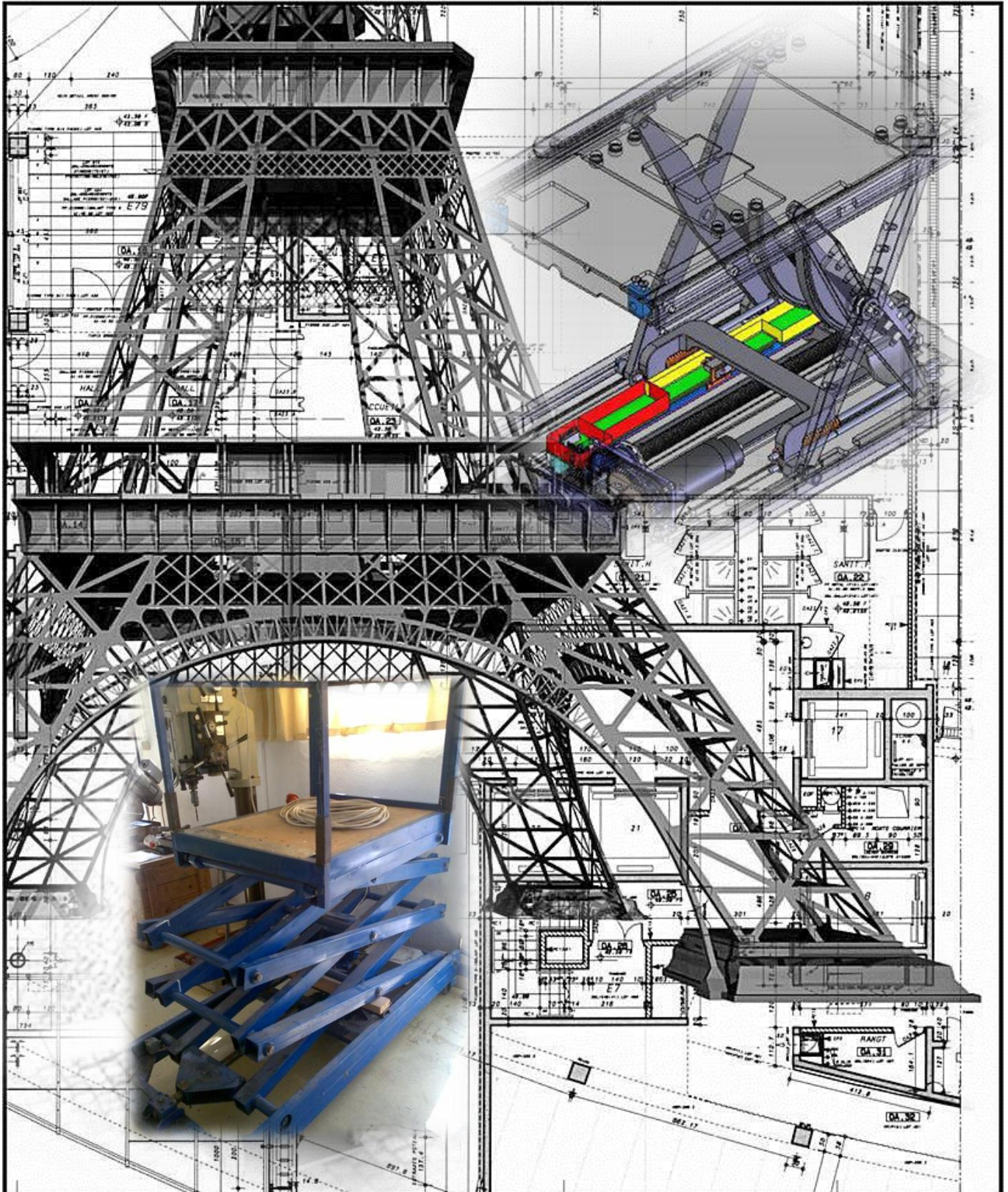


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΘΕΜΑ:

Τρισδιάστατος σχεδιασμός, και μελέτη αντοχής ανυψωτικής διάταξης



Ευχαριστούμε:

Τους Γονείς μας , για την στήριξη τους...

...τους καθηγητές μας, που τόσα χρόνια ήταν δίπλα μας, ακόμη και την τελευταία στιγμή της φοιτητικής μας πορείας...

...τους συμφοιτητές μας , για τα υπέροχα φοιτητικά χρόνια που μοιραστήκαμε.

Καδόγλου Κωνσταντίνος

Μαλάι Μιρέλ-Νικόλαος

ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΘΕΜΑ: Τρισδιάστατος σχεδιασμός, κινηματική ανάλυση και μελέτη αντοχής ανυψωτικής διάταξης

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ:

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η σχεδιομελέτη ανυψωτικής διάταξης. Στα πλαίσια της εργασίας θα εκπονηθεί τρισδιάστατη σχεδίαση όλων των εξαρτημάτων καθώς και της συναρμολογημένης διάταξης με χρήση κατάλληλου λογισμικού τρισδιάστατης σχεδίασης (3D-CAD).

Ο Εισηγητής

Καθηγητής Dr.-Ing Κων/νος Δαυίδ

Οι Σπουδαστές

Μαλάι Μιρέλ Νικόλαος

Καδόγλου Κωνσταντίνος

Ιστορική Εξέλιξη Συστημάτων Ανύψωσης



Ανατρέχοντας στην ιστορία βλέπουμε ότι από αρχαιοτάτων χρόνων ο άνθρωπος είχε την ανάγκη να επινοήσει τρόπους κατακόρυφης ανύψωσης του ίδιου ή των αντικειμένων του, εκμεταλλευόμενος κάθε μορφή ενέργειας που είχε στην διάθεσή του.

Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι ήδη από το 2700 π.Χ. είχαν την ανάγκη να ανυψώνουν τεράστιες πέτρες για την κατασκευή πυραμίδων - ναών και εκμεταλλευόμενοι την θεωρία του επικλινούς επιπέδου κατορθώνουν με τεράστιες τσουλήθρες να μετακινούν σιγά σιγά προς τα πάνω αυτούς τους τεράστιους όγκους.

Η χρήση μηχανών για την ανύψωση φορτίων κατά τη διάρκεια οικοδομικών εργασιών ξεκινάει τουλάχιστον στη ρωμαϊκή εποχή. Ο Ρωμαίος αρχιτέκτονας και μηχανικός Βετρούβιος περιέγραψε τον 1ο αιώνα π.Χ. ανυψωτικές εξέδρες στις οποίες χρησιμοποιούνταν τροχαλίες και βαρούλκα ή "εργάτες" που κινούνταν με τη μυϊκή δύναμη ανθρώπων ή ζώων ή με τη δύναμη του νερού.

Κατά την διάρκεια του Μεσαίωνα παρουσιάζουν αρκετό ενδιαφέρον διάφορες εικονογραφήσεις που απεικονίζουν τύπους χειροκίνητων ανελκυστήρων. Διάσημος για την ωραιότητα πολυχρωμία του και την εντυπωσιακή απλότητά του είναι ο " ανελκυστήρας με tamburo" που εμφανίζεται σε μια μινιατούρα του 1310, δια μέσου του οποίου μια νέα και φλογερή πυργοδέσποινα ανυψώνει χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία τον αγαπημένο της.

Στο Θιβέτ και στην Ελλάδα (Μετέωρα), οι πρώτοι ανελκυστήρες είχαν την μορφή καλαθιών, με τα οποία μεταφέρονταν άνθρωποι και εμπορεύματα. Τα πρώτα αυτά μέσα μεταφοράς είχαν ένα σοβαρό πρόβλημα. Αν τυχόν έσπαγε το σχοινί, οι μεταφερόμενοι έπεφταν χωρίς καμιά πιθανότητα σωτηρίας και τα εμπορεύματα δεν είχαν καμιά πιθανότητα να φθάσουν στον προορισμό τους.

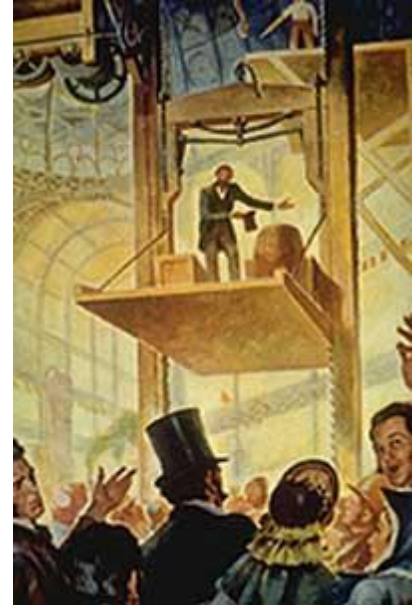
Η ιστορία του σύγχρονου ανελκυστήρα όπως τον εννοούμε σήμερα και όπως αυτός ορίζεται σαν μια εγκατάσταση που έχει ως σκοπό την κατακόρυφη μεταφορά ανθρώπων και εμπορευμάτων, αποτελούμενος, από έναν θάλαμο που κυλά μεταξύ δύο οδηγών και αναρτημένος σε συρματόσχοινα ή συγκρατημένος από ένα η δύο πιστόνια, αρχίζει στην Νέα Υόρκη το 1853. Στο Cristal Palace γίνεται μια φανταστική επίδειξη: κάτω από τα βλέμματα εκατοντάδων επισκεπτών, κόβεται το σχοινί της πλατφόρμας ενός ανελκυστήρα, η οποία ωστόσο εξ' αιτίας ενός συστήματος ασφαλείας παραμένει μπλοκαρισμένη πάνω στους οδηγούς χωρίς να πέφτει. Ο εφευρέτης του συστήματος είναι ο Elisha G. Otis ο οποίος για να κάνει πιο πιστευτή την δοκιμή ανέβηκε ο ίδιος πάνω στην πλατφόρμα και παρέμεινε εκεί μέχρι το τέλος της δοκιμής. Αυτός ο ανελκυστήρας θεωρείται ο πρώτος αληθινός, σίγουρος και λειτουργικός ανελκυστήρας και αρχίζει ένας διαρκής αγώνας για την τελειοποίησή του.

❖ Το 1855 κατασκευάζεται ο πρώτος ανελκυστήρας κινούμενος με ατμομηχανή, που έκαιγε κάρβουνα.

❖ Το 1857 εγκαθίσταται στο Broadway στην Νέα Υόρκη ο πρώτος ανελκυστήρας για την χρήση μεταφοράς ατόμων. Η εγκατάσταση αγωγών ατμού στους δρόμους της πόλης επέτρεψε μια πολύ γρήγορη διάδοση των ανελκυστήρων αυτού του τύπου, γιατί πλέον ήταν ανεξάρτητοι από την ύπαρξη ενός ξεχωριστού καζανιού με όλα τα προβλήματα συντήρησης και χρήσης που αυτό συνεπάγεται.

❖ Το 1867 ο Γάλλος Leon Edoux παρουσίασε στο Παρίσι τον πρώτο ανελκυστήρα ο οποίος εκμεταλλευόταν την ενέργεια του νερού υπό πίεση που προερχόταν από το δίκτυο υδροδότησης της πόλης.

❖ Το 1870 λειτούργησαν στην Νέα Υόρκη οι πρώτοι υδραυλικοί ανελκυστήρες στους οποίους η εξέδρα ήταν στερεωμένη σε ένα έμβολο που κινούνταν μέσα σε έναν κύλινδρο βυθισμένο στο έδαφος κάτω από το φρεάτιο και σε βάθος ίσο με το ύψος του φρεατίου. Μια ατμοκίνητη αντλία ασκούσε πίεση στο υγρό, μέσα στον κύλινδρο με συνέπεια την άνοδο της πλατφόρμας. Αργότερα, χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός τροχαλιών για τον πολλαπλασιασμό της διαδρομής του οχήματος και τη μείωση της βύθισης του εμβόλου.



❖ Το 1880 ο Γερμανός εφευρέτης Werner von Siemens εισάγει το ηλεκτρικό μοτέρ στην κατασκευή του ανελκυστήρα.

❖ Το 1889 στο κτίριο DEMAREST της Νέας Υόρκης λειτούργησε ο πρώτος ηλεκτρικός ανελκυστήρας με τύμπανο περιέλιξης. Η εισαγωγή του ηλεκτρισμού οδήγησε σε δύο ακόμη εξελίξεις: το 1894 παρουσιάστηκαν τα χειριστήρια με κουμπιά καταργώντας την ανάγκη χειριστών (OTIS) και το 1895 εκτέθηκε στην Αγγλία μια ανυψωτική συσκευή στην οποία η ισχύς παρέχόταν σε μια αυλακωτή τροχαλία στην κορυφή του φρεατίου. Τα βάρη του θαλάμου και του αντίβαρου αρκούσαν για την εξασφάλιση έλξης. Με την κατάργηση των μειονεκτημάτων του τυμπάνου περιέλιξης, ο κινητήριος μηχανισμός έλξης επέτρεψε την κατασκευή υψηλότερων φρεατίων και την επίτευξη μεγαλύτερων ταχυτήτων.

❖ Το 1904 επιτεύχθηκε η λειτουργία χωρίς μειωτήρα, με την άμεση προσαρμογή της κινητήριας τροχαλίας στον άξονα του δρομέα του ηλεκτροκινητήρα και με την καινοτομία αυτή επιτεύχθηκε πρακτικά απεριόριστη ταχύτητα. Μετά την επίλυση των προβλημάτων ασφάλειας, ταχύτητας και ύψους, η προσοχή στράφηκε προς την άνεση και την οικονομία.

❖ Το 1915 παρουσιάστηκε η αποκαλούμενη αυτόματη ισοστάθμιση και επιπλέον, οι πόρτες έγιναν ηλεκτροκίνητες. Με την αύξηση του ύψους των κτιρίων, οι ταχύτητες των ανελκυστήρων αυξήθηκαν ως τα 365 μέτρα ανά λεπτό σε εγκαταστάσεις εξπρές, όπως αυτές που προορίζονταν για τους τελευταίους ορόφους του Empire State Building (1931) και έφτασαν στα 549 μέτρα ανά λεπτό στο John Hancock Center στο Σικάγο το 1970 και 61 μέτρα ανά λεπτό στο κτίριο ?Λιακάδα

60? στο Τόκιο το 1978. Σήμερα οι δυο ταχύτεροι ανελκυστήρες του κόσμου λειτουργούν στο υψηλότερο κτίριο το - Ταιρεί 101 - στην Ταιρεί. Πρόκειται για ένα κτίριο 101 ορόφων και ύψους 508 μέτρων. Οι ανελκυστήρες αυτοί κάνουν μια διαδρομή 382 μέτρων σε 39 δευτερόλεπτα με ταχύτητα 1010 μέτρων ανά λεπτό.

Το εντυπωσιακό είναι ότι διαθέτουν σύστημα ρύθμισης της ατμοσφαιρικής πίεσης μέσα στον θάλαμο. Το τελευταίο μέρος της ιστορίας, που δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί, γράφεται καθημερινά ακολουθώντας τα τεράστια άλματα της τεχνολογικής επανάστασης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ο Ανελκυστήρας για το διάστημα.



Ένας επαναστατικός τρόπος για να μεταβαίνουμε από τη Γη στο διάστημα ο οποίος σχεδιάζεται ήδη από τη NASA. Πρόκειται για ένα διαστημικό ανελκυστήρα, που περιλαμβάνει ένα σύρμα φτιαγμένο από νανοσωλήνες άνθρακα με τη μία του άκρη να συνδέεται σταθερά με μια θαλάσσια πλατφόρμα στον Ειρηνικό ωκεανό, στο ύψος του ισημερινού και το άλλο του άκρο να βρίσκεται στο

διάστημα πάνω από τη σύγχρονη γεωστατική τροχιά (σε ύψος 35.800km).

Όσο απίστευτο όμως κι αν ακούγεται, η NASA επιχειρεί την υλοποίησή του διαστημικού ανελκυστήρα με την κατασκευή ενός γιγαντιαίου διαστημικού πύργου. Ισχυρίζονται δε πως μπορούν να κατασκευάσουν μια διάταξη όπου ένα μακρύ ηλεκτροδυναμικό σύρμα θα συνδέει δύο αντικείμενα σε τροχιά και θα επιτρέπει τη μεταφορά ενέργειας από το ένα σώμα στο άλλο με σκοπό την κίνηση ενός διαστημικού σκάφους χωρίς καύσιμα. (<http://www.spaceelevator.com>)

Οι δυο μεγάλες κατηγορίες ανελκυστήρων και είναι:

❖ **Μηχανικοί Ανελκυστήρες**

❖ **Υδραυλικοί Ανελκυστήρες**

Και αναλύονται ως εξής:

1. Μηχανικοί Ανελκυστήρες

Ο μηχανικός, είναι ο αρχαιότερος τύπος ανελκυστήρα. Αποτελείται από έναν ηλεκτροκινητήρα, ένα μειωτή στροφών και μία τροχαλία προσαρμοσμένα κατάλληλα μεταξύ τους πάνω σε μία βάση. Από την τροχαλία διέρχεται ένα σύστημα συρματόσχοινων, στη μία άκρη του οποίου βρίσκεται προσαρμοσμένη η καμπίνα των επιβατών και στο άλλο τα αντίβαρα.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες μηχανικών ανελκυστήρων, ο μονόστροφος με μία ταχύτητα κίνησης και ο διπλόστροφος με δύο ταχύτητες κίνησης. Ο μονόστροφος ανελκυστήρας κινείται συνεχώς με μία συγκεκριμένη ταχύτητα, με αποτέλεσμα να είναι λίγο απότομος, ιδίως όταν σταματάει στον όροφο. Επίσης παρουσιάζει προβλήματα σωστής ισοστάθμισης της καμπίνας στον όροφο και για το λόγο αυτό δεν ενδείκνυται για πολυώροφα κτίρια.

Ο διπλόστροφος ανελκυστήρας ξεκινάει με την μεγάλη ταχύτητα και όσο πλησιάζει στον όροφο στον οποίο πρόκειται να σταματήσει, μειώνει ταχύτητα, έως ότου ακινητοποιηθεί πλήρως. Με το σύστημα αυτό λύθηκαν σχεδόν όλα, τα προβλήματα απόλυτης ισοστάθμισης στον όροφο, ιδίως για ανελκυστήρες μεγάλων φορτίων με κινητήρα μίας ταχύτητας.

Οι μηχανικοί ανελκυστήρες μπορούν να συνδυαστούν με εξελιγμένους πίνακες αυτοματισμού αποκτώντας έτσι αυξημένες δυνατότητες και καλύτερη λειτουργικότητα. Είναι ο πιο δημοφιλής τύπος ανελκυστήρα ακόμα και σήμερα και είναι ιδανικός για κτίρια με πολλούς ορόφους, μεγάλη κίνηση και αυξημένες ανάγκες μεταφοράς φορτίων

Η σειρά μηχανικών ανελκυστήρων (έλξεως) που προσφέρει η εταιρία μας είναι ειδικά σχεδιασμένοι για κτίρια όλων των απαιτήσεων. Οι ανελκυστήρες της εν λόγω σειράς μπορεί να είναι μίας ή δυο ταχυτήτων είτε εφοδιασμένοι με σύστημα μεταβαλλόμενης συχνότητας (inverter) με ταχύτητα μεταφοράς ως και 2.5m/sec και δυνατότητα ανέλκυσης ακόμη και 20 ατόμων.

Σ' αυτή την κατηγορία ανελκυστήρων έχουν γίνει τεράστια τεχνολογικά άλματα τα τελευταία χρόνια και θεωρούνται η πλέον σύγχρονη τεχνολογία ανύψωσης ανθρώπων-αγαθών που συνδυάζει χαμηλό κόστος και απόλυτη αξιοπιστία σε όλες τις συνθήκες. Το μηχανοστάσιο τους τοποθετείται συνήθως στην ανωδομή του κτιρίου. Η σειρά μοντέ



1.1 Τα βασικότερα πλεονεκτήματα μηχανικών ανελκυστήρων είναι:

- Γρήγορη, αθόρυβη και ασφαλής μεταφορά σε όλες τις συνθήκες
- Ακρίβεια στάσης του ανελκυστήρα σε κάθε όροφο
- Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρής κατανάλωσης ρεύματος
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας- συντήρησης και επισκευών λόγω περιορισμένων φθορών
- Μεγάλη διάρκεια ζωής του ανελκυστήρα

2. Υδραυλικοί Ανελκυστήρες

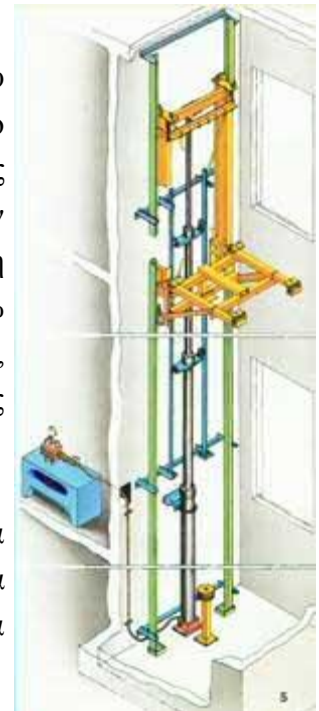
Ο υδραυλικός είναι σχετικά ένας νέος τύπος ανελκυστήρα, με την μαζική παραγωγή του να ξεκινάει περίπου στα μέσα της δεκαετίας του ογδόντα. Αποτελείται από μία υδραυλική αντλία που πιέζει λάδι, το οποίο μέσω ενός εύκαμπτου σωλήνα μεταφέρεται σε ένα έμβολο, αναγκάζοντας το να κινείται. Επάνω στο έμβολο αυτό βρίσκεται το πλαίσιο του θαλάμου με την καμπίνα η οποία έτσι ανεβοκατεβαίνει.

Το σύνολο συμπληρώνουν διάφορες ηλεκτρουδραυλικές βαλβίδες και ο ηλεκτρονικός πίνακας που αναλαμβάνουν τον έλεγχο της κίνησης. Βασικό πλεονέκτημα αυτού του τύπου ανελκυστήρα είναι, η γενικά πιο απλή κατασκευή του, η αθόρυβη λειτουργία του και ο αυτόματος απεγκλωβισμός των επιβατών σε περίπτωση διαφόρων ανωμαλιών του ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης είναι πολύ σημαντική η ευελιξία που παρέχει στην τοποθέτηση του μηχανοστασίου, μιας και η σύνδεση του με το φρεάτιο γίνεται μόνο με μερικά ηλεκτρικά καλώδια και τον σωλήνα για την μεταφορά του λαδιού.

Το κυριότερο όμως μειονέκτημα του είναι η αδυναμία τοποθέτησης του σε ψηλά κτίρια με πολλούς ορόφους, (περισσότερους από 8 ή 9), αφού το μέγιστο ύψος λειτουργίας περιορίζεται από το μήκος του εμβόλου. Επίσης ο τύπος αυτός δεν μπορεί να επιτύχει μεγάλες ταχύτητες, συνεπώς δεν ωφελεί και σε κτίρια με μεγάλη κίνηση. Τέλος, έχει και μεγαλύτερη κατανάλωση ρεύματος σε σχέση με τον μηχανικό κατά περίπου 40% επιπλέον. Είναι όμως ιδανικοί για τοποθέτηση σε βιομηχανικές μονάδες, αποθήκες για την μεταφορά φορτίων αλλά και σε μικρά κτίρια, μεζονέτες εξοχικά κλπ. Για το λόγο αυτό έχουν γίνει τελευταία, πολύ δημοφιλείς.

Η σειρά μοντέλων υδραυλικών ανελκυστήρων που προσφέρει η εταιρία μας εγκαθίστανται σε κτίρια ως 7 στάσεων ή 21 μέτρων διαδρομής, για την μεταφορά προσώπων σε νεοαναγειρόμενα ή ήδη υπάρχοντα κτίρια όπως: πολυκατοικίες, γραφεία, ξενοδοχεία, νοσοκομεία και άλλα.

Η ταχύτητα μεταφοράς επιλέγεται από 0.63m/5sec ως 1m/sec. Οι ανελκυστήρες αυτοί είναι ειδικά σχεδιασμένοι και περισσότερο λειτουργικοί σε κτίρια χαμηλής ως μέσης κυκλοφορίας και χαμηλού ύψους ενώ το μηχανοστάσιο τους τοποθετείται συνήθως στο ισόγειο ή το υπόγειο του κτιρίου.



2.1 Τα βασικότερα πλεονεκτήματα των υδραυλικών ανελκυστήρων είναι:

- Μεγάλη διάρκεια ζωής γιατί τα συστήματα του ανελκυστήρα λειτουργούν μέσα σε υδραυλικό λάδι ειδικών προδιαγραφών
- Κατάργηση του μηχανοστασίου ανωδομής που σημαίνει καλύτερη αξιοποίηση του δομημένου χώρου
- Δυνατότητα άμεσου απεγκλωβισμού σε περίπτωση διακοπής ρεύματος
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας (εξοικονόμηση ενέργειας), συντήρησης και επισκευών λόγω περιορισμένων φθορών
- Ασφάλεια και άνεση κίνησης με ομαλή επιτάχυνση και επιβράδυνση.

3. Η Ανάπτυξη και Εξέλιξη των σύγχρονων CAD Συστημάτων

Ο καταναλωτισμός και η εκθετική αύξηση των απαιτήσεων για δημιουργία ποιοτικών «προϊόντων» σε μεγάλες ποσότητες ώθησε την διαμόρφωση των μεθόδων παραγωγής τους στην αξιοποίηση νέων τεχνολογιών οι οποίες έχουν σαν βάση τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Με τον όρο «προϊόν» αναφερόμαστε όχι μόνο σε απλά μεμονωμένα, αντικείμενα αλλά και σε μεγαλύτερες πιο πολύπλοκες κατασκευές, από μηχανολογικές συνθέσεις και σχεδίαση οικιών έως την σχεδίαση πόλεων και την εικονική απόδοση φυσικών φαινομένων.

Εστιάζοντας την προσοχή μας στην σχεδίαση "προϊόντων" αναφερόμαστε σε συστήματα CAD, των οποίων η εξέλιξη ακολούθησε τα βήματα της "Ηλεκτρονικής Επανάστασης" και συνετέλεσαν στην εξοικονόμηση χρόνου, στην μείωση του κόστους παραγωγής και στην αύξηση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.

Τα τελευταία χρόνια με την σημαντική μείωση του κόστους εφαρμογής ενός τέτοιου συστήματος σε συνδυασμό με την εισαγωγή των PCs στην διαδικασία παραγωγής σχεδίων, ακόμα και μικρές τεχνικές εταιρείες ή μεμονωμένοι επαγγελματίες, χρησιμοποιούν συστήματα CAD.

Το CAD σαν όρος σημαίνει σχεδίαση με την βοήθεια υπολογιστή (Computer Aided Design). Τα CAD υπολογιστικά συστήματα απαρτίζονται από τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό (hardware) και από το λογισμικό (software), δηλαδή τα προγράμματα.

Χαρακτηριστικό των CAD προγραμμάτων είναι η δυνατότητα σχεδίασης με ακρίβεια και ταχύτητα στην οθόνη του υπολογιστή των διαφόρων αντικειμένων ή κατασκευών που θέλουμε να δημιουργήσουμε, οσοδήποτε πολύπλοκες και εάν είναι αυτές, ή δυνατότητα άμεσης επέμβασης στην μορφή τους, και η δυνατότητα εξέτασης πολλαπλών παραλλαγών τους, χωρίς να κατασκευάζεται το τελικό προϊόν στην πραγματικότητα.

Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης ενός CAD συστήματος γίνεται περισσότερο ανταγωνιστικός σε σχέση με τους συναδέλφους του, επειδή εξοικονομεί περισσότερο χρόνο για την μελέτη του «προϊόντος» παρά για την σχεδίασή του, από τα συνολικά χρονικά περιθώρια που έχει στην διάθεσή του.

3.1 Προϊστορία και Ιστορία:

Η ιστορική εξέλιξη των CAD συστημάτων είναι συνυφασμένη με αυτή των ηλεκτρονικών υπολογιστών, αν και η αξιοποίηση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στον χώρο αυτό δεν έγινε από την πρώτη στιγμή. Εγινε μόλις η τεχνολογία το επέτρεψε. Και αυτό διότι θα έπρεπε να υπάρξουν πρώτα σημαντικές βελτιώσεις στα γραφικά και στις μεθόδους ψηφιακής απεικόνισης και αποθήκευσης των δεδομένων.

Αντίθετα από ότι νομίζουν οι περισσότεροι το σημαντικότερο σε αυτή την περίπτωση δεν είναι η γραφική απεικόνιση της πληροφορίας αλλά ο τρόπος αποθήκευσης και διαχείρισής της. Στην πραγματικότητα ένα CAD σύστημα είναι ένα σύστημα διαχείρισης μίας γραφικής βάσης δεδομένων η οποία, μιλώντας αλληγορικά, αποτελεί το μέρος του παγόβουνου που είναι κριμένο κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Στην αρχή, λόγω των υψηλών απαιτήσεων, η χρήση CAD συστημάτων ήταν δυνατή μόνο από στρατιωτικές υπηρεσίες και κυβερνητικούς οργανισμούς, αργότερα η χρήση τους επεκτάθηκε σε ιδιωτικές επιχειρήσεις και ιδιώτες.

Το λειτουργικό σύστημα το οποίο αρχικά χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα, σε φθίνουσα όμως κλίμακα είναι το UNIX. Το UNIX, με την δυνατότητα παράλληλης επεξεργασίας, πρόσφερε όλα τα μέσα για την ανάπτυξη CAD συστημάτων. Υστερεί όμως σε δύο σημαντικούς τομείς: Στην προσαρμογή ευέλικτων υποσυστημάτων γραφικών και στην χρήση ενός φιλικού συστήματος επικοινωνίας με τον χρήστη (User Interface).

Αργότερα, με την έκρηξη των προσωπικών υπολογιστών (PCs), στις αρχές της δεκαετίας του 90, και την υιοθέτηση των Windows σαν λειτουργικό σύστημα σε αυτά, η αξιοποίηση και εκμετάλλευση των CAD συστημάτων έγινε πλέον δυνατή από ένα ευρύ φάσμα χρηστών. Το γεγονός ύπαρξης CAD προγραμμάτων ακόμη και στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των PCs, στα μέσα της δεκαετίας του 80, τότε που το DOS κυριαρχούσε σαν λειτουργικό σύστημα, αποδεικνύει την μεγάλη ανάγκη της αγοράς για τέτοιου είδους συστήματα.

Τα προβλήματα τα οποία έπρεπε να επιλύσουν οι κατασκευαστές CAD προγραμμάτων στο DOS αφορούσαν την ανάπτυξη ενός γραφικού συστήματος επικοινωνίας του προγράμματος με τον χρήστη για την άμεση και γρήγορη επιλογή των εντολών σχεδίασης (χρήση mouse, digitizers, κτλ). Επίσης έπρεπε να δημιουργηθούν αξιόπιστα και ταχύτητα υποσυστήματα απεικόνισης γραφικών (Display Drivers) για την απεικόνιση του σχεδίου στην οθόνη. Ένα άλλο βασικό θέμα ήταν η αποθήκευση των σχεδίων, τα αρχεία των οποίων είχαν μεγάλο μέγεθος για τα τότε δεδομένα. Τέλος σημαντικό θέμα ήταν η διάθεση προγραμμάτων-οδηγών περιφερειακών συσκευών εκτύπωσης των σχεδίων (drivers).

Την εποχή εκείνη, το κάθε CAD πρόγραμμα συνοδεύονταν από ένα πλήθος βοηθητικών προγραμμάτων για την διαχείριση καρτών οθόνης, printers, plotters και περιφερειακών επιλογής εντολών mouse, digitizers, κτλ. Μερικά CAD προγράμματα επιβλήθηκαν στον χώρο ακριβώς και μόνο για αυτόν τον λόγο.

Με την εισαγωγή των Windows και την διάθεση των εργασιακών πόρων (resources) τους στα προγράμματα που τρέχουν σε αυτά, λύθηκαν πολλά από τα προβλήματα που αντιμετώπιζαν οι κατασκευαστές CAD προγραμμάτων, τόσο σε επίπεδο drivers, όσο και σε θέματα διαχείρισης μνήμης και αποθήκευσης δεδομένων. Αλλά ακόμη και στην εμφάνιση των προγραμμάτων έχουν γίνει αισθητικές παρεμβάσεις, λόγω Windows: κατάργηση του παλαιανού menu, χρήση εικονιδίων και παράθυρων διαλόγου και γενικά μεγαλύτερη ενσωμάτωση στον τρόπο και την φιλοσοφία λειτουργίας των Windows.

Η βελτίωση και ανάπτυξη CAD συστημάτων στον χώρο των PCs υπήρξε τόσο ραγδαία όσο και η εξέλιξη των ίδιων των PCs. Μέχρι ενός σημείου η λογική ήταν απλή: εφαρμόζουμε στα προγράμματά μας τεχνικές και μεθόδους του UNIX, μόλις η τεχνολογία των PCs μας το επιτρέψει. Με αυτό τον τρόπο πολλά CAD προγράμματα του UNIX μεταφέρθηκαν σε λειτουργικά συστήματα των PCs, κυρίως σε Windows NT. Αυτό όμως είχε την παρενέργεια τα νέα προγράμματα που δημιουργήθηκαν να κληρονομήσουν το φτωχό User Interface των UNIX συγγενών τους. Υπήρξαν όμως και εταιρείες δημιουργίας CAD προγραμμάτων οι οποίες έγραψαν από την αρχή τον νέο 32άμπιτο κώδικα των προγραμμάτων τους.

Ειδικά με τα Windows 95 και κυρίως με τα Windows NT, τα οποία θεωρούνται ο παράδεισος των CAD προγραμμάτων, σε συνδυασμό με την κυκλοφορία καινούργιων ισχυρών επεξεργαστών (Pentium II), το μέλλον του CAD προγραμμάτων προδιαγράφεται ιδιαίτερα λαμπρό. Αξίζει τον κόπο να σταθούμε σε μερικές από τις τεχνολογίες που προσφέρουν τα Windows, OLE, ActiveX, κτλ, και στον τρόπο αξιοποίησής τους στα CAD συστήματα.



Με την τεχνολογία OLE (Object Linking and Embedding) τα Windows επιτρέπουν σε εφαρμογές που τρέχουν σε αυτά να ανταλλάσσουν δεδομένα και να ενσωματώνουν έγγραφα τα οποία έχουν δημιουργηθεί με άλλες εφαρμογές.

Σαν εφαρμογή, για την δική μας περίπτωση, μπορούμε μέσα σε ένα σχέδιο να ενσωματώσουμε ένα ολόκληρο κείμενο που έχουμε γράψει με ένα επεξεργαστή κειμένου, ένα λογιστικό φύλλο που έχουμε δημιουργήσει με κάποιο αντίστοιχο πρόγραμμα, ή μία εικόνα την οποία δημιουργήσαμε με μία άλλη εφαρμογή.

Η τεχνολογία ActiveX μας επιτρέπει, ενώ βρισκόμαστε σε μία εφαρμογή των Windows, να χρησιμοποιήσουμε ένα πρόγραμμα-σενάριο, να τροφοδοτήσουμε με δεδομένα μία άλλη εφαρμογή και στη συνέχεια να δούμε το αποτέλεσμα. Σαν εφαρμογή, για την περίπτωση ενός CAD προγράμματος, μπορούμε μέσα από ένα πρόγραμμα δημιουργίας λογιστικών φύλλων να τροφοδοτήσουμε το CAD πρόγραμμα με τα δεδομένα ενός πίνακα, τα οποία παριστάνουν διαστάσεις και να δημιουργήσουμε, για κάθε περίπτωση, τα αντίστοιχα σχέδια διαφόρων αντικειμένων στην οθόνη του υπολογιστή.

3.2 Από τις δύο διαστάσεις στο χώρο των τριών διαστάσεων:

Αυτή την στιγμή η πλειονότητα των σχεδίων που υπάρχουν σε ηλεκτρονική μορφή είναι σχέδια τα οποία αφορούν όψεις αντικειμένων σε δύο διαστάσεις. Αυτό συμβαίνει είτε επειδή πρακτικά τέτοιου είδους είναι τα σχέδια που χρειαζόμαστε για την δημιουργία του αντικειμένου είτε επειδή τα περισσότερα CAD προγράμματα δεν είχαν από την αρχή την δυνατότητα σχεδίασης στο χώρο. Η σχεδίαση στο χώρο απαιτεί συστήματα με βελτιωμένο εξοπλισμό, τόσο σε επίπεδο hardware όσο και σε επίπεδο software.

Πλεονεκτικότερα θεωρούνται τα CAD συστήματα τα οποία ενσωματώνουν και τις δύο δυνατότητες έτσι ώστε οι χρήστες να αξιοποιούν την υπάρχουσα εγκατεστημένη βάση των 2D σχεδίων για να παράγουν σχέδια 3D.

Υπάρχουν όμως CAD συστήματα που λειτουργούν με την αντίστροφη λογική, δηλαδή πρώτα σχεδιάζεται το πλήρες 3D μοντέλο του αντικειμένου και έπειτα, με βάση το μοντέλο αυτό, παράγονται αυτόματα οι 2D όψεις του.

Η σχεδίαση στο χώρο των τριών διαστάσεων κερδίζει όλο και περισσότερους οπαδούς επειδή το αποτέλεσμα μας δίνει μία πιο σαφή αντίληψη για την μορφή και την λειτουργικότητα του αντικειμένου, οι ατέλειες φαίνονται αμέσως και επιπλέον αποτελεί το πρώτο βήμα της διαδικασίας του φωτορεαλισμού, που θα δούμε στην συνέχεια.

3.3 Ρεαλιστική αναπαράσταση αντικειμένων - Φωτορεαλισμός:

Προκειμένου για 3D σχέδια, η αναπαράσταση των αντικειμένων αρχικά γίνεται με την χρήση απλών ευθυγράμμων τμημάτων και καμπυλών, υπό την μορφή wireframe. Για την παραγωγή σαφέστερων όψεων τα σύγχρονα CAD συστήματα χρησιμοποιούν ειδικούς αλγόριθμους οι οποίοι κρύβουν τις ακμές που κανονικά δεν φαίνονται. Όσο πιο πολύπλοκα είναι τα αντικείμενα που απεικονίζονται τόσο περισσότερος είναι χρόνος υπολογισμού των όψεων. Τα CAD συστήματα από έκδοση σε έκδοση βελτιώνουν τους αλγόριθμους τους και γίνονται αρκετά έξυπνα ώστε να αξιοποιούν κατάλληλα τον διαθέσιμο hardware εξοπλισμό (χρήση ειδικών καρτών επιτάχυνσης γραφικών, κτλ).

Τα καλύτερα και ακριβέστερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με την διαδικασία του φωτορεαλισμού. Στον φωτορεαλισμό λαμβάνεται υπόψη το χρώμα η υφή και οι ιδιότητες της επιφάνειας του αντικειμένου καθώς και ο τρόπος φωτισμού και παρατήρησής του. Με βάση τα δεδομένα αυτά το CAD πρόγραμμα απεικονίζει τα διάφορα αντικείμενα στην οθόνη του υπολογιστή κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Στα σύγχρονα CAD συστήματα η απεικόνιση αυτή γίνεται σε πραγματικό χρόνο και συνοδεύεται από κίνηση. Με την κίνηση μπορούμε να μελετήσουμε την κινηματική συμπεριφορά του μοντέλου και να ανακαλύψουμε ατέλειες οι οποίες στο στατικό μοντέλο δεν φαίνονται.

3.4 Το μέλλον των CAD συστημάτων:

Είναι σίγουρο ότι το μέλλον των CAD συστημάτων αναμένεται εξαιρετικά συναρπαστικό τόσο για τους χρήστες όσο για τους κατασκευαστές τους. Εκτός από την αύξηση της ταχύτητας και ποιότητας των αποτελεσμάτων προβλέπεται ακόμα σημαντικότερη πτώση στο κόστος απόκτησής τους. Τα CAD συστήματα του μέλλοντος θα είναι αρκετά ευφυή ώστε κατά την τοποθέτηση ενός σχεδιαστικού αντικειμένου μέσα στο σχέδιο να αναγνωρίζουν τις αλλαγές που θα επιφέρει αυτή η ενέργεια και το σχέδιο να αλλάζει αυτόματα όταν το αντικείμενο αυτό αλλάζει ή μετακινείται. Στο μέλλον προβλέπεται εκτεταμένη χρήση παραμετρικών βιβλιοθηκών, ταξινομημένων με βάση τα διεθνή πρότυπα και πρόσβαση σε αυτές με την βοήθεια του Internet.

Τα CAD συστήματα του μέλλοντος θα είναι αρκετά ευέλικτα ώστε μέσα σε ένα ενιαίο σχεδιαστικό περιβάλλον θα προσομοιώνεται όχι μόνο η διαδικασία της σχεδίασης αλλά και οι υπόλοιπες φάσεις οι οποίες θα απαιτούνται για κάποιο συγκεκριμένο έργο.

Στο μέλλον, με την βοήθεια της εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality), οι ένοικοι, των κτιρίων θα έχουν την δυνατότητα να περιηγηθούν εικονικά μέσα σε αυτά και να εξετάσουν τους χώρους τους πριν ακόμη κατασκευαστούν τα θεμέλιά τους.

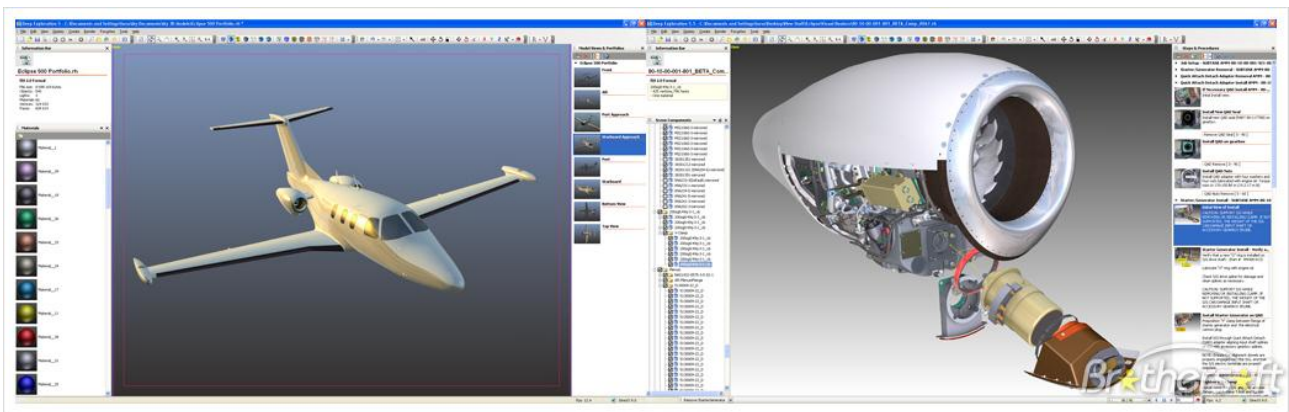
Οι μηχανικοί του μέλλοντος θα εποπτεύουν στο χώρο, σε γωνία εύρους 360 μοιρών, τα ολογράμματα πολύπλοκων εξαρτημάτων και μηχανών, τα οποία θα σχηματίζουν δέσμες από laser.

Σε επόμενο άρθρο θα αναλυθεί περισσότερο διεξοδικά η τεχνολογία που χρησιμοποιούν τα σύγχρονα CAD προγράμματα και οι καινοτομίες στις οποίες επενδύουν οι μεγάλοι κατασκευαστές CAD συστημάτων, με σκοπό την υπέρβαση των σημερινών συμβατικών ορίων.

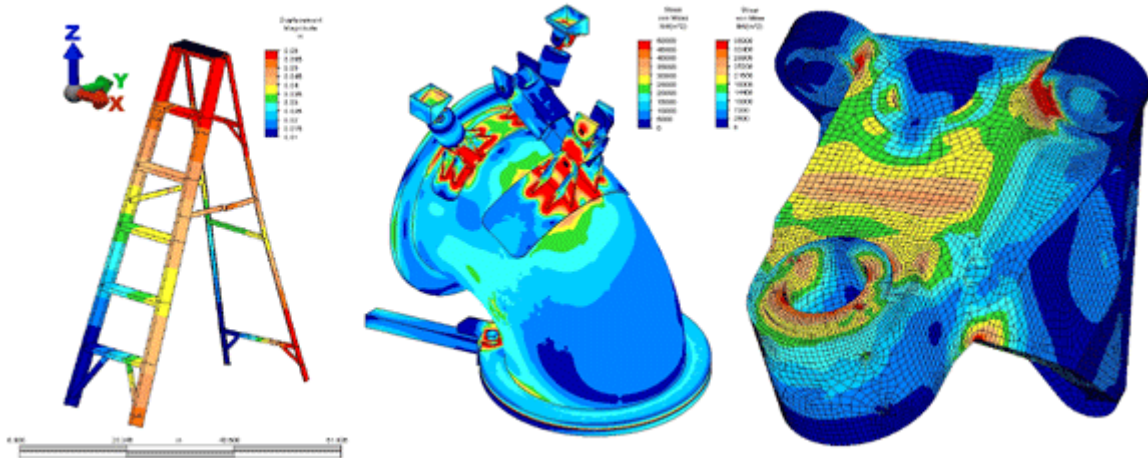
4. Μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων

ΓΕΝΙΚΑ

Η ραγδαία εξέλιξη των τελευταίων ετών στη Μηχανολογία οφείλεται, χωρίς αμφιβολία, στην εισαγωγή των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε όλους τους επιμέρους τομείς της. Σε σχέση με τις κατασκευαστικές επιστήμες, η δυνατότητα "απεικόνισης" της γεωμετρίας μιας μηχανολογικής κατασκευής στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, καθώς και η δυνατότητα "προσομοίωσης" της στατικής, δυναμικής, θερμικής, ρευστοδυναμικής, κλπ. συμπεριφοράς της, αποτελούν επιτεύγματα των τελευταίων ετών και αλλάζουν σημαντικά τόσο την εκπαίδευση όσο και την επαγγελματική πράξη του μηχανολόγου μηχανικού.



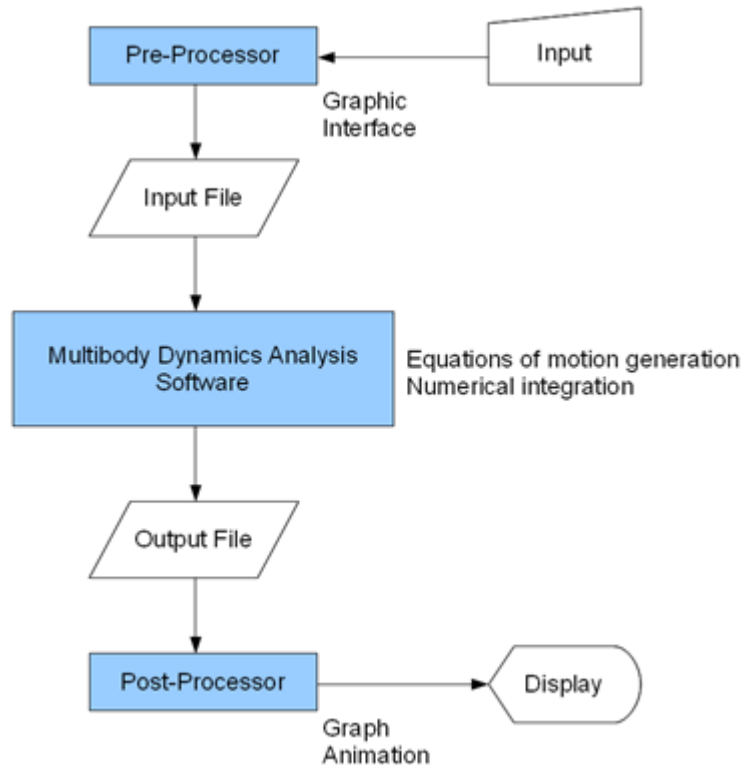
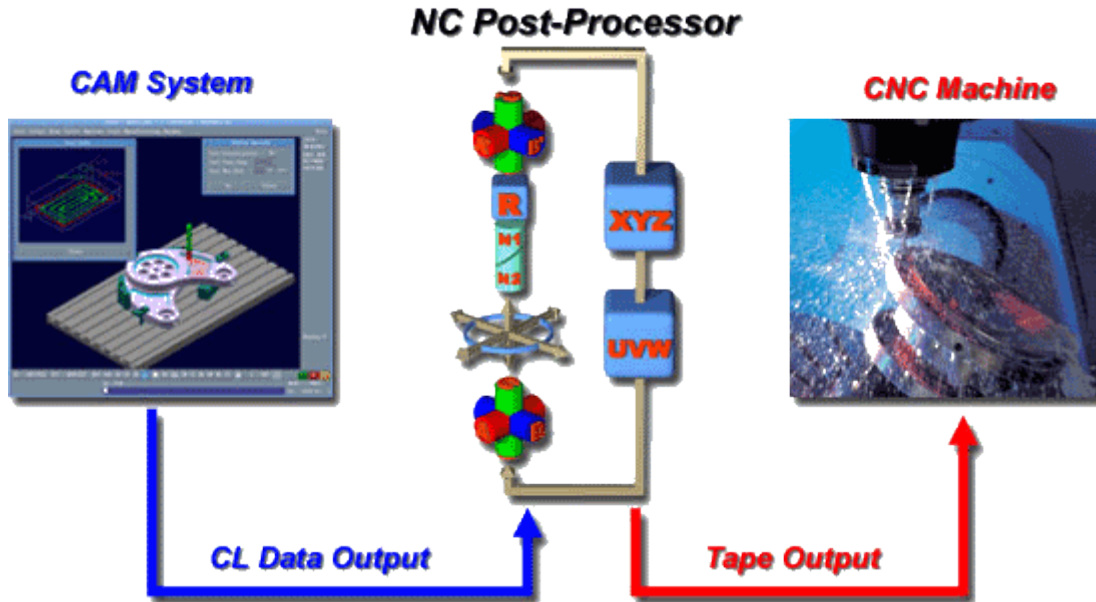
Η σχεδίαση με τη βοήθεια Η/Υ (Computer-Aided Design: CAD) είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί Η/Υ για την υποβοήθηση της δημιουργίας, τροποποίησης και βελτιστοποίησης ενός σχεδιασμού. Με τον όρο CAD εννοούμε τη δημιουργία γεωμετρικών απεικονίσεων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Προφανώς δεν περιοριζόμαστε στην γνωστή διαδικασία αντικατάστασης του drafting, δηλ. του δισδιάστατου (2-D) παραδοσιακού σχεδίου του μηχανικού, αλλά κυρίως στην περίπτωση τρισδιάστατης (3-D) απεικόνισης κατασκευών ή δομών, όπου χρησιμοποιούνται αυτοματοποιημένες διαδικασίες προσέγγισης επιφανειών (μέσω των παρεμβολών Coons, Bezier και Nurbs) ή/και όγκων. Έτσι, είναι πολύ ευκολότερη και ελέγξιμη η αλλαγή της γεωμετρίας ενός μηχανολογικού εξαρτήματος μέχρις ότου ο μελετητής καταλήξει σε μία καταρχήν αποδεκτή κατασκευαστική λύση. Επιπλέον, όλα τα συστήματα CAD διαθέτουν κατάλληλα φίλτρα - interfaces (DXF, IGES, STEP) που δίνουν τη δυνατότητα μεταφοράς της γεωμετρικής πληροφορίας από το ένα σύστημα στο άλλο (εναλλαξιμότητα).



Η ανάλυση με τη βοήθεια Η/Υ (Computer-Aided Engineering: CAE) είναι μια τεχνολογία που ασχολείται με την χρήση υπολογιστικών συστημάτων για την ανάλυση γεωμετρίας CAD, που επιτρέπει στον σχεδιαστή να προσομοιώσει και μελετήσει τον τρόπο με τον οποίο θα συμπεριφερθεί το προϊόν έτσι ώστε ο σχεδιασμός να επιδέχεται εύκολα αποπεράτωση και βελτιστοποίηση. Τα εργαλεία CAE διατίθενται σε ευρεία κλίμακα αναλύσεων. Κινηματικά προγράμματα, για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση λειτουργίας μηχανών.

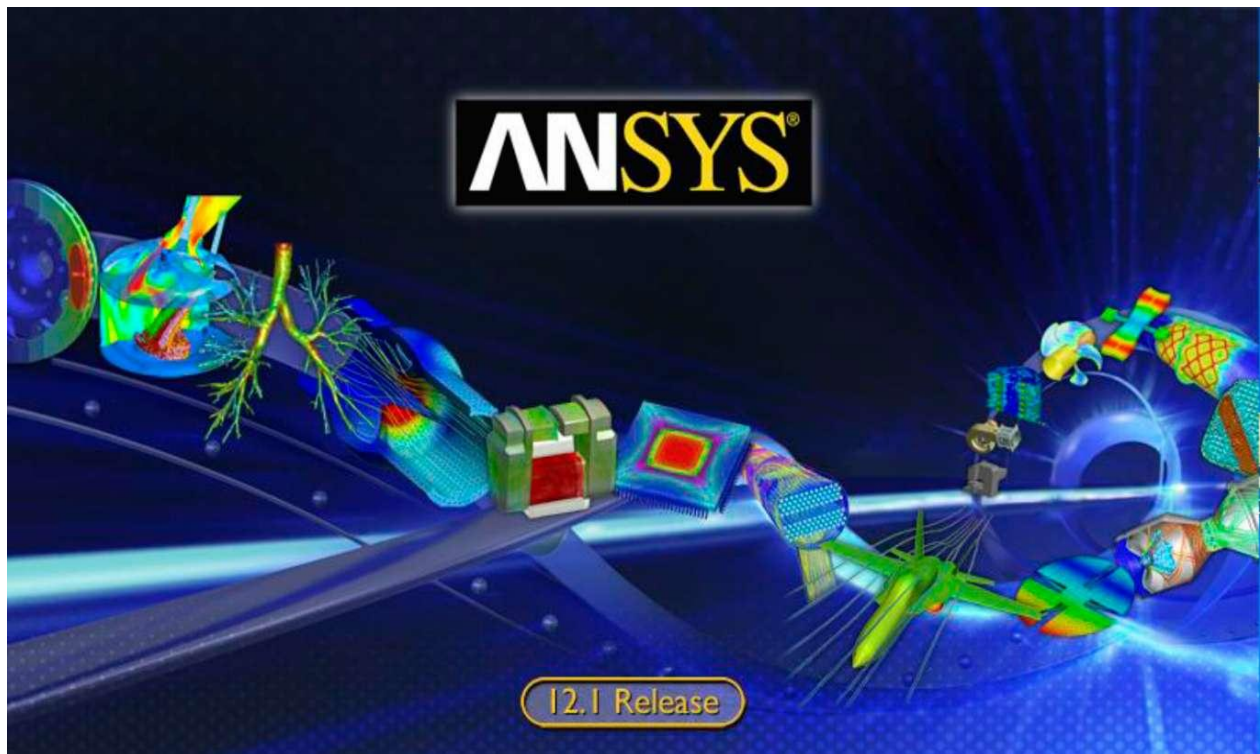
Προγράμματα δυναμικής ανάλυσης μεγάλων μετατοπίσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην προσομοίωση σύνθετων συναρμολογημένων δομών όπως λ.χ. τα οχήματα ή συσκευασιών σε πτώση επί του εδάφους. Μεταξύ των πλέον διαδεδομένων μεθόδων ανάλυσης είναι η Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων (Finite Element Method: FEM) που επιτρέπει τη στατική και δυναμική ανάλυση τάσεων και μετατοπίσεων, θερμική ανάλυση, ρευστομηχανική και αεροδυναμική ανάλυση, ακουστική ανάλυση, κατανομή μαγνητικού πεδίου ή και άλλων πεδίων. Η εφαρμογή της FEM απαιτεί τη χρήση ενός απλουστευμένου αφαιρετικού μοντέλου που πρέπει να γεννηθεί είτε με αλληλεπίδραση του χρήστη ή και αυτόματα. Το λογισμικό που καθιστά δυνατή την κατασκευή του αφαιρετικού μοντέλου και τη γένεση των πεπερασμένων στοιχείων αποτελεί τους προ-επεξεργαστές (**pre-processors**).

Μετά την εκτέλεση της ανάλυσης σε κάθε στοιχείο, ο Η/Υ συγκεντρώνει τα αποτελέσματα και τα εμφανίζει με ευανάγνωστο οπτικό τρόπο. Περιοχές υψηλών τάσεων μπορεί να παριστάνονται με κόκκινο χρώμα για παράδειγμα. Το λογισμικό τέτοιων απεικονίσεων αποτελεί τους λεγόμενους μετά-επεξεργαστές (**post-processors**).



4.1 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ANSYS WORKBENCH

Το πακέτο λογισμικού ANSYS Workbench, είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα CAD - CAE το οποίο υπολογίζει τις καταπονήσεις και παραμορφώσεις κατασκευών & συστημάτων που βρίσκονται σε φόρτιση.



Η προσομοίωση με ANSYS Workbench - FEA (Finite Element Analysis) προσφέρει την ιδανική λύση για το σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση προϊόντων, αυξάνοντας την παραγωγικότητα και ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για δημιουργία πρωτοτύπων. Με το ANSYS Workbench - FEA αντιμετωπίζονται τα πραγματικά προβλήματα ανάλυσης, καθιστώντας την ανάπτυξη προϊόντος λιγότερο δαπανηρή και πιο αξιόπιστη. Το πακέτο προσομοίωσης ANSYS Workbench - FEA περιλαμβάνει μια σειρά από: στοιχεία (elements), επαφές (contacts), υλικά, λύτες (solvers), ενώ εκτός της δομικής ανάλυσης αντιμετωπίζει ταυτόχρονα και μεταφορά θερμότητας, ηλεκτρομαγνητισμό και ροή ρευστών (συζευγμένη φυσική - multiphysics).

4.1.1 Το ANSYS Workbench μπορεί να χρησιμοποιηθεί:

- Στον αρχικό σχεδιασμό (μελέτη σκοπιμότητας) μίας κατασκευής/προϊόντος.
- Στην ανεύρεση & εντοπισμό προβλημάτων (troubleshooting).
- Αναπαράγοντας την πραγματικότητα στο εικονικό περιβάλλον του Η/Υ, αναπαράγεται και το πρόβλημα, οπότε το επόμενο βήμα είναι η λύση του.
- Στη λεπτομερή ανάπτυξη του προϊόντος, όπου εξετάζουμε με λεπτομέρεια το προϊόν και τη συμπεριφορά του σε συνθήκες λειτουργίας όπως και σε ακραίες καταστάσεις.
- Στη βελτιστοποίηση του προϊόντος, με αλληπάλληλες επιλύσεις διαφορετικών σεναρίων, ώστε να δούμε ποιοι παράγοντες (διαστάσεις, υλικά, συνθήκες) είναι οι πιο επιδραστικοί.

4.1.2 Τα είδη ανάλυσης που μπορεί να επιλύσει το ANSYS Workbench είναι:

- Γραμμική στατική & δυναμική φόρτιση.
- Ρευστο-μηχανική ανάλυση.
- Εύρεση ιδιοσυχνοτήτων.
- Αρμονική ή τυχαία ταλάντωση.
- Θερμική ανάλυση (υπολογισμός θερμικών τάσεων).
- Λυγισμός.
- Αποκοπή υλικού (μεταλλικές κατεργασίες) και σύντομα γεγονότα (crash, drop).

4.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

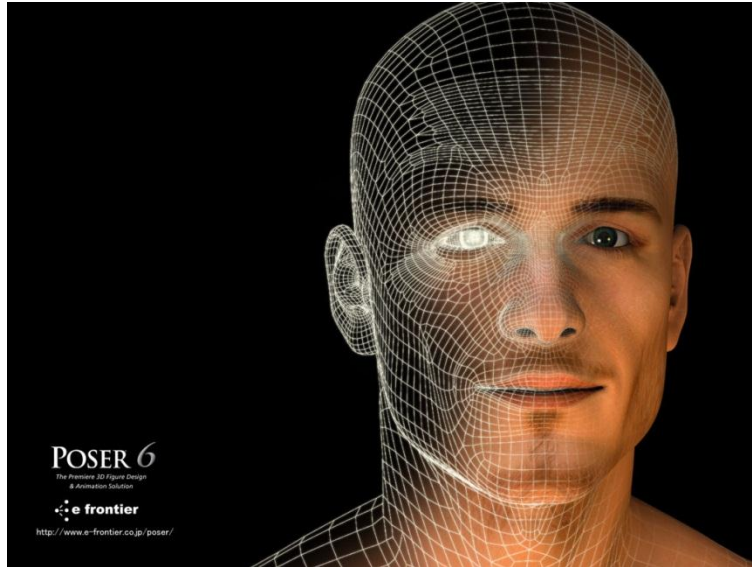
Ένα από τα πρώτα μελήματα του μηχανικού όταν αυτός αναλάβει την ανάπτυξη ενός μοντέλου είναι η επιλογή των κατάλληλων πεπερασμένων στοιχείων. Ακόμη και σε διδιάστατες κατασκευές η χρήση τριγωνικών στοιχείων τριών κόμβων και τετραπλευρικών στοιχείων τεσσάρων κόμβων δεν είναι η μόνη επιλογή του, ανάλογα με τις δυνατότητες του διαθέσιμου λογισμικού. Πράγματι, μια από τις κρισιμότερες αποφάσεις είναι η επιλογή των κατάλληλων στοιχείων με τον κατάλληλο αριθμό κόμβων από την διαθέσιμη βιβλιοθήκη στοιχείων. Επιπρόσθετα, το πλήθος των στοιχείων (με άλλα λόγια το μέσο μέγεθος των στοιχείων) που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση ενός συγκεκριμένου

προβλήματος είναι αποτέλεσμα της κρίσης του μηχανικού. Σαν γενικός κανόνας, όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των κόμβων και των στοιχείων (στην h version) ή όσο μεγαλύτερος ο βαθμός πολωνύμου της συνάρτησης μορφής (στην p version), τόσο ακριβέστερη είναι η λύση των πεπερασμένων στοιχείων, αλλά επίσης τόσο πιο δαπανηρή είναι η επίλυση. Οι διάφοροι τύποι πεπερασμένων στοιχείων εισάγονται παρακάτω. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι η γένεση πλέγματος του υπό ανάλυση αντικειμένου, ειδικά όταν έχει περίπλοκο γεωμετρικό σχήμα. Η δημιουργία τρισδιάστατων πλεγμάτων είναι μια διαδικασία που απαιτεί πολλές εργατοώρες και είναι επιρρεπής σε σφάλματα. Γίνονται πολλές προσπάθειες αυτόματης γένεσης πλεγμάτων που να συνδέονται με συστήματα μοντελοποίησης όγκου (solid modeling).

Στην κλασική μέθοδο (στην h version) εάν n είναι το πλήθος των κόμβων τότε το πλήθος των βαθμών ελευθερίας είναι $2n$ και $3n$ για δισδιάστατα και τρισδιάστατα μοντέλα, αντίστοιχα.

Σημειώσεις:

- Στην κλασική μορφή των πεπερασμένων στοιχείων που ονομάζεται h-version, χρησιμοποιούνται πολωνύμια ορισμένου βαθμού οπότε η αύξηση της ακρίβειας επιτυγχάνεται με μείωση της μέσης διάστασης (π.χ. της ακτίνας, h , του περιγεγραμμένου κύκλου) των στοιχείων, με άλλα λόγια με αύξηση του πλήθους των αυτών (πύκνωση πλέγματος).
- Στην λεγόμενη p-version, χρησιμοποιείται ένα σταθερό πλέγμα αλλά επιτρέπεται η αύξηση του πολωνυμικού βαθμού p της συνάρτησης μορφής. Στην p-version, οι συντελεστές του εν λόγω υψηλού βαθμού πολωνύμου είναι επίσης άγνωστοι που υπολογίζονται σαν τμήμα της διαδικασίας επίλυσης.



4.3 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ - ΤΥΠΟΙ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Το σύνολο των απαραίτητων διαδικασιών για την ανάπτυξη ενός πλήρους μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων, δηλ. η εισαγωγή της γεωμετρίας, η γένεση του πλέγματος, η επιβολή στηρίξεων και φόρτισης αποτελούν αυτό

που συνοπτικά ονομάζεται μοντελοποίηση πεπερασμένων στοιχείων (finite-element modeling), η οποία συνήθως εκτελείται με τη βοήθεια κατάλληλου προ-επεξεργαστή. Πολύ παλαιότερα, η εισαγωγή των δεδομένων δινόταν με γραμμές εντολών με τη βοήθεια ενός αυτόνομου αρχείου δεδομένων (batch file).

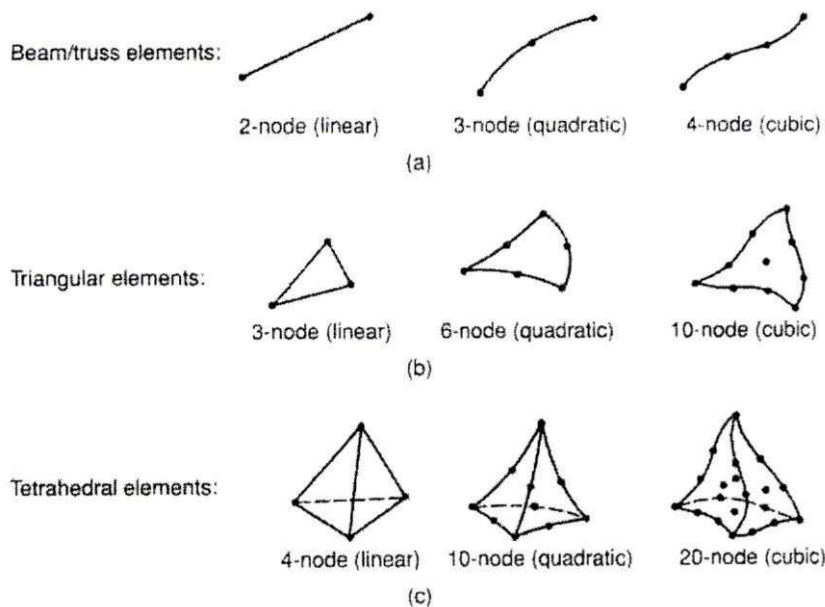
Ο προ-επεξεργαστής (pre-processor) ξεκινάει από τη γεωμετρία του αντικείμενου ή του πεδίου ορισμού του προβλήματος. Παραδοσιακά συστήματα FEA (Finite Element Analysis) είχαν μόνο στοιχειώδεις λειτουργίες μοντελοποίησης, αλλά σήμερα τα περισσότερα είτε προσφέρουν προηγμένες δυνατότητες ή έχουν στενούς δεσμούς με συστήματα CAD (μερικές φορές και τα δύο). Συστήματα που στηρίζονται σε γεωμετρική μοντελοποίηση CAD είτε εργάζονται απευθείας με το μοντέλο CAD ή μεταφράζουν και εισάγουν τη γεωμετρία. Η απευθείας σύνδεση με CAD κερδίζει όλο και μεγαλύτερο έδαφος διότι εξαλείφει τα βήματα μετάφρασης την απώλεια δεδομένων και μικραίνει τον κύκλο σχεδιασμού-ανάλυσης-αλλαγής. Περαιτέρω, η χρήση συστήματος CAD διευκολύνει τη μοντελοποίηση και παρέχει πιο ισχυρές λειτουργίες δημιουργίας και αλλαγής σύνθετης γεωμετρίας. Πράγματι, σήμερα τα περισσότερα υβριδικά συστήματα μοντελοποίησης (με ολοκληρωμένη μοντελοποίηση όγκου, επιφάνειας και wireframe, και παραμετρικών μεθόδων που στηρίζονται σε features) μπορούν να κτίσουν οποιαδήποτε γεωμετρία απαιτείται για ανάλυση. Τα περισσότερα συστήματα FEA δίνουν επίσης έμφαση στη δυνατότητα που έχουν να εισάγουν τη γεωμετρία, είτε μέσω τυποποιήσεων όπως το IGES ή απευθείας από συγκεκριμένα συστήματα CAD. Ωστόσο, η απευθείας χρήση δεν είναι πάντα άμεσα εφαρμόσιμη. Το μοντέλο μπορεί να φαίνεται στο μάτι ότι είναι τέλειο αλλά μπορεί στην πραγματικότητα να έχει σφάλματα που αποκαλύπτονται στο σύστημα FEA, κυρίως κατά την διαδικασία γένεσης πλέγματος. Μερικά συστήματα προσφέρουν λειτουργίες που μπορούν να «καθαρίσουν» την εισαγόμενη γεωμετρία. Επιπλέον, ακόμη και αν η γεωμετρία CAD δεν περιέχει σφάλματα, η ανάλυση δεν απαιτεί όλες τις λεπτομέρειές του, οπότε μερικές από αυτές (π.χ. ένα fillet)

θα μπορούσαν να απαλειφθούν. Μερικά συστήματα διαθέτουν τέτοιες αυτόματες δυνατότητες απενεργοποίησης γεωμετρικών οντοτήτων.

Το επόμενο στάδιο είναι η δημιουργία πλέγματος και κατανομής κόμβων. Όταν σε κάθε πλέγμα αποδίδονται κόμβοι, τότε αυτό μετατρέπεται σε πεπερασμένο στοιχείο. Η γένεση πλέγματος είναι το πλέον σημαντικό και δύσκολο στάδιο της μοντελοποίησης πεπερασμένων στοιχείων. Για τη διευκόλυνση αυτού του σταδίου, σήμερα όλα τα συστήματα προσφέρουν δυνατότητες αυτόματης γένεσης πλέγματος. Η τυπική προσέγγιση είναι να προσφέρουν αυτόματο πλέγμα τετραεδρικών στοιχείων για στερεή γεωμετρία και τετραπλευρικά ή τριγωνικά στοιχεία για επιφάνεια στον τρισδιάστατο χώρο (κελύφη, επίπεδη εντατική ή επίπεδη παραμορφωσιακή κατάσταση). Πολλά συστήματα επιτρέπουν στους χρήστες να επέμβουν στις παραμέτρους αυτόματης γένεσης πλέγματος όπως η πυκνότητα πλέγματος. Αυτές επιπλέον επιτρέπουν τοπική επέμβαση σε κρίσιμες περιοχές. Πολλά συστήματα επιτρέπουν τη διασύνδεση πλέγματος με τη γεωμετρία έτσι ώστε κάθε αλλαγή αυτής να αντανακλάται αυτόματα στο πλέγμα.

4.4 Element library

Τα διάφορα στοιχεία που υποστηρίζονται από ένα σύστημα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων αποτελούν τη λεγόμενη βιβλιοθήκη στοιχείων (element library). Όσο πιο μεγάλο το είδος των στοιχείων τόσο περισσότερα είδη προβλημάτων μπορούν να επιλυθούν. Το παρακάτω σχήμα δείχνει τυπικά πεπερασμένα στοιχεία που υποστηρίζονται από τους περισσότερους κώδικες. Να σημειωθεί ότι το ίδιο πλέγμα μπορεί να αντιστοιχεί σε διαφορετικά πεπερασμένα στοιχεία ανάλογα με τον αριθμό κόμβων που αποδίδονται σε αυτό. Τέλος, οι ζώνες στις οποίες αναμένεται απότομη μεταβολή στη συμπεριφορά των προς επίλυση αγνώστων (όπως συγκέντρωση τάσεων γύρω από οπές) πρέπει να διακριτοποιηθούν από στοιχεία μεγαλύτερης πυκνότητας πλέγματος από εκείνες που εμφανίζουν προοδευτική μεταβολή.



Σχήμα Τύποι πεπερασμένων στοιχείων για (a) μονοδιάστατα, (b) δισδιάστατα και (c) τρισδιάστατα προβλήματα

Μια διαφορετική προσέγγιση στο δίλημμα του πλέγματος είναι η χρήση της p-version μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων. Αυτή στηρίζεται σε ένα απλούστερο, αυτόματα γεννημένο πλέγμα, αλλά κατόπιν μεταβάλλει αυτόματα τον πολυωνυμικό βαθμό των συναρτήσεων μορφής. Παρόλο που σήμερα είναι διαθέσιμα πολλά τέτοια προγράμματα FEA, δύο προγράμματα (PTC's Pro/MECHANICA και CADSI's PolyFEM) σχεδιάστηκαν ειδικά για ανάλυση τύπου p-version. Επιπλέον από το εύκολο πλέγμα, τα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι η ικανότητα να καθορίσουν όρια ακρίβειας και πλησιέστερης προσέγγισης της γεωμετρίας του μοντέλου CAD. Χρησιμοποιώντας χαμηλότερο επίπεδο

ακρίβειας, ο σχεδιαστής μπορεί να πάρει γρήγορα αποτελέσματα ανάλυσης στο προκαταρκτικό στάδιο σχεδιασμού.

Αφού επιλεγεί η διάταξη των στοιχείων, καθορίζεται ο τύπος της ανάλυσης (π.χ., στατική ή δυναμική, γραμμική ή μη-γραμμική, επίπεδη εντατική κατάσταση, και επίπεδη παραμορφωσιακή κατάσταση). Επίσης, οι άγνωστοι ή αλλιώς οι βαθμοί ελευθερίας συσχετίζονται με τους κόμβους. Οι άγνωστοι περιέχουν μετατοπίσεις, περιστροφές, θερμοκρασία, ροή θερμότητας, κ.ο.κ. Κατόπιν καθορίζονται οι οριακές συνθήκες. Οριακές συνθήκες όπως μετατοπίσεις, δυνάμεις, και θερμοκρασίες συνήθως είναι γνωστές για το συνεχές τμήμα του συνόρου του αντικείμενου. Αυτές οι οριακές συνθήκες πρέπει να εκφραστούν σαν ένα σύνολο τιμών μετατοπίσεων, δυνάμεων, ή θερμοκρασιών σε συγκεκριμένους κόμβους των πεπερασμένων στοιχείων. Ωστόσο, μερικές φορές τα πεπερασμένα στοιχεία πρέπει να γεννηθούν χωρίς να έχουν οριακές συνθήκες. Εάν πρόκειται να εισαχθούν σημειακά φορτία, πρέπει να δημιουργηθούν κόμβοι στα αντίστοιχα σημεία εφαρμογής τους. Τα περισσότερα συστήματα που είναι συνδεδεμένα με CAD επιτρέπουν στο χρήστη να ορίσει τις οριακές συνθήκες στη γεωμετρία CAD, και σε αυτή την περίπτωση οι οριακές συνθήκες μετατρέπονται σε ισοδύναμες οριακές συνθήκες στους κόμβους του πλέγματος από το ίδιο το σύστημα. Οι περισσότεροι μοντελοποιητές πεπερασμένων στοιχείων επίσης παρέχουν έναν αριθμό τρόπων εύκολου καθορισμού των φορτίσεων και των οριακών συνθηκών για το χειρισμό ευρείας κλίμακας προβλημάτων και ρεαλιστικών συνθηκών.

Σε κάθε πεπερασμένο στοιχείο πρέπει επίσης να αποδοθούν ιδιότητες υλικού. Αυτές οι ιδιότητες είναι τυπικά το μέτρο ελαστικότητας του Young, και ο λόγος του Poisson (για ελαστικές κατασκευές). Το πάχος στοιχείων κελύφους και πλακών διαχειρίζεται περισσότερο σαν ιδιότητα του υλικού παρά σαν γεωμετρική ιδιότητα για την αποφυγή επίλυσης του προβλήματος στις τρεις διαστάσεις. Άλλες ιδιότητες υλικών περιλαμβάνουν θερμικές ιδιότητες (ειδική θερμότητα, συντελεστής αγωγιμότητας, λανθάνουσα θερμότητα, κλπ), ιξωδοελαστικότητα, κλπ, για άλλου τύπου προβλήματα. Γίνεται μόνο μια απλή παραδοχή: σε διαφορετικές περιοχές στοιχείων αποδίδονται διαφορετικές ιδιότητες υλικών. Αυτό λ.χ. δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να αναλύσει ένα αντικείμενο κατασκευασμένο από σύνθετο υλικό. Ένα κρίσιμο ζήτημα στην ανάλυση σύνθετων υλικών είναι η διαχείριση της διεπιφάνειας μεταξύ των στρώσεων προκειμένου να υπολογισθεί η αποκόλληση (delamination).

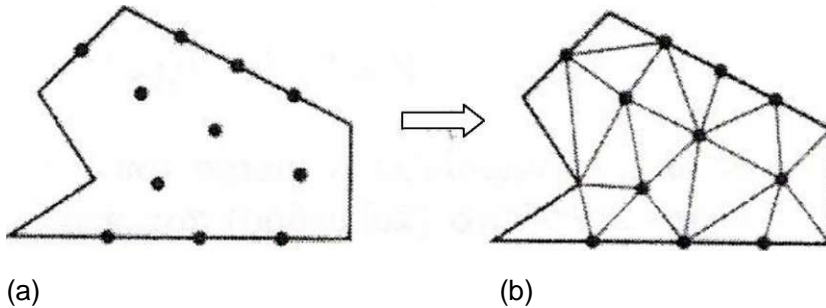
Από τη στιγμή που ορισθεί το μοντέλο των πεπερασμένων στοιχείων επιλέγοντας όλες τις παραμέτρους του πλέγματος, το μοντέλο εισάγεται στον κώδικα που εκτελεί την ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων. Μετά την αριθμητική επίλυση, τα αποτελέσματα απεικονίζονται σε ένα στάδιο που παραδοσιακά ονομάζεται μετα-επεξεργαστής (post-processor). Τα περισσότερα πακέτα προσφέρουν ποικίλους τρόπους καταλογοποίησης, εκτίμησης και απεικόνισης των αποτελεσμάτων, τα οποία τυπικά περιλαμβάνουν τάσεις, παραμορφώσεις, και παραμορφωμένο σχήμα της κατασκευής. Ο παραδοσιακός τρόπος είναι υπό μορφή ζωνών «ισοτασικών» επιφανειών κυρίως με χρήση χρωματικής κλίμακας. Στην περίπτωση δυναμικής ανάλυσης όλα τα πακέτα διαθέτουν animation, τόσο για την εποπτεία των ιδιόμορφων ταλάντωσης όσον και για την προσφερόμενη χρονική ολοκλήρωση που είναι το μοναδικό εργαλείο στην περίπτωση μη-γραμμικών αναλύσεων. Επίσης, πολλά συστήματα διαθέτουν τη δυνατότητα εξαγωγής αποτελεσμάτων σε μορφή που μπορούν να αξιοποιηθούν περαιτέρω, σαν κείμενα, παρουσιάσεις, videos, e-mail, ή αποστολή στο διαδίκτυο.

4.4.1 ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΓΕΝΕΣΗ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

Η γένεση πλέγματος συνεπάγεται τη δημιουργία κομβικών συντεταγμένων και στοιχείων. Περιλαμβάνει επίσης την αυτόματη αρίθμηση των κόμβων και στοιχείων βασισμένων στην ελάχιστη αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Έτσι, υποτίθεται ότι οι μέθοδοι αυτόματης γένεσης πλέγματος απαιτούν μόνο το γεωμετρικό μοντέλο (γεωμετρία και τοπολογία) του προς διακριτοποίηση αντικειμένου, τα χαρακτηριστικά του πλέγματος όπως πυκνότητα πλέγματος και τύπος στοιχείου, και τις οριακές συνθήκες, περιλαμβάνοντας σαν είσοδο συνθήκες φόρτισης. Άλλες μέθοδοι που απαιτούν πρόσθετη είσοδο, όπως υποδιαίρεση του αντικειμένου σε υποχωρία ή υποπεριοχές, ταξινομούνται σαν ημιαυτόματες μέθοδοι.

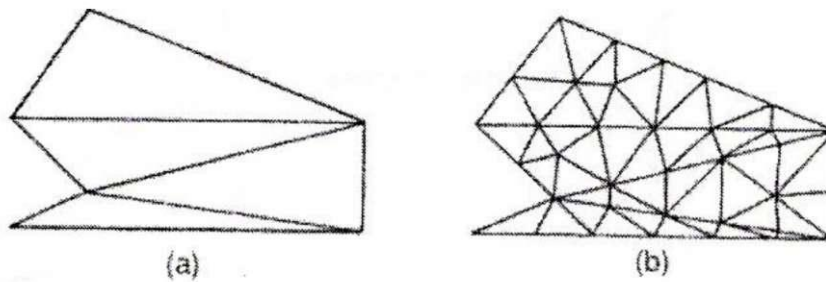
Αμέσως παρακάτω, παραθέτουμε ονομαστικά τις μεθόδους γένεσης πλέγματος με βάση την ταξινόμηση που πρότεινε ο Ho-Le (1988).

- Μέθοδος Σύνδεσης Κόμβων (N.C.A.)



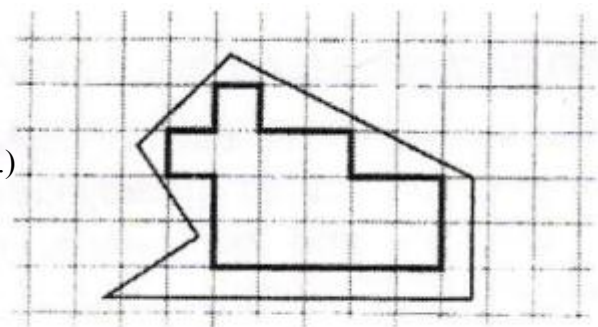
Σχήμα Μέθοδος σύνδεσης κόμβων

- Μέθοδος Αποσύζευξης Τοπολογίας (T.D.A.)



Σχήμα 3.3 Παρ

- Μέθοδος Βάσει Πλέγματος (G.B.A.)
- Μέθοδος Αποσύζευξης Γεωμετρίας (G.D.A.)



Σχήμα 3.4 Χρήση ορθογωνικού grid για τη μέθοδο "grid-based"

4.5 ΕΙΔΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οι δυνατότητες των πακέτων πεπερασμένων στοιχείων είναι πολλές. Εκτός από τις τετριμμένες ελαστικές αναλύσεις, σε πολλά από αυτά τα πακέτα υπάρχουν δυνατότητες επίλυσης ποικίλων άλλων προβλημάτων σε μεγάλο τμήμα των εξισώσεων που διέπουν τα φυσικά φαινόμενα: θερμικά, ακουστικά, ηλεκτρικά, μαγνητικά (δινορεύματα: eddy-current), ηλεκτρομαγνητικά, υδροδυναμικά, ρευστομηχανικά, περιγραφής διάβρωσης υλικών, κλπ. Το σύνολο αυτό των δυνατοτήτων συνήθως αποδίδεται με τον όρο "Multi-Physics", δηλαδή επίλυση των ποικίλων εξισώσεων της Φυσικής.

4.5.1 Καθορισμός του Είδους Ανάλυσης

Παρόλο που δεν είναι δυνατόν να κωδικοποιήσουμε τον τρόπο ανάλυσης, στη συνέχεια θα δώσουμε κάποιες γενικές κατευθύνσεις.

Η πλέον αρχική επιλογή είναι ο καθορισμός του φυσικού φαινομένου, το οποίο καλείται ο μελετητής να προσομοιώσει. Για παράδειγμα, ελαστική ανάλυση (elastic analysis) ή πρόβλημα δυναμικού (potential problem). Τα προβλήματα δυναμικού αφορούν την επίλυση των εξισώσεων Laplace και Poisson που διέπουν τη μηχανική ατρίβους ρευστού, μετάδοση θερμότητας, κοκ.

Μια δεύτερη επιλογή που καλείται να κάνει ο μελετητής είναι ο καθορισμός του προβλήματος σαν:

Στατικό πρόβλημα (static analysis), δηλαδή μη-εξαρτημένο από το χρόνο,

ή

Δυναμικό πρόβλημα (dynamic analysis), δηλαδή χρονικά εξαρτώμενο. Παραδείγματα είναι η ταλάντωση μιας μηχανής, ο ερπυσμός και η χαλάρωση, η διάδοση ήχου στον αέρα ή σε άλλο μέσον, κλπ.

Μια άλλη κατάταξη αφορά στο εάν το πρόβλημα είναι γραμμικό (linear) ή μη-γραμμικό (nonlinear)

Γραμμικό λέγεται ένα πρόβλημα στο οποίο εάν διπλασιασθεί το μέγεθος των εξωτερικών δράσεων (π.χ. δυνάμεων) τότε διπλασιάζεται το μέγεθος του αποτελέσματος (π.χ. μετατοπίσεων). Τα περισσότερα προβλήματα της πράξης είναι (ή μάλλον θεωρούνται) γραμμικά.

Μη γραμμικό λέγεται ένα πρόβλημα στο οποίο δεν ισχύει η αναλογία που αναφέρθηκε προηγούμενα. Σε «ελαστικά» προβλήματα η μη-γραμμικότητα μπορεί να οφείλεται στο ελαστοπλαστικό υλικό (material nonlinearity) ή στην μεταβαλλόμενη επαφή μεταξύ δύο ή περισσότερων σωμάτων (geometrical nonlinearity). Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, το μητρώο δυσκαμψίας δεν είναι σταθερό αλλά είναι συνάρτηση των μετατοπίσεων. Μη-γραμμικότητες υπάρχουν και σε προβλήματα δυναμικού, π.χ. όταν ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας.

4.5.2 Στάδια Ανάλυσης Πεπερασμένων Στοιχείων

Για τη μοντελοποίηση μιας κατασκευής με πεπερασμένα στοιχεία διακρίνουμε τα ακόλουθα στάδια:

1ο Στάδιο -Κατασκευή της γεωμετρίας.

2ο Στάδιο -Επιλογή του είδους των πεπερασμένων στοιχείων και διακριτοποίηση της γεωμετρίας σε πεπερασμένα στοιχεία.

3ο Στάδιο -Ορισμός των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των υλικών (μπορεί να γίνει και σε προηγούμενο στάδιο) και επιβολή των οριακών συνθηκών.

4ο Στάδιο -Επιλογή του τρόπου επίλυσης (γραμμικό - μη γραμμικό μεταβατικό - υπολογισμός ιδιοσυχνοτήτων κ.α.) και επίλυση.

5ο Στάδιο -Ανάγνωση των αποτελεσμάτων και γραφική αναπαράστασή τους.

4.5.3 Είδος Πεπερασμένων Στοιχείων

Τα βασικά πεπερασμένα στοιχεία είναι:

- Ράβδος (2 κόμβοι)
- Σύρμα - σχοινί
- Δοκός (2 κόμβοι)
- Επίπεδη εντατική καταπόνηση (3 μέχρι 9 κόμβοι)
- Επίπεδη παραμορφωσιακή κατάσταση (3 μέχρι 9 κόμβοι)
- Αξονοσυμμετρικό με αξονοσυμμετρική φόρτιση (3 μέχρι 9 κόμβοι)
- Αξονοσυμμετρικό με τυχαία φόρτιση (που αναλύεται σε αρμονικές)
- Πλάκα (3 μέχρι 9 κόμβοι)
- Μembrάνη
- Κέλυφος
- Ορθοτροπικό - πολυστρωματικό υλικό
- Τετράεδρο (3 κόμβοι)
- Πρίσμα (π.χ. 6 κόμβοι)
- Εξάεδρο (8 κόμβοι)
- Ανάλογα με το είδος του προβλήματος, το πλήθος των βαθμών ελευθερίας ανά κόμβο ποικίλει.

5. SOLIDWORKS 2008 3D DESIGN SOFTWARE

5.1 Γενικά

Βαδίζοντας στον ψηφιακό κόσμο, τα μηχανολογικά σχέδια είχαν την ανάγκη να μεταφερθούν από δυσδιάστατη απεικόνιση τους στην τρισδιάστατη. Κατασκευάστηκαν από εταιρίες όπως είναι η airfrance (Catia), caterpillar κτλ τρισδιάστατα λογισμικά προγράμματα με σκοπό να αυξήσουν την παραγωγικότητα τους και ασφαλώς τα κέρδη τους. Το solidworks είναι ένα από αυτά. Τα μοντέλα που παράγει μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πολλούς τρόπους, όπως την προσομοίωση της πραγματικής διαδικασίας στησίματος μίας μηχανολογικής κατασκευής κομμάτι- κομμάτι, ελέγχοντας και τη γεωμετρία.

Αξίζει να αναφερθεί πώς η σχεδίαση σε δύο διαστάσεις συνεχίζεται επειδή είναι η πιο βασική μορφή τεχνικής σχεδίασης που είναι γνωστή σε όλες τις ειδικότητες των μηχανικών.

πλεονεκτήματα της 3D σχεδίασης

Το τελικό προϊόν εκτιμάται καλύτερα, έτσι έχουμε λιγότερα πρωτότυπα για την ανάπτυξη του

Κατά τη σχεδίαση του προϊόντος υπάρχουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά του προϊόντος

Περιορισμός λαθών, πιο γρήγορη εξαγωγή του προϊόντος στην αγορά Ο σχεδιασμός γίνεται πολύ πιο γρήγορα

Το γεωμετρικό μοντέλο μπορεί να συνδεθεί με συστήματα CAM και FEA για προσδιορισμό τεχνικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών καθώς και της διαδικασίας παραγωγής του.

Όπως και στην περίπτωση μας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το API (application programming interface) για να λύσουμε μηχανολογικά προβλήματα. Μπορούμε να κατασκευάσουμε το 3D μοντέλο μας και αν για κάποιο λόγο υπάρχει ανάγκη απεικόνισης του σε 2D μπορεί να γίνει πολύ εύκολα στο solidworks. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται ένα τέτοιο παράδειγμα.

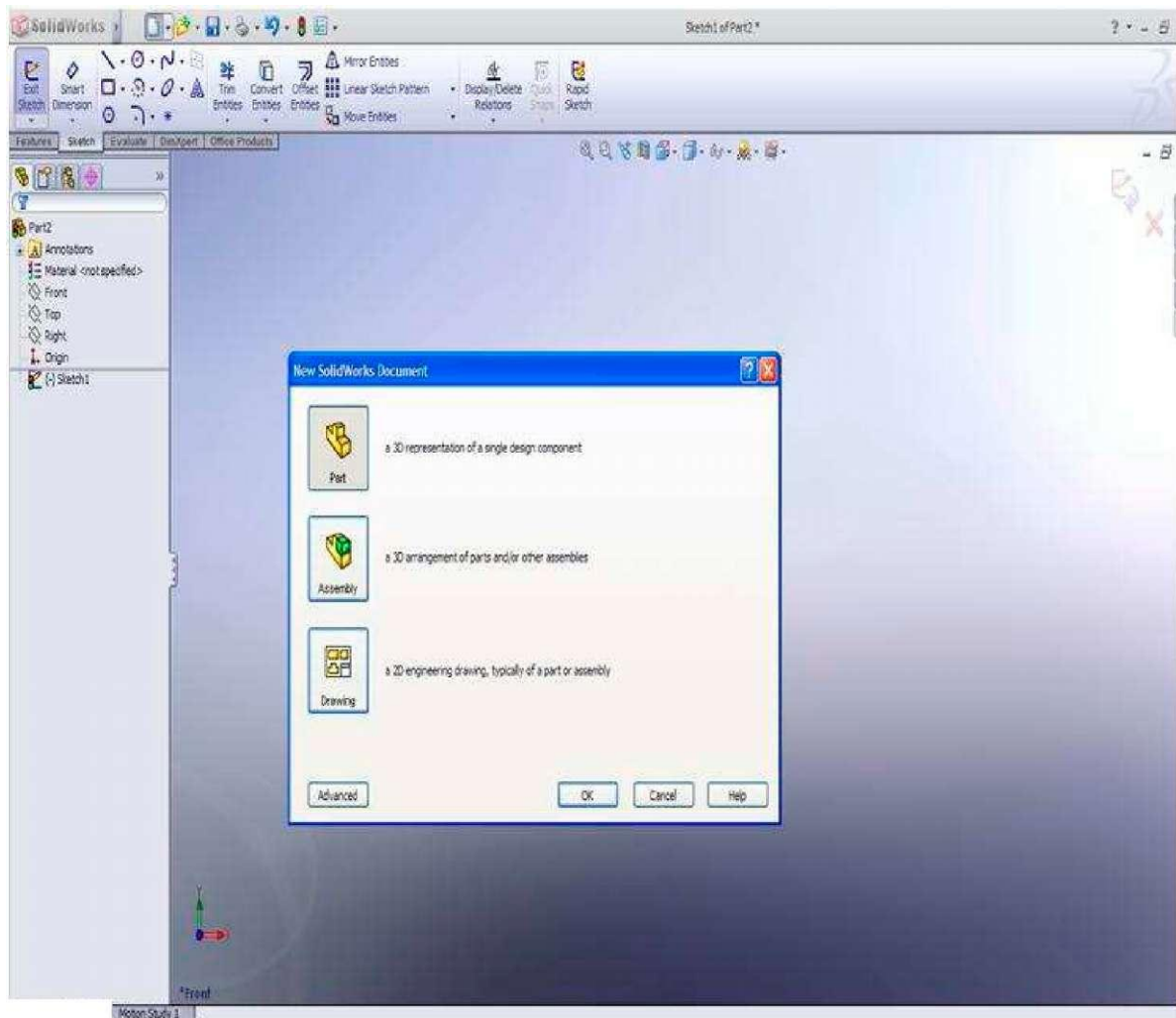


5.2 Βασικές εντολές σχεδίασης- παραδείγματα

Πρώτη επαφή με το σχεδιαστικό πρόγραμμα solidworks

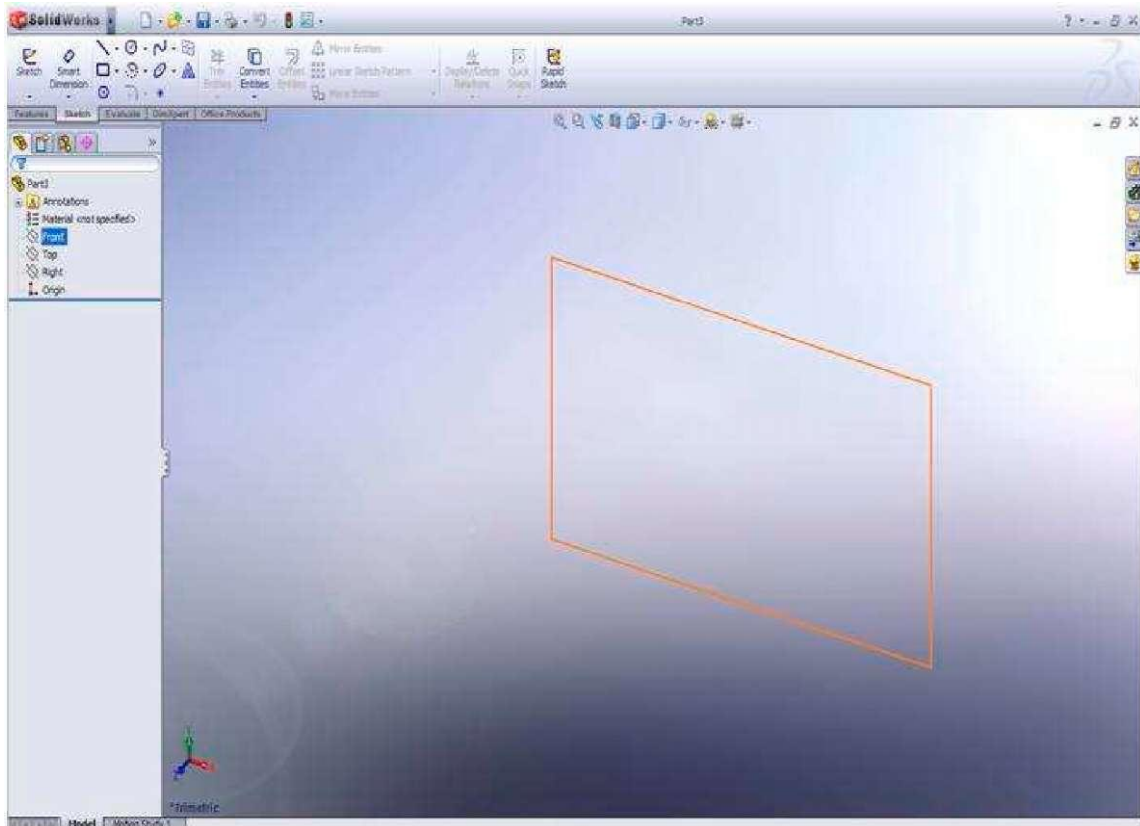
Εντολή extruded.

- Γίνεται πάτημα στο New στο εικονίδιο από το standard toolbar

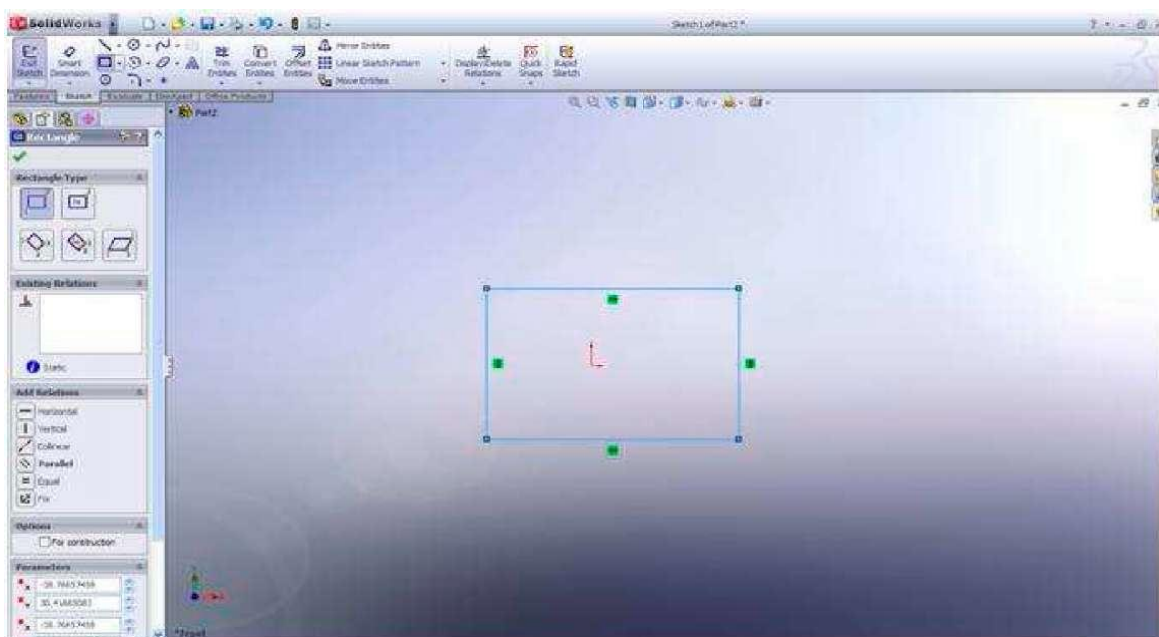


- Στο New solidworks document dialog box κάνοντας double click στο part ορίζεται η σχεδίαση του πρώτου κομματιού

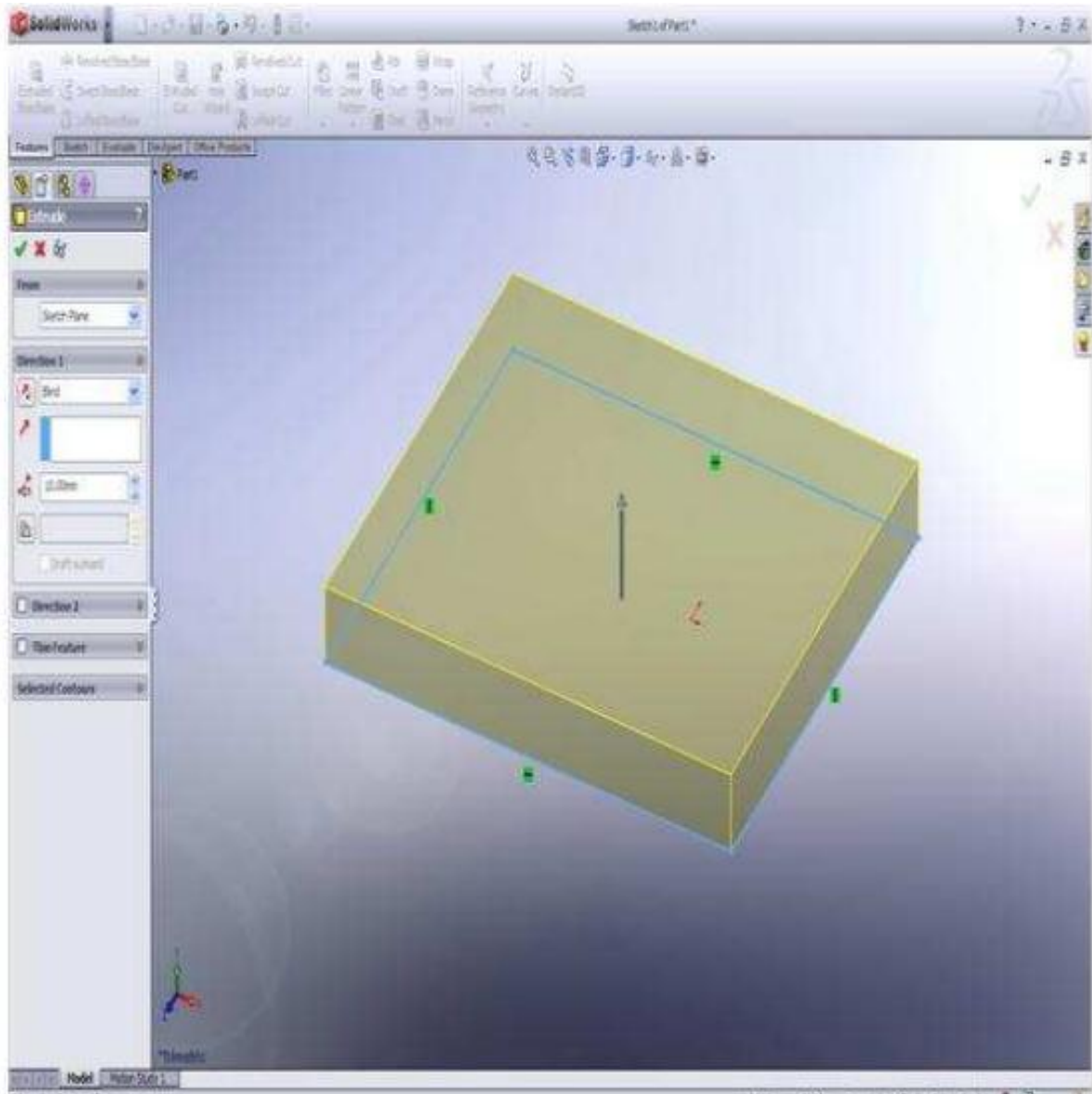
- Από τα features επιλέγεται το επίπεδο σχεδίασης (front,top,right) ορίζοντας έτσι το επίπεδο σχεδίασης.



- Από το sketch κάνοντας click στο τετράγωνο, μετά πατώντας στο επίπεδο σχεδίασής και τραβώντας το ποντίκι σχηματίζεται ένα τετράγωνο.



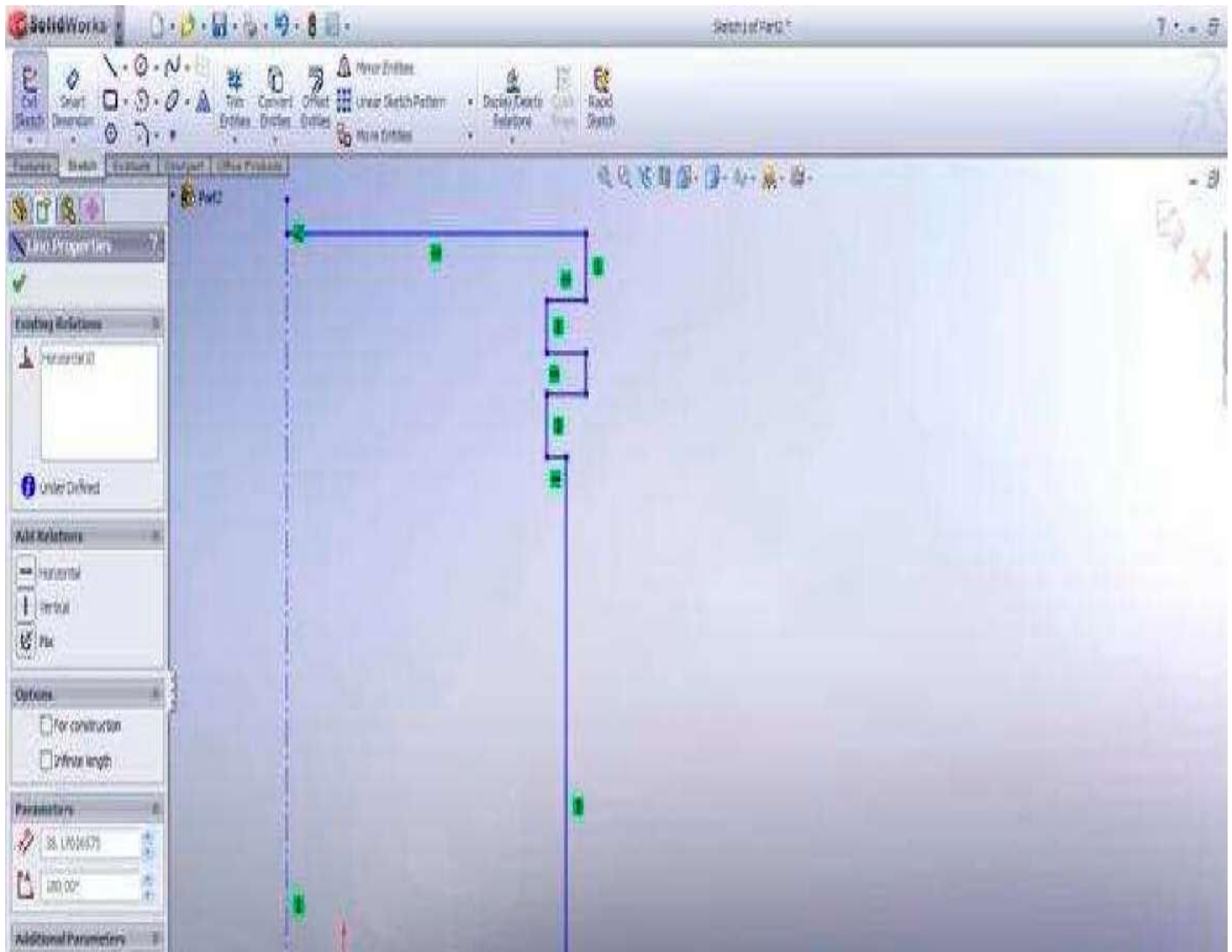
- Στο παραθυράκι αριστερά που ανοίγει υπάρχουν ρυθμίσεις σχετικά με τον τύπο του τετραγώνου αφήνεται ως έχει και επιλέγεται ok
- Στη συνέχεια στο features και επιλέγεται το εικονίδιο που λέει extrude.



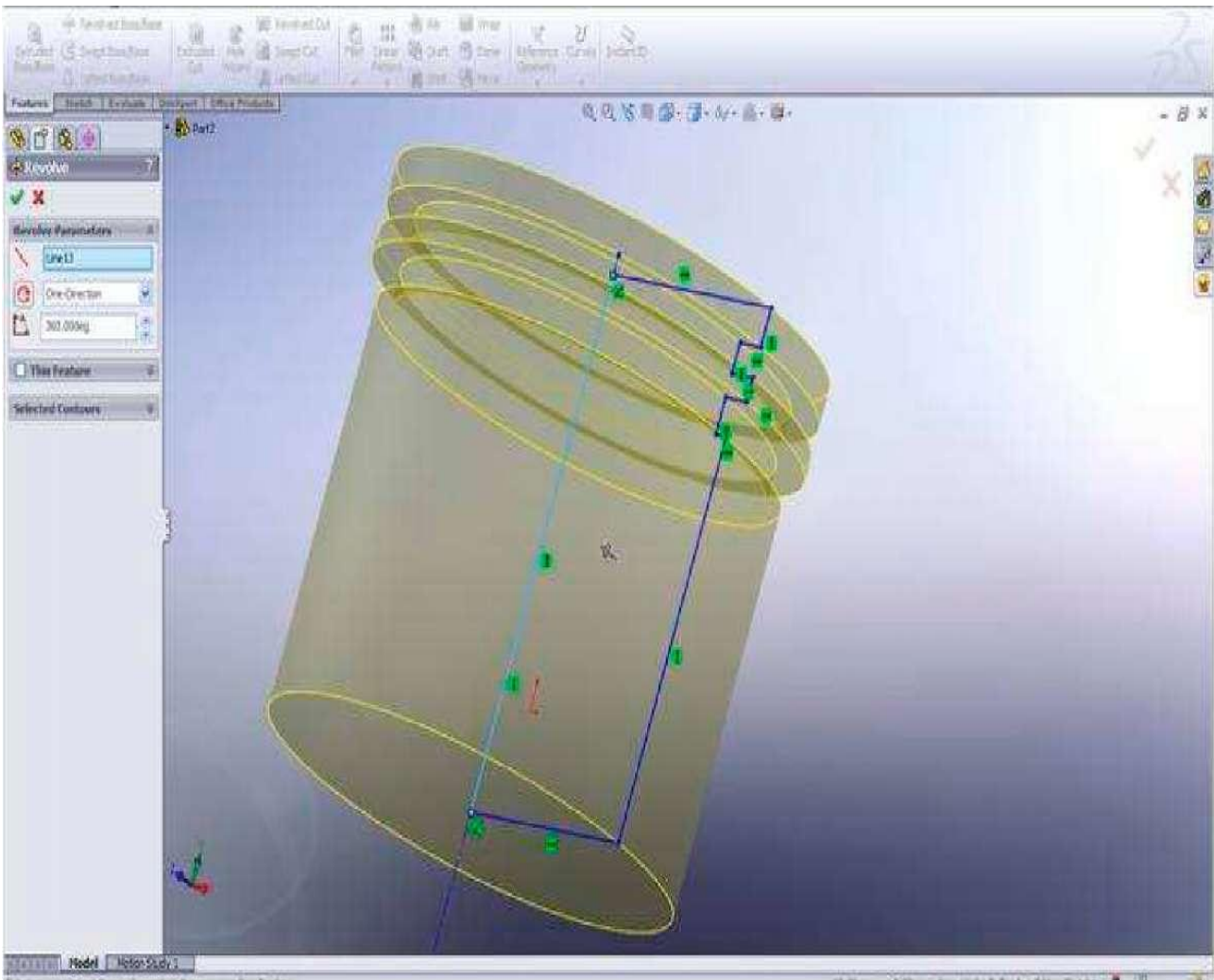
- Όπως φαίνεται στο αριστερό παράθυρο μπορεί να γίνει εισαγωγή της απόστασης επιθυμείται.
- ok

5.3 Εντολή revolved

- με τον ίδιο τρόπο (open New-part-front plane)
- στο sketch επιλέγεται μία αξονική γραμμή και έχοντας πατημένο το ποντίκι δημιουργείται μία κάθετη. Με αυτόν τον τρόπο ορίζεται γύρο από πιο άξονα θα εκτελεστεί η εντολή revolve



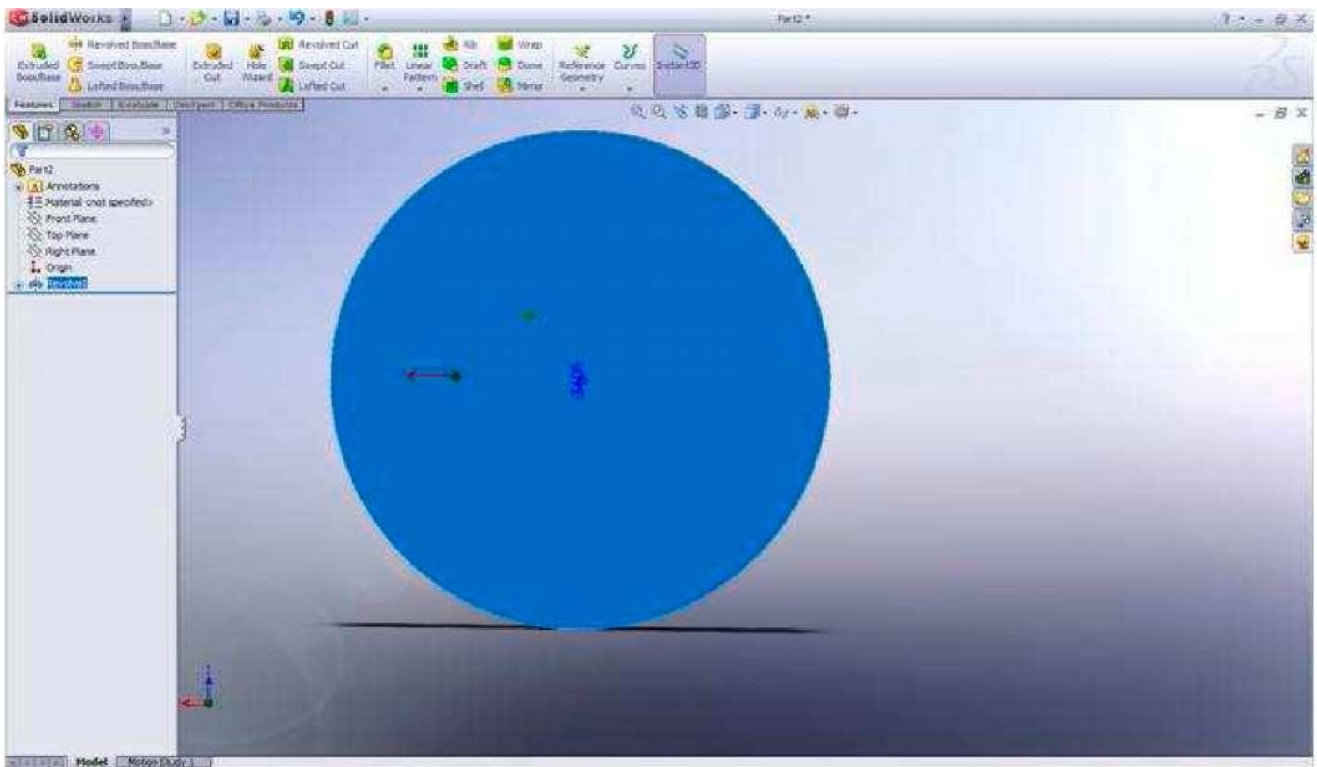
- Επιλέγεται ok για να ολοκληρωθεί η διαδικασία του sketch
- features-revolved και εμφανίζεται το πιο κάτω αποτέλεσμα



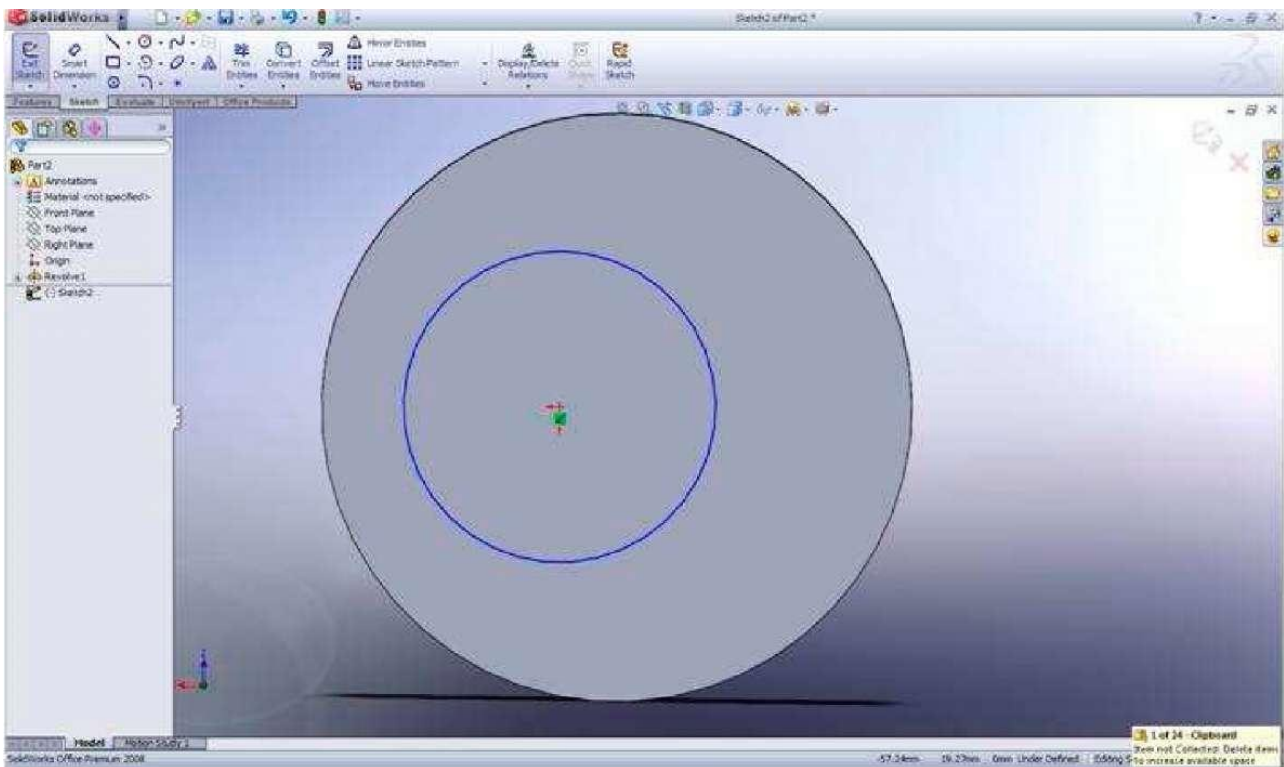
- Επιλέγεται ok και έχει ολοκληρωθεί άλλη μία σημαντική εντολή

5.4 Εντολή *extruded cut*

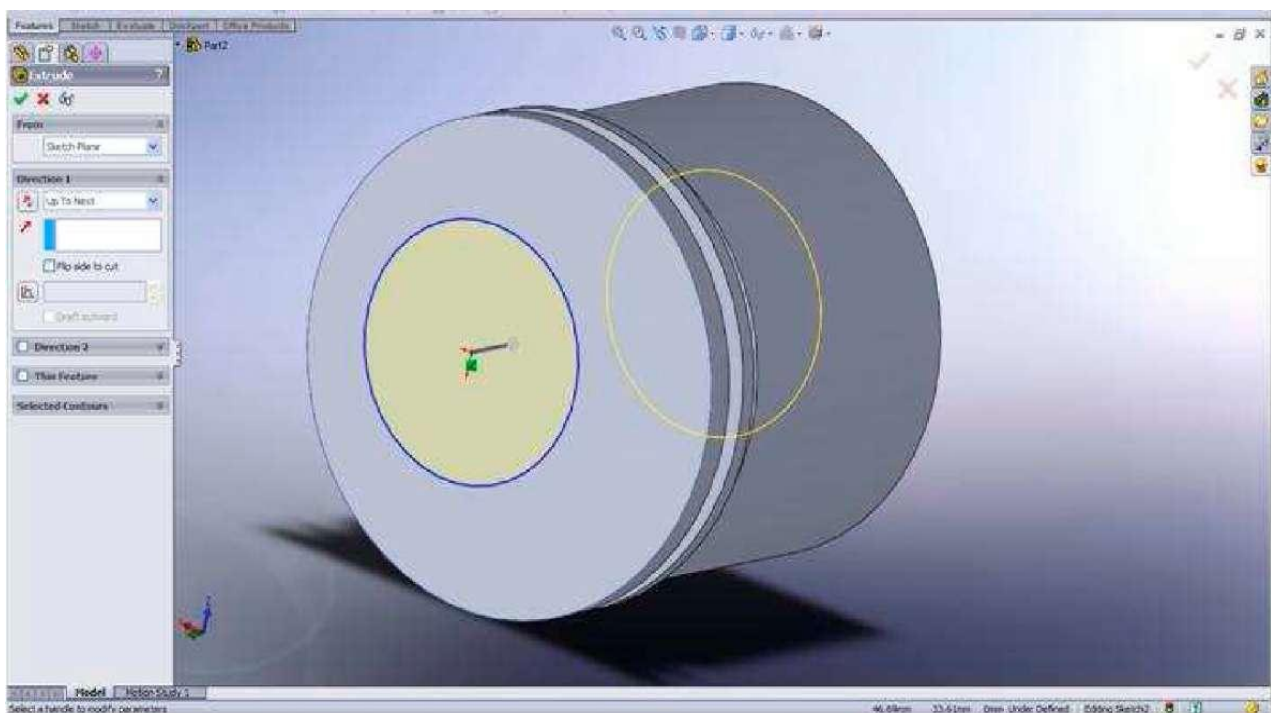
Στο προηγούμενο σχήμα που δημιουργήθηκε επιλέγεται μία από τις δύο επιφάνειες όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.

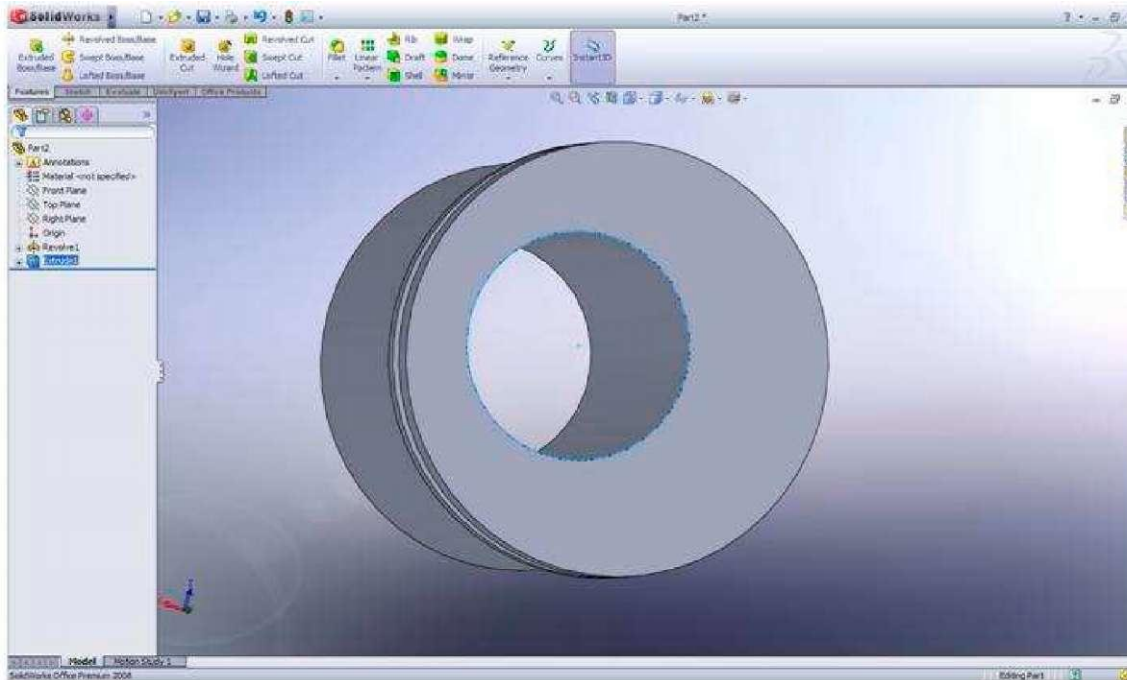


- στη συνέχεια στο sketch δημιουργείται ένας κύκλος σε όποιο σημείο της επιφάνειας και μετά ok



- στο features επιλέγεται η εντολή extruded cut, στο direction 1 επιλέγεται up to next που σημαίνει να αφαιρέσει υλικό μέχρι την επόμενη επιφάνεια, επίσης υπάρχουν και άλλες ρυθμίσεις όπως το blind που δημιουργεί τυφλή τρύπα.

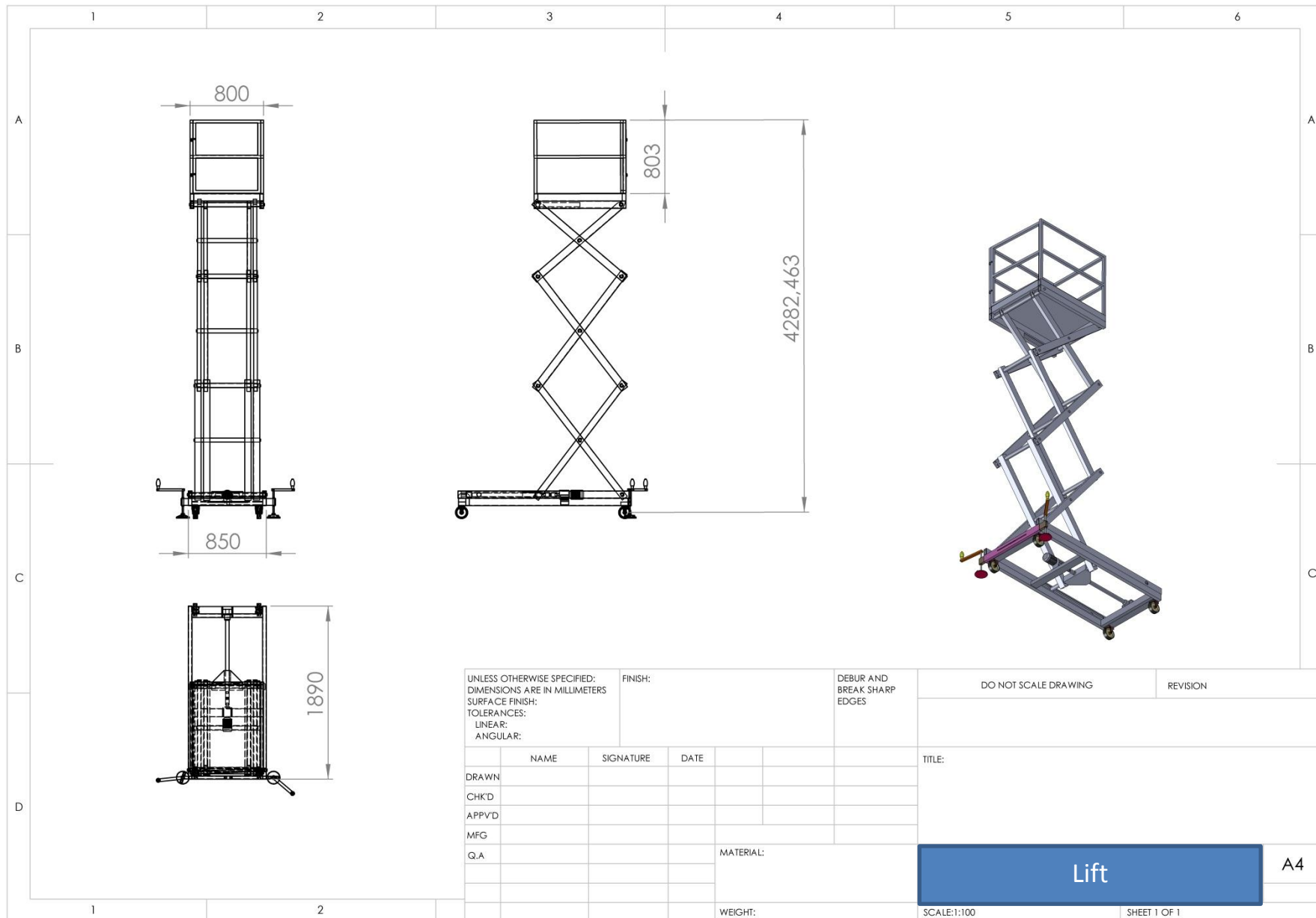




- επιλέγεται ok και έχει δημιουργηθεί μία διαμπερής τρύπα

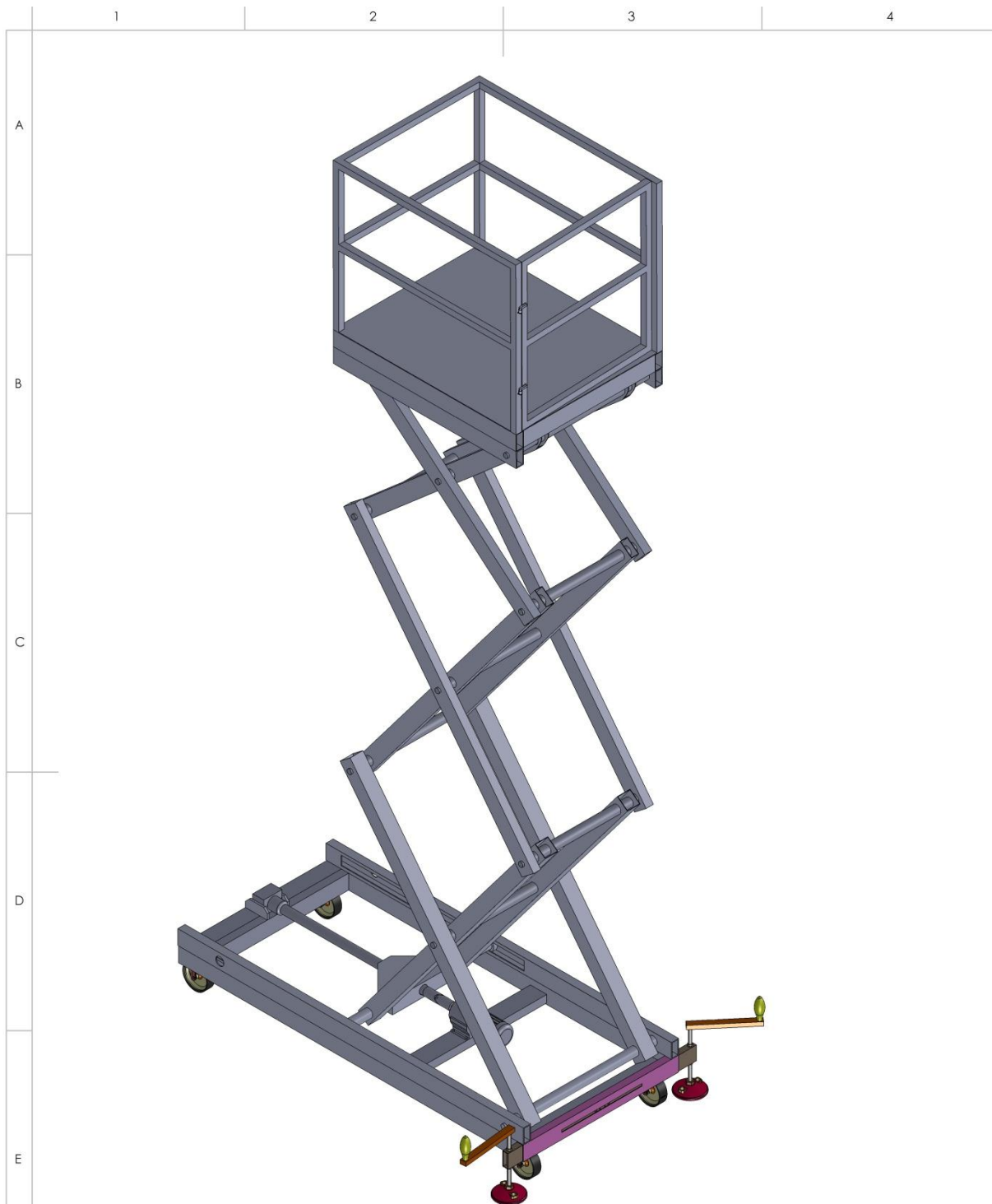
6. Σχέδια 3D με την βοήθεια του Solidworks ανυψωτικού μηχανήματος.



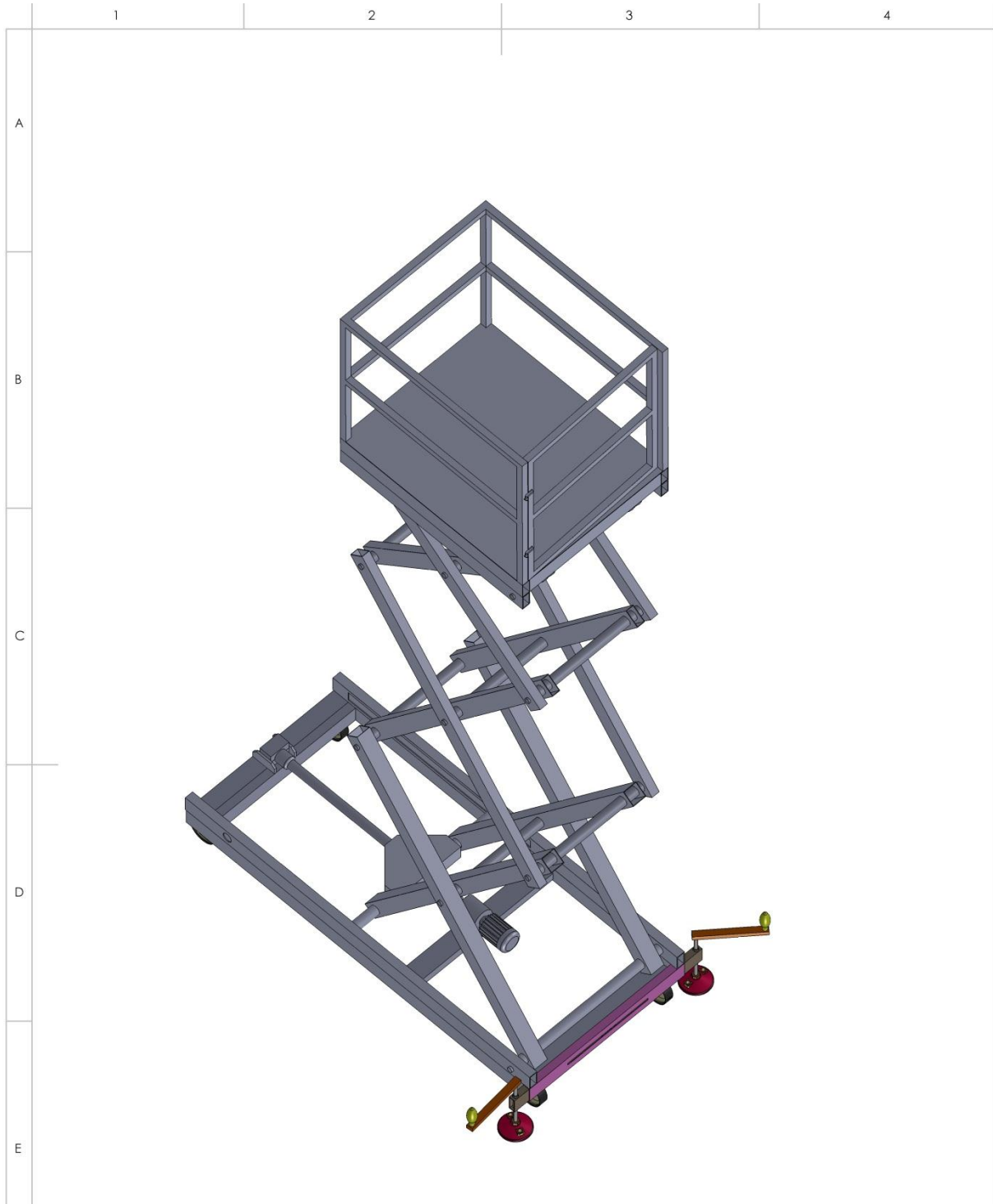


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A									
				MATERIAL:		Lift			
				WEIGHT:					
						SCALE:1:100			
						SHEET 1 OF 1			

A4

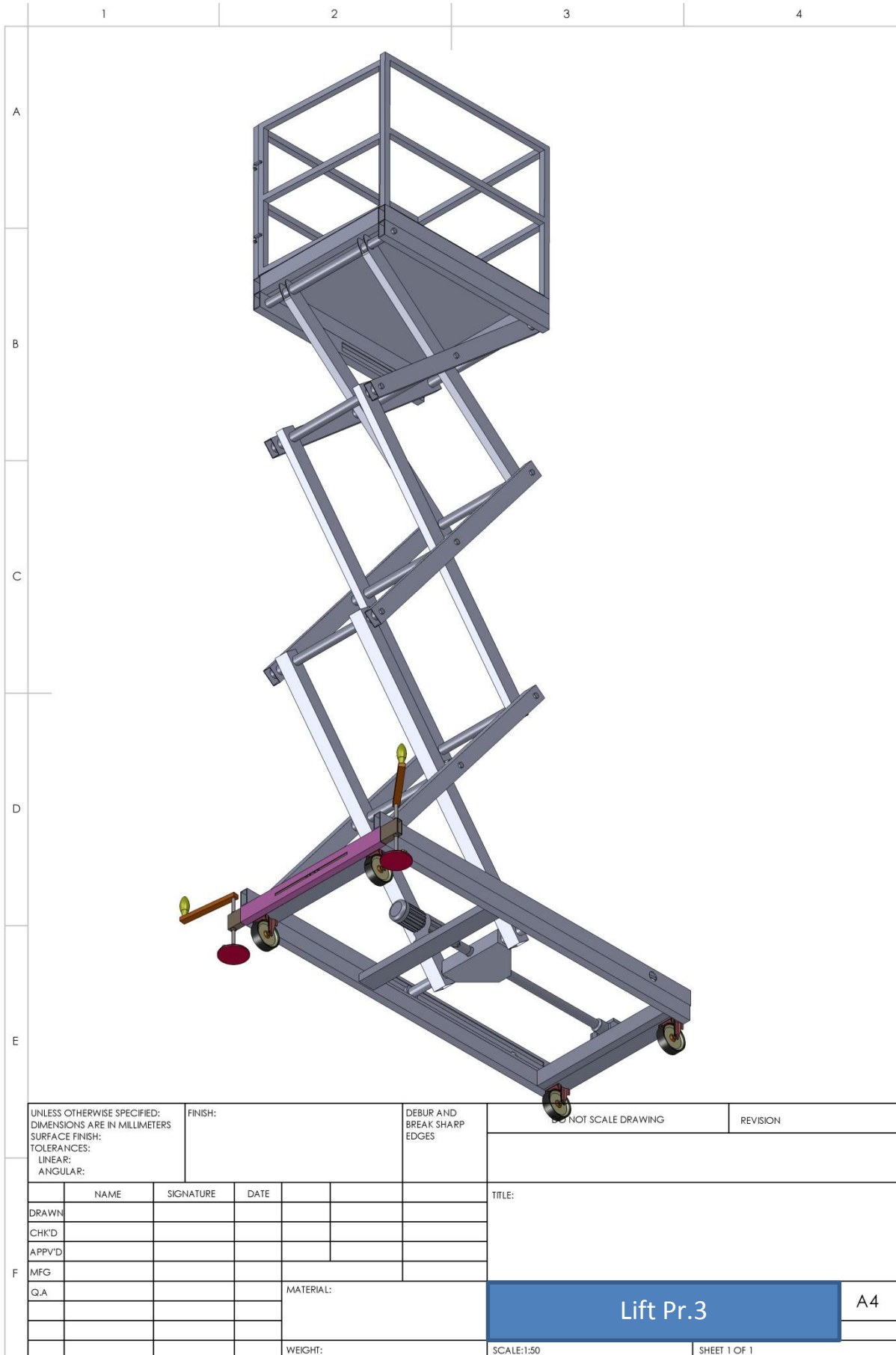


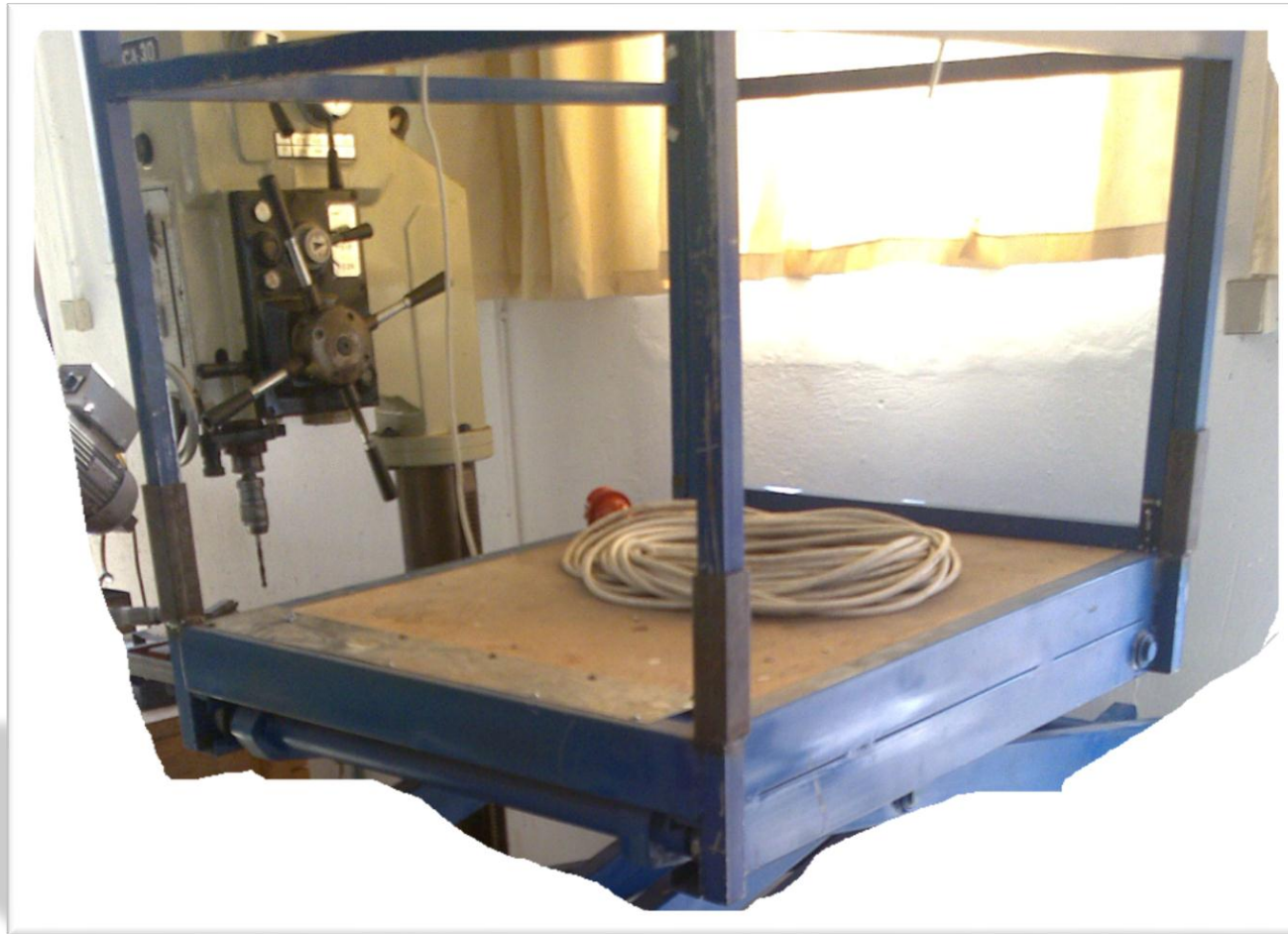
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A				MATERIAL:		Lift Pr.1		A4	
				WEIGHT:		SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1	



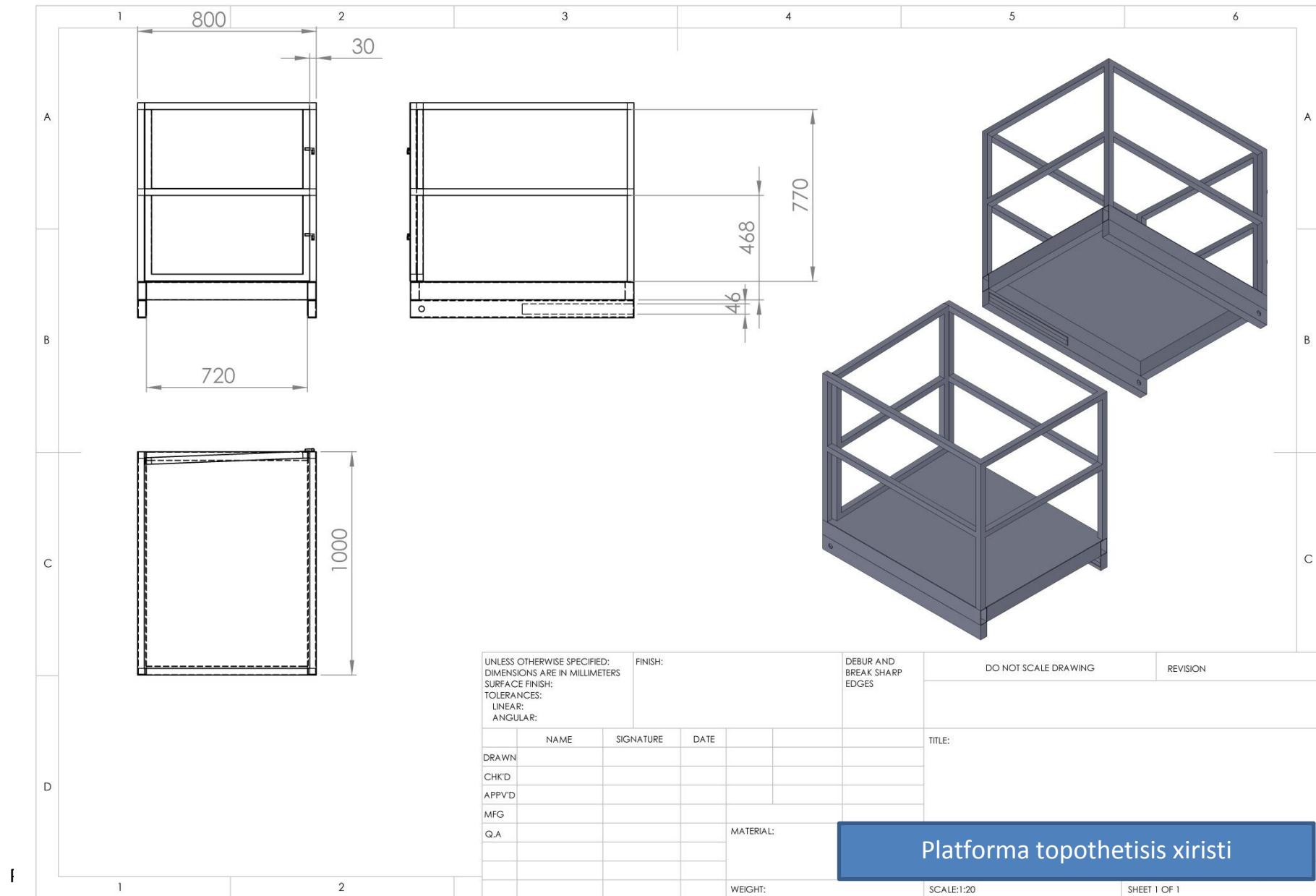
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
QA						MATERIAL:		Lift Pr.2	
								A4	
						WEIGHT:		SCALE:1:50	
								SHEET 1 OF 1	

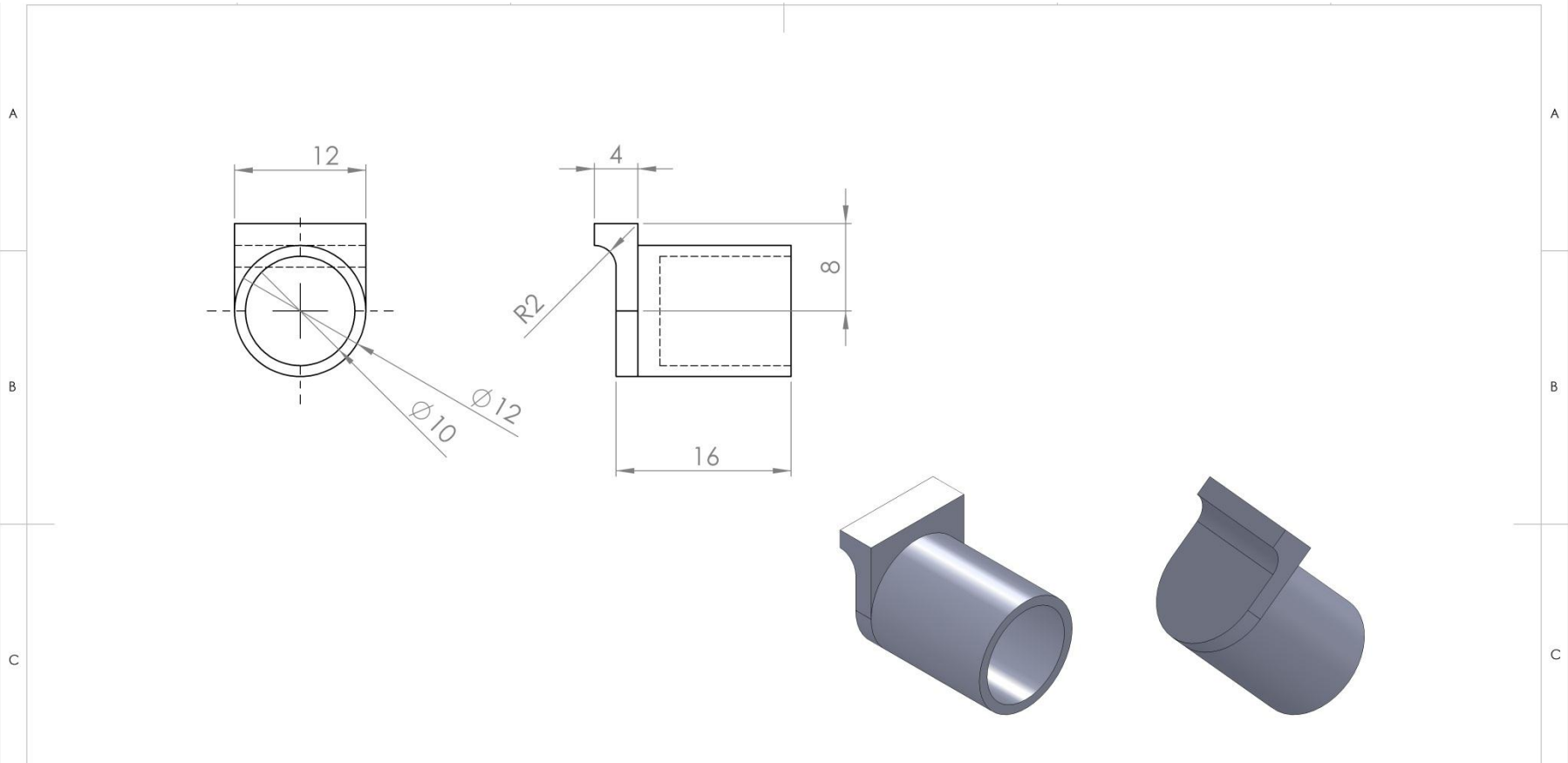






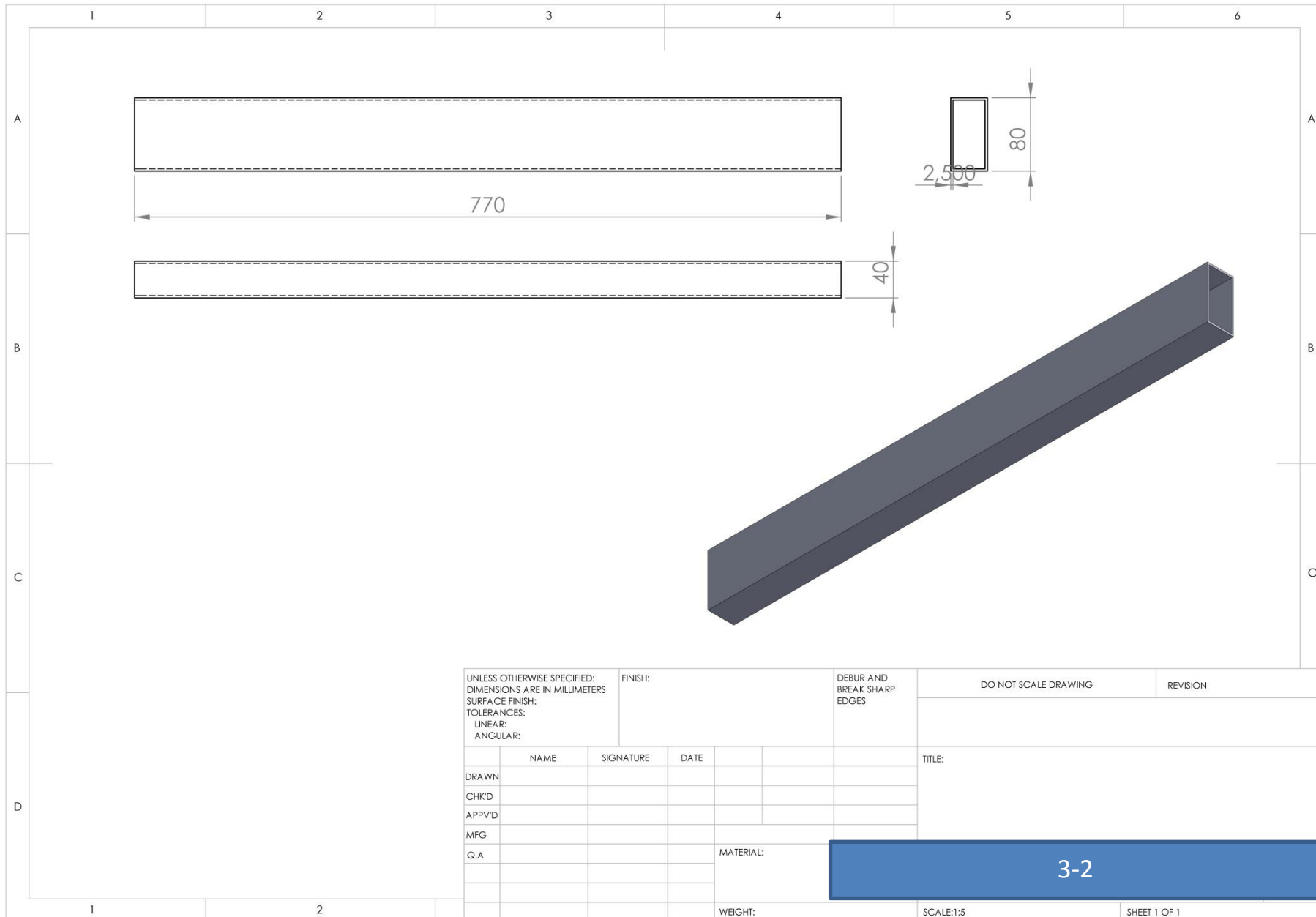
Platphorma

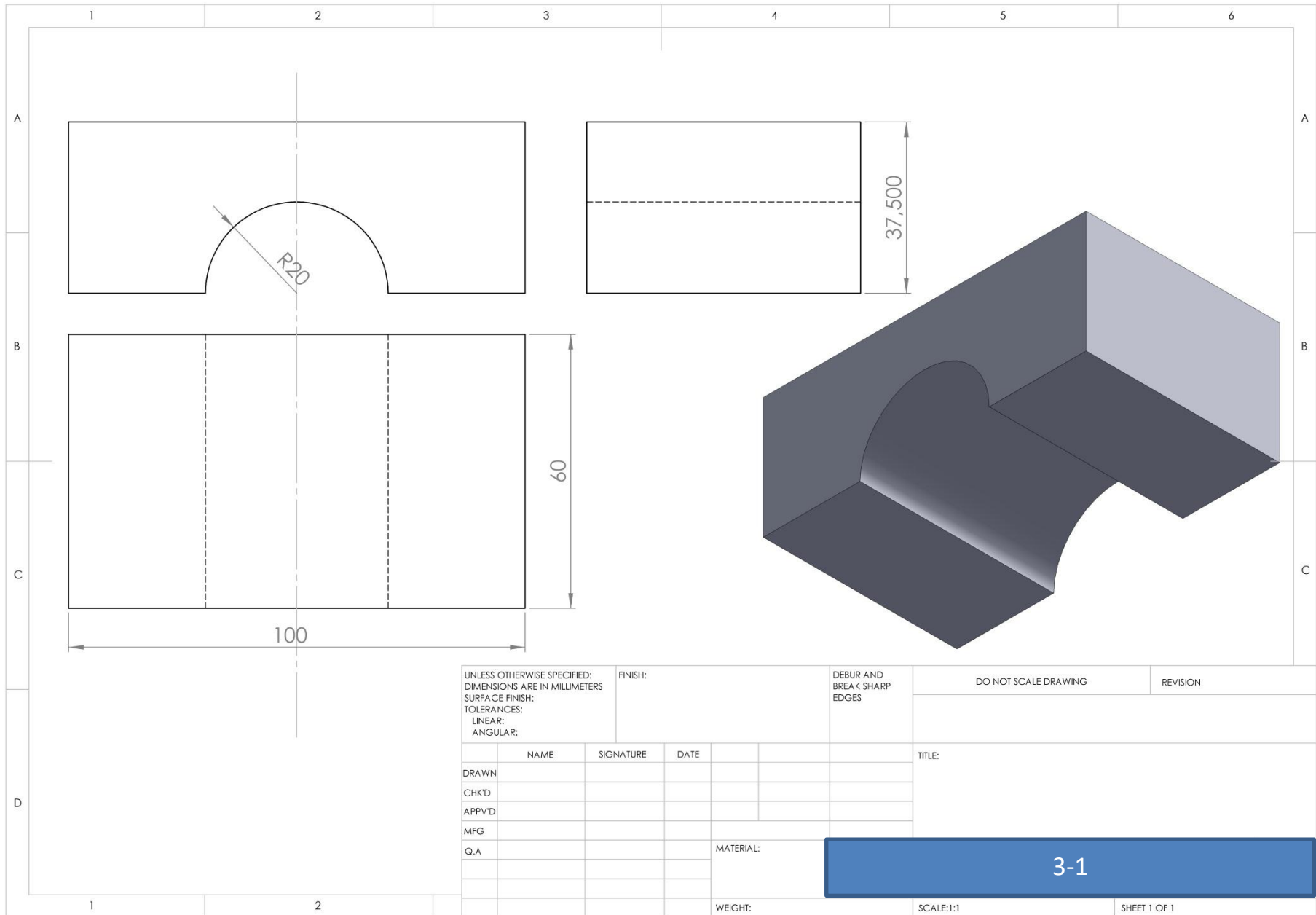




UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		1-3	
								WEIGHT:		SCALE:2:1 SHEET 1 OF 1	







UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

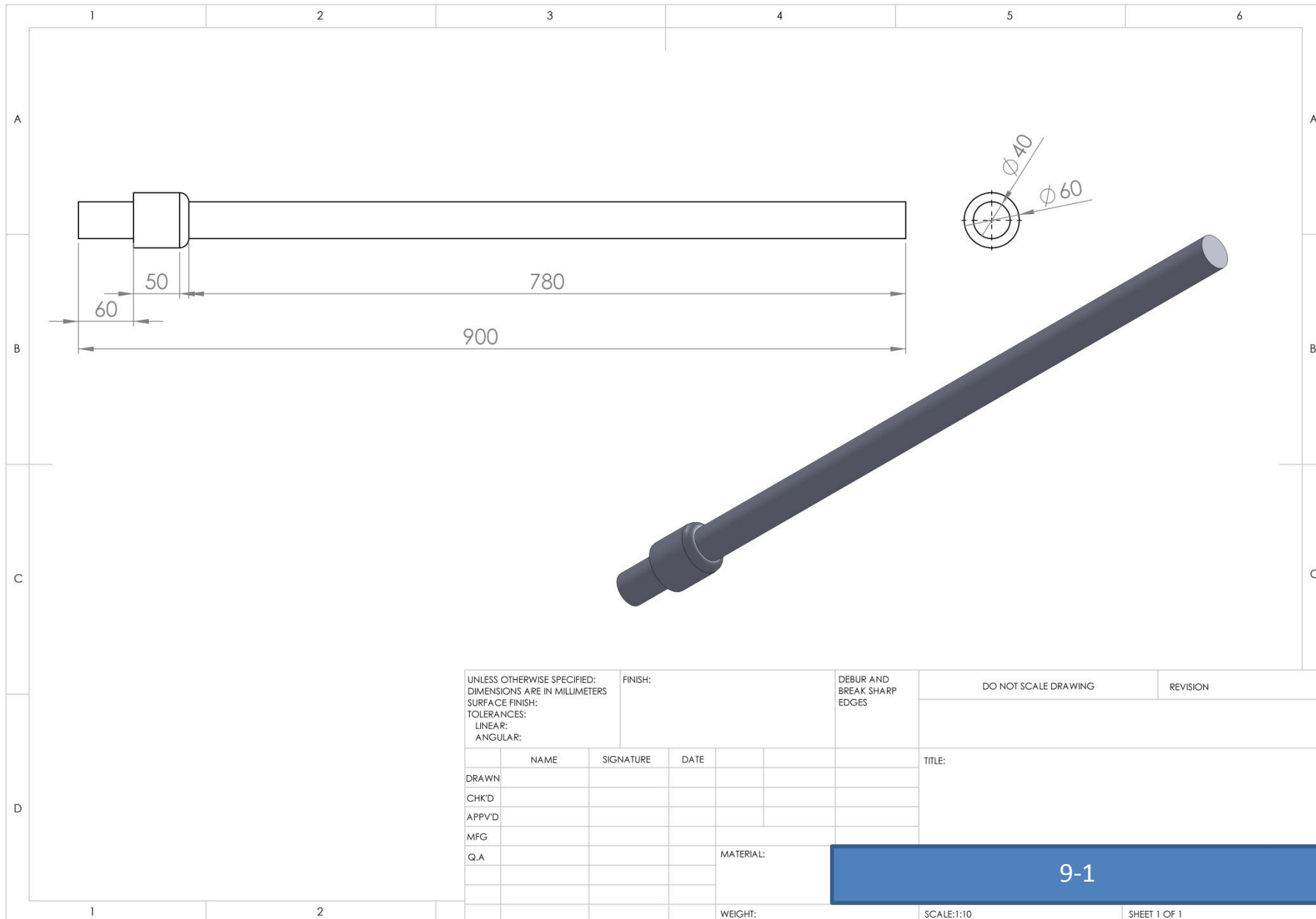
TITLE:

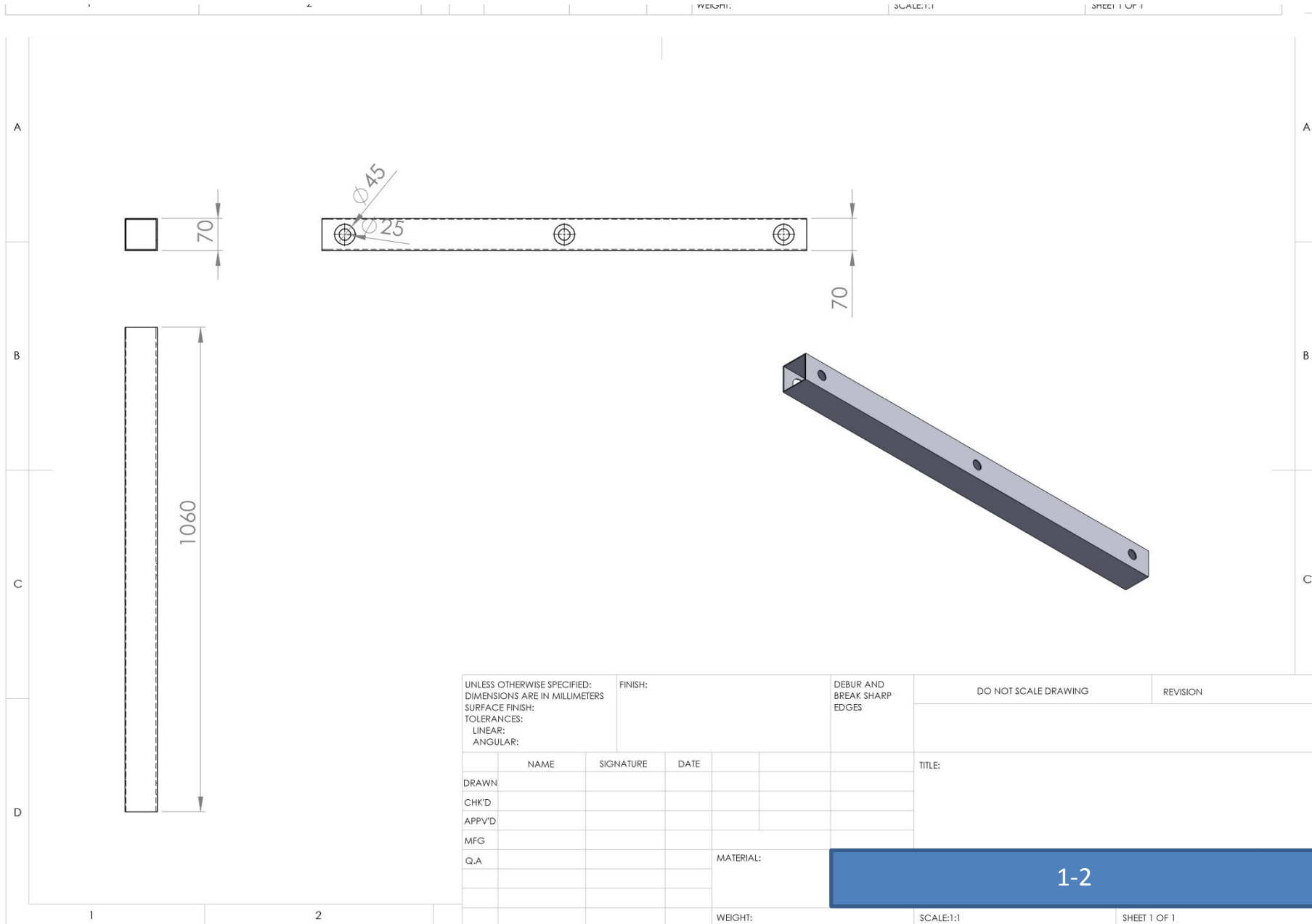
3-1

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

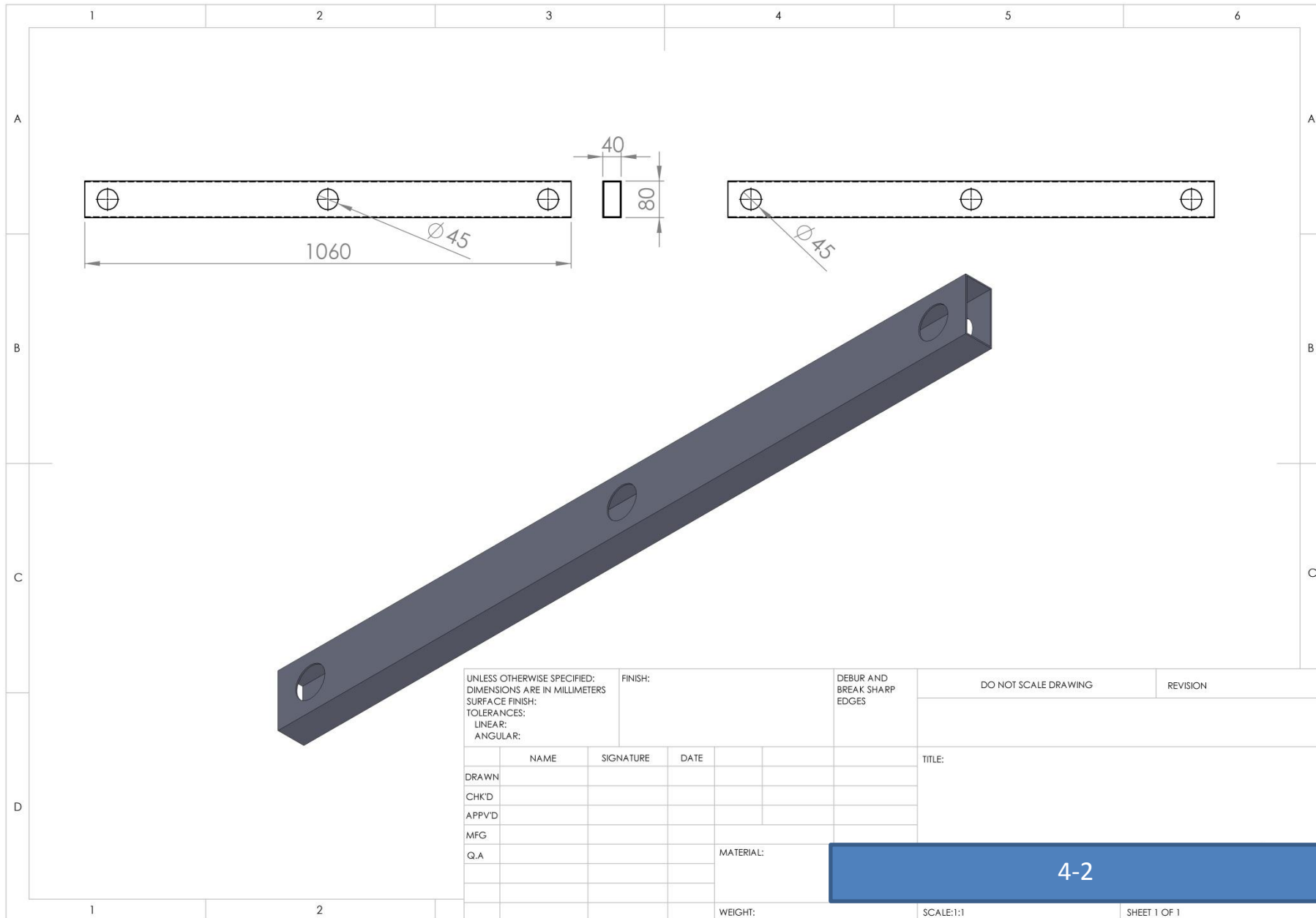


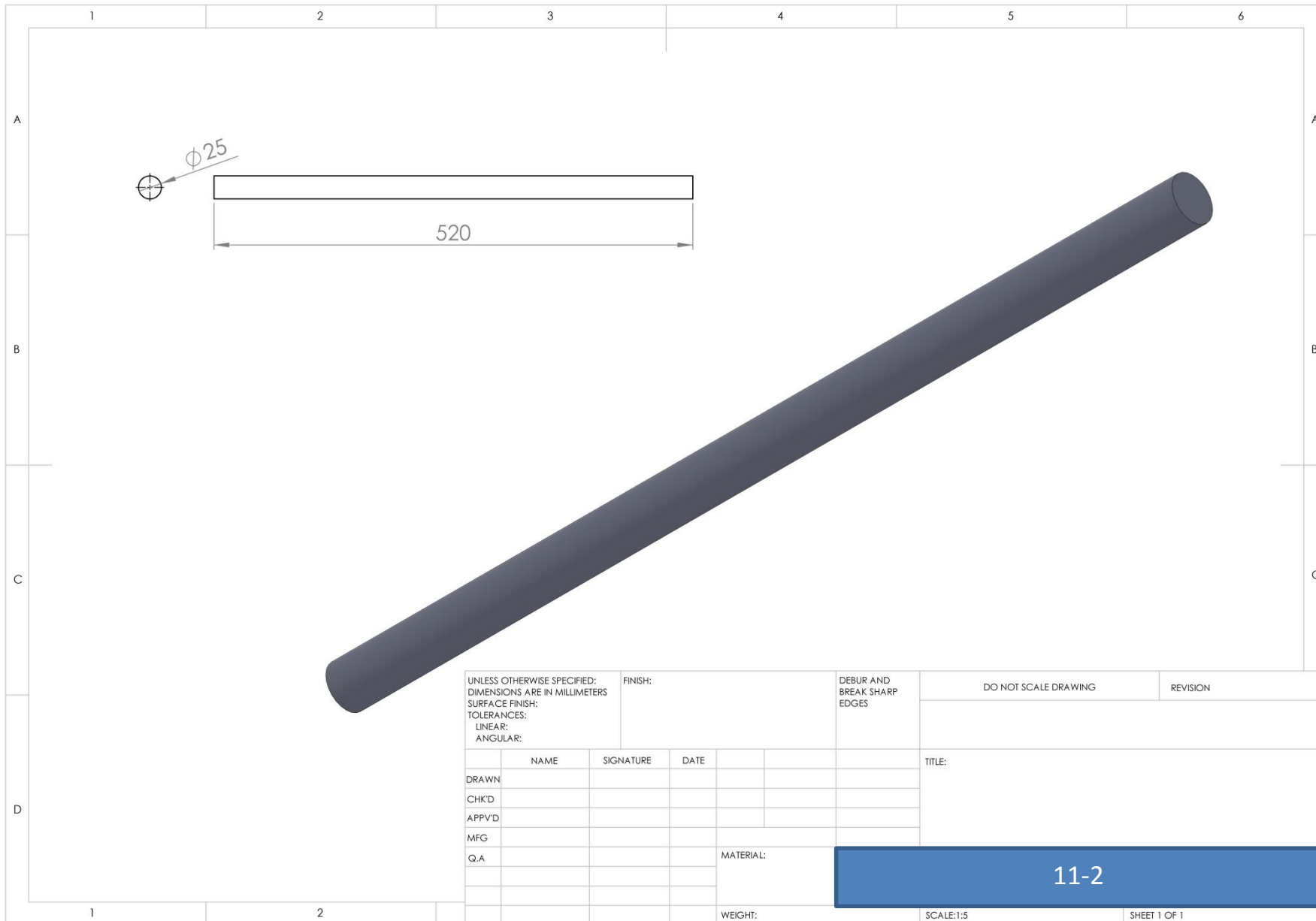


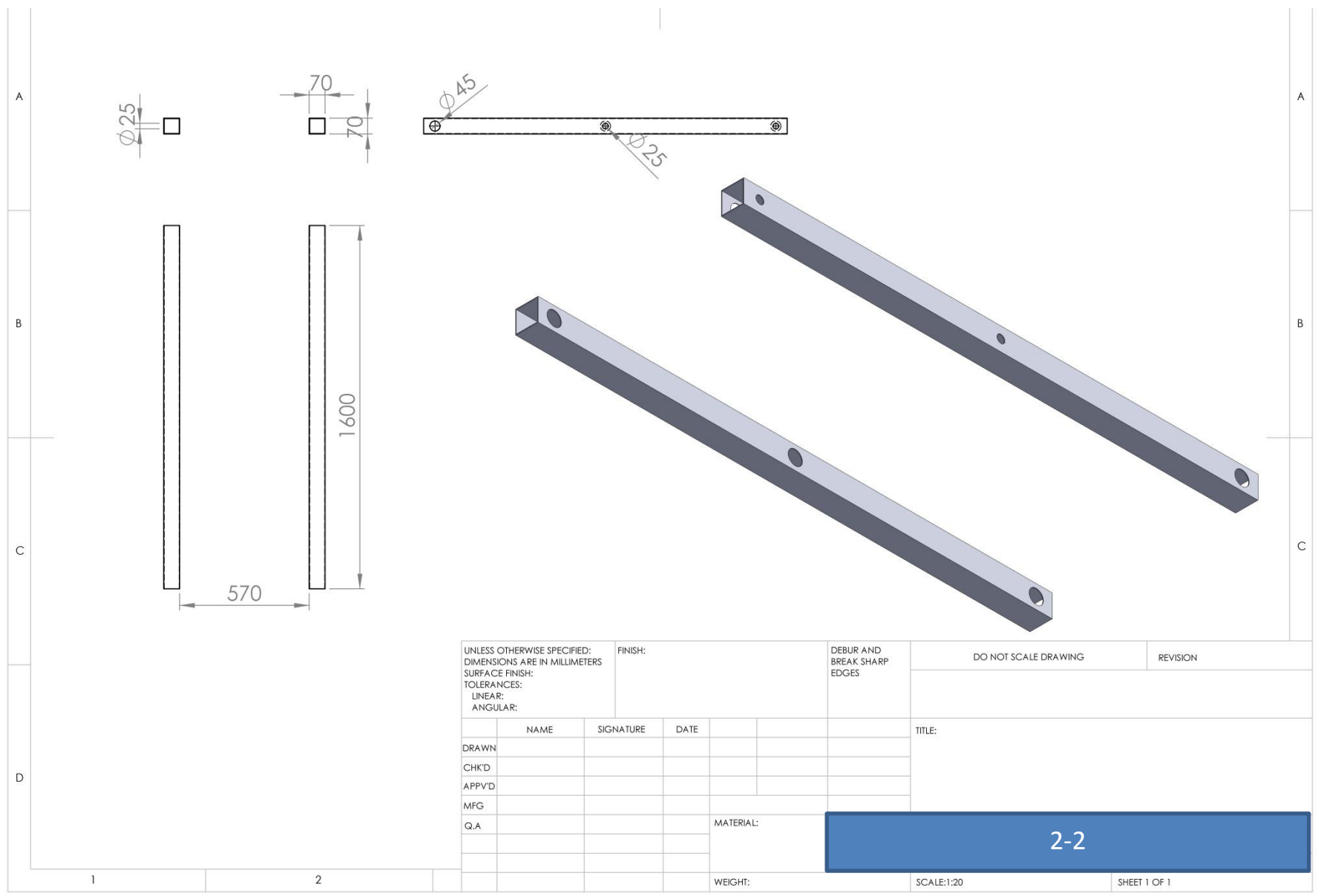


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		1-2	
						WEIGHT:		SCALE:1:1	
								SHEET 1 OF 1	



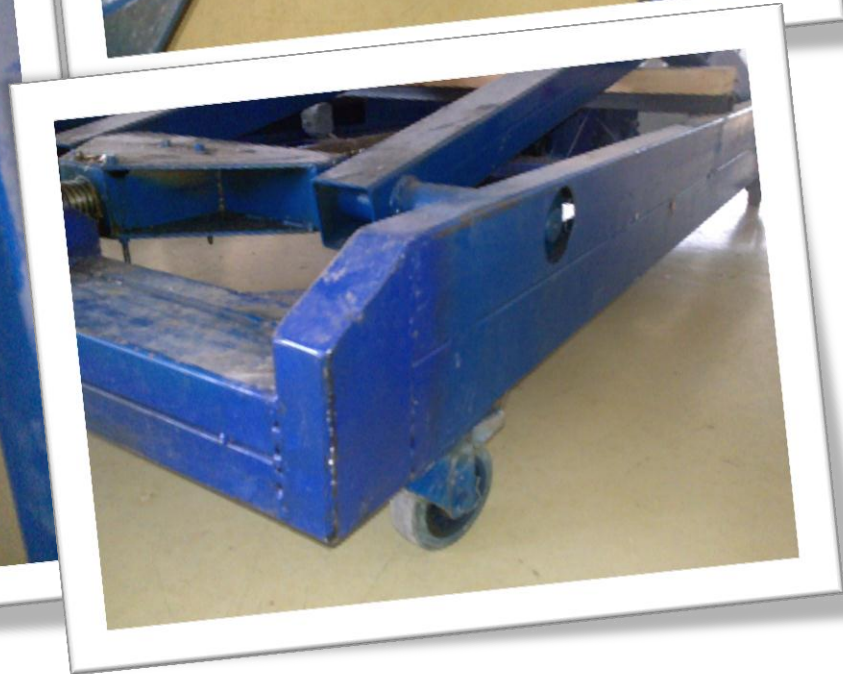






UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
DRAWN							
CHK'D							
APP'VD							
MFG:							
Q.A					MATERIAL:	2-2	
					WEIGHT:	SCALE:1:20	SHEET 1 OF 1

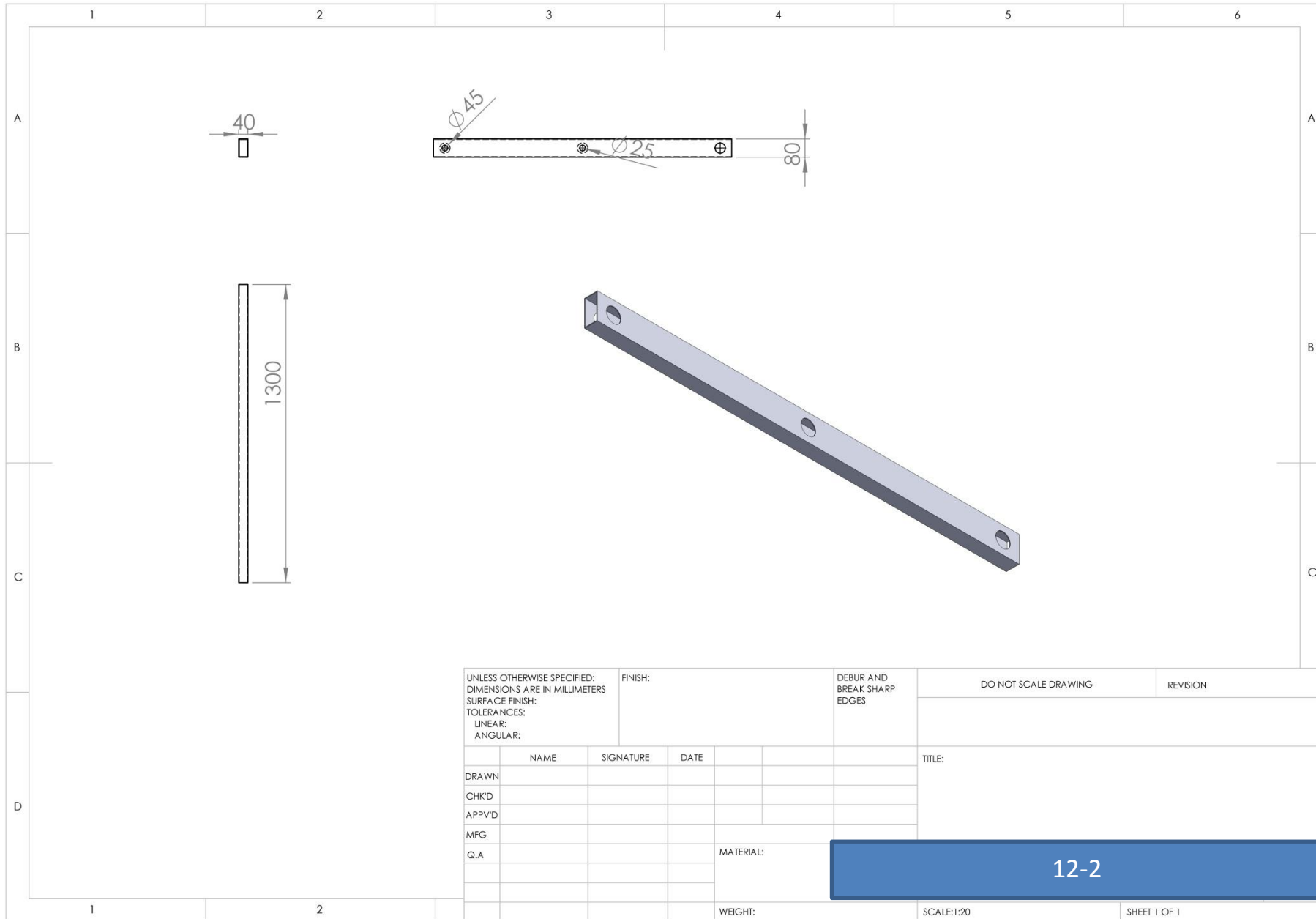


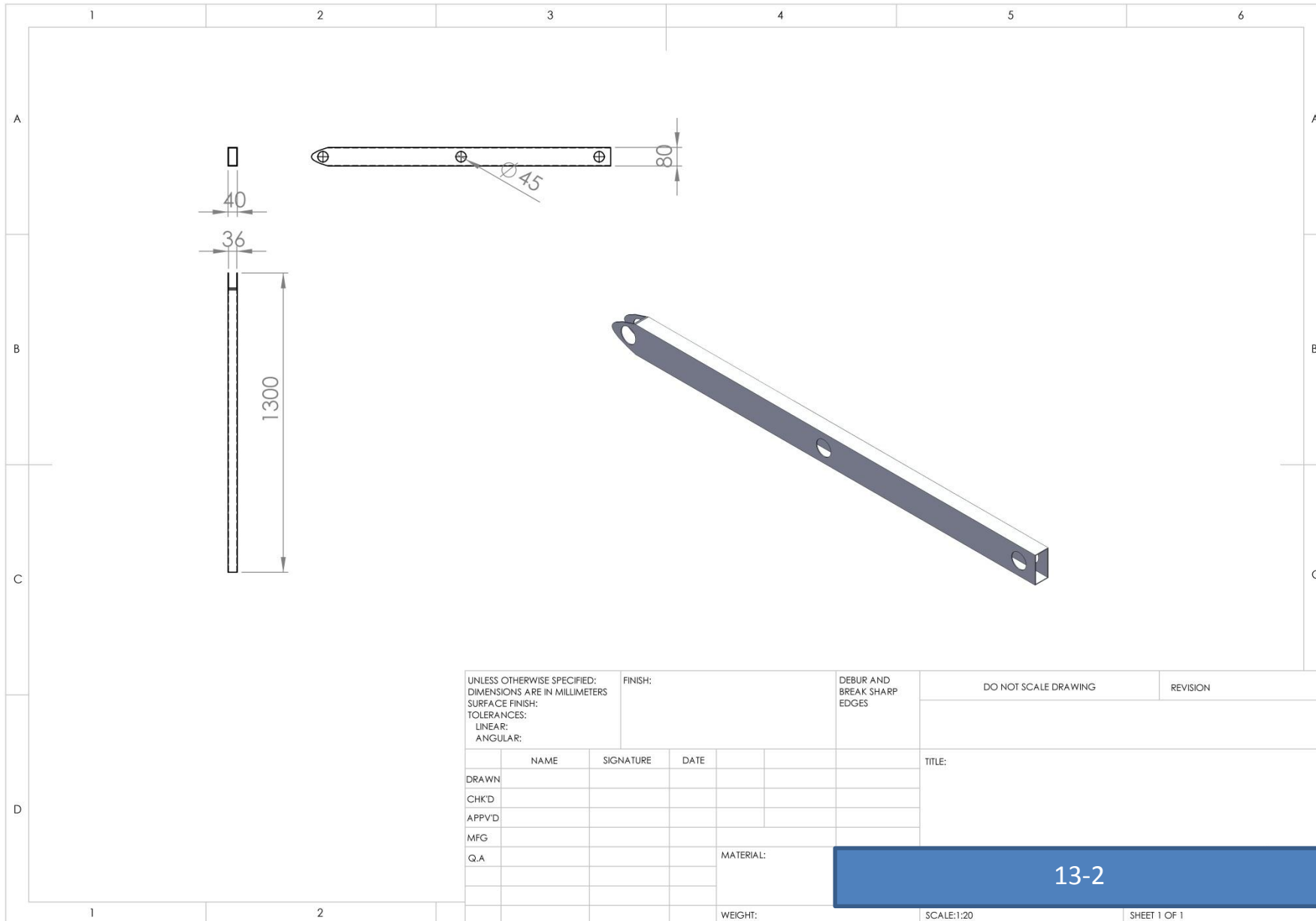


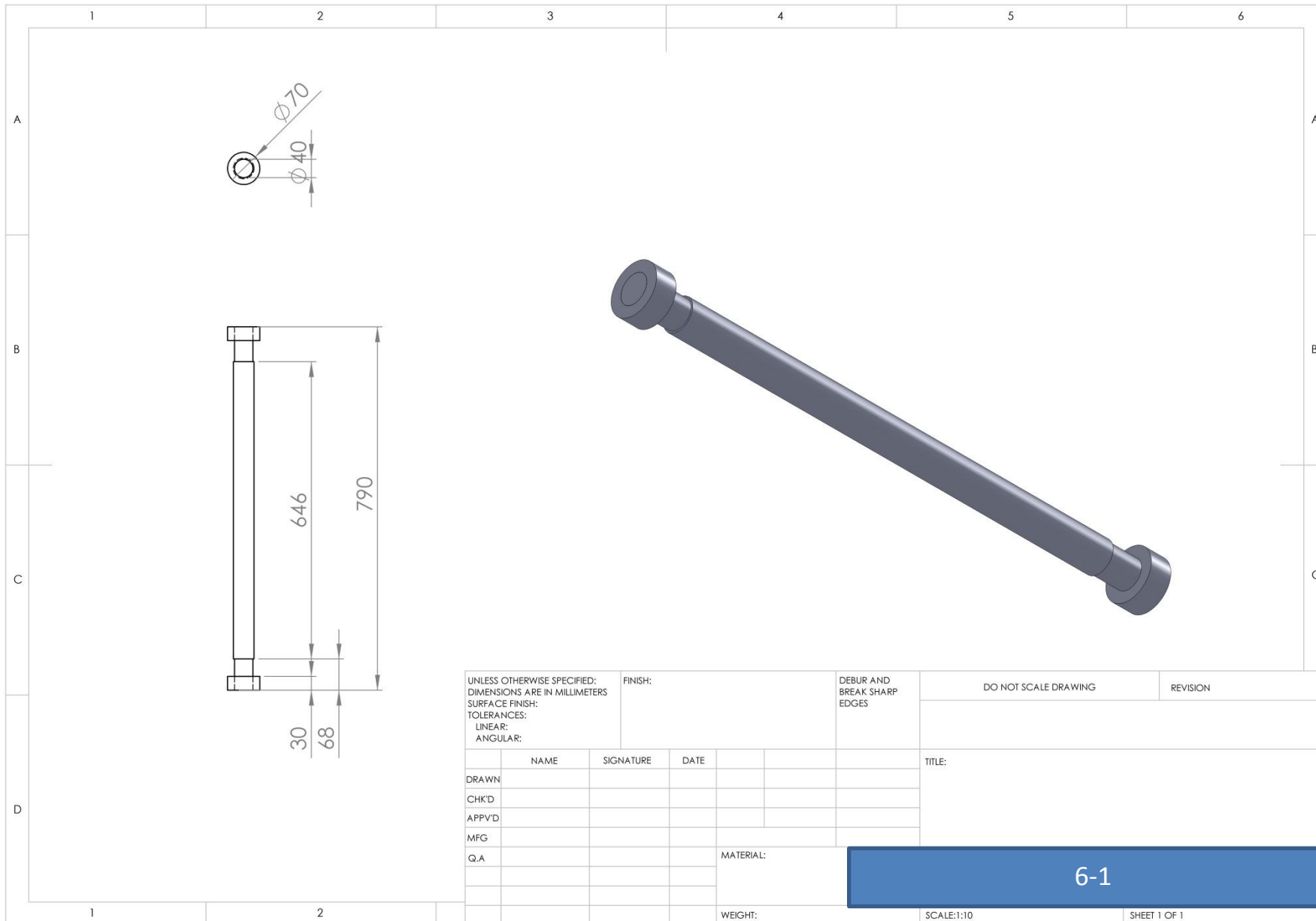
Powered By: **David Kostas**

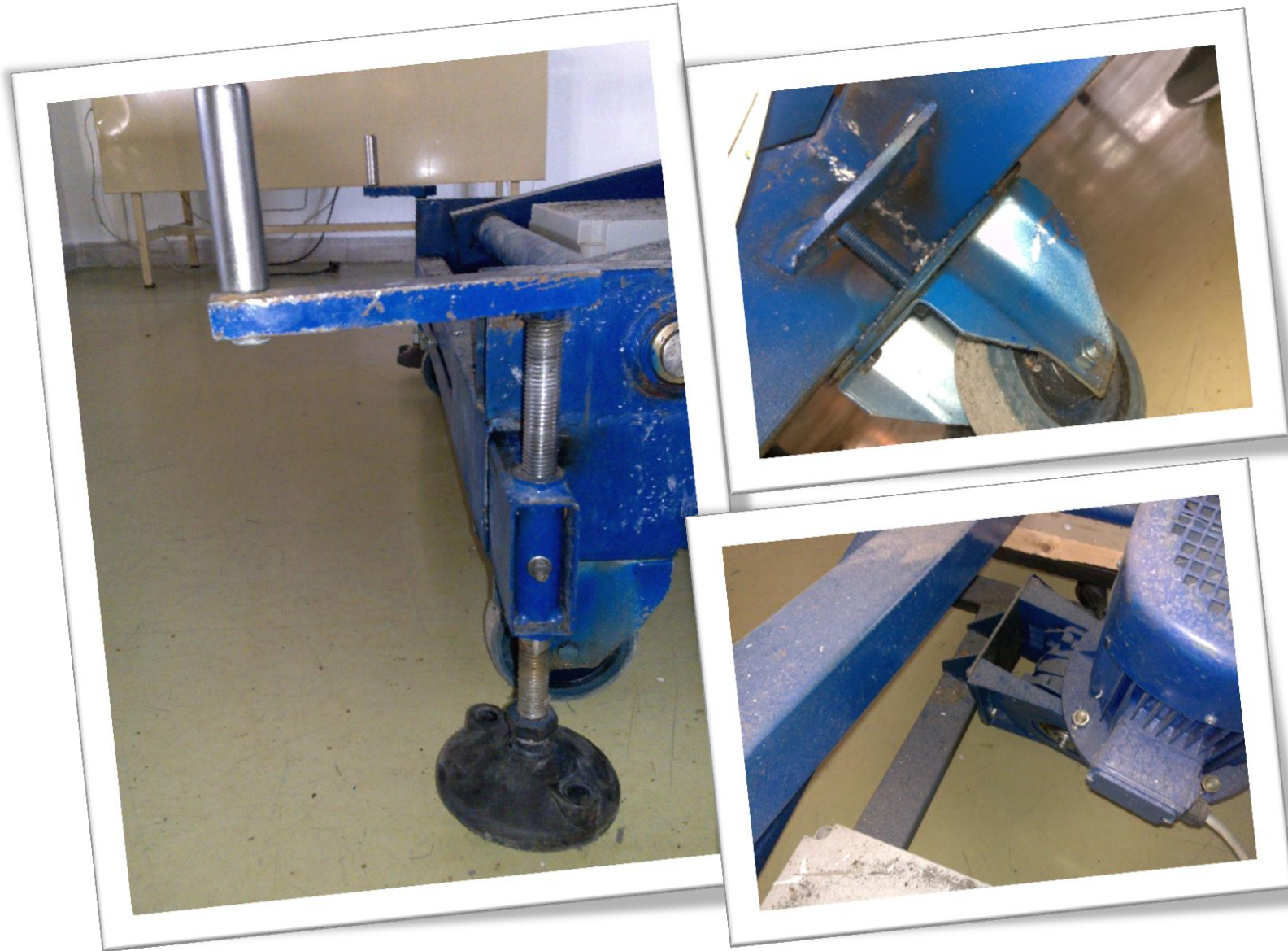
Μελετητές: Καδόγλου Κωνσταντίνος
Μαλαί Μιρέλ-Νικόλαος

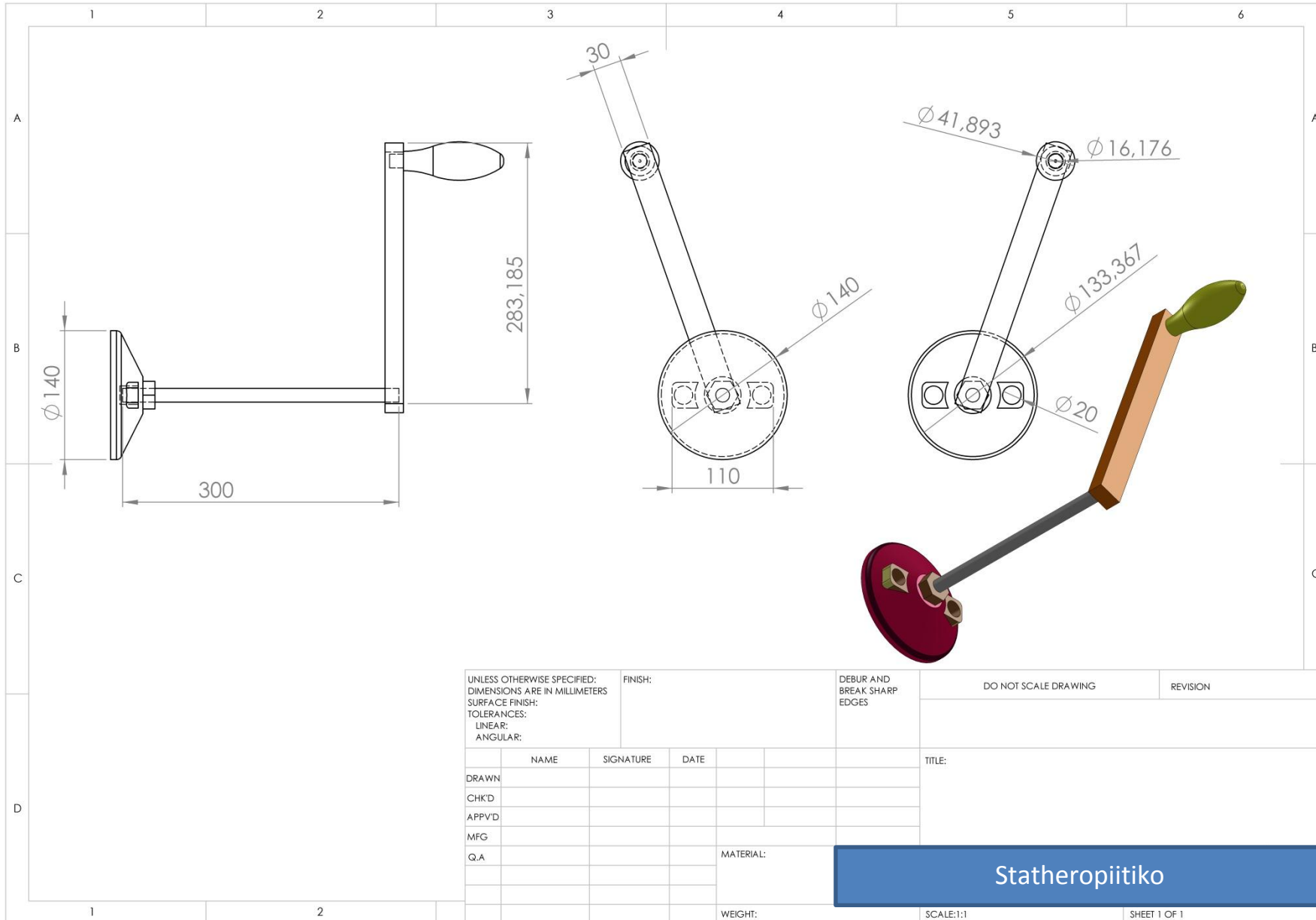


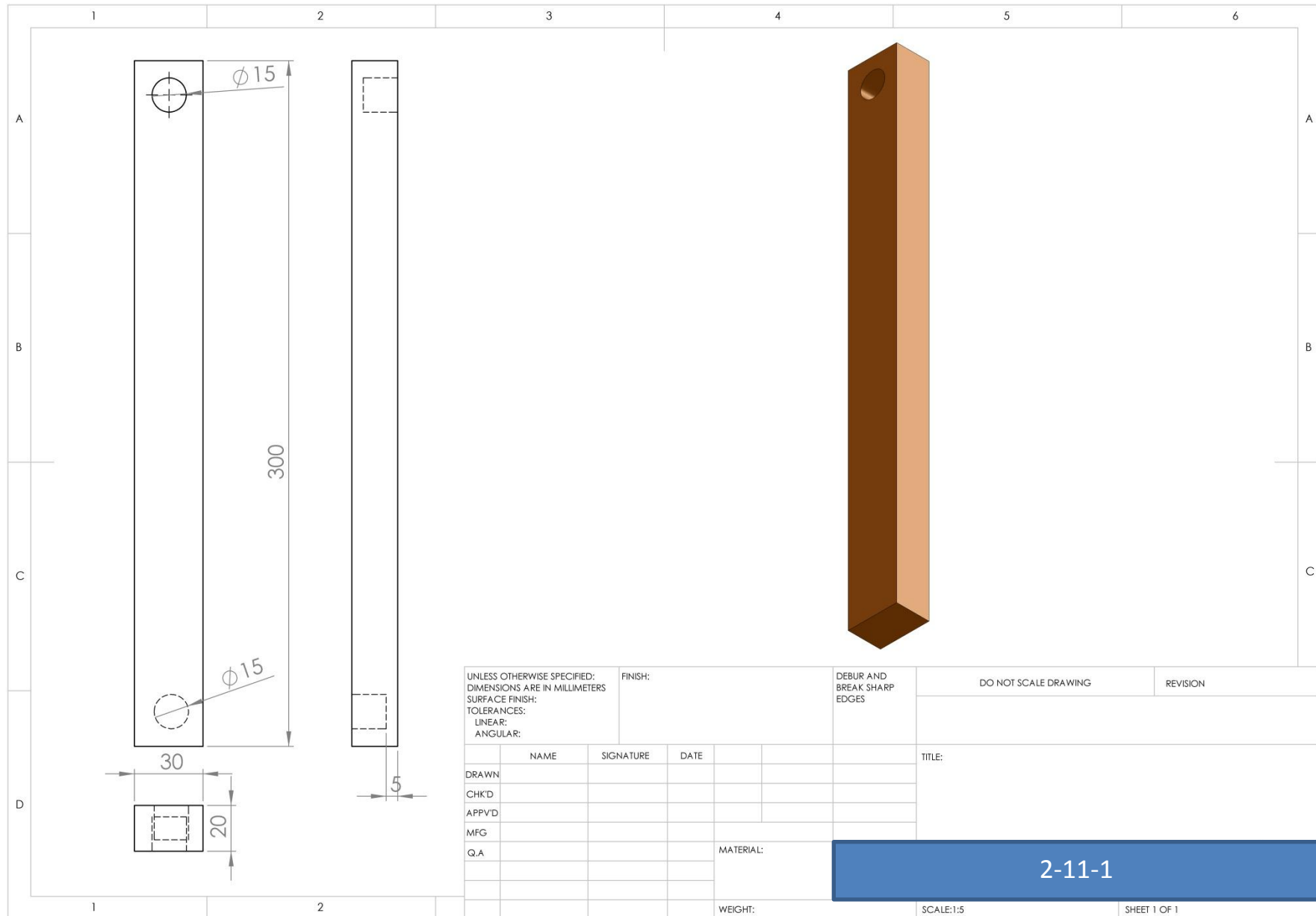


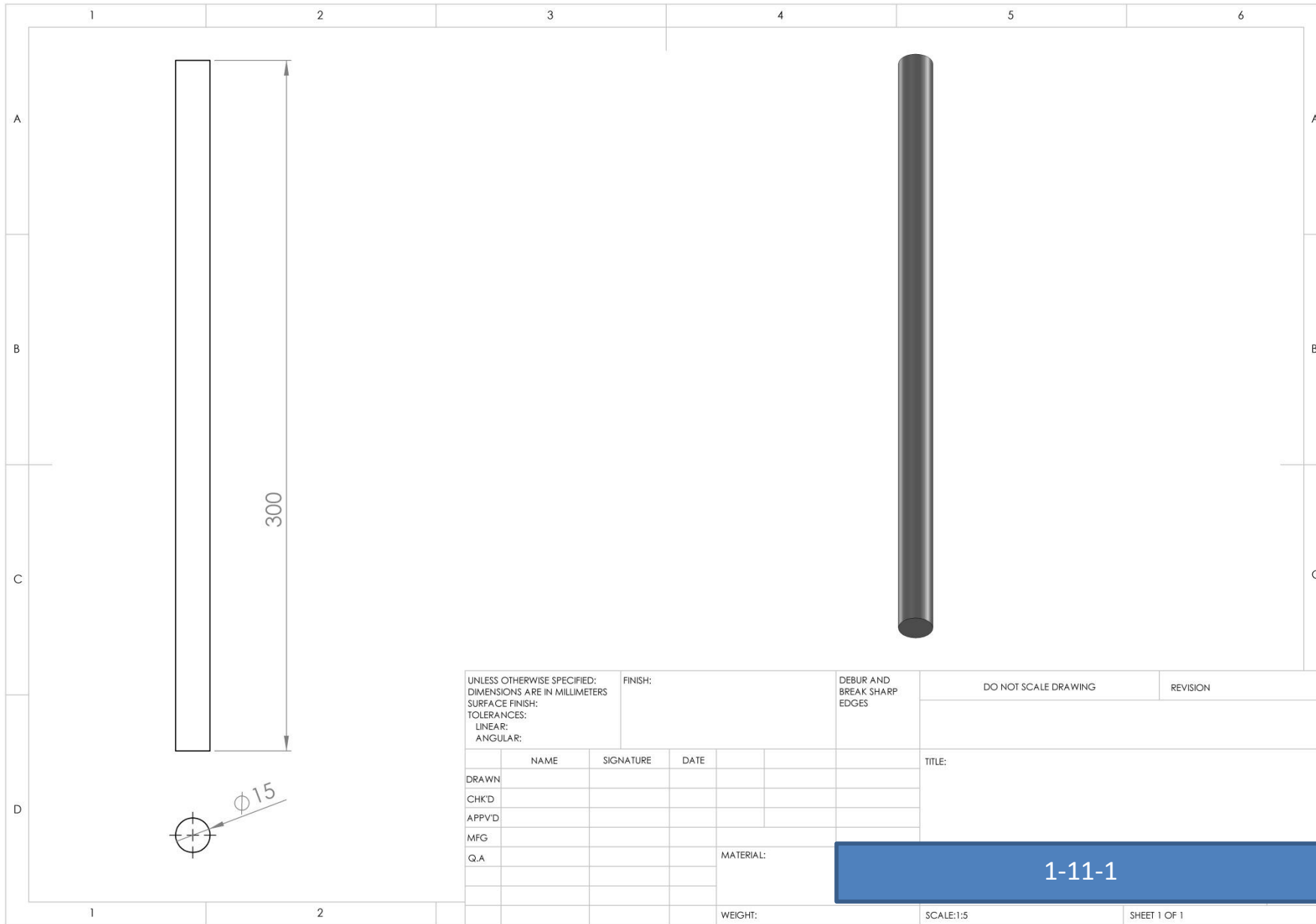


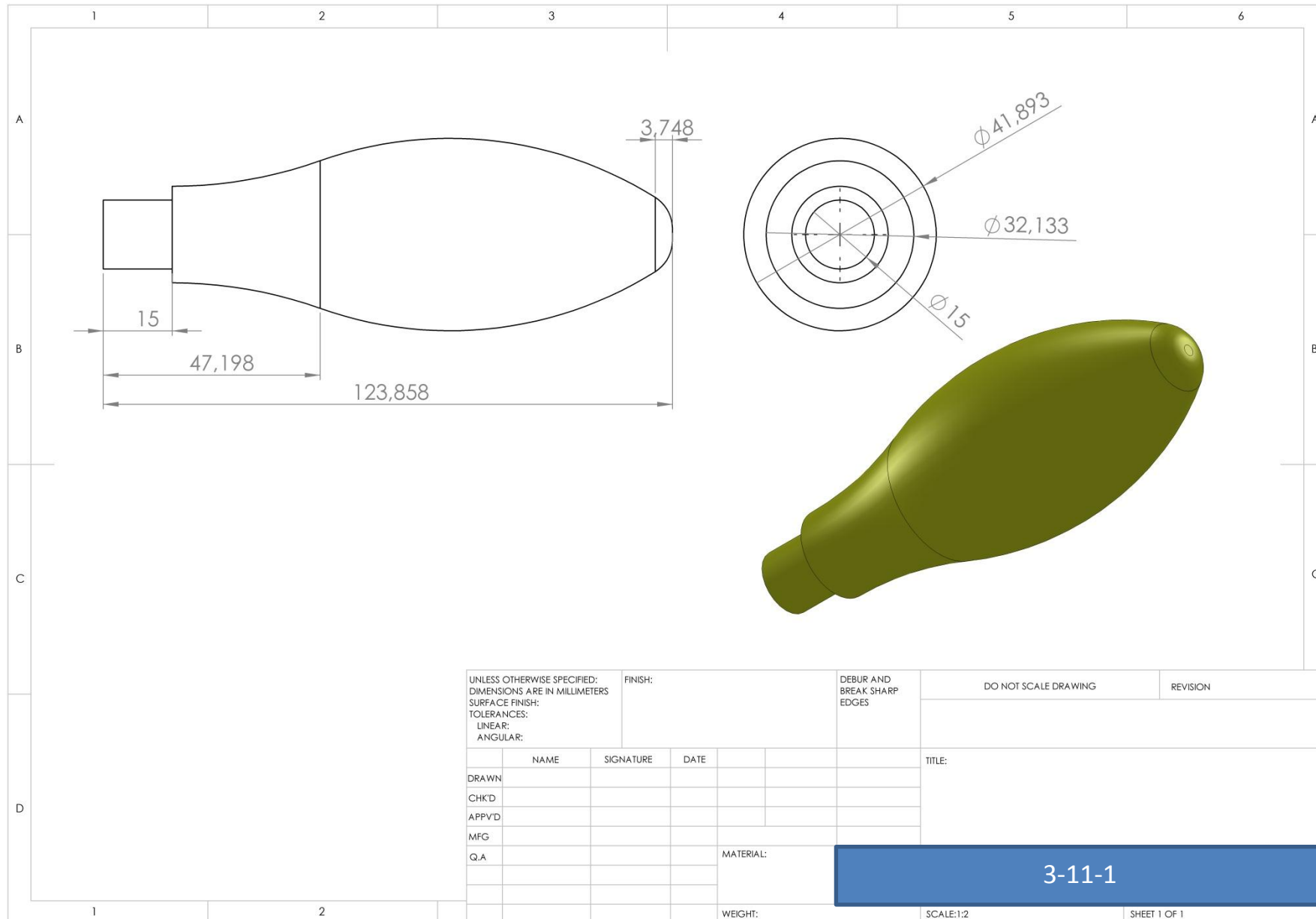


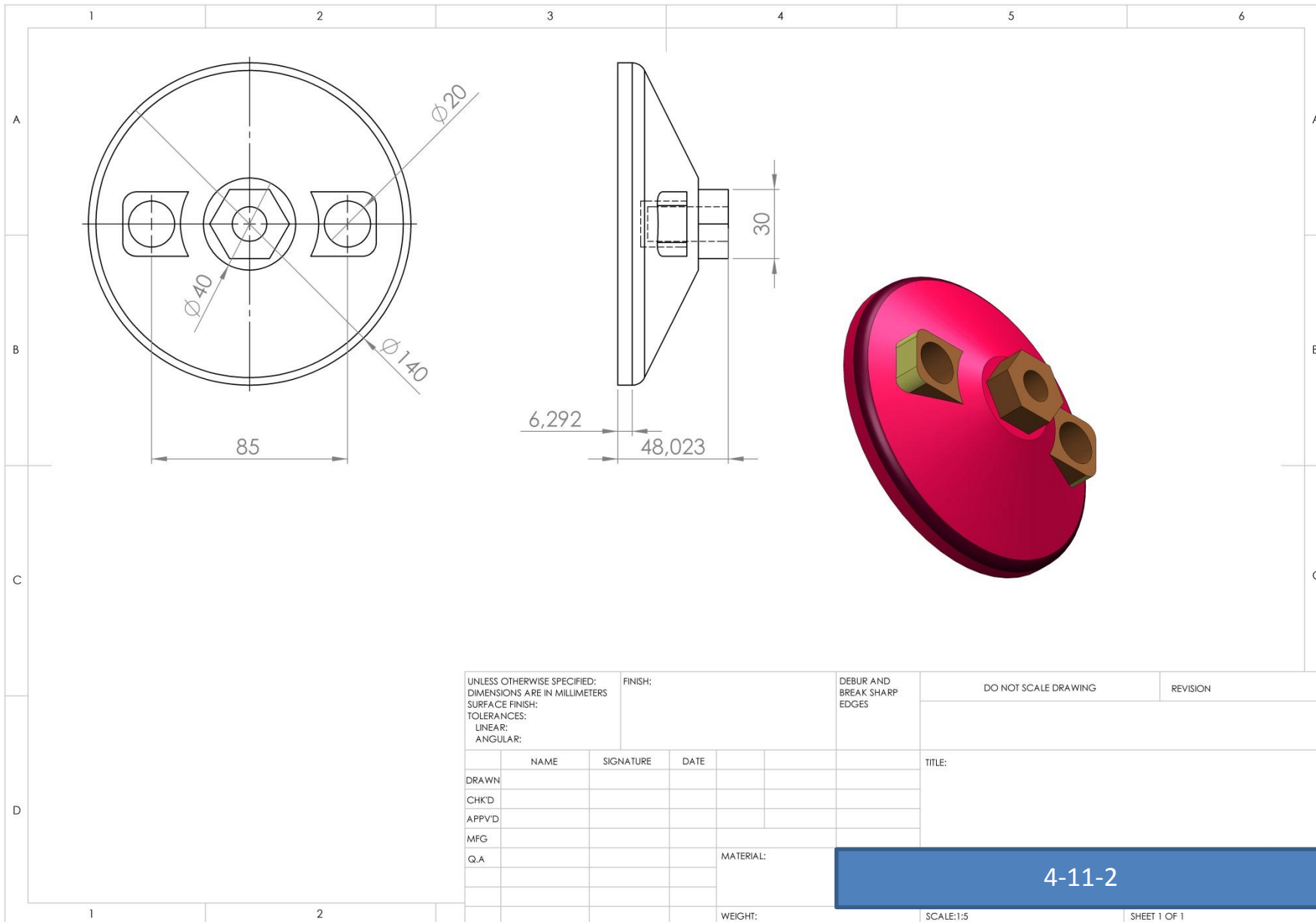


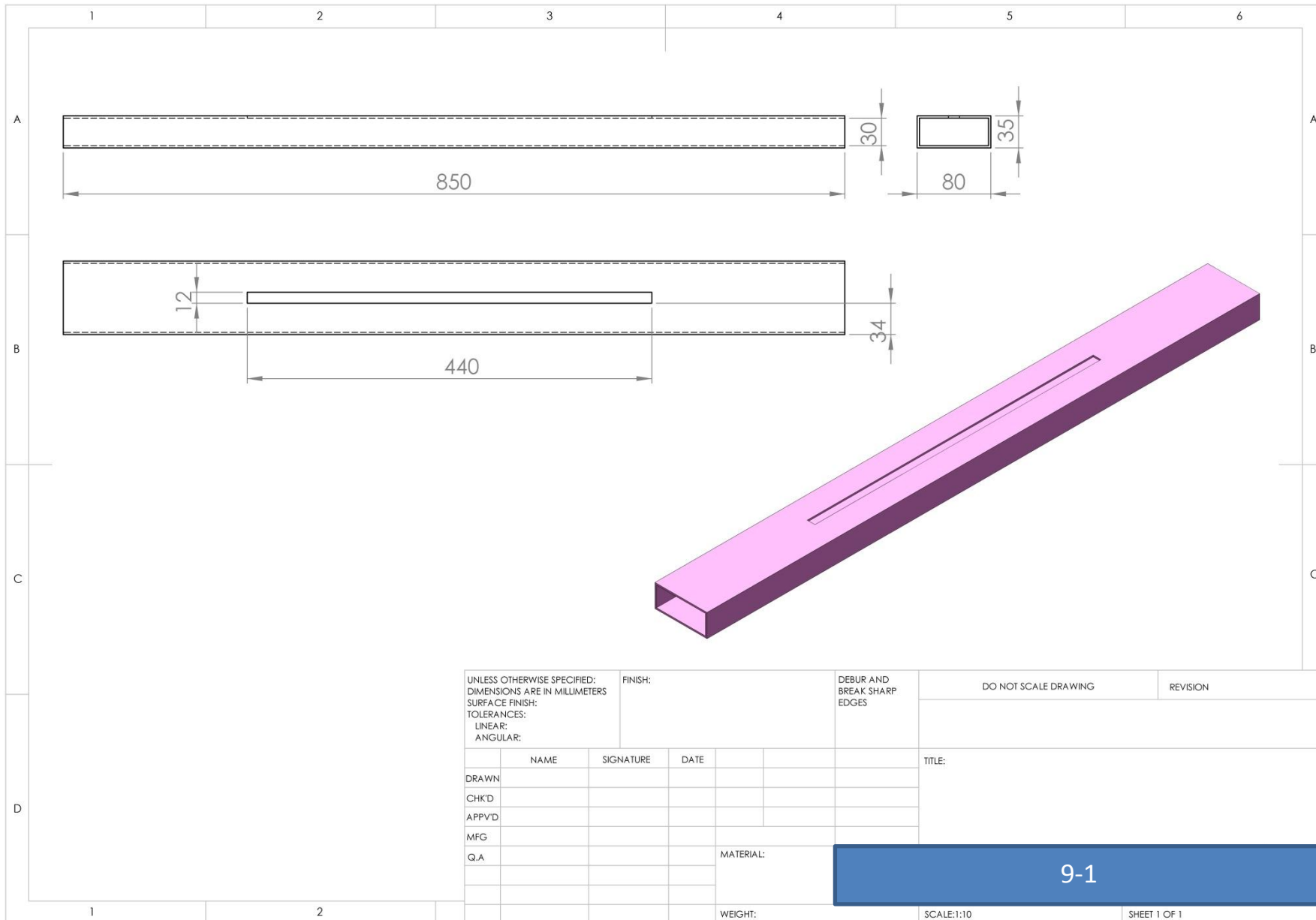


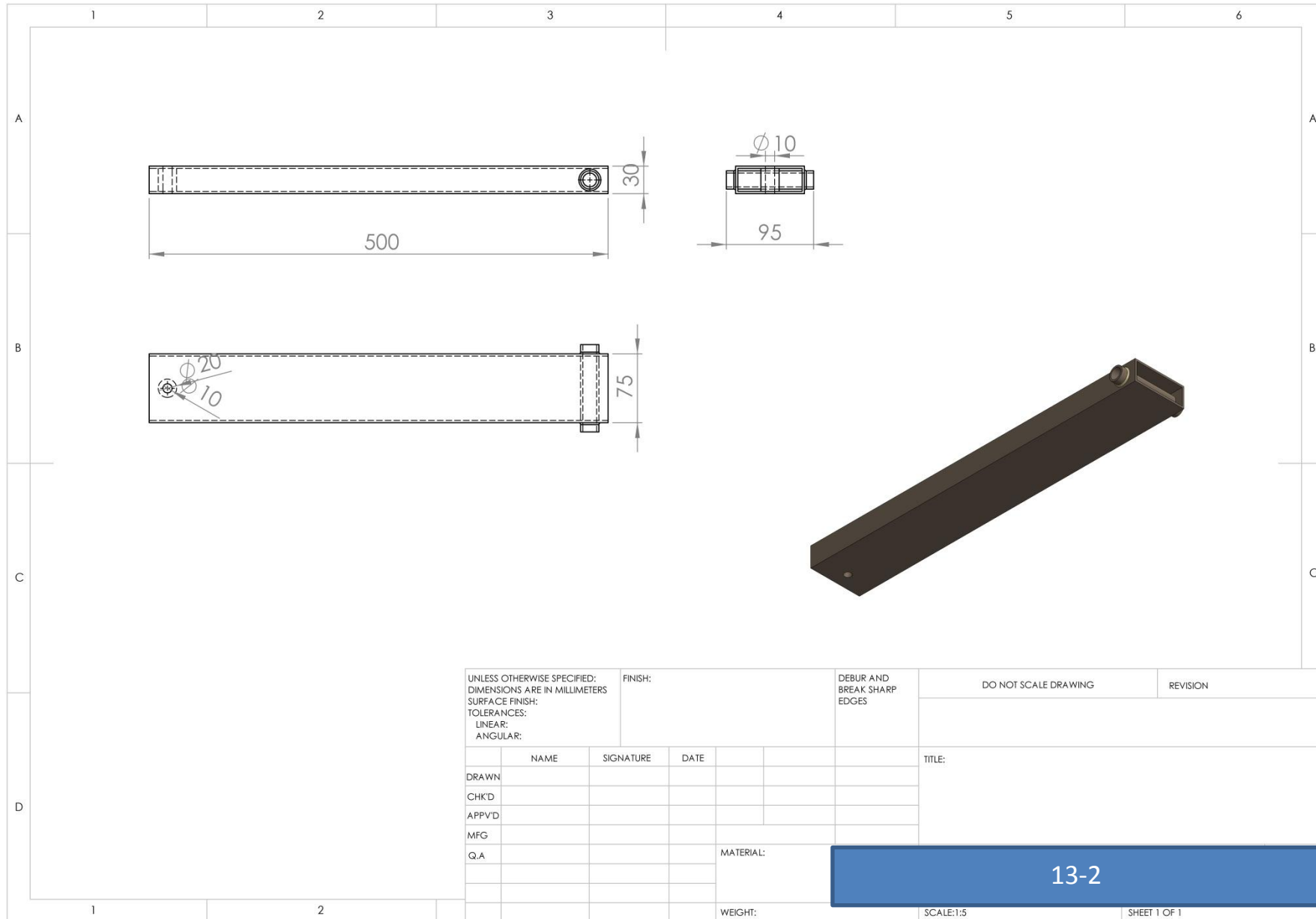




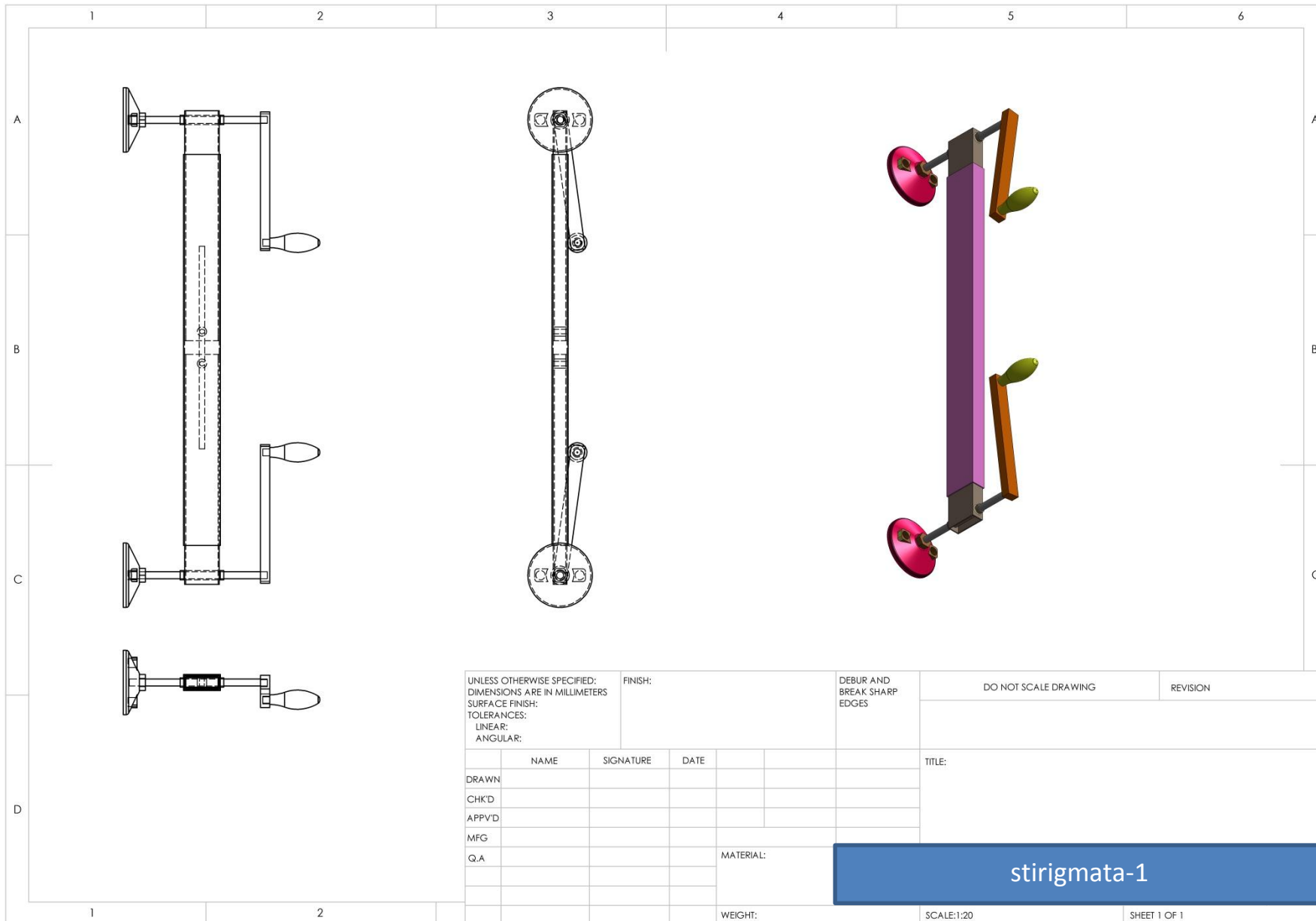








Pi

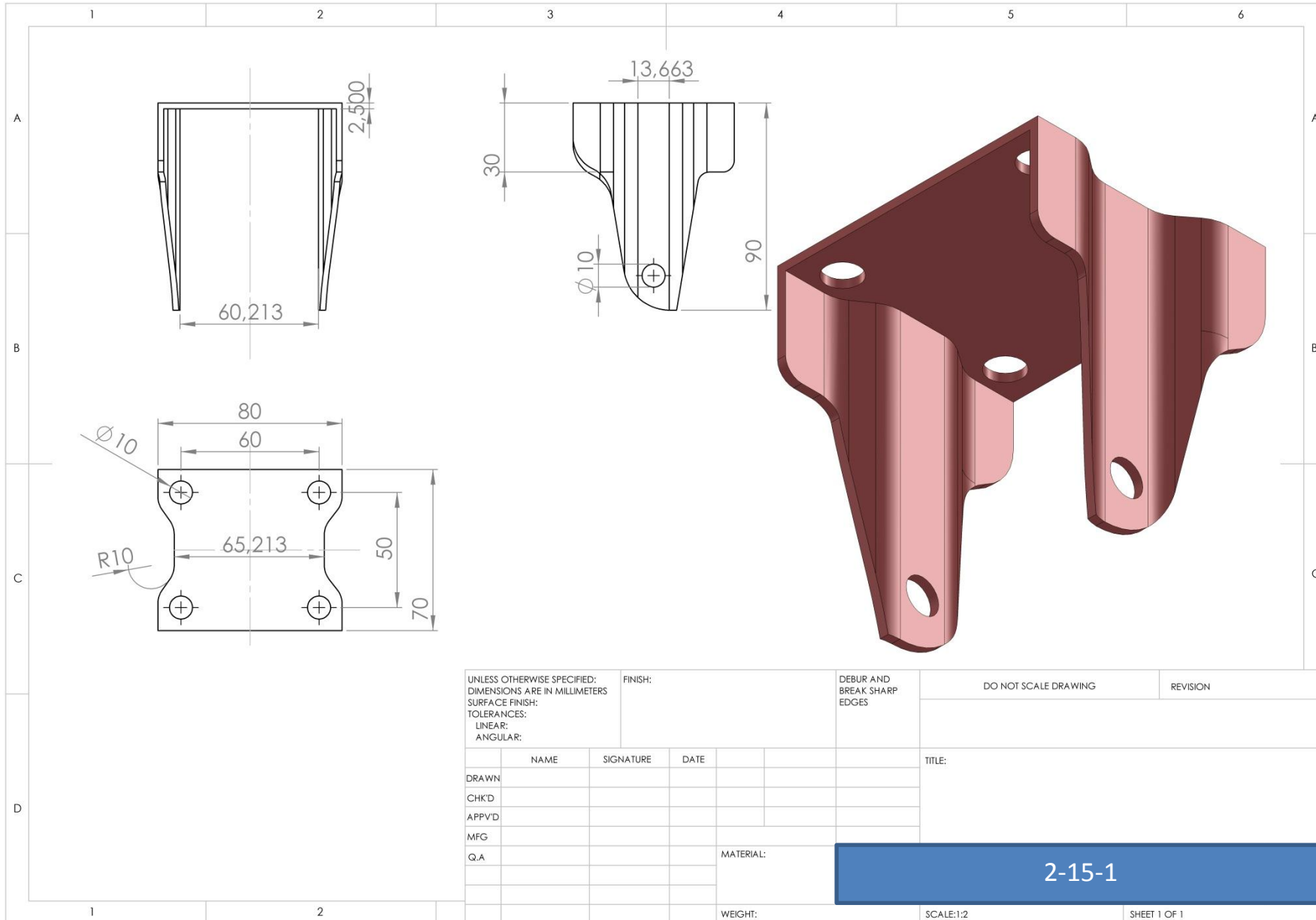


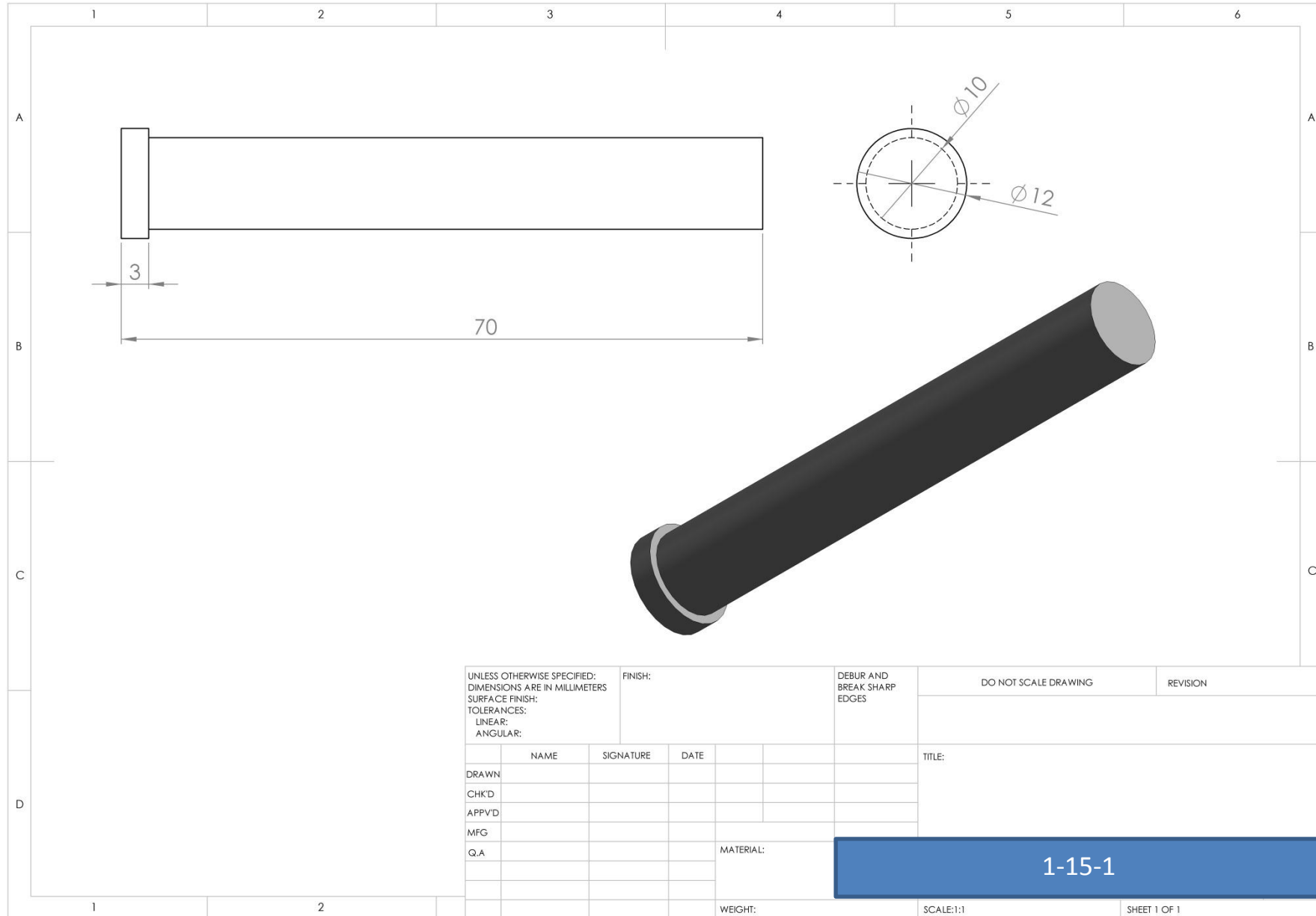


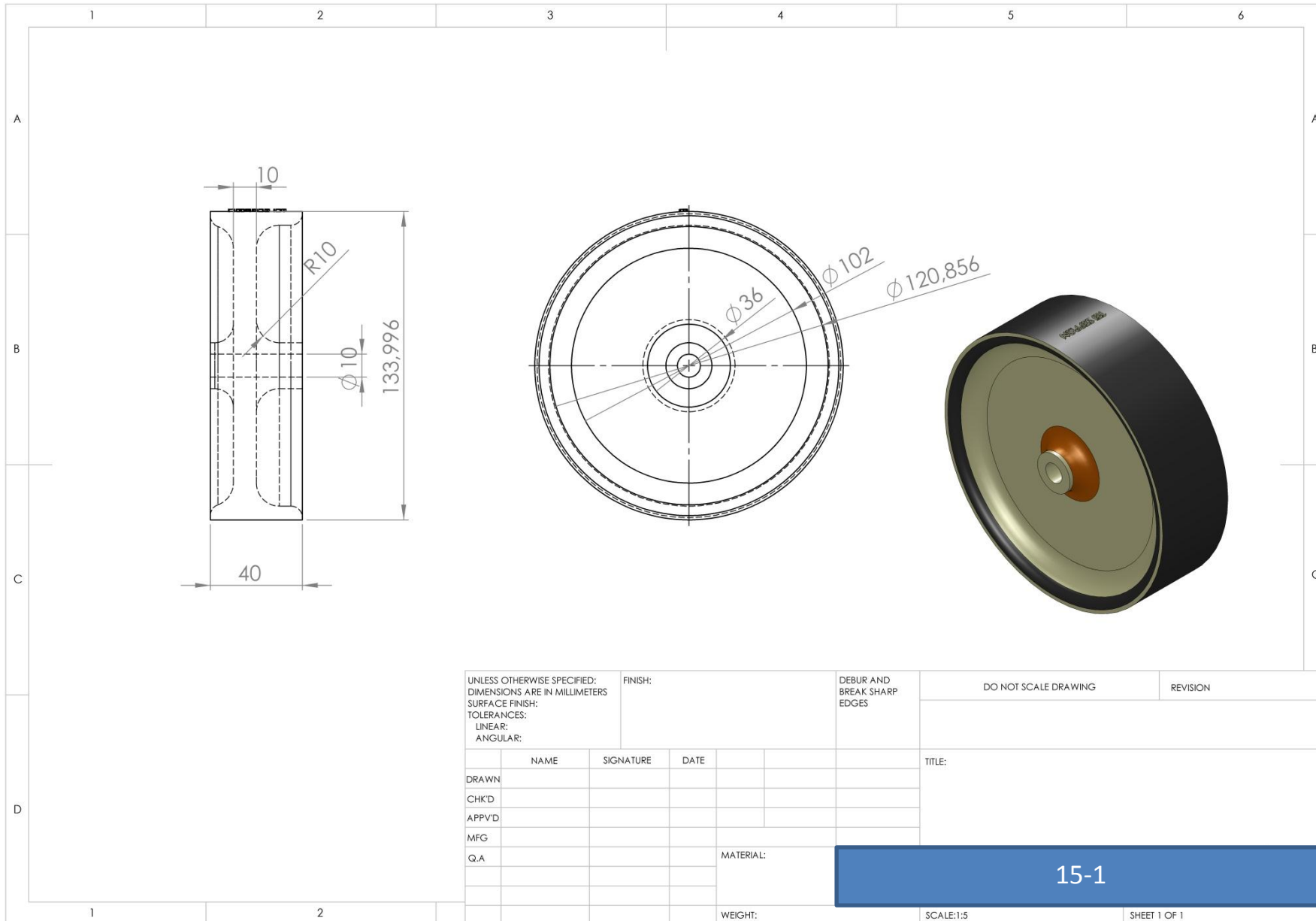
Powered By

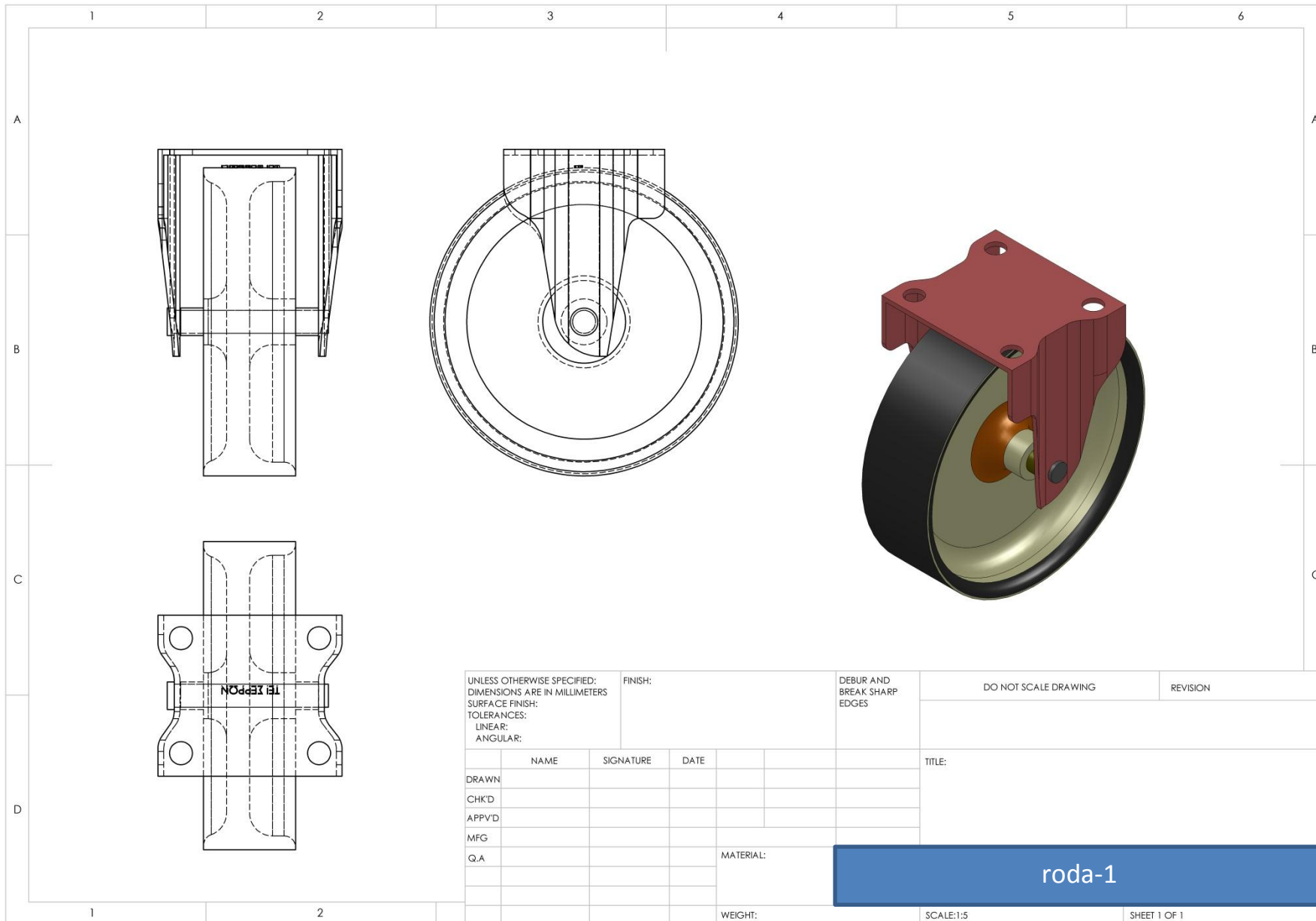
Μελετητές: Καδόγλου Κων
Μαλαί Μιρέλ-Νικόλαος





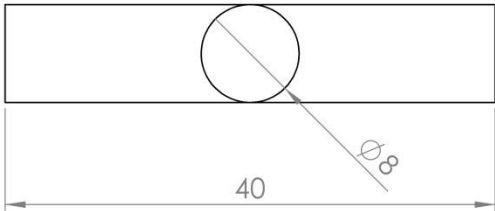
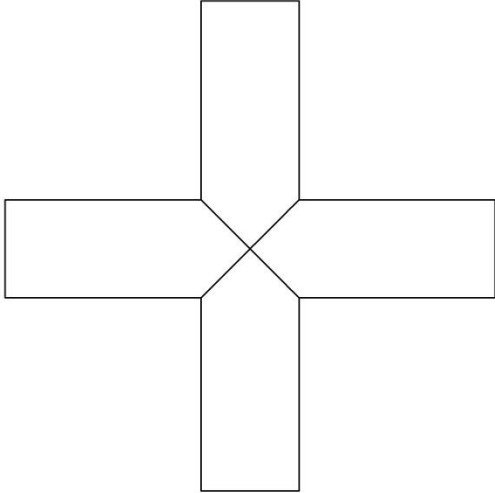
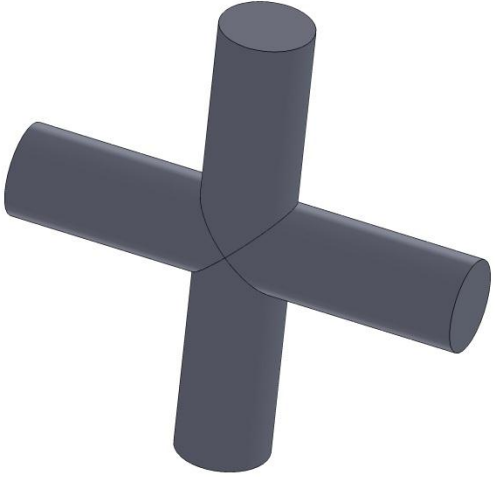


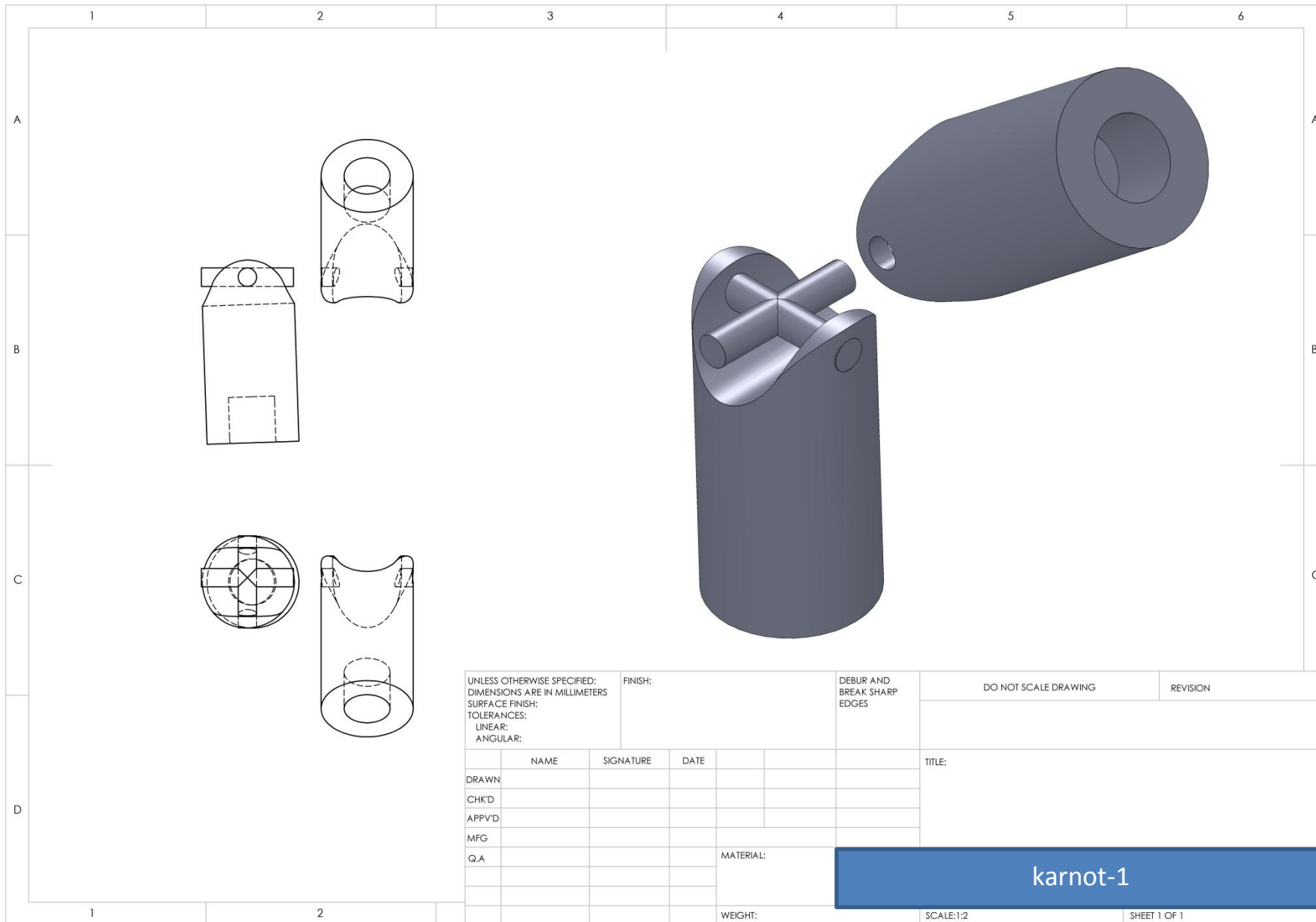


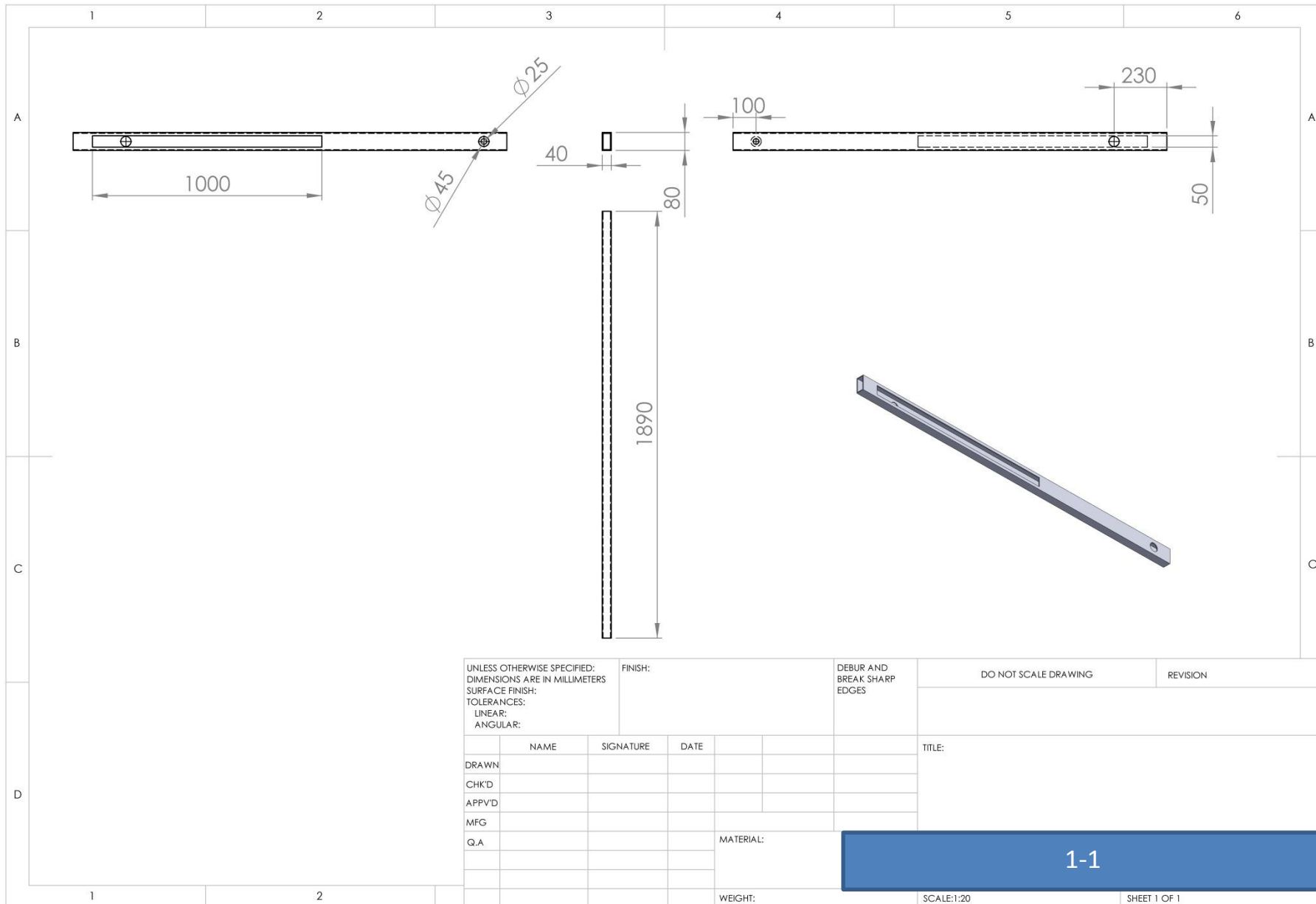


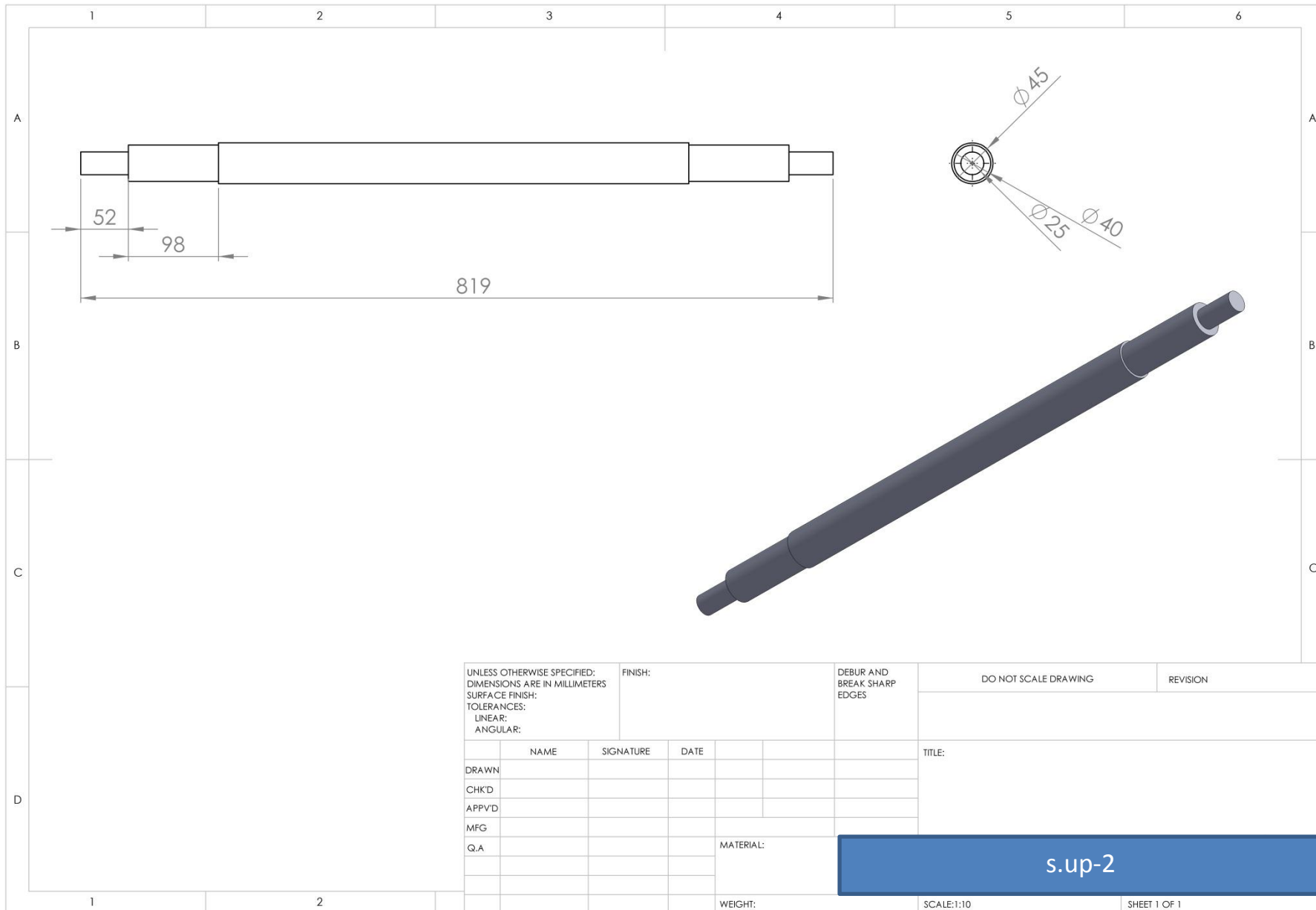
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN						roda-1			
CHK'D									
APPV'D									
MFG:									
Q.A									
					MATERIAL:				
					WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1		

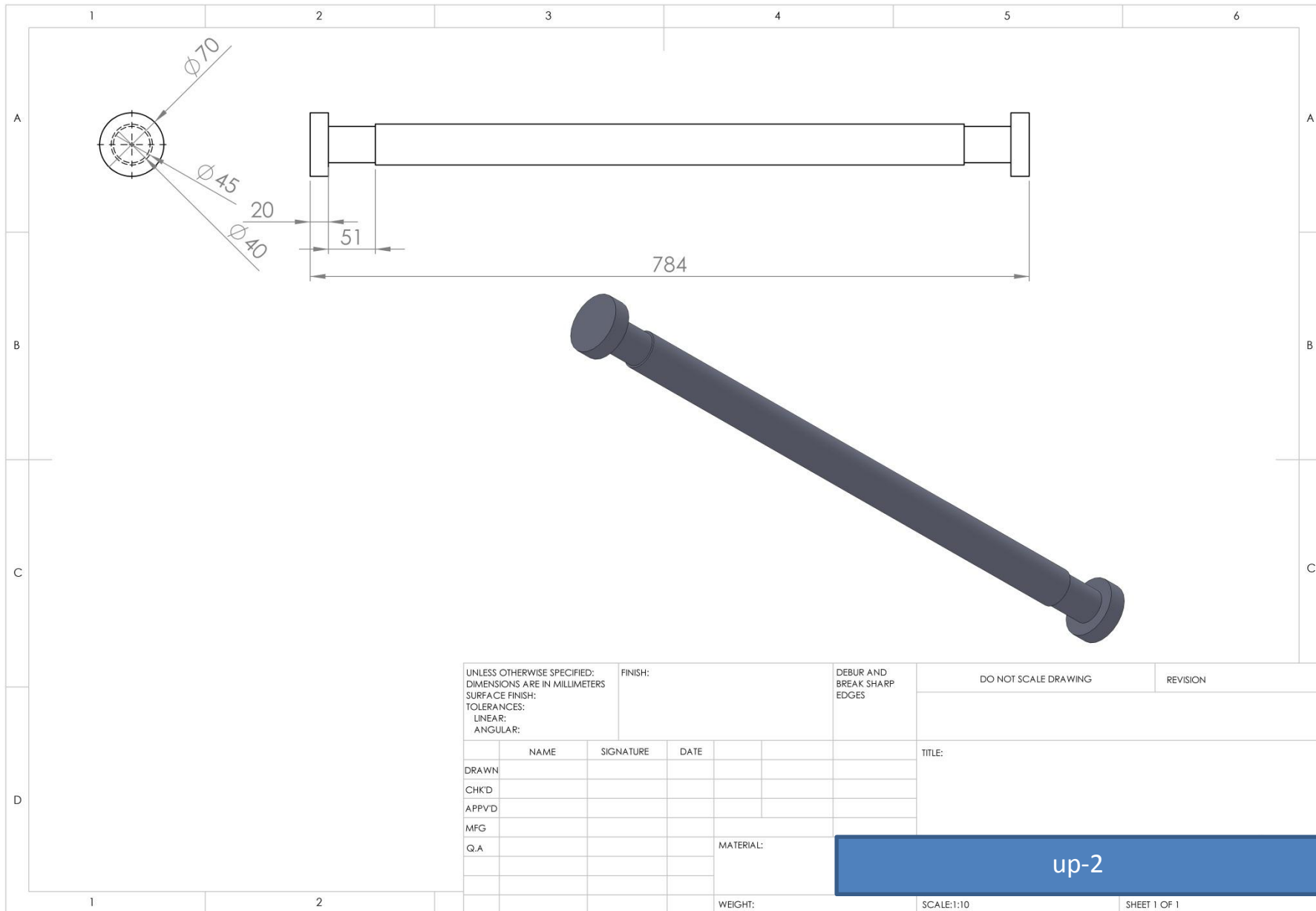


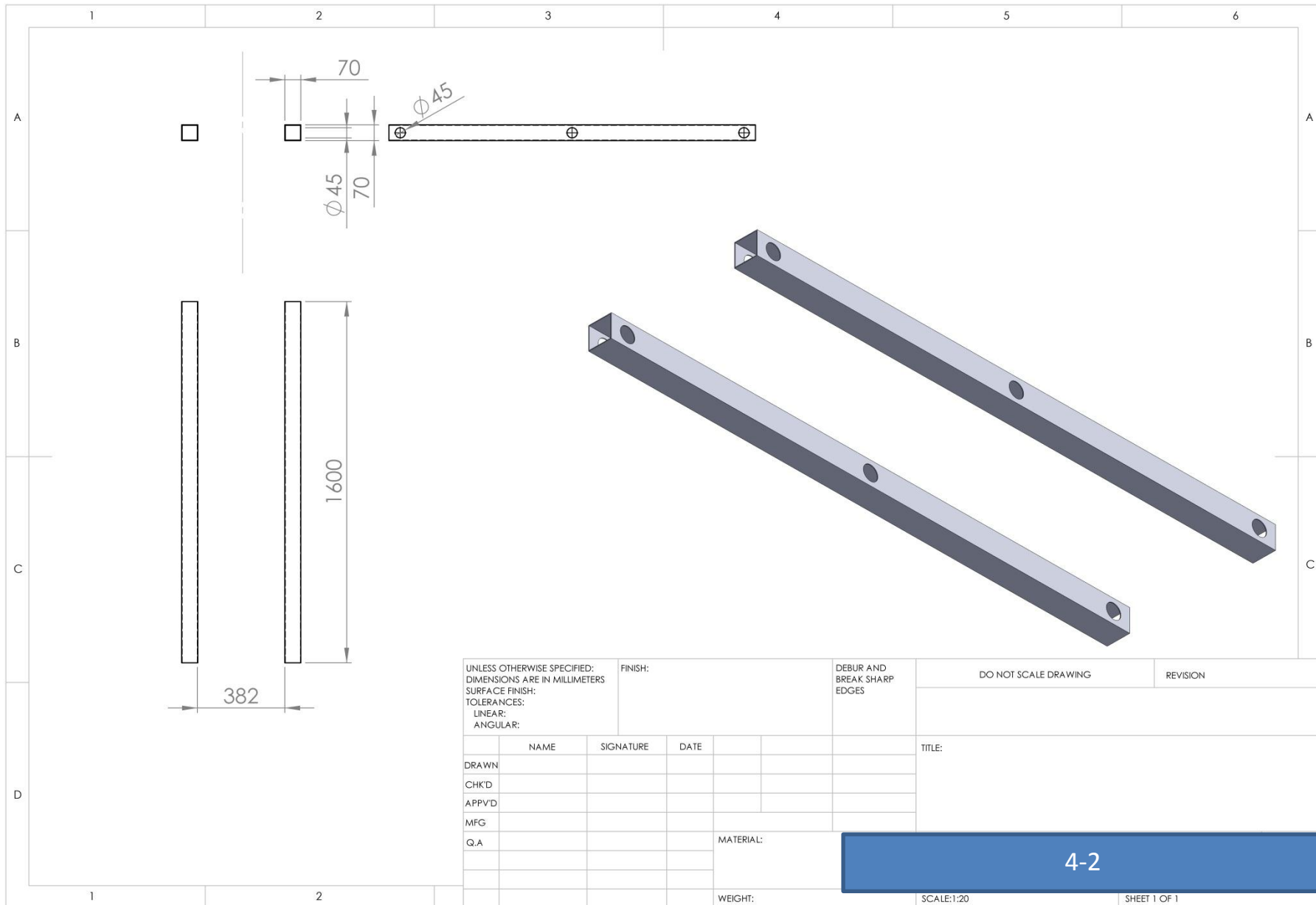
1	2	3	4	5	6
A					A
B					B
C					C
D	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING
					REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:
	DRAWN				
	CHK'D				
	APPV'D				
	MFG				
	Q.A			MATERIAL:	
					14-1
1	2		WEIGHT:	SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1







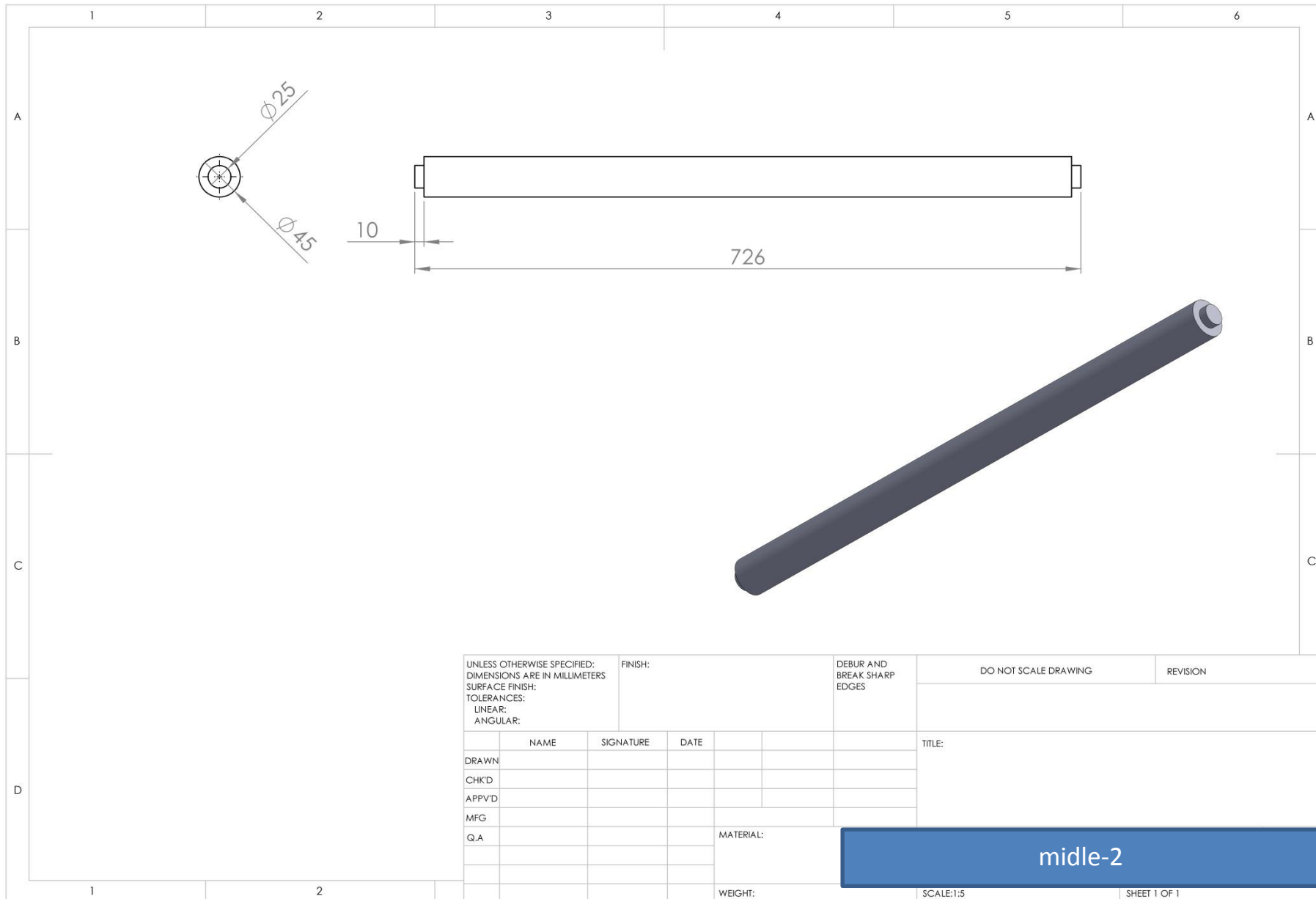


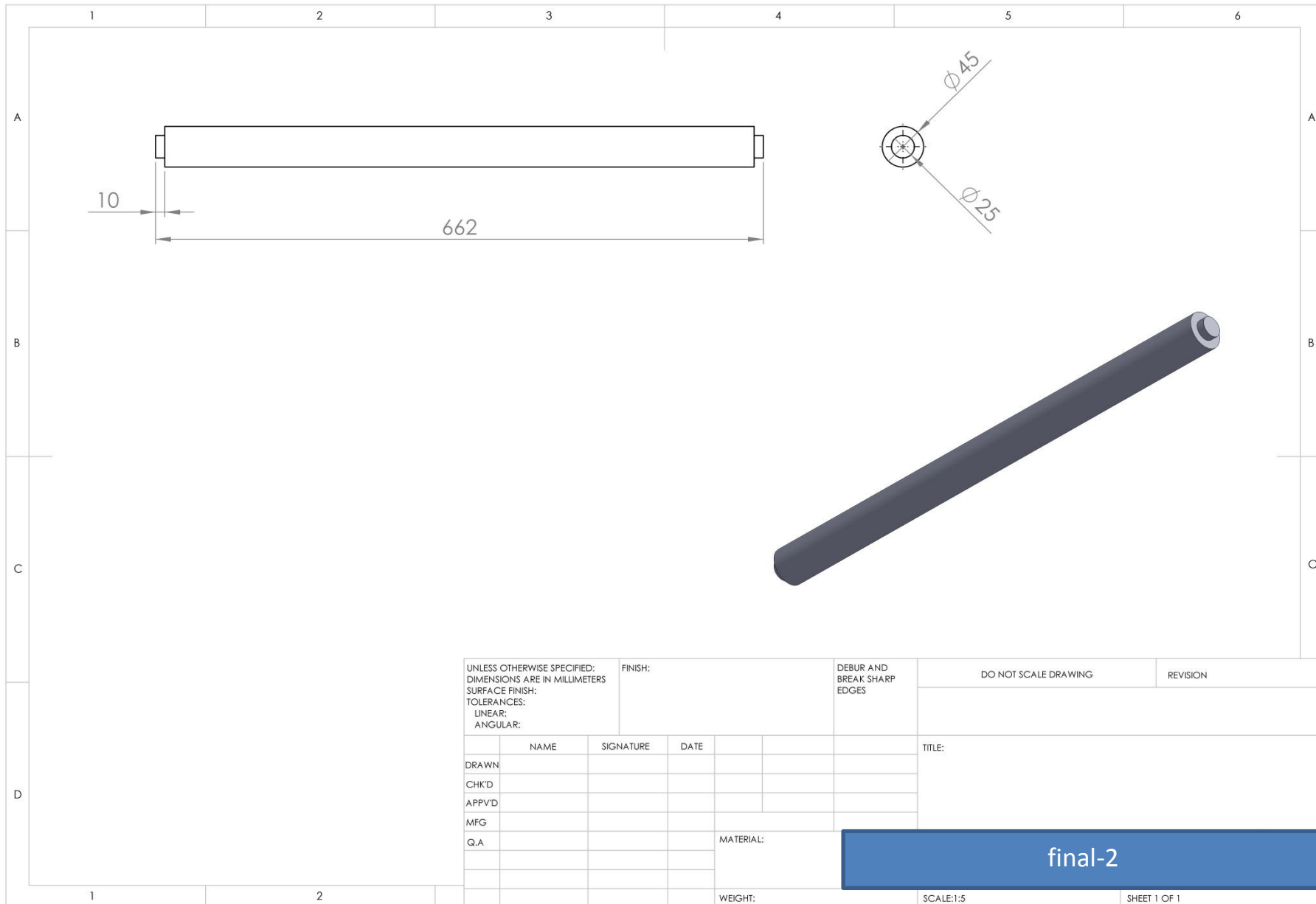


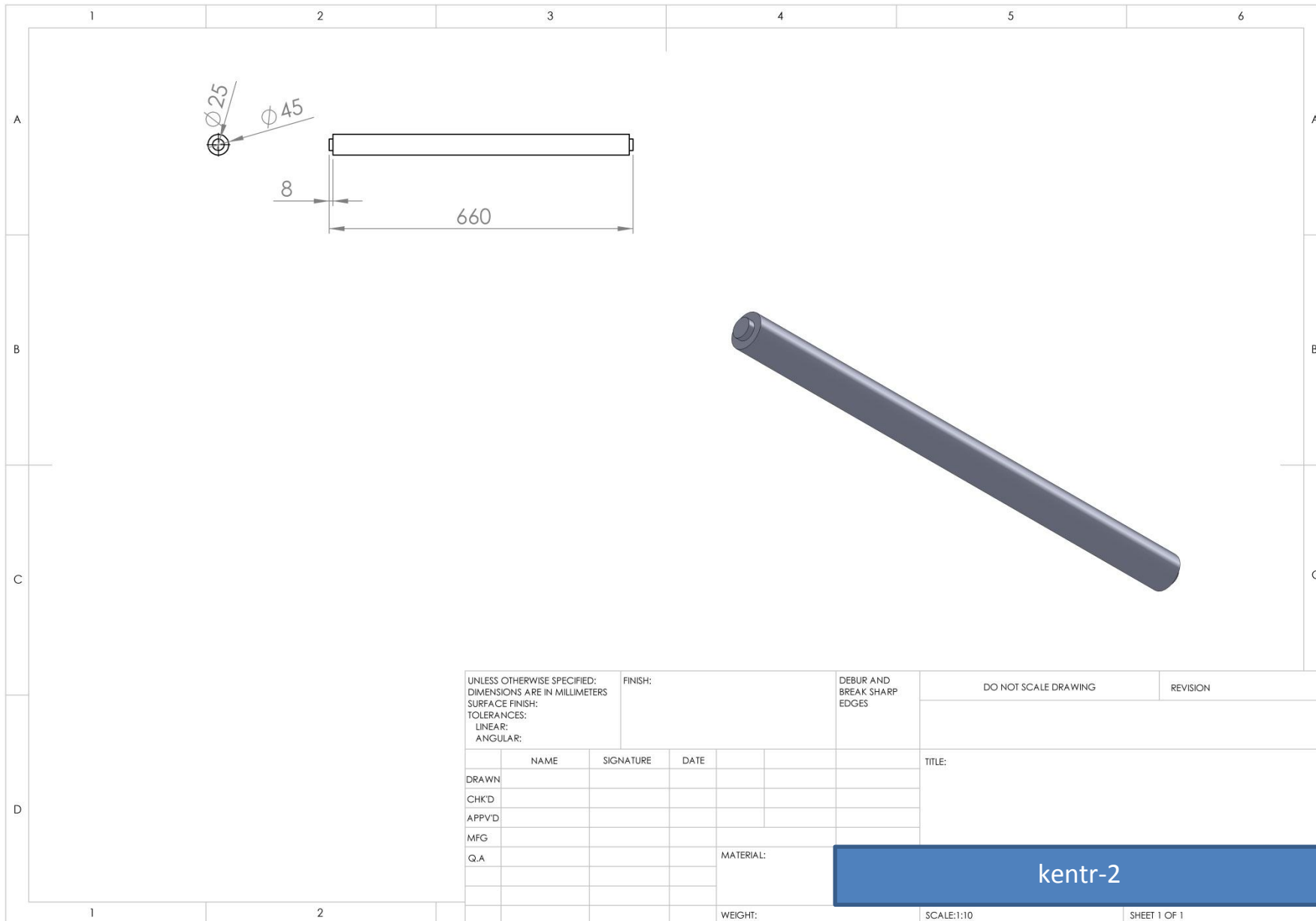
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A						MATERIAL:			
						WEIGHT:		SCALE:1:20	
								SHEET 1 OF 1	

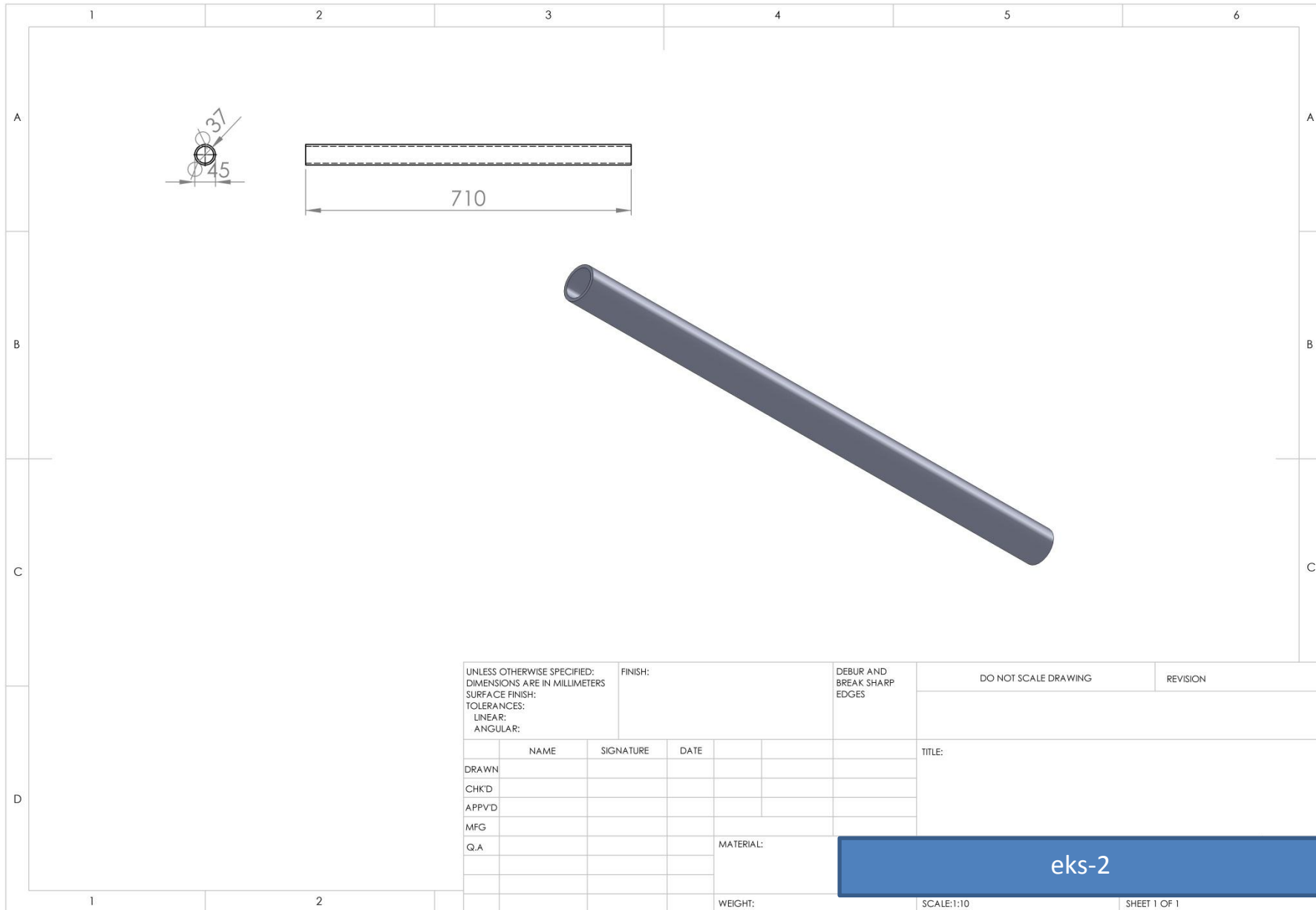
4-2

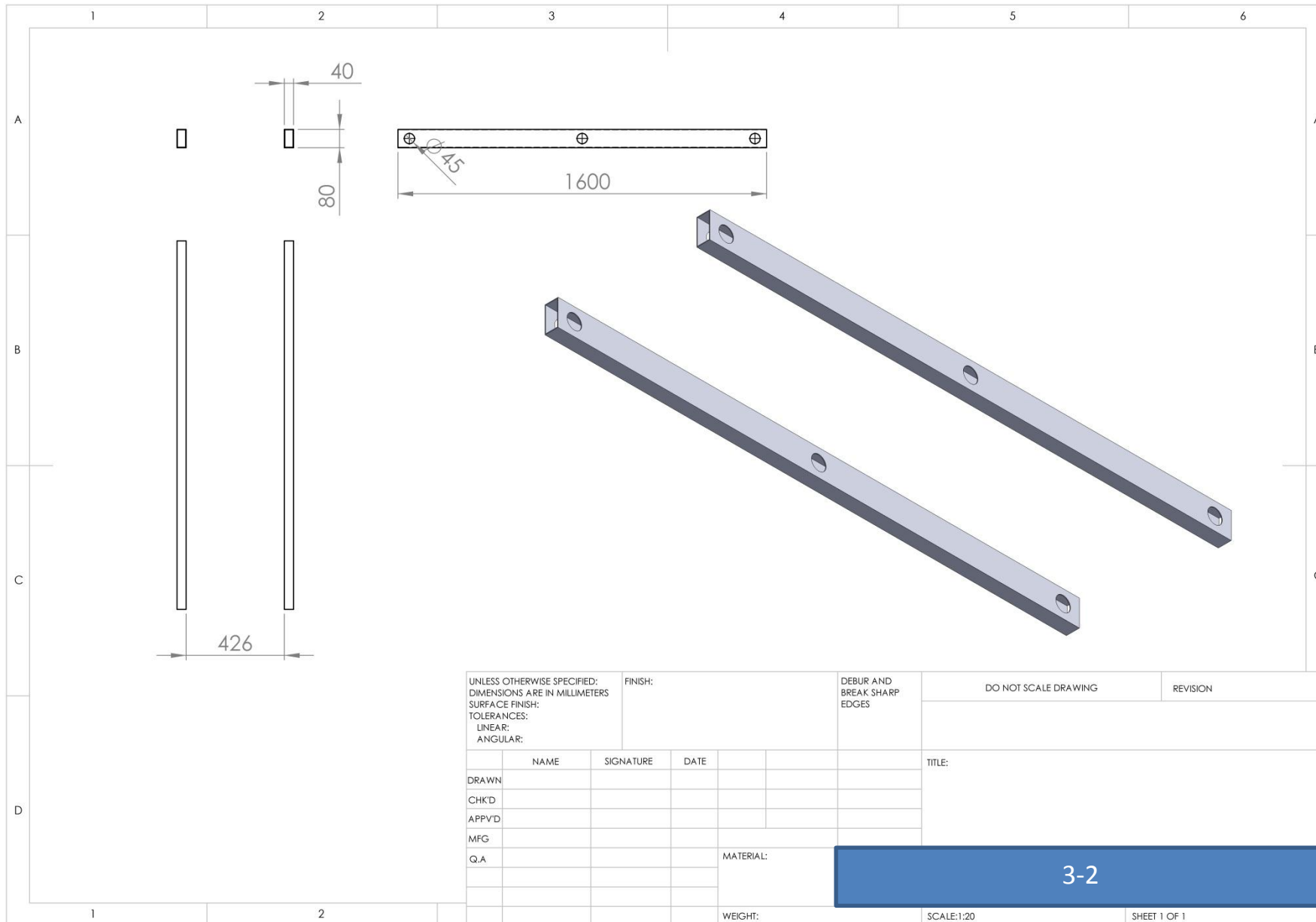


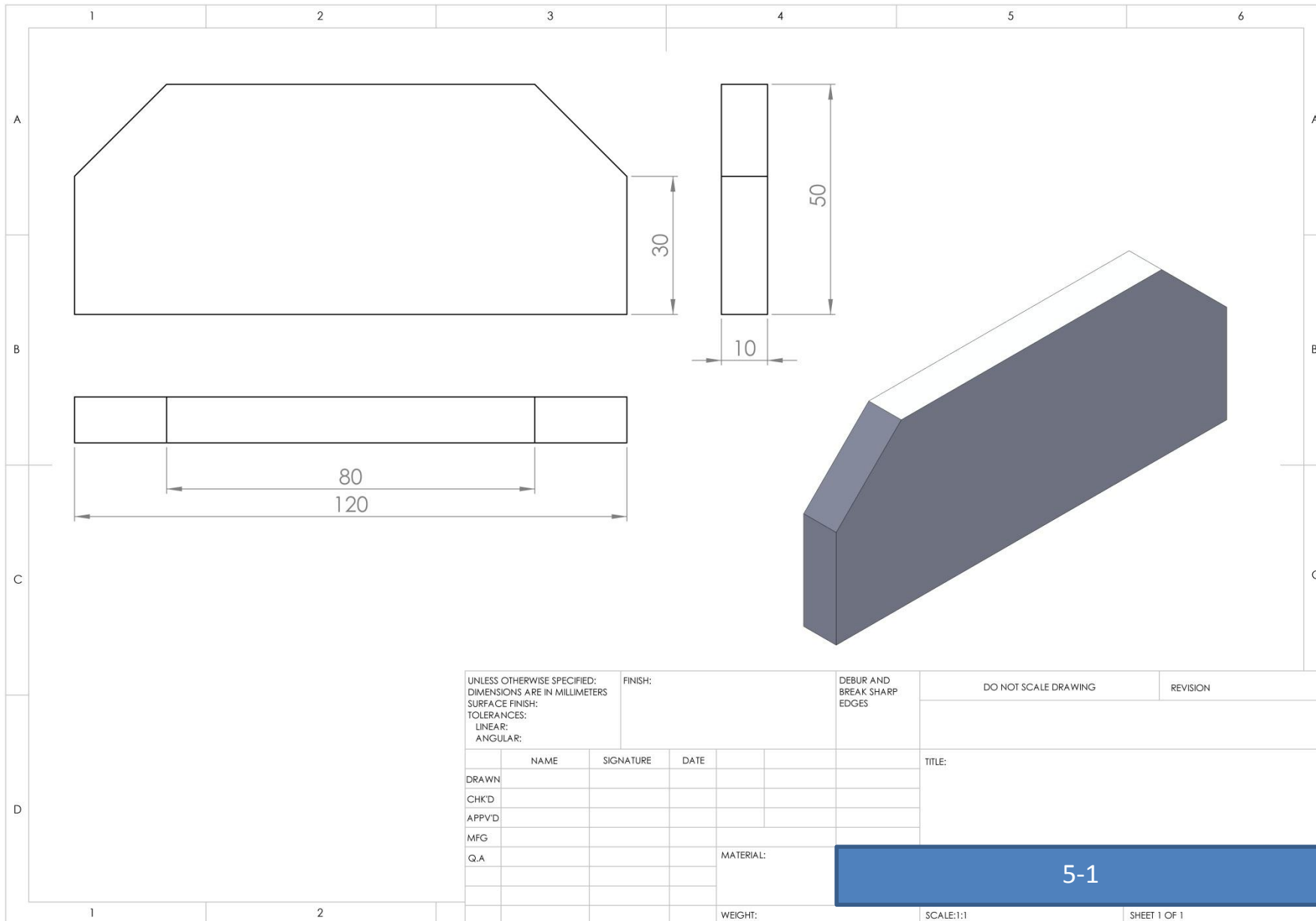


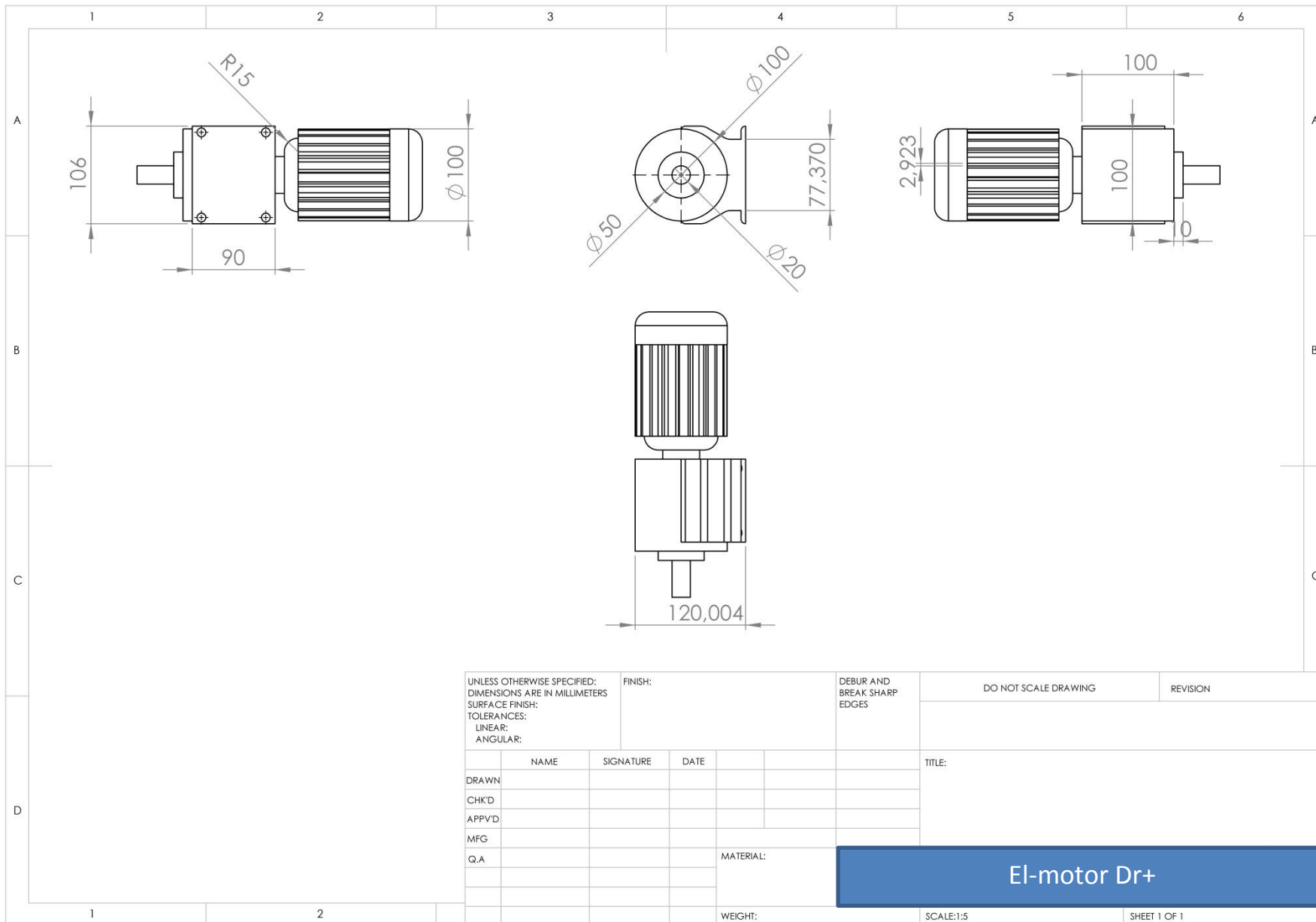


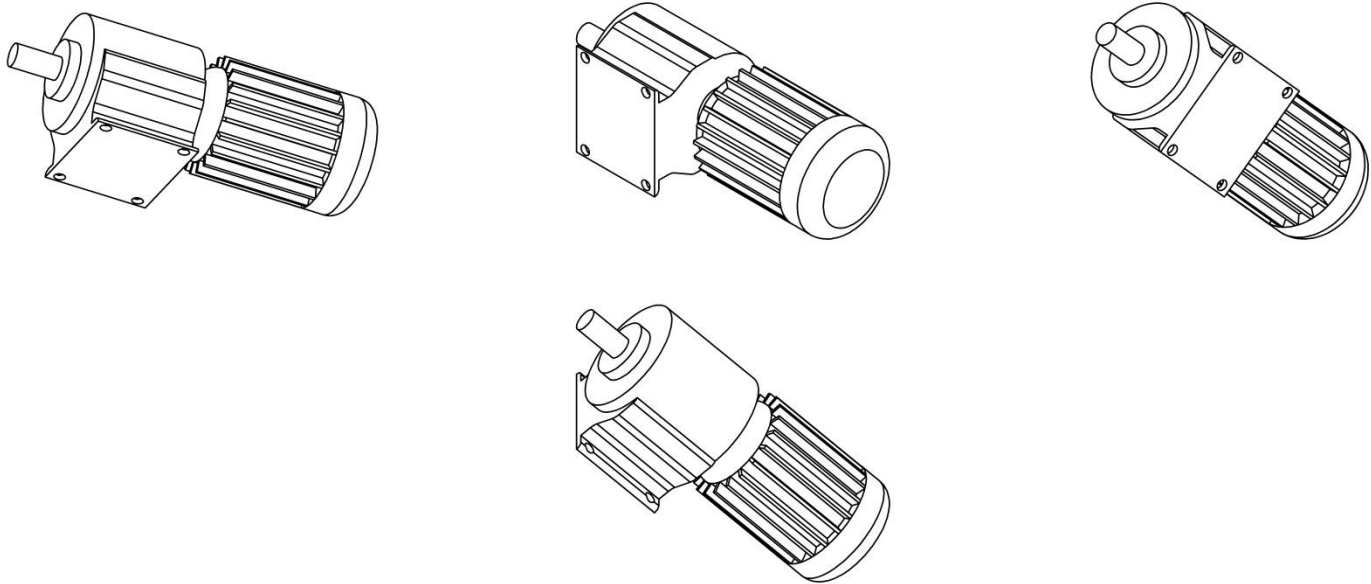


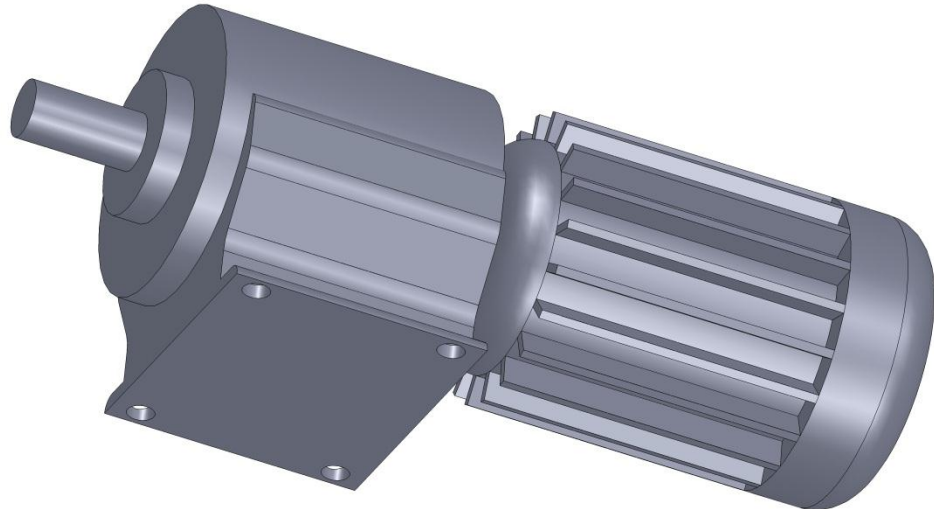








1	2	3	4	5	6																								
A					A																								
B					B																								
C					C																								
D					D																								
		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES																								
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">NAME</th> <th style="width: 25%;">SIGNATURE</th> <th style="width: 25%;">DATE</th> <th style="width: 25%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		NAME	SIGNATURE	DATE																						DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE																											
				TITLE:																									
				EI-motor Drw																									
				WEIGHT:	SCALE:1:5																								
				SHEET 1 OF 1																									

1	2	3	4	5	6																																				
A					A																																				
B					B																																				
C					C																																				
D					D																																				
		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES																																				
				DO NOT SCALE DRAWING	REVISION																																				
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">NAME</th> <th style="width: 15%;">SIGNATURE</th> <th style="width: 15%;">DATE</th> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DRAWN</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CHK'D</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APPV'D</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MFG:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Q.A</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		NAME	SIGNATURE	DATE				DRAWN						CHK'D						APPV'D						MFG:						Q.A						TITLE:	
NAME	SIGNATURE	DATE																																							
DRAWN																																									
CHK'D																																									
APPV'D																																									
MFG:																																									
Q.A																																									
				El.motor																																					
		MATERIAL:		SCALE:1:5																																					
		WEIGHT:		SHEET 1 OF 1																																					
1	2																																								



7. Βιβλιογραφία:

Γιώργος Δημητρίου Autodesk Application Engineer.

Α. Γ. Μάμαλης, «Τεχνολογία των Κατεργασιών των Υλικών: Μεταλλικά Τεχνικά Υλικά», εκδόσεις «ΦΟΙΒΟΣ», Αθήνα, 1996

Ε. Β. Μίσσου, «Αναλυτική και αριθμητική προσομοίωση εκβολής πλαστικών σωλήνων», Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2008

Π. Κ. Πισινάρας, «Μελέτη της μορφοποίησης πολυμερούς με τη μέθοδο της εκβολής», Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2006

Χρ. Προβατίδης, Α. Κανάραχος, «Πεπερασμένα Στοιχεία στη Μηχανολογία», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2000

Χρ. Προβατίδης, Ι. Αντωνιάδης, «Υπολογιστικές Μέθοδοι στις Κατασκευές», Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2004.

C. L. Tucker III, «Fundamentals of Computer Modelling for Polymer Processing», Hasner, Munich, 1989

- <http://www.hitnmiss.com>
- <http://www.cptbelts.com>
- <http://www.tutorialhero.com>
- <http://files.solidworks.com>
- <https://forum.solidworks.com>
- <http://www.solidprofessor.com>
- <http://www.newsug.org>
- <http://www.vbexplorer.com>
- <http://www.eng-tips.com>

Walter Michaeli, "Extrusion dies for plastics and rubber; Design and engineering computations" , 2nd Ed. , Hanser Press (ISBN: 3-446-16190-2) or Oxford University Press (ISBN: 0-19-520910-9)