Il software CNC Simulator:

Manuale d'uso

(versione beta 1.0.6.3)

A cura di: Annamaria Natelli



<u>Indice</u>

1. Introduzione	1
2. Guida all'uso del software	
2.1 Informazioni preliminari	
2.1.1 Il controllo della vista 3D	
2.1.2 Velocità di simulazione	
2.2 Descrizione Ambiente 3D	5
2.2.1 I files macchina	
2.2.2 I pulsanti di visualizzazione	
2.2.3 La barra dei menù	
2.2.3.1 File menù	
2.2.3.2 Edit menù	
2.2.3.3 Simulate menù	
2.2.3.4 View menù	
2.2.3.5 Tools menù	
2.2.3.6 Settings menù	
2.2.3.7 SimCam menù	
2.2.3.8 Help menù	
2.2.4 CNC Editor	
2.3 Descrizione Ambiente 2D	
2.4 Impostazioni e registri	
2.4.1 Zero-pezzi e registro	
2.4.2 Tool registry	
2.4.2.1 Creazione utensili per fresatrice CNC	
2.4.2.2 Creazioni utensili per tornio CNC	
2.4.3 Workpiece registry	
2.5 Linguaggio e formato delle istruzioni	
2.5.1 Codici e comandi	
2.6 CNC Controller	
2.7 Ambiente CAM	

2.7.1 I Layers	53
2.7.1.1Funzioni ausiliarie	57
2.7.2 Impostare i parametri di lavorazione	
<u>3. Tutorial</u>	60
3.1 Impostazione di un programma di lavorazione	60
3.2 Creazione di un programma di lavorazione nello spazio 2D	64
3.2.1 Realizzazione di una piastra forata	64
3.2.2 Realizzazione di una contornatura	71
3.3 Creazione di un programma di lavorazione nello spazio 3D	82

1. Introduzione

Il primo passo da fare per poter usufruire del simulatore consiste nel collegarsi al sito web <u>www.cncsimulator.com</u> e registrarsi come utente.

È richiesto un indirizzo e-mail, al quale, ogni 60 giorni, verrà spedito ciò che i produttori del software chiamano "*petrol code*". Tale codice consentirà di riattivare gratuitamente il programma per un ulteriore periodo di prova (*figura 1.1*). Nel caso in cui ci dovessero essere problemi con la ricezione dell'e-mail di licenza, il software, in seguito all'avvio del programma, mostra all'utente il *keygen* (generatore di codici di licenza) in modo da poterla ricreare.



Figura 1.1 – Registrazione come utente di CNC Simulator

Una volta effettuata la registrazione, si potrà procedere con il download del software (*figura 1.2*).

CNC	SIMULATOR	
Home > Download > Main file	s > Main CncSimulator files	
🔿 Main Menu	Download	
» <u>Home</u> » <u>About the CncSimulator</u> » <u>Petrol station</u> » <u>FAQ</u>	Element Constant and an Constant an Consta	etails
 » Forum » Oownload » Sign Up » Order » Onder » CncSimulator Blog » Online Help » Getting Started Tutorial 	Display Num 20 💙 Powered by Phoca Download	
» <u>Privacy Policy</u> » <u>License agreement</u>		

Figura 1.2 – Download del software

Per utilizzare il programma sono necessari i seguenti requisiti:

- Internet: cavo o DSL;
- Sistemi operativi Windows: XP, Vista, 7 o successivi;
- Intel Pentium o successivi;
- Mouse con rotellina centrale;
- Microsoft.NET Framework 2.0.

Si ricorda che essendo un software gratuito, non è offerto alcun tipo di supporto al suo utilizzo.

È possibile, però, consultare il blog (all'indirizzo *cncsimulator.com/blog/*) dove vengono discussi aggiornamenti e forniti consigli, un online help (all'indirizzo *cncsimulator.com/OnlineHelp/OnlineHelp.html*) dove vengono presentate sinteticamente le caratteristiche del software e un forum nel quale gli utenti registrati possono discutere degli argomenti di interesse.

2. Guida all'uso del software

(versione beta 1.0.6.3)

Il simulatore CNC è costituito da un ambiente 3D in cui avviene la simulazione della macchina a CNC, un ambiente 2D nel quale vengono simulati i percorsi dei vari utensili impiegati durante la lavorazione, un ambiente CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) in cui possono essere creati un modello geometrico bidimensionale e le relative istruzioni CNC, un Editor per scrivere il codice CNC e un controller CNC virtuale.

2.1 Informazioni preliminari

2.1.1 Il controllo della vista 3D

È possibile controllare la vista 3D della simulazione mediante *mouse* o tastiera:

- a. Tramite mouse:
 - Tasto destro: consente di trascinare la schermata per poter avere una panoramica dell'ambiente di simulazione;
 - Tasto sinistro: consente di ruotare la vista;
 - Rotellina centrale: consente di ingrandire e rimpicciolire l'immagine visualizzata;
- b. Tramite tastiera:
 - Le frecce consentono di trascinare la schermata 3D;
 - I tasti *pag up/page down* permettono di ingrandire e rimpicciolire l'immagine visualizzata.

2.1.2 Velocità di simulazione

La simulazione non riproduce la velocità di lavorazione o di avanzamento in rapido effettiva della macchina reale a CNC, solitamente la simulazione della lavorazione è più veloce di quanto non sia in realtà.

CNC Simulator è un software 3D avanzato che richiede un appropriato hardware al fine di garantire una chiara e rapida simulazione. Se la simulazione sul proprio pc dovesse risultare troppo lenta, si consiglia di seguire i seguenti accorgimenti per migliarare le prestazioni:

- 1. Aprire il menù *Settings* e selezionare la voce *Simulation Settings*: sullo schermo apparirà la finestra *Settings Editor*. Si consiglia di cambiare le impostazioni della simulazione come indicato nella *figura 2.1* e riportato di seguito:
 - SolidQuality: low;
 - CrashTest: false.

S	ettings Editor	
	Files	
	Misc	
	ExternalInterpreter	
	PrefLanguage	
	ProxyLogin	
	ProxyPassw	
	ProxyPort	
	ProxyServer	
	Registries Settings	
	Materials	(Collection)
	ZeroPoints	(Collection)
	Simulation Settings	
	BackgroundColor	0; 0; 0; 0
	CrashTest	False
	RadiusLatheMode	False
	SolidQuality	Low
		Low
		Medium
		High

Figura 2.1 – Modifica delle impostazioni della simulazione

2. Utilizzare il tasto *fast forward* piuttosto che il tasto *play* per avviare la simulazione;

3. Disabilitare la simulazione dell'asportazione di materiale dal pezzo (*Disable solid*) accedendo alla finestra di controllo, come indicato in *figura 2.2*, cliccando il pulsante riportante l'immagine degli occhiali da vista.



Figura 2.2 – Finestra di controllo della vista 3D

2.2 Descrizione Ambiente 3D

2.2.1 I files macchina

Prima di iniziare a scrivere il programma NC è necessario caricare la macchina corretta per realizzare la simulazione. Un *file* macchina, avente estensione *.machine*, contiene la grafica e logica della macchina. Per aprire un *file* macchina, è necessario selezionare la voce *Load Machine* dal menù *File*. Come mostrato in *figura 2.3*, è possibile scegliere fra diversi tipi di macchine, ognuna delle quali ha proprie impostazioni, limiti e unità di misura (da stabilire prima di caricare la macchina CNC nell'ambiente 3D).



Figura 2.3 – Le macchine CNC

Macchina	Corsa limite (mm)			Dimensioni limite pezzo (mm)		
	Х	Y	Ζ	Х	Y	Ζ
Milling Machine						
Milling Center	420	200	135	380	200	130
Hobby Mill	220	140	190	220	140	100
Router Table	880	1600	180	800	1500	100
Unlimited Mill	-	-	-	-	-	-
Turning Machine						
Turning Center	100	-	400	100	-	300
Hobby Turn	83	-	285	75	-	200
Unlimited Turn	-	-	-	-	-	-

Nella *tabella* 2.1 si riportano i limiti delle corse e delle dimensioni dei pezzi lavorabili sulle macchine CNC messe a disposizione dal software.

Tabella 2.1 – Limiti delle macchine CNC

Se il programma NC compilato non rispetta i limiti della macchina selezionata, la simulazione si fermerà segnalando lo stato d'allarme. Alcuni di questi limiti possono essere modificati selezionando la voce *Machine Editor* del menù *Settings (figura 2.4)*. È sufficiente sostituire i valori di *default* mostrati nella finestra di controllo con quelli di proprio interesse, altrimenti, nel caso in cui non sia possibile usufruire di impostazioni che consentano di simulare la macchina reale, si consiglia di lavorare con macchine di tipo *Unlimited*. Dopo aver cambiato le impostazioni di un *file* macchina, è necessario salvarlo, per mantenere le modifiche fatte, selezionando la voce *Save Machine* del menù *File*.

Machine Editor	
2 ↓ □	
⊟ Misc	
AverageToolChangeTime	4
CustomFileExtensions	
MachineCostPerHour	50
MachineName	Euro Mill 2000
MaxCuttingFeedRateXY	7500
MaxCuttingFeedRateZ	7500
MaxRapidFeedX	30000
MaxRapidFeedY	30000
MaxRapidFeedZ	30000
MaxRpm	5000
MeasurementUnits	MM
ProgramFolder	#Samples\Mm\Mill
ToolChangePosX	100
ToolChangePosY	100
ToolChangePosZ	135

Figura 2.4 - Machine Editor

2.2.2 I pulsanti di visualizzazione

Tramite i pulsanti di visualizzazione è possibile selezionare quali parti porre in vista durante la simulazione oppure scegliere di conferire solidità al pezzo da lavorare.

Per aprire il pannello di controllo della vista 3D è necessario cliccare il pulsante su cui sono raffigurati occhiali da vista (*figura 2.2*). Sul lato sinistro del pannello è possibile selezionare le parti e le componenti che si desiderano visualizzare durante e dopo la simulazione, sul lato destro è possibile, invece, selezionare lo stile del pezzo. Gli stili cambiano a seconda dei materiali che sono stati definiti alla voce *Settings Editor (figura 2.1*).

Per aprire il pannello di sezionamento del pezzo solido è necessario cliccare il pulsante avente raffigurato un coltello. Utilizzando opportunamente i dispositivi di scorrimento mostrati in *figura* 2.5, è possibile visualizzare la sezione di interesse del pezzo al fine di mostrare, ad esempio, lavorazioni interne durante la simulazione (ad esempio torniture interne di pezzi cilindrici già forati).

Si riporta in *figura 2.6* un esempio di un pezzo lavorato su fresatrice CNC sezionato nella mezzeria.



Figura 2.5 – Sezionare il pezzo da lavorare



Figura 2.6 – Pezzo sezionato a metà dal lato anteriore

La risoluzione del pezzo solido è limitata: se si ingrandisce eccessivamente la vista, esso risulterà avere superfici poco levigate o irregolari. È un compromesso che è necessario accettare per ottenere una simulazione abbastanza rapida. Per la stessa motivazione, se si desidera lavorare in contemporanea più di un pezzo sulla macchina, sarà possibile simulare solo il primo pezzo come solido.

2.2.3 La barra dei menù

2.2.3.1 File menù

Il menù del File è costituito dalle seguenti voci:

- 1. Open CNC Program;
- 2. Save CNC Program;
- 3. Save CNC Program As;
- 4. Close CNC Program;
- 5. New CNC Program Wizard;
- 6. Open SimCam File;
- 7. Save SimCam File;
- 8. Close SimCam File;
- 9. Save Machine;
- 10. Load Machine;
- 11. Exit.

Nel paragrafo §2.2.1 si è detto che prima di iniziare a scrivere il *part program* è necessario caricare la macchina sulla quale iniziare la simulazione, selezionando la voce numero 10 del menù (*Load Machine*).

Per creare un nuovo file CNC è necessario, invece, selezionare la voce numero *5 (New Program Wizard)*, la quale passo dopo passo guida l'utente nella generazione del proprio programma CNC.

Gli *step* da seguire sono i seguenti:

<u>Step 1.</u> Selezionare il tipo di programma che si vuole realizzare (*turning program/milling program*) come indicato in *figura* 2.7;

New CNC Program Wizard	_ 🗆 🛛
Type of program. Select program type.	
What kind of CNC program are you going to make?	
C Turning program (X/Z)	
• Milling program (X/Y/Z)	
< Back Next > Cancel	

Figura 2.7 – Selezionare il tipo di programma

<u>Step 2.</u> Specificare se si desidera utilizzare utensili e pezzi messi a disposizione dal software stesso o se si desidera crearne di propri come indicato in *figura 2.8*. In quest'ultimo caso è possibile scegliere se utilizzare pezzi propri già presenti nei registri oppure se definire le dimensioni di nuovi pezzi;



Figura 2.8 – Selezionare utensili e pezzi

Step 3. Scegliere il pezzo da lavorare (se allo step 2 si è scelto di utilizzare pezzi *Embedded* aventi dimensioni non modificabili dall'utente) oppure creare un pezzo e definirne le dimensioni rispettando i limiti imposti dal tipo di macchina scelta (se allo step 2 si è scelto di utilizzare pezzi propri ex novo). Le due alternative sono mostrate in figura 2.9 (l'esempio è relativo ad un pezzo che necessiti di essere lavorato su fresatrice CNC. I pezzi per fresatrice CNC hanno forma parallelepida di *default,* mentre i pezzi per tornio CNC hanno forma cilindrica. Nel caso in cui si volesse partire da un pezzo greggio avente forma diversa, sarà necessario preventivamente creare un programma di lavorazione per quest'ultimo ed in seguito salvare il pezzo lavorato (il file-pezzo ha estensione .millwkp (or .lathewkp)). A questo punto, il greggio ottenuto potrà essere utilizzato in altri file CNC selezionandolo allo step 2 fra i pezzi propri già presenti nei registri, oppure successivamente selezionando, nel seguente ordine, le voci Settings, Workpiece, Mill (or Lathe), Prefabricated Workpiece ed infine il file Mill Workpiece (or Lathe *Workpiece*) di interesse.);



Figura 2.9 - Selezione o Creazione del pezzo

<u>Step 4.</u> Scegliere i valori di *offset* del pezzo rispetto allo zero macchina (*figura 2.10*): in questo modo si procede al piazzamento del pezzo sulla macchina CNC;

New CNC Program Wizard
Workpiece offset. Enter workpiece offset values.
Do you want to offset the workpiece (move it in on the table)?
Yes please.
C No thank you. I will use the machine zero.
X offset 0 0
In the CncSimulator, we use the built in command \$AddRegPart to call up a workpiece from the workpiece registry. The command has three parameters, the first one is the workpiece registry index and the second two defines where on the machine table the workpiece should be placed.
< Back Next > Cancel

Figura 2.10 – Offset del pezzo

<u>Step 5.</u> Scegliere se spostare lo zero pezzo nell'angolo in basso a sinistra sulla superficie superiore del pezzo oppure utilizzare lo zero macchina (*figura 2.11*);



Figura 2.11 – Zero pezzo

<u>Step 6.</u> Scegliere se includere sottoprogrammi (potranno comunque essere creati in un secondo momento) *figura 2.12;*

New CNC Program Wizard	
Sub program. Use of a sub program.	
Do you want to include a sample sub progra	m?
C Yes please.	
No thank you. I am fine with just the main that is a standard stand Standard standard stand Standard standard stand Standard standard stand Standard standard stand Standar	n program.
%1 M98 P1 L1 G0 G1 M30 O1 (Sub prog 1) G81 M17 (Return)	This wizard step will create an empty sub program. In the CncSimulator, the code M98 is used to call a sub program and the code M17 is used to return to the main program. When calling the sub program parameter P is used to define the sub program number and parameter L is used to define how many times the call should be repeated. The subprogram always starts with parameter O followed by the sub program number.
< Back	Next > Cancel

Figura 2.12 - Sottoprogrammi

<u>Step 7.</u> Inserire i dati descrittivi del programma nelle caselle mostrate nella *figura 2.13*;

New CNC Program Wizard	
Program data. Final program data.	
Please enter final program data.	_
Program name: Prova Program number: 1	
In what units do you want to make your CNC program?	
O Inches	
Millimeters	
Do you know that there is an online help manual at cncsimulator.com?	www.cncsimulator.com
< Back Next >	Cancel

Figura 2.13 – I dati del programma

Il successivo *step* consiste nella creazione della parte iniziale del nuovo programma CNC: le righe di codice generate sono mostrate in *figura* 2.14 per il cui significato si rimanda al *paragrafo* §2.5.1.



Figura 2.14 – Creazione del nuovo programma CNC

2.2.3.2 Edit menù

Il menù dell'*Edit* è costituito dalle seguenti voci:

- 1. Find and Replace (Ctrl + F);
- 2. Toggle Pause Point (Ctrl + P);
- 3. Block Numbers (Ctrl + B);
- 4. Undo (Ctrl + Z);
- 5. Rendo (Ctrl + Y).

Selezionando la prima voce dell'*Edit* è possibile trovare e sostituire rapidamente parti di codice, come mostrato in *figura 2.15*. Con l'opzione *find* è possible trovare rapidamente parole scritte in maiuscolo o minuscolo, solo parole intere e/o testo nascosto.

Selezionando la seconda voce (*Toggle Pause Point*) è possibile attivare i punti di messa in pausa della simulazione (*paragrafo* §2.2.4),

selezionando la terza voce (*Block Numbers*) è possibile numerare automaticamente le righe del codice CNC spuntando la casella *Block Numbers* in alto a sinistra della rispettiva finestra di controllo (*figura 2.16*).

Find and Replace 2 – 🗆 🗙
Find Replace
Find what
Replace with M4
Replace Replace All
Find options
Match case
Match whole word
✓ Search hidden text
Find Next

Figura 2.15 – Find and Replace

Block Numbe	Block Numbers	N10 + N20	Blocknum start
N10 N20 +	Blknr increment	N10	Block Number Format
N30	10		(N{0}

Figura 2.16 – Numerazione blocchi codice CNC

2.2.3.3 Simulate menù

Le voci del menù di simulazione sono le seguenti:

- 1. Start (F5);
- 2. Pause (F6);
- 3. Stop (F10);
- 4. Fast Forward (Ctrl + F5);
- 5. *Step* (*F*7).

Selezionando le varie voci del menù è possibile avviare la simulazione, metterla in pausa, stopparla, vederla in modalità rapida oppure *step by step*. Alle suddette voci menù corrispondono rispettivamente i pulsanti in *figura 2.17*.



Figura 2.17 – I pulsanti di simulazione

2.2.3.4 View menù

Il menù della vista è costituito dalle seguenti voci:

- 1. Actions;
- 2. Reset 3D view;
- 3. Workpiece weight.

Selezionando la prima voce è possibile visualizzare come il programma compilato venga tradotto in azioni CNC e valutarne la correttezza. Si riporta un esempio in *figura 2.18*.

Selezionando la seconda voce *Reset 3D View* è possibile ritornare alla schermata 3D di *default*, mentre selezionando la terza voce *Workpiece* *Weight* è possibile conoscere il peso del pezzo lavorato, il quale può essere un'utile informazione per il calcolo preventivo dei costi dovuti a sfridi di lavorazione.

CNC Actions Viewer	
File View	
	~
🕀 🚯 [0] CreatorInfo	
□ 🖒 [1] Block: #region	
□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	
1 [5] EnforceMill	
[6] Block: (\$UseEmbeddedSettings) (Use embedded tools and settings)	
[8] Block: (\$AddRegPart 1, 20, 20) (Load embedded workpiece)	
→ [10] Block: #endregion	
➡ [11] Block: T25 M6	
□ [16] Block: G0 X-75 Y-65 M3 S2000 F240	
	~
Trend / filter Group actions under OriginalBloc	k-actions
✓ a Normal Action ✓	
	Datas 1
Movement Action 1 Error Into Action	Regraw
Value	Ok

Figura 2.18 – CNC Actions Viewer

2.2.3.5 Tools menù

Il menù degli strumenti è costituito dalle seguenti voci:

- 1. Insert Command;
- 2. Make program portable ;
- 3. Fast backplotting;
- 4. Save workpiece;

La prima voce del menù (*Insert Comand*) consente di creare alcuni comandi speciali, discussi in seguito nel paragrafo §2.5.1.

La voce numero 2 (*Make program portable*) consente di rendere il proprio programma CNC simulabile in maniera corretta anche su altri pc.

Infatti, programmi che utilizzano impostazioni locali (utensili, pezzi e punti di riferimento propri) non funzionerebbero nel caso in cui il software installato in altro computer fosse settato diversamente dal software che li ha generati.

La funzione *Make program portable* crea un sottoprogramma contenente le definizioni di utensili, punti di riferimento e pezzi, così, durante l'esecuzione, il software non utilizzerà le impostazioni locali, ma quelle definite nel sottoprogramma. Al momento, è possibile trasferire da pc a pc, programmi che prevedano l'uso di pezzi e utensili personalizzati solo nel caso di lavorazioni su macchine fresatrici.

La voce numero 5 *Fast Backplotting* si utilizza per simulare programmi CNC molto pesanti e costituiti da decine di migliaia di blocchi, per i quali sarebbe impensabile mandare in esecuzione la simulazione a causa dell'eccessiva quantità di tempo richiesta. La funzione *Fast Backplotting* crea percorsi utensili 3D in maniera rapida (*figura 2.19*) e consente di ingrandire o rimpicciolire, trascinare o ruotare la vista. Può essere utilizzata solo per programmi di fresatura e per un numero limitato di codici di tipo *G* ed *M*.

Selezionando la voce numero 4 Save Workpiece, è possibile salvare i pezzi lavorati e poterli utilizzare come pezzi prefabbricati per un nuovo programma CNC (*figura 2.24:* aprire la cartella *prefabricated workpiece*).



Figura 2.19 – Fast backplotting

2.2.3.6 Settings menù

Le voci del menù delle impostazioni sono le seguenti:

- 1. Machine Editor;
- 2. Simulation Settings;
- 3. Machine Tools;
- 4. Workpieces;
- 5. SimCam Output Settings.

La prima voce del menù *Machine Editor* è stata già descritta nel paragrafo §2.2.1 (*figura* 2.4).

Per quanto riguarda la voce numero 2 *Simulation Settings, figura* 2.1, si riportano di seguito informazioni più dettagliate circa le impostazioni dei registri e della simulazione.

 Registries Settings: è possibile modificare le impostazioni del materiale del pezzo (cliccare Material (collection) del Settings Editor di figura 2.1, si aprirà la finestra mostrata in figura 2.20) e le impostazioni degli zero-pezzo (cliccare *Zero Points (collection)* del *Settings Editor* di *figura 2.1,* si aprirà la finestra mostrata in *figura 2.21*). È possibile, quindi, definire proprietà del materiale dei pezzi quali stile (non solido, metallico, plastico, legnoso, trasparente), colore pezzo e superficie, prezzo al kg, peso specifico, e creare un registro degli zero-pezzo inserendo le rispettive coordinate.

WorkpieceMaterial Collection Ed	itor	? 🛛
Members: O WorkpieceMaterial 1 WorkpieceMaterial 2 WorkpieceMaterial 4 WorkpieceMaterial	+ +	WorkpieceMaterial properties:
Add Remove		OK Cancel

Figura 2.20 - Material Collection

MtsZeroPoint Collection Editor			? 🗙
Members: 0:000 1:000 2:000 3:000	↑ ↓	:000 properties: ■ Misc X_zero Y_zero Z_zero ZeroPointName	
Add Remove			
		OK Car	ncel

Figura 2.21 – Zero Points Collection

- *Simulation Settings:* è possibile modificare impostazioni riguardanti il colore di sfondo, l'attivazione del *CrashTest*, l'attivazione della modalità di *"programmazione in raggi"* per le macchine di tornitura piuttosto che in diametri e la qualità del solido (*figura 2.22*).

Settings Editor	
Files	
🗆 Misc	
ExternalInterpreter	
PrefLanguage	
ProxyLogin	
ProxyPassw	
ProxyPort	
ProxyServer	
Registries Settings	
Materials	(Collection)
ZeroPoints	(Collection)
Simulation Settings	
BackgroundColor	176; 224; 230
CrashTest	True
RadiusLatheMode	False
SolidQuality	Medium

Figura 2.22 – Simulation Settings

Selezionando la voce numero 3 del menù, *Machine Tools*, si potrà accedere al *Tool Browser* mostrato in *figura* 2.23. Si ha la possibilità di utilizzare utensili già esistenti oppure creare utensili propri (maggiori dettagli al paragrafo §2.4.2).



Figura 2.23 – Tool Browser

Analagomente, selezionando la voce 4 del menù, *Workpieces*, si ha la possibilità di creare pezzi propri (*figura* 2.24).

🗟 Mill Workpiece Form	🕞 🔀 💩 Lathe Workpiece Form	
Workpiece Data Workpiece Name	Workpiece Data Workpiece Name	
The size in X The size in Y The size in Y The size in Y The size in Y	Diameter 0 ↓ ↓ ↓ </td <td></td>	
The size in Z	Inner diameter 0 Material	
Prefabricated workpiece	Prefabricated workpiece 🖉 3	>
Cancel OK	Cancel	ок

Figura 2.24 – Creazione di pezzi propri (Mill or Lathe Machine)

2.2.3.7 SimCam menù

Le voci del menù SimCam sono le seguenti:

- 1) Add Line;
- 2) Add Circle;
- 3) Add Point;
- 4) Layers Enable/Disable Guides.

È possibile definire gli enti geometrici dell'ambiente Cam (linea, cerchio, punto) e i *layers* (consentono di generare il programma CNC) anche dalla barra dei menù. Per approfondire consultare il *paragrafo* §2.7.

2.2.3.8 Help menù

Le voci del menù di Help sono le seguenti:

- 1) Online Help;
- 2) The CNC Simulator Blog;

- *3) File an Issue or a Suggestion;*
- 4) Activate License;
- 5) About CNC Simulator Pro.

Le voci consentono rispettivamente di consultare l'Online Help, il blog di CNC Simulator, di inviare allo staff del software problemi riscontrati o suggerimenti, comprare la licenza ed, infine, visualizzare una finestra riportante informazioni sulla versione installata sul proprio pc.

2.2.4 CNC Editor

L'Editor è la parte del software che consente di compilare il programma di lavorazione del pezzo.

È in grado di riconoscere i comandi dati (in linguaggio FANUC), colorando di blu i codici di tipo *G*, di rosso i codici di tipo *M* e di verde i commenti (*figura* 2.25). In questo modo, il *part program* risulterà più leggibile.

```
GO Z2
X-50 Y-30 M3 M8 S3000 F450
M98 P1000 L1 (Drill 3 holes)
X50 Y-30
M98 P1000 L1 (Drill 3 holes)
G90
(X0 Y80)
M1 (Optional stop)
```

Figura 2.25 – Funzione di riconoscimento comandi del CNC Editor

Inoltre, supporta il programmatore nella fase di compilazione del codice CNC: ad esempio, quando viene premuta la lettera *G*, nell'*Editor* comparirà una finestra con la lista riportante tutti i codici di tipo *G* riconosciuti dal software. Se si clicca uno dei codici in lista una sola volta,

si apre un'altra finestra nella quale viene mostrata e spiegata la sintassi (*figura 2.26*). Per inserire il codice nell'*Editor* è sufficiente cliccare due volte. Quanto appena detto vale in modo analogo anche per i codici di tipo *M* (*figura 2.27*).



Figura 2.26 – Esempio digitazione codice G



Figura 2.27 – Esempio digitazione codice M

Digitando la lettera *T* apparirà una lista di tutti gli strumenti disponibili nel proprio registro utensili (*figura 2.28*). Digitando il simbolo \$ verrà mostrata, invece, una lista di comandi speciali (*figura 2.29*).



Figura 2.28 – Esempio digitazione lettera T



Figura 2.29 - Esempio digitazione simbolo \$

Digitando i comandi speciali *#region* e *#endregion* è possibile creare parti di testo comprimibili nell'Editor (*figura 2.30*).



Figura 2.30 – Testo comprimibile

Per comprimere il testo basta cliccare sul segno (-) posto dinanzi al comando *#region*, viceversa per estenderlo nuovamente.

Un'altra utile funzione di cui dispone l'*Editor* del software riguarda la possibilità di inserire punti-pausa nel codice CNC, laddove si desideri fermare la simulazione. Per inserire un punto-pausa basta cliccare sul margine grigio sinistro dell'*Editor*, comparirà un puntino verde (*figura* 2.31). Una volta avviata la simulazione, la sua esecuzione si fermerà alla riga di codice in cui tale puntino è stato piazzato. L'utilizzatore del software può decidere se continuare la simulazione da questo punto, oppure farla ripartire da capo.



Figura 2.31 – Inserire punti-pausa

2.3 Descrizione Ambiente 2D

Nell'ambiente 2D vengono simulati in maniera rapida i percorsi effettuati dagli utensili impiegati nella lavorazione del pezzo, un esempio è riportato in *figura 2.32*. È possibile analizzare il percorso utensile semplicemente passando il mouse su esso. L'oggetto interessato dal passaggio del mouse si evidenzierà e apparirà una finestra riportante le informazioni relative (G00/01 *lines, G2/G3 arcs, drill holes, ecc.*). Inoltre, è

possibile individuare il blocco di codice CNC corrispondente all'oggetto cliccando su esso (*figura* 2.33).



Figura 2.32 – Esempio di percorso utensile in ambiente 2D



Figura 2.33 – Analisi del percorso utensile

2.4 Impostazioni e registri

Il software dispone di registri per utensili, pezzi, punti di riferimento e materiali, ai quali è possibile accedere selezionando rispettivamente le voci *Machine Tools, Workpieces* e *Simulation Settings* dal menù delle impostazioni (*Settings menù*). Vi sono due tipologie di registri: quelli integrati nel software (registri *embedded*), che non possono essere modificati dall'utente, e quelli creati e definiti dall'utente (registri propri).

2.4.1 Zero-pezzi e Registro Zero-Pezzi

Per cambiare l'origine del sistema di riferimento è possibile utilizzare la funzione G92 oppure le funzioni G54 ÷ G59 (oppure analogamente la funzione G54.1). Queste ultime, a differenza della funzione G92, consentono di spostare l'origine del sistema di riferimento esclusivamente negli zero-pezzi memorizzati nei registri creati e definiti preventivamente dall'utente. Qualora una stessa origine debba essere più volte riutilizzata per la compilazione di programmi di lavorazione, può essere conveniente trascriverla nell'apposito registro Zero-pezzi (come mostrato nel paragrafo $\S2.2.3.6$) e richiamarla nell'*Editor* di testo utilizzando i due tipi di sintassi Fanuc disponibili:

- G54.1 P[zero index];
- $G54 \div G59$.

Se si usa il primo tipo di sintassi è necessario specificare la posizione di registro dopo la P. Ad esempio, se si vuole richiamare lo zero in posizione 15, la riga di codice sarà la seguente: G54.1 P15.

Usando il secondo tipo di sintassi, si possono utilizzare solo gli zeri delle prime sei posizioni del registro (scrivere G54.1 P0 equivale a scrivere G54, e così via fino a G59).

Nella schermata 3D della simulazione sono visibili sia lo zero macchina sia lo zero pezzo, rispettivamente contrassegnati da una croce di colore grigio scuro e una di colore verde (*figura 2.35*).



Figura 2.35 – Zero Macchina e Zero Pezzo

2.4.2 Tool Registry

Gli utensili possono essere richiamati nell'*Editor* di testo digitando il comando *T*[*index tool*] seguito dal codice *M6*, il quale consente di effettuare il cambio dell'utensile. L'indice dell'utensile si riferisce alla posizione occupata nel registro (integrato o creato dall'utente), il quale può essere visionato procedendo come descritto al paragrafo §2.2.3.6.

2.4.2.1 Creazione di utensili per Fresatrice CNC

Per creare gli utensili di lavorazione è necessario selezionare nel seguente ordine le voci *Settings* e *Machine Tools (figura 2.21*). In seguito selezionare la voce "*my milling tools*" e cliccare il pulsante *add*. A questo punto modificare opportunamente i parametri caratteristici dell'utensile: diametro, lunghezza utensile, tipo di punta, angolo di punta, diametro e lunghezza del gambo dell'utensile (*figura 2.36*).

Tool Name	Ball nose mm			
C Elat	Ball C Pointed			
-2-	Diameter 20	U		
M	Length		Tip angle 0	0
Use sepa	rate shaft			
Ŧ	Shaft diameter	F	Shaft length	0
		5	Cancel	OK

Figura 2.36 – Creare utensili per fresatrice CNC

2.4.2.2 Creazione utensili per Tornio CNC

Per creare un utensile da tornitura è necessario dapprima disegnare al CAD il contorno dell'inserto e dello stelo (*figura 2.37*). Il programma CAD utilizzato dai produttori del software *CNC Simulator* per la creazione dei propri utensili, si chiama *CadStd* (disponibile in rete gratuitamente).

In seguito, selezionare la voce *"my lathe tools"* del *Tool Browser* e cliccare il pulsante *add (figura 2.38*).



Figura 2.37 – Disegno utensile con CadStd

Ai fini di una corretta creazione dell'utensile, è necessario che l'inserto e lo stelo siano disegnati utilizzando lo stesso sistema di riferimento. Inoltre, è importante che i contorni tracciati siano realizzati con linea continua (funzione *polylines*). Successivamente, si deve procedere col salvataggio delle due parti utensile in file separati aventi estensione .DXF.

Il software mette a disposizione dell'utente anche la cartella dei propri *file DXF* del registro utensili integrati: in questo modo, potranno essere creati altri *file DXF* semplicemente apportando le modifiche desiderate ai file già esistenti.

A questo punto, aperta la finestra *Lathe Tool Editor (figura 2.38)*, selezionare i file in corrispondenza delle voci *"DXF File Cutter"* e *"DXF*

File Holder" e completare le restanti impostazioni riguardanti l'utensile. Procedendo allo stesso modo, si possono creare anche utensili da tornitura interna e da foratura.

Tool name Left rough	
External Internal Drill	
DXF File Cutter	
hcSimulator\Tool files\cutter1.dbf	
DXF File Holder	
jicSimulator\Tool files\holder1.dxf	
Cutter thickness Cutter diff	
Holder X-offset Holder Z-offset	
	Cancel OK
Holder thickness	Cancel OK
Image:	Cancel OK Info: Draw cutter and holder contours with sing polylines (arcs as line segments) and save as D
Image:	Cancel OK Info: Draw cutter and holder contours with sing polylines (arcs as line segments) and save as D Scale factor is for future use. At the moment all
Image:	Cancel OK Info: Draw cutter and holder contours with sing polylines (arcs as line segments) and save as D Scale factor is for future use. At the moment all data for lathe tools has to be drawn and entere millimeter
Image:	Cancel OK Info: Draw cutter and holder contours with sing polylines (arcs as line segments) and save as D Scale factor is for future use. At the moment all data for lathe tools has to be drawn and entere millimeters.
Image: Image of the second	Cancel OK Info: Draw cutter and holder contours with sing polylines (arcs as line segments) and save as D Scale factor is for future use. At the moment all data for lathe tools has to be drawn and entere millimeters.
Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Nose radius Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Nose radius Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image:	Cancel OK Info: Draw cutter and holder contours with sing polylines (arcs as line segments) and save as D Scale factor is for future use. At the moment all data for lathe tools has to be drawn and entere millimeters.
Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center X Image: Center	Cancel OK Info: Draw cutter and holder contours with sing polylines (arcs as line segments) and save as D Scale factor is for future use. At the moment all data for lathe tools has to be drawn and entere milimeters.

Figura 2.38 – Lathe Tool Editor

2.4.3 Workpiece Registry

Come gli zero-pezzi anche i materiali hanno un proprio registro (*figura* 2.20), e come per gli utensili, anche per i pezzi da lavorare è possibile creare un proprio registro (paragrafo §2.2.3.6).

Per utilizzare un pezzo salvato nel registro è necessario ricorrere al comando *\$AddRegPart*; mentre per aggiungere, modificare e cancellare i pezzi si deve aprire la finestra *Workpiece Form* selezionando la voce *Workpieces* dal *Settings menù* (*figura* 2.22).

2.5 Linguaggio e formato delle istruzioni

Le funzioni di più comune impiego sono:

N – numero di sequenza che individua il blocco delle istruzioni. È seguito da un numero da 1 a 9999. Il software numera automaticamente i blocchi di istruzione del programma compilato (*figura 2.16*).

G – (da 0 a 99) funzione preparatoria, è l'indirizzo che individua il moto degli utensili, gli spostamenti, predispone alla esecuzione di operazioni varie, ecc. Molte di queste hanno definizioni ISO valide con tutti i controlli (Fanuc, E.C.S., Philips, Selca, Siemens, ecc.), per i numeri lasciati liberi dall'ISO ogni costruttore ha inserito proprie funzioni.

F – (*Feed*) avanzamento, indirizza il messaggio ai servomotori che regolano la velocità di avanzamento. "*F*" unito alla funzione G94 predispone l'avanzamento in mm/min, invece con G95 in mm/giro. Per le macchine fresatrici normalmente *F* è in mm/min, mentre per i torni è in mm/giro; se si volesse cambiare l'unità di misura si useranno rispettivamente G95 e G94.

S - (Speed) velocità di taglio; unita alla funzione G96, il numero che accompagna S rappresenta la velocità costante in m/min (si usa in genere per tornitura); unita alla funzione G97, rappresenta invece i giri/min (normalmente usata per operazioni di fresatura). Quando si lavora a velocità costante alcune macchine vogliono, mediante un indirizzo stabilito dal costruttore, il numero di giri massimo al quale si vuole arrivare compatibilmente con le caratteristiche del motore, comunque la macchina non può superare il limite del numero di giri stabilito dal costruttore che si attiva automaticamente al raggiungimento dello stesso.
T – individua la posizione utensile per predisporre il cambio utensili. Nella programmazione Fanuc occorrerà inserire M6 nel caso di programmazione sulla fresatrice, mentre sulla programmazione del tornio non è necessario.

M – funzioni miscellanee disponibili da 0 a 99 per varie funzioni ausiliarie.

X, Y, Z – danno informazioni dimensionali.

I, *J*, *K* – sono utilizzate per le coordinate del centro e corrispondono a X, Y, Z.

L'ordine di scrittura è il seguente, anche se quasi tutti i controlli accettano un ordine di scrittura libero dopo il numero di blocco:

N[num#] G[num#] X[num#] Y[num#] Z[num#] F[num#] S[num#] T[num#] M[num#]

Al numero di blocco non necessariamente devono seguire righe di programmazione, ma possono essere scritte righe di commento e note posti fra parentesi; è evidente che i commenti scritti fra parentesi sono ignorati dal controllo e servono solo al programmatore.

2.5.1 Codici e comandi

I comandi elencati in *tabella 2.1* non sono relativi alla programmazione CNC, ma sono indispensabili per dare istruzioni alla macchina virtuale del software *CNC Simulator*. Essi iniziano sempre con il simbolo \$ e devono essere scritti all'interno di parentesi tonde. Nella *tabella 2.1* si riportano i comandi, la rispettiva sintassi (comando + [parametro/i]) e una breve descrizione.

Comando Speciale <i>\$</i>	Sintassi	
\$AddRegPart	\$AddRegPart [index][X#][Y#][Z#]	
	Aggiunge un pezzo del registro: index rappresenta la posizione del pezzo all'interno del registro; X, Y, Z sono gli <i>offset</i> del pezzo rispetto allo zero macchina.	
Cutting	\$Cutting [FromLeft] [FromRight] [FromFront] [FromBack] [FromTop]	
	Definisce la sezione del pezzo da visualizzare	
	\$DefineMaterial [" <i>material name</i> "] [index] [partcol_r] [partcol_g] [partcol_b] [surfcol_r] [surfcol_g] [surfcol_b] [material_style]	
\$DefineMaterial	Material Style: 0 Not Solid, 1 Metal, 2 Platstic, 3 Wood, 4 Transparent.	
	Definisce un materiale (impostazione locale)	
	\$DefineMillTool ["tool name"] [index] [tip_angle] [shaft_diameter] [shaft_len] [tool_diam] [tool_len] [toolTipType]	
\$DefineMillTool	toolTipType: 0 Flat, 1 Ball, 2 Pointed.	
	Crea un utensile per fresatrice CNC	
¢DofinoMilliMortmicco	<i>\$DefineMillWorkpiece</i> ["workpiece name"] [index] [X#][Y#][Z#]	
φθειμεινοι κριετε	Definisce un pezzo da lavorare su fresatrice CNC (impostazione locale)	
\$DefineZeroPoint	<i>\$DefineZeroPoint</i> [" <i>Zero Point name</i> "][index][Zero_X][Zero_Y] [Zero_Z]	
	Definisce uno zero locale	
	\$Inches	
\$Inches	Restringe l'uso a macchine in <i>inches</i>	

\$Lathe	<i>\$Lathe</i>	
	Restringe l'uso a macchine per tornire	
\$Message	<i>\$Message</i> [text][seconds pause]	
	Mostra un messaggio	
	\$Mill	
\$Mill	Restringe l'uso a macchine fresatrici	
	\$Millimeters	
\$Millimeters	Restringe l'uso a macchine in <i>mm</i>	
¢Auarrida Puttar Qualitur	\$OverrideBufferQualitySetting	
\$OverrideBufferQuality- Setting	Consente di personalizzare la risoluzione del solido 3D la cui qualità può essere impostata alla voce <i>Simulation Settings</i>	
\$Pause	\$Pause [milliseconds]	
	Mette in pausa la simulazione: il tempo di pausa deve essere espresso in millisecondi	
\$SetupTool	<i>\$SetupTool</i> [TipAngle][ShaftDiameter][Shaft_length][Tool_Diameter] [Tool_Length][toolTipType]	
	toolTipType: 0 flat, 1 ball, 2 pointed.	
	Setup diretto di un utensile per fresatrice CNC	
\$UseEmbeddedSettings	\$UseEmbeddedSettings	
	Usa pezzi, zeri e utensili dei registri <i>embedded</i>	
\$UseToolReg	\$UseToolReg	
	Usa registro utensili	

Tabella 2.1 – Comandi speciali (\$)

G- CODES (FANUC) SINTASSI Movimento in rapido G0 [X#] [Y#] [Z#] La funzione G0, viene utilizzata nelle fasi di avvicinamento o allontanamento rapido del GO pezzo; la macchina utensile si muove alla Fast traverse massima velocità di spostamento consentita Syntax: G0[X#][Y#][Z#] dal costruttore. Da notare che lo spostamento avviene in diagonale per cui XYZ bisogna fare attenzione ad eventuali collisioni utensile-pezzo, altrimenti si consiglia di separare lo spostamento sul *piano x,y* dallo spostamento sull'asse z dando la precedenza al movimento di svincolo dal pezzo. Movimento di lavoro G1 [X#] [Y#] [Z#] **G1** Linear feed traverse La funzione G1 indica lo spostamento lineare Syntax: G1[X#][Y#][Z#] in moto di lavorazione, richiede i dati: - F velocità di avanzamento: XYZ ר - S numero di giri del mandrino; - T utensile da utilizzare; - M funzioni ausiliarie di corredo.

In *tabella* 2.2, sono elencati i codici di tipo G che il software riconosce.





Interpolazione circolare oraria G2 [X#] [Y#] [Z#] [I#] [J#] [K#]

È possibile eseguire archi di cerchio o cerchi completi. I valori di X e Y rappresentano le coordinate finali del punto da raggiungere, I I rappresentano le coordinate, е rispettivamente X(I) e Y(J), del centro dell'arco relative al punto di partenza dell'arco quando si lavora nel *piano x,y*. Se si lavora nel *piano x,z* ovviamente le coordinate finali sono assegnate con X e Z, e le coordinate del centro con I(X) e con K(Z). Analogamente se si lavora nel piano y,z, Y e Z sono le coordinate di arrivo e J e K le del centro. Una sintassi coordinate alternativa non prevede la valutazione delle coordinate relative del centro, ma il raggio dell'arco. Per realizzare un arco, il controllo Fanuc accetta per archi più piccoli di un semicerchio raggi positivi +R, mentre per archi maggiori di un semicerchio raggi negativi –R.



Interpolazione circolare antioraria G3 [X#] [Y#] [Z#] [I#] [J#] [K#]

Vale quanto detto per l'interpolazione circolare oraria.



		Compensazione raggio utensile
G42	G42 G42	dal lato destro
	Syntax: G42	G42
		Vale quanto detto per la funzione G41.
G54		Registro Zero-nezzi
- G59		G54÷G59 [0÷5]
	-	6 voci di registro per gli zero-pezzi.
G54.1		Registro Zero-pezzi
P1 <i>to</i>		G54.1 P#
P48	-	Voci di registro per gli zero-pezzi.
G80		Annullamento ciclo fisso
		G80
	-	G80 Cancella cicli di foratura (G73, G81: cicli riconosciuti dal software)
G73	G73 Peck drilling cycle Syntax: G73[X#][Y#][Z#][R#][Q#][P#]	G80 Cancella cicli di foratura (G73, G81: cicli riconosciuti dal software) Ciclo di foratura rapido con rompitruciolo G73[X#][Y#][Z#][R#][Q#][P#]





Tabella 2.2 – G-codes

M-CODES (FANUC)	Descrizione	
M0, M1	Stop opzionale	
M2, M30	Fine programma	
M3, M4	Rotazione mandrino rispettivamente in senso orario e antiorario	
М5	Stop rotazione mandrino	
М6	Cambio utensile	
M8, M9	Attiva/Disattiva uso del refrigerante	
M17	Ritorna al main (fine sottoprogramma)	
M20	Apre porta macchina CNC	
M21	Chiude porta macchina CNC	
M98	Chiama un sottoprogramma parametri: P [numero del sottoprogramma] L [numero di ripetizioni]	

In tabella 2.3 sono riportati i codici ausiliari M.

Tabell 2.3 – *M*-code

In *tabella 2.4* sono invece riportati codici vari fondamentali per la stesura del programma CNC.

Codici Vari	Descrizione
X, Y, Z	Posizioni
F	<i>Feedrate</i> in mm o in i <i>nches</i> per minuto
S	<i>Spindle</i> RPM
0	Commenti
т	Numero utensile
0	Sottoprogrammi
N	Numero di blocco

Tabella 2.4 – Misc Codes

2.6 CNC controller

Il controllo virtuale consente di simulare il comportamento di una macchina a controllo numerico. È possibile vedere la velocità di avanzamento e di rotazione del mandrino come percentuali dei valori massimi, indicatori per il refrigerante, il mandrino, ecc. Inoltre, è possibile controllare la modalità di esecuzione della macchina virtuale, procedendo ad esempio per *Single Steps*. Sullo schermo scorreranno tutte le righe del codice eseguite passo dopo passo e verranno visualizzate le coordinate dei punti posti sulla traiettoria dell'utensile (*figura 2.39*). Non è possibile passare dal CNC Controller al NC Editor una volta avviata la simulazione.



Figura 2.39 - Cnc Controller

2.7 Ambiente CAM

In questo paragrafo si descrivono i principali *step* da seguire per lavorare nell'ambiente SimCam e generare il *part program* del pezzo che si desidera realizzare. I passi principali da seguire sono i seguenti:

- 1. Aggiungere uno o diversi pezzi;
- 2. Aggiungere punti, linee e cerchi guida;
- 3. Definire i contorni e impostare i parametri.
- *Step 1*. Aggiungere un pezzo.

Per aggiungere un pezzo, è necessario che sia presente nel registro pezzi propri di CNCSimulator (selezionare nel seguente ordine Settings e Workpiece, definire le dimensioni del pezzo). Selezionare *more*, poi *workpiece* per inserire il pezzo che si desidera utilizzare (*figura 2.40*).



Figura 2.40 – Step 1

• *Step 2*. Aggiungere linee, punti e cerchi guida.

Gli oggetti guida sono: linee, punti e cerchi (*figura 2.41*). Una linea non ha un punto di fine, ma è definita da un punto di inizio e un angolo. Non vi sono archi, solo cerchi completi definiti da un centro e un raggio. Questi oggetti sono presi come guida, per ciò che viene chiamato "*tracker*", durante la creazione dei profili da lavorare. Ci sono diversi modi per aggiungere gli oggetti guida utilizzando il menù SimCam: cliccando sul sistema di coordinate, inserendoli da tastiera, cliccando su un altro oggetto.



Figura 2.41 – Gli oggetti guida

Come si può notare dalla *figura 2.41*, quando vengono creati degli oggetti, è possibile che questi interagiscano fra loro. A tal fine, è prevista la creazione automatica di una serie di punti *snap* di tangenza, intersezione, perpendicolarità, ecc. (*figura 2.42*) utili durante la definizione del profilo da generare.

Aggiungiamo un cerchio guida a titolo di esempio.

Cliccare su *Circle*, poi *Center* e *Radius*. Fare clic su una posizione centrale , quindi trascinare il mouse, e fare un altro clic per definire il raggio. Spostando il mouse lungo il perimetro del cerchio si può notare un cartellino riportante le coordinate del centro e del raggio (*figura 2.43*), l'evidenziazione dell'oggetto rispetto agli altri, e 5

punti di *snap* (estremo in altro, in basso, a destra, a sinistra e punto centrale).



Figura 2.42 – Punto di snap di tangenza



Figura 2.43 – Creazione cerchio guida

Esistono anche punti di snap temporanei, ad esempio, quando si disegna una linea, su tutti i cerchi esistenti verrano creati punti di tangenza o di perpendicolarità.

Per eliminare un oggetto guida, è sufficiente fare clic su di esso e selezionare "Sì".

Se invece si desidera creare una copia di un oggetto già inserito nell'ambiente CAM, è necessario selezionare la voce *offset* del menù SimCam. Successivamente cliccare su *Distance* e inserire la distanza che si vuole per la compensazione, poi cliccare sull'oggetto che si vuole copiare ed, infine cliccare nella zona in cui si vuole effettuare l'operazione di copia.

• Step 3. Aggiungere i contorni e impostare i parametri.

I contorni sono le definizioni geometriche che consentono di creare il codice CNC. Per aggiungere un contorno, è sufficiente fare clic su *More*, e in seguito *Contour* nel menù SimCam.

Fare clic in un punto di snap in cui si desidera iniziare il contorno: apparirà il *"tracker" (figura 2.44*). Quest'ultimo può muoversi verso un altro punto di *snap* se esiste un oggetto guida che connette la posizione corrente con la nuova posizione.

Invece di fare clic su un punto di *snap*, è possibile anche fare clic direttamente su un oggetto guida. Il *"tracker"*, in tal caso, seguirà quella guida fino a quando non troverà il successivo punto di snap.



Figura 2.44 – Il "tracker"

Quando il *"tracker"* è sul punto finale, fare clic su *Done* per completare il profilo (*figura* 2.45).



Figura 2.45 – Definizione del profilo

Come si può notare in *figura* 2.45, ci sono due tipi di frecce lungo il profilo delineato: le frecce parallele al percorso indicano la direzione che deve seguire l'utensile, mentre le piccole frecce radiali al percorso indicano da quale parte del profilo debba essere posizionato lo strumento di taglio. È possibile cambiare direzione e posizionamento dell'utensile, in qualsiasi momento, semplicemente cliccando sul profilo. La compensazione dell'utensile può essere a sinistra del profilo, sul profilo stesso, oppure a destra di esso.

Quando il profilo è stato completamente definito, cliccare sul pulsante *Layers*. Il primo livello ad essere visualizzato è quello in cui sono stati definiti gli oggetti di guida, al di sotto di questo saranno automaticamente creati uno o più livelli riguardanti il profilo e dai quali verrà generato il codice CNC. Cliccare il pulsante raffigurante una ruota dentata, visibile sui livelli riguardanti il profilo, ed impostare i parametri delle operazioni di taglio richieste (*figura 2.46*).

Cutting Operation Parameters	2 - ¤ ×			
Operation Name Please name this operation	Type No operation -			
Basic Pocketing Drilling Stepping Ramping Transformation				
Define tool for operation				
Tool diameter: 10	Feed XY			
Transport Heig	ht Feed Z			
Cutting Depth	RPM Spindle RPM			
Coopy data from tool in registry	Spindle direction			
Tool Index number				
	Cancel OK			

Figura 2.46 – Impostazione dei parametri di taglio

Nella finestra di dialogo, mostrata in *figura* 2.46, si impostano il tipo di operazione (contornatura, tasca, foratura) e i parametri per l'operazione.

Il programma CNC a questo punto è pronto (figura 2.47).



Figura 2.47 – Generazione del programma CNC

2.7.1 I Layers

Oltre ad operazioni di contornatura, nell'ambiente SimCam, è possibile realizzare altri tipi di operazioni (fresatura di una tasca, foratura, spianatura, operazioni di *stepping* e *ramping*) definendo i *Layers*.

I *Layers* consentono di controllare l'ordine delle operazioni e i parametri di taglio. Per aprire la relativa finestra di dialogo è necessario cliccare il pulsante in basso a sinistra nell'ambiente SimCam (*figura 2.48*). Gli oggetti guida sono inseriti automaticamente nel primo livello, cliccando sul pulsante "*Add Guide Layer*" (*figura 2.48*) è possibile inserire altri tipi di *Layers*.



Figura 2.48 – Creazione dei Layers

Fresatura di una tasca

Una tasca è un'area ben definita nella quale il materiale deve essere asportato. Le tipologie di operazioni sono le seguenti:

- Closed pocket tutti i bordi dell'area sono interni al pezzo;
- Open pocket almeno un bordo è esterno al pezzo (se tutti i bordi sono esterni si esegue una spianatura);
- Closed pocket with island i bordi sono interni al pezzo con una parte in rilievo;
- Open pocket with island almeno un bordo è esterno con una parte in rilievo.



I quattro casi sono riportati in *figura 2.49*.

Figura 2.49 – Fresatura di una tasca

Per creare tasche ed isole è necessario disegnare entrambi i bordi sul *Layer Pocket* (accertarsi che sia quello corrente) e successivamente definire i parametri di taglio (*figura* 2.50) cliccando sulla rotellina in basso a destra nella finestra del *Layer*.



Figura 2.50 – parametri di taglio fresatura tasca

Come si vede dalla *figura* 2.50 è possibile definire l'angolo per le operazioni di taglio, la sovrapposizione di questi tagli (di *default* il valore è pari al 10% del diametro dell'utensile) oppure se lasciare o meno sovrametallo lungo i bordi del contorno. Tutti gli altri parametri, come profondità di taglio, velocità di avanzamento, ecc. si impostano nella "scheda base".

<u>Foratura</u>

Per eseguire un foro aggiungere *Drilling Layer* cliccando su *Add Layer* (*figura 2.48*) e selezionare il ciclo di foratura che si vuole eseguire. Compilare il resto dei parametri nella "scheda base" come, ad esempio, profondità di foratura, profondità iniziale, ecc.

Dal menù SimCam cliccare "*Point*" per aggiungere i punti in cui si desidera forare.

Si può anche forare lungo un profilo: aggiungere un contorno al Layer di foratura, sarà utilizzato come guida. I fori saranno praticati lungo il contorno guida alla distanza impostata nei parametri di foratura. La "direzione" del profilo decide l'ordine di esecuzione dei fori (*figura 2.50*).



Figura 2.50 – esempio di foratura lungo un profilo

Milling Text

È il *Layer* da utilizzare qualora si desideri incidere un testo nel pezzo. Prima di inserire il testo, nella scheda Text (*figura 2.51*), è necessario definire una linea di riferimento per lo stesso. Ad un *Layer* può essere associata una sola stringa. Un esempio è mostrato in *figura 2.52*.

💦 Cutting Operation Parameters 🛛 🖉 💶 🗙			
Operation Name My first ext Type Text -			
Basic Pocketing Drilling Stepping Ramping Text Transformation			
Text Mill CNC			
Text Height Char Spacing Font 23 0 AVANT.CHR			
Add a contour to the layer. The text will follow the contour.			
Cancel			

Figura 2.51 – parametri di taglio per l'operazione Milling Text



Figura 2.52 – esempio Milling Text

Stepping

Quando un'operazione è troppo profonda per essere realizzata in una sola passata, è possibile suddividerla in diversi *Layers* di taglio mediante l'operazione *Stepping*.

<u>Ramping</u>

Può essere utilizzato per diminuire lo sforzo di taglio durante la penetrazione nel materiale da parte dell'utensile.

L'utensile procederà con la successiva passata avanzando in direzione Z lungo una retta inclinata piuttosto che lungo la verticale.

2.7.1.1 Funzioni ausiliarie

Smooth entry/exit

La funzione aggiunge archi ad un contorno definito per creare l'entrata o l'uscita dell'utensile più agevole dallo stesso.

Per creare un'entrata, cliccare *more* \rightarrow *smooth entry/exit*, dopodichè fare clic in un punto qualsiasi del contorno, spostare il cursore del mouse in una nuova posizione di partenza e ricliccare per terminare (stesso procedimento per creare un'uscita).

Transformation

Per ruotare o spostare un profilo aprire la finestra dei parametri del Layer del contorno e cliccare su *"Transformation"*.

2.7.2 Impostare i parametri per le operazioni

Ogni *Layer* ha un pulsante a forma di ingranaggio per impostare i propri parametri di taglio (*figura* 2.53).



Figura 2.53 – parametri di taglio

Come si vede dalla *figura* 2.53, in alto a destra, è possibile selezionare il tipo di operazione da eseguire (*"Type"*) e definire i "parametri base":

- *Save for fine cut*: consente di posizionare l'utensile ad una certa distanza di sicurezza dal profilo. Ad esempio, se si dispone di uno strumento avente diametro di 6 mm e si imposta una compensazione a sinistra del profilo e un valore di *"save for fine cut"* di 1 mm, l'utensile si posizionerà a 4 mm dal profilo dalla parte sinistra piuttosto che a 3 mm.
- *Transport Height*: impostare l'altezza alla quale l'utensile deve riposizionarsi per spostarsi in rapido in un nuova posizione (tale altezza deve essere superiore a quella del pezzo per evitare collisioni fra le parti).
- *Cutting Depth*: impostare la profondità di taglio dell'operazione (assicurarsi che tale valore sia superiore alla quota in cui è

posizionata la tavola della macchina ed inferiore alla quota della superficie del pezzo).

- *Feed XY*: inserire l'avanzamento in mm/min o pollici/min (a seconda della macchina virtuale) per tutti i movimenti nel piano XY.
- *Feed Z*: inserire l'avanzamento in mm/min o pollici/min (a seconda della macchina virtuale) per tutti i movimenti lungo l'asse Z.
- *Mandrino RPM*: inserire il valore dei giri/min del mandrino.
- *Liquido di raffreddamento*: attivare o disattivare l'uso del liquido di raffreddamento per l'operazione specifica.
- *Rotazione del mandrino*: controllare il verso della rotazione del mandrino (orario o antiorario).

Creazione di un programma di lavorazione

3.1 Impostazione di un programma di lavorazione

Prima di iniziare a scrivere il programma di lavorazione di un pezzo, è necessario definire alcune impostazioni. Si può procedere come indicato al paragrafo *§2.2.3.1 (New CNC Program Wizard)* oppure come indicato di seguito.

Avviato il software CNC Simulator, si presenterà la schermata di *figura* 3.1: sono visibili gli ambienti 3D, 2D e SimCam, la barra dei menù, i pulsanti di visualizzazione e di simulazione, l'Editor NC e il Controller descritti nel Capitolo 2 (Guida all'uso del software).



Figura 3.1 – Schermata iniziale CNC Simulator

Procedere secondo gli step elencati:

1. Caricare la macchina con la quale si vuole realizzare la lavorazione:

File
$$\rightarrow$$
 Load machine \rightarrow Select machine (and Units)

È importante che la macchina selezionata sia impostata su "*mm*" e non su "*inches*" (impostazione di *default*).

2. Creare il pezzo di partenza (si suppone di non voler utilizzare i registri propri del software: situazione spesso ricorrente):

Settings
$$\rightarrow$$
 Workpieces \rightarrow Mill (or Lathe)

Cliccare su *"Add"* (simbolo +) per aggiungere il pezzo (oggetti di forma parallelepipeda per le fresatrici e cilindrica per i torni) delle dimensioni desiderate, oppure aprire la cartella *Prefabricated Workpiece* per utilizzare un pezzo già lavorato in precedenza.

Il software memorizza l'oggetto creato assegnandogli una posizione nel "registro pezzi propri". Per richiamare il pezzo, al momento della compilazione del *part program*, dovremo servirci di tale indice di posizione.

3. Creare gli utensili (non è possibile usufruire degli utensili forniti dal software se si decide di utilizzare un registro di pezzi propri, quindi dovremo provvedere anche alla creazione di un "registro utensili propri"):

Settings
$$\rightarrow$$
 Machine Tools \rightarrow *My milling tools (or my lathe tools)*

Cliccare su "*Add*" per impostare i parametri che definiscono l'utensile (vedere il §2.4.2.2 per approfondimenti circa la creazione di utensili da tornitura). Per richiamare l'utensile, al momento della compilazione del *part program*, serve conoscere l'indice di posizione che esso occupa all'interno del registro utensili creato. L'*Editor* del software è *user-friendly* in questo senso: digitando il comando di tipo T mostrerà al programmatore una finestra riportante tutti gli utensili del registro; scorrendo le varie voci, basterà cliccare su quella di interesse per inserirla nel programma.

4. Impostazioni inerenti la simulazione:

4.1 Creare nuovi materiali:

Settings \rightarrow Program Settings \rightarrow Material Collection

Cliccare su *"Add"* ed inserire le *"*caratteristiche*"* del materiale del pezzo (stile del materiale, nome, colore del pezzo, prezzo, colore della superficie superiore del pezzo, densità). In questo modo si sta creando un *"*registro materiali*"*.

4.2 Impostare i parametri di simulazione:

Settings \rightarrow *Program Settings* \rightarrow *Simulation Settings*

Cambiare, secondo le proprie preferenze, i parametri riguardanti il *CrashTest*, la programmazione in raggi (nel caso di tornitura), la qualità del solido simulato, ecc.

5. Inserire le seguenti righe di codice nell'*Editor* di testo NC:

(\$Mill)	[1]
(\$Millimeters)	[2]
(\$AddRegPart [index_workpiece], [x_offset], [y_offset], [z_offset])	[3]
G92 <mark>X</mark> [val#] <mark>Y</mark> [val#] <mark>Z</mark> [val#]	[4]

La riga [1] restringe l'uso a fresatrici CNC (per utilizzare torni CNC scrivere *\$Lathe* fra parentesi tonde), la riga [2] impone che la macchina utilizzata sia settata in *mm*, la riga [3] consente di posizionare il pezzo, memorizzato alla posizione *"index_workpiece"* del registro, sulla tavola porta-pezzo nel punto di coordinate (x_offset , y_offset , z_offset) rispetto allo zero macchina stabilito dal costruttore. È importante stabilire un valore di *offset* del pezzo lungo l'asse z qualora si debbano eseguire lavorazioni passanti in tale direzione. Notare che se avessimo usato gli utensili messi a disposizione dal software, avremmo dovuto aggiungere la seguente riga di codice: (*\$UseEmbeddedSettings*). La riga [4] definisce lo zero-pezzo. Per approfondire consultare il paragrafo *§2.5.1*.

6. Inserire il codice CNC per realizzare il pezzo:

Il software CNC Simulator non offre la possibilità di programmare in maniera parametrica, di definire enti geometrici per eseguire una contornatura o di utilizzare macroistruzioni: è necessario programmare ogni singolo percorso utensile. Quindi, per realizzare ad esempio una contornatura, sarà necessario calcolare le coordinate dei "punti notevoli" che individuano il profilo del pezzo e impartire all'utensile i comandi che gli consentano di seguire la traiettoria desiderata (cioè di muoversi da un "punto notevole" all'altro).

7. Eseguire la simulazione:

Premere il tasto *play* sullo schermo per iniziare la simulazione.

- Trascinare la finestra di simulazione con il tasto sinistro del mouse per modificare l'angolo di visualizzazione;

- Trascinare la finestra di simulazione con il tasto destro del mouse per cambiare la posizione di visualizzazione;
- Utilizzare la rotellina del mouse per ingrandire o rimpicciolire la schermata di simulazione.

3.2 Creazione di un programma di lavorazione nello spazio bidimensionale

Si propongono due esempi di *part program* di lavorazioni 2*D*. I pezzi sono realizzati su macchina fresatrice a controllo numerico.

3.2.1 Realizzazione di una piastra forata



Figura 3.2 – piastra forata

Operazione	Utensile	Speed (giri/min)	Feed (mm/giro)	Note
Centratura	1	1200	0,08	Profondità 3 mm
Foratura (D = 5 mm)	2	1000	0,1	Passante
Foratura (D= 11,75 mm)	3	800	0,15	Passante
Alesatura	4	500	0,1	Passante

Tabella 3.1 – dati di lavorazione

In *figura* 3.2 è presentato il pezzo che si vuole realizzare sulla macchina fresatrice CNC, mentre in *tabella* 3.1 sono riportati i dati di lavorazione da inserire nel *part program*.

Una volta caricata la macchina idonea per la lavorazione (*Milling Center*) come illustrato nel *paragrafo* §3.1, si procede alla creazione dei registri pezzi e dei registri utensili propri.

Creazione registro pezzi

Selezionare:

Settings \rightarrow Workpieces \rightarrow Mill

Inserire le dimensioni del pezzo come indicato in figura 3.3.



Figura 3.3 – Creazione del pezzo greggio

Il pezzo creato è stato memorizzato nella prima posizione del registro, come si nota in *figura 3.3*. Il comando *\$AddRegPart,* insieme all'indice di posizione pezzo (indice numero 1), consentirà di poterlo inserire nell'ambiente 3D.

Creazione registro utensili

Selezionare:

Settings \rightarrow Machine Tools \rightarrow My milling tools \rightarrow Add

Impostare i parametri caratteristici degli utensili, come indicato in *figura 3.4.* In *tabella 3.2* si riportano i dati relativi a tutti gli utensili impiegati nella lavorazione della piastra, in *figura 3.5* è mostrato il registro utensili creato (il primo indice, cerchiato in rosso, corrisponde alla posizione che occupa l'utensile all'interno del registro, mentre il secondo indice riporta il numero totale di utensili memorizzati finora. Per richiamare un utensile si deve utilizzare il comando *T* seguito dall'indice di posizione utensile e il comando M6).



Figura 3.4 – Impostazione parametri utensili

	Selezionare <i>pointed</i> ;
1) Punta da centro	Diametro: 2 mm;
	Lunghezza: 20 mm;
	Angolo punta: (118,5)°
	Selezionare <i>pointed</i> ;
2) Punta per forare nº 1	Diametro: 5 mm;
	Lunghezza: 100 mm;
	Angolo punta: (118,5)°
	Selezionare <i>pointed</i> ;
2) Pupta par forara p°	Diametro: 11,75 mm;
5) I unta per forare fi 2	Lunghezza: 100 mm;
	Angolo punta: (118,5)°
	Selezionare <i>flat;</i>
4) Alesatore	Diametro: 12 mm;
	Lunghezza: 100 mm.





Figura 3.5 – Registro utensili

Per poter compilare il *part program* sono necessarie alcune informazioni riguardanti la geometria del pezzo, in questo caso serve conoscere la posizione dei centri dei fori disposti sulla circonferenza della parte sinistra (o destra) del pezzo (*figura 3.2*). L'origine del sistema di riferimento è posta nel centro di tale circonferenza. In *tabella 3.3* si riportano le coordinate dei centri approssimate alla seconda cifra decimale, poiché si suppone che la precisione richiesta sia di 0,01 mm.

N° Foro	Angolo	X _c (mm)	Y _c (mm)
	posizionamento		
1	0° (360°)	28	0
2	30°	24.25	14
3	60°	14	24.25
4	90	0	28
5	120°	-14	24.25
6	150°	-24.25	14
7	180°	-28	0
8	210°	-24.25	-14
9	2 40°	-14	-24.25
10	270°	0	-28
11	300°	14	-24.25
12	330°	24.25	-14

Tabella 3.3 – coordinate dei centri

A questo punto si può procedere con la creazione del programma di lavorazione. Una possibile soluzione consiste nell'eseguire le operazioni di centratura/foratura/alesatura sulle due circonferenze effettuando otto cambi del sistema di riferimento e soltanto quattro cambi utensile. Dalla *tabella 3.1* (colonna "*Note*"), si osserva che, in questo caso, può essere conveniente creare anche due sottoprogrammi: uno per la centratura (profondità 3 mm) e uno per la foratura/alesatura (profondità 12 mm). Si ricorda che non è possibile programmare in maniera parametrica con il software CNC Simulator. Un'altra possibile soluzione consiste nell'utilizzare la funzione *G12*, la quale richiama il ciclo fisso di foratura circolare. È sicuramente la soluzione più immediata, ma la sua simulazione potrebbe essere troppo lenta se non si utilizza un pc abbastanza potente, per questo motivo di seguito è proposto il primo tipo di soluzione descritta. In *tabella 3.4* si riporta il relativo *part program*.

(\$Mill)	(centratura)
(\$Millimeters)	01
(\$AddRegPart 1 0 0)	G0 X28 Y0 Z5
	G81 G99 X28 Y0 Z-3
(Es_Piastra_Forata)	G0 X24.25 Y14
%1	G0 X14 Y24.25
	G0 X0 Y28
G92 X40 Y40 Z12	G0 X-14 Y24.25
T1 M6 (centratura)	G0 X-24.25 Y14
G97 G94 S1200 F96	G0 X-28 Y0
M98 P1 L1	G0 X-24.25 Y-14
G92 X110 Y40 Z12	G0 X-14 Y-24.25
M98 P1 L1	G0 X0 Y-28
	G0 X14 Y-24.25
T2 M6 (foratura 1)	G0 X24.25 Y-14
G97 G94 S1000 F100	G80
G92 X40 Y40 Z12	M17
M98 P2 L1	
G92 X110 Y40 Z12	(foratura)
M98 P2 L1	02
	G0 X28 Y0 Z5
T3 M6 M8 (foratura 2)	G81 G99 X28 Y0 Z-12
G97 G94 S800 F120	G0 X24.25 Y14
G92 X40 Y40 Z12	G0 X14 Y24.25
M98 P2 L1	G0 X0 Y28
G92 X110 Y40 Z12	G0 X-14 Y24.25
M98 P2 L1	G0 X-24.25 Y14
	G0 X-28 Y0
T4 M6 (alesatura)	G0 X-24.25 Y-14
G97 G94 S500 F50	G0 X-14 Y-24.25
G92 X40 Y40 Z12	G0 X0 Y-28
M98 P2 L1	G0 X14 Y-24.25
G92 X110 Y40 Z12	G0 X24.25 Y-14
M98 P2 L1	G80
G0 Z100	M17
M30	

In *figura 3.6* è mostrata una fase della lavorazione del pezzo: l'utensile ha eseguito la centratura dei fori sulla prima circonferenza ed ha iniziato lo stesso ciclo di istruzioni sulla seconda. Si noti, inoltre, il cambio del sistema di riferimento dal centro della circonferenza posta sulla sinistra a quello della circonferenza posta sulla destra.



Figura 3.6 – operazione di centratura

Durante la simulazione 3D, l'utente può seguire visivamente i percorsi dell'utensile: sono tracciati in rosso i percorsi *fast* (*G0*) e in verde i percorsi compiuti alla velocità di lavorazione (*G1*, *G2*, *G3*, ecc.).

In figura 3.7 è mostrato il pezzo finito.



Figura 3.7 – pezzo finito





Figura 3.8 – realizzazione di una contornatura
Operazione	Utensile	Speed (giri/min)	Feed	Note
Centratura	5	1500	0,05 mm/giro	Profondità 3 mm
Foratura (D = 4 mm)	6	1100	0,06 mm/giro	Profondità 10 mm
Foratura (D= 10 mm)	7	650	0,08 mm/giro	Profondità 10 mm
Fresatura	0	(00	20 mm/min	In ingresso
cava	ð	600	60 mm/min	Lungo il profilo

Tabella 3.5 – dati di lavorazione

Creazione del greggio di partenza

Per realizzare il pezzo di *figura 3.8* è necessario creare prima di tutto il greggio di partenza, poiché, in questo caso, esso non presenta la tipica forma parallelepipeda di *default*. Quindi, avviato il software e caricata la *Milling Machine* in mm, si può procedere con la compiliazione del *part program (tabella 3.6)*.

```
($Mill)
($Millimeters)
($AddRegPart 2 50 30)
G92 X110 Y90 Z15
G97 G95 S6000 F60
T5 M6
G0 X90 Y0
G1 Z-10
G3 X90 Y0 I-90 J0
G0 X80 Y0
G3 X80 Y0 I-80 J0
G1 X70 Y0
G3 X70 Y0 I-70 J0
G0 Z100
M30
```

Per la compilazione del *part program* è stato necessario aggiungere un nuovo pezzo (dimensioni *120 x 120 x 15 mm*) e un nuovo utensile (*flat*, diametro 20 mm, lunghezza 100 mm) ai rispettivi registri.

Il pezzo finale è mostrato in *figura 3.9*.



Figura 3.9 - creazione del greggio di partenza

Creazione del pezzo di figura 3.8

A questo punto si deve salvare il pezzo creato (*Tools* \rightarrow *Save Workpiece*).

Aprire un nuovo file: importare nell'ambiente 3D il pezzo appena creato (*Settings* \rightarrow *Workpiece* \rightarrow *Mill* \rightarrow *Prefabricated workpiece*) e completare i campi mancanti del registro utensili (*Settings* \rightarrow *Machine Tools* \rightarrow *Add*) (*tabella* 3.7).

	Selezionare <i>pointed</i> ;
6) Punta per forare nº 1	Diametro: 4 mm;
	Lunghezza: 100 mm;
	Angolo punta: (118,5)°
7) Punta per forare n°2	Selezionare <i>pointed</i> ;
	Diametro: 10 mm;
	Lunghezza: 100 mm;
	Angolo punta: (118,5)°
	Selezionare <i>flat;</i>
8) Fresa	Diametro: 10 mm;
	Lunghezza: 100 mm.
Tabella 3.7	– registro utensili

In *tabella 3.8* si riportano, invece, le informazioni geometriche necessarie all'esecuzione della contornatura (ossia le coordinate dei "punti notevoli" che descrivono il profilo). L'origine del sistema di riferimento è posta nel centro del pezzo.



Tabella 3.8 – informazioni geometriche

In *tabella 3.9* si riporta il part program.

(\$Mill)	(foratura)
(\$Millimeters)	02
(\$AddRegPart 100)	G0 X0 Y35 Z2
	G81 G99 X0 Y35 Z-10
G92 X60 Y60 Z15	G0 X30 Y-17.5
T1 M6	G0 X-30 Y-17.5
G97 G95 S1500 F0.05	G80
M98 P1 L1	M17
T6 M6	
G97 G95 S1100 F0.06	(contornatura)
M98 P2 L1	03
T7 M6	G0 X15 Y35 Z2
G97 G95 S650 F0.08	G94 F20
M98 P2 L1	G1 Z-3
T8 M6	G94 F60
G97 S600	G3 X-15 Y35 R15
M98 P3 L1	G1 Y17.326
G0 Z100	G2 X-22.5 Y4.3356 R15
M30	G1 X-37.8133 Y-4.5055
	G3 X-22.8109 Y-30.4904 R15
(centratura)	G1 X-6.7082 Y-20.1246
01	G2 X6.7082 Y-20.1246 R15
G0 X0 Y35 Z2	G1 X22.8109 Y-30.4904
G81 G99 X0 Y35 Z-3	G3 X37.8133 Y-4.5055 R15
G0 X30 Y-17.5	G1 X22.5 Y4.3356
G0 X-30 Y-17.5	G2 X15 Y17.326 R15
G80	G1 X15 Y35
M17	M17

Tabella 3.9 –part program del pezzo di *figura 5.8*

Il programma è costituito da tre sottoprogrammi contenenti le istruzioni per l'esecuzione delle operazioni di centratura, foratura e contornatura. I sottoprogrammi sono richiamati nel *main* tramite la funzione M98.

Il pezzo finale è mostrato in *figura 3.10*.



Figura 3.10 – pezzo finito

Di seguito, si riprone lo stesso esercizio, svolto, però, nell'ambiente SimCam del software (*figura 3.11*).



Figura 3.11 – ambiente SimCam

Gli step da seguire per creare il pezzo sono tre (*paragrafo* §2.7):

- 4. Aggiungere un pezzo;
- 5. Aggiungere punti, linee e cerchi guida;
- 6. Definire i contorni e impostare i parametri.

<u>Aggiungere un pezzo</u>

Selezionare *More* \rightarrow *Workpiece* e scegliere uno o più pezzi fra quelli disponibili nei registri utente (nel caso in cui si desideri lavorare più pezzi in contemporanea sulla stessa macchina).

<u>Aggiungere gli enti guida</u>

Inserire gli enti guida che permettono di ricreare il profilo del pezzo, come mostrato in *figura 3.12*.



Figura 3.12 – enti guida

<u>Definire i contorni e impostare i parametri</u>

Selezionare *More* \rightarrow *Contour* e disegnare il profilo con il "tracker" che apparirà sullo schermo, avanzare per punti di *snap* e infine premere *Done*. Cliccare sul profilo creato e selezionare la voce "*Flip toolside*" in modo da scegliere la compensazione dell'utensile desiderata (in questo caso la compensazione deve essere nulla). Il risultato è mostrato in *figura 3.13*. Una volta definito il contorno del profilo, occorre impostare i parametri di lavorazione. Aprire *Layers* e cliccare sulla rotellina dei settings del secondo *Layer* (ossia il *layer* della contornatura, il primo *layer* riguarda, invece, la definizione degli enti guida). A questo punto, si deve scegliere l'utensile idoneo e definire i valori del diametro, della lunghezza, della profondità di taglio, del piano Z di avvicinamento dell'utensile, ecc. (*figura 3.14*).



Figura 3.13 – contornatura

Cutting Operation Parameters		-	_ D _ X
Operation Name Contour Milling Type Contour			
Basic Pocketing Drilling Stepping Ra	mping Text Transformation]	
Define tool for operation			
Tool diameter: 10	Save for fine cut	←	Feed XY 60
	Transport Height	F	Feed Z 20
	Cutting Depth	RPM	Spindle RPM 600
Copy data from tool in registry	Coolant Coolant	Ċ	Spindle direction Clockwise
1 📩 Tool Index number		Canad	
		Cancer	UK

Figura 3.14 – parametri di contornatura

Riaprire la finestra dei *Layers* e selezionare *Add Toolpath Layer* \rightarrow *Drilling*. Definire l'utensile da usare ed impostare i parametri di lavorazione nella casella *Basic (figura 3.15)* ed il tipo di ciclo di foratura che si intende eseguire ed ulteriori dati di lavorazione nella casella *Drilling*.

Cutting Operation Parameters	- • ×		
Operation Name Drilling Type Drill 🔹			
Basic Pocketing Drilling Stepping Ramping Text Transformation			
Define tool for operation			
Tool diameter: 10	Feed XY		
Transport Height	Feed Z 52		
Cutting Depth 5	Spindle RPM 650		
Coopy data from tool in registry Coolant	Spindle direction		
4 Tool Index number			
Ca	ncel OK		

Figura 3.15 – parametri di foratura

Cliccare sui punti in cui si intende forare: saranno contrassegnati da un cerchio di colore rosso. Il procedimento va ripetuto sia per le operazioni di centratura che per tutte le operazioni di foratura. Il risultato è mostrato in *figura 3.16*.



Figura 3.16 – foratura

A questo punto sono stati creati 4 *Layers (figura 3.17),* per ogni *Layers* il software ha compilato una parte del programma CNC: è sufficiente premere *play* per avviare la simulazione e visualizzare il risultato finale.

Il part program completo è riportato in tabella 3.10.



Figura 3.17 - Layers

(\$Mill) (\$Millimeters)

(\$AddRegPart 1 0 0)

```
M21(Close door for safety)
(Contour Milling)
T8 M6
G0 X75 Y95
G0 Z18
G1 Z12 M9 M3 F60 S600
G3 X60 Y110 I-15 J0
G3 X45 Y95 I0 J-15
G1 Y77.326
G2 X37.5 Y64.336 I-15 J0
G1 X22.189 Y55.49
G3 X14.689 Y42.5 I7.5 J-12.99
G3 X29.689 Y27.5 I15 J0
G3 X37.189 Y29.51 I0 J15
G1 X53.672 Y39.032
G2 X66.802 Y38.758 I6.284 J-13.62
```

G1 X82.811 Y29.51 G3 X90.311 Y27.5 I7.5 J12.99 G3 X105.311 Y42.5 I0 J15 G3 X97.811 Y55.49 I-15 J0 G1 X82.5 Y64.336 G2 X75 Y77.326 I7.5 J12.99 **G1 Y95** (Drilling) **G0 Z18** T1 M6 G0 X60 Y95 Z18 (*) G81 G98 Z12 R18 M8 M3 F75 S1500 G0 X29.689 Y42.5 G0 X90.311 **G80** (Drilling) T6 M6 GO X60 Y95 Z18 (*) G81 G98 Z5 R18 M8 M3 F66 S1100 G0 X29.689 Y42.5 G0 X90.311 **G80** (Drilling) **T7 M6** G0 X60 Y95 Z18 (*) G81 G98 Z5 R18 M8 M3 F52 S650 G0 X29.689 Y42.5 GO X90.311 **G80 G0 Z135** M5 M9 M20 M30

(*) : il programma presenta un *"bug",* tale riga di codice deve essere inserita manualmente altrimenti si ottiene l'esecuzione di un foro in più.

Tabella 3.10 -part program creato in SimCam

3.3 Creazione di un programma di lavorazione nello spazio tridimensionale

Si propone di seguito un esempio riguardante la realizzazione di un pezzo conico al fine di mostrare tutte le potenzialità di simulazione del software CNC Simulator. Il cono da realizzare ha altezza pari a 100 mm e angolo di conicità di 60° (il raggio di base è quindi pari a 57,735 mm).

Il cono deve essere ricavato da un pezzo cilindrico, quindi, come per l'esempio numero due, è necessario creare un greggio di partenza prima di procedere alla programmazione vera e propria. In *figura 3.18* è illustrato il pezzo iniziale, il quale è stato ricavato un blocco di di dimensioni *120 x 120 x 105 mm* (si desidera che il cono abbia una base di appoggio di dimensioni *120 x 120 x 5 mm*). L'utensile impiegato nella lavorazione è di tipo *flat* ed ha un diametro di 20 mm. In *tabella 3.10* si riporta il *part program*.



Figura 3.18 – pezzo cilindrico di partenza

(\$Mill)	M98 P1 L1
(\$Millimeters)	G1 Z-70
(\$AddRegPart 3 50 30)	M98 P1 L1
	<mark>G1</mark> Z-80
G92 X110 Y90 Z105	M98 P1 L1
G97 S600 G94 F60 M3	G1 Z-90
T9 M6	M98 P1 L1
G0 X77.735 Y0 Z5	G1 Z-100
G1 Z-10	M98 P1 L1
M98 P1 L1	G0 Z50
G1 Z-20	M30
M98 P1 L1	
G1 Z-30	(Sub program 1)
M98 P1 L1	01
G1 Z-40	G3 X77.735 Y0 I-77.735 J0
M98 P1 L1	G1 X67.735
G1 Z-50	G3 X67.735 Y0 I-67.735 J0
M98 P1 L1	G0 X77.735
G1 Z-60	M17 (Return)

Tabella 3.10 – part program del pezzo di partenza

Il pezzo finale ha quindi altezza di 105 mm e raggio di 57.735 mm. A questo punto è possibile procedere con la programmazione delle singole passate per la realizzazione del pezzo conico.

Per stabilire la profondità di passata è necessario decidere l'errore che si accetta di commettere nella creazione della generatrice esterna del cono. Utilizzando un utensile di tipo *flat* e accettando un errore di 2,5 mm, esclusivamente al fine di non appesantire la simulazione, si può calcolare la profondità di passata con la formula $\epsilon/sen(30^\circ)$, come mostrato in *figura* 3.20. Un utensile di questo tipo, però, non è adatto alla generazione di una superficie conica: il risultato sarebbe un profilo a gradini (*figura 3.19*).

L'utensile idoneo è quello di tipo *ball,* il quale ha estremità sferica. Mantenendo la stessa profondità di passata, si può calcolare l'errore (lo scostamento della superficie reale del cono da quella ideale), come indicato in *figura 3.21*, con semplici considerazioni geometriche.



Figura 3.19 – profilo generato usando un utensile di tipo *flat*



Figura 3.20 – calcolo della profondità di passata (ɛv)



Figura 3.21 –calcolo dell'errore ɛ utilizzando un utensile di tipo ball

Dalla *figura* 3.21 è possibile calcolare il diametro dell'utensile da utilizzare (D=11,548 \approx 12 mm) e l'errore commesso $\epsilon \approx 1,73 < 2,5$ mm (errore accettato con utensile *flat*). Si riporta il part program in *tabella* 3.11.

(\$Mill)	M98 P12 L1
(\$Millimeters)	M98 P13 L1
(\$AddRegPart 1 50 30)	M98 P14 L1
G92 X110 Y90 Z105	M98 P15 L1
G97 S600 G94 F60 M3	M98 P16 L1
T10 M6	M98 P17 L1
(PASSATA A Z-6)	M98 P18 L1
G0 X60.853 Y0 Z5	M98 P19 L1
G1 Z-6	(PASSATA A Z-16)
M98 P1 L1	G1 Z-16
M98 P2 L1	M98 P1 L1
M98 P3 L1	M98 P2 L1
M98 P4 L1	M98 P3 L1
M98 P5 L1	M98 P4 L1
M98 P6 L1	M98 P5 L1
M98 P7 L1	M98 P6 L1
M98 P8 L1	M98 P7 L1
M98 P9 L1	M98 P8 L1
M98 P10 L1	M98 P9 L1
M98 P11 L1	M98 P10 L1
M98 P12 L1	M98 P11 L1
M98 P13 L1	M98 P12 L1
M98 P14 L1	M98 P13 L1
M98 P15 L1	M98 P14 L1
M98 P16 L1	M98 P15 L1
M98 P17 L1	M98 P16 L1
M98 P18 L1	M98 P17 L1
M98 P19 L1	M98 P18 L1
M98 P20 L1	(PASSATA A Z-21)
(PASSATA A Z-11)	G1 Z-21
G1 Z-11	M98 P1 L1
M98 P1 L1	M98 P2 L1
M98 P2 L1	M98 P3 L1
M98 P3 L1	M98 P4 L1
M98 P4 L1	M98 P5 L1
M98 P5 L1	M98 P6 L1
M98 P6 L1	M98 P7 L1
M98 P7 L1	M98 P8 L1
M98 P8 L1	M98 P9 L1
M98 P9 L1	M98 P10 L1
M98 P10 L1	M98 P11 L1
M98 P11 L1	M98 P12 L1
	M98 P13 L1

M98 P15 L1 M98 P7 L1 M98 P16 L1 M98 P9 L1 M98 P17 L1 M98 P9 L1 (PASSATA A Z-26) M98 P10 L1 G1 Z-26 M98 P11 L1 M98 P1 L1 M98 P12 L1 M98 P2 L1 M98 P13 L1 M98 P3 L1 M98 P14 L1 M98 P4 L1 (PASSATA A Z-41) M98 P5 L1 G1 Z-41 M98 P6 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P7 L1 M98 P1 L1 M98 P1		M98 P14 L1	M98 P6 L1
M98 P16 L1 M98 P8 L1 M98 P17 L1 M98 P9 L1 (PASSATA A Z-26) M98 P10 L1 G1 Z-26 M98 P11 L1 M98 P2 L1 M98 P12 L1 M98 P2 L1 M98 P12 L1 M98 P2 L1 M98 P14 L1 M98 P3 L1 M98 P14 L1 M98 P5 L1 G1 Z-41 M98 P5 L1 G1 Z-41 M98 P5 L1 M98 P14 L1 M98 P5 L1 M98 P14 L1 M98 P6 L1 M98 P14 L1 M98 P6 L1 M98 P14 L1 M98 P7 L1 M98 P5 L1 M98 P8 L1 M98 P5 L1 M98 P9 L1 M98 P5 L1 M98 P10 L1 M98 P5 L1 M98 P14 L1 M98 P14 L1 M98 P14 L1 M98 P13 L1 M98 P14 L1		M98 P15 L1	M98 P7 L1
M98 P17 L1 M98 P9 L1 (PASSATA A Z-26) M98 P10 L1 GI Z-26 M98 P10 L1 M98 P2 L1 M98 P12 L1 M98 P3 L1 M98 P14 L1 M98 P5 L1 GI Z-41 M98 P6 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1		M98 P16 L1	M98 P8 L1
(PASSATA A Z-26) M98 P10 L1 GI Z-26 M98 P11 L1 M98 P1 L1 M98 P12 L1 M98 P2 L1 M98 P13 L1 M98 P3 L1 M98 P14 L1 M98 P4 L1 (PASSATA A Z-41) M98 P5 L1 GI Z-41 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 GI Z-41 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P2 L1 M98 P6 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M		M98 P17 L1	M98 P9 L1
G1 Z-26 M98 P11 L1 M98 P1 L1 M98 P12 L1 M98 P1 L1 M98 P13 L1 M98 P3 L1 M98 P14 L1 M98 P5 L1 G1 Z-41 M98 P5 L1 G1 Z-41 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P2 L1 M98 P6 L1 M98 P2 L1 M98 P6 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P4 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1		(PASSATA A Z-26)	M98 P10 L1
M98 P1 L1 M98 P12 L1 M98 P2 L1 M98 P13 L1 M98 P3 L1 M98 P13 L1 M98 P3 L1 (PASSATA A Z-41) M98 P5 L1 G1 Z-41 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P2 L1 M98 P6 L1 M98 P2 L1 M98 P6 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P1		G1 Z-26	M98 P11 L1
M98 P2 L1 M98 P13 L1 M98 P3 L1 M98 P14 L1 M98 P3 L1 (PASSATA A Z-41) M98 P5 L1 G1 Z-41 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P2 L1 M98 P6 L1 M98 P2 L1 M98 P6 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P4 L1 M98 P1 L1 M98 P4 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P2 L1 M98 P2 L1 M98 P5 L1 M98 P2 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P3		M98 P1 L1	M98 P12 L1
M98 P3 L1 M98 P14 L1 M98 P4 L1 (PASSATA A Z-41) M98 P5 L1 G1 Z-41 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P2 L1 M98 P8 L1 M98 P3 L1 M98 P0 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P2 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L		M98 P2 L1	M98 P13 L1
M98 P4 L1 (PASSATA A Z-41) M98 P5 L1 G1 Z-41 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P2 L1 M98 P8 L1 M98 P3 L1 M98 P8 L1 M98 P3 L1 M98 P8 L1 M98 P4 L1 M98 P9 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P7 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 </td <th></th> <td>M98 P3 L1</td> <td>M98 P14 L1</td>		M98 P3 L1	M98 P14 L1
M98 P5 L1 G1 Z-41 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P7 L1 M98 P2 L1 M98 P8 L1 M98 P3 L1 M98 P8 L1 M98 P3 L1 M98 P8 L1 M98 P4 L1 M98 P9 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P13 L1 M98 P9 L1 M98 P13 L1 M98 P10 L1 M98 P13 L1 M98 P10 L1 M98 P13 L1 M98 P11 L1 M98 P13 L1 M98 P13 L1 M98 P14 L1 M98 P13 L1 M98 P15 L1 M98 P13 L1 M98 P14 L1 M98 P13 L1 M98 P14 L1 M98 P13 L1 M98 P14 L1 M98 P14 L1 M98 P2 L1 M98 P14 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P5 L1 M98 P11 L1 M98 P14 L1 M98 P14 L1 M98 P14 L1		M98 P4 L1	(PASSATA A Z-41)
M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P7 L1 M98 P2 L1 M98 P8 L1 M98 P3 L1 M98 P8 L1 M98 P5 L1 M98 P8 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P7 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P1 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1		M98 P5 L1	G1 Z-41
M98 P7 L1 M98 P2 L1 M98 P8 L1 M98 P3 L1 M98 P8 L1 M98 P3 L1 M98 P9 L1 M98 P5 L1 M98 P10 L1 M98 P5 L1 M98 P10 L1 M98 P6 L1 M98 P11 L1 M98 P7 L1 M98 P12 L1 M98 P8 L1 M98 P13 L1 M98 P9 L1 M98 P14 L1 M98 P10 L1 M98 P15 L1 M98 P12 L1 (PASSATA A Z-31) M98 P13 L1 G1 Z-31 (PASSATA A Z-46) M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1		M98 P6 L1	M98 P1 L1
M98 P8 L1 M98 P3 L1 M98 P8 L1 M98 P4 L1 M98 P9 L1 M98 P5 L1 M98 P10 L1 M98 P6 L1 M98 P11 L1 M98 P6 L1 M98 P12 L1 M98 P6 L1 M98 P12 L1 M98 P7 L1 M98 P13 L1 M98 P7 L1 M98 P13 L1 M98 P9 L1 M98 P14 L1 M98 P10 L1 M98 P15 L1 M98 P10 L1 M98 P16 L1 M98 P10 L1 M98 P15 L1 M98 P11 L1 M98 P14 L1 M98 P13 L1 (PASSATA A Z-31) M98 P13 L1 (PASSATA A Z-46) M98 P1 L1 M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1		M98 P7 L1	M98 P2 L1
M98 P8 L1 M98 P4 L1 M98 P9 L1 M98 P5 L1 M98 P10 L1 M98 P6 L1 M98 P11 L1 M98 P6 L1 M98 P12 L1 M98 P8 L1 M98 P13 L1 M98 P9 L1 M98 P14 L1 M98 P9 L1 M98 P15 L1 M98 P10 L1 M98 P16 L1 M98 P10 L1 M98 P16 L1 M98 P11 L1 (PASSATA A Z-31) M98 P13 L1 G1 Z-31 (PASSATA A Z-46) M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 G1 Z-46 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1		M98 P8 L1	M98 P3 L1
M98 P9 L1 M98 P5 L1 M98 P10 L1 M98 P6 L1 M98 P11 L1 M98 P7 L1 M98 P12 L1 M98 P8 L1 M98 P13 L1 M98 P9 L1 M98 P14 L1 M98 P10 L1 M98 P15 L1 M98 P10 L1 M98 P16 L1 M98 P11 L1 M98 P16 L1 M98 P12 L1 (PASSATA A Z-31) M98 P13 L1 G1 Z-31 (PASSATA A Z-46) M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1		M98 P8 L1	M98 P4 L1
M98 P10 L1 M98 P6 L1 M98 P11 L1 M98 P7 L1 M98 P12 L1 M98 P8 L1 M98 P13 L1 M98 P9 L1 M98 P14 L1 M98 P10 L1 M98 P15 L1 M98 P11 L1 M98 P16 L1 M98 P12 L1 (PASSATA Z-31) M98 P13 L1 (G1 Z-31 (PASSATA Z-46) M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P7 L1 M98 P7 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1		M98 P9 L1	M98 P5 L1
M98 P11 L1 M98 P7 L1 M98 P12 L1 M98 P8 L1 M98 P13 L1 M98 P9 L1 M98 P14 L1 M98 P10 L1 M98 P15 L1 M98 P11 L1 M98 P16 L1 M98 P12 L1 (PASSATA A Z-31) M98 P13 L1 G1 Z-31 (PASSATA A Z-46) M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P7 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1		M98 P10 L1	M98 P6 L1
M98 P12 L1 M98 P8 L1 M98 P13 L1 M98 P9 L1 M98 P14 L1 M98 P10 L1 M98 P15 L1 M98 P10 L1 M98 P15 L1 M98 P11 L1 M98 P16 L1 M98 P12 L1 (PASSATA A Z-31) M98 P13 L1 G1 Z-31 (PASSATA A Z-46) M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P4 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1		M98 P11 L1	M98 P7 L1
M98 P13 L1 M98 P9 L1 M98 P14 L1 M98 P10 L1 M98 P15 L1 M98 P11 L1 M98 P16 L1 M98 P12 L1 (PASSATA A Z-31) M98 P13 L1 G1 Z-31 (PASSATA A Z-46) M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P1 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1		M98 P12 L1	M98 P8 L1
M98 P14 L1 M98 P10 L1 M98 P15 L1 M98 P11 L1 M98 P16 L1 M98 P12 L1 (PASSATA A Z-31) M98 P13 L1 G1 Z-31 (PASSATA A Z-46) M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1		M98 P13 L1	M98 P9 L1
M98 P15 L1 M98 P11 L1 M98 P16 L1 M98 P12 L1 (PASSATA A Z-31) M98 P13 L1 G1 Z-31 (PASSATA A Z-46) M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P6 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 <td< td=""><th></th><td>M98 P14 L1</td><td>M98 P10 L1</td></td<>		M98 P14 L1	M98 P10 L1
M98 P16 L1 M98 P12 L1 (PASSATA A Z-31) M98 P13 L1 G1 Z-31 (PASSATA A Z-46) M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P8 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P8 L1 M98 P10 L1 M98 P9 L1 M98 P12 L1 M98 P10 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		M98 P15 L1	M98 P11 L1
(PASSATA A Z-31) M98 P13 L1 G1 Z-31 (PASSATA A Z-46) M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P8 L1 M98 P6 L1 M98 P9 L1 M98 P6 L1 M98 P10 L1 M98 P8 L1 M98 P11 L1 M98 P10 L1 M98 P12 L1 M98 P10 L1 M98 P13 L1 M98 P11 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1		M98 P16 L1	M98 P12 L1
G1 Z-31 (PASSATA A Z-46) M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P8 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P8 L1 M98 P10 L1 M98 P9 L1 M98 P11 L1 M98 P10 L1 M98 P12 L1 M98 P11 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		(PASSATA A Z-31)	M98 P13 L1
M98 P1 L1 G1 Z-46 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P8 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P8 L1 M98 P1 L1 M98 P9 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P12 L1 M98 P1 L1 M98 P13 L1 M98 P1 L1 M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		G1 Z-31	(PASSATA A Z-46)
M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P8 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P9 L1 M98 P1 L1 M98 P9 L1 M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		M98 P1 L1	G1 Z-46
M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P8 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P8 L1 M98 P10 L1 M98 P9 L1 M98 P12 L1 M98 P10 L1 M98 P12 L1 M98 P12 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1		M98 P2 L1	M98 P1 L1
M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P8 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P8 L1 M98 P10 L1 M98 P9 L1 M98 P11 L1 M98 P10 L1 M98 P12 L1 M98 P10 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1		M98 P3 L1	M98 P2 L1
M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P8 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P9 L1 M98 P10 L1 M98 P9 L1 M98 P11 L1 M98 P10 L1 M98 P12 L1 M98 P10 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 G1 Z-36 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1		M98 P4 L1	M98 P3 L1
M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P8 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P8 L1 M98 P10 L1 M98 P9 L1 M98 P11 L1 M98 P10 L1 M98 P12 L1 M98 P11 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 G1 Z-36 M98 P3 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1		M98 P5 L1	M98 P4 L1
M98 P7 L1 M98 P6 L1 M98 P8 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P8 L1 M98 P10 L1 M98 P9 L1 M98 P10 L1 M98 P10 L1 M98 P11 L1 M98 P10 L1 M98 P12 L1 M98 P11 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 G1 Z-36 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1		M98 P6 L1	M98 P5 L1
M98 P8 L1 M98 P7 L1 M98 P9 L1 M98 P8 L1 M98 P10 L1 M98 P9 L1 M98 P11 L1 M98 P10 L1 M98 P12 L1 M98 P11 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 G1 Z-36 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1		M98 P7 L1	M98 P6 L1
M98 P9 L1 M98 P8 L1 M98 P10 L1 M98 P9 L1 M98 P11 L1 M98 P10 L1 M98 P12 L1 M98 P11 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 G1 Z-36 M98 P2 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1		M98 P8 L1	M98 P7 L1
M98 P10 L1 M98 P9 L1 M98 P11 L1 M98 P10 L1 M98 P12 L1 M98 P11 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 G1 Z-36 M98 P2 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1		M98 P9 L1	M98 P8 L1
M98 P11 L1 M98 P10 L1 M98 P12 L1 M98 P11 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 G1 Z-36 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		M98 P10 L1	M98 P9 L1
M98 P12 L1 M98 P11 L1 M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 G1 Z-36 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		M98 P11 L1	M98 P10 L1
M98 P13 L1 M98 P12 L1 M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 G1 Z-36 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		M98 P12 L1	M98 P11 L1
M98 P14 L1 (PASSATA A Z-51) M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 G1 Z-36 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		M98 P13 L1	M98 P12 L1
M98 P15 L1 G1 Z-51 (PASSATA A Z-36) M98 P1 L1 G1 Z-36 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		M98 P14 L1	(PASSATA A Z-51)
(PASSATA A Z-36)M98 P1 L1G1 Z-36M98 P2 L1M98 P1 L1M98 P3 L1M98 P2 L1M98 P4 L1M98 P3 L1M98 P5 L1M98 P4 L1M98 P6 L1M98 P5 L1M98 P7 L1		M98 P15 L1	G1 Z-51
G1 Z-36 M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		(PASSATA A Z-36)	M98 P1 L1
M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		G1 Z-36	M98 P2 L1
M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		M98 P1 L1	M98 P3 L1
M98 P3 L1 M98 P5 L1 M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		M98 P2 L1	M98 P4 L1
M98 P4 L1 M98 P6 L1 M98 P5 L1 M98 P7 L1		M98 P3 L1	M98 P5 L1
M98 P5 L1 M98 P7 L1		M98 P4 L1	M98 P6 L1
	_	M98 P5 L1	M98 P7 L1

M98 P8 L1 (PASSATA Z-76) M98 P9 L1 **G1 Z-76** M98 P10 L1 M98 P1 L1 M98 P11 L1 M98 P2 L1 (PASSATA A Z-56) (PASSATA Z-81) **G1 Z-56 G1 Z-81** M98 P1 L1 M98 P1 L1 M98 P2 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P3 L1 M98 P4 L1 M98 P4 L1 M98 P5 L1 M98 P5 L1 M98 P6 L1 (PASSATA Z-86) M98 P7 L1 **G1 Z-86** M98 P8 L1 M98 P1 L1 M98 P9 L1 M98 P2 L1 M98 P3 L1 M98 P10 L1 (PASSATA A Z-61) M98 P4 L1 **G1 Z-61** (PASSATA Z-91) M98 P1 L1 **G1 Z-91** M98 P2 L1 M98 P1 L1 M98 P3 L1 M98 P2 L1 M98 P4 L1 M98 P3 L1 M98 P5 L1 (PASSATA Z-96) M98 P6 L1 **G1 Z-96** M98 P7 L1 M98 P1 L1 M98 P8 L1 M98 P2 L1 M98 P9 L1 (PASSATA A Z-101) (PASSATA A Z-66) **G1 Z-101 G1 Z-66** M98 P1 L1 M98 P1 L1 **GO Z5** M98 P1 L1 **M30** M98 P2 L1 (Sub program 1) M98 P3 L1 01 G0 X60.853 Y0 M98 P4 L1 G3 X60.853 Y0 I-60.853 [0 M98 P5 L1 M98 P6 L1 M17 (Return) M98 P7 L1 02 G0 X57.966 Y0 M98 P8 L1 (PASSATA Z-71) G3 X57.966 Y0 I-57.966 J0 **G1 Z-71** M17 M98 P1 L1 03 M98 P2 L1 **G0 X55.079 Y0** M98 P3 L1 G3 X55.079 Y0 I-55.079 I0 M17 M98 P4 L1 M98 P5 L1 04 M98 P6 L1 G0 X52.192 Y0 M98 P7 L1 **G3 X52.192 Y0 I-52.192 J0** M17 014 05 G0 X23.322 Y0 G0 X49.305 Y0 G3 X23.322 Y0 I-23.322 J0 G3 X49.305 Y0 I-49.305 J0 M17 M17 015 06 G0 X20.435 Y0 **G0 X46.418 Y0** G3 X20.435 Y0 I-20.435 J0 G3 X46.418 Y0 I-46.418 J0 M17 M17 016 07 G0 X17.548 Y0 **G0 X43.531 Y0** G3 X17.548 Y0 I-17.548 J0 G3 X43.418 Y0 I-43.418 J0 M17 M17 017 **0**8 G0 X14.661 Y0 G0 X40.644 Y0 G3 X14.661 Y0 I-14.661 J0 G3 X40.644 Y0 I-40.644 J0 M17 M17 018 09 G0 X11.774 Y0 **G0 X37.757 Y0** G3 X11.774 Y0 I-11.774 J0 G3 X37.757 Y0 I-37.757 J0 M17 M17 019 **010** G0 X8.887 Y0 G0 X34.87 Y0 G3 X8.887 Y0 I-8.887 J0 G3 X34.87 Y0 I-34.87 J0 M17 M17 020 **G0 X6 Y0** 011 G0 X31.983 Y0 G3 X6 Y0 I-6 J0 G3 X31.983 Y0 I-31.983 J0 M17 M17 012 G0 X29.096 Y0 G3 X29.096 Y0 I-29.096 J0 M17 013 G0 X26.209 Y0 G3 X26.209 Y0 I-26.209 [0 M17

Tabella 3.11 – part program cono

Il programma è costituito da 20 sottoprogrammi, ognuno dei quali consente all'utensile di percorrere circonferenze di raggio diverso (il valore diminuisce progressivamente del valore ε_0). Ad ogni profondità di passata (20 in totale poiché ε_v = 5mm e il cono ha altezza di 100 mm) verranno richiamati i sottoprogrammi, decrementando il loro numero di 1 all'aumento progressivo del numero di passate. Ad esempio, alla prima passata saranno richiamati 20 sottoprogrammi, alla seconda 19, alla terza 18 e così via, avendo fissato l'origine del sistema di riferimento nel vertice del cono da realizzare.



In *figura 3.22 e 3.23* è mostrato il pezzo finale.

3.22 – pezzo conico finito



3.23 - pezzo conico finito (ingrandimento)