

# ΤΕΙ ΛΑΡΙΣΑΣ/ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ &  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΞΥΛΟΥ & ΕΠΙΠΛΟΥ

CAD/CAM I

[ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ]

Α.Ε. 2010-11, ΕΚΔΟΣΗ Α | ΝΤΙΝΤΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (MSc)

## Πίνακας περιεχομένων

ΕΝΟΤΗΤΑ 1 <sup>η</sup> - Εισαγωγικά .....	3
1.0 Εισαγωγή .....	3
1.1 Επιφάνεια Εργασίας του Λογισμικού.....	3
ΕΝΟΤΗΤΑ 2 <sup>η</sup> - Σχεδίαση .....	6
2.0 Εισαγωγή .....	6
2.1 Ορισμός Μεταβλητών στο WoodWor .....	6
2.2 Σχεδίαση ευθύγραμμων και κυκλικών τμημάτων .....	7
2.3 Δημιουργία τοπικών μεταβολών .....	9
ΕΝΟΤΗΤΑ 3 <sup>η</sup> - Κοπτικά .....	11
3.0 Εισαγωγή .....	11
3.1 Εισαγωγή Κοπτικών – Router .....	11
3.2 Ορισμός Κάθετων Τρυπανιών .....	12
3.3 Ορισμός Οριζόντιων Τρυπανιών .....	14
3.4 Εισαγωγή κειμένου.....	15
3.5 Εισαγωγή δίσκου κοπής.....	17
ΕΝΟΤΗΤΑ 4 <sup>η</sup> - Εισαγωγή Σχεδίου από CAD.....	18
4.0 Εισαγωγή .....	18
4.1 Εισαγωγή δεδομένων στο WoodWor από ένα πρόγραμμα CAD.....	18
4.2 Διαδικασία εισαγωγής δεδομένων στο WoodWor .....	22
ΕΝΟΤΗΤΑ 5 <sup>η</sup> - Συμβατικός Προγραμματισμός.....	22
5.0 Εισαγωγή .....	22
5.1 Έννοια και δομή του προγράμματος .....	23
5.1 Παραδείγματα Συμβατικού Προγραμματισμού .....	25

# ΕΝΟΤΗΤΑ 1<sup>η</sup>- Εισαγωγικά

## 1.0 Εισαγωγή


Στόχος του παρόντος τεύχους σημειώσεων είναι να υποστηρίξει το εργαστηριακό μάθημα CAD/CAM I του τμήματος Τεχνολογίας & Σχεδιασμού Ξύλου & Επίπλου του ΤΕΙ Λάρισας Παράρτημα Καρδίτσας.

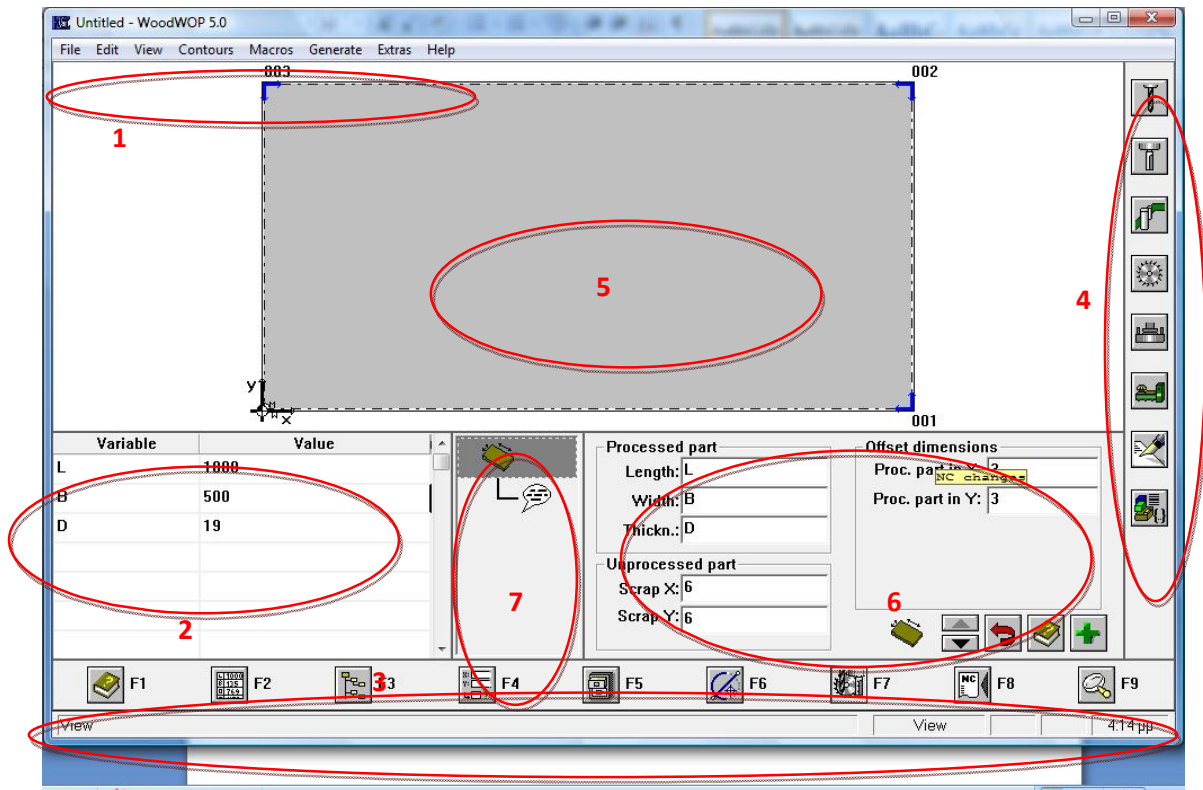
Στο σύνολο του πρώτου μέρους, το παρών τεύχος ασχολείται με τη χρήση του λογισμικού WoodWor 5.0 με το οποίο είναι εξοπλισμένο το εργαστήριο CAD/CAM I. Το WoodWor αποτελεί ένα λογισμικό τεχνολογίας CAD/CAM το οποίο αναπτύχθηκε προκειμένου να καλύψει τις κατασκευαστικές ανάγκες των βιομηχανιών κατασκευής επίπλου και κατεργασίας ξύλου.

Συνοπτικά θα προσεγγιστούν τα ακόλουθα θέματα:

- Στην δεύτερη ενότητα θα αναλυθεί η διαδικασία εισαγωγής μεταβλητών ώστε να δημιουργούμε παραμετρικά σχέδια και θα αναλυθεί η διαδικασία δημιουργία προφίλ / σχεδίου το οποίο θα αποτελεί και το σχέδιο κοπής.
- Στην τρίτη ενότητα θα αναλυθεί η διαδικασία εισαγωγής κοπτικών.
- Στην τέταρτη ενότητα θα αναλυθεί η διαδικασία εισαγωγής ενός σχεδίου από ένα πρόγραμμα CAD.
- Στην πέμπτη ενότητα θα παρουσιαστεί η διαδικασία προγραμματισμού με τη συμβατική μέθοδο.

## 1.1 Επιφάνεια Εργασίας του Λογισμικού

Η εκκίνηση του προγράμματος επιτυγχάνεται πατώντας το εικονίδιο  που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας του Η/Υ. Εναλλακτικά, επιλέγουμε το πρόγραμμα από το μενού 'Έναρξη'. Η εικόνα που εμφανίζεται στον Η/Υ μετά την επιλογή του προγράμματος είναι αυτή που εμφανίζεται στην εικόνα 1.1. στην άνω αριστερή γωνία της επιφάνειας εργασίας του προγράμματος εμφανίζεται το όνομα του τρέχοντος αρχείου. Αναλυτικά το πρόγραμμα διαχωρίζεται στις ακόλουθες περιοχές:



Εικόνα 1.1

**1. Βασικό μενού,** τα δύο πρώτα πτυσσόμενα μενού εντολών *File*, *Edit* αναφέρονται κυρίως στη δημιουργία και διαχείριση των αρχείων του προγράμματος τα οποία έχουν κατάληξη .mpr. Το μενού *View* περιέχει εργαλεία που μας βοηθούν να προβάλουμε τα δεδομένα του αρχείου όπως κοπτικά εργαλεία, επίπεδα σχεδίασης, σύστημα συντεταγμένων κ.α.

Στο μενού *Contours* περιλαμβάνονται όλα τα βασικά εργαλεία δισδιάστατης σχεδίασης όπως line, arc αλλά και τοπικών μεταβολών όπως round, chamfer τα οποία είναι διαθέσιμα και από το μενού F6. Το μενού *Macros* περιέχει εργαλεία ορισμού κοπτικών εργαλείων, τρυπανιών, δίσκων κ.α. Στο μενού *Generate* εμπεριέχονται οι κατάλληλες εντολές για την μετατροπή του σχεδίου μας σε γλώσσα μηχανής (NC code)

**2. Λίστα παραμέτρων,** στον πίνακα εμφανίζονται όλοι οι παράμετροι που έχουν οριστεί από το σύστημα και από το χρήστη. Εξ' ορισμού το σύστημα χρησιμοποιεί παραμέτρους για το μήκος, το πλάτος και το πάχος του προς κατεργασία τεμαχίου.

**3. Οριζόντια μπάρα εργαλείων,** κάθε μπάρα εργαλείων που επιλέγουμε εδώ αναπτύσσεται στην κάθετη μπάρα εργαλείων στη δεξιά πλευρά της οθόνης (θέση 4). Στην οριζόντια μπάρα εμπεριέχονται όλα τα βασικά εργαλεία σχεδίασης,

ορισμού κοπτικών, ορισμού μεταβλητών, προβολής επιπέδων κατασκευής τα οποία θα αναλυθούν στις επόμενες ενότητες.

**4. Κάθετη μπάρα εργαλείων**, εμπεριέχονται οι εντολές που επιλέγονται στην οριζόντια μπάρα εργαλείων. Στα περισσότερα εργαλεία που εμφανίζονται σε αυτή την μπάρα περιέχονται αναδυόμενα μενού εντολών τα οποία εμφανίζονται επιλέγοντας το ανάλογο εργαλείο.



**5. Γραφική απεικόνιση σχεδίου**, στην περιοχή που βρίσκεται στο μέσω της οθόνης αναπαρίσταται γραφικά το περίγραμμα κοπής που θέλουμε να δημιουργήσουμε. Το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο με το γκρι φόντο δηλώνει το τεμάχιο που θα κατεργαστούμε.

**6. Εισαγωγή δεδομένων του σχεδίου και της κατεργασίας**, ανάλογα με την διαδικασία που εκτελούμε (για παράδειγμα σχεδίαση διαδρομής κοπής) εμφανίζονται τα ανάλογα πεδία εισαγωγής δεδομένων. Τα δεδομένα είτε αφορούν συντεταγμένες σημείων κατεργασίας, είτε δηλώσεις κοπτικών και ορισμό συνθηκών κοπής.

**7. Δενδρική αναπαράσταση μοντέλου**, αποτελεί μια δενδρική ιεραρχική λίστα προβολής των στοιχείων σχεδίασης ή κατασκευής που χρησιμοποιούμε για την υλοποίηση της κατασκευής.


# ΕΝΟΤΗΤΑ 2<sup>η</sup>- Σχεδίαση

## 2.0 Εισαγωγή

Στις διάφορες κατεργασίες ξύλου, είναι σύνηθες το φαινόμενο να απαιτείται αλλαγή στις εξωτερικές διαστάσεις της κατασκευής ενώ παράλληλα να διατηρείται μια σταθερή αναλογία διαστάσεων στην υπόλοιπη κατασκευή. Για παράδειγμα, σε μια ξύλινη πόρτα μπορεί οι εξωτερικές διαστάσεις της να ποικίλουν ανάλογα με το διαθέσιμο πλάτος και ύψος του χώρου που θα τοποθετηθεί. Όμως, το σχέδιο του ταμπλά θα πρέπει να διατηρεί μια σταθερή αναλογία και να αναπροσαρμόζεται ανάλογα με τις εξωτερικές διαστάσεις του κουφώματος.

Το WoodWor μας παρέχει τη δυνατότητα να δημιουργούμε σχέδια κοπής τα οποία να είναι ορισμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει αλληλεξάρτηση ανάμεσα στις διαφορετικές οντότητες του σχεδίου. Προκειμένου, το λογισμικό να αντιληφθεί τη αλληλεξάρτηση ανάμεσα στις οντότητες του σχεδίου δέχεται τη χρήση μεταβλητών. Με τη χρήση των μεταβλητών, οι τιμές που ορίζουμε στο σχέδιο μας δεν είναι πραγματικοί αριθμοί αλλά είναι χαρακτήρες. Η χρήση μεταβλητών προσδίδουν στο σχέδιο μας μεγάλη ευελιξία και εξοικονομείται σημαντικός χρόνος κατά τη διαδικασία σχεδίασης.

## 2.1 Ορισμός Μεταβλητών στο WoodWor

Προκειμένου, να ορίσουμε μεταβλητές στο λογισμικό θα πρέπει να ενεργοποιήσουμε το πεδίο των μεταβλητών (εικόνα 2.1). Η ενεργοποίηση του πεδίου επιτυγχάνεται με τη χρήση του πλήκτρου  F2 που βρίσκεται στην οριζόντια μπάρα εργαλείων. Εναλλακτικά, ενεργοποιείται με τη χρήση του πλήκτρου F2 από το πληκτρολόγιο μας.

Εξ' ορισμού το λογισμικό δημιουργεί τρεις μεταβλητές που ορίζονται με τους χαρακτήρες L, B,D και αντιστοιχούν στις τρεις βασικές διαστάσεις μήκος, πλάτος, πάχος, αντιστοίχως, του προς κατεργασία τεμαχίου (Processed Part). Στη λίστα των μεταβλητών (εικόνα 2.1) μας παρέχεται η δυνατότητα να ορίσουμε και άλλες μεταβλητές ώστε τελικά το σχέδιο μας να είναι παραμετρικό. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι κατά τη διαδικασία της σχεδίασης οι διαστάσεις ή οι συντεταγμένες των σημείων που θα εισάγουμε είναι δυνατόν να μην περιέχουν μόνο αριθμητικές

τιμές αλλά και χαρακτήρες που θα έχουμε ορίσει στη λίστα των μεταβλητών. Στην εικόνα 2.1 παρατηρούμε ότι στη στήλη *Variable* περιέχονται οι χαρακτήρες που έχουν οριστεί και στη στήλη *Value* περιέχονται οι αντίστοιχες τιμές για καθεμία μεταβλητή.

Variable	Value
L	1000
B	500
D	19

Εικόνα 2.1


Για παράδειγμα αν θέλουμε να σχεδιάσουμε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο με διαστάσεις 500mmx250mm μπορούμε να ορίσουμε τις διαστάσεις αριθμητικά ή να εισάγουμε τις αντίστοιχες μεταβλητές. Στην περίπτωση που θέλουμε να σχεδιάσουμε το παραπάνω ορθογώνιο παραλληλόγραμμο παραμετρικά θα πρέπει στη στήλη *variable* να εισάγουμε μεταβλητές οι οποίες θα έχουν τιμή που θα ορίσουμε στη στήλη *value*.

Βασικοί κανόνες για τον ορισμό των μεταβλητών είναι οι εξής:

1. Δεν μπορούμε να ορίσουμε τα ονόματα των μεταβλητών με Ελληνικούς χαρακτήρες, πάντα χρησιμοποιούμε λατινικούς χαρακτήρες όπως r,S,p,T.
2. Θα πρέπει να αποφεύγουμε τη χρήση χαρακτήρων που αντιστοιχούν στους βασικούς άξονες ενός συστήματος συντεταγμένων (X, Y, Z, I, J, K)
3. Θα πρέπει να αποφεύγουμε τη χρήση αριθμών για τον ορισμό του ονόματος μιας μεταβλητής καθώς θα προκληθεί σύγχυση.

## 2.2 Σχεδίαση ευθύγραμμων και κυκλικών τμημάτων

Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα το WoodWor αποτελεί ένα λογισμικό Cad/Cam. Με τη χρήση των διαθέσιμων σχεδιαστικών εντολών του λογισμικού είναι δυνατό να σχεδιάσουμε τη γεωμετρία της κατεργασίας που επιθυμούμε να υλοποιήσουμε. Η ενεργοποίηση των σχεδιαστικών εντολών πραγματοποιείται με


τη χρήση του κουμπιού  που βρίσκεται στην οριζόντια μπάρα εργαλείων, εναλλακτικά πατάμε το πλήκτρο F6 του πληκτρολογίου. Με τη χρήση του κουμπιού εμφανίζεται στα δεξιά της οθόνης η μπάρα με τα εργαλεία σχεδίασης (εικόνα 2.2).

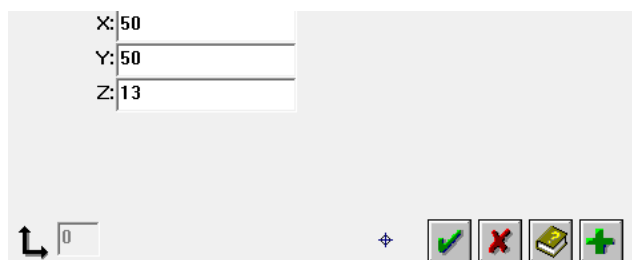


Η πρώτη εντολή σχεδίασης που ονομάζεται *starting point* αποτελεί ουσιαστικό το σημείο εκκίνησης της κατεργασίας. Παρατηρούμε ότι ξεκινώντας τη διαδικασία της σχεδίασης το *starting point* είναι το μοναδικό ενεργό εργαλείο. Αν δεν οριστεί το σημείο αυτό δεν είναι δυνατό να προχωρήσουμε στη διαδικασία ορισμού της κατεργασίας.



Έστω, ότι επιθυμούμε να σχεδιάσουμε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο το οποίο θα έχει διαστάσεις 900mmx400mm και θα απέχει αμφίπλευρα από τις εξωτερικές πλευρές του αρχικού τεμαχίου (με διαστάσεις 1000mmx500mm) 50mm. Οι συντεταγμένες του *starting*



Εικόνα 2.2 *point* θα πρέπει να είναι (50,50). Επιλέγοντας την εντολή *starting point* θα πρέπει να εισάγουμε τις συντεταγμένες του *starting point* στα αντίστοιχα πεδία (εικόνα 2.3). προκειμένου, να ολοκληρωθεί η διαδικασία εισαγωγής του σημείου πατάμε το κουμπί . Αν επιθυμούμε να ορίσουμε το *starting point* με τη χρήση μεταβλητών θα εισάγαμε μια ακόμα μεταβλητή με τη χρήση ενός χαρακτήρα, για παράδειγμα R, στη στήλη *variables* και στη στήλη *value* θα εισάγαμε την τιμή 50. Με αυτή τη μέθοδο όταν εισάγουμε τις συντεταγμένες του αρχικού σημείο δεν θα χρησιμοποιήσουμε αριθμητικές τιμές (όπως στην εικόνα 2.3), αλλά θα εισάγουμε το όνομα της μεταβλητής (R) στο πεδίο των συντεταγμένων (εικόνα 2.4). Μετά την εισαγωγή του *starting point* παρατηρούμε ότι ενεργοποιούνται και τα υπόλοιπα εργαλεία σχεδίασης.




Εικόνα 2.3








Εικόνα 2.4

Με τη χρήση του εργαλείου *straights*  μας δίνεται η δυνατότητα να σχεδιάσουμε ευθύγραμμα τμήματα. Επιλέγοντας το εργαλείο εμφανίζεται μια λίστα εντολών με δύο επιλογές. Η πρώτη είναι η *line end point*  με την οποία για





να σχεδιάσουμε ένα ευθύγραμμο τμήμα αρκεί να εισάγουμε μόνο τις συντεταγμένες του σημείου τέλους του ευθυγράμμου τμήματος. Η συντεταγμένες του σημείου αρχής του ευθυγράμμου τμήματος ορίζονται από το προηγμένο εισηγμένο σημείο. Με τη χρήση της δεύτερης εντολή *line length / angle*  προκειμένου να σχεδιάσουμε ένα ευθύγραμμο τμήμα θα πρέπει να εισάγουμε το μήκος του αλλά και τη γωνία που διαγράφεται από το ευθύγραμμο τμήμα και τον άξονα Χ. Αν επιθυμούμε να εισάγουμε το ευθύγραμμο τμήμα με τη χρήση μεταβλητών θα ακολουθήσουμε τη διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω.

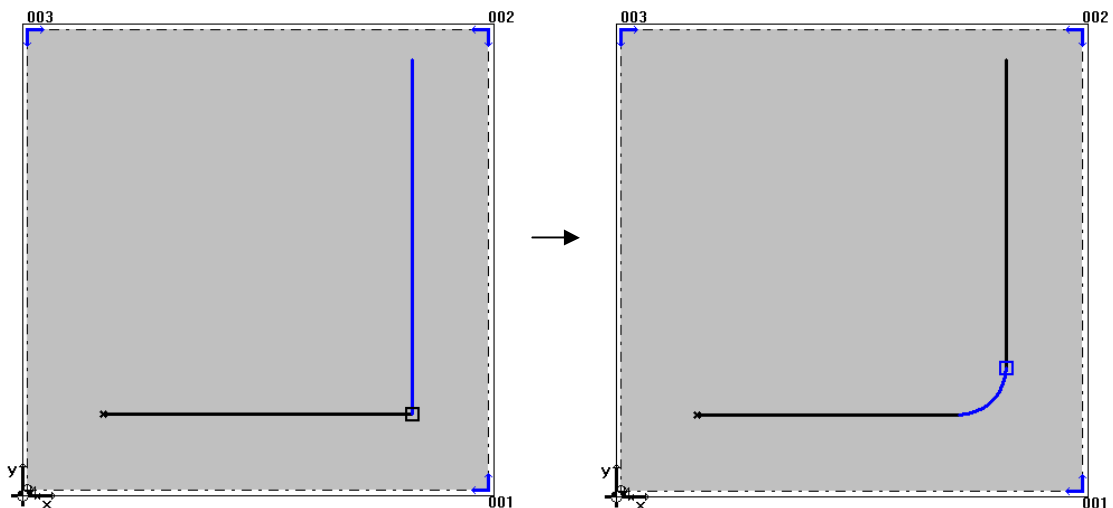
Το WoodWor μας παρέχει τη δυνατότητα να σχεδιάζουμε, εκτός από ευθύγραμμο τμήματα και τόξα κύκλου. Η σχεδίαση τόξων επιτυγχάνεται με τη χρήση του εργαλείου Arcs . Με την επιλογή του εργαλείου *arcs* εμφανίζονται τέσσερις διαφορετική τρόποι σχεδίασης ενός τόξου. Όπως είναι γνωστό προκειμένου να σχεδιάσουμε ένα τόξο θα πρέπει να έχουμε στη διάθεση μας ένα από τα παρακάτω σετ δεδομένων:

- i. Το σημείο τέλους του τόξου καθώς και την ακτίνα του. Προκειμένου να εισάγουμε αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να επιλέξουμε από το πτυσσόμενο μενού το εργαλείο *Arc radius / End point*. 
- ii. Το κέντρο του τόξου και το σημείο τέλους του τόξου. Προκειμένου να εισάγουμε αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να επιλέξουμε από το πτυσσόμενο μενού το εργαλείο *Arc center / End point*. 
- iii. Την κατεύθυνση του τόξου, το σημείο τέλους και τη γωνία εκκίνησης. Προκειμένου να εισάγουμε αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να επιλέξουμε από το πτυσσόμενο μενού το εργαλείο *Arc direction / End point / Angle*. 
- iv. Το σημείο τέλους και ένα σημείο στην περιφέρεια του τόξου. Προκειμένου να εισάγουμε αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να επιλέξουμε από το πτυσσόμενο μενού το εργαλείο *Arc 3 points*. 


### 2.3 Δημιουργία τοπικών μεταβολών

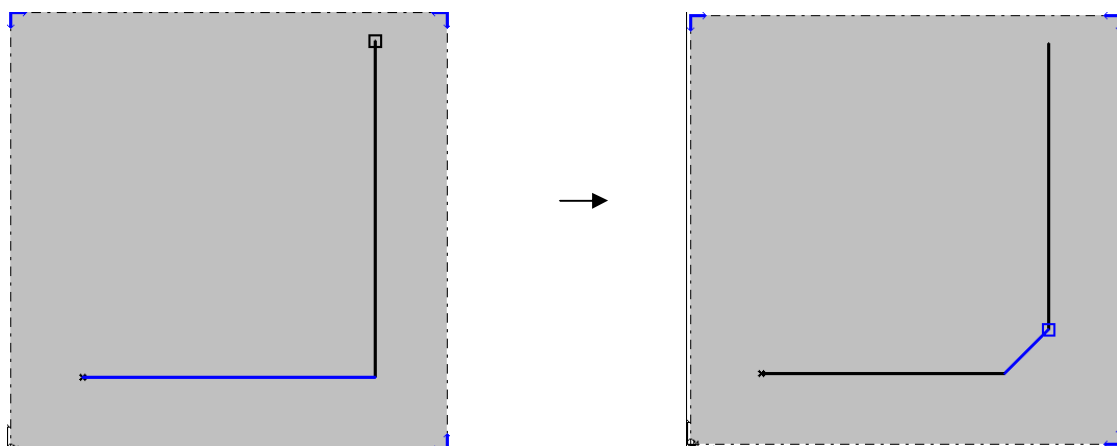
Κατά τη σχεδίαση της διαδρομής που θα εκτελέσει το κοπτικό εργαλείο είναι πιθανό οι ακμές που δημιουργούνται από δύο συνεχόμενα ευθύγραμμο τμήματα να υποστούν στρογγύλευση ή λοξο-τομή. Επιλέγοντας το εργαλείο

Rounding/Chamfering/Split  εμφανίζεται το πτυσσόμενο μενού εντολών από το οποίο μπορώ να δημιουργήσουμε τοπικές μεταβολές. Προκειμένου, να δημιουργήσουμε μια στρογγύλευση ακμής θα πρέπει να έχουμε σχεδιάσει δύο ευθύγραμμα τμήματα. Στο σημείο τομής των δύο τμημάτων μπορούμε να δημιουργήσουμε στρογγύλευση με συγκεκριμένη ακτίνα (εικόνα 2.5) χρησιμοποιώντας εργαλείο rounding  .



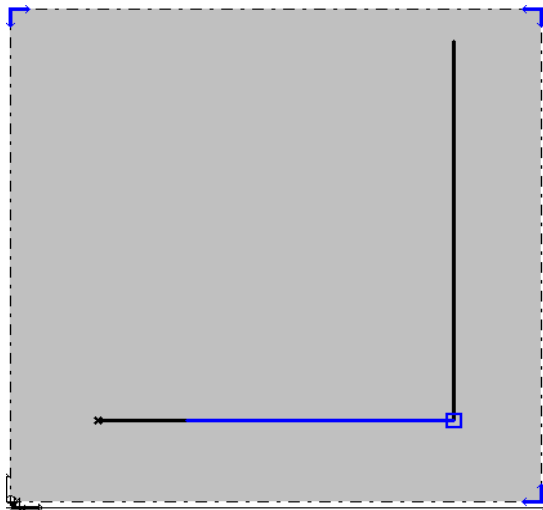
Εικόνα 2.5

Προκειμένου, να δημιουργήσουμε ένα σπάσιμο ακμής (λοξοτομή) θα πρέπει να έχουμε σχεδιάσει δύο ευθύγραμμα τμήματα. Στο σημείο τομής των δύο τμημάτων μπορούμε να δημιουργήσουμε λοξοτομή με συγκεκριμένο μήκος και γωνία (εικόνα 2.6) χρησιμοποιώντας εργαλείο chamfering  .



Εικόνα 2.6

Αρκετά συχνά είναι απαραίτητο να εισάγουμε το κοπτικό μας σε ένα συγκεκριμένο σημείο της κατεργασίας το οποίο μπορεί να μην αποτελεί το σημείο αρχής ή τέλους ενός ευθυγράμμου τμήματος. Σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να




Εικόνα 2.7

χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο *split*, το οποίο μας παρέχει ακριβώς τη δυνατότητα να μοιράσουμε ένα ευθύγραμμο τμήμα σε δύο τμήματα. Προκειμένου να εκτελεστεί η εντολή, το πρόγραμμά μας ζητάει να ορίσουμε τη θέση που θα εφαρμοστεί το *split*, ορίζοντας μια απόσταση από το σημείο αρχής του ευθυγράμμου τμήματος (εικόνα 2.7).





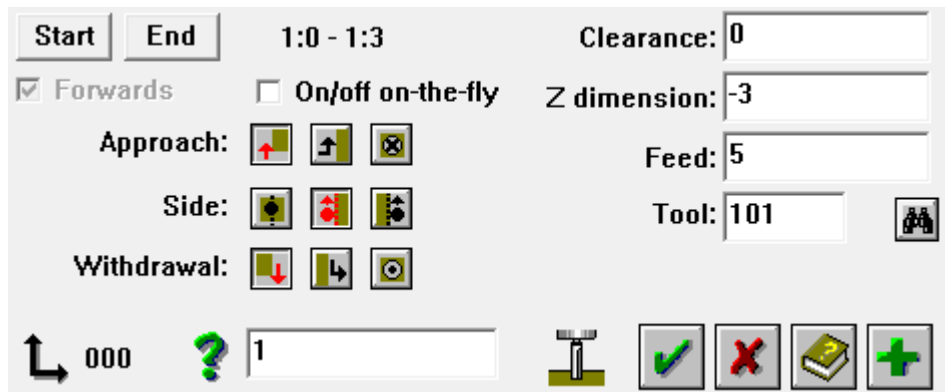
## ΕΝΟΤΗΤΑ 3<sup>η</sup>- Κοπτικά

### 3.0 Εισαγωγή

Εφόσον σχεδιάσουμε με ακρίβεια τη διαδρομή κοπής θα πρέπει να εισάγουμε τα κατάλληλα κοπτικά ώστε να υλοποιηθεί η κατεργασία. Παράλληλα με τον ορισμό των κοπτικών θα πρέπει να ορίσουμε και τις συνθήκες κοπής όπως, βάθος κοπής, βήμα κατεργασίας, ταχύτητα πρόωσης κ.α. Προκειμένου να εισάγουμε όλα τα παραπάνω θα πρέπει να επιλέξουμε το εργαλείο Processes  F7 από την οριζόντια μπάρα εργαλείων οπότε και εμφανίζεται η κάθετη μπάρα εργαλείων με όλα τα διαθέσιμα εργαλεία. Εναλλακτικά πατάμε το πλήκτρο F7 από το πληκτρολόγιο μας.

### 3.1 Εισαγωγή Κοπτικών – Router


Τα κοπτικά εργαλεία τύπου router εισάγονται με τη χρήση του εργαλείου *Routing*  το οποίο βρίσκεται στην κάθετη μπάρα εργαλείων F7. Σε ένα κέντρο κατεργασίας τριών αξόνων το router που χρησιμοποιούμε είναι το κάθετο. Από το πτυσσόμενο μενού που εμφανίζεται, με την επιλογή του εργαλείου, επιλέγουμε το εικονίδιο  *Insert Contour Routing*. Με την επιλογή του εργαλείου ενεργοποιούνται ο πίνακας εισαγωγής των στοιχείων του router (εικόνα 3.1).




Εικόνα 3.1

Αρχικά θα πρέπει τη χρήση των κουμπιών Start και End να ορίσουμε το σημείο εισόδου και του σημείου εξόδου του εργαλείου. Οι επιλογές 1:0 και 1:3 (εικόνα 3.1) σημαίνουν ότι το κοπτικό θα χρησιμοποιηθεί στην κατεργασία που θα ξεκινήσει στο σημείο 1:0 και θα ολοκληρωθεί στο σημείο 1:3. Στα πεδία *approach* και *withdrawal* θα πρέπει να ορίσουμε τον τρόπο προσέγγισης και απομάκρυνσης του κοπτικού από το τεμάχιο. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε: εφαπτομενικά, πλευρικά και κάθετα. Η επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιήσουμε εξαρτάται από τη φύση της κατεργασίας. Στο πεδίο *side* θα πρέπει να ορίσουμε αν το κέντρο του κοπτικού μας θα διέρχεται από το κέντρο της διαδρομής που ορίσαμε, επίσης μπορεί να διέρχεται δεξιά ή αριστερά από αυτή. Όταν επιλέξουμε να διέρχεται το κοπτικό δεξιά ή αριστερά της διαδρομής κοπής ενεργοποιείται αυτόματα το πεδίο *Clearance* όπου θα πρέπει να ορίσουμε αν επιθυμούμε η επιφάνεια του κοπτικού να εφάπτεται στη διαδρομή κοπής (οπότε η τιμή στο πεδίο είναι 0). Εάν επιθυμούμε να αφήσουμε ένα συγκεκριμένο πάχος υλικού, ακατέργαστο, ανάμεσα στη διαδρομή κοπής και την περιφέρεια του κοπτικού θα πρέπει να εισάγουμε το πάχος του υλικού στο πεδίο *clearance*. Στο πεδίο *Z dimension* θα πρέπει να ορίσουμε το βάθος μέχρι το οποίο θα κατεργαστεί την επιφάνεια το κοπτικό. Στο πεδίο *Feed* θα πρέπει να ορίσουμε την ταχύτητα πρόωσης του κοπτικού και στο πεδίο *Tool* το όνομα του κοπτικού.

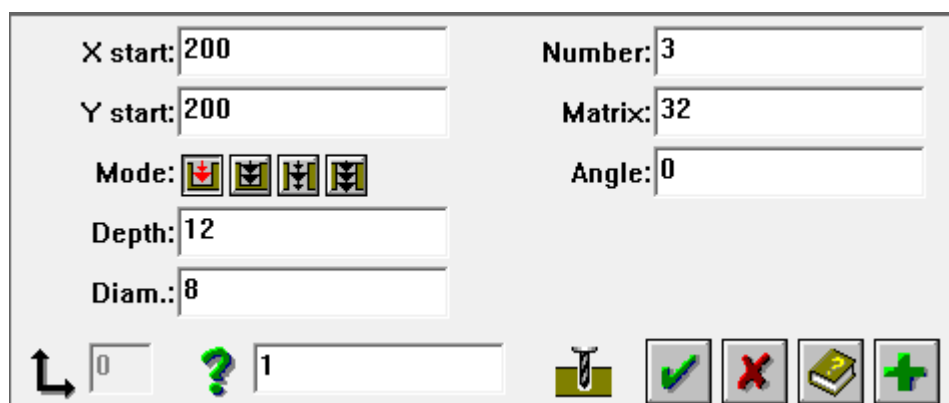
### 3.2 Ορισμός Κάθετων Τρυπανιών

Στην άτρακτο των σύγχρονων κέντρων κατεργασίας περιέχονται κάθετα και οριζόντια τρυπάνια. Στην κάθετη μπάρα εργαλείων επιλέγοντας το εργαλείο 

*drilling* μας δίνεται η δυνατότητα από την πτυσσόμενη μπάρα εργαλείων να εισάγουμε είτε κάθετα, είτε οριζόντια τρυπάνια.

Προκειμένου, να εισάγουμε κάθετα τρυπάνια επιλέγουμε το εργαλείο vertical drilling . Με την επιλογή του εργαλείου εμφανίζεται το πλαίσιο διαλόγου όπως στην εικόνα 3.2. Αρχικά με τη χρήση των πεδίων *Xstart* και *Ystart* θα πρέπει να ορίσουμε τις συντεταγμένες του σημείου το οποίο ορίζει το κέντρο του τρυπανιού και της οπής που θα δημιουργηθεί. Στο πεδίο Mode υπάρχουν οι εξής επιλογές:

- i. Λειτουργία μηχανής *Slow – fast to depth*, σημαίνει ότι όταν το τρυπάνι θα ξεκινήσει τη διάτρηση θα κινηθεί με χαμηλότερη πρόωση από εκείνη με την οποία θα ολοκληρώσει τη διάτρηση. Η λειτουργία αυτή είναι απαραίτητο να επιλέγεται όταν θέλουμε να κάνουμε διάτρηση σε μια επιφάνεια με επικάλυψη. Επίσης, το βάθος της οπής θα πρέπει να είναι συγκεκριμένο, δηλαδή, η οπή θα είναι τυφλή.
- ii. Λειτουργία μηχανής *fast –fast to depth*. Όταν επιθυμούμε να δημιουργηθεί μια οπή σε συγκεκριμένο βάθος και σε μια επιφάνεια η οποία δεν έχει επικάλυψη ( π.χ. μασίφ ξύλο) τότε θα επιλέξουμε αυτή τη λειτουργία μηχανής. Η ταχύτητα πρόωσης θα παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της διάτρησης.



Εικόνα 3.2

- iii. Λειτουργία μηχανής *slow–fast–slow through*. Όταν πρέπει να δημιουργηθεί μια οπή διαμπερείς και η κατεργαζόμενη επιφάνεια έχει επενδυθεί και από στις δύο πλευρές θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η εν λόγω λειτουργία. Η ταχύτητα πρόωσης θα είναι μειωμένη κατά την διάρκεια εισαγωγής και απομάκρυνσης του τρυπανιού από την κατεργαζόμενη επιφάνεια. Όταν το

κοπτικό έχει εισέλθει στην κατεργαζόμενη επιφάνεια η ταχύτητα πρόωσης θα είναι η μέγιστη.

- iv. Λειτουργία *fast-fast-fast through*. Με την επιλεγμένη λειτουργία μηχανής θα δημιουργηθεί μια διαμπερείς οπή και η ταχύτητα πρόωσης θα είναι η μέγιστη καθόλη τη διάρκεια της κατεργασίας.

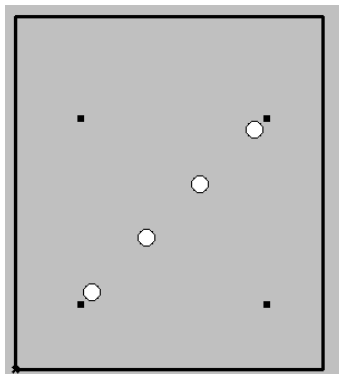
Στο πεδίο *depth* (εικόνα 3.2) θα ορίσουμε το απαιτούμενο βάθος της οπής. Όταν έχουμε επιλέξει λειτουργία μηχανής όπου η οπή που θα δημιουργηθεί είναι διαμπερείς το πεδίο αυτό είναι ανενεργό.

Στο πεδίο *Diam.* ορίζουμε τη διάμετρο που θέλουμε να έχει η οπή που θα δημιουργηθεί.

Στο πεδίο *Number* εισάγουμε τον αριθμό των όποιων οπών που θα δημιουργηθούν με την εκτέλεση της εντολής.


Στο πεδίο *Matrix* εισάγουμε την απόσταση που θα έχουν οι οπές μεταξύ τους. Όταν επιθυμούμε να δημιουργήσουμε μόνο μια οπή τότε το συγκεκριμένο πεδίο είναι ανενεργό.

Στο πεδίο *Angle* εισάγουμε τη γωνία που θα σχηματιστεί μεταξύ των οπών που θα δημιουργηθούν και του άξονα X (εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3. Οι τέσσερις οπές έχουν τοποθετηθεί με γωνία 45°

### 3.3 Ορισμός Οριζόντιων Τρυπανιών

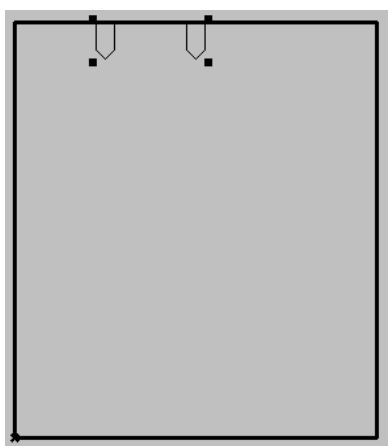
Η εισαγωγή των οριζόντιων τρυπανιών επιτυγχάνετε με τη χρήση του εργαλείου *horizontal drilling* . Με την επιλογή του εργαλείου εμφανίζεται το πλαίσιο διαλόγου όπως στην εικόνα 3.4. Τα πεδία *Xstart*, *Ystart*, *Diam.*, *Depth*, *Number*, *Angle* και *Matrix* έχουν την ίδια χρήση όπως τα αντίστοιχα που παρουσιάστηκαν κατά την εισαγωγή κάθετων τρυπανιών.

Καθώς οι οριζόντιες οπές τοποθετούνται στα σόκορο θα πρέπει να ορίζουμε στο πεδίο Z τη θέση των οπών κατά αυτόν τον άξονα.

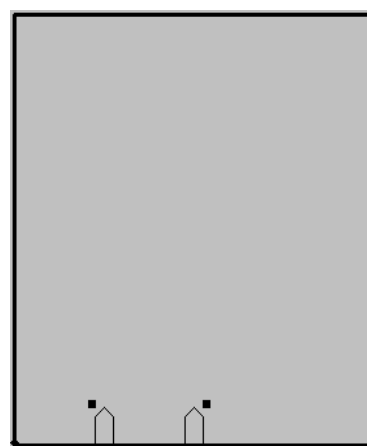
Στο πεδίο Mode ορίζουμε τη διεύθυνση που θα έχουν οι οπές στους άξονες X και Y. Για παράδειγμα αν θέλουμε οι οπές να τοποθετηθούν όπως στην εικόνα 3.5 θα πρέπει να επιλέξουμε τη λειτουργία Y-. Ενώ αν θέλουμε οι οπές να τοποθετηθούν όπως στην εικόνα 3.6 θα πρέπει να επιλέξουμε τη λειτουργία Y+.

X start:	50	Mode:	X+	X-	Y+	Y-	C
Y start:	50	Angle:	0				
Z:	5	Number:	3				
Diam.:	8	Matrix:	50				
Depth:	20						
↑		0	?	1	✓ ✗ 📖 +		

Εικόνα 3.4





Εικόνα 3.5

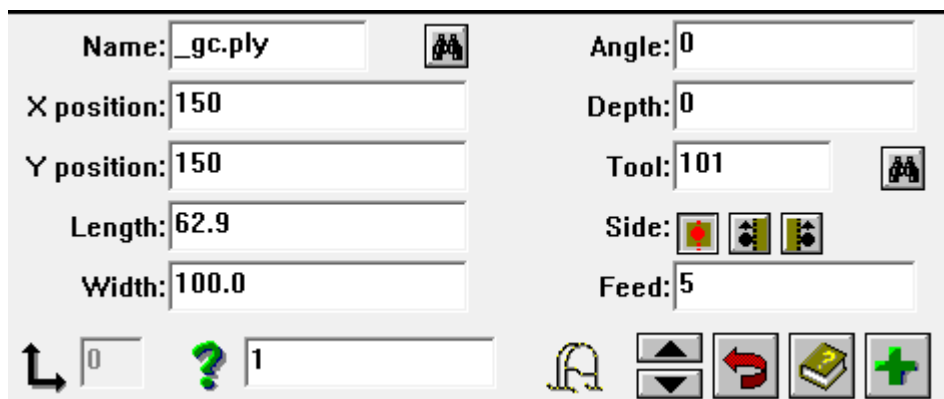


Εικόνα 3.6

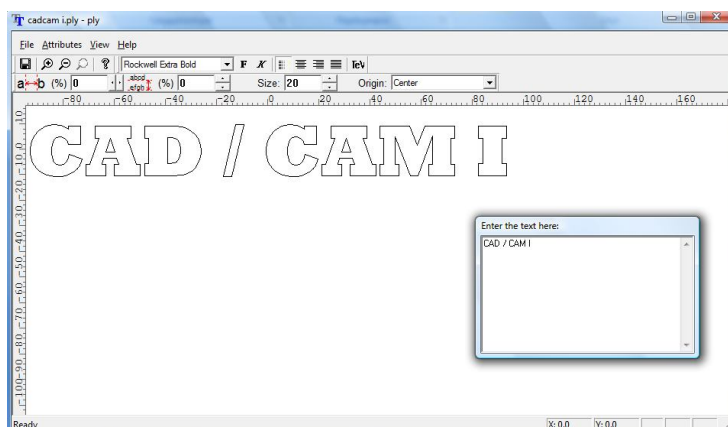
### 3.4 Εισαγωγή κειμένου

Η εισαγωγή κειμένου στο λογισμικό επιτυγχάνεται μέσω του εργαλείου *polygon definition trimming*  το οποίο βρίσκεται στο πτυσσόμενο μενού του εργαλείου Routing. Με την επιλογή του εργαλείου ενεργοποιείται το ανάλογο πλαίσιο διαλόγου (εικόνα 3.7). Με τη χρήση του εργαλείου *polygon definition search*  έχουμε τη δυνατότητα από τη λίστα που εμφανίζεται να επιλέξουμε ποιο γράμμα θέλουμε να εισάγουμε στο σχέδιο μας. Για παράδειγμα, αν θέλουμε να εισάγουμε το γράμμα C θα επιλέξουμε από τη λίστα το `_gc.ply`. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία έως ότου εισάγουμε όλο το κείμενο που

επιθυμούμε. Στα πεδία *Xposition* και *Yposition* δηλώνουμε το σημείο που θέλουμε να εισάγουμε το κείμενο. Στα πεδία *length* και *width* ορίζουμε τις διαστάσεις για το κάθε γράμμα που εισάγουμε, ενώ στο πεδίο *angle* δηλώνουμε τη γωνία εισαγωγής του. Στο πεδίο *Depth* ορίζουμε το βάθος κατεργασίας του κειμένου, ενώ το κοπτικό εργαλείο που θα χρησιμοποιηθεί δηλώνεται στο πεδίο *Tool*. Στο πεδίο *Side* μπορούμε να ορίσουμε αν το κοπτικό θα βρίσκεται δεξιά ή αριστερά της διαδρομής κοπής ή αν το κέντρο του θα βρίσκεται ακριβώς πάνω σε αυτή. Ενώ, στο πεδίο *Feed* ορίζουμε την ταχύτητα κατεργασίας του κοπτικού.



Εικόνα 3.7





Εικόνα 3.8

επιθυμούμε και χρησιμοποιώντας τα εργαλεία διαμόρφωσης του κειμένου να προσδιορίσουμε το μέγεθος και τη γραμματοσειρά του κειμένου. Όταν ολοκληρώσουμε τη διαμόρφωση του κειμένου αποθηκεύουμε το αρχείο στον προεπιλεγμένο φάκελο (ml4). Το αρχείο δεν θα πρέπει να αποθηκευτεί με τη χρήση Ελληνικών χαρακτήρων, επιτρέπεται η χρήση μόνο λατινικών χαρακτήρων. Το κείμενο που δημιουργήσαμε μπορούμε να το εισάγουμε στο Woodwor με τη χρήση του εργαλείου *polygon definition search* (εικόνα 3.7). Από τη λίστα που εμφανίζεται επιλέγουμε το αρχείο που αποθηκεύσαμε και πατάμε Οκ.

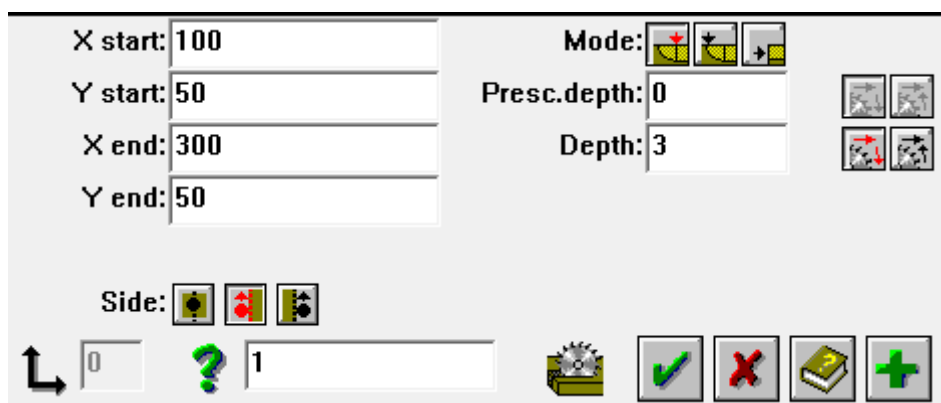
Εναλλακτικά, μπορούμε να εισάγουμε ένα κείμενο χρησιμοποιώντας το βοηθητικό πρόγραμμα γραφής Wood Type. Επιλέγοντας το Wood type εμφανίζεται ένας κειμενογράφος (εικόνα 3.8) όπου μπορούμε στο παράθυρο *enter the text here* να εισάγουμε το κείμενο που



### 3.5 Εισαγωγή δίσκου κοπής

Ο ορισμός του δίσκου κοπής πραγματοποιείται με την επιλογή του εργαλείου *Sawing*  από το πτυσσόμενο μενού επιλέγουμε το εργαλείο *insert groove sawing* . Στην εικόνα 3.9 εμφανίζεται το πλαίσιο διαλόγου που ενεργοποιείται με επιλογή της εντολής. Στα πεδία Xstart και Ystart εισάγουμε τις συντεταγμένες του σημείου εισαγωγής του δίσκου, ενώ στα πεδία Xend και Yend εισάγουμε τις συντεταγμένες του σημείου εξαγωγής του δίσκου. Στο πεδίο side ορίζουμε αν ο δίσκος κατά την κοπή θα είναι πάνω στην διαδρομή κοπής ή θα βρίσκεται δεξιά ή αριστερά από αυτή.

Στο πεδίο mode ορίζουμε το σημείο εισαγωγής του δίσκου ανάλογα με το μήκος της κοπής που επιθυμούμε. Τέλος, στο πεδίο Depth ορίζουμε το βάθος κοπής και δεξιά του πεδίου ορίζουμε την κατεύθυνση περιστροφής του δίσκου κατά την κοπή.



Εικόνα 3.9

# ΕΝΟΤΗΤΑ 4<sup>η</sup>- Εισαγωγή Σχεδίου από CAD

## 4.0 Εισαγωγή

Στην παρούσα ενότητα θα αναλυθεί η διαδικασία εισαγωγής σχεδίων από λογισμικά CAD. Όπως είδαμε στις προηγούμενες ενότητες οι δυνατότητες σχεδίασης στο λογισμικό WoodWor είναι περιορισμένες και έτσι κρίνεται απαραίτητη η εισαγωγή σχεδιαστικών δεδομένων από λογισμικά τύπου CAD.

## 4.1 Εισαγωγή δεδομένων στο WoodWor από ένα πρόγραμμα CAD

Προκειμένου να είναι δυνατή η εισαγωγή των δεδομένων στο WoodWor είναι απαραίτητο οι οντότητες του σχεδίου που έχουμε δημιουργήσει στο πρόγραμμα CAD να τις αντιστοιχήσουμε σε κατάλληλης μορφής layers τα οποία θα έχουν συγκεκριμένο κωδικό όνομα ανάλογα με την κατεργασία που επιθυμούμε να εκτελέσουμε. Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι κωδικές ονομασίες που θα πρέπει να έχουν τα layers ανάλογα με την κατεργασία που θέλουμε να εκτελέσουμε. Η πρώτη στήλη του πίνακα περιγράφει την κατεργασία του WoodWor που αντιστοιχεί σε κάθε ένα από τα layer που περιγράφονται στην δεύτερη και τρίτη στήλη του πίνακα. Στην τέταρτη στήλη του πίνακα αναφέρονται οι εντολές σχεδίασης που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν στο πρόγραμμα CAD για την αποτύπωση του σχεδίου. Για παράδειγμα για τον ορισμό του work piece θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τις εντολές σχεδίασης Line ή Polyline διαφορετικά δεν θα είναι αναγνωρίσιμο κατά την εισαγωγή του στο WoodWor.

Γενικά, τα ονόματα των layer εμπεριέχουν λέξεις κλειδιά, αριθμούς- κώδικες , αριθμούς.

Όταν οι αριθμοί ακολουθούν λέξεις κλειδιά χωρίς τη χρήση \_ ορίζουν μια λειτουργία της μηχανής.

Όταν οι αριθμοί ακολουθούν γράμμα / κώδικα χωρίς τη χρήση \_ ορίζουν τιμή.

Όταν θέλουμε να ορίσουμε δεκαδικό αριθμό θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το σύμβολο \_ αντί για κόμμα(π.χ. 5.5 ) 5\_5

Τα βασικότερα layers είναι τα εξής:

- **Work piece:** Είναι η πρώτη ύλη που θα χρησιμοποιήσουμε στο κέντρο κατεργασίας προκειμένου να κατασκευαστεί το τελικό τεμάχιο.

Κωδική ονομασία layer :ProcPart\_πάχος υλικού

Θα πρέπει η γεωμετρία να έχει σχεδιαστεί με Line ή Polyline

*Παράδειγμα: ProcPart\_ 20*

- **Geometry** : Αποτελεί μια ισοϋψής γραμμή που ορίζει τη γεωμετρία που θέλουμε να δώσουμε στο τεμάχιο μας

Κωδική ονομασία layer :Geometry\_θέση στον Z

Θα πρέπει η γεωμετρία να έχει σχεδιαστεί με Line ή Polyline, Arc, circle, ellipse, spline

*Παράδειγμα: Geometry\_ 10*

- **Vertical Sawing** : Δημιουργεί μια ευθύγραμμη διαδρομή κοπής

Κωδική ονομασία layer : Vsaw<λειτουργία μηχανής>\_βάθος

Θα πρέπει η διαδρομή κοπής να έχει σχεδιαστεί με Line ή Polyline

Λειτουργία μηχανής :0 Κοπή στο απαιτούμενο βάθος σε όλη τη διαδρομή

Λειτουργία μηχανής :1 Κοπή στην απαιτούμενο μήκος

Λειτουργία μηχανής :2 Κοπή στην απαιτούμενο μήκος και επιπρόσθετο μήκος κοπής (ασφαλείας)

*Παράδειγμα: Vsaw0\_ 10*

- **Vertical Sawing with information on the groove width:** Δημιουργεί μια διαδρομή κοπής του δίσκου η οποία δημιουργείται από ένα ζεύγος ευθύγραμμων τμημάτων. Το πάχος της κοπής ορίζεται από την απόσταση μεταξύ των δύο ευθύγραμμων τμημάτων.

Κωδική ονομασία layer :Vsaw<λειτουργία μηχανής>D\_βάθος

Θα πρέπει η διαδρομή κοπής να έχει σχεδιαστεί με Line

Λειτουργία μηχανής :0 Κοπή στο απαιτούμενο βάθος σε όλη τη διαδρομή

Λειτουργία μηχανής :1 Κοπή στην απαιτούμενο μήκος

Λειτουργία μηχανής :2 Κοπή στην απαιτούμενο μήκος και επιπρόσθετο μήκος κοπής (ασφαλείας)

Παράδειγμα: Vsaw0D\_ 20

WoodWOP macro	Drawing layers (layers, slide...)		Valid CAD elements
	German	English	
Workpiece	Werkstk_<finished thickness>	ProcPart_<finished thickness>	Line, polyline
Geometry contour line	Geometrie_<Z position>	Geometry_<Z position>	Line, polyline, arc, circle, ellipse, spline
Vertical sawing Automatic groove width	V_Saeg<mode>_<depth>	V_Saw<mode>_<depth>	Line or polyline (straight lines)
Vertical sawing with information on the groove width	V_Saeg<mode>_<depth>	V_Saw<mode>D_<depth>	Two parallel lines per macro
Universal sawing	Uni_Saeg<mode>_<depth>W<swivel angle>	Uni_Saw<mode>_<depth>A<swivel angle>	Line or polyline (straight lines)
Vertical routing	V_Fraes_<Z dimension>T<tool number>	V_Trim_<Z dimension>T<tool number>	Line, polyline, arc, circle, ellipse, spline
Vertical drilling	V_Bohr<mode> V_Bohr<mode>_<depth>	V_Drill<mode> V_Drill<mode>_<depth>	Circle
Horizontal drilling	H_Bohr_<Z position>	H_Drill_<Z-Position>	Blocks: H_Bohr, H_Drill
Polygon lines	Poly_<depth>NM<name only numbers>	Poly_<depth>NM<name only numbers>	Line, polyline, arc, circle, ellipse, spline
Vertical pocketing	V_Tasche_<depth>	V_Pocket_<depth>	Blocks: V_Tasche, V_Pocket
Horizontal pockets	H_Tasche_<Z position>H<height>	H_Pocket_<Z position>H<height>	Blocks: H_Tasche, H_Pocket
Universal drilling	Uni_Bohr_W<swivel angle>	Uni_Drill_A<swivel angle>	Blocks: Uni_Bohr, Uni_Drill
Drilling from the under-side	U_Bohr_<drilling depth>	U_Drill_<drilling depth>	Blocks: U_Bohr, U_Drill
Pockets from the underside	U_Tasche_<routing depth>	U_Pocket_<routing depth>	Blocks: U_Tasche, U_Pocket

Πίνακας 4.1

- **Universal Sawing** : Δημιουργεί μια διαδρομή κοπής ευθύγραμμη  
Ονομασία layer:Uni\_saw<λειτουργία μηχανής>\_<βάθος>A<γωνία στροφέα>

Θα πρέπει η διαδρομή κοπής να έχει σχεδιαστεί με Line ή polyline

Λειτουργία μηχανής :0 Κοπή στο απαιτούμενο βάθος σε όλη τη διαδρομή

Λειτουργία μηχανής :1 Κοπή στην απαιτούμενο μήκος

Λειτουργία μηχανής :2 Κοπή στην απαιτούμενο μήκος και επιπρόσθετο μήκος κοπής (ασφαλείας)

*Παράδειγμα: Uni\_saw0\_30A600*

- **Vertical routing:** Δημιουργεί μια διαδρομή κοπής όπου ορίζεται η τιμή κατά Z και τον αριθμό του εργαλείου

Κωδική ονομασία layer :V\_Trim<τιμή κατά Z>T<αριθμός εργαλείου>

Θα πρέπει η διαδρομή κοπής να έχει σχεδιαστεί με Line ή Polyline, Arc, circle, ellipse, spline

*Παράδειγμα: V\_Trim10T100*

- **Vertical drilling:** Δημιουργεί μια κάθετη διάτρηση στη θέση του κέντρου κάθε κύκλου

Κωδική ονομασία layer :V\_Drill<λειτουργία μηχανής> ή

V\_Drill<λειτουργία μηχανής>βάθος διάτρησης

Θα πρέπει η οπή να έχει σχεδιαστεί με circle. Οι λειτουργίες μηχανή είναι:

SF: blind hole, slow - fast, with depth information

FF: blind hole, fast - fast, with depth information

SFS: through hole, slow- fast - slow

FFF: Through hole, fast - fast - fast

*Παράδειγμα: V\_DrillFFF15*

- **Horizontal drilling:** Δημιουργεί μια οριζόντια διάτρηση στο επίπεδο X/Y ορίζοντας και τη θέση κατά Z

Κωδική ονομασία layer :H\_Drill<θέση στο Z>



*Παράδειγμα: H\_DrillL10*

- **Vertical pocketing:** Δημιουργεί κοιλότητες με τη χρήση μιας κλειστής περιοχής. Η βάση της οποίας θα πρέπει να έχει τη μορφή ορθογώνιου παραλληλογράμμου

Κωδική ονομασία layer : V\_Pocket\_<βάθος>

*Παράδειγμα: V\_Pocket\_20*

## 4.2 Διαδικασία εισαγωγής δεδομένων στο WoodWor

Μετά την αντιστοίχιση των δεδομένων του σχεδίου μας σε layer θα πρέπει να αποθηκεύσουμε το αρχείο σε μορφή .dxf. Στη συνέχεια μέσα από το WoodWor και από το μενού file επιλέγουμε Import και dxf. Αυτόματα ανοίγει το βοηθητικό πρόγραμμα Brr5. Από το μενού file του Brr5 επιλέγουμε CAD source file και με τη βοήθεια του browser που εμφανίζεται επιλέγουμε το αρχείο με κατάληξη .dxf που δημιουργήσαμε από το πρόγραμμα CAD. Ο ρόλος του βοηθητικού προγράμματος είναι να μετατρέψει το αρχείο .dxf σε αρχείο τύπου .mpri το οποίο είναι αρχείο WoodWor. Η διαδικασία της μετατροπής του αρχείου ολοκληρώνεται με τη χρήση του εργαλείου *start*   *conversion* . Πλέον, το αρχείο WoodWor έχει δημιουργηθεί και μπορούμε να το κάνουμε open στο πρόγραμμα.

Ένα βασικό πλεονέκτημα της εισαγωγής δεδομένων από ένα πρόγραμμα CAD είναι ότι μπορούμε να μεταφέρουμε στο WoodWor οποιαδήποτε γεωμετρία επιθυμούμε, όσο πολύπλοκη και αν είναι, και παράλληλα ορίζουμε στα layers και τα κοπτικά που θα χρησιμοποιηθούν για την κατεργασία του τεμαχίου.

## ΕΝΟΤΗΤΑ 5<sup>η</sup>- Συμβατικός Προγραμματισμός

### 5.0 Εισαγωγή

Στις προηγούμενες ενότητες αναφερθήκαμε στη διαδικασία προγραμματισμού του κέντρου κατεργασίας μέσω του λογισμικού WoodWor. Το αποτέλεσμα των ενεργειών που εκτελείται μετατρέπεται μέσω του NC Generate που εκτελούμε, αφού ορίσουμε όλα τα δεδομένα της κατεργασίας, σε ένα πρόγραμμα - κώδικα αναγνωρίσιμο από το κέντρο κατεργασίας.

Στην παρούσα ενότητα θα αναλυθεί η διαδικασία δημιουργίας αυτού του προγράμματος-κώδικα χωρίς τη χρήση ενός συστήματος CAD/CAM . Η διαδικασία προγραμματισμού ενός CNC χωρίς τη χρήση ενός συστήματος CAD/CAM ονομάζεται συμβατικός προγραμματισμός.

## 5.1 Έννοια και δομή του προγράμματος

Η μορφοποίηση του αντικειμένου στο επιθυμητό σχήμα και στις επιθυμητές διαστάσεις στηρίζεται στις κατάλληλες σχετικές κινήσεις μεταξύ του εργαλείου που χρησιμοποιείται για τη μορφοποίηση του.

Κάθε ένα από τα στοιχεία του αντικειμένου (γραμμές, τόξα) υπαγορεύουν τις στοιχειώδεις διαδρομές που πρέπει να εκτελέσει το κοπτικό σε σχέση με το μορφοποιούμενο τεμάχιο.

Παράλληλα, η γεωμετρία του τεμαχίου μας ορίζει τις οριακές θέσεις κίνησης του κοπτικού οπότε και οι διαδοχικές κινήσεις του κοπτικού μεταξύ των προαναφερθέντων οριακών θέσεων κατά προδιαγεγραμμένο τρόπο έχουν σαν συνέπεια τη μορφοποίηση του τεμαχίου.

Στόχος κατά τον προγραμματισμό είναι να ορίσουμε με απόλυτη ακρίβεια τις διαδοχικές κινήσεις του κοπτικού με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνουμε κατεργασία στο βέλτιστο χρόνο, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα, κάθε φορά, κοπτικά.

Για κατεργασία του τεμαχίου απαιτείται η σύνθεση σε κωδική μορφή αλγορίθμου κατεργασίας, που υπαγορεύεται από τη μορφολογία του τεμαχίου. Γενικά η κωδικοποίηση ενός αλγορίθμου μπορεί να γίνει σε κάποια από τις διατιθέμενες γλώσσες προγραμματισμού.

Το σύνολο των πληροφοριών που απαιτούνται για τη μορφοποίηση ενός αντικειμένου σε μια CNC εργαλειομηχανή ονομάζεται πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης.

Η κωδική μορφή που συντάσσεται το πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης είναι διαφόρων ειδών αλλά κάθε εργαλειομηχανή CNC αναγνωρίζει μια μόνο ιδιαίτερη κωδική μορφή, η οποία συνοδεύεται από διεθνή τυποποίηση (ISO-646), και είναι γνωστή με τον όρο γλώσσα μηχανής.

Όλες οι πληροφορίες που απαιτούνται για τη μορφοποίηση ενός αντικειμένου σε μια CNC μηχανή θα πρέπει να εκφραστούν μέσα από τον συγκεκριμένο κώδικα.

Ένα πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης σε γλώσσα μηχανής συντίθεται σε προτάσεις που συνιστούν ομάδες εντολών προς την εργαλειομηχανή.

Κάθε πρόταση περιλαμβάνει έναν αριθμό λέξεων / εντολών που αποτελεί μια οδηγία προς την εργαλειομηχανή.

Κάθε λέξη σχηματίζεται με αλφαβητικούς, αριθμητικούς (0-9) και άλλους ιδιαίτερους χαρακτήρες

Κάθε επιμέρους πρόταση, σε ένα πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης εισάγεται με το σύμβολο N και έναν αριθμό που υποδηλώνει τη σειρά της συγκεκριμένης πρότασης στο πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης. Ο αριθμός αυτός ακολουθείται από τα υπόλοιπα στοιχεία / λέξεις με την εξής γενική σειρά:

- εντολές κίνησης ή προετοιμασίας (G)
- λέξεις που υποδηλώνουν διάσταση , κατά σειρά χρησιμοποιούνται ως εξής: X,Y,Z,A,B
- παράμετροι κυκλικής διαδρομής I,J,K
- ορισμός ταχύτητας (αν απαιτείται)
- εντολές λειτουργίας (M)

Οι μετακινήσεις του κοπτικού ορίζονται με τη χρήση της γραμμικής και κυκλικής παρεμβολής οι οποίες ορίζονται με τη χρήση του κώδικα G. Η γραμμική παρεμβολή πραγματοποιείται στους υποδεικνυόμενους άξονες και χαρακτηρίζεται από μια ευθύγραμμη μετατόπιση του κοπτικού εργαλείου (π.χ. G01 X10 Y30 Z20).

Η κυκλική παρεμβολή πραγματοποιείται στο υποδεικνυόμενο επίπεδο το οποίο εξορισμού είναι το XY και μπορεί να αλλάξει με τη χρήση των εντολών G17, G18, G19. Προκειμένου να ορίσουμε μια κυκλική παρεμβολή θα πρέπει να γνωρίζουμε την αρχή και το τέλος του τόξου καθώς και το κέντρο του. Η αρχή του τόξου είναι γνωστή καθώς αποτελεί και το τρέχων σημείο που βρίσκεται το κοπτικό. Το κέντρο του τόξου μπορεί να δοθεί είτε ορίζοντας την ακτίνα του τόξου είτε ορίζοντας ένα διάνυσμα που να μας οδηγεί από το αρχικό σημείο του τόξου στο κέντρο του. Επειδή από το κέντρο του κύκλου μπορούν να προκύψουν δύο διαφορετικοί κύκλοι θα πρέπει να ορίσουμε θετικό πρόσημο για γωνία τόξου μικρότερη των  $180^\circ$  ή αρνητικό πρόσημο για γωνία μεγαλύτερη των  $180^\circ$ . Κατά τον ορισμό του κέντρου του τόξου με τη χρήση διανύσματος αυτό θα δίνεται μέσω των συνιστωσών I, J που αντιστοιχούν στους άξονες X και Y αντιστοίχως.

Εκτός από τις προπαρασκευαστικές εντολές κίνησης και προετοιμασία θα πρέπει στο πρόγραμμα να οριστούν και οι βοηθητικές λειτουργίες της μηχανής. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε τον κώδικα M όπου περιγράφονται όλες οι λειτουργίες που εκτελεί η μηχανή CNC. Οι διάφορες λειτουργίες της μηχανής ελέγχονται με τη χρήση τυποποιημένων κωδικών που είναι γνωστές ως λειτουργίες M. Υπάρχουν

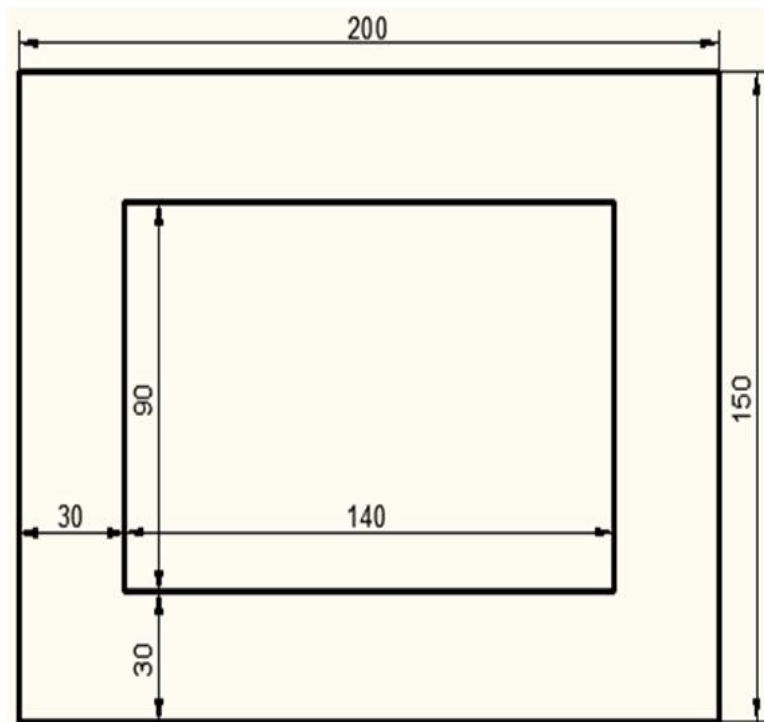


δεκάδες λειτουργίες σε κάθε CNC που η κάθε μια ελέγχεται από μια διεύθυνση τύπου M. Πρακτικά οποιοσδήποτε χειρισμός πραγματοποιείται από τα χειριστήρια της μηχανής μπορεί να υλοποιηθεί και με μια διεύθυνση M, όπως η αλλαγή κοπτικού εργαλείου (M06). Χρησιμοποιείται διεύθυνση τύπου Tx όπου x χρησιμοποιείται ακέραιος αριθμός που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο εργαλείο. Πριν την παραλαβή του νέου κοπτικού θα τοποθετηθεί το τρέχων κοπτικό στον εργαλειοφορέα της μηχανής.

### 5.1 Παραδείγματα Συμβατικού Προγραμματισμού

#### Παράδειγμα 1° :

```
%  
:1001  
N01 G90 G21 G17  
N02 M06 T1  
N03 S1200  
N04 G00 X30,Y30 Z20  
N05 G00 Z2.0  
N06 G01 Z-1.0  
N07 X170  
N08 Y120  
N09 X30, Z-0.5  
N10 Y30  
N11 G00 Z1.0  
N12 G00 X0,Y0  
N13 M05  
N14 M30
```



### Παράδειγμα 2°

%

:1002

N01 G90 G21 G17

N02 M06 T100

N03 S1000

N04 G00 X20,Y20 Z20

N05 G00 Z2.0

N06 G01 Z-1.5

N07 G01 X160 Z-1.0

N08 G03 X180,Y40,I0,J20

N09 G01 Y110

N10 G03 X160,Y130,I-20,J0

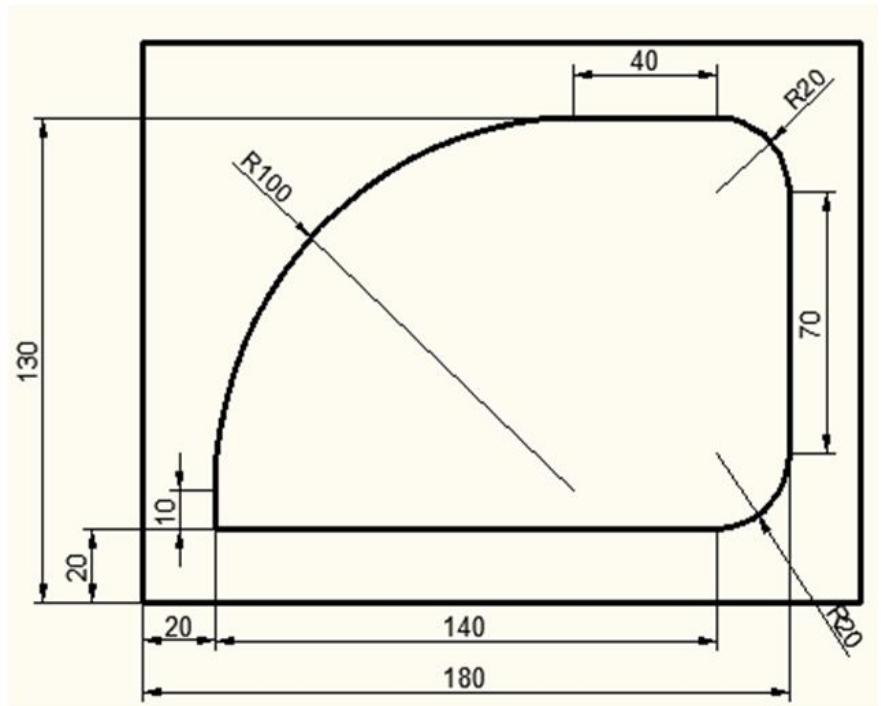
N11 G01 X120

N12 G03 X20,Y30,I0,J-100

N12 G01 X20,Y20 Z-0.5

N13 M05

N14 M30



### Παράδειγμα 3°

%

:1003

N01 G90 G21 G17

N02 M06 T06

N03 S1500

N04 G00 X20,Y20 Z20

N05 G00 Z1.0

N06 G81 Z-1.0 R5

N07 X40

N08 X60

N09 Y40

N10 X40

N11 X20

N12 G80 G00 Z10

N13 G00 X0 Y0

N14 M05

N15 M30

