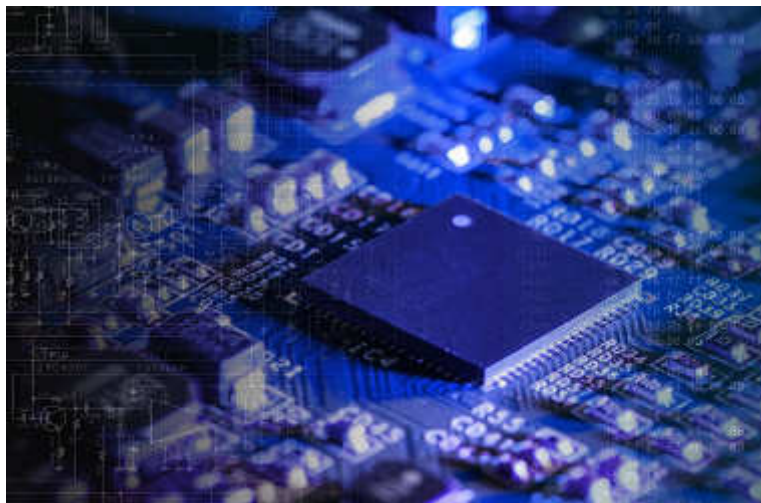


ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**Η αντίστροφη μηχανική ως μέθοδος
σχεδιασμού και βελτίωσης συσκευών**



Επιβλέποντες καθηγητές : Π.Σινιόρος , Ν.Μανουσάκης

Σπουδαστές: Κουμούσης Β Α.Μ 39375

Νεδέλκος Σ Α.Μ 39156

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2016

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους επιβλέποντες καθηγητές για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράστασή τους καθ' όλη την διάρκεια της μελέτης και συγγραφής της παρούσας εργασίας, όπως και τους φίλους και την οικογένειά μας για την αμέριστη βοήθειά τους.

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	ii
Πίνακας Περιεχομένων	iii
Κατάλογος Εικόνων	v
Περίληψη.....	vi
Abstract	vii
Κεφάλαιο 1 ^ο : Τεχνικές και Στάδια Σχεδίασης και Παραγωγής Προϊόντων	1
1.1 Εισαγωγικά Στοιχεία.....	1
1.2 Στάδια – Μεθοδολογία Σχεδιασμού Προϊόντων.....	2
1.3 Ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος	4
1.3.1 Ανάπτυξη προϊόντος.....	5
1.3.2 Ανάπτυξη αγοράς	6
1.3.3 Διείσδυση στην αγορά	6
1.3.4 Ωρίμανση του προϊόντος στην αγορά.....	8
1.3.5 Παρακμή του προϊόντος στην αγορά.....	9
Κεφάλαιο 2 ^ο : Θεωρητικό Υπόβαθρο Αντίστροφης Μηχανικής	10
2.1 Ιστορική Αναδρομή	10
2.2 Μεθοδολογία Αντίστροφης Μηχανικής.....	13
2.2.1 Εισαγωγικά Στοιχεία.....	13
2.2.2 Ανάλυση Σταδίων Αντίστροφης Σχεδίασης.....	16
2.2.3 Ενδιάμεσα Στάδια Αποφάσεων κατά την Αντίστροφη Σχεδίαση	20
2.2.4 Διαδικασία Αντίστροφης Μηχανικής.....	25
2.2.4.1 Εισαγωγικά Στοιχεία.....	25
2.2.4.2 Διαδικασία Συλλογής πληροφοριών.....	26
2.2.4.3 Αποσυναρμολόγηση του υλικού-Χαρτογράφηση κυκλωμάτων.....	27
2.2.4.4 Αντιστροφή του λογισμικού	28
2.2.4.5 Ανάλυση διασυνδέσεων.....	29
2.2.4.6 Άνοιγμα του Υλικού για Ανάλυση	30
2.2.4.7 Ανάλυση Ηλεκτρονικών Κυκλωμάτων	32
2.3 Θεσμικό Πλαίσιο και Νομικό Υπόβαθρο.....	36
2.3.1 Γενικά.....	36
2.3.2 Νόμιμες χρήσεις Αντίστροφης Μηχανικής	37
2.3.3 Παράνομες και αθέμιτες χρήσεις Αντίστροφης Μηχανικής.....	38

2.4. Πεδία Εφαρμογών Αντίστροφης Μηχανικής	39
2.5 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Τεχνικών Αντίστροφης Μηχανικής.....	50
Κεφάλαιο 3 ^ο : Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικές Τάσεις Σχεδιασμού	53
3.1 Υφιστάμενη Κατάσταση Ανάλυσης και Σχεδιασμού Προϊόντων	53
3.1.1. Κριτήρια και στάδια σχεδίασης και ανάπτυξης προϊόντος.....	53
3.1.1.1 Στάδια Σχεδίασης Προϊόντος.....	54
3.1.2 Προδιαγραφές ποιότητας και έλεγχος κατά την παραγωγή	56
3.2 Μελλοντικές Τάσεις Εξέλιξης	59
3.2.1 Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Προϊόντων	59
3.2.2 Παραγωγικός σχεδιασμός με γνώμονα το περιβαλλοντικό αντίκτυπο	62
3.2.3 Σχεδιασμός για αποτελεσματική αποσυναρμολόγηση	64
3.2.3.1 Στόχοι αποτελεσματικής αποσυναρμολόγησης	64
3.2.3.2 Μηχανολογική προσέγγιση αποσυναρμολόγησης.....	68
3.2.3.3 Δέντρα Προτεραιοτήτων	69
3.2.3 Σχεδιασμός με στόχο της τελική διαχείριση του προϊόντος.....	70
Συμπεράσματα και προτάσεις	72
Βιβλιογραφία	73

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Διαδικασία Ανάπτυξης νέου προϊόντος.....	3
Εικόνα 2: Διάγραμμα κύκλου ζωής προϊόντος.....	4
Εικόνα 3: Διαγραμματική Λογική Αντίστροφης Μηχανικής (HausA. Muller, 1997)	11
Εικόνα 4: Εικόνα – Έμβλημα της αντίστροφης μηχανικής κατά την απαρχή της.....	12
Εικόνα 5: Διαδικασία συμβατικής και αντίστροφης μηχανικής στον προγραμματισμό.....	14
Εικόνα 6: Στάδια ολοκλήρωσης διαδικασίας μηχανικής	15
Εικόνα 7: Στάδια Διαδικασίας Αντίστροφης Μηχανικής	17
Εικόνα 8: Παραδοσιακή Διαδικασία Σχεδίασης Προϊόντων	18
Εικόνα 9: Διαδικασία Σχεδίασης Αντίστροφης Μηχανικής	19
Εικόνα 10: Διάγραμμα απόφασης Go/No-Go	23
Εικόνα 11: Δείγμα Περιβλήματος Ηλεκτρονικού Κυκλώματος.....	32
Εικόνα 12: Παράδειγμα αλφαριθμητικού χαρακτηριστικού IC.....	34
Εικόνα 13: Παράδειγμα τμήματος DatasheetPCB	35
Εικόνα 14: Απεικόνιση τμήματος σωληνώσεων με προηγμένα συστήματα απεικόνισης.....	40
Εικόνα 15: Προσομοίωση με συστήματα προσομοιώσεων της αντοχής δομικών υλικών	41
Εικόνα 16: Ψηφιακή αναπαράσταση στηριγμάτων κτιρίου	42
Εικόνα 17: Ψηφιακή προσομοίωση αεροδυναμικής σε μοντέλο αυτοκινήτου	43
Εικόνα 18: Αναπαράσταση κρανίου ανθρώπου παλαιολιθικής εποχής	44
Εικόνα 19: Ψηφιακή αποτύπωση αρχαίας αγοράς με χρήση λογισμικού σάρωσης	45
Εικόνα 20: Στιγμιότυπο αποτύπωσης bugsVideoGame με χρήση αντίστροφης σχεδίασης ..	46
Εικόνα 21: Ψηφιακή σχεδίαση πρόσθετου δοντιού	47
Εικόνα 22: Ψηφιακή προσομοίωση απόκρισης προσθετικού τμήματος συνδέσμου οστού .	48
Εικόνα 23: Διαδικασία αντίστροφης μηχανικής στην επιστήμη του προγραμματισμού.....	49
Εικόνα 24: Διαδικασία Σχεδίασης Προϊόντος	56
Εικόνα 25: Διάγραμμα Σχέσης Ποιότητας - Κόστους	58
Εικόνα 26: Ανάλυση Κύκλου Ζωής συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης υλικών.....	62
Εικόνα 27: Παράγοντες Επιρροής Παραγωγικής Διαδικασίας	63
Εικόνα 28: Διάγραμμα Συνδέσεων Μηχανολογικής Προσέγγισης.....	69

Περίληψη

Σε πολλά στάδια της ζωής ενός προϊόντος εμφανίζονται προβλήματα, που σχετίζονται με την βιωσιμότητα και την επεκτασιμότητα των υλικών από τα οποία αποτελείται. Το γεγονός αυτό οφείλεται σαφώς στις διαφορετικές τεχνολογίες, που χρησιμοποιούνται από διάφορους κατασκευαστές με βάση φυσικά τις υπάρχουσες και άμεσα διαθέσιμες τεχνικές σχεδιασμού και βελτίωσης.

Πολλά από τα προβλήματα σχετικά με την ανάγνωση και την κατανόηση χαρακτηριστικών προγενέστερων τεχνολογιών και υλικών, για τα οποία δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία, επιλύονται με βάση την αντίστροφη μηχανική.

Η αντίστροφη μηχανική αποτελεί ένα σύνολο τεχνικών και μεθόδων αλλά και μία φιλοσοφία, η οποία ως έννοια υπάρχει πολλές δεκαετίες, αλλά τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται κατά κόρον. Αυτό φυσικά οφείλεται στο ότι η ταχύτατη εξέλιξη της τεχνολογίας δεν αφήνει περιθώρια και δεν επιτρέπει και την με σκοπό αποτύπωση λεπτομερών στοιχείων και χαρακτηριστικών προϊόντων.

Τα τελευταία χρόνια λοιπόν, η αντίστροφη μηχανική έρχεται να λύσει προβλήματα που σχετίζονται με την βελτίωση υλικών και την δημιουργία νέων, που καλύπτουν νέες ανάγκες ή βελτιώνουν ήδη υπάρχουσες με τρόπο εύκολο, οικονομικό και αρκετά άμεσο και παρεμφερή με τον αρχικό, που είχε σχεδιαστεί.

Για κάθε τεχνική που αναφέρεται στην αντίστροφη μηχανική υπάρχουν συγκεκριμένα στάδια, τα οποία θα πρέπει να ακολουθηθούν για να φθάσουμε στο τελικό συμπέρασμα και στο αποτέλεσμα, που επιθυμούμε με στόχο πάντα την κάλυψη μίας ανάγκης, που υπάρχει.

Abstract

At some stages of a product life, problems can appear, which are related to sustainability and scalability of the materials, of which it is composed. This is clearly due to the different technologies that were used by different manufacturers based on existing and immediately available techniques for product design and improvement.

Many problems, related to reading and understanding the characteristics of earlier technologies and materials, for which there is insufficient details are resolved based on reverse engineering.

Reverse engineering is a variety of techniques and methods, but also a theory which exists as an idea many decades, but it was used predominantly in the recent years. This is caused, as the rapid evolution of technology doesn't allow the specific charting of designed details of products.

Therefore, in recent years, reverse engineering is used to solve problems related to the improvement of materials and the creating of new ones that cover new needs or improve already existing in an easy, economical and direct way, compared to the one that was originally designed.

For each technique that specified in reverse engineering, there are specific steps that should be followed, in order to reach the desired goal and the conclusion, based on the aim of covering some needs.

Κεφάλαιο 1^ο: Τεχνικές και Στάδια Σχεδίασης και Παραγωγής Προϊόντων

1.1 Εισαγωγικά Στοιχεία

Η Μηχανική γενικότερα αποτελεί το σύνολο των διαδικασιών, που σχετίζονται με τον σχεδιασμό, την παραγωγή, συντήρηση και επέκταση προϊόντων και αντίστοιχα ολόκληρων συστημάτων. Με την ευρεία έννοιά της μπορεί να διαχωριστεί στις παρακάτω κατηγορίες:

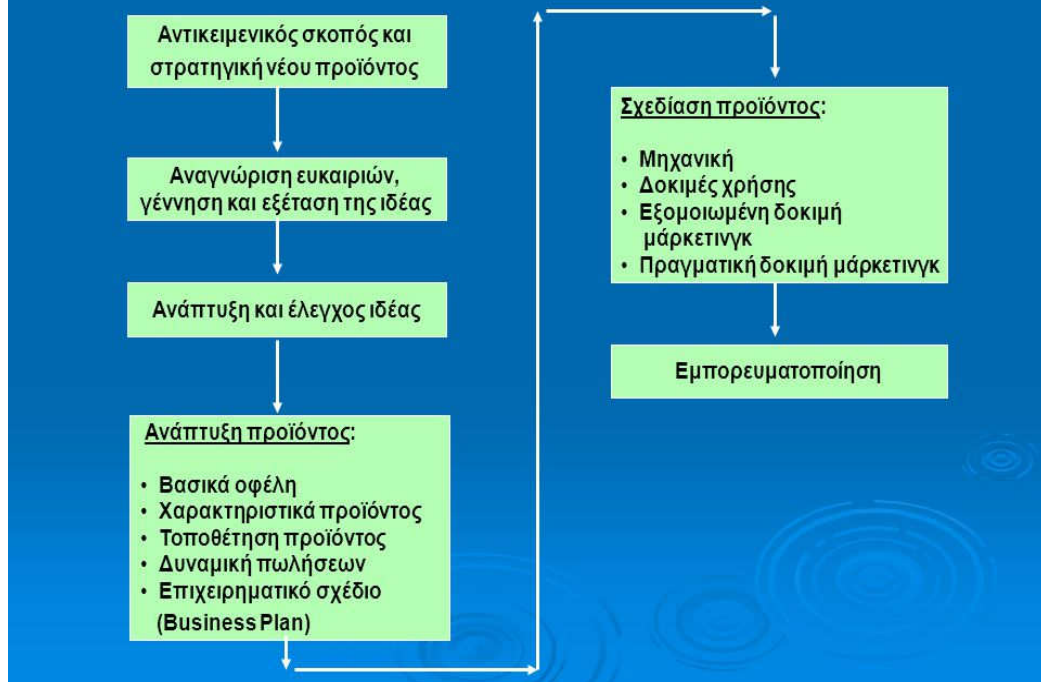
- A. Την Κλασσική μηχανική, η οποία αποτελεί την φύση της μηχανικής όπως την γνωρίζουν οι περισσότεροι χρήστες προϊόντων εδώ και χρόνια. Περιλαμβάνει την σύλληψη μίας ιδέας και στην συνέχεια την σχεδίαση ενός προϊόντος με βάση προδιαγραφές, που τίθενται, περιορισμούς, που ισχύουν και φυσικά πάντοτε σκεπτόμενοι το κοινό στο οποίο πρόκειται να απευθύνεται. Μετά την φυσική εφαρμογή του, που θα αποτελέσει και την κύρια υλοποίηση, προκύπτει η ενσωμάτωσή του σε ένα σύστημα. Στην περίπτωση αυτή δεν προκύπτει καμία απαίτηση ή κάποιο χαρακτηριστικό από προγενέστερη γνώση παρόμοιων υλικών, αλλά δημιουργείται εξ' αρχής με βάση γενικότερα πρότυπα και χαρακτηριστικά υλικών και συσκευών.
- B. Την Αντίστροφη μηχανική, που χρησιμοποιείται πλέον σε αρκετές διατάξεις και συστήματα, όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμα αρκετά χαρακτηριστικά συνηθέστερα τεχνικής φύσεως. Τις περισσότερες φορές χρησιμοποιείται όταν επιθυμείται να

δημιουργηθεί ένα πανομοιότυπο προϊόν με βάση συγκεκριμένες προδιαγραφές, που ίσχυαν και στην αρχή της κυκλοφορίας του με ελάχιστες αλλαγές. Στην περίπτωση, που δεν υπάρχει καμία γνώση για τον τρόπο υλοποίησης, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν και τις μεθόδους, που απαιτήθηκαν, τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί η τεχνική της αντίστροφης μηχανικής για άντληση δεδομένων και στην τελική δημιουργία του νέου προϊόντος για κάποιον συγκεκριμένο σκοπό.

1.2 Στάδια - Μεθοδολογία Σχεδιασμού Προϊόντων

Η ανάπτυξη νέων προϊόντων σαφώς απαιτεί αρχικό καθορισμό τεχνικών και λειτουργικών απαιτήσεων για αυτό, συμπεριλαμβάνοντας και όλες τις προδιαγραφές, που οφείλουν να πληρούνται ανάλογα με το κοινό και την χώρα στην οποία απευθύνονται. Το θεσμικό και το νομικό περιβάλλον, όπως και διάφορες ανάγκες σε υλικούς και άυλους πόρους πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν τόσο για την σχεδιαστική και παραγωγική διαδικασία, όσο και για την προώθηση του τελικού προϊόντος προς τους καταναλωτές. (N. Μπλάλης, 2003)

Η Διαδικασία Ανάπτυξης Νέου Προϊόντος



Εικόνα 1: Διαδικασία Ανάπτυξης νέου προϊόντος

Ακολουθώντας τον καθορισμό απαιτήσεων, περιορισμών κλπ, πρέπει να έλθει η σχεδίαση του προϊόντος. Για την σχεδίαση υπάρχει ελευθερία κινήσεων, επιλογών και μεθόδων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ορισμένες από τις οποίες είναι η αντίστροφη μηχανική, η σχεδίαση σε περιβάλλον CAD ή CAM, βιομηχανικός σχεδιασμός, προσομοιώσεις σε αντίστοιχα λογισμικά, κλπ. Υπ' όψιν φυσικά λαμβάνονται όλα τα στοιχεία, που έχουν συλλεχθεί στο προηγούμενο στάδιο. Επιπλέον παράγοντες, που υπεισέρχονται σε αυτό το στάδιο είναι το κόστος σχεδίασης και υλοποίησης όπως και τεχνικοί και άλλοι μη-τεχνικοί απαραίτητα περιορισμοί.

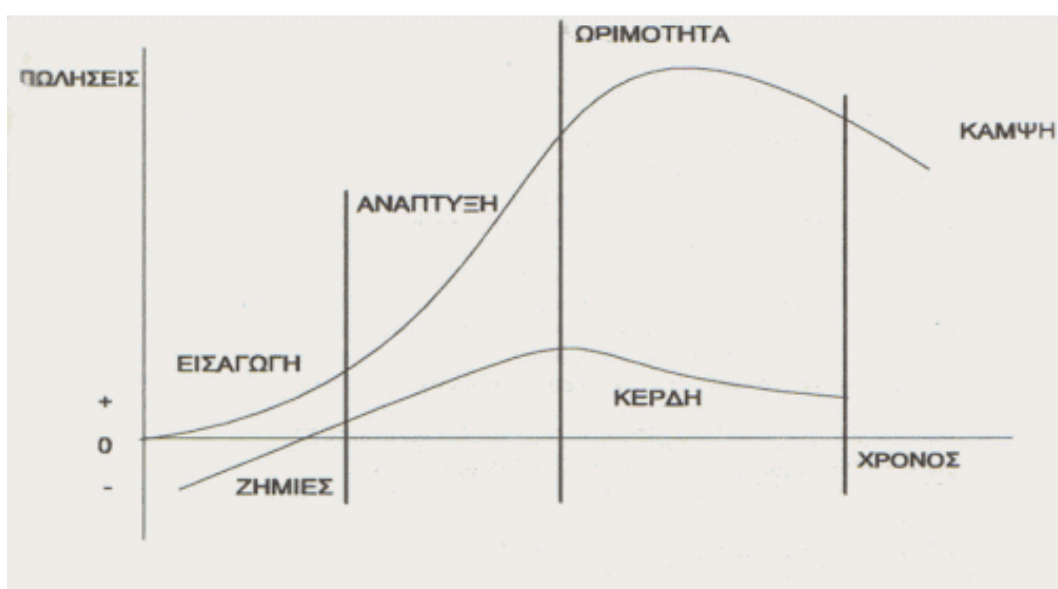
Σε επόμενο βήμα θα πρέπει να κατασκευαστεί σε εργαστηριακές συνθήκες ένα πρότυπο με βάση όλες τις προδιαγραφές και με τα στοιχεία, που σχεδιάστηκε με στόχο τον έλεγχο και την τελική αξιολόγηση ως προς τις απαιτήσεις, που έχει κατασκευαστεί. Το στάδιο αυτό φυσικά περιλαμβάνει και την ανάδραση από τα αποτελέσματα, που προκύπτουν και ακολουθείται από

διορθωτικές και επεμβατικές κινήσεις για τελικές βελτιώσεις. Στην τελική αξιολόγηση θα πρέπει να καλύπτονται όλες οι απαιτήσεις και οι περιορισμοί, που έχουν τεθεί και να κριθεί αν το προϊόν, που σχεδιάστηκε αρχικά είναι υλοποιήσιμο και σε επόμενη βάση το αν θα αποτελέσει καινοτόμο και αποδεκτό από την αγορά υλικό. Εφόσον όλα τα παραπάνω πληρούνται, τότε προχωράει η μαζική παραγωγή και η περαιτέρω προώθηση του προϊόντος.

Στα παραπάνω στάδια δεν θα πρέπει να λησμονούνται και άλλα στοιχεία, όπως ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας, που καλύπτουν τα προϊόντα, που ήδη κυκλοφορούν στην αγορά ή αντίστοιχα να καμφθούν αυτά τα προβλήματα με εξαγορά δικαιωμάτων από τις εκάστοτε κατασκευαστικές μονάδες. (N. Μπιλάλης, 2003)

1.3 Ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος

Παρακάτω συνοψίζονται τα βασικά στάδια και τα χαρακτηριστικά τους, που αφορούν στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος. Ανάλογα με την φύση του προϊόντος, αλλά και τον τομέα, στο οποίο εντάσσεται (καταναλωτικό, ειδικών απαιτήσεων κλπ), υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις, όσον αφορά την διάρκεια αλλά και την φύση και την βαρύτητα του σταδίου ζωής.



Εικόνα 2: Διάγραμμα κύκλου ζωής προϊόντος

1.3.1 Ανάπτυξη προϊόντος

Το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται από μικρή και ενδεικτική παραγωγή του προϊόντος, που ακόμη βρίσκεται υπό σχεδιασμό, σε κλίμακα πρωτότυπου. Κατά την διάρκειά της δοκιμάζονται σε εργαστηριακές αλλά και σε πιο ρεαλιστικές συνθήκες βασικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες του προϊόντος, ενώ ενδέχεται να ελεγχθούν και χαρακτηριστικά, όπως η βιωσιμότητα, η αντοχή του, κλπ. Οι βασικοί στόχοι στην φάση αυτή είναι:

- Η σχεδίαση του εκάστοτε προϊόντος.
- Η παραγωγή σε μικρή κλίμακα (πρωτότυπο).
- Η τεχνική πληρότητα και η εξασφάλιση βασικών ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων.
- Η έναρξη μελέτης διεισδυτικότητας του προϊόντος στην αγορά, που θα διοχετευθεί, είτε σε τοπικό είτε διευρυμένο επίπεδο.

Ο ρόλος του marketing είναι θεμελιώδης στο στάδιο αυτό, αφού είναι το καθ' ύλη αρμόδιο τμήμα για να ελέγξει την αποδοτικότητα, που μπορεί να έχει το προϊόν εντός των πλαισίων της αγοράς και φυσικά τι οικονομικό αντίκτυπο θα έχει στην εταιρεία σχεδίασης και παραγωγής του. Αξίζει ακόμη να σημειωθεί ότι το στάδιο αυτό σχεδόν κατά κανόνα δεν αποφέρει κέρδη στην επιχείρηση. Η ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος απαιτεί μεταφορά πόρων από υπάρχοντα κέρδη ή αποθεματικά που προέρχονται από ήδη ώριμα προϊόντα, που κυκλοφορούν στην αγορά. Ωστόσο, το στάδιο αυτό είναι πολύ σημαντικό και απαραίτητο σε κάθε επιχείρηση, αφού αποτελεί το πρώιμο στάδιο για συνέχιση της παραγωγικής διαδικασίας και της διαρκούς κερδοφορίας της επιχείρησης. Ακόμη, είναι το τμήμα και η δραστηριότητα, που είναι σε θέση να ανιχνεύει ευκαιρίες στην αγορά και αναγνωρίζοντας ανάγκες, ελλείψεις και πλεονεκτήματα, να εργαστεί πάνω σε λύσεις σχεδιασμένες, ώστε να επιτευχθεί κέρδος και να παραμείνει ανταγωνιστική έναντι άλλων εταιρειών.

1.3.2 Ανάπτυξη αγοράς

Εφόσον έχει ολοκληρωθεί η όλη διαδικασία σχεδίασης, παραγωγής και πρώτου ελέγχου του προϊόντος, η εξέλιξη της ζωής του προϊόντος, περιλαμβάνει την προετοιμασία του αλλά και του περιβάλλοντος για είσοδο στην αγορά. Πρέπει να ανιχνευθούν τρόποι και τεχνικές να καταστεί ελκυστικό και να διεισδύσει στην αγορά το πλέον ώριμο προϊόν. Η ωρίμανση αυτή απαιτεί πολλές φορές τη ανάληψη πρωτοβουλιών, που θα σταθεροποιήσουν τις αρχικά ευνοϊκές τάσεις της αγοράς.

Οι πρωτοβουλίες αυτές από πλευράς της εταιρείας παραγωγής μπορεί να έχουν τη μορφή marketing ή και μορφή εκπαίδευσης σχετικά με το νέο προϊόν, που θα αφορά τους τελικούς πελάτες. Η δεύτερη περίπτωση είναι ιδιαίτερα συχνή όταν αναφερόμαστε σε βιομηχανικά προϊόντα (όχι άμεσα καταναλωτικά προϊόντα), τα οποία πρέπει να διέλθουν και από ένα επιπλέον στάδιο βιομηχανικής επεξεργασίας, μέχρις ότου είναι έτοιμα για την τελική τους διοχέτευση στην αγορά.

Σε μια τέτοια αλληλουχία μεταξύ παραγωγού και πελάτη, που αποτελούν το ζεύγος πρωτογενούς και δευτερογενούς οντότητας, η εκπαίδευση έχει καίρια σημασία, αφού πρέπει να εξηγηθούν και να διασαφηνιστούν ορισμένες τεχνικές και πρακτικές πληροφορίες για το τελικό προϊόν. Με τον τρόπο αυτό, θα εξασφαλιστούν και οι προϋποθέσεις για να φθάσει το συγκεκριμένο προϊόν στους τελικούς καταναλωτές, οι οποίοι θα είναι γνώστες του και τελικά να πετύχει την διείσδυση στον μέγιστο δυνατό βαθμό.

1.3.3 Διείσδυση στην αγορά

Εφόσον έχουν ολοκληρωθεί επιτυχώς όλα τα προηγούμενα στάδια και το τελικό προϊόν είναι έτοιμο, κατασκευασμένο και έτοιμο προς εισαγωγή στην αγορά είναι η κρίσιμότερη φάση στην ζωή του. Οποιαδήποτε λεπτομέρεια ή οποιαδήποτε έλλειψη κατά τα προηγούμενα στάδια ζωής τους

μπορούν να αποβούν καταστροφικά. Είναι η κρισιμότερη φάση και ουσιαστικά εκείνη, που θα διοχετεύσει το προϊόν σε μεγάλες ποσότητες αλλά πιθανά και ποικιλία στην αγορά, έως ότου κατακτήσει ένα συγκεκριμένο μερίδιό της. Η φάση αυτή πιθανότατα να είναι και δυναμική και να ανατροφοδοτεί την ανταπόκριση της αγοράς κατά την διάρκεια της συνέχισης πωλήσεων του προϊόντος. Σε πολλές περιπτώσεις, με βάση την ανατροφοδότηση, που υπάρχει από αγοραστές προϊόντων, μπορεί να επανέλθει σε φάση σχεδιασμού ή περαιτέρω αξιολόγησης και να επανακυκλοφορήσει σε διαφορετική έκδοση στην αγορά με διαφορετικά χαρακτηριστικά, προφανώς βελτιωμένα.

Η παραγωγή του προϊόντος χαρακτηρίζεται από ποικιλία και από απρόβλεπτη ζήτηση, που μπορούν να καταστήσουν δύσκολη την παρακολούθηση της συγκεκριμένης φάσης του προϊόντος. Ωστόσο, κάθε εταιρεία οφείλει να έχει την ομάδα ελέγχου και εποπτείας, ώστε να προλάβουν έγκαιρα προβλήματα, αλλαγές αλλά και άλλους παράγοντες, που μπορούν να αποβούν μοιραίοι για την τελική επιτυχία του προϊόντος.

Επίσης, στη φάση αυτή αποσαφηνίζεται και το προφίλ των πελατών του προϊόντος, που αποτελούν το κοινό, στο οποίο απευθύνεται το όλο εγχείρημα της σχεδίασης και την παραγωγής. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει σαφέστερη εικόνα σχετικά με τις ανάγκες, που υπάρχουν αλλά και τις ανάγκες, που έρχεται το προϊόν να καλύψει. Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης το σωστό marketing με την διαφήμιση σε διάφορα μέσα παίζει καθοριστικό παράγοντα. Τα τελευταία χρόνια στον κύκλο των διαφημίσεων έχουν εισέλθει και τα κοινωνικά δίκτυα, τα οποία είναι σε θέση να διαδραματίσουν σημαντικό παράγοντα τόσο επιτυχίας, όσο και αποτυχίας φυσικά για ένα προϊόν.

Γενικά, κατά την φάση αυτή όλα τα προϊόντα είναι φυσικά καινούργια στην αγορά, γεγονός, που μπορεί προσωρινά να διαμορφώνει την τιμή σε διαφορετικά επίπεδα είτε σε σχέση με το ανταγωνισμό είτε σε σχέση με την τιμή, που αρχικά είχε οριστεί από τον κατασκευαστή. Όπως είναι λογικά,

συνήθως η αγορά στην αρχή είναι ιδιαίτερα επιφυλακτική, πράγμα που διατηρεί αρχικά τις τιμές στάσιμες έως και καθοδικές. Σπανιότερα το προϊόν μπορεί να δημιουργήσει έναν αρχικό έντονο ενθουσιασμό, που του εξασφαλίζει υψηλές τιμές σε σχέση με τις αντίστοιχες των ανταγωνιστών διατηρώντας φυσικά το επίπεδο πωλήσεων του προϊόντος σε εξίσου υψηλά επίπεδα.

1.3.4 Ωρίμανση του προϊόντος στην αγορά

Στη φάση αυτή πλέον έχει επέλθει η σταθερότητα του προϊόντος στην αγορά και οι προτιμήσεις των καταναλωτών είναι αρκετά ξεκάθαρες, οπότε έχει προσαρμοστεί αντίστοιχα τόσο η παραγωγή όσο και ο σχεδιασμός και οι μελέτες είτε για την βελτίωση του συγκεκριμένου προϊόντος είτε για την δημιουργία ενός νέου, ανάλογα με τις απαιτήσεις και την ανατροφοδότηση, που υπάρχει από την αγορά. Όλα αυτά φυσικά γίνονται με βάση την ζήτηση, που υπάρχει και τις εκάστοτε δυνατότητες της εταιρείας, που έχει αναλάβει την παραγωγή και την διοχέτευση του προϊόντος για την αγορά.

Κατά την φάση αυτή πολλά προϊόντα δεν καταφέρνουν να επιβιώσουν είτε λόγω νέων, που εισέρχονται στην αγορά δυναμικά, είτε επειδή δεν διαθέτουν κάποιο ιδιαίτερο στοιχείο, που να τα καθιστά αναγκαία και προσιτά σε πιθανούς πελάτες. Τα προϊόντα πλέον έχουν πάψει να είναι καινούργια και δεν δημιουργούν επιφυλάξεις αλλά ούτε και ενθουσιασμό στην αγορά. Ως συνέπεια αυτού η τιμή τους οδηγείται σε επίπεδα, που καθορίζονται από τους κανόνες της ελεύθερης αγοράς και του ανταγωνισμού. Η παραγωγή πλέον είναι σε σταθερά επίπεδα, όπως και η ζήτηση, αφού έχει κατασταλάξει σε γενικές γραμμές. Η φάση αυτή επίσης είναι αυτή, που κατά κανόνα συγκεντρώνει κέρδη στην επιχείρηση, επιτρέποντας χρηματοδότηση των προηγούμενων φάσεων τόσο για το ίδιο το προϊόν όσο και για νέα, αλλά φυσικά και για την ανάπτυξη νέων προϊόντων.

1.3.5 Παρακμή του προϊόντος στην αγορά

Όταν το προϊόν αντιμετωπίσει νέες τεχνολογίες ή άλλα βελτιωμένα προϊόντα, που έχουν παραχθεί και διατίθενται με χαμηλότερο κόστος που θα το εκτοπίσουν, το προϊόν εισέρχεται στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο του κύκλου ζωής του, που είναι το στάδιο της παρακμής. Σε αυτό το στάδιο, η ζήτησή του μειώνεται συνεχώς και σταδιακά μέχρι όπου φθάσει στον κορεσμό και κριθεί σκόπιμη η διακοπή της παραγωγής του και της διάθεσής του στην αγορά. Σε αυτήν την φάση η εταιρεία παραγωγής φυσικά θα πρέπει να είναι σε θέση να έχει ήδη υλοποιήσει κάποιο project για εισαγωγή νέου προϊόντος, που θα διατηρήσει σταθερή την χρηματοροή και τα κέρδη της.

Κεφάλαιο 2ο: Θεωρητικό Υπόβαθρο Αντίστροφης Μηχανικής

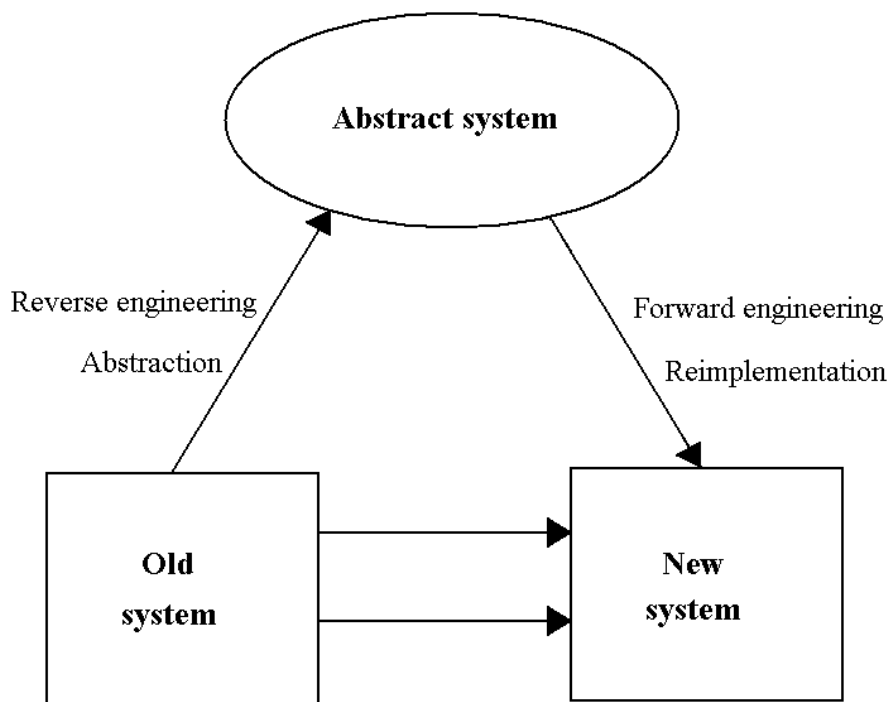
2.1 Ιστορική Αναδρομή

Η αντίστροφη μηχανική είναι η διαδικασία, με την οποία γίνεται προσπάθεια ανάγνωσης και ανακάλυψης των τεχνικών χαρακτηριστικών μίας συσκευής, ενός προϊόντος ή ακόμη και ενός συστήματος αναλύοντας επιμέρους στοιχεία του, όπως η δομή, η λειτουργία ή ακόμη και η απόκρισή του ως διάταξη. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται άλλες φορές για να κατασκευαστεί ένα προϊόν αντίστοιχο και εφάμιλλο αυτού, που ήδη υπάρχει αλλά δεν διαθέτουμε αρκετά στοιχεία και άλλες φορές για να συμπληρώσουμε τις γνώσεις μας με σκοπό την συντήρηση και επέκταση αυτού του προϊόντος και άλλων αντίστοιχων στην ομάδα, που περιλαμβάνεται. Ο απώτερος στόχος είναι να εξάγουμε συμπεράσματα, που δεν θα απαιτούν περαιτέρω μελέτη του υλικού για να προχωρήσουμε σε οποιαδήποτε επεκτατική ενέργεια συνδέεται με αυτό.

Η απαρχή της αντίστροφης μηχανικής εμφανίζεται στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας, όταν και εμφανίστηκε η ανάγκη κατανόησης της ραγδαία αναπτυσσόμενης τεχνολογίας για τις συσκευές και τα προϊόντα, που είχαν κατασκευαστεί. Φυσικά αυτό ήταν το προαπαιτούμενο για την ανάλυση κόστους, αναγκών, τεχνικών προδιαγραφών και άλλων στοιχείων με σκοπό την επέκταση της βιομηχανίας και της παροχής προϊόντων στο καταναλωτικό κοινό με σκοπό την κάλυψη αναγκών του. Τα πρώτα εγχειρήματα σαφώς και έγιναν σε στρατιωτικές διατάξεις με σκοπό την ανάγνωση τεχνολογίας και

την παροχή τεχνογνωσίας στην συνέχεια στους εκάστοτε στρατούς, που προσπαθούσαν να αναγνώσουν συγκεκριμένες διατάξεις άλλων κρατών.

Πάντοτε ο απώτερος στόχος ήταν η παροχή τεχνογνωσίας στην κατασκευαστική και παραγωγική βιομηχανία για βελτίωση των υπαρχόντων υλικών και την παροχή νέων καινοτόμων και κατά το δυνατόν που θα μπορούν να είναι πλεονεκτικά έναντι αυτών, που βρίσκονται ήδη σε κυκλοφορία. Φυσικά οι επόμενες διαδικασίες, που αφορούν επιμέρους στοιχεία της παραγωγής, της προώθησης, κλπ παραμένουν ίδιες.

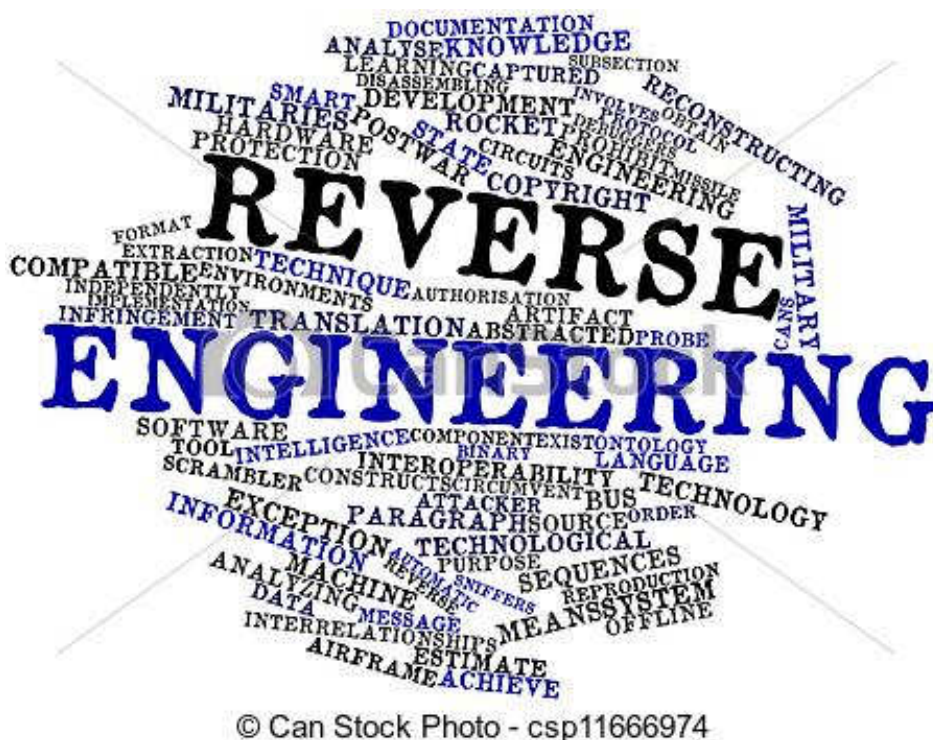


Εικόνα 3: Διαγραμματική Λογική Αντίστροφης Μηχανικής (HausA. Muller, 1997)

Η αντίστροφη μηχανική ως σχεδιαστικό μέσο εμφανίστηκε αρχικά στην Ιαπωνία και εισήχθη για αντιγραφή προϊόντων και όπως ήταν φυσικό αντιμετωπίστηκε αρνητικά τόσο από τις επιχειρήσεις παραγωγής και εμπορίας, όσο και από το κοινό, που δεν αναγνώριζε κανένα δείγμα καινοτομίας και ανάπτυξης. Όπως ήταν λογικό έμεινε ως ένα δείγμα έλλειψης

πρωτότυπων ιδεών και τέλους που είχε επέλθει στην τεχνολογία σχεδίασης και υλοποίησης προϊόντων.

Σύντομα, ωστόσο ακολούθησαν και οι πρώτες μέθοδοι σχεδίασης προϊόντων και υλικών, που είχαν ως βασικό τέχνασμα την λογική της αντιστροφής σχεδίασης και της αντιστροφής μηχανικής με απώτερο στόχο βελτίωση υλικών τους και κέρδος έναντι ανταγωνιστών. Φυσικά κάθε νέο προϊόν υπερτερούσε του προκατόχου του έστω και σε ελάχιστα σημεία, που αποτελούσαν το σήμα κατατεθέν του.



Εικόνα 4: Εικόνα – Έμβλημα της αντιστροφής μηχανικής κατά την απαρχή της

Κατά την διαδικασία επανασχεδιασμού θα πρέπει σε πρώτη φάση να ελεγχθεί το προϊόν σε εργαστηριακές συνθήκες, όπως ήταν εκείνες στις οποίες σχεδιάστηκε. Αποσυναρμολόγησή του θεωρείται αναγκαία, ώστε να μελετηθεί αρχικά μακροσκοπικά και οπτικά για τα επιμέρους στοιχεία, που το αποτελούν. Σε αυτό το στάδιο μπορεί να μελετηθεί η δομή του προϊόντος όπως και ο τρόπος με τον οποίο συνυπάρχουν και λειτουργούν όλα τα

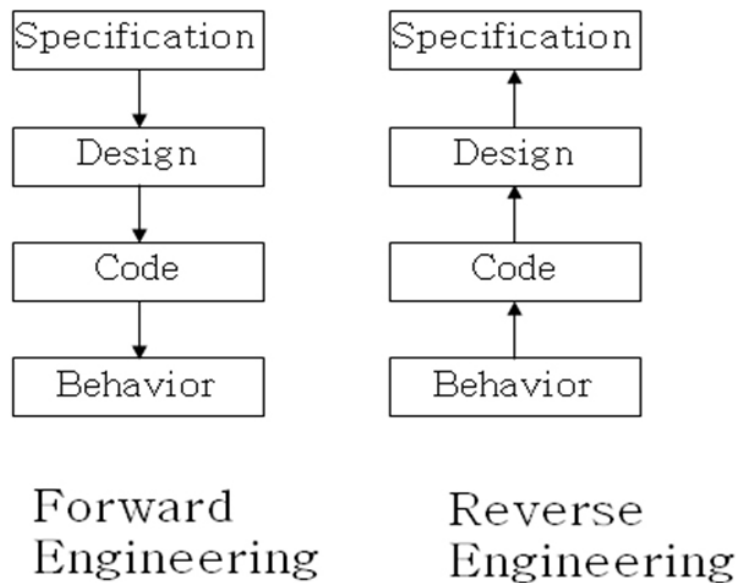
επιμέρους τμήματά του. Με τον τρόπο αυτό είμαστε πλέον σε θέση να κατανοήσουμε τον τρόπο λειτουργίας του και να προχωρήσουμε στην σχεδίαση ενός παρόμοιου με βάση φυσικά επιμέρους χαρακτηριστικά και ιδιότητες, είτε σε επίπεδο υποσυστήματος (προσαρμοστικό), είτε διαφορετικά σε επίπεδο εξαρτήματος (διαφοροποίηση).

2.2 Μεθοδολογία Αντίστροφης Μηχανικής

2.2.1 Εισαγωγικά Στοιχεία

Η πρώτη απόπειρα ανάλυσης και περιγραφής μίας διαδικασίας, που στην συνέχεια μετεξελίχθηκε στην αντίστροφη μηχανική μπορεί να βρεθεί στο βιβλίο της Kathryn Ingle με τίτλο *Reverse Engineering*, που εκδόθηκε το 1994. Στην μελέτη αυτή, λοιπόν, γίνεται αναφορά σε μία διαδικασία τεσσάρων σταδίων, που αποτελούν και τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά αυτής της τεχνικής σχεδιασμού προϊόντων.

Το επιθυμητό αποτέλεσμα, που ουσιαστικά είναι είτε η άντληση πληροφοριών για ένα υλικό είτε η αναπαραγωγή του με διαφορετικά χαρακτηριστικά, μετά από βελτίωση, είναι αποτέλεσμα διάφορων σταδίων, που κρίνονται απαραίτητα για την κάλυψη όλων των απαιτούμενων ενεργειών. Είναι αναγκαίο να αξιολογηθούν και να επαληθευθούν τα τεχνικά και σχεδιαστικά ευρήματα, όπως και όλα τα δεδομένα, που έχουν προκύψει από την ανάλυση, έως ότου εφαρμοστούν στο νέο τελικό προϊόν. Ο όρος *Reverse Engineering* ως νέος θεσμός εμφανίζεται περί την δεκαετία του '60 σε έγγραφο της κυβέρνησης των Ηνωμένων Πολιτειών, που αφορούσε το τμήμα ρύθμισης εξαγορών της αμυντικής βιομηχανίας των Η.Π.Α..(Ingle Kathryn A., 1994)



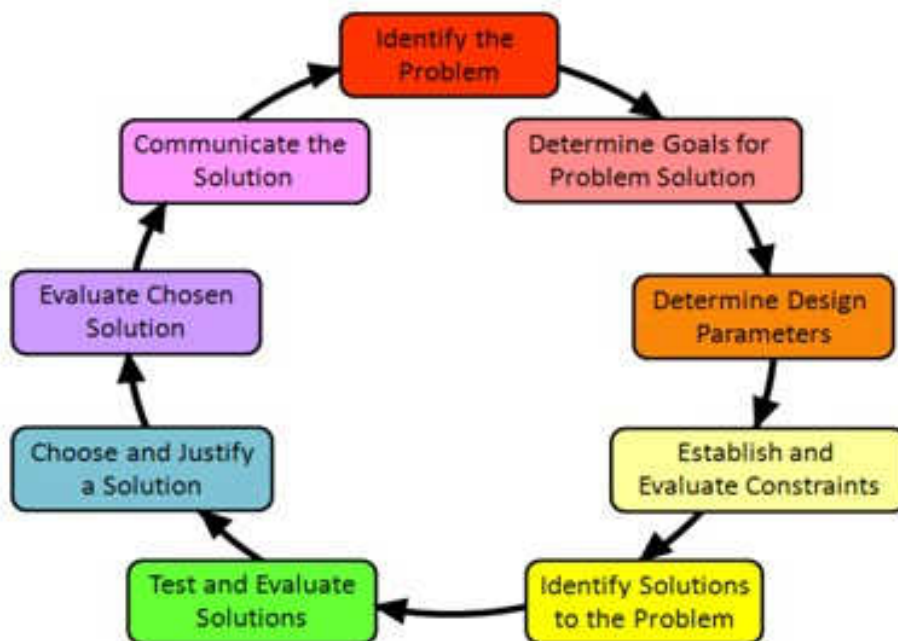
Εικόνα 5: Διαδικασία συμβατικής και αντίστροφης μηχανικής στον προγραμματισμό

Αναλύοντας την αντίστροφη μηχανική στην βάση της μπορούμε να αναφέρουμε ότι σχετίζεται και βασίζεται κατά ένα μέρος στην τεχνική του μαύρου κουτιού (BlackBoxTechnique). Η τεχνική αυτή εφαρμόζει μια επαναληπτική μέθοδο, ώστε να καταλήξει στο επιθυμητό αποτέλεσμα, το οποίο βέβαια δεν έχει πάντοτε κάποιο συγκεκριμένο τελικό υλοποιησιμο προϊόν. Ο στόχος της είναι η αξιοποίηση υπάρχοντων δεδομένων και η ανάλυση όλων των στοιχείων, που είναι διαθέσιμα και σχετίζονται με μία διαδικασία έλεγχο με βάση ένα μοντέλο κλειστού βρόγχου. Με αυτή την τεχνική αυτή αντιμετωπίζεται το υπό έλεγχο στοιχείο σαν ένα μαύρο κουτί, χωρίς να ενδιαφέρει τον ερευνητή είτε το περιεχόμενο του είτε η ύπαρξη η μη επιμέρους υποσυστημάτων σε αυτό. Απλά η διαδικασία πρέπει να εισάγει ορισμένες εισόδους και ανάλογα με τα αποτελέσματα, που αυτό θα εξάγει να κριθεί η λειτουργία του και να προχωρήσει στην συνέχεια βαθύτερα σε ανάλυση στοιχείων του.

Με χρήση επαναληπτικής μεθόδου ακολουθώντας την ίδια τεχνική συλλέγονται αποτελέσματα τόσο για την λειτουργία και την σχεδίασή του, που σε βάθος μπορούν να αναλύσουν και το περιεχόμενό του, ακόμη κι αν αυτό δεν είναι τόσο εύκολο εκ πρώτης όψεως ξεκινώντας την διαδικασία

ελέγχου. Με τον τρόπο αυτό, οι ερευνητές μπορούν να πληροφορηθούν σχετικά με τεχνικά δεδομένων, που δεν είναι εμφανή από το εξωτερικό περιβάλλον, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν στην συνέχεια είτε για διαφορετική ανάλυση, είτε για προσομοίωση είτε φυσικά για την παραγωγή ενός αντίστοιχου προϊόντος με διαφορετικά επιμέρους χαρακτηριστικά και παρόμοια λειτουργία. Τα τεχνικά δεδομένα είναι κρίσιμα για την ομαλή και συνεχή λειτουργία, για οποιοδήποτε σύστημα ή παραγωγική εγκατάσταση. Όπως έγινε λοιπόν σαφές με όλα τα παραπάνω, ο σκοπός της αντίστροφης μηχανικής είναι να μελετήσει τρόπους ώστε να αυξήσει την παραγωγικότητα με την επίλυση κατασκευαστικών και λειτουργικών προβλημάτων με ανάλυση όλων των διαθέσιμων μέχρι στιγμής υλικών, πόρων, συσκευών και μεθόδων.(Ingle Kathryn A., 1994)

The Engineering Design Process

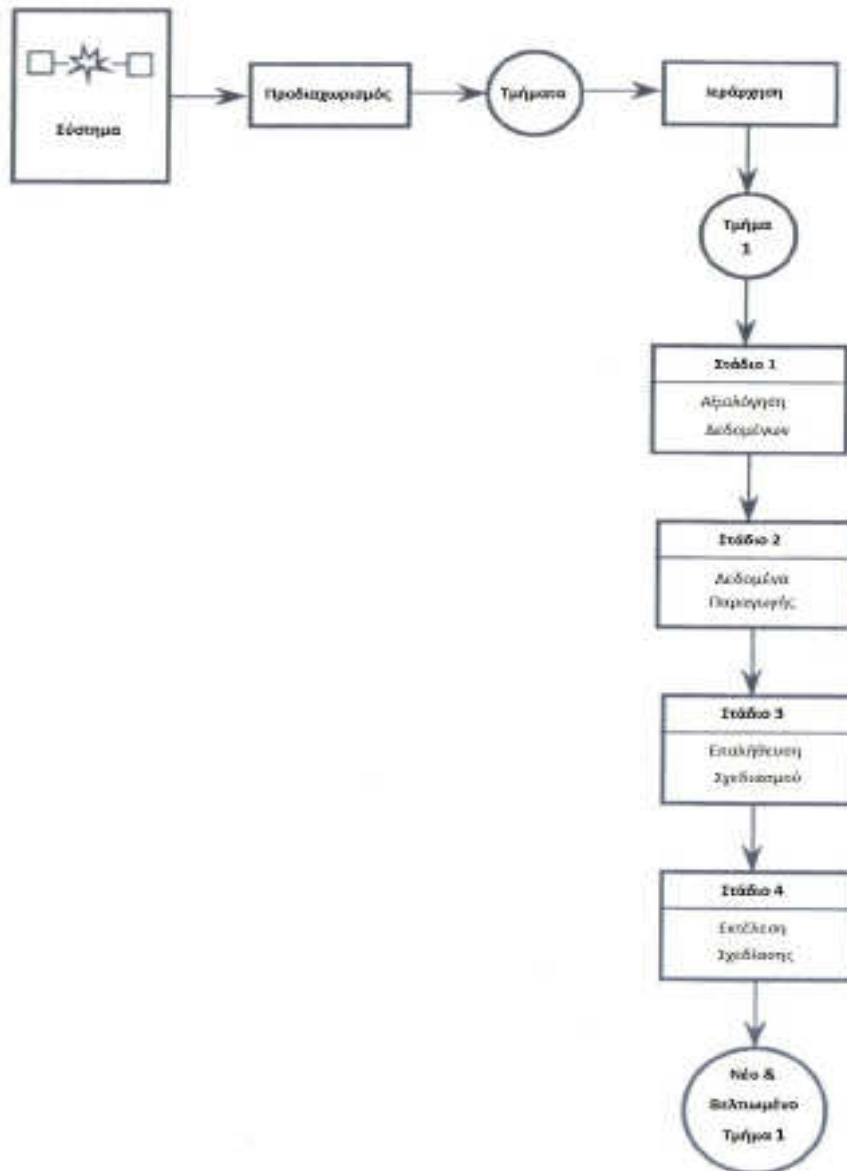


Εικόνα 6: Στάδια ολοκλήρωσης διαδικασίας μηχανικής

2.2.2 Ανάλυση Σταδίων Αντίστροφης Σχεδίασης

Η αντίστροφη μηχανική μπορεί να παρασταθεί απλοϊκά ως μία διαδικασία ανάλυσης και μελέτης τεσσάρων σταδίων, όπως περιγράφεται και στο διάγραμμα, που ακολουθεί. (σχήμα 2.1) Αυτά τα στάδια περιγράφουν όλη την διαδικασία, που ακολουθείται παραλαμβάνοντας ως είσοδο ένα υπάρχον προϊόν ή έστω ένα τμήμα αυτού και έχει ως αποτέλεσμα την εξαγωγή τεχνικών και σχεδιαστικών δεδομένων για την υποστήριξη της αποδοτικής χρήσης των κεφαλαιακών πόρων και την αύξηση της παραγωγικότητας για το αποτέλεσμα, που θα προκύψει. Τα τέσσερα στάδια αυτά είναι:

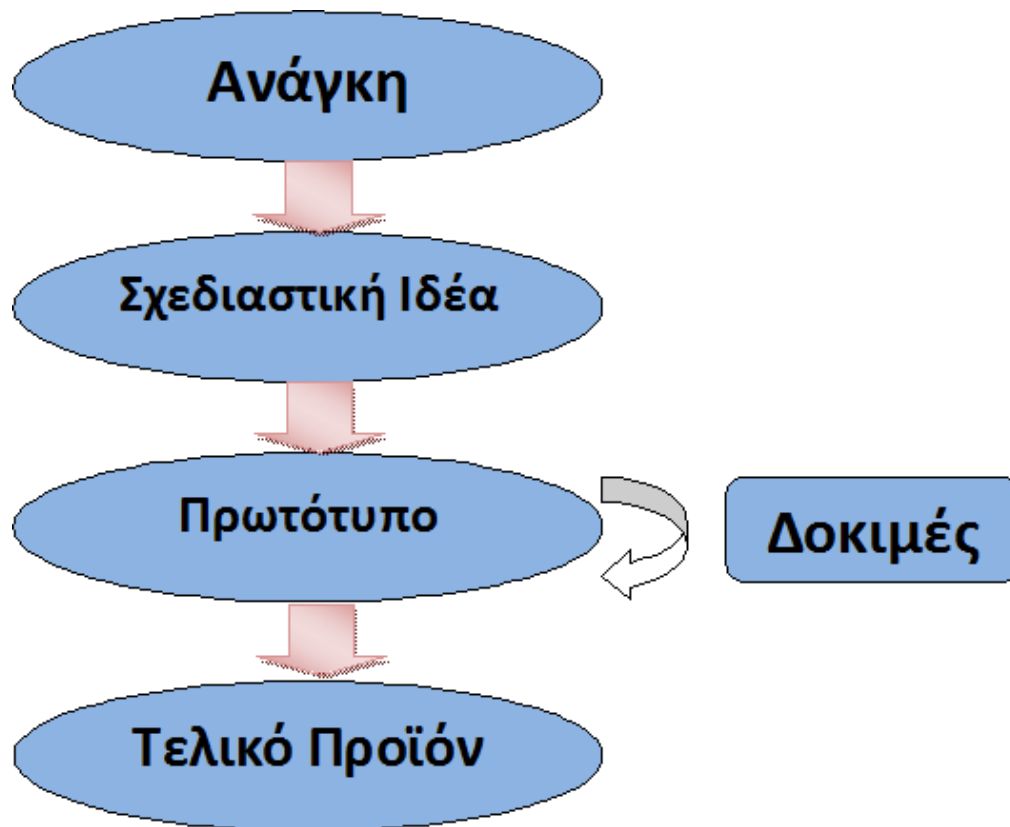
- ✓ **Στάδιο 1:** Αξιολόγηση των δεδομένων
- ✓ **Στάδιο 2:** Δεδομένα παραγωγής
- ✓ **Στάδιο 3:** Επαλήθευση του σχεδιασμού
- ✓ **Στάδιο 4:** Εκτέλεση της σχεδίασης



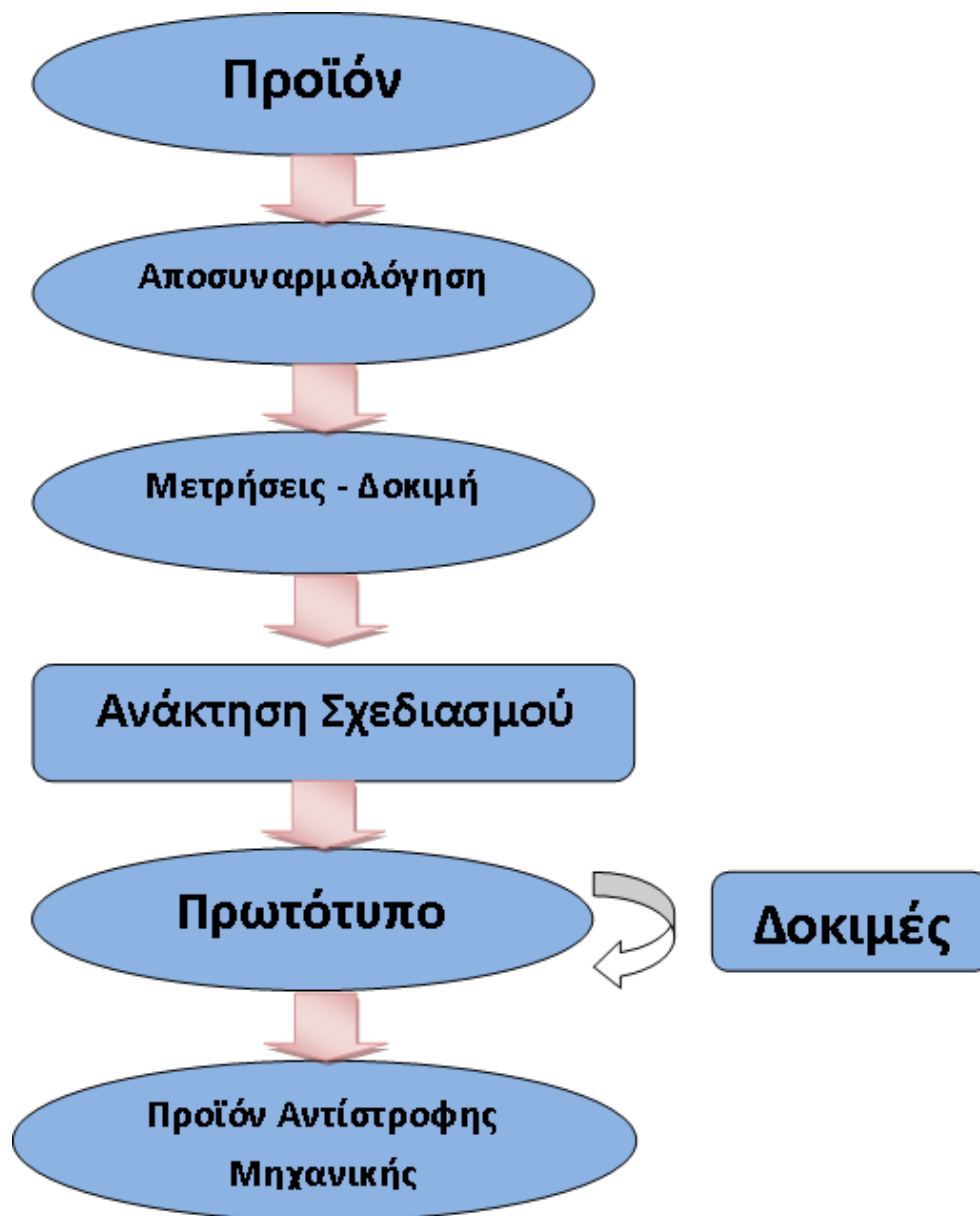
Εικόνα 7: Στάδια Διαδικασίας Αντίστροφης Μηχανικής

Όλα τα στάδια, που περιγράφηκαν παραπάνω πρέπει να διεκπεραιωθούν με αυστηρό και τυπικό διαχωρισμό μεταξύ τους, ώστε να διασφαλιστεί η σωστή και αποδοτική χρήση της μεθόδου αυτή με βάση τον σκοπό και τα κριτήρια, με τα οποία σχεδιάστηκε. Αυτή η διαδικασία στοχεύει κυρίως στην βελτίωση της γραμμής παραγωγής τόσο όσον αφορά το κόστος, όσο και την ποιότητα κατασκευής αλλά και γενικότερα των βιομηχανικών δυνατοτήτων.

Σημαντική είναι η διαφορά της τυπικής και συμβατικής μεθόδου σχεδίασης ενός προϊόντος εκ του μηδενός σε σχέση με την χρήση της μεθόδου τεσσάρων σταδίων, που αποτελεί την αντίστροφη σχεδιαστική τεχνική. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο διαγράμματα για την κάθε μέθοδο για να αποσαφηνιστεί η εγγενής διαφορά, που τις διαχωρίζει.



Εικόνα 8: Παραδοσιακή Διαδικασία Σχεδίασης Προϊόντων



Εικόνα 9: Διαδικασία Σχεδίασης Αντίστροφης Μηχανικής

Η αντίστροφη μηχανική περιέχει, όπως είναι αναμενόμενο αφενός το στοιχείο του διαχωρισμού εκ των προτέρων αλλά και το στοιχείο της διαχρονικότητας όσον αφορά τα τεχνικά στοιχεία. Η μέθοδος, που ακολουθεί για την ανάλυση ενός υλικού, που αποτελεί το βασικό προϊόν, που μελετάται θα πρέπει να είναι σε θέση να εξάγει δεδομένα, τα οποία θα είναι διαθέσιμα και για παρόμοιες μελέτες στο μέλλον. Επίσης, στοιχεία, τα οποία δεν μπορούν να διαχωριστούν από το προϊόν, δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικά και

δεν παρέχουν πληροφορίες για μελλοντικές μελέτες, οπότε τις περισσότερες φορές δεν αναλύονται, αφού κρίνεται άσκοπο και μη-επικερδές.

Όπως αναλύθηκε από τα δύο διαγράμματα παραπάνω, η κλασσική μέθοδος σχεδιασμού προϊόντων με βάση τις αρχές της μηχανικής πηγάζει από ιδέες, οι οποίες τις περισσότερες φορές είναι πρωτότυπες, ενώ δεν υπάρχουν ούτε παρόμοια υλικά, με τις συγκεκριμένες ιδιότητες. Στην συνέχεια τίθενται προδιαγραφές, περιορισμοί, που αφορούν μόνο τα τεχνικά δεδομένα και ακολούθως προχωράει η υπόλοιπη διαδικασία, που αφορά τόσο την συνέχιση της σχεδίασης, όσο και την προετοιμασία για την παραγωγή του προϊόντος, την είσοδό του στην αγορά και την πορεία του εντός αυτής.

Αντίστροφα, οι αρχές της αντίστροφης σχεδίασης προϊόντος, προδιαγράφουν την αρχή της διαδικασίας σχεδίασης από ένα υπάρχον προϊόν, το οποίο αναλύεται, αποσυναρμολογείται, ερευνάται και μετά από αλλαγές, με βάση προδιαγραφές, που έχουν τεθεί προχωράει η διαφοροποίηση της σχεδίασής του. Όταν η εφαρμογή ανεξάρτητης σχεδίασης κρίνεται απαραίτητη σε ένα φυσικό σύστημα, τότε με την βοήθεια της αντίστροφης μηχανικής, γίνεται η ανάλυση σχεδίασης όλων των εξαρτημάτων, που αποτελούν το σύστημα, και φυσικά η αλληλεξάρτησή τους με το κατά το δυνατόν ανώτερου επιπέδου διακριτό σύστημα. Φυσικά σε διάφορα στάδια, θα πρέπει να υπάρχουν και δοκιμές, έλεγχοι και προσομοιώσεις, για να επιβεβαιωθεί η σταθερότητα, η αντοχή και το κατά πόσον πληρούνται οι προδιαγραφές, που έχουν τεθεί. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν και περιορισμοί νομικού περιεχομένου και πνευματικών δικαιωμάτων. (Joe Grand, 2011)

2.2.3 Ενδιάμεσα Στάδια Αποφάσεων κατά την Αντίστροφη Σχεδίαση

Σε κάθε στάδιο σχεδίασης, ασχέτως των τεχνικών και της γενικότερης μεθόδου, που χρησιμοποιείται, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν και διάφορα άλλα στοιχεία, όπως το κόστος, η πολυπλοκότητα, η διαχρονικότητα

και φυσικά οι διαθέσιμοι πόροι, που θα απαιτηθούν για την τελική παραγωγή και διοχέτευση στην αγορά του προϊόντος, που σχεδιάστηκε. Για να γίνει αυτό, θα πρέπει να υπάρχει ξεκάθαρη, διαχωρισμένη σε τομείς ανάλυση με βάση όλα τα αρχικά κριτήρια που έχουν τεθεί. Επίσης, βελτιώσεις, που μπορεί να προκύψουν κατά την διάρκεια της πορείας εξέλιξης του προϊόντος, θα πρέπει να είναι σε θέση να μπορούν να εφαρμοστούν με ευκολία, χωρίς κίνδυνο απώλειας χαρακτηριστικών του προϊόντος, που θα θέσουν ο κίνδυνο της μετέπειτα πορεία του στην αγορά.

Ειδικότερα, όσον αφορά την αντίστροφη σχεδίαση, η ποιότητα επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση κάθε εργαζόμενου, που περιλαμβάνουν όλες τις μονάδες, που σχετίζονται με την σχεδίαση και την παραγωγή του, δηλαδή από τους χειριστές των μηχανημάτων, που απαιτούνται μέχρι και τα ανώτερα στελέχη της εταιρείας, που έχει αναλάβει την διαδικασία σχεδίασης και κυκλοφορίας του. Όλοι οι εργαζόμενοι πρέπει να είναι σε θέση να προσφέρουν στην ποιότητα του προϊόντος μέσω της επάρκειας στους ρόλους, που τους έχουν ανατεθεί σε όλα τα στάδια της διαδικασίας παραγωγής και τελικής κυκλοφορίας του υλικού.

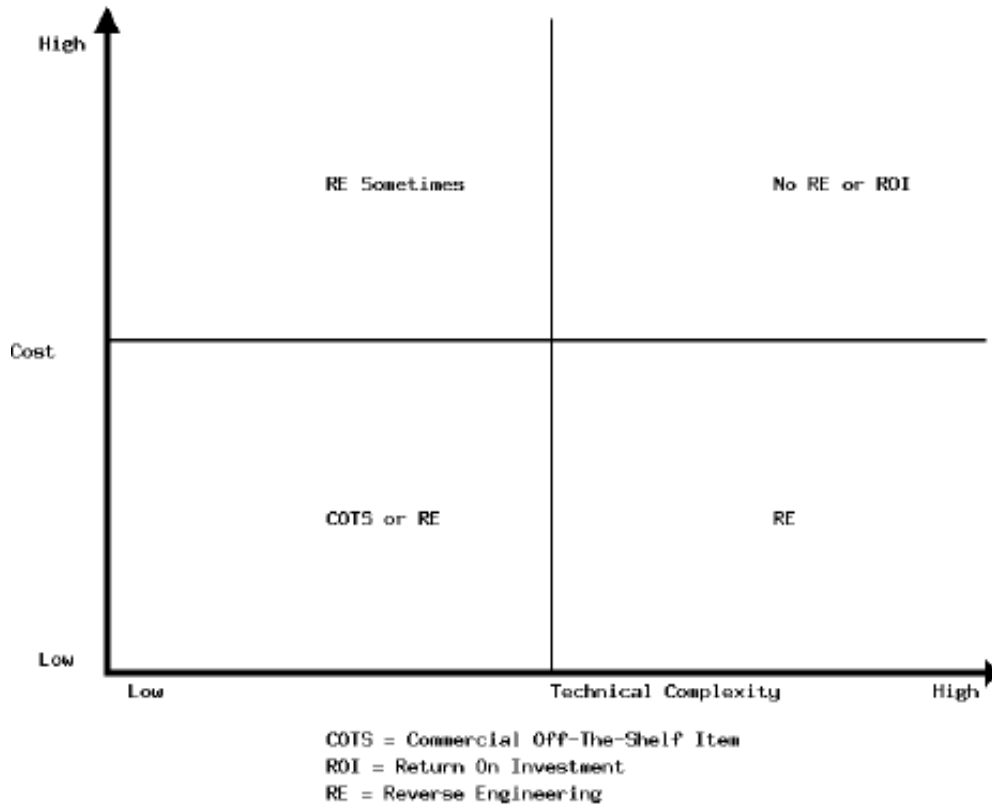
Η εφαρμογή της αντίστροφης μηχανικής στον τομέα της παραγωγής μπορεί να φέρει μεγάλη εξοικονόμηση τόσο σε χρόνο για σχεδίαση προϊόντων, όσο και στο τελικό κόστος, που θα απαιτηθεί για την σχεδίαση και την παραγωγή του. Ο στόχος της εφαρμογής της είναι φυσική εξοικονόμηση περίπου του 25% του κόστους του προϊόντος με βάση την εμπορική του αξία, ώστε να μπορεί να είναι επικερδής η πώλησή του και να αποφέρει απόδοση της συνολικής επένδυσης της εταιρείας.

Πάντοτε, βέβαια υπάρχει και ο κίνδυνος να υπάρχει αποτυχία σε οποιοδήποτε στάδιο της όλης διαδικασίας. Για τον λόγο αυτό μηχανικοί θα πρέπει να αναλάβουν την επίβλεψη του έργου και να κρίνουν σε διάφορα στάδια μεταξύ των βασικών σταδίων της διαδικασίας αντίστροφης σχεδίασης περί των επόμενων βημάτων. Το βασικότερο δίλλημα αφορά την σχέση κόστους και πολυπλοκότητας, όσον αφορά το τελικό προϊόν. Ο μελετητής θα

πρέπει να κρίνει με βάση αντικειμενικά κριτήρια, αν η αύξηση πολυπλοκότητας θα αποφέρει τα αντίστοιχα κέρδη ή απλά θα δυσχεράνει το έργο τόσο της σχεδίασης, όσο και της τελικής παραγωγής.

Για να διευκολυνθεί σε αυτό το έργο ο μελετητής, δημιουργούνται αντίστοιχα διαγράμματα απόφασης του τύπου Go/No-Go, παράδειγμα του οποίου φαίνεται και παρακάτω, στο οποίο παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ τεχνικής πολυπλοκότητας και του κόστους της σχεδίασης με χρήση της αντίστροφης μηχανικής. Η σχέση αυτή φυσικά συνδέεται και με τον κίνδυνο με βάση την απόφαση, που θα παρθεί για χρήση ή όχι της αντίστροφης μηχανικής. (GergelyErdelyi, 2002)

Για παράδειγμα, με βάση το διάγραμμα αυτό, μεγαλύτερη ανάλυση των στοιχείων του υλικού σε συνδυασμό με μικρότερο κίνδυνο και χαμηλότερο κόστος είναι η καλύτερη δυνατή περίπτωση χρήσης της αντίστροφης σχεδίασης. Όταν τα τεχνικά στοιχεία του προϊόντος, που μελετάται, φαίνονται πλήρη αλλά εξετάζεται το κατά πόσον θα είναι χρήσιμα για την ουσία του, τότε δεν μπορεί να ελεγχθεί το προϊόν για αντίστροφη μηχανική. Αν υπάρχουν τεχνικά δεδομένα, τα οποία είναι διαθέσιμα, τότε το έργο απαιτεί περαιτέρω μελέτη και εμπλουτισμό τους, με σκοπό να παρθεί η σωστή απόφαση έγκαιρα, χωρίς να θέσει σε κίνδυνο την πορεία σχεδίασης και παραγωγής του προϊόντος. Αυτός ο εμπλουτισμός γίνεται κάθε φορά που υπάρχει έλλειψη οποιασδήποτε ποσότητας δεδομένων, που αφορούν τεχνικά στοιχεία του υλικού, που δεν είναι γνωστά από παρόμοια αντίστοιχα έργα. Εάν δεν υπάρχουν καθόλου διαθέσιμα τεχνικά στοιχεία, τότε το έργο απαιτεί την πλήρη και συστηματική ανάλυσή του με σκοπό την παροχή των απαραίτητων δεδομένων.



Εικόνα 10: Διάγραμμα απόφασης Go/No-Go

Όπως μπορούμε να φανταστούμε με βάση το διάγραμμα, ο τύπος, του έργου, που θα υλοποιηθεί στηρίζεται στην διαθεσιμότητα των δεδομένων για το προϊόν, που μελετάται. Όταν αναφερόμαστε στην διαθεσιμότητα των δεδομένων, εννοούμε τόσο την ίδια την βελτίωση και την επαλήθευση υπαρχόντων, αλλά και την ανάπτυξη νέων με βάση περαιτέρω μελέτη του υλικού. Το κόστος ανάπτυξης και σχεδιασμού αλλά και οι κίνδυνοι, που υπάρχουν ενδέχεται να κλιμακωθούν κατά την πορεία ανάλυσης ενός υλικού, όταν αυτή γίνεται με χρήση της αντίστροφης μηχανικής. Αυτό συμβαίνει διότι η ίδια η μεθοδολογία της διαδικασίας περιλαμβάνει διαδικασίες, που κοστίζουν αρκετά και απαιτούν εξειδικευμένες συσκευές, που είναι πολύπλοκες και δύσκολες τις περισσότερες φορές στην χρήση τους. Επίσης, είναι δυνατόν να υπάρχουν και διάφορα έργα με μεγάλο κόστος και πολύ μικρή πολυπλοκότητα. Στην περίπτωση αυτή, δεν είναι η πολυπλοκότητα αυτή, που επηρεάζει το τελικό κόστος, αλλά άλλοι παράγοντες ανάλυσης,

σχεδίασης και τελικής υλοποίησης του προϊόντος.(Kevin Otto & Kristin Wood, 2001)

Σε γενικές γραμμές, η ανάπτυξη των απαιτούμενων δεδομένων είναι δύσκολη διαδικασία, η οποία γίνεται ακόμη πιο πολύπλοκη, όταν δεν είναι εύκολα αναγνώσιμα τα στοιχεία των υλικών, που αναλύονται. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει αναγκαστικά να γίνουν παραδοχές, εικασίες λαμβάνοντας το ρίσκο να εμφανιστεί στην πορεία μία δυσάρεστη εξέλιξη. Για τον λόγο αυτό, πολλές φορές οι ερευνητές περιορίζονται στην ανάλυση των ξεκάθαρων τμημάτων και εκείνων, των οποίων όλα τα εξαρτήματα είναι αποσπώμενα μέχρι τελικού σταδίου.

Επίσης, όπως είναι λογικό και αναμενόμενο η πολυπλοκότητα όταν αφορά λογισμικό είναι μεγαλύτερη. Το ίδιο ισχύει και σε ηλεκτρονικά κυκλώματα, των οποίων η ανάλυση δεν μπορεί να περιοριστεί σε οπτική επαφή, αλλά θα πρέπει να μελετηθεί εσωτερικά και η όλη λειτουργία της διάταξης με βάση τα ηλεκτρονικά στοιχεία, που χρησιμοποιούνται, με σκοπό να διερευνηθεί οποιαδήποτε λεπτομέρεια επηρεάζει την απόκρισή του.

Τέλος, είναι προφανές ότι τα δεδομένα ανάπτυξης συνεπάγονται και υψηλότερο κόστος για σχεδιασμό και παραγωγή, αλλά και υψηλότερο κίνδυνο. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να εμφανιστούν και διάφοροι άλλοι σημαντικοί παράγοντες, οι οποίοι θα αποβούν μοιραίοι για την συνέχεια της διαδικασίας ανάλυσης και έρευνας του συγκεκριμένου υλικού. Αποτελεί συχνό φαινόμενο η έλλειψη τεχνικής υποστήριξης για διάφορα συστήματα, που έχουν βρεθεί σε παρόμοιο στάδιο, τα οποία είναι πολλές φορές κρίσιμα, αλλά σκόπιμο να μην προχωρήσει κάποια επιπλέον διαδικασία ελέγχου ή ανάλυσης.(Υψηλάντη, Π., 1998)

2.2.4 Διαδικασία Αντίστροφης Μηχανικής

2.2.4.1 Εισαγωγικά Στοιχεία

Η μεθοδολογία της αντίστροφης μηχανικής, χρησιμοποιείται με σκοπό την αντιγραφή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών και τμημάτων ενός προϊόντος, πάντοτε σκεπτόμενοι με γνώμονα τα πνευματικά δικαιώματα, τα οποία το καλύπτουν, φυσικά. Συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία, θα ασχοληθούμε με την αντίστροφη μηχανική σε ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, που χρησιμοποιούνται σε οικίες. Για τον λόγο αυτό, θα αναλυθούν βήματα, που σχετίζονται με τέτοιου είδους προϊόντα και υποσυστήματα άλλων επιπέδων ανάλυσής τους. Τα σημαντικότερα βήματα, που θα πρέπει να ακολουθηθούν είναι τα εξής:

- Επισκόπηση διαδικασίας και συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών.
- Αποσυναρμολόγηση του υλικού και αντίστροφη των ηλεκτρονικών του κυκλωμάτων.
- Αντίστροφη μηχανική του ενσωματωμένου λογισμικού, σε όσες συσκευές διαθέτουν.
- Ανάλυση των διεπαφών του υλικού.
- Ανάλυση των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων του υλικού σε επίπεδο πυριτίου.
- Εργαστηριακός έλεγχος και δοκιμές λειτουργίας.

Για να επιτευχθεί ο αντικειμενικός σκοπός της αντίστροφης μηχανικής, που είναι η πλήρης, σωστή, πλην όμως νόμιμη αντιγραφή του υλικού, βασική προϋπόθεση είναι η συλλογή απαραίτητων και αξιόπιστων πληροφοριών για το υλικό. Για να ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία, θα πρέπει μία ομάδα να εργαστεί πάνω σε αυτό το αντικείμενο, έτσι ώστε να συγκεντρωθούν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες και τα τεχνικά δεδομένα, που απαιτούνται, ώστε να ακολουθηθούν στην συνέχεια τα επόμενα βήματα της μεθόδου. Στην συνέχεια αυτά είναι τα στοιχεία και τα δεδομένα, που θα αναλυθούν, ώστε να

μπορέσουμε να αντλήσουμε εκείνα τα δεδομένα, που θα οδηγήσουν στην πληρέστερη και ακριβέστερη αναπαραγωγή του υλικού, που εξετάζουμε.

2.2.4.2 Διαδικασία Συλλογής πληροφοριών

Η διαδικασία αυτή μπορεί να ολοκληρωθεί με πολλές διαφορετικές μεθόδους. Συνήθως το διαδίκτυο προσφέρει διάφορες επιλογές για την εξαγωγή των συγκεκριμένων πληροφοριών, που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας οι οποίες αφορούν τόσο το ίδιο το προϊόν όσο και τον κατασκευαστή του. Πληροφορίες που μπορούν να συλλεχθούν είναι για παράδειγμα οι προδιαγραφές του προϊόντος, τεχνικά φυλλάδια, φυλλάδιο οδηγιών λειτουργίας και χρήσης, οδηγίες σύνδεσής του με άλλα μέσα και συσκευές, όπως και πληροφορίες για τον κατασκευαστή και τον τρόπο προώθησης και διοχέτευσης στην αγορά των προϊόντων του. Η έρευνα για την συλλογή αυτών των πληροφοριών μπορεί φυσικά να γίνει και σε άλλες πηγές, όπως blogs, forums, κοινωνικά δίκτυα, μηχανές αναζήτησης, κ.λπ.

Η συλλογή πληροφοριών σε αυτό το στάδιο δεν κρίνει απαραίτητη την κατοχή του συγκεκριμένου προϊόντος από τον μελετητή. Ακόμη και η συλλογή πληροφοριών, απόψεων και κριτικών όσων το έχουν χρησιμοποιήσει μπορεί να αποβεί αρκετά χρήσιμη. Όπως είναι λογικό, οι χρήστες πολλές φορές μπορούν να αναγνωρίσουν χαρακτηριστικά, τα οποία δεν εμφανίζονται σε άλλες πηγές και είναι σε θέση να γνωρίζουν προβλήματα και αστοχίες, που εμφανίζονται σε συγκεκριμένες καταστάσεις χρήσης.

Πολλές εταιρείες διατηρούν έστω και ως εκθεσιακά κομμάτια ορισμένα προϊόντα, που έχουν παραχθεί σε παλαιότερες σειρές και μπορούν να διατεθούν ακριβώς για τέτοιου είδους μελέτες - αναλύσεις χωρίς κόστος κατόπιν συμφωνιών με σκοπό είτε την παροχή πληροφοριών είτε την επανακυκλοφορία ενός άλλου βελτιωμένου. Φυσικά, όσο καλύτερη είναι η

κατάσταση του προϊόντος, που θα παραληφθεί τόσο ακριβέστερα θα είναι και τα δεδομένα, που θα συλλεχθούν από τον ερευνητή.(GergelyErdelyi, 2002)

2.2.4.3 Αποσυναρμολόγηση του υλικού-Χαρτογράφηση κυκλωμάτων

Στο στάδιο αυτό θα πρέπει φυσικά να υπάρχει στην κατοχή του ερευνητή το υπό εξέταση προϊόν. Η αποσυναρμολόγηση του θα πρέπει να γίνει σταδιακά και προσεκτικά, ώστε να διατηρηθούν οι πληροφορίες σχετικά με τις ενώσεις και τις κολλήσεις, που πιθανόν να απαιτούνται. Η αποσυναρμολόγηση του υλικού πρέπει να γίνει ακόμη σε στάδια, ώστε από κάθε ξεχωριστή διαδικασία να εξάγονται σε επίπεδα οι αντίστοιχες πληροφορίες του υλικού και των ηλεκτρονικών συστημάτων.

Αρχικά θα πρέπει να ανοιχτεί το υλικό μέχρι την απόκτηση πρόσβαση στο βασικό ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό κύκλωμα, που διαθέτει. Όλες οι οικιακές συσκευές διαθέτουν πλέον έστω και ένα μικρό τμήμα ηλεκτρονικών πλακετών και άλλων μερών, που συντίθενται με ηλεκτρονικά στοιχεία. Αφού γίνει ταυτοποίηση των επιμέρους στοιχείων και αναγνώριση των υποσυστημάτων, που το αποτελούν, ακολουθεί η διαχωρισμένη ανάλυση τους έως ότου φθάσουμε στην μικρότερη δομική μονάδα του υλικού. Με τον τρόπο αυτό αναλύεται στο έπακρο κάθε σημείο και στοιχείο της συσκευής και παρέχονται όλες οι πληροφορίες για την ολική συναρμολόγηση του.

Μετά από την διαδικασία αυτή, μπορεί να γίνει ξεκάθαρη χαρτογράφηση και σχεδίαση όλου του συστήματος και των υποσυστημάτων του υλικού με κάθε λεπτομέρεια, που έχει ανευρεθεί έως τώρα. Η αποσυναρμολόγηση προσφέρει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τις τεχνικές σχεδίασης, που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και οποιεσδήποτε ατέλειες και τρωτά σημεία, τα οποία πιθανόν υπάρχουν σε αυτό. Τα σημεία αυτά μπορεί να αποτελούν ελαττώματα είτε του συγκεκριμένου κομματιού της παραγωγής, είτε συνολικά της παρτίδας, που έχει παραχθεί, αλλά μπορεί φυσικά να είναι και ένα σφάλμα, το οποίο δεν μπόρεσε να επιλυθεί κατά την

σχεδίαση είτε δεν κρίθηκε σκόπιμο να ερευνηθεί περαιτέρω την εποχή, που κατασκευάστηκε. Επίσης, δεδομένα για την λειτουργικότητα, την προστασία, την ευκολία συναρμολόγησης και γενικά όσα αφορούν την σχεδίασή του, γίνονται διαθέσιμα στο στάδιο αυτό. Σαφώς και θα μπορούν να εμφανιστούν ομοιότητες ακόμη και με υπάρχουσες τεχνικές σχεδίασης, μιας και στο ανταγωνιστικό περιβάλλον πολλές φορές δεν διατίθεται χρόνος και έρευνα ικανή να δημιουργήσει διαφορετικά στοιχεία.

2.2.4.4 Αντιστροφή του λογισμικού

Από την στιγμή, που έχει τελειώσει το στάδιο της αποσυναρμολόγησης του υλικού, μπορεί να προχωρήσει η αναγνώριση των στοιχείων, που διαθέτουν μόνιμη μνήμη. Στην πλειονότητά τους, διαθέτουν τμήματα προγραμματιστικού κώδικα ή δεδομένα προγράμματος, το οποίο είναι απαραίτητο για την λειτουργία της συσκευής, που αναλύεται. Μνήμες όπως Flash, ROM και RAM είναι τα συνηθέστερα στοιχεία, που βρίσκονται σε παλαιότερες συσκευές, ενώ σε νεώτερες χρησιμοποιούνται άλλοτε EEPROM και άλλοτε κυκλώματα FPGA. Ο βασικός στόχος είναι να εξαχθούν σε πρώτη φάση όλα τα δεδομένα ή τα στοιχεία του κώδικα, που περιέχονται σε αυτά τα δομικά υλικά. Με τον τρόπο αυτό θα είναι σε θέση με κατάλληλα προγράμματα να αποκωδικοποιηθεί η λειτουργία του ηλεκτρονικού κυκλώματος. Πολλές φορές χρησιμοποιούνται συσκευές προγραμματισμού αλλά και εργαλεία, τα οποία είναι σε θέση να επιστρέψουν πίνακες αληθείας, ανάλογα με τις εισόδους του εκάστοτε κυκλώματος, που αναλύουν.

Χρησιμοποιώντας όλα τα παραπάνω μέσα, θα καταλήξουμε σε ένα δυαδικό, οκταδικό ή δεξαεξαδικό αποτύπωμα του κώδικα του προγράμματος. Με αυτό το τμήμα ανάλυσης, με την αντιγραφή, εισέρχονται στην διαδικασία αντιγραφείς λογισμικού, ώστε με την χρήση κατάλληλων εργαλείων και τεχνικών να γίνει η σωστή επεξεργασία των αποθηκευμένων δεδομένων. Γενικά όλα τα ηλεκτρονικά και τα ενσωματωμένα συστήματα, που περιέχονται στην συσκευή δεν είναι τίποτα περισσότερο από μικρούς

προγραμματιζόμενους υπολογιστές, που προορίζονται για γενική χρήση και για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης εργασίας.(Joe Grand, 2011)

Με διάφορες προσομοιώσεις με κατάλληλα προγράμματα και άλλα εξειδικευμένα λογισμικά, μπορούν να βρεθούν ενδείξεις της πιθανής εισόδου ή και διάφορα σημεία πρόσβασης στο μενού διαχείρισης του συγκεκριμένου λογισμικού, που ενδεχομένως θα αποκαλύψουν σκέψεις για πιθανές επιθέσεις αντιγραφής στο υλικό. Εφόσον είναι επιθυμητό, μπορεί να γίνει και πάλι προγραμματισμός και να μεταγλωττιστεί το πρόγραμμα με το υπάρχον υλικό, ώστε να διαγνωστούν όλες οι δυνατότητες χρήσης και οι λειτουργικές απαιτήσεις της συσκευής.

2.2.4.5 Ανάλυση διασυνδέσεων

Ένα αρκετά σημαντικό σημείο για την εξέλιξη της ανάλυσης μας είναι η εύρεση και η μελέτη όλων των μέσων και των τρόπων διασύνδεσης του υλικού όχι μόνο στο εσωτερικό, δηλαδή μεταξύ των υποσυστημάτων του, αλλά και με το εξωτερικό περιβάλλον. Έχοντας σχεδιάσει τα υποσυστήματα του υλικού, θα πρέπει να εντοπιστούν όλα εκείνα τα σημεία στα οποία με κατάλληλα όργανα, παίρνοντας μετρήσεις, μπορούμε να διευκολυνθούμε στην μελέτη κυκλωμάτων και υποσυστημάτων, που αποτελούν το υλικό. Οι διασυνδέσεις του υλικού με το εξωτερικό περιβάλλον δίνουν την δυνατότητα στον μηχανικό να μελετήσει όχι μόνο την λειτουργία της συσκευής δίνοντας κατάλληλες διεγέρσεις και δεχόμενοι τα αντίστοιχα σήματα στις εξόδους του ηλεκτρονικού κυκλώματος και αντίστοιχα του συνολικού υλικού.

Για όλες αυτές τις διασυνδέσεις, χρησιμοποιούνται διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας, αποκωδικοποίησης ή προσομοίωσης αντίστοιχα. Τέτοια μπορεί να είναι το σειριακό πρωτόκολλο, πρωτόκολλο Ethernet, CAN, USB, κ.λπ. Κάθε διασύνδεση του υλικού με το εξωτερικό περιβάλλον μπορεί να είναι και πιθανό σημείο επίθεσης για οποιονδήποτε μπορεί να αποπειραθεί να αντιγράψει το υλικό. Εάν ο κατασκευαστής, ο οποίος

σχεδίασε το συγκεκριμένο υλικό έχει πρόσβαση στο περιβάλλον εργασίας, που διατίθεται, τότε θα μπορεί να έχει πρόσβαση και οποιοσδήποτε επίδοξος καταπατητής των πνευματικών δικαιωμάτων. Χρησιμοποιώντας κατάλληλα ειδικά προγράμματα και διάφορα μέσα σύνδεσης θα είναι εφικτό να επιτευχθεί η απαιτούμενη σύνδεση με όλα τα σημεία εκείνα του υλικού από τα οποία θα είναι σε θέση ο ερευνητής να λάβει δεδομένα που είναι απαραίτητα για την συνέχιση της ανάλυσης της λειτουργίας του. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να εξαχθούν με όργανα, όπως λογικούς αναλυτές, αναλυτές ηλεκτρονικών συστημάτων, παλμογράφους, κ.λπ.

2.2.4.6 Άνοιγμα του Υλικού για Ανάλυση

Αυτό το στάδιο της αντίστροφης μηχανικής αποτελεί το βασικότερο και αρκετά σημαντικό μέρος της όλης διαδικασίας. Ο κύριος στόχος είναι να αφαιρεθούν όλα τα περιβλήματα εξωτερικά και εσωτερικά, προστατευτικά σημεία και υλικά με σκοπό να δοθεί πρόσβαση σε εσωτερικά κυκλώματα και στοιχεία. Πολλά από τα σημεία αυτά μπορούν να είναι εμφανή αλλά και άλλα να απαιτούν επιπλέον διαδικασίες, ώστε να εμφανιστούν με σκοπό τις περαιτέρω ενέργειες. Βίδες, κολλήσεις, ραφές, προστατευτικά πλαστικά, κ.λπ. αποτελούν όλα αυτά τα μέρη, που θα πρέπει να αφαιρεθούν, ώστε να εμφανιστούν τα κυκλώματα ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά, που βρίσκονται στο εσωτερικό της συσκευής. Πολλές φορές βέβαια, ορισμένα μέρη μπορεί να φθαρούν ή και να καταστραφούν, χωρίς πάντοτε να αποτελούν πρόβλημα για την συνέχιση της διαδικασίας.

Για να ξεκινήσει η διαδικασία ανοίγματος του υλικού θα πρέπει αρχικά να αφαιρεθεί φυσικά οποιαδήποτε τροφοδοσία και συσσωρευτές, όπως και άλλα στοιχεία που πιθανόν να αποθηκεύουν έστω και για μικρό διάστημα ενέργεια, που μπορεί να απελευθερωθεί. Στην συνέχεια ξεκινά η αφαίρεση όλων των βιδών, οι οποίες θα αποθηκευθούν σε ασφαλές και προστατευμένο μαγνητικό χώρο. Κολλήσεις και ραφές θα πρέπει στην συνέχεια προσεκτικά να ανοιχθούν. Όλα αυτά τα στοιχεία καθώς αφαιρούνται θα πρέπει να

σχεδιάζονται έστω πρόχειρα, για να είναι σε θέση ο ερευνητής στην συνέχεια να προχωρήσει εκ νέου στην συναρμολόγηση του υλικού, εφόσον χρειαστεί στην συνέχεια.Ελάσματα και πλαστικά στοιχεία συγκράτησης υλικών επίσης αφαιρούνται, ώστε να απελευθερωθούν κατά το δυνατόν περισσότερα υπομέρη του υλικού.

Ο κατασκευαστής του υλικού πολλές φορές για την αποφυγή παραβίασης από τρίτους το θωρακίζει με είδη ασφάλειας. Για τα ενσωματωμένα συστήματα του υλικού παρέχεται φυσική ασφάλεια. Κατά την σχεδίαση αλλά και κατασκευή του υλικού γίνεται προσπάθεια να αποτραπεί μη εξουσιοδοτημένη φυσική ή ηλεκτρονική επέμβαση στην χρήση του. Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα της ασφάλειας του υλικού, που μπορεί να δεχθεί οποιαδήποτε επίθεση για αντιγραφή, η σχεδίαση του πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε η χρήση του να γίνεται πολυεπίπεδα. Έτσι οι διαδικασίες της συσκευής γίνονται πιο πολύπλοκες και πιο δύσκολο να αναγνωστούν και να αντιγραφούν. Πάντοτε είναι ευκολότερο να παρακαμφθεί οποιοδήποτε είδος ασφάλειας συσκευών αναγνωρίζοντας την μέθοδο σχεδίασής του.

Σε γενικές γραμμές, για να αποφευχθεί οποιαδήποτε απόπειρα επίθεσης και υποκλοπής στοιχείων της συσκευής, το υλικό θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο, ώστε σε οποιαδήποτε απόπειρα επίθεσης να εμφανίζονται τα όποια σημάδια παραβίασης αλλά και τα σημεία όπου ενδεχομένως μπορούν να παραβιαστούν να αποτελούν σημεία ελέγχου της συσκευής. Πλέον με τα διάφορα σύγχρονα μέσα, που υπάρχουν δεν υπάρχει πραγματική ασφάλεια, αφού ακόμη και οι σφραγίδες ασφαλείας, που χρησιμοποιούνται, μπορούν να παρακαμφθούν από επιτήδειους αντιγραφείς με απλά εργαλεία. (R.G. Johnston, 1999)

2.2.4.7 Ανάλυση Ηλεκτρονικών Κυκλωμάτων

Πέραν του ανοίγματος της εξωτερικής κάλυψης της συσκευής, απαιτείται ακολούθως και το άνοιγμα του περιβλήματος, που συνήθως καλύπτει όλα τα ηλεκτρονικά στοιχεία, ώστε να προστατεύονται. Η προστασία αυτή αφορά κυρίως είσοδος ξένων υλικών, όπως εντόμων, σκόνης, αλλά και υγρασίας, στο επίπεδο, που αυτή είναι δυνατή. Το άνοιγμα του περιβλήματος γίνεται συνήθως με κατσαβίδια και μύτες ασφαλείας, ανάλογα με τον τρόπο, που αυτά έχουν ενσωματωθεί στο σύστημα.



Εικόνα 11: Δείγμα Περιβλήματος Ηλεκτρονικού Κυκλώματος

Το περίβλημα αποτελεί το τελευταίο επίπεδο πριν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Όταν αυτό ανοιχθεί αποκαλύπτεται το ηλεκτρονικό κύκλωμα της συσκευής, το οποίο σχεδόν πάντοτε διαθέτει μια εποξειδική επικάλυψη για επιπλέον προστασία όμοια με αυτή του περιβλήματος, αλλά και για ηλεκτρομαγνητική μόνωση του κυκλώματος και αποφυγή δημιουργίας ηλεκτρονικού τόξου. Η επιστροφή αυτή ουσιαστικά από το εποξειδικό υλικό και δημιουργεί ένα σκληρό φιλμ, το οποίο είναι δύσκολο να αφαιρεθεί χωρίς εξαρτήματα. Για την αφαίρεση τους χρησιμοποιούνται φυσικές ή χημικές μέθοδοι. Παράδειγμα φυσικών μεθόδων αποτελεί το πιστόλι θερμού αέρα, που χρησιμοποιείται για να λιώσει την επικάλυψη αυτή και με κατάλληλο

απορροφητήρα στη συνέχεια μπορεί να αφαιρεθεί. Επίσης εργαλεία ξυσίματος μπορεί να λειτουργήσει παρόμοια, αλλά χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να μην καταστραφούν τα υπόλοιπα στοιχεία εντός της επίστρωσης. Αντίστοιχα, ως χημική μέθοδος, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί χημικό υλικό όπως το MGChemicals 8310 το οποίο ουσιαστικά αντιδρά με την εποξειδική επικάλυψη και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα μπορεί να αφαιρεθεί αρκετά εύκολα.

Μετά από το στάδιο καθαρισμού της επιφάνειας της πλακέτας, μπορούμε να προχωρήσουμε στην χαρτογράφηση του ηλεκτρικού κυκλώματος, αφού πρώτα αυτά αναγνωριστούν από τον ερευνητή με βάση τις ενδείξεις, που φέρουν στο εξωτερικό τους. Πολλές φορές τα κυκλώματα αυτά είναι αρκετά απλά και δεν χρειάζεται λεπτομερής καταγραφή των στοιχείων, πέραν των τιμών, όπως αντιστάσεις, πυκνωτές, κλπ. Σε αντίθετη περίπτωση, συνίσταται η αποτύπωσή του άμεσα σε κατάλληλο λογισμικό, ώστε να είναι ευκολότερη η προσομοίωσή του ώστε να διαγνωστεί η κυκλωματική διάταξη και η χρησιμότητά της. (S. Blythe, et al., 1993)

Πολλές φορές από τους κατασκευαστές των πλακετών αυτών, με βάση τον σειριακό αριθμό μπορούν να βρεθούν ορισμένες επιπλέον πληροφορίες για το κύκλωμα, γεγονός, που θα διευκολύνει την ανάγνωση των χαρακτηριστικών της. Τα στοιχεία για τον κατασκευαστή και το μοντέλο της πλακέτας βρίσκονται στην επιφάνεια του τυπωμένου κυκλώματος. Το ίδιο ισχύει και για μικρότερα ενσωματωμένα κυκλώματα, όπου οι ενδείξεις αυτές εμφανίζονται με μικρότερη γραμματοσειρά λόγω της μικρής έκτασής της. Με αυτά τα στοιχεία του τυπωμένου κυκλώματος αναγνωρίζεται το στοιχείο και αντίστοιχα μπορούμε να έχουμε έτοιμες πληροφορίες από τα τεχνικά φύλλα δεδομένων, που παρέχει ο κατασκευαστής. Τα βασικά στάδια, που ακολουθούνται για την ολοκληρωτική αναγνώριση των στοιχείων του ηλεκτρονικού κυκλώματος είναι τα ακόλουθα:

- Εύρεση και ανάγνωση των στοιχείων του κατασκευαστή, συνήθως με βάση το λογότυπό του.

- Ανάγνωση των στοιχείων της πλακέτας. Συνήθως αποτελείται από μία σειρά αριθμών και γραμμάτων, τα οποία προσδιορίζουν τον τύπο, τον κωδικό και άλλα στοιχεία όπως η ημερομηνία παραγωγής αλλά και επιπλέον στοιχεία του κυκλώματος (μεγέθη χαρακτηριστικών).
- Αναζήτηση των τεχνικών φυλλαδίων δεδομένων της πλακέτας.



Εικόνα 12: Παράδειγμα αλφαριθμητικού χαρακτηριστικού IC

Με βάση τα στοιχεία της πλακέτας μπορεί να γίνει αναζήτηση του αντίστοιχου datasheet στο διαδίκτυο ή στα αρχεία, που διατηρεί ο κατασκευαστής.

Property	Typical Value	Direction	Units	Conditions	Test Method
Dielectric Constant, ϵ_r , Process	3.38 ± 0.05	Z	--	10 GHz/23°C	IPC-TM-650 2.5.5.5 Clamped Stripline
⁽¹⁾ Dielectric Constant, ϵ_r , Design	3.55	Z	--	8 to 40 GHz	Differential Phase Length Method
Dissipation Factor tan, δ	0.0027 0.0021	Z	--	10 GHz/23°C 2.5 GHz/23°C	IPC-TM-650 2.5.5.5
Thermal Coefficient of ϵ_r	+40	Z	ppm/°C	-50°C to 150°C	IPC-TM-650 2.5.5.5
Volume Resistivity	1.7 X 10 ¹⁰		MΩ•cm	COND A	IPC-TM-650 2.5.17.1
Electrical Strength	31.2 (780)	Z	KV/mm (V/mil)	0.51mm (0.020")	IPC-TM-650 2.5.6.2
Tensile Modulus	26,889 (3900)	Y	MPa (kpsi)	RT	ASTM D638
Tensile Strength	141 (20.4)	Y	MPa (kpsi)	RT	ASTM D638
Dimensional Stability	<0.3	X,Y	mm/m (mils/inch)	after etch +E2/150°C	IPC-TM-650 2.4.39A
Coefficient of Thermal Expansion	11 14 46	X Y Z	ppm/°C	-55 to 288°C	IPC-TM-650 2.4.41
Tg	>280		°C DSC	A	IPC-TM-650 2.4.24
Td	425		°C TGA		ASTM D3850
Thermal Conductivity	0.71		W/m/°K	80°C	ASTM C518
Moisture Absorption	0.06		%	48 hrs immersion 0.060" sample Temperature 50°C	ASTM D570
Copper Peel Strength	1.05 (6.0)		N/mm (pli)	after solder float 1 oz. EDC Foil	IPC-TM-650 2.4.8
Lead-Free Process Compatible	Yes				

Εικόνα 13: Παράδειγμα τμήματος DatasheetPCB

Το φύλλο δεδομένων περιέχει πολλές πληροφορίες, ανάλογα με το υλικό ή την πλακέτα, που επεξηγεί. Στοιχεία σαν αυτά μπορεί να είναι οι ηλεκτρικοί παράμετροι του κυκλώματος και τα όρια λειτουργίας της, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του, επεξήγηση των διαθέσιμων ακροδεκτών αλλά και άλλες πληροφορίες για το προϊόν και τις εφαρμογές, που χρησιμοποιείται.

Το φυλλάδιο αυτό, που πλέον είναι στην κατοχή του ερευνητή μπορεί να δώσει μία πρώτη εντύπωση σχετικά με την λειτουργία της πλακέτας. Μπορεί να μοντελοποιηθεί με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά, που περιγράφονται και να διερευνηθούν σφάλματα, αποτελέσματα με δοκιμαστικά σήματα εισόδου και να ελεγχθεί η συνολικό αποτελεσματικότητά του. Ωστόσο, με την ίδια λογική μπορεί και οποιοσδήποτε επίδοξος μη-εξουσιοδοτημένος χρήστης να εξάγει σημαντικά δεδομένα, ακόμη και να αντιγράψει την συσκευή με βάση

τα στοιχεία εξόδου, που είναι διαθέσιμα. Το σημαντικό ζήτημα είναι να μην υπάρχει εύκολη πρόσβαση σε σπουδαία σημεία ελέγχου, απ' όπου γίνεται τόσο η αποσφαλμάτωση, όσο και ο έλεγχος της συνολικής λειτουργίας.

2.3 Θεσμικό Πλαίσιο και Νομικό Υπόβαθρο

2.3.1 Γενικά

Η αντίστροφη μηχανική εξ' ορισμού αποτελεί μία μορφή σχεδίασης - βελτίωσης προϊόντων. Με βάση λοιπόν αυτήν την λογική διέπεται από ορισμένους κανόνες περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Η καταπάτηση πνευματικών δικαιωμάτων ενός δημιουργού ούτως ή άλλως δεν αποτελούν ιδιαίτερα ξεκάθαρη έκφραση των περιορισμών στις κινήσεις ενός μηχανικού για σχεδίαση νέων ή πρωτότυπων προϊόντων. Ωστόσο, μιας και οι νόμοι περί προστασίας πνευματικών δικαιωμάτων διαφέρουν από χώρα σε χώρα και σε διάφορα πεδία δραστηριότητας, κάθε σχεδιαστής θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός όταν έχει σκοπό να χρησιμοποιήσει την τεχνική της αντίστροφης μηχανικής.

Νόμιμες ενέργειες φυσικά αποτελούν κινήσεις για βελτίωση προϊόντος και κυκλοφορία του στην αγορά, όταν έχουν ήδη εμφανιστεί προβλήματα προσαρμογής και συμβατότητάς του στην περιοχή, όπου κυκλοφορεί, ή σε αλλά εμφανή προβλήματα, που υπάρχουν στο πρωτότυπο προϊόν, που κυκλοφόρησε. Η αντίστροφη μηχανική είναι παντελώς αρνητική στην αναζήτηση μη-εμφανών λεπτομερειών σχεδίασης προϊόντων με βάση ήδη υπάρχοντα, όπως και σε υποκλοπή πληροφοριών λειτουργίας άλλων. Σε περίπτωση, που ανιχνευθεί κάτι τέτοιο σχεδιαστές, μηχανικοί και εταιρείες παραγωγής και προώθησης υφίστανται τις συνέπειες τόσο βάσει νόμων περί υποκλοπής όσο και των νόμων προστασίας της πνευματικής ιδιοκτησίας. (Gergely Erdelyi, 2002)

Διάφορα παραδείγματα περί σωστής και λανθασμένης χρήσης της τεχνικής της αντίστροφης μηχανικής παρουσιάζονται παρακάτω για να γίνει πιο ξεκάθαρος ο διαχωρισμός τους και το όριο , το οποίο δεν πρέπει να ξεπερνιέται κατά την αναζήτηση και ανίχνευση πληροφοριών ενός προϊόντος.

2.3.2 Νόμιμες χρήσεις Αντίστροφης Μηχανικής

Νόμιμη χρήση αντίστροφης μηχανικής νοείται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- ✓ Προσπάθεια κάλυψης κενών ασφαλείας και προβλημάτων ευστάθειας και ευπάθειας του συστήματος, που σχεδιάστηκε.
- ✓ Αναζήτηση πληροφοριών και έρευνα για επιβεβαίωσης υποκλοπής και παραβίασης πνευματικής ιδιοκτησίας.
- ✓ Ανάλυση και προσομοίωση συμβατότητας του προϊόντος με βάση συγκεκριμένες προϋποθέσεις και στοιχεία περιβάλλοντος.
- ✓ Εφόσον τα δικαιώματα ανήκουν στον ίδιο τον ερευνητή, που κάνει χρήση τεχνικών αντίστροφης μηχανικής σε λογισμικά ή λογισμικό ενσωματωμένο σε συσκευές, υπάρχουν περιπτώσεις, όπου χρησιμοποιείται νόμιμα για:
 - Ανάκτηση πηγαίου κώδικα.
 - Ανάκτηση αποθηκευμένων δεδομένων, σε μέσα, που έχουν καταστραφεί, κατακερματιστεί ή έχουν υποστεί οποιαδήποτε βλάβη, που τα καθιστά μη-αναγνώσιμα με συμβατικές μεθόδους.
 - Ανάλυση και έρευνα περί κακόβουλου λογισμικού.
- ✓ Σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας της κατασκευάστριας εταιρείας και μη κατοχύρωση των πνευματικών δικαιωμάτων του

προϊόντος από άλλη εταιρείας δικαστικά. Το ίδιο ισχύει και για εταιρείες παραγωγής του εν λόγω προϊόντος.

- ✓ Σε περίπτωση, που έχει παρασχεθεί από τον κάτοχο των πνευματικών δικαιωμάτων αντίστοιχη άδεια περί ανάλυσης, βελτίωσης ή οποιαδήποτε επέμβασης στο πρότυπο προϊόν.

2.3.3 Παράνομες και αθέμιτες χρήσεις Αντίστροφης Μηχανικής

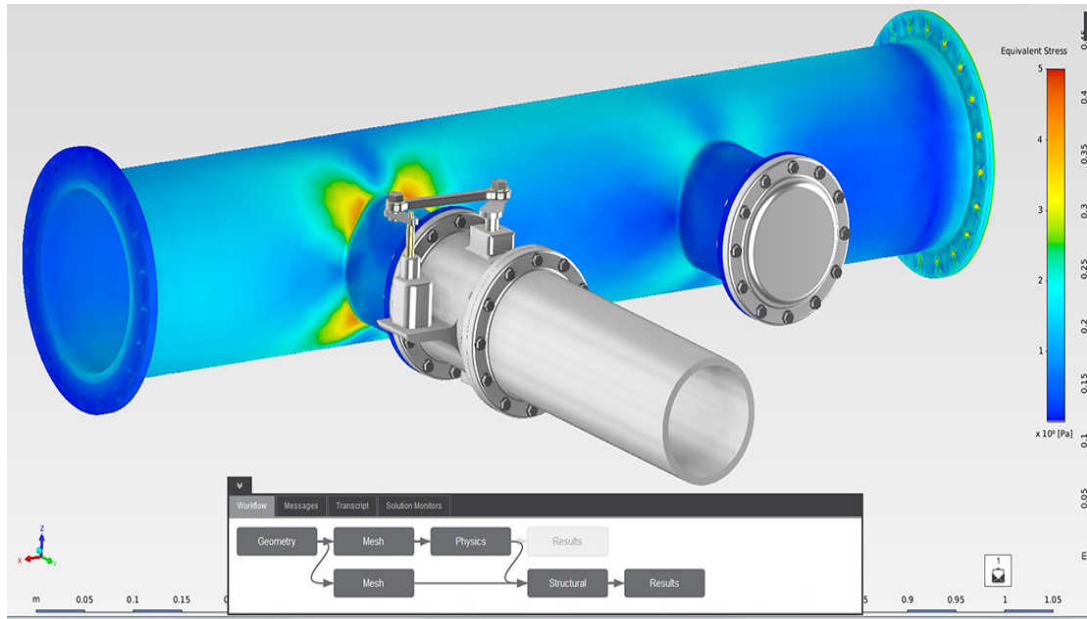
Αντιθέτως, παρακάτω παρατίθενται ορισμένες περιπτώσεις εμφανούς κακόβουλης και παράνομης χρήσης της τεχνικής της αντίστροφης μηχανικής:

- X Άμεση ή έμμεση αντιγραφή προϊόντος με σκοπό την δημιουργία κέρδους εις βάρος του ανταγωνιστικών κατασκευαστών (χωρίς άδεια, σύμβαση παραχώρησης δικαιωμάτων, δικαιώματα επί πωλήσεων, κ.λπ.)
- X Ειδικότερα όσον αφορά προϊόντα λογισμικού και προγραμματιστικών έργων:
 - ο Παράνομη πρόσβαση σε μη-εξουσιοδοτημένους τομείς, συσκευές και αποθηκευμένο ηλεκτρονικό υλικό.
 - ο Παράνομη υποκλοπή πηγαίου κώδικα λογισμικού από ήδη εκτελεσμένων προγραμμάτων.
 - ο Παράνομη διανομή και εγκατάσταση κακόβουλου λογισμικού ή λογισμικού υποκλοπής στοιχείων κεντρικών υπολογιστών.
 - ο Κατασκευή πλαστών πιστοποιητικών πρόσβασης και εξουσιοδότησης εισόδου σε κεντρικά συστήματα.

2.4. Πεδία Εφαρμογών Αντίστροφης Μηχανικής

Η αντίστροφη σχεδίαση εμφανίζει ένα αρκετά μεγάλο εύρος εφαρμογών σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας και της ανθρώπινης δραστηριότητας. Όπως άλλωστε φαίνεται λογικό, στην μηχανική υπό την σκοπιά των μηχανημάτων και των συσκευών, που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή είναι ίσως ο τομέας στον οποίο η αντίστροφη μηχανική αποτελεί τον κατ'εξοχήν παράγοντα βελτίωσης και ανάπτυξης. Εξαρτήματα και συσκευές, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή, μπορούν να αναπαραχθούν και να αναλυθούν ψηφιακά, ώστε να είναι σε θέση στην συνέχεια να επανασχεδιαστούν και να βελτιωθεί η ποιότητα, οι αποδόσεις τους και η αποτελεσματικότητά τους, αφού πρώτα καθοριστούν από τους μηχανικούς και τους σχεδιαστές διάφορες χαρακτηριστικές τους ιδιότητες.

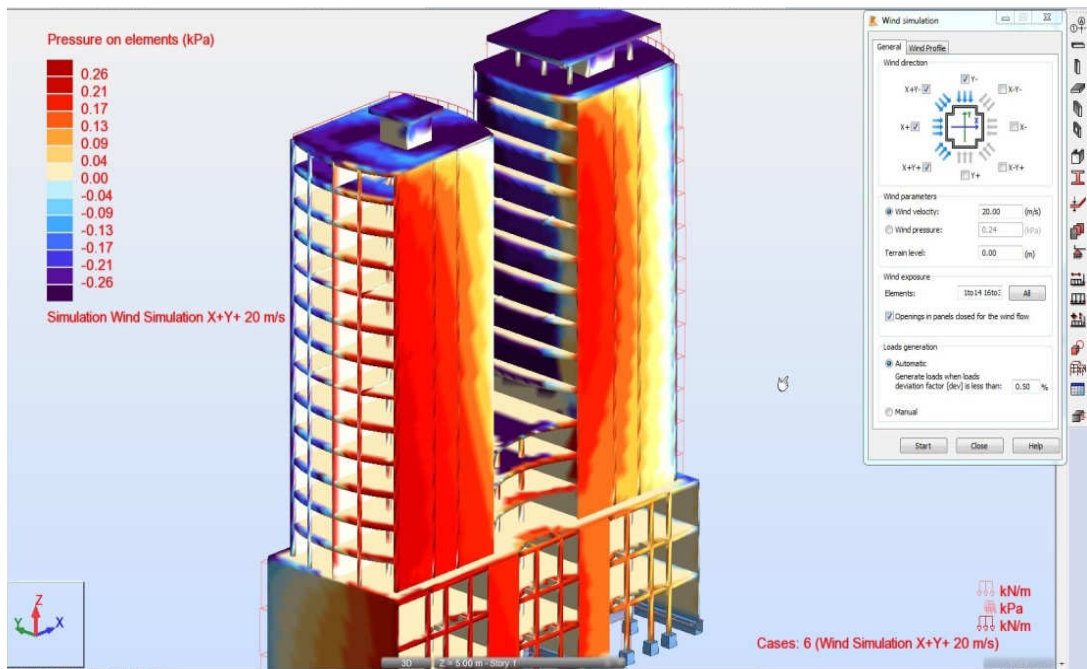
Εν γένει με την εφαρμογή αντίστροφης σχεδίασης, μπορούμε να αναπαράγουμε εκείνα τα στοιχεία ενός μηχανήματος ή μίας συσκευής, που εμφανίζουν καλή σχεδίαση και να αντικαταστήσουμε όσα είναι κακοσχεδιασμένα, λιγότερο αποδοτικά με βελτιωμένες τους εκδοχές. Αυτός τουλάχιστον είναι ο απώτερος θεμιτός πάντοτε στόχος της μηχανικής με βάση αντίστροφη σχεδίαση. Η αναπαραγωγή ενός μηχανήματος ή συσκευής ή έστω τμημάτων τους με σκοπό την αντιγραφή, υποκλοπή και ενσωμάτωση σε διαφορετικά από αυτά στα οποία είχαν ενταχθεί εξ' αρχής συστήματα αποτελεί λανθασμένη χρήση και πολλές φορές διώκεται ποινικά με βάση τις διατάξεις και τους κανόνες, που έχουν περιγραφεί παραπάνω.



Εικόνα 14: Απεικόνιση τμήματος σωληνώσεων με προηγμένα συστήματα απεικόνισης

Όσον αφορά τομείς, όπου εμπλέκονται μηχανικοί, όπως η αρχιτεκτονική, η κατασκευή κτιρίων, βελτίωση δομικών υλικών, ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, κλπ η αντίστροφη μηχανική έχει βοηθήσει και επιταχύνει πολλές διαδικασίες. Με την χρήση νέων τεχνολογιών και εξειδικευμένων μηχανημάτων, εξαρτημάτων και μετρητικών και απεικονιστικών συσκευών, είμαστε σε θέση να αναπαράγουμε ψηφιακά σε αρχικό στάδιο μοντέλα κτιρίων και υλικών.

Σε δεύτερη φάση επέρχεται η αναζήτηση τρόπων να βελτιωθούν οι κατασκευές, να αναλυθούν και να προσομοιωθούν για ιδιαίτερες συνθήκες και με τον τρόπο αυτό να διατηρήσουμε όσα πλεονεκτήματα είναι ωφέλιμα και να απορρίψουμε εκείνα τα στοιχεία, που διαθέτουν αδυναμίες και αν είναι δυνατόν να τα βελτιώσουμε και να τα καταστήσουμε θετικά στοιχεία του τελικού μοντέλου, που θα παραχθεί. Στην συνέχεια, αυτό το μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί για τις επόμενες κατασκευές ως πρότυπο, έως ότου μία νέα ιδέα θα το καταστήσει αντικείμενο μελέτης και περαιτέρω ανάλυσης για την επιπλέον ενίσχυσή του.

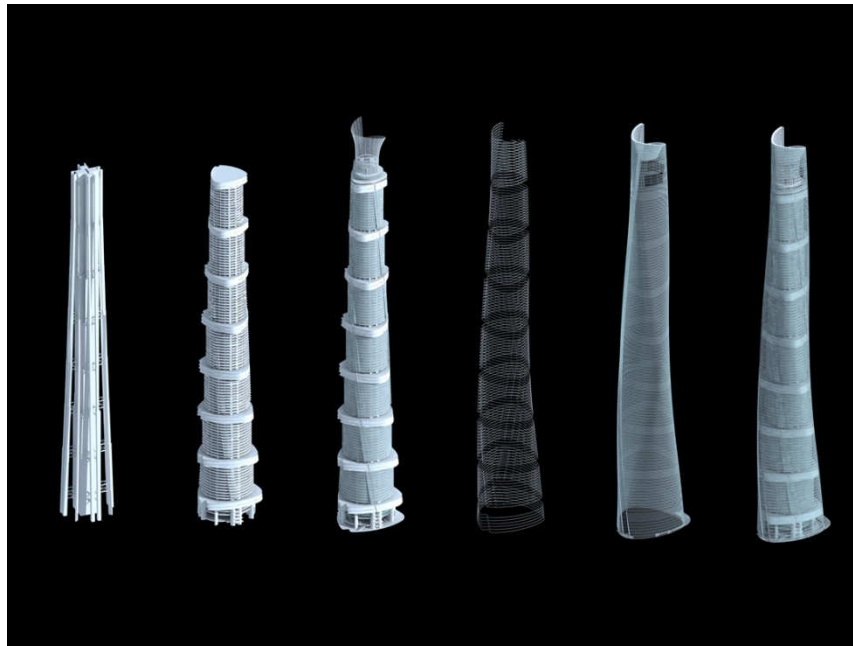


Εικόνα 15: Προσομοίωση με συστήματα προσομοιώσεων της αντοχής δομικών υλικών

Ιδιαίτερα, όσον αφορά την αρχιτεκτονική, όπου η ψηφιακή εποχή έχει διευρύνει τους ορίζοντες και τα περιθώρια βελτίωσης, οι ψηφιακές απεικονίσεις και αναλύσεις, έχουν επιτρέψει στους μηχανικούς να προχωρούν σε απαιτητικές αναλύσεις σχετικά με βιωσιμότητα και καταλληλότητα κτιρίων, χωρίς να υπάρχουν μελέτες στον πραγματικό κόσμο, που μπορούν να βλάψουν ανθρώπινες ζωές. Στο ίδιο μήκος κύματος στην επιστήμη των υλικών, με την ίδια λογική μπορούν να ενισχυθούν ως προς την αντοχή, την ευκαμψία, την διάρκεια ζωής δομικά υλικών κτιρίων, εγκαταστάσεων και άλλων προϊόντων, όπως και να καταλήξουμε σε σημαντική μείωση του κόστους παραγωγής.

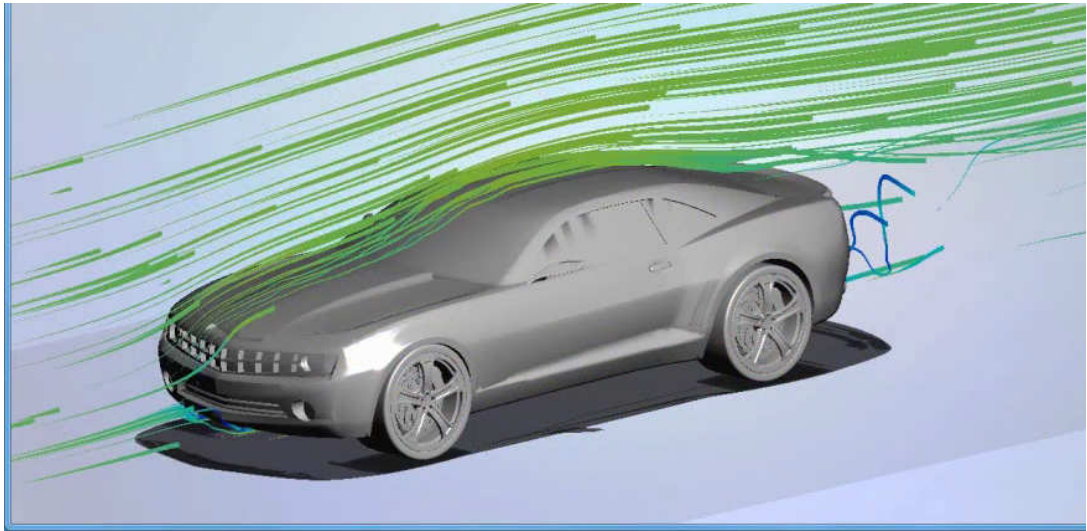
Για να γίνει ωστόσο αυτή η διαδικασία, απαιτείται η χρήση της αντίστροφης σκέψης, ούτως ώστε αρχικά να γίνει η αποτύπωση του υπάρχοντος υλικού ή δομήματος σε ψηφιακή μορφή, ώστε να είναι δυνατή η μελέτη του σε μη-ρεαλιστικό περιβάλλον με χρήση προσομοιώσεων. Ουσιαστικά θα είναι διαθέσιμο προς μελέτη το υλικό ή η συστάδα υλικών, που αποτελούν ένα οικοδόμημα ή τμήματα αυτού και θα είναι σε θέση οι ερευνητές να χρησιμοποιήσουν σενάρια, ώστε να ελέγξουν την απόκρισή τους

σε διάφορες καταστάσεις, που μπορεί να συμβούν στον πραγματικό κόσμο. Μέσα από αυτήν την διαδικασία, θα διαγνωστούν παθολογίες, προβλήματα αλλά και τρωτά σημεία, τα οποία θα πρέπει να διορθωθούν στο νέο προϊόν, που θα παραχθεί.



Εικόνα 16: Ψηφιακή αναπαράσταση στηριγμάτων κτιρίου

Χώρες, που διαθέτουν έντονη παραγωγική δραστηριότητα στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, αεροναυπηγικής και άλλων δραστηριοτήτων με μηχανήματα μεγάλης κλίμακας, η αντίστροφη σχεδίαση έχει επιτρέψει όλα τα πειράματα χρήσης και λειτουργίας να γίνονται σε ελάχιστο χρόνο και χωρίς να απαιτείται η παραμικρή κατασκευή στον μακρόκοσμο. Η τρισδιάστατη απεικόνιση ήδη υπάρχοντων εξαρτημάτων αυτοκινήτων, μηχανών και άλλων μέσων, που έχουν παραχθεί πολλά χρόνια πριν μπορούν να βοηθήσουν στην ανάγνωση άγνωστων έως τώρα στοιχείων τους. Επίσης, είναι ακόμα δυνατή και η κατασκευή φυσικών πρωτοτύπων αυτοκινήτων όπως και των εσωτερικών τους χώρων σε συγκεκριμένη κλίμακα ή ακόμα και στο πραγματικό τους μέγεθος, όταν βρισκόμαστε στο τελικό στάδιο σχεδίασης του προς υλοποίηση εξαρτήματος ή μέσου.

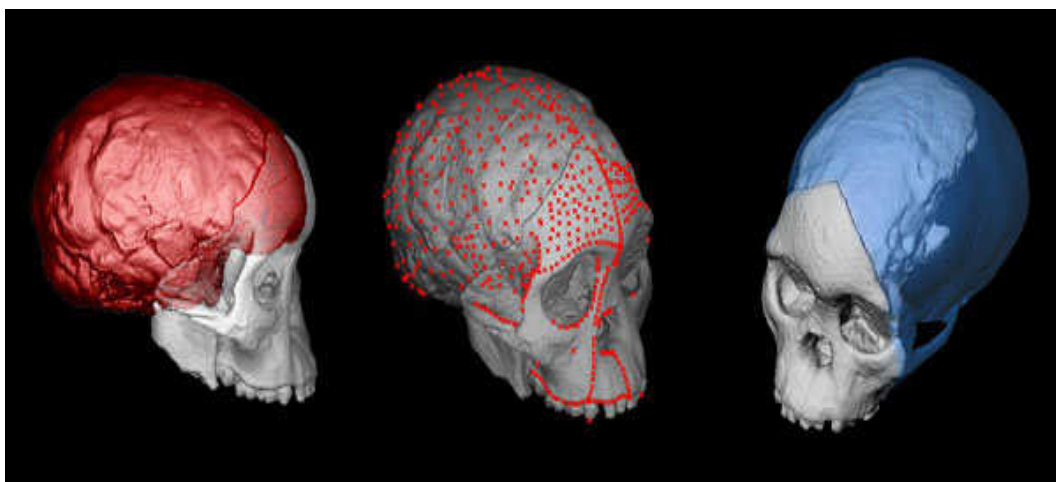


Εικόνα 17: Ψηφιακή προσομοίωση αεροδυναμικής σε μοντέλο αυτοκινήτου

Τεχνικές αντίστροφης μηχανικής και σχεδιασμού χρησιμοποιούνται πλέον κατά κόρον και στις επιστήμες της αρχαιολογίας, παλαιοντολογίας και γεωλογίας με σκοπό την ανάλυση και την ερμηνεία ευρημάτων, για τα οποία όπως είναι λογικό έχουν αν όχι μηδενικές, έστω ελάχιστες γνώσεις και στοιχεία, περί της ύπαρξης, της δημιουργίας τους, της χρήσης τους, κ.λ.π.. Και σε αυτούς τους τομείς η «σάρωση» για παράδειγμα μνημείων, τοιχογραφιών, και άλλων παρόμοιων δημιουργημάτων, μπορούν να δημιουργήσουν τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα, που στην συνέχεια είμαστε σε θέση αφενός να αναλύσουμε με βάση συγκεκριμένες ανάγκες και αφετέρου να διαγνώσουμε σημαντικά πλεονεκτήματά τους, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές κατασκευές και είδη τέχνης.

Πολλά από τα ευρήματα αρχαιολόγων και παλαιοντολόγων αποτελούν άγνωστα μέρη ενός συστήματος. Για παράδειγμα οστά ανθρώπων και ζώων έχουν βρεθεί και η προσπάθεια των ερευνητών είναι στην ανασύσταση του σκελετού και του οργανισμού, στον οποίο ανήκουν. Η αντίστροφη μηχανική με την χρήση νέων τεχνολογιών είναι δυνατόν να ανιχνεύσει με βάση πρότυπα σε ποιο τμήμα του σκελετού ανήκει το συγκεκριμένο εύρημα και σταδιακά να οδηγήσει στην ψηφιακή ανασύσταση του ευρήματος. Στην

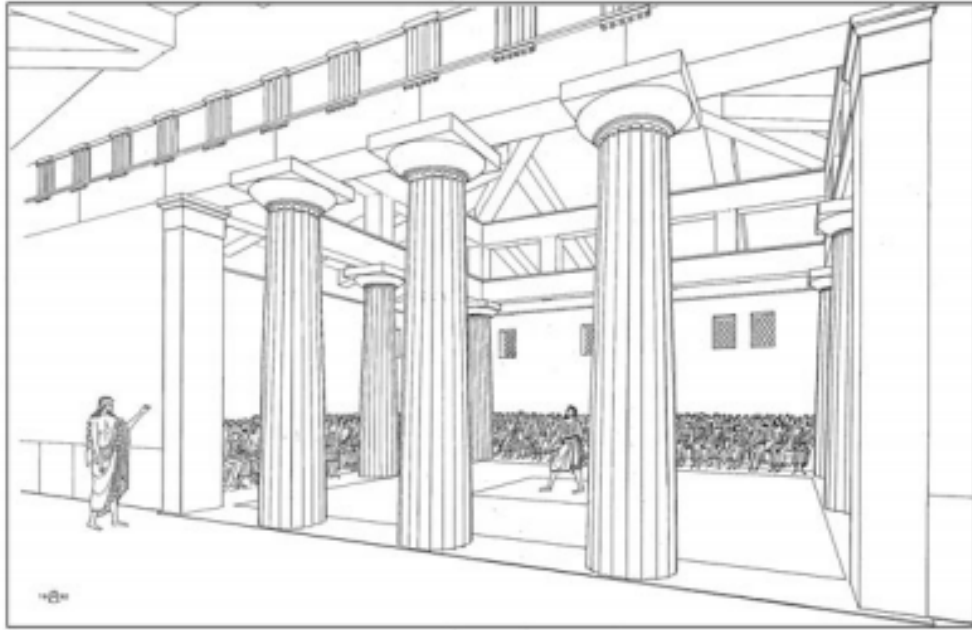
συνέχεια φυσικά με την χρήση κατάλληλων 3Dεκτυπωτών είναι δυνατόν να παραχθεί και φυσικό μοντέλο, που φυσικά θα διευκολύνει την περαιτέρω έρευνα σχετικά με ομοιότητες και διαφορές με τον σύγχρονο άνθρωπο και άλλα έμβια όντα.



Εικόνα 18: Αναπαράσταση κρανίου ανθρώπου παλαιολιθικής εποχής

Η ακριβής αναπαράστασή στο τρισδιάστατο περιβάλλον επιτρέπει εν συνεχεία την αποστολή τους σε ψηφιακή μορφή σε ειδικούς αναλυτές για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη διαβρωτική επίδραση που ασκούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Με την δημιουργία των πληρέστερων ψηφιακών μοντέλων διευκολύνεται το έργο των συντηρητών έργων τέχνης και άλλων διατηρητέων μνημείων της αρχαιότητας και είναι φυσικά δυνατή σε μελλοντικό σημείο και η συμπλήρωση ελλειπών τμημάτων αυτών, όπως για παράδειγμα έγινε και για τον Παρθενώνα στο Μουσείο της Ακρόπολης.

Το ψηφιακό υλικό που δημιουργείται μπορεί να διαδοθεί και να προβληθεί στο διαδίκτυο και σε άλλα μέσα με σκοπό την παροχή της γνώσης, που έχει αντληθεί στο ευρύ κοινό. Στους τομείς της παλαιοντολογίας και τη αρχαιολογίας εφαρμόζεται η χρήση non-contact σαρωτών με σκοπό την ψηφιοποίηση, ώστε να αποφευχθεί η επαφή με τα ιδιαίτερα ευπαθή ευρήματα, που μπορεί να τα βλάψει ή να τα αλλοιώσει.

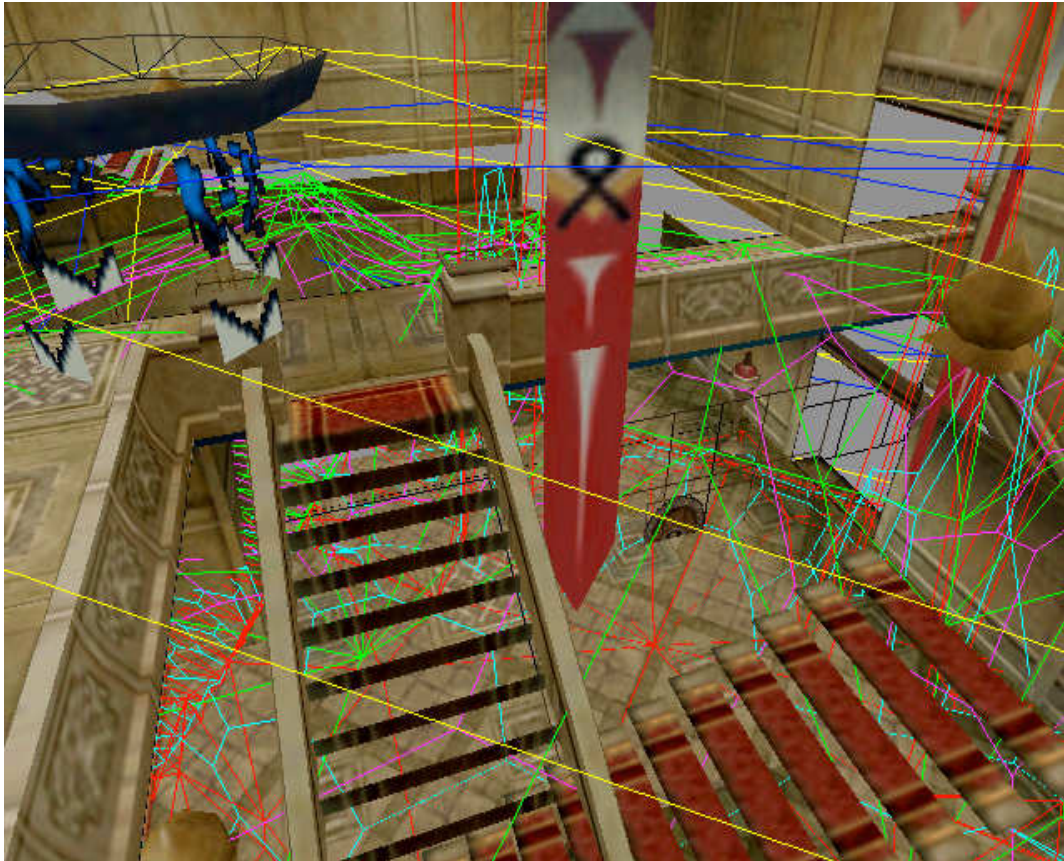


Εικόνα 19: Ψηφιακή αποτύπωση αρχαίας αγοράς με χρήση λογισμικού σάρωσης

Η αντίστροφη σχεδίαση εφαρμόζεται πλέον και στην βιομηχανία της κινούμενης εικόνας (animation) και φυσικά στην παραγωγή ηλεκτρονικών παιχνιδιών για υπολογιστές και παιχνιδιομηχανές κάθε είδους. Η εναλλαγή τεχνολογιών, που χρησιμοποιούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, δεν επιτρέπει την αναπαραγωγή στοιχείων παλαιότερων ηλεκτρονικών μέσων. Έτσι, για να υπάρξει ομαλή και συνεχιζόμενη μετάβαση σε νέες εποχές στον τομέα αυτόν, θα πρέπει να έχουν καλυφθεί πλήρως τα κενά στις πληροφορίες και τα δεδομένα, που απαιτούνται με βάση κατασκευασμένα προϊόντα του παρελθόντος, παλαιότερης και κατώτερης τεχνολογίας φυσικά.

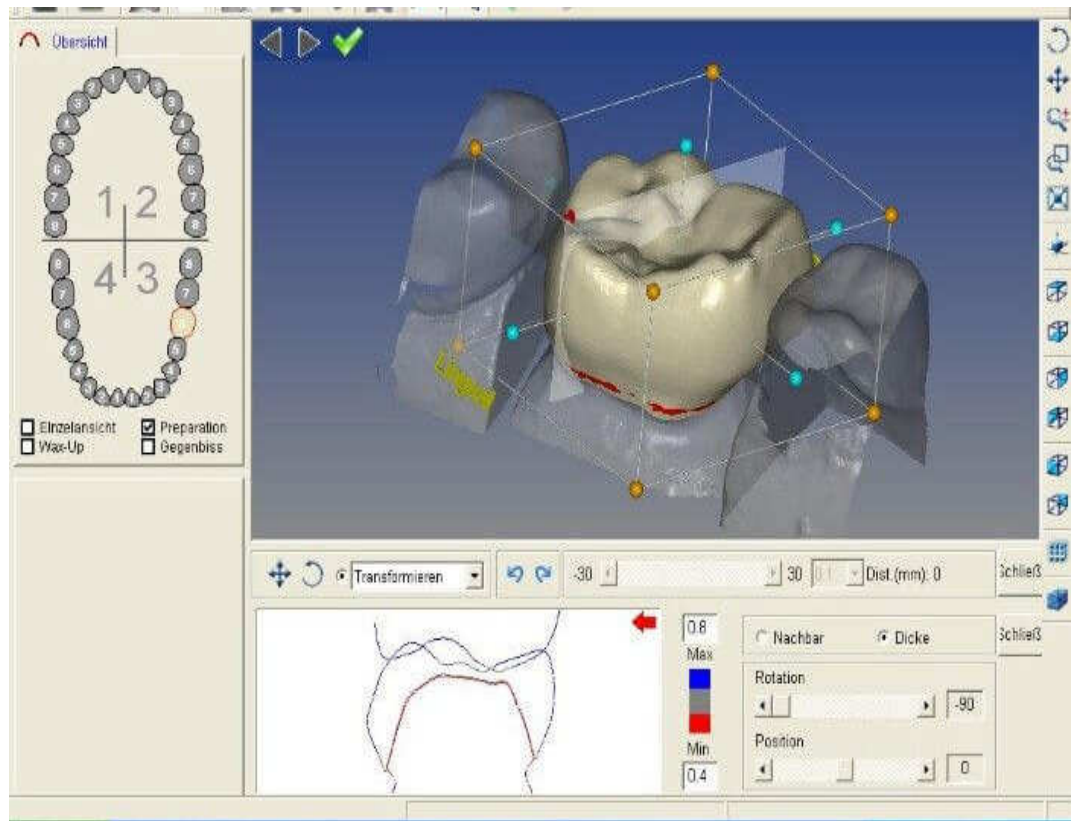
Για παράδειγμα στην εικόνα, που ακολουθεί εμφανίζεται ένα στιγμιότυπο από την μελέτη ενός videogame παλαιότερης τεχνολογίας με βάση την ανταπόκρισή του σε συγκεκριμένες κινήσεις του χρήστη. Φυσικά και υπάρχουν ελαττώματα και σημεία κακής απόκρισης του κώδικα του παιχνιδιού (bugs). Τα περισσότερα από αυτά έχουν προβλεφθεί και έχουν διορθωθεί πριν την κυκλοφορία του, ωστόσο παραμένουν ακόμη αρκετά, τα οποία μέσω τεχνικών αντίστροφης σχεδίασης θα μπορούν να διορθωθούν ή

και να απαλειφθούν εκ των υστέρων για να συνεχίσει να αναπαράγεται η εκδοχή του παιχνιδιού με τα πιο σύγχρονα μέσα.



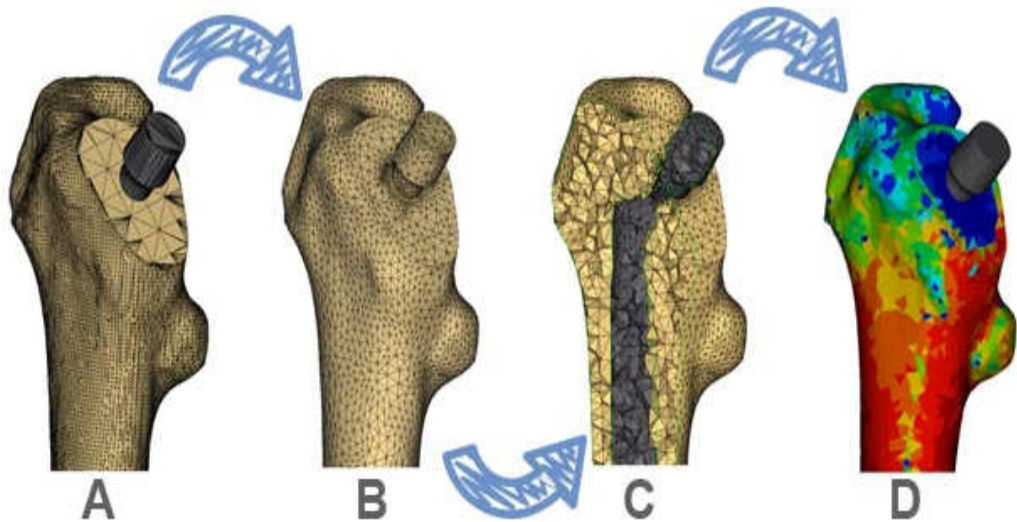
Εικόνα 20: Στιγμιότυπο αποτύπωσης bugsVideoGame με χρήση αντίστροφης σχεδίασης

Καθοριστικής σημασίας είναι η χρήση της αντίστροφης μηχανικής και στον τομέα της ιατρικής και της παραϊατρικής. Στην οδοντιατρική είναι πλέον οι ειδικοί να ψηφιοποιούν οδοντοστοιχίες ασθενών, με στόχο να μελετήσουν αδυναμίες και προβλήματα, ώστε στην συνέχεια να τροποποιηθούν κατάλληλα. Παράλληλα, μπορούν να εκτελεστούν και προσομοιώσεις για την επιλογή της κατά το μέγιστο κατάλληλης μεθόδου θεραπείας. Ανάλογες είναι και οι εφαρμογές στην ορθοδοντική και σε παρεμφερείς δραστηριότητες για την αναπροσαρμογή οδοντοστοιχιών και την αποκατάσταση βλαβών και οπτικών ατελειών.



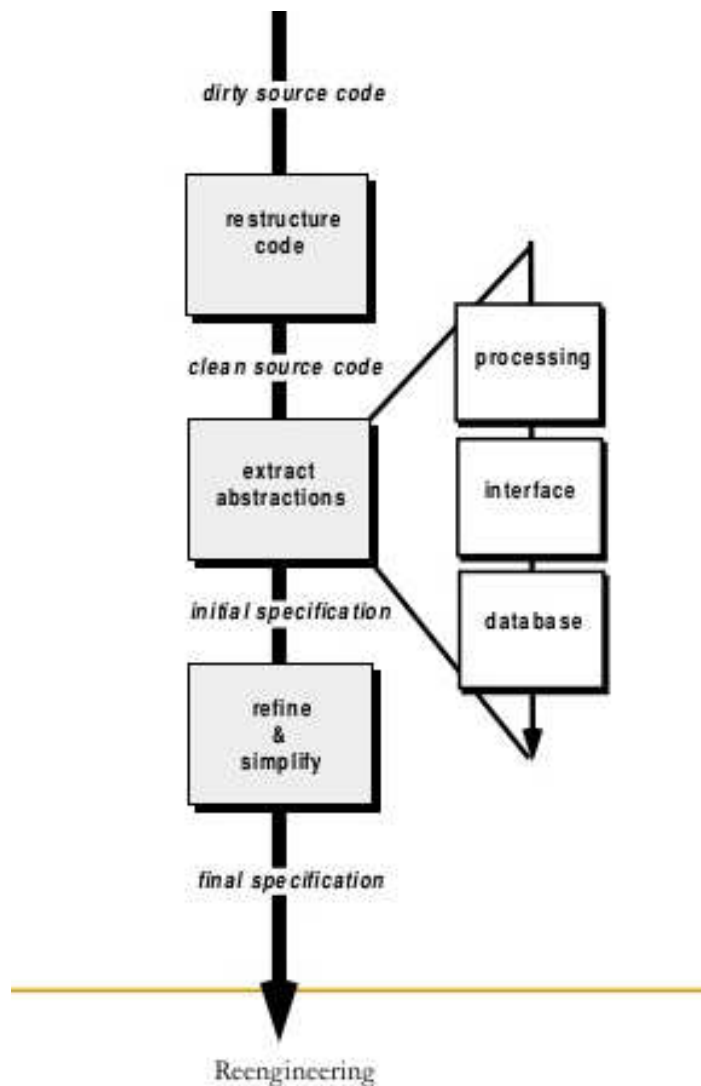
Εικόνα 21: Ψηφιακή σχεδίαση πρόσθετου δοντιού

Στον τομέα της προσθετικής, με την χρήση τομογράφων και κατάλληλων λογισμικών αντίστροφης σχεδίασης, ψηφιοποιούνται ζωτικά όργανα του ανθρώπινου οργανισμού και επανασχεδιάζονται, αφού πρώτα μελετηθούν και αναλυθούν εις βάθος. Μέσω της διαδικασίας αυτής εξάγονται πολύτιμες πληροφορίες, που εφαρμόζονται για τη δημιουργία τεχνητών μελών, που είναι σαφώς αποδοτικότερα, μακρότερης διάρκειας ζωής και μεγαλύτερης αντοχής καλύπτοντας βέβαια τις ανάγκες, για τις οποίες έχουν κατασκευαστεί.



Εικόνα 22: Ψηφιακή προσομοίωση απόκρισης προσθετικού τμήματος συνδέσμου οστού

Επίσης, στον τομέα σχεδίασης και υλοποίησης λογισμικών και κάθε είδους κώδικα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις απλούστερες συσκευές μέχρι τις πιο πολύπλοκες κατασκευές, όπως για παράδειγμα τα μη-επανδρωμένα αεροσκάφη, η αντίστροφη μηχανική έχει μεγάλη σπουδαιότητα. Ο κάθε δημιουργός είναι σε θέση να αναγνώσει δικά του τμήματα κώδικα, που έχει συγγράψει στο παρελθόν. Όταν όμως πρόκειται για βελτίωση, παραλλαγή ή και νέα δημιουργία βάσει ήδη υπάρχοντος τμήματος κώδικα, ο νέος προγραμματιστής δεν είναι σε θέση να γνωρίζει όσα και ο αρχικός δημιουργός. Έτσι, λοιπόν, η αντίστροφη μηχανική λειτουργεί ως το μέσον, που θα αμβλύνει όλες αυτές τις αποκλίσεις στον τρόπο σκέψης μεταξύ πρώτου και τελικού δημιουργού, με σκοπό να συνεχιστεί η ανάπτυξη του κώδικα, που είναι απαραίτητη για την βελτίωση ή την εξάλειψη κενών ασφαλείας, λειτουργικότητας, κ.λ.π.



Εικόνα 23: Διαδικασία αντίστροφης μηχανικής στην επιστήμη του προγραμματισμού

Τέλος, πέραν των τομέων ανάλυσης και κατασκευής προϊόντων, η αντίστροφη μηχανική έχει εισαχθεί ως μέσο βελτίωσης και σχεδίασης καλύτερων προϊόντων και στον τομέα του marketing, της προώθησης και της εμπορικότητας προϊόντων. Ανίχνευση χαρακτηριστικών, απαιτήσεων, αλλά και πληροφορίες σχετικά με την διεισδυτικότητα υλικών στις ανάγκες του σύγχρονου ανθρώπου μπορούν εύκολα να αναγνωριστούν με την χρήση της τεχνικής της αντίστροφης σχεδίασης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ανάγνωση ανθρωπομετρικών στοιχείων του πληθυσμού στην περιοχή όπου δραστηριοποιείται μία εταιρεία παραγωγής ειδών ένδυσης και υπόδησης με

στόχο την πλήρη κάλυψη των αναγκών του πληθυσμού με ανθρωποκεντρικό γνώμονα.

2.5 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Τεχνικών Αντίστροφης Μηχανικής

Το βασικότερο ίσως πλεονέκτημα της χρήσης της τεχνικής της αντίστροφης μηχανικής για σχεδίασης νέων προϊόντων είναι η επιτάχυνση όλων των διαδικασιών μέχρι αυτό να εισαχθεί στην αγορά. Εκ των πραγμάτων, η σταδιακή σχεδίαση από μηδενική βάση, ο έλεγχος, οι βελτιώσεις και οι αλλαγές αποτελούν τον μεγαλύτερο παράγοντα καθυστέρησης της κατασκευής και της προώθησης ενός προϊόντος.

Στο ιδιαίτερα ανταγωνιστικό περιβάλλον, εντός του οποίου καλούνται να επιβιώσουν πολλές εταιρείες σχεδιασμού και παραγωγής, πρέπει να χρησιμοποιούνται τεχνικές που μειώνουν αφενός το κόστος παραγωγής με την χρήση λιγότερων και οικονομικότερων πόρων, είτε έμψυχο είτε άψυχο υλικό και αφετέρου τον χρόνο υλοποίησης μίας ιδέας. Η λύση έρχεται με την χρήση της αντίστροφης μηχανικής η οποία έχει ως βάση ένα ήδη έτοιμο σχεδόν πάντα επιτυχημένο προϊόν και καλείται να προτείνει και να υλοποιήσει βελτιωτικές ιδέες με τελικό σκοπό την παραγωγή ενός νέου διαφορετικού πάντα υλικού. Οι συμβατικές μέθοδοι, σχεδιασμού, παραγωγής προτύπου, έλεγχος και στην συνέχεια άλλες ενέργειες είναι εμφανώς χρονοβόρος και κοστίζει πολλά στις εταιρείες.

Η αντίστροφη μηχανική ιδιαίτερα με την χρήση νέων μεθόδων ανίχνευσης χαρακτηριστικών και λειτουργίας υλικών και συσκευών είναι σε θέση να βοηθήσει πολλές διαδικασίες και να τις εκμηδενίσει σε χρονική διάρκεια αν όχι να τις εξαλείψει κατά την παραγωγική διαδικασία. Ψηφιακά μέσα, που χρησιμοποιούνται για απεικόνιση, μέτρηση χαρακτηριστικών και παραμέτρων, όπως και στο τελικό στάδιο της παραγωγής ενισχύουν ακόμη περισσότερο την τάση αυτή αποσκοπώντας φυσικά και στην μείωση του

τελικού κόστος παραγωγής και της τιμής πώλησης των υλικών και των προϊόντων από τους κατασκευαστές.

Σε πολλές περιπτώσεις, ο χρόνος που εξοικονομείται με χρήση της αντίστροφης σχεδίασης ενός προϊόντος, δίνεται η δυνατότητα καθυστέρησης της έναρξης παραγωγής ενός προϊόντος, δίνοντας αντίστοιχα το περιθώριο στους κατασκευαστές να ανταποκριθούν άμεσα σε αλλαγές με βάση διαφορετικές τάσεις, που ενδέχεται να υπάρξουν στην αγορά κατά την διάρκεια της όλης διαδικασίας σχεδίασης, ή αντίστοιχα να προβούν σε διορθωτικές κινήσεις λόγω προβλημάτων συμβατότητας και λειτουργίας, που μπορεί να εμφανιστούν κατά τον επανέλεγχο. Επίσης οι εταιρείες έχουν αρκετό επιπλέον χρόνο για να έρθουν σε επαφή με πελάτες, προμηθευτές και προωθητές, ώστε να ληφθούν υπόψη επιπλέον απόψεις και προτάσεις από αυτές τις ομάδες, που θα επηρεάσουν την πορεία εξέλιξης του προϊόντος.

Η επαλήθευση ενός προϊόντος είναι ίσως το σημαντικότερο πλεονέκτημα κατά την εφαρμογή της τεχνικής αντίστροφης σχεδίασης. Τα αρχικά ψηφιοποιημένα στοιχεία αντιπαραβάλλονται με την τελική γεωμετρική διαστασιολόγηση του πρότυπου μοντέλου που παράγει το σύστημα και οι όσες αποκλίσεις παρουσιάζονται σε γραφική μορφή. Η εξαγωγή σχεδίων και διαγραμμάτων, που αφορούν το μοντέλο σε όλη τη διάρκεια εφαρμογής της αντίστροφης σχεδίασης καθιστούν εύκολο τον έλεγχο ποιότητας, πλήρωσης των προϋποθέσεων σχεδίασης και ανίχνευση όποιων ελαττωμάτων μπορεί να έχουν προκύψει κατά την παραγωγική διαδικασία.

Σε περιπτώσεις, όπου εμφανίζεται η ανάγκη αναπαραγωγής ενός προϊόντος, για το οποίο δεν υπάρχει επαρκής τεκμηρίωση (χαρακτηριστικά, τεχνικές παράμετροι, προδιαγραφές, σχέδια μελέτης, κ.λ.π.), η χρήση της αντίστροφης σχεδίασης επιβάλλεται. Ένα συνηθισμένο παράδειγμα αυτής της περίπτωσης είναι η κατασκευή ενός προϊόντος με βάση ένα υπάρχον προϊόν, που έχει τεθεί εκτός παραγωγής ή που ο κατασκευαστής του να έχει σταματήσει την λειτουργία του. Στην περίπτωση αυτή και εφόσον το προϊόν δεν έχει φθάσει στον κορεσμό του, έχοντας δηλαδή αρκετά μεγάλη ζήτηση,

αξίζει να γίνει χρήση της αντίστροφης σχεδίασης και να τεθεί εκ νέου με ορισμένα διαφορετικά χαρακτηριστικά σε παραγωγή και να διακινηθεί στα πλαίσια της αγοράς εξασφαλίζοντας επιπλέον έσοδα.

Οι διαδικασίες παραγωγής ενός αντικειμένου διεκπεραιώνονται από πολλές ομάδες, οι οποίες τις περισσότερες φορές βρίσκονται εγκατεστημένες σε διαφορετικές περιοχές ανά τον κόσμο. Για παράδειγμα, ενδέχεται το σχεδιαστικό τμήμα μιας πολυεθνικής εταιρείας να βρίσκεται σε διαφορετική χώρα από ότι το κατασκευαστικό. Το αποτέλεσμα της συνεργασίας αυτών των τμημάτων για την ανάπτυξη και εφαρμογή μιας ιδέας διευρύνει το πεδίο δράσης τους. Κατά την αντίστροφη σχεδίαση ενός προϊόντος οι αναλύσεις, που απαιτούνται, ο έλεγχος ποιότητας και διάφορες άλλες λειτουργίες, που μέχρι τα τελευταία χρόνια εφαρμόζονταν ξεχωριστά, πλέον είναι σε θέση να εξελίσσονται ταυτόχρονα, καθώς τα διάφορα τμήματα μπορούν να εργαστούν από κοινό ψηφιοποιημένο αρχείο. Με αυτό τον τρόπο, η διάρθρωση της παραγωγικής διαδικασίας γίνεται πολύ πιο άμεση, ευέλικτη και ταχύτερη, εξασφαλίζοντας μεταξύ άλλων και την άριστη συνεργασία μεταξύ των διαφόρων τμημάτων.

Κεφάλαιο 3^ο: Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικές Τάσεις Σχεδιασμού

3.1 Υφιστάμενη Κατάσταση Ανάλυσης και Σχεδιασμού Προϊόντων

3.1.1. Κριτήρια και στάδια σχεδίασης και ανάπτυξης προϊόντος

Στη σύγχρονη καθημερινότητα, οι απαιτήσεις και οι ανάγκες των καταναλωτών τείνουν να αυξάνονται συνεχώς. Η βιομηχανική σχεδίαση για τον λόγο αυτό θα πρέπει να είναι σε θέση να σχεδιάσει και να θέσει σε παραγωγή προϊόντα, τα οποία τις καλύπτουν και ανταποκρίνονται στον σύγχρονο τρόπο ζωής. Φυσικά, όλη αυτή η διαδικασία, διαδραματίζεται σε ένα έντονο ανταγωνιστικό περιβάλλον, όπου οι επιχειρήσεις πρέπει να έχουν ως κύριο γνώμονα την πώληση υλικών και την κερδοφορία τους ακόλουθα.

Το βασικό στάδιο, το οποίο θα κρίνει κατά πόσο θα επιτευχθεί ο παραπάνω συνδυασμός στόχων είναι ο σχεδιασμός με βασικό κριτήριο την ποιότητα σε σχέση με το κόστος σε όλα τα στάδια ανάπτυξης αλλά και παραγωγής του προϊόντος. Παρακάτω παρουσιάζεται η κλασική διαδικασία, που ακολουθείται προς το παρόν ως συμβατική μέθοδος σχεδιασμού προϊόντων με σκοπό την διοχέτευσή τους στην αγορά. Πάντοτε φυσικά υπάρχουν και εξαιρέσεις στις διαδικασίες αυτές, που ακολουθούνται από καινοτόμες επιχειρήσεις.

3.1.1.1 Στάδια Σχεδίασης Προϊόντος

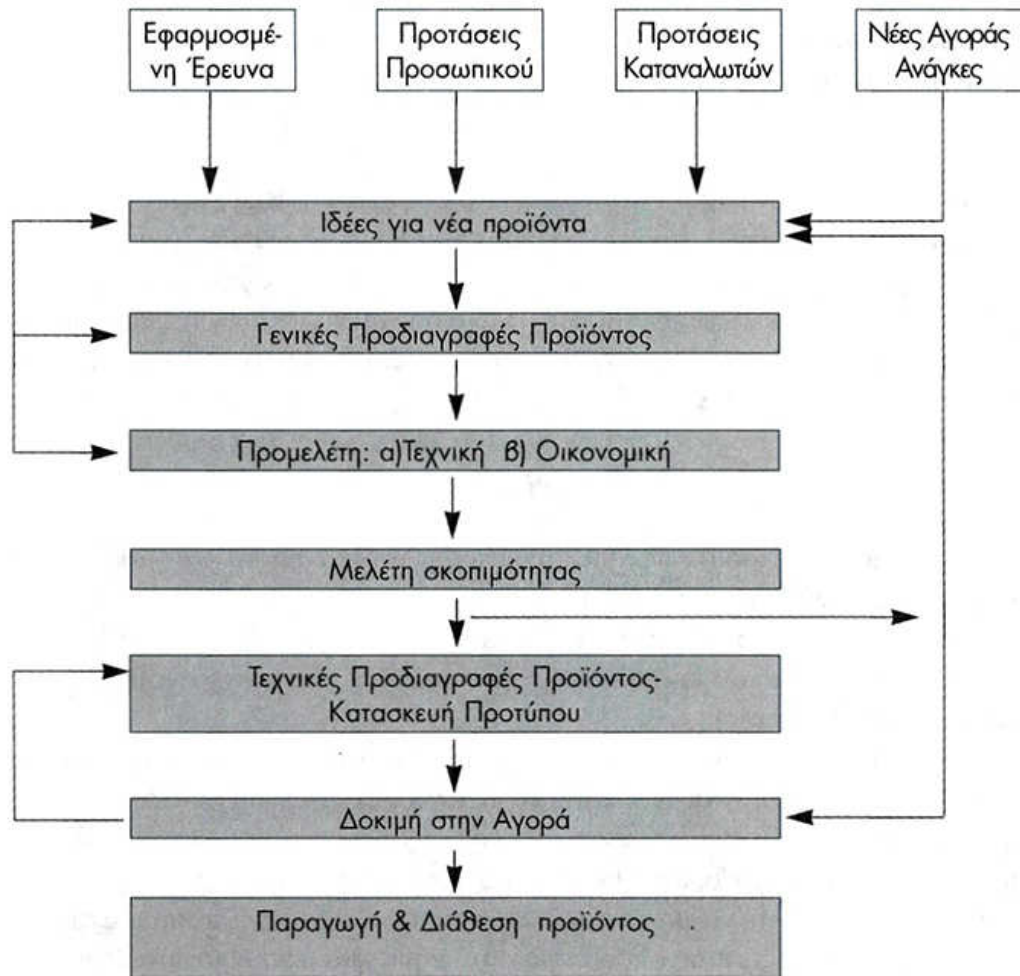
Ο βασικός σχεδιασμός ενός προϊόντος πρέπει να έχει ως κύριο γνώμονα τον τελικό στόχο του προϊόντος αυτού, δηλαδή την κάλυψη αναγκών των καταναλωτών, στους οποίους αυτό θα απευθύνεται στην αγορά. Με βάση όλα αυτά τα στοιχεία, που έχουν συλλεχθεί και έχουν ληφθεί υπόψη, θα γίνει τόσο ο σχεδιασμός, όσο και ο καθορισμός των επιμέρους βημάτων, που απαιτούνται μέχρις ότου καταλήξει στην παραγωγή και την τελική του κυκλοφορία στην αγορά. Τα μέσα, που απαιτούνται, επίσης, θα πρέπει να είναι αρχικά ξεκάθαρα για όλες τις φάσεις σχεδιασμού και παραγωγής.

Πέραν γενικών κατευθυντήριων γραμμών σαφώς και θα μπορούν να υπάρχουν αποκλίσεις, οι οποίες ωστόσο δεν θα πρέπει να θέτουν σε κίνδυνο την όλη διαδικασία. Σε περίπτωση, που ο σχεδιασμός ενός προϊόντος γίνει με λανθασμένο τρόπο ή εμφανιστούν προβλήματα, τα οποία δεν μπορούν να επιλυθούν, τότε τόσο η βασική εταιρεία όσο και οι συνεργαζόμενες παραγωγικές μονάδες θέτουν σε κίνδυνο την κερδοφορία τους και την κερδοφορία τους κατ' επέκταση.

Σε γενικές γραμμές οι διαδικασίες κατά τον σχεδιασμό προϊόντων, που απαιτούνται, μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω στάδια, που μπορεί να αλλάξουν κατά την πορεία εξέλιξης της διαδικασίας:

1. Αρχικά θα πρέπει να διατυπωθούν και να επεξηγηθούν οι απαιτήσεις λειτουργικές και μη του προϊόντος, που πρόκειται να σχεδιαστεί. Οι απαιτήσεις αυτές θα πρέπει να έχουν επιλεγεί με βάση τις ανάγκες, που έχουν ερευνηθεί από την αγορά.
2. Το δεύτερο στάδιο, το οποίο είναι και το κεντρικότερο της όλης διαδικασίας γίνονται οι πρώτες απόπειρες για σχεδιασμό του βασικού προϊόντος με την μορφή άτυπου πρωτότυπου και σκαριφήματος. Ακόμη θα πρέπει να μελετηθούν πρωταρχικά οι ανάγκες για μέσα για την παραγωγή του προϊόντων, όπως παραγωγικές μονάδες, εργαλεία, μηχανήματα και πρώτες ύλες παραγωγής.

3. Στο επόμενο στάδιο θα πρέπει να γίνει ένας πρώτος έλεγχος στην απόδοση και την λειτουργία του σχεδιαζόμενου προϊόντος. Αυτό στην παρούσα εποχή γίνεται στην πλειονότητα των επιχειρήσεων με την χρήση κατάλληλων λογισμικών, τα οποία επιτρέπουν την μοντελοποίηση και την προσομοίωση του υλικού σε διάφορες συνθήκες χρήσης και λειτουργίας.
4. Το επόμενο στάδιο περιλαμβάνει την καταληκτική σχεδίαση του πρωτότυπου. Το πρωτότυπο είναι σε φυσική μορφή και είναι πλέον διαθέσιμο τόσο για εργοστασιακές δοκιμές, όσο και για έλεγχο σε πραγματικές συνθήκες χρήσης, όπως αυτή θα γίνεται από έναν καταναλωτή, ο οποίος δεν διαθέτει το επιστημονικό υπόβαθρο των ερευνητών, που ασχολούνται με την σχεδίασή του. Εφόσον η διαδικασία αποδειξει ότι δεν υπάρχει κάποιο εμφανές πρόβλημα, τότε σχεδιασμός έχει ολοκληρωθεί.
5. Στις περισσότερες περιπτώσεις η προηγούμενη διαδικασία δεν τελειώνει άμεσα και συνεχίζεται με διορθωτικές κινήσεις και με τη βοήθεια των νέων τεχνολογιών γίνεται η προσπάθεια ταχείας επαναφοράς του προϊόντος στην διαδικασία ολοκλήρωσης του σχεδιασμού. Η σχεδίαση αυτή θα τερματιστεί όταν πλέον το προϊόν διαθέτει ατέλειες, οι οποίες δεν επηρεάζουν άμεσα την λειτουργικότητά του είτε δεν έχει ιδιαίτερο κέρδος είτε λειτουργικό είτε οικονομικό η περαιτέρω βελτίωσή του.
6. Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει την κατάρτιση των τελικών σχεδίων για την παραγωγή του προϊόντος. Καθορίζονται τα μέσα παραγωγής και δίνονται οι κατάλληλες οδηγίες για να συνεχιστεί η παραγωγή της συσκευής με όσα έχουν μελετηθεί έως τώρα.



Εικόνα 24: Διαδικασία Σχεδίασης Προϊόντος

Σαφώς σε όλα τα σχέδια στάδια, που περιγράφηκαν παραπάνω, το προσωπικό, που χρησιμοποιείται θα πρέπει αφενός να είναι καταρτισμένο στους τομείς, που τους αφορούν και αφετέρου, θα πρέπει να διαθέτουν το επιστημονικό υπόβαθρο για επίλυση προβλημάτων, που ενδέχεται να προκύψουν. Σχεδόν σε κάθε περίπτωση, υπάρχει ένας τουλάχιστον μηχανικός, ο οποίος μπορεί να δώσει σημαντικές λύσεις σε σημαντικές στιγμές της σχεδίασης και στα αρχικά στάδια της παραγωγής. ((Johnson, Mike Ashby & Kara, 2002))

3.1.2 Προδιαγραφές ποιότητας και έλεγχος κατά την παραγωγή

Η ποιότητα του σχεδιαζόμενου και στην συνέχεια παραγόμενου προϊόντος, ειδικά τα τελευταία χρόνια, έχει αναδειχθεί σε σημαντικό

παράγοντα για την επιτυχία ενός προϊόντος. Οι καταναλωτές λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τους χαρακτηριστικά ποιότητας κατά την επιλογή ενός προϊόντος και το γεγονός αυτό δίνει το έναυσμα στις επιχειρήσεις, που σχετίζονται με την σχεδίασή τους να εντείνουν τις προσπάθειές τους προς αυτόν τον τομέα. Οι συνθήκες της παγκοσμιοποίησης και του ανοιχτού ανταγωνισμού πολλές φορές διευκολύνουν και επιταχύνουν τις διαδικασίες για ποιοτικό καθορισμό των ποιοτικών απαιτήσεων, αλλά και τον διαρκή ποιοτικό έλεγχο στις διαδικασίες, που θα ακολουθηθούν.

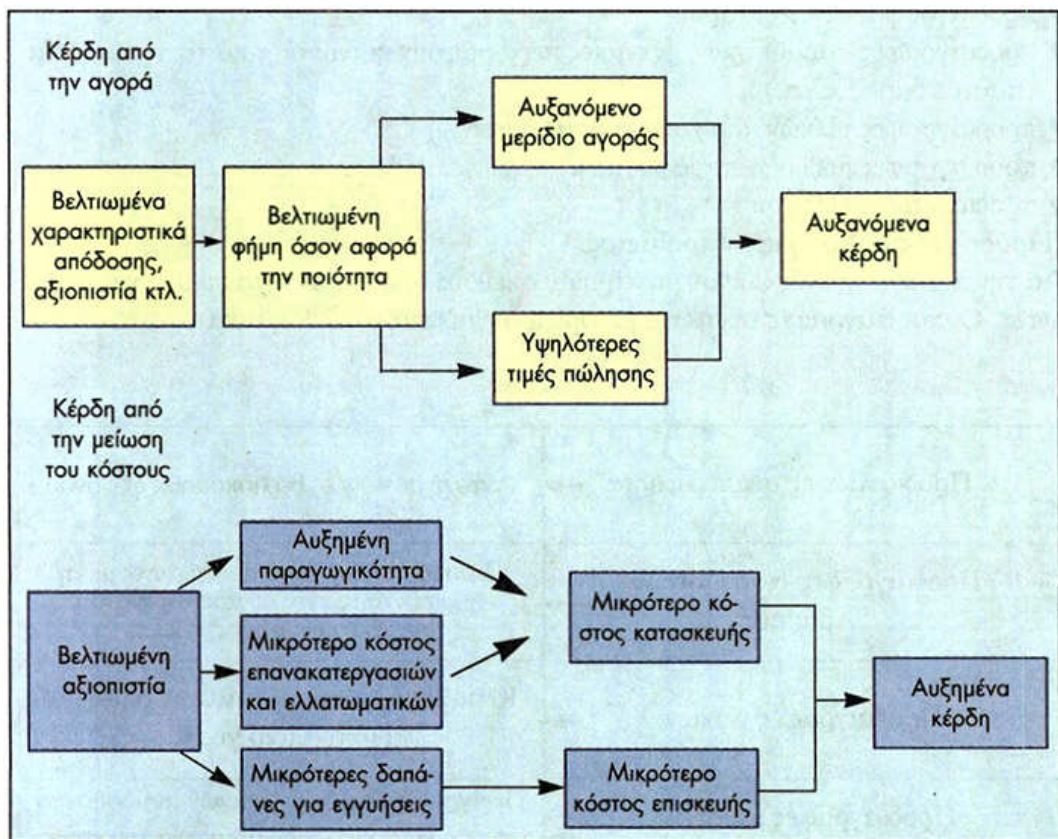
Οι επιχειρήσεις πλέον γνωρίζουν ότι ο παράγοντας της ποιότητας είναι εκείνος που θα διαφοροποιήσει τα υλικά, που παράγουν και προσφέρουν στους καταναλωτές σκεπτόμενες πάντα και το κόστος για την ανάπτυξη του προϊόντος. Οι βασικές απαιτήσεις στον τομέα της ποιότητας αφορούν κυρίως:

- ✓ Ασφάλεια κατά την χρήση της συσκευής
- ✓ Αξιοπιστία.
- ✓ Διάρκεια Ζωής.
- ✓ Δυνατότητα και ευκολία εγκατάστασης και συντήρησης, όπου αυτή απαιτείται.
- ✓ Περιβαλλοντικοί και ενεργειακοί παράγοντες.
- ✓ Χαμηλό κόστος.
- ✓ Πιστοποιήσεις με βάση πρότυπα σχετικά με την αποτελεσματικότητα και την απόδοση.

Τα παραπάνω στοιχεία όπως είναι λογικό είναι και εκείνα, που θα καθορίσουν σε μεγάλο βαθμό και τις διαδικασίες σχεδίασης και παραγωγής των προϊόντων. Εφόσον πληρούνται τα περισσότερα από αυτά, αυξάνονται και οι πιθανότητες τελικά να είναι ελκυστικά και να επιτύχουν στα πλαίσια της ελεύθερης αγοράς.

Η επιχείρηση μπορεί να επωφεληθεί σε πολλά σημεία αυξάνοντας την αξιοπιστία και την ποιότητά τα τόσο όσον αφορά γενικά την λειτουργία της,

αλλά και όσον αφορά τα παραγόμενα και σχεδιαζόμενα προϊόντα της. Ο απώτερος στόχος είναι η κυκλοφορία ελκυστικότερων προϊόντων, ώστε να αυξήσει το μερίδιο αγοράς της αλλά και τα κέρδη της και φυσικά να βελτιώσει τα έσοδα και την κερδοφορία της. Ένα συνοπτικό απλό παράδειγμα για τα οφέλη μίας επιχείρησης από την αύξηση της ποιότητας των προϊόντων της, αλλά και από την μείωση του κόστους παραγωγής τους μπορεί να παρουσιαστεί σχηματικά στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 25: Διάγραμμα Σχέσης Ποιότητας - Κόστους

Για τον τελικό καταναλωτή η ποιότητα πλέον αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα, ανεξάρτητα από το επίπεδο ζωής, τις ανάγκες, το εισόδημα και τις απαιτήσεις του. Δεν αρκεί το προϊόν να έχει μία ελκυστική τιμή, αλλά αρκεί να είναι ποιοτικότερο σε ίση ή και ελαφρώς μεγαλύτερη τιμή, συγκριτικά με άλλα αντίστοιχα προϊόντα άλλων κατασκευαστών και προμηθευτών.

3.2 Μελλοντικές Τάσεις Εξέλιξης

Πολλές είναι οι τεχνικές σε γενικές γραμμές οι μέθοδοι που ακολουθούνται για να γίνει η σχεδίαση μίας συσκευής. Η τάση, ωστόσο συνεχίζει να ωθεί τις επιχειρήσεις να ανιχνεύσουν τρόπους νέους τρόπους σχεδίασης ή τουλάχιστον να αλλάξουν κατά το δυνατόν την προσέγγιση, που διεξάγεται. Στην αγορά, πλέον, επικρατούν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό νέες τάσεις, που έχουν ως στόχο την παροχή καλύτερων τεχνικών σχεδίασης,, αλλά και τεχνικών, που στοχεύουν στην κάλυψη άλλων περιορισμών, συνήθως εξωγενών. Επίσης, πλέον γίνεται η στροφή σε αποδοτικότερη σχεδίαση και παραγωγή, η οποία δεν είναι έχει μεγάλο ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Με την χρήση των νέων τεχνολογιών, έχουν ανοίξει νέοι ορίζοντες και έχουν μεταβληθεί κατά πολύ τα περιθώρια βελτίωσης. Αναπτύσσονται νέα και διαφορετικά μοντέλα, μεθοδολογίες και τεχνικές, που στοχεύουν σε καλύτερη σχεδίαση, που θα βοηθήσει και άλλα στάδια της παραγωγής αλλά και της μετέπειτα έρευνας για νέα προϊόντα. Η κεντρικότερη λύση, που προτείνεται και γίνεται προσπάθεια να καθιερωθεί είναι ο περιβαλλοντικά ευαίσθητος σχεδιασμός για ανάπτυξη προϊόντων.

3.2.1 Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Προϊόντων

Ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός προϊόντων ουσιαστικά αποτελεί υποενότητα όλων των μεθόδων σχεδίασης προϊόντων, ασχέτως της προσέγγισης του καθενός. Ουσιαστικά αφορά σχεδίαση προϊόντων με γνώμονα και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της όλης διαδικασίας πέραν όσων πρέπει να προηγηθούν για την κυρίως σχεδίαση. Σε γενικές γραμμές στοχεύει στα ακόλουθα:

- i. Τον σχεδιασμό προϊόντων, τα οποία δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον τόσο όσο βρίσκονται σε χρήση και λειτουργία, αλλά ακόμη και μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους έως την καταστροφή ή την ανακύκλωση.
- ii. Τον γενικότερο περιορισμό των απαιτούμενων ενεργειακών και περιβαλλοντικών πόρων, που θα απαιτεί το προϊόν κατά την ζωή του. Σαφώς στην όλη αυτή συνεισφορά θα πρέπει να υπολογίζεται και ο περιορισμός της επίδρασης της παραγωγής του στο περιβάλλον και την ανθρώπινη ζωή.

(Μεταξάκης Νικόλαος, 2003)

Για να ολοκληρωθεί μία συνολική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του προϊόντος πρέπει να ληφθούν υπόψη αρκετές παράμετροι και πολλά στοιχεία, που σχετίζονται άμεσα τόσο με το προϊόν αλλά και με το κοινό, στο οποίο θα απευθύνεται. Οι κυριότερες ασχολίες των ερευνητών σχετικά με τον περιβαλλοντικό σχεδιασμό περιλαμβάνουν:

- Επιλογή κατάλληλων υλικών και λήψη των αντίστοιχων αποφάσεων για περιορισμό των απαιτήσεων σε ενέργεια της συσκευής. Ακόμη λαμβάνεται σοβαρά υπόψη και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος κατά την καταστροφή ή ανακύκλωσή του, αν αυτό είναι δυνατόν σε κάποιο βαθμό.
- Ανάλυση των επιπτώσεων του προϊόντος από το πρώτο στάδιο παραγωγής έως και το τελευταίο στάδιο του κύκλου ζωής του. Με την διαδικασία αυτή θα είναι αρκετά ξεκάθαρο το κατά πόσον επηρεάζει το περιβάλλον συνολικά.

Όσον αφορά την εξέταση των επιπτώσεων του προϊόντος κατά την διαρκή ύπαρξή του στην αγορά, αξίζει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση, αφού θα αποτελέσει και την κύρια επιρροή του. Έως τώρα όλοι οι παραγωγικοί μηχανισμοί στόχευαν στην ταχεία και με ελάχιστο κόστος παραγωγή υλικών

και προϊόντων, με σκοπό το κέρδος. Ωστόσο, οι τάσεις της αγοράς και οι απαιτήσεις της έχουν αλλάξει ιδιαίτερα έντονα τα τελευταία χρόνια. Η τάση πλέον κινείται προς την συνολική εξέταση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος και σε κάθε στάδιό του η ανάλυση της επιρροής του στο περιβάλλον.

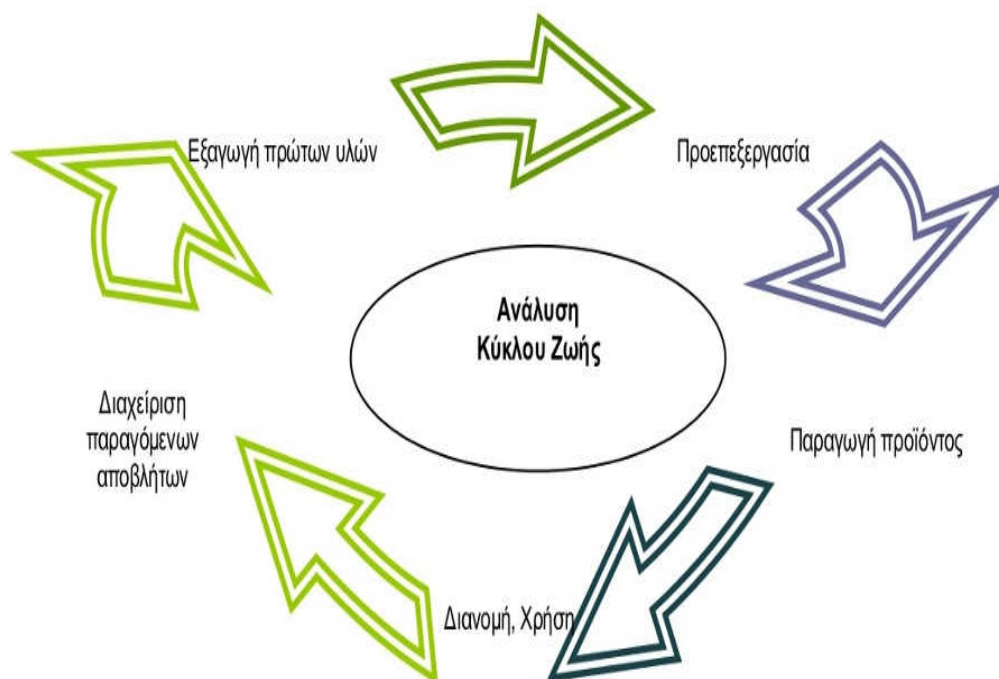
Η συμπεριφορά του προϊόντος, αλλά και η πηγή της δημιουργίας του, δηλαδή τα μέσα παραγωγής και σχεδίασης, αλλά και οι πρώτες ύλες, που απαιτεί για την ολοκλήρωση της διαδικασίας πρέπει να αναλυθούν και να προσεχθούν όσον αφορά την ενεργειακή και περιβαλλοντική τους επίδραση. Ακόμη και το στάδιο της τελικής απόρριψης, απόσυρσης, περισυλλογής και ανακύκλωσης θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη στα πλαίσια του κύκλου ζωής του προϊόντος.

Η ανάλυση αυτή μπορεί να συνοψιστεί στα παρακάτω σημεία:

- Υπολογισμός και εκτίμηση των πιθανών χρήσεων και εισόδων, που μπορεί να έχει το προϊόν.
- Με βάση αυτές τις χρήσεις, θα πρέπει να καταγραφούν πιθανές συνέπειες και να υπολογιστεί ο αντίκτυπος, που αυτές θα έχουν στο περιβάλλον και την ανθρώπινη ζωή.
- Συνυπολογίζοντας κόστος, κέρδος και ευκολία παραγωγής, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα, που έχουν προκύψει, καταρτίζεται το πλάνο παραγωγής του τελικού προϊόντος. Συγκεκριμένα θα πρέπει να είναι σε θέση να μελετήσει κάθε διαδικασία από την εξόρυξη των πρώτων υλών, έως την παραγωγή του τελικού προϊόντος, την χρήση και την τελική κατάληξή του.

Στα πλαίσια αυτής της σχεδίασης και παραγωγής προϊόντων, έχουν υπάρξει και αντίστοιχες πιστοποιήσεις και η κατάρτιση πλάνου παραγωγής σε διεθνές πρότυπο επίπεδο. Η προτυποποίηση κατά ISO 14040 αποτελεί την αποτύπωση όλων των περιβαλλοντικών ορισμών για την παραγωγική διαδικασία ενός προϊόντος. Με βάση αυτό το πρότυπο πολλές επιχειρήσεις,

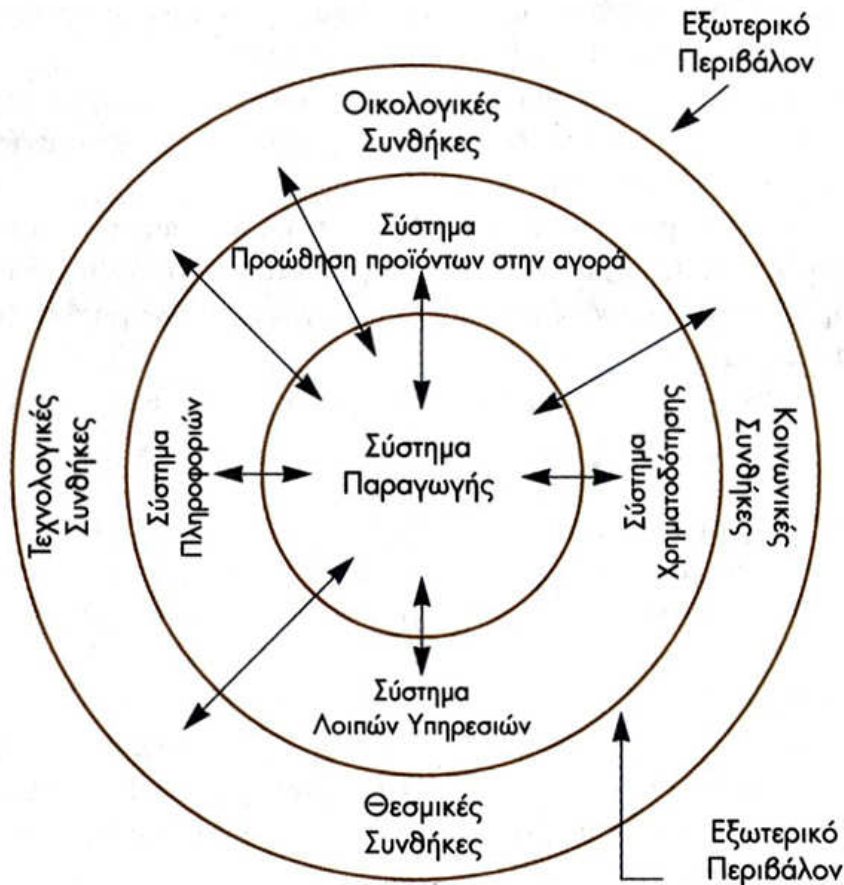
που το έχουν αφομοιώσει θα πρέπει να ορίζουν και τις διαδικασίες, που απαιτούνται για ορθή χρήση πόρων και μέσων έως την παραγωγή των σωστών κατά το περιβάλλον υλικών. (Johnson, Mike Ashby & Kara, 2002)



Εικόνα 26: Ανάλυση Κύκλου Ζωής συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης υλικών

3.2.2 Παραγωγικός σχεδιασμός με γνώμονα το περιβαλλοντικό αντίκτυπο

Ο σχεδιασμός αυτός δίνει τις κατευθυντήριες γραμμές στην παραγωγική διαδικασία, με βάση όσα έχουν υπολογιστεί και σχεδιαστεί σε θεωρητικό επίπεδο έως τώρα. Θα πρέπει να είναι σε θέση ως ομάδα να δεχθεί τις απαιτήσεις και τα σχέδια του προϊόντος, που είναι προς υλοποίηση και να λάβει αποφάσεις, που θα καθορίσουν την τελική φύση του προϊόντος αλλά και όλα όσα απαιτούνται μέχρι αυτό να πάρει την τελική του μορφή.



Εικόνα 27: Παράγοντες Επιρροής Παραγωγικής Διαδικασίας

Όπως είναι λογικό σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή και να αναλύεται κάθε πιθανό σενάριο που μπορεί να οδηγήσει σε λοξοδρόμηση από την κατεύθυνση, που έχει οριστεί εξ' αρχής. Ο αρχικός σχεδιασμός αποτελεί άνω του ήμισυ του τελικού αποτελέσματος, γι' αυτό και δεν θα πρέπει να υπάρχουν παλινωδίες. Ο υπεύθυνος του σταδίου αυτού θα πρέπει να έχει συνυπολογίσει και το κόστος τόσο σε χρήμα όσο και σε ενέργεια, πόρους και ανθρώπινο δυναμικό, που απαιτεί η τελική περισυλλογή με σκοπό την ανακύκλωση, όσο και η ίδια η διαδικασία διαχείρισης και απόρριψης στο περιβάλλον των υλικών του.

Το κόστος διαχείρισης ενός προϊόντος αποτιμάται περίπου στο 10-15% του αρχικού του κόστους, γεγονός, που δεν θα πρέπει να αφήνει αδιάφορο οποιονδήποτε σχετίζεται με την σχεδιαστική και παραγωγική διαδικασία ενός υλικού. Φυσικά αυτό το κόστος περιορίζεται όταν υλικά είναι πλέον σε θέση

να επαναχρησιμοποιηθούν και να βοηθήσουν στην ανάπτυξη νέων υλικών χωρίς την επιβάρυνση του περιβάλλοντος με επιπλέον απόρριψη άχρηστων και αδρανών υλικών. (Manbir S. Sodhi, Reimer B., 2001)

3.2.3 Σχεδιασμός για αποτελεσματική αποσυναρμολόγηση

3.2.3.1 Στόχοι αποτελεσματικής αποσυναρμολόγησης

Η διαδικασία αυτή λαμβάνεται υπόψη και ενδιαφέρει κυρίως το παραγωγικό τμήμα της διαδικασίας ολοκλήρωσης ενός προϊόντος. Μπορεί να διαδραματιστεί ταυτόχρονα με την βασική σχεδίαση ενός υλικού ή ενός προϊόντος και αφορά κυρίως την δομή του κατασκευαστικά. Ο σχεδιασμός της δομής του υλικού πρέπει να γίνει από τους μηχανικούς λαμβάνοντας υπόψη και την τελική ανάγκη για αποσυναρμολόγηση του προϊόντος με σκοπό την διαχείρισή του.

Η αποσυναρμολόγηση πρέπει να γίνεται με κατά το δυνατόν άριστο και αποδοτικότερο τρόπο, ώστε να απορρίπτονται στο περιβάλλον όσο το δυνατόν λιγότερα και αδρανέστερα υλικά και απόβλητα. Σκεπτόμενοι την δυνατότητα ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης πολλών στοιχείων που συνθέτουν τόσο τα κυκλώματα, όσο και την βασική δομή, το περίβλημα, την συσκευασία του προϊόντος, κ.λπ., ο σχεδιασμός μπορεί να γίνει με σκοπό την εκμετάλλευση πιο εύχρηστων υλικών και στοιχείων του κυκλώματος, που απαιτεί. Η πολυπλοκότητα του συνολικού κυκλώματος, πάντοτε δυσχεραίνει την διαδικασία σχεδίασης με αυτήν την προσέγγιση, αφού δεν κρίνεται ιδιαίτερα αποδοτική.

Τις περισσότερες φορές η διαδικασία αυτή μπορεί να συντελεστεί ταυτόχρονα με την μελέτη για τις ανάγκες συναρμολόγησης του υλικού. Ένα προϊόν, που συναρμολογείται εύκολα και δεν διαθέτει προβληματικές ενώσεις, κολλήσεις και συνδέσμους, όπως και πολλά επίπεδα περιβλημάτων και

προστασίας, θα διευκολύνει αντίστοιχα και την φάση αποσυναρμολόγησης του, όταν αυτή απαιτηθεί στο τέλος της ζωής του προϊόντος αυτού.

Οι κατασκευαστές, για να είναι σε θέση να υπολογίσουν την ευκολότερη και αποδοτικότερη διαδικασία αποσυναρμολόγησης ενός υλικού πρέπει να διεξάγουν τις αντίστοιχες μελέτες και πολλές φορές και προσομοιώσεις, είτε σε ψηφιακό επίπεδο είτε και με την χρήση πρωτότυπων, που έχουν κατασκευαστεί πριν τεθεί σε μαζική παραγωγή το προϊόν. Σε γενικές γραμμές η απομάκρυνση των επιμέρους στοιχείων ενός προϊόντος κατά την αποσυναρμολόγηση του μπορεί να ολοκληρωθεί με πολλές διαφορετικές ακολουθίες διαδικασιών. Βασικός στόχος της έρευνας αυτού του τομέα είναι να εντοπίσει την βέλτιστη και αποδοτικότερη με βάση συγκεκριμένους παράγοντες ακολουθία αποσυναρμολόγησης του.

Ανά τα χρόνια, έχουν αναπτυχθεί αρκετές θεωρίες, αλλά και οι αντίστοιχες ακολουθίες αποσυναρμολόγησης, που μπορεί να είναι αποδοτικότερες και αποτελεσματικότερες ανάλογα με την φύση και την δομή του προϊόντος, στο οποίο αναφέρονται. Η αποδοτικότερη λύση σίγουρα δίνεται με σωστή και έγκαιρη μελέτη στην διαδικασία της σχεδίασης, αλλά και προσεκτική παρακολούθηση της διαδικασίας παραγωγής.

Το να καταρτιστεί ένας αλγόριθμος σχετικά με την αποσυναρμολόγηση ενός προϊόντος σαφώς και δεν είναι απλή και εύκολη διαδικασία. Η αποδοτική αποσυναρμολόγηση πρέπει να λάβει υπόψη της πολλούς παράγοντες. Συνήθως σε πολύπλοκα υλικά αυτό δεν είναι επιτεύξιμο, αφού δημιουργούνται εκ των πραγμάτων πολλοί συνδυασμοί αποσύνδεσης υλικών από το βασικό σώμα. Για τον λόγο αυτό έχουν υπάρξει δύο βασικοί αλγόριθμοι καθορισμού αυτής της διαδικασίας.

Ο κύριος στόχος των αλγορίθμων αυτών είναι να αναγνωρίσουν με βάση τους περιορισμούς και τις συνθήκες, που επικρατούν τον βέλτιστο τρόπο για την σωστή ακολουθία αποσυναρμολόγησης του προϊόντος. Αφού φυσικά γίνει η αντίστοιχη έρευνα και μελέτη των υλικών και των μέσων που απαιτούνται, στην συνέχεια καταρτίζονται σχέδια αντίστοιχα με αυτά της

κύριας σχεδίασης, που οριοθετούν τις απαιτούμενες ενέργειες. Τις περισσότερες φορές, το υλικό χωρίζεται σε υποσύνολα, τα οποία στην συνέχεια γίνεται προσπάθεια να διασπαστούν σε αντίστοιχα μικρότερα. Η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου φθάσουμε στην μικρότερη δομική μονάδα του συστήματος. (Manbir S. Sodhi, Reimer B., 2001)

Οι δύο βασικότερες προσεγγίσεις για τον καθορισμό αλληλουχιών αποσυναρμολόγησης είναι:

1. Η μηχανολογική προσέγγιση. Όπως ορίζει και η ονομασία του αφορά κυρίων μηχανολογικά υλικά και προκύπτει ως επακόλουθο των σχεδίων συναρμολόγησης του υλικού.
2. Το δένδρο προτεραιοτήτων. Η μέθοδος αυτή σχετίζεται κυρίων με τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό και όλα τα μέρη, που τον αποτελούν

Επιπρόσθετα, ορίζεται και το βάθος αποσυναρμολόγησης. Αυτός καθορίζει το τέλος της όλης διαδικασίας αποσυναρμολόγησης. Υπάρχει ένα σημείο, όπου είτε το υλικό δεν μπορεί να αποσυναρμολογηθεί άλλο είτε αυτό δεν κρίνεται απαραίτητο. Μπορεί να μην κριθεί απαραίτητο, αφού κάποιο στοιχείο θα είναι σε θέση να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο και να μην διαλυθεί εντελώς. Για παράδειγμα μία πλακέτα, που έχει εισαχθεί για την τροφοδοσία του ηλεκτρονικού κυκλώματος δεν χρειάζεται να διαχωριστεί στα επιμέρους ηλεκτρονικά της στοιχεία, αλλά να ενσωματωθεί σε κάποιο νέο σύστημα με μικρές αλλαγές και έλεγχο φυσικά.

Σε γενικές γραμμές για να υπολογιστεί το βάθος αποσυναρμολόγησης θα πρέπει να συνυπολογίσουμε ανάγκες για απομάκρυνση υλικών κατά την διαδικασία. Οι ανάγκες αυτές μπορεί να είναι πρακτικές, όπως για παράδειγμα λόγω ευκολίας στις κινήσεις του εργαζόμενου αλλά και απαραίτητες για την συνέχιση της διαδικασίας, όπως αφαίρεση τροφοδοσιών, καλωδιώσεων, κ.λπ.. Στην συνέχεια θα πρέπει να εκτιμηθούν και τα υλικά,

που είτε θα πρέπει να απορριφθούν στο περιβάλλον μετά από διαχείριση είτε να συλλεχθούν επειδή είναι χρήσιμα για άλλες παραγωγικές διαδικασίες.

Για να γίνει σωστά η όλη σχεδίαση του προϊόντος ωστόσο, όπως περιγράφηκε στις προηγούμενες ενότητες, απαιτείται ο συνυπολογισμός πολλών παραγόντων, όχι μόνο περιβαλλοντικών και ενεργειακών αλλά και των βασικών λειτουργικών του. Για τον λόγο αυτόν έχουν αναπτυχθεί διάφορα είδη ηλεκτρονικών προγραμμάτων και ειδικών λογισμικών, τα οποία προσομοιώνουν διάφορες χρήσεις του προϊόντος, που σχεδιάστηκε.

Με την ηλεκτρονική προσομοίωση με την χρήση κατάλληλων λογισμικών, ο ερευνητής είναι σε θέση χωρίς να έχει σε άμεση χρήση το προϊόν να ελέγξει διάφορες αποκρίσεις, ανάλογα με τις εισόδους, που δίνονται σε αυτό και να εξάγει σημαντικά δεδομένα αλλά και να κρίνει κατά πόσον επετεύχθησαν οι στόχοι που τέθηκαν στην αρχή. Σε περίπτωση, που απαιτηθούν γίνονται φυσικά οι κατάλληλες διορθωτικές κινήσεις. Είναι λοιπόν προφανής η αξία αυτών των λογισμικών, που στοχεύουν να οργανώνουν όλο τον παραπάνω φόρτο πληροφοριών και θα είναι σε θέση να υποστηρίξουν τον σχεδιαστή στην σωστή επιλογή της βέλτιστης σχεδιαστικής λύσης για το προϊόν.

Επιγραμματικά τα λογισμικά αυτά βοηθούν τον ερευνητή - σχεδιαστή στα παρακάτω:

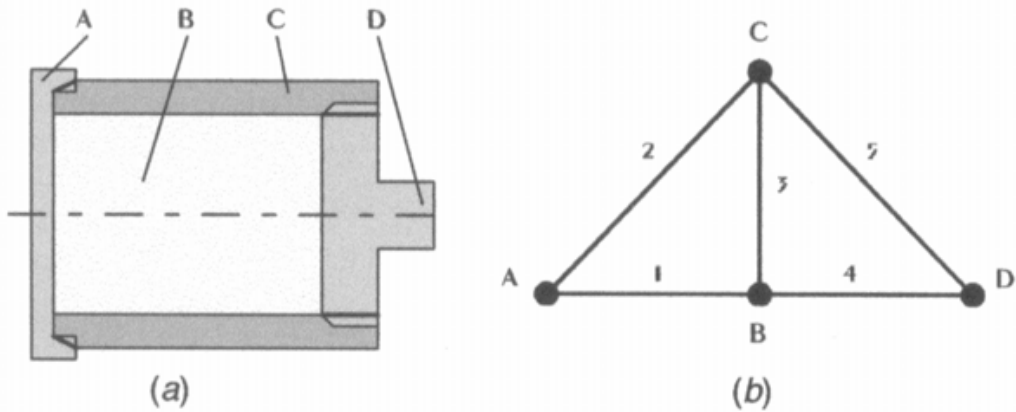
- Να καταφέρει την καλύτερη δυνατή κατασκευαστική δομή για το προϊόν και να ανιχνεύσει τα τρωτά και αδύναμα σημεία του.
- Να υπολογίσει την δυνατότητα ανακύκλωσης και το ποσοστό, που μπορεί να διαχειριστεί επί των επιμέρους υλικών.
- Να υπολογίσει το κόστος και την μέθοδο, αλλά και την αλληλουχία για την αποσυναρμολόγηση του υλικού.
- Να υπολογίσει το τελικό κόστος κατά το τέλος του κύκλου ζωής του προϊόντος αλλά και τις επιπτώσεις, που αυτό θα έχει στο περιβάλλον.

- Να επιλέξει την βέλτιστη λύση σε κάθε στάδιο, που απαιτεί λήψη απόφασης σχετικά με την συνέχιση της σχεδίασης ή την αλλαγή χαρακτηριστικών του προϊόντος.

3.2.3.2 Μηχανολογική προσέγγιση αποσυναρμολόγησης

Η μηχανολογική προσέγγιση για αποσυναρμολόγηση δημιουργήθηκε από μηχανικούς και ήταν η μέθοδος, που χρησιμοποιούνταν για πολλά χρόνια και συνεχίζεται κατά βάση να χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα. Ουσιαστικά οι σχεδιαστές μηχανικοί είναι σε θέση με βάση τα σχεδιαστικά σχέδια να γνωρίζουν με ευκολία και τον τρόπο με τον οποίο το προϊόν θα πρέπει να αποσυναρμολογηθεί αντίστροφα σε σχέση με την μέθοδο που ακολουθήθηκε για να συναρμολογηθεί αυτό.

Τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του '90 η μέθοδος αυτή κατονομάστηκε και διατυπώθηκε με ακρίβεια, όταν πλέον η ανάγκη για σωστά σχέδια αποσυναρμολόγησης υλικών κατέστη απαραίτητη. Συγκεκριμένα το 1984 ο Bourjalt προσπάθησε να δώσει την πρώτη σωστή ερμηνεία αναλύοντας την διαδικασία αυτή περί αποσυναρμολόγησης με βάση μαθηματικά μοντέλα αλλά και προηγμένες γραφικές μεθόδους. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η ανάλυση αυτή με βάση την θεωρία των γράφων, όπου οι αριθμοί απεικονίζουν τις απαιτούμενες συνδέσεις μεταξύ κόμβων και τα γράμματα τους ίδιους τους κόμβους.



Εικόνα 28: Διάγραμμα Συνδέσεων Μηχανολογικής Προσέγγισης

3.2.3.3 Δέντρα Προτεραιοτήτων

Όπως εξηγήθηκε στην αρχή του κεφαλαίου το δέντρο προτεραιοτήτων αφορά την ακολουθία για αποσυναρμολόγηση ενός προϊόντος. Ουσιαστικά λαμβάνει ως είσοδο το τελικό προϊόν, που προορίζεται για αποσυναρμολόγηση. Χωρίζεται με βάση εμφανή σημεία τμηματικά. Στην συνέχεια το κάθε τμήμα αναλύεται εξ' αρχής εκ νέου και αναλύεται κατά το δυνατόν στα αντίστοιχα μικρότερα στοιχεία του. Με την διαδικασία αυτή φθάνουμε στο τελικό στάδιο, που ουσιαστικά εμφανίζονται διάφορα στοιχεία του αρχικού προϊόντος, τα οποία έχουν προέλθει από μεγαλύτερα τμήματά του.

Κατά την εξέλιξη της διαδικασίας αυτής όποιο στοιχείο αποσυναρμολογείται αποτελεί το κεντρικό στοιχείο του δέντρου και τα στοιχεία στα οποία αναλύεται αυτό εμφανίζονται ως φύλλα του δέντρου. Έτσι, όταν η διαδικασία ολοκληρωθεί, εμφανίζεται ένα δέντρο, που έχει ως κεντρικό κόμβο το ολοκληρωμένο προϊόν, που τίθεται προς αποσυναρμολόγηση, ενώ τα δέντρα στα διάφορα επίπεδα, που έχουν δημιουργηθεί αποτελούν μικρότερα στοιχεία του και φυσικά μικρότερα από τον αντίστοιχα «πατέρα», που βρίσκεται σε ανώτερο επίπεδο.

3.2.3 Σχεδιασμός με στόχο της τελική διαχείριση του προϊόντος

Αυτό το είδος του σχεδιασμού αφορά κυρίως την ανακύκλωση του τελικού προϊόντος, όταν αυτό έχει ήδη φθάσει στο στάδιο της παρακμής του. Κατά κάποιον τρόπο λειτουργεί συμπληρωματικά στην σχεδίαση με βάση την αποσυναρμολόγηση του υλικού και στοχεύει στην καλύτερη διαχείριση των υλικών, που προκύπτουν από αυτήν.

Η αποσυναρμολόγηση αποτελεί το πρώτο στάδιο πριν την διαχείριση όσων υλικών έχουν αυτήν την δυνατότητα. Η αποσυναρμολόγηση έχει ως αποτέλεσμα την διατήρηση πολλών υλικών και στοιχείων όπως σύνδεσμοι, περίβλημα, ηλεκτρονικά στοιχεία και άλλα. Πολλά από αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια σε άλλα κυκλώματα και υλικά, ενώ κάποια μπορούν υπό διαχείριση να επαναχρησιμοποιηθούν ύστερα από επεξεργασία για την παραγωγή άλλων παρόμοιων προϊόντων κατά την παραγωγική διαδικασία. Σε πολλές περιπτώσεις φυσικά υπάρχουν και υλικά που δεν δύνανται να επεξεργαστούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν, τα οποία χαρακτηρίζονται ως απόβλητα από την συσκευή ή το προϊόν, που διαχειρίστηκε. ανακυκλωθούν (περαιτέρω επεξεργασία), αλλιώς η όλη διαδικασία δεν έχει νόημα.

Σε γενικές γραμμές η προσέγγιση αυτού του είδους της σχεδίασης στοχεύει:

- Χρήση ανακυκλώσιμων υλικών, σε βαθμό, που είναι δυνατό.
- Χρήση ανακυκλωμένων υλικών ή υλικών, που προέρχονται από διαδικασίες διαχείρισης και απαιτούν επεξεργασία, ώστε να είναι αξιοποιήσιμα.
- Συνεργασία με εταιρείες διαχείρισης και ανακύκλωσης, ώστε να υποστηριχθεί η όλη προσπάθεια και να λειτουργούν ως προμηθευτές τους για πρώτες ύλες (ανακυκλωμένα υλικά).

Ο σχεδιασμός, όμως, για ανακύκλωση θέλει ιδιαίτερη προσοχή δεδομένου ότι οι περισσότερες συσκευές θα εισέρχονται στις διαδικασίες της

ανακύκλωσης μετά από 15-20 χρόνια. Αυτό είναι πολύ δύσκολο, ακόμα και για έμπειρους κατασκευαστές και δεν μπορεί να τυποποιηθεί σε έναν ευφυή αλγόριθμο. Γι' αυτό τον λόγο, ταξινομούνται περαιτέρω οι κανόνες επί της βάσης της θεωρίας υποσυνόλων. (Huber M., Pamminer R., Wimmer W., 2006)

Συμπεράσματα και προτάσεις

Στην παρούσα εργασία, έγινε μία προσπάθεια ανάλυσης του τρόπου σχεδιασμού σύγχρονων προϊόντων και συσκευών με γνώμονα τις ανάγκες αλλά πάντοτε με την χρήση των πιο σύγχρονων μεθόδων. Η κλασσική μέθοδος σχεδιασμού πλέον θεωρείται ξεπερασμένη και σε πολλές περιπτώσεις άσκοπη και ιδιαίτερα μη-αποδοτική όσον αφορά χρόνο και χρήμα.

Η λύση σε όλη αυτή την διαδικασία είναι μία μέθοδος, που εμφανίστηκε τα τελευταία χρόνια και ορίζεται ως αντίστροφη μηχανική. Η αντίστροφη μηχανική σχεδίαση, έδωσε ώθηση σε διάφορους τομείς της σύγχρονης βιομηχανίας σχεδιασμού συσκευών και βοήθησε εταιρείες να κυκλοφορήσουν νέα προϊόντα, βελτιωμένα και ιδιαίτερα αποδοτικά χωρίς να δαπανηθούν μεγάλα ποσά για την όλη διαδικασία ανάπτυξής τους.

Εξηγήθηκαν τμηματικά οι διαδικασίες αλλά και τα στάδια, στα οποία μπορεί να χωριστεί η διαδικασία, που ακολουθείται κατά την σύγχρονη αντίστροφη σχεδίαση, αλλά και τα πλεονεκτήματα, που αυτή εμφανίζει σε διάφορα πιο συγκεκριμένα μέρη της παραγωγικής διαδικασίας. Επιμέρους διαδικασίες, κρίνονται ιδιαίτερα χρήσιμες, ώστε να εξηγηθούν περαιτέρω και να αναδείξουν την σημαντικότητά τους αλλά και τα προτερήματα της συνολικής σχεδιαστικής τεχνικής έναντι των ήδη υπάρχουσών.

Τέλος, αναλύθηκαν διεξοδικά οι τάσεις, που κυριαρχούν στην σχεδίαση προϊόντων από τις σύγχρονες βιοτεχνίες και βιομηχανίες, ώστε να παράξουν ανταγωνιστικά προϊόντα με κατά το δυνατόν καλύτερα χαρακτηριστικά και το μικρότερο δυνατό κέρδος. Ακόμη, τα τελευταία χρόνια έχει εμφανιστεί και η ανάγκη για άμεση προστασία του περιβάλλοντος αλλά ακόμη και των ανθρώπων, που συμμετέχουν στις διαδικασίες, που σχετίζονται με την παραγωγή προϊόντων. Έτσι, και η σχεδιαστική βιομηχανία δεν έμεινε ανεπηρέαστη με εμφανή σημάδια στροφής στο τρόπο χρήσης και εκμετάλλευσης υλικών και απαιτούμενων μηχανημάτων.

Βιβλιογραφία

- [1] GergelyErdelyi, 2002, Introduction to Reverse Engineering
- [2] Joe Grand, 2011, Hardware Reverse Engineering: Access, Analyze, & Defeat, Black Hat DC 2011 Workshop
- [3] Ingle Kathryn A., 1994, Reverse Engineering, McGraw-Hill, Inc.
- [4] S. Blythe, et al., 1993, Layout Reconstruction of Complex Silicon Chips. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 28(2):138{145
- [5] Ν. Μπιλάλης, 2003, Μελέτη - Ανάπτυξη προϊόντων
- [6] Kevin Otto & Kristin Wood, 2001, Product Design - Techniques in reverse engineering and new product development
- [7] <http://www.datasheetarchive.com/> (Τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2016)
- [8] R.G. Johnston, 1999, Vulnerability Assessment of Security Seals
- [9] Υψηλάντη, Π., 1998. Επιχειρησιακή Έρευνα Λήψη Επιχειρηματικών Αποφάσεων
- [10] Johnson, Mike Ashby & Kara, 2002. Υλικά και Σχεδιασμός
- [11] Μεταξάκης Νικόλαος, 2003, Νικόλαος-Σχεδιασμός και γραμμή παραγωγής ηλεκτρικού ψυγείου οικιακής χρήσης
- [12] Manbir S. Sodhi, Reimer B., 2001, “Models for recycling electronics end-of-life product
- [13] Huber M., Pamminger R., Wimmer W., 2006, “ECODESIGN Toolbox for the Development of Green Product Concepts - Applied examples from industry”