



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜ. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην  
«Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων»  
Ειδικευση: **Συστήματα Εφοδιασμού και Διακίνησης Προϊόντων (Logistics)**

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

**Αξιολόγηση Υλοποίησης U - Shaped Γραμμής Συναρμολόγησης**

Αργυρώ Ι. Φραγκιαδάκη

1102

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

Δημήτριος Εμίρης, Αναπληρωτής Καθηγητής

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ, Ιούλιος 2013**

(αυτή η σελίδα είναι σκόπιμα κενή)

*Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιά δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.*

*Αυτή η εργασία είναι για την αποκλειστική χρήση του αποδέκτη (ες) και μπορεί να περιέχει εμπορικά μυστικά ή άλλες εμπιστευτικές και προνομιακές πληροφορίες. Οποιαδήποτε μη εξουσιοδοτημένη αναθεώρηση, αντιγραφή, αποκάλυψη ή διανομή απαγορεύεται.*

*Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.*

*Αργυρώ Ι. Φραγκιαδάκη, 2013*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια ολοκλήρωσης του μεταπτυχιακού προγράμματος Συστήματα Εφοδιασμού και Διακίνησης Προϊόντων, του τμήματος Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων, του Πανεπιστημίου Πειραιά. Κύριο αντικείμενο της μελέτης είναι η παρουσίαση σύγχρονων δομών γραμμών παράγωγης και τροφοδοσίας αυτών, καθώς και η μελέτη αξιολόγησης εγκατάστασης νέας γραμμής παράγωγης τύπου U-shape σε ρεαλιστικό περιβάλλον με την μέθοδο παρακολούθησης διοίκησης έργων.

Για την εκπόνηση αυτής της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν άρθρα και βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με δομές γραμμών παράγωγης, μοντέλα διανομής και αποθήκευσης υλικών εντός της παραγωγικής μονάδας και στοιχεία από το Project μετατροπής γραμμής παραγωγής από straight line σε u-shaped της B/S/H ABE. Η ανάλυση του έργου έγινε με το εργαλείο παρακολούθησης διοίκησης έργων MS Project, ενώ η εκτίμηση του χρονοδιαγράμματος του έργου έγινε με την μέθοδο PERT Analysis και η αξιολόγηση των κινδύνων έγινε κατά το PMBOK.

Στο σημείο αυτό αποδίδονται ιδιαίτερες ευχαριστίες,

στον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δ. Εμίρη, του Πανεπιστημίου Πειραιά, για την συνεχή στήριξη και καθοδήγηση καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας

στους κ. Ε. Καρκώνη, κ. Κ. Μαστρογιαννόπουλο, κ. Ε.Ντάνο, κ. δρ. Γ. Στάθη, κ. Α. Πολυζώη προϊστάμενους και συναδέλφους της B/S/H.ABE για την πολύτιμη στήριξη και προθυμία να μοιραστούν την εμπειρία και τεχνογνωσία τους για την υλοποίηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Πειραιάς, Ιούνιος 2013

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε μια περίοδο βαθιάς οικονομικής ύφεσης, αποτελεί αντικείμενο θαυμασμού κάθε προσπάθεια εφαρμογής νέων μεθόδων - τεχνολογιών στην βιομηχανία, ειδικότερα στη Ελλάδα. Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση και εφαρμογή νέας γραμμής παραγωγής σε βιομηχανία κατασκευής λευκών συσκευών με σκοπό την ανταπόκριση στις σύγχρονες ανάγκες τις αγοράς που απαιτούν ευελιξία, ποικιλία ειδών και ταχύτητα. Η παρουσίαση της εγκατάστασης της νέας γραμμής έγινε με τα εργαλεία της διοίκησης έργων.

Στόχος της μελέτης είναι η επισκόπηση των σύγχρονων μεθόδων παραγωγής και τροφοδοσίας της παραγωγής, με σκοπό την κατανόηση αυτών και την αξιολόγηση εφαρμογής τους μέσα από το πρίσμα της διοίκησης έργων. Ειδικότερα, η παρούσα μελέτη διακρίνεται σε τρεις ενότητες. Οι πρώτες δύο ενότητες καλύπτουν σε θεωρητικό επίπεδο τα συστήματα παραγωγής και τροφοδοσίας, ενώ η τρίτη ενότητα αφορά στην μελέτη και παρουσίαση εγκατάστασης νέας γραμμής παραγωγής, τύπου U-shape, ως project, με σκοπό την κατανόηση της οργάνωσης και διοίκησης ενός έργου σε ρεαλιστικό περιβάλλον.

Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται οι μοντέλα παραγωγής εντάσεως εργασίας, γραμμικά και μη, αλλά και εντάσεως εργασίας. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα συστήματα job-shop, flow – shop και projects, ενώ αναλύονται και οι επιμέρους δομές όπως Modular Assembly, Cell Manufacturing, Group Production και U-shaped assembly line. Αναφορικά με τα ολοκληρωμένα συστήματα παράγωγης (CIM – Computer Integrated Manufacturing), παρουσιάζονται ορισμοί και κατηγοριοποίηση προσανατολισμένη προς τους πόρους και προς τις λειτουργίες Resource-oriented & Activity-oriented integration types). Ακόμη γίνεται παρουσιάζονται οι έννοιες, της εξισορρόπησης και του χρονοπρογραμματισμού της παραγωγής.

Στην δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται οι φιλοσοφία της λιτής παραγωγής (Lean Manufacturing ) και του Just-in Time, οι οποίες αποτέλεσαν σημεία σταθμούς για την σύγχρονη παραγωγή. Μερικά από τα εργαλεία αυτών που αναλύονται είναι τα Value Stream Mapping, Poka Yoke, σύστημα Kanban και Heijunka, σύστημα τροφοδοσίας με «γαλατά» - Milk Run logistics, σύστημα αποθήκευσης Super-Market και Vendor Managed Inventory. Κλείνοντας την δεύτερη ενότητα παρουσιάζεται μια SWOT Analysis αναφορικά με τις επικρατέστερες μεθόδους της τροφοδοσίας της παραγωγής.

Στην τρίτη και τελευταία ενότητα αναπτύσσεται η μελέτη περίπτωσης εγκατάστασης νέας γραμμής παραγωγής της B/H/S ABE. Σε αυτή την ενότητα παρακολουθούμε το στήσιμο και την εξέλιξη ενός έργου μέσα από το εργαλείο MS Project, αναλύοντας τα χαρακτηριστικά και τις επιμέρους φάσεις του. Παράλληλα γίνεται ανάλυση του χρονοδιαγράμματος του έργου με την μέθοδο PERT και αξιολόγηση των κινδύνων κατά PMBOK. Ακόμη παρουσιάζεται η πρακτική εφαρμογή της μεθόδου value stream mapping για την ροή πληροφοριών και υλικών.

Κλείνοντας, γίνεται μια συγκριτική μελέτη των ωφελειών από την νέα γραμμή παραγωγής σε σχέση με την προηγούμενη δομή και παρουσιάζονται συμπεράσματα και σημεία για περαιτέρω έρευνα.

Λέξεις κλειδιά: Modular Assembly, Cell Manufacturing, Group Production, U-shaped assembly line, CIM – Computer Integrated Manufacturing, Resource-oriented & Activity-oriented integration types, Lean Manufacturing, Just-in Time, Value Stream Mapping, Poka Yoke, Kanban, Heijunka, Milk Run logistics, Super-Market, Vendor Managed Inventory.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	7
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	9
ΕΝΟΤΗΤΑ 1: Σύγχρονα Μοντέλα Παράγωγης .....	11
1.1 Σύγχρονα Μοντέλα Παράγωγης – Εισαγωγή .....	11
1.1.1 Εξισορρόπηση παραγωγής.....	12
1.1.2 Βασικοί τύποι συστημάτων παραγωγής .....	13
1.1.3 Βασικές δομές συστημάτων παραγωγής.....	14
1.2 CIM – Computer Integrated Manufacturing.....	19
1.2.1 Ορισμός ενός ολοκληρωμένου συστήματος.....	19
1.2.2 Ορισμός και μοντελοποίηση ολοκληρωμένων ηλεκτρονικών συστημάτων παραγωγής (CIM) .....	21
1.2.3 Εφαρμογή ολοκληρωμένων συστημάτων παραγωγής.....	22
1.2.4 Κατηγοριοποίηση των διαφόρων τύπων της ολοκλήρωσης.....	23
1.2.4.1 Ολοκλήρωση προσανατολισμένη στους πόρους (Resource-oriented integration types).....	24
1.2.4.2 Ολοκλήρωση προσανατολισμένη στις λειτουργίες (Activity-oriented integration types).....	25
1.3 Προγραμματισμός Παραγωγής.....	27
1.3.1 Παράμετροι συστημάτων παραγωγής.....	27
1.3.2 Συγκεντρωτικός Προγραμματισμός Παραγωγής.....	29
1.3.2.1 Χρονικός Προγραμματισμός Παραγωγής (χρονοπρογραμματισμός).....	29
1.3.3 Προγραμματισμός Έργων.....	30
1.3.4 Χρονοπρογραμματισμός Παραγωγής.....	30
1.3.4.2 Ο ρόλος του χρονοπρογραμματισμού στο σύστημα παραγωγής.....	31
ΕΝΟΤΗΤΑ 2: Σύγχρονες τεχνικές αναπλήρωσης αποθεμάτων .....	33
2.1 Η φιλοσοφία της λιτής παραγωγής- Lean Manufacturing .....	33
2.1.1 Ορισμός Lean Manufacturing.....	33
2.1.2 Εργαλεία Lean Manufacturing.....	35

2.1.2.1 Value Stream Mapping .....	35
2.1.2.2 Poka Yoke.....	35
2.1.2.3 Η μέθοδος των πέντε S .....	38
2.2 Σύστημα Just – in – Time .....	39
2.2.1 Χαρακτηριστικά του Just – in – Time .....	40
2.2.2 Just – in – Time II.....	42
2.2.3 Οφέλη του Just – in – Time .....	43
2.4 Pull System .....	44
2.4.1 Σύστημα Basestock.....	45
2.4.2 Σύστημα Kanban.....	46
2.4.3 Σύστημα CONWIP .....	48
2.4.4 Σύστημα Heijunka .....	49
2.5 Σύστημα τροφοδοσίας με «γαλατά» - Milk Run logistics .....	53
2.6 Σύστημα Αποθήκευσης Super-Market .....	56
2.7 Vendor Managed Inventory .....	57
2.7.1 Ορισμός του VMI.....	57
2.7.2 Η προέλευση του VMI.....	58
2.7.3 Ο διαχωρισμός του Consignment Inventory από το VMI .....	59
2.7.4 Συγκριτικά χαρακτηριστικά των Consignment Inventory και VMI.....	59
2.8 SWOT Analysis των επικρατέστερων μεθόδων .....	60
<b>ΕΝΟΤΗΤΑ 3: Νέα γραμμή παραγωγής – Μελέτη περίπτωσης.....</b>	<b>62</b>
3.1 Η εταιρεία B/S/H Οικιακές Συσκευές ABE .....	62
3.2 Η νέα γραμμή παραγωγής – τα χαρακτηριστικά του έργου .....	63
3.3 Οι φάσεις του έργου .....	65
3.4 Εκτίμηση χρονοδιαγράμματος του έργου με την μέθοδο PERT .....	68
3.5 Material & info flow management.....	72
3.7 Ανάλυση κινδύνων κατά PMBOK .....	76
3.7.1 Αναγνώριση Κινδύνων .....	76
3.7.2 Ανάλυση Κινδύνων.....	78



3.7.3 Ποιοτική Ανάλυση.....	80
3.7.4 Ποσοτική Ανάλυση.....	82
3.7.5 Αντιμετώπιση Κινδύνων.....	83
3.7.6 Παρακολούθηση και Έλεγχος Κινδύνων.....	86
3.8 Αποτελέσματα .....	88
Συμπεράσματα .....	89
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	90

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Cell manufacturing.....	17
Εικόνα 2 Flexible Line Layouts.....	18
Εικόνα 3 Διαφορετικοί τύποι αλληλεπιδράσεων <sup>2</sup> .....	20
Εικόνα 4 Τύποι Ολοκλήρωσης Συστημάτων Παραγωγής <sup>2</sup> .....	24
Εικόνα 5 Ένα κλασσικό σύστημα παραγωγής .....	32
Εικόνα 6 Τρεις πιθανοί τύποι λαθών με τρεις πιθανές λειτουργίες του Poka Yoke .....	38
Εικόνα 7 Σύστημα προμηθειων υλικων παραγωγης:Βηματα .....	40
Εικόνα 8 Σύστημα basestock με δυο στάδια στη σειρά.....	45
Εικόνα 9 Σύστημα kanban με δύο στάδια στη σειρά .....	48
Εικόνα 10 Το συστημα Heijunka Kanban.....	52
Εικόνα 11 Μοντέλο ενός συστήματος Heijunka Kanban.....	53
Εικόνα 12 Παράδειγμα συστήματος διανομής σε παραγωγή πριν και μετά .....	54
Εικόνα 13 λειτουργία "γαλατα" - Milk run operation .....	56
Εικόνα 14 Σύστημα αποθήκευσης με ενδιάμεση τροφοδοσία.....	57
Εικόνα 15 Σύστημα αποθήκευσης Super market.....	57
Εικόνα 16 Σύστημα αποθήκευσης με απευθείας τροφοδοσία.....	57
Εικόνα 17 Τοποθέτηση των SMI και VMI στην Εφοδιαστική Αλυσίδα .....	58
Εικόνα 18 Οργανόγραμμα έργου - project U-shape Line - B/S/H ABE .....	65

Εικόνα 19 Critical Path.....	72
Εικόνα 20 Straight Line - old status (VSM) .....	73
Εικόνα 21 U - shape line - new status (VSM).....	74
Εικόνα 22 Risk identification in categories.....	77
Εικόνα 23 Decision Tree .....	83

*“Just as modern mass production requires the standardization of commodities, so the social process requires standardization of man, and this standardization is called equality.”*

**Erich Fromm** (Fromm)

German social psychologist

## ΕΝΟΤΗΤΑ 1: Σύγχρονα Μοντέλα Παράγωγης

### 1.1 Σύγχρονα Μοντέλα Παράγωγης – Εισαγωγή

Μία συνήθης γραμμή συναρμολόγησης είναι μια ροή ενός συστήματος παραγωγής όπου οι επιμέρους παραγωγικές μονάδες που εκτελούν τις εργασίες, οι οποίες αναφέρονται και ως σταθμοί, είναι ευθυγραμμισμένες με έναν σειριακό τρόπο. Τα συναρμολογούμενα μέρη περνούν ή κινούνται διαδοχικά κατά μήκος της γραμμής, συνήθως με κάποιο είδος συστήματος μεταφοράς, όπως για παράδειγμα με ένα μεταφορικό ιμάντα (conveyor belt).

Αρχικά, οι γραμμές συναρμολόγησης αναπτύχθηκαν για μια οικονομικά αποδοτική μαζική παραγωγή τυποποιημένων προϊόντων, με σκοπό την ανάπτυξη και αξιοποίηση του εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού<sup>1</sup>. Εντούτοις, από την εποχή του Henry Ford, οι απαιτήσεις του κοινού για προϊόντα και ως εκ τούτου οι απαιτήσεις των πλέον προσαρμοσμένων συστημάτων παραγωγής έχουν αλλάξει δραματικά. Προκειμένου να ανταποκριθούν στις διαφοροποιημένες ανάγκες των πελάτων, οι εταιρείες πρέπει να καταστήσουν δυνατή την εξατομίκευση των προϊόντων τους. Για παράδειγμα, η γερμανική εταιρεία κατασκευής αυτοκινήτων BMW προσφέρει ένα κατάλογο προαιρετικών χαρακτηριστικών που, θεωρητικά, έχει ως αποτέλεσμα  $10^{32}$  διαφορετικά μοντέλα επιβατηγών οχημάτων<sup>2</sup>. Αυτή η ευελιξία της παραγωγής πολλών διαφόρων μοντέλων, επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση μηχανημάτων πολλαπλής χρήσης και αυτόματης ανταλλαγής εργαλείων. Αυτό καθιστά πιο αποτελεσματική την γραμμή συναρμολόγησης, όταν πρόκειται για assembly-to-order συστήματα παραγωγής που χαρακτηρίζονται από τον χαμηλό όγκο συναρμολόγησης<sup>3</sup> και δίνουν τη δυνατότητα για ανάπτυξη σύγχρονων στρατηγικών παραγωγής, προσανατολισμένων στη μαζική εξατομίκευση<sup>4</sup>. Ακόμη, αυτό εξασφαλίζει με τη σειρά του ότι ο

---

<sup>1</sup> Shtub και Dar El-, 1989, Scholl, 1999, p. 2

<sup>2</sup> Meyr, H., 2004. Supply chain planning in the German automotive industry. OR Spectrum 26, 447–470.

<sup>3</sup> Mather, H., 1989. Competitive manufacturing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

ενδεδεγμένος σχεδιασμός και η υλοποίηση τέτοιων συστημάτων συναρμολόγησης θα εξακολουθούν να έχουν μεγάλη πρακτική σημασία και στο άμεσο μέλλον.

Χάρη στην γραμμική συναρμολόγησης, οι χρόνοι παραγωγής επιταχύνονται, το κόστος εξοπλισμού μειώνεται, αντίστοιχα και το κόστος εργασίας και διαχείρισης εργατικού δυναμικού προσαρμόζεται ανάλογα. Σήμερα, με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων γραμμής συναρμολόγησης, η παραγωγή έχει γίνει μια ιδιαίτερα εκλεπτυσμένη διαδικασία στην οποία προστίθεται αξία στους επιμέρους σταθμούς εργασίας κατά μήκος της γραμμής. Όλο και περισσότερο, η συναρμολόγηση χαρακτηρίζεται από «παράλληλες διεργασίες», πολλαπλές παράλληλες δραστηριότητες που τροφοδοτούν ένα τελικό στάδιο συναρμολόγησης. Οι διαδικασίες αυτές απαιτούν εξελιγμένα συστήματα επικοινωνιών, σχέδια ροής υλικών, και προγραμμαμάτων παραγωγής. Το γεγονός ότι το σύστημα γραμμής συναρμολόγησης είναι ένα ενιαίο σύνολο εργασιών, σημαίνει ότι οι ελλείψεις σε ένα σημείο μπορεί να προκαλέσουν καθυστερήσεις (bottleneck) από εκείνο το σημείο προς τα εμπρός. Κρατώντας το όλο σύστημα να λειτουργεί ομαλά απαιτεί πολύ καλό συντονισμό μεταξύ των μερών του.

### 1.1.1 Εξισορρόπηση παραγωγής

Υπό τον όρο εξισορρόπηση γραμμής συναρμολόγησης (Assembly Line Balancing) έχουν αναπτυχθεί και συζητηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία διάφορα μοντέλα βελτιστοποίησης, τα οποία έχουν ως στόχο τη στήριξη της λήψης απόφασης κατά τη διαμόρφωση αποτελεσματικών συστημάτων συναρμολόγησης. Από την πρώτη μαθηματική τυποποίηση του ALB<sup>5</sup>, η ακαδημαϊκή κοινότητα επικεντρώθηκε κυρίως στο βασικό πρόβλημα της διαμόρφωσης, η οποία είναι η ανάθεση των καθκόντων στους σταθμούς εργασίας. Σε μεταγενέστερες μελέτες, ωστόσο, επιδιώκεται να λυθεί το πρόβλημα της εξισορρόπησης με την εισαγωγή και ολοκλήρωση περιορισμών σε διάφορες δομές όπως U-shape, parallel (παράλληλες) ή τύπου branch (τύπου δέντρου)<sup>6</sup>.

Λαμβάνοντας υπόψη τη μεγάλη ποικιλία των επεκτάσεων, οι οποίες αναφέρονται ως γενική εξισορρόπηση γραμμών συναρμολόγησης (GALB), είναι εκπληκτικό το γεγονός ότι εξακολουθεί να υπάρχει μια πολύ σημαντική διαφορά ανάμεσα στην ακαδημαϊκή συζήτηση και τις πρακτικές εφαρμογές, μέχρι τώρα. Εμπειρικές έρευνες που απορρέουν από τη δεκαετία του '70<sup>7</sup> και του '80<sup>8</sup> δείχνουν ότι μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό των εταιρειών χρησιμοποιούσαν μαθηματικούς αλγόριθμους για την διαμόρφωση του προγραμματισμού εκείνη την εποχή. Η προφανής έλλειψη των πιο πρόσφατων επιστημονικών μελετών σχετικά με την εφαρμογή των αλγορίθμων ALB υποδεικνύει ότι το χάσμα αυτό εξακολουθεί να υφίσταται ακόμη.

<sup>4</sup> Pine, B.J., 1993. Mass customization: The new frontier in business competition, Harvard Business School Press, Boston, Mass

<sup>5</sup> Salveson, M.E., 1955. The assembly line balancing problem. The Journal of Industrial Engineering, 6 (3), 18–25.

<sup>6</sup> Scholl, A., Becker, C., 2006. State-of-the-art exact and heuristic solution procedures for simple assembly line balancing. European Journal of Operations Research 168, 666-693

<sup>7</sup> Chase, R.B., 1974. Survey of paced assembly lines, Industrial Engineering 6 (2), 14–18

<sup>8</sup> Schöniger, J., Spingler, J., 1989. Planung der Montageanlage. Technica 14, 27–32

### 1.1.2 Βασικοί τύποι συστημάτων παραγωγής

Τα παραγωγικά συστήματα μπορούν ακόμη να ταξινομηθούν κατά πολλούς τρόπους, όπως κατά το είδος του παραγόμενου τελικού προϊόντος που μπορεί να είναι υλικά αγαθά ή υπηρεσίες, ή να ταξινομηθούν κατά τον βασικό σκοπό που μπορεί να είναι η επίτευξη κερδών ή η ικανοποίηση κοινωνικών αναγκών. Ωστόσο ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ταξινόμησή τους σύμφωνα με τον τύπο της παραγωγικής διαδικασίας. Με βάση αυτή την ταξινόμηση τα παραγωγικά συστήματα διακρίνονται σε συστήματα συνεχούς ροής (flow-shop), σε συστήματα παραγωγής κατά παραγγελία (job – shop) και τέλος σε συστήματα κατασκευής έργων (projects).

#### 1.1.2.1 Συστήματα συνεχούς ροής (flow-shop)

Τα συστήματα αυτά παράγουν μεγάλους όγκους παραγωγής περιορισμένης ποικιλίας τυποποιημένων προϊόντων, τα οποία προορίζονται για ευρεία κατανάλωση. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της κατηγορίας είναι τα προϊόντα διατροφής ή τα ηλεκτρικά είδη. Συνήθως τα προϊόντα στα συστήματα αυτά παράγονται σε γραμμές παραγωγής και ακολουθούν την ίδια διαδρομή μέσα στο σύστημα, περνώντας μέσα από μια σειρά διαδοχικών σταθμών και μηχανών. Αυτό συνήθως συμβαίνει με την μεσολάβηση κάποιου αυτοματοποιημένου συστήματος εσωτερικών μεταφορών. Όλος ο παραγωγικός εξοπλισμός που απαιτείται οργανώνεται χωροταξικά σε γραμμική διάταξη. Ο μηχανικός εξοπλισμός είναι ειδικής χρήσης, ενώ ο βαθμός αυτοματοποίησης είναι μεγάλος με την ρομποτική να παίζει σημαίνοντα ρόλο. Είναι προφανές ότι το παραγωγικό σύστημα οργανώνεται έτσι ώστε να επιτρέπει την συνεχή «ροή» κάθε κομματιού στην αλυσίδα παραγωγής. Εννοείται ότι στην κατηγορία αυτών των παραγωγικών συστημάτων είναι αδύνατη η κατασκευή ειδικευμένων προϊόντων που να καλύπτουν τις ιδιαίτερες ανάγκες συγκεκριμένου πελάτη. Τέλος, ως παραγωγικά συστήματα συνεχούς ροής θεωρούνται και τα συστήματα εκείνα όπου οι εισροές τους μετασχηματίζονται σε ένα ή περισσότερα προϊόντα (π.χ. ένα διωλιστήριο ή μια μονάδα παραγωγής τσιμέντου).

#### 1.1.2.2 Συστήματα παραγωγής κατά παραγγελία (job-shop)

Τα συστήματα αυτά ασχολούνται την παραγωγή μιας μεγάλης συνήθως ποικιλίας προϊόντων σε μικρούς σχετικά όγκους παραγωγής. Ο πελάτης είναι εκείνος που αναθέτει στο σύστημα την παραγωγή ενός αριθμού ίδιων προϊόντων (παραγγελία ή εργασία), με προδιαγραφές που ορίζονται από τον ίδιο. Μέσα στο σύστημα η ροή των προϊόντων διαφοροποιείται ανάλογα με την παραγγελία ή την παρτίδα παραγωγής. Ο μηχανικός παραγωγικός εξοπλισμός είναι γενικής χρήσης με περιορισμένο βαθμό αυτοματοποίησης, πράγμα αναμενόμενο αφού υπάρχει μεγάλη ποικιλία προϊόντων. Κάθε φορά δηλαδή ο εξοπλισμός πρέπει να προσαρμόζεται και να χρησιμοποιείται ανάλογα με τις ανάγκες του προϊόντος.

#### 1.1.2.3 Συστήματα κατασκευής έργων (projects)

Η περίπτωση των συστημάτων παραγωγής με την μέθοδο των έργων αφορά στην κατασκευή μιας μονάδας προϊόντος, συνήθως μεγάλου μεγέθους και αξίας που προορίζεται για έναν πελάτη (πχ. Κρατικοί φορείς). Παραδείγματα τέτοιων προϊόντων μπορεί να είναι ένα πλοίο, μια γέφυρα ή ένας δρόμος ταχείας κυκλοφορίας. Είναι προφανές ότι στην περίπτωση των συστημάτων

κατασκευής έργων, το προϊόν είναι εκείνο που μένει ακίνητο ενώ τα μέσα παραγωγής είναι εκείνα που κινούνται γύρω από αυτό (π.χ. γερανογέφυρες, μηχανήματα παρασκευής μπετόν, εκσκαφείς κλπ.). Ο παραγωγικός εξοπλισμός είναι βέβαια γενικής χρήσης και με μικρό βαθμό αυτοματοποιημένος.

Εκτός από τις παραπάνω βασικές κατηγορίες μπορούν να αναφερθούν και τα συστήματα με κύτταρική μορφή (**production cells**), καθώς και τα συστήματα παραγωγής σε παρτίδες (**batch – shop**). Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν πλεονεκτήματα από τις δύο πρώτες βασικές κατηγορίες, καθώς έχουν χαρακτηριστικά.

### 1.1.3 Βασικές δομές συστημάτων παραγωγής

Το πέρασμα των χρόνων έχει φέρει πολλές παραλλαγές στις μεθοδολογίες γραμμών συναρμολόγησης. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να αναχθούν όχι μόνο σε γενικές βελτιώσεις στην τεχνολογία και το σχεδιασμό, αλλά και σε παράγοντες που είναι μοναδικοί για κάθε βιομηχανία. Για παράδειγμα, περιορισμοί κεφαλαίου, μπορεί να έχουν μεγάλο αντίκτυπο στην προσχέδιο μιας μικρής επιχείρησης για την εισαγωγή ή τη βελτίωση των μεθόδων παραγωγής, ενώ οι αλλαγές στο διεθνή ανταγωνισμό, κανόνες λειτουργίας, καθώς και η διαθεσιμότητα των υλικών μπορεί να επηρεάσουν την εικόνα μιας γραμμής συναρμολόγησης. Ακολουθούν σύντομες περιγραφές των πιο διαδομένων των δομών παραγωγής.

Modular Assembly - Αυτή είναι μια προηγμένη μέθοδος γραμμής συναρμολόγησης που έχει σχεδιαστεί για τη βελτίωση της απόδοσης με την αύξηση της αποτελεσματικότητας των παράλληλων υποσύνολων γραμμών τροφοδοσίας στην τελική γραμμή συναρμολόγησης. Όπως εφαρμόζεται στην κατασκευή αυτοκινήτων, περιλαμβάνει σπονδυλωτή διάταξη με ξεχωριστά παραρτήματα συναρμολόγησης (πχ. καμπίνα οχήματος) που ενώνονται σε μια τελική γραμμή συναρμολόγησης.

Έχει παρατηθεί<sup>9</sup> ότι με αυτή την μέθοδο αυξάνονται οι δυνατότητες για διαφοροποίηση του τελικού προϊόντος, αρκεί τα επιμέρους συγκροτήματα να είναι τυποποιημένα. Ακόμη, έχει διαπιστωθεί ότι τείνει να μειώνεται το ποσοστό των παρελκόμενων που εν τέλει απαξιώνονται, μειώνεται ο χρόνος του επανασχεδιασμού των προϊόντων, σχεδιάζονται πολύ πιο εύκολα νέα μοντέλα με την χρήση των ίδιων κάποιων ήδη χρησιμοποιούμενων επιμέρους εξαρτημάτων, μειώνεται το κόστος παραγωγής και η συντήρηση γίνεται πιο εύκολη. Η τεχνική της αρθρωτής παραγωγής έχει εφαρμοστεί επιτυχώς στην κατασκευή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, αφού επιτρέπει την συνεχή βελτίωση του σχεδιασμού και την δυνατότητα ελέγχου ποιότητας.

Αντίστοιχα, οι κατασκευαστές μηχανών παραγωγής προκειμένου να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των παραγωγών, κατασκευάζουν πλέον μηχανήματα προσαρμοσμένα στις νέες

<sup>9</sup> Stoll, H. S. (1986) Design for manufacture: an overview. ASME Applied Mechanics Reviews, 39(9), 1356-1364

μεθόδους<sup>10</sup>, τα οποία τείνουν να έχουν μεγαλύτερη ευελιξία και τείνουν να προσομοιάζουν με ανθρωποειδή ρομπότ<sup>11</sup>.

Στα μεν, οφέλη αυτού του τύπου συστήματος παραγωγής συγκαταλέγονται τα παρακάτω:

1. Διαμορφώνεται πιο ευέλικτη παραγωγή με δυνατότητα εύκολης αναμόρφωσης ώστε να επιτυγχάνονται τόσο βραχυπρόθεσμοι, όσο και μακροπρόθεσμοι στόχοι (πχ. Διαφοροποίηση προϊόντων, ταχύτερη παραγωγή κτλ)<sup>12</sup>
2. Τείνουν να απλοποιούνται οι διαδικασίες παραγωγής, χρησιμοποιούνται πιο ευέλικτα μηχανήματα, διαμορφώνεται πιο ευέλικτη οργανωτική δομή, υπάρχει καλύτερη ροή πληροφοριών και γίνεται ουσιαστικότερος έλεγχος των διαδικασιών<sup>13</sup>.
3. Ελαχιστοποίηση των αυτοματισμών και επαναχρησιμοποίηση του υπάρχοντος εξοπλισμού<sup>14</sup>, γεγονός το οποίο οδηγεί σε μείωση του κόστους για επενδύσεις σε εξοπλισμό.

Στα δε μειονεκτήματα του συστήματος διαπιστώνονται τα εξής:

1. Σε μεγαλύτερες και πιο σύνθετες παραγωγές που απαιτούν μεγάλο αριθμό μηχανών και εξαρτημάτων καθίσταται δύσκολος ο σχεδιασμός και η παρακολούθηση – έλεγχος του συστήματος παραγωγής με τέτοιου τύπου δομή.
2. Εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας απαιτήσεων και πολυπλοκότητας ενός συστήματος παραγωγής, τείνουν να δημιουργούνται προβλήματα επιλογής εξοπλισμού για των σχεδιασμό της παραγωγής σε δομή Modular καθώς δεν υπάρχουν διεθνή πρότυπα, γεγονός το οποίο οδηγεί σε ασυμβατότητα εξοπλισμού.

Cell Manufacturing – Τα κυψελωτά συστήματα παραγωγής έχουν αναγνωριστεί ως συστήματα τα οποία μπορούν να ανταποκριθούν σε ένα μέσο αριθμό παραγωγής προϊόντων χωρίς ιδιαίτερα μεγάλη ποικιλομορφία. Για τον λόγο αυτό αυτά τα συστήματα παραγωγής θεωρούνται τα πιο οικονομικά στην κατηγορία τους<sup>15</sup>. Ο ακρογωνιαίος λίθος αυτού του συστήματος παραγωγής είναι η ομαδοποίηση των μηχανών και των παρελκόμενων εξαρτημάτων. Σε αυτή τη μέθοδο παραγωγής έχει υπάρξει η δυνατότητα να εκτελούνται πολλαπλές εργασίες από μία μηχανή ή να

<sup>10</sup> Hu, W., Kong, Z., Zhu, G., and Yu, J. (1993) Modules for modular design of machine tools, in Proceeding of International Conference on Engineering Design, The Hague, 17±19 August, Heunsta Zurich pp. 1287±1294.

<sup>11</sup> Canny, J. F. and Goldberg, K. Y. (1992) A 'RISC' paradigm for industrial robots, Technical report RAMP 92-3, University of California, Berkeley CA

<sup>12</sup> Merchant, E. (1985) The importance of flexible manufacturing systems to the realization of full computer integrated manufacturing in Flexible Manufacturing Systems, Warnecke, H. J. (ed), IFS (Publications) Ltd. and Springer-Verlag

<sup>13</sup> Davis, R. K. (1991) A systems approach to machinery design and implementation, in Proceedings of Eurotech Direct, Machine Systems Vol., I. Mech E., 2±4 July, pp.19±24.

<sup>14</sup> Tsukune, H., Tsukamoto, M., Matsushita, T., Tomita, F., Okemah, K., Ogasawara, T., Takese, K. and Yuba, T. (1993) Modular manufacturing. Journal of Intelligent Manufacturing, 4, 163± 181. Voelker, H.

<sup>15</sup> BLACK, J. T.. 1983. Cellular manufacturing systems reduce setup time, make small lot production economical. *Industrial Engineering*, November, 36-48.

ομαδοποιούνται μηχανές σε μία «κυψέλη» (cell). Οι υπεύθυνοι/εργοδηγοί των Cells μπορούν να χειριστούν πολλαπλά καθήκοντα μαζί, ενώ χρησιμοποιούνται και ρομπότ που εκτελούν παράλληλες εργασίες. Τα cells μπορεί να διοικούνται από ένα φορέα και είναι δυνατόν να συνδέθουν τα παλαιότερα μηχανήματα με τον νεώτερο εξοπλισμό με αποτέλεσμα τη μείωση του ύψους των επενδύσεων που απαιτούνται για νέα. Κάθε Cell αποτελεί μέρος του συστήματος παραγωγής.

Ο διαχωρισμός και η ομαδοποίηση του εξοπλισμού σε κυψέλες (Cells) επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της ομαδοποιημένης τεχνολογίας (Group Technology)<sup>16</sup>. Η εφαρμογή της ομαδοποιημένης τεχνολογίας δεν εξαρτάται από το βαθμό αυτοματισμού που χρησιμοποιούνται σε ένα εργοστάσιο, και μπορεί να εφαρμοστεί σε μια εντελώς αυτοματοποιημένη παραγωγή ή ακόμα και σε ένα χειροκίνητο σύστημα παραγωγής.

Group Production – Πρόκειται για μια άλλη μορφή παραγωγής, όπου αντί οι εργαζόμενοι να απασχολούνται σε μικρούς σταθμούς εργασίας και να εκτελούν επαναλαμβανόμενες εργασίες, ακολουθούν και εκτελούν εργασίες κατά μήκος της γραμμής. Αυτή η προσέγγιση χαιρετίστηκε από πολλούς υποστηρικτές, διότι δημιουργεί τη μεγαλύτερη συμμετοχή των εργαζομένων στη διαδικασία παραγωγής και γνώση του συστήματος.

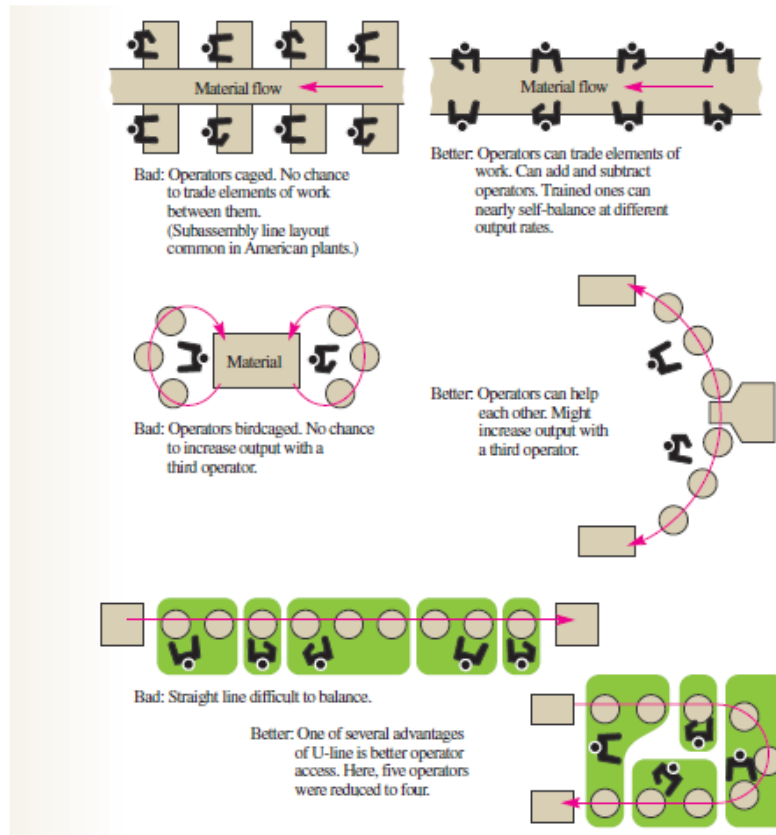
U-shaped assembly "line" - Μια ευθεία γραμμή μπορεί να μην είναι το πιο αποτελεσματικό σχήμα για να μια γραμμή συναρμολόγησης. Αντίθετα, σε ένα σχήμα U ή καμπύλη, οι εργαζόμενοι συλλέγονται στο εσωτερικό της καμπύλης και η επικοινωνία είναι ευκολότερη από ό, τι κατά το μήκος μιας ευθείας γραμμής. Οι συναρμολογητές μπορούν να δουν όλα τα στάδια της παραγωγής ενός προϊόντος, τι έρχεται και πόσο γρήγορα, καθώς επίσης, ένα άτομο μπορεί να εκτελέσει πολλαπλές λειτουργίες. Ακόμη, με αυτή την διάταξη είναι σε θέση να παράγουν πολλαπλές παραλλαγές του ίδιου προϊόντος ταυτόχρονα, καθιστώντας την εγκατάσταση στο σύνολό της πιο ευέλικτη. Οι μεταβάσεις από προϊόν σε προϊόν είναι πιο εύκολες στη U-shape γραμμή, καθώς υπάρχει καλύτερη επικοινωνία μεταξύ των εργαζομένων και επίσης το cross-training μπορεί να απλοποιηθεί.

Τέλος, δεδομένου ότι οι νέες μέθοδοι γραμμής συναρμολόγησης εισάγονται σε διαδικασίες παραγωγής, οι διευθυντές επιχειρήσεων εξετάζουν τις τεχνικές για την πιθανή εφαρμογή σε άλλους τομείς της επιχείρησης. Μια τέτοια εφαρμογή ονομάζεται Κοινή Ανάπτυξη Εφαρμογών, ή JAD. Είναι μια διαδικασία που αρχικά αναπτύχθηκε για το σχεδιασμό ενός αυτοματοποιημένου συστήματος. Συγκεντρώνει όσους εργάζονται σε τομείς των επιχειρήσεων και εκείνων που εργάζονται στον τομέα της τεχνολογίας. Τα πλεονεκτήματα της JAD περιλαμβάνουν μια δραματική μείωση του χρόνου που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί ένα έργο. Η διαδικασία JAD κάνει για την ανάπτυξη συστημάτων πληροφορικής ότι έκανε ο Henry Ford για την κατασκευή των αυτοκινήτων (μια μέθοδος οργάνωσης μηχανημάτων, υλικών και εργασίας, έτσι ώστε ένα το αυτοκίνητο θα μπορούσε να παράγεται πολύ πιο γρήγορα και φθηνότερα από ό, τι ποτέ πριν-δηλαδή τη γραμμή συναρμολόγησης).

---

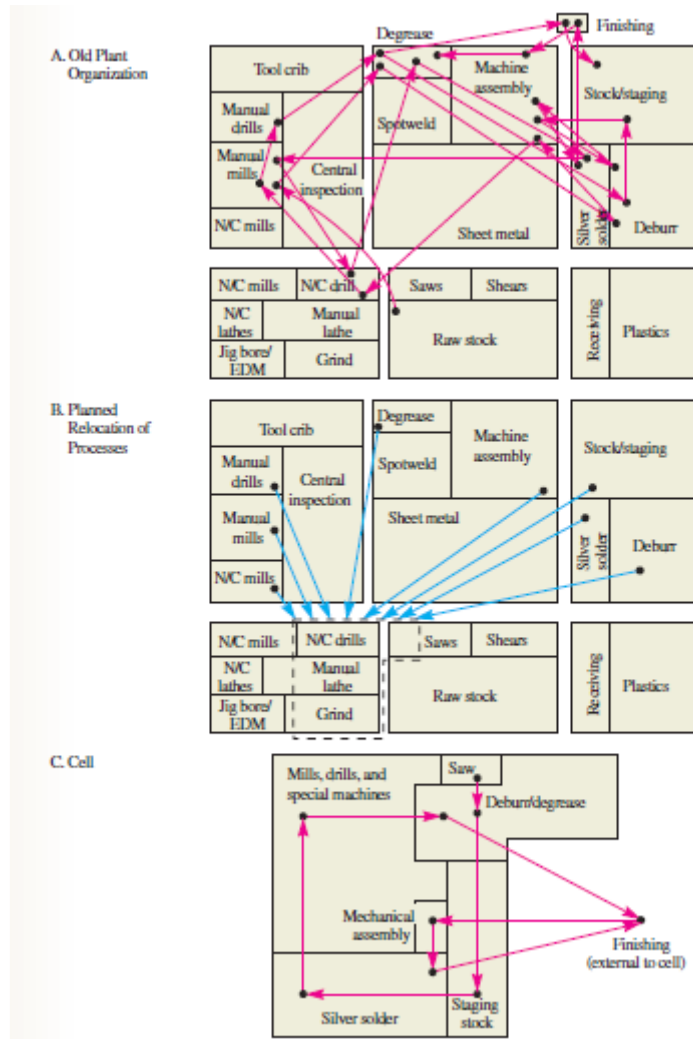
<sup>16</sup> GROOVER, M. P., 1980, *Automation, Production Systems, and Computer-Aided Manufacturing* (New Jersey: Prentice-Hall).





Εικόνα 1 Cell manufacturing<sup>17</sup>

<sup>17</sup> source: reprinted with permission of the free press, a division of simon and schuster adult publishing group, from world class manufacturing by r. j. schonberger, copyright © 1986 by schonberger & associates, inc.



Εικόνα 2 Flexible Line Layouts<sup>18</sup>

<sup>18</sup> r. w. hall, attaining manufacturing excellence (homewood, il: dow jones-irwin, 1987), p. 125

## 1.2 CIM – Computer Integrated Manufacturing.

Οι εταιρείες σε όλο τον κόσμο, επικεντρώνουν τις προσπάθειές τους για την ανάπτυξη ολοκληρωμένων και αυτοματοποιημένων συστημάτων παραγωγής (CIM). Ωστόσο, η δομή και η φύση αυτών των προσπαθειών ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό, κυρίως λόγω των διαφορετικών ερμηνειών, το πεδίο εφαρμογής, και τη μεγάλη ποικιλία των τεχνολογιών που αφορούν τα συστήματα CIM.

Περαιτέρω, ο βαθμός στον οποίο αυτές οι προσπάθειες είναι επιτυχημένες δεν είναι πάντα εύκολο να προσδιοριστεί. Σε μια έρευνα εταιρειών που έχουν αναπτύξει συστήματα CIM, τόσο οι Ingersoll Engineers<sup>19</sup> (1985) και Boaden<sup>20</sup> (1987) παρατήρησαν ότι, αν και πολλές από τις εταιρείες που έχουν αναπτύξει μεμονωμένα σε τμήματα της επιχείρησης, εντούτοις υπάρχουν λίγα στοιχεία από την συμμετοχή μεταξύ αυτών των τμημάτων σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα. Σε μια άλλη έρευνα από τους Kohler και Schmierl<sup>21</sup> (1991), βρέθηκε ότι η χρησιμοποίηση των βασισμένων σε υπολογιστή τεχνολογιών στον τομέα της μεταποίησης δεν είναι τόσο διαδεδομένη όσο γενικά πιστεύεται. Στη μελέτη τους σε πάνω από 1000 Γερμανούς κατασκευαστές, λιγότερο από το 20% ανέφερε τη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε λειτουργίες που σχετίζονται με την κατασκευή, ενώ το 70% αναφερθεί η χρήση τους σε διοικητικές περιοχές.

Στην ίδια μελέτη λιγότερο από το 9% των ερωτηθέντων ανέφεραν τουλάχιστον ένα σύνδεσμο ολοκλήρωσης μεταξύ των διαφόρων λειτουργιών. Οι Boaden και Dale (1989), μεταξύ άλλων, προσπάθησαν να εντοπίσουν τις αιτίες για αυτή την έλλειψη ολοκλήρωσης. Πιθανές αιτίες περιλαμβάνουν, (i) αδυναμία των εμπορικών πωλητών για την παροχή ενσωματωμένων λύσεων, (ii) ο απροθυμία να διασχίσουν τα σύνορα του τμήματος, (iii) η έλλειψη των προτύπων ολοκλήρωσης, (iv) η εξειδικευμένη φύση αυτών των τεχνολογιών, (v) η έλλειψη οργάνωσης στο πρόγραμμα για την ένταξη, και (vi) η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογία των υπολογιστών, η οποία εμποδίζει έμμεσα την ένταξη.

Παρόλα αυτά οι αιτίες αυτές κατάφεραν να ξεπεραστούν από ορισμένες εταιρείες. Σημαντική πρόοδος έχει επίσης σημειωθεί για την εξομάλυνση των παραπάνω εμποδίων. Για παράδειγμα το εμπόδιο (iii) έχει αντιμετωπιστεί από το αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων, το οποίο συνέλαβε την αρχική ιδέα για την ανάπτυξη του Exchange πρότυπου γραφικών (IGES) προϊόντων και ανταλλαγής δεδομένων (PDES).

### 1.2.1 Ορισμός ενός ολοκληρωμένου συστήματος

Ένα σύστημα μπορεί να περιγραφεί ως ένα σύνολο αλληλένδετων στοιχείων ή υπο-συστημάτων. Με βάση τη φύση του εν λόγω συσχετισμού, μπορούν να ορισθούν πολλοί διαφορετικοί τύποι. Ως

<sup>19</sup> INGERSOLL ENGINEERS, 1985, Integrated Manufacture (IFS Publications, Bedford, England)

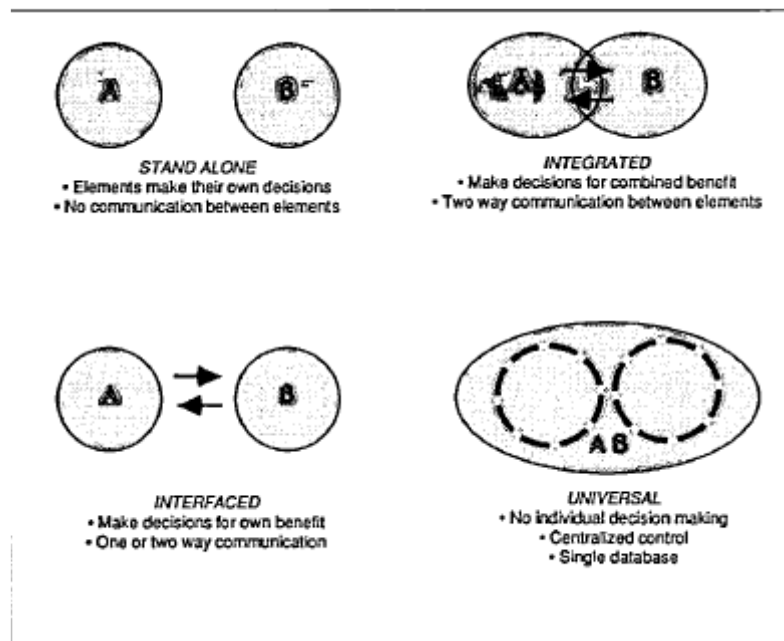
<sup>20</sup> BOADEN, R. J. , 1987, CIM: Issues of Implementation, Ph.D. Thesis, Dept. of Management Sciences, UMIST, Manchester.

<sup>21</sup> KOHLER, C , and SCHMIERL, K., 1991, CIM-technological and organizational change in the West German capital goods industry. *Journal of Manufacturing Systems*, 10(1), 21-31.

βασικές αλληλεξαρτήσεις ορίζονται η διασύνδεση και η ολοκλήρωση. Κατά τον Mize<sup>22</sup> (1987) αυτές οι δύο σχέσεις ορίζονται ως εξής:

- Διασύνδεση - αλληλεπίδραση ή να επικοινωνία με άλλο στοιχείο
- Ολοκλήρωση – Η οργάνωση διάφορων χαρακτηριστικών, σχέσεων, στάσεων, συμπεριφορών, κλπ., σε μία αρμονική προσωπικότητα.

Ένα **αυτόνομο** σύστημα είναι εκείνο του οποίου τα στοιχεία πέρνουν τις δικές τους αποφάσεις χωρίς να επικοινωνούν με οποιοδήποτε άλλο στοιχείο. Ένα **διασυνδεδεμένο** σύστημα είναι εκείνο του οποίου τα στοιχεία έχουν αμφίδρομη επικοινωνία με άλλα στοιχεία, αλλά λαμβάνουν αποφάσεις για το δικό τους όφελος. Ένα **ολοκληρωμένο** σύστημα είναι εκείνο του οποίου τα στοιχεία έχουν αμφίδρομη επικοινωνία με άλλα στοιχεία, και λαμβάνουν αποφάσεις για το συλλογικό όφελος του συστήματος. Έτσι, διασυνδεδεμένα συστήματα έχουν μια παρασιτική σχέση, σε αντίθεση με τα ολοκληρωμένα συστήματα που αναπτύσσουν μια συμβιωτική σχέση. Ένα **καθολικό** σύστημα είναι μια ομάδα στοιχείων με ένα κεντρικό ελεγκτή χωρίς ικανότητα για επιμέρους λήψη αποφάσεων.



Εικόνα 3 Διαφορετικοί τύποι αλληλεπιδράσεων.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> MIZE, J. H. et al., (1985), Forming a corporate-wide CIM committee. Industrial Engineering, November, 75-80.

### 1.2.2 Ορισμός και μοντελοποίηση ολοκληρωμένων ηλεκτρονικών συστημάτων παραγωγής (CIM)

Ολοκληρωμένα συστήματα ορίζονται από τους Shunk και Filley (1986) ως «η κατά δυνατόν βέλτιστη αξιοποίηση των επιμέρους πόρων που αποτελούν ένα σύστημα (παραγωγής) ως σύνολο. Στους πόρους συγκαταλέγονται, τα διαθέσιμα κεφάλαια, άνθρωποι, τεχνολογία, μηχανές κτλ.»,<sup>23</sup>. Ο στόχος ενός συστήματος CIM είναι η εφαρμογή του ορισμού σε ένα περιβάλλον παραγωγής. Η αποκρυπτογράφηση της επιχειρησιακής έννοιας του CIM, μπορεί να ερμηνευτεί ως εξής:

- Ολοκλήρωση μέσω της χρήσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε ένα παραγωγικό σύστημα, ή
- Η χρήση των υπολογιστών σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα

Αν και οι δύο ερμηνείες φαίνονται θεωρητικά ίδιες, είναι αρκετά διαφορετικές κατά την εφαρμογή. Στην περίπτωση της πρώτης ερμηνείας, η έμφαση είναι στην μηχανογράφηση, όσο το δυνατόν περισσότερων εργασιών και στη συνέχεια η ανάπτυξη ενός δικτύου όπου οι τερματικοί σταθμοί ανταλλάσσουν πληροφορίες και παίρνουν αποφάσεις. Στη δεύτερη ερμηνεία η οργάνωση καθορίζει πρώτη το είδος της ενοποίησης όπου είναι απαραίτητη, και στη συνέχεια χρησιμοποιεί υπολογιστές και άλλα εργαλεία για να επιτευχθεί αυτή η ενσωμάτωση. Εναλλακτικά, μπορεί να πραγματοποιηθεί και μια προσέγγιση που θα συνδυάζει και τις δύο ερμηνείες.

Η Μηχανοργάνωση συχνά θα οδηγήσει σε άμεση παραγωγικότητα και οφέλη για τα εμπλεκόμενα τμήματα. Για την επίτευξη αυτών των επιπλέον στόχων το τμήμα μπορεί να χρειαστεί να αλλάξει ορισμένες λειτουργικές μεθόδους, ή να επαναπροσδιοριστούν οι μέθοδοι μετάδοσης δεδομένων / αποφάσεων / υλικών. Το γεγονός αυτό από μόνο του μπορεί να απαιτεί πρόσθετες επενδύσεις ή όποιες δεν είναι πάντοτε εφικτές. Για παράδειγμα, πολλές εταιρείες δυσκολεύονται να αναδιαμορφώσουν την δομή τους, τη χρηματοδότηση, την κατασκευή και τις λειτουργίες τους εφόσον το καθένα από αυτά υποστηρίζεται από διαφορετικές τεχνολογίες.

Οι εταιρείες αυτές είναι συνήθως πιο διστακτικές να εγκαταλείψουν παλαιότερες τεχνολογίες για ένα νεότερο ολοκληρωμένο σύστημα. Ας υποθέσουμε την περίπτωση μιας εταιρείας της οποίας τμήμα της παραγωγής χρειάστηκε ένα χρόνο για την ανάπτυξη και εγκατάσταση ενός νέου ρομποτικού συστήματος χειρισμού υλικών. Παράλληλα το τμήμα διανομής επανασχεδιάσκει τις συσκευασίες, έτσι ώστε να μειώσει εσωτερικά κόστη. Η μελέτη που θα πρέπει να γίνει για μια τέτοια αντικατάσταση θα πρέπει να λάβει υπόψη της τις αλλαγές του τμήματος παραγωγής, έτσι ώστε να είναι μεταξύ τους συμβατές. Για τον λόγο αυτό η εταιρεία αυτή απαιτεί σε όλα τα έργα αυτοματισμού που τρέχουν παράλληλα να συμμετέχουν ομάδες από όλα τα εμπλεκόμενα τμήματα.

<sup>23</sup> A scheme for classifying integration types in CIM, SANGHOY K. DAS, INT. J. COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING, 1992, VOL. 5, NO. 1, 10-17, p.12 «the optimization over time, of all components comprising an organizational system that generates a measurable output. These include all fixed and tangible assets, people, money, information, technology and energy»

Στη συνέχεια δίνονται μερικοί από τους επικρατέστερους ορισμούς για συστήματα CIM:

*“CIM is the complete integration of all the elements of the manufacturing sub-systems, starting with the conception and modeling of products and ending with shipment and servicing. It includes tie-in with activities such as optimization, mathematical modeling, and scheduling.” (National Research Council 1986)<sup>24</sup>*

*“CIM is the use of computer and information/communication technologies to effectively integrate all of the engineering/design functions, manufacturing planning functions, equipment/process technologies, manufacturing control processes and management functions necessary to convert raw materials, labor, energy and information into a high quality, profitable product within a reasonable amount of time.” (Garrett Turbine Engine Co. (Mize 1985))<sup>25</sup>*

*“CIM is the integration of the total manufacturing enterprise through the use of integrated systems and data communications coupled with new managerial philosophies that improve organizational and personal efficiency.” (Society of Manufacturing Engineers (SME Blue Book, 1990))<sup>26</sup>*

Συμπερασματικά από τους παραπάνω ορισμούς καταλαβαίνουμε ότι CIM είναι τα ολοκληρωμένα συστήματα παραγωγής που αξιοποιούν νέες τεχνολογίες (πχ. Ρομποτική) και ηλεκτρονικού υπολογιστές, προκειμένου να διαχειρίζονται τις απαιτούμενες κωδικοποιημένες πληροφορίες αναφορικά με ά ύλες, εργατικό δυναμικό, ενέργεια κτλ, με σκοπό την ακριβέστερη και ποιοτικότερη παραγωγή προϊόντων σε συντομότερο χρόνο.

Επιμέρους εργαλεία ενός CIM είναι τα εξής:

**Computer aided design (CAD):** Με το εργαλείο αυτό δημιουργούνται, επεξεργάζονται, αποθηκεύονται και μεταφέρονται μηχανικά σχέδια.

**Computer aided manufacturing (CAM):** Με το εργαλείο αυτό σχεδιάζονται και να ελέγχονται όλες οι διαδικασίες παραγωγής μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

**Computer integrated production planning & control (CIPP&C):** Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της αποθήκευσης ά υλών, την παρακολούθηση του εργατικού δυναμικού και για την λήψη αποφάσεων για την καλύτερη αξιοποίηση των παραπάνω πόρων.

**Manufacturing management (MGMT) :** Χρησιμοποιείται για την διαχείριση προβλημάτων ποιότητας και σχεδιασμό στρατηγικών παραγωγής.

### 1.2.3 Εφαρμογή ολοκληρωμένων συστημάτων παραγωγής

Αν και αυτή τη στιγμή υπάρχει μεγάλη τάση στην ολοκλήρωση στον τομέα της μεταποίησης, αυτό δεν σημαίνει ότι ολοκληρωμένα συστήματα δεν υπήρχαν και στο παρελθόν. Οι δεκαετίες του 1920

<sup>24</sup> NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1986, Towards a New Era in U.S. Manufacturing (Manufacturing Studies Board, National Research Council, Washington) pp. 119-120.

<sup>25</sup> MIZE, J . H., 1987, CIM: a perspective for the future of IEs. HE Conference Proceedings, Nashville, pp. 3-5

<sup>26</sup> SME BLUE BOOK, 1990, A Working Definition of Computer Integrated Manufacturing (SME Blue Book Series, Society of Manufacturing Engineers, Michigan).

και 1930 είδαν την δημιουργία σύνθετων βιομηχανικών συστημάτων, τα οποία ήταν ο πρόγονος ενός ενιαίου συστήματος παραγωγής. Ήταν σε αυτή την περίοδο που ο Henry Ford έχτισε το River Rouge, που περιγράφεται από ορισμένους ως η πιο ολοκληρωμένη μονάδα παραγωγής που κατασκευάστηκε ποτέ (Halberstam 1986)<sup>27</sup>.

Τις τελευταίες δεκαετίες γίναμε μάρτυρες της ταχείας ανάπτυξης μιας ποικιλίας μεθόδων σχετικών τεχνολογιών (Π.χ. ρομπότ, NC μηχανήματα, CAD, κλπ.). Κατά την ίδια περίοδο όμως η ανάπτυξη ολοκλήρωσης μεθόδων, τεχνολογιών και διαδικασιών ήταν σχετικά αργή. Αυτή η έλλειψη ανάπτυξης είναι εν μέρει υπεύθυνη για τα υπό-συστήματα του σχεδιασμού, της αυτοματοποίησης, και πληροφοριακών συστημάτων.

#### 1.2.4 Κατηγοριοποίηση των διαφόρων τύπων της ολοκλήρωσης

Υπάρχουν διάφορες μορφές ολοκλήρωσης συστημάτων παραγωγής στην βιομηχανία, οι οποίες είτε αφορούν στο μέσο της ολοκλήρωσης, είτε στους φορείς που ενσωματώνονται. Συνηθέστερα εν τούτοις, το μέσο θα είναι κάποιος μηχανισμός μεταφοράς δεδομένων. Στην πραγματικότητα η αποδοτική ικανότητα χειρισμού των δεδομένων θεωρείται από πολλούς ότι είναι προϋπόθεση της CIM. Σύμφωνα με το Εθνικό Ερευνητικό Συμβούλιο (National Research Council, USA - 1984)<sup>28</sup> το CIM επιτυγχάνεται όταν:

- όλες οι λειτουργίες επεξεργασίας και των σχετικών διοικητικών λειτουργιών μπορούν να εκφραστούν με τη μορφή των δεδομένων
- τα στοιχεία αυτά είναι σε μια μορφή που μπορούν να αναπαραχθούν, επεξεργασθούν στον υπολογιστή
- τα στοιχεία αυτά μπορούν να μεταδίδονται ελεύθερα μεταξύ των λειτουργιών του συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος.

Εντούτοις, ο ανωτέρω διαχωρισμός περιγράφει μόνο ένα είδος ολοκλήρωσης, αυτής των πληροφοριακών δεδομένων (Zgorzelski - 1986)<sup>29</sup>. Στην πραγματικότητα υπάρχουν αρκετοί περισσότεροι τύποι ολοκλήρωσης, μερικοί από τους οποίους περιγράφονται παρακάτω. Ένας βασικός διαχωρισμός είναι η ολοκλήρωση προσανατολισμένη στους πόρους και στις λειτουργίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά στην ολοκλήρωση των φυσικών πόρων, είτε χρησιμοποιούνται άμεσα, είτε έμμεσα στην παραγωγική διαδικασία, ενώ η δεύτερη βασική κατηγορία αναφέρεται στην ολοκλήρωση του συνόλου των παραγωγικών δραστηριοτήτων.

<sup>27</sup> HALBERSTAM, D., 1986, The Reckoning (William Morrow & Company, New York), 86-89.

<sup>28</sup> NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1986, Towards a New Era in U.S. Manufacturing (Manufacturing Studies Board, National Research Council, Washington) pp. 119-120.

<sup>29</sup> ZGORZELSKI, M., 1986, CIM: trends, problems, strategies. Computer Integrated Manufacturing, Society of Automotive Engineers, SP-663, Detroit, 21-30.

TYPE		RESOURCE ORIENTED				ACTIVITY ORIENTED				
		Computer Equipment Network	Facilities	Material		Process Information	Decision Tools	Product	Control	
WHERE		A	B	C	D	E	F	G	H	J
CAD-CAM	1									
CAD-CIPP&C	2									
CAD-MGMT	3									
CAM-CIPP&C	4									
CAM-MGMT	5									
CIPP&C-MGMT	6	4C Integration								
CAD	7									
CAM	8									
CIPP&C	9									
MGMT	10									

Εικόνα 4 Τύποι Ολοκλήρωσης Συστημάτων Παραγωγής<sup>23</sup>

#### 1.2.4.1 Ολοκλήρωση προσανατολισμένη στους πόρους (Resource-oriented integration types)

Ο στόχος είναι πρώτον να διασφαλιστεί ότι οι λειτουργίες του κάθε πόρου στηρίζουν την όλη διαδικασία της παραγωγής, και δεύτερον να διασφαλιστεί η συμβατότητα των λειτουργιών αυτών με άλλες συναφείς λειτουργίες.

Οι τέσσερις επιμέρους τύποι αυτής της κατηγορίας είναι οι εξής:

##### *Computer and network integration*

Αφορά στο σχεδιασμό δικτυακών συστημάτων, έτσι ώστε να επιτρέπουν τη λειτουργία προγραμμάτων μεταξύ όλων των υπολογιστών του οργανισμού, και να επιτρέψει την εισαγωγή και διαβίβαση δεδομένων από όλες τους επιθυμητούς κόμβους. Αυτά που καθορίζουν ένα σύστημα ηλεκτρονικών υπολογιστών ως ολοκληρωμένο δίκτυο είναι τα επιμέρους δίκτυα επικοινωνίας και αποθήκευσης δεδομένων και οι συσκευές ανάκτησης. Συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS), αρχιτεκτονικές κατακευκμένων βάσεων δεδομένων, τοπικά δίκτυα (LANs), ανοιχτές διεπαφές συστήματος (OSI), είναι μόνο μερικά παραδείγματα των διαθέσιμων τεχνολογιών - λύσεων για αυτό τον τύπο ενσωμάτωσης. Το κύριο εμπόδιο για την ολοκλήρωση ενός πληροφοριακού δικτύου είναι η ποικιλομορφία σε πλατφόρμες και εξοπλισμό που μπορεί να είναι ήδη τοποθετημένα σε κάθε κόμβο.

##### *Equipment integration*

Σε κάθε παραγωγική διαδικασία υπάρχει μια σειρά από εξοπλισμό και μηχανήματα όπως, χειρισμού υλικών, αποθήκευσης, μεταφοράς κτλ. Η ολοκλήρωση του εξοπλισμού αφορά στο σχεδιασμό και την επιλογή του εξοπλισμού έτσι ώστε κάθε είναι συμβατός με τους ανθρώπους, τα υλικά και υπάρχοντα μηχανήματα παραγωγής. Με την αυξανόμενη χρήση αυτοματοποιημένου εξοπλισμού, αυτός ο τύπος της ολοκλήρωσης γίνεται όλο και πιο κρίσιμος.



### *Facilities integration*

Ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων και γενικότερα των υποδομών ενός εργοστασίου αποτελεί ένα από τα παραδοσιακά θέματα που απασχολούν το Industrial Engineering, ειδικά όταν πρόκειται για μελέτη ολοκλήρωσης. Οι κοινές μέθοδοι εστιάζουν κυρίως στη βελτιστοποίηση της ροής του υλικού (material flow). Εντούτοις, στον σχεδιασμό εγκαταστάσεων πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη παράγοντες όπως, ροή πληροφοριών, μείωση των αποθεμάτων, ποιοτικός έλεγχος και οι δυνατότητες της υπάρχουσας τεχνολογίας.

### *Material integration*

Η επιλογή των υλικών για την παραγωγή βασίζεται συνήθως στην λειτουργικότητα τους και στο κόστος τους. Το material integration αφορά στις προδιαγραφές που σχετίζονται με την επιλογή των υλικών, όπως για παράδειγμα διαστάσεις, ή αποδεκτά επίπεδα ποιότητας. Οι προδιαγραφές αυτές έχουν σχεδιαστεί για την μέγιστη δυνατή ελαχιστοποίηση των παρεμβάσεων στο υλικό από την παραγωγή. Παράγοντες όπως αξιοπιστία κατασκευαστή - προμηθευτή, ποιότητα συντήρησης, ευκολία χειρισμού, κλπ., θεωρούνται ότι ανήκουν σε αυτό το είδος της ολοκλήρωσης.

#### 1.2.4.2 Ολοκλήρωση προσανατολισμένη στις λειτουργίες (Activity-oriented integration types)

Ο στόχος αυτής της ολοκλήρωσης είναι να διασφαλιστεί ότι οι εργασίες που πραγματοποιούνται κατά την παραγωγική διαδικασία εξοικονομούν κόστη και αποφέρουν το μέγιστο δυνατό όφελος σε συντομότερο χρόνο. Παρακάτω είναι οι πέντε τύποι ολοκλήρωσης αυτή της κατηγορίας:

### *Process integration*

Η παρασκευή ενός προϊόντος μπορεί να αναλύεται σε μία ακολουθία διεργασιών, καθεμιά από τις οποίες συμβάλλει στην αξία του προϊόντος. Η ενσωμάτωση των διαδικασιών αφορά τον σχεδιασμό και την επιλογή των διεργασιών, έτσι ώστε να δαπανάται η ελάχιστη δυνατή προσπάθεια στην μεταφορά του ημι-έτοιμου προϊόντος από διαδικασία σε διαδικασία. Για παράδειγμα, εάν ένα προϊόν παρασκευάζεται από δύο διεργασίες A και B, με C την μεταφορά από την A στη B διαδικασία. Εντούτοις, με τον σχεδιασμό ολοκληρωμένης διαδικασίας παραγωγής μπορεί να προκύψει ότι η διαδικασία C δεν είναι απαραίτητη. Η έλλειψη του *Process integration* γενικότερα αυξάνει σημαντικά το κόστος παραγωγής και υποβαθμίζει την απόδοση. Με την βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών, των μεθόδων σχεδιασμού διαδικασιών παραγωγής, καθώς και οι μέθοδοι εξοικονόμησης πόρων και εξοπλισμού αποτελούν μερικά παραδείγματα λύσεων του *Process integration*.

### *Information integration*

Η παραγωγική διαδικασία μπορεί να αναλυθεί σε μια σειρά από δραστηριότητες επεξεργασίας δεδομένων. Αυτά τα δεδομένα θα μπορούσαν να είναι υπό τη μορφή ανάλυσης απαιτούμενων υλικών (BOM), προγράμματος παραγωγής, σχεδίου διαδικασίας, σχεδίου του προϊόντος, CNC προγραμματισμού μηχανών, προγράμματος ελέγχου ρομπότ, διαγράμματος ελέγχου της ποιότητας, κ.λπ. Η ολοκλήρωση των πληροφοριών ασχολείται με την παραγωγή και τη χρήση αυτών των δεδομένων με ένα αποτελεσματικό και αποδοτικό τρόπο. Έτσι η ενσωμάτωση πληροφοριών από τον

υπολογιστή διαφέρει από την ολοκλήρωση ενός δικτύου που ασχολείται μόνο με την μεταφορά των δεδομένων στους κόμβους. Η ενσωμάτωση πληροφοριών προσπαθεί να εξασφαλίσει ότι πρώτον τα απαραίτητα δεδομένα είναι προσπελάσιμα και μπορούν να αξιοποιηθούν για να οδηγήσουν σε κατάλληλες αποφάσεις, και δεύτερον τα δεδομένα μπορούν να αποκρυπτογραφηθούν από οποιοδήποτε χρήστη. Επιμέρους υποκατηγορίες της ολοκλήρωσης πληροφοριών είναι τα *Transformation integration* και *Transactional integration*.

#### *Decision tool integration*

Η ενσωμάτωση αυτή εξασφαλίζει ότι οι στόχοι των επιμέρους αποφάσεων που λαμβάνονται αυτόματα από μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή, είναι συμπληρωματικοί προς τους γενικούς στόχους της εγκατάστασης. Για παράδειγμα, ένα ρομπότ προσπαθεί να ολοκληρώσει το έργο του στο συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα, αλλά ο στόχος αυτός θα μπορούσε προκαλέσει ανισορροπία στη γραμμή παραγωγής (line balancing) και να οδηγήσει σε άλλα προβλήματα. Το ρομπότ θα πρέπει ως εκ τούτου προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει την ανισορροπία, και θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει τον επιπλέον χρόνο για τη βελτίωση της ποιότητας της εργασίας. Το εργαλείο υποστήριξης ολοκληρωμένων συστημάτων αποφάσεων τείνει ολοένα να ενσωματώνεται στα CIM με την πάροδο των χρόνων. Ένα άλλο παράδειγμα αυτής της ολοκλήρωσης είναι η διαχείριση ολικής ποιότητας (TQM). Οι ανεξάρτητες μέθοδοι διασφάλισης της ποιότητας, ο έλεγχος ποιότητας και η εξυπηρέτηση των πελατών έχει ενσωματωθεί με επιτυχία στο πλαίσιο της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας από πολλές εταιρείες.

#### *Control integration*

Ενώ το εργαλείο υποστήριξης ολοκληρωμένων αποφάσεων αφορά τη διαδικασία με την οποία λαμβάνονται οι αποφάσεις, ολοκλήρωση του ελέγχου αφορά τον προσδιορισμό των ίδιων των αποφάσεων. Η ενσωμάτωση αυτή εξασφαλίζει ότι οι αποφάσεις των υποσυστημάτων είναι υποστηρικτικές μεταξύ τους και συμπληρωματικές προς το συνολικό στόχο. Η ένταξη προϋποθέτει τον λεπτομερή σχεδιασμό στρατηγικής παραγωγής από το ανώτερο επίπεδο διοίκησης έως το χαμηλότερο επίπεδο παραγωγής. Οι Hayes και Wheelwright (1984) προσδιορίζουν τη συνοχή και το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, ως κριτήρια για την αξιολόγηση μιας στρατηγικής<sup>30</sup>. Και τα δύο αυτά συνδέονται στενά με την ολοκλήρωση συστημάτων ελέγχου και είναι κρίσιμης σημασίας για την επιτυχία ενός συστήματος CIM. Ο έλεγχος, τα εργαλεία λήψης αποφάσεων, καθώς και πληροφορίες μαζί σχηματίζουν ένα κλειστό βρόχο, ο οποίος μπορεί να περιγραφεί ως εξής: οι σωστές πληροφορίες διασφαλίζουν τη βέλτιστη χρήση των εργαλείων, τα κατάλληλα εργαλεία εξασφαλίζουν καλύτερες αποφάσεις, καθώς και οι σωστές αποφάσεις διαμορφώνουν το καλύτερο σύστημα. Ο εντοπισμός των σωστών αποφάσεων μπορεί να είναι αρκετά δύσκολος, δεδομένου ότι απαιτεί γνώσεις σχετικά με την λειτουργία των επιμέρους υπο - συστημάτων. Η Αεροπορία των ΗΠΑ έχει αναπτύξει τη μεθοδολογία IDEF ως εργαλείο για την υποστήριξη του σχεδιασμού των ολοκληρωμένων συστημάτων παραγωγής (Manual IDEF 1981). Η μεθοδολογία αυτή εστιάζει συγκεκριμένα στην υποστήριξη ολοκληρωμένων πληροφοριών, αποφάσεων, και ελέγχου.

<sup>30</sup> HAYES, R. H., and WHEELWRIGHT, S. C , 1984, Restoring Our Competitive Edge (John Wiley, New York)

### *Product integration*

Η ενσωμάτωση αυτή επιχειρεί να βελτιστοποιηθεί ο σχεδιασμός της παραγωγής ενός προϊόντος. Είναι συνάρτηση της απλούστευσης της παραγωγής, της ευκολίας στον προγραμματισμό, του επιπέδου της ποιότητας παραγωγής, και των επιπτώσεων στα αποθέματα. Τα περισσότερα προϊόντα μπορούν να σχεδιαστούν με διάφορους τρόπους, έκαστος των οποίων θα μπορούσε να είναι ισοδύναμος ως προς τον βαθμό ικανοποίησης των πελατών, αλλά έχουν διαφορετικούς βαθμούς δυσκολίας για την παραγωγή.

Η ενσωμάτωση του προϊόντος εξασφαλίζει ότι θα επιλεγεί η καταλληλότερη σχεδίαση, σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια. Μέθοδοι όπως ο σχεδιασμός για συναρμολόγηση των Boothroyd και Dewhurst (1983)<sup>31</sup>, ή ο τρισδιάστατος animation σχεδιασμός αποτελούν παραδείγματα τεχνολογιών που εφαρμόζονται.

## 1.3 Προγραμματισμός Παραγωγής

### 1.3.1 Παράμετροι συστημάτων παραγωγής

#### Προβλέψεις

Η αβεβαιότητα που πολλές φορές χαρακτηρίζει τη ζήτηση προϊόντων ή υπηρεσιών και, συνεπώς, τις απαιτήσεις σε μηχανές, υλικά, κεφάλαια, ανθρώπινο δυναμικό και, γενικά, δυναμικότητα που θα χρησιμοποιηθεί ώστε να ικανοποιηθεί η ζήτηση κατέστησε αναγκαία την ανάπτυξη μεθόδων πρόβλεψης. Ο προγραμματισμός και ο έλεγχος της παραγωγής, ειδικότερα, απαιτούν εκτιμήσεις όσον αφορά την ποσότητα και το χρόνο που αναμένεται να ζητηθεί το προϊόν ενός παραγωγικού συστήματος. Οι εκτιμήσεις αυτές θα χρησιμοποιηθούν για την κατάρτιση των προγραμμάτων παραγωγής, προμήθειας πρώτων υλών, απασχόλησης ανθρώπινου δυναμικού κλπ. Τα προγράμματα αυτά θα είναι τόσο περισσότερο αποτελεσματικά, σε σχέση με το σκοπό του παραγωγικού συστήματος, όσο περισσότερο αξιόπιστες είναι οι σχετικές προβλέψεις.

Πολλές είναι οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για τη διενέργεια προβλέψεων και χρησιμοποιούνται για τη λήψη αποφάσεων σε ποικίλες συνθήκες. Η επιλογή της κατάλληλης κάθε φορά μεθόδου, η εγκατάσταση και χρήση της και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της είναι μερικά από τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην πρακτική αξιοποίηση των μεθόδων αυτών.

Γενικά, ο βασικός παράγοντας που καθορίζει την επιλογή της μεθόδου προβλέψεων είναι το είδος των αποφάσεων που θα ληφθούν βάσει των προβλέψεων που θα προκύψουν. Εκτός από τον παράγοντα αυτό, η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου καθορίζεται από ένα σύνολο ειδικότερων παραγόντων, στους οποίους περιλαμβάνονται η ζητούμενη μορφή της πρόβλεψης, η περίοδος και ο ορίζοντας πρόβλεψης, το κόστος της μεθόδου, η επιζητούμενη ακρίβεια, η απλότητα και η ευκολία εφαρμογής και τα διαθέσιμα στοιχεία.

<sup>31</sup> BOOTHROYD, G., and DEWHURST, P., 1983, Design for Assembly: A Designer's Handbook, (Boothroyd-Dewhurst Inc., Wakefield, Rhode Island).

Η σημασία των προβλέψεων στην πράξη είναι μεγάλη, αφού κάθε σπουδαία απόφαση στις επιχειρήσεις, στρατηγικού ή τακτικού χαρακτήρα, βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε αυτές. Έχει σημασία, λοιπόν, η επιλογή της σωστής μεθόδου (ή συνδυασμού μεθόδων) πρόβλεψης.

### Αποθέματα

Βασικό χαρακτηριστικό των συστημάτων παραγωγής προϊόντων (κυρίως σε συστήματα flow-shop) είναι η δημιουργία αποθεμάτων. Αυτή μπορεί να είναι είτε σχεδιασμένη, είτε αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων (κακός προγραμματισμός, ύπαρξη σημείου μπουτλιαρίσματος). Αποθέματα μπορούν να δημιουργούνται και στην περίπτωση συστημάτων που παράγουν υπηρεσίες, όταν διατίθεται κατάλληλη τεχνολογία, όπως στην περίπτωση ενός προγράμματος λογισμικού που αποθηκεύεται σε cd.

Η διαχείριση των αποθεμάτων πρώτων υλών, ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων, αποτελεί σημαντική λειτουργία σε ένα παραγωγικό σύστημα για πολλούς λόγους: Από τη μια μεριά, τα αποθέματα δεσμεύουν ένα μεγάλο ποσοστό του κεφαλαίου κίνησης των επιχειρήσεων. Επίσης δεσμεύουν ένα σημαντικό μέρος του διατιθέμενου χώρου σε μία επιχείρηση, ενώ η προμήθεια, η φύλαξη, η συντήρηση, η ασφάλιση και, γενικά, η διαχείριση των αποθεμάτων κοστίζουν. Από την άλλη μεριά, με τη διατήρηση αποθεμάτων τελικών προϊόντων μπορούμε να αποσυνδέσουμε το παραγωγικό σύστημα από τις διακυμάνσεις της ζήτησης, αφού μία αύξηση της ζήτησης σε κάποια περίοδο θα μπορεί να αντιμετωπιστεί με υπάρχοντα αποθέματα, χωρίς δηλαδή αντίστοιχη αύξηση της παραγωγής κατά την περίοδο αυτή. Η ύπαρξη επαρκών πρώτων υλών και ενδιάμεσων αποθεμάτων, άλλωστε, εξασφαλίζει τη συνεχή, χωρίς διακοπές, τροφοδότηση του παραγωγικού συστήματος, τη διατήρηση της ομαλής ροής της παραγωγής, την ανεξάρτητη λειτουργία μεταξύ των παραγωγικών σταδίων, την αύξηση του ρυθμού παραγωγής και την ελάττωση του βιομηχανικού κόστους. Γενικά, το πρόβλημα της διαχείρισης των αποθεμάτων μπορεί να οριστεί ως πρόβλημα εξισορρόπησης, συνήθως μέσα σε συνθήκες αβεβαιότητας, μεταξύ του κόστους έλλειψης και του κόστους πλεονάσματος αποθεμάτων πρώτων υλών, ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων ενός παραγωγικού συστήματος.

Εξαιτίας της σημασίας της λειτουργίας της διαχείρισης αποθεμάτων, στα πλαίσια της Επιχειρησιακής Έρευνας έχει αναπτυχθεί η Θεωρία Αποθεμάτων, που εξετάζει συστηματικά τα σχετικά προβλήματα που συνδέονται με τη δημιουργία και τη διαχείριση των αποθεμάτων, ενώ διατίθενται σχετικά συστήματα λογισμικού που βοηθούν στη συστηματική παρακολούθηση και τον έλεγχο των αποθεμάτων

### Προγραμματισμός απαιτούμενων υλικών

Τα συστήματα προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών (ΠΑΥ) αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων. Τα συστήματα αυτά αφορούν τη διαχείριση υλικών που είναι απαραίτητα για την εκτέλεση του προγράμματος παραγωγής και είτε παραγγέλλονται σε εξωτερικούς προμηθευτές είτε κατασκευάζονται από το ίδιο το παραγωγικό σύστημα. Η ζήτηση γι'αυτά είναι εσωτερική, προέρχεται δηλαδή από το ίδιο το σύστημα και είναι εξαρτημένη και ασυνεχής. Ο καθορισμός των ποσοτήτων και του χρόνου που πρέπει να είναι διαθέσιμες, στηρίζεται στις απαιτήσεις για υλικά, που καθορίζει συγκεκριμένα το σύστημα παραγωγής και όχι σε προβλέψεις.

Ο στόχος των συστημάτων ΠΑΥ δεν είναι άλλος από το βασικό στόχο όλων των συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων, η εξασφάλιση των ποσοτήτων των απαιτούμενων υλικών ώστε να είναι διαθέσιμα στους χρόνους που χρειάζονται χωρίς να δημιουργούνται καταστάσεις μη επαρκούς αποθέματος, οπότε υπάρχει κίνδυνος να διακοπεί η παραγωγική διαδικασία. Παράλληλα πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία πλεονάζοντος αποθέματος, αφού συνεπάγεται δέσμευση κεφαλαίων, δαπάνες αποθήκευσης κλπ. Ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να δίνει απάντηση στα ερωτήματα «πόσο να παραγγελθεί» και «πότε να παραγγελθεί» για κάθε υλικό που χρησιμοποιείται ως εισροή στην παραγωγική διαδικασία

### 1.3.2 Συγκεντρωτικός Προγραμματισμός Παραγωγής

Ο Συγκεντρωτικός Προγραμματισμός Παραγωγής είναι η δραστηριότητα με την οποία καθορίζεται το πρόγραμμα (πλάνο) της παραγωγής συγκεντρωτικά, δηλαδή για το σύνολο των προϊόντων ενός παραγωγικού συστήματος, για ένα σύνολο περιόδων. Το συγκεντρωτικό πρόγραμμα παραγωγής περιλαμβάνει τις μεσοπρόθεσμες αποφάσεις της διοίκησης για τις τιμές των βασικών μεγεθών της παραγωγής. Τα μεγέθη αυτά είναι το συνολικό ύψος της παραγωγής, της απασχόλησης και των αποθεμάτων, συνήθως σε μηνιαία βάση, που τίθενται ως στόχοι για ένα μεσοπρόθεσμο ορίζοντα προγραμματισμού (π.χ. 12 μηνών).

Τα δεδομένα που απαιτούνται για την κατάρτιση του συγκεντρωτικού προγράμματος παραγωγής είναι η δυναμικότητα του συστήματος, η προβλεπόμενη ζήτηση στον ορίζοντα προγραμματισμού για κάθε περίοδο (συνήθως κάθε μήνα), τα υπάρχοντα αποθέματα και οι γενικοί στόχοι και κριτήρια προγραμματισμού που θέτει η διοίκηση. Απαραίτητη είναι και η γνώση των στοιχείων που αφορούν κυρίως το κόστος της παραγωγής (κόστος εργασίας, κόστος αποθεματοποίησης, κόστος μη επαρκούς αποθέματος, μεταβλητό κόστος παραγωγής, κόστος μεταβολών στο επίπεδο απασχόλησης). Με βάση αυτά τα δεδομένα μπορούν καταρχήν να διαμορφωθούν πολλά εναλλακτικά συγκεντρωτικά προγράμματα παραγωγής.

Το συγκεντρωτικό πρόγραμμα παραγωγής αποτελεί το πλαίσιο, μέσα στο οποίο οργανώνεται και αναπτύσσεται η παραγωγική δραστηριότητα ενός συστήματος. Περιλαμβάνει ένα σύνολο στόχων που τίθενται για το σύστημα και αφορούν την παραγωγή, την απασχόληση και τα αποθέματα για κάθε περίοδο μέσα στον ορίζοντα προγραμματισμού. Οι στόχοι αυτοί είναι παράλληλα και περιορισμοί του συστήματος, όσον αφορά την παραγωγική λειτουργία. Ακόμα, οι στόχοι αυτοί αποτελούν έμμεσα στόχους και περιορισμούς και των άλλων λειτουργιών, όπως της χρηματοοικονομικής λειτουργίας ή της λειτουργίας των προμηθειών. Τα επιμέρους προγράμματα αυτών των λειτουργιών πρέπει να καταρτίζονται μέσα στο πλαίσιο που θέτει το συγκεντρωτικό πρόγραμμα παραγωγής.

#### 1.3.2.1 Χρονικός Προγραμματισμός Παραγωγής (χρονοπρογραμματισμός)

Εκτός από το στρατηγικό πρόβλημα του μακροπρόθεσμου σχεδιασμού της δυναμικότητας κάθε συστήματος παραγωγής, τίθεται το πρόβλημα του προγραμματισμού σε μεσοπρόθεσμη και βραχυπρόθεσμη βάση των διατιθέμενων πόρων (ανθρώπινο δυναμικό, μηχανολογικός εξοπλισμός, οικονομικοί πόροι), ώστε τα συστήματα να εκπληρώσουν τους στόχους τους, ανταποκρινόμενα στη ζήτηση των προϊόντων τους. Στην προηγούμενη παράγραφο περιγράφηκε το ζήτημα του μεσοπρόθεσμου συγκεντρωτικού προγραμματισμού παραγωγής, το οποίο αφορά βασικά τα

συστήματα flow-shop. Στην παράγραφο αυτή περιγράφουμε το ζήτημα του (βραχυχρόνιου) χρονικού προγραμματισμού παραγωγής, που αφορά τα συστήματα flow-shop και job-shop.

Σε κάθε τέτοιο πρόβλημα, με βάση τη διαθέσιμη δυναμικότητα, τις απαιτήσεις για παραγωγή προϊόντων και διάφορους τεχνολογικούς και άλλους περιορισμούς, ζητείται η καλύτερη δυνατή τιμή των μεταβλητών απόφασης, δηλαδή η τιμή που αντιστοιχεί στην καλύτερη δυνατή τιμή μιας συνάρτησης κόστους. Έτσι από ένα σύνολο εφικτών προγραμμάτων ζητείται το καλύτερο (αν και συχνά ο καθορισμός του είναι ανέφικτος, οπότε αρκεί να βρεθεί ένα «καλό» πρόγραμμα).

Οι απαιτήσεις για παραγωγή προϊόντων μεταφράζονται μέσω των πινάκων υλικών, των προβλέψεων και των παραγγελιών των πελατών σε απαιτήσεις για παραγωγικούς πόρους (ανθρώπινο δυναμικό, μηχανήματα, σειρά επεξεργασιών, χρόνοι παραγωγής). Οι περιορισμοί αφορούν τη δυναμικότητα, την ακολουθία των δραστηριοτήτων που ορίζει η υπάρχουσα τεχνολογία, τις απαιτήσεις για συντήρηση των μηχανών. Οι μεταβλητές απόφασης αφορούν το μέγεθος μιας παρτίδας παραγωγής (πόσα κομμάτια ανά παρτίδα), τη φόρτωση των μηχανών (ποιά παραγγελία εκτελείται σε ποιά μηχανή), τη σειρά εκτέλεσης των παραγγελιών κλπ. Τέλος, η συνάρτηση κόστους αφορά την πλήρωση κάποιων κριτηρίων που μπορεί να αναφέρονται στην εξυπηρέτηση των πελατών, στο συνολικό κόστος λειτουργίας, στην αξιοποίηση της διαθέσιμης δυναμικότητας κλπ. Έτσι ένα πρόγραμμα είναι καλύτερο από ένα άλλο αν το πρώτο ικανοποιεί σε μεγαλύτερο βαθμό τα κριτήρια που έχουν τεθεί.

### 1.3.3 Προγραμματισμός Έργων

Τα προβλήματα προγραμματισμού και οργάνωσης της εκτέλεσης ενός έργου έχουν να κάνουν με το μεγάλο πλήθος των επιμέρους δραστηριοτήτων, από την εκτέλεση και τη διαπλοκή των οποίων εξαρτάται η ολοκλήρωση του ίδιου του έργου. Οι δραστηριότητες αυτές συνδέονται μεταξύ τους με τεχνολογικές, φυσικές, οικονομικές ή άλλες σχέσεις προτεραιότητας, δηλαδή του τύπου «προηγείται-έπεται», ενώ υπόκεινται σε διάφορους περιορισμούς, π.χ. λόγω διαθέσιμων πόρων ή υπάρχοντος θεσμικού πλαισίου, που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον προγραμματισμό τους. Τα παραπάνω προβλήματα αποκτούν ιδιαίτερη σημασία λόγω της κλίμακας των έργων, του κόστους κατασκευής τους, του ρόλου τους στην οικονομική και κοινωνική ζωή (όπως ένα λιμάνι ή ένα φράγμα) κλπ. Το ζητούμενο σε τέτοια προβλήματα μπορεί να είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου εκτέλεσης του έργου, η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους, η ελαχιστοποίηση του κόστους για ένα δεδομένο ολικό χρόνο, η ελαχιστοποίηση του χρόνου εκτέλεσης για ένα δεδομένο κόστος, η ελαχιστοποίηση των πόρων που αδρανούν.

Οι κύριες μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων είναι η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής (CPM) και η τεχνική αξιολόγησης και αναθεώρησης προγράμματος (PERT).

### 1.3.4 Χρονοπρογραμματισμός Παραγωγής

Εκτενής έρευνα έχει πραγματοποιηθεί προκειμένου να κατανοηθεί η διαδικασία του χρονοπρογραμματισμού (scheduling). Η έρευνα αυτή έχει καταλήξει σε θεωρητικά μαθηματικά μοντέλα και σε μεθόδους αναζήτησης πιθανών λύσεων.

Στη συγκεκριμένη εργασία θα θεωρήσουμε ντετερμινιστικά (deterministic) προβλήματα χρονοπρογραμματισμού. Ένα πρόβλημα καλείται ντετερμινιστικό όταν όλες οι παράμετροι που το ορίζουν είναι γνωστές και δεδομένες εξ αρχής. Επιπλέον θα θεωρήσουμε ότι όλες οι δραστηριότητες υποβάλλονται σε επεξεργασία χωρίς διακοπή, δηλαδή μόλις μία δραστηριότητα αρχίσει, υποβάλλεται σε επεξεργασία μέσα σε ένα συνεχές και αδιάκοπο χρονικό διάστημα.

Η θεωρία χρονοπρογραμματισμού job-shop είναι μέρος της γενικής θεωρίας χρονοπρογραμματισμού και σκοπός της είναι να ερευνήσει το χρονοπρογραμματισμό παραγωγής σε συστήματα παραγωγής job-shop. Το πρόβλημα χρονοπρογραμματισμού job-shop (job-shop scheduling problem, JSSP) είναι ένα από τα πιο δύσκολα συνδυαστικά προβλήματα που έχουν ποτέ διατυπωθεί. Ο σκοπός του κεφαλαίου είναι να αναλύσει το πρόβλημα αυτό και να παρουσιάσει τις διάφορες τεχνικές επίλυσής του.

#### 1.3.4.2 Ο ρόλος του χρονοπρογραμματισμού στο σύστημα παραγωγής

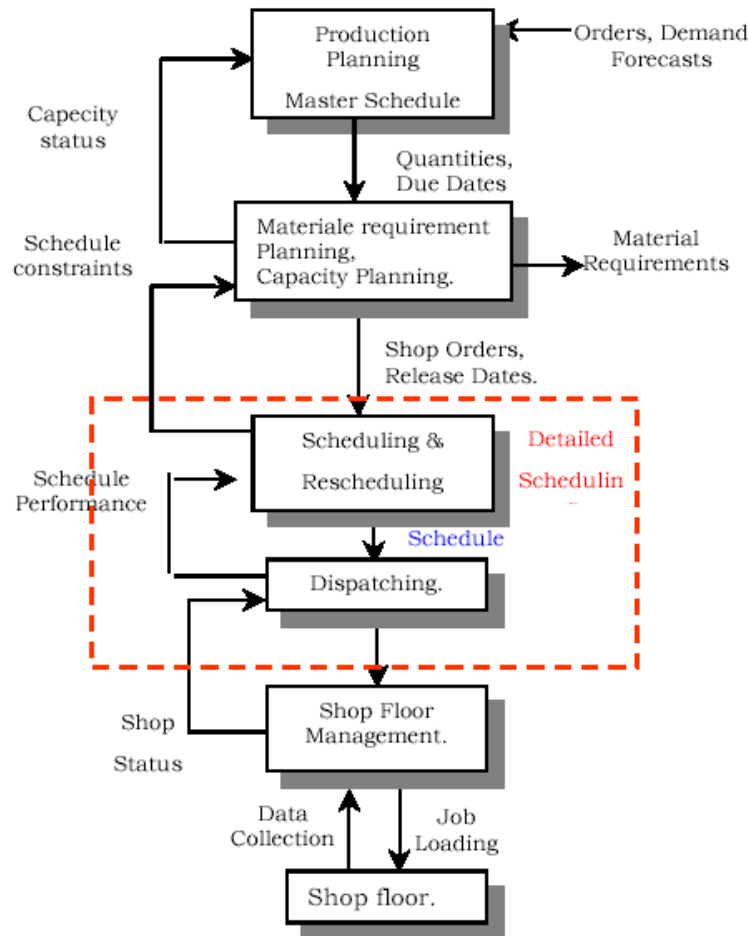
Ο όρος «χρονοπρογραμματισμός» έχει ορισθεί ως «...η κατανομή δεδομένων πόρων στη διάρκεια του χρόνου με σκοπό την ολοκλήρωση ενός συνόλου εργασιών.»<sup>32</sup> Τα προβλήματα χρονοπρογραμματισμού παραγωγής συνδυάζουν επιστημονικές περιοχές τόσο διαφορετικές όπως είναι αυτές του σχεδιασμού παραγωγής (production planning), του computer design και της παραγωγής πλάνων (timetabling). Η θεωρία και οι εφαρμογές του χρονοπρογραμματισμού παραγωγής έχουν αναπτυχθεί σε ένα σημαντικό πεδίο της έρευνας, τόσο από την πλευρά της επιχειρησιακής έρευνας όσο και από την πλευρά της τεχνητής νοημοσύνης.

Οι εντολές πρέπει να αναλυθούν και να μεταφραστούν σε εργασίες συνδεδεμένες με ημερομηνίες παράδοσης. Αυτές οι εργασίες πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία στις μηχανές που διαθέτουν οι σταθμοί παραγωγής και μάλιστα αυτή η επεξεργασία πρέπει να γίνει με προκαθορισμένη σειρά. Ενδέχεται κάποιες εργασίες να καθυστερήσουν και να περιμένουν την επεξεργασία τους σε μηχανές που είναι απασχολημένες ενώ ακόμα μπορεί να περιμένουν άλλες εργασίες που ίσως φθάσουν αργότερα από αυτές στην ίδια μηχανή αλλά που πραγματοποιούνται νωρίτερα λόγω της υψηλότερης προτεραιότητας τους (high-priority jobs).

Ο προγραμματισμός των εργασιών οφείλει να διατηρεί την αποδοτικότητά του και τον έλεγχο των λειτουργιών. Το βραχυχρόνιο πρόγραμμα επηρεάζεται από τη διαδικασία σχεδιασμού παραγωγής (production planning process) που χειρίζεται τον μακροχρόνιο σχεδιασμό ολόκληρου του συστήματος. Οφείλουμε να λάβουμε υπόψη μας τα επίπεδα αποθεμάτων, τις προβλέψεις, τις απαιτήσεις σε πόρους ώστε να βελτιστοποιήσουμε την κατανομή τους και την παραγωγή του προϊόντος. Ακόμα, ο έλεγχος που γίνεται στα σημεία παραγωγής κατά τη διάρκειά της τροφοδοτεί με χρήσιμες πληροφορίες το χρονοπρογραμματισμό. Αναπάντεχα γεγονότα όπως οι διακοπές μηχανών (machines breakdowns) ή χρόνοι επεξεργασίας μεγαλύτεροι από τους αναμενόμενους λαμβάνονται υπόψη.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα διάγραμμα ροής πληροφορίας σε ένα κλασικό σύστημα παραγωγής

<sup>32</sup> Baker [1974] - Παπής Κώστας Π., Προγραμματισμός Παραγωγής, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, 1995



Εικόνα 5 Ένα κλασικό σύστημα παραγωγής

Η περιοχή που μας ενδιαφέρει από το παραπάνω διάγραμμα είναι το τμήμα του λεπτομερούς χρονοπρογραμματισμού (detailed scheduling). Σε αυτή την περιοχή ο χρονοπρογραμματισμός λαμβάνει χώρα μέσα σε ένα δυναμικό περιβάλλον. Ο χρονοπρογραμματισμός είναι άμεσα συνδεδεμένος με την αποστολή (dispatching) των εργασιών στα σημεία παραγωγής ενώ κατά την αντίθετη φορά πληροφορίες από τα σημεία παραγωγής στέλνονται πίσω μέσω του τμήματος αποστολής στο χρονοπρογραμματισμό. Έτσι ανάλογα με τις συνθήκες και τις πληροφορίες ανάδρασης καθορίζεται δυναμικά το πρόγραμμα εργασιών (schedule).

Τα εργοστάσια συχνά διαμορφώνουν πληροφοριακά συστήματα παραγωγής. Συγκεκριμένα υπάρχει μία κεντρική βάση δεδομένων, εύκολα προσβάσιμη, όπου αποθηκεύονται πληροφορίες για κάθε τμήμα της διαδικασίας παραγωγής προϊόντος. Συνδεδεμένα με αυτή τη βάση βρίσκονται τοπικά δίκτυα (local area networks) προσωπικών υπολογιστών, σταθμοί εργασίας και τερματικά εισαγωγής δεδομένων ώστε να μπορούν είτε να ανακτήσουν είτε να εισάγουν δεδομένα στη βάση. Η λειτουργία του χρονοπρογραμματισμού συνήθως γίνεται σε έναν προσωπικό υπολογιστή ή σε ένα σταθμό εργασίας συνδεδεμένο με την κεντρική βάση δεδομένων του εργοστασίου. Τερματικά στα σημεία της παραγωγικής διαδικασίας (shop-floor terminals) βρίσκονται σε θέσεις-κλειδιά και είναι συνδεδεμένα με τη βάση δεδομένων του χρονοπρογραμματισμού ώστε να συνδέουν άλλα τμήματα με αυτή, κάνοντας την προσβάσιμη όπου απαιτείται.



*“The most dangerous kind of waste is the waste we do not recognize.”*

**Shigeo Shingo** (Shingo)

Japanese industrial engineer

## ΕΝΟΤΗΤΑ 2: Σύγχρονες τεχνικές αναπλήρωσης αποθεμάτων

### 2.1 Η φιλοσοφία της λιτής παραγωγής- Lean Manufacturing

#### 2.1.1 Ορισμός Lean Manufacturing

Ο όρος λιτή παραγωγή ή καλύτερα «lean manufacturing» είναι ευρέως διαδεδομένος. Υπό αυτόν τον όρο περιλαμβάνονται πρακτικές και φιλοσοφίες που αφορούν την βελτιστοποίηση του συστήματος παραγωγής. Ο όρος προέρχεται από το δημοφιλές σύστημα παραγωγής της Toyota, η οποία προσπάθησε να συγκεντρώσει τεχνικές κατά την περίοδο του Β' παγκοσμίου πολέμου που αφορούσαν στον καλύτερο/αποτελεσματικότερο τρόπο ελέγχου ποιότητας, δόμησης/διαχωρισμού των εργασιών, έλεγχου της ροής των παραγόμενων προϊόντων.

Σύντομα η Toyota διαπίστωσε ότι η εντάσεως κεφαλαίου και μεγάλων αποθεμάτων μαζική παράγωγή που επικρατούσε στις Ηνωμένες Πολιτείες (αυτοκινητοβιομηχανία Ford) δεν ήταν ιδιαίτερα ευέλικτη. Η μαζική παραγωγή απαιτεί μεγάλη βαρύνουσα εξοπλισμό, μεγάλο χρόνο αναμονής μεταξύ των αλλαγών σε διαφορετικά προϊόντα ή εξαρτήματα (setup time ή changeover time) και μεγάλες παρτίδες παραγομένης ποσότητας από κάθε εξάρτημα ή προϊόν. Μια ακόμη διαπίστωση ήταν ότι η μαζική παραγωγή ενέχει τον κίνδυνο της μεγάλης φύρας είτε αφορά σε πλεονάζον απόθεμα υλών ή παραγόμενων προϊόντων, είτε σε χαμένο χρόνο για αλλαγές μηχανών σε πολλά διαφορετικά προϊόντα. Για τους παραπάνω λόγους η Toyota ανέπτυξε ένα σύστημα παραγωγής υπό την ονομασία «lean manufacturing»<sup>33</sup>.

Σήμερα το φιλοσοφία του lean manufacturing εφαρμόζεται με σκοπό να βελτιώσει τους χρόνους σεταρίσματος των μηχανών και την ροή των υλικών μέσα στην εγκατάσταση ελαχιστοποιώντας τους παρακάτω τύπους απωλειών:

- Υπερπαραγωγή. Η παραγωγή προϊόντων για το οποίο δεν υπάρχουν παραγγελίες προκαλεί σπατάλες όπως είναι οι δαπάνες είτε στέλεχος της αποθήκευσης και μεταφοράς λόγω πλεοναζόντων αποθεμάτων.
- Αναμονή (διαθέσιμος χρόνος). Εργάτες που απλώς παρακολουθούν μια αυτόματη μηχανή η πρέπει να βρίσκονται εκεί περιμένοντας το επόμενο στάδιο, εργαλείο, προμήθεια, εξάρτημα κ.τ.λ. της διαδικασίας, ή μένουν άπρακτοι λόγω εξάντλησης αποθεμάτων, καθυστερήσεων στη διεκπεραίωση παρτίδων, επισκευής μηχανημάτων και δυσχερειών στην παραγωγική διαδικασία.

<sup>33</sup> Marchwinski, Chet, and Shook, John, editors, Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers, 2nd. Ed., Lean Enterprise Institute, 2004.

- Περιττές μεταφορές και μετακινήσεις. Η μεταφορά ημικατεργασμένων προϊόντων σε μεγάλες αποστάσεις, η δημιουργία μη αποδοτικών μέσων μεταφοράς ή η μετακίνηση υλικών, εξαρτημάτων ή τελικών προϊόντων εντός και εκτός της αποθήκης ή μεταξύ διαδικασιών. Κατά την διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας, χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η συνεργασία με εξωτερικούς συνεργάτες για αντικείμενα, ημικατεργασμένα εντός του εργοστασίου, η περαιτέρω κατεργασία γίνεται εκτός εργοστασίου και πολύ χειρότερα εκτός πόλης και μετά το πέρας αυτής, επανέρχεται εντός του εργοστασίου για να χρησιμοποιηθεί κατά το στάδιο της συναρμολόγησης.
- Υπερεπεξεργασία ή λανθασμένη επεξεργασία. Η περιττή επεξεργασία. Η ανεπαρκής επεξεργασία λόγω ακατάλληλων μηχανημάτων και κακού σχεδιασμού του προϊόντος που προκαλούν περιττές κινήσεις και ελαττωματικά προϊόντα. Σπατάλη προκαλείτε όταν παράγονται προϊόντα υψηλότερης ποιότητας απ' αυτήν που χρειάζεται.
- Πλεονάζοντα αποθέματα. Πλεονάζουσες πρώτες ύλες, ημικατεργασμένα ή τελικά προϊόντα που προκαλούν αύξηση του χρόνου λήξης-παράδοσης παραγγελίας, απαρχαίωση, ελαττωματικά προϊόντα, αύξηση των δαπανών μεταφοράς και αποθήκευσης και τέλος καθυστερήσεις. Επίσης, τα πλεονάζοντα αποθέματα κρύβουν προβλήματα, όπως είναι οι ανισορροπίες στην παραγωγή, οι καθυστερήσεις στις παραδόσεις από τους προμηθευτές, ελαττώματα, απώλεια χρόνου λόγω επισκευής μηχανημάτων και χρονοβόρες συναρμολογήσεις.
- Περιττές κινήσεις. Κινήσεις που οι υπάλληλοι πρέπει να κάνουν κατά την εκτέλεση της εργασίας τους, όπως αναζήτηση, προσπάθεια να πιάσουν κάτι, το στοίβαγμα εξαρτημάτων και εργαλείων κ.α. αποτελούν σπατάλη.
- Ελαττώματα. Η παραγωγή ελαττωματικών εξαρτημάτων ή η διόρθωση αυτών. Επισκευή ή ανακατασκευή, υπολείμματα, αντικατάσταση παραγωγής και έλεγχος σημαίνουν σπατάλη στη διακίνηση, στο χρόνο και στην προσπάθεια.
- Αχρησιμοποίητη δημιουργικότητα των υπαλλήλων. Απώλεια χρόνου, ιδεών, δεξιοτήτων, βελτιώσεων και ευκαιριών μάθησης λόγω μη εμπλοκής των υπαλλήλων ή εξέτασης των όσων έχουν να προτείνουν.

Πιο συγκεκριμένα οι σπατάλες σχετικά με τον χρόνο είναι οι εξής:

- Χαμένος χρόνος από υπερπαραγωγή, (waste from overproduction), παραγωγή νωρίτερα από την ημερομηνία που χρειαζόμαστε το προϊόν, παραγωγή περισσότερων προϊόντων που σε περίπτωση να συμβεί κάτι να υπάρχει απόθεμα.
- Χαμένος χρόνος κατά την αναμονή (waste for waiting) ,όταν μαζεύονται τα προϊόντα και δεν κινούνται, όταν εργαζόμενοι δεν είναι παραγωγικοί.
- Χαμένος χρόνος κατά τη μεταφορά (waste in transportation), η διακίνηση των υλικών, οι διπλοί πάγκοι κ.α.

- Χαμένος χρόνος από το αποθέματα (waste from inventory), την αποθήκη, την ασφαλή τοποθέτηση, το ταίριασμα μεγεθών και των συστήματα ελέγχου.
- Χαμένος χρόνος σε κινήσεις (waste in motion), να φτάσεις κάτι, να σκύψεις, πολύ περπάτημα, ξεπακετάρισμα.
- Χαμένος χρόνος από παραγωγή ελαττωματικών προϊόντων (waste from producing defects) επισκευές, απορρίψεις, αχρείαστες επιθεώρησης, λάθη της πρώτης φοράς.
- Χαμένος χρόνος στην παραγωγή (waste in processing), πολύ γρήγορα, πολύ μεγάλα, ακατάστατα η μεγάλη μηχανή στην θέση πολλών μικρών μαζί.

## 2.1.2 Εργαλεία Lean Manufacturing

### 2.1.2.1 Value Stream Mapping

Το Value Stream Mapping είναι ένα από τα εργαλεία του Lean Manufacturing, σκοπός του οποίου είναι η απεικόνιση του χειρισμού και ροής των υλικών και των πληροφοριών εντός μιας παραγωγικής μονάδας<sup>34</sup>. Ειδικότερα, αποτυπώνεται σε έναν χάρτη όλη η ροή αξίας που αφορά είτε σε υλικά (χρηματική ροή), είτε πληροφορίες από τις εισόδους (παραλαβή) μιας εγκατάστασης έως και τις εξόδους (παράδοση). Κάθε σημαντική δραστηριότητα, συσσώρευση αποθεμάτων αποτυπώνεται στον χάρτη με μετρήσιμα στοιχεία όπως, απόθεμα εκφρασμένο σε ημέρες παραγωγής (stock days coverage), κύκλος παραγωγής (cycle time) κ.ο.κ, ενώ αποτυπώνεται και η ροή των πληροφοριών με την μορφή προγραμματισμού παραγωγής ή αλληλεπιδράσεων με τους πελάτες (πχ. παραγγελίες).

Το αποτέλεσμα είναι η πλήρης απεικόνιση της τρέχουσας κατάστασης της παραγωγής μαζί με την ζήτηση των πελατών, την κατάσταση των διανομών και τους χρόνους αντίδρασης της παραγωγής. Αυτό το εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να απεικονίσει την κατάσταση στην οποία επιθυμεί η διοίκηση να φτάσει η παραγωγή. Κοινώς να θέσει στόχους και να τους αποτυπώσει πάνω στον χάρτη «future state map»<sup>35</sup>. Το value stream mapping στην εκτεταμένη «extended VSM» του μορφή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την κατάσταση μεταξύ πολλών παραγωγικών μονάδων. Σε αυτή την περίπτωση κάθε μονάδα απεικονίζεται σαν ξεχωριστός σταθμός με τα σημαντικότερα μόνο στοιχεία.

### 2.1.2.2 Poka Yoke

Το 1961 ο Δρ Shigeo Shingo, πολιτικός μηχανικός στην Toyota Motor Corporation, εισήγαγε την έννοια του Poka-Yoke και την μετέτρεψε σε ένα εξαιρετικό εργαλείο. Πρόκειται για ένα εργαλείο που αφορά στην εξάλειψη των αστοχιών κατά την παραγωγική διαδικασία, εξαλείφοντας την ανάγκη των επιθεωρήσεων ποιοτικού ελέγχου. Από τότε, το "poka-yoke" έγινε αναπόσπαστο μέρος της ιαπωνικής ποιότητας και των συστημάτων παραγωγής<sup>36</sup>.

<sup>34</sup> Rother, Mike, and Shook, John, Learning to See: Value – Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda, version 1.3, Lean Enterprise Institute, 2003.

<sup>35</sup> Marchwinski, Chet, and Shook, John, editors, lean Lexicon: A Graphical Glossary for lean Thinkers, 2nd. ed., Lean Enterprise Institute, 2004.

<sup>36</sup> (Manivannan, 2006? Shimbun, 1988)

Ο όρος ήταν αρχικά γνωστός ως Baka-Yoke, που αποδίδεται ως ανίχνευση ανοησίας (fool proofing). Εντούτοις, επειδή ο όρος αυτός δεν ήταν πολύ ελκυστικός, αντίθετα κρίθηκε υποτιμητικός, άλλαξε σε roka – yoke το οποίο αποδίδεται ως ανίχνευση σφάλματος και πολύ σύντομα η μεθοδολογία υιοθετήθηκε από Ιαπωνικά εργοστάσια αυτοκινήτων το 1963. Στην διεθνή βιβλιογραφία έχουν υπάρξουν πολλοί ορισμοί για τη μεθοδολογία Poka-Yoke.

Οι ακόλουθες δηλώσεις περιγράφουν καλύτερα την ιδέα του Poka-Yoke από διαφορετικές πτυχές:

*"The original idea behind poka-yoke is to respect the intelligence of workers. Poka-yokes are for freeing worker's time and mind to pursue more creative and value adding activities" - N.K. Shimbun, 1988*

*"Error proofing is not so much a lean "tool" as it is a way of thinking and evaluating problems. It is based on a philosophy that people do not intentionally make mistakes or perform the work incorrectly, but for various reason mistakes can and do occur" -J.K Liker and D. Meier, 2006*

*"Defects = 0 is absolutely possible" - Shigeo Shingo, 1986*

Το Poka- Yoka αναπτύχθηκε αρχικά για την παραγωγή ως συσκευές ανίχνευσης λαθών, τα οποία μπορούσαν να οδηγήσουν σε φθορές. Σήμερα το Poka Yoke είναι μια ολόκληρη μεθοδολογία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εργαλείο ποιοτικού ελέγχου και πρόληψης λαθών. Κατά τον εμπνευστή της ιδέας (Shigeo Shingo), τα λάθη σε μια διαδικασία μπορούν εντοπισθούν και να εξαλείφουν κατά τον σχεδιασμό της διαδικασίας, πριν καν συμβούν. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται τα σφάλμα και η ανάπτυξη μεθόδων επίλυσης λαθών.

Οι μηχανισμοί Poka – Yoke μπορούν να εκτελέσουν τρεις χρήσιμες λειτουργίες στην πρόληψη των λαθών. Αυτές οι λειτουργίες συνδέονται με τα τρία στάδια λαθών που μπορούν να υπάρξουν. Σύμφωνα με τους Combining Bayers (1994) και Hinckley (2001)<sup>37</sup> πρόκειται για τα παρακάτω στάδια:

- Ένα λάθος πρόκειται να συμβεί σύντομα – Προειδοποίηση
- Ένα λάθος που έχει προκύψει αλλά τα αποτελέσματα της δεν είναι ακόμα εμφανή – Έλεγχος
- Ένα λάθος που έχει προκύψει με εμφανή αποτελέσματα – Κλείσιμο

Οι μέθοδοι ανίχνευσης λαθών περιλαμβάνουν τρεις βασικές λειτουργίες για την πρόληψη τους: έλεγχος, προειδοποίηση, κλείσιμο (βλ. εικόνα 6). Η λειτουργία της προειδοποίησης είναι η λιγότερο ισχυρή καθώς εξαρτάται από την παρατηρητικότητα και την προσοχή των εργατών, διαφορετικά τα λάθη θα συνεχίζουν να συμβαίνουν. Τυπικά παραδείγματα προειδοποίησης είναι οι τεχνικές με λυχνίες και ήχους. Οι μέθοδοι προειδοποίησης είναι ωφέλιμες όπου τα αποτελέσματα ενός λάθους

<sup>37</sup> Combining Bayers (1994) and Hinckley (2001)

είναι σχετικά μικρά ή ακόμη σε περιπτώσεις όπου η εφαρμογή σχεδίου προληπτικού ελέγχου είναι τεχνικά ή οικονομικά ανέφικτη<sup>38</sup>.

Ο έλεγχος και το κλείσιμο (shutdown) θεωρούνται οι πιο αποτελεσματικές λειτουργίες στον εντοπισμό λαθών. Με την ανάπτυξη μηχανισμών Poka – Yoke σε μια διαδικασία που προλαμβάνει τα λάθη, τότε δεν θα προκύπτουν βλάβες. Επίσης, όταν ένα σφάλμα εντοπιστεί μπορεί να σταματήσει η διαδικασία πριν εμφανιστούν οι συνέπειες του λάθους. Αυτή είναι μια πολύ τυπική ιαπωνική προσέγγιση, η οποία έχει σαν στόχο να ενθαρρύνει τους εργάτες στην παραγωγή να σταματούν αμέσως την παραγωγή, μόλις εντοπίσουν ένα πρόβλημα ή ένα λάθος που συνέβη ή πρόκειται να συμβεί<sup>39</sup>.

Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι για να ενεργοποιηθούν οι τρεις λειτουργίες είναι η μέθοδος της επαφής (contact method), η μέθοδος της σταθερής αξίας (fixed-value method) και η μέθοδος της σταδιακής κίνησης (motion-step method).

Η πρώτη τεχνική (contact method) αφορά στην οπτική επαφή μια συσκευής ανίχνευσης αντικείμενου και του προϊόντος. Σε αυτή την μέθοδο, στόχος είναι η ανίχνευση τυχόν ανωμαλιών στο προϊόν. Η δεύτερη τεχνική (fixed-value method) αφορά στην ανίχνευση λαθών κατά την διάρκεια μιας εργασίας σε περιπτώσεις όπου η διαδικασία απαιτεί επαναλήψεις. Τέλος, στην τρίτη τεχνική (motion-step method) γίνεται έλεγχος στις κινήσεις που απαιτούνται για την εκτέλεση μιας διεργασίας και διεξάγονται σύμφωνα με προκαθορισμένο πρότυπο κινήσεων.

Η εφαρμογή του Poka Yoke, είτε φυσική, είτε λειτουργική περιλαμβάνει την εγκατάσταση μηχανισμών που να μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης λαθών. Σύμφωνα με τον Bayers (1994)<sup>40</sup> το πιο δύσκολο σημείο στην μεθοδολογία Poka Yoke, είναι να τεθεί σε εφαρμογή. Εφόσον εγκατασταθεί, τότε η ανάπτυξη και διεύρυνση της μεθοδολογίας είναι πιο εύκολη, επειδή οι εργάτες και η διοίκηση συνειδητοποιούν γρήγορα τα οφέλη της μεθοδολογίας στην πράξη. Τα πιο καθοριστικά σημεία τα οποία θα πρέπει να λάβει κανείς υπόψη για την εγκατάσταση του Poka Yoke είναι:

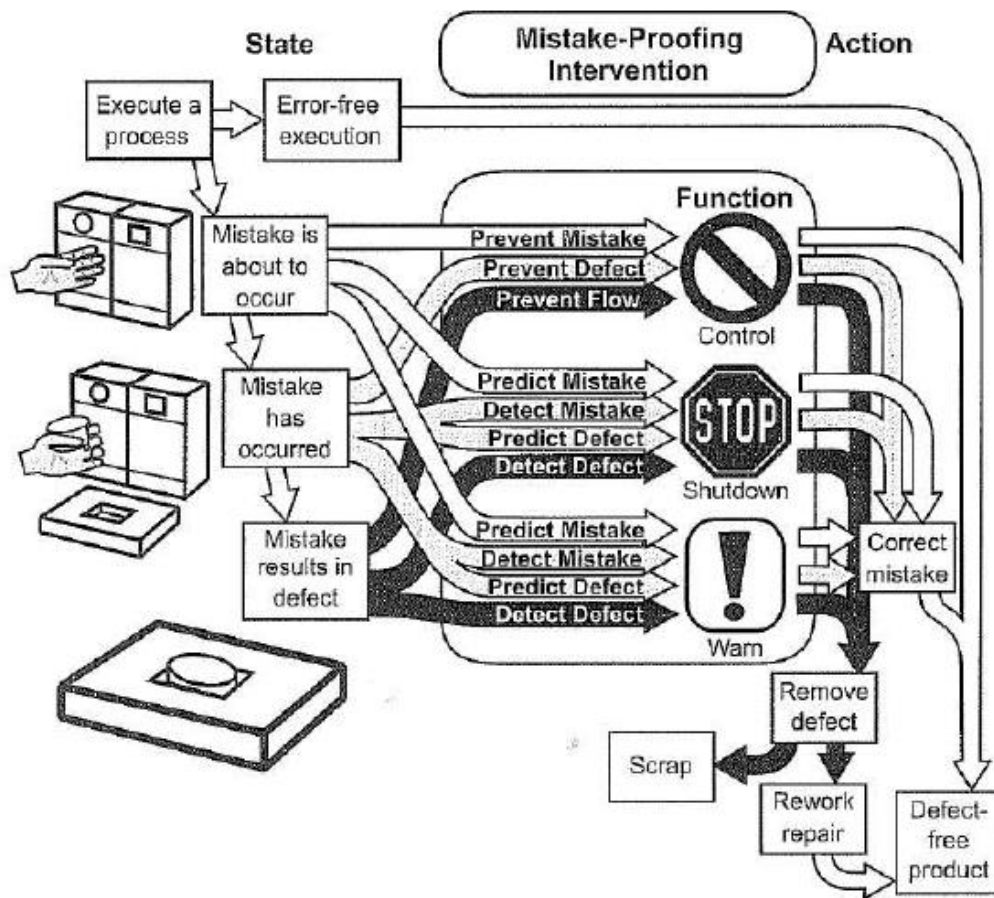
- Χαρακτηριστικά – λεπτομέρειες
- Αποκλίσεις της διαδικασίας και παραλείψεις
- Σχέση ποιότητας

---

<sup>38</sup> (Shingo, 1986)

<sup>39</sup> (Bayers, 1994; Liker & Meier, 2006)

<sup>40</sup> Bayers (1994)



Εικόνα 6 Τρεις πιθανοί τύποι λαθών με τρεις πιθανές λειτουργίες του Poka Yoke<sup>41</sup>

### 2.1.2.3 Η μέθοδος των πέντε S

Ένα από τα εργαλεία του lean manufacturing που χρησιμοποιείται για την τυποποίηση των διαδικασιών είναι η μεθοδολογία των πέντε S. Η μέθοδος αυτή διασφαλίζει την πειθαρχία τόσο στην παραγωγή, όσο και στο διοικητικό προσωπικό και περιλαμβάνει τα εξής πέντε στάδια: ταξινόμηση (Sort), Οριοθέτηση (Straighten), Καθάρισμα (Shine), Τυποποίηση (Standardize) και Συντήρηση (Sustain).

**Ταξινόμηση (Sort):** Περιλαμβάνει την σαφή διάκριση για ό, τι χρειάζεται ή δεν χρειάζεται από τα εργαλεία, αναλώσιμα και άλλα υλικά. Επίσης περιλαμβάνει συστηματική καταγραφή και αξιολόγηση σε ό, τι δεν χρησιμοποιείται ή ότι είναι περιττό για να εκτελέσει μια εργασία, ή ότι ανεπαρκής για τον σκοπό που προορίζεται.

**Οριοθέτηση (Straighten):** Περιλαμβάνει την οριοθέτηση του χώρου για την τοποθέτηση και προσωρινή αποθήκευση υλικών δίπλα στην παραγωγή. Ακόμη συμπεριλαμβάνονται και η χάραξη των διαδρόμων αλλά και τα σημεία όπου πρέπει να είναι τοποθετημένα μηχανήματα και λοιπός εξοπλισμός. Τέλος, μπορεί να συμπεριλαμβάνει και τον χώρο μέσα στον οποίο κινείται ο εργάτης.

<sup>41</sup> (Hinckley, 2001)

**Καθάρισμα (Shine):** αφορά στην διατήρηση του χώρου εργασίας καθαρό και σε συνθήκες όπου ο εργάτης μπορεί να έχει ελευθερία κινήσεων.

**Τυποποίηση (Standardize):** Αφορά στην τυποποίηση όλων διαδικασιών, του εξοπλισμού (εργαλεία) και όλων των διακριτών σημάτων στην παραγωγή.

**Συντήρηση (Sustain):** Τέλος θα πρέπει να προβλέπεται διαδικασία συντήρησης είτε αφορά σε εξοπλισμό είτε, εγκαταστάσεις.

## 2.2 Σύστημα Just – in – Time

Το JIT είναι μια ολοκληρωμένη ομάδα ενεργειών που σχεδιάζονται για την επίτευξη μεγάλου όγκου παραγωγής χρησιμοποιώντας το ελάχιστο απόθεμα πρώτων υλών, εργασίας σε εξέλιξη και τελικών προϊόντων. Τα διάφορα κομμάτια που απαιτούνται καταφθάνουν στο πεδίο εργασίας ακριβώς στην ώρα που χρειάζονται, ολοκληρώνονται και μεταβαίνουν την κάθε διαδικασία ταχύτατα. Η λογική του JIT έχει ως βάση την ιδέα ότι, τίποτα δεν παράγεται μέχρι να χρειαστεί και η ανάγκη της παραγωγής καθορίζεται από την ανάγκη που διαμορφώνει η ζήτηση του προϊόντος. Σε θεωρητική βάση μπορούμε να περιγράψουμε την διαδικασία ως εξής: όταν ένα προϊόν πωλείται σε έναν καταναλωτή, η αγορά το αντικαθιστά με το προϊόν που βρίσκεται στην τελευταία θέση, πριν από αυτό που πωλήθηκε, στο σύστημα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία παραγγελίας στο εργοστάσιο παραγωγής του προϊόντος, με τους εργαζόμενους να τοποθετούν ένα νέο προϊόν στην γραμμή παραγωγής για να αντικαταστήσουν αυτό που αγοράστηκε<sup>42</sup>.

Η φιλοσοφία του Just-In-Time (JIT) στηρίζεται στην έννοια της ιδανικής παραγωγής. Στοχεύει στην μείωση των αποθεμάτων και της φύρας. Το Just-In-Time ορίζεται ως «η παραγωγή του ελάχιστου αριθμού των διαφόρων μονάδων, στις μικρότερες δυνατές ποσότητες, το αργότερο δυνατό χρόνο, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για την απογραφή και αποδίδεται ως πάνω στην ώρα και όχι εγκαίρως.

Είναι σημαντικό, το σύστημα προμηθειών υλικών ενός εργοστασίου να είναι αποτελεσματικό και αποδοτικό ταυτόχρονα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ομαλή λειτουργία της παραγωγής χωρίς τον κίνδυνο σταματήματος. Ακόμη συμβάλει στην μείωση του άμεσου κόστους παραγωγής και την αύξηση της κερδοφορίας της επιχείρησης. Για τους παραπάνω λόγους το JIT κερδίζει συνεχώς έδαφος στις νέες βιομηχανίες<sup>43</sup>.

Τέλος, το JIT μπορεί ακόμη να ορισθεί ως μια ομάδα εργαλείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση προβλημάτων που προκύπτουν κατά την παραγωγική διαδικασία, απαιτώντας<sup>44</sup>:

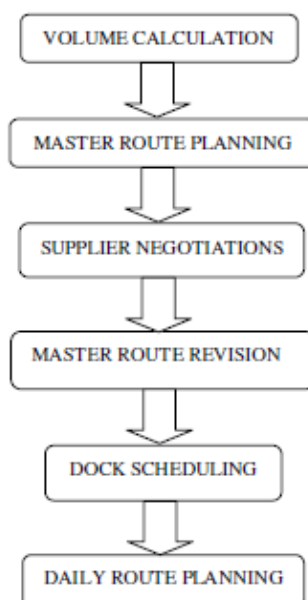
- Αφοσίωση της διοίκησης και συμμετοχή των υπαλλήλων

<sup>42</sup> Chase, Aquilano, Jacobs, (1998). Production and operations Management Manufacturing and Services, 8th edition.

<sup>43</sup> Gurinder Singh Brar and Gagan Saini , “Milk Run Logistics: Literature Review and Directions”,

<sup>44</sup> Richard Burman, Manufacturing Management: Principles and Systems

- Μείωση των αποθεμάτων (εξάλειψη των αποθεμάτων ασφαλείας)
- Μείωση των παρτίδων και του χρόνου παραγωγής
- Μείωση του αριθμού των προμηθευτών
- Ανάπτυξη συνεργασίας πελατών – προμηθευτών
- Ολική συντήρησης παραγωγής (TPM)
- Ολική διαχείριση ποιότητας (TQM)
- Βελτίωση πληροφόρησης σχεδιασμού



Εικόνα 7 Σύστημα προμηθειών υλικών παραγωγής:Βήματα<sup>45</sup>

Η εικόνα 5 αποτυπώνει ένα απλοποιημένο σύστημα παραγωγής το οποίο είναι δομημένο στη φιλοσοφία του JIT.

### 2.2.1 Χαρακτηριστικά του Just – in – Time

**Pull System.** Το σύστημα JIT βασίζεται στην φιλοσοφία ότι τίποτα δεν παράγεται μέχρις ότου χρειαστεί. Η ανάγκη δημιουργείται όταν υπάρχει πραγματική ζήτηση για το προϊόν. Όταν πουληθεί ένα προϊόν, η αγορά, θεωρητικά, απαιτεί αντικατάσταση στην τελική θέση στη γραμμή παραγωγής. Αυτό προκαλεί μια εντολή στην παραγωγική μονάδα του εργοστασίου, όταν ο εργαζόμενος παίρνει μια μονάδα του προϊόντος για να αντικαταστήσει αυτό που έφυγε. Αυτή η παραγωγική μονάδα θα

<sup>45</sup> Theeratham, M., and Lohatepanont, M., “Vehicle Routing in Milk Run Operations: A Column Generation Based Approach”, 2010.



πάρει εξαρτήματα από την προηγούμενη και η μεταφορά αυτή θα συνεχιστεί μέχρι τις πρώτες ύλες. Για να δουλεύει ομαλά αυτή η διαδικασία προώθησης των εξαρτημάτων, το σύστημα JIT απαιτεί υψηλά επίπεδα ποιότητας σε κάθε επίπεδο παραγωγικής διαδικασίας, δυνατές σχέσεις με τους πωλητές (vendors) και μια σχετικά προβλέψιμη ζήτηση για το τελικό προϊόν.

**Υψηλή Ποιότητα.** Τα συστήματα JIT ελέγχουν την Ποιότητα στην πηγή δηλαδή θα πρέπει να γίνονται όλα σωστά από την αρχή και, όταν κάτι πηγαίνει στραβά, θα πρέπει να σταματάει η παραγωγική διαδικασία αμέσως. Οι εργαζόμενοι γίνονται οι ίδιοι επιθεωρητές της ποιότητας της δικής τους δουλειάς. Ο κάθε εργαζόμενος επικεντρώνεται σε ένα μέρος της δουλειάς τη φορά και συνεπώς δεν μπορεί να καλύψει τυχόν προβλήματα ποιότητας. Αν ο ρυθμός είναι πολύ γρήγορος, αν ο εργαζόμενος ανακαλύψει προβλήματα ποιότητας ή αν υπάρχουν θέματα ασφάλειας, ο εργαζόμενος είναι υποχρεωμένος να σταματήσει τη γραμμή παραγωγής και να ειδοποιήσει τα υπόλοιπα τμήματα για το πρόβλημα. Οι εργαζόμενοι θα αναλάβουν οι ίδιοι τη συντήρηση και την επίλυση του προβλήματος.

**Μικρές Παραγγελίες.** Αντί να συγκεντρώνουν μεγάλες ποσότητες αποθέματος, οι χρήστες των JIT συστημάτων διατηρούν τα αποθέματα σε όσο το δυνατόν μικρότερες παρτίδες. Οι μικρές παραγγελίες μειώνει το κυκλικό απόθεμα, δηλαδή το απόθεμα που διατηρείται ανάμεσα σε δύο παραγγελίες. Όσο μειώνεται το μέγεθος της παραγγελίας, τόσο μειώνεται και το κυκλικό απόθεμα. Η μείωση του κυκλικού αποθέματος μειώνει το χρόνο και το χώρο που απαιτείται για την διατήρηση του αποθέματος. Επίσης η μείωση του κυκλικού αποθέματος μειώνει το χρόνο υστέρησης. Η μείωση του χρόνου υστέρησης μειώνει με τη σειρά της το μέγεθος του αποθέματος σε κίνηση καθώς ο χρόνος που χρειάζεται για να περάσει μια μεγάλη παρτίδα από μια μονάδα εργασίας σε μια άλλη είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο για μια μικρή. Επίσης, αν βρεθεί κάποιο ελαττωματικό εξάρτημα σε μία μεγάλη παρτίδα, θα προκληθεί μεγαλύτερη καθυστέρησης, γιατί θα πρέπει να ελεγχθούν όλα τα εξαρτήματα για να βρεθεί ποια χρειάζονται επιπλέον επεξεργασία. Ένα μειονέκτημα των μικρών παραγγελιών, είναι ότι αυξάνουν τη συχνότητα που χρειάζεται να ετοιμαστεί ένα μηχάνημα για μια καινούρια παρτίδα. Οι επιχειρήσεις με μεγάλο χρόνο προετοιμασίας των μηχανημάτων θα πρέπει πρώτα να μειώσουν το χρόνο αυτό, έτσι ώστε να επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα των μικρών παραγγελιών.

**Ομοιόμορφη Κατανομή του Φόρτου Εργασίας.** Το σύστημα JIT λειτουργεί πιο αποτελεσματικά όταν η κατανομή του φόρτου εργασίας στις διάφορες μονάδες εργασίας είναι σχετικά ομοιόμορφη. Οι επιδράσεις των αποκλίσεων από το προκαθορισμένο σχέδιο παραγωγής μετριάζονται με την εξομάλυνση της ροής παραγωγής. Αν συμβεί μια αλλαγή στην τελική μονάδα εργασίας, οι επιδράσεις αυτές μεγεθύνονται σε όλη την έκταση της γραμμής παραγωγής και την εφοδιαστική αλυσίδα. Ο μόνος τρόπος να εξαλειφθεί το πρόβλημα είναι να γίνονται όσο το δυνατόν λιγότερες προσαρμογές θέτοντας ένα μηνιαίο σχέδιο παραγωγής όπου η ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος θα είναι σταθερή. Μία μέθοδος για να επιτευχθεί η ομοιόμορφη κατανομή του φόρτου εργασίας είναι η παραγωγή του ίδιου μίγματος προϊόντων κάθε μέρα σε μικρές ποσότητες. (mixed-model assembly).

**Στενές Σχέσεις με Προμηθευτές.** Καθώς τα συστήματα JIT λειτουργούν με χαμηλά επίπεδα αποθέματος, οι στενές σχέσεις με τους προμηθευτές είναι απαραίτητες. Η αποστολή των εμπορευμάτων πρέπει να γίνεται συχνά, να έχει μικρό χρόνο υστέρησης, να φτάνει χωρίς καθυστερήσεις και να έχει υψηλή ποιότητα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα συμβόλαια απαιτούν από τους προμηθευτές να παραδίδουν υλικά σε ένα εργοστάσιο ακόμα και αρκετές φορές τη μέρα. Οι επιχειρήσεις, για να επιτύχουν στενές σχέσεις με τους προμηθευτές τους προβαίνουν στις ακόλουθες ενέργειες. Μειώνουν τον αριθμό των προμηθευτών, χρησιμοποιούν τοπικούς προμηθευτές και βελτιώνουν τις σχέσεις τους μαζί τους.

Τυπικά, η μείωση του αριθμού των προμηθευτών είναι μια από τις πρώτες ενέργειες για την εφαρμογή του JIT συστήματος. Η επιχείρηση πιέζει τους προμηθευτές της να τις παραδίδουν προϊόντα υψηλής ποιότητας στην ώρα τους και, ως αντάλλαγμα, επεκτείνει τα συμβόλαια μαζί τους και τους πληροφορεί εκ των προτέρων για τις παραγγελίες. Οι κατασκευαστές που χρησιμοποιούν συστήματα JIT γενικώς επιλέγουν προμηθευτές στην ίδια γεωγραφική περιοχή έτσι ώστε να μειώνουν το χρόνο μεταφοράς των υλικών που παραγγέλλουν και να διευκολύνονται οι στενές σχέσεις με τους προμηθευτές. Επίσης, οι χρήστες των JIT συστημάτων επιδιώκουν να αναπτύξουν ένα πνεύμα συνεργασίας με τους προμηθευτές τους. Η στενή συνεργασία μεταξύ των εταιριών και των προμηθευτών τους ωφελεί και τις δύο πλευρές. Οι προμηθευτές θα πρέπει επίσης να αναμιγνύονται στον σχεδιασμό νέων προϊόντων έτσι ώστε να αποφεύγεται ο σχεδιασμός αναποτελεσματικών εξαρτημάτων πριν ξεκινήσει η παραγωγή. Οι εταιρείες θα πρέπει να βλέπουν τους προμηθευτές τους ως συνεργάτες στον ίδιο εγχείρημα όπου και τα δύο μέρη έχουν συμφέρον να διατηρήσουν μια μακροχρόνια και επικερδή σχέση.

**Ευέλικτο Εργατικό Δυναμικό.** Το ευέλικτο εργατικό δυναμικό μπορεί να εκπαιδευτεί έτσι ώστε να εκτελεί παραπάνω από μία εργασίες. Όταν το επίπεδο των ικανοτήτων που απαιτείται για την εκτέλεση των περισσότερων καθηκόντων είναι μικρό, μπορεί να επιτευχθεί υψηλός βαθμός ευελιξίας του εργατικού δυναμικού με σχετικά περιορισμένη εκπαίδευση. Σε περιπτώσεις, όμως, που απαιτούνται υψηλά επίπεδα ικανοτήτων, η μετακίνηση των εργαζομένων από τη μία εργασία στην άλλη μπορεί να απαιτεί υψηλή και δαπανηρή εκπαίδευση. Η ευελιξία του εργατικού δυναμικού μπορεί να βοηθήσει στην αποσυμφόρηση κάποιων μονάδων εργασίας σε δύσκολες περιστάσεις, έτσι ώστε να μην αναγκάζονται οι εταιρείες να καταφεύγουν στη διατήρηση αποθεμάτων.

**Αυτοματοποιημένη Παραγωγή.** Η αυτοματοποίηση παίζει σημαντικό ρόλο στα συστήματα JIT και είναι το κλειδί για παραγωγή χαμηλού κόστους. Η απελευθέρωση χρημάτων λόγω μείωσης των αποθεμάτων μπορεί να επενδυθεί στην αυτοματοποίηση της παραγωγής έτσι ώστε να μειωθεί το κόστος. Τα οφέλη για την επιχείρησης είναι είτε υψηλότερα κέρδη είτε μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς είτε και τα δύο. Η αυτοματοποίηση της παραγωγής θα πρέπει, όμως, να σχεδιάζεται προσεκτικά και θα πρέπει να διατηρείται η απαιτούμενη ισορροπία αυτοματισμού και άμεσης ανθρώπινης εργασίας.

**Προληπτική Συντήρηση.** Επειδή τα συστήματα JIT δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στην ομαλή ροή της παραγωγής και στη μικρή ποσότητα αποθεμάτων, η μη σχεδιασμένη διακοπή της λειτουργίας των μηχανημάτων μπορεί να αποσυντονίσει την παραγωγική διαδικασία. Η προληπτική συντήρηση μπορεί να μειώσει τη συχνότητα και τη διάρκεια της διακοπής λειτουργίας των μηχανημάτων. Μετά από την εκτέλεση των συνηθισμένων διαδικασιών συντήρησης, οι τεχνικοί μπορούν να ελέγχουν και άλλα εξαρτήματα που μπορεί να χρειάζονται αντικατάσταση. Η αντικατάσταση κατά της διάρκειας της τακτικής σχεδιασμένης περιόδου συντήρησης είναι ευκολότερη και πιο γρήγορη από τις βλάβες στα μηχανήματα κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Μια άλλη τακτική είναι να αναθέτουν οι επιχειρήσεις στους εργαζόμενους την ευθύνη για την τακτική συντήρηση των μηχανημάτων και υλικών που χρησιμοποιούν. Η τακτική αυτή δεν μπορεί βέβαια να εφαρμοστεί σε μηχανήματα υψηλής τεχνολογίας που απαιτούν εκπαιδευμένους τεχνικούς για τη συντήρησή τους.

### 2.2.2 Just - in - Time II

Μια δεύτερη προσέγγιση των JIT συστημάτων ξεκίνησε και εφαρμόστηκε από την Bose Corporation, κατασκευάστρια εταιρεία υψηλής ποιότητας επαγγελματικών ηχητικών συστημάτων. Σε ένα JIT II σύστημα, η εταιρεία φέρνει εκπροσώπους των προμηθευτών μέσα στο εργοστάσιο με έξοδα των προμηθευτών. Οι εκπρόσωποι αυτοί απασχολούνται πλήρως στο εργοστάσιο και προγραμματίζουν των ανεφοδιασμό των υλικών από τους προμηθευτές που εκπροσωπούν. Τυπικά, τα καθήκοντα του αντιπροσώπου είναι να δίνει εντολές για παραγγελίες στην ίδια του την εταιρεία εκ μέρους του

εργοστασίου, να βοηθάει στη μείωση του κόστους και τη βελτίωση των διαδικασιών κατασκευής και να διευθύνει τα προγράμματα παραγωγής των προμηθευτών. Ο εκπρόσωπος αντικαθιστά τον αγοραστή, των πωλητή και ορισμένες φορές και τον υπεύθυνο για τον προγραμματισμό των υλικών σε ένα JIT II σύστημα. Συνεπώς, τα συστήματα JIT II απαιτούν ιδιαίτερα στενή αλληλεπίδραση με τους προμηθευτές.

Από πλευράς του πελάτη, ένα από τα οφέλη των συστημάτων αυτών είναι ότι αποδεσμεύεται από κάποια διοικητικά καθήκοντα και μπορεί να χρησιμοποιήσει το προσωπικό που ασχολούταν με την αγορά των υλικών σε άλλους τομείς των προμηθειών. Επίσης, βελτιώνονται δραστικά η επικοινωνία και η τοποθέτηση των εντολών και το κόστος των υλικών μειώνεται. Οι εταιρείες μπορούν να φέρνουν τους προμηθευτές που επιλέγουν πιο νωρίς στο σχεδιασμό της παραγωγικής διαδικασίας. Τα οφέλη από την πλευρά των προμηθευτών είναι ότι μειώνεται η προσπάθεια για πωλήσεις, αυξάνεται ο όγκος της δουλειάς στην αρχή του προγράμματος και στη συνέχεια καθώς εισάγονται καινούρια προϊόντα, η τιμολόγηση και οι πληρωμές γίνονται πιο αποτελεσματικά και τα συμβόλαια με τις εταιρείες δεν έχουν ημερομηνίες λήξης.

### 2.2.3 Οφέλη του Just - in - Time

Όταν στόχος της επιχειρησιακής στρατηγικής είναι η βελτίωση του όγκου των αποθεμάτων και η παραγωγικότητα του εργατικού δυναμικού, η φιλοσοφία των JIT συστημάτων αποτελεί μία λύση. Το χαμηλό κόστος και η συνεχής υψηλή ποιότητα είναι συχνά οι προτεραιότητες των JIT συστημάτων. Η δυνατότητα να παρέχουν ποικιλία στο προϊόν που παράγουν εξαρτάται από τον βαθμό ευελιξίας που έχει σχεδιαστεί στο σύστημα παραγωγής. Τέτοιες είναι οι περιπτώσεις εταιρειών που χρησιμοποιούν τη στρατηγική εντολής – παραγωγής. Για παράδειγμα, τέτοιου είδους στρατηγική σε μια αυτοκινητοβιομηχανία επιτρέπει να υπάρχει ποικιλία στα είδη που παρασκευάζονται σε θέμα χρώματος, επιλογών κα. Η προσαρμογή της παραγωγής σε κάθε παραγγελίας συνήθως δεν επιχειρείται σε ένα σύστημα JIT. Συνήθως, τα προϊόντα που παράγονται με συστήματα JIT είναι περισσότερο τυποποιημένα παρά εξειδικευμένα. Ένα σύστημα σχεδιασμένο να παράγει σε ένα σταθερό ημερήσιο ρυθμό χρησιμοποιώντας χαμηλά επίπεδα αποθέματος είναι δύσκολο να προσαρμοστεί με την ακανόνιστη ζήτηση και τις απαιτήσεις τελευταίας στιγμής για παραγγελίες προσαρμοσμένες στον πελάτη που συνδέονται με το σύστημα εντολής – παραγωγής.

Τα συστήματα JIT χρησιμοποιούνε μια στρατηγική ροής παραγωγής έτσι ώστε να πετυχαίνουν υψηλό όγκο και χαμηλό κόστος παραγωγής. Οι εργαζόμενοι και τα μηχανήματα οργανώνονται με βάση τη ροή της παραγωγής και ακολουθούν τη διαδοχή των παραγωγικών λειτουργιών. Όταν ένα εξάρτημα τελειώσει με μια μονάδα εργασίας μεταφέρεται στην επόμενη σχεδόν αμέσως, μειώνοντας έτσι το χρόνο υστέρησης και τα αποθέματα. Η επανάληψη των διαδικασιών κάνει πιο ορατές τις ευκαιρίες που υπάρχουν για βελτίωση της μεθοδολογίας. Τα συστήματα JIT έχουν επίσης τα ακόλουθα λειτουργικά οφέλη.

- α) Μειώνουν της απαιτήσεις σε χώρο
- β) Μειώνουν την επένδυση σε αποθέματα πρώτων υλών, επεξεργασμένων προϊόντων και τελικών προϊόντων
- γ) Μειώνουν τους χρόνους υστέρησης στην κατασκευή των προϊόντων
- δ) Αυξάνουν την παραγωγικότητα των εργατών αλλά και των υπαλλήλων
- ε) Αυξάνουν τη χρήση του εργοστασιακού εξοπλισμού
- ζ) Απαιτούν απλά συστήματα σχεδιασμού

- η) Θέτουν αυστηρές προτεραιότητες για τον προγραμματισμό της παραγωγής
- ι) Ενθαρρύνουν τη συμμετοχή του εργατικού δυναμικού
- κ) Αυξάνουν την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος

Ένας στόχος των JIT συστημάτων είναι να μειώσουν τόσο το χρόνο προετοιμασίας των μηχανημάτων για παραγωγή έτσι ώστε να είναι οικονομική ακόμα και η παραγωγή μίας μονάδας του προϊόντος. Παρ' όλο που ο στόχος αυτός σπάνια επιτυγχάνεται στην πράξη, η παραγωγή σε μικρές παρτίδες είναι στο κέντρο των συστημάτων αυτών. Τα πλεονεκτήματα των JIT συστημάτων έχουν ωθήσει αρκετές επιχειρήσεις να επανεξετάσουν τα υπάρχοντα συστήματα και να μελετήσουν την προοπτική προσαρμογής των λειτουργιών τους στην φιλοσοφία των JIT.

Τα οφέλη από την εφαρμογή των συστημάτων JIT είναι αρκετά και σημαντικά, αλλά προβλήματα μπορούν να προκύψουν ακόμα και όταν ένα σύστημα JIT έχει εφαρμοστεί για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Για τη σωστή και ομαλή λειτουργία τους θα πρέπει η εταιρεία να φροντίζει για την τήρηση κάποιων απαραίτητων προϋποθέσεων.

Οργανωτικές Απαιτήσεις. Τα συστήματα JIT μπορούν να συνδυαστούν με τον στατιστικό έλεγχο των διαδικασιών έτσι ώστε να μειώνονται οι διακυμάνσεις στην παραγωγή. Όμως, ο συνδυασμός αυτός απαιτεί υψηλό βαθμό πειθαρχίας και ελέγχου και προκαλεί συχνά άγχος στους εργαζόμενους μειώνοντας έτσι την παραγωγικότητά τους αλλά και την ποιότητα του προϊόντος. Επίσης, οι εργαζόμενοι μπορεί να νιώθουν ότι έχουν χάσει την αυτονομία τους λόγω του στενού συνδέσμου στη ροή των υλικών μεταξύ των διαφόρων μονάδων εργασίας με χαμηλά επίπεδα αποθέματος. Οι διευθυντές μπορούν να περιορίσουν τέτοια φαινόμενα επιτρέποντας μια λογική χρήση αποθεμάτων ασφαλείας στο σύστημα και δίνοντας περισσότερη έμφαση στη ροή των υλικών απ' ό,τι στη ρυθμό εργασίας.

## 2.4 Pull System

Ένα σύστημα παραγωγής αποτελείται από μέσα παραγωγής που εκτελούν εργασίες πάνω σε υλικά για να παράγουν τελικά προϊόντα που πρόκειται να παραδοθούν σε πελάτες. Ο αποτελεσματικός έλεγχος της παραγωγής είναι αποφασιστικός παράγοντας για την ανταγωνιστικότητα του συστήματος. Ο έλεγχος της παραγωγής είναι ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης που αποσκοπεί στο να απαντήσει στο ερώτημα πότε και πόσο να παράγει το σύστημα έτσι ώστε να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών ενώ ταυτόχρονα διατηρείται μικρό απόθεμα ενδιάμεσων ή τελικών προϊόντων. Μία ρεαλιστική προσέγγιση για τον έλεγχο της παραγωγής είναι να αποσυνθέσουμε το σύστημα παραγωγής σε υποσυστήματα ή στάδια και να ορίσουμε έναν μηχανισμό που να συντονίζει την εισαγωγή εξαρτημάτων σε κάθε στάδιο με την άφιξη ζητήσεων για τελικά προϊόντα. Πολιτικές όπου η παραγωγή προκαλείται ή ελκύεται από πραγματικές ζητήσεις για τελικά προϊόντα ονομάζονται «ελκόμενες» (pull) πολιτικές ή μηχανισμοί ή συστήματα ελέγχου της παραγωγής<sup>46</sup>.

Το πρόβλημα που μας απασχολεί είναι πώς να συντονίσουμε την εισαγωγή εξαρτημάτων σε κάθε στάδιο με την άφιξη των ζητήσεων για τελικά προϊόντα στο τέλος του συστήματος. Υποθέτουμε ότι οι αφίξεις των πρώτων υλών φθάνουν στο χώρο αποθήκευσης πρώτων υλών με μια διεργασία που είναι εκτός ελέγχου της παραγωγής. Θα παρουσιάσουμε τέσσερα διαφορετικά συστήματα συντονισμού των σταδίων ή ελκόμενα συστήματα ελέγχου της παραγωγής που όλα έχουν τα εξής κοινά

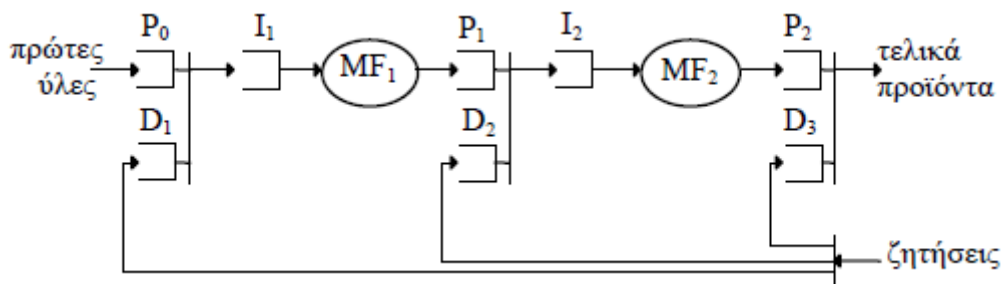
<sup>46</sup> Buzacott, J. A. and G. J. Shanthikumar (1993), *Stochastic Models of Manufacturing Systems*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey

χαρακτηριστικά. Κάθε σύστημα έχει τρεις τύπους κινούμενων στοιχείων: «εξαρτήματα», «ζητήσεις» και «εξουσιοδοτήσεις παραγωγής». Σε κάθε σύστημα, για να εισαχθεί ένα εξάρτημα από το χώρο αποθήκευσης εξερχόμενων υλών του σταδίου  $i-1$  στο χώρο αποθήκευσης εισερχόμενων υλών του σταδίου  $i$ , πρέπει να υπάρχουν: 1) τουλάχιστον ένα τελειωμένο εξάρτημα στο χώρο αποθήκευσης εξερχόμενων υλών του σταδίου  $i-1$ , 2) τουλάχιστον μία ζήτηση για την εισαγωγή ενός εξαρτήματος στο στάδιο  $i$  και 3) τουλάχιστον μία εξουσιοδότηση παραγωγής για την εισαγωγή ενός εξαρτήματος στο στάδιο  $i$ .

Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικά από τα σημαντικότερα ελκυόμενα συστήματα ελέγχου της παραγωγής τα οποία αποτελούν τη βάση άλλων συστημάτων. Τα δύο πρώτα συστήματα εξαρτώνται από μια παράμετρο ανά στάδιο ενώ τα δύο τελευταία συστήματα εξαρτώνται από δύο παραμέτρους ανά στάδιο.

#### 2.4.1 Σύστημα Basestock

Ένα από τα απλούστερα ελκυόμενα συστήματα ελέγχου της παραγωγής είναι το σύστημα basestock. Η εικόνα 6 δείχνει ένα σύστημα basestock με δύο στάδια στη σειρά, μοντελοποιημένο σαν δίκτυο ουρών αναμονής<sup>47</sup>. Η ουρά  $P_i$  αναπαριστάει το χώρο αποθήκευσης εξερχόμενων υλών του σταδίου  $i$ ,  $i=1,2$ . Η ουρά  $D_i$  περιέχει ζητήσεις για την παραγωγή εξαρτημάτων του σταδίου  $i$ ,  $i=1,2$ . Η ουρά  $P_0$  αναπαριστάει τον χώρο αποθήκευσης πρώτων υλών και η ουρά  $D_3$  περιέχει ζητήσεις για τελικά προϊόντα. Η ουρά  $I_i$  αναπαριστάει τον χώρο αποθήκευσης εισερχόμενων υλών του σταδίου  $i$ ,  $i=1,2$ . Το οβάλ  $MF_i$  αναπαριστάει το σύστημα παραγωγής του σταδίου  $i$ ,  $i=1,2$ .



Εικόνα 8 Σύστημα basestock με δυο στάδια στη σειρά

Όταν το σύστημα βρίσκεται στην αρχική του κατάσταση, δηλαδή προτού φτάσουν οποιεσδήποτε ζητήσεις στο σύστημα, η ουρά  $P_0$  περιέχει ένα αρχικό απόθεμα πρώτων υλών, η ουρά  $P_i$  περιέχει  $S_i$  τελειωμένα εξαρτήματα του σταδίου  $i$ ,  $i=1,2$ , και όλες οι άλλες ουρές του συστήματος είναι άδειες. Έτσι, το  $S_i$  είναι η μόνη παράμετρος ελέγχου του σταδίου  $i$  και αναφέρεται ως το «βασικό απόθεμα» (basestock) του σταδίου  $i$ , όπου ο όρος basestock είναι παρμένος από τη Θεωρία Αποθεμάτων.

Στο σύστημα basestock δεν υπάρχουν εξουσιοδοτήσεις παραγωγής. Έτσι το μόνο που χρειάζεται για να εισαχθεί ένα εξάρτημα από το χώρο αποθήκευσης εξερχόμενων υλών ενός σταδίου στο χώρο αποθήκευσης εισερχόμενων υλών του επόμενου σταδίου είναι μία ζήτηση για την εισαγωγή ενός

<sup>47</sup> Cheng, D. Y. and D. D. Yao (1993), "Tandem Queues with General Blocking: A Unified Model and Comparison Results," Journal of Discrete Event Dynamic Systems : Theory and Applications, Vol. 2, pp. 207-234

τέτοιου εξαρτήματος. Εναλλακτικά, το σύστημα basestock μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σύστημα με άπειρες εξουσιοδοτήσεις παραγωγής σε κάθε στάδιο. Το σύστημα basestock λειτουργεί ως εξής. Όταν μια ζήτηση ενός πελάτη φτάσει στο σύστημα εισέρχεται στην ουρά  $D_3$  ζητώντας την παράδοση ενός τελειωμένου προϊόντος από την ουρά  $P_2$  στον πελάτη. Ταυτόχρονα, η ίδια ζήτηση δημιουργεί σε κάθε ουρά  $D_i$  μια ζήτηση για την εισαγωγή ενός εξαρτήματος από την ουρά  $P_{i-1}$  στην ουρά  $I_i$ ,  $i=1,2$ .

Η φιλοσοφία του συστήματος basestock είναι ότι όταν μία ζήτηση ενός πελάτη φτάσει στο σύστημα εκπέμπεται αμέσως σε κάθε στάδιο του συστήματος εξουσιοδοτώντας τη μεταφορά ενός νέου εξαρτήματος από το στο χώρο αποθήκευσης εξερχόμενων υλών του προηγούμενου σταδίου στο χώρο αποθήκευσης εισερχόμενων υλών του σταδίου. Το πλεονέκτημα αυτού του μηχανισμού είναι ότι αντιδρά γρήγορα στη ζήτηση. Το μειονέκτημά του είναι ότι παρέχει πολύ χαλαρό συντονισμό μεταξύ των σταδίων και ότι δεν εξασφαλίζει κανένα όριο στον αριθμό των εξαρτημάτων που εισέρχονται στο σύστημα αφού κάθε ζήτηση που φτάνει στο σύστημα εξουσιοδοτεί την εισαγωγή ενός νέου εξαρτήματος στο σύστημα. Είναι αξιοσημείωτο ότι το σύστημα basestock είναι ισοδύναμο με το σύστημα hedging point<sup>48</sup> στο οποίο η εισαγωγή ενός εξαρτήματος στο στάδιο  $i$  εξουσιοδοτείται εάν η διαφορά ανάμεσα στο συνολικό αριθμό των εξαρτημάτων που έχουν ήδη εισαχθεί στο στάδιο  $i$  και στο συνολικό αριθμό των ζητήσεων πελατών που έχουν φτάσει στο σύστημα είναι κάτω από ένα δεδομένο επίπεδο που ονομάζεται «σημείο προστασίας» (hedging point) και συμβολίζεται με  $Z_i$ . Τα σημεία προστασίας έχουν μη αύξουσα τιμή ως προς τα στάδια, δηλαδή  $Z_i \geq Z_{i+1}$ , για όλα τα  $i$ , και η σχέση ανάμεσα στα συστήματα basestock και hedging point είναι η εξής. Ένα σύστημα hedging point με σημεία προστασίας  $Z_i, i=1,2,\dots,N$  είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα basestock με παραμέτρους  $S_N = Z_N$ ,  $S_{N-1} = Z_{N-1} - Z_N, \dots, S_1 = Z_1 - Z_2$ .

#### 2.4.2 Σύστημα Kanban

Το πιο γνωστό ελκυσμένο σύστημα ελέγχου της παραγωγής είναι το σύστημα kanban. Η λέξη kanban σημαίνει «κάρτα» στα Ιαπωνικά και αναφέρεται στο μηχανισμό κατά τον οποίο μία κάρτα εξουσιοδότησης επικολλάται σε ένα εξάρτημα εξουσιοδοτώντας την εισαγωγή του σε κάποιο στάδιο. Οι τελευταίες δύο δεκαετίες έχουν δει μεγάλη ανάπτυξη στη βιβλιογραφία γύρω από το σύστημα kanban αλλά δεν υπάρχει ένας ορισμός κοινής αποδοχής του συστήματος<sup>49</sup>. Είναι ο πιο γενικός ορισμός με την έννοια ότι εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε σύστημα παραγωγής, ενώ πολλοί άλλοι ορισμοί περιορίζονται σε συστήματα με μία μηχανή ανά στάδιο.

Η πιο απλή μορφή ενός συστήματος Kanban χρησιμοποιεί μια κάρτα η οποία τοποθετείται σε κάθε κυτίο μεταφοράς αντικειμένων που έχουν παραχθεί. Το κυτίο περιέχει ένα συγκεκριμένο ποσοστό των ημερήσιων αναγκών για το υλικό αυτό. Όταν το υλικό του κυτίου χρησιμοποιηθεί και το κυτίο αδειάσει, τότε η κάρτα μεταφέρεται από το άδειο κυτίο σε ένα σημείο παραλαβής και το κυτίο τοποθετείται στον αποθηκευτικό χώρο. Η κάρτα δείχνει την ανάγκη να παραχθεί ένα νέο κυτίο με το υλικό αυτό. Όταν το κυτίο ξαναγεμίσει, η κάρτα επανατοποθετείται μέχρι να αδειάσει και ο κύκλος ξεκινάει ξανά όταν ο χρήστης παραλάβει το κυτίο με την κάρτα. (Το παρακάτω σχήμα δείχνει πως

<sup>48</sup> Dallery, Y. and S. B. Gershwin (1992) "Manufacturing Flow Line Systems : A Review of Models and Analytical Results," *Queueing Systems*, Vol. 12, pp. 3-94.

<sup>49</sup> Dallery, Y. and G. Liberopoulos (1995), "A New Kanban-Type Pull Control Mechanism for Multi-Stage Manufacturing Systems," *Proceedings of the 3rd European Control Conference, Rome, September 5-8, 1995*, Vol. 4, No. 2, pp. 3543-3548

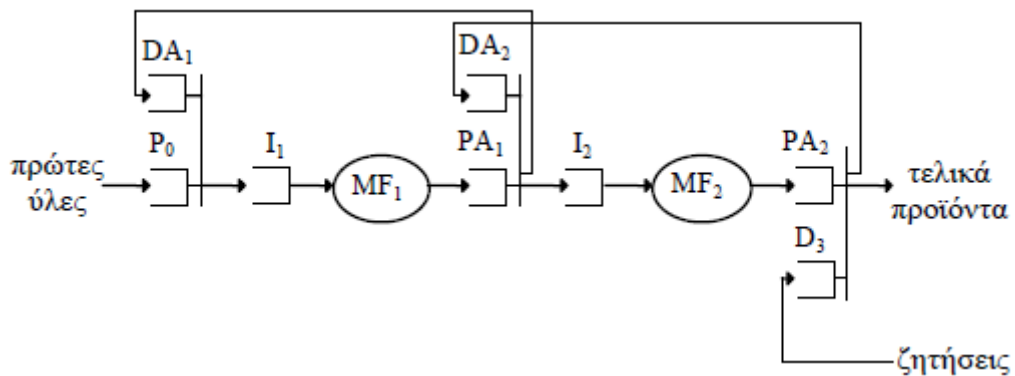
λειτουργεί ένα σύστημα Kanban με μία κάρτα όταν μία κατασκευαστική μονάδα (fabrication cell) τροφοδοτεί δύο γραμμές συναρμολόγησης (assembly line).

Οι κανόνες λειτουργίας για το σύστημα Kanban με μια κάρτα είναι απλές κι έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να διευκολύνουν τη ροή των υλικών και ταυτόχρονα να διατηρούν τον έλεγχο στο επίπεδο των αποθεμάτων. Συνοψίζονται ως εξής:

- Κάθε κυτίο θα πρέπει να έχει μια κάρτα.
- Πάντα η γραμμή συναρμολόγησης προμηθεύεται υλικά από την κατασκευαστική μονάδα. Η κατασκευαστική μονάδα ποτέ δεν προωθεί υλικά στην γραμμή συναρμολόγησης γιατί είναι πιθανό να προμηθεύει υλικά τα οποία δε χρειάζονται ακόμα για την παραγωγή.
- Κυτία υλικών δεν θα πρέπει να μετακινούνται από το χώρο αποθήκευσης χωρίς να έχει τοποθετηθεί κάρτα Kanban στο σημείο παραλαβής.
- Ένα κυτίο πρέπει πάντα να γεμίζει με τον προδιαγεγραμμένο πλήθος εξαρτημάτων.
- Μόνο μη ελαττωματικά εξαρτήματα θα μεταφέρονται στη γραμμή συναρμολόγησης έτσι ώστε να γίνεται η καλύτερη χρήση υλικών και εργατικού δυναμικού.
- Η συνολική παραγωγή δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το συνολικό πόσο που έχει καθοριστεί στις κάρτες Kanban του συστήματος.

Η Toyota χρησιμοποιεί ένα σύστημα με δυο κάρτες, την κάρτα μεταφοράς και την κάρτα εντολής παραγωγής. Η κάρτα μεταφοράς δείχνει το υλικό και την ποσότητα κομματιών που πρέπει να ζητήσει μια θέση εργασίας από την προηγούμενη για να εκτελέσει τις επεξεργασίες που της αντιστοιχούν. Η κάρτα εντολής παραγωγής δείχνει το υλικό, την ποσότητα που θα παραχθεί, τα υλικά που απαιτούνται και που θα βρεθούν, καθώς και που θα αποθηκευτεί το παραγόμενο προϊόν. Ένα κυτίο δεν μπορεί να μεταφερθεί στο επόμενο κέντρο εργασίας αν δεν έχει εξουσιοδοτηθεί από την παραλαβή μιας κάρτας μεταφοράς. Επίσης, ένα κυτίο δεν μπορεί να παραχθεί αν δεν έχει εξουσιοδοτηθεί από μια κάρτα εντολής παραγωγής.

Η εικόνα 7 δείχνει ένα σύστημα kanban με δύο στάδια στη σειρά. Το στάδιο  $i$  έχει  $K_i$  εξουσιοδοτήσεις παραγωγής ή kanban,  $i=1,2$ . Η ουρά  $PA_i$  αναπαριστάει το χώρο αποθήκευσης εξερχόμενων υλών του σταδίου  $i$  και περιέχει ζεύγη kanban και τελειωμένων εξαρτημάτων του σταδίου  $i$ ,  $i=1,2$ . Η ουρά  $DA_i$  περιέχει ζεύγη kanban και ζητήσεων για την παραγωγή εξαρτημάτων του σταδίου  $i$ ,  $i=1,2$ . Οι υπόλοιπες ουρές έχουν την ίδια σημασία με τις συνώνυμες τους ουρές του συστήματος basestock στην εικόνα 6. Όταν το σύστημα βρίσκεται στην αρχική του κατάσταση η ουρά  $P_0$  περιέχει ένα αρχικό απόθεμα πρώτων υλών, η ουρά  $PA_i$  περιέχει  $K_i$  τελειωμένα εξαρτήματα του σταδίου  $i$ ,  $i=1,2$ , όπου κάθε εξάρτημα έχει επικολλημένο ένα kanban, και όλες οι άλλες ουρές του συστήματος είναι άδειες. Το  $K_i$  είναι η μόνη παράμετρος ελέγχου του σταδίου  $i$ .



Εικόνα 9 Σύστημα kanban με δύο στάδια στη σειρά

Το σύστημα kanban λειτουργεί ως εξής. Όταν μια ζήτηση ενός πελάτη φτάσει στο σύστημα εισέρχεται στην ουρά  $D_3$  ζητώντας την παράδοση ενός τελειωμένου προϊόντος από την ουρά  $PA_2$  στον πελάτη. Εάν υπάρχει τελειωμένο προϊόν, παραδίδεται στον πελάτη αφού πρώτα απελευθερώσει το kanban του. Το kanban αυτό επιστρέφει πίσω στην ουρά  $DA_2$  μεταφέροντας μαζί του μία ζήτηση για την παραγωγή ενός νέου εξαρτήματος του σταδίου 2 και εξουσιοδοτώντας την εισαγωγή ενός εξαρτήματος από την ουρά  $PA_1$  στην ουρά  $I_2$ . Εάν υπάρχει τέτοιο εξάρτημα, εισάγεται στο στάδιο 2 αφού πρώτα απελευθερώσει το kanban του. Το kanban αυτό αποστέλλεται πίσω στην ουρά  $DA_1$  μεταφέροντας μαζί του μία ζήτηση για την παραγωγή ενός νέου εξαρτήματος του σταδίου 1 και εξουσιοδοτώντας την εισαγωγή ενός εξαρτήματος από την ουρά  $P_0$  στην ουρά  $I_1$ . Κατά αυτόν τον τρόπο η ζήτηση του πελάτη που αρχικά έφτασε στην ουρά  $D_3$  μεταφέρεται πίσω στο σύστημα μέσω των kanban.

Η φιλοσοφία του συστήματος kanban είναι ότι μία ζήτηση μεταφέρεται όπισθεν ενός σταδίου μόνο όταν ένα εξάρτημα του σταδίου μεταφερθεί εμπροσθεν του σταδίου. Με αυτόν τον τρόπο το σύστημα kanban παρέχει σφιχτό συντονισμό μεταξύ των σταδίων. Μία επωφελής συνέπεια της λειτουργίας του συστήματος kanban είναι ότι ο αριθμός των εξαρτημάτων στο στάδιο  $i$  περιορίζεται από τον αριθμό των kanban του σταδίου  $i$ . Ένα μειονέκτημα είναι ότι το σύστημα μπορεί να μην αντιδράσει άμεσα σε μια ζήτηση αφού μία ζήτηση μπορεί να μην εκπεμφθεί σε όλα τα στάδια αμέσως μόλις φτάσει στο σύστημα.

#### 2.4.3 Σύστημα CONWIP

Είναι αξιοσημείωτο ότι το σύστημα CONWIP<sup>50</sup> ισοδύναμο με ένα σύστημα kanban με ένα στάδιο. Σε ένα σύστημα CONWIP μόλις ένα τελικό προϊόν εξέλθει από το σύστημα για να παραδοθεί σε ένα πελάτη, ένα νέο εξάρτημα εισέρχεται στο σύστημα για επεξεργασία. Αυτό υπονοεί ότι ο αριθμός των εργασιών σε εξέλιξη (Work In Process ή WIP) είναι σταθερός, εξ' ου και το όνομα CONWIP (CONstant WIP).

<sup>50</sup> Gershwin, S. B. (1994), Manufacturing Systems Engineering, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.



Ακόμα αξίζει να σημειωθεί ότι μία γραμμή παραγωγής που λειτουργεί με τον μηχανισμό *minimal blocking*<sup>51</sup> είναι ισοδύναμη με ένα σύστημα *kanban* με μια μηχανή ανά στάδιο. Το *minimal blocking* είναι ένας μηχανισμός μπλοκαρίσματος που εφαρμόζεται σε μια γραμμή παραγωγής που αποτελείται από μηχανές στη σειρά και κάθε μηχανή  $M_i$  έχει έναν χώρο αποθήκευσης εισερχόμενων / εξερχόμενων υλικών  $B_i$ . Η χωρητικότητα της μηχανής  $M_i$  είναι ένα και η χωρητικότητα του χώρου αποθήκευσης  $B_i$  είναι  $K_i$ . Πιο συγκεκριμένα, ένα εξάρτημα μπορεί να εισέλθει στο χώρο αποθήκευσης μίας μηχανής εάν υπάρχει χώρος σε αυτόν. Αφού εισέλθει, το εξάρτημα περιμένει να φορτωθεί στη μηχανή και να επεξεργασθεί. Μόλις τελειώσει η επεξεργασία του, το εξάρτημα μεταφέρεται είτε στο χώρο αποθήκευσης της επόμενης μηχανής, εάν υπάρχει χώρος εκεί, είτε στο χώρο αποθήκευσης της ίδιας μηχανής, δηλαδή εκεί από όπου φορτώθηκε στη μηχανή. Σε κάθε περίπτωση η μηχανή μπορεί να ξεκινήσει εργασία σε ένα νέο εξάρτημα, εάν υπάρχει τέτοιο.

Μία μηχανή λέγεται ότι είναι μπλοκαρισμένη όταν ο χώρος αποθήκευσης της είναι γεμάτος από εξαρτήματα που έχουν δουλευτεί αλλά αδυνατούν να μεταφερθούν στον χώρο αποθήκευσης της επόμενης μηχανής γιατί δεν υπάρχει χώρος εκεί. Ιδωμένα στο πλαίσιο του μηχανισμού *minimal blocking*, τα στοιχεία του προτύπου στην εικόνα 7 έχουν την εξής σημασία. Το σύστημα  $MP_i$  αναπαριστά την μηχανή  $M_i$ ,  $i=1,2$ . Η ουρά  $PA_i$  περιέχει εξαρτήματα που έχουν επεξεργασθεί από την μηχανή  $M_i$  και έχουν αποθηκευτεί στο χώρο αποθήκευσης  $B_i$  γιατί δεν μπορούν να μεταφερθούν στο χώρο αποθήκευσης  $B_{i+1}$  (ή στον πελάτη, στην περίπτωση όπου  $i=2$ ),  $i=1,2$ . Η ουρά  $I_i$  περιέχει εξαρτήματα που έχουν αποθηκευτεί στο χώρο αποθήκευσης  $B_i$  και περιμένουν να επεξεργασθούν από τη μηχανή  $M_i$ ,  $i=1,2$ . Η ουρά  $DA_i$  περιέχει εξουσιοδοτήσεις παραγωγής που αναπαριστούν ελεύθερες θέσεις στο χώρο αποθήκευσης  $B_i$ ,  $i=1,2$ .

#### 2.4.4 Σύστημα Heijunka

Το Heijunka αποτελεί βασικό στοιχείο της παραγωγής της Toyota όπου στοχεύει στην εξισορρόπηση της παραγωγής *kanbans*, προκειμένου να επιτευχθεί από μια ομαλή ροή παραγωγής για όλους τους πιθανούς τύπους προϊόντων μειώνοντας έτσι την επίδραση του φαινομένου *bullwhip*. Ο στόχος του Heijunka δεν είναι μόνο η εξισορρόπηση του συνολικού όγκου παραγωγής, αλλά και η εξισορρόπηση των επιμέρους διαφορετικών παραγόμενων ειδών. Η συνολική ζήτηση μιας περιόδου (πχ. ένας μήνας) διασπάται σε χρονικά διαστήματα προγραμματισμού (πχ. εβδομάδα, ημέρα, βάρδια).

Κατά τον υπολογισμό με την μέθοδο *heijunka*, ορίζεται μία επαναλαμβανόμενη αλληλουχία παραγωγής διαφόρων ειδών (πχ. AABAAB, από τα είδη A και B). Ακόμη υπολογίζονται οι παρτίδες που θα παραχθούν για κάθε είδος σε κάθε χρονική περίοδο. Η χρονική περίοδος στην οποία παράγονται διάφορα είδη προϊόντων ονομάζεται και *EPEI* ("each part each interval"). Αυτό είναι, για παράδειγμα, το χρονικό διάστημα, στο οποίο η αλληλουχία "AAB" θα πρέπει να παραχθεί. Η εξισορρόπηση ενός μίγματος παραγόμενων ειδών σε δεδομένη χρονική περίοδο, σημαίνει ότι πχ. τα είδη A και B παράγονται εναλλάξ σε μικρές παρτίδες κατά την διάρκεια μιας βάρδιας, αντί να παράγεται πχ. κατά την μόνο το A ή μόνο το B.

<sup>51</sup> Gershwin, S. B. (1997), "Design and Operation of Manufacturing Systems : Control- and Systems-Theoretical Models and Issues," Proceedings of the 1997 Automatic Control Conference, Albuquerque, New Mexico, June, 1997, pages 1909- 1913.

Με την συνεχή μεταβολή των παραγόμενων ειδών θα πρέπει και οι προμηθευτές να είναι σε θέση να ανταποκριθούν στις διαφορετικές απαιτήσεις του πελάτη, διατηρώντας χαμηλό απόθεμα από τα αντίστοιχα εξαρτήματα. Γενικά, το στήσιμο μια τέτοιας στρατηγικής παραγωγής προϋποθέτει ότι οι αλλαγές από είδος σε είδος θα πρέπει να είναι πολύ εύκολες και γρήγορες.

Στόχος του Heijunka, εκτός από την εξάλειψη του Bullwip, είναι να διασφαλιστεί η συνεχής ροή αγαθών προς και από την παραγωγή από όλα τα παραγόμενα είδη και εξαρτήματα, έτσι ώστε να μειωθεί ο όγκος των αποθεμάτων και οι χώροι αποθήκευσης. Ακόμη με το heijunka, μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη κατανομή φόρτου εργασίας αλλά και ευκολότερη ανακατανομή προσωπικού στα διάφορα σημεία εργασίας<sup>52</sup>.

Σε αντίθεση με την μέθοδο kanban, το heijunka έχει μελετηθεί πολύ λίγο από την διεθνή ακαδημαϊκή κοινότητα. Η πρώτη προσέγγιση έγινε από τον K. Furmans <sup>53</sup>, στην οποία παρουσιάζεται αρχικά ένα μοντέλο παραγωγής με μόνο ένα παραγόμενο είδος. Στην πραγματικότητα το heijunka χρησιμοποιείται σε περιβάλλον με πολλά παραγόμενα είδη στην ίδια γραμμή παραγωγής. Η πρώτη παραδοχή της προσέγγισης Furmans είναι ότι η γραμμή παραγωγής αντιμετωπίζεται μεμονωμένα για να εξυπηρετεί μια αγορά με ανεξάρτητες απαιτήσεις.

Αρχικά παρουσιάζεται ένα βασικό μοντέλο παραγωγής, μη heijunka, με απεριόριστη παραγωγική δυναμικότητα (capacity). Σε αυτό το μοντέλο γίνεται η παραδοχή ότι τα προϊόντα διανέμονται σε μια αγορά όπου η ζήτηση είναι στοχαστική και η σχέση μεταξύ των ζητήσεων ανά χρονική περίοδο παραγωγής είναι ανεξάρτητες, αλλά ομοιόμορφα κατανομημένες. Οι διακυμάνσεις της ζήτησης αντισταθμίζονται με το εν αναμονή φορτίο έτοιμων προϊόντων (buffer). Σε κάθε χρονική περίοδο προγραμματισμού το απόθεμα των τελικών προϊόντων προκύπτει ως εξής: μειώνεται κατά το ποσό των προϊόντων που συλλέγονται για να διανεμηθούν στην αγορά και αυξάνεται κατά το ποσό των προϊόντων που παράγονται. Το ελάχιστο δυνατό απόθεμα εν αναμονή, είναι κατά ποσότητα το ελάχιστο δυνατό που απαιτείται για να εξυπηρετεί την ζήτηση ανά πάσα στιγμή. Στο επόμενο στάδιο χρησιμοποιείται η μέθοδος kanban για να μπορεί ο παραγωγός να ελέγχει τις παραγόμενες ποσότητες.

Κατά το δεύτερο μοντέλο της προσέγγισης, γίνεται η παραδοχή ότι η παραγωγική δυναμικότητα είναι περιορισμένη και χρησιμοποιείται η μέθοδος heijunka για τον προγραμματισμό της παραγωγής (heijunka board). Για να τεθεί σε εφαρμογή η μέθοδος, θα πρέπει η αναμενόμενη ζήτηση να έχει εκτιμηθεί και τα αποτελέσματα της να οριοθετηθούν πάνω στον πίνακα heijunka. Κάθε κελί του πίνακα αποδίδει την προγραμματισμένη παραγωγή ειδών σε αντίστοιχη ποσότητα  $m$ . Αντίστοιχα σχεδιάζονται  $m$  kanbans (κάρτες) όπου κάθε μια αντιστοιχεί στην παραγωγή  $m$  ποσότητας ανά παραγόμενο είδος ανά εντολή παραγωγής. Οι κάρτες τοποθετούνται αντιστοίχως στα κελιά heijunka και όσες περισσεύουν μπορούν να τοποθετηθούν σε ξεχωριστή στήλη, η οποία δηλώνει την παραπάνω ροή (overflow slot).

---

<sup>52</sup> Coleman et al. 1994

<sup>53</sup> Furmans (2005)

Σε περίπτωση όπου σε μια δεδομένη χρονική περίοδο παραχθεί μικρότερη ποσότητα από  $m$ , τότε χρησιμοποιείται μια κάρτα kanban από την στήλη της παραπανήσιας ροής (overflow slot). Η παραγωγική δυναμικότητα  $c$  ανά χρονική περίοδο θα πρέπει να μπορεί να υπερβεί την ζητούμενη ποσότητα  $m$ , διαφορετικά δεν υπάρξει ισορροπία στην παραγωγή. Σε κάθε χρονική περίοδο, η ποσότητα των προϊόντων που δεν αντικαταστάθηκαν ακόμη, εξαρτάται από την ζητούμενη ποσότητα της δεδομένης χρονικής περιόδου και από τον αριθμό των Kanbans στην στήλη παραπανήσιας ροής. Το ελάχιστο απόθεμα που απαιτείται καθορίζεται από τον αριθμό των τελικών προϊόντων που βρίσκονται σε αναμονή για διανομή.

Οι Lippolt και Furmans (2008)<sup>54</sup> παρουσίασαν μια αναλυτική μεθοδολογία υπολογισμού του ελάχιστου αποθέματος σε αναμονή του συστήματος heijunka kanban, όπου γίνεται παραδοχή ότι μπορεί να προκύψουν ξαφνικά σταματήματα της παραγωγής εξαιτίας αναξιόπιστου εξοπλισμού και έδειξαν ότι το heijunka μπορεί να είναι αποδοτικό ακόμη σε αυτή την περίπτωση.

### Heijunka kanban system

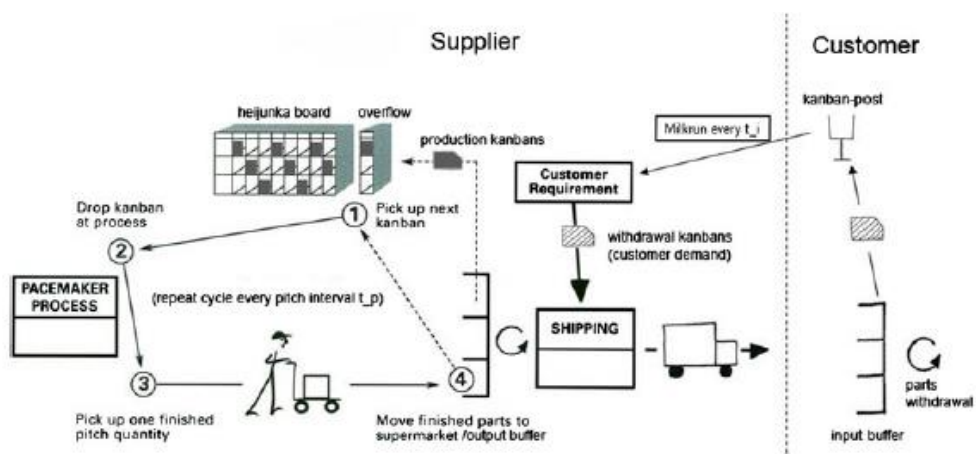
Το σύστημα παραγωγής kanban με δύο κάρτες που θέλουμε να αναλύσουμε έχει μια κατάσταση αποτελούμενη από μια μηχανή. Διαφορετικά προϊόντα παράγονται στην ίδια μηχανή και η αναλογία και ο όγκος της παραγωγής καθορίζονται με ένα πίνακα heijunka. Ο πελάτης χρησιμοποιεί kanbans για να πάρει έτοιμα προϊόντα από την ουρά εξόδου. Έτσι, η ποσότητα που ο πελάτης παραλαμβάνει μεταβάλλεται μεταξύ του 0 και του αριθμού των αναλήψεων kanban στον κύκλο μεταξύ πελάτη και παραγωγού. Η εικόνα 10 δείχνει πως δουλεύει το σύστημα heijunka kanban.

Στο εργοστάσιο του πελάτη, τα υλικά αφαιρούνται από την ουρά εισόδου όταν απαιτούνται από την παραγωγή. Τα kanban ανάληψης απομακρύνονται από τα υλικά αυτά και συλέγονται σε ένα στύλο (post) kanban. Ο πελάτης τότε παραγγέλνει υλικά από τον προμηθευτή του σε τακτικά διαστήματα  $t_i$  σύμφωνα με τον αριθμό των συγκεντρωμένων kanban ανάληψης. Τα παραγγελθέντα υλικά λαμβάνονται από την αποθήκη έτοιμων προϊόντων, αν είναι διαθέσιμα, και μεταφέρονται στον πελάτη με γαλατά. Ο όρος “γαλατάς” περιγράφει τη μεταφορά αγαθών σε μια προκαθορισμένη διαδρομή σε σύντομα τακτικά χρονικά διαστήματα. Οι απαιτήσεις που δεν μπορούν να καλυφθούν άμεσα αναγκαστικά μπαίνουν στην αναμονή και μόλις τα προϊόντα είναι έτοιμα μεταφέρονται στον πελάτη με τον επόμενο “γαλατά”.

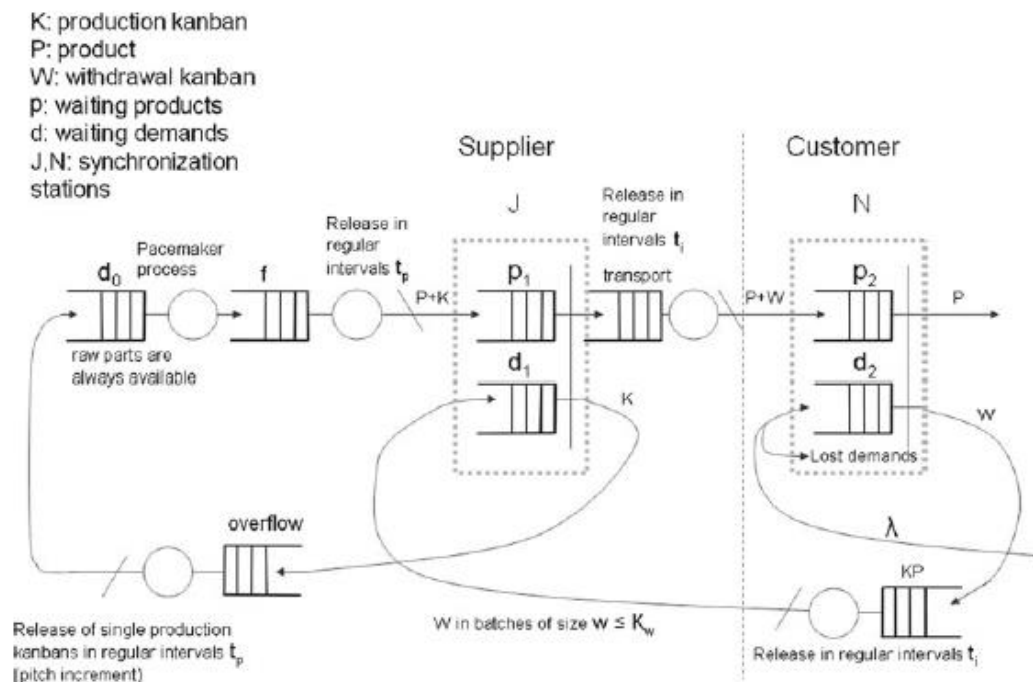
Σύμφωνα με τον αριθμό των αφαιρεθέντων αντικειμένων, τα kanban παραγωγής ταξινομούνται σε ένα πίνακα heijunka. Ο πίνακας heijunka (ή πίνακας ισορόπησης φορτίου) είναι ένα εργαλείο που βοηθά στην εξισορρόπηση του όγκου και της αναλογίας παραγωγής. Έχει μια στήλη από kanban για κάθε διάστημα βήματος (pitch interval)  $tr$  και μια γραμμή και κάθε τύπο παραγωγής. Το διάστημα βήματος είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να παράγουμε τον αριθμό των υλικών που χωράει ένα κουτί έτοιμων προϊόντων. Για παράδειγμα, με χρονοκύκλο 30s και χωρητικότητα κουτιού 20 τεμάχια, το χρονικό βήμα (pitch) είναι 10 λεπτά. Τα kanban παραγωγής τοποθετούνται στον πίνακα heijunka

<sup>54</sup> Lippolt and Furmans (2008)

στην επιθυμητή ακολουθία αναλογιών. Αν υπάρχουν πιο πολλά kanban παραγωγής απ' ό,τι θέσεις στον πίνακα heijunka, οι επιπλέον κάρτες αποθηκεύονται στην τοποθεσία υπερχείλισης. Μεταφέρονται στον πίνακα heijunka το συντομότερο δυνατό μόλις υπάρξουν ελεύθερες θέσεις. Τα κενά που δεν συμπληρώνονται παραμένουν κενά ώστε να μην παραχθούν αγαθά που δεν απαιτούνται. Ο χειριστής υλικών παίρνει ένα kanban παραγωγής και το αφήνει στη διαδικασία παραγωγής. Αυτό το σημείο λέγεται διαδικασία βηματοδότησης γιατί με τον έλεγχο αυτής της διαδικασίας καθορίζεται ο ρυθμός όλων των ακόλουθων διαδικασιών. Έτσι μπορεί να δημιουργηθεί μια προβλέψιμη ροή παραγωγής. Ο χειριστής υλικών τότε λαμβάνει τα έτοιμα υλικά από τους προηγούμενους κύκλους παραγωγής και τα μετακινεί στην ουρά εξόδου (supermarket). Αυτός ο κύκλος επαναλαμβάνεται κάθε διάστημα  $t_p$  (βλ. εικόνα 11).



Εικόνα 10 Το σύστημα Heijunka Kanban



Εικόνα 11 Μοντέλο ενός συστήματος Heijunka Kanban

## 2.5 Σύστημα τροφοδοσίας με «γαλατά» - Milk Run logistics

Μια από τις σύγχρονες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία της παραγωγής είναι μέθοδος του γαλατά (milk run). Η ιδέα αυτή προέρχεται από την γαλακτοβιομηχανία, και όπου θα πρέπει για την διανομή του γάλακτος να εξυπηρετηθούν πολλοί πελάτες σε διάφορα σημεία, μέσα σε μία διαδρομή από ένα όχημα. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται ευρέως στην τροφοδοσία παραγωγής είτε για ά ύλες ή ημι-κατεργασμένα προϊόντα, είτε ακόμη για την συλλογή των απορριμμάτων μεταξύ των γραμμών συναρμολόγησης<sup>55</sup>.

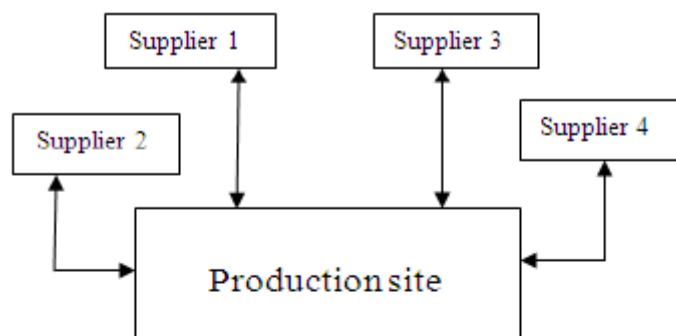
Κατά τον σχεδιασμό του συστήματος προμηθειών υλικών παραγωγής, αφού γίνει η ανάλυση του όγκου της παραγωγής και των επιμέρους ιδιοπαραγόμενων συγκροτημάτων, σχεδιάζεται η διαδρομή που θα ακολουθεί ο «γαλατάς», ο οποίος είναι υπεύθυνος να συλλέγει τα υλικά από τα σημεία συλλογής (picking zones) μέσα στην αποθήκη και να εκτελεί ένα συγκεκριμένο δρομολόγιο, μέσα στην γραμμή παραγωγής, όπου θα την τροφοδοτεί.

Η τροφοδοσία μπορεί να εκτελείται είτε από εργάτη που ανήκει στην επιχείρηση, είτε απευθείας από τον προμηθευτή. Στην δεύτερη περίπτωση ο προμηθευτής είναι υπεύθυνος να ανατροφοδοτεί τα σημεία της παραγωγής και να τηρεί στις αποθήκες του το αντίστοιχο απόθεμα εξαρτημάτων (vendor managed inventory).

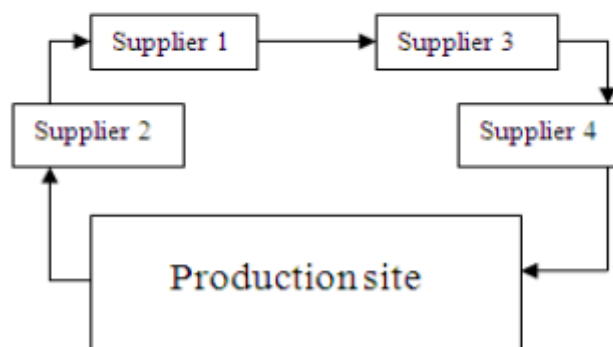
<sup>55</sup> Baudin, M., "Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods", productivity press, 2005

Έρευνες έχουν δείξει ότι η μέθοδος αυτή αποτελεί σημαντικό εργαλείο τροφοδοσίας (procurement system) για τον σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου συστήματος λιτής εφοδιαστικής αλυσίδας (lean logistics)<sup>56</sup>.

Είναι σημαντικό να υπάρχει προκαθορισμένη διαδρομή την οποία ακολουθεί ο γαλατάς, προκειμένου να διασφαλίζεται η τροφοδοσία όλων των σημείων ανατροφοδοσίας, αλλά και η αποφυγή συμφόρησης εντός της παραγωγής. Το πρόβλημα του σχεδιασμού της διαδρομής του «γαλατά», αποτελεί μια διευρυμένη παραλλαγή του προβλήματος του «περιοδούντος πωλητή»<sup>57</sup>



(a) Previous way



(b) Milk Run Logistics (New Way)

**Εικόνα 12 Παράδειγμα συστήματος διανομής σε παραγωγή πριν και μετά<sup>58</sup>**

Η τεχνική εφοδιασμού με γαλατά είναι πλέον τόσο διαδεδομένη στην αυτοκινητοβιομηχανία όσο και στην βιομηχανία ηλεκτρικών ειδών (πχ. Βιομηχανία λεύκων οικιακών συσκευών). Ακόμη η μέθοδος αυτή είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την μείωση των αποθεμάτων και του μεταφορικού κόστους,

<sup>56</sup> Mehmet, G., and James, H. B., “Cross-Docking and its Implications in Location-Distribution Systems”, Journal of Business Logistics, Vol. 25, No. 2, 2004, pp. 221 – 232 & Bowersox D. J., Copper M. B., and Closs, D. J., “Supply Chain Logistics Management”, McGraw-Hill Publishers, 2002

<sup>57</sup> Cordeau, J. F., Laporte, G., Savelsbergh, M., and Vigo, D., “Vehicle Routing”, working paper

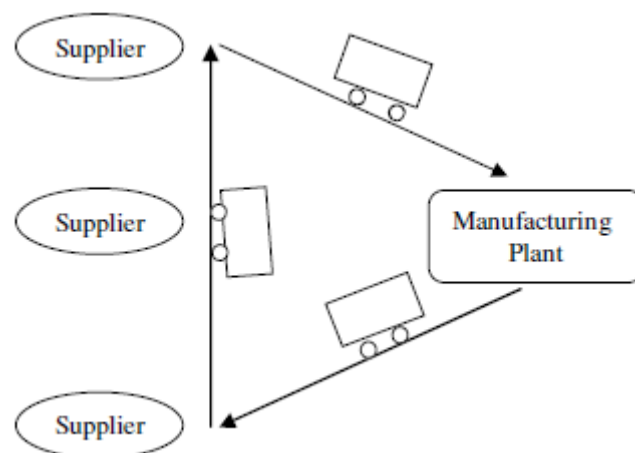
<sup>58</sup> <http://www.konicaminolta.com/about/environment/globalwarming/logistics.html>

εφόσον οι διαδρομές σχεδιάζονται με σκοπό κάθε φορά να τροφοδοτείται μόνο η απαιτούμενη ποσότητα στο σωστό χρόνο και στην οικονομικότερη διαδρομή<sup>59</sup>.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται αποτελεσματικά όταν ο μέσος συντελεστής του φορτίου, από την άποψη του μεταφορικού μέσου, καλύπτει το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό που δύναται να φορτωθεί κάθε φορά. Κοινώς, θα πρέπει το μεταφορικό μέσο να ξεκινάει από την αφετηρία γεμάτο και να επιστρέφει είτε άδειο, είτε γεμάτο με επιστρεφόμενη συσκευασία κτλ. (reverse logistics)<sup>60</sup>.

Γενικότερα, οι βασικοί λόγοι για τους οποίους η πρακτική του «γαλατά» είναι ευρύτερα εφαρμοσμένη, είναι οι εξής:

1. Μείωση του μεταφορικού κόστους, εξαιτίας της ενοποίησης των δρομολογίων και των φορτίων
2. Βελτίωση της γραμμής παραγωγής και ακριβέστερη εφαρμογή του JIT, λόγω του μεγαλύτερου συγχρονισμού τροφοδοσίας – παραγωγής.
3. βελτίωση των φορτώσεων (πιθανή μείωση), καλύτερος προγραμματισμός παραλαβής υλικών. Ακόμη και βελτίωση της διαδρομής εντός της παραγωγής με σκοπό την εύρεση της συντομότερης διαδρομής.
4. Μείωση του κινδύνου για ποιοτικά προβλήματα. Τυποποίηση της συσκευασίας, με αποτέλεσμα την καλύτερη αξιοποίηση του μεταφορικού μέσου (να μην υπάρχουν ανεκμετάλλευτοι χώροι), αλλά και καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων.
5. Αποτελεί αλλαγή στρατηγικής των logistics, καθώς δίνει χώρο στην αξιοποίηση εξωτερικών συνεργείων (third party providers), με αποτέλεσμα την μείωση των αποθεμάτων, και επενδυτικών κινδύνων και αύξηση των κεφαλαιακών ροών.



<sup>59</sup> Michael, M., and Claudia, N., "A Report on the Current Event on the WMS Market", WMS Market Overview, 2009

<sup>60</sup> Nemoto, T., "Efficient and Green Logistics of Automobile Parts in Urban Areas", 12<sup>th</sup> World Conference on Transport Research, July 11-15, 2010, Lisbon, Portugal.

Εικόνα 13 λειτουργία "γαλατα" - Milk run operation<sup>61</sup>

## 2.6 Σύστημα Αποθήκευσης Super-Market

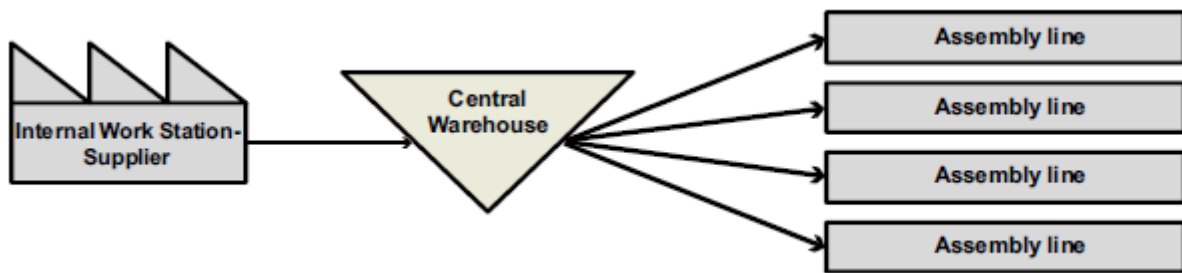
Η διαχείριση των αποθεμάτων που τροφοδοτούνται στην παραγωγή και επιμέρους γραμμές προ - συναρμολόγησης, αποτελεί σημαντικό κεφάλαιο στο στήσιμο της αποθήκης και της παραγωγής. Ειδικότερα καθοριστικοί παράγοντες για τον σχεδιασμό αποθήκευσης και διακίνησης των υλικών μπορεί να είναι από την τοποθεσία της γραμμής παραγωγής κι των επιμέρους γραμμών σε σχέση με την αποθήκη, εντός της εγκατάστασης, το μέγεθός και ο όγκος των μεταφερόμενων υλικών. Για τις περιπτώσεις τροφοδοσίας γραμμής παραγωγής τύπου «assembly – to – order» από μεμονωμένες αποθηκευτικές θέσεις χρησιμοποιούμε τον όρο Super market.

Γενικότερα οι επιχειρήσεις προσπαθούν να μειώσουν τον όγκο και το κόστος αποθεμάτων, ενώ ταυτόχρονα προσπαθούν να βρουν μεθόδους διαχείρισης χαμηλών αποθεμάτων σε παραγωγές με πολλές αλλαγές προκειμένου να εξασφαλίσουν μεγαλύτερη ευελιξία. Στην διεθνή βιβλιογραφία έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων, όπου άλλα στοχεύουν στην δομή της συνολικής εφοδιαστικής αλυσίδας, ζήτηση για ά ύλες, τύπο ά υλών, αποθηκευτικό και μεταφορικό κόστος. Αυτό που πραγματικά συμβαίνει είναι ότι στην προσπάθεια να κρατηθεί μικρός ο αριθμός των αποθηκευτικών μονάδων, μπορεί να αυξηθεί ο αριθμός των σταθμών παραγωγής με αντίστοιχους μικρούς αποθηκευτικούς χώρους κοντά στους πρώτους. Έτσι επιτυγχάνεται η αποκέντρωση των κύριου αποθέματος από μία αποθήκη. Από την άλλη πλευρά ένα τέτοιο σύστημα απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο ανατροφοδίας για όλους τους επιμέρους σταθμούς, μεγαλύτερη ανατροφοδοτούμενη ποσότητα ανά σταθμό εργασίας και συχνότερα δρομολόγια. Επίσης κρίσιμος παράγοντας για το στήσιμο ενός αποκεντρωμένου συστήματος αποθήκευσης είναι η ποικιλία των ά υλών μεταξύ των γραμμών παραγωγής. Στις εικόνες 14, 15 και 16 βλέπουμε συστήματα αποθήκευσης και τροφοδοσίας. Η εικόνα 15 παρουσιάζει ένα σύστημα τύπου super market κατά το οποίο ο παραγωγός, κατ' αντιστοιχία με τον πελάτη όπως ακριβώς σε ένα super market, τροφοδοτείται με τα υλικά που χρειάζεται από τα ράφια.

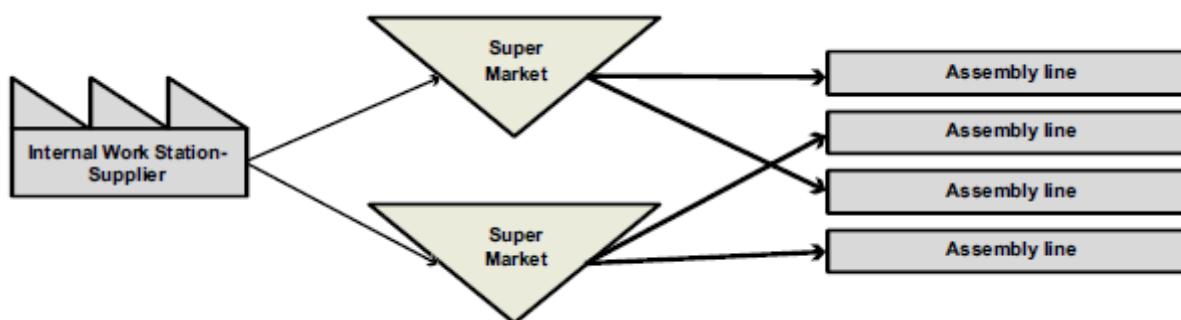
Κάθε αποθήκη super market αποτελείται από ράφια, σε κάθε εάν από τα οποία αντιστοιχεί συγκεκριμένος κωδικός ά ύλης, ο οποίος αναπληρώνεται με ρυθμό αντίστοιχο με την ζήτηση από την παραγωγή (κατανάλωση). Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να υποστηριχθεί και από εξωτερικό συνεργάτη, ο οποίος μπορεί να είναι κ ο ίδιος ο προμηθευτής, όπως θα δούμε σε επόμενη ενότητα. Το σύστημα super market χρησιμοποιείται για την εξοικονόμηση χρόνου και χώρου διαχείρισης υλικών και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος για χύδην υλικά (πχ. μέταλλα, πολυστερινές κτλ.)

<sup>61</sup> Sadjagi, J., Jafari, M. D. J., and Amini, T., "A New Mathematical Modeling and a Genetic Algorithm Search for Milk Run Problems", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 44, 2008, pp. 194-200.

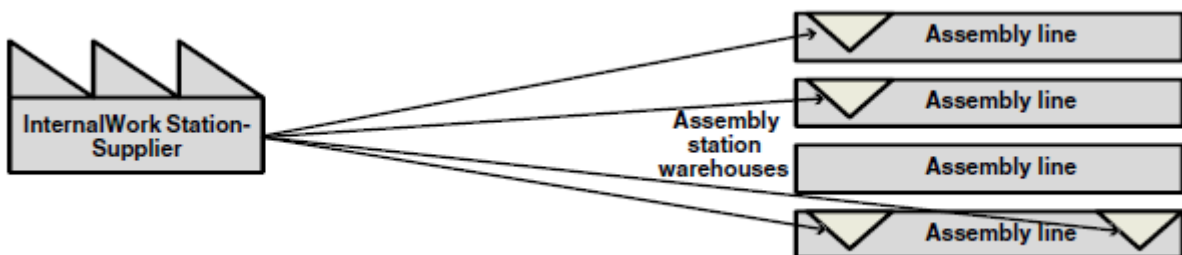




Εικόνα 14 Σύστημα αποθήκευσης με ενδιάμεση τροφοδοσία



Εικόνα 15 Σύστημα αποθήκευσης Super market



Εικόνα 16 Σύστημα αποθήκευσης με απευθείας τροφοδοσία

## 2.7 Vendor Managed Inventory

### 2.7.1 Ορισμός του VMI

Η διαχείριση αποθεμάτων από τον προμηθευτή (VMI), αποτελεί ένα μέσο βελτιστοποίησης της απόδοσης μιας εφοδιαστικής αλυσίδας, στο οποίο ο παραγωγός είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο και τη διατήρηση των επιπέδων αποθεμάτων των διανομέων. Ο παραγωγός έχει πρόσβαση στα δεδομένα των αποθεμάτων των διανομέων και αναλαμβάνει, παράλληλα, τη διεκπεραίωση των παραγγελιών αγοράς.

Άλλοι ευρέως χρησιμοποιούμενοι όροι για το VMI είναι: η Συνεχής Αναπλήρωση (Continuous Replenishment, CR) καθώς και η Διαχείριση Αποθεμάτων από Παροχέα (Supplier Managed Inventory SMI). Για τον περαιτέρω προσδιορισμό του όρου δίδονται ακόλουθα δύο επιχειρηματικά μοντέλα:



Εικόνα 17 Τοποθέτηση των SMI και VMI στην Εφοδιαστική Αλυσίδα<sup>62</sup>

Τυπικό Επιχειρηματικό Μοντέλο. Σε αυτό το μοντέλο, όταν ο διανομέας χρειάζεται προϊόντα, τοποθετεί ο ίδιος την παραγγελία στον κατασκευαστή. Γενικά, ο διανομέας κατέχει τον απόλυτο έλεγχο όσον αφορά στο χρονικό προσδιορισμό και το μέγεθος της παραγγελιόμενης ποσότητας, που τοποθετείται κάθε φορά, ενώ διατηρεί και τον προγραμματισμό αποθεμάτων (inventory plan).

VMI μοντέλο. Σύμφωνα με αυτό, ο παραγωγός λαμβάνει ηλεκτρονικά πληροφορίες (πχ. μέσω EDI), για τα επίπεδα πωλήσεων και αποθεμάτων του διανομέα. Ο παραγωγός, έχει επίσης τη δυνατότητα να παρακολουθεί κάθε αντικείμενο που διατηρεί ο διανομέας αλλά και να αναγνωρίζει τα αληθινά σημεία πωλήσεων. Επιπλέον, είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία και εφαρμογή ενός Σχεδίου Αποθεμάτων. Υπό το μοντέλο VMI, ο ίδιος ο παραγωγός τοποθετεί την παραγγελία για λογαριασμό του.

Consignment Inventory. Σε αυτή την περίπτωση, ο προμηθευτής αποστέλλει τα αποθέματα στην τοποθεσία του πελάτη, ενώ, παράλληλα διατηρεί την κυριότητα αυτών, γεγονός το οποίο δεν ισχύει στην περίπτωση του VMI. Η πληρωμή του δεν πραγματοποιείται μέχρι την στιγμή που τα είδη θα πωληθούν ή χρησιμοποιηθούν πραγματικά.

Η διαχείριση των αποθεμάτων από τον προμηθευτή είναι μια πρακτική όπου το απόθεμα ελέγχεται, σχεδιάζεται και διαχειρίζεται από τον προμηθευτή για λογαριασμό του καταναλωτή (πελάτη ή παραγωγού). Βασίζεται στην αναμενόμενη ζήτηση και στα προηγούμενα καθορισμένα ελάχιστα ή μέγιστα επίπεδα αποθέματος. Ακόμη, στοχεύει στην προστασία των οργανισμών από την ύπαρξη αβεβαιότητας στη ζήτηση των καταναλωτών, στις προβλέψεις αυτής, καθώς και στις παραδόσεις από τον προμηθευτή<sup>63</sup>. Το VMI συντελεί στην εξομάλυνση των ακραίων περιπτώσεων διατήρησης πλεονάζοντος αποθέματος (peaks – valleys). Επιπλέον, μπορεί να δώσει λύση στο δίλλημα των αντικρουόμενων στόχων απόδοσης, δηλαδή της διατήρησης ορισμένου επιπέδου αποθέματος στο τέλος του μήνα έναντι ποσοστού έλλειψης<sup>64</sup>.

### 2.7.2 Η προέλευση του VMI

Το VMI αναδείχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του '80 ως μια συνεργασία για τον συντονισμό των αποφάσεων αναπλήρωσης σε μια εφοδιαστική αλυσίδα, διατηρώντας παράλληλα την ανεξαρτησία μεταξύ των εμπλεκόμενων μελών.

<sup>62</sup> Terrance L. Pohlen, Thomas J. Goldsby, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2003

<sup>63</sup> Benedict, C., & Margeridis, H. (1999, March). Chain reaction. Charter 46-49.

<sup>64</sup> Waller, m., Johnson, M.E., Davis, T., (1999), Vendor – Managed inventory in the Retail Supply Chain, Journal of Business Logistics, Vol. 20, pp.189-203

Σημειώνεται ότι η διαχείριση αποθέματος από τον προμηθευτή ξεκίνησε από τον τομέα του λιανικού εμπορίου, ενώ εξελίχθηκε σε Επαρκής Ανταποκριτή καταναλωτή (Efficient Consumer Response, ECR), όπου η ικανοποίηση του καταναλωτή ή καλύτερα η προσδοκία του καταναλωτή για διαθεσιμότητα αποθεμάτων είναι ένας σημαντικός παράγοντας, προκειμένου να επιτευχθεί ορισμένο ανταγωνιστικό προβάδισμα έναντι των άλλων. Ως χαρακτηριστικά παραδείγματα αναφέρονται οι εταιρείες Walt Mart και Procter & Gamble, οι οποίες αποτελούν επιτυχημένους πρωτοπόρους αυτής της συγκεκριμένης στρατηγικής εφοδιαστικής αλυσίδας.

Το VMI, τώρα, εξελίσσεται βαθμιαία σε στρατηγικές μορφές συνεργασιών, γεγονός που επηρεάζει άμεσα τον τρόπο που οι επιχειρήσεις σχεδιάζουν τα αποθέματα τους και οδηγεί στην ανάπτυξη κι άλλων πρακτικών, όπως του Συνεργατικού Σχεδιασμού, Πρόβλεψης και Αναπλήρωσης (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment, CPFR).

### 2.7.3 Ο διαχωρισμός του Consignment Inventory από το VMI

Ως Consignment Inventory ή αλλιώς «Αποστελλόμενο Απόθεμα» ορίζεται η διαδικασία κατά την οποία ο προμηθευτής τοποθετεί προϊόντα στην εγκατάσταση του πελάτη, χωρίς να λαμβάνει πληρωμή μέχρι τη στιγμή που τα προϊόντα αυτά θα χρησιμοποιηθούν ή θα πωληθούν<sup>65</sup>. Αυτή η τακτική είναι πολύ διαφορετική από την παραδοσιακή, όπου ο πελάτης πληρώνει για τα εμπορεύματα που προμηθεύεται μέσα σε ένα καθορισμένο διάστημα χρόνου από την παραλαβή τους (συνήθως 30 ημέρες).

Είναι χαρακτηριστικό να αναφέρουμε ότι, υπό από αυτή την συμφωνία, δεν παίζει κανένα ρόλο αν το προϊόν παραμένει στην αποθήκη ή στα ράφια του πελάτη για δύο μέρες ή για δύο χρόνια. Από την άλλη, το γεγονός αυτός είναι πολύ πιθανό να προκαλέσει πρόβλημα στην ρευστότητα του προμηθευτή, ειδικά όταν εξακολουθεί να παράγει χωρίς να εισπράττει αμοιβές<sup>66</sup>.

Κάτω από την διαχείριση αποθέματος από τον προμηθευτή, η συνεχής παρακολούθηση και ο έλεγχος των επιπέδων πωλήσεων και αποθέματος του πελάτη αναλαμβάνονται από τον προμηθευτή, ενώ ο πελάτης απαλλάσσεται τελείως από αυτή την ευθύνη. Στο παρελθόν, πολλοί προμηθευτές εκτελούσαν vendor – stocking προγράμματα, όπου ένας αντιπρόσωπος τους επισκέπτονταν κάποιο πελάτη ορισμένες φορές το μήνα και ανεφοδιάζε σε αποθέματα σύμφωνα με τους κοινά καθορισμένους όρους<sup>67</sup>. Το VMI κατ' επέκταση, αντικατέστησε αυτές τις επισκέψεις με την συγκέντρωση πληροφοριών από τα αρχεία ροών καθώς και την απευθείας μετάδοση τους στο υπολογιστικό σύστημα του προμηθευτή μέσω της Ηλεκτρονική Ανταλλαγής Δεδομένων (EDI).

### 2.7.4 Συγκριτικά χαρακτηριστικά των Consignment Inventory και VMI

<sup>65</sup> Gumus, M., Jewkes, M. E, Bookbinder, H. J., (2008), impact of consignment inventory and vendor-managed inventory for a 2-party supply chain, International Journal of production Economics, Vol.113, pp. 502-517

<sup>66</sup> Gumus, M., Jewkes, M. E, Bookbinder, H. J., (2008), impact of consignment inventory and vendor-managed inventory for a 2-party supply chain, International Journal of production Economics, Vol.113, pp. 502-517

<sup>67</sup> Valentini, G., Zavarella, L., (2003), The Consignment Stock of Inventories: Industrial case study and performance analysis, International journal of Production Economics, Vol. 81-82, pp.215-224

Σημειώνεται πως κάτω από μια συμφωνία Consignment Inventory, ο πελάτης αποστέλλει παραγγελίες αγορών στον προμηθευτή σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Από την στιγμή της παραλαβής και τοποθέτησης των προϊόντων στον αποθηκευτικό χώρο του, ο πελάτης μπορεί να παραλαμβάνει οποιαδήποτε ποσότητα επιθυμεί από το απόθεμα του προμηθευτή, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή<sup>68</sup>. Υπενθυμίζεται, ότι ο πελάτης δεν πληρώνει για τα προϊόντα έως ότου αυτά χρησιμοποιηθούν. Κατά συνέπεια, το Consignment Inventory εκλαμβάνεται ως η πιο ωφέλιμη συμφωνία για τον πελάτη καθώς:

- Δεν απαιτεί ανταλλαγή πληροφοριών
- Η διαχείριση των αποθεμάτων απαιτεί ελάχιστη προσπάθεια
- Μπορεί να παραγγείλει όση ποσότητα επιτρέπει ο αποθηκευτικός του χώρος

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα που προβλέπεται για τον προμηθευτή είναι η διασφάλιση της συνέχισης μακροχρόνιας συνεργασίας με τον πελάτη.

Σε μια συμφωνία VMI, ο προμηθευτής δεν ελέγχεται από τον πελάτη. Εδώ μπορεί να διαχειρίζεται, ταυτόχρονα, το συνολικό απόθεμα (δικός του και του πελάτη) και να παράγει περισσότερο αποτελεσματικά, εξαιτίας της μεγαλύτερης ευελιξίας του παραγόμενου χρόνου και ποσότητας. Δηλαδή, ο προμηθευτής μπορεί να εκμεταλλευτεί τις οικονομίες κλίμακας που απορρέουν λόγω συντονισμού των λειτουργιών του.

Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται πως κάτω από μια συμφωνία VMI το κόστος αποθέματος καθώς και το κόστος αποθήκευσης για τα προμηθευόμενα αντικείμενα χρεώνονται, κατά γενικό κανόνα, στον πελάτη. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις ένα ισχυρό πελάτη θα μπορούσε να αναγκάσει τον προμηθευτή να αναλάβει αυτά τα είδη κόστους. Αυτού του είδους η συμφωνία αποτελεί τον συνδυασμό της διαχείρισης αποθέματος από τον προμηθευτή με το αποσταλμένο απόθεμα.

Η γενική άποψη που επικρατεί στη βιομηχανία είναι ότι το VMI είναι η ευνοϊκότερη συμφωνία για τον προμηθευτή, καθώς μπορεί να πραγματοποιεί ενοποίηση των παραγγελιών που δέχεται και να αποστέλλει μεγαλύτερες ποσότητες χωρίς να ανησυχεί για το μέσο επίπεδο αποθέματος των πελατών του.

## 2.8 SWOT Analysis των επικρατέστερων μεθόδων

Κλείνοντας αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε μια συγκριτική μελέτη μεταξύ του συμβατικού τρόπου μιας γραμμής παραγωγής και των επικρατέστερων μεθόδων επικρατέστερων μεθόδων. Υπό την έννοια συμβατική τροφοδοσία παραγωγής εννοούμε την μεταφορά υλικών στην παραγωγή με οποιοδήποτε μέσο, οποιοδήποτε εργαζόμενο, με την συσκευασία του προμηθευτή όποτε παρουσιαστεί ανάγκη για ανά - τροφοδοσία. Συγκεκριμένα έχουμε τα εξής:

<sup>68</sup> Valentini, G., Zavanella, L., (2003), The Consignment Stock of Inventories: Industrial case study and performance analysis, International journal of Production Economics, Vol. 81-82, pp.215-224

### **Δυνατά σημεία (Strengths)**

1. Μείωση του συνολικού όγκου των αποθεμάτων εντός της παραγωγής, αλλά και στην αποθήκη, καθώς η γραμμή τροφοδοτείται μόνο όταν είναι πραγματικά απαραίτητο, αποκλειστικά με τις ποσότητες που χρειάζεται. 2. Ακόμη μείωση του χρόνου ανατροφοδοσίας χρησιμοποιώντας έναν μόνο εργάτη, οποίος θα εκτελεί αποκλειστικά τον ρόλο του γαλατά. Έτσι αποφεύγονται οι άσκοπες κινήσεις μέσα και έξω από την γραμμή παράγωγης. 3. Καλύτερος έλεγχος των αποθεμάτων και αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των ποιοτικών προβλημάτων.

### **Αδύνατα σημεία (Weaknesses)**

1. Απαιτείται χώρος εκτός της παραγωγής για την οργάνωση του συγκέντρωσης των υλικών (picking zones). 2. Απαιτείται χρόνος για την ανασυσκευασία των υλικών, προκειμένου να τροφοδοτείται η παραγωγή μόνο με τις απαραίτητες ποσότητες. 3. Απαιτείται χρόνος για την καταμέτρηση των απεσταλμένων και επιστρεφόμενων υλικών, εφόσον προϋποθέτει ανασυσκευασία. 4. Απαιτείται χρόνος για την συντήρηση του μηχανογραφικού συστήματος (διακινήσεις υλικών).

### **Ευκαιρίες (Opportunities)**

1. Αξιοποιώντας οποιοδήποτε από τα εργαλεία του pull system μπορεί να μειωθεί αισθητά η ανάγκη για αποθηκευτικό χώρο στην παραγωγή έως και 50%, με αποτέλεσμα την καλύτερη κυκλοφορία των ειδών. 2. Δυνατότητα καλύτερης αξιοποίησης του εργατικού δυναμικού εντός της παραγωγής. 3. Δεν κρίνονται απαραίτητες οι συχνές απογραφές και μπορούν να ελεγχθούν καλύτερα οι απώλειες υλικών (διαφορές απογραφής).

### **Απειλές (Threats)**

1. Η μη επαρκής εκπαίδευση του προσωπικού και οι ανεπαρκείς κανόνες λειτουργίας μεθόδων, όπως kanban, μπορούν να έχουν αντίστροφα αποτελέσματα από τα αναμενόμενα. 2. Ένα μη καλά οργανωμένο κύκλωμα τροφοδοσίας μπορεί να απαιτεί περισσότερο χρόνο για να εκτελεστεί, ενώ μπορεί να δημιουργήσει χρονικά κενά ή σημεία κορεσμού στην παραγωγή (bottlenecks).

Από τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν σε αυτή την ενότητα κρίνεται ότι με την απαραίτητη οργάνωση και εκπαίδευση, η μέθοδος kanban είναι η πιο εύκολα υλοποιήσιμη. Ειδικότερα σε συνδυασμό με τον milkrunner και το vendor managed inventory μπορούν να μειωθούν δραστικά τα αποθέματα και χρόνος παρακολούθησης της αποθήκης.

*"Innovation distinguishes between a leader and a follower."*

**Steve Jobs** (Jobs)

American entrepreneur and inventor

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 3: Νέα γραμμή παραγωγής – Μελέτη περίπτωσης**

### **3.1 Η εταιρεία B/S/H Οικιακές Συσκευές ABE**

Η BSH Οικιακές Συσκευές A.B.E. είναι μέλος του ομίλου BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH, του μεγαλύτερου κατασκευαστή οικιακών συσκευών στην Ευρώπη.

Ο όμιλος προέκυψε από την κοινοπραξία, η οποία συστάθηκε το 1967 μεταξύ του Robert Bosch GmbH (Στουτγάρδη) και της Siemens AG (Μόναχο), και το 2011 κατέγραψε ετήσιες πωλήσεις 9,6 δισεκατομμύρια ευρώ. Η BSH προσφέρει μεγάλες οικιακές συσκευές, καταναλωτικά προϊόντα και οικιακή τεχνολογία. Τα τελευταία δέκα χρόνια η εταιρία έχει αναπτυχθεί ραγδαία. Σήμερα, η BSH διαθέτει 42 εργοστάσια σε 13 χώρες στην Ευρώπη, τις ΗΠΑ, τη Λατινική Αμερική και την Ασία. Σε συνδυασμό με ένα παγκόσμιο δίκτυο πωλήσεων και εξυπηρέτησης πελατών, η οικογένεια της BSH απαρτίζεται σήμερα από περίπου 70 εταιρείες σε 49 χώρες, με συνολικό εργατικό δυναμικό σχεδόν 45.000 ανθρώπων. Η έδρα της εταιρίας βρίσκεται στο Μόναχο.

Κεντρικό ρόλο στο χαρτοφυλάκιο του ομίλου κατέχουν οι μάρκες Bosch και Siemens. Με τις έξι εξειδικευμένες μάρκες (Gaggenau, Neff, Thermador, Constructa, Viva, Ufesa και Junker), η BSH διασφαλίζει ότι ικανοποιούνται οι ιδιαίτερες απαιτήσεις κάθε πελάτη. Συγχρόνως, τέσσερις περιφερειακές μάρκες (Balay, Pitsos, Profilo και Coldex) εξασφαλίζουν ευρεία παρουσία στις αντίστοιχες αγορές. Η γκάμα προϊόντων περιλαμβάνει μεγάλες και μικρές οικιακές συσκευές, συσκευές για τη φροντίδα των δαπέδων και συσκευές ζεστού νερού.

Οι ενέργειες και η ανάπτυξη της εταιρείας βασίζονται σε έναν στρατηγικό προσανατολισμό προς την ποιότητα και την καινοτομία. Η BSH εμπιστεύεται τα μοναδικά προϊόντα της και την προστιθέμενη αξία τους στους τομείς της απόδοσης, της πρακτικότητας και της φιλικότητας προς το χρήστη. Έτσι, ο Όμιλος δημιουργεί τις προϋποθέσεις για μακροπρόθεσμη ικανοποίηση των πελατών του και εμπιστοσύνη των καταναλωτών στις μάρκες της BSH. Σε αυτό το πλαίσιο, η BSH έχει αναγνωρίσει εδώ και καιρό το ζήτημα της ευαισθητοποίησης για το περιβάλλον και σχεδιάζει τις πολιτικές της με βάση αυτή. Με τη μετάδοση της τεχνογνωσίας εντός του Ομίλου BSH, διασφαλίζεται η εταιρεία θέτει παγκόσμια πρότυπα και στο μέτωπο της προστασίας του περιβάλλοντος. Η BSH δεσμεύεται από την υπόσχεσή της για διατήρηση της αειφορίας και επομένως υπεύθυνη διαχείριση των φυσικών πόρων.

Η BSH Οικιακές Συσκευές ABE έχει την έδρα της στην Κηφισιά, όπου και στεγάζονται ο εμπορικός τομέας και ο τομέας μάρκετινγκ, υποκατάστημα πωλήσεων στην Θεσσαλονίκη, παραγωγική μονάδα οικιακών συσκευών στον Αγ. Ι. Ρέντη και αποθηκευτικούς χώρους στον Ασπρόπυργο Αττικής.

Διαθέτει επίσης ένα ολοκληρωμένο δίκτυο service οικιακών συσκευών σε όλη την Ελλάδα, με κεντρικές μονάδες στην Αθήνα, στην Θεσσαλονίκη, στην Πάτρα, στο Ηράκλειο Κρήτης και συμβεβλημένα συνεργεία σε όλη την Ελλάδα.

Το 1977, η BSH και η Siemens εξαγόρασαν το 60% του μετοχικού κεφαλαίου της ΠΙΤΣΟΣ ΑΕ, μίας ελληνικής εταιρείας οικιακών συσκευών η οποία είχε ιδρυθεί το 1865 και έχει μακρά παράδοση στην εγχώρια αγορά. Από το 1996, η Bosch, η Siemens και η Pitsos δραστηριοποιούνταν από κοινού με την επωνυμία BSP. Το 1998 η μάρκα Gaggenau και το 2002 η μάρκα Neff, ενσωματώθηκαν στην BSP. Πρόσφατα, η εταιρεία μετονομάστηκε σε BSH Οικιακές Συσκευές ΑΒΕ. Κατέχει ηγετική θέση στην ελληνική αγορά με μερίδιο πάνω από 40% όσον αφορά τις λευκές οικιακές συσκευές, ενώ η εξαγωγική της δραστηριότητα αυξάνεται συνεχώς και εκτείνεται στις ευρωπαϊκές χώρες και στην Κύπρο. Ο τζίρος της ανέρχεται στα 266 εκατομ. €, εκ των οποίων τα 53 εκατομ. € αντιστοιχούν στις εξαγωγές.<sup>69</sup>

### 3.2 Η νέα γραμμή παραγωγής – τα χαρακτηριστικά του έργου

#### Αιτίες Αναδιοργάνωσης

Στην εγκατάσταση της B/S/H στον Αγ. Ι. Ρέντη λειτουργούν δύο παραγωγικές μονάδες, μία για παραγωγή ελεύθερων ηλεκτρικών ψυγείων και μία για παραγωγή ελεύθερων και εντοιχισμένων φούρνων. Από τον Φεβρουάριο του 2012 άρχισε το σταδιακό phase out της παραγωγής του ψυγείου με σκοπό την επέκταση της παραγωγής των κουζινών σε ολόκληρη την εγκατάσταση. Στα πλαίσια αυτής αλλαγής, η διοίκηση μαζί με το Industrial Engineering αποφάσισαν να προχωρήσουν σε αναβάθμιση του μοντέλου παραγωγής με σκοπό να κάνουν την παραγωγή πιο ευέλικτη σε αλλαγές και πιο αποδοτική.

Μια από τις μεγάλες αλλαγές στην παραγωγή των ελεύθερων κουζινών 60cm και 70 cm είναι το project αλλαγής από γραμμή straight line, πρώην γραμμή συναρμολόγησης ψυγείου, σε u-shape line. Στο εργοστάσιο λειτουργούν ακόμη δύο γραμμές τύπου straight line για την παραγωγή εντοιχισμένων φούρνων και εστιών. Οι βασικότεροι λόγοι για αυτή την αναδιοργάνωση είναι:

- Η U-shape Line δίνει την δυνατότητα ευελιξίας και παραγωγής μεγάλου αριθμού διαφορετικών μοντέλων του ίδιου προϊόντος με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Κύριο πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα γρήγορων αλλαγών
- Στην straight Line υπάρχει πάντα περιορισμένος χώρος για την τοποθέτηση των υλικών παραγωγής και όχι πάντα πολύ κοντά στον εργάτη.
- Η straight line δεν μπορεί να ανταποκριθεί μελλοντικά στην αύξηση του όγκου παραγωγής των εντοιχισμένων φούρνων. Αντίθετα, η U-shape line, μπορεί να φιλοξενήσει και τα δύο, εξίσου αποτελεσματικά.

<sup>69</sup> <http://www.bsh-group.gr/index.php?page=105152>

- Η δαπάνη της μετατροπής σε U-shape, είναι σχετικά μικρή καθώς μπορεί να αξιοποιηθεί σε ποσοστό 70% υπάρχον εξοπλισμός και μηχανήματα.

#### **Το αντικείμενο του έργου**

Ως αντικείμενο του έργου ορίζεται η εγκατάσταση της νέας γραμμής συναρμολόγησης ελεύθερων κουζινών τύπου u-shape και των επιμέρους υπό - τμημάτων της στην θέση της παλιάς γραμμής προ - συναρμολόγησης ψυγείου, τύπου straight line.

#### **Το χρονοδιάγραμμα του έργου**

Εκκίνηση έργου : cw 36 / 2012

Περάτωση έργου: cw 4 / 2013

Αρχική εκτιμώμενη συνολική διάρκεια: 21 εβδομάδες

#### **Οι πόροι του έργου**

Η κατανομή του έργου έγινε κατά λειτουργίες αξιοποιώντας προϊσταμένους και υπαλλήλους από τα άμεσα εμπλεκόμενα τμήματα (εφοδιαστική παραγωγής, μηχανικών παραγωγής, συντήρησης, παραγωγής, έρευνας & ανάπτυξης, ποιοτικού ελέγχου και πληροφορικής).

Το έργο είναι καθοδηγούμενο από τον Project Manager, οποίος έχει τον έλεγχο του συντονισμού και της διοίκησης του έργου. Ακόμη έχει οριστεί ο sponsor, του οποίου ο ρόλος εν προκειμένω, είναι βοηθητικός προς τον project manager. Συγκεκριμένα διασφαλίζει την ομαλή συνέργεια των επιμέρους τμημάτων σε περίπτωση αντιπαραθέσεων.

Το steering Committee που αποτελείται από το top board of management της εταιρείας είναι ο stakeholder του έργου και ασκεί πίεση προς τον project manager για την επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος στον προκαθορισμένο χρόνο και με το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Τέλος, για κάποιες από τις επιμέρους φάσεις του έργου προσλήφθηκε εργολάβος.

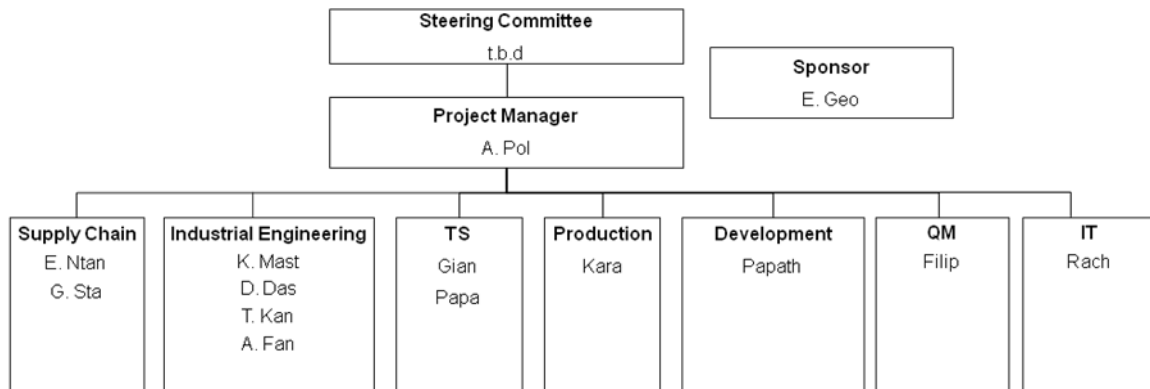
Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε ότι τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτής της μορφής οργάνωσης είναι:

- Παρουσιάζει μεγάλη ευλυγισία στην αξιοποίηση του προσωπικού, καθώς αυτό μπορεί να απασχολείται από έργο σε έργο ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού.
- Η εμπειρία που συσσωρεύεται από την υλοποίηση διαφόρων έργων, διαχέεται σ' ολόκληρο τον οργανισμό.
- Σε περίπτωση ύπαρξης προβλημάτων κινητοποιείται ευκολότερα ολόκληρος ο οργανισμός.
- Οι περισσότεροι υπάλληλοι προτιμούν αυτόν τον τυποποιημένο τρόπο εργασίας, ο οποίος τους προσφέρει και σταθερότητα θέσης και εναλλαγή εντυπώσεων.

Ενώ τα μειονεκτήματα της Οργάνωσης κατά Λειτουργία



- Οι εμπλεκόμενοι στο έργο αισθάνονται ότι, δεν γνωρίζουν σε ποιόν ν' απευθυνθούν για το έργο, δεδομένου ότι το έργο παρουσιάζεται σ' αυτούς απρόσωπο.
- Δεν εντοπίζεται εύκολα ο υπεύθυνος για κάθε προκύπτον πρόβλημα.
- Κάθε τμήμα ασχολείται με κάθε έργο κατά προτεραιότητα, με αποτέλεσμα την απώλεια χρόνου.



Εικόνα 18 Οργανόγραμμα έργου - project U-shape Line - B/S/H ABE<sup>70</sup>

### 3.3 Οι φάσεις του έργου

Συγκεκριμένα, για την εγκατάσταση της νέας γραμμής παραγωγής της κουζίνας απαιτείται ταυτόχρονα απόσυρση δύο από τις τρεις γραμμές του ψυγείου και ταυτόχρονα μεταφορά της γραμμής προ - συνομολόγησης για την τρίτη του ψυγείου. Το γεγονός αυτό καθιστά το έργο ιδιαίτερα σύνθετο. Για τον λόγο αυτό είναι χωρισμένο σε υπό –έργα, τα οποία εν προκειμένω αναλύονται ως summary tasks.

Οι φάσεις του έργου είναι χωρισμένες κατά λειτουργία και όχι χρονικά καθώς αρκετές εργασίες πρέπει να γίνονται ταυτόχρονα. Διακρίνονται σε δέκα περιληπτικές εργασίες (summary task), οι οποίες αποτελούνται από επιμέρους εργασίες. Στην πραγματικότητα κάθε περιληπτική εργασία αποτελεί ένα υπό –έργο τα αποτελέσματα του οποίου επηρεάζουν χρονικά και ποιοτικά την τελευταία φάση του έργου, που είναι το U-shape optimization. Οι περιληπτικές εργασίες συμβαίνουν ταυτόχρονα μεταξύ τους και αλληλοεπηρεάζονται. Ο μη σειριακός χαρακτήρας του έργου το καθιστά ιδιαίτερα πολύπλοκο στην επεξεργασία και την παρακολούθηση.

Ειδικότερα, όπως φαίνεται και στον πίνακα 1 διακρίνουμε τις παρακάτω περιληπτικές εργασίες:

- **Installation of Bridge & additional conveyors**

Η εργασία αυτή αφορά στον σχεδιασμό και εγκατάσταση εξοπλισμού αναφορικά με την νέα γραμμή παραγωγής U-shape, αλλά και την Τρίτη γραμμή του ψυγείου που θα παραμείνει μετά

<sup>70</sup> Για λόγους προστασίας προσωπικών δεδομένων, δεν αναφέρονται τα πραγματικά ονόματα των ανθρώπων που εργάστηκαν στο έργο.

την ολοκλήρωση του έργου. Η εγκατάσταση θα πραγματοποιηθεί από εργολάβο, αφού προηγουμένως αναλυθούν προσφορές από εξωτερικούς συνεργάτες.

- **Logistics Preparation**

Η εργασία αυτή περιλαμβάνει τον σχεδιασμό του συστήματος τροφοδοσίας της νέας γραμμής U-shape, το οποίο θα γίνεται με την μέθοδο Kanban και του Milk runner. Η ανάλυση περιλαμβάνει την αξιολόγηση όλων των υλών που θα χρησιμοποιούνται στην νέα γραμμή και τον προγραμματισμό του Milk runner, αλλά και των picking zones.

- **Racks Preparation**

Πρόκειται για τον σχεδιασμό των ραφιών δίπλα στους σταθμούς εργασίας περιμετρικά του U-shape line, αλλά της γραμμής του ψυγείου που θα παραμείνει, εφόσον πρόκειται να μεταφερθεί σε νέο σημείο.

- **Sub-assemblies**

Πρόκειται για τις επιμέρους μικρότερες γραμμές προ – συναρμολόγησης που θα τροφοδοτούν την κυρίως γραμμή U-shape line. Ένα παράδειγμα μπορεί να αποτελεί η κατασκευή των πορτών των φούρνων σε ξεχωριστή μεμονωμένη γραμμή. Το Output μιας τέτοιας μεμονωμένης συγκεντρώνεται με την μέθοδο Kanban στο σημείο συναρμολόγησης της U-shape.

- **Line Balancing**

Για την νέα γραμμή παραγωγής είναι απαραίτητος ο υπολογισμός των θέσεων εργασίας ανάλογα με τον επιθυμητό αριθμό παραγόμενων συσκευών ανά ώρα. Με άλλα λόγια στο στάδιο αυτό υπολογίζεται η εξισορρόπηση της νέας γραμμής παραγωγής.

- **Area Preparation**

Η προετοιμασία του χώρου αφορά στην αποσυναρμολόγηση των γραμμών παραγωγής του ψυγείου που θα σταματήσουν να λειτουργούν και αντίστοιχα στη μεταφορά και εγκατάσταση του εξοπλισμού για την νέα γραμμή.

- **TT Line Shift**

Πρόκειται για την προετοιμασία και μετεγκατάσταση της γραμμής του ψυγείου που θα συνεχίσει να λειτουργεί μετά την ολοκλήρωση του έργου. Αφορά στην προετοιμασία του χώρου και τον σχεδιασμό του layout της γραμμής.

- **FTH special equipment**

Μια από τις σημαντικότερες εργασίες που πρέπει να γίνουν αφορούν στις δοκιμές του εξοπλισμού της νέας γραμμής. Ειδικότερα σε αυτή την φάση γίνονται δοκιμές του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και συγκεκριμένα του μηχανισμού επαλήθευσης λειτουργίας των παραγόμενων συσκευών.

- **Personnel training**

Επίσης σημαντική διαδικασία είναι η εκπαίδευση του προσωπικού και οι δοκιμές εναλλαγής θέσεων εργασίας αναφορικά με το νέο τύπο γραμμής παραγωγής. Οι εργαζόμενοι θα πρέπει να εκπαιδευτούν και να δοκιμαστούν στο νέο στυλ παραγωγής.

- **U-Shape optimization**

Πρόκειται για την παρακολούθηση της αποδοτικότητας της νέας γραμμής με την έναρξη λειτουργίας της. Για την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου απαιτείται η παρακολούθηση της πορείας της νέας γραμμής παραγωγής για τουλάχιστον ένα ελάχιστο διάστημα μετά την εγκατάσταση της. Ο ελάχιστος χρόνος θα είναι η πρώτη εβδομάδα παραγωγής. Στην πραγματικότητα η νέα γραμμή θα υπόκειται σε συνεχείς βελτιώσεις για τουλάχιστον ένα χρόνο μετά την έναρξη λειτουργίας της.

Αναφορικά με τα ορόσημα, υπάρχουν τρία βασικά, τα οποία καθορίζουν την πορεία του έργου. Το πρώτο είναι το kick-off meeting κατά το οποίο γίνεται η παρουσίαση του έργου και η ανάθεση. Το kick-off meeting ουσιαστικά σηματοδοτεί την έναρξη του έργου, θεωρείται σημείο με χρονική διάρκεια  $t=0$ . Τα επόμενα δύο Ορόσημα είναι καθοριστικά για την πορεία του έργου καθώς αποτελούν ταυτόχρονα χρονικούς περιορισμούς. Πρόκειται για το τέλος της παραγωγής και στη συνέχεια απόσυρση των δύο από τις τρεις γραμμές του ψυγείου. Τα γεγονότα αυτά είναι σημαντικά για το έργο καθώς οι αντίστοιχοι χώροι πρόκειται να αξιοποιηθούν για την μετεγκατάσταση της γραμμής πρό - συναρμολόγησης της τρίτης γραμμής του ψυγείου και αντίστοιχα εγκατάσταση της νέας γραμμής U-shape. Υπάρχει ακόμη ένα τελευταίο ορόσημο που είναι η εφαρμογή σε λειτουργία της νέας γραμμής U-shape. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι το έργο δεν ολοκληρώνεται με την εγκατάσταση της νέας γραμμής. Απαιτείται και παρακολούθηση της αποδοτικότητας της, το οποίο είναι η τελευταία φάση του έργου, διάρκειας τεσσάρων εβδομάδων.

Η ανάθεση στους πόρους, αφορά υπαλλήλους και προϊστάμενους από τα εμπλεκόμενα τμήματα. Κατ' εξαίρεση η περίπτωση του «Maintenance» όπου η ανάθεση δεν αφορά συγκεκριμένο πρόσωπο, αλλά γενικά ανθρώπους από το τμήμα της Συντήρησης. Οι περιπτώσεις αυτές αφορούν πόρους τύπου work, ενώ η περίπτωση του εξωτερικού συνεργάτη θα χαρακτηριστεί ως material στο MS. Project, όπου θα γίνει η ανάλυση του έργου.

Πίνακας 1 Δομική Ανάλυση του Έργου (WBS)<sup>71</sup>

WBS	Task Name	Resource_Initial	Type	Summary	Milestone
1	U-shape line 2		Fixed Duration	Yes	No
1.1	Kick-off meeting		Fixed Duration	No	Yes
1.2	Installation of Bridge & additional conveyors		Fixed Duration	Yes	No
1.2.1	Decision about U-shape & TT line final position	P;D;D;F;G;K;M;P;S;K	Fixed Duration	No	No
1.2.2	Preparation of specification for connection of U-shape with existing line, offers by subcontractor	P	Fixed Duration	No	No
1.2.3	Preparation of new conveyors / bridge	S	Fixed Duration	No	No
1.2.4	Installation of conveyors & elevator #1 to existing collector line	S	Fixed Duration	No	No
1.2.5	Installation of elevator#2 to U-shape & Bridge	S	Fixed Duration	No	No
1.3	Logistics Preparation		Fixed Duration	Yes	No
1.3.1	Preparation of a list with the required materials for the assy of all the Vibs, Group in variants	K;P	Fixed Duration	No	No
1.3.2	Gathering of material information (i.e. packaging from suppliers) & selection of transportation box for assembly line	S	Fixed Duration	No	No
1.3.3	Kanban/Supermarket/ Milkrunner calculation	S	Fixed Duration	No	No
1.3.4	Order of logistics equipment	S	Fixed Duration	No	No
1.3.5	Organizing picking zones and warehouse area	S	Fixed Duration	No	No
1.3.6	Preparation of milkrunner program for variants	S	Fixed Duration	No	No
1.3.7	Pre-production of stock in line3	N	Fixed Duration	No	No
1.4	Racks Preparation		Fixed Duration	Yes	No
1.4.1	Design/construction of new racks	F	Fixed Duration	No	No
1.4.2	Installation of new racks to FAK area	F	Fixed Duration	No	No
1.5	Sub-assemblies		Fixed Duration	Yes	No
1.5.1	Preparation of sub-assemblies layout	P;M	Fixed Duration	No	No
1.5.2	Preparation of air and lighting infrastructure of sub-assemblies	M;S	Fixed Duration	No	No
1.5.3	Transfer of sub-assemblies to new position	M	Fixed Duration	No	No
1.6	Line Balancing		Fixed Duration	Yes	No
1.6.1	Preparation of line balancing	F;K	Fixed Duration	No	No
1.7	Area Preparation		Fixed Duration	Yes	No
1.7.1	End of KGN production		Fixed Duration	No	Yes
1.7.2	Dismantling of KGN line	M	Fixed Duration	No	No
1.7.3	End of KDN production (22 Nov.)		Fixed Duration	No	Yes
1.7.4	Dismantling of KDN line	M	Fixed Duration	No	No
1.7.5	Preparation of ground-floor for installation of U shape & sub-assemblies	Z	Fixed Duration	No	No
1.7.6	Preparation of ground-floor for TKS installation	Z	Fixed Duration	No	No
1.7.7	Preparation of ground-floor for installation of 2 elevators	Z	Fixed Duration	No	No
1.8	TT Line Shift		Fixed Duration	Yes	No
1.8.1	Trial of TKS carrier loading from new position	D;G	Fixed Duration	No	No
1.8.2	Preparation of detailed TKS new position layout	D;P	Fixed Duration	No	No
1.8.3	Preparation of specification for suppliers	D	Fixed Duration	No	No
1.8.4	Offer from supplier	D	Fixed Duration	No	No
1.8.5	Detailed description of oven & conveyors modifications	D	Fixed Duration	No	No
1.8.6	Specification of required air / lighting infrastructure modifications	D	Fixed Duration	No	No
1.8.7	Preparation of software program for TKS carrier & conveyors	D;G	Fixed Duration	No	No
1.8.8	Preparation of timeline for KDN & KGN fixture dismantling	D;B	Fixed Duration	No	No
1.8.9	Specification of area for KDN & KGN fixtures transfer	D;B	Fixed Duration	No	No
1.8.10	Specification of area for KDN conveyors transfer	D;B	Fixed Duration	No	No
1.8.11	TKS material flow & required layout / corridor modification	D	Fixed Duration	No	No
1.8.12	Investigation of new method for inner-liner transfer from COMI to line	D	Fixed Duration	No	No
1.8.13	Investigation of new position for Top electronic and timeline for its transfer	D	Fixed Duration	No	No
1.8.14	Investigation of new position for Gruko office + buffer and timeline for its transfer	D	Fixed Duration	No	No
1.8.15	Investigation of repair area reduction	D	Fixed Duration	No	No
1.8.16	Preparation of air and lighting infrastructure of TT line	D	Fixed Duration	No	No
1.8.17	Transfer of TT line to new area	D	Fixed Duration	No	No
1.9	FTH special equipment		Fixed Duration	Yes	No
1.9.1	Preparation of area for test of FTH special equipment (i.e. Elabo, workpiece carriers)	B	Fixed Duration	No	No
1.9.2	Preparation & Test of FTH special equipment (i.e. Elabo, workpiece carriers)	P;B	Fixed Duration	No	No
1.9.3	Preparation of Elabo	R	Fixed Duration	No	No
1.9.4	Electrical Trial of WPC	P	Fixed Duration	No	No
1.9.5	Trial of Battery chargers	B	Fixed Duration	No	No
1.9.6	Trial of lifting device for concrete	B	Fixed Duration	No	No
1.9.7	Order of new batteries for WPC	B	Fixed Duration	No	No
1.9.8	Preparation of fixtures for WPC (for palets)	P	Fixed Duration	No	No
1.10	Personnel training		Fixed Duration	Yes	No
1.10.1	Job rotation	K	Fixed Duration	No	No
1.10.2	Training with work-piece carrier	K	Fixed Duration	No	No
1.10.3	Training on new test stations	K	Fixed Duration	No	No
1.11	Start of production in U-shape line		Fixed Duration	No	Yes
1.12	Ramp-up	B;D;F;G;K;M;N;P;P	Fixed Duration	No	No
1.13	U-Shape optimization	B;D;F;G;K;M;N;P;P	Fixed Duration	No	No

<sup>71</sup> Πηγή: B/S/H A.B.E

### 3.4 Εκτίμηση χρονοδιαγράμματος του έργου με την μέθοδο PERT

Μια από τις βασικές επιδιώξεις κάθε κατασκευαστικής επιχείρησης, η οποία έχει αναλάβει την εκτέλεση ενός έργου, είναι η βελτίωση της παραγωγικότητας του δυναμικού και η μείωση του συνολικού κόστους του έργου. Απαιτείται, συνεπώς, ορθολογικός προγραμματισμός και οργάνωση των εργασιών, ώστε να αποφευχθούν απώλειες εργατοωρών και περίοδοι ακινησίας του μηχανολογικού εξοπλισμού λόγω κακής κατανομής του στο έργο.

Η εκτέλεση, κατά συνέπεια, κάθε έργου απαιτεί την εκ των προτέρων μελέτη και τον χρονικό προγραμματισμό της υλοποίησής του, ώστε να επιτευχθεί η ταχύτερη και οικονομικότερη εκτέλεσή του. Για το λόγο αυτό, μελετάται η ανάλυση όλων των εργασιών και των δραστηριοτήτων οι οποίες πρέπει να ολοκληρωθούν για την εκτέλεση κάθε έργου.

Η μέθοδος Pert (Project Evaluation and Review Technique) επινοήθηκε με στόχο την κάλυψη της επικινδυνότητας που προέρχεται από απρόβλεπτους παράγοντες. Ξεκίνησε να εφαρμόζεται σε έργα που παρουσιάζουν ευαισθησία σε πιθανές χρονικές μεταβολές των δραστηριοτήτων τους, όπως για παράδειγμα έργα που εκτελούνται για πρώτη φορά, κατασκευαστικά έργα, ευαίσθητα στις καιρικές συνθήκες κτλ.. για να καταλήξει να χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα έργα.

Περιγραφή της μεθόδου

Για κάθε δραστηριότητα ορίζονται τρεις χρονικές διάρκειες:

- Ο Αισιόδοξος Χρόνος (Optimistic time)  $a$ , που εκφράζει τις πιο αισιόδοξες προβλέψεις (όταν όλα έρθουν βολικά).
- Ο Απαισιόδοξος Χρόνος (Pessimistic Time)  $b$ , που εκφράζει τις απαισιόδοξες προβλέψεις (όταν όλα έλθουν ανάποδα).
- Ο Πιθανός Χρόνος (Most Likely Time)  $m$ , που εκφράζει αυτό, που συνήθως συμβαίνει (το στατιστικά πιθανό).

Η Μέση Τιμή (Mean) της κατανομής Βήτα καθορίζει τον Αναμενόμενο Χρόνο (Expected Time) –  $T_e$  κάθε δραστηριότητας, δηλαδή τον απαραίτητο μέσο χρόνο για την εκτέλεση. Έτσι σε κάθε δραστηριότητα  $i$  θα αντιστοιχεί μια χρονική διάρκεια που δίνεται από την σχέση:

$$T_e = \frac{(a_i + 4m_i + b_i)}{6}$$

Η Διακύμανση ή διασπορά (Variance)  $\sigma_i^2$  του χρόνου κάθε δραστηριότητας  $i$  συμπίπτει με τη διακύμανση της Κατανομής Βήτα για την οποία ισχύει:

$$\sigma_i^2 = \left(\frac{b_i - a_i}{6}\right)^2$$

Η διακύμανση του χρόνου όλου του έργου  $\sigma_{ολ}^2$  ισούται με το άθροισμα των διακυμάνσεων των δραστηριοτήτων της κρίσιμης διαδρομής του. Αν υπάρχουν περισσότερες της μιας κρίσιμες διαδρομές χρησιμοποιείται εκείνη, που έχει τη μεγαλύτερη διακύμανση.

Βασική προϋπόθεση, για τον υπολογισμό της πιθανότητας ολοκλήρωσης ενός έργου στον Τακτό Χρόνο  $T\chi$ , είναι η παραδοχή, ότι, αυτός ο χρόνος ακολουθεί την Κανονική Κατανομή (Normal Distribution).

**Τιμή μεταβλητής X κανονικής κατανομής**

$$X = \frac{T_x - T_n}{\sigma_{ολ}}$$

**Τακτός χρόνος**

$$T\chi = X\sigma_{ολ} + T_n$$

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ο πίνακας 2

Πίνακας 2 εκτίμηση χροδιαγράμματος έργου με PERT Analysis

WBS	Task Name	Duration	Optimistic Duration	Expected Duration	Pessimistic Duration
1	U-shape line 2	25,67 wks	23,7 wks	27 wks	30,7 wks
1.1	Kick-off meeting	0 wks	0 wks	0 wks	0 wks
1.2	Installation of Bridge & additional conveyors	16 wks	13 wks	17 wks	19 wks
1.2.1	Decision about U-shape & TT line final position	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.2.2	Preparation of specification for connection of U-shape with existing line, offers by subcontractor	1,67 wks	1 wk	2 wks	2 wks
1.2.3	Preparation of new conveyors / bridge	11,5 wks	10 wks	12 wks	13 wks
1.2.4	Installation of conveyors & elevator #1 to existing collector line	1,67 wks	1 wk	2 wks	2 wks
1.2.5	Installation of elevator#2 to U-shape & Bridge	1,67 wks	1 wk	2 wks	2 wks
1.3	Logistics Preparation	12,5 wks	11 wks	13 wks	15 wks
1.3.1	Preparation of a list with the required materials for the assy of all the Vibs, Group in variants	2,67 wks	1 wk	3 wks	5 wks
1.3.2	Gathering of material information (i.e. packaging from suppliers) & selection of transportation box for assembly line	3,33 wks	2 wks	4 wks	4 wks
1.3.3	Kanban/Supermarket/ Milkrunner calculation	2,5 wks	1 wk	3 wks	4 wks
1.3.4	Order of logistics equipment	1,67 wks	1 wk	2 wks	2 wks
1.3.5	Organizing picking zones and warehouse area	3,83 wks	3 wks	4 wks	5 wks
1.3.6	Preparation of milkrunner program for variants	3,67 wks	2 wks	4 wks	6 wks
1.3.7	Pre-production of stock in line3	1,67 wks	1 wk	2 wks	2 wks
1.4	Racks Preparation	9,83 wks	10 wks	10 wks	11 wks
1.4.1	Design/construction of new racks	9,5 wks	8 wks	10 wks	11 wks
1.4.2	Installation of new racks to FAK area	3,33 wks	2 wks	4 wks	4 wks
1.5	Sub-assemblies	20,7 wks	18,7 wks	21,7 wks	25,7 wks
1.5.1	Preparation of sub-assemblies layout	5,33 wks	3 wks	6 wks	8 wks
1.5.2	Preparation of air and lighting infrastructure of sub-assemblies	3,5 wks	2 wks	4 wks	5 wks
1.5.3	Transfer of sub-assemblies to new position	1,67 wks	1 wk	2 wks	2 wks
1.6	Line Balancing	6,83 wks	5 wks	7 wks	10 wks
1.6.1	Preparation of line balancing	6,83 wks	5 wks	7 wks	10 wks
1.7	Area Preparation	4,67 wks	5 wks	5 wks	3 wks
1.7.1	End of KGN production	0 wks	0 wks	0 wks	0 wks
1.7.2	Dismantling of KGN line	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.7.3	End of KDN production (22 Nov.)	0 wks	0 wks	0 wks	0 wks
1.7.4	Dismantling of KDN line	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.7.5	Preparation of ground-floor for installation of U shape & sub-assemblies	2,5 wks	3 wks	3 wks	0 wks
1.7.6	Preparation of ground-floor for TKS installation	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.7.7	Preparation of ground-floor for installation of 2 elevators	1,83 wks	2 wks	2 wks	1 wk
1.8	TT Line Shift	19,87 wks	19,7 wks	19,7 wks	20,7 wks
1.8.1	Trial of TKS carrier loading from new position	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.8.2	Preparation of detailed TKS new position layout	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.8.3	Preparation of specification for suppliers	1 wk	1 wk	1 wk	1 wk
1.8.4	Offer from supplier	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.8.5	Detailed description of oven & conveyors modifications	1,33 wks	1 wk	1 wk	3 wks
1.8.6	Specification of required air / lighting infrastructure modifications	6,17 wks	3 wks	7 wks	10 wks
1.8.7	Preparation of software program for TKS carrier & conveyors	1 wk	1 wk	1 wk	1 wk
1.8.8	Preparation of timeline for KDN & KGN fixture dismantling	1 wk	1 wk	1 wk	1 wk
1.8.9	Specification of area for KDN & KGN fixtures transfer	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.8.10	Specification of area for KDN conveyors transfer	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.8.11	TKS material flow & required layout / corridor modification	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.8.12	Investigation of new method for inner-liner transfer from COMI to line	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.8.13	Investigation of new position for Top electronic and timeline for its transfer	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.8.14	Investigation of new position for Gruko office + buffer and timeline for its transfer	1 wk	1 wk	1 wk	1 wk
1.8.15	Investigation of repair area reduction	1 wk	1 wk	1 wk	1 wk
1.8.16	Preparation of air and lighting infrastructure of TT line	3,17 wks	3 wks	3 wks	4 wks
1.8.17	Transfer of TT line to new area	2 wks	2 wks	2 wks	2 wks
1.9	FTH special equipment	15,17 wks	13 wks	16 wks	17 wks
1.9.1	Preparation of area for test of FTH special equipment (i.e. Elabo, workpiece carriers)	1 wk	1 wk	1 wk	1 wk
1.9.2	Preparation & Test of FTH special equipment (i.e. Elabo, workpiece carriers)	9,17 wks	5 wks	10 wks	15 wks
1.9.3	Preparation of Elabo	12,17 wks	10 wks	13 wks	14 wks
1.9.4	Electrical Trial of WPC	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.9.5	Trial of Battery chargers	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.9.6	Trial of lifting device for concrete	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.9.7	Order of new batteries for WPC	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.9.8	Preparation of fixtures for WPC (for palets)	5,33 wks	4 wks	6 wks	6 wks
1.10	Personnel training	20,67 wks	18 wks	22 wks	22 wks
1.10.1	Job rotation	13,83 wks	13 wks	14 wks	15 wks
1.10.2	Training with work-piece carrier	3,5 wks	2 wks	4 wks	5 wks
1.10.3	Training on new test stations	3,5 wks	2 wks	4 wks	5 wks
1.11	Start of production in U-shape line	0 wks	0 wks	0 wks	0 wks
1.12	Ramp-up	1,17 wks	1 wk	1 wk	2 wks
1.13	U-Shape optimization	3,83 wks	3 wks	4 wks	5 wks

Από την ανάλυση με την μέθοδο Pert προκύπτει ότι μέγιστη διάρκεια του έργου μπορεί να φτάσει τις 30,7 εβδομάδες, ενώ η ελάχιστη τις 23, 7. Η ανάλυση έγινε δίνοντας τις εξής βαρύτητες Optimistic: 2, Expected: 3, Pessimistic: 1. Στην εικόνα διακρίνουμε το κρίσιμο μονοπάτι του έργου, όπου μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι οι σημαντικότερες εργασίες αφορούν στην προετοιμασία της περιοχής να υποδεχτεί την νέα γραμμή παραγωγής, την εγκατάσταση και έλεγχο του ειδικού εξοπλισμού και την

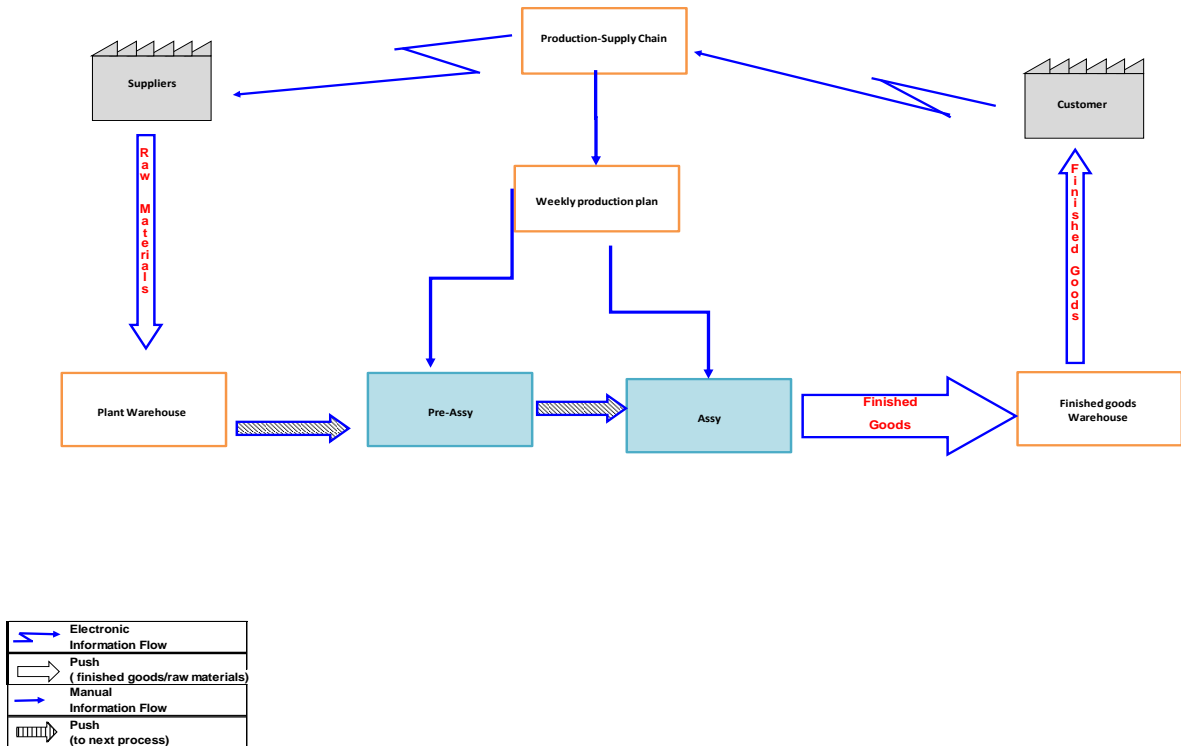




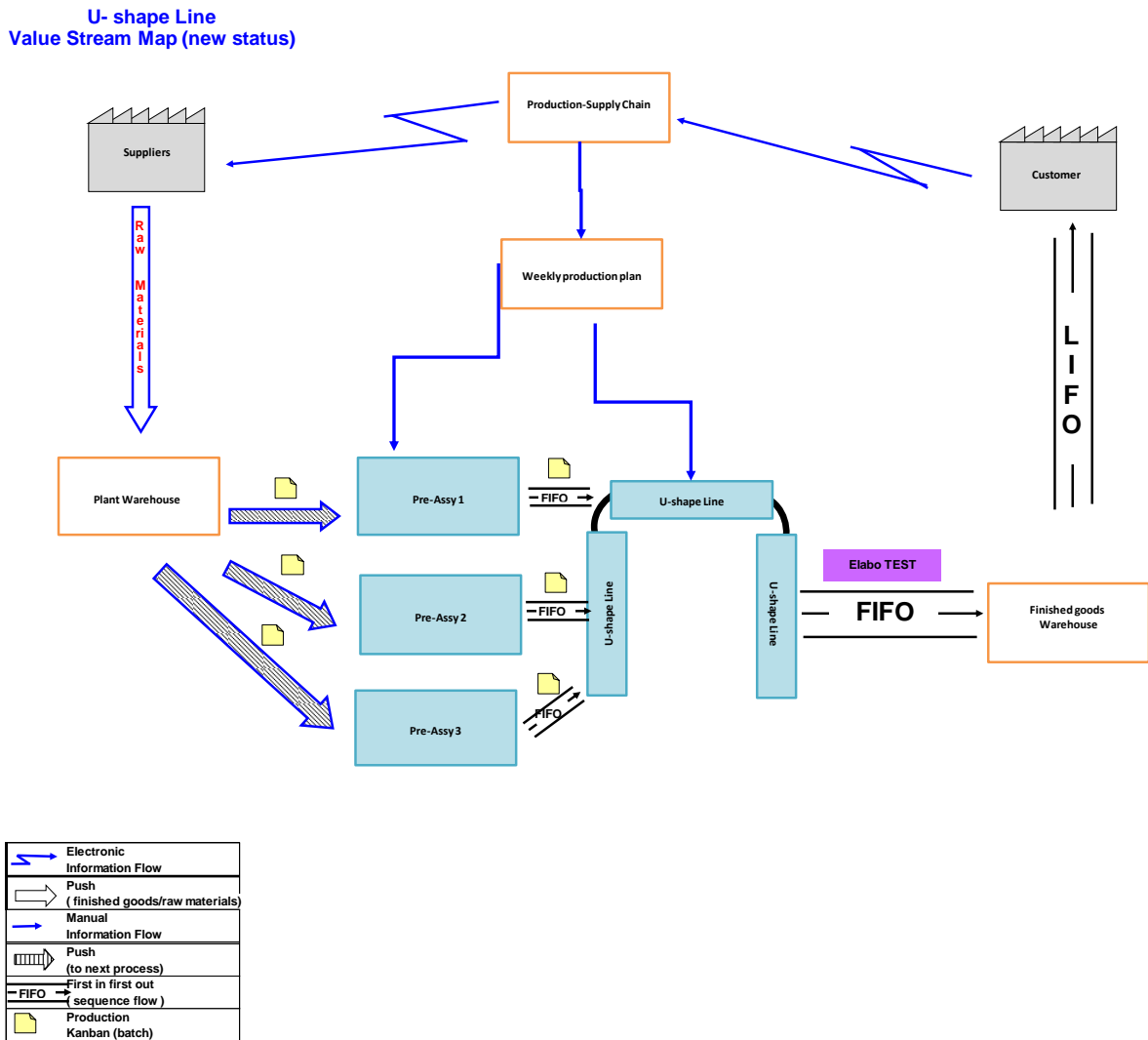
προμηθευτή και όχι σύμφωνα με την ζήτηση της παραγωγής, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πλεονάζον απόθεμα στον χώρο της παραγωγής και να έλλειψη χώρου.

Οι γραμμές παραγωγής εκτελούν σειριακά τις εντολές παραγωγής και δίνουν ως output στην αποθήκη ετοιμών προϊόντων το παραχθέν εμπόρευμα. Εν συνεχεία η αποθήκη των ετοιμών προετοιμάζει και αποστέλει τις παραγγελίες στον πελάτη.

**Straight Line Value Stream Map (previous status)**



**Εικόνα 20 Straight Line - old status (VSM)**



Εικόνα 21 U - shape line - new status (VSM)

Στην νεότερη έκδοση με την εφαρμογή του U-shape line, όπως βλέπουμε στην εικόνα 20, υπάρχουν κάποιες βελτιστοποιήσεις αναφορικά με την ροή υλικών προς την παραγωγή και εντός αυτής. Αρχικά δημιουργούνται περισσότερες και μικρότερες γραμμές προσυναρμολόγησης οι οποίες τροφοδοτούν με σύστημα Kanban την βασική γραμμή συναρμολόγησης (u-shape line). Αντίστοιχα οι γραμμές προσυναρμολόγησης τροφοδοτούνται σε σύστημα Kanban - sequence. Δηλαδή τροφοδοτούνται με άυλες συμφωνοί με τις εντολές παραγωγής και μόνο στις απαιτούμενες ποσότητες κατά MRP. Αυτομάτως μειώνεται το απόθεμα στον χώρο της παραγωγής αλλά και στην αποθήκη. Ακόμη το σύστημα αλλάζει από Push σε Pull. Επίσης τηρείται πλέον το FIFO τός μεταξύ των γραμμών παραγωγής, όσο και προς την αποθήκη ετοιμών. Το γεγονός αυτό βελτιώνει την διαχείριση των λαθών και ποιοτικών προβλημάτων. Επίσης κατά την έξοδο των συσκευών από την γραμμή παραγωγής γίνεται ηλεκτρολογικός έλεγχος. Αυτό το στάδιο είναι πολύ σημαντικό καθώς βελτιώνει την ποιότητα των έτοιμων προϊόντων.

Με τις παραπάνω αλλαγές επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος και διαχείριση των λαθών. Μειώνεται σημαντικά το ρίσκο και η αξία της αποθήκης. Εντούτοις, αυτή η δομή απαιτεί πολύ καλά εκπαιδευμένο προσωπικό και ευέλικτη παραγωγή, έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις ξαφνικές αυξομειώσεις της ζήτησης. Εν προκειμένο, η U- shape line εξυπηρετεί σε πολύ μεγάλο ποσοστό αυτόν τον σκοπό καθώς έχει την δυνατότητα να αυξομειώνει την δυναμικότητα της (capacity) γρήγορα και εύκολα.

### 3.6 SWOT Analysis

Για την αξιολόγηση της μετατροπής του μοντέλου παραγωγής από το straight line σε u-shape είναι σκόπιμη η ανάλυση με την μέθοδο SWOT, προκειμένου να εντοπισθούν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα, αλλά και οι απειλές. Για την απόφαση της μετατροπής είναι εξίσου σημαντική τόσο η SWOT Analysis, όσο και η αξιολόγηση κινδύνων, όπως θα δούμε σε επόμενη ενότητα. Αναφορικά με την αξιολόγηση της U-shape line ως προς την straight line, παρακάτω παρουσιάζονται τα εξής στοιχεία:

#### **Δυνατά σημεία (Strengths)**

- Ελαχιστοποίηση των παραγόντων που προκαλούν απώλειες, όπως άσκοπες κινήσεις του εργάτη, αναμονή του εργάτη έως να έρθει μπροστά του η επόμενη συσκευή.
- Ευελιξία στον προγραμματισμό του συνολικού αριθμού παραγόμενων τελικών προϊόντων της (δυνατότητα αυξομείωσης)
- Δυνατότητας διαφοροποίησης της παραγωγής (παραγωγή πολλών διαφορετικών μοντέλων)
- Γρήγορος προγραμματισμός και αλλαγές παραγωγής
- Δυνατότητα ταχύτερης αντιμετώπισης σε ποιοτικά προβλήματα
- Ευκολότερη εξισορρόπηση της παραγωγής
- Καλύτερη επικοινωνία – ροή πληροφορίας και διοίκηση της ομάδας παραγωγής

#### **Αδύνατα σημεία (Weaknesses)**

- Μικρότερος όγκος παραγωγής συγκριτικά με την straight line
- Ανάγκη για περισσότερη εκπαίδευση – ο πρέπει να γνωρίζει όλα τα εξαρτήματα και την συναρμολόγηση σε όλα τα επίπεδα
- Μεγαλύτερη κόπωση για τον εργάτη – ο εργάτης δεν είναι στατικός, κινείται μαζί με το προϊόν

#### **Ευκαιρίες (Opportunities)**

- Δυνατότητα μείωσης εργατικού δυναμικού, μείωση κόστους παραγωγής

- Δυνατότητα εγκατάστασης u-shape με χαμηλή δαπάνη (δεν απαιτείται εξειδικευμένος εξοπλισμός)
- Δυνατότητα εύκολης εισαγωγής νέων προϊόντων στην παραγωγή

#### **Απειλές (Threats)**

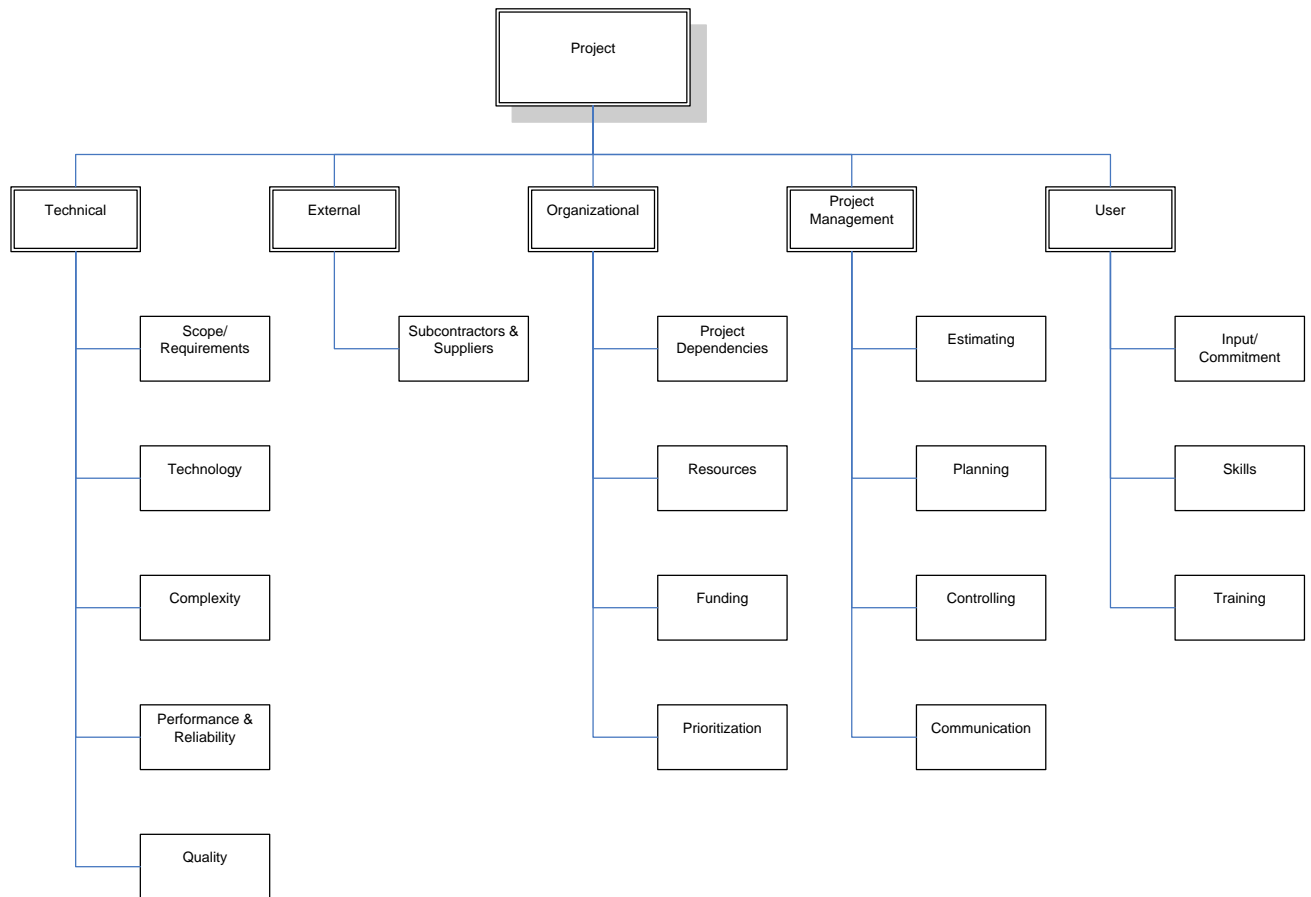
- Μεγαλύτερη κόπωση των εργατών - απαιτεί μικρές ηλικίες με μεγαλύτερες αντοχές
- Το μικρό output παραγωγής μπορεί να αποτελέσει απειλή σε μια ξαφνική αύξηση της ζήτησης

### **3.7 Ανάλυση κινδύνων κατά PMBOK**

Σύμφωνα με το PMBOK, η διαχείριση κινδύνου γίνεται με έξι διαδικασίες, οι οποίες είναι ο σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνου (risk management planning), ο προσδιορισμός κινδύνων (risk identification), η ποιοτική ανάλυση κινδύνου (qualitative risk analysis), η ποσοτική ανάλυση κινδύνου (quantitative risk analysis), ο σχεδιασμός απόκρισης στους κινδύνους (risk response planning) και, τέλος, η παρακολούθηση και ο έλεγχος κινδύνων (risk monitoring and control).

#### **3.7.1 Αναγνώριση Κινδύνων**

Ξεκινώντας την ανάλυση στο παρόν έργο από την αναγνώριση των κινδύνων, τους διακρίνουμε σε πέντε βασικές κατηγορίες, τεχνικοί, εξωτερικοί, επιχειρησιακοί, διοικητικοί, και χρηστικοί, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα. Με βάση αυτές τα κατηγορίες θα λέγαμε ότι, σε ότι αφορά τεχνικούς κινδύνους υπάρχουν σε ότι αφορά τον ειδικό εξοπλισμό επαλήθευσης λειτουργίας των συσκευών (elabo) για την νέα γραμμή παραγωγής. Συγκεκριμένα υπάρχει ο κίνδυνος να μην λειτουργεί σωστά ο μηχανισμός αυτός (φάση FTH special equipment).



**Εικόνα 22 Risk identification in categories**

Σε ότι αφορά τους εξωτερικούς κινδύνους διακρίνουμε κυρίως τον κίνδυνο μη άμεσης ανταπόκρισης/καθυστέρησης από τους προμηθευτές όπου αυτοί εμπλέκονται. (φάση Logistics Preparation & TT Line Shift).

Σε επιχειρησιακό επίπεδο ο σημαντικότερος κίνδυνος αφορά την καθυστέρηση του έργου λόγω εξαρτήσεων των μελών και μη ξεκάθαρων προτεραιοτήτων. Από διοικητική άποψη οι κίνδυνοι αφορούν κυρίως την μη καλή επικοινωνία και ροή πληροφορίας και τον έλεγχο του έργου.

Σε επίπεδο τελικού χρήστη ο πιο σπουδαίος κίνδυνος αφορά στην μη αποτελεσματική εκπαίδευση του προσωπικού που θα δουλέψει στην νέα γραμμή παραγωγής (φάση Personnel training).

Ειδικότερα εάν θέλαμε να δούμε συγκεντρωτικά τους κινδύνους, αυτοί παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 3.

Πίνακας 3 Risk identification

Risk category	Risk trigger	Potential outcome	Raised By
<b>technical</b>	possibility that mechanism won't work properly	false results in Preparation & Test of FTH special equipment (i.e. Elabo, workpiece carriers)	
<b>external</b>	no response from Suppliers or Subcontractor	delay of Installation of Bridge & additional conveyors	Supplier/Subcontractor
<b>organizational</b>	no response to priorities	delay in preparing tasks	project team
<b>project management</b>	lack of information flow	delay in preparing tasks or further conflict in the hole project	project team
<b>user</b>	lack of understanding of the new way of production	delay in the Personnel training	Trained personel

### 3.7.2 Ανάλυση Κινδύνων

Μετά την αναγνώριση των κινδύνων του έργου θα πρέπει να προχωρήσουμε στην ανάλυση τους. Κατά το PMBOK θα πρέπει να προηγηθεί ποιοτική ανάλυση και κατόπιν ποσοτική. Ειδικότερα θα πρέπει να εντοπισθεί η πιθανότητα να συμβεί ο κίνδυνος και τα αποτελέσματα του κινδύνου εφόσον πραγματοποιηθεί. Για την πιθανότητα να ενεργοποιηθεί ένας κίνδυνος σχηματίζεται ο παρακάτω πίνακας 4 με βάση τον οποίο βαθμολογείται.

Πίνακας 4 Risk Probability

Κατηγορίες πιθανοτήτων	Πιθανότητα	Περιγραφή
Πολύ Υψηλή	0.90	Αναμένεται να εμφανιστεί ο κίνδυνος (θεωρείται δεδομένο)
Υψηλή	0.70	Είναι πολύ πιθανό να συμβεί
Πιθανή	0.50	Μπορεί να συμβεί, αλλά μπορεί και όχι
Χαμηλή	0.30	Είναι μάλλον απίθανο να συμβεί
Πολύ Χαμηλή	0.10	Risk event not expected to occur

Επίσης θα πρέπει να αναλυθούν τα αποτελέσματα των κινδύνων στο έργο. Τα αποτελέσματα μπορεί να έχουν αντίκτυπο στο κόστος, τον προγραμματισμό, το αντικείμενο, ακόμη και στην ποιότητα του έργου. Ο πίνακας 5 δείχνει πως αναλύονται και αξιολογούνται οι επιπτώσεις από τους κινδύνους ενός έργου.

Πίνακας 5 Definition of Risk Impact Scales

Στόχος έργου	Very Low 0.05	Low 0.10	Moderate 0.20	High 0.40	Very High 0.80
Κόστος	Ασήμαντη επίπτωση στο κόστος	< 10% επίπτωση στο κόστος	10-20% επίπτωση στο κόστος	20-40% επίπτωση στο κόστος	> 40% επίπτωση στο κόστος
Χρονοδιάγραμμα	Ασήμαντη επίπτωση στο χρονοδιάγραμμα	< 5% επίπτωση στο χρονοδιάγραμμα	5-10% επίπτωση στο χρονοδιάγραμμα	10-20% επίπτωση στο χρονοδιάγραμμα	> 20% επίπτωση στο χρονοδιάγραμμα
Αντικείμενο	Αμελητέα αλλαγή	Μικρή αλλαγή	Σημαντική αλλαγή	Μη αποδεκτές αλλαγές για τον sponsor	Πολύ μεγάλες αλλαγές σε βαθμό αχρήστευσης του έργου
Ποιότητα	Αμελητέα αλλαγή	Μικρή αλλαγή	Ο Sponsor πρέπει να δεχτεί μείωση της ποιότητας	Μη αποδεκτή μείωση ποιότητας από τον sponsor	Πολύ χαμηλή ποιότητα σε βαθμό αχρήστευσης του έργου

Από τους πίνακες 4 και 5 προκύπτει η μήτρα αξιολόγησης κινδύνων όπου πρόκειται για ένα συνδυασμό της πιθανότητας να συμβεί ο κίνδυνος και των επιπτώσεων του. Επομένως προκύπτει ο πίνακας 6, στον οποίο η πράσινη περιοχή είναι πολύ θετική για την εξέλιξη του έργου, η κίτρινη είναι στα όρια του επιτρεπτού και η κόκκινη περιοχή μπορεί να καταστήσει το έργο άκυρο.

Πίνακας 6 Risk probability and impact matrix

	Probability		Threats			
0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72	
0.70	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56	
0.50	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40	
0.30	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24	
0.10	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	
	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	

### 3.7.3 Ποιοτική Ανάλυση

Η πρώτη φάση της ανάλυσης είναι η ποιοτική αναγνώριση. Αυτό θεωρείται από κάποιους ως το πιο σημαντικό στοιχείο της διαδικασίας, δεδομένου ότι μόλις εντοπιστεί ο κίνδυνος, είναι δυνατό να γίνει κάτι για αυτό. Η ταυτοποίηση μπορεί να επιτευχθεί από:

- συνεντεύξεις με τα βασικά μέλη της ομάδας του έργου
- διοργάνωση συναντήσεων ανταλλαγής ιδεών με όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη
- χρησιμοποίηση της προσωπικής εμπειρίας του αναλυτή κινδύνου
- επανεξέταση του παρελθόντος της εταιρικής εμπειρίας, εάν τηρούνται τα βιβλία αποτίμησης.

Μόλις εντοπιστούν, οι κίνδυνοι υποβάλλονται σε μια αρχική αξιολόγηση ώστε να κατηγοριοποιηθούν σε υψηλή/χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης και σε μείζονες/ελάχιστονες επιπτώσεις για το έργο. Πολλές φορές είναι σκόπιμο να εκπονηθούν αρχικές απαντήσεις σε κάθε προσδιορισμένο κίνδυνο, ιδιαίτερα αν εντοπίζονται κίνδυνοι που απαιτούν μεγάλη προσοχή. Είναι πιθανό να επανεξετασθεί η φάση αναγνώρισης μετά τη φάση αξιολόγησης για προσδιορισμό επακόλουθων δευτεροβάθμιων κινδύνων που μπορεί να προκληθούν από την αντιμετώπιση ενός αρχικού κινδύνου. Η αναγκαιότητα αυτού εξαρτάται από την πολυπλοκότητα ή/ και το μέγεθος του έργου

Η ποιοτική ανάλυση θεωρείται συνήθως γρηγορότερη και οικονομικότερη προσέγγιση των κινδύνων ενός έργου σε αντίθεση με την ποσοτική. Αναφορικά με το έργο που αναλύουμε παρουσιάζονται τα κάτωθι αποτελέσματα. Έστω ότι από τον πίνακα 3 αριθμούμε τους υποψήφιους κινδύνους όπως παρακάτω και ορίζουμε την πιθανότητα να συμβούν με βάση προηγούμενη εμπειρία και υπάρχουσα τεχνογνωσία.

	Risk category	Risk trigger	Potential outcome	Probability
1	<b>technical</b>	possibility that mechanism won't work properly	false results in Preparation & Test of FTH special equipment (i.e. Elabo, workpiece carriers)	<b>0,70</b>
2	<b>external</b>	no response from Suppliers or Subcontractor	delay of Installation of Bridge & additional conveyors	<b>0,50</b>
3	<b>organizational</b>	no response to priorities	delay in preparing tasks	<b>0,10</b>
4	<b>project management</b>	lack of information flow	delay in preparing tasks or further conflict in the hole project	<b>0,10</b>
5	<b>user</b>	lack of understanding of the new way of production	delay in the Personnel training	<b>0,30</b>

Επίσης κάνουμε εκτίμηση το αποτέλεσμα που θα έχουν οι κίνδυνοι αυτοί στο έργο με βάση τον πίνακα 4, τοποθετώντας σε κάθε στόχο του έργου και αντίστοιχα κάτω από το ποσοστό βαρύτητας του αποτελέσματος, τον αριθμό του κινδύνου.



Στόχος έργου	Very Low	Low	Moderate	High	Very High
	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80
Κόστος	3, 4	2, 5		1	
Χρονοδιάγραμμα	3	2, 4	5	1	
Αντικείμενο		3, 4	1, 2	5	
Ποιότητα			3, 4	2, 5	1

Με βάση την παραπάνω κατανομή χτίζουμε την μήτρα αξιολόγησης κινδύνων (βλ. πίνακας 6), ως εξής:

Χρησιμοποιούμε την πιθανότητα που έχουν ήδη προσδιορίσει και αναφορικά με τις επιπτώσεις στο έργο, εάν ένας κίνδυνος εμφανίζεται να επηρεάζει περισσότερους από έναν στόχους του έργου, τότε χρησιμοποιούμε το μεγαλύτερο ποσοστό βαρύτητας και έτσι προκύπτει το παρακάτω αποτέλεσμα.

Probability	Threats				
0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72
0.70	0.04	0.07	0.14	<b>1</b>	0.56
0.50	0.03	0.05	0.10	<b>2</b>	0.40
0.30	0.02	0.03	0.06	<b>5</b>	0.24
0.10	0.01	0.01	<b>3, 4</b>	0.04	0.08
	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80

Από την ποιοτική ανάλυση προκύπτει ότι οι πιο κρίσιμοι κίνδυνοι αφορούν την εγκατάσταση και λειτουργία του συστήματος ανίχνευσης καλή λειτουργίας των παραγόμενων συσκευών (elabo). Ακόμη η ανταπόκριση από τον εξωτερικό περιβάλλον (προμηθευτές, εργολάβοι) είναι πολύ σημαντική για το έργο. Αυτοί οι δύο παράγοντες είναι εξίσου σημαντικοί για τον χρόνο ολοκλήρωσης. Για τον λόγο αυτό όπως θα δούμε και στην συνέχεια αυτοί οι παράγοντες – υποψήφιοι κίνδυνοι θα είναι σε πρώτη προτεραιότητα για παρακολούθηση.

### 3.7.4 Ποσοτική Ανάλυση

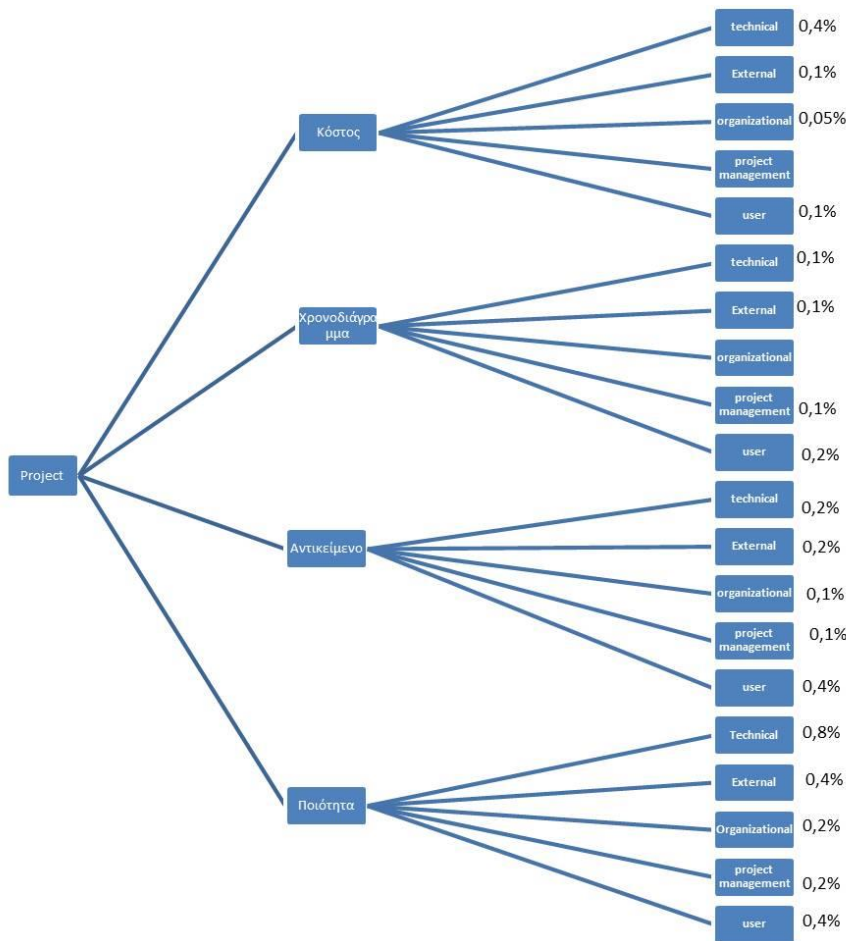
Εφόσον έχουν εντοπιστεί όλοι οι κίνδυνοι κατά τη φάση της ποιοτικής ανάλυσης, πρέπει να τεθεί μια λεπτομερή ποσοτική ανάλυση. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές για την ανάλυση των επιδράσεων του κινδύνου στο τελικό κόστος και το χρονοδιάγραμμα των έργων.

Ανάλυση ευαισθησίας: είναι η απλούστερη μορφή ανάλυσης κινδύνου. Καθορίζει την επίδραση στο σύνολο του έργου με την αλλαγή μιας μεταβλητής κινδύνου, όπως οι καθυστερήσεις στο σχεδιασμό ή στο κόστος των υλικών. Η σημαντικότητα του είναι ότι συχνά τονίζει πως μια αλλαγή μιας μεταβλητής μπορεί να παράγει σημαντική διαφορά στο αποτέλεσμα του έργου. Στην πράξη η ανάλυση ευαισθησίας διεξάγεται για παραπάνω από ένα κίνδυνο, ίσως όλων των προσδιορισμένων κινδύνων, με σκοπό την επαλήθευση εκείνων που έχουν τις σοβαρότερες επιπτώσεις στο κόστος ή στο χρονοδιάγραμμα του έργου.

Πιθανοθεωρητική ανάλυση: προσδιορίζει μια κατανομή πιθανοτήτων για κάθε κίνδυνο και θεωρεί τις επιδράσεις των κινδύνων σε συνδυασμό. Είναι η πιο κοινή μέθοδος εκτέλεσης ποσοτικής ανάλυσης. Η πιο κοινή μορφή πιθανολογικής ανάλυσης χρησιμοποιεί «τεχνικές δειγματοληψίας» και είναι γνωστή ως «Προσομοίωση Monte Carlo». Αυτή η μέθοδος βασίζεται στον τυχαίο υπολογισμό των τιμών που εμπίπτουν εντός συγκεκριμένης κατανομής πιθανοτήτων που περιγράφονται συχνά χρησιμοποιώντας τρεις εκτιμήσεις: ελάχιστη, μέση και μέγιστη. Το συνολικό αποτέλεσμα για το έργο προέρχεται από το συνδυασμό των τιμών που επιλέχθηκαν για κάθε έναν από τους κινδύνους. Ο υπολογισμός επαναλαμβάνεται πολλές φορές προκειμένου να αποκτήσουν την κατανομή πιθανοτήτων των αποτελεσμάτων του έργου.

Δέντρα απόφασης: Σε πολλές περιπτώσεις αντιμετωπίζεται το πρόβλημα επιλογής μιας σειράς διαδοχικών αλληλένδετων αποφάσεων, που το αποτέλεσμα της κάθε μίας επηρεάζει τις επιλογές που ακολουθούν. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η πιο κατάλληλη απεικόνιση των πληροφοριών και δεδομένων, είναι αυτή της δενδροειδούς μορφής μέσω της οποίας γίνεται πιο εύκολη η ανάλυση των στοιχείων. Η δενδροειδής απεικόνιση των δεδομένων αποκαλείται στην επιχειρησιακή έρευνα δέντρο αποφάσεων. Τα δένδρα απόφασης είναι γνωστά και ως δίκτυα ροής απόφασης ή διαγράμματα απόφασης. Αποτελούν ισχυρά μέσα κατανόησης και ανάλυσης προβλημάτων στα οποία λαμβάνονται διαδοχικές αποφάσεις και μεταβλητά με το χρόνο αποτελέσματα.

Παρακάτω η εικόνα 23 απεικονίζει το δέντρο απόφασης αξιοποιώντας στοιχεία της ποιοτικής ανάλυσης προκειμένου να προσομοιώσουμε ποσοτικά τους κινδύνους του έργου.



Εικόνα 23 Decision Tree

### 3.7.5 Αντιμετώπιση Κινδύνων

Σε αυτό το στάδιο σχεδιάζονται οι στρατηγικές και οι μέθοδοι αντιμετώπισης των κινδύνων και μείωσης των επιπτώσεων τους σε βαθμό που να είναι αντιμετωπίσιμες. Οι κίνδυνοι με υψηλότερη προτεραιότητα λαμβάνονται υπόψη πρώτοι και παρακολουθούνται στενά. Για κάθε κίνδυνο θα πρέπει να οριστεί ένας παρατηρητής από την ομάδα έργου, ο οποίος θα είναι υπεύθυνος και για την αντιμετώπιση του.

Μερικές από τις στρατηγικές που εφαρμόζονται ανάλογα με το είδος του κινδύνου εμφανίζονται παρακάτω:

- **Στρατηγικές για αρνητικούς κινδύνους ή απειλές:**

- Αποφυγή (Avoidance)

Η αποφυγή κινδύνου ασχολείται με την αλλαγή του σχεδίου ώστε να απαλειφθεί η απειλή που τίθεται από ένα αντίξοο κίνδυνο, απομονωθούν οι στόχοι του έργου από τις επιπτώσεις του κινδύνου, ή να χαλαρώσει ο στόχος που βρίσκεται σε κίνδυνο, όπως με την επέκταση του χρόνου ή με την μείωση του εύρους. Ορισμένοι κίνδυνοι που ανακύπτουν νωρίς στο έργο μπορεί να αποφευχθούν με αποσαφήνιση των απαιτήσεων, λήψεων πληροφοριών, βελτίωση της επικοινωνίας ή με απόκτηση εμπειρίας.

#### – Μεταβίβαση (Transfer)

Η μεταβίβαση κινδύνων απαιτεί τη μετάθεση των ρηθικών επιπτώσεων μιας επιλής, μαζί με την κυριότητα της απόκρισης, σε ένα τρίτο μέρος. Η μεταβίβαση του κινδύνου απλά δίνει την ευθύνη για τη διοίκηση του σε ένα τρίτο μέρος, όμως δεν απαλείφει τον κίνδυνο. Η μεταβίβαση των ευθυνών ενός κινδύνου είναι πιο αποτελεσματική κατά την αντιμετώπιση της έκθεσης σε οικονομικό κίνδυνο. Η μεταβίβαση του κινδύνου σχεδόν πάντα περιλαμβάνει πληρωμή ενός επιμισθίου (premium) για τον κίνδυνο προς το μέρος που τον αναλαμβάνει. Τα εργαλεία μεταβίβασης μπορεί να διαφέρουν και περιλαμβάνουν, χωρίς να περιορίζονται σε αυτά, το κόστος της ασφάλισης, ρήτρες απόδοσης, εγγυήσεις, εξουσιοδοτήσεις, κλπ. Ενδέχεται να χρησιμοποιήθουν συμβόλαια για τη μεταβίβαση των ευθυνών συγκεκριμένων κινδύνων σε ένα τρίτο μέρος. Σε πολλές περιπτώσεις, η χρήση μίας κοστοστρεφούς σύμβασης μπορεί να μεταβιβάσει το κόστος κινδύνου στον αγοραστή, ενώ η χρήση μιας σύμβασης κατάποκοπή μπορεί να μεταβιβάσει τον κίνδυνο στον πωλήτη εάν ο σχεδιασμός του έργου είναι ευσταθής.

#### – Μετριασμός (Mitigation)

Ο μετριασμός κινδύνου επιδιώκει τη μείωση της πιθανότητας και /ή των επιπτώσεων ενός αντίξοου γεγονότος κινδύνου σε ένα αποδεκτό κατώφλι. Η λήψη πρώιμων ενεργειών για την μείωση της πιθανότητας και/ή των επιπτώσεων εμφάνισης ενός κινδύνου, είναι συχνά πιο αποτελεσματική από την προσπάθεια θεραπείας των ζημιών αφού ο κίνδυνος έχει συμβεί. Η υιοθέτηση λιγότερο πολύπλοκων διαδικασιών, η εκπόνηση περισσότερων δοκιμών, η επιλογή ενός περισσότερου σταθερού πωλητή αποτελούν παραδείγματα ενεργειών μετριασμού. Ο μετριασμός μπορεί να απαιτεί ανάπτυξη πρωτότυπου για τη μείωση του κινδύνου από την κλιμάκωση προς τα άνω ενός πειραματικού μοντέλου αναφοράς μίας διαδικασίας ή ενός προϊόντος. Ο πότε δεν είναι δυνατόν να μειωθεί η πιθανότητα, η απόκριση με μετριασμό μπορεί να αντιμετωπίσει τις επιπτώσεις του κινδύνου στοχεύοντας στις διασυνδέσεις που καθορίζουν τη σοβαρότητα του κινδύνου. Για παράδειγμα, ο σχεδιασμός εφεδρείας σε ένα υποσύστημα μπορεί να μειώσει τις επιπτώσεις που απορρέουν από την αστοχία της κανονικής συνιστώσας.

- **Στρατηγικές για θετικούς κινδύνους ή ευκαιρίες:**

- Εκμετάλλευση (Exploit)

Η στρατηγική αυτή μπορεί να επιλεγεί για κινδύνους με θετικές επιπτώσεις όπου ο οργανισμός επιθυμεί ότι θα υλοποιηθεί η ευκαιρία. Η στρατηγική αυτή επιδιώκει να απαλείψει την αβεβαιότητα που σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο ευνοϊκό κίνδυνο κάνοντας την ευκαιρία να συμβεί οπωσδήποτε. Η άμεση εκμετάλλευση των αποκρίσεων περιλαμβάνει την ανάθεση περισσότερο ταλαντούχων πόρων στο έργο ώστε να μειωθεί ο χρόνος μέχρι την ολοκλήρωση, ή να παρασχεθεί καλύτερη ποιότητα από αυτήν που είχε αρχικά σχεδιασθεί.

- Κοινοχρησία (Share)

Η κοινοχρησία ενός θετικού κινδύνου περιλαμβάνει τη διάθεση της κυριότητας σε ένα τρίτο μέρος το οποίο είναι περισσότερο ικανό να αδράξει την ευκαιρία προς όφελος τους έργου. Παραδείγματα κοινοχρησίας ενεργειών περιλαμβάνουν τον σχηματισμό συνεταιρισμών, ομάδων, εταιρειών ειδικού σκοπού, ή συνεπενδύσεων (joint ventures) μοιρασιά του κινδύνου, οι οποίες μπορούν να θεσπιστούν με αποκλειστικό σκοπό τη διαχείριση των ευκαιριών.

- Βελτίωση (Enhance)

Η στρατηγική αυτή τροποποιεί το μέγεθος μια ευκαιρίας αυξάνοντας την πιθανότητα και / ή τις θετικές επιπτώσεις και αναγνωρίζοντας τα κίνητρα κλειδιά για αυτούς τους κινδύνους με θετική επίδραση. Η επιδίωξη της διευκόλυνσης ή της ενδυνάμωσης της αιτίας της ευκαιρίας και η προληπτική στοχοποίηση και ενθάρρυνση των συνθηκών ενεργοποίησης της, μπορούν να αυξήσουν τις πιθανότητες. Μπορεί επίσης να επιδιωχθούν κίνητρα επιπτώσεων, τα οποία επιδιώκουν να αυξήσουν την έκθεση του έργου στην ευκαιρία.

- **Στρατηγική για απειλές και ευκαιρίες:**

- Αποδοχή (Accept)

Η τεχνική αυτή υποδεικνύει ότι η ομάδα έργου έχει αποφασίσει να μην μεταβάλλει το σχέδιο διοίκησης έργου ώστε να αντιμετωπίσει έναν κίνδυνο, ή ότι δεν έχει την ικανότητα να προσδιορίσει κάποιακ ατάλληλη στρατηγική απόκρισης. Μπορεί να υιοθετηθεί τόσο για απειλές όσο και για ευκαιρίες. Η στρατηγική μπορεί να είναι τόσο παθητική όσο και ενεργητική. Η παθητική αποδοχή δεν απαιτεί καμία ενέργεια, αφήνοντας την ομάδα έργου να αντιμετωπίσει τις απειλές ή τις ευκαιρίες καθώς συμβαίνουν. Η πιο συνηθισμένη ενεργητική αποδοχή είναι η θέσπιση ενός έκτακτου αποθέματος, περιλαμβανομένων ποσοτήτων για χρόνο, χρήμα, ή πόρους προεκτιμένου να γίνει διαχείριση γνωστών – ή ακόμη δυνητικών, αγνώστων – απειλών ή ευκαιριών.

- **Έκτακτη Απόκριση**

Όρισμένες αποκρίσεις είναι σχεδιασμένες για χρήση μόνο ένα συμβούν ορισμένα γεγονότα. Για ορισμένους κινδύνους, είναι κατάλληλο η ομάδα έργου να κατασκευασεί ένα σχέδιο απόκρισης το οποίο θα εκτελεσθεί μόνο κάτω από ορισμένες προκαθορισμένες συνθήκες, εάν πιστεύεται ότι θα

υπάρξει επαρκής προειδοποίηση για την υλοποίηση του έργου. Γεγονότα που ενεργοποιούν την έκτακτη απόκριση, όπως η αστοχία σε ενδιάμεσα ορόσημα ή η επίτευξη υψηλότερων προτεραιοτήτων με έναν προμηθευτή, πρέπει να ορίζονται και να παρακολουθούνται.

Οι κίνδυνοι που παρουσιάζονται στο παρόν έργο θεωρούνται όλοι αρνητικοί καθώς οι επιπτώσεις που μπορεί να έχουν είναι αύξηση του κόστους του έργου, αύξηση της διάρκειας του έργου ή ακόμη μείωση της ποιότητας. Για τον λόγο αυτό οι στρατηγικές που θα ακολουθηθούν εντάσσονται στην πρώτη κατηγορία (Avoidance, Transfer, Mitigation). Η στρατηγική της μεταβίβασης και του μετριασμού θα λέγαμε ότι ταιριάζει καλύτερα στους περισσότερους κινδύνους του έργου.

Ειδικότερα, αναφορικά με τους κινδύνους που μπορεί να προέλθουν από το εξωτερικό περιβάλλον, όπως μη έγκαιρη ανταπόκριση από προμηθευτές ή από υπεργολάβους θα πρέπει να αντιμετωπισθεί με την στρατηγική τους μετριασμού, με αντίστοιχες προειδοποιήσεις προς τους εξωτερικούς συνεργάτες.

Εντούτοις σε περιπτώσεις όπου η αποφυγή μπορεί να έχει πιο επώδυνες οικονομικά ή χρονικά συνέπειες τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η στάση ης αποφυγής, αλλάζοντας προμηθευτή ή εξωτερικό συνεργάτη.

Σε ότι αφορά κινδύνους από το εσωτερικό περιβάλλον, όλοι τους θα πρέπει να αντιμετωπισθούν με έκτακτη απόκριση. Εντούτοις, είναι σημαντικό θα χτιστούν ενδιάμεσα στάδια ελέγχου της ανταπόκρισης στις εργασίες του έργου, έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχόν παρεκκλίσεις από το έργο, και καθυστερήσεις.

Τελικά, θα πρέπει σε κάθε έργο να ορίζεται κατευθυντήρια γραμμή αντιμετώπισης κινδύνων, χωρίς όμως να αποτελεί εμπόδιο για την αλλαγή τακτικής. Κοινώς θα πρέπει να υπάρχει ευελιξία και άμεση αντίδραση στην αντιμετώπιση των κινδύνων.

### 3.7.6 Παρακολούθηση και Έλεγχος Κινδύνων

#### Επαναξιολόγηση Κινδύνων

Η παρακολούθηση και ο έλεγχος των κινδύνων απαιτεί συχνά τον προσδιορισμό νέων κινδύνων και την επαναξιολόγηση του, χρησιμοποιώντας τις παρακάτω διαδικασίες με τρόπο κατάλληλο. Οι επανεκτιμώσεις κινδύνων έργου πρέπει να προγραμματίζονται τακτικά. Η διοίκηση κινδύνων πρέπει να είναι στοιχείο αναπόσπαστο από τη λίστα θεμάτων των συναντήσεων της ομάδας έργου. Η επαλληψιμότητα των παραπάνω εξαρτάται από την πρόοδο του έργου. Επί παραδείγματι, εάν προκύψει ένας κίνδυνος, ο οποίος δεν έχει περιληφθεί στην λίστα παρακολούθησης, τότε το σχέδιο αντιμετώπισης ενδεχομένως να μην είναι επαρκές. Σε μια τέτοια περίπτωση είναι αναγκαίο να σχεδιασθεί εκ νέο πλάνο αντιμετώπισης κινδύνων.

#### Επιθεωρήσεις Κινδύνων

Οι επιθεωρήσεις κινδύνων (risk audits) εξετάζουν και καταγράφουν την αποτελεσματικότητα της απόκρισης σε κινδύνους όσον αφορά την αντιμετώπιση προσδιορισμένων κινδύνων και των πρωτογενών αιτιών τους, καθώς και την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας διοίκησης κινδύνων.

### Ανάλυση Διακυμάνσεων και Τάσεων

Οι τάσεις κατά την εκτέλεση ενός έργου πρέπει να επανεξετάζονται με τη χρήση δεδομένων απόδοσης. Η ανάλυση δεδουλευμένης αξίας καθώς και άλλες μέθοδοι ανάλυσης διακυμάνσεων και τάσεων έργου, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της συνολικής απόδοσης του έργου. Τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις αυτές μπορεί να υποδεικνύουν πιθανή απόκλιση κατά την ολοκλήρωση του έργου από τους στόχους κόστους και χρονοδιαγράμματος. Απόκλιση από το σχέδιο αναφοράς μπορεί να είναι ένδειξη των πιθανών επιπτώσεων των απειλών και των ευκαιριών.

### Μέτρηση Τεχνικής Απόδοσης

Η μέτρηση της τεχνικής απόδοσης συγκρίνει τα τεχνικά επιτεύγματα κατά την εκτέλεση του έργου ως προς το χρονοδιάγραμμα τεχνικών επιτευγμάτων τους χεδίου του έργου. Αποκλίσεις, όπως η επίδειξη περισσότερης ή λιγότερης λειτουργικότητας όπως είχε σχεδιαστεί σε ένα ορόσημο, μπορεί να βοηθήσει την πρόβλεψη του βαθμού επιτυχίας στην επίτευξη του εύρους του έργου.

### Ανάλυση Αποθεμάτων

Καθόλη την εκτέλεση του έργου, μπορεί να εμφανισθούν κίνδυνοι, με θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις στα έκτακτα αποθέματα προυπολογισμού ή αρνητικές επιπτώσεις στα έκτακτα αποθέματα προυπολογισμού ή χρονοδιαγράμματος. Η ανάλυση αποθεμάτων συγκρίνει το ποσό των έκτακτων αποθεμάτων που απομένουν με το ποσό του κινδύνου που παραμένει στο έργο ανά πάσα χρονική στιγμή, προκειμένου να προσδιορισθεί εάν επαρκούν τα εναπομείναντα αποθέματα.

### Συναντήσεις Κατάστασης

Η διοίκηση κινδύνων έργου μπορεί να είναι ένα στοιχείο στο θεματολόγιο περιοδικών συναντήσεων. Η διοίκηση κινδύνων απαιτεί συχνή παρακολούθηση και αναθεώρηση των κινδύνων και των στρατηγικών αντιμετώπισης.

Στο παρόν έργο η στρατηγική παρακολούθησης που ακολουθήθηκε ήταν εβδομαδιαίες συναντήσεις των μελών της ομάδας έργου με τον project manager και επισκόπηση της προόδου του έργου, ανάλυση των κινδύνων σε τόσο επίπεδο απόκλισεων από το έργο, όσο και επίπεδο παρακολούθησης αποθεματικού (κατασταση εξόδων), αλλά και υλικών.

### 3.8 Αποτελέσματα

Αναφορικά με τα αποτελέσματα του έργου θα λέγαμε ότι από την οπτική του project management η εταιρεία πέτυχε να υλοποιήσει τον στόχο εντός του προβλεπόμενου χρονοδιαγράμματος και του προϋπολογισμού. Εντούτοις κατά την διάρκεια του έργου, ιδιαίτερα από τα μέσα και έπειτα υπήρξαν πολλές προσθήκες και λεπτομερής ανάλυση των επιμέρους εργασιών. Ειδικότερα μετά την 46η εβδομάδα η παρακολούθηση του έργου άλλαξε από εβδομαδιαία σε ημερήσια βάση και αντίστοιχα οι εργασίες όπως το area preparation (1.7) και ειδικότερα τις επιμέρους εργασίες (1.7.2) Dismantling of KGN line και (1.7.2) Dismantling of KGN line.

Ακόμη προς το τέλος του έργου άλλαξε η δυναμική της ομάδας αφού είτε είχε ολοκληρωθεί μεγάλο μέρος κάποιων περιληπτικών εργασιών, όπως για παράδειγμα το 1.3 Logistics Preparation, ενώ χαρακτηριστικά το 1.10.1 Job rotation συρικνώθηκε στις 7 εβδομάδες και ολοκληρώθηκε την εβδομάδα 44 και αντίστοιχα οι εργασίες 1.10.2 Training with work-piece carrier και 1.10.3 Training on new test stations μειώθηκαν κατά μία εβδομάδα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μετά την παράδοση της νέας γραμμής, ξεκίνησε ένας νέος κύκλος εργασιών για συνεχή υποστήριξη και βελτίωση της λειτουργίας της νέας γραμμής κυρίως σε ότι αφορά το κομμάτι της διάταξης των ραφιών στις θέσεις εργασίας, αλλά και σε ότι αφορά την μελέτη και ένταξη όλο και περισσότερων υλικών στη διαδικασία τροφοδοσίας με kanban. Ως εκ τούτου μετά από σχεδόν 6 μήνες λειτουργίας της νέας γραμμής συνεχίζονται οι βελτιώσεις και η προσπάθεια για απελευθέρωση του χώρου κοντά στην γραμμή παραγωγής και μείωση του συνολικού όγκου ά υλών. Ενώ παράλληλα γίνονται βελτιώσεις σε ότι αφορά την διάταξη των γραμμών προσυναρμολόγησης που τροφοδοτούν την βασική γραμμή U- shape με στόχο την μεγαλύτερη ευελιξία και επίτευξη του Just in time, χωρίς καθυστερήσεις.

Σε ότι αφορά τους κινδύνους, θα λέγαμε ότι αποτέλεσε μεγάλο κίνδυνο καθυστέρησης η εγκατάσταση και λειτουργία του elabo για την δοκιμή των παραγόμενων συσκευών. Ο συγκεκριμένος κίνδυνος αποτέλεσε το πιο δύσκολο σημείο του έργου καθώς απαιτούσε υψηλή εξειδίκευση και τεχνογνωσία, αφού ήταν ένα εντελώς νέο προϊόν για την εταιρεία. Ως αποτέλεσμα θα μπορούσε να στείλει το έργο εβδομάδες πίσω καθώς πρόκειται για μια εργασία η οποία προβλέπεται στην διαδικασία παραγωγής των συσκευών και δεν μπορούσε να αποφευχθεί. Εντούτοις, ζητήθηκε άμεση βοήθεια μέσα από τον όμιλο, με την χρήση της οποίας ξεπεραστηκε έγκαιρα το πρόβλημα.

Εν κατακλείδι, θα λέγαμε ότι επρόκειτο για ένα συνθετο έργο για το οποίο χρειάστηκε να συνεργαστούν όλα τα άμεσα συσχετιζόμενα άτομα με την παραγωγή καθώς και εξωτερικά συνεργεία. Υπήρχε μεγάλη χρονική πίεση και έπρεπε να υπάρξει απόλυτος συγχρονισμός των επιμέρους μελών της ομάδας στην εκτέλεση των εργασιών.



## Συμπεράσματα

Κλείνοντας αυτή εργασία θα συμπεραίναμε ότι, η τάση στην παραγωγή σήμερα επικεντρώνεται όλο και περισσότερο στην λιτή παραγωγή και το standardization κατά το δυνατόν στα περισσότερα επίπεδα της παραγωγής μεταξύ εργοστασίων του ίδιου ομίλου που παράγουντο ίδιο προϊόν. Ο λόγος είναι η διασφάλιση της ομοιομορφίας και ποιότητας του προϊόντος, αλλά και η απλοποίηση της παραγωγής. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μικρότερος όγκος διαχειριζόμενων αγαθών.

Η διαφοροποίηση των παραγόμενων προϊόντων τείνει να γίνεται κυρίως προς τα τελευταία στάδια της παραγωγής ενώ τα κυρίως λειτουργικά μέρη είναι συνήθως μεταξύ τους ίδια. Ο σκοπός αυτού είναι η κατά το δυνατόν απλοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας, ειδικότερα στο στάδιο της προσυναρμολόγησης και η μαζική παραγωγή. Για τον λόγο αυτό, έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα, ξεφεύγοντας από την παραδοσιακή γραμμική παραγωγή, με αποτέλεσμα ο κάθε παραγωγός να μπορεί να προσαρμοσεί την παραγωγή στα δεδομένα της ζήτησης.

Ακόμη θα λέγαμε πως η τάση στην διαχείριση της αποθήκης και τροφοδοσίας των γραμμών παραγωγής, εκτός από την παραδοσιακή μέθοδο του Kanban είναι η εξελιγμένη του μορφή Kanban Sequence, τροφοδοτώντας την παραγωγή μόνο με την απαιτούμενη ποσότητα υλικών και μόνο όταν χρειάζεται. Πολύ περισσότερο δε, Outsourcing, αξιοποιώντας την μέθοδο του Vendor Managed Inventory, αλλά και η χρήση του Milkrun σε συνδυασμό με την αποθήκη τύπου Superkmarket.

Τέλος, αναφορικά με την διαχείριση έργου, περιπτώσεις όπως αυτή που αναλύθηκε, λόγω της πολυπλοκότητας και της αλληλεξάρτησης πολλών διαφορετικών λειτουργικών τμημάτων μεταξύ τους, οργανώνονται συνήθως σε τύπο matrix(κατά τμήματα και λειτουργίες). Τέτοια έργα απαιτούν ορισμό ξεκάθαρων στρατηγικών, διαχωρισμό αρμοδιοτήτων και συνεχή παρακολούθηση των αποτελεσμάτων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- “Supermarket warehouses”: stocking policies optimization in an assembly-to-order environment; Daria Battini & Maurizio Faccio & Alessandro Persona & Fabio Sgarbossa; London 2010
- A REVIEW OF THE KANBAN PRODUCTION CONTROL RESEARCH LITERATURE BLAIR J. BERKLEY; University of Wisconsin-Madison; 1992
- ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF A U-SHAPED PRODUCTION LINE; Katsuhisa Ohno; Koichi Nakade; Japan; January 1996
- Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study; Fawaz A. Abdulmalek, Jayant Rajgopal; Pittsburgh, USA September 2006
- Baker [1974] - Παππής Κώστας Π., Προγραμματισμός Παραγωγής, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, 1995
- Balancing and Scheduling Mixed-Model U-Shaped Production Lines; JOHN MILTENBURG; Ontario, Canada 2002
- Baudin, M., “Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods”, productivity press, 2005
- Benedict, C., & Margeridis, H. (1999, March). Chain reaction. Charter 46-49.
- BLACK. J. T.. 1983. Cellular manufacturing systems reduce setup time, make small lot production economical. I industrial Engineering, November, 36-48.
- BOADEN, R. J. ., 1987, CIM: Issues of Implementation, Ph.D. Thesis, Dept. of Management Sciences, UMIST, Manchester.
- BOOTHROYD, G., and DEWHURST, P., 1983, Design for Assembly: A Designer's Handbook, (Boothroyd-Dewhurst Inc., Wakefield, Rhode Island).
- Bowersox D. J., Copper M. B., and Closs, D. J. No. 2, 2004, pp. 221 – 232 & , “Supply Chain Logistics Management”, McGraw-Hill Publishers, 2002
- Buffer sizing of a Heijunka Kanban system; Judith Matzka · Maria Di Mascolo · Kai Furmans; September 2009
- Buzacott, J. A. and G. J. Shanthikumar (1993), Stochastic Models of Manufacturing Systems, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- Βελτιστοποίηση χρονοπρογραμματισμού παραγωγής με χρήση γενετικών αλγορίθμων ;Παρασκευάς Η. Λεραντζής; Αθήνα, Οκτώβριος 2004
- Canny, J. F. and Goldberg, K. Y. (1992) A ‘RISC’ paradigm for industrial robots, Technical report RAMP 92-3, University of California, Berkeley CA
- Cellular manufacturing in the U.S. industry: a survey of users; URBAN WEMMERLÖV a & NANCY L. HYER; 30 Mar 2007
- Chase, Aquilano, Jacobs, (1998). Production and operations Management Manufacturing and Services, 8th edition.
- Chase, R.B., 1974. Survey of paced assembly lines, Industrial Engineering 6 (2), 14–18
- Cheng, D. Y. and D. D. Yao (1993), “Tandem Queues with General Blocking : A Unified Model and Comparison Results,” Journal of Discrete Event Dynamic Systems : Theory and Applications, Vol. 2, pp. 207-234
- Combining Bayers (1994) and Hinckley (2001)
- CONWIP: a pull alternative to kanban; MARK L. SPEARMAN , DAVID L. WOODRUFF & WALLACE J. HOPP; Illinois, USA Mar 2007

- Cordeau, J. F., Laporte, G., Savelsbergh, M., and Vigo, D., "Vehicle Routing", working paper
- Croci, F., M. Perona, and A. Pozzetti. "Work Force Management in Automated Assembly Systems." *International Journal of Production Economics*. 1 March 2000.
- Dallery, Y. and G. Liberopoulos (1995), "A New Kanban-Type Pull Control Mechanism for Multi-Stage Manufacturing Systems," Proceedings of the 3rd European Control Conference, Rome, September 5-8, 1995, Vol. 4, No. 2, pp. 3543-3548
- Dallery, Y. and S. B. Gershwin (1992) "Manufacturing Flow Line Systems : A Review of Models and Analytical Results," Queuing Systems, Vol. 12, pp. 3-94.
- Davis, R. K. (1991) A systems approach to machinery design and implementation, in Proceedings of Eurotech Direct, Machine Systems Vol., I. Mech E., 2±4 July, pp.19±24.
- Design of cellular manufacturing systems: An invited review; N. Singh; Detroit, USA 1993
- Developing an Effective Strategy to Configure Assembly Systems Using Lean Concepts; M. Eswaramoorthi; P.S.S. Prasad; P.V. Mohanram; December 2010
- Flexibility—a condition for effective production systems; DRAGUTIN M. ZELENOVIĆ; 06 Apr 2007
- FREDRIK BOIVIE & MARCUS HÖGLUND, "Production system design and optimization, Optimized two-line production system for bus chassis assembly at Volvo Buses Borås factory" Department of Product and Production Development, Division of Production System, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Göteborg, Sweden, 2008
- Gershwin, S. B. (1994), Manufacturing Systems Engineering, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Gershwin, S. B. (1997), "Design and Operation of Manufacturing Systems : Control- and Systems-Theoretical Models and Issues," Proceedings of the 1997 Automatic Control Conference, Albuquerque, New Mexico, June, 1997, pages 1909- 1913.
- GROOVER, M. P., 1980, Automation, Production Systems, and Computer-Aided Manufacturing (New Jersey: Prentice-Hall).
- Gumus, M., Jewkes, M. E, Bookbinder, H. J., (2008), impact of consignment inventory and vendor-managed inventory for a 2-party supply chain, International Journal of production Economics, Vol.113, pp. 502-517
- Gurinder Singh Brar and Gagan Saini , "Milk Run Logistics: Literature Review and Directions",
- HALBERSTAM, D., 1986, The Reckoning (William Morrow & Company, New York), 86-89.
- HAYES, R. H., and WHEELWRIGHT, S. C , 1984, Restoring Our Competitive Edge (John Wiley, New York)
- Hu, W., Kong, Z., Zhu, G., and Yu, J. (1993) Modules for modular design of machine tools, in Proceeding of International Conference on Engineering Design, The Hague, 17±19 August, Heunsta Zurich pp. 1287±1294.
- Human-centred integration of a stand-alone manufacturing facility in a networked productdevelopment environment; R. T. Sreeram & P. K. Chawdhry; Nov 2010
- Implementing Lean Manufacturing in High-mix Production Environment; Remigiusz Horbal, Robert Kagan, Tomasz Koch; Wroclaw, Poland 2008
- Implementing Lean Material Management in an Extended Value Stream, Justin Harper
- Implementing Lean Material Management in extended Value Stream; Justin Harper; Massachusetts June 2007
- INGERSOLL ENGINEERS, 1985, Integrated Manufacture (IFS Publications, Bedford, England)

- Justification techniques for advanced manufacturing technologies; JACK R. MKRKTTH a & NALLAN C. SURKSH; 22 Oct 2007
- Just-in-sequence material supply—a simulation based solution in electronics production; Sebastian Wernera, Marc Kellner, Eberhard Schenk, Gerald Weigert; Nuremberg, Germany August 2002
- JUST-IN-TIME CONCRETE DELIVERY: MAPPING ALTERNATIVES FOR VERTICAL SUPPLY CHAIN INTEGRATION; Iris D. Tommelein and Annie En Yi Li; Univ. of California, Berkeley; 1999
- KOHLER, C , and SCHMIERL, K., 1991, CIM-technological and organizational change in the West German capital goods industry. *Journal of Manufacturing Systems*, 10(1), 21-31.
- Lean Tools That Improve Processes: An Overview; Forrest W. Breyfogle III; March 2007
- Maloney, David. "New Roots." *Modern Materials Handling*. October 2003.
- Managing a Manufacturing System with Integration of Walking Worker and Lean Thinking; Said Rabah Azzam, Laura Carolina Arias, Shikun Zhou;
- Marchwinski, Chet, and Shook, John, editors, *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers*, 2nd. Ed., Lean Enterprise Institute, 2004.
- Mather, H., 1989. *Competitive manufacturing*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Mehmet, G., and James, H. B., "Cross-Docking and its Implications in Location-Distribution Systems", *Journal of Business Logistics*, Vol. 25,
- Merchant, E. (1985) The importance of flexible manufacturing systems to the realization of full computer integrated manufacturing in *Flexible Manufacturing Systems*, Warnecke, H. J. (ed), IFS (Publications) Ltd. and Springer-Verlag
- Meyr, H., 2004. Supply chain planning in the German automotive industry. *OR Spectrum* 26, 447–470.
- Michael, M., and Claudia, N., "A Report on the Current Event on the WMS Market", *WMS Market Overview*, 2009
- Milk Run Logistics: Literature Review and Directions Gurinder Singh Brar and Gagan Saini
- Milk Run Logistics: Literature Review and Directions; Gurinder Singh Brar and Gagan Saini; London, U.K July , 2011
- MIZE, J . H., 1987, CIM: a perspective for the future of IEs. *HE Conference Proceedings*, Nashville, pp. 3-5
- MIZE, J. H. et al., (1985), Forming a corporate-wide CIM committee. *Industrial Engineering*, November, 75-80. A scheme for classifying integration types in CIM, SANGHOY K. DAS, INT. J. COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING, 1992, VOL. 5, NO. 1, 10-17, p.12 «the optimization over time, of all components comprising an organizational system that generates a measurable output. These include all fixed and tangible assets, people, money, information, technology and energy»
- Modular assembly in the car industry—an analysis of organizational forms' influence on performance; Peter Fredriksson; 6 June 2002
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1986, *Towards a New Era in U.S. Manufacturing* (Manufacturing Studies Board, National Research Council, Washington) pp. 119-120.
- Nemoto, T., "Efficient and Green Logistics of Automobile Parts in Urban Areas", 12th World Conference on Transport Research, July 11-15, 2010, Lisbon, Portugal.

- Nieble, Benjamin, and Andris Freivalds. *Methods, Standards, and Work Design*. July 2002.
- Nils Boysen, Malte Fliedner, Armin Scholl “Assembly line balancing: Which model to use when?”, Universität Hamburg, Institut für Industrielles Management, 2006
- Optimizing supply chain collaboration based on joint replenishment and channel coordination; Tsung-Hui Chen, Jen-Ming Chen; Jhongli, Taiwan June 2004
- Pine, B.J., 1993. Mass customization: The new frontier in business competition, Harvard Business School Press, Boston, Mass
- POKA-YOKE FOR MASS CUSTOMIZATION; Matti Pilviö; Helsinki, May 2008
- Procedures for the Time and Space constrained Assembly Line Balancing Problem; Joaquín Bautista, Jordi Pereira; Barcelona, Spain February 2011
- Production Flow Line System Design—A Review; G. M. Buxey a , N. D. Slack a & Ray Wild; 09 Jul 2007
- Reconfigurable Manufacturing Systems; Y. Kor& (University of Michigan), U. Heisel (Universitat Stuttgart), F. Jovane (Politecnico di Milano), T. Moriwaki (Kobe University), G. Pritschow (Universitat Stuttgart), G. Ulsoy (University of Michigan), H. Van Brussel (Katholieke Universiteit Leuven); 1999
- Research issues in cellular manufacturing; URBAN WEMMERLÖV a & NANCY L. HYER; 12 Mar 2007
- Richard Burman, Manufacturing Management: Principles and Sytems
- Rother, Mike, and Shook, John, Learning to See: Value – Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda, version 1.3, Lean Enterprise Institute, 2003.
- Sadjagi, J., Jafari, M. D. J., and Amini, T., “A New Mathematical Modeling and a Genetic Algorithm Search for Milk Run Problems”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 44, 2008, pp. 194-200.
- Salveson, M.E., 1955. The assembly line balancing problem. The Journal of Industrial Engineering, 6 (3), 18–25.
- SANGHOY K. DAS, “A scheme for classifying integration types in CIM”, INT. J. COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING, 1992, VOL. 5, NO. 1, 10-17
- Scholl, A., Becker, C., 2006. State-of-the-art exact and heuristic solution procedures for simple assembly line balancing. European Journal of Operations Research 168, 666-693
- Schöniger, J., Spingler, J., 1989. Planung der Montageanlage. Technica 14, 27–32
- Sizing of Heijunka-controlled Production Systems with Unreliable Production Processes; Karlsruhe, Germany
- SME BLUE BOOK, 1990, A Working Definition of Computer Integrated Manufacturing (SME Blue Book Series, Society of Manufacturing Engineers, Michigan).
- Stoll, H. S. (1986) Design for manufacture: an overview. ASME Applied Mechanics Reviews, 39(9), 1356±1364
- Terrance L. Pohlen, Thomas J. Goldsby, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2003
- The generalized group technology concept; ANDREW KUSIAK; Canada Mar 2007
- The Impact of Modular Assembly on Supply Chain Efficiency; Tianjun Feng • Fuqiang Zhang; Shanghai, China 2012
- THE IMPACT OF WALKING TIME ON U-SHAPED ASSEMBLY LINE WORKER ALLOCATION PROBLEMS; Ronnachai Sirovetnukul; Parames Chutima; Bangkok, Thailand 2010

- The performance of push and pull systems: a simulation and comparative study; BHABA R.; SARKER & JAMES A. FITZSIMMONS; Texas, USA Mar 2007
- The relationship between JIT practices and type of production system; Richard E. White, Victor Prybutok; University of North Texas; June 2000
- The U-line Assembly Line Balancing Problem; Nuchara Kriengkarakot and Nalin Pianthong; June 2007
- Theeratham, M., and Lohatepanont, M., "Vehicle Routing in Milk Run Operations: A Column Generation Based Approach", 2010.
- Transformation of a production/assembly washing machine lines into a Lean Manufacturing System; E. ROMANO, L.C. SANTILLO, P. ZOPPOLI ;
- Tsukune, H., Tsukamoto, M., Matsushita, T., Tomita, F., Okeda, K., Ogasawara, T., Takese, K. and Yuba, T. (1993) Modular manufacturing. Journal of Intelligent Manufacturing, 4, 163± 181. Voelker, H.
- Umble, Michael, Van Gray, and Elisabeth Umble. "Improving Production Line Performance." IIE Solutions. November 2000.
- U-shaped production lines: A review of theory and practice; John Miltenburg; 4 April 2000
- Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application; Thomas McDonald , Eileen M. Van Aken & Antonio F. Rentes; Aug 2010
- Valentini, G., Zavarella, L., (2003), The Consignment Stock of Inventories: Industrial case study and performance analysis, International journal of Production Economics, Vol. 81-82, pp.215-224
- VENDOR-MANAGED INVENTORY IN THE RETAIL SUPPLY CHAIN; Matt Waller, M. Eric Johnson, Tom Davis
- Waller, m., Johnson, M.E., Davis, T., (1999), Vendor – Managed inventory in the Retail Supply Chain, Journal of Business Logistics, Vol. 20, pp.189-203
- Whitfield, Kermit. "Assembly: How Standard Can You Get?" Automotive Design & Production. March 2004.
- ZGORZELSKI, M., 1986, CIM: trends, problems, strategies.Computer Integrated Manufacturing, Society of Automotive Engineers, SP-663, Detroit, 21-30.
- ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΤΥΠΟΥ ΚΑΝΒΑΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ- ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ; ΣΤΥΛΙΑΝΟΥ ΚΟΥΚΟΥΜΙΑΛΟΥ; Πανεπιστημίο Θεσσαλίας, 2003
- Ένα ενοποιημένο πλαίσιο για τον χαρακτηρισμό ελκυσμένων (pull) συστημάτων ελεγχου της παραγωγής
- ΕΝΑ ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟ ΕΛΚΥΟΜΕΝΩΝ (PULL) ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ; Γιώργος Λυμπερόπουλος; Yves Dallery; 1998
- Μοντελα Διαχείρισης Αποθεμάτων από τον Προμηθευτή και η επέκτασή τους σε πολλαπλούς πελάτες; Ζαγναφέρη Βασιλική; Φεβρουάριος 2009
- ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΥΡΓΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ; ΡΑΥΤΟΠΟΥΛΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗΣ; Πάτρα, Ιούλιος 2008
- ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ; ΙΣΙΔΩΡΟΥ ΤΣΙΚΗ; Πανεπιστημίο Θεσσαλίας, 2003

