



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**του Κωνσταντίνου Ιωαν. Σωτηρόπουλου**

**«ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΤΥΠΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ  
ΣΕ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ  
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ»**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**Βρασίδης Λεώπουλος- Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**ΑΘΗΝΑ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2016**

*Έχω διαβάσει και κατανοήσει τους κανόνες για τη λογοκλοπή και τον τρόπο σωστής αναφοράς των πηγών που περιέχονται στον Οδηγό συγγραφής Διπλωματικών εργασιών. Δηλώνω ότι, από όσα γνωρίζω, το περιεχόμενο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας είναι προϊόν δικής μου δουλειάς και υπάρχουν αναφορές σε όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα.*

**Κωνσταντίνος Ιωαν. Σωτηρόπουλος**

*Στη σύζυγό μου Σοφία και το γιο μου Τζαννή...*

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Στο πλαίσιο εκπόνησης της παρούσας εργασίας κρίνω απαραίτητο, κατ' αρχάς, να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Λεώπουλο Βρασίδα, ο οποίος με κατεύθυνε με το υλικό και με τις οδηγίες του για την ολοκλήρωσή της.

Επίσης, ευχαριστώ το προσωπικό του 306 Εργοστασίου Βάσης Τηλεπικοινωνιών που με διευκόλυνε κατά τη συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων και πληροφοριών.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προπτυχιακού μαθήματος «Προγραμματισμός και Έλεγχος Παραγωγής» του Τομέα Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας, είναι η μελέτη και ο σχεδιασμός γραμμής παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων σε στρατιωτικό εργοστάσιο τηλεπικοινωνιών και συγκεκριμένα στο 306 ΕΒΤ.

Το συγκεκριμένο θέμα επιλέχθηκε, φυσικά, λόγω της στρατιωτικής μου ιδιότητας και με διάθεση προσφοράς στο Τεχνικό Σώμα στο οποίο υπηρετώ. Η επιλογή του εργοστασίου έγινε με γνώμονα τις ανάγκες της υπηρεσίας, οι οποίες λόγω της ραγδαίας τεχνολογικής ανάπτυξης όλο και αυξάνονται ως προς την κατασκευή ή προμήθεια των τυπωμένων κυκλωμάτων.

Η επισκευαστική δραστηριότητα του 306 Εργοστασίου Βάσης Τηλεπικοινωνιών κρίνεται ως μια από τις σημαντικότερες στην αμυντική βιομηχανία, διότι περιλαμβάνει υλικά υψηλού κόστους και επιχειρησιακής σημασίας, όπως ασύρματα μέσα και συστήματα τηλεπικοινωνιών. Τα εν λόγω τεχνικά υλικά επισημαίνονται ως «κρίσιμα» κύρια υλικά λόγω της σπουδαιότητάς τους ως προς την εξασφάλιση των τηλεπικοινωνιών του στρατεύματος αλλά και της ασφάλειας πληροφοριών.

Η γραμμή παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων επιλέχθηκε, κατόπιν συστάσεων από την Ιεραρχία αυτού, ως τμήμα μείζονος σημασίας του εργοστασίου, με δεδομένο ότι θα σχεδιάζονται εκ νέου ή θα αντιγράφονται τυπωμένα κυκλώματα απαραίτητα για την επισκευή ή τον εκσυγχρονισμό των υλικών τηλεπικοινωνίας του Στρατού Ξηράς χωρίς οι προδιαγραφές ή τα σχέδια των κυκλωμάτων να διαρρέουν στο ελεύθερο εμπόριο.

Κατά την εκπόνηση της εργασίας απαιτήθηκε η παρουσία μου στο χώρο των τμημάτων παραγωγής του εργοστασίου στο Μενίδι Αττικής, ώστε να παρατηρήσω τις ακολουθούμενες διεργασίες και να μελετήσω τις υπάρχουσες υποδομές και τα δίκτυα. Αρχικός στόχος ήταν η λεπτομερής καταγραφή των διαδικασιών παραγωγής, τα διατιθέμενα μέσα και το προσωπικό, οι τρέχουσες ανάγκες για τυπωμένα κυκλώματα, οι διαθέσιμοι πόροι αλλά και οι

τεχνολογικοί και κατασκευαστικοί περιορισμοί του χώρου παραγωγής του εργοστασίου.

Αναγκαία ήταν και η έρευνα αγοράς των εταιρειών προμήθειας μηχανημάτων, υλικών και αναλωσίμων για τις απαιτούμενες διαδικασίες παραγωγής των τυπωμένων κυκλωμάτων. Η έρευνα αυτή μου προσέφερε την ευκαιρία να μελετήσω τις υπάρχουσες μεθόδους και τα μηχανήματα για την κατασκευή και μορφοποίηση των τυπωμένων κυκλωμάτων και να τα συγκρίνω μεταξύ τους, για να μπορέσω να καταλήξω στο καταλληλότερο σχεδιασμό της γραμμής παραγωγής. Επιπλέον, τα ευρεθέντα οικονομικά στοιχεία της αγοράς μου έδωσαν τη δυνατότητα να αξιολογήσω τη νέα γραμμή παραγωγής ως επένδυση.

Τέλος, μελετήθηκαν όλα τα απαιτούμενα τεχνικά δίκτυα, οι υποστηρικτικές διεργασίες και τα μέτρα ασφαλείας για τη συμμόρφωση των παραγωγικών τμημάτων με την ισχύουσα νομοθεσία αλλά κυρίως για την ασφάλεια του προσωπικού, των εγκαταστάσεων και του περιβάλλοντος.

## **SYNOPSIS**

The purpose of this dissertation, which was conducted as a part of the course “Production and Operations Management” of the “Industrial Management and Operational Research” section, is the implementation and the design of a low capacity manufacturing line of printed circuit boards on the 306 Greek military telecommunications factory in Menidi, Athens.

The subject was chosen primarily due to my military profession and secondly from my willingness to offer my knowledge to the Technical Corps of the Greek Army, which I serve. The choice of this factory, stems from the need of the Greek Army Staff to manufacture or supply printed circuit boards because of the rapid technological development of telecommunications.

Moreover, the repairing-rebuilding activity of this factory is considered one of the most important in the Defense Industry as it deals with materials and devices of high cost and operational importance such as wireless means and telecommunication systems. These technical materials are labeled as "critical" main materials because of their importance in terms of ensuring the army telecommunications and information security.

The printed circuit manufacturing line was selected, following recommendations by the Hierarchy of that, as part of great importance of the factory, given that printed circuits necessary for the repair or modernization of the Army telecommunication devices would be redesigned or copied, without letting specifications or designs of the circuits leak in the free trade.

During the preparation of my dissertation, my presence in the premises of the factory production departments in Menidi, Attica was required, in order to observe the procedures followed and to study the existing infrastructures and networks. The initial aim was to record in detail the production processes, the available resources and personnel, the current needs for printed circuits, the available resources and technological limitations, and the construction of the plant's production area.

Moreover, the market survey of equipment supply companies, materials and consumables required for the printed circuit manufacturing

processes was necessary. This research offered me the opportunity to study the existing methods and machinery for the construction and formatting of printed circuits, to compare them with each other, so that I could be able to conclude on the most suitable design of the production line. Additionally, the feedback of the financial data, which I obtained from the market survey, gave me the opportunity to evaluate the new production line as an investment.

Finally, all the required technical networks, supporting processes and security measures have been examined, not only for the compliance of the production departments with the current legislation but also for the safety of the factory personnel, its facilities and last but not least for environmental purposes.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

|   | Σελίδα |
|---|--------|
| Εισαγωγή  | 9      |
| Επισκόπηση Κεφαλαίων  | 9      |
| Μέθοδος Έρευνας   | 10     |
| <b>A. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ</b>  |        |
| Τα Στρατιωτικά Εργοστάσια   | 13     |
| 1. Μελέτη υπάρχουσας τεχνολογίας και μεθόδων μαζικής παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων | 19     |
| 2. Προσδιορισμός απαιτούμενης δυναμικότητας παραγωγής                               | 34     |
| 3. Καθορισμός διαδικασιών παραγωγής που θα υιοθετηθούν                              | 38     |
| 4. Διάγραμμα διαδικασιών παραγωγής (process chart)                                  | 43     |
| Βιβλιογραφία Κεφαλαίου A  | 44     |
| <b>B. ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</b>  |        |
| 5. Περιγραφή συστήματος δόμησης και χωροταξίας του Εργοστασίου                      | 45     |
| 6. Απαιτούμενος εξοπλισμός παραγωγής  | 47     |
| 7. Αποθηκευτικοί, υποστηρικτικοί και κοινόχρηστοι χώροι                             | 49     |
| 8. Ανθρώπινοι πόροι τμήματος παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων                         | 54     |
| 9. Χωροταξική διάταξη σταθμών εργασίας  | 57     |
| Βιβλιογραφία Κεφαλαίου B  | 62     |
| <b>Γ. ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</b>  |        |
| 10. Ιχνηλασιμότητα παραγόμενων μονάδων  | 63     |
| 11. Απαιτούμενα δίκτυα και τεχνικές προδιαγραφές                                    | 65     |
| 12. Συστήματα υγιεινής και ασφάλειας εργασίας τμημάτων παραγωγής                    | 69     |
| 13. Διαχείριση σκάρτων και αναλωσίμων   | 72     |
| Βιβλιογραφία Κεφαλαίου Γ  | 75     |
| <b>Δ. ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ</b>   |        |
| 14. Αρχικό κόστος αγοράς εξοπλισμού για το τμήμα γραμμής παραγωγής PCB              | 76     |
| 15. Κοστολόγηση παραγόμενων τυπωμένων κυκλωμάτων (Ανάλυση Νεκρού Σημείου)           | 78     |
| 16. Ανάλυση χρηματορροών  | 81     |
| 17. Δείκτες αξιολόγησης επένδυσης   | 83     |
| Βιβλιογραφία Κεφαλαίου Δ  | 85     |
| Συμπεράσματα  | 86     |

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη των υλικών τηλεπικοινωνίας και των μέσων ηλεκτρονικής επιτήρησης αποτελεί πλέον αδιαμφισβήτητο γεγονός για κάθε στρατιωτική βιομηχανία παγκοσμίως. Εξετάζοντας, λοιπόν, τη δομή των εξελιγμένων αυτών μέσων παρατηρούμε ότι αποτελούνται από διάφορες βαθμίδες λειτουργίας που, ως επί το πλείστον, είναι τυπωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθούν οι διαδικασίες παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων, ώστε το 306 ΕΒΤ του Ελληνικού Στρατού να έχει πλέον τη δυνατότητα επισκευής, εκσυγχρονισμού ή και ακόμη παραγωγής πρωτοτύπων υλικών τηλεπικοινωνίας και μέσων επιτήρησης χωρίς να εξαρτάται από ιδιωτικές επιχειρήσεις.

Η εν λόγω «αυτονομία» του εργοστασίου επιδιώκεται, εκτός από οικονομικούς λόγους, και για λόγους ασφάλειας πληροφοριών και επικοινωνίας των Ενόπλων Δυνάμεων, οι οποίοι αποτελούν λόγους μείζονος σημασίας για τη λειτουργία και την αποστολή του 306 ΕΒΤ και κατ' επέκταση του Τεχνικού Σώματος του Στρατού.

Για την ολοκλήρωσή της, απαιτήθηκε η μελέτη ελληνικής και ξένης βιβλιογραφίας σχετικά με τις υπάρχουσες διαδικασίες κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων, η συγκέντρωση πληροφοριών από τους εμπλεκόμενους και η πολύτιμη καθοδήγηση από τον επιβλέποντα καθηγητή.

## **ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ**

Σε αυτό το σημείο της εργασίας μπορεί να γίνει μια σύντομη περιγραφή των κεφαλαίων που θα ακολουθήσουν.

Στο πρώτο κεφάλαιο (**ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α'**) παρουσιάζεται αναλυτικά το Εργοστάσιο με τη βοήθεια οργανογράμματος και σχηματικής περιγραφής των υλοποιούμενων διεργασιών σε αυτό. Επιπλέον, γίνεται μια γενική αναφορά στις υπάρχουσες τεχνολογίες κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων καθώς και στις απαιτήσεις και δυνατότητες του Εργοστασίου. Σε αυτό το κεφάλαιο θα

καθοριστούν οι διαδικασίες που πρέπει να υιοθετηθούν καθώς και η αιτιολόγηση της επιλογής τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο (**ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β'**) επισημαίνεται ο εξοπλισμός που απαιτείται να αποκτηθεί για τη δημιουργία του τμήματος Παραγωγής Τυπωμένων Κυκλωμάτων καθώς και οι ανάγκες σε τεχνικό προσωπικό εργασίας. Επιπροσθέτως, αναλύεται η υπάρχουσα χωροταξία των τμημάτων του Εργοστασίου και σχεδιάζεται η χωροθέτηση των νέων σταθμών εργασίας που προκύπτουν.

Στο τρίτο κεφάλαιο (**ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ'**) γίνεται εκτενής αναφορά στα τεχνικά δίκτυα που απαιτούνται, στους κανονισμούς ασφάλειας των εργαζομένων, όπως και στις διαδικασίες διαχείρισης και παρακολούθησης των παραγόμενων πλακετών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο (**ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ'**) παρατίθενται όλα τα οικονομικά στοιχεία που χρειάζονται για την αξιολόγηση της δημιουργίας της γραμμής παραγωγής. Παρουσιάζεται, επίσης, και τεκμηριωμένη κοστολόγηση των παραγόμενων τυπωμένων κυκλωμάτων καθώς και πιθανή μελλοντική 10ετή ανάλυση χρηματορροών σύμφωνα πάντα με τις υπάρχουσες προβλέψεις.

## **ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Η εκπόνηση της εργασίας πραγματοποιήθηκε στις φάσεις που περιγράφονται παρακάτω:

Στην πρώτη φάση, επιλέχθηκε ως θέμα η μελέτη δημιουργίας γραμμής παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων στο 306 ΕΒΤ (Εργοστάσιο Βάσης Τηλεπικοινωνιών).

Στη δεύτερη φάση, επιλέχθηκε το τμήμα του εργοστασίου πάνω στο οποίο υπάρχει η δυνατότητα να εγκατασταθούν το νεοσύστατο «Τμήμα Παραγωγής Τυπωμένων Κυκλωμάτων», οι υπάρχουσες υποδομές του εργοστασίου καθώς και οι διαδικασίες παραγωγής/επισκευής των λοιπών τμημάτων του. Κατόπιν επαφών με την Ιεραρχία του Εργοστασίου και λαμβάνοντας υπόψη τη σπουδαιότητα των τυπωμένων κυκλωμάτων στην

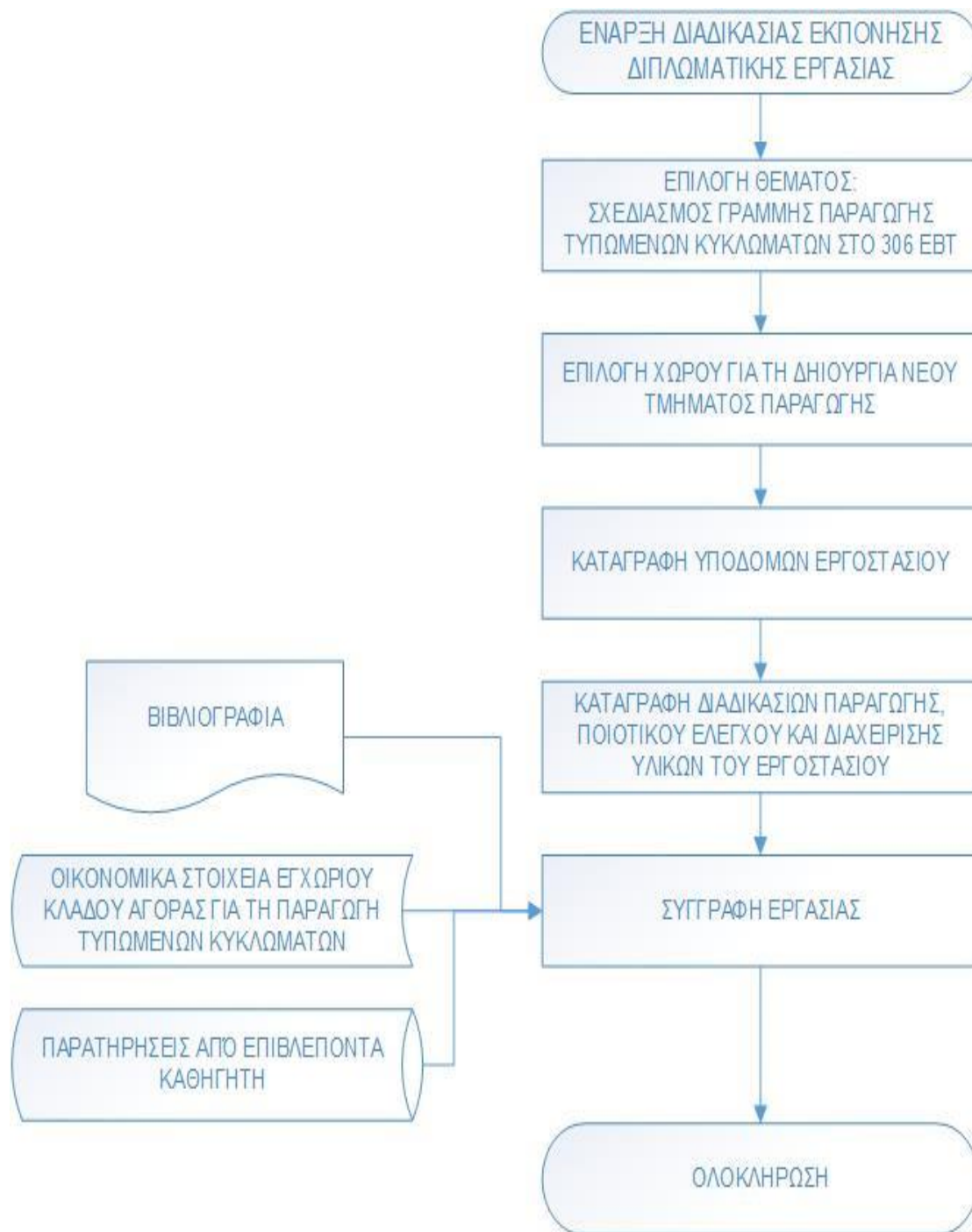
καθημερινή λειτουργία του εργοστασίου, επιλέχθηκε η μελέτη να έχει ως στόχο το σχεδιασμό της νέας γραμμής παραγωγής και του νέου τμήματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις αλλά και τους περιορισμούς της υπάρχουσας λειτουργίας και εγκαταστάσεων. Η προοπτική, άλλωστε, αυτής της εργασίας είναι να αποτελέσει το εφαλτήριο για την υλοποίηση και τη δημιουργία της νέας γραμμής παραγωγής.

Στην τρίτη φάση, κατά την επιβεβλημένη παρουσία μου στο εργοστάσιο, καταγράφηκαν οι ακολουθούμενες διεργασίες των παραγωγικών τμημάτων αλλά και του τμήματος Ποιοτικού Ελέγχου, με σκοπό τη λεπτομερή αποτύπωση των διαδικασιών. Επιπλέον, από επιστημονικές πηγές βιβλιογραφίας καταγράφηκαν και μελετήθηκαν οι σύγχρονοι τρόποι παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων παγκοσμίως και επιλέχθηκαν οι καταλληλότεροι.

Κατά την τέταρτη φάση της εργασίας, ήταν αναγκαία η έρευνα αγοράς για την προμήθεια εξοπλισμού και αναλωσίμων που χρειάζονται για την εγκατάσταση και υλοποίηση του νέου τομέα παραγωγής. Κατ' επέκταση αναζητήθηκαν και οι τρόποι εκπαίδευσης του προσωπικού αλλά και οι υπάρχουσες τιμές προμήθειας των τυπωμένων κυκλωμάτων από το εγχώριο ελεύθερο εμπόριο.

Στην τελευταία φάση της συγγραφής της εργασίας, σχεδιάσθηκαν και αναλύθηκαν όλοι οι χώροι και οι διαδικασίες παραγωγής. Στη μελέτη συμπεριλήφθηκαν και οι διαδικασίες για την ασφάλεια του προσωπικού, την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας της παραγωγής.

Η παραπάνω διαδικασία αποτυπώνεται στο Διάγραμμα Ροής που ακολουθεί:



*Διάγραμμα Ροής : Διαδικασία Εκπόνησης Εργασίας*

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α΄. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

### **Τα Στρατιωτικά Εργοστάσια**

#### **Αποστολή**

Γενικά η αποστολή των Στρατιωτικών Εργοστασίων συνίσταται στην εξυπηρέτηση των αναγκών των Ενόπλων Δυνάμεων (στο εξής ΕΔ) για την παραγωγή, την αξιοποίηση και τη διάθεση αγαθών ή την προσφορά υπηρεσιών με σκοπό την τήρηση υψηλού βαθμού ετοιμότητας των ΕΔ και τον περιορισμό, στο ελάχιστο δυνατό, των απαιτούμενων αμυντικών δαπανών.

Ομοίως, η διάθεση προς τρίτους των αγαθών της ίδιας αυτών παραγωγής ή υπηρεσιών, όπως προβλέπεται από το άρθρο 55 του ΝΔ 721/70.

Από το Γενικό Επιτελείο Στρατού συντάσσεται ετήσιο πρόγραμμα κατασκευών, ανακατασκευών και παραγωγής προϊόντων, σύμφωνα με τις ανάγκες αυτού και των λοιπών Κλάδων των ΕΔ το οποίο κοινοποιείται στα Εργοστάσια.

#### **Διάρθρωση**

Η τυπική διάρθρωση ενός Στρατιωτικού Εργοστασίου, περιλαμβάνει τα εξής:

- α. Επιτελείο τεσσάρων Γραφείων: 1ο, 2ο, 3ο 4ο.
- β. Τρεις Διευθύνσεις:
  - (1) Διεύθυνση Μελετών-Ερευνών.
  - (2) Διεύθυνση Επιθεωρήσεως και Ποιοτικού Ελέγχου.
  - (3) Διεύθυνση Πολιτικού Προσωπικού.
- γ. Δύο Διοικήσεις:
  - (1) Διοίκηση Παραγωγικών Τμημάτων.

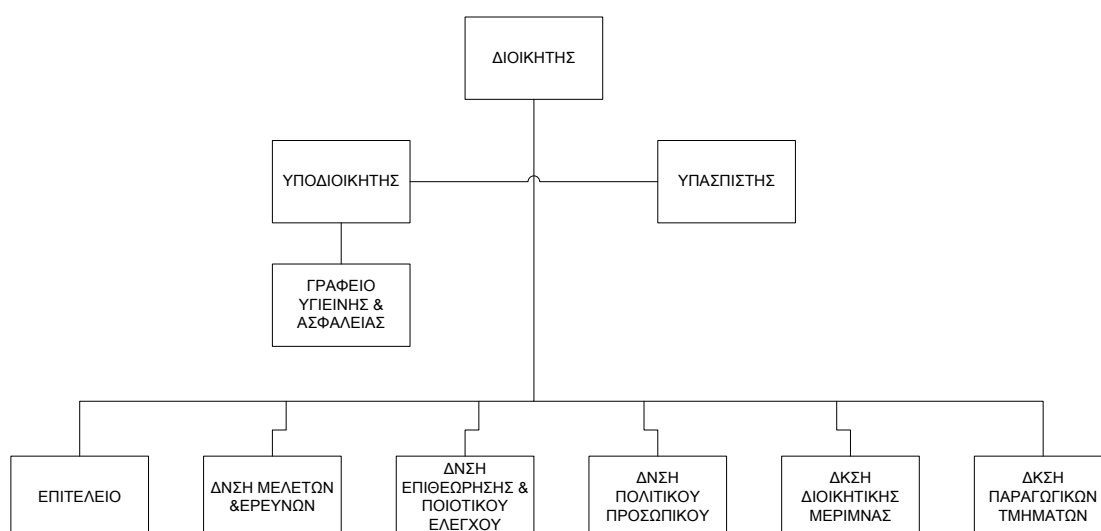
## (2) Διοίκηση Διοικητικής Μερίμνης.

### δ. Γραφείο Υγιεινής και Ασφάλειας (ΓΥΑ)

Ιδιαίτερη σημασία για θέματα σχετικά με την διαχείριση της ποιότητας παρουσιάζουν κυρίως δύο τμήματα του Εργοστασίου. Πρόκειται για την Διεύθυνση Επιθεωρήσεως και Ποιοτικού Ελέγχου (Δ.Ε.Π.Ε.) και την Διοίκηση Παραγωγικών Τμημάτων (Δ.Π.Τ.).

Η Διεύθυνση Επιθεωρήσεως και Ποιοτικού Ελέγχου έχει ως αποστολή την επιθεώρηση του πάσης φύσεως τεχνικού υλικού, τον έλεγχο της καταλληλότητας των ανταλλακτικών-πρώτων υλών, τον έλεγχο ποιότητας του αξιοποιημένου ή ανακατασκευασμένου υλικού κατά τη φάση παραγωγής και την εκτέλεση δοκιμών και τελικού ελέγχου της ποιότητας-πληρότητας επί όλου του εξερχόμενου επισκευασμένου τεχνικού υλικού. Επίσης, είναι υπεύθυνη για τον καθορισμό κριτηρίων και διαδικασιών του ποιοτικού ελέγχου, καθώς και για την διακρίβωση συσκευών και οργάνων μετρήσεως και ελέγχου.

Η Διοίκηση Παραγωγικών Τμημάτων είναι υπεύθυνη για την εκτέλεση των εγκεκριμένων προγραμμάτων ανακατασκευών-κατασκευών, καθώς και όλων των εκτάκτως ανατιθέμενων επισκευαστικών εργασιών, αφού ελέγχει το σύνολο των συνεργείων, κύριων και βοηθητικών, του Εργοστασίου.



*Τυπική Διάρθρωση Στρατιωτικών Εργοστασίων*

## 306 Εργοστάσιο Βάσης Τεχνικού (Υπό μελέτη οργανισμός)



*Αεροφωτογραφία του εργοστασίου*

### **Περιγραφή**

Το 306 Εργοστάσιο Βάσης Τηλεπικοινωνιών (ΕΒΤ) εδρεύει στο Δήμο Αχαρνών (Μενίδι) Αττικής και πρόκειται για ένα τυπικό Στρατιωτικό Εργοστάσιο, που αποτελεί ανώτατο επισκευαστικό κλιμάκιο. Το προσωπικό του εργοστασίου, πολιτικό και στρατιωτικό, είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο για τις εργασίες που του ανατίθενται.

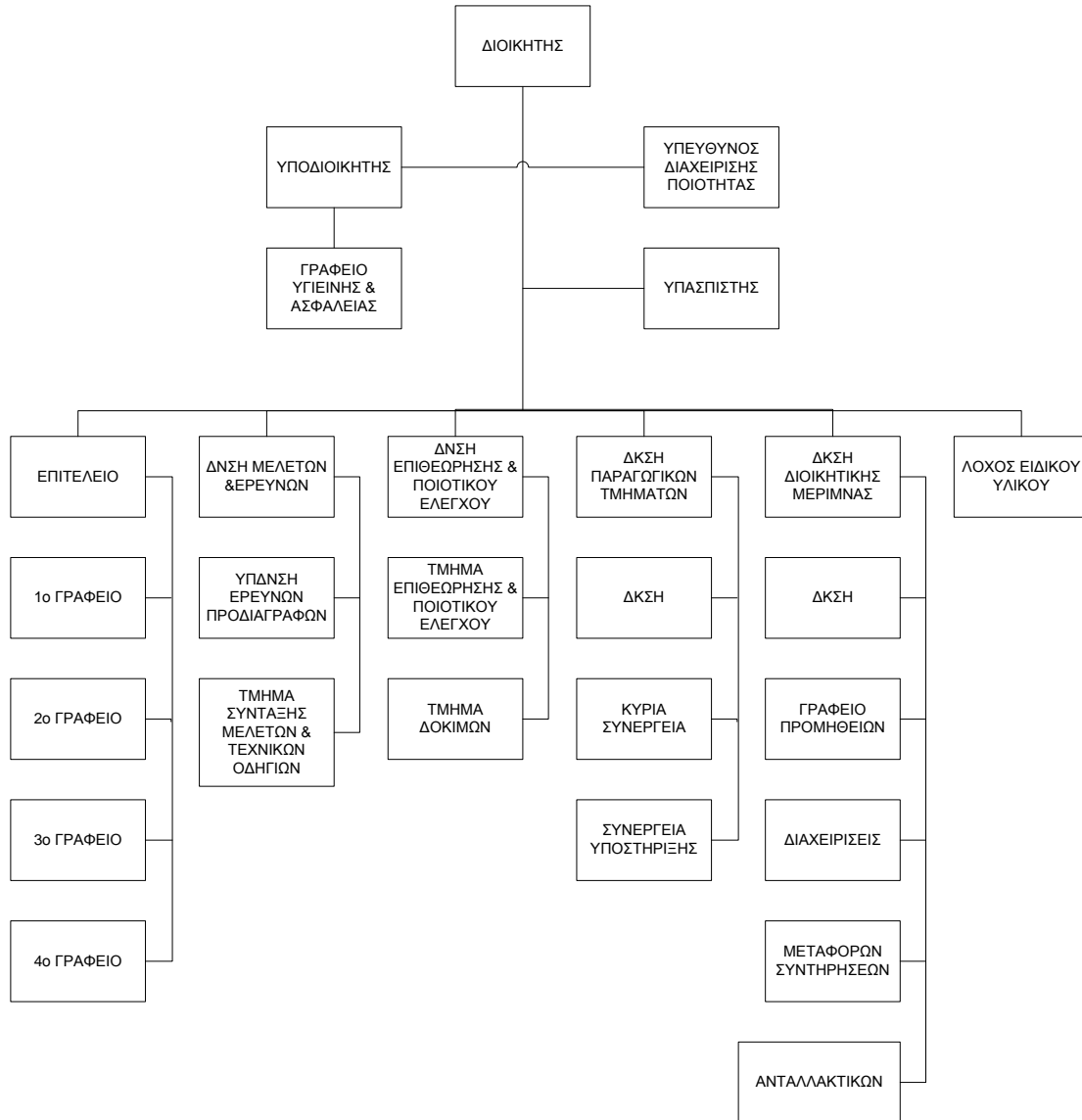
### **Οργάνωση**

Το 306 ΕΒΤ έχει σαφές και ξεκάθαρο οργανόγραμμα, το οποίο καθορίζει τις σχέσεις μεταξύ των τμημάτων. Περιγραφές θέσεων εργασίας, με τις υπευθυνότητες και τις αρμοδιότητες υπάρχουν για όλες τις θέσεις, όπως αυτές ορίζονται στο οργανόγραμμα.

Στη διάρθρωση αυτή δεν περιλαμβάνεται, αλλά αποτελεί απαραίτητη προσθήκη, ο εκπρόσωπος της Διοίκησης που θα έχει τα καθήκοντα του Υπεύθυνου Διαχείρισης Ποιότητας. Πρόκειται για το φυσικό πρόσωπο το οποίο υπάγεται απευθείας στο Διοικητή του Εργοστασίου και τον εκπροσωπεί σε ό, τι αφορά το Σύστημα Ποιότητας. Είναι υπεύθυνος για το συντονισμό και τη σωστή λειτουργία του ΣΔΠ με βασικές αρμοδιότητες τις εσωτερικές επιθεωρήσεις και την αξιολόγηση του συστήματος, τον έλεγχο τήρησης των αρχείων και τη συνεχή εκπαίδευση του προσωπικού.



Το οργανόγραμμα του εργοστασίου παρουσιάζεται παρακάτω με την προσθήκη του Υπεύθυνου Διαχείρισης Ποιότητας:



*Οργανόγραμμα του Στρατιωτικού Εργοστασίου*

### **Αποστολή**

Οι συνιστώσες της αποστολής του εργοστασίου είναι οι εξής:

α. Συντήρηση όλου του τηλεπικοινωνιακού-ηλεκτρονικού-ηλεκτροϋγειονομικού υλικού.

β. Εκσυγχρονισμός συσκευών ή μέρος αυτών, τηλεπικοινωνιακού και ηλεκτρονικού υλικού.

γ. Κατασκευή-αξιοποίηση διαφόρων ανταλλακτικών, παρελκόμενων και τυπωμένων κυκλωμάτων των παραπάνω υλικών.

δ. Εκπόνηση μελετών και σύνταξη τεχνικών προδιαγραφών και τεχνικών οδηγιών για υλικά της αρμοδιότητάς του.

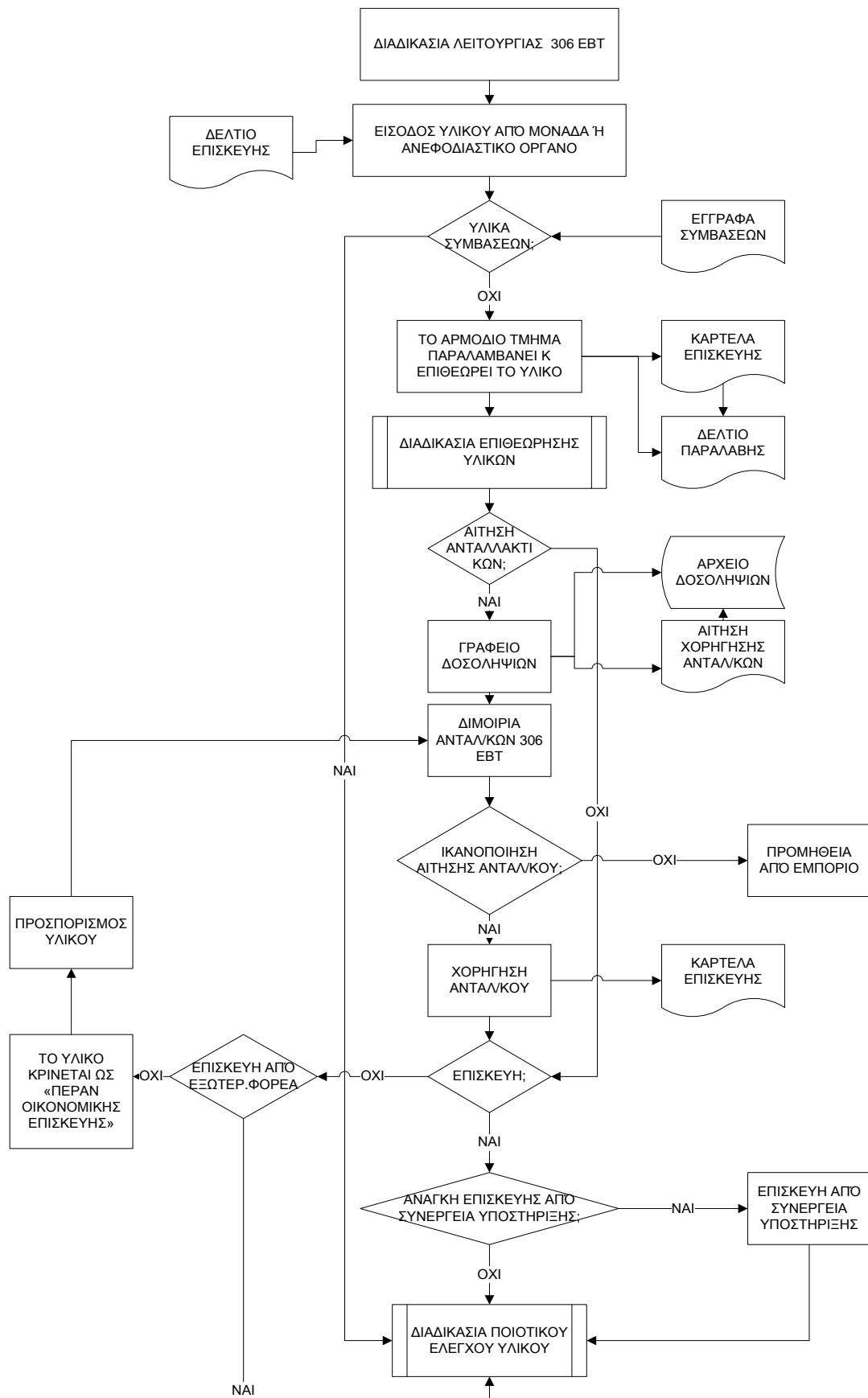
ε. Εκτέλεση ποιοτικού έλεγχου κάθε ηλεκτρονικού υλικού, του οποίου η προμήθεια διενεργείται από τη Διεύθυνση Προμηθειών του Γενικού Επιτελείου Στρατού.

στ. Έλεγχος και διακρίβωση ηλεκτρονικών οργάνων μετρήσεως.

Οι φάσεις παραγωγής του εργοστασίου είναι:

- Αναζήτηση βλάβης της συσκευής.
- Εισαγωγή ανταλλακτικών από την αποθήκη ή το εμπόριο.
- Επιδιόρθωση της βλάβης.
- Ρύθμιση.
- Τελικός ποιοτικός έλεγχος.

Για καλύτερη κατανόηση, παρατίθεται το διάγραμμα ροής λειτουργίας του 306 EBT.



Διάγραμμα ροής λειτουργίας του 306 ΕΒΤ

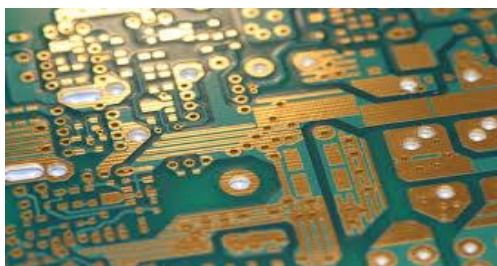
# 1. Μελέτη υπάρχουσας τεχνολογίας και μεθόδων μαζικής παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων

## 1.1 Πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων (PCB)

Οι πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων είναι το βασικό δομικό στοιχείο των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων σήμερα και λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής μας ζωής. Παρέχουν στήριξη στα εξαρτήματα που αποτελούν το ηλεκτρονικό κύκλωμα, και διασύνδεση μεταξύ των ακροδεκτών τους όπου και με όποιον τρόπο απαιτείται για την υλοποίηση του κυκλώματος.



Ένα τυπικό τυπωμένο κύκλωμα αποτελείται από ένα φύλλο μονωτικού υλικού και διαδρόμους από λεπτή στρώση αγωγίμου υλικού, συνήθως χαλκού, που υλοποιεί τις διασυνδέσεις σε ένα ή περισσότερα επίπεδα, με κατάλληλες οπές, όπου χρειάζεται, για την τοποθέτηση εξαρτημάτων που απαιτούν στερέωση ή για τη δημιουργία αγωγίμου διαδρόμου μεταξύ των διάφορων επιπέδων (Clyde 2008).



Τα PCBs απαιτούν την πρόσθετη προσπάθεια σχεδιασμού του κυκλώματος αλλά η κατασκευή και η συναρμολόγηση τους μπορούν να αυτοματοποιηθούν και να επιτευχθεί μαζική παραγωγή. Η μεταποίηση κυκλωμάτων με τα PCB είναι φθηνότερη και ταχύτερη συγκριτικά με άλλες μεθόδους, όπως η καλωδίωση με εξαρτήματα που είναι τοποθετημένα με ενσύρματη πρόσβαση σε ένα μόνο μέρος. Επομένως, με την κατασκευή τυπωμένων κυκλωμάτων εξαλείφονται τα σφάλματα καλωδίωσης χειριστή. Η παγκόσμια αγορά για τα PCB έφθασε σχεδόν τα 68 δισεκατομμύρια δολάρια το 2014 και αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα έτη.

Υπάρχουν διάφορα είδη τυπωμένων κυκλωμάτων είτε με οπές είτε χωρίς, με ένα επίπεδο στρώσης ή δύο ή με περισσότερα. Στην παρούσα φάση θα επικεντρωθούμε σε τυπωμένα κυκλώματα ενός ή δύο επιπέδων (single layer or double layer) και σε τυπωμένα κυκλώματα για την τοποθέτηση εξαρτημάτων χρησιμοποιώντας οπές (Through-hole technology) ή χωρίς (Surface-mount technology).

Τα πρώτα PCBs χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία οπών τοποθέτησης ηλεκτρονικών εξαρτημάτων (Through-hole technology) τα οποία εισάγονταν διαμέσου οπών στη μία πλευρά της πλακέτας και συγκολλούνταν επάνω σε ίχνη χαλκού από την άλλη πλευρά. Οι πλακέτες ήταν μονής όψης, με μια πλευρά χωρίς συστατικό επιμετάλλωσης, ή μια πιο συμπαγής διπλής όψεως πλακέτα, με εξαρτήματα συγκολλημένα και στις δύο πλευρές. Τα εξαρτήματα μπορούσαν να συγκολληθούν είτε με το χέρι είτε με μηχάνημα για συγκόλληση με κύματα.

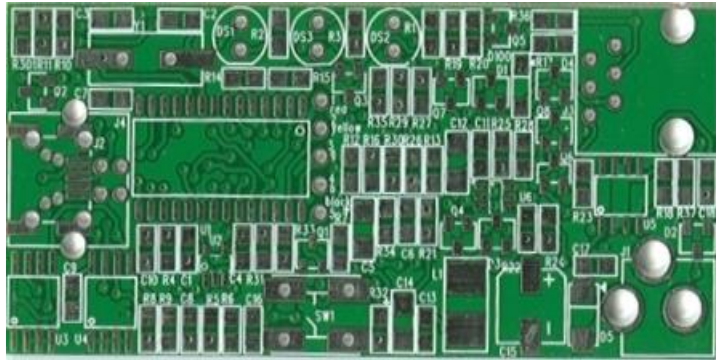
Η Through-hole technology αντικατέστησε σχεδόν εντελώς τις προγενέστερες τεχνικές συναρμολόγησης, όπως το σημείο-προς-σημείο (point-to-point construction). Από τη δεύτερη γενιά των υπολογιστών τη δεκαετία του 1950 μέχρι την υιοθέτηση της τεχνολογίας surface-mount technology (τέλη της δεκαετίας του 1980), κάθε στοιχείο σε ένα τυπικό PCB ήταν ένα εξάρτημα through-hole. Αδιαμφισβήτητα η κατασκευή οπών στην πλακέτα προσθέτει κόστος απαιτώντας τη δημιουργία πολλών οπών με ακρίβεια. Ένα ακόμη μειονέκτημα αποτελεί ο περιορισμένος διαθέσιμος χώρος δρομολόγησης για τα ίχνη του σήματος σε πλακέτες δύο ή

περισσότερων στρώσεων, διότι οι οπές πρέπει να περάσουν μέσα από όλα τα στρώματα στην αντίθετη πλευρά (Coombs 2008).



Τυπωμένο κύκλωμα με τεχνολογία Through-hole

Η τεχνολογία surface-mount εμφανίστηκε στη δεκαετία του 1960, κέρδισε έδαφος στις αρχές του 1980 και χρησιμοποιήθηκε ευρέως από τα μέσα της δεκαετίας του 1990. Τα μηχανικά εξαρτήματα επανασχεδιάστηκαν ώστε να έχουν μικρές μεταλλικές γλωττίδες ή ακραία πώματα που θα μπορούσαν να είναι συγκολλημένα απευθείας πάνω στην επιφάνεια του PCB, αντί του σύρματος που πέρναγε μέσα από τις τρύπες. Τα εξαρτήματα έγιναν πολύ μικρότερα και η τοποθέτηση εξαρτημάτων και στις δύο πλευρές της πλακέτας έγινε πιο κοινή σε σύγκριση με τις διαμπερές οπές, επιτρέποντας πολύ μικρότερα συγκροτήματα PCB με πολύ υψηλότερες πυκνότητες κυκλώματος. Επιπροσθέτως, η επιφανειακή τοποθέτηση προσφέρει τον υψηλό βαθμό αυτοματοποίησης, τη μείωση του κόστους εργασίας και σε μεγάλο βαθμό την αύξηση των ποσοστών παραγωγής. Τα εξαρτήματα μπορούν να παρέχονται τοποθετημένα σε ταινίες φορέα. Επίσης τα εξαρτήματα επιφανειακής στήριξης μπορεί να είναι περίπου το ένα τέταρτο έως το ένα δέκατο του μεγέθους και του βάρους των εξαρτημάτων through-hole.



*Τυπωμένο κύκλωμα με τεχνολογία surface-mount*

## **1.2 Στάδια κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων**

Η επεξεργασία και η συναρμολόγηση των PCB γίνεται σε ένα εξαιρετικά καθαρό περιβάλλον όπου ο αέρας και τα εξαρτήματα μπορούν να διατηρούνται απαλλαγμένα από μόλυνση. Οι περισσότεροι κατασκευαστές έχουν τις δικές τους "ιδιόκτητες" διαδικασίες παραγωγής, αλλά τα ακόλουθα βήματα θα μπορούσαν τυπικά να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργηθεί μία γραμμή παραγωγής μιας διπλής όψης πλακέτας τυπωμένου κυκλώματος. Επομένως, μια τυπική γραμμή παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων θα περιέχει τα εξής στάδια:

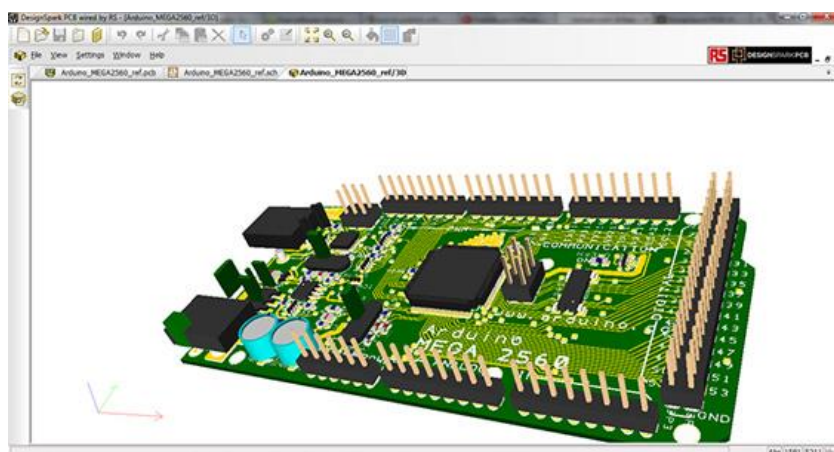
- ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ (Εκ νέου ή αντιγραφή υπάρχοντος κυκλώματος)
- ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΛΑΚΕΤΑ (Copper Substrate)
- ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΠΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ (CNC Router)
- ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ
- ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΕΠΑΦΗΣ
- ΑΝΑΜΙΞΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΣΣΙΤΕΡΟΥ-ΜΟΛΥΒΔΟΥ
- ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΚΟΠΗ ΤΩΝ ΠΛΑΚΕΤΩΝ
- ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ
- ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ (De Carlo & Arleo & Borgia & Tucci 2013: 1-

10)

## 1.2.1 Σχεδιασμός

Δεν υπάρχει κάποιο πρότυπο για τη σχεδίαση ενός τυπωμένου κυκλώματος. Κάθε PCB έχει μια μοναδική λειτουργία, για ένα συγκεκριμένο προϊόν και θα πρέπει να σχεδιαστεί από την αρχή, για να εκτελεί αυτή τη λειτουργία στο χώρο που παρέχεται. Οι σχεδιαστές χρησιμοποιούν συστήματα σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer Aided Design) με ειδικό λογισμικό, για να δημιουργήσουν το σχέδιο του κυκλώματος πάνω στην πλακέτα.

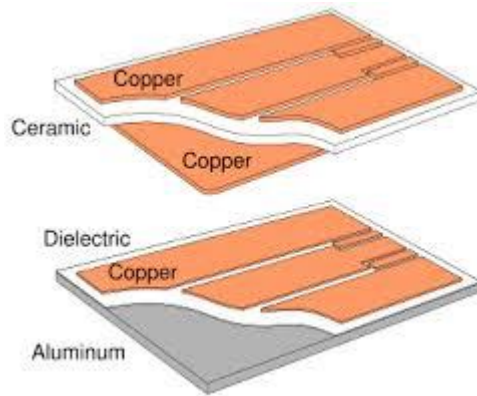
Κάθε σύστημα CAD χρησιμοποιεί τη δική του εσωτερική μορφή δεδομένων, για αυτό το λόγο η βιομηχανία παραγωγής PCB έχει αναπτύξει μία πρότυπη μορφή εξόδου, για να μεταφέρονται τα δεδομένα διάταξης στον κατασκευαστή. Αυτή είναι το Extended Gerber ή RS274X. Τα αρχεία Gerber ορίζουν τα στρώματα παρακολούθησης χαλκού (copper layers) καθώς και τις μάσκες συγκόλλησης και τους συμβολισμούς των εξαρτημάτων (Coombs 2008: 305-316).



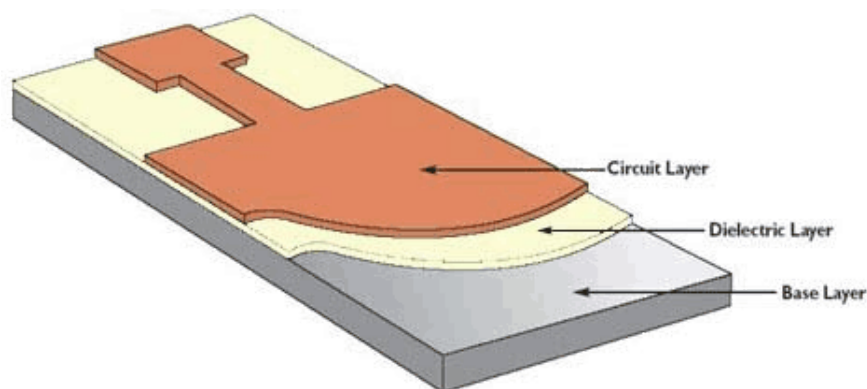
Πρώτα ελέγχεται ότι τα δεδομένα πληρούν τις απαιτήσεις της κατασκευής. Οι έλεγχοι αυτοί ως επί το πλείστον γίνονται αυτόματα. Ελέγχονται τα πλάτη τροχιάς, ο χώρος μεταξύ των εξαρτημάτων, οι περιοχές γύρω από τις τρύπες, το μικρότερο μέγεθος τρυπών κλπ. Ο μηχανικός μπορεί επίσης να ελέγξει και να μετρήσει τους επιμέρους τομείς που επιθυμεί. Μόλις τα δεδομένα επαληθευτούν, το πρόγραμμα θα εμφανίσει όλα τα αρχεία του







Αρχικά οι ίνες από fiberglass ξετυλίγονται από ένα ρολό το οποίο τροφοδοτεί έναν υφιστάμενο σταθμό επεξεργασίας. Επομένως, η πλακέτα εμποτίζεται με εποξική ρητίνη είτε με εμβάπτιση είτε με ψεκασμό. Το εμποτισμένο τμήμα με ίνες fiberglass, στη συνέχεια περνά μέσα από κυλίνδρους που πιέζουν το υλικό στο επιθυμητό πάχος για το τελικό υπόστρωμα και επίσης αφαιρούν τυχόν περίσσεια ρητίνης. Έπειτα το υλικό του υποστρώματος περνά μέσα από ένα φούρνο όπου θα "ημι-παστωθεί". Μετά τον κλίβανο, το υλικό κόβεται σε μεγάλα πάνελ. Τα πάνελ στοιβάζονται σε στρώματα, που εναλλάσσονται με κολλώδη φύλλα χαλκού. Κατόπιν οι στοιβές τοποθετούνται σε μία πρέσα όπου υποβάλλονται σε θερμοκρασίες περίπου 340 °F (170 °C) και πιέσεις των 1.500 psi για μια ώρα ή περισσότερο. Αυτή η διαδικασία ενώνει πλήρως τη ρητίνη και τα φύλλα χαλκού στην επιφάνεια του υποστρώματος (Coombs 2008: 139-163).



#### 1.2.4 Δημιουργία οπών και επιμετάλλωση

Αρκετά φύλλα του υποστρώματος, το κάθε ένα αρκετά μεγάλο για να διαιρεθεί σε αρκετές πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων, στοιβάζονται το ένα πάνω στο άλλο και πακτώνονται μεταξύ τους για να μένουν σταθερά κατά την κίνηση τους μέσα στα στάδια παραγωγής. Τα στοιβαγμένα φύλλα τοποθετούνται σε μία μηχανή CNC και οπές δημιουργούνται σύμφωνα με το καθορισμένο μοτίβο από το σχεδιαστή. Κατόπιν οι οπές καθαρίζονται για την απομάκρυνση τυχόν περισσειας υλικού που παραμένει προσκολλημένο στα άκρα τους (Μακρής 2014). Οι εσωτερικές επιφάνειες των οπών έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν ένα αγωγίμο κύκλωμα από τη μία πλευρά της πλακέτας στην άλλη και είναι επιμεταλλωμένες με χαλκό. Οι μη αγωγίμες οπές είτε κλείνονται για να μην επιμεταλλωθούν είτε δημιουργούνται, αφού αποκολληθεί η πλακέτα από ολόκληρο το φύλλο του υποστρώματος.

Η διαδικασία αυτή δύναται να επιτευχθεί με χημικούς ή μη τρόπους. Για μικρής δυναμικότητας παραγωγή εργαστηρίων όπου δεν απαιτούνται μεγάλη ταχύτητα, ακρίβεια αλλά και ανθεκτική στο χρόνο και στη διάβρωση επιμετάλλωση των επαφών, η διαδικασία αυτή γίνεται με μη χημικό τρόπο. Εκπαιδευμένο τεχνικό προσωπικό τοποθετεί τους μεταλλικούς δακτυλίους επί των οπών με το χέρι και έπειτα τοποθετεί την πλακέτα σε ειδικό φούρνο για τη συγκόλληση τους.

Αντιθέτως, ο χημικός τρόπος επιμετάλλωσης καλύπτει τα μειονεκτήματα του μη-χημικού και προτείνεται για τη μαζική παραγωγή τυποποιημένων κυκλωμάτων. Η χημική αυτή διαδικασία δεν απαιτεί ειδικές χημικές γνώσεις, αφού κατάλληλα διαμορφωμένα ηλεκτροστατικά μπάνια σε σειρά αναλαμβάνουν τη διαδικασία της επιμετάλλωσης των οπών η οποία είναι ανθεκτικότερη από αυτή που γίνεται με μη χημικά μέσα. Ο τρόπος αυτός προσφέρει μεγάλη ακρίβεια και ταχύτητα στην επιμετάλλωση των οπών, η οποία γίνεται ταυτόχρονα σε όλη την πλακέτα.



### 1.2.5 Δημιουργία κυκλωματικού διαγράμματος στο υπόστρωμα

Η δημιουργία του κυκλωματικού διαγράμματος μπορεί να υλοποιηθεί είτε με μια διαδικασία «προσθετική» είτε με «αφαιρετική» διαδικασία. Κατά την προσθετική διαδικασία, ο χαλκός επιμεταλλώνει, ή προστίθεται, επί της επιφάνειας του υποστρώματος στο επιθυμητό σχέδιο, αφήνοντας το υπόλοιπο της επιφάνειας χωρίς επιμετάλλωση. Στην αφαιρετική διαδικασία, ολόκληρη η επιφάνεια του υποστρώματος πρώτα επιμεταλλώνεται και έπειτα οι περιοχές που δεν αποτελούν μέρος του επιθυμητού σχεδίου αφαιρούνται (Μακρής 2014: 1-8).

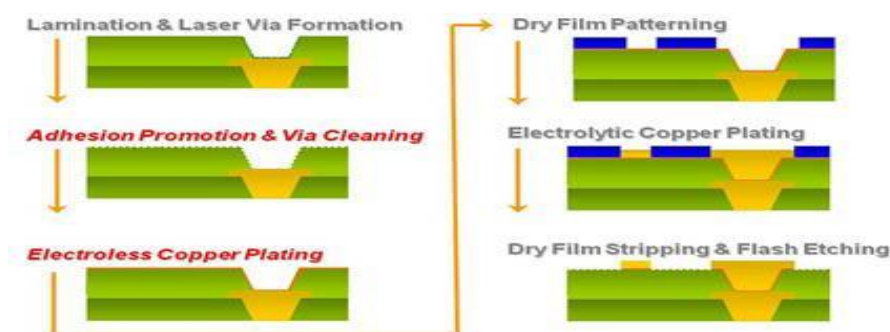
Παρακάτω περιγράφεται συνοπτικά η προσθετική διαδικασία που είναι και η πιο διαδεδομένη στη μαζική παραγωγή τυπωμένων κυκλωμάτων. Η επιφάνεια του υποστρώματος απολιπαίνεται. Τα φύλλα (panel) διέρχονται μέσα από ένα θάλαμο κενού, όπου ένα στρώμα από φωτοευαίσθητο υλικό, θετικά φορτισμένο, πιέζεται σταθερά πάνω σε ολόκληρη την επιφάνεια του φύλλου. Το φωτοευαίσθητο υλικό είναι ένα πολυμερές που έχει την ιδιότητα να διαλύεται, όταν εκτίθεται σε υπεριώδες φως. Το κενό εξασφαλίζει ότι δεν θα παγιδευτούν φυσαλίδες αέρα μεταξύ του φύλλου και του φωτοευαίσθητου υλικού (Coombs 2008: 464-465). Έπειτα η μάσκα του τυπωμένου κυκλώματος (σχέδιο), που βρίσκεται στην κορυφή του φωτοευαίσθητου, καθώς και οι πλάκες εκτίθενται σε ένα έντονο υπεριώδες φως. Επειδή η

μάσκα είναι διάφανη στις περιοχές του σχεδιασμένου τυπωμένου κυκλώματος, το φωτοευαίσθητο ακτινοβολείται και διαλύεται.

Κατόπιν η μάσκα αφαιρείται, και η επιφάνεια των πάνελ ψεκάζεται με ένα αλκαλικό παράγωγο που διαλύει το ακτινοβολημένο φωτοευαίσθητου υλικό στις περιοχές του τυπωμένου σχεδίου, αφήνοντας εκτεθειμένο το φύλλο χαλκού στην επιφάνεια του υποστρώματος.

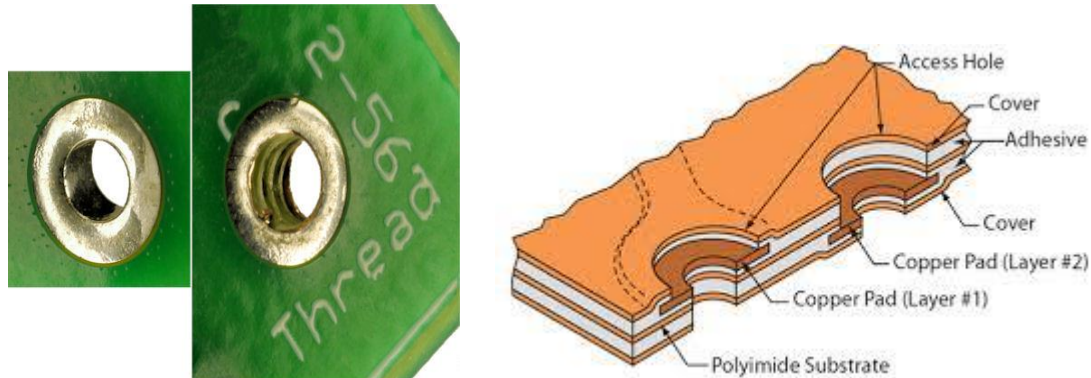
Έπειτα τα πάνελ ηλεκτρολύονται με χαλκό. Το φύλλο επί της επιφανείας του υποστρώματος ενεργεί ως κάθοδος σε αυτή τη διαδικασία, και η περιεκτικότητα σε χαλκό που επικάθεται στις εκτεθειμένες περιοχές του φύλλου έχει πάχος περίπου 0,001 έως 0,002 ίντσες (0,025 έως 0,050 mm). Οι περιοχές που καλύπτονται ακόμη με φωτοευαίσθητο υλικό, δε λειτουργούν ως κάθοδος και δεν επιστρώνονται. Ένα στρώμα κασσιτέρου-μολύβδου ή άλλο προστατευτικό επίχρισμα επιστρώνεται πάνω από την επιχάλκωση, για να αποτρέψει το χαλκό από την οξείδωση και επιπλέον δρα σαν ένα προστατευτικό στρώμα για το επόμενο στάδιο παραγωγής.

Το φωτοευαίσθητο απομακρύνεται από τις πλακέτες με ένα διαλύτη για να εκθέσει το τυπωμένο σχέδιο (διάδρομοι) χαλκού στο υπόστρωμα. Οι πλακέτες ψεκάζονται με ένα διάλυμα οξέος που «ροκανίζει» το φύλλο χαλκού. Η επιχάλκωση στο τυπωμένο σχέδιο κυκλώματος προστατεύεται από την επικάλυψη κασσιτέρου-μολύβδου και δεν επηρεάζεται από το οξύ. Εντέλει, απομένει ένα καλοσχηματισμένο τυπωμένο κύκλωμα χαλκού στο υπόστρωμα.



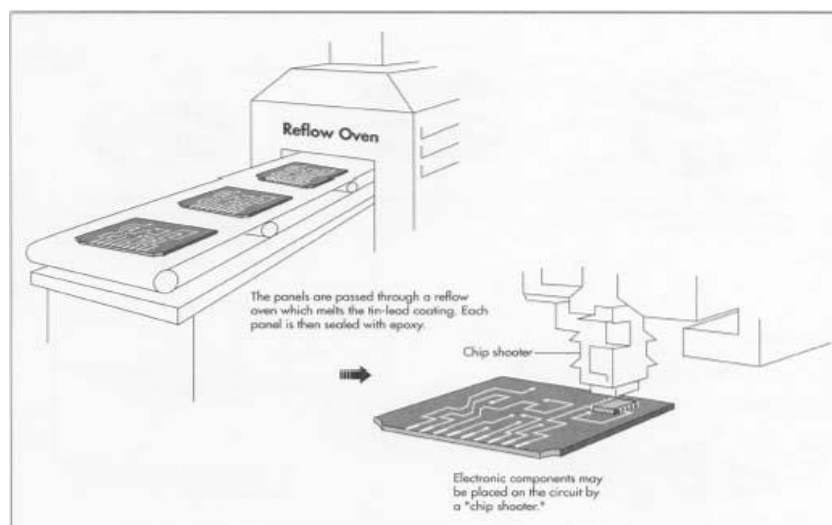
## 1.2.6 Τοποθέτηση των δακτυλίων επαφής

Οι δακτύλιοι επαφής ενσωματώνονται στο άκρο του υποστρώματος για να συνδεθούν με το τυπωμένο κύκλωμα. Στα αρχικά στάδια είναι καλυμμένοι από το υπόλοιπο της πλακέτας και έπειτα επιμεταλλώνονται. Η επιμετάλλωσή τους γίνεται με τρεις διαδοχικές στρώσεις μετάλλων: πρώτα μία στρώση κασσιτέρου-μολύβδου, έπειτα μία νικελίου και εντέλει μία χρυσού.



## 1.2.7 Ανάμιξη της επικάλυψης κασσιτέρου-μολύβδου

Η επικάλυψη κασσιτέρου-μολύβδου επί της επιφάνειας του χάλκινου τυπωμένου κυκλώματος είναι πολύ πορώδης και εύκολα οξειδώνεται. Για την προστασία της, οι πλάκες περνούν μέσα από έναν φούρνο «επανέκχυσης» ή λουτρό θερμού ελαίου, στα οποία προκαλείται η τήξη του κασσιτέρου-μολύβδου ή επανέκχυση με αποτέλεσμα να καταλήγει σε μια γυαλιστερή επιφάνεια (Coombs 2008: 300-304).



### 1.2.8 Μόνωση και κοπή των πλακετών

Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των ηλεκτρονικών στο σημερινό κόσμο, μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος αναμένεται να λειτουργήσει σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών συνθηκών. Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα στη συνέχεια εκτίθενται σε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών συνθηκών, όπως η υγρασία, το αλάτι, τα χημικά, οι αλλαγές της θερμοκρασίας κτλ. Τα σύγχρονα υλικά επικάλυψης έχουν σχεδιαστεί, για να προστατεύουν τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα από τις διαφορετικές αυτές συνθήκες και να αποτρέψουν το τυπωμένο κύκλωμα κυρίως από τη διάβρωση. Το υλικό επικάλυψης είναι ένα λεπτό φιλμ από πολυμερές που «συμμορφώνεται» με τα περιγράμματα ενός τυπωμένου κυκλώματος για την προστασία των εξαρτημάτων του αλλά και των χαραγμένων διαδρόμων. Συνήθως εφαρμόζεται σε διαδοχικές στρώσεις 25-250 μm ανάλογα με τις συνθήκες στις οποίες θα λειτουργήσει η πλακέτα (Coombs 2008: 139-163). Υπάρχουν διάφοροι τύποι επικαλύψεων στην αγορά σήμερα. Ακολουθούν οι πέντε επικρατέστεροι με τα πλεονεκτήματα που τους χαρακτηρίζουν:

#### Ακρυλικά υλικά

- Ευκολία εφαρμογής
- Απλή διαδικασία στεγνώματος
- Αντοχή στην υγρασία
- Υψηλό επίπεδο φθορισμού
- Ευκολία προσαρμογής του ιξώδους

#### Εποξειδικά υλικά

- Χρήσιμα για θερμοκρασίες 150 ° C [302F]
- Μεγαλύτερη σκληρότητα, αντοχή στην τριβή
- Υψηλότερο Tg (μετάβαση από γυαλί)
- Καλές διηλεκτρικές ιδιότητες

### Υλικά Πολυουρεθάνης

- Καλές διηλεκτρικές ιδιότητες
- Αντοχή στην υγρασία
- Αντοχή στους διαλύτες
- Λιγότερο δυναμικό αναστροφής
- Αντίσταση τριβής

### Σιλικόνες

- Σταθερές ιδιότητες σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (από  $-40^{\circ}\text{C}$  έως  $200^{\circ}\text{C}$ ) [- 40F 392F]
- Αντοχή στην υγρασία
- Υψηλή διηλεκτρική αντοχή

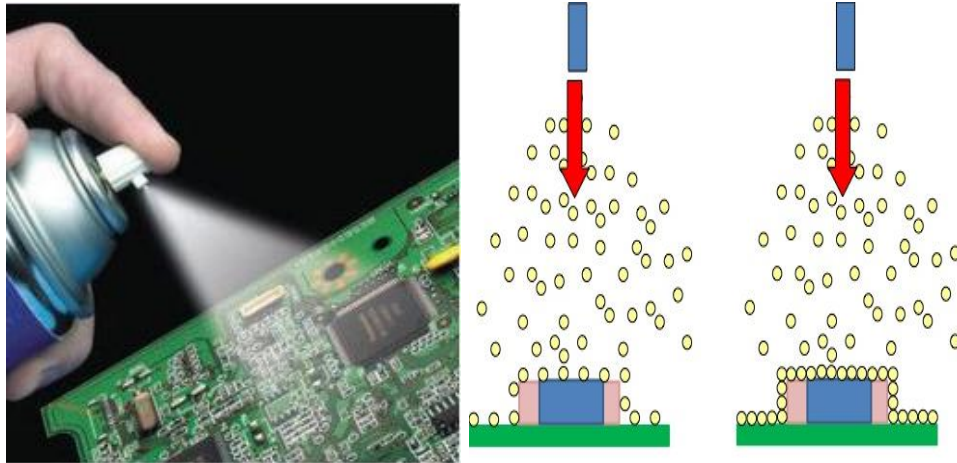
### Φθοριούχα ή μη φθοριούχα (Parylene)

- Εξαιρετική ομοιομορφία ανεξάρτητα από τη γεωμετρία
- Χημική αδράνεια
- Ελάχιστη προστιθέμενη μάζα και χαμηλή εκπομπή αερίων
- Χαμηλή διαδικασία περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Χαμηλή διηλεκτρική σταθερά

### Άμορφο Fluoropolymer

- Χαμηλή διηλεκτρική σταθερά
- Υψηλή θερμοκρασία μετάβασης υάλου
- Χαμηλή απορρόφηση νερού
- Αντοχή στους διαλύτες





### 1.2.9 Τοποθέτηση των εξαρτημάτων

Μεμονωμένες πλακέτες διέρχονται μέσω διαδοχικών μηχανών οι οποίες τοποθετούν τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα στη σωστή θέση τους στο κύκλωμα. Εάν η τεχνολογία επιφανειακής στήριξης πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, για να τοποθετηθούν τα εξαρτήματα, οι πλακέτες περνάνε πρώτα μέσα από ένα αυτόματο μηχάνημα συγκόλλησης, το οποίο τοποθετεί μια μικρή σταγόνα της πάστας συγκόλλησης σε κάθε σημείο επαφής. Πολύ μικρά εξαρτήματα μπορούν να τοποθετηθούν με "chip shouter" που τοποθετεί γρήγορα τα μικρά εξαρτήματα επάνω στην πλακέτα. Τα μεγαλύτερα εξαρτήματα συνήθως τοποθετούνται από μηχανές ή με το ανθρώπινο χέρι. Αφού τοποθετηθούν όλα τα εξαρτήματα, συγκολλούνται στα κυκλώματα. Με την τεχνολογία επιφανειακής στήριξης, η συγκόλληση γίνεται με διέλευση των πλακετών μέσω μιας διαδικασίας τήξης, η οποία προκαλεί την τήξη της πάστας συγκόλλησης για να επιτευχθεί η σύνδεση. Τα υπολείμματα της κόλλησης καθαρίζονται με νερό ή διαλύτες, ανάλογα με τον τύπο της συγκόλλησης που χρησιμοποιείται.



### 1.2.10 Έλεγχοι ποιότητας

Τελευταίο στάδιο στην αλυσίδα της παραγωγής αποτελεί το τμήμα του Ποιοτικού Ελέγχου. Ανάλογα με την τεχνολογία επαφών, τη λειτουργία αλλά και των αριθμό των στρώσεών τους τα ολοκληρωμένα τυπωμένα κυκλώματα περνούν από μια καθορισμένη αλληλουχία ελέγχων. Οι επικρατέστεροι είναι οι οπτικοί έλεγχοι (με τη βοήθεια μικροσκοπίου), οι έλεγχοι λειτουργίας των εξαρτημάτων ξεχωριστά, ο έλεγχος συνολικής λειτουργίας του κυκλώματος, ο έλεγχος μέτρησης του πάχους του μονωτικού υλικού σε ευπαθή σημεία καθώς και οι έλεγχοι μετρήσεων αγωγιμότητας (Coombs 2008: 1179-1200). Γενικά όμως οπτικοί έλεγχοι πραγματοποιούνται σε όλες τις διαδικασίες παραγωγής για την ανίχνευση ελαττωμάτων. Μερικά από αυτά τα ελαττώματα δημιουργούνται από τις αυτόματες μηχανές. Για παράδειγμα, τα εξαρτήματα μερικές φορές τοποθετούνται σε λανθασμένη θέση ή μετατοπίζονται πριν από την τελική συγκόλληση. Επίσης, άλλες ατέλειες προκαλούνται συνήθως από την υπερβολική εφαρμογή πάστας συγκόλλησης, η οποία μπορεί να προκαλέσει τη δημιουργία γέφυρας σε δύο παρακείμενες διαδρομές του τυπωμένου κυκλώματος.

Μία άλλη αστοχία προκαλείται από τη γρήγορη θέρμανση των κολλήσεων στην τελική διαδικασία αναδιαμόρφωσης, που μπορεί να προκαλέσει την ανύψωση του ενός άκρου ενός εξαρτήματος με αποτέλεσμα να μην κάνει επαφή. Οι ολοκληρωμένες πλακέτες δοκιμάζονται επίσης για τη λειτουργική απόδοσή τους, για να διασφαλιστεί ότι η παραγωγή τους είναι μέσα στα επιθυμητά όρια. Μερικές πλακέτες υπόκεινται σε περιβαλλοντικούς

ελέγχους, για να καθοριστούν οι επιδόσεις τους υπό ακραίες θερμοκρασίες, συνθήκες υγρασίας, κραδασμών και κρούσης.



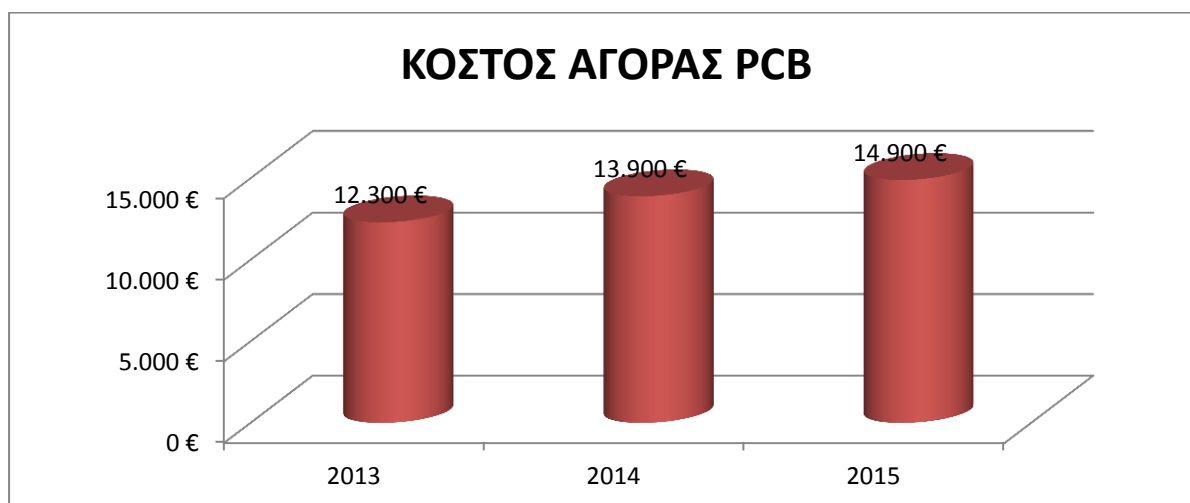
## **2. Προσδιορισμός απαιτούμενης δυναμικότητας παραγωγής (Τρέχουσας και Μελλοντικής)**

Πρώτο λόγο στην επιλογή του απαραίτητου εξοπλισμού, χώρου και προσωπικού έχει η ιεράρχηση των απαιτήσεων του εργοστασίου για τη δημιουργία τυποποιημένων κυκλωμάτων. Με γνώμονα τα στοιχεία των προηγούμενων ετών αλλά και την τάση εκσυγχρονισμού και ανασχεδιασμού των ηλεκτρονικών συστημάτων των ΕΔ θα υπολογίσουμε τις τωρινές απαιτούμενες ανάγκες αλλά και θα προβλέψουμε τη ζήτηση για την επόμενη δεκαετία, ώστε η γραμμή παραγωγής των τυποποιημένων κυκλωμάτων να μπορέσει να αντεπεξεχθεί στους εκάστοτε ρυθμούς παραγωγής.

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι ανάγκες για τη δημιουργία τυποποιημένων κυκλωμάτων των τριών τελευταίων ετών καθώς και το ποσό που δαπανήθηκε για την απόκτησή τους από ιδιωτικές επιχειρήσεις:

| ΕΤΟΣ | ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΛΑΚΕΤΩΝ ΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΚΑΝ ΑΠΟ ΙΔΙΩΤΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ (τεμάχια διαφόρων μεγεθών) | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΟΥ ΔΑΠΑΝΗΘΗΚΕ (ΧΩΡΙΣ ΦΠΑ) | ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΓΟΡΑΣ ΤΕΜΑΧΙΟΥ (ΧΩΡΙΣ ΦΠΑ) | ΑΥΞΗΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟ ΕΤΟΣ |
|------|---|--|---------------------------------------|--|
| 2013 | 307   | 12.300 €                                   | 40 €                                  | 10,52%   |
| 2014 | 323   | 13.900 €                                   | 43 €                                  | 10,96%   |
| 2015 | 354   | 14.900 €                                   | 42 €                                  |  |

Παρατηρούμε μία ανοδική τάση στη ζήτηση κατασκευής τυποποιημένων κυκλωμάτων (PCB) και αυτό παρουσιάζεται καλύτερα στα παρακάτω γραφήματα που προκύπτουν από τον πίνακα:



Με βάση τα παραπάνω δεδομένα παρατηρούμε ότι μία γραμμή παραγωγής χαμηλής δυναμικότητας θα μπορούσε να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του εργοστασίου την τρέχουσα χρονική περίοδο.

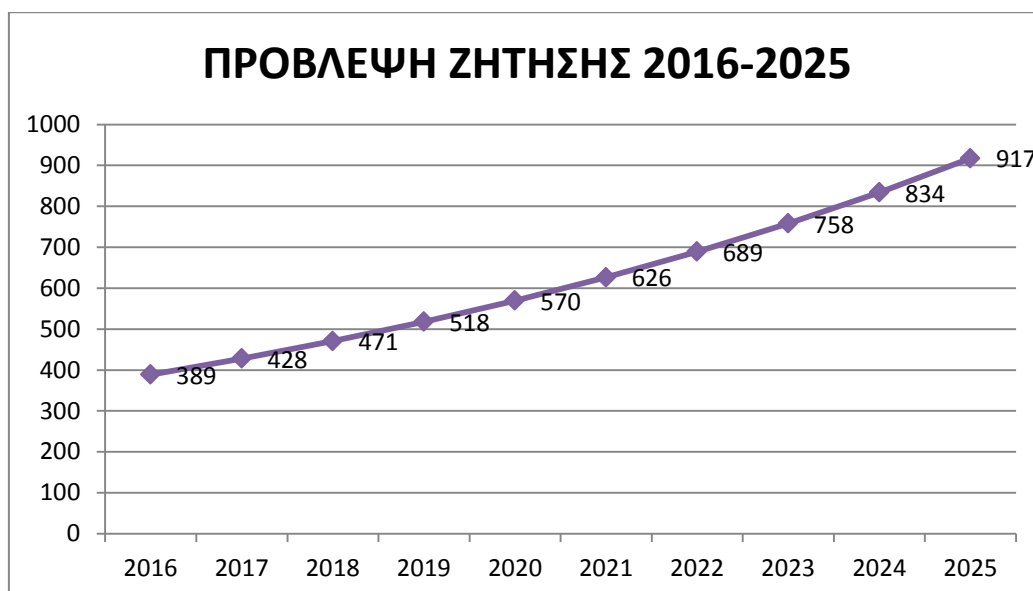
Η πρόβλεψη και η διαχείριση της ζήτησης αποτελούν τη βάση για το συντονισμό όλων των λειτουργιών παραγωγής και κατ' επέκταση όλων των σταθμών εργασίας. Κύριο μέλημά μας είναι ο σωστός σχεδιασμός των παραγωγικών διαδικασιών και η επιλογή του απαραίτητου εξοπλισμού, προσωπικού αλλά και υλών για την επίτευξη της μέγιστης αποδοτικότητας του παραγωγικού συστήματος και η παράδοση του προϊόντος χωρίς καθυστέρηση (Παναγιώτου & Ευαγγελόπουλος & Κατημερτζόγλου & Γκαγιαλής 2013).

Ακολουθώντας τις λειτουργίες και την αποστολή του εργοστασίου διαπιστώνουμε ότι η ζήτηση σε τυπωμένα κυκλώματα είναι μία εξαρτημένη ζήτηση και δεν αφήνει πολλά περιθώρια επιλογής αφού πρέπει να ικανοποιηθεί είτε με εσωτερική παραγωγή είτε με αγορά. Το υπάρχον τηλεπικοινωνιακό και ηλεκτρονικό υλικό του Στρατού Ξηράς πρέπει να παραμείνει πρωτίστως λειτουργικό αλλά παράλληλα να αναβαθμιστεί και να εκσυγχρονιστεί ανάλογα με τις δυνατότητες του. Επομένως, η συχνότητα των βλαβών αλλά και η επιτακτική ανάγκη της αναβάθμισης του υπάρχοντος υλικού μας καθιστά τη ζήτηση για παραγωγή τυπωμένων κυκλωμάτων εξαρτημένη.

Ένα από τα κρίσιμα ερωτήματα για το σχεδιασμό της γραμμής παραγωγής των PCB αλλά και τον υπολογισμό της δυναμικότητας της παραγωγικής διαδικασίας είναι η ορθή πρόβλεψη των μελλοντικών απαιτήσεων του εργοστασίου. Μία απλή και κοινή μέθοδος πρόβλεψης είναι η γραφική απεικόνιση των δεδομένων και η προσαρμογή ενός τύπου τάσης. Επιλύοντας στην συνέχεια τη συνάρτηση της καμπύλης που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα για μελλοντικές χρονικές στιγμές, παρέχεται μία γρήγορη και εύκολη πρόβλεψη. Γενικότερα, η κατανόηση των δεδομένων μέσω της γραφικής απεικόνισης των δεδομένων είναι πάντα ένα πολύ χρήσιμο πρώτο βήμα στη διαδικασία μίας πρόβλεψης.

Συνεπώς, από τα λιγοστά δεδομένα που διαθέτουμε από τα τρία προηγούμενα έτη, παρατηρούμε μία θετική γραμμική τάση της τάξεως του 10%. Λόγω της ιδιαίτερης αποστολής του εργοστασίου, της έλλειψης παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν τη ζήτηση, όπως ο ανταγωνισμός, η εποχικότητα, η κυκλικότητα κτλ αλλά και της οικονομικής κατάστασης στη χώρα, η οποία δεν ευνοεί την αγορά νέου ηλεκτρονικού τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, μπορούμε να βασιστούμε σε μια «ασφαλή» πρόβλεψη, όπως αυτή εμφανίζεται στα παρακάτω διαγράμματα με ορίζοντα τη δεκαετία.

| ΕΤΟΣ                         | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ<br/>ΣΕ PCB</b> | 389  | 428  | 471  | 518  | 570  | 626  | 689  | 758  | 834  | 917  |

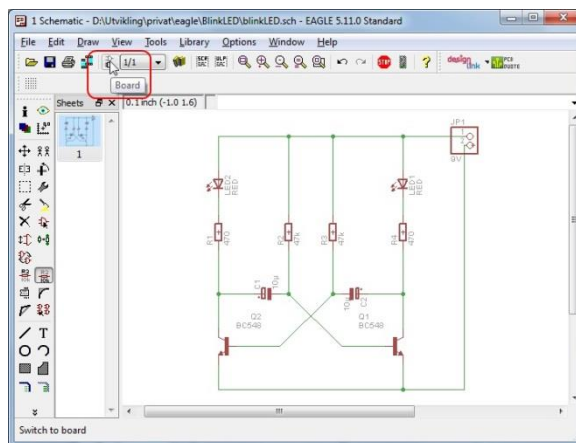


Συμπεραίνουμε ότι η ποσοτική μέθοδος πρόβλεψης της γραμμικής παλινδρόμησης ταιριάζει στην περίπτωση μας, αφού η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών (στη συγκεκριμένη περίπτωση χρόνος και ζήτηση) φαίνεται να είναι γραμμική. Η γραμμική παλινδρόμηση ενδείκνυται για μακροπρόθεσμες προβλέψεις και ολικό προγραμματισμό. Ο κύριος περιορισμός της μεθόδου αυτής είναι ότι υποθέτουμε πως τα δεδομένα του παρελθόντος και οι προβλέψεις βρίσκονται σε μια ευθεία γραμμή (Παναγιώτου & Ευαγγελόπουλος & Κατημερτζόγλου & Γκαγιαλής 2013).

### 3. Καθορισμός διαδικασιών παραγωγής που θα υιοθετηθούν

Μελετώντας τα στάδια κατασκευής των τυποποιημένων κυκλωμάτων, τις υπάρχουσες μεθόδους και υπολογίζοντας τις υποδομές του εργοστασίου και τα διαθέσιμα μέσα καλούμαστε να αποφασίσουμε τις καταλληλότερες διαδικασίες παραγωγής με απώτερο σκοπό τη μείωση του κόστους αλλά και τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας.

Πρωτίστως, εμφανίζεται η ανάγκη του σχεδιασμού των πλακετών σε κατάλληλο σχεδιαστικό λογισμικό. Υπενθυμίζεται ότι η βιομηχανία παραγωγής PCB έχει αναπτύξει μία πρότυπη μορφή εξόδου για να μεταφέρονται τα δεδομένα διάταξης στον κατασκευαστή, το Extended Gerber. Ένας σύγχρονος ηλεκτρονικός υπολογιστής καθώς και ένας εκπαιδευμένος χειριστής απαιτούνται για την εν λόγω διαδικασία.

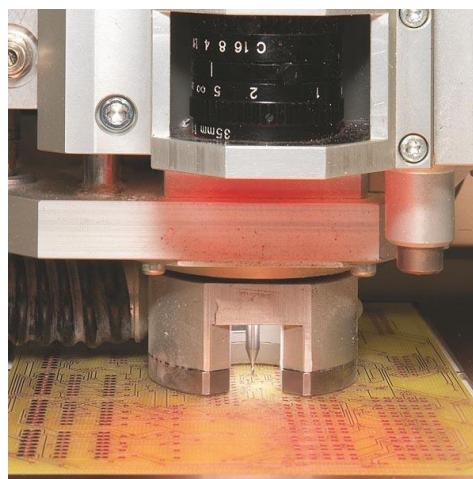


1. Απεικόνιση οθόνης Η/Υ κατά τη χρήση σχεδιαστικού προγράμματος για την παραγωγή PCB

Κατόπιν ακολουθούν οι κατασκευαστικές διαδικασίες. Οι σύγχρονοι σταθμοί εργασίας για την παραγωγή τυποποιημένων κυκλωμάτων διαχωρίζονται ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής σε δύο κατηγορίες: α) αυτόματοι σταθμοί κατεργασίας με χρήση κοπτικών εργαλείων (αφαιρετική μέθοδος για μικρής δυναμικότητας παραγωγή) και β) αυτόματοι σταθμοί κατεργασίας με χρήση UV laser (αφαιρετική ή προσθετική μέθοδος για μεγάλης δυναμικότητας παραγωγή). Σύμφωνα με τις υπάρχουσες αλλά και μελλοντικές απαιτήσεις του εργοστασίου θα επιλέξουμε έναν αυτόματο

σταθμό εργασίας με κοπτικά εργαλεία (Automatic CNC router/drilling/milling PCB workstation). Στο σταθμό αυτό θα εκτελούνται οι ακόλουθες διαδικασίες παραγωγής:

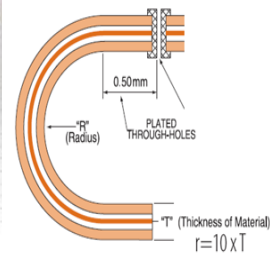
- Κατασκευή υποστρώματος στην πλακέτα (Copper Substrate)
- Δημιουργία οπών (CNC Router, Drilling 1or 2 sided PCBs)
- Δημιουργία κυκλωματικού διαγράμματος στο υπόστρωμα (Milling 1or 2 sided PCBs)
- Κοπή των πλακετών και μορφοποίησή τους (Contour routing, Depanelizing)
- Εφαρμογή Πάστας Κόλλησης για τεχνολογία SMD (Dispensing solder paste)



## 2. Αυτόματος σταθμός εργασίας με κοπτικά εργαλεία

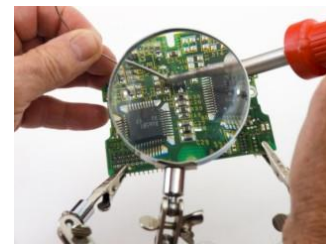
Έπειτα, απαιτείται ένα σύστημα επιμετάλλωσης των οπών για τις πλακέτες στις οποίες θα τοποθετηθούν εξαρτήματα through hole. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του εργοστασίου προτιμάται ο χημικός τρόπος επιμετάλλωσης. Όπως προαναφέρθηκε, ο τρόπος αυτός προσφέρει μεγάλη ακρίβεια και ταχύτητα στην επιμετάλλωση των οπών, η οποία γίνεται ταυτόχρονα σε όλη την πλακέτα. Επιτυγχάνεται ανθεκτική στην υγρασία και σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες επιμετάλλωση των οπών. Τα απαιτούμενα μέσα είναι ένας σταθμός εργασίας με κατάλληλα ηλεκτροστατικά «μπάνια» καθώς και τα απαραίτητα χημικά αναλώσιμα.





### 3. Επιμετάλλωση οπών με χημικό τρόπο

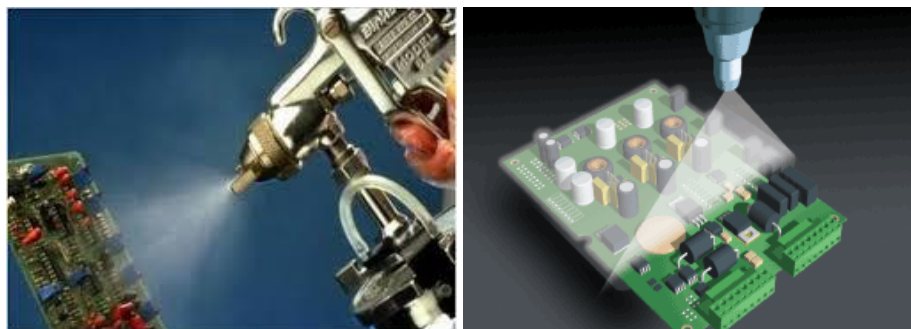
Έπεται η διαδικασία της συναρμολόγησης των κατάλληλων εξαρτημάτων. Το 306 EBT διαθέτει διάφορα τμήματα επισκευής και συναρμολόγησης τυποποιημένων κυκλωμάτων ανάλογα με το τεχνικό υλικό που υποστηρίζει το καθένα. Επομένως τα PCBs που θα παράγονται κατόπιν αιτήσεως των τμημάτων επισκευής θα οδηγούνται σε αυτά για τη συναρμολόγηση των εξαρτημάτων που απαιτείται.



### 4. Συναρμολόγηση εξαρτημάτων σε PCB από εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό

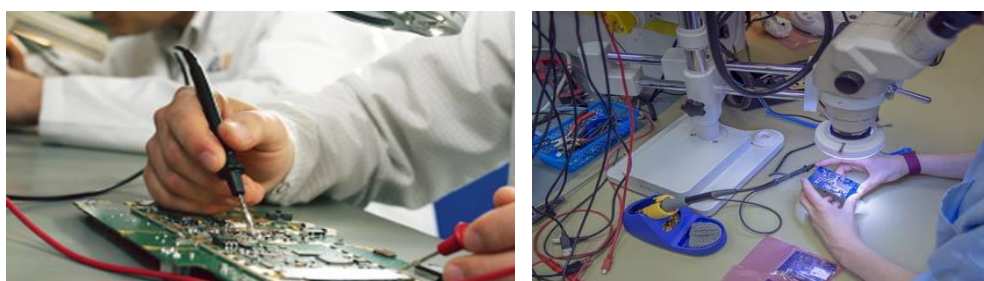
Στη συνέχεια τα ολοκληρωμένα τυπωμένα κυκλώματα θα οδηγούνται στο τμήμα «ΒΑΦΕΙΟ» του εργοστασίου το οποίο διαθέτει τα κατάλληλα μέσα ψεκασμού για την εφαρμογή κατάλληλης ακρυλικής επίστρωσης (Solvent and water-based conformal coatings / UV conformal coatings ). Θα εφαρμόζεται σε διαδοχικές στρώσεις 25-250  $\mu\text{m}$  ανάλογα με τις συνθήκες στις οποίες θα λειτουργήσει η πλακέτα και τις απαιτήσεις του σχεδιασμού. Χάρη στη μεγάλη ποικιλία των ηλεκτρονικών στο σημερινό κόσμο, μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος, αναμένεται να λειτουργήσει σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών συνθηκών. Συνήθως οι παράγοντες που επηρεάζουν την ορθή λειτουργία αλλά και το χρόνο ζωής των ηλεκτρονικών είναι η υγρασία, η διάβρωση, τα διάφορα χημικά αλλά και οι ακραίες αλλαγές της θερμοκρασίας. Οι σύγχρονες επικαλύψεις έχουν σχεδιαστεί για να προστατεύουν τα

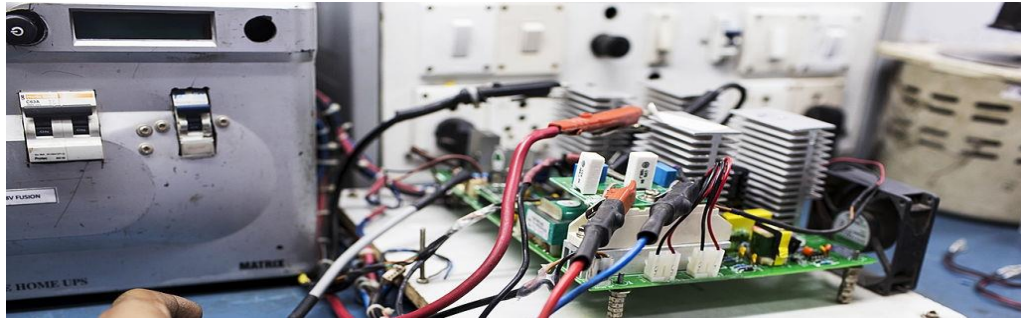
ηλεκτρονικά εξαρτήματα από αυτές συνθήκες και να τα καταστήσουν ανθεκτικά στο χρόνο.



5. Διαδικασία προστατευτικής επικάλυψης PCB με μέσα ψεκασμού

Αφού ολοκληρωθεί το στάδιο της επικάλυψης για την προστασία τους, τα παραγόμενα τυπωμένα κυκλώματα θα μεταφέρονται στο τμήμα «ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ» του εργοστασίου όπου θα διεξάγονται λεπτομερείς έλεγχοι ποιότητας. Να διευκρινίσουμε ότι οπτικοί έλεγχοι θα πραγματοποιούνται σε όλα τα παραγωγικά στάδια της γραμμής παραγωγής για την εύρεση σκάρτων προϊόντων. Επιπροσθέτως, στο τμήμα συναρμολόγησης θα γίνονται και ηλεκτρικοί έλεγχοι των εξαρτημάτων αλλά και των συγκολλήσεων. Στο τμήμα του «ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ», λόγω υποδομών και τεχνογνωσίας, θα πραγματοποιούνται οπτικοί έλεγχοι με τη βοήθεια μικροσκοπίου για την εύρεση ελαττωμάτων παραγωγής αλλά και αστοχίας συγκολλήσεων από τη συναρμολόγηση των εξαρτημάτων. Επίσης, με τη χρήση τροφοδοτικών μηχανημάτων αλλά και με τη βοήθεια παλμογράφων θα δοκιμάζεται το τυπωμένο κύκλωμα ως προς τη συνολική ορθή λειτουργία του.

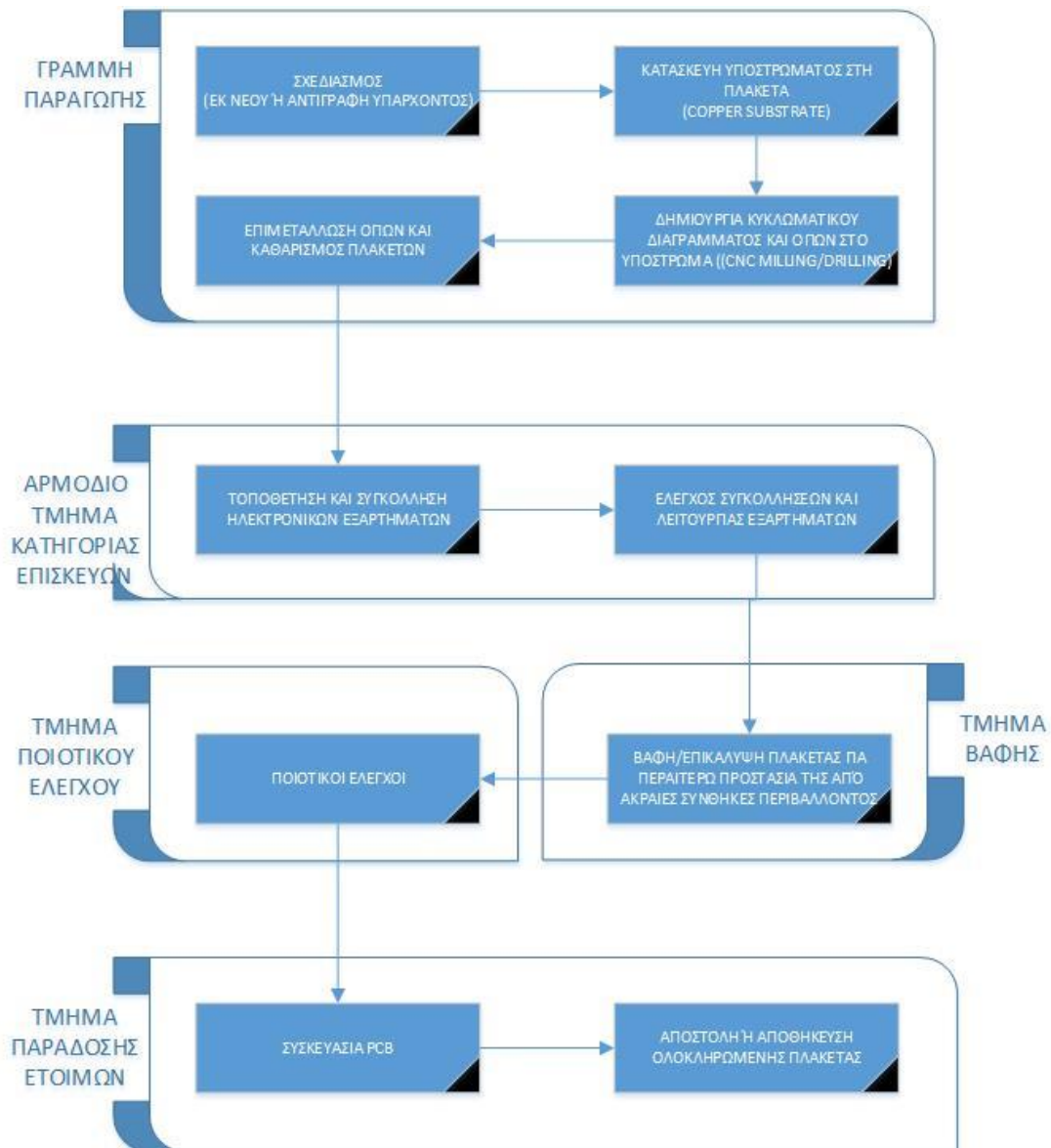




*6. Διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου παραγόμενων τυπωμένων κυκλωμάτων*

Ολοκληρώνοντας τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας των τυπωμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων οδηγούμαστε στο «ΤΜΗΜΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΕΤΟΙΜΩΝ». Σε αυτό το χώρο τα PCB με τα κατάλληλα συνοδευτικά έγγραφα παραγωγής είτε θα συσκευάζονται, για να αποσταλούν στις Μονάδες για τις οποίες προορίζονται, είτε θα οδηγηθούν στα αντίστοιχα τμήματα του Εργοστασίου, για τα οποία προορίζονταν εξ αρχής, για να χρησιμοποιηθούν για την επισκευή-ανακατασκευή ή εκσυγχρονισμό κύριου τεχνικού υλικού.

#### 4. Διάγραμμα διαδικασιών παραγωγής (process chart)



### **Βιβλιογραφία Α' Κεφαλαίου**

Μακρής Α. (2014). *Μελέτη και κατασκευή διάταξης χάραξης τυπωμένων κυκλωμάτων*. Διπλωματική Εργασία. Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Τατάκης Ε. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών. Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών. Τομέας Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας. Εργαστήριο Ηλεκτρομηχανικής Μετατροπής Ενέργειας.

Clyde F. Coombs, Jr. (2008). *Printed Circuits Handbook*. (6<sup>η</sup> έκδ.). United States of America: Mc Graw-Hill Companies.

De Carlo F. & M. Arleo & O. Borgia & M. Tucci (2013). Layout Design for a Low Capacity Manufacturing Line: A Case Study. *International Journal of Engineering Business Management. Special Issue on Innovations in Fashion Industry* 35: 1-10.

Παναγιώτου Ν. & Ν. Ευαγγελόπουλος & Π. Κατημερτζόγλου & Σ. Γκαγιαλής (2013). Διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών: οργάνωση, αναδιοργάνωση και βελτίωση. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

### **Στρατιωτική Βιβλιογραφία**

Οργανισμός Εσωτερικής Λειτουργίας 306 ΕΒΤ

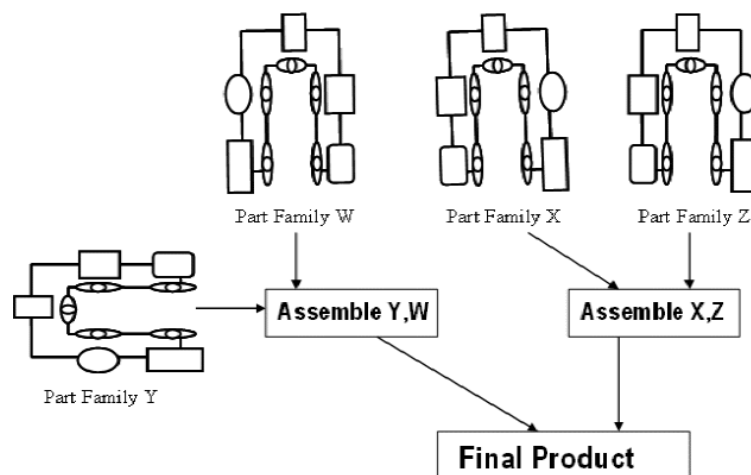
Πάγια Διαταγή ΓΕΣ/ΔΤΧ/2ο υπ' αριθμ.6-12/2005: Κρίση Υλικών ως Πέραν Επιτόπιας Επισκευής ή Πέραν Οικονομικής Επισκευής

Στρατιωτικός Κανονισμός: ΣΚ 301-5 Ειδικός Κανονισμός Στρατιωτικών Εργοστασίων

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β'. ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

### 5. Περιγραφή συστήματος δόμησης και χωροταξίας του Εργοστασίου

Το 306 ΕΒΤ υιοθετεί ως σύστημα δομήσεως της χωροταξίας τη διάταξη καθ' ομάδας (group layout) λόγω της καθορισμένης αποστολής του αλλά και της κατηγοριοποίησης των υλικών που υποστηρίζει. Βασικό κριτήριο ομαδοποίησης αποτελεί η λειτουργία των μηχανημάτων παραγωγής ή επισκευής καθώς και οι διαδικασίες επισκευής ή τα φασεολόγια παραγωγής αντίστοιχα. Τα μηχανήματα είναι διατεταγμένα σε ομάδες ανάλογα με τον τρόπο και το σκοπό λειτουργίας κάθε τμήματος. Η διάταξη αυτή εξυπηρετεί την παραγωγή ή επισκευή προϊόντων με μεγάλο αριθμό εξαρτημάτων, όπως τα υλικά τηλεπικοινωνίας.



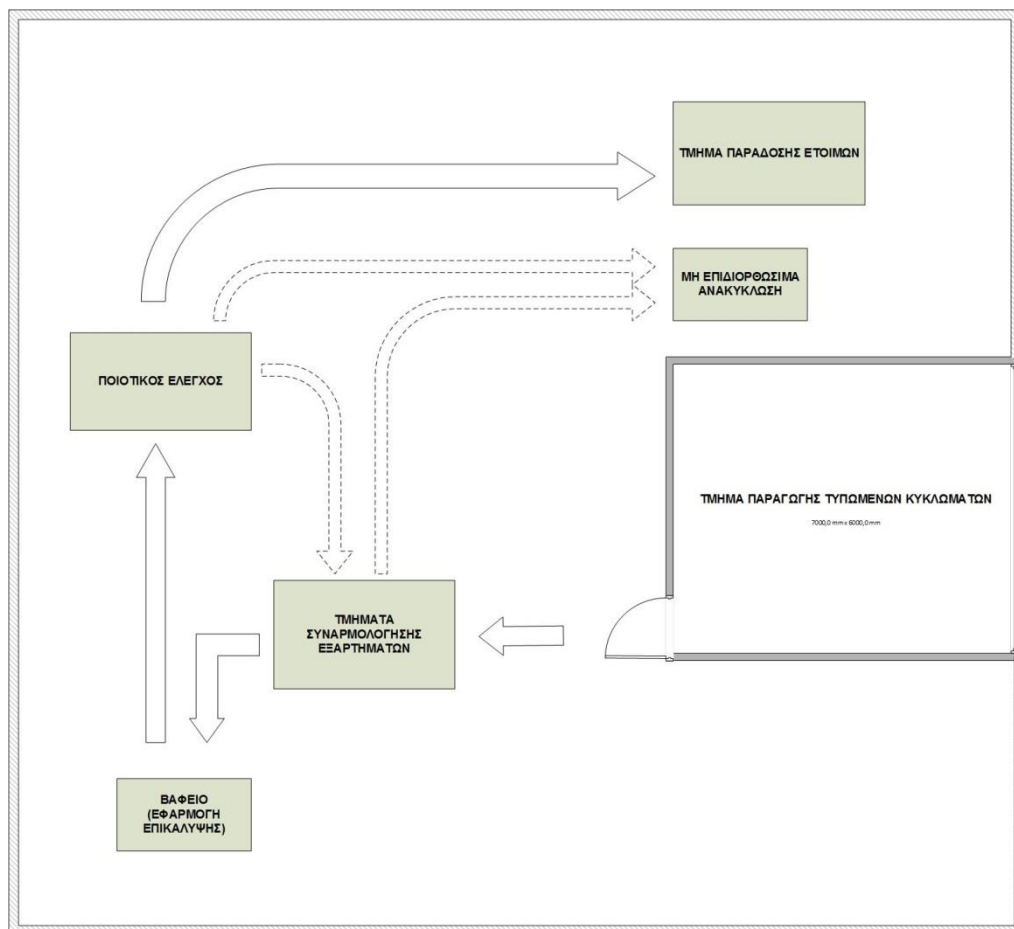
*Τυπική δομή τμημάτων επισκευής/παραγωγής εργοστασίου*

Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτής της διάταξης είναι:

- Η καλή εκμετάλλευση του εργατικού προσωπικού αλλά και η ευκολία στην εκπαίδευση νέου
- Η ευκολία υποστήριξης των τμημάτων με βοηθητικές υπηρεσίες
- Οι ευχάριστες για τους εργαζόμενους συνθήκες εργασίας
- Η σχετικά εύκολη συντήρηση των μηχανημάτων
- Ο μικρός χρόνος παραγωγής ή επισκευής

- Η ευκολία ελέγχου των παραγωγικών/επισκευαστικών διαδικασιών
- Το χαμηλό κόστος λειτουργίας
- Ο μεγάλος χρόνος και κόστος διακινήσεων
- Η χαμηλή ταχύτητα αντίδρασης σε περιπτώσεις βλάβης μηχανών
- Η δυσκολία στον προγραμματισμό της παραγωγής
- Το υψηλό επίπεδο οργάνωσης (Ανδριανόπουλος 1994).

Στο παρακάτω γράφημα απεικονίζεται πρόχειρο σχέδιο του ισογείου του εργοστασίου, στο οποίο βρίσκονται και όλα τα παραγωγικά τμήματα. Λόγω της ιδιότητας του εργοστασίου αλλά και για ευνόητους λόγους ασφαλείας δεν απεικονίζονται λεπτομερώς ο χωροταξικός σχεδιασμός των τμημάτων και παρουσιάζονται μόνο αυτά τα οποία εμπλέκονται στην παραγωγική διαδικασία των τυπωμένων ηλεκτρικών κυκλωμάτων.



Παρατηρούμε ότι τα τμήματα που εμπλέκονται στην παραγωγή των τυπωμένων κυκλωμάτων είναι:

- Τμήμα παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων
- Τμήματα συναρμολόγησης εξαρτημάτων
- Βαφείο
- Ποιοτικός Έλεγχος
- Τμήμα παράδοσης ετοιμών
- Χώρος διαχείρισης σκάρτων (Χώρος ανακύκλωσης)

## 6. Απαιτούμενος εξοπλισμός

### (Τμήματος κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων)

Προαναφέραμε τις διαδικασίες που θα υιοθετηθούν κατά την παραγωγική διαδικασία των τυπωμένων κυκλωμάτων, καθώς θα επικεντρωθούμε σε αυτήν την ενότητα σε αυτές που θα πραγματοποιούνται στο «Τμήμα κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων».

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι διαδικασίες παραγωγής των PCB που θα υλοποιούνται σε αυτό το τμήμα:





Αρχικά, απαραίτητη είναι η δημιουργία ενός σταθμού εργασίας για το σχεδιασμό των κυκλωμάτων. Ένας σύγχρονος ηλεκτρονικός υπολογιστής καθώς και ένας ορθά εκπαιδευμένος χειριστής απαιτούνται για την εν λόγω διαδικασία του σχεδιασμού του κυκλώματος που απαιτείται.

Κατόπιν, αναγκαία είναι η προμήθεια ενός κατάλληλου αυτόματου σταθμού εργασίας με κοπτικά εργαλεία, ο οποίος θα καλύπτει τις ανάγκες της ζήτησης. Επειδή ο διαθέσιμος χώρος του τμήματος είναι προκαθορισμένος σε διαστάσεις πρέπει οι σταθμοί εργασίας να έχουν περιορισμένες γεωμετρικές διαστάσεις, για να μπορέσουμε να τους τοποθετήσουμε σε μια παραγωγική διάταξη που θα διευκολύνει τις καθημερινές δραστηριότητες αλλά και θα μπορούμε να τις αξιοποιούμε στο μέγιστο από πλευράς απόδοσής τους.

Ο χειρισμός αυτών των σταθμών εργασίας απαιτεί εκπαίδευση του εργαζόμενου προσωπικού από την κατασκευάστρια εταιρία. Μετά από έρευνα αγοράς διαπιστώσαμε ότι οι σημερινοί αυτόματοι σταθμοί Κατασκευής/Χάραξης και Παραγωγής PCB με κοπτικά εργαλεία έχουν τη δυνατότητα να υλοποιήσουν τις παρακάτω διαδικασίες:

- Κατασκευή υποστρώματος στην πλακέτα (Copper Substrate)
- Δημιουργία οπών (CNC Router, Drilling 1or 2 sided PCBs)
- Δημιουργία κυκλωματικού διαγράμματος στο υπόστρωμα (Milling 1or 2 sided PCBs)
- Κοπή των πλακετών και μορφοποίησή τους (Contour routing, Depanelizing)
- Εφαρμογή Πάστας Κόλλησης για τεχνολογία SMD (Dispensing solder paste)

Επιπλέον παρατηρούμε ότι το στάδιο της επιμετάλλωσης των οπών και ο καθαρισμός των παραγόμενων πλακετών από τα κατάλοιπα των προηγούμενων διαδικασιών καθιστούν αναγκαία την υλοποίηση ενός τρίτου σταθμού εργασίας. Για να ικανοποιηθούν οι προδιαγραφές κατασκευής του εργοστασίου θα υιοθετήσουμε το χημικό τρόπο επιμετάλλωσης των οπών. Όπως προαναφέραμε, ο τρόπος αυτός προσφέρει μεγάλη ακρίβεια και ταχύτητα στην επιμετάλλωση των οπών, η οποία γίνεται ταυτόχρονα σε όλη

την πλακέτα. Κύριο πλεονέκτημα της χημικής διαδικασίας είναι η αντοχή των PCB στην υγρασία αλλά και σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Επομένως, κατάλληλες «ηλεκτροστατικές δεξαμενές» (ηλεκτροστατικά μπάνια) αποτελούν τον τρίτο σταθμό εργασίας που χρειάζεται να εγκατασταθεί στο καθορισμένο χώρο του τμήματος κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων. Οι διαστάσεις των «δεξαμενών» αυτών είναι ιδιαίτερα μικρές και συνήθως τοποθετούνται σε κατάλληλα διαμορφωμένους πάγκους εργασίας για την διευκόλυνση των εργαζομένων. Επιπροσθέτως, ο χειρισμός τους δεν απαιτεί κάποια ειδική εκπαίδευση παρά μόνο την τήρηση των οδηγιών λειτουργίας του κατασκευαστή.

## ΤΜΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΥΠΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ (PCB)

ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ  
ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

ΣΤΑΘΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ  
ΚΑΙ ΧΑΡΑΞΗΣ  
ΤΥΠΩΜΕΝΩΝ  
ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

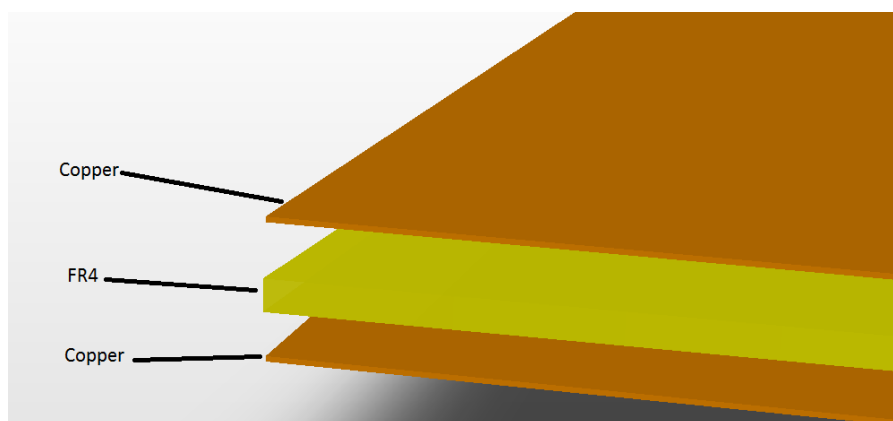
ΣΤΑΘΜΟΣ  
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗΣ ΚΑΙ  
ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΠΛΑΚΕΤΩΝ

### 7. Αποθηκευτικοί, υποστηρικτικοί και κοινόχρηστοι χώροι

#### 7.1 Αποθηκευτικοί χώροι

Γνωρίζοντας ότι οι πρώτες ύλες για την κατασκευή τυπωμένων κυκλωμάτων είναι οι πλακέτες FR-4. Το FR-4 είναι το κύριο υλικό από το οποίο παράγονται η συντριπτική πλειοψηφία των άκαμπτων πλακετών τυπωμένων κυκλωμάτων (PCB). Ένα λεπτό στρώμα από φύλλο χαλκού ελασματοποιείται σε ένα ή και στις δύο πλευρές ενός FR-4 εποξικού φύλλου από γυαλί. Οι παρούσες ανάγκες για προμήθεια είναι οι παρτίδες πλακετών FR-4 μεγέθους A4 (ανάλογα με το σταθμό εργασίας που θα την επεξεργασθεί) και συνήθως διατίθενται σε ποσότητες πολλαπλάσιας της δεκάδας.

Κατά την παραγγελία επιστρωμένων χάλκινων πλακετών, το πάχος FR-4 και το πάχος του φύλλου χαλκού πρέπει να προσδιορίζονται χωριστά. Αυτό συνεπάγεται διαφορετικές παρτίδες πρώτων υλών με διαφορετικές προδιαγραφές. Σύμφωνα με το σχεδιασμό του τυπωμένου κυκλώματος αλλά και ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας που θα αντιμετωπίσει η πλακέτα ως έτοιμο προϊόν θα επιλεχθούν οι κατάλληλες πλακέτες FR-4 για την παραγωγή.



*Διαστρωμάτωση πλακέτας FR4 επενδεδυμένης με διπλό στρώμα χαλκού*

Με τον όρο «αποθήκευση» θα αναφερόμαστε στη λειτουργία του τμήματος παραγωγής πλακετών που συμβάλλει στην ορθολογική διατήρηση των αγαθών από τη στιγμή της παραγωγής τους μέχρι τη στιγμή της προώθησής τους.

Τα πλεονεκτήματα του καλού σχεδιασμού του χώρου αποθήκευσης είναι τα εξής:

- Χαμηλό κόστος λειτουργίας
- Χαμηλό κόστος διακίνησης των υλικών
- Άμεση ικανοποίηση παραγωγής
- Έλεγχος και παρακολούθηση υλικών (ιχνηλασιμότητα)
- Συνεχής ποιοτικός έλεγχος εισερχομένων και εξερχομένων υλικών
- Ευκολία προσαρμογής σε νέες συνθήκες (Ανδριανόπουλος 1994:1-5).

Εάν αναλογιστούμε ότι συνήθως από μία πλακέτα FR-4 κατασκευάζονται 4 ή 6 τυπωμένα κυκλώματα (με διαστάσεις σύμφωνα με τις απαιτήσεις των τελευταίων ετών του εργοστασίου) και λαμβάνοντας υπόψη και τις τρέχουσες ανάγκες ζήτησης παρατηρούμε ότι ο αριθμός των πλακετών FR-4 (μεγέθους A4) είναι πολύ μικρός, για να διαθέσουμε ξεχωριστό χώρο (τμήμα) αποθήκευσης τους.

Αρχικά, ως κατηγοριοποιήσουμε τους απαιτούμενους χώρους αποθήκευσης με βάση την αποστολή τους. Ακολουθώντας τις παραγωγικές διαδικασίες, που αναλύσαμε στο μέρος της παρούσας μελέτης, παρατηρούμε ότι απαιτούνται πέντε (5) αποθηκευτικοί χώροι. Οι χώροι αυτοί είναι:

- Χώρος αποθήκευσης Α' υλών
- Χώρος αποθήκευσης υλικών συσκευασίας
- Χώρος αποθήκευσης εξαρτημάτων
- Χώρος αποθήκευσης αχρήστων/σκάρτων
- Χώρος αποθήκευσης ετοιμών προϊόντων

#### Χώρος αποθήκευσης Α' υλών

Θα βρίσκεται εντός του τμήματος κατασκευής πλακετών και θα αποτελείται από φωριαμό κατάλληλα διαμορφωμένο για την αποθήκευση των πλακετών FR-4. Οι διαστάσεις του θα επιτρέπουν την αποθήκευση 400 πλακετών FR-4 (μεγέθους A4, 210 x 297 mm). Επομένως, ο χώρος αποθήκευσης Α' υλών θα καταλαμβάνει χώρο 1 m<sup>2</sup> (περίπου 0,6m x 2m) και θα έχει ύψος περίπου 1,8m.

#### Χώρος αποθήκευσης υλικών συσκευασίας

Ο χώρος αυτός θα είναι της τάξεως των 2 m<sup>2</sup> και θα βρίσκεται στο τμήμα παράδοσης ετοιμών. Εδώ θα βρίσκονται χάρτινα κουτιά αποθήκευσης και προστατευτικό υλικό με αεροκυψέλες για την ορθή προετοιμασία αποστολής των πλακετών που δε θα τοποθετηθούν σε κύριο τεχνικό υλικό εντός του εργοστασίου αλλά θα αποσταλούν σε περαιτέρω Μονάδες του ΤΧ σώματος.

### Χώρος αποθήκευσης εξαρτημάτων

Επί του πρακτέου αυτός ο χώρος αποθήκευσης αποτελείται από μικρούς χώρους αποθήκευσης εξαρτημάτων που λειτουργούν χωριστά σε κάθε επί μέρους τμήμα συναρμολόγησης. Αυτοί οι χώροι θα εποπτεύονται και θα ελέγχονται από τους εκάστοτε υπεύθυνους των τμημάτων συναρμολόγησης.

### Χώρος αποθήκευσης αχρήστων/σκάρτων

Ο χώρος αυτός υφίσταται ήδη στο 306EBT και εκεί θα καταλήγουν τα σκάρτα προϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας. Το υπεύθυνο τμήμα για την ανακύκλωση των υλικών θα αναλάβει την περαιτέρω διαδικασία προώθησης των αχρήστων υλικών.

### Χώρος αποθήκευσης ετοιμών προϊόντων

Αυτός ο χώρος επίσης θα βρίσκεται στο Τμήμα Παράδοσης του εργοστασίου. Οι διαστάσεις του θα είναι εφάμιλλες του χώρου αποθήκευσης Α' υλών (αυτοσχέδια ράφια περίπου 1 m<sup>2</sup> με ύψος 1,8m). Εδώ θα αποθηκεύονται τα έτοιμα PCB μετά τη συσκευασία τους εφόσον προορίζονται να αποσταλούν σε λοιπές Μονάδες ΤΧ Σώματος. Τα ολοκληρωμένα τυπωμένα κυκλώματα που προορίζονταν για τμήματα επισκευής του εργοστασίου, θα προωθούνται σε αυτά με την κατάλληλη διαδικασία και έγγραφα.

## **7.2 Υποστηρικτικοί χώροι παραγωγικών τμημάτων**

Το 306 EBT διαθέτει ήδη κοινόχρηστους χώρους για την υποστήριξη όλων των παραγωγικών τμημάτων του καθώς και για την εξυπηρέτηση του προσωπικού των γραφείων του. Η ομαλή λειτουργία του ωραρίου αλλά και η εξυπηρέτηση του προσωπικού είναι οι κύριο λόγοι ύπαρξης αυτών των χώρων. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι:

- Αποδυτήρια
- Ιατρείο
- Κυλικείο
- Τουαλέτες

Κάθε χώρος από τους προαναφερόμενους καλύπτει πλήρως τις ανάγκες του προσωπικού του εργοστασίου. Επομένως, οι εργαζόμενοι του τμήματος παραγωγής θα χρησιμοποιούν τους προϋπάρχοντες χώρους.

### **7.3 Διάδρομοι και μετακινήσεις (εντός του εργοστασίου)**

Η διακίνηση των υλικών είναι μία μη παραγωγική λειτουργία, δηλαδή το προϊόν όχι μόνο δεν αποκτά προστιθέμενη αξία αλλά μάλλον τη χάνει (Ανδριανόπουλος 1994). Επομένως, κύριο μέλημά μας είναι η μείωση των αποστάσεων, και των νεκρών χρόνων κατ' επέκταση, μεταξύ των τμημάτων που εμπλέκονται στις παραγωγικές διαδικασίες. Λόγω της υπάρχουσας υποδομής του εργοστασίου δεν υπάρχουν περιθώρια τροποποίησης των διαδρόμων. Μοναδική επιλογή μας είναι η ορθή επιλογή του χώρου για τη δημιουργία του τμήματος παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων. Ο χώρος αυτός πρέπει να βρίσκεται στο ισόγειο επίπεδο του εργοστασίου όπου ευρίσκονται όλα τα παραγωγικά τμήματα του εργοστασίου και ιδιαίτερα αυτά που εμπλέκονται στις διαδικασίες παραγωγής των PCB.

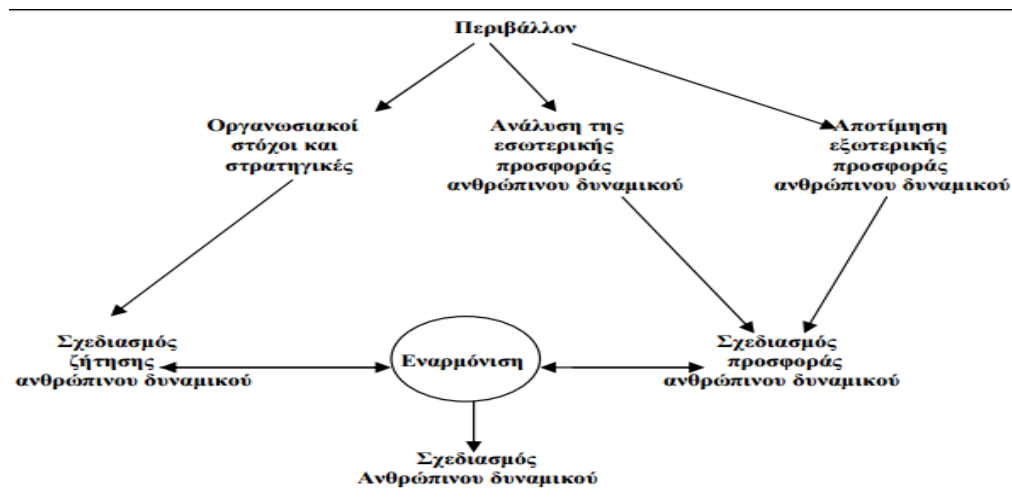
Οι διάδρομοι στο χώρο των παραγωγικών τμημάτων του εργοστασίου είναι στεγασμένοι, μικροί σε πλάτος (περίπου 2m) και βρίσκονται σε πλέγμα μορφής Η. Οι διάδρομοι μέσα στον κύριο χώρο των τμημάτων έχουν οριοθετηθεί κατά τη φάση του σχεδιασμού του κτιριακού module. Κύρια μέσα μεταφοράς εντός του κτιρίου είναι η χειράμαξα τύπου L ή η χειράμαξα-πλατφόρμα. Οι μονάδες μεταφοράς των πλακετών θα είναι χάρτινα (ή πλαστικά) κιβώτια με προστατευτικά χωρίσματα για την ασφαλή μεταφορά τους από το ένα τμήμα στο άλλο, μέχρι να ολοκληρωθούν οι παραγωγικές διαδικασίες.

## **8. Ανθρώπινοι πόροι τμήματος παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων**

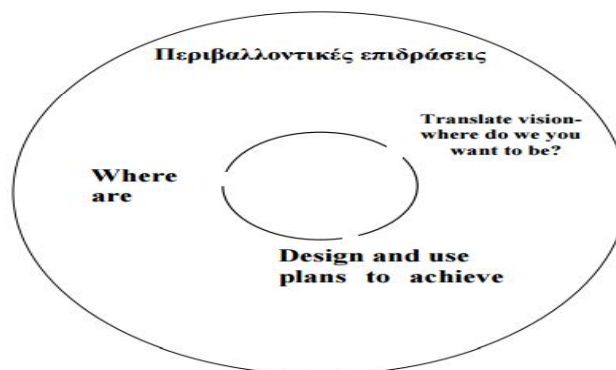
Πολλοί συγγραφείς, στην ξένη κυρίως βιβλιογραφία, προκειμένου να εκφράσουν τη λειτουργία του προγραμματισμού του αναγκαίου ανθρώπινου δυναμικού σε μια επιχείρηση ή έναν οργανισμό χρησιμοποιούν όρους, όπως Human Resource planning, Manpower planning, Employee Planning ή Workforce planning.

Ορισμός της έννοιας έχει δοθεί από αρκετούς επιστήμονες, όμως κανείς από αυτούς δεν έχει συναντήσει παγκόσμια επιδοκιμασία.

Ο ορισμός τον οποίο προτείνει ο Bramham και θεωρεί ότι εμπεριέχει νέες ιδέες είναι ο ακόλουθος: «Προγραμματισμός ανθρώπινου δυναμικού είναι η στρατηγική της απόκτησης, χρησιμοποίησης, συγκράτησης και ανάπτυξης ανθρώπων με σαφή διατύπωση και εκπλήρωση ηχηρών πολιτικών ανθρώπινου δυναμικού, επιδοκιμαζόμενων από τους εργαζόμενους και τις ενώσεις τους». Οι Barthlomew και Forbes (1977) δίνουν το δικό τους ορισμό ως εξής: «Ο προγραμματισμός ανθρώπινου δυναμικού καθορίζεται σαν μια προσπάθεια εναρμόνισης της προσφοράς ανθρώπινου δυναμικού με τις εργασίες οι οποίες είναι διαθέσιμες γι' αυτούς». Κατά τον Bowley (1977), προγραμματισμός ανθρώπινου δυναμικού είναι «η στρατηγική εναρμόνισης μελλοντικών αριθμών ανθρώπινου δυναμικού και εξειδικεύσεων με τις δραστηριότητες της επιχείρησης». Κατά τους Bennisson και Casson μπορούμε να δούμε τον προγραμματισμό ανθρώπινου δυναμικού σαν «μία σκορπισμένη συνάθροιση ιδεών, εργαλείων και τεχνικών τις οποίες μπορούμε να εφαρμόσουμε ως αναγκαίες για τις ξεχωριστές απαιτήσεις των οργανισμών που αντανακλούν στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους» (Bennisson and Casson, 1984: 298). Ο Torrington (1989) θεωρεί ότι ο προγραμματισμός ανθρώπινου δυναμικού παραδοσιακά σχετιζόταν με τον αριθμό των εργαζομένων και το επίπεδο και τον τύπο των ειδικοτήτων-εξειδικεύσεων στην επιχείρηση. Το τυπικό αυτό μοντέλο του προγραμματισμού ανθρώπινου δυναμικού φαίνεται παραστατικά στο επόμενο σχήμα.



Στο μοντέλο αυτό η έμφαση δινόταν στην εξισορρόπηση της προγραμματισμένης ζήτησης και της προσφοράς εργασίας, με σκοπό να έχουν το σωστό αριθμό των κατάλληλων εργαζόμενων στην κατάλληλη θέση και το σωστό χρόνο. Ένα μοντέλο περισσότερο εξελιγμένο είναι αυτό το οποίο παρουσιάζεται από τον Torrington στο επόμενο σχήμα και στο οποίο πέρα από τα στοιχεία του παραδοσιακού προγραμματισμού ανθρώπινου δυναμικού εμπεριέχει την κουλτούρα της επιχείρησης, το σύστημα και τη συμπεριφορά των εργαζόμενων. Στο μοντέλο αυτό προσδιορίζουμε «που βρισκόμαστε σήμερα, που θέλουμε να φτάσουμε με βάση το στρατηγικό μας όραμα και τι χρειάζεται, για να κάνουμε τη μετάβαση».



Πηγή: Torrington (1989: )

Βασιζόμενοι πάνω στα μοντέλα του Torrington πρέπει πρώτα να καθορίσουμε τις ανάγκες και τους στόχους του τμήματος παραγωγής αλλά και να εναρμονιστούμε με το εσωτερικό περιβάλλον του εργοστασίου.



Στο 306 EBT απασχολούνται κυρίως τεχνικό στρατιωτικό προσωπικό των ΕΔ αλλά και τεχνικό πολιτικό προσωπικό. Το ωράριο εργασίας είναι 8 ώρες ημερησίως εκτός από Σαββατοκύριακο και αργίες. Επομένως, εάν αναλογιστούμε ότι ένα ημερολογιακό έτος έχει 52 εβδομάδες, ότι το προσωπικό δικαιούται 30 ημέρες άδεια ετησίως και ότι οι επίσημες αργίες αντιστοιχούν περίπου σε 10 εργάσιμες ημέρες τότε υπολογίζουμε ότι κάθε εργαζόμενος του εργοστασίου απασχολείται στα καθήκοντα του περίπου 220 ημέρες το χρόνο που μεταφράζεται σε 1760 ώρες εργασίας. Εάν συνυπολογίσουμε και τα διαλλείματα κατά τη διάρκεια του οχταώρου τότε ο καθαρός χρόνος εργασίας ανέρχεται σε 1540 ώρες καθαρής εργασίας ετησίως κατά άτομο.

Εξετάζοντας τους σταθμούς εργασίας που πρέπει να αναπτυχθούν στο τμήμα παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων παρατηρούμε ότι το προσωπικό που θα το επανδρώνει, πρέπει να έχει γνώσεις χειρισμού ηλεκτρονικών υπολογιστών καθώς και τεχνικές γνώσεις Ηλεκτρονικών (Σχεδιασμός Κυκλωμάτων). Επιπροσθέτως, το προσωπικό πρέπει να εκπαιδευθεί από την κατασκευάστρια εταιρεία του αυτόματου σταθμού εργασίας με κοπτικά εργαλεία (CNC milling/drilling machine). Εντέλει, το στάδιο της επιμετάλλωσης των οπών και ο καθαρισμός των παραγόμενων πλακετών στα ηλεκτροστατικά «μπάνια» δεν απαιτούν κάποια επιπλέον εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού.

Επόμενος καθοριστικός παράγοντας που θα μας καθορίσει τον αριθμό του τεχνικού προσωπικού που θα απασχοληθεί στο τμήμα κατασκευής PCB, είναι οι χρόνοι επεξεργασίας των ακατέργαστων πλακετών στους σταθμούς εργασίας εντός του τμήματος.

➤ Ο χρόνος σχεδιασμού του κυκλώματος ενός PCB ποικίλει και είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί για πολλούς και διάφορους λόγους. Πολλές φορές το κύκλωμα υπάρχει ήδη σχεδιασμένο στη βάση δεδομένων του εργοστασίου ή «αντιγράφεται» από ένα ήδη υπάρχον μη λειτουργικό PCB. Επιπροσθέτως, η πολυπλοκότητα του κυκλώματος, τα επίπεδα στρώσης της πλακέτας καθώς και η τεχνολογία συγκόλλησης των

εξαρτημάτων συμβάλλουν καθοριστικά στο χρόνο σχεδιασμού ενός κυκλωματικού διαγράμματος.

➤ Ο αυτόματος σταθμός εργασίας με τα κοπτικά εργαλεία καθώς και ο σταθμός εργασίας της χημικής επιμετάλλωσης έχουν πολύ μικρούς χρόνους κατεργασίας των πλακετών με αποτέλεσμα να υπερκαλύπτουν κατά πολύ τη κατασκευή 1000 τυπωμένων κυκλωμάτων (μεγέθους περίπου ¼ A4) ετησίως μέσα σε 1540 ώρες λειτουργίας. Επιπλέον, έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν ταυτόχρονα χωρίς να επηρεάζει ο ένας σταθμός εργασίας τη λειτουργία του άλλου.

Συνυπολογίζοντας όλους τους παράγοντες που μας καθορίζουν το ανθρώπινο δυναμικό, συμπεραίνουμε ότι απαιτούνται δύο τεχνικοί (ειδικότητας ΤΤΗΛ) των ΕΔ (λόγω του περιβάλλοντος και της φύσεως του 306 EBT) οι οποίοι θα εκπαιδευθούν κατάλληλα για το χειρισμό και τη συντήρηση των σταθμών εργασίας του τμήματος. Απαιτούνται δύο για την ομαλή και καθημερινή λειτουργία του τμήματος κατασκευής πλακετών αλλά και για λόγους ασφαλείας του προσωπικού.

## **9. Χωροταξική διάταξη σταθμών εργασίας**

Η χωροταξία σταθμών εργασίας αφορά την τοποθέτηση και τον προσανατολισμό των στοιχείων που αποτελούν το τμήμα εργασίας (τραπέζι εργασίας, κάθισμα, μικροί αποθηκευτικοί χώροι, κλπ.), σε ένα δεδομένο χώρο. Οι κύριες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται, σχετίζονται με τα καθήκοντα που εκτελούνται, την οργάνωση της εργασίας και τους παράγοντες του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα η χωροταξία πρέπει:

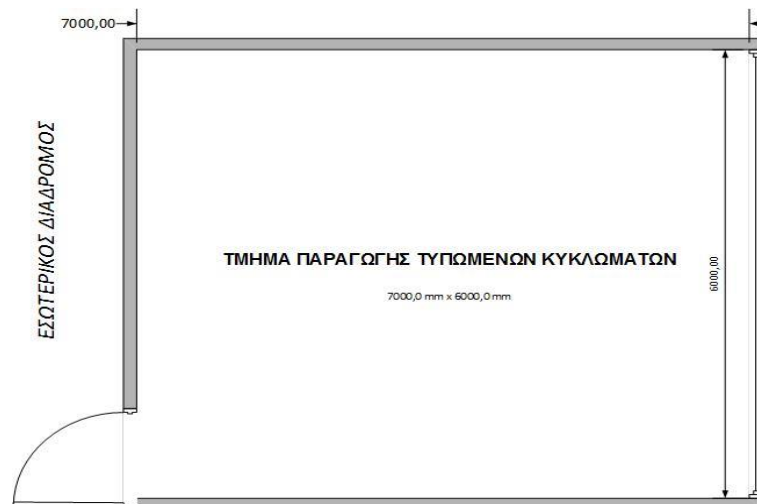
- να διευκολύνει την εκτέλεση και τη ροή εργασίας,
- να διευκολύνει τις συνεργασίες, τόσο μεταξύ του προσωπικού όσο και μεταξύ προσωπικού και επισκεπτών (π.χ. πελάτες μιας εταιρίας, πολίτες μιας δημόσιας υπηρεσίας),
- να αντανακλά την οργανωτική δομή,
- να εξασφαλίζει την απαιτούμενη ιδιωτικότητα,
- να εξασφαλίζει καλή εκμετάλλευση του διατιθέμενου χώρου,

- να διευκολύνει μελλοντικές τροποποιήσεις του αριθμού των σταθμών εργασίας ή/και της οργανωτικής δομής (ευελιξία και επεκτασιμότητα),
- να ελαχιστοποιεί τις αναγκαίες τροποποιήσεις του διατιθέμενου χώρου (Μαρμαράς 2010).

Επιπλέον, η χωροταξία και ο προσανατολισμός των σταθμών εργασίας πρέπει να εξασφαλίζει:

- καλή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού,
- απουσία ενοχλητικών αντανακλάσεων φωτός στις θέσεις εργασίας,
- απουσία ενοχλητικών θερμών ή ψυχρών ρευμάτων αέρος στις θέσεις εργασίας,
- απρόσκοπτη και ασφαλή πρόσβαση και απομάκρυνση από τις θέσεις εργασίας (Μαρμαράς 2010).

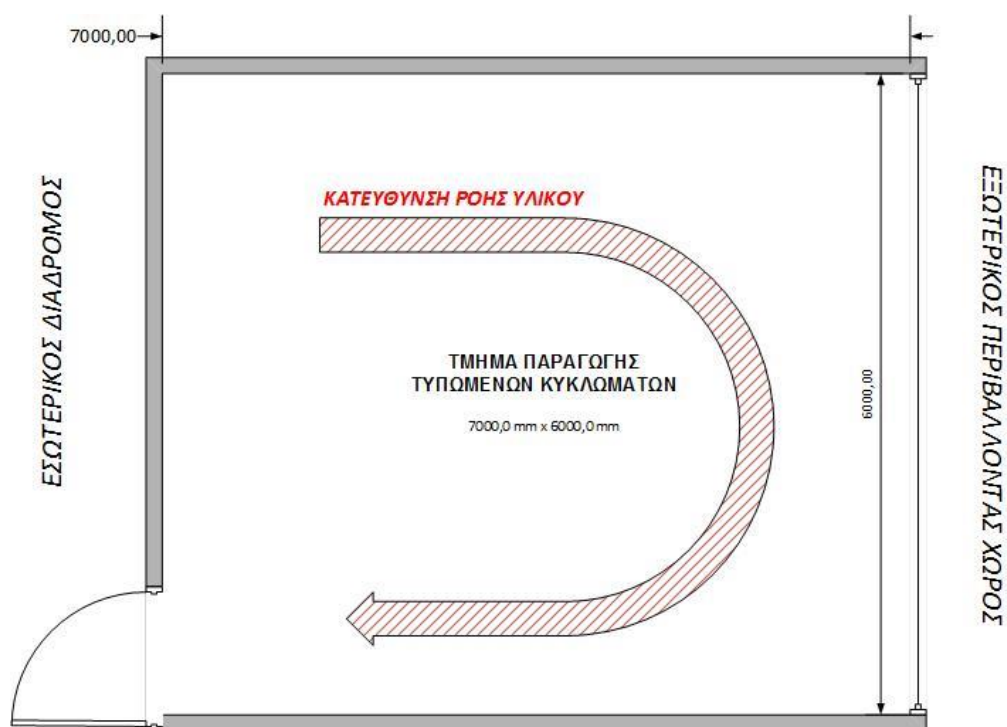
Για την περίπτωση μας ο διαθέσιμος χώρος στον οποίο θα εγκατασταθεί το Τμήμα παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων είναι προκαθορισμένος. Έχει διαστάσεις 7 x 6 m (42 m<sup>2</sup>) συμβαδίζοντας με το κατασκευαστικό module του εργοστασίου. Το σκαρίφημα του χώρου παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα και το ύψος του χώρου είναι περίπου 2,8m.



Μέσα στο τμήμα θα τοποθετηθούν 3 σταθμοί εργασίας και ο αποθηκευτικός χώρος των ακατέργαστων πλακετών. Συγκεκριμένα ο 1<sup>ος</sup> σταθμός εργασίας (σχεδιασμός τυπωμένου κυκλώματος) αποτελείται από ένα γραφείο με έναν υπολογιστή και έναν εκτυπωτή. Οι κατασκευαστικοί σταθμοί εργασίας Νο2 (αυτόματος σταθμός εργασίας με κοπτικά εργαλεία) και Νο3

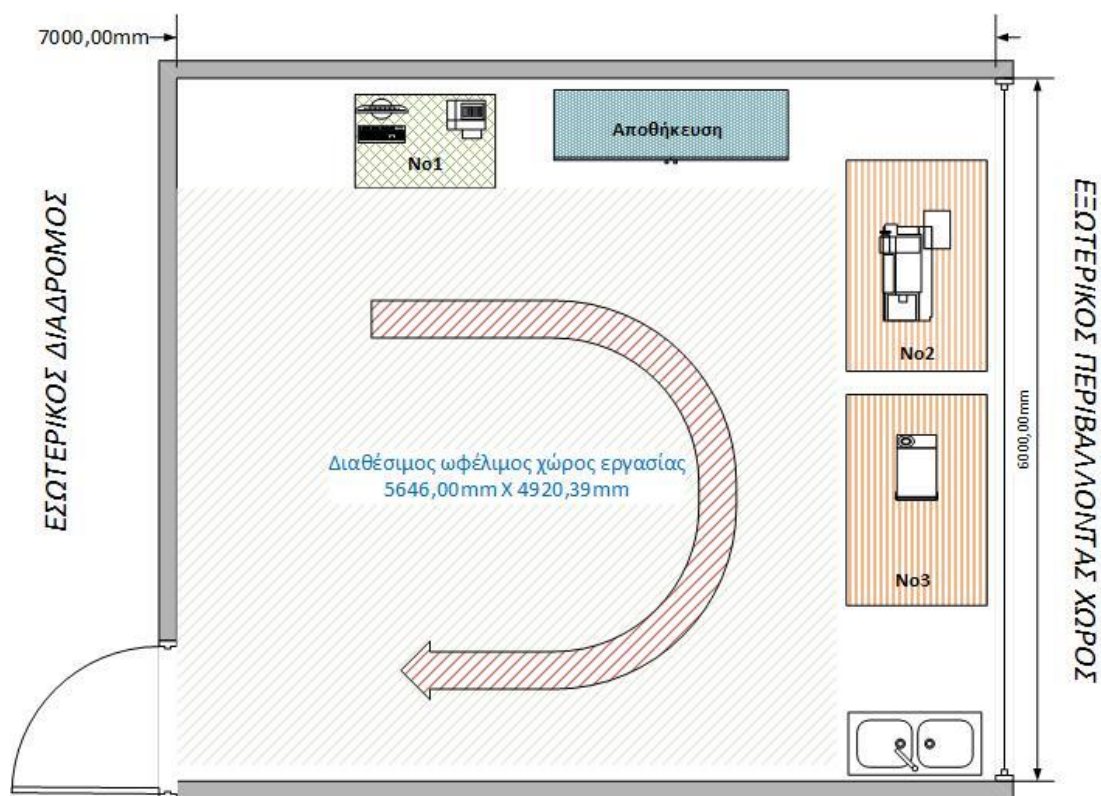
(ηλεκτροστατικά μπάνια) είναι αρκετά μικροί σε μέγεθος και τοποθετούνται πάνω σε πάγκους εργασίας. Όμως απαιτούν αυξημένες ανάγκες φυσικού φωτισμού για τη διευκόλυνση των εργαζομένων καθώς και σύνδεση με δίκτυο παροχής πεπιεσμένου αέρα και νερού. Λεπτομέρειες σχετικά με τα τεχνικά δίκτυα του τμήματος θα αναλυθούν σε επόμενη ενότητα της παρούσας εργασίας.

Επειδή υπάρχει μία είσοδος-έξοδος για το συγκεκριμένο χώρο θα υιοθετήσουμε το σύστημα διάταξης Π για τη χωροταξία των σταθμών εργασίας και κατ' επέκταση της ροής του υλικού. Το σύστημα αυτό παριστά τη δυνατότητα εισόδου-εξόδου του υλικού στις πλευρές του τμήματος.



Επομένως, πρέπει να υπολογίσουμε τις απαιτούμενες διαστάσεις των σταθμών εργασίας, για να καταλήξουμε στο διαθέσιμο ωφέλιμο χώρο εργασίας που θα απομείνει για την εκτέλεση των εργασιών από το προσωπικό. Αρχικά το γραφείο στο οποίο θα βρίσκεται ο σταθμός σχεδιασμού θα έχει διαστάσεις περίπου 1200x800x730mm (ΜxΠxΥ). Κατόπιν ο αποθηκευτικός χώρος των ακατέργαστων πλακετών FR-4 θα είναι διαστάσεων περίπου 0,6m x 2m και θα έχει ύψος περίπου 1,8m και οφείλει να

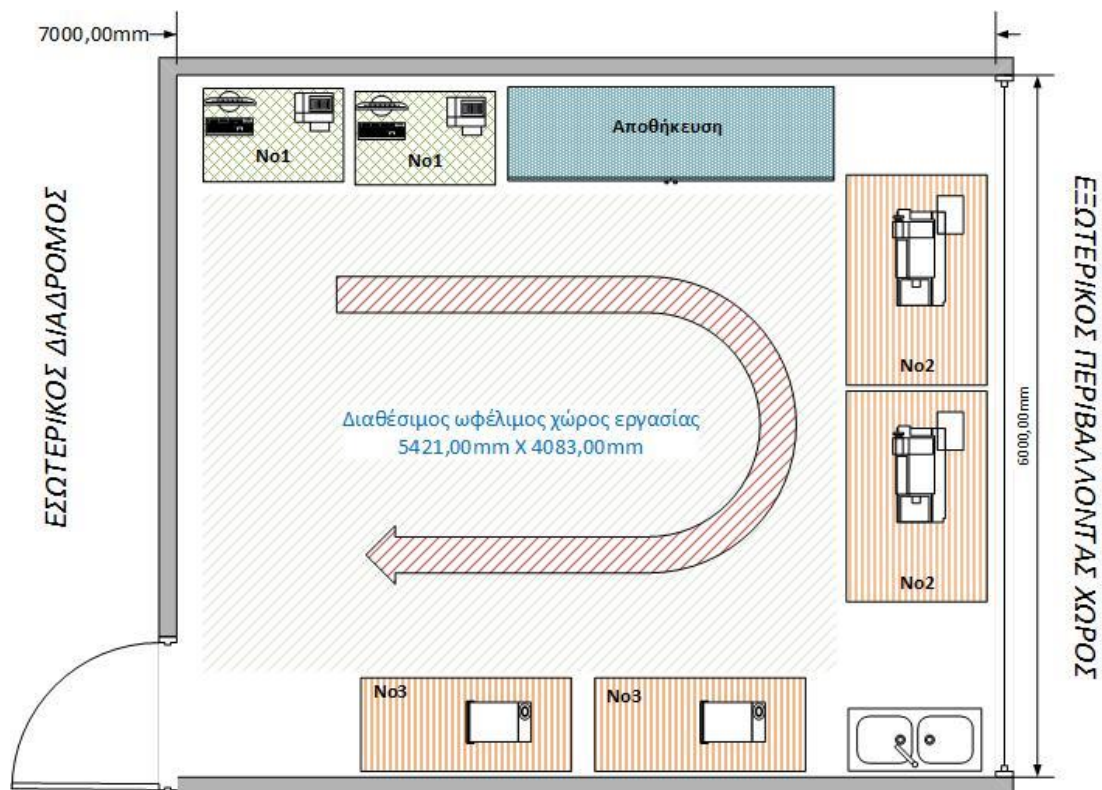
βρίσκεται δίπλα στο σταθμό εργασίας No2 για την ελαχιστοποίηση των αποστάσεων μεταφοράς των πλακετών από τους εργαζόμενους του τμήματος. Όμως, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, οι κατασκευαστικοί σταθμοί εργασίας No2 και No3 απαιτούν αυξημένες ανάγκες φυσικού φωτισμού και την ανάγκη επαφής τους με εξωτερικό τοίχο για τη σύνδεσή τους με τα απαραίτητα τεχνικά δίκτυα του εργοστασίου. Επίσης, οι πάγκοι εργασίας που θα τοποθετηθούν οι σταθμοί εργασίας No2 και No3, πρέπει να έχουν ύψους περίπου 850mm ώστε να ευνοείται η εργασία από το προσωπικό σε όρθια θέση [το ύψος αυτό υπολογίστηκε με βάση ανθρωπομετρικά δεδομένα για το 5% (μικρόσωμη γυναίκα) και 95% (μμεγαλόσωμος άντρας) του ευρωπαϊκού πληθυσμού]. Η επιφάνεια του πάγκου εργασίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,8 x 1,2 m για τη διευκόλυνση των εργασιών λειτουργίας και της συντήρησης των μηχανημάτων. Στο σχήμα που ακολουθεί, φαίνεται η προτεινόμενη χωροταξία των σταθμών εργασίας:



Ο διαθέσιμος ωφέλιμος χώρος είναι αρκετός για την αποδοτική εργασία του προσωπικού αρκεί να έχουν καθοριστεί από τον υπεύθυνο του τμήματος

οι εργασίες που αντιστοιχούν σε κάθε εργαζόμενο, καθώς και οι ζώνες δράσης τους.

Παρατηρούμε, επίσης, ότι ο χώρος επαρκεί και για μελλοντική επέκταση των σταθμών εργασίας σε περίπτωση που η ζήτηση ξεπεράσει τις προβλέψεις. Οι χώροι των σταθμών εργασίας θα διπλασιαστούν, ο αποθηκευτικός χώρος επίσης αλλά και το εργαζόμενο προσωπικό θα αυξηθεί από 2 σε 3 εργαζόμενους. Το πρόβλημα που πρόκειται να δημιουργηθεί με τη μεγάλη αύξηση της παραγωγής (>2000 τυπωμένων κυκλωμάτων ετησίως), είναι ο απασχολούμενος χρόνος εργασίας των τμημάτων συναρμολόγησης. Ο Διευθυντής Παραγωγικών Τμημάτων θα πρέπει να αναδιοργανώσει τη λειτουργία αλλά και τις διαδικασίες παραγωγής στα υπόλοιπα τμήματα του εργοστασίου προκειμένου να μην υπάρξουν προβλήματα στην παραγωγή των PCB. Μία πιθανή εκτίμηση της χωροταξίας των σταθμών εργασίας για μελλοντική επέκταση του τμήματος παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων παρουσιάζεται στο κάτωθι σχεδιάγραμμα:



### **Βιβλιογραφία Β' Κεφαλαίου**

Ανδριανόπουλος Σ. (1994). *Προγραμματισμός και έλεγχος παραγωγής Ι*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών. Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης & Επιχειρηματικής Έρευνας.

Γιαννάτος Γ. & Σ. Ανδριανόπουλος (1990). *Logistics. Μεταφορές. Διανομή*. Αθήνα: Τεκδοτική Σελκα 4Μ.

Σιφνιώτης Κ. (1997). *Logistics management. Θεωρία και πράξη*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Μαρμαράς Ν. (2010). *Εισαγωγή στην εργονομία*. Αθήνα: Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ'. ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

### 10. Ιχνηλασιμότητα παραγόμενων μονάδων

Η γνώση και η συνολική εποπτεία δεδομένων και γεγονότων σε όλο το μήκος μιας παραγωγικής αλυσίδας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα, την αποδοτικότητα καθώς και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη των παραπάνω διαδραματίζει η ιχνηλασιμότητα που ορίζεται ως η ικανότητα ανίχνευσης της ταυτότητας, της διαδρομής και των αλλαγών της κατάστασης ενός προϊόντος με τη χρήση καταγεγραμμένων αναγνωριστικών στοιχείων κατά τη διαδρομή του μέσα σε ένα εφοδιαστικό κύκλωμα και μέχρι την τελική του έξοδο από αυτό.

Η σπουδαιότητα της ιχνηλασιμότητας αναδείχτηκε κατά τα τέλη του προηγούμενου αιώνα μέσα από την εγκαθίδρυση των συστημάτων διασφάλισης ποιότητας κατά τα πρότυπα ISO. Αποτελεί μια οργανωμένη διαδικασία αναγνώρισης στοιχείων και συλλογής δεδομένων που σχετίζονται με μια σειρά κινήσεων του προϊόντος μέσα στις παραγωγικές διαδικασίες.

Η ιχνηλασιμότητα μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε άμεσα διαθέσιμες πληροφορίες που σχετίζονται με το προϊόν. Έτσι, στην περίπτωση που κάτι στο προϊόν δεν είναι αποδεκτό (π.χ. κάποιος κίνδυνος για την ασφάλεια του χειριστή), δίδεται στο εργοστάσιο η δυνατότητα να εντοπίσει την πηγή του προβλήματος, να το διορθώσει, ενώ παράλληλα μπορεί να ανιχνεύσει και τα υπόλοιπα προϊόντα της ίδιας παρτίδας που ενδεχομένως χρειάζεται να αποσυρθούν. Παράλληλα δίνει τη δυνατότητα καλύτερης κοστολόγησης του προϊόντος, αφού μετρώνται με ακρίβεια όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με το προϊόν.

Η συλλογή της απαραίτητης πληροφορίας για τη σωστή λειτουργία του συστήματος μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

➤ Χειροκίνητα: με την εισαγωγή δεδομένων μέσω Ηλεκτρονικού Υπολογιστή (Η/Υ) από ειδικά εκπαιδευμένους και διαπιστευμένους χειριστές



του συστήματος. Οι φόρμες καταχώρησης δεδομένων σχεδιάζονται πάντοτε με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι φιλικές και εύκολες για το χειριστή, ακόμα κι αν αυτός δεν έχει εξοικειωθεί στη χρήση Η/Υ. Σε κάθε στάδιο εισαγωγής δεδομένων στο σύστημα η εφαρμογή διαχείρισης οδηγεί το χειριστή, πραγματοποιώντας τους κατάλληλους ελέγχους και ενημερώνοντάς τον σχετικά με λάθη που αυτός μπορεί να κάνει.

➤ Με χρήση συστημάτων αυτοματισμού: σχεδόν κάθε μηχάνημα και συσκευή που συμμετέχει στην παραγωγική διαδικασία, παράγει πληροφορίες, οι οποίες μπορούν να μεταφερθούν στο αρχείο δεδομένων του συστήματος, μέσω ειδικά κατασκευασμένων συσκευών αυτοματισμού. Η χρήση αυτοματισμών στην παραγωγική διαδικασία μειώνει το χρόνο καταγραφής της πληροφορίας, ενώ παράλληλα αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος.

Το 306 ΕΒΤ διαθέτει ήδη μία βάση δεδομένων για τις επισκευές/κατασκευές που πραγματοποιεί, και ακολουθεί τις διαδικασίες καταγραφής, επισκευής και τήρησης των αποθεμάτων σύμφωνα με τις υπάρχουσες διαταγές και τους νόμους που διέπουν τις ΕΔ. Βασιζόμενοι πάνω σε αυτές τις διαδικασίες αλλά και λόγω έλλειψης των συστημάτων αυτοματισμού ιχνηλασιμότητας προτείνεται από το εργοστάσιο η υιοθέτηση της καταγραφής των δεδομένων για την παραγωγή των πλακετών χειροκίνητα στον Η/Υ σε μια νέα βάση δεδομένων από τους τεχνικούς του τμήματος παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων.

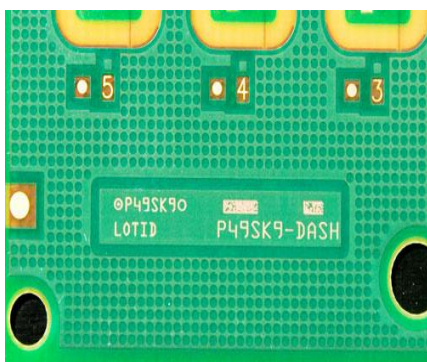
Άλλωστε, η φύση της ζήτησης των πλακετών καθώς και η ιδιαιτερότητα της παραγωγής τους εισάγουν την έννοια της παρτίδας παραγωγής. Με τον όρο αυτό εννοούμε το σύνολο μιας ποσότητας τυπωμένων κυκλωμάτων που έχουν παραχθεί κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

Επομένως, κρίνεται σκόπιμη η δημιουργία ενός μοναδικού αριθμού παραγωγής, ο οποίος θα χαράσσεται αρχικά στον αυτόματο σταθμό εργασίας με κοπτικά εργαλεία και θα φανερώνει την «ταυτότητα» της πλακέτας. Ο μοναδικός αυτός αριθμός θα αντιστοιχεί σε μία ηλεκτρονική καρτέλα στη βάση δεδομένων που θα τηρεί το τμήμα παραγωγής των PCB. Εκεί θα καταγράφονται όλες οι λεπτομέρειες σχεδιασμού και παραγωγής του τυπωμένου κυκλώματος καθώς και λεπτομέρειες για το τεχνικό υλικό στο

οποίο πρόκειται να εγκατασταθεί (σειριακός αριθμός, αριθμός ονομαστικού, μονάδα που ανήκει κτλ.).

Συμπεραίνουμε ότι οι στόχοι της δημιουργίας κωδικού «ταυτότητα» και κατ' επέκταση βάσης δεδομένων παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων είναι:

- Η άμεση και σωστή πληροφόρηση σε κρίσιμες περιπτώσεις, ώστε να ληφθούν γρήγορα τα κατάλληλα μέτρα.
- Ο περιορισμός του χρόνου αναγνώρισης, εντοπισμού και απομόνωσης πιθανών κινδύνων εξαιτίας μίας ελαττωματικής παρτίδας.
- Η σωστή διαχείριση των προμηθειών για το τμήμα της παραγωγής.
- Η διαφοροποίηση των PCB με ιδιαίτερες ιδιότητες λειτουργίας και παραγωγής.



## 11. Απαιτούμενα δίκτυα και τεχνικές προδιαγραφές

### Δίκτυο Ηλεκτρισμού

Στην Ελλάδα έχουμε τριφασική, εναλλασσόμενη, ημιτονοειδή τάση στα 400 volts ή μονοφασική στα 230 volts με διακύμανση  $\pm 10\%$  στις 50 περιόδους το δευτερόλεπτο (50 Hertz). Το τμήμα του εργοστασίου που διατίθεται για την εγκατάσταση του τμήματος παραγωγής πλακετών, διαθέτει ηλεκτρολογική εγκατάσταση τριφασικού ρεύματος. Υπάρχει ηλεκτρολογικός υποπίνακας εντός του τμήματος με εγκατεστημένο αντιηλεκτροπληξιακό ρελέ ασφαλείας για την προστασία του εργαζόμενου προσωπικού. Η παρούσα ηλεκτρολογική εγκατάσταση επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών των σταθμών εργασίας

του τμήματος στη παρούσα φάση αλλά και σε μελλοντική επέκταση των σταθμών εργασίας.

#### Δίκτυο ύδρευσης

Αναγκαία είναι και η σύνδεση του τμήματος με το δίκτυο ύδρευσης που εξυπηρετεί το εργοστάσιο. Απαιτείται ένας διπλός νιπτήρας για την καθαριότητα των χεριών των εργαζομένων από τυχόν χημικά κατάλοιπα από το σταθμό επιμετάλλωσης των οπών (σταθμός εργασίας Νο2). Για την αφαίρεση χύματος, σκουριάς και άμμου αλλά και διαφόρων άλλων σωματιδίων απαιτείται η εγκατάσταση τριπλού συστήματος φίλτρων που αποτρέπουν σωματίδια μεγέθους >10μm.

#### Δίκτυο πεπιεσμένου αέρα

Ένας κύριος λόγος για τον οποίο τοποθετήθηκε ο αυτόματος σταθμός εργασίας με κοπτικά εργαλεία στην πλευρά του εξωτερικού τοίχου, είναι η απαίτηση σύνδεσής του με δίκτυο πεπιεσμένου αέρα προκειμένου να είναι δυνατή η λειτουργία τοποθέτησης πάστας συγκόλλησης για εξαρτήματα τεχνολογίας SMD. Οι ανάγκες του σταθμού είναι συμπιεσμένος αέρας πίεσεως 4 bar (58 psi) και παροχής 50 l/min (1,76 cfm). Επομένως, πρέπει να εγκατασταθεί ένας συμπιεστής αέρος στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου (για λόγους προστασίας των εργαζομένων/ηχορύπανση) και συγκεκριμένα έξω από το τμήμα παραγωγής πλακετών, ώστε το μήκος του δικτύου να είναι όσον το δυνατόν μικρότερο για αποφυγή απωλειών πίεσεως αλλά και λόγω κόστους εγκατάστασης.

#### Δίκτυο εξαερισμού

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που πρέπει να υπολογιστούν, για να γνωρίσουμε την παροχή αέρα που απαιτείται για τον επαρκή εξαερισμό ενός χώρου.

$$POH \text{ ΑΕΡΑ (m}^3\text{/h)} = \text{ΟΓΚΟΣ ΧΩΡΟΥ (m}^3\text{)} \times \text{ΑΑΩ}$$

Αφού υπολογίσουμε τον όγκο του χώρου που θέλουμε να εξαερίσουμε, πολλαπλασιάζουμε με τις απαιτούμενες αλλαγές αέρα την ώρα (στο εξής ΑΑΩ). Οι ΑΑΩ είναι ένας συντελεστής, ο οποίος εξαρτάται από το είδος του

χώρου που θέλουμε να εξαερίσουμε (Μαρμαράς 2010). Για βιομηχανικούς εργασιακούς χώρους η τιμή του ΑΑΩ είναι 10-15. Ο όγκος του τμήματος είναι 118 m<sup>3</sup>. Επομένως, η απαιτούμενη ροή αέρα είναι 1180 m<sup>3</sup> έως 1770 m<sup>3</sup>. Το εγκατεστημένο σύστημα εξαερισμού του χώρου επαρκεί για τη λειτουργία του τμήματος έστω και εάν σε αυτό εργάζονταν οι διπλάσιοι εργαζόμενοι από αυτούς που απαιτούνται.

Όσον αφορά τις ανάγκες των σταθμών εργασίας, επισημαίνουμε ότι ο αυτόματος σταθμός εργασίας με κοπτικά εργαλεία έχει ξεχωριστές ανάγκες εξαερισμού και κρίνεται σκόπιμη η αγορά ειδικού συστήματος αναρρόφησης σκόνης με ειδικά HEPA φίλτρα για τον καθαρισμό του αέρα. Τα συστήματα αυτά πωλούνται συνήθως από τον εκάστοτε κατασκευαστή ως επιπρόσθετος εξοπλισμός.

#### Συνθήκες Φωτισμού

Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν κατοχυρωμένα νομοθετικά αποδεκτά επίπεδα φωτισμού, αλλά μόνο προδιαγραφές ως προς τα χαρακτηριστικά του τεχνητού φωτισμού στους χώρους εργασίας.

| <b>Lux</b>            | <b>Είδος Εργασίας</b>     |
|-----------------------|---------------------------|
| <b>150</b>            | <b>Διάδρομοι</b>          |
| <b>150-200</b>        | <b>Αποθήκες</b>           |
| <b>300-400</b>        | <b>Απλή κατεργασία</b>    |
| <b>300-500</b>        | <b>Εργασία με Η/Υ</b>     |
| <b>500</b>            | <b>Εργασία γραφείου</b>   |
| <b>500-700</b>        | <b>Συναρμολόγηση</b>      |
| <b>1500 και επάνω</b> | <b>Εργασίες ακριβείας</b> |

Με κατάλληλο φωτισμό αυξάνουμε την παραγωγικότητα των εργαζομένων, ενώ παράλληλα μειώνουμε τις πιθανότητες πρόκλησης εργατικών ατυχημάτων και άλλων προβλημάτων σχετικά με την όραση, όπως η θάμβωση και η οπτική κόπωση (Μαρμαράς 2010).

Η εργασία στο τμήμα παραγωγής PCB ανήκει στην κατηγορία «Εργασία Γραφείου», οπότε μπορούμε να πούμε πως είναι απαραίτητος φωτισμός 500 lux και πάνω.

Οι λαμπτήρες θα πρέπει να καλύψουν ένα χώρο εμβαδού 42 τ.μ., οπότε θα πρέπει να μετατρέψουμε τα Lux σε lumen σύμφωνα με τις προδιαγραφές των λαμπτήρων. Επομένως, ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$\Phi V(lm) = Ev(lx) \times A(m^2) \text{ η οποία μας δίνει συνολικά } 21.000 \text{ lumen}$$

Προς όφελός μας ο χώρος του τμήματος διαθέτει πλευρικά παράθυρα πλάτους 1m (από τη ψευδοροφή) και μήκος 6m (όσο και η εξωτερική πλευρά). Αυτός είναι και ο λόγος της τοποθέτησης των σταθμών εργασίας πλησίον της εξωτερικής πλευράς του τμήματος. Οι εργασίες κυρίως θα εκτελούνται κατά τις πρωινές ώρες, σύμφωνα με το πρόγραμμα εργασίας και λειτουργίας του εργοστασίου. Ένα βασικό χαρακτηριστικό του φωτός της ημέρας αποτελεί η μεταβλητότητά του. Το χρώμα και η έντασή του αλλάζει ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την καθαρότητα της ατμόσφαιρας και τις αλληλοαντανακλάσεις ανάμεσα στα περιβάλλοντα αντικείμενα. Έτσι, το φως της ημέρας αποτελεί μία αβέβαιη, μη προβλεπόμενη και πολλές φορές ανεπαρκή πηγή φωτισμού. Το φυσικό φως που εισέρχεται στο χώρο, εξαρτάται επίσης από τα χαρακτηριστικά του ίδιου του χώρου, με βασικότερη παράμετρο την αρχιτεκτονική των παραθύρων. Χαρακτηριστικό του φωτισμού των χώρων αυτών αποτελεί το γεγονός ότι ο φυσικός φωτισμός μειώνεται ταχύτατα καθώς αυξάνεται η απόσταση από το παράθυρο.

Για πολλούς χώρους εργασίας, η προσφερόμενη ποσότητα φυσικού φωτός δεν είναι ικανοποιητική ακόμη και κάτω από τις καλύτερες συνθήκες φυσικού φωτισμού. Έτσι, απαιτείται τεχνητός ή ηλεκτρικός φωτισμός. Ο τεχνητός φωτισμός εσωτερικών χώρων αποβλέπει στη συμπλήρωση του φωτισμού ημέρας, όπου αυτός δεν επαρκεί, ή στην πλήρη αντικατάστασή του, π.χ. το βράδυ. Ο τεχνητός φωτισμός πρέπει να καλύπτει τις φυσιολογικές απαιτήσεις του ατόμου και να δημιουργεί ένα ψυχολογικά ευχάριστο περιβάλλον με τη λιγότερη δυνατή οικονομική επιβάρυνση.

Στο διαθέσιμο χώρο υπάρχουν ήδη εγκατεστημένα 9 φωτιστικά φθορισμού ψευδοροφής χωνευτού τύπου με αλουμινένιους ανακλαστήρες, όπως είναι αυτός του παρακάτω σχήματος:



Κάθε ένα φωτιστικό διαθέτει 4 λαμπτήρες φθορισμού T8 18W/840 240V και ο κάθε λαμπτήρας αποδίδει 610 lumen. Επομένως, το σύνολο των 36 λαμπτήρων αποδίδει **21.960 lumen**. Άρα, ο τεχνητός φωτισμός είναι ικανοποιητικός για την εκτέλεση των εργασιών εντός του τμήματος.

#### Λοιπά Δίκτυα

Ένα σύστημα δικτύων είναι εγκατεστημένο ήδη στο εργοστάσιο για την προστασία πρωτίστως του προσωπικού, την ασφάλεια των εγκαταστάσεων αλλά και για τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας. Επιγραμματικά αναφέρουμε την ύπαρξη συστήματος κλιματισμού των τμημάτων, το σύστημα πυρασφαλείας και πυρανίχνευσης καθώς και το σύστημα συναγερμού και παρακολούθησης των εγκαταστάσεων.

## **12. Κανονισμοί υγιεινής και ασφάλειας τμημάτων παραγωγής PCB**

Οι κανόνες Υγιεινής και Ασφάλειας των Εργαζομένων (ΥΑΕ) στους χώρους εργασίας είναι απαίτηση της εποχής μας και στόχος κάθε κοινωνίας με βασικές αρχές για την προστασία της ανθρώπινης ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος. Οι διεθνείς συμβάσεις της Διεθνούς Οργάνωσης Εργασίας (ΔΟΕ), οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) και οι κανονιστικές/νομοθετικές διατάξεις στην Ελλάδα υποχρεώνουν τους

εργοδότες και τους εργαζομένους να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα ασφάλειας και υγιεινής, ώστε να προληφθούν τα εργατικά ατυχήματα, οι επαγγελματικές ασθένειες, να προστατευθεί η υγεία του ανθρώπινου δυναμικού και να αποφευχθεί τόσο η δημιουργία επικίνδυνων καταστάσεων όσο και η ρύπανση του φυσικού περιβάλλοντος.

Για να επιτευχθούν οι στόχοι της ΥΑΕ πρέπει υποχρεωτικά η διοίκηση του εργοστασίου και οι εργαζόμενοι να τηρούν σχολαστικά τους κανόνες που έχουν συμφωνηθεί και για τους οποίους έχουν ενημερωθεί πλήρως. Οι κανόνες αυτοί καθορίζουν το πλαίσιο μέσα στο οποίο χρησιμοποιούνται οι εξωτερικοί και εσωτερικοί χώροι των κτιρίων των εργασιακών χώρων και τους τρόπους με τους οποίους εκτελούνται οι διάφορες εργασίες. Για οποιαδήποτε αλλαγή χρήσεων κτιριακών χώρων, εργασιακών διεργασιών και κανονισμών πρέπει απαραίτητα να ενημερώνονται όλοι οι εργαζόμενοι και να υπάρχει και η κατάλληλη σήμανση των χώρων.

Στο 306 ΕΒΤ έχει ορισθεί υπεύθυνος τεχνικός ασφαλείας (απόφοιτος ΑΣΕΙ-ΑΕΙ) σύμφωνα με τη νομοθεσία και υπάρχει και ιατρός εργασίας εντός των εγκαταστάσεων του στρατοπέδου. Ο τεχνικός ασφαλείας είναι σύμβουλος της διοίκησης αλλά και των εργαζομένων και τα κυριότερα καθήκοντά του είναι: α) να επιθεωρεί τακτικά τους χώρους εργασίας από πλευράς υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας, β) να αναφέρει στη διοίκηση οποιαδήποτε παράλειψη των μέτρων υγιεινής και ασφάλειας, γ) να προτείνει μέτρα αντιμετώπισης και να επιβλέπει την εφαρμογή τους, δ) να μεριμνά, ώστε οι εργαζόμενοι του εργοστασίου να τηρούν τους κανόνες υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας και ε) να τους ωθεί στην αποτροπή του επαγγελματικού κινδύνου που ελλοχεύει στην εργασία τους.

Οι σημαντικότερες προϋποθέσεις και ενέργειες που απαιτούνται από την πλευρά της διοίκησης, του τεχνικού ασφαλείας, του ιατρού εργασίας αλλά και των εργαζομένων για την ΥΑΕ είναι οι εξής:

- Η καταλληλότητα των κτιριακών εγκαταστάσεων και της τεχνολογικής υποδομής για τους κανόνες ΥΑΕ είναι απαραίτητη.
- Σε περίπτωση εκτάκτων αναγκών (πυρκαγιά, σεισμός, δολιοφθορά) απαιτείται εύκολη πρόσβαση πυροσβεστικών οχημάτων και

ασθενοφόρων. Η πληροφόρηση των εργαζομένων για τον τρόπο αντιμετώπισης τέτοιων περιστατικών και η δημιουργία σχεδίων εκτάκτων αναγκών είναι απαραίτητες.

- Ετοιμότητα παροχής πρώτων βοηθειών σε περίπτωση ατυχήματος και σωστής υγειονομικής περίθαλψης.
- Σωστή αποθήκευση και χρήση εύφλεκτων και επικίνδυνων ουσιών, αερίων, κλπ., για την αποφυγή ατυχημάτων.
- Κατάλληλη εκπαίδευση του προσωπικού για τους κανόνες ασφάλειας κατά τη χρήση μηχανημάτων.
- Σωστή διαχείριση ή καταστροφή των τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων.
- Σωστή και απλή επισήμανση όλων των εργασιακών χώρων και κανόνες απαγορεύσεων για επικίνδυνες εργασίες ή συνθήκες εργασίας.
- Τήρηση των κανόνων ΥΑΕ κατά τη διάρκεια της εργασίας και ανάληψη υποχρεώσεων για συχνή επιθεώρηση των εργασιακών χώρων.
- Εκπαίδευση και ενημέρωση του προσωπικού στα μέτρα ΥΑΕ (Μαρχαβίλας 2009).

Επιπρόσθετο και αναγκαίο μέτρο για την ασφάλεια και υγιεινή της εργασίας στους χώρους του εργοστασίου αποτελεί η ορθή σήμανση. Η σήμανση ασφαλείας αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο προειδοποίησης για τους κινδύνους που ενυπάρχουν σε ένα χώρο εργασίας. Η σήμανση ασφαλείας απευθύνεται τόσο στους εργαζομένους όσο και στους επισκέπτες των χώρων μιας επιχείρησης και αποτελείται από πινακίδες (με καθιερωμένα εικονοσύμβολα και γραπτές υποδείξεις), επιδαπέδιες διαγραμμίσεις ή/και εικονοσύμβολα και ειδικούς χρωματισμούς κινούμενων ή/και επικίνδυνων στοιχείων του χώρου (Κουκουλάκη 1999).

Κατά τη διάρκεια των εργασιών στους διάφορους χώρους του εργοστασίου είναι απαραίτητη η χρήση των κατάλληλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) σε κάθε εργασία για την αποφυγή εργατικών ατυχημάτων αλλά και για λόγους αποδοτικότητας των εργασιών. Η χρήση των ΜΑΠ πρέπει να θεωρείται ως η τελευταία λύση για την προστασία των εργαζομένων και να χρησιμοποιείται μόνο εφόσον οι κίνδυνοι δεν μπορούν να αποφευχθούν ούτε να περιοριστούν επαρκώς με τεχνικά μέτρα, με μέσα



συλλογικής προστασίας ή με μέτρα, μεθόδους ή διαδικασίες οργάνωσης της εργασίας. Κάθε ΜΑΠ πρέπει να είναι κατάλληλο για τους σχετικούς κινδύνους, χωρίς το ίδιο να οδηγεί σε αυξημένο κίνδυνο. Πρέπει να ανταποκρίνεται στις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο εργασίας και να ταιριάζει σωστά στο χρήστη (Μαρχαβίλας 2009).

Συγκεκριμένα για το Τμήμα Παραγωγής Τυπωμένων Κυκλωμάτων απαιτούνται ΜΑΠ για την προστασία των ματιών αλλά και των χεριών λόγω της φύσεως των εργασιών. Οι διαδικασίες παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων καθώς και οι νέοι σταθμοί εργασίας που θα εγκατασταθούν, πρέπει να επιθεωρηθούν από τον τεχνικό ασφαλείας του εργοστασίου αλλά και τον ιατρό εργασίας, προκειμένου να επισημανθούν όλοι οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι και να ενημερωθούν οι εργαζόμενοι στους αντίστοιχους χώρους.

### **13. Διαχείριση σκάρτων και αναλωσίμων**

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του εκάστοτε τυπωμένου κυκλώματος αλλά και σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ποιοτικού ελέγχου μερικά εξαρτήματα ή και ολόκληρα τυπωμένα κυκλώματα θα επισημαίνονται ως «ΣΚΑΡΤΑ». Με την έννοια αυτή θα τα χαρακτηρίζουμε πλέον όλα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) που προκύπτουν από οποιαδήποτε παραγωγική διαδικασία της κατασκευής των PCB.

Τα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) είναι ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές, οι οποίες έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους και δε χρησιμοποιούνται πια από τους ιδιοκτήτες τους. Ο τρόπος εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΗΗΕ περιγράφεται από το Π.Δ.117 του 2004. Τα Συστήματα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης ΑΗΗΕ στην Ελλάδα είναι δύο: Η «Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε.» και η «Φωτοκύκλωση Α.Ε.».

Ανακύκλωση ΑΗΗΕ είναι η διαδικασία μετατροπής των αποβλήτων αυτών σε προϊόντα ίδιας ή διαφορετικής χρήσης, αφού έχουν προηγηθεί συγκεκριμένα στάδια επεξεργασίας που έχουν ως αποτέλεσμα την αφαίρεση των επικινδύνων στοιχείων από αυτά και την ανάκτηση των αξιοποιήσιμων υλικών τους. Το 306 ΕΒΤ συγκεντρώνει όλα τα ΑΗΗΕ σε προκαθορισμένο

χώρο και ανά τακτά χρονικά διαστήματα τα προωθεί στο σύστημα συλλογικής εναλλακτικής διαχείρισης.

Μία άλλη κατηγορία αποβλήτων αποτελούν τα χημικά απόβλητα. Κατά την παραγωγή των τυπωμένων κυκλωμάτων συσσωρεύονται χημικά απόβλητα τόσο από τα ηλεκτροστατικά μπάνια (διαδικασία επιμετάλλωσης οπών) όσο και από το τμήμα του βαφείου (διαδικασία προστατευτικής επικάλυψης). Το ισχύον θεσμικό πλαίσιο για την αποτελεσματική διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων ενσωματώνει τις διατάξεις της ειδικής κοινοτικής νομοθεσίας στο εθνικό δίκαιο. Το πλαίσιο αυτό περιλαμβάνει τις ακόλουθες Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις (ΚΥΑ):

- την ΚΥΑ 13588/725/2006 (ΦΕΚ 383/Β) που ορίζει το γενικό πλαίσιο διαχείρισης και αντικατέστησε την προηγούμενη σχετική νομοθεσία (ΚΥΑ 19396/1546/1997),
- την ΚΥΑ 24944/1159/2006 (ΦΕΚ 791/Β), με την οποία εγκρίνονται οι γενικές τεχνικές προδιαγραφές διαχείρισης και
- την ΚΥΑ 8668/2007 (ΦΕΚ 287/Β), με την οποία εγκρίνεται ο Εθνικός Σχεδιασμός διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων.

Με τον όρο υγρά βιομηχανικά απόβλητα ονομάζονται τα απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα (οδηγία 91/271/ΕΟΚ 21.05.1991). Είναι δηλαδή τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία, και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται.

Εντοπίζοντας το πρόβλημα της επικινδυνότητας των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων το 306 ΕΒΤ συγκεντρώνει σε κατάλληλους χώρους και σε ειδικά διαμορφωμένα δοχεία όλα τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από διάφορα επισκευαστικά/παραγωγικά τμήματά του. Ανάλογα με την εκάστοτε ισχύουσα σύμβαση, την οποία έχει υπογράψει το αρμόδιο τμήμα του ΓΕΣ και του ΤΧ Σώματος, τα απόβλητα αυτά προωθούνται σε ιδιωτικές αδειοδοτημένες εταιρείες εντός του Νομού Αττικής για την περαιτέρω επεξεργασία τους.

Επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ονομάζεται κάθε τεχνική χειρισμού που απομακρύνει ή τροποποιεί κατάλληλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, ώστε να εξαλείφονται ή να ελαττώνονται οι δυσμενείς συνέπειες από τη διάθεσή τους στο περιβάλλον. Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων έχει ως στόχο την προστασία όλων των φυσικών αποδεκτών από τη συνεχώς απειλούμενη ρύπανση. Η κατάλληλη μέθοδος επεξεργασίας προϋποθέτει ειδικές γνώσεις αναφορικά με την προέλευση, την ποσότητα και το είδος των αποβλήτων, χαρακτηριστικά που αποτελούν τη βάση του σχεδιασμού μιας εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων. Μετά την επεξεργασία τους τα απόβλητα καταλήγουν σε φυσικούς υποδοχείς, επιφανειακά (ποταμοί, λίμνες, θάλασσα) ή υπόγεια νερά, έδαφος ή υπέδαφος. Οι υποδοχείς αυτοί ονομάζονται αποδέκτες υγρών αποβλήτων.

### **Βιβλιογραφία Γ' Κεφαλαίου**

Μαρμαράς Ν. (2010). *Εισαγωγή στην εργονομία*. Αθήνα: Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Μαρχαβίλας Π. (2009). *Υγιεινή και ασφάλεια εργασίας. Διαχείριση του επαγγελματικού κινδύνου*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

Κουκουλάκη Θ. (1999). *Η τυποποίηση σε θέματα υγείας και ασφάλειας της εργασίας*. Αθήνα: Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας.

Π.Δ. 16/1996 - Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας στους χώρους εργασίας σε συμμόρφωση με την οδηγία 89/654/ΕΟΚ

*Ανακύκλωση συσκευών Α.Ε., Νομικό Πλαίσιο,*  
<http://www.electrocycle.gr/basic-page/65/nomiko-plaisio> , [προσπ. 23/02/'16].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ'. ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

### 14. Αρχικό κόστος αγοράς εξοπλισμού για το τμήμα γραμμής παραγωγής PCB

Προκειμένου να υλοποιηθεί η δημιουργία του νέου τμήματος παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων απαιτείται να επενδυθούν κάποιοι χρηματικοί πόροι για την αγορά εξοπλισμού, την εγκατάσταση των απαιτούμενων δικτύων αλλά και την εκπαίδευση του προσωπικού. Ο παρακάτω πίνακας περιέχει ενδεικτικές τιμές, για την τρέχουσα χρονική περίοδο, προμήθειας του απαραίτητου εξοπλισμού καθώς και των απαιτούμενων υπηρεσιών:

| ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ/ΥΠΗΡΕΣΙΑ  | ΜΟΝΑΔΑ | ΚΟΣΤΟΣ (€)<br>/ΜΟΝΑΔΑ | ΣΥΝΟΛΙΚΟ<br>ΚΟΣΤΟΣ (€) |
|--|--------|-----------------------|------------------------|
| ΓΡΑΦΕΙΑ  | 2      | 100                   | 200                    |
| ΠΑΓΚΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ  | 2      | 150                   | 300                    |
| ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ<br>ΠΛΑΚΕΤΩΝ FR4                                  | 1      | 100                   | 100                    |
| Η/Υ  | 1      | 300                   | 300                    |
| ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ  | 1      | 100                   | 100                    |
| ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ<br>ΚΟΠΗΣ   | 1      | 18000                 | 18000                  |
| ΕΜΒΑΠΤΙΣΤΗΡΕΣ<br>ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗΣ                                     | 1      | 6000                  | 6000                   |
| ΜΗΧΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ<br>ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΤΟΥ<br>ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ<br>ΚΟΠΗΣ | 1      | 1000                  | 1000                   |
| ΤΡΑΠΕΖΑ ΚΕΝΟΥ ΤΟΥ<br>ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ<br>ΚΟΠΗΣ                    | 1      | 1300                  | 1300                   |
| ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ<br>ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ                            |        |                       | 100                    |
| ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ   | 1      | 200                   | 200                    |
| ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ<br>ΔΙΚΤΥΟ ΜΕ ΦΙΛΤΡΑ                         |        |                       | 200                    |
| ΔΙΠΛΟΣ ΝΕΡΟΧΥΤΗΣ ΜΕ<br>ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΚΑΙ ΝΤΟΥΛΑΠΙΑ                      | 1      | 200                   | 200                    |
| ΜΕΣΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ<br>ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  |        |                       | 100                    |
| ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ ΕΞΟΔΑ   |        |                       | 1000                   |
| ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ<br>ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ<br>ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΟΠΗΣ  | 2      | 300                   | 600                    |
|  |        | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>         | <b>29700 €</b>         |

Με βάση το αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται να δαπανηθεί, υπολογίζεται και η ετήσια **απόσβεση**. Η απόσβεση στη λογιστική είναι η διαδικασία σύμφωνα με την οποία επιμερίζονται και κατανέμονται κόστη τα οποία προκύπτουν κατά τη διάρκεια της χρήσης ενός παγίου περιουσιακού στοιχείου μέσα στο χρόνο. Τέτοια κόστη μπορεί να είναι η φυσική φθορά ενός μηχανήματος ή κτιρίου, η απαξίωση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή ή κάποιου λογισμικού κτλ. (Γκίκας 2002).

Η μέθοδος της ευθείας γραμμής αποτελεί την πιο κοινή μέθοδο που χρησιμοποιείται, και είναι σχετικά απλή στην κατανόηση. Η θεωρία αυτή υποθέτει ότι ένα περιουσιακό στοιχείο θα πρέπει να υποτιμηθεί σε ίσα ποσά κάθε χρόνο, μέχρι να φτάσει την υπολειμματική του αξία. Η υπολειμματική αξία είναι η αξία που η επιχείρηση περιμένει να έχει το περιουσιακό στοιχείο, όταν πλέον δε χρησιμοποιείται. Αυτή η αξία μπορεί συχνά να είναι μηδέν αλλά ρεαλιστικά συνήθως έχει κάποια αξία (Γκίκας 2002) .

Επιπλέον, πρέπει να προβλεφθεί η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του περιουσιακού στοιχείου, δηλαδή τα χρόνια που πιστεύεται ότι το περιουσιακό στοιχείο θα είναι χρήσιμο στην επιχείρηση. Για την περίπτωση μας η δεκαετία είναι ένα ικανοποιητικό διάστημα απόσβεσης του εξοπλισμού παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων.

Ο τύπος για να υπολογιστεί η απόσβεση κάθε χρόνου χρησιμοποιώντας την μέθοδο της ευθείας γραμμής είναι:

$$\text{Απόσβεση} = \text{Αρχική Αξία} - \text{Υπολειμματική Αξία} / \text{Αναμενόμενο χρόνο ζωής}$$

Σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο η ετήσια απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου θα είναι **2970 €**.

## 15. Κοστολόγηση παραγόμενων τυπωμένων κυκλωμάτων (Ανάλυση Νεκρού Σημείου)

Στην προσπάθεια να κοστολογήσουμε τα παραγόμενα τυπωμένα κυκλώματα, μέσα από τις νέες παραγωγικές διαδικασίες, θα χρησιμοποιήσουμε τον όρο του **Νεκρού σημείου**. Νεκρό σημείο (break even point) ονομάζεται το ποσό ακριβώς των πωλήσεων (κύκλου εργασιών) με το οποίο μια επιχείρηση καλύπτει το σύνολο των εξόδων της, σταθερά και μεταβλητά, μη πραγματοποιώντας ούτε κέρδος ούτε ζημιά. Εκφράζεται ως αξία επί των πωλήσεων (μας δείχνει πόση είναι η χρηματική αξία των πωλήσεων που πρέπει να κάνει η επιχείρηση, ώστε να μην έχει ούτε κέρδος ούτε ζημιά), ως ποσοστό επί των πωλήσεων (μας δείχνει σε ποιο ποσοστό επί των πωλήσεων που έκανε ή αναμένεται να κάνει η επιχείρηση, δεν έχει ούτε κέρδος ούτε ζημιά), ως ποσότητα πωλήσεων (μας δείχνει πόσα τεμάχια από το παραγόμενο προϊόν πρέπει να πουλήσει η επιχείρηση, ώστε να μην έχει ούτε κέρδος αλλά ούτε και ζημιά) και ως χρόνος (πόσο χρόνο αναμένεται ότι θα χρειαστεί η επιχείρηση ώστε να πουλήσει αυτόν τον αριθμό μονάδων προϊόντος, ώστε να μην έχει ούτε κέρδος ούτε ζημιά) (Κεχράς 2009).

Το νεκρό σημείο, αποτελείται από δύο συνιστώσες: τις **μεταβλητές** (variable cost) και τις **σταθερές δαπάνες** (fixed cost) της επιχείρησης. Οι πρώτες, αφορούν τις δαπάνες που προκύπτουν, όταν υπάρχει παραγωγή, και αφορούν κόστη, όπως το κόστος εργατοώρας, οι υπερωρίες, οι λογαριασμοί του ρεύματος κλπ. Γενικά, πρόκειται για τις δαπάνες που είναι σε κάποιο βαθμό «ελεγχόμενες» από τη διοίκηση της επιχείρησης. Οι σταθερές δαπάνες της επιχείρησης, αφορούν τα κόστη που υπάρχουν σε κάθε περίπτωση, ανεξάρτητα από τη φάση λειτουργίας της επιχείρησης, δηλαδή υφίστανται ακόμα και όταν η παραγωγή είναι μηδενική (Παναγιώτου, Ευαγγελόπουλος, Κατημερτζόγλου & Γκαγιαλής 2013). Τέτοιου τύπου δαπάνες, είναι τα κόστη συντήρησης εξοπλισμών, ασφάλιστρα κλπ. Για τη γραμμή παραγωγής PCB οι σταθερές και μεταβλητές δαπάνες αναλύονται με τον παρακάτω πίνακα:

**ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ PCB**

| <b>ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΑΝΑΛΩΣΙΜΑ ΑΝΑ ΕΤΟΣ</b>          | <b>ΜΟΝΑΔΑ</b> | <b>ΚΟΣΤΟΣ(€) / ΜΟΝΑΔΑ</b> | <b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)</b> |
|--|---------------|---------------------------|----------------------------|
| ΦΙΛΤΡΑ ΜΗΧΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ                     | 5             | 20                        | 100                        |
| ΣΕΤ ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΚΟΠΗΣ | 1             | 320                       | 320                        |
| ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ (ΝΕΡΟΥ, ΦΩΤΙΣΜΟΥ,ΑΕΡΑ)       | 1             | 100                       | 100                        |
| ΧΗΜΙΚΑ ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗΣ (ΣΕΤ)                     | 1             | 480                       | 480                        |
|  |               | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>             | <b>1000 €</b>              |

**ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ PCB**

|                                 |                |
|---------------------------------|----------------|
| <i>ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ /PCB</i>  | 2,25 €         |
| <i>ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΤΟΩΡΑΣ</i>        | 25,58 €        |
| <i>ΜΕΣΟ ΧΡΟΝΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ/PCB</i> | 0,5            |
| <b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ/PCB</b>      | <b>15,04 €</b> |

Για τον υπολογισμό των μεταβλητών δαπανών παραγωγής έγιναν ορισμένες παραδοχές. Το κόστος παροχής νερού και ηλεκτρισμού θεωρήθηκε αμελητέο μπροστά στις ήδη αντίστοιχες καταναλώσεις των τμημάτων παραγωγής του εργοστασίου. Το κόστος πρώτης ύλης υπολογίστηκε σύμφωνα με τη μέση τιμή αγοράς πλακετών FR-4 (μεγέθους A4) διπλής στρώσης χαλκού. Μια πλακέτα FR-4 (μεγέθους A4) είναι αρκετή για τη δημιουργία από 2 έως 6 τυπωμένων κυκλωμάτων. Η συσχέτιση των διαστάσεων των τυπωμένων κυκλωμάτων έγινε με βάση τα αρχεία προμήθειας PCB από ιδιώτες που τηρούσε το εργοστάσιο. Επιπροσθέτως, ο μέσος χρόνος εργασίας για την κατασκευή ενός τυπωμένου κυκλώματος ποικίλει από 2 ώρες μέχρι 10 λεπτά. Επομένως, χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς η χρονική διάρκεια 30 λεπτών ως μέσος χρόνος εργασίας ανά τυπωμένο κύκλωμα.

Τα παραπάνω αποτελούν υπεραπλουστεύσεις, καθώς στην πράξη, πολλών ειδών κόστη δεν είναι ούτε απολύτως σταθερά, ούτε απολύτως μεταβλητά. Συνεπώς, η ανάλυση του νεκρού σημείου και ο υπολογισμός του, δίνουν μια ενδεικτική εικόνα.



Σύμφωνα με τη μέθοδο της μαθηματικής ισότητας, για τον υπολογισμό του νεκρού σημείου, η σχέση ανάμεσα στις μεταβλητές δαπάνες μιας επιχείρησης, στις σταθερές δαπάνες μιας επιχείρησης και στις πωλήσεις της, ορίζεται ως εξής:

$$\text{Έσοδα} = \text{Σταθερό κόστος} + \text{Μεταβλητό κόστος} + \text{Καθαρό κέρδος}$$

$$\Pi = F + V + K \quad (1)$$

όπου:

$\Pi$  = αξία πώλησης PCB

$F$  = σταθερό κόστος παραγωγής

$V$  = μεταβλητό κόστος παραγωγής

$K$  = κέρδος (Κεχράς 2009).

Όμως, στο νεκρό σημείο το κέρδος της επιχείρησης είναι ίσο με 0. Συνεπώς, η (1) παίρνει τη μορφή:

$$(1) \Rightarrow \Pi = F + V \quad (2)$$

Τα έσοδα πωλήσεων μιας επιχείρησης εξαρτώνται από το γινόμενο των πωληθέντων μονάδων και της τιμής τους, οι σταθερές δαπάνες δε μεταβάλλονται, ενώ υποθέσαμε παραπάνω ότι οι μεταβλητές δαπάνες είναι ανάλογες του ύψους παραγωγής. Άρα, η παραπάνω εξίσωση γίνεται:

$$P \cdot X = F + AV \cdot X \quad (3)$$

Όπου:

$P$  = το κόστος πώλησης PCB (θα χρησιμοποιήσουμε ως κόστος πώλησης τη μέση τιμή αγοράς ενός PCB από ιδιώτες, το οποίο είναι 32,52 € χωρίς Φ.Π.Α.)

$X$  = η ζητούμενη ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος

$F$  = το σταθερό κόστος παραγωγής

AV = μεταβλητό κόστος ανά μονάδα προϊόντος

Λύνοντας ως προς X έχουμε:

$$P \cdot X - AV \cdot X = F \Rightarrow$$

$$X(P - AV) = F \Rightarrow$$

$$X = F / (P - AV)$$

όπου, P-AV είναι οι σταθερές δαπάνες ανά μονάδα προϊόντος (σταθερό κόστος ανά μονάδα προϊόντος = τιμή πώλησης ανά μονάδα προϊόντος - μεταβλητό κόστος ανά μονάδα προϊόντος).

Αντικαθιστώντας στην παραπάνω εξίσωση:

$$X = 1000 / (32,52 - 15,04) \Rightarrow$$

$$X = 57,2$$

Συμπεραίνουμε ότι με την παραγωγή 58 τυπωμένων κυκλωμάτων καλύπτουμε τα ετήσια κόστη της γραμμής παραγωγής. Να αποσαφηνίσουμε ότι ως κέρδος εννοούμε στην περίπτωση μας το όφελος που έχει το εργοστάσιο από την παραγωγή των τυπωμένων κυκλωμάτων σε σχέση με την αγορά τους από ιδιωτικές επιχειρήσεις.

## 16. Ανάλυση Χρηματοροών

Στους παρακάτω πίνακες εμφανίζεται η ανάλυση χρηματοροών με χρονικό ορίζοντα τη δεκαετία. Ως κέρδος για τη γραμμή παραγωγής ορίσαμε την οικονομική διαφορά του ετήσιου κόστους παραγωγής των τυπωμένων κυκλωμάτων από το εργοστάσιο από το αντίστοιχο κόστος προμήθειας από ιδιωτικές επιχειρήσεις. Από τα υπάρχοντα δεδομένα για τα τρία προηγούμενα έτη υπολογίστηκε ένα μέσο κόστος προμήθειας ενός τυπωμένου κυκλώματος από ιδιωτικές επιχειρήσεις. Το κόστος αυτό ανέρχεται στα 32,52 € (+ Φ.Π.Α.).

|   | Έτος 0    | Έτος 1  | Έτος 2   | Έτος 3   | Έτος 4   | Έτος 5   |
|---|-----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Εκροές (Αρχική Επένδυση)                    | 29.700 €  |         |          |          |          |          |
| Αναμενόμενη παραγωγή PCB                    |           | 389     | 428      | 471      | 518      | 570      |
| Ετήσια Σταθερά Κόστη (Συντήρηση, Αναλώσιμα) |           | 1.000 € | 1.000 €  | 1.000 €  | 1.000 €  | 1.000 €  |
| Κόστη Λειτουργίας (Μεταβλητά Κόστη)         |           | 5.851 € | 6.436 €  | 7.079 €  | 7.787 €  | 8.566 €  |
| Αποσβέσεις                                  |           | 2.970 € | 2.970 €  | 2.970 €  | 2.970 €  | 2.970 €  |
| Συνολικά Κόστη Παραγωγής                    |           | 9.821 € | 10.406 € | 11.049 € | 11.757 € | 12.536 € |
| Κέρδος (σε σύγκριση με αγορά από εμπόριο)   |           | 2.830 € | 3.510 €  | 4.258 €  | 5.080 €  | 5.985 €  |
| Εναπομένουσα Αξία                           |           |         |          |          |          |          |
| Καθαρές Ροές                                | -29.700 € | 2.830 € | 3.510 €  | 4.258 €  | 5.080 €  | 5.985 €  |

|   | Έτος 6   | Έτος 7   | Έτος 8   | Έτος 9   | Έτος 10  |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| Εκροές (Αρχική Επένδυση)                    |          |          |          |          |          |
| Αναμενόμενη παραγωγή PCB                    | 626      | 689      | 758      | 834      | 917      |
| Ετήσια Σταθερά Κόστη (Συντήρηση, Αναλώσιμα) | 1.000 €  | 1.000 €  | 1.000 €  | 1.000 €  | 1.000 €  |
| Κόστη Λειτουργίας (Μεταβλητά Κόστη)         | 9.422 €  | 10.365 € | 11.401 € | 12.541 € | 13.795 € |
| Αποσβέσεις                                  | 2.970 €  | 2.970 €  | 2.970 €  | 2.970 €  | 2.970 €  |
| Συνολικά Κόστη Παραγωγής                    | 13.392 € | 14.335 € | 15.371 € | 16.511 € | 17.765 € |
| Κέρδος (σε σύγκριση με αγορά από εμπόριο)   | 6.981 €  | 8.076 €  | 9.281 €  | 10.606 € | 12.063 € |
| Εναπομένουσα Αξία                           |          |          |          |          | 0,00 €   |
| Καθαρές Ροές                                | 6.981 €  | 8.076 €  | 9.281 €  | 10.606 € | 12.063 € |

## 17. Δείκτες αξιολόγησης επένδυσης

Ο σκοπός μιας επένδυσης είναι ανεξάρτητος από το είδος της επένδυσης. Συγκεκριμένα, αυτός είναι η μεγιστοποίηση της αξίας της επένδυσης. Ως δείκτες για την αξιολόγηση της επένδυσης θα χρησιμοποιήσουμε την Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) και τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (ΕΒΑ).

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) (Net Present Value-NPV) είναι το άθροισμα των παρούσων αξιών των εισερχόμενων και εξερχόμενων ταμειακών ροών κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Μετράει το πλεόνασμα ή την έλλειψη ταμειακών ροών, σε όρους παρούσας αξίας, σε σχέση με το κόστος κεφαλαίων (cost of funds) που χρησιμοποιήθηκαν για μια επένδυση.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που χρησιμοποιείται στην οικονομική επιστήμη (economics), στα χρηματοοικονομικά (finance) και στη λογιστική (accounting), για να καθοριστεί αν μια επένδυση ή ένα έργο κρίνεται συμφέρον για να χρηματοδοτηθεί ή όχι (Παπαδοπούλου 1983).

Όσον αφορά τη δημιουργία της γραμμής παραγωγής PCB στο 306 ΕΒΤ, με χρονικό ορίζοντα τη 10ετία και με επιτόκιο αναγωγής 9% η ΚΠΑ είναι:

|                            |                |
|----------------------------|----------------|
| <b>Καθαρή Παρούσα Αξία</b> | <b>9.844 €</b> |
|----------------------------|----------------|

Επομένως, η επένδυση παρουσιάζει μία ΚΠΑ μεγαλύτερη του μηδενός και θεωρείται «μαθηματικά» συμφέρουσα.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (ΕΒΑ) (Internal Rate Of Return-IRR) μιας επένδυσης έχει την ιδιότητα να μηδενίζει την ΚΠΑ της επένδυσης. Εναλλακτικά ο ΕΒΑ ορίζεται ως εκείνο το επιτόκιο το οποίο έχει την ιδιότητα να εξισώνει την παρούσα αξία των καθαρών ταμειακών ροών της επένδυσης με το αρχικό κεφάλαιο (Πόνης & Κηρυττόπουλος 2012). Σύμφωνα με τα δεδομένα που προαναφέραμε ο ΕΒΑ είναι:

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| <b>Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης</b> | <b>14%</b> |
|-----------------------------------|------------|

Ο ΕΒΑ είναι μεγαλύτερος από το επιτόκιο αναγωγής επομένως και αυτός ο δείκτης μας παρουσιάζει την επένδυση ως συμφέρουσα.

Εάν θέλαμε να πειραματιστούμε με το χρονικό ορίζοντα της δεκαετίας και τον περιορίζαμε σε 9 έτη και λιγότερο, θα παρατηρούσαμε ότι οι δείκτες της ΚΠΑ και του ΕΒΑ θα μας παρουσίαζαν την επένδυση ως «μη συμφέρουσα». Αυτό εξηγείται κυρίως από το κόστος των ετήσιων αποσβέσεων, οι οποίες δε θα μπορούσαν να «καλυφθούν» οικονομικά από το κέρδος των παραγόμενων μονάδων.

### **Βιβλιογραφία Δ' Κεφαλαίου**

Γκίκας Δ. (2002). *Η ανάλυση και οι χρήσεις των λογιστικών καταστάσεων*. Αθήνα: Εκδόσεις Μπένου.

Κεχράς Ι. (2009). *Η σύγχρονη κοστολόγηση κατά τη δραστηριότητα*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλης.

Παναγιώτου Ν. & Ν. Ευαγγελόπουλος & Π. Κατημερτζόγλου & Σ. Γκαγιαλής (2013). *Διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών: οργάνωση, αναδιοργάνωση και βελτίωση*. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Παπαδοπούλου Δ. (1983). *Ανάλυση χρηματοοικονομικών καταστάσεων της επιχείρησης*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Αδελφών Κυριακίδη.

Πόνης Σ. & Κ. Κηρυτόπουλος (2012). *Επίλυση προβλημάτων επιχειρησιακής έρευνας με τη χρήση λογιστικών φύλλων*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών. Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης & Επιχειρησιακής Έρευνας.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Απώτερος σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη για τη δημιουργία, εγκατάσταση και λειτουργία ενός τμήματος παραγωγής τυπωμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων στο 306 Εργοστάσιο Βάσεως Τεχνικού. Όλα τα κεφάλαιά της πραγματεύτηκαν τους κυριότερους προβληματισμούς και τα ερωτήματα για την εύρεση της βέλτιστης λύσης.

Εκτός από τον τρόπο σκέψης και τον τρόπο μελέτης μου, σημαντικός παράγοντας για την επιλογή της μεθοδολογίας αλλά και της διάκρισης των κεφαλαίων και ενοτήτων της εργασίας υπήρξε πρωτίστως η έννοια των περιορισμών. Η φύση του εργοστασίου, η καθορισμένη παραγωγή, οι υπάρχουσες υποδομές και τεχνολογίες είναι μερικοί από τους περιορισμούς που ελήφθησαν υπόψη, για να οδηγηθούμε σε πιο ασφαλή συμπεράσματα.

Επομένως, ολοκληρώνοντας την παρούσα εργασία και έχοντας μελετήσει διεξοδικά τα ζητήματα που αυτή πραγματεύτηκε, μπορούν να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα ανά κεφάλαιο.

Στο πρώτο κεφάλαιο καθορίστηκαν οι διαδικασίες που πρέπει να υιοθετηθούν με βάση την υπάρχουσα τεχνολογία αλλά και με βάση τη διάταξη των παραγωγικών τμημάτων του εργοστασίου και των δυνατοτήτων τους. Κρίθηκε απαραίτητη η εγκατάσταση ενός επιπλέον παραγωγικού τμήματος όπου θα κατασκευάζονται αρχικά τα τυπωμένα κυκλώματα. Το τμήμα του ποιοτικού ελέγχου, το τμήμα του βαφείου, τα τμήματα επισκευής-συναρμολόγησης υλικών τηλεπικοινωνίας καθώς και οι λοιποί υποστηρικτικοί χώροι του εργοστασίου πρέπει να αποτελέσουν κομμάτι της παραγωγικής αλυσίδας των τυπωμένων κυκλωμάτων. Επιπλέον, στο κεφάλαιο αυτό έγινε μια συντηρητική πρόβλεψη της ζήτησης παραγωγής PCB για την επόμενη δεκαετία με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα.

Ο εξοπλισμός που απαιτείται για τη δημιουργία του τμήματος Παραγωγής Τυπωμένων Κυκλωμάτων, καθώς και οι ανάγκες σε τεχνικό προσωπικό εργασίας καταγράφηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο. Επιλέχθηκε βάσει κριτηρίων, εργονομίας αλλά και απόδοσης της εργασίας, η χωροθέτηση των νέων σταθμών εργασίας του προαναφερθέντος τμήματος.

Έπειτα στο τρίτο κεφάλαιο επισημάνθηκαν τα τεχνικά δίκτυα που απαιτούνται για την ομαλή λειτουργία του τμήματος. Μετά από ενδελεχή μελέτη της τωρινής νομοθεσίας καταγράφηκαν οι σημαντικότεροι κανονισμοί ασφαλείας των εργαζομένων που πρέπει να τηρούνται, αλλά και οι διαδικασίες διαχείρισης και παρακολούθησης των παραγόμενων τυπωμένων κυκλωμάτων.

Επιτακτική κρίθηκε και η καταγραφή των οικονομικών δεδομένων, η οποία πραγματοποιήθηκε στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο, για την αξιολόγηση της γραμμής παραγωγής PCB. Λόγω των οικονομικών καταστάσεων αλλά και της δυσκολίας ανεύρεσης πόρων την τρέχουσα χρονική περίοδο δικαιολογήθηκε τεκμηριωμένα η ασφάλεια της επένδυσης σε ένα νέο τμήμα παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων εντός του 306 ΕΒΤ.

Συνοψίζοντας, όμως, εκτός από την οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης πρέπει να συνυπολογίσουμε τα πολλαπλά οφέλη του εργοστασίου και κατ' επέκταση του Ελληνικού Στρατού από τη δημιουργία της εν λόγω γραμμής παραγωγής. Η προστασία των τεχνικών δεδομένων, η ασφάλεια πληροφοριών καθώς και η υποκλοπή των τηλεπικοινωνιών είναι μερικοί ευαίσθητοι τομείς που πλήττονται, όταν διαρρέουν στο ελεύθερο εμπόριο τα σχέδια των τυπωμένων κυκλωμάτων υλικών τηλεπικοινωνίας του Ελληνικού Στρατού. Κατανοώντας, λοιπόν, τη φύση, την αποστολή και τη λειτουργία του εργοστασίου θα μπορούσαμε να πούμε ότι η δημιουργία της γραμμής παραγωγής PCB κρίνεται αδιαμφισβήτητα συμφέρουσα.