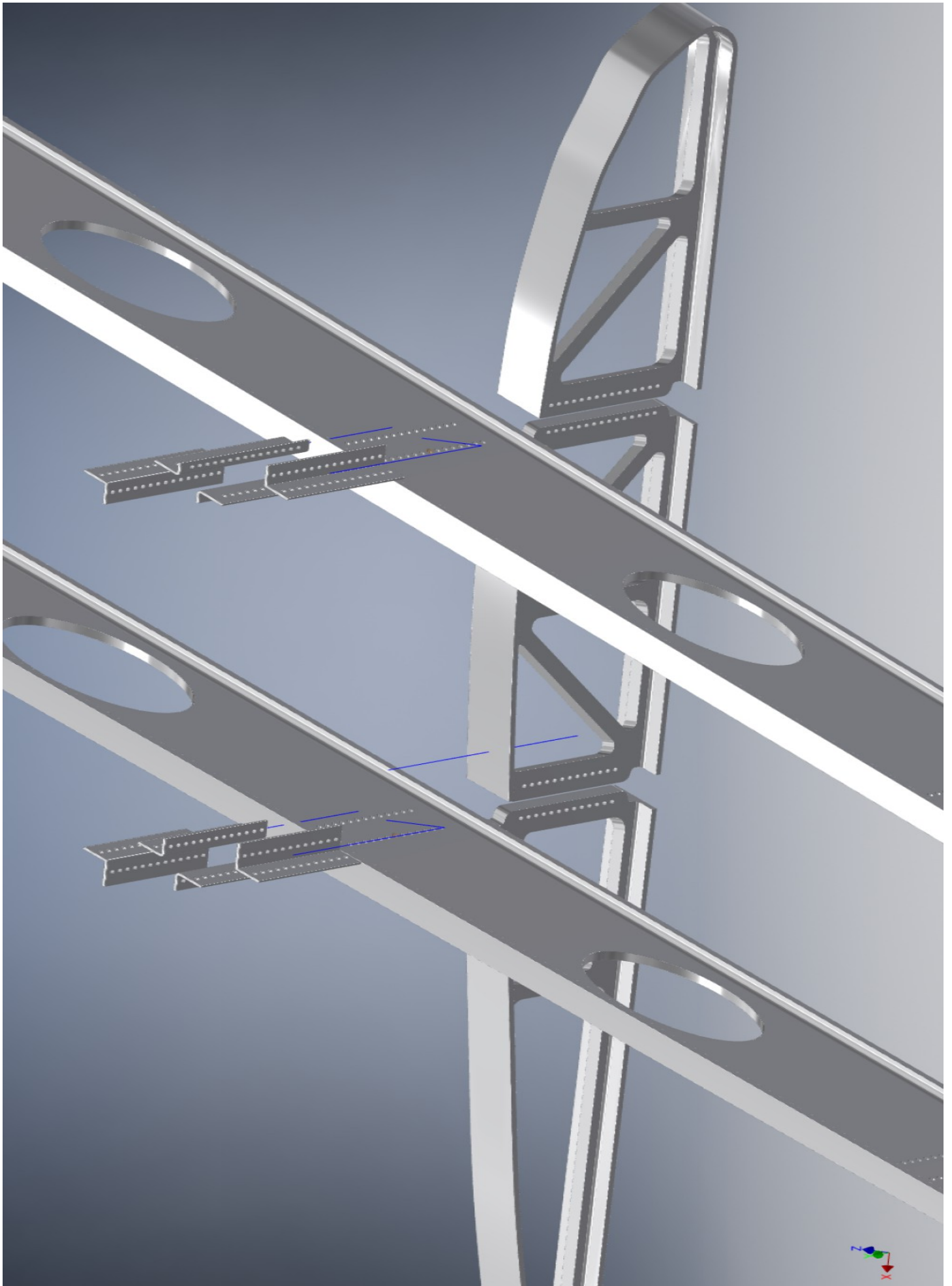
SECTION A-A
SCALE 4.5: 1



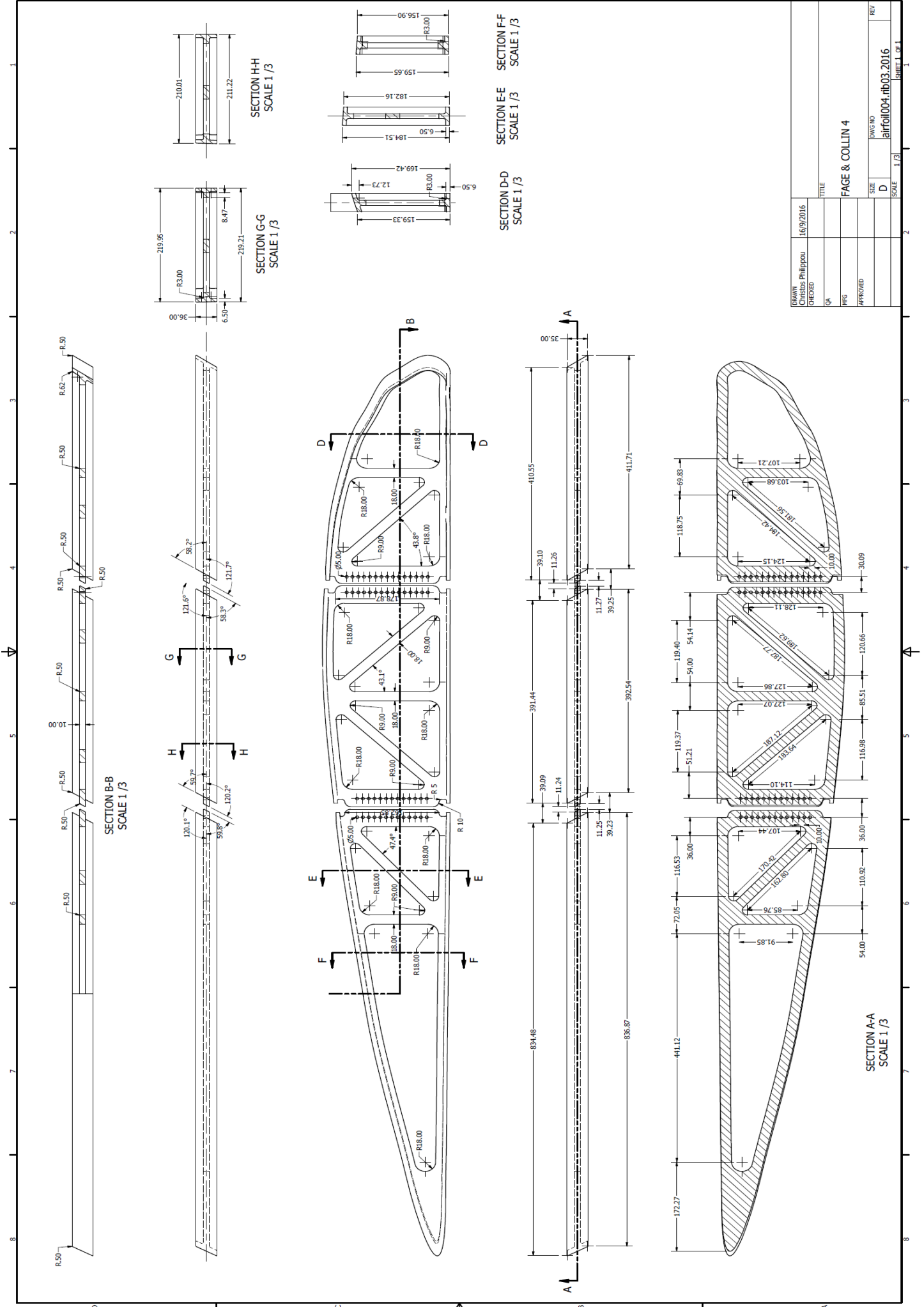
DRAWN	28/10/2016	TITLE
CHECKED		FACE & COLLIN 4
QA		
PMFG		
APPROVED		
SIZE	D	REV
SCALE	4.5: 1	airfoil004.nb2.spar2.syndesh1
		SHEET 1 OF 1



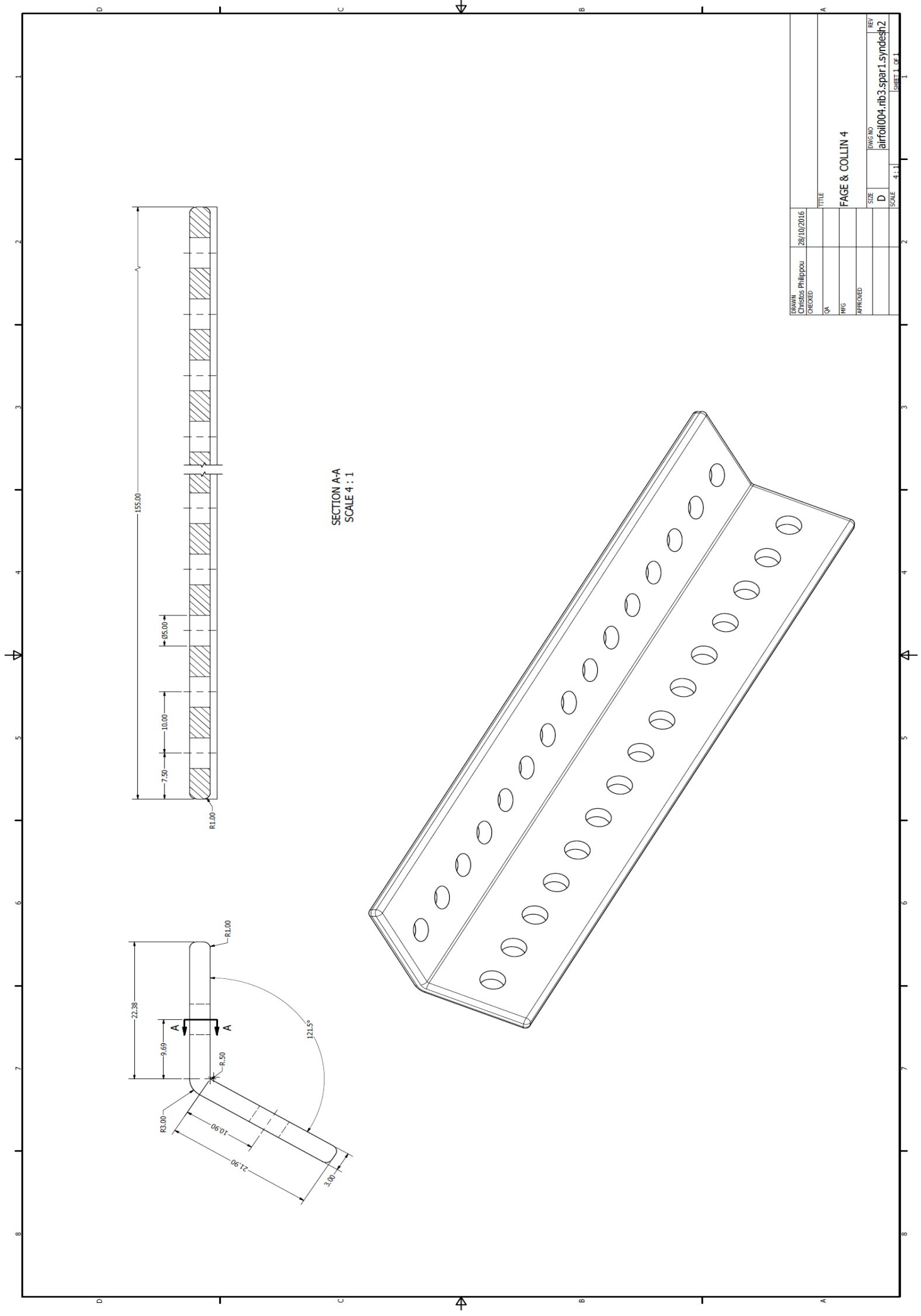
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : rib 03



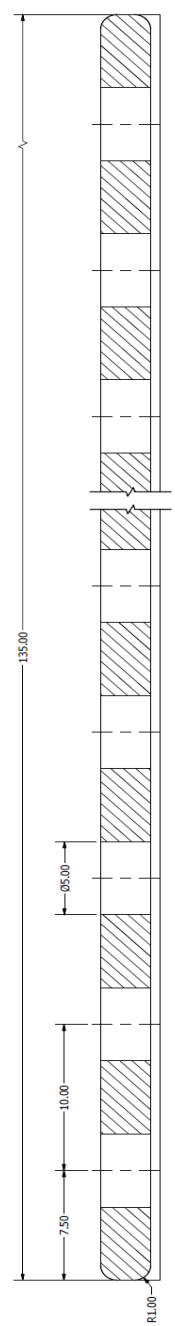
Συναρμολόγηση νεύρου (Rib) : Rib 03



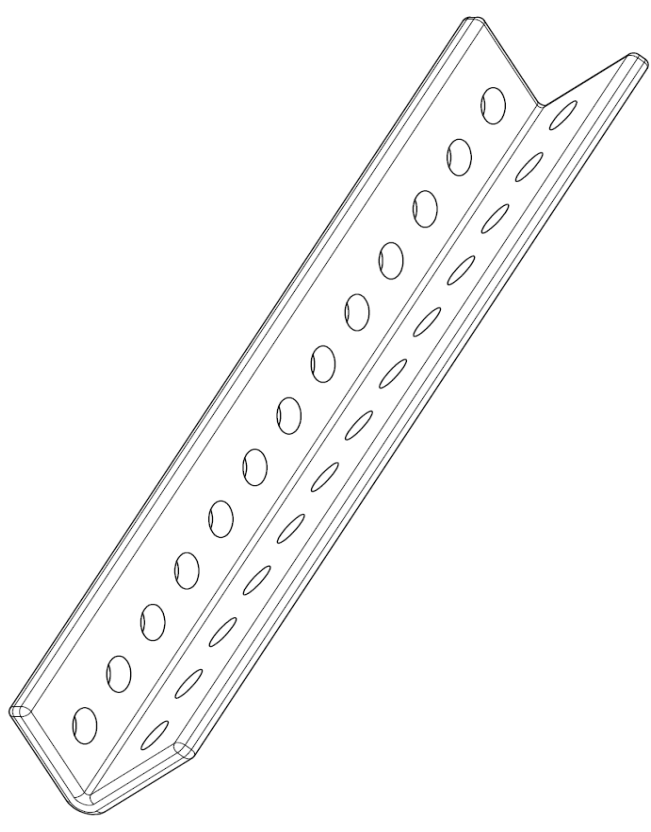
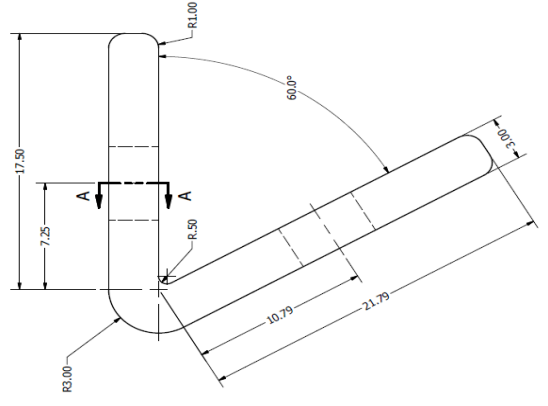
DATE	16/9/2016
DRAWN	Christos Philippou
CHECKED	QA
DESIGNED	MHG
APPROVED	
TITLE	FAGE & COLLIN 4
SIZE	D
DWG NO	airfoil004.nb03.2016
SCALE	1/3
REV	



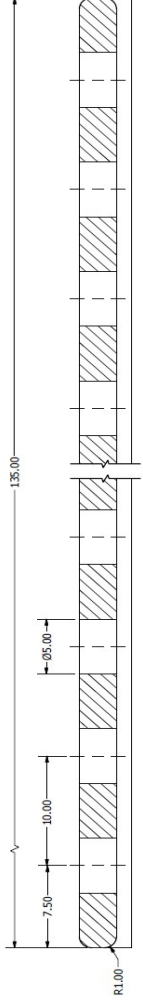
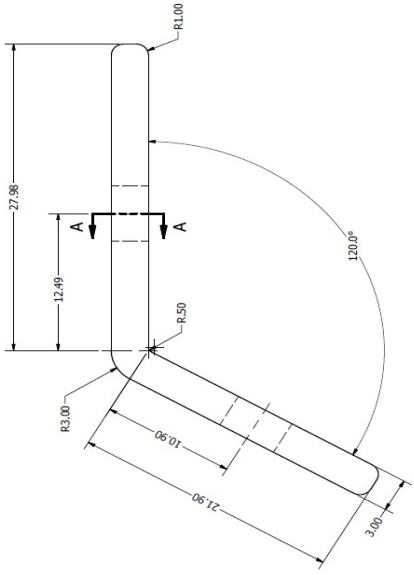
DRAWN	CHRISTOS PHILIPPOU	28/10/2016	TITLE
CHECKED	QA		FAGE & COLLIN 4
APPROVED	PMG		
SCALE	DWG NO	REV	
D	airfoil004.rib3.spar1.syndesh2		
4:1			



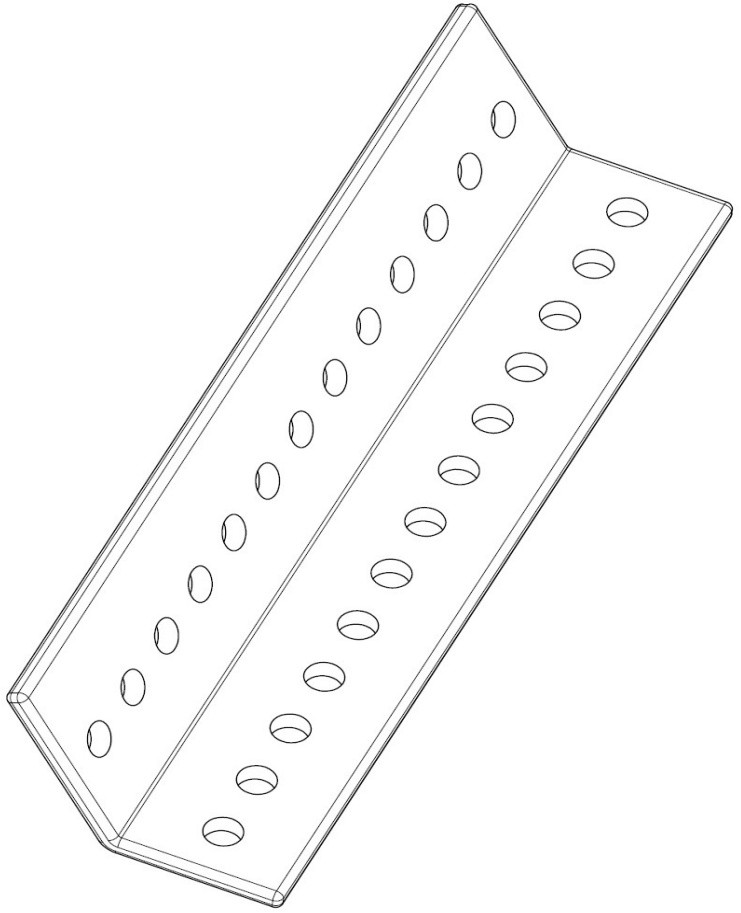
SECTION A-A
SCALE 6: 1



DRAWN	28/10/2016	TITLE
CHECKED		FACE & COLLIN 4
DATE		
DESIGNER		
APPROVED		
SIZE	D	REV
SCALE	6:1	airfoil004.rib3.spar2.synthes1
		SHEET 1 OF 1

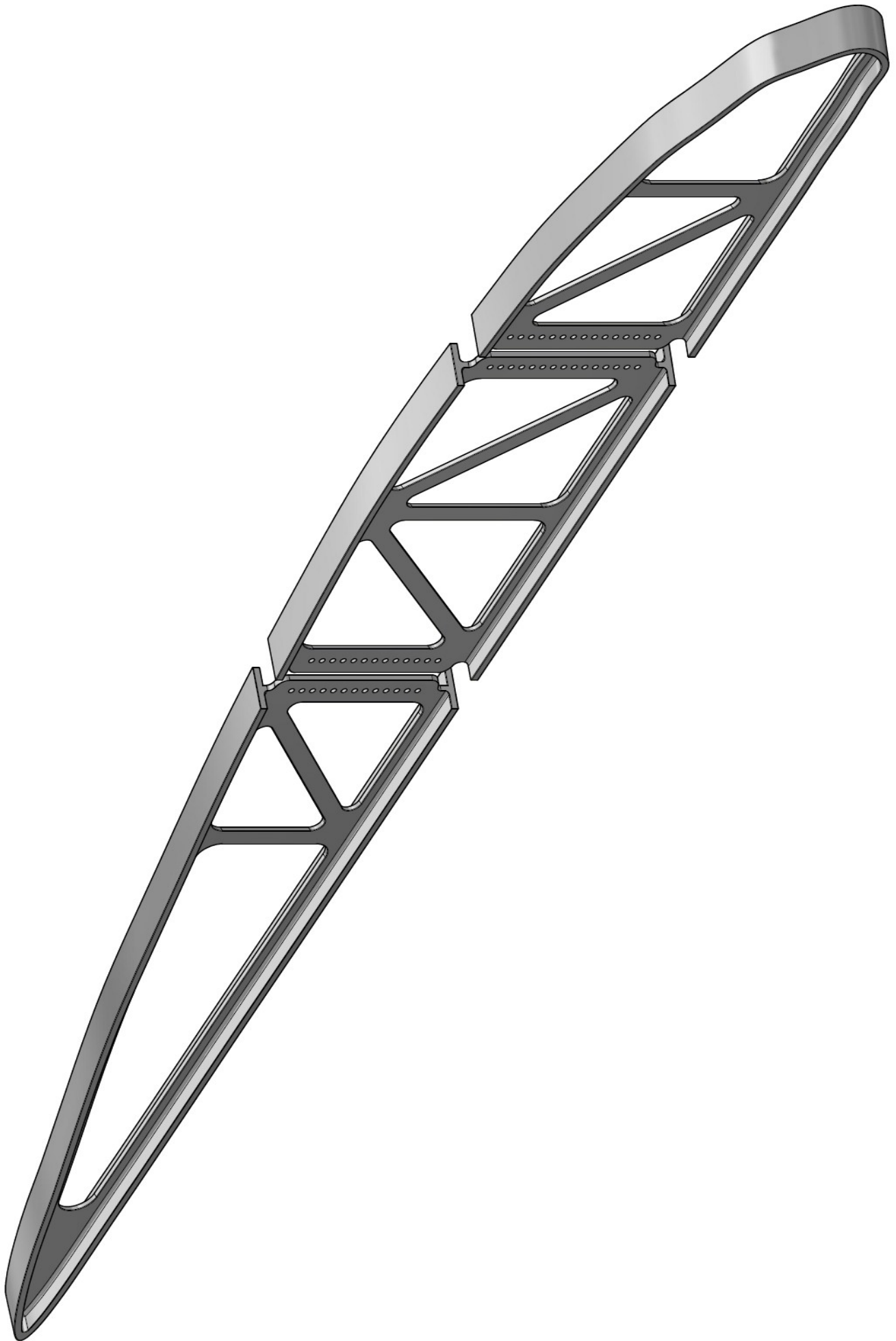


SECTION A-A
SCALE 4.5 : 1

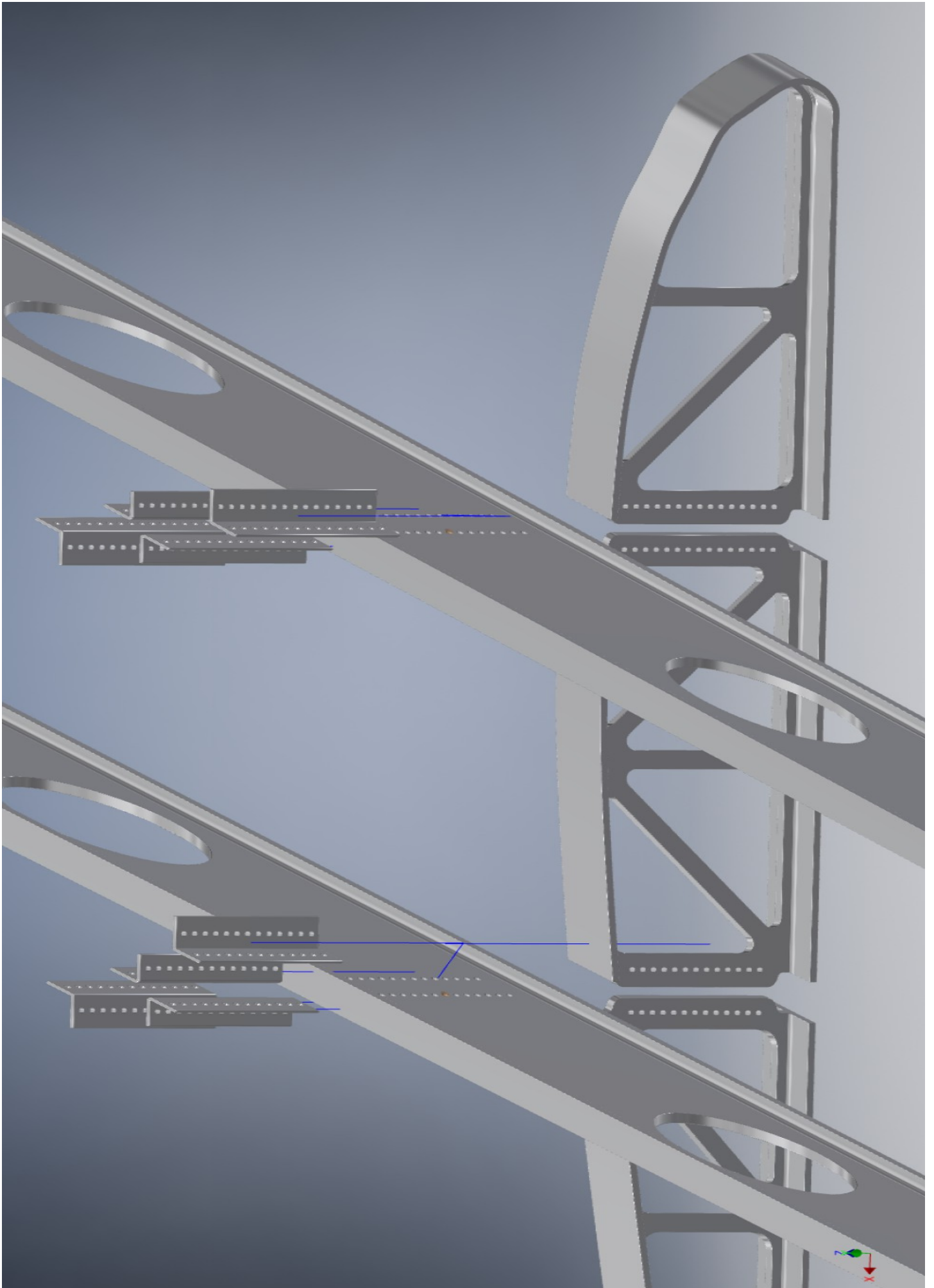


DRAWN	CHRISOS PHILIPPOU	28/10/2016	TITLE
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
SIZE	DWG/STG	REV	
D	airfoil004_rib3_spar2_synthesis2		
SCALE	4.5:1	SHEET	1 OF 1

FAGE & COLLIN 4



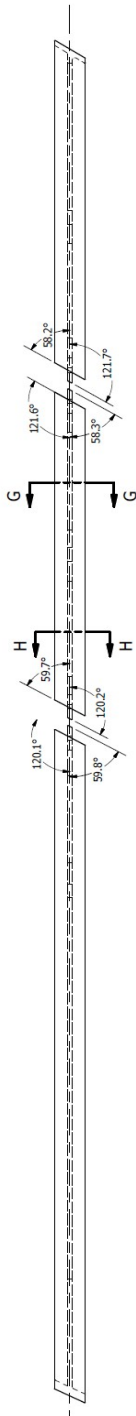
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib 04



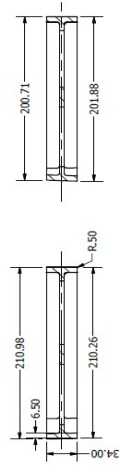
Συναρμολόγηση νεύρων (Rib) : Rib 04



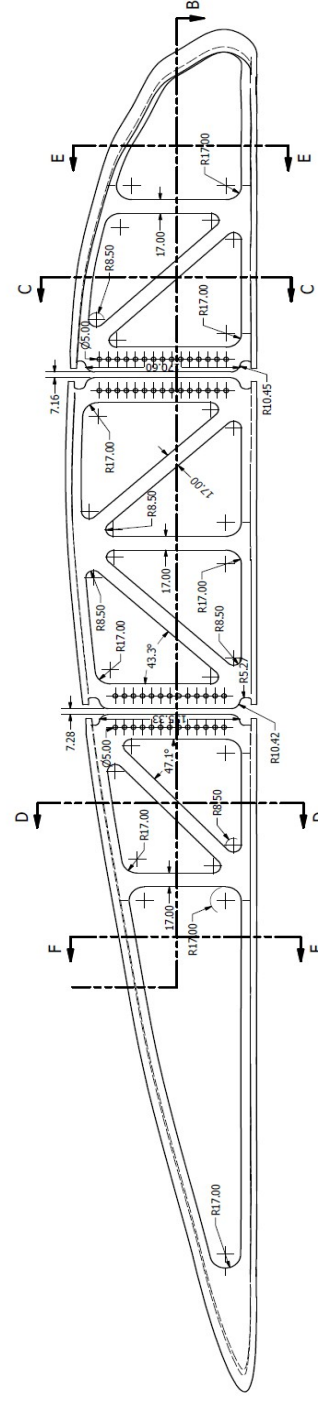
SECTION B-B
SCALE 1/3



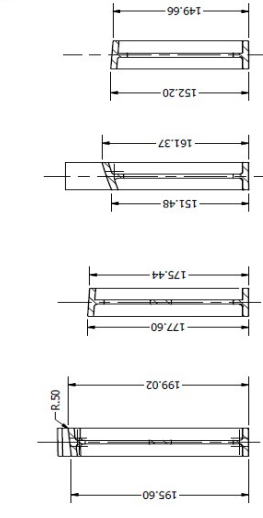
SECTION G-G
SCALE 1/3



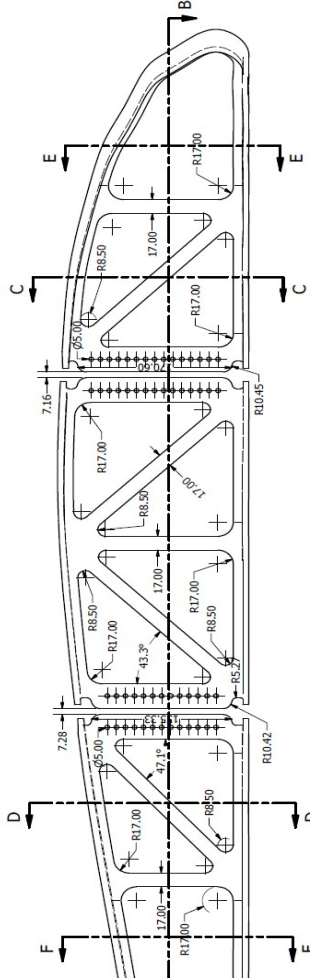
SECTION H-H
SCALE 1/3



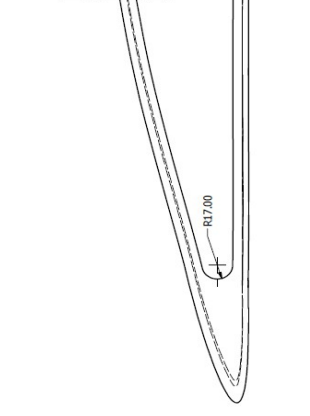
SECTION C-C
SCALE 1/3



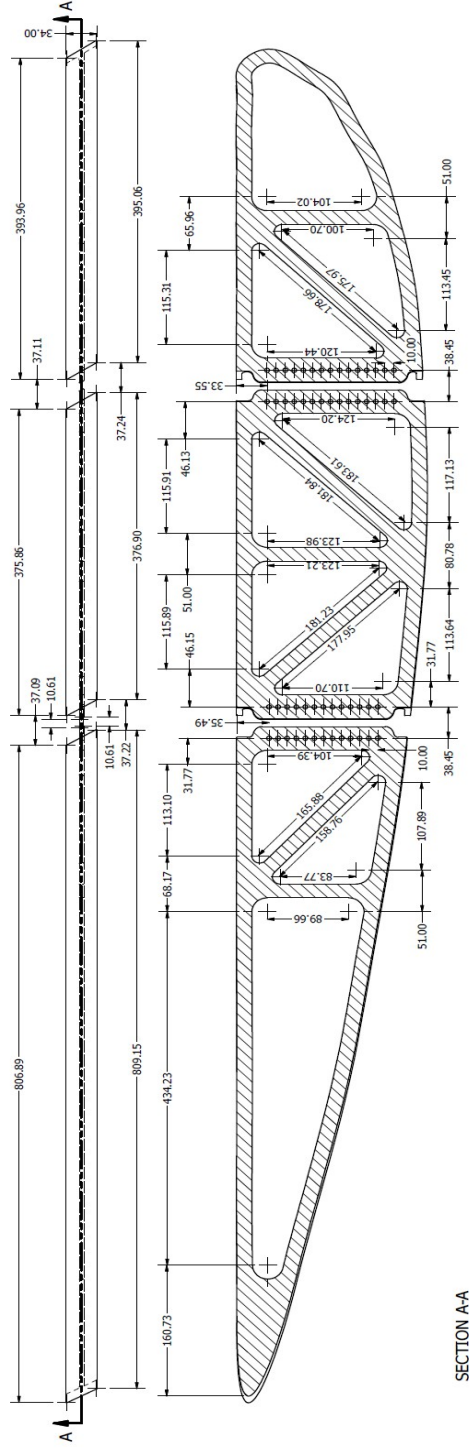
SECTION D-D
SCALE 1/3



SECTION E-E
SCALE 1/3



SECTION F-F
SCALE 1/3



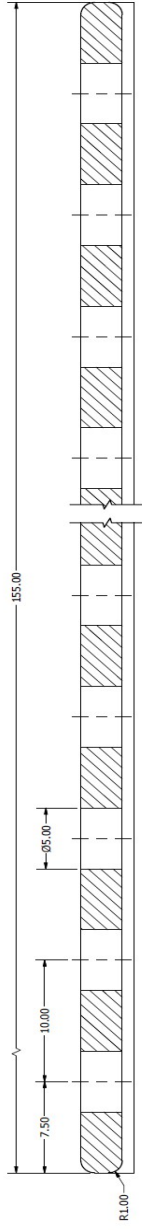
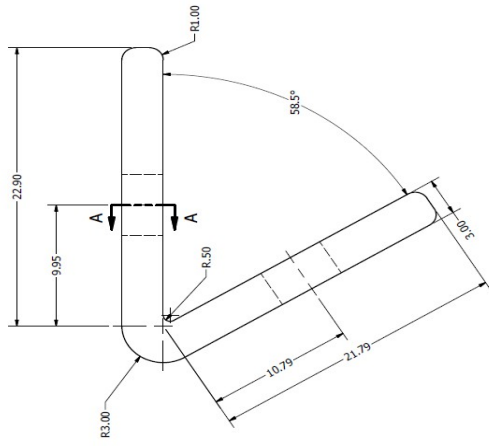
SECTION A-A
SCALE 1/3

DESIGN	16/9/2016	TITLE	
CHECKED	Chris Philippou	DATE	
DATE		APPROVED	
BY		SCALE	1/3
REV			

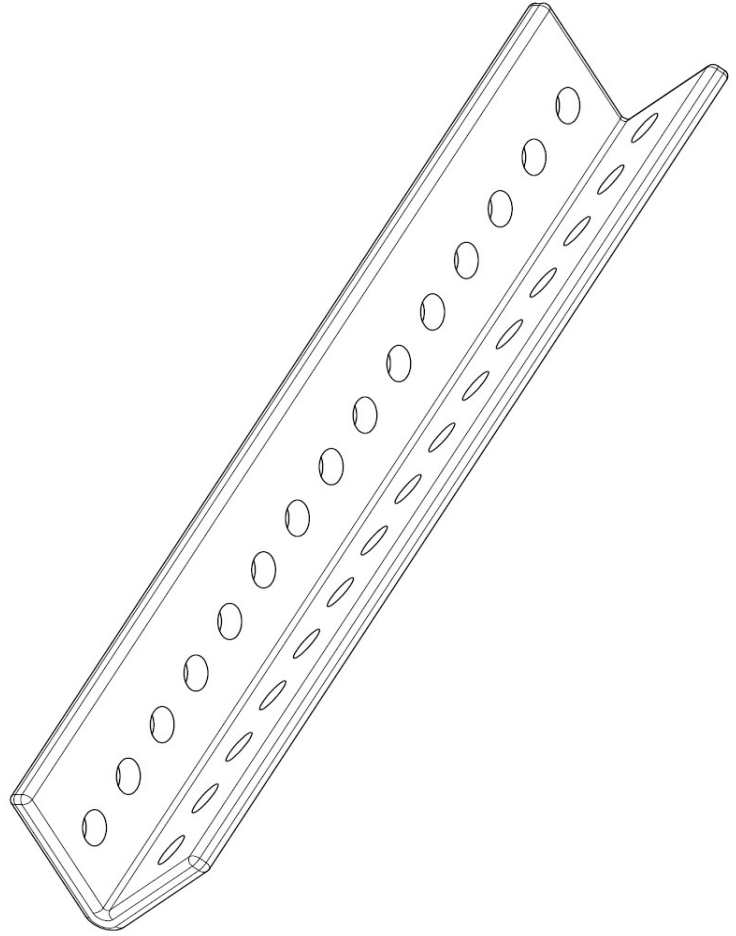
FACE & COLLIN 4

DWG NO
airfoil004.rlb04.2015

SHEET 1 OF 1

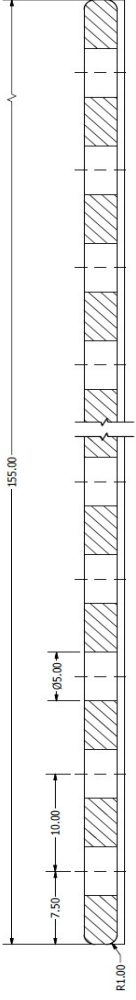


SECTION A-A
SCALE 5 : 1

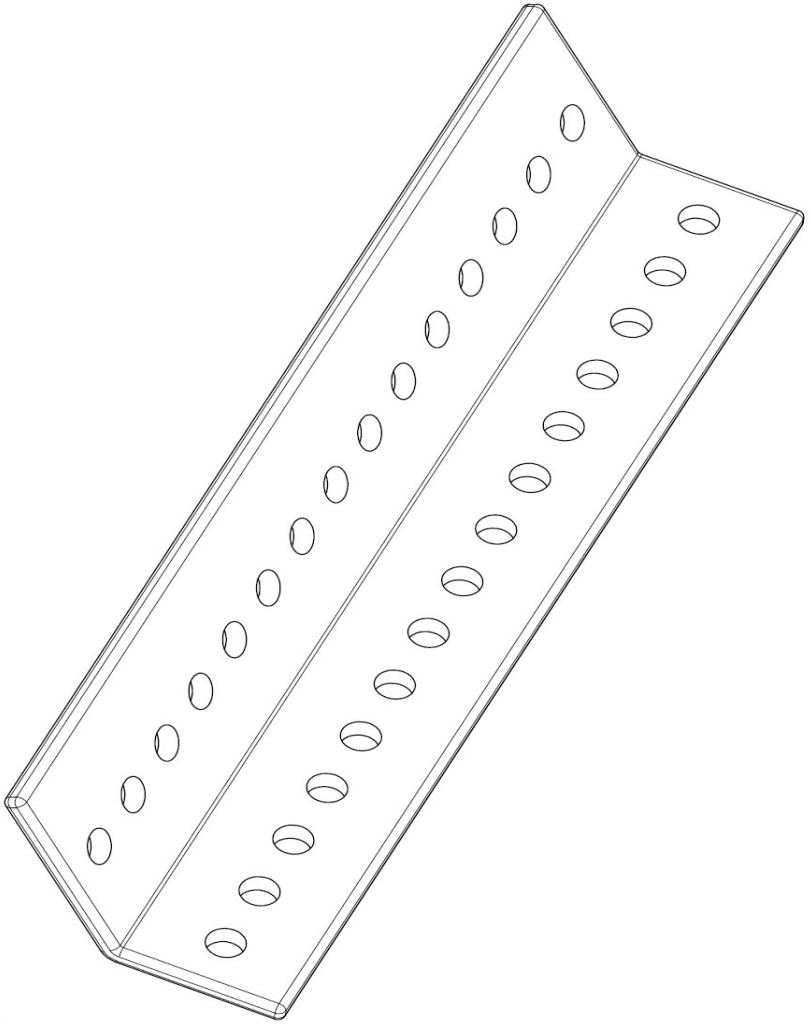
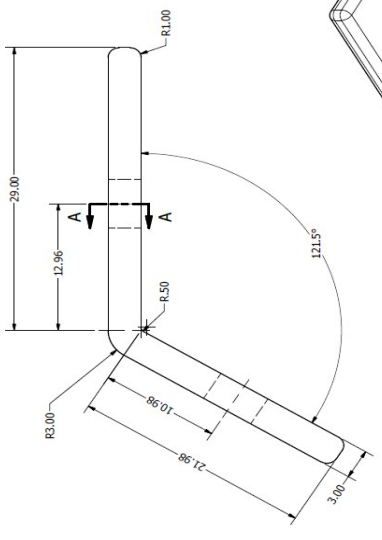


DRAWN Christos Philippou	28/10/2016	TITLE
CHECKED		
QA		
MFG		
APPROVED		
SIZE D	DWG NO airfol004_rib4.spar1.synthesp1	REV
SCALE 5:1		

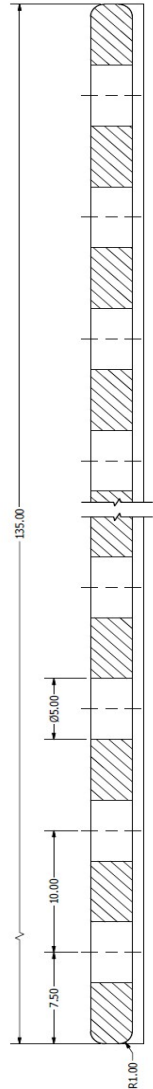
FAGE & COLLIN 4



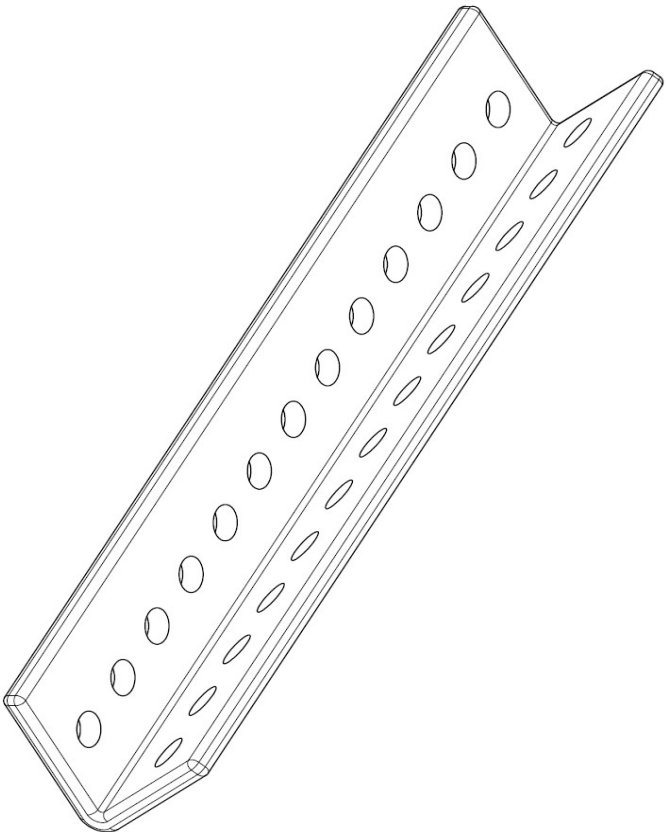
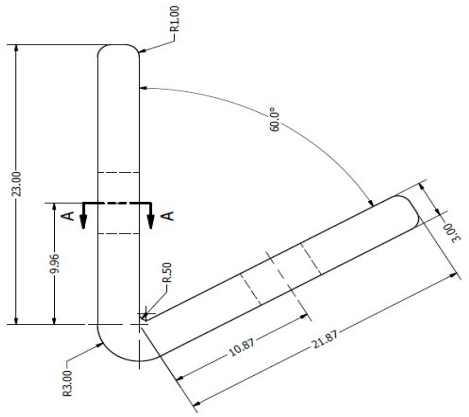
SECTION A-A
SCALE 4: 1



DRAWN Christos Philippou	28/10/2016	TITLE
CHECKED		
QA		
HRG		FAGE & COLLIN 4
APPROVED		
SIZE D	DWG NO airfoil004.rib4.spar1.syn desh2	REV
SCALE 4:1	2	SHEET 1 OF 1

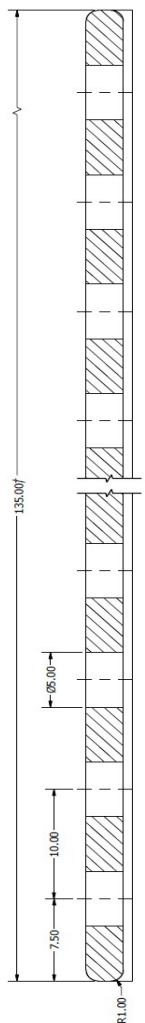


SECTION A-A
SCALE 5 : 1

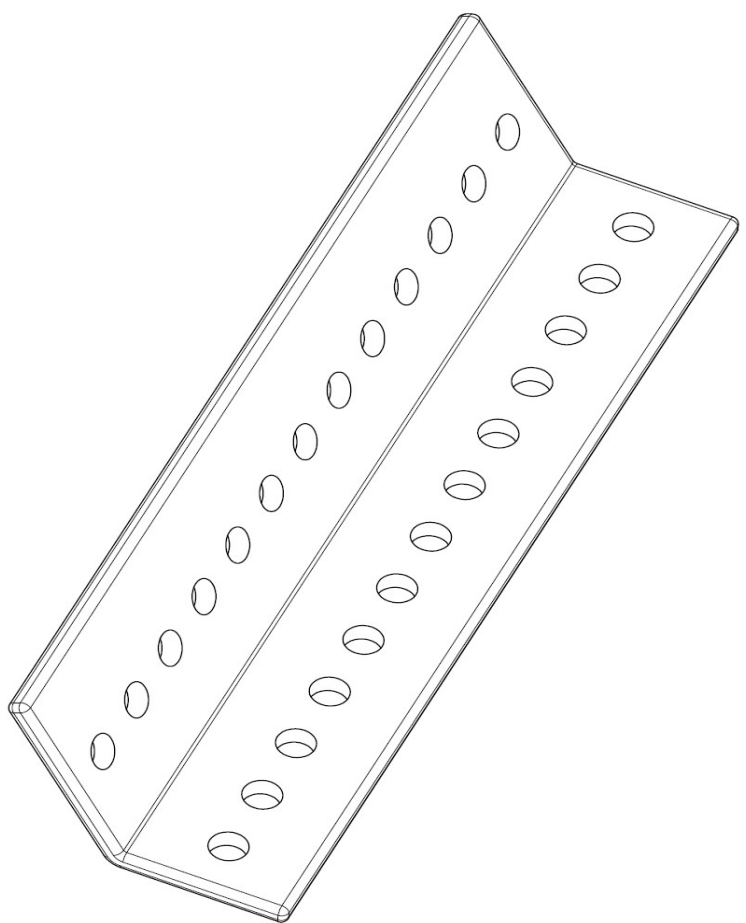
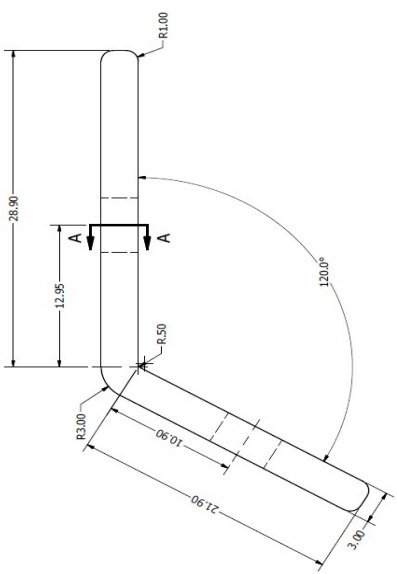


DESIGN	28/10/2016	TITLE	
DRAWN	CHRISTOS PHILIPPOU	DATE	
CHECKED	CP	PROJECT	
DATE		SCALE	
APPROVED		SIZE	
		REV	
		DWG NO	airfal004.nb4.spar2.synदेश1
		SCALE	5:1
		SHEET	1 OF 1

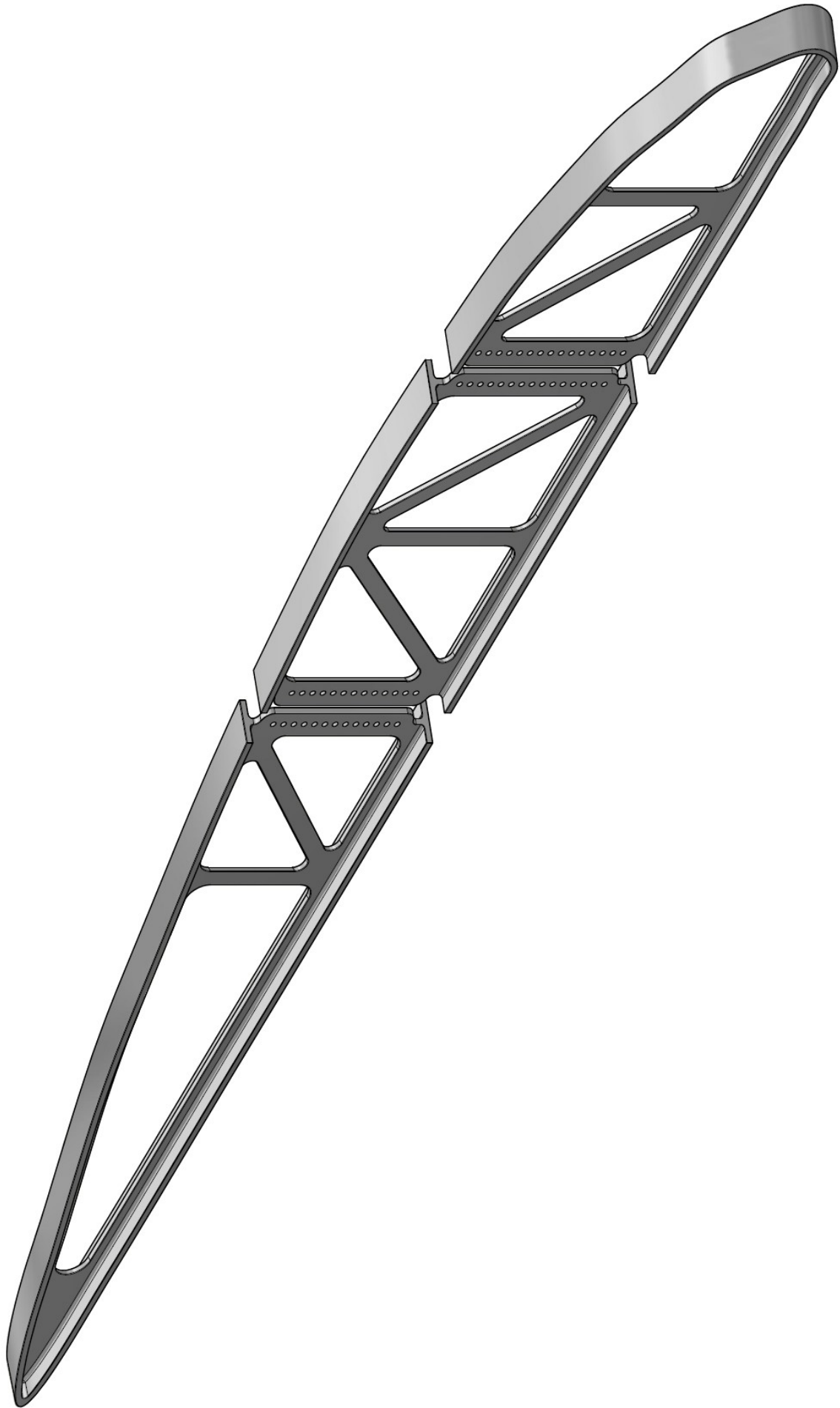
FAGE & COLLIN 4



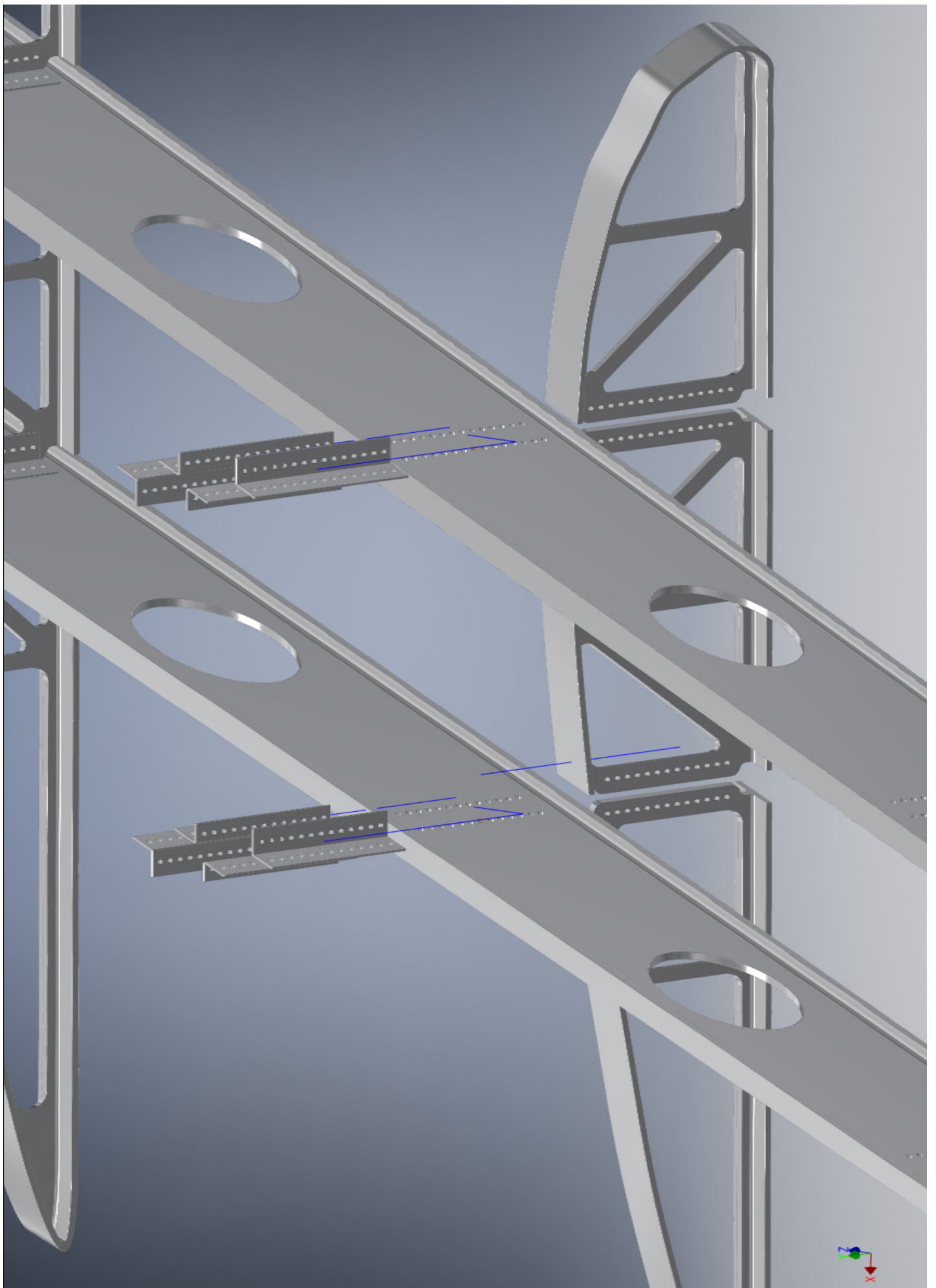
SECTION A-A
SCALE 4.5 : 1



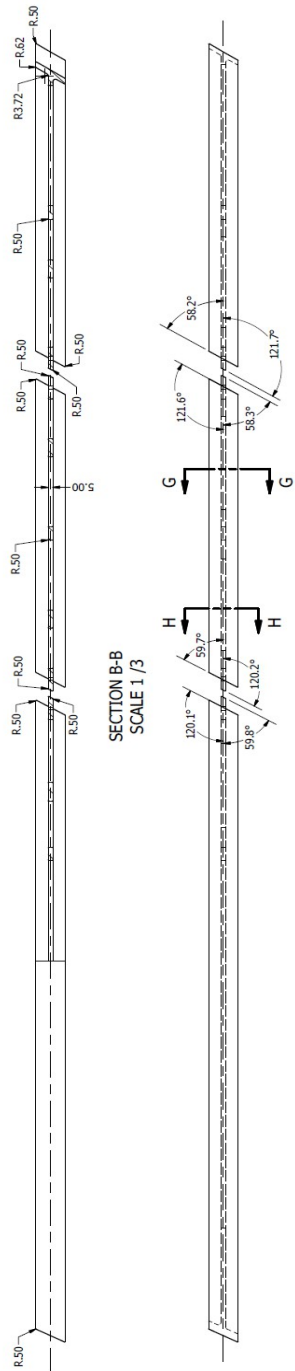
DRAWN	CHRISTOS PHILIPPOU	28/10/2016	TITLE	
CHECKED				
DATE				
APPROVED				
SIZE	D	UNITS	mm	REV
SCALE	4.5:1	FILE	airfol004_nb4_spar2_syndesh2	
			PAGE & COLLIN 4	
			SHEET 1 OF 1	



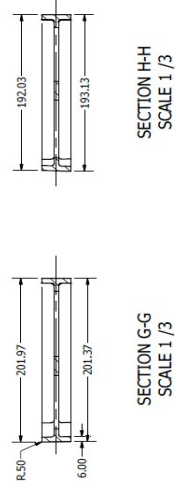
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib 05



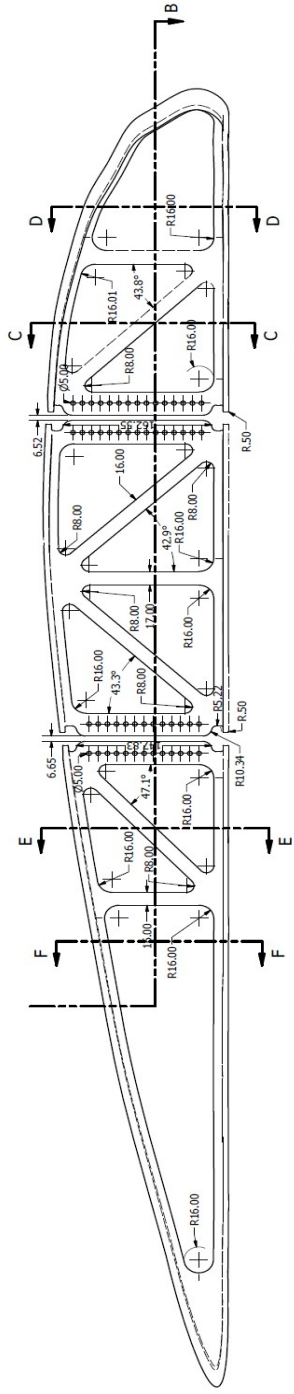
Συναρμολόγηση νεύρου (Rib) : Rib 05



SECTION B-B
SCALE 1/3



SECTION G-G
SCALE 1/3

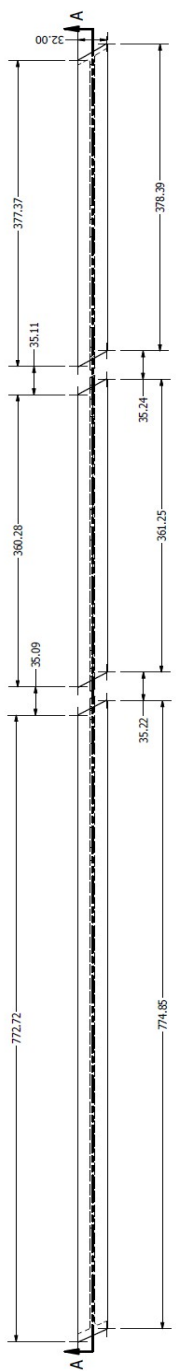


SECTION C-C
SCALE 1/3

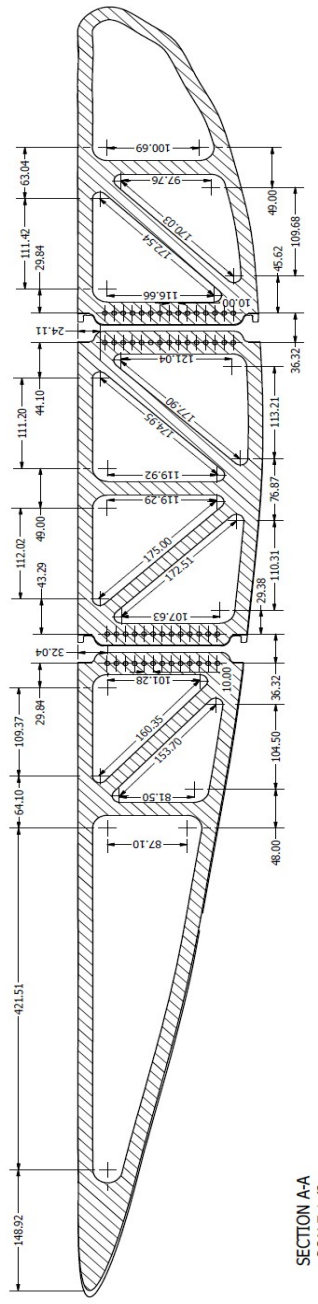
SECTION D-D
SCALE 1/3

SECTION E-E
SCALE 1/3

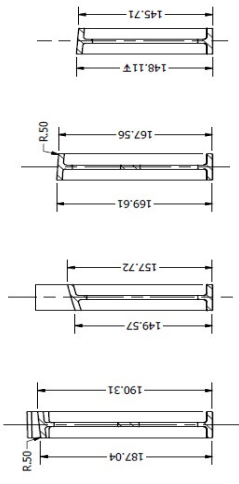
SECTION F-F
SCALE 1/3



SECTION A-A
SCALE 1/3



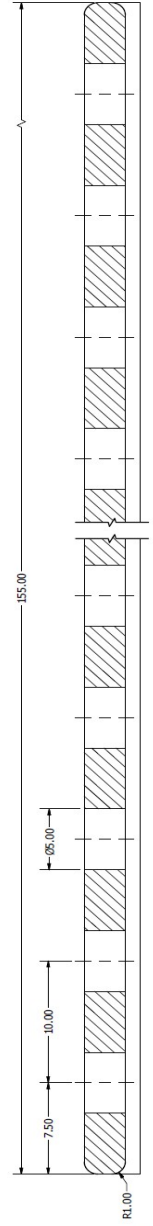
SECTION H-H
SCALE 1/3



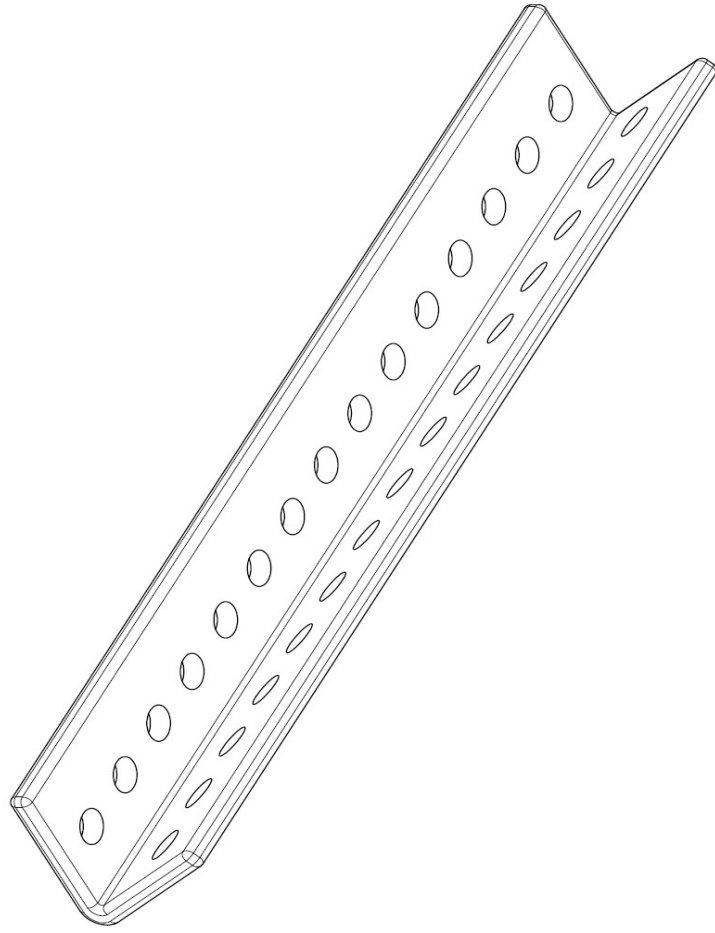
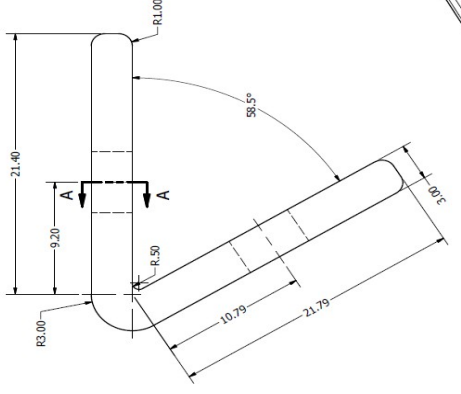
SECTION E-E
SCALE 1/3

SECTION F-F
SCALE 1/3

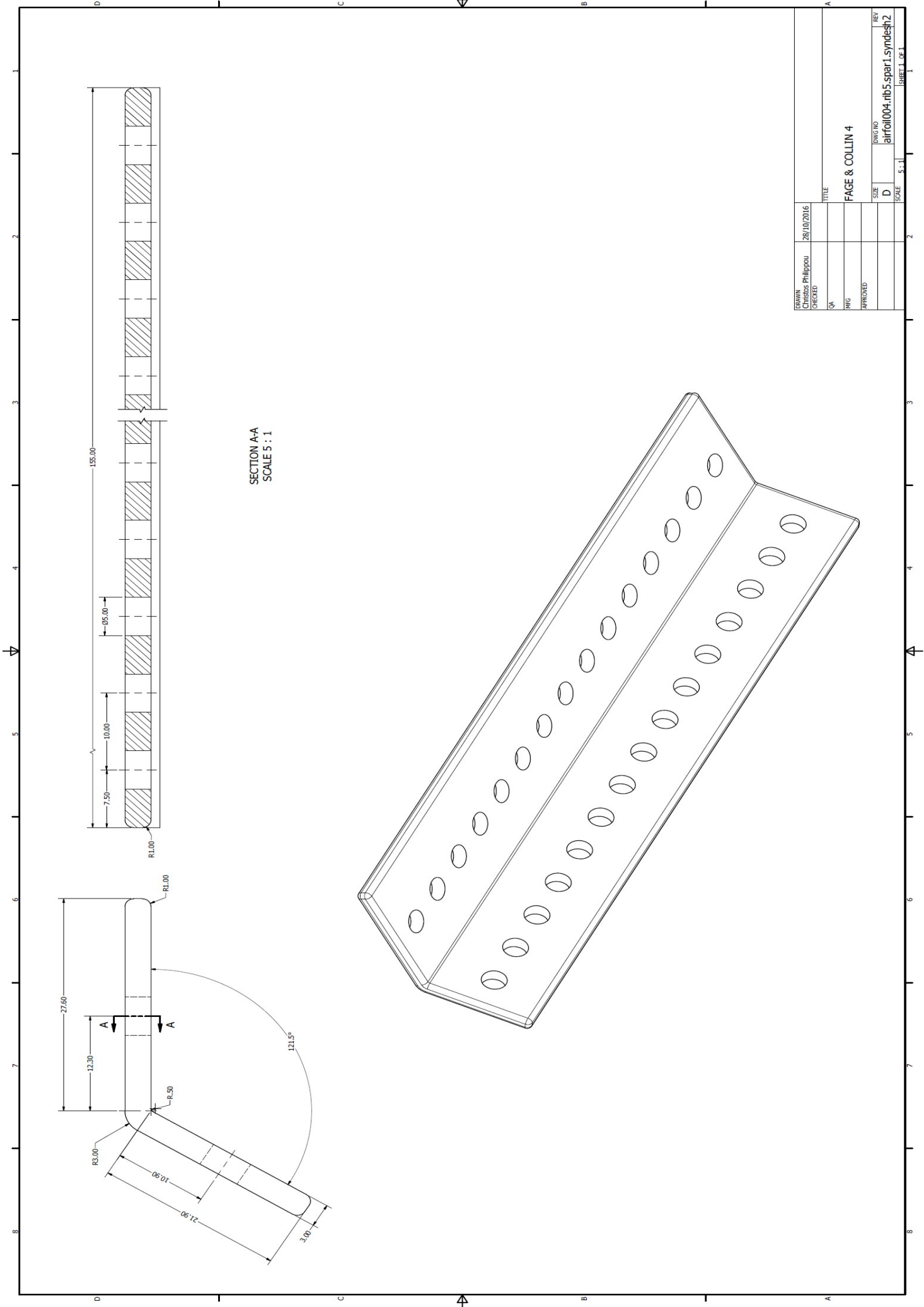
DRAWN	Christos Philippou	16/9/2016	TITLE	
CHECKED	CA			
DATE				
APPROVED	MFG		FAGE & COLLIN 4	
SIZE	D	DWG NO	airfoil004_rib05.2016	REV
SCALE	1/3			
SHEET	1	OF 1		



SECTION A-A
SCALE 5 : 1

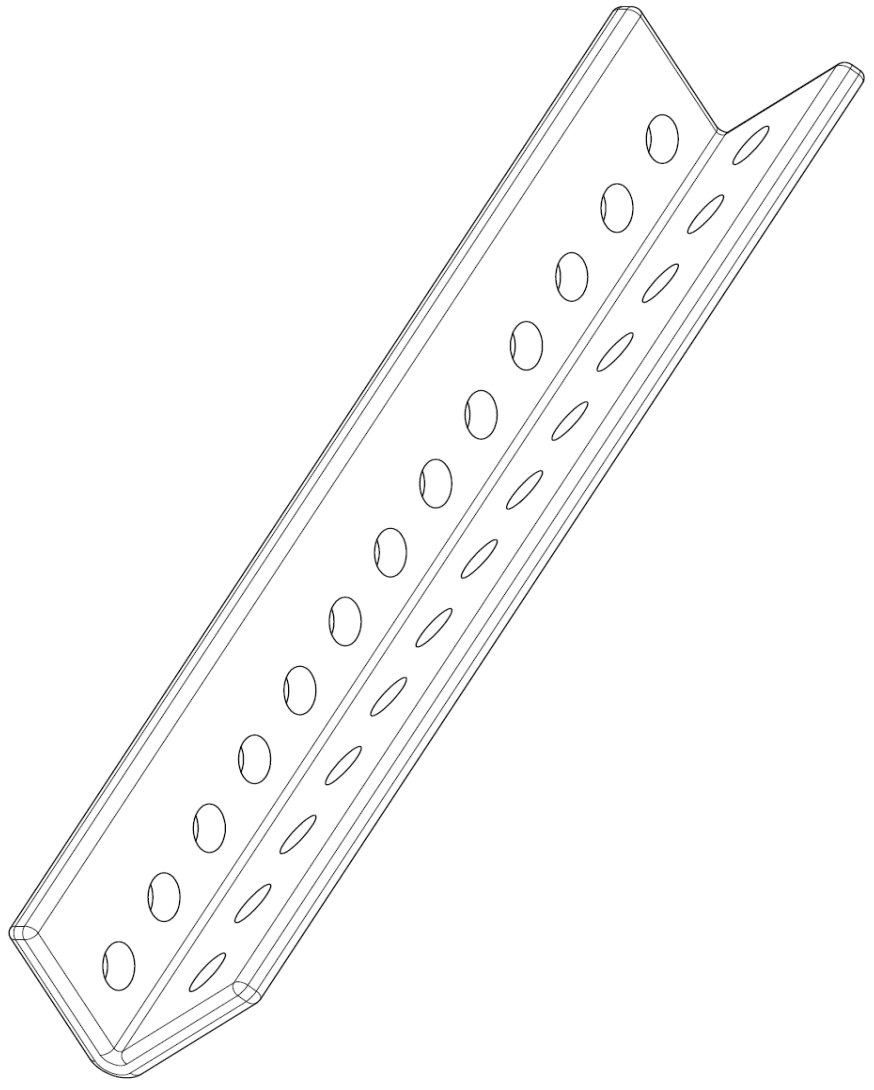
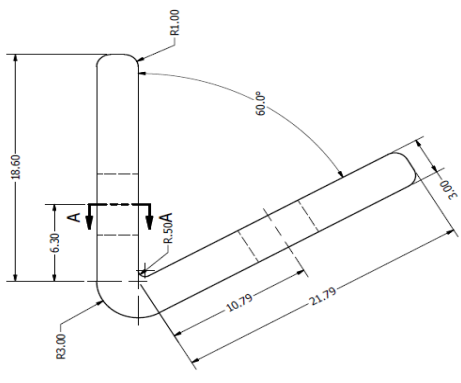
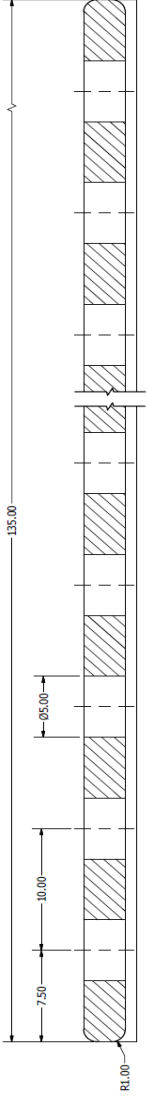


DESIGN	Checked Philippou	28/10/2016	TITLE	
CHECKED	QA			
APPROVED				
DATE				
SCALE	5:1			
DRAWING NO			PAGE & COLLIN 4	
REF			D	
REF			alrfoi004.rfb5.spar1.syndes#1	
SHEET			1 OF 1	



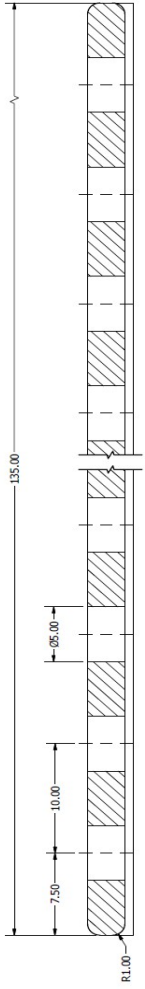
SECTION A-A
SCALE 5 : 1

DRAWN	Christos Philippou	28/10/2016	TITLE	
CHECKED				
DATE				
APPROVED				
SIZE	D	DWG NO	airfoil004_nb5.spar1.synthes2	REV
SCALE	5:1			
		PAGE & COLLIN 4		SHEET 1 OF 1

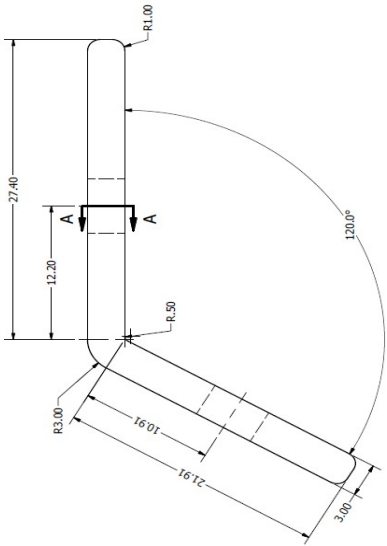
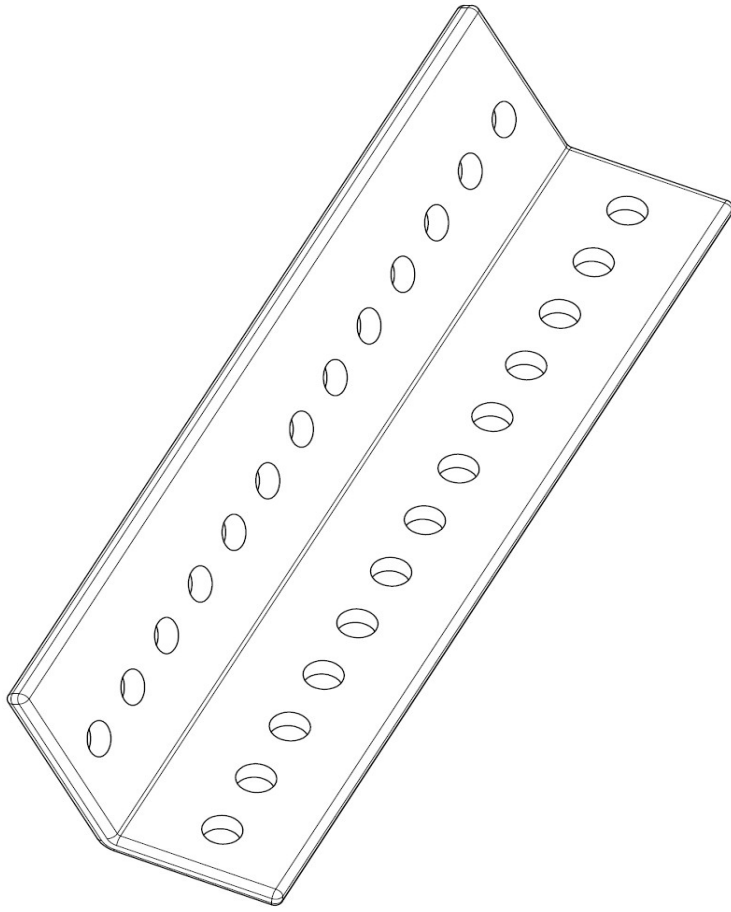


DRAWN	Chris Philipou	28/10/2016	TITLE	
CHECKED	DA			
DESIGNED				
APPROVED				
SIZE	D	DWG NO	fairfol004.nbs.spar2.syndesh1	
SCALE	5:1	SHEET	1 OF 1	

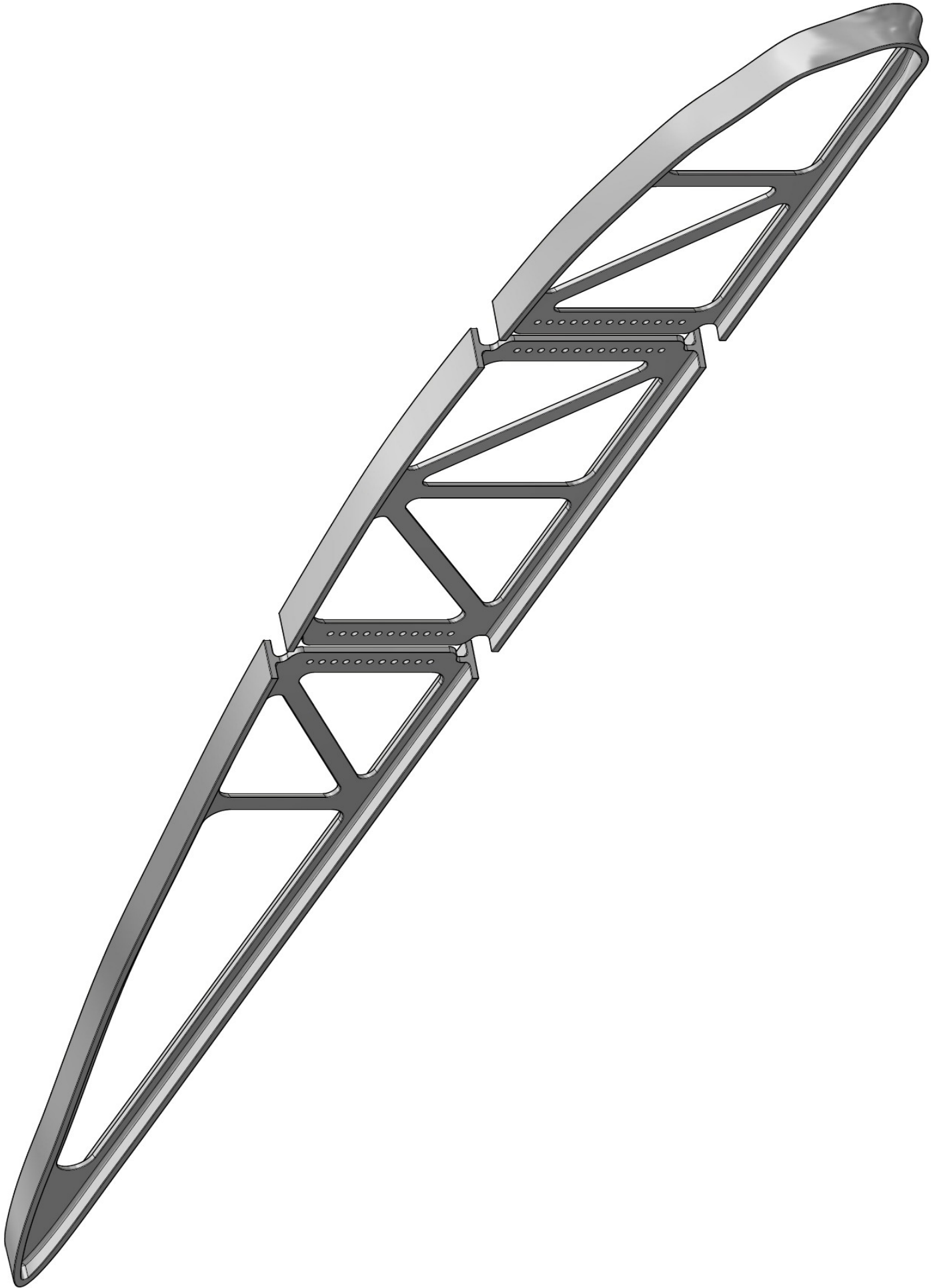
FAGE & COLLIN 4



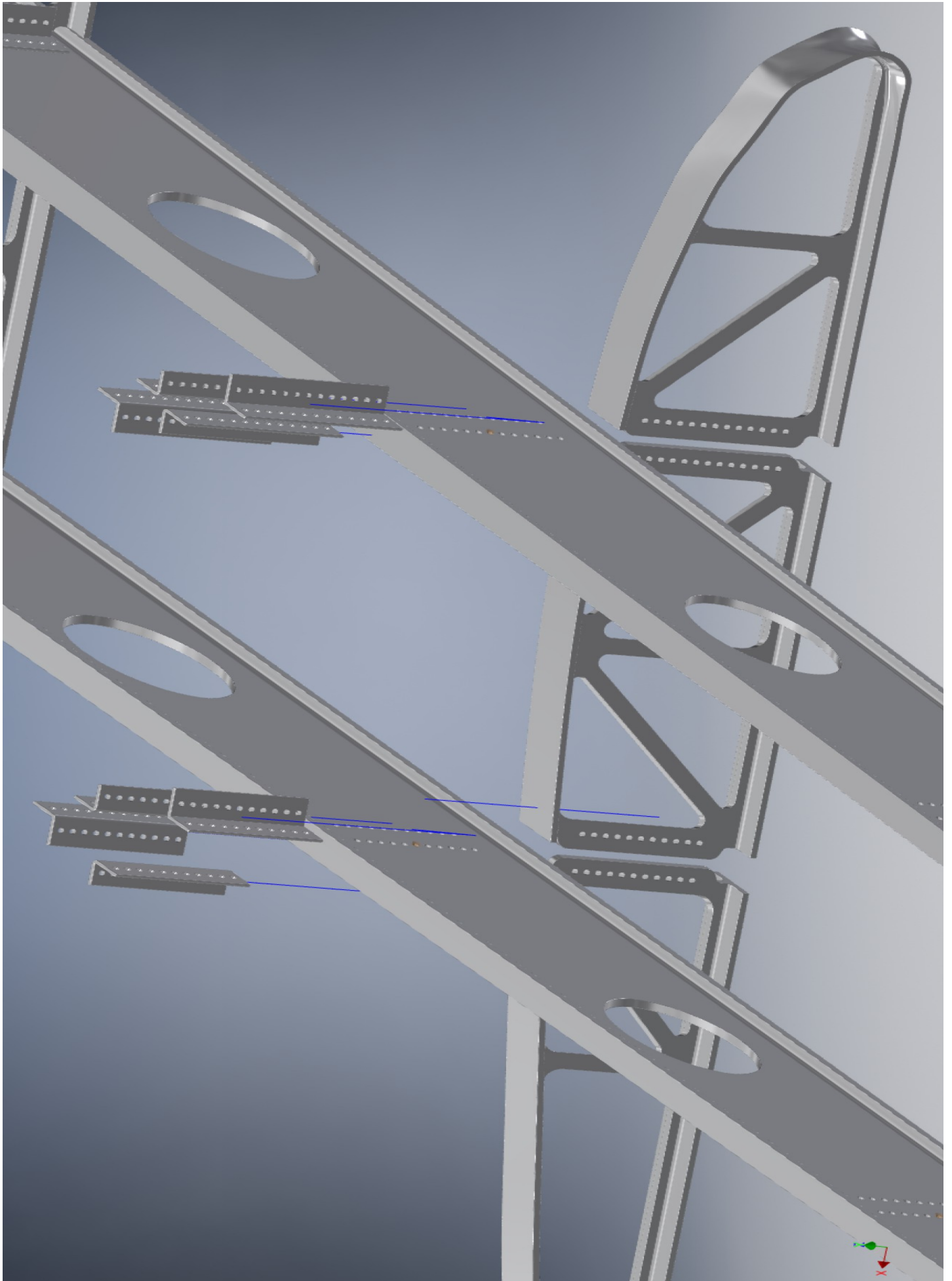
SECTION A-A
SCALE 4.5 : 1



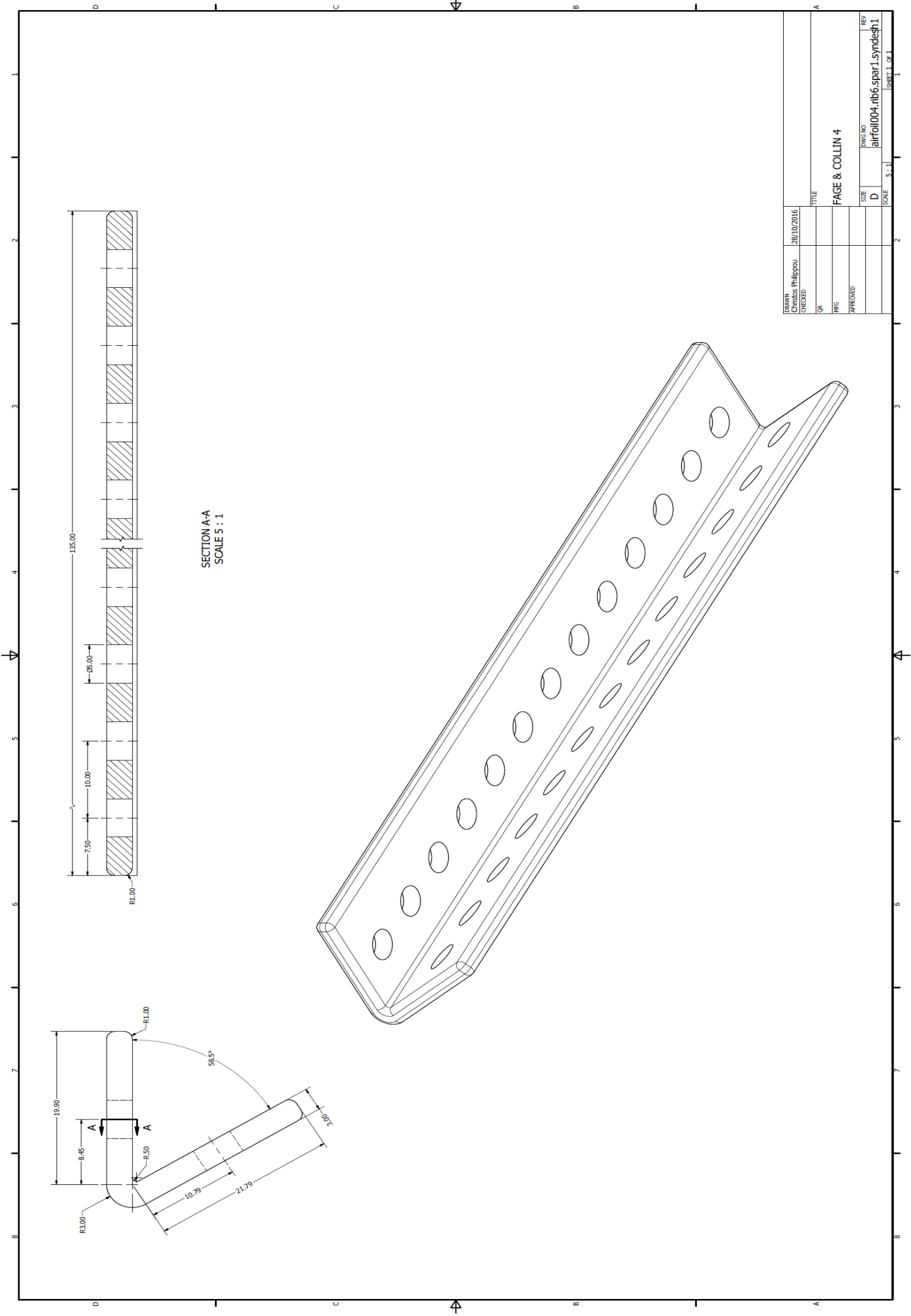
DRAWN	Chrisos Philippou	28/10/2016	TITLE
CHECKED	OK		FAGE & COLLIN 4
MFG			SIZE
APPROVED			D
			SCALE
			4.5:1
			SHEET 1 OF 1



Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib 06

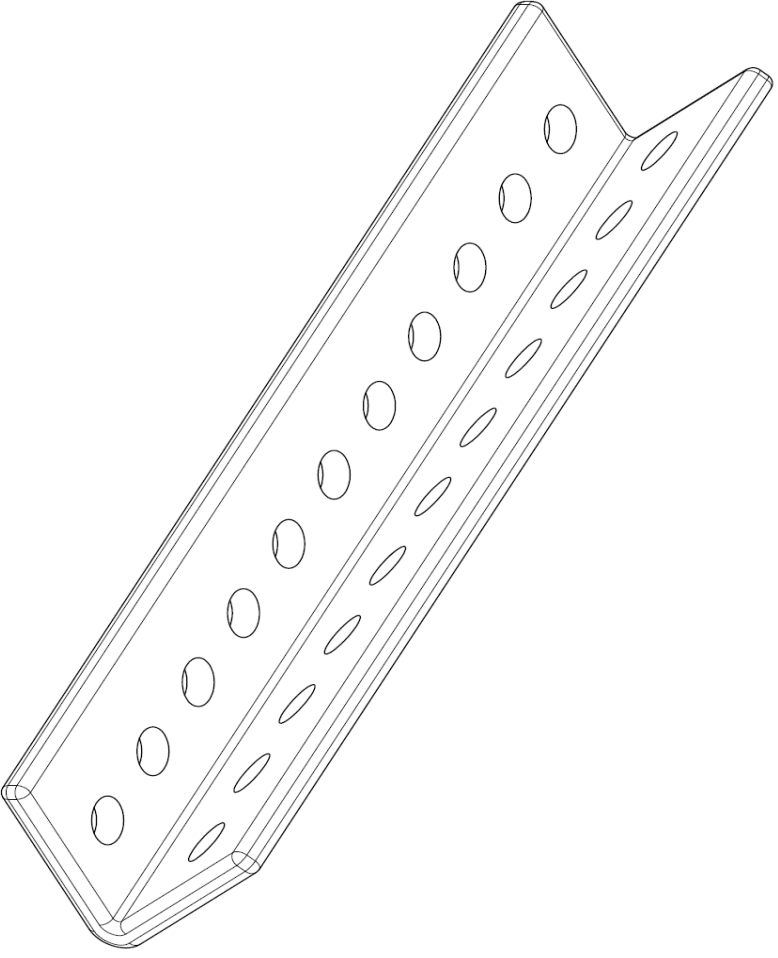
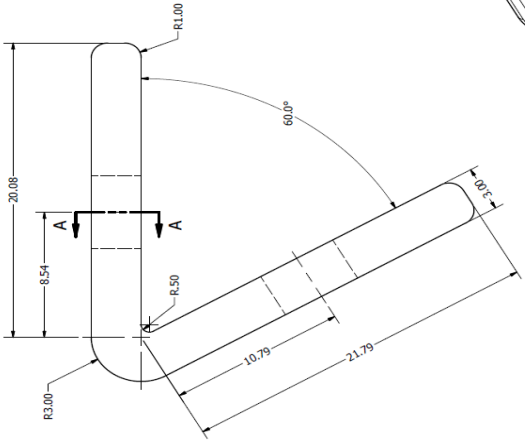
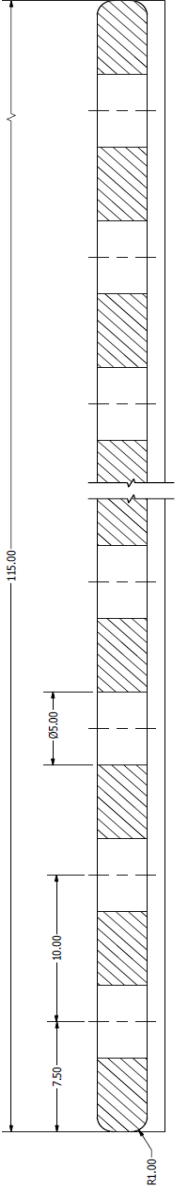


Συναρμολόγηση νεύρου (Rib) : Rib 06

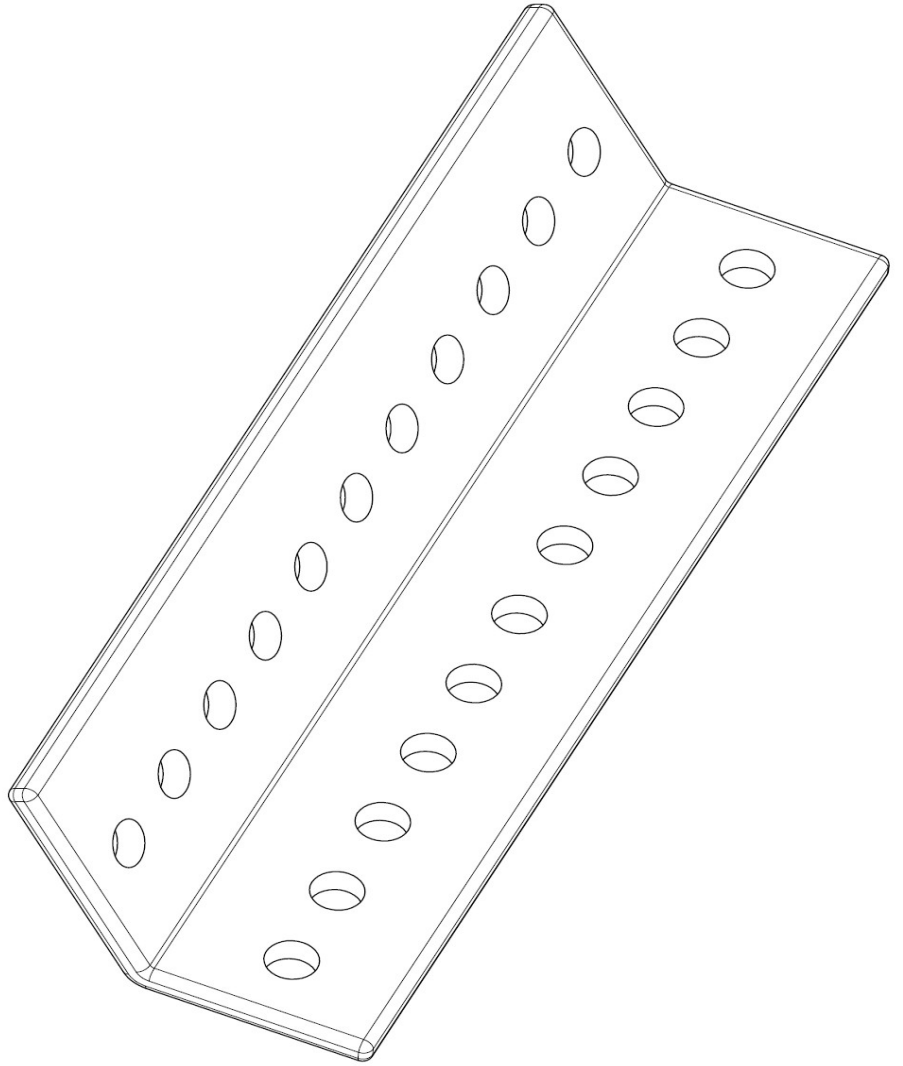
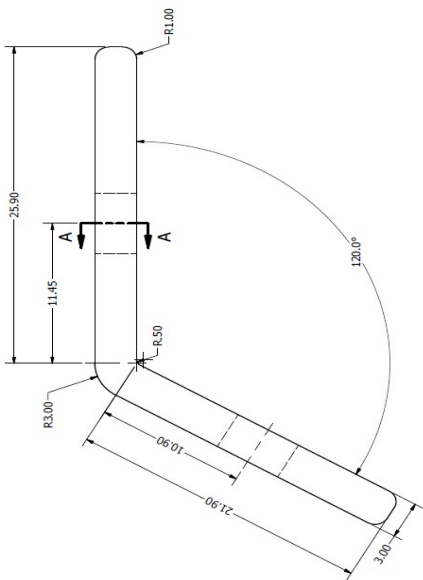
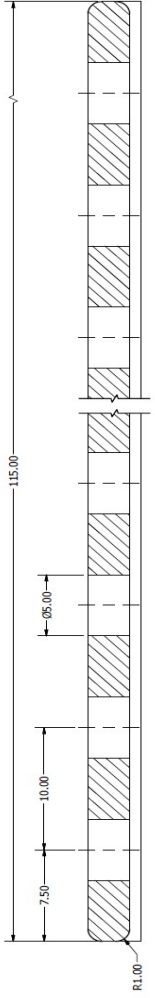


SECTION A-A
SCALE 5 : 1

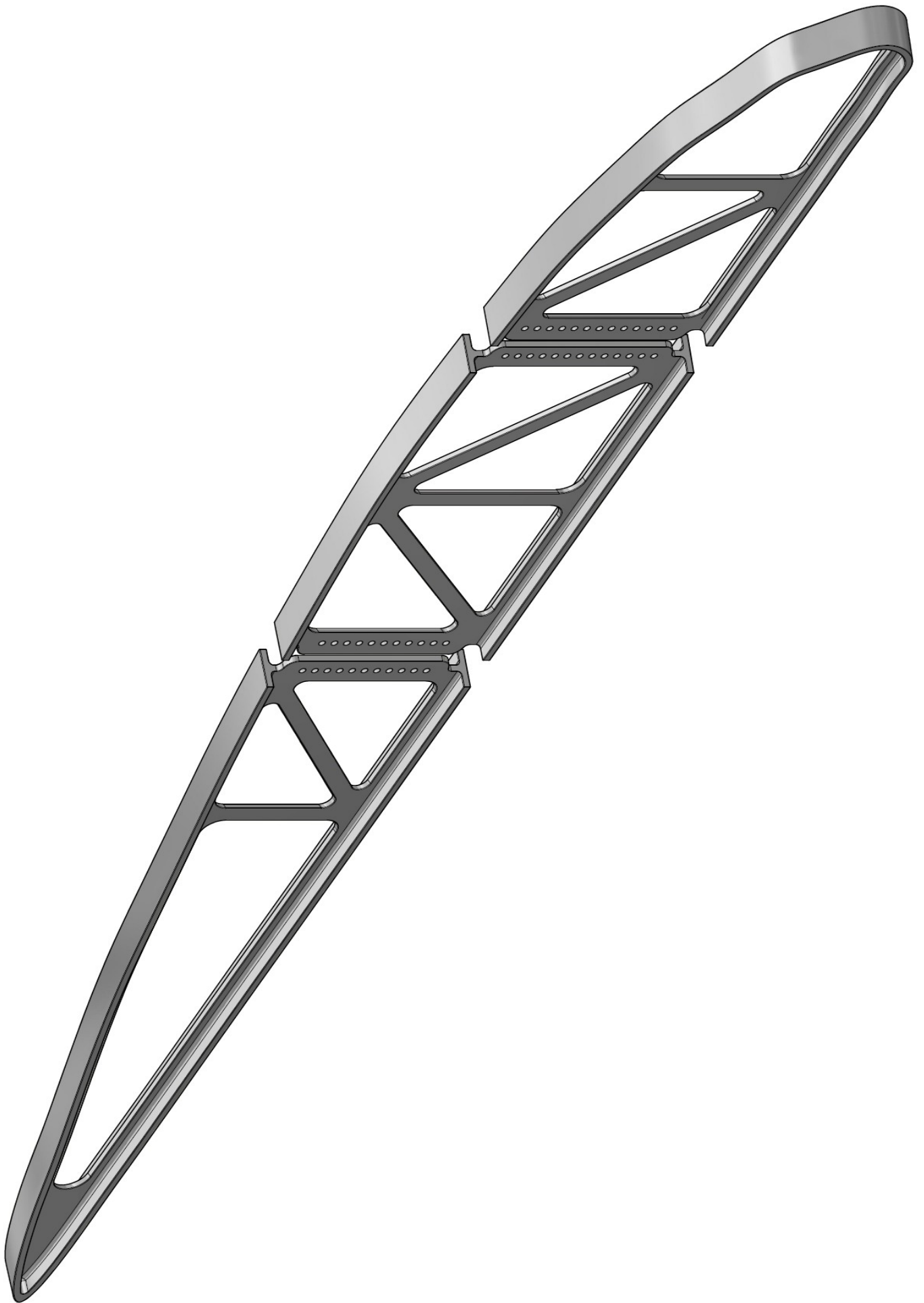
DESIGNER	28/10/2016	TITLE	
CHECKED			
DATE			
APPROVED			
SIZE			
DWG NO			
REV			
SCALE	5:1		
FAGE & COLLIN 4			
airfol004.rtb6.spar1.syndesth1			
SHEET 1 OF 1			



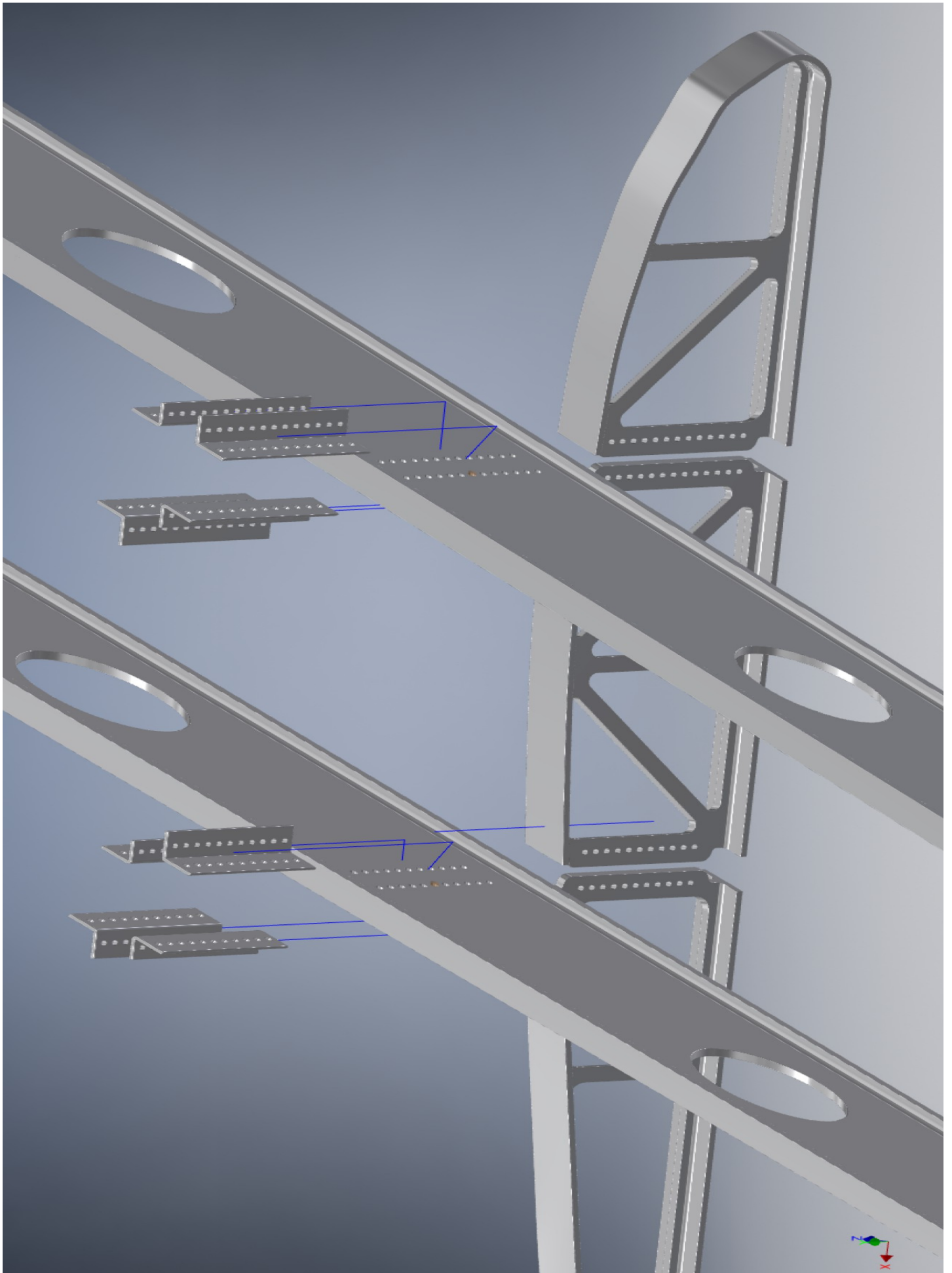
DRAWN	CHRISTOS PHILIPPOU	26/10/2016	TITLE
CHECKED	QA		FAGE & COLLIN 4
APPROVED			SIZE
			D
			DWG NO
			airfoil004.rnb6.spar2.synदेश1
			SCALE
			6:1
			SHEET 1 OF 1



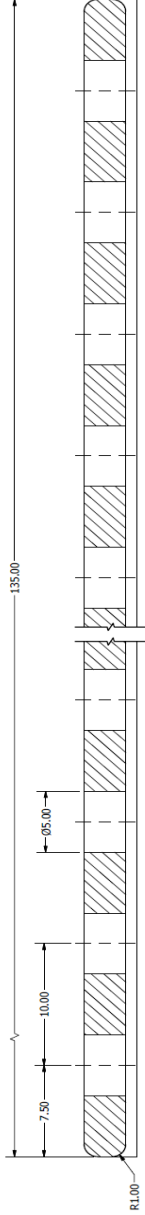
DRAWN	28/10/2016	TITLE
CHECKED		
QA		
WFG		
APPROVED		
SIZE	D	REV
SCALE	5:1	
DWG NO		airfoil004.rib.spar2.synthes2
PAGE & COLLIN 4		



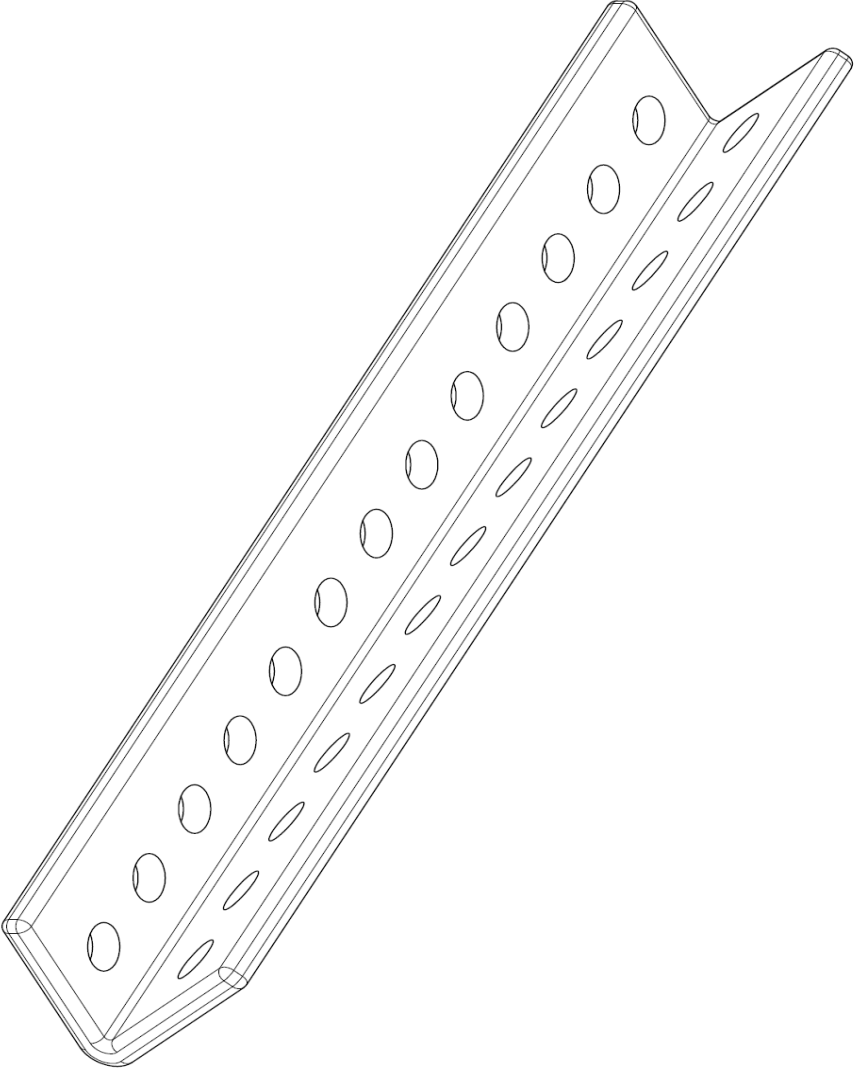
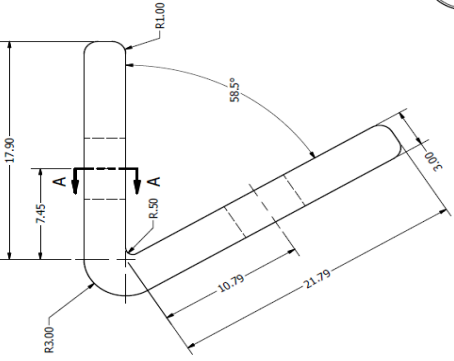
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib 07



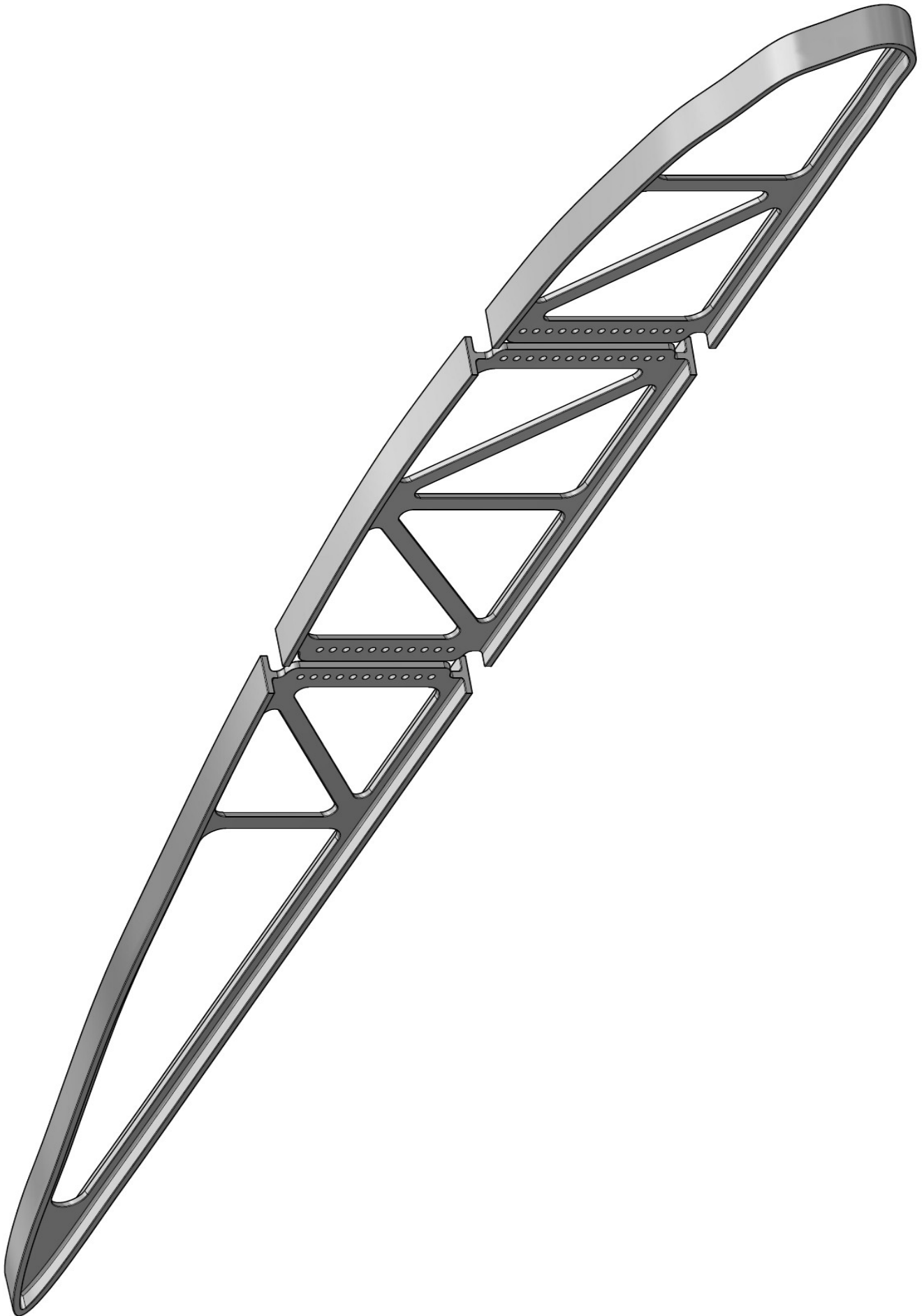
Συναρμολόγηση νεύρου (Rib) : Rib 07



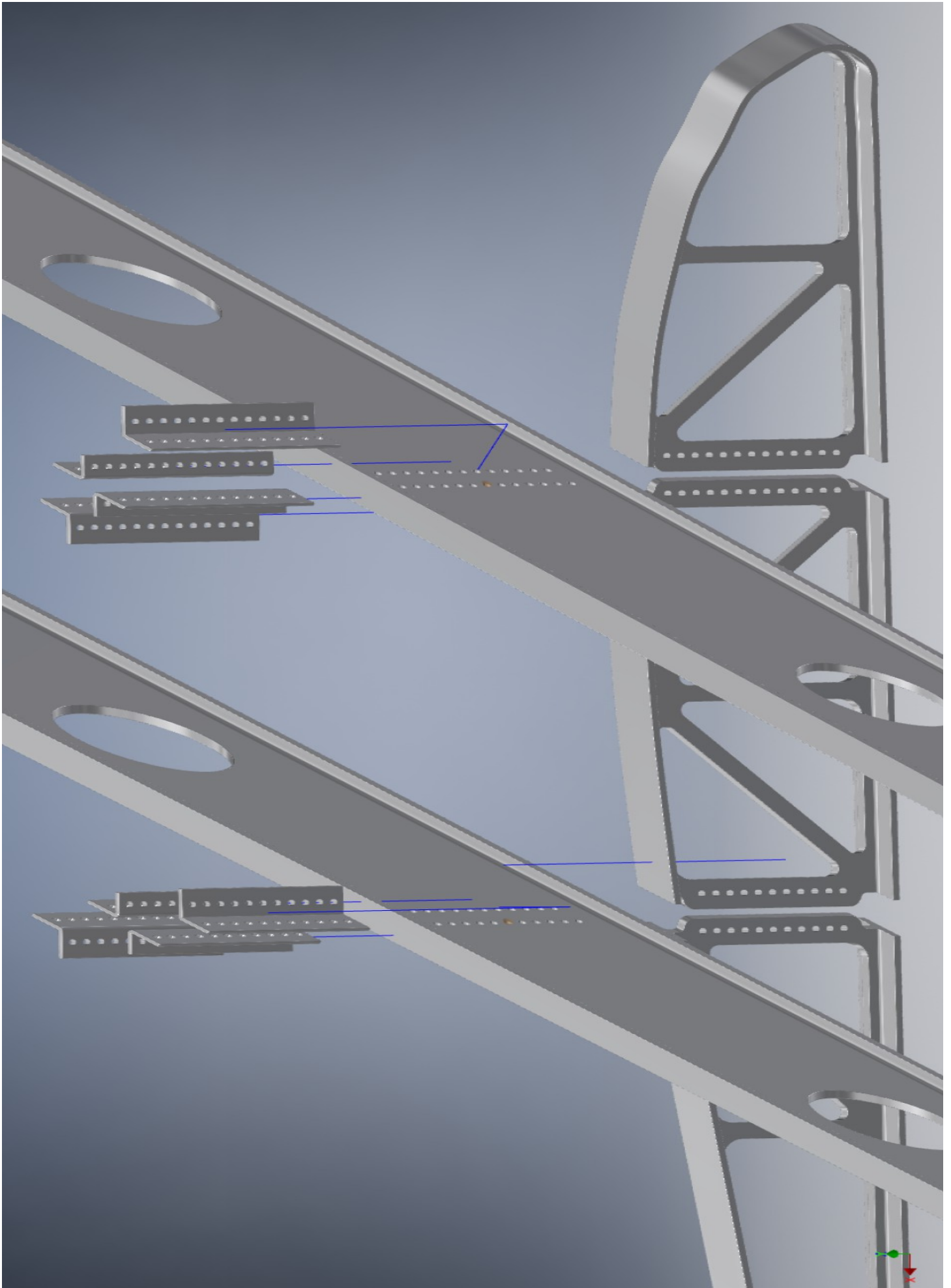
SECTION A-A
SCALE 5: 1



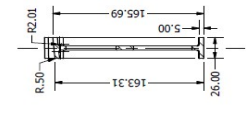
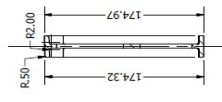
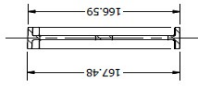
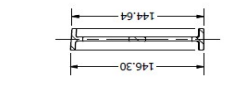
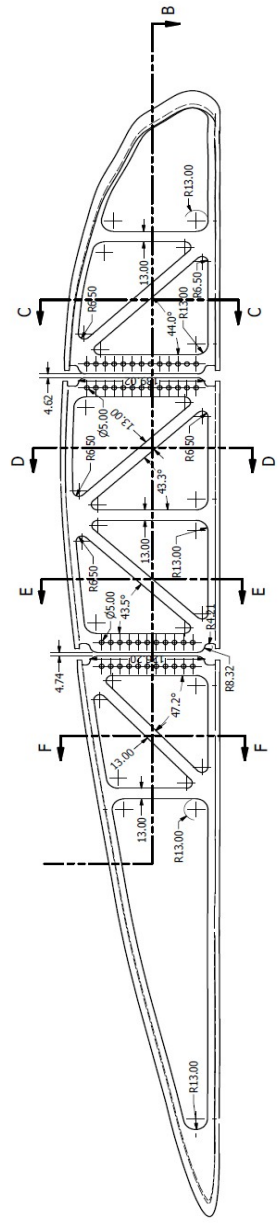
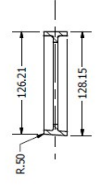
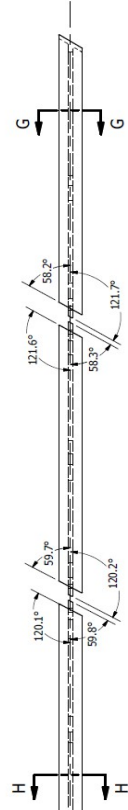
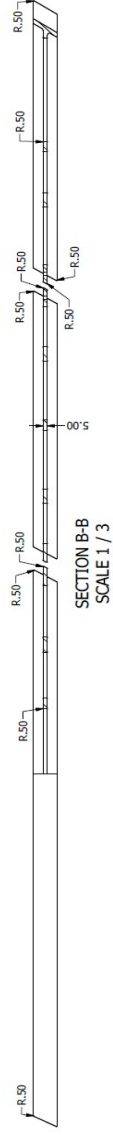
DRAWN	CHRISTOS PHILIPPOU	28/10/2016	TITLE	
CHECKED	QA			
DATE				
APPROVED				
DRAWING NO			D	
SCALE			5: 1	
REV			PAGE & COLLIN 4	
FILE			airfal004.rtb7.spar1.syndesh1	
SHEET			1 OF 1	



Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib 08

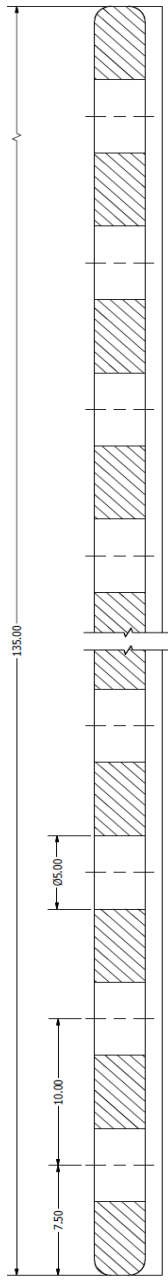


Συναρμολόγηση νεύρου (Rib) : Rib 08

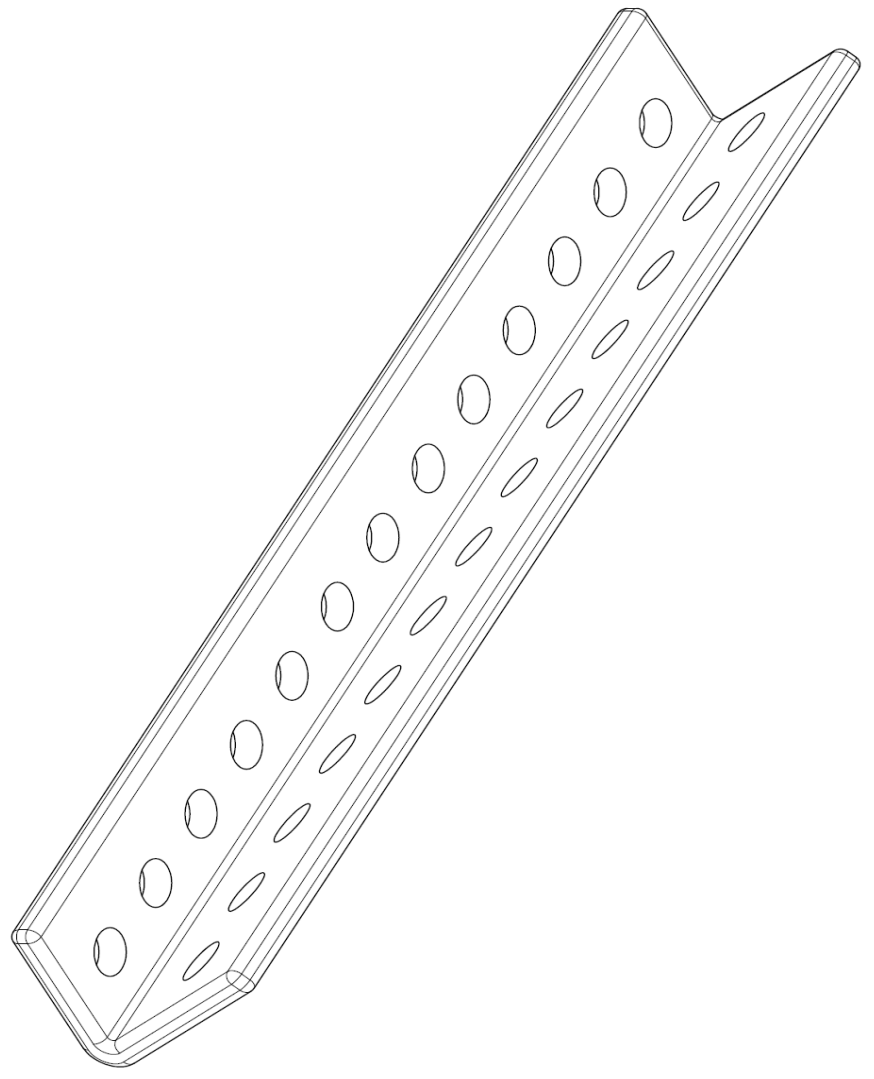
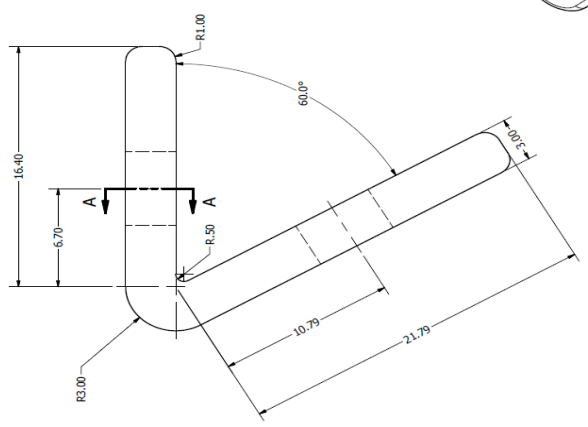


DESIGN Christos Philippou	DATE 17/09/2016	TITLE
CHECKED QA		FAGE & COLLIN 4
APPROVED HFC		
SCALE 1/3	SIZE A4	DWG NO airfoil004_rh08.2016
		REV

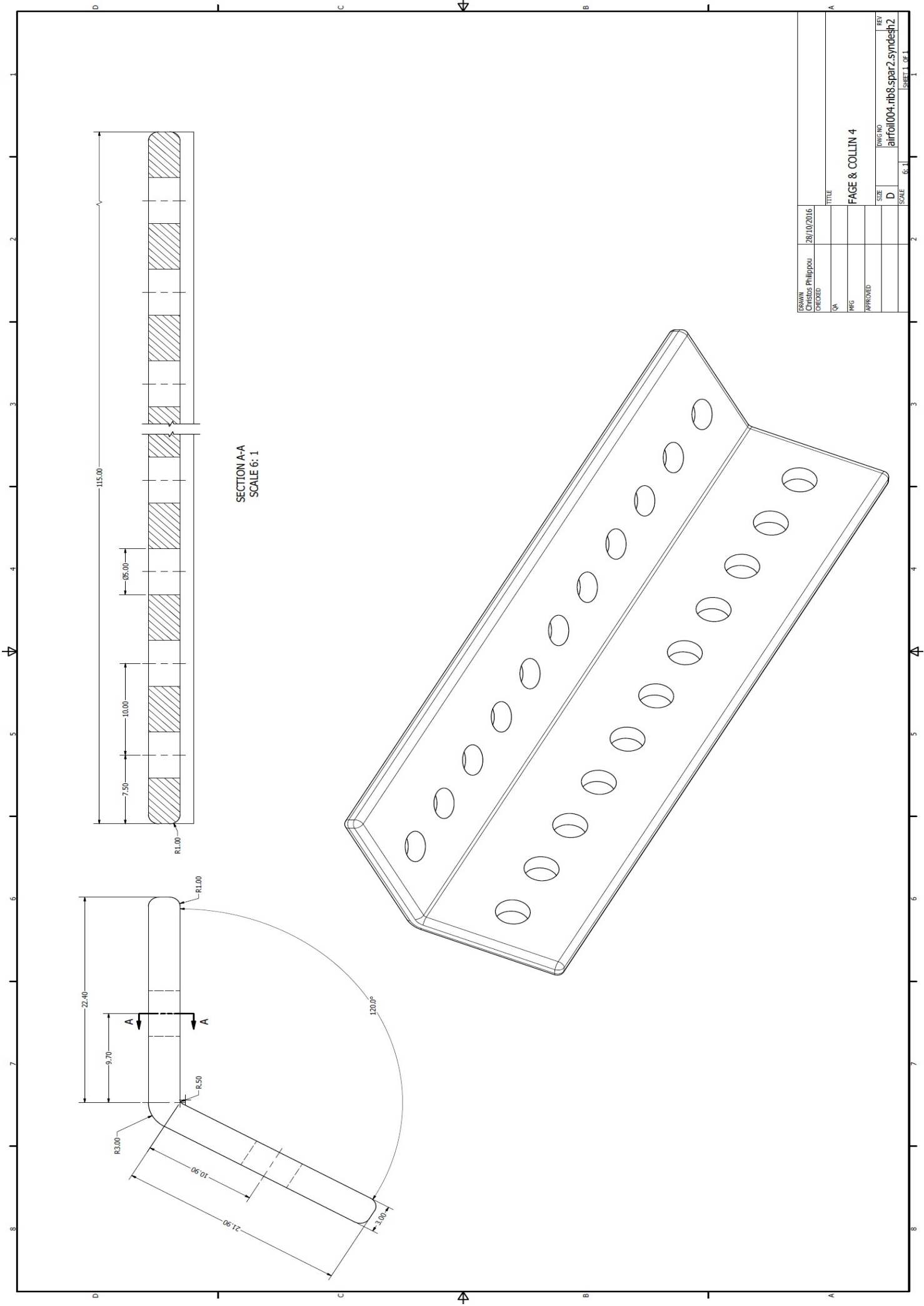
SECTION A-A
SCALE 1/3



SECTION A-A
SCALE 6: 1

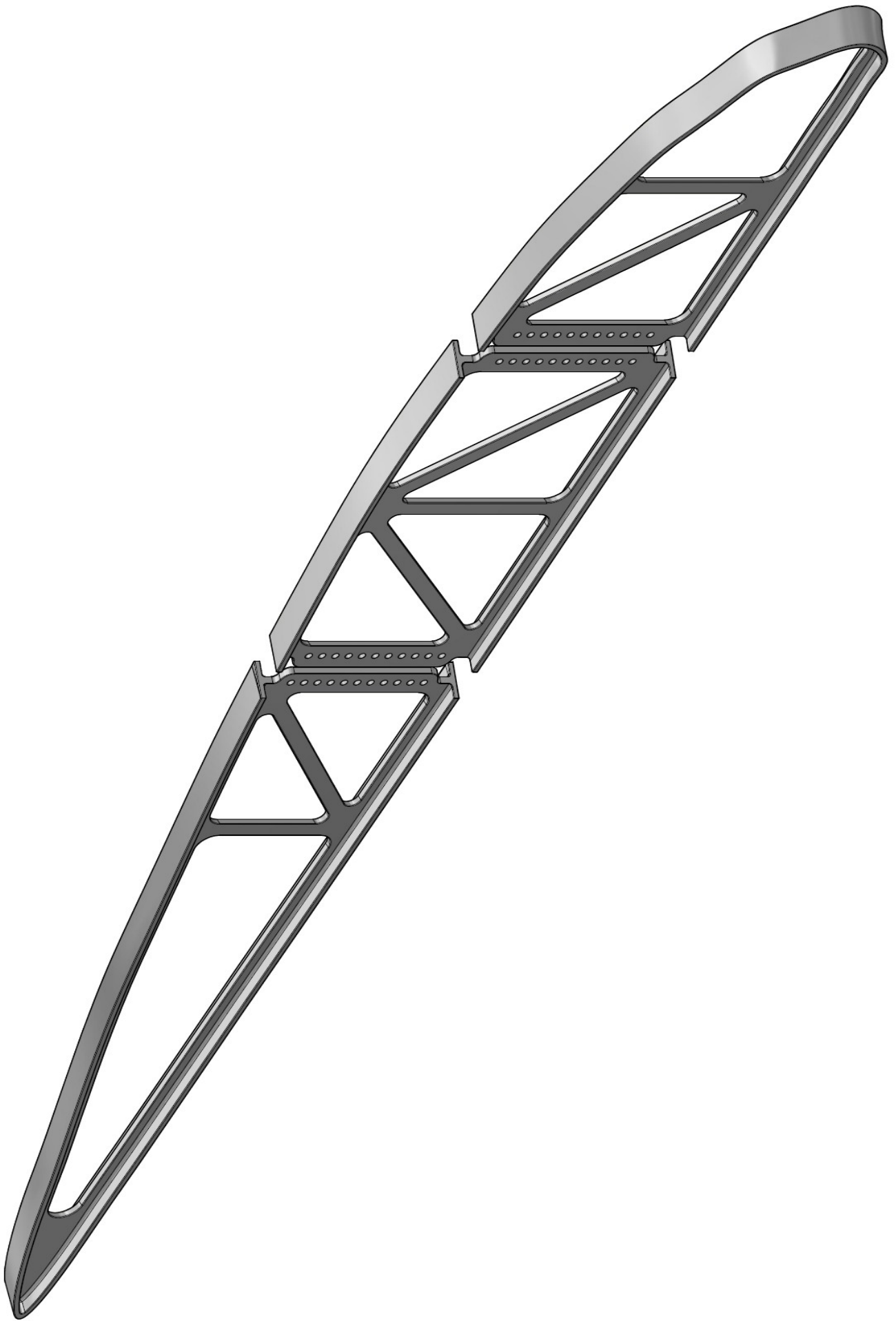


DRAWN	28/10/2016	TITLE
CHECKED		FACE & COLLIN 4
DATE		
DESIGNER		
APPROVED		
SIZE	D	REV
SCALE	6:1	airfol004.rib8.spar1.syndesth1

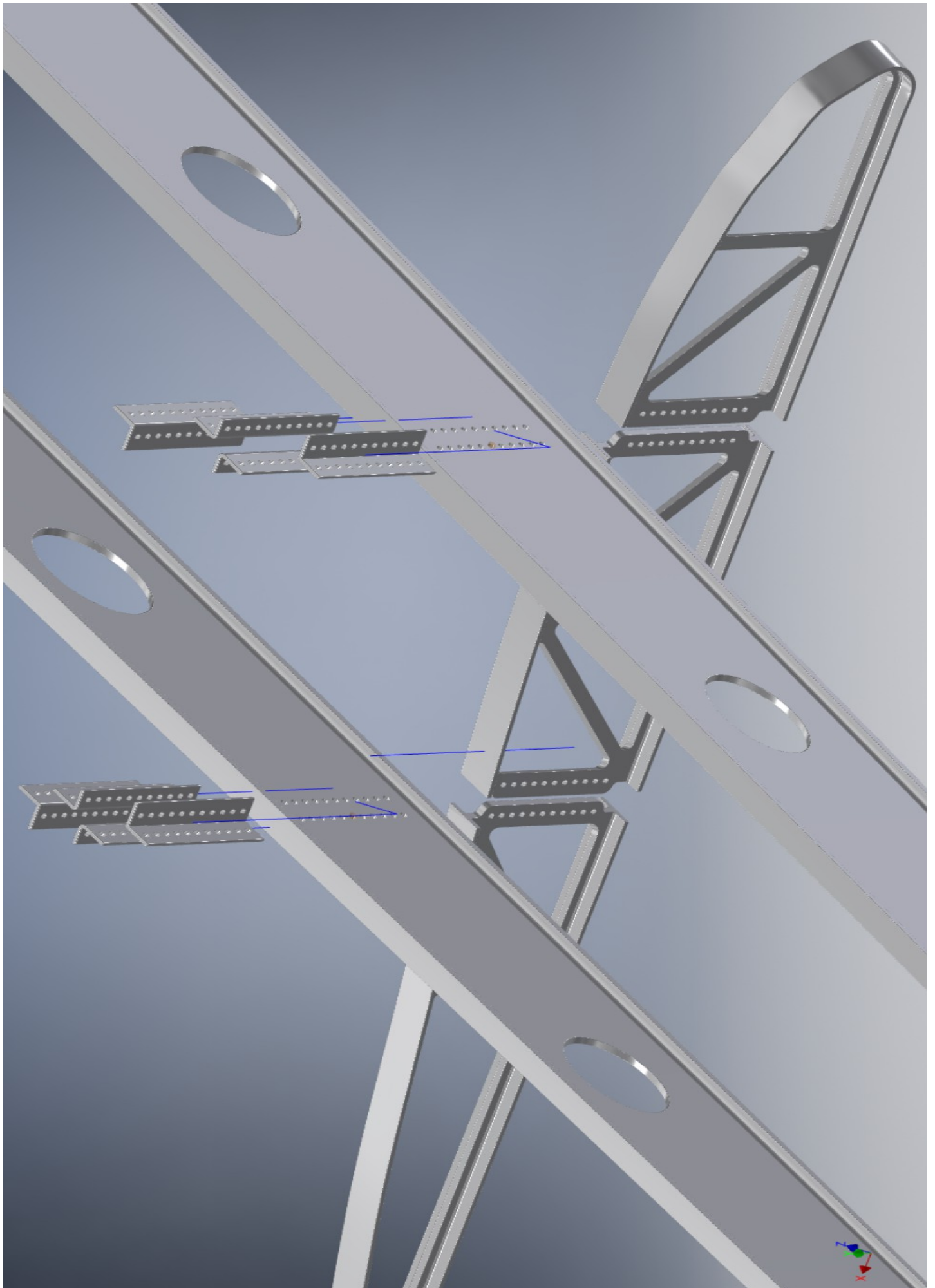


SECTION A-A
SCALE 6: 1

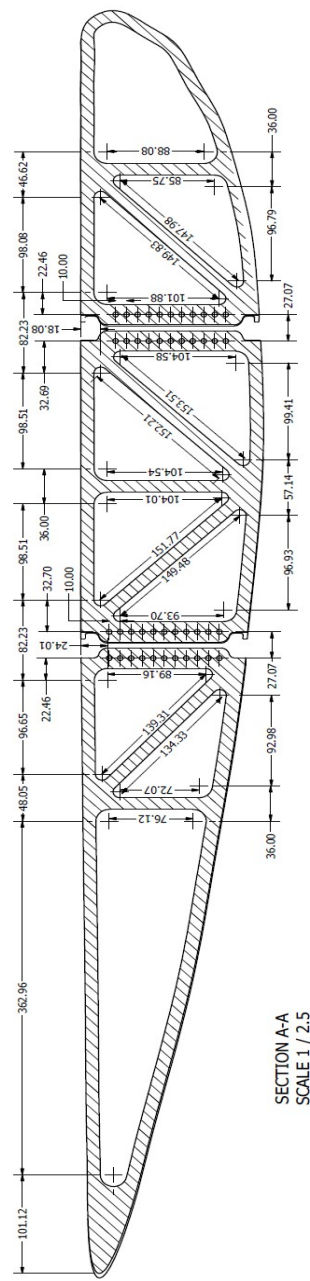
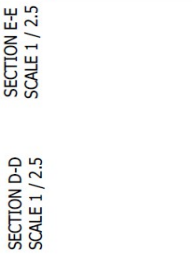
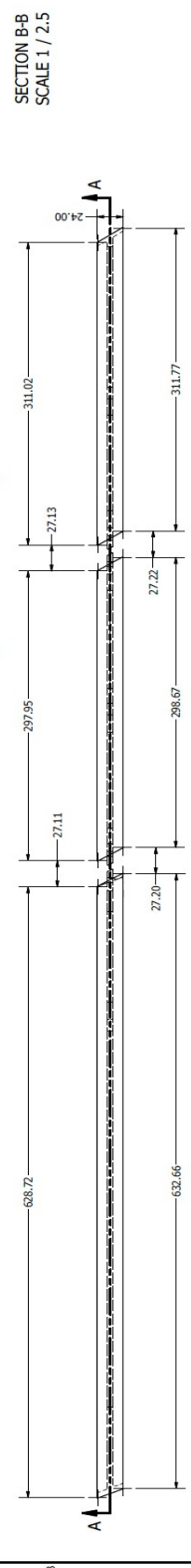
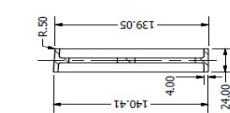
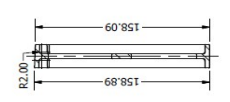
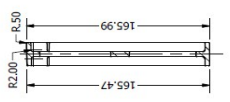
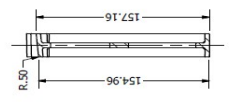
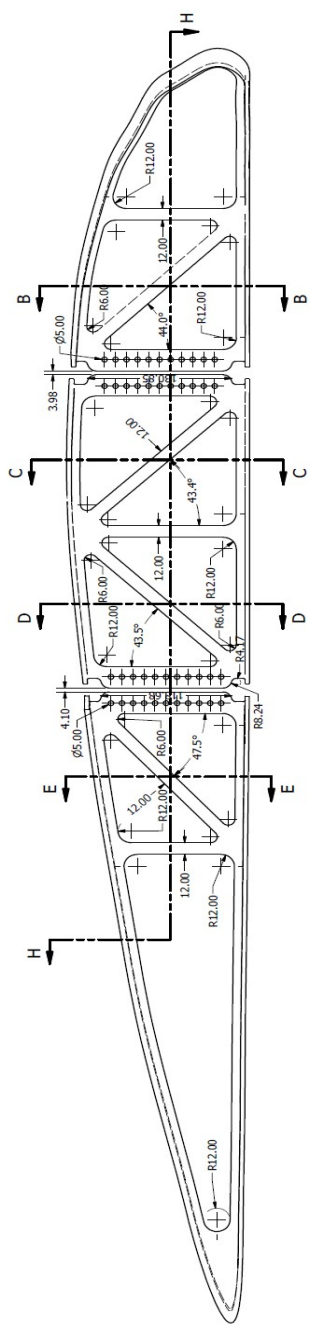
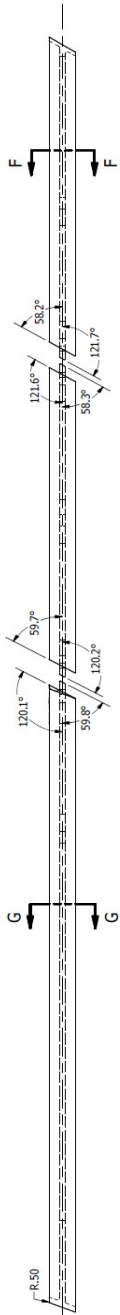
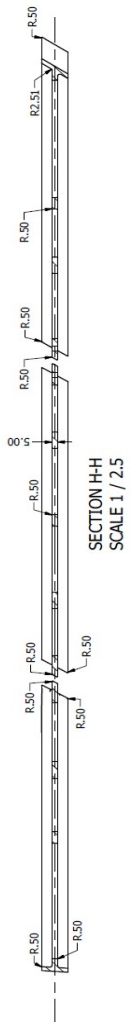
DESIGN	28/10/2016	TITLE	
CHECKED	Cherise Philippou	DATE	
QA		PROJECT	FAÇE & COLLIN 4
PMG		SIZE	D
APPROVED		SCALE	6:1
		REV	airfoil004_rib8_spar2_syndesh2



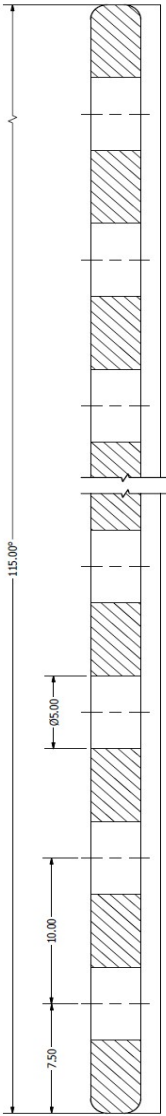
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib 09



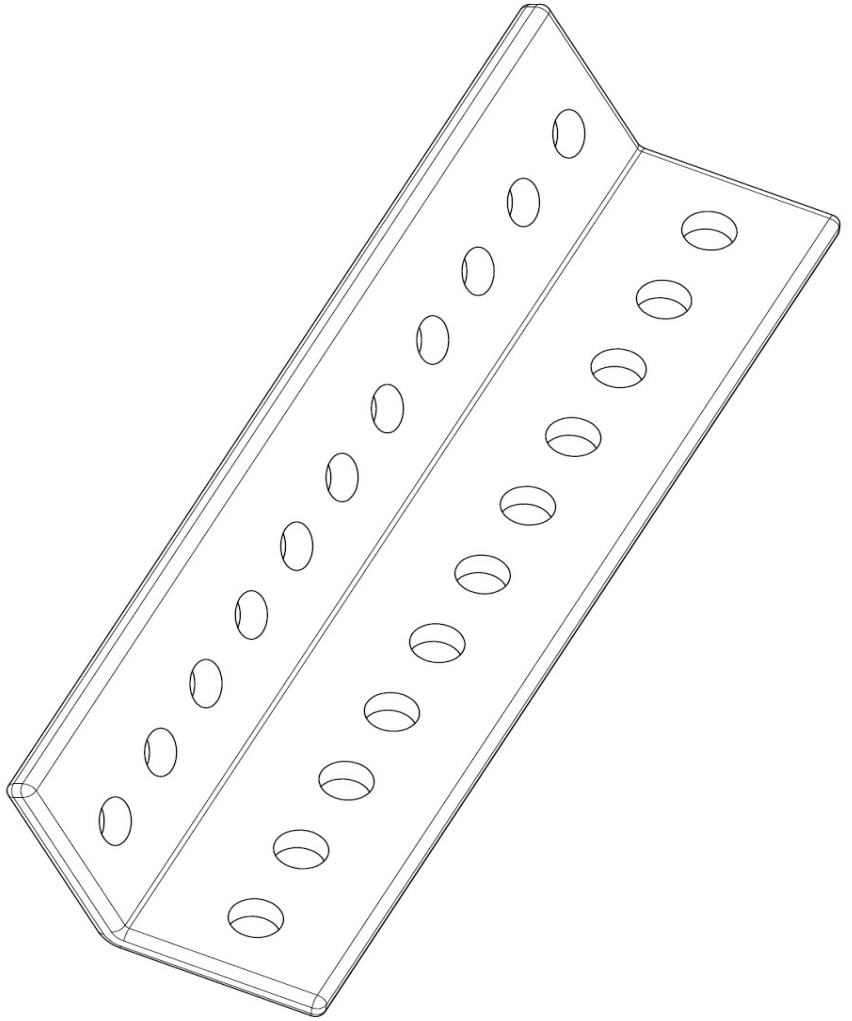
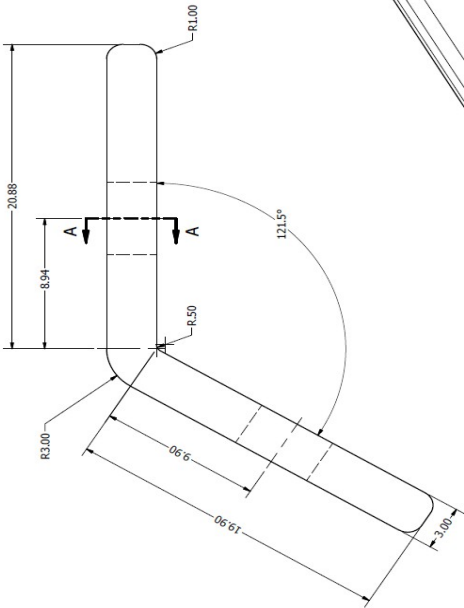
Συναρμολόγηση νεύρων (Rib) : Rib 09



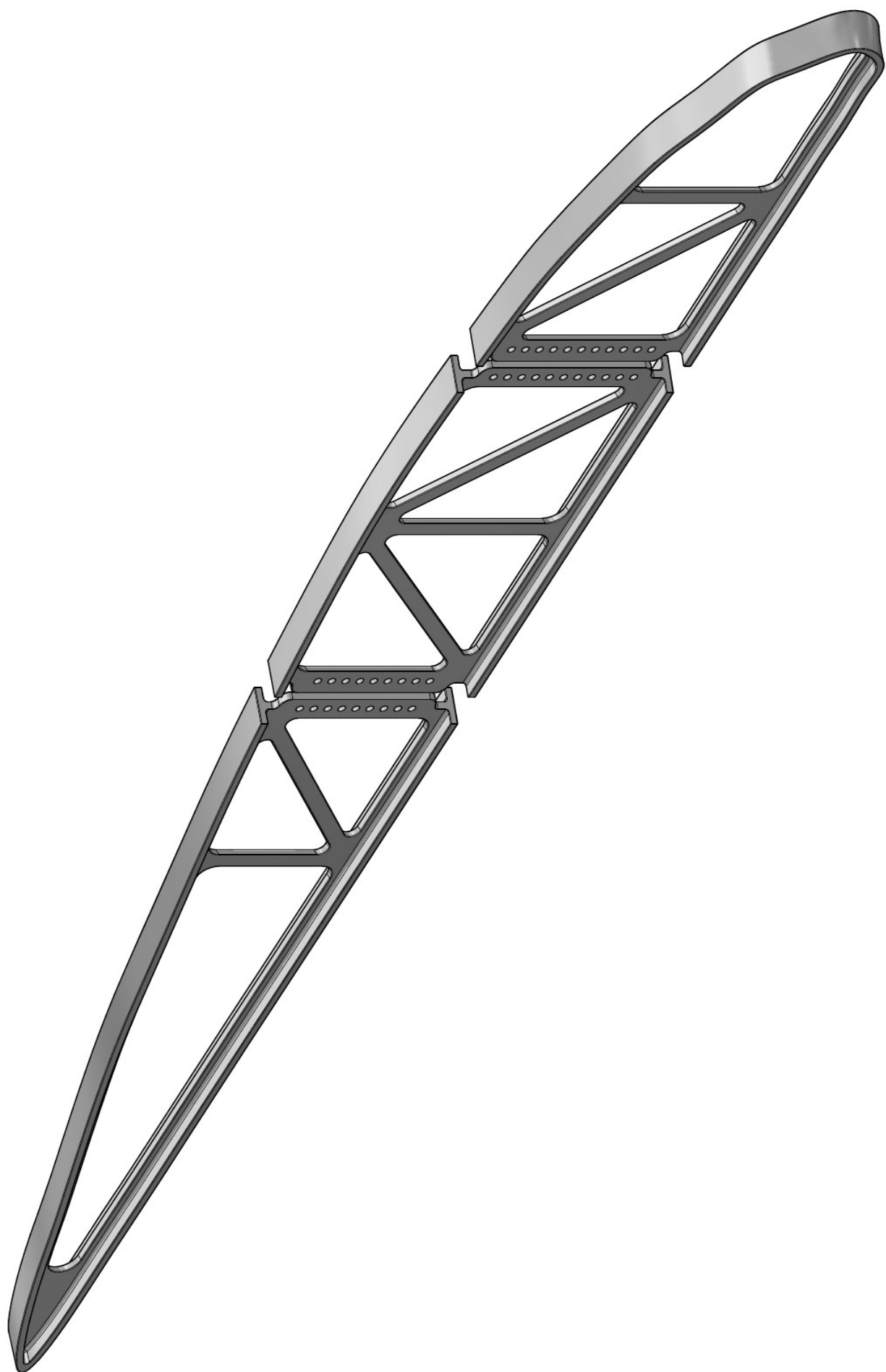
DRAWN	Chrisos Philippou	18/9/2016	TITLE	
CHECKED	OK			
DATE				
APPROVED				
			PAGE & COLLIN 4	
SIZE	D	DWG NO	airfoil004_r09.2016	REV
SCALE	1 / 2.5			SHEET 1 OF 1



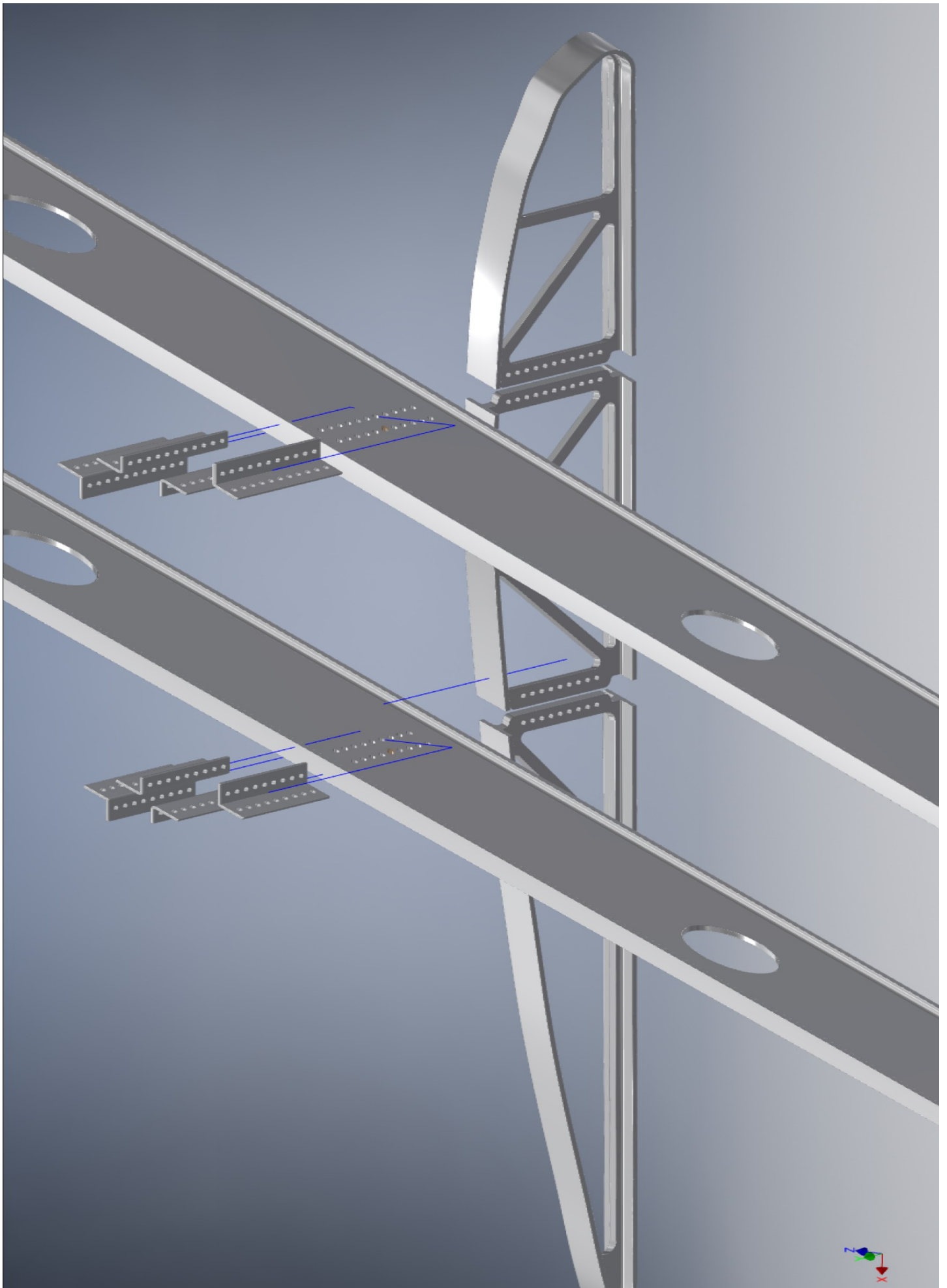
SECTION A-A
SCALE 6: 1



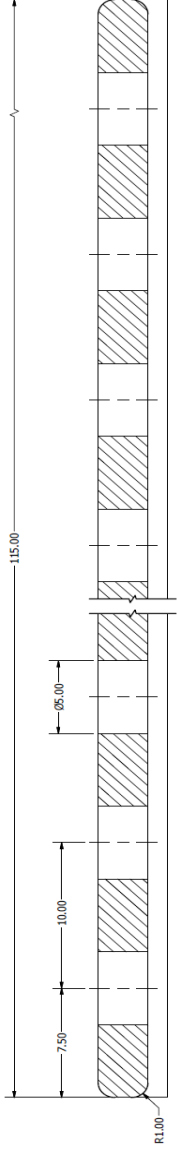
DRAWN	Christos Philippou	28/10/2016	TITLE	
CHECKED				
DATE				
APPROVED				
			TITLE	FAGE & COLLIN 4
			SIZE	D
			DWG NO	airfoil004 ribs spar1.syndesh2
			SCALE	6:1
			SHEET	1 OF 1



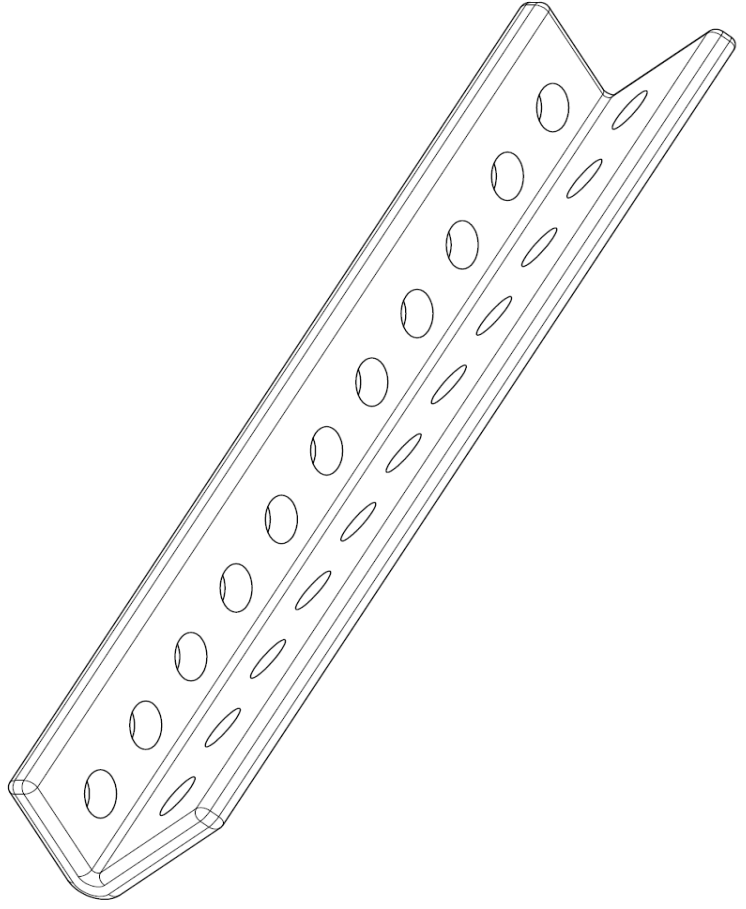
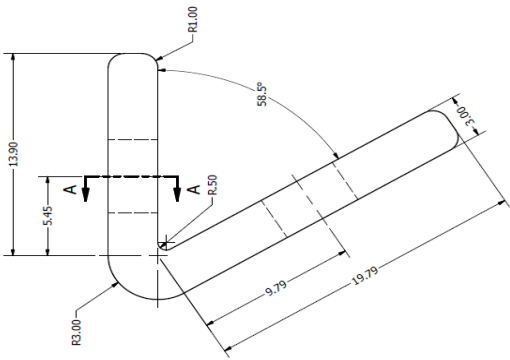
Απεικόνιση νεύρου (Rib) : Rib 10



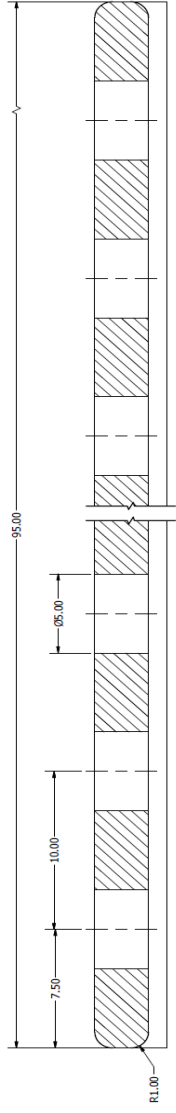
Συναρμολόγηση νεύρου (Rib) : Rib 10



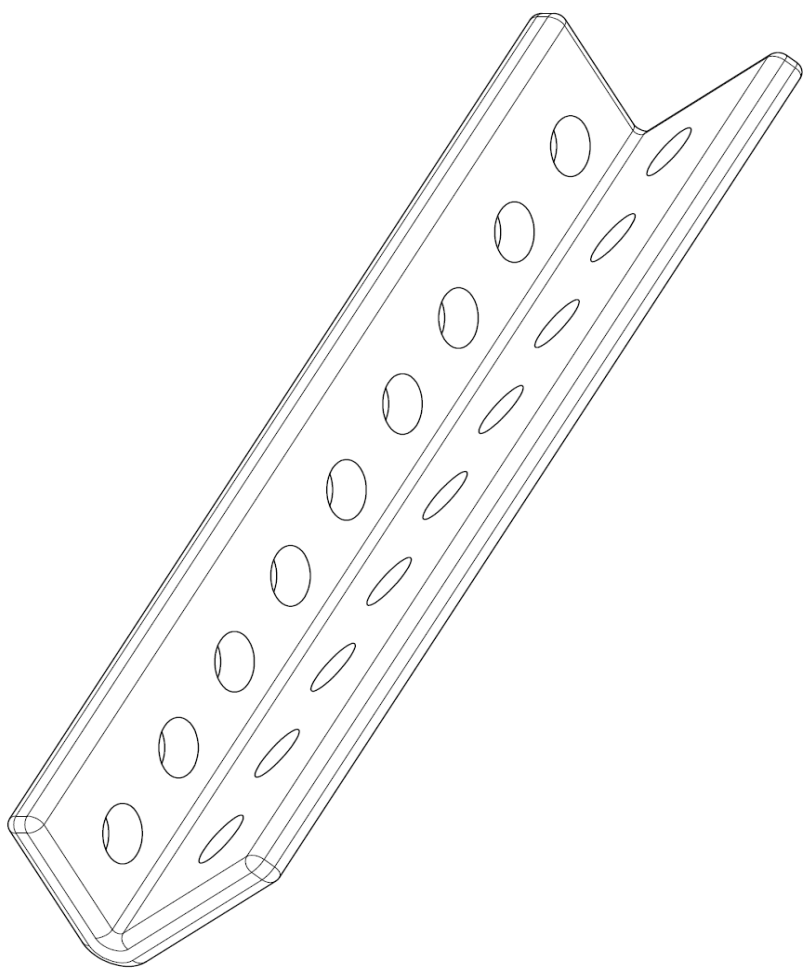
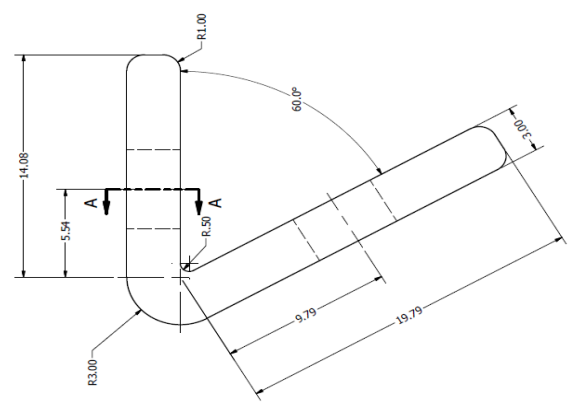
SECTION A-A
SCALE 6:1



DRAWN	28/10/2016	TITLE	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
SIZE	D	DWG NO	airfoil004.nb10.spar1.syndesh1
SCALE	6:1	SHEET	1 OF 1

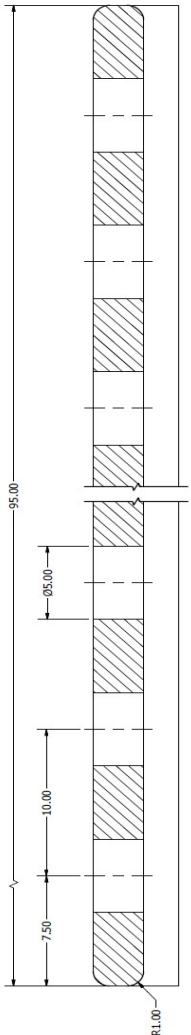


SECTION A-A
SCALE 6.5: 1

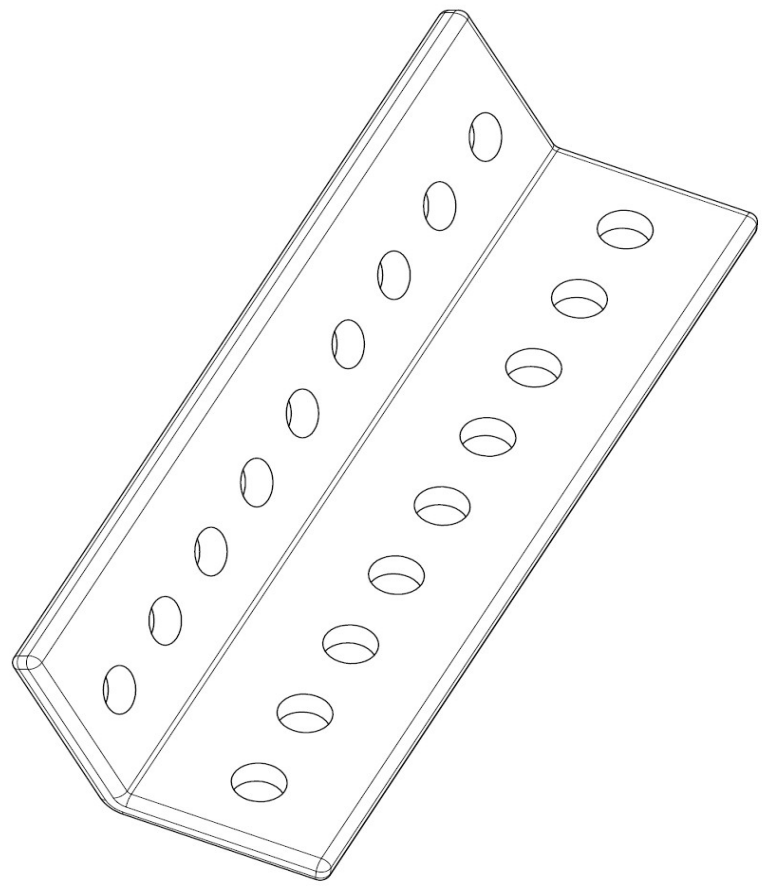
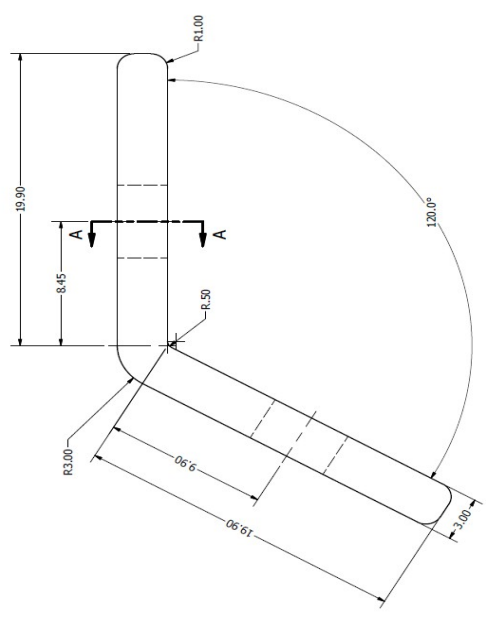


DRAWN	CHRISTOPHER Philippon	28/10/2016	TITLE	
CHECKED	CA			
APPROVED	MG			
FILE NO	jaifrci004.tb.10.spar2.syndesh1			REV
SCALE	6.5:1			SHEET 1 OF 1

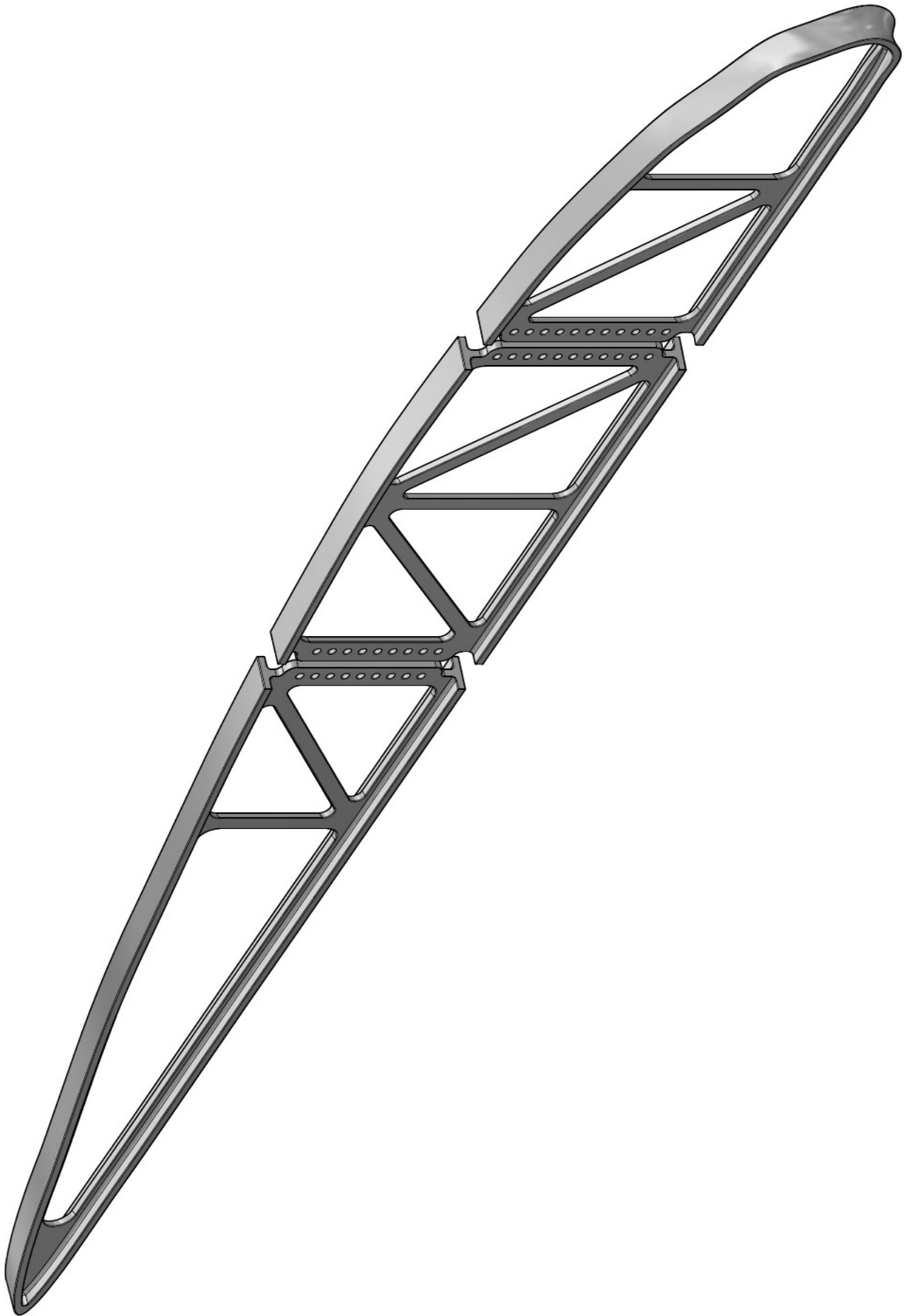
FAGE & COLLIN 4



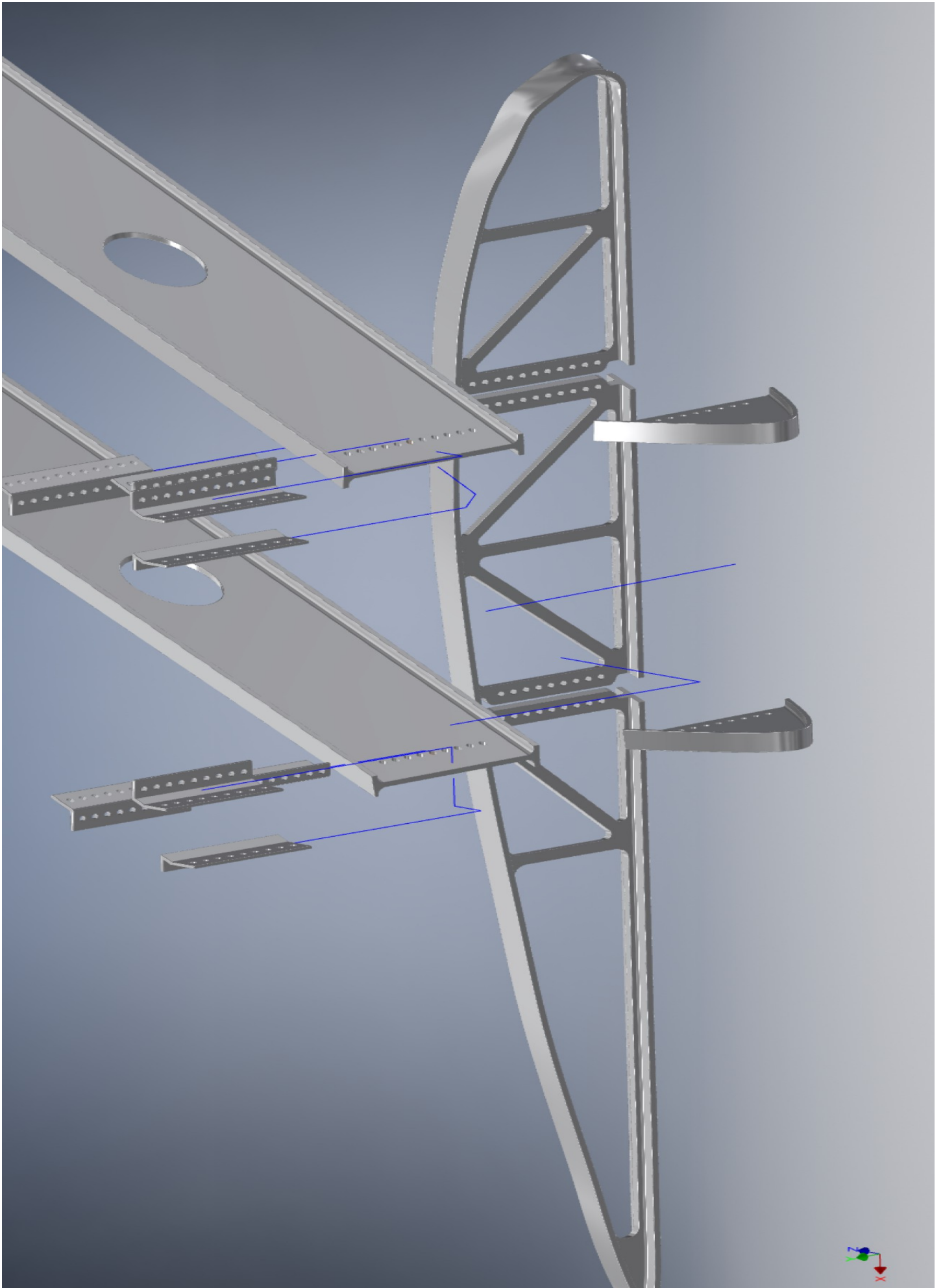
SECTION A-A
SCALE 6: 1



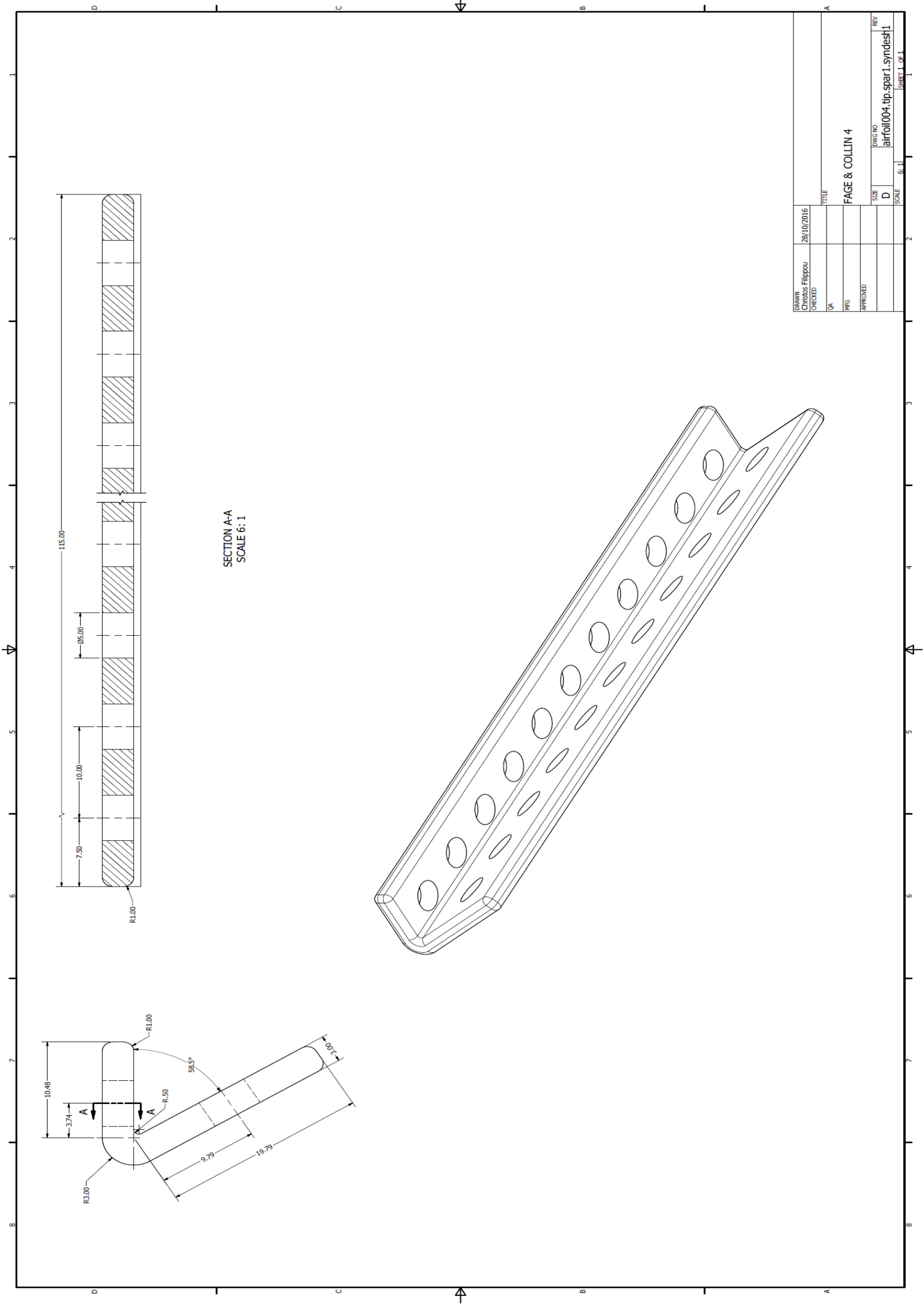
DRAWN	28/10/2016	TITLE
CHECKED		FACE & COLLIN 4
DATE		
BY		
APPROVED		
SIZE	DWG NO	REV
D	airfoil004.nib.10.spar2.syndash12	
SCALE	6: 1	SHEET 1 OF 1



Συναρμολόγηση νεύρου (Rib) : Tip

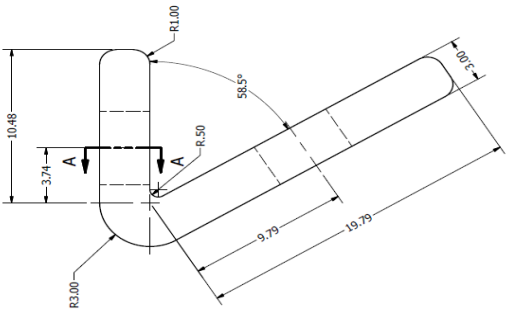
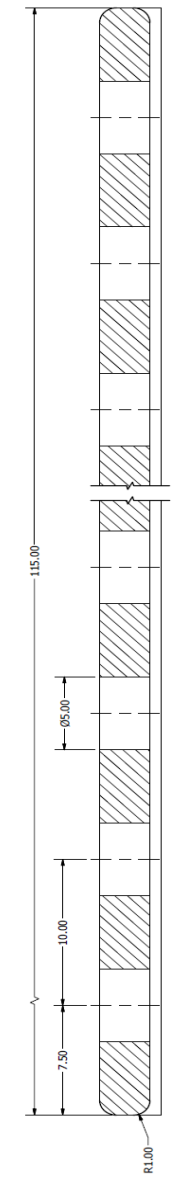


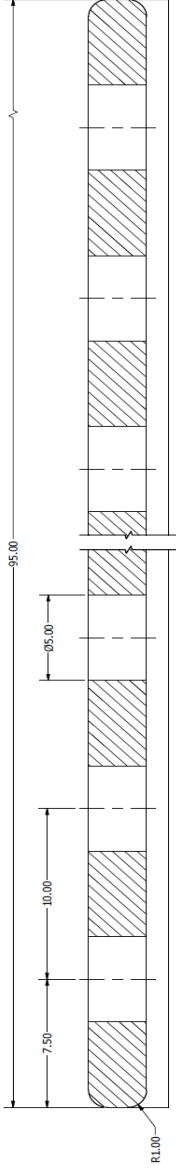
Συναρμολόγηση νεύρων (Rib) : Tip



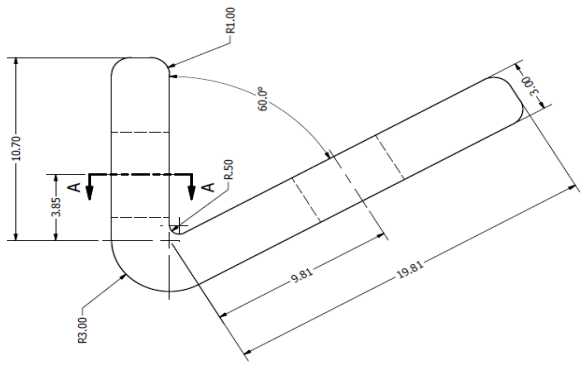
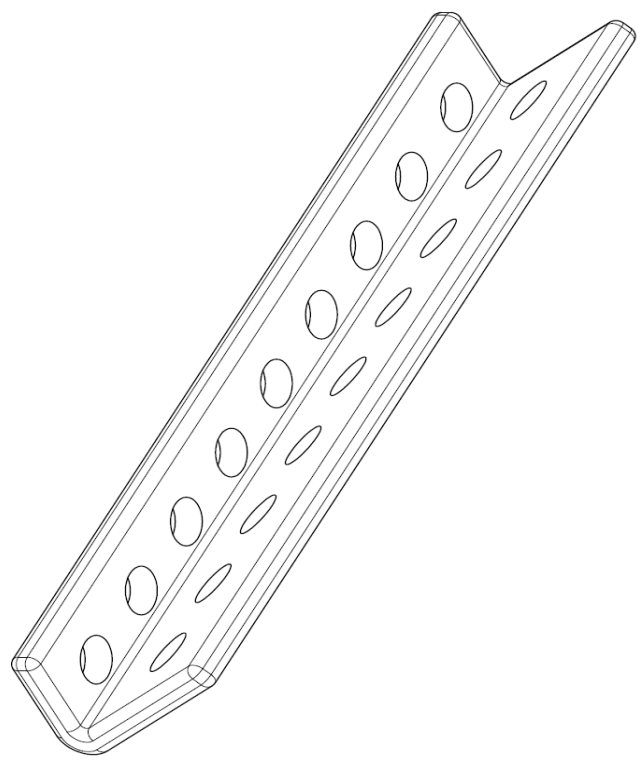
DRAWN	Christos Filippou	28/10/2016	TITLE	
CHECKED				
DATE				
CHK			TITLE	FACE & COLLIN 4
HRG				
APPROVED				
			SIZE	D
			DWG NO	airfoil004.tip.spar1.synidesh1
			REV	1
			SCALE	6:1

SECTION A-A
SCALE 6:1

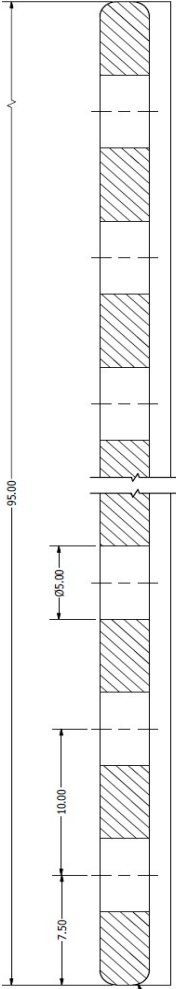




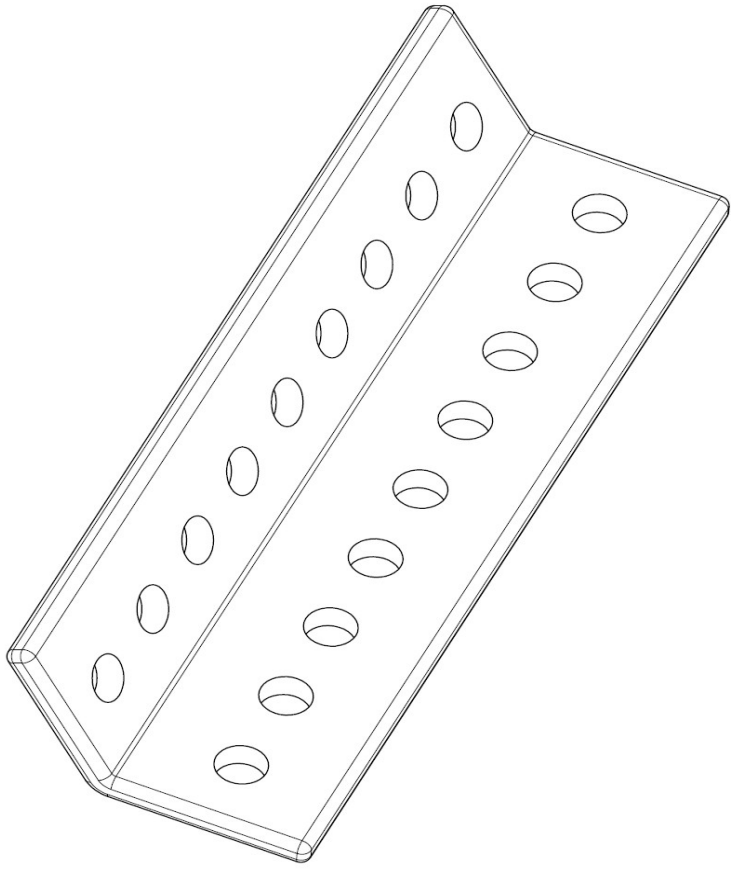
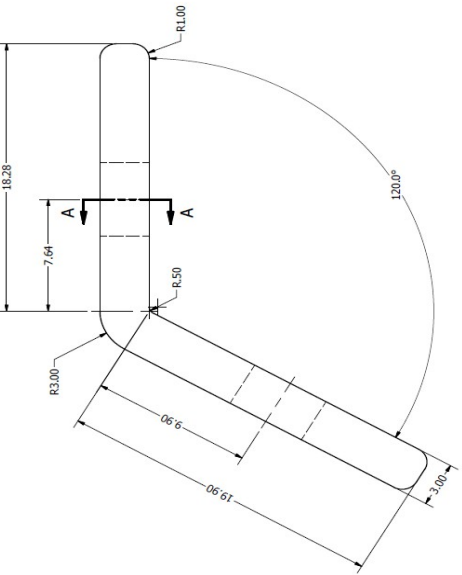
SECTION A-A
SCALE 7 : 1



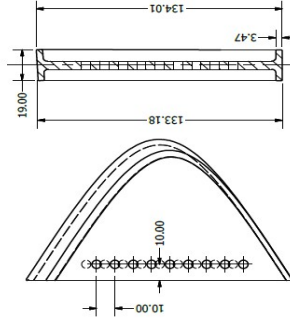
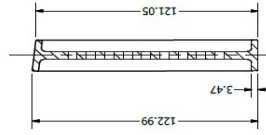
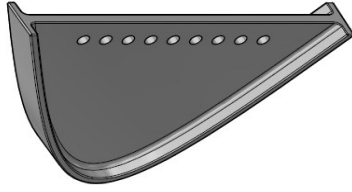
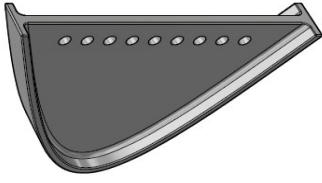
DRAWN	Chrisos Philippou	26/10/2016	TITLE
CHECKED	QA		FAGE & COLLIN 4
APPROVED			
SIZE	D	DWG NO	airfoil004.tp.spar2.syndest1
SCALE	7 : 1	SHEET	1 OF 1



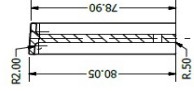
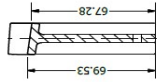
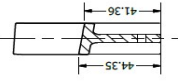
SECTION A-A
SCALE 6:1



DRAWN	29/10/2016	TITLE
CHECKED		FACE & COLLIN 4
DATE		SIZE
BY		D
APPROVED		SCALE
		6:1
		SHEET 1 OF 1



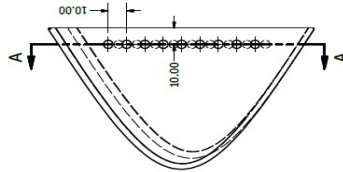
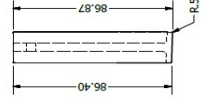
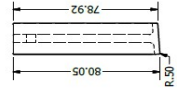
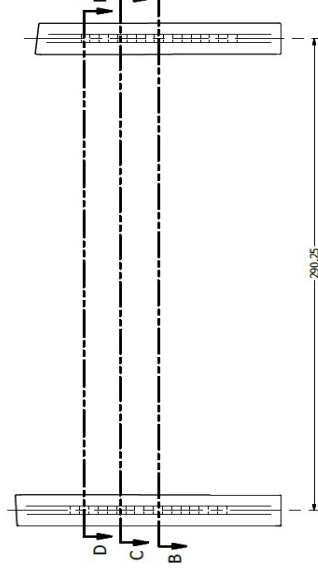
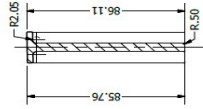
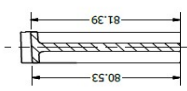
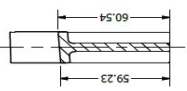
SECTION A-A
SCALE 1 : 1.5



SECTION D-D
SCALE 1 : 1.5

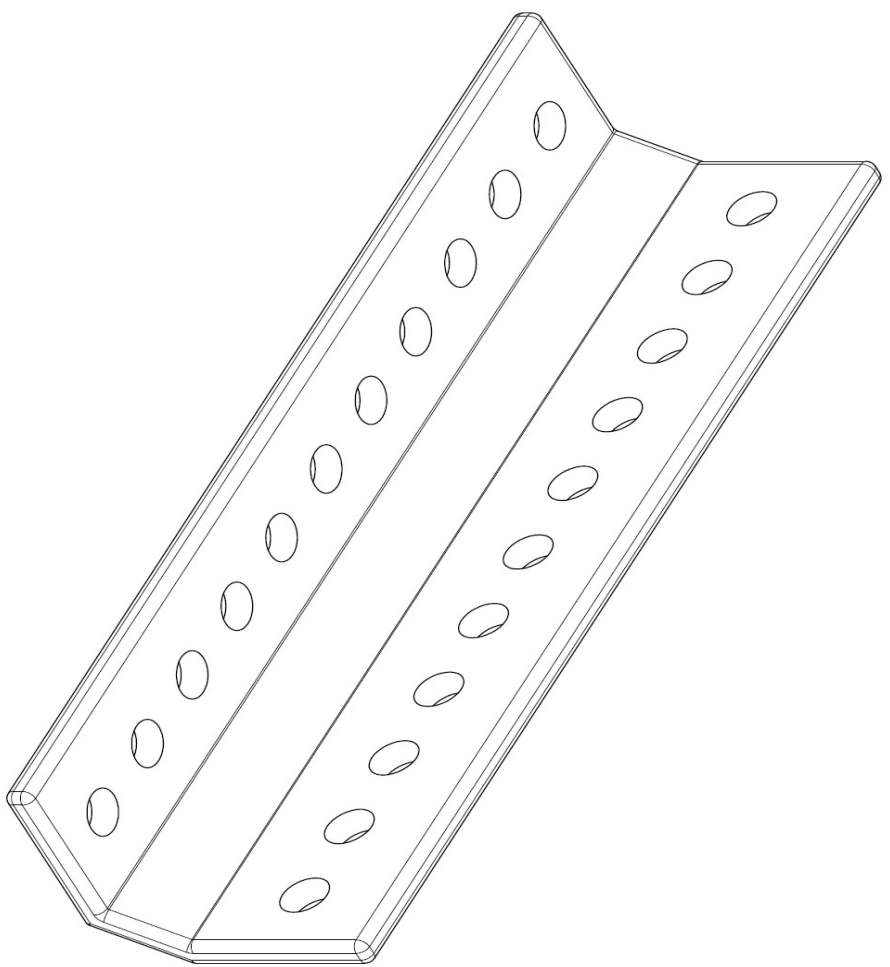
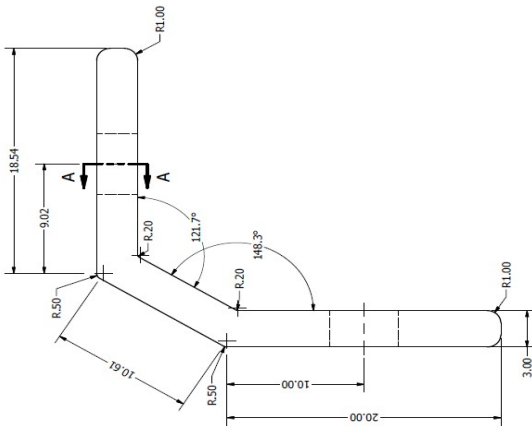
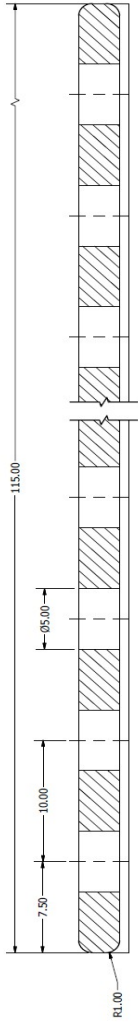
SECTION C-C
SCALE 1 : 1.5

SECTION B-B
SCALE 1 : 1.5

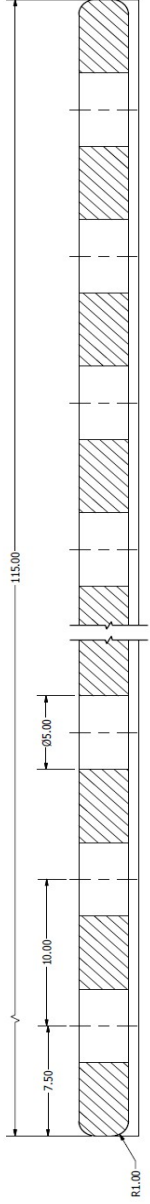
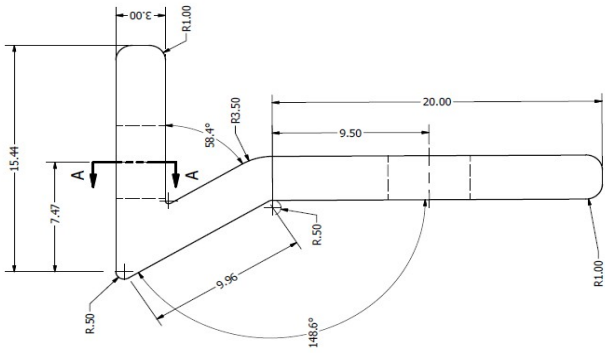


DRAWN	Christos Filippou	18/9/2016	TITLE	
CHECKED				
QA				
MFG				
APPROVED				
SIZE	D	DWG NO	airfoil004.end	REV
SCALE	1 : 1.5	SHEET	1 OF 1	

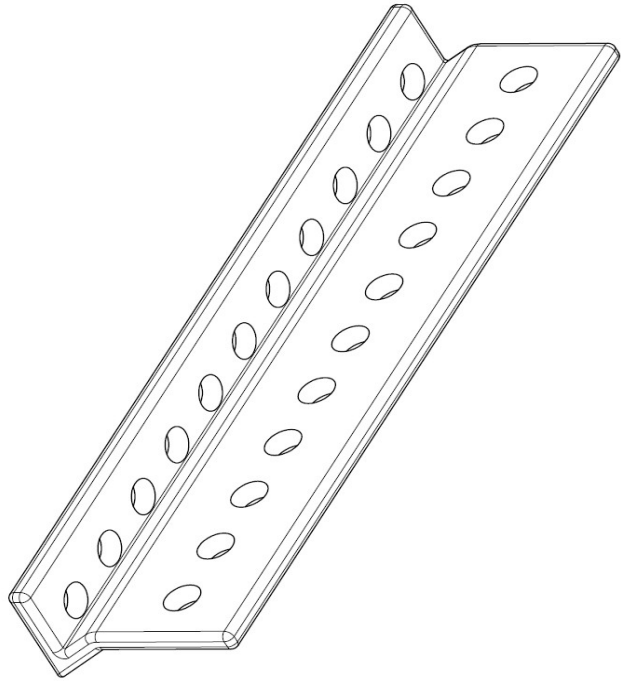
FACE & COLLIN 4



DRAWN	PHILIPPOU	28/10/2016	TITLE	
CHECKED				
APPROVED				
SIZE	D	SCALE	5:1	SHEET NO. 1
PAGE & COLLIN 4			REV	
			FILE	airfoil004.tip.spar1.syndest1.erd

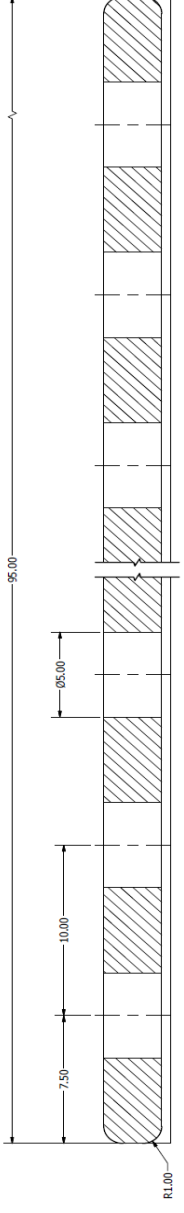


SECTION A-A
SCALE 6 : 1

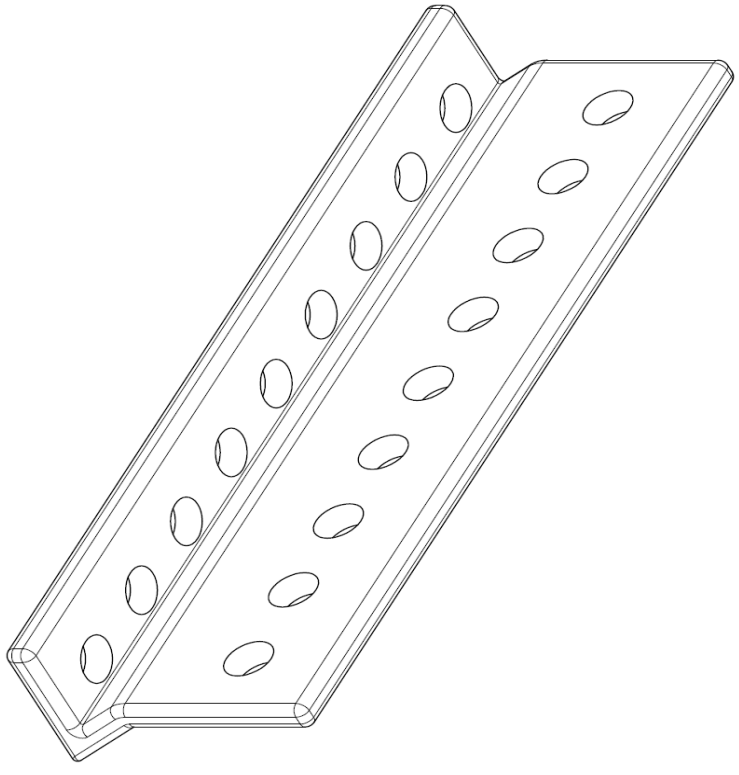
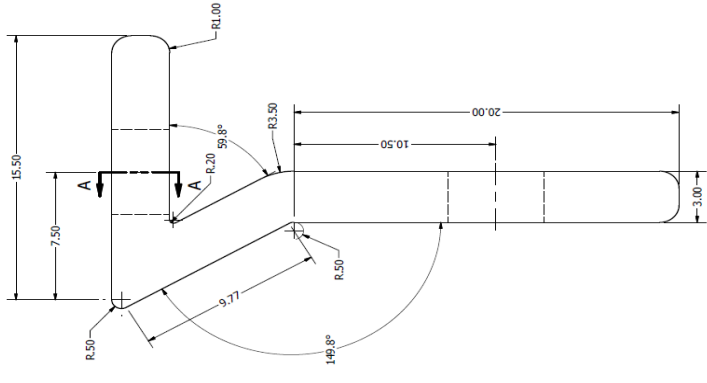


DRAWN	CHRISTOPHER PHILIPPOU	28/10/2016	TITLE	
CHECKED				
QA				
MFG				
APPROVED				
SIZE	D	DRAWN BY	CHRISTOPHER PHILIPPOU	REV
SCALE	6:1	FILE	airfoil004.tip.spar1.syndest2.erd	
		SHEET	1	OF 1

FAGE & COLLIN 4



SECTION A-A
SCALE 7: 1



DRAWN	CHRISTOS PHILIPPOU	28/10/2016	TITLE
CHECKED	QA		FACE & COLLIN 4
FIG	APPROVED		SIZE
			D
			SCALE
			7:1

REV	DESCRIPTION
1	ndesh1.1.erd
2	ndesh2.2.erd

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

http://www.aeronautics.nasa.gov/pdf/wing_design_k-12.pdf

<http://faculty.dwc.edu/sadraey/Chapter%205.%20Wing%20Design.pdf>

<http://www.allstar.fiu.edu/AERO/flight12.htm>

https://en.wikipedia.org/wiki/Early_flying_machines

<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/drag1.html>

<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/thrust1.html>

Συστήματα CAD/CAM και τρισδιάστατη μοντελοποίηση, Νικόλαος Μπιλάλης, Εμμανουήλ Μαραβελάκης.