

Διπλωματική Εργασία

Lean and Six Sigma in manufacturing technologies

Χανιά, 2022

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Περιεχόμενα

- Εισαγωγή στην κατασκευαστική λιτότητα (Lean)
 - Το παράδειγμα του Toyota Production System (TPS)
 - 7 Wastes
 - Stop to fix problems – JIDOKA
 - KANBAN
 - 5S
 - One Piece Flow
 - Value Stream Mapping
 - Plan Do Check Act (PDCA)
 - Six Sigma
 - DMAIC
 - Lean Six Sigma
 - Modern trends and needs around operational excellence
- Lean
- PDCA
- Six Sigma
- Lean Six Sigma

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Εισαγωγική – Ιστορική Αναδρομή



Velocipede by
Daimler



1902 Panhard et Levassor Type
A2



1925 Ford Model T Touring

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές
τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



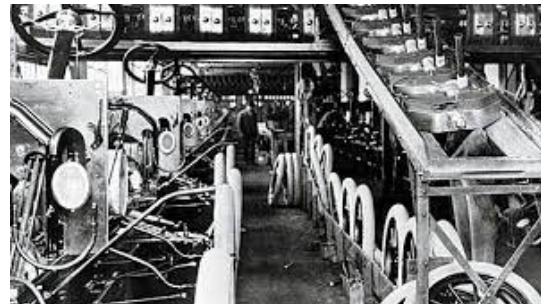
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Ιστορική Αναδρομή

Εν έτει 1908:

- Κυκλοφορεί το Model T, το πρώτο αυτοκίνητο μαζικής παραγωγής
- Παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά τα πλήρως εναλλάξιμα εξαρτήματα αυτοκινήτου, βάσει τυποποιημένου συστήματος μέτρησης
- Εισήχθη η κινούμενη γραμμή παραγωγής



Η παραγωγή οχημάτων κατέστη μια εύκολη διαδικασία για τεράστιους όγκους μεγάλης ομοιομορφίας

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές
τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



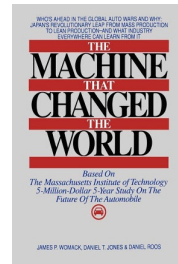
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Ορισμός της κατασκευαστικής λιτότητας (lean)

- Στρατηγική επιχειρηματικής αριστείας που προτείνει μια σειρά αλλαγών για βελτίωση των υφιστάμενων διαδικασιών.
- What is a common myth about the auto industry is that productivity and quality levels are determined by an assembly plant's location. In reality (...) corporate parentage and culture do appear to be correlated with plant performance; the level of technology does not. Plants operating with a "lean" production policy are able to manufacture a wide range of models, yet maintain high levels of quality and productivity

John Krafcik, Triumph of the Lean Production System, 1988



"How to do more with less, while doing it better"

-The Machine that Changed the World, 1990, J. Womack, D. Jones, D. Roos.



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Ορισμός της κατασκευαστικής λιτότητας (lean)

Χαρτογράφηση Ρεύματος Αξίας

- (Value – Stream – Mapping)



- Αφαίρεση των δραστηριοτήτων που δεν προσθέτουν επιπλέον αξία – (Non-Value Adding Activities)

Ελαχιστοποίηση της σπατάλης

(Waste banishment)



- Μικρότεροι αριθμοί παρτίδων, ποιοτικότερα τεμάχια, λιγότερη φύρα



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Toyota Production System

- Αναπτύχθηκε στη μεταπολεμική Ιαπωνία τη δεκαετία του 1940, ώστε να επιβιώσει η εγχώρια βιομηχανία και να ανακάμψει η οικονομία

Βασίστηκε στο πρότυπο της Ford, ωστόσο αναγκάστηκε να προσαρμοστεί στα ιαπωνικά δεδομένα, καθώς:

1. Η εγχώρια αγορά ήταν πολύ μικρότερη, με απαιτήσεις για ευρεία γκάμα οχημάτων
2. Οι Ιάπωνες εργαζόμενοι δεν δέχονταν να αντιμετωπίζονται ως μεταβλητό κόστος
3. Η οικονομία της χώρας δεν μπορούσε να στηρίξει την αγορά της πιο σύγχρονης, «δυτικής» τεχνολογίας



2022

Λιπή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Toyota Production System

Η χρήση λιγότερο ευέλικτων μηχανών οδήγησε σε παραγωγή μικρότερων παρτίδων. Παρόλα αυτά, μέσα από αυτήν την προσέγγιση διαπιστώθηκαν τα εξής:

1. Η παραγωγή μικρών παρτίδων κοστίζει λιγότερο, εφόσον εξαλείφεται η ανάγκη για διατήρηση μεγάλου όγκου αποθέματος
 2. Η άμεση συναρμολόγηση των οχημάτων επέτρεπε την άμεση εμφάνιση τυχόν σφαλμάτων! Κατά συνέπεια, υπήρχε μεγαλύτερη ανατροφοδότηση για τη διαδικασία και λιγότερα ελαττωματικά τεμάχια.
- Λιγότερα ελαττωματικά → Λιγότερες σπατάλες (muda), άρα μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόρων
 - Περισσότερος χρόνος για προσθήκη αξίας στα προϊόντα και τις διαδικασίες
 - Value – Adding Activities

2022

Λιπή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Toyota Production System

- Για την βελτιστοποίηση του συστήματος, αναγνωρίστηκαν οι σπατάλες που παρουσιάζονταν και προέκυψε η ακόλουθη κατηγοριοποίηση:

7 wastes

1. Υπέρ-παραγωγή: Κατασκευή πλεοναζόντων τεμαχίων
2. Καθυστερήσεις: Αναμονή για επεξεργασία, απόθεμα στην αποθήκη, κ.α.
3. Μεταφορές: Μετακινήσεις εμπορευμάτων
4. Υπέρ-επεξεργασία: Κατεργασία τεμαχίων παραπάνω από την απαιτούμενη
5. Απόθεμα: Σπατάλη χρημάτων και διαθέσιμου χώρου σε προϊόντα που παραμένουν απούλητα
6. Διακίνηση προϊόντων: Παραπάνω κινήσεις από όσες προβλέπουν η ολοκλήρωση και η αποστολή τους
7. Κατασκευή ελαττωματικών τεμαχίων: Εξαρτήματα που χρήζουν επανεπεξεργασίας ή που δεν μπορούν να διατεθούν ως έχουν

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



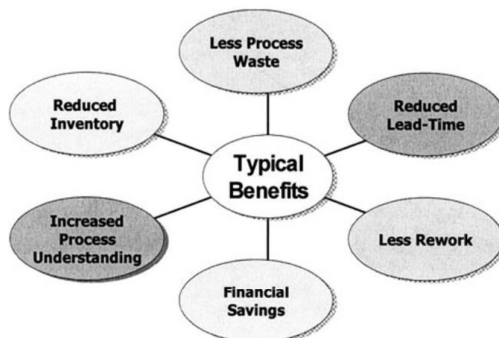
M3 School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Toyota Production System

Αποσκοπώντας στη μείωση κάθε είδους σπατάλης (waste banishment), υιοθετήθηκαν ορισμένες πρωτοβουλίες, με κυριότερες:

- **Just – In – Time Manufacturing:** Συγχρονισμός υλικών, χειριστών και εξοπλισμού να είναι διαθέσιμοι όπου χρειάζεται, όταν χρειάζεται και στην κατάλληλη κατάσταση
- **5 Why's:** Πέντε αναστοχασμούς, ώστε να βρεθεί η ριζική αιτία των προβλημάτων που παρατηρούνται
- **Kanban:** Μία μέθοδο σήμανσης για μεγαλύτερη δέσμευση και συμμετοχή των εργαζομένων.



Διαδικασίες στιβαρές και τυποποιημένες για τη διαμόρφωση **συστήματος έλξης** (Pull System)

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



M3 School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Lean Manufacturing

Προϊόντα υψηλής ποιότητας, σε σύντομο χρονικό διάστημα, κρατώντας το κόστος χαμηλά.

- Υψηλές εισπράξεις από τη μείωση του κόστους και όχι σε βάρος των καταναλωτών.

Ικανοποίηση αναγκών εσωτερικών πελατών → Ικανοποίηση από τους εξωτερικούς πελάτες

Πρωτοβουλίες 5S:

- | | |
|---------------------------|---|
| 1. Sort (Seiri) | Τακτοποίηση – Ξεδιάλεγμα |
| 2. Set in order (Seiton) | Ευταξία – Οργάνωση |
| 3. Shine (Seiso) | Καθαρός χώρος εργασίας |
| 4. Standardize (Seiketsu) | Τυποποιημένες διαδικασίες – Προγραμματισμός |
| 5. Sustain (Shitsuke) | Διατήρηση του τρόπου ζωής |

Η έννοια Continuous Improvement αφορά στην αδιάκοπη προσπάθεια για βελτίωση, στη διαρκή αμφισβήτηση και αξιολόγηση

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



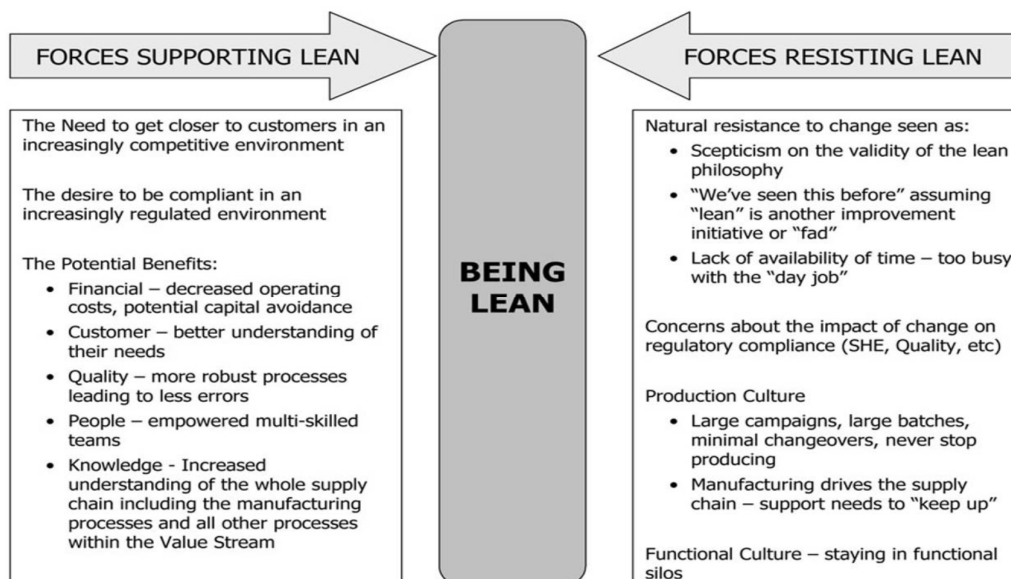
<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Οφέλη της λιτότητας



2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



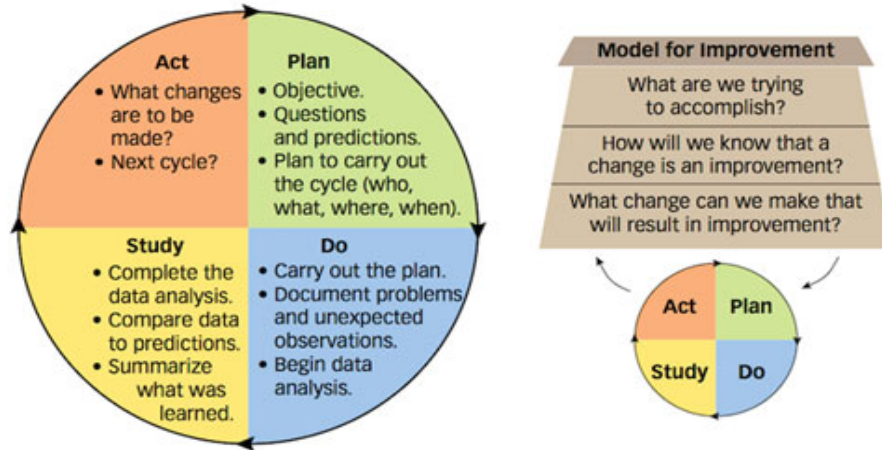
<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

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.

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Κύκλος PDCA - Βιομηχανία

1. **Plan:** Σχεδιασμός στοχεύοντας στην κατανόηση του ζητήματος , εξερεύνηση ευκαιριών βελτίωσης και κατάρτιση πλάνου δράσης.
2. **Do:** Εφαρμογή σχεδίου σε περιορισμένη κλίμακα για λήψη ανατροφοδότησης.
3. **Study:** Έλεγχος. Μελέτη. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του σχεδίου και μέτρηση της αποδοτικότητας μέσω ποσοτικών στοιχείων.
4. **Act:** Ανάληψη δράσης βάσει προηγούμενων αποτελεσμάτων και εφαρμογή σε πλήρη κλίμακα στοχεύοντας σε αδιάκοπη βελτίωση.

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Six Sigma

- Ένα σύνολο στατιστικών εργαλείων και τεχνικών που εφαρμόζονται με συστηματικό τρόπο για να φέρουν αποτελέσματα.
- Motorola (1986, Bill Smith, Mikel J. Harry)
 - Μέτρηση ελαττωματικών προϊόντων
 - Βελτίωση των βιομηχανικών πρακτικών τους.
- Πλέον η επίδοση των διαδικασιών ανακλάται σε μόλις 3,4 ελαττωματικά ανά εκατομμύριο ευκαιρίες (6σ), ενώ η Motorola έχει εξοικονομήσει πάνω από 15 δις δολάρια από την εφαρμογή.



- General Electric: \$ 2 δις (1995-1999, Jack Welch) :
 - Πτώση του κόστους
 - Αύξηση πωλήσεων



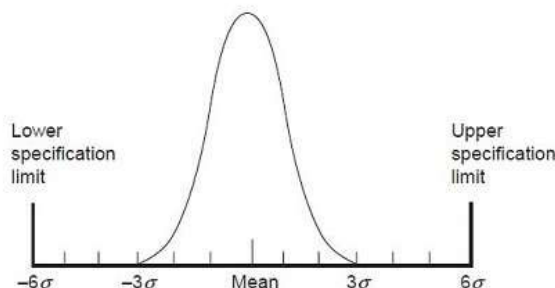
Six Sigma – Βελτίωση Ποιότητας

- Αξιολόγηση της ικανότητας της διαδικασίας:
Μια διαδικασία θεωρείται ικανή, όταν η φυσική έκταση, τα αρνητικά και θετικά 3σ (99,73% ακρίβεια) δεν υπερβαίνουν τα μηχανολογικά πρότυπα.

Οι διεργασίες δηλαδή αποδίδουν σύμφωνα με τις μηχανικές απαιτήσεις, όταν κινούνται θετικά ή αρνητικά κατά 6σ εκατέρωθεν του μέσου όρου.

To Six Sigma πέτυχε:

1. μείωση των διακυμάνσεων και
2. βελτίωση των διαδικασιών με έμφαση στα αποτελέσματα



Six Sigma Μεθοδολογίες - Εργαλεία

DMAIC

(Define, Measure, Analyse, Improve, Control)

Ένα σύστημα βελτιώσεων για υπάρχουσες διαδικασίες που δεν αγγίζουν τα πρότυπα ποιότητας και χρήζουν αναβάθμισης

DMADV

(Define, Measure, Analyse, Design, Verify)

Σύστημα βελτιώσεων για καινοτόμες διαδικασίες ή προϊόντα που στοχεύουν σε επίπεδα ποιότητας Six Sigma.

• Αμφότερα τα εργαλεία υπακούν στον κύκλο PDCA και εφαρμόζονται για τη μείωση των ελαττωμάτων σε μόλις 3,4 ανά εκατ.

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

- **Επίπεδο 3σ** = 66.000 ελαττώματα / εκατ. **4σ** = 6000 ελαττώματα / εκατ.

Στα μέτρα μιας αεροπορικής εταιρείας, επίπεδο Six Sigma → 3,4 μη ασφαλή ταξίδια ανά εκατομμύριο.

- «70-80% όλων των προβλημάτων ποιότητας σχετίζονται με το σχεδιασμό και δεν οφείλονται στην κατασκευή», **Lean Sigma Technologies**

Σχεδιαστικές Παράμετροι για την επιτυχή εφαρμογή του Six Sigma

- Ορθή κατανόηση των απαιτήσεων των πελατών.
- Επανεξέταση της ανατροφοδότησης.
- Εξέταση και προτεραιοποίηση των θεμάτων, ανάλογα με τον αντίκτυπο και το ποσοστό εμφάνισής τους κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.
- Προσδιορισμός του σταδίου συχνότερης εμφάνισης ελαττωμάτων.
- Ανάπτυξη μεθόδων για την αποτελεσματική αντιμετώπιση.

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Οφέλη από την ενσωμάτωση

Το Six Sigma μπορεί να βρει τέλεια εφαρμογή τόσο στην παραγωγή, όσο και στις επιχειρήσεις για:

1. Βελτίωση της εξυπηρέτησης πελατών
2. Βελτίωση έγκαιρης παράδοσης
3. Μείωση χρόνου κύκλου για πρόσληψη και εκπαίδευση εργαζομένων
4. Βελτίωση ικανότητας πρόβλεψης πωλήσεων
5. Βελτίωση εφοδιαστικής αλυσίδας

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

- Βασικό θεμέλιο για την επιτυχία των μεθόδων 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.

Lean Six Sigma

Οι δύο παρουσιάζουν μεν μια συνάφεια, αλλά είναι διαφορετικές στον πυρήνα τους:

1. Η Six Sigma επικεντρώνεται στη μείωση ελαττωμάτων και την εξάλειψη της διακύμανσης με την εφαρμογή ενός εκτεταμένου συνόλου στατιστικών εργαλείων και υποστηρικτικού λογισμικού, ενώ
 2. Το σκεπτικό της λιτότητας (κατασκευαστική / επιχειρησιακή λιτότητα) επικεντρώνεται στη μείωση και την εξάλειψη της σπατάλης μέσω της ανάλυσης της διαδικασίας και της αξίας
- 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.

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Τάσεις της εποχής – Industry 4.0

Βιομηχανία 4.0



Αυξανόμενη τάση για ψηφιοποίηση:

- Ανταπόκριση στο ανταγωνιστικό επιχειρηματικό περιβάλλον
- Ικανοποίηση πελατών με γνώμονα τη βιωσιμότητα

Εντοπίστηκαν τέσσερις αναδυόμενες γενικές τάσεις, που όμως άπτονται του Six Sigma:

- 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.

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

1. Η αυξημένη ευαισθητοποίηση γύρω από περιβαλλοντικά ζητήματα
2. Η ανάγκη για φιλικότερα προς το περιβάλλον προϊόντα



- Επανεξέταση των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων
- Χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, αντί των παραδοσιακών ορυκτών καυσίμων

CO₂ στις ανεπτυγμένες χώρες = 4X στις αναπτυσσόμενες
(Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή, 2018)

Η μέση επιφανειακή θερμοκρασία της γης θα αυξηθεί στους 3 °C, μέχρι το τέλος του αιώνα (IPCC, 2018).

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>

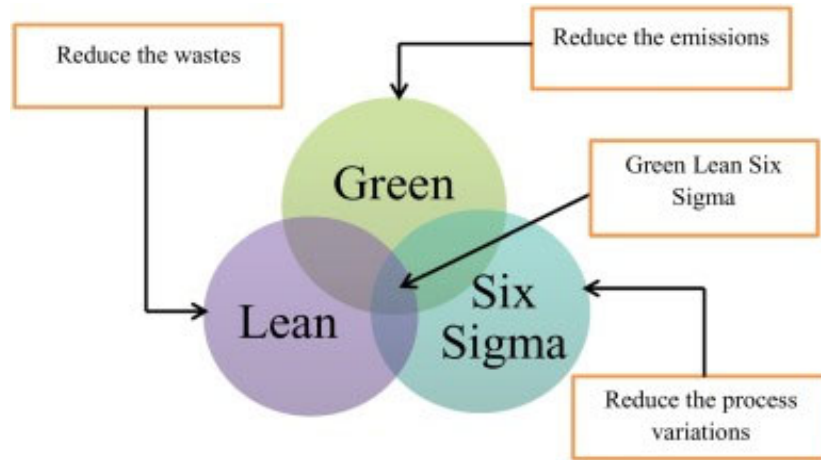


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Green Lean Six Sigma

- Μια φιλική προς το περιβάλλον προσέγγιση που μετριάζει το αποτύπωμα άνθρακα και παράγει προϊόντα υψηλών προδιαγραφών.



2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

Εφαρμογή Green Lean Six Sigma

Όφελος για τη βιομηχανία είναι η κατακόρυφη αύξηση της δυναμικής κερδοφορίας, μέσω της μείωσης:

1. Εκπομπών Ρύπων
2. Αποβλήτων (σπατάλης)
3. Επανεπεξεργασίας

- Το lean φροντίζει για τη συστηματική απόμακρυνση της σπατάλης από τις διαδικασίες και την τελειοποίησή τους σε όλα τα επίπεδα των οργανισμών
- Η πράσινη τεχνολογία (green) αφορά στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των διαδικασιών / προϊόντων, καθιστώντας τα φιλικότερα προς αυτό
- Το Six Sigma μειώνει τις διακυμάνσεις της διαδικασίας οδηγώντας σε μειωμένη απόρριψη προϊόντων (λιγότερα ελαττωματικά)

Συνδυαστικά, παράγονται προϊόντα όχι μόνο υψηλότερης ποιότητας και χαμηλού κόστους, αλλά και φιλικά προς το περιβάλλον

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές τεχνολογίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος

2022

Λιτή παραγωγή και μέθοδος Six Sigma στις κατασκευαστικές
τεχνολογίες

Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας!

Στη διάθεσή σας για ερωτήσεις / απορίες



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Παναγιώτης Κυρίος