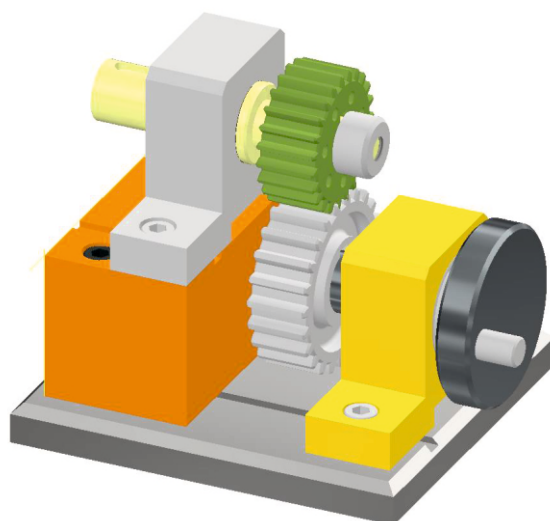




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΟΠΗΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

**ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
ΚΑΙ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ
ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥΣ
ΣΤΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ**



**ΑΣΗΜΟΠΟΥΛΟΥ
ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

Αφιερώνεται στους γονείς μου
που αποτελούν το μεγαλύτερο μου στήριγμα.
Σας ευχαριστώ για όλα!

Με το πέρας της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Καθηγητή κ. Αριστομένη Αντωνιάδη που μου έδωσε την ευκαιρία να έρθω σε επαφή με το αντικείμενο και να εμβαθύνω παραπάνω τις γνώσεις μου. Επίσης τον ευχαριστώ για τις συμβουλές, την βοήθεια και κυρίως την υπομονή που έδειξε καθόλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Ξεχωριστές ευχαριστίες θέλω να απευθύνω στον φίλο μου Γιώργο, για την παρέα, την συμπαράσταση, την στήριξη και την βοήθεια του σε όλα τα φοιτητικά μου χρόνια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
---------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ANIMATION ΚΑΙ ΤΟ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.....	6
---	---

2.1 Η ιστορία του Animation.....	6
2.2 Το animation σήμερα.....	8
2.3 Το αντίκτυπο του animation στην εκπαίδευση.....	9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΤΟ INVENTOR.....	10
----------------------------	----

3.1 Το λογισμικό Inventor.....	10
3.2 Δημιουργία Τρισδιάστατων δοκιμών.....	11
3.2.1 Έναρξη διαδικασίας σχεδιασμού.....	11
3.2.2 Βασικές εντολές 2D σχεδίασης.....	12
3.2.3 Βασικές εντολές 3D σχεδίασης.....	14
3.3 Συναρμολόγηση (Assemblies).....	18
3.4 Δημιουργία κατασκευαστικών σχεδίων.....	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΟΥΜΕΝΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ.....	29
---	----

4.1 Μετατροπή αρχείων.....	29
4.2 Μελέτη κίνησης.....	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΝΟΨΗ.....	62
-------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	63
-------------------	----

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

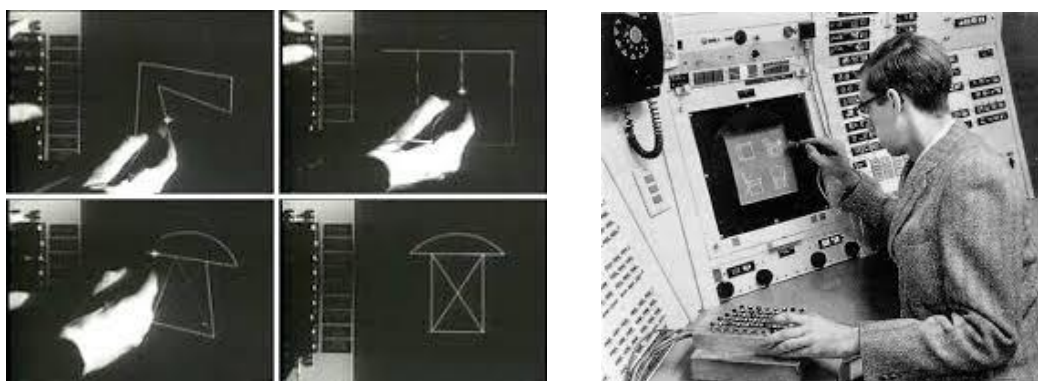
Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και η κινούμενη απεικόνιση μηχανολογικών εξαρτημάτων αποτελούν πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης μηχανικής σχεδίασης και παραγωγής. Με την εξέλιξη των υπολογιστικών εργαλείων στην διάρκεια του χρόνου, οι μηχανικοί μπορούν όχι μόνο να δημιουργούν με ακρίβεια γεωμετρικά μοντέλα, αλλά και να τα παρουσιάζουν με τρόπο δυναμικό και πολύ κατανοητό, αναδεικνύοντας τόσο την εξωτερική μορφή όσο και τις εσωτερικές τους λεπτομέρειες. Το animation σε περιβάλλοντα CAD, όπως το Inventor και SolidWorks, συμβάλλει σημαντικά στην κατανόηση πολύπλοκων συναρμογών και στη διευκόλυνση της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία θα διεξαχθεί με σκοπό την μελέτη των δυνατοτήτων σχεδίασης, όπως δίνονται από το λογισμικό Inventor της εταιρίας Autodesk, αλλά και την μελέτη της κινηματικής των μηχανολογικών εξαρτημάτων πάνω στα μηχανολογικά τους σχέδια με την χρήση του λογισμικού SolidWorks. Πιο συγκεκριμένα, με την χρήση του πρώτου λογισμικού θα πραγματοποιηθεί η σχεδίαση και η συναρμολόγηση μηχανολογικών διατάξεων, η οποία αποτελείται από πολλά επιμέρους τρισδιάστατα εξαρτήματα, τα σχέδια των οποίων πάρθηκαν από διάφορα βιβλία. Οι διατάξεις θα ολοκληρωθούν με τα απαραίτητα μηχανολογικά σχέδια, δηλαδή απεικονίσεις των διατάξεων και των επιμέρους εξαρτημάτων τους σε χαρτί ακολουθούμενες από τους κατάλληλους κανόνες σχεδίασης. Τα σχέδια αυτά θα περιλαμβάνουν τόσο τις απαραίτητες όψεις και τομές των εξαρτημάτων όσο και των διατάξεων. Στην συνέχεια, με εισαγωγή των αρχείων σε περιβάλλον SolidWorks θα δημιουργηθούν τα κατάλληλα animation πάνω στα μηχανολογικά σχέδια. Το Animation αποτελεί μία video-απεικόνιση των συναρμολογούμενων διατάξεων ώστε να προσφέρουν στον θεατή την δυνατότητα καλύτερης και ευκολότερης κατανόησης του σωστού τρόπου συναρμολόγησης της εκάστοτε διάταξης. Σκοπός επίσης είναι να φανερώνονται οι εσωτερικές τους λεπτομέρειες καθώς κινούνται πάνω στις αντίστοιχες όψεις.

2. Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ANIMATION ΚΑΙ ΤΟ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

2.1 Η ιστορία του Animation

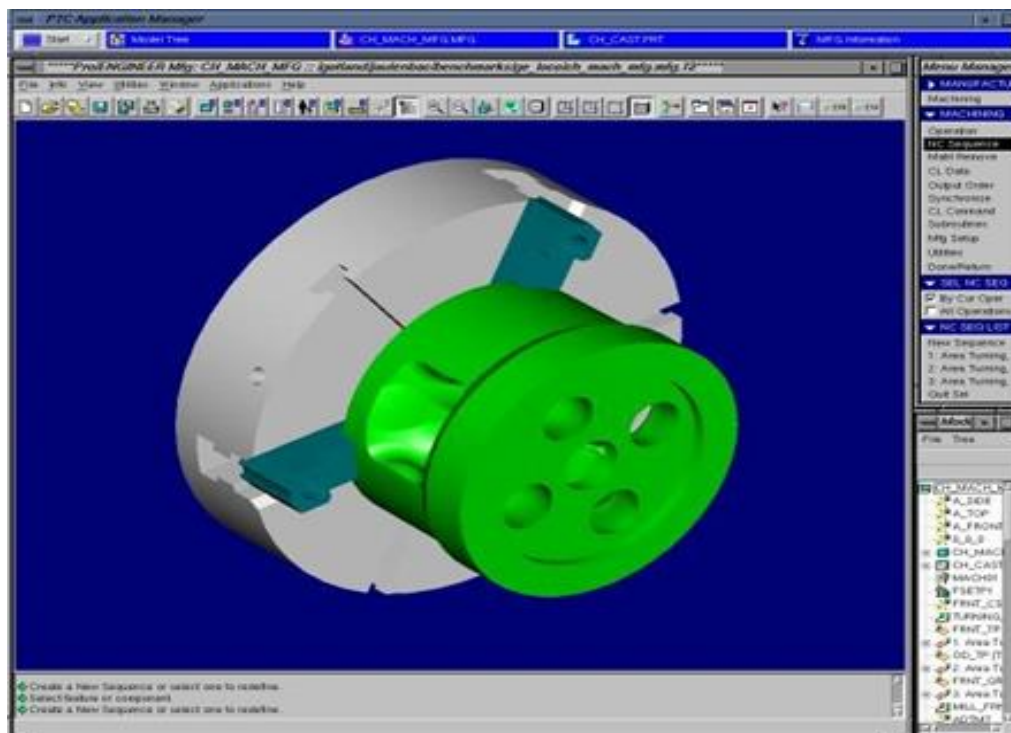
Η εισαγωγή των animation στον τομέα της μηχανικής έχει τις ρίζες της από τις αρχές της δεκαετίας του '60 όταν ο Ivan Sutherland δημιούργησε το Sketchpad (1963) κατά την διάρκεια της διδακτορικής του διατριβής στο MIT, το οποίο αποτέλεσε το πρώτο διαδραστικό σύστημα σχεδίασης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το πρόγραμμα αυτό επέτρεπε την σχεδίαση, την οπτικοποίηση και την κίνηση μηχανισμών μέσω γεωμετρικών περιορισμών, θέτοντας με αυτόν τον τρόπο τις βάσεις για τη δημιουργία κινηματικών βίντεο σε ψηφιακή μορφή. Η πιο σημαντική καινοτομία του Sketchpad ήταν η δυνατότητα που είχε να αναπαριστά και να κινεί μηχανισμούς με αρθρώσεις (linkages). Ο χρήστης μπορούσε να σχεδιάσει ένα τριπλό σύνδεσμο και μετακινώντας το ένα μέρος του το πρόγραμμα υπολόγιζε αυτόματα και εμφάνιζε στην οθόνη την κίνηση όλου του μηχανισμού σύμφωνα με τους γεωμετρικούς περιορισμούς. Το Sketchpad έκανε το πρώτο βήμα για animation μηχανολογικών εξαρτημάτων σε ψηφιακό περιβάλλον γεγονός το οποίο μετέτρεψε τον υπολογιστή από απλό μέσο στατικής απεικόνισης σε εργαλείο δυναμικής προσομοίωσης.



Σχήμα 2.1: Το σύστημα Sketchpad

Κατά την δεκαετία 1970 έως και το 1980, τα συστήματα Computer-Aided Design (CAD) άρχισαν να έχουν ολοένα και πιο σημαντικό ρόλο στην έρευνα και την βιομηχανία. Εκείνη την περίοδο η χρήση αυτών των προγραμμάτων περιοριζόταν κυρίως στην δισδιάστατη σχεδίαση και σκοπός τους ήταν η αντικατάσταση του κλασικού τρόπου σχεδιασμού καθώς και η μείωση του χρόνου παραγωγής τεχνικών σχεδίων. Η πλειοψηφία των εργαλείων CAD είχαν την δυνατότητα να δημιουργήσουν ακριβείς γεωμετρικές απεικονίσεις και να αποθηκεύουν σχέδια σε ηλεκτρονική μορφή. Οπότε η έλλειψη τρισδιάστατης απεικόνισης και animation καθιστούσε την κατανόηση και αξιολόγηση σύνθετων μηχανολογικών διατάξεων αρκετά δύσκολη. Η μεγάλη αλλαγή ήρθε το 1988 με την εμφάνιση του Pro/ENGINEER από την εταιρεία PTC (Parametric Technology Corporation). Ήταν το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο λογισμικό που εισήγαγε την έννοια της παραμετρικής στερεομοντελοποίησης (parametric solid modeling). Δηλαδή πλέον τα τρισδιάστατα μοντέλα δεν αποτελούνταν μόνο από γραμμές και επιφάνειες αλλά από πλήρη στερεά αντικείμενα με διαστάσεις και περιορισμούς που μπορούσαν να μορφοποιηθούν δυναμικά. Με αλλαγή μίας μόνο παραμέτρου άλλαζε αυτόματα όλο το μοντέλο, γεγονός που αύξησε θεαματικά την ταχύτητα και την ευελιξία του σχεδιασμού. Μια ακόμη πολύ σημαντική ιδιότητα του προγράμματος αυτού ήταν ότι υποστήριζε την δημιουργία συναρμολογούμενων διατάξεων (assemblies) και έδινε την δυνατότητα για αναπαράσταση της κίνησης των μηχανισμών με ρεαλιστικό τρόπο. Έτσι, για πρώτη φορά μπορούσαν οι μηχανικοί να δουν ψηφιακά πως

συνεργάζονται στα συναρμολογούμενα τεμάχια τα εξαρτήματα μεταξύ τους , να ελέγξουν για πιθανές συγκρούσεις ή προβλήματα συναρμογής και να δημιουργήσουν animation video που παρουσίαζαν με λεπτομέρεια το πως λειτουργεί το εκάστοτε σύστημα. Αυτό άνοιξε τον δρόμο για την εκτεταμένη χρήση του animation στη μηχανολογική σχεδίαση, όχι μόνο ως εργαλείο απεικόνισης, αλλά και ως μέσο τεχνικής επικοινωνίας, προσομοίωσης και βελτιστοποίησης.



Σχήμα 2.2: Το πρόγραμμα Pro/Engineer

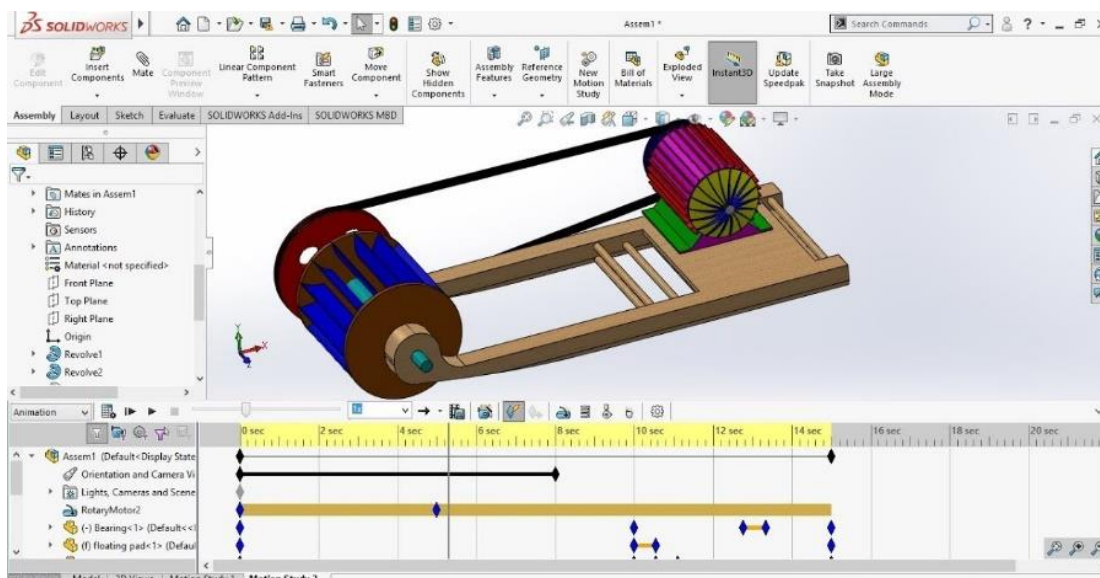
Η δεκαετία του '90 αποτέλεσε σταθμός για την χρήση του τρισδιάστατου CAD και των animations στην μηχανική. Η εμφάνιση του SolidWorks το 1995 και λίγο αργότερα του Autodesk Inventor έδωσε την δυνατότητα για τρισδιάστατη μοντελοποίηση καθώς και κινούμενη απεικόνιση σε ένα πιο προσιτό και φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον. Σε αντίθεση με τα παλαιότερα προγράμματα που αναφέρθηκαν παραπάνω τα οποία ήταν πολύ πιο περίπλοκα και ακριβότερα, τα νέα αυτά λογισμικά μπορούσαν να λειτουργήσουν σε προσωπικούς υπολογιστές κάτι το οποίο οδήγησε στην ραγδαία διάδοσή τους τόσο στην βιομηχανία όσο και στη εκπαίδευση. Έτσι, το animation δεν περιοριζόταν πια μόνο σε μεγάλες εταιρίες αλλά άρχισε να ενσωματώνεται στην καθημερινότητα και για μικρότερες επιχειρήσεις καθώς και πανεπιστημιακά εργαστήρια. Παράλληλα, οι εκρηγνυόμενες όψεις (exploded views) και τα χρονογραμμικά animations καθιερώθηκαν ως μέσα παρουσίασης και τεχνικής επικοινωνίας, διευκολύνοντας την κατανόηση σύνθετων συναρμογών και τη διδασκαλία διαδικασιών συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης. Οι συγκεκριμένες λειτουργίες βοήθησαν στην καλύτερη συνεργασία μεταξύ μηχανικών, σχεδιαστών και πελατών όπως και στην μείωση κατασκευαστικών λαθών κατά την παραγωγή. Με την πάροδο του χρόνου υπήρξε ραγδαία εξέλιξη και φτάνοντας στο 2000, το animation εξελίχθηκε ακόμη περισσότερο με την ενσωμάτωση δυναμικής προσομοίωσης (dynamics) η οποία συμπεριλαμβάνει δυνάμεις, ροπές, τριβές και συγκρούσεις. Ταυτόχρονα, η σύνδεση των συστημάτων CAD με τα CAE (Computer-Aided Engineering) εργαλεία οδήγησε στην δημιουργία animations που έδειχναν αποτελέσματα αναλύσεων όπως καταπόνηση (stress-analysis), θερμική συμπεριφορά (thermal analysis), ροή ρευστών (CFD). Αυτή η εξέλιξη μετέτρεψε το animation από απλό μέσο απεικόνισης σε βασικό εργαλείο προσομοίωσης και αξιολόγησης μειώνοντας την ανάγκη για φυσικά πρότυπα και επιταχύνοντας την διαδικασία ανάπτυξης προϊόντων.

2.2 Το animation σήμερα

Στη σύγχρονη εποχή το animation έχει εδραιωθεί ως ένα από τα βασικότερα εργαλεία στη μηχανολογική σχεδίαση και ανάλυση. Τα λογισμικά CAD όπως το SolidWorks, το Autodesk Inventor, το Siemens NX κ.α. παρέχουν πλέον την δυνατότητα όχι μόνο δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων αλλά και πλήρους αναπαράστασης της κίνησής τους. Με αυτόν τον τρόπο οι μηχανικοί δεν περιορίζονται στη στατική απεικόνιση ενός εξαρτήματος αλλά έχουν στη διάθεσή τους ένα δυναμικό περιβάλλον όπου η λειτουργία και η αλληλεπίδραση των μερών ενός συστήματος μπορεί να εξεταστεί σε πραγματικό χρόνο.

Η βασική εφαρμογή του animation στη μηχανική είναι η κινηματική προσομοίωση (kinematics). Με αυτήν μπορεί ο σχεδιαστής να ορίσει αρθρώσεις, συνδέσμους, περιορισμούς και μονοπάτια κίνησης ώστε να απεικονιστεί με ακρίβεια η λειτουργία ενός μηχανισμού. Για παράδειγμα σε μια συναρμογή γραναζιών το animation επιτρέπει την παρακολούθηση της περιστροφής, τον συγχρονισμό της κίνησης και την αξιολόγηση της σωστής συνεργασίας των μερών.

Μια ακόμη σημαντική πτυχή του animation είναι η χρήση του στην τεχνική επικοινωνία. Σε εγχειρίδια χρήσης, οδηγίες συντήρησης και παρουσιάσεις προϊόντων, οι εκρηγνυόμενες όψεις (exploded views) και τα χρονογραμμικά animations αποτελούν πλέον καθιερωμένη πρακτική. Μέσα από αυτά μπορεί να παρουσιαστεί βήμα-βήμα η διαδικασία συναρμολόγησης ή αποσυναρμολόγησης ενός μηχανισμού, κάτι που είναι πολύ πιο κατανοητό από τα παραδοσιακά σχέδια. Ειδικά στη βιομηχανία η χρήση animation διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ σχεδιαστικών ομάδων, τμημάτων παραγωγής και πελατών, καθώς μειώνει τα περιθώρια παρερμηνειών και βελτιώνει την κατανόηση σύνθετων τεχνικών λεπτομερειών.



Σχήμα 2.3: Animation σε περιβάλλον SolidWorks

2.3 Το αντίκτυπο του animation στην εκπαίδευση

Η εκπαίδευση στον τομέα της μηχανικής βασίζεται παραδοσιακά στη θεωρητική διδασκαλία, στη χρήση στατικών διαγραμμάτων και στην εργαστηριακή πρακτική. Αν και αυτές οι μέθοδοι είναι θεμελιώδεις συχνά δεν επαρκούν για την πλήρη κατανόηση πολύπλοκων μηχανισμών και συστημάτων ή την καθιστούν πολύ πιο δύσκολη. Η έλλειψη δυνατότητας «οπτικοποίησης» της κίνησης και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ εξαρτημάτων δημιουργεί εμπόδια στη μάθηση, ιδιαίτερα για φοιτητές που δεν διαθέτουν ακόμη ανεπτυγμένες δεξιότητες. Σε αυτό το σημείο το animation έρχεται να καλύψει το κενό, προσφέροντας μια δυναμική, διαδραστική και πολυδιάστατη εμπειρία μάθησης.

Σήμερα το animation έχει ενσωματωθεί σε πλήθος εκπαιδευτικών πρακτικών, από τη διδασκαλία βασικών αρχών μηχανικής μέχρι την παρουσίαση σύνθετων προσομοιώσεων. Ο αντίκτυπός του είναι καθοριστικός τόσο στη γνωστική κατανόηση όσο και στην εμπλοκή των φοιτητών, επηρεάζοντας έτσι θετικά την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο University of Hertfordshire έδειξε ότι η αξιοποίηση animation σε μαθήματα μηχανολογίας αυτοκινήτων μείωσε τον ρυθμό αποτυχίας και βελτίωσε αισθητά τις τελικές επιδόσεις των φοιτητών. Παρόμοια ευρήματα κατέγραψε και μελέτη σε μάθημα ηλεκτρολόγων μηχανικών όπου οι φοιτητές ανέφεραν ότι τα τρισδιάστατα animations τους βοήθησαν να κατανοήσουν δυσνόητες έννοιες και να παρακολουθήσουν με μεγαλύτερο ενδιαφέρον το μάθημα. Επιπλέον, ακόμη μία μελέτη στο University of Queensland έδειξε ότι τα animated οπτικά βοηθήματα ενίσχυσαν την ικανότητα των φοιτητών να συνδέουν θεωρία και πρακτικές εφαρμογές ενώ σε πρόσφατες εφαρμογές με immersive VR εργαστήρια βρέθηκε ότι οι φοιτητές παρουσίασαν σημαντική αύξηση στην κατανόηση και στη διατήρηση γνώσης. Η χωρική αντίληψη αποτελεί κρίσιμο εφόδιο για τους μηχανικούς, καθώς σχετίζεται με την ικανότητα κατανόησης τρισδιάστατων δομών και συναρμογών. Πολλοί φοιτητές δυσκολεύονται να μεταφράσουν δισδιάστατα σχέδια σε τρισδιάστατες νοητικές αναπαραστάσεις. Το animation ενισχύει σημαντικά αυτή την ικανότητα.

Τα οφέλη από την ένταξη animation στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι πολλά. Πρώτον, διευκολύνει την οπτικοποίηση πολύπλοκων εννοιών, που διαφορετικά θα απαιτούσαν ακριβώς πειράματα ή δυσνόητες μαθηματικές αναλύσεις. Δεύτερον, ενισχύει την ενεργό συμμετοχή των φοιτητών οι οποίοι δεν περιορίζονται σε παθητική παρακολούθηση, αλλά έχουν τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσουν με παραμέτρους και να παρατηρήσουν τις συνέπειες αλλαγών σε πραγματικό χρόνο. Τρίτον, βελτιώνει την αντίληψη του τρισδιάστατου χώρου (spatial skills) που είναι καθοριστική δεξιότητα για κάθε μηχανικό. Τέλος, συμβάλλει στην εξοικονόμηση πόρων, αφού μειώνεται η ανάγκη για φυσικά πρωτότυπα σύνθετες εργαστηριακές διατάξεις.

Παρά τα πλεονεκτήματα, υπάρχουν και ορισμένες προκλήσεις. Για να είναι αποτελεσματικό, το animation πρέπει να έχει υψηλή ποιότητα και επιστημονική ακρίβεια διαφορετικά μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικές ή ελλιπείς ερμηνείες. Επίσης η ίδια η παραγωγή των animations είναι συχνά χρονοβόρα και απαιτεί εξειδικευμένες δεξιότητες από τους διδάσκοντες. Σε ορισμένα εκπαιδευτικά ιδρύματα οι υποδομές δεν είναι επαρκείς, ενώ παραμένει η ανάγκη για εκπαίδευση του διδακτικού προσωπικού στη σωστή ενσωμάτωση αυτών των εργαλείων στην διδασκαλία.

Το animation προβλέπεται να συνδεθεί ακόμη πιο στενά με τεχνολογίες όπως η εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα (VR/AR), τα ψηφιακά δίδυμα, καθώς και η τεχνητή νοημοσύνη. Οι φοιτητές θα μπορούν να εισέρχονται σε εικονικά εργαστήρια, να αλληλεπιδρούν με κινούμενα τρισδιάστατα μοντέλα και να δοκιμάζουν πλήθος σεναρίων με ασφάλεια και χαμηλό κόστος. Παράλληλα, οι μηχανικοί στη βιομηχανία θα έχουν στη διάθεσή τους σε πραγματικό χρόνο animations βασισμένα σε πραγματικά δεδομένα λειτουργίας βελτιώνοντας τη λήψη αποφάσεων και τη συντήρηση εξοπλισμού.

Συνοψίζοντας, το animation ενώνει τη θεωρία με την πράξη, διευκολύνει την κατανόηση, ενισχύει την επικοινωνία και προσφέρει νέες δυνατότητες μάθησης και καινοτομίας. Αν και παραμένουν προκλήσεις ως προς το κόστος, τις υποδομές και την εκπαίδευση προσωπικού, η συνεχής πρόοδος της τεχνολογίας καθιστά το animation ολοένα και πιο αναπόσπαστο κομμάτι της μηχανικής, προετοιμάζοντας μια νέα γενιά μηχανικών που σκέφτεται, μαθαίνει και δημιουργεί μέσα από δυναμικά και διαδραστικά ψηφιακά εργαλεία.

3. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΤΟ INVENTOR

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Inventor Professional 2025 της Autodesk για την κατασκευή πλήθους τρισδιάστατων στερεών εξαρτημάτων. Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί συνοπτικά η διαδικασία μοντελοποίησης στερεών, καθώς επίσης η διαδικασία δημιουργίας μηχανολογικών σχεδίων στο περιβάλλον του Inventor.

3.1 Το λογισμικό Inventor

Το Autodesk Inventor Professional 2025 αποτελεί μια από τις πιο προηγμένες λύσεις CAD για μηχανικούς και σχεδιαστές, προσφέροντας εξαιρετική απόδοση και ακρίβεια. Το πρόγραμμα αυτό είναι εξοπλισμένο με πληθώρα χαρακτηριστικών που διευκολύνουν την δημιουργία και την ανάλυση τρισδιάστατων μοντέλων.

Οι βασικές δυνατότητες που προσφέρει το λογισμικό αυτό είναι:

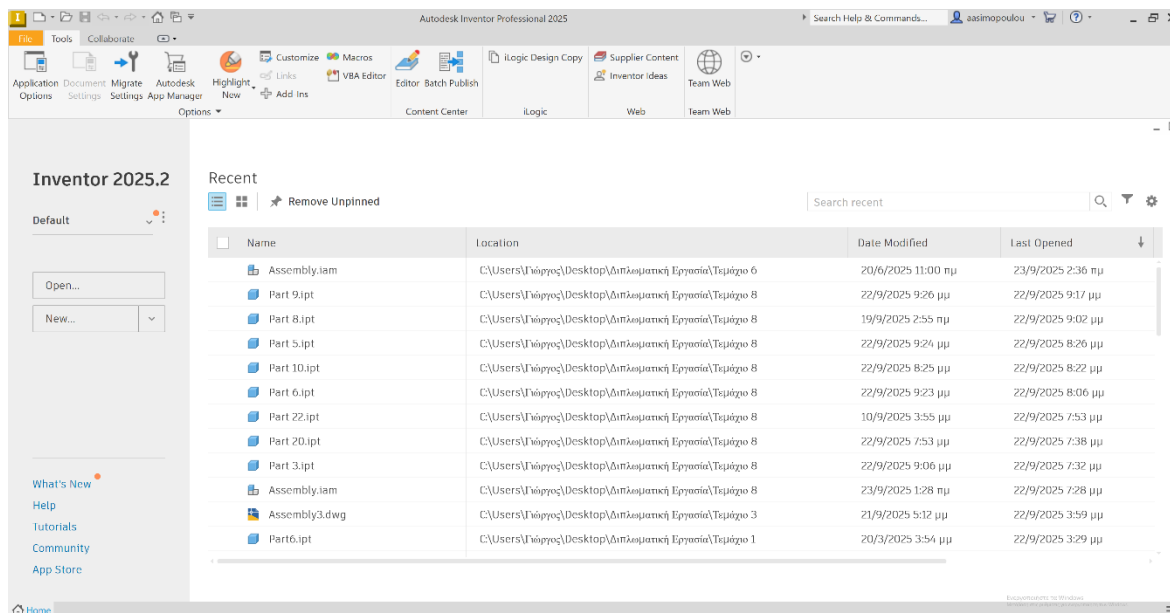
- 3D παραμετρική μοντελοποίηση εξαρτημάτων (parts) καθώς και δημιουργία συναρμολογημένων (assemblies).
- Αυτόματη παραγωγή 2D μηχανολογικών σχεδίων από τα 3D μοντέλα.
- Δυναμική προσομοίωση κινήσεων και βασική ανάλυση αντοχής (FEA).
- Εγγραφή κινηματικών στιγμιότυπων των συναρμολογήσεων σε πολλαπλές στάσεις.
- Βιβλιοθήκη τυποποιημένων εξαρτημάτων (Content Center) με διεθνή πρότυπα.
- Μοντελοποίηση λαμαρίνας (Sheet metal design).
- Σχεδίαση σωληνώσεων και καλωδιώσεων.
- Rendering και φωτορεαλιστική απεικόνιση.
- Συμβατότητα με άλλα CAD μέσω AnyCAD.

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της εφαρμογής είναι η 3D παραμετρική μοντελοποίηση καθώς με αυτήν έχει ο χρήστης την δυνατότητα να κατασκευάζει εξαρτήματα ορίζοντας παραμέτρους (διαστάσεις, σχέσεις, περιορισμούς). Με αυτόν τον τρόπο οποιαδήποτε αλλαγή σε μια παράμετρο ενημερώνει αυτόματα ολόκληρο το μοντέλο, διασφαλίζοντας ακρίβεια, εξοικονόμηση χρόνου αλλά και συνέπεια σε όλα τα στάδια σχεδίασης.

3.2 Δημιουργία Τρισδιάστατων δοκιμίων

3.2.1 Έναρξη διαδικασίας σχεδιασμού

Με την έναρξη του προγράμματος εμφανίζεται η αρχική οθόνη εκκίνησης όπως φαίνεται στο [σχήμα 3.1](#). Εκεί βρίσκεται η επιλογή Home όπου φαίνονται στο κέντρο τα τελευταία αρχεία που έχουν ανοιχτεί. Στο πάνω μέρος της σελίδας υπάρχει μία μπάρα επιλογών για διάφορα χαρακτηριστικά του προγράμματος.

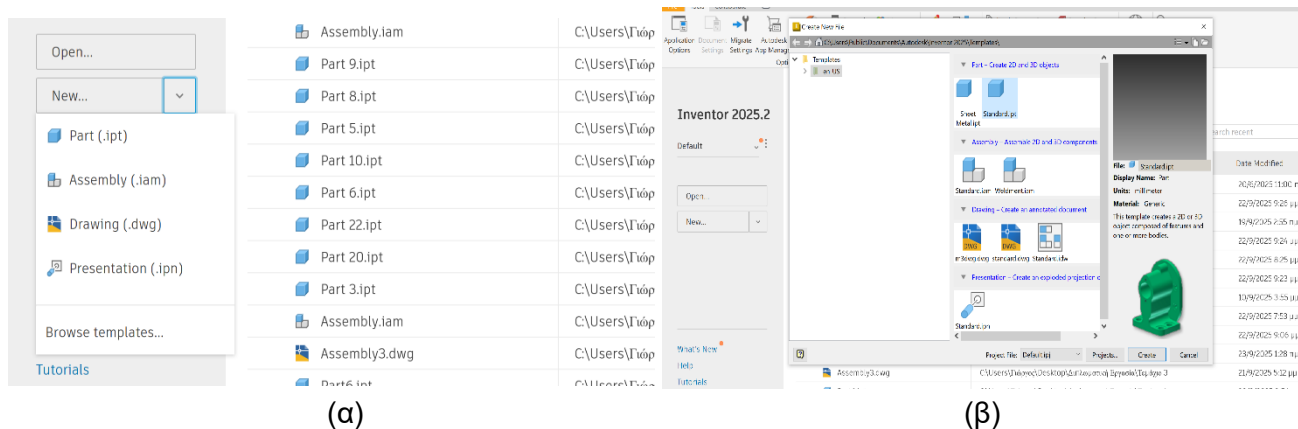


Σχήμα 3.1: Οθόνη εκκίνησης Inventor

Στο αριστερό μέρος της σελίδας υπάρχουν 2 επιλογές: Open και New.

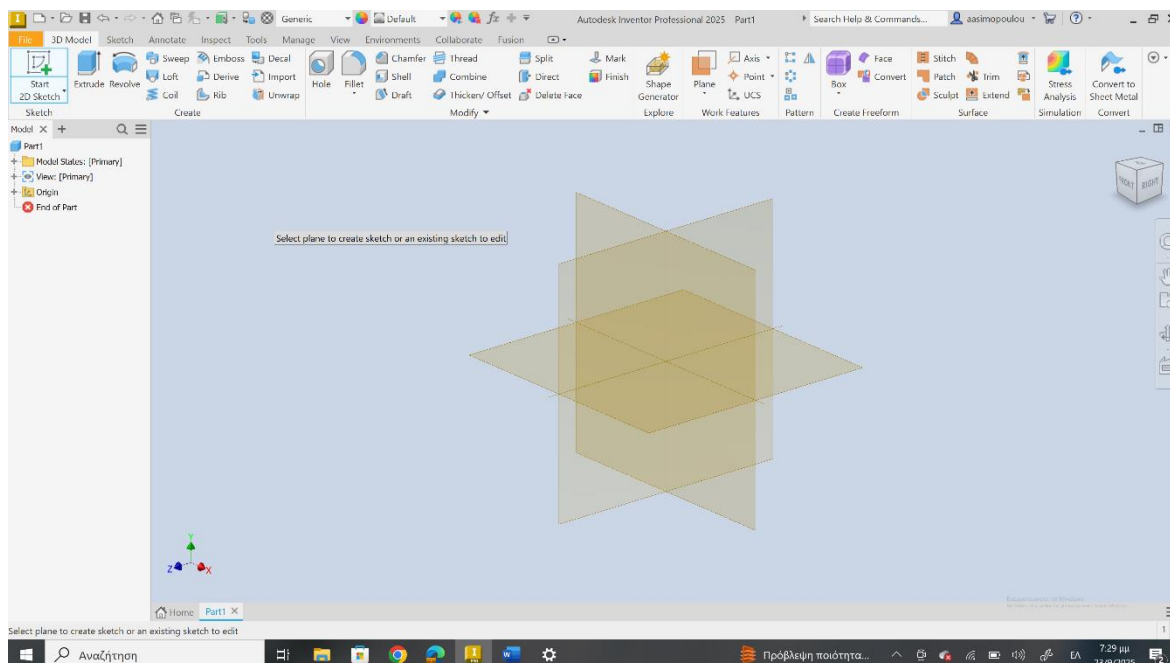
- Με την επιλογή Open γίνεται browse στον υπολογιστή και να ανοίγονται τα ήδη υπάρχοντα αρχεία.
- Με την επιλογή New ξεκινάει ένα νέο αρχείο.

Το παράθυρο New αν γίνει κλικ στο dropdown menu περιλαμβάνει τις επιλογές Part, Assembly, Drawing και Presentation ([σχήμα 3.2α](#)) ενώ αν γίνει κλικ πάνω στο New εμφανίζονται ακόμα κάποιες επιλογές ([σχήμα 3.2β](#)).



Σχήμα 3.2: Εντολή New (α) με dropdown menu. (β) με κλικ πάνω του.

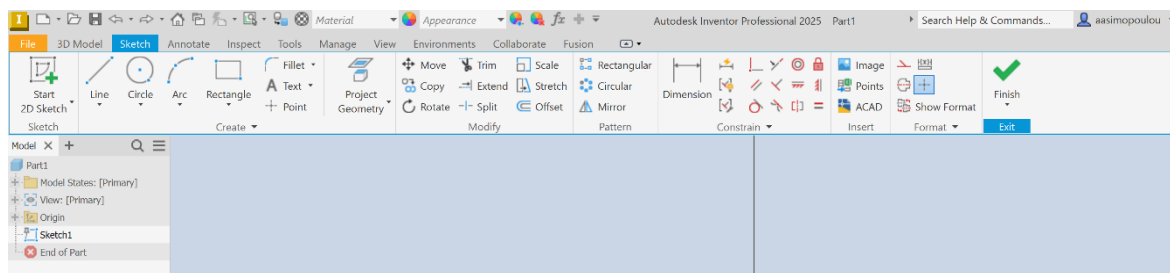
Οπότε εκεί μπορεί να ξεκινήσει η τρισδιάστατη σχεδίαση ενός τεμαχίου. Πατάμε New, στην συνέχεια στην καρτέλα που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα (σχήμα 3.2β) επιλέγεται Standart.ipt. Στην συνέχεια πατάμε πάνω αριστερά την εντολή Start 2D sketch ώστε να επιλεγεί το κατάλληλο plane και να ξεκινήσει η σχεδίαση όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3: Επιλογή επιπέδου (Plane)

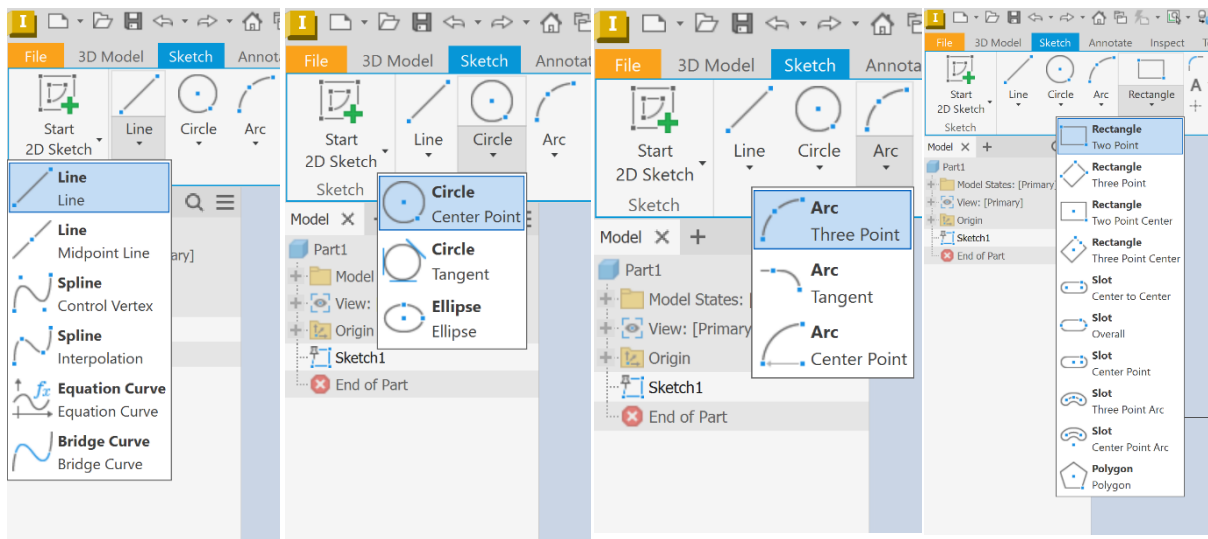
3.2.2 Βασικές εντολές 2D σχεδίασης

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4 για την δημιουργία ενός δισδιάστατου sketch, το λογισμικό παρέχει πλήθος εντολών οι οποίες βρίσκονται στην γραμμή εργαλείων στο πάνω μέρος του παραθύρου.



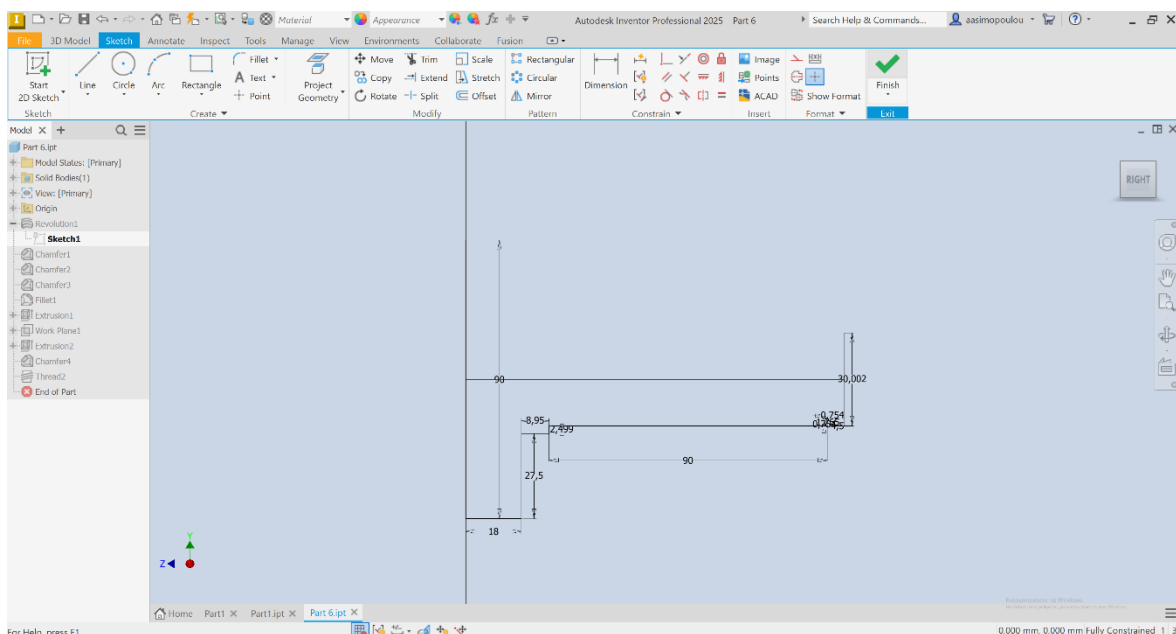
Σχήμα 3.4: Εργαλεία 2D σχεδίασης

Επιπλέον κρύβονται περισσότερες επιμέρους εντολές στην γραμμή εντολών κάνοντας κλικ στο dropdown menu κάθε εντολής όπως φαίνεται στο σχήμα 3.5.



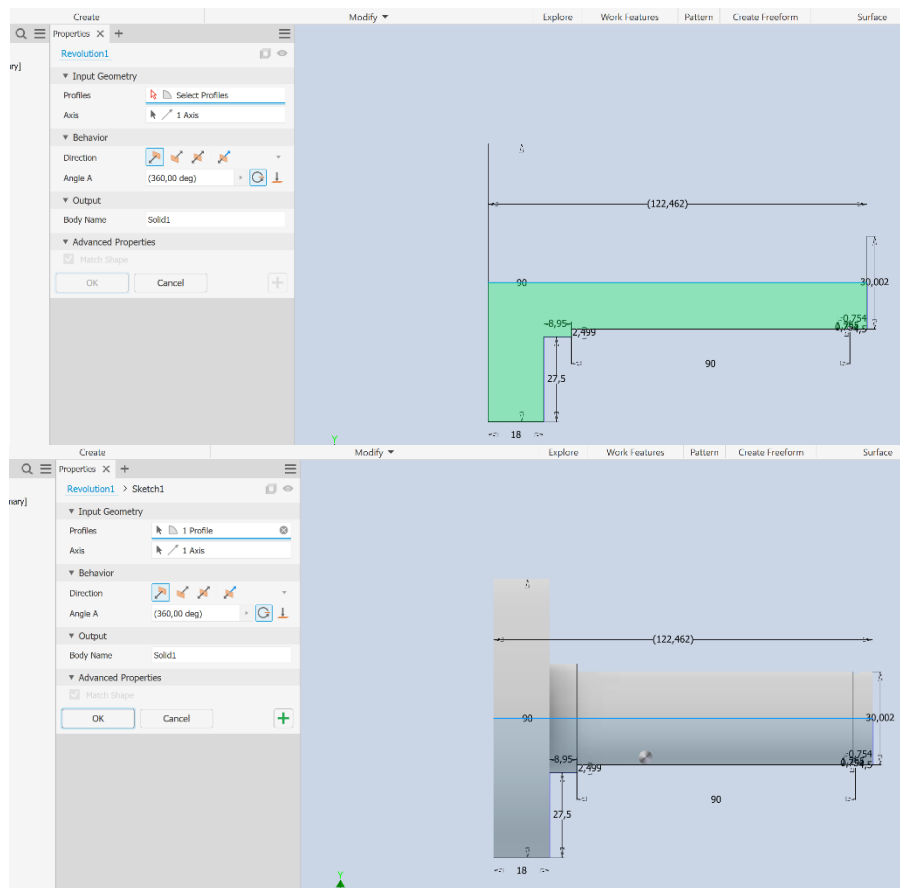
Σχήμα 3.5: Επιμέρους επιλογές για line, circle, arc και rectangle στο sketch

Με αυτά τα εργαλεία λοιπόν σχεδιάζεται η γεωμετρική διάταξη που επιθυμείται και έπειτα επιλέγεται πάνω δεξιά το “finish sketch” όπως φαίνεται στο [σχήμα 3.6](#).



Σχήμα 3.6: Finish sketch

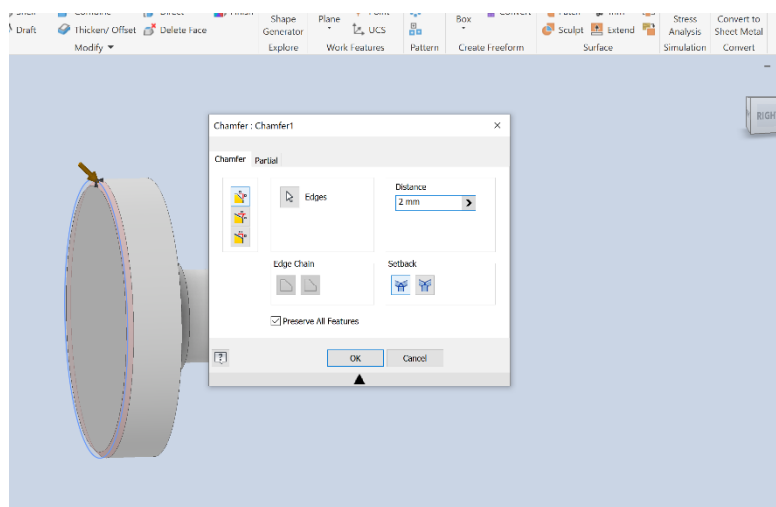
Μια από τις βασικότερες εντολές που χρησιμοποιείται είναι το **Revolve**. Η εντολή αυτή χρησιμοποιεί ένα sketch όπως αυτό στο σχήμα 3.6 και πραγματοποιείται περιστροφή του γύρω από έναν άξονα περιστροφής. Στο παράδειγμα που φαίνεται στο [σχήμα 3.7](#) φαίνεται ότι έχει σχεδιαστεί δισδιάστατα η μορφή του στο sketch καθώς και ο άξονας περιστροφής του. Για να εκτελεστεί σωστά η εντολή, στο “Profile” γίνεται η επιλογή του αντικειμένου, και στο “Axis” του άξονα περιστροφής. Επίσης η γωνία περιστροφής μπορεί να ρυθμιστεί από την εντολή “Angle” και η κατεύθυνση από την εντολή “Direction”.



Σχήμα 3.7: Εντολή Revolve και αποτέλεσμα

3.2.3 Βασικές εντολές 3D σχεδίασης

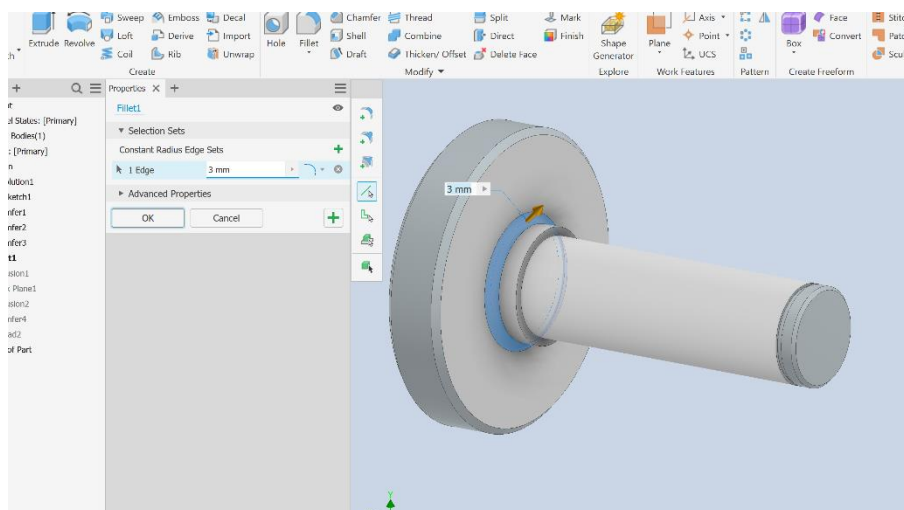
Η εντολή **Chamfer** δημιουργεί κλίση σε μία επιλεγμένη γωνία. Επιλέγεται η εντολή και στο παράθυρο που εμφανίζεται στο “Edge” γίνεται η επιλογή της ακμής που χρειάζεται επεξεργασία και στο “Distance” γίνεται η ρύθμιση της απόστασης. Τέλος επιλέγεται το “OK” και το αποτέλεσμα φαίνεται στο [σχήμα 3.8](#).



Σχήμα 3.8: Δημιουργία Chamfer

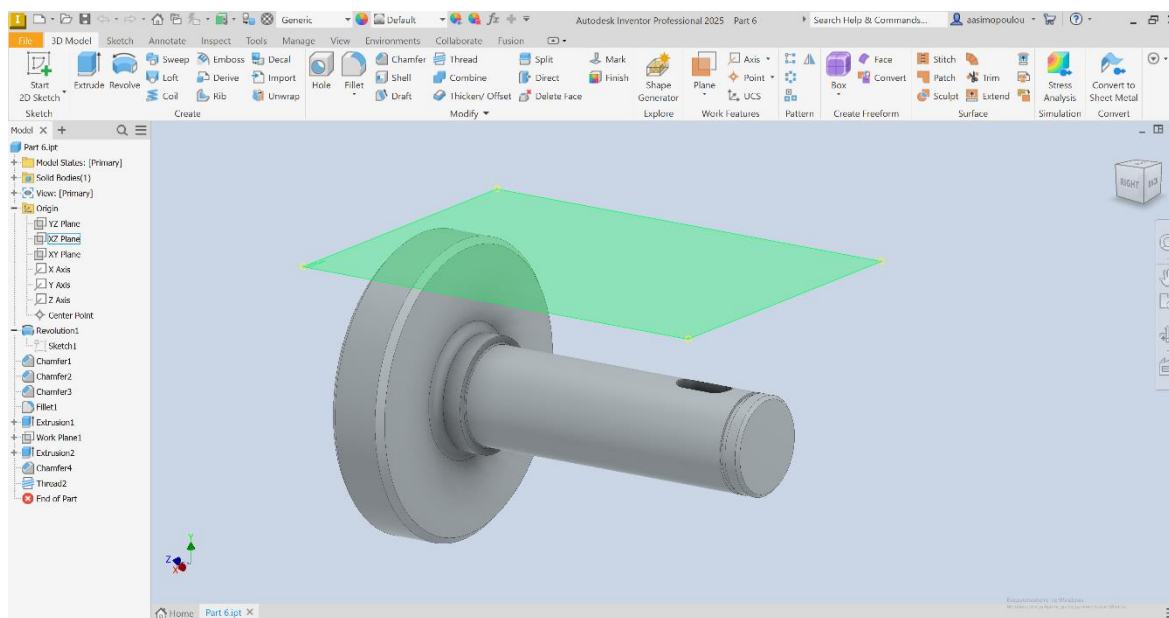
Η εντολή **Fillet** χρησιμοποιείται ώστε να δημιουργήσουμε καμπυλότητα σε μία επιλεγμένη γωνία. Επιλέγεται η εντολή και στο παράθυρο που εμφανίζεται στο “Edge” γίνεται η επιλογή

της ακμής που χρειάζεται επεξεργασία και στο “Radius” γίνεται ρύθμιση της ακτίνας. Τέλος επιλέγεται “OK” και το αποτέλεσμα φαίνεται στο σχήμα 3.9.

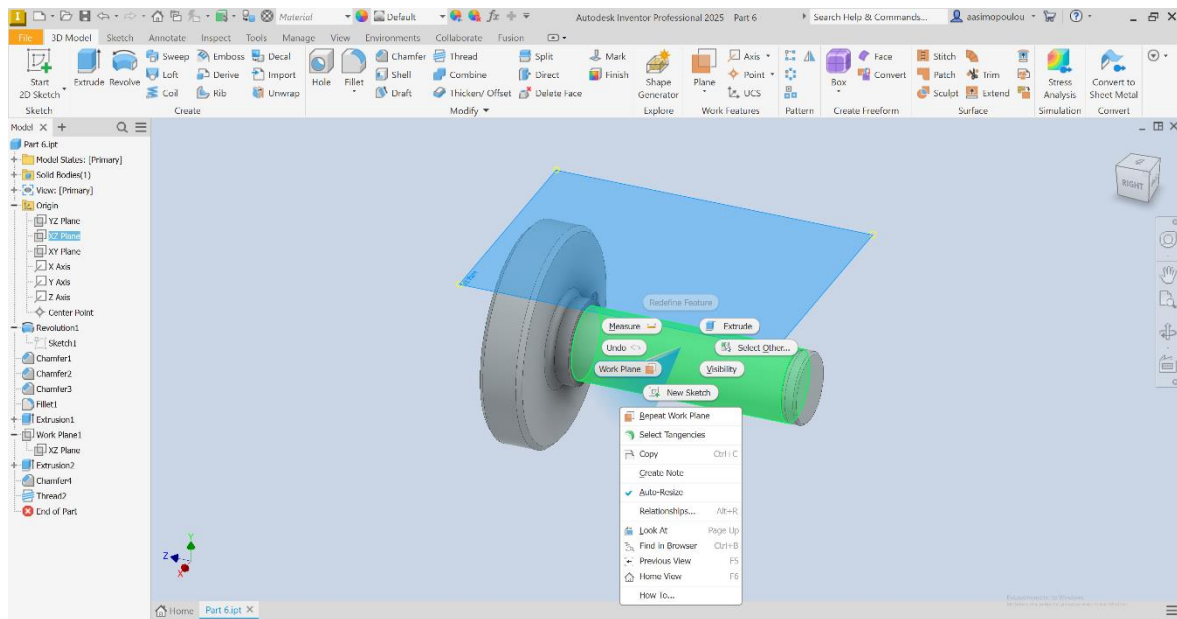


Σχήμα 3.9: Δημιουργία Fillet

Έπειτα, για να ξεκινήσει ένα sketch πάνω στην κυλινδρική επιφάνεια πρέπει να φτιαχτεί ένα νέο Work Plane στην επιφάνεια που είναι επιθυμητή. Επιλέγεται στον φάκελο Origin, από το μενού στα αριστερά του παραθύρου, το + ώστε να εμφανίσει τους άξονες και τα επίπεδα (σχήμα 3.10). Από εκεί γίνεται κλικ στο επίπεδο που είναι στην κατεύθυνση που μας ενδιαφέρει και μετά δεξί κλικ πάνω στην επιφάνεια που μας ενδιαφέρει και κλικ στην εντολή Work Plane όπως φαίνεται στο σχήμα 3.11.



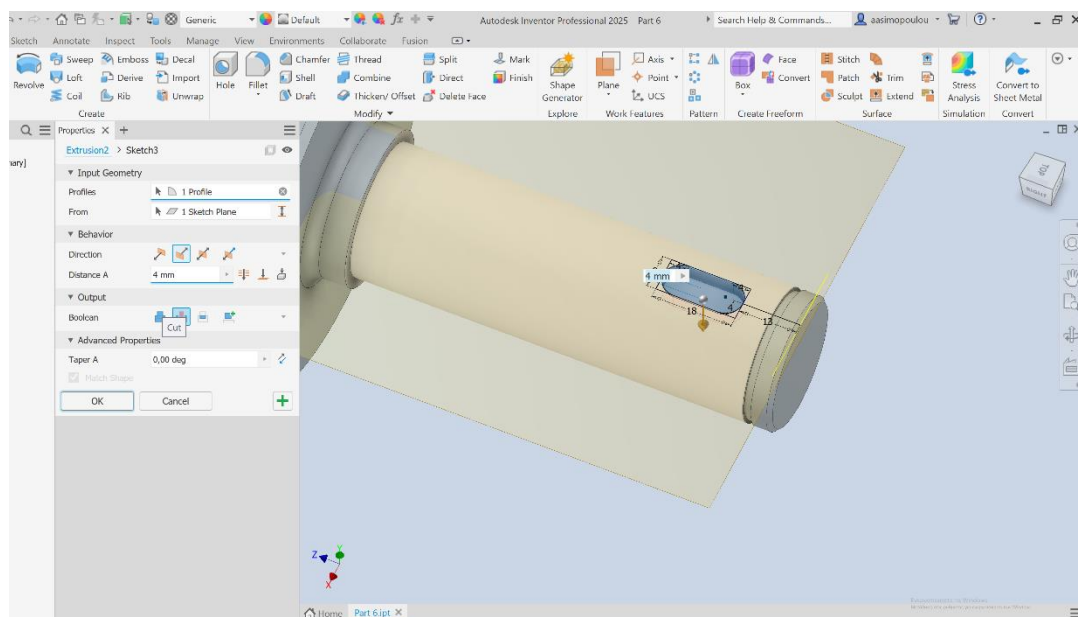
Σχήμα 3.10: Επιλογή επιπέδου



Σχήμα 3.11: Δημιουργία νέου Work Plane

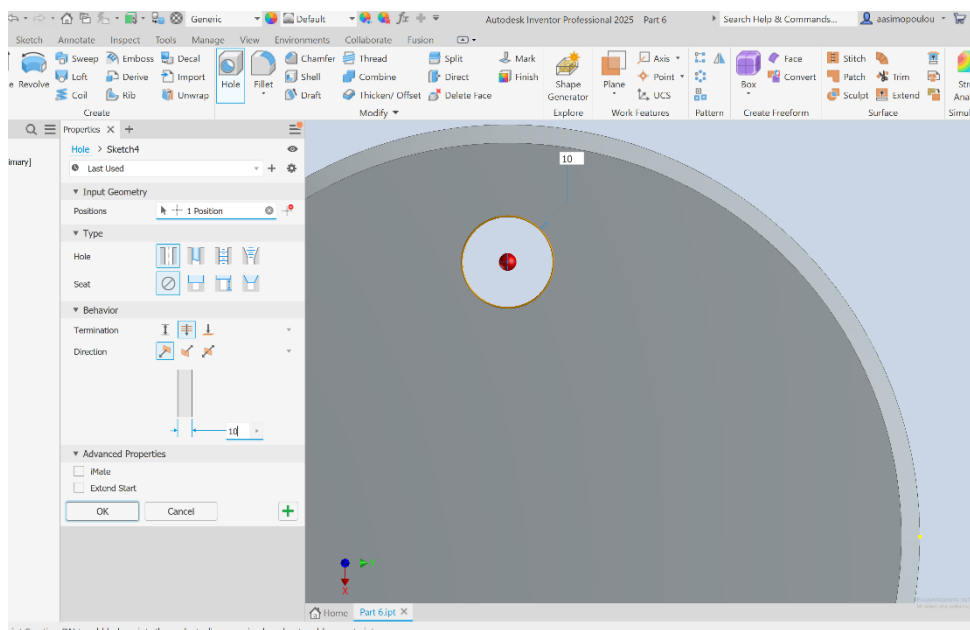
Στην συνέχεια ξεκινάει καινούριο sketch, με τον ίδιο τρόπο που δείξαμε στην αρχή του κεφαλαίου, επιλέγοντας αυτή την φορά το καινούριο επίπεδο που δημιουργήθηκε. Σχεδιάζεται η λεπτομέρεια που θέλουμε και πατάμε “Finish sketch”.

Μια από τις βασικότερες εντολές που χρησιμοποιείται επίσης είναι το **Extrude**. Η εντολή αυτή χρησιμοποιεί ένα sketch και μέσω της εξώθησης δημιουργεί ή κόβει το επιθυμητό αντικείμενο. Για να εκτελεστεί σωστά η εντολή, στο “Profile” γίνεται η επιλογή του sketch, η κατεύθυνση ρυθμίζεται από την εντολή “Direction” και στην εντολή “Boolean” επιλέγεις “Join” εάν θέλεις να δημιουργήσεις αντικείμενο ή στην προκειμένη περίπτωση που θέλουμε να κόψουμε επιλέγουμε την εντολή “Cut” όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.12. Στην εντολή “Distance” επιλέγεις την απόσταση που θες να δημιουργήσεις ή να κόψεις αντίστοιχα.



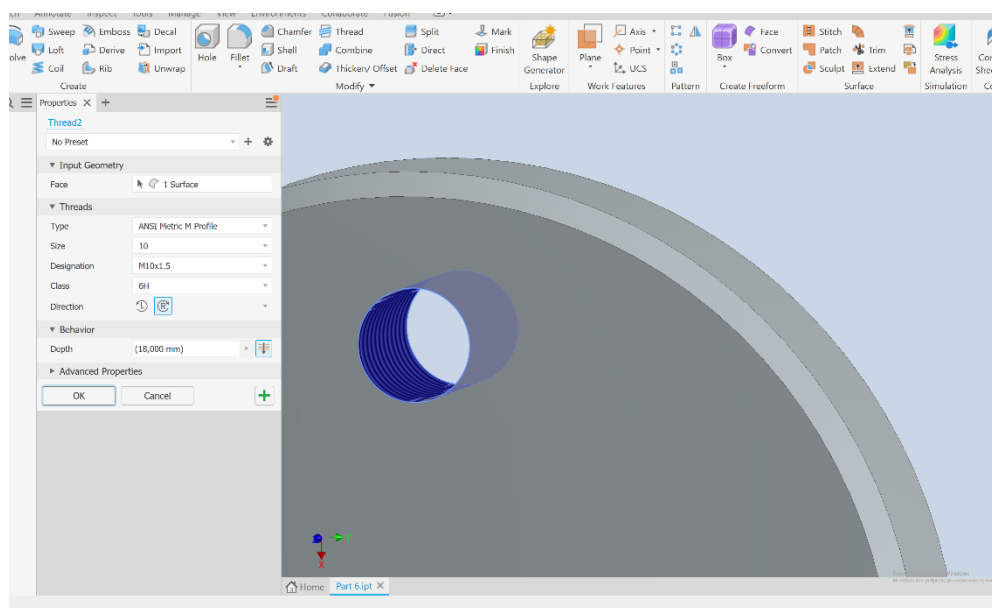
Σχήμα 3.12: Δημιουργία λεπτομέρειας με τη χρήση της εντολής Extrude cut

Για να δημιουργηθεί μία οπή στο τεμάχιο χρησιμοποιείται η εντολή **Hole**. Επιλέγεται από την γραμμή εντολών και γίνεται κλικ στο σημείο που θέλουμε να κάνουμε τρύπα. Από το παράθυρο που έχει εμφανιστεί επιλέγεται το είδος της τρύπας, η διάμετρος καθορίζεται από το τμήμα “Behavior” από όπου επιλέγεται και το βάθος κοπής ή επιλέγεται η εντολή “Through all” που κόβει όλο το βάθος της επιφάνειας, το οποίο έχει επιλεγεί και στο σχήμα 3.13. Τέλος πατάμε “OK” και δημιουργείται η οπή.



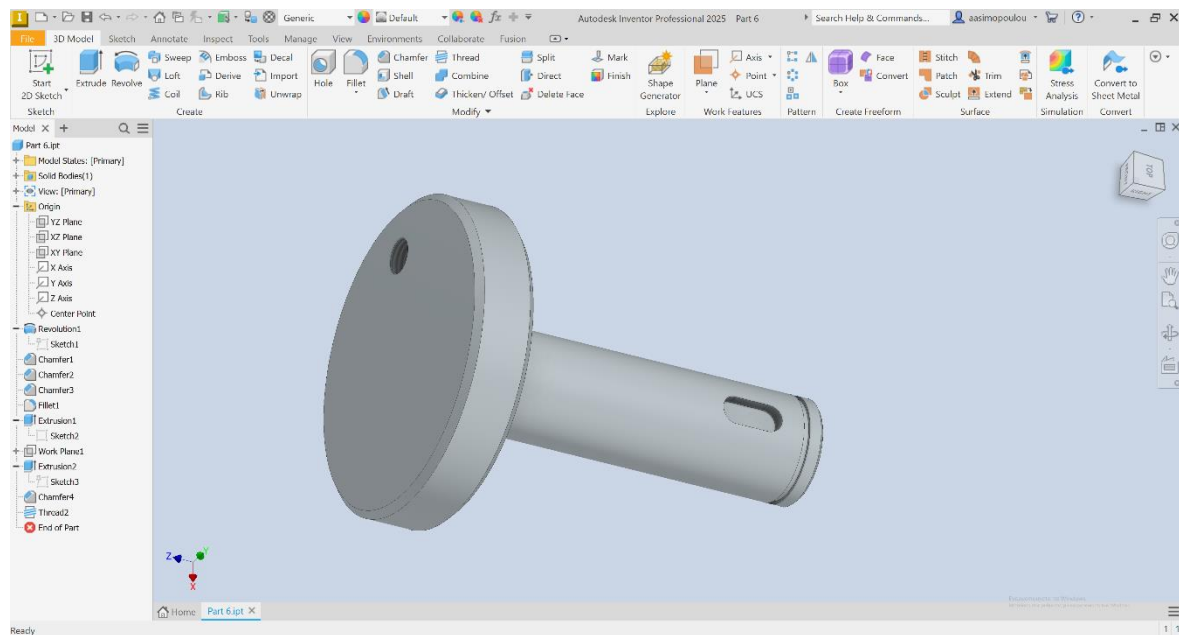
Σχήμα 3.13: Δημιουργία οπής με χρήση της εντολής Hole

Η εντολή **Thread** είναι πολύ σημαντική, διότι χρησιμοποιείται για την δημιουργία σπειρώματος σε κυλινδρικές επιφάνειες. Επιλέγεται λοιπόν το Thread από την γραμμή εντολών και έπειτα στο “Face” επιλέγεται η οπή την οποία δημιουργήσαμε στο προηγούμενο βήμα και που επιθυμούμε να τοποθετήσουμε το σπείρωμα. Στο “Depth” δίνεται το βάθος του σπειρώματος και στο “Designation” επιλέγουμε το βήμα. Το “Size” μπαίνει αυτόματα από την διάμετρο της τρύπας, όπως φαίνονται στο σχήμα 3.14.



Σχήμα 3.14: Οδηγίες για την εντολή Thread

Έτσι, χρησιμοποιώντας τις παραπάνω εντολές δημιουργήσαμε το αντικείμενο που απεικονίζεται στο σχήμα 3.15.

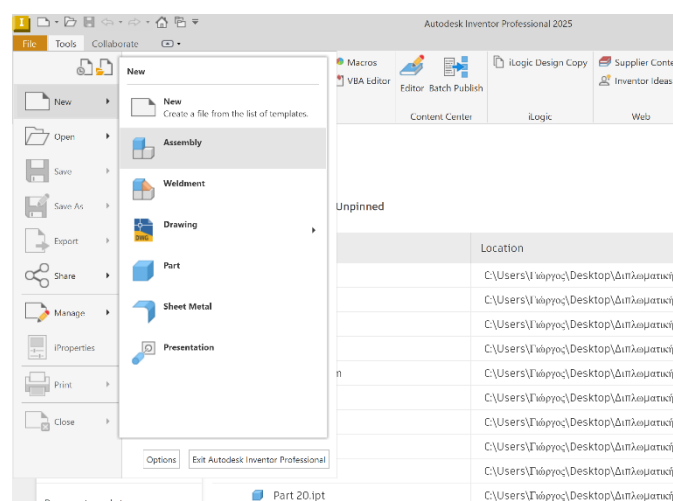


Σχήμα 3.15: Ολοκληρωμένο το αντικείμενο

3.3 Συναρμολόγηση (Assemblies)

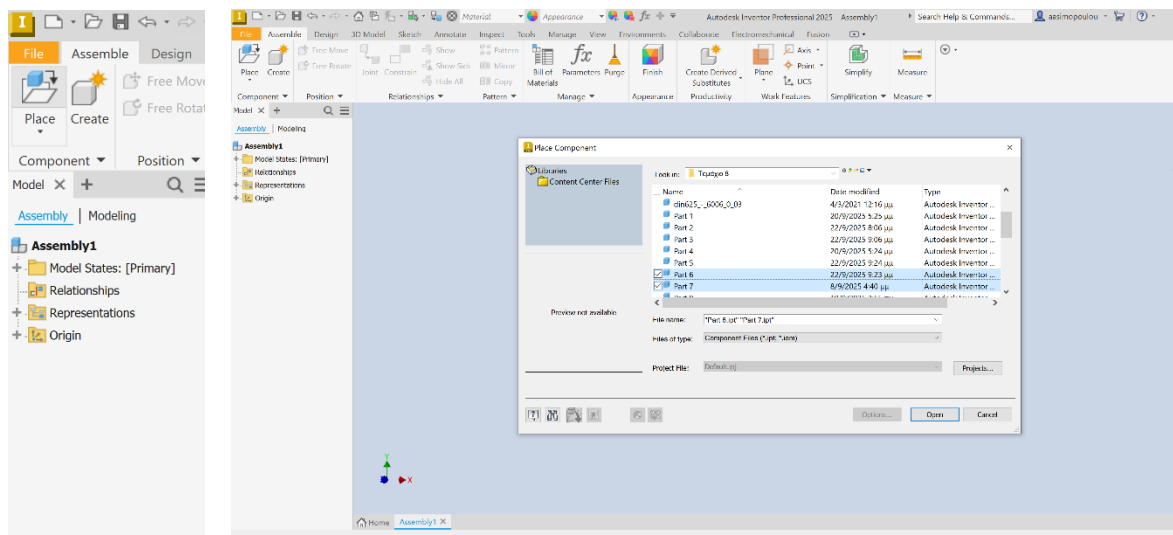
Μία συναρμολογημένη διάταξη αποτελείται από πολλά επιμέρους τεμάχια (parts) είτε από άλλες συναρμολογούμενες διατάξεις (sub-assemblies). Για να έχουμε επιτυχημένη κατασκευή ενός assembly είναι απαραίτητο να ακολουθούνται σωστά οι κανόνες συναρμολόγησης.

Για την δημιουργία ενός αρχείου Assembly επιλέγεται η επιλογή πάνω αριστερά File>New>Assembly όπως φαίνεται στο σχήμα 3.16, ή εάν βρισκόμαστε στο Home είναι η ίδια διαδικασία που περιεγράφηκε στο 3.2.1.



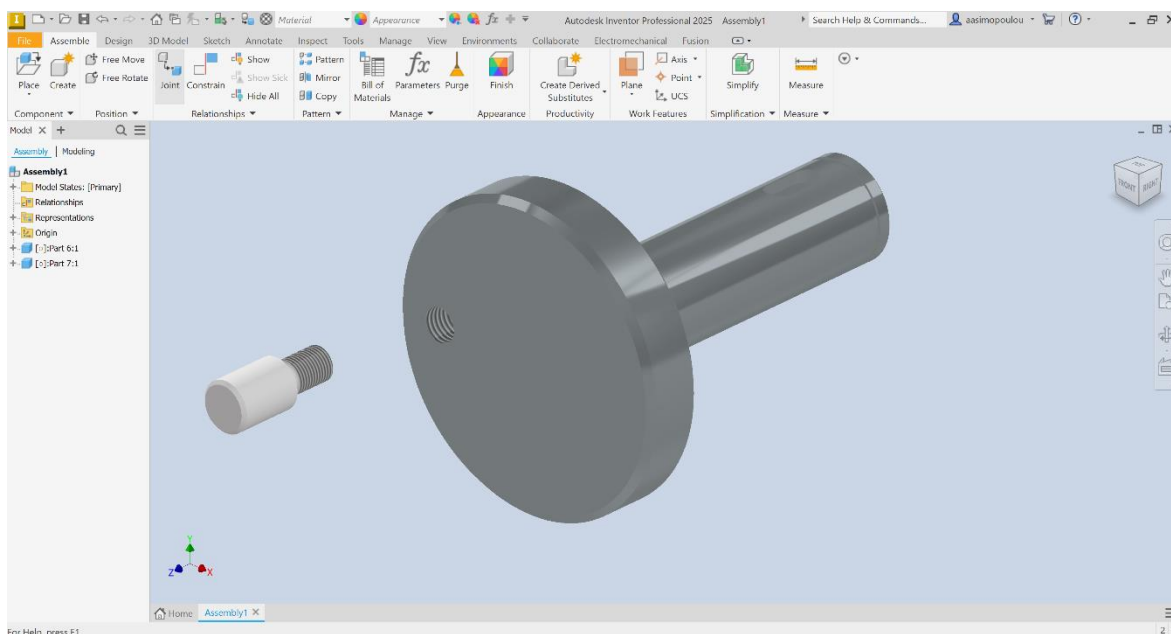
Σχήμα 3.16: Δημιουργία Assembly

Έτσι ανοίγεται το κατάλληλο αρχείο που χρειάζεται για να δημιουργηθεί η συναρμολόγηση. Επόμενο βήμα είναι η τοποθέτηση των τεμαχίων που θα χρησιμοποιηθούν. Πατάμε “Place”, που βρίσκεται στο πάνω αριστερά μέρος του παραθύρου, και κάνουμε browse στον υπολογιστή μας για να βρούμε τα επιθυμητά αρχεία. Γίνεται η επιλογή των τεμαχίων (parts) πατάμε “Open” και έτσι έχουμε τα τεμάχια στον χώρο σχεδίασης όπως φαίνεται στο σχήμα 3.17.



Σχήμα 3.17: Τοποθέτηση τεμαχίων

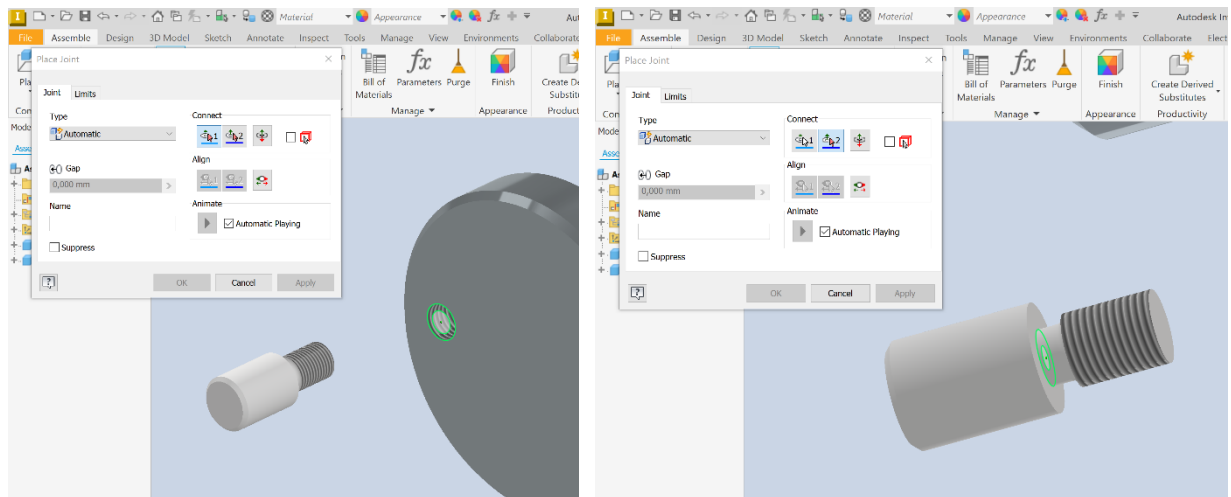
Έπειτα, για να ξεκινήσουμε την συναρμολόγηση χρησιμοποιούμε την εντολή “Joint” που βρίσκεται στο πάνω μέρος του παραθύρου όπως φαίνεται στο σχήμα 3.18.



Σχήμα 3.18: Εντολή Joint

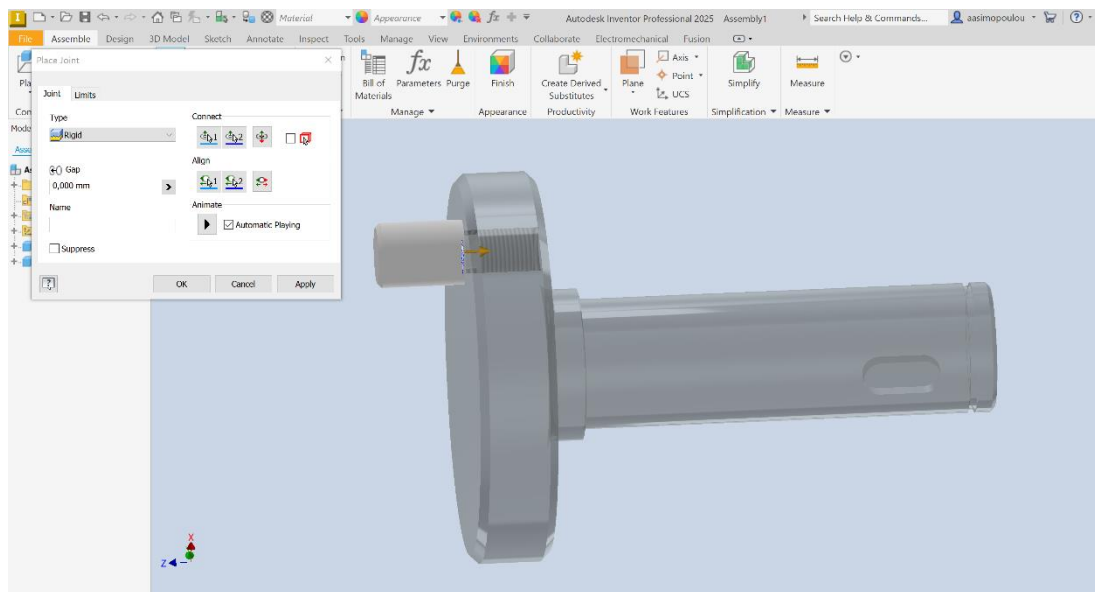
Η εντολή Joint καθορίζει σχέσεις κίνησης μεταξύ εξαρτημάτων, επιτρέποντας την δημιουργία ρεαλιστικών προσομοιώσεων μηχανισμών. Στην προκειμένη περίπτωση θέλουμε να συνδέσουμε τον κοχλία με την οπή στον άξονα. Οπότε αφού έχουμε κάνει κλικ

στην εντολή έπειτα επιλέγεται το σημείο σε κάθε τεμάχιο που θέλουμε να ενωθούν όπως φαίνεται στο σχήμα 3.19.



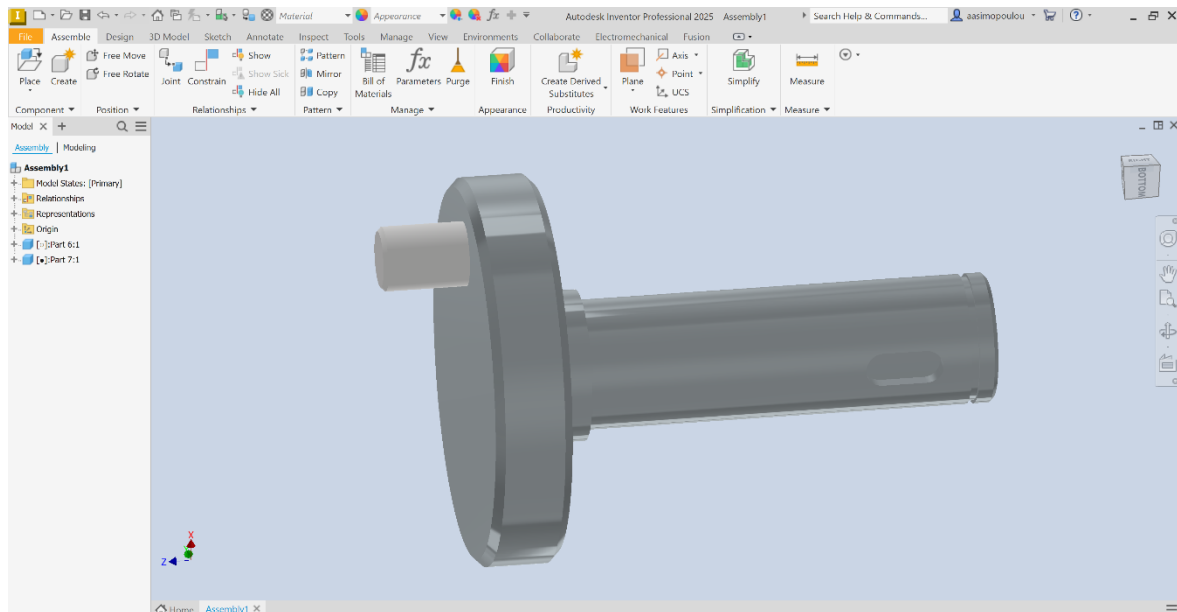
Σχήμα 3.19: Σημεία συναρμολόγησης

Στην συνέχεια επιλέγεται στο “Type” η επιλογή “Rigid” όπως φαίνεται στο σχήμα 3.20. Επίσης στην επιλογή “Gap” μπορούμε να ορίσουμε μια απόσταση ως κενό μεταξύ των σημείων που ορίσαμε για την συναρμολόγηση εάν είναι επιθυμητό καθώς και να αλλάξουμε τις κατευθύνσεις με τις επιλογές “Connect” και “Align”.



Σχήμα 3.20: Ολοκλήρωση συναρμολόγησης

Τέλος πατάμε “OK” και η συναρμολόγηση έχει ολοκληρωθεί όπως φαίνεται στο σχήμα 3.21.

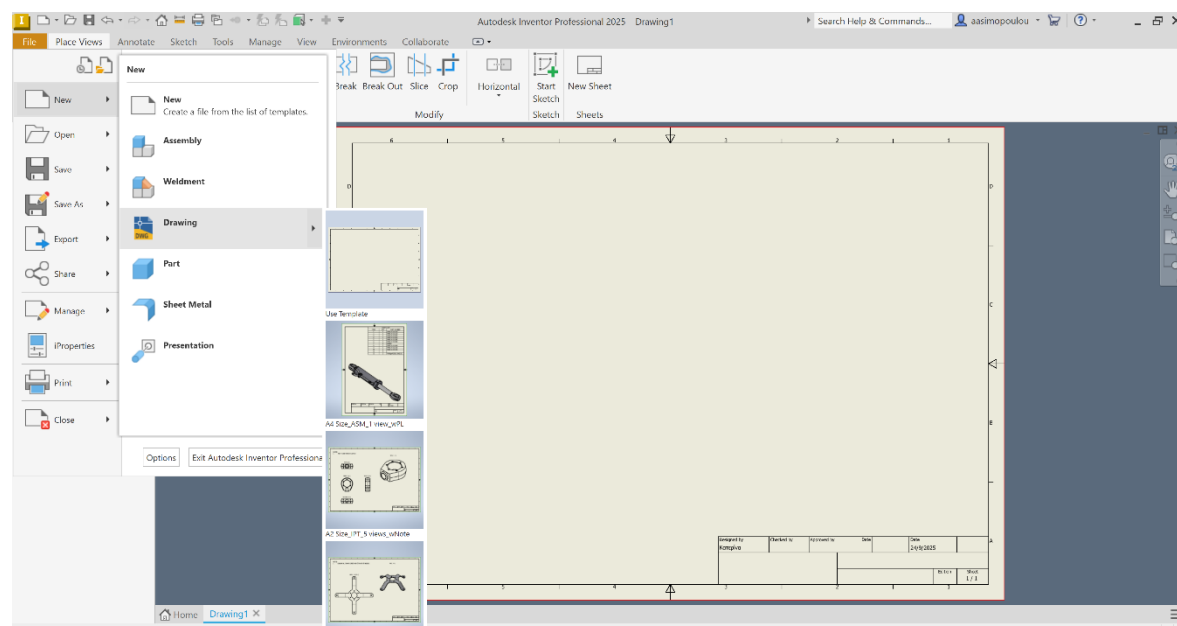


Σχήμα 3.21: Αποτέλεσμα Assembly

3.4 Δημιουργία κατασκευαστικών σχεδίων

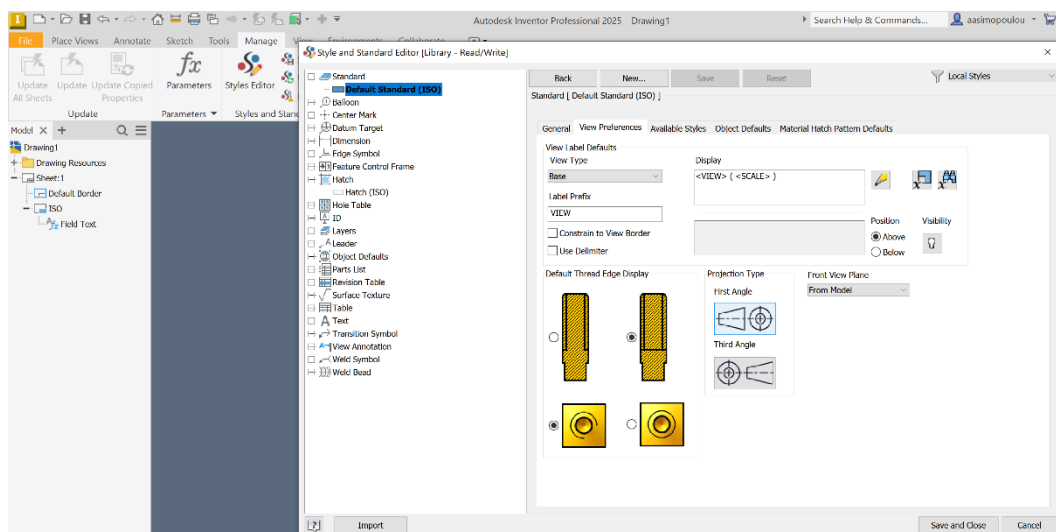
Εκτός από την τρισδιάστατη μοντελοποίηση μία άλλη σημαντική λειτουργία είναι η δημιουργία κατασκευαστικών σχεδίων. Αυτά τα σχέδια είναι ύψιστης σημασίας καθώς περιέχουν όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται ο κατασκευαστής για να τα υλοποιήσει. Οπότε η ακρίβεια και η πληρότητα τους είναι πάρα πολύ σημαντική. Στην παρούσα διπλωματική εργασία τα κατασκευαστικά σχέδια που δημιουργήθηκαν στο Inventor, γίνανε με βάση το ISO 2768-1, οπότε χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες που ορίζει αυτό.

Για να ξεκινήσει η σχεδίαση επιλέγουμε New>Drawing και επιλέγουμε Use Template όπως φαίνεται στο σχήμα 3.22.



Σχήμα 3.22: Καρτέλα έναρξης σχεδίασης

Στην συνέχεια χρειάζεται να ελέγξουμε και να παραμετροποιήσουμε βασικά ορίσματα. Από την καρτέλα Manage που βρίσκεται στο πάνω μέρος της οθόνης επιλέγεται το Styles Editor από όπου μπορεί να ρυθμιστεί οποιαδήποτε παράμετρος (σχήμα 3.23). Για παράδειγμα, μπορεί να ρυθμιστεί ότι αφορά την διαστασιολόγηση, τις αξονικές και διακεκομμένες γραμμές, το κείμενο, τις τομές κ.α.



Σχήμα 3.23: Ρύθμιση όλων των παραμέτρων από το Styles Editor

Μερικές από τις ρυθμίσεις που έγιναν στα σχέδια της παρούσας εργασίας είναι:

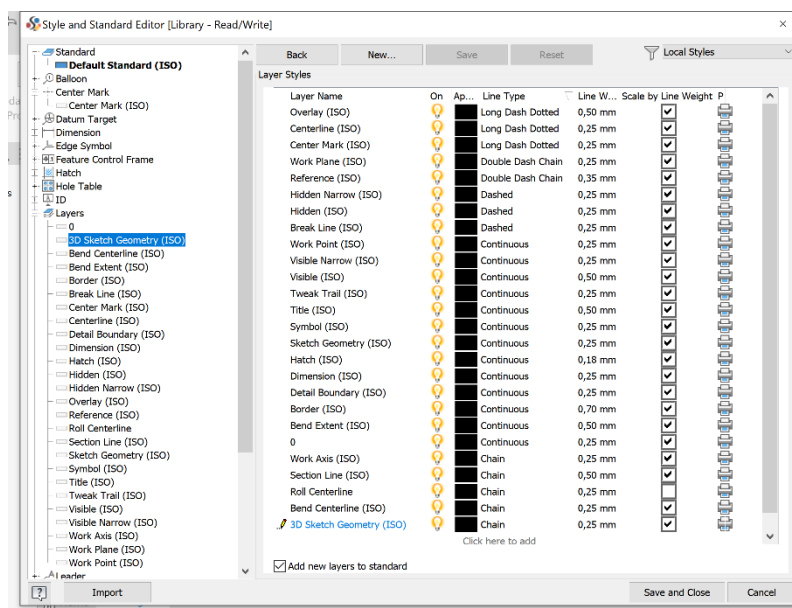
- Ότι αφορά τα είδη και πάχη γραμμών

Παχιά συνεχής γραμμή: 0.5mm

Λεπτή συνεχής γραμμή: 0.25mm

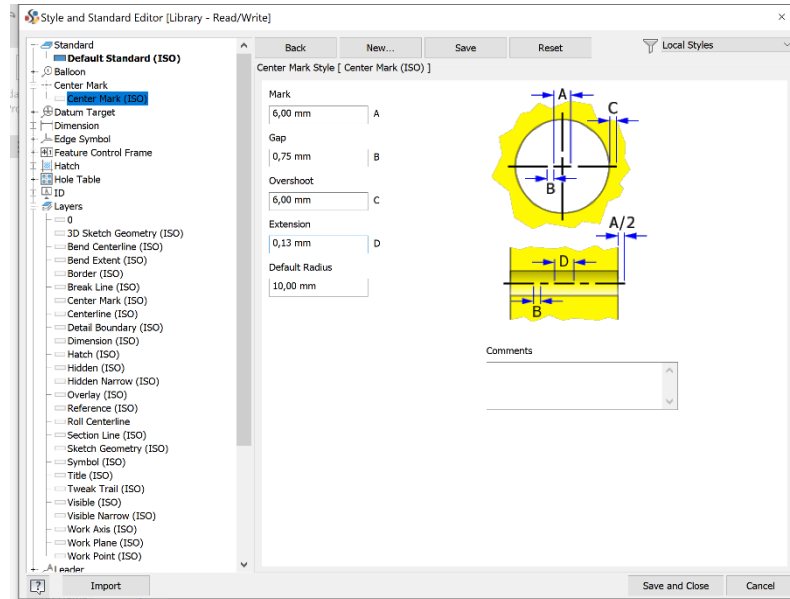
Διακεκομμένη γραμμή: 0.25mm

Αξονική γραμμή: 0.25mm



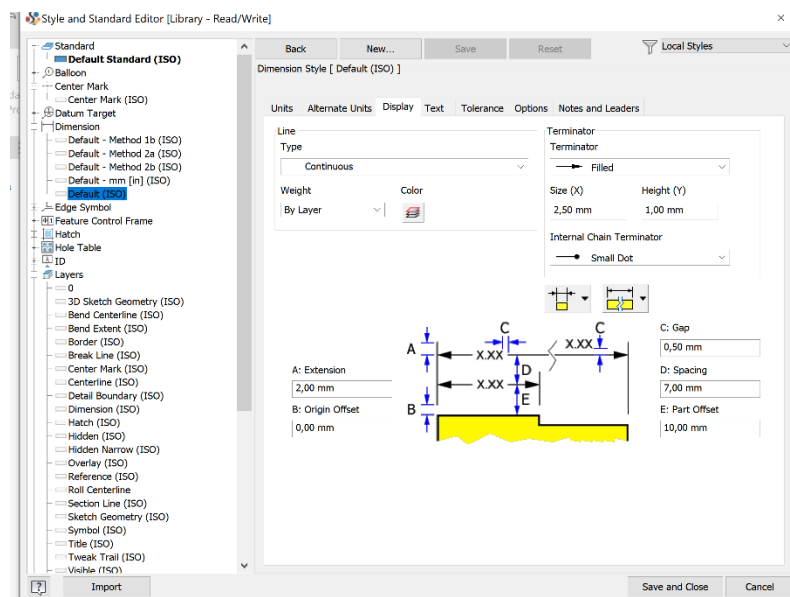
Σχήμα 3.24: Ορισμός είδους και πάχους γραμμών

- Για τις αξονικές

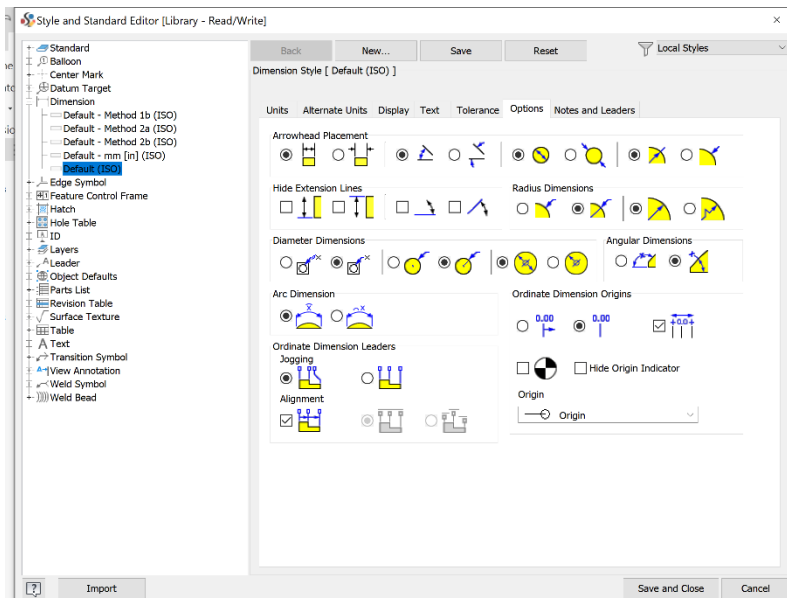


Σχήμα 3.25: Ορισμός παραμετρικών γραμμών

- Για την διαστασιολόγηση

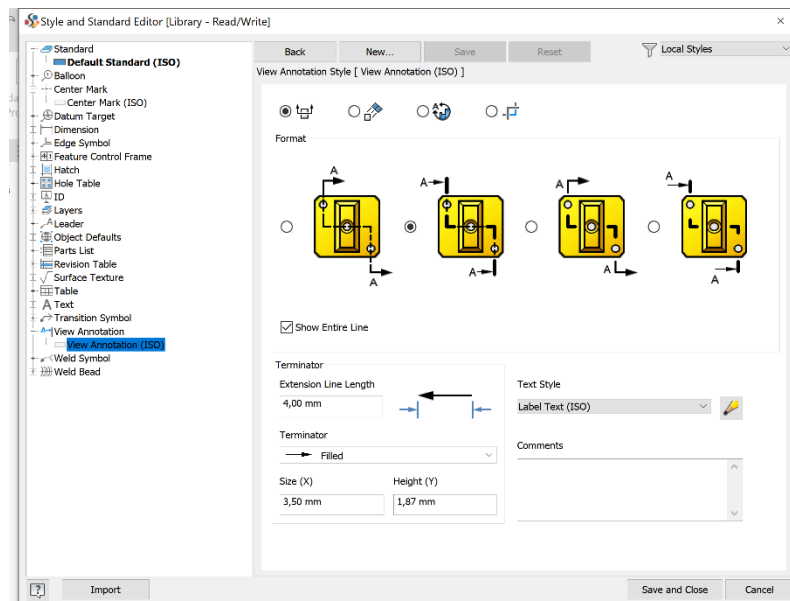


Σχήμα 3.26: Ορισμός παραμέτρων για βέλος και διαστάσεις



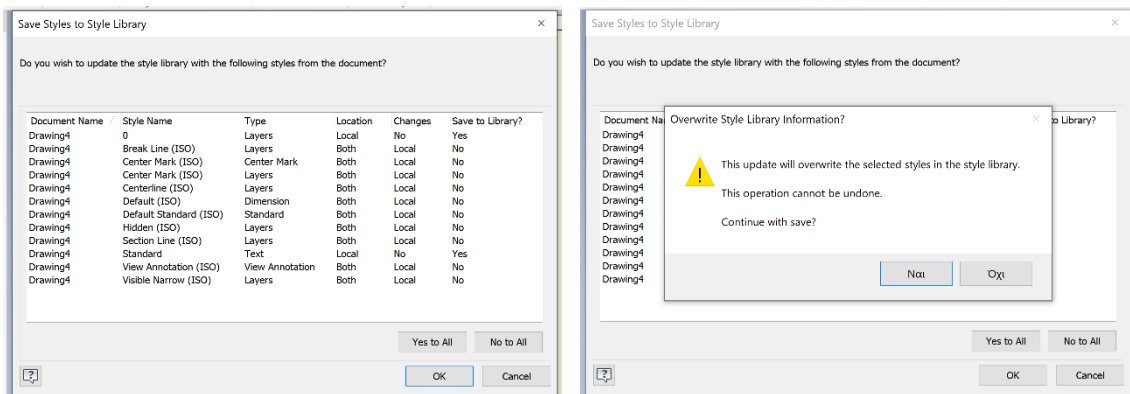
Σχήμα 3.27: Ορισμός παραμέτρων για τρόπο εισαγωγής διαστάσεων

- Για τις τομές



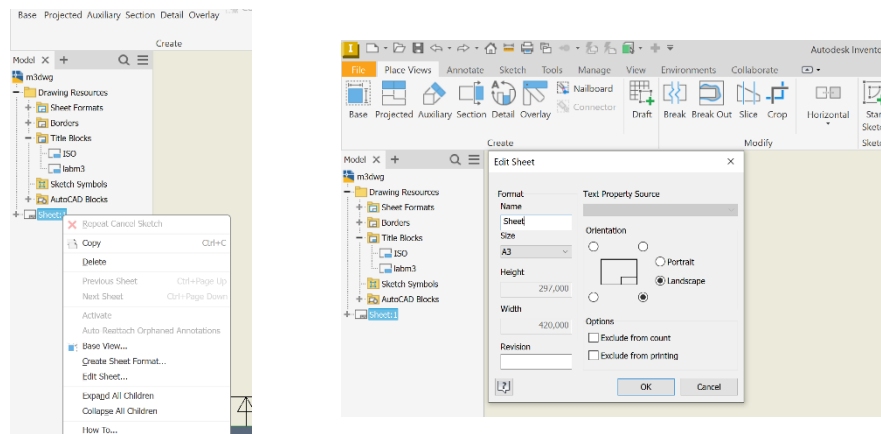
Σχήμα 3.28: Ορισμός παραμέτρων για τομές

Μόλις πραγματοποιηθούν όλες οι ρυθμίσεις που θέλουμε, πατάμε Save and Close και στην συνέχεια για να αποθηκευτούν οι αλλαγές και να μην χρειάζεται σε κάθε νέο αρχείο να ξανά κάνουμε τις ρυθμίσεις από την αρχή, πατάμε Save και Yes to All και στο μήνυμα που μας βγάζει πατάμε Ναι, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.29. Με αυτόν τον τρόπο οι ρυθμίσεις αποθηκεύονται στην βιβλιοθήκη και όχι μόνο στο ανοιγμένο αρχείο dwg.




Σχήμα 3.29: Αποθήκευση αλλαγών στη Style Library

Επίσης μπορούμε να τροποποιήσουμε το ίδιο το φύλλο κάνοντας δεξί κλικ στο Sheet που βρίσκεται αριστερά του παραθύρου και επιλέγοντας Edit Sheet. Εκεί μπορεί να τροποποιηθεί το μέγεθος ή/και ο προσανατολισμός του χαρτιού από τις εντολές Size και Landscape αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.30.



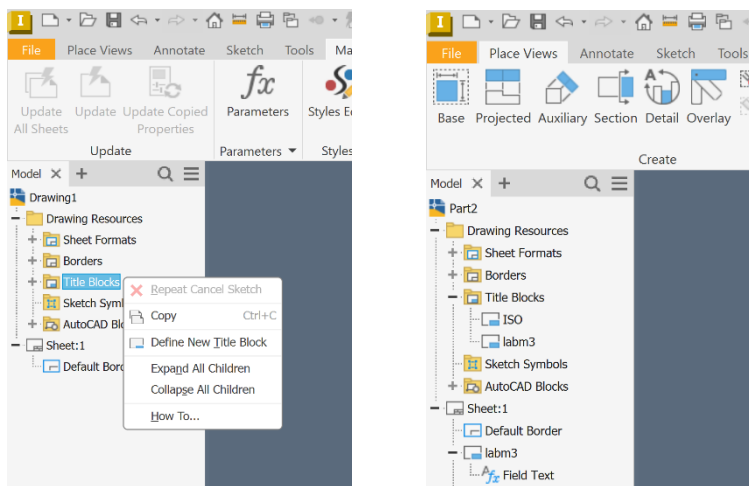
Σχήμα 3.30: Μορφοποίηση χαρτιού

Κάτι ακόμη που έχουμε την δυνατότητα να τροποποιήσουμε είναι το υπόμνημα. Το υπόμνημα που σχεδιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα εργασία φαίνεται στο σχήμα 3.31. Χρησιμοποιήθηκε το λογότυπο του εργαστηρίου Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης, το ονοματεπώνυμο του σχεδιαστή, ο τίτλος του τεμαχίου, οι ανοχές, ο αριθμός του τεμαχίου, η κλίμακα, η ημερομηνία κατασκευής, η γλώσσα και τέλος ο αριθμός των φύλλων.

 www.m3.tuc.gr	Σχεδίαση: Αικατερίνη Ασημοπούλου	Ανοχές: Γενικές ανοχές f - ISO2768-1		
	Τίτλος:	Αριθμός:		
		Κλίμ.	Ημερομηνία	Γλώσσα Φύλλο

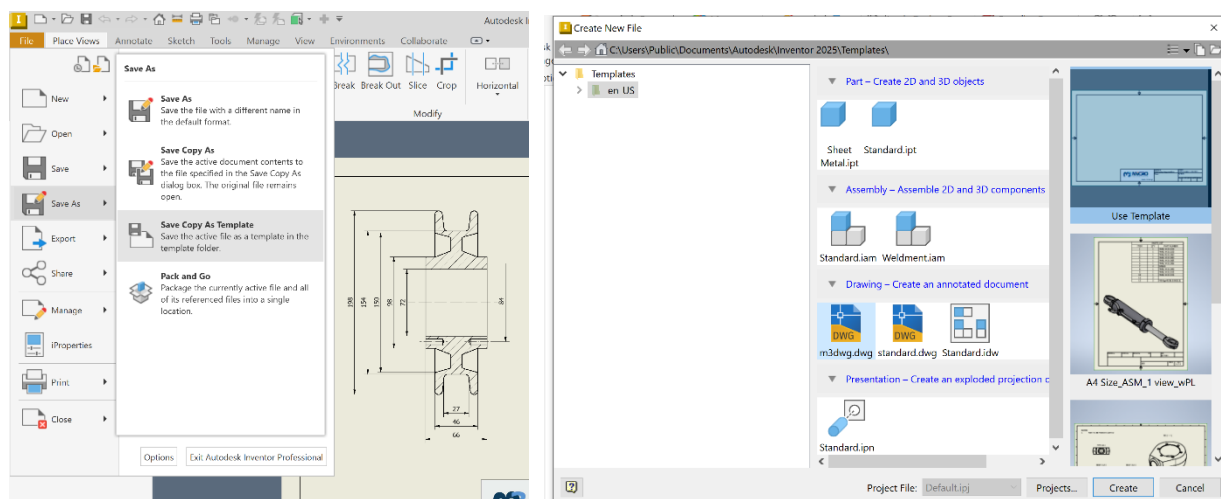
Σχήμα 3.31: Το υπόμνημα

Για να βάλουμε το υπόμνημα που κατασκευάσαμε στο σχέδιο, από το δέντρο των μορφολογικών χαρακτηριστικών στα αριστερά διαγράφεται το ISO που εμφανίζεται στο sheet, έπειτα πάμε στο Drawing Resources>Title Blocks>δεξί κλικ>Define New Title Block και ξεκινάει η σχεδίαση ενός νέου υπομνήματος. Μόλις τελειώσουμε πατάμε Finish Sketch και του δίνουμε ένα όνομα για παράδειγμα labm3. Τέλος, στο νέο υπόμνημα πατάμε δεξί κλικ>Insert και έτσι έρχεται στο φύλλο σχεδίασης.



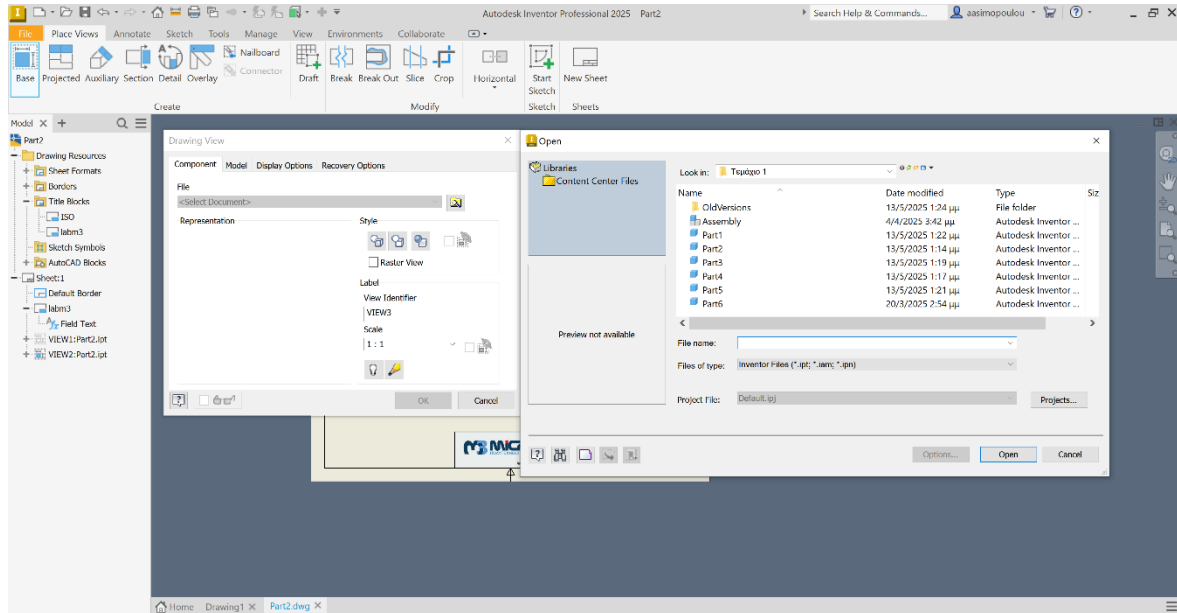
Σχήμα 3.32: Εισαγωγή νέου υπομνήματος

Για να αποφύγουμε αυτήν την διαδικασία σε κάθε νέο αρχείο, μπορούμε σε αυτό που δημιουργήσαμε να πατήσουμε File>Save As>Save Copy As Template και το αποθηκεύουμε στον επιθυμητό φάκελο στον υπολογιστή μας. Έτσι θα μπορούμε να πατάμε New και ως drawing file να επιλέγουμε το νέο template που φτιάχτηκε με το κατάλληλο υπόμνημα (σχήμα 3.33).

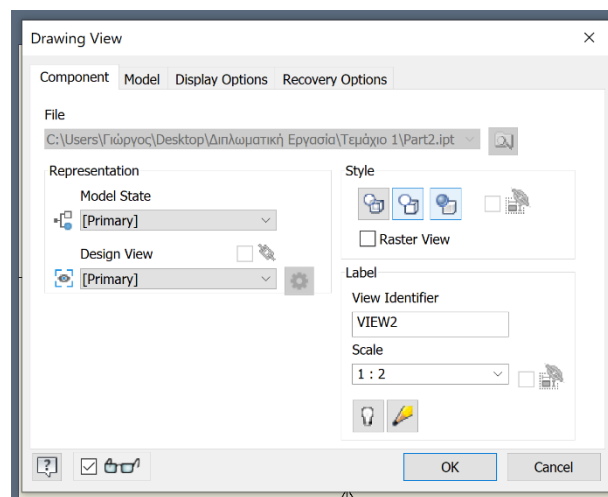


Σχήμα 3.33: Αποθήκευση αρχείου ως template

Αφού έγιναν όλα τα παραπάνω μπορούμε να ξεκινήσουμε την μηχανολογική σχεδίαση. Το Inventor μας δίνει την δυνατότητα να εισάγουμε κατευθείαν το 2D σχέδιο ενός 3D αντικειμένου που έχουμε ήδη σχεδιάσει. Πατάμε στο Base View και επιλέγουμε από τα αρχεία του υπολογιστή μας το τεμάχιο που θέλουμε. Έπειτα τοποθετούμε τις επιθυμητές όψεις (σχήμα 3.34). Μπορούμε να επιλέξουμε οι όψεις ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδίου να εμφανίζουν τις κρυφές γραμμές, να μην τις εμφανίζουν ή να δημιουργούν ένα συμπαγές στερεό με την εντολή Style (σχήμα 3.35).

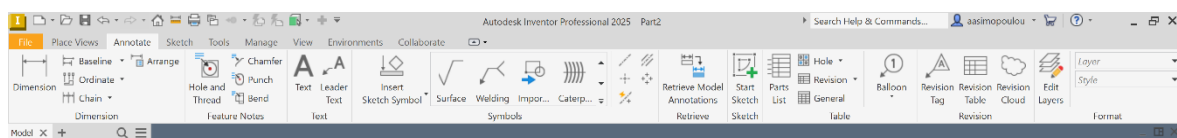


Σχήμα 3.34: Επιλογή τεμαχίου προς σχεδίαση



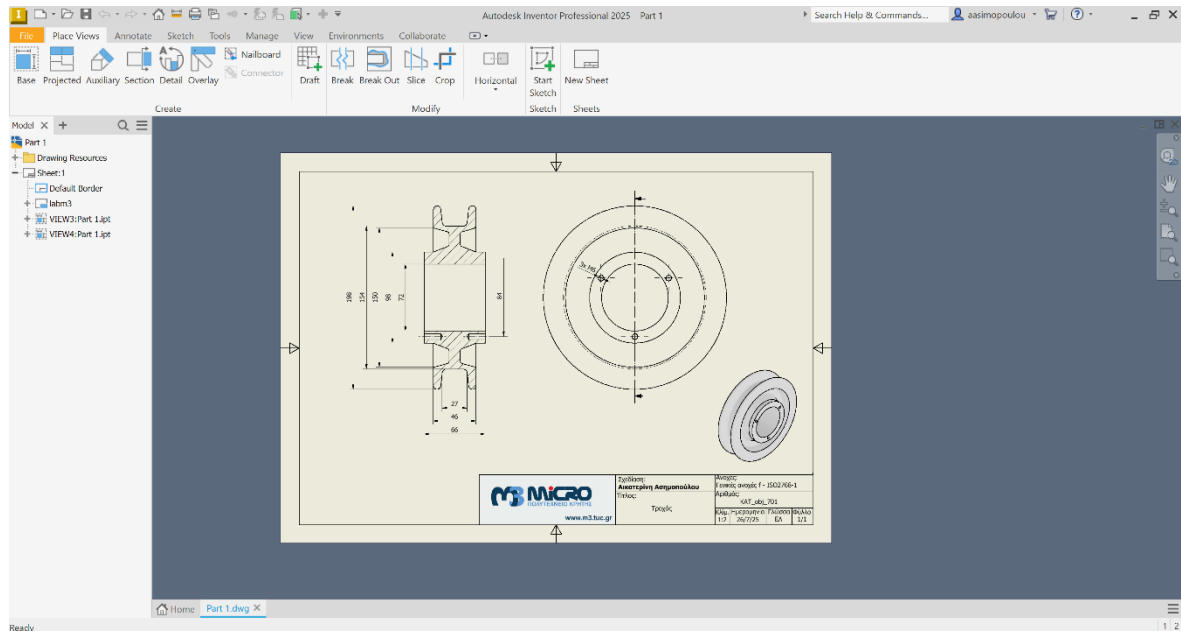
Σχήμα 3.35: Επιλογή μορφής της όψης

Έπειτα, ξεκινάμε να βάζουμε άξονες και διαστάσεις χρησιμοποιώντας τις εντολές που βρίσκονται στην γραμμή εργαλείων, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.36.



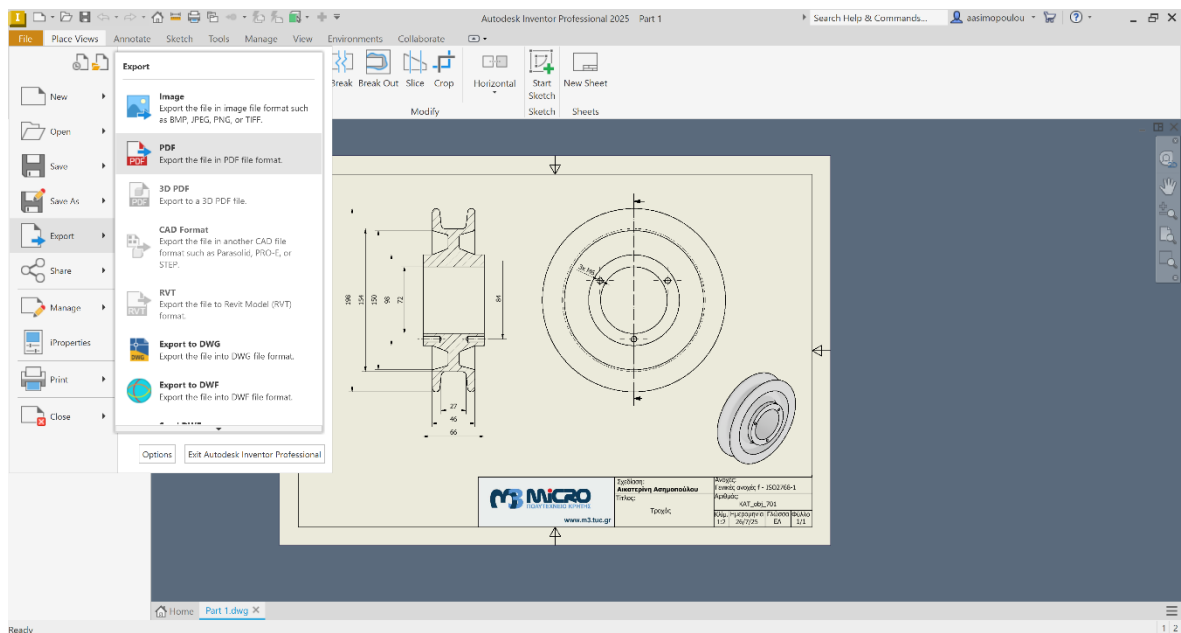
Σχήμα 3.36: Γραμμή εργαλείων drawing

Με αυτόν τον τρόπο τοποθετούνται στο σχέδιο όλες οι απαραίτητες όψεις. Στην συνέχεια προχωράμε στην διαστασιολόγηση σύμφωνα με το πρότυπο ISO που ακολουθούμε. Επίσης, τοποθετήθηκε σε κάθε σχέδιο και το τεμάχιο ως συμπαγές στερεό ώστε να είναι πιο κατανοητό για τον αναγνώστη. Στο σχήμα 3.37 απεικονίζεται ένα παράδειγμα ενός ολοκληρωμένου σχεδίου.



Σχήμα 3.37: Ολοκληρωμένο κατασκευαστικό σχέδιο

Τέλος, με το πρόγραμμα Inventor όπως και με άλλα παρόμοια προγράμματα CAD, μπορούμε να αποθηκεύσουμε τα αρχεία drawing σε pdf, ώστε να μπορούμε να διαβάσουμε το μηχανολογικό σχέδιο σε κάθε υπολογιστή που δεν διαθέτει αυτό το λογισμικό καθώς επίσης να το εκτυπώσουμε και πολλά ακόμη. Το μόνο που πρέπει να κάνουμε είναι από το αρχείο dwg να επιλέξουμε File>Export>PDF και να το αποθηκεύσουμε όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.38.



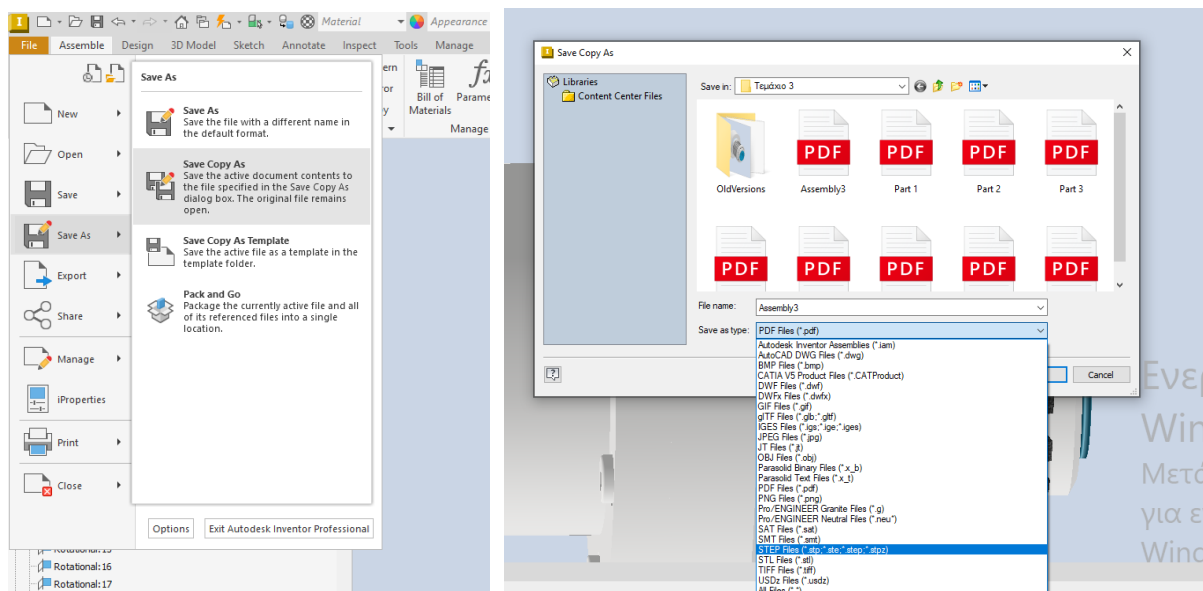
Σχήμα 3.38: Αποθήκευση αρχείου ως pdf

4. ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΟΥΜΕΝΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουμε την διαδικασία που ακολουθήθηκε ώστε να δημιουργηθούν τα επιθυμητά animation video. Η διαδικασία αυτή έλαβε χώρα στο περιβάλλον του SolidWorks 2024, καθώς εκείνο μας δίνει πολλές παραπάνω δυνατότητες σε σύγκριση με το λογισμικό Inventor Professional 2025 by Autodesk. Σκοπός αυτών των βίντεο στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι τα τεμάχια να κινούνται πάνω στο μηχανολογικό τους σχέδιο, να γίνεται σε animation η τομή τους ώστε να φανούν τα εσωτερικά χαρακτηριστικά τους καθώς και να φανεί ο τρόπος σύνδεσης τους με την χρήση των εκρηγνυόμενων όψεων.

4.1 Μετατροπή αρχείων

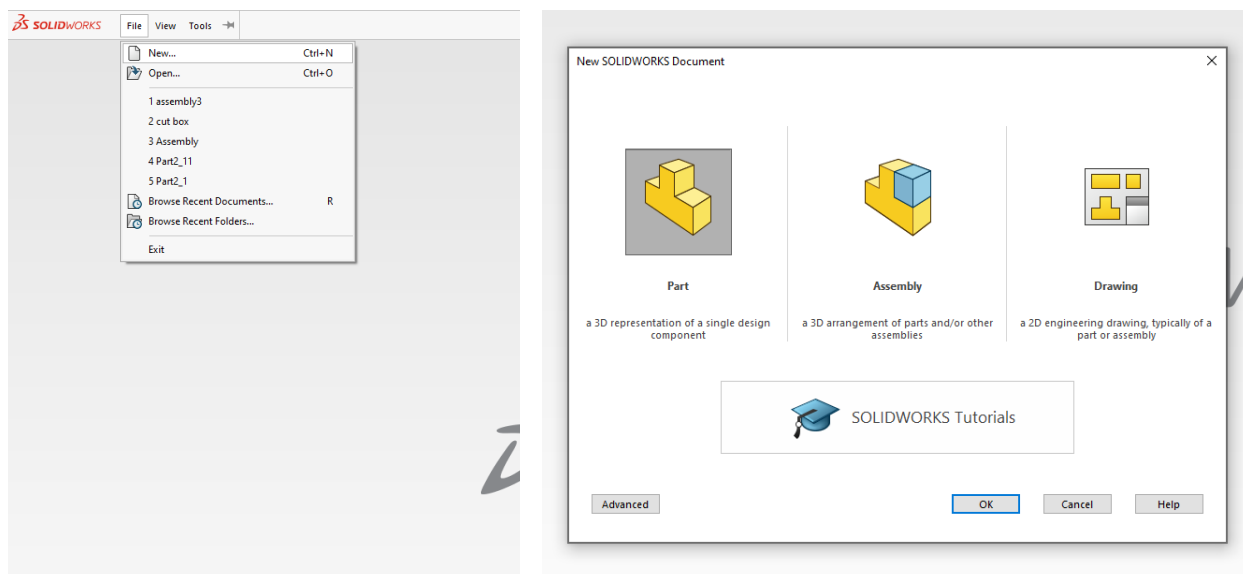
Όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω η σχεδίαση των τεμαχίων έγινε στο λογισμικό Inventor οπότε θα πρέπει να μετατρέψουμε τα αρχεία σε τέτοια μορφή ώστε να μπορούν να εισαχθούν στο περιβάλλον του SolidWorks. Η διαδικασία αυτή είναι αρκετά εύκολη, το μόνο που χρειάζεται να κάνουμε είναι στο αρχείο του assembly μας να πατήσουμε πάνω αριστερά File>Save Copy As και έπειτα να επιλέξουμε στο Save as type το “STEP files” καθώς αυτή είναι η μορφή αρχείων του Solidworks (σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1 : Μετατροπή αρχείων σε STEP files

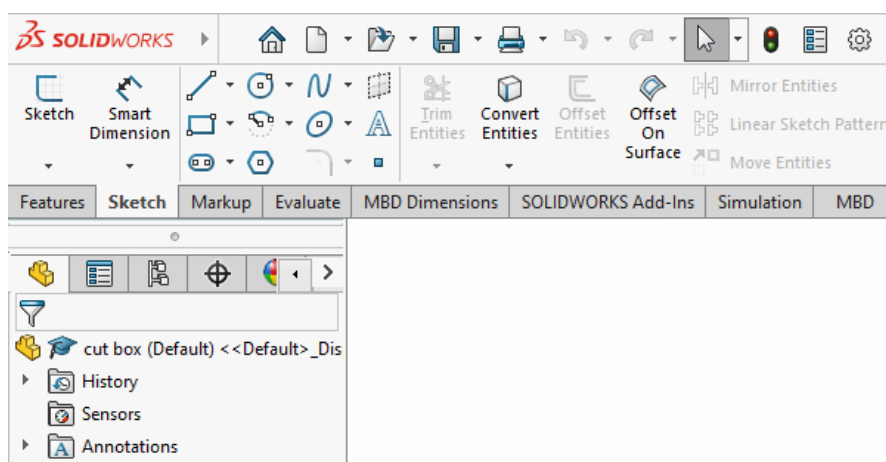
4.2 Μελέτη κίνησης

Αφού ολοκληρώθηκε η μετατροπή των αρχείων είναι εφικτό το άνοιγμα τους στο SolidWorks. Στην συνέχεια, για να δημιουργήσουμε το εφέ της τομής στα animation μας είναι απαραίτητο να φτιάξουμε ένα κουτί περίπου στις διαστάσεις του τεμαχίου μας. Για να το κάνουμε αυτό, ανοίγουμε το πρόγραμμα και στην αρχική σελίδα πάμε πάνω αριστερά και πατάμε File>New. Στο νέο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε την μορφή Part και πατάμε OK όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2. Γενικά η λογική σχεδιασμού, καθώς και οι εντολές, μοιάζουν πολύ με αυτά που δείξαμε για το Inventor.



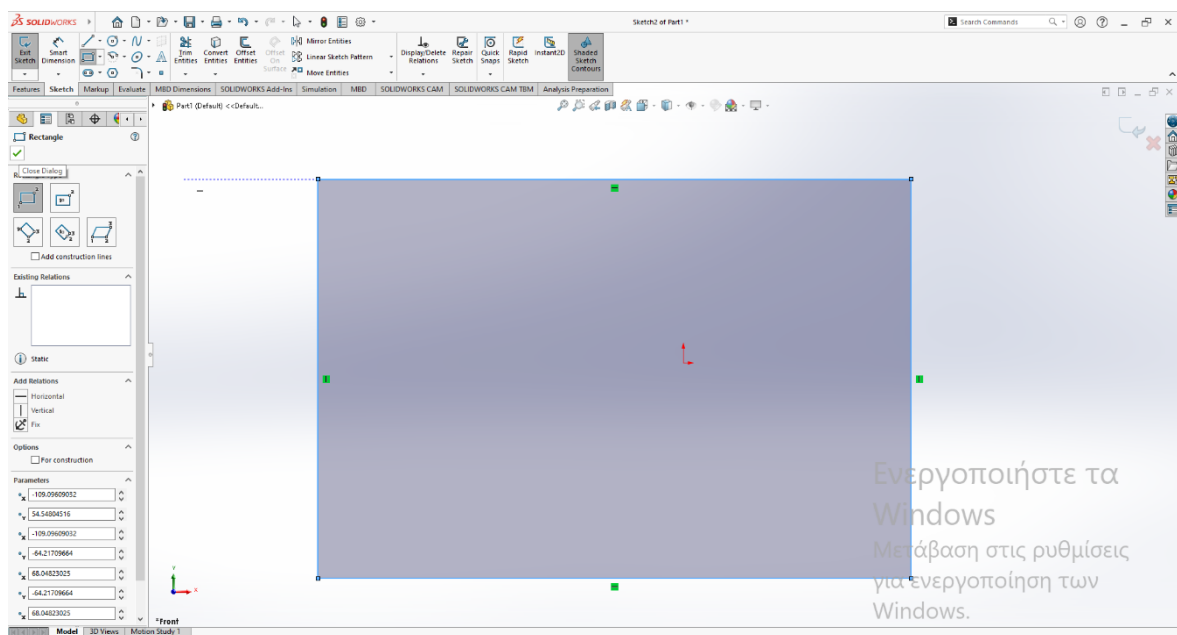
Σχήμα 4.2: Δημιουργία αρχείου part

Έτσι βρισκόμαστε στην αρχική σελίδα ενός Part στο SolidWorks. Για να ξεκινήσει η σχεδίαση πατάμε πάνω αριστερά το Sketch (σχήμα 4.3).



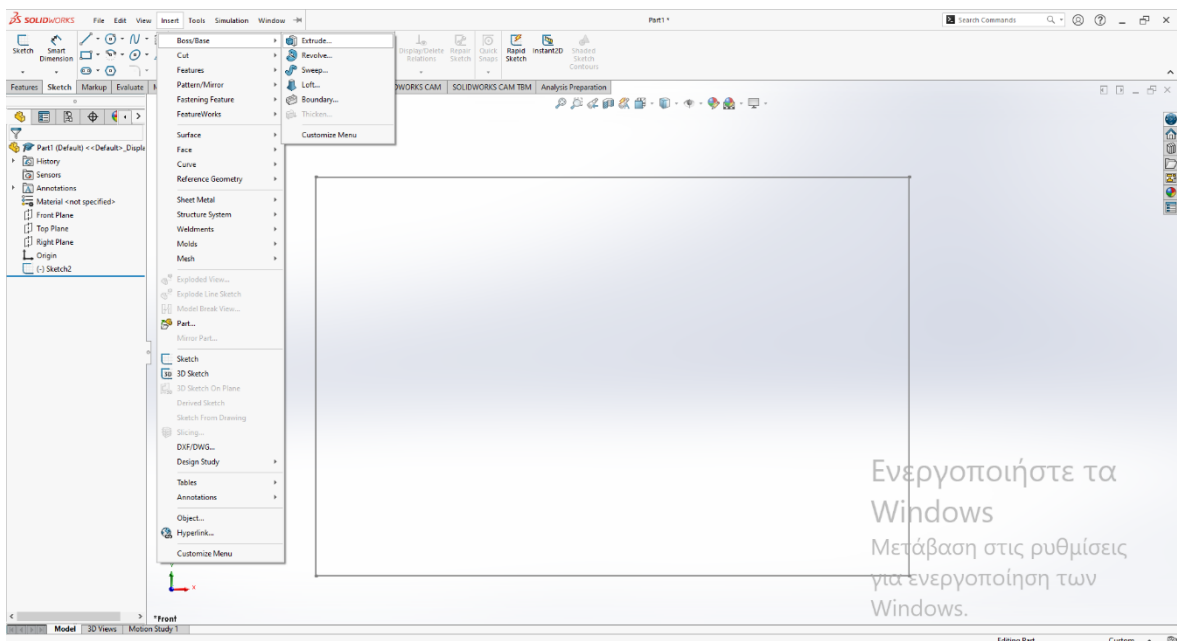
Σχήμα 4.3: Έναρξη Sketch

Από την γραμμή εργαλείων επιλέγουμε την εντολή Corner Rectangle, επιλέγουμε το επίπεδο σχεδιασμού ακριβώς όπως και στο λογισμικό Inventor και δημιουργούμε το επιθυμητό παραλληλόγραμμο με βάση τις διαστάσεις του Assembly που θέλουμε να κάνουμε Animate. Έπειτα πατάμε το OK (πράσινο τικ) στα αριστερά του παραθύρου για να κλείσουμε την σχεδίαση του παραλληλόγραμμου και μετά Exit Sketch πάνω αριστερά. (σχήμα 4.4).

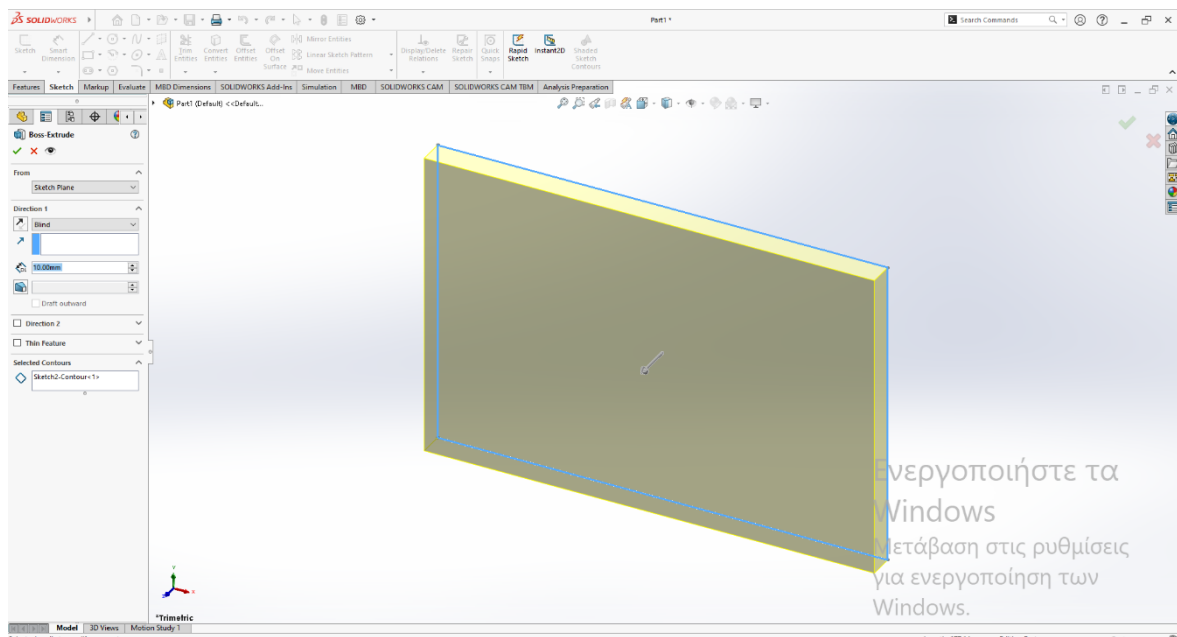


Σχήμα 4.4: Σχεδίαση με την εντολή Corner Rectangle.

Για να του δώσουμε όγκο, πάμε στο πάνω μέρος και πατάμε Insert>Boss/Base>Extrude και επιλέγουμε το σχέδιο μας. Στην καρτέλα αριστερά βάζουμε την απόσταση που χρειαζόμαστε και πατάμε ξανά OK όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5 και στο σχήμα 4.6.

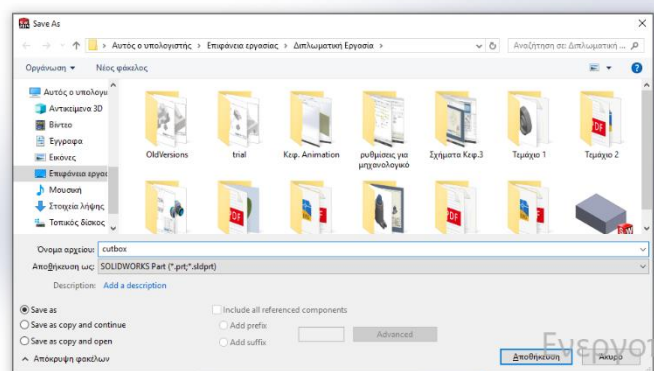
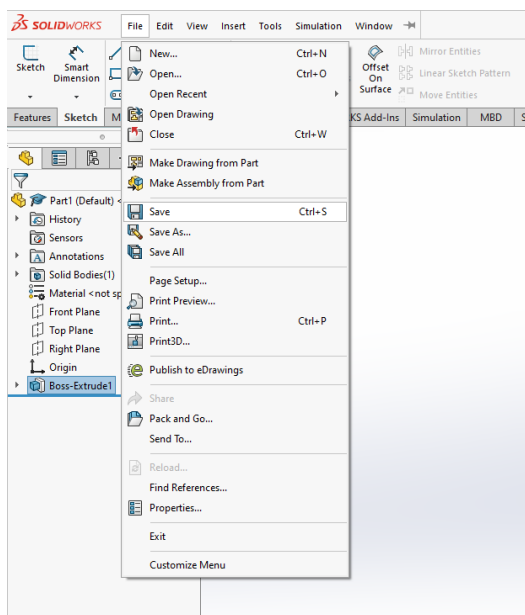


Σχήμα 4.5: Εντολή Extrude



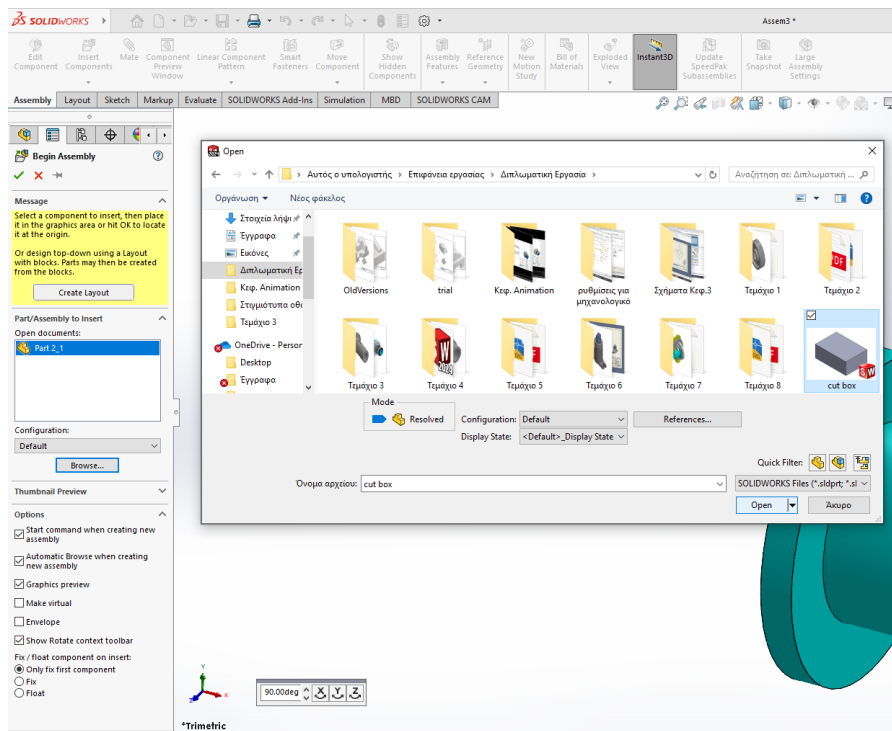
Σχήμα 4.6: Ολοκλήρωση εντολής

Τελευταίο βήμα είναι η αποθήκευση του αρχείου. Επιλέγεται πάνω αριστερά File>Save, στο παράθυρο που βγαίνει δίνεται ένα όνομα πχ.cut box και επιλέγουμε Αποθήκευση.



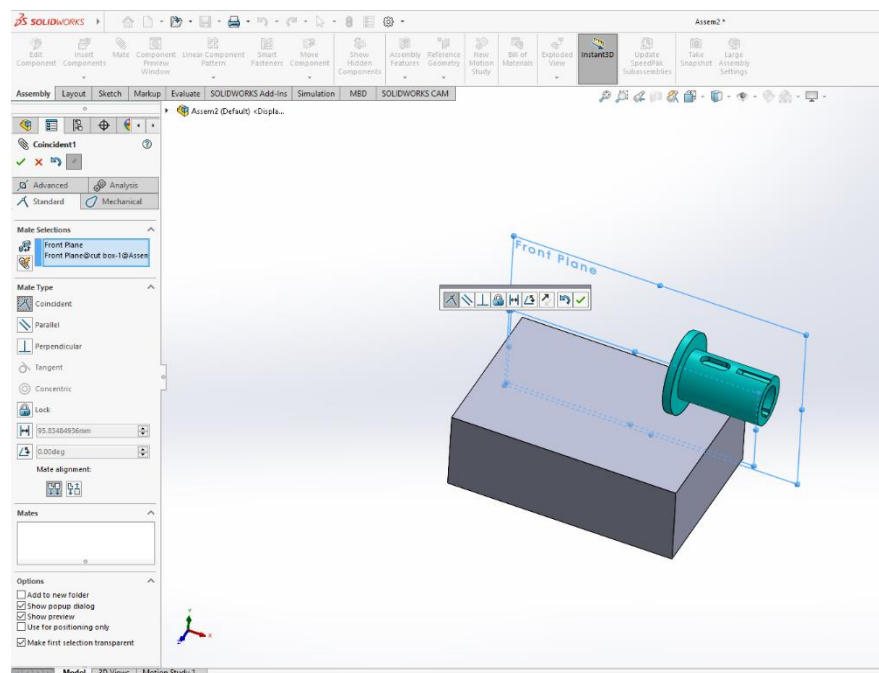
Σχήμα 4.7: Αποθήκευση τεμαχίου

Αρχικά θα δοκιμαστεί η μέθοδος σε ένα επιμέρους κομμάτι του Assembly. Δημιουργείται ένα νέο αρχείο Assembly όπου τοποθετούνται τα επιμέρους αρχεία part2 και cut box όπως φαίνεται στο σχήμα 4.8.



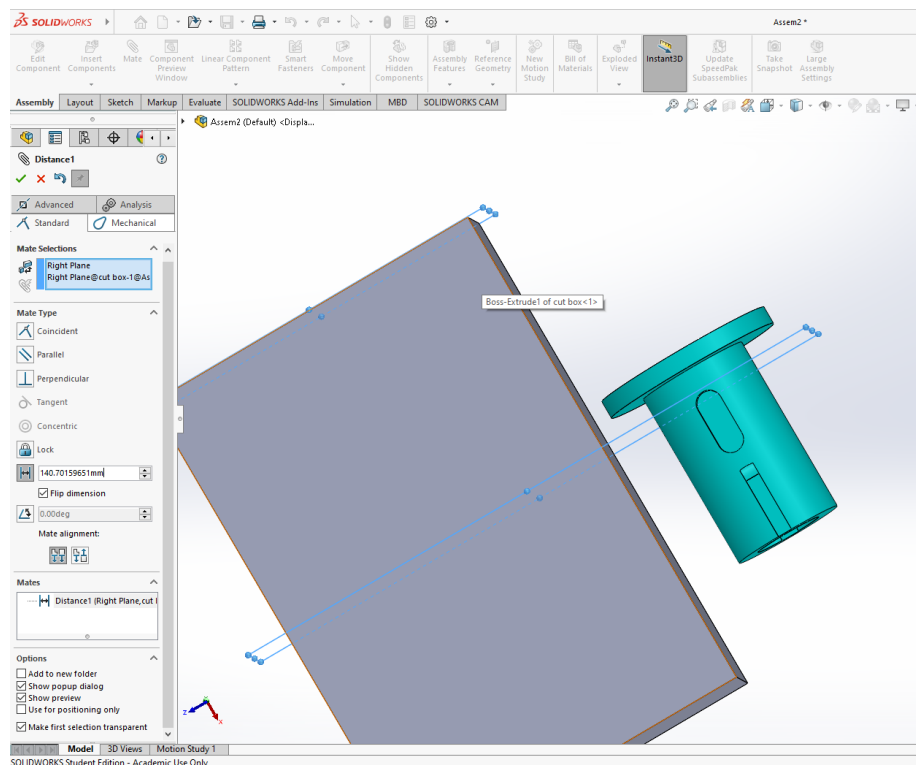
Σχήμα 4.8: Τοποθέτηση επιμέρους τεμαχίων

Ο ρόλος του cut box είναι να κόβει το τεμάχιο 2 όποτε βρίσκεται πάνω του. Οπότε αρχικά θα οριστούν κάποια mates ώστε να μπορεί να κινηθεί μόνο ως προς μία κατεύθυνση σχετικά με το τεμάχιο. Πρώτα από το Feature Manager Design Tree, επιλέγεται το Front plane του assembly (σχήμα 4.9), έπειτα με Ctrl επιλέγεται το Front plane του cut box και επιλέγεται η εντολή mate.



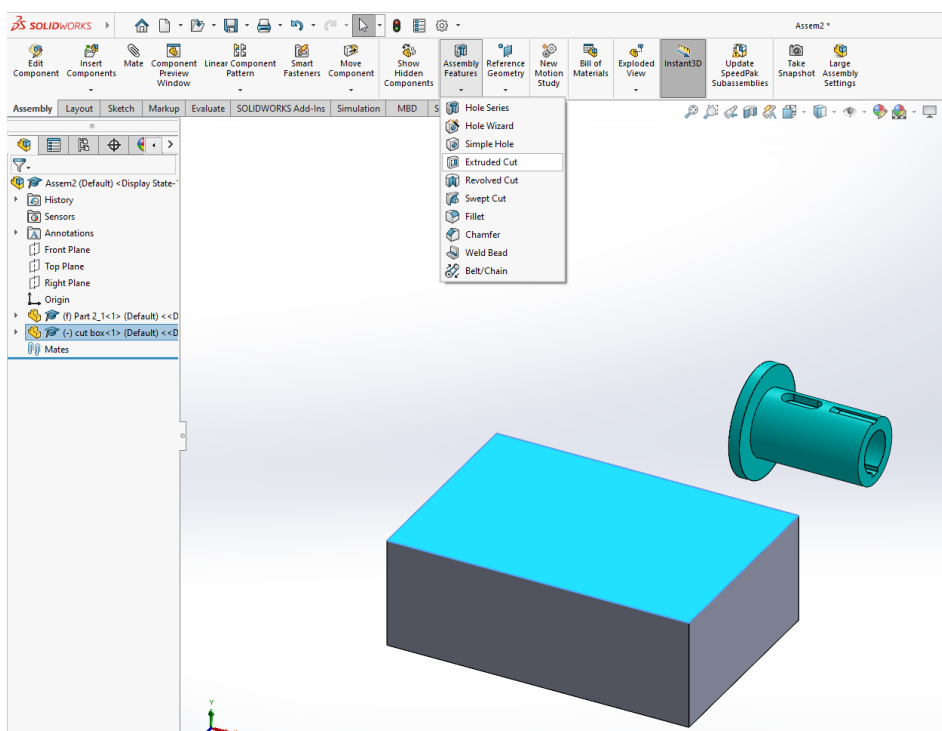
Σχήμα 4.9: Mate των επιπέδων

Επιλέγεται Στο μενού που βγαίνει, ως Mate Type το Coincident (σχήμα 4.9) και γίνεται κλικ στο OK. Ακριβώς η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για το Right plane. Η μόνη αλλαγή είναι ότι αλλάζεται το Distance ώστε το κουτί να χωράει όλο το τεμάχιο 2 (σχήμα 4.10).



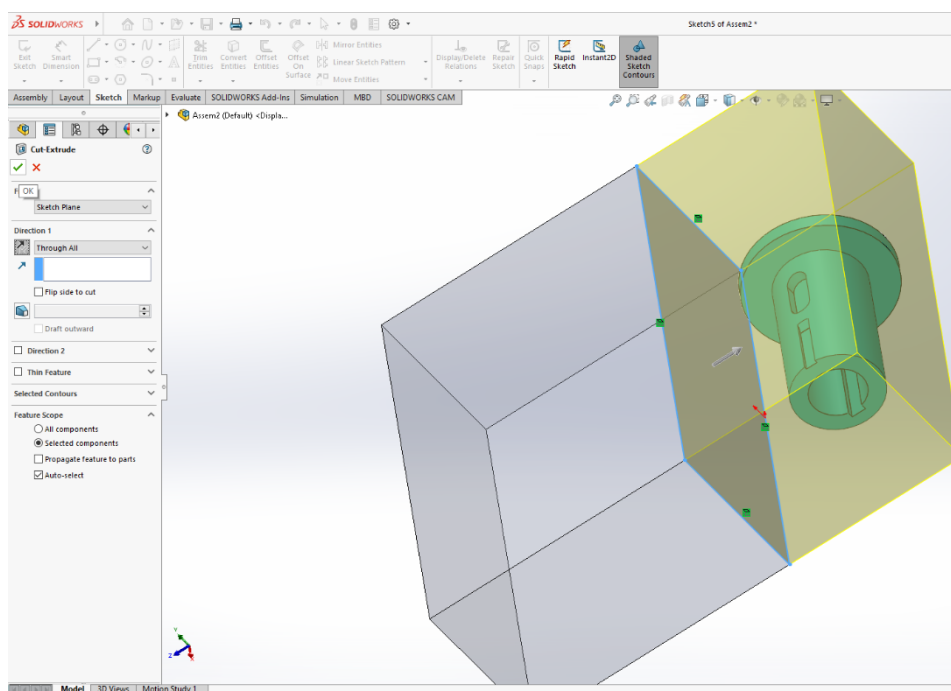
Σχήμα 4.10: Mate των επιπέδων με ορισμό απόστασης

Τώρα πρέπει να ορίσουμε το cut box να κόβει όταν ακουμπάει το τεμάχιο. Για να γίνει αυτό επιλέγεται από την γραμμή εργαλείων το Assembly Features και έπειτα το Extruded Cut όπως φαίνεται στο σχήμα 4.11.



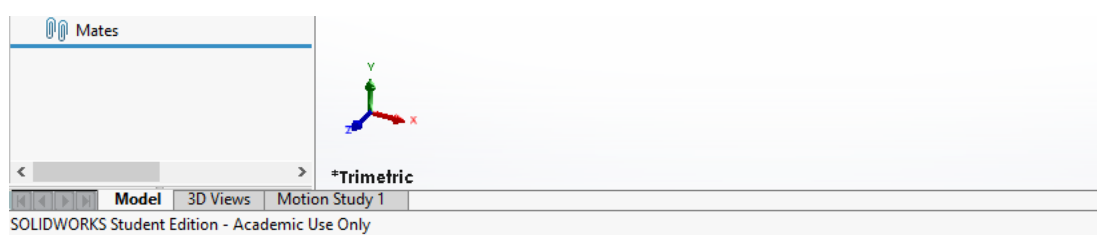
Σχήμα 4.11: Εντολή Extruded Cut

Επιλέγεται η πλευρά του cut box που πρέπει να κόβει και έπειτα επιλέγεται το convert entities όπου διαλέγεται η επιθυμητή ακμή και πατάμε OK. Στο παράθυρο που εμφανίζεται στο Direction επιλέγεται Through all και στο Feature Scope επιλέγεται το All components (ή το Selected Components αν είναι επιλεγμένα όλα) και πατάμε OK (σχήμα 4.12).



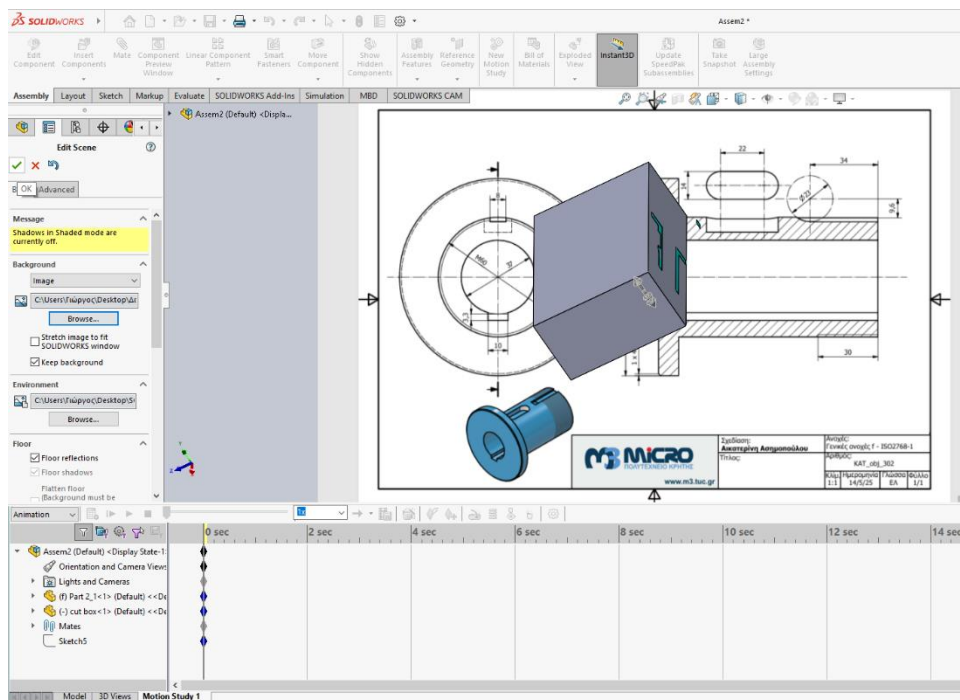
Σχήμα 4.12: Μορφοποίηση εντολής Cut Extrude

Εφόσον ολοκληρώθηκε η παραπάνω διαδικασία μπορούμε να περάσουμε στην καρτέλα Motion study από όπου και θα πραγματοποιηθεί η διαδικασία του Animation. Η καρτέλα αυτή βρίσκεται κάτω αριστερά του παραθύρου όπως φαίνεται στο σχήμα 4.13.



Σχήμα 4.13: Καρτέλα Motion Study

Το πρώτο πράγμα που πρέπει να γίνει είναι η τοποθέτηση του μηχανολογικού σχεδίου ως φόντο. Κάνουμε δεξί κλικ και επιλέγεται το Edit Scene. Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε Browse στον υπολογιστή και βρίσκουμε το αρχείο(φωτογραφία) που θα οριστεί ως φόντο (σχήμα 4.14). Πατάμε OK και είναι έτοιμο.



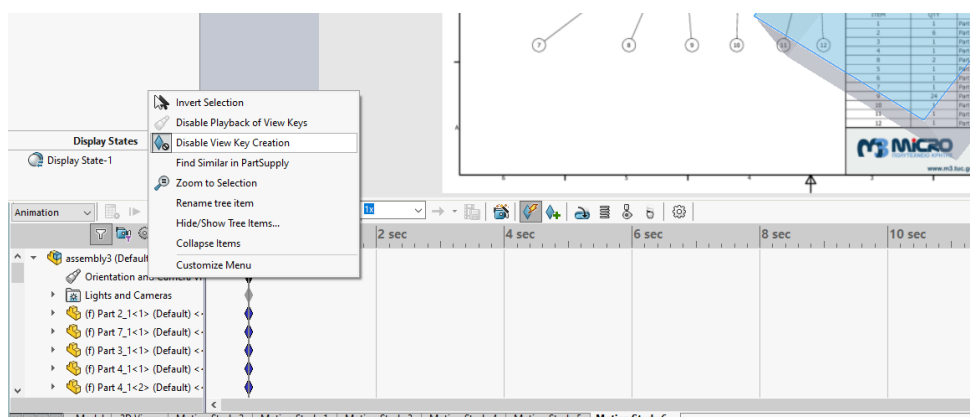
Σχήμα 4.14: Ορισμός φόντου

Εδώ ξεκινάει η μορφοποίηση του Animation. Αρχικά μπορούμε να καταγράψουμε κινήσεις με 2 τρόπους:

- Με το Animation Wizard, όπου εκτελεί κυρίως περιστροφές αυτόματα
- Με την χρήση κλειδιών keys.

Σε αυτή την διπλωματική θα χρησιμοποιηθούν και οι 2 μέθοδοι ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο αποτέλεσμα.

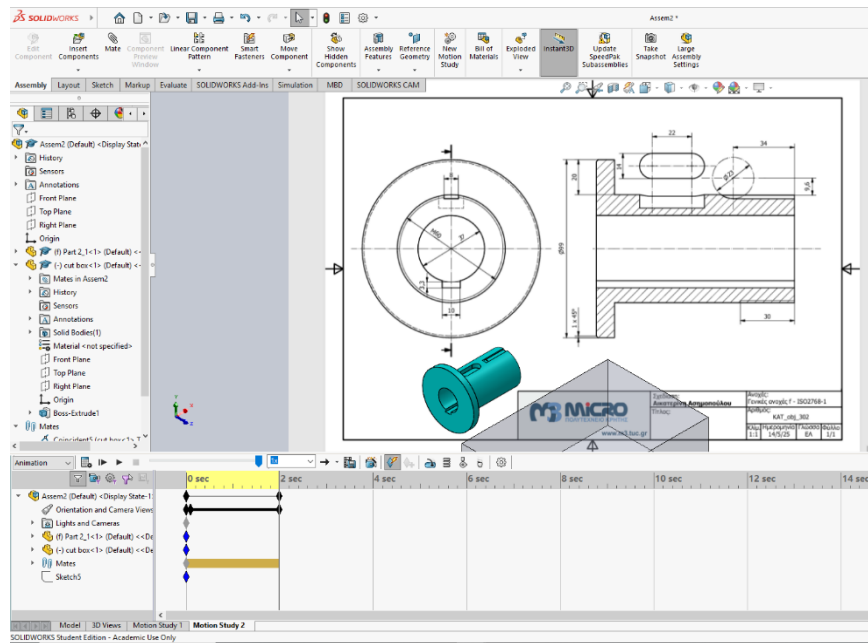
Για να μπορέσουμε να δημιουργούμε keys, πρέπει να πατήσουμε δεξί κλικ πάνω στο Orientation and Cameras και να ελέγξουμε αν το Disable View Key Creation είναι πατημένο. Εάν είναι, δεν θα δουλέψει η μέθοδος οπότε φροντίζουμε να μην είναι (σχήμα 4.15).



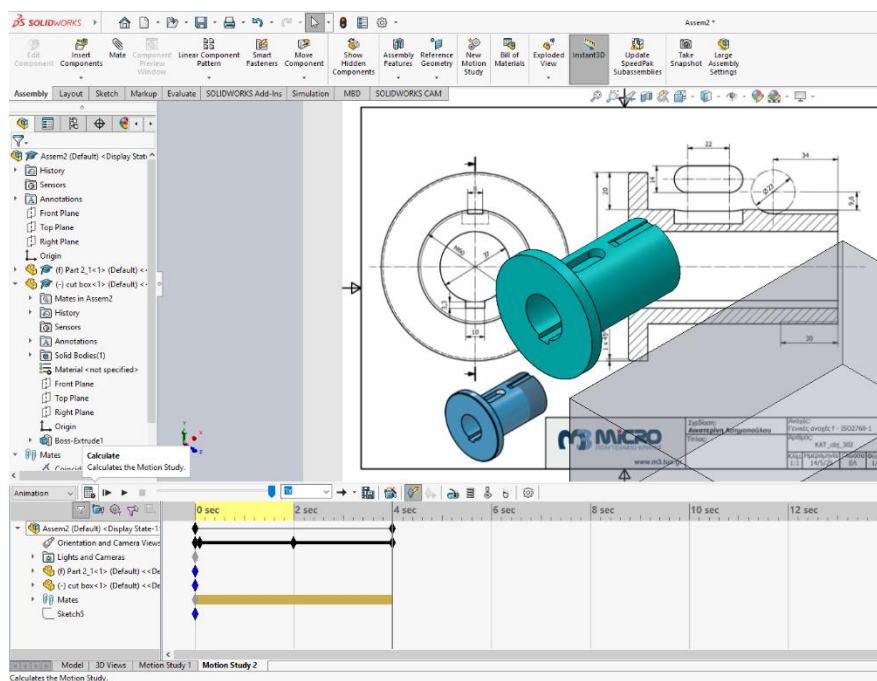
Σχήμα 4.15: Έλεγχος για το Disable View Key Creation

Το timeline χωρίζεται σε δευτερόλεπτα. Αρχικά θέλουμε το τεμάχιο να είναι τοποθετημένο πάνω στην μικρή τρισδιάστατη όψη του σχεδίου και να ξεκινάει από εκεί η κίνηση. Οπότε κάνουμε κλικ πάνω στο 0sec και βάζουμε στην επιθυμητή θέση το τεμάχιο. Έπειτα για τα

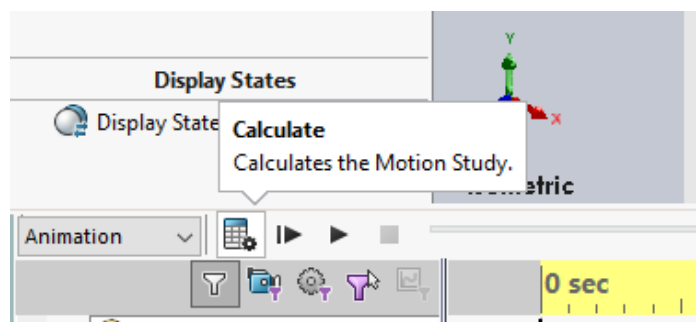
πρώτα 2sec θέλουμε το τεμάχιο να παραμένει ακίνητο οπότε μετακινούμε το key του χρόνου στα 2sec (σχήμα 4.16). Έπειτα θέλουμε το τεμάχιο να μεγαλώσει σε μέγεθος και να μπει στο κέντρο. Πρώτα «τραβάμε» τον χρόνο στο 4sec. Μετά εκτελούμε την κίνηση που θέλουμε (σχήμα 4.17). Σημασία πάντα έχουν μόνο η αρχική και η τελική θέση. Μόλις βάλουμε το τεμάχιο στην τελική θέση για τα 4sec πατάμε το Calculate που βρίσκεται δίπλα από το Animation στο Timeline (σχήμα 4.18). Με αυτόν τον τρόπο το SolidWorks κινεί ομαλά και γραμμικά το τεμάχιο μας ενώνοντας την αρχική και την τελική θέση που ορίσαμε



Σχήμα 4.16: Πρώτα 2 δευτερόλεπτα κίνησης



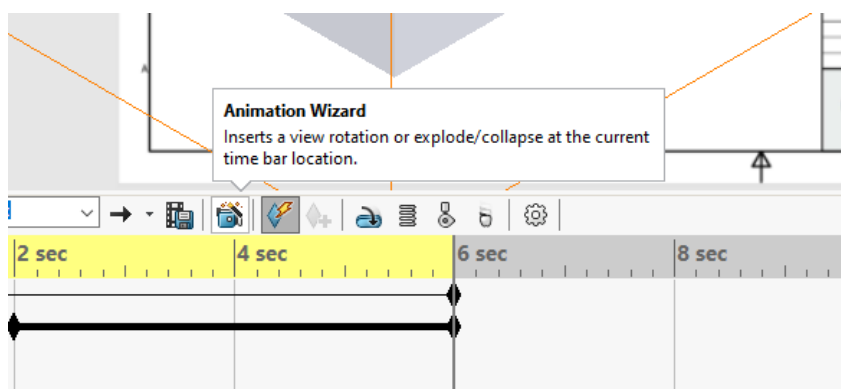
Σχήμα 4.17: Τελική θέση πρώτης κίνησης



Σχήμα 4.18: Εντολή Calculate

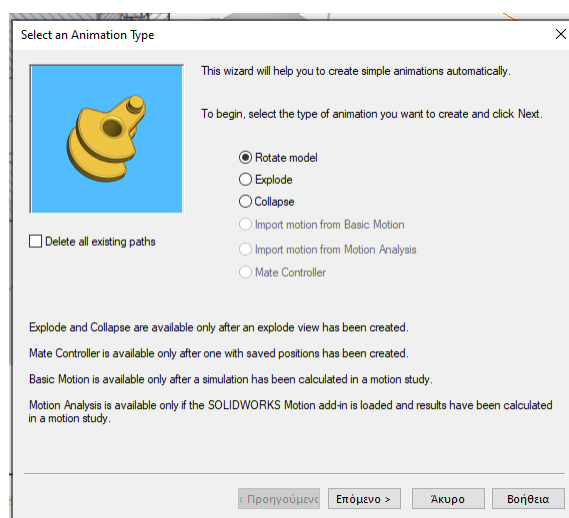
Όταν θα καταγράφονται κινήσεις με αυτή την μέθοδο θα πρέπει κάθε φορά μετά από κάθε μία κίνηση ξεχωριστά, να επιλέγεται η εντολή Calculate. Με αυτόν τον τρόπο το λογισμικό SolidWorks υπολογίζει και εκτελεί σωστά την κίνηση που ζητήθηκε.

Έπειτα θέλουμε να το κάνουμε να περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του. Για αυτό επιλέγουμε την μέθοδο Animation Wizard. Εφόσον αλλάζουμε μέθοδο, πρώτα και κύρια πρέπει να πάμε να ενεργοποιήσουμε το Disable View Key Creation. Στην συνέχεια πατάμε το εικονίδιο του animation wizard που βρίσκεται στην μπάρα του timeline (σχήμα 4.19).



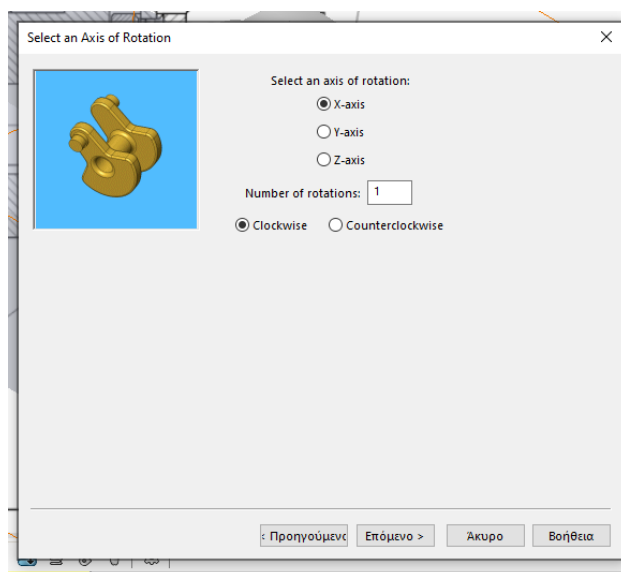
Σχήμα 4.19: Animation Wizard

Στο παράθυρο που μας ανοίγει, επιλέγουμε την εντολή Rotate Model όπως φαίνεται στο σχήμα 4.20.



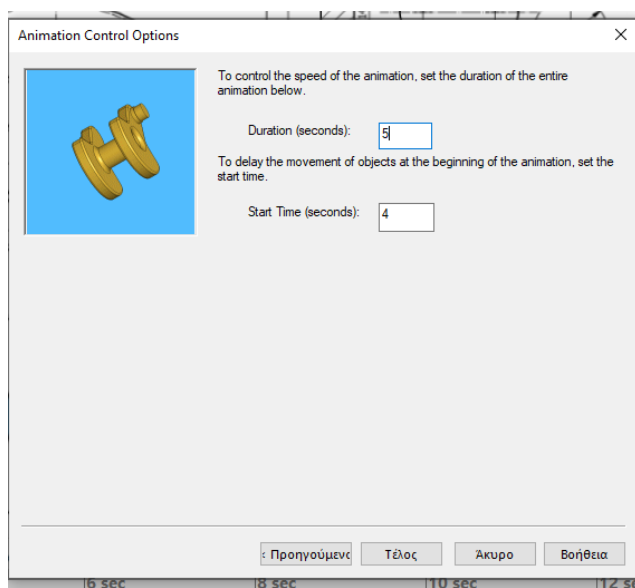
Σχήμα 4.20: Επιλογή Animation Type

Στο επόμενο παράθυρο επιλέγουμε περιστροφή του τεμαχίου κατά τον x άξονα καθώς και τον αριθμό περιστροφών όπως φαίνεται στο σχήμα 4.21.



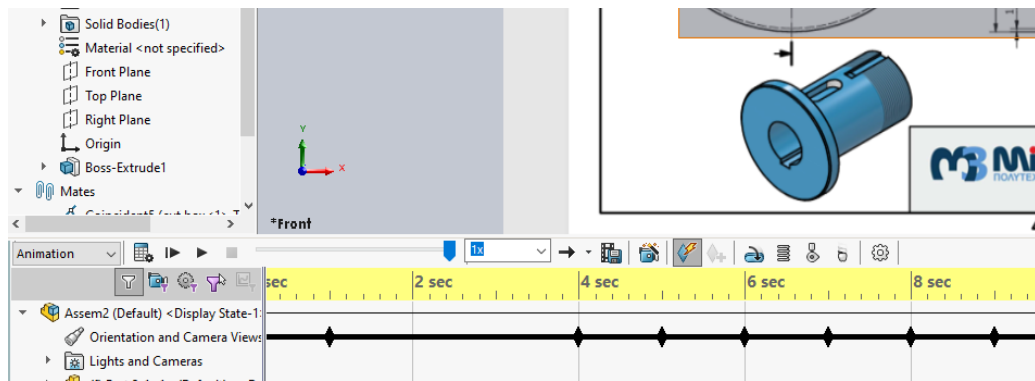
Σχήμα 4.21: Επιλογή άξονα περιστροφής

Και στο τελευταίο βήμα επιλέγουμε την διάρκεια της κίνησης καθώς και από ποιο δευτερόλεπτο θα ξεκινήσει όπως φαίνεται στο σχήμα 4.22. Στην προκειμένη περίπτωση θέλουμε να ξεκινάει στο δευτερόλεπτο 4 και να διαρκεί 5 δευτερόλεπτα. Πατάμε Τέλος και calculate και η κίνηση έχει δημιουργηθεί.



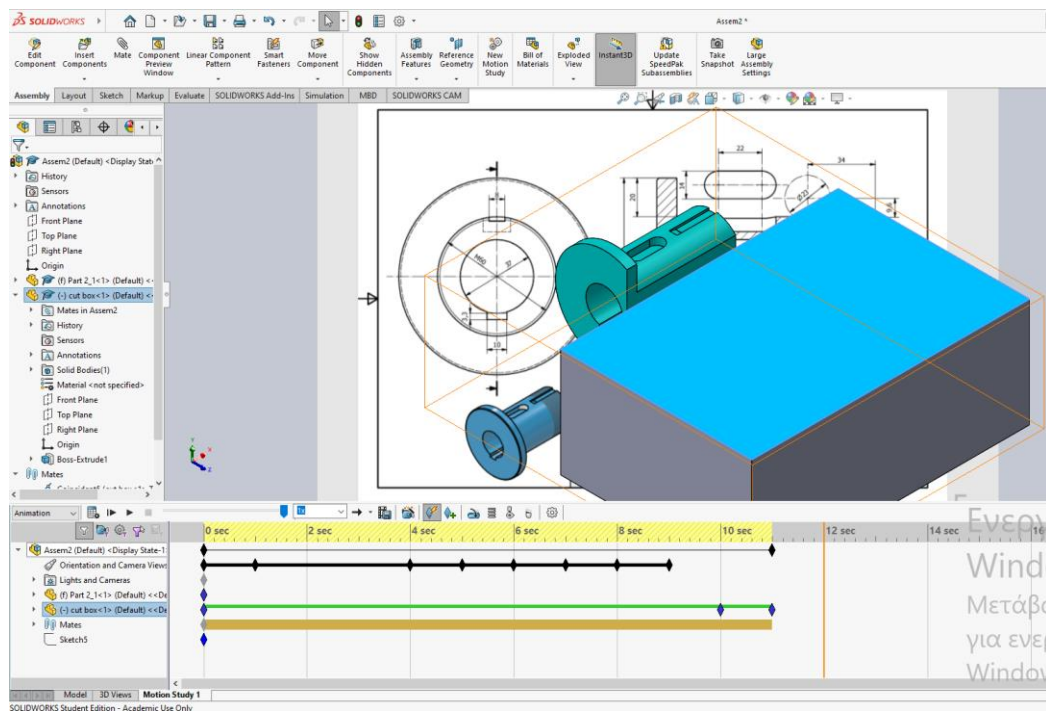
Σχήμα 4.22: Διάρκεια κίνησης

Στο σχήμα 4.23 που ακολουθεί μπορούμε να δούμε και τα keys που δημιουργήθηκαν αυτόματα ώστε να πραγματοποιείται η κίνηση που ορίσαμε.

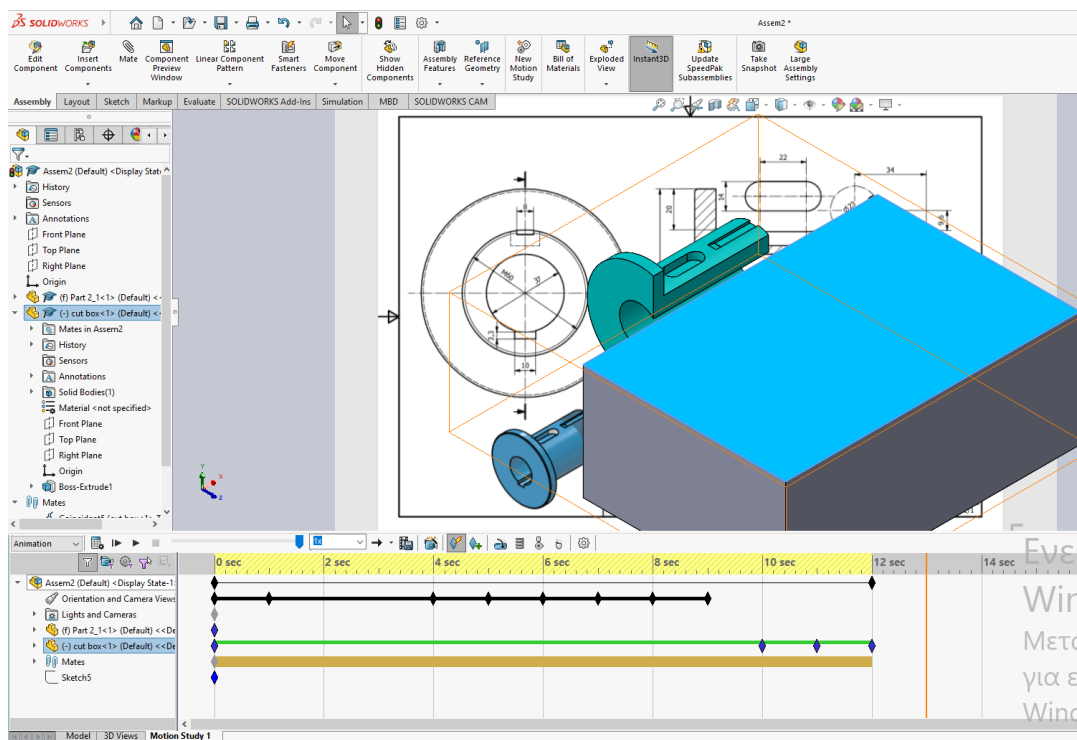


Σχήμα 4.23: Αποτέλεσμα των keys του Animation Wizard

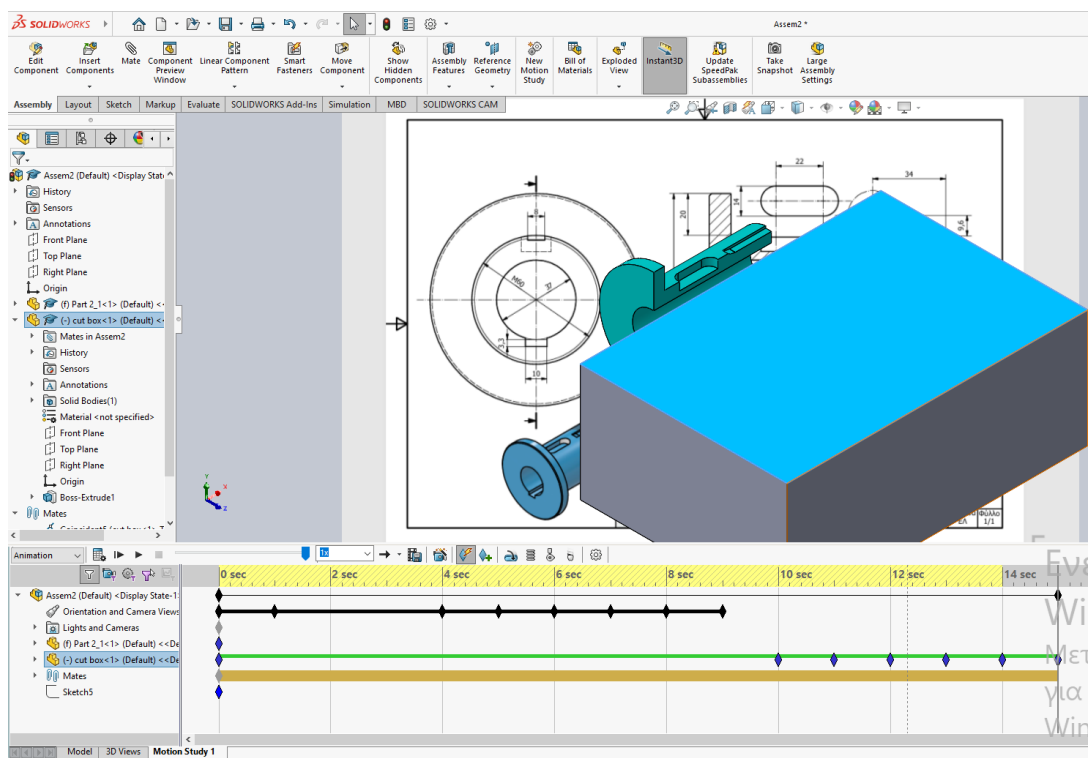
Σε αυτό το σημείο θέλουμε να δημιουργήσουμε την τομή. Απενεργοποιούμε το Disable View Key Creation. Έπειτα κουνώντας τον χρόνο ανά ένα δευτερόλεπτο κάθε φορά κουνάμε και το cut box λίγο λίγο ώστε να φαίνεται ομαλά στο μάτι (σχήμα 4.24).



(α)



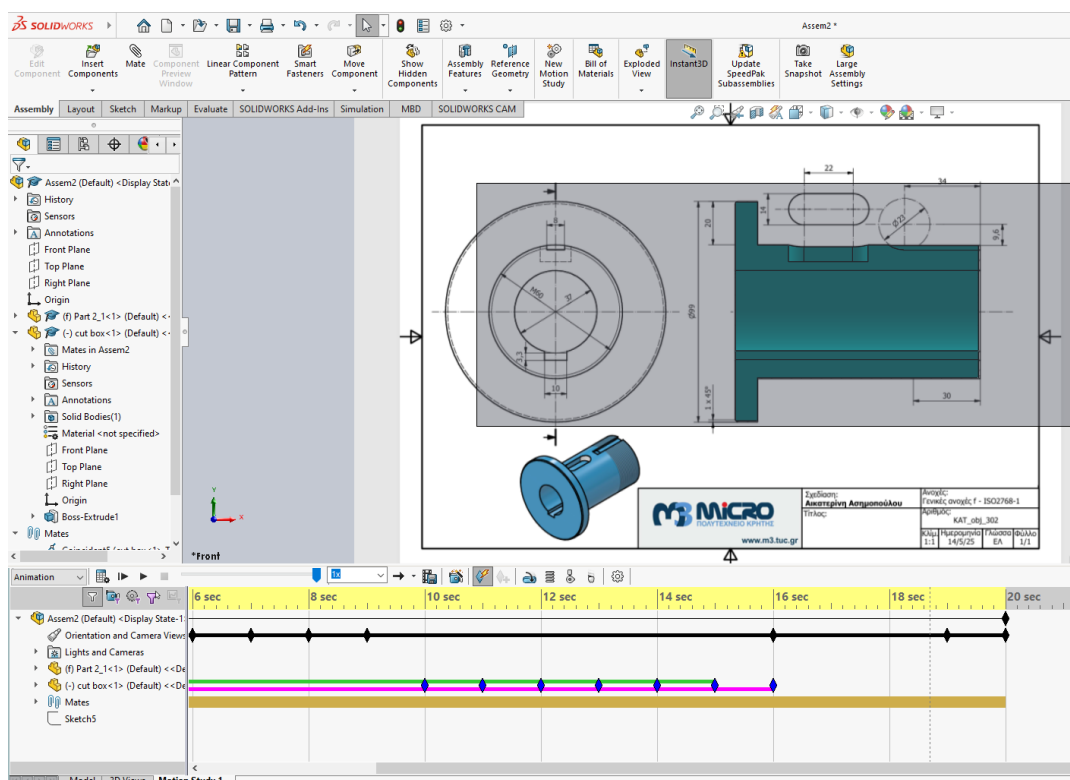
(β)



(γ)

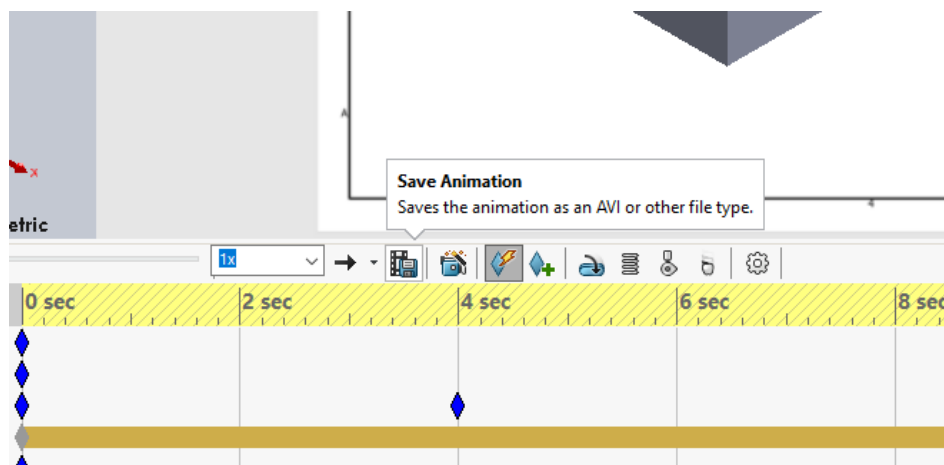
Σχήμα 4.24: (α) Βήμα 1 τομής, (β) Βήμα 2 τομής, (γ) Βήμα 3 τομής

Στην συνέχεια, θα μετακινηθεί το αποτέλεσμα της τομής πάνω στην όψη χρησιμοποιώντας την πρώτη μέθοδο με τα keys. Το αποτέλεσμα απεικονίζεται στο [σχήμα 4.25](#).



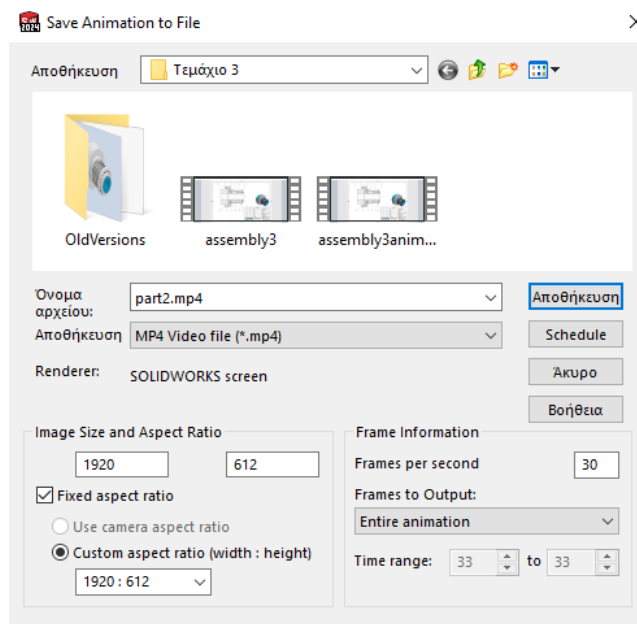
Σχήμα 4.25: Τοποθέτηση της τρισδιάστατης τομής πάνω στην δισδιάστατη όψη σε τομή

Ακριβώς με τον ίδιο τρόπο καταγράφηκαν όλες οι επιμέρους κινήσεις. Τελικό βήμα είναι η αποθήκευση του animation που δημιουργήθηκε. Πατάμε το Save Animation που βρίσκεται στην μπάρα του timeline όπως φαίνεται στο [σχήμα 4.26](#).



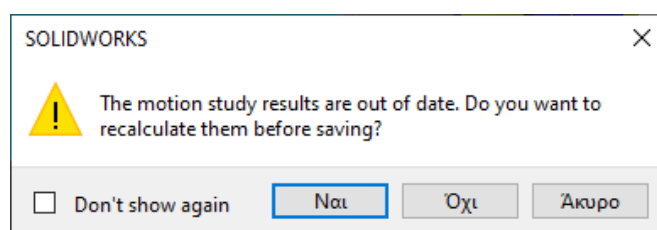
Σχήμα 4.26: Εντολή Save Animation

Στο παράθυρο που ανοίγει δίνουμε όνομα στο αρχείο και το αποθηκεύουμε ως MP4 Video file. Επίσης στο Frames per second βάζουμε 30 ([σχήμα 4.27](#)).



Σχήμα 4.27: Αποθήκευση βίντεο

Επιλέγουμε αποθήκευση και στο μήνυμα που εμφανίζει πατάμε Ναι (σχήμα 4.28). Το πρόγραμμα ξανά υπολογίζει όλο το animation και έπειτα το αποθηκεύει στον φάκελο που επιλέχθηκε.



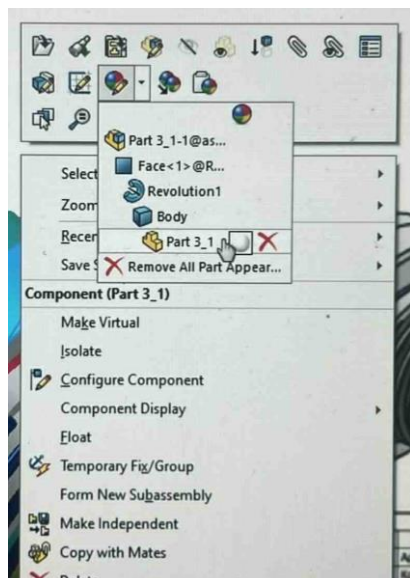
Σχήμα 4.28: Τελικό βήμα αποθήκευσης

Στην συνέχεια ανοίγεται το αρχείο Assembly που μετατράπηκε προηγουμένως ώστε να δημιουργηθεί το animation στο συναρμολογημένο. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι τα joints/constraints που έχουν οριστεί στο Inventor δεν μεταφέρονται αυτόματα στο SolidWorks. Ο λόγος είναι ότι το Inventor και Solidworks έχουν διαφορετικό «μηχανισμό» για να ορίζουν κινηματικές συνδέσεις.

- Το Inventor χρησιμοποιεί Joints&Constraints (rigid, cylindrical, planar κλπ.)
- Το SolidWorks χρησιμοποιεί Mates (coincident, concentric, distance, angle κλπ.)

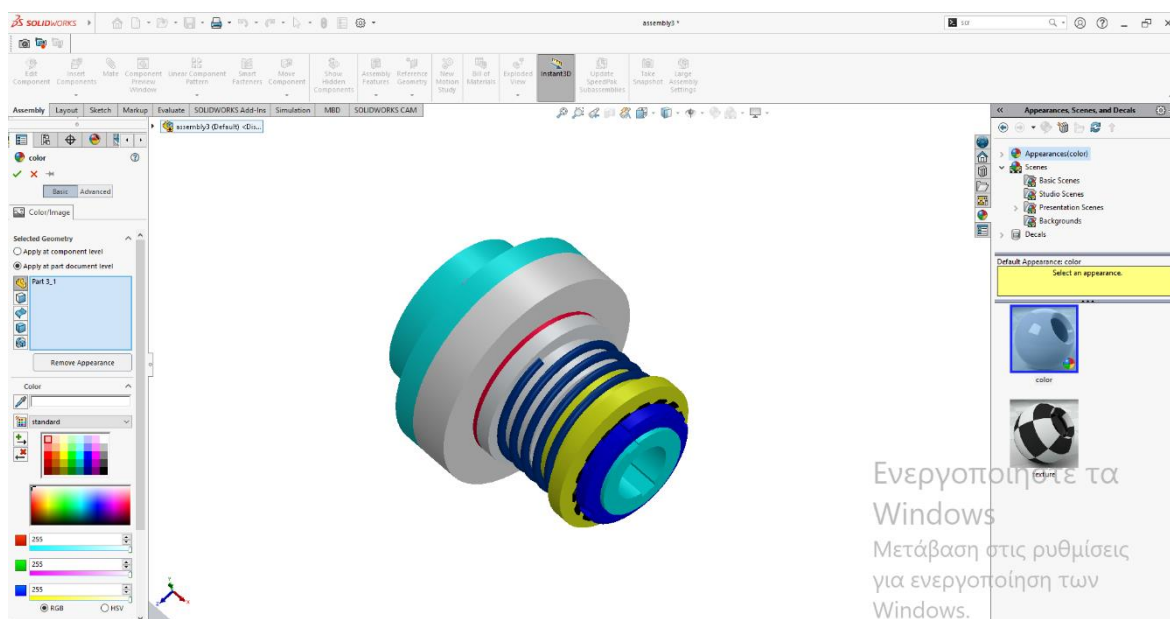
Παρόλα αυτά, όταν γίνεται import το αρχείο οι γεωμετρίες των εξαρτημάτων μεταφέρονται σωστά όπως επίσης και η δομή του assembly από όπως είχε συνδεθεί στο Inventor. Για να κρατηθεί λοιπόν αυτή η δομή και να μην χρειαστεί να φτιαχτεί το assembly στο περιβάλλον του SolidWorks από την αρχή, επιλέγεται όλο το assembly, δεξί κλικ και επιλέγεται το Fix. Έτσι διατηρείται η δομή που είχε δημιουργηθεί.

Σε αυτή την φάση γίνεται να αλλαχθούν τα χρώματα του κάθε επιμέρους τεμαχίου. Γενικά θα χρησιμοποιηθούν πολλά διαφορετικά και έντονα χρώματα καθώς με αυτόν τον τρόπο το βίντεο που θα φτιαχτεί θα είναι πιο κατανοητό αφού όλα θα διακρίνονται ευκολότερα. Για να αλλαχτεί λοιπόν το χρώμα γίνεται δεξί κλικ πάνω σε ένα κομμάτι και επιλέγεται το εικονίδιο Appearance και από το dropdown menu επιλέγεται το Part όπως φαίνεται στο σχήμα 4.29.



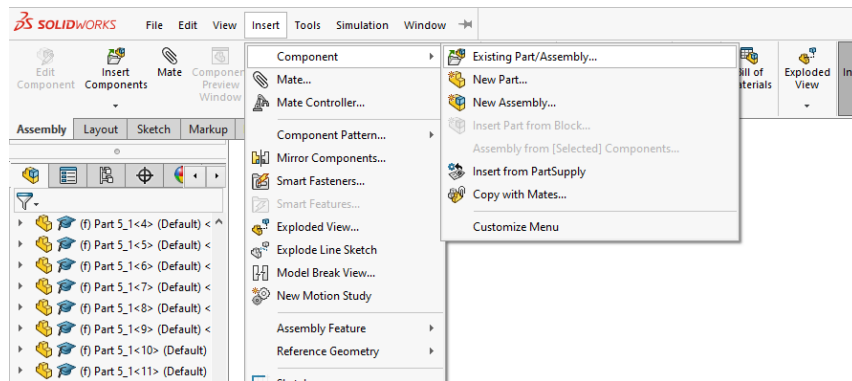
Σχήμα 4.29: Εντολή Appearance

Στο παράθυρο που ανοίγει υπάρχει μεγάλη γκάμα χρωμάτων από την οποία μπορεί να γίνει επιλογή χρώματος για κάθε τεμάχιο με τον ίδιο τρόπο. Όταν αποφασιστεί το ιδανικό, επιλέγεται το OK και το τεμάχιο είναι πια χρωματισμένο όπως φαίνεται στο σχήμα 4.30.



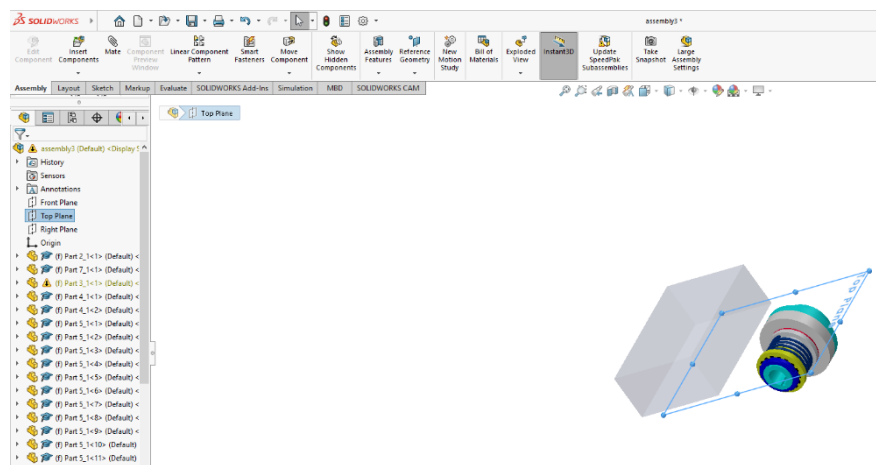
Σχήμα 4.30: Ολοκλήρωση χρωματισμού

Έπειτα πρέπει να εισαχθεί το cut box μέσα στο Assembly. Επιλέγεται Insert>Component>Existing Part/Assembly όπως φαίνεται στο σχήμα 4.31 και ανοίγεται το αρχείο cut box το οποίο εμφανίζεται πια στο περιβάλλον.



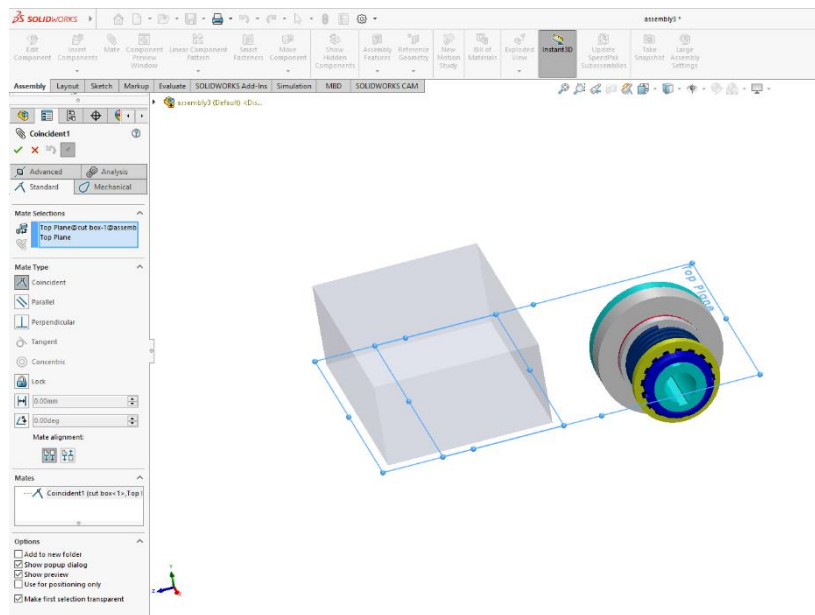
Σχήμα 4.31: Εισαγωγή cut box

Ο ρόλος του cut box είναι να κόβει το assembly όποτε βρίσκεται πάνω του. Οπότε αρχικά θα οριστούν κάποια mates ώστε να μπορεί να κινηθεί μόνο ως προς μία κατεύθυνση σχετικά με το τεμάχιο. Πρώτα από το Feature Manager Design Tree, επιλέγεται το Top plane του assembly (σχήμα 4.32), έπειτα με Ctrl επιλέγεται το Top plane του cut box και επιλέγεται η εντολή mate.



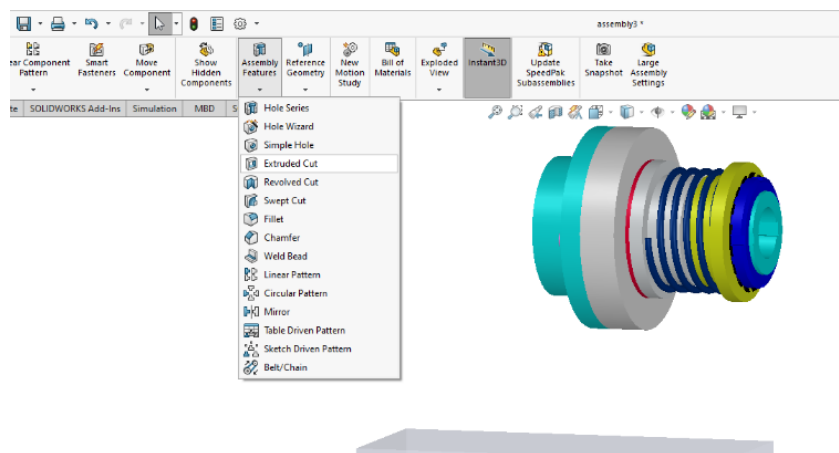
Σχήμα 4.32: Mate των επιπέδων

Στο μενού που βγαίνει, ως Mate Type επιλέγεται το Coincident (σχήμα 4.33) και γίνεται κλικ στο OK. Ακριβώς η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για το Right plane.



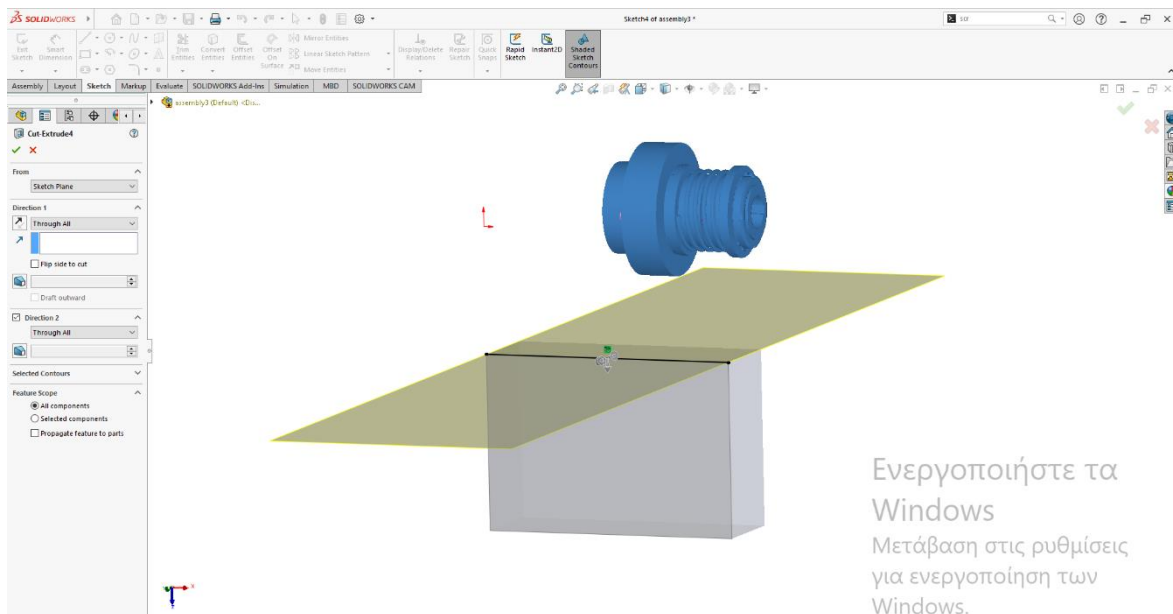
Σχήμα 4.33: Coincident mate

Τώρα πρέπει να το κάνουμε να κόβει όταν ακουμπάει το τεμάχιο. Για να γίνει αυτό επιλέγεται από την γραμμή εργαλείων το Assembly Features και έπειτα το Extruded Cut όπως φαίνεται στο σχήμα 4.34.



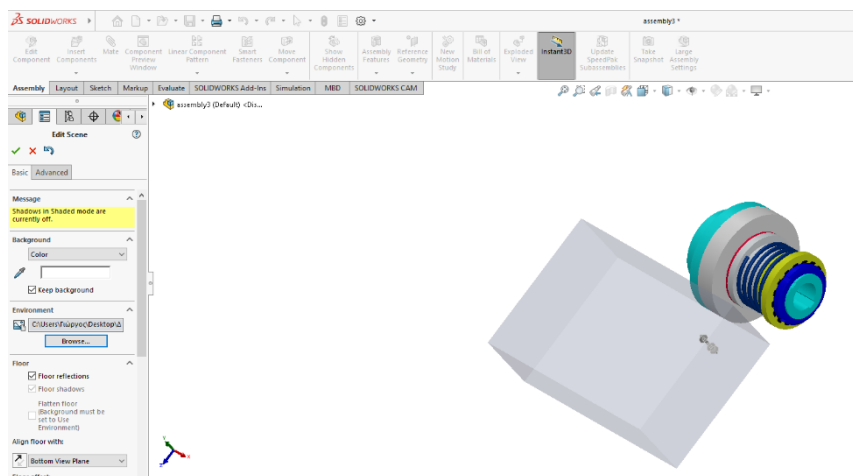
Σχήμα 4.34: Εντολή Extruded Cut

Επιλέγουμε την πλευρά του cut box που πρέπει να κόβει και πατάμε το convert entities επιλέγουμε την ίδια μεριά και πατάμε OK. Στο παράθυρο που εμφανίζεται στο Direction επιλέγουμε Through all και στο Feature Scope επιλέγουμε το All components και πατάμε OK.



Σχήμα 4.35: Η εντολή Cut Extrude

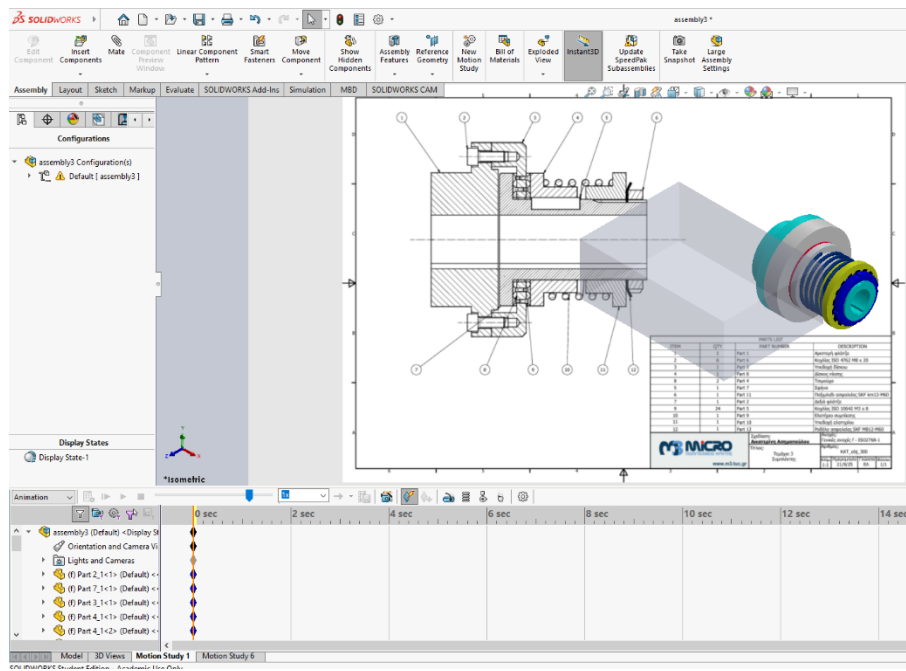
Το πρώτο πράγμα που πρέπει να γίνει είναι η τοποθέτηση του μηχανολογικού σχεδίου ως φόντο. Κάνουμε δεξί κλικ και επιλέγουμε το Edit Scene. Στο παράθυρο που μας εμφανίζει πατάμε Browse στον υπολογιστή και βρίσκουμε το αρχείο(φωτογραφία) που θέλουμε να ορίσουμε ως φόντο (σχήμα 4.36). Πατάμε OK και είναι έτοιμο.



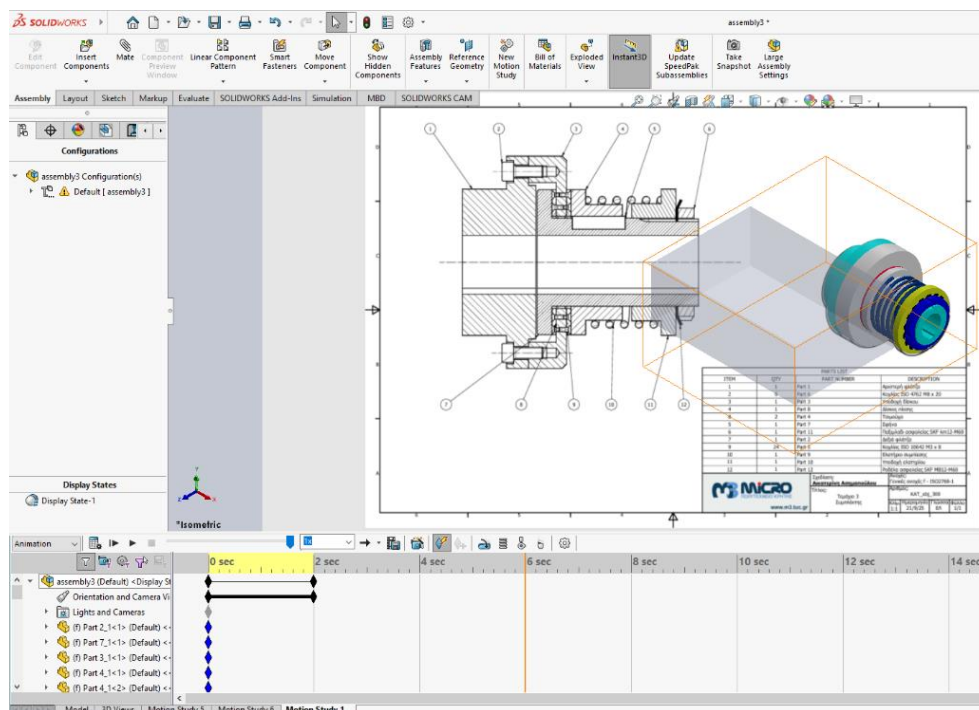
Σχήμα 4.36: Ορισμός φόντου

Αρχικά θέλουμε το τεμάχιο να είναι τοποθετημένο πάνω στην μικρή τρισδιάστατη όψη του σχεδίου και να ξεκινάει από εκεί η κίνηση. Οπότε κάνουμε κλικ πάνω στο 0sec και βάζουμε στην επιθυμητή θέση το τεμάχιο (σχήμα 4.38). Έπειτα για τα πρώτα 2sec θέλουμε το τεμάχιο να παραμένει ακίνητο οπότε μετακινούμε το key του χρόνου στα 2sec. Έπειτα θέλουμε το τεμάχιο να μεγαλώσει σε μέγεθος και να μπει στο κέντρο. Πρώτα «τραβάμε» τον χρόνο στο 6sec (σχήμα 4.39). Μετά εκτελούμε την κίνηση που θέλουμε (σχήμα 4.40). Σημασία πάντα έχουν μόνο η αρχική και η τελική θέση. Μόλις βάλουμε το τεμάχιο στην

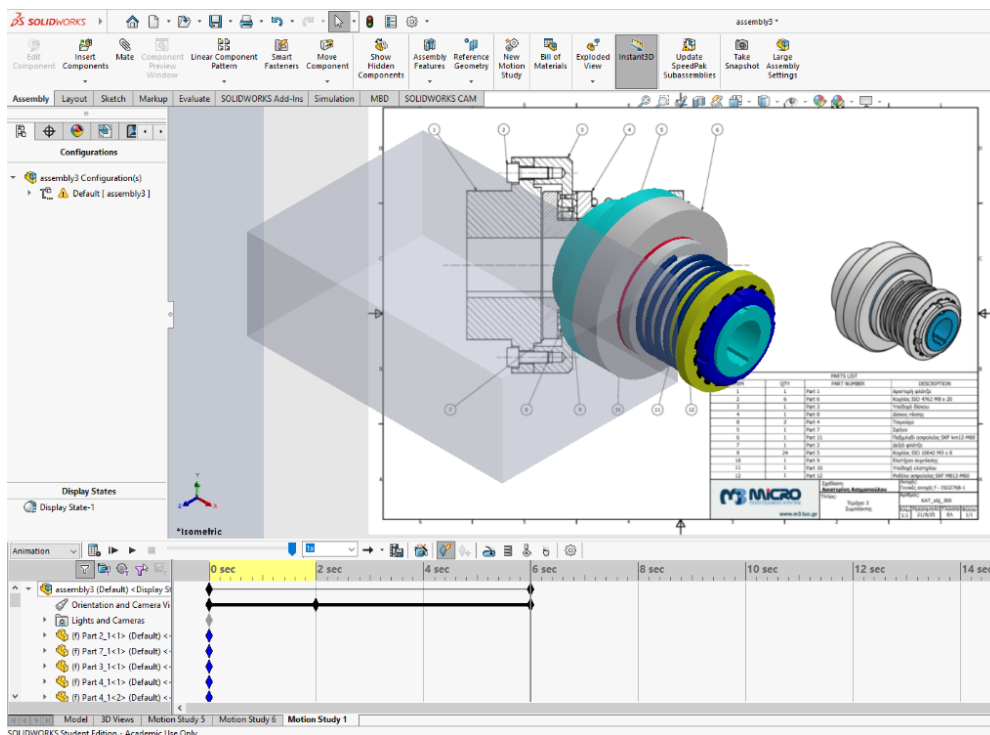
τελική θέση για τα 6sec πατάμε το Calculate που βρίσκεται δίπλα από το Animation στο Timeline.



Σχήμα 4.38: Αρχική θέση τεμαχίου

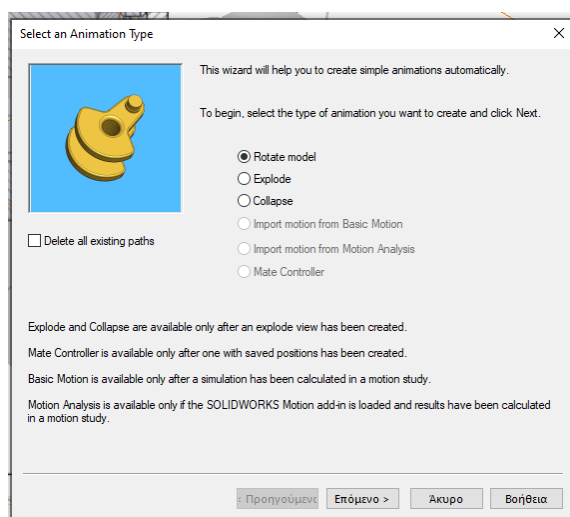


Σχήμα 4.39: Κύλιση χρόνου για να εκτελεστεί η πρώτη κίνηση



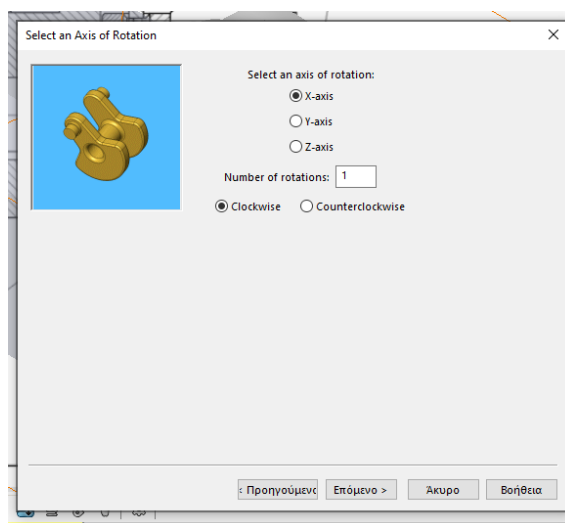
Σχήμα 4.40: Τελική θέση πρώτης κίνησης

Στην συνέχεια θέλουμε να το κάνουμε να περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του ώστε να φανούν όλα τα χαρακτηριστικά του στον θεατή. Για αυτό επιλέγουμε την μέθοδο Animation Wizard. Εφόσον αλλάζουμε μέθοδο, πρώτα και κύρια πρέπει να πάμε να ενεργοποιήσουμε το Disable View Key Creation. Στην συνέχεια πατάμε το εικονίδιο του animation wizard που βρίσκεται στην μπάρα του timeline. Στο παράθυρο που μας ανοίγει, επιλέγεται η εντολή Rotate Model όπως φαίνεται στο σχήμα 4.41.



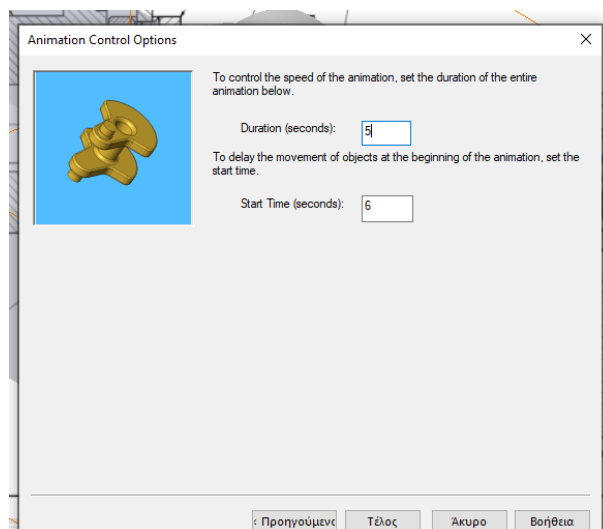
Σχήμα 4.41: Επιλογή Animation Type

Στο επόμενο παράθυρο επιλέγουμε περιστροφή του τεμαχίου κατά τον x άξονα καθώς και τον αριθμό περιστροφών όπως φαίνεται στο σχήμα 4.42.



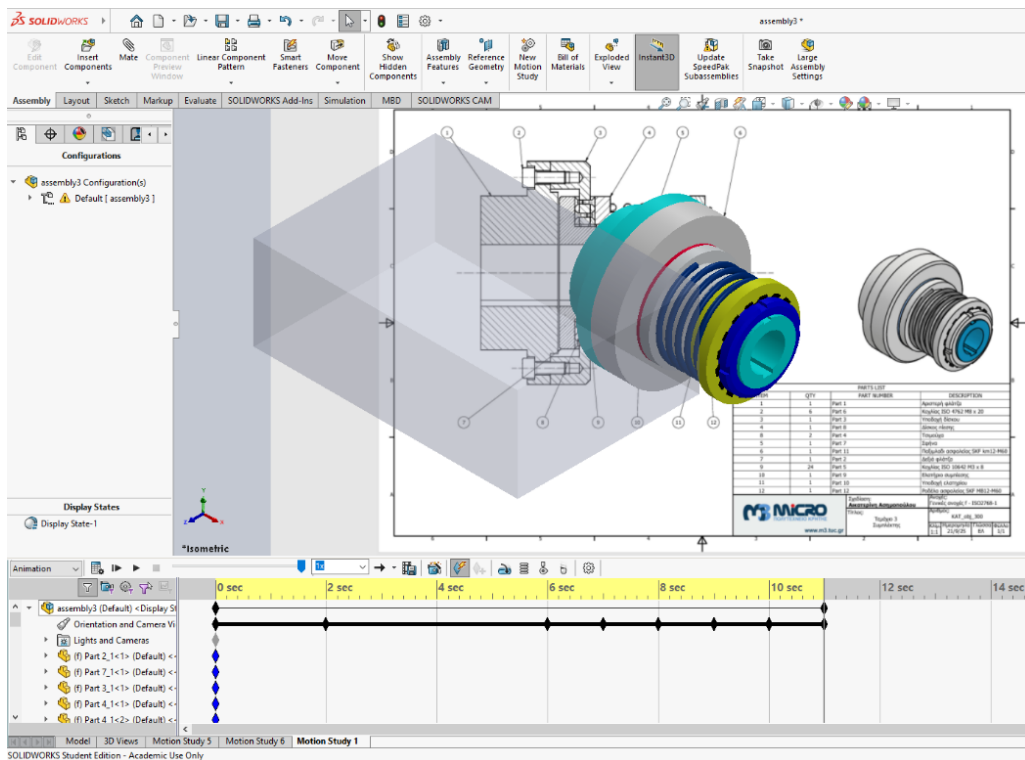
Σχήμα 4.42: Επιλογή άξονα περιστροφής

Και στο τελευταίο βήμα επιλέγεται η διάρκεια της κίνησης καθώς και από ποιο δευτερόλεπτο θα ξεκινήσει όπως φαίνεται στο σχήμα 4.43. Στην προκειμένη περίπτωση θέλουμε να ξεκινάει στο δευτερόλεπτο 6 και να διαρκεί 5 δευτερόλεπτα. Πατάμε Τέλος και calculate και η κίνηση έχει δημιουργηθεί.



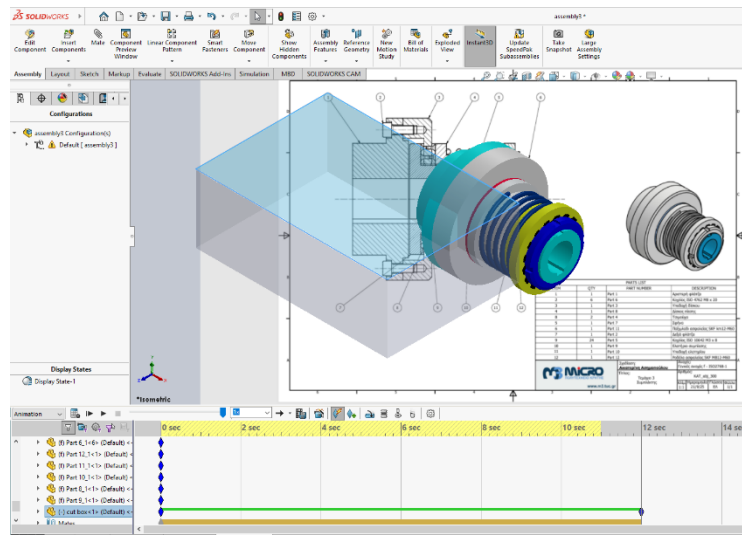
Σχήμα 4.43: Διάρκεια κίνησης

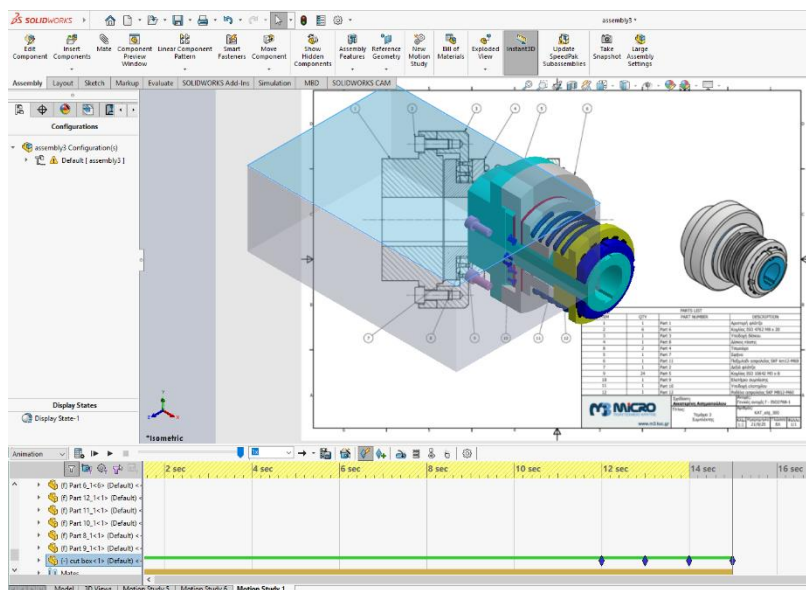
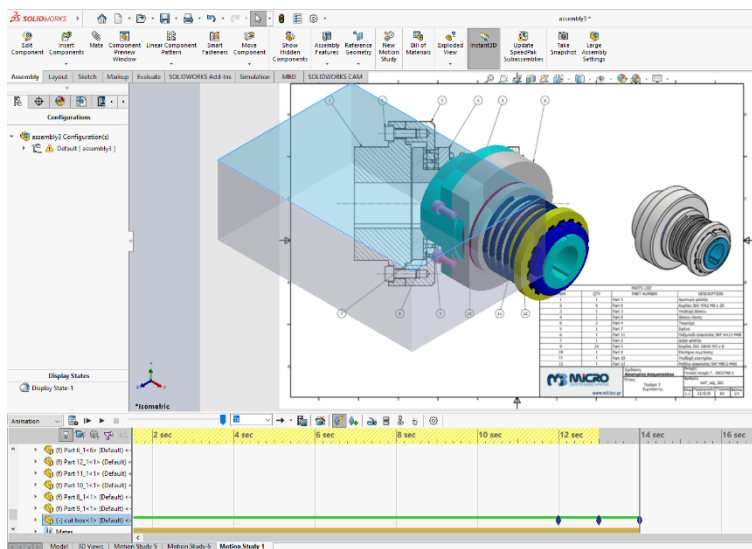
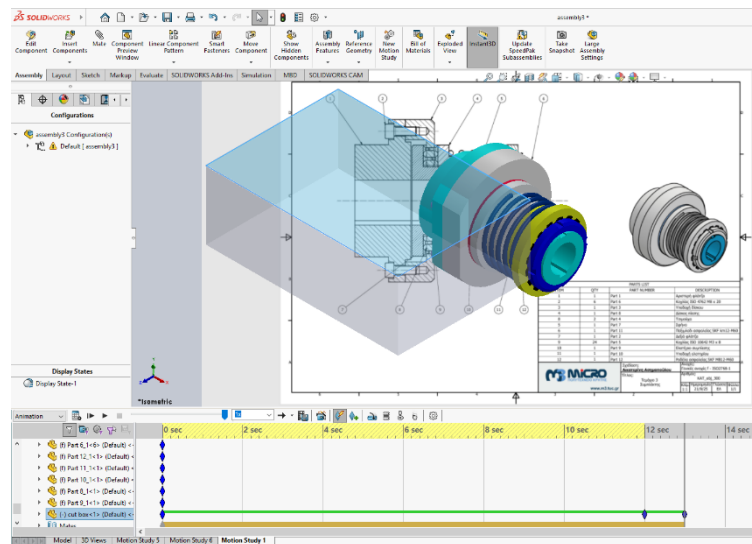
Στο σχήμα 4.44 που ακολουθεί μπορούμε να δούμε και τα keys που δημιουργήθηκαν αυτόματα ώστε να πραγματοποιείται η κίνηση που ορίσαμε.



Σχήμα 4.44: Αποτέλεσμα του Animation Wizard

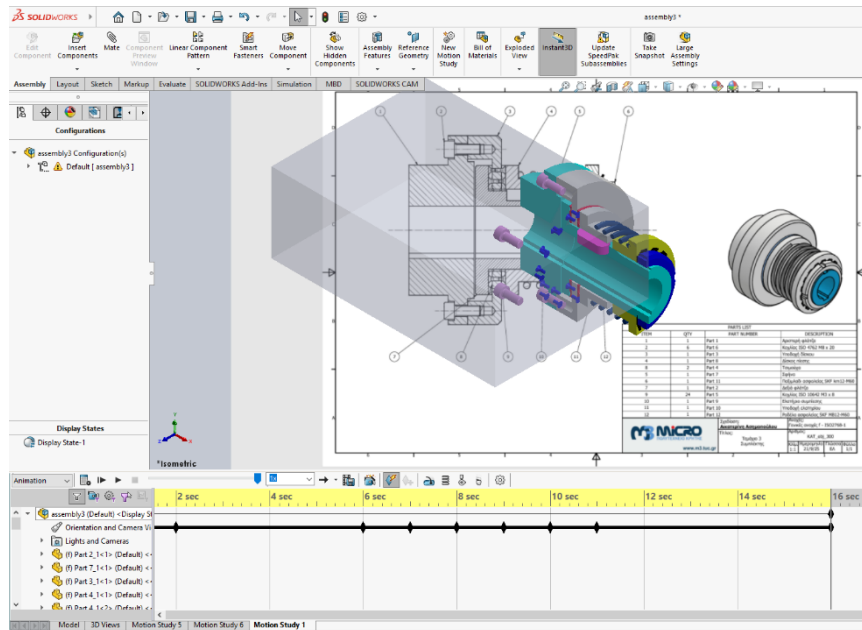
Σε αυτό το σημείο θέλουμε να δημιουργήσουμε την τομή. Απενεργοποιούμε το Disable View Key Creation. Έπειτα κουνώντας τον χρόνο ανά ένα δευτερόλεπτο κάθε φορά κουνάμε και το cut box λίγο λίγο ώστε να φαίνεται ομαλά στο μάτι (σχήμα 4.45).





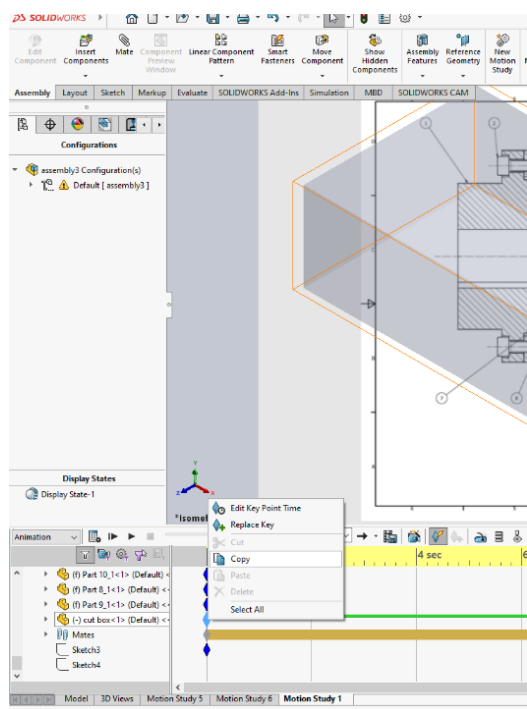
Σχήμα 4.45: Διαδικασία τομής τεμαχίου

Στο σχήμα 4.46 φαίνεται η τελική όψη του τεμαχίου σε τομή με την διαδικασία που αναφέραμε και πάντα πατώντας στο τέλος calculate.

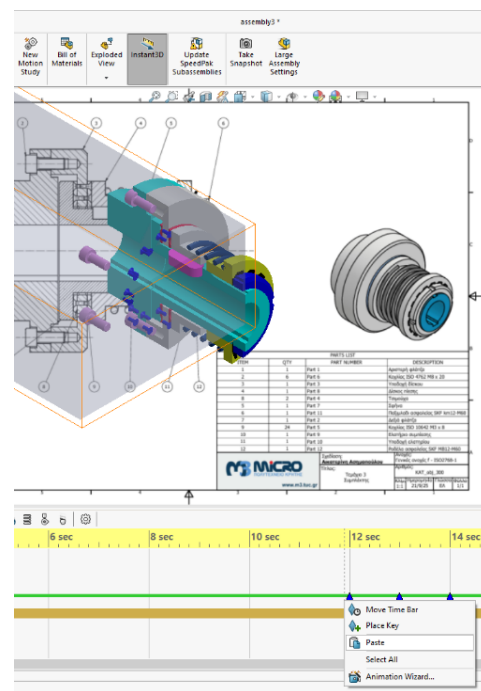


Σχήμα 4.46: Τελική όψη σε τομή

Σε αυτό το σημείο όμως εάν πατήσουμε play για να δούμε τι έχουμε φτιάξει μέχρι στιγμής θα παρατηρήσουμε ότι το τεμάχιο αρχίζει να κόβεται από την αρχή του animation και όχι την στιγμή που μετακινήσαμε εμείς το cut box. Για να το διορθώσουμε αυτό πάμε στο timeline, βρίσκουμε τα keys του cut box και κάνουμε copy αυτό που βρίσκεται στο 0sec και το κάνουμε paste λίγο πριν την στιγμή που ξεκινάμε την τομή όπως φαίνεται στο σχήμα 4.47.



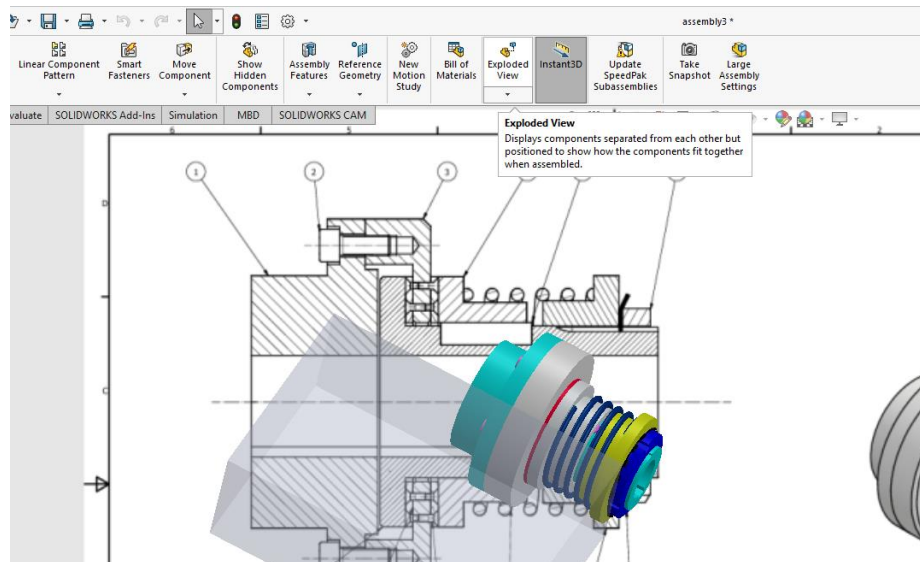
(α)



(β)

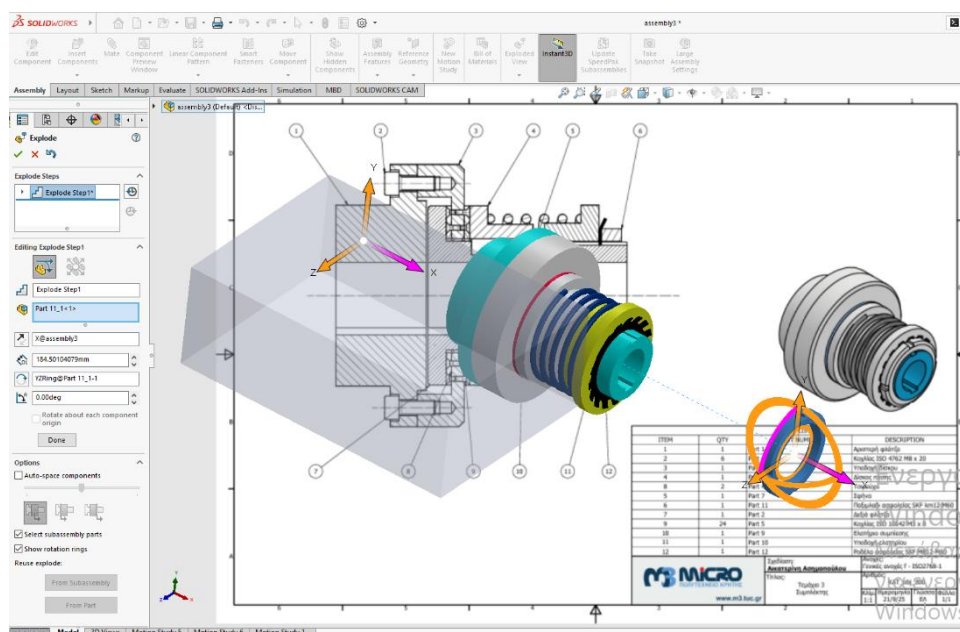
Σχήμα 4.47: (α) Αντιγραφή key (β) Επικόλληση key

Ακριβώς με τον ίδιο τρόπο καταγράφηκαν όλες οι επιμέρους κινήσεις. Όσον αφορά το animation για το exploded view αρχικά πρέπει να το δημιουργήσουμε στην καρτέλα Model. Επιλέγουμε την εντολή Exploded View από την γραμμή εργαλείων όπως φαίνεται στο σχήμα 4.48.



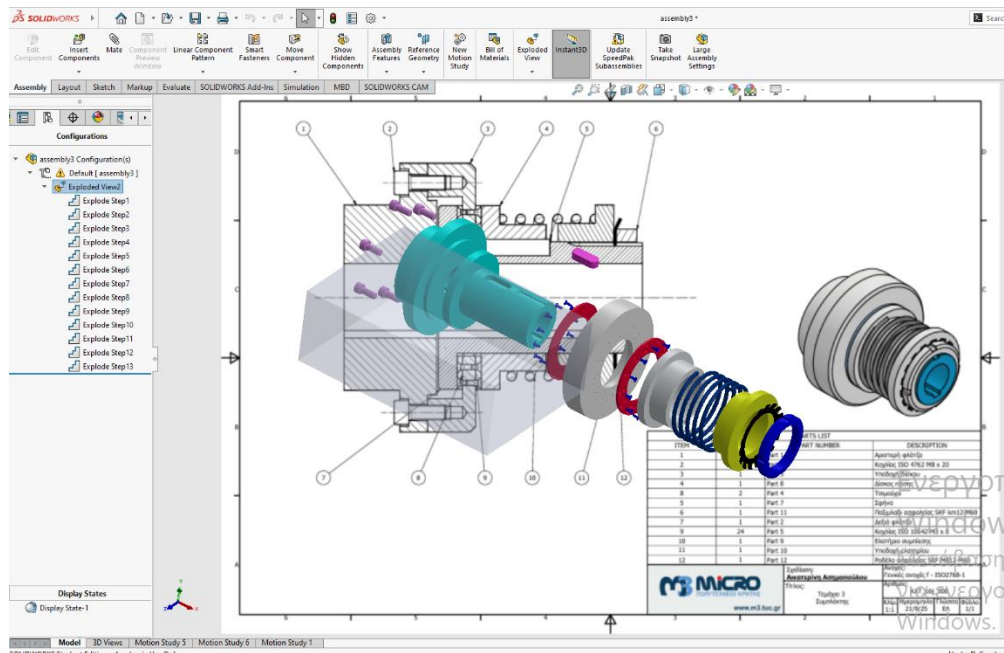
Σχήμα 4.48: Εντολή Exploded View

Εκεί εμφανίζεται το μενού της εντολής. Πατάμε κλικ πάνω στο πρώτο επιμέρους κομμάτι που θέλουμε να κάνουμε explode. Εμφανίζονται οι άξονες, επιλέγουμε τον επιθυμητό και «τραβάμε» το κομμάτι όπως φαίνεται στο σχήμα 4.49. Πατάμε Done και συνεχίζουμε με το επόμενο κομμάτι.



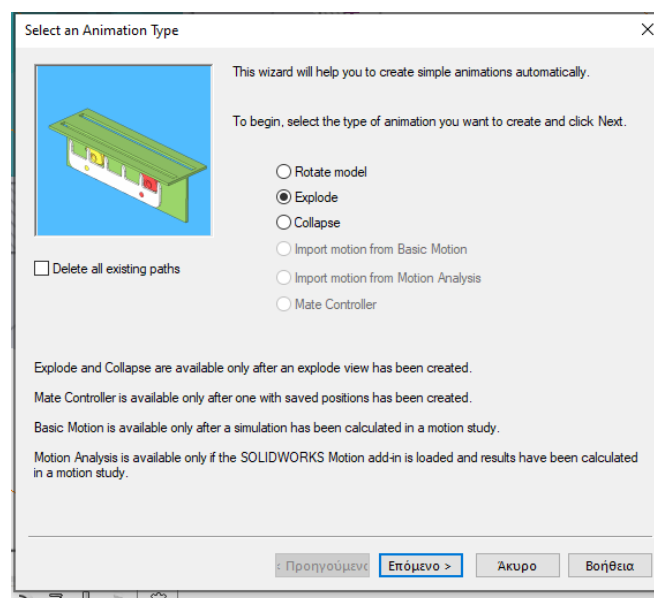
Σχήμα 4.49: Υλοποίηση Exploded View

Ακολουθώντας αυτή την διαδικασία καταλήγουμε στο τελικό αποτέλεσμα που θέλουμε και πατάμε OK (σχήμα 4.50).



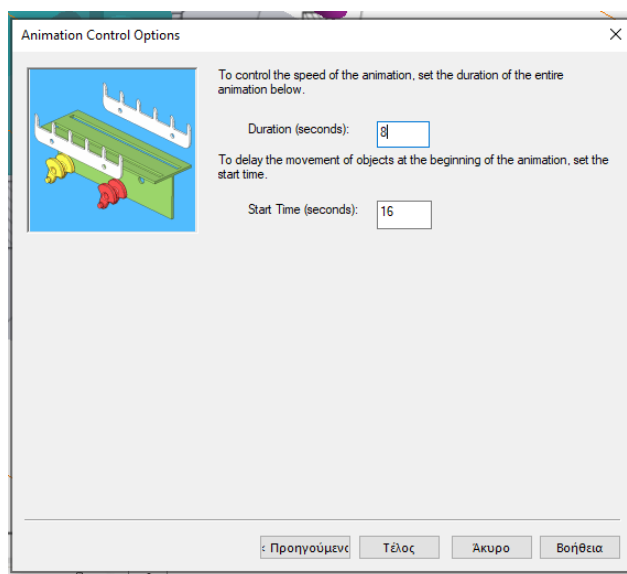
Σχήμα 4.50: Αποτέλεσμα Exploded View

Πατάμε δεξί κλικ>Collapse ώστε να επιστρέψει στην συναρμολογημένη του μορφή. Για να κάνουμε animate λοιπόν το exploded view που μόλις κατασκευάσαμε θα χρησιμοποιήσουμε ξανά το Animation Wizard, επιστρέφοντας στην καρτέλα Motion Study. Στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε Explode ως Animation Type (σχήμα 4.51).



Σχήμα 4.51: Επιλογή Animation Type

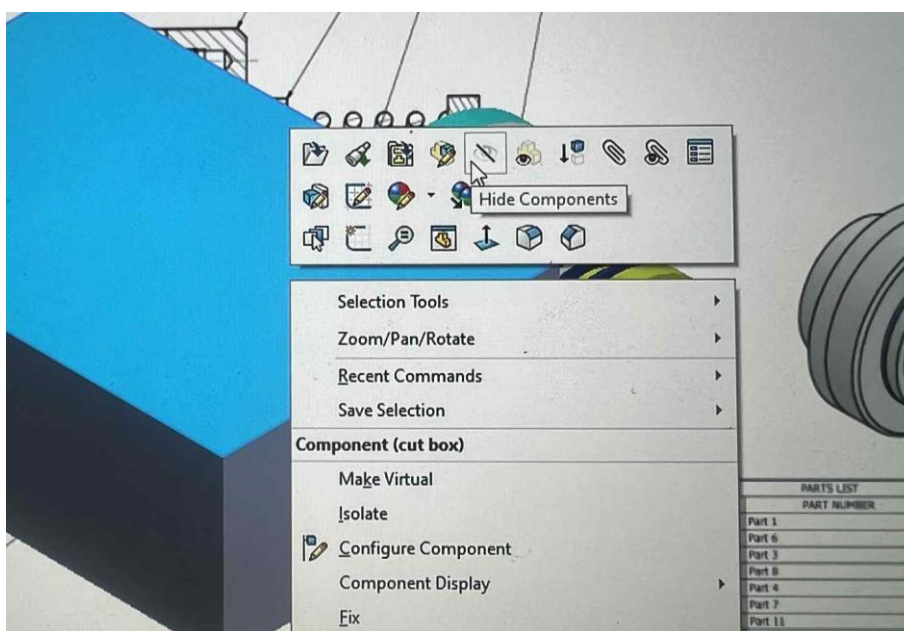
Και στο επόμενο παράθυρο επιλέγουμε την διάρκεια της έκρηξης καθώς και το δευτερόλεπτο που θέλουμε να ξεκινήσει (σχήμα 4.52).



Σχήμα 4.52: Επιλογή διάρκειας έκρηξης

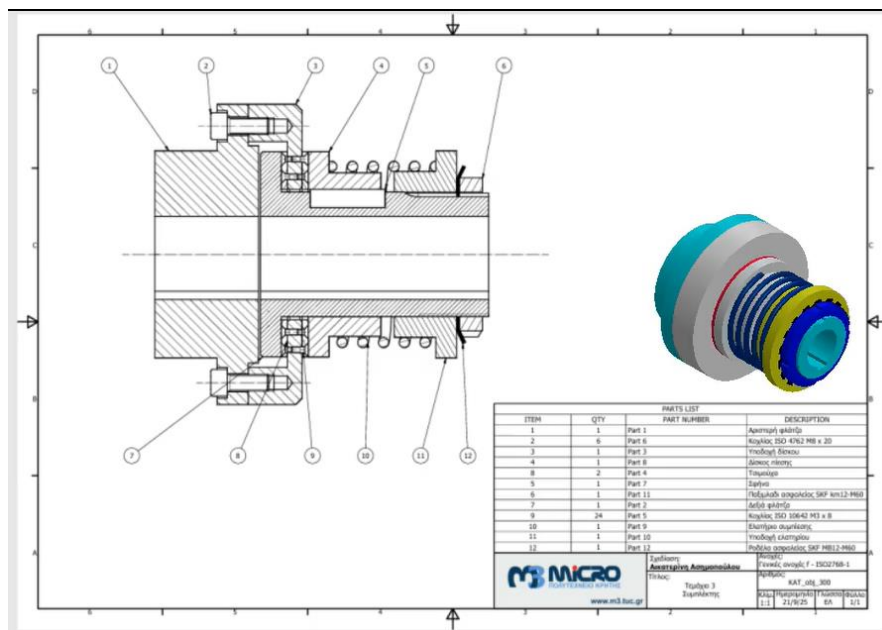
Πατάμε Τέλος, έπειτα Calculate και η έκρηξη είναι έτοιμη. Ακριβώς με την ίδια διαδικασία κάνουμε animate και το collapse της έκρηξης, απλά στο σχήμα 4.51 αντί για Explode ως Animation Type, επιλέγουμε το Collapse.

Όταν τελειώσουμε το βίντεο με τις κινήσεις που θέλουμε να έχει, μένει μόνο να κάνουμε αόρατο το cut box ώστε να αποκτήσει νόημα η έννοια της τομής και να είναι καθαρό και καλαίσθητο στο μάτι. Κατεβαίνουμε λοιπόν κάτω στο timeline και βρίσκουμε όλα τα keys του. Μεταφέροντας τον χρόνο σε κάθε ένα ξεχωριστά, κάνουμε δεξί κλικ πάνω στο κουτί και πατάμε την εντολή Hide Components και έπειτα Calculate. Έτσι, το cut box είναι πια αόρατο καθ' όλη την διάρκεια του animation (σχήμα 4.53).

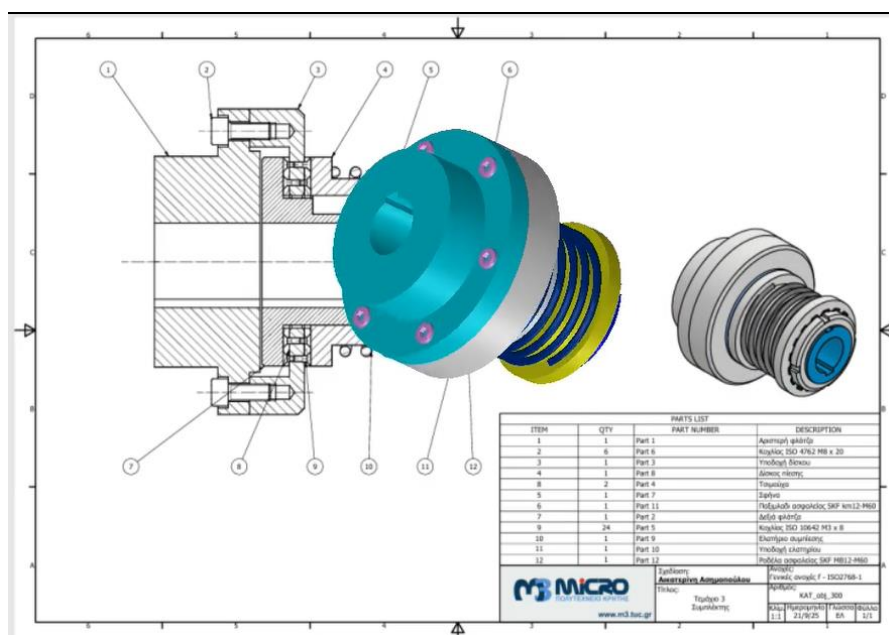


Σχήμα 4.53: Εντολή Hide Components

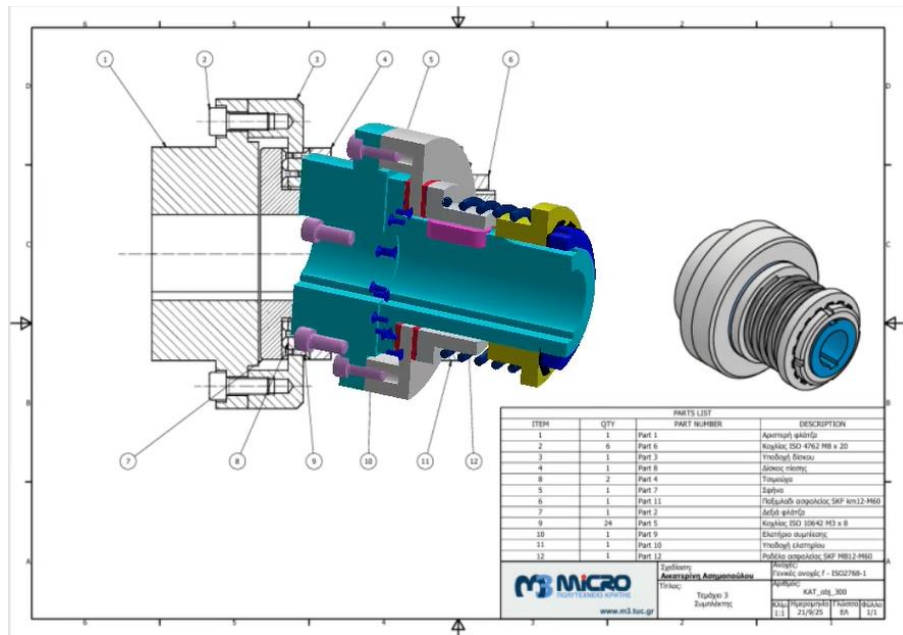
Τελικό βήμα είναι η αποθήκευση του animation που δημιουργήθηκε. Η διαδικασία αποθήκευσης είναι ίδια με αυτή που αναφέρθηκε παραπάνω. Παρακάτω θα εισαχθούν μερικά στιγμιότυπα από το animation που δημιουργήθηκε.



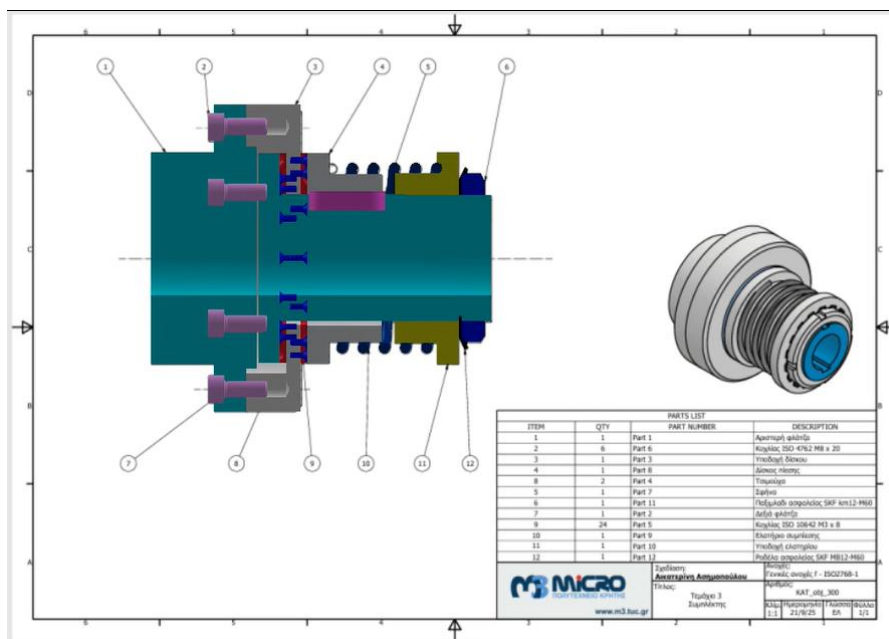
Σχήμα 4.54: Αρχική θέση τεμαχίου



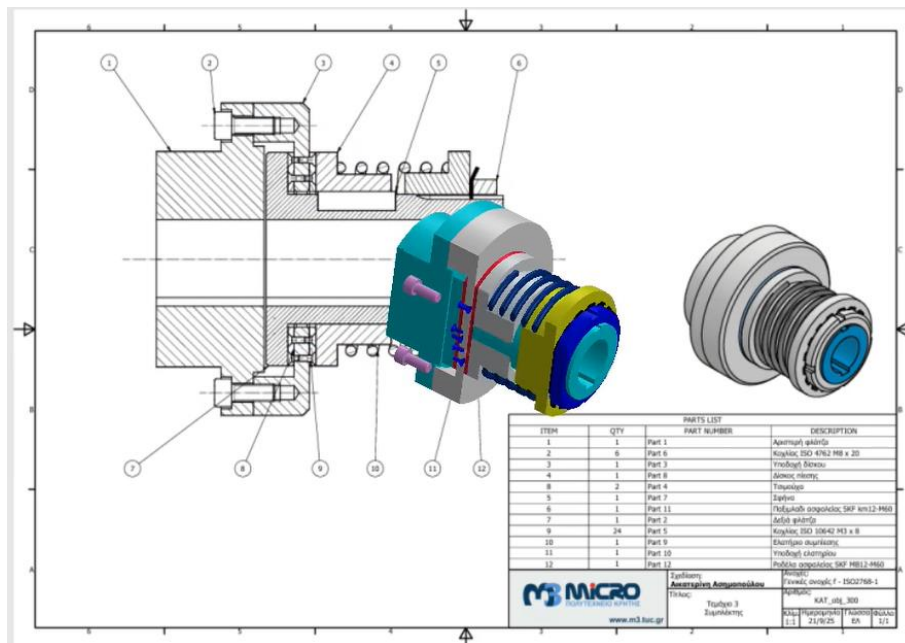
Σχήμα 4.55: Απεικόνιση από την πρώτη περιστροφή που πραγματοποιήθηκε με το εργαλείο Animation Wizard



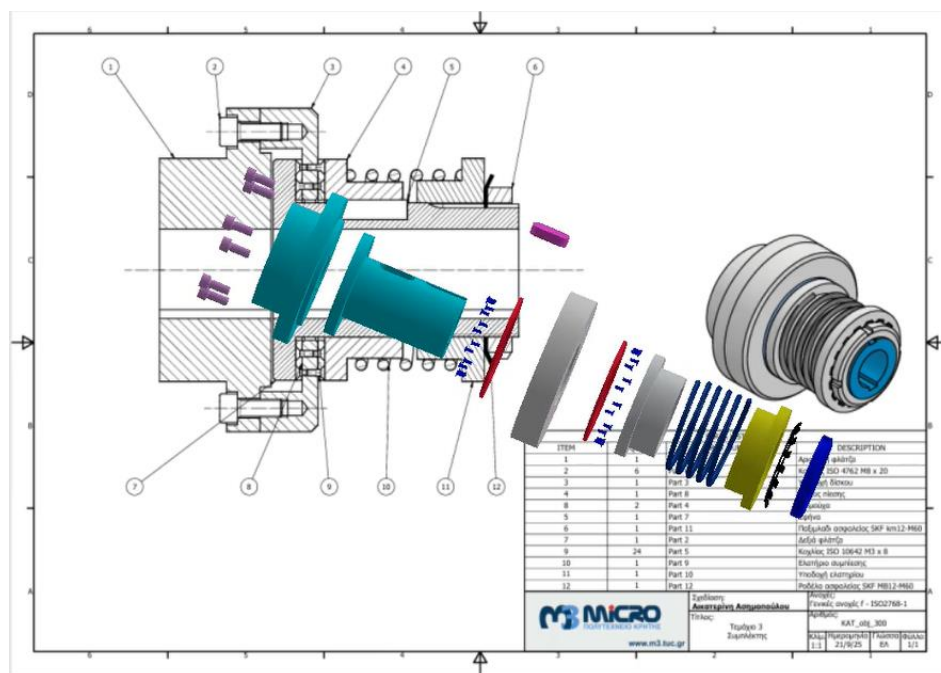
Σχήμα 4.56: Απεικόνιση του τεμαχίου μετά την δημιουργία της τομής



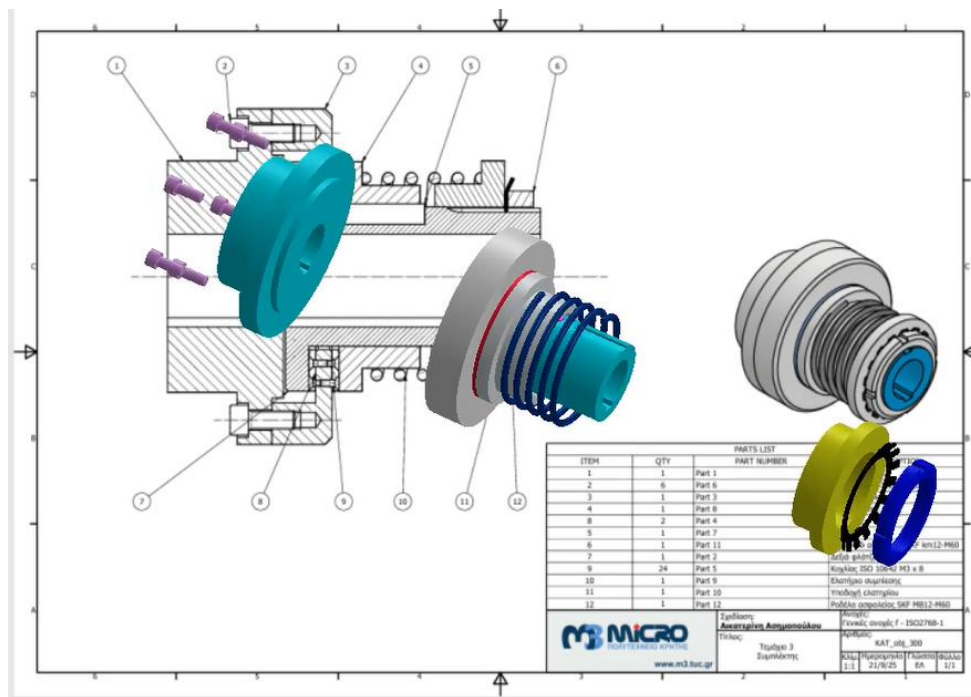
Σχήμα 4.57: Τοποθέτηση τρισδιάστατης όψης πάνω στην δισδιάστατη όψη σε τομή



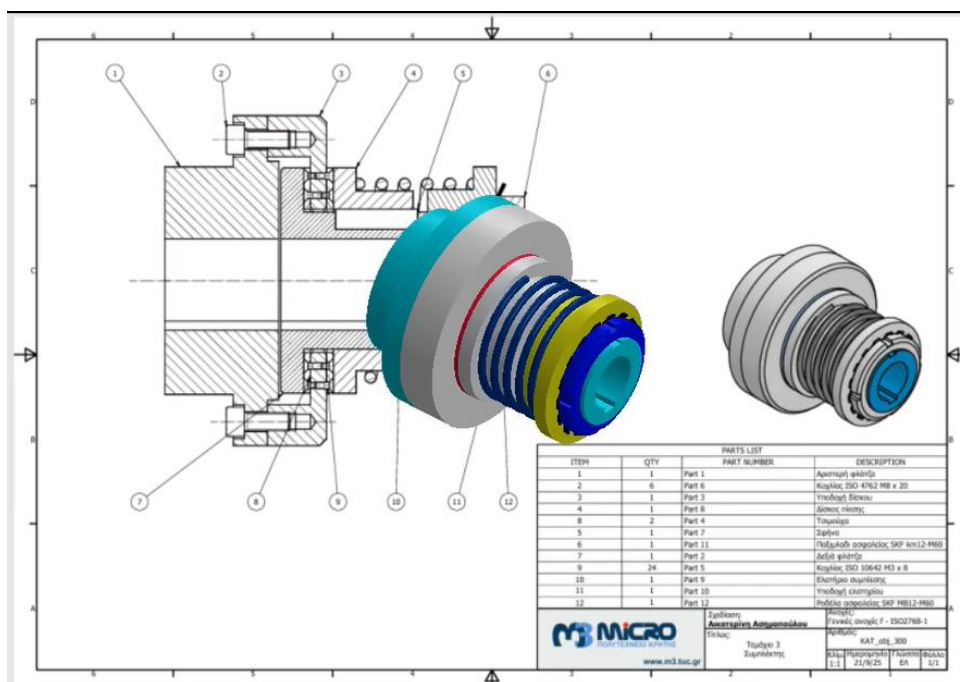
Σχήμα 4.58: Στιγμιότυπο από την απαλοιφή της τομής



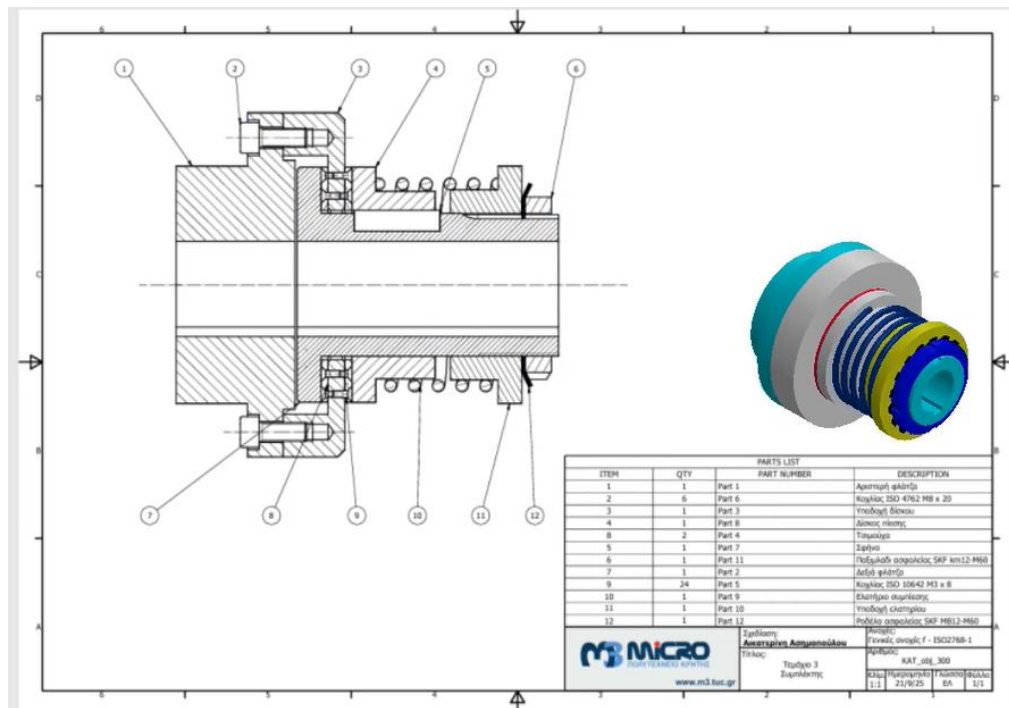
Σχήμα 4.59: Απεικόνιση τεμαχίου σε exploded view



Σχήμα 4.60: Στιγμιότυπο από το Collapse του exploded view



Σχήμα 4.61: Επιστροφή τεμαχίου στην αρχική μορφή



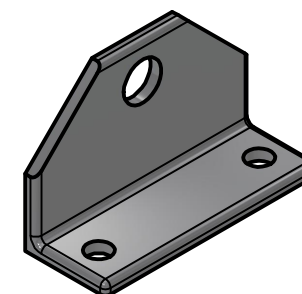
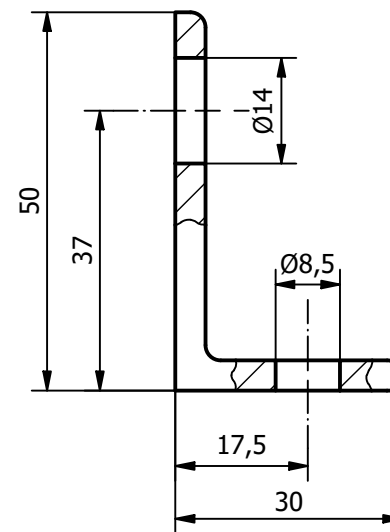
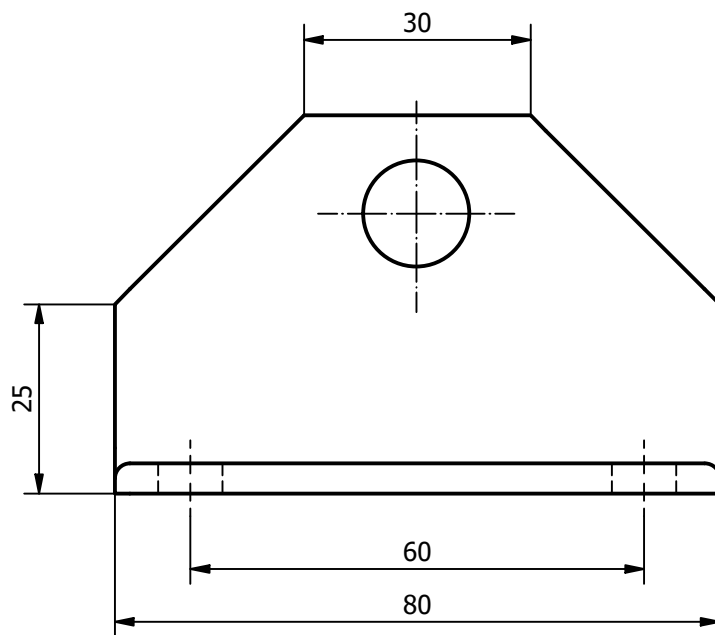
Σχήμα 4.62: Τοποθέτηση τεμαχίου στην τελική θέση

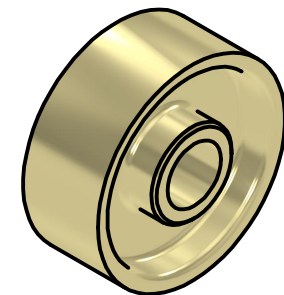
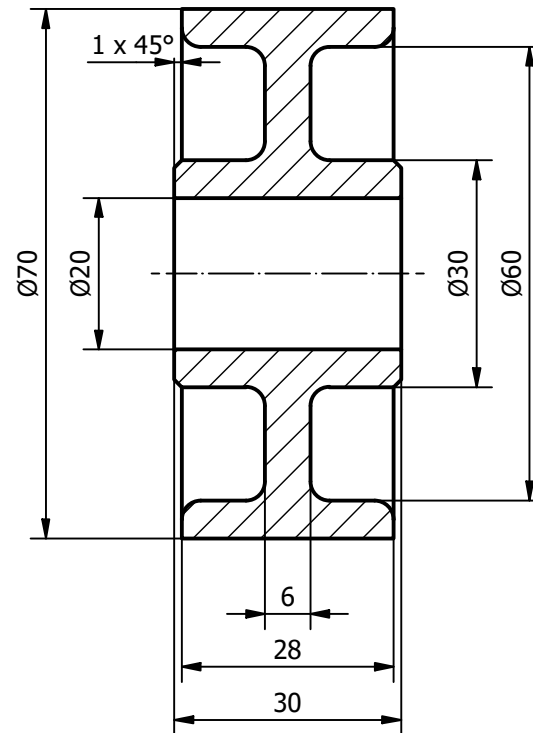
5. ΣΥΝΟΨΗ

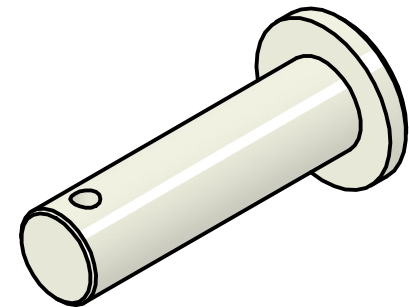
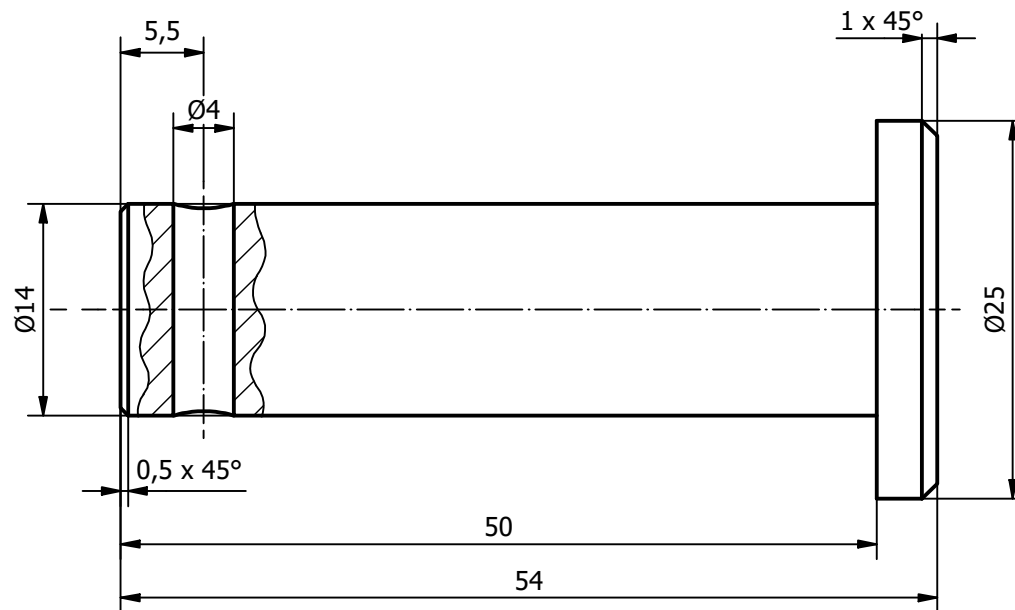
Συνοψίζοντας, στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η σχεδίαση οκτώ συναρμολογημένων μηχανολογικών διατάξεων και τον επιμέρους εξαρτημάτων τους καθώς και η κινηματική τους. Οι διατάξεις σχεδιάστηκαν τρισδιάστατα καθώς και τα επιμέρους μηχανολογικά τους σχέδια με την χρήση του λογισμικού Inventor Professional 2024 by Autodesk ακολουθώντας τα πρότυπα σχεδίασης. Η κινηματική τους μελετήθηκε σε περιβάλλον SolidWorks, όπου δημιουργήθηκε η κίνηση τους πάνω στα αντίστοιχα μηχανολογικά τους σχέδια. Ο τρόπος που απεικονίστηκαν τα τεμάχια κατά την διάρκεια των animation μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς καθώς βοηθά στην καλύτερη κατανόηση των μηχανολογικών διατάξεων.

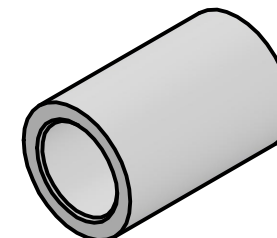
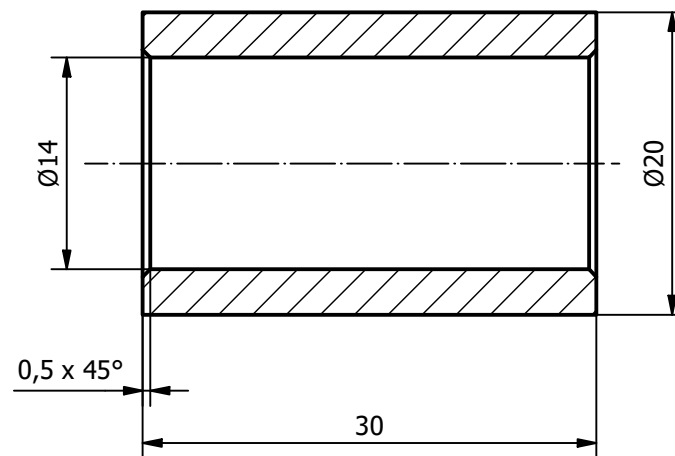
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

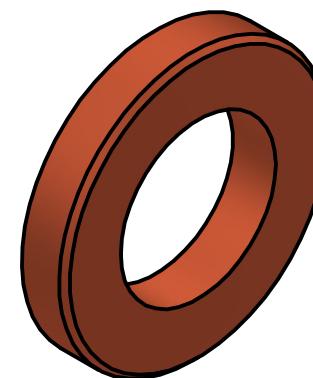
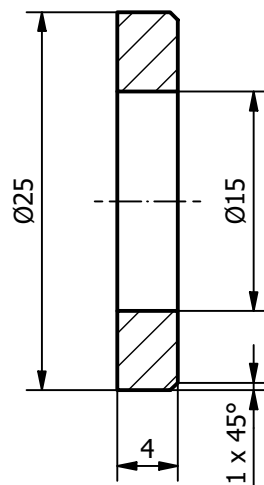
- 1) Αριστομένης Θ. Αντωνιάδης “Μηχανολογικό Σχέδιο”, 4^η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα
- 2) Πατεράκη Ιωάννα, “Σχεδίαση Συναρμολογούμενων Μηχανολογικών Διατάξεων σε συστήματα CAD”, Διπλωματική εργασία 2018
- 3) Καννιαδάκη Αιμιλία, “Σχεδίαση Τεμαχίων σε συστήματα CAD και ένταξη τους σε εκπαιδευτική βάση δεδομένων”, Διπλωματική εργασία 2018
- 4) University of Hertfordshire, Computer-Aided Teaching Using Animations for Engineering Curricula: A Case Study for Automotive Engineering Modules
- 5) Sketchpad, Wikipedia

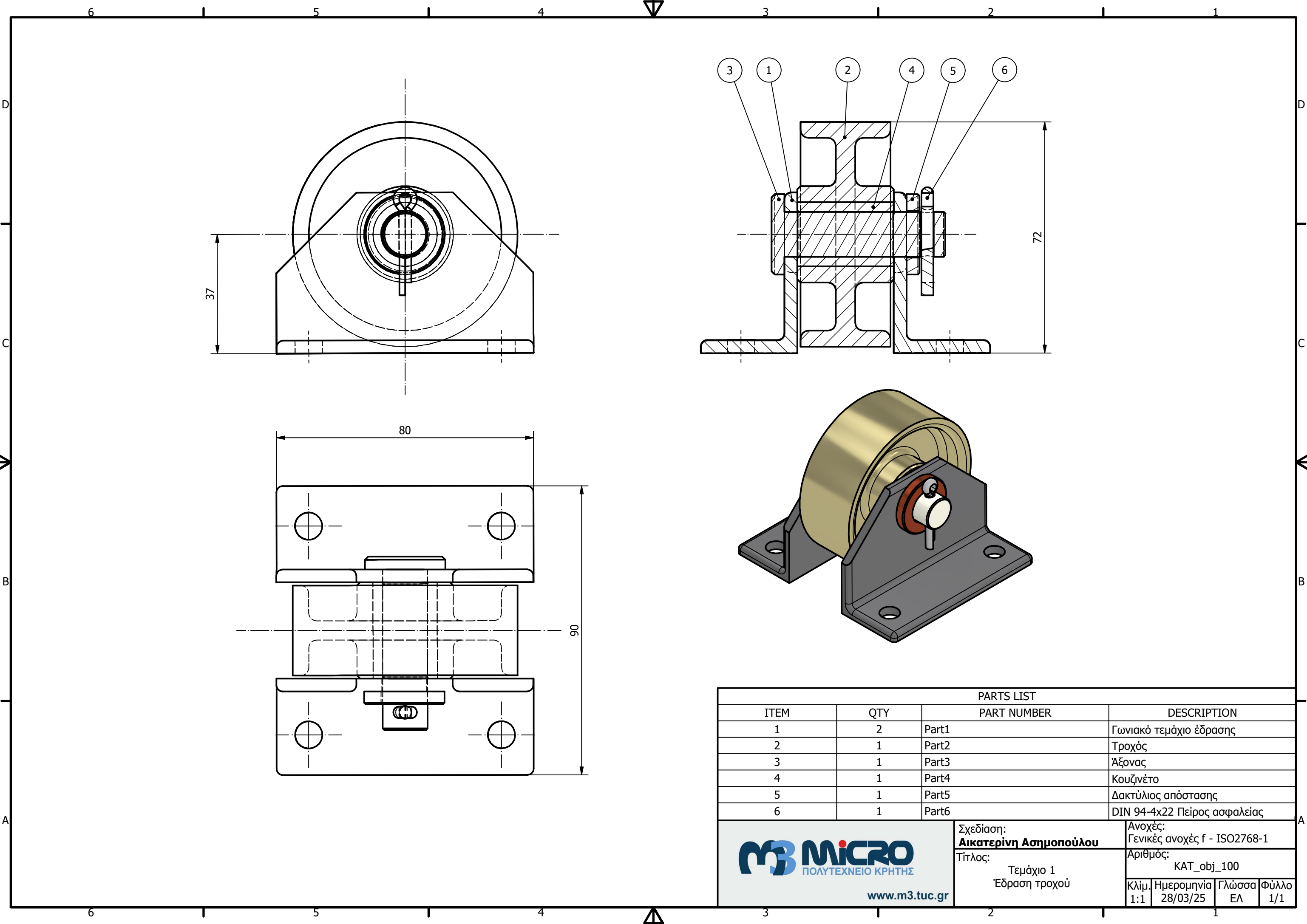


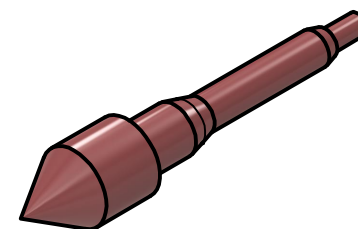
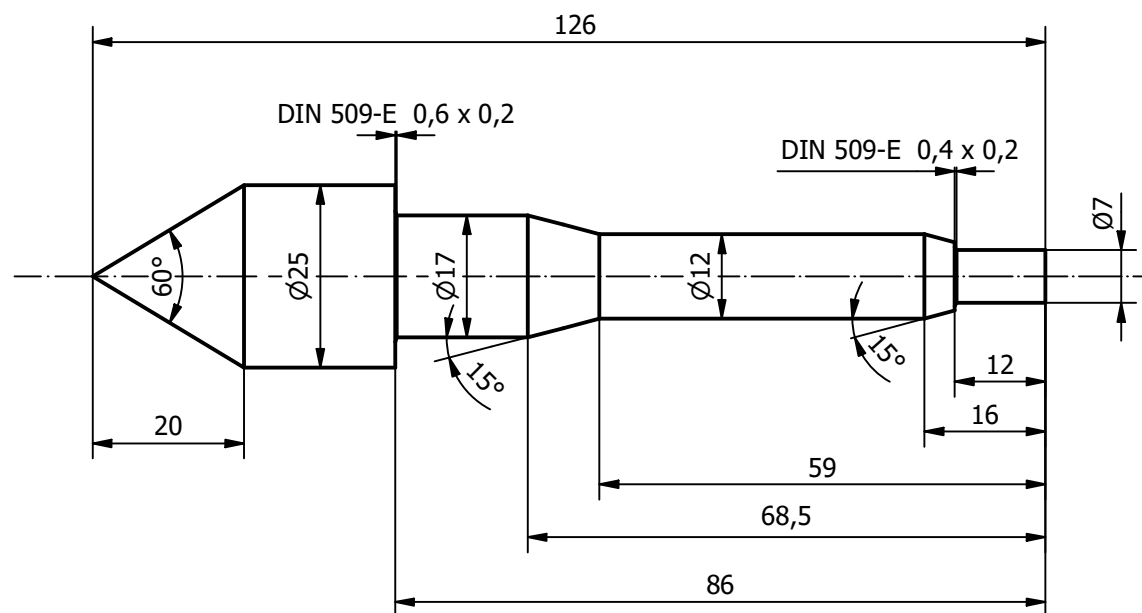


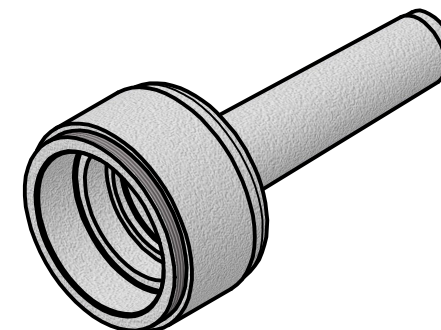
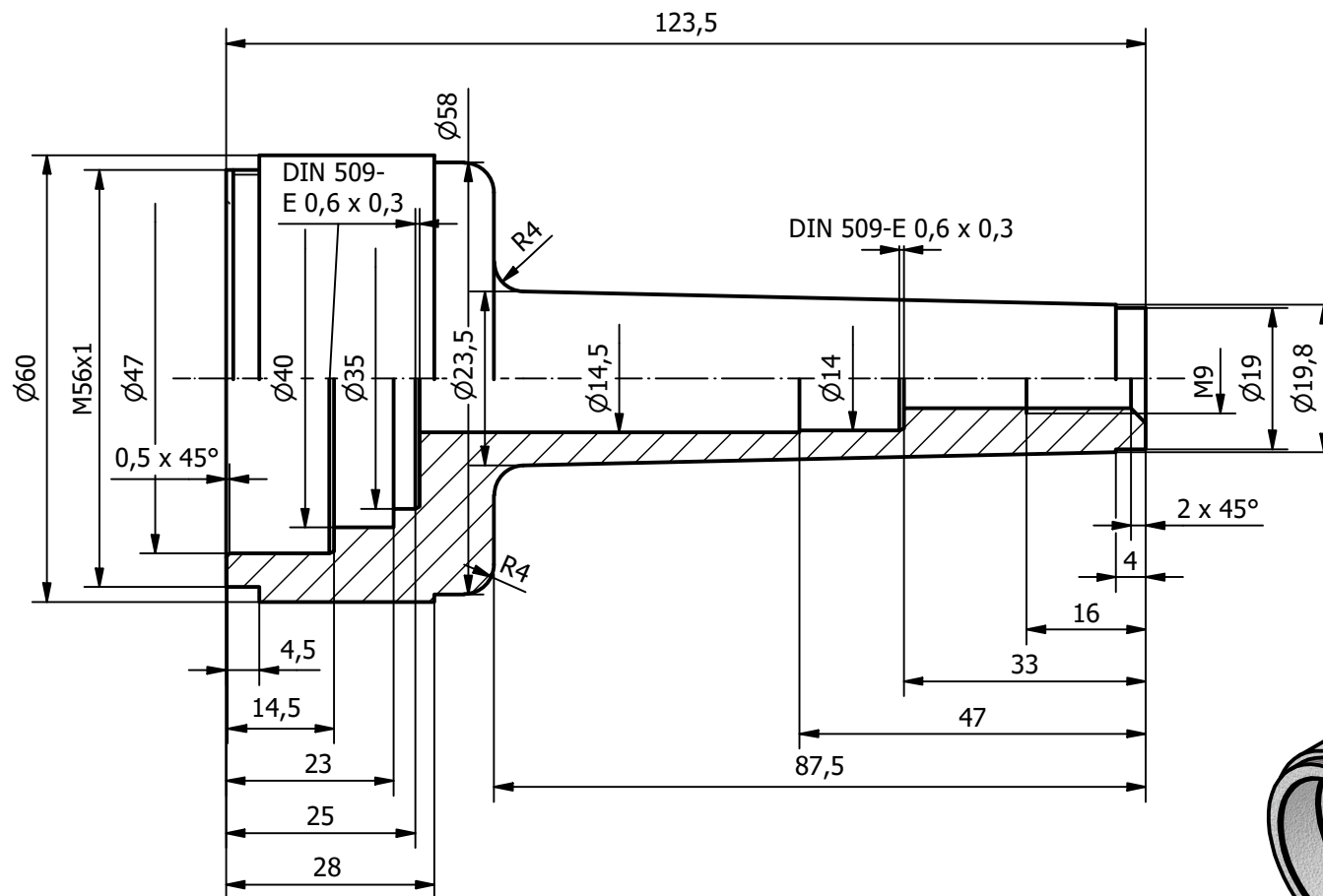


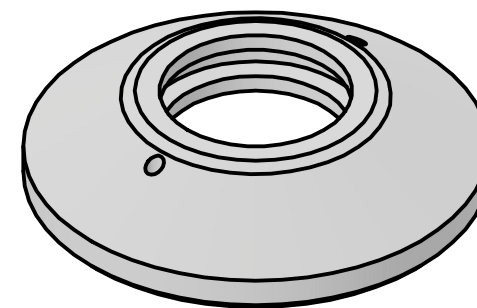
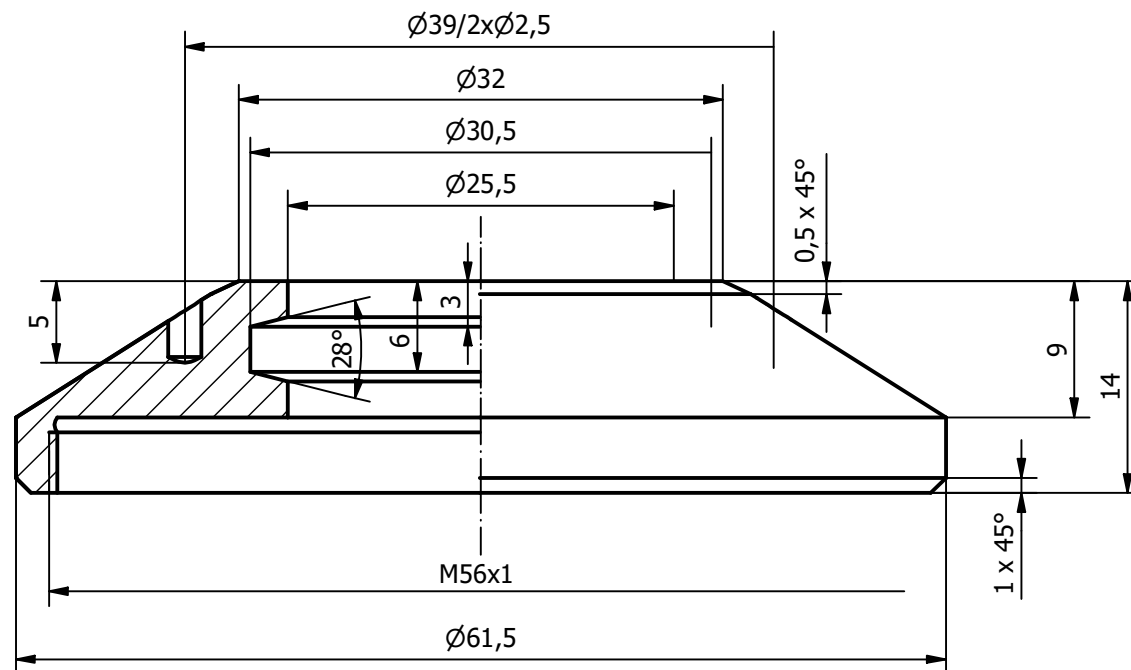


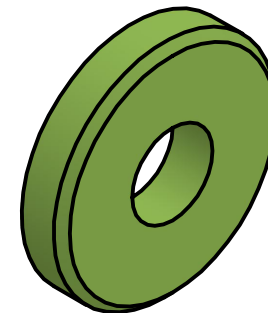
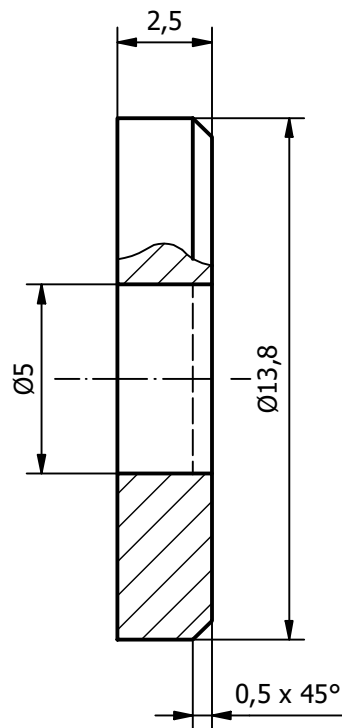


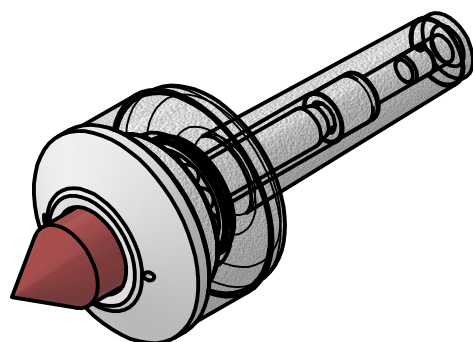
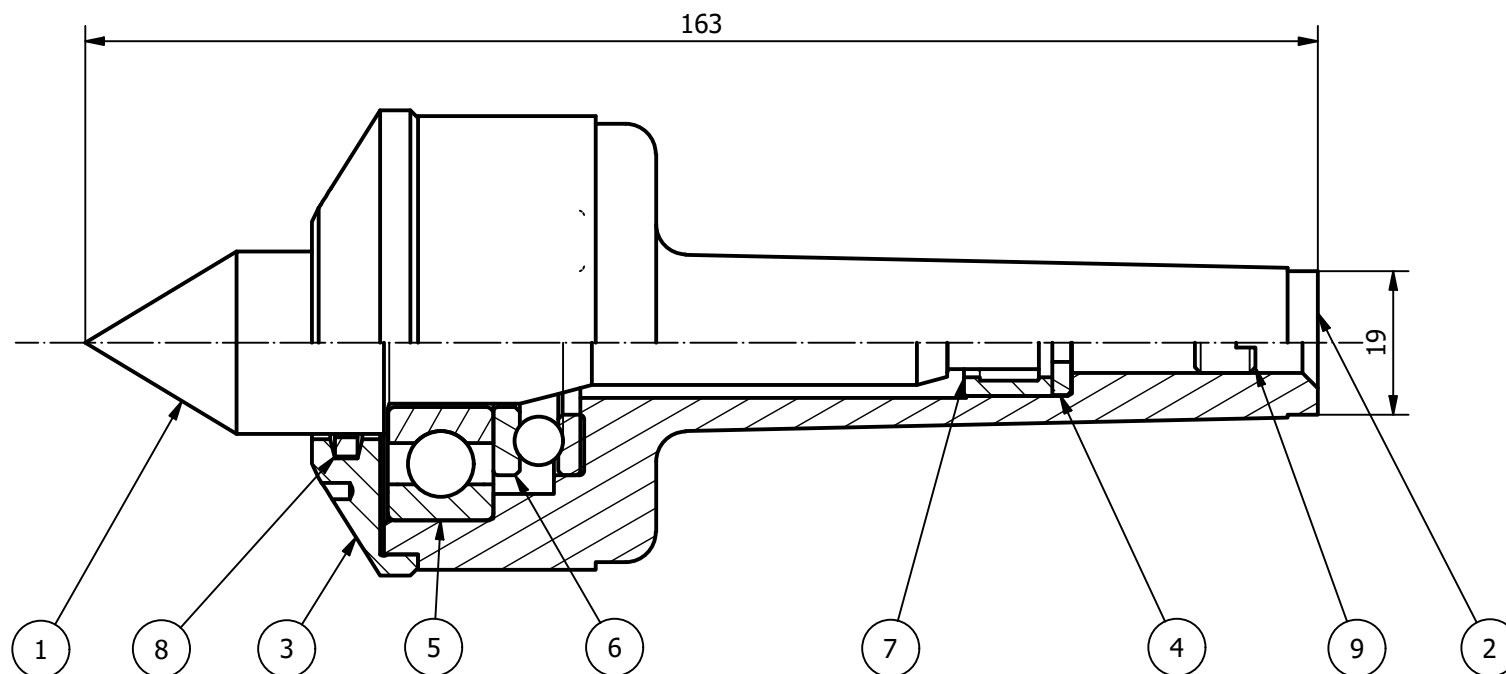






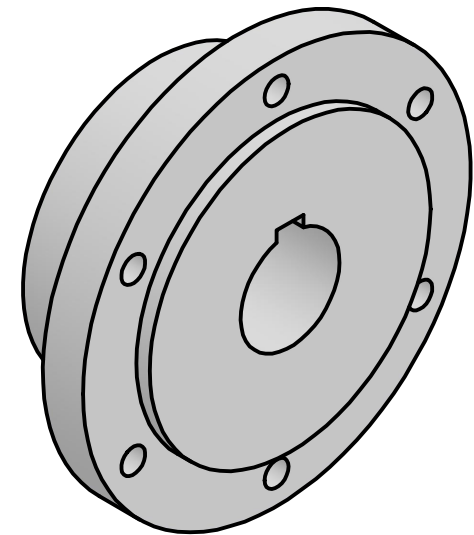
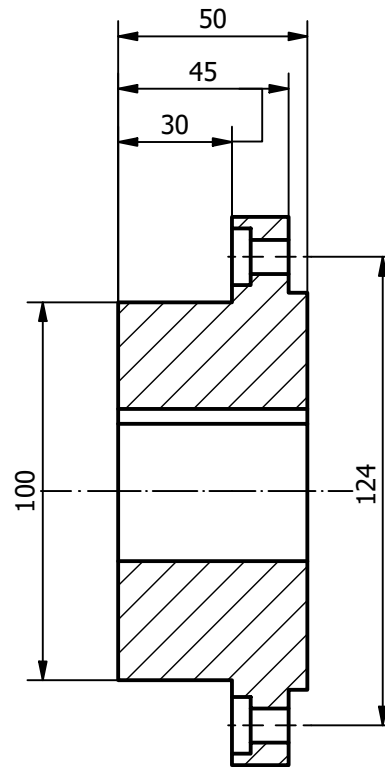
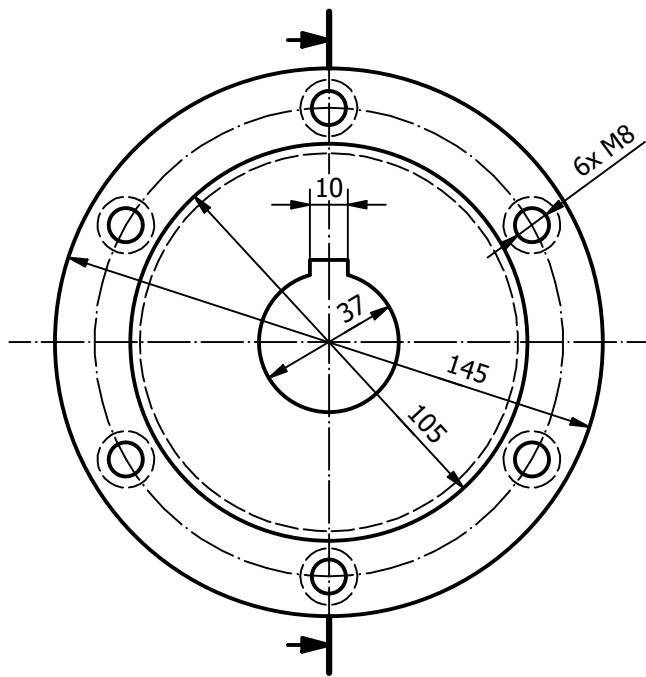


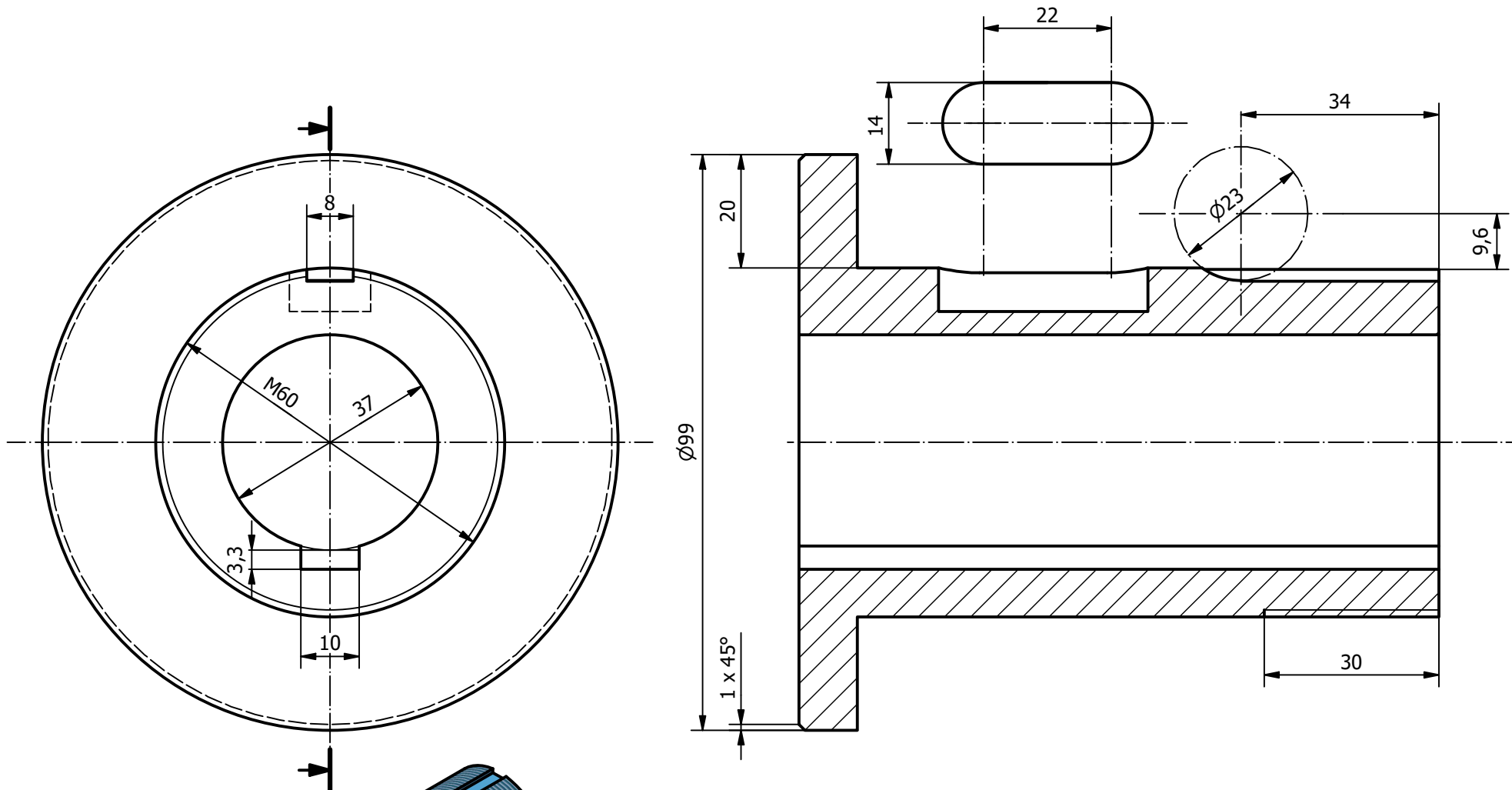


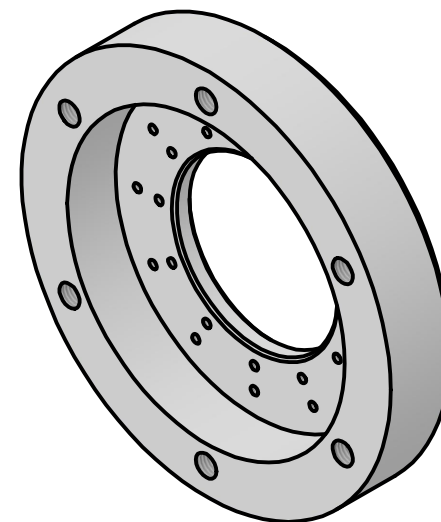
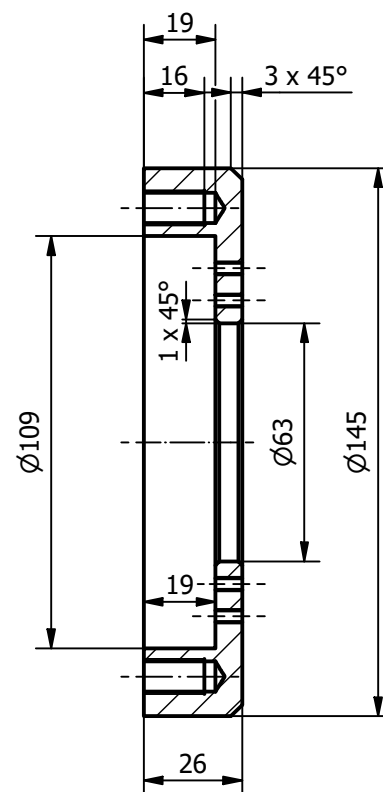
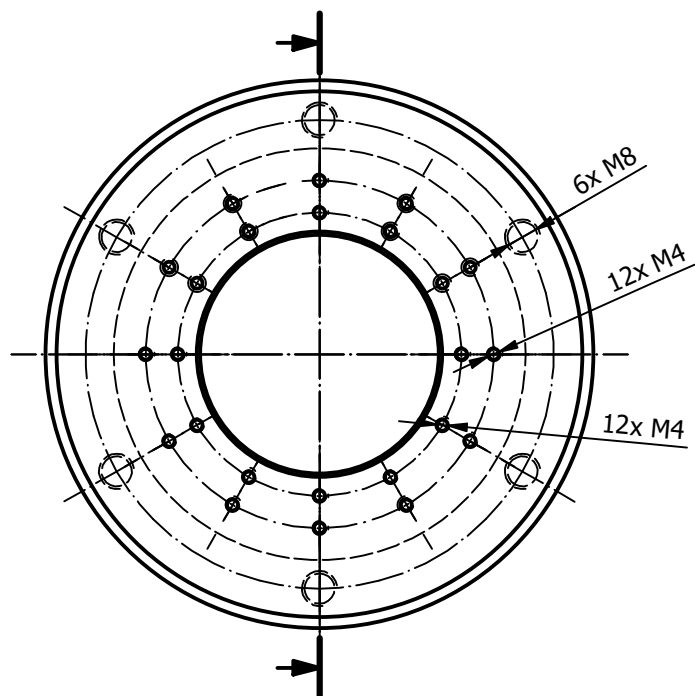


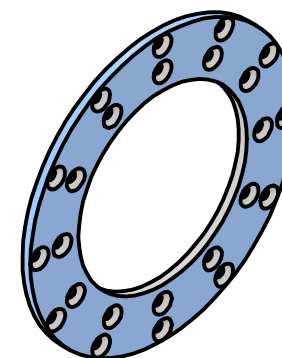
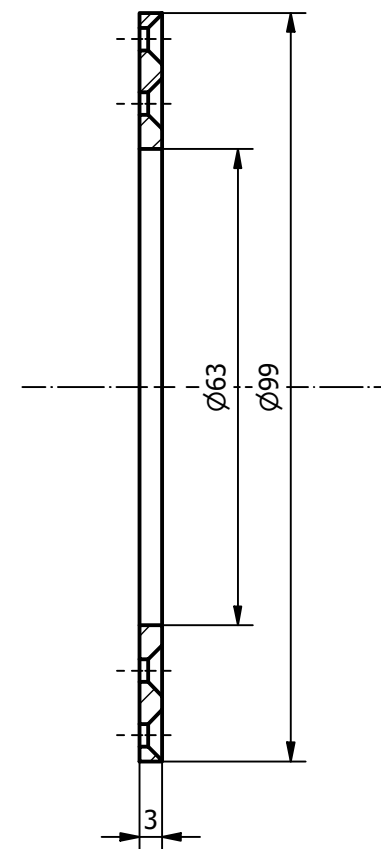
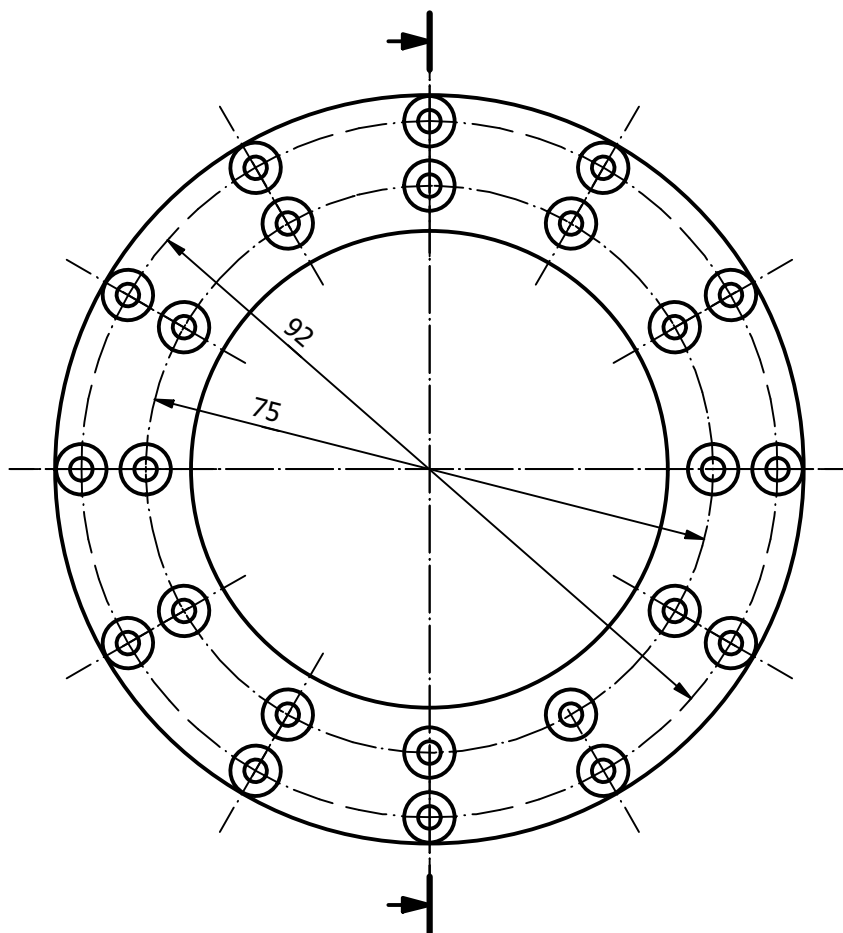
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Part 1	Άξονας κεντροφορέα
2	1	Part 2	Σώμα κεντροφορέα
3	1	Part 3	Καπάκι κεντροφορέα
4	1	Part 4	Δακτύλιος απόστασης
5	1	Part 5	DIN 625-6303
6	1	Part 6	DIN 711-51 203
7	1	Part 7	DIN 617-NK 7/12
8	1	Part 8	DIN 5419-5x4
9	1	Part 9	ISO 4766-M8x8

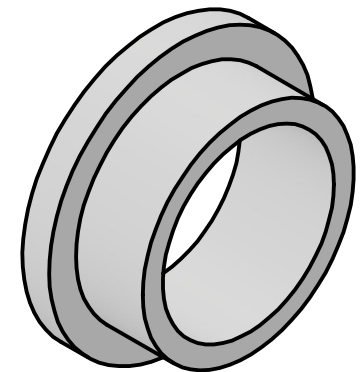
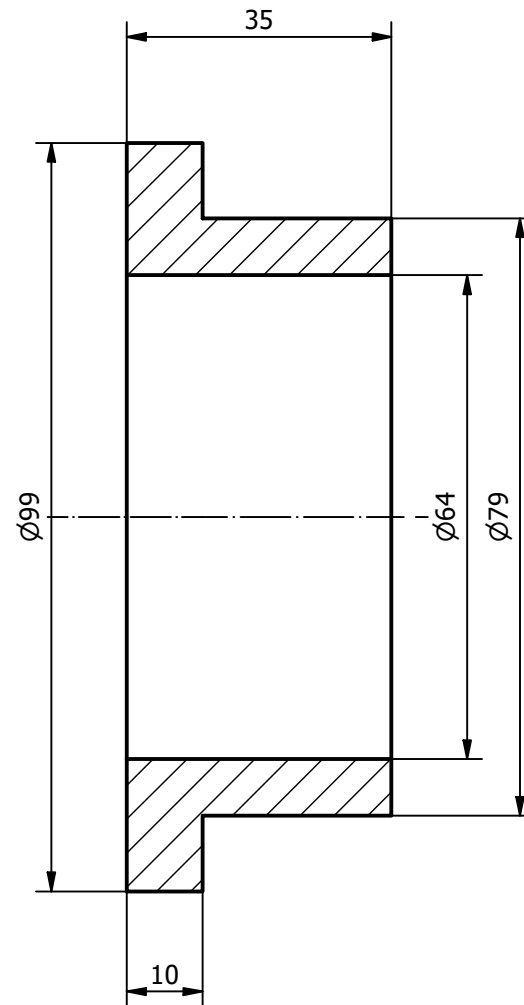
 <p>M3 MICRO ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ</p> <p>www.m3.tuc.gr</p>	Σχεδίαση: Αικατερίνη Ασημοπούλου		Ανοχές: Γενικές ανοχές f - ISO2768-1	
	Τίτλος: Τεμάχιο 2 Κεντροφορέας (κουκουβάγια)		Αριθμός: KAT_obj_200	
	Κλίμ.	Ημερομηνία	Γλώσσα	Φύλλο
1:1	2/5/25	ΕΛ	1/1	











www.m3.tuc.gr

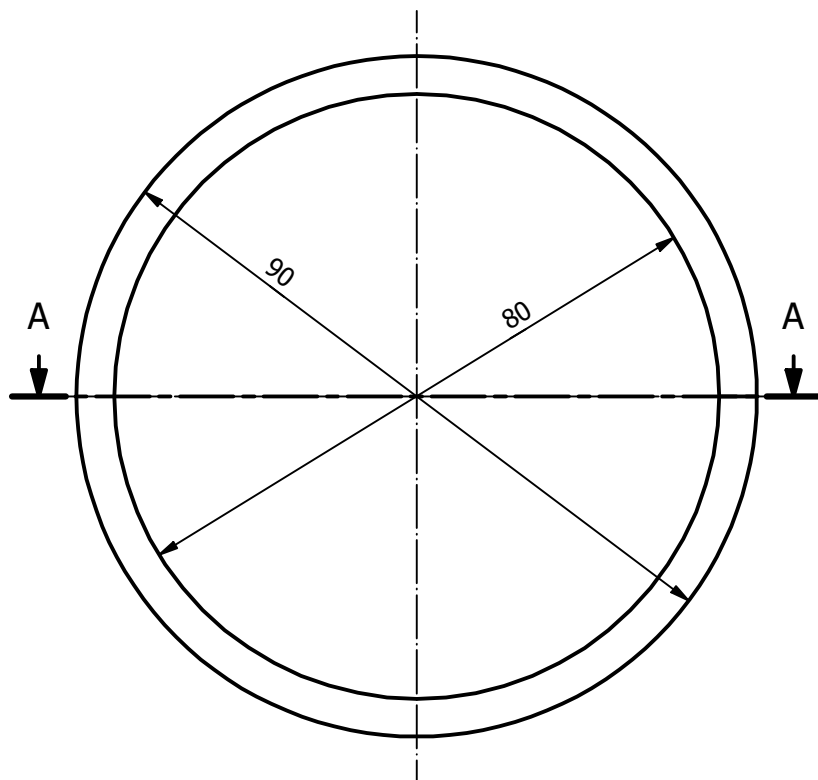
Σχεδίαση:
Αικατερίνη Ασημοπούλου

Τίτλος:
Δακτύλιος πίεσης

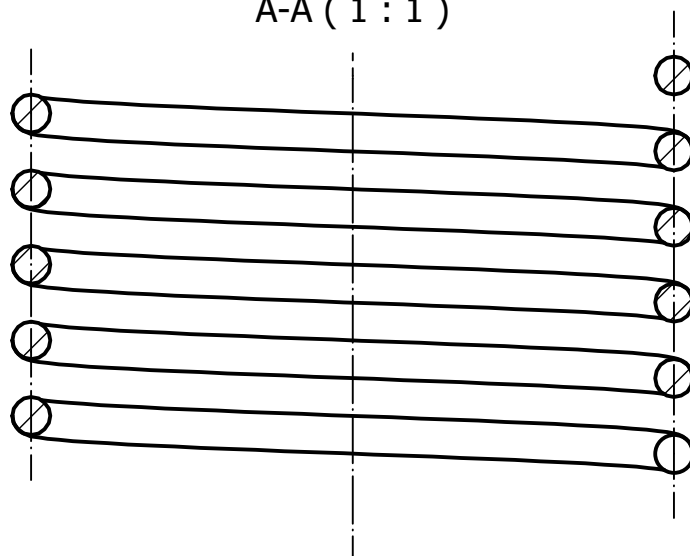
Ανοχές:
Γενικές ανοχές f - ISO2768-1

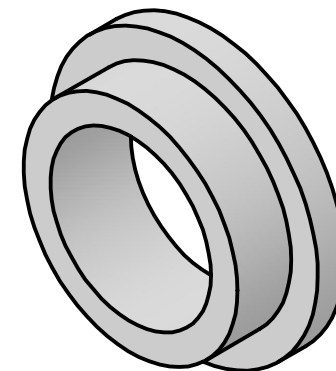
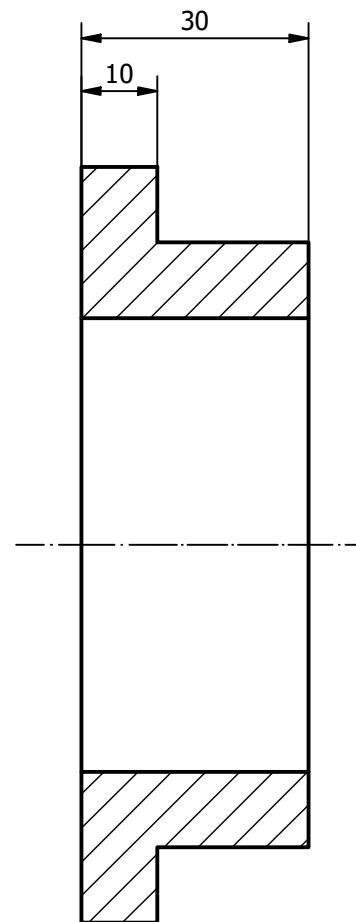
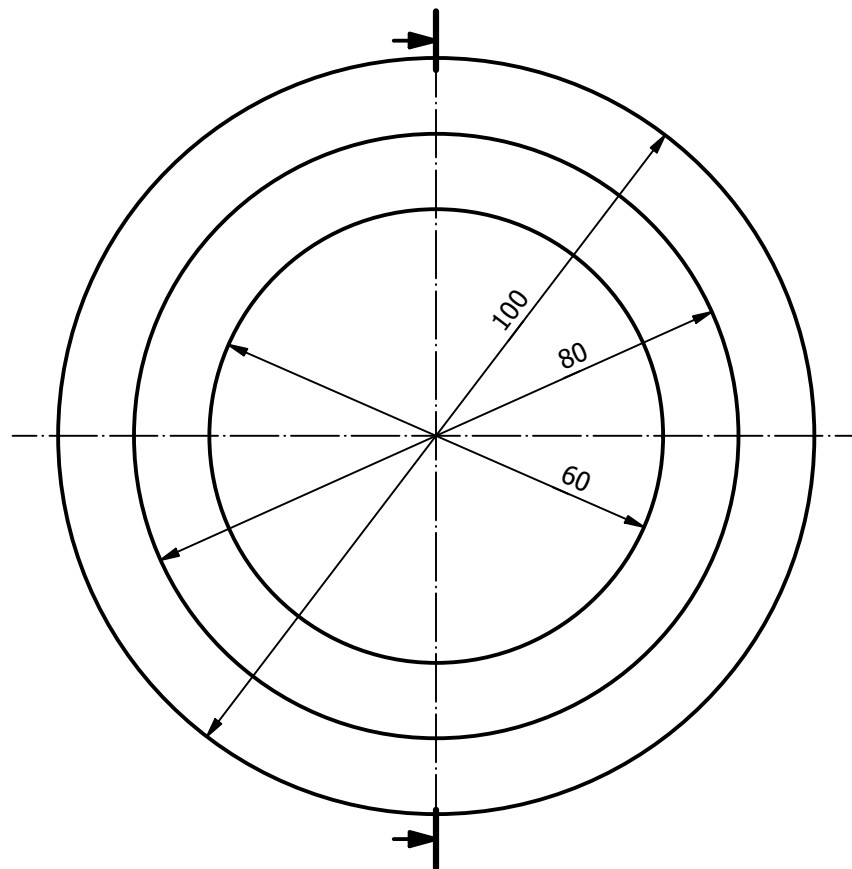
Αριθμός:	KAT_obj_308
----------	-------------

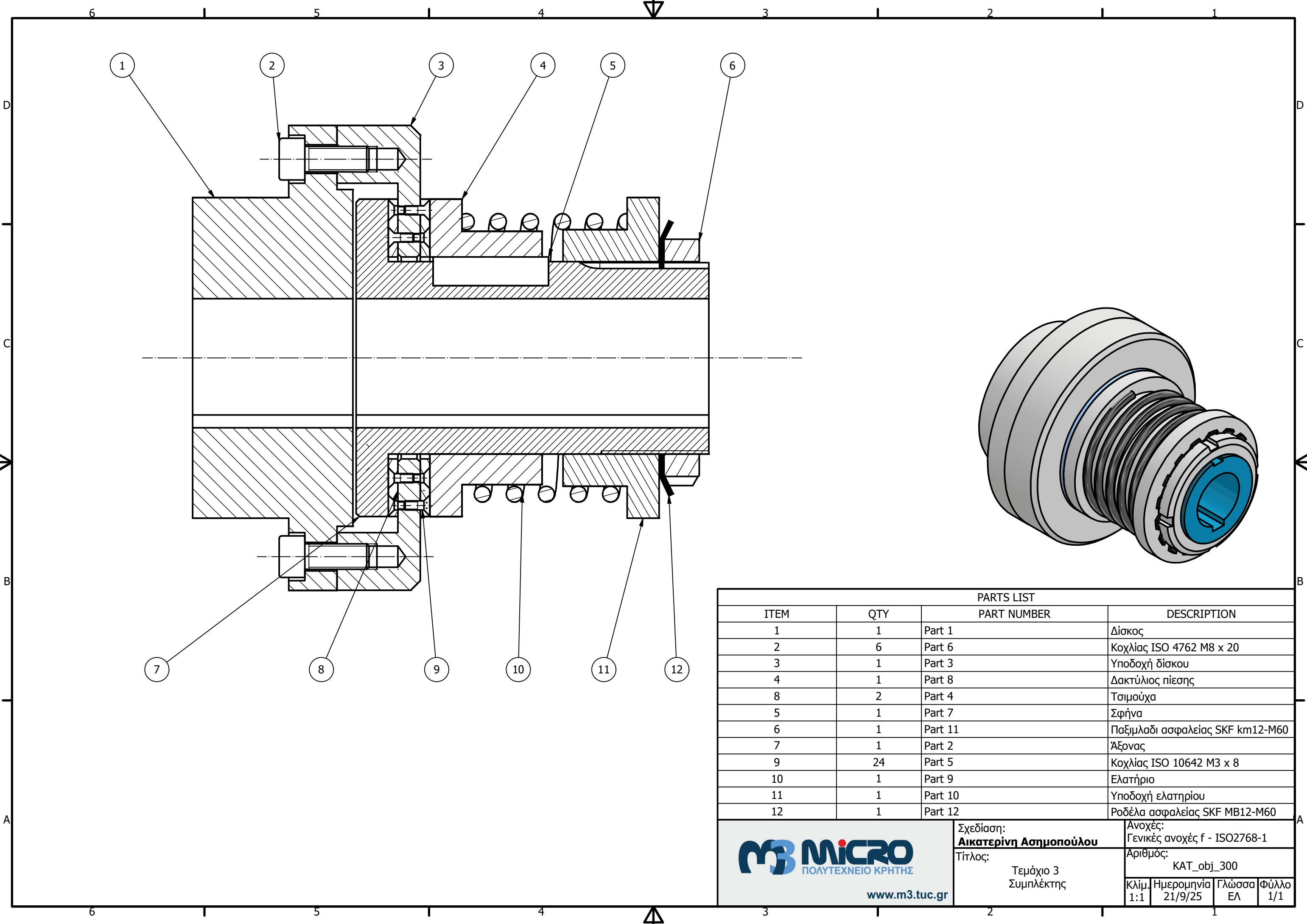
Κλίμ.	Ημερομηνία	Γλώσσα	Φύλλο
1:1	14/5/25	ΕΛ	1/1




A-A (1 : 1)







PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Part 1	Δίσκος
2	6	Part 6	Κοχλίας ISO 4762 M8 x 20
3	1	Part 3	Υποδοχή δίσκου
4	1	Part 8	Δακτύλιος πίεσης
8	2	Part 4	Τσιμούχα
5	1	Part 7	Σφήνα
6	1	Part 11	Παξιμλαδι ασφαλείας SKF km12-M60
7	1	Part 2	Άξονας
9	24	Part 5	Κοχλίας ISO 10642 M3 x 8
10	1	Part 9	Ελατήριο
11	1	Part 10	Υποδοχή ελατηρίου
12	1	Part 12	Ροδέλα ασφαλείας SKF MB12-M60



www.m3.tuc.gr

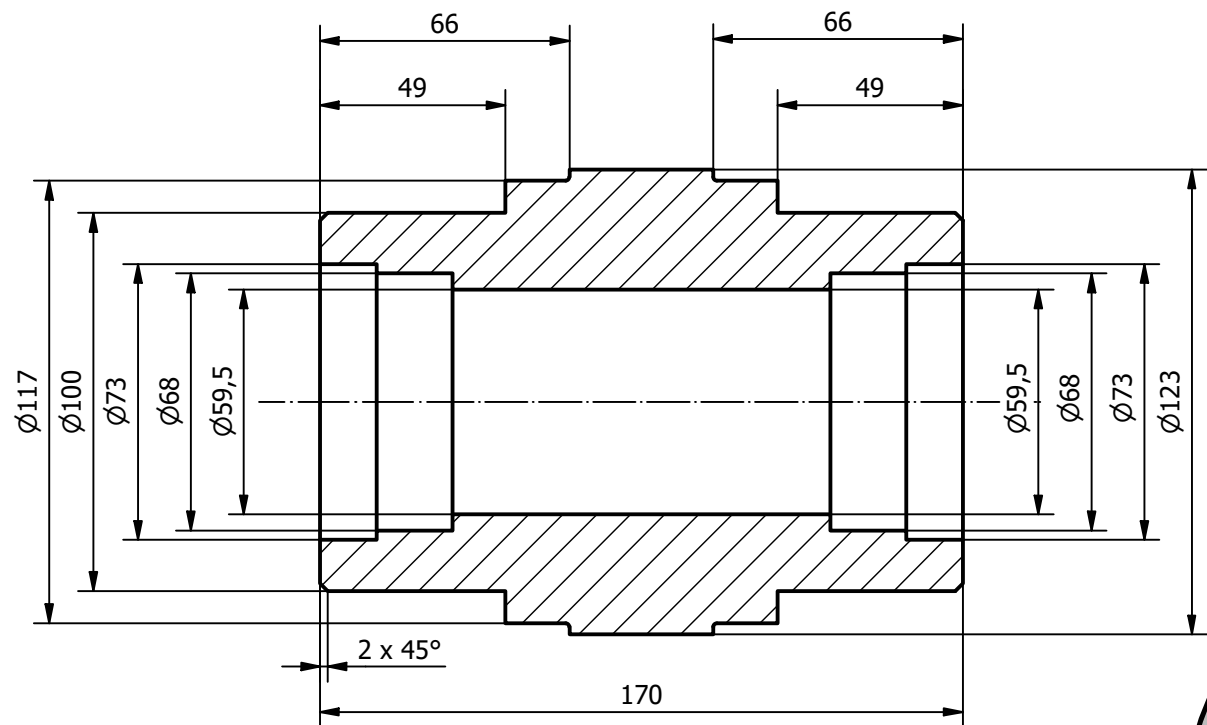
Σχεδίαση:
Αικατερίνη Ασημοπούλου

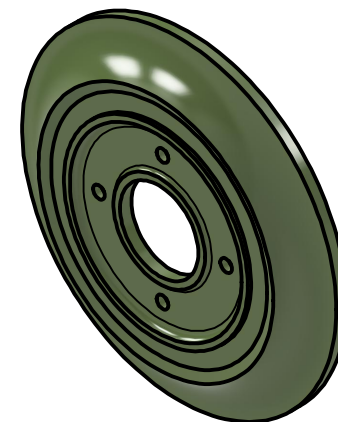
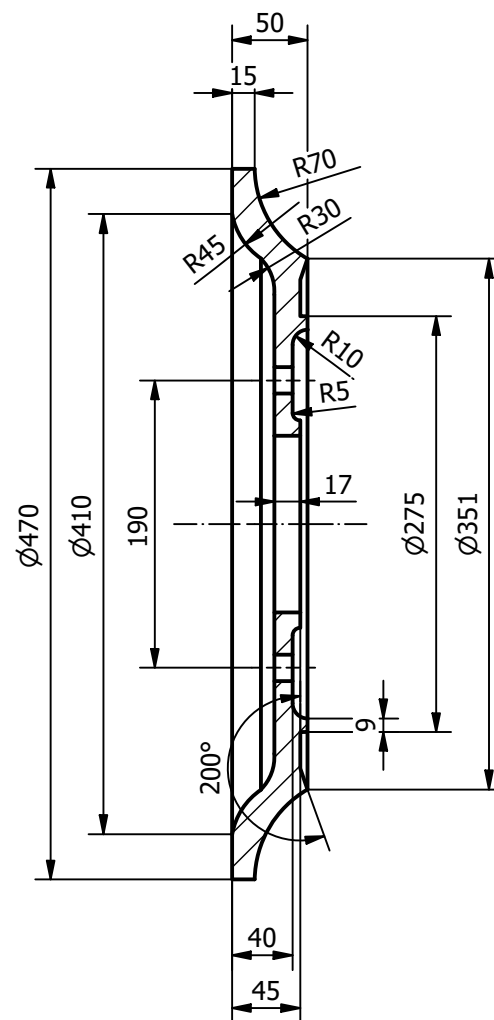
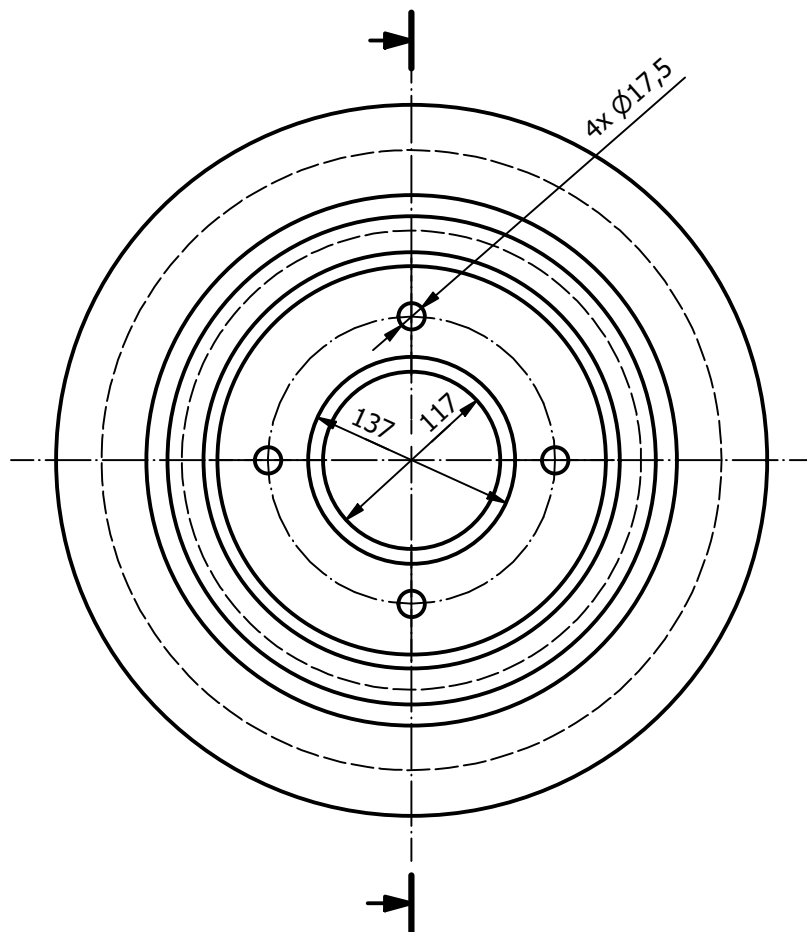
Τίτλος:
Τεμάχιο 3
Συμπλέκτης

Ανοχές:
Γενικές ανοχές f - ISO2768-1

Αριθμός:
KAT_obj_300

Κλίμ.	Ημερομηνία	Γλώσσα	Φύλλο
1:1	21/9/25	ΕΛ	1/1





m3 MICRO
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

www.m3.tuc.gr

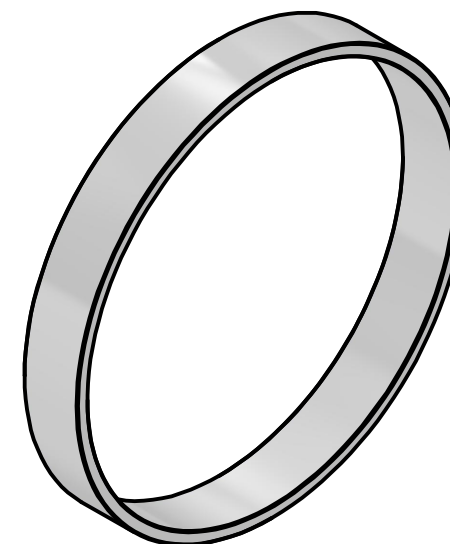
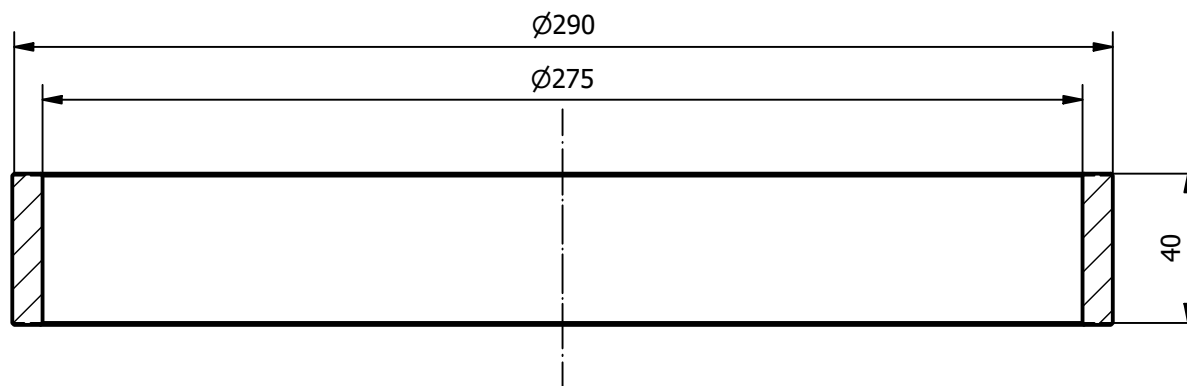
Σχεδίαση:
Αικατερίνη Ασημοπούλου

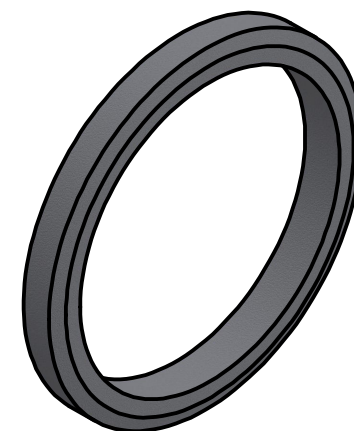
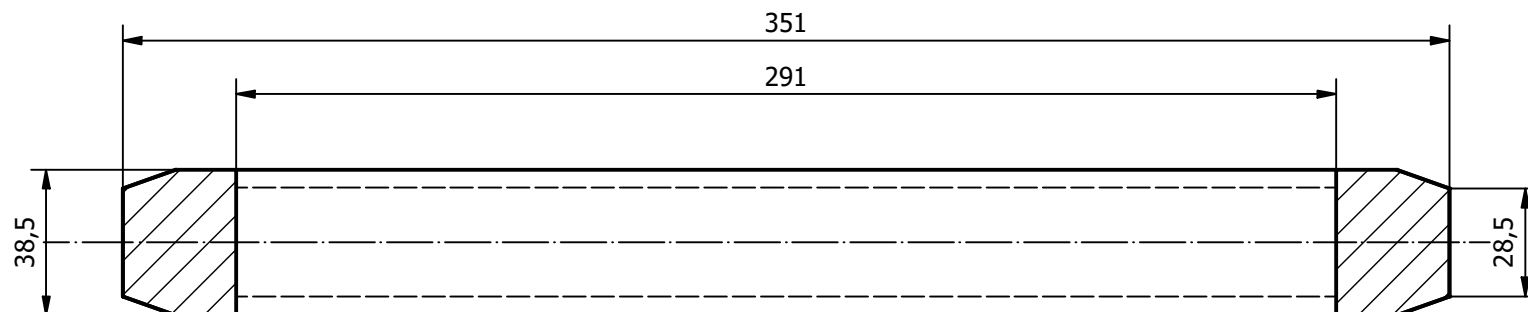
Τίτλος:
Τμήμα τροχαλίας

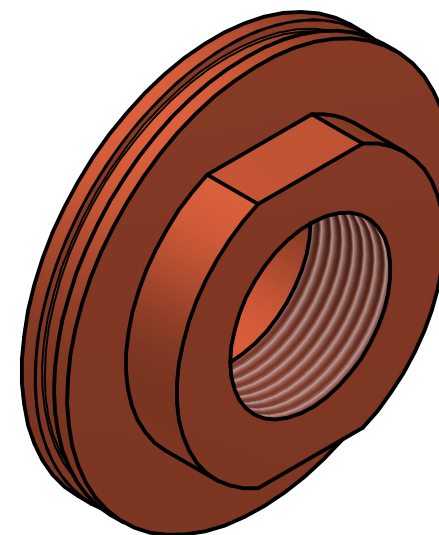
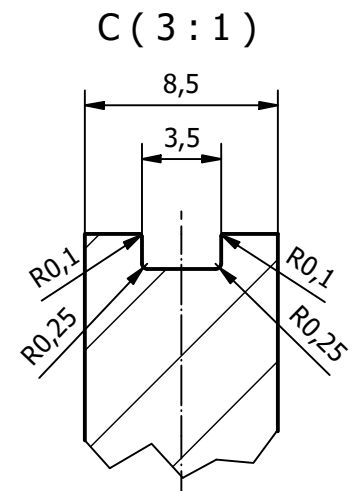
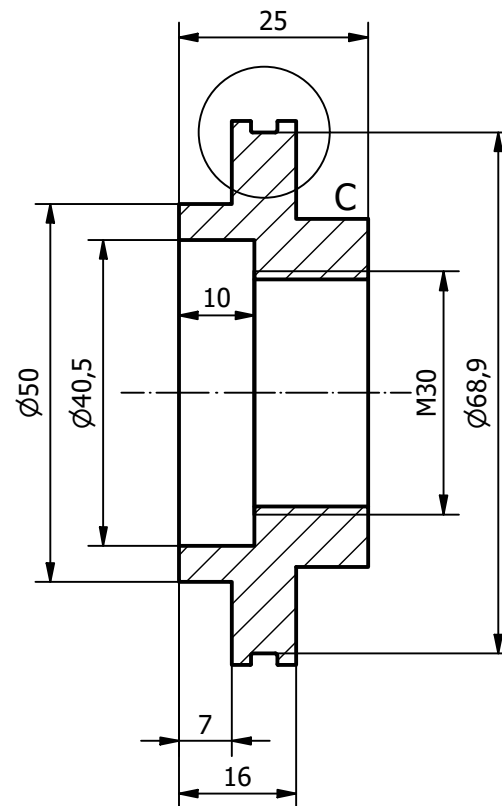
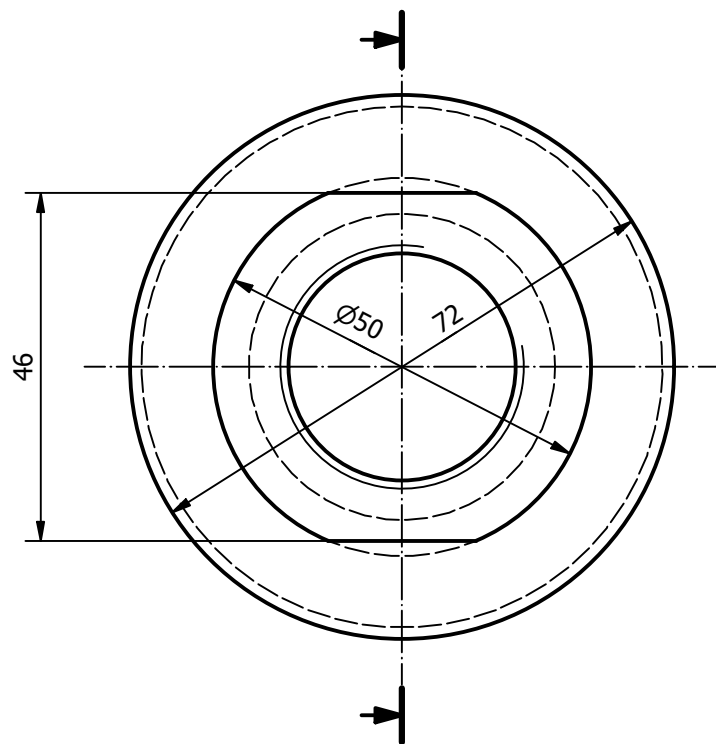
Ανοχές:
Γενικές ανοχές f - ISO2768-1

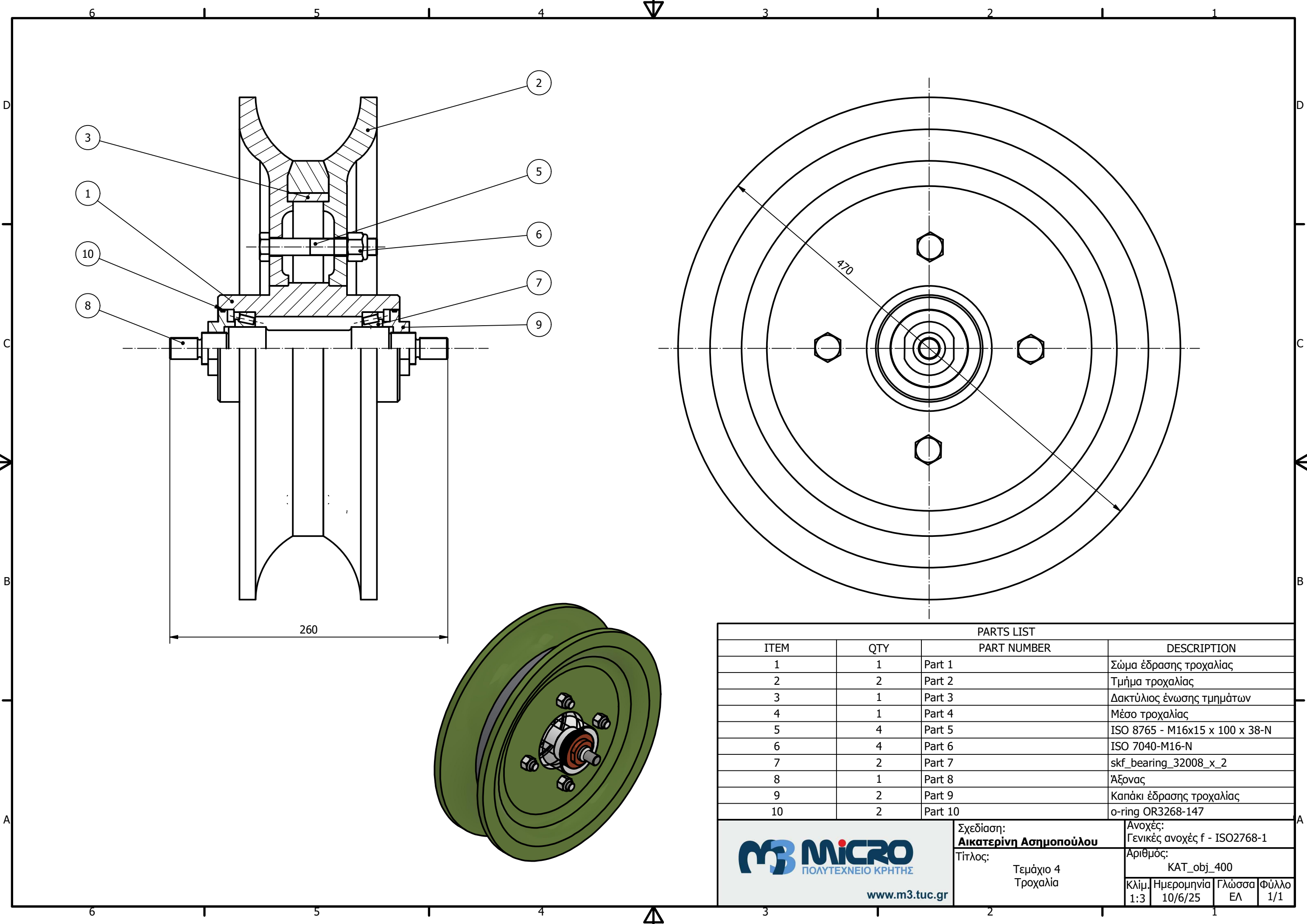
Αριθμός:
KAT_obj_402

Κλίμ.	Ημερομηνία	Γλώσσα	Φύλλο
1:5	15/04/25	ΕΛ	1/1



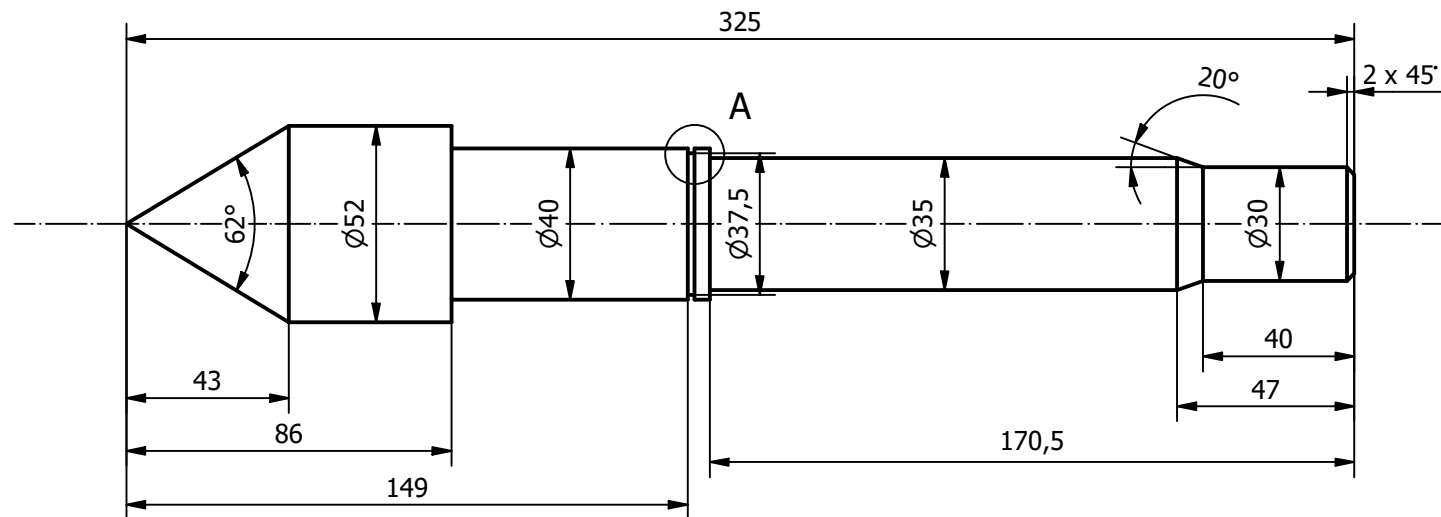




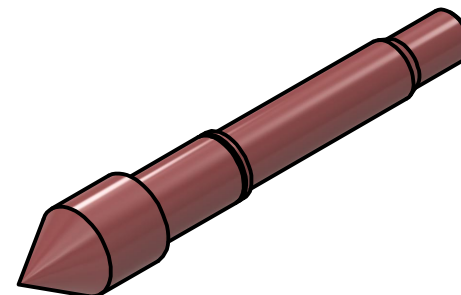
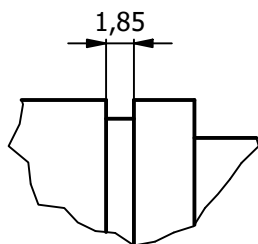


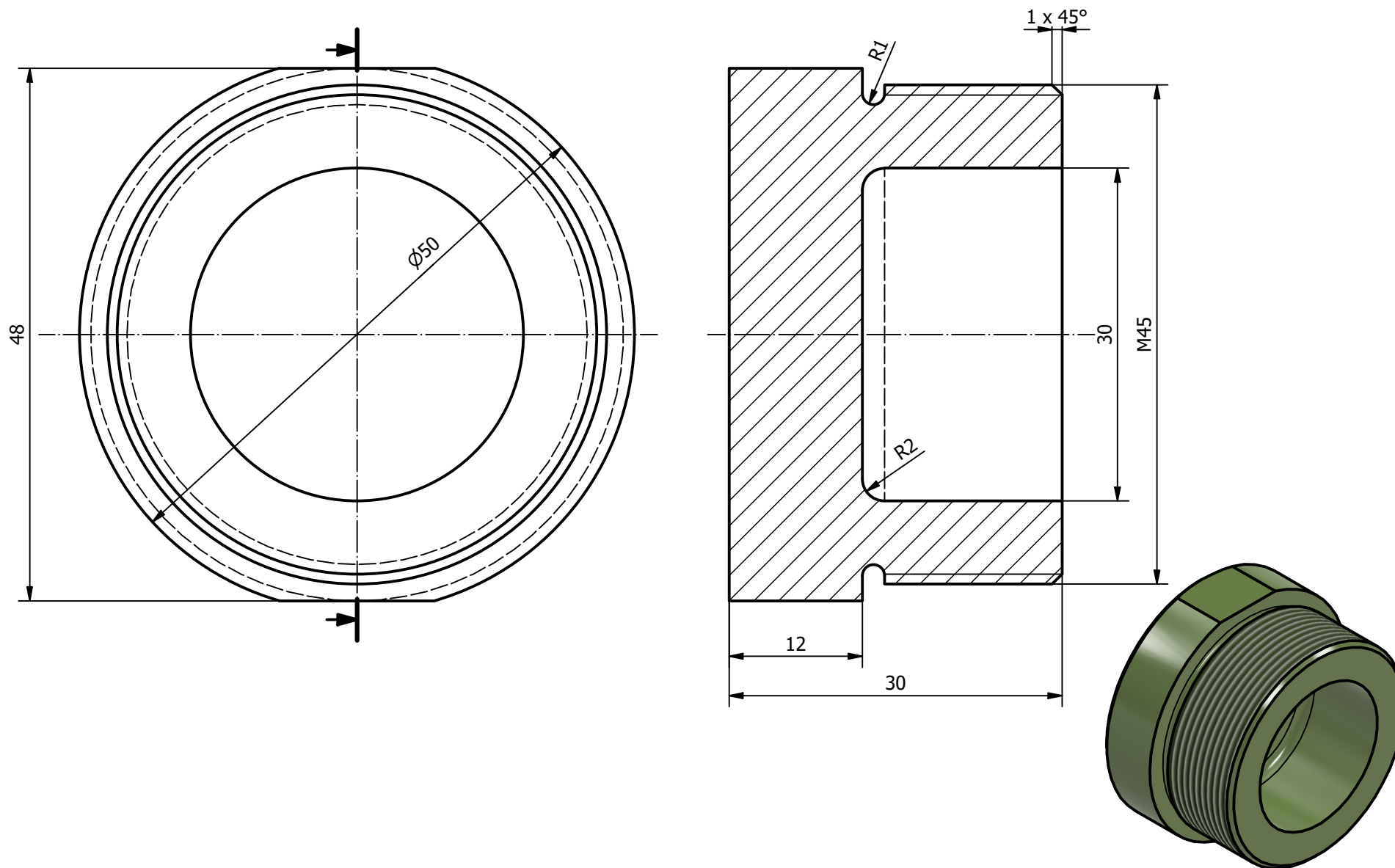
PARTS LIST				
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	
1	1	Part 1	Σώμα έδρασης τροχαλίας	
2	2	Part 2	Τμήμα τροχαλίας	
3	1	Part 3	Δακτύλιος ένωσης τμημάτων	
4	1	Part 4	Μέσο τροχαλίας	
5	4	Part 5	ISO 8765 - M16x15 x 100 x 38-N	
6	4	Part 6	ISO 7040-M16-N	
7	2	Part 7	skf_bearing_32008_x_2	
8	1	Part 8	Άξονας	
9	2	Part 9	Καπάκι έδρασης τροχαλίας	
10	2	Part 10	o-ring OR3268-147	

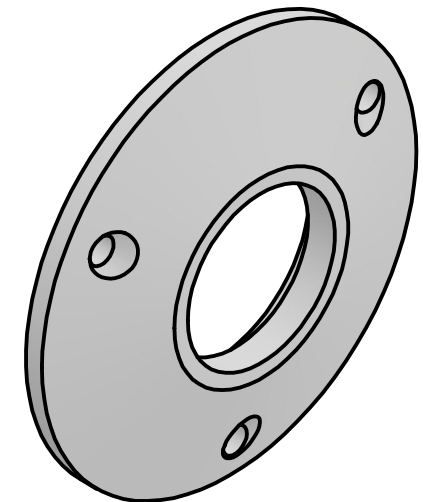
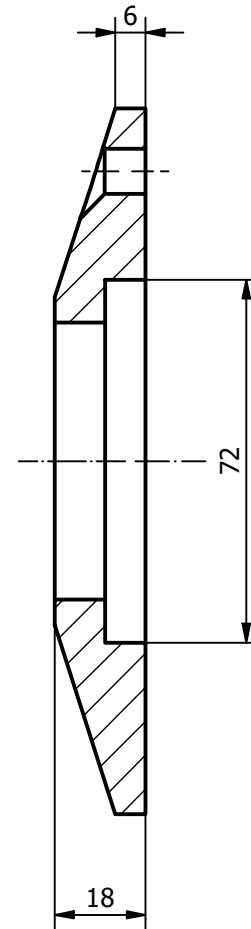
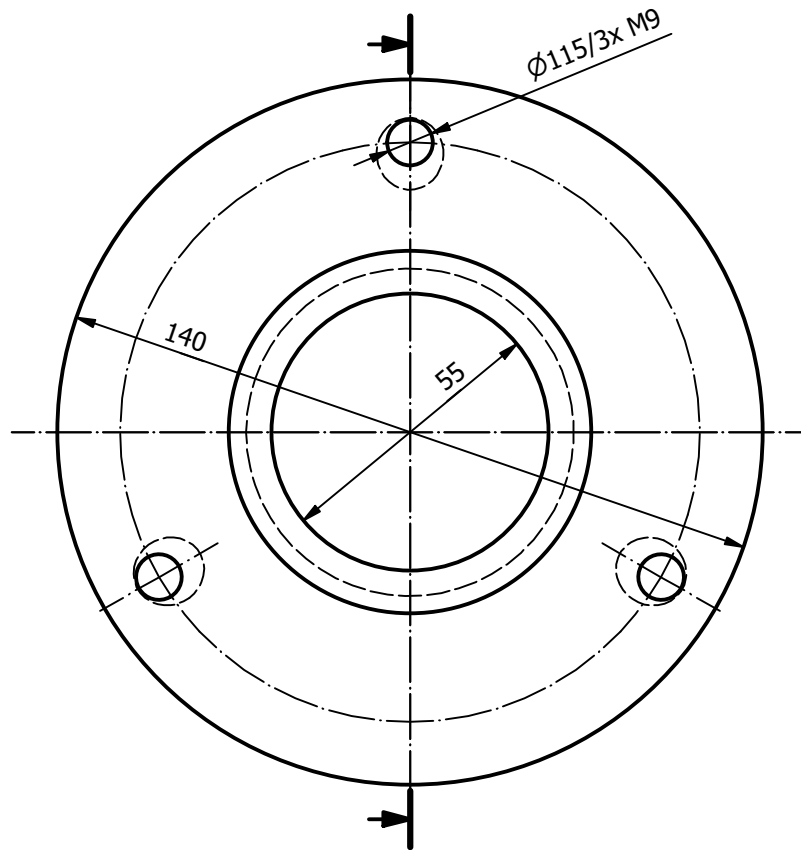
 www.m3.tuc.gr	Σχεδίαση: Αικατερίνη Ασημοπούλου	Ανοχές: Γενικές ανοχές f - ISO2768-1			
	Τίτλος: Τεμάχιο 4 Τροχαλία	Αριθμός: KAT_obj_400			
		Κλίμ. 1:3	Ημερομηνία 10/6/25	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1

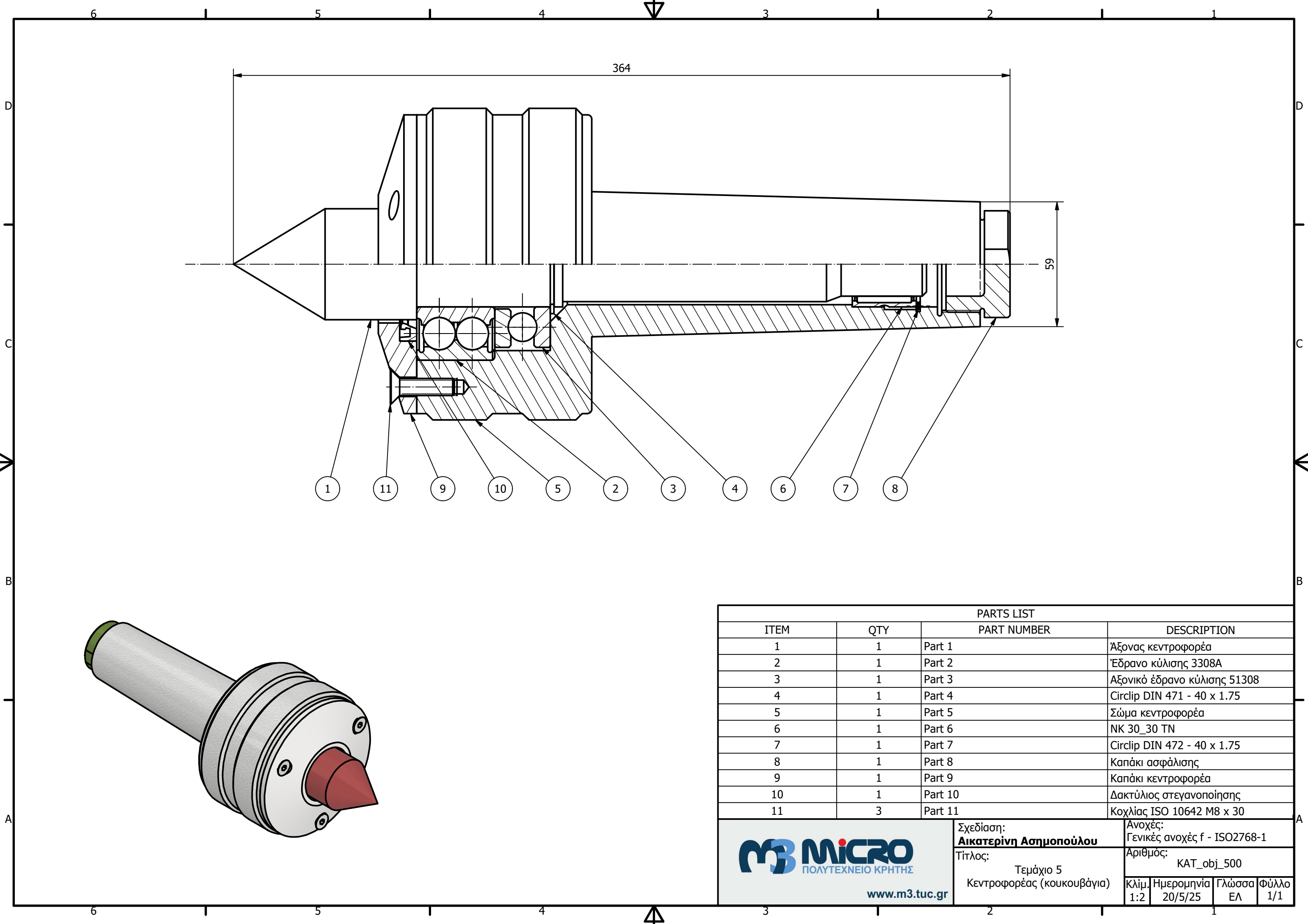


A (2 : 1)




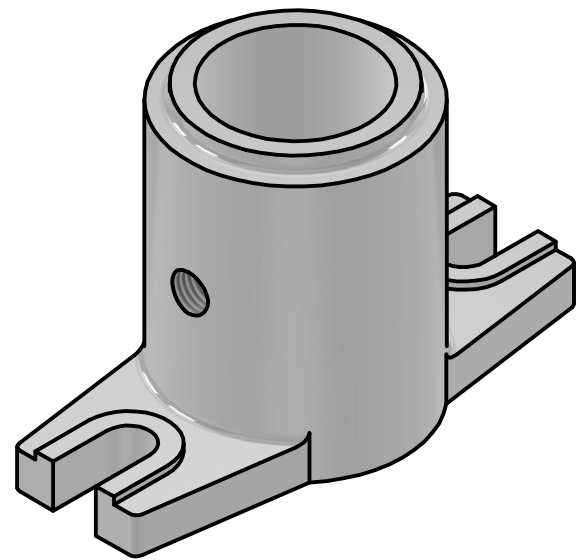
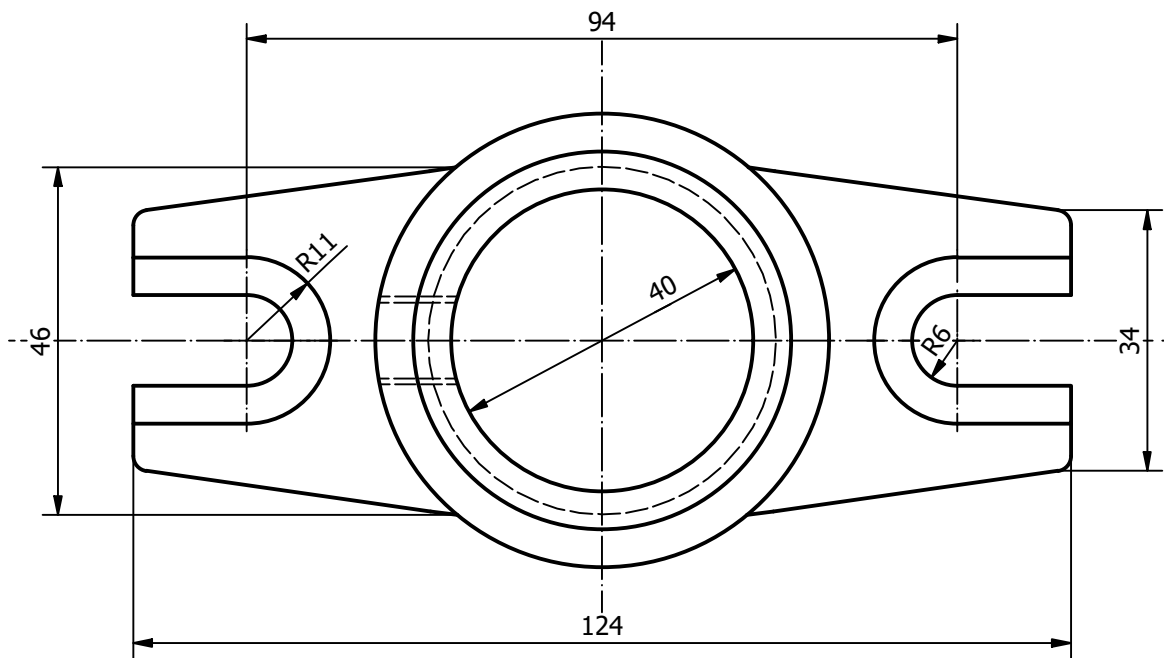
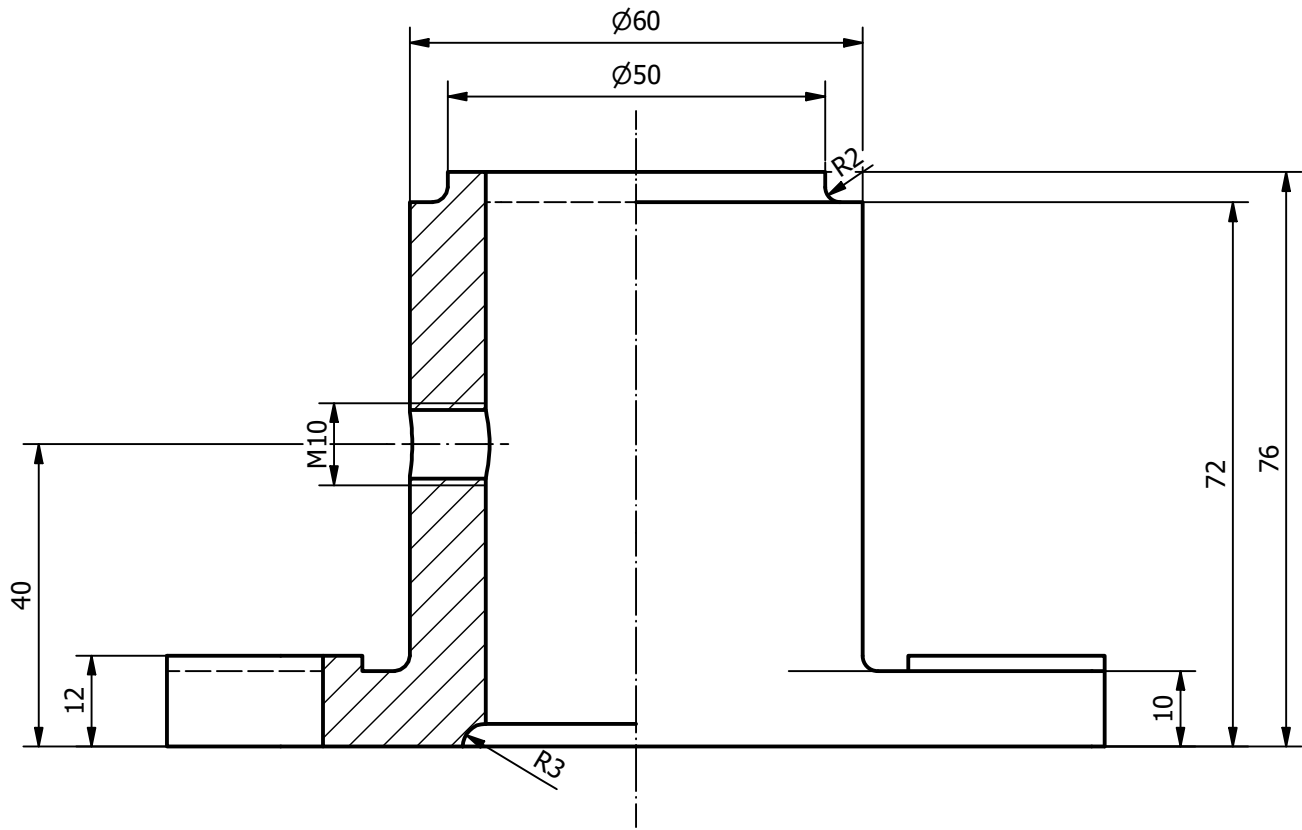


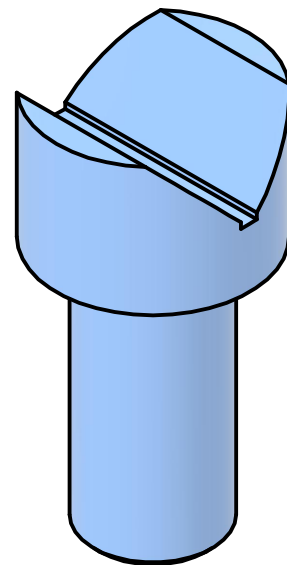
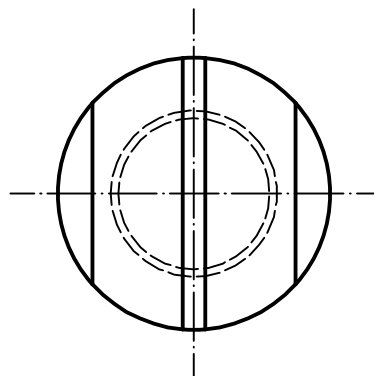
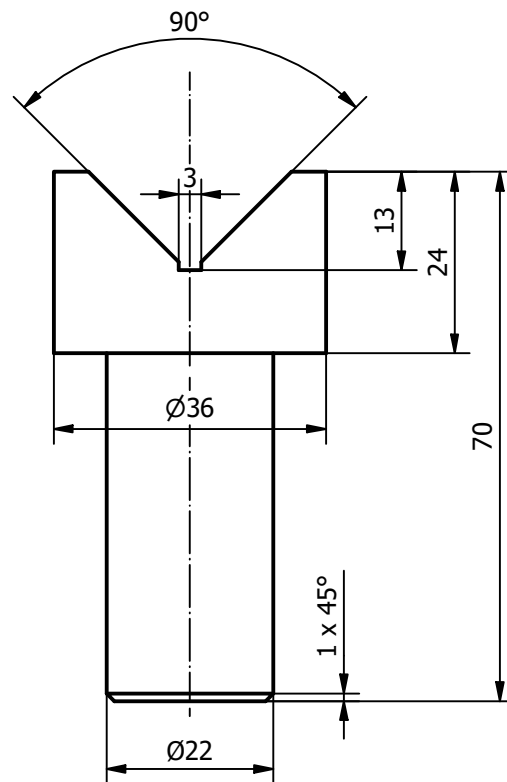


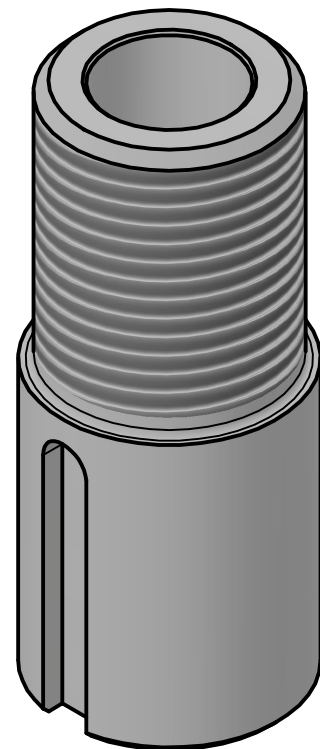
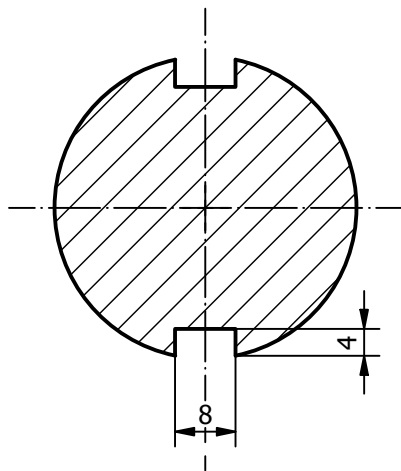
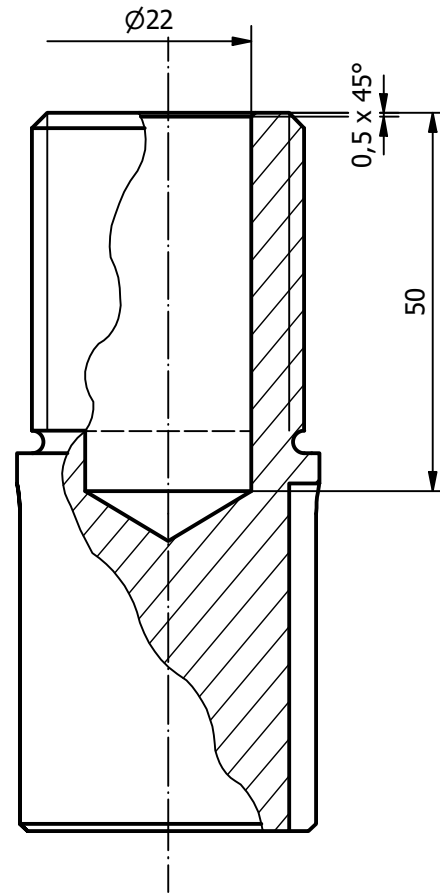
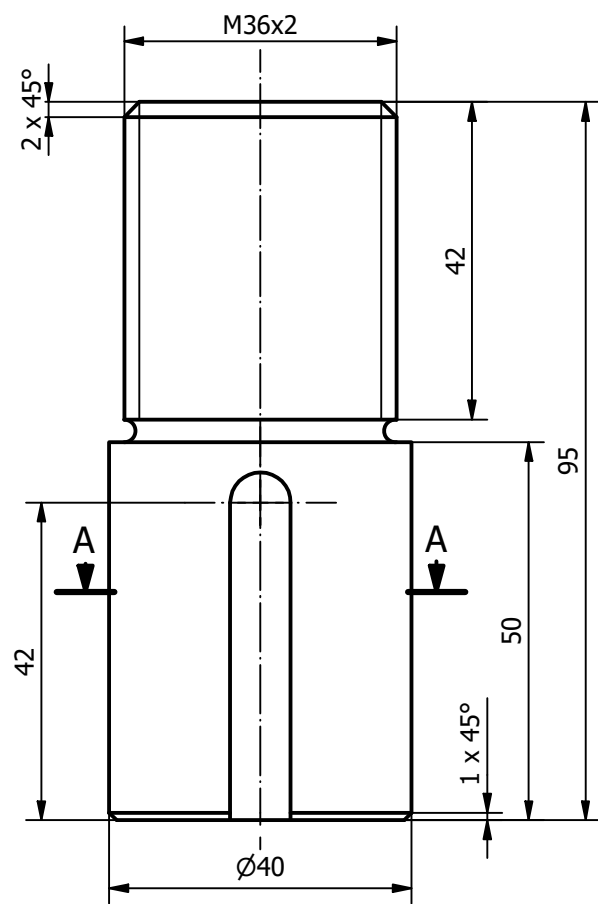


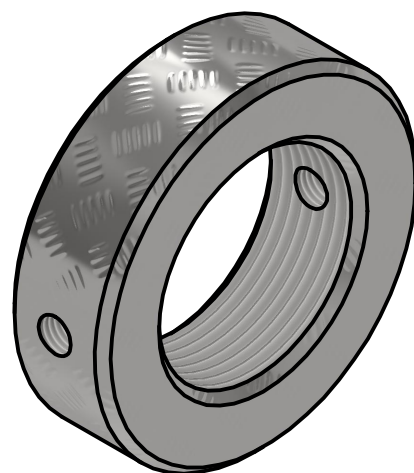
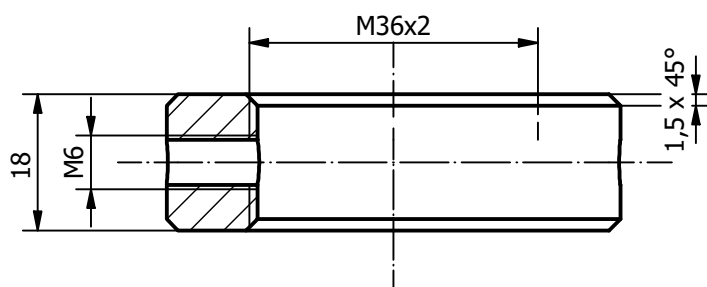
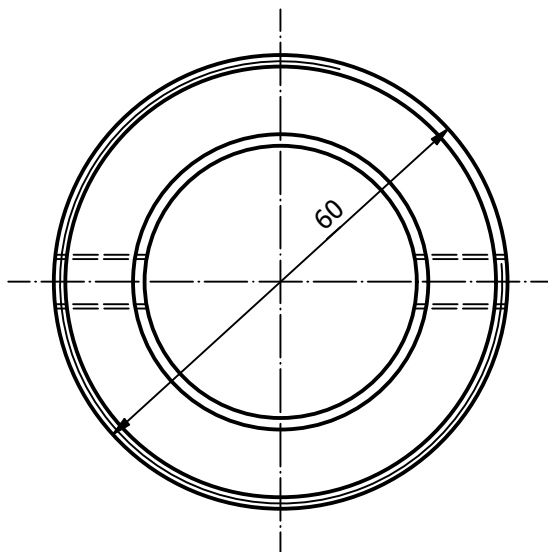
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Part 1	Άξονας κεντροφορέα
2	1	Part 2	Έδρανο κύλισης 3308A
3	1	Part 3	Αξονικό έδρανο κύλισης 51308
4	1	Part 4	Circlip DIN 471 - 40 x 1.75
5	1	Part 5	Σώμα κεντροφορέα
6	1	Part 6	NK 30_30 TN
7	1	Part 7	Circlip DIN 472 - 40 x 1.75
8	1	Part 8	Καπάκι ασφάλισης
9	1	Part 9	Καπάκι κεντροφορέα
10	1	Part 10	Δακτύλιος στεγανοποίησης
11	3	Part 11	Κοχλίας ISO 10642 M8 x 30

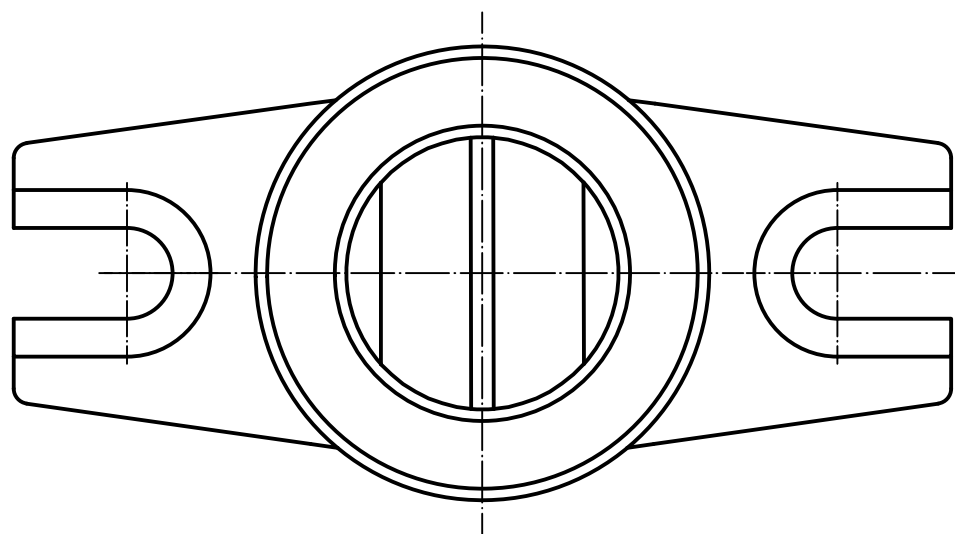
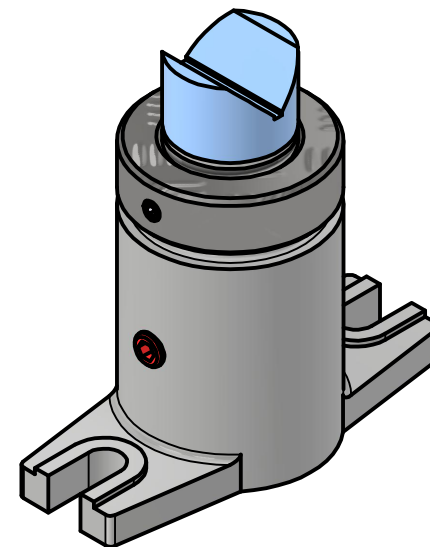
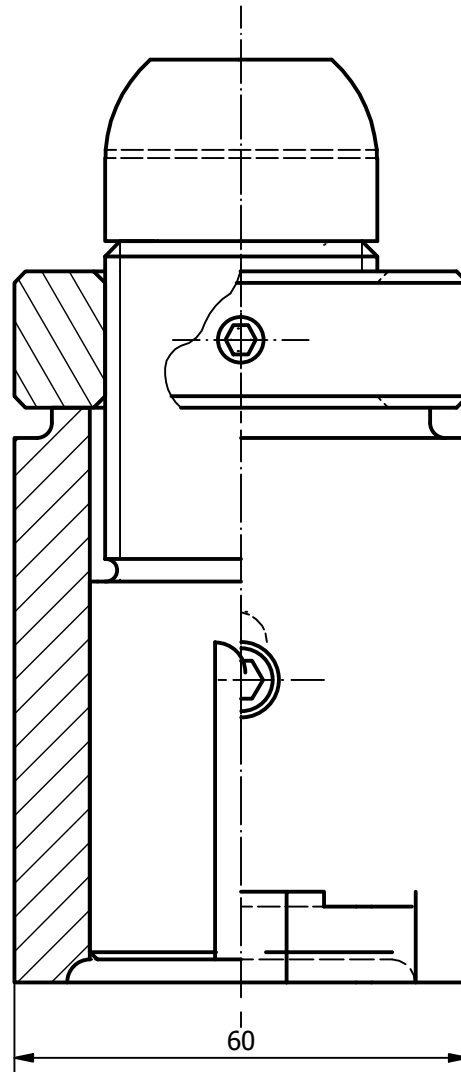
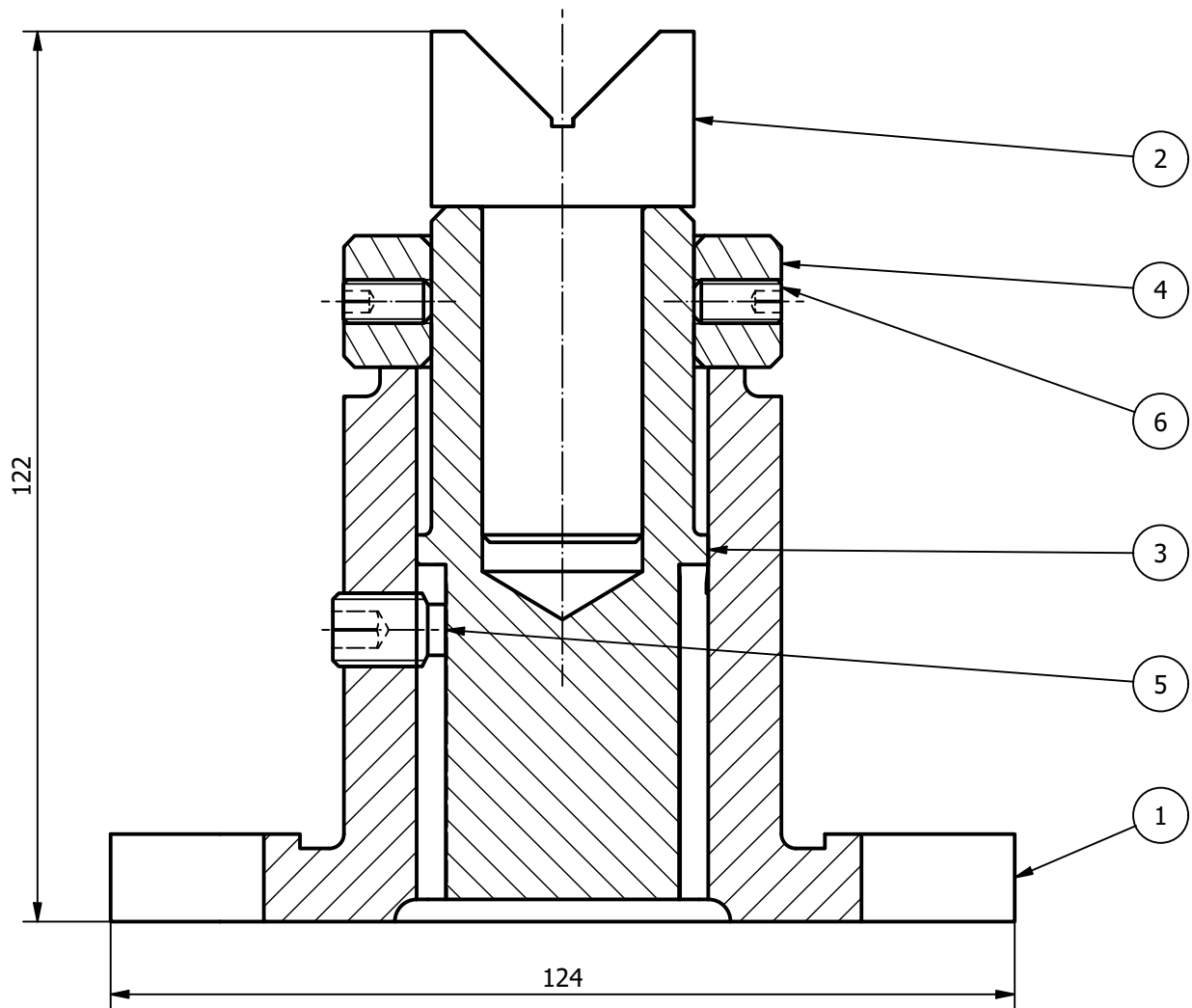
 www.m3.tuc.gr	Σχεδίαση: Αικατερίνη Ασημοπούλου	Ανοχές: Γενικές ανοχές f - ISO2768-1			
	Τίτλος: Τεμάχιο 5 Κεντροφορέας (κουκουβάγια)	Αριθμός: KAT_obj_500			
		Κλίμ. 1:2	Ημερομηνία 20/5/25	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1



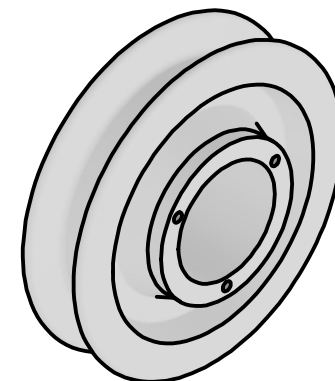
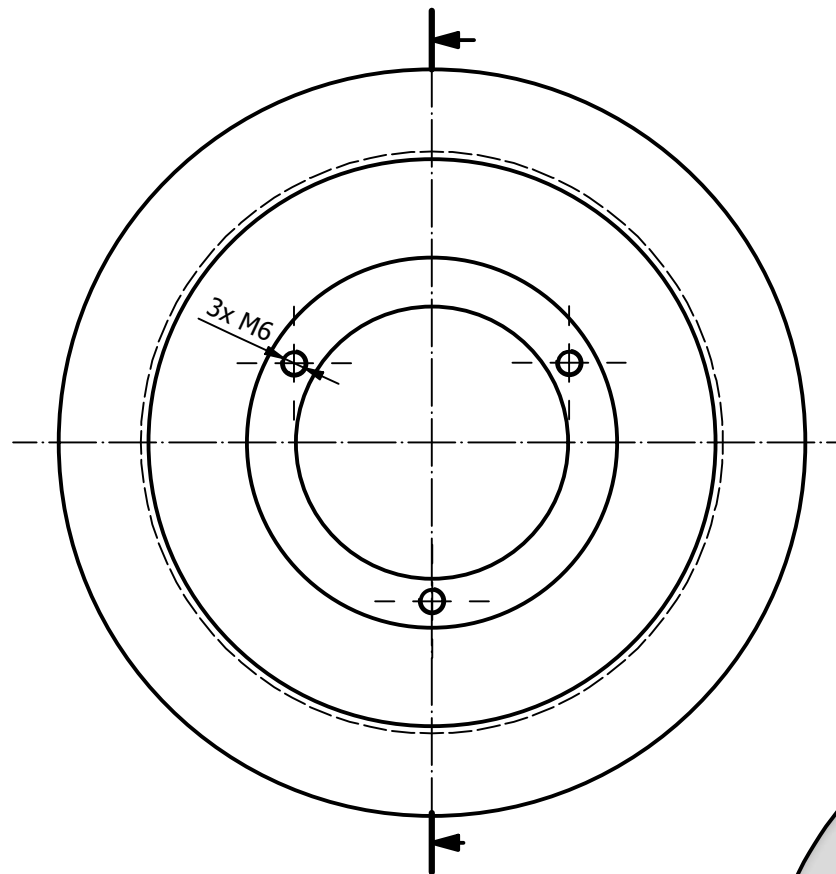
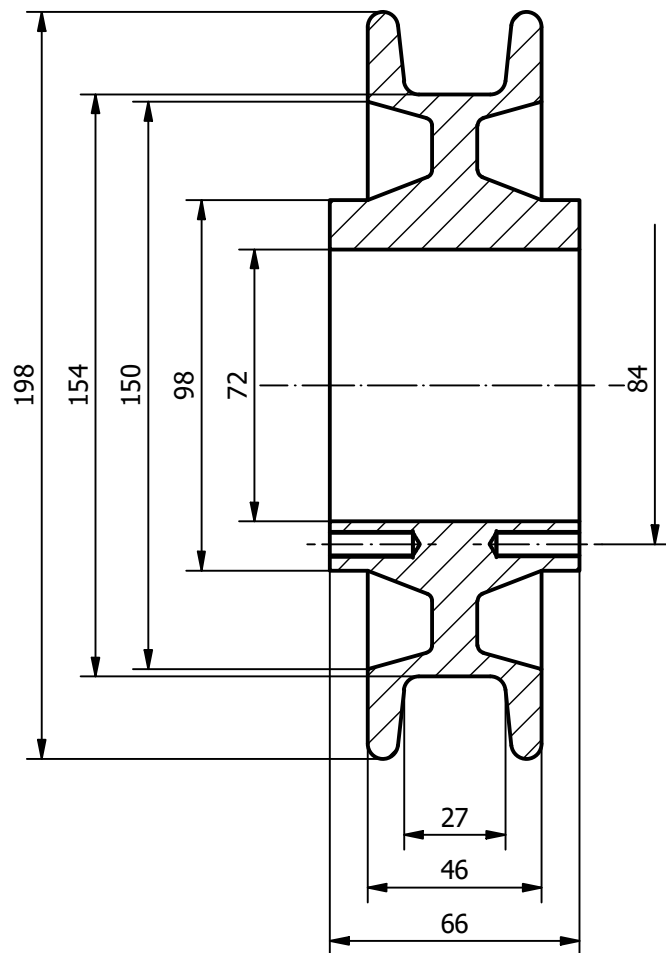








PARTS LIST						
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION			
1	1	Part 1	Σώμα στήριξης			
2	1	Part 2	Αξονίσκος			
3	1	Part 3	Υποστήριγμα			
4	1	Part 4	Περικόχλιο ασφάλισης			
5	1	Part 5	Κοχλίας M10x18 UNI 5925			
6	2	Part 6	Κοχλίας M6x12 UNI 5925			
<div> www.m3.tuc.gr</div>		Σχεδίαση: Αικατερίνη Ασημοπούλου	Ανοχές: Γενικές ανοχές f - ISO2768-1			
		Τίτλος: Τεμάχιο 6 Ρυθμιζόμενη βάση στήριξης	Αριθμός: KAT_obj_600			
			Κλίμ. 1:1	Ημερομηνία 19/6/25	Γλώσσα ΕΛ	Φύλλο 1/1



m3 MICRO
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

www.m3.tuc.gr

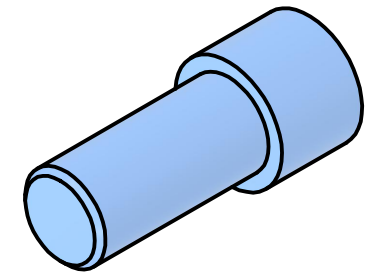
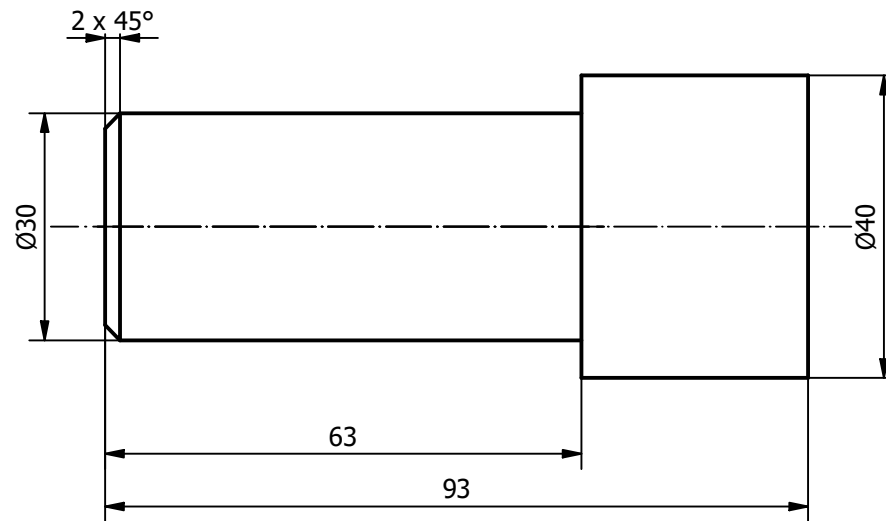
Σχεδίαση:
Αικατερίνη Ασημοπούλου

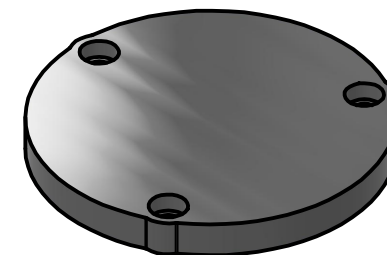
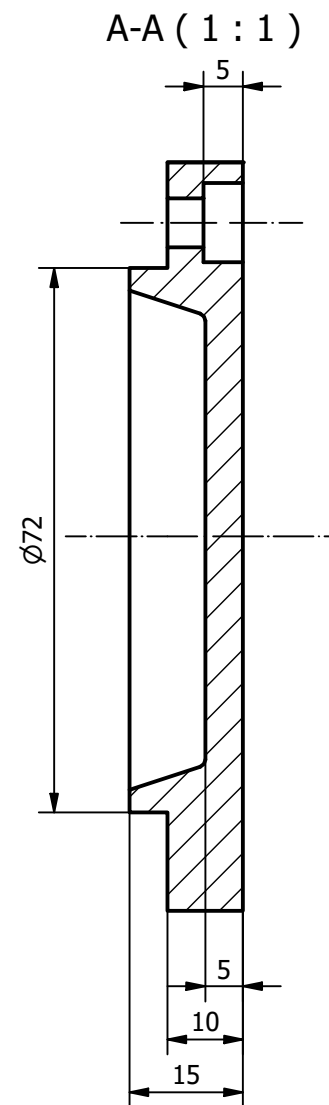
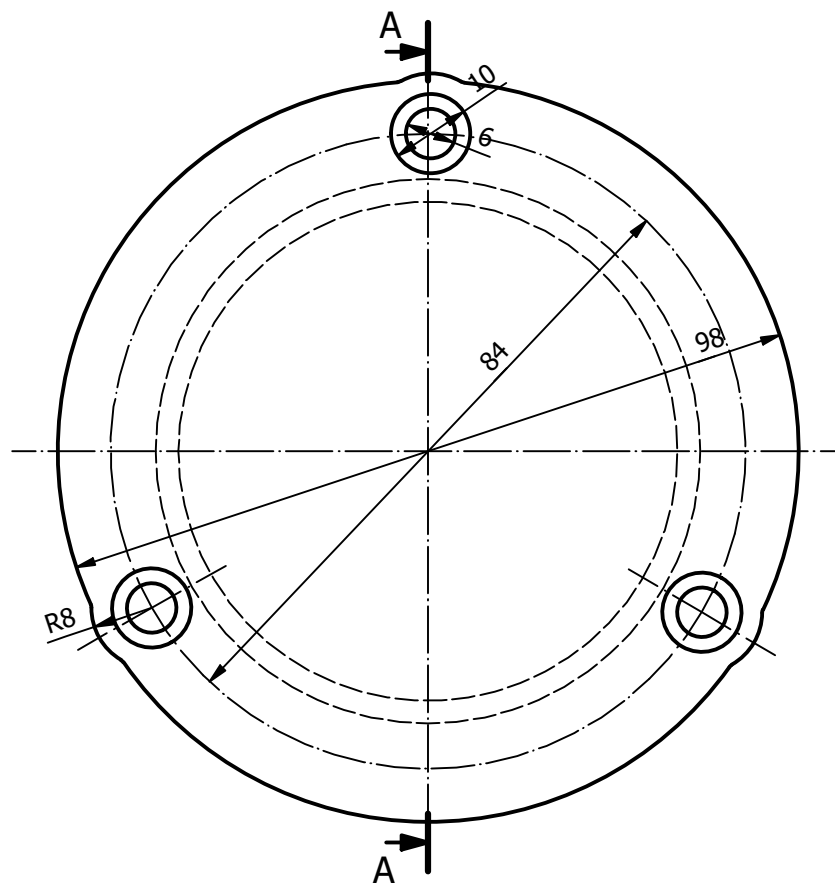
Τίτλος:
Τροχός

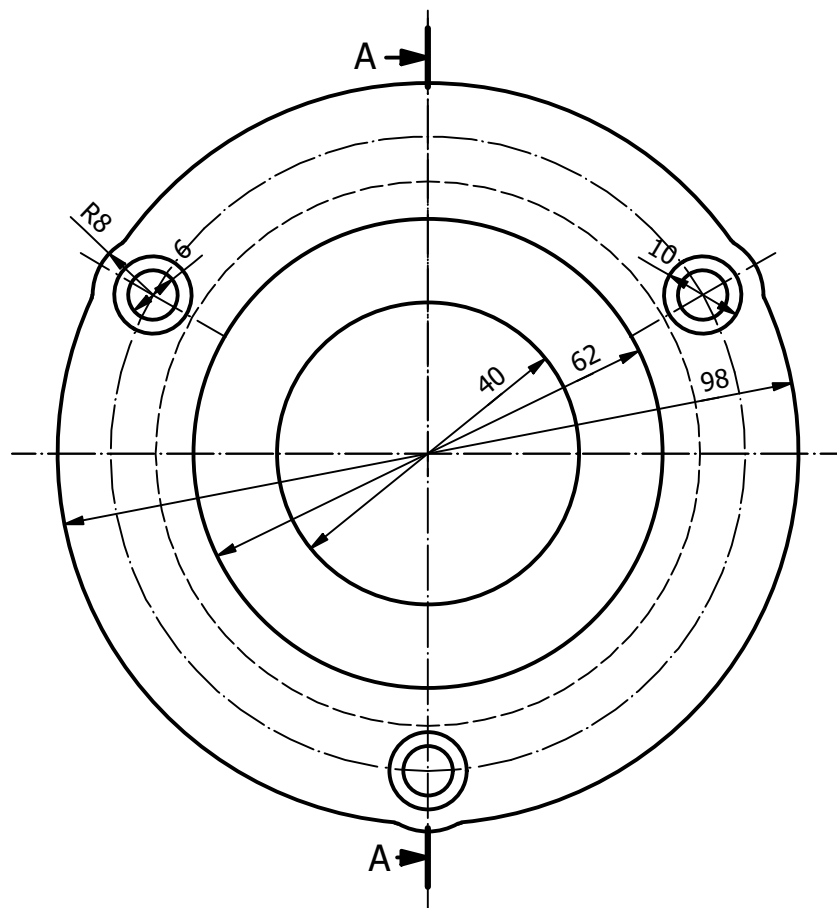
Ανοχές:
Γενικές ανοχές f - ISO2768-1

Αριθμός:
KAT_obj_701

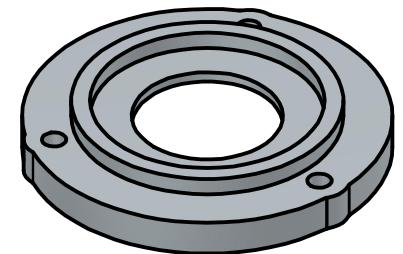
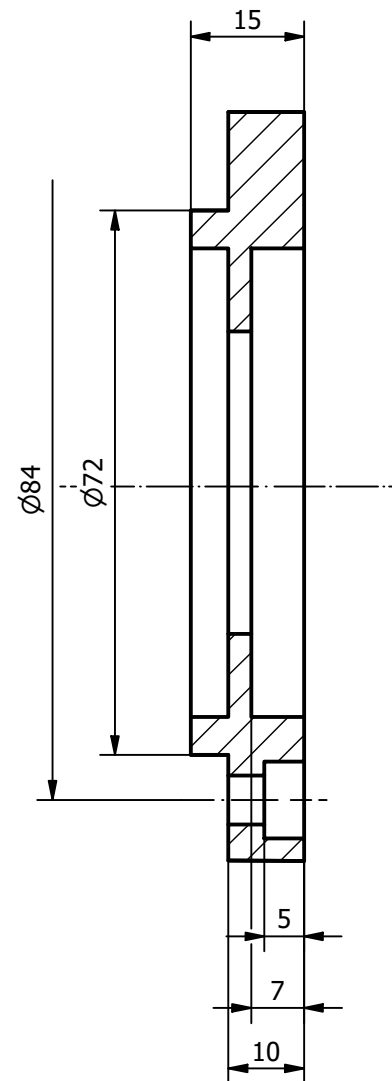
Κλίμ.	Ημερομηνία	Γλώσσα	Φύλλο
1:2	26/7/25	ΕΛ	1/1







A-A (1 : 1)



m3 MICRO
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

www.m3.tuc.gr

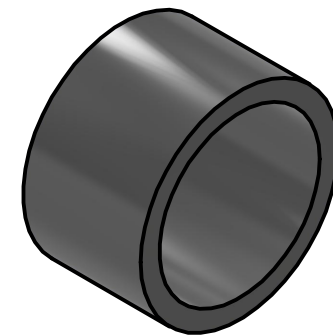
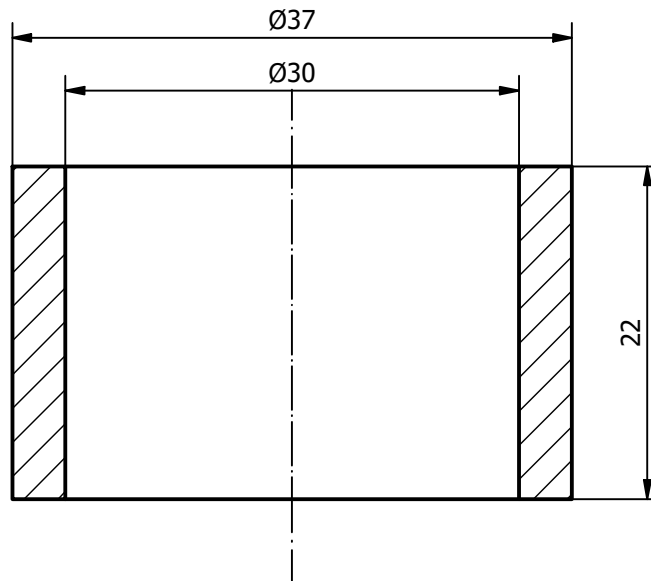
Σχεδίαση:
Αικατερίνη Ασημοπούλου

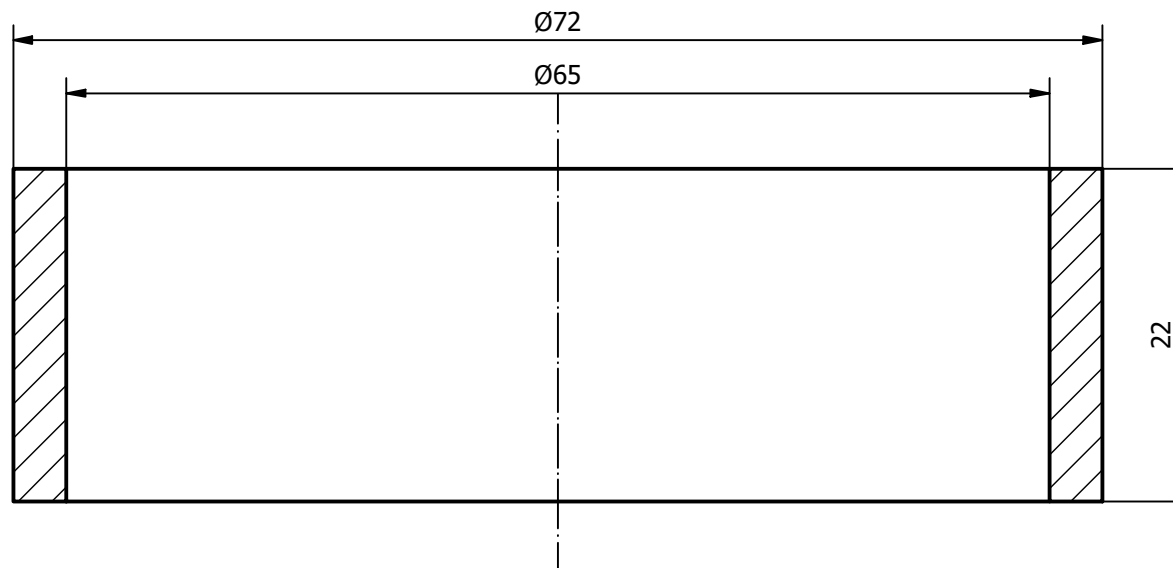
Τίτλος:
Καπάκι

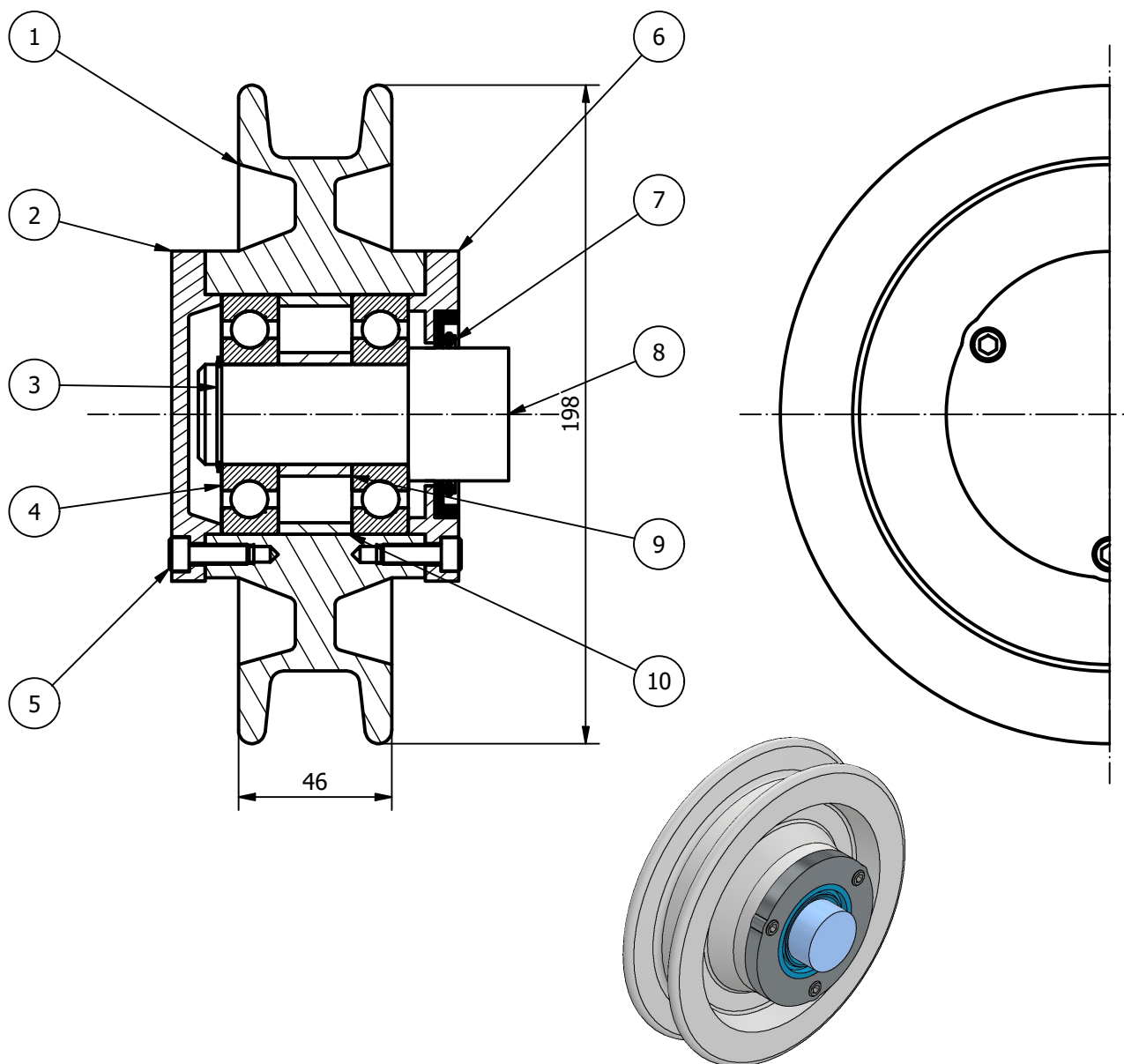
Ανοχές:
Γενικές ανοχές f - ISO2768-1

Αριθμός:
KAT_obj_704

Κλίμ.	Ημερομηνία	Γλώσσα	Φύλλο
1:1	28/8/25	ΕΛ	1/1







PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Part 1	Τροχός
2	1	Part 3	Καπάκι
3	1	Part 9	Ασφάλεια ατράκτου UNI 7435
4	2	Part 5	Έδρανο κύλισης 30x72x19
5	6	Part 10	Κοχλίας M6x18
6	1	Part 4	Καπάκι
7	1	Part 8	Δακτύλιος στεγανοποίησης
8	1	Part 2	Άξονας
9	1	Part 6	Εσωτερικός δακτύλιος απόστασης
10	1	Part 7	Εξωτερικός δακτύλιος απόστασης



www.m3.tuc.gr

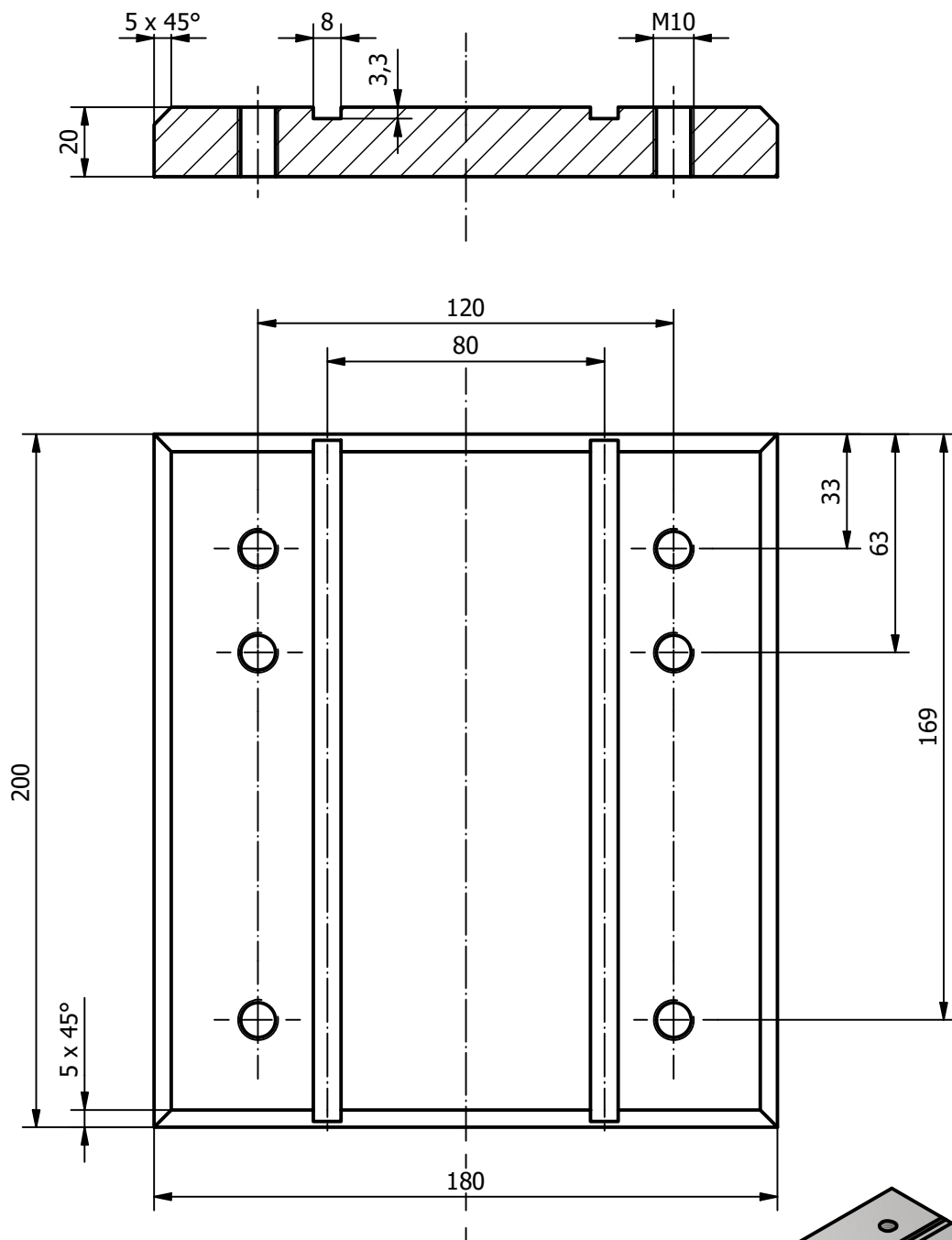
Σχεδίαση:
Αικατερίνη Ασημοπούλου

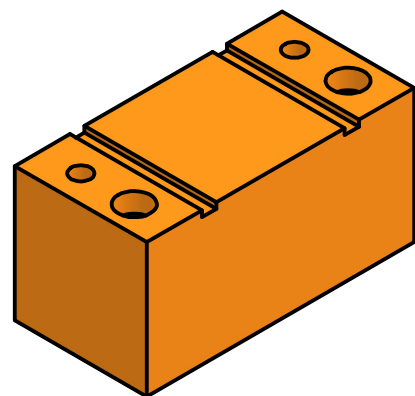
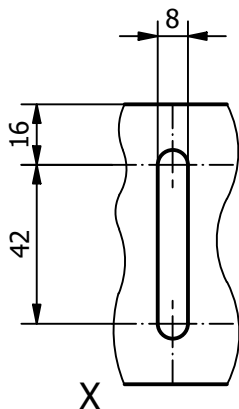
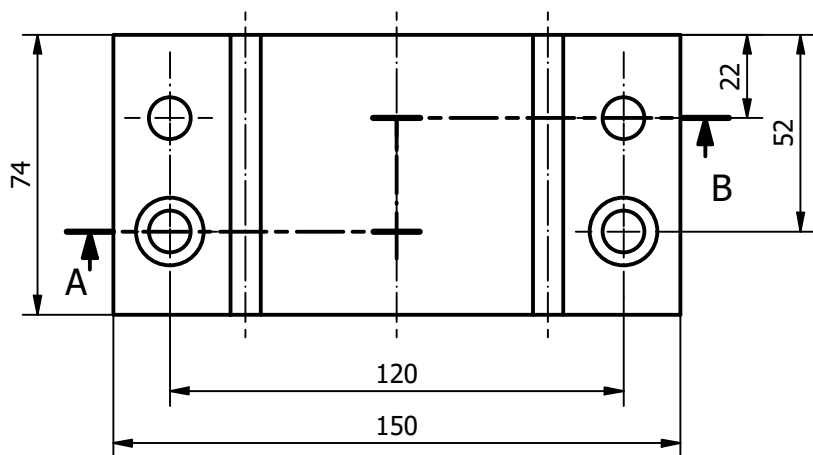
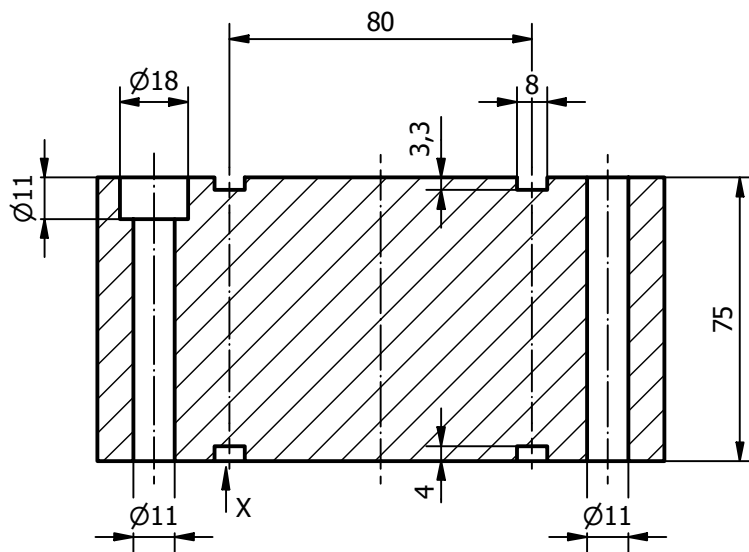
Τίτλος:
Τεμάχιο 7
Τροχαλία

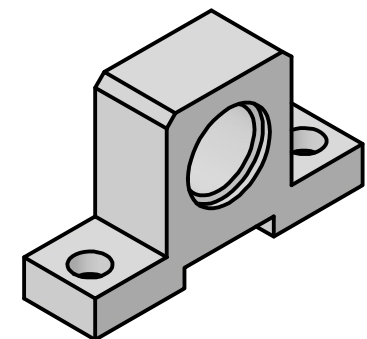
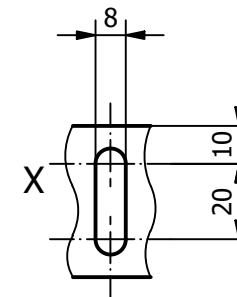
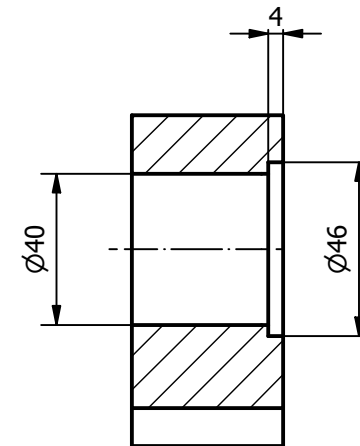
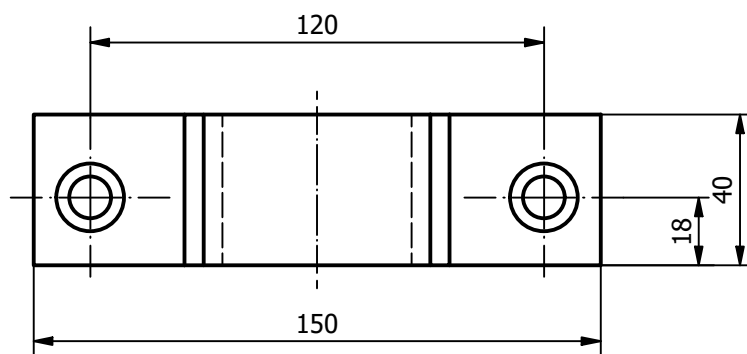
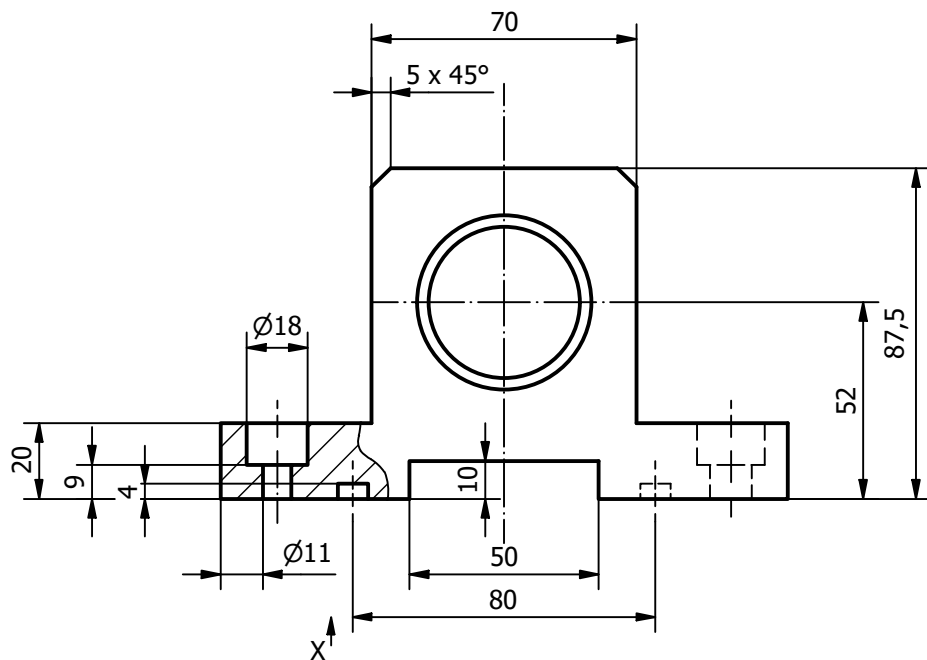
Ανοχές:
Γενικές ανοχές f - ISO2768-1

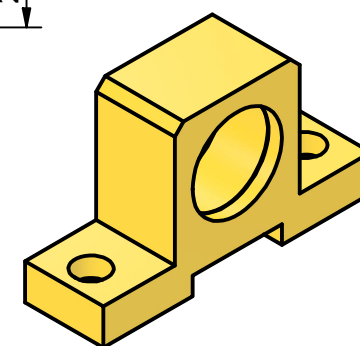
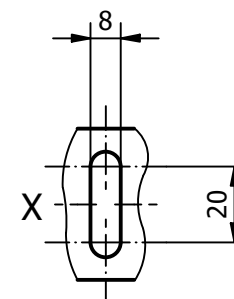
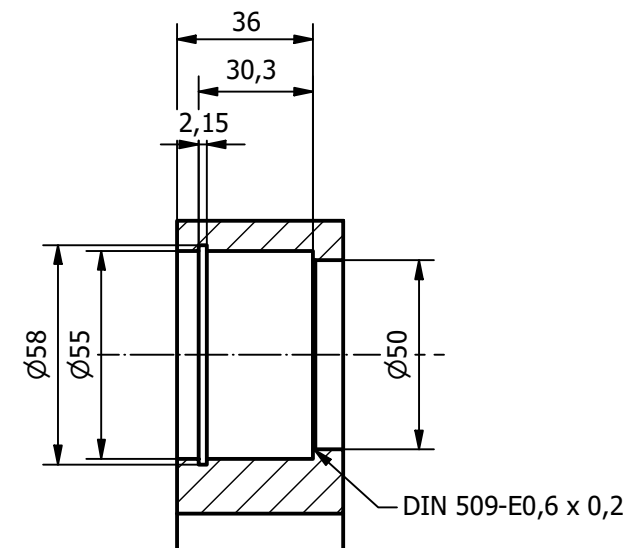
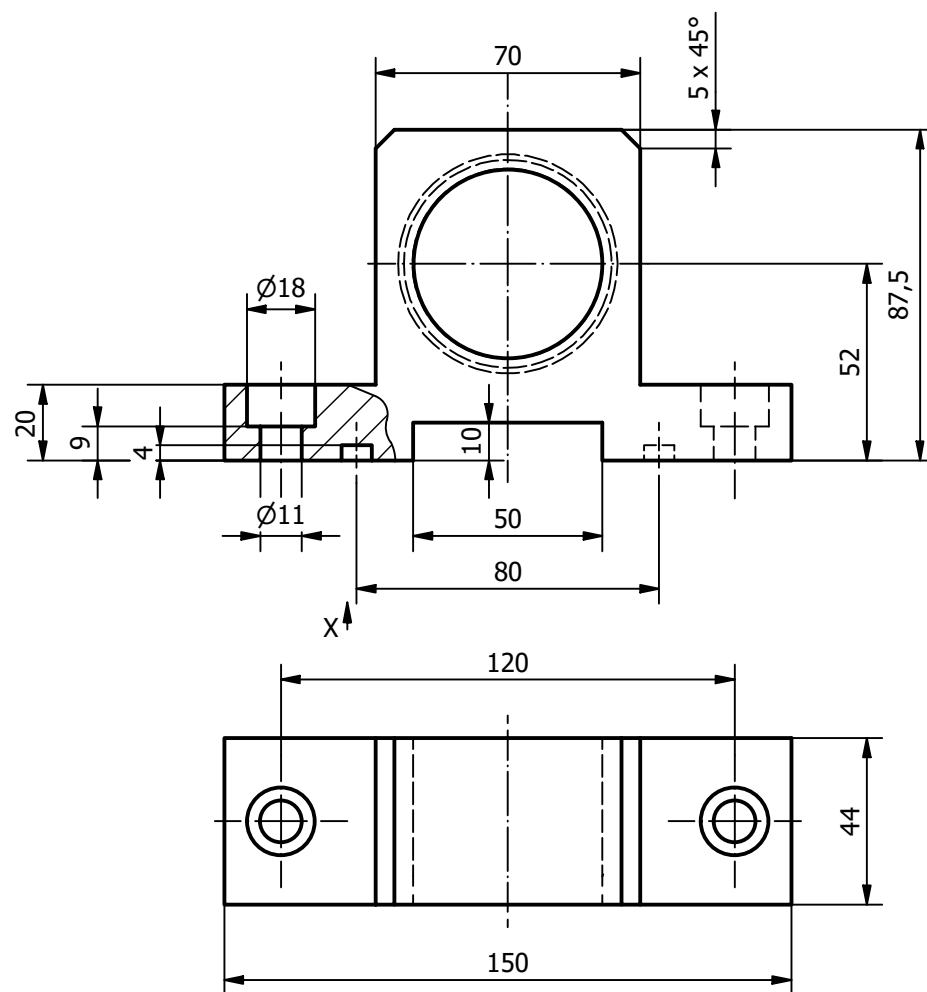
Αριθμός:
KAT_obj_700

Κλίμ.	Ημερομηνία	Γλώσσα	Φύλλο
1:1	5/9/25	ΕΛ	1/1









m3 MICRO
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση:
Αικατερίνη Ασημοπούλου

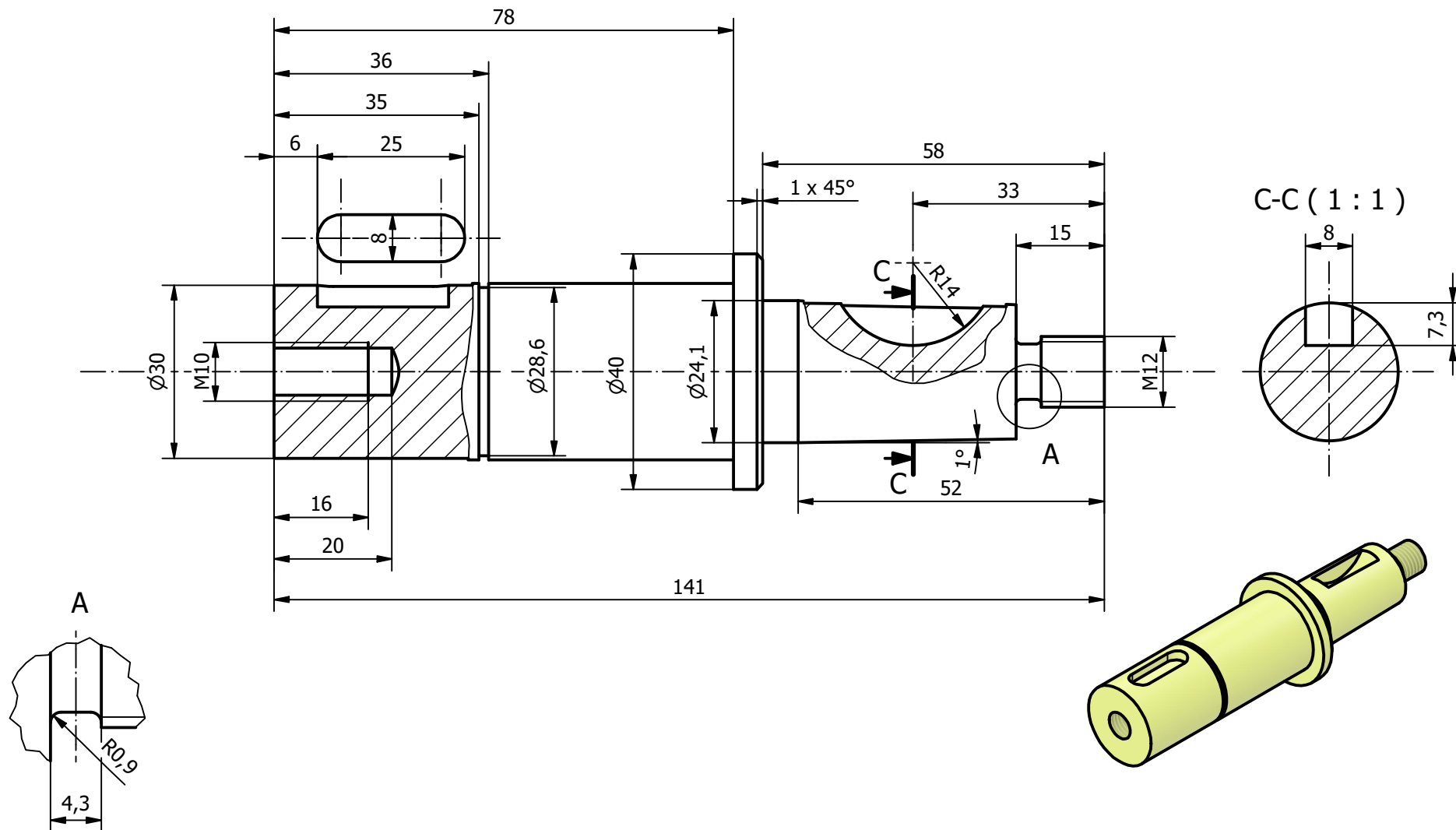
Τίτλος:

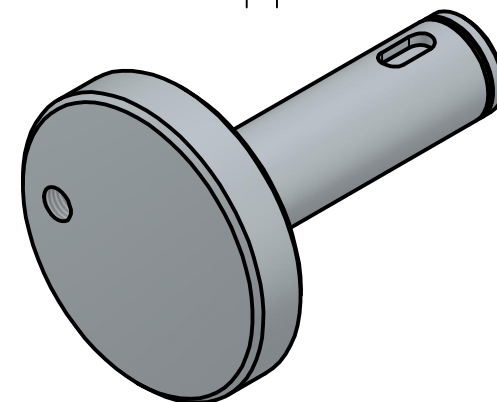
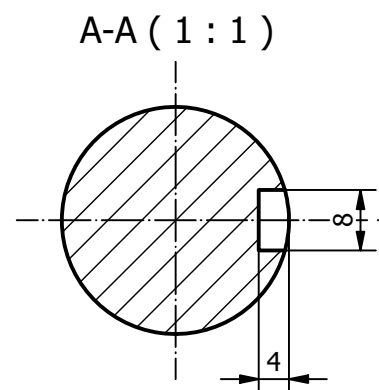
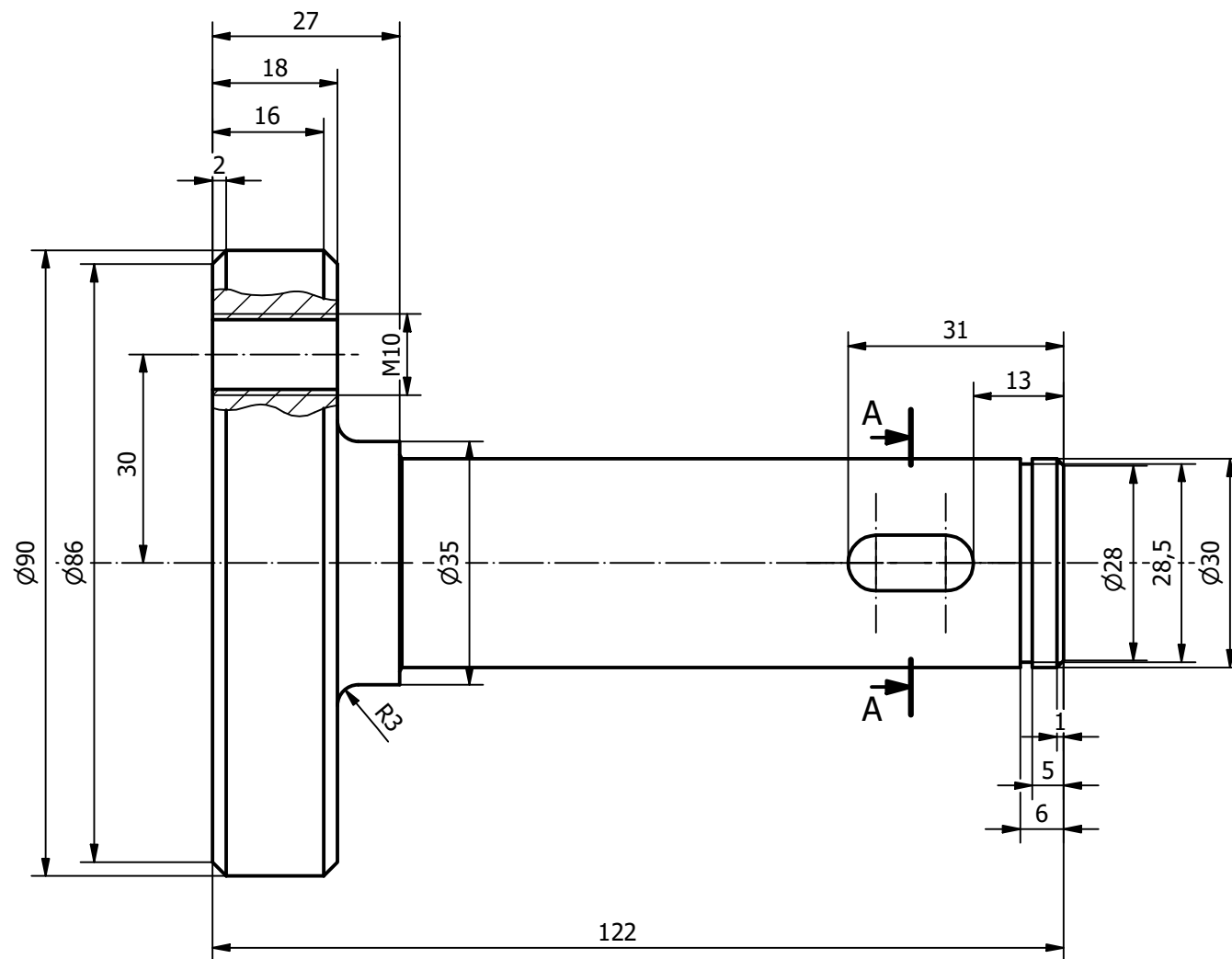
Σώμα έδρασης

Ανοχές:
Γενικές ανοχές f - ISO2768-1

Αριθμός:
KAT_obj_804

Κλίμ.	Ημερομηνία	Γλώσσα	Φύλλο
1:2	10/9/25	ΕΛ	1/1





m3 MICRO
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

www.m3.tuc.gr

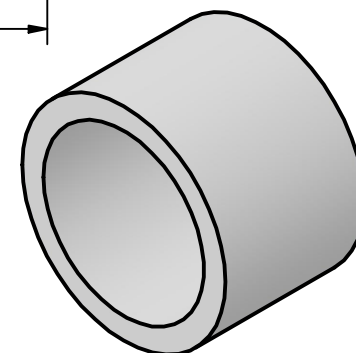
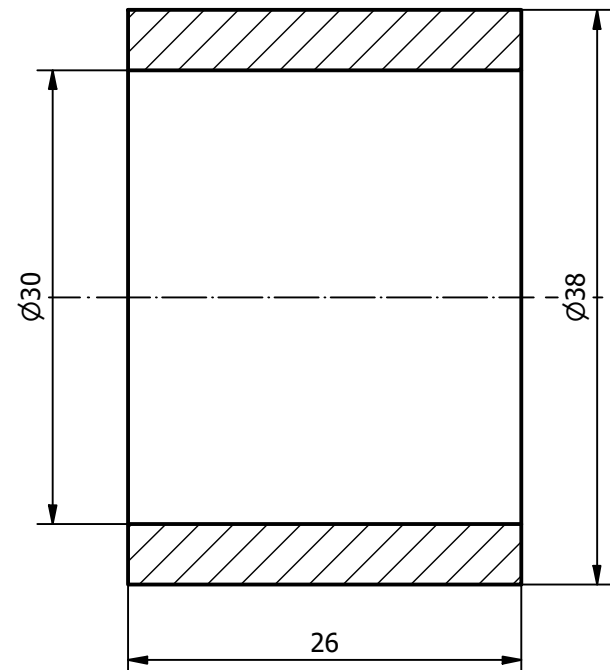
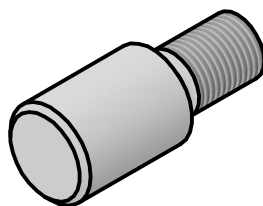
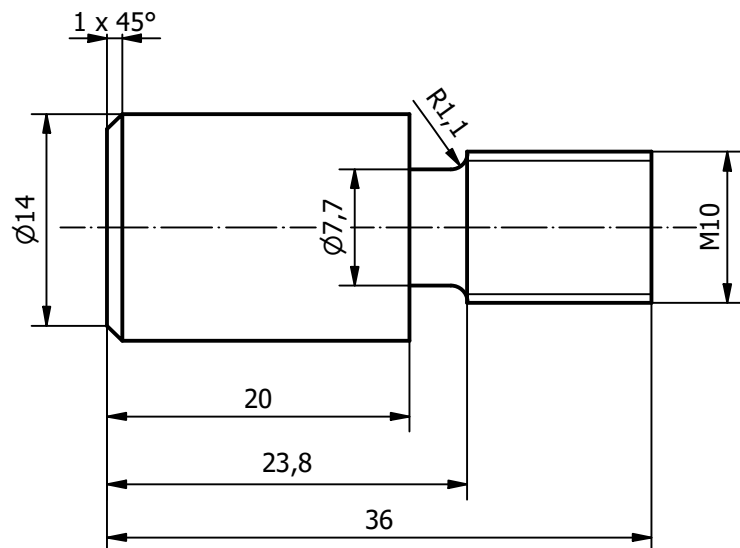
Σχεδίαση:
Αικατερίνη Ασημοπούλου

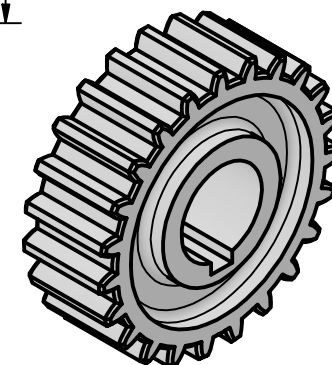
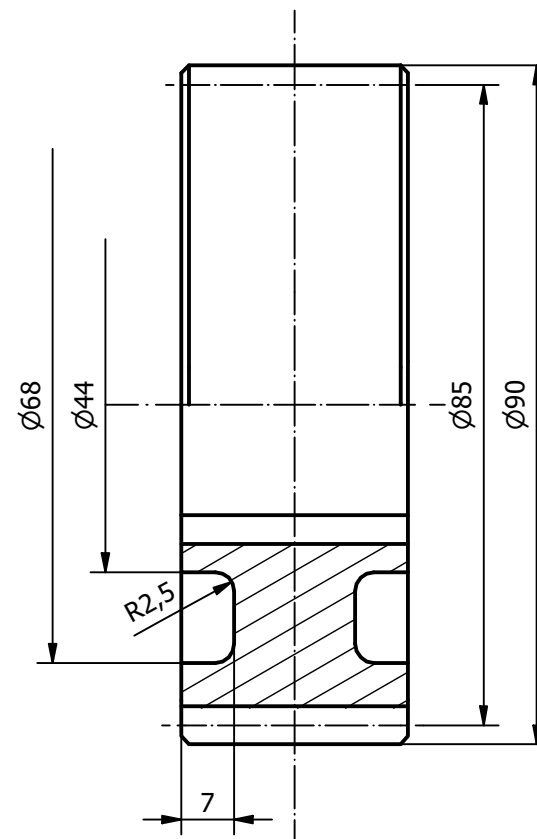
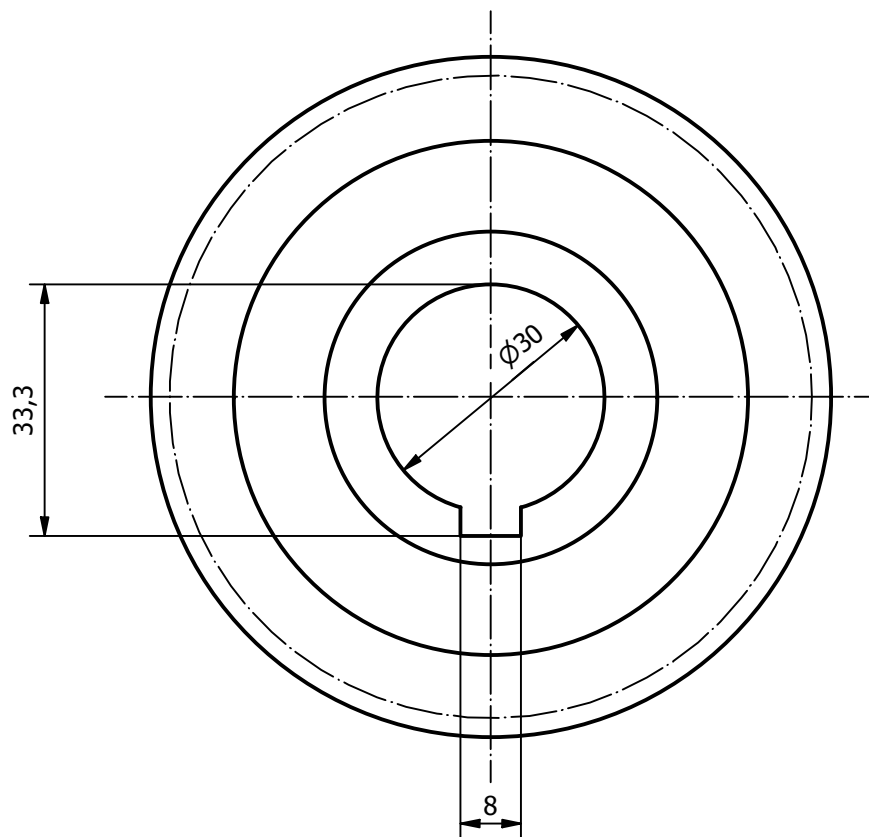
Τίτλος:
Άτρακτος

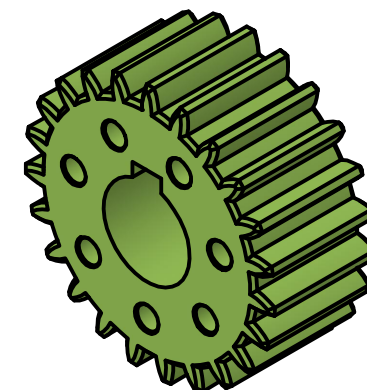
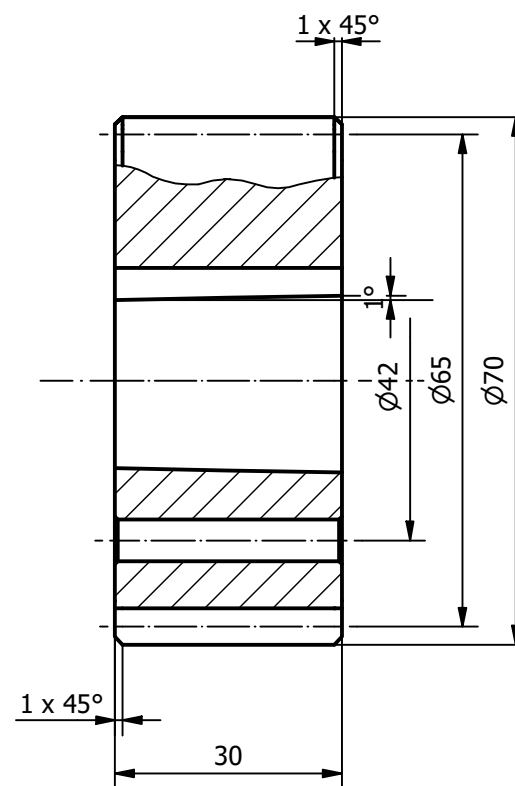
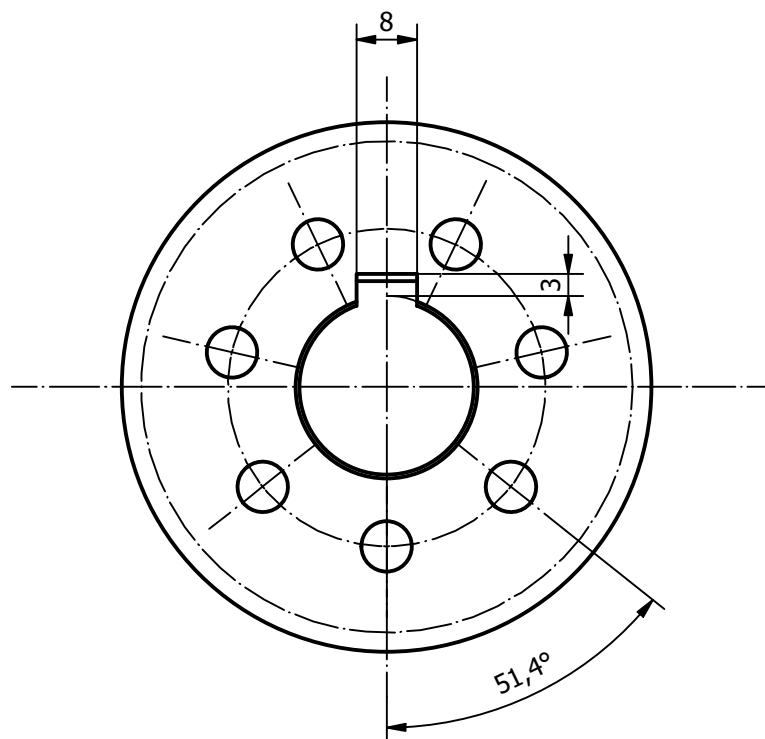
Ανοχές:
Γενικές ανοχές f - ISO2768-1

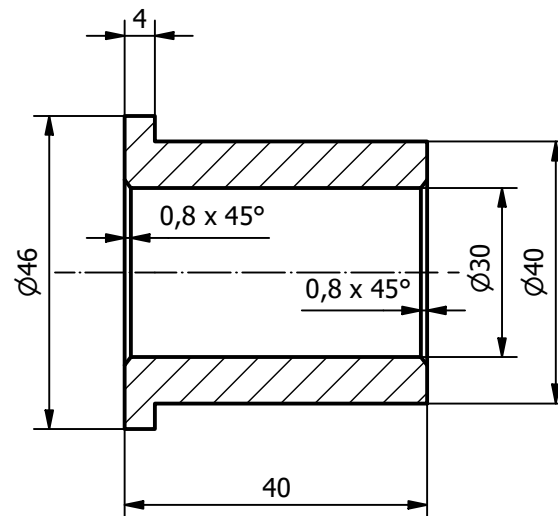
Αριθμός:
KAT_obj_806

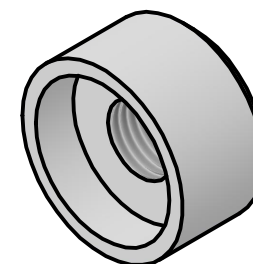
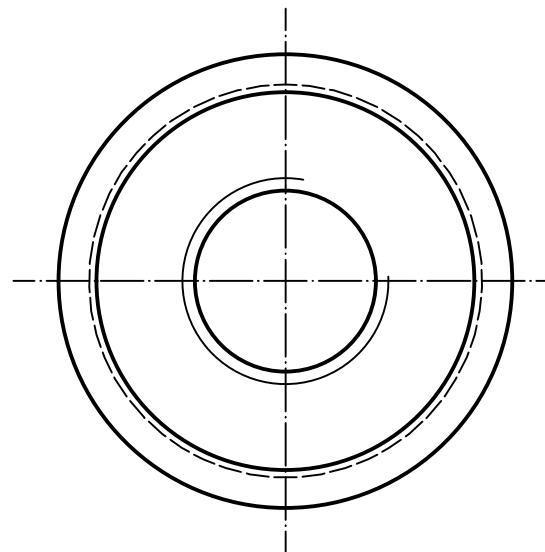
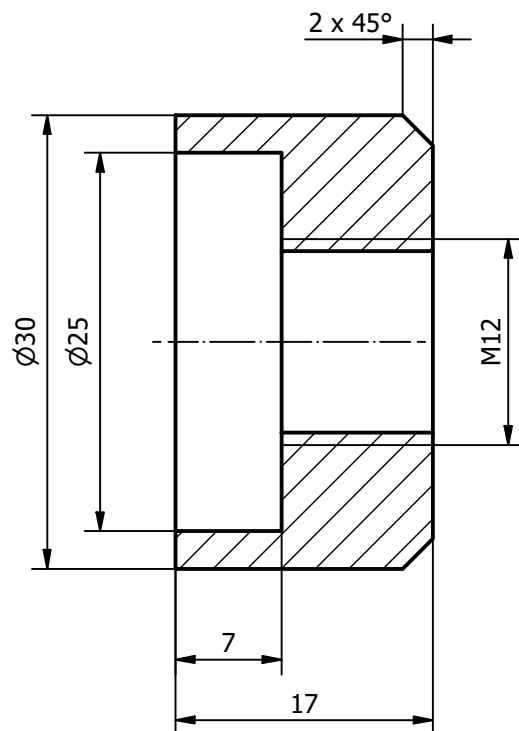
Κλίμ.	Ημερομηνία	Γλώσσα	Φύλλο
1:1	10/9/25	ΕΛ	1/1

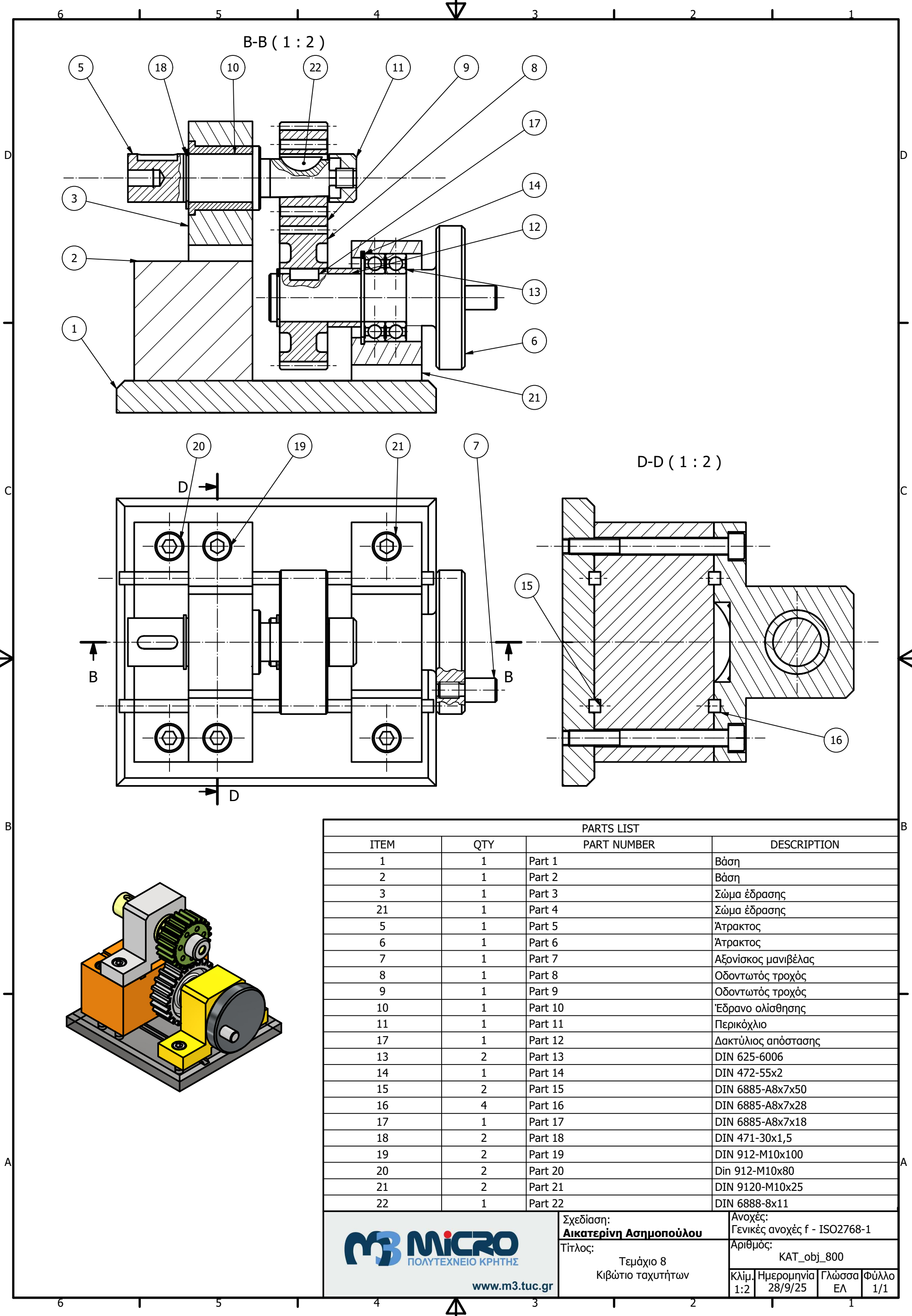













PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Part 1	Βάση
2	1	Part 2	Βάση
3	1	Part 3	Σώμα έδρασης
21	1	Part 4	Σώμα έδρασης
5	1	Part 5	Άτρακτος
6	1	Part 6	Άτρακτος
7	1	Part 7	Αξονίσκος μανιβέλας
8	1	Part 8	Οδοντωτός τροχός
9	1	Part 9	Οδοντωτός τροχός
10	1	Part 10	Έδρανο ολίσθησης
11	1	Part 11	Περικόχλιο
17	1	Part 12	Δακτύλιος απόστασης
13	2	Part 13	DIN 625-6006
14	1	Part 14	DIN 472-55x2
15	2	Part 15	DIN 6885-A8x7x50
16	4	Part 16	DIN 6885-A8x7x28
17	1	Part 17	DIN 6885-A8x7x18
18	2	Part 18	DIN 471-30x1,5
19	2	Part 19	DIN 912-M10x100
20	2	Part 20	Din 912-M10x80
21	2	Part 21	DIN 9120-M10x25
22	1	Part 22	DIN 6888-8x11



www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση:
Αικατερίνη Ασημοπούλου

Τίτλος:
Τεμάχιο 8
Κιβώτιο ταχυτήτων

Ανοχές:
Γενικές ανοχές f - ISO2768-1

Αριθμός:
KAT_obj_800

Κλίμ.	Ημερομηνία	Γλώσσα	Φύλλο
1:2	28/9/25	ΕΛ	1/1