

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών

Τομέας Τεχνολογίας των Κατεργασιών

Άννα Γκάτσου

Επιβλέπων Καθηγητής: Γ.Χ. Βοσνιάκος

**Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού
προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-Μελέτη περίπτωσης**

ΑΘΗΝΑ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1

Παρουσίαση αντικειμένου μελέτης και σχετικής προηγούμενης έρευνας

- 1.1 Υπόβαθρο
- 1.2 Αντικείμενο μελέτης
- 1.3 Προηγούμενη σχετική έρευνα

Κεφάλαιο 2

Εργαλεία μελέτης συστημάτων κατεργασιών

- 2.1 Διάφορα λογισμικά προγράμματα
 - 2.1.1 Το διάγραμμα Gantt
 - 2.1.2. Το διάγραμμα αλυσίδας γεγονότων
 - 2.1.3 Το πρόγραμμα PERT
 - 2.1.4 Τα δίκτυα Petri
- 2.2 Λογισμικό προσομοίωσης συστημάτων κατεργασιών
 - 2.2.1 Γενικά
 - 2.2.2 Γενικές Διαδικασίες
 - 2.2.2.1 Σχεδιασμός Μελέτης
 - 2.2.2.2 Ορισμός Συστήματος
 - 2.2.2.3 Κατασκευή Μοντέλου
 - 2.2.2.4 Τρέξιμο Προσομοίωσης
 - 2.2.2.5 Ανάλυση Αποτελέσματος
 - 2.2.2.6 Καταγραφή Συμπερασμάτων
 - 2.2.3 Προβλήματα στην Προσομοίωση

- 2.3 Περιβάλλον Μοντελοποίησης
 - 2.3.1 Γενικές αρχές
 - 2.3.2 Θέσεις (Locations)
 - 2.3.3 Οντότητες (Entities)
 - 2.3.4 Αφίξεις (Arrivals)
 - 2.3.5 Πόροι (Resources)
 - 2.3.6 Δίκτυα Διαδρομής (Path Networks)
 - 2.3.7 Διεργασίες (Processing)

Κεφάλαιο 3

Συλλογή στοιχείων και περιγραφή εταιρείας

- 3.1 Εισαγωγή
- 3.2 Περιγραφή της εταιρείας
 - 3.2.1 Γενικά
 - 3.2.2 Συλλογή πληροφοριών
 - 3.2.2.1 Μελέτη αγοράς
 - 3.2.2.2 Μεθοδολογία συλλογής στοιχείων
 - 3.2.3 Παρουσίαση τμημάτων εταιρείας
 - 3.2.3.1 Διεύθυνση Διοίκησης
 - 3.2.3.2 Τμήμα Μάρκετινγκ
 - 3.2.3.3 Τμήμα Πωλήσεων
 - 3.2.3.4 Τμήμα Προγραμματισμού Παραγωγής
 - 3.2.3.5 Τμήμα Κατασκευών
 - 3.2.3.6 Τμήμα Συναρμολόγησης

Κεφάλαιο 4

Αποτύπωση της παραγωγής με τη χρήση του Promodel

4.1 Το προϊόν Cross 3000

4.2 Υπάρχουσα κατάσταση παραγωγής και μοντελοποίηση αυτής με τη χρήση του προγράμματος προσομοίωσης Promodel.

4.2.1 Γενικές Διαδικασίες

4.2.1.1 Παρακολούθηση της παραγωγής του Cross 3000-Σχεδιασμός Μελέτης.

4.2.1.2 Στοιχεία για την προετοιμασία της χρήσης του προγράμματος Promodel-Ορισμός Συστήματος.

4.2.1.3 Κατασκευή Μοντέλου

4.2.1.4 Ανάλυση Αποτελέσματος υπάρχουσας κατάστασης

4.2.1.5 Καταγραφή Συμπερασμάτων

4.3 Προτεινόμενη κατάσταση παραγωγής και μοντελοποίηση αυτής με τη χρήση του προγράμματος προσομοίωσης Promodel

4.3.1 Γενικές Διαδικασίες

4.3.1.1 Σχεδιασμός Μελέτης

4.3.1.2 Ορισμός Συστήματος

4.3.1.3 Κατασκευή Μοντέλου προτεινόμενης κατάστασης

4.3.1.4 Ανάλυση Αποτελέσματος προτεινόμενης κατάστασης

4.3.1.5 Καταγραφή Συμπερασμάτων

Κεφάλαιο 5

Ανασκόπηση και συμπεράσματα.

Βιβλιογραφία

Παράρτημα Α

Συλλογή στοιχείων της εταιρείας Ergo-fit

- A.1 Ερωτηματολόγιο
- A.2 Πρώτη παρουσίαση της εταιρείας
- A.3 Παρουσίαση διαδικασιών
 - A.3.1 Γενικές διαδικασίες
 - A.3.2 Τμήμα Προγραμματισμού Παραγωγής
 - A.3.3 Τμήμα Παραγωγής
 - A.3.4 Τμήμα Συναρμολόγησης
 - A.3.5 Τμήμα Συναρμολόγησης-διαδικασία πακεταρίσματος

Παράρτημα Β

Πίνακες προγραμματισμού για το μοντέλο της ιδεατής κατάστασης

Παράρτημα Γ

CD με μοντέλα υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης

Κεφάλαιο 1: Παρουσίαση αντικειμένου μελέτης και σχετικής έρευνας

1.1 Υπόβαθρο

Οι αλλαγές στις τάσεις της αγοράς απαιτούν και αντίστοιχες αλλαγές στον τρόπο οργάνωσης της παραγωγής των εταιρειών. Σήμερα δεν αρκεί η ικανοποίηση των αναγκών του καταναλωτή, πρέπει να ικανοποιηθούν και οι επιθυμίες του που σχετίζονται με το προϊόν ή την υπηρεσία άμεσα-ποιότητα, ποσότητα, χρηματική αξία-ή έμμεσα-χρόνος παράδοσης, service μετά την πώληση, εξυπηρέτηση πελατών.

Συνεπώς οι επιχειρήσεις πλέον στρέφονται σε νέες μεθόδους και μοντέλα οργάνωσης που ως σκοπό έχουν τη συνεχή βελτίωση των τριών βασικών στόχων: Ποιότητα, Κόστος και Χρόνος. Μπορούμε να ξεχωρίσουμε τις παρακάτω στρατηγικές-φιλοσοφίες που πλέον συναντώνται συχνότερα στις βιομηχανίες ανεξαρτήτως μεγέθους και χώρας προέλευσης:

- Total Productive Management (TPM) [1]: προτείνει να γίνεται αποτελεσματική χρήση των εργοστασιακών εγκαταστάσεων, δηλαδή να παράγονται προϊόντα βάσει προδιαγραφών σε μηχανές που, μεταξύ άλλων, δεν παθαίνουν τεχνικές βλάβες και κατά συνέπεια να μην υπάρχουν νεκροί χρόνοι στην παραγωγή.
- Toyota Production System (TPS) [2]: μαζί με το “lean production” και το “Six Sigma” κυριαρχούν την τελευταία δεκαετία στις τάσεις της βιομηχανικής αγοράς. Βασίζεται στην φιλοσοφία της εξάλειψης των διεργασιών που δεν προσθέτουν αξία στο προϊόν, στην jidoka-την διασφάλιση ποιότητας σε όλη τη διάρκεια παραγωγής ενός προϊόντος και στην ομαδική προσπάθεια όλων των εργαζομένων της εταιρείας. Με το TPS ο ρυθμός παραγωγής είναι ίδιος με αυτόν της ζήτησης του προϊόντος από τον πελάτη, δεν υπάρχουν αποθέματα και ούτε υπερωριακή απασχόληση των εργαζομένων καθότι παράγεται μόνο όσο πρέπει και όταν πρέπει.
- Just-in-time methodology (JIT) [2], [3]: αποτελεί βασικό πυλώνα για την επίτευξη του Toyota Production System με τη λογική του να παράγεται «το σωστό κομμάτι στη σωστή ποσότητα, την κατάλληλη στιγμή». Η παραγωγή κινητοποιείται από το πρόγραμμα συναρμολόγησης των τελικών προϊόντων σε μια αλυσίδα από προηγούμενα κέντρα εργασίας, έτσι ώστε κάθε κέντρο εργασίας να παράγει μόνο όσο χρειάζεται το επόμενο στη σειρά κέντρο εργασίας για να ικανοποιήσει το πρόγραμμα συναρμολόγησης. Για να εφαρμοστεί η παραπάνω γενική αρχή απαιτείται ελαχιστοποίηση των χρόνων αλλαγής της παραγωγής (*set-up times*) από μερίδα σε μερίδα με αποτέλεσμα την ύπαρξη ελάχιστων κέντρων αποθεμάτων μεταξύ των κέντρων εργασίας. Τα συστήματα JIT που έχουν αναπτυχθεί προέρχονται από το σύστημα KANBAN της Toyota.

- Lean production [4]: ακολουθεί παρόμοιο σκεπτικό με αυτό του TPS θέτοντας ως στόχο την ορθή διαχείριση των πόρων στην κατάλληλη αλληλουχία με σκοπό τη δημιουργία αξίας για τους καταναλωτές. Βασίζεται σε πέντε απλούς κανόνες που καθοδηγούν την κάθε επιχείρηση:
 - i. Προσφορά της αξίας που πραγματικά αναζητά ο καταναλωτής
 - ii. Προσδιορισμός της ροής αξίας (*value stream*) για κάθε προϊόν. Απομόνωση όσων βημάτων δεν προσθέτουν αξία.
 - iii. Διαδοχική τοποθέτηση των υπόλοιπων βημάτων υπό την μορφή συνεχούς ροής (*continuous flow*) και εξάλειψη της παραγωγής ελαττωματικών προϊόντων καθώς και των αποθεμάτων.
 - iv. Αλλαγή του συστήματος από push σε pull. Δεν αρκεί να προωθούμε στον καταναλωτή αυτό που υπάρχει ήδη έτοιμο σε απόθεμα ή μας είναι πιο εύκολο στην κατασκευή.
 - v. Αναζήτηση για την τελειότητα (*kaizen*) ώστε να δημιουργηθεί στην επιχείρηση μια κατάσταση παροχής «τέλειας αξίας» αλλά με μηδενικό αριθμό σκάρτων.
- Six Sigma methodology [5]: ως άμεσος απόγονος του Total Quality Management (TQM) περιέχει πολλά από τα στοιχεία του καθώς βασίζεται κυρίως σε στατιστικές μελέτες που γίνονται καθόλα τα στάδια της παραγωγής. Σκοπός της εφαρμογής του Six Sigma είναι η μείωση παραγωγής σκάρτων, η τόνωση της παραγωγικότητας και ο περιορισμός του συνολικού κόστους της παραγωγής. Βασικό εργαλείο για τις στατιστικές μελέτες που γίνονται είναι ο υπολογισμός της μέσης απόκλισης για τα διάφορα σενάρια που εξετάζονται, εξ ου και η ονομασία αυτής της μεθοδολογίας (*sigma*).

Για να εφαρμοστούν όμως οι παραπάνω στρατηγικές απαιτούνται και οι αντίστοιχες τεχνικές που θα τις υποστηρίξουν κατάλληλα:

- KANBAN [6]: η ίδια η λέξη σημαίνει στα ιαπωνικά «κάρτα» και εφαρμόζεται ως τεχνική επίτευξης του just-in-time. Είναι μια μεθοδολογία καθοδήγησης της παραγωγής μέσω του συντονισμού της ροής πληροφοριών από τη μία και της ροής υλικών από την άλλη (βλ. σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1 Ροή πληροφοριών και υλικών μεταξύ των δύο ενδιαφερόμενων

Προϋπόθεση για την εφαρμογή αυτού του συστήματος είναι η παραγωγή της ενδιαφερόμενης επιχείρησης να είναι «μαζική εν σειρά» με στενό φάσμα τυποποιημένων προϊόντων και μικρές διακυμάνσεις στην τελική ζήτηση. Οι χρόνοι προετοιμασίας στα παραγωγικά μηχανήματα πρέπει να είναι εξαιρετικά σύντομοι έως μηδενικοί, οι νεκροί χρόνοι των μηχανημάτων λόγω βλαβών και τα ποσοστά των σκάρτων των εξαρτημάτων σχεδόν ανύπαρκτα. Η γενική ιδέα του KANBAN, λοιπόν, βασίζεται σε αυτές τις κάρτες παραγωγής που διακινούνται αλυσιδωτά μεταξύ των κέντρων εργασίας, με αρχή της αλυσίδας την τελική φάση συναρμολόγησης. Έτσι κάθε κέντρο εργασίας παράγει μόνο όσο χρειάζεται το αμέσως επόμενο στη σειρά κέντρο εργασίας για να ικανοποιήσει το πρόγραμμα τελικής συναρμολόγησης και παράδοσης στον πελάτη. Το σύστημα KANBAN διατηρεί χαμηλά αποθέματα με συνεχείς παραδόσεις έχοντας ως επιχειρηματικό στόχο την εξυπηρέτηση του πελάτη.

- Manufacturing Resources Planning (MRP και MRP II) [3]: είναι ένα σύστημα προσδιορισμού με ακρίβεια και σε κάθε χρονική περίοδο των απαιτούμενων, για την σωστή παραγωγή, βιομηχανικών πόρων. Προσδιορίζονται δηλαδή οι απαιτούμενες ποσότητες σε πρώτες ύλες και εξαρτήματα, οι ώρες απασχόλησης των μέσων παραγωγής καθώς και όποιοι άλλοι πόροι θεωρούνται απαραίτητοι (χρηματοδότηση πλάνου παραγωγής, δέσμευση κεφαλαίου, κ.ο.κ). Τα MRP και MRP II θεωρούνται συστήματα push (εν αντιθέσει με την τεχνική KANBAN του JIT που είναι pull) μιας και ουσιαστικά «σπρώχνουν» τα προϊόντα στον πελάτη αντί να περιμένουν τον ίδιο τον πελάτη να ζητήσει το προϊόν που επιθυμεί (pull). Κατά συνέπεια, για να επιτευχθεί το σύστημα push η επιχείρηση αναγκάζεται να έχει υψηλά αποθέματα όλων των προϊόντων που παράγει πράγμα που της δίνει μικρή ευελιξία στο χώρο της αγοράς.
- Enterprise Resources Planning (ERP) [3]: ένα σύστημα το οποίο στηρίζεται στη φιλοσοφία του MRP II, με το οποίο προγραμματίζεται όχι μόνο η παραγωγή αλλά όλες οι λειτουργίες της επιχείρησης (διοίκηση προσωπικού, χρηματοοικονομική λειτουργία, κ.α.). Σκοπό έχει την ενοποίηση όλων των στοιχείων και διαδικασιών σε ένα συνολικό σύστημα. Για να απεικονιστούν οι παραπάνω λειτουργίες χρησιμοποιούνται κατάλληλα λογισμικά προγράμματα και μια ενοποιημένη βάση δεδομένων όπου αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα των διαφόρων συστημάτων.

Η επιλογή κατάλληλης στρατηγικής για τον προγραμματισμό της παραγωγής εξαρτάται από το είδος της επιχείρησης, το μερίδιο της στην αγορά αλλά κυρίως από τους μεσοπρόθεσμους και μακροπρόθεσμους στόχους που η επιχείρηση θέλει να εκπληρώσει.

1.2 Αντικείμενο μελέτης

Στα πλαίσια της οργάνωσης παραγωγής μιας μεσαίου μεγέθους εταιρείας καθοριστικό ρόλο παίζουν η επάρκεια σε πλουτοπαραγωγικούς πόρους-ανθρώπινο δυναμικό, πρώτες ύλες, μηχανήματα και εγκαταστάσεις-καθώς και η απόδοση αυτών. Κατάλληλος συντονισμός των υπαλλήλων, μηχανημάτων και σειράς διεργασιών οδηγεί σε βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας, συνεπώς είναι πολύ σημαντικό να γίνει μια εις βάθος μελέτη όπου θα λαμβάνουμε υπόψη μας όλες αυτές τις παραμέτρους.

Η συγκεκριμένη εργασία αναφέρεται στην παραγωγή μηχανημάτων γυμναστηρίου από την εταιρεία Ergo-fit. Οι αντικειμενικοί στόχοι αυτής της εργασίας είναι:

- i. Αναγνώριση των διαφόρων τμημάτων παραγωγής της επιχείρησης και της ροής του υλικού (material flow) μέσα από αυτά. Συγκεκριμένα επιλέγουμε ένα προϊόν από τη σειρά παραγωγής της εταιρείας και παρακολουθούμε τα στάδια από τα οποία περνάει από την αρχή της παραγγελίας του έως την αποθήκευσή του στα ράφια ως έτοιμο προϊόν.
- ii. Καταγραφή σειράς διεργασιών καθώς και χρόνων προετοιμασίας και κατεργασίας των τεμαχίων. Γίνεται μια προσπάθεια να παρακολουθείται καθημερινώς το κάθε βήμα παραγωγής του συγκεκριμένου προϊόντος είτε αυτό αφορά την κατεργασία του σε κάποιο κέντρο είτε την προσωρινή αποθήκευσή του (stock). Έπειτα σχεδιάζεται η παραγωγική διαδικασία με τη βοήθεια προγράμματος προσομοίωσης.
- iii. Προσδιορισμός και κατηγοριοποίηση των διαφόρων στενώσεων (bottlenecks) που προκύπτουν σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Αυτά μπορεί να παρουσιάζονται σε οποιοδήποτε στάδιο αλλά και σε οποιοδήποτε πόρο που υπάρχει στην εταιρεία. Για αυτό το λόγο δεν εξετάζονται μόνο οι χρόνοι κατεργασίας των προϊόντων ή οι χρόνοι προετοιμασίας μιας μηχανής αλλά εξετάζονται και οι χρόνοι παράδοσης των πρώτων υλών, η ροή πληροφοριών, κ.ο.κ.
- iv. Ανάπτυξη μιας ιδέας για την επίλυση των προβλημάτων που εντοπίστηκαν και εικονική σχεδίαση της νέας παραγωγικής διαδικασίας που προτείνεται, στο πρόγραμμα προσομοίωσης. Γίνεται μια προσπάθεια να απαλειφθούν τα αίτια που προκαλούν καθυστερήσεις στην παραγωγή είτε αυτά έχουν άμεση σχέση με την διαδικασία (π.χ. σειρά με την οποία γίνονται οι κατεργασίες ή ποσότητα σε κάθε παρτίδα) είτε αυτά που έχουν έμμεση σχέση με την διαδικασία (π.χ. έγκαιρη παραγγελία πρώτων υλών ή διαχείριση της ροής των πληροφοριών με κάποιο πληροφοριακό σύστημα).
- v. Τέλος συγκρίνονται οι δύο καταστάσεις που σχεδιάστηκαν στο πρόγραμμα προσομοίωσης και διεξάγονται συμπεράσματα για το κατά πόσο είναι αποτελεσματικές οι αλλαγές που προτείνονται. Επίσης προτείνονται λύσεις για οργανωτικά θέματα που αφορούν έμμεσα αλλά ουσιαστικά την παραγωγική διαδικασία, όπως π.χ. η χρήση ταμπελών για καθημερινή

παρακολούθηση των κατεργασιών που πρέπει να γίνουν (καθημερινό πλάνο παραγωγής).

1.3 Προηγούμενη σχετική έρευνα

Η δημοτικότητα της προσομοίωσης εξηγείται εν μέρει από τις πρόσφατες εξελίξεις στα λογισμικά προγράμματα που δίνουν στον χρήστη άμεση δυνατότητα σχεδίασης ολόκληρης της παραγωγικής διαδικασίας, επίβλεψη του κάθε σταδίου ξεχωριστά, και σε ακόμη πιο εξελιγμένες μορφές προγραμμάτων παρέχουν ένα ολόκληρο σύστημα εξαγωγής αποφάσεων. Ξεκινώντας από την απλή καταγραφή της παραγωγής, ο χρήστης έχει την δυνατότητα, ανάλογα με το ποιό λογισμικό πρόγραμμα χρησιμοποιεί, να διεξάγει αναλύσεις απόδοσης (output analysis), να βελτιστοποιήσει υπάρχουσες διαδικασίες και να προβλέψει μελλοντικές τάσεις της παραγωγής.

Αυτή η νέα τάση στην αγορά αναφέρεται ως digital factory/virtual production. Σε σχετικό άρθρο των W. Dangelmaier και M. Fischberb [7], από τη μία τονίζεται η χρησιμότητα των προγραμμάτων αυτών και η πολυδιάστατη δυνατότητά τους, από την άλλη όμως περιγράφεται και ένα μεγάλο μειονέκτημα, αυτό της πολυπλοκότητας στη χρήση. Οι συγγραφείς εξηγούν πως μόνο έμπειροι και ειδικευμένοι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά τα περισσότερα προγράμματα προσομοίωσης ώστε να μην χαθεί κάποιο από τα πολύτιμα χαρακτηριστικά που προσφέρουν. Για να ξεπεραστεί αυτό το αδύνατο σημείο προτείνουν για τους πιο άπειρους, τη χρήση προγραμμάτων εικονικής πραγματικότητας (virtual reality), με τα οποία ο χρήστης μπορεί να πετύχει τα ίδια αποτελέσματα με αυτά των λογισμικών προγραμμάτων, αλλά με μεγαλύτερη ευκολία αφού καθοδηγούν τον χρήστη βήμα προς βήμα.

Στην Αμερική, για παράδειγμα, πολλές εταιρείες όπως η Lockheed-Martin, η Boeing αλλά ακόμη και η NASA χρησιμοποιούν προγράμματα εικονικής πραγματικότητας για την προσομοίωση διαφόρων σεναρίων που καλούνται να επεξεργαστούν. Ιδιαίτερα δημοφιλές είναι το πρόγραμμα της εταιρείας Delmia [8] το οποίο συμπεριλαμβάνει τέσσερα διαφορετικά υποπρογράμματα. Το IGRIP που χρησιμοποιείται για προσομοίωση στις ρομποτικές μεθόδους, το V5 DPM Envision Assembly που δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ορίσει γραμμές συναρμολόγησης στην παραγωγή και να εντοπίσει ποιιά έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα, το V5 Human Modeling που χρησιμοποιείται για ανάλυση εργονομίας και τέλος το QUEST που έχει ως στόχο την ανάλυση της ροής των υλικών, των διαδικασιών και των πληροφοριών από τα διάφορα τμήματα της παραγωγής.

Η προσομοίωση συστημάτων κατεργασιών χρησιμοποιείται από πολλά χρόνια, αλλά και ακόμη πιο εντατικά τα τελευταία χρόνια, λόγω της τεχνολογικής προόδου στην πληροφορική. Πιο συγκεκριμένα σε μια σχετική έρευνα ο Andrew Greasley [9]

χρησιμοποιεί ένα μοντέλο προσομοίωσης διακριτών γεγονότων για να υπολογίσει τον απαιτούμενο αποθηκευτικό χώρο για μία εταιρεία του εξωτερικού που παράγει υφαντουργικά προϊόντα. Μέσω της δυνατότητας που είχε το πρόγραμμα προσομοίωσης, να αποθηκεύει τιμές ψαρακτηριστικών (attribute values) και παράλληλα να δείχνει τα επίπεδα χρόνων αναμονής για το κάθε προϊόν ξεχωριστά, η παραπάνω εργασία είχε επιτυχία. Η διαδικασία της όλης προσομοίωσης εκκίνησε ενδιαφέρουσες συζητήσεις σχετικά με την λειτουργία της παραγωγικής μονάδας. Τελικά ο Greasley κατέληξε πως η προσομοίωση διακριτών γεγονότων είναι πολύ περισσότερο από μια απλή εφαρμογή της ποσοτικής ανάλυσης αποτελεσμάτων.

Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Amos, Adolfsson, Sundberg και De Vin [10] προσθέτοντας πως η προσομοίωση της παραγωγής χωρίζεται σε τρεις κλάδους: τον κλάδο του προϊόντος, τον κλάδο της διαδικασίας και τον κλάδο του πόρου. Χρησιμοποιούν την προσομοίωση για την παρακολούθηση παραγωγής μηχανημάτων εκτύπωσης εκδόσεων και αναφέρονται και στους τρεις κλάδους ξεχωριστά καθώς και στην χρήση της προσομοίωσης για περιγραφή των προϊόντων, των διαδικασιών και των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται. Τα δύο κύρια λογισμικά προγράμματα που αναφέρονται είναι η προσομοίωση γεγονότων (event simulation) και η ρομποτική με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή (computer-aided robotics). Με την τρισδιάστατη απεικόνιση πόρων σχεδιάστηκε ένα επαρκές σύστημα υποστήριξης των μηχανών (service support system), το οποίο προσφέρει την δυνατότητα παρακολούθησης των λειτουργιών μέσω διαδικτύου, δίνοντας στο χρήστη την ευκαιρία της επανάληψης κάποιας διεργασίας μέσω media player,

Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η προσέγγιση των Wohlgemuth, Page και Kreutzer [11] να χρησιμοποιήσουν προσομοίωση γεγονότων (event simulation) και ανάλυση ροής υλικού (material flow analysis) για να προσεγγίσουν την προστασία του περιβάλλοντος από τις βιομηχανίες. Επισημαίνουν πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί η προσομοίωση γεγονότων και η ανάλυση ροής υλικού για να διερευνηθούν τόσο τα περιβαλλοντικά όσο και τα οικονομικά οφέλη για την απόφαση της διοίκησης. Αναλύουν τα βασικά χαρακτηριστικά του μηχανισμού προσομοίωσης και της ανάλυσης ροής υλικού συνδυάζοντας το με τα δίκτυα ροής υλικού και καταλήγουν στην δημιουργία ενός προσαρμοσμένου στην περίπτωση διαδραστικού μοντέλου. Έπειτα τα οφέλη της συγκεκριμένης σύνθεσης συζητούνται ως προς την χρηστικότητα στην παραγωγική διαδικασία.

Βασικό στάδιο στην ανάλυση ενός συστήματος κατεργασιών και την μετέπειτα αναδιοργάνωση του με την χρήση ενός προγράμματος προσομοίωσης είναι η συλλογή των αρχικών στοιχείων. Κατά τους Ryan και Heavey [12] έχει δοθεί μεγάλη έμφαση στην υποστήριξη της λογικής προγραμματισμού των διαφόρων προγραμμάτων προσομοίωσης, ενώ λίγα είναι τα εργαλεία που βοηθούν στην φάση της συλλογής των απαραίτητων στοιχείων. Αυτό προκαλεί έκπληξη καθώς έχει αναφερθεί από πολλούς ερευνητές πως το στάδιο συλλογής των δεδομένων μπορεί να διαρκέσει διπλάσιο χρόνο από αυτόν της κωδικοποίησης του προγράμματος.

Υπάρχουν αρκετά εργαλεία προσομοίωσης διαδικασιών που μπορούν και έχουν χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη της συλλογής των απαραίτητων διαδικασιών και οι Ryan και Heavey φροντίζουν στην σχετική μελέτη τους να εξετάσουν και να παραθέσουν τα καλύτερα. Παρόλα αυτά καταλήγουν στο συμπέρασμα πως κανένα από τα υπάρχοντα εργαλεία δεν υποστηρίζει το συγκεκριμένο στάδιο όπως θα έπρεπε. Οι συγγραφείς προτείνουν να δημιουργηθεί ένα τέτοιο πρόγραμμα υποστήριξης το οποίο θα μπορεί να συλλάβει μια λεπτομερή εικόνα ενός συστήματος διακριτών γεγονότων, να είναι εύκολο στην χρήση, να παρέχει τις πιο σημαντικές πληροφορίες για να μπορεί το προσωπικό της παραγωγής να οργανωθεί ανάλογα με αυτό και τέλος να υποστηρίζει την ομαδική εργασία. Οι Ryan και Heavey καταλήγουν πως ιδανικό εργαλείο για την παραπάνω δουλειά είναι τα διαγράμματα προσομοίωσης δραστηριοτήτων (simulation activity diagrams-SAD) το οποίο και παρουσιάζουν σε λεπτομέρεια.

Μία διαφορετική μελέτη του Sohyung Cho [13] έρχεται να δώσει μεγαλύτερη λεπτομέρεια στην έννοια της χρονικής προσομοίωσης. Το προτεινόμενο εργαλείο βοηθάει το χρήστη να προγραμματίσει τα διακριτά γεγονότα στο χώρο της παραγωγικής διαδικασίας. Προσομοιάζει γεγονότα χρησιμοποιώντας διάφορες οντότητες που αναπαριστώνται στο πρόγραμμα με εικονική μορφή, αντιπροσωπεύοντας τις υλικές οντότητες που λαμβάνουν μέρος στην παραγωγή. Έπειτα ο χρήστης μπορεί να ορίσει την ταχύτητα της προσομοίωσης, δοκιμάζοντας έτσι διαφορετικές τεχνικές συγχρονισμού των διάφορων γεγονότων και δυνατότητας των δικτύων συνεννόησης ανάμεσα στις διάφορες θέσεις. Έπειτα διεξάγονται υπολογιστικά πειράματα για να ελεγχθεί η απόδοση του προτεινόμενου συστήματος με διαφορετικές χρονικές τιμές, και διερευνάται η σχέση μεταξύ της απόδοσης αυτής και του χρονικού παράγοντα. Τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από τα υπολογιστικά πειράματα δείχνουν την σημαντική επιτυχία που έχει αυτή η μέθοδος επιτάχυνσης-επιβράδυνσης του χρόνου, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας.

Έχοντας εξασφαλίσει την προσομοίωση οντοτήτων και γεγονότων πολλές φορές προκύπτει η απορία πώς μπορεί κανείς να απεικονίσει τους ανθρώπινους πόρους και δη την απόδοσή τους. Οι Mason, Baines, Kay και Ladbroke [14] αναφέρουν πως τα δεδομένα υπολογιστικά εργαλεία δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν παρά μόνο για μια επιφανειακή αναπαράσταση των ανθρώπων που συντελούν στην λειτουργία του όλου συστήματος. Αυτός είναι ένας σημαντικός περιορισμός διότι η απόδοση των ανθρώπων παραμένει ένα κομβικό σημείο στην ανταγωνιστικότητα των κατασκευαστικών επιχειρήσεων. Οι συγγραφείς κάνουν μια προσπάθεια να εξερευνήσουν την δυνατότητα χρήσης συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας για την αναπαράσταση της μεταβολής της απόδοσης του εργαζόμενου σε ένα μοντέλο προσομοίωσης.

Ο K.K. Chan [15] προσπαθώντας κάτι αντίστοιχο χρησιμοποιεί μια ολοκληρωμένη πολυδιάστατη μεθοδολογία βελτίωσης διαδικασιών (IMPIM-Integrated

Multidimensional Process Improvement Methodology) για τη διοίκηση παραγωγής, τον έλεγχο διαδικασιών και τα προβλήματα της διοίκησης κόστους ενός παραγωγικού συστήματος. Η προσομοίωση χρησιμοποιείται σαν πλατφόρμα για να εφαρμοστεί η πολυδιάστατη μεθοδολογία διαδικασιών ενσωματώνοντας την παραγωγικότητα, την ποιότητα και την συνιστώσα του κόστους σε μια ενωτική, συστηματική και ολιστική μέθοδο. Η ολική Διοίκηση Ποιότητας (TQM) απευθύνεται στις παραμέτρους της ποιότητας και η κοστολόγηση βάσει εργασίας (Activity-Based Costing) χρησιμοποιείται για να επεξεργάζεται τις παραμέτρους του κόστους σε ένα σύστημα. Έπειτα χρησιμοποιείται η προσομοίωση διακριτών γεγονότων για να εφαρμοστεί η αναθεώρηση των διαδικασιών (BPR) και η βελτίωση αυτών (TQM). Ο Chang επεξηγεί την γενική εφαρμογή της IMPIM βήμα προς βήμα και έπειτα παραθέτει τις λεπτομερείς διαδικασίες για δύο περιπτώσεις μελετών.

Σε εντελώς διαφορετικό ύφος κινείται η μελέτη των Rossetti και Clark [16] οι οποίοι αναπτύσσουν μια μέθοδο χρησιμοποίησης πληροφοριών χρόνου προερχόμενων από μια συσκευή σάρωσης κωδικών (bar code scanner) που λειτουργεί σε ένα χώρο παραγωγής. Στόχος είναι να υπολογιστεί ο μέσος χρόνος διεργασιών για πολλαπλούς τύπους προϊόντων, ενώ η σάρωση πραγματοποιείται μόνο κατά την είσοδο και έξοδο ενός προϊόντος από ένα σταθμό κατεργασίας. Η μεθοδολογία αναπαριστά μερικώς τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην παραγωγή καθώς λαμβάνει το σήμα στην συσκευή σάρωσης και έπειτα μέσω μιας παλινδρομικής τεχνικής υπολογίζει τον μέσο χρόνο κατεργασίας για τον κάθε τύπο προϊόντος. Η ορθότητα και η ακρίβεια των υπολογισμών αξιολογείται μέσω προσομοίωσης διακριτών γεγονότων κάτω από διάφορες πειραματικές συνθήκες για να διευκρινιστούν οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εκτέλεση αυτών.

Οι μελέτες που κινούνται γύρω από το θέμα της προσομοίωσης φθάνουν σε μεγάλο αριθμό, ειδικά τα τελευταία χρόνια. Αυτό το θίγει και ο Jeffrey Smith [17] καταγράφοντας και κατατάσσοντας τις διαφορετικές βιβλιογραφικές αναφορές που υπάρχουν στον τομέα της προσομοίωσης διακριτών γεγονότων. Η προσομοίωση είναι ένα εργαλείο που τα τελευταία 30 χρόνια χρησιμοποιείται ανελλιπώς για την σχεδίαση παραγωγικών συστημάτων και την ανάλυση αυτών. Όλο αυτό το διάστημα η προσομοίωση αποδεικνύεται πως είναι ένα άκρως πρακτικό εργαλείο ανάλυσης και αρκετές εκατοντάδες μελέτες, άρθρα, βιβλία και συσκέψεις έχουν επικεντρωθεί ειδικά σε αυτό το θέμα.

Σε ένα παραγωγικό κύκλο ζωής (manufacturing life cycle), η προσομοίωση μπορεί να εφαρμοστεί και στην φάση της λειτουργίας και συντήρησης ενός παραγωγικού προγράμματος αλλά και στην φάση του σχεδιασμού του [18]. Παρόλα αυτά η προσομοίωση στην λειτουργική φάση είναι που προσφέρει τις μεγαλύτερες δυνατότητες για τον μελετητή. Για να το υποστηρίξουν αυτό, οι συγγραφείς αναφέρονται σε μια μελέτη μοντελοποίησης των μηχανολογικών εγκαταστάσεων μιας μεγάλης εταιρείας. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδωσαν πολλές πληροφορίες για την συμπεριφορά ενός πραγματικού συστήματος ενώ παράλληλα

προσέφεραν στην εταιρεία την δυνατότητα να καταλάβει τα οφέλη που μπορεί να έχει με τυχόν αλλαγές στις υπάρχουσες παραγωγικές εγκαταστάσεις. Τα αρχικά μοντέλα δημιουργήθηκαν για να παράγουν μια ακριβή μίμηση του υπάρχοντος συστήματος και τα επόμενα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν για να πειραματιστούν με διαφορετικά σενάρια. Αλλάζοντας τις μηχανές, τις βάρδιες, τις διαδρομές και τους κόμβους, μελετήθηκαν οι επιδράσεις που θα είχαν στο τελικό προϊόν, στα ημι-έτοιμα προϊόντα, στους χρόνους κατεργασιών, στις μηχανές και στην χρησιμότητα των πόρων..

Πριν όμως από την εφαρμογή οποιονδήποτε αλλαγών θα πρέπει να έχει γίνει η κατάλληλη προκαταρκτική μελέτη. Κατά τους Gertosio, Mebarki και Dussauchoy [19] ένα ευέλικτο σύστημα κατεργασιών (flexible manufacturing system-FMS) σχεδιάζεται για να συνδυάζει υψηλή παραγωγικότητα και προσαρμοστικότητα. Αλλά η δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος προϋποθέτει υψηλές επενδύσεις. Συνεπώς αυτή η αρχική φάση είναι στρατηγική και οι αποφάσεις σε αυτό το σημείο θα πρέπει να παρθούν με μεγάλη προσοχή για να εξασφαλιστεί πως το παραγωγικό σύστημα θα ικανοποιεί επιτυχώς τις απαιτήσεις μιας συνεχώς μεταβαλλόμενης αγοράς. Η προσομοίωση των διακριτών γεγονότων χρησιμοποιείται και εδώ για την δημιουργία και την σχεδίαση αυτών των συστημάτων. Από την άλλη μεριά όλο και περισσότερο χρησιμοποιείται για την δημιουργία και την αξιολόγηση στρατηγικών αποφάσεων. Οι Gertosio, Mebarki και Dussauchoy προτείνουν την ενσωμάτωση όλων των φυσικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού του μελετώμενου συστήματος σε ένα μοντέλο, και ένα μοντέλο λογικής που θα ανταποκρίνεται στο σύστημα ελέγχου και στην αλληλεπίδραση των υλικών κομματιών.

Για παρόμοια μελέτη οι Orady, Osman και Bailo [20] στρέφονται σε πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας για μια ρομποτική προσομοίωση. Ένα τρισδιάστατο μοντέλο θα βοηθήσει του σχεδιαστές των εγκαταστάσεων να απεικονίσουν νοερά το σύστημα πριν το κατασκευάσουν, κάνοντας εναλλακτικά σχέδια, προγραμματίζοντας ρομποτικές διαδρομές, βρίσκοντας χωρομετρικά σχεδιαγράμματα για το σύστημα και δεδομένα για την προσομοίωση διακριτών γεγονότων.

Τέλος οι Son, Jones και Wysk [21] προτείνουν την δημιουργία βιβλιοθηκών που θα περιέχουν τυπικούς και ουδέτερους δομικούς λίθους μοντέλων προσομοίωσης. Η διαθεσιμότητα τέτοιων βιβλιοθηκών θα απλουστεύσει τη γενιά των μοντέλων προσομοίωσης, θα επιτρέψει την επαναχρησιμοποίηση απλούστερων μοντέλων για την δημιουργία νέων πιο σύνθετων και θα επιταχύνει τις υπηρεσίες προσομοίωσης που υπάρχουν στο διαδίκτυο. Το αποτέλεσμα θα είναι μια μεγάλη αύξηση της χρήσης της προσομοίωσης ως εργαλείου για την λήψη αποφάσεων και ελέγχου στο χώρο της παραγωγής. Σε αυτή την μελέτη γίνεται μια ανάλυση των ήδη υπαρχόντων μοντέλων σε ένα μηχανουργείο όπου υπάρχει ροή εργασίας, και η προσομοίωση εκτελεί εργασίες βασιζόμενη σε προϋπάρχον πρόγραμμα. Έπειτα συγκρίνονται οι μεταφραστές της βάσης δεδομένων που αναπτύσσονται για να γίνει η μετάβαση από απλή αναπαράσταση της προσομοίωσης σε αναπαράσταση που απαιτείται από το

πρόγραμμα Arena. Τέλος συγκρίνονται οι διαδρομές των μεταφραστών με αυτές που έχουν δημιουργηθεί για το ProModel.

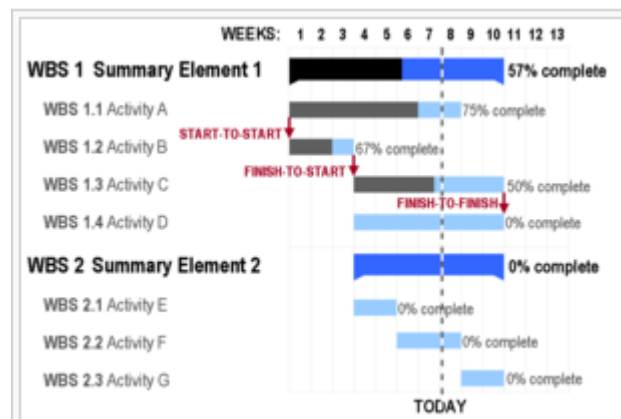
Κεφάλαιο 2: Εργαλεία μελέτης συστημάτων κατεργασιών

2.1 Διάφορα λογισμικά προγράμματα

Για την μοντελοποίηση της παραγωγής χρησιμοποιούνται διάφορα προγράμματα ανάλογα με το είδος της μελέτης που θέλει να πετύχει ο κάθε χρήστης. Υπάρχουν προγράμματα λογισμικού που αναφέρονται στην παραγωγική διαδικασία, μελετώντας βέλτιστους χρόνους και άλλα που εξετάζουν κατά πόσο είναι εφικτό να γίνει μια διαδικασία σε συγκεκριμένο χρόνο. Στόχος των διαφόρων προγραμμάτων είναι η αποτύπωση μιας κατάστασης και η βελτιστοποίηση αυτής. Παρακάτω αναφέρονται μερικά από αυτά.

2.1.1 Το διάγραμμα Gantt [23]

Το διάγραμμα Gantt χρησιμοποιεί μπάρες (bar chart) για να παρουσιάζει το χρονοδιάγραμμα ενός τεχνικού έργου. Ουσιαστικά αποτυπώνει την έναρξη και λήξη των καθοριστικών στοιχείων του έργου και δίνει μια γενική εποπτεία του. Μερικά διαγράμματα Gantt δείχνουν επίσης και τις σχέσεις εξάρτησης μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων του έργου. Επιπροσθέτως παρουσιάζουν τον καθημερινό προγραμματισμό καθώς και το ποσοστό της εργασίας που έχει επιτευχθεί για την τρέχουσα στιγμή συγκριτικά με τον πρότυπο χρόνο που είχε τεθεί στην αρχή.



Σχήμα 2.1: Παράδειγμα που δείχνει 3 σχέσεις εξάρτησης και ποσοστό ολοκλήρωσης έργου

Τα διαγράμματα Gantt εστιάζονται κυρίως στην διοίκηση προγράμματος (schedule management). Επιπρόσθετα δεν απεικονίζουν το μέγεθος ενός έργου ή το σχετικό μέγεθος ποιότητας της δουλειάς που πρέπει να γίνει. Ενώ το συγκεκριμένο λογισμικό διοίκησης έργου (project management software) μπορεί να παρουσιάσει την εξάρτηση μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων, καταγράφοντας πολλές

δραστηριότητες σε ένα έργο θα οδηγήσει σε ένα παραφορτωμένο διάγραμμα με μικρή δυνατότητα συμπεράσματος.

Άλλο ένα σημείο που μπορεί να παραπλανήσει τον χρήστη που διαβάζει το διάγραμμα είναι το ύψος της κάθε μπάρας που δεν αλλάζει συναρτήσει του όγκου δουλείας. Το ύψος της κάθε μπάρας παραμένει σταθερό και αυτό φαίνεται και στο παραπάνω παράδειγμα (βλ. σχήμα 2.1) όπου οι δραστηριότητες E και G φαινομενικά έχουν το ίδιο μέγεθος αλλά στην πραγματικότητα μπορεί να είναι δραστηριότητες με διαφορετική σπουδαιότητα.

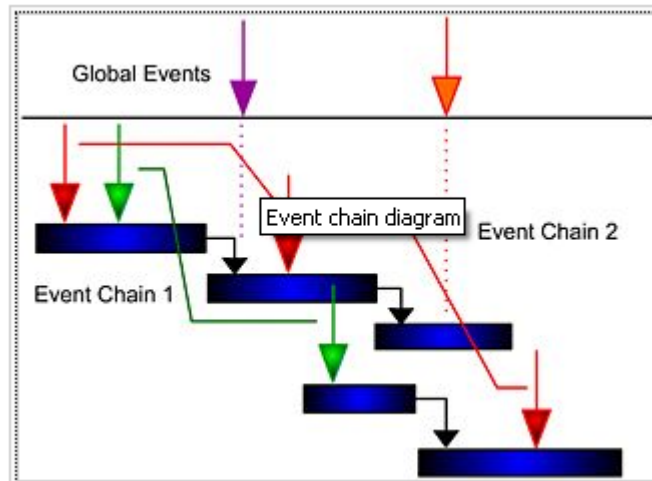
2.1.2. Το διάγραμμα αλυσίδας γεγονότων [24]

Παρόμοιας φιλοσοφίας με το διάγραμμα Gantt είναι και το διάγραμμα αλυσίδας γεγονότων (event chain diagram). Τα διαγράμματα αυτά είναι νοερές απεικονίσεις που παρουσιάζουν τις σχέσεις μεταξύ των γεγονότων και των εργασιών, καθώς και τον τρόπο που αλληλοεπηρεάζονται τα γεγονότα. Το διάγραμμα αλυσίδας γεγονότων είναι το βασικό εργαλείο για την μεθοδολογία της αλυσίδας των γεγονότων (event chain methodology), η οποία είναι μια τεχνική ανάλυσης δικτύων (network analysis technique) που επικεντρώνεται στο να αναγνωρίζει και να διοικεί γεγονότα και αλυσίδες γεγονότων που επηρεάζουν το πρόγραμμα διεξαγωγής ενός έργου. Η μεθοδολογία της αλυσίδας των γεγονότων είναι το νεότερο στάδιο μετά την μέθοδο κρίσιμου σημείου (critical path method) της διοίκησης έργου.

Οι κανόνες χρήσης του διαγράμματος είναι απλοί, καθώς είναι ένα εργαλείο φιλικό προς τον χρήστη. Αναφορικά ακολουθούν οι βασικοί κανόνες για να κατανοήσει ο αναγνώστης την απλότητα του συγκεκριμένου προγράμματος:

- Όλα τα γεγονότα παρουσιάζονται με βέλη. Τα ονόματα αυτών φαίνονται δίπλα στα βέλη.
- Γεγονότα με αρνητική επίδραση απεικονίζονται με καθοδικά βέλη ενώ αντίστοιχα γεγονότα με θετική επίδραση απεικονίζονται με ανοδικά βέλη.
- Μοναδικά γεγονότα συνδέονται με γραμμές που παριστάνουν την αλυσίδα των γεγονότων.
- Τα γεγονότα που επηρεάζουν όλες τις δραστηριότητες παριστάνονται εκτός διαγράμματος. Απειλές φαίνονται στο πάνω μέρος του διαγράμματος ενώ οι ευκαιρίες παρουσιάζονται στο κάτω μέρος αυτού.

Μερικές φορές τα διαγράμματα αυτά μπορούν να είναι πολύπλοκα και για αυτό το λόγο δεν παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία με λεπτομέρεια (βλ. σχήμα 2.2).



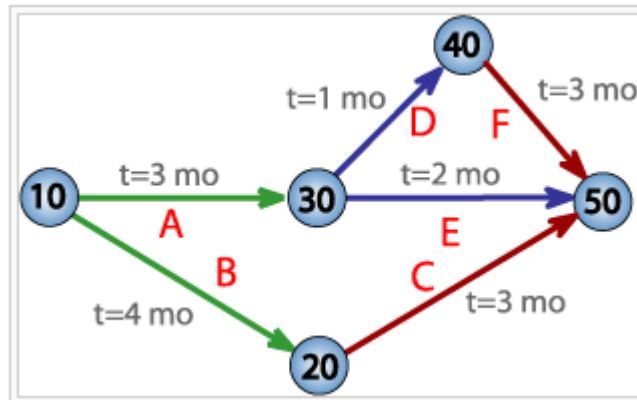
Σχήμα 2.2: Διάγραμμα αλυσίδας γεγονότων

2.1.3 Το πρόγραμμα PERT [25]

Το πρόγραμμα PERT (Program Evaluation and Review Technique) είναι εργαλείο για την διοίκηση έργου (project management) σχεδιασμένο να αναλύει και να απεικονίζει τις διεργασίες που συμπεριλαμβάνονται στην διεκπεραίωση ενός έργου. Συγκεκριμένα μελετά το χρόνο περάτωσης κάθε διεργασίας και τον ελάχιστο χρόνο που θα χρειαστεί για να τελειώσει όλο το έργο.

Η δημιουργία του οφείλεται στην ανάγκη να απλουστευθούν τα έργα που είχαν πολύπλοκο προγραμματισμό. Χωρίς να γνωρίζει ο χρήστης πολλές πληροφορίες για την κάθε διεργασία μπορεί να υπολογίσει τον βέλτιστο τρόπο διεξαγωγής των διεργασιών για να ελαχιστοποιήσει το χρόνο περάτωσης του έργου. Το PERT είναι περισσότερο μια τεχνική προσανατολισμού των γεγονότων παρά μια τεχνική με κλίση στην έναρξη και λήξη αυτών, όπως είναι το διάγραμμα Gantt.

Το πιο γνωστό χαρακτηριστικό εργαλείο της μεθόδου PERT είναι το δίκτυο PERT (PERT networks), ένα διάγραμμα από αλληλοσυνδεδεμένες χρονικές στιγμές. Το PERT προορίζεται συνήθως για πολύ μεγάλα, σύνθετα έργα που θα εκτελεσθούν μια φορά μονάχα (βλ. σχήμα 2.3).

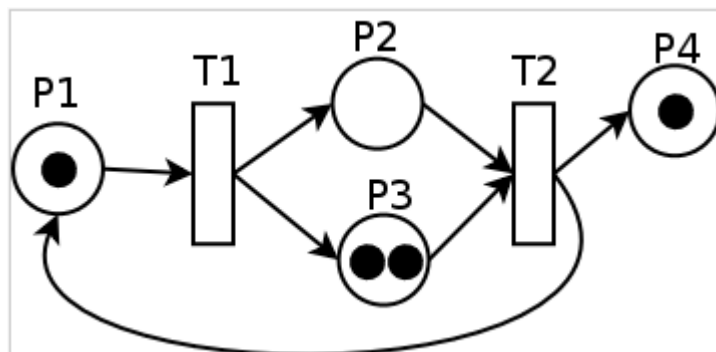


Σχήμα 2.3: Δίκτυο PERT για ένα 7-μηνιο έργο με 5 γεγονότα (10 έως 50) και 6 εργασίες (A ως F)

2.1.4 Τα δίκτυα Petri [26]

Το δίκτυο Petri (Petri nets) δεν έχει εφαρμογή μόνο στη μοντελοποίηση παραγωγικών διαδικασιών. Είναι μια από τις διάφορες αναπαραστάσεις των συστημάτων διακριτών γεγονότων. Το δίκτυο Petri απεικονίζει γραφικά την δομή ενός συστήματος σαν ένα διμερές διάγραμμα (bipartite graph) με σχολιασμούς. Λόγω αυτού το δίκτυο έχει σημειακούς κόμβους, μεταβατικούς κόμβους και προσανατολισμένα τόξα που συνδέουν τους σημειακούς με τους μεταβατικούς κόμβους.

Τα δίκτυα Petri έχουν εξελιχθεί από απλά θεωρητικά μοντέλα, σε γλώσσα για το σχεδιασμό, τις προδιαγραφές, την προσομοίωση, την εφαρμογή και την εγκυρότητα μεγάλων λειτουργικών προγραμμάτων. Αυτή η εξέλιξη των δικτύων Petri οδήγησε στην δημιουργία μιας καινούργιας γλώσσας μοντελισμού που, λόγω του θεωρητικού πολύπλευρου υπόβαθρου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και σε συστήματα παραγωγής του μεγέθους και της πολυπλοκότητας που συναντώνται στη βιομηχανία. Τα δίκτυα Petri παρέχουν το πρωτογενές βήμα για την περιγραφή του συγχρονισμού των ταυτόχρονων παραγωγικών διεργασιών, ενώ η γλώσσα προγραμματισμού παρέχει την δυνατότητα του ορισμού των δεδομένων (βλ. σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4: Παράδειγμα ενός δικτύου Petri

Τα παραπάνω προγράμματα ουσιαστικά υποστηρίζουν την προσομοίωση των διαφόρων συστημάτων παραγωγής. Η προσομοίωση αυτή καθαυτή αποτελεί από

μόνη της κλάδο στον προγραμματισμό της παραγωγής. Η προσομοίωση συστημάτων (systems simulation) είναι ένα σύνολο τεχνικών που χρησιμοποιούνται στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές για να «μιμηθούν» τις λειτουργίες σε διαφορετικές εγκαταστάσεις ή διαδικασίες του «πραγματικού κόσμου». Ο υπολογιστής χρησιμοποιείται για να παράγει ένα αριθμητικό μοντέλο (numerical model) της πραγματικότητας με σκοπό να περιγραφεί μια πολύπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ όλων των συνιστωσών του μελετώμενου συστήματος. Η περιπλοκή ενός συστήματος διογκώνεται από την στοχαστική φύση των γεγονότων, των κανόνων που ακολουθούν τα στοιχεία όταν αλληλεπιδρούν και την δυσκολία του να αντιληφθεί κανείς την συμπεριφορά του συστήματος ως δυναμικό σύνολο με το πέρασμα του χρόνου.

2.2 Λογισμικό προσομοίωσης συστημάτων κατεργασιών

Το σύγχρονο λογισμικό προσομοίωσης συστημάτων κατεργασιών είναι ένα ισχυρό εργαλείο την ανάλυση του παραγωγικού συστήματος κάθε τύπου και μεγέθους. Το λογισμικό αυτό προσφέρει ένα τέλειο συνδυασμό ευκολίας στην χρήση αλλά και ολικής προσαρμοστικότητας για τον μοντελισμό οποιασδήποτε περίπτωσης, ενώ η τρισδιάστατη απεικόνιση του δίνει στον χειριστή μια ιδανική εικόνα για την παραγωγή.

Το λογισμικό προσομοίωσης δίνει σε μηχανικούς και μάνατζερ την ευκαιρία να δοκιμάσουν νέες ιδέες για τον σχεδιασμό ενός συστήματος ή τις απαιτούμενες βελτιώσεις του, πριν επενδύσουν στην ουσιαστική αλλαγή που θα χρειαστεί να γίνει. Το λογισμικό εστιάζεται σε θέματα όπως η εκμετάλλευση των πόρων μιας εταιρείας, η ικανότητα παραγωγής, η παραγωγικότητα αλλά και τα επίπεδα αποθέματος που απαιτούνται. Με το να μοντελοποιούνται τα παραπάνω βασικά θέματα μπορεί κανείς να πειραματιστεί με διαφορετικές λειτουργικές στρατηγικές και να σχεδιάσει το σύστημα ώστε να πετύχει τα καλύτερα αποτελέσματα.

Το λογισμικό προσομοίωσης χρησιμοποιείται στις παρακάτω συνήθεις εφαρμογές:

- Γραμμές συναρμολόγησης
- Μηχανουργεία
- Συστήματα Just-in-time και KANBAN
- Ευέλικτα συστήματα παραγωγής (flexible manufacturing systems)
- Προμηθευτικές αλυσίδες (supply chains) και εφοδιαστική (logistics)

Η χρήση του λογισμικού απαιτεί σύντομη εισαγωγή μέσω του βιβλίου οδηγιών και λίγες γνώσεις προγραμματισμού. Χρειάζεται να ορισθεί ο τρόπος λειτουργίας του συγκεκριμένου συστήματος βάσει των παραμέτρων που ισχύουν στην παραγωγή που

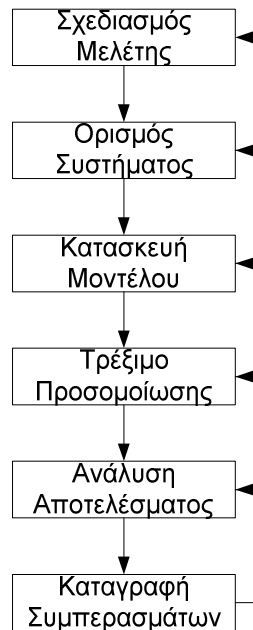
μελετάται και προτού γίνει η προσομοίωση, γίνεται επικύρωση ώστε το δοθέν μοντέλο να είναι συνεπές και ολοκληρωμένο. Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ο χρήστης παρακολουθεί τα γεγονότα με τρισδιάστατα γραφικά. Κατόπιν του παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε μορφή διαγραμμάτων και αναλυτικής αναφοράς, όπου ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την κάθε παράμετρο ξεχωριστά και να καταλήξει σε κάποιο συμπέρασμα.

2.2.1 Γενικές Διαδικασίες

Η απόφαση του να γίνει μια προσομοίωση είναι συνήθως αποτέλεσμα της αντίληψης ότι η προσομοίωση μπορεί να βοηθήσει στο να λυθούν ένα ή και περισσότερα προβλήματα που προκύπτουν και σχετίζονται με την δημιουργία ενός νέου συστήματος ή την τροποποίηση του ήδη υπάρχοντος. Πριν ξεκινήσει η μοντελοποίηση του συστήματος πρέπει να ορισθούν υπεύθυνα για την μελέτη ένα ή δύο άτομα, με βασικές γνώσεις του συστήματος που θα μελετηθεί αλλά και των θεμάτων που αφορούν αυτό. Θα πρέπει να συλλέξουν αρκετές πληροφορίες για να αποφασιστεί αν η προσομοίωση είναι το καλύτερο εργαλείο για να δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Μόλις ορισθεί το αντικείμενο προς μελέτη και προσομοίωση θα πρέπει να διευκρινιστεί το είδος της έρευνας που θα γίνει. Δεν υπάρχουν αυστηροί κανόνες για το πώς πρέπει να γίνεται μια μελέτη προσομοίωσης, παρόλα αυτά προτείνονται τα βήματα του σχήματος 2.5 από τους Shannon, Gordon και Law ως οδηγός [28], [29], [30].

Η διαδικασία προσομοίωσης είναι από τη φύση της επαναληπτική καθώς οι δραστηριότητες βελτιώνονται ή και επαναπροσδιορίζονται με κάθε επανάληψη.



Σχήμα 2.5: Βήματα για επίτευξη αποτελεσμάτων

Περιγράφοντας αυτή την επαναληπτική διαδικασία, ο Pritsker και ο Pedgen [31], παρατήρησαν ότι ενώ οι απαιτήσεις για κάθε βήμα διαφέρουν από προσομοίωση σε προσομοίωση, η βασική διαδικασία είναι στην ουσία της η ίδια. Ο βασικός λόγος που υιοθετείται αυτή η συστηματική διαδικασία, η κάποια παρόμοια της, είναι για να εξασφαλίσει την οργανωμένη και αποτελεσματική διεξαγωγή του έργου με το μικρότερο δυνατό κόστος σε χρήμα και χρόνο.

2.2.1.1 Σχεδιασμός Μελέτης

Πολλές εργασίες προσομοίωσης είναι καταδικασμένες εξ αρχής λόγω κακού προγραμματισμού. Η έλλειψη καθορισμού του αντικειμενικού σκοπού που πρέπει να επιτευχθεί, οι παράλογες προσδοκίες αλλά και μια γενικότερη σύγχυση ως προς την κατανόηση των απαιτήσεων μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία. Συνεπώς για να πετύχει η προσομοίωση χρειάζεται να δημιουργηθεί ένα πλάνο το οποίο θα είναι ρεαλιστικό, κατανοητό σε όλους και εύκολο στην τήρηση.

Ο σχεδιασμός της μελέτης προσομοίωσης ακολουθεί τις παρακάτω διεργασίες:

- Ορισμός του αντικειμενικού σκοπού.

Έχοντας κατανοήσει τη λειτουργία του συστήματος που παρακολουθούμε και εντοπίζοντας τα σημεία που υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον μπορούμε να ορίσουμε τον αντικειμενικό σκοπό της μελέτης μας. Συνηθισμένα αντικείμενα μελέτης είναι η ανάλυση της απόδοσης μιας παραγωγικής μονάδας, η ανάλυση της δυναμικότητας αυτής, η σύγκριση με κάποια άλλη πρότυπη παραγωγική μονάδα αλλά ακόμη και η μελέτη βελτιστοποίησης αυτής. Για να

οριστεί με ακρίβεια ο σκοπός της μελέτης αρκεί να αναρωτηθούμε για ποιό λόγο γίνεται αυτή, ποιός θα χρησιμοποιήσει το μοντέλο προσομοίωσης, τι πληροφορίες οφείλει το μοντέλο να καλύπτει και πόσο σημαντική είναι η απόφαση που πρέπει να πάρουμε βασιζόμενοι σε αυτό το μοντέλο.

- Αναγνώριση των περιορισμών.

Εξίσου σημαντικό με τον ορισμό του αντικειμενικού σκοπού είναι και η αναγνώριση των περιορισμών, κάτω από τους οποίους οφείλουμε να διεξάγουμε τη μελέτη μας. Τέτοιοι περιορισμοί είναι συνήθως χρονικοί ή και οικονομικοί καθώς η μελέτη οφείλει να τηρεί συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα αλλά και να μην υπερβαίνει τον προϋπολογισμό. Το γεγονός αυτό δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως εμπόδιο από τον χρήστη αλλά ως οδηγός για την καλύτερη διεξαγωγή της μελέτης. Για αυτό το λόγο ο χρήστης οφείλει πριν ξεκινήσει την κατάρτιση του μοντέλου να ορίσει ένα χρονοδιάγραμμα, να συλλέξει τα δεδομένα που θα του χρειαστούν και να φροντίσει η διεξαγωγή της μελέτης να γίνεται πάντα στα όρια του προϋπολογισμού.

- Προετοιμασία των όρων προσομοίωσης.

Με σαφή αντικειμενικό σκοπό μελέτης και έχοντας προσδιορίσει τους περιορισμούς που θα αντιμετωπιστούν, μπορούν να οριστούν και οι απαιτήσεις για την διεξαγωγή της έρευνας. Αυτό είναι κυρίως σημαντικό αν η μελέτη γίνεται από κάποιον εξωτερικό συνεργάτη οπότε μπορεί κανείς να ελέγξει αν η απόδοση του ανταποκρίνεται στους όρους που τέθηκαν στην αρχή. Οι όροι της προσομοίωσης θα πρέπει να καθιστούν σαφή το πεδίο μελέτης, το επίπεδο λεπτομέρειας, το βαθμό ακρίβειας, το είδος των πειραμάτων που θα διεξαχθούν αλλά και τη μορφή των αποτελεσμάτων.

- Δημιουργία χρονοδιαγράμματος και προϋπολογισμού.

Από τα βασικότερα στάδια είναι αυτό της δημιουργίας χρονοδιαγράμματος καθώς και η αποτύπωση του απαιτούμενου προϋπολογισμού. Σαφώς ο χρόνος που χρειάζεται η μοντελοποίηση ενός συστήματος εξαρτάται από το μέγεθος και το βαθμό πολυπλοκότητας της μελέτης. Ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει πως ο ορισμός του συστήματος και η συλλογή των στοιχείων είναι αυτό που διαρκεί περισσότερο ενώ η μοντελοποίηση, εφόσον τα στοιχεία είναι επαρκή, χρειάζεται λιγότερο χρόνο.

Ενώ μπορεί αρχικά να θεωρήθηκε η προσομοίωση ως σωστότερη λύση, μετά από μια πρώτη ανάλυση μπορεί να αποφασιστεί πως δεν συμφέρει. Η απόφαση αυτή θα βασιστεί στην εξέταση του χρονοδιαγράμματος και του απαιτούμενου προϋπολογισμού. Έπειτα είτε θα χρειαστεί να ακολουθηθεί κάποια εναλλακτική μέθοδος, είτε να γίνουν τροποποιήσεις στον τρόπο που θα διεξαχθεί η προσομοίωση.

2.2.2.2 Ορισμός Συστήματος

Με σαφή εικόνα του σκοπού μελέτης και των περιορισμών που θα αντιμετωπιστούν θα οριστεί το σύστημα για το οποίο θα γίνει η προσομοίωση. Η συλλογή στοιχείων είναι το βασικότερο βήμα στην όλη διαδικασία αλλά και ένα από τα δυσκολότερα έργα που μπορεί να αντιμετωπίσει ο χρήστης. Και αυτό διότι ο χρήστης καλείται να κρίνει ποια στοιχεία του είναι απαραίτητα και να τα απομονώσει, να ανακαλύψει κρυφές παραμέτρους αλλά και να αποκρυπτογραφήσει κάποια δεδομένα που μπορεί να μην είναι φανερά εξ αρχής.

Η συλλογή δεδομένων πρέπει να είναι προσανατολισμένη στην επίτευξη του αντικειμενικού σκοπού, συνεπώς εύλογο είναι να ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

- Αναγνώριση της σχέσης αιτίου-αποτελέσματος.

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τα αίτια κάτω από τα οποία διεξάγεται μια διεργασία. Ένα τυπικό παράδειγμα είναι η καταγραφή νεκρών χρόνων όπου πρέπει να προσδιορίζεται αν αυτοί οφείλονται σε κάποια βλάβη, σε προγραμματισμένο διάλειμμα των μηχανών ή αν υπάρχει έλλειψη αποθέματος. Μόλις αναγνωριστούν οι λόγοι των νεκρών χρόνων, μπορεί να γίνει και η αντίστοιχη κατηγοριοποίηση της διεργασίας.

- Ανίχνευση βασικών συντελεστών επίδρασης.

Κύριο εργαλείο εδώ είναι η διακριτική ικανότητα του χρήστη, ώστε να απομονώσει τα δεδομένα που θα αποτελέσουν βασικό βοήθημα στον ορισμό του συστήματος και να μην ξοδέψει άσκοπα το χρόνο του σε στοιχεία που δεν έχουν άμεση επίδραση σε αυτό. Παραδείγματος χάριν εάν ένας χειριστής μηχανής είναι αφοσιωμένος μόνο στην συγκεκριμένη μηχανή και δεν προκαλεί ποτέ καθυστερήσεις, δεν υπάρχει λόγος να ενταχθεί στο μοντέλο προσομοίωσης. Παρομοίως, σπάνιοι νεκροί χρόνοι, χρόνοι μεταφοράς που είναι συγκριτικά μηδαμινοί αλλά και άλλες άσχετες με το σύστημα διεργασίες δεν μοντελοποιούνται.

- Διάκριση διεργασιών που εξαρτώνται από το χρόνο ή από άλλες καταστάσεις.

Οι διεργασίες που εξαρτώνται από τον χρόνο χρειάζονται συγκεκριμένη ώρα να πραγματοποιηθούν και συνεπώς είναι προβλέψιμες. Οι διεργασίες όμως που συμβαίνουν λόγω ειδικών καταστάσεων, όπως παραδείγματος χάριν μια επιθεώρηση, δεν μπορούν να προβλεφθούν και πρέπει να διακρίνονται από τις πρώτες.

- Εστίαση στην ουσία.

Για να οριστεί ορθά το σύστημα πρέπει να εστιάσει κανείς στις βασικές σχέσεις αιτίου-αποτελέσματος και όχι σε συμπτωματικές λεπτομέρειες. Στην σχεδίαση της παραγωγικής διαδικασίας, παραδείγματος χάριν, δεν μας απασχολεί το πώς λειτουργεί μια μηχανή και τι προγράμματα χρησιμοποιεί για να εκτελέσει την κάθε κατεργασία, αλλά το τι πρώτη ύλη κατεργάζεται και πόση ώρα χρειάζεται για την εκτέλεση της κάθε κατεργασίας.

- Διαχωρισμός των συντελεστών παραγωγής από τους συντελεστές αντίδρασης.
Οι συντελεστές παραγωγής ορίζουν τον τρόπο που δουλεύει ένα σύστημα (π.χ. χρόνοι διεργασιών, σειρά δρομολογίων, κτλ.) ενώ οι συντελεστές αντίδρασης περιγράφουν το πώς το σύστημα ανταποκρίνεται σε κάθε συντελεστή παραγωγής (π.χ. χρήση πόρων, νεκροί χρόνοι, κτλ.). Οι συντελεστές παραγωγής θα πρέπει να είναι στο επίκεντρο της συλλογής δεδομένων, ενώ οι συντελεστές αντίδρασης είναι ουσιαστικά το αποτέλεσμα της προσομοίωσης.

Τα παραπάνω βήματα οδηγούν τον χρήστη στην σωστότερη συλλογή στοιχείων για τη δημιουργία του συστήματος προσομοίωσης.

Για να οργανωθεί καλύτερα η συλλογή δεδομένων που θα περιγράψουν το σύστημα που μελετάται, συνιστώνται οι παρακάτω ενέργειες:

- Καθορισμός των δεδομένων που απαιτούνται.

Το πρώτο βήμα είναι να οριστούν τα αναγκαία δεδομένα για τον προσδιορισμό του συστήματος. Αυτό εξαρτάται πάντα από τον αντικειμενικό σκοπό της μελέτης και το επίπεδο λεπτομέρειας που χρειάζεται να οριστεί το σύστημα. Είναι εύλογο ο χρήστης να ξεκινάει με μια ολική εικόνα της παραγωγικής ροής και έπειτα να μπαίνει σε λεπτομέρειες. Συνεπώς το πρώτο στάδιο είναι η κατασκευή ενός διαγράμματος ροής που καλύπτει τα βασικά στοιχεία του συστήματος. Ανάλογα με το επίπεδο λεπτομέρειας ο χρήστης καλείται να «χτίσει» το μοντέλο του σταδιακά χωρίς να αναλύει στοιχεία που δε θα επηρεάσουν την μελέτη.

Βασικά χαρακτηριστικά που θα οριστούν σε αυτό το στάδιο είναι το είδος και η ποσότητα των οντοτήτων που επεξεργάζεται το σύστημα, οι διαδρομές που ακολουθούνται μέσα στο χώρο αλλά και το ανθρώπινο δυναμικό που χρησιμοποιείται, το είδος και ο χρόνος των κατεργασιών που πραγματοποιούνται, η ποσότητα των αποθεμάτων, και άλλα.

- Χρήση σωστών πηγών δεδομένων.

Έχοντας κατά νου συγκεκριμένες ερωτήσεις για την περιγραφή του συστήματος, ο χρήστης καλείται να βρει τις απαντήσεις, οι οποίες σπανίως προέρχονται από την ίδια πηγή. Ο χρήστης καλείται να συγκεντρώσει

στοιχεία από παλαιότερες αναφορές, από εργαζόμενους και χειριστές μηχανών, από προσωπική παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας αλλά και πολλές φορές κάνοντας υποθέσεις.

Καλές πηγές δεδομένων είναι συνήθως τα προγράμματα παραγωγής, τα διαγράμματα ροής, το χωρομετρικό σχεδιάγραμμα των εγκαταστάσεων, τα προγνώσεις για την αγορά, τα ημερολόγια παραγωγής, οι συγκρίσεις με παρόμοιες παραγωγές αλλά και το ίδιο το προσωπικό που εργάζεται στο σύστημα που μελετάται.

- Χρήση υποθέσεων.

Έχοντας χρονικό περιορισμό ο χρήστης καλείται πολλές φορές να κάνει υποθέσεις βασιζόμενος σε στοιχεία παλιότερων μελετών. Το ίδιο οφείλει να κάνει όταν τα στοιχεία που έχει συλλέξει είναι ελλιπή ή αναξιόπιστα. Επειδή όμως οι υποθέσεις μπορεί και να μην ανταποκρίνονται πλήρως στην πραγματική κατάσταση, είναι εύλογο να βασίζονται σε παλαιότερα δεδομένα και να λαμβάνονται τρία διαφορετικά σενάρια: σύννηθες σενάριο, αισιόδοξο σενάριο και απαισιόδοξο σενάριο.

- Μετατροπή των στοιχείων σε χρήσιμη μορφή.

Τα στοιχεία που συλλέγονται, σπάνια βρίσκονται σε μορφή έτοιμα για χρήση, οπότε ο χρήστης καλείται να τα αναλύσει και να τα μετατρέψει ώστε να είναι σε τέτοια μορφή που να μπορούν αν χρησιμοποιηθούν ως μεταβλητές εισόδου στο μοντέλο προσομοίωσης.

Σε αυτό το στάδιο ο χρήστης μπορεί να αποφασίσει να ομαδοποιήσει κάποιες διεργασίες, χωρίς όμως να παραλείψει σημαντικές πληροφορίες, ώστε το μοντέλο προσομοίωσης να εστιάζεται στην ουσία και όχι στην κάθε λεπτομέρεια. Και σε αυτή την περίπτωση όμως η μετατροπή των δεδομένων πρέπει να γίνει με προσοχή.

- Τεκμηρίωση και έγκριση των δεδομένων.

Μόλις έχουν συλλεχθεί όλες οι απαιτούμενες πληροφορίες είναι εύστοχο να υποστηριχθούν εγγράφως με μορφή διαγραμμάτων, πινάκων ή και λίστας υποθέσεων. Παράλληλα θα πρέπει να σημειώνεται και η πηγή της κάθε πληροφορίας ώστε να μπορεί ο χρήστης να ανατρέξει σε αυτή εφόσον προκύψει κάποιο πρόβλημα. Το έγγραφο με τις πληροφορίες θα πρέπει να ελεγχθεί από κάποιον που γνωρίζει τις διαδικασίες ώστε να υποδείξει στον μελετητή τυχόν κενά που έχει παραλείψει.

Η εξακρίβωση της εγκυρότητας των δεδομένων ενός συστήματος είναι μια χρονοβόρα και δύσκολη διαδικασία, ειδικά εάν έχουν γίνει πολλές υποθέσεις. Όμως

είναι ένα από τα βασικότερα βήματα στην μοντελοποίηση ενός παραγωγικού συστήματος κι έτσι πρέπει να δίνεται η απαιτούμενη προσοχή από τον χρήστη.

2.2.2.3 Κατασκευή Μοντέλου

Αφού συγκεντρωθούν οι απαιτούμενες πληροφορίες για τον ορισμό της λειτουργίας του συστήματος, μπορεί να ξεκινήσει η κατασκευή του μοντέλου προσομοίωσης με το λογισμικό προσομοίωσης. Το να ξεκινήσει κανείς την κατασκευή του μοντέλου πριν συλλέξει τα απαραίτητα στοιχεία μπορεί να αποδειχθεί άσκοπο, παρότι δε χρειάζεται γνώση της κάθε λεπτομέρειας προκειμένου να γίνει μια πρώτη χάραξη του μοντέλου. Ίσως κιάλας η πρόωγη κατασκευή του μοντέλου βοηθήσει στο να εντοπιστούν ελλιπή στοιχεία.

Ο στόχος είναι να γίνει μια ρεαλιστική αναπαράσταση της λειτουργίας του συστήματος που έχει ορισθεί. Επιπλέον το μοντέλο οφείλει να προσφέρει στατιστικά και γραφικά στοιχεία που απαιτούνται για να επιτευχθεί ο αντικειμενικός σκοπός της μελέτης.

Ένα καλό χαρακτηριστικό της προσομοίωσης είναι πως δεν απαιτείται γνώση όλων των λεπτομερειών για να γίνει. Αυτό δίνει στο χρήστη την δυνατότητα να αυξάνει το επίπεδο της λεπτομέρειας του μοντέλου ανάλογα με το επίπεδο ανάλυσης που επιθυμεί ως αποτέλεσμα. Εξάλλου είναι προτιμότερο να ξεκινάει ο χρήστης με απλούστερα μοντέλα και να τα εμπλουτίζει καθώς προχωράει στην προσομοίωση, ώστε να μπορεί να διορθώνει τυχόν λάθη που θα συναντήσει.

2.2.2.4 Εκτέλεση Προσομοίωσης

Το τέταρτο βήμα στην μελέτη είναι η ίδια η προσομοίωση. Στην προσομοίωση ξεκινάει κανείς με μια υπόθεση για το ποιές είναι οι προτιμότερες στρατηγικές σχεδιασμένης λειτουργίας του συστήματος συγκριτικά με κάποιες άλλες. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα τον οδηγήσουν στο συμπέρασμα αν οι τεχνικές που διάλεξε να ακολουθήσει με την υπόθεση που έκανε είναι όντως οι προτιμότερες.

Όπως κάθε πείραμα που αναφέρεται σε ένα σύστημα με τυχαία χαρακτηριστικά, έτσι και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα είναι και αυτά τυχαία από την φύση τους. Τα αποτελέσματα μια και μόνο προσομοίωσης ενός μοντέλου αντιπροσωπεύουν μόνο μια από τις πολλές δυνατές εκβάσεις. Για αυτό το λόγο πρέπει να δοκιμάζονται περισσότερες από μία προσομοιώσεις, ανάλογα κιάλας με τα σενάρια που θέλει να ακολουθήσει η διοίκηση.

2.2.2.5 Ανάλυση Αποτελέσματος

Η ανάλυση αποτελέσματος βασίζεται στην εξαγωγή συμπερασμάτων για το πραγματικό σύστημα με βάση το αποτέλεσμα της προσομοίωσης. Όταν διεξάγονται πειράματα προσομοίωσης πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων αυτής. Επειδή τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι τυχαία (λόγω της φύσης των συντελεστών παραγωγής), είναι απαραίτητη μια ακριβής μέτρηση της στατιστικής σπουδαιότητας του αποτελέσματος.

Οι χρήστες που διεξάγουν προσομοιώσεις για ακαδημαϊκούς λόγους συχνά κατηγορούνται πως δουλεύουν με απλουστευμένες υποθέσεις, παρόλα αυτά είναι πολύ προσεκτικοί στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Από την άλλη, οι χρήστες που αποσκοπούν στην αποτύπωση κάποιου πραγματικού παραγωγικού συστήματος να μην δίνουν μεγαλύτερη προσοχή στην ακρίβεια των δεδομένων, αγνοούν όμως την στατιστική σπουδαιότητα των αποτελεσμάτων. Συνεπώς απαιτείται να υπάρχει μια ισορροπία ανάμεσα στις δύο πτυχές για να είναι επιτυχές το αποτέλεσμα της προσομοίωσης.

Το πιο πολύτιμο όφελος από την προσομοίωση είναι να αποκτήσει ο χρήστης επίγνωση και όχι απαραίτητα να βρει τις απόλυτες απαντήσεις στο πρόβλημα του. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δεν δείχνουν μόνο το πόσο καλά ή όχι δουλεύει ένα σύστημα, αλλά μπορούν να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες για τους τρόπους βελτιστοποίησης του. Δυστυχώς τα αποτελέσματα μιας προσομοίωσης σπάνια προσδιορίζουν τα αίτια των προβλημάτων που μπορεί να υπάρχουν. Παραδείγματος χάριν η αναμονή σε ένα κέντρο κατεργασίας θα φανεί στην αναφορά αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, όχι όμως και τα αίτια. Για τον προσδιορισμό των αιτιών πρέπει να παρακολουθηθεί η παραγωγική διαδικασία ώστε να εξαχθούν τα κατάλληλα συμπεράσματα και να γίνουν οι απαραίτητες βελτιώσεις στο σύστημα παραγωγής.

Για την ανάλυση αποτελέσματος ο χρήστης θα χρησιμοποιήσει τα εργαλεία του ProModel που παρέχονται μετά το πέρας κάθε προσομοίωσης. Ξεκινώντας από την γενική αναφορά (general report) παρέχονται πληροφορίες για την κάθε μεταβλητή (θέση, οντότητα, πόρο, μετρητή) ξεχωριστά. Το σύστημα δίνει σε ποσοστιαία μορφή την εκμετάλλευση της κάθε μεταβλητής κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, καθώς και την ποσότητα των ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων. Να σημειωθεί εδώ πως όλες οι πληροφορίες που δίνονται είναι ανηγμένες στο συνολικό χρόνο που κρατάει η συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία, συμπεριλαμβανομένου και του χρόνου αναμονής των υλικών στον εκάστοτε χώρο αποθήκευσης.

Εκτός από την γενική αναφορά το Promodel μας δίνει την δυνατότητα να ερευνήσουμε κάθε μεταβλητή μεμονωμένα με την χρήση διαγραμμάτων. Τα ακόλουθα διαγράμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διεξάγουμε τα κατάλληλα αποτελέσματα:

- Χρησιμοποίηση θέσεων (Location utilization). Το διάγραμμα αυτό δείχνει το ποσοστό χρήσης της κάθε θέσης, ανηγμένο στον συνολικό χρόνο που διαρκεί η παραγωγική διαδικασία.
- Κατάσταση θέσεων πολλαπλής δυναμικότητας (Multiple Capacity Location States). Αναφερόμενο στις θέσεις που είναι αποθηκευτικοί χώροι και ουρές αναμονής παρουσιάζει την κατάσταση τους μετά την έξοδο των τελικών προϊόντων από το σύστημα. Οι καταστάσεις είναι τρεις: άδεια, μερικώς κατειλημμένη και γεμάτη.
- Νεκροί χρόνοι θέσεων πολλαπλής δυναμικότητας (Multiple Capacity Location Downtimes). Σε ποσοστιαία μορφή δείχνει το νεκρό χρόνο των προαναφερθέντων θέσεων.
- Κατάσταση θέσεων απλής δυναμικότητας (Single Capacity Location States). Ορίζεται για τις θέσεις που είναι κέντρα κατεργασιών και χωρίζει το συνολικό τους χρόνο σε έξι καταστάσεις: λειτουργία, στήσιμο μηχανής, αδράνεια, αναμονή, αποκλεισμός και νεκρός χρόνος.
- Αποκλεισμός πόρων στην μετακίνηση (Resource Blocked in Travel). Αναφέρεται στους πόρους-εργάτες και τον χρόνο που βρίσκονται αποκλεισμένοι στην μετακίνηση.
- Χρησιμοποίηση πόρων (Resource Utilization). Παρουσιάζει το ποσοστό του συνολικού χρόνου που χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία.
- Κατάσταση πόρων (Resource States). Χωρίζει τον χρόνο των πόρων σε πέντε καταστάσεις: σε χρήση, μετακίνηση, μετακίνηση και μεταφορά, αδράνεια και νεκρός χρόνος.
- Κατάσταση οντοτήτων (Entity States). Αναφέρεται στις οντότητες που έχουν οριστεί και χωρίζει τον χρόνο τους που υπάρχουν στο σύστημα σε τέσσερις καταστάσεις: μετακίνηση, αναμονή, σε χρήση και αποκλεισμός.

2.2.2.6 Καταγραφή Συμπερασμάτων

Το τελευταίο βήμα στην διαδικασία της προσομοίωσης είναι η υπόδειξη βελτιώσεων με βάση τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν. Αυτές οι υποδείξεις πρέπει να βασίζονται στα συμπεράσματα που εξάγονται από τις αναφορές της προσομοίωσης και να παρουσιάζονται με σαφή τρόπο ώστε να μπορεί η διοίκηση εύκολα να πάρει μια απόφαση.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων καθώς και η πρόταση λύσεων είναι σημαντικό να χειρίζονται με λεπτότητα. Επιθυμητό είναι να προτείνονται διάφοροι τρόποι επίλυσης

προβλημάτων που μπορεί να έχουν προκύψει χωρίς να γίνεται αντιληπτή η προτίμηση του μελετητή για κάποιον από αυτούς τους τρόπους. Η ύπαρξη αναφορών με τη μορφή διαγραμμάτων και στατιστικών στοιχείων είναι ένα εύχρηστο εργαλείο μιας και παρουσιάζεται με ένα πιο άμεσο και συγκεντρωτικό τρόπο στη διοίκηση, χωρίς περιττές πληροφορίες.

2.2.3 Προβλήματα στην Προσομοίωση

Εφόσον ακολουθηθούν τα παραπάνω βήματα, οι πιθανότητες για την διεξαγωγή μιας επιτυχούς προσομοίωσης είναι μεγάλες. Παρόλα αυτά υπάρχουν φορές που η προσομοίωση αποτυγχάνει και αυτό μπορεί να οφείλεται στους παρακάτω λόγους:

- Αποτυχία στον ορισμό ξεκάθαρων αντικειμενικών στόχων κατά την έναρξη της μελέτης.
- Παράλειψη να εμπλακούν όλοι όσοι θα επηρεαστούν από το αποτέλεσμα της μελέτης.
- Υπέρβαση των οικονομικών και χρονικών ορίων.
- Αποτυχία στην καταγραφή των δεδομένων που θα απαιτούνται.
- Υπερβολικά λεπτομερής ανάλυση των δεδομένων.
- Ανάλυση μεταβλητών που δεν επηρεάζουν άμεσα το σύστημα μελέτης.
- Εξαγωγή συμπερασμάτων με μία μόνο εκτέλεση της προσομοίωσης.
- Παρουσίαση των αποτελεσμάτων στην διοίκηση, βασιζόμενοι σε τεχνικές λεπτομέρειες και όχι στην ευρύτερη εικόνα της παραγωγής.

Η μελέτη και η διεξαγωγή μιας προσομοίωσης αποτελείται από ευδιάκριτες φάσεις που θα πρέπει να γίνουν πλήρως κατανοητές στο χρήστη για να επιτύχει τα σωστά αποτελέσματα. Η προσομοίωση απαιτεί προσεκτική σχεδίαση με ρεαλιστικούς στόχους και προσδοκίες για το αποτέλεσμα. Εφόσον ακολουθηθούν τα παραπάνω βήματα και αποφευχθούν οι διάφορες παγίδες τότε η προσομοίωση θα φέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα στην μελέτη της παραγωγικής διαδικασίας.

2.3 Περιβάλλον Μοντελοποίησης ProModel [27]

Το ProModel είναι ένα εργαλείο προσομοίωσης συστημάτων παραγωγής σε περιβάλλον Windows. Το παράθυρο επεξεργασίας του είναι παρόμοιο με αυτό των

Τα παραπάνω στοιχεία όπως και οι ιδιότητες τους μπορούν να απεικονιστούν στο πρόγραμμα ProModel με ακριβή τρόπο όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

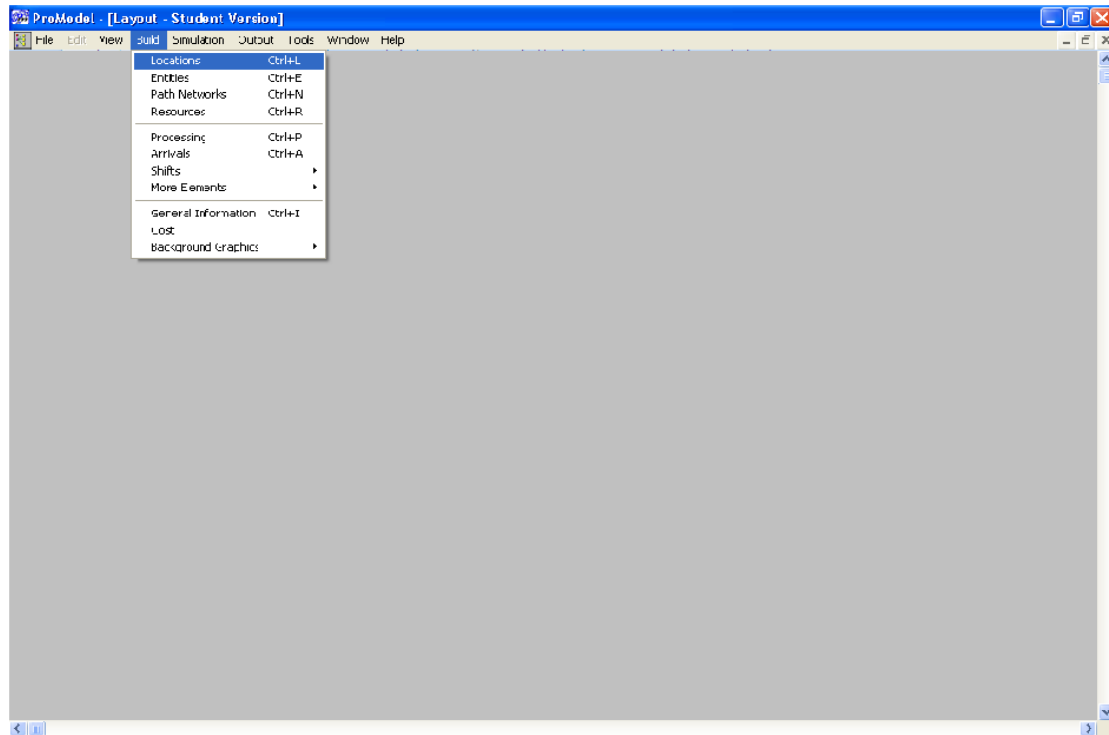
Με το ProModel μπορούν να απεικονιστούν τα παρακάτω δεδομένα και να γίνει κατάλληλος προγραμματισμός για να περιγράψουν την πραγματική κατάσταση του συστήματος:

- Θέσεις (Locations)
- Οντότητες (Entities)
- Αφίξεις (Arrivals)
- Πόροι (Resources)
- Δίκτυα διαδρομής (Path Networks)
- Διεργασίες (Processing).

2.3.2 Θέσεις (Locations)

Οι θέσεις αντιπροσωπεύουν τις σταθερές περιοχές του συστήματος όπου οι οντότητες οδηγούνται για κατεργασία, αποθήκευση ή κάποια άλλη δραστηριότητα. Οι θέσεις θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για να απεικονιστούν στοιχεία όπως οι μηχανές, οι χώροι αναμονής και αποθήκευσης, οι σταθμοί εργασίας και τα μεταφορικά μηχανήματα.

Κάθε θέση αποκτά ένα όνομα και έναν κωδικό. Ο κωδικός αυτός αντιπροσωπεύει την σειρά που έχει η θέση στην συνολική λίστα. Όταν προστίθεται και κάποια λογική προγραμματισμού στην θέση χρησιμοποιείται το όνομά της ή ο κωδικός της με χρήση της εφαρμογής LOC() (βλ. σχήμα 2.7).

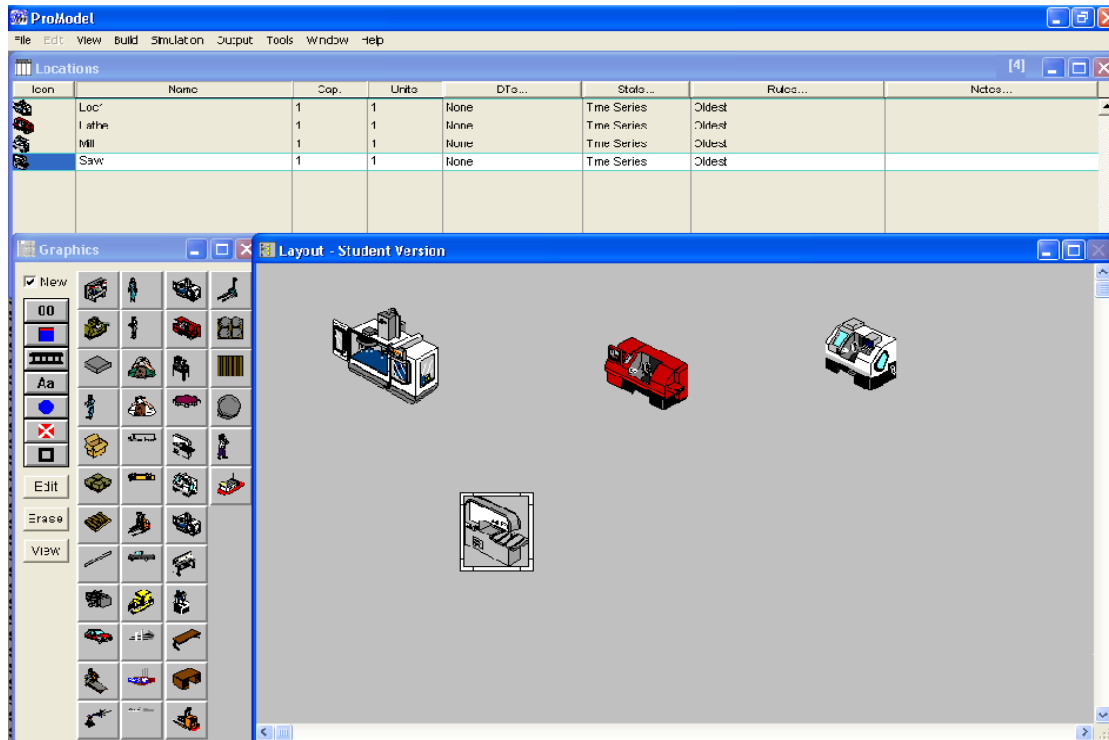


Σχήμα 2.7: Κεντρικό παράθυρο του Promodel

Ο συντάκτης θέσεων (location editor) αποτελείται από τρία παράθυρα:

- Το παράθυρο γραφικών των θέσεων (Location Graphics window)
- Τον πίνακα θέσεων (Location edit table)
- Το χωρομετρικό σχεδιάγραμμα (Layout window).

Ο χρήστης διαλέγει το είδος της θέσης που θέλει καθώς και το γραφικό σύμβολο με το οποίο θέλει να την συμβολίσει και το τοποθετεί στο χωρομετρικό σχεδιάγραμμα. Έπειτα προσδιορίζει τα χαρακτηριστικά της θέσης και ορίζει τις παραμέτρους που την περιγράφουν στον πίνακα θέσεων. Πληροφορίες όπως χρόνοι προετοιμασίας της μηχανής (set-up time) και αριθμό τεμαχίων που μπορεί να κατεργαστεί παράλληλα καταγράφονται στον ίδιο πίνακα (βλ. σχήμα 2.8).



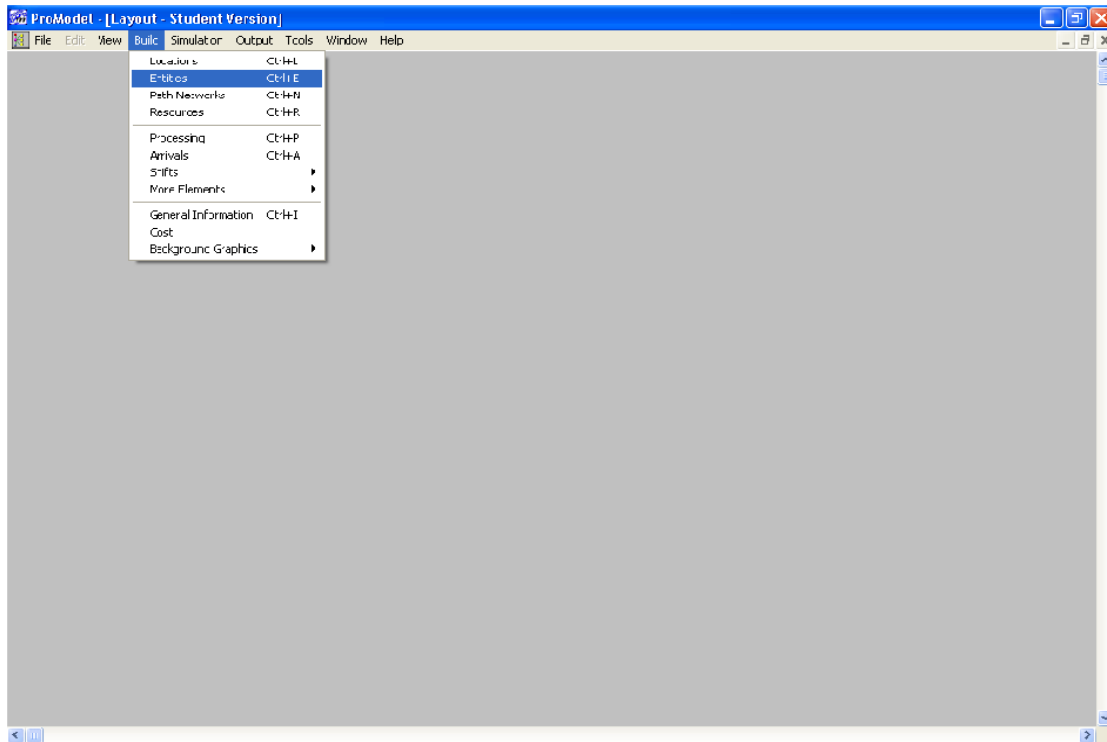
Σχήμα 2.8: Παράθυρο γραφικών, πίνακας θέσεων και χωροταξικό σχεδιάγραμμα

Τα γραφικά τοποθετούνται από τον χρήστη στο χωρομετρικό σχεδιάγραμμα, λαμβάνοντας υπόψη την πραγματική διάταξη του χώρου παραγωγής και τις αποστάσεις μεταξύ των κέντρων κατεργασίας. Τέλος υπάρχει δυνατότητα να παρουσιαστούν οι ουρές αναμονής και οι χώροι αποθήκευσης με τον συντάκτη θέσεων.

2.3.3 Οντότητες (Entities)

Ως οντότητα ορίζεται οτιδήποτε μπορεί να επεξεργαστεί στις θέσεις ενός μοντέλου. Συνεπώς οντότητες είναι τα διάφορα τεμάχια προς κατεργασία, τα έτοιμα ή ημι-έτοιμα προϊόντα αλλά και οποιασδήποτε μορφής έγγραφα. Οι οντότητες μπορούν να ομαδοποιηθούν, όπως παραδείγματος χάριν όταν στοιβάζονται πολλά τεμάχια σε μια παλέτα, να ενοποιηθούν, όπως όταν ένα ελαστικό ενώνεται με μια στεφάνη για να σχηματίσουν την ρόδα, να χωριστούν, όταν κόβεται ένα τεμάχιο σε μερικά μικρότερα αλλά και να μετατραπούν σε μία ή και περισσότερες νέες οντότητες.

Κάθε οντότητα έχει ένα όνομα και έναν κωδικό. Κατά τον προγραμματισμό η κάθε οντότητα μπορεί να αναφερθεί με το όνομα της ή με τον κωδικό της χρησιμοποιώντας την λειτουργία ENT(). Παράλληλα δίνονται και κάποια χαρακτηριστικά στην κάθε οντότητα όπως μέγεθος και διαστάσεις, βάρος αλλά και έλεγχος αποδοχής (pass/fail status) (βλ. σχήμα 2.9).

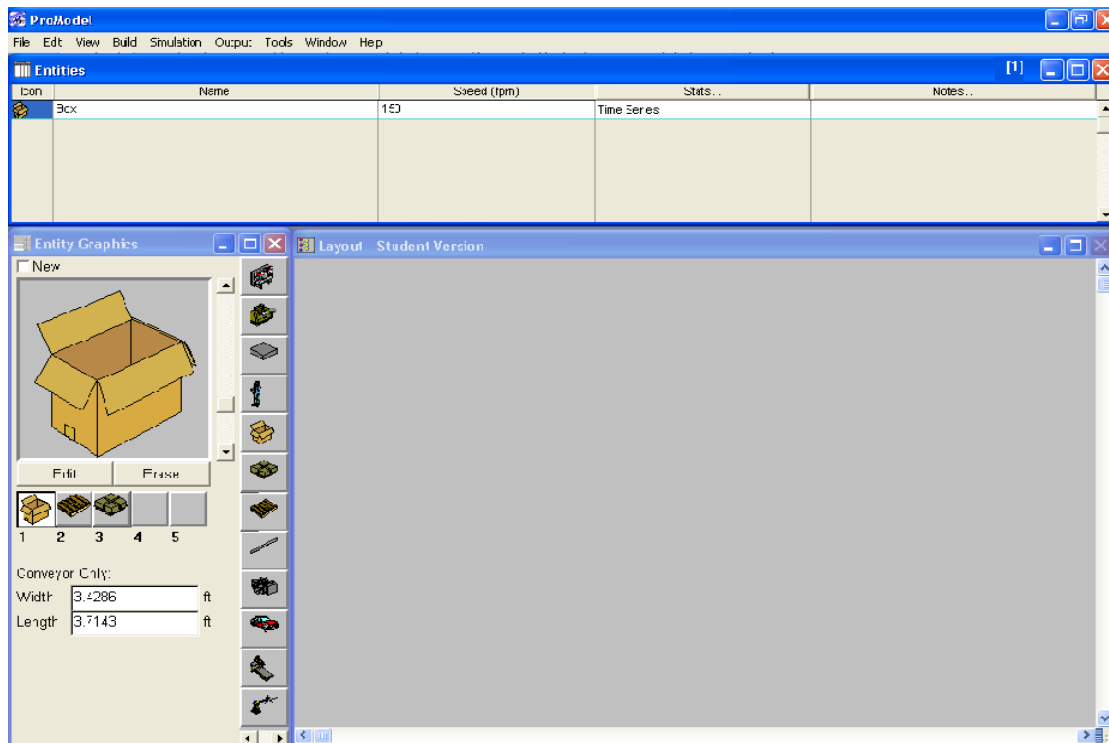


Σχήμα 2.9: Κεντρικό παράθυρο του Promodel

Ο συντάκτης οντοτήτων (entities editor) αποτελείται από τρία παράθυρα:

- Το παράθυρο γραφικών των οντοτήτων (Entities Graphics window)
- Τον πίνακα οντοτήτων (Entities edit table)
- Το χωρομετρικό σχεδιάγραμμα (Layout window).

Ο χρήστης διαλέγει το είδος της οντότητας και ορίζει τα χαρακτηριστικά της. Έπειτα προσδιορίζει το γραφικό με το οποίο θέλει να την συμβολίσει και το τοποθετεί στο χωρομετρικό σχεδιάγραμμα. Σε αυτό το σημείο μπορεί να καταγράψει και τις διαστάσεις τις κάθε οντότητας ώστε να είναι πιο ρεαλιστικό το τελικό μοντέλο (βλ. σχήμα 2.10).



Σχήμα 2.10: Παράθυρο γραφικών, πίνακας οντοτήτων και χωροταξικό σχεδιάγραμμα

Εν αντιθέσει με τις θέσεις, οι οντότητες δεν εμφανίζονται στο χωρομετρικό σχεδιάγραμμα παρά μόνον όταν ξεκινάει η προσομοίωση. Αυτό είναι αναμενόμενο μιας και το σχεδιάγραμμα δείχνει το πώς είναι τοποθετημένοι οι σταθμοί κατεργασίας στο χώρο της παραγωγής και όχι την ίδια την διαδικασία παραγωγής. Αυτή φαίνεται μόνο κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

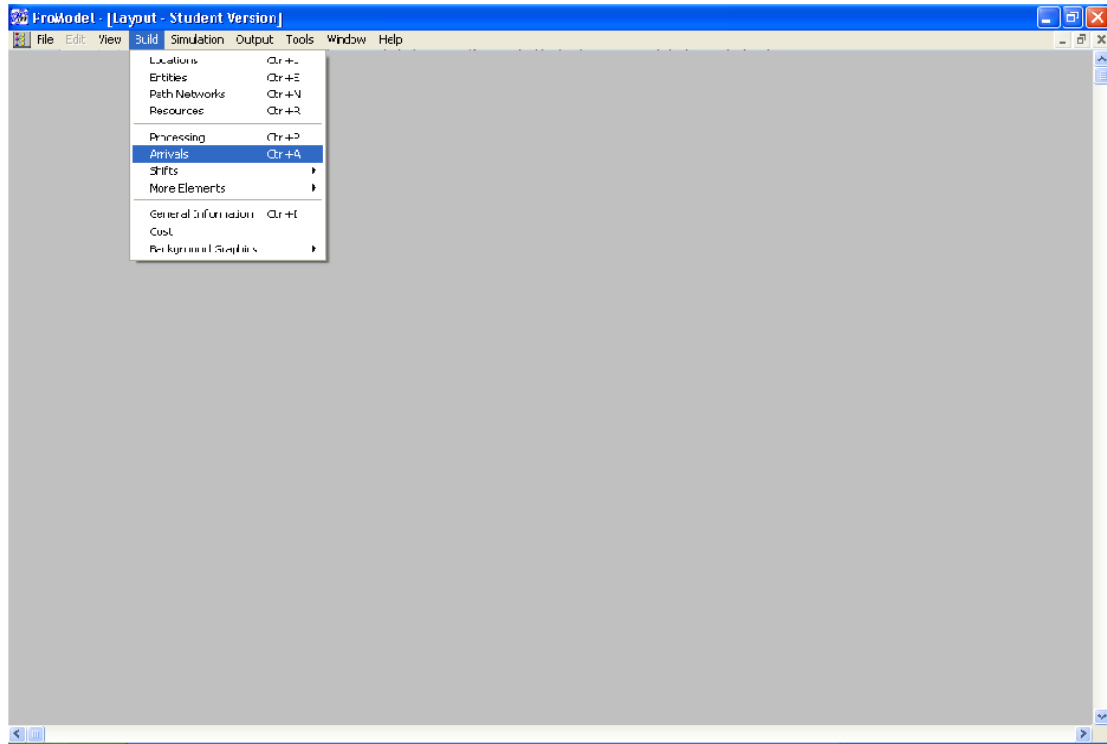
2.3.4 Αφίξεις (Arrivals)

Κάθε φορά που μια νέα οντότητα εισάγεται στο σύστημα, αυτή καταχωρίζεται ως άφιξη. Η καταγραφή της νέας άφιξης πρέπει να περιέχει τις παρακάτω πληροφορίες:

- Αριθμός οντοτήτων ανά άφιξη
- Συχνότητα των αφίξεων
- Θέση των αφίξεων
- Χρόνος της πρώτης άφιξης
- Συνολική εμφάνιση της άφιξης.

Κάθε ποσότητα οποιασδήποτε μορφής οντότητας μπορεί να χαρακτηριστεί ως άφιξη σε μια θέση. Η συχνότητα των αφίξεων μπορεί να ορισθεί είτε ως απλή διανομή είτε

ως ένα μοτίβο κυκλικά επαναλαμβάνεται σε δοσμένο χρονικό διάστημα (βλ. σχήμα 2.11).

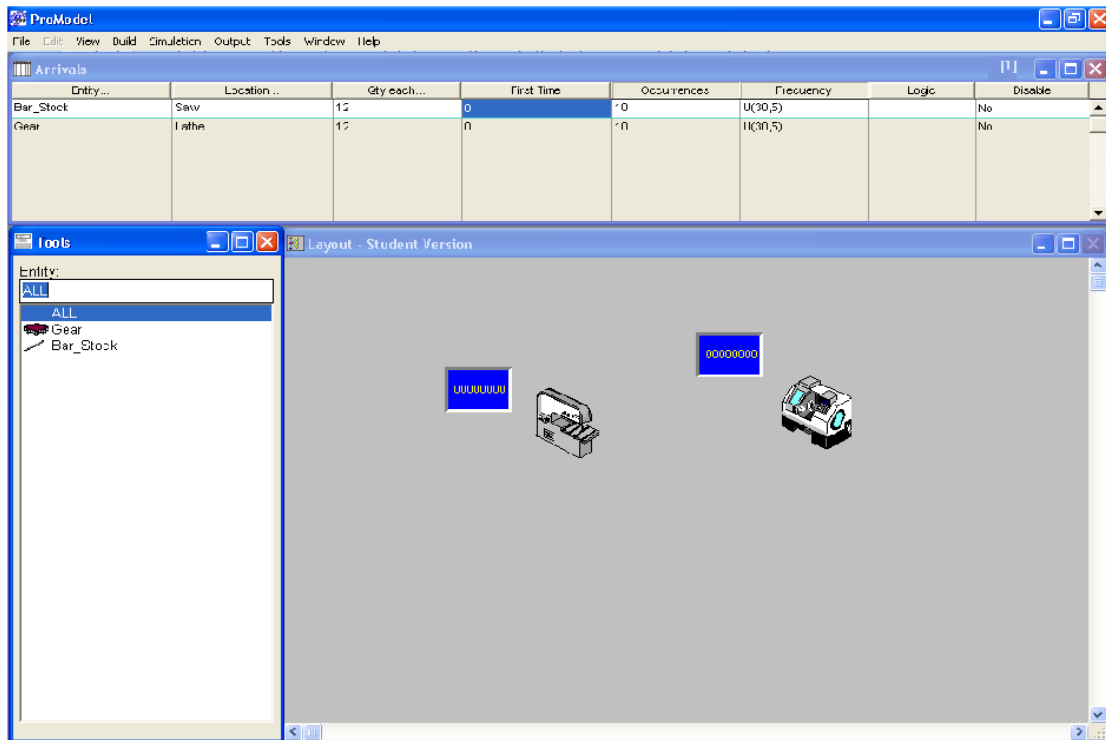


Σχήμα 2.11: Κεντρικό παράθυρο του Promodel

Ο συντάκτης αφίξεων (arrivals editor) αποτελείται από τρία παράθυρα:

- Το παράθυρο εργαλείων (Tools window)
- Τον πίνακα αφίξεων (Arrivals edit table)
- Το χωρομετρικό σχεδιάγραμμα (Layout window).

Ο πίνακας αφίξεων περιέχει τις προδιαγραφές για κάθε άφιξη στο σύστημα, ενώ το παράθυρο εργαλείων περιλαμβάνει εργαλεία για να οριστούν γραφικά οι αφίξεις. Να επισημανθεί σε αυτό το σημείο πως με τον πίνακα αφίξεων ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει και μια λογική προγραμματισμού εφόσον υπάρχει κάποιος πολυπλοκότερος τρόπος που εμφανίζονται οι αφίξεις στο σύστημα (βλ. σχήμα 2.12).



Σχήμα 2.12: Παράθυρο εργαλείων, πίνακας αφίξεων και χωροταξικό σχεδιάγραμμα

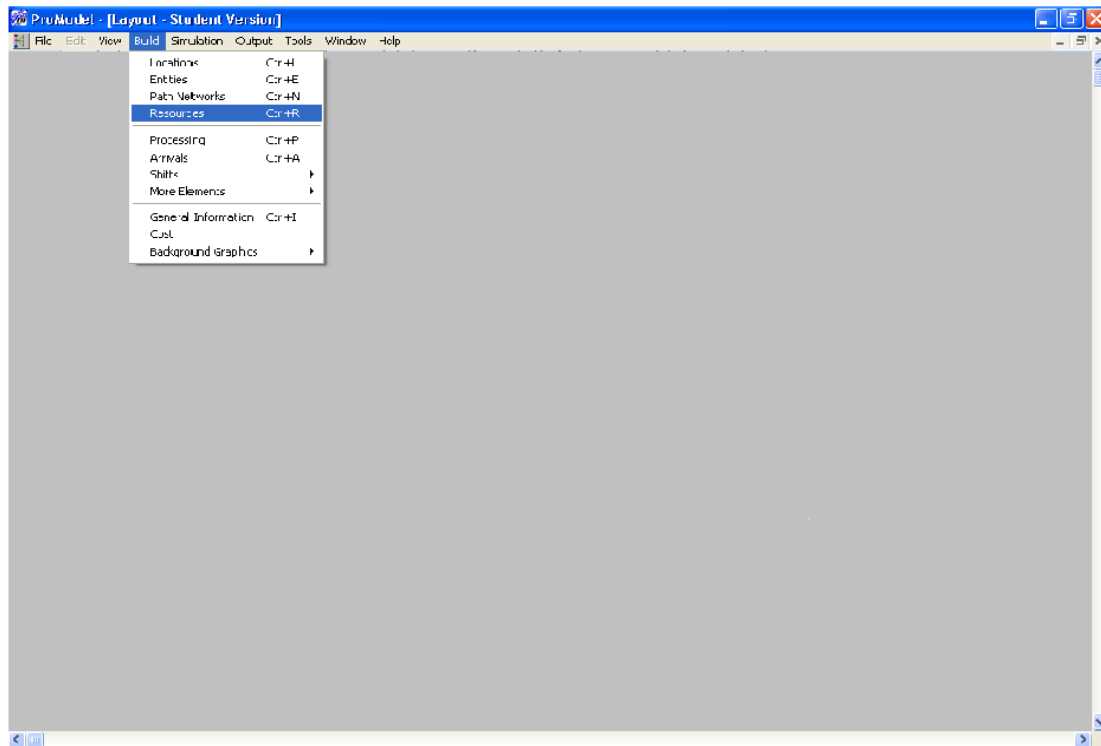
2.3.5 Πόροι (Resources)

Ως πόρο ορίζουμε το ανθρώπινο δυναμικό της παραγωγής, εξαρτήματα ή άλλα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται σε μία ή και περισσότερες εφαρμογές από τις παρακάτω:

- Μεταφορά οντότητας
- Βοήθεια στην εκτέλεση κάποιας διεργασίας μιας οντότητας σε μια θέση
- Πραγματοποίηση συντήρησης κάποιας θέσης
- Πραγματοποίηση συντήρησης κάποιου άλλου πόρου.

Οι πόροι είναι συνήθως ένα σύνολο με κάποια κοινά χαρακτηριστικά όπως μια ομάδα τεχνικών επισκευής ή ένας στόλος από νταλίκες. Μπορεί να είναι δυναμικοί, δηλαδή να κινούνται στο χώρο της παραγωγής ή να είναι στατικοί όπου δεν προκύπτει οποιαδήποτε κίνηση.

Κάθε πόρος έχει ένα όνομα και έναν κωδικό όπως και τα υπόλοιπα στοιχεία του προγράμματος ProModel. Στον προγραμματισμό κάποιας λογικής μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε το όνομα του πόρου είτε ο κωδικός του με την εντολή RES() (βλ. σχήμα 2.13).



Σχήμα 2.13: Κεντρικό παράθυρο του Promodel

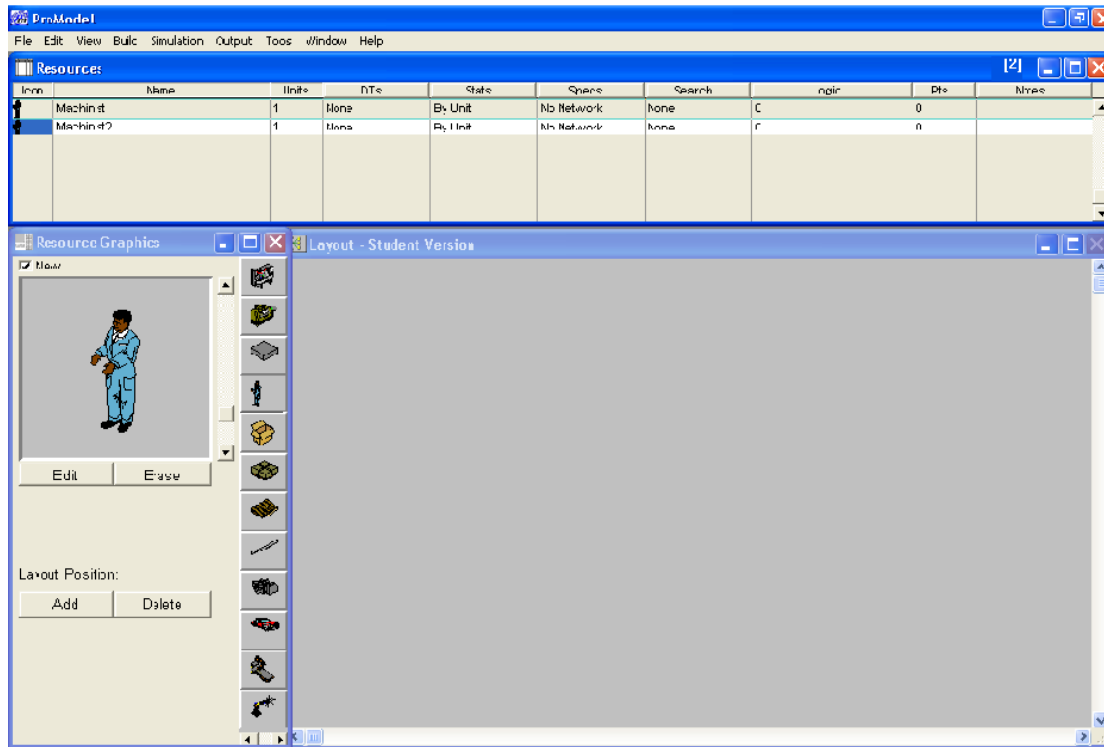
Ο συντάκτης πόρων (resources editor) αποτελείται από τρία παράθυρα:

- Το παράθυρο γραφικών των πόρων (Resource Graphics window)
- Τον πίνακα πόρων (Resources edit table)
- Το χωρομετρικό σχεδιάγραμμα (Layout window).

Τα παράθυρα αυτά χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν τις προδιαγραφές του κάθε πόρου. Ο πίνακας πόρων που βρίσκεται στο πάνω τμήμα της οθόνης, δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να ορίσει το όνομα του κάθε πόρου, τον αριθμό των όμοιων μονάδων του, τους νεκρούς του χρόνους αλλά και άλλες χρήσιμες πληροφορίες όπως σε ποιο δίκτυο διαδρομής ανήκει. Στον πίνακα γραφικών ο χρήστης διαλέγει το γραφικό που θέλει να αναπαραστήσει τον κάθε πόρο στο χωροταξικό σχεδιάγραμμα κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Ένας πόρος μπορεί να έχει παραπάνω του ενός γραφικά για να απεικονίζει διαφορετικές όψεις, να αλλάζει χρώμα αν υποστεί κάποια βλάβη, κ.ο.κ.

Για τους στατικούς πόρους δεν ορίζεται κάποιο δίκτυο διαδρομής. Τέτοιοι πόροι είναι απαραίτητοι σε μια συγκεκριμένη θέση και έτσι δεν κινούνται, όπως κάποιος υπεύθυνος επιθεώρησης ενός κέντρου κατεργασίας. Οι στατικοί πόροι εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης στο ίδιο σημείο όπου ορίστηκαν γραφικά από τον χρήστη.

Οι δυναμικοί πόροι κινούνται στο ορισμένο από τον χρήστη δίκτυο διαδρομής και μπορούν να μεταφέρουν οντότητες μεταξύ θέσεων όπως θα έκανε ένα περνοφόρο. Μπορεί, επίσης, να κατεργάζονται οντότητες σε διάφορες θέσεις όπως θα έκανε ένας χειριστής μηχανών καθώς εκτελεί τα καθήκοντά του. Για αυτό το λόγο είναι προτιμότερο να μοντελοποιείται η κίνηση των πόρων με τη χρήση των δικτύων διαδρομής. Εφόσον οριστεί ορθά το δίκτυο διαδρομής, οι πόροι θα μετακινούνται πάνω σε αυτό κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης (βλ. σχήμα 2.14).



Σχήμα 2.14: Παράθυρο γραφικών, πίνακας πόρων και χωροταξικό σχεδιάγραμμα

2.3.6 Δίκτυα Διαδρομής (Path Networks)

Όταν οι πόροι μοντελοποιούνται ως δυναμικοί πόροι, οι οποίοι μετακινούνται μεταξύ θέσεων, τότε υπάρχει ανάγκη για τον ορισμό ενός δικτύου διαδρομής. Οι οντότητες που μετακινούνται μόνες τους επίσης ακολουθούν κάποιο δίκτυο διαδρομής εφόσον έχει γίνει και η αντίστοιχη αναφορά κατά τον προγραμματισμό της κίνησης (move logic). Διάφορες οντότητες και πόροι μπορούν να έχουν κοινά δίκτυα διαδρομής μέσα στο χώρο της παραγωγής. Η κίνηση σε αυτά τα δίκτυα μπορεί να οριστεί και με παραμέτρους όπως αυτός της ταχύτητας ή της απόστασης μεταξύ θέσεων.

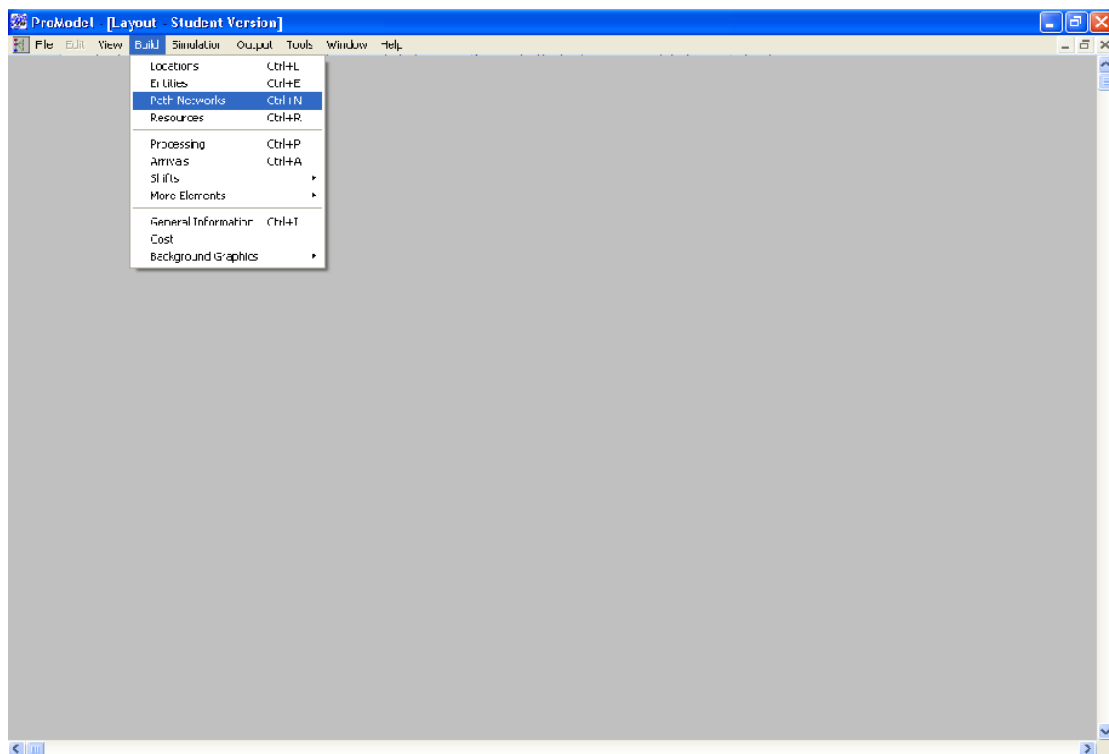
Υπάρχουν τρία διαφορετικά είδη δικτύων:

- Τα διερχόμενα (passing)
- Τα μη-διερχόμενα (non-passing)

- Οι γερανοί (crane)

Τα διερχόμενα δίκτυα χρησιμοποιούνται για να μοντελοποιήσουν ελεύθερες διαδρομές μέσα στο χώρο όπου οι οντότητες και οι πόροι μπορούν να προσπεράσουν ο ένας τον άλλον. Σε αντίθεση, τα μη-διερχόμενα δίκτυα αποτελούνται από μονοσήμαντα ορισμένες πορείες όπου η προσπέραση δεν είναι εφικτή. Τέλος, ένα διαφορετικό είδος δικτύων είναι αυτό των γερανών που ουσιαστικά ορίζουν την κίνηση που καταγράφουν μέσα στον χώρο της παραγωγής.

Τα διερχόμενα και μη-διερχόμενα δίκτυα αποτελούνται από κόμβους, που ενώνονται μεταξύ τους με τμήματα διαδρομών. Τα τμήματα διαδρομών προσδιορίζονται από έναν αρχικό και έναν τελικό κόμβο, ενώ μπορεί να είναι μιας αλλά και δύο κατευθύνσεων. Για όλα τα δίκτυα διαδρομής, οι κόμβοι ορίζουν τα σημεία όπου γίνεται κάποια διεργασία μεταξύ οντοτήτων και θέσεων (βλ. σχήμα 2.15).



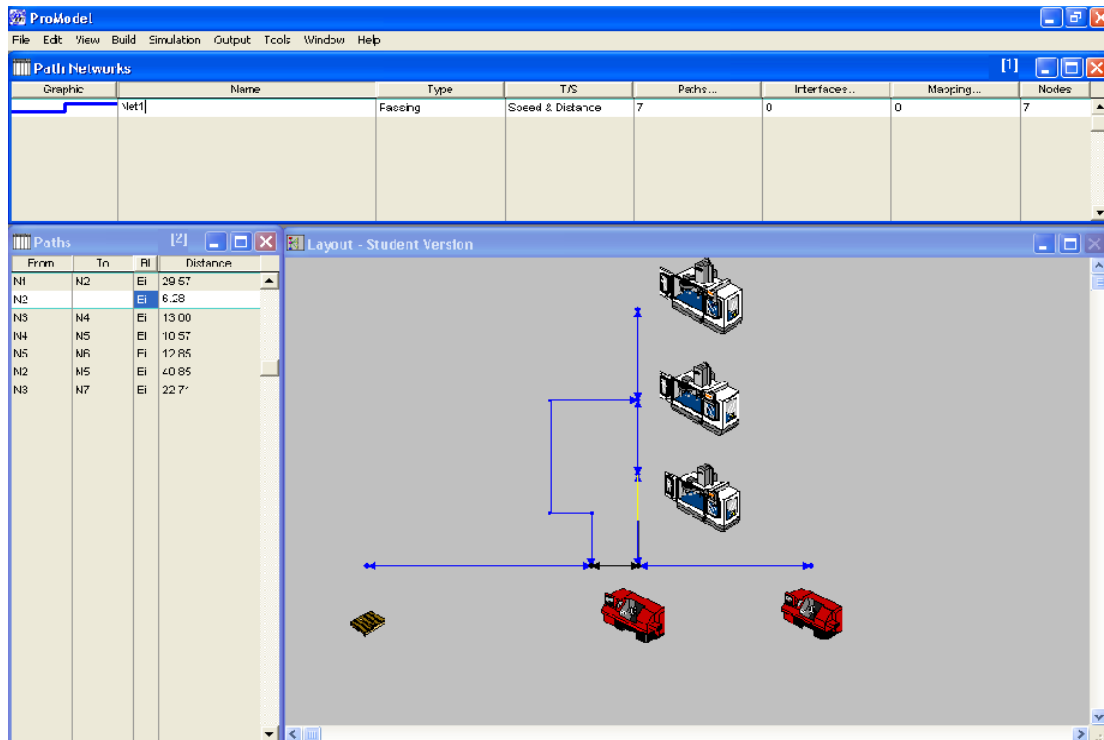
Σχήμα 2.15: Κεντρικό παράθυρο του Promodel

Ο συντάκτης δικτύων διαδρομής (Path Networks editor) αποτελείται από τρία παράθυρα:

- Το παράθυρο γραφικών των διαδρομών (Paths window)
- Τον πίνακα δικτύων διαδρομών (Path Networks edit table)
- Το χωρομετρικό σχεδιάγραμμα (Layout window).

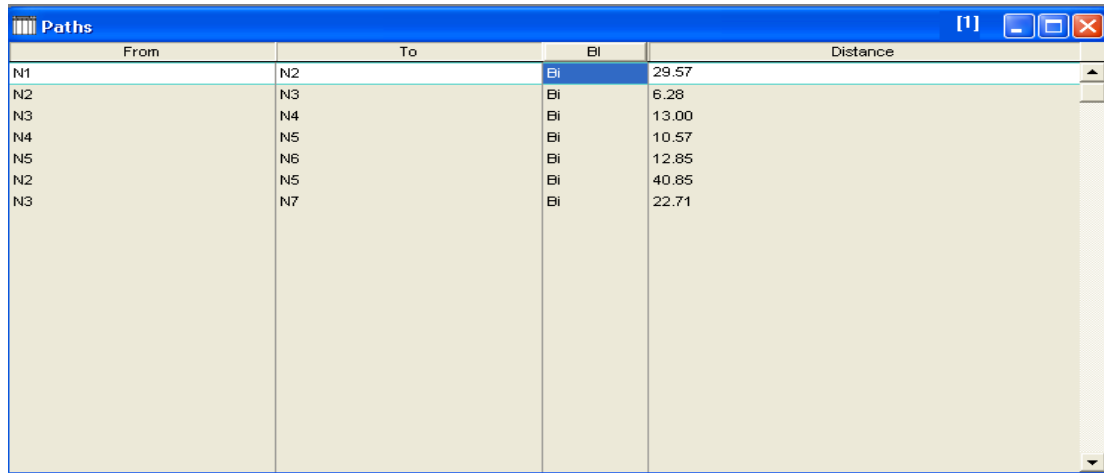
Στον πίνακα δικτύων διαδρομών ο χρήστης μπορεί να ορίσει βασικές πληροφορίες για κάθε δίκτυο, όπως το όνομα του, το είδος του αλλά και την βάση για τον τρόπο κίνησης των οντοτήτων και των πόρων μέσα σε αυτό. Επίσης μπορούν να οριστούν οι κόμβοι και τα τμήματα της διαδρομής.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα τυπικό δίκτυο διαδρομών αποτελούμενο από επτά κόμβους N1 έως N7. Τα τμήματα των διαδρομών μπορούν να είναι είτε ευθείες που συνδέουν τον έναν κόμβο με τον άλλο, είτε μπορούν να έχουν ενδιάμεσες ενώσεις (joints) (βλ. σχήμα 2.16).



Σχήμα 2.16: Παράθυρο γραφικών, πίνακας δικτύων διαδρομών και χωροταξικό σχεδιάγραμμα

Στο παράθυρο διαδρομών καταχωρούνται τα τμήματα διαδρομών που αποτελούν το κάθε δίκτυο. Ο τρόπος μεταφοράς οντοτήτων και πόρων μπορεί να ορισθεί είτε βάσει χρόνου είτε βάσει απόστασης (βλ. σχήμα 2.17).

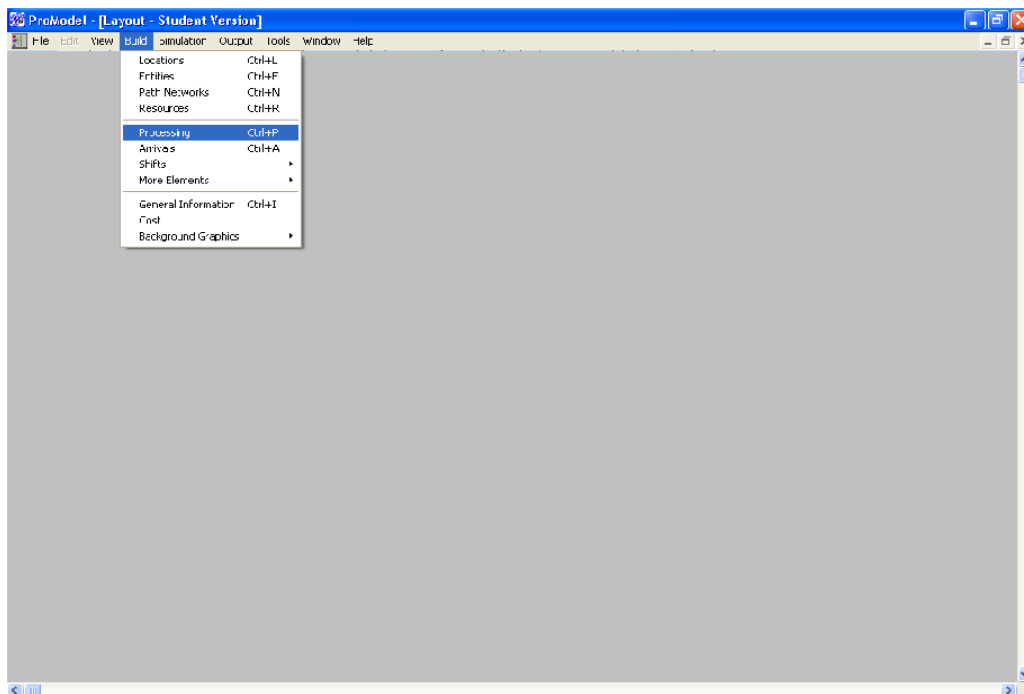


From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	29.57
N2	N3	Bi	6.28
N3	N4	Bi	13.00
N4	N5	Bi	10.57
N5	N6	Bi	12.85
N2	N5	Bi	40.85
N3	N7	Bi	22.71

Σχήμα 2.17: Πίνακας δικτύων διαδρομών

2.3.7 Διεργασίες (Processing)

Ως διεργασία ορίζεται η πορεία μιας οντότητας μέσα από το σύστημα και η σειρά εργασιών στην οποία υπόκειται σε κάθε θέση. Μόλις οι οντότητες εισέλθουν στο σύστημα, όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο των αφίξεων, οι διεργασίες καθορίζουν ακριβώς τι θα τους συμβεί μέχρι να εξέλθουν από το σύστημα. Πριν ξεκινήσει ο χρήστης να προσδιορίζει τις διεργασίες, πρέπει να ορίσει τις οντότητες και τις θέσεις που θα αναφέρονται στην λογική διεργασιών (βλ. σχήμα 2.18).

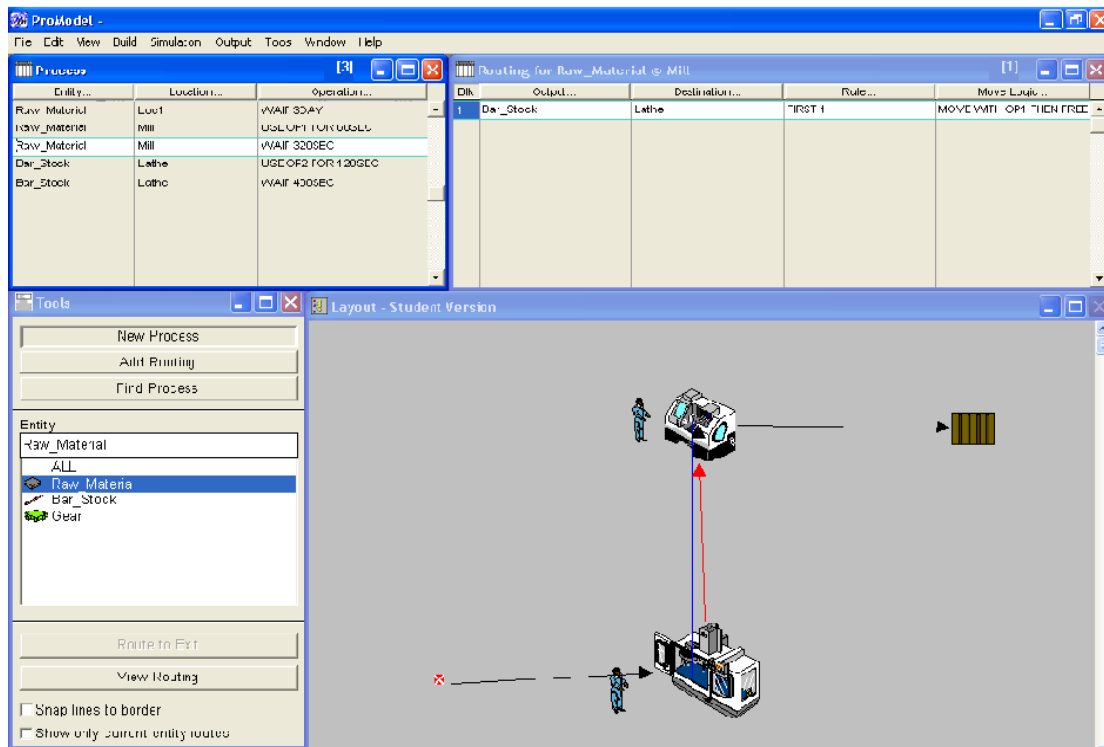


Σχήμα 2.18: Κεντρικό παράθυρο του Promodel

Ο συντάκτης διεργασιών (Processing editor) αποτελείται από τέσσερα παράθυρα:

- Τον πίνακα διεργασιών (Process edit table)
- Τον πίνακα διαδρομών (Routing edit table)
- Το παράθυρο εργαλείων (Tools window)
- Το χωρομετρικό σχεδιάγραμμα (Layout window).

Ο χρήστης αφού έχει διαλέξει τις οντότητες που θα επεξεργαστούν στις θέσεις στην παραγωγή, μπορεί πλέον να δώσει περισσότερες πληροφορίες για το είδος της επεξεργασίας, λεπτομέρειες για τους χρόνους που θα απαιτηθούν (set-up μηχανής, χρόνος καταγωγής) καθώς και να ορίσει την ροή του υλικού μέσα στο χώρο της παραγωγής. Αυτό πρακτικά γίνεται ορίζοντας εντολές στους δύο πίνακες: τον πίνακα διεργασιών και τον πίνακα διαδρομών.



Σχήμα 2.19: Παράθυρο γραφικών, πίνακας διεργασιών, πίνακας διαδρομών και χωροταξικό σχεδιάγραμμα

Στο παράδειγμα του σχήματος 2.19 βλέπουμε πως ο χρήστης μπορεί στο αριστερό παράθυρο να ορίσει το είδος της οντότητας που είναι προς επεξεργασία, την θέση που θα λάβει χώρα αυτή η επεξεργασία καθώς και την λογική που θα ακολουθηθεί. Αντίστοιχα στο αριστερό παράθυρο ορίζεται το προϊόν της επεξεργασίας και το επόμενη βήμα που θα πρέπει να ακολουθήσει η οντότητα αυτή.

Τα παραπάνω είναι τα βασικότερα στοιχεία που ορίζει ο χρήστης. Πέραν αυτών υπάρχει δυνατότητα να προστεθούν επιπλέον στοιχεία όπως κάποιοι μετρητές που δίνουν πιο ξεκάθαρη εικόνα κατά την διάρκεια της προσομοίωσης ή ακόμη και να γίνει ορισμός της κάθε βάρδιας και των διαλειμμάτων για λεπτομερέστερη μοντελοποίηση της μελετώμενης παραγωγής.

Κεφάλαιο 3: Συλλογή στοιχείων και περιγραφή εταιρείας

3.1 Εισαγωγή

Για να φτάσει κανείς στο επιθυμητό αποτέλεσμα της προσομοίωσης της παραγωγής οφείλει αρχικά να χαρτογραφήσει την εταιρεία του ενδιαφέροντος του ώστε να έχει μια πρώτη πλήρη εικόνα της λειτουργίας του. Η χαρτογράφηση αυτή βασίζεται στην συλλογή στοιχείων από τα καίρια τμήματα της επιχείρησης καθώς και στον προσδιορισμό του ρόλου τους στην παραγωγική διαδικασία.

Χρησιμοποιήθηκαν διάφορες τεχνικές συλλογής στοιχείων, όπως παρουσιάζεται παρακάτω, για να αποκτήσουμε σαφή και ολοκληρωμένη εικόνα όλων των διαδικασιών μέσα στην επιχείρηση. Μελετήθηκε επίσης το Σύστημα Διασφάλισης Ποιότητας (ISO) που χρησιμοποιεί η εταιρεία προκειμένου να αποκτήσουμε πληρέστερη εικόνα αλλά και να δούμε αν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

Στη συνέχεια η εργασία επικεντρώθηκε στο Τμήμα Παραγωγής με λεπτομερή ανάλυση του προγράμματος που ακολουθείται, των νεκρών χρόνων καθώς και των χρόνων κατεργασίας, της διακίνησης ημι-έτοιμων προϊόντων αλλά και της διαχείρισης των αποθεμάτων.

Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίθηκαν με πρότυπους χρόνους που έχουν δοθεί από το Τμήμα Σχεδιασμού Παραγωγής με σκοπό να εξάγουμε πραγματικά συμπεράσματα. Προχωρήσαμε σε εκτιμήσεις των αιτιών των καθυστερήσεων στην παραγωγική διαδικασία και χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα προσομοίωσης Promodel για να περιγράψουμε αναλυτικά τόσο την υπάρχουσα όσο και την ιδανική κατάσταση.

3.2 Περιγραφή της εταιρείας

3.2.1 Γενικά

Η εταιρεία Ergo-fit, στην οποία αναφέρεται η συγκεκριμένη μελέτη, ιδρύθηκε το 1947 στο Pirmasens της Γερμανίας. Επειδή η συγκεκριμένη πόλη ήταν γνωστή για την παραγωγή παπουτσιών η Ergo-fit ξεκίνησε ουσιαστικά ως εργοστάσιο παραγωγής παπουτσιών. Σήμερα η εταιρεία παράγει γυμνασθηριακό εξοπλισμό για ιατρική αλλά και για ατομική χρήση. Η επιχείρηση χωρίζεται σε δύο επιμέρους εταιρίες: την Ergo-fit GmbH&Co. KG η οποία εμπορεύεται τον εξοπλισμό που κατασκευάζει στην Ergo-fit Fitness Systems Handles GmbH, που με την σειρά της τον πωλεί στο ευρύ κοινό. Ο διαχωρισμός αυτός εικάζουμε ότι έχει πραγματοποιηθεί για φορολογικούς λόγους. Τέλος υπάρχει και θυγατρική εταιρεία με έδρα στη Μαδρίτη η οποία δεν κατασκευάζει αλλά μόνο εμπορεύεται τον εξοπλισμό. Η

εταιρεία Ergo-fit διακινεί το εμπόρευσμά της όχι μόνο στην Γερμανία αλλά και στο εξωτερικό δεδομένου ότι το ενδιαφέρον για την αγορά γυμνασθηριακού εξοπλισμού είναι παγκόσμιο.

Για να προσδιορίσουμε καλύτερα την αγορά στην οποία κινείται η συγκεκριμένη επιχείρηση αλλά και τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιεί τις εργασίες της χρειάστηκε ενδελεχής έρευνα στο εξωτερικό της περιβάλλον αλλά και στην εσωτερική της δομή.

3.2.2 Συλλογή πληροφοριών

3.2.2.1 Μελέτη αγοράς (εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος:)

Με την βοήθεια του τμήματος Marketing της εταιρείας και με τη χρήση του ιντερνέτ συλλέξαμε πληροφορίες για την αγορά και αποκτήσαμε μια σαφέστερη εικόνα για την Ergo-fit.

Η Ergo-fit κατασκευάζει και εμπορεύεται 2 είδη εξοπλισμού: όργανα γυμναστικής που προορίζονται για γυμναστήρια, για το σπίτι ή για γενικότερη χρήση σε χώρους αναψυχής και όργανα γυμναστικής που προορίζονται για νοσοκομειακή χρήση ή για φυσιοθεραπευτικούς λόγους.

Τα όργανα που παράγει η εταιρεία είναι από χάλυβα και όχι από πλαστικό όπως τα όργανα άλλων εταιρειών με αποτέλεσμα να είναι σαφώς ακριβότερα. Η ποιότητα είναι ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά των προϊόντων της Ergo-fit και αποτελεί το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της συγκριτικά με τις υπόλοιπες εταιρείες του κλάδου. Όλα τα τμήματα συναρμολόγησης κατασκευάζονται στη Γερμανία με μόνη εξαίρεση ορισμένα κομμάτια των οργάνων που έχουν βάρη και τα οποία αγοράζονται από την Κίνα. Αυτό βέβαια, όπως είναι λογικό αυξάνει το κόστος όπως ήδη αναφέραμε. Επομένως εύκολα κατανοούμε ότι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της εταιρείας κινδυνεύει να μετατραπεί σε σημαντικό μειονέκτημα. Το περιθώριο κέρδους δεν είναι πολύ μεγάλο μιας και τα εξαρτήματα κατασκευάζονται εντός των συνόρων της Γερμανίας, όπου ο μισθός ενός μέσου εργάτη είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο ενός Κινέζου. Επιπροσθέτως, η εταιρεία έχοντας ένα μικρό σχετικά Τμήμα Marketing δεν έχει δώσει μεγάλη έμφαση στην προώθηση και την διαφήμισή της. Δεν χρησιμοποιεί σύγχρονες επικοινωνιακές μεθόδους προώθησης των προϊόντων της ενώ, οι νεωτερισμοί γίνονται σπανίως κι έτσι η ανταπόκριση από το κοινό δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητική.

Ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα της εταιρείας που αναδεικνύεται σταδιακά όμως, είναι η πρωτοτυπία στον τρόπο απεικόνισης της γυμναστικής που κάνει ο πελάτης. Ο χρήστης διαθέτει μια κάρτα στην οποία εισάγει τα προσωπικά του

δεδομένα, όπως η ηλικία και το βάρος καθώς και το πρόγραμμα που του προτείνεται από τον υπεύθυνο του γυμναστηρίου ή τον γιατρό του. Στη συνέχεια, εισάγει την κάρτα στο όργανο γυμναστικής και με τη βοήθεια μιας σύγχρονης οθόνης αφής παρακολουθεί όλες τις προϋποθέσεις του προγράμματος το οποίο επέλεξε (πόσο βάρος πρέπει να σηκώσει, πόσες και τι είδους επαναλήψεις πρέπει να κάνει, κτλ.). Αυτός ο νεωτερισμός θεωρείται ότι θα δώσει στην εταιρεία μια ευκαιρία να κυριαρχήσει στη σύγχρονη αγορά. Από την άλλη όμως οι χαμηλές τιμές των ανταγωνιστικών εταιρειών, οι οποίες κατασκευάζουν κυρίως στις ασιατικές χώρες αποτελεί σημαντικό ανταγωνιστικό κίνδυνο για την Ergo-fit. Ακόμη και αν η ποιότητα των προϊόντων που προσφέρουν οι ανταγωνίστριες εταιρίες δεν είναι ανάλογη αυτής των προϊόντων της Ergo-fit αλλά δεν φαίνεται να διευρύνει το εμπορικό κοινό της.

Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα της εταιρείας είναι η έλλειψη επικοινωνίας με τους πελάτες της για τυχόν παράπονα ή προτάσεις. Τη συλλογή των στοιχείων αυτών (feedback) την έχουν αναλάβει δέκα εξωτερικοί συνεργάτες οι οποίοι καταγράφουν τις εντυπώσεις των μικρών αλλά και μεγάλων πελατών της εταιρείας και την οποία παρουσιάζουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα στην διοίκηση της εταιρίας. Ακόμη και αν υπάρχουν σχετικά παράπονα που εκφράζονται και φτάνουν μέχρι την διεύθυνση της Ergo-fit, δεν προκύπτουν πολύ συχνά κάποιες ενδιαφέρουσες αλλαγές.

Με παρόμοιο τρόπο η εταιρεία ενημερώνεται και για προτάσεις ή παράπονα που έχουν οι ίδιοι οι υπάλληλοι της. Δυστυχώς όμως και πάλι αυτό πραγματοποιείται σπασμωδικά καθώς η επικοινωνία ανάμεσα στα διάφορα τμήματα είναι κάθε άλλο παρά συνεχής.

3.2.2.2 Μεθοδολογία συλλογής στοιχείων

Ξεκινώντας, προκειμένου να αντλήσουμε μια πρώτη συνοπτική εικόνα της λειτουργίας της Ergo-fit κινηθήκαμε από το ένα τμήμα στο άλλο μιλώντας με τους υπαλλήλους για να μας ενημερώσουν σχετικά με τις αρμοδιότητες τους αλλά και την δομή της εταιρείας.

Στο αρχικό στάδιο της έρευνας μας μιλήσαμε με τον πρόεδρο της εταιρείας ο οποίος αφού μας ξενάγησε στο χώρο παραγωγής και στα γραφεία των εργαζομένων, μας εξήγησε επιγραμματικά τη διαδικασία που ακολουθείται από την παραγγελία ενός γυμναστικού οργάνου μέχρι την αποστολή του στον πελάτη. Αναφέρθηκε στην ιστορία της Ergo-fit αλλά και στις αλλαγές που έχουν συμβεί μέχρι στιγμής ενώ παρέθεσε ορισμένα θετικά αλλά και αρνητικά σημεία του κάθε τμήματος ξεχωριστά. Παράλληλα με την καταγραφή των στοιχείων που μας έδωσε ο ίδιος, χαρτογραφήσαμε και τους χώρους της παραγωγής αλλά και αποθήκευσης πρώτων υλών, ημι-έτοιμων και έτοιμων προϊόντων.

Έχοντας, υπόψη τη ροή πληροφοριών αλλά και των υλικών στην παραγωγή και την διοίκηση, συντάξαμε ένα ερωτηματολόγιο (βλ. σχήμα 3.1 και σχήμα 3.2) απευθυνόμενο στους υπαλλήλους το οποίο θα μας βοηθούσε να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας της Ergo-fit, την καθημερινή απασχόληση των υπαλλήλων της, την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν, αλλά και τις συνεργασίες μεταξύ των τμημάτων της εταιρείας. Στόχος μας επίσης ήταν να παρατηρήσουμε το βαθμό στον οποίο η διαδικασία που ακολουθείται συμπίπτει με αυτή που έχει οριστεί από το Σύστημα Διασφάλισης Ποιότητας. Τα παραπάνω έγγραφα παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα Α στην αρχική τους μορφή.

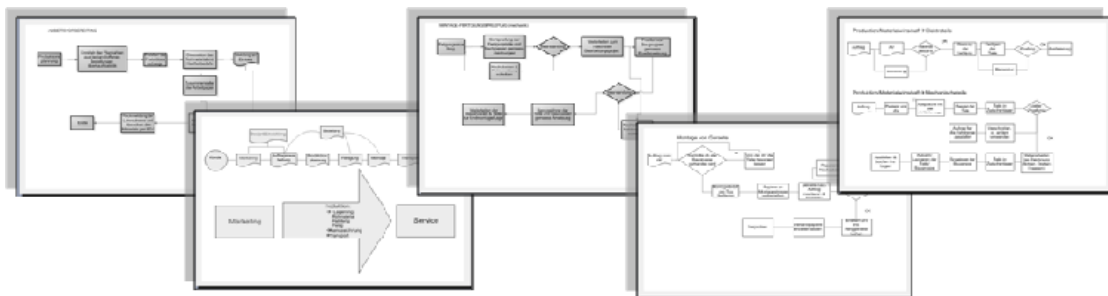


Σχήμα 3.1: Ερωτηματολόγιο



Σχήμα 3.2: Καταγραφή απαντήσεων

Γνωρίζοντας πλέον τον τρόπο λειτουργίας της Ergo-fit από την παραγγελιοληψία έως την παράδοση έτοιμου προϊόντος κρίθηκε σκόπιμο να εξετασθούν τα αρχεία ISO της που αναλύουν την διαδικασία για το κάθε τι που γίνεται στην επιχείρηση. Μελετήσαμε τις απεικονίσεις των διαδικασιών ενώ παράλληλα σχεδιάσαμε τον τρόπο με τον οποίο το κάθε τμήμα μας τις παρουσίασε αλλά και τον τρόπο που εμείς διαπιστώσαμε ότι πραγματοποιούνται αυτές στην καθημερινότητα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 3.3 και δείχνουν πως δεν ακολουθείται πάντα πιστά η διαδικασία που ορίζεται από το Σύστημα Διασφάλισης Ποιότητας.



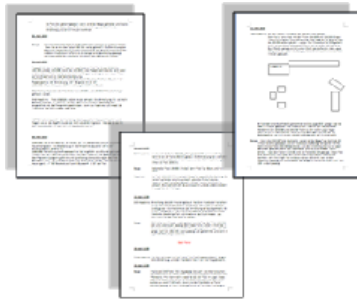
Σχήμα 3.3: Ανάλυση των σχετικών τμημάτων με τη χρήση διαδικασιών ISO

Μετά από αυτή την συνολική «παρακολούθηση» της Ergo-fit ήρθε η ώρα να εστιαστούμε περισσότερο στα τμήματα που μας απασχολούν, τα οποία δεν είναι άλλα από το Τμήμα Προγραμματισμού της Παραγωγής και το Τμήμα Παραγωγής.

Στο Τμήμα Προγραμματισμού της Παραγωγής με τη βοήθεια συνεργατών δουλέψαμε με το πρόγραμμα ProAlpha που χρησιμοποιείται από την εταιρεία για τον έλεγχο παραγωγής. Το πρόγραμμα αυτό δίνει πληροφορίες όχι μόνο για την ποσότητα και το χρόνο παραγωγής του κάθε εξαρτήματος αλλά και για το είδος πρώτης ύλης που χρειάζεται και την ποσότητα που πρέπει να παραγγελθεί. Έπειτα κινηθήκαμε προς την παραγωγή και συγκρίναμε αν και κατά πόσο αυτό ανταποκρίνεται στα δεδομένα του ProAlpha. Εδώ είναι το σημείο που ξεκινάει και το ουσιαστικό κομμάτι της εργασίας αυτής καθώς απώτερος σκοπός μας είναι η καθημερινή παρακολούθηση και καταγραφή των δρώμενων μέσα στην παραγωγή, η σύγκριση τους με τα πρότυπα που έχει θέσει η εταιρεία και η μελέτη απαραίτητων αλλαγών.

Οι χρόνοι στησίματος της μηχανής (set-up times), οι χρόνοι κατεργασίας αλλά και οι νεκροί χρόνοι καταγράφονταν καθημερινά με την χρήση πινάκων στο Excel (βλ. σχήμα 3.5) ενώ παράλληλα γινόταν σύγκριση και με τους χρόνους που δίνονται από το ProAlpha. Παράλληλα κρατήσαμε καθημερινά και ένα ημερολόγιο (βλ. σχήμα 3.4) όπου φαίνονται:

- Παραλαβές πρώτων υλών.
- Απρόοπτα που παρεμπόδισαν ή απαιτούσαν τη διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας να σταματήσει.
- Αλλαγές στο πρόγραμμα παραγωγής και λόγους που τις προκάλεσαν.
- Αποθήκευση ημι-έτοιμων προϊόντων και χώρο όπου αυτά αποθηκεύονται (όπως θα αναπτύξουμε αργότερα, ένα από τα προβλήματα που εμφανίστηκαν στην παραγωγή είναι πως δεν χρησιμοποιείται ο καθορισμένος χώρος για την αποθήκευση των προϊόντων).



Σχήμα 3.4: Τήρηση ημερολογίου
επεξεργασίας

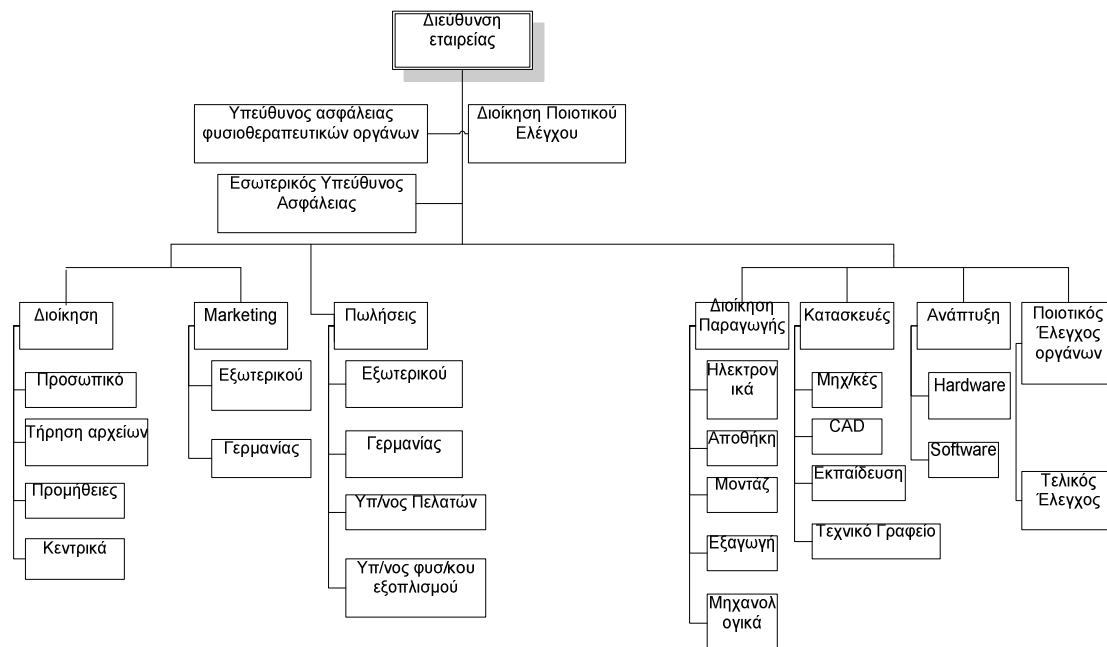


Σχήμα 3.5: Καταγραφή χρόνων

Οι δικές μας παρατηρήσεις καθώς και οι πληροφορίες που συλλέξαμε μέσω των υπαλλήλων και των προγραμμάτων που χρησιμοποιεί η Ergo-fit μας δίνουν την δυνατότητα να παρουσιάσουμε την δομή της εταιρείας ώστε ο αναγνώστης να έχει μια καλύτερη εικόνα του πώς εκτελούνται οι διάφορες διεργασίες.

3.2.3 Παρουσίαση τμημάτων εταιρείας

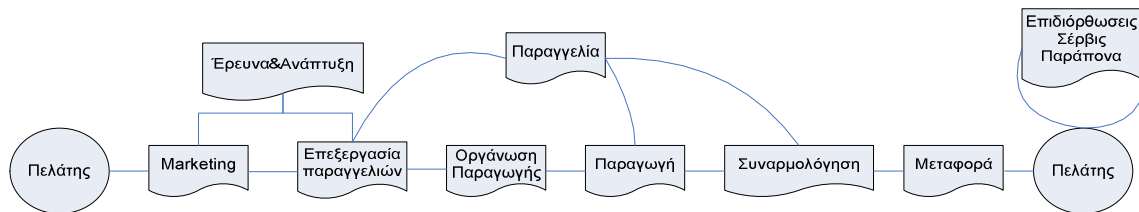
Περίπου 80 άτομα απασχολούνται στην Ergo-fit και ανήκουν (βάσει του Συστήματος Διασφάλισης Ποιότητας) στα παρακάτω τμήματα του σχήματος 3.6.



Σχήμα 3.6: Οργανόγραμμα εταιρείας

3.2.3.1 Διεύθυνση Διοίκησης

Είναι υπεύθυνη για τη διοίκηση του προσωπικού, τις πωλήσεις, την γραμματειακή υποστήριξη αλλά και την τήρηση αρχείων. Παράλληλα εποπτεύει τα διάφορα τμήματα της εταιρείας για να συντονίζει την καλή λειτουργία και την συνεργασία μεταξύ τους (βλ. σχήμα 3.7).



Σχήμα 3.7: Ροή πληροφορίας ανάμεσα στα τμήματα

3.2.3.2 Τμήμα Μάρκετινγκ

Το συγκεκριμένο τμήμα ευθύνεται για την προώθηση των προϊόντων της εταιρείας όχι μόνο στο εσωτερικό αλλά και στο εξωτερικό. Υπάρχουν δύο άτομα που αναλαμβάνουν εξολοκλήρου την κατάστρωση της προώθησης των οργάνων γυμναστικής σε γυμναστήρια, νοσοκομεία αλλά και πολίτες, ενώ ο ένας παράλληλα έχει και την ευθύνη της ιστοσελίδας της Ergo-fit όπου την ανανεώνει καθημερινά με νέα και ελέγχει την επισκεψιμότητα της.

Με τις αναφορές που συλλέγονται από τους δέκα εξωτερικούς συνεργάτες, που αναφέρθηκαν πριν, οι υπεύθυνοι του τμήματος καλούνται να κάνουν τις απαραίτητες αλλαγές στη σειρά προϊόντων τους αφού πρώτα τις έχουν συζητήσει με το Τμήμα Παραγωγής για να ελέγχει το κατά πόσο μια αλλαγή είναι εφικτή. Δυστυχώς οι αλλαγές σπανίζουν, όπως επίσης σπανίζουν και οι διαφημίσεις των προϊόντων της Ergo-fit.

3.2.3.3 Τμήμα Πωλήσεων

Το τμήμα αυτό είναι υπεύθυνο για τις παραγγελίες των πελατών, το service αλλά και για την καταγραφή των παραπόνων που προκύπτουν από τους πελάτες. Από τις παραγγελίες που λαμβάνουν καθημερινά έχουν κατατάξει το πελατολόγιο τους σε 4 κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος της παραγγελίας τους:

- Ιδιώτες (ένα όργανο γυμναστικής)

- Μικρά γυμναστήρια (δύο έως δέκα όργανα)
- Μεγάλα γυμναστήρια (έως και 20 όργανα)
- Συγκεκριμένη αλυσίδα γυμναστηρίων, η οποία πάντοτε αγοράζει 68 όργανα γυμναστικής από πέντε διαφορετικά είδη οργάνων που προσφέρονται.

Από όλα τα προϊόντα που κατασκευάζει και πουλάει η Ergo-fit υπάρχουν κάποια που είναι πιο γνωστά στο κοινό από τα υπόλοιπα και είναι κυρίως η σειρά Fitness Cardio 3000 και η σειρά Medicine Cardio 3000. Τα υπόλοιπα προϊόντα έχουν μικρές διαφοροποιήσεις από τις δύο αυτές σειρές (για παράδειγμα διαφορετική οθόνη, κλπ.). Οι παραγγελίες τάξεως 1-3 οργάνων είναι καθημερινές ενώ οι μεγαλύτερες παραγγελίες τάξεως 10-20 οργάνων είναι σπάνιες.

Ο τρόπος που χειρίζεται τα συμβόλαια το συγκεκριμένο τμήμα είναι ο εξής: όταν λαμβάνουν μια παραγγελία, ελέγχουν πρώτα κατά πόσο είναι παραδοτέα ή όχι. Αυτό εξαρτάται από τα αποθέματα τους και από την δυνατότητα άμεσης παραγωγής των οργάνων ή όχι. Για τον έλεγχο αυτό το τμήμα Πωλήσεων συνεργάζεται παράλληλα με το τμήμα Παραγωγής αλλά και το τμήμα Συναρμολόγησης (Montage). Τα δεδομένα καταγράφονται σε ένα πίνακα Excel, ο οποίος είναι χωρισμένος σε εβδομάδες. Για κάθε βδομάδα φαίνονται τα όργανα που θα μονταριστούν από το τμήμα Συναρμολόγησης και έτσι η υπεύθυνη του τμήματος Πωλήσεων μπορεί να δει αν υπάρχει κάποιο κενό για να προσθέσει κι άλλες παραγγελίες ή όχι. Η τράπεζα δεδομένων που χρησιμοποιείται μπορεί να καθορίσει τα περιθώρια που υπάρχουν για να συναρμολογείται κάθε βδομάδα και ένα νέο όργανο. Μόλις οριστεί ημερομηνία συναρμολόγησης του οργάνου, ο πελάτης λαμβάνει μια επιβεβαίωση της παραγγελίας του. Για μικρές παραγγελίες και ανάλογα με το φόρτο εργασίας μία με δύο βδομάδες συνήθως, αρκούν. Οι παραγγελίες μπορούν να ακυρωθούν έως και μια μέρα πριν από την παράδοση για τα όργανα γενικής χρήσης, όχι όμως για αυτά που προορίζονται για νοσοκομειακή χρήση.

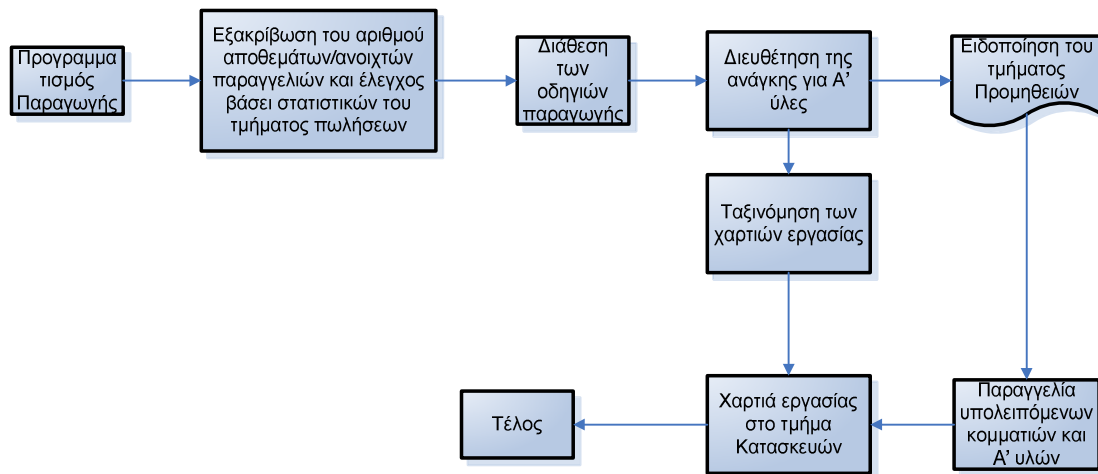
Αυτό το τμήμα προσφέρει παράλληλα και συμβουλές στους πελάτες σχετικά με το είδος του προϊόντος που ενδείκνυται για τους ίδιους και τους πληροφορεί για τις αλλαγές στα όργανα και στο τιμολόγιο. Τα προϊόντα της Ergo-fit κοστολογούνται από 767€ έως 10.290€ (χωρίς φόρους).

3.2.3.4 Τμήμα Προγραμματισμού Παραγωγής

Η ευθύνη του συγκεκριμένου τμήματος είναι τριπλή και συνίσταται στα παρακάτω:

- Καθημερινός προγραμματισμός της παραγωγής
- Έλεγχος αποθεμάτων της αποθήκης έτοιμων προϊόντων
- Παραγγελία πρώτων υλών.

Κύριος στόχος είναι η συνεχής διατήρηση αποθεμάτων από όλους τους τύπους οργάνων που κατασκευάζει η Ergo-fit στην αποθήκη έτοιμων προϊόντων. Ο τρόπος για να το πετύχουν αυτό είναι ο προγραμματισμός της παραγωγής για τις επόμενες έξι εβδομάδες. Οι υπεύθυνοι χρησιμοποιώντας στατιστικά στοιχεία από παλαιότερες χρονιές μπορούν να προβλέψουν ποια όργανα έχουν περισσότερη ζήτηση και σε ποια χρονική περίοδο θα ζητηθούν τα περισσότερα όργανα. Θεωρώντας δεδομένο αυτό ουσιαστικά προβλέπουν τον τρόπο που θα καταναμηθούν οι παραγγελίες τον επόμενο ενάμιση μήνα και αντίστοιχα δίνουν εντολή για την κατασκευή διαφορετικών τύπων οργάνων. Σπάνια πέφτουν έξω στις προβλέψεις τους για τον τρόπο που δέχονται τις παραγγελίες, δυστυχώς όμως ο προγραμματισμός των 6 εβδομάδων που κάνουν συνήθως έχει εφαρμογή μόνο για 3 εβδομάδες όπου μετά καλούνται να κάνουν επαναπρογραμματισμό. Αυτό οφείλεται κυρίως στην κακή συνεννόηση μεταξύ των τμημάτων Προγραμματισμού, Πωλήσεων και Κατασκευών (βλ. σχήμα 3.8).



Σχήμα 3.8: Διαδικασία για την προετοιμασία εργασιών

Το τμήμα Προγραμματισμού χρησιμοποιεί μια βάση δεδομένων για την καταγραφή και τον έλεγχο της Παραγωγής. Το πρόγραμμα ProAlpha περιέχει τα παρακάτω δεδομένα για τα περίπου 6000 κομμάτια που αργότερα συναρμολογούνται και δημιουργούν τα διάφορα όργανα της Ergo-fit:

- Πρώτη ύλη που χρειάζεται το κάθε κομμάτι, απαιτούμενη ποσότητα και προμηθευτής. Η καταγραφή των πρώτων υλών που υπάρχουν ήδη στην αποθήκη από παλαιότερες παραγγελίες γίνεται από κάποιον εργάτη του τμήματος Κατεργασιών ο οποίος ενημερώνει το τμήμα Προγραμματισμού για τυχόν ελλείψεις. Δυστυχώς πολλές φορές δεν γίνεται άμεση ενημέρωση των αποθεμάτων σε πρώτες ύλες με αποτέλεσμα να παραγγέλνονται επιπλέον ύλες ενώ δεν απαιτούνται ή να υπάρχουν ελλείψεις κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

- Χρόνοι προετοιμασίας της μηχανής (set-up times) και χρόνοι κατεργασιών του κάθε κομματιού. Οι χρόνοι αυτοί έχουν προκύψει μετά από χρονομέτρηση που έχει γίνει και προσαυξάνονται κατά λίγο ώστε να συμπεριλαμβάνουν και τα διαλείμματα των εργατών. Συνήθως οι χρόνοι κατεργασίας ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα ενώ για την προετοιμασία της κάθε μηχανής χρειάζεται πολύ περισσότερος χρόνος από αυτόν που δίνει το πρόγραμμα ProAlpha (ειδικά για τις μηχανές CNC).

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα του προγράμματος είναι πως πολλά από τα δεδομένα που χρειάζεται δίνονται από τον ίδιο τον χειριστή με αποτέλεσμα τα στοιχεία να μην είναι πάντα ακριβή. Ειδικά ως προς τα αποθέματα των πρώτων υλών παρουσιάζεται μεγάλο πρόβλημα μιας και λόγω κακής ενημέρωσης πολλές φορές η αποθήκη είναι ελλιπής με αποτέλεσμα να δίνονται οι παραγγελίες στους προμηθευτές αργότερα από το προγραμματισμένο και άρα να αργεί να ξεκινήσει η παραγωγή.

3.2.3.5 Τμήμα Κατασκευών

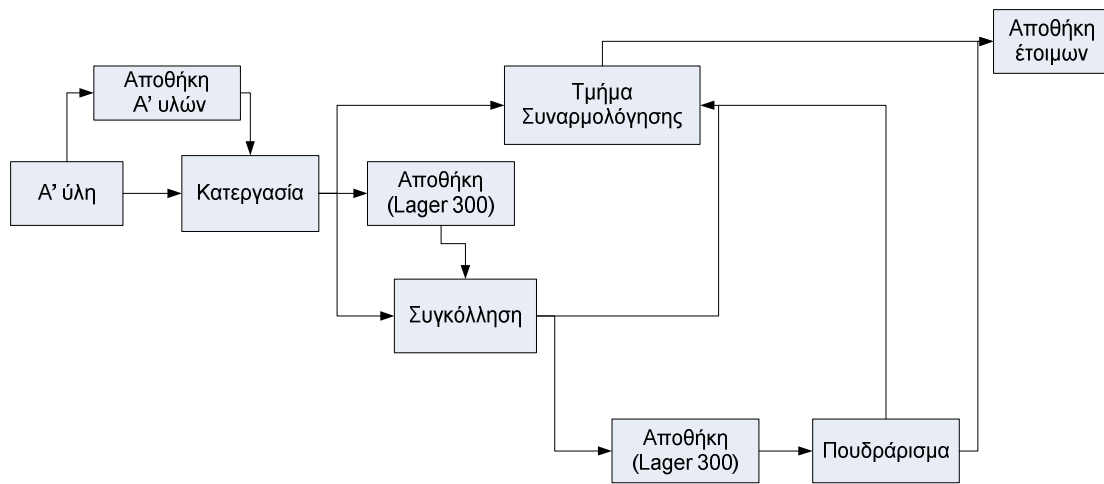
Το τμήμα Κατασκευών απασχολεί συνολικά 14 εργαζόμενους έχοντας 2 υπεύθυνους για τον έλεγχο του προγράμματος παραγωγής. Τα περισσότερα κομμάτια που συνθέτουν τα όργανα γυμναστικής της Ergo-fit κατασκευάζονται στην εταιρεία. Μερικά τεμάχια, επειδή είναι οικονομικότερη η κατασκευή τους από άλλους, δίνονται σε εταιρείες είτε της Γερμανίας είτε του εξωτερικού όπως η Κίνα. Εδώ να υπενθυμίσουμε ότι η Ergo-fit είναι από τις λίγες, αν όχι η μοναδική, εταιρείες που η κατασκευή των οργάνων τους γίνονται στην Γερμανία και μόνο λίγα τεμάχια δίνονται σε Ασιατικές εταιρείες.

Τα στάδια κατασκευής που ακολουθούνται είναι τα ακόλουθα:

- Αρχικά το τμήμα Προγραμματισμού Παραγωγής βάσει του 6-βδομαδιαίου σχεδιασμού που έχει αποφασίζει το είδος του οργάνου που θα κατασκευάσει για το επόμενο διάστημα. Στην περίπτωση που εξετάζουμε το όργανο αυτό είναι το Cross 3000, ένα από τα δύο πιο δημοφιλή όργανα γυμναστικής. Για τη συναρμολόγηση αυτού του οργάνου θα χρειαστεί να κατασκευαστούν τα διάφορα κομμάτια από τα οποία αποτελείται ενώ μερικά (όπως η οθόνη) θα αγοραστούν. Το τμήμα Προγραμματισμού σημειώνει τις Α' ύλες που χρειάζονται για την κατασκευή των διαφόρων τεμαχίων και δίνει την λίστα στον υπεύθυνο του τμήματος Κατασκευών. Ο ίδιος ελέγχει στην αποθήκη Α' υλών ποιες από τις πρώτες ύλες υπάρχουν και ποιες όχι, και κάνει την αλλαγή στην λίστα των Α' υλών που πρέπει να παραγγελθούν. Είναι προφανές πως αν η ποσότητα μιας Α' ύλης αρκεί για την κατασκευή των τεμαχίων της σειράς Cross 3000, δε θα γίνει επιπλέον παραγγελία. Μόλις η λίστα παραγγελιών διορθωθεί επιστρέφεται στο τμήμα Προγραμματισμού όπου και δίνουν εντολή για την παραγγελία των πρώτων υλών. Συνήθως από την

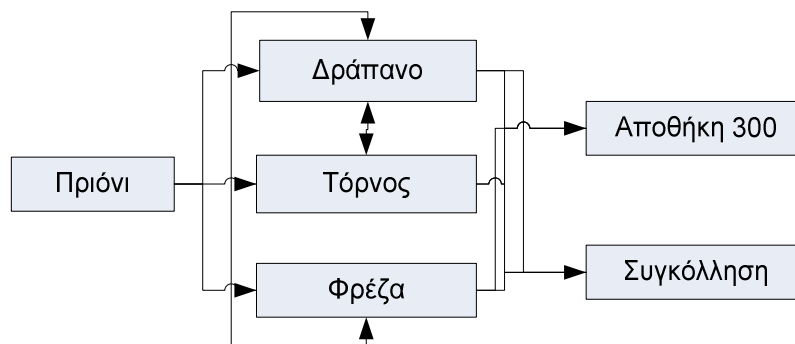
ημέρα της παραγγελίας ως την ημέρα της παράδοσης των Α' υλών περνάνε περίπου 2-5 εργάσιμες για τα περισσότερα υλικά.

- Μόλις έχουν συγκεντρωθεί οι Α' ύλες είναι πλέον έτοιμο το τμήμα Κατασκευών να ξεκινήσει τις διάφορες κατεργασίες. Το τμήμα Προγραμματισμού τροφοδοτεί το τμήμα Κατασκευών με τα αντίστοιχα σχέδια CAD των διαφόρων τεμαχίων. Οι μηχανές που υπάρχουν στην παραγωγή θα αναφερθούν αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο. Οι επεξεργασίες των διαφόρων τεμαχίων συνήθως διαρκεί 3 βδομάδες αν και ανάλογα με το φόρτο εργασίας άλλοτε επιβραδύνουν την παραγωγή και άλλοτε την επισπεύδουν. Εδώ οφείλουμε να πούμε πως το κάθε τεμάχιο δεν υφίσταται μόνο μια κατεργασία αλλά μπορεί και περισσότερες. Ανάμεσα στις διάφορες κατεργασίες τα τεμάχια αποθηκεύονται είτε κοντά στην επόμενη μηχανή είτε σε διάφορους χώρους μέσα στην παραγωγή. Ο χώρος αποθήκευσης λέγεται Αποθήκη 300 (Lager 300) και θα αναφερθούμε σε αυτόν στη συνέχεια.
- Μετά από τα στάδια κατεργασίας που περνά το κάθε τεμάχιο μπορεί είτε να αποθηκευθεί, είτε αν τελειώνει εκεί η κατεργασία του, να πάει κατευθείαν στο χώρο της συναρμολόγησης. Η επόμενη κατεργασία είναι η συγκόλληση των τεμαχίων, οπότε αν υπάρχει μια καθυστέρηση μέχρι να συγκεντρωθούν και τα υπόλοιπα τεμάχια που θα συνθέσουν το νέο κομμάτι, όσα είναι έτοιμα αποθηκεύονται στην Αποθήκη 300. Μόλις μαζευτούν όλα τα κομμάτια που απαιτούνται για τη συγκόλληση, αυτή ξεκινάει. Μετά το πέρας της συγκόλλησης τα τεμάχια είτε αποθηκεύονται μέχρι να έρθει η ώρα τους να περάσουν στο «πουδράρισμα» (Pulvern) είτε μεταφέρονται στο χώρο της συναρμολόγησης.
- Τελευταία κατεργασία που περνάνε τα τεμάχια είναι το πουδράρισμα όπου ψεκάζονται με ειδική σκόνη που και τα χρωματίζει αλλά παράλληλα τα προστατεύει από τη διάβρωση. Αφού στεγνώσουν τα τεμάχια αποθηκεύονται στην Αποθήκη της Συναρμολόγησης.
- Το τμήμα Συναρμολόγησης στο οποίο θα αναφερθούμε αργότερα, συναρμολογεί κατόπιν παραγγελίας από το τμήμα Πωλήσεων τα διάφορα όργανα που έχουν παραγγελθεί και τα μεταφέρει στην Αποθήκη έτοιμων προϊόντων μέχρι αυτά να αποσταλούν στον πελάτη.



Σχήμα 3.9: Διάγραμμα ροής υλικού

Για να έχουμε μια πιο ξεκάθαρη εικόνα θα αναφερθούμε στις μηχανές που χρησιμοποιούνται στο τμήμα Κατασκευών για την κατεργασία των υλικών και είναι οι παρακάτω του σχήματος 3.10:



Σχήμα 3.10: Ροή υλικού μέσα από τις διάφορες επεξεργασίες

- Το πριόνι (βλ. σχήμα 3.11) από το οποίο περνάνε σχεδόν όλες οι Α' ύλες για να κοπούν σε μικρότερα τεμάχια. Η προετοιμασία του πριονιού γίνεται συνήθως από τον ένα υπεύθυνο στο τμήμα Κατασκευών. Ο χρόνος προετοιμασίας δεν είναι πάνω από 4-5 λεπτά. Αρκεί ο εργάτης να τοποθετήσει τα δόντια του πριονιού στις αποστάσεις που θέλει να κόψει, να το γεμίσει με ψυκτικό υγρό εφόσον έχει κατέβει η στάθμη του και να απομακρύνει τα ρινίσματα από προηγούμενες κατεργασίες. Το πριόνι έχει ένα μεγάλο πλεονέκτημα: μπορεί να δουλέψει μόνο του χωρίς την επίβλεψη κάποιου. Πολλές φορές λοιπόν το αφήνουν να δουλεύει και κατά τη διάρκεια της νύχτας για να κερδίσουν χρόνο. Εάν για κάποιο λόγο υπάρξει κάποιο πρόβλημα στην κατεργασία, αυτό σταματάει και δεν συνεχίζει την κατεργασία

παρά μόνον εφόσον ξανά-ενεργοποιηθεί από κάποιον εργάτη. Η συγκεκριμένη μηχανή μπορεί να κόψει έως 1000 κομμάτια συνεχόμενα χωρίς διάλειμμα, ενώ ο χρόνος κατεργασίας χωρίς διάλειμμα (Laufzeit) μπορεί να φτάσει τις 5-6 ώρες.



Σχήμα 3.11: Πριόνι παρεμφερές με αυτό της Ergo-fit¹

- Το δράπανο² δουλεύει μία βάρδια και απασχολεί έναν εργάτη υπεύθυνο και για την κατεργασία των υλικών αλλά και για την προετοιμασία της μηχανής. Στον συγκεκριμένο χώρο υπάρχουν 3 δράπανα στη σειρά. Το πρώτο χρησιμοποιείται ως εφεδρικό αν κάποιο από τα άλλα δύο χαλάσει, το δεύτερο για διάνοιξη οπών και για λοξοτομήσεις και το τρίτο για δημιουργία σπειρωμάτων. Ο χρόνος κατεργασίας (Laufzeit) της μηχανής χωρίς διάλειμμα είναι από 2' έως 3' για την επεξεργασία του κάθε κομματιού. Ο δε χρόνος προετοιμασίας της μηχανής (set-up time) μπορεί να είναι από 7' έως και μισή ώρα, ανάλογα βέβαια με τις αλλαγές που πρέπει να γίνουν στην μηχανή. Πρέπει να σημειωθεί πως συνήθως ο υπεύθυνος της παραγωγής φροντίζει οι εργασίες που έχει να εκτελέσει η κάθε μηχανή να έχουν τη μεγαλύτερη δυνατή ομοιότητα μεταξύ τους, ώστε να μειώνεται όσο γίνεται ο χρόνος προετοιμασίας της κάθε μηχανής.
- Το τμήμα Παραγωγής έχει 4 τórνους (βλ. σχήμα 3.12). Οι 3 τórνοι είναι CNC ενώ ο τέταρτος που είναι συμβατικός χρησιμοποιείται κυρίως για την εκμάθηση νέων εργατών και τη διάνοιξη σπειρωμάτων αν δεν υπάρχει χρόνος να γίνουν αυτά από το δράπανο. Στον κάθε τórνο δουλεύει ένας εργάτης ανά βάρδια. Εδώ οι βάρδιες είναι δύο μιας και μαζεύεται πολλή δουλειά σε αυτά τα κέντρα κατεργασιών. Ο χρόνος προετοιμασίας (set-up time) του κάθε τórνου μπορεί να φτάνει και την μιάμιση ώρα ανάλογα με το τι είδους κατεργασίας θα ακολουθήσει.

¹ Δυστυχώς δεν μας επιτράπη να τραβήξουμε φωτογραφίες από το χώρο της παραγωγής συνεπώς οι φωτογραφίες να μην είναι από τα μηχανήματα της Ergo-fit, αλλά προσεγγίζουν καλά την πραγματικότητα.

² Το ότι οι μηχανές παρουσιάζονται με αυτή την σειρά δε σημαίνει πως και οι επεξεργασίες γίνονται με αυτή τη σειρά. Η μόνη κατεργασία που γίνεται πάντα πρώτη είναι αυτή του πριονιού.



Σχήμα 3.12: Κέντρο τόννευσης CNC

- Στο τμήμα Παραγωγής υπάρχουν δύο συμβατικές φρέζες και μία φρέζα CNC που χρησιμοποιείται συχνότερα. Για αυτό το λόγο η φρέζα CNC έχει τοποθετηθεί στο χώρο που είναι και οι δύο από τους τρεις τόννους CNC. Ένας εργάτης αντιστοιχεί σε κάθε φρέζα, ο οποίος όμως μπορεί παράλληλα να έχει την ευθύνη κάποιας άλλης μηχανής ή κάποιας άλλης εργασίας (π.χ. μεταφοράς ημι-έτοιμων τεμαχίων στην αποθήκη). Πολλές φορές μάλιστα στο χώρο που υπάρχουν οι τρεις μηχανές CNC υπάρχουν δύο εργάτες που χειρίζονται και τις τρεις. Αυτό βέβαια εξαρτάται και από την κατεργασία που χρειάζονται τα τεμάχια. Ο χρόνος προετοιμασίας και εδώ μπορεί να κρατήσει από μισή ώρα έως και μιάμιση, ανάλογα με τις απαιτούμενες ρυθμίσεις. Οι συμβατικές φρέζες χρησιμοποιούνται κυρίως για την εκμάθηση νέων εργατών και πιο σπάνια για την κατεργασία τεμαχίων.

Πριν περάσουμε στην συγκόλληση η οποία ανήκει στο τμήμα Παραγωγής, πρέπει να διευκρινίσουμε πως ανά μήνα βάσει στατιστικών στοιχείων ξοδεύονται πέντε ώρες για επιδιορθώσεις στις μηχανές. Οι μικρές επιδιορθώσεις γίνονται από τους ίδιους τους εργάτες μιας και έτσι έχουν μηδαμινό κόστος για την εταιρεία. Για τις πολυπλοκότερες μηχανές η εταιρεία έχει μεριμνήσει να γίνονται ετήσια service από ειδική εταιρεία.

- Η συγκόλληση γίνεται σε ειδικό χώρο δίπλα από το χώρο που υπάρχουν οι μηχανές. Παλαιότερα, πριν στεγαστεί η Ergo-fit στα νέα κτίρια, η συγκόλληση γινόταν στον ίδιο χώρο αλλά οι υπεύθυνοι παραγωγής είδαν πως τελικά από τους κραδασμούς των μηχανημάτων προέκυπταν προβλήματα κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης. Έτσι στο νέο κτίριο η συγκόλληση στεγάζεται σε χώρο δίπλα από το χώρο κατεργασιών. Οι βάρδιες είναι δύο και

ένας εργάτης υπεύθυνος ανά βάρδια. Ο εργάτης αυτός χειρίζεται το ρομπότ (βλ. σχήμα 3.13) που χρησιμοποιεί η εταιρεία για τις συγκολλήσεις, το οποίο όμως απλά χρειάζεται να προετοιμαστεί από τον εργάτη διότι έπειτα λειτουργεί μόνο του. Επίσης υπάρχει άλλος ένας εργάτης ο οποίος συγκολλεί χειροκίνητα, είτε τα κομμάτια απλής γεωμετρίας που δε χρειάζονται να περάσουν από το ρομπότ, είτε τα κομμάτια μεγάλου όγκου που δεν χωράνε στο χώρο εργασίας του ρομπότ.

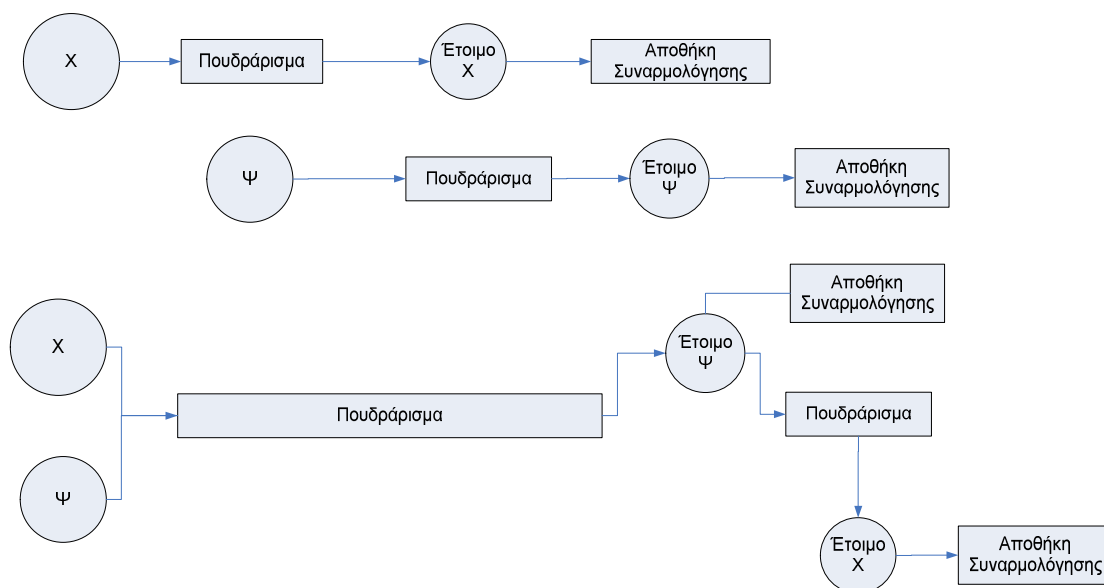


Σχήμα 3.13: Χειροκίνητη συγκόλληση των μπράτσων της σειράς Cross 3000

Ο τρόπος που δουλεύει το ρομπότ είναι ο εξής: το ρομπότ βρίσκεται ανάμεσα σε δύο τραπέζια, το τραπέζι Α και το τραπέζι Β. Αρχικά ο εργάτης στήνει τα τεμάχια προς συγκόλληση στο τραπέζι Α. Το ρομπότ συγκολλά την μπροστινή πλευρά του συνόλου των τεμαχίων. Έπειτα ο εργάτης παίρνει αυτό το νέο μεγάλο σύνολο τεμαχίων και το τοποθετεί στο τραπέζι Β όπου το ρομπότ συγκολλά και την πίσω πλευρά. Παράλληλα ο εργάτης τοποθετεί τη δεύτερη ομάδα τεμαχίων προς συγκόλληση στο τραπέζι Α για να κερδίζει χρόνο. Όταν το ρομπότ τελειώσει με την συγκόλληση της πίσω πλευράς του πρώτου συνόλου, στρίβει και αρχίζει να συγκολλά την μπροστά πλευρά του δευτέρου συνόλου. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί το ρομπότ να δουλεύει χωρίς διαλείμματα. Μετά την διαδικασία της συγκόλλησης, τα εξωτερικά κομμάτια των οργάνων στέλνονται σε μια εταιρεία εντός Γερμανίας για να γαλβανιστούν. Αυτή η διαδικασία κρατάει περίπου μία εβδομάδα.

- Πριν το «πουδράρισμα» (Powdering-Pulvern) τα, συγκολλημένα πλέον, τεμάχια τοποθετούνται από έναν εργάτη στο πλυντήριο (ο ίδιος είναι υπεύθυνος και για το πλύσιμο των τεμαχίων μετά το πουδράρισμα). Η διαδικασία του πλυντηρίου διαρκεί κάθε φορά περίπου δέκα λεπτά, η δε χωρητικότητα του είναι αρκετή για 4-5 μεγάλα τεμάχια (όπως τα μπράτσα στήριξης του Cross 3000) ή για 100 μικρά κομμάτια. Έπειτα τα τεμάχια αναρτώνται στο χώρο πουδραρίσματος όπου ο υπεύθυνος χρησιμοποιώντας ένα πιστόλι βαφής περνάει το κάθε κομμάτι με την ειδική σκόνη προστασίας. Μετά πάλι τα τεμάχια πλένονται και έπειτα τοποθετούνται στον αποθηκευτικό χώρο του τμήματος Συναρμολόγησης. Επειδή ο χώρος πουδραρίσματος είναι περιορισμένος υπάρχει μια λογική που ακολουθεί ο εργάτης για να

αποφασίσει ποια τεμάχια θα κατεργαστεί. Έστω ότι έχουμε 200 κομμάτια από το X (το 200 δεν είναι τυχαίο αφού συνήθως κατασκευάζονται κομμάτια για 200 όργανα γυμναστικής) και 200 κομμάτια από το Ψ τεμάχιο. Ο υπεύθυνος πουδραρίσματος θα ετοιμάσει μερικά από το X και μερικά από το Ψ ώστε να μπορούν οι εργάτες στο τμήμα Συναρμολόγησης να έχουν υλικά για να ξεκινήσουν το μοντάζ των οργάνων γυμναστικής. Επίσης επειδή το τμήμα Παραγωγής δουλεύει με άλλο προγραμματισμό από αυτό του τμήματος Συναρμολόγησης, μπορεί να απαιτηθεί να αλλάξει ο εργάτης στο πουδράρισμα την σειρά που θα ετοιμάσει τα κομμάτια, αν κάποιος από το τμήμα Συναρμολόγησης ζητήσει να ετοιμαστούν κάποια άλλα. Συνήθως η διάρκεια πουδραρίσματος για να ετοιμαστούν κομμάτια για 50 όργανα γυμναστικής είναι 14 μέρες. Ο αριθμός 50 και πάλι δεν είναι τυχαίος. Τα έτοιμα κομμάτια αποθηκεύονται στο χώρο της Συναρμολόγησης και σαφώς το να ετοιμαστούν κομμάτια για 200 όργανα με μια φορά θα ήταν υπερβολή αφού επίσης δεν επαρκούν και τα ράφια στο χώρο αυτό. Επίσης η πούδρα που χρησιμοποιείται πέραν του ότι προσδίδει χρώμα, κυρίως παρέχει προστασία από διάβρωση, αλλά παράλληλα είναι επιρρεπής στις γρατζουνιές. Δεδομένης της ευαισθησίας της πούδρας, οι εργάτες φροντίζουν να καθυστερούν όσο γίνεται αυτή τη διαδικασία ώστε το πουδραρισμένα τεμάχια να μην μένουν πολύ καιρό στα ράφια του τμήματος Συναρμολόγησης. Το γεγονός ότι δεν ολοκληρώνονται 200 κομμάτια του X, πριν να έρθουν τα επόμενα κομμάτια Ψ δημιουργεί νεκρούς χρόνους ανάμεσα στις αλλαγές των τεμαχίων. Αποτέλεσμα είναι να μην υπάρχει σωστή ροή υλικού στην παραγωγή και αυτό θα φανεί και αργότερα με περισσότερη λεπτομέρεια (βλ. σχήμα 3.14).

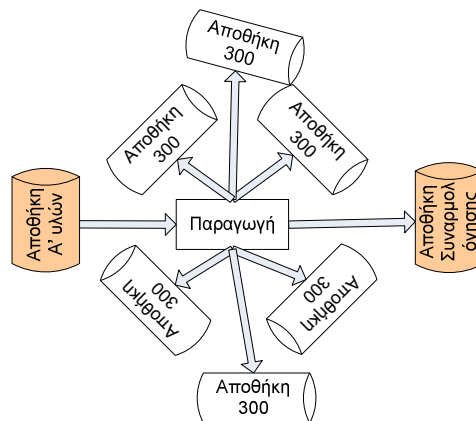


Σχήμα 3.14: Τρόπος που θα έπρεπε να είναι η διαδικασία και τρόπος που είναι

Πριν προχωρήσουμε στο επόμενο τμήμα, αυτό της Συναρμολόγησης θα ήταν σωστό να κάνουμε μια αναφορά στην Αποθήκη 300 που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση ημι-έτοιμων τεμαχίων. Η Αποθήκη 300 βρίσκεται σε 3 σημεία:

- Μια κεντρική ραφιέρα στο χώρο της παραγωγής
- Μια ραφιέρα στο χώρο Συγκόλλησης
- Μια ραφιέρα στο χώρο Πουδραρίσματος.

Δεν υπάρχει συγκεκριμένο σύστημα αποθήκευσης, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.15 και οι περισσότεροι εργάτες αφήνουν τα τεμάχια είτε κοντά στη μηχανή που χειρίζονται είτε κοντά στον επόμενο σταθμό κατεργασίας. Εάν περάσουν αρκετές μέρες βέβαια ξεχνούν το χώρο που τοποθέτησαν τα τεμάχια οπότε χάνουν αρκετό χρόνο μέχρι να τα ξαναβρούν. Αυτό όπως θα δούμε δημιουργεί προβλήματα στην παραγωγική διαδικασία και για αυτό θα προτείνουμε αργότερα έναν άλλο τρόπο αποθήκευσης των ημι-έτοιμων τεμαχίων.



Σχήμα 3.15: Παρούσα κατάσταση της Αποθήκης 300

Κλείνοντας σημειώνονται μερικά προβλήματα που συναντήσαμε κατά την διάρκεια παρατήρησης της παραγωγής:

- Ως προς τα ελαττωματικά τεμάχια μετά από μια κατεργασία έχουμε να παρατηρήσουμε το εξής: υπήρχαν εργάτες που ενώ έβλεπαν το πρόβλημα δεν το ανέφεραν με αποτέλεσμα το πρόβλημα να εμφανίζεται αργότερα, δηλαδή στο τμήμα Συναρμολόγησης όπου φυσικά δε μπορούσαν οι εργάτες να μοντάρουν το όργανο γυμναστικής. Τα κομμάτια που είχαν προβλήματα ήταν άχρηστα και έπρεπε να σταματήσει η παραγωγική διαδικασία στο σταθμό που χρειαζόταν για να παραχθεί το κομμάτι που απαιτούσε το τμήμα

Συναρμολόγησης. Αυτό όπως είναι προφανές δημιουργούσε μεγάλη απώλεια χρόνου αφού ο σταθμός έπρεπε να προετοιμαστεί για την παραγωγή ενός μοναδικού τεμαχίου.

- ii. Δεν υπήρχε ξεκάθαρη εικόνα της ροής του υλικού και ειδικά μεταξύ της Συγκόλλησης και του Πουδραρίσματος. Το αποτέλεσμα ήταν να είναι ακριβότερη η παραγωγική διαδικασία. Αυτό φαίνεται καλύτερα και με ένα παράδειγμα: Αν πρέπει να κατασκευαστούν 100 κομμάτια του τεμαχίου A, τα 50 θα κατασκευαστούν τώρα, έπειτα θα γίνει διακοπή για να κατασκευαστούν 20 κομμάτια του τεμαχίου B επειδή κάπου θα έγινε λάθος ή θα τα ζήτησε το τμήμα Συναρμολόγησης και τέλος τα άλλα 50 του τεμαχίου A. Αυτό προκαλεί δύο επιπλέον διαδικασίες προετοιμασίας της μηχανής, πράγμα που αυξάνει το γενικότερο κόστος.

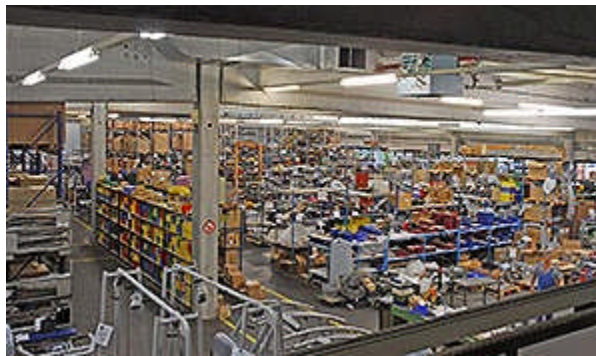
3.2.3.6 Τμήμα Συναρμολόγησης

Το τμήμα Συναρμολόγησης απασχολεί 16 άτομα που δουλεύουν μία βάρδια, ενώ υπερωρίες σημειώνονται μόνο όταν είναι απαραίτητο. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

- Το τμήμα Προγραμματισμού Παραγωγής μετά από συνεννόηση με το τμήμα Πωλήσεων ετοιμάζει καθημερινά μια λίστα με τα όργανα που πρέπει να συναρμολογηθούν. Στη λίστα αναγράφεται και η ημερομηνία που πρέπει να είναι έτοιμα προς αποστολή, ώστε να γνωρίζουν οι εργάτες της Συναρμολόγησης το χρονικό περιθώριο που έχουν.
- Πρώτο στάδιο είναι η προ-συναρμολόγηση όπου βιδώνονται τα διάφορα κομμάτια που βρίσκονται στην αποθήκη του τμήματος Συναρμολόγησης (βλ. σχήμα 3.16) μεταξύ τους, βάσει σχεδίων CAD.
- Επόμενο στάδιο είναι η βασική συναρμολόγηση, η οποία όμως δεν είναι απαραίτητη για όλα τα κομμάτια.
- Η πρώτη επιθεώρηση γίνεται σε όλα τα όργανα γυμναστικής που φέρουν πεντάλ, μιας και εδώ ελέγχονται τα ηλεκτρικά φρένα αυτών. Η επιθεώρηση του εξοπλισμού που προορίζεται για φυσιοθεραπευτική-νοσοκομειακή χρήση (σειρά Cardio) κρατάει περισσότερη ώρα από αυτή του γυμναστηριακού εξοπλισμού.
- Στην τελική συναρμολόγηση το όργανο γυμναστικής επενδύεται με πλαστικό περίβλημα, τοποθετούνται κομμάτια όπως π.χ. η σέλα και το τιμόνι του οργάνου και συνδέεται το σύστημα μέτρησης σφυγμών (heart pulse rate meter).

- Πριν το όργανο αποσταλεί στον ενδιαφερόμενο περνάει από την τελική επιθεώρηση, όπου τίθεται σε εφαρμογή υπό κανονικές συνθήκες. Μόλις εξακριβωθεί η καλή λειτουργία του, ετοιμάζονται τα έγγραφα αποστολής και τυπώνονται πλέον πάνω στο όργανο οι κωδικοί του (serial number). Οι ίδιοι κωδικοί σημειώνονται και στην βάση δεδομένων για περαιτέρω χρήση (π.χ. για σέρβις, κτλ).

Το τμήμα Συναρμολόγησης δουλεύει πάντα βάσει ημερήσιου προγραμματισμού, μοντάροντας κομμάτια που χρειάζονται την αμέσως επόμενη μέρα. Παρόλα αυτά υπάρχει αποθήκη έτοιμων προϊόντων όπου τα όργανα τοποθετούνται μέχρι την ημέρα αποστολής τους, αφού πρώτα συσκευαστούν.



Σχήμα 3.16: Αποθήκη τμήματος Συναρμολόγησης

Κεφάλαιο 4: Αποτύπωση της παραγωγής με τη χρήση του Promodel

4.1 Το προϊόν Cross 3000

Έχοντας μια εικόνα των τμημάτων της Ergo-fit μπορούμε να επικεντρωθούμε στο Τμήμα Παραγωγής και να μελετήσουμε την παραγωγική διαδικασία των τεμαχίων που αφορούν την κατασκευή του οργάνου Cross 3000 (βλ. σχήμα 4.1).

Το Cross 3000 είναι ένα από τα δημοφιλέστερα όργανα γυμναστικής της εταιρείας παρέχοντας στον πελάτη συνεχή εναλλασσόμενη κίνηση των ποδιών του ενώ ταυτόχρονα προσφέρει και κίνηση στα χέρια του. Μπορεί να χρησιμοποιείται χειροκίνητα είτε ηλεκτρονικά με την εισαγωγή κάποιου από τα προγράμματα που έχει ώστε να γυμνάσει τον χρήστη ανάλογα με τις ανάγκες του. Ζυγίζει περίπου 160 κιλά και οι διαστάσεις του είναι 205cm X 70cm X 150cm. Το εύρος λειτουργίας-ταχύτητας του είναι από 15 έως 200 βήματα ανά λεπτό ενώ η αντοχή του σε βάρος φτάνει τα 150 κιλά. Πέραν της ηλεκτρονικής οθόνης που παρέχει πληροφορίες στον χρήστη κατά τη διάρκεια της άσκησης του (θερμιδομετρητής, μέτρηση σφυγμών και διανύσιμη απόσταση σε χιλιόμετρα, κ.α.) είναι εξοπλισμένο με αυτόματο σταμάτημα σε περίπτωση πτώσης του χρήστη.



Σχήμα 4.1: Το Cross 3000

Το Cross 3000 αποτελείται από 45 κομμάτια τα οποία κατασκευάζονται από το Τμήμα Παραγωγής της Ergo-fit καθώς και από 22 υπόλοιπα κομμάτια που αγοράζονται από άλλες εταιρείες, κυρίως της Γερμανίας. Τα αγορασμένα κομμάτια

είναι κυρίως πλαστικά που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη του οργάνου αλλά και ηλεκτρονικά, όπως π.χ. ο μηχανισμός φρεναρίσματος που διαθέτει.

Σκοπός του Τμήματος Παραγωγής είναι να ετοιμάσει όλα τα απαιτούμενα κομμάτια, τα οποία κατεργάζονται, συγκολλούνται και πουδράρονται, και να τα τοποθετήσει στην αποθήκη του Τμήματος Συναρμολόγησης όπου και θα μονταριστούν όποτε το απαιτήσουν οι παραγγελίες των πελατών. Όπως προείπαμε, το Τμήμα Παραγωγής λειτουργεί βάσει της αποθήκης του Τμήματος Συναρμολόγησης έχοντας ως στόχο να μην πέσει η ποσότητα των τεμαχίων για το κάθε όργανο, κάτω από το όριο ασφαλείας.

4.2 Υπάρχουσα κατάσταση παραγωγής και αποτύπωση αυτής με τη χρήση του προγράμματος προσομοίωσης Promodel

4.2.1 Γενικές Διαδικασίες

Στόχος μας είναι η απεικόνιση της παραγωγικής διαδικασίας με τέτοια συνέπεια ώστε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης να επαληθεύουν και να ενισχύουν τις υποθέσεις που έχουμε ήδη διατυπώσει για την παραγωγή της εταιρείας. Ακολουθούμε τα βήματα που ορίστηκαν από τους Shannon, Gordon και Law ως οδηγό για να διεξάγουμε εγκυρότερα αποτελέσματα στην προσομοίωση μας, βλ. σχήμα 2.5, σελίδας 19.

4.2.1.1 Παρακολούθηση της παραγωγής του Cross 3000-Σχεδιασμός Μελέτης

Η καθημερινή παρακολούθηση της παραγωγής των τεμαχίων του Cross 3000 δεν ξεκίνησε από το χώρο της παραγωγής αλλά από το Τμήμα Προγραμματισμού, το οποίο και έδωσε την εντολή να ξεκινήσουν οι διαδικασίες για την παραγγελία των απαιτούμενων Α' υλών.

Να αναφέρουμε συνοπτικά και πάλι τις διαδικασίες πριν περάσουμε σε ένα παράδειγμα που θα παρουσιάσει τη ροή υλικού μέσα στο χώρο της παραγωγής που αργότερα θα απεικονιστεί με το πρόγραμμα προσομοίωσης του Promodel.

- Πρώτα συντάσσεται η λίστα Α' υλών από το Τμήμα Προγραμματισμού της Παραγωγής και μετά από τον έλεγχο των ήδη υπαρχόντων αποθεμάτων γίνεται η παραγγελία στους προμηθευτές.
- Μετά από 2-5 μέρες οι Α' ύλες φτάνουν στο χώρο παραγωγής και τοποθετούνται κοντά στο πριόνι αφού όλα τα τεμάχια περνάνε πρώτα από αυτή την κατεργασία. Σημειώνεται πως η Α' ύλη έχει μορφή τετραγωνικών ή

κυλινδρικών ράβδων με διαφορετικές διαστάσεις για τα διαφορετικά τεμάχια που θα κατασκευαστούν.

- Ξεκινάει η παραγωγή στο πριόνι. Η κατεργασία στο πριόνι είναι αρκετά γρήγορη όπως και ο χρόνος προετοιμασίας (set-up) αυτού.
- Μετά το πέρας της πρώτης κατεργασίας τα τεμάχια αποθηκεύονται σε χώρο κοντά στην επόμενη κατεργασία ή στην Αποθήκη 300. Υπάρχουν τεμάχια που παραμένουν σε αναμονή για την επόμενη κατεργασία ακόμη και 2 εβδομάδες.
- Αφού περάσουν και από τις επόμενες κατεργασίες ακολουθώντας περίπου το ίδιο μοτίβο (ως προς τις αναμονές μεταξύ των κατεργασιών) και αφού έχουν συγκεντρωθεί τα απαιτούμενα κομμάτια που συνθέτουν ένα μεγαλύτερο, αυτά συγκολλούνται στο ρομπότ.
- Τέλος, τα κομμάτια πουδράρονται και αποθηκεύονται στο χώρο της Συναρμολόγησης.

Από μέρους μας υπήρξε καθημερινή παρακολούθηση της παραγωγής και καταγραφή των χρόνων που απαιτούνται για κάθε τεμάχιο καθώς και των χρόνων αναμονής αυτών μεταξύ των διαφόρων κατεργασιών. Οι χρόνοι για κάθε τεμάχιο σημειώθηκαν σε πίνακες Excel και έγινε σύγκριση με τους χρόνους που μας δόθηκαν από το Τμήμα Προγραμματισμού βάσει του ProAlpha. Παράλληλα είχαμε την ευκαιρία να παρακολουθήσουμε από κοντά την προετοιμασία των διαφόρων κέντρων κατεργασίας και να μάθουμε κάποια επιπλέον στοιχεία για τον τρόπο λειτουργίας τους.

Βάσει των στοιχείων που συλλέξαμε παρατηρήσαμε τα εξής:

- i. Υπάρχει απώλεια χρόνου κατά την διάρκεια της παραγγελιοληψίας επειδή δεν υπάρχει ξεκάθαρη εικόνα της κατάστασης της Αποθήκης Α' υλών από το Τμήμα Προγραμματισμού Παραγωγής. Ο έλεγχος αποθεμάτων Α' υλών γίνεται χειρονακτικά και δεν γίνεται επικαιροποίηση παρά μόνο αν απαιτηθεί από το Τμήμα Προγραμματισμού.
- ii. Οι κατεργασίες παρουσιάζουν αποδεκτούς χρόνους προετοιμασίας (set-up time) και εκτέλεσης (runtime).
- iii. Τα τεμάχια παραμένουν έπειτα πολλές μέρες στην Αποθήκη 300 λόγω έλλειψης καθημερινού χρονικού προγραμματισμού.
- iv. Δεν υπάρχει σαφής εικόνα του ποία είναι η σειρά κατεργασιών για τα διάφορα τεμάχια. Η προτεραιότητα για κατεργασία και χρήση του κάθε σταθμού αποφασίζεται επί τόπου από τον υπεύθυνο Παραγωγής με ασαφή κριτήρια. Γίνεται προσπάθεια παρόμοια τεμάχια να κατεργάζονται στη σειρά ώστε να

μην απαιτείται νέα προετοιμασία της μηχανής, αφήνοντας όμως άλλα τεμάχια που χρειάζονται περισσότερο χρόνο κατεργασίας στην αναμονή.

- v. Η Αποθήκη 300 δεν είναι συγκεκριμένος χώρος μέσα στην παραγωγή αλλά, κατ'ουσία όλο το πάτωμα της παραγωγής. Αυτό δημιουργεί προβλήματα και στην μετακίνηση των περονοφόρων μέσα στο χώρο αλλά και στην εύρεση των τεμαχίων, αν αυτά έχουν «αποθηκευθεί» αρκετό καιρό πριν.
- vi. Η συγκόλληση καθυστερεί πολλές φορές διότι δεν έχουν συγκεντρωθεί όλα τα απαιτούμενα κομμάτια μιας ομάδας.
- vii. Παρόλα αυτά ο πραγματικός χρόνος συγκόλλησης είναι και αυτός καλύτερος από τους δοθέντες χρόνους που έχουν υπολογιστεί από το πρόγραμμα ProAlpha.
- viii. Δεδομένου του ότι το Τμήμα Συναρμολόγησης μοντάρει βάσει προγράμματος Πωλήσεων ενώ το Τμήμα Παραγωγής κατασκευάζει βάσει προγράμματος από το Τμήμα Προγραμματισμού υπάρχει πάντα ο φόβος του να αδειάσει η Αποθήκη Συναρμολόγησης πιο γρήγορα από ότι αναμένεται (οπότε και επιταχύνει τους ρυθμούς του το Τμήμα Παραγωγής) ή να μην υπάρχει χώρος στην Αποθήκη εφόσον δεν έχουν γίνει νέες παραγγελίες (οπότε αντίστοιχα θα πρέπει να επιβραδύνει το Τμήμα Παραγωγής.)
- ix. Οι συνεργασία μεταξύ των εργαζομένων είναι πολύ καλή και ο κάθε εργάτης έχει γνώση των διαφόρων σταθμών κατεργασίας οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί αλλού εφόσον απαιτηθεί.
- x. Δεν παρατηρήθηκε άσκοπη απώλεια χρόνου σε διαλείμματα ούτε μειωμένος ρυθμός εργασίας.

4.2.1.2 Στοιχεία για την προετοιμασία της χρήσης του προγράμματος Promodel-Ορισμός Συστήματος

Έχοντας σχεδιάσει την μελέτη μας και με την καθημερινή παρακολούθηση της παραγωγής στην Ergo-fit μπορούμε να ορίσουμε το σύστημα μας το οποίο αποτελείται από το σύνολο των σταθμών κατεργασίας στο χώρο της παραγωγής (όπως ορίστηκαν αυτά παραπάνω). Οι 14 εργάτες στο χώρο της παραγωγής είναι και αυτοί μέρος του συστήματος όπως και οι Α' ύλες που χρησιμοποιούνται αλλά και τα προαναφερθέντα τεμάχια που τελικά κατασκευάζονται. Λοιπές πληροφορίες που πρέπει να ορισθούν είναι οι βάρδιες των εργατών, ο τρόπος εισαγωγής των πρώτων υλών και το βασικότερο, ο τρόπος εκτέλεσης των κατεργασιών.

Αρχικά ορίζουμε τα κέντρα κατεργασιών μας (locations):

Σταθμοί Κατεργασίας	Ολικός αριθμός	Μηχανές που χρησιμοποιούνται	Απαιτούμενοι χειριστές	Βάρδια
Πριόνι	1	1	1	24ωρη
Φρέζα	3	1	1	14ωρη (διπλή)
Τόρνος	4	2	1	14ωρη (διπλή)
Δράπανο	3	1	1	7ωρη (μονή)
Συγκόλληση-ρομπότ	1	1	1	14ωρη (διπλή)
Πουδράρισμα	1	1	1	14ωρη (διπλή)

Οι οντότητες (entities) που εισάγονται στο πρόγραμμα μας, δεν είναι άλλες από τις Α' ύλες και το τελικό προϊόν. Μερικές φορές μπορεί να χρειαστεί να εισάγουμε και την έννοια του ημι-τελικού ώστε να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Οι Α' ύλες είναι ράβδοι είτε κυλινδρικής είτε τετραγωνικής μορφής που κόβονται στο πριόνι (όπως είπαμε είναι η πρώτη κατεργασία για όλα τα τεμάχια). Ακολουθούν οι λοιπές κατεργασίες που αναγράφονται σε μια λίστα, η οποία περιέχει και τους πρότυπους χρόνους κατεργασιών. Υπενθυμίζεται πως μερικά τεμάχια μετά τις κατεργασίες στο χώρο της παραγωγής τοποθετούνται στην Αποθήκη Συναρμολόγησης. Αυτά τα τεμάχια δε θα συγκολληθούν με άλλα ούτε θα πουδραριστούν. Τα τεμάχια προς κατασκευή φέρουν έναν 6-ψήφιο κωδικό που θα χρησιμοποιήσουμε κι εμείς. Σε όλη τη διάρκεια της παραγωγής τα τεμάχια μεταφέρονται συνοδευόμενα από το τελικό σχέδιο τους σε μορφή CAD.

Τα τεμάχια που περνάνε μόνο από το πρώτο μέρος επεξεργασίας και δεν προχωράνε σε συγκόλληση με άλλα φαίνονται στον Πίνακα 4.1:

Πίνακας 4.1: Κατάλογος τεμαχίων που δεν συγκολλούνται

Κωδικός τεμαχίου
139.044
139.053
139.057
139.116
140.095
239.023
239.031
239.039

Οι ομάδες τεμαχίων που συγκολλούνται φαίνονται στον Πίνακα 4.2:

Πίνακας 4.2: Κατάλογος τεμαχίων που συγκολλούνται

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

Κωδικός τεμαχίου	Τελικό τεμάχιο
139.049	139.051
139.050	
139.076	139.078
139.131	
139.055	139.147
139.060	
139.045	239.029
239.030	
139.058	239.093
239.092	

Κωδικός τεμαχίου	Τελικό τεμάχιο
235.064	239.043
239.076	
239.077	
239.083	
139.081	239.047
139.023	
239.049	
239067	
139.082	
139.083	
239068	
139.026	
239.041	239.084
239.083	
239.015	
139.021	
139.034	
139.096	
26.652	
239.028	
139.022	
139.038	
239.025	
239.003	

Η εισαγωγή των οντοτήτων (entities) στο σύστημα γίνεται με τον ορισμό των αφίξεων (arrivals). Βάσει του πίνακα παραγγελίας Α' υλών καθορίζεται η ποσότητα που απαιτείται και η ημερομηνία εισαγωγής της στο σύστημα.

Μετά τον ορισμό των οντοτήτων καλούμαστε να ορίσουμε ένα δίκτυο μετακίνησης (path network) των εργατών και του υλικού. Αυτό γίνεται χοντρικά μιας και δεν προσφέρει ουσία στην μοντελοποίηση μας σε αυτή τη φάση. Οι χρόνοι αναμονής μεταξύ κατεργασιών είναι πολύ μεγάλοι σε σύγκριση με το χρόνο μετακίνησης στο δίκτυο αυτό, και έτσι ο τελευταίος δε λαμβάνεται υπόψη.

Οι πόροι (resources) που θα ορίσουμε στο σύστημα μας, είναι οι εργάτες που χειρίζονται την κάθε μηχανή ενώ για τον προγραμματισμό της κάθε διαδικασίας (processing) λαμβάνονται υπόψη τα εξής στοιχεία:

- Χρόνος αναμονής στην Αποθήκη 300 πριν την διαδικασία
- Χρόνος προετοιμασίας του κέντρου κατεργασίας
- Χρόνος κατεργασίας του κάθε τεμαχίου
- Χρόνος μεταφοράς (εφόσον είναι υπολογίσιμος συγκριτικά με το χρόνο αναμονής)

Επίσης χρησιμοποιούνται είναι μετρητές. Οι μετρητές τοποθετούνται σε καίρια σημεία όπως είναι η είσοδος σε μια θέση ή η έξοδος από αυτήν ή και από το σύστημα. Αυτό βοηθάει να έχουμε μια εικόνα της ποσότητας των οντοτήτων που επεξεργάζεται το σύστημα την κάθε χρονική στιγμή. Έτσι μπορούμε εύκολα να διαγνώσουμε τυχόν λάθος, σε ποιο σημείο έχει γίνει, ή σε ποιο σημείο φαίνεται πως οι οντότητες δεν προχωρούν στην διαδικασία παραγωγής.

Τέλος ορίζονται οι βάρδιες και τα διαλείμματα των εργατών (shifts and breaks). Όπως αναφέραμε η κάθε βάρδια είναι 7ωρη και στους περισσότερους σταθμούς κατεργασίας είναι διπλή.

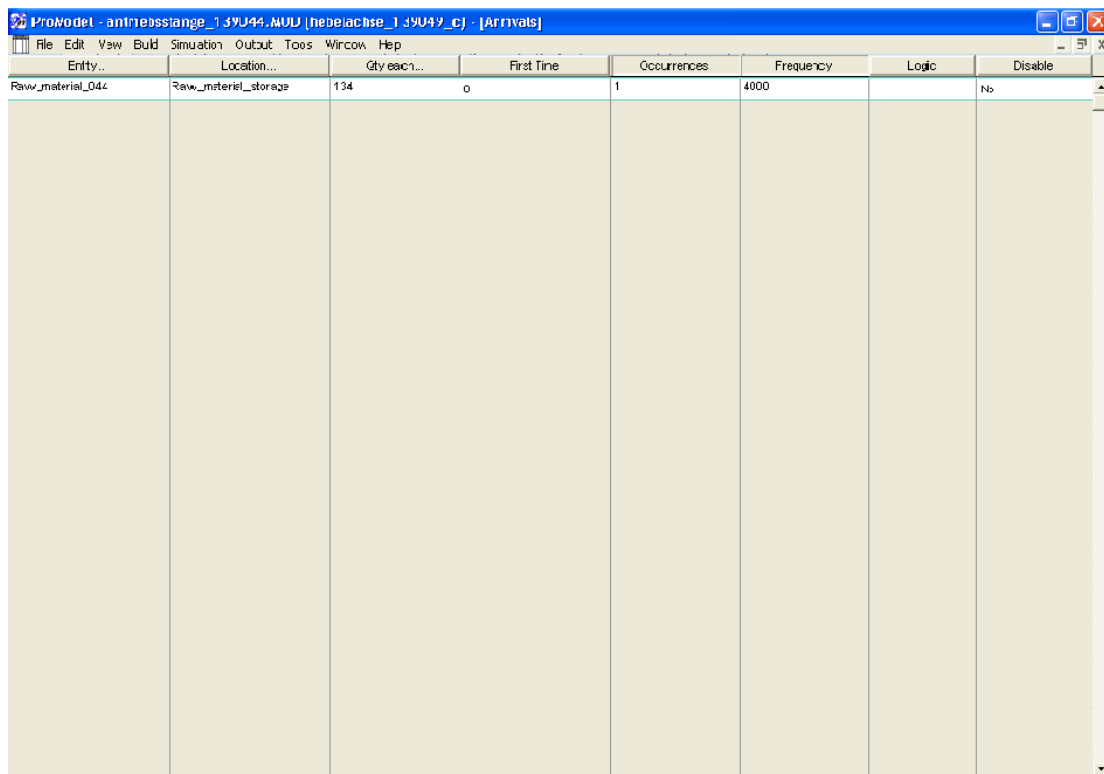
4.2.1.3 Κατασκευή Μοντέλου υπάρχουσας κατάστασης

Η κατασκευή των μοντέλων επικεντρώνεται σε ένα τεμάχιο το οποίο υπόκειται σε διάφορες επεξεργασίες είναι απλή και παρουσιάζεται περιληπτικά παρακάτω με τη χρήση παραδείγματος, συγκεκριμένα του τεμαχίου 139044.

Αρχικά ορίζεται η άφιξη της Α' ύλης, η οποία και θα εισαχθεί στο σύστημα για να κατεργαστεί στις διάφορες θέσεις. Ορίζουμε το είδος του υλικού που εισέρχεται στο σύστημα και την θέση στην οποία θα αποθηκευθεί μέχρι να περάσει στην επόμενη θέση. Εφόσον μελετάμε μεμονωμένα το διάστημα που γίνεται η κατεργασία του συγκεκριμένου τεμαχίου και όχι την περιοδικότητα του σε μια γενικότερη χρονική

περίοδο θα εισάγουμε στην επιλογή της περιοδικότητας (frequency) ένα μεγάλο αριθμό ώστε να γίνει εισαγωγή της συγκεκριμένης Α' ύλης μόνο μια φορά όσο εμείς μελετάμε την επεξεργασία του τεμαχίου 139044.

Οι Α' ύλες έρχονται με τη μορφή ράβδων ή πλακιδίων, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2 τα οποία μετέπειτα κόβονται σε μικρότερα τεμάχια. Στην προκειμένη περίπτωση εισάγονται 134 ράβδοι στο σύστημα που μέσω της θέσης «πριόνι» θα κοπούν και θα χρησιμοποιηθούν τελικά 200 τεμάχια.



The screenshot shows a software window titled 'ProModel - antiprosstange_139044.MUD [hebelachse_139044_c] - [Arrivals]'. It contains a table with the following data:

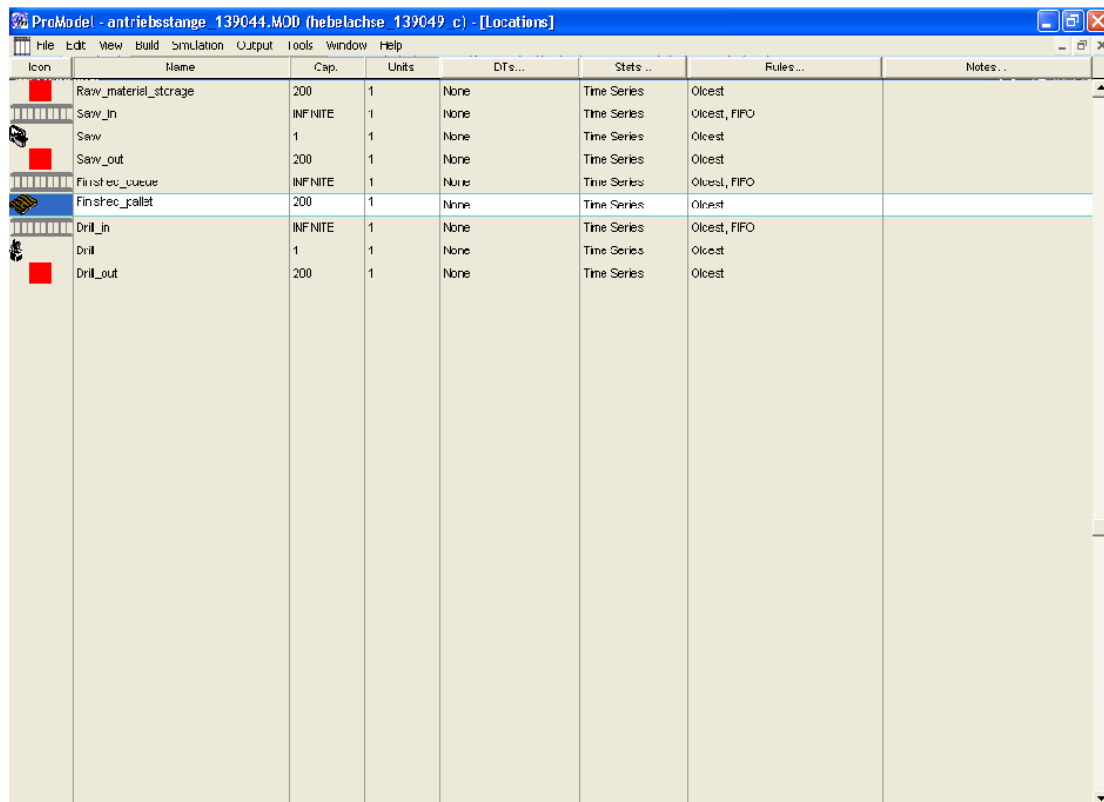
Entity...	Location...	Qty each...	First Time	Occurrences	Frequency	Logic	Disable
Raw_material_044	Raw_material_storage	134	0	1	4000		ns

Σχήμα 4.2: Πίνακας αφίξεων για το τεμάχιο 139044

Στη συνέχεια προχωράμε στον ορισμό των θέσεων. Στην προκειμένη περίπτωση το τεμάχιο 139044 κατεργάζεται αρχικά στο πριόνι και έπειτα περνάει στο δρόμιο για κατεργασία. Άρα στο σύστημα μας θα εισάγουμε ως θέσεις τους δύο σταθμούς κατεργασιών. Επίσης ως θέσεις θα ορίσουμε και τον αποθηκευτικό χώρο των Α' υλών, καθώς και τον αποθηκευτικό χώρο ενδιάμεσων αλλά και τελικών προϊόντων. Οι αποθηκευτικοί χώροι παρουσιάζονται ως σημεία οντοτήτων (entity spots), με σήμα τους ένα κόκκινο τετράγωνο, ενώ ο τελικός χώρος αποθήκευσης παρουσιάζεται με μια παλέτα.

Λόγω των χρόνων αναμονής από το χώρο αποθήκευσης σε ένα κέντρο κατεργασίας χρειάστηκε να τοποθετήσουμε και τις ουρές αναμονής (queues) οι οποίες μας δίνουν

την δυνατότητα να προσθέσουμε με την εντολή WAIT του προγράμματος μια χρονοκαθυστέρηση ώστε το μοντέλο μας να προσεγγίζει πιο πολύ την πραγματικότητα. Οι σειρές αναμονής παρουσιάζονται στο πρόγραμμα ως ράγες, βλ. σχήμα 4.3. Σε αυτό το σημείο έπρεπε να προσέξουμε καθώς το συγκεκριμένο γραφικό χρησιμοποιείται για να απεικονίσει και την σειρά αναμονής (queue) αλλά και τον μεταφορέα (conveyor). Εδώ λοιπόν το πρόγραμμα κατά την διάρκεια της προσομοίωσης παρουσίασε εσφαλμένα αποτελέσματα και μερικές φορές δεν προωθούσε τα ενδιάμεσα προϊόντα από την μια κατεργασία στην άλλη. Το πρόβλημα λύθηκε με την μετατροπή στο παράθυρο γραφικών (edit table) του μεταφορέα (conveyor) σε ουρά αναμονής (queue).



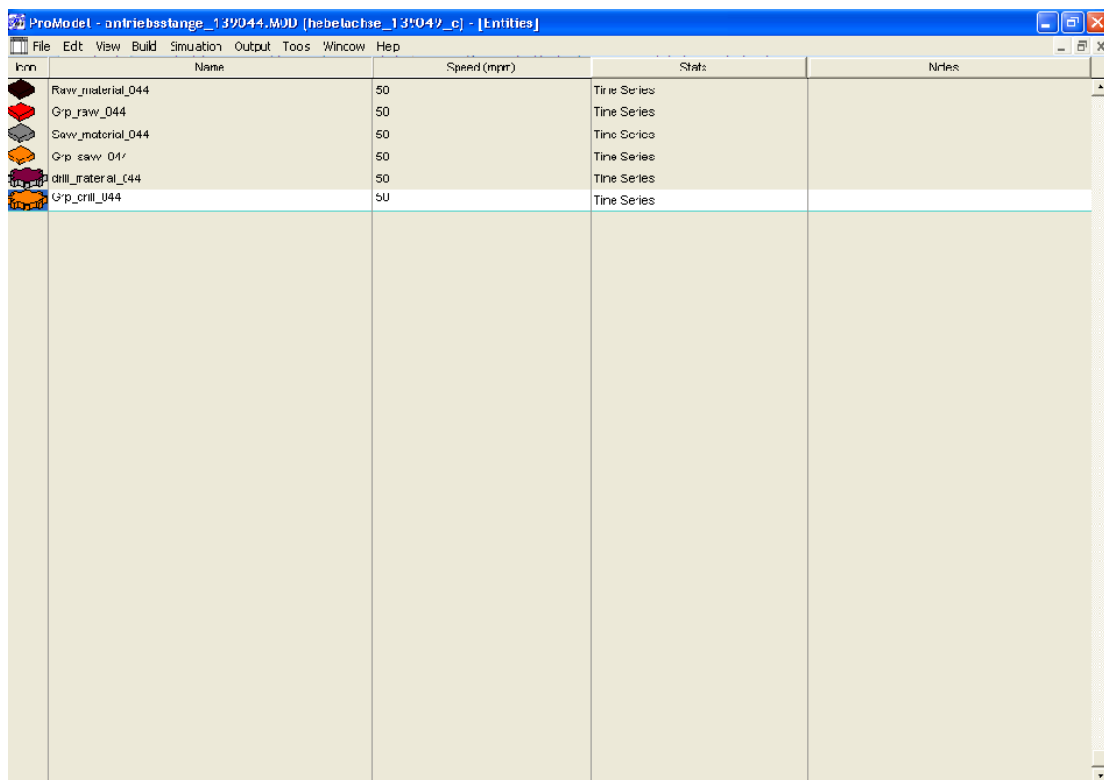
Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats ..	Rules...	Notes...
	Raw_material_storage	200	1	None	Time Series	Olceat	
	Saw_in	INFINITE	1	None	Time Series	Olceat, FIFO	
	Saw	1	1	None	Time Series	Olceat	
	Saw_out	200	1	None	Time Series	Olceat	
	Finstec_queue	INFINITE	1	None	Time Series	Olceat, FIFO	
	Finstec_pallet	200	1	None	Time Series	Olceat	
	Drill_in	INFINITE	1	None	Time Series	Olceat, FIFO	
	Drill	1	1	None	Time Series	Olceat	
	Drill_out	200	1	None	Time Series	Olceat	







Σχήμα 4.3: Πίνακας θέσεων για το τεμάχιο 139044

Η χωρητικότητα των θέσεων για τις ουρές αναμονής θεωρείται άπειρη, για τα κέντρα επεξεργασίας είναι μοναδιαία αφού το κάθε κέντρο επεξεργάζεται ένα τεμάχιο την φορά και τέλος για τη σημεία οντοτήτων είναι όση και τα απαιτούμενα τελικά προϊόντα δηλαδή 200.

Αφού έχουμε ορίσει τις θέσεις, θα εισάγουμε στο σύστημα μας τις οντότητες. Οι οντότητες ξεκινάνε από τον χώρο αποθήκευσης Α' υλών και περνούν μέσω των σειρών αναμονής μέσα από σταθμούς κατεργασίας φτάνοντας στην παλέτα τελικών προϊόντων.

Ξεκινώντας τον προγραμματισμό εισάγαμε μία οντότητα στο σύστημα, μιας και μελετάμε μια οντότητα η οποία αλλάζει μορφή. Στην πορεία όμως είδαμε πως είναι προτιμότερο να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των οντοτήτων ώστε να φαίνεται ξεκάθαρα η κατεργασία που υφίσταται το τεμάχιο 139044. Επίσης αποφασίσαμε να ομαδοποιήσουμε τα τεμάχια κάθε φορά που μεταφέρονται από ένα σημείο οντοτήτων σε μια θέση, βλ. σχήμα 4.4. Ο λόγος για αυτό είναι πως για να γίνει η μεταφορά των τεμαχίων θα έπρεπε πρώτα να μαζευτεί το τελικό σύνολο τους στο σημείο οντοτήτων και έπειτα να μεταφερθεί. Δημιουργώντας μια ομάδα (group) τεμαχίων ουσιαστικά εμποδίζουμε την μεταφορά αυτών μέχρις ότου συγκεντρωθεί η συνολική απαιτούμενη ποσότητα.

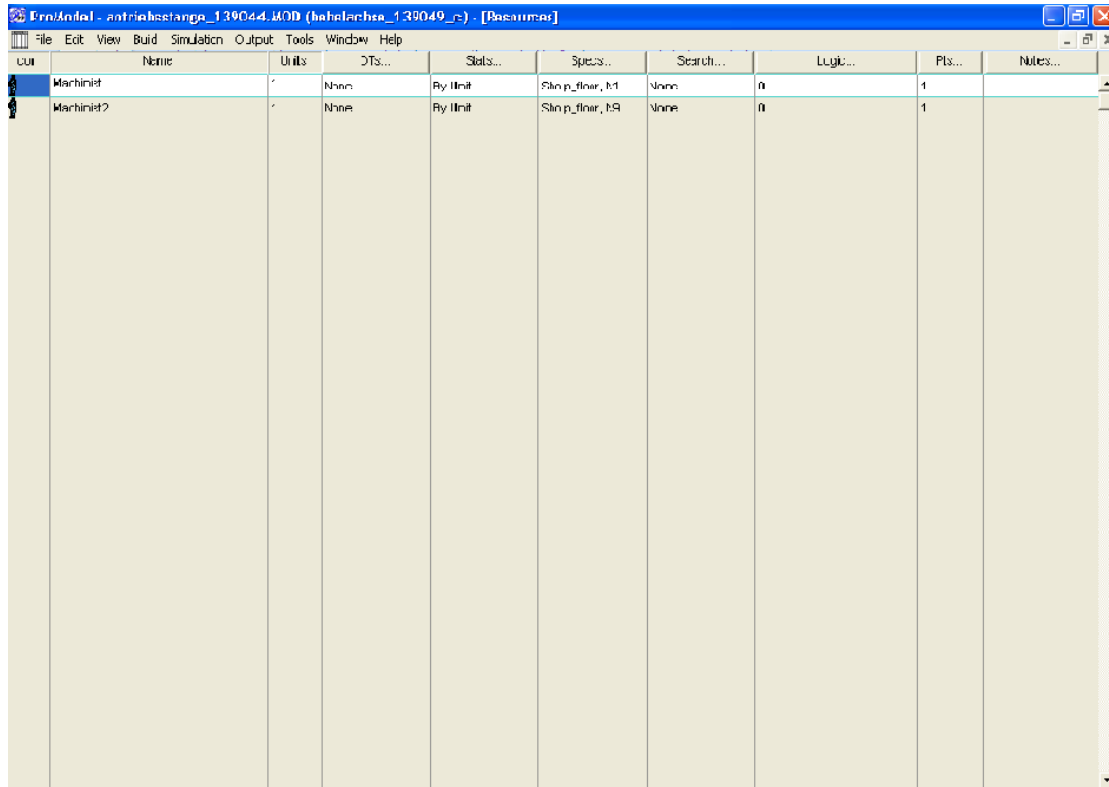


Icon	Name	Speed (mm)	State	Notes
	Raw_material_044	50	Time Series	
	Grp_raw_044	50	Time Series	
	Saw_material_044	50	Time Series	
	Grp_saw_044	50	Time Series	
	Drill_material_044	50	Time Series	
	Grp_drill_044	50	Time Series	

Σχήμα 4.4: Πίνακας οντοτήτων για το τεμάχιο 139044

Επόμενο βήμα είναι να ορισθούν οι πόροι (resources) που θα λάβουν μέρος στην προσομοίωση, βλ. σχήμα 4.5. Οι πόροι εδώ είναι οι εργάτες που είναι υπεύθυνοι για τους διάφορους σταθμούς κατεργασιών. Ο υπεύθυνος παραγωγής ελέγχει τους διάφορους σταθμούς και προσφέρει τις υπηρεσίες του όπου χρειάζεται, παράλληλα όμως είναι και χειριστής του πριονιού. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, το πριόνι έχει την δυνατότητα να λειτουργεί μόνο του και αρκεί να υπάρχει κάποιος για την προετοιμασία της μηχανής κάθε φορά που γίνεται αλλαγή στην παραγωγή τεμαχίων.

Οι εργάτες δεν έχουν νεκρούς χρόνους αφού ήδη στον ορισμό της βάρδιας έχουν ορισθεί τα διαλείμματα τους. Επίσης εδώ ορίζεται και το δίκτυο διαδρομής που ακολουθούν καθώς και το σημείο εκκίνησης και επιστροφής (home) τους εφόσον δεν χρησιμοποιούνται. Για τους εργάτες σημείο εκκίνησης και επιστροφής είναι η εκάστοτε μηχανή που χειρίζονται.

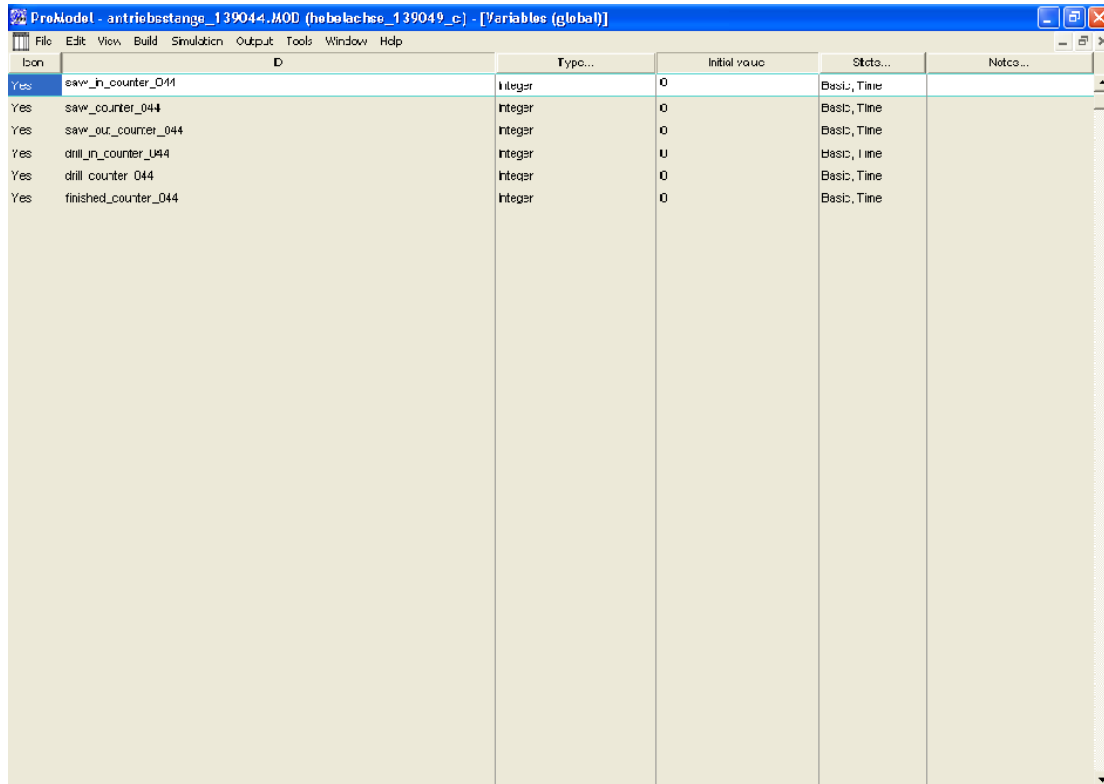


Unit	Name	Units	DTs...	Slots...	Specs...	Search...	Logic...	Pts...	Notes...
	Machinist	1	None	By Unit	Slap_floor, 1:1	None	0	1	
	Machinist?	1	None	By Unit	Slap_floor, 1:1	None	0	1	

Σχήμα 4.5: Πίνακας πόρων για το τεμάχιο 139044

Μετά τον ορισμό των πόρων εισάγουμε στο σύστημα τις μεταβλητές (variables) που θα μας βοηθήσουν να ελέγχουμε την διέλευση των τεμαχίων από την κάθε διεργασία αλλά και την κατάσταση των διαφόρων σημείων αναμονής των οντοτήτων. Οι μετρητές που τοποθετήσαμε μας φάνηκαν ιδιαίτερα χρήσιμοι κατά τα πρώτα στάδια της προσομοίωσης όπου συναντήσαμε προβλήματα, βλ. σχήμα 4.6. Οι μετρητές μας βοήθησαν να εντοπίσουμε σε ποιο σημείο εμποδίζεται η διέλευση των τεμαχίων, αλλά και σε ποιο σημείο έχουμε κάνει λάθος στον προγραμματισμό των διεργασιών με αποτέλεσμα να σταματά η προσομοίωση.

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης



The screenshot shows the ProModel software interface with a table of variables. The table has five columns: 'Icon', 'D', 'Type...', 'Initial value', 'Stats...', and 'Notes...'. The 'D' column contains 'Yes' for all rows. The 'Type...' column lists various integer types. The 'Initial value' column shows values 0, 0, 0, 0, and 0. The 'Stats...' column lists 'Basic, Time' for all rows.

Icon	D	Type...	Initial value	Stats...	Notes...
Yes	saw_in_counter_044	Integer	0	Basic, Time	
Yes	saw_counter_044	Integer	0	Basic, Time	
Yes	saw_out_counter_044	Integer	0	Basic, Time	
Yes	drill_in_counter_044	Integer	0	Basic, Time	
Yes	drill_counter_044	Integer	0	Basic, Time	
Yes	finished_counter_044	Integer	0	Basic, Time	

Σχήμα 4.6: Πίνακας μετρητών του τεμαχίου 139044

Πριν ορίσουμε τις διεργασίες πρέπει να ορισθεί το δίκτυο διαδρομής των πόρων και των οντοτήτων. Σε αυτό το σημείο ορίζονται οι κόμβοι (interfaces), βλ. σχήμα 4.7, καθώς και οι διαδρομές (paths) που θα ακολουθηθούν, βλ. σχήμα 4.8. Ο χρήστης οφείλει να ορίσει σε ποιά θέση αναφέρεται ο κάθε κόμβος ώστε κατά την διάρκεια της προσομοίωσης να γίνεται αντιληπτό από το σύστημα που πρέπει να προωθηθεί η κάθε οντότητα.

Node	Location
N2	Sew_material_storage
N4	Sew_in
N6	Sew
N7	Sew_out
N3	Finished_queue
N11	Finished_packet
N8	Drill_in
N10	Drill
N12	Drill_out

Σχήμα 4.7: Πίνακας κόμβων για το τεμάχιο 139044

Επίσης ορίζουμε και τις διαδρομές μεταξύ δύο κόμβων. Η απόσταση μεταξύ τους έχει δοθεί χοντρικά μιας και δεν έχει μεγάλο συντελεστή βαρύτητας κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Οι χρόνοι αναμονής μεταξύ κατεργασιών είναι τόσο μεγάλοι, στην υπάρχουσα κατάσταση, που η απόσταση μεταξύ των θέσεων και ο χρόνος που χρειάζεται να διανυθεί αυτή θεωρείται αμελητέα.

From	To	BI	Distance
N2	N2	B	10.11
N2	N4	B	0.1
N4	N5	B	5.94
N6	N8	B	20.44
N6	N7	D	4.09
N3	N11	B	18.28
N9	N7	B	17.33
N8	N10	B	10.88
N7	N8	B	20.87
N10	N12	B	6.73
N12	N3	D	42.00

Σχήμα 4.8: Πίνακας διαδρομών δικτύου για το τεμάχιο 139044

Τέλος ορίζουμε τις διεργασίες. Οι διεργασίες είναι ουσιαστικά η προγραμματιστική λογική που συνδέει όλους τους παραπάνω συντελεστές. Με χρήση κατάλληλων εντολών ορίζουμε την λογική που πρέπει να ακολουθήσει το τεμάχιο σε κάθε θέση,

την αναμονή που πρέπει να υποστεί, τον τρόπο που θα μεταφερθεί από μια θέση σε μια άλλη αλλά και τους χρόνους κατεργασίας στους σταθμούς κατεργασίας.

Υπενθυμίζεται πως ο τρόπος εισαγωγής δεδομένων στον προγραμματισμό των διεργασιών απαιτεί να ορισθεί η οντότητα που εισάγεται στο σύστημα, η θέση στην οποία εισάγεται, η διεργασία που απαιτείται να γίνει και έπειτα το παραγόμενο προϊόν, η θέση στην οποία καλείται να πάει και ο τρόπος μεταφοράς της σε αυτήν.

Κατά τη διάρκεια του προγραμματισμού των διεργασιών έγιναν κάποιες παραδοχές είτε για να απλουστευθεί ο προγραμματισμός είτε διότι δεν υπήρχε η δυνατότητα από το ίδιο το σύστημα να συμπεριληφθούν κάποια δεδομένα, βλ. σχήμα 4.9. Παρακάτω αναφέρονται οι σχετικές παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν:

- Οι Α' ύλες ομαδοποιήθηκαν για να μεταφερθούν από την αποθήκη Α' υλών στον πρώτο χώρο αναμονής. Αυτό έγινε και για ευκολία στη χρήση του συστήματος αλλά και για να γίνει η μεταφορά τους μαζικά χωρίς να μετρηθεί ξεχωριστός χρόνος που δεν αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα. Το παραπάνω έγινε με την εντολή GROUP του προγράμματος το οποίο έχει την ιδιαιτερότητα πως δεν μπορεί να αναφέρεται σε οποιοδήποτε παραγόμενο προϊόν.
- Πριν από κάθε σταθμό κατεργασίας έπρεπε να διασπώνται οι ομάδες που είχαμε δημιουργήσει για να επεξεργαστεί το σύστημα κάθε τεμάχιο ξεχωριστά. Αυτό γινόταν με την εντολή UNGROUP.
- Οι Α' ύλες εισάγονται στο σύστημα σε μορφή ράβδων ή πλακιδίων και σε ποσότητες διαφορετικές μεταξύ τους. Τα παραγόμενα τεμάχια, γνωρίζουμε εξ αρχής πως είναι συνολικά είτε 200 είτε 400³. Συνεπώς κάθε Α' ύλη που κατεργάζεται από το πριόνι τεμαχίζεται σε 200+n (αντίστοιχα 400+n τεμάχια) τεμάχια εφόσον ο αριθμός δεν είναι πάντα στρογγυλοποιημένος στο 200 (αντίστοιχα 400). Τα επιπλέον των 200 (αντίστοιχα 400) τεμαχίων δίνονται σε μαθητευόμενους εργάτες για να εκπαιδευτούν στους διάφορους σταθμούς κατεργασιών. Συνεπώς πριν από την κατεργασία των Α' υλών από το πριόνι, χρησιμοποιήσαμε την εντολή SPLIT για να ξεχωρίσουμε από τα προς κατεργασία τεμάχια τα απαιτούμενα 200 (αντίστοιχα 400).
- Η επεξεργασία έπειτα γίνεται κανονικά από το πριόνι όπου τοποθετούνται οι χρόνοι κατεργασιών που συλλέξαμε κατά την παρακολούθηση της παραγωγής. Ένα μειονέκτημα του προγράμματος είναι πως δεν δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να εισάγει χρόνο προετοιμασίας της μηχανής (setup time) ξεχωριστά από το χρόνο κατεργασιών. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει τον χρόνο προετοιμασίας σαν χρόνο αναμονής πριν από την κατεργασία από την στιγμή που θα μαζευτεί η μερίδα μπροστά στην μηχανή. Στην προκειμένη

³ Για την κατασκευή του προϊόντος Cross 3000 χρειάζονται ένα τεμάχιο από την κάθε ομάδα ή άλλες φορές δύο τεμάχια. Συνεπώς το μέγεθος μερίδας είναι 200 είτε 400.

επιλέγεται να υπολογιστεί ένας μέσος όρος επεξεργασίας του κάθε τεμαχίου που θα συμπεριλάμβανε τον χρόνο προετοιμασίας όπως αυτός αναλογεί στο κάθε τεμάχιο ξεχωριστά.

- Τέλος, ενώ δεν απαιτείται, έχουμε τοποθετήσει μια ενδιάμεση σειρά αναμονής μεταξύ της τελευταίας κατεργασίας και του χώρου αποθήκευσης τελικού προϊόντος (παλέτα). Αυτό γίνεται καθαρά για ευκολία στην προσομοίωση και για να ομαδοποιηθούν τα έτοιμα τεμάχια με την εντολή GROUP.

Entry...	Location...	Operation...
Raw_material_U44	Raw_material_storage	GROUP 134 AS Grp_raw_U44
Grp_raw_U44	Raw_material_storage	INC saw_in_counter_044
Grp_raw_U44	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_U44	Saw_in	WAIT 1 DAY
Raw_material_U44	Saw	SP IT 2 AS Saw_material_U44
Saw_material_U44	Saw	WAIT 75 SEC
Saw_material_U44	Saw_out	GROUP 200 AS Grp_saw_U44
Grp_saw_U44	Saw_out	INC saw_out_counter_U44
Grp_saw_U44	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_U44	Drill_in	WAIT 1 DAY INC drill_in_counter_044
Saw_material_U44	Drill	WAIT 67 SEC
drill_material_U44	Drill_out	GROUP 200 AS Grp_drill_U44
Grp_drill_U44	Drill_out	
Grp_drill_U44	Finished_queue	
Grp_drill_U44	Finished_palet	UNGROUP
drill_material_U44	Finished_palet	INC finished_counter_044

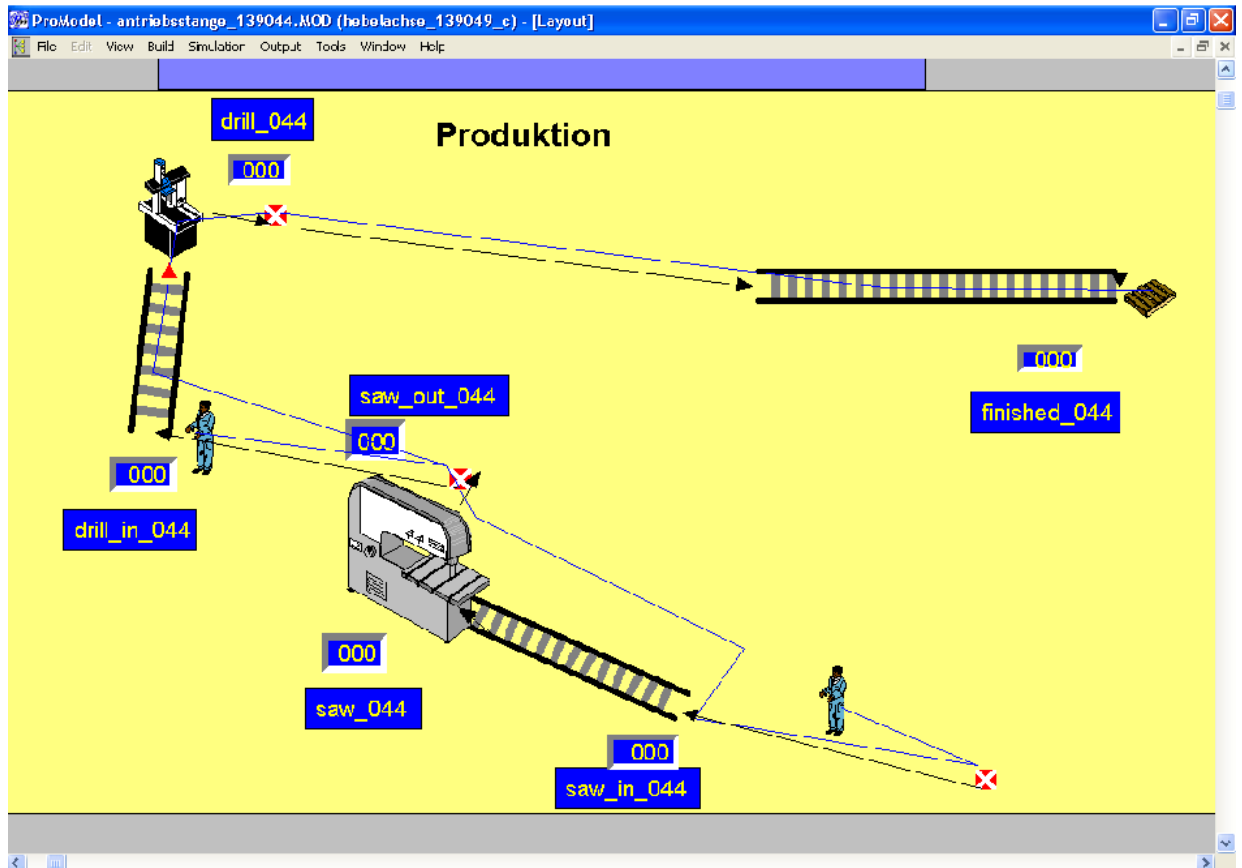
Σχήμα 4.9: Πίνακας διεργασιών του τεμαχίου 139044

Στη συνέχεια ορίσαμε τις οντότητες που εξάγονται από κάθε κατεργασία και τον τρόπο μεταφοράς τους από την μια θέση στην άλλη. Εδώ χρειάζεται να δεσμεύσουμε και έναν πόρο-εργάτη ανάλογα με την θέση που πρέπει να πάει η κάθε οντότητα. Το αντίστοιχο έγινε και παραπάνω όπου σε κάθε θέση, πλην του πριονιού που λειτουργεί μόνο του, απαιτείται ένας πόρος-εργάτης των οποίων και δεσμεύουμε με την εντολή USE. Κατά την μεταφορά οντοτήτων όμως από μια θέση σε μια άλλη χρησιμοποιείται η εντολή MOVE μαζί με την υπό-εντολή THEN FREE ώστε να απελευθερώνεται ο εν λόγω πόρος μετά από κάθε μεταφορά, βλ. σχήμα 4.10.

Σχήμα 4.10: Πίνακας μεταφοράς οντοτήτων για το τεμάχιο 139044

Στο χωρομετρικό σχεδιάγραμμα του σχήματος 4.11 φαίνονται όλες οι θέσεις, οι πόροι και οι μετρητές, καθώς επίσης και το δίκτυο διαδρομών. Οι οντότητες εμφανίζονται μόνον κατά την προσομοίωση αφού είναι καθαρά δυναμικό στοιχείο.

Τελικά αφού έχουν ορισθεί όλες οι παραπάνω μεταβλητές, μαζί με την προγραμματιστική λογική του σχήματος 4.12 που τις συνδέει, μπορεί να γίνει η προσομοίωση και να μας δώσει τα αποτελέσματα για την υπάρχουσα κατάσταση.



Σχήμα 4.11: Χωροταξικό σχεδιάγραμμα του τεμαχίου 139044

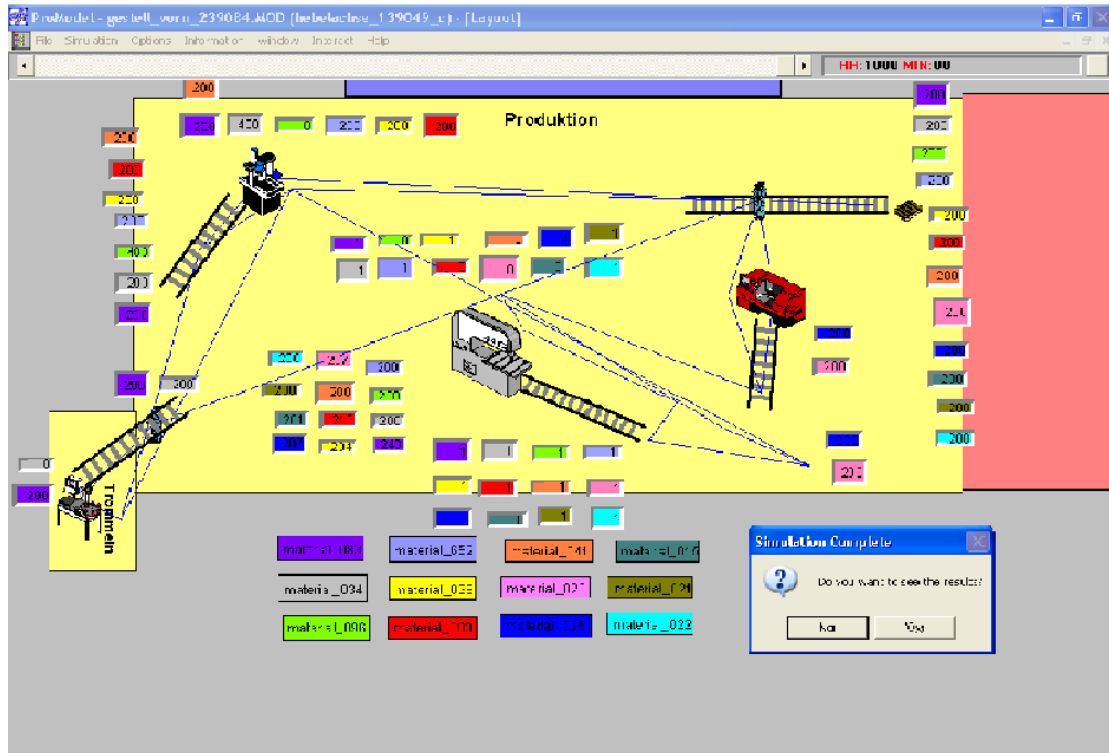
Για την παραγωγή των Cross 3000 δεν χρησιμοποιούνται μόνο ανεξάρτητα κομμάτια στο μοντάρισμα. Όπως αναφέραμε υπάρχουν κομμάτια που πρέπει να παραχθούν και να υποστούν την διαδικασία της συγκόλλησης. Αυτά τα μελετήσαμε σε ένα σύστημα,

ως ένα συνολικό προϊόν το οποίο αποτελείται από πολλά άλλα. Η διαδικασία ορισμού των μεταβλητών (θέσεις, οντότητες, πόροι) δεν διέφερε από την διαδικασία που ακολουθήθηκε στο παραπάνω απλό παράδειγμα. Ο συντονισμός του σύνθετου μοντέλου γίνεται αυτόματα εφόσον έχουν δοθεί από το χρήστη τα σωστά δεδομένα.

Entry...	Location...	Operation...
Raw material 083	Raw material storage	GROUP 60 AS Grp raw 08300
Grp raw 083	Raw material storage	INC queue_counter_083
Grp raw_083	Saw_in	UNGROUP
Saw_material_083	Saw_in	WAIT 4 DAY
Raw_material_000	Saw	SPLIT 4 AS Saw_material_000
Saw_material_083	Saw	WAIT 3 SEC
Saw material 083	Saw out	GROUP 200 AS Grp saw 083
Grp_saw_083	Saw_out	INC saw_out_counter_083
Grp_saw_083	Drummingcell_in	UNGROUP
Saw material 083	Drummingcell_in	WAIT 1 DAY
Saw_material_083	Drummingcell	WAIT 1.5 SEC
Drummingcell_material_083	Drummingcell_out	GROUP 200 AS Grp_drummingcell_083
Grp_drummingcell_000	Drummingcell_out	
Grp_drummingcell_083	Drill_in	UNGROUP
Drummingcell material 083	Drill_in	WAIT 5 DAY
Drummingcell_material_000	Drill	WAIT 3.5 SEC
Drill material 083	Finished_queue	GROUP 200 AS Grp_drill_083
Grp_drill_083	Finished_queue	
Grp_drill_083	Finished_queue	UNGROUP
Drill material 083	Finished_queue	INC finished_counter_083
Raw_Material_004	Raw material storage	GROUP 4 AS Grp raw_004
Grp raw_084	Raw material storage	INC queue_counter_084
Grp raw_084	Saw_in	UNGROUP
Raw_Material_004	Saw_in	WAIT 4.7 DAY
Raw_Material_084	Saw	SPLIT 50 AS Saw_material_084
Saw material 084	Saw	WAIT 27 SEC
Saw_material_084	Saw_out	GROUP 200 AS Grp_saw_084
Grp_saw_084	Saw_out	INC saw_out_counter_084
Grp_saw_084	Drummingcell_in	UNGROUP
Saw material 084	Drummingcell_in	WAIT 3 DAY
Saw material 084	Drummingcell	WAIT 1.5 SEC
Drummingcell_material_084	Drummingcell_out	GROUP 200 AS Grp_drummingcell_084

Πίνακας διαδικασιών για το τεμάχιο 239084

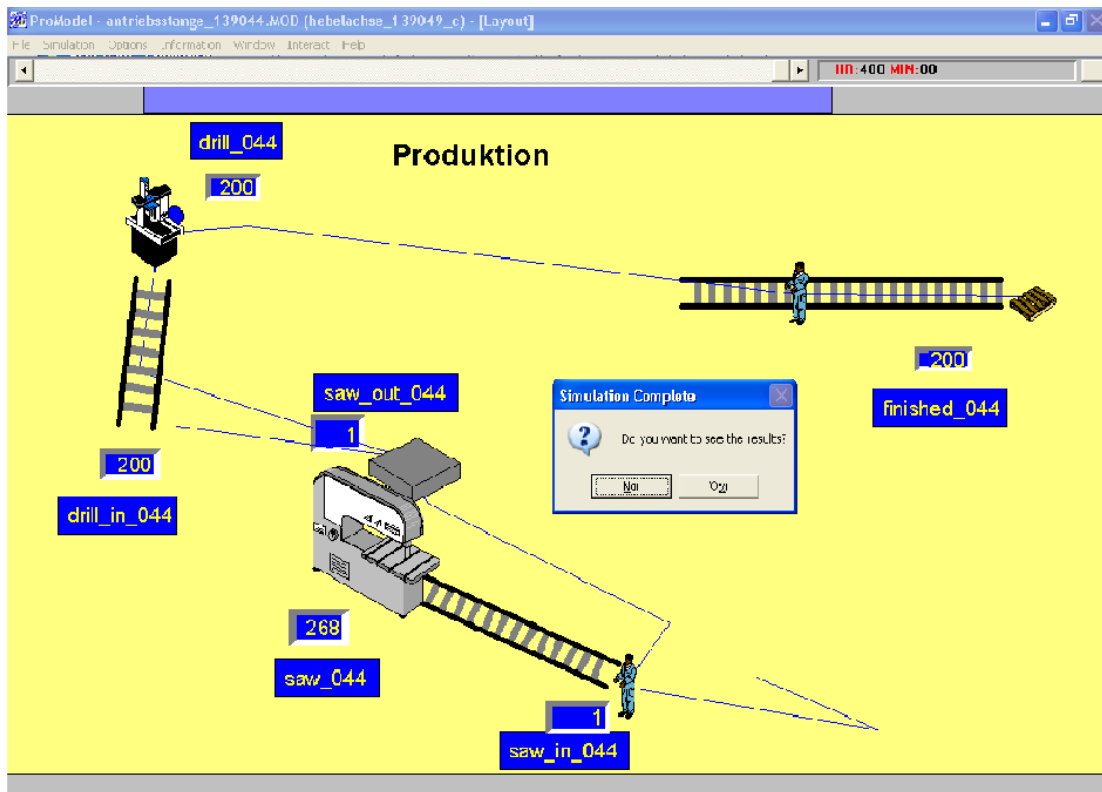
Η προσομοίωση και σε αυτήν την περίπτωση γίνεται δυναμικά, σταματώντας μόνο εφόσον παρουσιαστεί κάποιο σφάλμα λόγω κακού προγραμματισμού. Το σύστημα από μόνο του εντοπίζει το λάθος στον προγραμματισμό και το επισημαίνει οπότε είναι εύκολο να διορθωθεί από τον χρήστη. Η μόνη δυσκολία που αντιμετωπίσαμε ήταν στην δημιουργία πολλών ειδών οντοτήτων διότι το πρόγραμμα δεν παρέχει διαφορετικά γραφικά, βλ. σχήμα 4.13.



Σχήμα 4.13: Χωροταξικό σχεδιάγραμμα του τεμαχίου 239084

4.2.1.4 Ανάλυση Αποτελέσματος υπάρχουσας κατάστασης

Η προσομοίωση γίνεται με τρόπο δυναμικό, δίνοντας παράλληλα στο χρήστη να επέμβει είτε διακόπτοντάς την, είτε αυξομειώνοντας την ταχύτητα της για να παρατηρήσει με μεγαλύτερη ευκρίνεια κάποιο σημείο που θέλει να μελετήσει. Εφόσον δεν υπάρχουν προβλήματα στον προγραμματισμό η προσομοίωση εκτελείται χωρίς κάποια διακοπή. Στα πρώτα στάδια που επιχειρούσαμε την προσομοίωση, το ίδιο το σύστημα μας επεσήμανε διάφορα λάθη που είχαμε κάνει στον προγραμματισμό. Εμφανίζοντας ένα παράθυρο διαλόγου συγκεκριμενοποιούσε σε ποιο ακριβώς σημείο της προγραμματιστικής λογικής υπήρχε το πρόβλημα οπότε ήταν πιο εύκολο για μας, γνωρίζοντας το προβληματικό σημείο, να ψάξουμε να βρούμε την λύση.



Σχήμα 4.14: Χωροταξικό σχεδιάγραμμα του τεμαχίου 139044 μετά το πέρας της προσομοίωσης

Μετά το πέρας της προσομοίωσης το σύστημα μας έδωσε την δυνατότητα να μελετήσουμε τα αποτελέσματα με διαφορετικούς τρόπους για να έχουμε πλήρη εικόνα της κατάστασης που έχουμε σχεδιάσει, βλ. σχήμα 4.14.

Αρχικά το σύστημα δίνει μια γενική αναφορά (general report) παρέχοντας πληροφορίες για την κάθε μεταβλητή (θέση, οντότητα, πόρο, μετρητή) ξεχωριστά, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.15. Δίνει σε ποσοστιαία μορφή την εκμετάλλευση της κάθε μεταβλητής κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, καθώς και την ποσότητα των ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων. Να σημειωθεί εδώ πως όλες οι πληροφορίες που δίνονται είναι ανηγμένες στο συνολικό χρόνο που κρατάει η συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία, συμπεριλαμβανομένου και του χρόνου αναμονής των υλικών στον εκάστοτε χώρο αποθήκευσης.

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially occupied	% Full	% Down
Saw material storage	400	100.00	0.00	0.00	0.00
Saw in	400	93.31	6.69	0.00	0.00
Saw out	400	6.01	93.99	0.00	0.00
Finished queue	400	100.00	0.00	0.00	0.00
Finished pallet	400	100.00	0.00	0.00	0.00
Drill in	400	86.09	13.91	0.00	0.00
Drill out	400	97.09	7.91	0.00	0.00

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Single Capacity/Tanks)

Location Name	Scheduled Hours	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Saw	400	0.70	0.00	99.30	0.00	0.00	0.00
Drill	400	7.60	0.00	92.40	0.00	0.00	0.00

RESOURCES

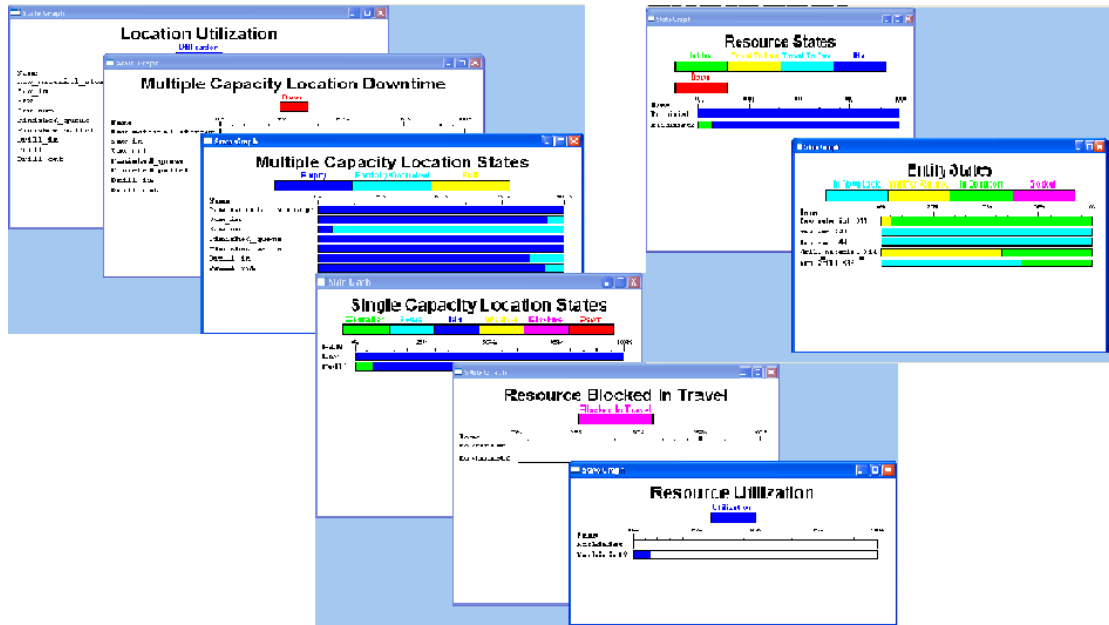
Resource Name	Units	Scheduled Hours	Number of Times Used	Average Minutes Per Usage	Average Minutes To Use	Average Minutes To Park	% Blocked In Travel	% Util
Machinist	1	400	1	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00
Machinist2	1	400	102	1.00	0.10	0.00	0.00	7.03

Σχήμα 4.15: Γενική αναφορά για το τεμάχιο 139044

Εκτός από την γενική αναφορά το Promodel μας δίνει την δυνατότητα να ερευνήσουμε κάθε μεταβλητή μεμονωμένα με την χρήση διαγραμμάτων. Υπενθυμίζεται ότι τα ακόλουθα διαγράμματα του σχήματος 4.16 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διεξάγουμε τα κατάλληλα αποτελέσματα:

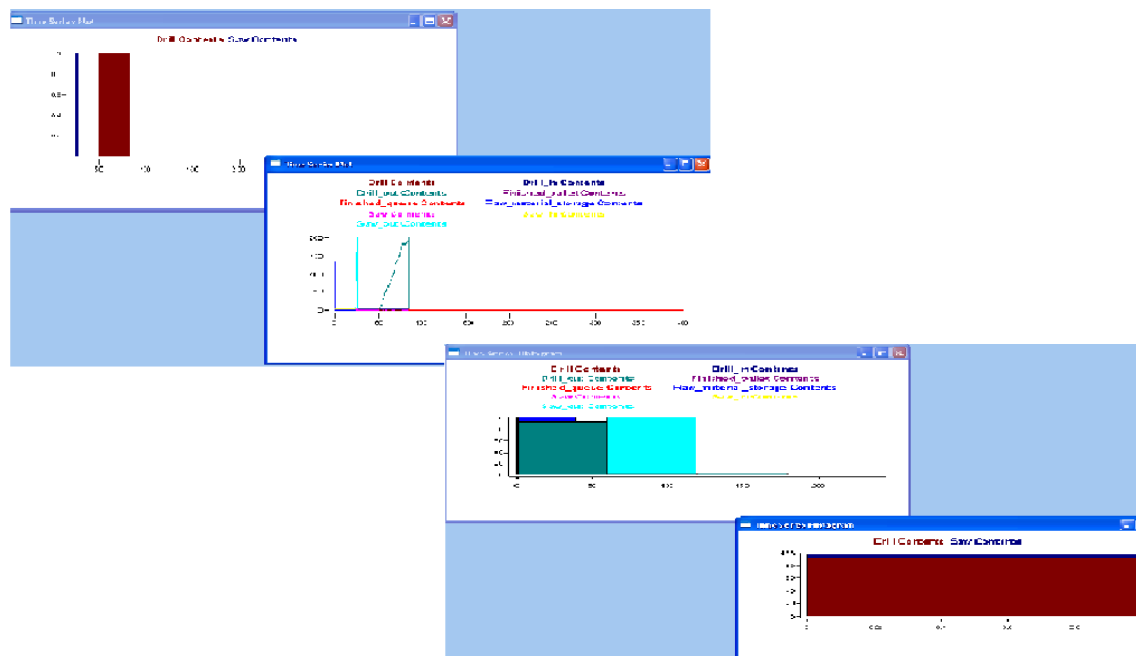
- Χρησιμοποίηση θέσεων (Location utilization).
- Κατάσταση θέσεων πολλαπλής δυναμικότητας (Multiple Capacity Location States).
- Νεκροί χρόνοι θέσεων πολλαπλής δυναμικότητας (Multiple Capacity Location Downtimes).
- Κατάσταση θέσεων απλής δυναμικότητας (Single Capacity Location States).
- Αποκλεισμός πόρων στην μετακίνηση (Resource Blocked in Travel).
- Χρησιμοποίηση πόρων (Resource Utilization).
- Κατάσταση πόρων (Resource States).
- Κατάσταση οντοτήτων (Entity States).

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης



Σχήμα 4.16: Μεμονωμένα διαγράμματα για το τεμάχιο 139044

Μια άλλη δυνατότητα που μας δίνει το Promodel είναι η σύσταση χρονοδιαγραμμάτων χρησιμοποιώντας παραπάνω από μια μεταβλητές, όπως αυτά του σχήματος 4.17. Μπορούμε με την μορφή ιστογράμματος ή διαγράμματος με μπάρες να παρακολουθήσουμε την πορεία της οντότητας στο χρόνο καθώς περνά από τις διάφορες θέσεις και αλλάζει μορφή.



Σχήμα 4.17: Ιστογράμματα και διαγράμματα με μπάρες για το τεμάχιο 139044

Η παρουσίαση αποτελεσμάτων για συνθετότερα μοντέλα δεν διαφέρει από αυτή για το απλό μοντέλο. Παρέχονται οι ίδιες πληροφορίες, απλά λαμβάνονται υπόψη περισσότερα στοιχεία.

Τα παραπάνω εργαλεία μας βοηθούν να αποκτήσουμε μια καλύτερη εικόνα για τα αποτελέσματα της προσομοίωσης και να διεξάγουμε σωστότερα συμπεράσματα. Έχοντας ήδη εντοπίσει τα προβλήματα στην παραγωγική διαδικασία κατά την διάρκεια της μελέτης στην Ergo-fit μπορέσαμε να προσδώσουμε ποσοτική υπόσταση στα όσα είχαμε ήδη συμπεράνει ποιοτικά.

Με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μπορούμε να μελετήσουμε κάθε μια μεταβλητή του συστήματος ξεχωριστά και έπειτα να αποδώσουμε μια συνολική εικόνα για την υπάρχουσα κατάσταση της παραγωγικής διαδικασίας στην Ergo-fit. Παράλληλα κάνουμε σύγκριση με τους πρότυπους χρόνους του προγράμματος ProAlpha που δίνονται από το Τμήμα Προγραμματισμού Παραγωγής. Οι χρόνοι που φαίνονται στα σχεδιαγράμματα αναφέρονται στα τεμάχια που μελετώνται και όχι στην συνολική παραγωγή όλων των τεμαχίων για τα όργανα Cross 3000.

Να υπενθυμίσουμε πως η μελέτη έγινε για τα τεμάχια που κατασκευάζονται στην εταιρεία και παρακολουθήθηκε η πορεία τους από την παραγγελία έως την κατεργασία τους σε τελικά προϊόντα. Έπειτα μερικά από αυτά συγκολλούνται, πουδράρονται και αποθηκεύονται στο χώρο συναρμολόγησης. Το βασικό πρόβλημα όμως εντοπίζεται στα πρώτα στάδια κατεργασιών τα οποία και μελετήθηκαν.

Για το κάθε τεμάχιο που δεν απαιτεί περαιτέρω κατεργασία στο Τμήμα Συγκόλλησης και για τις διάφορες ομάδες τεμαχίων που έπειτα θα συγκολληθούν, δημιουργούνται μοντέλα των οποίων η προσομοίωση εκτελείται ξεχωριστά και λαμβάνονται μεμονωμένα αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων παρουσιάζονται παρακάτω για την κάθε μεταβλητή ξεχωριστά:

- Θέσεις.

Αρχικά είναι ασφαλές να πούμε πως οι θέσεις-σταθμοί κατεργασίας που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία δεν έχουν νεκρούς χρόνους. Η συντήρηση τους γίνεται τακτικά εκτός ωραρίου παραγωγής και τα προβλήματα που εμφανίζονται είναι σπάνια. Από το διάγραμμα θέσεων μιας χωρητικότητας που αναφέρεται στους σταθμούς κατεργασίας και έπειτα από σύγκριση με τους χρόνους του ProAlpha συγκεντρωτικά συμπεραίνουμε πως το πριόνι και το δράπανο κατεργάζονται ταχύτερα από ότι αναμένεται τα τεμάχια. Η κατεργασία με τόννο ή φρέζα διαρκεί περισσότερο ενώ ο χρόνος προετοιμασίας της μηχανής δεν ανταποκρίνεται σε αυτόν που δίνεται από το Τμήμα Παραγωγής.

Ως προς τις ουρές αναμονής και τους χώρους αποθήκευσης η μεγαλύτερη καθυστέρηση γίνεται συγκεντρωτικά πριν την είσοδο των τεμαχίων στο πριόνι με μέγιστη καθυστέρηση 13 ημέρες και μέση καθυστέρηση 6,3 ημέρες. Επίσης ο χώρος αποθήκευσης μετά το πριόνι έχει και αυτός μέγιστη καθυστέρηση 13 ημέρες και μέση καθυστέρηση 4,25 μέρες. Αυτός όμως ο χρόνος αναφέρεται στο σύνολο των τεμαχίων που εξέρχονται από το πριόνι πριν κατευθυνθούν στην επόμενη κατεργασία. Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι μέγιστοι, ελάχιστοι και μέσοι χρόνοι αναμονής των θέσεων πολλαπλής δυναμικότητας.

Πίνακας 4.1: Χρόνοι αναμονής στην κάθε θέση

Θέση/Χρόνοι	Μέγιστος	Ελάχιστος	Μέσος
Saw_in	13	1	6,3
Saw_out	13	0	4,25
Drill_in	13	0	5,7
CNC_in	8	0	5,3

- Πόροι⁴.

Εδώ μελετάμε την χρησιμοποίηση των πόρων-εργατών που χειρίζονται την κάθε μηχανή. Οι δυνατότητες του Promodel περιορίζονται στο να μελετάνε την χρησιμοποίηση του πόρου όσο αυτός χειρίζεται την μηχανή και όχι την αποδοτικότητα του. Η αποδοτικότητα είναι ποιοτικό χαρακτηριστικό το οποίο δε μπορεί να μετρηθεί με τα υπάρχοντα διαγράμματα συγκρίνοντας όμως τους χρόνους που δίνονται από το ProAlpha με αυτούς που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της μελέτης μπορούμε να εξάγουμε μερικά συμπεράσματα.

Αρχικά από τα διαγράμματα χρησιμοποίησης πόρων βλέπουμε πως ο χειριστής του πριονιού αφιερώνει μηδενικό σχεδόν ποσοστό του χρόνου του στην κατεργασία τεμαχίων στο πριόνι. Αυτό συμβαίνει διότι το πριόνι λειτουργεί αυτόματα αλλά και διότι ο χειριστής του είναι παράλληλα και υπεύθυνος του Τμήματος Παραγωγής, συνεπώς δεν έχει συγκεκριμένο πόστο εργασίας.

Ο χειριστής του δραπάνου παρουσιάζει την καλύτερη απόδοση συγκριτικά με τους χρόνους που δίδονται από το ProAlpha. Επίσης αφιερώνει περισσότερο

⁴ Δεν αναφερόμαστε σε συγκεκριμένα άτομα όταν μελετάμε τους πόρους αλλά τους αντιμετωπίζουμε σαν χειριστές μηχανών μη λαμβάνοντας υπόψη την αλλαγή του προσωπικού λόγω αλλαγής βαρδιών.

χρόνο από τους υπόλοιπους χειριστές στην μεταφορά προϊόντων από το ένα κέντρο κατεργασίας στο άλλο.

Ο χειριστής του κέντρου CNC (φρέζα ή τόρνο) ξοδεύει περισσότερο χρόνο από τον αναφερόμενο για την προετοιμασία της μηχανής ενώ παραμένει σχεδόν τον μισό χρόνο του συνολικού άεργος, περιμένοντας το κέντρο CNC να τελειώσει την κατεργασία για να αλλάξει το τεμάχιο.

- Οντότητες.

Οι οντότητες μελετώνται άριστα με την χρήση του διαγράμματος κατάστασης οντότητας όπου συγκεντρώνονται όλες μαζί και μπορεί να γίνει η σύγκριση με μεγαλύτερη ευκολία. Υπενθυμίζεται πως στην κατασκευή των μοντέλων (απλών ή σύνθετων) μπορεί να αναφερόμαστε σε ένα τεμάχιο το οποίο όμως αντιπροσωπεύεται από διαφορετικές οντότητες για να φαίνεται η αλλαγή που υφίσταται κάθε φορά που περνάει από ένα σταθμό κατεργασίας. Επίσης, επιπλέον οντότητες είναι οι ομάδες των τεμαχίων (groups) που αναφέρονται στην ομαδοποιημένη μορφή ενός τεμαχίου και χρησιμοποιούνται για την μεταφορά του από μια θέση στην επόμενη.

Συνεπώς οι οντότητες που αντιπροσωπεύουν τις ομάδες των τεμαχίων (groups) είναι μόνιμως σε κατάσταση μεταφοράς. Οι υπόλοιπες οντότητες είναι είτε σε αναμονή είτε σε κατεργασία. Από όλα τα διαγράμματα φαίνεται πως καμία από τις οντότητες δεν είναι μπλοκαρισμένη. Συγκρίνοντας τις οντότητες μεταξύ τους στο διάγραμμα κατάστασης οντοτήτων παρατηρούμε πως την μεγαλύτερη αναμονή την υφίστανται πριν από το δράπανο, και μάλιστα το Promodel αναφέρει πως η καθυστέρηση οφείλεται σε αναμονή κάποιου πόρου. Η μέγιστη καθυστέρηση οντοτήτων λόγω αναμονής κάποιου πόρου φτάνει το 50% του συνολικού χρόνου που κατεργάζεται η οντότητα από το σύστημα. Στον πίνακα 4.2 παρακολουθούμε τις καθυστερήσεις που οφείλονται σε αυτή την αιτία.

Πίνακας 4.2: Καθυστερήσεις οντοτήτων λόγω έλλειψης πόρων

Οντότητα/Χρόνοι	Μέγιστος	Ελάχιστος	Μέσος
A' ύλη	5%	0	3,3%
Υλικό πριονιού	3%	0	2%
Υλικό δραπάνου	50%	0	31%
Υλικό CNC	35%	0	28,5%

Λόγω απασχόλησης των πόρων σε άλλες κατεργασίες, υπάρχει μια αναμονή στο δράπανο και στα κέντρα CNC ενώ στην αποθήκη A' υλών και στο πριόνι

η αναμονή είναι μικρή μιας και κύριος υπεύθυνος για αυτά είναι ο υπεύθυνος του Τμήματος Παραγωγής ο οποίος καθορίζει το πότε θα κατεργαστούν.

Τέλος, μελετάμε τις γενικές αναφορές για να επιβεβαιώσουμε πως όλες οι οντότητες έχουν εξέλθει από το σύστημα, πως όλοι οι χώροι αναμονής είναι άδειοι και δεν υπάρχουν οντότητες σε οποιαδήποτε θέση ενώ έχει λήξει η προσομοίωση.

Άλλος ένας τρόπος επικύρωσης του μοντέλου μας είναι ο έλεγχος της διάρκειας προσομοίωσης και η σύγκρισή του με τον χρόνο που καταγράφηκε κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Ο συνολικός χρόνος που υπολογίζεται από την στιγμή εισαγωγής της Α' ύλης στο σύστημα έως την στιγμή εξόδου του τεμαχίου ως τελικό προϊόν είναι σχεδόν ίσος με τον χρόνο που καταγράφηκε κατά την διάρκεια των καθημερινών παρατηρήσεων στην εταιρεία Ergo-fit. Οι λόγοι που δεν είναι ακριβώς ίδιοι μπορεί να οφείλονται στα παρακάτω αίτια:

- Παράταση διαλειμμάτων κατά την πραγματική παραγωγική διαδικασία.
- Αλλαγή ρυθμού απόδοσης των εργατών, κάτι το οποίο δεν είναι μετρήσιμο ποσοτικά από το ProModel.
- Επιπλέον υπερωρίες που δεν καταγράφηκαν.

4.2.1.5 Καταγραφή Συμπερασμάτων

Το τελευταίο βήμα στην διαδικασία της προσομοίωσης είναι η υπόδειξη βελτιώσεων. Αυτές οι υποδείξεις βασίζονται στα συμπεράσματα που εξαγάγαμε από την καθημερινή παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας και τις αναφορές της προσομοίωσης.

- Το σύστημα που χρησιμοποιεί η Ergo-fit για την παραγωγή των Cross 3000 δεν είναι καθορισμένο. Το Τμήμα Συναρμολόγησης μοντάρει κατά παραγγελία τα διάφορα όργανα που θα ζητηθούν από τον πελάτη. Συνεπώς είναι ένα σύστημα pull, το οποίο τραβάει υλικά από τα αποθέματα που έχει δημιουργήσει το Τμήμα Παραγωγής. Από την άλλη το Τμήμα Παραγωγής παράγει σύμφωνα με τις οδηγίες του Τμήματος Προγραμματισμού Παραγωγής και άρα της Διοίκησης. Χρησιμοποιεί ένα σύστημα push, σπρώχνοντας τα τελικά αμοντάριστα προϊόντα στον χώρο αποθήκευσης πριν από το Τμήμα Συναρμολόγησης. Το μέγεθος των μερίδων είναι τέτοιο ώστε να μπορούν με τα κατεργασμένα τεμάχια να συναρμολογούνται 200 όργανα γυμναστικής κάθε φορά. Συνεπώς το μέγεθος μερίδων των τεμαχίων είναι 200

είτε 400⁵. Μια πρόταση είναι να μειωθεί το μέγεθος της μερίδας κατά 50%, να κατασκευάζονται δηλαδή τόσα τεμάχια ώστε να συναρμολογούνται 100 όργανα γυμναστικής. Αυτό θα μείωνε αισθητά τους χρόνους αναμονής αλλά και τους χώρους αποθήκευσης κάτι το οποίο ίσως αποδειχθεί οικονομικά καλύτερο για την εταιρεία.

- Στις θέσεις πολλαπλής δυναμικότητας (χώροι αποθήκευσης και σειρές αναμονής) υπάρχει άσκοπη καθυστέρηση των υλικών από την μια κατεργασία στην επόμενη. Αυτό οφείλεται κυρίως στην έλλειψη κατάλληλου προγραμματισμού και στην ασαφή σειρά με την οποία κατεργάζονται τα διάφορα τεμάχια. Συνεπώς είναι αναγκαίο ένα πρόγραμμα που θα ακολουθείται πιστά και θα ελαχιστοποιεί ή εάν είναι εφικτό θα εξαλείφει τους χρόνους αναμονής.
- Βάσει παρατηρήσεων κατά την διάρκεια της καθημερινής παρακολούθησης μας στην Ergo-fit συμπεράναμε πως δεν υπάρχει προδιαγεγραμμένος χώρος αποθήκευσης. Προτείνεται η χρήση ενός αποθηκευτικού χώρου μεγάλης διάρκειας στον οποίο θα αποθηκεύονται οι Α' ύλες και τα υλικά των οποίων η κατεργασία θα αργήσει να γίνει. Επιπλέον προτείνεται να τοποθετηθούν τρεις μικρότεροι χώροι αποθήκευσης μικρής διάρκειας πλησίον των σταθμών κατεργασίας (πριόνι, δράπανο και κέντρα CNC).
- Στους σταθμούς κατεργασιών CNC (φρέζα και τόρνο) ο χρόνος κατεργασίας των τεμαχίων είναι νεκρός χρόνος για τον χειριστή. Προτείνεται να γίνεται έλεγχος των τεμαχίων κατά την διάρκεια αυτή ή όποιες άλλες απαραίτητες εργασίες, όπως μεταφορά προϊόντων από μια κατεργασία σε άλλη ή προετοιμασία κάποιας άλλης μηχανής.

Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων και παρατηρήσεων καλούμαστε να δημιουργήσουμε με τη χρήση του προγράμματος Promodel ένα ιδεατό μοντέλο παραγωγής τεμαχίων για τα όργανα Cross 3000.

4.3 Προτεινόμενη κατάσταση παραγωγής και μοντελοποίηση αυτής με τη χρήση του προγράμματος προσομοίωσης Promodel

4.3.1 Γενικές διαδικασίες

Έχοντας μελετήσει τα αποτελέσματα που μας προσφέρει η προσομοίωση της υπάρχουσας κατάστασης παραγωγής μπορούμε να ξεκινήσουμε να χτίζουμε το μοντέλο Promodel της ιδεατής κατάστασης.

⁵ Αφού για την συναρμολόγηση 200 Cross 3000 απαιτούνται ένα ή δύο τεμάχια από το κάθε υποπρόϊόν.

Η μεθοδολογία που θα ακολουθήσουμε είναι η ίδια που ακολουθήσαμε και στην υπάρχουσα κατάσταση. Ακολουθούμε ξανά τα βήματα που ορίστηκαν από τους Shannon, Gordon και Law (βλ. σχήμα 2.5) ως οδηγό για να διεξάγουμε εγκυρότερα αποτελέσματα στην προσομοίωση μας:

4.3.1.1 Σχεδιασμός Μελέτης

Κατά τον σχεδιασμό μελέτης της υπάρχουσας κατάστασης είχαμε προβεί σε ορισμένες παρατηρήσεις, οι οποίες θα είναι ο οδηγός μας για τις αλλαγές που θα προτείνουμε.

Βάσει των παραπάνω προαναφερθέντων παρατηρήσεων μπορούμε να αναφέρουμε τις εξής αλλαγές που οφείλουν να γίνουν:

- i. Παρατηρήθηκε απώλεια χρόνου κατά την διάρκεια της παραγγελιοληψίας μιας και δεν υπάρχει ξεκάθαρη εικόνα της κατάστασης της Αποθήκης Α' υλών από το Τμήμα Προγραμματισμού Παραγωγής. Ο έλεγχος αποθεμάτων Α' υλών γίνεται χειρονακτικά και δεν γίνεται επικαιροποίηση καθημερινά παρά μόνο αν απαιτηθεί από το Τμήμα Προγραμματισμού. Συνεπώς προτείνεται μηχανογράφηση των παραγγελιών και των αποθεμάτων σε ηλεκτρονική μορφή, εφόσον το επιτρέπει ο προϋπολογισμός της εταιρείας. Ο προμηθευτής θα μπορεί να ενημερώνεται ηλεκτρονικά μόλις το απόθεμα φτάσει στο όριο ασφαλείας του.
- ii. Οι κατεργασίες παρουσιάζουν αποδεκτούς χρόνους προετοιμασίας (set-up time) και εκτέλεσης (runtime). Συνεπώς δεν χρειάζεται κάποια παρέμβαση στο συγκεκριμένο σημείο. Παρόλα αυτά θα ήταν σκόπιμο να γίνεται καταγραφή των χρόνων εν ώρα παραγωγής και να εξάγονται αποτελέσματα βάσει στατιστικών στοιχείων.
- iii. Τα τεμάχια παραμένουν πολλές μέρες στην Αποθήκη 300 λόγω έλλειψης καθημερινού προγραμματισμού. Κατά την κατασκευή της ιδεατής κατάστασης με τη χρήση του προγράμματος Promodel αυτοί οι χρόνοι δεν λαμβάνονται υπόψη. Θεωρούμε πως δεν υπάρχουν καθυστερήσεις και η ροή των τεμαχίων από μια κατεργασία στην επόμενη είναι συνεχής.
- iv. Δεν υπάρχει σαφής εικόνα του ποία είναι η σειρά κατεργασιών για τα διάφορα τεμάχια. Η προτεραιότητα για κατεργασία και χρήση του κάθε κέντρου αποφασίζεται επί τόπου από τον υπεύθυνο Παραγωγής με ασαφή κριτήρια. Δεδομένου πως υπάρχουν κάποια τεμάχια τα οποία μετά πρέπει να ακολουθήσουν το στάδιο της συγκόλλησης, προτείνεται να κατεργάζονται πρώτα αυτά και έπειτα τα τεμάχια που θα αποθηκευτούν κατευθείαν στην αποθήκη του Τμήματος Συναρμολόγησης. Επιπροσθέτως η σειρά των σύνθετων τεμαχίων θα είναι τέτοια ώστε η ομάδα με τα περισσότερα τεμάχια

να κατεργάζεται πρώτα, αφού θα χρειαστεί περισσότερο χρόνο στο Τμήμα Συγκόλλησης.

- v. Δεδομένου του ότι το Τμήμα Συναρμολόγησης μοντάρει βάσει προγράμματος Πωλήσεων ενώ το Τμήμα Παραγωγής κατασκευάζει βάσει προγράμματος από το Τμήμα Προγραμματισμού υπάρχει πάντα ο φόβος του να αδειάσει η Αποθήκη Συναρμολόγησης πιο γρήγορα από ότι αναμένεται (οπότε και επιταχύνει τους ρυθμούς του το Τμήμα Παραγωγής) ή να μην υπάρχει χώρος στην Αποθήκη εφόσον δεν έχουν γίνει νέες παραγγελίες (οπότε αντίστοιχα θα πρέπει να καθυστερήσει το Τμήμα Παραγωγής.). Από τις παρατηρήσεις μας είδαμε πως τις περισσότερες φορές το Τμήμα Παραγωγής αργεί να παραδώσει τεμάχια στο Τμήμα Συναρμολόγησης λόγω μειωμένων πωλήσεων. Δεδομένων των χρόνων προετοιμασίας των σταθμών κατεργασίας προτείνεται, όπως προείπαμε, η μείωση μεγέθους της μερίδας κατά 50%, να κατασκευάζονται δηλαδή τόσα τεμάχια ώστε να συναρμολογούνται 100 όργανα γυμναστικής.

Εφαρμόζοντας τις παραπάνω προτάσεις θα ορίσουμε το νέο σύστημα για την κατασκευή της ιδεατής κατάστασης παραγωγής της Ergo-fit.

4.3.1.2 Ορισμός Συστήματος

Με τον ίδιο τρόπο που ορίσαμε το μελετώμενο σύστημα στην υπάρχουσα κατάσταση, ορίζουμε και το σύστημα στην προτεινόμενη κατάσταση. Τα τεμάχια (οντότητες) που επεξεργάζονται από τα κέντρα κατεργασιών είναι τα ίδια, καθώς και ο αριθμός των χειριστών (πόροι). Τα κέντρα κατεργασιών (θέσεις) παραμένουν αμετάβλητα και χρησιμοποιούμε και εδώ τους μετρητές για να ελέγχουμε τη ροή υλικού κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Τέλος στο δίκτυο μετακίνησης δεν υπάρχει κάποια αλλαγή παρά μόνον ότι η προτεινόμενη κατάσταση θα αποτυπωθεί σε ένα μοναδικό μοντέλο το οποίο φέρει όλα τα παραπάνω στοιχεία⁶.

Οι δύο αλλαγές που θα γίνουν εδώ είναι στον ορισμό των αφίξεων όπου μειώνουμε την ποσότητα των Α' υλών κατά 50%, καθώς και στην λογική του προγραμματισμού. Υπενθυμίζουμε πως στην υπάρχουσα κατάσταση είχαμε λάβει υπόψη τα εξής:

- Χρόνος αναμονής στην Αποθήκη 300 πριν την διαδικασία
- Επιμερισμένος χρόνος προετοιμασίας του σταθμού κατεργασίας
- Χρόνος κατεργασίας του κάθε τεμαχίου

⁶ Στο προτεινόμενο μοντέλο τοποθετούνται όλοι οι σταθμοί κατεργασίας που υπάρχουν στο χώρο παραγωγής της Ergo-fit, κάτι το οποίο δεν κάναμε στα μοντέλα της υπάρχουσας κατάστασης δεδομένου πως δε χρησιμοποιήθηκαν όλα κατά την διάρκεια της παραγωγής μεμονωμένων τεμαχίων.

- Χρόνος μεταφοράς (εφόσον είναι υπολογίσιμος συγκριτικά με το χρόνο αναμονής)

Στην προτεινόμενη κατάσταση ο χρόνος αναμονής στην Αποθήκη 300 εξαλείφεται ενώ οι υπόλοιποι παραμένουν αμετάβλητοι.

4.3.1.3 Κατασκευή Μοντέλου προτεινόμενης κατάστασης

Στην προτεινόμενη κατάσταση δημιουργούμε ένα μόνο μοντέλο που περιέχει όλα τα τεμάχια που πρέπει να κατεργαστούν για να δημιουργηθεί το προϊόν Cross 3000.

Η σειρά εισαγωγής των τεμαχίων στο σύστημα είναι τέτοια ώστε οι ομάδες που χρειάζονται περισσότερο χρόνο συνολικά μέσα στο σύστημα να ετοιμάζονται πρώτα. Συνεπώς η σειρά αφίξεων των τεμαχίων στο Promodel είναι η ακόλουθη, του σχήματος 4.18:

```
*****
*                               Arrivals                               *
*****
```

Entity	Location	Qty each	First Time	Occurrences	Frequenc
Raw_material_083	Raw_material_storage	30	0	1	4000
Raw_Material_034	Raw_material_storage	2	0	1	4000
Raw_material_096	Raw_material_storage	20	0	1	4000
Raw_material_652	Raw_material_storage	4	0	1	4000
Raw_material_038	Raw_material_storage	3	0	1	4000
Raw_material_003	Raw_material_storage	200	0	1	4000
Raw_material_041	Raw_material_storage	7	0	1	4000
Raw_material_028	Raw_material_storage	12	0	1	4000
Raw_material_025	Raw_material_storage	12	0	1	4000
Raw_material_015	Raw_material_storage	100	0	1	4000
Raw_material_021	Raw_material_storage	100	0	1	4000
Raw_material_022	Raw_material_storage	100	0	1	4000
Raw_material_1083	Raw_material_storage	18	0	1	4000
Raw_material_1023	Raw_material_storage	100	0	1	4000
Raw_material_2049	Raw_material_storage	42	0	1	4000
Raw_material_2067	Raw_material_storage	100	0	1	4000
Raw_material_2068	Raw_material_storage	7	0	1	4000
Raw_material_1081	Raw_material_storage	40	0	1	4000
Raw_material_1082	Raw_material_storage	100	0	1	4000
Raw_material_1026	Raw_material_storage	100	0	1	4000
Raw_material_2083	Raw_material_storage	30	0	1	4000
Raw_material_2064	Raw_material_storage	9	0	1	4000
Raw_Material_2076	Raw_material_storage	100	0	1	4000
Raw_material_2077	Raw_material_storage	100	0	1	4000
Raw_material_1045	Raw_material_storage	3	0	1	4000
Raw_material_2030	Raw_material_storage	100	0	1	4000
Raw_material_1055	Raw_material_storage	6	0	1	4000
Raw_material_1060	Raw_material_storage	17	0	1	4000
Raw_material_1131	Raw_material_storage	2	0	1	4000
Raw_material_1076	Raw_material_storage	8	0	1	4000
Raw_material_1051	Raw_material_storage	12	0	1	4000
Raw_material_1050	Raw_material_storage	15	0	1	4000
Raw_material_1044	Raw_material_storage	67	0	1	4000
Raw_material_1057	Raw_material_storage	12	0	1	4000
Raw_material_2023	Raw_material_storage	100	0	1	4000
Raw_material_2039	Raw_material_storage	20	0	1	4000
Raw_material_1116	Raw_material_storage	3	0	1	4000
Raw_material_1095	Raw_material_storage	200	0	1	4000
Raw_material_2031	Raw_material_storage	25	0	1	4000

Σχήμα 4.18: Σειρά αφίξεων οντοτήτων στο Promodel

Τα τεμάχια εισάγονται ξεχωριστά και όχι ομαδοποιημένα αλλά η σειρά τους είναι τέτοια ώστε να ετοιμάζονται ανά ομάδες. Παραδείγματος χάρη η μεγαλύτερη ομάδα

είναι αυτή του προϊόντος 239.084 του οποίου τα επί μέρους κομμάτια φαίνονται στον πίνακα 4.3:

Πίνακας 4.3: Προϊόν 239.084 και τεμάχια από τα οποία αποτελείται

239.083	
139.034	
139.096	
26.652	
139.038	
239.003	
139.041	
239.028	
239.025	
239.015	
139.021	
139.022	
	239.084

Έτσι στον πίνακα αφίξεων εισάγονται πρώτα.

Οι θέσεις (locations) όπου γίνονται οι κατεργασίες παρουσιάζονται πλέον όλες στο χωροταξικό διάγραμμα, μιας και όλες λαμβάνουν μέρος στην προσομοίωση αυτή. Οι χρόνοι προετοιμασίας της κάθε μιας είναι ξεχωριστοί για κάθε κατεργασία⁷ και όπως προείπαμε τοποθετούνται μαζί με τον συνολικό χρόνο κατεργασίας του κάθε τεμαχίου.

Η δυναμικότητα των θέσεων για τις ουρές αναμονής είναι άπειρη και για τα κέντρα επεξεργασίας είναι μοναδιαία αφού το κάθε κέντρο κατεργάζεται ένα τεμάχιο την φορά, βλ. σχήμα 4.19.

⁷ Οι χρόνοι προετοιμασίας του σταθμού κατεργασίας επιμερίζονται στον συνολικό χρόνο κατεργασίας των τεμαχίων.

Icon	Name	Cap	Units	DTS	Stats	Rules	Notes
	Raw_material_storage	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest	
	Saw_in	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Saw	.	1	None	Time Series	Oldest	
	Saw_out	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest	
	Finished_queue	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Finished_pallet	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest	
	Drummingcil_in	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Drummingcil	.	1	None	Time Series	Oldest	
	Drummingcil_out	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest	
	Drill_in	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Drill	.	1	None	Time Series	Oldest	
	Lathe_in	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Lathe	.	1	None	Time Series	Oldest	
	Machining_in	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Machining_Center	.	1	None	Time Series	Oldest	
	Mill_in	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Mill	.	1	None	Time Series	Oldest	

Σχήμα 4.19: Πίνακας θέσεων για την ιδεατή κατάσταση

Οι πόροι (resources) που χρησιμοποιούνται εδώ είναι οι πέντε εργάτες υπεύθυνοι για κάθε μηχανή. Ο εργάτης 1 (Machinist) ο οποίος χειρίζεται το πριόνι είναι και ο υπεύθυνος του Τμήματος Παραγωγής συνεπώς δεν είναι απασχολημένος μόνιμα στην συγκεκριμένη θέση. Οι υπόλοιποι όμως δεσμεύονται από το σταθμό κατεργασίας το οποίο χειρίζονται. Αυτό εισάγεται στην λογική προγραμματισμού με την εντολή USE, στην μορφή USE Machinist3 FOR DRILL, αν αναφερόμαστε στον εργάτη που χειρίζεται το δρέπανο, βλ. σχήμα 4.20.

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

Icon	Name	Units	DTs...	Stats...	Specs...	Search...	Logic...	Pts...	Notes...
	Machinist	1	None	By Unit	Shop_floor, N1	None	0	1	
	Machinist3	1	None	By Unit	Shop_floor, N16	None	0	1	
	Machinist2	1	None	By Unit	Shop_floor, N10	None	0	1	
	Machinist4	1	None	By Unit	Shop_floor, N18	None	0	1	
	Machinist5	1	None	By Unit	Shop_floor, N21	None	0	1	

Σχήμα 4.20: Πίνακας πόρων για την ιδεατή κατάσταση

Πάλι ορίζουμε για τον κάθε πόρο το σημείο αναφοράς του (home) καθώς και το δίκτυο διαδρομής στο οποίο κινείται.

Το δίκτυο διαδρομής δεν άλλαξε απλά προστέθηκαν παραπάνω διαδρομές για να εξυπηρετούνται όλοι οι σταθμοί κατεργασιών, βλ. σχήμα 4.21 και 4.22.

Node	Location
N2	Raw_material_storage
N4	Saw_in
N6	Saw
N7	Saw_out
N3	Finished_queue
N11	Finished_pallet
N12	Drummingroll_in
N13	Drummingroll
N14	Drummingroll_out
N15	Drill_in
N17	Drill
N8	Lathe_in
N9	Lathe
N18	Machining_Center
N19	Machining_in
N20	Mill_in
N21	Mill

Σχήμα 4.21: Πίνακας κόμβων της ιδεατής κατάστασης

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

From	To	Ei	Distance
N1	N2	Ei	11.50
N2	N4	Ei	0.1
N4	N5	Ei	5.94
N5	N6	Ei	20.44
N6	N7	Ei	5.60
N3	N11	Ei	18.16
N7	N12	Ei	45.07
N1	N7	Ei	31.51
N12	N13	Ei	12.73
N13	N14	Ei	5.56
N14	N15	Ei	35.55
N16	N14	Ei	46.64
N15	N17	Ei	11.87
N17	N3	Ei	59.68
N16	N2	Ei	70.82
N16	N15	Ei	13.51
N16	N3	Ei	56.03
N7	N3	Ei	32.73
N7	N8	Ei	33.66
N8	N9	Ei	12.22
N9	N3	Ei	11.88
N10	N8	Ei	12.92
N10	N3	Ei	12.65
N18	N7	Ei	17.59
N18	N19	Ei	10.05
N18	N20	Ei	14.24
N21	N20	Ei	1.86
N21	N3	Ei	13.55
N21	N7	Ei	28.18
N21	N19	Ei	23.33

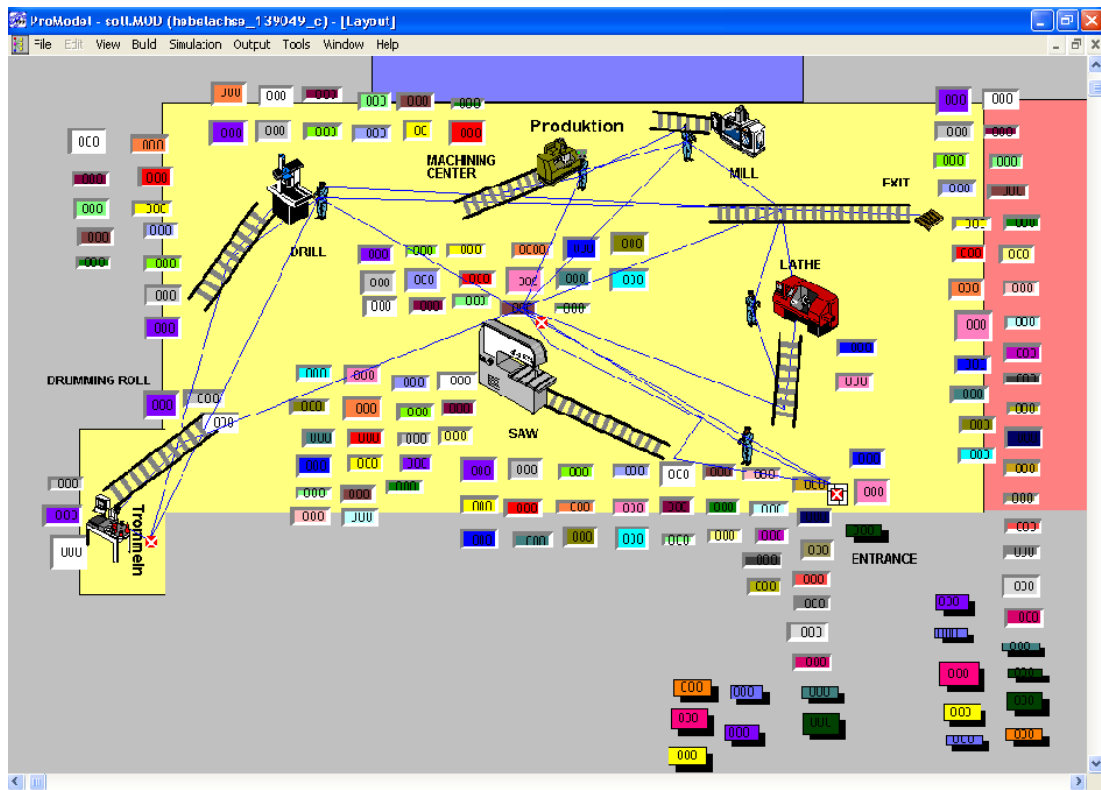
Σχήμα 4.22: Πίνακας διαδρομών της ιδεατής κατάστασης

Το τελευταίο σημείο που αλλάξαμε είναι αυτό της λογικής προγραμματισμού. Αφαιρέσαμε τους άσκοπους χρόνους αναμονής στους διάφορους αποθηκευτικούς χώρους θεωρώντας πως ιδανικά η ροή των υλικών θα είναι συνεχής. Οι χρόνοι προετοιμασίας των σταθμών κατεργασίας καθώς και οι χρόνοι της διεξαγωγής κάθε εργασίας εισάγονται στο σύστημα με την εντολή WAIT και η μεταφορά των οντοτήτων από την μια θέση στην επόμενη γίνεται χωρίς επιπλέον καθυστέρηση. Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν στην υπάρχουσα κατάσταση χρησιμοποιούνται και εδώ χωρίς κάποια αλλαγή.

Σο παράρτημα Β φαίνονται οι πίνακες προγραμματισμού (processing) για το μοντέλο της ιδεατής κατάστασης.

Χρησιμοποιούμε και εδώ μεταβλητές (variables) για να ελέγχουμε την διέλευση των οντοτήτων από κάθε θέση αλλά για να μην υπερφορτώσουμε το χωροταξικό διάγραμμα χρησιμοποιούμε κυρίων τον μετρητή εισόδου A' υλών και τον μετρητή εξόδου ετοιμών προϊόντων. Μετά το πέρας της προσομοίωσης ο μετρητής μας κατατοπίζει ως προς το ποια-αν όχι όλα- κομμάτια εξήχθησαν από το σύστημα.

Στο χωρομετρικό σχεδιάγραμμα του σχήματος 4.23 φαίνονται όλες οι θέσεις, οι πόροι και οι μετρητές, καθώς επίσης και το δίκτυο διαδρομών. Οι οντότητες εμφανίζονται μόνον κατά την προσομοίωση αφού είναι καθαρά δυναμικό στοιχείο.



Σχήμα 4.23: Χωροταξικό σχεδιάγραμμα για την ιδεατή κατάσταση

4.3.1.4 Ανάλυση Αποτελέσματος προτεινόμενης κατάστασης

Η προσομοίωση της ιδεατής κατάστασης γίνεται με ομαλό τρόπο καθώς η λογική προγραμματισμού που έχουμε εισάγει είναι ορθή. Η πρώτη παρατήρηση πριν αναλυθούν τα αποτελέσματα είναι πως ο χρόνος εκτέλεσης της προσομοίωσης έχει μεγαλύτερη διάρκεια από ότι της υπάρχουσας κατάστασης. Στην υπάρχουσα κατάσταση είχαμε απλά μοντέλα με ένα τεμάχιο ή μια ομάδα τεμαχίων προς κατεργασία. Εδώ έχουμε όλα τα τεμάχια που αποτελούν την παραγωγή του Cross 3000. Στην υπάρχουσα κατάσταση η εκτέλεση μιας προσομοίωσης κρατούσε από ένα λεπτό, για τα πολύ απλά μοντέλα, έως μερικά λεπτά (4-8 λεπτά) για το συνθετότερο μοντέλο. Η προσομοίωση της προτεινόμενης κατάστασης κράτησε περίπου 40 λεπτά. Αυτό οφείλεται στο ότι το μοντέλο της ιδεατής κατάστασης περιέχει περισσότερες πληροφορίες και το σύστημα καλείται να επεξεργαστεί τις διεργασίες όλων των τεμαχίων που παίρνουν μέρος στην ολοκλήρωση του προϊόντος Cross 3000. Αναφέρεται πως ο υπολογιστής όπου έγιναν όλες οι προσομοιώσεις είναι ένας Hewlett-Packard Intel Pentium III με σκληρό δίσκο 1 GB και μνήμη RAM 512 MB.

Στην ιδεατή κατάσταση η προσομοίωση κρατάει 22 μέρες⁸ ενώ στην υπάρχουσα κατάσταση κρατάει 37 ημέρες.

Η γενική αναφορά (general report) που παρέχεται από το σύστημα και παρουσιάζεται στο σχήμα 4.24 περιέχει όλες τις παραμέτρους που αναλύσαμε στον ορισμό του συστήματος.

General Report
Output from F:\skolika\diplomarbeit\PROMODEL\promodel soll\soll2.MOD [hebelachse 139049 c]
Date: Aug/20/2008 Time: 08:18:12 PM

Scenario : Normal Run
Replication : 1 of 1
Simulation Time : 1000 hr

LOCATIONS

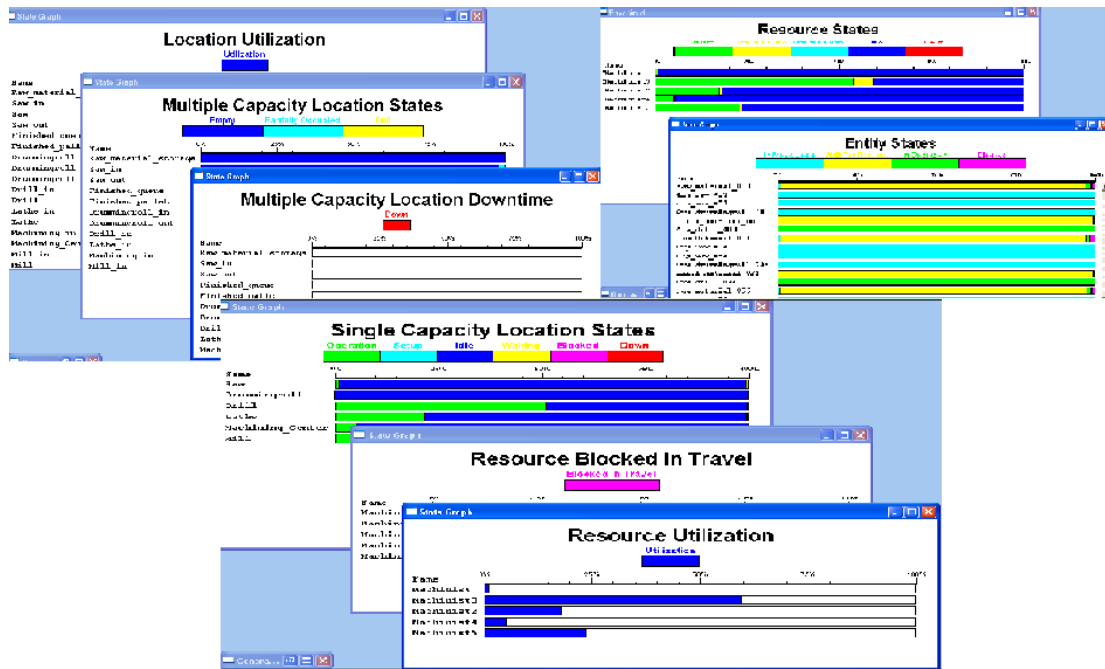
Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
Raw material storage	1000	999999	1926	0.39	0.01	1914	0	0.00
Saw in	1000	999999	38	528.99	0.33	38	0	0.00
Saw	1000	1	1726	0.58	0.01	1	0	1.67
Saw out	1000	999999	4800	3716.22	297.29	568	300	0.03
Finished queue	1000	999999	4320	1458.90	105.04	470	20	0.01
Finished pallet	1000	999999	40	0.00	0	1	0	0.00
Drummingroll in	1000	999999	6	3.61	0.00	2	0	0.00
Drummingroll	1000	1	000	0.02	0.00	1	0	0.03
Drummingroll out	1000	999999	800	9.08	0.12	200	0	0.00
Drill in	1000	999999	23	18259.87	6.99	23	0	0.00
Drill	1000	1	2600	11.86	0.51	1	0	51.42
Lathe in	1000	999999	5	6248.93	0.52	5	0	0.00
Lathe	1000	1	000	16.50	0.22	1	0	22.01
Machining in	1000	999999	200	0.70	0.00	1	0	0.00
Machining Center	1000	1	200	16.21	0.05	1	0	5.41
Mill in	1000	999999	203	13679.92	46.28	201	0	0.00
Mill	1000	1	800	22.45	0.29	1	0	29.94

Σχήμα 4.24: Γενική αναφορά για την ιδεατή κατάσταση

Δίνει σε ποσοστιαία μορφή την εκμετάλλευση της κάθε μεταβλητής κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, καθώς και την ποσότητα των ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων.

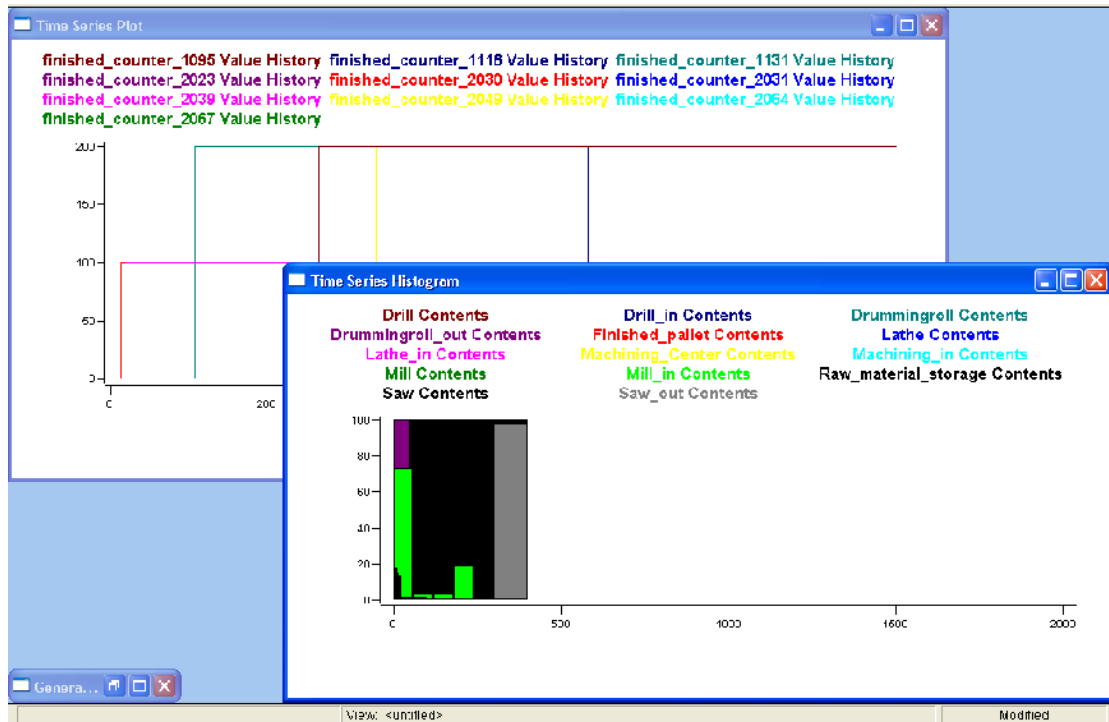
Εκτός από την γενική αναφορά το Promodel μας δίνει την δυνατότητα και πάλι να ερευνησουμε κάθε μεταβλητή μεμονωμένα με την χρήση διαγραμμάτων που παρουσιάζονται στο σχήμα 4.25.

⁸ Το σύστημα μετράει σε ώρες οπότε υπολογίζονται οι μέρες βάσει βαρδιών και χωρίς να προσμετρώνται τα σαββατοκύριακα



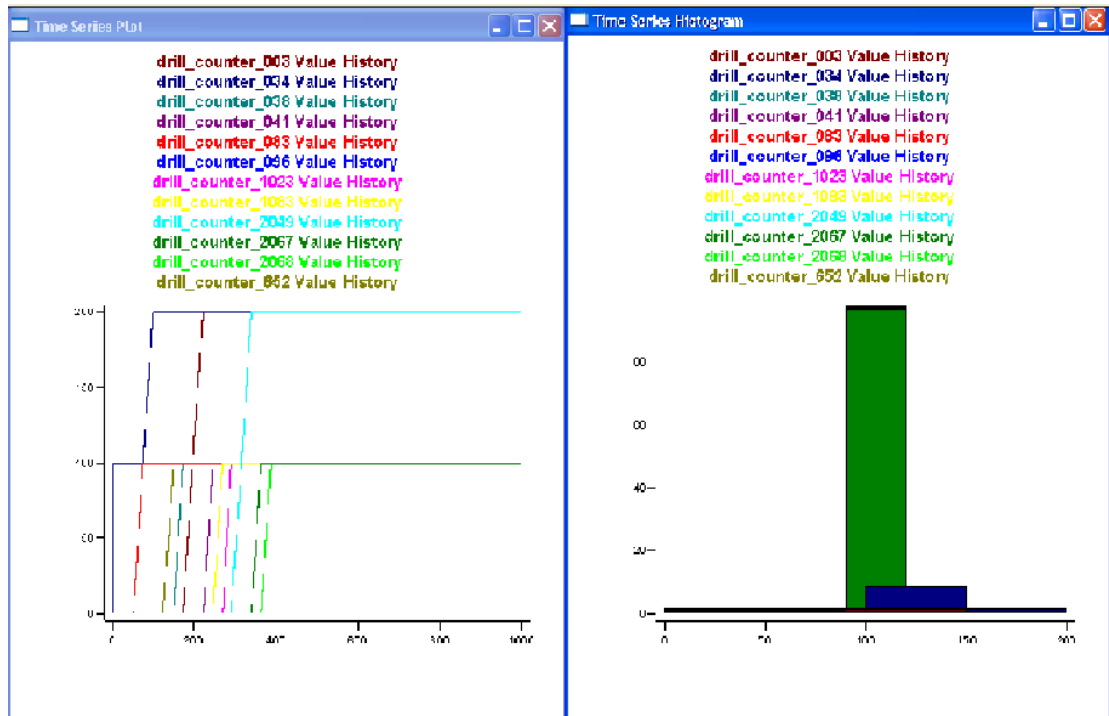
Σχήμα 4.25: Μεμονωμένα διαγράμματα για την ιδεατή κατάσταση

Με την σύσταση χρονοδιαγραμμάτων μπορούμε να συγκρίνουμε τις διάφορες μεταβλητές που παίρνουν μέρος στην παραγωγική διαδικασία. Επίσης μπορούμε με την μορφή ιστογράμματος ή διαγράμματος με μπάρες (βλ. σχήμα 4.26) να παρακολουθήσουμε την πορεία της οντότητας στο χρόνο καθώς περνάει από τις διάφορες θέσεις και αλλάζει μορφή. Το πρόγραμμα μας δίνει την δυνατότητα να συμπεριλάβουμε έως και δώδεκα μεταβλητές σε ένα ιστόγραμμα. Αυτό ίσως είναι ένα από τα μειονεκτήματα καθώς στην προκειμένη περίπτωση μελετάμε τριάντα οκτώ διαφορετικές οντότητες. Στο διάγραμμα με μπάρες, όμως, μπορούμε να συμπεριλάβουμε παραπάνω από δώδεκα μεταβλητές. Το παρακάτω ιστόγραμμα αναφέρεται σε δώδεκα από τα τριάντα οκτώ τελικά προϊόντα, ενώ το χρονοδιάγραμμα με μπάρες μελετά την ποσοστιαία χρήση των θέσεων κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.



Σχήμα 4.26: Ιστόγραμμα και διάγραμμα με μπάρες για την ιδεατή κατάσταση

Μπορούμε επίσης να μελετήσουμε το ποσοστό του χρόνου που παραμένει το κάθε τεμάχιο σε μια συγκεκριμένη θέση για να συμπεράνουμε ποιο τεμάχιο από το σύνολο αυτών που κατεργάζονται έχει πιο χρονοβόρα κατεργασία. Στο σχήμα 4.27 φαίνεται ο ποσοστιαίος χρόνος κατεργασίας στο δράπανο για δώδεκα διαφορετικά τεμάχια, χρησιμοποιώντας ιστόγραμμα και διάγραμμα με μπάρες.



Σχήμα 4.27: Ιστόγραμμα και διάγραμμα με μπάρες για το χρόνο κατεργασίας του δραπάνου

Με τις πληροφορίες που μας δίνουν τα διάφορα διαγράμματα και η γενική αναφορά μπορούμε να παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα για την κάθε μεταβλητή ξεχωριστά:

- Θέσεις.

Όπως και στην υπάρχουσα κατάσταση, έτσι και εδώ οι θέσεις-σταθμοί κατεργασιών που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία δεν έχουν νεκρούς χρόνους, λόγω τακτικής συντήρησης. Το πριόνι και το δράπανο παραμένουν οι ταχύτεροι σταθμοί κατεργασιών. Αυτό οφείλεται στην αποδοτικότητα του ίδιου του σταθμού, στην εμπειρία των εργατών αλλά και στην πολυπλοκότητα των κατεργασιών που γίνονται. Η κατεργασία με τόρνο ή φρέζα διαρκεί περισσότερο καθώς ο χρόνος προετοιμασίας αυτών είναι μεγαλύτερος.

Στην ιδεατή κατάσταση δεν έχουμε άσκοπους χρόνους αναμονής μεταξύ των διαφόρων κατεργασιών. Δεδομένου όμως πως δε γίνονται να κατεργάζονται παραπάνω του ενός τεμαχίου στην κάθε θέση, αναπόφευκτα τα διάφορα τεμάχια μπαίνουν σε μια σειρά αναμονής. Στον πίνακα 4.4 παρουσιάζονται οι μέγιστοι, ελάχιστοι και μέσοι χρόνοι αναμονής των θέσεων πολλαπλής δυναμικότητας σε ημέρες. Ο τρόπος υπολογισμού έγκειται στην άθροιση των χρόνων αναμονής (wait time) που παρουσιάζονται στην γενική αναφορά. Ο μέγιστος χρόνος αναμονής αναφέρεται στο τελευταίο τεμάχιο που εισάγεται στο σύστημα και άρα πρέπει να αναμείνει έως ότου ελευθερωθεί η εκάστοτε θέση.

Πίνακας 4.4: Χρόνοι αναμονής στην κάθε θέση

Θέση/Χρόνοι	Μέγιστος	Ελάχιστος	Μέσος
Saw_in	3	0	1
Saw_out	-	-	-
Drill_in	24	0	6,8
CNC_in	6	0	1,5

Οι χρόνοι που παρουσιάζονται για τον χώρο αποθήκευσης μετά το πριόνι (Saw_out) δεν είναι διαθέσιμοι αφού τα τεμάχια μετά το πέρας της κοπής τους μεταφέρονται κατευθείαν στην επόμενη θέση όπου θα κατεργαστούν. Η χρονική αναμονή, συνεπώς, συμπεριλαμβάνεται στην κάθε θέση ξεχωριστά.

Το πριόνι κατεργάζεται σε πολύ μικρό χρόνο το κάθε τεμάχιο με αποτέλεσμα ο μέγιστος χρόνος αναμονής να είναι 3 ημέρες και αναφέρεται στο τεμάχιο που εισήχθη τελευταίο στο σύστημα.

Ο μεγαλύτερος χρόνος αναμονής σε θέση παρουσιάζεται στο δράπανο. Αυτό είναι λογικό δεδομένου πως από το δράπανο περνάνε είκοσι δύο από τα τριάντα οκτώ τεμάχια. Επίσης ο χρόνος κατεργασίας στο πριόνι είναι πολύ μικρότερος από αυτόν στο δράπανο, με αποτέλεσμα να ετοιμάζονται γρήγορα τα τεμάχια στο πριόνι και μετά να περιμένουν μεγαλύτερο διάστημα στο δράπανο. Η μεγαλύτερη αναμονή είναι 24 μέρες και αναφέρεται στο τεμάχιο που εισήχθη τελευταίο στο σύστημα, εισπράττοντας όλη την καθυστέρηση.

Στα κέντρα κατεργασιών CNC ο μέσος χρόνος αναμονής είναι μιάμιση ημέρα και οφείλεται στην μεγάλης διάρκειας κατεργασία στην οποία υπόκεινται τα τεμάχια. Παρόλα αυτά είναι μεγάλη πρόοδος συγκριτικά με τον μέσο χρόνο της υπάρχουσας κατάστασης που είχε καταγραφεί.

Συγκρίνοντας με τον αντίστοιχο πίνακα που παρουσιάστηκε για την υπάρχουσα κατάσταση, τα αποτελέσματα μπορεί να είναι παρερμηνεύσιμα. Ο πίνακας που κατασκευάστηκε για την υπάρχουσα κατάσταση βασίζεται στις μετρήσεις που κάναμε κατά την διάρκεια της παρακολούθησης της παραγωγικής διαδικασίας και μελετούν το κάθε τεμάχιο ή την κάθε ομάδα τεμαχίων ξεχωριστά. Εδώ μελετάμε όλη την παραγωγική διαδικασία σε ένα μοντέλο, συνεπώς οι χρόνοι αναμονής που παρουσιάζονται αναφέρονται στην συνολική διάρκεια που καθυστερεί ένα τεμάχιο λόγω άλλης κατεργασίας στην θέση που έχει ως προορισμό. Έχοντας βάλει τα τεμάχια προς κατεργασία σε μια σειρά είναι λογικό το τελευταίο τεμάχιο που θα εισαχθεί στο σύστημα να εξαχθεί τελευταίο και να έχει μια μεγάλη καθυστέρηση συγκριτικά με το πρώτο. Εξάλλου έχουμε φροντίσει τα τεμάχια που εισάγονται στο τέλος να μην χρειάζονται την διαδικασία της συγκόλλησης.

- Πόροι.

Τα αποτελέσματα που μας παρέχει το πρόγραμμα Promodel δίνονται σε ποσοστιαία μορφή στον συνολικό χρόνο που διαρκεί η παραγωγική διαδικασία. Οι παρατηρήσεις μας δεν διαφέρουν πολύ από αυτές που κάναμε στην υπάρχουσα κατάσταση. Η αποδοτικότητα των εργατών παραμένει ένα μη μετρήσιμο ποιοτικό μέγεθος αλλά στον πίνακα 4.5 παρουσιάζονται οι χρόνοι απασχόλησης τους.

Πίνακας 4.5: Χρόνοι απασχόλησης των χειριστών

Πόροι/Χρόνοι	Μέγιστος
Χειριστής πριονιού	1,17%
Χειριστής δραπάνου	51,31%
Χειριστής τόννου	21,77%
Χειριστής φρέζας	29,84%

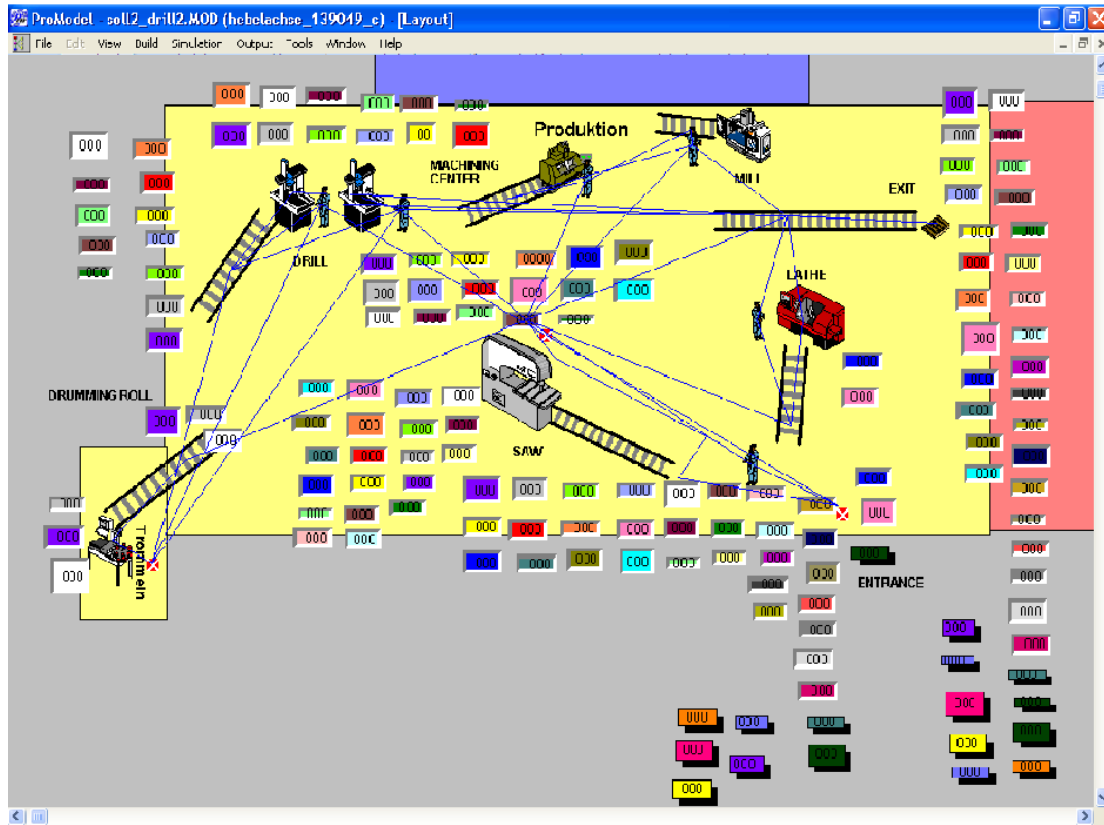
- Οντότητες.

Εδώ τα πράγματα είναι διαφορετικά δεδομένου ότι δεν υπάρχουν άσκοποι χρόνοι αναμονής μεταξύ διαφόρων κατεργασιών, με αποτέλεσμα μερικές φορές μια οντότητα να μπλοκάρεται σε κάποιον αποθηκευτικό χώρο. Ο μέγιστος χρόνος μπλοκαρίσματος που παρατηρήθηκε είναι 10% του συνολικού χρόνου της συγκεκριμένης οντότητας ενώ ο μέσος χρόνος είναι κοντά στο 1%.

Συγκρίνοντας τις οντότητες μεταξύ τους στο διάγραμμα κατάστασης οντοτήτων παρατηρούμε πως την μεγαλύτερη αναμονή την υφίστανται πριν από το δρόπανο, και μάλιστα ο χαρακτηρισμός που δίνεται από το διάγραμμα του Promodel αναφέρει πως η καθυστέρηση οφείλεται σε αναμονή κάποιου πόρου. Αυτό συμβαίνει διότι ο εν λόγω πόρος απασχολείται στην κατεργασία κάποιου άλλου τεμαχίου.

Μελετάμε τις γενικές αναφορές για να επιβεβαιώσουμε πως όλες οι οντότητες έχουν εξέλθει από το σύστημα, πως όλοι οι χώροι αναμονής είναι άδειοι και δεν υπάρχουν οντότητες σε οποιαδήποτε θέση ενώ έχει λήξει η προσομοίωση.

Τέλος, εκτελέστηκε μια επιπλέον προσομοίωση αυξάνοντας τον αριθμό των δραπάνων από ένα σε δύο για να γίνει σύγκριση των δύο καταστάσεων. Στο σχήμα 4.28 φαίνεται το νέο χωροταξικό σχεδιάγραμμα το οποίο πλέον έχει έναν δεύτερο χειριστή δραπάνου καθώς και εμφανίζεται το δεύτερο δρόπανο που ήδη διαθέτει η εταιρεία.



Σχήμα 4.28: Χωροταξικό σχεδιάγραμμα προτεινόμενης κατάστασης με δεύτερο δράπανο

Πλέον ο μέσος χρόνος αναμονής των κομματιών από 6,8 ημέρες μειώνεται σε 3,56 ημέρες και ο μέγιστος χρόνος μειώνεται από 24 σε 12,6 ημέρες. Τα παρακάτω αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 4.6 που δεν παρατηρείται αλλαγή στους λοιπούς σταθμούς αφού η παρέμβαση έγινε μόνο στο σταθμό του δραπάνου.

Πίνακας 4.6: Χρόνοι αναμονής στην κάθε θέση

Θέση/Χρόνοι	Μέγιστος	Ελάχιστος	Μέσος
Saw_in	3	0	1
Saw_out	-	-	-
Drill_in	12,6	0	3,56
CNC_in	6	0	1,5

Ως προς τους πόρους οι αλλαγές που αναμένονται αφορούν τους εργατές των δραπάνων και τον καταμερισμό της εργασίας τους. Στον πίνακα 4.7 παρουσιάζονται οι νέοι χρόνοι απασχόλησης των χειριστών με τον ποσοστιαίο χρόνο ανηγμένο στον συνολικό. Η συνολική διάρκεια της παραγωγής μειώνεται κατά 5,7 ημέρες.

Πίνακας 4.7: Χρόνοι απασχόλησης των χειριστών

Πόροι/Χρόνοι	Μέγιστος
Χειριστής πριονιού	1,17%
Χειριστής δραπάνου 1	34,27%
Χειριστής δραπάνου 2	17,04%
Χειριστής τόννου	21,77%
Χειριστής φρέζας	29,84%

Αυτό που μένει να αποφασιστεί είναι εάν συμφέρει από οικονομικής άποψης η πρόσληψη ενός νέου χειριστή ή εάν η εταιρεία θα προτιμήσει να παραμείνει με έναν χειριστή κι αν υποστεί την χρονική καθυστέρηση.

4.3.1.5 Καταγραφή Συμπερασμάτων

Το τελευταίο βήμα στην διαδικασία της προσομοίωσης είναι η υπόδειξη βελτιώσεων βασιζόμενοι στα αποτελέσματα που καταγράφηκαν. Το μοντέλο της ιδεατής κατάστασης βασίζεται στην απαλλαγή των άσκοπων χρόνων αναμονής, στον προγραμματισμό της παραγωγής και στην μείωση των μερίδων παραγωγής.

Έχοντας δεδομένους πόρους, θέσεις και οντότητες κατασκευάσαμε ένα προτεινόμενο μοντέλο στο οποίο:

- Οι μερίδες παραγωγής μειώνονται κατά 50%, δεδομένου του ρυθμού πωλήσεων της εταιρείας Ergo-fit. Πλέον το Τμήμα Παραγωγής θα κατασκευάζει τεμάχια για να καλύπτει την συναρμολόγηση 100 προϊόντων Cross 3000. Άμεσο αποτέλεσμα αυτού είναι η μείωση του απαιτούμενου αποθηκευτικού χώρου και το μέγεθος του αποθέματος, κάτι το οποίο συμφέρει οικονομικά την εταιρεία. Οι Α' ύλες για το προϊόν Cross 3000 εμφανίζονται μια φορά στο σύστημα και επαναλαμβάνονται μόλις η εταιρεία αποφασίσει να παράγει ξανά αυτό το προϊόν.
- Υπάρχει πρόγραμμα στην παραγωγική διαδικασία. Τα τεμάχια που απαιτούν το στάδιο της συγκόλλησης κατεργάζονται πρώτα με σειρά πολυπλοκότητας, αφήνοντας τα απλούστερα μεμονωμένα τεμάχια να κατασκευαστούν στο τέλος της παραγωγικής διαδικασίας. Ως αποτέλεσμα μπορεί να μειωθεί ο ενδιάμεσος αποθηκευτικός χώρος, ενώ παράλληλα μειώνονται και οι χρόνοι αναμονής. Αυτό προκύπτει κυρίως από τις παρατηρήσεις που είχαν γίνει κατά την διάρκεια της καθημερινής παρακολούθησης της παραγωγικής

διαδικασίας. Επίσης ακολουθείται ένα πρόγραμμα πιστά χωρίς αλλαγές, γεγονός που στο μέλλον θα αυξήσει την αποδοτικότητα των πόρων.

Παρόλα αυτά, όπως αναφέρθηκε, το προτεινόμενο μοντέλο βασίζεται στο δεδομένο δυναμικό της εταιρείας και δεν σημαίνει πως δεν υπάρχει επιπλέον χώρος για βελτιώσεις.

Κεφάλαιο 5: Ανασκόπηση και συμπεράσματα

Στα πλαίσια της οργάνωσης παραγωγής μιας μεσαίου μεγέθους εταιρείας καθοριστικό ρόλο παίζουν η επάρκεια σε πλουτοπαραγωγικούς πόρους-ανθρώπινο δυναμικό, πρώτες ύλες, μηχανήματα και εγκαταστάσεις-καθώς και η απόδοση αυτών. Κατάλληλος συντονισμός των υπαλλήλων, μηχανημάτων και σειράς διεργασιών οδηγεί σε βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας, συνεπώς είναι πολύ σημαντικό να γίνει μια εις βάθος μελέτη όπου θα λαμβάνουμε υπόψη μας όλες αυτές τις παραμέτρους.

Σκοπός της μελέτης αυτής ήταν η παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας της εταιρείας Ergo-fit, ο εντοπισμός των προβλημάτων που προκύπτουν, η μοντελοποίηση της υπάρχουσας κατάστασης με την χρήση του προγράμματος Promodel, η εξαγωγή συμπερασμάτων και η δημιουργία ενός νέου ιδεατού μοντέλου.

Ξεκινώντας από τις άμεσες αλλαγές προτείνονται τα παρακάτω για μεγαλύτερη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας:

- Τήρηση του προτεινόμενου προγράμματος παραγωγής.
- Καθορισμός αποθηκευτικών χώρων για να μην υπάρχουν άσκοπες καθυστερήσεις στην εύρεση των τεμαχίων.
- Ποιοτικός έλεγχος των τεμαχίων κατά την διάρκεια των κατεργασιών.
- Συνεχή ανανέωση των πρότυπων χρόνων που αναφέρονται στο πρόγραμμα ProAlpha, εξαγωγή στατιστικών στοιχείων για τους χρόνους κατεργασιών ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Μακροπρόθεσμα προτείνονται τα εξής, εφόσον προηγηθεί μελέτη από τα αντίστοιχα τμήματα της εταιρείας:

- Πρόσληψη ενός επιπλέον χειριστή δραπάνου με άμεση στόχο την αποσυμφόρηση της συγκεκριμένης κατεργασίας. Υπάρχει ένα επιπλέον δράπανο το οποίο δεν χρησιμοποιείται συνεπώς η εταιρεία δε χρειάζεται να προβεί σε αγορά επιπλέον εξοπλισμού.
- Εκπαίδευση νεότερων εργατών στο Τμήμα Παραγωγής με άμεσο στόχο την βελτίωση των χρόνων τους.
- Επαναπροσδιορισμός της στρατηγικής για τον προγραμματισμό της παραγωγής. Συνεργασία των τμημάτων Προγραμματισμού Παραγωγής και Πωλήσεων και εύρεση βέλτιστου μίγματος παραγωγής προϊόντων.

Συνολικά το πρόγραμμα Promodel μας βοηθάει να αποτυπώσουμε μια δεδομένη κατάσταση και να μελετήσουμε τον τρόπο διεξαγωγής μιας παραγωγικής διαδικασίας. Είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τον μηχανικό, δίνοντας του την ευκαιρία

να δοκιμάσει νέες ιδέες για τον σχεδιασμό ενός συστήματος ή τις απαιτούμενες βελτιώσεις του, πριν επενδύσει στην ουσιαστική αλλαγή που θα χρειαστεί να γίνει. Με την μοντελοποίηση των βασικών θεμάτων που αφορούν την παραγωγική διαδικασία μπορεί κανείς να πειραματιστεί με διαφορετικές λειτουργικές στρατηγικές και να σχεδιάσει το σύστημα ώστε να πετύχει τα καλύτερα αποτελέσματα.

Με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την προσομοίωση ως οδηγό, ο μηχανικός οφείλει να κάνει τις απαιτούμενες παρατηρήσεις και να προτείνει άμεσες λύσεις στα προβλήματα που προκύπτουν με στόχο την βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας.

Σε όλη αυτή την διαδικασία χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα προσομοίωσης Promodel το οποίο μας προσέφερε άφθονες πληροφορίες για την ροή υλικών στην παραγωγή. Με τα αποτελέσματα του Promodel για οδηγό καταστρώσαμε ένα νέο πλάνο παραγωγής που βελτιώνει της υπάρχουσα παραγωγική διαδικασία της Ergo-fit.

Συνολικά οι αλλαγές που μπορούν να γίνουν σε μια εταιρεία για την βελτιστοποίηση των διαδικασιών της και την βελτίωση της οργάνωσης παραγωγής της υπογραμμίζονται από τα αποτελέσματα του προγράμματος Promodel, καθιστώντας την δουλειά του μηχανικού εγκυρότερη και ευκολότερη.

Βιβλιογραφία

1. Mehdi Al-Radhi, Total Productive Management, Hanser 2002 .
2. Jeffrey K.Liker, The Toyota Way, McGraw-Hill 2004.
3. Η.Π.Τατσιόπουλος, Προγραμματισμός και Έλεγχος παραγωγής II, Αθήνα 2005.
4. J.P.Womack&D.T.Jones, Lean Solutions, Simon&Schuster 2005.
5. Charles W.L. Hill, International Business, McGraw-Hill 2007.
6. G.Geiger, E.Hering, R.Kummer, KANBAN, Einkauf und Logistik, Hansen 2002.
7. Virtual and augmented reality support for discrete manufacturing system simulation, Computers in Industry, Vol. 56 Issue 4, May 2005.
8. Paul Nutter, Manufacturing Simulation for Industrial Projects, 2006.
9. Andrew Greasley, Using Simulation for facility design: A case study, Simulation Modeling Practice and Theory, Volume 16, pages 670-677, July 2008.
10. Amos H.C. Ng, Josef Adolfsson, Martin Sondberg, Leo J. De Vin, Virtual Manufacturing for press line monitoring and diagnostics, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 48, Issue 5, pages 565-575, April 2008.
11. Volker Wohlgemuth, Bernd Page, Wolfgang Kreutzer, Combining discrete event simulation and material flow analysis in a component-based approach to industrial environmental protection, Environment Modeling &Software, Volume 21, Issue 11, pages 1607-1617, November 2006.
12. John Ryan, Cathal Heavey, Process modeling for simulation, Computers in Industry, Volume 57, Issue 5, Pages 437-450, June 2006.
13. Sohyung Cho, A distributed time-driven simulation method for enabling real-time manufacturing shop floor control, Computers &Industrial Engineering, Volume 49, Issue 4, pages 572-590, December 2005.
14. Steven Maison, Tim Baines, John M. Kay, John Ladbrook, Improving the design process for factories: Modeling human performance variation, Journal of Manufacturing Systems, Volume 24, Issue 1, pages 47-54, 2005.

15. K. K. Chan, T. A. Spedding, An integrated multidimensional process improvement methodology for manufacturing systems, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 44, Issue 4, April 2003, Pages 673-693.
16. Manuel D. Rossetti, Gordon M. Clark, Estimating operation times from machine center arrival and departure events, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 44, Issue 3, March 2003, Pages 493-514.
17. Jeffrey S. Smith, Survey on the use of simulation for manufacturing system design and operation, *Journal of Manufacturing Systems*, Volume 22, Issue 2, 2003, Pages 157-171.
18. J. F. O’Kane, J. R. Spenceley, R. Taylor, Simulation as an essential tool for advanced manufacturing technology problems, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 107, Issues 1-3, 22 November 2000, Pages 412-424.
19. C. Gertosio, N. Mebarki, A. Dussauchoy, Modeling and simulation of the control framework on a flexible manufacturing system, *International Journal of Production Economics*, Volume 64, Issues 1-3, 1 March 2000, Pages 285-293.
20. Elsayed A. Orady, T. A. Osman, Clark P. Bailo, Virtual reality software for robotics and manufacturing cell simulation, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 33, Issues 1-2, October 1997, Pages 87-90.
21. Young Jun Son, Albert T. Jones, Richard A. Wysk, Component based simulation modeling from neutral component libraries, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 45, Issue 1, June 2003, Pages 141-165.
22. J.P. Tanner, *Manufacturing Engineering: An Introduction to Basic Functions*, Marcel Dekker, New York, 1991.
23. H.L. Gantt, *Work, Wages and Profit*, Easton, Pennsylvania, Hive Publishing Company, 1974.
24. Πληροφορίες αντλούνται από το site http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
25. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, 3rd ed., Project Management Institute, 2003.
26. Peterson, James Lyle, *Petri Net Theory and the Modeling of Systems*. Prentice Hall.
27. *Promodel User’s Guide*, Promodel Corporation, 1999.
28. Robert E. Shannon, *Systems Simulation: The Art and Science*, Prentice-Hall, 1975.

29. Geoffrey Gordon, *System Simulation*, 2nd edition, Prentice-Hall, 1978.
30. Averill M. Law, *Designing and Analyzing Simulation Experiments*, *Industrial Engineering*, March 1991, pages 20-23.
31. Alan B. Pritsker and Claude Dennis Pegden, *Introduction to Simulation and SLAM*, John Wiley & Sons, 1979.
32. *Promodel Reference Guide*, Promodel Corporation, 1999.

Παράρτημα Α: Συλλογή στοιχείων της εταιρείας Ergo-fit

A.1 Ερωτηματολόγιο

Το παρακάτω ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε κατά την πρώτη εβδομάδα στην εταιρεία Ergo-fit για να γίνει αντιληπτή η οργάνωση της εταιρείας και ο τρόπος λειτουργίας της. Περιέχει ερωτήσεις για κάθε τμήμα της εταιρείας και οι απαντήσεις δόθηκαν από τους υπευθύνους του κάθε τμήματος.

ERGO-FIT Unternehmen

General Fragen (Frau Baque):

- Wann ist sie gegründet, bei wem und wo? 1947, Herr Willi Resch. Immer ein Familie Betrieb Erstens als Betrieb die schuemaschine gebaut, Pirmasens ist die Stadt von Schuen.
- Wie viele Leute arbeiten in der Firma (gibt es auch "outsourcing")? Ca. 80 (2 Schichten 05.30-13.45, spaet: 13.45-21.30-nur Fertigung 6 oder 8 Leute). Anlieferung: 2 Fahrer, benutzen Logistics Firma, Bahn, Spedition-LKW.
- Welche Abteilungen-Bereiche hat die Firma? (gibt es auch Marketing, R&D, usw.) Marketing, Personal Bereich, Buchhaltung, Vertrieb (bearbeitung von Anfragen von Kunden, Service-Abteilung, , Mechanisches Abteilung, Montage, Verpackung, Elektronik-entwicklung, Elektronik-montage. Alles wird hier gemacht.
- Abteilungen:
 - Verwaltung (administration)→Personal, Buchhaltung, Einkauf, Zentrale
 - Marketing→Ausland, Inland
 - Vertrieb (sales&distribution)→ Ausland, DE, Medizinprodukte, Kundendienst/MTK
 - Produktionsmanagement→ Elektronik, Lager-Transport, Montage, Versand (shipment), Mechank, Ausbildung
 - Konstruktion→ Mechanische Konstr., CAD-Konstr., Lehrenbau, Tech. Buero
 - Entwicklung→ Hardware, Software
 - Qualitaetswesen→ Endpruefung, Pruefstand

- Organigramma- see USBdio
- Procedures of the firm (written form also? is there ISO oder aehnliches) -ISO 9002 (ist notwendig denn sie machen Medizinische Produkte-Cardio Fahraeder) (Marketing-Stephi)
- Kunde nur in DE oder in die ganze EU? DE und Spanien(Barcelona), exportieren ueberall (Bill Clinton hat ein Ergo-fit)
- Produkte: hauptsaechlich fuer Turnhalle. Machen auch Haus-produkte (privat)

- Konkurrenz: Kraft-geraete (hier entwickelt aber in China gemacht-gebaut, hier geprueft und einbaut) die Konkurenten machen alles China, machen grosse Rabat aber die Qualitaet ist nicht die gleiche. NEUE Krafts-Garaete komplet hier gebaut (nicht billiger aber besser Qualitaet.) Die grosstes Konkurrenz Problem gint denn die andere Firmas bauen sehr viel in China und das macht das Produkt billiger. Aber ERGO-FIT hat besser Qualitaet.

Marketing Fragen (Stephi):

- SWOT analysis
- PEST analysis
- 5 Forces
- Konkurrenz-SWOT, wo ist Ergo-fit starker, wo nicht?
- Neue Produkte? Wie waehlen sie die Neuheiten?
- Proposals (Anregung) von den Mitarbeiter

Produkte Fragen: (vertrieb-Frau Bieler)

- Was fuer Produkte werden normalerweise bestellt?
 - Fitness Cardio line 3000→ Cycle-Fahradergometer, Cross-Ellipsentrainer, Recumbent-Sitzfahrrad Trac-Laufband
 - Medicine Cardio 3000→ Cycle, Cross, Recumbent, Trac
 - Line 3000S, 3100, 3200, 3200 S: gleiche Geraete mit kleine Aenderungen (Farbdisplay, usw.)
- Wie viele Stueck von jedes Produkt werden normalerweise bestellt? Wie viele maximal, minimal und die Durchschnitt fuer jedes Produkt-Bestellung. Kleines fitness studio: 2-3-10, privat:1, grosses fitness studio: 20, fitness-studio kette: 68(maximal).
- Wann gibt es Bestellungen? Taeglich. Solche grosse (10-20) selten. Aber meistens alte Kunden betsellern 1,2,3 mehr. Welche Monate sind mehr ueberfuellt? Nicht mehr, es war frueher so, dass nach der Messe in April bis Herbst es gab viele Bestellungen, aber jetzt ist es verteilt.
- Wenn eine Bestellung kommt welche Abteilung ist verantwortlich? Die Bearbeitung wird hier gemacht. Pruefen ob die Bestellung lieferbar ist (gibt es Lieferfaehogkeit, hat mit der Produktions zu tun, kann die Firma 2 Fahraeder in 3 Tagen fertig machen-z.B)→ Produktionsabteilung-Endmontage→ wenn der Auftrag erfasst ist, der Kunde erhaelt einai Betsaetigung dieser Bestellung. Wenn das Endprodukt fetig ist dann machen sie alle Papiere fertig, organisieren die Lieferung(spedition oder selbs-lieferung)
- DE aber auch EU, 2 unterschiedliechen Firmen: Ergofit GmbH &co. KG (verkaufen zu Fitness Systems), Ergofit Fitness Systems Handels GmbH (verkaufen zu alle) (es hat mit Steuern zu tun), Spanien Ergofit Fitness Systems S.L. –Madrid, Spanien..Niederlasserung nur verkaufen.
- Gibt es ein paar Typen dennen man bestellen kann oder gibt es auch die Moeglichkeit fuer Produkt-personalization? (verschiedene Einheiten)

Sonderausfuehrung→ es ist kein standard, aber wenn die Kosten realisierbar sind dann kann man auch tun, fuer grosse Bestellungen oder wenn der Kunde bezahlt, sehr selten.

- Produzieren sie immer oder nur wenn eine Bestellung gibt? Die montage produziert heute was morgen und uebermorgen verliefert soll. Arbeitsvorbereitung die bestimmt wie viele Teile und welche Teile gebaut werden oder vorproduziert werden muessen.
- Wie lange dauert normalerweise fuer ein Produkt um fertig zu sein?depends on the Bestellungen-grosse aber fuer kleine Bestellungen 1-2 Woche, sie haben eine Datenbank die zeigt ob sie Luft haben jede Woche fuer eine neues Produkt zu fertigen (excel xwrismeno se bdomades opou koitane poses eleftheres wres uparxoun, an exei keno kai mporei to xwnei sthn enwriterh dunath bdomada) es gibt auch Lager fuer Endprodukte(2 oder 3 fuer Privat oder Fahrrad ergometer)
- Gibt es auch Aenderungen von dem Kunde ? ist moeglich wenn die Geraete nicht in Lieferung stehen oder nicht gebaut werden. Bis wann kann er fuer eine Aenderung bitten? Akzeptieren fast jeder Aenderung(bis 1 Tag vor der Lieferung fue ein Standar Geraet), Stonierung(dieses Geraet will ich nicht haben) akzeptieren nicht
- Sind alle Teile in der Firma konstruiert? (sehe Einkauf)- Kraefte-geraete→ ein paar Teile sind in China gebaut (outsourcing-Ausliederung an externe) Wenn "ja", wie viele Tage vorher sollen sie eine Bestellung machen? Oder gibt es stock (Lager)? (!!!)
- Was kostet jede Endprodukt? Ohne Steuer: 767,25€-10290€ (Trac-Laufband)

Cost& cost controlling. (AV)

- Kosten oder Preise des Produktes nach jedem Produktions-Schritt.

Returned Endprodukte

- Complaints (Beschwerden) von Kunden: Kunden beschwerden 1-2%, defect Produkte, qualitaet nicht zufrieden, Reklamation (pulzstand), Cycle 150 faellt das An-aus-schalter(switch),
- Irregulaer Produkte? Sehr kleines Prozent
- Rueckware (wegen Probleme)? Kosten uebernimmt? Defect: dann wird es repariert, wenn es ganz neue ist und der Kunde uebernimmt die KOsten dann nehmen sie das Produkte wieder.
- Beratung: Preisliste, Raten, usw. Wenn ein Kunde etwas anders will→ Geschaeftsleitung

Produktions Fragen (Herr Hollerith):

- Wie viele Maschinen gibts und was macht jede Maschine?

- Durch welchen Phasen geht jedes Produkt? **Produktions-Schritte** (Beschreibung jeder Abteilung-Schweissen, Lackieren, usw. und was es macht) (!!!)
- Wie viele Leute arbeiten in jedes Bereich? Wie viele in den ueberfullte Monate?
- Wie viele Schichten (shifts) haben sie?
- Was fuer Teile werden hier gebaut? Die Teile die hier gebaut sind, sind aehnliche fuer alle Produkte? Wie lange dauert die Produktion eines Teils?
- Set-up Zeit der Maschine : wie lange dauert und jede wie viele Teile wird sie programmiert um neue Teile zu bauen.
- Bauen sie in Bedarf des Kunden ? Wer sagt wie viele Teile gebaut sollen ? Bauen sie jeden Tag ? Wie viele Teile normalerweise ? gibt es Tage die sie keine Arbeit haben ?
- “As many bestellt“, so viel soll ich produzieren oder “wenn die Lager leer sind-oder nicht so voll sind, dann baue ich mehr Teile”?
- Wie lange lauft eine Maschine ohne Pause?
- Idle time- Leerlaufzeit, Leerzeit, Pausenzeit: mesos oros xwris na douleuei to mxanhma
- Mean time between failures- xronos metaksu blabwn.
- Wer ist verantwortlich fuer die Reparatur den Maschinen? Wann sollen sie repariert werden?
- Training-Ausbildung der Mitarbeiter?

Logistics Fragen (Herr Buechler-Einkaufmaterial):

- Was fuer raw-material haben sie? Wie viele von jede?
- Wo speichern sie die raw-materials?
- Wann bestellen sie raw-materials? (otan dld tous exoun meinei posa sthn apothiki)
- Safety stock (Lager) fuer jedes raw-material (!!!)
- Benutzen sie ihre LKW oder outsourcing? (2 eigene Fahrer-interne, 2 LKW und 2 Sprinter-busse), sie liefern die ganze Woche alles aber kleine Bestellung. Fuer grosse Bestellungen→ Fremdspedition.
- Haben sie safety stock (Lager) fuer Endprodukte? Ja, aber sehr wenige (1-2) und nicht fuer jedes Produkt.
- Delivery mit der Firmas LKW oder Ausliederung an externe? Entweder mit Firmas LKW oder DB wird benutzt, auch Logistics Firma

MONTAGE (16 Mitarbeiter) (Herr Schwarz)

- Wo speichern sie die Endprodukte? Wie viele Tage bleiben die Endprodukte in der Firma? Arbeiten immer fuer Tages-bedarf, was heute produziert wird, geht morgen raus. 1 Tag Montage (Grund-montage, Zwischenpruefung, End-montage, Endpruefung), Fertiggeraet-lager (taeglich raus nach Verpackung), bleiben hier im Bedarf des Kunden.

- FIFO normalerweise oder gibt es auch rush-orders? FIFO, manchmal auch rush-orders.
Montage nur 1 Schicht. Ueber-Stunden. Dispositionsliste (mo-Fr) welche Geraete Montage sollten. Die meschanische arbeitet von AV(Arbeitsvorbereitung-die Bestellung kommen, welche Teilen sollen in Zeit fertig sein).
- Vormontage: Teile die alle geschrauben sind, alles zusammen bringen, kleine Teile werden groesser. (2, nur Vormontage)
- Grundmontage (manche koennen nur grund, manche nur end, manche koennen beide): manche produkte sind fertig, manche nicht. Geraete (cyscle, Recumbent, Fahrrad, alle gearete die pedals, haben sollen durch zwischenpruefung) Strombremsen sollen eingestellt werden. Durch Zwischenpruefung (2, 1 nur fuer Z-Pruef, der andere Stell-vetraeter-substitutue wenn der anderer nicht da ist, oder wenn der einer reicht nicht→ zu viele Geraete zu machen von Grund) wird Belastung eingestellt (kanoun ta frena na leitourgoun me hlektromagnhtes, to bazoun s emixanioma po u trexei kai meta elegxoun ta upoloipa)Fuer die andere Produkte→ grundmontage 1 Mitarbeiter, dann Endmontage-keine Z-Pruefung.
- Endmontage→ Verkleidung mit plastic pedals, Lenker (halter), Sitz, heart pulse rate-meter.
- Endpruefung (1, nur Endmontage): test mit normalen Person, Funktionalitaet→ Daten, Seriennummer fuer jede Geraet in Datenbank. Garantie: 2 Jahre

→Heimgeraete: 157-177 Geraete-Typ (2 Typen) Fahraeder (medizin-norm, Z-Pruefung dauert laenger) nur in Medizinbereich benutzt. 150-170 (2 Typen) auch zu Haus aber nicht fuer Medizin-purposes.

→Kundenbedarf: nicht Fertig produkte, dauert viel mehr, und soll durch die Geschäftsleitung gehen.

→Maerz-Mai ein bischen langsamer, Okt-Dez sehr viel aber nicht mehr. Ganzes Jahr ist es gleich.

→Im Lager es gibt Material-Teile fuer eine Woche=60 Geraete + 50 Gearete (wenn Bestellungen gibt dann ca.100) von die 157-177-150-170 (nicht so viele Bestellungen).

Zeiten (Herr Erhart)

A.2 Πρώτη παρουσίαση της εταιρείας

Η παρουσίαση αυτή γράφτηκε βασισόμενη στις απαντήσεις του ερωτηματολογίου και είναι μια πρώτη προσέγγιση του σκοπού και του τρόπου λειτουργίας της εταιρείας.

ERGO-FIT Unternehmen in Überblick

Die Firma

Das Ergo-Fit Unternehmen, immer ein Familie Betrieb, war in 1947 bei Willi Resch in Pirmasens gegründet. Denn Pirmasens ist eine Stadt die früher Schuhe produzierte, Ergo-fit hatte sich am Anfang auf das Schuemaschine-bereich spezialisiert. Heute Ergo-Fit produziert Fitness Geräte für den Medizin- und Freizeitbereich.

Ergo-fit ist auf zwei unterschiedlichen Firmen zusammengesetzt: die Ergo-fit GmbH &Co. KG die nur zu Ergo-fit Fitness Systems Handels GmbH verkauft, und die Ergo-fit Fitness Systems Handels GmbH die zu alle verkauft. Es gibt auch die Spanien Ergo-Fit Fitness Systems S.L. in Madrid die eine Niederlassung ist und nur verkauft.

Die Grenzen der Fitnessmarkts sind unendlich,und deswegen verkauft Ergo-Fit nicht nur in Deutschland sondern auch ins Ausland.

Die Produkte

Ergo-Fit baut zwei Arten von Geräte: die Kraftgeräte und die Fahrergometer. Beiden werden von Medizinbereich und Zivilen benutzt.

Die Fahrergometer haben viele „verschieden“ Typen die kleine Differenzen mit einander haben. Die fundamentalen Typen sind:

- Cycle-Fahradergometer
- Cross-Ellipsentrainer
- Recumbent-Sitzfahrrad
- Trac-Laufband

Die Abteilungen

Ungefähr 80 Leute sind bei Ergo-Fit vollzeitbeschäftigt und produzieren die Geräte, denen Teile werden hier total gemacht. Die Angestellte gehören zu den folgenden Abteilungen (ISO-basiert):

- Verwaltung (administration), die verantwortlich für das Personal, die Buchhaltung, und den Einkauf ist.
- Marketing: diese Abteilung beschäftigt nicht nur mit dem inland, sondern auch mit dem Ausland.
- Vertrieb (sales&distribution)→ Ausland, DE, Medizinprodukte, Kundendienst/MTK
- Produktionsmanagement→ Alles was mit Elektronik, Lager-Transport, Montage, Versand (shipment), Mechanikproduktion und Ausbildung zu tun hat, ist dieser Abteilungs Aufgabe.
- Konstruktion→ Mechanische Konstruktion, CAD-Konstruktion, Lehrenbau, Technisches Büro

- Entwicklung → Hardware, Software
- Qualitätswesen → Endprüfung, Prüfstand

Marketing Abteilung (2 Mitarbeiter):

Diese Abteilung beschaeftigt sich mit dem Image der Firma. Sie ist verantwortlich nicht nur fuer den Inlandmarkt sondern auch fuer den Auslandsmarkt.

- SWOT analysis

STRENGTHS-Stärke:

-qualität der Geräte → Ergo-fit produziert alles in DE (nur ein paar Teile fuer die Kräftegeräte werden in China produziert), deswegen ist die Qualität so hoch, aber diese Stärke kann auch eine Schwäche sein denn die Preise von den Produkten haben kleine Gewinnspanne (margin of profit)

-gute Servicereaktionszeiten denn alles wird hier gebaut → on-line service fuer erste Hilfe aber wenn notwendig der Kunde kann sein Gerät in 48 Stunden repariert haben. (Versprechung der Firma)

WEAKNESSES-Schwäche:

-kleine Gewinnspanne → alles wird hier produziert und der Lohn des deutschen Arbeiters ist grosser als der Lohn des Arbeiters im Ausland (China, Ukraine).

-Ergo-fit produziert gute Produkte aber Marketing kommt viel zu kurz fuer die Firma. Es gibt keine Werbungen, die Neuheiten sind selten, nur 2 Leute sind verantwortlich fuer die Marketingabteilung.

OPPORTUNITIES-Gelegenheiten:

-Neues Produkt → Trainingsdokumentation system (die ganze Trainingsplanung wird auf eine Karte gespeichert) und diese ist eine Neuheit fuer den Markt

THREATS-Drohungen:

-Mitbewerber die im Ausland produzieren → sie haben bessere Preisen (schlechter Qualität)

- Neue Produkte werden auch hier entwickelt. Wie
- Es gibt 10 Mitarbeiter die verantwortlich fuer das Feedback der Kunden sind. Aber Anregungen fuer Neuheiten kommen selten von den Kunden.
- Anregung (Proposals) von den Mitarbeiter → Manchmal die Marketingabteilung spricht mit der Produktionsabteilung und austauschen Gedanken.

- Einer von den zwei Mitarbeiter ist verantwortlich fuer der Firmas Homepage. Fuer die erste 14 Tage in Maerz die Besuchung des Sites war 2300 Zugriffe.

Vertrieb Abteilung

Diese Abteilung ist verantwortlich fuer den Kunden Bestellungen, Service aber auch Kunden Reklamation und Feedback.

- Die Kunden koennen entweder Zivilen, kleine Fitness Studios oder grosse Fitness Studios sein. Normalerweise ein Zivil wird 1 Geraet bestellen, die kleine Fitness Studios bestellen 2-10 Stueck und die grosse Fitness Studios 20 Stueck. Es gibt auch eine grosse Fitness Studio Kette, und jedes Mal das eine neue Eroeffnung gibt, die Firma bestellt 68 Geraete:
 - 10 Fahrraeder
 - 22 Cross
 - 20 Recumbent
 - 4 Steps (Treppesteiger)
 - 12 Track (Laufbaender)
- Was fuer Produkte werden normalerweise bestellt?
 - Fitness Cardio line 3000→ Cycle-Fahradergometer, Cross-Ellipsentrainer, Recumbent-Sitzfahrrad Track-Laufband
 - Medicine Cardio 3000→ Cycle, Cross, Recumbent, Trac
 - Line 3000S, 3100, 3200, 3200 S: gleiche Geraete mit kleine Aenderungen (Farbdisplay, usw.)
- Die Bestellungen sind taeglich aber solche Grosse (10-20 Stueck) sind selten. Meistens bestellen die alte Kunde 1-3 mehr Geraete.
- Frueher es gab ein Zeit nach der Messe im April und bis Herbst wo viele Bestellungen statt fanden, aber jetzt ist der Warenbedarf verteilt.
- Wenn eine Bestellung kommt diese Abteilung prueft erstmal od die Bestellung lieferbar ist (gibt es Lieferfaehigkeit oder nicht? Kann die Firma z.B. 3 Fahraeder in 3 Tage fertig machen?). Das wird von der Produktionsabteilung und der Endmontage auch bearbeitet. Wenn der Auftrag erfasst ist, der Kunde erhaelt eine Bestaetigung dieser Bestellung. Wenn das Endprodukt fertig ist dann machen sie alle Papiere fertig, organisieren die Lieferung(spedition oder selbs-lieferung). Der Vertrieb benutzt ein Excel-Programm die alle Bestellungen-datei hat und man kann diese Datei bearbeiten und auch sehen welche Wochen sind ueberfuellt und wo gibts ein bisschen Luft fuer mehrere Bestellungen.
- Es gibt auch die Moeglichkeit fuer Sonderausfuehrung aber sie kommt sehr selten. Es ist kein standard, aber wenn die Kosten realisierbar sind dann kann man auch tun fuer grosse Bestellungen, oder wenn der Kunde bezahlt.
- Der Dauer einer Bestellung ist abhaengig von der Grosse der Bestellung, aber fuer kleine Bestellungen 1-2 Wochen sind genug. Die Datenbank die von dem Vertrieb benutzt ist zeigt ob sie Luft haben jede Woche fuer eine neues Produkt zu fertigen.
- Es ist moeglich, wenn die Geraete nicht in Lieferung stehen oder nicht gebaut werden, eine Aenderung zu machen wenn der Kunde das fordert. So die Firma

akzeptiert fast jeder Aenderung(bis 1 Tag vor der Lieferung fuer ein Standar Geraet), aber eine Stornierung ist nicht moeglich.

- Was kostet jedes Endprodukt? Ohne Steuer: min 767,25€- max10290€ (Trac-Laufband)
- Reklamationen von Kunden kommen nicht sehr often: 1-2% den Kunden beschweren sich wegen defekte Produkten oder wegen Unzufriedenheit der Qualitaet.
- Wenn ein Produkt defekt ist, dann wird es von der Firma repariert (die Firma uebernimmt die Kosten).
- Zu Ende diese Abteilung beschaeftigt sich auch mit der Beratung der Kunden, informiert den Kunde fuer die Preiseliste, usw.

Produktions-Plannung

Diese Abteilung ist verantwortlich fuer die taegliche Planung der Produktion bei Ergo-Fit, fuer den Lager Bestand und fuer die Rohmaterial Bestellungen.

- Das Ziel ist den Lager voll zu haben um alle Typen von Geraete zu machen.
- Diese Abteilung plant die Produktion sowie sich vorgestellt hat fuer die naechste 6 Wochen, aber was diese Planung eigentlich leistet ist genug nur fuer 2-3 Wochen wenn das Ziel 6 Wochen ist.
- Ungefaehr 6000 Teile sind produziert worden. Nur 10-20% dieser Teile sind gleiche fuer alle Geraete.
- Die Produktionsplanung basiert sich auch auf Statistiks Bedarf den vogaengigen Jahren.

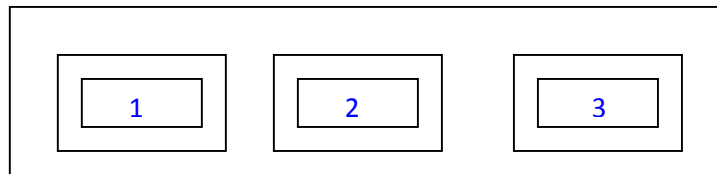
Mechanische Fertigung (14 Mitarbeiter)

- Die Schritte sind einfach die folgende :
Rohmaterial→Bearbeitung→Montage oder Lager→Schweissen→Montage oder Lager→Pulver→Montage oder Lager.
- Erstens kommt die Materialliste von der Arbeitvorbereitung (AV Abteilung). Die Mitarbeiter sehen den Materialbedarf und welche von diesen Materialien imLager sind. Wenn ein Material fehlt, dann machen sie eine Bestellung, schicken sie zu der AV Abteilung und warten auf die Anlieferung.
- Die Produktionsplanung zufuehrt die Fertigung mit den CAD-Zeichnungen den produzierten Teilen. Nach der Bau diesen Teilen manche werden direkt zu Montage geschickt und manche bleiben im Lager.
- Wenn die Preise guentiger sind, dann die Arbeit wird zu Externe geschickt.
- Die Maschine die fuer den Materialbearbeitung benutzt sind, sind die folgende:
 - Saege (1):
es laeuft allein und kann auch uebernacht allein laufen. Auf die Saege werden maximal 1000 Stueck auf einmal bearbeitet und minimal 50 Stueck. Die Laufzeit der Saege ist normalerweise 5-6 Stunden ohne Pause.

Dann ein Mitarbeiter nimmt die Spaene raus, gibt ein Kuehlschmierstoff rein, und dann kann die Saege wieder arbeiten. Diese Prozess dauert 2-3 Minuten.

○ Bohren (4):

Es gibt ein Mitarbeiter pro Maschine und die Laufzeit der Maschine ohne Pause ist 0,3-2 Minuten fuer jede Bearbeitung.



1. Bohrmaschine → Vorschub

2. Endgraden

3. Gewindeschneiden

Aud jede Bohrmaschine gibt es 3 verschiedene Typen von Bohren, die allein arbeiten koennen. Diesen Weg kann ein Mitarbeiter gleichzeitig 3 verschiedenen Bearbeitungen machen.

○ Drehmaschine (1 konventional, 3 CNC):

Ein Mitarbeiter arbeitet auf die konventional Maschine um Gewinde zu machen.

Auf die 3 CNC Maschinen arbeiten 2 Mitarbeiter gleichzeitig in jedem Schicht. Es gibt 2 Schichten. Manche Schrauben werden hier gebaut. Die Schritte der Bearbeitung sind die folgende: Zentrierung → Loch Bohren → Entgraten. Teile die auch aussen Entgraten brauchen werden hier gebaut.

○ Fraesenmaschine (2 konventional, 1 CNC)

Es gibt ein Mitarbeiter pro Fraese, aber dieser Mitarbeiter kann auch gleichzeitig fuer andere Maschinen verantwortlich sein.

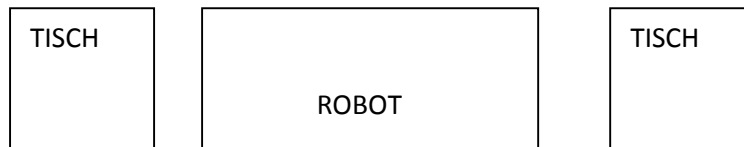
Die konventionale Fraesemaschinen und Drehmaschine werden hauptsaechlich fuer die Ausbildung der Mitarbeitern benutzt, und selten fuer die Bearbeitung der Teile.

- In einem Monat sind ungefaehr 5 Stunden fuer die Stoerung der Maschinen benutzt. Die kleine Reparaturen werden selber gemacht, denn es ist viel billiger. Fuer die komplizierte Maschinen gibt es Service Vertaege, die 1 mal pro Jahr stat finden.
- Die Firma uebernimmt 1 mal pro Jahr 2 Leute fuer Ausbildung. Die Ausbildung dauert normalerweise 3-3 1/2 Jahre, und die Firma versucht die Ausbildene zu halten. Die Ausbildene sollen noch 1 Jahr bei Ergo-Fit bleiben,

aber nach diesem Jahre gehen die meisten weg (wiederzustudieren oder zu einer anderen Firma).

- Schweissen (2 Mitarbeiter pro Schicht- 2 Schichte)

In der Schweissen Abteilung gibt es 2 Mitarbeiter pro Schicht und ein Schweiss-Robot, der allein läuft. Ein mehr Mitarbeiter ist verantwortlich fuer den Schweiss-Robot. Der Schweiss-Robot schweisst die meisten Teile, und die 2 andere Mitarbeiter schweissen entweder die einfacher Teile oder die Teile, die zu gross fuer den Robot sind.



Ein Mitarbeiter stellt das erste Teil, das bearbeitet wird, auf den Tisch A. Der Robot schweisst die Vorderseite und danach nimmt der Mitarbeiter das fertig Teil 1 und stellt es auf den Tisch B. Jetzt schweisst das Robot die Rueckseite des Teils 1 und gleichzeitig stellt der Mitarbeiter das Teil 2 auf den Tisch A. Wenn das Robot fertig mit der Bearbeitung der Rueckseite des Teils 1 ist, dreht es sich wieder um und scweisst die Vorderseite des Teils 2. Dieses Weg arbeitet das Robot immer ohne Pause.

- Nach dem Schweissen, die aussere Teile des Gearetet (die Teile die man sieht) werden zu einer externe Firma geschickt, um verzinkt zu werden. Die Teile bleiben dort normalerweise 1 Woche.

- Pulvern (1 Mitarbeiter pro Schicht- 2 Schichte)

Vor dem Pulvern werden die Teile von einem Mitarbeiter (der eigene ist auch verantwortlich fuer die Waschmaschine nach dem Pulvern) geschleift.

Danach ein Mitarbeiter haengt die Teile und mit einer Handpistole pulvert sie.

Nach dem Pulvern sollen die Teile gewascht werden. Ein Mitarbeiter stellt die Teile in der Waschmaschine, die allein fuer 10-15 Minuten läuft. Die Kapazitaet der Waschmaschine ist 4-5 grosse Teile oder 100 kleine Teile. Nach der Waschmaschine werden die Teile im Lager gespeichert.

Alle Teile die aehnlich sind, werden nicht zusammen gepulvert. Zum Bespeil: 200 Teile X sollen gepulvert → Dauer: 14 Tagen. Aber gleichzeitig sollen auch 100 Teile Y gepulvert, denn die Montage braucht die Teile Y. So, der Mitarbeiter soll die Bearbeitung der Teile X zur Seite lassen und die Teile Y bearbeiten. Die Teile X bleiben durch die Bearbeitung der Teile Y im Zwischenlager. Das Ergebnis ist eine erstockende Produktion, statt einer fliessenden Produktion.

- Die Firma hat einen Mindestmengelager, das bedeutet dass alle Materialien sollen ueber Mindestmenge sein. Leider das Lagersystem zeigt nicht immer den wirklich Lagerkapazitaet, deshalb sollen die Mitarbeiter immer ein manual Check machen.
- Lager 300
Lager 300 ist der Zwischenlager, wo die unfertige Teile gespeichert werden. Lager 300 besteht aus 3 verschiedene Lager: 1 zentraler Lager, 1 Lager in der Schweissen Abteilnug und 1 Lager in der Peulvern Abteilung. Die Mitarbeiter lassen einfach die unfertige Teile im Lager 300 (es gibt kein System).
- Probleme der Produktion
 - Fehlerhafte Teile: es gibt Mitarbeiter die diese fehlerhafte Teile sehen, aber sagen nichts. Das Ergebniss→ diese Fehlerhafte Teile werden in der Montage herausgebracht und sind natuerlich unbenutzbar. Die Produktion soll stoppen und neue Teile bauen.
 - Es gibt kein Materialfluss (bestimmt zwischen Schweissen und Pulvern). Das Ergebniss→ Produktion ist teurer. Zum Beispiel wenn 100 Stueck von Teil A gebaut sollen werden, 50 Stueck werden jetzt gebaut und im Lager gespeichert, dann 20 Stueck von Teil B werden gebaut, und dann die laetzte 50 Stueck von Teil A→ Ruestzeit jeder Maschine wird hoeher→ Kosten werden hoeher.

Montage (16 Mitarbeiter- 1 Schicht, Ueberstunden wenn notwendig)

Diese Abteilung beschaeftigt sich mit der Montage der Geraete. Die Schritte der Montage sind die folgende:

- Die AV Abteilung schickt zu der Montage eine Dispositionsliste jeden Tag der Woche. Das bedeutet, dass die Arbeitsvorbereitung, rechnet die Menge und die Art der Teile aus, die gebaut werden muessen, und den Zeitpunkt, in dem die Geraete geliefert werden sollen.
- Vormontage: hier werden die Teile miteinander geschraubt, die kleine Teile werden groesser. In dieser Abteilung arbeiten 2 Mitarbeiter, die nur fuer die Vormontage verantwortlich sind.
- Grundmontage: nicht alle Teile brauchen durch die Grundmontage zu gehen. Manche Teile brauchen nur Endmontage, manche nur Grund und manche brauchen beide. Hier arbeitet nur 1 Mitarbeiter.
- Zwischenpruefung: Alle Geraete die Pedals haben (Cycle, Recumbent, Fahrradergometer), sollen durch die Zwischenpruefung gehen. Hier werden auch die Strombremsen geprueft. Die Zwischenpruefung der Medizin-Geraete dauert ein bisschen laenger als die Zwischenpruefung der Fitness-Geraete. In dieser Abteilung arbeiten 2 Mitarbeiter: einer ist verantwortlich nur fuer die Zwischenpruefung und der andere ist ein Stellvertreter (substitutue wenn der andere Mitarbeiter nicht da ist, oder wenn ein Mitarbeiter reicht nicht→ zu viele Geraete zu machen von der Grundmontage).
- Endmontage: Verkleidung mit plastic Pedals, Lenker (halter), Sitz, heart pulse rate-meter. Hier arbeitet nur 1 Mitarbeiter.

- Endpruefung: Hier werden alle Geraete von einem normalen Person getestet (1 Mitarbeiter). Nach der Endpruefung, und wenn die Funktionalitaet des Geraetes in Ordnung ist, werden die Daten und die Seriennummer auf das Geraet gedruckt. Diese Datei gehen auch in die Datenbank rein.

Die Montage arbeitet immer fuer den Tages-Bedarf: „Heute produzieren was morgen und uebermorgen geliefert soll.“ Aber es gibt auch ein Fertigeratlager, wo die Endprodukte bis zur Lieferung dort gespeichert werden (nach der Verpackung).

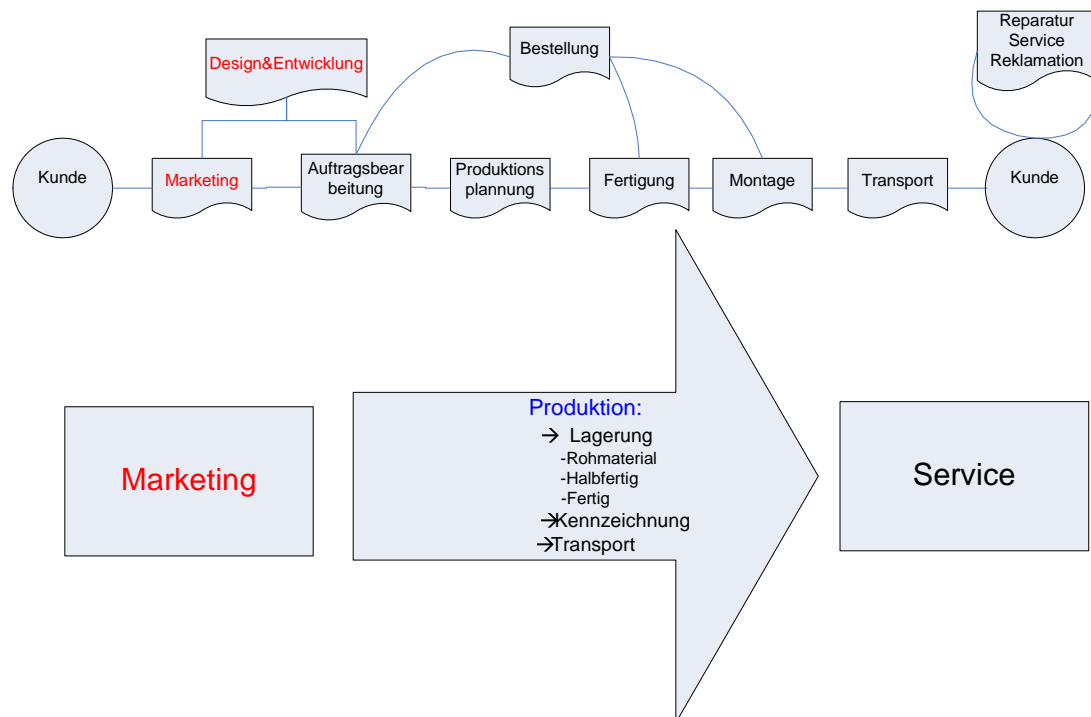
Die Prozessen

Die Firma ist im Medizinbereich beschäftigt, und somit ist die ISO 9002 notwendig. In Visio-format können Sie die meisten Prozessen der Firma sehen.

A.3 Παρουσίαση διαδικασιών

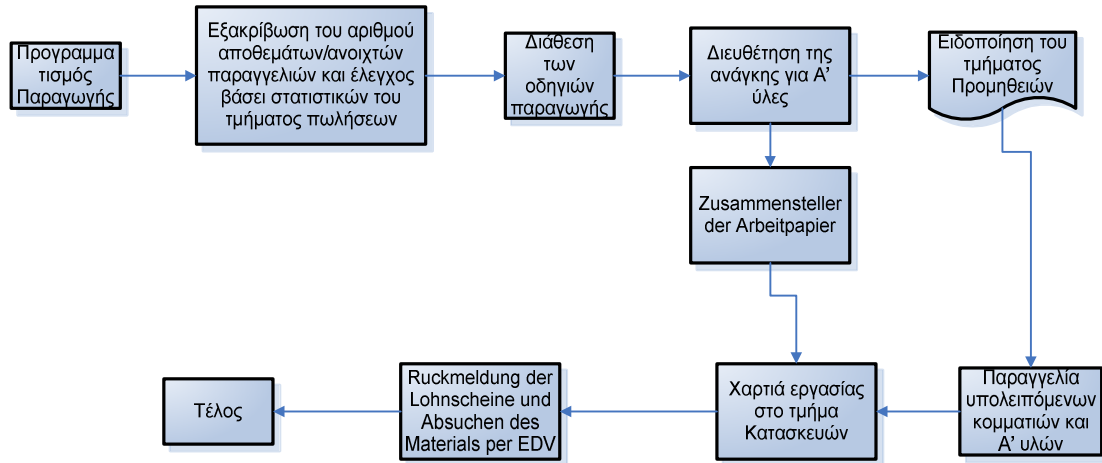
Αφού μελετήθηκαν οι διαδικασίες ISO της εταιρείας έγινε μια καταγραφή του πως πραγματικά λειτουργούν τα διάφορα τμήματα και μερικές από τις διαδικασίες της εταιρείας.

A.3.1 Γενικές διαδικασίες



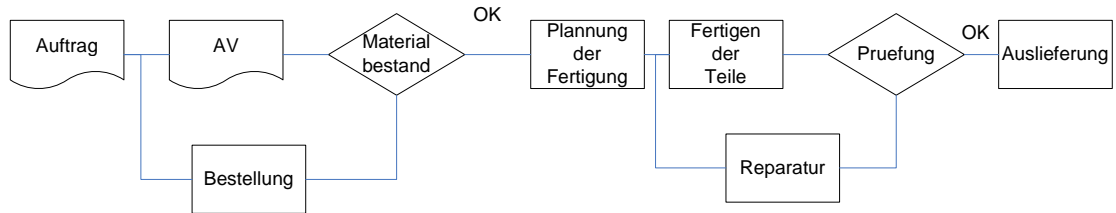
A.3.2 Τμήμα Προγραμματισμού Παραγωγής

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

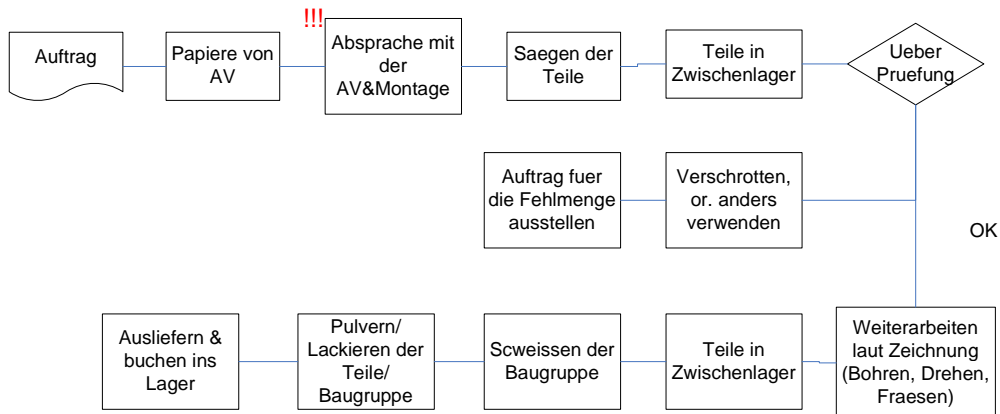


A.3.3 Τμήμα Παραγωγής

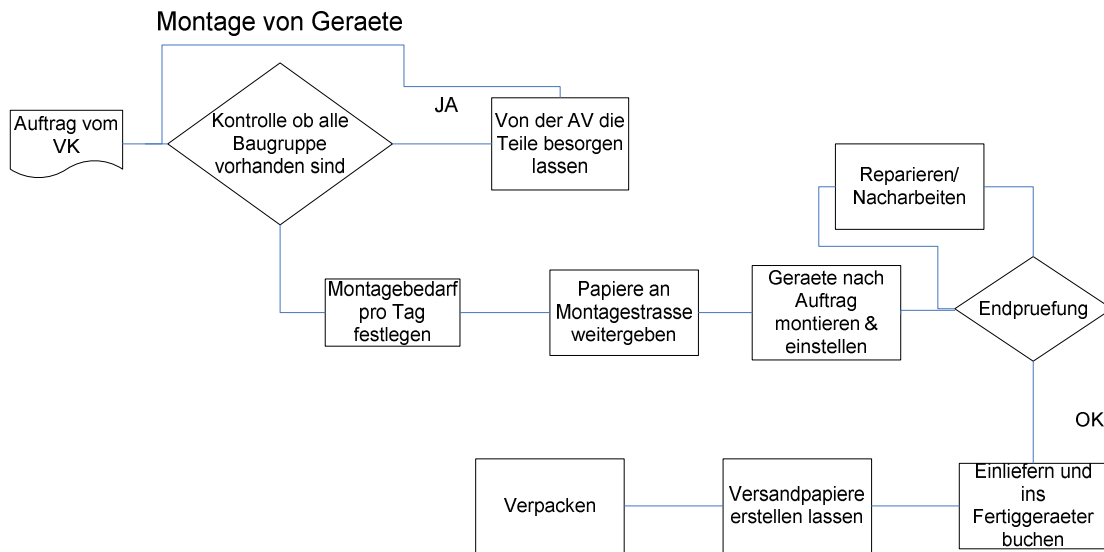
Produktion/Materialwirtschaft → Elektroteile



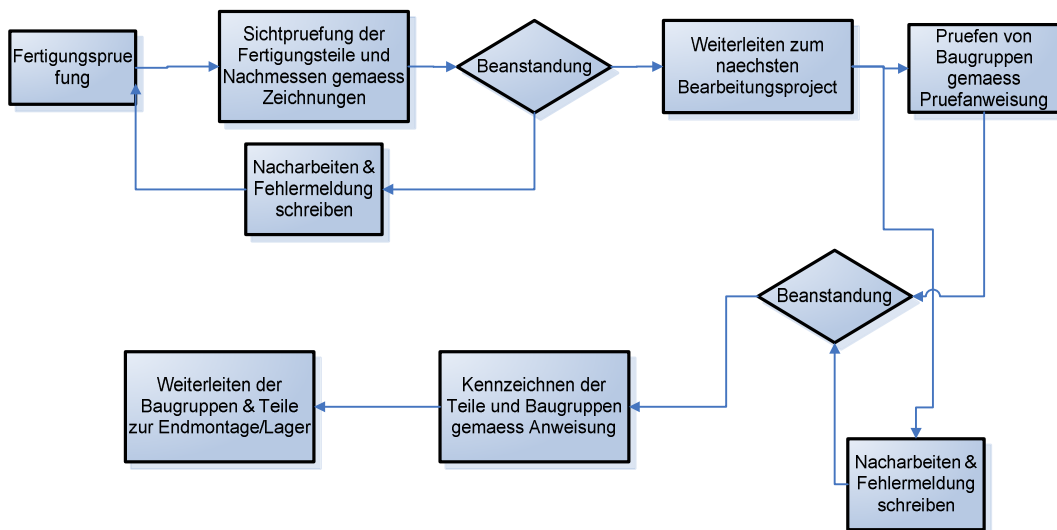
Produktion/Materialwirtschaft → Mechanischeteile



A.3.4 Τμήμα Συναρμολόγησης

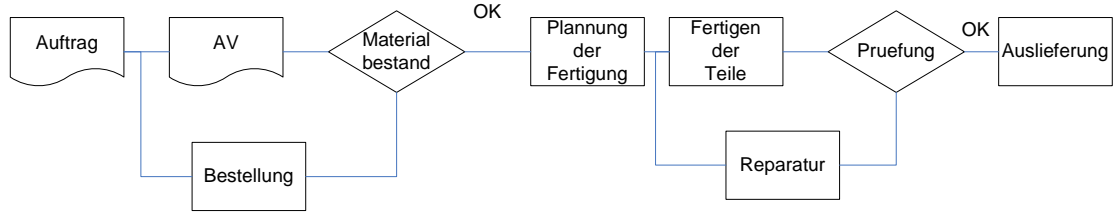


MONTAGE-FERTIGUNGSPRUEFUNG (mechanik)

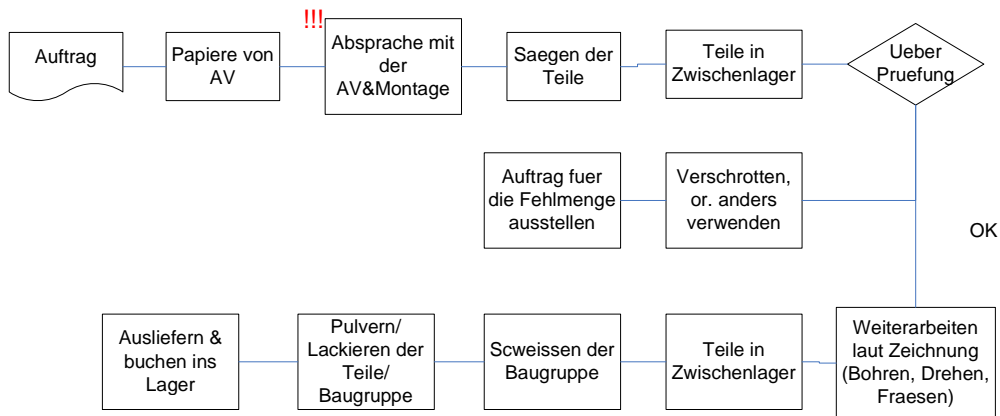


A.3.5 Τμήμα Συναρμολόγησης-διαδικασία πακεταρίσματος

Produktion/Materialwirtschaft → Elektroteile



Produktion/Materialwirtschaft → Mechanischeteile



Παράρτημα Β: Πίνακες προγραμματισμού για το μοντέλο της ιδεατής κατάστασης

Entity...	Location...	Operation...
Raw_material_083	Raw_material_storage	GROUP 30 AS Grp_raw_083□□
Grp_raw_083	Raw_material_storage	INC queue_counter_083
Grp_raw_083	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_083	Saw_in	
Raw_material_083	Saw	SPLIT 4 AS Saw_material_083
Saw_material_083	Saw	WAIT 13 SEC
Saw_material_083	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_083
Grp_saw_083	Saw_out	INC saw_out_counter_083
Grp_saw_083	Drummingroll_in	UNGROUP
Saw_material_083	Drummingroll_in	INC drummingroll_in_counter_083
Saw_material_083	Drummingroll	WAIT 1.5 SEC
Drummingroll_material_083	Drummingroll_out	GROUP 100 AS Grp_drummingroll_083
Grp_drummingroll_083	Drummingroll_out	
Grp_drummingroll_083	Drill_in	UNGROUP
Drummingroll_material_083	Drill_in	INC drill_in_counter_083
Drummingroll_material_083	Drill	WAIT 51 SEC
Drill_material_083	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_083
Grp_drill_083	Finished_queue	
Grp_drill_083	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_083	Finished_pallet	INC finished_counter_083
Raw_Material_034	Raw_material_storage	GROUP 2 AS Grp_raw_034
Grp_raw_034	Raw_material_storage	INC queue_counter_034
Grp_raw_034	Saw_in	UNGROUP
Raw_Material_034	Saw_in	
Raw_Material_034	Saw	SPLIT 50 AS Saw_material_034
Saw_material_034	Saw	WAIT 27 SEC
Saw_material_034	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_034
Grp_saw_034	Saw_out	INC saw_out_counter_034
Grp_saw_034	Drummingroll_in	UNGROUP
Saw_material_034	Drummingroll_in	INC drummingroll_in_counter_034
Saw_material_034	Drummingroll	WAIT 1.5 SEC
Drummingroll_material_034	Drummingroll_out	GROUP 100 AS Grp_drummingroll_034

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

Entity...	Location...	Operation...
Drummingroll_material_034	Drummingroll_out	GROUP 100 AS Grp_drummingroll_034
Grp_drummingroll_034	Drummingroll_out	
Grp_drummingroll_034	Drill_in	UNGROUP
Drummingroll_material_034	Drill_in	INC drill_in_counter_034
Drummingroll_material_034	Drill	WAIT 50 SEC
Drill_material_034	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_034
Grp_drill_034	Finished_queue	
Grp_drill_034	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_034	Finished_pallet	INC finished_counter_034
Raw_material_096	Raw_material_storage	GROUP 20 AS Grp_raw_096
Grp_raw_096	Raw_material_storage	INC queue_counter_096
Grp_raw_096	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_096	Saw_in	
Raw_material_096	Saw	SPLIT 5 AS Saw_material_096
Saw_material_096	Saw	WAIT 18 SEC
Saw_material_096	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_096
Grp_saw_096	Saw_out	
Grp_saw_096	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_096	Drill_in	INC drill_in_counter_096
Saw_material_096	Drill	WAIT 48 SEC
Drill_material_096	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_096
Grp_drill_096	Finished_queue	
Grp_drill_096	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_096	Finished_pallet	INC finished_counter_096
Raw_material_652	Raw_material_storage	GROUP 4 AS Grp_raw_652
Grp_raw_652	Raw_material_storage	INC queue_counter_652
Grp_raw_652	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_652	Saw_in	
Raw_material_652	Saw	SPLIT 25 AS Saw_material_652
Saw_material_652	Saw	WAIT 12 SEC
Saw_material_652	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_652
Grp_saw_652	Saw_out	INC saw_out_counter_652

Entity...	Location...	Operation...
Grp_saw_652	Saw_out	INC saw_out_counter_652
Grp_saw_652	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_652	Drill_in	INC drill_in_counter_652
Saw_material_652	Drill	WAIT 67 SEC
Drill_material_652	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_652
Grp_drill_652	Finished_queue	
Grp_drill_652	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_652	Finished_pallet	INC finished_counter_652
Raw_material_038	Raw_material_storage	GROUP 3 AS Grp_raw_038
Grp_raw_038	Raw_material_storage	INC queue_counter_038
Grp_raw_038	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_038	Saw_in	
Raw_material_038	Saw	SPLIT 34 AS Saw_material_038
Saw_material_038	Saw	WAIT 11 SEC
Saw_material_038	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_038
Grp_saw_038	Saw_out	INC saw_out_counter_038
Grp_saw_038	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_038	Drill_in	INC drill_in_counter_038
Saw_material_038	Drill	WAIT 43.5 SEC
Drill_material_038	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_038
Grp_drill_038	Finished_queue	
Grp_drill_038	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_038	Finished_pallet	INC finished_counter_038
Raw_material_003	Raw_material_storage	GROUP 100 AS Grp_raw_003
Grp_raw_003	Raw_material_storage	INC queue_counter_003
Grp_raw_003	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_003	Saw_in	
Saw_material_003	Saw	WAIT 10 SEC
Saw_material_003	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_003
Grp_saw_003	Saw_out	
Grp_saw_003	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_003	Drill_in	INC drill_in_counter_003

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

Entity...	Location...	Operation...
Saw_material_003	Drill_in	INC drill_in_counter_003
Saw_material_003	Drill	WAIT 43 SEC DUSE Machinist3 FOR Drill D D D D D INC drill_counter_003 D D
Drill_material_003	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_003
Grp_drill_003	Finished_queue	
Grp_drill_003	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_003	Finished_pallet	INC finished_counter_003
Raw_material_041	Raw_material_storage	GROUP 7 AS Grp_raw_041
Grp_raw_041	Raw_material_storage	INC queue_counter_041
Grp_raw_041	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_041	Saw_in	
Raw_material_041	Saw	SPLIT 15 AS Saw_material_041
Saw_material_041	Saw	WAIT 12 SEC
Saw_material_041	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_041
Grp_saw_041	Saw_out	
Grp_saw_041	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_041	Drill_in	INC drill_in_counter_041
Saw_material_041	Drill	WAIT 29 SEC
Drill_material_041	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_041
Grp_drill_041	Finished_queue	
Grp_drill_041	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_041	Finished_pallet	INC finished_counter_041
Raw_material_028	Raw_material_storage	GROUP 12 AS Grp_raw_028
Grp_raw_028	Raw_material_storage	INC queue_counter_028
Grp_raw_028	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_028	Saw_in	
Raw_material_028	Saw	SPLIT 9 AS Saw_material_028
Saw_material_028	Saw	WAIT 12 SEC
Saw_material_028	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_028
Grp_saw_028	Saw_out	
Grp_saw_028	Lathe_in	UNGROUP
Saw_material_028	Lathe_in	INC lathe_in_counter_028
Saw_material_028	Lathe	WAIT 129 SEC

Entity...	Location...	Operation...
Saw_material_028	Lathe	WAIT 129 SEC
Lathe_material_028	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_lathe_028 D D
Grp_lathe_028	Finished_queue	
Grp_lathe_028	Finished_pallet	UNGROUP
Lathe_material_028	Finished_pallet	INC finished_counter_028
Raw_material_025	Raw_material_storage	GROUP 12 AS Grp_raw_025
Grp_raw_025	Raw_material_storage	INC queue_counter_025
Grp_raw_025	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_025	Saw_in	
Raw_material_025	Saw	SPLIT 9 AS Saw_material_025
Saw_material_025	Saw	WAIT 13 SEC
Saw_material_025	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_025
Grp_saw_025	Saw_out	INC saw_out_counter_025
Grp_saw_025	Lathe_in	UNGROUP
Saw_material_025	Lathe_in	INC lathe_in_counter_025
Saw_material_025	Lathe	WAIT 143 SEC
Lathe_material_025	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_lathe_025
Grp_lathe_025	Finished_queue	
Grp_lathe_025	Finished_pallet	UNGROUP
Lathe_material_025	Finished_pallet	INC finished_counter_025
Raw_material_015	Raw_material_storage	GROUP 100 AS Grp_raw_015
Grp_raw_015	Raw_material_storage	INC queue_counter_015
Grp_raw_015	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_015	Saw_in	
Raw_material_015	Saw	WAIT 10 SEC
Saw_material_015	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_015
Grp_saw_015	Saw_out	INC saw_counter_015
Grp_saw_015	Finished_pallet	UNGROUP
Saw_material_015	Finished_pallet	INC finished_counter_015
Raw_material_021	Raw_material_storage	GROUP 100 AS Grp_raw_021
Grp_raw_021	Raw_material_storage	INC queue_counter_021
Grp_raw_021	Saw_in	UNGROUP

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

Entity...	Location...	Operation...
Grp_raw_021	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_021	Saw_in	□□
Raw_material_021	Saw	WAIT 7.5 SEC
Saw_material_021	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_021
Grp_saw_021	Saw_out	INC saw_out_counter_021
Grp_saw_021	Finished_pallet	UNGROUP
Saw_material_021	Finished_pallet	INC finished_counter_021
Raw_material_022	Raw_material_storage	GROUP 100 AS Grp_raw_022
Grp_raw_022	Raw_material_storage	INC queue_counter_022
Grp_raw_022	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_022	Saw_in	
Raw_material_022	Saw	WAIT 11 SEC
Saw_material_022	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_022
Grp_saw_022	Saw_out	INC saw_out_counter_022
Grp_saw_022	Finished_pallet	UNGROUP
Saw_material_022	Finished_pallet	INC finished_counter_022
Raw_material_1083	Raw_material_storage	GROUP 18 AS Grp_raw_1083
Grp_raw_1083	Raw_material_storage	INC queue_counter_1083
Grp_raw_1083	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_1083	Saw_in	
Raw_material_1083	Saw	SPLIT 6 AS Saw_material_1083
Saw_material_1083	Saw	WAIT 10 SEC
Saw_material_1083	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_1083
Grp_saw_1083	Saw_out	INC saw_out_counter_1083
Grp_saw_1083	Drummingroll_in	UNGROUP
Saw_material_1083	Drummingroll_in	INC drummingroll_in_counter_1083
Saw_material_1083	Drummingroll	WAIT 1.5 SEC
Drummingroll_material_1083	Drummingroll_out	GROUP 100 AS Grp_drummingroll_1083
Grp_drummingroll_1083	Drummingroll_out	
Grp_drummingroll_1083	Drill_in	UNGROUP
Drummingroll_material_1083	Drill_in	INC drill_in_counter_1083
Drummingroll_material_1083	Drill	WAIT 69 SEC

Entity...	Location...	Operation...
Drummingroll_material_1083	Drill	WAIT 69 SEC
Drill_material_1083	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_1083□□
Grp_drill_1083	Finished_queue	
Grp_drill_1083	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_1083	Finished_pallet	INC finished_counter_1083
Raw_material_1023	Raw_material_storage	GROUP 100 AS Grp_raw_1023
Grp_raw_1023	Raw_material_storage	INC queue_counter_1023
Grp_raw_1023	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_1023	Saw_in	
Raw_material_1023	Saw	WAIT 11 SEC
Saw_material_1023	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_1023
Grp_saw_1023	Saw_out	
Grp_saw_1023	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_1023	Drill_in	INC drill_in_counter_1023
Saw_material_1023	Drill	WAIT 50 SEC
Drill_material_1023	Finished_queue	group 100 as Grp_drill_1023
Grp_drill_1023	Finished_queue	
Grp_drill_1023	Finished_pallet	ungroup
Drill_material_1023	Finished_pallet	inc finished_counter_1023
Raw_material_2049	Raw_material_storage	GROUP 42 AS Grp_raw_2049
Grp_raw_2049	Raw_material_storage	INC queue_counter_2049
Grp_raw_2049	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_2049	Saw_in	
Raw_material_2049	Saw	SPLIT 5 AS Saw_material_2049
Saw_material_2049	Saw	WAIT 18 SEC
Saw_material_2049	Saw_out	GROUP 200 AS Grp_saw_2049
Grp_saw_2049	Saw_out	
Grp_saw_2049	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_2049	Drill_in	INC drill_in_counter_2049
Saw_material_2049	Drill	WAIT 48 SEC
Drill_material_2049	Finished_queue	GROUP 200 AS Grp_drill_2049
Grp_drill_2049	Finished_queue	

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

Entity...	Location...	Operation...
Grp_drill_2049	Finished_queue	
Grp_drill_2049	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_2049	Finished_pallet	INC finished_counter_2049
Raw_material_2067	Raw_material_storage	GROUP 100 AS Grp_raw_2067
Grp_raw_2067	Raw_material_storage	INC queue_counter_2067
Grp_raw_2067	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_2067	Saw_in	
Raw_material_2067	Saw	WAIT 10 SEC
Saw_material_2067	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_2067
Grp_saw_2067	Saw_out	
Grp_saw_2067	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_2067	Drill_in	INC drill_in_counter_2067
Saw_material_2067	Drill	WAIT 69 SEC
Drill_material_2067	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_2067
Grp_drill_2067	Finished_queue	
Grp_drill_2067	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_2067	Finished_pallet	INC finished_counter_2067
Raw_material_2068	Raw_material_storage	GROUP 7 AS Grp_raw_2068
Grp_raw_2068	Raw_material_storage	INC queue_counter_2068
Grp_raw_2068	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_2068	Saw_in	
Raw_material_2068	Saw	SPLIT 15 AS Saw_material_2068
Saw_material_2068	Saw	WAIT 9 SEC
Saw_material_2068	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_2068
Grp_saw_2068	Saw_out	
Grp_saw_2068	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_2068	Drill_in	INC drill_in_counter_2068
Saw_material_2068	Drill	WAIT 17 SEC
Drill_material_2068	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_2068
Grp_drill_2068	Finished_queue	
Grp_drill_2068	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_2068	Finished_pallet	INC finished_counter_2068

Entity...	Location...	Operation...
Drill_material_2068	Finished_pallet	INC finished_counter_2068
Raw_material_1081	Raw_material_storage	GROUP 40 AS Grp_raw_1081
Grp_raw_1081	Raw_material_storage	INC queue_counter_1081
Grp_raw_1081	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_1081	Saw_in	
Raw_material_1081	Saw	SPLIT 3 AS Saw_material_1081
Saw_material_1081	Saw	WAIT 15 SEC
Saw_material_1081	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_saw_1081
Grp_saw_1081	Finished_queue	
Grp_saw_1081	Finished_pallet	UNGROUP
Saw_material_1081	Finished_pallet	INC finished_counter_1081
Raw_material_1082	Raw_material_storage	GROUP 100 AS Grp_raw_1082
Grp_raw_1082	Raw_material_storage	INC queue_counter_1082
Grp_raw_1082	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_1082	Saw_in	
Raw_material_1082	Saw	WAIT 15 SEC
Saw_material_1082	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_saw_1082
Grp_saw_1082	Finished_queue	
Grp_saw_1082	Finished_pallet	UNGROUP
Saw_material_1082	Finished_pallet	INC finished_counter_1082
Raw_material_1026	Raw_material_storage	GROUP 100 AS Grp_raw_1026
Grp_raw_1026	Raw_material_storage	INC queue_counter_1026
Grp_raw_1026	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_1026	Saw_in	
Raw_material_1026	Saw	WAIT 13 SEC
Saw_material_1026	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_saw_1026
Grp_saw_1026	Finished_queue	
Grp_saw_1026	Finished_pallet	UNGROUP
Saw_material_1026	Finished_pallet	INC finished_counter_1026
Raw_material_2083	Raw_material_storage	GROUP 30 AS Grp_raw_2083
Grp_raw_2083	Raw_material_storage	INC queue_counter_2083
Grp_raw_2083	Saw_in	UNGROUP

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

Entity...	Location...	Operation...
Grp_raw_2083	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_2083	Saw_in	
Raw_material_2083	Saw	SPLIT 4 AS Saw_material_2083
Saw_material_2083	Saw	WAIT 13 SEC
Saw_material_2083	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_2083
Grp_saw_2083	Saw_out	
Grp_saw_2083	Drummingroll_in	UNGROUP
Saw_material_2083	Drummingroll_in	
Saw_material_2083	Drummingroll	WAIT 1.5 SEC
Drum_material_2083	Drummingroll_out	GROUP 100 AS Grp_drum_2083
Grp_drum_2083	Drummingroll_out	
Grp_drum_2083	Drill_in	UNGROUP
Drum_material_2083	Drill_in	
Drum_material_2083	Drill	WAIT 51 SEC
Drill_material_2083	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_2083
Grp_drill_2083	Finished_queue	
Grp_drill_2083	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_2083	Finished_pallet	INC finished_counter_2083
Raw_material_2064	Raw_material_storage	GROUP 9 AS Grp_raw_2064
Grp_raw_2064	Raw_material_storage	INC queue_counter_2064
Grp_raw_2064	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_2064	Saw_in	
Raw_material_2064	Saw	SPLIT 12 AS Saw_material_2064
Saw_material_2064	Saw	WAIT 12 SEC
Saw_material_2064	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_2064
Grp_saw_2064	Saw_out	
Grp_saw_2064	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_2064	Drill_in	
Saw_material_2064	Drill	WAIT 110 SEC
Drill_material_2064	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_2064
Grp_drill_2064	Finished_queue	
Grp_drill_2064	Finished_pallet	UNGROUP

Entity...	Location...	Operation...
Grp_drill_2064	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_2064	Finished_pallet	INC finished_counter_2064
Raw_Material_2076	Raw_material_storage	GROUP 100 AS Grp_raw_2076
Grp_raw_2076	Raw_material_storage	INC queue_counter_2076
Grp_raw_2076	Drill_in	UNGROUP
Raw_Material_2076	Drill_in	
Raw_Material_2076	Drill	WAIT 59 SEC
Drill_material_2076	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_2076
Grp_drill_2076	Finished_queue	
Grp_drill_2076	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_2076	Finished_pallet	INC finished_counter_2076
Raw_material_2077	Raw_material_storage	GROUP 100 AS Grp_raw_2077
Grp_raw_2077	Raw_material_storage	INC queue_counter_2077
Grp_raw_2077	Drill_in	UNGROUP
Raw_material_2077	Drill_in	
Raw_material_2077	Drill	WAIT 35 SEC
Drill_material_2077	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_2077
Grp_drill_2077	Finished_queue	
Grp_drill_2077	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_2077	Finished_pallet	INC finished_counter_2077
Raw_material_1045	Raw_material_storage	GROUP 3 AS Grp_raw_1045
Grp_raw_1045	Raw_material_storage	INC queue_counter_1045
Grp_raw_1045	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_1045	Saw_in	
Raw_material_1045	Saw	SPLIT 40 AS Saw_material_1045
Saw_material_1045	Saw	WAIT 10 SEC
Saw_material_1045	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_1045
Grp_saw_1045	Saw_out	
Grp_saw_1045	Drill_in	UNGROUP
Saw_material_1045	Drill_in	
Saw_material_1045	Drill	WAIT 25 SEC
Drill_material_1045	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_1045

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

Entity...	Location...	Operation...
Drill_material_1045	Finished_queue	GROUP 100 AS Grp_drill_1045
Grp_drill_1045	Finished_queue	
Grp_drill_1045	Finished_pallet	UNGROUP
Drill_material_1045	Finished_pallet	INC finished_counter_1045
Raw_material_2030	Raw_material_storage	GROUP 100 AS Grp_raw_2030
Grp_raw_2030	Raw_material_storage	INC queue_counter_2030
Grp_raw_2030	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_2030	Saw_in	
Raw_material_2030	Saw	WAIT 12 SEC
Saw_material_2030	Saw_out	GROUP 100 AS Grp_saw_2030
Grp_saw_2030	Saw_out	
Grp_saw_2030	Finished_pallet	UNGROUP
Saw_material_2030	Finished_pallet	INC finished_counter_2030
Raw_material_1055	Raw_material_storage	GROUP 6 AS Grp_raw_1055
Grp_raw_1055	Raw_material_storage	INC queue_counter_1055
Grp_raw_1055	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_1055	Saw_in	
Raw_material_1055	Saw	SPLIT 34 AS Saw_material_1055
Saw_material_1055	Saw	WAIT 102 SEC
Saw_material_1055	Saw_out	GROUP 200 AS Grp_saw_1055
Grp_saw_1055	Saw_out	
Grp_saw_1055	Finished_pallet	UNGROUP
Saw_material_1055	Finished_pallet	INC finished_counter_1055
Raw_material_1060	Raw_material_storage	GROUP 17 AS Grp_raw_1060
Grp_raw_1060	Raw_material_storage	INC queue_counter_1060
Grp_raw_1060	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_1060	Saw_in	
Raw_material_1060	Saw	SPLIT 17 AS Saw_material_1060
Saw_material_1060	Saw	WAIT 251.4 SEC
Saw_material_1060	Saw_out	GROUP 200 AS Grp_saw_1060
Grp_saw_1060	Saw_out	
Grp_saw_1060	Mill_in	UNGROUP

Entity...	Location...	Operation...
Grp_saw_1060	Mill_in	UNGROUP
Saw_material_1060	Mill_in	
Saw_material_1060	Mill	WAIT 109 SEC
Mill_material_1060	Machining_in	
Mill_material_1060	Machining_Center	WAIT 73 SEC
Mach_material_1060	Mill_in	
Mach_material_1060	Mill	WAIT 76 SEC
Mill2_material_1060	Finished_queue	GROUP 200 AS Grp2_mill_1060
Grp2_mill_1060	Finished_queue	
Grp2_mill_1060	Finished_pallet	UNGROUP
Mill2_material_1060	Finished_pallet	INC finished_counter_1060
Raw_material_1131	Raw_material_storage	GROUP 2 AS Grp_raw_1131
Grp_raw_1131	Raw_material_storage	INC queue_counter_1131
Grp_raw_1131	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_1131	Saw_in	
Raw_material_1131	Saw	SPLIT 100 AS Saw_material_1131
Saw_material_1131	Saw	WAIT 1200 SEC
Saw_material_1131	Saw_out	GROUP 200 AS Grp_saw_1131
Grp_saw_1131	Saw_out	
Grp_saw_1131	Lathe_in	UNGROUP
Saw_material_1131	Lathe_in	
Saw_material_1131	Lathe	WAIT 146 SEC
Lathe_material_1131	Finished_queue	GROUP 200 AS Grp_lathe_1131
Grp_lathe_1131	Finished_queue	
Grp_lathe_1131	Finished_pallet	UNGROUP
Lathe_material_1131	Finished_pallet	INC finished_counter_1131
Raw_material_1076	Raw_material_storage	GROUP 8 AS Grp_raw_1076
Grp_raw_1076	Raw_material_storage	INC queue_counter_1076
Grp_raw_1076	Saw_in	UNGROUP
Raw_material_1076	Saw_in	
Raw_material_1076	Saw	SPLIT 27 AS Saw_material_1076
Saw_material_1076	Saw	WAIT 286 SEC

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

Entity...	Location...	Operation...
Saw_material_1076	Saw	WAIT 286 SEC
Saw_material_1076	Saw_out	GROUP 200 AS Grp_saw_1076
Grp_saw_1076	Saw_out	
Grp_saw_1076	Drummingroll_in	LINGROUP
Saw_material_1076	Drummingroll_in	
Saw_material_1076	Drummingroll	WAIT 1.5 SEC
Drum_material_1076	Drummingroll_out	GROUP 200 AS Grp_drum_1076
Grp_drum_1076	Drummingroll_out	
Grp_drum_1076	Drill_in	LINGROUP
Drum_material_1076	Drill_in	
Drum_material_1076	Drill	WAIT 47 SEC
Drill_material_1076	Finished_queue	GROUP 200 AS Grp_drill_1076
Grp_drill_1076	Finished_queue	
Grp_drill_1076	Finished_pallet	LINGROUP
Drill_material_1076	Finished_pallet	INC finished_counter_1076
Raw_material_1051	Raw_material_storage	GROUP 12 AS Grp_raw_1051
Grp_raw_1051	Raw_material_storage	inc queue_counter_1051
Grp_raw_1051	Saw_in	ungroup
Raw_material_1051	Saw_in	
Raw_material_1051	Saw	split 18 as Saw_material_1051
Saw_material_1051	Saw	wait 36 sec
Saw_material_1051	Saw_out	group 200 as Grp_saw_1051
Grp_saw_1051	Saw_out	
Grp_saw_1051	Lathe_in	ungroup
Saw_material_1051	Lathe_in	
Saw_material_1051	Lathe	wait 216 sec
Lathe_material_1051	Finished_queue	group 200 as Grp_lathe_1051
Grp_lathe_1051	Finished_queue	
Grp_lathe_1051	Finished_pallet	ungroup
Lathe_material_1051	Finished_pallet	inc finished_counter_1051
Raw_material_1050	Raw_material_storage	group 15 as Grp_raw_1050
Grp_raw_1050	Raw_material_storage	inc queue_counter_1050

Entity...	Location...	Operation...
Grp_raw_1050	Raw_material_storage	inc queue_counter_1050
Grp_raw_1050	Saw_in	ungroup
Raw_material_1050	Saw_in	
Raw_material_1050	Saw	split 14 as Saw_material_1050
Saw_material_1050	Saw	wait 200 sec
Saw_material_1050	Saw_out	group 200 as Grp_saw_1050
Grp_saw_1050	Saw_out	
Grp_saw_1050	Mill_in	ungroup
Saw_material_1050	Mill_in	
Saw_material_1050	Mill	wait 137 sec
Mill_material_1050	Finished_queue	group 200 as Grp_mill_1050
Grp_mill_1050	Finished_queue	
Grp_mill_1050	Finished_pallet	ungroup
Mill_material_1050	Finished_pallet	inc finished_counter_1050
Raw_material_1044	Raw_material_storage	group 67 as Grp_raw_1044
Grp_raw_1044	Raw_material_storage	inc queue_counter_1044
Grp_raw_1044	Saw_in	ungroup
Raw_material_1044	Saw_in	
Raw_material_1044	Saw	split 2 as Saw_material_1044
Saw_material_1044	Saw	wait 75 sec
Saw_material_1044	Saw_out	group 100 as Grp_saw_1044
Grp_saw_1044	Saw_out	
Grp_saw_1044	Drill_in	ungroup
Saw_material_1044	Drill_in	
Saw_material_1044	Drill	wait 67 sec
Drill_material_1044	Finished_queue	group 100 as Grp_drill_1044
Grp_drill_1044	Finished_queue	
Grp_drill_1044	Finished_pallet	ungroup
Drill_material_1044	Finished_pallet	inc finished_counter_1044
Raw_material_1057	Raw_material_storage	group 12 as Grp_raw_1057
Grp_raw_1057	Raw_material_storage	inc queue_counter_1057
Grp_raw_1057	Saw_in	ungroup

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

Entity...	Location...	Operation...
Grp_raw_1057	Saw_in	ungroup
Raw_material_1057	Saw_in	
Raw_material_1057	Saw	split 18 as Saw_material_1057
Saw_material_1057	Saw	wait 152 sec
Saw_material_1057	Saw_out	group 200 as Grp_saw_1057
Grp_saw_1057	Saw_out	
Grp_saw_1057	Lathe_in	ungroup
Saw_material_1057	Lathe_in	
Saw_material_1057	Lathe	wait 301 sec
Lathe_material_1057	Finished_queue	group 200 as Grp_lathe_1057
Grp_lathe_1057	Finished_queue	
Grp_lathe_1057	Finished_pallet	ungroup
Lathe_material_1057	Finished_pallet	inc finished_counter_1057
Raw_material_2023	Raw_material_storage	group 100 as Grp_raw_2023
Grp_raw_2023	Raw_material_storage	inc queue_counter_2023
Grp_raw_2023	Saw_in	ungroup
Raw_material_2023	Saw_in	
Raw_material_2023	Saw	wait 10 sec
Saw_material_2023	Saw_out	group 100 as Grp_saw_2023
Grp_saw_2023	Saw_out	
Grp_saw_2023	Drill_in	ungroup
Saw_material_2023	Drill_in	
Saw_material_2023	Drill	wait 55 sec
Drill_material_2023	Finished_queue	group 100 as Grp_drill_2023
Grp_drill_2023	Finished_queue	
Grp_drill_2023	Finished_pallet	ungroup
Drill_material_2023	Finished_pallet	inc finished_counter_2023
Raw_material_2039	Raw_material_storage	group 20 as Grp_raw_2039
Grp_raw_2039	Raw_material_storage	inc queue_counter_2039
Grp_raw_2039	Saw_in	ungroup
Raw_material_2039	Saw_in	
Raw_material_2039	Saw	split 5 as Saw_material_2039

Entity...	Location...	Operation...
Raw_material_2039	Saw	split 5 as Saw_material_2039
Saw_material_2039	Saw	wait 68 sec
Saw_material_2039	Saw_out	group 100 as Grp_saw_2039
Grp_saw_2039	Saw_out	
Grp_saw_2039	Finished_pallet	ungroup
Saw_material_2039	Finished_pallet	inc finished_counter_2039
Raw_material_1116	Raw_material_storage	group 3 as Grp_raw_1116
Grp_raw_1116	Raw_material_storage	inc queue_counter_1116
Grp_raw_1116	Saw_in	ungroup
Raw_material_1116	Saw_in	
Raw_material_1116	Saw	split 67 as Saw_material_1116
Saw_material_1116	Saw	wait 9 sec
Saw_material_1116	Saw_out	group 200 as Grp_saw_1116
Grp_saw_1116	Saw_out	
Grp_saw_1116	Drummingroll_in	ungroup
Saw_material_1116	Drummingroll_in	
Saw_material_1116	Drummingroll	wait 1.5 sec
Drum_material_1116	Drummingroll_out	group 200 as Grp_drum_1116
Grp_drum_1116	Drummingroll_out	
Grp_drum_1116	Drill_in	ungroup
Drum_material_1116	Drill_in	
Drum_material_1116	Drill	wait 38 sec
Drill_material_1116	Finished_queue	group 200 as Grp_drill_1116
Grp_drill_1116	Finished_queue	
Grp_drill_1116	Finished_pallet	ungroup
Drill_material_1116	Finished_pallet	inc finished_counter_1116
Raw_material_1095	Raw_material_storage	group 200 as Grp_raw_1095
Grp_raw_1095	Raw_material_storage	inc queue_counter_1095
Grp_raw_1095	Saw_in	ungroup
Raw_material_1095	Saw_in	
Raw_material_1095	Saw	wait 24 sec
Saw_material_1095	Saw_out	group 200 as Grp_saw_1095

Ανάλυση συστήματος κατεργασιών με την βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων-
Μελέτη περίπτωσης

Entity...	Location...	Operation...
Saw_material_1095	Saw_out	group 200 as Grp_saw_1095
Grp_saw_1095	Saw_out	
Grp_saw_1095	Mill_in	ungroup
Saw_material_1095	Mill_in	
Saw_material_1095	Mill	wait 970 sec
Mill_material_1095	Finished_queue	group 200 as Grp_mill_1095
Grp_mill_1095	Finished_queue	
Grp_mill_1095	Finished_pallet	ungroup
Mill_material_1095	Finished_pallet	inc finished_counter_1095
Raw_material_2031	Raw_material_storage	group 25 as Grp_raw_2031
Grp_raw_2031	Raw_material_storage	inc queue_counter_2031
Grp_raw_2031	Saw_in	ungroup
Raw_material_2031	Saw_in	
Raw_material_2031	Saw	split 4 as Saw_material_2031
Saw_material_2031	Saw	wait 27 sec
Saw_material_2031	Saw_out	group 100 as Grp_saw_2031
Grp_saw_2031	Saw_out	
Grp_saw_2031	Drill_in	ungroup
Saw_material_2031	Drill_in	
Saw_material_2031	Drill	wait 65 sec
Drill_material_2031	Finished_queue	group 100 as Grp_drill_2031
Grp_drill_2031	Finished_queue	
Grp_drill_2031	Finished_pallet	ungroup
Drill_material_2031	Finished_pallet	inc finished_counter_2031

Παράρτημα Γ: CD με μοντέλα υπάρχουσας και προτεινόμενης
κατάστασης