



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

## **Λιτή Παραγωγή και Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες**



**ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΥΡΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ**  
**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

Η εργασία αυτή είναι αφιερωμένη στη μητέρα μου.

Θερμές ευχαριστίες στην κυρία Αναστασία Κατσαμάκη. Η πολύτιμη στήριξή της και η διαρκής καθοδήγηση αποτέλεσαν καθοριστικό παράγοντα για την εκπόνηση της εργασίας. Ελπίζω το αποτέλεσμα να την δικαίωσε.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	6
2.	ΛΙΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ – LEAN MANUFACTURING .....	7
2.1	Η προέλευση της κατασκευαστικής λιτότητας – Ιστορική Αναδρομή .....	8
2.1.1	Βιοτεχνική – Παραγωγή με χειρωνακτική εργασία.....	8
2.1.2	Μαζική Παραγωγή .....	10
2.1.3	Το αντανakλαστικό σύστημα παραγωγής (Reflective) .....	14
2.2	Το λιτό σύστημα παραγωγής.....	16
2.2.1	Επιτυχία στην αρχική εφαρμογή του Lean - “Japan Inc.” .....	19
3.	ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΤΟΥΟΤΑ PRODUCTION SYSTEM.....	21
3.1	Εξέλιξη του συστήματος παραγωγής της Toyota & 5 WHYs .....	23
3.2	Ανάπτυξη προϊόντων .....	27
3.3	Προσεγγίζοντας το One-Piece-Flow (Ροή ενός τεμαχίου) .....	28
3.4	Πρόσθετα Χαρακτηριστικά Λιτής Παραγωγής .....	35
3.5	Σύνοψη και συζήτηση .....	43
3.6	Ανασκόπηση της εφαρμογής του Lean .....	43
3.7	Διαστρεβλωμένες Απόψεις για το Lean - Προέλευση .....	44
3.8	Λιτός Μετασχηματισμός (Lean Transformation) .....	45
3.9	Σχεδιαστικοί Κανόνες για επιτυχή υλοποίηση της κατασκευαστικής λιτότητας....	46
4.	Ο ΚΥΚΛΟΣ PLAN-DO-STUDY-ACT .....	63
5.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ 6 ΣΙΓΜΑ (SIX SIGMA).....	66
5.1	Προέλευση του Six Sigma.....	66
5.2	Περιγραφή και Λειτουργία του Six Sigma .....	68
6.	LEAN SIX SIGMA: ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ – ΕΦΑΡΜΟΓΗ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	80
6.1	Εισαγωγικά Στοιχεία .....	80
6.2	Ο λιτός οργανισμός – Πώς βρίσκει εφαρμογή η θεωρία της λιτότητας;.....	81
6.3	6σ .....	82
6.4	Σύγκριση δυνατών σημείων και περιορισμών .....	84
6.5	Συνδυασμός και συμβατότητα.....	86
6.6	Ολοκληρωμένη ανασκόπηση.....	86
6.6.1	Λιτότητα και έξι σίγμα.....	86
6.6.2	Ενσωμάτωση της λιτής λειτουργίας και της έξι σίγμα .....	87
6.6.3	Βασικές αρχές του lean six sigma .....	88
6.7	Πλαίσια και μεθοδολογίες Lean six sigma .....	91
6.8	Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας .....	92

6.9	Συμπεράσματα και προτάσεις.....	96
6.10	Αποτελέσματα και συζήτηση.....	96
6.10.1	Οφέλη από την επιτυχή εφαρμογή του LSS στον τομέα της βιομηχανίας....	96
6.10.2	Παράγοντες παρακίνησης για την εφαρμογή LSS στη μεταποιητική βιομηχανία .....	97
6.10.3	Περιορισμοί των LSS στον τομέα της μεταποίησης.....	98
6.11	Παράγοντες που εμποδίζουν την εφαρμογή του LSS στον τομέα της βιομηχανίας	98
6.12	Συμπέρασμα.....	99
7.	Η ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΟΥ LEAN SIX SIGMA ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ: Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ 4.0 ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ .....	100
7.1	Λιτό έξι σίγμα και κύκλος ζωής.....	101
7.2	Six Sigma και βιώσιμη παραγωγή .....	101
7.3	Έξι σίγμα και βιομηχανία 4.0.....	101
8.	ΠΡΑΣΙΝΗ LEAN SIX SIGMA ΓΙΑ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ.....	103
8.1	Εισαγωγή.....	103
8.2	Επιχειρησιακή Αριστεία και περιβαλλοντική βιωσιμότητα.....	104
8.2.1	Ερευνητικά κενά .....	105
8.3	Ενσωμάτωση του Green Lean Six Sigma .....	105
8.4	Το πλαίσιο του Green Lean Six Sigma .....	106
8.5	Αποτελέσματα και συζήτηση.....	109
8.6	Επιπτώσεις.....	111
8.7	Συμπέρασμα.....	111
9.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	112

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Με έμφαση στην ενίσχυση της παραγωγικότητας και την εξάλειψη της περιττής σπατάλης, η λιτότητα στις διαδικασίες παραγωγής (Lean Manufacturing) είναι ιδανικός στόχος για εταιρείες και οργανισμούς, που επιδιώκουν να βρίσκονται στην πρώτη γραμμή των νέων εξελίξεων στον βιομηχανικό τομέα, όπως η εισαγωγή νέων τεχνολογιών και οι σχετικές αλλαγές στο εργατικό δυναμικό. Η Βιομηχανία 4.0 (Industry 4.0) έχει επιφέρει μεγαλύτερη αυτοματοποίηση, κατέστησε τα δεδομένα και τις μετρήσεις πιο διαθέσιμα από ποτέ και κατόρθωσε ολόπλευρη επικοινωνία. Όλα αυτά αναδεικνύουν σε μείζονα, την ανάγκη για λεπτομερή ρύθμιση των ροών εργασίας με γνώμονα τον προσανατολισμό στον πελάτη.

Είναι σαφές ότι η Λιτή Παραγωγή είναι σήμερα πιο απαραίτητη από κάθε άλλη φορά, δίνοντας στις εταιρείες ένα ιδανικό σύστημα για την πλοήγηση σε ένα παγκόσμιο επιχειρηματικό τοπίο που έχει αλλάξει για πάντα από την πανδημία COVID-19. Η αξιοποίηση του Lean σε συνδυασμό με νέα εργαλεία και τεχνολογίες μπορεί να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να επιλύουν προβλήματα και να προσαρμόζονται με εγγυήσεις για μια πιο εποπτική εικόνα του οργανισμού τους. Πολλοί είναι οι κατασκευαστές που κατά καιρούς έχουν ακολουθήσει το πρότυπο της λιτής παραγωγής στις εγκαταστάσεις παραγωγής όπου εργάζονται και έχουν αντιμετωπίσει πλήθος προβλημάτων στις περισσότερες περιπτώσεις.

Οι πρώτοι που διέπρεψαν στην εφαρμογή του συστήματος της λιτής διαχείρισης βρίσκονταν στην Ιαπωνία. Όσο οι έννοιες της λιτής παραγωγής και διαχείρισης εξαπλώθηκαν στη Βόρεια Αμερική και τη Δυτική Ευρώπη υπό την αιγίδα των πρώτων, ακολούθησαν εμπορικές κυρώσεις και συνεχή εμπόδια στις εξωγενείς επενδύσεις. Οι James P. Womack, Daniel T. Jones και Daniel Roos στο βιβλίο τους: «*The Machine that changed the World*» [1] περιέγραψαν τα στάδια μετάβασης από την εποχή της μαζικής στη λιτή παραγωγή. Το συγκεκριμένο εγχειρίδιο, αν και επικεντρωμένο στην αυτοκινητοβιομηχανία, στόχευε στην αποσαφήνιση της έννοιας της κατασκευαστικής λιτότητας με απλούς όρους ως προς το τι είναι, από πού προήλθε, πώς δουλεύει και πώς μπορεί ο καθένας να αποκομίσει τα οφέλη που προσφέρει η υιοθέτηση της κατασκευαστικής λιτότητας.

Μετά την εμφάνιση της πανδημίας του ιού COVID-19, εταιρείες και οργανισμοί κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν μεγαλύτερη αβεβαιότητα από ποτέ, λόγω της απρόβλεπτης ζήτησης των καταναλωτών, των δραματικών διακυμάνσεων στις αλυσίδες εφοδιασμού και της ευρύτερης αστάθειας της οικονομίας. Το μέλλον φαντάζει εξίσου αβέβαιο για τους κατασκευαστές στην προσπάθειά τους να προσδιορίσουν τρόπους με τους οποίους τα πράγματα θα εγκατασταθούν στη νέα κανονικότητα, δηλαδή όποιες αλλαγές προκύψουν, μακροχρόνιες ή και μόνιμες. Σε ένα τόσο ευμετάβλητο περιβάλλον, εύλογο είναι το ερώτημα για το αν παραμένει το πρότυπο της λιτότητας στην παραγωγή πολύτιμο, ακόμα και σήμερα. Μόνο θετικά μπορεί να αποκριθεί κανείς. Ήδη από τις αρχές του συστήματος, η κατασκευαστική λιτότητα εξελίχθηκε για να προσφέρει στις εταιρείες το ιδανικό σύνολο εργαλείων για την πλοήγηση στις νέες συνθήκες που αναδύονταν. Οι εταιρείες που βρέθηκαν προετοιμασμένες για αυτή την επανεκκίνηση είναι εκείνες που εκμεταλλεύονται αρτιότερα τις αρχές, τα εργαλεία και τις ψηφιακές λειτουργίες του Lean, για να βελτιώσουν την ευελιξία και τον πελατοκεντρισμό.

## 2. ΛΙΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ – LEAN MANUFACTURING

Ο καλύτερος τρόπος περιγραφής αυτού του καινοτόμου παραγωγικού συστήματος είναι η σύγκριση της χειρωνακτικής με τη μαζική (αυτοματοποιημένη) παραγωγή, που αποτελούν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις στην κατασκευή προϊόντων.

Μια βιοτεχνία χειροποίητης παραγωγής στελεχώνεται από ικανά στελέχη και απλά, στη μορφή τους, αλλά ευέλικτα εργαλεία όπου κατασκευάζεται ακριβώς ό,τι ζητάει ο καταναλωτής, ένα προϊόν τη φορά. Για παράδειγμα, έπιπλα ειδικών διαστάσεων, έργα τέχνης ή εν προκειμένω, ακριβά αυτοκίνητα. Ένα χειροποίητο προϊόν χαίρει εκτίμησης από όλους, λόγω της υψηλής ποιότητας που το χαρακτηρίζει. Ωστόσο υπεισέρχεται ένα σημαντικό μειονέκτημα στην όλη υπόθεση: τα προϊόντα αυτά, είναι πανάκριβα και όχι διαθέσιμα στο ευρύ κοινό. Οπότε ως εναλλακτική, εμφανίστηκε η μαζική παραγωγή στην αρχή του 20<sup>ου</sup> αιώνα.

Μία μονάδα μαζικής παραγωγής χρησιμοποιεί επαγγελματίες μίας συγκεκριμένης ειδικότητας για τη σχεδίαση προϊόντων που κατασκευάζουν ανειδίκευτοι εργάτες με τη χρήση ακριβών μηχανημάτων τα οποία εκτελούν συγκεκριμένες κατεργασίες. Αυτό που αλλάζει είναι η ποσότητα των προϊόντων που κατασκευάζεται, αφού καθίσταται πολύ ευκολότερη, από την αυτοματοποίηση της διαδικασίας, η παραγωγή μεγάλων παρτίδων. Ωστόσο, επειδή χρησιμοποιείται ακριβός εξοπλισμός που δεν παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία στις διακυμάνσεις της ζήτησης, απαιτείται να υπάρχει διαθέσιμο επαρκές προσωπικό και αποθέματα πρώτων υλών και ενδιάμεσων – τελικών προϊόντων, ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή ροή της παραγωγής. Σε αυτήν την περίπτωση επειδή η μετάβαση σε νέες νόρμες και νέα προϊόντα κοστίζει ακριβά, επιδιώκεται τα πρότυπα στη σχεδίαση και την παραγωγή να διατηρούνται όσο το δυνατό περισσότερο. Ως εκ τούτου, οι καταναλωτές απολαμβάνουν μικρότερα κόστη, με τίμημα όμως τη χαμηλή ποικιλομορφία και χρησιμοποιούμενες μεθόδους παραγωγής όπου οι περισσότεροι εργαζόμενοι χαρακτηρίζουν μονότονες και αποκαρδιωτικές.

Η λιτή παραγωγή, από την άλλη ενσωματώνει όλα τα πλεονεκτήματα των μεθόδων που αναφέρθηκαν παραπάνω αγνοώντας όμως το υψηλό κόστος ενός χειροποίητου προϊόντος και τη δυσκαμψία της μαζικής παραγωγής. Για το σκοπό αυτό, μία μονάδα που υπακούει στην «κατασκευαστική λιτότητα» στελεχώνεται από ομάδες εργαζομένων με πολυεπίπεδες γνώσεις για την ουσιαστική συνεισφορά στην εταιρεία ή τον οργανισμό, με τη βοήθεια μηχανημάτων μεγάλης ευελιξίας και υψηλής αυτοματοποίησης. Η κατασκευαστική λιτότητα, όρος που εισήχθη το 1988 από τον ερευνητή John Krafcik [2], είναι «λιτή», ακριβώς επειδή εκμεταλλεύεται λιγότερους πόρους σε όλα τα στάδια και παραμέτρους μιας παραγωγικής διαδικασίας σε σύγκριση με τη μαζική παραγωγή. Ως αποτέλεσμα μειώνεται ο όγκος της εργασίας στη μαζική παραγωγή, ο χρησιμοποιούμενος χώρος σε μια παραγωγική εγκατάσταση, η επένδυση σε εργαλεία και εξοπλισμό, ενώ παράλληλα μειώνεται και ο απαιτούμενος χρόνος για το σχεδιασμό ενός νέου προϊόντος. Ως συνέπεια των παραπάνω απαιτούνται μικρότερες ποσότητες διαθέσιμων αποθεμάτων, γεγονός που συντελεί σε λιγότερα ελαττωματικά τεμάχια και παραγωγή μεγαλύτερου αριθμού προϊόντων με υψηλότερη ποικιλομορφία.

Η ειδοποιός διαφορά μεταξύ λιτής και μαζικής παραγωγής, εντοπίζεται στον υπέρτατο στόχο που θέτει η καθεμιά. Η μαζική παραγωγή, διατηρεί τον πήχη σε ένα σημείο «αρκετά καλό», που μεταφράζεται σε έναν αποδεκτό αριθμό ελαττωματικών προϊόντων, ένα άνω όριο που τίθεται για τα διαθέσιμα αποθέματα και μικρή ποικιλία. Τουναντίον, για τη λιτή παραγωγή, μόνο το τέλειο είναι αποδεκτό και αυτό επιτυγχάνεται μέσω συνεχώς

μειούμενου κόστους, μηδενικού αριθμού ελαττωματικών προϊόντων και αποθεμάτων, ταυτόχρονα με ευρεία γκάμα προσφερόμενων προϊόντων. Αυτό προφανώς αποτελεί μια ιδανική πραγματικότητα, αλλά συνάμα είναι εφалτήριο όχι μόνο για την υιοθέτηση του συστήματος, αλλά και για την επιτυχή υλοποίησή του.

Όπως είναι φυσικό, η λιτή παραγωγή παρουσιάζει σημαντικό αντίκτυπο στην έννοια των επαγγελματιών. Συνηθίζεται στο δυτικό κόσμο, η καριέρα να λογίζεται ως μια ανοδική πορεία στα υψηλότερα στρώματα της διοίκησης μιας εταιρείας ή ενός οργανισμού, με συνεχή εξειδίκευση σε έναν πολύ συγκεκριμένο τομέα. Η κατασκευαστική λιτότητα απαιτεί περισσότερες επαγγελματικές δεξιότητες και την εφαρμογή αυτών μέσα σε μια ομάδα εργαζομένων, με τρόπο δημιουργικό. Παραδόξως, όσο καλύτερα συνεργάζεται ένα άτομο σε ομαδικό περιβάλλον, τόσο μικρότερη είναι η εξοικείωση που έχει σε ένα εξαιρετικά συγκεκριμένο ζήτημα που μπορεί να τον βοηθήσει σε πιθανή μεταπήδηση σε άλλη εταιρεία ή σε ένα δικό του ξεκίνημα. Επιπλέον, μεγάλη μερίδα του ανθρωπίνου δυναμικού, βρίσκει την απουσία προοπτικής για ανέλιξη στην ιεραρχία, απογοητευτική. Είναι υψίστης σημασίας σε μια εταιρεία ή έναν οργανισμό να φροντίσει για τη διαμόρφωση ευχάριστου εργασιακού περιβάλλοντος και να διαθέτει ικανοποιημένους υπαλλήλους. Για το σκοπό αυτό, το προσωπικό πρέπει να έρχεται συνεχώς αντιμέτωπο με μια σειρά προκλήσεων που θα αναδείξουν τις ικανότητές τους και θα εμφανίσουν την ουσιαστική συνεισφορά τους στην εταιρεία. Έτσι, διατηρείται υψηλά το ηθικό, χωρίς να φτάσει κάποια στιγμή ο εργαζόμενος σε δημιουργικό «αδιέξοδο», δηλαδή να πάψει να προσφέρει στην ομάδα και να χάσει την αφοσίωσή του.

## **2.1 Η προέλευση της κατασκευαστικής λιτότητας – Ιστορική Αναδρομή**

Λέγεται ότι στην τέχνη δεν υπάρχει παρθενογένεση. Έτσι και μια νέα ιδέα, δεν προκύπτει από το κενό. Οι νέες ιδέες ανακύπτουν από μια σειρά συνθηκών μέσα στις οποίες, το παλιό καθεστώς είτε θεωρείται ξεπερασμένο, είτε πια δεν εξυπηρετεί το σκοπό του. Η ιδέα της λιτής παραγωγής προέκυψε γιατί τη δεδομένη στιγμή, στην Ιαπωνία, οι παραδοσιακές πρακτικές για τη βιομηχανική ανάπτυξή της, έμοιαζαν παρωχημένες. Εύλογα αντιλαμβάνεται κανείς, ότι για την ενδελεχή μελέτη της προέλευσης της κατασκευαστικής λιτότητας, πρέπει να ανατρέξει στις απαρχές της αυτοκινητοβιομηχανίας στο τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Η ανάπτυξη οφείλεται στα ανυπέρβλητα προβλήματα που συνάντησε η χειροποίητη παραγωγή περί το 1910, όταν και η βιομηχανία μετέβη στη μαζική παραγωγή. *Οι αδυναμίες που παρατηρήθηκαν στο σύστημα, αποτέλεσαν την έμπνευση για το επόμενο βήμα στη βιομηχανική ανάπτυξη, τη λιτή παραγωγή.* [3]

### **2.1.1 Βιοτεχνική – Παραγωγή με χειρωνακτική εργασία**

Το πρώτο μηχανοκίνητο όχημα, κατασκευάστηκε εν έτει 1885, όταν οι Benz και Daimler λάνσαραν την πρώτη βενζινοκίνητη, τετράτροχη άμαξα, το Velozipede [4]. Η αυτοκινητοβιομηχανία ήκμασε στα τέλη του 1880 και τις αρχές του 1890, όταν η Panhard et Levassor με έδρα το Παρίσι, έγινε κυρίαρχη κατασκευάστρια εταιρεία με μερικές εκατοντάδες οχήματα, ετησίως. Κατέκτησε το ανταγωνιστικό της πλεονέκτημα το 1887 όταν το ήμισυ της εταιρείας, ο Emille Levassor διαπραγματεύτηκε την άδεια παραγωγής του νέου, ταχύτατου βενζινοκινήτρου της Daimler. Η παραγωγή ακολούθησε το Système Panhard, την τοποθέτηση δηλαδή του κινητήρα στο εμπρόσθιο μέρος και των επιβατών σε σειρές, ακριβώς από πίσω, με την κίνηση να δίνεται στους πίσω τροχούς. Έως τότε, η εταιρεία ήταν ένα κλασικό βιοτεχνικό σύστημα παραγωγής που αρχικά κατασκεύαζε προϊόντα κοπής μετάλλων, προτού στραφεί στην κατασκευή μηχανοκίνητων οχημάτων (Womack, 2007). Το εργατικό δυναμικό αποτελούνταν κυρίως από ειδικευμένους τεχνίτες



που κατασκεύαζαν προσεκτικά με το χέρι τα οχήματα σε μικρές παρτίδες. Οι εργάτες αυτοί, κατανοούσαν σε βάθος τις αρχές του μηχανολογικού σχεδιασμού και τα υλικά με τα οποία εργάζονταν, ενώ πολλοί από τους πιο έμπειρους ήταν ανεξάρτητοι εργολάβοι που εργάζονταν εντός του εργοστασίου της P&L ή ανεξάρτητοι υπεργολάβοι που αναλάμβαναν την παραγωγή συγκεκριμένων μερών ή εξαρτημάτων. Οι ιδρυτές της εταιρείας (Panhard και Levassor) και οι συνεργάτες τους έπαιρναν παραγγελίες απευθείας από τους πελάτες, οι οποίοι καθόριζαν τις απαιτήσεις τους και τις ακριβείς προδιαγραφές του οχήματος. Με γνώμονα αυτά τα δεδομένα, η P&L προχωρούσε στη συνέχεια στην παραγγελία του απαραίτητου σχεδιασμού, της μηχανικής, των ανταλλακτικών και συντόνιζε τη συναρμολόγηση του οχήματος, ώστε να ικανοποιεί ακριβώς τις απαιτήσεις κάθε πελάτη.

Για ένα μεγάλο μέρος της εργασίας, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού γινόταν ανάθεση σε υπεργολάβους, σε ανεξάρτητους μηχανικούς και ιδιοκτήτες μηχανουργείων που βρίσκονταν διάσπαρτοι σε όλο το Παρίσι. Έτσι, το σύστημα βιοτεχνικής παραγωγής P&L, χαρακτηριζόταν από χαμηλό όγκο μηχανοκίνητων οχημάτων, που κατασκευάζονταν κατά παραγγελία του πελάτη και παράγονταν από ειδικευμένους τεχνίτες με ευέλικτη και μοναδική αλληλουχία εργασιών. Αυτή η διαδικασία παραγωγής δεν απέφερε, ωστόσο, οικονομίες κλίμακας. Ακόμα και αν η P&L είχε προσπαθήσει να αποκτήσει κάποια οικονομία κλίμακας κατασκευάζοντας πανομοιότυπα αυτοκίνητα ή παραγγέλλοντας μεγάλη ποσότητα επιμέρους εξαρτημάτων, δεν θα πετύχαινε το σκοπό, εξαιτίας της έλλειψης τυποποιημένου συστήματος μέτρησης και της αδυναμίας των εργαλειομηχανών της εποχής να κόβουν σκληρυμένο χάλυβα. Οι εργολάβοι της P&L χρησιμοποιούσαν ελαφρώς διαφορετικά μέτρα κατά την κατασκευή των επιμέρους εξαρτημάτων, ενώ μετά την κατεργασία τους, αυτά περνούσαν από φούρνο για να σκληρυνθούν οι επιφάνειες αρκετά ώστε να αντέξουν τη βαριά χρήση. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, τα εξαρτήματα συχνά στρεβλώνονταν και απαιτούσαν περαιτέρω κατεργασία (λιμάρισμα) για επαναφορά στο προβλεπόμενο σχήμα. Όταν όμως έφταναν στην P&L για την τελική συναρμολόγηση, επιστρατεύονταν εξειδικευμένοι συναρμολογητές για να διασφαλίσουν ότι όλα τα εξαρτήματα ταίριαζαν τέλεια μεταξύ τους. Αυτή η διαδικασία της λείανσης και προσαρμογής κάθε εξαρτήματος στο επόμενο έπρεπε να εκτελείται μέχρι να ολοκληρωθούν τα εκατοντάδες εξαρτήματα κάθε μηχανοκίνητου οχήματος.

Ως συνέπεια αυτής της διαδικασίας, κάθε ολοκληρωμένο όχημα διέφερε σημαντικά ως προς τις διαστάσεις των εξαρτημάτων του σε σχέση με τα υπόλοιπα, ακόμη και αν είχαν κατασκευαστεί υπό τα ίδια πρότυπα. Επειδή λοιπόν η εταιρεία, δεν κατάφερνε να υπερπηδήσει αυτούς τους τεχνικούς περιορισμούς, εστίαζε στην προσαρμογή κάθε οχήματος στις ακριβείς απαιτήσεις κάθε αγοραστή, ενώ παράλληλα δινόταν ξεχωριστή έμφαση στις επιδόσεις του οχήματος και τη χειροποίητη συναρμολόγηση με τα κενά μεταξύ των επιμέρους εξαρτημάτων να είναι σχεδόν αόρατα. Εκείνη την εποχή αυτή η προσέγγιση είχε απόλυτο νόημα, καθώς οι πλούσιοι πελάτες απασχολούσαν συνήθως σοφέρ και μηχανικούς στο προσωπικό τους. Έτσι, παράγοντες όπως το κόστος, η ευκολία οδήγησης και η απλότητα της συντήρησης ήταν ήσσονος σημασίας, ενώ μεγαλύτερο ρόλο διαδραμάτιζε η ταχύτητα και η εξατομίκευση.

Μέχρι το τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα, το βιοτεχνικό σύστημα παραγωγής μηχανοκίνητων οχημάτων χαρακτηριζόταν από τα ακόλουθα (Womack et al., 2007):

1. Εργατικό δυναμικό με υψηλή εξειδίκευση στο σχεδιασμό, τη λειτουργία των μηχανών και την τοποθέτηση.
2. Αποκεντρωμένους οργανισμούς, με μεγάλο μέρος του σχεδιασμού, της μηχανικής και των εργασιών μηχανουργείου να εκτελείται από εργολάβους.

3. Ιδιοκτήτες/επιχειρηματίες που συντόνιζαν την παραγωγή σε άμεση επαφή με όλους τους εμπλεκόμενους: πελάτες, εργαζόμενους και προμηθευτές.
4. Εργαλειομηχανές γενικής χρήσης για την εκτέλεση διατρήσεων, λείανσης και άλλων εργασιών σε μέταλλο και ξύλο.
5. Πολύ χαμηλός όγκος παραγωγής, χωρίς κανένα όχημα να είναι ακριβώς όμοιο, επειδή οι τεχνικές χειροτεχνίας της εποχής εγγενώς εμφάνιζαν παραλλαγές.

Η επιτυχία της P&L στη δεκαετία του 1890 βρήκε σύντομα αντιγραφείς και μέχρι το 1905, εκατοντάδες εταιρείες στη Δυτική Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική παρήγαγαν μηχανοκίνητα οχήματα σε μικρούς όγκους χρησιμοποιώντας τις ίδιες τεχνικές (χειροποίητης παραγωγής). Η αυτοκινητοβιομηχανία προχώρησε στο σύστημα μαζικής παραγωγής μετά τον 1<sup>ο</sup> Παγκόσμιο Πόλεμο και η P&L τελικά έμεινε πίσω στην προσπάθεια μετάβασης στη νέα εποχή (Womack et al., 2007). Ορισμένες μόνο από τις εταιρείες που χρησιμοποιούν συστήματα βιοτεχνικής παραγωγής έχουν επιβιώσει μέχρι σήμερα, όπως η Aston Martin και η Morgan (στο Ηνωμένο Βασίλειο) και η Ferrari (στην Ιταλία). Στη δεκαετία του 1980, καθώς ο ρυθμός των τεχνολογικών εξελίξεων στην αυτοκινητοβιομηχανία επιταχύνθηκε, η Aston Martin και παρόμοιες εταιρείες αναγκάστηκαν να συμμαχήσουν με γίγαντες της αυτοκινητοβιομηχανίας (τη Ford, στην περίπτωση της Aston Martin), προκειμένου να αποκτήσουν εξειδικευμένη τεχνογνωσία σε τομείς που κυμαίνονται από τον έλεγχο των εκπομπών ρύπων έως την ασφάλεια κατά τη σύγκρουση. Το κόστος ανάπτυξης αυτής της τεχνογνωσίας ανεξάρτητα θα ήταν απλώς απαγορευτικό.

Μοιραίο ωστόσο για την εποχή μετά τη δεκαετία του 1980 ήταν και η αδυναμία των μικρών ανεξάρτητων χώρων παραγωγής, όπου γινόταν το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής, να αναπτύξουν νέες τεχνολογίες. Οι ανεξάρτητοι τεχνίτες απλώς δεν είχαν τους πόρους για να επιδιώξουν θεμελιώδεις καινοτομίες - η πραγματική τεχνολογική πρόοδος απαιτούσε πλέον συστηματική έρευνα και όχι απλώς μαστορέματα. Είναι εμφανές ότι επί τη εμφανίσει του Henry Ford η βιομηχανία είχε φτάσει ένα «ταβάνι». Καθώς ο γενικός σχεδιασμός των αυτοκινήτων και των φορτηγών άρχισε να συγκλίνει προς το σημερινό πρότυπο του τετράτροχου, εμπρόσθιου κινητήρα, οχήματος εσωτερικής καύσης που γνωρίζουμε σήμερα, η βιομηχανία έφτασε σε μια πρόωρη ωριμότητα, πρόσφορο έδαφος για μια ανανέωση.

Σε αυτό το σημείο, ο Henry Ford βρήκε έναν τρόπο να ξεπεράσει τα προβλήματα που ήταν συνυφασμένα με τη βιοτεχνική παραγωγή. Οι νέες τεχνικές του Ford μείωσαν δραματικά το κόστος, αυξάνοντας παράλληλα την ποιότητα του προϊόντος. Ο Ford ονόμασε το καινοτόμο σύστημά του, μαζική παραγωγή.

### **2.1.2 Μαζική Παραγωγή**

Εκείνη την εποχή, το μοντέλο T της Ford για το 1908 ήταν το σχεδιαστικό αποκύημα, έπειτα από 5 χρόνια μελετών, μετά το πρώτο μοντέλο, το «Α» που εμφανίστηκε το 1903. Με το Model T, ο Henry Ford έθεσε τον πήχη για ένα όχημα εύκολο στην κατασκευή και φιλικό προς το χρήστη. Επέτυχε δηλαδή την κατασκευή ενός οχήματος που μπορούσε να αποκτήσει ο καθένας και ανά πάσα στιγμή, να βρίσκεται σε θέση να το επισκευάσει χωρίς προαπαιτούμενες ειδικότερες γνώσεις, γεγονός που δεν ίσχυε για τα υπόλοιπα οχήματα εκείνης της εποχής. Η επιτυχία αυτή αποτέλεσε εφελτήριο για τη μέθοδο που θα ακολουθούσε ολόκληρη η βιομηχανία για την παραγωγή των οχημάτων (Womack et al. 2007).

Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ο Ford προσπαθούσε να ξεπεράσει τα προβλήματα που ήταν συνυφασμένα με το βιοτεχνικό σύστημα παραγωγής. Η βασική καινοτομία του Ford σε αυτό που ονόμασε μαζική παραγωγή, ήταν η πλήρης και συνεπής εναλλαξιμότητα των εξαρτημάτων και η απλότητα της σύνδεσης μεταξύ τους, αντί για την εφεύρεση της κινούμενης γραμμής συναρμολόγησης. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, προέβη σε καθετοποίηση της παραγωγής όλων των επιμέρους εξαρτημάτων και τμημάτων για το μοντέλο T, ενώ παράλληλα, ανέπτυξε ειδικές μηχανές για την παραγωγή αυτών των εξαρτημάτων και επιμέρους τμημάτων, χρησιμοποιώντας τυποποιημένο μετρητικό σύστημα. Περαιτέρω όφελος προσέθεσαν οι εξελίξεις που παρουσιάστηκαν στις εργαλειομηχανές, ικανές πλέον να κατεργάζονται προ-σκληρυμένα μέταλλα. Με την υιοθέτηση των παραπάνω καινοτομιών, αποφεύγονταν τα προβλήματα στρέβλωσης που προέκυπταν όταν τα εξαρτήματα σκληρύνονταν μετά την κατεργασία τους, γεγονός που παλαιότερα, καθιστούσε αδύνατη την τυποποίηση.

Συνολικά, όλα τα προαναφερθέντα έδωσαν στον Ford ένα τεράστιο πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών του: **ένα ενιαίο απλό μοντέλο παραγωγής, εύκολο στη χρήση, με κάθετη ολοκλήρωση της παραγωγής εξαρτημάτων και κατασκευαστικών στοιχείων, τυποποίηση εξαρτημάτων που ταίριαζαν απόλυτα μεταξύ τους, χρήση ειδικών μηχανών για την παραγωγή αυτών των εξαρτημάτων και εξάλειψη των εξειδικευμένων συναρμολογητών που αποτελούσαν το μεγαλύτερο μέρος των τεχνιτών που χρησιμοποιούνταν για τη συναρμολόγηση των μηχανοκίνητων οχημάτων.**

Η Ford άρχισε να συναρμολογεί τα οχήματά της το 1903, ξεκινώντας με το Model A. Η διαδικασία συναρμολόγησης, περιείχε και τη δημιουργία κατάλληλων βάσεων στις οποίες κατασκευαζόταν ένα ολόκληρο όχημα, συχνά από έναν μόνο εγκαταστάτη. Το 1908, την παραμονή της εισαγωγής του μοντέλου T, ο κύκλος εργασιών ενός μεμονωμένου εργάτη (ο χρόνος που εργαζόταν πριν επαναλάβει την ίδια εργασία) ήταν κατά μέσο όρο 8,56 ώρες. Το Model T, λόγω της τέλει εναλλαξιμότητας των εξαρτημάτων του, δεν απαιτούσε πλέον ξεχωριστό συναρμολογητή, οπότε ο εγκαταστάτης εκτελούσε μόνο μία εργασία και μετακινούνταν από όχημα σε όχημα γύρω από την αίθουσα συναρμολόγησης. Μέχρι τον Αύγουστο του 1913, λίγο πριν από την εισαγωγή της κινούμενης γραμμής συναρμολόγησης, **η μέση εργασία ενός συναρμολογητή είχε μειωθεί από 8,56 ώρες σε 2,3 λεπτά.** Η εισαγωγή της κινούμενης γραμμής συναρμολόγησης μείωσε ακόμα παραπάνω το μέσο χρόνο κύκλου, από 2,3 σε 1,19 λεπτά (Womack et al., 2007).

Ο Ford είχε υιοθετήσει την ιδέα του Adam Smith (1864), που δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά το 1776, ότι ο καταμερισμός της εργασίας είναι ουσιαστικά θετικός ως προς την απόδοση αυξημένης παραγωγικότητας, και την ιδέα του Charles Babbage (1832) για την αναγκαιότητα της αντιστοίχισης των δεξιοτήτων και των καθηκόντων εργασίας. Το 1911, ο Frederick Winslow Taylor (2008) στηρίχθηκε σε αυτές τις ιδέες για να ορίσει τη σχέση μεταξύ του εργαζομένου και της εργασίας, όπου διατύπωσε πως οι πρωταρχικοί στόχοι της τυποποίησης ήταν κατά πρώτον η διάσπαση των δεξιοτήτων στα επιμέρους συστατικά τους (καταμερισμός της εργασίας) και κατά δεύτερον, ο διαχωρισμός της πνευματικής και σωματικής εργασίας. Κατά συνέπεια, το πολύπλοκο σύνολο δεξιοτήτων που χρησιμοποιούσε ένας τεχνίτης για την κατασκευή ενός αυτοκινήτου πριν την εισαγωγή της μαζικής παραγωγής χωρίστηκε σε επιμέρους μονάδες, με κάθε εργαζόμενο να εκτελεί απλώς μια συγκεκριμένη εργασία με τρόπο που θεωρούνταν ο πιο αποτελεσματικός και αποδοτικός. Λόγω αυτής της εξειδίκευσης, ένας συναρμολογητής στα εργοστάσια της Ford χρειαζόταν μόνο λίγα λεπτά εκπαίδευσης. Η απόδοση κάθε

συναρμολογητή αποτελούσε άμεση συνάρτηση του ρυθμού της γραμμής συναρμολόγησης, ο οποίος επιτάχυνε τους αργούς εργάτες και επιβράδυνε τους πιο γρήγορους. Ο εργοδηγός, ο οποίος προηγουμένως είχε διευρυμένα καθήκοντα εφόσον είχε υπό την ευθύνη του μια ολόκληρη περιοχή του εργοστασίου, περιορίστηκε στο ρόλο ενός ημι-ειδικευμένου ελεγκτή, με ρόλο μόνο να εντοπίζει τυχόν αποτυχίες στις εργασίες που είχαν κατανεμηθεί στη γραμμή συναρμολόγησης. Κατά συνέπεια, τόσο οι εργάτες της γραμμής παραγωγής όσο και τα εξαρτήματα των αυτοκινήτων θεωρούνταν πλέον ως αντικαταστάσιμα και περιλαμβάνονταν στο μεταβλητό κόστος στο σύστημα μαζικής παραγωγής.

Η Ford μοίρασε την εργασία στο μηχανουργείο, αλλά και στο εργοστάσιο. Οι «εργάτες της γνώσης» που, σύμφωνα με τον Taylor, διαχειρίζονταν ιδέες και πληροφορίες, αλλά σπάνια άγγιζαν ένα πραγματικό αυτοκίνητο ή έμπαιναν σε ένα εργοστάσιο, χωρίστηκαν επίσης σε εξειδικευμένες θέσεις: μηχανικοί βιομηχανίας, μηχανικοί παραγωγής και μηχανικοί προϊόντων. Αυτός ο θεμελιώδης διαχωρισμός χωρίστηκε περαιτέρω σε βιομηχανικούς μηχανικούς που εξειδικεύονταν ολοένα και περισσότερο, καθώς ο ρόλος των επαγγελματιών μηχανικών γινόταν συνεχώς και πιο εξειδικευμένος, χάνοντας την εποπτεία άλλων ειδικοτήτων. Προκειμένου να ανταπεξέλθει στην αυξανόμενη πολυπλοκότητα των νέων μηχανοκίνητων οχημάτων, η αμερικανική αυτοκινητοβιομηχανία, υιοθέτησε γραφειοκρατικές οργανωτικές δικλίδες με σαφείς διαδικασίες, πρωτόκολλα και κανονισμούς να ορίζουν τη διαχείριση της ανάπτυξης των προϊόντων. Ωστόσο, η τόση γραφειοκρατία έγινε πολύ κουραστική και επίπονη, τόσο ώστε να αποτρέπει ταλαντούχα άτομα να ασχοληθούν ή να παραμείνουν στον κλάδο. Το φαινόμενο αυτό εξηγεί τους λόγους για τους οποίους, όλες οι ριζικές καινοτομίες από το 1960 έως και το 1970 προήλθαν από τον ευρωπαϊκό χώρο - η κίνηση στον μπροστά άξονα, τα δισκόφρενα, ο ψεκασμός καυσίμου για την ανάφλεξη, το πεντατάχυτο σύστημα μετάδοσης και οι κινητήρες με υψηλή αναλογία ισχύος προς βάρος (Womack et al., 2007).

Η πλήρης κάθετη ολοκλήρωση του συστήματος μαζικής παραγωγής της Ford είχε εισαγάγει τη γραφειοκρατία σε τόσο μεγάλη κλίμακα που έφερε τα δικά της προβλήματα, και μάλιστα χωρίς προφανείς λύσεις. Ο Alfred Sloan στη General Motors (GM) συμπλήρωσε τις ιδέες της Ford με τις δικές του βασικές ιδέες διοίκησης για να λύσει το πρόβλημα της διαχείρισης της πολυπλοκότητας του συστήματος μαζικής παραγωγής που πλέον εμπόδιζε την εξάπλωσή του [5].

Ο Sloan καινοτόμησε με την έννοια των αποκεντρωμένων τμημάτων που διοικούνταν αντικειμενικά "με βάση τους αριθμούς" από μια μικρή εταιρική έδρα. Δημιούργησε επίσης τα νέα επαγγέλματα του οικονομικού διευθυντή και του ειδικού μάρκετινγκ για να συμπληρώσει τα εξειδικευμένα επαγγέλματα μηχανικών της Ford, έτσι ώστε κάθε τομέας της εταιρείας να έχει στελέχη εξειδικευμένα και αφοσιωμένα στο κάθε αντικείμενο. Έτσι ολοκληρώθηκε ο καταμερισμός της επαγγελματικής εργασίας που είχε προταθεί από τον Taylor.

Ο διαχωρισμός που προτάθηκε μεταξύ του προσωπικού, είχε ως συνέπεια οι εργαζόμενοι στο εργοστάσιο (blue-collar workers), στο σύστημα μαζικής παραγωγής, να μην διαθέτουν καμία προοπτική για περαιτέρω επαγγελματική σταδιοδρομία εκτός ίσως από την εξέλιξη στη θέση του εργοδηγού. Οι εργαζόμενοι σε διοικητικές θέσεις ή ειδικευμένοι επαγγελματίες (white-collar workers) διέθεταν ευκαιρίες να αναρριχηθούν άμεσα στην ιεραρχία, αν και σε αντίθεση με τους ειδικευμένους τεχνίτες του 19<sup>ου</sup> αιώνα, η πορεία της καριέρας τους δεν οδηγούσε προς την ιδιοκτησία μιας επιχείρησης.

**Οι αμερικανικές αυτοκινητοβιομηχανίες δεν μπόρεσαν ποτέ να μεταβούν από το σύστημα μαζικής παραγωγής της Ford στο ιαπωνικό σύστημα λιτής παραγωγής, λόγω των συγκρουσιακών σχέσεων διοίκησης και εργαζομένων.**

Ούτε η διοίκηση-γραφειοκράτες, ούτε η ηγεσία της UAW (United Auto Workers), της ένωσης που εκπροσωπεί τους εργαζόμενους της αυτοκινητοβιομηχανίας σε Αμερική και Καναδά, μπόρεσαν να ξεπεράσουν τον κατακερματισμό των δεξιοτήτων σε πιο εξειδικευμένες κατά Taylor (καταμερισμός εργασίας) ή το διαχωρισμό της πνευματικής και της σωματικής εργασίας. Αυτή η διάσπαση ευθύνεται για την υπερβολική εξειδίκευση του κλάδου των μηχανικών και της διοίκησης στην αμερικανική αυτοκινητοβιομηχανία, την οποία μετέτρεψε σε μια δυσκίνητη γραφειοκρατία που απομάκρυνε τα επιχειρηματικά ταλέντα και επιβράδυνε την καινοτομία. Ο διαχωρισμός της διανοητικής και της σωματικής εργασίας δημιούργησε ένα φαινομενικά ανυπέρβλητο εμπόδιο μεταξύ των εργαζομένων των δύο κατηγοριών. Οι εργοδότες θεωρούσαν τους υπαλλήλους / εργαζομένους σε γραφεία ως μεταβλητό κόστος, που μπορούσαν να προσληφθούν ή να απολυθούν ανάλογα με τις ανάγκες της παραγωγής, ενώ και οι εργαζόμενοι στο εργοστάσιο ήθελαν όλο και μεγαλύτερες αμοιβές και παροχές για να αντισταθμίσουν τις ώρες που περνούσαν εκτελώντας επαναλαμβανόμενες, βαρετές εργασίες στη γραμμή παραγωγής της μαζικής παραγωγής. Οπότε σε αντίθεση με τους Ιάπωνες και τους Ευρωπαίους, οι διοικήσεις στις ΗΠΑ δεν ήταν αρκετά δημιουργικές ώστε να ξεπεράσουν το συγκρουσιακό τρόπο διαπραγμάτευσης με την UAW και να αλλάξουν το πλαίσιο "win-lose" σε "win-win" (συντεχνίες ελέγχου εργασιών, job-control unionism, Womack et al., 2007). Τα παραπάνω αναφέρονται στην κρίση που εμφανίστηκε στις αυτοκινητοβιομηχανίες κατά τη δεκαετία του 1930, εξαιτίας της αντιμετώπισης της εργοδοσίας προς τους εργαζομένους και τη μη-κατοχύρωση καλύτερων εργασιακών, αλλά και μισθολογικών συνθηκών. Η κρίση εκτονώθηκε με την περίφημη "sit-down strike" του 1936 στο Flint του Michigan, όπου εργάτες κατέλαβαν ένα εργοστάσιο της General Motors για περίπου 40 ημέρες.

Η μεγάλη εισοδηματική ανισότητα μεταξύ της διοίκησης και των εργαζομένων και ο αποκλεισμός των εργαζομένων, από κάθε δυνατότητα σταδιοδρομίας στην αμερικανική αυτοκινητοβιομηχανία, οδήγησαν σε μια μορφή ταξικού πολέμου μεταξύ των υπαλλήλων και των εργατών. Τα διευθυντικά στελέχη έκαναν καριέρα μειώνοντας το κόστος εις βάρος των εργαζομένων και οι ηγέτες των συνδικάτων έκαναν καριέρα αντιμετωπίζοντας τη διοίκηση και αποσπώντας όλο και περισσότερες παραχωρήσεις με τη μορφή μισθών και παροχών. Το αποτέλεσμα ήταν μια συνεχής κλιμάκωση του κόστους των αμερικανικών εταιρειών αυτοκινήτων. Η Toyota και άλλοι μη-αμερικανικής ιδιοκτησίας παραγωγοί αυτοκινήτων φρόντισαν να μην εμπλακούν στις συγκρουσιακές διαπραγματεύσεις διοίκησης-εργαζομένων των τριών μεγάλων αμερικανικών παραγωγών και έτσι απέφυγαν την κλιμάκωση του εργατικού κόστους.

Ως συνέπεια των παραπάνω, πολλοί από αυτούς τους επιχειρηματίες μεταπήδησαν σε πιο υποσχόμενους κλάδους, όπως αυτός των ηλεκτρονικών. Ο οργανισμός του Sloan δημιούργησε μια επανάσταση στη διαχείριση και το μάρκετινγκ στη βιομηχανία αυτοκινήτων. Ωστόσο, η προσέγγισή του δεν άλλαξε τη θεμελιώδη ιδέα, που είχε διατυπωθεί από τη Ford, ότι οι εργαζόμενοι στο χώρο του εργοστασίου απλώς αντιπροσώπευαν εναλλάξιμα (πανομοιότυπα) εξαρτήματα και μέρος του μεταβλητού κόστους του συστήματος μαζικής παραγωγής. Ως αποτέλεσμα, η δυσaréσκεια στο χώρο του εργοστασίου επιδεινώθηκε. Η δυσaréσκεια αυτή, εκτονώθηκε με το διπλασιασμό του ημερομισθίου στα πέντε δολάρια. Επί της ουσίας, η εξαιρετική πορεία που σημείωνε η εταιρεία, καθώς και οι παχυλοί μισθοί λειτούργησαν ως εξαγορά για τους υπαλλήλους,

ούτως ώστε να αποφευχθούν συγκρούσεις της εργοδοσίας με τα συνδικάτα (Womack et al., 2007).

Η καθιέρωση υψηλότερων μισθών ήταν αποτελεσματική στη μείωση της εναλλαγής του εργατικού δυναμικού, αλλά δημιούργησε ένα άλλο πρόβλημα: οι εργαζόμενοι συνειδητοποίησαν ότι η σταθερότητα που επήλθε από την αύξηση μισθών μεταφραζόταν σε εφ' όρου ζωής απασχόληση σε συγκεκριμένα πόστα της εταιρείας και δεν υπήρχε πλέον η προοπτική επιστροφής στη ζωή από την οποία προέρχονταν, να είναι δηλαδή αφεντικά του εαυτού τους. Όταν αυτό έγινε αντιληπτό, οι συνθήκες έγιναν ακόμα πιο δυσβάσταχτες και δεδομένου ότι οι αμερικανικές αυτοκινητοβιομηχανίες θεωρούσαν το εργατικό δυναμικό τους μεταβλητό κόστος, απέλυαν τους εργαζόμενους με το πρώτο σημάδι ύφεσης των πωλήσεων.

Όλα αυτά σήμαιναν ότι κατά την περίοδο της Μεγάλης Ύφεσης είχαν δημιουργηθεί πλήρως οι προϋποθέσεις για ένα επιτυχημένο συνδικαλιστικό κίνημα στην αμερικανική αυτοκινητοβιομηχανία. Στα τέλη της δεκαετίας του 1930, εκπρόσωποι της UAW υπέγραψαν μια συμφωνία με τις εταιρείες που είχαν γίνει γνωστές ως οι τρεις μεγάλες – Big Three (GM, Ford και Chrysler), στην οποία τα κύρια ζητήματα ήταν η παλαιότητα και τα εργασιακά δικαιώματα. Καθώς το εργατικό δυναμικό δεν είχε προοπτικές σταδιοδρομίας, οι διαπραγματεύσεις του συνδικάτου στόχευαν πάντα στην επίτευξη περισσότερων οικονομικών παραχωρήσεων, στη μείωση του χρόνου εργασίας και στην εξασφάλιση της ασφάλειας των θέσεων εργασίας. Η διοίκηση, από την άλλη πλευρά, θεωρούσε το εργατικό δυναμικό μεταβλητό κόστος, και έτσι προσπαθούσε πάντα να μειώσει αυτό το κόστος για να βελτιώσει τον τελικό κύκλο εργασιών της εταιρείας. Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1950 και του 1960, ως συνέπεια των διαπραγματεύσεων της UAW, τα μέλη της είχαν γίνει μια από τις καλύτερα αμειβόμενες ομάδες βιομηχανικών εργαζομένων στη χώρα, τοποθετώντας τους σταθερά στη μεσαία τάξη της αμερικανικής κοινωνίας. Επιπλέον, εκτός από τους υψηλούς μισθούς τους, οι συνδικαλιστές εργαζόμενοι είχαν επίσης γενναιόδωρες παροχές σε σύγκριση με όσους εργάζονταν σε μη συνδικαλιστικά ιαπωνικά εργοστάσια αυτοκινήτων στις Η.Π.Α.

### **2.1.3 Το αντανάκλαστικό σύστημα παραγωγής (Reflective)**

Οι ευρωπαϊκές αυτοκινητοβιομηχανίες που είχαν αντιγράψει το σύστημα μαζικής παραγωγής της Ford, βίωσαν στη δεκαετία του 1950 ότι είχαν περάσει οι τρεις μεγάλες αμερικανικές εταιρείες τη δεκαετία του 1930. Μετά το 2<sup>ο</sup> Παγκόσμιο Πόλεμο, τα ευρωπαϊκά εργοστάσια απασχολούσαν μεγάλο αριθμό μεταναστών στις γραμμές συναρμολόγησης, καθώς σημειώθηκε μαζική εισροή Τούρκων και Γιουγκοσλάβων που ήταν διαθέσιμοι για εργασία στη Γερμανία, Μαροκινών και Αλγερινών διαθέσιμων για εργασία στη Γαλλία και Σικελών και άλλων Νοτιοϊταλών διαθέσιμων για εργασία στα εργοστάσια αυτοκινήτων στο Τορίνο και το Μιλάνο στη Βόρεια Ιταλία. Ορισμένοι από αυτούς τους εργάτες επέστρεψαν στην πατρίδα τους μετά την ύφεση της μεταπολεμικής άνθησης, αλλά πολλοί αφομοιώθηκαν και προστέθηκαν στους ντόπιους εργάτες.

Όπως και στις ΗΠΑ, οι εργάτες αυτοί συνειδητοποίησαν επίσης ότι δεν μπορούσαν να γίνουν ανεξάρτητοι τεχνίτες όπως οι πατεράδες και οι παππούδες τους και ότι η αδιέξοδη μονοτονία της μαζικής παραγωγής θα ήταν το έργο που θα εκτελούσαν σε όλη τη ζωή τους. Αναπόφευκτα, παρουσιάστηκαν όμοια φαινόμενα αναταραχής στο Τορίνο, το Μιλάνο, το Παρίσι και το Βόλφσμπουργκ. Οι διαπραγματεύσεις μεταξύ διοικήσεων και εργαζομένων στην Ευρώπη πήραν αρχικά τον ίδιο συγκρουσιακό τόνο όπως και στις Η.Π.Α. Η μεγαλύτερη διαφορά ήταν ότι οι ευρωπαϊκές χώρες διέθεταν πολύ καλύτερα κοινωνικά συστήματα, με ιατρική περίθαλψη και συνταξιοδοτικά προγράμματα, ενώ δεν υπήρχε τόσο μεγάλο χάσμα στους μισθούς μεταξύ των εργαζομένων στο χώρο του

εργοστασίου και των ανώτερων στελεχών όπως στις Ηνωμένες Πολιτείες. Για το λόγο αυτό, η ιατρική περίθαλψη και τα συνταξιοδοτικά προγράμματα που αποτελούσαν μέρος των πακέτων που διαπραγματεύονταν τα συνδικάτα των Η.Π.Α. δεν βρίσκονταν στην ατζέντα των διαπραγματεύσεων στην Ευρώπη. Οι διαπραγματεύσεις σχετικά με τους μισθούς υπήρξαν σχετικά ήπιες, επειδή και οι διαφορές μεταξύ εργατών και μηχανικών ήταν σχετικά μικρές στην Ευρώπη. Αυτό, εστίασε τις διαπραγματεύσεις διοίκησης-εργαζομένων στη μείωση των ωρών που βρίσκονταν στο εργοστάσιο εκτελώντας μονότονη εργασία. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι εργαζόμενοι ήταν πρόθυμοι να δεχτούν ακόμη και μειώσεις μισθών για λιγότερες ώρες παραμονής στα εργοστάσια. Οι ευρωπαϊκές αυτοκινητοβιομηχανίες, αντιλαμβανόμενες το πρόβλημα της μονότονης εργασίας, επιχείρησαν κάποια πειράματα εμπλουτισμού των θέσεων εργασίας.

Το πιο ριζοσπαστικό εκείνη την εποχή επιχειρήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1970 από τον νέο διευθύνοντα σύμβουλο της Volvo, P. G. Gyllenhammar, ο οποίος είχε μεγάλη εκτίμηση για την κοινωνική διάσταση της εργασίας [6] και προκειμένου, να μετριάσει τα προβλήματα που σχετίζονταν με τις χαμηλές αποδοχές των εργαζομένων και το χαμηλό βαθμό ικανοποίησης από την εργασία στα εργοστάσια της Volvo, άνοιξε ένα νέο εργοστάσιο στο Kalmar, το οποίο σχεδιάστηκε και λειτούργησε με στόχο τον «εξανθρωπισμό» της εργασίας και την προώθηση της ομαδικής εργασίας στο χώρο του εργοστασίου. Στην μονάδα του Kalmar, η γραμμή συναρμολόγησης ήταν κυριολεκτικά σπασμένη σε τμήματα. Όλες οι εργασίες ήταν οργανωμένες σε ομάδες, καθεμία από τις οποίες είχε το δικό της τμήμα στο οποίο τα μέλη της εκτελούσαν όλες τις εργασίες συναρμολόγησης. Χρησιμοποιώντας αυτήν την προσέγγιση, το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον βελτιώθηκε σημαντικά σε σύγκριση με άλλα παραδοσιακά εργοστάσια της Volvo που εφάρμοζαν το σύστημα μαζικής παραγωγής της Ford. Η Volvo καινοτόμησε ξανά στα μέσα της δεκαετίας του 1980 με ένα νέο εργοστάσιο στην Uddevalla (Ellegård, 1996).

Η εταιρεία είχε συνειδητοποιήσει ότι ο αριθμός των νέων στο ευρωπαϊκό εργατικό δυναμικό θα μειωνόταν μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990, οπότε αποφάσισε να κατασκευάσει ένα εργοστάσιο που θα μπορούσε να προσελκύσει, όχι μόνο νέους άνδρες εργαζόμενους, αλλά και γυναίκες και ηλικιωμένους. Στο νέο τύπο εργοστασίου, η προσέγγιση της γραμμής συναρμολόγησης εγκαταλείφθηκε εντελώς και μικρές ομάδες, που εργάζονταν παράλληλα μεταξύ τους, ήταν υπεύθυνες για τη συναρμολόγηση ολοκληρωμένων μηχανοκίνητων οχημάτων. Το κεντρικό πρόβλημα που προσπάθησε να διορθώσει αυτή η προσέγγιση, ήταν η δυσκολία ανάπτυξης μεθόδων εκπαίδευσης των εργαζομένων για την εκτέλεση των ποικίλων εργασιακών καθηκόντων που απαιτούνταν, προκειμένου μόνο μια χούφτα ατόμων να είναι σε θέση να συναρμολογήσει ένα πλήρες όχημα. Για να το επιτύχει αυτό, η Volvo υιοθέτησε μια ολιστική στρατηγική μάθησης, όπου ειδικευμένοι εργαζόμενοι έδειχναν στους νεοπροσληφθέντες εργαζόμενους τον τρόπο και τη σειρά συναρμολόγησης. Οι υπάλληλοι δεν μάθαιναν μόνο πώς να κατασκευάζουν μηχανοκίνητα οχήματα, αλλά επίσης πώς να εκτελούν διάφορες υποστηρικτικές εργασίες, οικονομικές εργασίες κ.ο.κ. Η παραγωγή σχεδιαζόταν από τις ομάδες αποκλειστικά και το πρόγραμμα διαμορφωνόταν με γνώμονα τις εκάστοτε εκπαιδευτικές ανάγκες τους.

Το σύστημα παραγωγής που αναπτύχθηκε για το εργοστάσιο της Uddevalla ονομάστηκε «αντανακλαστικό» διότι, αποτελούσε ένα σύστημα με «αναστοχασμό», καθώς οι εργαζόμενοι έπρεπε να είναι συγκεντρωμένοι πάνω στην εργασία τους κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, ούτως ώστε το προϊόν να αντανακλά την απόδοση του καθενός, προσβλέποντας σε συνεχή εξέλιξη των μεθόδων που εφαρμόζονταν. Η ιδιαιτερότητα που χαρακτήριζε τη μονάδα της Uddevalla ήταν η εγκατάλειψη της κινούμενης γραμμής

παραγωγής, συναρμολογώντας τα οχήματα σε δύο παράλληλους σταθμούς με ομάδες δύο ή τεσσάρων ατόμων. Μέσα σε μόλις τέσσερις μήνες εκπαίδευσης οι εργαζόμενοι ήταν ικανοί να μπορούν να ενώσουν τουλάχιστον το ένα τέταρτο ενός αυτοκινήτου, ενώ μετά το πέρας της εκπαίδευσής τους, ήταν ικανοί να συναρμολογούν ένα ολόκληρο νέο μοντέλο ή μια νέα έκδοση ενός ήδη υπάρχοντος μοντέλου σε μόλις δύο ημέρες. Οι εμπνευστές του συστήματος κατέληξαν ότι η απομνημόνευση επιμέρους τεμαχίων και των μηχανικών τμημάτων είχε γίνει ανεξήγητα δύσκολη, οπότε έπρεπε να περιοριστεί σε ότι αφορούσε μόνο στη γραμμή συναρμολόγησης [6], [7].

Οι καινοτομίες που σημειώθηκαν στα εργοστάσια Kalmar και Uddevalla ενέπνευσαν τους διευθυντές και τους συνδικαλιστές στην Ευρώπη να αρχίσουν να σκέφτονται προς νέες κατευθύνσεις, όσον αφορά στην οργάνωση και το περιεχόμενο της εργασίας. Επιπλέον, το αντανakλαστικό σύστημα παραγωγής εφαρμόστηκε αργότερα από τη Saab στο εργοστάσιό της στο Trollhättan και επηρέασε το εργοστάσιο Rastatt I της Mercedes-Benz, καθώς και την εισαγωγή των αρθρωτών μονάδων στη GM και τη Volkswagen (VW).

## **2.2 Το λιτό σύστημα παραγωγής**

Με τις αντιξοότητες που επικρατούσαν μετά το τέλος του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου Πολέμου, οι βιομηχανίες των ανατολικών χωρών και ειδικότερα, της Ιαπωνίας, ήρθαν αντιμέτωπες με μια πληθώρα προκλήσεων που στέκονταν εμπόδιο στην επίτευξη μαζικής παραγωγής βασισμένης στα «δυτικά πρότυπα». Η Toyota, παλαιότερα Toyoda, ήταν μια επιτυχημένη υφαντουργία κατά το 19<sup>ο</sup> αιώνα. Όταν ξέσπασε ο πόλεμος τη δεκαετία του 1930, η κυβέρνηση τους ενθάρρυνε να ασχοληθούν με την κατασκευή μηχανοκίνητων οχημάτων, συγκεκριμένα στρατιωτικών φορτηγών. Με τη συμβολή του μηχανικού παραγωγής Taiichi Ohno (τον προπάτορα του Toyota Production System), εξελίχθηκε μέσα σε είκοσι χρόνια σε μία νέα κατασκευαστική πρακτική που θα απέβαινε μακράν αποδοτικότερη και πιο βιώσιμη από το δυτικό σύστημα μαζικής παραγωγής. Στα δεκατρία χρόνια μεταξύ της ίδρυσής της και του 1950, παρήχθησαν συνολικά 2.685 μηχανοκίνητα οχήματα. Αυτή ήταν επίσης η χρονιά που ο νεαρός μηχανικός Eiji Toyoda πραγματοποίησε μια τρίμηνη επίσκεψη στο εργοστάσιο της Ford στο Rouge, το οποίο παρήγαγε 7.000 μηχανοκίνητα οχήματα σε μία μόνο ημέρα. Η μονάδα αυτή, αποτελούσε το μεγαλύτερο και αποδοτικότερο εργοστάσιο στον κόσμο. Μετά την επιστροφή του στη Ναγκόγια, ο Eiji Toyoda και ο Taiichi Ohno κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το σύστημα μαζικής παραγωγής της Ford δεν θα μπορούσε ποτέ να λειτουργήσει στην Ιαπωνία για τους ακόλουθους τέσσερις λόγους (Womack et al., 2007):

1. Η ιαπωνική εγχώρια αγορά ήταν πολύ μικρή, αλλά απαιτούσε μια ευρεία γκάμα οχημάτων.
2. Οι Ιάπωνες εργαζόμενοι δεν ήταν πρόθυμοι να αντιμετωπίζονται ως μεταβλητό κόστος ή ως εναλλάξιμο κόστος.
3. Το δικαίωμα της διοίκησης να προβαίνει σε μαζικές απολύσεις ήταν πολύ περιορισμένο στην Ιαπωνία, ενώ παράλληλα η διαπραγματευτική θέση των επιχειρησιακών σωματείων, που εκπροσωπούσαν όλους τους εργαζόμενους (συμπεριλαμβανομένων των διευθυντών), είχε ενισχυθεί σημαντικά εξαιτίας των εργατικών νόμων από τις αρχές κατοχής των ΗΠΑ, ενισχύοντας τη θέση των εργαζομένων στις διαπραγματεύσεις.
4. Η κατεστραμμένη από τον πόλεμο ιαπωνική οικονομία στερούνταν κεφαλαίων και συναλλάγματος, καθιστώντας δύσκολη την αγορά της τελευταίας δυτικής τεχνολογίας.



Αυτοί οι παράγοντες οδήγησαν την Toyota να αναπτύξει τεχνικές που της επέτρεπαν να παράγει αποτελεσματικά μικρές παρτίδες με λιγότερο ευέλικτες μηχανές αντί για τις τεράστιες σειρές εξειδικευμένων μηχανών (που αποτελούσαν τον κανόνα στη μαζική παραγωγή). Μέσα από αυτήν την προσέγγιση, έκαναν δύο θεμελιώδεις ανακαλύψεις: **ότι η παραγωγή μικρών παρτίδων κόστιζε λιγότερο**, επειδή εξαλειφόταν η ανάγκη για μεγάλα αποθέματα, και **ότι η άμεση συναρμολόγηση επέτρεπε τη γρήγορη εμφάνιση σφαλμάτων**. Η συνέπεια αυτής της δεύτερης ανακάλυψης ήταν τεράστια: οι εργάτες που κατασκεύαζαν τα εξαρτήματα λάμβαναν άμεση ανατροφοδότηση σχετικά με την ποιότητά τους και άρχισαν να δίνουν μεγαλύτερη προσοχή. Η συγκεκριμένη προσέγγιση βοήθησε στη μείωση της σπατάλης μεγάλου αριθμού ελαττωματικών εξαρτημάτων. Το μειονέκτημα του συστήματος ήταν, ότι εάν οι εργαζόμενοι δεν κατάφερναν να προβλέψουν την εμφάνιση ενός προβλήματος και δεν αναλάμβαναν την πρωτοβουλία για άμεση επιδιόρθωση, οι εργασίες μπορούσαν εύκολα να διακοπούν στο εργοστάσιο. Οποιαδήποτε απόκρυψη γνώσεων και προσπάθειών (όπως ήταν σύνηθες μεταξύ των εργαζομένων που δεν έδειχναν αφοσίωση στην εργασία και λάμβαναν χαμηλό βαθμό ικανοποίησης στο σύστημα μαζικής παραγωγής της Ford), θα οδηγούσε σε αδιάκοπα προβλήματα στα εργοστάσια της Toyota. Κάτι τέτοιο δεν συνέβη ποτέ, επειδή η ιαπωνική εταιρεία είχε διαπραγματευτεί μια συμβιβαστική φόρμουλα με το συνδικάτο εργαζομένων της εταιρείας κατά την κρίση του 1949, η οποία της επέτρεψε να απολύσει το ένα τέταρτο του εργατικού δυναμικού. Η φόρμουλα αυτή, η οποία εξακολουθεί να εφαρμόζεται στην ιαπωνική αυτοκινητοβιομηχανία, παρέχει στους εναπομείναντες εργαζόμενους δύο εγγυήσεις: η μία αφορά σε ισόβια απασχόληση και η άλλη σε διαβάθμιση των αποδοχών με βάση την παλαιότητα και όχι το εργασιακό πόστο, ενώ η συνολική αμοιβή συναρτάται άμεσα με την κερδοφορία της εταιρείας και περιέχει επιπλέον μπόνους (Womack et al., 2007).

Η συνέπεια αυτής της ιστορικής συμφωνίας ήταν ότι μετά από αυτή τη συμφωνία οι εργαζόμενοι δέχονταν σταθερό μισθό, ο οποίος αυξανόταν όσο περισσότερο παρέμεναν στην εταιρεία. Έτσι, υπήρχε κίνητρο για συνεχή βελτίωση στις δεξιότητες των εργαζομένων και το εργατικό δυναμικό να επωφελείται από μακροβιότερους υπαλλήλους, όσον αφορά στις γνώσεις, την εμπειρία και τη δέσμευση. Αυτές οι ιδέες ήταν παρόμοιες με εκείνες που αναπτύχθηκαν για το εργοστάσιο της Volvo, Uddevalla. Το φαινόμενο αυτό είχε τις ρίζες του στις πολυάριθμες επισκέψεις του Taiichi Ohno στα εργοστάσια της Ford στις Ηνωμένες Πολιτείες. Μελετώντας το σύστημα που ακολουθούσε η αμερικανική εταιρεία, ο Ohno παρατήρησε ότι οι πρακτικές που εφαρμόζονται βρίθουν σπατάλης (muda), εξηγώντας ότι παρά τις ώρες που δαπανώνται από τους εργάτες, δεν προστίθεται επιπλέον αξία στο αυτοκίνητο. Επιπλέον, πολλές από τις υποχρεώσεις των εξειδικευμένων υπαλλήλων, βρίσκονταν σε θέση να τις εκπληρώνουν και οι εργάτες της γραμμής παραγωγής και μάλιστα με αποδοτικότερο τρόπο, λόγω της εξοικείωσης με τη συναρμολόγηση του οχήματος. Παρόλα αυτά, οι κοινοί εργάτες συναρμολόγησης βρίσκονταν στον πάτο της ιεραρχίας και αντιμετώπιζονταν από την εργοδοσία ως ένα αναγκαίο κακό μέχρι την εφεύρεση των αυτοματισμών.

Οπότε, η προσέγγιση της Toyota ήταν περισσότερο ανθρωποκεντρική, χωρίζοντας τους εργαζόμενους σε ομάδες, για την εκτέλεση ενός συνόλου βημάτων συναρμολόγησης με έναν επικεφαλής, υπεύθυνο τόσο για εργασίες συναρμολόγησης, όσο και για το συντονισμό της ομάδας, διαθέσιμο να αναπληρώνει τυχόν απόντες εργαζομένους. Τα καθήκοντα καθαριότητας, η μικροεπισκευή εργαλείων και ο ποιοτικός έλεγχος επίσης ενέπιπταν στις υποχρεώσεις της ομάδας, αφού εκτός από αυτά, οι ομάδες έπαιρναν περιοδικά χρόνο για να προτείνουν συλλογικά τρόπους βελτίωσης της διαδικασίας: **αυτή**

**η συλλογική εργασία για τη βελτίωση της διαδικασίας, το kaizen στα ιαπωνικά, έγινε γνωστό στη Δύση ως κύκλοι ποιότητας.**

Η πρακτική που ακολούθησε η Toyota βρήκε σαφώς καλύτερη εφαρμογή στην Ιαπωνία παρά στις ΗΠΑ, γιατί το ιαπωνικό εργατικό δυναμικό δεν ήταν ποτέ τόσο εκτεταμένα χωρισμένο σε εργάτες και υπαλλήλους, ενώ και οι μισθολογικές διαφορές κυμαίνονταν σε χαμηλά επίπεδα. Για μεγαλύτερη έμφαση στην ενίσχυση του ομαδικού αισθήματος, οι μηχανικοί της Toyota φορούσαν τα ίδια ρούχα εργασίας με τους απλούς εργάτες, ενώ βρίσκονταν σε στενή συνεργασία μαζί τους για την επίτευξη του τελικού αποτελέσματος.

Σε πλήρη αντίθεση με την κατάσταση στην Ιαπωνία και την Ευρώπη, οι διαπραγματεύσεις μεταξύ διοίκησης και εργαζομένων στις Ηνωμένες Πολιτείες παρέμειναν εμπόδιο στην εφαρμογή των ομάδων στην παραγωγή. Η UAW στις ΗΠΑ δεν μπορούσε να υποστηρίξει τις αυτοδιαχειριζόμενες ομάδες, τις χαλαρές ταξινομήσεις θέσεων εργασίας ή το συνδυασμό άμεσων και έμμεσων εργασιακών καθηκόντων, επειδή αυτές οι οργανωτικές καινοτομίες στις Ηνωμένες Πολιτείες θεωρούνταν μέθοδοι εξαναγκασμού των εργαζομένων να εκτελούν περισσότερη εργασία για την ίδια αμοιβή. Επίσης, η αυστηρή ταξινόμηση των θέσεων εργασίας θεωρείται ότι συνέβαλε σημαντικά στη μείωση της παραγωγικότητας της μεταποίησης στις ΗΠΑ. Κάποτε ορισμένα εργοστάσια συναρμολόγησης απαριθμούσαν 50 έως 100 διαφορετικές διαβαθμίσεις εργασίας, οι οποίες περιόριζαν την ευελιξία, εφόσον οι εργαζόμενοι δεν ήταν υποχρεωμένοι να εκτελούν εργασίες πέραν των καθηκόντων τους και της αντίστοιχης κλίμακας αμοιβών. Αντίθετα, τα εργοστάσια που διαμορφώθηκαν σύμφωνα με την ιαπωνική αντίληψη για τις ομάδες είχαν συνήθως μόνο τέσσερις ή πέντε περίπου ταξινομήσεις θέσεων εργασίας [8].

Όλα τα παραπάνω οδήγησαν μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1960, στην τελειοποίηση του Toyota Production System (TPS) από τον Taiichi Ohno. Οι σχετικές καινοτομίες περιελάμβαναν τα πέντε "γιατί" (Five Why's) για τους εργαζόμενους στην παραγωγή, ώστε να εντοπίζουν συστηματικά κάθε σφάλμα μέχρι την τελική του αιτία, ρωτώντας "γιατί" καθώς αποκαλυπτόταν κάθε επίπεδο του προβλήματος, και στη συνέχεια να επινοούν μια λύση ώστε να μην ξανασυμβεί ποτέ, **ενώ ο ίδιος επινόησε έναν νέο τρόπο συντονισμού της ροής των εξαρτημάτων στην εφοδιαστική αλυσίδα σε καθημερινή βάση (το διάσημο πλέον, σύστημα just-in-time, που στην Toyota ονομάζεται kanban).** Η τελευταία ιδέα, μετέτρεψε τους προμηθευτές και τα εργοστάσια ανταλλακτικών σε ένα μεγάλο οικοσύστημα, που μέσα σε αυτό, κάθε εξάρτημα παραγόταν σε κάθε προηγούμενο βήμα μόνο για να καλύψει την άμεση ζήτηση του επόμενου βήματος [9]. Η Toyota δεν υιοθέτησε το μοντέλο οργάνωσης της Ford για τη διαίρεση των μηχανικών σε ειδικότητες. Πιο αναλυτικά, ο Eiji Toyoda και ο Taiichi Ohno αποφάσισαν από νωρίς ότι η μηχανική προϊόντων περιελάμβανε τόσο τη μηχανική διεργασιών όσο και τη βιομηχανική μηχανική, για αυτό δημιούργησαν ομάδες με ισχυρούς ηγέτες που περιείχαν όλες τις σχετικές γνώσεις μηχανικής. Οι διαδρομές καριέρας ήταν δομημένες έτσι ώστε να ανταμείβουν τους ισχυρούς ομαδικούς παίκτες και όχι τους μεμονωμένους ειδικούς. Κατά συνέπεια, η τεχνογνωσία της Toyota υπερείχε όσον αφορά την παραγωγικότητα, την ποιότητα των προϊόντων και την ανταπόκριση στις αλλαγές της καταναλωτικής ζήτησης (Womack et al., 2007). Το **TPS (Toyota Production System) αναπτύχθηκε για την επίτευξη της μέγιστης οικονομικής αποδοτικότητας με ελάχιστους διαθέσιμους πόρους.**

Μοιραία, το λιτό σύστημα παραγωγής έγινε το πρότυπο για τις περισσότερες εταιρείες στην ανάπτυξη του δικού τους συστήματος παραγωγής [4]. Καθώς, η μετάβαση σε νέες μεθόδους παραγωγής απαιτούσε μεγάλες επενδύσεις από τις εταιρείες τόσο σε

κεφαλαιουχικό εξοπλισμό όσο και σε εκπαίδευση, η δεκαετία του 1980 ήταν μια περίοδος υψηλών επενδυτικών δαπανών. Ωστόσο, σύμφωνα με τον Grant (2004), τα κρίσιμα στοιχεία του λιτού συστήματος παραγωγής της Toyota δεν ήταν το νέο "υλικό" παραγωγής με τη μορφή ρομποτικής και συστημάτων παραγωγής που ενσωματώνονται σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, όπως έμαθε η GM αφού δαπάνησε δέκα δισεκατομμύρια δολάρια για την αναβάθμιση των εργοστασίων της. **Τα κρίσιμα στοιχεία ήταν το "λογισμικό" με το οποίο λειτουργούσαν τα εργοστάσια, ιδίως οι σχέσεις διοίκησης-εργασίας, η απαιτούμενη ομαδική εργασία, οι δεξιότητες των εργαζομένων, η οργάνωση των χώρων παραγωγής και η σχέση με τους προμηθευτές.** Δυστυχώς, λόγω των συγκρουσιακών διαπραγματεύσεων διοίκησης - εργασίας με την UAW και την έλλειψη οράματος τόσο της ηγεσίας του συνδικάτου όσο και των γραφειοκρατών-διευθυντών των Big Three στις Ηνωμένες Πολιτείες, αυτά τα κρίσιμα στοιχεία δεν έγιναν ποτέ πλήρως κατανοητά και δεν εφαρμόστηκαν. Η ανεπάρκεια αυτή, ήταν ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας που επιτάχυνε την παρακμή της αμερικανικής αυτοκινητοβιομηχανίας. Οι Ευρωπαίοι, αντίθετα, λόγω της έντονης εκτίμησης της κοινωνικής διάστασης της εργασίας είχαν και εξακολουθούν να έχουν πολύ πιο εύκολο έργο στην υιοθέτηση των νέων αντιλήψεων.

### **2.2.1 Επιτυχία στην αρχική εφαρμογή του Lean - "Japan Inc."**

Οτιδήποτε νέο είναι εύκολα δυσνόητο και παρεξηγήσιμο, καθώς οι προσπάθειες για να εξηγηθεί το νέο φαινόμενο, γίνονται με όρους παραδοσιακών κριτηρίων και αιτιάσεων. Έτσι, καθώς η βιομηχανική επανάσταση που είχαν επιφέρει ο Toyota και ο Ohno άρχισε να γίνεται αισθητή στο εξωτερικό, μέσω των εξαγωγών ολοκληρωμένων μονάδων, αυτό που είχαν καταφέρει, παρερμηνεύτηκε από πολλούς. Μια δημοφιλής εξήγηση στη δεκαετία του 1970 για την επιτυχία των Ιαπώνων ήταν απλώς ότι οι μισθοί των Ιαπώνων ήταν χαμηλότεροι, μια εξήγηση που ταιριάζει καλά στις καθιερωμένες θεωρίες του διεθνούς εμπορίου. Μια δεύτερη εξήγηση συνοψίστηκε στη φράση "Japan, Inc.". Η θεωρία αυτή απέδιδε την ιαπωνική επιτυχία στην προστασία της εγχώριας αγοράς από την κυβέρνηση της και στην οικονομική ενίσχυση των ιαπωνικών αυτοκινητοβιομηχανιών, μέσω φορολογικών ελαφρύνσεων και χαμηλών επιτοκίων, καθώς προσπαθούσαν να στραφούν σε εξαγωγικές αγορές. Μια τρίτη εξήγηση ήταν η υψηλή τεχνολογία, ιδίως η ευρεία υιοθέτηση ρομπότ στο εργοστάσιο.

Όλα αυτά μαζί έκαναν την εμφάνιση της Ιαπωνίας κατανοητή αλλά και δυσοίωνη - οι τεχνηέντως χαμηλοί μισθοί σε συνδυασμό με την κυβερνητική οικονομική στήριξη (για παράδειγμα οι φορολογικοί νόμοι της δεκαετίας του 1970 που προωθούσαν την εγκατάσταση ρομποτικής) - για να κερδίσουν τους δυτικούς μαζικούς παραγωγούς στο δικό τους παιχνίδι. Επιπλέον, υπήρχαν στοιχεία αλήθειας σε καθεμία από αυτές τις εξηγήσεις. Οι ιαπωνικοί μισθοί ήταν σημαντικά χαμηλότεροι από τους αμερικανικούς μισθούς πριν από τις συναλλαγματικές μεταβολές της δεκαετίας του 1970. Οι προσπάθειες της ιαπωνικής κυβέρνησης να προστατεύσει την εγχώρια αγορά και την εγχώρια ιδιοκτησία ήταν απολύτως απαραίτητες για την ενδογενή ανάπτυξη της ιαπωνικής βιομηχανίας. Και το επίπεδο αυτοματοποίησης κατά μέσο όρο στην Ιαπωνία στις αρχές της δεκαετίας του 1980 ήταν υψηλότερο από ότι στη Δύση. Αυτό που δεν κατάφεραν να εξηγήσουν αυτές οι ερμηνείες ήταν το πώς οι ιαπωνικές εταιρείες συνέχισαν να εξελίσσονται τη δεκαετία του 1980 παρά τις νομισματικές μεταβολές και τη μαζική μετατόπιση δραστηριοτήτων σε υπεράκτιες χώρες, όπου το MITI (Ministry of International Trade and Industry) δεν βοήθησε ιδιαίτερα. Ούτε εξηγούσαν γιατί οι ιαπωνικές επιχειρήσεις αποκόμισαν σημαντικά οφέλη από την αυτοματοποίηση, ενώ οι δυτικές επιχειρήσεις έμοιαζαν συχνά να ξοδεύουν περισσότερα από όσα εξοικονομούσαν.

Βαθύτερες εξηγήσεις αυτών των μυστηρίων απαιτούσαν την κατανόηση της λιτής παραγωγής.

Το θεμελιώδες πρόβλημα ήταν ότι η μετάβαση από τη μαζική παραγωγή στη λιτή παραγωγή, αλλάζει τη δουλειά κάθε εργαζόμενου και κάθε διευθυντή. Επιπλέον, ελλείπει ανάπτυξης της αγοράς, πολλές θέσεις εργασίας καταργούνται. Δεδομένου ότι η GM δεν αντιμετώπισε κρίση στη δεκαετία του 1980 και δεν κατάφερε να βρει ευκαιρίες ανάπτυξης, απλώς δεν ήταν σε θέση να αντιμετωπίσει την πρόκληση.

Η ευρωπαϊκή αγορά αυτοκινήτων ήταν δυναμική κατά το τελευταίο μισό της δεκαετίας του 1980, σημειώνοντας νέο ρεκόρ πωλήσεων κάθε χρόνο από το 1985 έως το 1989, και ο ιαπωνικός ανταγωνισμός περιορίστηκε μέσω επίσημων εμπορικών φραγμών και μιας πληθώρας συμφωνιών κυρίων. Ως αποτέλεσμα, οι ευρωπαϊκές εταιρείες είχαν μικρή εξωτερική πίεση για να αλλάξουν. Όπως αναφέρθηκε, **η πιο αξιοσημείωτη κίνηση προς την κατεύθυνση της λιτής παραγωγής στην Ευρώπη δεν έγινε από τις ευρωπαϊκές εταιρείες αλλά από την αμερικανική εταιρεία Ford, η οποία προσπάθησε να εφαρμόσει στην Ευρώπη ότι είχε μάθει στην Ιαπωνία.**

Οι Ευρωπαίοι δεν ήταν σκληροκέφαλοι ή αφελείς, το ζήτημα αφορούσε στην κατανόηση της εσωτερικής λογικής της λιτής παραγωγής. Επρόκειτο για ένα σύστημα που βασίζεται θεμελιωδώς στην πραγματοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερης κατασκευής στο σημείο της τελικής συναρμολόγησης. Μόλις ένας λιτός κατασκευαστής ξεκινήσει την πορεία προς τη συναρμολόγηση σε μια μεγάλη περιφερειακή αγορά, η λογική του συστήματος τείνει να φέρει μαζί του και το πλήρες συμπλήρωμα των δραστηριοτήτων παραγωγής, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης προϊόντων. Και μάλλον νωρίτερα παρά αργότερα, όπως συμβαίνει στη Βόρεια Αμερική. Όταν ο Henry Ford και ο Alfred Sloan δημιούργησαν τη μαζική παραγωγή, οι ιδέες που ενσωμάτωσαν ήταν στον αέρα γύρω τους. Παντού υπήρχε η αίσθηση ότι οι παλαιότεροι βιοτεχνικοί τρόποι παραγωγής είχαν φτάσει στα όριά τους. Επιπλέον, πολλά μέρη του συστήματος μαζικής παραγωγής είχαν δοκιμαστεί προηγουμένως σε άλλες βιομηχανίες, ωστόσο ο Ford και ο Sloan ήταν που τελειοποίησαν ολόκληρο το σύστημα - λειτουργίες εργοστασίων, συντονισμό προμηθευτών, διαχείριση ολόκληρης της επιχείρησης - και το συνδύασαν με μια νέα αντίληψη της αγοράς και ένα νέο σύστημα διανομής.

Έτσι, η αυτοκινητοβιομηχανία έγινε το παγκόσμιο σύμβολο της μαζικής παραγωγής. Το πλήρες σύστημα εξαπλώθηκε γρήγορα σε άλλες βιομηχανίες στις Ηνωμένες Πολιτείες τη δεκαετία του 1920 και σύντομα υιοθετήθηκε από όλες σχεδόν τις βιομηχανίες παραγωγής όγκου.

Στην Ευρώπη, η ιδέα της μαζικής παραγωγής αποτέλεσε πρόβλημα όχι μόνο για την αυτοκινητοβιομηχανία, αλλά και για κάθε βιομηχανία. Σε ένα επίπεδο, οι διανοούμενοι της εποχής, υιοθέτησαν την ιδέα της μαζικής παραγωγής ως το προφανές μέσο για την ανύψωση των συνθηκών διαβίωσης των μαζών. Ωστόσο, πίσω στο εργοστάσιο, σε κάθε τύπο παραγωγής, η κακή προσαρμογή μεταξύ των απαιτήσεων της μαζικής παραγωγής και του βιοτεχνικού προσανατολισμού τόσο των εργατών όσο και των διευθυντών είχε ως αποτέλεσμα ότι η υιοθέτηση των νέων τεχνικών να είναι πολύ αργή. Η έλλειψη μιας ολοκληρωμένης ευρωπαϊκής αγοράς ήταν ένα επιπλέον εμπόδιο. Μόνο μετά το 2<sup>ο</sup> Παγκόσμιο Πόλεμο η μαζική παραγωγή έγινε πλήρως αποδεκτή σε όλο το βιομηχανικό τοπίο της Ευρώπης, σε πολλές περιπτώσεις μέσω της χρήσης "φιλοξενούμενων εργατών" από άλλες χώρες και πολιτισμούς που ήταν πρόθυμοι να ανεχθούν τη μονοτονία της κλασικής μαζικής παραγωγής στο εργοστάσιο.

### 3. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

Αδιαμφισβήτητα, η Toyota έχει κάτι το ιδιαίτερο. Η ιαπωνική αυτοκινητοβιομηχανία διαθέτει σήμερα την ταχύτερη διαδικασία ανάπτυξης προϊόντων στον κόσμο. Ο σχεδιασμός νέων αυτοκινήτων και φορτηγών διαρκεί 12 μήνες ή λιγότερο, ενώ οι ανταγωνιστές της συνήθως χρειάζονται δύο έως τρία χρόνια. Εκτός αυτού, χαρακτηρίζεται από πρωτοφανή επίπεδα ποιότητας, τα οποία άλλοι μπορούν μόνο να ονειρεύονται να φτάσουν. Η Toyota έχει μετατρέψει τη λειτουργική αριστεία σε στρατηγικό όπλο, όχι απλώς μέσω εργαλείων και μεθόδων βελτίωσης της ποιότητας, αλλά μέσω μιας βαθύτερης επιχειρηματικής φιλοσοφίας που έχει τις ρίζες της στην κατανόηση των ανθρώπων και των κινήτρων που τους κινητοποιούν. Η επιτυχία της βασίζεται τελικά στην ικανότητά της να αναπτύσσει ηγέτες, να δημιουργεί ομάδες και να καλλιεργεί μια υποστηρικτική κουλτούρα, να σχεδιάζει στρατηγική, να δημιουργεί βαθιές σχέσεις με τους προμηθευτές και να διατηρεί έναν οργανισμό που μαθαίνει.

Ο Taiichi Ohno αναγνωρίζεται ως ο δημιουργός του συστήματος παραγωγής JIT (just-in-time) [10], της παραγωγής δηλαδή τη στιγμή που απαιτείται, με το στόχο της Toyota να συντομεύει τη χρονική γραμμή, από τη στιγμή που ο πελάτης δίνει μια παραγγελία μέχρι το σημείο που εισπράττονται τα μετρητά. Έως την τελική εξάλειψη όλων των ειδών σπατάλης, των διαδικασιών που δεν προσδίδουν προστιθέμενη αξία, ο στόχος παραμένει η παραπάνω μείωση αυτής της χρονικής γραμμής. Το σύστημα παραγωγής της Toyota γεννήθηκε από την ανάγκη. Στο τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, ο Toyoda Kiichiro, πρόεδρος της Toyota Motor Company, ζήτησε να προλάβουν την Αμερική σε τρία χρόνια επειδή όπως ανέφερε «Διαφορετικά, η αυτοκινητοβιομηχανία της Ιαπωνίας δεν θα επιβιώσει». Η μαζική παραγωγή στα πρότυπα του Henry Ford ήταν ευρέως διαδεδομένη, συνεπώς γνώριζαν ότι ένας Αμερικανός εργάτης παρήγαγε περίπου εννέα φορές περισσότερα τεμάχια από έναν Ιάπωνα εργάτη. Έτσι, οι Ιάπωνες ξεκίνησαν να παρατηρούν τις αμερικανικές μεθόδους μαζικής παραγωγής, διαπιστώνοντας την εξάρτηση από την παραγωγή μεγάλων παρτίδων (βέλτιστα μεγέθη παρτίδων), προκειμένου να επιτευχθούν μεγαλύτερες αποδόσεις, λόγω των υψηλών χρόνων προετοιμασίας. Τέτοιες μέθοδοι δεν θα έβρισκαν ποτέ εφαρμογή στην Ιαπωνία, καθώς η ζήτηση μεταπολεμικά ήταν πολύ χαμηλότερη, εξαρχής. Για αυτούς τους λόγους, ο Ohno άρχισε να εξετάζει τις αλλαγές που έπρεπε να συμβούν.

Οι μεγαλύτεροι ανταγωνιστές, όπως η Ford, διέθεταν τόνους μετρητών και μια μεγάλη αμερικανική, διεθνή αγορά. Η Toyota δεν είχε μετρητά στη διάθεσή της και λειτουργούσε σε μια μικρή χώρα. Με λίγους πόρους και κεφάλαια, έπρεπε να εκμεταλλευτεί γρήγορα τη ρευστότητα. Η Ford είχε ένα πλήρες σύστημα εφοδιασμού, η Toyota όχι. Δεν είχε την πολυτέλεια να καλυφθεί κάτω από τον υψηλό όγκο και τις οικονομίες κλίμακας που παρείχε το σύστημα μαζικής παραγωγής της πρώτης. *Έπρεπε να προσαρμόσει τη διαδικασία παραγωγής για να επιτύχει ταυτόχρονα υψηλή ποιότητα, χαμηλό κόστος, σύντομους χρόνους παράδοσης και ευελιξία.*

Άρα χρειαζόταν να παράγει μικρούς όγκους διαφορετικών μοντέλων χρησιμοποιώντας την ίδια γραμμή συναρμολόγησης, επειδή η καταναλωτική ζήτηση στην Ιαπωνία ήταν πολύ χαμηλή για να υποστηρίξει αποκλειστικές γραμμές συναρμολόγησης για ένα όχημα.

Η βάση του συστήματος παραγωγής της Toyota είναι η απόλυτη εξάλειψη της σπατάλης. Οι δύο πυλώνες στους οποίους βασίζεται αυτή η έννοια, είναι *το just-in-time και η αυτονομία*. Στην just-in time παραγωγή, κάθε επόμενη διεργασία σχετίζεται με μια προηγούμενη στη διαδικασία ροής και χρησιμοποιεί μόνο τον απαιτούμενο αριθμό

εξαρτημάτων, όταν αυτά απαιτούνται. Η αυτονομία αφορά στην αυτοματοποίηση μιας διαδικασίας που περιλαμβάνει και την επιθεώρηση. Η ανθρώπινη προσοχή είναι απαραίτητη μόνο όταν ανιχνεύεται κάποιο ελάττωμα (η μηχανή θα σταματήσει και δεν θα συνεχίσει μέχρι να λυθεί το πρόβλημα). Μια άλλη καίρια αρχή στο σύστημα παραγωγής της Toyota είναι ο καθορισμός των περιθωρίων κέρδους. Αντί της τιμής πώλησης = πραγματικό κόστος + κέρδος, η Toyota κατανοεί πως ο καταναλωτής και όχι ο κατασκευαστής, καθορίζει την τιμή. Ως εκ τούτου χρησιμοποιείται ο τύπος: τιμή πώλησης - κόστος = κέρδος.

Ο στόχος τώρα είναι η *μείωση του κόστους, όχι η αύξηση της τιμής πώλησης*. Για να αρχίσει η μείωση του κόστους, καθιερώθηκε η εξισορρόπηση της παραγωγής. Εάν ένα εξάρτημα απαιτείται με ρυθμό 1000 τεμάχια ανά μήνα, θα πρέπει να κατασκευάζονται 40 εξαρτήματα την ημέρα για 25 ημέρες. Έπειτα, εάν υπάρχουν 480 λεπτά ανά εργάσιμη ημέρα, θα πρέπει να κατασκευάζεται ένα εξάρτημα ανά 12 λεπτά. ενώ η παραγωγή περισσότερων θα δημιουργούσε πλεονασματικό απόθεμα. Ο Οηνο αποφάσισε ότι η καθιέρωση της ροής παραγωγής και η εύρεση ενός τρόπου διατήρησης σταθερής προμήθειας πρώτων υλών, ήταν ο τρόπος με τον οποίο θα λειτουργούσε η ιαπωνική παραγωγή. Για να βελτιώσει τη ροή της διαδικασίας, αποφάσισε αντί να τοποθετεί τις μηχανές μιας διαδικασίας μαζί (δηλαδή όλους τους τόνους μαζί, όλες τις πρέσες μαζί κ.λπ.) και να χρειάζεται να μεταφέρει εξαρτήματα μπρος-πίσω μεταξύ των επεξεργασιών, θα αναδιάρθρωνε το εργοστάσιο σύμφωνα με τη ροή της λειτουργίας. Στη συνέχεια ανέθετε έναν εργάτη σε περισσότερες από μία μηχανή (τα ιαπωνικά συνδικάτα δεν χωρίζονται ανά λειτουργία).

Εφαρμόζοντας συντομότερους χρόνους παράδοσης και εστιάζοντας στη διατήρηση της ευελιξίας των γραμμών παραγωγής, συνειδητοποίησε ότι μπορούσε στην πραγματικότητα να επιτύχει υψηλότερη ποιότητα, καλύτερη ανταπόκριση στους πελάτες, καλύτερη παραγωγικότητα και καλύτερη αξιοποίηση του εξοπλισμού και του χώρου.

**Συχνά** είναι προτιμότερο να δημιουργηθεί ένα απόθεμα τελικών προϊόντων για να εξισορροπηθεί το πρόγραμμα παραγωγής, αντί να παράγονται τεμάχια βάσει της πραγματικής κυμαινόμενης ζήτησης των παραγγελιών των πελατών. Η εξισορρόπηση του χρονοδιαγράμματος (heijunka) είναι θεμελιώδης για τα συστήματα ροής/έλξης και για την ελαχιστοποίηση των αποθεμάτων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Η εξομάλυνση της παραγωγής ισορροπεί τον όγκο και την ποικιλία των παραγόμενων ειδών, ώστε να υπάρχει μικρή διακύμανση στην παραγωγή από μέρα σε μέρα.

**Συχνά** είναι καλύτερο να προστίθενται και να αντικαθίστανται επιλεκτικά τα γενικά λειτουργικά έξοδα για την άμεση εργασία. Όταν αφαιρείται η σπατάλη από τους εργαζόμενους που προσθέτουν αξία, πρέπει να παρέχεται υποστήριξη υψηλής ποιότητας για αυτούς.

**Μπορεί να μην αποτελεί ύψιστη προτεραιότητα το να παραμένουν οι εργαζόμενοι απασχολημένοι με την παραγωγή εξαρτημάτων όσο το δυνατόν γρηγορότερα.** Οι εταιρείες θα πρέπει να παράγουν με το ρυθμό της ζήτησης των πελατών. Το να εργάζονται ταχύτερα μόνο και μόνο για να αξιοποιούνται στο έπακρο οι εργαζόμενοι μπορεί να αποβεί αντιπαραγωγικό.

**Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται επιλεκτικά η πληροφορική και συχνά προτιμότερο να χρησιμοποιούνται χειροκίνητες διαδικασίες, ακόμη και όταν η αυτοματοποίηση είναι διαθέσιμη και φαίνεται να δικαιολογεί το κόστος της στη**

**μείωση του προσωπικού.** Οι άνθρωποι είναι ο πιο ευέλικτος πόρος. Η χειροκίνητη διαδικασία πρέπει να βελτιστοποιηθεί στο έπακρο, προτού αυτοματοποιηθεί.

Το TPS αποτελεί μια πελατοκεντρική προσέγγιση, ρωτώντας: "Ποια αξία προσθέτουμε από την πλευρά του πελάτη;". Επειδή το μόνο πράγμα που προσθέτει αξία σε κάθε είδους διαδικασία - είτε πρόκειται για την παραγωγή, το μάρκετινγκ ή μια διαδικασία ανάπτυξης - είναι η φυσική ή πληροφοριακή μετατροπή αυτού του προϊόντος, της υπηρεσίας ή της δραστηριότητας σε κάτι που θέλει ο πελάτης. Το TPS αφορά στη δέσμευση για συνεχή επένδυση στους ανθρώπους του και την προώθηση κουλτούρας συνεχούς βελτίωσης. Όταν η Toyota στήνει γραμμές συναρμολόγησης, επιλέγει μόνο τους καλύτερους και διορατικότερους εργαζόμενους και τους προκαλεί να αναπτυχθούν στη δουλειά τους, επιλύοντας συνεχώς προβλήματα. Ομοίως, στελεχώνει τις πωλήσεις, τη μηχανική, τα ανταλλακτικά, σέρβις, το λογιστήριο, το ανθρώπινο δυναμικό και κάθε πτυχή της επιχείρησης με προσεκτικά επιλεγμένα άτομα και τους δίνει τη δυνατότητα να βελτιώνουν τις διαδικασίες τους και να βρίσκουν καινοτόμους τρόπους για να ικανοποιούν τους πελάτες τους. Αποτελεί ένα πραγματικό οργανισμό μάθησης, που εξελίσσεται και μαθαίνει.

Αρχικά, οι εργαζόμενοι δεν ήταν ευχαριστημένοι που αναγκάστηκαν να εξασκηθούν σε πολλαπλές δεξιότητες, αλλά και πάλι, πενία τέχνας κατεργάζεται, οπότε οι Ιάπωνες εργάτες συνειδητοποίησαν ότι πρέπει να προσαρμοστούν ή να χάσουν τον αγώνα απέναντι στους Αμερικανούς. Έτσι, γεννήθηκε η θεωρία του "ενός χειριστή, πολλές διαδικασίες". Αυτό το σύστημα προκάλεσε αύξηση της παραγωγικής αποδοτικότητας 2-3 φορές σε σχέση με το "έναν χειριστή, μια διαδικασία" που απαιτούσε η μαζική παραγωγή.

### 3.1 Εξέλιξη του συστήματος παραγωγής της Toyota & 5 WHYS

Το σύστημα παραγωγής της Toyota εξελίχθηκε βάσει της διαδικασίας των "5 γιατί". Ρωτώντας πέντε φορές το γιατί και απαντώντας κάθε φορά, μπορεί να ανακαλυφθεί η πραγματική, ριζική, αιτία ενός προβλήματος (root cause). Συχνά οι ριζικές αιτίες κρύβονται κάτω από πιο προφανείς ενδείξεις και μόνο με το ξεσκαρτάρισμα των ανώτερων στρωμάτων του προβλήματος μπορεί να βρεθεί η ρίζα. "Για ποιον λόγο μπορεί ένα άτομο στην Toyota Motors να χειρίζεται μόνο ένα μηχάνημα, όταν ένα άτομο μπορεί να χειριστεί 40-45 αργαλειούς στο εργοστάσιο κλωστοϋφαντουργίας της Toyota;" Η απάντηση ήταν επειδή τα μηχανήματα στην Toyota Motor δεν σταματούσαν όταν η κατεργασία είχε τελειώσει. Με αυτή την απάντηση γεννήθηκε ο όρος αυτονομία. Η επανειλημμένη ερώτηση του «γιατί» είναι η επιστημονική βάση του συστήματος της Toyota.

Το πρώτο βήμα είναι στη διατύπωση της ερώτησης στο TPS είναι πάντα: *"Τι θέλει ο πελάτης από αυτήν τη διαδικασία;"*. Αυτό καθορίζει την αξία. Μέσα από τα μάτια του πελάτη, παρατηρείται μια διαδικασία και διαχωρίζονται τα βήματα που προσδίδουν αξία από τα βήματα που δεν προσδίδουν αξία. Η Toyota έχει εντοπίσει διάφορους τύπους μη προστιθέμενης στην αξία σπατάλης:

1. **Υπερπαραγωγή.** Παραγωγή αντικειμένων για τα οποία δεν υπάρχουν παραγγελίες. Αυτό οδηγεί σε υπεράριθμο προσωπικό, κόστος αποθήκευσης και μεταφοράς.
2. **Αναμονή (χρόνος στο χέρι).** Εργαζόμενοι που απλώς χρησιμεύουν για να παρακολουθούν μια αυτοματοποιημένη μηχανή ή στέκονται περιμένοντας το επόμενο βήμα επεξεργασίας, εργαλείο, προμήθεια, ανταλλακτικό, κ.λπ. ή που δεν έχουν δουλειά λόγω των αποθεμάτων, των καθυστερήσεων στην επεξεργασία παρτίδων,

του χρόνου διακοπής λειτουργίας του εξοπλισμού και των συμφορήσεων χωρητικότητας.

3. *Περισσότερες μεταφορές.* Μεταφορά εργασιών σε εξέλιξη (Work-In-Progress) σε μεγάλες αποστάσεις, δημιουργία μη αποδοτικών μεταφορών ή μετακίνηση υλικών, εξαρτημάτων ή τελικών προϊόντων προς ή από την αποθήκευση ή μεταξύ διεργασιών.
4. *Υπερβολική επεξεργασία ή εσφαλμένη επεξεργασία.* Ανεπαρκής επεξεργασία λόγω κακού σχεδιασμού εργαλείων και προϊόντων, που προκαλεί περιττές κινήσεις και παράγει ελαττώματα. Σπατάλες δημιουργούνται επίσης κατά την παροχή προϊόντων υψηλότερης ποιότητας από το απαραίτητο.
5. *Υπερβολικό απόθεμα.* Το υπερβολικό απόθεμα κρύβει προβλήματα όπως ανισορροπίες στην παραγωγή, καθυστερημένες παραδόσεις από τους προμηθευτές, ελαττώματα, χρόνο διακοπής λειτουργίας του εξοπλισμού και μεγάλους χρόνους εγκατάστασης.
6. *Περισσότερες μετακινήσεις.* Κάθε άσκοπη κίνηση που πρέπει να εκτελούν οι εργαζόμενοι κατά τη διάρκεια της εργασίας τους, όπως το να ψάχνουν, να φτάνουν ή να στοιβάζουν εξαρτήματα, εργαλεία, κ.λπ. Το περπάτημα από σταθμό σε σταθμό εργασίας, αποτελεί εξίσου μορφή σπατάλης.
7. *Ελαττώματα.* Παραγωγή ελαττωματικών εξαρτημάτων ή επιδιορθώσεις. Επισκευή ή ανακατασκευή, απορρίμματα, παραγωγή αντικαταστάσεων και επιθεώρηση μεταφράζονται σε σπατάλη χειρισμού, χρόνου και προσπάθειας.
8. *Αχρησιμοποίητη ευρηματικότητα των εργαζομένων.* Απώλεια χρόνου, ιδεών, δεξιοτήτων, βελτιώσεων και ευκαιριών μάθησης από τη μη εμπλοκή ή ακρόαση των εργαζομένων.

Η πλήρης εξάλειψη αυτών των μορφών σπατάλης μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα της λειτουργίας κατά μεγάλο περιθώριο. Για να γίνει αυτό, η Toyota παράγει μόνο την ποσότητα που χρειάζεται, απελευθερώνοντας έτσι ανθρώπινο δυναμικό. Τα αμερικανικά συνδικάτα εξέφρασαν φόβο ότι αυτό θα σημάνει μαζικές απολύσεις στις εγχώριες μονάδες παραγωγής, αλλά η κεντρική ιδέα ήταν διαφορετική. Το Σύστημα Παραγωγής της Toyota ανέδειξε περίτρανα ότι το πλεονάζον ανθρώπινο δυναμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί αλλού, με πιο αποτελεσματικό τρόπο, συμβάλλοντας επίσης στην εξισορρόπηση των αναγκών σε ανθρώπινο δυναμικό, ούτως ώστε οι μαζικές προσλήψεις σε περιόδους υψηλής ζήτησης και οι μεγάλες απολύσεις σε περιόδους ύφεσης να είναι εξίσου αχρείαστες.

Το δεύτερο βήμα ήταν η δημιουργία τυποποιημένων φύλλων εργασίας που θα περιέχουν τις τυποποιημένες μεθόδους για κάθε διαδικασία στο εργοστάσιο (one-point-lessons) , για τα οποία ο Όηνο διαπίστωσε ότι δεν μπορούν να εκτελεστούν από ένα γραφείο, αλλά από το χώρο του εργοστασίου. Η χρησιμότητά τους έγκειται στην καταγραφή του χρόνου εκτέλεσης ενός κύκλου ολοκλήρωσης μιας διαδικασίας, την αλληλουχία εργασιών (σειρά με την οποία πρέπει να ολοκληρωθεί η διαδικασία) και τις πρότυπες ποσότητες αποθεμάτων (ελάχιστος αριθμός εν εξέλιξη απαιτούμενων τεμαχίων, συμπεριλαμβανομένων κι εκείνων που είναι τοποθετημένα σε μηχανές, προκειμένου η λειτουργία να προχωρήσει). Η δημιουργία αυτών των φύλλων εργασίας και η τελειοποίησή τους δεν αφορά μόνο τους εμπλεκόμενους στη διαδικασία, αλλά βοηθά και στον εντοπισμό περιοχών που επιδέχονται βελτίωσης. Κρίνεται προτιμότερο να δημιουργούν τα φύλλα οι εργαζόμενοι, εξαιτίας της υψηλής εξοικείωσης με τις διεργασίες και των ευκαιριών που παρουσιάζονται καθημερινά για πιθανές βελτιώσεις.



Το τρίτο πεδίο προβληματισμού είναι η δημιουργία νοοτροπίας ομαδικού πνεύματος. Ο Ohno εξέτασε τα ομαδικά αθλήματα για να βρει την αναλογία του εδώ, και η σκυταλοδρομία στίβου εξακολουθεί να αναφέρεται στην εξήγηση του συστήματος παραγωγής της Toyota. Η ροή της εργασίας δημιουργείται με "περιοχές όπου περνάει η σκυτάλη". Αυτό αναφέρεται απλά στην ιδέα ότι όταν ένας εργαζόμενος ολοκληρώνει την επεξεργασία ενός εξαρτήματος στη συνέχεια το παραδίδει στον επόμενο. Εάν ο εν λόγω εργαζόμενος καθυστερήσει για κάποιο λόγο στο κομμάτι του, ο πρώτος εργαζόμενος (ή άλλοι εργαζόμενοι που μπορεί να είναι διαθέσιμοι στην περιοχή) μπορεί να τον βοηθήσει να ρυθμίσει το μηχάνημά του, με γνώμονα ότι όσο καλύτερη είναι η πάσα της "σκυτάλης", τόσο καλύτερα τα καταφέρνει η ομάδα, συνολικά.

Το επόμενο θέμα που αντιμετώπισε ο Ohno ήταν οι προμήθειες. Η just-in-time προσέγγιση της παραγωγής έλαβε έμπνευση από τη λειτουργία των αμερικανικών σούπερ μάρκετ. Σε ένα σούπερ μάρκετ, ο πελάτης μπορεί να πάρει οτιδήποτε χρειάζεται, όταν το χρειάζεται, στην ποσότητα που χρειάζεται. Η εργασία δεν πάει στράφι όπως στις πωλήσεις από πόρτα σε πόρτα, όπου ο πωλητής μεταφέρει προϊόντα που δεν πωλούνται πάντα. **Στη βιομηχανία, το just-in-time σημαίνει ότι μια μεταγενέστερη διαδικασία παίρνει μόνο την ποσότητα που χρειάζεται από μια προηγούμενη διαδικασία.** Η προηγούμενη διαδικασία παράγει αμέσως αυτό που μόλις λήφθηκε.

Η λειτουργική μέθοδος επιβολής αυτού του γεγονότος στο σύστημα παραγωγής της Toyota ονομάζεται kanban. Το kanban είναι απλώς μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της just-in-time επεξεργασίας. Η πιο συνηθισμένη μορφή του είναι ένα ορθογώνιο κομμάτι χαρτί σε ένα φάκελο. Οι πληροφορίες που αναγράφονται στο χαρτί περιλαμβάνουν πληροφορίες παραλαβής, μεταφοράς και πληροφορίες παραγωγής. Ουσιαστικά λέει σε έναν εργαζόμενο πόσα και από ποια εξαρτήματα να παραλάβει ή ποια εξαρτήματα να συναρμολογήσει. Όλες οι κινήσεις στο εργοστάσιο συστηματοποιούνται με αυτόν τον τρόπο. Η υπερπαραγωγή αποτρέπεται με το kanban, επειδή ξεκινά από την τελική συναρμολόγηση και λειτουργεί προς τα πίσω για να δημιουργήσει μια "έλξη" (pull) εξαρτημάτων μέσω της διαδικασίας. Ελέγχει τη ροή των αγαθών μέσω του εργοστασίου, αλλά λειτουργεί μόνο όταν εφαρμόζεται υπό αυστηρούς κανόνες.

### **Λειτουργίες του Kanban**

1. Παρέχει πληροφορίες παραλαβής ή μεταφοράς.
2. Παρέχει πληροφορίες για την παραγωγή.
3. Αποτρέπει την υπερπαραγωγή και την υπερβολική μεταφορά.
4. Χρησιμεύει ως εντολή εργασίας που επισυνάπτεται στα εμπορεύματα.
5. Αποτρέπει τη ροή ελαττωματικών προϊόντων, εντοπίζοντας τη διαδικασία που τα παράγει.
6. Αποκαλύπτει τα υπάρχοντα προβλήματα και διατηρεί τον έλεγχο των αποθεμάτων.

### **Κανόνες χρήσης**

1. Η μεταγενέστερη διαδικασία παραλαμβάνει τον αριθμό των προϊόντων που υποδεικνύονται από το kanban στην προηγούμενη διαδικασία.
2. Η προγενέστερη διεργασία παράγει αντικείμενα στην ποσότητα και τη σειρά που υποδεικνύει το kanban.
3. Κανένα στοιχείο δεν παράγεται ή μεταφέρεται χωρίς kanban.
4. Επισυνάπτεται πάντα ένα kanban στα προϊόντα.
5. Τα ελαττωματικά προϊόντα δεν αποστέλλονται στην επόμενη διαδικασία. Το αποτέλεσμα είναι 100% προϊόντα χωρίς ελαττώματα.
6. Η μείωση του αριθμού των kanban αυξάνει την ευαισθησία τους.

Απαιτείται ταλέντο και θάρρος για να "επανεξετάσει κανείς την κοινή λογική" κατά την εφαρμογή kanban. Η ανώτατη διοίκηση πρέπει να δεσμευτεί να αντιστρέψει τον τρόπο σκέψης σχετικά με τη συμβατική ροή της παραγωγής, της μεταφοράς και της παράδοσης. Η διαδικασία ουσιαστικά πρέπει να εξεταστεί προς τα πίσω, δεδομένου ότι οι μεταγενέστερες διαδικασίες παραλαμβάνουν υλικό από τις προηγούμενες. Αυτό προϋποθέτει τη δέσμευση επίσης να μην παράγεται πλέον όσο το δυνατόν περισσότερο. Η παραγωγή ορίζεται πλέον από τη ζήτηση και όχι από τη δυναμικότητα. Το σύστημα πολλαπλών διεργασιών μπορεί τώρα να βρει εφαρμογή, επειδή οι εργαζόμενοι δεν είναι απαραίτητο να φροντίζουν μια μηχανή όλες τις ώρες σε μια ημέρα, παράγοντας όσο το δυνατόν περισσότερο προϊόν. Αντίθετα, απαιτείται να κάνουν μόνο ό,τι χρειάζεται. Το κάθε μηχάνημα μπορεί να είναι αδρανές τον υπόλοιπο χρόνο. Αλλά ένας εργαζόμενος δεν πρέπει ποτέ να μένει αδρανής, επομένως ο χρόνος που περισσεύει μπορεί τώρα να αφιερωθεί σε άλλες μηχανές που βρίσκονται κοντά. Η κατασκευή μόνο των στοιχείων που χρειάζονται απαιτεί επίσης συντομότερους χρόνους εγκατάστασης, επειδή μόνο μικρές παρτίδες εξαρτημάτων μπορεί να απαιτούνται κάθε φορά και οι εργαζόμενοι συχνά είναι αναγκασμένοι να αλλάζουν εξίσου συχνά τις ρυθμίσεις. Ως εκ τούτου, ολόκληρη η λειτουργία χρήζει επανασχεδιασμού.

**Θα πρέπει και πάλι να επαναληφθεί εδώ ότι το σύστημα παραγωγής της Toyota είναι η μέθοδος παραγωγής και το kanban είναι ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η διαχείρισή του.** Είναι απλά ένα εργαλείο για την υλοποίηση του just-in-time. Ο στόχος του συστήματος παραγωγής της Toyota είναι η **συνεχής ροή**. Για να λειτουργήσει το kanban, οι διαδικασίες πρέπει να κινούνται όσο το δυνατόν περισσότερο. Άλλες προϋποθέσεις περιλαμβάνουν την εξισορρόπηση της παραγωγής και την εργασία πάντα σύμφωνα με τις τυποποιημένες μεθόδους εργασίας. Μόλις το 1962 η Toyota κατάφερε να καθιερώσει το kanban σε ολόκληρη την εταιρεία, κατόρθωμα που χρειάστηκε δέκα χρόνια για να ολοκληρωθεί και πολλή τελειοποίηση, έως την ορθή μορφή και λειτουργία, ξεκινώντας από το τέλος της διαδικασίας και προχωρώντας προς τα πίσω. Αφού καθιερώθηκε το kanban στο σύστημα παραγωγής της Toyota, το επόμενο βήμα ήταν η ισοστάθμιση (εξομάλυνση) της παραγωγής. Αν η διαδικασία βασίζεται στο να παίρνει αυτό που χρειάζεται, όταν είναι απαραίτητο και στη συνέχεια να αντικαθιστά οτιδήποτε λαμβάνει, οι παρτίδες επιβάλλεται να είναι μικρές. Εάν είναι μεγάλες οι παρτίδες, η προηγούμενη διαδικασία απαιτεί υπερβάλλουσα παραγωγική ικανότητα για να φέρει μεγαλύτερες ποσότητες. Ιδανικά, η εξισορρόπηση θα πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα μηδενική διακύμανση στην τελευταία διαδικασία (τελική συναρμολόγηση). Αυτό απαιτεί μικρά μεγέθη παρτίδων και μικρούς χρόνους εγκατάστασης.

Η εξισορρόπηση ξεκινά με την κατάρτιση ενός μηνιαίου προγράμματος παραγωγής. Το σύνολο των αυτοκινήτων που απαιτούνται μπορούν να διαιρεθούν με τον αριθμό των εργάσιμων ημερών, για να προσδιοριστεί ο αριθμός των αυτοκινήτων που πρέπει να κατασκευαστούν ανά ημέρα. Στη συνέχεια, ρυθμίζεται λεπτομερώς σε κάθε μέρα για το πόσα τεμάχια από το κάθε αυτοκίνητο πρέπει να κατασκευαστούν και με ποια σειρά. Με αυτόν τον τρόπο, τα απαιτούμενα υλικά ανταποκρίνονται στην τελική συναρμολόγηση χωρίς καθυστέρηση. Αξιοσημείωτος είναι ο κανόνας 5 του συστήματος kanban. Τα ελαττωματικά εξαρτήματα δεν μεταβιβάζονται στις επόμενες διεργασίες, οπότε συνεπάγεται ολοκληρωτική επιθεώρηση σε όλο το μήκος της γραμμής παραγωγής, αλλά η πλεονάζουσα χωρητικότητα σε κάθε μηχανή επιτρέπει την ικανοποίηση παραπάνω ζήτησης για να αναπληρωθεί ένα ελαττωματικό εξάρτημα. Το σύστημα των «πέντε γιατί» αναγκάζει, εκτός αυτών, τις ομάδες να ασχοληθούν με τη γενεσιουργό αιτία που προκάλεσε το ελάττωμα και να διασφαλιστεί ότι δεν θα παρατηρηθεί ξανά [10].

Η Toyota πιστεύει ακράδαντα ότι η υπερπαραγωγή είναι μια θεμελιώδης σπατάλη. Η παραγωγή περισσότερων προϊόντων από αυτά που θέλει ο πελάτης οδηγεί αναγκαστικά σε συσσώρευση αποθεμάτων, κάπου στη συνέχεια. Το υλικό απλά κάθεται και περιμένει να υποστεί επεξεργασία στην επόμενη λειτουργία. Μεγάλα αποθέματα οδηγούν σε άλλες μη βέλτιστες συμπεριφορές, όπως τη μείωση του κινήτρου για συνεχή βελτίωση των λειτουργιών. Μέχρι τη στιγμή που ένα ελαττωματικό κομμάτι φτάνει στην επόμενη λειτουργία όπου ένας χειριστής προσπαθεί να συναρμολογήσει το κομμάτι αυτό, μπορεί να υπάρχουν εβδομάδες κακών εξαρτημάτων στη διαδικασία και να κάθονται σε αποθήκες. Η JIT σημαίνει την απομάκρυνση, στο μέγιστο βαθμό, του αποθέματος που χρησιμοποιείται για την απομόνωση των λειτουργιών έναντι προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν στην παραγωγή. Η χρήση μικρότερων αποθηκών σημαίνει ότι τα προβλήματα, όπως τα ελαττώματα ποιότητας, γίνονται αμέσως ορατά. Αυτό ενισχύει την *jidoka*, η οποία σταματά τη διαδικασία παραγωγής. Οι εργαζόμενοι πρέπει να επιλύσουν τα προβλήματα αμέσως για να συνεχιστεί η παραγωγή. Η απαίτηση για εργασία με μικρό απόθεμα και η διακοπή της παραγωγής όταν υπάρχει πρόβλημα, εισάγει στους εργαζόμενους την αίσθηση του επείγοντος. Στη μαζική παραγωγή, όταν μια μηχανή χαλάει, δεν υπάρχει αίσθηση επείγοντος. Το τμήμα συντήρησης επιδιορθώνει το πρόβλημα, ενώ τα αποθέματα διατηρούν τη λειτουργία των επιχειρήσεων. Αντίθετα, στην λιτή παραγωγή, όταν ένας χειριστής κλείνει τον εξοπλισμό για να επιδιορθώσει ένα πρόβλημα, σύντομα θα σταματήσουν και άλλες λειτουργίες να παράγουν, δημιουργώντας μια κρίση. Έτσι, οι άνθρωποι πρέπει να σπεύσουν να επιλύσουν τα προβλήματα από κοινού για να επαναλειτουργήσει ο εξοπλισμός. Επιπλέον, θα προσπαθήσουν να βρουν τη ρίζα του προβλήματος, ώστε να μην επαναληφθεί αυτό ξανά.

### 3.2 Ανάπτυξη προϊόντων

Χάρη στο Prius (υβριδικό αυτοκίνητο), η ήδη εξαιρετική διαδικασία ανάπτυξης προϊόντων της εταιρείας βελτιώθηκε περαιτέρω με δύο βασικούς τρόπους:

1. *Διαλειτουργική ομάδα και επικεφαλής μηχανικός εργάζονται μαζί σχεδόν καθημερινά στο ίδιο δωμάτιο (obeya).* Στην παραδοσιακή προσέγγιση της Toyota, κατά τη φάση του σχεδιασμού, ο επικεφαλής μηχανικός καταλήγει σε μια ιδέα, τη συζητά με τις ομάδες σχεδιασμού και προγραμματισμού και διαμορφώνει ένα συγκεκριμένο προσχέδιο. Με το Prius, μια ομάδα ειδικών από τις διάφορες λειτουργικές ομάδες σχεδιασμού, αξιολόγησης και κατασκευής συγκεντρωνόταν σε ένα μεγάλο δωμάτιο με τον επικεφαλής μηχανικό και έπαιρνε αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο. Για τη διευκόλυνση των συζητήσεων, στο δωμάτιο τοποθετήθηκαν τερματικά σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) και έγινε γνωστό ως "obeya" (μεγάλο δωμάτιο).
2. *Ταυτόχρονη μηχανική.* Οι μηχανικοί κατασκευής συνεργάζονται πλέον με τους μηχανικούς σχεδιασμού στο στάδιο της ανάπτυξης ιδεών, για να δώσουν συνεισφορά σε θέματα κατασκευής. Αυτό το επίπεδο συνεργασίας σε τόσο πρώιμο στάδιο είναι ασυνήθιστο στην αυτοκινητοβιομηχανία. Η Toyota είχε ενσωματώσει την ταυτόχρονη μηχανική για αρκετά χρόνια πριν από το Prius, αλλά το έργο αυτό την εντατικοποίησε. Υπήρξε απaráμιλλη συνεργασία μεταξύ των τμημάτων και μεταξύ σχεδιασμού και κατασκευής για να επιτευχθούν οι αυστηροί στόχοι.

### **Τα δομικά στοιχεία της Toyota περιγράφονται στις 14 αρχές που ακολουθούν:**

- Αρχή 1. Να βασίζετε τις διοικητικές σας αποφάσεις σε μια μακρόπνοη φιλοσοφία, ακόμη και σε βάρος των βραχυπρόθεσμων οικονομικών στόχων.
- Αρχή 2. Δημιουργήστε συνεχή ροή διαδικασιών για να φέρνετε τα προβλήματα στην επιφάνεια.
- Αρχή 3. Χρησιμοποιήστε συστήματα "έλξης" για να αποφύγετε την υπερπαραγωγή.
- Αρχή 4. Ισοπεδώστε το φόρτο εργασίας (heijunka).
- Αρχή 5. Δημιουργήστε μια κουλτούρα διακοπής για τη διόρθωση των προβλημάτων, για να πετύχετε σωστή ποιότητα με την πρώτη φορά.
- Αρχή 6. Τα τυποποιημένα καθήκοντα αποτελούν το θεμέλιο για τη συνεχή βελτίωση και την ενδυνάμωση των εργαζομένων.
- Αρχή 7. Χρησιμοποιήστε οπτικό έλεγχο, ώστε να μην κρύβονται προβλήματα.
- Αρχή 8. Χρησιμοποιήστε μόνο αξιόπιστη, διεξοδικά δοκιμασμένη τεχνολογία που εξυπηρετεί τους ανθρώπους και τις διαδικασίες.
- Αρχή 9. Αναπτύξτε ηγέτες που κατανοούν σε βάθος τη δουλειά, ζουν τη φιλοσοφία και τη διδάσκουν στους άλλους.
- Αρχή 10. Αναπτύξτε εξαιρετικούς ανθρώπους και ομάδες που ακολουθούν τη φιλοσοφία της εταιρείας σας.
- Αρχή 11. Σεβαστείτε το διευρυμένο δίκτυο συνεργατών και προμηθευτών, προκαλώντας τους και βοηθώντας τους να βελτιωθούν.
- Αρχή 12. Πηγαίνετε και δείτε μόνοι σας για να κατανοήσετε σε βάθος την κατάσταση (genchi genbutsu).
- Αρχή 13. Πάρτε αποφάσεις αργά με συναίνεση, εξετάζοντας διεξοδικά όλες τις επιλογές-εφαρμόστε τις αποφάσεις γρήγορα.
- Αρχή 14. Γίνετε ένας οργανισμός που μαθαίνει μέσα από αδιάκοπο προβληματισμό (hansei) και συνεχή βελτίωση (kaizen).

**Πηγή: Jeffrey K Liker, "The Toyota Way," Tata McGraw-Hill, 2004.**

### **3.3 Προσεγγίζοντας το One-Piece-Flow (Ροή ενός τεμαχίου)**

Στο δρόμο για ενσωμάτωση της λιτότητας, οι εταιρείες πρέπει να δημιουργούν συνεχή ροή όπου αυτό είναι εφικτό. Η μείωση του χρόνου που μεσολαβεί από τις πρώτες ύλες μέχρι τα τελικά προϊόντα (ή τις υπηρεσίες) οδηγεί σε καλύτερη ποιότητα, χαμηλότερο κόστος και συντομότερο χρόνο παράδοσης. Η ροή επιτάσσει, επιπλέον, την εφαρμογή διαφόρων άλλων λιτών εργαλείων και φιλοσοφιών, όπως η προληπτική συντήρηση (preventive maintenance). Η δημιουργία ροής αποκαλύπτει ανεπάρκειες που απαιτούν άμεσες λύσεις. Όλοι οι εμπλεκόμενοι έχουν κίνητρο να διορθώσουν τα προβλήματα και τις αναποτελεσματικότητες, καθώς διαφορετικά το εργοστάσιο θα κλείσει. Οι παραδοσιακές επιχειρηματικές πρακτικές, αντίθετα, έχουν την ικανότητα να κρύβουν τεράστιες αναποτελεσματικότητες χωρίς κανείς να το αντιλαμβάνεται.

#### **Δημιουργία ροής**

Υπάρχουν πέντε βήματα για τη δημιουργία ροής:

1. Προσδιορίστε ποιος είναι ο πελάτης για τις διαδικασίες και την επιπρόσθετη αξία που θέλει να του παραδίδεται.
2. Διαχωρίστε τις επαναλαμβανόμενες διαδικασίες από τις μοναδικές, μονοσήμαντες διαδικασίες και μάθετε πώς μπορείτε να εφαρμόσετε το TPS στις επαναλαμβανόμενες διαδικασίες.

3. Χαρτογραφήστε τη ροή για να προσδιορίσετε την προστιθέμενη και τη μη προστιθέμενη αξία.
4. Σκεφτείτε δημιουργικά για την εφαρμογή των γενικών αρχών του τρόπου της Toyota σε αυτές τις διαδικασίες χρησιμοποιώντας έναν χάρτη ροής αξίας μελλοντικής κατάστασης.
5. Ξεκινήστε με την υλοποίηση και να μαθαίνετε με την πράξη χρησιμοποιώντας έναν κύκλο PDCA και στη συνέχεια επεκτείνετε το στις λιγότερο επαναλαμβανόμενες διεργασίες [9].

- *Ροή*, σημαίνει ότι η παραγγελία ενός πελάτη ενεργοποιεί τη διαδικασία απόκτησης των πρώτων υλών που απαιτούνται ακριβώς για την παραγγελία του. Στη συνέχεια, οι πρώτες ύλες ρέουν αμέσως σε εργοστάσια προμηθευτών, όπου οι εργαζόμενοι γεμίζουν αμέσως την παραγγελία με εξαρτήματα, τα οποία με τη σειρά τους ρέουν αμέσως σε ένα εργοστάσιο, όπου οι εργαζόμενοι συναρμολογούν την παραγγελία, και στη συνέχεια η ολοκληρωμένη παραγγελία ρέει κατευθείαν στον πελάτη. Η όλη διαδικασία θα πρέπει να διαρκεί λίγες ώρες ή ημέρες και όχι μερικές εβδομάδες ή μήνες. Σε λειτουργία μεγάλων παρτίδων, υπάρχουν πιθανώς εβδομάδες εργασίας σε εξέλιξη μεταξύ των λειτουργιών και μπορεί να χρειαστούν εβδομάδες ή και μήνες από τη στιγμή που προκαλείται ένα ελάττωμα μέχρι να ανακαλυφθεί. Μέχρι εκείνη τη στιγμή, μοιάζει σχεδόν αδύνατο να εντοπιστεί και να προσδιοριστεί ο λόγος για τον οποίο προέκυψε το ελάττωμα. Δημιουργώντας μια ροή προϊόντος, μπορούμε να θέσουμε σε κίνηση πολυάριθμες δραστηριότητες για να εξαλείψουμε όλη τη muda (απόβλητα). Στη λιτή σκέψη, το ιδανικό μέγεθος παρτίδας είναι ένα (1). *Η δημιουργία ροής* σημαίνει σύνδεση δραστηριοτήτων που διαφορετικά είναι ασύνδετες. Υπάρχει περισσότερη ομαδική εργασία, ταχεία ανατροφοδότηση σε προηγούμενα προβλήματα ποιότητας, έλεγχος της διαδικασίας και άμεση πίεση για τους ανθρώπους να επιλύουν προβλήματα, να σκέφτονται και να αναπτύσσονται. Στο τέλος, το κύριο όφελος της ροής ενός τεμαχίου είναι ότι προκαλεί τους ανθρώπους να σκέφτονται και να βελτιώνονται.
- *Ποιότητα*. Είναι πολύ πιο εύκολο να ενσωματωθεί η ποιότητα στη ροή ενός τεμαχίου. Κάθε χειριστής έχει ρόλο επιθεωρητή και εργαζομένου για να διορθώσει τυχόν προβλήματα στο σταθμό, προτού αυτά φτάσουν παρακάτω. Ωστόσο ακόμα και εάν τα ελαττώματα παραβλέπονται και μεταβιβάζονται, θα εντοπιστούν πολύ γρήγορα και το πρόβλημα μπορεί να διαγνωστεί και να επιδιορθωθεί άμεσα.
- *Πραγματική ευελιξία*. Εάν αφιερωθεί εξοπλισμός (dedicated machines) σε μια σειρά προϊόντων, υπάρχει λιγότερη ευελιξία στον προγραμματισμό του και για άλλους σκοπούς. Αν όμως ο χρόνος παράδοσης για την κατασκευή ενός προϊόντος είναι πολύ μικρός, υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία ανταπόκρισης για την κατασκευή αυτού που πραγματικά θέλει ο πελάτης. Αντί να εισαχθεί μια νέα παραγγελία στο σύστημα με αναμονή εβδομάδων, μέχρι να βγει το προϊόν, αν ο χρόνος παράδοσης είναι θέμα ωρών, μια νέα παραγγελία μπορεί να εκτελεστεί σε λίγες ώρες. Η προσαρμογή στις αλλαγές της ζήτησης των πελατών μπορεί να γίνει σχεδόν στιγμιαία.
- *Υψηλότερη παραγωγικότητα*. Ο λόγος για τον οποίο φαίνεται ότι η παραγωγικότητα είναι υψηλότερη όταν η λειτουργία είναι οργανωμένη ανά τμήμα είναι επειδή κάθε τμήμα μετράται με βάση τη χρήση του εξοπλισμού και των ανθρώπων. Όμως είναι δύσκολο να προσδιοριστεί το πλήθος προσωπικού που χρειάζεται για την παραγωγή ενός συγκεκριμένου αριθμού μονάδων σε μια λειτουργία μεγάλης παρτίδας, επειδή η παραγωγικότητα δεν μετρείται με όρους εργασίας προστιθέμενης αξίας. Μεγάλο μέρος της παραγωγικότητας χάνεται όταν οι άνθρωποι "αξιοποιούνται" για την

υπερπαραγωγή εξαρτημάτων, τα οποία στη συνέχεια πρέπει να μεταφερθούν στην αποθήκη. Πολύς χρόνος χάνεται επίσης για τον εντοπισμό ελαττωματικών εξαρτημάτων και συστατικών και την επισκευή τελικών προϊόντων. Σε ένα κελί ροής ενός τεμαχίου, μπορούμε να δούμε γρήγορα ποιος είναι πολύ απασχολημένος και ποιος αδρανής. Είναι εύκολο να υπολογιστεί η εργασία προστιθέμενης αξίας και στη συνέχεια πόσα άτομα χρειάζονται για να επιτευχθεί ένας συγκεκριμένος ρυθμός παραγωγής.

## Heijunka

*Heijunka είναι η εξομάλυνση / εξορθολογισμός της παραγωγής, τόσο με βάση τον όγκο, όσο και με βάση την ποικιλία προϊόντων.* Η Toyota δεν κατασκευάζει προϊόντα σύμφωνα με την πραγματική ροή των παραγγελιών των πελατών, η οποία μπορεί να παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις. Απεναντίας, ο συνολικός όγκος των παραγγελιών σε μια περίοδο ισοπεδώνεται, ώστε να κατασκευάζεται κάθε μέρα η ίδια ποσότητα και το ίδιο εύρος. Όταν η ζήτηση παρουσιάζει σημαντικές αυξομειώσεις, η Toyota συχνά διατηρεί τουλάχιστον ένα μικρό απόθεμα τελικών προϊόντων. Αυτό φαίνεται να έρχεται σε αντίθεση με το σκεπτικό της λιτότητας, όμως, το μικρό απόθεμα προστατεύει το πρόγραμμα παραγωγής από διαταραχές εξαιτίας αιφνιδίων εξάρσεων της ζήτησης. Επιβιώνοντας με τη σπατάλη κάποιου αποθέματος έτοιμων προϊόντων, οι εταιρείες μπορούν να εξαλείψουν πολύ μεγαλύτερη σπατάλη σε ολόκληρη τη διαδικασία παραγωγής τους και την αλυσίδα εφοδιασμού τους.

## Ποιότητα

Η φιλοσοφία της Toyota έγκειται στον εντοπισμό των ελαττωμάτων, όταν εμφανίζονται και την αυτόματη διακοπή της παραγωγής, ώστε το πρόβλημα να μπορεί να διορθωθεί πριν το ελάττωμα εμφανιστεί στη συνέχεια. Η Jidoka αναφέρεται επίσης ως *αυτονομία* - εξοπλισμός προικισμένος με ανθρώπινη νοημοσύνη για να παύει από μόνος του, όταν υπάρχει πρόβλημα. Η ποιότητα εντός του σταθμού (αποτροπή της μετάδοσης των προβλημάτων στη γραμμή) είναι πολύ πιο αποτελεσματική και λιγότερο δαπανηρή από την εκ των υστέρων διάγνωση και επιδιόρθωση των προβλημάτων ποιότητας. Το τελευταίο πράγμα που επιτρέπει η διοίκηση στην παραδοσιακή μαζική παραγωγή είναι η διακοπή της παραγωγής. Τα ελαττωματικά εξαρτήματα, απλώς επισημαίνονται και παραμερίζονται για να επισκευαστούν κάποια άλλη στιγμή και από άλλο τμήμα. Η αρχή λειτουργίας είναι να παράγονται μεγάλες ποσότητες με κάθε κόστος και να διορθώνονται τα προβλήματα αργότερα. Η λιτή παραγωγή αυξάνει δραματικά τη σημασία της σωστής κατασκευής των πραγμάτων εξ αρχής. Με πολύ χαμηλά επίπεδα αποθεμάτων, δεν υπάρχει κανένα απόθεμα για να ανατρέξει κανείς, σε περίπτωση που υπάρξει πρόβλημα ποιότητας. Τα προβλήματα στη λειτουργία Α θα σταματήσουν γρήγορα τη λειτουργία Β. Όταν ο εξοπλισμός κλείνει, χρησιμοποιούνται σημαίες ή φώτα (Andon), συνήθως με συνοδευτική μουσική ή συναγερμό, για να σηματοδοτήσουν ότι απαιτείται βοήθεια για την επίλυση ενός προβλήματος ποιότητας. Το *Andon* αναφέρεται στο φωτεινό σήμα για βοήθεια.

## Τυποποίηση

Η Toyota θεωρεί ότι η τυποποιημένη εργασία είναι η βάση για την ενδυνάμωση των εργαζομένων και την καινοτομία στον εργασιακό χώρο. Αν η διαδικασία μεταβάλλεται συνεχώς, τότε οποιαδήποτε βελτίωση θα είναι απλώς μια ακόμη παραλλαγή που χρησιμοποιείται περιστασιακά και κυρίως αγνοείται. Πρέπει να τυποποιηθεί για να

σταθεροποιηθεί η διαδικασία, προτού μπορέσουν να σημειωθούν συνεχείς βελτιώσεις. Οι εργαζόμενοι ακολουθούν πολύ λεπτομερείς τυποποιημένες διαδικασίες που αγγίζουν κάθε πτυχή του οργανισμού. Στο χώρο εργασίας, όλα πρέπει να βρίσκονται στη θέση τους. Υπάρχει αυστηρή πειθαρχία σχετικά με το χρόνο, το κόστος, την ποιότητα και την ασφάλεια - σχεδόν κάθε λεπτό της ημέρας είναι δομημένο. Αλλά η Toyota εκτιμά επίσης πολλά από τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τους ευέλικτους οργανισμούς που αναφέρονται ως "οργανικοί": εκτεταμένη συμμετοχή των εργαζομένων, πολλή επικοινωνία, καινοτομία, ευελιξία, υψηλό ηθικό και ισχυρή εστίαση στον πελάτη. Η τυποποίηση δεν συνεπάγεται απαραίτητα μια γραφειοκρατική προσέγγιση. Μια καταναγκαστική γραφειοκρατία χρησιμοποιεί τα πρότυπα για να ελέγχει τους ανθρώπους, να τους πιάνει να παραβιάζουν τους κανόνες και να τους τιμωρεί για να τους επαναφέρει στη γραμμή.

Σε αντίθεση με τον τεύλορισμό, ο τρόπος της Toyota πρεσβεύει ότι ο εργαζόμενος είναι ο πιο πολύτιμος πόρος - όχι απλώς ένα ζευγάρι χέρια που παίρνει εντολές, αλλά ένας αναλυτής και λύτης προβλημάτων. Τα συστήματα ενεργοποίησης της Toyota είναι απλώς οι μέθοδοι βέλτιστης πρακτικής, που σχεδιάζονται και βελτιώνονται με τη συμμετοχή του εργατικού δυναμικού. Τα πρότυπα βοηθούν στην πραγματικότητα τους ανθρώπους να ελέγχουν την εργασία τους. Το κρίσιμο καθήκον κατά την εφαρμογή της τυποποίησης είναι να βρεθεί η ισορροπία μεταξύ της παροχής στους εργαζόμενους, άκαμπτων διαδικασιών που πρέπει να ακολουθούν ευλαβικά και της παροχής της ελευθερίας να καινοτομούν, να είναι δημιουργικοί, ώστε να επιτυγχάνονται με συνέπεια οι απαιτητικοί στόχοι για το κόστος, την ποιότητα και την παράδοση. Το κλειδί για την επίτευξη αυτής της ισορροπίας βρίσκεται στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι γράφουν τα πρότυπα καθώς και στο ποιος συμβάλλει σε αυτά.

Αρχικά, τα πρότυπα πρέπει να είναι αρκετά συγκεκριμένα ώστε να αποτελούν χρήσιμους οδηγούς, αλλά και αρκετά γενικά ώστε να επιτρέπουν κάποια ευελιξία. Έπειτα, οι άνθρωποι που εκτελούν την εργασία πρέπει να βελτιώνουν τα πρότυπα. Σε κανέναν δεν αρέσουν οι κανόνες και οι διαδικασίες, όταν του επιβάλλονται. Οι επιβαλλόμενοι κανόνες που αστυνομεύονται αυστηρά γίνονται καταναγκαστικοί και αποτελούν πηγή τριβών και αντίστασης μεταξύ διοίκησης και εργαζομένων.

## **Τα 5S**

Τα πέντε S (seiri, seiton, seiso, seiketsu και shitsuke) είναι:

1. Ταξινόμηση (Sort) - Ταξινομήστε τα αντικείμενα και κρατήστε μόνο ό,τι είναι απαραίτητο, ενώ πετάξτε ό,τι δεν είναι απαραίτητο.
2. Ευθυγράμμιση (Straighten) (τάξη) - Μια θέση για τα πάντα και τα πάντα στη θέση τους.
3. Λάμψη (Shine) (καθαριότητα) - Η διαδικασία καθαρισμού λειτουργεί συχνά ως μια μορφή επιθεώρησης που αποκαλύπτει μη φυσιολογικές και προ της βλάβης συνθήκες που θα μπορούσαν να βλάψουν την ποιότητα ή να προκαλέσουν βλάβη της μηχανής.
4. Τυποποίηση (Standardize) (δημιουργία κανόνων) - Αναπτύξτε συστήματα και διαδικασίες για τη διατήρηση και την παρακολούθηση των τριών πρώτων S.
5. Αυτοπειθαρχία (Sustain) - Η διατήρηση ενός σταθεροποιημένου χώρου εργασίας είναι μια συνεχής διαδικασία συνεχούς βελτίωσης [9].

## **Τεχνολογία**

Μια νέα τεχνολογία παρουσιάζεται μόνο κατόπιν εξαντλητικών δοκιμών, μέσω άμεσων πειραματισμών με τη συμμετοχή ενός ευρέος φάσματος ανθρώπων. Πριν από την εισαγωγή μιας καινοτομίας, καταβάλλονται μεγάλες προσπάθειες για να αναλυθεί ο

αντίκτυπος που μπορεί να έχει στις υφιστάμενες διαδικασίες. Αρχικά, εξετάζεται από πρώτο χέρι η φύση της εργασίας προστιθέμενης αξίας που εκτελείται από τους εργαζόμενους για τη συγκεκριμένη διαδικασία και αναζητούνται νέες ευκαιρίες για την εξάλειψη της σπατάλης και την εξισορρόπηση της ροής. Στη συνέχεια, η Toyota θα χρησιμοποιήσει μια πιλοτική περιοχή για να βελτιώσει τη διαδικασία με τον υφιστάμενο εξοπλισμό, την τεχνολογία και τους ανθρώπους. Όταν επιτύχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη βελτίωση με την παρούσα διαδικασία, η Toyota θα αναρωτηθεί ξανά για το αν μπορεί να κάνει πρόσθετες βελτιώσεις, μέσω της νέας τεχνολογίας.

Στη συνέχεια, η τεχνολογία αναλύεται προσεκτικά για να διαπιστωθεί εάν συγκρούεται με τις φιλοσοφίες και τις αρχές λειτουργίας της εταιρείας. Σε αυτές περιλαμβάνονται οι αρχές της εκτίμησης των ανθρώπων έναντι της τεχνολογίας, της λήψης αποφάσεων με συναίνεση και της επιχειρησιακής εστίασης στην εξάλειψη της σπατάλης. Εάν η τεχνολογία παραβιάζει αυτές τις αρχές ή εάν υπάρχει πιθανότητα να διαταράξει τη σταθερότητα, την αξιοπιστία και την ευελιξία, η Toyota θα απορρίψει την τεχνολογία ή τουλάχιστον θα καθυστερήσει την υιοθέτησή της έως ότου επιλυθούν τα προβλήματα.

Εάν η νέα τεχνολογία κριθεί αποδεκτή, η κατευθυντήρια αρχή είναι η χρήση της για να υποστηριχθεί η συνεχής ροή στη διαδικασία παραγωγής και να διευκολυνθούν οι εργαζόμενοι να αποδώσουν καλύτερα στο πλαίσιο των προτύπων του Toyota Way. Αυτό σημαίνει ότι η τεχνολογία θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα εποπτική και να χρησιμοποιείται διαισθητικά σωστά εκεί όπου γίνεται η εργασία και να μπορεί να υποστηρίξει την πραγματική διαδικασία εργασίας, χωρίς να αποσπά την προσοχή των ανθρώπων από την προσθήκη αξίας. Καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της ανάλυσης και του σχεδιασμού, η Toyota θα εμπλέξει ευρέως όλα τα βασικά ενδιαφερόμενα μέρη σε μια διαδικασία οικοδόμησης συναίνεσης. Μόλις η Toyota περάσει διεξοδικά από αυτή τη διαδικασία, θα εφαρμόσει γρήγορα τη νέα τεχνολογία.

## Ηγεσία

Κατά τη διάρκεια της ιστορίας της Toyota, σημαντικοί ηγέτες βρέθηκαν μέσα στην εταιρεία, την κατάλληλη στιγμή, για να διαμορφώσουν το επόμενο βήμα στην εξέλιξη του οργανισμού. Οι ηγέτες της Toyota είναι ντόπιοι. Ο λόγος εντοπίζεται στην ανάγκη να ζουν και να κατανοούν σε βάθος την κουλτούρα της εταιρείας μέρα με τη μέρα. Ένα κρίσιμο στοιχείο της κουλτούρας είναι το "*genchi genbutsu*", το οποίο ερμηνεύεται εντός της Toyota ως το «να πηγαίνεις στον τόπο για να δεις την πραγματική κατάσταση» για να την καταλάβεις. Ο όρος *Gemba*, ο πιο δημοφιλής όρος, αναφέρεται στον "πραγματικό τόπο" και σημαίνει περίπου το ίδιο πράγμα με το *genchi genbutsu*. Το πρώτο βήμα οποιασδήποτε διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων, ανάπτυξης ενός νέου προϊόντος ή αξιολόγησης της απόδοσης ενός συνεργάτη είναι η κατανόηση της πραγματικής κατάστασης, η οποία απαιτεί "μετάβαση στη *gemba*". Η Toyota προωθεί και αναμένει τη δημιουργική σκέψη, η οποία όμως πρέπει να βασίζεται σε ενδεδειγμένη κατανόηση όλων των πτυχών της πραγματικής κατάστασης. Οι ηγέτες πρέπει να επιδεικνύουν αυτήν την ικανότητα και να κατανοούν τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η εργασία σε επίπεδο εργοστασίου. Μια επιδερμική ανάγνωση της κατάστασης, αναπόφευκτα θα οδηγήσει σε αναποτελεσματική λήψη αποφάσεων και ηγεσία. Κάποιος μυημένος στη φιλοσοφία της Toyota, δεν θεωρεί τίποτα δεδομένο και ξέρει για τι πράγμα μιλάει, επειδή διαθέτει τη γνώση από πρώτο χέρι. Οι ηγέτες της Toyota είναι παθιασμένοι με τη συμμετοχή των ανθρώπων που εκτελούν εργασία προστιθέμενης αξίας στη βελτίωση της διαδικασίας. Ωστόσο, η ενθάρρυνση της συμμετοχής των εργαζομένων από μόνη της δεν είναι αρκετή για να προσδιορίσει έναν ηγέτη της Toyota. Απαιτείται επίσης βαθιά κατανόηση της



εργασίας εκτός από τη γενική διοικητική εμπειρία. Έτσι, οι ηγέτες της, γίνονται σεβαστοί για τις τεχνικές τους γνώσεις και ακολουθούνται για τις ηγετικές τους ικανότητες. Αντί να δίνουν εντολές, καθοδηγούν και καθοδηγούν μέσω ερωτήσεων. Θα θέσουν ερωτήσεις σχετικά με την κατάσταση και τη στρατηγική δράσης του κάθε ατόμου, αλλά δεν θα δώσουν απαντήσεις σε αυτές τις ερωτήσεις, παρόλο που μπορεί να έχουν τις γνώσεις.

Για την Toyota, η διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι εξίσου σημαντική με την ποιότητα αυτών. Στην πραγματικότητα, η διοίκηση θα συγχωρήσει μια απόφαση που δεν απέδωσε όπως αναμενόταν, εάν εφαρμόστηκε η σωστή διαδικασία. Αλλά μια απόφαση που λειτουργεί καλά, ωστόσο βασίστηκε σε μια διαδικασία παράκαμψης, δεν είναι αποδεκτή. Η λήψη αποφάσεων είθισται να γίνεται αργά με συναίνεση, εξετάζοντας διεξοδικά όλες τις επιλογές και στη συνέχεια εφαρμόζοντάς τις γρήγορα. Το Nemawashi είναι η διαδικασία με την οποία τα κατώτερα στελέχη οικοδομούν τη συναίνεση αναπτύσσοντας μια πρόταση και κυκλοφορώντας την ευρέως προς έγκριση από τη διοίκηση. Στη διαδικασία nemawashi, μετέχουν πολλοί και αυτό, δημιουργεί συναίνεση. Έως ότου φτάσει η επίσημη πρόταση για έγκριση σε υψηλό επίπεδο, η απόφαση έχει ήδη ληφθεί. Οι συμφωνίες έχουν συναφθεί και η τελική συνάντηση είναι τυπική.

### **Διαχείριση έμψυχου δυναμικού**

Η Toyota έχει προβεί σε διάφορες ενέργειες για τη δημιουργία ομάδων υψηλών επιδόσεων:

**Στάδιο 1: Προσανατολισμός.** Η ομάδα χρειάζεται ισχυρή καθοδήγηση από τον ηγέτη και πρέπει να κατανοήσει τη βασική αποστολή, τους κανόνες συμμετοχής και τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν.

**Στάδιο 2: Δυσαρέσκεια.** Αφού πάνε στη δουλειά, τα μέλη ανακαλύπτουν ότι είναι πιο δύσκολο από ότι νόμιζαν να δουλέψουν ως ομάδα. Σε αυτό το στάδιο, εξακολουθούν να χρειάζονται ισχυρή καθοδήγηση (δομή) από τον ηγέτη, αλλά χρειάζονται επίσης και πολλή κοινωνική υποστήριξη για να ξεπεράσουν τις δύσκολες κοινωνικές δυναμικές που δεν αντιλαμβάνονται.

**Στάδιο 3: Ενσωμάτωση.** Η ομάδα αρχίζει να αναπτύσσει μια ξεκάθαρη εικόνα των ρόλων των διαφόρων μελών της ομάδας και αρχίζει να ασκεί έλεγχο στις διαδικασίες της ομάδας. Ο ηγέτης δεν χρειάζεται να παρέχει πολλές οδηγίες για τα καθήκοντα, αλλά η ομάδα εξακολουθεί να χρειάζεται πολλή κοινωνική συμπαράσταση.

**Στάδιο 4: Παραγωγή.** Η ομάδα γίνεται μια ομάδα υψηλής απόδοσης, που δεν εξαρτάται πλέον από τον ηγέτη.

Σε μια γραμμή συναρμολόγησης, οι άνθρωποι εκτελούν επανειλημμένα την ίδια μονότονη εργασία και είναι υπεύθυνοι μόνο για ένα μικροσκοπικό κομμάτι που αφορά στο συνολικό τελικό προϊόν. Η Toyota έχει προσπαθήσει να εμπλουτίσει τις θέσεις εργασίας με διάφορους τρόπους. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά που εμπλουτίζουν την εργασία, περιλαμβάνουν την εναλλαγή πόστων, διάφορα είδη ανατροφοδότησης σχετικά με το πώς τα καταφέρνουν οι εργαζόμενοι στην εργασία τους, το σύστημα andon και τέλος, σημαντική αυτονομία της ομάδας εργασίας ως προς τα καθήκοντα. Η Toyota ενδιαφέρθηκε για τον εμπλουτισμό της εργασίας τη δεκαετία του 1990 και επανασχεδίασε τις γραμμές συναρμολόγησης, έτσι ώστε τα εξαρτήματα που αποτελούν ένα επιμέρους σύστημα του οχήματος να εγκαθίστανται σε μια συγκεκριμένη περιοχή της γραμμής

συναρμολόγησης. Αντί μια ομάδα εργασίας να συναρμολογεί ηλεκτρικά συστήματα και στη συνέχεια να τοποθετεί πατάκια δαπέδου και στη συνέχεια χερούλια θυρών, μπορεί να εστιάζει σχεδόν αποκλειστικά στο ηλεκτρικό σύστημα κάτω από το καπό. Για τους υπαλλήλους, η Toyota οργανώνει ομάδες γύρω από ολοκληρωμένα έργα από την αρχή έως το τέλος. Για παράδειγμα, ο σχεδιασμός του εσωτερικού του οχήματος είναι ευθύνη μιας ομάδας από τη φάση του σχεδιασμού μέχρι την παραγωγή. Η συμμετοχή στο έργο από την αρχή έως το τέλος εμπλουτίζει και ενδυναμώνει τον εργαζόμενο.

Οι άνθρωποι παρακινούνται από απαιτητικούς αλλά εφικτούς στόχους και από τη μέτρηση της προόδου προς αυτούς τους στόχους. Τα συστήματα οπτικής διαχείρισης της Toyota καθώς και η ανάπτυξη της πολιτικής συνεπάγονται ότι οι ομάδες γνωρίζουν πάντα πώς τα πηγαίνουν και εργάζονται πάντα για την επίτευξη στόχων βελτίωσης. Η ανάπτυξη πολιτικής θέτει προκλητικούς, φιλόδοξους στόχους από την κορυφή έως τη βάση της εταιρείας. Οι προσεκτικές μετρήσεις κάθε μέρα επιτρέπουν στις ομάδες εργασίας να γνωρίζουν πώς αποδίδουν.

### **Διαχείριση προμηθευτών**

Η Toyota είναι ένας σκληρός πελάτης. Διαθέτοντας πολύ υψηλά πρότυπα αριστείας, αναμένει από τους συνεργάτες της να ανταποκρίνονται σε αυτά, αλλά θα βοηθήσει και εκείνους να ανεβάσουν το επίπεδό τους. Έχει επενδύσει σοβαρά στη διαμόρφωση ενός δικτύου ικανότατων προμηθευτών, οι οποίοι είναι στενά συνδεδεμένοι με τη διευρυμένη λιτή επιχείρηση της Toyota. Τα υψηλά ποιοτικά πρότυπα προκύπτουν από την αριστεία στην καινοτομία, τη μηχανική, την κατασκευή και τη συνολική αξιοπιστία των προμηθευτών της Toyota. Χωρίς αξιόπιστους προμηθευτές, η JIT δεν μπορεί να λειτουργήσει. Αρχικά, στους νέους προμηθευτές καταχωρούνται πολύ μικρές παραγγελίες, προκειμένου να αποδείξουν την ειλικρίνειά τους και τη δέσμευσή τους στα υψηλά πρότυπα απόδοσης της Toyota για την ποιότητα, το κόστος και την παράδοση. Εάν το καταφέρουν στις πρώτες παραγγελίες, θα λαμβάνουν όλο και μεγαλύτερες παραγγελίες. Η Toyota θα τους διδάξει τη φιλοσοφία της και θα τους καλωσορίσει στην οικογένειά της. Μετά την εισαγωγή, ένας προμηθευτής δεν απομακρύνεται παρά μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις.

Στη συνέχεια συνεχίζει να προκαλεί τους προμηθευτές της με επιθετικούς στόχους, ενώ θεωρεί αυτονόητες τις υψηλές προσδοκίες για τους προμηθευτές της και στη συνέχεια δίκαια ανταμοιβή. Η επιεικής μεταχείριση ή ο παραδειγματισμός τους χωρίς να τους διδάξει θα ήταν μεγάλη έλλειψη σεβασμού. Και η μεταπήδηση μεταξύ πηγών προμηθειών, επειδή ένας άλλος προμηθευτής είναι μερικές ποσοστιαίες μονάδες φθηνότερος, θεωρείται αδιανόητη. Οι προμηθευτές θέλουν να εργάζονται για την Toyota, τόσο για το κύρος που συνεπάγεται όσο και επειδή γνωρίζουν ότι θα έχουν αρκετές ευκαιρίες να μάθουν και να βελτιωθούν. Ο οργανισμός είναι πολύ προσεκτικός, όταν αποφασίζει τι θα αναθέσει σε εξωτερικούς συνεργάτες και τι θα κάνει in-house. Όπως και άλλες ιαπωνικές αυτοκινητοβιομηχανίες, η Toyota αναθέτει σε τρίτους πολλά, περίπου το 70% των εξαρτημάτων του οχήματος. Αλλά εξακολουθεί να προσπαθεί να αναπτύξει εσωτερική εξειδίκευση ακόμη και στην περίπτωση των εξαρτημάτων που αναθέτει σε εξωτερικούς συνεργάτες.

## Μέτρηση επιδόσεων

Η Toyota μετρά τις διαδικασίες παντού στο εργοστάσιο, αλλά προτιμά τις απλές μετρήσεις και δεν χρησιμοποιεί πολλές από αυτές σε εταιρικό επίπεδο ή στο εργοστάσιο. Υπάρχουν τουλάχιστον τρεις τύποι μετρήσεων στην Toyota:

- *Παγκόσμια μέτρα απόδοσης - πώς τα πάει η εταιρεία;* Σε αυτό το επίπεδο, η Toyota χρησιμοποιεί καθολικά οικονομικά μέτρα, μέτρα ποιότητας και ασφάλειας που μοιάζουν πολύ με αυτά που χρησιμοποιούν άλλες εταιρείες.
- *Λειτουργικά μέτρα απόδοσης - πώς τα πάει το εργοστάσιο ή το τμήμα;* Οι μετρήσεις της Toyota είναι πιο έγκαιρες και καλύτερα τηρούμενες από ότι σε άλλες εταιρείες. Οι άνθρωποι στο επίπεδο της ομάδας εργασίας ή του διευθυντή έργου παρακολουθούν σχολαστικά την πρόοδο σε βασικές μετρήσεις και τις συγκρίνουν με επιθετικούς στόχους. Οι μετρήσεις τείνουν να αφορούν συνήθως σε μια συγκεκριμένη διαδικασία.
- *Μετρικές βελτίωσης με ακρίβεια - πώς τα πηγαίνει η επιχειρησιακή μονάδα ή η ομάδα εργασίας;* Η Toyota θέτει αυστηρούς στόχους για την εταιρεία, οι οποίοι μεταφράζονται σε αυστηρούς στόχους για κάθε επιχειρηματική μονάδα και τελικά για κάθε ομάδα εργασίας. Η καταγραφή της προόδου προς την επίτευξη αυτών των στόχων αποτελεί κεντρικό στοιχείο της διαδικασίας μάθησης της Toyota.

## Κουλτούρα

Η συνολική φιλοσοφία της Toyota (Toyota Way), φτάνει στο επίπεδο των βασικών παραδοχών του πιο αποτελεσματικού τρόπου "αντίληψης, σκέψης και αίσθησης" σε σχέση με τα προβλήματα. Πράγματα όπως το genchi genbutsu, η αναγνώριση της σπατάλης, η ενδεδειγμένη εξέταση κατά τη λήψη αποφάσεων και η εστίαση της Toyota στη μακροχρόνια βιωσιμότητα, αποτελούν το DNA της Toyota. Το σύστημά της διδάσκεται ρητά στα νέα μέλη, ενώ ο οργανισμός διεξάγει σεμινάρια σχετικά με τον τρόπο της. Μεταδίδεται επίσης μέσω της δράσης στην καθημερινή εργασία, όπου οι ηγέτες αποδεικνύονται με τις πράξεις τους. Κατά καιρούς, έχουν εφαρμοστεί επισκέψεις στην Ιαπωνία, για να επηρεάσει ο ιαπωνικός κολοσσός την πολιτιστική ευαισθητοποίηση δυτικών ή δυτικοτρόπων υπαλλήλων (κυρίως από τις ΗΠΑ). Συνηθίζεται επίσης η αποστολή ανωτέρων στελεχών για να εμψυχήσουν την κουλτούρα σε νέους Αμερικανούς ηγέτες. Με τη δημιουργία ροής σε όλες τις λειτουργίες με τη χρήση του TPS και της λιτής ανάπτυξης προϊόντων στις υπερπόντιες δραστηριότητές της, η Toyota συμβάλλει στην αλλαγή αυτής της συμπεριφοράς και στη διαμόρφωση της κουλτούρας που επιδιώκει να καλλιεργήσει.

### 3.4 Πρόσθετα Χαρακτηριστικά Λιτής Παραγωγής

Η κατασκευαστική λιτότητα, συχνά αποδίδεται ως μια τεχνική μείωσης της σπατάλης, στην πραγματικότητα όμως, η λιτή παραγωγή αποσκοπεί στη μεγιστοποίηση της αξίας του παραγόμενου προϊόντος με την ελαχιστοποίηση της σπατάλης να αποτελεί απλά το μέσο. Οι αρχές της έννοιας της λιτότητας καθορίζουν την πραγματική αξία του προϊόντος ή της υπηρεσίας, όπως την αντιλαμβάνονται οι ενδιαφερόμενοι πελάτες κάθε φορά. Κατόπιν, ευθυγραμμίζουν τη ροή με τη ζήτηση (έλξη) και επιδιώκουν την τελειότητα, μέσω της συνεχούς βελτίωσης για την εξάλειψη της σπατάλης, ξεδιαλέγοντας δραστηριότητες προστιθέμενης αξίας (*Value Added Activities – VA*) από δραστηριότητες που δεν προσθέτουν επιπλέον αξία (*Non - Value Added Activities – NVA*). Κυρίαρχες πηγές για NVA είναι οι μεταφορές, η διατήρηση αποθεμάτων, η αναμονή κίνησης, η υπερπαραγωγή, η υπερβολική επεξεργασία και τα ελαττώματα που προκύπτουν. Οι σπατάλες από τις

οποίες βρίθει μια NVA αποτελούν ζωτικό εμπόδιο για μια VA. Στην εξάλειψη αυτής ακριβώς, της σπατάλης στοχεύει η εφαρμογή των στοιχείων της λιτής λειτουργίας.

Τα κυριότερα στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την επιτυχή εφαρμογή ενός συστήματος κατασκευαστικής λιτότητας είναι η «Χαρτογράφηση Ροής Αξίας (*Value Stream Mapping*)», η οποία ορίζει τη ροή αξίας ως: «κάθε δραστηριότητα συμπεριλαμβανομένων αυτών που προσδίδουν επιπλέον αξία (VA), αλλά και εκείνων που δεν προσθέτουν (NVA) και είναι απαραίτητες για τη μεταποίηση της πρώτης ύλης σε ένα έτοιμο προϊόν, μέσα από τη χαρτογράφηση της διαδικασίας και των ροών πληροφοριών καίριας σημασίας για αυτό».

Το σύστημα «Ωθησης και Έλξης» περιγράφει ότι το μεν σύστημα έλξης, βασίζεται στις απαιτήσεις των πελατών, ενώ το σύστημα ώθησης στηρίζεται σε προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα. Εξίσου σημαντικό στοιχείο της λιτής παραγωγής αποτελεί και η «Κυψελοειδής Παραγωγή», που προτείνει την ομαδοποίηση των εγκαταστάσεων, ώστε να παραχθεί το προϊόν στον ελάχιστο δυνατό χρόνο διεργασίας, αναμονής και μεταφοράς, εξομαλύνοντας τη ροή της διεργασίας [11].

Η «Ροή ενός τεμαχίου (*One Piece Flow*)», εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία του συστήματος παραγωγής «just-in-time», προκειμένου να υιοθετηθεί ένα απλό χρονοδιάγραμμα χωρίς διακοπές, οπισθοδρόμηση ή απορρίμματα (scrap), χαλαρώνοντας τους χρόνους “*Takt*”, δηλαδή την απαιτούμενη διάρκεια συναρμολόγησης του προϊόντος που απαιτείται για την κάλυψη της ζήτησης και μειώνοντας τον κίνδυνο εμφάνισης βλαβών στις μηχανές ή λαθών του χειριστή

Η «*Single Minute Exchange of Die (SMED)/One-Touch exchange of Die (OTED)*», αφορά στη συστηματική μείωση των χρόνων εναλλαγής με τη μετατροπή του πιθανού εσωτερικού χρόνου ρύθμισης (κατά τη διάρκεια της διακοπής λειτουργίας της μηχανής) σε εξωτερικό χρόνο (ότι εκτελείται όσο λειτουργεί ο εξοπλισμός), ώστε να διευκολυνθεί και η διεξαγωγή της εναπομένουσας δραστηριότητας [11]. Ακριβώς για την διεξαγωγή της δραστηριότητας, υπεισέρχεται η έννοια της «Εξισορρόπησης της Παραγωγής (*Production Leveling*)», συμβάλλοντας στη βελτίωση του όγκου παραγωγής, αλλά και στο μείγμα παραγωγής και την δυναμικότητα, απελευθερώνοντας κόσμο ή εξοπλισμό, μειώνοντας τη σπατάλη και την ανομοιομορφία. Αυτή η «ισοπέδωση» ή εξισορρόπηση, ενισχύει και την επιτυχή εφαρμογή της έννοιας «*Every Part Every Interval (EPEI)*».

Παρόλα τα παραπάνω, ο ακρογωνιαίος λίθος του συστήματος της κατασκευαστικής λιτότητας είναι οι αντιλήψεις των εργαζομένων που περιλαμβάνουν πίστη και αφοσίωση σε αυτό που κάνουν, συστηματική εργασία και απρόσκοπτη επικοινωνία. Η μετάβαση σε ένα σύστημα λιτής παραγωγής απαιτεί στην ουσία μια «πολιτιστική αλλαγή» εκ βάθρων για τη βελτίωση της αντίληψης των εργαζομένων [12].

Η πιο ολοκληρωμένη μορφή του συγκεκριμένου συστήματος μπορεί να επιτευχθεί μόνο έπειτα από εφαρμογή και ενσωμάτωση όλων των επιμέρους στοιχείων. Συνήθως, την περισσότερη προσοχή δέχονται δύο ή τρία μεμονωμένα στοιχεία ή κάποιοι συνδυασμοί εξ αυτών, ωστόσο για να καταστεί επιτυχημένη μια απόπειρα εφαρμογής λιτής παραγωγής, είναι αναγκαία όλα τα κομμάτια της και συνακόλουθα, η αλληλουχία των εργασιών που προβλέπονται.

### **1. Προγραμματισμός (Scheduling)**

Η κατάρτιση ενός ξεκάθολου πλάνου παραγωγής είναι η αφετηρία για την υλοποίηση οποιουδήποτε συστήματος παραγωγής. Ένα σχέδιο παραγωγής που προκύπτει από τον προγραμματισμό, παρέχει δεδομένα όπως η σειρά εξυπηρέτησης, η κατανομή των πόρων, αλλά και η διαχείριση της ουράς των αιτημάτων εξυπηρέτησης.

### **2. Αντιλήψεις των εργαζομένων (Employee Perceptions)**

Μελετώντας τις αντιλήψεις των εργαζομένων, εντοπίζονται οι παράγοντες που θα καταστήσουν επιτυχημένη μια μετάβαση από τον υφιστάμενο τρόπο λειτουργίας σε ένα σύστημα λιτότητας. Έρευνες περιγράφουν ότι για να πετύχει μια τέτοια μετάβαση, χρειάζεται το ανθρώπινο δυναμικό να λαμβάνει ευχαρίστηση από την εργασία του και να δείχνει ορισμένη αφοσίωση σε αυτήν. Μεθοδική δουλειά, πίστη και αφοσίωση είναι παράγοντες – κλειδιά που αναδεικνύουν τη δέσμευση των υπαλλήλων στην εργασία τους και τη φροντίδα που δείχνουν για μια επιτυχημένη μετάβαση σε κατασκευαστική λιτότητα. Από εκεί και έπειτα, σε πλαίσια ξεκάθαρης και ολόπλευρης επικοινωνίας, τα στοιχεία της κατασκευαστικής λιτότητας μπορούν να αφομοιωθούν ευκολότερα και ταχύτερα, προσφέροντας αυξημένη ικανοποίηση από την εργασία [14].

### **3. Χαρτογράφηση Ροής Αξίας (Value Stream Mapping)**

Η ροή αξίας είναι μια συλλογή όλων των ενεργειών (προστιθέμενης και μη προστιθέμενης αξίας) που απαιτούνται για να προκύψει ένα προϊόν (ή μια ομάδα προϊόντων που χρησιμοποιούν τους ίδιους πόρους) μέσω των βασικών ροών, ξεκινώντας από την πρώτη ύλη και καταλήγοντας στον πελάτη. Οι ενέργειες αυτές εξετάζουν τη ροή τόσο των πληροφοριών όσο και των υλικών εντός της ευρύτερης αλυσίδας εφοδιασμού. Ο απώτερος στόχος του VSM είναι ο εντοπισμός όλων των τύπων αποβλήτων στην αλυσίδα αξίας και η λήψη μέτρων για την εξάλειψη αυτών [15]. Το VSM δημιουργεί μια κοινή βάση για την παραγωγική διαδικασία, διευκολύνοντας έτσι τη λήψη πιο μελετημένων αποφάσεων για τη βελτίωση της ροής αξίας [16]. Η οπτική απεικόνιση του VSM διευκολύνει τον εντοπισμό των δραστηριοτήτων προστιθέμενης αξίας σε ένα ρεύμα και αναγνωρίζει ποιες διαδικασίες χρήζουν εξάλειψης. Χαρτογραφώντας το «μονοπάτι» με όλες τις διαδικασίες που φέρουν επιπρόσθετη αξία, είναι ευκολότερο για έναν οργανισμό να αντιληφθεί ποιες πτυχές της λιτής λειτουργίας ταιριάζουν και μπορούν να βρουν εφαρμογή. Από το VSM, φαίνεται το διαθέσιμο απόθεμα, οι χρόνοι διεργασίας, παράδοσης ή και αναμονής, ενώ από τη ροή της διαδικασίας, διαχωρίζεται ο χρόνος κύκλου συμφόρησης έναντι του χρόνου Takt.

### **4. Χρόνος Takt**

Ο χρόνος Takt αναφέρεται στη συχνότητα που είναι απαραίτητη η παραγωγή ενός κομματιού ή εξαρτήματος για να ικανοποιηθεί η ζήτηση των πελατών. Υπάρχει άμεση εξάρτηση από τη μηνιαία ζήτηση παραγωγής, οπότε εάν η ζήτηση αυξάνεται, ακολουθεί μείωση του χρόνου Takt, ενώ όσο η ζήτηση μειώνεται, αυξάνεται ο χρόνος Takt, οπότε συνακόλουθα αυξάνεται ή μειώνεται το διάστημα παραγωγής. Οι Rahani et al. πρότειναν ότι η σημασία της μέτρησης των χρόνων Takt, οφείλεται στο κόστος και τους παράγοντες αναποτελεσματικότητας που φέρει η παραγωγή πριν από τη ζήτηση, συμπεριλαμβανομένης αποθήκευσης και ανάκτησης τελικών προϊόντων, πρόωρης αγοράς πρώτων υλών, πρόωρων δαπανών για μισθούς και κόστος χαμένων ευκαιριών για παραγωγή άλλων προϊόντων, καθώς και του κόστους ευκαιρίας κεφαλαίου για την πλεονάζουσα παραγωγική δυναμικότητα [17].

## **5. Διαδικασία Συμφόρησης (Bottleneck)**

Η διεργασία συμφόρησης / περιορισμός στη γραμμή προσδιορίζεται από το μέγιστο χρόνο κύκλου στη γραμμή. Η χωρητικότητα της εγκατάστασης αποφασίζεται από αυτόν ακριβώς το χρόνο κύκλου συμφόρησης και αποτελεί το γινόμενο του χρόνου κύκλου εμπλοκής ( $C/T$ ) και του συνολικού διαθέσιμου χρόνου. Εάν ο χρόνος εμπλοκής είναι μικρότερος του Takt Time,  $(C/T) < Takt$ , τότε ικανοποιείται η ζήτηση. Για γνωστούς Takt χρόνους, η διαδικασία συμφόρησης αναγνωρίζεται από τη χαρτογράφηση των ροών αξίας, όπου και υπολογίζεται το χάσμα μεταξύ παραγωγικής ικανότητας και ζήτησης [17].

## **6. Group Technology**

Προτείνεται για την επιτυχή υλοποίηση ενός ευέλικτου συστήματος παραγωγής, να ταξινομούνται τα εξαρτήματα που παρουσιάζουν ομοιότητες σχεδιαστικές ή και κατασκευαστικές, ανά ομάδες, για την αύξηση της ευελιξίας παραγωγής. Με αυτόν τον τρόπο, ομαδοποιούνται ταυτόχρονα και οι μηχανές που είναι ανόμοιες μεταξύ τους σχηματίζοντας μια «κυψέλη» παραγωγής.

## **7. Κυψελοειδής Παραγωγή (Cellular Manufacturing)**

Η έννοια της κυψελοειδούς παραγωγής αφορά στην ομαδοποίηση ορισμένων μηχανημάτων για την κατασκευή εξαρτημάτων με παρόμοια χαρακτηριστικά. Το VSM προτείνει μια πορεία κατασκευής για κάθε οικογένεια εξαρτημάτων και βάσει αυτού του χάρτη, ταξινομούνται μαζί και τα ανόμοια μηχανήματα για το σχηματισμό ενός κυττάρου/κυψέλης παραγωγής. Τοποθετώντας με σειριακό τρόπο αυτές τις μηχανές, ικανοποιούνται μία-μία όλες οι ανάγκες για την παραγωγή μιας οικογένειας εξαρτημάτων. Η διαδικασία αυτή επιδέχεται παραπάνω βελτίωση μέσω σταθμών εργασίας (workstations) ή μέσω κίνησης των εργαζομένων από σταθμό σε σταθμό ή σε γραμμή τύπου-U.

## **8. U-Line Manufacturing**

Σε ένα σύστημα παραγωγής με γραμμές τύπου-U, όταν η είσοδος και η έξοδος της γραμμής τοποθετούνται στην ίδια θέση, σχηματίζεται ένα στενότερο σχήμα, καθώς τα δύο άκρα βρίσκονται κοντά μεταξύ τους, μειώνοντας τον αριθμό των σταθμών εργασίας και συμβάλλοντας σοβαρά στην ευελιξία της γραμμής, την ορατότητα, την επικοινωνία και τη διαχείριση των υλικών [18].

## **9. Εξισορρόπηση της γραμμής παραγωγής (Line Balancing)**

Η μεταβλητότητα του χρόνου εργασίας οφείλεται κυρίως στην αστάθεια που παρουσιάζουν τα άτομα γύρω από τον ρυθμό εργασίας, τις δεξιότητες και τα κίνητρά τους, όπως και την ευαισθησία των πολύπλοκων διεργασιών σε βλάβες. Όπως αναγράφεται στη βιβλιογραφία, η εργασία καθαυτή, αποτελεί πηγή μεταβλητότητας και μέσα από αυτήν εξηγείται εκείνος που την εκτελεί, καθώς και το περιβάλλον στο οποίο εκτελείται. Οι πηγές αυτής ακριβώς της μεταβλητότητας ελέγχονται με την ελαχιστοποίηση του κόστους μετακίνησης των ανθρώπων και της μηχανής. Ο χρόνος βάδισης του χειριστή και η διακύμανση του χρόνου κύκλου των ανθρώπων και των μηχανών προκαλεί ανισορροπία στις γραμμές. Εργαζόμενοι, αλλά και μηχανήματα επιστρατεύονται ή απελευθερώνονται ανάλογα με τη ζήτηση, προκειμένου να ξεπεραστεί η ανισορροπία της γραμμής. Η ευελιξία ανθρώπου και μηχανής επιτυγχάνεται μέσω της ελεύθερης ροής των υλικών και των πληροφοριών στην παραγωγική διαδικασία [19], [20].

## **10. Παραγωγή Ροής**

Η αρχή λειτουργίας της παραγωγής ροής είναι να παράγεται ένα τεμάχιο στο ρυθμό του χρόνου κύκλου, ενώ για την επιτυχημένη υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος, χρειάζονται

εγκαταστάσεις με γραμμές τύπου-U, ικανότατοι χειριστές, τυποποιημένοι χρόνοι κύκλου και σχεδιασμός τόσο για όρθια θέση του χειριστή, όσο και περπατώντας. Ο εξοπλισμός θα πρέπει να είναι εξίσου τυποποιημένος και λιγότερο δαπανηρός με γνώμονα την ευκολία στο χρήστη.

### **11. Γρήγορη Εναλλαγή / Quick Changeover (Single Minute Exchange of Dies)**

Η έννοια του γρήγορου χρόνου εναλλαγής εισήχθη και αναπτύχθηκε από τον Shingo. Βασισμένος σε χρονικές μετρήσεις και βιντεοσκοπήσεις της διαδικασίας, ο Shingo προχώρησε στο διαχωρισμό του χρόνου εναλλαγής (C/O) σε εσωτερικό και εξωτερικό. Οι δραστηριότητες που διεξάγονται παύοντας τη λειτουργία του εξοπλισμού, ονομάζονται εσωτερικός χρόνος ρύθμισης, ενώ οι δραστηριότητες που πραγματοποιούνται δίχως να σταματήσει η μηχανή να λειτουργεί ονομάζονται εξωτερικός χρόνος ρύθμισης. Για την ανάλυση του εσωτερικού και εξωτερικού χρόνου ρύθμισης (on-line και off-line δραστηριότητα), χρησιμοποιείται το διάγραμμα Yamazumi. Με βάση αυτήν την ανάλυση, ο πιθανός εσωτερικός χρόνος ρύθμισης μετατρέπεται σε εξωτερικό χρόνο και ο εσωτερικός απλοποιείται με την τοποθέτηση χειριστών πολλαπλών δεξιοτήτων σε παράλληλες εργασίες κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας on-line και σε ρυθμίσεις της διαδικασίας, ώστε ο χρόνος C/O να διαρκεί ένα λεπτό. Η βιωσιμότητα αυτών των βελτιώσεων στις ρυθμίσεις κατορθώνεται μέσα από την τυποποίηση.

### **12. Μικρό μέγεθος παρτίδας/μικρή παρτίδα**

Μια παρτίδα είναι ένα σύνολο εξαρτημάτων της ίδιας οικογένειας εξαρτημάτων. Ενώ οι οικογένειες εξαρτημάτων υποτίθεται ότι δίνονται εκ των προτέρων, το μέγεθος της παρτίδας αποτελεί μέρος της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Τα συμβατικά συστήματα παραγωγής λειτουργούν με βάση ένα σύστημα ρυθμιστικής παραγωγής. Το ενσωματωμένο σύστημα ρυθμιστικού αποθέματος εισήχθη για να ξεπεραστεί η διακοπή της ροής υλικών σε περίπτωση βλάβης του εξοπλισμού, μηχανών, απουσίες που οδηγούν σε προβλήματα ποιότητας και χρόνου παράδοσης. Προκειμένου να εξομαλυνθεί η ροή των υλικών και να ξεπεραστούν τα προβλήματα ποιότητας και χρόνου παράδοσης, θα πρέπει να βελτιστοποιηθεί η ποσότητα του αποθέματος ασφαλείας. Στην πράξη, το Lean συνδέεται με μηδενικά αποθέματα για την αύξηση της ορατότητας της ροής των προϊόντων και τη βελτιστοποίηση της χρήσης της παραγωγικής ικανότητας [21].

### **13. Απογραφή**

Έρευνα από διάφορα άρθρα δείχνει ότι το 60% των αποβλήτων στο σύστημα παραγωγής οφείλεται στα αποθέματα. Αυτά τα αποθέματα αναφέρονται σε πρώτες ύλες (Raw Materials, RM), προϊόντα σε εξέλιξη (Works In Progress, WIP), έτοιμα προϊόντα (Finished Goods, FG). Η αύξηση των αποθεμάτων των RM, WIP ή FG οδηγεί σε μικρότερο κύκλο εργασιών των αποθεμάτων, τα οποία με τη σειρά τους διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στον κύκλο εργασιών της επιχείρησης [22]. Οι Sakakibara et al. [23] πρότειναν ότι η περίσσεια RM οφείλεται στην κακή πρόβλεψη του σχεδίου προϊόντων, στη διαθεσιμότητα των πρώτων υλών, στα ελαττωματικά εξαρτήματα, οπότε η αναμονή για επεξεργασία οδηγεί σε μεγαλύτερο WIP και η περιττή μεταφορά μεταξύ σταθμών εργασίας ή εργοστασίων αυξάνει τα WIP και το απόθεμα, ενώ η υπερπαραγωγή εξαρτημάτων πέραν του σχεδίου οδηγεί σε αποθέματα FG τα οποία περιμένουν μεγάλο χρονικό διάστημα στην αποθήκη ή μπορεί να μην πωληθούν και ποτέ. Τα αποθέματα μειώνονται με τη βελτίωση των επιπέδων ποιότητας, των ποσοστών απόρριψης, του ρυθμού παράδοσης, του χρόνου παράδοσης και των πελατών ικανοποίησης του πελάτη. Το RM ελέγχεται με την παραγγελία υλικών έναντι της ζήτησης ή με την παραγγελία μόνο αφού το σχέδιο γίνει αποδεκτό στην περίπτωση νέου προϊόντος.

Οι ρυθμιστές επιτρέπουν σε κάθε μία από τις ομάδες να λαμβάνει αποφάσεις σχετικά με τη διακοπή της γραμμής για να διορθώσει τα προβλήματα. Ο ρυθμιστής παραβιάζει το λιτό σύστημα, αλλά στην πράξη, είναι απαραίτητος σε περίπτωση διακύμανσης του συστήματος. Εάν ορισμένοι σταθμοί εργασίας παρουσιάζουν χειρότερη επίδοση από άλλους και τα αποθέματα ασφαλείας έχουν αποδεδειχθεί, μεμονωμένοι σταθμοί εργασίας μπορούν να εργαστούν υπερωριακά, προκειμένου να δημιουργήσουν ξανά το απόθεμα. Ως αποτέλεσμα, ο χρόνος παραγωγής αυξάνεται, γεγονός που με τη σειρά του αυξάνει το WIP. Τα συστήματα Kanban και Pull είναι τα λιτά στοιχεία που ελέγχουν το WIP.

#### **14. Σύστημα έλξης με ροή ενός τεμαχίου (Pull System with One-Piece Flow)**

Το σύστημα έλξης (pull) επιτρέπει την παραγωγή με βάση τη ζήτηση του πελάτη. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι ο πελάτης να παίρνει το προϊόν/υπηρεσία που χρειάζεται και να το "τραβάει" από τον παραγωγό. Οι Smalley et al. ταξινομούν το pull ως replenishment pull, sequential pull, και μικτό σύστημα pull. Το επιτυχημένο σύστημα έλξης εξαρτάται από τη ροή του προϊόντος σε μικρές παρτίδες (που προσεγγίζουν τη ροή ενός τεμαχίου, όπου είναι δυνατόν), τον ρυθμό των διαδικασιών με βάση τον χρόνο Takt (για να σταματήσει η υπερπαραγωγή) και τη σηματοδότηση της αναπλήρωσης μέσω ενός συστήματος Kanban. Η ροή ενός τεμαχίου αναφέρεται στην έννοια της μετακίνησης ενός τεμαχίου κάθε φορά, μεταξύ των λειτουργιών εντός ενός κελιού. Το σύστημα παραγωγής One - Piece Flow λαμβάνει υπόψη παράγοντες όπως η αλληλουχία, ο χρόνος εγκατάστασης και η πολιτική make-to-order, επομένως πρέπει συνυπολογίζονται αυτοί οι παράγοντες κατά τον προγραμματισμό της παραγωγής. Στη γραμμή U όταν η εργασία εναλλαγής ή οποιαδήποτε άλλη πραγματοποιείται, ολόκληρη η γραμμή παραγωγής διακόπτεται. Σε μια τέτοια περίπτωση, επιτρέπεται η προσωρινή αποθήκευση στη ροή ενός τεμαχίου με βάση την απαίτηση, προκειμένου να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα. Στο σύστημα παραγωγής ενός τεμαχίου, η παραγωγή ξεκινά, όταν ένας χρήστης δείχνει την κάρτα Kanban/το σήμα για τα εξαρτήματα, δηλαδή για τον απαραίτητο αριθμό παραγωγής. Οι Li κ.ά. [24] πρότειναν ότι ο σχεδιασμός της ροής ενός τεμαχίου με βάση την αβεβαιότητα χρειάζεται πολυκριτήρια αξιολόγηση, ενώ ανέπτυξαν το μοντέλο ασαφούς βελτιστοποίησης αποικίας μυρμηγκιών για την αξιολόγηση του πολυαντικειμενικού έργου για την ελαχιστοποίηση του χρόνου κύκλου, του αριθμού αλλαγών, της διακύμανσης του φορτίου των κελιών και του αριθμού των κελιών [25].

#### **15. Kanban**

Το Kanban είναι ένα υποσύστημα του συστήματος λιτής παραγωγής το οποίο δημιουργήθηκε για τον έλεγχο των επιπέδων των αποθεμάτων, της παραγωγής και την προμήθεια εξαρτημάτων. Οι Junior et al. [26] προτείνουν ότι με τη γνώση στη δημιουργία και τη συσσώρευση του Kanban συστήματος, ο εφαρμοστής μπορεί να ταξινομήσει, και να αναλύσει τις παραλλαγές του Kanban. Οι Sipper et al. [27] ταξινομούν το σύστημα Kanban σε σύστημα διπλής κάρτας για τη σηματοδότηση της παραγωγής και σε σύστημα Kanban μεταφοράς για τη σηματοδότηση. Κατά τη διάρκεια του αβεβαιότητας της ζήτησης, η διατήρηση του αποθέματος ασφαλείας είναι απαραίτητη για την εξομάλυνση της ροής παραγωγής και αναδιαμορφώνει το σύστημα Kanban προκειμένου να μειωθεί το απόθεμα. Έτσι, το σύστημα παρέχει μικτό μοντέλο παραγωγής μαζί με το βέλτιστο απόθεμα επίπεδο αποθέματος, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα μικρότερο χρόνο παράδοσης των προϊόντων και αποτελεσματική χρήση των πόρων, όπως άνθρωποι, μηχανές, κ.λπ.

#### **16. Ισοπέδωση παραγωγής/ Heijunka**

Το σημερινό επιχειρηματικό περιβάλλον παρουσιάζει έντονη μεταβλητότητα, γεγονός που οδηγεί σε αυξομείωση της ζήτησης, δηλαδή μεταβλητότητα στην παραγωγή. Προκειμένου



να ξεπεραστεί αυτή η διακύμανση είναι αρχικά απαραίτητη η ισοπέδωση της ζήτησης των πελατών. Χωρίς ισοπέδωση/εξομάλυνση, η διακύμανση αυτή οδηγεί σε υποαπασχόληση πόρων, όπως οι χρόνοι αδράνειας εργαζομένων και μηχανών ή τα προβλήματα ποιότητας, βλάβες και ελαττώματα (σε περίπτωση υπερφορτωμένου συστήματος) [9]. Οι Bohnen et al. [28] πρότειναν ότι η ισοπέδωση χαμηλού όγκου και υψηλού μείγματος παραγωγής με βάση τις αρχές της ομαδικής τεχνολογίας, είναι απαραίτητη για τη μεταβαλλόμενη ζήτηση των πελατών. Ανέπτυξαν παραπάνω την τεχνική της συστάδας για το σχηματισμό οικογένειας εξαρτημάτων και το πρότυπο εξισορρόπησης με προσανατολισμό την ομαδοποίηση εξαρτημάτων για την εφαρμογή συστήματος χαμηλού όγκου και υψηλού μείγματος παραγωγής. Ο ισορροπημένος φόρτος εργασίας στην παραγωγή επιτυγχάνεται μέσω του Every Part Every Interval Concept (EPEI), το οποίο διαμορφώνεται με βάση τις οικογένειες προϊόντων, Σύμφωνα με την EPEI, κάθε τύπος προϊόντος κατασκευάζεται εντός ενός περιοδικού διαστήματος. Η έννοια της Heijunka είναι να ελέγχει τη μεταβλητότητα της ακολουθίας άφιξης των εργασιών για να επιτρέπει υψηλότερη αξιοποίηση της παραγωγικής ικανότητας, επίσης αποφεύγονται οι κορυφές και οι κοιλάδες στο χρονοδιάγραμμα παραγωγής [28] [29].

### **17. Ποιότητα στην πηγή**

Στο σύστημα λιτής παραγωγής, το μέγεθος της παρτίδας μειώνεται σε ένα τεμάχιο. Στη ροή ενός τεμαχίου το τεμάχιο μεταφέρεται, επεξεργάζεται και επιθεωρείται, ένα τη φορά, με αποτέλεσμα η τυχαία επιθεώρηση δειγμάτων παρτίδας ή οι μέθοδοι στατιστικού ελέγχου ποιότητας με βάση την παρτίδα να εξαλείφονται. Όταν εμφανιστεί ένα ελάττωμα, αμέσως η γραμμή παραγωγής διακόπτεται μέχρι να εξαλειφθεί η αιτία. Το Poka-Yoke εργαλείο επαλήθευσης ενσωματώνεται στη γραμμή παραγωγής για την πρόληψη/ανίχνευση των περιστατικών σφάλματος. Τα προβλήματα ποιότητας κατά τη λειτουργία του αυτοματοποιημένου εξοπλισμού οφείλονται σε ανθρώπινα σφάλματα κατά τη φόρτωση, την εκφόρτωση και τη ρύθμιση. Μεταξύ αυτών των σφαλμάτων, προτεραιότητα δίνεται στα σφάλματα ρύθμισης επειδή δημιουργούν προβλήματα ποιότητας για μεγαλύτερο αριθμό προϊόντων. Για να επιτευχθούν τα υψηλότερα επίπεδα ποιότητας, η ρύθμιση, φόρτωση και εκφόρτωση πρέπει να είναι Mistake-Proofed. Η εφαρμογή του Mistake-Proofing βελτιώνει το πρότυπο ποιότητας και μειώνει το χρόνο επιθεώρησης του χειριστή. [30] [31].

### **18. Συνεχής βελτίωση (CI)/Kaizen**

Η συνεχής βελτίωση (CI) είναι μια φιλοσοφία που ο Deming περιέγραψε απλά ως "πρωτοβουλίες βελτίωσης που αυξάνουν τις επιτυχίες και μειώνουν τις αποτυχίες". Η Συνεχής Βελτίωση είναι το στοιχείο που καθοδηγείται από τη διοίκηση και το οποίο προσπαθεί την πολιτιστική αλλαγή, την αλλαγή της κουλτούρας στο χώρο εργασίας. Εφόσον καθιερωθεί η σταθερότητα της διαδικασίας, απαιτούνται εργαλεία CI για τον προσδιορισμό της αιτίας των ανεπαρειών και την εφαρμογή αποτελεσματικών αντιμέτρων για τη μείωση της ανεπάρκειας αυτής. Καθιέρωση και σχεδιασμός μιας διαδικασίας με μηδενικά αποθέματα φέρνει στην επιφάνεια σπατάλες, όπως χρόνοι αδράνειας, χρόνοι αναμονής, του αποθέματος και των πόρων. Προκειμένου να εξαλειφθούν αυτές οι σπατάλες, η διοίκηση πρέπει να εξελίξει το σταθερό προσωπικό, σύμφωνα με τις γνώσεις του οργανισμού. Ο Berger [32] επισημαίνει ότι η συνεχής βελτίωση βασίζεται στην έμφυτη επιθυμία των ανθρώπων για ποιότητα και αξία και η εκάστοτε διοίκηση πρέπει να πιστεύει ότι θα "αποδώσει" το πλάνο αυτό, μακροπρόθεσμα. Σε αυτό το ανταγωνιστικό περιβάλλον η Συνεχής Βελτίωση είναι απαραίτητη για την επικράτηση στην αγορά, αλλά η επιτυχία της εξαρτάται από την αντίληψη των εργαζομένων, την προσαρμογή, την ομαδική εργασία, τη δέσμευση των ηγετών, τα κίνητρα, την πρωτοβουλία και την εκπαίδευση. Ο μηχανισμός CI περιλαμβάνει την

αναγνώριση του προβλήματος, την επίλυση προβλημάτων διαδικασίας, την κατάρτιση εργαλείων CI και τεχνικών, την ανάπτυξη της διαχείρισης ιδεών και την ανάπτυξη του συστήματος ανταμοιβής και αναγνώρισης. [33] [34] [35] [36].

### **19. Τυποποιημένη εργασία (Standardized Work)**

Ο Berger [32] πρότεινε ότι η τυποποιημένη εργασία είναι το βασικό εργαλείο για τη συνεχή βελτίωση. Ως έννοια, αναφέρεται στην ασφαλέστερη και αποτελεσματικότερη μέθοδο για την εκτέλεση μιας εργασίας στον συντομότερο επαναλαμβανόμενο χρόνο ως αποτέλεσμα της χρήσης πόρων όπως άνθρωποι, μηχανές και υλικά. Η τυποποίηση της εργασίας μπορεί να περιγραφεί ως ένα σύνολο εργαλείων ανάλυσης που καταλήγουν σε ένα σύνολο τυποποιημένων λειτουργικών διαδικασιών (Standardized Operating Procedures, SOP). Οι SOP περιέχουν τη διαδικασία εργασίας του χειριστή, όπως τα επιμέρους στάδια, την αλληλουχία εργασιών, τον χρόνο κύκλου, κ.λπ. Στην ουσία, αναπαριστά τον τρόπο της πιο εύρυθμης λειτουργίας και εκτέλεσης μιας εργασίας σε ορισμένο χρόνο. Μόλις η τυποποίηση καθιερωθεί, καθίσταται εφικτός ο έλεγχος και η βελτίωση του σχεδιασμού της εργασίας σε σχέση με την επιβραδυνόμενη ζήτηση ή επιτάχυνση της εργασίας. Η τυποποιημένη εργασία βοηθά στην αναδιοργάνωση της εργασίας σεβόμενη τις διακυμάνσεις σε Takt χρόνο, ενώ σε επικείμενη αύξηση της ζήτησης, είναι εφικτή η σταδιακή πρόσληψη εργαζομένων. Εάν ωστόσο, η ζήτηση ακολουθεί μειούμενη πορεία, σταδιακά μπορεί να απομακρύνεται ανθρώπινο δυναμικό από τις γραμμές [32] [37]. Ο Monden το 1983 εισήγαγε το Τυποποιημένο Διάγραμμα Εργασίας (Standardized Work Chart - SWC), το Τυποποιημένο Work Combination Table (SWCT) και το Standard Operation Sheet (SOS), εργαλεία χρήσιμα για την ανάλυση και τη βελτίωση της τυποποιημένης εργασίας. Το SWC απεικονίζει την κίνηση του χειριστή και τη θέση του υλικού σε σχέση με τη μηχανή και τη συνολική διάταξη της διαδικασίας, ενώ το SWCT συνδυάζει το συνδυασμό του χρόνου χειρωνακτικής εργασίας, του χρόνου περιπάτου και του χρόνου επεξεργασίας της μηχανής για κάθε εργασία σε μια ακολουθία παραγωγής. Ο σκοπός της SWCT είναι να εντοπίσει σπατάλες, όπως WIP, αναμονή και υπερφόρτωση εργασιών [30].

Η ενσωμάτωση και η αλληλουχία των λιτών στοιχείων με τα υφιστάμενα στοιχεία είναι ο ζωτικός παράγοντας για την επιτυχή εφαρμογή ενός συστήματος κατασκευαστικής λιτότητας, όπως προτείνεται από τις περισσότερες έρευνες. Τα βήματα για την εφαρμογή των λιτών στοιχείων είναι ως εξής:

1. VSM για την ανάλυση της παραγωγικής ικανότητας και υπολογισμός χρόνου Takt για τον εντοπισμό του κενού παραγωγής. Με βάση αυτό το κενό, προτείνεται ο στόχος της υλοποίησης.
2. Δεύτερο βήμα είναι η εφαρμογή της τεχνολογίας ομάδων (Group Technology) - εδώ τα εξαρτήματα ομαδοποιούνται σε οικογένειες και οι μηχανές ομαδοποιούνται βάσει των οικογενειών εξαρτημάτων.
3. Το τρίτο βήμα είναι η εφαρμογή της κυψελοειδούς παραγωγής. Ο σχηματισμός κυττάρων/κυψελών εξαρτάται από την τεχνολογία ομάδων και την οικογένεια εξαρτημάτων VSM μαζί με την επιτυχή εφαρμογή του συστήματος U-line και της παραγωγής ροής. Επιπλέον, το σύστημα U-line βελτιστοποιείται μέσω της εξισορρόπησης γραμμής και η ροή υλικών/πληροφοριών εξορθολογίζεται μέσω της ροής παραγωγής. Η επιτυχής εφαρμογή του Flow Manufacturing εξαρτάται από το SMED και τη μείωση του μεγέθους των παρτίδων που εξορθολογίζουν τα RM, FG και WIP.
4. Το τέταρτο βήμα είναι η εφαρμογή του One-Piece Flow Pull System (Σύστημα Έλξης ενός Τεμαχίου), το οποίο εξαρτάται από όλα τα παραπάνω στοιχεία.

5. Το πέμπτο βήμα είναι ο ποιοτικός έλεγχος στην πηγή, ο οποίος εξαρτάται από την εφαρμογή των συστημάτων False-Proofing και Αυτονομία.
6. Το έκτο βήμα είναι η εφαρμογή του συστήματος Kanban για την ενεργοποίηση της παραγωγής.
7. Το έβδομο βήμα είναι η εφαρμογή του κάθε στοιχείου, που εξαρτάται από την επιτυχή εφαρμογή όλων των προαναφερθέντων βημάτων.
8. Το όγδοο βήμα είναι η ταυτόχρονη τυποποίηση και η συνεχής βελτίωση.

Τέλος, θα πρέπει να εφαρμοστεί η έννοια της EPEI (Every Part, Every Interval) για την ικανοποίηση κάθε πελάτη σε κάθε χρονικό διάστημα και ο διαχωρισμός του μεγάλου όγκου της παραγωγής, σε μικρότερες παρτίδες, ανά συντομότερα χρονικά διαστήματα. Προκειμένου να διατηρηθεί στην ανταγωνιστική αγορά, το όγδοο βήμα θα πρέπει να επαναληφθεί.

### **3.5 Σύνοψη και συζήτηση**

Κάθε οργανισμός ενσωματώνει και αντιδρά διαφορετικά στην υιοθέτηση των στοιχείων της λιτής παραγωγής, οπότε αναδεικνύεται η ανάγκη για συζήτηση γύρω από τη διαδικασία υλοποίησης του συστήματος. Στην πράξη, οι εταιρίες εστιάζουν σε λίγες μόνο πτυχές των λιτών στοιχείων, όπως η κυψελοειδής παραγωγή, το σύστημα έλξης, η ισοπέδωση της παραγωγής κ.λπ., ώστε να πετύχει το σύστημα που εφαρμόζεται. Στην πραγματικότητα, η μακροχρόνια επιτυχία στο ανταγωνιστικό επιχειρηματικό περιβάλλον εξαρτάται από την απομάκρυνση ζοφερών ζητημάτων όπως η έλλειψη κατεύθυνσης, η έλλειψη σχεδιασμού, η έλλειψη αλληλουχίας και των παραγόντων αλληλεξάρτησης των λιτών στοιχείων. Για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα, τα επιμέρους στοιχεία της λιτότητας εφαρμόζονται διαδοχικά σύμφωνα με τους αντίστοιχους αλληλένδετους παράγοντες με κατάλληλο σχέδιο. Πορίσματα από έρευνες προτείνουν το Χάρτη της Λιτότητας (Lean Roadmap), ο οποίος δίνει λεπτομερή κατευθυντήρια γραμμή για την υλοποίηση του συστήματος κατασκευαστικής λιτότητας. Η προτεινόμενη δομή μειώνει τη διάρκεια υλοποίησης και την απόκλιση του συστήματος παραγωγής.

### **3.6 Ανασκόπηση της εφαρμογής του Lean**

Ο σημερινός κόσμος χαρακτηρίζεται από μια υπερφόρτωση πληροφοριών, κατάσταση που προκαλεί σύγχυση σε πολλούς, αυτό που οι Ιάπωνες αποκαλούν «Muri», οδηγώντας στην επιθυμία για απλοποίηση και μερικές φορές, ακόμη και για υπέρ-απλούστευση, προκειμένου να προσπεραστεί η πολυπλοκότητα και να διευκολυνθεί η επικοινωνία. Η κατάσταση αυτή δυσχεραίνεται, αντί να βελτιώνεται όταν υπεισέρχεται η συμβουλευτική επιχειρήσεων: Λόγω των υψηλών ημερήσιων τιμών των συμβούλων, τα χρονικά περιθώρια που τους δίνονται για να εξηγήσουν -π.χ. στη διοικητική ομάδα μιας εταιρείας - είναι συνήθως σύντομα, οπότε αναγκάζονται να επιμείνουν στα ουσιώδη, ιδίως εάν το θέμα έχει μεγαλύτερο βαθμό πολυπλοκότητας. Τα αποτελέσματα είναι απλές παρουσιάσεις, συνήθως με ένα ελκυστικό βασικό μήνυμα, εύκολο στην απομνημόνευση. Τέτοιες παρουσιάσεις είναι σχεδιασμένες ώστε να είναι άμεσα κατανοητές και για μη ειδικούς, σε μια γλώσσα οικεία στο ακροατήριο. Αυτός ο προσανατολισμένος προς το σύμβουλο και τη διοίκηση τρόπος επικοινωνίας ενέχει τον εγγενή κίνδυνο υπέρ-απλούστευσης των εννοιών με αποτέλεσμα να μην περνάει το πραγματικό κεντρικό μήνυμα, αλλά ένα εξιδανικευμένο και διαστρεβλωμένο μήνυμα της κατάστασης. Μπορεί μεν, η απλοποίηση να έχει την ευχάριστη, αλλά επικίνδυνη παρενέργεια να παραμείνει

επιδερμική, χωρίς να μελετάται το ζήτημα σε βάθος, κατά συνέπεια όμως, δεν καταγράφεται η πραγματική πολυπλοκότητα του προβλήματος ή του συστήματος.

Εάν σήμερα είναι διαδεδομένες, όχι στην πραγματικότητα λανθασμένες, αλλά διαστρεβλωμένες ιδέες για το Lean, οι σύμβουλοι και οι εκπαιδευτές φέρουν σημαντική ευθύνη. Το να γίνεται λόγος για «Muda» είναι ευκολότερο από ότι για *Single Piece Flow (SPF)*, *Mixed Product Cell (MPC)*, ή *Multi Cell Production (MCP)*, αφού η σπατάλη είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εξοικονόμηση κόστους, για την οποία κερδίζει κανείς αμέσως την προσοχή των δυτικών διευθυντών [38].

### 3.7 Διαστρεβλωμένες Απόψεις για το Lean - Προέλευση

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το Lean ταυτίζεται συχνά με το Muda και το Kaizen. Αυτή η ακραία απλούστευση θεωρεί τους ελεγκτές ως αδαείς και επιτρέπει στους εισηγητές να είναι επιφανειακοί, κρύβοντας μερικές φορές τη δική τους έλλειψη γνώσεων για το Lean. Ορισμένα θέματα είναι στην πραγματικότητα πολύπλοκα και η τέχνη είναι να εξηγηθεί η πολυπλοκότητα, ανάγοντας την σε ουσιώδη, χωρίς να γίνεται τετριμμένη και να χάνει όλες τις κύριες πτυχές. Σίγουρα, η ταύτιση του Lean με τη Muda και το Kaizen είναι υπερβολικά απλή και δεν αντικατοπτρίζει τις διαφορετικές έννοιες και τεχνικές στις οποίες βασίζεται το TPS για τη λειτουργία ενός πολύπλοκου συστήματος παραγωγής προϊόντων και γιατί η "εργαλειοθήκη" είναι απαραίτητη στο σύνολό της. Το TPS οικοδομήθηκε επί πολλές δεκαετίες για να φτάσει στη σημερινή κατάσταση της τελειότητας, αποτελώντας φωτεινό παράδειγμα για το πώς μπορεί να εφαρμοστεί και να λειτουργήσει ένα αποτελεσματικό σύστημα παραγωγής αυτοκινήτων. Αναπτύχθηκε οργανικά, επιτυγχάνοντας βήμα προς βήμα την τελειότητα σε κύκλους αυτοεκπαίδευσης. Η ιδιαίτερη ιαπωνική νοοτροπία μπορεί να ευνόησε τη σύλληψη αυτής της ενδυναμωτικής θεωρίας παραγωγής, πρέπει όμως να επισημανθεί ότι ολόκληρο το σύστημα αναπτύχθηκε με βάση τον τύπο συναρμολόγησης της παραγωγής, όπως αντιπροσωπεύεται από τις γραμμές μεταφοράς συναρμολόγησης της αυτοκινητοβιομηχανίας. Ωστόσο, μπορεί να εφαρμοστεί σε άλλους τύπους βιομηχανιών παραγωγής που συνήθως συνοδεύονται από μια επανερμηνεία της εφαρμογής του μοντέλου.

Όταν οι Αμερικανοί καθηγητές Womack και Jones μελέτησαν το TPS στα τέλη της δεκαετίας του 1980 για να διερευνήσουν τους λόγους που η αμερικανική αυτοκινητοβιομηχανία είχε χειρότερες επιδόσεις από την ιαπωνική [1], ανέπτυξαν και παρείχαν αργότερα μια προσέγγιση για τη βελτίωση των σημερινών δυτικών μεθόδων παραγωγής, την οποία βάφτισαν Lean [39]. Η ονομασία "Toyota way" στην Αμερική δεν θα είχε βέλτιστο αποτέλεσμα από άποψη μάρκετινγκ. Η προσέγγισή τους για τη βελτίωση της αμερικανικής βιομηχανίας δεν βασιζόταν στην οργανική βελτίωση, όπως εφαρμόστηκε από την Toyota, αλλά βασιζόταν σε μια επαναστατική προσέγγιση μέσω μιας προσέγγισης αλλαγής "παρούσα κατάσταση-μελλοντική κατάσταση-σχέδιο δράσης", όπου αυτό δεν αντιστοιχεί στο Kaizen (βελτίωση με μικρά βήματα), αλλά στο Kaikaku (βελτίωση με μεγάλα βήματα). Πράγματι, η αμερικανική ερμηνεία του TPS για το Lean έχει σχεδιαστεί για να καλύψει τη διαφορά του δυτικού κόσμου και, ως εκ τούτου, είναι διττή:

- Lean Transformation, όσον αφορά στον τρόπο γρήγορης και αποτελεσματικής αλλαγής
- Φιλοσοφία του Lean, σχετικά με το τι πρέπει να αλλάξει και σε τι πρέπει να στοχεύσει.



**Σχήμα 3.1:** Toyota Way Philosophy

### 3.8 Λιτός Μετασχηματισμός (Lean Transformation)

Όσον αφορά στο κομμάτι της ριζικής αλλαγής ενός υφιστάμενου συστήματος παραγωγής στο πρότυπο που ορίζει η Toyota, ο μετασχηματισμός όπως έχει αναπτυχθεί από το Lean Enterprise Institute του Womack (LEI), ακολουθεί την εξής προσέγγιση:

- Προσδιορισμός της ροής αξίας
- Εμφάνιση της ροής αξίας και εξάλειψη της σπατάλης
- Μετασχηματισμός της ροής αξίας με την εφαρμογή της ροής στην έλξη του πελάτη
- Ενδυνάμωση των ανθρώπων
- Αναζήτηση της τελειότητας

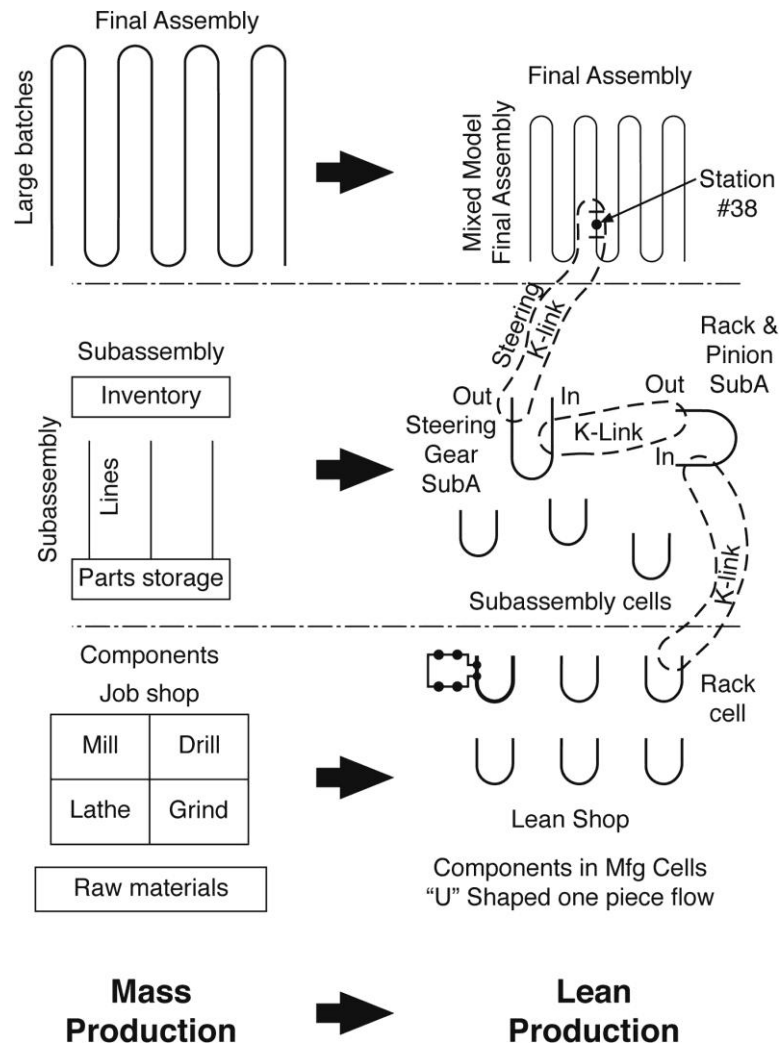
Τα δύο πρώτα βήματα της προσέγγισης μετασχηματισμού LEI είναι εφαρμόσιμα σε κάθε βιομηχανία ή επιχείρηση παροχής υπηρεσιών και δραστηριότητα βασισμένη σε συναλλαγές. Το Lean VSM είναι μια πολύ αποτελεσματική προσέγγιση. Ωστόσο, για να μετατραπεί σε σύστημα παραγωγής έλξης από ώθησης (push to pull) σε ορισμένες μη-συναρμολογητικές βιομηχανίες μπορεί να είναι δύσκολη διαδικασία, ενώ στις βιομηχανίες παροχής υπηρεσιών, ακόμη και να καταστεί αδύνατη, ενώ το 5S μπορεί να εφαρμοστεί παντού [40]. Ως εκ τούτου, το Lean περιορίζεται συχνά στη μείωση των αποβλήτων (Muda) με Gemba και τη συνεχή βελτίωση (CI-Kaizen), δηλαδή την προσπάθεια για τελειότητα και αυτό συχνά όχι με τον αρχικό επαναλαμβανόμενο κύκλο PDCA, αλλά με το Lean Six Sigma DMAIC (γίνεται εκτενέστερη αναφορά παρακάτω). Ωστόσο, το LSS DMAIC δεν επιφέρει καμία αλλαγή στάσης σε ένα τμήμα παραγωγής, πόσο μάλλον σε μια εταιρεία.

Η έννοια της εξάλειψης της σπατάλης (δηλαδή της μεταφοράς, της απογραφής, της αναμονής, της υπερπαραγωγής, των απορριμμάτων, κοκ.) δεν είναι μεν λανθασμένη και είναι εύκολα κατανοητή από όλους, αλλά δεν εξετάζει τη συνολική κατάσταση, δηλαδή πώς να βελτιωθεί ένα σύστημα παραγωγής που υπολειτουργεί. Ενώ στην

αυτοκινητοβιομηχανία οι γραμμές μεταφοράς SPF (Single-Piece-Flow) υψηλών επιδόσεων είναι το πρότυπο - ο απώτερος στόχος για την επίτευξη ταχείας και υψηλής απόδοσης - οι παραδοσιακές βιομηχανίες εξακολουθούν να παλεύουν με την χαμηλών επιδόσεων μορφή παραγωγής "παρτίδα και ουρά" (αυτό τουλάχιστον συμβαίνει επί του παρόντος σε πολλές ελβετικές εταιρείες, οι οποίες, λόγω της απουσίας αυτοκινητοβιομηχανίας, στερούνται αυτής της κουλτούρας) [38]. Επομένως, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι σύμβουλοι επικεντρώνονται στην άσκηση μείωσης της σπατάλης με βάση τους περιπάτους Gemba - αλλά αυτό δεν είναι Lean με την αρχική ολοκληρωμένη έννοια του TPS - ο περίπατος Gemba είναι μόνο μια βοηθητική τεχνική για τη μείωση της Muda. Ο όρος «Gemba», προέρχεται από τα ιαπωνικά και σημαίνει ως «το πραγματικό μέρος», δηλαδή εκεί που λαμβάνει χώρα η εργασία. Η σημασία που του αποδίδεται αφορά στο κυριότερο μέρος, που βρίσκεται και εργάζεται μια ομάδα, οπότε ο περίπατος Gemba, καθαυτός αφορά στην επιτήρηση του χώρου από τα ανώτερα στρώματα της διοίκησης και προσφέρει μια ευκαιρία για επαφή ιδίως όμασι, ώστε να αποκτήσουν μια εποπτική εικόνα για τις διαδικασίες. Συνήθως ακολουθεί ένα μοτίβο ελέγχου, να εποπτεύονται περισσότερο οι διαδικασίες από τα άτομα και να καταγράφονται τυχόν παρατηρήσεις για παραπάνω βελτίωση του συστήματος.

### **3.9 Σχεδιαστικοί Κανόνες για επιτυχή υλοποίηση της κατασκευαστικής λιτότητας**

Οι λεπτομέρειες του TPS έχουν τεκμηριωθεί επαρκώς από μερικούς από τους πρώτους ερευνητές του συστήματος (Hall 1982, 1983, Schonberger 1982, Shingo 1985). Αυτοί περιέγραψαν τον τρόπο με τον οποίο η Toyota άλλαξε τις γραμμές τελικής συναρμολόγησης, σε μια γραμμή τελικής συναρμολόγησης μικτού μοντέλου για να ισοπεδώσει τη ζήτηση στους προμηθευτές της, πώς μετέτρεψε τις γραμμικές γραμμές υπό-συναρμολόγησης σε κύτταρα υπό-συναρμολόγησης σχήματος U (Sekine 1990) και τον τρόπο που επανασχεδίασε το εργοστάσιο (job-shop) σε κύτταρα παραγωγής (Schonberger 1986, Black 1983). Η τελική συναρμολόγηση λειτουργεί με χρόνους takt και τα κελιά εξισορροπούνται ώστε να παράγουν μόνο την ημερήσια ζήτηση. Ο σχεδιασμός του συστήματος, που ονομάζεται linked-cell (L-CMS) από τον Black (Black 1988), έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί στη βάση του "make one, check one and move one on" (MO-CO-MOO) [11] [41] [42].



**Σχήμα 3.2:** Linked Cell Manufacturing System

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος λιτής παραγωγής μπορεί να βασίζεται σε αξιωματικούς κανόνες σχεδιασμού (Suh 1990) [43] [44]. Αυτοί οι κανόνες είναι λειτουργικοί στην πραγματικότητα, αλλά δεν εξάγονται προκύπτουν παρατηρώντας τη λειτουργία του συστήματος. Παρακάτω φαίνονται τέσσερεις αξιωματικοί κανόνες για την κατασκευή του συστήματος και την κατανόηση της λειτουργίας του. Με ποιον τρόπο δηλαδή, η κατασκευαστική μονάδα της μαζικής παραγωγής που παράγει μεγάλους όγκους παρτίδων με μικρό μοναδιαίο κόστος, μπορεί να αναδιαμορφωθεί σε σύστημα ροής ενός τεμαχίου, βάσει ορισμένων κανόνων κατασκευαστικής λιτότητας.

$TT = \frac{\text{Hrs available in day}}{DD} \text{ where } DD = \frac{\text{Number of cars per month}}{\text{Number of days in month}}$ <p>Note: PR = Production rate for final assembly = 1/TT  <math>MT_{ij} &lt; NCT</math> where <math>NCT \cong TT (1 - \text{allowance})</math>  MO-CO-MOO for single-piece flow  <math display="block">K = \frac{DD \times L + SS}{a} \text{ (operational form of Little's Law)}</math></p>
---

**Σχήμα 3.3:** Αξιωματικοί κανόνες για το σχεδιασμό ενός L-CMS

1. Ο πρώτος κανόνας σχεδιασμού εφαρμόζεται στη γραμμή τελικής συναρμολόγησης (final assembly-FA), η οποία έχει ένα χρόνο takt (TT), που καθορίζεται με βάση την ημερήσια ζήτηση για τα προϊόντα που παράγονται στο εργοστάσιο. Η ημερήσια ζήτηση (DD) βασίζεται στη μηνιαία ζήτηση, που προκύπτει με τη σειρά της από την ετήσια ζήτηση (πωλήσεις και προβλέψεις). Η ισοσκελισμένη ημερήσια ζήτηση επιτρέπει σε όλα τα στοιχεία παραγωγής εξαρτημάτων να παράγουν την ίδια ποσότητα κάθε μέρα σε οποιοδήποτε μείγμα απαιτεί ο επόμενος πελάτης.
2. Ο δεύτερος κανόνας σχεδιασμού είναι ότι όλα τα στοιχεία παραγωγής αγαθών του συστήματος λειτουργούν σε βάση MO-CO-MOO, όπως η τελική συναρμολόγηση. Αυτό ονομάζεται επίσης ροή ενός τεμαχίου (Sekine 1990, Shingo 1989). Όλες οι επιμέρους υποσυναρμολογήσεις και η κατασκευή όλων των εξαρτημάτων εκτελούνται σε βάση MO-CO-MOO, όπως η τελική συναρμολόγηση. Πολλές από τις γραμμές υποσυναρμολόγησης λειτουργούν σε συγχρονισμό με την τελική συναρμολόγηση, ώστε να συνδέονται άμεσα με τη γραμμή τελικής συναρμολόγησης. Επειδή οι κυψέλες παραγωγής περιέχουν εργαλεία κατεργασίας (κατεργασία, διαμόρφωση, χύτευση, σφυρηλάτηση, κ.λπ.), απαιτείται ένας πρόσθετος κανόνας. Οι μηχανές είναι αυτόματες, ενός κύκλου, ικανές να ολοκληρώνουν έναν κύκλο επεξεργασίας χωρίς επιτήρηση, μόλις ξεκινήσουν από το χειριστή.
3. Ο σχεδιασμός των κυψελών παραγωγής βασίζεται σε έναν τρίτο κανόνα σχεδιασμού, σύμφωνα με τον οποίο ο χρόνος κατεργασίας ή επεξεργασίας για οποιοδήποτε τεμάχιο σε οποιαδήποτε μηχανή της κυψέλης είναι μικρότερος από τον απαραίτητο χρόνο κύκλου (NCT) (Black 1991). Ο NCT βασίζεται στο χρόνο takt, ο οποίος είναι ελαφρώς μικρότερος ώστε να παρέχεται ένα περιθώριο ασφαλείας για τους προμηθευτές στην τελική συναρμολόγηση.
4. Ο τέταρτος κανόνας σχεδιασμού αφορά στο σύστημα παραγωγής και ελέγχου αποθεμάτων, ένα σύστημα έλξης γνωστό ως Kanban [45] [46] [10]. Τα κατασκευαστικά εξαρτήματα συνδέονται με την τελική συναρμολόγηση με συνδέσμους Kanban, οι οποίοι αποσύρουν υλικό από τα κελιά των προμηθευτών υποσυγκροτημάτων και εξαρτημάτων ανάλογα με τις ανάγκες της τελικής συναρμολόγησης και δίνουν αυτόματα εντολές παραγωγής σε όλους τους προμηθευτές. Αυτός ο κανόνας διέπει το μέγιστο απόθεμα σε κάθε σύνδεσμο. Το μέγιστο απόθεμα είναι ίσο με το DD επί τον χρόνο παράδοσης συν ένα απόθεμα ασφαλείας. Ο χρόνος παράδοσης λαμβάνει υπόψη όλο το χρόνο μεταφοράς, το χρόνο καθυστέρησης, το χρόνο επεξεργασίας, κ.λπ. στους συνδέσμους που συνδέουν τα υποσυστήματα και την κατασκευή εξαρτημάτων με την τελική συναρμολόγηση. Ο κανόνας αυτός είναι μια λειτουργική εκδοχή του γνωστού νόμου του Little (Hopp and Spearman 2001).

Χρησιμοποιώντας αυτούς τους κανόνες σχεδιασμού, μπορεί να σχεδιαστεί και στη συνέχεια να υλοποιηθεί ένα σύστημα κατασκευής συνδεδεμένων κυψελών. Φυσικά, η λειτουργία πρέπει να εξακολουθήσει να γίνεται από ανθρώπους που χρησιμοποιούν αυτονομία, όπου αυτό έχει νόημα για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του συστήματος σε ποιότητα (τέλεια) και ποσότητα (όχι υπερπαραγωγή) [42]. Το αποτέλεσμα αυτών των κανόνων σχεδιασμού είναι ένα στιβαρό σύστημα απλό στη λειτουργία - επομένως όλοι όσοι εργάζονται σε αυτό κατανοούν πώς λειτουργεί - αλλά μπορεί να παράγει σύνθετα προϊόντα χαμηλού κόστους και ανώτερης ποιότητας με την ελάχιστη δυνατή καθημερινή πληροφόρηση.



## **Ορισμός συστημάτων παραγωγής**

Το σύστημα παραγωγής είναι η καρδιά που χτυπάει σε κάθε εταιρεία παραγωγής. Ορίζεται ως μια σύνθετη διάταξη φυσικών στοιχείων που τα διέπουν μετρήσιμες παράμετροι [11]. Τα φυσικά στοιχεία είναι οι εργαλειομηχανές, τα εργαλεία (εργαλειοθήκες), ο εξοπλισμός χειρισμού υλικών και (το κυριότερο) οι άνθρωποι. Οι άνθρωποι που εργάζονται στο σύστημα παραγωγής είναι οι "εσωτερικοί πελάτες" και το σύστημα πρέπει να σχεδιάζεται για να ικανοποιεί τις ανάγκες τους. Παράλληλα, το σύστημα παραγωγής πρέπει να παράγει προϊόντα που να ικανοποιούν τους ανάγκες των "εξωτερικών πελατών". Από την άποψη του Σχεδιασμού του Συστήματος Παραγωγής (Manufacturing System Design), αυτή είναι μια έννοια-κλειδί, δηλαδή, το σύστημα παραγωγής σχεδιάζεται για να ικανοποιεί τις ανάγκες τόσο των εσωτερικών όσο και των εξωτερικών πελατών. Η πολύπλοκη διάταξη γίνεται απλή στη λειτουργία και κατανοητή, ενώ ικανοποιεί τις ανάγκες αυτών των δύο πελατών. Διαφορετικοί σχεδιασμοί συστημάτων οδηγούν σε διαφορετικά επίπεδα μετρήσιμων παραμέτρων. Ο χρόνος είναι πιθανώς μία από τις πιο κρίσιμες μετρήσιμες παραμέτρους για την αξιολόγηση απόδοσης της παραγωγής. Με τη συστηματική μείωση του χρόνου διέλευσης (Throughput Time) και της απόκλισής του, οι εταιρείες μπορούν να επιτύχουν καθεστώς παγκόσμιας κλάσης. Στο πλαίσιο της λιτής παραγωγής, ο χρόνος (throughput) κατασκευής μειώνεται με τη συστηματική και σταδιακή αφαίρεση των αποθεμάτων, η οποία απαιτεί τη συνεχή αλλαγή του MSD. Το απόθεμα διατηρείται μεταξύ των κυττάρων παραγωγής στο σύστημα και ελέγχεται από τους εσωτερικούς πελάτες (χρήστες του αποθέματος) από το σύστημα Kanban της παραγωγής ελέγχου. Τυποποιείται, ελέγχεται και ελαχιστοποιείται κάθε φορά, ενώ παρέχονται επίσης πληροφορίες για τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας και των προμηθευτών, υποδεικνύοντας τι να κατασκευάσουν, πότε, και με ποια ποσότητα σε καθημερινή βάση. Εντός των κυττάρων παραγωγής, το υλικό αναφέρεται ως απόθεμα στο χέρι (Stock-On-Hand) και δεν θεωρείται απόθεμα, αλλά αποτελεί μέρος της "τυποποιημένης εργασίας".

## **Ο σχεδιασμός του συστήματος παραγωγής της Toyota (TPS)**

Πρώτον, στη λιτή παραγωγή, η τελική συναρμολόγηση μετατρέπεται σε μικτό μοντέλο, έτσι ώστε η ζήτηση για υποσυστήματα και εξαρτήματα από τους προμηθευτές να είναι η ίδια κάθε μέρα. Αυτό ονομάζεται ισοπέδωση ή εξομάλυνση της παραγωγής (streamlining). Δεύτερον, οι γραμμές υπό-συναρμολόγησης μετατρέπονται σε κυψέλες σχήματος U, εξαλείφοντας συχνά τις γραμμές μεταφοράς. Τρίτον, το εργαστήριο εργασίας μετατρέπεται σε κελιά σχήματος U. Τα κελιά λειτουργούν με βάση τη ροή ενός τεμαχίου, όπως η τελική συναρμολόγηση. Τα κελιά υποσυναρμολόγησης και κατασκευής συνδέονται με την τελική συναρμολόγηση μέσω Kanban για να σχηματίσουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα ελέγχου αποθεμάτων και παραγωγής. Με την απλοποίηση του σχεδιασμού, το σύστημα μπορεί να ελεγχθεί με ένα απλό σύστημα παραγωγής/αποθέματος, καθώς το πιο σημαντικό είναι ότι το σύστημα λιτότητας διαθέτει ολοκληρωμένες λειτουργίες ελέγχου. Για τον έλεγχο της ποιότητας, τον έλεγχο των αποθεμάτων, τον έλεγχο της παραγωγής και την αξιοπιστία των εργαλειομηχανών, οι λειτουργίες είναι ενσωματωμένες στο σύστημα παραγωγής και εκτελούνται σχεδόν αυτόματα [13]. Αυτή η λειτουργική ενσωμάτωση είναι αρκετά διαφορετική από το να βάλει κάποιος τον υπολογιστή σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) να μιλήσει με τους υπολογιστές παραγωγής με τη βοήθεια υπολογιστή (CAM).

Το λιτό σύστημα έχει σχεδιαστεί για να παράγει προϊόντα ανώτερης ποιότητας. Η Toyota πίστευε στον ολικό ποιοτικό έλεγχο σε ολόκληρη την εταιρεία και ως εκ τούτου τον δίδαξε

σε όλους, από τον πρόεδρο μέχρι κάθε εργαζόμενο στην παραγωγή. Κατάφεραν να μετατραπούν από μια εταιρεία που κατασκεύαζε σκουπίδια σε μια εταιρεία που προσφέρει στους πελάτες προϊόντα υψηλής αξιοπιστίας. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω του επανασχεδιασμού του συστήματος παραγωγής σε μια μεθοδολογία ροής ενός τεμαχίου, όπου κάθε εξάρτημα και κάθε συναρμολόγηση ελέγχεται μετά από κάθε στάδιο επεξεργασίας.

Η μείωση της διακύμανσης είναι το κλειδί για τη συνεχή βελτίωση [47] και την εξάλειψη της σπατάλης μέσω της αποδοτικής χρήσης του χώρου, των ανθρώπων, των εργαλειομηχανών και των στοιχείων διακίνησης υλικών. Τα είδη της διακύμανσης που εξετάζονται περιλαμβάνουν τη διακύμανση της ποιότητας (ελαττώματα/εκατομμύριο), τη διακύμανση της παραγωγής (τεμάχια/ημέρα), τη διακύμανση του χρόνου διεργασίας (ώρες/τεμάχιο) και τη διακύμανση του κόστους (\$/τεμάχιο) [48] [49]. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί για μοναδικότητα και δημιουργικότητα. Οι μηχανικοί και οι εργαζόμενοι είναι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη, αλλά και τη βελτίωση των διεργασιών, τη μείωση στις αστοχίες του εξοπλισμού, στους χρόνους αλλαγής/εγκατάστασης και τη συνεχή βελτίωση του σχεδιασμού του χώρου εργασίας (βελτίωση μεθόδων). Πιο σημαντικό, η τοποθέτηση των διεργασιών στα κελιά κατασκευής και συναρμολόγησης που απαιτεί μοναδικές λύσεις επεξεργασίας ώστε οι χρόνοι επεξεργασίας να είναι πολύ κάτω από το χρόνο Takt. Πολλές από αυτές τις διαδικασίες αποτελούν καλά φυλασσόμενα εταιρικά μυστικά. Το αποτέλεσμα είναι ένα σχέδιο συστήματος παραγωγής που παράγει με χαμηλό κόστος (υψηλή αποδοτικότητα) και ανώτερη ποιότητα (χωρίς ελαττώματα) σε σχέση με ένα ευέλικτο σύστημα. Ο νέος σχεδιασμός λειτουργεί με τρόπους που το παλιό σύστημα "μαζικής παραγωγής" δεν μπορούσε. Το χαρακτηριστικό της ευελιξίας σημαίνει πραγματικά ότι το σύστημα μπορεί εύκολα να αλλάξει για να προσαρμοστεί (όγκος και μίγμα) και ότι οι αλλαγές στο σχεδιασμό του προϊόντος (νέα προϊόντα ή αλλαγές στο υπάρχον προϊόν) εφαρμόζονται εύκολα. Για να επιτευχθεί η ευελιξία, τα λιτά κελιά πρέπει να έχουν σημαντικά μειωμένους χρόνους εγκατάστασης, όπως ακριβώς συμβαίνει στα συνεργεία αμαξωμάτων, όπου τεράστια σετ μήτρας ανταλλάσσονται σε λιγότερο από 10 λεπτά [12].

### **Προκαταρκτικά βήματα για την εφαρμογή της λιτής παραγωγής**

Η ενσωμάτωση των λειτουργιών στο σύστημα παραγωγής απαιτεί δέσμευση από την ανώτατη διοίκηση και επικοινωνία με όλους, ιδίως με την παραγωγή. Η συνολική συμμετοχή των εργαζομένων (και των συνδικάτων) είναι απολύτως απαραίτητη, αλλά συνήθως δεν είναι η ηγεσία του συνδικάτου ή οι εργαζόμενοι στην παραγωγή που εγείρουν εμπόδια στη λιτή παραγωγή. Πιθανότατα, είναι οι άνθρωποι της μεσαίας διοίκησης που έχουν να χάσουν τα περισσότερα από τις αλλαγές σε επίπεδο συστήματος, καθώς οι λειτουργίες της εργασίας τους ενσωματώνονται στο σύστημα παραγωγής.

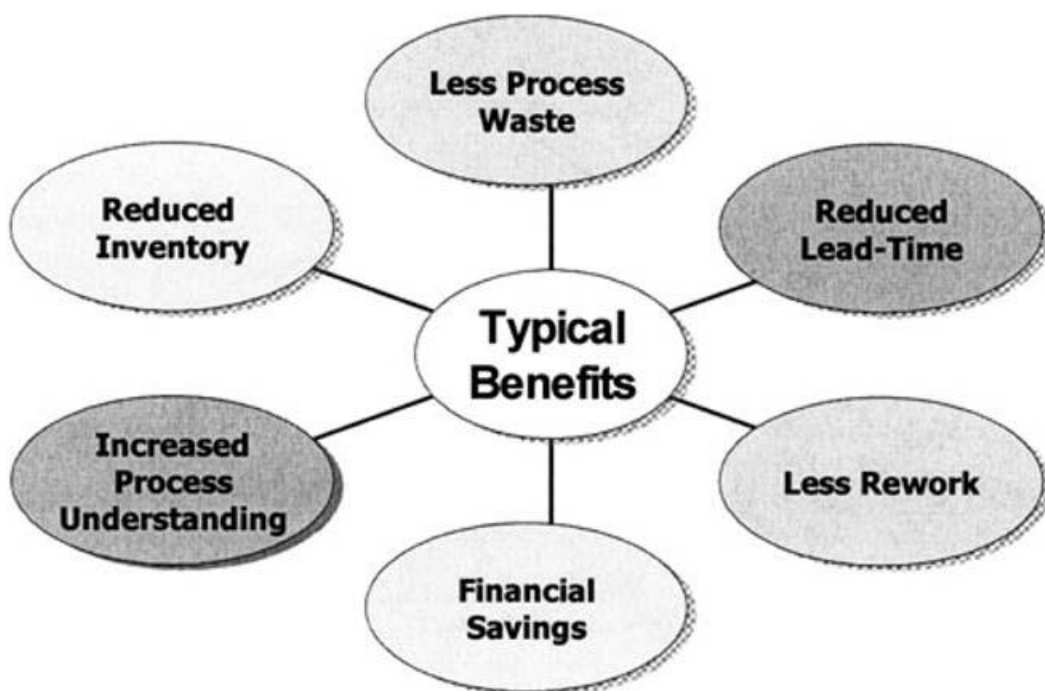
Τα προκαταρκτικά βήματα έχουν ως εξής:

1. Όλα τα επίπεδα του εργοστασίου, από τους εργάτες παραγωγής (ο εσωτερικός πελάτης) μέχρι τον πρόεδρο, πρέπει να εκπαιδεύονται στη φιλοσοφία και τις έννοιες της λιτής παραγωγής και να κατανοήσουν πώς η λιτή παραγωγή διαφέρει από τη μαζική. Η Toyota αποκαλεί αυτά τα "συστήματα λειτουργιών διαχείρισης" που διέπουν την εταιρεία στους τομείς του κόστους, της ποιότητας, της τεχνολογίας, των προτύπων, των ανθρώπων και της πληροφόρησης [50].
2. Η δέσμευση και η συμμετοχή από πάνω προς τα κάτω είναι κρίσιμη. Ολόκληρη η εταιρεία πρέπει να συμμετέχει στη διαδικασία. Οι κορυφαίοι πρέπει να είναι απόλυτα αφοσιωμένοι στην αλλαγή, να δίνουν το παράδειγμα όντες ενεργοί ηγέτες και στην πραγματικότητα, πρωτεργάτες του συστήματος.

3. Η ανώτατη διοίκηση πρέπει να κατανοήσει ότι ο λιτός σχεδιασμός θα οδηγήσει σε οικονομικές αποφάσεις αντίθετες με τις τρέχουσες πρακτικές λογιστικής διαχείρισης που οδήγησαν στη μαζική παραγωγή στον οργανισμό τους.
4. Η επιλογή μετρήσιμων παραμέτρων που θα συμβαδίζουν με την αλλαγή είναι κρίσιμη. Όλοι στο εργοστάσιο πρέπει να κατανοήσουν ότι το κόστος και όχι η τιμή καθορίζει τα κέρδη, ενώ ταυτόχρονα να δεσμευτούν για την εξάλειψη της σπατάλης καθώς τίθενται σε εφαρμογή αυτά τα βήματα.
5. Ο εσωτερικός πελάτης πρέπει να εκπαιδευτεί να εντοπίζει τη σπατάλη και να επινοεί τρόπους απαλλαγής από αυτήν και να το κάνει αυτό αδιάκοπα. Για το σκοπό αυτό, η εκπαίδευση και η κατάρτιση των χειριστών είναι ζωτικής σημασίας. Οι χειριστές πρέπει να κατανοήσουν γιατί είναι απαραίτητη η αλλαγή και πώς να την υιοθετήσουν. Χρειάζεται να εξουσιοδοτηθούν παραπάνω σχετικά με το σχεδιασμό του κυττάρου και στη συνέχεια, να εφαρμόσουν τον έλεγχο ποιότητας, τη συντήρηση των εργαλειομηχανών, τον έλεγχο της παραγωγής, τον έλεγχο των αποθεμάτων, τις βελτιώσεις της διαδικασίας και τη μείωση του χρόνου ρύθμισης, ενώ αργότερα χρειάζεται να είναι ικανοί να προβούν σε βελτιώσεις της διαδικασίας του κυττάρου.
6. Η επιτυχία θα πρέπει να κοινοποιηθεί και να επιβραβευθούν οι ομάδες που συνέβαλαν σε αυτήν με μέρος από τα κέρδη. Πολλοί οργανισμοί θεωρούν ότι οι πληρωμές μπόνους είναι ο καλύτερος τρόπος ανταμοιβής των ανθρώπων.
7. Η δομή ανταμοιβής της μεσαίας διοίκησης πρέπει να αλλάξει για να υποστηρίξει το σχεδιασμό του συστήματος.

#### **Τι οφέλη προσφέρει η εφαρμογή της λιτής παραγωγής στη βιομηχανία;**

Εύλογα γίνεται αντιληπτό από όσα έχουν προηγηθεί, ότι μια επιτυχημένη μετάβαση σε σύστημα κατασκευαστικής λιτότητας, προϋποθέτει την ολιστική μεταβολή της νοοτροπίας των οργανισμών και μάλιστα, σε όλα τα επίπεδα. Πρόκειται για διαφορετικές μεθόδους διαχείρισης και αντιμετώπισης της καθημερινότητας στην εφοδιαστική αλυσίδα, όσο και στα κέντρα λήψης αποφάσεων [51].



**Σχήμα 3.4:** Οφέλη της εφαρμογής της λιτότητας στη βιομηχανία

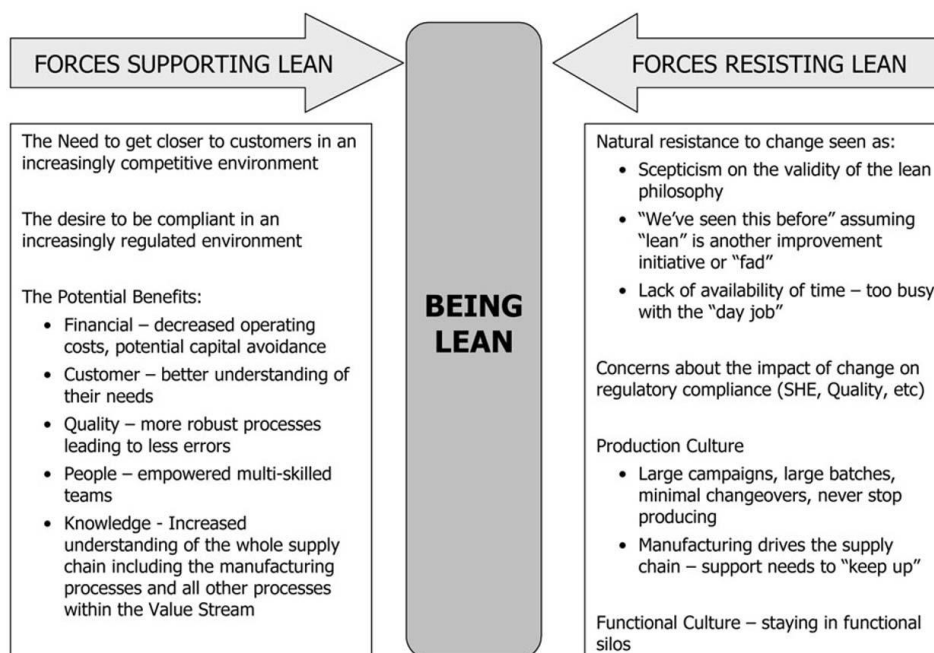
Τα οφέλη που παρατηρούνται σε βιομηχανίες, όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, είναι καλά τεκμηριωμένα και αφορούν σε:

- Μειωμένους χρόνους παράδοσης για τους πελάτες
- Μειωμένα αποθέματα για τους κατασκευαστές
- Αρτιότερη διαχείριση της γνώσης
- Πιο εύρωστες διαδικασίες (όπου σημειώνονται λιγότερα σφάλματα και επομένως, λιγότερη επανεπεξεργασία).

Η λιτότητα μπορεί να βρει εφαρμογή σε όλες τις πτυχές της αλυσίδας εφοδιασμού και η εφαρμογή της κρίνεται απαραίτητη, αν χρειάζεται να αποκομίστούν τα μέγιστα με έναν βιώσιμο τρόπο. Τα δύο κυριότερα προβλήματα με την εφαρμογή της λιτής λειτουργίας στις επιχειρηματικές διαδικασίες είναι η αντίληψη που επικρατεί γύρω από την έλλειψη εμφανών-απτών πλεονεκτημάτων και η άποψη ότι πολλές επιχειρηματικές διαδικασίες λειτουργούν ήδη αποτελεσματικά. Και οι δύο υποθέσεις μπορούν να αμφισβητηθούν [51] για τους εξής λόγους:

1. Υπάρχουν πολλά απτά οφέλη που συνοδεύουν την ενσωμάτωση λιτότητας στις επιχειρηματικές διαδικασίες. Μια λιτή επιχειρηματική διαδικασία καθίσταται ταχύτερη, π.χ. η ταχύτητα απόκρισης σε ένα αίτημα για μια επιχειρηματική διαδικασία θα είναι μεγαλύτερη, και καθώς οι περισσότερες επιχειρηματικές διαδικασίες συνδέονται με οργανωτικές αλυσίδες εφοδιασμού, τότε αυτό μπορεί να αποφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη σε μια εταιρεία.
2. Η αντίληψη ότι μια επιχειρηματική διαδικασία είναι ήδη αποτελεσματική αποτελεί πολύ συχνά μια ψευδαίσθηση. Λειτουργικά, πολλές επιχειρηματικές διαδικασίες μπορεί να φαίνονται πολύ αποτελεσματικές, ωστόσο η εφαρμογή της Λιτής Σκέψης προτείνει την επανεξέταση του συνόλου των διαδικασιών που άπτονται της εφοδιαστικής αλυσίδας, οπότε αυτό συχνά αποκαλύπτει σημεία συμφόρησης και θύλακες αναποτελεσματικότητας.

Μολονότι οι αρχές και τα εργαλεία που σχετίζονται με τη λιτή σκέψη μπορεί να φαίνονται εκ πρώτης όψεως εύκολες έννοιες για χρήση, στο πλαίσιο μιας φαινομενικά πρόθυμης βιομηχανίας, ισχύει ότι επιφέρουν τεράστια αλλαγή. Συνηθέστερα, η μεγαλύτερη δύναμη αντίστασης για τις βιομηχανίες διεργασιών είναι η τεράστια αδράνεια που πρέπει να ξεπεραστεί: η αντίσταση στην αλλαγή. Η λιτή σκέψη συνεπάγεται μια σοβαρή αμφισβήτηση του υφιστάμενου status quo και για πολλούς αυτό το επίπεδο αμφισβήτησης του "τρόπου με τον οποίο κάνουμε τα πράγματα εδώ γύρω" αποτελεί επαρκή αποτρεπτικό παράγοντα. Ειδικότερα, κατόπιν του κύματος επιχειρηματικών αλλαγών που εφαρμόστηκαν μετά από πρωτοβουλίες που φαινομενικά αποσκοπούσαν σε παρόμοιο στόχο - μεγαλύτερη επιχειρηματική αποτελεσματικότητα και συνεπώς, κέρδος. Ωστόσο, αποδεικνύεται πως οι δυνάμεις που υποστηρίζουν την εφαρμογή του lean είναι μεγαλύτερες από οποιεσδήποτε προκλήσεις για κάθε επιχείρηση που επιθυμεί πραγματικά να γίνει λιτή.



**Σχήμα 3.5:** Οφέλη από την εφαρμογή της λιτότητας

Το Lean Thinking που αναφέρεται επανειλημμένα, ουσιαστικά αφορά στον πελάτη και τον τρόπο που ορίζει την αξία. Ως εκ τούτου, καθώς μια παραγωγική διαδικασία αποτελεί το μέσο για την παράδοση της αξίας (προϊόν) σε έναν πελάτη, οι αρχές της λιτής σκέψης θα πρέπει να εφαρμόζονται στις βιομηχανίες διεργασιών και συγκεκριμένα στις διαδικασίες παραγωγής.

Οι σπατάλες μπορούν να αφαιρεθούν από πολλά στάδια στις παραγωγικές διαδικασίες, από τον τρόπο που αναπτύσσεται το αρχικό προϊόν και ο σχεδιασμός της διαδικασίας, τον τρόπο με τον οποίο εξασφαλίζεται η συμμόρφωση, έως και τον τρόπο που σχεδιάζεται η λειτουργία μιας ολοκληρωμένης εγκατάστασης. Για την επίτευξη της λιτότητας, όλα τα στοιχεία θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους στο πλαίσιο μιας ισχυρής αλυσίδας εφοδιασμού, διασφαλίζοντας τη ροή της αξίας, πράγμα που οδηγεί σε αυτό που αποκαλείται "λιτή επιχείρηση". (LERC, 2004).

### Αξία

Ο προσδιορισμός της αξίας και ο ορισμός της αξίας για συγκεκριμένους πελάτες είναι το σημείο εκκίνησης. Δεν νοούνται βήματα προόδου, χωρίς την πρότερη κατανόηση των αναγκών του πελάτη. Η πρόκληση για τον κατασκευαστή είναι να αναπτύξει ένα προϊόν ή ένα χαρτοφυλάκιο προϊόντων με βάση τις προτάσεις αξίας για το κοινό (value propositions).

### Σπατάλη

Αρχικά, η σπατάλη μπορεί εύκολα να εντοπιστεί σε όλες τις διαδικασίες και οι έγκαιρες αλλαγές είναι ικανές δυνητικά, να αποφέρουν τεράστιες εξοικονομήσεις. Όσο οι διαδικασίες βελτιώνονται συνεχώς, η μείωση των αποβλήτων θα είναι πιο σταδιακή, καθώς η εταιρεία προσπαθεί να επιτύχει μια απαλλαγμένη από απόβλητα διαδικασία. *Η συνεχής βελτίωση βρίσκεται στον πυρήνα της lean σκέψης.*

### Ροή

Η ροή είναι ίσως ο πιο διφορούμενος όρος στο lean. Αποτελεί την έννοια που έρχεται σε πιο προφανή αντίθεση με τα συστήματα μαζικής παραγωγής- η σύγκριση ενός κομματιού

ροής σε σχέση με τις διαδικασίες παρτίδας και ουράς. Η έλλειψη ροής στις παραγωγικές διαδικασίες είναι που ευθύνεται για τις τεράστιες αποθήκες που στεγάζουν τη μάζα των αποθεμάτων που καταναλώνει το κεφάλαιο κίνησης των επιχειρήσεων. Η ροή αξίας δεν δείχνει όλες τις υποστηρικτικές δραστηριότητες, παρά μόνο τα κύρια στάδια προστιθέμενης αξίας και τις βασικές πολυλειτουργικές ομάδες που εμπλέκονται. Αφορά στις διαδικασίες, τους ανθρώπους και την κουλτούρα και είναι σκόπιμο σε αυτό το στάδιο να αναφερθεί το έργο των Goldratt και Cox (1993), οι οποίοι με το βιβλίο τους «The Goal», εισήγαγαν τη θεωρία των περιορισμών. Αυτή η θεωρία, ευθυγραμμίζεται με τη νοοτροπία της κατασκευαστικής λιτότητας, θεωρώντας έναν οργανισμό ως σύστημα που αποτελείται από πόρους, οι οποίοι συνδέονται με διαδικασίες που τελικά παράγουν ένα προϊόν έτοιμο για διάθεση. Μιλάει ουσιαστικά για μια ροή αξίας και τις κύριες αιτίες για την έλλειψη ροής-περιορισμών στο σύστημα. Οι Goldratt και Cox (1993) εισήγαγαν κάποια εξέλιξη των επιχειρησιακών κανόνων για να καθοδηγήσουν τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να λειτουργεί μια μονάδα παραγωγής με βάση τρεις μετρήσεις:

- Απόδοση: ο ρυθμός με τον οποίο το σύστημα παράγει χρήματα μέσω των πωλήσεων. Αυτό συνδέεται με τη φιλοσοφία της λιτής παραγωγής προϊόντος όταν ο πελάτης το "τραβάει" (pull system).
- Απόθεμα: όλα τα χρήματα που έχει επενδύσει το σύστημα αγοράζοντας πράγματα που σκοπεύει να πουλήσει.
- Λειτουργικά έξοδα: όλα τα χρήματα που δαπανά το σύστημα, προκειμένου να μετατρέψει το απόθεμα σε απόδοση.

Στη συνέχεια, ορίζεται ο στόχος αυτής της παραγωγικής λειτουργίας ως την αύξηση της παραγωγικής δυναμικότητας, με ταυτόχρονη μείωση των αποθεμάτων και των λειτουργικών εξόδων και ότι κάθε βελτίωση πρέπει να αμφισβητείται, βάσει ορισμένων κριτηρίων:

- Θα πωληθούν περισσότερα προϊόντα; (Μήπως αυξήθηκε η απόδοση;)
- Μειώθηκε η ποσότητα των πρώτων υλών ή των υπερωριών;  
(Μειώθηκαν οι λειτουργικές δαπάνες;)
- Μειώθηκαν τα αποθέματα του εργοστασίου;

### **Διαχείριση της γνώσης**

Η γνώση που περιέχεται στα συστήματα και, το σημαντικότερο, στους ανθρώπους ενός οργανισμού, είναι ο ακρογωνιαίος λίθος για την εφαρμογή του lean. Η επιτυχία του lean σε ορισμένους οργανισμούς παραγωγής οφείλεται εν μέρει στην αναδιοργάνωση των ομάδων, τόσο σε επιχειρησιακό, όσο και σε διοικητικό επίπεδο.

Παραδείγματα αλλαγών είναι τα εξής:

- Αναδιοργάνωση όλων των πόρων γύρω από τις ροές αξίας,
- Ομάδες πολλαπλών δεξιοτήτων ή διαλειτουργικές ομάδες με περισσότερες ευθύνες για την καθημερινή λειτουργία μιας παραγωγικής μονάδας.

Επιπλέον, η επίσημη αποτύπωση της γνώσης των διαδικασιών είναι απαραίτητη, ιδίως σε ένα εργασιακό περιβάλλον όπου η εταιρική γνώση δεν ορίζεται πλέον από τους μεγάλους αριθμούς των εργαζομένων που έχουν εργαστεί εκεί όλη τους τη ζωή. Μια καλά διαχειριζόμενη βάση γνώσεων είναι κρίσιμη για τη βιωσιμότητα της αλλαγής.

### **Συνεχής βελτίωση**

Οι υπέρμαχοι της λιτότητας στοχεύουν στην "τελειότητα" και με τον τρόπο αυτό ο κύκλος βελτίωσης δεν τελειώνει ποτέ. Για πολλούς στις βιομηχανίες διεργασιών αυτή η αλλαγή κουλτούρας είναι η δυσκολότερη αλλαγή από όλες. Ωστόσο, για τη διασφάλιση της

βιωσιμότητας οι οργανισμοί που είναι πραγματικά λιτοί θα επενδύσουν το χρόνο και την προσπάθεια για να υποστηρίξουν μια αλλαγή στην κουλτούρα.

Γενικά, η βελτιούμενη συμπεριφορά οποιουδήποτε οργανισμού μετριέται με βάση τη μείωση των ελαττωμάτων των προϊόντων που κατασκευάζει ή την επίτευξη κυβερνητικά πιστοποιημένων προτύπων. Συνήθως, στις ΗΠΑ, η βελτίωση της ποιότητας συνεπάγεται μια σημαντική αλλαγή συμπεριφοράς για την ανώτατη διοίκηση ή μια αναμόρφωση σε επίπεδο επιχείρησης. Σε αντίθεση με τις ΗΠΑ, οι Ιάπωνες πιστεύουν ότι οι πιο άριστες και μακροπρόθεσμες αλλαγές μπορούν να επιτευχθούν από τις συνεχείς βελτιώσεις. Αυτό μπορεί να γίνει καλύτερα κατανοητό με την αναλογία ότι οι μικροσκοπικές δόσεις φαρμάκων υγείας είναι πιο αποτελεσματικές από μία μεγάλη δόση. Η συνεχής βελτίωση, που οι Ιάπωνες ονομάζουν "kaizen", απαιτεί από έναν οργανισμό να προσπαθεί συνεχώς να είναι ανώτερος στην κουλτούρα του και στη συμπεριφορά του για την αντιμετώπιση των προβλημάτων. Δεδομένου ότι δεν μπορεί να επιτευχθεί η τελειότητα, ένας οργανισμός θα πρέπει πάντα να εκτιμά την απόδοσή του και να αναλαμβάνει συνεχείς δράσεις για την προώθησή της.

Τι περιλαμβάνει η έννοια της συνεχούς βελτίωσης

Έννοια της Συνεχούς Βελτίωσης	Κεντρική Ιδέα
Πελατοκεντρισμός	Η κεντρική ιδέα είναι η αναγνώριση των αναγκών του πελάτη στοχεύοντας στην ικανοποίησή του. Είναι το πρωταρχικό βήμα για τη συνεχόμενη βελτίωση σε οποιονδήποτε οργανισμό.
Συνεχής Βελτίωση	Ασταμάτητη διαδικασία από πλευράς διεργασιών και αναθεώρηση κουλτούρας. Δεδομένου ότι 100% βελτίωση δεν καθίσταται εφικτή, η συνεχής προσπάθεια είναι απαραίτητη για την ενίσχυση της απόδοσης και της αξιοπιστίας.
Κατάρτιση Εργαζομένων	Αυτό περιλαμβάνει την πλήρη συνειδητοποίηση κάθε εργοδότη για την αναγκαιότητα χρήσης προγραμμάτων ευαισθητοποίησης για την ποιότητα και την κατάρτιση των εργαζομένων σε τακτική βάση για την ενίσχυση των δεξιοτήτων τους και την προσαρμογή των τεχνολογιών.
Χρήση ποιοτικών εργαλείων	Διάφορες τεχνικές χρειάζεται να εφαρμοστούν για τη βελτίωση της ποιότητας και την αποφυγή σφαλμάτων, όπως κύκλοι ποιότητας και ποικιλία στατιστικών ελέγχων ποιότητας.
Σχεδιασμός προϊόντων	Στο κομμάτι αυτό, διαφορετικά προϊόντα

	<p>χρειάζεται να σχεδιαστούν με γνώμονα τις προδιαγραφές που ορίζουν οι ανάγκες των πελατών, ακολουθώντας διαφορετικές σχεδιαστικές παραμέτρους που θέτουν οι οργανισμοί, βάσει προτύπων που έχουν οριστεί.</p>
Διαχείριση Ποιότητας	<p>Η ποιότητα πρέπει να βελτιωθεί κατά τα στάδια κατασκευής. Θα πρέπει να ανακαλύπτονται οι λόγοι των προβλημάτων ποιότητας και να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή τους.</p>
Διαχείριση Προμηθευτών	<p>Αυτό φροντίζει για τις κατάλληλες εγκαταστάσεις προμήθειας πρώτων υλών και μηχανημάτων. Ως εκ τούτου, αναλαμβάνει διορθωτικά μέτρα για την ενίσχυση των δυνατοτήτων του προμηθευτή.</p>

### Η Φιλοσοφία του Joseph M. Juran

Μετά τον W. Edwards Deming, ο Dr. Joseph Juran θεωρείται ότι είχε τη μεγαλύτερη επίδραση στη διαχείριση της ολικής ποιότητας. Ο Juran επικεντρώθηκε αρχικά σε ένα σχέδιο ποιότητας στην Western Electric. Αναγνωρίστηκε βασικά λόγω του Εγχειριδίου Ελέγχου Ποιότητας που εξέδωσε το 1951 [52]. Το 1954 πήγε στην Ιαπωνία για να συνεργαστεί με κατασκευαστές και έδωσε διαλέξεις για την ποιότητα. Η αντίληψή του όμως είναι συγκρίσιμη με τη θεωρία του Deming [53], με μερικές διαφωνίες. Ο Deming επικεντρώθηκε στο μετασχηματισμό της συμπεριφοράς κάθε επιχείρησης, αλλά ο Juran επικεντρώθηκε στην εφαρμογή της ποιότητας χωρίς να ενδιαφέρεται για το μετασχηματισμό της επιχείρησης στη διαχείριση της ποιότητας. Η σημαντικότερη συμβολή του Juran είναι ο καθορισμός της ποιότητας και του κόστους της. Αναγνωρίζεται για την εισαγωγή της ποιότητας ως δύναμη στη χρησιμότητα, αλλά όχι μόνο ως προς τους όρους σχεδιασμού και την κατάσταση των προϊόντων. Με άλλα λόγια, η ποιότητα μπορεί να οριστεί ως η δύναμη που πρέπει να ληφθεί υπόψη στη χρησιμότητα των παραγόμενων προϊόντων για τους καταναλωτές, αντί να επικεντρωθεί σε αυτήν για τεχνικούς περιορισμούς. Ο Juran αναγνώρισε επίσης τη θεωρία του κόστους της ποιότητας - αυτό επέτρεψε τον υπολογισμό της ποιότητας σε όρους δολαρίων χωρίς να λαμβάνονται υπόψη μεροληπτικά μέτρα.

Σε εκείνον πιστώνονται επίσης οι ιδεολογίες της τριλογίας της ποιότητας: σχεδιασμός, έλεγχος και τέλος βελτίωση της ποιότητας. Το πρώτο στοιχείο της τριλογίας, ο σχεδιασμός της ποιότητας, είναι απαραίτητος για τον οργανισμό, όσον αφορά στον προσδιορισμό του φάσματος των καταναλωτών και της ζήτησης των προϊόντων του, καθώς και για τον καθορισμό των στόχων του κλάδου. Στο πλαίσιο αυτό, πρέπει να ακολουθείται κάποια διαδικασία για την επίτευξη των διαφόρων προτύπων ποιότητας που έχουν καθοριστεί πριν από την πραγματική παραγωγή. Το δεύτερο στοιχείο της τριλογίας είναι ο έλεγχος της ποιότητας, όπου βρίσκουν εφαρμογή διάφορες στατιστικές τεχνικές για τη διασφάλιση των διακυμάνσεων των προτύπων ποιότητας εντός των επιτρεπτών ορίων ή εντός του αποδεκτού από τους καταναλωτές επιπέδου. Τέλος, η βελτίωση της ποιότητας είναι το τρίτο στοιχείο της τριλογίας. Σύμφωνα με τον Juran, η βελτίωση της ποιότητας πρέπει να



γίνεται με συνεχή τρόπο, μαζί με τη φιλοσοφία του Deming. Για να επιτευχθεί αυτό, οι οργανισμοί πρέπει να οργανώνουν σε συνεχή βάση προγράμματα κατάρτισης και ευαισθητοποίησης των εργαζομένων.

Η τριλογία του Juran είναι ίσως ένα από τα ευκολότερα γενικά πλαίσια για τη διαχείριση της ποιότητας. Ο Juran παρατήρησε ότι πρόκειται για μια κοινή γλώσσα που μπορεί εύκολα να αναγνωριστεί από τα στελέχη ενός οργανισμού για χρήση στην οικονομική διαχείριση. Η χρηματοοικονομική διαχείριση εκτελείται με την εφαρμογή τριών τεχνικών διαχείρισης των οικονομικών, του σχεδιασμού, του ελέγχου και της βελτίωσης. Η διαχείριση της ποιότητας χρησιμοποιεί επίσης αυτές τις τρεις βασικές δραστηριότητες. Η τριλογία εξηγεί την απαίτηση της διαχείρισης ποιότητας με την επίτευξη των στόχων με αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα.

Σύμφωνα με την τριλογία του Juran, τα τρία στοιχεία της διαχείρισης ποιότητας μπορούν να εξηγηθούν συνοπτικά ως εξής:

- Σχεδιασμός ποιότητας: Περιλαμβάνει διαδικασίες σχεδιασμού, εξυπηρέτησης και επεξεργασίας προϊόντων για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων.
- Ποιοτικός έλεγχος: Περιλαμβάνει τις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθούνται σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων.
- Βελτίωση της ποιότητας: Περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη συνεχή βελτίωση της ποιότητας.

Βασικά, η Τριλογία του Juran είναι φιλοσοφία τριών κατευθύνσεων με αριθμό πολυεπίπεδων δραστηριοτήτων, καθώς χρειάζεται τα τρία παραπάνω στοιχεία για τη σωστή εφαρμογή της στη διαχείριση της ποιότητας και τη βελτίωσή της, π.χ. το στάδιο του σωστού σχεδιασμού της ποιότητας κάθε καινοτόμου προϊόντος αποτελείται από το σχεδιασμό της διανομής των προϊόντων, την επιλογή προμηθευτών, κ.λπ. Ένα άλλο στοιχείο της φάσης σχεδιασμού εξηγεί τις τεχνικές συλλογής δεδομένων, τη συμμετοχή του κοινού και της τεχνολογίας, κ.λπ.

### **Μελέτη Περίπτωσης – Case Study [51]**

Η ακόλουθη μελέτη περίπτωσης προέρχεται από μια πραγματική κατάσταση και έχει στόχο να καταδείξει τα οφέλη της λιτής παραγωγής και των λιτών αλυσίδων εφοδιασμού - δύο πτυχές της λιτής σκέψης οι οποίες φέρνουν επανάσταση στα τμήματα των βιομηχανιών διεργασιών στις οποίες έχουν εφαρμοστεί. Δείχνει πώς οι τρεις αρχές της lean, υποστηριζόμενες από τις βασικές αρχές, μπορούν να προσφέρουν επιχειρησιακά οφέλη και συνεχώς αυξανόμενα οφέλη.

Μια παραγωγική διαδικασία πολλαπλών προϊόντων χρειαζόταν 10 εβδομάδες από την εισαγωγή των πρώτων υλών έως την ολοκλήρωση της επεξεργασίας του τελικού προϊόντος. Οι πελάτες γενικά ανέμεναν χρόνο παράδοσης 6 εβδομάδων από την παραγγελία μέχρι την παραλαβή των προϊόντων.

Καθώς ίσχυε η σχέση: Χρόνος κατασκευής > Χρόνος παράδοσης στον πελάτη, όλη η παραγωγή προγραμματίστηκε σύμφωνα με την πρόβλεψη πωλήσεων. Οι προγνώσεις για τις πωλήσεις στο πλαίσιο του συγκεκριμένου οργανισμού, όπως και με πολλούς άλλους, ήταν αναξιόπιστες και ο διευθυντής παραγωγής έπρεπε να δημιουργήσει σημαντικό απόθεμα τελικού προϊόντος για να διασφαλίσει ότι όλες οι ενδεχόμενες παραγγελίες θα μπορούσαν να εκπληρωθούν. Ταυτόχρονα, βρισκόταν αντιμέτωπος με ένα σύνολο βασικών επιδόσεων δεικτών (KPI) που έδειχναν μια τάση για καθυστερήσεις ή λανθασμένες παραγγελίες πελατών, μειώνοντας την ποιότητα του προϊόντος, αυξάνοντας

το χρόνο κατασκευής και ένα άλλο αίτημα για πρόσθετη αποθήκη για όλα τα υλικά που σχετίζονται με τη διαδικασία παραγωγής, καθώς και για το τελικό προϊόν. Επιπλέον, ένας νέος KPI αναδύθηκε: η ποσότητα του προϊόντος που δεν μπορούσε να πωληθεί, λόγω προβλημάτων στη διάρκεια ζωής. Από τη μελέτη αυτού του δείκτη, αναδύθηκαν ορισμένα προβλήματα, εγείροντας ανησυχίες, τόσο για το χρονικό διάστημα που το προϊόν αποθηκευόταν στις αποθήκες, όσο για τη διαδικασία με την οποία επιλέγονταν τα προϊόντα που θα παραδίδοντας τελικώς στους πελάτες.

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε ένα Kaizen για να συγκεντρωθεί μια συλλογική διατομή όλων των επιχειρησιακών ομάδων που εμπλέκονταν στη μονάδα παραγωγής : Χειριστές, αναλυτές εργαστηρίου, προσωπικό αποθήκης, προσωπικό εξυπηρέτησης πελατών, προγραμματιστές, χειριστές δεδομένων MRP, επιστήμονες τεχνικής υποστήριξης, και ούτω καθεξής. Ο στόχος του Kaizen ήταν διπτός:

1. να συλλέξει και να αναλύσει δεδομένα για να εντοπίσει το πραγματικό πρόβλημα και να σχεδιάσει κάποιες λύσεις,
2. να αρχίσουν να καταρρίπτονται τα λειτουργικά εμπόδια και η ευρύτερη επιφυλακτικότητα απέναντι στη λιτή σκέψη.

Οι φάσεις συλλογής και ανάλυσης δεδομένων απέδωσαν ορισμένα βασικά προβλήματα:

- Χαρτογράφηση διαδικασιών - ο συνολικός αριθμός των βημάτων τόσο εντός και εκτός της παραγωγικής διαδικασίας ήταν 34, περίπου το 60% από αυτά περιελάμβαναν είτε μετακίνηση, είτε αναμονή, δηλαδή καθαρή σπατάλη.
- Η χαρτογράφηση της διαδικασίας επανεξετάστηκε μέσω στενότερης παρατήρησης μετά το kaizen και εμφανίστηκαν πολυάριθμες παραλλαγές, καθώς και η διαπίστωση ότι ο διακριτός αριθμός των βημάτων ήταν σχεδόν διπλάσιος.
- Χαρακτηριστικές διακυμάνσεις παρατηρήθηκαν όταν επείγουσες παραγγελίες επιταχύνθηκαν μέσω του συστήματος και οι ομάδες συνεργάστηκαν στενότερα για να εξαλείψουν τα βήματα που δεν συνεισέφεραν παραπάνω στη διαδικασία.
- Η χαρτογράφηση χρονικής αξίας των 10 εβδομάδων για την παραγωγή ενός τυπικού προϊόντος από τις πρώτες ύλες κατέληξε, ότι μόνο το 25% ήταν τύπου προστιθέμενης αξίας.
- Τα δεδομένα που συλλέχτηκαν κατά τη διάρκεια της χαρτογράφησης της διαδικασίας, μετατράπηκαν σε χάρτη χρονικής αξίας. Αυτός ο τύπος ανάλυσης χαρακτηρίζει τις δραστηριότητες προστιθέμενης αξίας ως πράσινες και της σπατάλης ως κόκκινες, δηλαδή, οι αρχικές ημέρες, όπου το σύστημα παρέμενε αδρανές αναπαριστούσαν σπατάλη στο σύστημα.
- Ανάλυση ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων - η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού γινόταν μέσω λειτουργικών σιλό με ελάχιστη ή καθόλου επαφή μεταξύ τους- οι λειτουργίες υποστήριξης δεν συμπεριφέρονταν σαν να παρήγαγαν πραγματικά ένα προϊόν για τον πελάτη - απλώς μια εργαστηριακή ανάλυση ή ένα υπογεγραμμένο αρχείο παρτίδας- τα οικονομικά συστήματα πίεζαν όλα τα μέρη της εφοδιαστικής αλυσίδας σε μεγάλες αγορές προμηθειών προκειμένου να αποκομίσουν εκπτώσεις από τους προμηθευτές.
- Ανάλυση της ριζικής αιτίας (Root Cause Analysis) - τα συμπτώματα που αποκαλύπτονται από την ανάλυση των δεδομένων ήταν αιτίες με ένα μείζον ζήτημα να είναι η έλλειψη ροής στη διαδικασία και ένα άλλο να είναι η λειτουργική συμπεριφορά των διαφόρων τμημάτων της αλυσίδας εφοδιασμού. Τα πραγματικά προβλήματα που εντοπίστηκαν ήταν τα εξής:
  - Έλλειψη ροής και λειτουργική συμπεριφορά-έλλειψη συνδεσιμότητας της αλυσίδας εφοδιασμού- κάθε βήμα λειτουργούσε ως ξεχωριστή οντότητα- οι λειτουργικές ομάδες

επιβραβεύθηκαν για τη λειτουργική αποτελεσματικότητά τους, ακόμη και όταν οι παραγγελίες των πελατών δεν εκπληρώνονταν.

- Έλλειψη ροής - το σύστημα ήταν κυριολεκτικά πολύ γεμάτο. Η αποθήκη ήταν γεμάτη από εργασίες σε εξέλιξη- το εργαστήριο ξεχείλιζε από δείγματα- ο χώρος παραγωγής περιείχε βαρέλια με πρώτες ύλες και ενδιάμεσα προϊόντα που περίμεναν να υποστούν επεξεργασία.

- Λειτουργική συμπεριφορά: Κανένα άτομο στην αλυσίδα εφοδιασμού δεν ήταν υπεύθυνο για την παράδοση των παραγγελιών των πελατών, εκτός από το διευθυντή του εργοταξίου, ο οποίος δεν είχε καμία άμεση επιρροή σε αυτό. Η λειτουργική προσπάθεια φαινομενικά βελτιώθηκε, ενώ ο συνολικός χρόνος κύκλου χειροτέρευσε.

Ως αποτέλεσμα της εκδήλωσης Kaizen ένας αριθμός γρήγορων αλλαγών που δεν μπόρεσαν να πραγματοποιηθούν:

- Επικοινωνία - η ομάδα Kaizen μπόρεσε να δει ότι δεν είχε νόημα να μην επικοινωνούν μεταξύ τους πιο συχνά - έγιναν επίσημες συμφωνίες (οι οποίες τηρήθηκαν):
  - Οι υπεύθυνοι παραγωγής επρόκειτο να συζητούν στην αποθήκη κάθε πρωί για να ελέγχουν τα βασικά υλικά.
  - Οι αναλυτές του εργαστηρίου επρόκειτο να μιλούν κάθε μέρα στην περιοχή παραγωγής για να ελέγχουν τον όγκο των δειγμάτων που ήταν πιθανό να ληφθούν εκείνη την ημέρα.
- Διακοπές στην παραγωγή και στο εργαστήριο: Αμφότερα τα τμήματα παραγωγής και εργαστηρίου υιοθέτησαν μια κουλτούρα "ομαδικών διαλειμμάτων", στα οποία σταματούσαν οι δραστηριότητες προστιθέμενης αξίας και μείωναν τα τμήματα της αλυσίδας εφοδιασμού.
  - Το εργαστήριο συμφώνησε να κλιμακώσει τις ώρες διαλείμματος για τους αναλυτές, ώστε η επεξεργασία των δειγμάτων να μπορεί να συνεχιστεί χωρίς διακοπή.
  - Οι τομείς παραγωγής συμφώνησαν να επανεξετάσουν το σύστημα των διαλειμμάτων και να διασφαλίσουν ότι η "κάλυψη" παρέχεται στη διαδικασία που βρίσκεται κοντά σε συμφόρηση κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων (αυτή η περιοχή ήταν σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποιημένη και δεν είχε μεγάλη ομάδα ακόμη και αν ήταν μία από τις πιο αναξιόπιστες περιοχές της αλυσίδας εφοδιασμού από πλευράς εξοπλισμού).

Η φάση σχεδιασμού για το κύριο έργο αλλαγής διήρκεσε αρκετό χρόνο, καθώς επεκτάθηκε σε όλα τα τμήματα της αλυσίδας εφοδιασμού:

- Διαμορφώθηκαν ρεύματα αξίας - όπου το καθένα ήταν αφιερωμένο σε μια οικογένεια προϊόντων με παρόμοιες διαδικασίες παραγωγής και με παρόμοιες απαιτήσεις πελατών. Το γεγονός αυτό:
  - Επηρέασε την κατασκευή, το εργαστήριο και τη διάταξη της αποθήκης.
  - Άλλαξε ολόκληρη την οργάνωση των πόρων που σχετίζονται με το κάθε προϊόν.
- Εισήχθησαν τα Kanban - αυτά ήταν μόνο σε βασικά στάδια στη συνολική διαδικασία, αλλά σηματοδοτούσαν οπτικά πότε απαιτούνταν παραγωγή. Αν δεν άναβε η επιγραφή για στάθμη προϊόντων 25%, δεν ξεκινούσε παραγωγή.
  - Οι εργαστηριακοί αναλυτές εργάζονταν σε κύτταρα αφιερωμένα στη ροή αξίας και εντός του εργαστηρίου δημιουργήθηκε ένα σύστημα kanban για να διασφαλιστεί ότι όλα τα υλικά ήταν διαθέσιμα για τον αναμενόμενο όγκο δειγμάτων. Το σύστημα ήταν πολύ οπτικό.

- Περιοχή παραγωγής, τα προηγούμενα στάδια της διαδικασίας παραγωγής ξεκινούσαν μόνο έπειτα από λήψη οπτικού σήματος από το σύστημα Kanban.
- Εισήχθη το οπτικό εργοστάσιο - αυτό εξασφάλιζε ότι οι δείκτες KPI της ροής αξίας ήταν ευθυγραμμισμένοι κατά μήκος της ροής αξίας και ήταν διαθέσιμοι είτε στο χώρο παραγωγής, είτε στο εργαστήριο, είτε στην αποθήκη.
  - Με την είσοδο σε μια περιοχή του εργοστασίου, ήταν πια φανερός ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούσε: πόσα δείγματα επεξεργάζονταν στο εργαστήριο, ποιο επίπεδο εκπλήρωσης της παραγγελίας με στόχο τον χρόνο παράδοσης είχε επιτευχθεί στην αποθήκη και ποια ήταν τη στιγμή εκείνη η απόδοση της αλυσίδας αξίας.
  - Τα λειτουργικά μέτρα δεν χρησιμοποιούνταν πλέον.

Συνολικά, τα οφέλη για τον οργανισμό μπορούν να μετρηθούν με "σκληρούς" όρους:

- Περίπου 50% μείωση του συνολικού χρόνου κύκλου της αλυσίδας εφοδιασμού.
- Περίπου 25% αύξηση της ακρίβειας των παραγγελιών των πελατών (παράδοση και ποιότητα).
- Περίπου 30% μείωση των αποθεμάτων (συμπεριλαμβανομένου του αποθέματος ασφαλείας που διατηρείται λόγω της εγγενούς ανακρίβειας στις προβλέψεις πωλήσεων).

Υπάρχουν επίσης και πιο ήπια οφέλη τα οποία δεν πρέπει να ξεχνιούνται:

- Διάσπαση των λειτουργικών φραγμών εντός της επιχείρησης.
- Κοινή ανάπτυξη των KPIs της ροής αξίας με όλες τις λειτουργίες.

### **Προσεγγίσεις για την ποιότητα - Kaizen:**

Kaizen, στα ιαπωνικά σημαίνει: «συνεχής βελτίωση της διαδικασίας, της εργασιακής κουλτούρας και άλλων πτυχών του οργανισμού για συνεχή βελτίωση της ποιότητας». Μια από τις σημαντικές έννοιες του kaizen είναι η συνεχής, ατελείωτη διαδικασία αέναης βελτίωσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εισαγωγή κάποιου καινοτόμου προϊόντος ή τεχνολογίας σε οποιονδήποτε οργανισμό δεν είναι δύσκολο έργο. Το δύσκολο έργο είναι η διατήρηση της όλης διαδικασίας που έχει οριστεί μια φορά, καθώς επίσης και η παρακολούθηση της συνεχούς βελτίωσης σε τακτική βάση. Πολλοί οργανισμοί έχουν προσπαθήσει να ξεκινήσουν τέτοιες πρωτοβουλίες όπως τα QC (Quality Controls), την αναδιοργάνωση, τη λιτή παραγωγή, κ.λπ. Ωστόσο, μόνο μερικοί από αυτούς ήταν επιτυχείς - οι περισσότεροι από αυτούς απέτυχαν να ξεκινήσουν τα παραπάνω έργα για προφανείς λόγους. Για παράδειγμα, πολλοί πρόδρομοι οργανισμοί εισήγαγαν τα QC με τη σύνδεση των εργαζομένων, αλλά οι περισσότεροι οργανισμοί απλώς απέτυχαν να υιοθετήσουν αυτήν την έννοια.

Κάτι τέτοιο συνέβη, λόγω των απαιτήσεων για νέες υποδομές εσωτερικών εγκαταστάσεων, συστημάτων και μέτρων που θα εγγυώνται τη συνέχιση των δράσεων QC. Αυτό συνέβη καθώς οι περισσότεροι ξένοι οργανισμοί δεν είχαν την ιδέα του kaizen. Το Kaizen περιλαμβάνει βασικά έξι στοιχεία ή πυλώνες πάνω στους οποίους λειτουργεί η φιλοσοφία του.

- Το Kanban περιλαμβάνει την εστίαση στον πελάτη.
- Συστηματική προσέγγιση για τη διαχείριση των προγραμμάτων ποιότητας.
- Συνεχής βελτίωση των διαδικασιών.
- Πολιτικές μηδενικών ελαττωμάτων για τη μείωση των ελαττωμάτων.
- Αποτελεσματικότητα των δραστηριοτήτων διαδικασίας για τη βελτίωση της ποιότητας.
- Κατάλληλη δικτύωση κάθε εγκατάστασης του οργανισμού.

Για την ορθή εφαρμογή των παραπάνω στοιχείων, πρέπει να πραγματοποιούνται οι ακόλουθες δραστηριότητες στη φιλοσοφία kaizen:

- Σωστός προσανατολισμός στον πελάτη.
- Εφαρμογή του Έξι Σίγμα
- Διατήρηση της συνολικής παραγωγικότητας για συνεχή βελτίωση.
- Προσέγγιση Just-in-time.
- Αυτοματοποίηση των αστοχιών του οργανισμού.
- Poke yoke, που σημαίνει ευελιξία.

### **Kaizen και καινοτομία**

Η βάση του kaizen είναι το μοντέλο "5S", όπως εισήχθη από Ιάπωνες εμπειρογνώμονες ως συνδυασμός αγαθών, συνηθειών και συμπεριφοράς, που προέρχεται από τη συμβατική προσέγγιση της συμπεριφοράς στο σπίτι και στα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Βασικά, η έννοια "5S" προέρχεται από τις πέντε ιαπωνικές λέξεις. Η έννοια των πέντε 5S εξηγείται συνοπτικά ως εξής:

1. Seiri, σημαίνει επιλογή: Περιλαμβάνει την κατάλληλη επιλογή του χώρου εργασίας, τη συμπεριφορά και τις κατάλληλες εγκαταστάσεις, με την απομάκρυνση όλων όσων είναι ανεπιθύμητα ή άχρηστα.
2. Seito, σημαίνει κατάλληλο σύστημα τάξης ή συστηματική προσέγγιση: Συμπαγής χώρος εργασίας και ύπαρξη κάθε απαραίτητου εργαλείου και τεχνικής για την απλή και γρήγορη χρήση τους.
3. Seiso, σημαίνει καθαριότητα ή καθαρισμένο περιβάλλον εργασίας: Ένα καθαρό περιβάλλον εργασίας ενισχύει την ασφάλεια εργασίας για την αποφυγή τραυματισμών και δίνει καλύτερο έλεγχο του εξοπλισμού και αυξημένη υπευθυνότητα για τους πόρους της παραγωγής.
4. Seiketsu, σημαίνει τυποποίηση: Θα πρέπει να υπάρχει ένα σύνολο προτύπων για έναν οργανισμό για την κουλτούρα και τη χρήση των εγκαταστάσεων με βάση τα οποία κάθε εργαζόμενος εκτελεί τα καθήκοντά του. Βοηθά στη φροντίδα του εξοπλισμού και στη διατήρηση του χώρου εργασίας σε τάξη.
5. Shitsuke, σημαίνει διατήρηση: Πρόκειται για την ικανότητα των εργαζομένων να διατηρούν την αυτοπειθαρχία τους χωρίς τη διαχείριση από την ανώτατη εξουσία. Οι προσαρμογές των εργαζομένων με βάση τα πρότυπα που ακολουθεί ο οργανισμός θα αποτρέψουν σίγουρα τις κακές συνήθειες και θα δώσουν καθοδήγηση.

Η σωστή υιοθέτηση της έννοιας 5S επιτρέπει την τέλεια εφαρμογή της φιλοσοφίας kaizen. Σε αυτήν, η συνεχής βελτίωση που πραγματοποιείται από όλους τους εργαζόμενους συμμετέχει σε πρακτικές αλλαγές ολόκληρου του οργανισμού.

### **Kaizen και άνθρωποι**

Η ακριβής συμπεριφορά του Kaizen είναι η συμμετοχή του ατόμου σε διάφορες λειτουργικές δραστηριότητες. Η βελτίωση μέσω της φιλοσοφίας του Kaizen χρειάζεται βαθιά, οργανωμένη και συνεχή συμμετοχή του κοινού στην υιοθέτηση συγκεκριμένων προγραμμάτων, αλλά κυρίως με την ανάπτυξη του μυαλού τους, που οδηγεί σε μια διαδικασία ανάπτυξης για την έναρξη της βελτίωσης η οποία δεν θα τελειώσει ποτέ. Ο στόχος του Kaizen είναι "το σήμερα είναι ανώτερο σε σχέση με το χθες, το αύριο είναι ανώτερο σε σχέση με το σήμερα". Αυτή η θεωρία της τακτικής βελτίωσης εφαρμόζεται προς κάθε κατεύθυνση. Οι οργανωτικές διαδικασίες και οι μέθοδοι λειτουργίας μπορούν να βελτιωθούν, τα ποιοτικά ελαττώματα μπορούν να αποφευχθούν και η μείωση των αποβλήτων είναι επίσης δυνατή μέσω τεχνικών διαχείρισης αποβλήτων. Η ικανοποίηση των πελατών μπορεί να βελτιωθεί με τη βελτίωση της ποιότητας ή της υπηρεσίας. Η

εργασιακή κουλτούρα μπορεί να βελτιωθεί και οι σχέσεις εντός του οργανισμού μπορούν να βελτιωθούν. Το Kaizen βελτιώνεται με τη χρήση της προσέγγισης του "φτωχού ανθρώπου". Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, ένας φτωχός άνθρωπος δεν σπαταλά κεφάλαιο για βελτιώσεις, καθώς δεν έχει χρήματα να σπαταλήσει σε αυτό. Αντίθετα χρησιμοποιεί τις γνώσεις, το μυαλό, τη φαντασία, την ικανότητα και την υπομονή του.

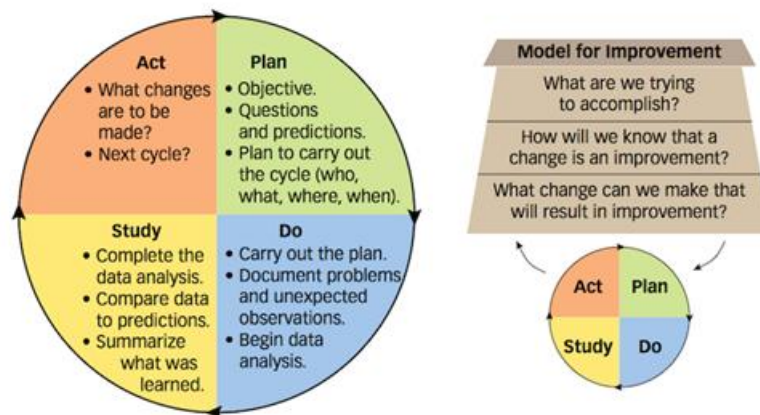
### Παραδείγματα ποιοτικού Kaizen

Η προσέγγιση Kaizen μπορεί να είναι επωφελής για το σχεδιασμό συστημάτων παραγωγής. Σε ένα παράδειγμα από μια μελέτη των Chandrasekaran et al. (2008) για την επίλυση "προβλήματος αναντιστοιχίας εξαρτημάτων" σε γραμμή παραγωγής-συναρμολόγησης σε αυτοκινητοβιομηχανία, διαπιστώθηκαν τα εξής: Η διαδικασία ακολουθούσε μια τεχνική για την επίλυση του προβλήματος με τη συλλογή δεδομένων και στη συνέχεια ανάλυση της αιτίας που το προκάλεσε. Με τη βοήθεια του Kaizen, εξαλείφθηκε ένα μείζον πρόβλημα στη λειτουργία και μειώθηκαν οι ποιοτικές απορρίψεις και διαδικασίες επανεπεξεργασίας με σημαντική μείωση στο κόστος. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το Kaizen, έναντι στην εισαγωγή καινοτομιών, αναλύονται παρακάτω:

<b>Innovation</b>	<b>Kaizen</b>
Δημιουργική μορφή παραγωγής	Ικανότητα προσαρμογής
Απαραίτητη η ατομική εργασία	Απαιτεί ομαδική εργασία
Χρειάζεται εξειδικευμένος εργαζόμενος	Δεν υπάρχει τέτοια ανάγκη
Χρειάζεται μεγάλη γνώση σε γενικά θέματα	Χρειάζεται μεγάλη γνώση των λεπτομερειών
Επικεντρώνεται στις τεχνικές	Επικεντρώνεται στους εργαζομένους
Οι πληροφορίες θα ρέουν προς ένα συγκεκριμένο άτομο	Οι πληροφορίες θα ρέουν μέσω ενός συγκεκριμένου καναλιού
Επικεντρώνεται σε μεμονωμένο τμήμα	Επικεντρώνεται σε ολόκληρο το τμήμα
Αναζήτηση νέων τεχνολογιών	Βασίζεται στις υπάρχουσες τεχνολογίες
Περιορισμένη ανατροφοδότηση	Ισχυρή ανατροφοδότηση
Βραχυπρόθεσμο αποτέλεσμα	Μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα
Συμμετοχή συγκεκριμένων επιλεγμένων ανώτατων στελεχών	Συμμετοχή όλων των εργαζομένων
Προσαρμογή στην ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά οποιασδήποτε χώρας	Προσαρμογή στην αργά ανερχόμενη αγορά κάθε χώρας
Απαιτεί τεράστιες επενδύσεις	Απαιτεί μικρές επενδύσεις
Τα αποτελέσματα έχουν τη μορφή συγκεκριμένων οφελών	Δεν υπάρχει συγκεκριμένο αποτέλεσμα ή απρόβλεπτα οφέλη

#### 4. Ο ΚΥΚΛΟΣ PLAN-DO-STUDY-ACT

Ο κύκλος PDSA (plan-do-study-act) εξηγεί τις ενέργειες που πρέπει να εκτελέσει ένας οργανισμός για την επίτευξη συνεχούς βελτίωσης των λειτουργιών και της εργασιακής κουλτούρας. Ονομάζεται επίσης κύκλος Shewhart ή τροχός Deming. Η κυκλική συμπεριφορά αυτού του κύκλου δείχνει ότι η συνεχής βελτίωση είναι μια ατέρμονη εξέλιξη.



**Σχήμα 4.1:** Ο κύκλος του Shewhart (PDCA)

Τα επιμέρους βήματα του κύκλου είναι τα εξής:

1. **Plan:** Η πρώτη διαδικασία του κύκλου PDSA είναι ο σχεδιασμός. Σε αυτήν τη διαδικασία, η ανώτατη διοίκηση πρέπει να εξετάσει τις τρέχουσες δραστηριότητες και να καταστρώσει ένα σχέδιο, εφόσον παρουσιαστούν προβλήματα. Απαιτείται κατάλληλη τεκμηρίωση των υφισταμένων δραστηριοτήτων για την έγκαιρη αποσφαλμάτωση της διαδικασίας με την κατάλληλη συλλογή δεδομένων και τον εντοπισμό προβλημάτων. Όλα τα δεδομένα που συλλέγονται, εξετάζονται και αξιοποιούνται για την κατασκευή ενός αποδοτικού και αποτελεσματικού σχεδίου αναβάθμισης και εξακρίβωση των απαραίτητων ενεργειών για αξιολόγηση της απόδοσης.
2. **Do:** Το δεύτερο βήμα του κύκλου PDSA είναι η κατάλληλη εφαρμογή των δραστηριοτήτων του σχεδίου ή η εκτέλεση των εργασιών αυτού. Καθ' όλη τη διάρκεια του σταδίου εφαρμογής, η ανώτατη διοίκηση πρέπει να αλλάξει όλες τις εργασίες τεκμηρίωσης μετά τη συλλογή και την αξιολόγηση των δεδομένων ή των πληροφοριών.
3. **Study:** Το τρίτο βήμα αφορά στη βελτίωση των μεθόδων συλλογής δεδομένων και την ανάλυσή τους. Οι πληροφορίες που συλλέγονται, αναλύονται για να επιβεβαιωθεί ότι το σχέδιο επιτυγχάνει τον επιθυμητό στόχο που τέθηκε κατά το στάδιο του σχεδιασμού.
4. **Act:** Το τελευταίο βήμα του κύκλου PDSA είναι η συνεχής βελτίωση. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την ανάληψη δράσης σύμφωνα με τα αποτελέσματα των προηγούμενων σταδίων. Ένας από τους καλύτερους τρόπους για να επιτευχθεί αυτό είναι η κοινοποίηση των αποτελεσμάτων στην εργοδοσία κάθε οργανισμού. Μετά από αυτό, θα πραγματοποιηθεί η εφαρμογή των νέων διαδικασιών που έχουν αποδειχθεί επιτυχείς και στο παρελθόν. Καθώς όλες οι διαδικασίες αξιολόγησης και σχεδιασμού ενεργούν με κυκλικό τρόπο, αυτό θα επαναλαμβάνεται ξανά και ξανά για την επίτευξη συνεχούς βελτίωσης.

Η διαδικασία της προσθήκης και της βελτίωσης της αξίας είναι συνεχής στην προσέγγισή της. Συνήθως, η προσθήκη αξίας σε ένα προϊόν θεωρείται, ότι συμβαίνει μόνο κατά τη δημιουργία του. Στην πραγματικότητα, ωστόσο, δεν αποτελεί μόνο ευθύνη της λειτουργίας της παραγωγής, τη στιγμή που συνεισφέρουν και άλλες λειτουργίες, πριν και μετά την κατασκευή, προσθέτοντας επίσης σημαντική υλική ή άυλη αξία σε ένα προϊόν [54]. Τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας προστιθέμενης αξίας διέπονται από μια συνέχεια και

μπορούν να απεικονιστούν, αλλά και να αξιολογηθούν βάσει του PDCA (Plan-Do-Check-Act) κύκλου διεργασιών, έτσι ώστε να προσδίδεται επιπλέον αξία στο διηνεκές.

Ο κύκλος PDCA ή PDSA (Check ή Study, αντίστοιχα) αποτελεί γνωστή προσέγγιση συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας και έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως από πολλές επιτυχημένες επιχειρήσεις ως στρατηγικό «όπλο» για την ενίσχυση της οργανωτικής απόδοσης. Η διαδικασία προσθήκης αξίας διακρίνεται σε έξι βασικές λειτουργίες, οι οποίες κατηγοριοποιούνται στις τέσσερις διακριτές φάσεις του κύκλου PDCA. Τα προβλήματα εντοπίζονται και ιεραρχούνται για να αντιμετωπιστούν. Διαμορφώνονται προσεγγίσεις επίλυσης και η καλύτερη επιλέγεται και εφαρμόζεται. Τα προϊόντα και οι διαδικασίες ελέγχονται για το κατά πόσο ενσωματώνουν τις προτεινόμενες βελτιώσεις και τέλος, λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα των βελτιώσεων που εισάγονται. Στη συνέχεια, διαμορφώνονται ιδέες για καινούρια βελτίωση και προωθούνται για να εξεταστούν περαιτέρω σε επόμενες επαναλήψεις. Αυτή η διαδικασία δεν τελειώνει ποτέ και διαρκεί καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των επιχειρήσεων. Περιορίζεται συνήθως στο πλαίσιο του εργοστασίου και του σχεδιασμού, ενώ δεν δίνει σχεδόν καθόλου ενδείξεις για τις λειτουργίες που υπάρχουν στη διαδικασία προσθήκης και βελτίωσης της αξίας. **Αγνοεί επίσης την άμεση εξέταση των απαιτήσεων και των ανατροφοδοτήσεων των πελατών.** Για παράδειγμα, στις πρωτοβουλίες συνεχούς βελτίωσης, τα άυλα οφέλη που η λειτουργία μάρκετινγκ συμβάλει στην ενίσχυση της προστιθέμενης αξίας σε προϊόντα, δεν λαμβάνεται σχεδόν καθόλου υπόψη.

Εάν οι εταιρείες αποτύχουν να λάβουν υπόψη τις διορθώσεις που ζητούν οι πελάτες εγκαίρως, θα υπήρχε μεγάλη πιθανότητα για αυτές να επιβαρυνθούν με υψηλό κόστος και σύντομα να αφανιστούν. Εκ των πραγμάτων, είναι υποχρεωμένες να κυριαρχούν επί των ανταγωνιστών τους, υπερβαίνοντας τόσο τις απαιτήσεις των πελατών, όσο και τις δυνατότητες των ανταγωνιστών. Έτσι, παροτρύνονται να ενσωματώνουν όλο και ισχυρότερη λειτουργία έρευνας και καινοτομίας. Κάθε νέα καινοτομία και βελτίωση που γίνεται σε ένα προϊόν πρέπει να τυποποιηθεί, ώστε οι καταναλωτές να είναι σίγουροι γι' αυτό. Με αυτόν τον τρόπο, η τυποποίηση προσθέτει εγγενώς αξία σε ένα προϊόν το οποίο πιθανά, θα περνούσε απαρατήρητο. Το κόστος και τα οφέλη της τυποποίησης έχουν ελάχιστα ληφθεί υπόψη στη συνεχή βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.

Παραδοσιακά εθεωρείτο ότι η αξία προστίθεται μόνο κατά την κατασκευή - οι λειτουργίες πριν και μετά από αυτήν, αγνοούνται. Η σύγχρονη βιβλιογραφία προτείνει την επέκταση της έννοιας της συνεχούς βελτίωσης της διαδικασίας, πέρα από το περιβάλλον κατασκευής με τρόπο τέτοιο, ώστε να επανεξετάζεται η αξία που προστίθεται σε ένα προϊόν. Επιπλέον, ο κύκλος PDCA συνάδει με τη βελτίωση, όχι μόνο με τη διαδικασία εντοπισμού του προβλήματος, αλλά και με βάση τη λογική ροή αξίας από τη σύλληψή του προϊόντος, μέχρι την παράδοσή του στον πελάτη. Έτσι, η συνέχεια της προστιθέμενης αξίας και της βελτίωσης μπορεί κατά προτίμηση να αναλύεται με τη χρήση του κύκλου PDCA όταν ένα προϊόν διέρχεται από όλες τις αξίες λειτουργίες προστιθέμενης αξίας [55] [39] [56] [57].

Πρόσφατα, το κορυφαίο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των επιχειρήσεων είναι η υπέρβαση των απαιτήσεων των πελατών. Συνήθως, το κοινό προτιμά προϊόντα που τους παρέχουν τα μέγιστα με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Σύμφωνα με τους Dong-Young et al., η διαχείριση ποιότητας είναι μια ολιστική φιλοσοφία που προωθεί όλες τις λειτουργίες ενός οργανισμού μέσω της συνεχούς οργανωτικής αλλαγής [58]. Περιλαμβάνει μια συνεχή βελτίωση και διαρθρωτική επίλυση προβλημάτων, ως απάντηση στη συνεχή ανατροφοδότηση από τους πελάτες, έτσι ώστε να συνδέει τις οργανωτικές προσπάθειες



με την καινοτομία. Η ίδια η καινοτομία αναφέρεται σε νέες εφαρμογές της γνώσης, των ιδεών, των μεθόδων και των δεξιοτήτων που μπορούν να δημιουργήσουν μοναδικές ικανότητες και να ενισχύσουν την ανταγωνιστικότητα ενός οργανισμού.

Συνολικά, τα οφέλη από βελτιώσεις ερμηνεύονται ως προστιθέμενη αξία. Σε αντιπαράθεση με τις ανάγκες των πρόσφατων πελατών, η προσθήκη αξίας σε ένα προϊόν δεν είναι πλέον το μοναδικό ζήτημα των επιχειρήσεων, κυρίως διότι, οι ανάγκες των πελατών μπορούν μάλλον να υπερκαλυφθούν μέσω της έρευνας και της καινοτομίας, είτε με τη συνεχή μελέτη του τι πραγματικά θέλει ο πελάτης, είτε με την ελαχιστοποίηση της σπατάλης των δραστηριοτήτων παραγωγής. Σύμφωνα με την έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σχετικά με τις βασικές τεχνολογίες που επιτρέπουν την ανάπτυξη (European Commission, 2011), οι σύγχρονες φιλοσοφίες για την εξάλειψη των αποβλήτων είναι αποτελέσματα επίπονης έρευνας και καινοτομίας τόσο από τους ακαδημαϊκούς όσο και από τη βιομηχανία. Η μείωση ή η εξάλειψη των οργανωτικών αποβλήτων και άλλων προβλημάτων έχουν προσεγγιστεί μέσω του κύκλου PDCA του Deming ή του Shewhart και κάθε στάδιο συμβάλλει στη συνολική προστιθέμενη αξία στο προϊόν/υπηρεσία. Φυσικά, το PDCA έχει τεράστιες εφαρμογές: ως μοντέλο για συνεχή βελτίωση - κατά την έναρξη ενός νέου έργου βελτίωσης, κατά την ανάπτυξη ενός νέου ή βελτιωμένου σχεδιασμού μιας διαδικασίας, κατά τον καθορισμό μιας επαναλαμβανόμενης διαδικασίας εργασίας και κατά την εφαρμογή οποιασδήποτε αλλαγής. Με τη χρήση του PDCA, η φαινομενικά επαναλαμβανόμενη συνεχής βελτίωση της διαδικασίας επεκτείνεται, ενσωματώνοντας εξωτερικές λειτουργίες που προηγουμένως αγνοούνταν στη διαδικασία προστιθέμενης αξίας.

## 5. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ 6 ΣΙΓΜΑ (SIX SIGMA)

Το Six Sigma είναι μια μεθοδολογία που εφαρμόζεται σε όλο τον κόσμο και πολλές εταιρείες μαρτυρούν τον καθοριστικό του ρόλο στην επιτυχία τους [59]. Γνωστά παραδείγματα εφαρμογής του Έξι Σίγμα από εταιρείες περιλαμβάνουν τη Motorola, τη General Electric, AlliedSignal (σήμερα Honeywell), καθώς και τις ABB, Lockheed Martin, Polaroid, Sony, Honda, American Express, Ford, Lear Corporation, Solelectron και άλλες. Υπάρχουν πολυάριθμοι οργανισμοί που διαθέτουν παραδείγματα εφαρμογής του Έξι Σίγμα. Ενδεικτικές περιπτώσεις μεταξύ άλλων είναι οι:

1. **Motorola:** Ο εμπνευστής του συστήματος Έξι Σίγμα. Η εφαρμογή του έγινε σε πειραματική βάση για την επίλυση των συχνών προβλημάτων ποιότητας στην εταιρεία. Η απόδοση της εφαρμογής αυτού του συστήματος ήταν λαμπρή και αυτό φάνηκε από τις επιδόσεις του οργανισμού.
2. **Satyam:** Η Satyam, μια διακεκριμένη εταιρεία στον τομέα του λογισμικού, έγινε μια από τις πιο δημοφιλείς εταιρείες στην περιοχή μετά την εφαρμογή της υποδομής Six Sigma.
3. **Microsoft:** Μια δημοφιλής εταιρεία και ένας από τους οργανισμούς με τα υψηλότερα έσοδα, είχε το μυστικό της εφαρμογής του Six Sigma πίσω από τις σχεδόν τέλει παραδόσεις υπηρεσιών. Στην πραγματικότητα, η Microsoft θεωρείται ιδανικό παράδειγμα εφαρμογής του Six Sigma.

Πριν από την κατανόησή του, θα δούμε εν συντομία μια περιγραφή των όρων που σχετίζονται με αυτό και στατιστικές, όπως το σίγμα και η τυπική απόκλιση.

- **Σίγμα:** Η λέξη σίγμα σημαίνει τυπική απόκλιση. Η τυπική απόκλιση προσδιορίζει την παραλλαγή που μπορεί να υπάρχει σε ένα σύστημα κατανομής δεδομένων. Αποτελεί κρίσιμη πτυχή του υπολογισμού της αποδεκτής ποσότητας ελαττωματικών μονάδων που δημιουργούνται σε έναν πληθυσμό δείγματος. Οι έννοιες του Six Sigma δεν είναι κατάλληλες για περισσότερα από 3,4 ελαττωματικά μέρη ανά εκατομμύριο.
- **Τυπική απόκλιση:** Η τυπική απόκλιση σημαίνει την κατανομή των δεδομένων γύρω από τη μέση τιμή των στοιχείων ολόκληρου του δείγματος, ή αντιπροσωπεύει την ομαδοποίηση των δεδομένων που είναι πολύ κοντά στη μέση μιας κατανομής. Η κανονική κατανομή είναι η καμπύλη σε σχήμα καμπάνας, η οποία είναι ισορροπημένη γύρω από τη μέση τιμή ή τη μέση γραμμή ενός πληθυσμού δείγματος.

Το γράμμα «σ» του ελληνικού αλφαβήτου χρησιμοποιείται για το σίγμα για να προσδιορίσει τη μεταβλητότητα. Ένα επίπεδο ποιότητας σίγμα δείχνει πόσο συχνά τα ελαττώματα είναι πιθανό να εμφανιστούν. **Το υψηλότερο επίπεδο ποιότητας σίγμα αποτελεί ένδειξη ότι η διαδικασία θα παράγει λιγότερα ελαττώματα.** Ένας τρόπος ανάγνωσης και ομιλίας τη γλώσσα του Six-Sigma είναι μέσω του προσδιορισμού του αριθμού των ελαττωμάτων ανά εκατομμύρια ευκαιρίες. Η ποιότητα «6σ» είναι ίση με 3,4 ελαττώματα ανά εκατομμύριο ευκαιρίες (Defects Per Million Opportunities, DPMO) υπολογίζοντας μια μετατόπιση του μέσου όρου κατά 1,5 σίγμα( $\pm$ ), δεδομένου ότι τυπικά, κάθε μονάδα είναι αρκετά πολύπλοκη ώστε να επιτρέπει πολλαπλές ευκαιρίες για την εμφάνιση ελαττωμάτων. **Μια "ευκαιρία" ορίζεται ως κάθε πιθανότητα για μη συμμόρφωση ή μη τήρηση των απαιτούμενων προδιαγραφών.**

### 5.1 Προέλευση του Six Sigma

Η ιστορία του Six Sigma ως προσέγγιση βελτίωσης της ποιότητας, εντοπίζεται στη δεκαετία του 1980 στον αμερικανικό γίγαντα ηλεκτρονικών ειδών, τη Motorola, όπου τέθηκε ο στόχος της βελτίωσης όλων των προϊόντων-αγαθών, καθώς και υπηρεσιών - κατά μια τάξη μεγέθους (π.χ. κατά δέκα φορές) εντός πέντε ετών. Αυτό έδωσε σημαντική έμφαση στο ρυθμό βελτίωσης και, ειδικότερα, στο ότι το να είναι κανείς απλώς

"καλύτερος" μπορεί να μην είναι αρκετό, αλλά ότι το κρίσιμο ζήτημα είναι να γίνει κανείς αρκετά καλύτερος, γρήγορα. Το Six Sigma εστίασε σαφώς στους πόρους της Motorola, συμπεριλαμβανομένης της ανθρώπινης προσπάθειας, στη μείωση της διακύμανσης (ή μεταβλητότητας) σε όλες τις διαδικασίες, δηλαδή στις διαδικασίες παραγωγής, τις διοικητικές και όλες τις άλλες διαδικασίες. Για να οριστεί ένα σαφές μέτρο στο έργο βελτίωσης, το πρόγραμμα που ονομάζεται Six Sigma, ξεκίνησε το 1987. Ο λόγος για την ονομασία ήταν ότι το «sigma» είναι ένα στατιστικό μέτρο που σχετίζεται με την ικανότητα της διαδικασίας, δηλαδή την ικανότητά της να παράγει μη ελαττωματικά προϊόντα/μονάδες/εξαρτήματα. Σε μια ευρύτερη βάση, το "κόστος της ποιότητας" ή - ακριβέστερα - το "κόστος της κακής ποιότητας" (Cost of Poor Quality, CPQ) μπορεί να βαθμονομηθεί με το επίπεδο σίγμα στο οποίο εκτελούνται οι διεργασίες.

Τα επίπεδα απόδοσης Six Sigma θεωρούνται γενικά παγκόσμιας κλάσης με το CPQ να είναι μικρότερο από το 1% του πωλήσεων. Αντίθετα, τα επίπεδα σίγμα των τριών, τεσσάρων και πέντε παράγουν ποσοστά DPMO 66.807, 6.210 και 233, και αντίστοιχα εύρη CPQ 25-40 τοις εκατό, 15-25 τοις εκατό τοις εκατό και 5-15 τοις εκατό. Αυτοί οι αριθμοί τεκμηριώνουν τη σημασία της μείωσης της διακύμανσης της διαδικασίας σε όλες τις βασικές, πρωτογενείς και υποστηρικτικές διαδικασίες σε έναν οργανισμό, καθώς και της διακύμανσης που επιφέρουν οι προμηθευτές.

Πολύ γρήγορα, από το 1987 έως το 1997, η Motorola πέτυχε πενταπλασιασμό των πωλήσεων της με τα κέρδη της να ανεβαίνουν σχεδόν 20 τοις εκατό ετησίως, σωρευτική εξοικονόμηση 14 δισεκατομμύρια δολάρια και κέρδη στις τιμές των μετοχών κατά 21,3%, ετησίως. Το παράδειγμά της ακολούθησαν και άλλες, όπως η AlliedSignal που πέτυχε εξοικονόμηση 2 δισεκατομμυρίων δολαρίων σε βάθος πενταετίας, ενώ η General Electric εξοικονόμηση 1 δισεκατομμύριο δολάρια σε διάστημα δύο ετών. Ο αντίκτυπος σε οικονομία κλίμακας ("big bucks") είναι ένας από τα από τους πέντε βασικούς λόγους που αναφέρει ο Hoerl [60] για την επιτυχία του Six Sigma. Οι άλλοι τέσσερις είναι υποστήριξη της ανώτατης διοίκησης και ενθουσιασμός, έμφαση στην ποσοτική και πειθαρχημένη προσέγγιση στη βελτίωση των διαδικασιών, κατανόηση και ικανοποίηση των αναγκών των πελατών και συνδυασμός έργων με τους κατάλληλους ανθρώπους και εργαλεία.

Οι περισσότεροι οργανισμοί λειτουργούν στο Three-Sigma, το οποίο μεταφράζεται σε 66.000 λάθη ανά εκατομμύριο. Συγκριτικά, τα τυπικά επίπεδα ποιότητας για τα κατασκευασμένα προϊόντα σήμερα επιτυγχάνουν περίπου τέσσερα Sigma, το οποίο μεταφράζεται σε περίπου 6.000 ελαττώματα ανά 1.000.000 ευκαιρίες. Στα μέτρα μιας αεροπορικής εταιρείας, επίπεδο Six Sigma ισοδυναμεί με 3,4 μη ασφαλή ταξίδια ανά εκατομμύριο.

Ακολούθησαν οι εφαρμογές ενσωμάτωσης του Six-Sigma στην ανάπτυξη νέων προϊόντων. Η εφαρμογή της μεθόδου κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού νέων προϊόντων ή υπηρεσιών δίνει τη δυνατότητα εξοικονόμησης σημαντικών χρηματικών ποσών για την εταιρεία, μακροπρόθεσμα.

Από την άποψη αυτή, το Lean Sigma Technologies, LLC, μια διεθνής συμβουλευτική εταιρεία υποστηρίζει ότι "το 70-80% όλων των προβλημάτων ποιότητας σχετίζονται με το σχεδιασμό και δεν οφείλονται στην κατασκευή". Με την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων ποιότητας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού, υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες για έναν οργανισμό να εξαλείψει τα δαπανηρά προβλήματα ποιότητας με την κυκλοφορία ενός προϊόντος. Το κεντρικό θέμα του Six-Sigma είναι ότι το προϊόν ή η διαδικασία, μπορεί να βελτιωθεί δραματικά με την κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των

εισροών σε ένα προϊόν ή μια διαδικασία και τις μετρήσεις που καθορίζουν το επίπεδο ποιότητας του προϊόντος ή της διαδικασίας. Κρίσιμη για τις σχέσεις αυτές είναι η έννοια της "φωνής του πελάτη". Με άλλα λόγια, η ποιότητα μπορεί να οριστεί μόνο από τον πελάτη που θα λάβει τελικά τις εκροές ή τις οφέλη ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας.

Οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν την αντίληψη ότι το Six-Sigma χρησιμοποιείται στην κατασκευή για τη μείωση των ελαττωμάτων. Η πραγματικότητα είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί, τόσο στην παραγωγή, όσο και στις επιχειρήσεις για τη μείωση των ελαττωμάτων της διαδικασίας και της μεταβλητότητας, δηλαδή για:

- βελτίωση της έγκαιρης παράδοσης,
- μείωση του χρόνου κύκλου για την πρόσληψη και την εκπαίδευση νέων εργαζομένων,
- βελτίωση εφοδιαστικής αλυσίδας,
- βελτίωση ικανότητας πρόβλεψης των πωλήσεων- και
- βελτίωση της ποιότητας της εξυπηρέτησης των πελατών.

## 5.2 Περιγραφή και Λειτουργία του Six Sigma

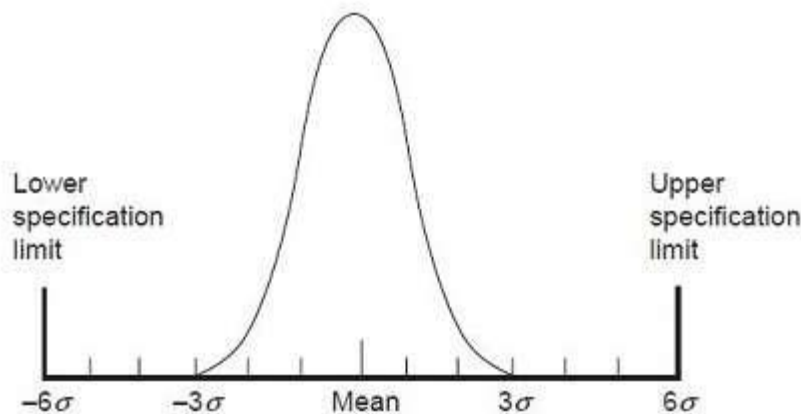
Με μαθηματικούς όρους, το Six-Sigma ορίζει μια συνάρτηση μεταφοράς:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

μεταξύ των μέτρων ποιότητας ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας (π.χ. το προσδόκιμο ζωής ενός προϊόντος, ή το ποσοστό έγκαιρης παράδοσης για μια διαδικασία εκπλήρωσης), και των εισροών που καθορίζουν και ελέγχουν το προϊόν ή τη διαδικασία (π.χ. η ανοχή μιας φυσικής διάστασης ή ο αριθμός των πόρων που είναι διαθέσιμοι για την εξυπηρέτηση των πελατών).

Επικεντρώνεται σε δύο πράγματα όπως αναφέρονται παρακάτω:

- να κατανοήσει ποιες εισροές (x) έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στις μετρικές εξόδου (y) και
- τον έλεγχο αυτών των εισροών, έτσι ώστε οι εκροές να παραμένουν εντός ενός καθορισμένου ανώτερου ή/και κατώτερου ορίου προδιαγραφών.



- Ο όρος "ποιότητα 6σ" χρησιμοποιείται γενικά, για να υποδηλώσει ότι μια διεργασία ελέγχεται καλά (εντός των ορίων διεργασίας,  $\pm 3\sigma$  από την κεντρική γραμμή ενός διαγράμματος ελέγχου και των ορίων απαιτήσεων/ανοχών  $\pm 6\sigma$  από την κεντρική γραμμή).

### Πώς λειτουργεί το Six-Sigma;

Η τεράστια δύναμη του Six Sigma έγκειται στην «εμπειρική», προσέγγιση που βασίζεται στα δεδομένα και στο γεγονός ότι επικεντρώνεται στη χρήση ποσοτικών μέτρων του τρόπου με τον οποίο το σύστημα αποδίδει για την επίτευξη του στόχου της βελτίωσης της διαδικασίας και της μείωσης της μεταβλητότητας. Η διαφορά με τη λογική της λιτότητας έγκειται στο γεγονός ότι αποσκοπεί κυρίως στην πρόληψη προβληματικών καταστάσεων που βρθούν ελαττωμάτων, παρά στην ανίχνευσή τους όταν εντοπίζονται σαν φαινόμενα.

Η συνεργασία αποτελεί ένα σημαντικό και κρίσιμο ζήτημα για τη διαδικασία Six-Sigma και μέσω της επικοινωνιακής συμβολής των εργαζομένων, παρέχεται σημαντική συνδρομή στην ανώτερη διοίκηση.

### **Εφαρμογή του Six Sigma**

Οι στρατηγικές υλοποίησης ποικίλουν από οργανισμό σε οργανισμό και εξαρτώνται κάθε φορά από την εκάστοτε επικρατούσα κουλτούρα ή και τους στρατηγικούς επιχειρηματικούς στόχους που τίθενται. Κάθε οργανισμός καλείται να αποφασίσει για τα εξής, κατά την εφαρμογή του Six Sigma:

- a) Την υλοποίηση μιας πρωτοβουλίας Six Sigma, που συνοδεύεται από εκπαίδευση μέρους του προσωπικού για την εκμάθηση των στατιστικών εργαλείων του, για την εφαρμογή αυτών, όποτε απαιτείται. Ωστόσο, δεν πρόκειται για τίποτα παραπάνω από την προσθήκη μερικών ακόμα «όπλων» στην φαρέτρα ενός οργανισμού που έχει αναπτύξει μεθοδολογίες για την αντιμετώπιση κρίσεων. Στην ουσία, δεν υλοποιείται κάποια μνημειώδης αλλαγή στην κουλτούρα, απλά οι εταιρείες εκπαιδεύουν στελέχη να διαχειρίζονται τις κρίσεις από μια πιο στατιστική σκοπιά.
- b) Τη δημιουργία υποδομής Six Sigma. Η δεύτερη επιλογή αφορά περισσότερο σε «αντικειμενοστραφή» εκπαίδευση της φιλοσοφίας του Six Sigma, έτσι ώστε οι εκπαιδευόμενοι να είναι σε θέση να επιλέγουν το κατάλληλο εργαλείο, όταν παραστεί η ανάγκη. Το προσωπικό εκπαιδεύεται σε πραγματικά σενάρια, ενώ ο αντίκτυπος που πραγματοποιείται για τον οργανισμό, είναι σαφώς μεγαλύτερος με απτά αποτελέσματα. Αναπτύσσεται μια ολιστική στρατηγική που μπορεί να εφαρμοστεί κατά μήκος της εταιρείας, ενώ συμβάλλει σημαντικά στην κατανόηση των καίριων επιχειρησιακών δραστηριοτήτων. Στην ουσία, το προσωπικό εμβαθύνει περισσότερο στις προσοδοφόρες για τον οργανισμό διαδικασίες και μαθαίνει να τις βελτιώνει με το χρόνο. Το αποτέλεσμα είναι η αρτιότερη χρήση πόρων και η διαμόρφωση ενός χάρτη «roadmap», για την επίτευξη των στόχων που τίθενται.

Σε κάθε περίπτωση, τα προγράμματα του Six Sigma ακολουθούν συγκεκριμένη δομή που περιέχει πληθώρα ποιοτικών και ποσοτικών τεχνικών για να επιτευχθεί η βελτίωση στις διαδικασίες. Ο κανόνας δεν αποτελείται από ένα ορισμένο σετ εργαλείων, καθώς κάθε φορά επιστρατεύεται ό,τι βρίσκει καλύτερη εφαρμογή στην κάθε περίπτωση, ωστόσο ορισμένα από αυτά τα εργαλεία είναι ο στατιστικός έλεγχος διαδικασιών (statistical process control, SPC), τα διαγράμματα ελέγχου (control charts), η ανάλυση του τρόπου και του αποτελέσματος αστοχίας (failure mode and effect analysis, FMEA) και η χαρτογράφηση των διαδικασιών που αποτελεί έναν τρόπο οργάνωσης για την καταγραφή όλων των διεργασιών που τελούνται, ώστε να είναι ορατά τα αποτελέσματα και τα περιθώρια βελτίωσης.

Όσον αφορά στον στατιστικό έλεγχο, αυτός διακρίνεται σε στατιστικό έλεγχο ποιότητας και έλεγχο διαδικασιών. Στην ουσία τους, πρόκειται για τα ίδια εργαλεία, ωστόσο ο μιν ελέγχει τα τελικά αποτελέσματα των διεργασιών, ενώ ο τελευταίος ελέγχει τις ανεξάρτητες μεταβλητές των εισόδων των διεργασιών. Ο έλεγχος πραγματοποιείται μέσα από την απεικόνιση των δεδομένων σε διαγράμματα, όπως το ραβδόγραμμα Pareto, χρήσιμο για την ανάλυση συχνότητας εμφάνισης προβλημάτων ή το διάγραμμα «ψαροκόκκαλο» ή Ishikawa ή “CEDAC” (cause-and-effect diagram with the addition of cards), το οποίο αναδεικνύει πολλές πιθανές αιτίες για ένα ορισμένο πρόβλημα.

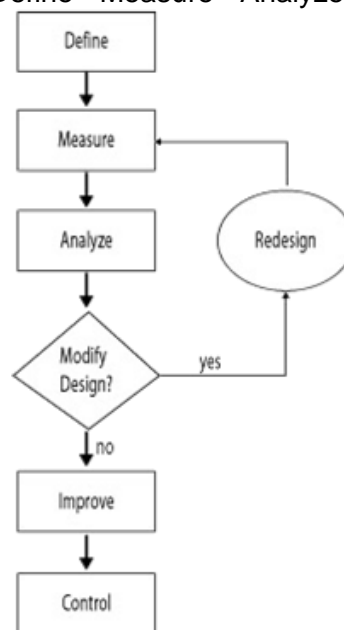
Τέλος, το μοντέλο της ανάλυσης μεθόδου και αποτελέσματος αστοχίας (FMEA) αποτελεί μια προσέγγιση βήμα-προς-βήμα για την αναγνώριση πιθανών σφαλμάτων εξαρχής σε ένα σχέδιο ή μια βιομηχανική διεργασία. Πραγματεύεται κυρίως τις περιπτώσεις κάτω από

τις οποίες, μπορεί κάτι να πάει στραβά, να αποτύχει, να αστοχήσει, ενώ ταυτόχρονα μελετά εκ των προτέρων τις συνέπειες αυτών των αστοχιών. Αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την ανάδειξη της σημασίας κάποια αστοχίας, τη σημαντικότητα των συνεπειών, ακόμα και την ευκολία ανίχνευσης. Η σημασία του εδράζεται στη δρομολόγηση ενεργειών για την, όσο το δυνατό, αμεσότερη απόκριση στις αστοχίες, με προτεραιότητα κινδύνου. Επιστρατεύεται στο σχεδιασμό, τον επανασχεδιασμό ή το λανσάρισμα ενός προϊόντος/μιας υπηρεσίας ή μιας καινοτόμου διαδικασίας.

## DMAIC

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι διαδικασίες διαχωρίζονται με έναν βαθμό προτεραιότητας, ανάλογα με τη σημασία που προσδίδεται στην καθεμία για ανάγκη βελτίωσης. Συνακόλουθα, ανάλογα με την εστίαση της βελτίωσης, τα έργα Six Sigma ακολουθούν δύο μεθοδολογίες που είναι οι:

1. **DMAIC**: για υπάρχοντα προϊόντα και διαδικασίες. Η μεθοδολογία DMAIC Six-Sigma συνιστάται, όταν η αιτία του προβλήματος είναι άγνωστη ή ασαφής, όπου υπάρχει η δυνατότητα σημαντικής εξοικονόμησης πόρων, καθώς και όταν το έργο μπορεί να ολοκληρωθεί σε 4-6 μήνες [61]. Υπάρχουν πέντε βήματα που πρέπει να εξεταστούν για την περίπτωση αυτή. Τα βήματα είναι ο ορισμός, η μέτρηση, η ανάλυση, η βελτίωση και ο έλεγχος (Define - Measure - Analyze - Improve - Control).
2. **DMADV**: για νέα προϊόντα και διαδικασίες. Και αυτή η περίπτωση διακρίνεται από πέντε επιμέρους βήματα (Define - Measure - Analyze - Design – Verify).



**Σχήμα 5.1:** Διάγραμμα Ροής του DMAIC

Τα τρία πρώτα βήματα: define, measure και analyze είναι τα ίδια και στις δύο περιπτώσεις. Για τη DMAIC, τα δύο τελευταία βήματα επικεντρώνονται στη βελτίωση και τον έλεγχο των εισροών υφιστάμενων προϊόντων ή διαδικασιών, ενώ για το DMADV, τα δύο τελευταία βήματα επικεντρώνονται στο σχεδιασμό και τον έλεγχο των μελλοντικών εισροών ενός προϊόντος ή διαδικασίας. Ορισμένοι ερευνητές χρησιμοποίησαν την προσέγγιση DMAIC ως πλαίσιο αναφοράς. Οι Ehie και Sheu (2005) [62] κατάφεραν να ενσωματώσουν τη θεωρία των περιορισμών με την έννοια της DMAIC για την επίτευξη συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας. Οι Edgeman (2005) έδωσαν έμφαση στην ανάγκη ύπαρξης της "φωνής του πελάτη" ως μέρος της DMAIC. Όλα αυτά αποτελούν ένδειξη ότι η DMAIC είναι αποδεκτή από τους ερευνητές ως πλαίσιο και σε θέση να διευκολύνει τη στρατηγική αλλαγή για την επίτευξη υψηλότερου βαθμού ικανοποίησης των πελατών. Τα

επιμέρους βήματα της διαδικασίας περιλαμβάνουν συγκεκριμένες ενέργειες που αναλύονται, παρακάτω:

1. **Καθορισμός** του προβλήματος, της δραστηριότητας βελτίωσης, της ευκαιρίας βελτίωσης, των στόχων του έργου και των απαιτήσεων των πελατών (εσωτερικών και εξωτερικών).  
Χάρτης έργου για τον καθορισμό της εστίασης, του πεδίου εφαρμογής, της κατεύθυνσης και των κινήτρων για την ομάδα βελτίωσης.  
Φωνή του πελάτη για την κατανόηση των ανατροφοδοτήσεων από τους σημερινούς και μελλοντικούς πελάτες που υποδεικνύουν τις προσφορές που τους ικανοποιούν, τους ευχαριστούν και τους δυσαρεστούν.  
Χάρτης ροής αξίας για την παροχή επισκόπησης μιας ολόκληρης διαδικασίας, ξεκινώντας και καταλήγοντας στον πελάτη και αναλύοντας τι απαιτείται για την ικανοποίηση των αναγκών του πελάτη.
2. **Μέτρηση** της απόδοσης της διαδικασίας.  
Χάρτης διαδικασιών για την καταγραφή των δραστηριοτήτων που εκτελούνται στο πλαίσιο μιας διαδικασίας.  
Ανάλυση ικανοτήτων για την αξιολόγηση της ικανότητας μιας διαδικασίας να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές.  
Διάγραμμα Pareto για την ανάλυση της συχνότητας εμφάνισης των προβλημάτων ή των αιτιών.
3. **Ανάλυση** της διαδικασίας για τον προσδιορισμό των βαθύτερων αιτιών της μεταβλητότητας και της κακής απόδοσης (ελαττώματα).  
Ανάλυση των βαθύτερων αιτιών (Root Cause Analysis) για την αποκάλυψη των αιτιών.  
Ανάλυση τρόπου και επιπτώσεων αστοχίας (FMEA) για τον εντοπισμό πιθανών βλαβών προϊόντος, υπηρεσίας και διαδικασίας.  
Διάγραμμα πολλαπλών παραλλαγών-παραγόντων για τον εντοπισμό διαφορετικών τύπων παραλλαγών εντός μιας διαδικασίας.
4. **Βελτίωση** της απόδοσης της διαδικασίας με την αντιμετώπιση και εξάλειψη των βαθύτερων αιτιών.  
Σχεδιασμός πειραμάτων (Design Of Experiments) για την επίλυση προβλημάτων από πολύπλοκες διεργασίες ή συστήματα όπου υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα και όπου είναι αδύνατο να απομονωθεί ένας παράγοντας ή μια μεταβλητή από τους άλλους.  
Kaizen για την εισαγωγή ταχείας αλλαγής εστιάζοντας σε ένα ορισμένο έργο, χρησιμοποιώντας τις ιδέες και τα κίνητρα των άμεσα εμπλεκομένων με το έργο.
5. **Έλεγχος** της βελτιωμένης διαδικασίας και της μελλοντικής απόδοσης της διαδικασίας.  
Σχέδιο ελέγχου ποιότητας για την τεκμηρίωση των όσων απαιτούνται για να διατηρηθεί μια βελτιωμένη διαδικασία στο τρέχον επίπεδό της.  
Στατιστικός έλεγχος διαδικασίας (SPC) για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς της διαδικασίας.  
5S για τη δημιουργία ενός χώρου εργασίας κατάλληλου για οπτική εποπτεία.  
Απόδειξη λαθών (roka-yoke) για να καταστούν τα σφάλματα απίθανα ή άμεσα ανιχνεύσιμα.

### **Σχεδιασμός για Six-Sigma**

Το DFSS (Design for Six Sigma) είναι μια μεθοδολογία, είτε για το σχεδιασμό νέων διαδικασιών/προϊόντων, είτε για τον επανασχεδιασμό υφιστάμενων διαδικασιών/προϊόντων, στόχος της οποίας είναι η επίτευξη των απαιτούμενων επιδόσεων, της αξιοπιστίας και του κόστους, χαρακτηριστικά της Six-Sigma μεθοδολογίας. Τα στοιχεία του DFSS όπως συνοψίζονται από τους De Feo και Bar-El (2002) παρατίθενται παρακάτω:

- κατευθύνει τη διαδικασία σχεδιασμού με γνώμονα τον πελάτη
- προβλέπει την ποιότητα του σχεδιασμού από την αρχή
- ταιριάζει τη ροή των απαιτήσεων από πάνω προς τα κάτω με τη ροή δυνατοτήτων από κάτω προς τα πάνω
- ενσωματώνει τη διαλειτουργική συμμετοχή στο σχεδιασμό
- κατευθύνει τη μέτρηση της ποιότητας και τη βελτίωση της προβλεψιμότητας σε πρώιμες φάσεις σχεδιασμού
- χρησιμοποιεί τις ικανότητες της διαδικασίας για τη λήψη τελικών αποφάσεων
- παρακολουθεί τις αποκλίσεις της διαδικασίας για να επαληθεύει ότι ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του πελάτη [63].

Γενικά, οι μεθοδολογίες DFSS, όπως η DMADV, έχουν ως στόχο τη δημιουργία σχεδιασμών [64]:

- αποδοτικών ως προς τους πόρους
- ικανών να επιτύχουν πολύ υψηλές αποδόσεις
- ανεξάρτητων πολυπλοκότητας και όγκου
- ακλόνητων από τη μεταβλητότητα της διαδικασίας και
- σε μεγάλο βαθμό συνδεδεμένων με τις απαιτήσεις των πελατών.

Σύμφωνα με τον Mader [65], "το DFSS είναι μια μεθοδολογία που χρησιμοποιεί εργαλεία, εκπαίδευση και μετρήσεις για να επιτρέπει στον οργανισμό να σχεδιάζει προϊόντα και διαδικασίες που ανταποκρίνονται στις προσδοκίες των πελατών και μπορούν να παραχθούν με Six-Sigma επίπεδα ποιότητας". Η DFSS έχει δύο κύριους στόχους:

1. Ελαχιστοποίηση των ποσοστών ελαττωμάτων για την επίτευξη του επιπέδου Six-Sigma.
2. Μεγιστοποίηση του θετικού αντίκτυπου κατά τη διάρκεια του ανεπτυγμένου σταδίου των προϊόντων.

### **Δέσμευση της ηγεσίας (Leadership Commitment)**

Οι διοικήσεις είναι απαραίτητες για τη λειτουργία της επιχείρησης και την εφαρμογή μιας νέας τεχνολογίας. Όσον αφορά στο Six-Sigma, η δέσμευση της διοίκησης είναι απαραίτητη. Η διοίκηση πρέπει να υποστηρίζει τις ιδέες για την εφαρμογή των ακόλουθων βασικών σημείων κατά μήκος του οργανισμού:

- Να γνωρίζουν όλοι οι εργαζόμενοι ότι η ποιότητα είναι μέρος της εργασίας τους και της ευθύνης τους. Πρέπει να είναι πρόθυμοι να εκπαιδεύονται, να μαθαίνουν και να εφαρμόζουν.
- Η ποιότητα δεν είναι μόνο λόγια. Δεν είναι τίποτα άλλο, παρά μια πραγματική πράξη.
- Όλοι οι εργαζόμενοι χρειάζονται την απαραίτητη παρακίνηση, ώστε να αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με το θέμα.
- Όλοι οι εργαζόμενοι πρέπει να εκπαιδεύονται στη χρήση στατιστικών εργαλείων και τεχνικών της ποιότητας Six-Sigma.
- Όλοι οι εργαζόμενοι πρέπει να εκπαιδεύονται μέσω μαθημάτων που προσφέρονται σε όλη την εταιρεία.



- Οι βασικοί υπάλληλοι επωφελούνται από τη συμμετοχή τους σε σεμινάρια επισκόπησης της ποιότητας για να πάρουν βασικές ιδέες για το θέμα.
- Ομαδική εκπαίδευση για κάθε θέμα.
- Συμμετοχή σε Master Black Belt, Black Belt και Πράσινη Μαύρη Ζώνη.
- Εκπαίδευση DFSS.

Το πιο σημαντικά σημεία που πρέπει να λαμβάνει υπόψη ένας οργανισμός που ετοιμάζεται να εφαρμόσει το Six-Sigma είναι τα εξής:

- η εισαγωγή της υπόθεσης που έχει μελετηθεί καλά για την αλλαγή
- προσεκτικό ξεκίνημα και ομαλή συνέχεια
- η επιλογή της κατάλληλης ομάδας για συνεργασία
- η δημιουργία της σωστής βάσης για να δουλέψει κάποιος
- η ομάδα να συμμετέχει σε όλα τα στάδια της εργασίας
- επικοινωνία με όλα τα μέλη της ομάδας- και
- εκπαίδευση, σύμφωνα με τις στρατηγικές που αναλαμβάνονται.

Εκτός των παραπάνω τα έργα Six-Sigma πρέπει να επανεξετάζονται προσεκτικά, να σχεδιάζονται και να επιλέγονται ώστε να μεγιστοποιούνται τα οφέλη από την εφαρμογή τους. Το έργο πρέπει να είναι εφικτό, οργανωτικά και οικονομικά επωφελές και προσανατολισμένο στον πελάτη (Kwak and Anbari, 2006). Ωστόσο, τα υπό μελέτη έργα πρέπει να επανεξετάζονται περιοδικά, προκειμένου να αξιολογούνται και να λαμβάνεται γνώση της απόδοσης των εργαλείων Six-Sigma και των τεχνικών που χρησιμοποιούνται.

### **Επιτυχής εφαρμογή του προγράμματος Six-Sigma**

Οι Johnson και Swisher [66] παρείχαν χρήσιμες συμβουλές για την επιτυχή εφαρμογή του Six-Sigma. Οι συμβουλές αυτές απαριθμούνται παρακάτω:

- διαρκής και ορατή δέσμευση της διοίκησης,
- συνεχής εκπαίδευση των διευθυντών και των συμμετεχόντων,
- καθορισμός σαφών προσδοκιών,
- προσεκτική επιλογή της ηγεσίας, και
- επιλογή των κατάλληλων έργων που ανταποκρίνονται στις στρατηγικές μας.

### **Προσομοίωση και Six-Sigma**

Ένα από τα πολλά εργαλεία που χρησιμοποιούνται από τη Six-Sigma είναι η προσομοίωση Έξι Σίγμα. Στο πλαίσιο των σταδίων ανάλυσης και βελτίωσης ενός έργου DMAIC, ή των σταδίων ανάλυσης και σχεδιασμού του DMADV, η τυχαία προσομοίωση Monte Carlo είναι ένα ισχυρό εργαλείο λόγω της ακόλουθης αξίας και των πλεονεκτημάτων που παρέχει. Η προσομοίωση είναι ένα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλαπλά στάδια ενός έργου Six-Sigma. Ωστόσο, συνήθως εφαρμόζεται στα στάδια ανάλυσης και βελτίωσης ή ανάλυσης και σχεδιασμού. Ένα μοντέλο προσομοίωσης γίνεται μια συνάρτηση μεταφοράς που συσχετίζει τα κρίσιμα X (εισροές) με τα Y (εκροές). Οι πειραματισμοί με τα X οδηγούν σε καλύτερη κατανόηση της ικανότητας της διαδικασίας.

Μια από τις φάσεις της DFSS είναι γνωστή ως ανάλυση ανοχής (Toleration Analysis, TA) η οποία περιλαμβάνει τη μελέτη της διακύμανσης της εξόδου μιας διεργασίας ως συνάρτηση των εισροών της ίδιας διεργασίας. Λόγω του γεγονότος ότι ο τελικός σκοπός της TA είναι να προσδιορίσει ποιες εισροές έχουν το μεγαλύτερο αντίκτυπο στην έξοδο, οι ποσοτικές τεχνικές που είναι οι πλέον κατάλληλες είναι:

- η ρίζα από το άθροισμα των τετραγώνων (RSS) και
- η προσομοίωση Monte Carlo.

## **Ενσωμάτωση του Six Sigma**

Σε σχέση με όσα έχουν αναφερθεί έως τώρα, το Six-Sigma μπορεί να αποφέρει τεράστια εξοικονόμηση και οφέλη για την εταιρεία. Παρόλα αυτά, για την εγκατάστασή του σε μια επιχείρηση ή έναν οργανισμό, επισύρονται ορισμένα κόστη που σχετίζονται με αυτό και τα οποία μπορούν να απαριθμηθούν ως εξής [67]:

- έμμεσο κόστος
- κόστος κατάρτισης
- συμβουλευτικό κόστος
- κόστος εφαρμογής της βελτίωσης και
- κόστος λογισμικού.

Τα παραπάνω προκύπτουν από το κόστος που επωμίζεται ο οργανισμός που υιοθετεί το Six Sigma, καθώς η ολοκληρωτική αλλαγή στην κουλτούρα επιφέρει δραματική αλλαγή στις υφιστάμενες διαδικασίες, μα κυρίως στη νοοτροπία μιας επιχειρηματικής οντότητας. Ανεξάρτητα από το συνολικό κόστος της ενσωμάτωσης του Six Sigma, τα πραγματικά οφέλη που προσδίδει μια τέτοια εξέλιξη σε έναν οργανισμό είναι ασύγκριτα και αφορούν κυρίως σε:

- Μείωση του χρόνου κύκλου της διαδικασίας.
- Ενισχυμένη παραγωγή και προστιθέμενη αξία.
- Βελτίωση της παραγωγικής ικανότητας και της παραγωγής.
- Μείωση του συνόλου των ελαττωματικών προϊόντων.
- Βελτίωση της αξιοπιστίας των προϊόντων.
- Μείωση των χρόνων παράδοσης της διαδικασίας.
- Εξομάλυνση της ροής της διαδικασίας.
- Αύξηση της απόδοσης της επένδυσης.
- Βελτίωση της συνολικής ικανοποίησης των πελατών.

## **Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας**

Κυνηγώντας την επιχειρηματική αριστεία, ένας οργανισμός θα επιτύχει, εάν προσδιορίζονται συγκεκριμένοι στόχοι για τις κρίσιμες διαδικασίες του οργανισμού. Οι κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας της υλοποίησης του προγράμματος του Six Sigma μπορούν να ταξινομηθούν ακολούθως [68]:

1. Κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας - δέσμευση των στελεχών
2. Κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας - επικοινωνία
3. Κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας - έργα.

1. Κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας - εμπλοκή των στελεχών

Η διοίκηση πρέπει να είναι ορατή και να δείχνει συνεπή υποστήριξη, να παραμένει ενεργή στη διαδικασία επικοινωνίας παρέχοντας ανταμοιβές. Καίριο ζήτημα αποτελεί η σύνδεση του Six-Sigma με τις στρατηγικές της εταιρείας και η χρήση γεγονότων και δεδομένων για την υποστήριξη όλων των αποφάσεων που πρέπει να ληφθούν.

2. Κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας-επικοινωνία

Δημιουργία τακτικών γραπτών ανακοινώσεων σχετικά με το Six Sigma, ζητώντας από τους διευθυντές σε διάφορα επίπεδα να είναι υποστηρικτικοί και ένθερμοι γύρω από το σύστημα. Εξίσου σημαντική είναι και η ενημέρωση σε όλα τα στρώματα για την επιτυχία του Six-Sigma company-wide και πώς ωφελεί την εταιρεία και τους εργαζομένους της.

### 3. Κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας-έργα

Προετοιμασία καταλόγου έργων Six-Sigma ενός έτους και τακτική ανανέωση, όσο τα έργα 6σ συνδέονται με τις ανάγκες των πελατών και προσδιορισμός εκείνων των έργων που επιφέρουν σημαντική εξοικονόμηση στην εταιρεία.

Η τεκμηρίωση αυτών των κρίσιμων παραγόντων επιτυχίας και των υποενοτήτων συνιστούν ένα πρώιμο βήμα στη διαδικασία διασφάλισης εφαρμογής και καθιέρωσής τους ως μόνιμο μέρος της κουλτούρας και του λειτουργικού συστήματος της εταιρείας.

#### **Το μέλλον του Six-Sigma**

Η διοίκηση θα πρέπει να επικεντρωθεί κυρίως στη βελτίωση της διαδικασίας και όχι απλώς να σκέφτεται να μετράει τις ατέλειες. Σε μια έρευνα που διεξήγαγε η DynCorp (Mekong Capital Ltd, 2004), τα ευρήματα κατέδειξαν τα εξής:

- Περίπου το 22% των αμερικανικών εταιρειών που συμμετείχαν στην έρευνα εφαρμόζουν το Six-Sigma
- Περίπου το 38,2% των εταιρειών με προγράμματα Six-Sigma ήταν εταιρείες παροχής υπηρεσιών
- Περίπου το 49,3% των εταιρειών με προγράμματα Six-Sigma που επιβλήθηκαν ήταν κατασκευαστικές εταιρείες και το 12,5% άλλου τύπου
- Το Six-Sigma αξιολογήθηκε υψηλότερα από άλλα συστήματα διαχείρισης ποιότητας και εργαλεία βελτίωσης διαδικασιών

Τα προγράμματα διαχείρισης της ποιότητας που εφαρμόζονται μπορούν να εκσυγχρονίσουν και να απλοποιήσουν τις δραστηριότητες προς τον τελικό στόχο της επιχείρησης, ενώ όταν το επιλεγμένο πρόγραμμα ποιότητας είναι το Six-Sigma, ο οργανωτικός στόχος είναι να επιτευχθεί ένα επίπεδο σίγμα 6, ή ο στόχος των 3,4 DPMO. Κατά τον ορισμό των ελαττωμάτων, το Six-Sigma εστιάζει στην ανάπτυξη μιας πολύ σαφούς κατανόησης των πελατών απαιτήσεων και, ως εκ τούτου, είναι πλήρως πελατοκεντρικό. Η εξοικονόμηση κόστους και τα οφέλη που αποκομίζουν οι μεγάλες εταιρείες σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι τόσο υπέρογκα που προσέλκυαν την προσοχή ακόμα και των πιο δύσπιστων στην εφαρμογή.

#### **Πλαίσιο Εφαρμογής Six Sigma (Implementation Framework)**

Από πλευράς περιεχομένου, το Six Sigma δεν διατυπώνει κάτι εγγενώς καινούριο. Η επικέντρωση στις διαδικασίες και τη διακύμανση, ιστορικά ως "έλεγχος ποιότητας" βρίσκεται και στα έργα των W. Edwards Deming και Walter A. Shewhart. Ο σχεδιασμός πειραμάτων και η στατιστική διαδικασία ελέγχου, τα οποία περιλαμβάνονται στα προγράμματα Six Sigma, δεν είναι καινούργια. Η προοπτική που προσφέρεται από το Six Sigma είναι ότι πρόκειται για ένα τακτικό εργαλείο μεγάλης αξίας για την επίτευξη στόχων επιχειρησιακής αριστείας. Η επιχειρησιακή αριστεία είναι, φυσικά, απαραίτητη για τη συνολική επίτευξη επιχειρηματικής αριστείας -κάτι που απαιτεί επίσης αριστεία πελατειακή, οικονομική και την αριστεία της απόδοσης στην αγορά [69].

Η καινοτομία που εισήγαγε το Six Sigma είναι η ρητή σύνδεση της τακτικής με τη στρατηγική. Δηλαδή, την αποτελεσματική, συχνά στατιστική και τεχνικές που χρησιμοποιούνται με συστηματικό τρόπο για μείωση των διακυμάνσεων και τη βελτίωση των διαδικασιών με έμφαση στα αποτελέσματα, συμπεριλαμβανομένων των αποτελεσμάτων που σχετίζονται με τον πελάτη και οδηγούν σε βελτιωμένη απόδοση στην αγορά και, ως εκ τούτου, βελτιωμένα οικονομικά αποτελέσματα.

Το Six Sigma επικεντρώνεται στη βελτίωση της ποιότητας μιας διαδικασίας. Ως εκ τούτου, θεωρείται εργαλείο αξιολόγησης της ικανότητας της διαδικασίας. Συμβατικά, μια διαδικασία ονομάζεται "ικανή" εάν η φυσική έκταση, τα θετικά και αρνητικά τρία σίγμα, η ακρίβεια δηλαδή του 99,73%, δεν υπερβαίνει τα μηχανολογικά πρότυπα. Το Six Sigma δηλώνει ότι οι διεργασίες αποδίδουν σύμφωνα με τις απαιτήσεις της μηχανικής, δηλαδή τουλάχιστον θετικό ή αρνητικό έξι σίγμα από το μέσο όρο της διεργασίας. Αυτό απαιτεί τεράστιες προσπάθειες για επιστημονικά και επιθεωρησιακά μέτρα. Συνήθως, εκτελούνται αριθμοί δοκιμών σε διάφορες μεταβλητές για την καλύτερη γνώση του τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας ή λειτουργίας. Μόλις προσδιοριστούν οι λειτουργικές μεταβλητές, το επόμενο βήμα είναι ο προσδιορισμός των κρίσιμων μεταβλητών που επηρεάζονται περισσότερο. Μετά τον προσδιορισμό τους γίνεται αποτελεσματικότερος έλεγχος της κάθε μεταβλητής για τη βελτίωση του δείκτη δυνατοτήτων της διαδικασίας ώστε να επιτυγχάνεται:

- Σωστή κατανόηση των πελατών και των απαιτήσεών τους από το προϊόν.
- Επανεξέταση των αναφορών των πελατών και άλλων δεδομένων.
- Εξέταση και κατάταξη των θεμάτων κατά προτεραιότητα ανάλογα με τον αντίκτυπο και το ποσοστό εμφάνισής τους κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.
- Καθορισμός των διεπιχειρησιακών δραστηριοτήτων που επηρεάζουν περισσότερο τον οργανισμό.
- Προσδιορισμός του σταδίου όπου τα ελαττώματα εμφανίζονται συχνότερα.
- Ανάπτυξη μεθόδων για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των ελαττωμάτων.

**Το θέμα είναι ότι το Έξι Σίγμα έχει μεγάλη αξία για την επίτευξη της επιχειρηματικής αριστείας και της μέτρησης της προόδου προς αυτήν**, ώστε τα κατάλληλα διαμορφωμένα και αναπτυσσόμενα προγράμματα να μπορούν να συνάδουν σε μεγάλο βαθμό με τον προσανατολισμό στα αποτελέσματα που διέπουν διάφορα διεθνή πρότυπα ποιότητας όπως το Ευρωπαϊκό Βραβείο Ποιότητας, το America's Malcolm Baldrige Εθνικό Βραβείο Ποιότητας, το Εθνικό Βραβείο Ποιότητας του Καναδά και το Αυστραλιανό Βραβείο Ποιότητας. Ο Mikel Harry, βασικός δημιουργός και υποστηρικτής του προγράμματος Six-Sigma στη Motorola, το έχει ορίσει ως "μια πειθαρχημένη μέθοδο που χρησιμοποιεί εξαιρετικά αυστηρές συλλογές δεδομένων και στατιστική ανάλυση για τον των πηγών σφαλμάτων και τους τρόπους εξάλειψής τους". Ο Ron Snee [70] έχει αναφέρει εντοπισμό ότι "το Six Sigma θα πρέπει να είναι μια στρατηγική προσέγγιση, η οποία λειτουργεί σε όλες τις διαδικασίες, τα προϊόντα, τις εταιρείες και βιομηχανίες". Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά τα στατιστικά εργαλεία ως βάση σε αποφάσεις και γεγονότα, απαιτείται σημαντική προσπάθεια και πόροι να αφιερωθούν στην εκπαίδευση και κατάρτιση των μελών του προσωπικού. Η ευθύνη και η εξουσία κατανέμονται με ένα δομημένο τρόπο με τη χρήση ενός συστήματος "ζωνών" παρόμοιο με εκείνο που χρησιμοποιείται στο κορεατικό καράτε, για τον προσδιορισμό της εμπειρίας και της γνώσης των εργαλείων Έξι Σίγμα και της εφαρμογής τους. Πράγματι, οι όροι «πράσινη ζώνη», «μαύρη ζώνη» και «master μαύρη ζώνη» υποδηλώνουν πολύ συγκεκριμένες έννοιες στο πλαίσιο του Six Sigma.

### **Προοπτικές για ενσωμάτωση του Six Sigma σε άλλες βιομηχανίες**

Σε μια μελέτη του **International Journal of Lean Six Sigma**, οι Ravi S. Reosekar και Sanjay D. Pohekar [71], αναζήτησαν άρθρα για το Six Sigma από εκδοτικούς οίκους όπως οι Emerald, Elsevier, Taylor and Francis. Μια αρχική αναζήτηση άρθρων έγινε χρησιμοποιώντας άρθρα που περιείχαν οποιονδήποτε από τους όρους της φράσης "Six Sigma" από το 1995 έως το 2011. Αυτή η μοναδική φιλοσοφία έγινε ευρέως γνωστή μόνο αφότου ο Jack Welch της GE την έκανε κεντρικό σημείο της επιχειρηματικής στρατηγικής του το 1995 [72]. Η έννοια του 6σ άρχισε να αποκτά δημοτικότητα μέσω ερευνητικών

άρθρων από το 1995 και ως εκ τούτου επιλέχθηκε το 1995 ως έτος έναρξης για την αναζήτηση άρθρων. Αυτή η αναζήτηση οδήγησε σε έναν κατάλογο με περισσότερα 750 και πλέον άρθρων.

Υπάρχει μια αυξανόμενη αναγνώριση ότι το Six Sigma μπορεί να εφαρμοστεί και σε μη - μεταποιητικές επιχειρήσεις λειτουργίες, και δεν περιορίζεται επίσης σε εταιρείες με έδρα τις ΗΠΑ, όπου αναπτύχθηκε, αλλά είναι εφαρμόσιμο σε όλους τους τύπους οργανισμών σε όλο τον κόσμο. Η έννοια του Έξι Σίγμα δεν περιορίζεται στην αυτοκινητοβιομηχανία, τη μεταποίηση και τις συναφείς βιομηχανίες, αλλά σε όλες σχεδόν τις βιομηχανίες. Πλέον έχει εξαπλωθεί και σε όλους τους κάθετους τομείς, όπως τα χημικά, την αεροδιαστημική, την ηλεκτρονική και τον τομέα της μεταποίησης.

Από μια ανασκόπηση στη βιβλιογραφία, γίνεται αντιληπτό πως η πλειονότητα των ερευνητικών άρθρων προέρχεται κυρίως από ακαδημαϊκούς, ενώ πολύ λίγοι επαγγελματίες συμμετέχουν. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, απαιτείται συνεργασία μεταξύ έρευνας και βιομηχανίας για να προκύψουν καλύτερα συμπεράσματα και άρθρα χρήσιμα για τη βιομηχανία. Επιπλέον, μέσα από την εξέταση της βιομηχανικής εστίασης των ερευνητικών άρθρων, διαπιστώθηκε ότι τα περισσότερα άρθρα ασχολούνται με θέματα του τομέα της μεταποίησης. Οι αρχές του Six Sigma αναδείχθηκαν μεν από τον κατασκευαστικό κλάδο, ωστόσο επί του παρόντος, υπάρχει ανάγκη εφαρμογής και σε άλλους τομείς, όπως οι υπηρεσίες, οι υποδομές, η χρηματοδότηση, η υγειονομική περίθαλψη και ο γεωργικός τομέας. Επιπλέον, υπάρχει ανάγκη διεξαγωγής έρευνας και σε άλλες συμβατικές και μη συμβατικές βιομηχανίες για τη βελτίωση της παραγωγικότητας, της ευελιξίας και την ικανοποίηση των αναγκών των πελατών.

Συνακόλουθα, όπως ανέκυψε η ανάγκη για εφαρμογή του Six Sigma σε διαφορετικές βιομηχανίες, πέρα του κατασκευαστικού τομέα, είναι σκόπιμη και η ενσωμάτωσή του με άλλες φιλοσοφίες διαχείρισης ποιότητας και βελτίωσης διαδικασιών. Με στόχο την επιχειρηματική αριστεία, μόνο μέσα από μια ολιστική προσέγγιση βασισμένη στις κυρίαρχες φιλοσοφίες παραγωγής, μπορεί κανείς να αντιληφθεί, αλλά και να λάβει τα συνολικά οφέλη αυτών των εργαλείων.

### **Six Sigma, Λιτότητα και Διαχείριση Ολικής Ποιότητας**

Το Six Sigma παρέχει ένα δομημένο μέσο προώθησης βελτίωσης των προϊόντων και των διαδικασιών, αλλά δεν αντιμετωπίζεται ως εναλλακτική λύση για τη Διαχείριση Ολικής Ποιότητας (TQM). Αντίθετα, είναι σημαντικό να τοποθετηθεί σε ένα ευρύτερο πλαίσιο. Το TQM θεωρείται ως ένα σύστημα διαχείρισης που αποτελείται από αξίες, μεθοδολογίες και εργαλεία που στοχεύουν να βελτιώσουν την ικανοποίηση των πελατών με μειωμένη ποσότητα πόρων. Αυτές οι αξίες συμβάλλουν στη δημιουργία οργανωτικής κουλτούρας. Για να επιτευχθεί αυτό, οι αξίες πρέπει να υποστηρίζονται, συστηματικά και συνεχώς, από τις κατάλληλες μεθοδολογίες και εργαλεία.

Φυσικά, η «δέσμευση όλων» δεν μπορεί να είναι με την απλή διακήρυξη ότι «αποτελεί μια από τις βαθιά ριζωμένες οργανωτικές αξίες». Οι οργανωτικές αξίες αντικατοπτρίζουν τις οργανωτικές πρακτικές, έτσι ώστε η «δέσμευση όλων» και άλλες αξίες να μπορούν να γίνουν μέρος του οργανωτικού ιστού, μέσω της χρήσης κατάλληλων μεθοδολογιών με τέτοιο τρόπο, ώστε οι αξίες να διαπερνούν τη δουλειά που γίνεται, είτε η δουλειά αυτή εκτελείται από ομάδες βελτίωσης ή μέσω της ανάπτυξης στόχων σε ατομικούς στόχους. Χρειάζονται επίσης ανθεκτικά και στιβαρά εργαλεία για την υποστήριξη, τη συστηματοποίηση και τη διευκόλυνση της εργασίας. Παραδείγματα αποτελούν τα διαγράμματα Ishikawa και τα διαγράμματα Pareto, εργαλεία που χρησιμοποιούνται

συνήθως από τις ομάδες βελτίωσης. Αυτά αντικατοπτρίζουν προσεγγίσεις που μπορούν να βοηθήσουν στην ενσωμάτωση μιας αξίας για τη λήψη αποφάσεων με βάση τα γεγονότα στην κουλτούρα του οργανισμού.

Κατά την οικοδόμηση ή το μετασχηματισμό μιας οργανωτικής κουλτούρας πρέπει να προσδιοριστούν οι επιθυμητές αξίες. Θα πρέπει στη συνέχεια να επιλεγθούν μεθοδολογίες που υποστηρίζουν αυτές τις αξίες και τέλος, εργαλεία που υποστηρίζουν αυτές τις μεθοδολογίες. Οι μεθοδολογίες δεν είναι μονοσήμαντες, αλλά κάποια βήματα, μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την κατάσταση ή τον οργανισμό. Φυσικά, ορισμένες μεθοδολογίες μπορεί να υποστηρίζουν διάφορες αξίες και συχνά, είναι απαραίτητες πολλαπλές μεθοδολογίες για την υποστήριξη διαφόρων αξιών. Από αυτήν την άποψη το Six Sigma είναι μια μεθοδολογία στο πλαίσιο του TQM. Ο λόγος για τον οποίο αυτή η μεθοδολογία είναι τόσο επιτυχής, είναι ότι είναι δομημένη και συστηματική και χρησιμοποιεί διάφορα αποτελεσματικά εργαλεία.

Συνολικά, το Six Sigma, αφορά σε ένα ολοκληρωμένο και ευέλικτο σύστημα για την επίτευξη, διατήρηση και μεγιστοποίηση της κερδοφορίας των επιχειρήσεων. Καθοδηγείται μοναδικά από τη στενή κατανόηση των αναγκών των πελατών, την πειθαρχημένη και συστηματική χρήση δεδομένων για την υποστήριξη των αποφάσεων και την επιμελή προσοχή στη διαχείριση και βελτίωση των επιχειρηματικών διαδικασιών. Αν και η προσέγγιση της ποιότητας και της βελτίωσης των διαδικασιών έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως από οργανισμούς παραγωγής, σήμερα η δημοτικότητα του Six Sigma και σε άλλους τομείς αυξάνεται εκθετικά, ιδίως στις τράπεζες, τον νοσοκομειακό τομέα, τις χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες, την αεροπορική βιομηχανία, υπηρεσίες κοινής ωφέλειας και ούτω καθεξής [73]. Ο Snee [74], επισημαίνει ότι παρόλο που ορισμένοι άνθρωποι πιστεύουν ότι δεν είναι κάτι καινούργιο, είναι μοναδικό ως προς την προσέγγιση και την ανάπτυξή του - μια στρατηγική προσέγγιση επιχειρηματικής βελτίωσης που επιδιώκει να αυξήσει τόσο την ικανοποίηση των πελατών, όσο και την οικονομική ευρωστία ενός οργανισμού. Οι Andersson et al. [75] έχουν ορίσει το Six Sigma ως: "Πρόγραμμα βελτίωσης για μείωση της διακύμανσης, το οποίο επικεντρώνεται σε συνεχείς και επαναστατικές βελτιώσεις". Σύμφωνα με τους Banuelas και Antony [76] "είναι μια φιλοσοφία που χρησιμοποιεί μια καλά δομημένη μεθοδολογία συνεχούς βελτίωσης για τη μείωση της μεταβλητότητας της διαδικασίας και την εξάλειψη της σπατάλης εντός των επιχειρηματικών διαδικασιών με τη χρήση στατιστικών εργαλείων και τεχνικών". Σύμφωνα με τον Bendell [77], το Six Sigma είναι μια στρατηγική σε επίπεδο εταιρείας, προσέγγιση που επικεντρώνεται στη μείωση της διαφοροποίησης και έχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης μείωσης του κόστους και αύξηση της ικανοποίησης των πελατών. Οι Black και Revere [78] όρισαν το Έξι Σίγμα ως: «ένα κίνημα ποιότητας, μια μεθοδολογία και μια μέτρηση. Ως κίνημα ποιότητας, αποτελεί σημαντικό παράγοντα τόσο στις βιομηχανίες παραγωγής όσο και στις βιομηχανίες παροχής υπηρεσιών σε όλο τον κόσμο. Ως μεθοδολογία, χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ικανότητας μιας διαδικασίας να εκτελεί χωρίς ελαττώματα, όπου ως ελάττωμα ορίζεται οτιδήποτε έχει ως αποτέλεσμα τη δυσαρέσκεια του πελάτη». Οι Kwak και Anbari [79], όρισαν το Six Sigma ως "μια επιχειρηματική στρατηγική που χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της κερδοφορίας των επιχειρήσεων, για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας όλων των λειτουργιών για την ικανοποίηση ή την υπέρβαση των αναγκών και των προσδοκιών των πελατών".

***Οι Schroeder et al. [80] έχουν εντοπίσει τέσσερα βασικά πλεονεκτήματα του Six Sigma έναντι των φιλοσοφιών ποιότητας. Αυτά τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν την εστίαση στα οικονομικά και επιχειρηματικά αποτελέσματα, τη χρήση μιας δομημένης μεθόδου για τη βελτίωση των διαδικασιών ή την εισαγωγή νέων***

**προϊόντων, τη χρήση συγκεκριμένων μετρήσεων όπως ελαττώματα ανά εκατομμύριο ευκαιριών, που είναι κρίσιμο μέγεθος για την ποιότητα και χρήση σημαντικού αριθμού ειδικών στη βελτίωση πλήρους απασχόλησης.** Σύμφωνα με τους Antony και Banuelas [81], η Ford διαπίστωσε ότι το Six Sigma είναι περισσότερο προσανατολισμένο στο κέρδος, ενώ το TQM επικεντρώνεται στη διόρθωση του ποιοτικού προβλήματος ανεξάρτητα από το κόστος. Τώρα, το Six Sigma έχει καθιερωθεί σχεδόν σε κάθε κλάδο και πολλοί οργανισμοί παγκοσμίως έχουν τροποποιήσει την εν λόγω μεθοδολογία και τα εργαλεία για να ταιριάζουν στις δικές τους λειτουργίες. Στο σημερινό τοπίο της παγκόσμιας ανταγωνιστικότητας οι οργανισμοί παραγωγής αντιμετωπίζουν, όχι μόνο τεράστιες πιέσεις από τους πελάτες τους (για μείωση του κόστους), αλλά και από τους ανταγωνιστές (ώστε να κερδίσουν το μερίδιο αγοράς). Παρομοίως, αποτελεί πρόκληση και για άλλες βιομηχανίες. Αυτοί οι παράγοντες συνέβαλαν στην ενσωμάτωση των εννοιών του Six Sigma στην πλήρη παραγωγική διαδικασία (ξεκινώντας από τους προμηθευτές έως την παράδοση στον πελάτη). Το μεν Six Sigma επικεντρώνεται στην παραγωγή προϊόντων χωρίς ελαττώματα και το lean εστιάζει στην εξάλειψη της σπατάλης. Το lean προτείνει, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ότι ένα ελάττωμα συνιστά μορφή σπατάλης. Ως εκ τούτου, η ενσωμάτωση αυτών των δύο φιλοσοφιών μπορεί να βοηθήσει έναν οργανισμό να επιτύχει την κατασκευαστική αριστεία. Αυτό οδήγησε στην ενσωμάτωση του Six Sigma σε άλλες φιλοσοφίες, όπως η λιτότητα (lean).

## 6. LEAN SIX SIGMA: ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ – ΕΦΑΡΜΟΓΗ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

*“Οι εταιρείες που επιδιώκουν προγράμματα εφαρμογής έξι σίγμα και lean πρέπει να εξετάζουν προσεκτικά πώς οι προτεινόμενες πρωτοβουλίες σχετίζονται μεταξύ τους και με άλλες πρωτοβουλίες πριν δεσμευτούν πλήρως, ή τουλάχιστον να επανεξετάζουν το πρόγραμμα, ώστε να καταστεί δυνατός ο λογικός σχεδιασμός και η διαχείριση του προγράμματος.”*

*-Tony Bendell*

### 6.1 Εισαγωγικά Στοιχεία

Οι πιο "καυτές" προσεγγίσεις βελτίωσης των διαδικασιών είναι το έξι σίγμα και η θεωρία της επιχειρησιακής ή κατασκευαστικής λιτότητας. Οι δύο παρουσιάζουν μεν μια συνάφεια, αλλά είναι διαφορετικές στον πυρήνα τους, καθώς η Six Sigma επικεντρώνεται στη μείωση και την εξάλειψη της διακύμανσης με την εφαρμογή ενός εκτεταμένου συνόλου στατιστικών εργαλείων και υποστηρικτικού λογισμικού, ενώ το σκεπτικό της λιτότητας (κατασκευαστική / επιχειρησιακή λιτότητα) επικεντρώνεται στη μείωση και την εξάλειψη της σπατάλης μέσω της ανάλυσης της διαδικασίας και της αξίας. Και οι δύο μέθοδοι έχουν τις ρίζες τους σε πτυχές της ιαπωνικής πρακτικής βελτίωσης, αλλά έχουν διαμορφωθεί σε μεγάλο βαθμό στη Βόρεια Αμερική. Η λιτή παραγωγή, που τώρα επεκτείνεται και στις λιτές υπηρεσίες, ξεκίνησε από την Ιαπωνία στην Toyota. Αντίθετα, το έξι σίγμα είναι η αμερικανική συσκευασία μιας στατιστικής προσέγγισης που χρησιμοποιείται ευρέως στην ιαπωνική βιομηχανία [1].

Έχουν γίνει προσπάθειες να συνδυαστούν οι δύο μεθοδολογίες με ονομασίες όπως "Lean Six Sigma" ή "Lean Sigma". Συχνά, αυτός ο υποτιθέμενος συνδυασμός δεν είναι τίποτα περισσότερο από ένα "φιλοσοφικό" ή σχεδόν θρησκευτικό επιχείρημα σχετικά με την υποτιθέμενη συμβατότητα των προσεγγίσεων. Στην πραγματικότητα, πρόκειται για πρακτικά παραδείγματα ασυμβατότητας ή και συγκρούσεων μεταξύ των προσεγγίσεων που έχουν οδηγήσει σε μη βέλτιστες διαδικασίες και προγράμματα βελτίωσης διαδικασιών. Σε ποιο βαθμό, λοιπόν, οι δύο προσεγγίσεις είναι συμβατές και πώς μπορούν να συνδυαστούν αποτελεσματικά σε ένα σύστημα;

Υπάρχει η εσφαλμένη αντίληψη ότι οι μεθοδολογίες Lean και Lean Six Sigma εφαρμόζονται μόνο σε διαδικασίες παραγωγής ή εφοδιαστικής αλυσίδας [82] [83]. Ωστόσο, τα εργαλεία αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις πτυχές μιας επιχείρησης. Το βασικό θεμέλιο που απαιτείται για την επιτυχία των μεθόδων Lean και Lean Six Sigma σε όλους τους τομείς δραστηριότητας είναι η ικανότητα αναγνώρισης της σπατάλης, η μείωση αυτής και η δυναμική προσπάθεια εξάλειψης όλων των δραστηριοτήτων που δεν προσθέτουν αξία ή δεν αυξάνουν την ικανοποίηση των πελατών τόσο εντός όσο και εκτός της επιχείρησης.

Η προσέγγιση Lean Six Sigma (LSS) μπορεί να οριστεί ως μια στρατηγική ή μεθοδολογία ικανή να αυξήσει την απόδοση μιας διαδικασίας, με αποτέλεσμα την αύξηση της ικανοποίησης των πελατών και των οικονομικών αποτελεσμάτων ενός οργανισμού [84]. Αποτελεί μια πρωτοβουλία για την ενσωμάτωση της προσέγγισης της λιτής παραγωγής, η προέλευση της οποίας αναφέρεται στο σύστημα παραγωγής της Toyota (TPS) και αργότερα υιοθετήθηκε από βορειοαμερικανικές εταιρείες [85] [86] με τη μεθοδολογία "6σ", η οποία περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές διαχείρισης της ποιότητας. Σύμφωνα με τον Chiarini [87], το πάντρεμα των δύο προσεγγίσεων έφερε ένα νέο καταξιωμένο σύστημα διαχείρισης. Ωστόσο, μοιάζει περισσότερο με ένα DMAIC, παρά με ένα Six Sigma στο οποίο λαμβάνεται έντονα υπόψη το ιαπωνικό στυλ διαχείρισης των ανθρώπων. Η



εφαρμογή του μπορεί να αυξήσει την ανταγωνιστικότητα, μέσω πλεονεκτημάτων ποιότητας και κόστους, ενώ ταυτόχρονα το σύστημα είναι ικανό να επιφέρει βελτιώσεις στον εντοπισμό και τη διαχείριση των κρίσιμων παραγόντων αποτυχίας.

Η έννοια του LSS προέκυψε όταν ο George τη χρησιμοποίησε για πρώτη φορά στο βιβλίο "Lean Six Sigma: Combining Six Sigma with Lean Speed" [88] και η συμπληρωματικότητα μεταξύ των δύο προσεγγίσεων μπορεί να δικαιολογηθεί όταν παρατηρούνται οι ελλείψεις που ενυπάρχουν σε καθεμία από αυτές, ενεργώντας μεμονωμένα. Ενώ οι πρωτοβουλίες Lean επικεντρώνονται στη μείωση της σπατάλης σε όλες τις διαδικασίες και στην αύξηση της ταχύτητας παραγωγής, το Six Sigma εστιάζει στην ανάπτυξη έργων, στην εξάλειψη των ελαττωμάτων, στη μείωση της μεταβλητότητας των διαδικασιών και του κόστους. Η μεν προσέγγιση Lean δεν είναι σε θέση να οδηγήσει μια διαδικασία προς τον στατιστικό έλεγχο, ενώ η προσέγγιση Six Sigma από μόνη της, αποτυγχάνει να βελτιώσει την ταχύτητα μιας δραστηριότητας ή να μειώσει τη σπατάλη που σχετίζεται με αυτήν [89].

Επί του παρόντος, η προσέγγιση LSS παρουσιάζεται ως μια καλά δομημένη έννοια που καλύπτει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά προσέγγισης από πάνω προς τα κάτω, μέθοδος δομημένη για τη βελτίωση της απόδοσης μιας υφιστάμενης διαδικασίας με τη φάση του ορισμού-μέτρησης-ανάλυσης-βελτίωσης-ελέγχου (DMAIC), ή του σχεδιασμού του νέου προϊόντος ή της νέας διαδικασίας χρησιμοποιώντας την προσέγγιση του Σχεδιασμού για Six Sigma (DFSS) με τη φάση του ορισμού-μέτρησης-ανάλυσης-σχεδιασμού-επαλήθευσης (DMADV), οργανωτική δομή και εκπαίδευση, που καλύπτει μια ομάδα εξειδικευμένων επαγγελματιών, συμπεριλαμβανομένων των πράσινων ζωνών, των μαύρων ζωνών, των master black belts, των champions και των lean practitioners-εφαρμογή στατιστικών εργαλείων και τεχνικών κατάλληλων για κάθε φάση του κύκλου DMAIC - και αποτελέσματα από την εφαρμογή έργων LSS [85] [89] [90] [91]).

## **6.2 Ο λιτός οργανισμός – Πώς βρίσκει εφαρμογή η θεωρία της λιτότητας;**

Τα τελευταία χρόνια, το Lean και το Six Sigma (LSS) έχουν γίνει οι πιο δημοφιλείς επιχειρηματικές στρατηγικές για την εφαρμογή της συνεχούς βελτίωσης (Continuous Improvement) στους τομείς της βιομηχανίας και των υπηρεσιών, καθώς και στον δημόσιο τομέα. Η CI είναι ο κύριος στόχος για κάθε οργανισμό στον κόσμο για την επίτευξη ποιότητας, λειτουργικής αριστείας, αλλά και ενίσχυσης της απόδοσης [92] [93]. Οι Womack κ.ά. (1990) όρισαν το Lean ως μια "δυναμική διαδικασία αλλαγής, η οποία καθοδηγείται από ένα σύνολο αρχών και βέλτιστων πρακτικών με στόχο τη συνεχή βελτίωση". Εστιάζει επίσης στη μείωση του συνολικού χρόνου κύκλου [94] [95] και στη μείωση του χρόνου παράδοσης [96]. Αποτελείται από πολλά εργαλεία και τεχνικές βελτίωσης, όπως το σύστημα Kanban, το 5S, την ανάλυση αιτίου και αποτελέσματος (C & E), τη χαρτογράφηση του ρεύματος αξίας (VSM) και πολλά άλλα. Ωστόσο, εξακολουθεί να περιέχει ορισμένες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι οργανισμοί, όπως η θεμελιώδης αλλαγή που απαιτείται στην κουλτούρα ενός οργανισμού. Οι Womack και Jones (2005) υποστήριξαν ότι η αλλαγή κουλτούρας αποτελεί μεγάλη πρόκληση στο Lean, καθώς η εφαρμογή του απαιτεί μια θεμελιώδη αλλαγή στον τρόπο σκέψης των εμπλεκόμενων φορέων και στη φύση της σχέσης μεταξύ τους για τη μείωση του κόστους και της σπατάλης.

Ο John Krafcik [2], χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τη λέξη "Lean" για να περιγράψει τις νέες τεχνικές παραγωγής που εισήγαγε ο Taiichi Ohno στην Toyota μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Μελετούσε τις εξελίξεις στην αυτοκινητοβιομηχανία στο πλαίσιο του Διεθνούς Προγράμματος Μηχανοκίνητων Οχημάτων του MIT, με επικεφαλής τους Daniel Roos, James Womack και Daniel Jones. Η εργασία δημοσιεύτηκε στο βιβλίο τους The

Machine that Changed the World (Womack et al., 1990) και αναφέρθηκε ακριβώς στις τεχνικές με τις οποίες πρωτοστάτησε η Toyota, τις οποίες επέκτειναν στις ιδέες τους για τη Λιτή Σκέψη (Lean Thinking) (Womack and Jones, 1996).

Οι Womack και Jones προσδιορίζουν πέντε βασικές αρχές του λιτού οργανισμού:

1. Εξάλειψη της σπατάλης (ή muda),
2. Προσδιορισμό της ροής αξίας,
3. Επίτευξη ροής μέσω της διαδικασίας,
4. Ρυθμό με ένα σήμα pull (ή kanban)
5. Αδιάκοπη επιδίωξη της τελειότητας.

Για την επίτευξη αυτών των αρχών, είναι σύνηθες να περιλαμβάνεται ένας συνδυασμός τεχνικών από προσεγγίσεις όπως η just-in-time, η θεωρία των περιορισμών και η διοίκηση ολικής ποιότητας, καταγράφοντας εκείνες που μπορεί να αποβούν χρήσιμες στην εφαρμογή της λιτής παραγωγής. Ωστόσο, η εφαρμογή τεχνικών από μόνη της, δεν συνιστά έναν λιτό οργανισμό. Η λιτότητα μπορεί να συνοψιστεί ως η συστηματική επιδίωξη της τέλει αξίας, μέσω της εξάλειψης της σπατάλης σε όλες τις πτυχές των επιχειρηματικών διαδικασιών των οργανισμών. Απαιτεί πολύ σαφή εστίαση στο στοιχείο της αξίας όλων των προϊόντων και υπηρεσιών και λεπτομερή κατανόηση των λεπτομερών λειτουργιών των επιχειρηματικών διαδικασιών μέσω των οποίων παρέχεται το προϊόν ή η υπηρεσία (το "ρεύμα αξίας").

Όπως το θέτουν οι Womack et al. (1990): «Οι μαζικοί παραγωγοί θέτουν έναν περιορισμένο στόχο - "αρκετά καλό", που μεταφράζεται σε έναν αποδεκτό αριθμό ελαττωμάτων, ένα μέγιστο αποδεκτό επίπεδο αποθεμάτων, ένα στενό φάσμα τυποποιημένων προϊόντων. Το να κάνουν κάτι καλύτερο, υποστηρίζουν, θα κόστιζε πάρα πολύ ή θα υπερέβαινε τις εγγενείς ανθρώπινες ικανότητες. Οι λιτοί παραγωγοί, από την άλλη πλευρά, θέτουν ως στόχο τους ρητά την τελειότητα: συνεχώς μειούμενο κόστος, μηδενικά ελαττώματα, μηδενικά αποθέματα και ατελείωτη ποικιλία προϊόντων. Φυσικά, κανένας λιτός παραγωγός δεν έχει φτάσει ποτέ σε αυτή τη Γη της Επαγγελίας - και ίσως κανένας δεν θα φτάσει ποτέ, αλλά η ατέρμονη αναζήτηση της τελειότητας συνεχίζει να δημιουργεί αναπάντεχες ανατροπές.»

### 6.3 6σ

Η προσέγγιση έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική, όσον αφορά στην εξοικονόμηση κόστους και την αύξηση της ικανοποίησης των πελατών. Είναι βασισμένη κυρίως στη βελτίωση ανά έργο, με έργα που διευθύνονται από μηχανικούς ή διευθυντές βελτίωσης πλήρους απασχόλησης που ονομάζονται "μαύρες ζώνες" ή από υπεύθυνους βελτίωσης μερικής απασχόλησης (τουλάχιστον 20%), που συχνά προέρχονται από την εποπτεία και αναφέρονται ως "πράσινες ζώνες". Αυτοί χρησιμοποιούν ένα εντυπωσιακό οπλοστάσιο στατιστικών εργαλείων στο πλαίσιο των φάσεων των έργων DMAIC. Τα αρχικά έργα που θα αναλάβει κάποια Μαύρη ή Πράσινη Ζώνη, επιλέγονται πριν από την εκπαίδευση και έως ότου επαληθευτούν ανεξάρτητα οι οικονομικοί στόχοι εξοικονόμησης, δεν υπογράφεται η ανάθεση έργου, ούτε δίδονται οι αντίστοιχες πιστοποιήσεις στις Μαύρες και Πράσινες Ζώνες. Η διαδικασία αυτή διασφαλίζει ότι η μεταφορά της μεθόδου στην πρώτη εφαρμογή εφαρμόζεται αποτελεσματικά.

Συνήθως, το έξι σίγμα είναι μια στρατηγική, εταιρική προσέγγιση. Εστιάζοντας στη μείωση των διακυμάνσεων, υπάρχει η δυνατότητα για ταυτόχρονη μείωση κόστους, αλλά και αύξησης της ικανοποίησης των πελατών. Ωστόσο, ενώ η ρητορική του έξι σίγμα αποτελεί μια πελατοκεντρική προσέγγιση, οι παρατηρήσεις υποδηλώνουν έντονα ότι συνήθως η πλειοψηφία των έργων γίνεται με γνώμονα την "μείωση του κόστους" που δεν έχει άμεσο

αντίκτυπο στην ικανοποίηση του πελάτη και, ως εκ τούτου, είναι υποβέλτιστα. Συγκεκριμένα, πρόκειται για αυτό που ο Tony Bendell ονομάζει "Cost-Down" και "Profit-Up", αντίστοιχα. Προηγούμενες εργασίες του συγγραφέα έχουν αντιπαραβάλει το παραδοσιακό "Cost-Down Six Sigma" με το "Profit-Up Six Sigma" και έχουν εντοπίσει περαιτέρω ευκαιρίες για την επέκταση του μοντέλου six sigma [97].

Από πολλές απόψεις, παρά αυτό που ορισμένοι στην Ευρώπη έχουν χαρακτηρίσει ως "αμερικανικό hype", δεν υπάρχει τίποτα ουσιαστικά νέο στο έξι σίγμα. Πρόκειται απλώς για ένα πολύ έξυπνο πακέτο με όλα ή σχεδόν όλα τα σωστά συστατικά, καθώς και μια υποδομή έργου και εταιρείας για να συγκρατήσει το πρόγραμμα ώστε να διασφαλίσει ότι θα αποδώσει την επιθυμητή απόδοση. Επικεντρώνεται γύρω από την έννοια του Juran για τη βελτίωση ανά έργο με σαφείς αρμοδιότητες και εξουσίες, καθώς και τη μέτρηση της απόδοσης πριν και μετά, συνήθως σε βάση κόστους. Βασίζεται επίσης (για την ισχύ του) στη χρήση περίπου 140 στατιστικών εργαλείων και εννοιών για τον αποτελεσματικό ορισμό, τη μέτρηση, την ανάλυση, τη βελτίωση και τον έλεγχο της διακύμανσης. Η μεθοδολογία έργου DMAIC είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για την κατασκευή και τις απλές διαδικασίες συναλλαγών - ειδικά όταν στο τέλος προστίθεται ένα πρόσθετο στάδιο T (Transfer): "μεταφορά" για τη διάδοση της μάθησης σε άλλους τομείς.

Έξυπνη είναι και η προσέγγιση της εκπαίδευσης, σύμφωνα με την οποία οι υποψήφιοι για τη Μαύρη και Πράσινη Ζώνη επιλέγουν ένα έργο πριν από την εκπαίδευση, εργάζονται πάνω σε αυτό μεταξύ των εκπαιδευτικών ενοτήτων (οι οποίες συνήθως διαρκούν τέσσερις ημέρες και απέχουν μεταξύ τους τρεις έως τέσσερις εβδομάδες) και στη συνέχεια πρέπει να αποδείξουν εξωτερικά επικυρωμένες εξοικονομήσεις/αποπληρωμή πριν αναλάβουν τα αρχικά τους έργα και αποκτήσουν την ιδιότητα της Μαύρης ή Πράσινης Ζώνης. Τυπικά, μια Μαύρη Ζώνη εκπαιδεύεται για 20 ημέρες και μια Πράσινη Ζώνη για 10-15 ημέρες, ενώ ένα άλλο βασικό συστατικό είναι η επιτόπια καθοδήγηση, με την οποία οι έμπειροι "Master Black Belts" παρέχουν υποστήριξη στους λιγότερο έμπειρους συναδέλφους τους μέσα σε ένα αυστηρό πλαίσιο αναφοράς.

## Η προσέγγιση 6σ

Το Έξι Σίγμα ορίζεται ως "μία καταξιωμένη προσέγγιση που επιδιώκει τον εντοπισμό και την εξάλειψη ατελειών, σφαλμάτων ή αποτυχιών σε επιχειρηματικές διαδικασίες ή συστήματα, εστιάζοντας σε εκείνα τα χαρακτηριστικά απόδοσης της διαδικασίας που έχουν κρίσιμη σημασία για τους πελάτες" [98]. Αποτελεί μια στατιστική μεθοδολογία που στοχεύει στη μείωση της διακύμανσης σε οποιαδήποτε διαδικασία [99], στη μείωση του κόστους στην παραγωγή και τις υπηρεσίες, στην εξοικονόμηση πόρων στην τελική γραμμή, στην αύξηση της ικανοποίησης των πελατών [94] [100] [101] στη μέτρηση των ελαττωμάτων, στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και στη μείωση των ελαττωμάτων σε 3,4 μέρη ανά εκατομμύριο ευκαιρίες σε έναν οργανισμό [96] [95]. Αυτά γίνονται μέσω ισχυρών αναλυτικών και στατιστικών εργαλείων και τεχνικών, όπως η Ανάπτυξη Λειτουργίας Ποιότητας (QFD), η Ανάλυση Λειτουργίας και Επιπτώσεων Αστοχίας (FMEA), ο Στατιστικός Έλεγχος Διαδικασιών (SPC), ο Σχεδιασμός Πειραμάτων (DOE), η Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA), το Μοντέλο Kano, κ.λπ. Ορισμένα από αυτά τα εργαλεία έχουν υιοθετηθεί από το TQM, καθώς το ίδιο το Six Sigma έχει προέλθει από το κίνημα TQM [75] [87].

Ωστόσο, το υψηλό κόστος εκπαίδευσης στο Six Sigma αποτελεί εμπόδιο εφαρμογής για πολλούς οργανισμούς. Άλλα μειονεκτήματα είναι ο χρόνος που φαίνεται να χρειάζεται τόσο για την εφαρμογή του Six Sigma, όσο και για να γίνουν ορατά τα αποτελέσματα [102]. Στην πραγματικότητα, η εφαρμογή του Έξι Σίγμα μεμονωμένα **δεν** μπορεί να

αφαιρέσει όλους τους τύπους σπατάλης από τη διαδικασία, ενώ η εφαρμογή της λιτής διαχείρισης μεμονωμένα δεν μπορεί να ελέγξει τη διαδικασία στατιστικά και να αφαιρέσει τη διακύμανση [89].

Στην πραγματικότητα, οι μέθοδοι που συνιστούν την LSS αλληλοσυμπληρώνονται και υπάρχει μια προφανής σχέση μεταξύ των δύο, που καθιστά δυνατή τη συνέργειά τους. Ως εκ τούτου, η ενσωμάτωση των δύο προσεγγίσεων προσδίδει στον οργανισμό μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και επιρροή και βοηθά στην επίτευξη ανώτερων επιδόσεων ταχύτερα από την εφαρμογή κάθε προσέγγισης μεμονωμένα [103]. Η δημοτικότητα και η πρώτη ενσωμάτωση της LSS έγινε στις ΗΠΑ στον όμιλο George το 1986, ενώ η διδασκαλία της καθιερώθηκε το 2003 ως μέρος της εξέλιξης του Six Sigma. Έκτοτε, παρατηρείται μια αξιοσημείωτη αύξηση της δημοτικότητας και της ανάπτυξης της LSS στον βιομηχανικό κόσμο.

Η LSS ορίστηκε από τον Snee [84], ως "μία επιχειρηματική στρατηγική και μεθοδολογία που αυξάνει την απόδοση των διαδικασιών με αποτέλεσμα την αυξημένη ικανοποίηση των πελατών και τη βελτίωση των αποτελεσμάτων". Η μεθοδολογία στοχεύει στη βελτίωση της ικανότητας ενός οργανισμού, στη μείωση του κόστους παραγωγής και στη μεγιστοποίηση της αξίας για τους μετόχους μέσω της βελτίωσης της ποιότητας.

Ως αποτέλεσμα των ιδεών σχετικά με την ενσωμάτωση του LSS και του ενδιαφέροντος για το LSS από τους οργανισμούς, οι ερευνητές έχουν το ενδιαφέρον να δημοσιεύσουν περισσότερες εργασίες σχετικά με το LSS, ώστε να προσπαθήσουν να καταλήξουν σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την επίτευξη της CI. Για παράδειγμα, αρκετοί ακαδημαϊκοί έχουν αναπτύξει μια ολοκληρωμένη στρατηγική, όπως οι στρατηγικές που αναπτύχθηκαν από τους Thomas et al. (2008), Snee και Hoerl (2007), Pepper και Spedding (2010) κ.ο.κ. Άλλοι ερευνητές έχουν αναπτύξει ένα πλαίσιο για την επιτυχή ενσωμάτωση των LSS, όπως οι Salah et al. (2010) και Kumar et al. (2006). Τα οφέλη και οι κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας της παράλληλης εφαρμογής των LSS επισημαίνονται επίσης σε πολλές εργασίες μελέτης περιπτώσεων τόσο στον τομέα της μεταποίησης όσο και στον τομέα των υπηρεσιών [104]. Ωστόσο, δεν έχουν αποκομίσει όλοι οι οργανισμοί πραγματικά οφέλη από το LSS, καθώς η ανεπιτυχής εφαρμογή του το κατέστησε αναποτελεσματικό. Επιπλέον, υπάρχουν πολλά κενά που πρέπει να αντιμετωπιστούν στη βιβλιογραφία της LSS, όπως τα οφέλη, οι παράγοντες παρακίνησης, οι προκλήσεις και οι περιορισμοί [68] [102].

#### **6.4 Σύγκριση δυνατών σημείων και περιορισμών**

Όπως και οι άλλες προσεγγίσεις βελτίωσης των επιχειρήσεων, το έξι σίγμα και το lean έχουν, όπως είναι φυσικό, δεχθεί διάφορες επικρίσεις. Αρχής γενομένης από προγράμματα με ασαφές και δήθεν εξατομικευμένο περιεχόμενο, η εκπαίδευση στο έξι σίγμα και το lean έχει υποστεί μια ευρύτερη εμπορευματοποίηση. Ως εκ τούτου, η συνολική κατάρτιση πάνω στις προαναφερθείσες φιλοσοφίες υπέστη μια αραίωση, με πολλά υποτιθέμενα προγράμματα εκπαίδευσης να περιλαμβάνουν μια πολύ μειωμένη στατιστική βάση, σύνολα εργαλείων και ημέρες εκπαίδευσης και εκπαίδευση για το lean που ποικίλλει πολύ ως προς την προσέγγιση, την εργαλειοθήκη και τη διάρκεια.

Ανεξάρτητα από τη διάρκεια και την κάλυψή τους, ωστόσο, η συντριπτική πλειοψηφία των προγραμμάτων έξι σίγμα έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: όλα επικεντρώνονται στη χρήση στατιστικών τεχνικών και άλλων εργαλείων "αριστερού εγκεφάλου", όπως η ανάλυση τρόπων αστοχίας και επιπτώσεων. Η κατάρτιση σε θέματα λιτότητας βασίζεται επίσης συχνά, κυρίως στην αριστερό-εγκεφαλική σκέψη. Αυτό μπορεί να είναι τόσο το

συγκριτικό πλεονέκτημα, όσο και η μεγάλη αδυναμία μεγάλου μέρους της μεθοδολογίας έξι σίγμα και της λιτότητας. Αν και συχνά παραμελείται, η σκέψη του "δεξιού εγκεφάλου", η δημιουργικότητα και η καινοτομία, μπορούν να συμβάλουν σε μεγάλο βαθμό στην επιτυχή εφαρμογή του six sigma και της lean. Υπάρχουν πολλά απλά και κατάλληλα εργαλεία του δεξιού εγκεφάλου. Το πραγματικό ζήτημα, ωστόσο, είναι η ολοκληρωμένη ολιστική χρήση του δεξιού και του αριστερού εγκεφάλου: ενώ ο αριστερός εγκέφαλος είναι χρήσιμος για ορισμένες βασικές πτυχές και εργασίες του six sigma και του lean, ο δεξιός εγκέφαλος είναι ζωτικής σημασίας για άλλες εργασίες. Για παράδειγμα, τα στάδια "ορισμός" "βελτίωση" και "μεταφορά" των έργων έξι σίγμα περιλαμβάνουν σαφώς τη δραστηριότητα του δεξιού εγκεφάλου, την καινοτομία και τη δημιουργικότητα. Ο δεξιός εγκέφαλος είναι επίσης ζωτικής σημασίας για τους βασικούς ρόλους μιας Μαύρης ή Πράσινης Ζώνης της ηγεσίας της ομάδας, της παραγωγής ιδεών και της καθοδήγησης. Στη λιτή σκέψη, αυτός ο διαχωρισμός του αριστερού και του δεξιού εγκεφάλου αντιστοιχεί στην εστίαση σε συστήματα ορισμένων αμερικανικών προσεγγίσεων της λιτής λειτουργίας, σε αντίθεση με την ιαπωνική προσέγγιση που επικεντρώνεται στον άνθρωπο.

Μια άλλη βασική ανεπάρκεια του six sigma και του lean είναι η συχνή έλλειψη επίσημης σύνδεσης με την ανάπτυξη πολιτικής. Το "ευαγγέλιο" του έξι σίγμα λέει ότι πρόκειται βασικά για τους πελάτες - τις προσδοκίες των πελατών και την ικανοποίηση των πελατών. Ο Jack Welch, πρώην διευθύνων σύμβουλος της General Electric (GE), για παράδειγμα, έχει καταγραφεί να λέει ότι η προσέγγιση του έξι σίγμα δίδαξε στους υπαλλήλους της GE τη σημασία της εκπλήρωσης και της υπέρβασης των προσδοκιών των πελατών. Ωστόσο, η εμπειρία των συγγραφέων από τη συνομιλία τους με Black και Green Belts υποδηλώνει μια διαφορετική άποψη - ο κύριος παράγοντας επιλογής έργων είναι η "μείωση του κόστους". Ομοίως με το lean, είναι δυνατόν να ξεχαστεί ο θεμελιώδης επιχειρησιακός στρατηγικός στόχος και να κυριαρχήσει ο άμεσος οδηγός μείωσης του κόστους. Στα μοντέλα έξι σίγμα και lean, η "μείωση του κόστους" δεν είναι απαραίτητα εις βάρος της "μείωσης της ποιότητας", όπως μπορεί να συνέβαινε ιστορικά. Αντίθετα, με την επικέντρωση στον έλεγχο και τη μείωση της διακύμανσης και της σπατάλης, κατά συνέπεια και της ελαττωματικότητας, το κόστος μπορεί να μειωθεί και ταυτόχρονα να αυξηθεί η ικανοποίηση των πελατών. Ωστόσο ενίοτε, όλη η πραγματική εσωτερική έμφαση δίνεται στο κόστος, παρόλο που η διάσταση της ικανοποίησης των πελατών είναι πολύ πιο σημαντικό θέμα. Η θεσμοθέτηση του six sigma ή του lean στο μοντέλο "μείωση του κόστους" έχει ως αποτέλεσμα τη στενή εστίαση στην παραδοσιακή εργαλειοθήκη και προσέγγιση της εφαρμογής. Τέτοιες ατραποί συνήθως οδηγούν σε χαμένες ευκαιρίες για βελτίωση.

Η υπέρβαση της "μείωσης του κόστους" απαιτεί από τους διευθυντές να σκεφτούν πέρα από τα στοιχεία κόστους των έργων βελτίωσης, όπως την τυπική αναλογία επαναλαμβανόμενης απόδοσης της επένδυσης 3:1 που συχνά αναζητείται και αναφέρεται στο έξι σίγμα. Είναι σαφές ότι, αν και είναι σημαντικό, η "μείωση του κόστους" δεν πρέπει να αποτελεί τη μοναδική κινητήρια δύναμη των έργων. Το ζήτημα εδώ είναι ότι το κόστος αποτελεί μια σημαντική πτυχή της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών - αλλά δεν απαντά από μόνο του στο ερώτημα της αποτελεσματικότητας ως προς το αν παρέχεται το σωστό προϊόν ή υπηρεσία. Το κέρδος είναι γενικά μια καλύτερη εστίαση, αλλά από μόνο του μπορεί επίσης να είναι ανεπαρκές [105].

Εκτός από τα κοινά πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς που συζητήθηκαν παραπάνω, είναι προφανές ότι καθεμία από τις δύο προσεγγίσεις έχει διακριτά πλεονεκτήματα και περιορισμούς σε σχέση με την άλλη. Ειδικότερα, η έξι σίγμα μπορεί να επικριθεί για πιθανή τάση προς την πολυπλοκότητα της τεχνικής και της ανάλυσης, ενώ η λιτή

προσέγγιση μπορεί να επικριθεί για πιθανή αφελή απλότητα. Στην πραγματικότητα, οι προφανείς αδυναμίες είναι επίσης πλεονεκτήματα, δεδομένου ότι τόσο τα απλά όσο και τα πιο εξελιγμένα εργαλεία είναι ορισμένες φορές απαιτούμενα. Σαφώς, η ορθά εφαρμοσμένη Six Sigma θα πρέπει να αποδίδει καλά ως προσέγγιση, εάν το επιχειρηματικό ζήτημα που αντιμετωπίζεται είναι όντως ένα πρόβλημα μεταβολής ζήτησης ή φορτίου ή της μεταβολής της διαθεσιμότητας των πόρων ή της απόδοσης. Δεν είναι όμως η ιδανική προσέγγιση για την αντιμετώπιση προβλημάτων χρόνιας σπατάλης ή συστηματικής ανεπάρκειας πόρων, για τα οποία η λιτή μεθοδολογία είναι καταλληλότερη. Αντίστοιχα, η λιτή μεθοδολογία δεν είναι πρωτίστως σχεδιασμένη για προβλήματα διακύμανσης και τα λιτά προγράμματα συχνά επικεντρώνονται στην αφελή απομάκρυνση όλων των αποβλήτων, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η δυσκολία που μπορεί να δημιουργήσει αυτό στη φάση του ελέγχου, η οποία αποτελεί θεμελιώδες μέρος της μεθοδολογίας DMAIC του έξι σίγμα.

## **6.5 Συνδυασμός και συμβατότητα**

Η βιβλιογραφία σχετικά με τη συμβατότητα και το συνδυασμό του six sigma και του lean είναι περιορισμένη. Ουσιαστικά περιλαμβάνει πρακτικά παραδείγματα ασυμβατότητας ή και συγκρούσεων μεταξύ των προσεγγίσεων που έχουν οδηγήσει σε μη βέλτιστες διαδικασίες και προγράμματα βελτίωσης διαδικασιών.

Ενώ τέτοιες προσπάθειες συνδυασμού των δύο μεθοδολογιών υπό τίτλους όπως "Lean Sigma" και "Lean Six Sigma" μπορεί να κριθούν αμφισβητήσιμες, είναι σαφώς επιθυμητό να υπάρχει μια ενιαία προσέγγιση βασισμένη στη βελτίωση των διαδικασιών, η οποία να συνδυάζει αποτελεσματικά τις προσεγγίσεις. Υπάρχουν ορισμένες προσπάθειες για να γίνει αυτό, στις οποίες η μία από τις δύο προσεγγίσεις θεωρείται ως η "κυρίαρχη" και η άλλη προσέγγιση ως "υποδεέστερη". Για παράδειγμα, ορισμένα μεγάλα ενδοεπιχειρησιακά προγράμματα Six Sigma υποβιβάζουν τη λιτή προσέγγιση στο επίπεδο μιας ομάδας πρόσθετων εργαλείων και απλώς τα διδάσκουν στις μαύρες ή και πράσινες ζώνες στο πλαίσιο της εκπαίδευσής τους. Το αντίθετο δεν είναι τόσο συνηθισμένο, αλλά ορισμένοι σύμβουλοι lean έχουν αρχίσει να ισχυρίζονται ότι το Six Sigma αποτελεί μέρος της lean προσέγγισης.

Σαφώς, η "υποκατάσταση" δεν είναι ιδιαίτερα καλή προσέγγιση, αφού και οι δύο προσεγγίσεις έχουν μοναδικά χαρακτηριστικά και οφέλη, τα οποία μόνο πιο αποτελεσματικοί συνδυασμοί θα διατηρούσαν. Σε ποιο βαθμό, λοιπόν, οι δύο προσεγγίσεις είναι συμβατές και πώς μπορούν να συνδυαστούν αποτελεσματικά σε ένα σύστημα;

## **6.6 Ολοκληρωμένη ανασκόπηση**

### **6.6.1 Λιτότητα και έξι σίγμα**

Το Lean Six Sigma έχει οριστεί ως "μια μεθοδολογία επιχειρηματικής βελτίωσης που στοχεύει στη μεγιστοποίηση της αξίας των μετόχων μέσω της βελτίωσης της ποιότητας, της ταχύτητας, της ικανοποίησης των πελατών και του κόστους: το επιτυγχάνει αυτό με τη συγχώνευση εργαλείων και αρχών τόσο από το Lean όσο και από το Six Sigma" [106]. Οι Gershon και Rajashekharaiyah [107] επισημαίνουν ότι "τα κορυφαία συγγράμματα αποτυγχάνουν να ορίσουν το Lean Six Sigma ως μια μοναδική μεθοδολογία". Οι Laureani και Antony [108] δηλώνουν ότι "το Lean Six Sigma χρησιμοποιεί εργαλεία και από τις δύο εργαλειοθήκες προκειμένου να πάρει το καλύτερο από τις δύο μεθοδολογίες, αυξάνοντας την ταχύτητα και αυξάνοντας παράλληλα την ακρίβεια". Τόσο το Lean όσο και το Six Sigma απαιτούν από μια εταιρεία να εστιάζει στα προϊόντα και τους πελάτες της [106]. Σύμφωνα με τους Stojilković, οι έννοιες του lean και του έξι σίγμα είναι αλληλένδετες με

την έννοια ότι η ταχύτητα του Lean επιτρέπει την ποιότητα του Six Sigma και η ποιότητα του Six Sigma επιτρέπει την ταχύτητα του Lean. Οι Pepper και Spedding [102] και οι Ferng και Price [109] προσδιορίζουν ομοίως ότι η λιτή σκέψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό περιοχών βελτίωσης και τον καθορισμό προτύπων, ενώ η μεθοδολογία Έξι Σίγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη στόχευσή τους και για τη διερεύνηση των αποκλίσεων από τα εν λόγω πρότυπα. Το θεμέλιο του λιτού οράματος εξακολουθεί να είναι η εστίαση στο κάθε προϊόν και στη ροή αξίας του (προσδιορισμός των δραστηριοτήτων προστιθέμενης και μη προστιθέμενης αξίας), και ο κύριος στόχος της λιτής σκέψης είναι η εξάλειψη όλων των αποβλήτων, ή muda, σε όλους τους τομείς και τις λειτουργίες εντός του συστήματος.

#### **6.6.2 Ενσωμάτωση της λιτής λειτουργίας και της έξι σίγμα**

Σύμφωνα με τους Sokovic και Pavletic [110] το Lean σημαίνει ταχύτητα και γρήγορη αντίδραση (μείωση του περιττού χρόνου αναμονής) και το Six Sigma σημαίνει εντοπισμό ελαττωμάτων και εξάλειψή τους. Lean Six Sigma Engineering, σημαίνει best-in-class, οπότε παράγεται αξία στον οργανισμό, προς όφελος των πελατών του και εξοικονομούνται χρήματα χωρίς επένδυση κεφαλαίου. Το Six Sigma είναι μια καθιερωμένη προσέγγιση που επιδιώκει τον εντοπισμό και την εξάλειψη των ελαττωμάτων, των σφαλμάτων ή των αποτυχιών σε επιχειρηματικές διαδικασίες ή συστήματα, εστιάζοντας σε εκείνα τα χαρακτηριστικά απόδοσης της διαδικασίας που έχουν κρίσιμη σημασία για τους πελάτες [111]. Στην πραγματικότητα, η εφαρμογή του Six Sigma μεμονωμένα δεν μπορεί να αφαιρέσει όλους τους τύπους σπατάλης από τη διαδικασία, και η εφαρμογή της λιτής διαχείρισης μεμονωμένα δεν μπορεί να ελέγξει τη διαδικασία στατιστικά και να αφαιρέσει τη διακύμανση από τη διαδικασία. Ως εκ τούτου, ορισμένες εταιρείες αποφάσισαν να συγχωνεύσουν τις δύο μεθοδολογίες για να ξεπεράσουν τις αδυναμίες των επιμέρους όταν εφαρμόζονται μεμονωμένα και να καταλήξουν σε μια πιο ισχυρή στρατηγική για συνεχή βελτίωση και βελτιστοποίηση των διαδικασιών [89]. Στην πραγματικότητα, συμπληρώνουν η μία την άλλη και υπάρχει μια προφανής σχέση μεταξύ των δύο, η οποία καθιστά δυνατή τη συνέργειά τους. Επομένως, η ολοκλήρωση αυτών των δύο προσεγγίσεων προσδίδει στον οργανισμό μεγαλύτερη αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα και βοηθά στην επίτευξη ανώτερων επιδόσεων ταχύτερα από την εφαρμογή κάθε προσέγγισης μεμονωμένα.

Οι Salah et al. [103] αναφέρουν ότι η ενσωμάτωση της λιτής διαχείρισης και του Six Sigma είναι η λύση για να ξεπεραστούν οι αδυναμίες και των δύο, καθώς αλληλοσυμπληρώνονται. Αυτή η ολοκλήρωση βοηθά τις επιχειρήσεις να επιτύχουν μηδενικά ελαττώματα και γρήγορη παράδοση με χαμηλό κόστος. Σύμφωνα με τους Bhuiyan και Baghel [112], ο συνδυασμός αυτών των δύο είναι ο τρόπος για τους οργανισμούς να αυξήσουν τις δυνατότητες βελτίωσης. Η ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη βελτίωση των διαδικασιών (με τη χρήση του Lean και του Six Sigma) θα περιλαμβάνει:

- Χρήση της χαρτογράφησης της ροής αξίας για την ανάπτυξη έργων που προσφέρονται είτε για την εφαρμογή των εργαλείων Six Sigma, είτε για την εφαρμογή του Lean.
- Διδασκαλία των αρχών του Lean πρώτα για να αυξηθεί η δυναμική εισαγωγή της διαδικασίας SixSigma, αργότερα για την αντιμετώπιση των πιο προχωρημένων προβλημάτων.
- Προσαρμογή του περιεχομένου της εκπαίδευσης στις ανάγκες του συγκεκριμένου οργανισμού - ενώ ορισμένες μονάδες παραγωγής θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την εφαρμογή των αρχών του Lean όσον αφορά την καθαριότητα, άλλες θα έχουν ήδη εφαρμόσει αυτά τα βασικά στοιχεία και θα είναι έτοιμες για προηγμένα εργαλεία.

### 6.6.3 Βασικές αρχές του lean six sigma

Στις προσπάθειες να πλησιάσουν τους πελάτες, αρκετοί κατασκευαστές έχασαν την εστίαση σε αυτό που θα έπρεπε να είναι ο πρωταρχικός παράγοντας επιτυχίας μιας εταιρείας - η κερδοφόρα ανάπτυξη. Στο σημερινό ανταγωνιστικό περιβάλλον της μεταποίησης, οι επιχειρήσεις δεν χρειάζονται μόνο γρήγορες διορθώσεις, εξωτερικές αναθέσεις και περικοπές για να επιτύχουν συστηματικά τους στόχους τους σχετικά με την ανάπτυξη και το κέρδος. Ενώ αυτές οι επιλογές θα μπορούσαν να αποφέρουν προσωρινή οικονομική ανακούφιση, δεν θα οδηγήσουν σε μακροπρόθεσμη ανάπτυξη και κερδοφορία. Επομένως, πρέπει να εφαρμόσουν την λιτότητα για να αναπτυχθούν και να υπερβούν συνεχώς τις προσδοκίες της κατώτατης γραμμής- και για να εφαρμόσουν την λιτότητα πρέπει να κατακτήσουν οκτώ βασικές αρχές του Lean Six Sigma για την παραγωγή.

#### Το λογισμικό ως λύση

Στο ψηφιακό περιβάλλον και στο περιβάλλον νέφους, η φυσική βάση δεδομένων αντικαθίσταται από μια εικονική βάση δεδομένων. Τα δεδομένα μεταφέρονται σε όλο το υπολογιστικό νέφος [113]. Οι οργανισμοί οδηγήθηκαν να πιστέψουν ότι τα μηχανογραφικά συστήματα θα παρείχαν τη λύση σε όλες τις προκλήσεις ανάπτυξης και κέρδους. Οι γκουρού των συστημάτων προγραμματισμού υλικών απαιτήσεων (MRP) και προγραμματισμού επιχειρησιακών πόρων (ERP) διαβεβαίωναν τις εταιρείες ότι αν εφαρμόσουν τα προγράμματα λογισμικού τους στην κατώτατη γραμμή, θα φροντίσουν για τον εαυτό τους. Σε μια τυπική εταιρεία, η μετατροπή των τριμηνιαίων οικονομικών προβλέψεων σε πραγματικότητα εξακολουθεί να απαιτεί υπερωρίες, εσωτερική/εξωτερική επίσπευση, αλλαγές προϊόντων της τελευταίας στιγμής, ενώ την ίδια στιγμή τα αποτελέσματα είναι οι σπατάλες, οι ανακατασκευές και τα έξοδα εγγύησης που επηρεάζουν αρνητικά την κερδοφορία και την ποιότητα, καθώς και τα προβλήματα αποστολής που παρέχουν λιγότερο από την αποδεκτή ικανοποίηση των πελατών. Έτσι, τα λογισμικά μπορούν να αποτελέσουν λύση για αυτά τα προβλήματα και να εξαλείψουν τις αιτίες των αναποτελεσματικών συστημάτων και διαδικασιών.

#### Πώς να φτάσουμε στις ριζικές αιτίες (root causes)

Οι κατασκευαστές μπορούν να φτάσουν στις ρίζες που προκαλούν την αιτία με την εις βάθος κατανόηση των θεμελιωδών αρχών του Έξι Σίγμα και στη συνέχεια με την απόλυτη αφοσίωση και αποφασιστική εκτέλεση των βασικών αρχών του Λιτού Έξι Σίγμα. Αυτά τα βασικά στοιχεία απαιτούν προληπτικό σχεδιασμό και άκαμπτη εφαρμογή που απαιτεί ηγεσία πέρα από την ικανοποίηση των καθημερινών ευθυνών. Ορισμένα στελέχη δεν μπορούν να φανταστούν τα οφέλη από την εκμάθηση των βασικών αρχών της μεταποίησης. Άλλοι απλώς δεν βρίσκουν το χρόνο. Αλλά χωρίς τη σταθερή εκτέλεση των βασικών αρχών του Lean Six Sigma, οι εταιρείες σπάνια θα επιτύχουν την πλήρη ανάπτυξη και τις δυνατότητες κέρδους τους [114].

Ακολουθούν τα οκτώ βασικά στοιχεία του Lean Six Sigma που κάθε διευθυντής πρέπει να γνωρίζει και να εφαρμόζει:

- Ακεραιότητα πληροφοριών: Είναι σύνηθες για τη διοίκηση του μπροστινού γραφείου να απογοητεύεται από τα αποτελέσματα των μηχανογραφημένων συστημάτων όταν δεν επιτυγχάνονται τα χρονοδιαγράμματα και οι υποσχόμενες αποπληρωμές. Είναι δεδομένο ότι τα αποδεκτά αποτελέσματα των συστημάτων δεν μπορούν να επιτευχθούν όταν τα συστήματα καθοδηγούνται από λανθασμένα δεδομένα και μη κατάλληλη, ανεξέλεγκτη τεκμηρίωση.
- Διαχείριση επιδόσεων: Τα συστήματα μέτρησης μπορεί να είναι παρακινητικά ή μη παρακινητικά. Η ατομική στοχοθεσία της δεκαετίας του 1980 είναι ένα καλό παράδειγμα μέτρησης με κίνητρα - δοκίμασε ένα άτομο ή μια ομάδα έναντι της άλλης και ενώ



ικανοποιεί ορισμένους ατομικούς στόχους, πρόσφερε ελάχιστη συμβολή στη συνολική ανάπτυξη και το κέρδος της εταιρείας.

- Διαδοχική παραγωγή: Χρειάζεται κάτι περισσότερο από την πολυπλοκότητα των συστημάτων για να αποκτήσουν οι εταιρείες παραγωγής τον έλεγχο των λειτουργιών του εργοστασίου. Για να επιτύχουν την έγκαιρη παράδοση με υγιή περιθώρια κέρδους, οι εταιρείες πρέπει να αντικαταστήσουν την απαρχαιωμένη μεθοδολογία προγραμματισμού των εγκαταστάσεων παραγωγής με την απλότητα της διαδοχικής παραγωγής [115]. Οι ηγέτες της βιομηχανίας έχουν αντικαταστήσει τη μεθοδολογία "εκτόξευσης και επιτάχυνσης" των παραγγελιών με συνεχείς γραμμές παραγωγής που υποστηρίζονται από οπτικές αλυσίδες εφοδιασμού υλικών σε πραγματικό χρόνο. Ο ισχυρισμός ότι η διαδοχική παραγωγή λειτουργεί μόνο σε περιβάλλοντα υψηλής παραγωγής, είναι μύθος.

- Εφοδιαστική σημείου χρήσης: Η εξάλειψη της αποθήκης, όπως είναι γνωστή σήμερα, θα πρέπει να αποτελεί στρατηγικό στόχο όλων των κατασκευαστών. Η μετακίνηση των εξαρτημάτων παραγωγής από την αποθήκη στο σημείο χρήσης τους είναι πραγματικά μια επιστροφή στα βασικά και μια σημαντική μείωση του κόστους.

- Διαχείριση του χρόνου κύκλου: Οι μεγάλοι χρόνοι κύκλου είναι συμπτώματα κακής απόδοσης της παραγωγής και υψηλού κόστους μη προστιθέμενης αξίας [44, 52]. Οι κατασκευαστές πρέπει να επικεντρωθούν στη συνεχή μείωση όλων των χρόνων κύκλου. Η επίτευξη της επιτυχίας απαιτεί ένα συγκεκριμένο στυλ διαχείρισης που επικεντρώνεται στη βασική αιτία, στην προληπτική επίλυση των προβλημάτων και όχι στην "καταπολέμηση της πυρκαγιάς" [44, 47].

- Γραμμικότητα της παραγωγής: Οι εταιρείες δεν θα επιτύχουν ποτέ το μέγιστο κέρδος τους εάν παράγουν περισσότερο από το 25% του μηνιαίου σχεδίου αποστολών τους την τελευταία εβδομάδα του μήνα ή περισσότερο από το 33% του τριμηνιαίου σχεδίου αποστολών τους τον τελευταίο μήνα του τριμήνου. Πόσο γραμμικά παράγει ένα τμήμα παραγωγής σε σχέση με το γενικό πρόγραμμα της εταιρείας; Καθώς οι επιχειρήσεις αγωνίζονται να παραμείνουν ανταγωνιστικές, μία από τις στρατηγικές με τις οποίες μπορούν να επιτευχθούν κέρδη στην ταχύτητα, την ποιότητα και το κόστος είναι η δημιουργία ομάδων εργαζομένων για την επιδίωξη και την επίτευξη γραμμικής παραγωγής [116].

- Προγραμματισμός πόρων: Μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις στη βιομηχανία σήμερα είναι η έγκαιρη ορθή διαστασιολόγηση των επιχειρήσεων. Τα περιθώρια κέρδους μπορούν να συρρικνωθούν από τη μη έγκαιρη λήψη μέτρων μείωσης, και τα παράθυρα της αγοράς μπορούν να χαθούν και να χαθούν πελάτες από τη μη έγκαιρη αύξηση του άμεσου εργατικού δυναμικού. Αυτές οι ενέργειες απαιτούν έγκαιρες, δύσκολες αποφάσεις που απαιτούν ακριβείς, έγκαιρες και αξιόπιστες πληροφορίες για τους πόρους.

- Ικανοποίηση των πελατών: Επηρεάζει την οικονομική απόδοση της εταιρείας και την αντίληψη των πελατών. Οι αντιλήψεις είναι αυτό που πρέπει να αντιμετωπίσει μια εταιρεία όταν πρόκειται να βελτιώσει την ικανοποίηση των πελατών. Δεν ωφελεί να έχουμε τα καλύτερα προϊόντα και υπηρεσίες εάν η αντίληψη του πελάτη για την ποιότητα και την εξυπηρέτηση "όπως την έλαβε" δεν είναι ικανοποιητική. Οι εταιρείες πρέπει να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν προληπτικά έργα που να διασπούν τα εμπόδια επικοινωνίας που δημιουργούν άκυρες αντιλήψεις των πελατών [117].

Οι αρχές του lean six sigma αναφέρονται κυρίως στις βελτιώσεις των διαδικασιών, αν και η πρακτική εφαρμογή τους έχει διαφορετικές επιπτώσεις ανάλογα με τα διάφορα οργανωτικά μοντέλα. Οι ηγέτες σε όλα τα επίπεδα εργάζονται για την ενσωμάτωση των αρχών lean και six sigma principles σε όλες τις επιχειρηματικές διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού και της ανάπτυξης προϊόντων, της ολοκληρωμένης αλυσίδας εφοδιασμού, του μάρκετινγκ και των πωλήσεων, της εξυπηρέτησης πελατών, της υποδομής, της διακυβέρνησης και της ανάπτυξης

στρατηγικής. Σύμφωνα με την Lucid chart Content Team, για μια ροή διαδικασιών που παράγει τα καλύτερα αποτελέσματα, θα πρέπει να εξετάζονται οι ακόλουθες αρχές lean six sigma για τον οργανισμό.

1. Εστίαση στον πελάτη: Πριν αρχίσετε να κάνετε δραστικές ή και μικρές αλλαγές, καθορίστε το επίπεδο ποιότητας ή τις απαιτήσεις που έχετε υποσχεθεί στους πελάτες σας.

2. Καθορίστε τη ροή της αξίας σας: Πρέπει να δείτε την τρέχουσα κατάσταση της διαδικασίας σας προτού μπορέσετε να προχωρήσετε και να κάνετε βελτιώσεις. Ο προσδιορισμός του ρεύματος αξίας είναι αναμφισβήτητο αυτό που κάνει τις αρχές του Lean Six Sigma τόσο αποτελεσματικές. Ένας χάρτης του ρεύματος αξίας παρουσιάζει κάθε βήμα, συμπεριλαμβανομένης της αγοράς εξαρτημάτων, της συναρμολόγησής τους (και του ελέγχου για τη διασφάλιση της ποιότητας) και της διανομής του τελικού προϊόντος. Πρέπει να προσδιορίσετε ποια βήματα προσθέτουν αξία και ποια όχι.

3. Πετάξτε τα σκουπίδια: Αφαιρέστε τυχόν δραστηριότητες που δεν προσθέτουν αξία ή ευκαιρίες για ελαττώματα. Στο χάρτη ροής αξίας, αποφύγετε την επισήμανση περιοχών που λειτουργούν με ρευστότητα. Εάν ο χάρτης ροής αξίας δεν αποσαφηνίζει ακριβώς πού βρίσκεται το πρόβλημα, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε διάφορα άλλα διαγράμματα για να επεξεργαστείτε τις πιθανές αιτίες του προβλήματος. Για παράδειγμα: Διαγράμματα αιτίας και αποτελέσματος.

4. Κανονική συνέχιση εργασιών: Οι εργαζόμενοι θα συνεχίσουν να εκτελούν (ή να μην εκτελούν) τις ίδιες εργασίες έως ότου η διοίκηση αποφασίσει διαφορετικά. Η ευθύνη των επιχειρήσεων αφορά σε έγκαιρη, αποτελεσματική και σαφή επικοινωνία των νέων προτύπων και πρακτικών. Βεβαιωθείτε ότι κάθε εργαζόμενος λαμβάνει εκπαίδευση και ανατροφοδότηση. Διαφορετικά, γιατί να περιμένετε να αλλάξει το πρόβλημα; Συνεπώς, τίποτα δεν θα αλλάξει μέχρι να τεθεί σε ισχύ η αλλαγή.

5. Δημιουργήστε μια κουλτούρα αλλαγής και ευελιξίας: Πρέπει να καλωσορίσετε την αλλαγή και να ενθαρρύνετε τους υπαλλήλους σας να αποδεχθούν επίσης την αλλαγή. Στο πλαίσιο αυτής της πολιτισμικής αλλαγής, η εταιρεία σας θα πρέπει να αναζητά πάντα νέους τρόπους για τον εξορθολογισμό της διαδικασίας και την εξάλειψη της σπατάλης. Να παρακολουθείτε τα δεδομένα, να εξετάζετε την τελική σας γραμμή και να προσαρμόζετε τις διαδικασίες σας όπου χρειάζεται.

Οι Womack και Jones έχουν συνοψίσει πέντε αρχές του Lean Six Sigma στο [39] ως εξής:

1. Καθορισμός της αξίας: "Η αξία έχει νόημα μόνο όταν εκφράζεται με όρους συγκεκριμένου προϊόντος ή υπηρεσίας που ικανοποιεί τις ανάγκες του πελάτη σε συγκεκριμένη τιμή σε συγκεκριμένο χρόνο".

2. Προσδιορισμός και δημιουργία ροών αξίας: "Ροή αξίας είναι όλες οι ενέργειες που απαιτούνται σήμερα για να φτάσει ένα προϊόν από τις πρώτες ύλες στην αγκαλιά του πελάτη".

3. Δημιουργία ροής αξίας: "Τα προϊόντα θα πρέπει να ρέουν μέσα από έναν λιτό οργανισμό με την ταχύτητα που τα χρειάζεται ο πελάτης, χωρίς να δεσμεύονται σε αποθέματα ή να καθυστερούν".

4. Τραβήξτε την παραγωγή, αντί να τη σπρώχνετε: "Να παράγετε μόνο ό,τι απαιτείται. Τραβήξτε την αξία σύμφωνα με τη ζήτηση του πελάτη."

5. Προσπάθεια για τελειότητα: "Η τελειότητα δεν σημαίνει μόνο ποιότητα. Σημαίνει παραγωγή ακριβώς αυτού που θέλει ο πελάτης, ακριβώς όταν το απαιτεί ο πελάτης, σε δίκαιη τιμή και με την ελάχιστη δυνατή σπατάλη."

## 6.7 Πλαίσια και μεθοδολογίες Lean six sigma

Το Lean six sigma είναι μια συστηματική μεθοδολογική φιλοσοφία βασισμένη στα δεδομένα, η οποία επικεντρώνεται στην εξάλειψη της σπατάλης, στη μείωση της διακύμανσης της διαδικασίας και στην παροχή της καλύτερης εμπειρίας του πελάτη. Σύμφωνα με τη μέθοδο Lean, υπάρχουν οκτώ είδη αποβλήτων: ελαττώματα, υπερπαραγωγή, αναμονή, μη χρησιμοποιούμενο ταλέντο, μεταφορά, απόθεμα, κίνηση και επιπλέον επεξεργασία. Το Lean six sigma είναι μια δομημένη μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων με πλαίσιο που στοχεύει στην παροχή μιας αποτελεσματικής προσέγγισης για την ενσωμάτωση των lean και Six Sigma και έτσι, χρησιμοποιεί τη φάση DMAIC παρόμοια με εκείνη του Six Sigma.

Οι Hill κ.ά. [118] ανέπτυξαν ένα αρχικό εννοιολογικό πλαίσιο Lean Six Sigma Framework (LSSF) και προέβησαν σε μια σειρά επαναληπτικών εξελίξεων σε μια προσπάθεια να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα και την καταλληλότητά του για την εφαρμογή του στην επισκευή και επισκευή συντήρησης (MRO, Maintenance, Repair & Overhaul). Περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιήθηκε το πλαίσιο αυτό για τον προσδιορισμό των παραγόντων που επηρεάζουν την απόδοση της αλυσίδας υπερστρωμάτων σε μια αεροδιαστημική εγκατάσταση επισκευής και συντήρησης (MRO). Δείχνει πώς καθεμία από τις φάσεις DMAIC του Six Sigma εφαρμόζεται συστηματικά σε κάθε ένα από τα στάδια του Lean. Το στάδιο (0) του LSSF ήταν το σημείο εκκίνησης του σταδίου εφαρμογής. Οι φάσεις έχουν ως εξής:

Φάση 1 του LSS - Προσδιορισμός της αξίας με τον καθορισμό του ζητήματος CTQ.

Φάση 2 του LSS - Ευθυγράμμιση των εσωτερικών λειτουργιών μέσω της μέτρησης της έκτασης του προβλήματος.

Φάση 3 του LSS - Δημιουργία ροής με τον προσδιορισμό των περιορισμών στο σύστημα.

Φάση 4 του LSS - Δημιουργία ροής μέσω της βελτίωσης της διαδικασίας.

Φάση 5 του LSS - Συνεχής βελτίωση και έλεγχος των μελλοντικών διαδικασιών.

Οι παραπάνω φάσεις περιγράφουν την εφαρμογή και μετρούν την αποτελεσματικότητα του ολοκληρωμένου πλαισίου LSS μέσω της ικανότητάς του να επιτυγχάνει νέα και βελτιωμένη απόδοση μέσω της ταυτόχρονης μείωσης των καθυστερημένων κλήσεων υλικών και της μείωσης και σταθεροποίησης των χρόνων παραγγελίας έως την παραλαβή (Order to Receipt).

### Εργαλεία και τεχνικές

Το Lean και το Six Sigma διαθέτουν και τα δύο το δικό τους σύνολο εργαλείων και τεχνικών που μπορούν να ενισχύσουν τους στόχους μιας επιχείρησης για την αύξηση της αξίας και του κέρδους. Υπάρχουν έξι εργαλεία που χρησιμοποιούνται συχνότερα στις εφαρμογές LSS: Το "διάγραμμα ελέγχου", ακολουθούμενο από τη "χαρτογράφηση ροής αξίας", το "DMAIC", το "Kaizen", το "διάγραμμα Ishikawa", το "ιστόγραμμα"- και το διάγραμμα ελέγχου που είναι το κορυφαίο εργαλείο.

Το DMAIC είναι μια μέθοδος πέντε βημάτων για τη βελτίωση υφιστάμενων προβλημάτων διεργασιών με άγνωστες αιτίες. Η DMAIC ορίζει και ποσοτικοποιεί τα προβλήματα, εντοπίζει την αιτία των προβλημάτων, εφαρμόζει, επαληθεύει και διατηρεί τις λύσεις, ενώ περιέχει όλα τα εργαλεία του Six Sigma και του Lean. Οι παράγοντες επιτυχίας του lean six sigma είναι η ικανότητά τους να χρησιμοποιούν την εργαλειοθήκη με συστηματικό και πειθαρχημένο τρόπο. Η ανάπτυξη λειτουργιών ποιότητας (QFD), η ανάλυση τρόπου και αποτελέσματος αποτυχίας (FMEA), ο στατιστικός έλεγχος διαδικασιών (SPC), ο σχεδιασμός πειραμάτων (DOE), η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), το μοντέλο Kano κ.λπ. είναι στατιστικά εργαλεία και τεχνικές που μειώνουν τις διακυμάνσεις σε οποιαδήποτε διαδικασία, μειώνουν το κόστος στην παραγωγή και τις υπηρεσίες,

εξοικονομούν χρήματα για την τελική γραμμή, αυξάνουν την ικανοποίηση των πελατών, μετρούν τα ελαττώματα, βελτιώνουν την ποιότητα των προϊόντων και μειώνουν τα ελαττώματα σε 3,4 μέρη ανά εκατομμύριο ευκαιρίες σε έναν οργανισμό [111]. Ορισμένα από αυτά τα εργαλεία έχουν υιοθετηθεί από το TQM, καθώς το ίδιο το Six Sigma προέρχεται από το κίνημα TQM.

## **6.8 Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας**

Έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες σχετικά με τους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας του LSS. Στη συγκεκριμένα εργασία παρουσιάστηκαν οι κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας που έχουν εντοπιστεί από προηγούμενους ερευνητές. Ορισμένοι από τους κύριους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας (ΚΠΣ) συζητούνται στην παρούσα ενότητα.

Οι περισσότερες μελέτες σχετικά με τους (ΚΠΣ) διαπίστωσαν τη συμμετοχή και τη δέσμευση της ανώτερης διοίκησης ως ΚΠΣ κατά την υλοποίηση έργων lean six sigma. Οι Carleysmith κ.ά. [119] σημείωσαν την υποστήριξη των ανώτερων στελεχών ως κρίσιμο παράγοντα που καθιστά δυνατή τη διαδικασία υλοποίησης του LSS. Οι Mustapha et al. [120] προσδιόρισαν επίσης την υποστήριξη της ανώτερης διοίκησης ως τον πιο ζωτικό θεσμικό παράγοντα που επιτρέπει την εφαρμογή του πλαισίου LSS. Οι Delgado κ.ά. [121] αναφέρουν ότι ο ρόλος της διοίκησης είναι να επηρεάζει την πρακτική και να καθοδηγεί την οργανωσιακή κουλτούρα ώστε να βοηθά τον οργανισμό να κλείσει το χάσμα και να προτείνει ιδέες για βελτίωση.

Σύμφωνα με τους Mustapha [120] και Sharma [122], η συμμετοχή της ανώτερης διοίκησης εξασφαλίζει το όφελος του προγράμματος για την επιχείρηση διευκολύνοντας την εμπιστοσύνη και την επικοινωνία. Η ανώτερη διοίκηση παρακινεί τα μέλη της ομάδας και τους δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν διαδικασίες και μεθόδους για καλύτερη ποιότητα. Εξασφαλίζουν επίσης την αναγνώριση, η οποία οδηγεί σε αποτελεσματική και ταχύτερη αλλαγή προς μεγαλύτερη καινοτομία. Οι Mustapha et al. και Zu et al. [123] θεώρησαν επίσης τις αποφάσεις της διοίκησης και την οργανωτική υποδομή στους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας της λιπής επιχείρησης. Συχνά, οι ΚΠΣ περιλαμβάνουν τη σημασία του οράματος και της στρατηγικής, την υποστήριξη και τη δέσμευση της ανώτατης διοίκησης, τη σημασία της επικοινωνίας και της πληροφόρησης και ούτω καθεξής. Σύμφωνα με τους παραπάνω, η σύνδεση της επιχειρηματικής στρατηγικής με τη στρατηγική συνεχούς βελτίωσης είναι σημαντική. Ο σαφής και σταθερός συνδυασμός της LSS με την εταιρική στρατηγική της επιχείρησης είναι ο πιο κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχή εφαρμογή. Σημειώνουν δε, ότι η έμφαση στη συνολική επιτυχία του προγράμματος και στις βραχυπρόθεσμες επιτυχίες είναι σημαντικές στα αρχικά στάδια της LSS για να εξασφαλιστεί το ενδιαφέρον των μελών για το λιτό σχέδιο. Εκτός από αυτά, τα έργα LSS χρειάζονται επίσης υποστηρικτές ή σπόνσορες που παρέχουν κατεύθυνση στην ομάδα υλοποίησης, βρίσκουν πόρους και σχεδιάζουν το έργο. Η ετοιμότητα της εταιρείας είναι επίσης κρίσιμη για την εφαρμογή του lean.

Για την επιτυχή υλοποίηση της προσπάθειας αλλαγής, η διαφορετική εκπαίδευση και κατάρτιση είναι επίσης οι πλέον απαιτούμενοι παράγοντες. Η εκπαίδευση σε μια συστημική και διαδικαστική θεώρηση των οργανισμών απαντά στα ερωτήματα γιατί απαιτείται η αλλαγή του συστήματος, πώς πρέπει να αλλάξει και ποια θα είναι τα οφέλη για το σύστημα. Τέτοιου είδους εκπαίδευση μπορεί επίσης να προετοιμάσει τον οργανισμό για την αλλαγή και να δημιουργήσει ετοιμότητα για την αλλαγή.

Η ικανοποίηση των πελατών ως κεντρικός στόχος του LSS, η αλλαγή στην κουλτούρα και η μεταμόρφωση των στάσεων των εργαζομένων, η παραγωγική ομαδική εργασία, οι

ομάδες εργασίας LSS, τα καθήκοντα και οι ευθύνες των μελών της ομάδας, η ενσωμάτωση του LSS στη διαδικασία διαχείρισης της απόδοσης και η ενσωμάτωση των ανθρώπινων και διαδικαστικών στοιχείων της βελτίωσης, όλα αποτελούν το βασικό στοιχείο για την αποτελεσματική εφαρμογή των προγραμμάτων LSS. Διότι όταν τα στοιχεία αυτά συνδυάζονται με άλλες πτυχές της LSS, θα προκύψει η επιτυχή εφαρμογή της σε έναν οργανισμό.

### **Στρατηγική Lean έξι σίγμα**

Το Lean Six Sigma έχει καθιερωθεί γρήγορα ως η βασική στρατηγική βελτίωσης των επιχειρησιακών διαδικασιών που επιλέγουν πολλές εταιρείες [118]. Σε γενικές γραμμές, η προσέγγιση ήταν η ευθυγράμμιση των εφαρμογών Lean Six Sigma με τη στρατηγική του οργανισμού [124]. Η στρατηγική συνήθως περιλαμβάνει ένα σχέδιο που αφορά τους στόχους υψηλού επιπέδου του οργανισμού. Οι στρατηγικοί στόχοι αναλύονται στη συνέχεια σε συνήθεις μετρήσεις σε επιχειρησιακό επίπεδο. Στην κλασική ορολογία του Six Sigma, το "Big Y" αναλύεται σε "μικρότερα y" και τίθενται σε εφαρμογή σχέδια για την αντιμετώπιση κάθε "μικρού y" σε επιχειρησιακό επίπεδο. Η πλειονότητα των εταιρειών χρησιμοποιεί αυτή την προσέγγιση για τη δημιουργία ενός χαρτοφυλακίου Έξι Σίγμα που βοηθά στην επίτευξη των στρατηγικών στόχων του οργανισμού.

Υπάρχουν διάφορα μοντέλα ανάπτυξης που χρησιμοποιούνται ευρέως στον κλάδο σήμερα. Η στρατηγική περιλαμβάνει μια πιλοτική φάση ή μια φάση απόδειξης της έννοιας και καταλήγει σε μια πολύπλευρη ανάπτυξη του LSS. Στην πιλοτική φάση, αντιμετωπίζονται συγκεκριμένα προβλήματα για να αποδειχθεί η χρησιμότητα της μεθοδολογίας και να αποκτηθεί η αποδοχή της. Πραγματοποιούνται μεγαλύτερες επενδύσεις σε υποδομές, εκπαίδευση και κατάρτιση κίτρινων ζωνών, πράσινων ζωνών, μαύρων ζωνών και κύριων μαύρων ζωνών. Οι οργανισμοί πρέπει να γνωρίζουν το σύνολο των εργαλείων τους και τις βελτιώσεις που απαιτούνται για να προχωρήσουν. Πολλοί οργανισμοί εκπαιδεύουν τις μαύρες ζώνες τους σχετικά με τη θεωρία των περιορισμών και τις ευέλικτες τεχνικές για να διατηρήσουν την εργαλειοθήκη τους ακονισμένη με στόχο να συμπεριλάβουν διάφορες μεθοδολογίες μηχανικής παραγωγής. Για πραγματικά επιτυχημένο LSS, η ανάπτυξη πρέπει να συνδέεται με τη στρατηγική και να επικεντρώνεται στα σωστά τμήματα της επιχείρησης.

### **Αξιολόγηση της ετοιμότητας για την εφαρμογή του lean six sigma**

Η εφαρμογή του LSS δεν είναι ένα παιχνίδι ιδιοτελούς συμφέροντος. Έτσι, η ετοιμότητα του lean six sigma πρέπει να αξιολογείται πριν από την εφαρμογή του σε οργανισμούς παραγωγής. Οι Sreedharan et al. [83] σχεδίασαν πρόσφατα ένα μοντέλο αξιολόγησης στην εργασία τους "Assessment of Lean Six Sigma Readiness (LESIRE) for manufacturing industries using fuzzy logic". Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο αξιολόγησης, τα ακόλουθα κριτήρια για την ετοιμότητα του LSS στη μεταποίηση πρέπει να είναι: Δέσμευση των εργαζομένων - Ανάπτυξη οργανωτικής ετοιμότητας - Καθιέρωση πίνακα ελέγχου του Lean Six Sigma - Οδικός χάρτης για την εκτέλεση του έργου – Υποδομή - Δέσμευση και συμμετοχή της ανώτατης διοίκησης - Γνώση για τα οφέλη του Lean Six Sigma - Καλή ηγεσία - Σαφές όραμα και μελλοντικά σχέδια - Σωστή επικοινωνία σχετικά με τα μελλοντικά οφέλη που αναμένονται από το έργο από την ανώτατη διοίκηση - Εμπειρία στην ανάπτυξη και εφαρμογή του Lean Six Sigma – Διευκόλυνση στη δομή του Lean Six Sigma - Ευθυγράμμιση μεταξύ του στόχου του έργου και του στρατηγικού στόχου της εταιρείας - Εστίαση στον πελάτη - Επιλογή υποψηφίων για την εκπαίδευση ζωνών - Ιεράρχηση του έργου.

### **Σημαντικά εμπόδια για την εφαρμογή του LSS στη μεταποίηση**

Οι αρχές, τα εργαλεία και οι τεχνικές λιτής παραγωγής έχουν γίνει σημείο αναφοράς για τις εταιρείες παραγωγής που έχουν βασιστεί στην επιτυχία του συστήματος παραγωγής της Toyota (TPS).

Παρά τη δημοτικότητα του συγκεκριμένου συστήματος, οι εταιρείες εξακολουθούν να αγωνίζονται για να καταφέρουν μια επιτυχημένη και καθαρή εφαρμογή. Πολλές μελέτες τάσσονται υπέρ της αποτελεσματικότητας του LSS στην παραγωγή και διαπιστώνουν ότι οι πρακτικές του είναι δύσκολες και οι οργανισμοί συναντούν, ενίοτε, εμπόδια σε αυτό το μακρύ ταξίδι συνεχούς βελτίωσης. Ορισμένες μελέτες εντοπίζουν καθοριστικούς παράγοντες που καθιστούν το ταξίδι της LSS είτε επιτυχές είτε αποτυχημένο. Σύμφωνα με τον Navarro (πιστοποιημένος LSS Black Belt), υπάρχουν πέντε σημαντικά εμπόδια/εμπόδια/δυσκολίες για την εφαρμογή του LSS στη μεταποίηση:

- Ανεπαρκής χρόνος της διοίκησης για την υποστήριξη του lean
- Μη κατανόηση των πιθανών οφελών από την εφαρμογή του lean
- Υποεκτίμηση της στάσης/αντίστασης των εργαζομένων στην αλλαγή
- Ανεπαρκείς δεξιότητες του εργατικού δυναμικού για την εφαρμογή του lean
- Οπισθοδρόμηση στους παλιούς αναποτελεσματικούς τρόπους εργασίας.

### **Σημαντικά οφέλη από την εφαρμογή του LSS στη μεταποίηση**

Πολλοί οργανισμοί έχουν αναφέρει σημαντικά οφέλη μετά την εφαρμογή του LSS στη μεταποίηση [79]. Το Lean και το LSS δεν είναι μόνο για τη μεταποίηση. Μπορεί να ωφελήσει οργανισμούς οποιουδήποτε μεγέθους, σε οποιονδήποτε κλάδο. Καθώς όλοι οι οργανισμοί έχουν προβλήματα να επιλύσουν, έχουν σπατάλες και θέλουν να αυξήσουν τα κέρδη και να μειώσουν το κόστος, ωφελοούνται η υγειονομική περίθαλψη, οι χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες, το λιανικό εμπόριο, η φιλοξενία, η εκπαίδευση και οι επιχειρήσεις γραφείου. Η LSS μπορεί επίσης να ωφελήσει οργανισμούς στη γεωργία, την ενέργεια, στα ορυχεία, στις κατασκευές, στη συμβουλευτική, στο σχεδιασμό, τα ξενοδοχεία, τα ταξίδια, τις μεταφορές, τα δικηγορικά γραφεία, τα logistics, την κυβέρνηση και τις δημόσιες υπηρεσίες. Άλλα αναγνωρισμένα οφέλη είναι ο εντοπισμός διαφόρων τύπων αποβλήτων, η ανάπτυξη του ηθικού των εργαζομένων προς τη δημιουργική σκέψη και η μείωση των ατυχημάτων στο χώρο εργασίας ως αποτέλεσμα των διαδικασιών καθαριότητας. Πολλοί άλλοι επαγγελματίες του LSS, κατασκευαστές, ακαδημαϊκοί ερευνητές έχουν συνειδητοποιήσει κοινά οφέλη στη μεταποίηση με την εφαρμογή μιας επιτυχημένης λιτής μεθοδολογίας: Μεγαλύτερη παραγωγικότητα, Ομαλότερη λειτουργία, Μεγαλύτερη ευελιξία και ανταπόκριση, Εξάλειψη των ελαττωμάτων, Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων, Μείωση του χρόνου παράδοσης, Αυξημένη ικανοποίηση των πελατών, Βελτίωση του ηθικού του προσωπικού, Ασφαλέστερο περιβάλλον εργασίας και Ενίσχυση του τελικού αποτελέσματος.

Το σημαντικότερο είναι ότι το Lean και το Six Sigma δημιουργεί αποδοτικές διαδικασίες ώστε να μπορεί να παραδώσει περισσότερα προϊόντα στους πελάτες, αυξάνει τα έσοδα με τον εξορθολογισμό των διαδικασιών, μειώνει το κόστος με την εξάλειψη των δραστηριοτήτων σπατάλης, αναπτύσσει αποτελεσματικές ομάδες με την ενδυνάμωση των εργαζομένων, το ηθικό του προσωπικού και την ικανοποίηση από την εργασία.

Οι Singh και Rathī [125] διεξήγαγαν πρόσφατα μια έρευνα ανασκόπησης σχετικά με το LSS και κάλυψαν εργασίες από το 2000 έως το 2018. Επέλεξαν συνολικά 216 ερευνητικές εργασίες που δημοσιεύθηκαν σε διάφορες χώρες σχετικά με την εφαρμογή του LSS σε διάφορους τομείς της παραγωγής, όπως την αυτοκινητοβιομηχανία, σε πολύ μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, στην υγειονομική περίθαλψη, στην εκπαίδευση, στο

χρηματοπιστωτικό τομέα, κ.λπ. και παρατήρησαν ότι τα σημαντικότερα οφέλη του LSS είναι: μείωση των αποθεμάτων, μείωση του κόστους της κακής ποιότητας, βελτίωση της υψηλότερης ικανοποίησης των πελατών, μείωση του χρόνου κύκλου και του χρόνου παράδοσης, διαδικασίες χωρίς ελαττώματα και βελτίωση της παραγωγικότητας.

### **Περιορισμοί του LSS στη μεταποίηση**

Πολλοί συγγραφείς έχουν υποστηρίξει ότι υπάρχει σημαντικός αριθμός περιορισμών στη μεθοδολογία LSS και ήρθαν αντιμέτωποι με ορισμένους θεμελιώδεις περιορισμούς, όπου διαγράφεται πεδίο δόξης λαμπρό για μελλοντική έρευνα.

Οι επτά κορυφαίοι περιορισμοί που εντοπίστηκαν για την LSS στον τομέα της μεταποίησης είναι οι εξής:

1. Η απουσία σαφών κατευθυντήριων γραμμών για το LSS στα αρχικά στάδια της εφαρμογής.
2. Η έλλειψη προγραμμάτων σπουδών LSS.
3. Η έλλειψη κατανόησης της χρήσης των εργαλείων και τεχνικών LSS.
4. Η έλλειψη οδικού χάρτη που πρέπει να ακολουθηθεί-ποια στρατηγική πρώτα;
5. Ο περιορισμένος αριθμός πρακτικών εφαρμογών του ολοκληρωμένου πλαισίου LSS.
6. Δεν υπάρχουν παγκοσμίως αποδεκτά πρότυπα για την πιστοποίηση.
7. Η έλλειψη εμπειρογνωμοσύνης.

Συνεπώς, οι επαγγελματίες του LSS χρειάζονται έναν σαφή οδηγό για την κατεύθυνση των πρώτων σταδίων: ποια στρατηγική θα πρέπει να έρθει πρώτη, Lean, Six Sigma ή LSS, και ποια εργαλεία της εργαλειοθήκης θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν πρώτα.

### **Ζώνες Lean και έξι σίγμα**

Η "ζώνη" ενός επαγγελματία του Lean και του Six Sigma αναφέρεται στο επίπεδο εμπειρίας του. Μπορεί να είναι λευκή, κίτρινη, πράσινη, μαύρη ή master black belt. Αυτές αντιστοιχούν περίπου στην ιεραρχία τους στις πολεμικές τέχνες. Μια Lean Six Sigma – Μαύρη Ζώνη δηλώνει κατοχή εξειδικευμένης γνώσης της μεθοδολογίας DMAIC, των μεθόδων Lean και της ηγεσίας της ομάδας. Πράσινη ζώνη Lean Six Sigma, συνοδεύεται από καλή γνώση της μεθοδολογίας DMAIC και των μεθόδων Lean, αλλά λείπει η εμπειρία με προηγμένα στατιστικά εργαλεία. Αντίστοιχα, μια κίτρινη ζώνη έχει ολοκληρώσει εκπαίδευση στις θεμελιώδεις έννοιες και τα εργαλεία του Lean και του Six Sigma, ενώ μια Λευκή ζώνη LSS, έχει ολοκληρώσει ένα μικρό μέρος της εκπαίδευσης στις έννοιες.

### **Αναδυόμενες τάσεις στο Lean Six Sigma**

Το μέλλον του Lean Six Sigma εξαρτάται από τις αναπτυξιακές ανάγκες των εμπλεκόμενων οργανισμών. Αυτές οι ανάγκες και οι ευκαιρίες δημιουργούν αναδυόμενες τάσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Big Data στο LSS
- Lean και κλιματική αλλαγή
- Lean με περιβαλλοντική συνείδηση για βιωσιμότητα
- Επιπτώσεις του Lean στους πόρους –
- Εξοικονόμηση ενέργειας και διαχείριση με LSS
- Πράσινη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

## **6.9 Συμπεράσματα και προτάσεις**

Το Lean Six Sigma είναι ένας συνδυασμός δύο ισχυρών μεθόδων βελτίωσης διαδικασιών. Μειώνει το κόστος στους οργανισμούς με την απομάκρυνση της "σπατάλης" από τις διαδικασίες και την επίλυση των προβλημάτων που προκαλούνται από μια διαδικασία. Το Lean Six Sigma (LSS) είναι μια αναδυόμενη, εξαιρετικά ισχυρή τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την εξάλειψη της σπατάλης, τη βελτίωση της απόδοσης, της αποδοτικότητας και της ικανοποίησης των πελατών για τη διατήρηση σε ανταγωνιστικό -μεταποιητικό και μη μεταποιητικό - περιβάλλον. Αυτή η ανασκόπηση αποσκοπεί στη σύνθεση, την οργάνωση και τη διάρθρωση του αποθέματος γνώσεων σχετικά με το Lean Six Sigma και τις κατασκευαστικές τεχνολογίες. Τα προσδιοριζόμενα εργαλεία και τεχνικές, μεθοδολογίες, πλαίσια, παράγοντες επιτυχίας και αποτυχίας και στρατηγικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά ως οδικός χάρτης (roadmap).

Το LSS έχει επίσης εφαρμοστεί παγκοσμίως και σε όλους τους τύπους μεταποιητικών οργανισμών για την επίτευξη της αριστείας, πετυχαίνοντας τους στόχους της LSS. Ωστόσο, έχουν εντοπιστεί διάφορες προκλήσεις και εμπόδια στην ανάπτυξή της. Οι αξιολογήσεις της ετοιμότητας και των βημάτων εφαρμογής του Lean Six Sigma είναι οι πιο σημαντικές που πρέπει να γνωρίζει κάθε επαγγελματίας, για να φέρει την λιτότητα στους οργανισμούς. Κάθε διευθυντής πρέπει να είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή των οκτώ στοιχείων του LSS στην παραγωγή. Θα πρέπει να επιτύχουν το στόχο τους να ικανοποιήσουν/ενθουσιάσουν τους πελάτες παρέχοντας υπηρεσίες υψηλότερης ποιότητας σε λιγότερο χρόνο, βελτιώνοντας τις σχετικές επιχειρηματικές διαδικασίες, εξαλείφοντας τα ελαττώματα και εστιάζοντας στον τρόπο με τον οποίο η εργασία ρέει μέσα από τη διαδικασία. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο εάν η δημιουργικότητα των ανθρώπων χρησιμοποιείται σε ομαδική εργασία στις διαδικασίες με δεδομένα και με κατανόηση των πελατών και των διαδικασιών. Ως εκ τούτου, τα μέλη της ομάδας θα πρέπει να συνεργάζονται για να δημιουργήσουν πραγματικές λύσεις για τον οργανισμό.

## **6.10 Αποτελέσματα και συζήτηση**

### **6.10.1 Οφέλη από την επιτυχή εφαρμογή του LSS στον τομέα της βιομηχανίας**

Η ανάλυση των πλεονεκτημάτων του LSS στον τομέα της βιομηχανίας οδήγησε στον εντοπισμό περισσότερων από 50 πλεονεκτημάτων σε 19 μελέτες περιπτώσεων. Τα δέκα κορυφαία οφέλη που αναφέρονται στις εργασίες είναι τα εξής:

1. αυξημένα κέρδη και οικονομική εξοικονόμηση,
2. αυξημένη ικανοποίηση των πελατών,
3. μείωση του κόστους,
4. μειωμένος χρόνος κύκλου,
5. βελτιωμένες βασικές μετρήσεις επιδόσεων,
6. λιγότερα ελαττώματα,
7. μείωση του χρόνου βλάβης μηχανής,
8. μειωμένα αποθέματα,
9. βελτιωμένη ποιότητα- και
10. αυξημένη παραγωγική ικανότητα.

Άλλα ήπια οφέλη, όπως ο εντοπισμός διαφορετικών τύπων σπατάλης, η ανάπτυξη του ηθικού των εργαζομένων προς τη δημιουργική σκέψη και η μείωση των εργατικών ατυχημάτων ως αποτέλεσμα των διαδικασιών καθαριότητας, επίσης εμφανίστηκαν σε αρκετές περιπτώσεις. Επιπλέον, αναλύσεις στους τύπους των κλάδων με τις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογής LSS έδειξε ότι δεν υπάρχει κοινός κλάδος. Αυτό υπογραμμίζει την μεγάλη ποικιλία βιομηχανιών, από μεγάλες όπως η κατασκευή αεροσκαφών και τα ιδιόκτητα στρατιωτικά προϊόντα, έως και την κατασκευή οικιακών



επίπλων. Ως εκ τούτου, οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι αυτή η διαφοροποίηση καταδεικνύει την επιτυχία της LSS σε όλες τις βιομηχανίες.

Εργαλεία και τεχνικές, όπως η ανάλυση C&E, το VSM, τα διαγράμματα Pareto κα. χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της μεθόδου DMAIC σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, καθώς η DMAIC αποτελεί τη σταθερή βάση για την εφαρμογή του LSS (Chakravorty and Shah, 2012). Ο λόγος πίσω από την κοινή χρήση αυτών των εργαλείων και τεχνικών στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η απλότητά τους, ιδίως όταν πρόκειται για απλά μέσα χωρίς στατιστικές εξισώσεις ή τύπους. Οι Thomas et al. (2009) υποστήριξαν ότι οι οργανισμοί αποφεύγουν την ανάπτυξη του Έξι Σίγμα ως αποτέλεσμα της βαριάς στατιστικής και της πολυπλοκότητας των εργαλείων και τεχνικών. Επιπλέον, παρατηρείται φόβος και δισταγμός από την διοίκηση και τους εργαζομένους, όταν γίνεται λόγος για αυτά. Ως εκ τούτου, οι περισσότεροι οργανισμοί, ιδίως στο Ηνωμένο Βασίλειο και την Ευρώπη, θα προτιμούσαν να αναπτύξουν τα εργαλεία Lean, καθώς είναι μη στατιστικά εργαλεία.

#### **6.10.2 Παράγοντες παρακίνησης για την εφαρμογή LSS στη μεταποιητική βιομηχανία**

Υπάρχουν 17 διαφορετικοί παράγοντες που παρακινούν τις επιχειρήσεις του μεταποιητικού τομέα να εφαρμόσουν LSS στους οργανισμούς τους, όπως παρατίθενται στον πίνακα VI. Οι παράγοντες αυτοί έχουν εξαχθεί από 23 εργασίες- οι περισσότερες από αυτές είναι μελέτες περιπτώσεων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι συνήθεις λόγοι για την εφαρμογή LSS είναι, η αλλαγή της ανταγωνιστικής θέσης στην αγορά ή η παραμονή στον ανταγωνισμό της διεθνούς αγοράς, η αύξηση της ικανοποίησης, της προσέλευσης και της αφοσίωσης των πελατών εκτός από τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και των λειτουργιών παραγωγής. Άλλοι λόγοι είναι η αύξηση του τελικού αποτελέσματος και η μείωση του κόστους ποιότητας, όπως το κόστος της κακής ποιότητας, το κόστος παραγωγής κ.ο.κ. Τα πραγματικά οφέλη που αποκομίζονται στον τομέα της μεταποίησης παρακινούν και άλλους οργανισμούς σε διάφορους τομείς, όπως η παροχή υπηρεσιών και η υγειονομική περίθαλψη, να εφαρμόσουν το LSS. Οι παράγοντες παρακίνησης είναι ένα από τα πιο κοινά θέματα που εμφανίστηκαν στη βιβλιογραφία της LSS.

Ορισμένοι παράγοντες εμφανίστηκαν σε λιγότερες μελέτες: για παράδειγμα, η εφαρμογή της LSS θα μπορούσε να βελτιώσει το ηθικό των εργαζομένων. Αυτός ο παράγοντας πρέπει να υποστηριχθεί από περισσότερες έρευνες για να διερευνηθεί η σχέση μεταξύ της εφαρμογής της LSS και του ανθρώπινου παράγοντα. Οι Thomas et al. (2009) υποστήριξαν ότι η μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας των μηχανών υπήρξε μεγάλο βήμα προς τη μείωση του χρόνου παράδοσης. Ως εκ τούτου, οι οργανισμοί άρχισαν να εξοικονομούν πολλά μετρητά στην τελική γραμμή με τη μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας των μηχανημάτων.

Ωστόσο, οι ίδιοι οργανισμοί μπορεί να μην είναι εξοικειωμένοι με όλες τις δυνατότητες βελτίωσης των LSS στα διάφορα τμήματά τους. Αυτό καταδεικνύει την έλλειψη ευαισθητοποίησης σχετικά με τα οφέλη του LSS. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι υπάρχει ισχυρή σχέση μεταξύ κινήτρων και οφέλους, καθώς η έλλειψη κινήτρων οδηγεί σε λιγότερα οφέλη. Τα κίνητρα ενός οργανισμού μπορούν να αυξηθούν με τη χρήση των ιστοριών επιτυχίας άλλων εταιρειών και την κατανόηση των παραγόντων παρακίνησης τους για την ανάπτυξη LSS, καθώς και των οφελών που έχουν αποκομίσει από το LSS.

### 6.10.3 Περιορισμοί των LSS στον τομέα της μεταποίησης

Πολλοί συγγραφείς έχουν υποστηρίξει ότι υπάρχει σημαντικός αριθμός περιορισμών στη μεθοδολογία LSS, με τους πέντε κυριότερους περιορισμούς της LSS στον τομέα της μεταποίησης να είναι οι εξής:

- Απουσία σαφών κατευθυντήριων γραμμών για την LSS στα αρχικά στάδια της εφαρμογής.
- Έλλειψη εκπαιδευτικών προγραμμάτων LSS.
- Έλλειψη κατανόησης της χρήσης των εργαλείων και τεχνικών LSS.
- Έλλειψη οδικού χάρτη που πρέπει να ακολουθηθεί - ποια στρατηγική πρώτα;
- Ο περιορισμένος αριθμός πρακτικών εφαρμογών του ολοκληρωμένου πλαισίου LSS.

Όσον αφορά στην απουσία οδικού χάρτη για την εφαρμογή του LSS, ιδίως στα αρχικά στάδια, οι Kumar et al. (2006) [126] υποστήριξαν ότι οι επαγγελματίες χρειάζονται έναν σαφή οδηγό για την κατεύθυνση των πρώτων σταδίων: ποια στρατηγική πρέπει να έρθει πρώτη, Lean, Six Sigma ή LSS, και ποια εργαλεία της εργαλειοθήκης πρέπει να χρησιμοποιηθούν πρώτα. Επιπλέον, παρατήρησαν ότι δεν υπάρχει σαφής κατανόηση της χρήσης των εργαλείων και τεχνικών LSS στους οργανισμούς παραγωγής. Οι Hilton and Sohal (2012) [127], Breyfogle (2008) [128] και Salah et al. (2010) [103] υποστήριξαν ότι απαιτούνται πιο τυποποιημένα και πιο ισχυρά προγράμματα σπουδών, προκειμένου να αξιοποιηθεί η μάθηση στους οργανισμούς. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη παρόμοιων προγραμμάτων αναδεικνύεται ως τομέας για μελλοντική έρευνα.

### 6.11 Παράγοντες που εμποδίζουν την εφαρμογή του LSS στον τομέα της βιομηχανίας

Ενώ οι οργανισμοί και οι επαγγελματίες στον τομέα της κατασκευής εφαρμόζουν το LSS, έρχονται αντιμέτωποι με μεγάλο αριθμό σύνθετων ανασταλτικών παραγόντων. Η εφαρμογή οποιουδήποτε προγράμματος CI πρέπει να ξεπεράσει σειρά εμποδίων, κάποια από τα οποία αναλύονται παρακάτω.

- Τα προγράμματα είναι χρονοβόρα
- Συνήθως υπάρχει έλλειψη πόρων
- Συνήθως δεν είναι ξεκάθαρες οι προσδοκίες γύρω από αυτά τα προγράμματα
- Συνήθως υπάρχει άγνοια γύρω από τα οφέλη της LSS στις επιχειρήσεις
- Εκλείπει η κατάρτιση και η καθοδήγηση
- Η αντίδραση των εργαζομένων απέναντι σε μια νέα επιχειρηματική στρατηγική

Ορισμένοι συγγραφείς ανέφεραν και παραπάνω λόγους, όπως η προσπάθεια να πεισθεί η ανώτατη διοίκηση για τα οφέλη της LSS στην επιχείρηση. Ο παράγοντας αυτός οφείλεται στην πεποίθηση των ανώτερων στελεχών ότι η επένδυση σε προγράμματα βελτίωσης της ποιότητας δεν είναι παρά σπατάλη χρημάτων και αύξηση του κόστους παραγωγής [126]. Κάτι τέτοιο δεν ισχύει από τη στιγμή που οι οργανισμοί έχουν τεράστια εξοικονόμηση ως αποτέλεσμα της επένδυσης σε προγράμματα βελτίωσης της ποιότητας. Μεγάλος αριθμός παραγόντων έχει προκύψει και από τις μελέτες των Thomas κ.ά. (2008) [129], Maleyeff κ.ά. (2012) [130], Chakravorty και Shah (2012) [99] και Richard (2008) [131]. Η έλλειψη απτών αποτελεσμάτων είναι ένας από τους ανασταλτικούς παράγοντες που, έχουν επιπλέον αναφερθεί. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο παράγοντας αυτός δεν μπορεί να αποτελεί πραγματικό εμπόδιο, διότι έχουν εξαχθεί περίπου 50 απτά αποτελέσματα από αναθεωρημένες εργασίες στον τομέα της μεταποίησης. Για παράδειγμα, το 50% των αναθεωρημένων εγγράφων ανέφεραν σημαντικές αυξήσεις στην εξοικονόμηση πόρων και στο τελικό αποτέλεσμα, έως και 3 δις. δολάρια σε ορισμένες περιπτώσεις, μείωσαν σημαντικά τον χρόνο κύκλου κατά μέσο όρο 25-50% (όπως αναφέρει ο Kucner, 2009, σε ναυτικό πυρηνικό αεροπλανοφόρο που τέθηκε σε λειτουργία

στις ΗΠΑ, ο χρόνος παράδοσης μειώθηκε από 180 σε 40 ημέρες). Σε αρκετές περιπτώσεις αναφέρθηκε η μείωση των αποθεμάτων και της σπατάλης στις διαδικασίες, καθώς και η μείωση του ποσοστού των ελαττωμάτων στην παραγωγή. Μπορεί, επομένως, να υποστηριχθεί ότι το ζήτημα εδώ είναι ενδεχομένως η έλλειψη **ορατών** αποτελεσμάτων και όχι η έλλειψη απτών αποτελεσμάτων.

Πολλοί συγγραφείς, όπως ο Richard (2008) [131] και οι Pepper και Spedding (2010) [102], έχουν υποστηρίξει ότι η υλοποίηση έργων LSS σε έναν οργανισμό συχνά διαρκεί πάρα πολύ και αυτό αποτελεί μία από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα στελέχη. Οι Master Black Belts ξοδεύουν περίπου έξι μήνες ή και περισσότερο σε κάθε έργο LSS και τα έργα συνήθως χρειάζονται μήνες για να ολοκληρωθούν (Smith, 2003) [132]. Ωστόσο, ο Snee (2010) [84] υποστήριξε ότι η υλοποίηση των έργων LSS δεν πρέπει να διαρκεί περισσότερο από τρεις έως έξι μήνες και αυτό είναι ένα από τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν το LSS από άλλες πρωτοβουλίες βελτίωσης. Απαιτείται μελλοντική έρευνα, όπως μια εμπειρική μελέτη, για να αντιμετωπιστεί αυτό το κενό στη βιβλιογραφία.

## **6.12 Συμπέρασμα**

Παρατηρείται μια αξιοσημείωτη αύξηση της δημοτικότητας της LSS και του επιπέδου ανάπτυξής της στον βιομηχανικό κόσμο, ιδίως σε μεγάλους οργανισμούς στις ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο, τις Κάτω Χώρες, και την Ινδία. Είναι ενδιαφέρον ότι η χρήση εργαλείων και τεχνικών Lean, όπως το VSM, το 5S, κ.λπ. ήταν πιο συνηθισμένη στις περισσότερες περιπτώσεις, καθώς αυτά τα εργαλεία και οι τεχνικές είναι μη στατιστικά, σε αντίθεση με τα εργαλεία και τις τεχνικές του Six Sigma, ενώ η χρήση της εργαλειοθήκης του Six Sigma ήταν πιο οικεία στον αμερικανικό τομέα της μεταποίησης από ό,τι στην Ευρώπη. Τα βασικά ευρήματα της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα ανώτερα στελέχη πριν ξεκινήσουν το ταξίδι της LSS. Επιπλέον, τα ευρήματα της έρευνας μπορούν επίσης να λειτουργήσουν ως ένα σύνολο κατευθυντήριων γραμμών (εμπόδια, οφέλη, κίνητρα, κ.λπ.) κατά την ανάπτυξη και εφαρμογή της LSS.

## **7. Η ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΟΥ LEAN SIX SIGMA ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ: Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ 4.0 ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ**

Το σημαντικότερο επίτευγμα της βιομηχανικής επανάστασης 4.0 είναι η ριζική αναδιαμόρφωση της σύγχρονης βιομηχανίας, μέσω της αυξημένης διαθεσιμότητας και προσβασιμότητας δεδομένων. Ως εκ τούτου, παρέχεται μεγαλύτερη υποστήριξη στους κύκλους ζωής συστημάτων και προϊόντων, ενώ από την άλλη πλευρά, η πιο βιώσιμη κατασκευή προσελκύει ολοένα και περισσότερη προσοχή, εξαιτίας των περιβαλλοντικών ανησυχιών που εγείρονται και της κατανάλωσης πόρων που την συνοδεύει. Ο πράσιнос αντίκτυπος του Lean Six Sigma έχει προσεγγιστεί στη βιβλιογραφία, ωστόσο, οι αλλαγές σε ένα κατασκευαστικό σύστημα παρέχουν νέες γνώσεις για τη χρήση εργαλείων ποιότητας LSS στην πορεία για την επίτευξη μεγαλύτερης βιωσιμότητας. Η ακόλουθη ενότητα αποτελεί τη μελέτη ενός πλαισίου χρήσης του Six Sigma για την επίτευξη των απαιτήσεων της βιώσιμης παραγωγής από την οπτική γωνία της Βιομηχανίας 4.0 και των παραγόντων που την καθιστούν εφικτή. Παρακάτω μελετάται η επιρροή της πληροφορικής και των τεχνολογιών επικοινωνίας στη σχέση μεταξύ της βιώσιμης μεταποίησης 6R (6Rs: Rethink, Refuse, Reduce, Reuse, Recycle, Repair) και του Lean Six Sigma DMAIC.

Μια μελέτη περίπτωσης γραμμής συναρμολόγησης κυλινδρικών μπαταριών χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση της αποτελεσματικής της προτεινόμενης προσέγγισης. Το πλαίσιο μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να ταιριάζει σε διαφορετικούς τύπους παραγωγής διαδικασίες και συστήματα.

Μετά την εισαγωγή της Βιομηχανίας 4.0 και της αυξημένης τάσης για ψηφιοποίηση, περισσότερα δεδομένα έγιναν διαθέσιμα στους τομείς του σχεδιασμού προϊόντων/διαδικασιών, του ποιοτικού ελέγχου και της παρακολούθησης της υφιστάμενης κατάστασης [133]. Παρόλο που η Βιομηχανία 4.0 ως παράδειγμα, στόχευε στην ταχεία ανταπόκριση στον ανταγωνισμό της αγοράς και στην ικανοποίηση των πελατών, η ενίσχυση της βιωσιμότητας έχει ένα ισχυρό δυναμικό που λαμβάνει περισσότερη προσοχή. Αυτό ερμηνεύεται κυρίως στη βιώσιμη δημιουργία αξίας (sustainable value addition) [134]. Για το προϊόν, ο κλειστός βρόχος του κύκλου ζωής τοποθετείται στο μικροσκόπιο, ενώ όσον αφορά στις διαδικασίες, η αποδοτικότητα των πόρων εξετάζεται υπό μια πιο ολιστική προοπτική. Σε μεγαλύτερη κλίμακα, οι ώριμες ψηφιακές τεχνολογίες βοηθούν τη μετατροπή στην κυκλική οικονομία μέσω της μείωσης της υπερπαραγωγής, της κατανάλωσης ενέργειας και της σπατάλης, με αποτέλεσμα τη μετάβαση σε μια υγιέστερη, βιωσιμότερη βιομηχανία [135].

Από την οπτική γωνία της μηχανικής ποιότητας, τα προβλήματα δεν μπορούν ποτέ να λυθούν αν δεν έρθουν στην επιφάνεια. Ως εκ τούτου, η παροχή των ιστορικών δεδομένων που καλύπτουν τη συμπεριφορά των εξαρτημάτων και των διεργασιών αποτελεί τη βάση για τον εντοπισμό των προβλημάτων και την έναρξη της διαδικασίας βελτίωσης της ποιότητας. Σε αυτό το πνεύμα και σε σχέση με τα δεδομένα, οι Wagner et al. (2017) [136] ανέδειξαν, τη σχέση μεταξύ των τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0 και πολλών συστημάτων λιτής παραγωγής, όπως το just-in-time, το Kaizen και το 5S. Οι νέες τεχνολογίες που εισάγονται στη βιομηχανία θα αντικαταστήσουν τις συμβατικές μεθόδους του κύκλου ζωής του συστήματος/προϊόντος ανάλυσης δεδομένων [137]. Ειδικότερα στη

βιομηχανία, η Six Sigma είναι η πιο δημοφιλής επιχειρησιακή στρατηγική συνεχούς βελτίωσης [73] [138]. Κατά συνέπεια, είναι βολικό να μελετηθούν οι επιπτώσεις του Six Sigma στη μεταποιητική βιομηχανία.

Εντοπίστηκαν τέσσερις αναδυόμενες Six Sigma (γενικές) τάσεις:

- Η ανάλυση των μεγάλων δεδομένων (big data) μέσω του Six Sigma.
- Η παραμέληση των περιβαλλοντικών πτυχών στην ανάπτυξη του Six Sigma.
- Η καταλληλότητα του Six Sigma για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις.
- Η ενσωμάτωση του Six Sigma στη βιομηχανία 4.0.

Η βιώσιμη βιομηχανία έχει προκαθορισμένους στόχους, αλλά τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη αυτών, ποικίλουν ανάλογα με τις διαθέσιμες τεχνολογίες. Από την άλλη πλευρά, το LSS, ως εργαλείο, δεν εισήχθη αρχικά για περιβαλλοντικούς σκοπούς, αλλά για αύξηση παραγωγικότητας και μείωσης του κόστους. Κατά συνέπεια, η καινοτομία της υπό μελέτη περίπτωσης έγκειται στη διερεύνηση της συμβολής της LSS για την προσθήκη στόχων βιώσιμης βιομηχανίας, ιδίως στο πλαίσιο του οράματος Industry 4.0.

### **7.1 Λιτό έξι σίγμα και κύκλος ζωής**

Στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, οι Ben Ruben κ.ά. (2017) [139] προτείνουν ένα πλαίσιο εφαρμογής του LSS, όπου διαφορετικά εργαλεία υποστηρίζουν την εφαρμογή ανάλογα με τη φάση (DMAIC), για παράδειγμα, η ανάλυση απογραφής του κύκλου ζωής στη φάση "Μέτρηση" (Measure). Οι Antosz και Stadnicka (2018) [140] συνέστησαν την ενσωμάτωση του Six Sigma, της φιλοσοφίας Lean και του Industry 4.0 για την αύξηση της αποτελεσματικότητας και της ευελιξίας της διαδικασίας υπηρεσιών συντήρησης (Maintenance Service Process - MSP). Πιστεύοντας ότι τα Lean, Green και Six Sigma αλληλοσυμπληρώνονται, οι Banawi και Bilec (2014) [141] πρότειναν ένα πλαίσιο που στοχεύει στη μείωση της σπατάλης στον κατασκευαστικό κλάδο θεωρώντας ότι η "πράσινη" πτυχή εκφράζει την αξιολόγηση του κύκλου ζωής. Οι Cluzel et al. (2010, 2012) [142] παρουσίασαν μια μεθοδολογία για τη διαχείριση του οικολογικού σχεδιασμού σε σύνθετα βιομηχανικά συστήματα με βάση την DMAIC, προκειμένου να ξεπεραστούν ορισμένοι από τους περιορισμούς της LCA.

### **7.2 Six Sigma και βιώσιμη παραγωγή**

Αφού ανέλυσαν τους κινητήριους μοχλούς της βιώσιμης μεταποίησης, όπως η ανταγωνιστικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας και η πίεση της αγοράς, οι Fargani et al. (2016) [143] συνέστησαν τη χρήση του Lean και του Six Sigma για την επίτευξη της βιώσιμης παραγωγής. Από την πλευρά της ενεργειακής απόδοσης, οι Chugani et al. (2017) [144] επιβεβαιώνουν ότι το έξι σίγμα μπορεί να χρησιμεύσει ως αποτελεσματική μέθοδος διαχείρισης της χρήσης ενέργειας και συμβουλεύουν τις εταιρείες να το συμπεριλάβουν στις πολιτικές τους. Επιπλέον, σύμφωνα με τον Cherrafi et al. (2017) [145] διαφαίνεται ότι η εφαρμογή του πράσινου και λιτού έξι σίγμα βοηθά τους οργανισμούς να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας κατά 7-12%.

### **7.3 Έξι σίγμα και βιομηχανία 4.0**

Ο Jayaram (2016) [146] υποστηρίζει ότι η Βιομηχανία 4.0 και το Lean Six Sigma αλληλοσυμπληρώνονται και προτείνει ένα μοντέλο για τη διαχείριση της παγκόσμιας αλυσίδας εφοδιασμού. Ένα πλαίσιο για τη διόρθωση της απόκλισης σε πραγματικό χρόνο στις διαδικασίες παραγωγής με τη χρήση τεχνικών του Industry 4.0 παρουσιάζεται στους Eleftheriadis and Myklebust (2016) [147]. Οι Basios και Loucopoulos (2017) προτείνουν μια προσέγγιση οργάνωσης των δεδομένων που συλλέγονται με τη χρήση τεχνολογιών

Βιομηχανίας 4.0 για να βοηθήσουν τον οργανισμό να λάβει στρατηγικές αποφάσεις [148]. Στους Dogan και Gurcan (2018), οι μέθοδοι χειρισμού δεδομένων που σχετίζονται με τις φάσεις του lean six sigma αναλύονται λεπτομερώς όσον αφορά τις τεχνολογίες συλλογής δεδομένων της βιομηχανίας 4.0.

Από την προηγούμενη βιβλιογραφική επισκόπηση, μπορούν να εξαχθούν τα εξής:

- Η περιβαλλοντική επίδραση της LSS σχετίζεται κυρίως με τη μείωση της σπατάλης.
- Η LSS χρησιμοποιείται κυρίως για τη μείωση της διακύμανσης στις διαδικασίες και τα προϊόντα.
- Λίγες μελέτες εισήγαγαν την LSS στη βιομηχανία 4.0 και τις προσεγγίσεις LCA σε συνδυασμό.
- Οι ερευνητικές εργασίες επικεντρώνονται περισσότερο στο προϊόν παρά στον κύκλο ζωής του συστήματος.
- Η εισαγωγή της Βιομηχανίας 4.0 επιτρέπει μεγαλύτερη διορατικότητα στα δεδομένα των διαδικασιών παραγωγής, άρα μεγαλύτερη ευκαιρία και αναμενόμενα αποτελέσματα της εφαρμογής του Six Sigma.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που επιδιώκεται να απαντηθούν είναι τα εξής:

- Πώς μπορεί η τεχνολογία Industry 4.0 να επιτρέψει την καλύτερη χρήση των LSS και των εργαλείων και προσεγγίσεων βιώσιμης παραγωγής;
- Με την προσβασιμότητα σε περισσότερα δεδομένα μηχανών και διεργασιών μπορούν να εξαλειφθούν οι ανεπιθύμητες εκροές;

## **8. ΠΡΑΣΙΝΗ LEAN SIX SIGMA ΓΙΑ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**

### **8.1 Εισαγωγή**

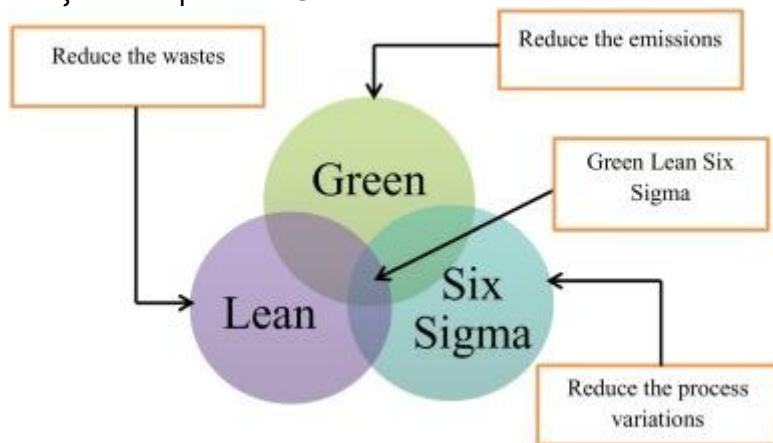
Η ζήτηση με βιώσιμο προσανατολισμό, ο ανταγωνισμός σε παγκόσμιο επίπεδο και οι κυβερνητικές πολιτικές για την κλιματική αλλαγή έχουν αναγκάσει τις βιομηχανίες να υιοθετήσουν πιο βιώσιμες πρακτικές. Το Green Lean Six Sigma (GLS) είναι μια φιλική προς το περιβάλλον προσέγγιση που μετριάζει το αποτύπωμα άνθρακα και παράγει προϊόντα υψηλών προδιαγραφών. Όμως για την εφαρμογή του προγράμματος GLS, είναι απαραίτητη η ενσωμάτωση των επιμέρους προσεγγίσεων Green, Lean και Six Sigma. Επιπλέον, δεν υπάρχει κανένα πλαίσιο GLS που να μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από το μέγεθος, τον τύπο και την κουλτούρα του οργανισμού. Έτσι, η παρούσα ενότητα αφορά στην ενσωμάτωση και την ανάπτυξη του πλαισίου GLS, όπως αυτό μελετήθηκε από τους Mahender Kaswan και Rajeev Rathhi [149]. Οι συγγραφείς ανέπτυξαν μια πρόταση για το GLS με βάση θεωρητικά στοιχεία και το πλαίσιο αναπτύχθηκε με βάση την προσέγγιση DMAIC. Διαπιστώθηκε ότι οι παράγοντες ενεργοποίησης, το σύνολο εργαλείων και οι μέθοδοι εφαρμογής συμπληρώνουν την ενσωμάτωση του GLS. Το προτεινόμενο πλαίσιο παρέχει μια πορεία για την εφαρμογή του, μέσω της κατάλληλης επιλογής του έργου. Εκτός αυτού, διαπιστώθηκε ότι απαιτούνται μοναδικοί δείκτες GLS και σύνολο εργαλείων για την εκτίμηση διαφόρων μέτρων βιωσιμότητας και την εκτέλεση επιλεγμένων έργων GLS. Η παρούσα μελέτη θα μπορεί να διευκολύνει τους οργανισμούς να έχουν ετοιμότητα για την εφαρμογή μιας βιώσιμης προσέγγισης μέσω της λεπτομερούς κατανόησης της ολοκλήρωσης και του πλαισίου GLS.

Η αυξημένη ευαισθητοποίηση σχετικά με τη βιωσιμότητα και οι απαιτήσεις για φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα έχουν αναγκάσει τους βιομηχανικούς οργανισμούς να επανεξετάσουν τις επιχειρηματικές τους δραστηριότητες [150], καθώς εφαρμόζουν παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής και χρήση ορυκτών καυσίμων στο μεγαλύτερο μέρος του κόσμου. Για του λόγου το αληθές, το διοξείδιο του άνθρακα που απελευθερώνουν -αποκλειστικά στις ανεπτυγμένες χώρες- είναι τέσσερις φορές περισσότερο, σε σύγκριση με τις αναπτυσσόμενες χώρες (Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή, 2018). Οι υφιστάμενες πολιτικές για την κλιματική αλλαγή αποκαλύπτουν ότι η μέση επιφανειακή θερμοκρασία της γης θα αυξηθεί στους 3 °C μέχρι το τέλος του αιώνα (IPCC, 2018). Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας απέχει πολύ από τον φιλόδοξο στόχο της συμφωνίας του Παρισιού που αποσκοπεί στον περιορισμό της στους 2 °C [151]. Οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν αναφορικά με την κλιματική αλλαγή θα αυξηθούν στο μέλλον λόγω της αυξανόμενης συχνότητας με την οποία παρουσιάζονται και του πιο ευάλωτου πληθυσμού. Ως εκ τούτου, για την ευημερία της κοινωνίας και την οικολογική προστασία, οι βιομηχανίες πρέπει να συμπεριλάβουν πιο «πράσινες» τεχνολογίες στις δραστηριότητές τους, καθώς η επιβίωση τους εξαρτάται από την ικανότητα αλλαγής και προσαρμογής, σύμφωνα με το εξωτερικό περιβάλλον.

Είναι θεμιτό και επιθυμητό, πρώτα από τις ίδιες τις βιομηχανίες, να παραμείνουν βιώσιμες στην αγορά, με την ανάπτυξη τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ως αποτέλεσμα, δαπανούν τεράστια κεφάλαια για να επινοήσουν πιο φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους παραγωγής και κατανάλωσης. Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν αναπτυχθεί πολλές ιδέες και προσεγγίσεις, όπως η Λιτή (Lean), η Πράσινη (Green), η Έξι Σίγμα, κ.λπ. για την παραγωγή προϊόντων κορυφαίας ποιότητας.

Όμως, μια μεμονωμένη προσέγγιση δεν είναι σε θέση να αντιμετωπίσει όλα τα ζητήματα που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα, ολοκληρωμένα [152]. Έτσι, απαιτείται μια προσέγγιση που μειώνει τα απόβλητα, τις διακυμάνσεις και μετριάξει τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η GLS είναι μια προσέγγιση χωρίς αποκλεισμούς που μειώνει τις

περιβαλλοντικές εκπομπές μέσω των 3R (reduce, reuse, recycle) [153]. Στο Σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται ένα μοντέλο GLS.



**Σχήμα 8.1:** GLS model

Το GLS αποτελείται από τρεις μοναδικές προσεγγίσεις, δηλαδή, το Green, το Lean και το Six Sigma, που αυξάνουν τη δυναμική κερδοφορίας μέσω της μείωσης των εκπομπών, των αποβλήτων και της επανεπεξεργασίας [154]. Το Lean υποστηρίζει τη συστηματική απομάκρυνση των αποβλήτων μέσω της τελειοποίησης σε όλα τα επίπεδα του οργανισμού. Η πράσινη τεχνολογία μειώνει τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του προϊόντος, καθιστώντας το πιο φιλικό προς το περιβάλλον [155]. Τέλος, το Six Sigma μειώνει τις διακυμάνσεις στη διαδικασία οδηγώντας σε μειωμένη απόρριψη προϊόντων. Συνδυαστικά, το Green Lean Six Sigma είναι ικανό να παράγει ένα προϊόν που δεν είναι μόνο υψηλής ποιότητας και χαμηλού κόστους, αλλά και φιλικό προς το περιβάλλον.

Το GLS συνδυάζει τις σπατάλες του Lean και του Green στη φάση ορισμού (define) της μεθοδολογίας DMAIC του Six Sigma. Στη φάση μέτρησης (measurement) του GLS, μετρώνται διάφορες σπατάλες και η τρέχουσα κατάσταση του συστήματος, ενώ στη συνέχεια, ανακαλύπτονται και διερευνώνται οι λόγοι για τα σχετικά απόβλητα και τις εκπομπές ρύπων. Μόλις εντοπιστούν οι πιθανές λύσεις για τη βελτίωση των διαφόρων διαστάσεων της οργανωσιακής βιωσιμότητας, κατόπιν εφαρμόζεται η καλύτερη λύση και καταγράφονται οι επιδόσεις για περαιτέρω ανάπτυξη. Στη βιβλιογραφία, υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις για την ενσωμάτωση και το πλαίσιο των πράσινων πρακτικών, της λιτότητας και του Six Sigma. Λίγες μελέτες, που αφορούν στο πλαίσιο GLS, όπου οι ενδιαφερόμενοι οργανισμοί προέβησαν σε καταγραφή των προκλήσεων που αντιμετώπισαν για την εκτέλεση του GLS, λόγω της γενικής φύσης του πλαισίου.

## **8.2 Επιχειρησιακή Αριστεία και περιβαλλοντική βιωσιμότητα**

Η ιστορία του GLS ανάγεται πίσω στην ανάπτυξη της φιλοσοφίας Lean. Η λιτή προσέγγιση μειώνει μεν τις σπατάλες, αλλά δεν αφορά σε μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων [156]. Η εφαρμογή πράσινων τεχνολογιών μπορεί να άρει αυτόν τον περιορισμό, συμπληρωματικά, αφαιρώντας τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και άλλες συναφείς σπατάλες. Πρόκειται για μια πιο βιώσιμη μεθοδολογία που εφαρμόζεται με μέριμνα για την υπερθέρμανση του πλανήτη, την οξίνιση (acidification) και αυτό με επεκτάσεις σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Ενόσω επιφέρει όμως μείωση των περιβαλλοντικών εκπομπών, δεν συμβαίνει το ίδιο για τα απόβλητα της κατασκευαστικής λιτότητας, οπότε εμφανίζεται η ανάγκη για μια πιο συνδυαστική προσέγγιση (Green Lean – GL), που όχι μόνο ελαχιστοποιεί κάθε είδους σπατάλη, αλλά μειώνει και το αποτύπωμα άνθρακα.



Υπάρχουν επίσης ορισμένοι περιορισμοί της συνδυασμένης προσέγγισης GL που αναφέρονται στη βιβλιογραφία [157]. Η GL δεν χρησιμοποιεί στατιστικά εργαλεία για τη μείωση των διακυμάνσεων στη διαδικασία, αν και μειώνει τις σπατάλες και τις εκπομπές ρύπων, ούτε είναι ικανή για παραγωγή προϊόντων υψηλών προδιαγραφών, αν και οδηγεί σε μείωση σπατάλης και εκπομπής ρύπων [158]. Για τους παραπάνω λόγους, είναι έκδηλη η ανάγκη για επινόηση μιας προσέγγισης που να αποτελείται από εργαλεία και τεχνικές ώστε να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί [159]. Το Six Sigma είναι μια προσέγγιση βασισμένη σε στατιστικά δεδομένα, η οποία λειτουργεί ανά έργο και ενσωματώνει εξειδικευμένα εργαλεία που μπορούν να συμπληρώσουν τη μεθοδολογία GL [153]. Η βασική ιδέα από πίσω, είναι ότι αν οι ατέλειες μπορούν να μετρηθούν, τότε μπορεί να σχεδιαστεί η λύση για την εξάλειψή τους.

Κάθε μία από τις Green, Lean και Six Sigma συμπληρώνει την άλλη και αυτό οδηγεί στην εξέλιξη της συνδυαστικής Green Lean Six Sigma. Το GLS είναι μια προσέγγιση βιώσιμης ανάπτυξης που παρέχει υψηλής ποιότητας προϊόντα, φιλικά προς το περιβάλλον μέσω της μείωσης των αποβλήτων, των εκπομπών και των ελαττωμάτων [151]. Παρά την εξέλιξη της, πολύ λίγες επιδιώξεις έχουν γίνει για την υλοποίηση αυτής της βιώσιμης προσέγγισης σε βιομηχανικούς οργανισμούς. Οι κύριοι λόγοι για το ίδιο μπορούν να αποδοθούν στην έλλειψη πλαισίων ενσωμάτωσης και εφαρμογής των Green, Lean και Six Sigma. Άλλωστε, στη βιβλιογραφία δεν αναφέρεται κανένα πλαίσιο εφαρμογής, ανεξάρτητα από το μέγεθος, τον τύπο ή την κουλτούρα του εκάστοτε οργανισμού.

### **8.2.1 Ερευνητικά κενά**

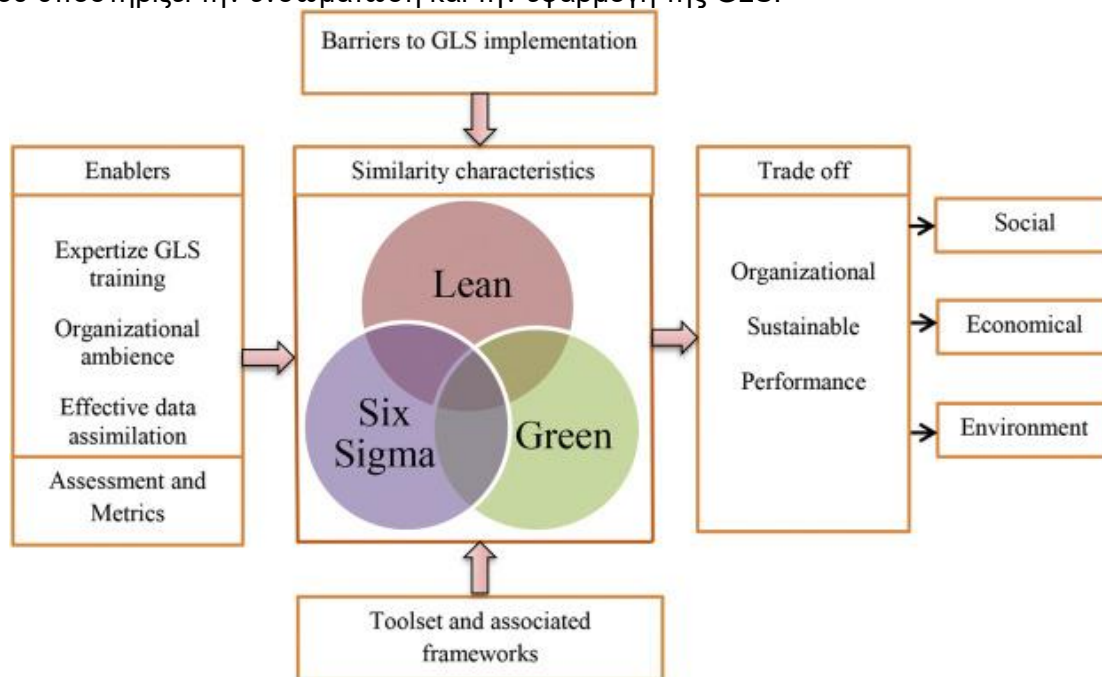
Οι μελέτες γύρω από το πλαίσιο του GLS είναι λιγοστές, διότι ακριβώς λόγω της ιδιότυπης φυσιολογίας του πλαισίου της προσέγγισης και των μεθόδων που την συνιστούν, οι οργανισμοί που προσπάθησαν να το ενσωματώσουν, αντιμετώπισαν πολυάριθμες προκλήσεις [160]. Με μια ανασκόπηση παρατηρεί κανείς, πως δεν υπάρχουν διαφορετικές εκδοχές εφαρμογής για κάποιον οργανισμό με διαφορετικές διαδικασίες, οργανωτικές κουλτούρες ή τομείς. Ως εκ τούτου, η ροπή προς βιώσιμες πρακτικές, σε συνδυασμό με την έλλειψη γνωστικής βάσης για τις πράσινες τεχνολογίες, παρέχει ώθηση και κατεύθυνση για την παρούσα ερευνητική εργασία.

## **8.3 Ενσωμάτωση του Green Lean Six Sigma**

Το GLS έχει λάβει τη δέουσα προσοχή τα τελευταία χρόνια λόγω της ικανότητάς του να ενισχύει την παραγωγικότητα, την κερδοφορία και να μετριάξει τις περιβαλλοντικές ανησυχίες. Οι τρεις επιμέρους είναι μεν διαφορετικές προσεγγίσεις, αλλά παρουσιάζουν συνέργεια, καθώς εστιάζουν από κοινού στη μείωση της σπατάλης και την αποτελεσματική αξιοποίηση των πόρων [161]. Κατά συνέπεια, οι καθολικές αρχές και τα σύνολα εργαλείων αυτών των προσεγγίσεων μπορούν να ενσωματωθούν κάτω από την ομπρέλα μιας ενιαίας προσέγγισης Green Lean Six Sigma, που αποσκοπεί στην επίτευξη βελτιώσεων στη διαδικασία, τα οικονομικά, τις λειτουργίες και τις εκπομπές ρύπων [152], ενώ η ενσωμάτωση των Green, Lean και Six Sigma μπορεί να θεωρηθεί ως μια νέα προοπτική για τους βιομηχανικούς οργανισμούς στο δρόμο για βελτίωση της βιωσιμότητας. Οι Banawi [141] διαπίστωσαν ότι οι οργανισμοί που εφάρμοσαν το GLS πέτυχαν καλύτερες επιδόσεις από εκείνους που εφάρμοσαν μεμονωμένες τις προσεγγίσεις. Αυτό που θα αναφερθεί παρακάτω είναι η πρόταση των συγγραφέων για ένα θεωρητικό μοντέλο ολοκλήρωσης του GLS που βασίζεται στο συνδυασμό θεωρητικών στοιχείων, ενώ στο σχήμα απεικονίζεται ένα ολοκληρωμένο μοντέλο GLS.

Ο κύριος στόχος είναι η περιγραφή των βασικών στοιχείων που απαιτούνται για τη βελτίωση της βιώσιμης απόδοσης των βιομηχανικών οργανισμών και ως εκ τούτου, το προτεινόμενο μοντέλο αντιπροσωπεύει τις εννοιολογικές ομοιότητες μεταξύ των τριών προσεγγίσεων. Οι "συντελεστές" λειτουργούν ως οι βασικές εισροές που διεγείρουν την ενσωμάτωση της GLS, ενώ οι επιδόσεις σε αντιστάθμιση χρησιμεύουν ως έξοδος. Οι προκλήσεις για την ενσωμάτωση της GLS είναι οι περιορισμοί στις οργανωτικές επιδιώξεις για τη βελτίωση της δυναμικής της βιωσιμότητας.

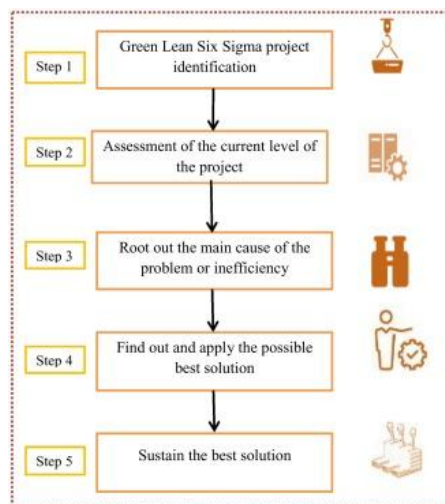
Τα εργαλεία και τα σχετικά πλαίσια GLS θεωρούνται ως ο υποστηρικτικός μηχανισμός που υποστηρίζει την ενσωμάτωση και την εφαρμογή της GLS.



**Σχήμα 8.2:** Ενσωμάτωση Six Sigma, λιτότητας και βιώσιμων πρακτικών (green)

#### 8.4 Το πλαίσιο του Green Lean Six Sigma

Η απαίτηση για την ενσωμάτωση της πράσινης τεχνολογίας στο Lean Six Sigma οδηγεί στην ανάπτυξη μιας νέας προσέγγισης: Green Lean Six Sigma. Αλλά για να εκτελεστεί το GLS χωρίς αποκλεισμούς, υπάρχει ανάγκη για ένα ειδικό πλαίσιο που παρέχει σταδιακές κατευθυντήριες γραμμές για την επίτευξη της βιωσιμότητας. Η μελέτη των Kaswan και Rathī [151], απεικονίζει ένα πλαίσιο GLS με βάση το DMAIC (define, measure, analyze, improve, and control) (βλέπε στο Σχήμα που ακολουθεί) που μπορεί να υιοθετηθεί από όλους τους επιχειρηματικούς οργανισμούς.



**Σχήμα 8.3:** Το πλαίσιο του Green Lean Six Sigma

**Το προτεινόμενο πλαίσιο GLS εκτελείται μέσω των ακόλουθων πέντε βημάτων:**

- **Βήμα 1: Προσδιορισμός του έργου Green Lean Six Sigma**

Το πρώτο βήμα του πλαισίου GLS είναι η επιλογή ενός κατάλληλου έργου με βάση το επίπεδο των αποβλήτων, των ελαττωμάτων, των εκπομπών που σχετίζονται με το περιβάλλον και τη φωνή των πελατών, τις ανάγκες τους. Το GLS είναι μια προσέγγιση με προσανατολισμό στα έργα και εκτελείται έργο προς έργο με σταδιακό τρόπο καλύπτοντας κάθε τμήμα ή τομέα ξεχωριστά. Το ενίοτε έργο ταξινομείται ως ένας συγκεκριμένος τομέας ή τμήμα που επιλέγεται για την έναρξη της GLS. Η βιβλιογραφία αποκαλύπτει επίσης ότι το 40% των έργων Six Sigma έχουν αποτύχει λόγω ακατάλληλης επιλογής έργου [162]. Η εκτέλεση του GLS απαιτεί σημαντικές επενδύσεις και διαρθρωτικές αλλαγές στον οργανισμό. Επομένως, είναι επιτακτική ανάγκη να επιλεγεί το κατάλληλο έργο GLS που παρουσιάζει το μεγαλύτερο περιθώριο βελτίωσης στη βιωσιμότητα. Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιείται μια ολοκληρωμένη μελέτη των διαφόρων τμημάτων του κλάδου, η οποία αναδεικνύει τα απόβλητα, τα ελαττώματα και τα σχετικά επίπεδα περιβαλλοντικών εκπομπών που αφορούν στα διάφορα τμήματα του κλάδου. Διαμορφώνονται πίνακες για το επίπεδο των αποβλήτων, τα ελαττώματα και τις εκπομπές που αντιστοιχούν στα διάφορα τμήματα, όπου η ιεράρχηση αυτών (των πινάκων), πραγματοποιείται στο επόμενο υπο-βήμα για την επιλογή ενός έργου που παρουσιάζει τις υψηλότερες δυνατότητες βελτίωσης της βιωσιμότητας. Τα εργαλεία Eco QFD (Quality Function Deployment) και CTQ (Critical to Quality) μεταφράζουν τις απαιτήσεις των πελατών με προσανατολισμό τη βιωσιμότητα σε τεχνικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που χρησιμεύουν ως ζωτικό εργαλείο για την επιλογή του έργου. Έτσι, με βάση τις τρέχουσες ανάγκες των πελατών, σε συνδυασμό με τις επιχειρηματικές και περιβαλλοντικές ανησυχίες, επιλέγεται το πλέον κατάλληλο έργο. Μετά τον προσδιορισμό, καταρτίζεται ένας χάρτης με βάση το πεδίο εφαρμογής, το χρονοδιάγραμμα και τα μέλη της ομάδας του προσδιοριζόμενου έργου.

- **Βήμα 2: Αξιολόγηση του τρέχοντος επιπέδου του έργου**

Το δεύτερο βήμα του πλαισίου GLS ασχολείται με την εκτίμηση του τρέχοντος επιπέδου του εξεταζόμενου συστήματος ή έργου. Εδώ μετράται η απόδοση του επιλεγμένου έργου GLS σε σχέση με τους διάφορους δείκτες του Green, Lean και Six Sigma. Με βάση τα συλλεχθέντα δεδομένα και στοιχεία, η τυπική απόκλιση, το επίπεδο σίγμα και το  $c_{pk}$  του έργου εκτιμώνται με τη χρήση των στατιστικών εργαλείων. Εκτός αυτού, η εκτίμηση της κατανάλωσης  $CO_2$ , του συντελεστή πράσινης ενέργειας, της κατανάλωσης υλικών, κ.λπ. γίνεται με τη χρήση εργαλείων πράσινης τεχνολογίας, όπως η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA). Για την εκτίμηση του τρέχοντος επιπέδου των διαφόρων σχετικών

αποβλήτων, η χαρτογράφηση ροής αξίας (VSM) χρησιμεύει ως εργαλείο λιτότητας, παρέχοντας μια εκτίμηση του χρόνου κύκλου ζωής και της κατανάλωσης υλικών στα διάφορα στάδια, μαζί με έναν έλεγχο για την κανονική κατανάλωση χρόνου και χρήματος. Επιπλέον, η αξιολόγηση του κύκλου ζωής χρησιμοποιείται στη διαδικασία μέτρησης για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κάθε υποδιαδικασίας σε διάφορες κατηγορίες. Ο συνδυασμός VSM και LCA οδηγεί στην ποσοτικοποίηση διαφόρων λιτών και πράσινων αποβλήτων που παρέχουν την πηγή για περαιτέρω βελτίωση.

- **Βήμα 3: Εξάρθρωση των ριζικών αιτιών του προβλήματος ή της αναποτελεσματικότητας**

Το επόμενο στάδιο του πλαισίου GLS αφορά στην εξεύρεση των κύριων αιτιών που σχετίζονται με σπατάλες υψηλού επιπέδου, τις εκπομπές και τα ελαττώματα στο επιλεγμένο έργο. Σε αυτό το βήμα, αρχικά, εντοπίζονται οι δραστηριότητες προστιθέμενης και μη προστιθέμενης αξίας, τόσο από την πλευρά των πελατών όσο και από την πλευρά της επιχείρησης. Στη συνέχεια, προσδιορίζεται η αποδοτικότητα του κύκλου της διαδικασίας για να συγκριθεί με παγκόσμιας κλάσης σημεία αναφοράς για τη διαπίστωση της απαιτούμενης βελτίωσης. Εν τω μεταξύ, γίνεται πλήρης ανάλυση του έργου για τον εντοπισμό σημείων συμφόρησης και περιορισμών στο επιλεγμένο έργο. Μετά την ολοκληρωμένη, λεπτομερή ανάλυση του εξεταζόμενου έργου, εμφανίζονται οι πιθανοί λόγοι για τα απόβλητα, τις εκπομπές, τις διακυμάνσεις και τα ελαττώματα. Σε αυτό το σημείο χρησιμοποιούνται εργαλεία όπως το brainstorming, η ανάλυση αιτιών και αποτελεσμάτων (cause and effect), η ανάλυση επιπτώσεων τρόπου αστοχίας (failure mode effect analysis), η ανάλυση πέντε αιτιών, η εκτίμηση επιπτώσεων του κύκλου ζωής, κ.α., για να βρεθούν οι πιθανές αιτίες των παρατηρούμενων ελαττωμάτων. Αφού διερευνηθούν οι πιθανές αιτίες, η αναζήτηση περιορίζεται τώρα στην εξεύρεση των λίγων εξεχουσών αιτιών για τις ανεπάρκειες του έργου. Τα εργαλεία όπως το διάγραμμα Pareto, ο έλεγχος υποθέσεων, η ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA), η ανάλυση παλινδρόμησης και ο καταγισμός ιδεών (brainstorming) χρησιμοποιούνται σε αυτό το σημείο για την εύρεση των κρίσιμων βαθύτερων αιτιών. Έτσι, αυτό το βήμα οδηγεί στη διερεύνηση των κύριων αιτιών της αναποτελεσματικότητας που πρέπει να αναληφθούν για τη βελτίωση του τρέχοντος έργου ή του εξεταζόμενου συστήματος.

- **Βήμα 4: Εύρεση και εφαρμογή της καλύτερης δυνατής λύσης**

Αφού εντοπιστούν οι κύριες αιτίες για τις σπατάλες και την αναποτελεσματικότητα, προτείνονται πιθανές λύσεις, δοκιμάζονται και εφαρμόζεται η καλύτερη δυνατή λύση για να εξαλειφθούν οι μείζονες λόγοι. Οι επιβεβαιωμένες σχέσεις αιτίου και αποτελέσματος (από τη φάση της ανάλυσης) βρίσκουν εφαρμογή σε αυτό το στάδιο για να βρεθεί ένα ευρύ φάσμα πιθανών λύσεων. Οι λύσεις που παρέχονται σε αυτό το στάδιο μπορεί να είναι η ανακύκλωση, η αναερόβια χώνευση (anaerobic digestion), τα καύσιμα που προέρχονται από απορρίμματα (refuses derived fuels), η ανακύκλωση ή η ανακύκλωση του νερού, κ.λπ. Σε αυτό το στάδιο, είναι θεμιτή και επιθυμητή η υψηλή δημιουργικότητα από το οργανωτικό προσωπικό. Οι πιθανές λύσεις (εναλλακτικές λύσεις) εξειδικεύονται, αναπτύσσονται κριτήρια και οι λύσεις αξιολογούνται για την αναζήτηση της καλύτερης λύσης. Για τον καθορισμό των κριτηρίων αξιολόγησης χρησιμοποιούνται όλες οι πηγές πληροφοριών, όπως ένας ενδιαφερόμενος, οι πελάτες, οι χορηγοί του έργου και το προσωπικό. Τα κριτήρια όπως τα CTQs, τα επιχειρηματικά, τα ρυθμιστικά και άλλα λαμβάνονται υπόψη σε αυτό το σημείο. Για την αξιολόγηση των λύσεων σε σχέση με τα κριτήρια, χρησιμοποιούνται εργαλεία όπως ο πίνακας λύσεων, ο πίνακας rugb, και ο σχεδιασμός πειραμάτων, η AKZ, κ.λπ. Ο πίνακας rugb προσδιορίζει τα δυνατά και αδύνατα σημεία των πιθανών λύσεων, ώστε να διατηρηθούν τα δυνατά σημεία και να αντιμετωπιστούν οι ελλείψεις. Εδώ, οι οργανισμοί θα πρέπει να είναι ανοιχτοί στο να αλλάξουν ή να συνδυάσουν λύσεις για την επιλογή της καλύτερης. Το DOE (design of experiments) χρησιμοποιείται εδώ για να βρεθούν οι βέλτιστες ρυθμίσεις για τους

συνδυασμούς των παραγόντων. Μετά την επιλογή της καλύτερης δυνατής λύσης, το υφιστάμενο VSM αναθεωρείται ώστε να κατοπτρίζει το πώς θα μοιάζει η διαδικασία μετά τις αλλαγές. Η εκτίμηση της εξοικονόμησης χρόνου, της βελτιωμένης ποιότητας και άλλων συναφών μέτρων ποιότητας γίνεται επίσης με το βελτιωμένο VSM. Η καλύτερη λύση δρομολογείται τώρα ως πιλοτική λύση. Οι εργασίες που πρέπει να εκτελεστούν τεκμηριώνονται και οι συμμετέχοντες στην πιλοτική εφαρμογή εκπαιδεύονται σε διάφορες πτυχές της καλύτερης λύσης. Τώρα, η πιλοτική λύση εφαρμόζεται στο επιλεγμένο τμήμα της σχετικής βιομηχανίας.

- **Βήμα 5: Διατήρηση της βέλτιστης λύσης**

Το βήμα αυτό ασχολείται με τη διατήρηση ή τον έλεγχο της καλύτερης λύσης, εάν η ουσιαστική βελτίωση καταγράφεται από το υφιστάμενο σύστημα ή την υπό εξέταση διαδικασία. Ολόκληρη η διαδικασία επαναξιολογείται με τη χρήση VSM και αξιολόγηση κύκλου ζωής για να διαπιστωθεί το επίπεδο μείωσης των αποβλήτων και των εκπομπών. Σε αυτό το βήμα χρησιμοποιούνται διάφορες παρατηρήσεις, συλλογή δεδομένων και διαγράμματα ελέγχου για την επαναξιολόγηση του επιπέδου σίγμα, του  $C_{pk}$ , του νερού, της ηλεκτρικής ενέργειας, της κατανάλωσης υλικών, κ.λπ. Εάν οι επανεκτιμώμενες παράμετροι απόδοσης είναι καλύτερες από ό,τι στο βήμα μέτρησης, τότε η επιλεγμένη λύση διατηρείται. Διαφορετικά, ξεκινά το σχέδιο δράσης εκτός ελέγχου (Out-of-Control Action Plan) για την επιλογή κατάλληλης λύσης. Μόλις μια πιθανή λύση για το πιλοτικό σχέδιο διατηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, το ίδιο ξεκινά και σε άλλα τμήματα της βιομηχανίας. Η ολοκληρωμένη εφαρμογή του GLS στη βιομηχανία οδηγεί σε βελτιωμένη βιωσιμότητα και αυξημένη φήμη σε παγκόσμια κλίμακα μέσω της παράδοσης φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων.

## **8.5 Αποτελέσματα και συζήτηση**

Η προσέγγιση Green Lean χρησιμοποιείται ευρέως από βιομηχανικούς οργανισμούς-συγκριτικά, πολύ λίγες επιδιώξεις έχουν γίνει για την υλοποίηση της προσέγγισης GLS [154]. Η GLS βρίσκεται στη φάση της εξέλιξής της και οι οργανισμοί είναι απρόθυμοι να υιοθετήσουν αυτή την προσέγγιση λόγω της κουλτούρας και του φόβου των ρεαλιστικών αλλαγών στις μεθόδους εργασίας τους. Η ολοκληρωμένη συζήτηση σχετικά με τους παράγοντες που ευνοούν, τα εμπόδια και την εργαλειοθήκη διευκολύνει την ενσωμάτωση του Green, της Λιτότητας και του Six Sigma. Επιπλέον, το παρουσιαζόμενο πλαίσιο θα βοηθήσει τους οργανισμούς στην εφαρμογή βιώσιμης GLS για βελτιωμένη παραγωγικότητα και κερδοφορία. Μόλις η ενσωμάτωσή του εδραιωθεί συνεκτικά, μπορεί κανείς εύκολα να συσχετίσει τη διαφορετική λειτουργικότητα όλων αυτών των σύγχρονων μεθοδολογιών. Οι ενεργοποιητές είναι μέτρα ετοιμότητας ενός οργανισμού για την εφαρμογή μιας νέας προσέγγισης [108]. Οι διευκολυντές έχουν θεωρηθεί μέθοδοι αλλαγής που οδηγούν στην επιτυχή εφαρμογή μιας νέας στρατηγικής [163]. Έχει διαπιστωθεί ότι η υποστήριξη της ανώτατης διοίκησης, η ομαδική εργασία και η ετοιμότητα του οργανισμού είναι οι πιο κρίσιμοι παράγοντες για την επιτυχή εφαρμογή της GLS. Η δέσμευση της διοίκησης, η διεξοδική κατανόηση των εργαλείων GLS και η αφομοίωση χρήσιμων δεδομένων οδηγούν σε βελτιωμένη βιωσιμότητα μέσω της αποτελεσματικής εφαρμογής του προγράμματος.

Τα εμπόδια είναι κρίσιμοι παράγοντες αποτυχίας (Critical Failure Factors) που εμποδίζουν την πρόοδο ή δυσχεραίνουν την επίτευξη των στόχων που έχει θέσει ένας οργανισμός. Πρόκειται για συγκεκριμένες διαχειριστικές και τεχνικές προκλήσεις που εμποδίζουν τους οργανισμούς να επιτύχουν τους επιθυμητούς στόχους [164]. Ο οργανισμός πρέπει να εντοπίσει θεμελιώδη προβλήματα ή εμπόδια στο δρόμο της επιτυχίας του, εντός συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου για να αποκτήσει ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα έναντι των ανταγωνιστών του.

Πιο επισταμένα, μεταξύ των εμποδίων του GLS αποκαλύπτεται ότι η πιο κοινή πρόκληση για την εφαρμογή του GLS είναι η έλλειψη τυποποίησης και δεικτών απόδοσης και διαδικασιών αξιολόγησης. Εκτός αυτού, η έλλειψη υποστήριξης από την ανώτατη διοίκηση αναφέρεται από πολλές μελέτες ως ένα από τα σημαντικά εμπόδια για την εκτέλεση του GLS. Η συνεργατική μάθηση και η σύνδεση της GLS με τους επιχειρηματικούς στόχους έχουν βρεθεί ως ουσιαστικές πρωτοβουλίες για την επιτυχία της GLS. Το σύνολο εργαλείων συμπληρώνει την ενσωμάτωση και την εφαρμογή της μεθόδου. Τα εργαλεία GLS θεωρούνται ως αρχές ή έννοιες που έχουν τη δυνατότητα να εντοπίζουν, να απομακρύνουν τις σπατάλες και να οδηγούν στη βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων. Μετά την ανάλυση δεκατριών ερευνητικών άρθρων που αφορούν την GLS, παρατηρήθηκε ότι οι βιομηχανικοί οργανισμοί χρησιμοποιούν διαφορετικά εργαλεία ανάλογα με τις διαφορετικές ανάγκες και το μέγεθός τους. Τουναντίον, συγκεκριμένα εργαλεία εμφανίζονται περισσότερο από άλλα και, ως εκ τούτου, χρησιμοποιούνται συχνότερα από οργανισμούς που χρησιμοποιούν αυτή την ολοκληρωμένη προσέγγιση GLS. Το διάγραμμα SIPOC και η χαρτογράφηση της περιβαλλοντικής ροής αξίας (E-VSM) βρέθηκαν ως τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα με ποσοστό άνω του 90% (11/13). Εκτός αυτού, τα άλλα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα εργαλεία ήταν: η ικανότητα διαδικασίας, η αντίστροφη εφοδιαστική και το διάγραμμα αιτίου και αποτελέσματος (C&E). Από τα δεκατρία καταγεγραμμένα άρθρα του GLS, η πλειοψηφία βασίζεται στα λιτά εργαλεία για την επίτευξη τόσο των λιτών όσο και των πράσινων στόχων. Ως εκ τούτου, οι βιομηχανικοί οργανισμοί στηρίζονται κυρίως στα λιτά εργαλεία για να ανταποκριθούν στις περιβαλλοντικές ανησυχίες. Για την αντιμετώπιση της κοινωνικής διάστασης της βιωσιμότητας, έχουν βρεθεί μόνο λίγες εφαρμογές των εργαλείων δέσμευσης της κοινότητας και της τοπικής προμήθειας.

Η σημασία της GLS αυξάνεται συνεχώς λόγω των θετικών επιπτώσεων της σε καθοριστικούς παράγοντες της ποιότητας, όπως η παραγωγικότητα, η VOC και η βιωσιμότητα. Η βιβλιογραφία αποκαλύπτει ότι η ενσωμάτωση της GLS, όχι μόνο αυξάνει την παραγωγικότητα, αλλά και μειώνει τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυτή η υπεραξία ενισχύει τελικά την εικόνα του οργανισμού στην παγκόσμια πλατφόρμα. Όμως, ο συνδυασμός αυτών των φιλοσοφιών απαιτούσε σημαντικές επιδιώξεις για τον εντοπισμό τυποποιημένων εργαλείων και τη συνέργεια μεταξύ τους. Επί του παρόντος, οι περισσότεροι οργανισμοί θέλουν να ενσωματώσουν τις καθαρές τεχνολογίες στις υπάρχουσες μεθόδους βελτίωσης των διαδικασιών τους για να συμβάλουν προς ένα πιο υγιές περιβάλλον. Σημαντικές προκλήσεις για τους οργανισμούς που επιθυμούν να ενσωματώσουν την πράσινη έννοια στο πλαίσιο του Lean Six Sigma είναι η μη διαθεσιμότητα ενός κατάλληλου οδικού χάρτη. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι οι οργανισμοί αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην εφαρμογή και ενσωμάτωση της πράσινης, της λιτότητας και του Six Sigma για τη βελτίωση της απόδοσης [145]. Οι Banwai και Bilec (2014) [141] παρουσίασαν ένα πλαίσιο για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και τη μείωση των διαφόρων σχετικών αποβλήτων, ωστόσο το πλαίσιο περιορίστηκε σε μια συγκεκριμένη βιομηχανία, δεν παρείχε τον τρόπο με τον οποίο υλοποιήθηκε μέσω της προσέγγισης DMAIC. Οι Cherrafi et al. (2017) [145] πρότειναν ένα πλαίσιο GLS για τη βελτίωση της οικονομικής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, αλλά η υλοποίηση του προτεινόμενου πλαισίου ήταν δύσκολη για τις νέες βιομηχανίες που θέλουν να εφαρμόσουν το GLS. Οι Cluzel et al. (2010) [142] παρουσίασαν μια φιλική προς το περιβάλλον μεθοδολογία για την ενσωμάτωση του Green και του Lean Six Sigma, αλλά η σταδιακή υλοποίηση της μεθόδου που ακολουθήθηκε κρίθηκε δύσκολη. Η παρούσα έρευνα των Kaswan, Rathī παρέχει μια ενσωμάτωση του GLS με βάση τα θεωρητικά στοιχεία και παρέχει ένα λεπτομερές πλαίσιο με βάση το DMAIC. Το προτεινόμενο

πλαίσιο λειτουργεί ως πιλοτικό πλαίσιο για την υλοποίηση σε ένα μόνο τμήμα ή τμήμα του οργανισμού. Το ίδιο πλαίσιο μπορεί να επεκταθεί σε ολόκληρο τον οργανισμό μετά την επιτυχή εκτέλεσή του ως πιλοτικό έργο. Οι συγγραφείς παρουσίασαν μια εννοιολογική ολοκλήρωση του Green Lean Six Sigma που καθοδηγεί τους επαγγελματίες να υιοθετήσουν την κουλτούρα GLS στους οργανισμούς τους. Η υιοθετούμενη μέθοδος εφαρμογής GLS διατηρείται για μεγαλύτερη διάρκεια, εάν τα κέρδη που επιτυγχάνονται είναι σημαντικά σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση του συστήματος ή του έργου που εξετάζεται.

## **8.6 Επιπτώσεις**

Υπάρχει ανάγκη να αυξηθεί η κλίμακα της παγκόσμιας αντίδρασης στον μετριασμό των αερίων του θερμοκηπίου μέσω φιλικών προς το περιβάλλον επιχειρηματικών δραστηριοτήτων και διακυβερνητικών περιβαλλοντικών πολιτικών (COP 25). Η στρατηγική GLS μειώνει τα απόβλητα και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέσω της συμπερίληψης των 3R στους βιομηχανικούς οργανισμούς. Ο τομέας της μεταποίησης δεσμεύεται από περιβαλλοντικούς κανονισμούς για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η ενσωμάτωση του GLS παρέχει συστηματική γνώση και το πλαίσιο παρέχει την κατεύθυνση για την εφαρμογή αυτής της προσέγγισης. Οι οργανισμοί μπορούν να ενσωματώσουν τα αποτελέσματα της τρέχουσας ερευνητικής δραστηριότητας για την ανάπτυξη μιας εμπειριστατωμένης βάσης γνώσεων αυτής της προσέγγισης βιώσιμης ανάπτυξης. Το πλαίσιο θα διευκολύνει τους βιομηχανικούς οργανισμούς για την αποτελεσματική αξιοποίηση των πόρων και των υλικών που οδηγεί σε μειωμένες εκπομπές. Σε αυτήν την κατεύθυνση μπορούν να διευκολυνθούν οι βιομήχανοι και περιβαλλοντολόγοι να ξεκινήσουν βιώσιμες επιχειρηματικές πρακτικές όπως τη GLS που οδηγεί σε μικρότερη περιβαλλοντική υποβάθμιση μέσω της μείωσης, της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης (3'R). Σε παγκόσμιο επίπεδο και η κοινωνία θα ωφεληθεί από τη μείωση των εκπομπών και των αποβλήτων μέσω της λογικής εφαρμογής της GLS.

## **8.7 Συμπέρασμα**

Το GLS επισημαίνεται ως μια προσέγγιση χωρίς αποκλεισμούς που μειώνει τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και παρέχει προϊόντα υψηλών προδιαγραφών. Οι οργανισμοί πρέπει να κατανοήσουν τα κρίσιμα στοιχεία και τις μεθόδους εφαρμογής της για να ανταποκριθούν στη ζήτηση των πελατών με αειφόρο προσανατολισμό, ενώ η ενσωμάτωση της GLS παρουσιάζεται με βάση τα θεωρητικά στοιχεία: παράγοντες, εμπόδια και σύνολο εργαλείων. Τα συναφή εργαλεία και οι μέθοδοι εφαρμογής συμπληρώνουν την ενσωμάτωση της GLS. Η υποστήριξη της ανώτατης διοίκησης και η ομαδική εργασία είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που ευνοούν την ετοιμότητα του οργανισμού να εφαρμόσει την μεθοδολογία. Επιπλέον, για την εκτέλεσή της σε βιομηχανικούς οργανισμούς, στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε ένα πλαίσιο βασισμένο στην DMAIC, το οποίο παρέχει μια συστηματική πορεία για την εκτέλεση της GLS από τον προσδιορισμό του έργου έως την αξιολόγηση της βελτίωσης του εξεταζόμενου συστήματος. Βαθμιαία, αυτό το πλαίσιο συμπληρώνεται με εργαλεία GLS που διευκολύνουν τους βιομηχανικούς διευθυντές να εκτελέσουν αυτή τη βιώσιμη προσέγγιση ανεξάρτητα από το μέγεθος, τον τύπο και την κουλτούρα της βιομηχανίας. Ο κύριος περιορισμός της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι ότι το πλαίσιο GLS δεν έχει δοκιμαστεί με ρεαλιστικό τρόπο. Αυτός ο περιορισμός δίνει το έναυσμα για μελλοντική έρευνα για την εφαρμογή της GLS σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς. Η μελλοντική έρευνα μπορεί επίσης να επικεντρωθεί στο ρόλο της GLS για την ενίσχυση της βιωσιμότητας μέσω της βιομηχανίας 4.0 και στη μοντελοποίηση και διερεύνηση των εμποδίων της GLS.

## 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] J. Womack, D. Jones και D. Roos, *The Machine That Changed the World*, 1990.
- [2] K. John, «Triumph of the Lean Production System,» *MIT's Sloan Management Review*, 1988.
- [3] D. Ronald, «Fordism and Taylorism are responsible for the early success and recent decline of the U.S. motor vehicle industry,» *globADVANTAGE*, 2011.
- [4] C. Constanze, «The history of production systems in the automotive industry,» σε *Contributions to Management Science*, 2005.
- [5] S. Alfred, *My Years with General Motors*, 1990.
- [6] E. Kajsa, «Restructuring the automobile industry in Sweden: the emergence of a reflective production system,» 1995, pp. 457-469.
- [7] N. Tommy, «A History of Teams: The Case of Sweden and Volvo,» σε *Work Teams: Past, Present and Future*, 1996.
- [8] F. Leonora, «Teamwork in manufacturing: The case of the automotive industry,» *International Journal of Commerce and Management*, pp. 103-130, July 1999.
- [9] J. Liker, *The Toyota Way, 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*, New York: McGraw-Hill, 2004.
- [10] T. Ohno, *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*, New York: Productivity Press, 1988.
- [11] J. Black, «The design of manufacturing cells,» *Manufacturing International*, p. 143, 1988.
- [12] S. Shingo, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, Cambridge: Productivity Press, 1985.
- [13] S. Shingo, *A Study of the Toyota Production System*, Cambridge: Productivity Press, 1989.
- [14] R. K. Mehta, D. Mehta και N. K. Mehta, «An Exploratory study in employees' perception towards lean manufacturing systems,» *Management & Marketing*, 1 2012.
- [15] M. Rother και J. Shook, *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*, The Lean Enterprise Institute, Inc., 1999.
- [16] V. A. E. R. A. McDonald T, «Utilizing simulation to enhance value stream mapping: a manufacturing, case application,» *International Journal of Logistics*, 2002.
- [17] M. a.-A. Rahani AR, *Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study*, Procedia Engineering.
- [18] M. Y, *Toyota Production System*, Industrial Engineering and Management Press, 1983.
- [19] S. Becker.C, «A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing,» *European Journal of Operational Research*, pp. 694-715, 2006.
- [20] T. L. U. Wen-Chyuan Chiang, «The stochastic U-line balancing problem: A heuristic procedure,» *European Journal of Operational Research*, pp. 1767-1781, 2006.
- [21] Y. M. L. de Haan. J, «Production planning in Japan: Rediscovering lost experiences or new insights,» *International Journal of Production Economics*, pp. 101-109, 2011.
- [22] Z. M. Krisztina Demete, «The impact of lean practices on inventory turnover,» *International Journal of Production Economics*, pp. 154-163, 2011.
- [23] S. F. B. S. R. M. W. Sakakibara, «The impact of just-in-time manufacturing and its



infrastructure on manufacturing performance,» *Management Science*, pp. 1246-1257, 1997.

- [24] Y. R. o.-p. f. p. s. u. f. a. c. O. S.G. Li, «The reliable design,» *Computers & Operations Research*, pp. 1656-1663, 2009.
- [25] J. Miltenburg, «One-piece flow manufacturing on U-shaped production lines: a tutorial source,» *IIE Transactions*, 2001.
- [26] M. F. M. Junior, «Variations of the kanban system: Literature review and classification,» *International Journal Production Economics*, 2010.
- [27] D. B. J. R. Sipper, *Production: Planning, Control and Integration*, New York: McGraw-Hill, 1997.
- [28] F. M. T. D. J. Bohnen, «Leveling of low volume and high mix production based on a Group Technology approach,» *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, pp. 247-250, 2011.
- [29] A. T. S. A. M. L. P. J. Huttmeir, «Trading off between heijunka and just-in-sequence,» *International Journal of Production Economics*, pp. 501-507, 2009.
- [30] S. A. Becker Christian, «A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing,» *European Journal of Operational Research*, pp. 694-715, 2006.
- [31] R. B. A. S. K. R. Sundar, «A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques,» *Procedia Engineering*, 2014.
- [32] B. Anders, «Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs,» *Integrated Manufacturing Systems*, pp. 110-117, 1997.
- [33] H. Holtskog, «Continuous Improvement beyond the Lean understanding,» *Procedia Engineering*, 2013.
- [34] F. D. Bessant John, «Developing strategic continuous improvement capability,» *International Journal of Operations & Production Management*, pp. 1106-1119, 1999.
- [35] A. B. Nadia Bhuiyan, «An overview of continuous improvement: from the past to the present,» *Management Decision*, pp. 761-777, 2005.
- [36] R. A. Kaye Mike, «Continuous improvement: the ten essential criteria,» *International Journal of Quality & Reliability Management*, pp. 485-509, 1999.
- [37] J. W. Flinchbaugh, «Implementing Lean Manufacturing Through Factory Design,» *Integrated Manufacturing Systems*, pp. 110-117, 1997.
- [38] M. T. S. B. Rüttimann, «Going beyond Triviality: The Toyota Production System - Lean Manufacturing beyond Muda and Kaizen,» *Journal of Service Science and Management*, March 2016.
- [39] J. J. D. Womack, *Lean Thinking*, New York: Free Press, 2003.
- [40] B. F. U. a. S. M. Rüttimann, «Leveraging Lean in the Office: Lean Office Needs a Novel,» *Journal of Service Science and Management*, pp. 352-360, 2014.
- [41] R. Schonberger, *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity*, New York: The Free Press, 1982.
- [42] J. H. S. Black, *Lean Manufacturing Systems and Cell Design*, 2003.
- [43] N. Suh, *The Principles of Design*, New York: Oxford University Press, 1990.
- [44] N. C. D. L. P. Suh, *Manufacturing System Design*, 1990.
- [45] R. Hall, *Zero Inventories*, Illinois: Dow-Jones-Irwin: Home Wood, 1983.
- [46] Y. Monden, *Toyota Production System*, Norcross,GA: Industrial Engineering and

Management Press, 1983.

- [47] S. Shingo, Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement, 1988.
- [48] M. a. B. J. Lulu, «Effect of process unreliability on integrated manufacturing,» *Journal of Manufacturing Systems*, pp. 15-22, 1987.
- [49] J. Black, «Design rules for implementing the Toyota Production,» *Journal of Production Research*, pp. 3639-3664, 2007.
- [50] S. Hino, Inside the Mind of Toyota, New York: Productivity Press, 2006.
- [51] T. Melton, The benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to offer to the Process Industries, 2005.
- [52] J. Juran, Juran's Quality Control Handbook, New York: McGraw-Hill, 1951.
- [53] W. Deming, Quality, Prductivity and Competitive Position, Massachusetts: Center for Advanced Engineering Study, 1982.
- [54] J. K. B. B. K. D. Gidey E, The Plan-Do-Check-Act Cycle of Value Addition.), 2014.
- [55] W. P. Shah R., «Lean Manufacturing: Context, practice bundles and performance,» *Journal of Operational Management*, pp. 129-149, 2003.
- [56] A. R. K. E. B. B. Richard, «The Deming Cycle provides a framework for Managing Environmentally Responsible Process Improvements,» *Quality Engineering*, pp. 199-209, 1999.
- [57] E. Robert, «From Continuous Improvement to Continuous Innovation,» *Total Quality Management*, pp. 1051-1056, 2002.
- [58] K. V. K. U. Kim DY, Relationship between quality management practices and innovation, 2012.
- [59] D. Hutchins, «The power of Six Sigma in practice,» *Measuring Business Excellence*, 2000.
- [60] R. Hoerl, «Six Sigma and the future of the quality profession,» *IEEE Engineering Management Review*, pp. 87-94, 1998.
- [61] F. I. Breyfogle, Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- [62] I. S. C. Ehie, «Integrating Six-Sigma and theory of constraints for continuous improvement: a case study,» *Journal of Manufacturing Technology Management*, pp. 542-553, 2005.
- [63] J. B.-E. Z. De Feo, «Creating strategic change more efficiently with a new design for Six-Sigma process,» *Journal of Change Management*, pp. 60-80, 2002.
- [64] M. S. R. Harry, Six-Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations, New York: Currency/Doubleday, 2000.
- [65] D. Mader, «Design for Six-Sigma,» *Quality Progress*, pp. 82-86, 2002.
- [66] A. S. B. Johnson, «How Six-Sigma improves R&D,» *Research Technology Management*, pp. 12-15, 2003.
- [67] M. A. A. Karbasian, Six-Sigma and Quality Control Costs, Tehran: Arkan Danesh, 2006.
- [68] C. A. J. Banuelas, «Critical success factors for the successful implementation of Six-Sigma projects in organizations,» *The TQM Magazine*, pp. 92-99, 2002.
- [69] R. Edgeman, «New voices of quality: 21 for the 21st century,» *Quality Progress*, pp. 31-39, 2000.

- [70] R. H. R. Snee, *Leading Six-Sigma*, Prentice-Hall, 2003.
- [71] S. P. S. Reosekar, «Six Sigma methodology: a structured review,» *International Journal of Lean Six Sigma*, pp. 392-422, 2014.
- [72] C. I. T. W. Gowen, «Effect of technological intensity on the relationships among Six Sigma desing, electronic-business, and competitive advantage: a dynamic capabilities model study,» *The Journal of High Technology Management Research*, pp. 59-87, 2005.
- [73] J. A. F. K. M. C. B. Antony, «Six Sigma in service organisations: benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors,» *International Journal of Quality and Reliability Management*, pp. 294-311, 2007.
- [74] R. Snee, «Impact of Six Sigma on quality engineering,» *Quality Engineering*, 2000.
- [75] R. E. H. T. H. Andersson, «Similarities and differences between TQM, Six Sigma and lean,» *The TQM Magazine*, pp. 282-296, 2006.
- [76] R. A. J. B. M. Banuelas, «An application of Six Sigma to reduce waste,» *Quality and Reliability Engineering International*, pp. 553-570, 2005.
- [77] T. Bendell, «A review and comparison of Six Sigma and the lean organizations,» *The TQM Magazine*, pp. 255-262, 2006.
- [78] L. B. K. H. A. Revere, «Integrating Six Sigma and CQI for improving patient care,» *The TQM Magazine*, pp. 105-113, 2004.
- [79] Y. A. F. Kwak, «Benefits, obstacles, and future of Six Sigma approach,» *Technovation*, pp. 708-715, 2006.
- [80] R. L. K. L. C. C. A. Schroeder, «Six Sigma: definition and underlying theory,» *Journal of operations management*, pp. 536-554, 2008.
- [81] R. A. J. Banuelas, «Six Sigma or design for Six Sigma?,» *The TQM Magazine*, pp. 250-263, 2004.
- [82] F. Voehl, «Six Sigma: A Breakthrough Strategy for Results,» *The Newsletter of the Measurement Quality Division*, 2000.
- [83] V. S. M. R. R. Sreedharan, «Critical Success Factors of TQM, Six Sigma, Lean and Lean Six Sigma: a literature review and key findings,» *Benchmarking: An international journal*, pp. 3479-3504.
- [84] R. Snee, «Lean Six Sigma-getting better all the time,» *International Journal of Lean Six Sigma*, pp. 9-29, 2010.
- [85] P. N. R. C. R. Pande, *The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Companies Are Honing Their Performance*, New York: McGraw-Hill, 2000.
- [86] P. C. M. Miguel, «Benchmarking Six Sigma implementation in services companies operating in an emerging economy,» *Benchmarking: An International Journal*, pp. 62-76, 2014.
- [87] A. Chiarini, *From Total Quality Control To Lean Six Sigma: Evolution of the Most Important Management Systems for the Excellence*, New York: Springer Science & Business Media, 2012.
- [88] L. George, *Lean Six Sigma: Combining six sigma quality with lean speed*, New York: McGraw-Hill, Quality Progress.
- [89] L. Corbett, «Lean Six Sigma: the contribution to business excellence,» *International Journal of Lean Six Sigma*, pp. 118-131, 2011.
- [90] D. W. W. Montgomery, «An overview of six sigma,» *International Statistical Review*, pp. 329-346, 2008.
- [91] V. M. O. Ismyrlis, «Six Sigma's critical success facctors and toolbox,» *International*

*Journal of Lean Six Sigma*, pp. 108-117, 2013.

- [92] A. B. R. O. C. Thomas, «Applying lean six sigma in a small engineering company - a model for change,» *Journal of Manufacturing Technology Management*, pp. 113-129, 2009.
- [93] M. G. I. B. K. Assarlind, «Multi-faceted views on a Lean Six Sigma application,» *International Journal of Quality & Reliability Management*, pp. 21-30, 2012.
- [94] E. G. d. C. S. P. d. L. E. A. d. R. P. Drohomerski, «Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy,» *International Journal of Production Research*, pp. 804-824, 2013.
- [95] L. W. C. Lee, «Reducing mold changing time by implementing Lean Six Sigma,» *Quality and Reliability Engineering International*, pp. 387-395, 2009.
- [96] H. L. R. W. D. Chen, «Lean automated manufacturing: avoiding the pitfalls to embrace the opportunities,» *Assembly Automation*, pp. 117-123, 2010.
- [97] T. Bendell, *Six Sigma in the new era of quality management*, 2005.
- [98] J. Antony, «Reflective Practice: can Six Sigma be effectively implemented in SMEs?,» *International Journal of Productivity and Performance Management*, pp. 420-423, 2008.
- [99] S. S. A. Chakravorty, «Lean Six Sigma (LSS): an implementation experience,» *European Journal of Industrial Engineering*, pp. 27-31, 2012.
- [100] R. C. A. L. K. Shah, «In pursuit of implementation patterns: the context of Lean and Six Sigma,» *International Journal of Production Research*, pp. 6679-6699, 2008.
- [101] G. G. R. K. R. P. D. Manville, «Critical success factors for Lean Six Sigma programmes: a view from middle management,» *International Journal of Quality & Reliability Management*, pp. 7-20, 2012.
- [102] M. S. T. Pepper, «The evolution of Lean Six Sigma,» *International Journal of Quality & Reliability Management*, pp. 138-155, 2010.
- [103] S. R. A. C. J. Salah, «The integration of Six Sigma and Lean Management,» *International Journal of Lean Six Sigma*, pp. 249-274, 2010.
- [104] G. L. J. S. J. Pickrell, «Lean Six Sigma implementation case studies,» *International Journal of Six Sigma and competitive advantages*, pp. 369-379, 2005.
- [105] T. Bendell, «How can ISO 9000:2000 help companies achieve excellence? What the companies think,» *Measuring Business Excellence*, 2002.
- [106] M. A. L. Assarlind, «Forces affecting one lean six sigma adoption process,» *International Journal of Lean Six Sigma*, pp. 324-340, 2014.
- [107] M. R. J. Gershon, «Double LEAN six sigma - a structure for applying lean six sigma,» *The Journal of Applied Business and Economics*, pp. 26-31, 2011.
- [108] A. A. J. Laureani, «Critical success factors for the effective implementation of lean sigma: Results from an empirical study and agenda for future research,» *International Journal of Lean Six Sigma*, pp. 274-283, 2012.
- [109] J. P. A. Ferng, «An exploration of the synergies between six sigma, total quality management, lean construction and sustainable construction,» *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, pp. 167-187, 2005.
- [110] M. P. D. Sokovic, «The lean and six sigma synergy,» *International Journal for Quality research*, pp. 247-251, 2008.
- [111] S. A. J. L. S. Albliwi, «A systematic review of lean six sigma for the manufacturing industry,» *Business Process Management Journal*, pp. 665-691, 2015.
- [112] N. B. A. Bhuiyan, «An overview of continuous improvement: From the past to the

- present,» *Management Decision*, pp. 761-771, 2005.
- [113] I. Y. I. A. N. M. S. G. A. K. S. Hashem, «The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues,» *Information Systems*, pp. 98-115, 2015.
- [114] sixsigma.com/implementation/eightbasicleansixsigma.
- [115] R. S. A. Jha, Lean six sigma implementation of ERP for SMEs: Now or never., 2011.
- [116] R. S. A. Jha, «Process benchmarking through lean six sigma for ERP sustainability in SMEs,» *International Journal of Information Technology*, pp. 382-390, 2011.
- [117] N. R. G. A. R. Hill, «Customer Satisfaction: The Customer Experience through the customer's eyes,» *London: The Leadership Factor*, pp. 1-307, 2007.
- [118] J. T. A. M.-J. R. E.-K. S. Hill, «The implementation of a Lean Six Sigma framework to enhance operational performance in an MRO facility.,» *Production & Manufacturing Research*, pp. 26-48, 2018.
- [119] S. D. A. A. K. Carleysmith, «Implementing Lean Sigma in pharmaceutical research and development: A review by practitioners,» *R&D Management*, pp. 95-106, 2009.
- [120] M. A. H. F. M. M. Mustapha, «Lean six sigma implementation: Multiple case studies in a developing country,» *International Journal of Lean Six Sigma*, pp. 523-539, 2019.
- [121] C. F. M. C. B. Delgado, «The implementation of lean six sigma in financial services organizations,» *Journal of Manufacturing Technology Management*, pp. 512-523, 2010.
- [122] U. Sharma, «Implementing lean principles with the six sigma advantage: How a battery company realized significant improvements,» *Journal of Organizational Excellence*, pp. 43-52, 2003.
- [123] X. F. L. D. T. Zu, «The evolving theory of quality management: The role of six sigma».
- [124] B. Duarte, An analytical approach to lean six sigma deployment strategies: Project identification and prioritization, Arizona State University, 2011.
- [125] M. R. R. Singh, «A structured review of lean six sigma in various industrial sectors,» *International Journal of Lean Six Sigma*, pp. 622-664, 2018.
- [126] M. A. J. S. R. T. M. P. D. Kumar, «Implementing the Lean Six Sigma framework in an Indian SME: a case study,» *Production Planning & Control*, pp. 407-423, 2006.
- [127] R. S. A. Hiton, «A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma,» *International Journal of Quality & Reliability Management*, pp. 54-70, 2012.
- [128] F. I. Breyfogle, «Beyond troubleshooting,» *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, pp. 27-31, 2008.
- [129] A. R. H. B. P. R.-J. R. Thomas, «Lean Six Sigma: an integrated strategy for manufacturing sustainability,» *International Journal of Six Sigma and competitive advantage*, pp. 333-354, 2008.
- [130] J. A. A. V. V. Maleyeff, «The continuing evolution of Lean Six Sigma,» *TQM Journal*, pp. 542-555, 2012.
- [131] D. Richard, «How lean is your Six Sigma program?,» *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, pp. 42-45, 2008.
- [132] B. Smith, «Lean and Six Sigma - a one two punch,» *Quality Progress*, pp. 37-41, 2003.
- [133] L. F. L. M. M. N. E. Cattaneo, «Clarifying data analytics concepts for industrial engineering,» *IFAC-PapersOnline*, pp. 820-825, 2018.
- [134] T. S. G. Stock, «Opportunities of sustainable manufacturing in industry 5.0,»

*Procedia CIRP*, pp. 536-541, 2016.

- [135] D. Nascimento, «Exploring industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: a business model proposal,» *Journal of Manufacturing Technology & Management*, pp. 607-627, 2019.
- [136] T. H. C. T. S. Wagner, «Industry 4.0 impacts on lean production systems,» *Procedia CIRP*, pp. 125-131, 2017.
- [137] G. B. I. T. M. Köksal, «A review of data mining applications for quality improvement in manufacturing industry,» *Expert Syst. Applications.*, pp. 13448-13467, 2011.
- [138] M. R. R. Singh, «A structured review of lean six sigma in various industrial sectors,» *International Journal of Lean Six Sigma*, pp. 622-664, 2019.
- [139] R. V. S. A. P. Ben Ruben, «Implementation of lean six sigma framework with environmental considerations in an indian automotive component manufacturing firm,» *Production Planning and Control*, pp. 1193-1211, 2017.
- [140] K. S. D. Antonsz, «Possibilities of Maintenance service process analyses and improvement through six sigma, lean and industry 4.0 implementation,» *σε IFIP: International Conference on Product Lifecycle Management*, 2018.
- [141] A. B. M. Banawi, «A framework to improve construction processes: Integrating lean, green and six sigma,» *International Journal of Construction Management*, pp. 145-150, 2014.
- [142] F. Y. B. L. Y. M. D. Cluzel, «Proposition for an adapted management process to evolve from an unsupervised life cycle assessment of complex industrial systems towards an eco-designing organisation,» *Concurr.Engineering*, pp. 111-126, 2012.
- [143] H. C. W. H. R. Fargani, «An empirical analysis of the factors that support the drivers of sustainable manufacturing,» *Procedia CIRP*, pp. 491-495.
- [144] N. K. V. G.-R. J. R.-L. L. U. A. Chugani, «Investigating the green impact of lean, six sigma and lean six sigma: a systematic literature review,» *International Journal of Lean Six Sigma*, pp. 7-32.
- [145] A. E. S. G. K. G.-R. J. B. K. M. A. Cherrafi, «A framework for the integration of green and lean six sigma for superior sustainability performance,» *International Journal of Prod.Res.*, pp. 4481-4515.
- [146] A. Jayaram, «Lean six sigma approach for global supply chain management using industry 4.0 and IoT,» *International Conference on Contemporary Computing and Informatics*, pp. 89-94, 2016.
- [147] R. M. O. Eleftheriadis, «A guideline of quality steps towards zero defect manufacturing in industry,» *Proc.Int.Conf.Ind.Eng.Oper.Manag.*, pp. 332-340.
- [148] A. L. P. Basios, «Six Sigma DMAIC enhanced with capability modelling,» *IEEE 19th conference on Business Informatics*, pp. 55-62, 2017.
- [149] R. R. Mahender Singh Kaswan, «Green Lean Six Sigma for sustainable development: Integration and framework,» *Environmental Impact Assessment Review*, July 2020.
- [150] R. A. J. G.-R. J. C. A. L. B. Siegel, «Integrated green lean approach and sustainability for SMEs: From a literature review to a conceptual framework,» *Journal of Cleaner Production*, pp. 118-205, 2019.
- [151] M. R. Kaswan, «Investigating the enablers associated with implementation of Green Lean Six Sigma in manufacturing sector using Best Worst Method,» *Clean Technological Environmental Policy*, pp. 1-12, 2020.
- [152] H. G. D. L. S. Pandey, «Identification and ranking of enablers of Green Lean Six

- Sigma implementation using AHP,» *Int. J. Prod. Qual. Manag.*, pp. 187-217, 2018.
- [153] V. R. R. Sreedharan, «A systematic literature review of Lean Six Sigma in different industries,» *Int. J. Lean Six Sigma*, pp. 430-466, 2016.
- [154] S. L. S. G. K. K. N. H. A. Kumar, «Barriers in Green Lean Six Sigma product development process: An ISM approach,» *Prod. Plan. Control*, pp. 604-620, 2016.
- [155] G.-R. J.A., «Green lean and the need for Six Sigma,» *Int. J. Lean Six Sigma*, pp. 226-248, 2015.
- [156] F. R. J. Abdulmalek, «Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study,» *Int. J. Prod. Econ.*, pp. 223-236, 2007.
- [157] L. S. L. G. C. d. O. L. d. S. A. M. Farias, «Criteria and practices for lean and green performance assessment: Systematic review and conceptual framework,» *J. Clean. Prod.*, pp. 746-762, 2018.
- [158] J. Garza-Reyes, «Lean and green - a systematic review of the state of the art literature,» *J. Clean. Prod.*, pp. 18-29, 2015.
- [159] M. K. Y. Sagnak, «Integration of green lean approach with Six Sigma: An application for flue gas emissions,» *J. Clean. Prod.*, pp. 112-118, 2016.
- [160] M. N. S. Sony, «Green Lean Six Sigma implementation framework: A case for reducing graphite and dust pollution,» *Int. J. Sustain. Eng.*, pp. 1-10, 2019.
- [161] S. K. N. H. A. Kumar, «Conceptualization of sustainable Green Lean Six Sigma: An empirical analysis,» *Int. J. Bus. Excell.*, pp. 210-250, 2015.
- [162] S. G. A. A. J. G. S. B. S. R. D. Gupta, «Systematic literature review of project failures: Current trends and scope for future research,» *Comput. Ind. Eng.*, pp. 274-285, 2019.
- [163] D. Näslund, «Lean and Six Sigma - Critical success factors revisited,» *Int. J. Qual. and Serv. Scien.*, pp. 86-100, 2013.
- [164] M. Gamal Aboelmaged, «Reconstructing Six Sigma barriers in manufacturing and service organizations: The effects of organizational parameters,» *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, pp. 519-541, 2011.