



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας ΜΚ&ΑΕ

**Εφαρμογή Σύγχρονων
Μεθόδων κι Εργαλείων
Μηχανολογικού Σχεδιασμού
στη Συστηματική Προσέγγιση
Ανάπτυξης Βιομηχανικών
Προϊόντων**

**Διπλωματική Εργασία
της
Νίκης-Δανάης Χανιά**



Επιβλέπων καθηγητής : Χ. Προβατίδης



Αθήνα, Οκτώβριος 2013

“A thing is determined by its nature. In order to design it so that it functions properly, whether it be a vessel, a chair, or a house, its nature must first be investigated, because it should serve its purpose perfectly, meaning that it fulfills its functions practically, is long-lasting, inexpensive, and attractive”

Walter Gropius

Τη διπλωματική αυτή την αφιερώνω στην Μαρία
και την Μαργαρίτα που χωρίς την πολύτιμη βοήθειά
τους δε θα έπαιρνα πτυχίο ποτέ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α

ΚΕΦ.1 Εισαγωγή	Σελ. 06
1.1 Αντικείμενο και Στόχοι της Διπλωματικής Εργασίας	Σελ. 07
1.2 Δομή και Οργάνωση της Διπλωματικής Εργασίας	Σελ. 09
ΚΕΦ.2 Επισκόπηση Μοντέλων, Μεθόδων και Προσεγγίσεων: Βιομηχανικός Σχεδιασμός - Κατασκευαστική Σύνθεση / Διαμόρφωση	Σελ. 10
ΚΕΦ.3 3.1 Ιστορία του Βιομηχανικού Σχεδιασμού	Σελ. 20
3.2 Σύγχρονος Σχεδιασμός	Σελ. 46
3.3 Οικολογικός Σχεδιασμός	Σελ. 54

ΜΕΡΟΣ Β

ΚΕΦ.4 Στάδιο Α - Αποσαφήνιση Σκοπού Σχεδιαστικής Εργασίας - Προδιαγραφές..	Σελ. 59
ΚΕΦ.5 Στάδιο Β - Κατασκευαστική Σύνθεση	Σελ. 60
ΚΕΦ.6 Στάδιο Γ - Κατασκευαστική Διαμόρφωση	Σελ. 66
6.1 Εργονομία-Ανθρωπομετρία	Σελ. 66
6.1.1 Εργονομία και Αισθητική	Σελ. 67
6.1.2 Χαρακτηριστικά Καθίσματος	Σελ. 75
6.2 Δημιουργία Εναλλακτικών Κατασκευαστικών Λύσεων	Σελ. 81
6.3 Αξιολόγηση Εναλλακτικών Κατασκευαστικών Λύσεων	Σελ. 94
6.4 Αναζήτηση και Επιλογή Υλικού	Σελ. 96
6.5 Μηχ. Ιδιότητες Υλικού-Έλεγχος Αντοχής και Κόπωσης	Σελ. 113
6.5.1 Μηχανικά Χαρακτηριστικά Κόντρα Πλακέ	Σελ. 115
6.5.2 Ποιοτικός Έλεγχος Επίπλων	Σελ. 117
6.5.3 Υπολογιστικές Δοκιμές σε Αντοχή και Κόπωση	Σελ. 120
6.6 Διερεύνηση Μεθόδων Παραγωγής	Σελ. 148
6.7 Κοστολογική Εκτίμηση	Σελ. 160
6.8 Κατασκευή Πρωτοτύπων	Σελ. 176
ΚΕΦ.7 Στάδιο Δ - Λεπτομερής Σχεδιασμός	Σελ. 182
ΚΕΦ.8 Συμπεράσματα & Προοπτικές Διπλωματικής Εργασίας	Σελ. 185
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄: Αναζήτηση, Σύγκριση και Επιλογή Υλικού με Χρήση Λογισμικού	Σελ. 189
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄: Απόδοση Αγγλικής Ορολογίας στα Ελληνικά	Σελ.201
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	Σελ. 202

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία διερευνήθηκε πρακτικά και πειραματικά το κατά πόσο κάποιος, ειδικότερα νέος, Μηχανολόγος Μηχανικός έχει τη δυνατότητα αφενός να εφαρμόσει άμεσα και αποτελεσματικά το πλαίσιο των γνώσεων και των σύγχρονων εργαλείων που διαθέτει (*εργαλεία 3D-CAD/CAE, μεθοδολογίες σχεδιασμού, συστηματική προσέγγιση προβλημάτων κ.α.*) σε προβλήματα Σχεδιασμού ενός τυπικού Βιομηχανικού προϊόντος και αφετέρου να μπορέσει να εμπλακεί και να ανταπεξέλθει με επιτυχία στο σύνολο των σταδίων / φάσεων του εν λόγω Σχεδιασμού. Ο κύριος στόχος της ΔΕ είναι η διερεύνηση της εφαρμογής σύγχρονων εργαλείων και μεθόδων μηχανολογικού σχεδιασμού στη συστηματική προσέγγιση ανάπτυξης βιομηχανικών προϊόντων, με έμφαση στην αξιοποίηση των δυνατοτήτων του εγχώριου κατασκευαστικού περιβάλλοντος.

Στο πλαίσιο της ΔΕ περιγράφονται τα στάδια της διαδικασίας του σχεδιασμού μέσα από μεθοδολογικές προσεγγίσεις που αναπτύχθηκαν κατά τον 20^ο αιώνα, γίνεται σύντομη ιστορική ανασκόπηση στον βιομηχανικό σχεδιασμό καθώς και σε προϊόντα σταθμούς, τα οποία καθόρισαν το σύγχρονο σχεδιασμό. Μέσα από την πορεία ανάπτυξης και πλήρους σχεδιασμού ενός τυπικού, χαμηλής πολυπλοκότητας βιομηχανικού προϊόντος (*κάθισμα εσωτερικού δημοσίου χώρου*), η εν λόγω διερεύνηση οδήγησε σε καταρχήν ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Παράλληλα, μέσα από την ανάπτυξη και τον σχεδιασμό της εφαρμογής αυτής επιχειρείται η κατανόηση και κριτική αποτίμηση των βημάτων και του μεθοδολογικού τρόπου σκέψης που ακολουθείται στο σχεδιασμό σύμφωνα κυρίως με το μοντέλο των Pahl & Beitz.

ΜΕΡΟΣ Α

ΚΕΦ. 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας (ΔΕ) είναι η καταρχήν διερεύνηση της σχέσης και η οριοθέτηση των εννοιών του Βιομηχανικού Σχεδιασμού (*Industrial Design*) και του Μηχανολογικού Σχεδιασμού (*Mechanical Engineering Design*) καθώς και των επιμέρους σταδίων που τις συγκροτούν/ περιγράφουν. Σύμφωνα με τις σύγχρονες και κοινά αποδεκτές προσεγγίσεις, τόσο στο ακαδημαϊκό περιβάλλον όσο και στη βιομηχανική πρακτική, ως επιμέρους τέτοια στάδια αναγνωρίζονται τα εξής: (α) η Κατάρτιση Τεχνικών Προδιαγραφών και η αποσαφήνιση του σκοπού της σχεδιαστικής εργασίας (*Clarification of the Task*), (β) η Κατασκευαστική Σύνθεση (*Conceptual Design/ Design Synthesis*), (γ) η Κατασκευαστική Διαμόρφωση και Προσαρμογή (*Embodiment Design/ Design Analysis*) και τέλος (δ) ο Λεπτομερής Σχεδιασμός (*Detail Design*).

Αφορμή για την παραπάνω διερεύνηση υπήρξε η διαπίστωση ότι κατά τη διαδικασία ανάπτυξης βιομηχανικών προϊόντων οι ρόλοι και οι αρμοδιότητες του Βιομηχανικού Σχεδιαστή και του Μηχανολόγου Μηχανικού – υπευθύνου για τον σχεδιασμό, σύμφωνα τουλάχιστον με την πιο παραδοσιακή προσέγγιση, ενώ φαίνεται να είναι διακεκριμένοι (*Βιομηχανικός Σχεδιαστής στο «δημιουργικό» σκέλος – Μηχανολόγος Μηχανικός στο «τεχνικό»*) παραμένει οπωσδήποτε ασαφές σε πόσα και ποια από τα παραπάνω (α) – (δ) στάδια (*οφείλει να*) εμπλέκεται πραγματικά ο καθένας. Έτσι, με αφετηρία το ερώτημα αυτό, η παρούσα ΔΕ επιχειρεί να προσεγγίσει από τη σκοπιά του Μηχανολόγου Μηχανικού τον πλήρη κύκλο του Σχεδιασμού ενός τυπικού Βιομηχανικού προϊόντος.

Πιο συγκεκριμένα, στη ΔΕ επιχειρείται να διαπιστωθεί πρακτικά το κατά πόσο κάποιος, ειδικότερα νέος, Μηχανολόγος Μηχανικός έχει τη δυνατότητα:

- (i) να εφαρμόσει άμεσα και αποτελεσματικά το πλαίσιο των γνώσεων και των σύγχρονων εργαλείων που διαθέτει (*εργαλεία 3D-CAD/CAE, μεθοδολογίες σχεδιασμού, συστηματική προσέγγιση προβλημάτων κ.α.*) σε προβλήματα Σχεδιασμού ενός τυπικού Βιομηχανικού προϊόντος
- (ii) να μπορέσει να εμπλακεί και να ανταπεξέλθει με επιτυχία στο σύνολο των σταδίων / φάσεων του εν λόγω Σχεδιασμού
- (iii) να εντοπίσει τις αδυναμίες και τα όρια των εργαλείων, των μέσων και των μεθοδολογιών που χρησιμοποιεί και να εξάγει σχετικά συμπεράσματα
- (iv) να οριοθετήσει τελικά με επιτυχία τον δικό του ρόλο του μέσα στην όλη διαδικασία του Σχεδιασμού.

Για την οριοθέτηση της Εργασίας, θεωρήθηκε εξαρχής σκόπιμο τα παραπάνω να προσαρμοστούν κατά το δυνατόν στα σύγχρονα εγχώρια δεδομένα, που σε μεγάλο βαθμό καθορίζουν και διαμορφώνουν το πλαίσιο μέσα στο οποίο πραγματοποιούνται οι εργασίες Σχεδιασμού βιομηχανικών προϊόντων στη χώρα μας. Για το σκοπό αυτό εξήφθησαν υπόψη τα εξής: (1) τα εργαλεία και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν στη ΔΕ να θεωρούνται προσιτά και να είναι ευρύτατα διαδεδομένα στην εγχώρια βιομηχανική πραγματικότητα, (2) στη χώρα δεν υπάρχει συγκροτημένο τεχνικό περιβάλλον με ουσιαστική σχετική εμπειρία, όπως σε ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες, (3) το εγχώριο τυπικό προφίλ τέτοιου είδους τεχνικών έργων είναι χαμηλού προϋπολογισμού – περιορισμένου χρονοδιαγράμματος – μικρής εν γένει κλίμακας (*μικρές ομάδες εργασίας, ΜΜΕ επιχειρήσεις με R&D στελεχωμένο από <5 άτομα*) (4) είναι πλέον πιο επίκαιρη από ποτέ ανάγκη για ουσιαστική καινοτομία σε σχέση με το παγκοσμιοποιημένο κατασκευαστικό περιβάλλον και τις συνθήκες υψηλού διεθνούς ανταγωνισμού (5) είναι εν ισχύ ένα μάλλον ευνοϊκό πλαίσιο ανταλλαγής προϊόντων, υπηρεσιών και τεχνογνωσίας, λόγω της θέσης της χώρας στην ΕΕ.

Συμπερασματικά, ως στόχος της ΔΕ καθορίστηκε η διερεύνηση της εφαρμογής σύγχρονων εργαλείων και μεθόδων μηχανολογικού σχεδιασμού στη συστηματική προσέγγιση ανάπτυξης βιομηχανικών προϊόντων, με έμφαση στην αξιοποίηση των δυνατοτήτων του εγχώριου κατασκευαστικού περιβάλλοντος. Για την υλοποίηση του στόχου η ΔΕ χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη. Στο **Μέρος Α** της ΔΕ περιγράφονται τα στάδια της διαδικασίας του σχεδιασμού μέσα από μεθοδολογικές προσεγγίσεις που αναπτύχθηκαν κατά τον 20^ο αιώνα, γίνεται σύντομη ιστορική ανασκόπηση στον βιομηχανικό σχεδιασμό καθώς και σε προϊόντα σταθμούς, τα οποία καθόρισαν το σύγχρονο σχεδιασμό και καλύπτουν τους τέσσερις συντελεστές (*σχεδιασμός, παραγωγή, πώληση και κατανάλωση*) που κάνουν την εμπειρία του design μία ενιαία διαδικασία.

Για την πειραματική/ πρακτική διερεύνηση των όσων αναφέρθηκαν, στο **Μέρος-Β** της ΔΕ επιλέχθηκε ως τυπικό βιομηχανικό προϊόν η ανάπτυξη και ο σχεδιασμός ενός καθίσματος δημόσιου χώρου. Από τη σκοπιά πάντοτε του Μηχανολόγου Μηχανικού δίνεται στην ενότητα αυτή ιδιαίτερη έμφαση στην παρουσίαση του σταδίου της Κατασκευαστικής Διαμόρφωσης, όπου κυρίως χρησιμοποιούνται στοιχεία εργονομίας, πληροφορίες για υλικά, τρόπους κατασκευής, σχεδιαστικά προγράμματα, πληροφορίες από βιβλιογραφία και το διαδίκτυο με αφετηρία σχεδιασμού πάντα τις ανάγκες, απαιτήσεις αλλά και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του τελικού αποδέκτη-χρήστη.

1.2 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο **κεφάλαιο 2** της παρούσας ΔΕ δίνονται ορισμοί για την έννοια του Βιομηχανικού Σχεδιασμού και τη σχέση του με τη λειτουργία, τη μορφή και τη χρήση καθώς και τον ρόλο του σχεδιαστή στη σύγχρονη κοινωνία, ο οποίος με εφόδιά του τεχνικές γνώσεις και ερεθίσματα από το κοινωνικό περιβάλλον αναζητεί τη βέλτιστη κατασκευαστική λύση για ένα προϊόν - σύστημα. Στη συνέχεια του κεφαλαίου 2 παρουσιάζονται κάποια βασικά μοντέλα προσεγγίσεων που εμφανίστηκαν τον 20^ο αιώνα πάνω στη δομή του σχεδιασμού.

Στο **κεφάλαιο 3** πραγματοποιείται ιστορική αναφορά σε αξιοσημείωτα κινήματα, εταιρείες, σχεδιαστές που σημάδεψαν και έθεσαν τις βάσεις του σύγχρονου σχεδιασμού, αναφέρονται τα γνωρίσματα του σύγχρονου σχεδιασμού και του οικολογικά προσανατολισμένου σχεδιασμού.

Στο **κεφάλαιο 4** ξεκινάει η διαδικασία σχεδιασμού ενός τυπικού βιομηχανικού προϊόντος, ενός καθίσματος δημόσιου χώρου, κατά το μοντέλο των Pahl & Beitz με το Α στάδιο που είναι ο προσδιορισμός του σκοπού της σχεδιαστικής εργασίας, ο λόγος δηλαδή για τον οποίο θα ξεκινήσει ο σχεδιασμός και η συναφής σύνταξη τεχνικών προδιαγραφών.

Στη συνέχεια, στο **κεφάλαιο 5** πραγματοποιείται η κατασκευαστική σύνθεση (το στάδιο Β του μοντέλου), όπου θα οριστούν τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του σχεδιασμού σύμφωνα με τις παραμέτρους που τίθενται για το συγκεκριμένο προϊόν ενώ στο **κεφάλαιο 6**, κατά την κατασκευαστική διαμόρφωση - στάδιο Γ, λαμβάνει χώρα η επεξεργασία και αξιολόγηση των παραπάνω χαρακτηριστικών και μέσω της εφαρμογής γνώσεων εργονομίας, συγχρόνων μεθόδων σχεδιασμού υλικών και τρόπου κατασκευής, θα γίνει προσπάθεια εύρεσης της βέλτιστης σχεδιαστικής λύσης η οποία να ικανοποιεί κατά το δυνατόν τις προδιαγραφές αυτές.

Στο **κεφάλαιο 7** κατά τον λεπτομερή σχεδιασμό (στάδιο Δ), παρουσιάζεται το τελικό μοντέλο της σχεδιαστικής λύσης όπως καθιερώθηκε μετά από τις βελτιώσεις-διορθώσεις των προηγούμενων σταδίων του σχεδιασμού και εκπονούνται τα τελικά κατασκευαστικά σχέδια.

Τέλος, στο **κεφάλαιο 8** πραγματοποιείται ένας 'απολογισμός' της παρούσας διερεύνησης και παρουσιάζονται με συντομία τα συμπεράσματα που εξάγονται από αυτήν, τόσο σε γενικότερο όσο και σε περισσότερο υποκειμενικό επίπεδο.

ΚΕΦ. 2

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ, ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΩΝ: ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ -ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ / ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

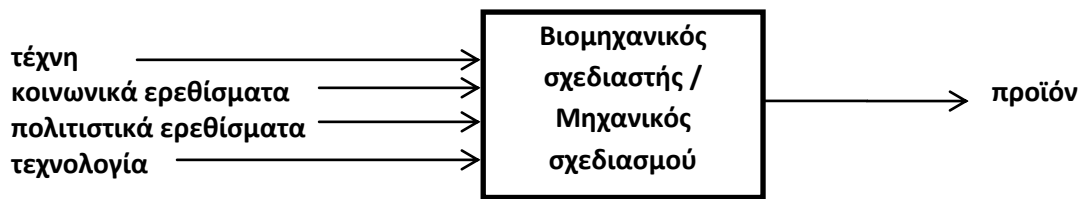
Σύμφωνα με την IDSA (*Industrial Designers Society of America*), «Βιομηχανικός Σχεδιασμός είναι η επαγγελματική υπηρεσία της δημιουργίας κι εξέλιξης ιδεών και χαρακτηριστικών που βελτιώνουν τον τρόπο λειτουργίας, την αξία και την αισθητική εμφάνιση των προϊόντων και συστημάτων προϊόντων, με σκοπό την εξίσου μέγιστη ωφέλεια τόσο του χρήστη όσο και του κατασκευαστή».

Με βάση τα παραπάνω, ο σκοπός του βιομηχανικού σχεδιασμού είναι η επίλυση ενός σχεδιαστικού προβλήματος, από την ανάθεσή του μέχρι την παραγωγή ενός τελικού «προϊόντος» (*συστήματος, κατασκευής, υπηρεσίας...*) το οποίο πρέπει να είναι λειτουργικό, βιώσιμο, οικονομικό στην κατασκευή αλλά και αισθητικά αποδεκτό.

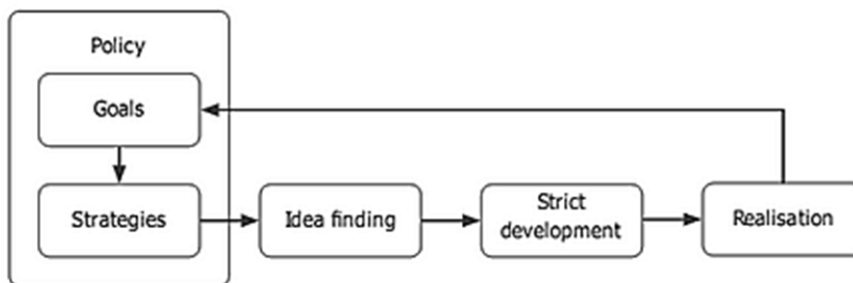
Ο σχεδιασμός ενός προϊόντος ή συστήματος απαιτεί καταρχήν τη βαθιά κατανόηση της χρήσης του κι έπειτα τη συστηματική αναζήτηση της κατάλληλης γεωμετρικής και φυσικο-χημικής μορφής για αυτό και τα μέρη του έτσι, ώστε να μπορεί αποτελεσματικά να εκπληρώσει τη λειτουργία ή τις λειτουργίες για τις οποίες προορίζεται. Με αυτή τη θεώρηση, ο πυρήνας του σχεδιασμού είναι η **λειτουργία** η οποία ακολουθείται από τη **φόρμα** και τη **χρήση**.

Η **λειτουργία** είναι η ικανότητα που έχει ένα προϊόν να αλλάζει κάτι στο περιβάλλον του και κυρίως στους εαυτούς μας. Κάποιες δραστηριότητες είναι αναπόφευκτα συνδεδεμένες με κάποια αντικείμενα, π.χ. ένα πόστερ παρέχει πληροφορίες ή ακόμα πιο απλά μια καρτέλα εμποδίζει την κούραση. Οι λειτουργίες εξάλλου εκφράζουν τον λόγο ύπαρξης του συγκεκριμένου προϊόντος ο οποίος εξαρτάται από τις προθέσεις, τις προτιμήσεις και τους στόχους των ανθρώπων. Επομένως διαφορετικοί άνθρωποι μπορεί να αντιλαμβάνονται διαφορετικά μια συγκεκριμένη λειτουργία. Για παράδειγμα η λειτουργία ενός στυλό είναι 'το γράψιμο', το γράψιμο για κάποιον μπορεί να σημαίνει απλή σύνταξη μιας σημείωσης αλλά για κάποιον άλλον μπορεί να είναι μέσο έκφρασης ιδεών, κάτι το οποίο ικανοποιεί πνευματικές και ίσως οικονομικές αξίες. Κανείς δεν μπορεί να σκεφτεί όλα τα πιθανά είδη λειτουργιών και να σχεδιάσει ένα προϊόν για αυτές, αλλά τουλάχιστον ένα προϊόν που να συμπεριφέρεται όπως προβλέπεται βάση των γεωμετρικών και φυσικο-χημικών ιδιοτήτων του. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το στυλό πρέπει να γράφει και να μην 'κολλάει' για να είναι πιστό στη λειτουργία του.

Με βάση τα παραπάνω ο βιομηχανικός σχεδιαστής, **ως μηχανικός σχεδιασμού**, πρέπει να έχει πραγματική αίσθηση του κόσμου, να σχεδιάζει προϊόντα, συστήματα ή υπηρεσίες που οι λειτουργίες τους να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των ανθρώπων με εφόδιά του την επιστημονική γνώση, τις συστηματικές προσεγγίσεις και τις σύγχρονες τεχνολογικές δυνατότητες καθώς επίσης να διακατέχεται από δημιουργικότητα και διαίσθηση. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει συνοπτικά τις κύριες επιρροές του βιομηχανικού σχεδιαστή από την κοινωνία για τη δημιουργία ενός προϊόντος.



Οι σχεδιαστές-μηχανικοί οφείλουν να αναζητούν πάντα την κατάλληλη, «σωστή» ιδέα που θα αποτελέσει τη βάση και την αφετηρία για όλη τη μετέπειτα πορεία που ονομάζεται **‘ανάπτυξη προϊόντος.’** Ήδη από το στάδιο της αναζήτησης μιας νέας ιδέας θα πρέπει να λαμβάνονται καταρχήν υπόψη δύο πολύ βασικοί παράγοντες: (α) η παρούσα τεχνική δυνατότητα και (β) οι ανάγκες της αγοράς. Η αναζήτηση της ιδέας γίνεται σε συγκεκριμένο πεδίο, ανάλογα με τις στρατηγικές και τα μελλοντικά σχέδια της επιχείρησης ή του φορέα που θα αναπτύξει το συγκεκριμένο προϊόν. Αφού βρεθεί η ιδέα στη συνέχεια πρέπει να αναπτυχθεί το πλάνο πάνω στο οποίο θα γίνει η εξέλιξη και ασφαλώς η υλοποίησή της, δηλαδή ο Σχεδιασμός.



The structure of innovation process (Rozenburg and Eekels 1995).

Προσπαθώντας να βρουν μια αποτελεσματική δομή του σχεδιασμού κάποιοι designers κατά τον 20^ο αιώνα ανέπτυξαν ορισμένα μοντέλα τα οποία θα διευκόλυναν τη ροή του, προσεγγίζοντας το θέμα καθαρά συστηματικά και μεθοδολογικά. Αν και ήρθαν σε αντιπαράθεση με μια άλλη ομάδα θεωρητικών οι οποίοι διαφωνούσαν ισχυριζόμενοι ότι η διαδικασία του σχεδιασμού πρέπει να είναι χαοτική και ότι οι μεθοδολογίες παρεμποδίζουν τη δημιουργικότητα, τελικά κάποια μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν επιτυχώς και διδάσκονται ή χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα.

Τα μοντέλα αυτά προσπάθησαν να διαμορφώσουν την ανάπτυξη του σχεδιασμού από μια καθολική σκοπιά προτείνοντας όσο το δυνατόν καλύτερους τρόπους δράσης ανάλογα το στάδιο στο οποίο βρίσκεται ο σχεδιασμός και τις παραμέτρους του περιβάλλοντος στο οποίο γίνεται. Προσπάθησαν να ενσωματώσουν σε αυτά όλες ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τα οποία εκπροσωπούν τις σχετικές σκοπιές, φιλοσοφίες, ενέργειες και διεργασίες που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια. Αυτές οι ιδιότητες διαμορφώνουν τον σχεδιασμό ως:

1. ωφελιμιστική δραστηριότητα, εφόσον μέσω αυτού υπάρχει κέρδος (κάλυψη ανάγκης) για τον αποδέκτη αλλά και οικονομικό κέρδος για την εταιρεία ή το φορέα.
2. εξελικτική διαδικασία όπου αλλαγές και βελτιώσεις συμβαίνουν στα διάφορα στάδια μέχρι το τελικό σχέδιο.
3. ερευνητική διαδικασία εφόσον απαιτείται έρευνα για τις ανάγκες του κοινού, τις υπάρχουσες τεχνολογικές μεθόδους, για υλικά, για εναλλακτικές σχεδιαστικές λύσεις.

4. δημιουργική διεργασία (τέχνη) όπου ο σχεδιαστής χρησιμοποιεί τις γνώσεις και την εμπειρία του για τη δημιουργία ενός 'όμορφου' και συγχρόνως λειτουργικού προϊόντος.

5. λογική διαδικασία η οποία σχετίζεται με ελέγχους και δοκιμές συγκεκριμένων λύσεων, μαθηματικές αναλύσεις, υπολογιστικές προσομοιώσεις σε Η/Υ, εργαστηριακά πειράματα, λειτουργικούς ελέγχους σε πρωτότυπα κλπ.

6. διεργασία λήψης αποφάσεων όπου ο σχεδιαστής καλείται να απορρίψει λύσεις οι οποίες δεν καλύπτουν το πρόβλημα ή να επιλέξει την βέλτιστη ανάμεσα από πιθανές λύσεις.

7. επαναληπτική διαδικασία. Η επαναληπτική δραστηριότητα είναι η πιο συνηθισμένη διαδικασία στο σχεδιασμό, όπου τα προτεινόμενα προκαταρκτικά σχέδια αναλύονται και αν δεν είναι ικανοποιητικά αναθεωρούνται πολλές φορές μέχρι την τελική απόφαση.

8. διαδραστική διαδικασία η οποία φέρνει το σχεδιαστή απευθείας σε επαφή με τις παραμέτρους του σχεδιασμού, αυτές που απορρέουν από τις ανάγκες, και ως εκ τούτου με τα κοινωνικά σύνολα απ όπου προέρχονται οι ανάγκες αυτές.

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται ορισμένα ενδεικτικά μοντέλα σχεδιασμού τα οποία βασίζονται στις παραπάνω ιδιότητες.

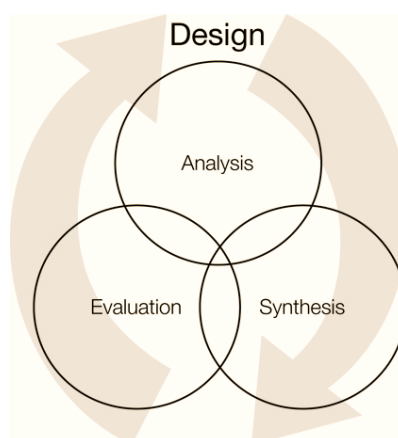
■ Το μοντέλο του C.J Jones.

Απαρτίζεται από 3 στάδια:

Analysis (=ανάλυση) =Αναγνώριση όλων των συσχετισμένων με το πρόβλημα παραγόντων και προϋποθέσεων και κατάταξή τους σε κατηγορίες και υποκατηγορίες.

Synthesis (=σύνθεση) =Χρήση δημιουργικών τεχνικών για την εύρεση ιδεών και λύσεων που θα καλύπτουν τις παραπάνω προδιαγραφές (*εδώ προσδιορίζονται οι διαστάσεις, οι ιδιότητες των υλικών, το σχήμα κλπ*) καθώς και συνδυασμός αυτών για το βέλτιστο αποτέλεσμα.

Evaluation (=αξιολόγηση) =Ανίχνευση σφαλμάτων σε κάθε στάδιο όπου μπορεί να γίνει διόρθωση χωρίς μεγάλο κόστος, επίσης περιλαμβάνονται εκτιμήσεις για την κατασκευή και τις πωλήσεις.



Το μοντέλο του J. C. Jones.

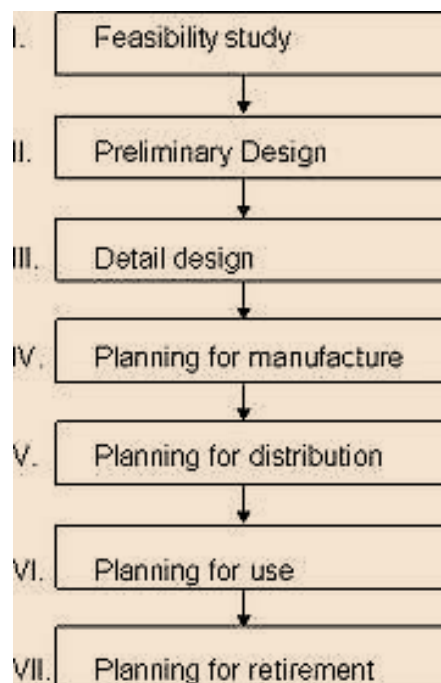
■ Το μοντέλο του Asimow.

Τα κύρια στάδια είναι:

Feasibility study phase (φάση μελέτης σκοπιμότητας) = Προσδιορισμός των αναγκών του συγκεκριμένου project, εντοπισμός κύριων κριτηρίων, παραμέτρων και περιορισμών και περαιτέρω ανάλυσή τους με βάση την οικονομική και φυσική τους υλοποίηση.

Preliminary design phase (φάση προκαταρκτικού σχεδιασμού) = Επιλογή του καλύτερου σχεδίου από όλες τις εναλλακτικές λύσεις, χρήση μαθηματικών μοντέλων για ελέγχους όπως η σταθερότητα της κατασκευής, η συμβατότητα μεταξύ των μερών που την απαρτίζουν, οι πιθανές διαταραχές που θα προκληθούν στο σχεδιασμό από το περιβάλλον ή από άλλες δυνάμεις. Το επιλεγμένο σενάριο υπόκειται σε μια διαδικασία βελτιστοποίησης και πειραματικής/ υπολογιστικής ανάλυσης.

Detailed design phase (φάση λεπτομερούς σχεδιασμού) = Σε αυτό το στάδιο εκτιμάται ο προϋπολογισμός του κεφαλαίου και προετοιμάζεται το τελικό χρονοδιάγραμμα παραγωγής/ διάθεσης/ απόρριψης. Σχεδιάζονται τα τελικά εξαρτήματα και υποσυστήματα που συνθέτουν την κατασκευή καθώς και τα αντίστοιχα πρωτότυπα τα οποία στη συνέχεια υπόκεινται σε τελικές δοκιμές έτσι ώστε να βελτιστοποιηθούν εάν χρειάζεται.



Το μοντέλο του Asimow.

■ Το μοντέλο του Watts.

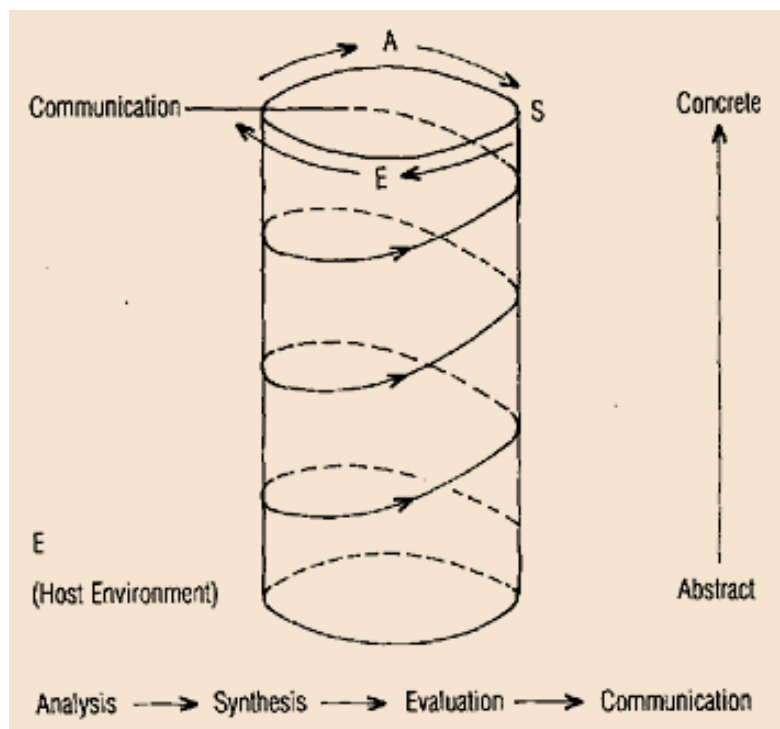
Ο Watts παρουσιάζει μια εικονική δομή ώστε ο σχεδιαστής να έχει μια δυναμική σχέση με το περιβάλλον στο οποίο εκπονείται ο σχεδιασμός. Η διαδικασία περιλαμβάνει τα 3 στάδια **analysis, synthesis, evaluation** όπως είδαμε και στο μοντέλο του Jones αλλά επιπλέον αυτά τα στάδια εκτελούνται ελικοειδώς από το κατώτατο θεωρητικό στο ανώτερο κατασκευαστικό επίπεδο. Κατά την κίνηση από το θεωρητικό στο κατασκευαστικό επίπεδο πραγματοποιούνται επαναλήψεις και επιλογή αποφάσεων.

A =λειτουργία

E =ένα συγκεκριμένο περιβάλλον στο οποίο θα φτάσει ο σχεδιαστής, αυτό σημαίνει την επιτυχή επίτευξη της διαδικασίας σχεδιασμού

P =επικοινωνία, δηλαδή ένα σύνολο προδιαγραφών για την ενσάρκωση του σχεδιασμού

Το τέλος του **P** δηλώνει την δημιουργία ενός τεχνουργήματος-προϊόντος.



Το ελικοειδές μοντέλο του Watts.

■ Το μοντέλο του Archer

Ο Archer ορίζει τη μεθοδολογία του σχεδιασμού σε έξι στάδια:

Programming (προγραμματισμός) =καθιέρωση των ζωτικών θεμάτων και πρόταση πορείας δράσης.

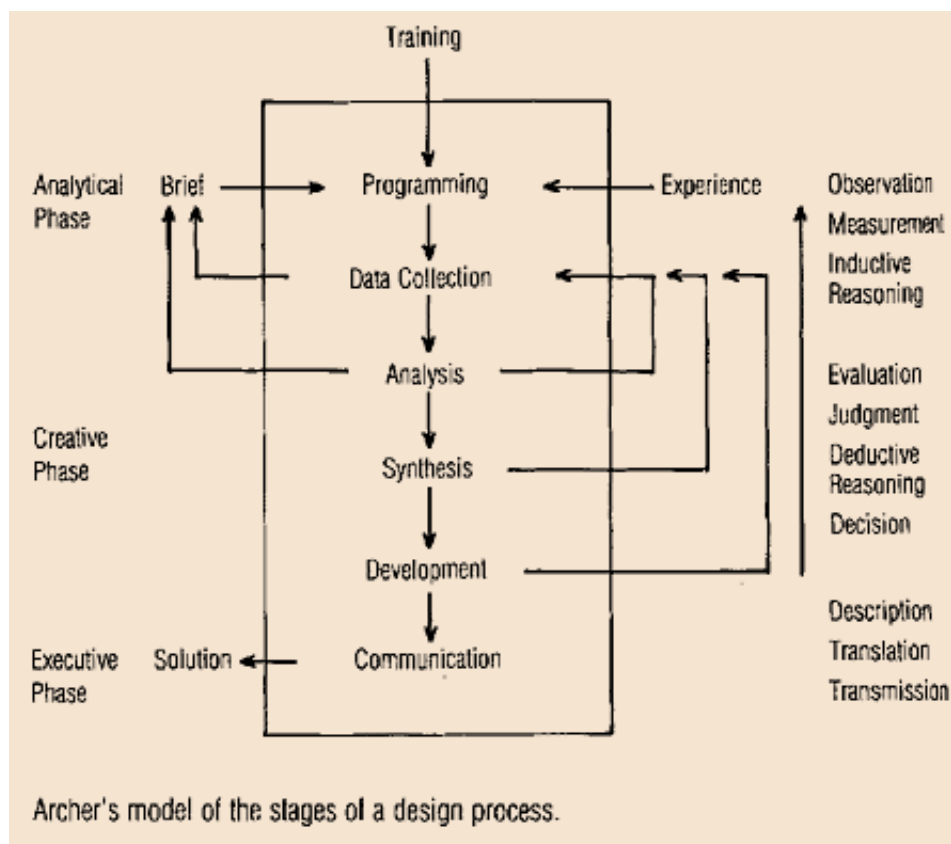
Data collection (συλλογή δεδομένων) =συλλογή, ταξινόμηση και αποθήκευση των δεδομένων

Analysis (ανάλυση) =αναγνώριση των υπο-προβλημάτων, μελέτη των προδιαγραφών, εκτίμηση και επαναπροσδιορισμός αν χρειάζεται του προγράμματος

Synthesis (σύνθεση) =επεξεργασία και οργάνωση του σχεδιαγράμματος

Development (ανάπτυξη) = ανάπτυξη των πρωτότυπων σχεδίων, προετοιμασία και εκτέλεση του προγράμματος

Communication (επικοινωνία) =προετοιμασία της κατασκευαστικής πορείας



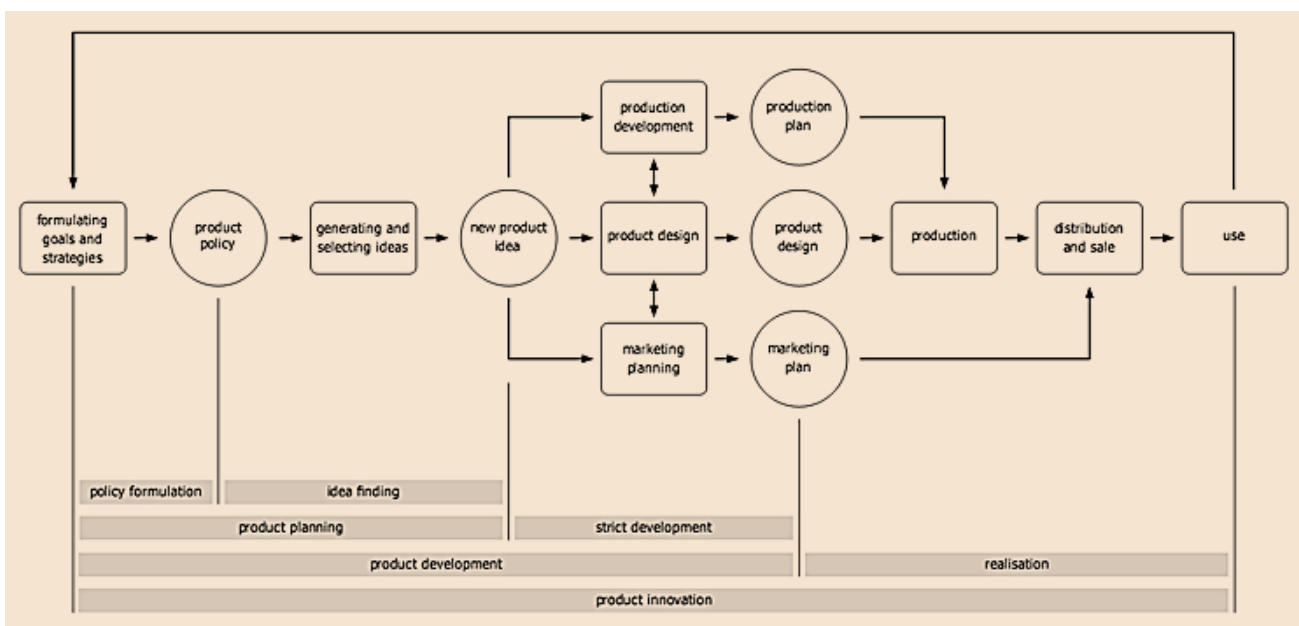
Το μοντέλο του Archer.

■ Το μοντέλο των Roozenburg and Eekels

Κατά τους Roozenburg και Eekels ο βιομηχανικός σχεδιασμός δεν είναι μια απομονωμένη διαδικασία, αλλά αποτελεί μέρος της ευρύτερης διαδικασίας της ανάπτυξης προϊόντος (*product development*).

Η ανάπτυξη προϊόντος περιλαμβάνει τα σχέδια για την εξέλιξη του νέου προϊόντος καθώς και τα σχέδια για την παραγωγή, τη διανομή και τις πωλήσεις. Με τη σειρά της και η ανάπτυξη προϊόντος είναι μέρος μιας μεγαλύτερης μελέτης που λέγεται '*product innovation*' (καινοτομία των προϊόντων).

Οι Roozenburg και Eekels δίνουν ιδιαίτερη βάση στην στρατηγική και τα σχέδια της εταιρείας η οποία για να καινοτομήσει και να επιτύχει πρέπει να αναπαράγει επικοινωνητικές ιδέες, να τις εξελίξει επιδέξια σε περιεκτικά σχέδια για δράσεις και μετέπειτα να τα υλοποιήσει με προγραμματισμό αλλά και συγχρόνως με ευελιξία. Το πρώτο στάδιο στη δομή αυτή είναι το *product planning* (σχεδιασμός του προϊόντος) και είναι το πιο σημαντικό στάδιο της διαδικασίας. Εδώ αποφασίζεται τι προϊόντα θα παραχθούν και πότε. Το *product planning* απαρτίζεται από δύο μέρη: *policy formulation* (διαμόρφωση πολιτικής) και *idea finding* (εύρεση ιδέας).



Το μοντέλο των Roozenburg και Eekels.

■ Το μοντέλο των Pahl και Beitz

Στο μοντέλο των Pahl και Beitz θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση εφόσον, λόγω της αναλυτικής του δομής αλλά και της ευρύτατης ακαδημαϊκής του αποδοχής – τουλάχιστον μέχρι πολύ πρόσφατα, επιλέχθηκε ως η καταλληλότερη μεθοδολογική προσέγγιση, στην οποία βασίστηκε η πειραματική διερεύνηση του Μέρους Β της ΔΕ.

Στο εν λόγω μοντέλο διακρίνονται τέσσερις φάσεις:

1. Clarification of the task (αποσαφήνιση του σκοπού): σε αυτό το στάδιο, το πρόβλημα παραδίδεται στον σχεδιαστή ή στην ομάδα σχεδιασμού, αναλύεται και συλλέγονται πληροφορίες πάνω σε αυτό. Σε αυτές τις πληροφορίες θα βασιστούν οι τεχνικές προδιαγραφές που θα συγκροτηθούν και οι οποίες θα καθορίζουν τις λειτουργίες, τις ιδιότητες του αντικειμένου καθώς και τους περιορισμούς όπως για παράδειγμα το χρονοδιάγραμμα. Η σωστή κατανόηση του προβλήματος επηρεάζει πλήρως και καθοριστικά τις επόμενες φάσεις του σχεδιασμού.

2. Conceptual design (κατασκευαστική σύνθεση): εδώ γίνεται ο προσδιορισμός των λειτουργιών και υπο-λειτουργιών, δημιουργούνται τα σενάρια για τις πιθανές λύσεις και επίσης τα κριτήρια σχετικά με τη χρήση, εμφάνιση, περιβάλλον του χρήστη κ.α.

3. Embodiment design (κατασκευαστική διαμόρφωση):

‘Embodiment design is designing with material, manufacturing and geometry to fulfill a new function or updating of the function’

(‘Product Design with Embodiment Design as a New Perspective’ - Lau Langeveld, Delft University of Technology)

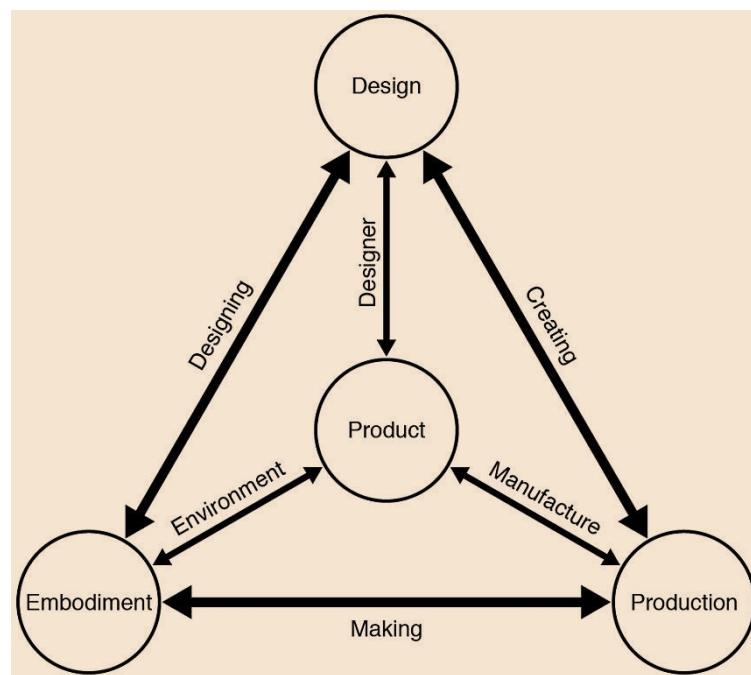
Η κατασκευαστική διαμόρφωση που προκύπτει από τον Μηχανολογικό Σχεδιασμό ασκεί αποφασιστική επίδραση στο κόστος και το χρόνο παραγωγής μιας κατασκευής, στην ποιότητα και αξιοπιστία της και πολλές φορές προδικάζει την εμπορική ή όχι επιτυχία και επικράτησή της. Με τον οριστικό καθορισμό μορφής, διαστάσεων, ανοχών, ποιότητας επιφανειών και όλων των άλλων συναφών πληροφοριών που περιέχονται στα κατασκευαστικά σχέδια και τις οδηγίες παραγωγής κατευθύνει τις τεχνικές προδιαγραφές προμήθειας των υλικών, την επιλογή μεθόδων και μηχανών παραγωγής, εργαλειομηχανών, εργαλείων, διαδικασιών και μέσων ποιοτικού ελέγχου, αναθέσεων εργασιών σε υποκατασκευαστές κλπ.

(‘Σχεδιασμός Μηχ. Κατασκευών’ Μ.Μ Σφαντζικόπουλος Ε.Μ.Π)

Στο στάδιο αυτό το επιλεγμένο ως καταλληλότερο σενάριο σχεδιασμού μέσω επεξεργασίας οδηγείται σε ένα οριστικό σχέδιο στο οποίο προσδιορίζονται οι λεπτομέρειες συναρμολόγησης, το τελικό γεωμετρικό σχήμα, διαστάσεις, υλικά κλπ. Είναι μια διαδικασία κλιμακωτής βελτίωσης του σχεδίου μέσω παράλληλης εργασίας πάνω στα κριτήρια που έχουν τεθεί στο στάδιο του εννοιολογικού σχεδιασμού.

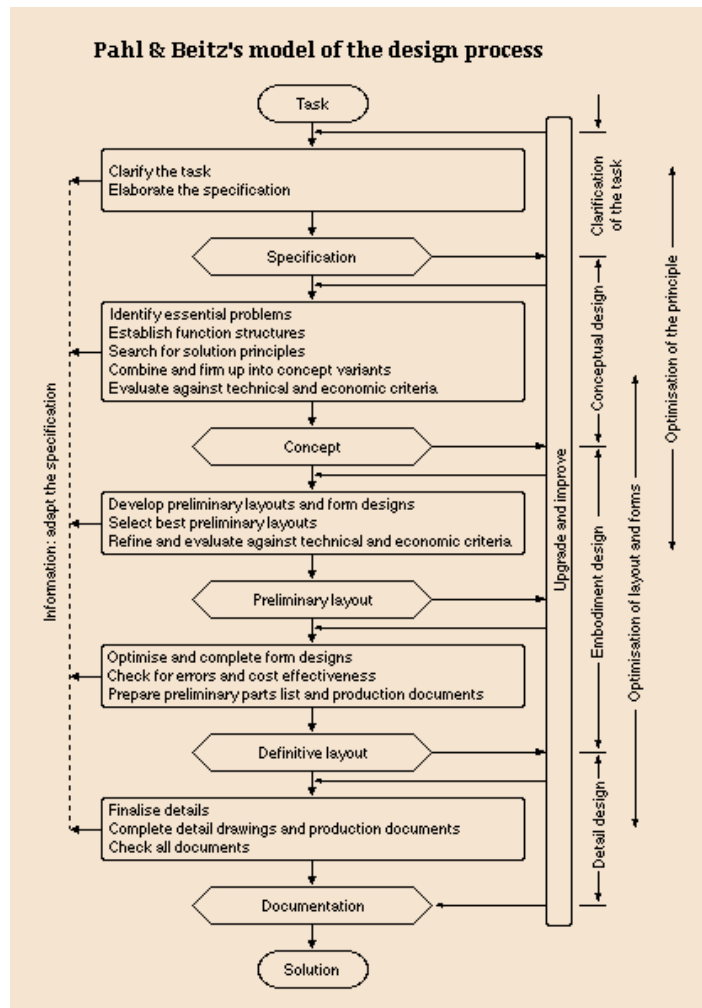
Κατά τη φάση της κατασκευαστικής διαμόρφωσης οι ιδέες αρχίζουν να παίρνουν σάρκα και οστά και μετατρέπονται σιγά σιγά σε μία δομή για το προϊόν, σε ένα τελικό σχέδιο, σε μία –εφαρμοσμένη- αρχή λειτουργίας. Οι πνευματικές πτυχές όπως η χρήση, η αλληλεπίδραση κ.α. πρέπει να ‘συναντήσουν’ τις απαιτήσεις των υλικών δεδομένων. Κατά την εξέλιξη αυτή, σε κάθε βήμα το ποσό της *αβεβαιότητας* μειώνεται ενώ αντίθετα αυξάνεται το ποσό της *βεβαιότητας* με κάθε νέα πληροφορία που εισάγεται.

Τελικά το επιλεγμένο σενάριο μετατρέπεται σε οριστικό σχέδιο το οποίο θα βελτιωθεί περαιτέρω, εάν χρειάζεται, στο επόμενο στάδιο του λεπτομερούς σχεδιασμού.



The domains of making and doing in embodiment design phase.

4.Detail design (λεπτομερής σχεδιασμός): σε αυτή την τελική φάση ορίζονται τα τελικά χαρακτηριστικά και οι λεπτομέρειες που αφορούν τη μορφή, τις ανοχές, τις επιφάνειες, τα εξαρτήματα, τα υλικά. Επίσης εκπονούνται οι οδηγίες για την παραγωγή, τη συναρμολόγηση, τους ελέγχους, μεταφορά, το χειρισμό και τη συντήρηση.



Το μοντέλο των Pahl και Beitz.

Από τα μοντέλα που παρουσιάστηκαν παραπάνω, αυτά των C. J Jones και Watts είναι πιο θεωρητικά από τα υπόλοιπα και περιέχουν τα τρία στάδια: Analysis, Synthesis, Evaluation, τα οποία εμφανίζονται κατ' επανάληψη σε πολλά σημεία κατά το σχεδιασμό. Τα μοντέλα των Archer και Roozenburg & Eekels είναι σχετικά σύνθετα και χρησιμοποιούνται κυρίως για σχεδιασμό σε φορείς όπου τίθεται συγκεκριμένο πρόγραμμα και πολιτική καθώς και σχηματισμός χρονοδιαγραμμάτων για την εκτέλεση όλων των ενεργειών με σαφή και οργανωμένο τρόπο. Τέλος, τα μοντέλα των Asimow και Pahl & Beitz είναι ευρύτατα αποδεκτά και οι αρχές τους μπορούν να εφαρμοστούν εξίσου σε περιπτώσεις όπου ο σχεδιασμός αναλαμβάνεται από ομάδα εργασίας αλλά και από μεμονωμένους σχεδιαστές. Συγκεκριμένα, όπως προαναφέρθηκε, το μοντέλο των Pahl & Beitz επιλέχτηκε ως κατάλληλο μεθοδολογικό εργαλείο για την παρούσα ΔΕ εξ' αιτίας αυτής του της δυνατότητας, αλλά και επειδή είναι απόλυτα διακριτά τα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού αλλά και των ενεργειών που εκτελούνται κατά τη διάρκεια αυτών.

ΚΕΦ. 3

3.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η ιστορία του βιομηχανικού σχεδιασμού πρέπει να ακολουθεί την ιστορία των ανθρώπων, την οικονομία, τις κοινωνικές δομές, τις ανάγκες και τις επιθυμίες της κοινωνίας και με ανάλογο τρόπο να ελίσσεται και να εξελίσσεται για την ικανοποίησή τους. Μέχρι τον 20^ο αιώνα κάτι τέτοιο συνέβαινε, δηλαδή ο βιομηχανικός σχεδιασμός και γενικότερα το design προσπαθούσε να ικανοποιήσει τις ανάγκες των ανθρώπων όπως τη μετακίνηση, ενημέρωση, στέγαση, ένδυση κλπ. Οι εταιρείες είχαν ως βασικές αξίες παραγωγής τη διάρκεια και την οικονομία (λ.χ. Ford) και ανταγωνίζονταν με βάση αυτές η μία τη άλλη.

Μετά το Β' παγκόσμιο πόλεμο η κατάσταση αυτή άλλαξε. Η τεχνολογική εξέλιξη επέφερε πληθώρα παραγωγής προϊόντων με ευκολία τόσο στην ποικιλία αλλά και στη μαζικότητα. Οι βιομηχανίες στις ΗΠΑ παρήγαγαν μεγάλες ποσότητες και στο φόβο πλεονάσματος στράφηκαν στις θεωρίες του Έντουαρντ Μπερνέζ που βασιζόμενες στην ψυχανάλυση του Φρόιντ έστρεψαν τον δυτικό άνθρωπο στον καταναλωτισμό και στην άνοδο των 'δευτερογενών αναγκών' του. Με πολύ απλά λόγια οι βιομηχανίες για την κίνηση της αγοράς χρησιμοποίησαν πολλά μέσα όπως τη διαφήμιση, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης αλλά σε μεγάλο βαθμό και το ίδιο το 'design' για να δημιουργήσουν και να προωθήσουν προϊόντα που αντί να ικανοποιήσουν ανάγκες δημιουργούσαν νέες ανάγκες, πλασματικές, εκμεταλλευόμενες τις υποσυνείδητες επιθυμίες αλλά και τους εσωτερικούς φόβους του ατόμου. Δημιούργησαν έτσι τον *homo consumens*, έναν νέο τύπο ατόμου στο οποίο το *είναι* του ατόμου ταυτίζεται με το *έχειν*. Όπως πολύ εύστοχα αναφέρει ο Erich Fromm

‘Ο homo consumens είναι ο άνθρωπος που έχει ως βασικό στόχο όχι να κατέχει πράγματα αλλά να καταναλώνει όλο και περισσότερα εξισορροπώντας έτσι το εσωτερικό του κενό, την παθητικότητα, την μοναξιά και το άγχος του. ‘

Στα νέα αυτά προϊόντα δεν δινόταν έμφαση πλέον στην διάρκεια αλλά κυρίως στην εξωτερική εμφάνιση και στην ικανοποίηση των trends (τάσεις) που γεννούσε το lifestyle με απώτερο σκοπό πάντα το όφελος της βιομηχανίας παραγωγού. Σε αυτό το πλαίσιο καθιερώθηκαν ο εφήμερος χαρακτήρας της μόδας και προωθήθηκαν οι αξίες και οι αρετές του στιγμιαίου και των αντικειμένων μίας χρήσης. Παράλληλα, κατέστη δυνατή κατ' αυτόν τον τρόπο η «χειραγώγηση του γούστου και των απόψεων» μέσω νέων συστημάτων εικόνων και πολιτισμικών πρακτικών με απώτερο σκοπό τον καθορισμό των αναγκών και των επιθυμιών.

Μέσα σ' αυτό το μεταμοντέρνο τοπίο της σύγχρονης κοινωνίας η οποία χαρακτηρίζεται από το εφήμερο, τον υψηλό βαθμό πλουραλισμού, την επιδίωξη κέρδους, την αποσπασματοποίηση και τον κατακερματισμό, ο βιομηχανικός σχεδιαστής πρέπει να αναζητήσει μια ατομική ή συλλογική ταυτότητα βάσει μίας αιώνιας αλήθειας που να μπορεί να συνυπάρχει με το εφήμερο. Ως εκ τούτου τα τελευταία χρόνια όσον

αφορά την κοινωνία αλλά και ειδικότερα τον σχεδιασμό παρατηρείται μια αναβίωση της αναγνώρισης της αυθεντικότητας βασικών θεσμών και αξιών όπως η οικογένεια, η αγάπη, η αλληλεγγύη, η ισότητα, η ιστορική παράδοση που προέρχονται από τις μεγάλες αφηγήσεις.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται επιλεκτικά ορισμένα κινήματα, σχεδιαστές, προϊόντα ή συστήματα τα οποία υπήρξαν καθοριστικά για την εξέλιξη του σχεδιασμού είτε από πλευράς καινοτομίας, είτε στον τρόπο παραγωγής, είτε στον τρόπο λειτουργίας, ή στον τρόπο διανομής και επικοινωνίας με το κοινό, από την νεωτερικότητα στην ύστερη νεωτερικότητα και από τη βιομηχανική επανάσταση μέχρι τα σύγχρονα μετα-υλιστικά κινήματα.

Τυπογραφία

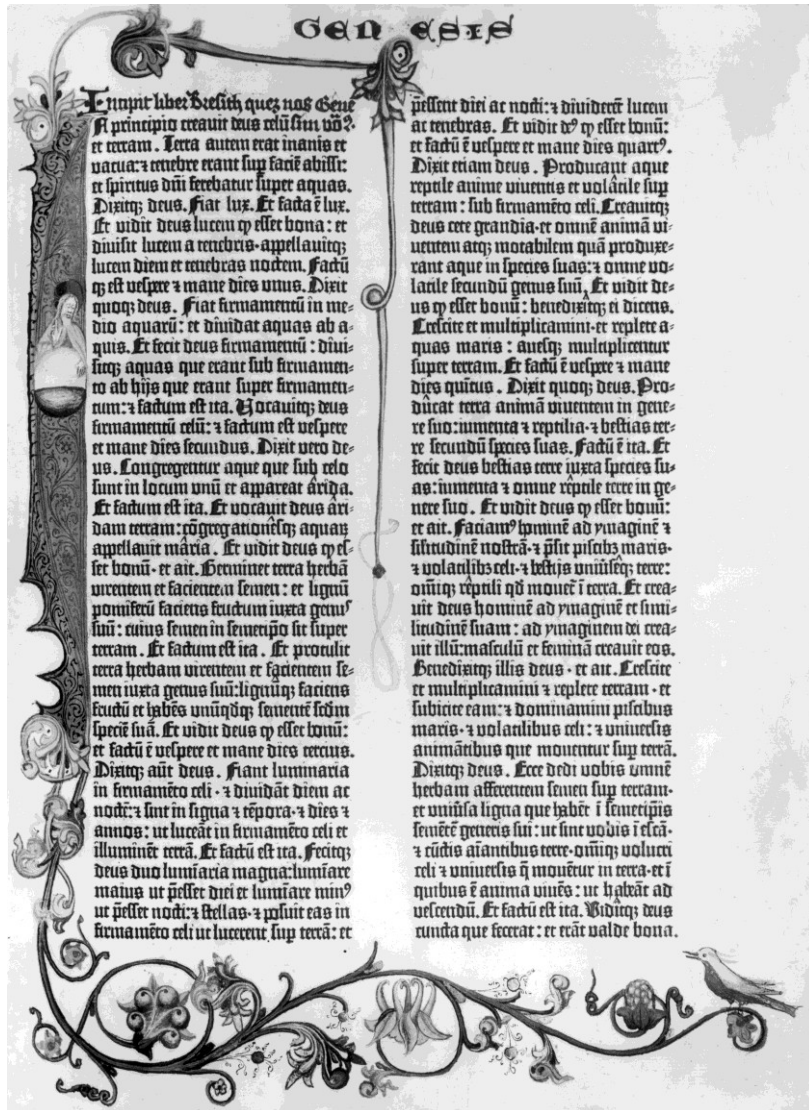
Η κυρίαρχη γνώμη όσον αφορά στο βιομηχανικό σχεδιασμό είναι ότι 'δεν είναι δυνατό να συζητάμε για βιομηχανικό σχέδιο αναφερόμενοι σε εποχές προγενέστερες της βιομηχανικής επανάστασης, ακόμα και αν στην αρχαιότητα υπάρχουν μερικά αντικείμενα που έχουν παραχθεί σε σειρά και με την μερική παρέμβαση πρωτόγονων μηχανών όπως ο τόννος, το τρυπάνι, ο τροχός των αγγειοπλαστών και οι χειροκίνητες πρέσες των καμινιών των πλινθοποιών'. Κατά τη βιομηχανική επανάσταση που συμβατικά τοποθετείται στην περίοδο από 1760 έως 1830 σηματοδοτείται ο οριστικός διαχωρισμός ανάμεσα στη χειροτεχνική παραγωγή και την βιομηχανική.

Ωστόσο, ένας τουλάχιστον τομέας εκείνος της τυπογραφίας προηγείται πάνω από τρεις αιώνες αυτής της επανάστασης και οπωσδήποτε μπορεί να θεωρηθεί από κάθε άποψη σαν μια δραστηριότητα που ταξινομείται στην περιοχή του βιομηχανικού σχεδιασμού. Η τυπογραφία αποτέλεσε ιδρυτική πράξη της βιομηχανίας από τη στιγμή που η μηχανοποίηση της τέχνης της γραφής ήταν πιθανότατα η πρώτη αναγωγή μίας εργασίας σε μηχανικά μέσα. Εμφανίζεται έτσι η έννοια του *πολλαπλασιασμού* μέσα από όμοιες σειρές ενός και του ίδιου αντικειμένου ομοιόμορφου και επαναληπτού.

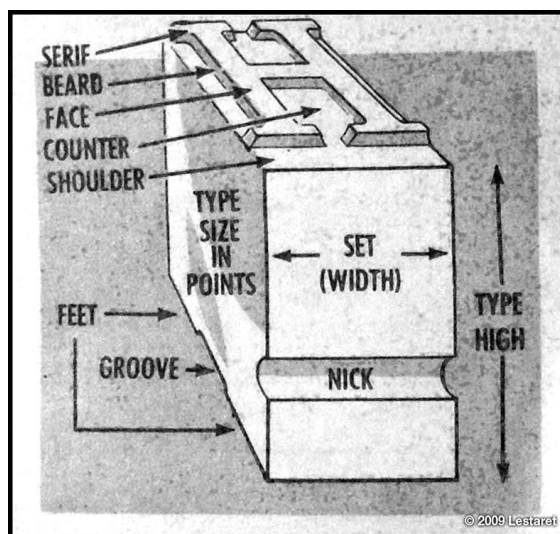
Η τυπογραφία με χαρακτηριστικές κινητούς προέρχεται κατευθείαν από την ξυλογραφία που ήδη ανθούσε τον XIV αιώνα. Οι χαρακτές του ξύλου κουρασμένοι από το ότι έπρεπε να χαράζουν σε κάθε σελίδα καινούριους χαρακτήρες σκέφτηκαν πρακτικά να αφαιρέσουν από την πινακίδα τους χαρακτήρες που έπρεπε να χαράξουν ή να χαράξουν χαρακτήρες μονωμένους, που μπορούσαν να μετακινήσουν και να ταιριάξουν έτσι ώστε να σχηματιστεί ένα κείμενο. Στην συνέχεια κάνοντας ένα ακόμη βήμα δεν έμενε παρά να αντικαταστήσουν το ξύλο με μέταλλο.

Το 1452 εκτυπώνεται από τον Gutenberg ένα ογκώδες έργο που σηματοδοτεί ένα ξεκάθαρο όριο ανάμεσα στην περίοδο των χειρογράφων και εκείνη της πραγματικής τυπογραφίας, η περίφημη *Βίβλος των 42 γραμμών*. Ενώ δεν υπάρχουν λεπτομέρειες για τον τρόπο με τον οποίο ο Gutenberg ανέλυσε τη διαδικασία της τυπογράφησης, εν τούτοις, το γεγονός ότι η τυπογραφία για πολύ καιρό δεν υπέστη σημαντικές αλλαγές μας επιτρέπει να σκεφτούμε ότι αυτός αντιμετώπισε και έλυσε πρακτικά όλα τα προβλήματα που του παρουσιάστηκαν (π.χ. το πρόβλημα *ευθυγράμμισης των χαρακτήρων*).

Θεωρώντας το βιβλίο ως βιομηχανικό σχέδιο βλέπουμε ότι γεννιέται σαν καρπός της ανθρωπιστικής κουλτούρας με πρόθεση να μεταφέρει σε μηχανικά μέσα την καλλιγραφία των αντιγραφών αλλά ακόμη, και πάνω από όλα, παράγεται σαν *εμπόρευμα*, σαν προϊόν μιας γνήσιας και αληθινής βιομηχανίας που σκοπεύει να ποσοτοποιήσει τα μοντέλα, να τα κατασκευάσει ταχύτερα και να μειώσει την τιμή πώλησης. Έτσι μιλάμε για περίπου 20 εκατομμύρια αντίτυπα, τυπωμένα πριν από το 1500 - αριθμός εντυπωσιακός ακόμα και σήμερα. Ακόμα πιο εντυπωσιακός όταν η Ευρώπη ήταν πολύ λιγότερο κατοικημένη από ότι σήμερα (*σίγουρα λιγότεροι από 100 εκατομμύρια κάτοικοι στις χώρες που είχε διαδοθεί η τυπογραφία*) και από αυτούς τους κατοίκους μια μειονότητα μόνο γνώριζε να διαβάζει.



Σελίδα από την Βίβλο του Gutenberg (the Mazarin Bible).



Τυπογραφικός χαρακτήρας χειρός.

Στα Χρόνια της Βιομηχανικής Επανάστασης

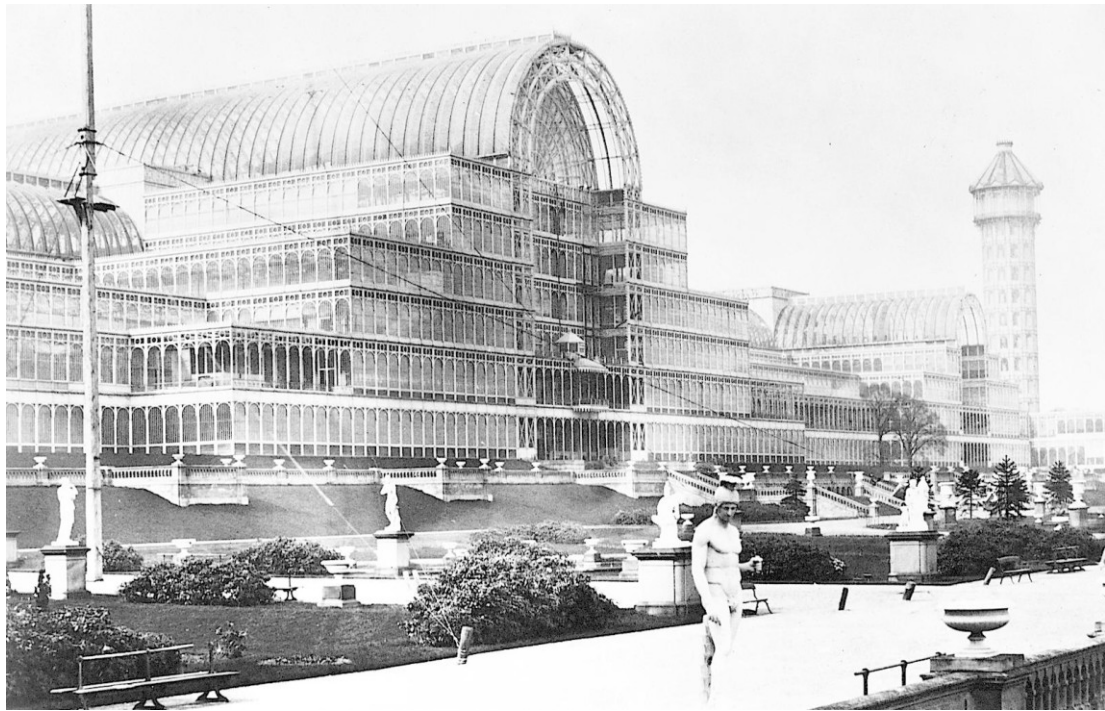
Όπως είναι γνωστό η μοντέρνα τεχνολογία γεννιέται στην Αγγλία στους χρόνους της βιομηχανικής επανάστασης και συνδέεται με ορισμένα σημαντικά τεχνολογικά επιτεύγματα, όπως η εκμετάλλευση της υδραυλικής ενέργειας στη νηματουργία και την υφαντουργία (Arkwright 1768), η ατμομηχανή του Watt (1769), η εξέλιξη στη βιομηχανική παραγωγή/κατεργασία υλικών όπως ο χυτοσίδηρος κι ο χάλυβας και η συνακόλουθη αντικατάσταση του ξύλου και της πέτρας ως κύριου δομικού στοιχείου σε πολλές κατασκευές. Αντιπροσωπευτικό δείγμα αποτελεί η γέφυρα του ποταμού Severn στο Coalbrookdale η οποία κατασκευάστηκε από δύο μονοκόμματα ημιτόξα από σίδηρο μέσα σε δύο μόλις χρόνια, (1777 - 1779).



Η γέφυρα του Coalbrookdale Thomas F. Pritchard.

Στην περίπτωση της γέφυρας αλλά και για παρόμοιας φύσεως κατασκευές μπορούμε να μιλάμε για βιομηχανικό σχεδιασμό μολονότι δεν έχουμε παραγωγή σε σειρά. Σίγουρα αυτό το τελευταίο αποτελεί ένα θεμελιώδες στοιχείο του, αλλά όταν πρόκειται για μια κατασκευή ή προϊόν με σημαντικές απαιτήσεις σχεδιασμού, παραγωγής και υψηλής τεχνολογίας, το οποίο απαιτεί τη συνεισφορά διαφόρων ειδικών κλπ. το σύνολο αυτών των κατασκευαστικών προσπαθειών αξίζει, δίχως άλλο, να θεωρηθεί ότι ανήκει στον τομέα αυτό.

Στην ίδια λογική κινείται και η κατασκευή του Crystal Palace του Joseph Paxton το οποίο είναι το πρώτο προκατασκευασμένο κτίριο στην ιστορία της αρχιτεκτονικής και κατασκευάστηκε για να στεγάσει την Μεγάλη Έκθεση του Λονδίνου το 1851. Αυτή η κατασκευή από σίδηρο κ γυαλί χρειάστηκε μόλις τέσσερις μήνες για να ανεγερθεί σε μια επί τόπου συναρμολόγηση των μερών που την απαρτίζουν. Επιπλέον μερικά χρόνια αργότερα η κατασκευή αποσυναρμολογήθηκε και τοποθετήθηκε εκ νέου σε διαφορετική περιοχή.



To Crystal Palace του Joseph Paxton (1851).

Την ίδια περίοδο όσον αφορά την παραγωγή σε σειρά θα ήταν άξιο να αναφέρουμε την παραγωγή κεραμικών του Wedgwood η οποία έχει διπλό χαρακτήρα: διακοσμητικό και χρηστικό. Ο Wedgwood ενδιαφερόταν το ίδιο για την λειτουργικότητα, την εμφάνιση και τις πωλήσεις. Χρησιμοποιούσε μέχρι εκεί που ήταν δυνατόν μηχανές για τις προκαταρκτικές εργασίες όπως κοσκίνισμα και ανακάτεμα χωμάτων και καταμερισμό εργασίας εκεί όπου χρειαζόταν ανθρώπινα χέρια. Αυτός διαίρεσε την εργασία της κεραμικής σε μια σειρά από ξεχωριστές διαδικασίες που η κάθε μια απαιτούσε μια ειδική επιδεξιότητα και κάποιον υψηλό βαθμό καλλιτεχνικού ταλέντου. Κατ' αυτό τον τρόπο τα προϊόντα του δεν είχαν μόνο καλλιτεχνική αξία αλλά επίσης ήταν οικονομικά και προσιτά σε μεγάλη μερίδα του πληθυσμού για αυτό και κυριάρχησαν για πολλά χρόνια στην αγγλική αγορά.

Λίγο αργότερα στα μέσα του 1800 στην Αυστρία έχουμε μια εξέχουσα περίπτωση στην ιστορία του σχεδιασμού, την περίπτωση των καρεκλών **Thonet**. Οι καρέκλες Thonet είχαν παρουσιαστεί και στη Μεγάλη Έκθεση του Λονδίνου (1851) και ήταν κατασκευασμένες από 3 ειδών ξύλα τα οποία λυγίζονταν με ατμό σε διάφορα κομψά σχήματα. Το 1858 ο Michael Thonet σχεδίασε την καρέκλα No. 14, μια εντυπωσιακή απλή ιδέα, αποτελούμενη από πέντε μέρη που μπορούσαν να παραχθούν μαζικά. Ο Thonet εισήγαγε μια νέα παράμετρο στον σχεδιασμό την μαζική παραγωγή με αφαιρετική αισθητική, μια φόρμα την οποία κράτησε επιτυχώς μέχρι την δεκαετία του 1970. Η συγκεκριμένη εταιρεία έχοντας μια παρόμοια φιλοσοφία με τη σημερινή εταιρεία IKEA στηρίζονταν στην παραγωγή καρεκλών που πωλούνταν ασυναρμολόγητες και συνεπώς το κόστος μεταφοράς ήταν πολύ μικρό. Συγκεκριμένα η καρέκλα No. 14 κατασκευάστηκε με τη λογική να χωράνε 36 τέτοιες καρέκλες σε ένα κουτί ενός κυβικού μέτρου!

Όσον αφορά τον τομέα των πωλήσεων είναι γεγονός ότι στο τέλος του αιώνα τα εργοστάσια της επιχείρησης παρήγαγαν 4000 έπιπλα την ημέρα και μόνο από το μοντέλο No. 14 πουλήθηκαν περίπου 50,000,000 κομμάτια σε σαράντα χρόνια μέσω των πολυάριθμων κέντρων πώλησης σε Αυστρία, Γερμανία, Βρυξέλλες, Μασσαλία, Μιλάνο, Ρώμη, Νάπολη, Μαδρίτη, Βαρκελώνη, Μόσχα, Οδησσό, Νέα Υόρκη και Σικάγο.

Τα έπιπλα Thonet έγραψαν ιστορία στον χώρο του βιομηχανικού σχεδιασμού διότι ικανοποιούσαν επιτυχώς τις τέσσερις βασικές παραμέτρους του: σχεδιασμό, παραγωγή, πώληση, κατανάλωση. Άντεξαν στις μεταβολές του γούστου και τις αλλαγές της μόδας για πάνω από έναν αιώνα, επίπλωσαν διάφορους τύπους χώρων και αγοράστηκαν από κάθε κοινωνική τάξη.



Τα τμήματα που απαρτίζουν την καρέκλα No. 14 καθώς και συναρμολογημένη.



36 καρέκλες σε ένα κυβικό μέτρο.

Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα η παραγωγική έκρηξη είναι πλέον εμφανής. Οι βιομηχανίες παράγουν μαζικά και νέες ευρεσιτεχνίες έρχονται συνεχώς στο προσκήνιο καθιστώντας την ζωή πιο εύκολη και πιο γρήγορη. Μεταξύ των πιο αξιόλογων υπενθυμίζουμε: την γραφομηχανή (1855), το δυναμό (1856), την ραπτομηχανή (1858), το αυτοκίνητο (1862), το πλαστικό (1862), το οπλισμένο σκυρόδεμα (1867), το ψυγείο (1879), την ηλεκτρική λάμπα (1879), τον σταθμό ηλεκτροπαραγωγής (1881), τον βενζινοκινητήρα (1884), το ποδήλατο και τη μοτοσικλέτα (1885), τα ελαστικά με αεροθάλαμο, τη μηχανή ανατύπωσης και τη φωτογραφία (1888), τον κινητήρα diesel (1893), τον κινηματογράφο (1894), το ραδιόφωνο (1895), τη μηχανή ξυρίσματος Gillette (1901), το αεροπλάνο (1903), το ηλεκτρικό πλυντήριο (1906), το φωτισμό νέον (1910) κ.λ.π. καθώς και τα ευέλικτα ευρεσίτεχνα έπιπλα των μεσαίων τάξεων. Η ανάπτυξη δημιουργεί περισσότερες ανάγκες, περισσότερη ζήτηση και περισσότερη παραγωγή στα πλαίσια του εδραιωμένου πλέον καπιταλιστικού συστήματος και η αρχή του 20^{ου} αιώνα βρίσκεται το design μέσα σε αυτή τη μαζικότητα να ακολουθεί διαφορετικές πορείες ψάχνοντας πάντα τη χρυσή τομή μεταξύ τέχνης και παραγωγής μέσα από τα εκάστοτε κινήματα που δημιουργούνται εκείνη την περίοδο.

Αρχές 20^{ου} Αιώνα

Εάν η Αγγλία της Βικτωριανής εποχής είναι η χώρα οδηγός για την ιστορική εξέλιξη των εφαρμοσμένων τεχνών, στις αρχές του 20^{ου} αιώνα είναι η Γερμανία κυρίως που αναπτύσσει την ιστορία μέχρι τη γέννηση του πραγματικού μοντέρνου design. Συγχρόνως κάθε τι που έχει να κάνει με τις εφευρέσεις, την τεχνολογία, το επιχειρηματικό πνεύμα, την επιστημονική οργάνωση της εργασίας στο εργοστάσιο, την μαζική βιομηχανική παραγωγή, με μία λέξη την *παραγωγικότητα* ακολουθεί ένα μοντέλο, εκείνο των Ηνωμένων Πολιτειών.

Τέλη 19^{ου} αιώνα το θέμα της βιομηχανικής παραγωγής συνδεδεμένο με το design αντιμετώπιστηκε στη Γερμανία σαν ένα εθνικό πρόβλημα. Στην περιγραφή του γερμανικού αυτού προτύπου έθνος-επιχείρηση εννοούμε το **Werkbund**.

Στο Werkbund συνέβαλαν όλες οι πρωτοβουλίες που από το 1870 και μετά είχαν επιχειρηθεί στην Γερμανία στον τομέα των εφαρμοσμένων τεχνών στον οποίο είχε δοθεί προτεραιότητα σε σχέση με τις μείζονες τέχνες, με την πρόθεση να ενισχύσει την γεννώμενη εκβιομηχάνιση και έτσι να συναγωνιστεί τις ξένες αγορές. Στο πλαίσιο αυτών των πρωτοβουλιών είχαν ανοίξει πολλές σχολές εφαρμοσμένης τέχνης στις οποίες ήταν συνδεδεμένο ένα ευρύ δίκτυο μουσείων βιομηχανικών και καλλιτεχνικών προϊόντων, διαφόρων τύπων και προέλευσης. Ειδική περίπτωση αυτών των θεσμών ήταν και η Παροικία των καλλιτεχνών, υπό την προστασία του Μεγάλου Δούκα Ernst Ludwig Von Hessen που ιδρύθηκε στο Darmstadt το 1901.

Δημιουργός του Werkbund ήταν ο αρχιτέκτονας Hermann Muthesius ο οποίος απεχθανόταν το γούστο της αστικής τάξης, συμπεριλαμβανομένου και του Jugendstil και θεωρούσε ότι το στόλισμα ήταν σπατάλη υλικών και εργατικής δύναμης. Ταυτόχρονα παραδεχόταν την καλλιτεχνική, πολιτισμική και οικονομική αξία της

βιομηχανικής τέχνης και απαιτούσε από τους κατασκευαστές μια ηθικο-αισθητική φροντίδα προς όφελος της παραγωγής και ακόμα περισσότερο της εθνικής οικονομίας. Το πρόγραμμα της νέας αυτής ένωσης συγκέντρωνε τεχνίτες, παραγωγούς, εμπόρους, εκδότες και πολιτικούς και στόχος ήταν ο εξευγενισμός της παραγωγικής εργασίας μέσα από τη συνεργασία μεταξύ τέχνης, βιομηχανίας και χειροτεχνίας, με τη βοήθεια της εκπαίδευσης, της προπαγάνδας και την τήρηση μίας ενιαίας στάσης στα διάφορα προβλήματα. Ήδη το 1910 η ένωση απαριθμούσε 731 μέλη από τα οποία 360 καλλιτέχνες, 276 βιομήχανοι, 95 ειδικοί.



Διακήρυξη της έκθεσης της Deutscher Werkbund στην Κολωνία (1914).



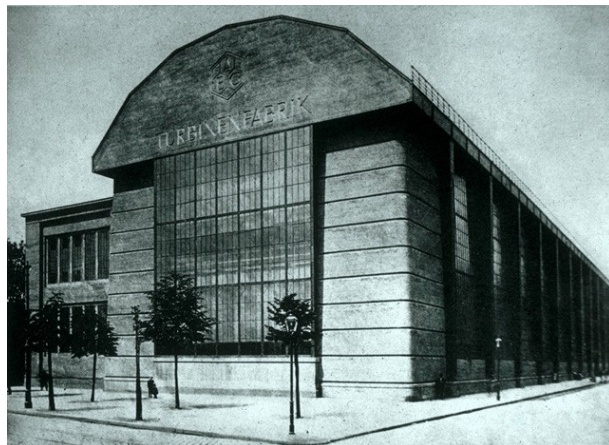
Deutsche Warenbuch (1915).

Μέσα της διαφορετικότητας και των διάφορων αντιπαραθέσεων μεταξύ των μελών του το Werkbund συνειδητά ή όχι είχε αγγίξει το πρόβλημα του σύγχρονου καπιταλισμού: πρέπει η βιομηχανική παραγωγή να στοχεύει προς την πειθαρχία ή την αναστάτωση του εμπορίου? Πρέπει να προσανατολιστεί σε μια στρατηγική ελεγχόμενης εμβάθυνσης ή σε μία ανεξέλεγκτη εξάπλωση? Σε μια στρατηγική των λίγων, ή των πολλών πρωτοτύπων στα προϊόντα? Επίσης έφερε στην επιφάνεια τρεις πλευρές του σχεδιασμού οι οποίες φαίνονται αδιαφιλονίκητες και σίγουρα σημεία μιας θετικής μεταστροφής. Πρώτα από όλα το ότι τέθηκε για πρώτη φορά το πρόβλημα του design σε όλη την πολύπλοκη και αντιφατική του φαινομενολογία. Δεύτερο, το ότι αναγνωρίστηκε με τον πιο καθαρό τρόπο πως χωρίς την καθοριστική παρουσία της βιομηχανίας και των συμφερόντων της δεν μπορούμε να μιλάμε για βιομηχανικό σχεδιασμό. Η τρίτη, λιγότερο μελετημένη και ωστόσο πιο σημαντική πλευρά το ότι το πραγματικό design γεννιέται στα χρόνια και στο χώρο μιας τάσης του γούστου προσανατολισμένης σύμφωνα με τους κανόνες της *καθαρής ορατότητας*, ενός ανανεωμένου κλασικισμού, του **Πρωτορασιοναλισμού**, δηλαδή μιας ορθολογικής τάσης, απρόσωπης, αφαιρετικής, αντιδιακοσμητικής, ειδικά κατάλληλης, με την λογική της και την απλότητά της στα εργαλεία της βιομηχανικής παραγωγής. Απο τον Πρωτορασιοναλισμό προέρχονται, με όλες τις εναλλαγές του τόνου, η Wienerstil, η Art Deco, το *stile Novecento*, ο Ρασιοναλισμός μέχρι και το αμερικανικό styling.

Η μεγαλύτερη ενσάρκωση της παραγωγικής δραστηριότητας της εποχής και αξιοσημείωτο παράδειγμα εταιρείας ήταν αναμφίβολα η **AEG** .

Η AEG (Allgemeine Electricitäts-Gesellschafts) ιδρύθηκε το 1887 με σκοπό να παράγει ηλεκτρικούς λαμπτήρες. Στον πρώτο χρόνο μόνο μετά την ίδρυσή της αρχίζει την παραγωγή δυναμό, ηλεκτρικών κινητήρων, των καλωδίων και όλων των υλικών των απαραίτητων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και δικτύων διανομής. Όλα αυτά πραγματοποιήθηκαν με εξαιρετική ταχύτητα και ικανότητα από την νεαρή βερολινέζικη επιχείρηση, όπως αποδεικνύεται από την επέκταση των εγκαταστάσεών της και πάνω από όλα από το γεγονός ότι στις αρχές του αιώνα η παραγωγή των λαμπτήρων φθάνει τις 7,000,000 μονάδες το χρόνο. Με λίγα λόγια η εταιρεία πιλότος του ηλεκτρο-τεχνικού τομέα αποκτά πραγματικό μονοπώλιο δίπλα στη Siemens & Halske και σε συμφωνία με την αμερικανική General Electric Company καταφέρνει να εξάγει τα προϊόντα της σε όλο τον κόσμο.

Ένα μεγάλο ποσοστό της επιτυχίας της AEG οφείλεται στον Peter Behrens ο οποίος για κάποιους θεωρείται ο πρώτος βιομηχανικός σχεδιαστής στην ιστορία του design. Ο Behrens προσλήφθηκε το 1907 στην AEG ως καλλιτεχνικός σύμβουλος και απέκτησε στην πορεία περισσότερες αρμοδιότητες και επιρροή. Αυτός αρχικά θα σχεδίαζε τα περιοδικά της επιχείρησης, τα φυλλάδια, τα σήματα της εταιρείας και στη συνέχεια αντικείμενα για παραγωγή, τα περίπτερα, τα μαγαζιά, τα εκθεσιακά stands και τα κτίρια των εργοστασίων. Αυτή η ενωτική εικόνα σχεδιασμού και το συνεκτικό ύφος από τα γραφικά χαρακτηριστικά των διαφημίσεων, τις μορφές των προϊόντων μέχρι και τα βιομηχανικά κτίρια προκαλούσαν στο κοινό εγγύηση τάξης, σταθερότητας και διάρκειας σε οτιδήποτε έφερνε τη σφραγίδα του εργοστασίου.



Από σχεδιαστικής άποψης ο Behrens θεωρούσε ότι η τέχνη και η τεχνική θα έπρεπε να συγχωνευτούν και όχι να χωρίσουν. Το ύφος των προϊόντων που σχεδίαζε ακολουθούσε τον μοντέρνο κλασικισμό και επιπλέον το αισθητικό περίβλημα (αμάξωμα) ήταν διαμελισμένο σε μικρά τυποποιημένα μέρη έτσι ώστε χρησιμοποιώντας τα σε συνδυασμούς να κατασκευάζει ατέλειωτες παραλλαγές του ίδιου προϊόντος ή διαφορετικά προϊόντα όπως ανεμιστήρες και βραστήρες.



Ανεμιστήρας τραπεζιού (1908).



Behrens, Arc lamp (1909).

Παράλληλα με την βερολινέζικη AEG, την ίδια εποχή, στην Βιέννη αναπτυσσόταν η δράση του σημαντικότερου αυστριακού γεγονότος στην ιστορία του design, της συνεταιριστικής εταιρείας-εργαστηρίου **Wiener Werkstätte**.

Η Wiener Werkstätte φαινομενικά ακολουθεί αντίρροπη πορεία από αυτήν της AEG καθώς τάσσεται κατά της βιομηχανοποίησης υιοθετώντας και εξυψώνοντας την χειρωνακτική εργασία. Εντούτοις ο τρόπος λειτουργίας της, το αφαιρετικό design στα πλαίσια του Πρωτορασιοναλισμού και η προώθηση ενός ενιαίου στυλ μόνο τυχαίες δεν είναι στη σχέση της με το Werkbund.

Η σχεδιαστική συνιστώσα της εταιρείας που ιδρύθηκε το 1903 από τον αρχιτέκτονα Joseph Hoffmann, τον ζωγράφο Koloman Moser και τον τραπεζίτη Fritz Waerndorfer συγκεντρώνει σε μορφολογικό επίπεδο τα αποτελέσματα του Arts & Crafts, του έργου του Mackintosh, της διεθνούς Art Nouveau, του Jugendstil, της βιεννέζικης Secession καθώς και στοιχεία της τοπικής παράδοσης, μαγυάρικης, βοημικής και σλάβικης.



Art Nouveau, Sagrada Família και καρέκλα, Gaudi, Barcelona



Charles Rennie Mackintosh, εσωτερικό του Hill House.

Από το καταστατικό της επιχείρησης το οποίο θεωρείται το γενικό σχέδιο όλου του εγχειρήματος διαβάζουμε: *‘Θα ήταν τρέλα να θελήσουμε να κολυμπήσουμε ενάντια στο ρεύμα. Παρ’ όλα αυτά ιδρύσαμε το δικό μας εργαστήριο (...). Θέλαμε να δημιουργήσουμε μια στενή σχέση ανάμεσα στο κοινό, το σχεδιαστή και τον τεχνίτη και να παράγουμε είδη οικιακής χρήσης ποιοτικά και απλά. (...) Δεν μπορούμε, ούτε έχουμε την πρόθεση να μπούμε σε ανταγωνισμό με την παραγωγή χαμηλής τιμής, αυτή ζημιώνει προπάντων τους εργαζομένους, και εμείς υποστηρίζουμε ότι η υψηλότερη υποχρέωσή μας είναι να ξαναδώσουμε σε αυτούς τη χαρά της εργασίας και μια ύπαρξη αντάξια ενός ανθρώπου’.*

Ωστόσο από την Wiener Werkstätte δεν έλειπαν οι μηχανές εφόσον τα εργαστήρια ήταν εξοπλισμένα με όλους τους σύγχρονους τεχνικούς νεωτερισμούς που χρειαζόνταν σε μια επιχείρηση. Από το περιοδικό Deutsche Kunst und Decoration διαβάζουμε: *‘Μέσα στη βοή των εργοστασίων αναπτύσσεται σιωπηλά και δημιουργικά η χειρωνακτική εργασία του τεχνίτη. (...) Εδώ η μηχανή δεν είναι κυρίαρχος και τύραννος, αλλά βοηθός και πρόθυμος υπηρέτης και δεν είναι αυτή που καθορίζει τη φυσιογνωμία των προϊόντων αλλά το πνεύμα των δημιουργών τους.(...) Η αξία του αντικειμένου δεν βασίζεται αποκλειστικά στην διακοσμητική εξωτερικότητα και στη μορφολογική φθήνεια αλλά στο δημιουργικό περιεχόμενο, στην επιμέλεια, στη σοβαρότητα της χειρωνακτικής εργασίας.’*

Όσον αφορά τον παράγοντα πώληση, αυτός εκδηλώθηκε με δύο τρόπους μέσα στην επιχείρηση. Από τις πρώτες προτάσεις κατά την ίδρυσή της ο Moser επέμενε να εργάζονται μόνο με παραγγελίες, όπως είναι τυπικό για ένα χειροτεχνικό εργαστήριο, απασχολώντας για κάθε παραγγελία ολόκληρες ομάδες από επιπλοποιούς, μαρμαράδες, χαράκτες κλπ. Η άλλη γραμμή είναι εκείνη στην οποία τα προϊόντα προβάλλονταν σε εκθέσεις, καταστήματα, καταλόγους, δηλαδή η πιο σύνθετη κατάσταση που βασίζεται στο διώνυμο προσφορά-ζήτηση. Αυτή η ασυνεχής γραμμή εμπορικής συμπεριφοράς ήταν που επέφερε την πτώχευση της επιχείρησης με την παραίτηση του ίδιου του Moser επικαλούμενος την εμπορική πολιτική της εταιρείας. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η δήλωση για αυτή του την απόφαση: *‘Η*

δραστηριότητα κατέληγε να είναι απαράδεκτα διαφοροποιημένη και εξαρτόταν υπερβολικά από το γούστο των πελατών, σε τέτοιο βαθμό που το κοινό, στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν ήξερε πράγματι τι ήθελε. Αυτές οι απίθανες απαιτήσεις των πελατών και άλλες διαφορές απόψεων με έχουν πείσει να αποχωρήσω από την *Wiener Werkstätte*'.



Σκαρέκλα, σερβίτσια και το λογότυπο της Wiener Werkstätte.

Τέλος θα ήταν άξιο αναφοράς να δούμε τον αφαιρετικό σχεδιασμό που επικρατούσε εκείνη την εποχή είτε στο Werkbund, είτε στην Wiener Werkstätte από μια άλλη σκοπιά, την πολιτικο-κοινωνική. Πάνω σε αυτό ο Α. D' Auria παρατηρεί: 'Το καλοσχεδιασμένο απλό έπιπλο δεν ήταν προορισμένο από την αρχή για το *Arbeitswohnung* (κατοικία του εργάτη), το εσωτερικό του προλεταριατικού σπιτιού, ούτε τόσο δεμένο, σαν στυλ, με την ταυτότητα της λιγότερο εύπορης τάξης, που όμως συχνά γοητευόταν από την απομίμηση, από τα υποκατάστατα στυλ που ανήκουν σε άλλους. Και για αυτό πρέπει να δούμε, το φτωχό εσωτερικό, ειδικά στη δεκαετία του 1890-1900-δηλαδή στα χρόνια στα οποία περιφέρεται πιο πειστικό παρά ποτέ στην Ευρώπη το φάντασμα του σοσιαλισμού-είναι παρόν στην πιο προωθημένη αστική παραγωγή, ασφαλώς όχι σαν πραγματικός προσδιορισμός, αλλά σαν εικόνα εκ των προτέρων εσωτερικοποιημένη, που σβήνει, θα λέγαμε, κάθε ένοχη πολυτέλεια'.

Και ενώ στην Ευρώπη και στην Γερμανία κυρίως, οι σχεδιαστές συζητούσαν για τη νομιμότητα και την ωφελιμότητα της χρήσης μηχανών στη θέση της χειροτεχνίας, ενώ διαφωνούσαν στο ενοχλητικό ερώτημα της σχέσης τέχνη-βιομηχανία, και ενώ το ίδιο το Werkbund ήταν 'αναποφάσιστο' μεταξύ του κόσμου της βιομηχανίας και του κόσμου του πνεύματος, στην Αμερική, όπως γράφει ο Giedion *η μηχανοποίηση έπαιρνε τον έλεγχο.*

Η αμερικανική βιομηχανία ήταν επικεντρωμένη στην οργάνωση της παραγωγής μέσω της γραμμής συναρμολόγησης, τον καταμερισμό της εργασίας και των χρόνων εργασίας του Taylor. Ένα άλλο αντιπροσωπευτικό χαρακτηριστικό της αμερικανικής βιομηχανίας είναι ότι πάντα στόχευε στον μεγάλο αριθμό, στην παραγωγή για ένα κοινωνικά αδιαφοροποίητο κοινό, αλλά που χαρακτηριζόταν από κομφορμισμό στις κατευθύνσεις και τις επιλογές του καθώς και από την αδιαφορία των παραγωγών να δεθούν με τις μορφές της παράδοσης. Έτσι μπορούμε να μιλάμε για μια βιομηχανία στην οποία η παραγωγική συνιστώσα υπερέχει καθαρά έναντι αυτής του σχεδιασμού.

Όπως είδαμε την AEG να υλοποιεί το Werkbund, έτσι η περίπτωση της Ford πραγματοποιεί τη λειτουργία της αμερικανικής βιομηχανίας.

Ο Henry Ford τυπικός εκπρόσωπος του self-made-man, εργάτης, γιός αγροτών, ο οποίος είχε κατασκευάσει μόνος του ένα πρώτο μοντέλο αυτοκινήτου, το 1889 ίδρυσε την Detroit Automobile Company και το 1903 την Ford Motor Company που γίνεται σύντομα η μεγαλύτερη εταιρεία του κόσμου με πάνω από 200.000 εργαζομένους. Τις απόψεις του ως βιομηχανικός σχεδιαστής σχετικά με τη σχέση χρησιμότητας-ομορφιάς, ένα βασικό θέμα της ευρωπαϊκής συζήτησης σχετικά με το design, μπορούμε να τις καταλάβουμε από μερικά γραπτά του στα οποία μεταξύ άλλων αναφέρει: *‘είναι καλύτερο να θυσιάσουμε την καλλιτεχνία στην χρησιμότητα, ή την χρησιμότητα στην ομορφιά? Ποια θα ήταν για παράδειγμα η λειτουργία μιας τσαγέρας, όπου ο λαϊμός, χάρη σε μια αισθητική παρέμβαση, δε θα επέτρεπε να αδειάσει το τσάι? (..) Το αυτοκίνητο είναι ένα μοντέρνο προϊόν και πρέπει να κατασκευαστεί όχι για να αντιπροσωπεύει κάτι, αλλά για να μπορεί να προσφέρει την υπηρεσία για την οποία έχει προβλεφθεί’.*

Πιο σημαντικές είναι οι ιδέες του για την επιδίωξη της συνεχούς τελειοποίησης ενός μοναδικού μοντέλου, ιδέες που εμπεριέχουν μια παραγωγική και κοινωνική λογική. Στην αυτοβιογραφία του διαβάζουμε: *‘Εάν το κατασκευαστικό σχέδιο ενός αντικειμένου έχει μελετηθεί καλά, οι αλλαγές που θα υποστεί στο μέλλον θα είναι σπάνιες ενώ στην αντίθετη περίπτωση οι αλλαγές θα είναι αρκετά συχνές και ξαφνικές (...) Είναι αρχή μου κάθε κομμάτι, κάθε είδος που παράγω να είναι καλά κατασκευασμένο και γερό, και κανείς να μη βρεθεί στην ανάγκη να το αντικαταστήσει. Κάθε καλό αυτοκίνητο πρέπει να αντέχει όσο ένα καλό ρολόι’.* Και τέτοια ήταν η περίπτωση του διάσημου προϊόντος του, του μοντέλου T του οποίου η παραγωγή κράτησε από το 1908 έως το 1927.



Ford μοντέλο T.

Ο Ford χρησιμοποίησε ταινίες κινούμενες μηχανικά (κινούμενη γραμμή συναρμολόγησης), σιδηροτροχιές, κινούμενους γερανούς κλπ. πάνω στα οποία μεταφέρονταν τα διάφορα τμήματα του σασί έτσι ώστε οι εργάτες να μένουν στη θέση τους (εργασία σε σειρά, χρόνοι Taylor) καθώς και κομμάτια προκατασκευασμένα αλλού έτσι ώστε το μοντέλο T να περάσει από τις δωδεκάμιση ώρες σε μία ώρα και μισή ανα αυτοκίνητο φθάνοντας το 1915 να κατασκευάζει 1,000,000 αυτοκίνητα το χρόνο.

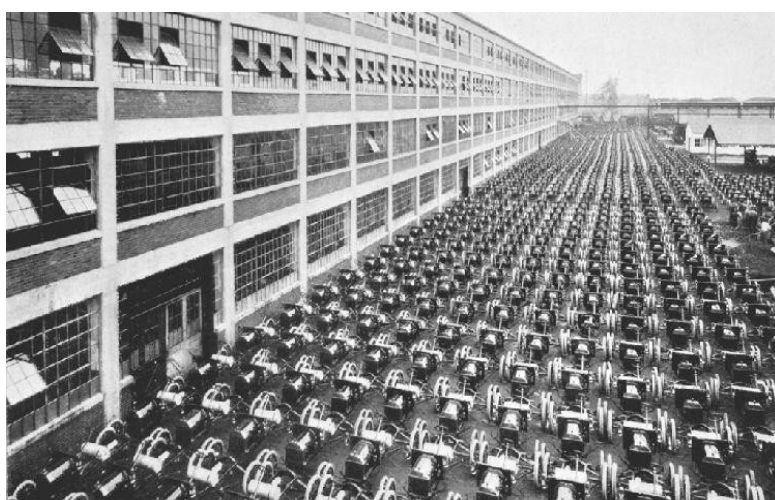


Γραμμή συναρμολόγησης.

Η μεγαλύτερη αξία του Ford όμως και αυτή που του εξασφαλίζει μια θέση στην ιστορία είναι το ότι δημοκρατικοποίησε το αυτοκίνητο που μέχρι τότε προοριζόταν μόνο για τους προνομιούχους και το προσάρμοσε σε μια συνηθισμένη τιμή αγοραστικής ικανότητας. Για να φτάσει σε αυτόν τον στόχο πλήρωνε τους εργαζομένους του σχεδόν διπλάσιους μισθούς για λιγότερες ώρες εργασίας σε σχέση με άλλα εργοστάσια κι έτσι έφερνε το προϊόν μέσα στις οικονομικές δυνατότητες των ίδιων των εργαζομένων του. Υποστήριζε ότι αν στους εργαζομένους δινόταν μεγαλύτερη οικονομική δυνατότητα και περισσότερος ελεύθερος χρόνος, τότε θα είχαν αποκτήσει *κινητικότητα*, θα επιδίωκαν να αποκτήσουν μεγαλύτερο σπίτι, περισσότερα αγαθά και άρα ζήτηση για περισσότερα προϊόντα (Φορντισμός). Έτσι λοιπόν τα υψηλά ημερομίσθια, η συμμετοχή των εργαζομένων στα κέρδη της επιχείρησης, η παραγωγή

σε σειρά κλπ. είναι κατά μια έννοια τρόποι ώστε οι ίδιοι που εργάζονται σε μια βιομηχανία να είναι συγχρόνως και οι πρώτοι αγοραστές του προϊόντος.

Ο Ford πέτυχε με την υλοποίηση της ιδέας του, όχι απλώς να καλύψει μια βασική ανάγκη, αλλά να δημιουργήσει ένα προοίμιο για μια ευρύτερη επανάσταση. Η ανάπτυξη των τεχνικών της μαζικής παραγωγής, επέτρεψε στην εταιρεία να βγάζει ένα Ford Model T κάθε 24 δευτερόλεπτα, ώστε να προχωράει σε συνεχείς μειώσεις της τιμής του αυτοκινήτου. Αυτό έγινε δυνατόν λόγω της οικονομίας κλίμακας, σε συνδυασμό με την καταβολή μεγαλύτερων μισθών. Έτσι οι εργαζόμενοι ανέβασαν το επίπεδο διαβίωσης τους, και έγιναν εν δυνάμει πελάτες, μεταξύ άλλων, και για τα αυτοκίνητα που έφτιαχναν οι ίδιοι. Αυτές οι καινοτομίες άλλαξαν την ίδια τη δομή της κοινωνίας.



One day's production at the Highland Park Plant, August, 1913, Ford.

Ο Ford αντιλήφθηκε ότι το κόστος στην κατασκευή (και άρα τα κέρδη για τους μεσάζοντες) άρχιζε τη στιγμή που η πρώτη ύλη χωριζόταν από τη γη και συνεχιζόταν μέχρι το τελικό προϊόν να παραδοθεί στον καταναλωτή. Στο εργοστάσιο που έχτισε στην River Rouge ενσωματώνεται η ιδέα του για μια ολοκληρωμένη παραγωγή που να περιλαμβάνει τη λειτουργία, τη συναρμολόγηση, και τη μεταφορά. Για να πραγματοποιηθεί η κάθετη ολοκλήρωση της αυτοκρατορίας του, αγόρασε έναν σιδηρόδρομο, απέκτησε 16 ορυχεία άνθρακα και περίπου 700.000 στρέμματα (285.000 εκτάρια) δάσους για ξύλευση, έχτισε ένα πριονιστήριο, απέκτησε ένα στόλο φορτηγών ώστε να μεταφέρει μετάλλευμα από τα ορυχεία του Lake Superior, και αγόρασε ακόμη και ένα υαλουργείο, αφού τα αυτοκίνητά του έπρεπε να έχουν τζάμια.

Το 1926 η General Motors ο πιο κοντινός αντίπαλος της Ford παρουσίασε ένα νέο, χαρούμενο, χρωματιστό μοντέλο Chevrolet σε κατευθείαν ανταγωνισμό με το μοντέλο T και ενώ είχε σε πωλήσεις συνήθως το ένα τρίτο της Ford, εκείνο το χρόνο πούλησε περισσότερα αυτοκίνητα. Αυτό ήταν το τέλος του μοντέλου T το οποίο αποσύρθηκε και τη θέση του πήρε το μοντέλο A, πιο κομψό, εγκαινιάζοντας έτσι τη νέα τακτική πώλησης που συνίσταται στην αλλαγή μοντέλου κάθε χρόνο και στην αναζήτηση ενός καλά καθορισμένου στυλ. Η αγορά είχε αλλάξει με αποτέλεσμα οι αξίες που είχαν

προταθεί από τον Ford να ξεπεραστούν από άλλες που στόχευαν στο νεωτερισμό και την ποικιλία προϊόντων. Η στρατηγική των εταιρειών πλέον πέρασε από μια στρατηγική που στόχευε στη μείωση της τιμής σε εκείνη που βασίζεται στην προώθηση του προϊόντος.

Είδαμε ότι η 'μηχανοποίηση' είναι κύριο χαρακτηριστικό της βιομηχανίας στις αρχές του 20^{ου} αι. στις δύο πιο βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες της εποχής. Ο σχεδιασμός ακολουθεί αυτήν την πορεία και προσαρμόζεται με νέες φόρμες, πιο λειτουργικές. Το 1918 ο πόλεμος και η ήττα της Γερμανίας διακόπτουν την θριαμβευτική άνοδο της βιομηχανίας της και όλοι οι θεωρητικοί, πολέμοι ή μη της προηγούμενης ανάπτυξης συμφωνούν στην ερμηνεία του πολέμου: την διέγνωσαν σαν προϊόν της βιομηχανίας. Είχε φτάσει η ώρα της επιστροφής της τέχνης (Adolph Behne). Δηλαδή στο εσωτερικό του Werkbund δε μιλούσαν πια για λειτουργική μορφή και για αισθητική της μηχανής αλλά για την ποιότητα της χειρωνακτικής εργασίας και για εργασία καλλιτεχνική ή οποιαδήποτε εργασία που υπομονετικά κατεργάζεται και δίνει μορφή στο αντικείμενο. *'Ο Gropius τότε αποφάσισε να ξαναφέρει τις τέχνες στη χειροτεχνία και με αυτό το σκοπό ίδρυσε στη Βαϊμάρη το **Bauhaus**, που κατ' όνομα αναφερόταν σε ένα μεσαιωνικό εργαστήριο συνεταιριστικού τύπου'* αναφέρει ο Posener.

To Bauhaus

Το Bauhaus είναι η ονομαστή σχολή που ίδρυσε ο Gropius το 1919 στη Βαϊμάρη και διήρκεσε ακριβώς όσο και η δημοκρατία της Βαϊμάρης, δηλαδή μέχρι το 1933. Το Bauhaus αν και εκπαιδευτικό ίδρυμα εδώ θα μελετηθεί με την ίδια οπτική που θα μελετούσαμε μια βιομηχανική επιχείρηση ή μια οργάνωση παραγωγικο-οικονομική από τη στιγμή που στις ίδιες τις παιδαγωγικές προθέσεις του Bauhaus ήταν παρόντες αυτοί οι παράγοντες.

Οι επιρροές του Bauhaus κατά τα πρώτα στάδια στη Βαϊμάρη, όσον αφορά τη σχεδιαστική διάσταση, ήταν ο Πρωτορασιοναλισμός του Behrens και της Wiener Werkstätte, το ρεύμα του Εξπρεσιονισμού το οποίο πολλοί δάσκαλοι του Bauhaus είχαν ακολουθήσει κατά το παρελθόν έστω με διαφορετικούς τόνους (Itten, Feininger, Marc, Muche, Klee, Kandinsky κλπ.), ο ρώσικος κονστρουκτιβισμός και προπαντός το De Stijl (νεοπλαστικισμός). Αυτές οι επιδράσεις λιγοστεύουν σταδιακά με το πέρασμα της σχολής από την Βαϊμάρη στο Dessau ακολουθώντας μια αποφασιστική στροφή σε κάθε σχεδιαστικό τομέα, είτε με την παραδοχή ενός γούστου νέου, είτε με την εγκατάλειψη κάθε χειρωνακτικού χαρακτηριστικού σε όφελος του βιομηχανικού. Έτσι μπορούμε να μιλάμε για ένα 'εκ των υστέρων' στυλ απο το οποίο έλειπαν οι παραδοσιακές αναφορές αλλά χαρακτηριζόταν από ορθολογικότητα, οικονομία, ακρίβεια, καθώς και από έναν σαφέστερο χαρακτήρα παραγωγής σε σειρά. Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αυτής της διαφοροποίησης είναι η εισαγωγή του ατσάλινου σωλήνα στην κατασκευή επίπλων και ειδικά ορισμένων καθισμάτων.



De Stijl, Red and Blue Chair, Gerrit Rietveld (1918).

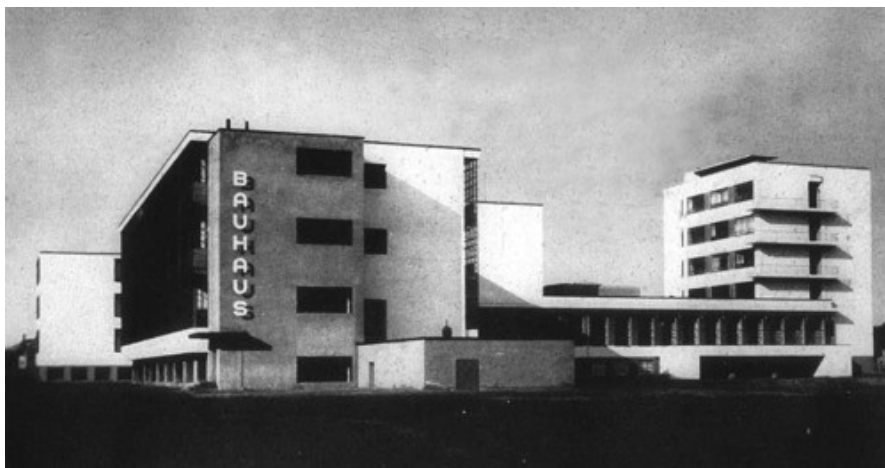


Yellow, Red, Blue, Wassily Kandinsky (1925).

Αυτό που διακρίνει το Bauhaus σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του, είναι η συνεχής προσπάθεια για πειραματισμό με τις μορφές, έτσι ώστε κάθε αντικείμενο να αναδεικνύει τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής του. Η αντιμετώπιση αυτή είναι κοινή είτε αφορά την αρχιτεκτονική, είτε αφορά το σχεδιασμό, είτε τις γραφικές τέχνες. Γι' αυτό το λόγο διαφορετικά προϊόντα της σχολής έχουν μια σχεδιαστική ομοιογένεια.



Bauhaus, M. Breuer μονοκόμματη καρέκλα (1928), Bauhaus, M. Brandt λάμπα νυκτός, Kandem, (1927)



Τα κτίρια του Bauhaus στο Dessau (1925).



Bauhaus, L. Mies van der Rohe, πολυθρόνα Barcelona (1929) .Η καρέκλα αυτή είναι ένα παράδειγμα καλών αναλογιών βασισμένη σε ένα τετράγωνο. Το ύψος της καρέκλας είναι ίσο με το μήκος και το βάθος, δηλαδή χωράει ακριβώς σε ένα κύβο. Τα παραλληλόγραμμα στο δέρμα είναι ακριβώς, σε αναλογίες, τα παραλληλόγραμμα της ρίζας του 2.

Οι σταθερές που μπορούμε να πάρουμε από την παιδαγωγική σκέψη των δασκάλων του Bauhaus ήταν 'Εκπαίδευση μέσα από την Τέχνη, την Πράξη και την Εργασία'. Δηλαδή εκμάθηση μέσω δράσης και όχι μέσω διαβάσματος (αντι-διανοουμενισμός). Για αυτό το λόγο εγκαθιδρύθηκε πλήρως στη σχολή το διπολικό διδακτικό σύστημα σύμφωνα με το οποίο σε κάθε εργαστήριο ο επι κεφαλής καλλιτέχνης είχε πάντα δίπλα του έναν πρακτικό τεχνικό. Θεωρούσαν ότι η παράλληλη διδασκαλία των σπουδαστών από έναν καλλιτέχνη και έναν τεχνίτη ήταν πιο ολοκληρωμένη και σφαιρική. Πάνω σε αυτό ο Gropius γράφει: ήταν απαραίτητο να εργάζονται οι σπουδαστές κάτω από την καθοδήγηση δύο δασκάλων, και αυτό γιατί δεν υπήρχαν ούτε τεχνίτες με επαρκή φαντασία, για να μπορούν να λύσουν καλλιτεχνικά προβλήματα, αλλά ούτε καλλιτέχνες με επαρκείς τεχνικές δεξιότητες, για να μπορούν να αναλάβουν τις λειτουργίες ενός εργαστηρίου. Θα έπρεπε πρώτα να εκπαιδευτεί μια νέα γενιά, ικανή να συνδυάσει και τα δύο ταλέντα'. Με αυτή τη λογική λειτούργησαν τα εργαστήρια αγγειοπλαστικής, υφαντουργίας, μεταλλοτεχνίας, επίπλων, υαλογραφημάτων και τοιχογραφίας, ξυλογλυπτικής και λιθογλυπτικής, βιβλιοδεσίας, τυπογραφίας, διαφήμισης και φωτογραφίας καθώς και τα εργαστήρια εσωτερικής διακόσμησης.

Περνώντας στην εξέταση του τομέα παραγωγής, διευκρινίζουμε ότι επειδή δεν πρόκειται για πραγματική βιομηχανία, η παραγωγική της δραστηριότητα καθώς και οι πωλήσεις περιορίζονται σε πρωτότυπα τα οποία μέσω μιας εταιρείας περιορισμένης ευθύνης που ανήκε στο ίδρυμα, προωθούνταν και πωλούνταν σε ιδιωτικές βιομηχανίες για μαζική παραγωγή. Κατ' αυτό τον τρόπο η Εθνική Τράπεζα της Θουρινγκίας τυπώνει τραπεζογραμμάτια πάνω σε σχέδιο του Herbert Bayer, η εταιρεία Schott & Gen άρχισε την παραγωγή σε σειρά δοχείων από γυαλί, η Standard –Mobel την παραγωγή όλων των επίπλων του Breuer από μέταλλο, η Schwintzer & Graff την παραγωγή μοντέλων φωτιστικών, η Thonet την παραγωγή της μονοκόμματης καρέκλας με κάθισμα και πλάτη από ινδικό καλάμι κλπ.

Οι συνεργασίες αυτές με την εξωτερική βιομηχανία δεν είχαν ως στόχο την παραγωγή κέρδους αλλά την οικονομική επιβίωση της σχολής για την συνέχιση των πειραματισμών αφού η χρηματοδότηση από το κράτος ήταν ανεπαρκής. Αυτές οι οικονομικές δυσκολίες που αντιμετώπιζε η σχολή, ο εξοστρακισμός της από τις επίσημες υπηρεσίες, οι αντιθέσεις μεταξύ των διευθυντών της και των πολιτικών, οι διχόνοιες μεταξύ των δασκάλων, η κομματική αντίθεση από τη δεξιά αλλά και από την αριστερά και η επικράτηση των ναζιστών έφθειραν τη σχολή. Τελικώς οι Εθνικοσοσιαλιστές επέβαλλαν βίαια το κλείσιμο της σχολής χαρακτηρίζοντας την μοντέρνα τέχνη 'αντιγερμανική', 'ξένη' και 'κομμουνιστική'.

Γεννημένο με προθέσεις ρεαλιστικές, το Bauhaus καταλήγει σε ένα κίνημα ιδεών. Ιδεολογικό ή μη, παραμένει το μεγαλύτερο σημείο αναφοράς, προς ή ενάντια στο οποίο κινήθηκε στη συνέχεια όλη η κουλτούρα του design.

Δεκαετίες 1950-1960

Η δεκαετία του 1950 βρίσκει τις αναπτυσσόμενες ΗΠΑ, όπως προαναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου, να τείνουν σε μια ροπή προς την υπερκατανάλωση. Εντελώς νέες οικιακές συσκευές κάνουν την εμφάνισή τους όπως τηλεοράσεις, ηλεκτρικές σκούπες, κουζίνες κλπ. που διευκολύνουν το έργο της 'χαρούμενης νοικοκυράς', εισάγεται από τις εταιρείες η έννοια της 'προσχεδιασμένης αχρηστίας ή φθοράς' (planned obsolescence), της υποταγής δηλαδή του σχεδιασμού σε ένα γρήγορο εναλλασσόμενο ρυθμό νέων μοντέλων που καθιστά τα προηγούμενα πολύ σύντομα άχρηστα και εκτός μόδας, και τέλος εμφανίζεται η τάση του lifestyle, προϊόν της ανύψωσης του ατομικισμού, με έμφαση κυρίως στις καταναλωτικές ανάγκες της νεολαίας. Τα γεωμετρικά σχήματα της προηγούμενης περιόδου αντικαθίστανται από ελεύθερες καμπύλες ή οργανικές μορφές στις οποίες τα νέα υλικά όπως τα συνθετικά/πλαστικά καθώς και το κόντρα πλακέ προσφέρουν ιδανικές λύσεις.



Διαφήμιση για τις οικιακές συσκευές Kelvinator (1955) E. Saarinen, κάθισμά τουλίπα (1956).

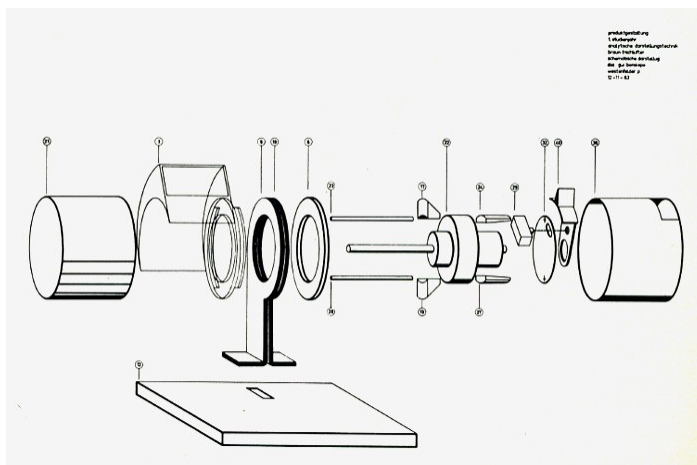
Παράλληλα στην Ευρώπη η ίδια εποχή αποτελεί περίοδο ανασυγκρότησης (σχέδιο χρηματοδότησης Μάρσαλ) μετά τις καταστροφές του Β΄ παγκοσμίου πολέμου. Η δημιουργία εργατικών κατοικιών και χρήσιμων αντικειμένων αποτελούν τις ευρωπαϊκές προτεραιότητες και είναι η εποχή που θεσπίζονται συγκεκριμένες προδιαγραφές για τον σχεδιασμό αντικειμένων που παράγονται βιομηχανικά για να καλύψουν τις άμεσες ανάγκες του πληθυσμού. Η Μεγάλη Βρετανία αποτελεί την πρώτη χώρα στην Ευρώπη η οποία αναγνωρίζει επίσημα τον σημαντικό ρόλο του βιομηχανικού σχεδιασμού στην παραγωγή και έτσι ιδρύεται το Πρώτο Συμβούλιο Βιομηχανικού Σχεδιασμού και Έκδοσης πιστοποιητικών εγκυρότητας και υψηλής ποιότητας στο Λονδίνο.

Σε αυτό το πεδίο κινείται και η γερμανική σχολή **ULM** η οποία ιδρύεται το 1955 και για πολλούς θεωρήθηκε η συνέχεια και ο εκσυγχρονισμός του Bauhaus καθώς στον τομέα σχεδιασμός, παραγωγή, πώληση υιοθέτησε τον ίδιο τρόπο λειτουργίας. Η σημαντική διαφορά όμως της Ulm από το Bauhaus που καθιστά και την κυριότερη συνεισφορά της από κοινωνικο-πολιτική άποψη, ήταν η εκλογή της λεγόμενης 'εναλλακτικής πελατείας', της πριμοδότησης δηλαδή του βιομηχανικού προϊόντος κοινής χρήσης έναντι με εκείνο της ατομικής ιδιοκτησίας που από τότε ήταν ο μόνιμος στόχος στον τομέα του design εκ μέρους των τεχνικών της αριστεράς.

Στην Ulm ανταποκρίθηκαν με σοβαρότητα και υπευθυνότητα στα θέματα βιομηχανικού σχεδιασμού εισάγοντας εκτός από τα τεχνικά και σχεδιαστικά μαθήματα και μαθήματα εργονομίας, αντοχής υλικών, οικονομικών, ψυχολογίας και κοινωνιολογίας. Οι καθηγητές της Ulm Hans Gugelot και Dieter Rams καθώς και συνεργάτες τους, σύντομα γίνονται οι σχεδιαστές των προϊόντων της γνωστής εταιρείας Braun και αναπτύσσουν μια μοναδική σχέση ανάμεσα σε εκπαίδευση και παραγωγή.



Braun, Ράδιο –φωνογράφος των Hans Gugelot και Dieter Rams (1956).



Αναλυτικό σχέδιο ενός ανεμιστήρα τραπεζιού σχεδιασμένου για την εταιρεία Braun καθώς και ολοκληρωμένος.

Τέλος θα σταθούμε στο σκανδιναβικό σχεδιασμό και ιδιαίτερα στις χώρες Δανία, Σουηδία, Φιλανδία οι οποίες είχαν την τύχη να μην επηρεαστούν άμεσα από τα δεινά του πολέμου με αποτέλεσμα να βρίσκονται στην εμπροσθοφυλακή του σχεδιασμού, της αρχιτεκτονικής και της διακόσμησης και να παρουσιάσουν αξιόλογους σχεδιαστές, καθώς μια ιδιαιτερότητα στο σχεδιασμό, τη στροφή προς τον **τραντισιοναλισμό**.

Ο σκανδιναβικός σχεδιασμός αν και φαινομενικά ακολουθεί το μοντέρνο κίνημα, εντούτοις διαφοροποιείται αισθητά από αυτό και οι κυριότεροι λόγοι είναι ότι: η μηχανή δεν λαμβάνεται υπόψη ως σημείο αναφοράς, δηλαδή δεν ακολουθείται η μορφολογική και εννοιολογική μίμηση της βιομηχανικής πραγματικότητας όπως έκαναν οι ρασιοναλιστές, η απουσία ρήξης ανάμεσα στην χειροτεχνία και τη βιομηχανία, υπάρχει η θέληση να μην σταματήσουν τη δική τους παράδοση αλλά να την συνεχίσουν, η επικράτηση της χρήσης συγκεκριμένων υλικών, ειδικά του ξύλου το οποίο είχαν σε μεγάλη αφθονία και τέλος δέχθηκαν μεγάλη επιρροή στο σχεδιασμό από την φύση, από την οποία χάρη στη μηχανή και τα χέρια του τεχνίτη, ανακάλυψαν την πιο πρωτότυπη και μυστική μορφολογία.

Εμβληματικό πρόσωπο του σκανδιναβικού design είναι ο Δανός Kaare Klint ο οποίος διαλέγει και κατεργάζεται τυπολογίες του παρελθόντος τις οποίες μεταφέρει σε μια μορφολογία εντελώς μοντέρνα, από όπου η ετικέτα modern antic που θα συνοδεύσει πολλούς εκπροσώπους της σχολής του, είναι ένα είδος ανασχεδιασμού που έχει μεγάλη επικαιρότητα και στις μέρες μας, δηλαδή μια λογική μέση οδός ανάμεσα στον καθαρό ιστορικό εκλεπτισμό και τις πιο παράλογες μελλοντολογικές φαντασιώσεις. Όπως γράφει ο Hooper: *‘Μη έχοντας καμία φιλοδοξία να φανεί μοντέρνος από αγάπη προς τον μοντερνισμό, ο Klint ενθάρρυνε τους μαθητές του να μελετούν τα έπιπλα του παρελθόντος αφού ήταν βέβαιος ότι οι παλιοί ήταν πιο μοντέρνοι από εμάς’*. Για τον ίδιο σχεδιαστή ο Mang γράφει: *‘Ο Kaare Klint δεν ήταν ένας επαναστάτης. Στην ακαδημία της τέχνης προσπάθησε να πάρει σαν μοντέλο για τα σύγχρονα έπιπλα τις καλές και σίγουρες φιγούρες των περασμένων εποχών, όταν η απλότητά τους και η λειτουργικότητά τους πλησίαζαν τις σύγχρονες αντιλήψεις’*.



K. Klint propeller stool.

Μια επιπλέον όψη της συνιστώσας σκανδιναβικός σχεδιασμός ήταν η παρουσία σε αυτό μιας τρίτης ομάδας τεχνικών: κοντά στους έμπειρους επιπλοποιούς και στους designers καταχωρούνται οι αρχιτέκτονες-designers. Η παρουσία τους είναι πολύ σημαντική εφόσον τα σκανδιναβικά έπιπλα και τα οικιακά αντικείμενα εκτός του ότι δε βγαίνουν από τη λογική της 'μηχανοποιημένης χειροτεχνίας' γεννιούνται πάντα ιδεατά ή πραγματικά από ένα περιεχόμενο χώρο. Τέτοια προσωπικότητα ήταν ο Φιλανδός αρχιτέκτονας **Alvar Aalto** του οποίου πολλά έπιπλα πραγματοποιήθηκαν με αφορμή αρχιτεκτονικές δημιουργίες. Το αντικείμενο του Aalto λοιπόν, κατασκευασμένο για ειδικούς χώρους, δεν ενδιαφέρεται να γίνει σειρά με την τρέχουσα σημασία της λέξης εφόσον έχει μελετηθεί στην λογική μιας αρχιτεκτονικής, με μια διαλεκτική σχέση ανάμεσα στον άνθρωπο και το περιβάλλον.

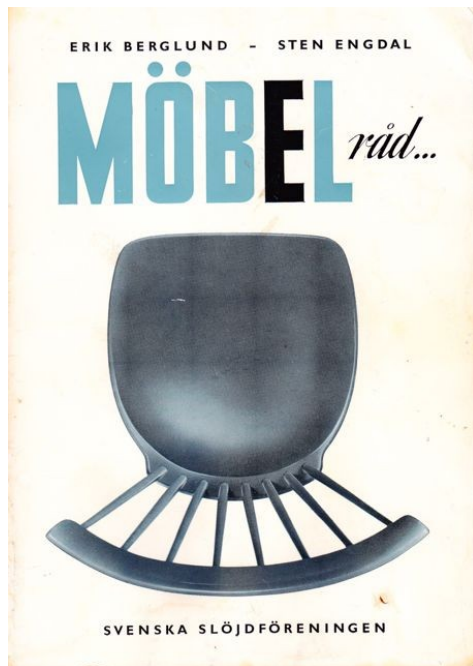


Ο Aalto χρησιμοποιεί ως κυρίαρχο υλικό το κόντρα πλακέ (plywood) με το οποίο άρχισε να πειραματίζεται τη δεκαετία του 1930. Η κατάκτηση της πιο κατάλληλης τεχνολογίας για την κατεργασία του κόντρα πλακέ και το ίδιο το γεγονός ότι η Φιλανδία το 1912 είχε φτάσει στην πρώτη θέση παραγωγής αυτού του υλικού, έστω μόνο σε επίπεδες πλάκες, επιτρέπουν στον Aalto να πειραματιστεί με αυτό με τρόπο περισσότερο εύκολο και αποδοτικό.

Πριν καταλήξει στην τεχνική του κόντρα πλακέ, εμπνέεται από τον Thonet , από τις καρέκλες με μεταλλικό σωλήνα του Bauhaus και κατόπιν μελετά τη διαδικασία για την κατασκευή των σκι μέχρι να φτάσει σε ένα υψηλό τεχνικό επίπεδο της πρώτης του περιόδου, την κάμψη του ξύλου όχι με ατμό, όπως είχε κάνει ο Thonet αλλά χρησιμοποιώντας τη φυσική υγρασία του ξύλου, της φιλανδικής σημύδας (εμπειρίες που ανάγονται στην επίπλωση του σανατορίου του Ραϊμίο το 1930). Πάνω αριστερά: Μονοκόμμητη καρέκλα σε σχήμα U (1935) και Δεξιά: σκαμπό (1935).

Όσον αφορά τον παράγοντα πώληση και κατανάλωση θα ήταν άξιο να αναφέρουμε την ίδρυση συνεταιρισμών καταναλωτών , ο πρώτος από τους οποίους ήταν η δανέζικη FDB Møbler που ιδρύθηκε από τον αρχιτέκτονα Borge Mørgesen. Στη Σουηδία αυτοί οι συνεταιρισμοί φτάνουν σε πολύ μεγάλη αποτελεσματικότητα. Τοποθετώντας την δραστηριότητά τους σε ένα ευρύτερο περιεχόμενο ο Mang γράφει: *Μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο η Σουηδία γίνεται το παραδειγματικό μοντέλο του μετριοπαθούς σοσιαλισμού. Το ανεβασμένο βιοτικό επίπεδο εκδηλώνεται στις κατοικίες των πόλεων-*

δορυφόρων, στα σχολεία και στα κέντρα πρόνοιας.(...) Μερικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας άρχισαν να παράγουν έπιπλα σε συμφέρουσες τιμές και να τα διαθέτουν απ' ευθείας. Η σουηδική επιχείρηση των καταναλωτών KF δημιούργησε ένα δικό της στούντιο αρχιτεκτονικής, ένα συμβουλευτικό γραφείο για την επίπλωση και δικά της ξυλουργεία, και ιδρύει εξάλλου σχολεία, εργαστήρια και βιβλιοθήκες'. Τέλος στη Δανία καθορίζονται ακριβείς κανόνες για τη διαφήμιση και τη διανομή. Στις εκθέσεις με εθνικό χαρακτήρα γίνονται αποδεκτά μόνο εκείνα τα προϊόντα που ανταποκρίνονται σε αυστηρά ποιοτικά κριτήρια και ειδικές επιτροπές μετά από έρευνα σε βάθος χορηγούν περιζήτητα σήματα ποιότητας. Όλα αυτά έχουν μια άμεση εμπορική ανταπόκριση. Στις αρχές της δεκαετίας του 50' περισσότερο από το μισό της δανέζικης παραγωγής εξάγεται και συγκεκριμένα το 1950 η χώρα εξάγει έπιπλα αξίας 3 εκατομ. κορονών.



Αριστερά: Εξώφυλλο του Möbelråd της Svenska Slöjdföreningen, εγχειρίδιο ενός καταναλωτικού συνεταιρισμού (1961). Δεξιά: Το εσωτερικό του καταλόγου.

3.2 Σύγχρονος Σχεδιασμός

Από τη δεκαετία του 1980 και μετά οι «ασκοί του Αιόλου» που άνοιξε ο μεταμοντερνισμός κατέργησαν τα κριτήρια που επικρατούσαν στο μοντέρνο σχεδιασμό και έδωσαν τη δυνατότητα συνύπαρξης διαφορετικών προτάσεων και προσεγγίσεων. Το πλουραλιστικό αποτέλεσμα στο οποίο οδήγησε ο μεταμοντερνισμός εμφανίζεται σε δύο όψεις: από τη μια πλευρά υπάρχουν οι σχεδιαστές οι οποίοι διατείνονται ότι αυτό το άνοιγμα είναι μια θετική εξέλιξη και μια άκρως δημοκρατική διαδικασία που παρέχει στους σχεδιαστές ελευθερία κινήσεων, χωρίς δογματικούς περιορισμούς, και ταυτόχρονα στους καταναλωτές τη δυνατότητα να επιλέγουν αυτό που πραγματικά θέλουν (λ. χ Venturi) και από την άλλη υπάρχει η σκληρή κριτική σχεδιαστών όπως ο Aldo van Eyck και του Victor Papanek που διατείνονται ότι αυτός ο πλουραλισμός δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας χωρίς αρχές και φραγμούς σχεδιασμός, ο οποίος εξυπηρετεί την υπερκαταναλωτική σημερινή κοινωνία και τα συμφέροντα εταιρειών εις βάρος των καταναλωτών.

Μέσα από αυτές τις κριτικές προσεγγίσεις βλέπουμε ότι εμφανίζονται διαφορετικά είδη και τάσεις του σύγχρονου βιομηχανικού σχεδιασμού. Θα ήταν προτιμότερο να γίνει μια κατηγοριοποίηση αυτού του φάσματος σε τέσσερις βασικές κατηγορίες: **α) εμπορικός, β) υπεύθυνος, γ) πειραματικός και δ) διαλογικός σχεδιασμός.** (Βιομηχανικός Σχεδιασμός Ι, Θανάσης Μπάμπαλης)

A) Εμπορικός Σχεδιασμός

Ο Εμπορικός Σχεδιασμός είναι αυτό που συνήθως καταλαβαίνουμε σαν Σχεδιασμό Προϊόντων και αποτελεί το μεγαλύτερο κομμάτι της επαγγελματικής δραστηριότητας ενός βιομηχανικού σχεδιαστή. Κύριος στόχος του σχεδιαστή είναι να δημιουργήσει επιθυμητά και χρήσιμα προϊόντα τα οποία επιφέρουν κέρδος στις εταιρείες που τα παράγουν ή τα εμπορεύονται. Αυτή η σχεδιαστική δουλειά έχει σαν στόχο της την αγορά και επομένως επηρεάζεται από τους κανόνες της αγοράς με αποτέλεσμα η επιτυχία ή αποτυχία της να ορίζεται καθαρά από οικονομικούς όρους.

Σαν παράδειγμα θα φέρουμε δύο προϊόντα:

1. Η καρέκλα Louis Ghost του Phillippe Starck για την εταιρεία Kartell που πούλησε πάνω από 200,000 κομμάτια μόνο το 2006. Με τιμή πώλησης γύρω στα 330 ευρώ σημαίνει ότι η εταιρεία εισέπραξε γύρω στα 66,000,000 ευρώ μόνο το 2006 και μόνο από αυτή την καρέκλα. Η ιδέα του Starck ήταν να μεταφέρει την ψυχή της κλασικής καρέκλας Luis XV αλλά σε πλαστικό του 21^{ου} αιώνα (πολυκαρμπονικό). Πέρα από την καλλιτεχνική της ποιότητα, η καρέκλα παράχθηκε με τις πιο σύγχρονες διαδικασίες παραγωγής που υπήρχαν τότε και ο κύριος λόγος ύπαρξής της ήταν να αποφέρει σημαντικό κέρδος για την Kartell.



Phillipe Starck, Louis Ghost και τρόπος αποθήκευσης.

2. Το iPod της Apple το οποίο με τα κέρδη που δημιούργησε από την μέρα που βγήκε στην αγορά κατάφερε να κάνει την Apple μια από τις πιο κερδοφόρες εταιρείες παραγωγής ηλεκτρονικών συσκευών παγκοσμίως. Η 'χημεία' του σχεδιασμού του iPod χρησιμοποιήθηκε πάλι στο iPhone καθώς και σε άλλα προϊόντα της εταιρείας πολύ επιτυχημένα. Είναι χαρακτηριστικό ότι η μετοχή της εταιρείας ανέβηκε κατά 65% μόνο με την ανακοίνωση της επικείμενης πώλησης του iPhone παρόλο που η τιμή του ήταν από τις υψηλότερες στην αγορά.



Παραλλαγές του iPod της Apple.

Ο Jonathan Ive, (σχεδιαστής και υπεύθυνος για προϊόντα όπως ο υπολογιστής iMac, το iPod, το iPhone και άλλα προϊόντα της εταιρείας Apple) είχε πει σε μια συνέντευξή του το εξής: 'Προσπαθούμε, ειλικρινά, να σχεδιάσουμε προϊόντα που λύνουν προβλήματα! Δεν μας ενδιαφέρει η προσωπική έκφραση. Αυτό που προσπαθούμε να κάνουμε είναι να σχεδιάσουμε κάτι που όταν το δεις να αναρωτηθείς αν πράγματι έχει «σχεδιαστεί» έστω και λίγο, γιατί φαίνεται τόσο προφανές, αναπόφευκτο και απλό.'

Οι αρχές του Ive ταυτίζονται σε μεγάλο βαθμό με τις αρχές του Dieter Rams ο οποίος όπως αναφέρθηκε διετέλεσε καθηγητής της Ulm, κυρίως γνωστός για τη συνεργασία του με την εταιρεία Braun. Τη δεκαετία του 1980 έγραψε τους δέκα κανόνες του για να μπορεί να κρίνει ο ίδιος τα σχέδιά του και από τότε είναι γνωστοί σαν 'οι δέκα εντολές του σχεδιασμού'. Επιγραμματικά αυτές είναι: **1.καινοτομία**, **2.χρησιμότητα**, **3.αισθητική**, **4.αυτο-εξήγηση** (εύκολη προφανής κατανόηση του τρόπου λειτουργίας), **5.διακριτικότητα** (ουδέτερος σχεδιασμός ώστε να αφήνει χώρο για την αυτοέκφραση του χρήστη), **6.τιμιότητα** (το προϊόν δεν πρέπει να χειρίζεται τους αγοραστές με ψευδείς δηλώσεις), **7.διάρκεια**, **8.σχολαστικότητα**, **9.φιλικότητα προς το περιβάλλον**, **10.όσο το δυνατόν λιγότερο design** (επιστροφή στην απλότητα).

Δεν είναι λοιπόν τυχαίο ότι οι δύο αυτές εταιρείες (Braun, Apple) είχαν έντονη απήγηση στο κοινό εφόσον οι Ive και Rams απασχολήθηκαν σε αυτές ως διευθυντές σχεδιασμού κατά την παραγωγή των πιο κερδοφόρων προϊόντων τους και ταυτίζονταν ιδεολογικά και σχεδιαστικά.



Αριστερά: Ραδιόφωνο Taschenradio, Braun(1958-1960), Δεξιά: iPod 3 μοντέλα, Apple .

B) Υπεύθυνος Σχεδιασμός

Ο Υπεύθυνος Σχεδιασμός είναι αυτό που θεωρείται κοινώς αντιληπτό ως *κοινωνικά υπεύθυνος σχεδιασμός* και έχει κινητήρια δύναμή του μια πιο ανθρωπιστική έννοια της υπηρεσίας. Εδώ ο σχεδιαστής εργάζεται για να προσφέρει ένα χρήσιμο και επιθυμητό προϊόν ή σύστημα σε αυτούς που γενικά αγνοούνται από την αγορά. Θέματα όπως η ηθική, η συμπαράσταση, ο αλτρουισμός και η φιλανθρωπία περιβάλλουν διέπουν αυτό το έργο είτε είναι για κοινό σε υποανάπτυκτες, είτε σε ανεπτυγμένες χώρες. Παρόλο που ο Υπεύθυνος Σχεδιασμός μπορεί να έχει άμεση σχέση με την αγορά, εντούτοις ο πρωταρχικός του στόχος δεν είναι το κέρδος αλλά η εξυπηρέτηση των ατόμων που έχουν ιδιαίτερες ανάγκες. Δύο τέτοια παραδείγματα προϊόντων είναι:

1. Τα εργαλεία κήπου της εταιρείας Fiskars που απευθύνονται σε όλους αλλά είναι σχεδιασμένα ειδικά για ανθρώπους με αρθρίτιδα. Συγκεκριμένα έχουν ειδικές λαβές και υποβοηθούμενη δύναμη λειτουργίας έτσι ώστε χρειάζονται 50% λιγότερη δύναμη για το ίδιο αποτέλεσμα.



Ψαλίδα κήπου Fiskars.

2. Ο φορητός υπολογιστής XO1 του προγράμματος **One Laptop per Child** (2006), ο οποίος ήταν μια ιδέα του Nicholas Negroponte (MIT) έτσι ώστε να κατασκευαστεί μαζικά ένας φθηνός φορητός υπολογιστής για κάθε παιδί στον κόσμο. Ο αρχικός στόχος που τέθηκε ήταν ο υπολογιστής να μην ξεπεράσει την τιμή των 100 δολλαρίων. Όλοι όσοι συμμετείχαν ή συμμετέχουν σε αυτή την προσπάθεια το κάνουν χωρίς αμοιβή ή κέρδος και για την υλοποίησή του βοήθησαν οι σχεδιαστές ή ομάδες σχεδιαστών Yves Behar, fuseproject, Squid Labs και Red Hat καθώς και η εταιρεία Quanta Computer που τον κατασκεύασε τελικά και τον προωθεί σε οργανισμούς βοήθειας και κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο με έμφαση τις υποανάπτυκτες χώρες. Χαρακτηριστικό το παράδειγμα της Ινδίας η οποία επιδοτεί αυτό το πρόγραμμα έτσι ώστε το τελικό κόστος να είναι δέκα δολάρια ανά φορητό υπολογιστή!



. XO1 One Laptop per Child.



Πάνω: Σχολείο στο Αφγανιστάν, κάτω: Σχολείο στην Κένυα.



Γ) Πειραματικός Σχεδιασμός

Ο Πειραματικός Σχεδιασμός αντιπροσωπεύει ένα πολύ μικρό κομμάτι στο ευρύτερο πεδίο του σχεδιασμού. Ο κύριος σκοπός του είναι η εξερεύνηση, ο πειραματισμός, και η ανακάλυψη. Τον Πειραματικό Σχεδιασμό χαρακτηρίζει περισσότερο η διαδικασία του παρά το αποτέλεσμα του. Στην απλούστερη μορφή του, χαρακτηρίζεται από μια έντονη περιέργεια (σε μια νέα ή παλιά τεχνολογία, σε ένα υλικό, σε μια ιδέα ή σε ένα θέμα αισθητικής) και όχι σε ένα συγκεκριμένο σκοπό-αποτέλεσμα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιας προσέγγισης στο σχεδιασμό είναι:

1. Η ελαφριά καρέκλα Knotted Chair του Marcel Wanders (1996) ο οποίος πειραματίστηκε με ανθρακονήματα (carbon fibres) και εποξικές κόλλες κατασκευάζοντας μια πολύ ελαφριά καρέκλα που συνδυάζει βιομηχανικούς τρόπους κατασκευής και εργασία με τα χέρια.



Αριστερά: Knotted Chair, η ελαφριά καρέκλα Wanders (1996) και Δεξιά: λεπτομέρεια του πλέγματος

2. Το σφυρί που σχεδίασε και κατασκεύασε η σχεδιαστική ομάδα Vert Design στο Σύδνεϋ, για την κατασκευή του οποίου η ομάδα πειραματίστηκε με την διαδικασία παραγωγής με CNC ξεκινώντας από την ιδέα της μείωσης όγκου του προϊόντος κατά την μεταφορά, αγορά και απόρριψή του.



Το σφυρί της εταιρείας Vert Design.

Δ) Διαλογικός Σχεδιασμός

Ο Διαλογικός Σχεδιασμός (<διάλογος) περιγράφει το σχεδιασμό και την δημιουργία αντικειμένων καθημερινής χρήσης με απώτερο σκοπό την επικοινωνία, την ανταλλαγή ιδεών και την προώθηση του *διαλόγου* μεταξύ των ανθρώπων πάνω σε διάφορα θέματα. Είναι η πλευρά του σχεδιασμού που βρίσκεται πολύ κοντά στις Καλές Τέχνες και συναντάται πολύ πιο σπάνια από τις άλλες τρεις περιοχές που αναφέρθηκαν παραπάνω όσον αφορά τα τρισδιάστατα αντικείμενα. Συχνότερα παραδείγματα διαλογικού σχεδιασμού συναντάμε σε ειδικότητες όπως ο σχεδιασμός σταντ εκθέσεων, έντυπου υλικού ή στον κινηματογράφο. Τα αντικείμενα που κατατάσσονται σε αυτή την κατηγορία είναι σχετικά απλά και χρηστικά και για αυτό το λόγο κυρίως δεν αποτελούν απλά *αντικείμενα τέχνης*. Παρ' όλα αυτά ο κύριος λόγος ύπαρξης τους είναι η *διαλογική* τους δύναμη.

Παραδείγματα τέτοιων αντικειμένων:

1. Το παγκάκι του Jurgen Bay ο οποίος πιστεύοντας πως κάθε πεσμένο δέντρο μπορεί να γίνει ένα παγκάκι προσθέτει μπρούτζινες απομιμήσεις από πλάτες κλασικών καρεκλών και μεταμορφώνει το δέντρο-παγκάκι σε έπιπλο. Με λίγα λόγια ένα υβρίδιο της φύσης και του πολιτισμού. Ο σχεδιαστής πουλάει μόνο τις μπρούτζινες πλάτες πιστεύοντας ότι είναι αστείο να μεταφέρονται τα δέντρα αφού σχεδόν πάντα υπάρχουν δέντρα κοντά μας για να χρησιμοποιήσουμε.



Το παγκάκι του Jurgen Bay

2. Πολλά από τα projects του Anthony Dunne και της Fiona Raby επίσης ανήκουν στην κατηγορία του Διαλογικού Σχεδιασμού. Ένα από αυτά είναι το τραπέζι-πυξίδα (compass-table) το οποίο είναι ένα απλό ξύλινο τραπέζι με τρύπες στην επάνω επιφάνειά του όπου έχουν τοποθετηθεί 25 πυξίδες. Το τραπέζι μπορεί να χρησιμοποιηθεί κανονικά όπως κάθε άλλο τραπέζι. Όταν όμως ένα κινητό τηλέφωνο, ακουμπισμένο πάνω στην επιφάνεια του τραπεζιού, δεχτεί μια κλήση, τότε οι βελόνες στις πυξίδες γυρνάνε και 'χορεύουν' κάνοντας ορατό σε εμάς το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που μπαίνει στο χώρο μας. Έτσι οι σχεδιαστές,

μας δίνουν, με αυτόν τον τρόπο να καταλάβουμε, να σκεφτούμε και να συζητήσουμε το ρόλο, τις επιπτώσεις και τα κόστη της σύγχρονης τεχνολογίας στην καθημερινότητά μας.



Τραπέζι πυξίδα των A. Dunne και F. Raby
<http://www.dunneandraby.co.uk/content/projects>



Είναι προφανές ότι η διαφοροποίηση ανάμεσα στις 4 περιοχές του βιομηχανικού σχεδιασμού που αναφέρθηκαν δεν είναι τόσο απλή και προφανής. Στην πραγματικότητα κάθε προϊόν χαρακτηρίζεται από ποιότητες που βρίσκονται σε περισσότερες από μια περιοχές. Για παράδειγμα τα εργαλεία κήπου Fiskars δημιουργήθηκαν όχι μόνο για τον ενδιαφέρον της εταιρείας προς τα άτομα που πάσχουν από αρθρίτιδα αλλά επίσης γιατί η εταιρεία χρειάζεται το κέρδος.

3.3 Οικολογικός Σχεδιασμός

Τέλος, έχει γίνει κατανοητό από πολλούς σύγχρονους σχεδιαστές αλλά και βιομηχανίες, ότι ο βιομηχανικός σχεδιασμός δεν μπορεί πλέον να παραβλέψει τις περιβαλλοντικές παραμέτρους και τις οικολογικές ανησυχίες που επισημαίνουν την κακή διαχείριση και μείωση των φυσικών πόρων της γης (μετα-υλισμός). Τα οικολογικά κριτήρια αφορούν κυρίως:

α) Τα υλικά: Τα ζητήματα επιλογής υλικών, φυσικών ή συνθετικών εξετάζονται πλέον με βάση την ανακυκλωσιμότητά τους και οι συσκευασίες των προϊόντων, συχνά σπάταλες σε πρώτες ύλες, μπορούν να περιοριστούν και να γίνουν περιβαλλοντικά φιλικές. Για παράδειγμα πολλές εταιρείες στις ΗΠΑ χρησιμοποιούν σήμερα αληθινό ποπ κορν αντί για πολυστερίνη ενώ οι εταιρείες χαρτιού και μελάνης διαφημίζουν την μη τοξική προέλευσή τους. Ακόμα και τα βιβλία από ορισμένους εκδοτικούς οίκους αναφέρουν πόσα δέντρα φυτεύουν για την εκτύπωση κάθε βιβλίου.

β) Την οικολογικά υπεύθυνη παραγωγή: Ο στόχος κάθε σχεδιαστή και κατασκευαστή θα πρέπει να είναι η μείωση της ποσότητας ενέργειας και πρώτης ύλης που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία παραγωγής, παράλληλα με τη μείωση των αποβλήτων.

γ) Αποτελεσματική συσκευασία και μεταφορά του προϊόντος: Για την μείωση της ποσότητας υλικών στις συσκευασίες αλλά και την καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου στα μέσα μεταφοράς των προϊόντων. Για παράδειγμα, τα τελευταία χρόνια, κάποιες εταιρείες επίπλων όπως η Herman Miller, Teknion και Allsteel αντί να συσκευάζουν τις καρέκλες τους σε κουτιά όπως γινόταν στο παρελθόν, τώρα τις συσκευάζουν με ελαφρύ πλαστικό ανακυκλώσιμο φύλλο ή κουβέρτες οι οποίες ξαναχρησιμοποιούνται. Εκτιμάται ότι έτσι αυξάνεται η ποσότητα επίπλων που χωράνε στα φορτηγά κατά 40% και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτούνται λιγότερες διαδρομές των φορτηγών και ως συνέπεια εξοικονόμηση ενέργειας (καυσίμων) και μικρότερη εκπομπή ρύπων.

δ) Χαμηλή επιβάρυνση του περιβάλλοντος κατά την περίοδο χρήσης: Ο σχεδιασμός ενός προϊόντος πρέπει να επιβάλει την λιγότερο ενεργοβόρα τεχνολογία καθώς και την λιγότερο ρυπογόνα κατά την χρήση. Για παράδειγμα μια κοινή λάμπα πυρακτώσεως χρησιμοποιεί μόνο το 5% της ενέργειας που καταναλώνει για φωτισμό ενώ μια λάμπα φθορισμού, λόγω της διαφορετικής τεχνολογίας που χρησιμοποιεί, είναι πέντε με έξι φορές πιο αποτελεσματική. Επίσης η ζωή της λάμπας πυρακτώσεως είναι 8-10 φορές μικρότερη από αυτήν της λάμπας φθορισμού.

ε) Κατασκευή για διάρκεια: Ο σημερινός υπερκαταναλωτισμός έχει επιβάλει την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων προϊόντων, μέτριας ή χαμηλής ποιότητας, με σκοπό το

κέρδος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη γρήγορη απόρριψη των προϊόντων και συνεχή τους ανανέωση με νέα, κάτι το οποίο δημιουργεί επιπλέον απορρίμματα.

Ο Δανός κατασκευαστής Hans Wegner (σχεδιαστής της Round Chair) πίστευε πως μια καρέκλα πρέπει να αντέχει τουλάχιστον 50 χρόνια. Ο σημερινός κατασκευαστής της καρέκλας (P.P Mobler) ακολουθώντας τις αξίες του Wegner κατασκευάζει 200-300 καρέκλες το χρόνο και χρησιμοποιεί ξυλεία μόνο από δέντρα που είναι σχετικά κοντά στην περιοχή του εργοστασίου και είναι έτοιμα να πέσουν (από κάθε δέντρο παράγονται περίπου 50 καρέκλες). Επίσης για το τελικό φινιρίσμα χρησιμοποιείται σαπούνι αντί για κάποιο λάδι ή συμβατικό φινιρίσμα με συνθετικά πολυμερή.



Round chair

Το 1960 η εταιρεία παραγωγής CBS έφερε 12 κομμάτια από την Round Chair του Wegner για το πρώτο τηλεοπτικό debate στην ιστορία μεταξύ των John F. Kennedy και Richard Nixon, μετά από παράκληση του Kennedy, ο οποίος ήθελε μια γερή

καρέκλα να στηρίζει την πλάτη του. Έτσι την καρέκλα του Wegner την είδαν 70 εκατ. άνθρωποι και την επόμενη μέρα είχαν γράψει και οι εφημερίδες για αυτό.

στ) Σχεδιασμός για εύκολη απόρριψη: Αφορά την κατασκευή από ανακυκλώσιμα υλικά αλλά και το σχεδιασμό για εύκολη αποσυναρμολόγηση και ανακύκλωση στο τέλος της ζωής τους.



Καρέκλα ZODY από την εταιρεία Haworth, η καρέκλα αυτή είναι 98% ανακυκλώσιμη και έχει σχεδιαστεί για να αποσυναρμολογείται σε 15 λεπτά με χρήση απλών εργαλείων. Η πλάτη συνδέεται με μια μόνο βίδα για εύκολα συναρμολόγηση και αντίστροφα.

Σύγχρονοι σχεδιαστές όπως ο Philip Stark, ο Shiro Kuramata και ο Frank Gehry ακολουθώντας τις αξίες του φιλικού προς το περιβάλλον σχεδιασμού, δείχνουν μεγάλη οικολογικά ευαισθησία στην επιλογή υλικών και διαδικασίας παραγωγής. Το 1997 ο Hans Brezet και η Caroline van Hemel δημιουργούν την Eco Design Checklist με σκοπό να αναλύεται η επίδραση ενός προϊόντος στο περιβάλλον κατά τα διάφορα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού και κατασκευής ενός νέου ή υπάρχοντος προϊόντος.



Αριστερά: οδοντόβουρτσα του Philip Stark, Δεξιά: η Wiggle Chair του Frank Gehry, φτιαγμένη από στρώσεις ανακυκλώσιμου χαρτονιού.

THE ECODESIGN

CHECKLIST by Hans Brezet and
Caroline van Hemel (1997)

Needs Analysis

How does the product

actually fulfil social needs?

- What are the products main and auxiliary functions?
- Does the product fulfil these functions effectively and efficiently?
- What user needs does the product currently meet?
- Can the product functions be expanded or improved to fulfil users' need better?
- Will this need change over a period of time?
- Can we anticipate this through (radical) product innovation?

Production and Supply of Materials and Components

What problems can arise in the production and supply of materials and components?

- How much, and what types of plastics and rubber are used?
- How much, and what types of additives are used?
- How much, and what types of metals are used?
- How much, and what other types of materials (glass, ceramics etc) are used?
- How much, and which type of surface treatments is used?
- What is the environmental profile of the components?
- How much energy is required to transport the components and materials?

In-House Production

What problems can arise in the production process in your own company?

- How many, and what types of production processes are used (including connections, surface treatments, printing and labelling)?
- How much, and what types of auxiliary materials are needed?
- How high is the energy consumption?
- How much waste is generated?
- How many products don't meet the required quality norms?

Distribution

What problems arise in the distribution of the product to the customer?

- What kind of transport packaging, bulk packaging and retail packaging are used (volumes, weights, materials, reusability)?
- Which means of transport are used?
- Is transport efficiently organised?

Utilisation

What problems arise when using, operating, servicing and repairing the product?

- How much, and what type of energy is required, direct or indirect?
- How much, and what type of consumables are needed?
- What is the technical lifetime?

How much maintenance and repairs are needed?

- What and how much auxiliary materials and energy are required for operating, servicing and repair?
- Can the product be disassembled by a layman?
- Are those parts often requiring replacement detachable?
- What is the aesthetic lifetime of the product?

Recovery and disposal

What problems can arise in the recovery and disposal of the product?

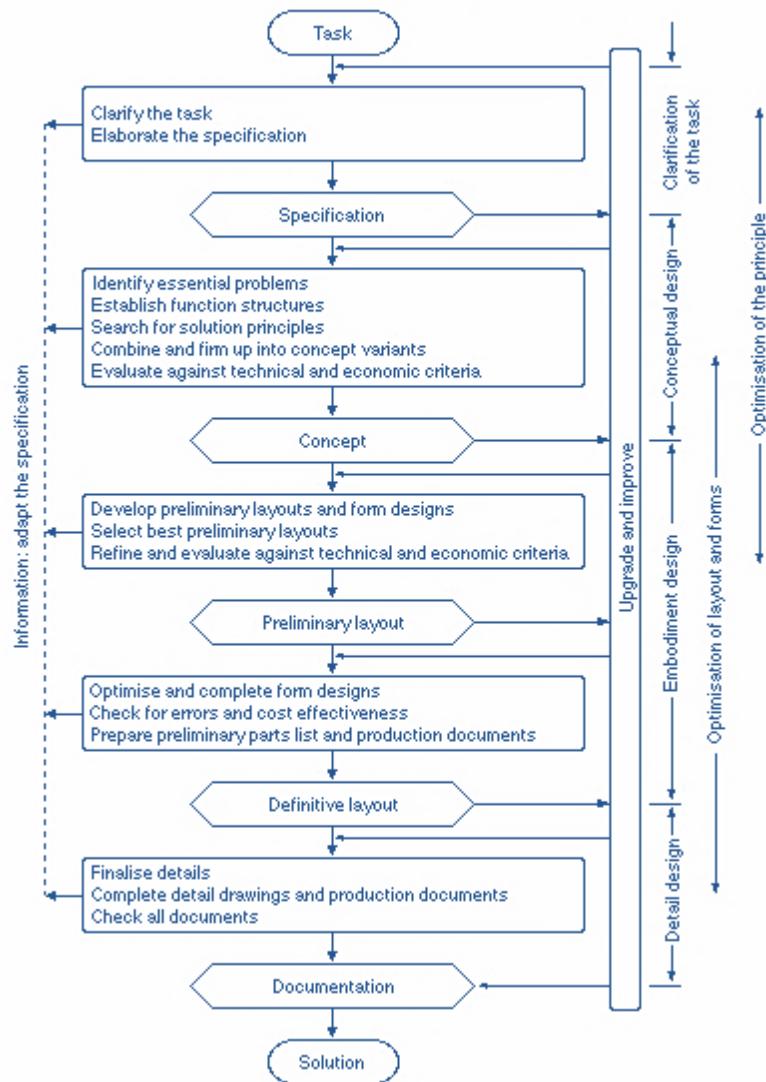
- How is the product currently disposed of?
- Are components or materials being reused?
- What components could be reused?
- Can the components be disassembled without damage?
- What materials are recyclable?
- Are the materials identifiable?
- Can they be detached quickly?
- Are any incompatible inks, surface treatments or stickers used?
- Are any hazardous components easily detachable?
- Do problems occur while incinerating non-reusable product parts?

Source: Brezet, H. and van Hemel, C. *Ecodesign, A promising approach to sustainable production and consumption*. Edited by UNEP. Paris, 1997.

ΜΕΡΟΣ Β

Στο μέρος αυτό της ΔΕ πραγματοποιείται η πειραματική / πρακτική διερεύνηση όσων ήδη αναφέρθηκαν στο Κεφ. 1, μέσα από την ανάπτυξη και τον σχεδιασμό ενός καθίσματος δημόσιου χώρου (καρέκλα), θεωρούμενου ως παράδειγμα τυπικού βιομηχανικού προϊόντος. Η επιλογή αυτή βασίστηκε στην περιορισμένη πολυπλοκότητα του εν λόγω προϊόντος και στην προσιτή δυνατότητα συλλογής πληροφοριών από εκτεταμένη σχετική βιβλιογραφία και το διαδίκτυο, εφόσον το προϊόν αυτό έχει αποτελέσει ευρύ αντικείμενο σχεδιασμού. Μέσω της εν λόγω εφαρμογής επιχειρείται η **κατανόηση των βημάτων και του μεθοδολογικού τρόπου σκέψης** που ακολουθείται στο σχεδιασμό, είτε έχουμε να κάνουμε με ένα απλό σχεδιαστικά προϊόν είτε με σύνθετα μηχανολογικά εξαρτήματα, σύμφωνα κυρίως με το μοντέλο των Pahl & Beitz.

Pahl & Beitz's model of the design process



Το μοντέλο των Pahl & Beitz.

ΚΕΦ 4

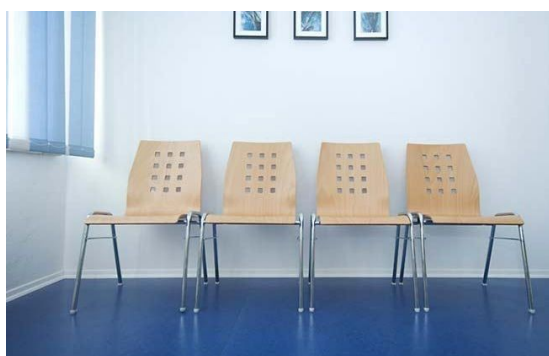
ΣΤΑΔΙΟ Α: ΑΠΟΣΑΦΗΝΙΣΗ ΣΚΟΠΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ - ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Ο σχεδιασμός ενός προϊόντος πάντα ξεκινάει με κάποια σημεία εκκίνησης, παράγοντες, ιδέες, παρατηρήσεις, πεποιθήσεις οι οποίες καθορίζουν τελικώς το προϊόν. Ως αφετηρία μπορούν να ληφθούν τάσεις και αλλαγές στη συμπεριφορά (των ομάδων) των ατόμων, κοινωνικές, τεχνολογικές, πολιτιστικές εξελίξεις, οι ανθρώπινες ανάγκες, νόμοι της φύσης κ.ο.κ. Η επιλογή των σημείων εκκίνησης πρέπει να είναι σαφής και προσεκτική έτσι ώστε οι παράγοντες να είναι σχετικοί με το προϊόν. Το κυριότερο έργο του σχεδιαστή μηχανικού είναι να προβλέψει τον τρόπο αλληλεπίδρασης, χρήσης, κατανόησης και εμπειρίας του χρήστη με το προϊόν, δηλαδή τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να εξυπηρετεί, και να προσπαθήσει όσο το δυνατόν να τα ικανοποιήσει λαμβάνοντας υπ' όψη του τους περιορισμούς όπως κόστος, τυποποίηση, υπάρχοντες τρόποι κατασκευής κ.λπ.

Το κάθισμα δημόσιου χώρου (καρέκλα) που θα σχεδιαστεί, ως βασική κοινωνική ανάγκη που εκλείπει, θα προάγει την ανταλλαγή ιδεών-μετάδοση γνώσεων σε δημόσιους χώρους και έμμεσα την κοινωνική επαφή. Αυτό θα επιτευχθεί προσαρμόζοντας μια θήκη στην οποία ο χρήστης που κάθεται θα μπορεί να αφήνει ένα βιβλίο ή σύγγραμμα το οποίο έχει διαβάσει έτσι ώστε να το πάρει μαζί του ή απλά να το διαβάσει ο επόμενος χρήστης που θα κάτσει μετά από αυτόν.

Πιθανά περιβάλλοντα στα οποία θα μπορούσε να επιτευχθεί αυτό το σενάριο είναι φουαγιέ πανεπιστημίων, μουσείων, χώροι αναμονής και γενικότερα **εσωτερικοί δημόσιοι χώροι με κινητικότητα** ενώ ο χρήστης μπορεί να είναι κυρίως μαθητής ή φοιτητής αλλά και άτομα μεγαλύτερης ηλικίας.

Παρακάτω παρατίθενται παραδείγματα τέτοιων προϊόντων σε παρόμοιους χώρους.



Καρέκλες σε δημόσιους εσωτερικούς χώρους.

ΚΕΦ 5

ΣΤΑΔΙΟ Β: ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Σε αυτή τη φάση θα καθοριστούν τα βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να πληρεί το προϊόν με βάση το χρήστη και το περιβάλλον του, αρχικές σχεδιαστικές παραλλαγές, καθώς και πρώτες εκτιμήσεις που αφορούν τη μορφή, τις διαστάσεις, το υλικό κλπ.

Έτσι, τα χαρακτηριστικά που θέλουμε να αποδώσουμε ιδανικά στη συγκεκριμένη καρέκλα είναι:

A) Περιβαλλοντικός προσανατολισμός:

- Ελαχιστοποίηση ενέργειας, υλικών, ρύπων στις φάσεις επεξεργασίας, μεταφοράς, αποθήκευσης
- Χρήση ανακυκλώσιμων ή ανακυκλωμένων υλικών
- Χρήση μη τοξικών και αβλαβών υλικών (αποικοδόμηση)
- Κατασκευή για διάρκεια
- Μηδενική ή ελάχιστη ανάγκη συντήρησης
- Επαναχρησιμοποιούμενη συσκευασία-πακετάρισμα
- Χρήση ψηφιακών συστημάτων για μείωση υλικού-ενέργειας χωρίς να μειώνεται η αντοχή και η απόδοση του προϊόντος
- Χρήση ενός ή όσο το δυνατόν λιγότερων διαφορετικών υλικών για εύκολο διαχωρισμό (ανακύκλωση) καθώς και ενιαία διάρκεια ζωής όλων των τμημάτων του προϊόντος
- Σχεδιασμός για εύκολη συναρμολόγηση (ευκολία επισκευής) και αποσυναρμολόγηση (ανακύκλωση)
- Χρήση τυποποιημένων μη μονιμων συνδέσεων (κοχλίες, πείροι, σύνδεσμοι) για εύκολη αντικατάσταση ή επαναχρησιμοποίηση και όσο το δυνατόν αποφυγή μόνιμων συνδέσεων-συγκολλήσεων
- Ελαχιστοποίηση κόμβων σύνδεσης (μείωση χρόνου συναρμολόγησης-αποσυναρμολόγησης)

B) Κλασσικός, λιτός σχεδιασμός:

Έτσι ώστε να μην εντάσσεται στις εκάστοτε τάσεις, διάρκεια ζωής, απλότητα μορφής αποδεκτή από μεγάλη μερίδα πληθυσμού

Γ) Με βάση τον χρήστη - ορίζονται:

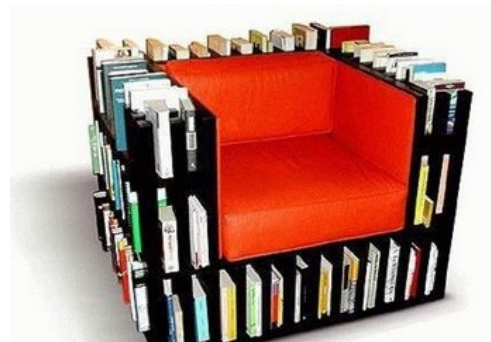
- Εργονομία: βασικά εργονομικά χαρακτηριστικά εφόσον δεν είναι καρέκλα εργασίας, χρήσης μεγάλης διάρκειας από κάποιο συγκεκριμένο άτομο
- Ποιότητα: έπιπλο εσωτερικού χώρου, χρήση αντίστοιχων υλικών-φινιρίσματος
- Σχεδιασμός: προσάρτηση θήκης για βιβλία (ίσως στην πλάτη)
- Υλικό: σύμφωνα με τα όσα έχουν αναφερθεί ίσως κάποιο **θερμοπλαστικό** λόγω της πλήρους ανακυκλωσιμότητάς τους και των ελαχίστων απορριμάτων κατά την επεξεργασία (ειδικά στην περιστροφική χύτευση χρησιμοποιείται συγκεκριμένη ποσότητα σκόνης πολυμερούς και έτσι δεν υπάρχουν απώλειες υλικού) όπως

πολυπροπυλένιο (χαμηλή ενέργεια παραγωγής, ατοξικό), **πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας** (χαμηλό βάρος, σταθερότητα), **πολυστυρένιο**, ελληνικό ξύλο όπως **οξιά ή δρυς** (μικρό κόστος-ενέργεια μεταφοράς, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας κατά την επεξεργασία), από μέταλλα καταλληλότερο το **αλουμίνιο** (επ'άπειρον δυνατότητα ανακύκλωσης, ίδια ποιότητα μετάλλου κ μετα την ανακύκλωση, χαμηλό βάρος), **πολυανθρακικό πλαστικό** (ανακυκλώσιμο), **κόντρα πλακέ** (χαμηλό κόστος εξοπλισμού, καλούπια από μασίφ ξυλεία, τα απορρίματα της διαδικασίας μπορούν να αποτεφρωθούν παράγοντας ατμό ή να ξαναχρησιμοποιηθούν)

Δ) Με βάση τον κατασκευαστή - ορίζονται:

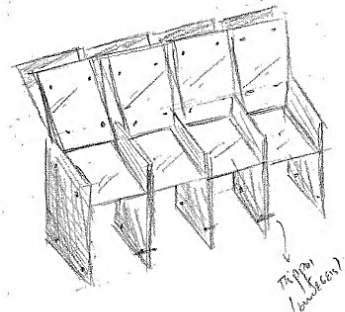
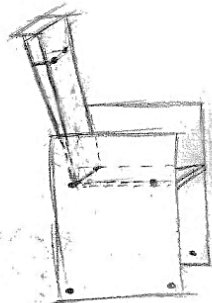
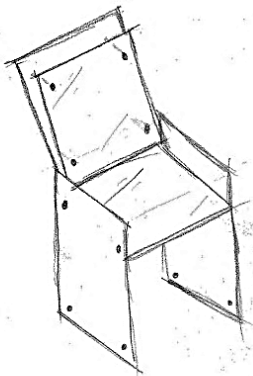
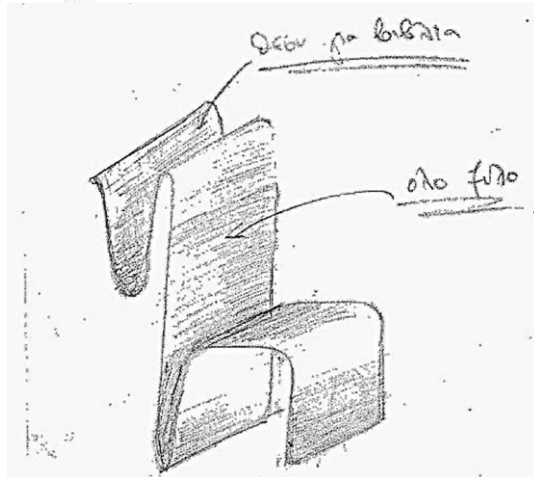
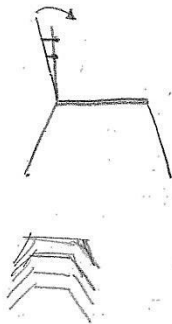
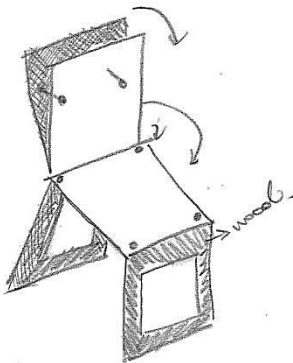
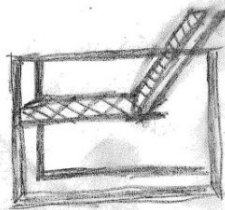
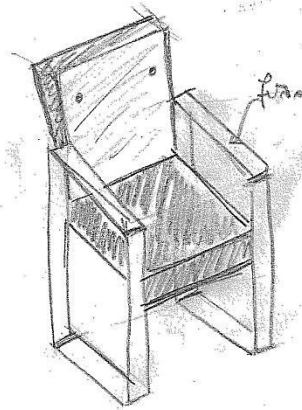
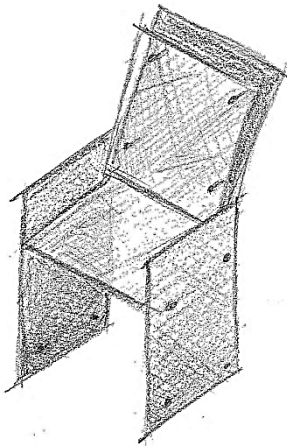
- Όσο δυνατον μικρότερο κόστος πρώτης ύλης ανά τεμάχιο
- Βέλτιστη χρήση πρώτης ύλης
- Λίγα μέρη-λίγες συνδέσεις (μικρός πίνακας υλικών) το οποίο συνεπάγεται χρήση μικρότερου αριθμού μηχανημάτων-μεγαλύτερη τυποποίηση-μείωση πολυπλοκότητας

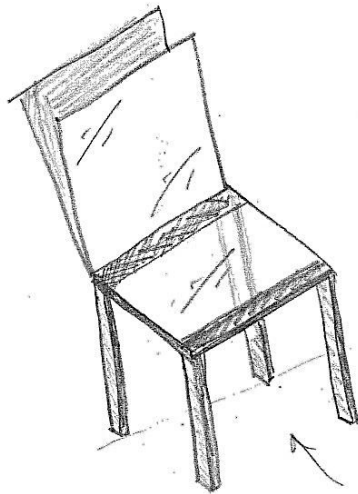
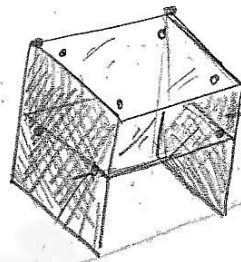
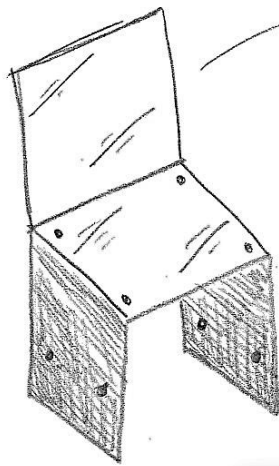
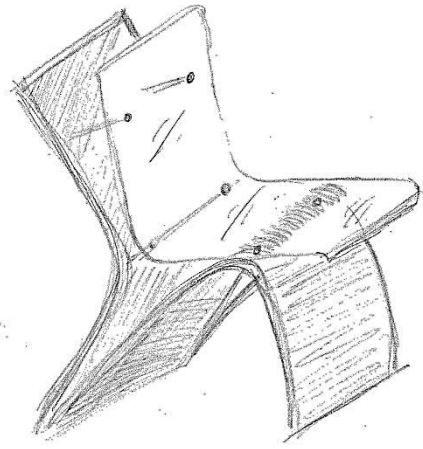
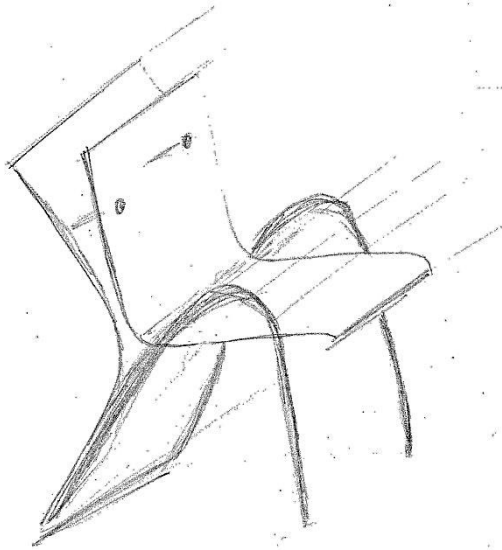
Ε) Έρευνα για αντίστοιχα προϊόντα-Επιρροές:



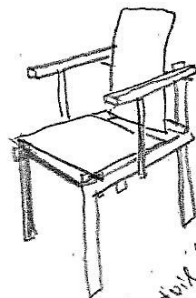


Στ) Κάποια πρώτα σκίτσα- ιδέες:

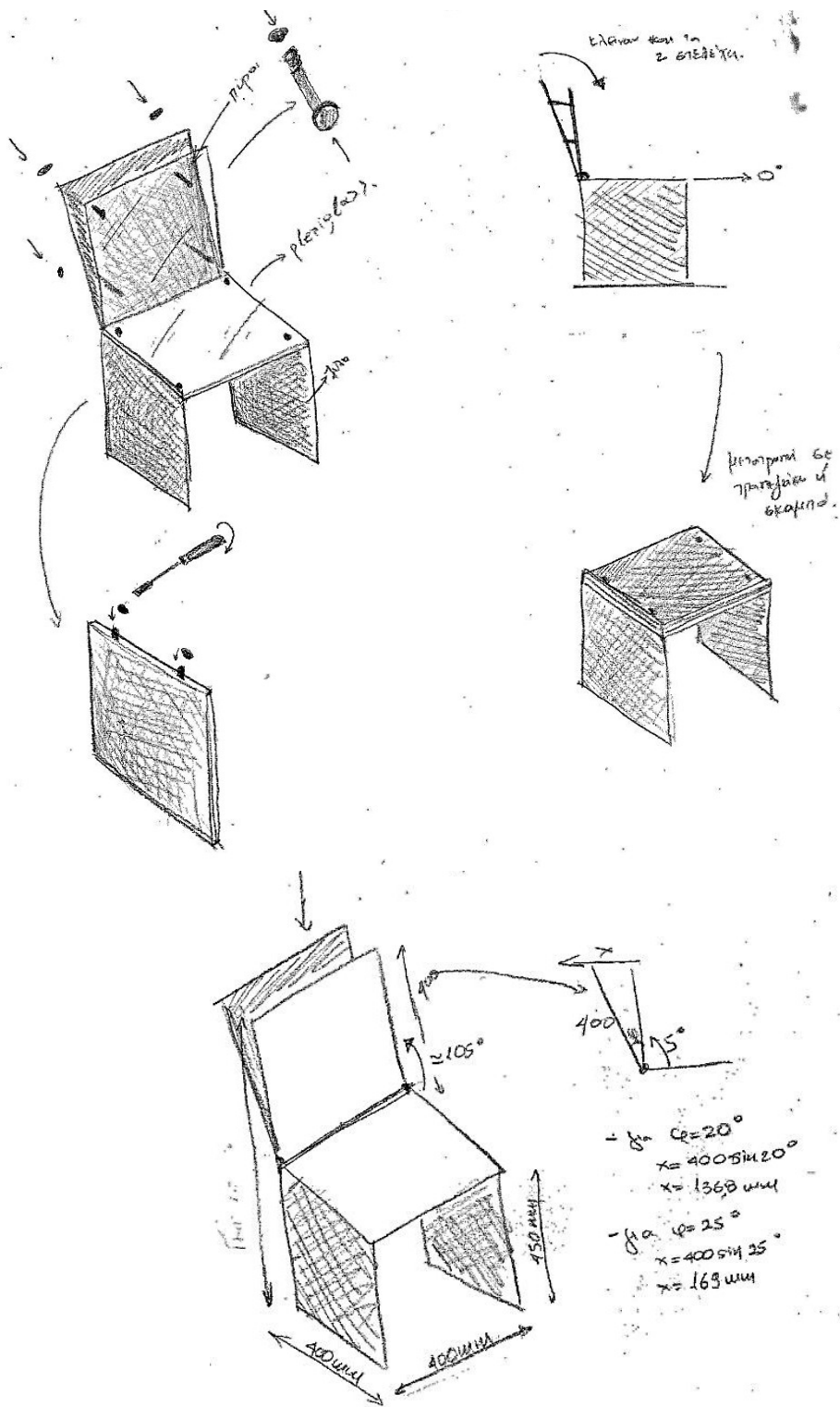




no exposures



Revised
De Sijth



Το τελικό προϊόν πιθανώς να μην πληρεί όλες τις τεχνικές προδιαγραφές που αναφέρθηκαν προηγουμένως αλλά όσο περισσότερα χαρακτηριστικά καλύπτει τόσο πιο κοντά θα είμαστε στο αρχικό «σενάριο» (concept) που θέσαμε. Μετέπειτα στο στάδιο της κατασκευαστικής διαμόρφωσης θα γίνει περαιτέρω επεξεργασία του σεναρίου και μέσω επαναλήψεων, επιλογών και αξιολογήσεων θα βρεθεί ο πιο κατάλληλος συνδιασμός που να ικανοποιεί όλους τους ενδιαφερόμενους για το προϊόν, χρήστη, σχεδιαστή, κατασκευαστή, αγορά κλπ.

ΚΕΦ 6

ΣΤΑΔΙΟ Γ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Στο στάδιο της κατασκευαστικής διαμόρφωσης οι εργασίες συλλογής πληροφοριών, αξιολόγησης, επιλογής (σχετικές με την εργονομία, το υλικό, τη μελέτη αντοχής, τον τρόπο κατασκευής και το κόστος) γίνονται παράλληλα.

6.1 Εργονομία-Ανθρωπομετρία

Στα ελληνικά «έργο» σημαίνει «εργασία» και «νόμος» σημαίνει «κανόνας». Άρα ο όρος «**εργονομία**» σημαίνει «ένα σύνολο κανόνων σχεδιασμού της εργασίας».

Επομένως η εργονομία είναι η επιστήμη που αναζητά μεθόδους προσαρμογής της εργασίας ή των συνθηκών εργασίας στον εργαζόμενο μέσω της μελέτης των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν τα άτομα κατά την προσαρμογή τους στο περιβάλλον. Ο εργονομικός σχεδιασμός χρησιμοποιείται σε πληθώρα εφαρμογών η οποία μπορεί να αφορά όλες τις κατηγορίες δραστηριοτήτων αλλά και το σχεδιασμό τόσο του εξοπλισμού όσο και των εργασιών.

Γιατί χρειάζεται η εργονομία?

- Τυποποίηση προϊόντων
- Μεγάλη μεταβλητότητα ανθρωπίνων διαστάσεων
- Οι χρήστες αγοράζουν με βάση κόστος, εμφάνιση, μόδα
- Δυσaréσκεια και πόνοι από μικρές αποκλίσεις διαστάσεων εξοπλισμού

Γιατί άλλαξαν οι σχεδιαστικές απαιτήσεις ως προς τον Ανθρώπινο Παράγοντα

Πριν τη Βιομηχανική Επανάσταση	Μετά τη Βιομηχανική Επανάσταση
Τα Προϊόντα ήταν Απλά	Τα Προϊόντα έγιναν Πολύπλοκα
Σχεδιασμός στα Μέτρα Κάθε Χρήστη	Τυποποιημένος Σχεδιασμός για Ομάδες Χρηστών
Μοναδιαία Ποσότητα Παραγωγής	Μεγάλες Παρτίδες Παραγωγής
Μικρές οι Συνέπειες Λάθους στα Σχεδιασμό	Μεγάλες οι Συνέπειες Λάθους στα Σχεδιασμό
Μικρές Αλλαγές Προδιαγραφών και Αραιά Εισαγωγή Νέων Προϊόντων	Μεγάλες Αλλαγές Προδιαγραφών και Συχνή Εισαγωγή Νέων Προϊόντων
Περιορισμένη Διακύμανση στις Παραμέτρους των Χρηστών λόγω Αγορών, Ηλικιών και Ειδικών Ικανοτήτων	Μεγάλη Διακύμανση στις Παραμέτρους των Χρηστών λόγω Αγορών, Ηλικιών και Ειδικών Ικανοτήτων

9

6.1.1 Εργονομία και Αισθητική

Η εργονομία πρέπει να βρίσκεται σε άρρηκτη σχέση με την αισθητική κατά το σχεδιασμό προϊόντων διότι η έκφραση και το προφίλ του προϊόντος παίζουν σημαντικό ρόλο στον τρόπο που αντιλαμβάνεται ο χρήστης τη λειτουργία του. Πρέπει ο βιομηχανικός σχεδιαστής να βρίσκεται κάπου μεταξύ τεχνικής και τέχνης για να καλύπτει τα εργονομικά και οπτικά ζητήματα στον ίδιο βαθμό που ικανοποιεί τα λειτουργικά.

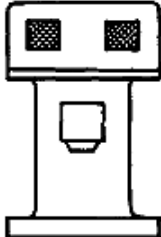

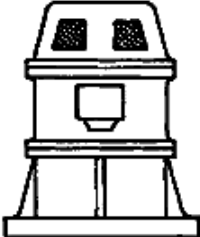

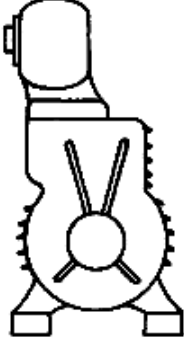

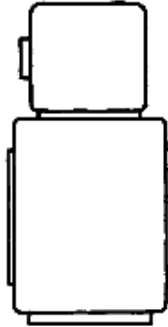
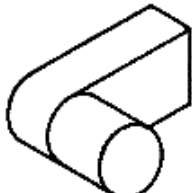
Στο στάδιο της κατασκευαστικής διαμόρφωσης η παρουσίαση της πληροφορίας που χρειάζεται ή είναι επιθυμητή πρέπει να ενσωματωθεί στην υλοποίηση της λειτουργίας. Για τον προσδιορισμό της πληροφορίας που θα οπτικοποιηθεί στο προϊόν πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ο χρήστης στον οποίο απευθυνόμαστε. Γενικά η συνολική εμφάνιση θα πρέπει να είναι:

- Απλή, ομοιόμορφη και αμιγής
- Δομημένη, με σωστές αναλογίες
- Αναγνωρίσιμη, προσδιορισμένη και προσιτή



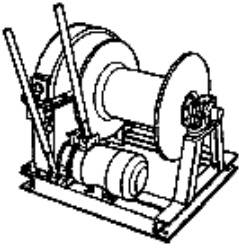
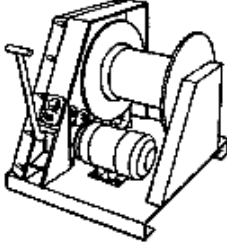
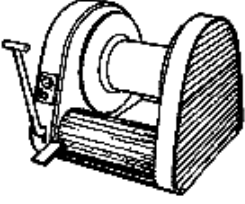
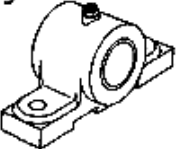
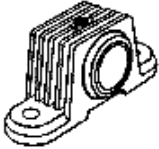


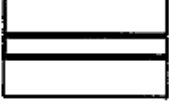
Το εξωτερικό σχήμα, το χρώμα και γενικά τα οπτικά χαρακτηριστικά θα πρέπει να στηρίζουν την αναγνώριση της λειτουργίας, τις ενέργειες που εμπλέκονται καθώς και να βοηθούν στην κατανόηση του τρόπου χρήσης.





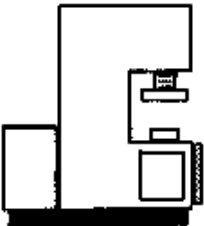
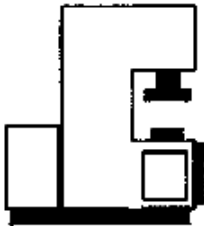
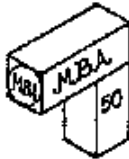
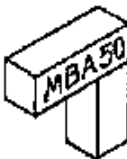


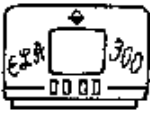
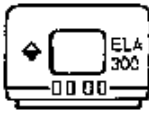
Συστάσεις για προσαρμογή αισθητικής στο προϊόν:

- **Επιλογή έκφρασης:** Ευδιάκριτη και ομοιόμορφη εμφάνιση του αντικείμενου η οποία να δημιουργεί στον χρήστη συσχέτιση με τον σκοπό. Λόγου χάρη να δίνει την αίσθηση σταθερότητας, ευκολίας στη χρήση, αντοχής.
- **Επιλογή δομής:** Αναγνωρίσιμο σχήμα, λόγου χάρη σχήμα κουτιού, σχήμα-L, σχήμα-C κοκ.
- **Ενοποίηση μορφής:** Ελαχιστοποίηση ποικιλομορφίας στη μορφή, διαίρεση σε καθαρές, διακριτές περιοχές με πανομοιότυπα ή ίδια στοιχεία.
- **Υποστήριξη εμφάνισης με χρήση χρώματος:** Αντιστοίχιση χρώματος-μορφής, μείωση ποικιλίας σε χρώματα και υλικά. Κατά την χρήση πολλών χρωμάτων, επιλογή ενός κυρίαρχου χρώματος υποστηριζόμενο από τα συμπληρωματικά του. Τέλος για δημιουργία αντίθεσης χρήση του λευκού και του μαύρου, για παράδειγμα επιλογή του μαύρου για αντίθεση με το κίτρινο ή του λευκού για να δημιουργήσει αντίθεση στο κόκκινο, πράσινο, μπλε κλπ.
- **Συμπλήρωση γραφικών στοιχείων:** Χρήση ομοιόμορφου στυλ σε γραμματοσειρά και γραφικά σύμβολα. Προσαρμογή μεγέθους, μορφής και χρώματος γραφικών στις μορφές και τα χρώματα του αντικείμενου.

Embodiment Guidelines	Wrong	Right
Select an expression		
Provide a recognisable and uniform expression	<p data-bbox="643 432 965 461">Vertical three-phase AC motor</p>  <p data-bbox="699 725 909 754">Unstable, top-heavy</p> <p data-bbox="643 808 699 837">Iron:</p>  <p data-bbox="715 983 890 1012">Heavy, immobile</p>	 <p data-bbox="1086 725 1254 754">Stable, compact</p>  <p data-bbox="1062 983 1278 1012">Light, easy to handle</p>
Structure the overall form		
Structure in a identifiable way	<p data-bbox="643 1126 805 1155">Vacuum pump</p>  <p data-bbox="730 1516 882 1545">Unidentifiable</p> <p data-bbox="643 1592 810 1621">Steering device</p>  <p data-bbox="730 1798 882 1827">Unidentifiable</p>	 <p data-bbox="1110 1516 1222 1545">Box shape</p>  <p data-bbox="1062 1798 1270 1865">Clear arrangement L-shape</p>
Divide into clearly distinguishable areas		

Έκφραση και δομή.

Embodiment Guidelines	Wrong	Right
Unify the form		
Minimise the number of different forms	Generator 	
	Rope winch 	 Open structure  Closed structure
Aim for similar forms and contours	Bearing 	
Adjust lines	Air conditioner  Confusing, inhomogeneous	 Block form  Layer form

Embodiment Guidelines	Wrong	Right
Support using colour		
Match colour to form		
Reduce colours and material differences		
Choose one main colour supported by complementary colours		
Complement with graphics		
Use uniform styles for fonts and graphic symbols		 <p data-bbox="1193 1301 1289 1361">Focused, uniform</p>
Unity expression		 <p data-bbox="1193 1556 1337 1617">All characters raised</p>
Adjust size, form and colour of the graphics to the other forms and colours		

Γραφικά στοιχεία.

Ανθρωπομετρία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τις διαστάσεις του ανθρώπινου σώματος, τις καταγράφει και τις ταξινομεί κατά κατηγορίες και Έθνη. Η ανθρωπομετρία αρχίζει από το 1870 όταν ο Βέλγος Μαθηματικός Quettet πρώτος έβαλε τις βάσεις αυτής της επιστήμης και δημοσίευσε σχετικές μελέτες. Από τότε η επιστήμη της ανθρωπομετρίας εξαπλώθηκε γρήγορα και τα στοιχεία της άρχισαν να εφαρμόζονται στη βιομηχανική παραγωγή προϊόντων αρχικά στην ένδυση – υπόδηση από το 1940.

Η πιο συνήθης βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό προέρχεται από στρατιωτικά δεδομένα που συλλέχθηκαν τέλη δεκαετίας 1970 και 1980 γνωστή και ως Natick studies ή ANSUR database. Το 2000 η CAESAR (*Civilian American and European Surface Anthropometry Resource*) καταρτίστηκε από την SAE (*Society of Automotive Engineers*) και περιλαμβάνει ανθρωπομετρικά δεδομένα καθώς και 3D σαρώσεις ανθρωπίνων σωμάτων από περισσότερους από 4000 πολίτες από την Ν. Αμερική και την Ευρώπη.

Η BIFMA (*Business and Institutional Furniture Manufacturer's Association*) καθώς και πολλά εργονομικά εγχειρίδια βασίζονται στην βάση δεδομένων Natick για το σχεδιασμό ενώ η συχνότητα χρήσης της CAESAR τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να αυξάνεται. Γενικά κάθε σχεδιασμός σε εφαρμογές τέτοιου είδους πρέπει να βασίζεται σε ανθρωπομετρικά δεδομένα ενώ μεγάλη σημασία πρέπει να δοθεί στο πότε αυτά τα δεδομένα συλλέχθηκαν καθώς και στον τύπο του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται το δείγμα (*ηλικία, φύλο, εθνικότητα κλπ*).

Πηγές για ανθρωπολογικά δεδομένα:

Από το Διαδίκτυο:

- BIFMA, bifma.org
- CAESAR, store.sae.org/caesar
- Size USA, sizeusa.com

Βιβλία:

- Handbook of Human Factors and Ergonomics, 2nd Edition, Salvendy, 1997
- Human Factors Design Handbook, 2nd Edition, Woodson, Tillman, Tillman, 1992
- The Measure of Man and Woman, Henry Dreyfuss Associates, 2002

Λογισμικά / Προγράμματα Η/Υ:

- ANTHROPOS and RAMSIS, human-solutions.com
- DELMIA Safework, delmia.com
- ErgoForms, ergoforms.com
- Jack Human Modeling, ugs.com
- LifeMOD Biomechanics Modeler, lifemodeler.com
- ManneQuinPRO, nexgenergo.com

Πηγές: www.balin.gr

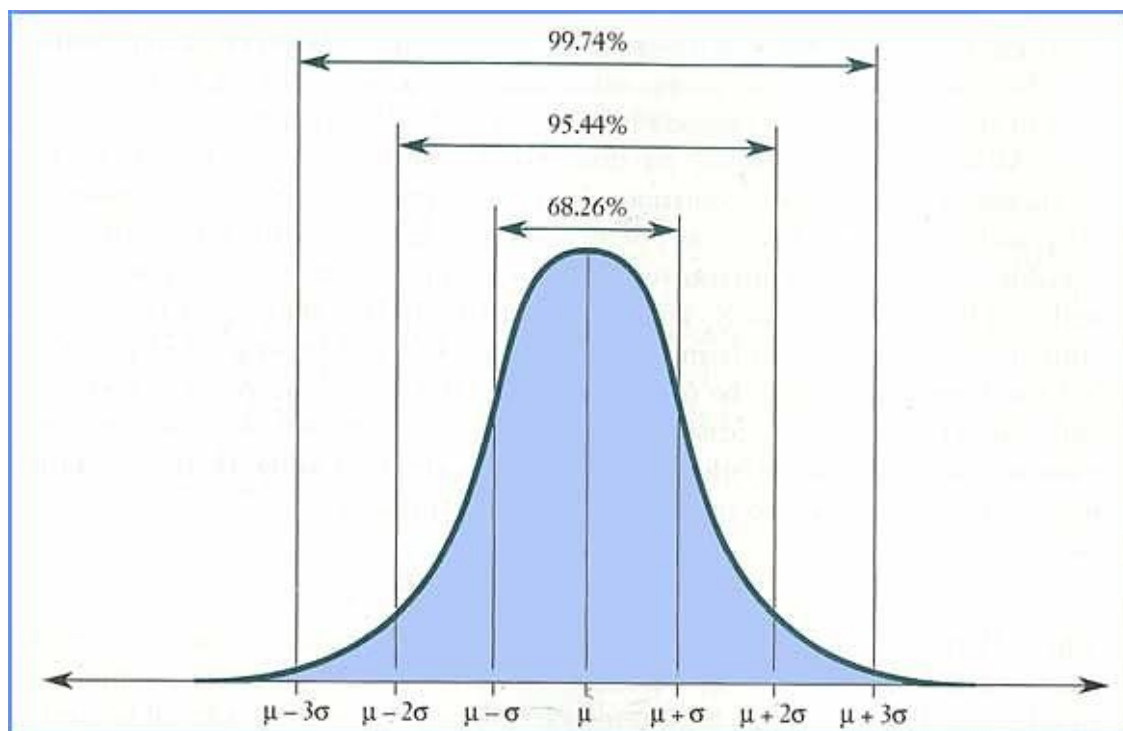
‘Allsteel : Ergonomics and Design A Reference Guide’

Οι ανθρωπομετρικές διαστάσεις περιλαμβάνουν κάθε σωματική διάσταση η οποία είναι σημαντική για το σχεδιασμό επίπλων, εργαλείων, εξοπλισμού κλπ. Έτσι, θεωρητικά ο αριθμός των απαιτούμενων διαστάσεων είναι άπειρος αφού κάθε προϊόν μπορεί να απευθύνεται σε συγκεκριμένο κοινό και τρόπο χρήσης. Όμως για λόγους οικονομίας και όχι μόνο, οι ανθρωπομετρικές διαστάσεις έχουν τυποποιηθεί, όπως αναφέραμε, από αρμόδιες υπηρεσίες οι οποίες παρουσιάζουν αυτά τα δεδομένα σε μορφή πινάκων.

Η γνώση του μέσου όρου των σωματικών διαστάσεων μιας συγκεκριμένης ομάδας δεν είναι αρκετή. Για αυτό το λόγο οι σωματικές διαστάσεις υπολογίζονται με τη βοήθεια της **κανονικής κατανομής**.

Η **κανονική κατανομή ή κατανομή του Gauss** είναι η πιο σημαντική και χρήσιμη κατανομή πιθανότητας και αυτό γιατί:

- i) Πολλά πειράματα μπορούν να εκφραστούν μέσω τυχαίων μεταβλητών που ακολουθούν την κανονική κατανομή.
- ii) Η κανονική κατανομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν προσέγγιση πολλών άλλων κατανομών.
- iii) Η κατανομή αυτή αποτελεί τη βάση για πολλές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στη στατιστική συμπερασματολογία.



Κανονική Κατανομή (το εμβαδόν του χωρίου που περικλείεται από τη συνάρτηση πυκνότητας και τον άξονα των τιμών της X είναι ίσο με 1 και εκφράζει την πιθανότητα η X να πάρει μια τιμή μεταξύ $-\infty$ και $+\infty$)

Στην Κ.Κ όπως φαίνεται και από το σχήμα το 68% των τιμών βρίσκεται μεταξύ μιας τυπικής απόκλισης σ (**SD**) και από τις δύο πλευρές της μέσης τιμής, το 95% μεταξύ 2σ και το 99% μεταξύ 3σ.

Έτσι αν για παράδειγμα ο μέσος όρος ύψους μίας ομάδας είναι $\mu=150\text{cm}$ και η τυπική κατανομή $\sigma=10\text{cm}$ τότε:

- $\pm 1\sigma = 140-160\text{cm} \rightarrow$ καλύπτει το 68% του δείγματος
- $\pm 2\sigma = 130-170\text{cm} \rightarrow$ καλύπτει το 95% του δείγματος
- $\pm 3\sigma = 120-180\text{cm} \rightarrow$ καλύπτει το 99% του δείγματος

Ο συντελεστής μεταβλητότητας (**CV**) είναι ένα χρήσιμος δείκτης διακύμανσης μιας διάστασης. $CV = \sigma/\mu$ όπου $\mu =$ μέση τιμή. Χαμηλή τιμή του συντελεστή μεταβλητότητας σημαίνει ότι τα δεδομένα είναι ομαλώς κατανομημένα ενώ μια υψηλή τιμή δηλώνει απόκλιση των δεδομένων.

Τυπικές τιμές είναι (ΗΠΑ):

Ανάστημα =3-4%

Ύψος (σε όρθια ή καθιστή στάση) =3-5%

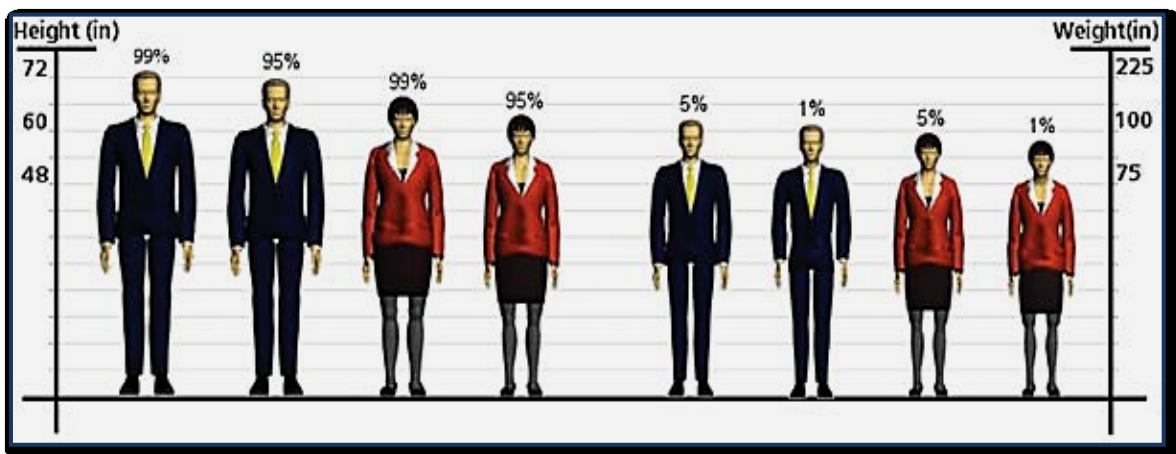
Βάρος =10-21%

Μυϊκή δύναμη =13-85%

Πλάτος σώματος =5-9% κλπ.

Γνωρίζοντας αυτό το συντελεστή και το μέσο μπορούμε να βρούμε την σ κάθε φορά.

Όσον αφορά το ύψος, το οποίο είναι το πιο σημαντικό μέγεθος κατά την περίπτωση του σχεδιασμού καρέκλας, επίπλων αλλά και άλλων αντικειμένων, οι εργονομικές προτάσεις στοχεύουν συνήθως στο 90% των χρηστών αποκλείοντας το 5% των ακραίων περιοχών της κατανομής. Συγκεκριμένα το μικρότερο 5% του ύψους των γυναικών και το μεγαλύτερο 5% των αντρών.



The relative sizes of different percentile humans. Data is from Dreyfuss, Kroemer, and Woodson texts.

Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η χαμηλότερη τιμή 5% για το ύψος των γυναικών είναι η μικρότερη μέτρηση που παίρνουμε κατά το σχεδιασμό και αντίστροφα η υψηλότερη μέτρηση είναι το 95%, το μεγαλύτερο ύψος δηλαδή των αντρών. Κατ' αυτό τον τρόπο ικανοποιείται το 95% του πληθυσμού εφόσον υποθετικά ισχύει ότι έχουμε 50% ανδρικό και 50% γυναικείο πληθυσμό.

Πριν αναφερθούν τα χαρακτηριστικά του σχεδιασμού καθισμάτων, πρέπει να τονιστεί ότι κανένα κάθισμα, όσο προσεκτικά σχεδιασμένο και αν είναι, δεν εγγυάται απόλυτη άνεση και αποδοτικότητα για μεγάλες χρονικές περιόδους και αυτό διότι το ανθρώπινο σώμα δεν είναι σχεδιασμένο να παραμένει καθιστό για μεγάλες χρονικές περιόδους και χρειάζεται περιστασιακά να σηκώνεται, όπως επίσης και να αλλάζει ελαφρά στάσεις κατά την περίοδο που κάθεται. Τα καθίσματα πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η ενόχληση που προκαλείται από τη συμπίεση της επιφάνειας των μηρών ή από την παρεμπόδιση της κυκλοφορίας του αίματος στους γλουτούς λόγω ακατάλληλης κατανομής του βάρους του καθήμενου. Πρέπει επίσης να υποστηρίζει την σπονδυλική στήλη για να μειώνεται η κόπωση των σπονδύλων και των μυών των ώμων, της πλάτης, οι οποίοι συγκρατούν την σπονδυλική στήλη στην κανονική της στάση.

6.1.2 Χαρακτηριστικά Καθίσματος:

Σύμφωνα με το σενάριο που θέσαμε για το προϊόν μας στο στάδιο της κατασκευαστικής σύνθεσης θα χρησιμοποιήσουμε τα βασικά εργονομικά χαρακτηριστικά καθισμάτων και όχι αυτά που απαιτούν άσκηση δύναμης ή χρήση ειδικού εξοπλισμού, που προέρχονται από τα τελευταία πρότυπα της Διεθνούς Εταιρείας Ανθρωπίνου Παράγοντα και Εργονομίας (BSR / HFES 100, 2002).

Το κέντρο βάρους:

Το κέντρο του βάρους του σώματος ενός ανθρώπου που κάθεται σε παράλληλο προς το έδαφος κάθισμα κα με την πλάτη σε ορθή προς αυτό γωνία, είναι μια κατακόρυφη νοητή γραμμή που περνάει 2,5 εκ. μπροστά από το κέντρο του στήθους και συναντά το έδαφος.

Όταν το κάθισμα δεν παρέχει την κατάλληλη σταθεροποίηση, ο άνθρωπος ενστικτωδώς προσπαθώντας να σταθεροποιήσει το βάρος του αλλάζει στάσεις πάνω στο κάθισμα. Η διαδικασία αυτή προκαλεί ανάλωση σωματικής ενέργειας και δημιουργεί την εντύπωση του άβολου καθίσματος. **Η διανομή του βάρους του ανθρώπου σώματος πάνω σε ένα κάθισμα είναι 75% του όλου βάρους επάνω την έδρα του καθίσματος, 8% στην πλάτη και 17% στο δάπεδο.**

Το ύψος του καθίσματος:

Το ύψος του καθίσματος δεν πρέπει να υπερβαίνει το μήκος του κάτω μέρους του ποδιού μετρημένο από το πάτωμα μέχρι το εσωτερικό του γονάτου όταν αυτό σχηματίζει γωνία 90 μοιρών. Συνήθως συνιστάται ένα ύψος ανάμεσα στα **38 έως 56 εκατοστά** με δυνατότητα προσαρμογής 11.4 εκατοστά. Εάν δε ρυθμίζεται το ύψος του καθίσματος, τότε είναι προτιμότερο να επιλέγεται κάποιο ύψος πλησιέστερα στο κατώτερο όριο της κλίμακας των διαστάσεων ώστε να εξυπηρετούνται περισσότερα άτομα. Οι ψηλοί άνθρωποι μπορούν να χρησιμοποιούν ένα χαμηλό κάθισμα χωρίς σοβαρές ενοχλήσεις αλλά οι μεγαλύτερης ηλικίας σηκώνονται δυσκολότερα από ένα ψηλό κάθισμα.

Το βάθος του καθίσματος:

Πρέπει να είναι λιγότερο από την απόσταση από το πίσω μέρος των γλουτών έως το εσωτερικό της κνήμης για να υπάρχει αρκετός χώρος ώστε η άκρη του καθίσματος να μην πιέζει το πίσω μέρος της κνήμης. Εάν το κάθισμα είναι πολύ βαθύ, ο καθήμενος κινείται προς τα εμπρός για να αποφύγει αυτή την πίεση και επομένως δεν στηρίζεται η πλάτη. Εάν είναι πολύ ρηχό τότε μέρος του μηρού μένει χωρίς στήριξη, αν και αυτό δεν είναι τόσο σοβαρό πρόβλημα όσο το προηγούμενο. Εάν το βάθος δεν είναι ρυθμιζόμενο **δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 43-45 εκατοστά.**

Το πλάτος του καθίσματος:

Καθορίζεται από την ανάγκη διευκόλυνσης των ισχίων και του κατώτερου μέρους του κορμού. **Σαν ελάχιστο πλάτος προτείνονται τα 46 εκατοστά**, συμπεριλαμβανομένων

και των ρούχων. Το μέγεθος αυτό έχει προκύψει από τον υπολογισμό του πλάτους των ισχίων του 95% του γυναικείου πληθυσμού και έχουν προστεθεί 2,5 εκατοστά για την ένδυση. Εάν το κάθισμα έχει βραχίονα τότε και αυτοί πρέπει να απέχουν μεταξύ τους 46 εκατοστά, το λιγότερο.

Οι βραχίονες των καθισμάτων:

Είναι δυνατόν να περιορίσουν τις κινήσεις, αλλά παρέχουν πλάγια στήριξη του σώματος και των χεριών, και είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σαν σημεία στήριξης για να καθίσει ή να σηκωθεί κανείς από το κάθισμα. Το συνιστώμενο ύψος είναι συνήθως **18-27 εκατοστά από τη συμπιεσμένη επιφάνεια του καθίσματος.**

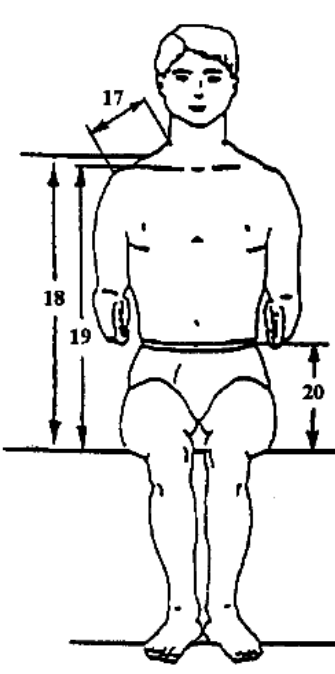
Η πλάτη του καθίσματος:

Η πλάτη πρέπει να είναι αρκετά ψηλή για να στηρίζει την οσφυϊκή χώρα. Στα τελευταία διεθνή πρότυπα προτείνεται η τοποθέτησή της σε ύψος που εκτείνεται από 15 έως 25 εκατοστά περίπου από την συμπιεσμένη επιφάνεια του καθίσματος, με δυνατότητα προσαρμογής. Οι προτεινόμενες ελάχιστες διαστάσεις, όσον αφορά το ύψος της πλάτης του καθίσματος **είναι 45 εκατοστά πάνω από τη συμπιεσμένη επιφάνεια και όσον αφορά το πλάτος αυτής 36 εκατοστά.** Η γωνία ανάμεσα στην επιφάνεια του καθίσματος και στην πλάτη δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 90 μοιρών.

“Σύγχρονη Εργονομία”
Λ. Λαΐου – Μ. Γιαννακοπούλου Σιουτάρ

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά σε καθιστή στάση

πηγή: HFDS (Human Factors Design Standard) Anthropometry & Biomechanics 2003



17 Shoulder length. The surface distance along the top of the shoulder from the junction of the neck and shoulder to the point of the shoulder (acromion).

Sample		1st	5th	Percentiles			
				50th	95th	99th	
A	Men	cm (in)	12.4 (4.9)	13.3 (5.3)	15.0 (5.9)	16.9 (6.7)	17.7 (7.0)
B	Women	cm (in)	12.0 (4.7)	12.7 (5.0)	14.5 (5.7)	16.2 (6.4)	17.1 (6.7)

18 Mid-shoulder height, sitting. The vertical distance from the sitting surface of the shoulder halfway between the neck and the point of the shoulder, measured with the subject sitting.

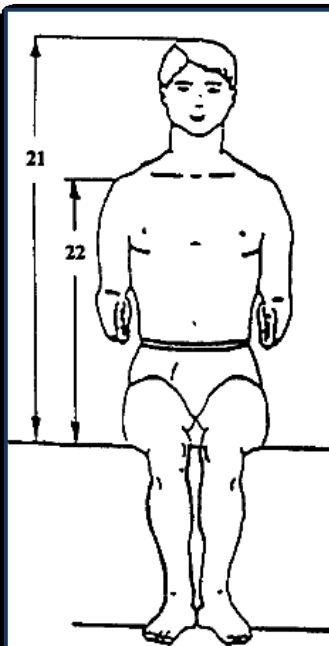
Sample		1st	5th	Percentiles			
				50th	95th	99th	
A	Men	cm (in)	56.3 (22.2)	58.3 (23.0)	63.0 (24.9)	67.7 (26.7)	69.4 (27.3)
B	Women	cm (in)	52.3 (20.6)	53.9 (21.2)	58.4 (23.0)	63.1 (24.8)	64.7 (25.5)

19 Trunk (suprasternale) height, sitting. The vertical distance from the sitting surface to the lowest point of the notch in the upper edge of the breast bone (suprasternale), measured with the subject sitting.

Sample		1st	5th	Percentiles			
				50th	95th	99th	
A	Men	cm (in)	53.1 (20.9)	55.2 (21.7)	59.6 (23.5)	64.2 (25.3)	65.9 (25.9)
B	Women	cm (in)	49.8 (19.6)	51.1 (20.1)	55.3 (21.8)	59.6 (23.5)	61.2 (24.1)

20 Waist height, sitting. The vertical distance from the sitting surface to the level of the waist (natural indentation), measured with the subject sitting.

Sample		1st	5th	Percentiles			
				50th	95th	99th	
A	Men	cm (in)	24.8 (9.8)	26.0 (10.2)	28.7 (11.3)	31.5 (12.4)	32.9 (13.0)
B	Women	cm (in)	22.8 (9.0)	24.4 (9.6)	28.0 (11.0)	31.5 (12.4)	32.7 (12.9)

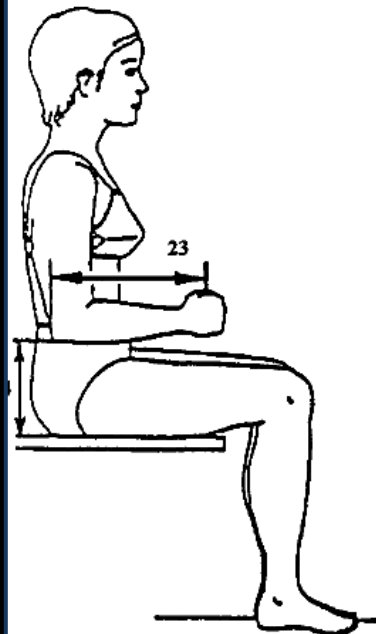


21 Sitting height. The vertical distance from the sitting surface to the top of the head, measured with the subject sitting.

Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
A Men	cm (in)	82.8 (32.6)	85.5 (33.7)	91.4 (36.0)	97.2 (38.3)	99.1 (39.0)
B Women	cm (in)	77.5 (30.5)	79.5 (31.3)	85.1 (33.5)	91.0 (35.8)	93.3 (36.7)

22 Shoulder (acromiale) height, sitting. The vertical distance from the sitting surface to the point of the shoulder (acromion), measured with the subject sitting.

Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
14.....1						
			A Men	cm	52.5	54.9
		59.8	64.6	66.5	(21.6)	(23.6)
		(in)	(20.7)		(25.4)	
(26.2)						

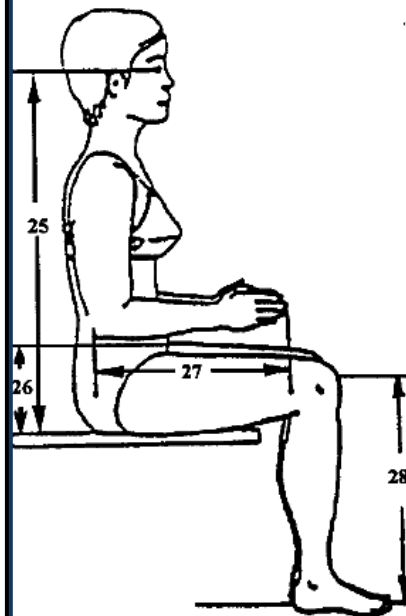


23 Elbow-grip length. The horizontal distance from the back of the elbow to the center of the clenched fist.

Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
A Men	cm (in)	32.3 (12.7)	33.2 (13.1)	35.9 (14.1)	39.1 (15.4)	40.3 (15.9)
B Women	cm (in)	28.9 (11.4)	30.0 (11.8)	32.8 (12.9)	35.8 (14.1)	37.2 (14.7)

24 Elbow rest height. The vertical distance from the sitting surface to the bottom of the tip of the elbow, measured with the subject sitting and the forearm held horizontally.

Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
A Men	cm (in)	16.8 (6.6)	18.4 (7.2)	23.2 (9.1)	27.4 (10.8)	29.2 (11.5)
B Women	cm (in)	15.8 (6.2)	17.6 (6.9)	22.1 (8.7)	26.4 (10.4)	28.2 (11.1)



25 Eye height, sitting. The vertical distance from the sitting surface to the outer corner of the eye (ectocanthus), measured with the subject sitting.

Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
A Men	cm (in)	71.2 (28.0)	73.5 (28.9)	79.2 (31.2)	84.8 (33.4)	86.9 (34.2)
B Women	cm (in)	66.4 (26.1)	68.5 (30.0)	73.8 (29.1)	79.4 (31.2)	81.6 (32.1)

26 Thigh clearance. The vertical distance from the sitting surface to the highest point of the thigh, measured with the subject sitting.

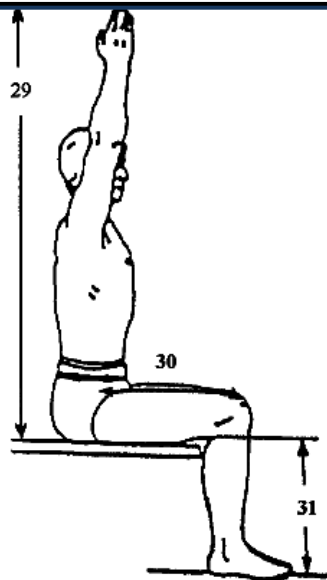
Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
A Men	cm (in)	14.1 (5.6)	14.9 (5.9)	16.8 (6.6)	19.0 (7.5)	20.1 (7.9)
B Women	cm (in)	13.4 (5.3)	14.0 (5.5)	18.0 (6.2)	18.0 (7.1)	19.0 (7.5)

27 Elbow-fingertip length. The horizontal distance from the back of the elbow to the tip of the middle finger, with the hand extended.

Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
A Men	cm (in)	43.4 (17.1)	44.8 (17.6)	48.3 (19.2)	52.4 (20.6)	54.2 (21.3)
B Women	cm (in)	39.1 (15.4)	40.6 (16.0)	44.2 (17.4)	48.3 (19.0)	49.8 (19.6)

28 Knee height, sitting. The vertical distance from the footrest surface to the top of the knee, measured with the subject sitting.

Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
A Men	cm (in)	49.7 (19.6)	51.4 (20.2)	55.8 (22.0)	60.6 (23.9)	62.3 (24.5)
B Women	cm (in)	45.4 (17.9)	47.4 (18.7)	49.8 (20.2)	56.0 (22.0)	57.8 (22.8)



29 Vertical reach, sitting. The vertical distance from the sitting surface to the tip of the middle finger, measured with the subject sitting and the arm, hand, and fingers extended vertically.

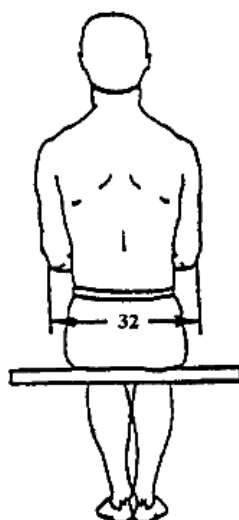
Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
A	Men	cm 129.3 (in) (50.1)	133.8 (52.7)	143.3 (56.4)	153.2 (60.3)	156.7 (61.7)
B	Women	cm 119.7 (in) (47.1)	123.3 (48.5)	132.7 (52.2)	141.8 (55.8)	145.4 (57.2)

30 Abdominal depth, sitting. The depth of the abdomen, with the subject sitting.

Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
A	Men	cm 18.6 (in) (7.3)	19.9 (7.8)	23.6 (9.3)	29.1 (11.5)	31.4 (12.4)
B	Women	cm 17.3 (in) (6.1)	18.5 (7.3)	21.9 (8.6)	27.1 (10.7)	29.5 (11.6)

31 Popliteal height, sitting. The vertical distance from the footrest surface to the underside of the lower leg, measured with the subject sitting.

Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
A	Men	cm 37.8 (in) (14.9)	39.5 (15.6)	43.3 (17.1)	47.6 (18.7)	49.5 (19.5)
B	Women	cm 33.7 (in) (13.3)	35.1 (13.8)	38.9 (15.3)	42.9 (16.9)	44.6 (17.6)



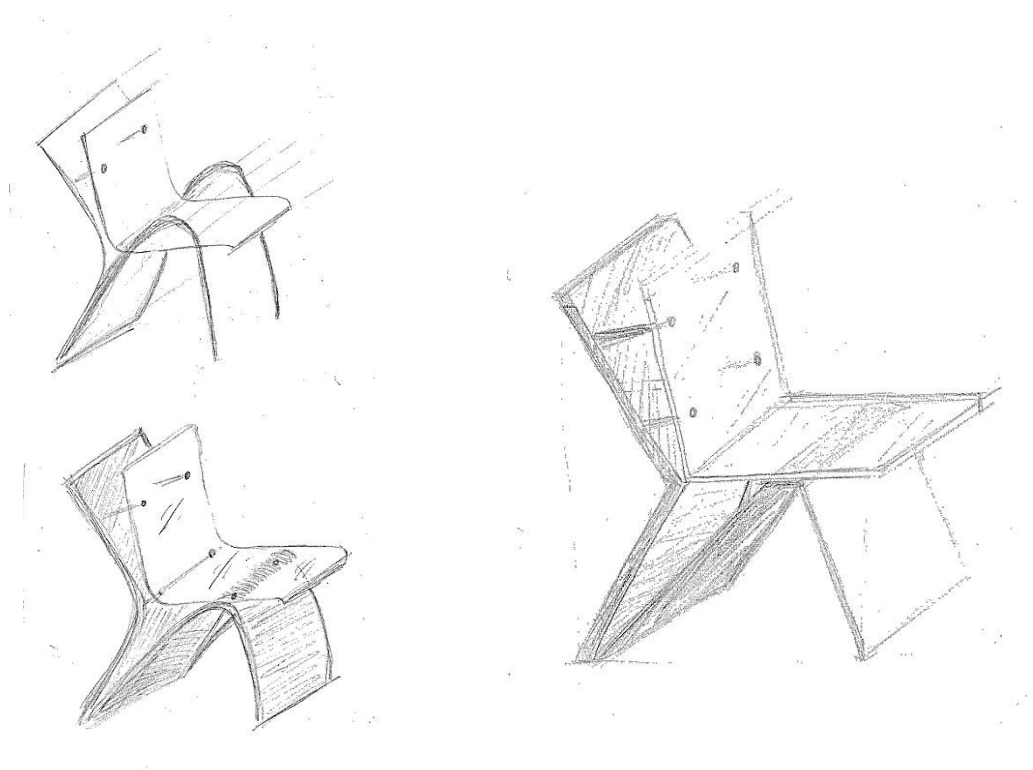
32 Forearm-forearm breadth, sitting. The horizontal distance across the body between the outer surfaces of the forearms, measured with the forearms flexed and held against the body.

Sample		Percentiles				
		1st	5th	50th	95th	99th
A	Men	cm 45.1 (in) (17.8)	47.79 (18.8)	54.5 (21.5)	62.1 (24.5)	65.3 (25.7)
B	Women	cm 39.4 (in) (15.5)	41.5 (16.3)	46.7 (18.4)	52.8 (20.8)	56.0 (22.1)

6.2 Δημιουργία Εναλλακτικών Κατασκευαστικών Λύσεων

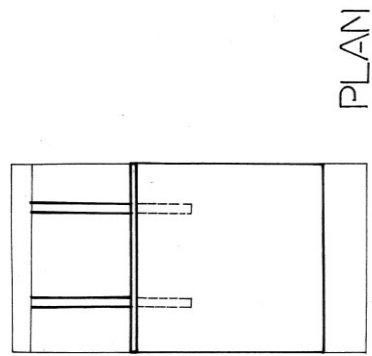
Σύμφωνα με τη διερεύνηση που ήδη παρουσιάστηκε στο πεδίο της εργονομίας, προσαρμόζονται κάποιες αρχικές διαστάσεις στις ιδέες, οι οποίες εξελίσσονται και αξιολογούνται μέχρι να γίνει η τελική επιλογή. Ορισμένα από τα πρωτογενή σχέδια που παρουσιάζονται παρακάτω έγιναν σε χαρτί, ενώ κάποια αρχικά σκαριφήματα/ μοντέλα έγιναν σε Η/Υ. Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικές ιδέες για το προϊόν μελέτης, ως εναλλακτικές κατασκευαστικές λύσεις:

Κατασκευαστική Λύση 1^η :

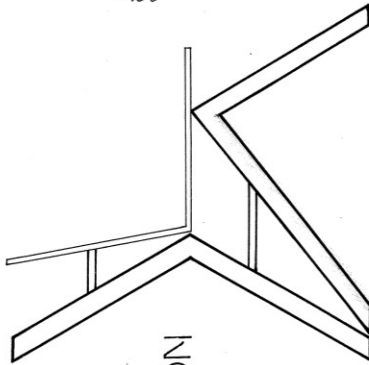
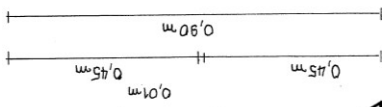
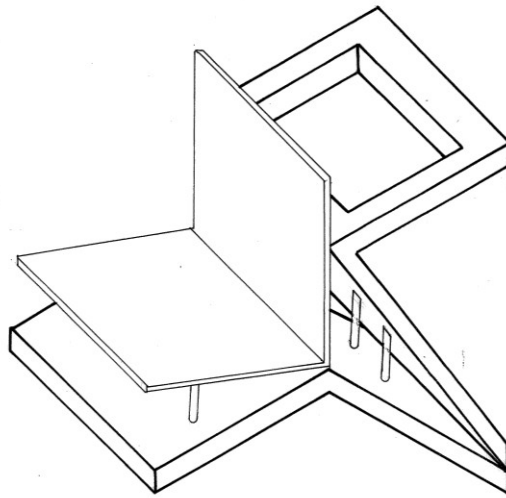


Ιδέα 1^η, σκίτσα.

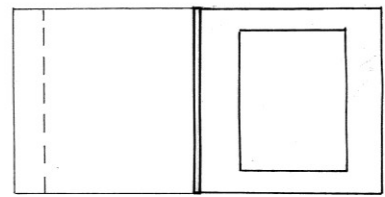
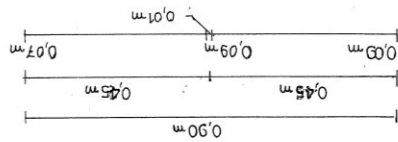
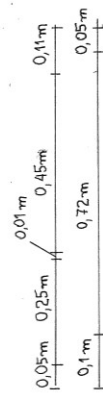
Η ιδέα αυτή περιελάμβανε συνδυασμό δύο (2) ή και περισσότερων υλικών, θερμοπλαστικό για το διαφανές κάθισμα, θερμοπλαστικό, ξύλο ή μέταλλο (ίσως αλουμίνιο) για το πίσω μέρος και τα πόδια και μέταλλο για τους πείρους σύνδεσης. Το κάθισμα είναι διαφανές μπροστά έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί με ευκολία να διακρίνει ποιο βιβλίο βρίσκεται στην πλάτη.



PLAN



ELEVATION



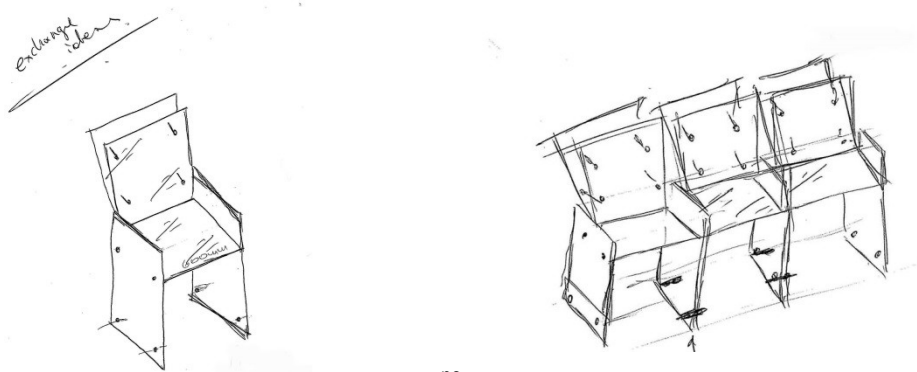
ELEVATION



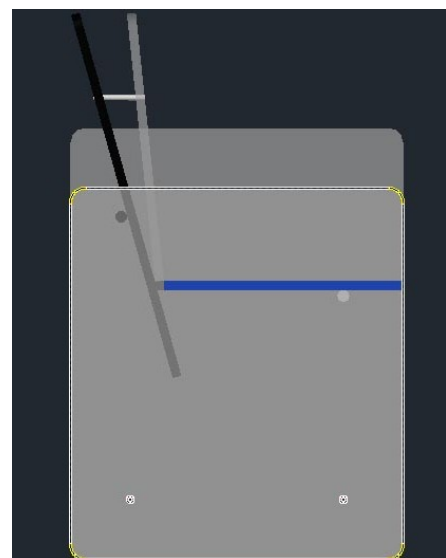
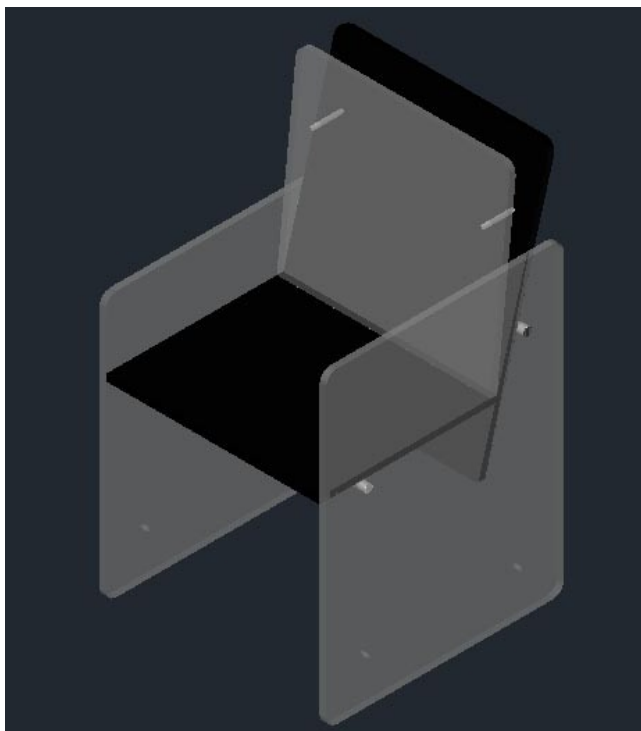
Ιδέα 1^η, γραμμικό σχέδιο σε χαρτί διαστάσεως Α2.

Κατασκευαστική Λύση 2^η :

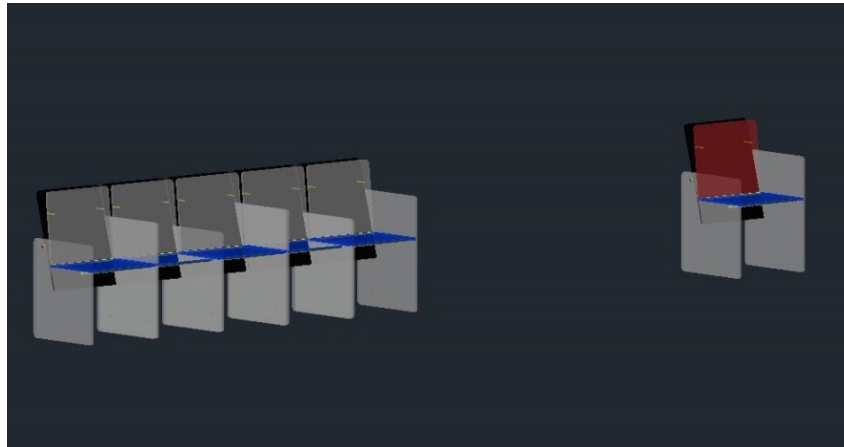
Η ιδέα αυτή είναι μια εξέλιξη της πρώτης όσον αφορά το υλικό (θερμοπλαστικό), τον τρόπο που η πλάτη συνδέεται με την θήκη για το βιβλίο, και τη διαφάνεια. Επίσης, υπάρχουν συνδέσεις έτσι ώστε οι καρέκλες να μετατρέπονται σε ένα ενιαίο σύνολο ανάλογα με τις ανάγκες. Τα παιϊνά είναι εργονομικά σχεδιασμένα ώστε να μην εμποδίζουν τις κινήσεις. Υπάρχει εμφανής επιρροή από τα έπιπλα του κινήματος De Stijl και συγκεκριμένα του Ολλανδού σχεδιαστή Gerrit Rietveld. Τα κύρια χαρακτηριστικά του κινήματος αυτού είναι η απλοποίηση της φόρμας και αναγωγή της στα βασικά γεωμετρικά σχήματα καθώς και η χρήση των 3 βασικών χρωμάτων (κόκκινο, μπλε, κίτρινο), του λευκού και του μαύρου.



Σκίτσα 2^η κατασκευαστικής ιδέας.

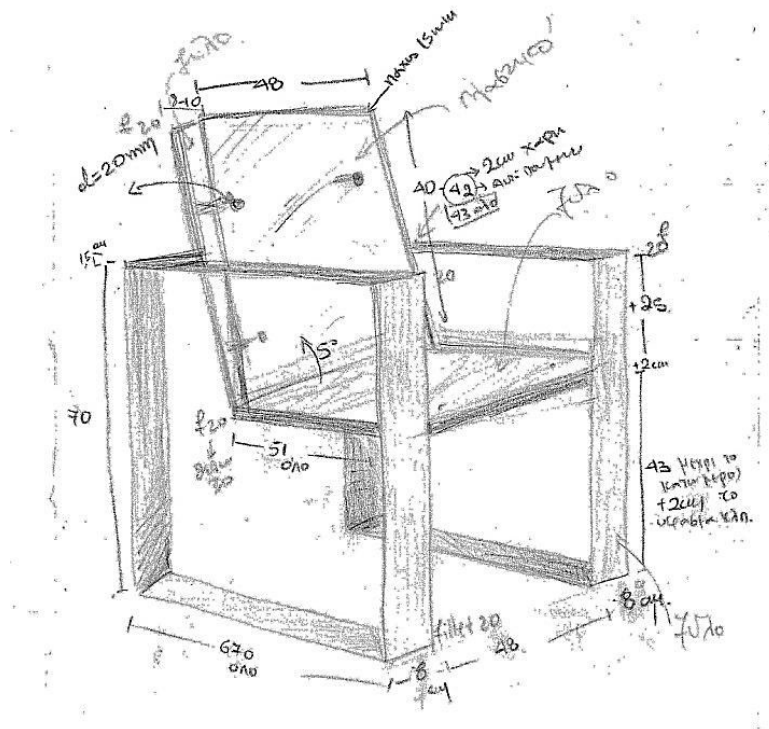


Αξονομετρικό και παιϊνή όψη από αριστερά.



Προϊόν μόνο του ή σε σύνδεση με άλλα. Μοντελοποίηση στο Autocad 3D.

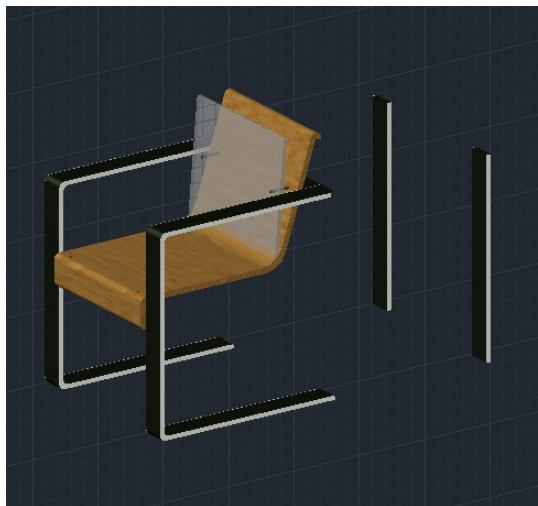
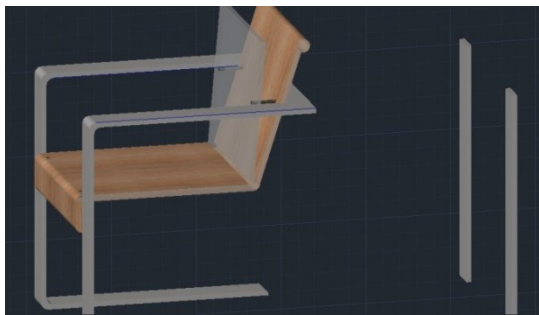
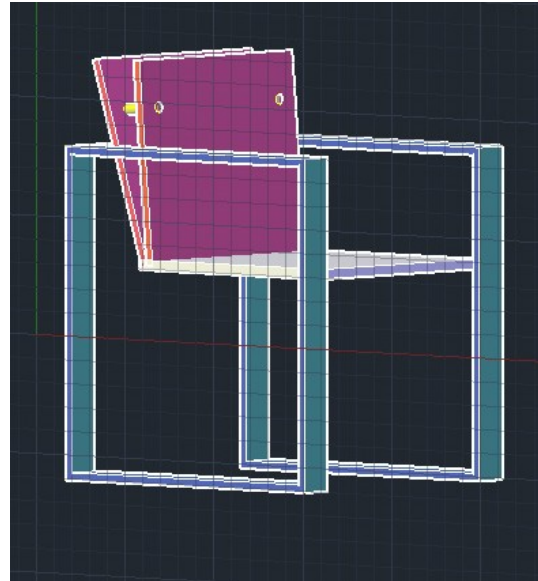
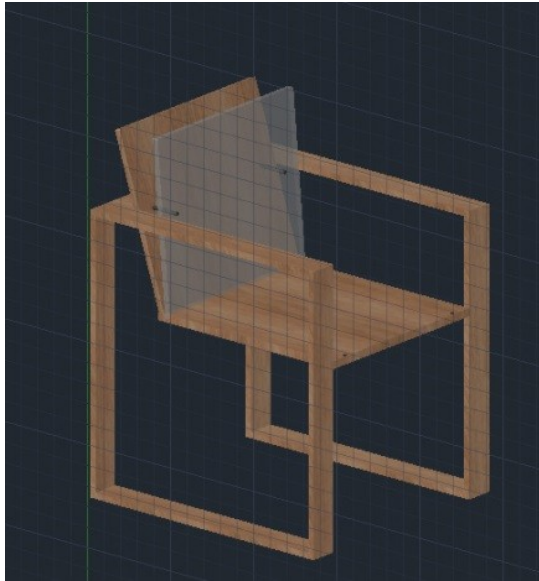
Κατασκευαστική Λύση 3^η :



Σκίτσο 3^{ης} κατασκευαστικής ιδέας.

Η συγκεκριμένη κατασκευαστική ιδέα εκπονήθηκε παράλληλα με την δεύτερη και ουσιαστικά είναι μια παραλλαγή της. Εδώ έχουμε 3 διαφορετικά υλικά, ξύλο για τα πλαιδιά, πλαστικό στο κάθισμα και μέταλλο για τις συνδέσεις.

Ο σχεδιασμός, όπως φαίνεται καθαρότερα πιο κάτω, είναι επηρεασμένος από τις καρέκλες σχήματος S του κινήματος Bauhaus και συγκεκριμένα του M. Breuer αλλά και από τις ξύλινες καρέκλες του Φιλανδού αρχιτέκτονα Alvar Aalto.



Εξέλιξη της κατασκευαστικής λύσης No. 3

Η εξέλιξη της κατασκευαστικής ιδέας έγινε στο Autocad 3D. Με την αφαίρεση της μιας πλευράς του τετραγώνου πλαισίου βελτιώνεται η αντοχή εφόσον το σχήμα S λειτουργεί ως φυσικός αποσβεστήρας κραδασμών. Επίσης η αντικατάσταση του ξύλου με μέταλλο, βελτιώνει την αντοχή αλλά αυξάνει το βάρος και την δυσκολία κατασκευής επομένως και το κόστος κατασκευής. Τέλος οι καμπύλες πλεονεκτούν έναντι των αιχμηρών ακμών διότι δεν υπάρχει συσσώρευση τάσεων.

Κατασκευαστική Λύση 4^η :

Από τα τελευταία σχέδια σχήματος S προέκυψε η ιδέα για ένα ενιαίο-με καμπύλες σώμα του αντικειμένου έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι συνδέσεις, συγκολλήσεις και χρήση υλικών αλλά και να μειωθεί η συσσώρευση τάσεων σε γωνίες και ακμές. Επίσης κατά την αναζήτηση υλικών η οποία γίνεται παράλληλα με κάθε σενάριο αρχίζει να γίνεται ξεκάθαρη η ροπή προς το **ξύλο**.

Οι λόγοι για την επιλογή του ξύλου ως υλικό κατασκευής επίπλων είναι οι ίδιοι για τους οποίους χρησιμοποιείται ως τέτοιο εδώ και χιλιάδες χρόνια: το ξύλο υπερτερεί σε επιδόσεις, κατασκευή και εμφάνιση έναντι πολλών άλλων υλικών.

Από τη μεριά του καταναλωτή, το ξύλο έχει ευχάριστη εμφάνιση, είναι 'ζεστό' στην αφή, δυνατό και ανθεκτικό. Από τη μεριά του κατασκευαστή έχει πολύ καλή αναλογία βάρους-αντοχής, είναι εύκολο στην επεξεργασία με μια μεγάλη ποικιλία εργαλείων και εργαλειομηχανών, παρέχει ευκολότερη σύνδεση με άλλα κομμάτια ξύλου ή άλλα υλικά σε σχέση με κάθε άλλο υλικό κατασκευής, γρήγορο φινίρισμα καθώς και βελτίωση της φυσικής εμφάνισης (βερνίκι, βαφή), είναι διαθέσιμο σε μεγάλες ποσότητες ακόμα και σε τοπική κλίμακα, έχει σχετικά χαμηλό κόστος προμήθειας και τέλος είναι **ανανεώσιμο υλικό**.

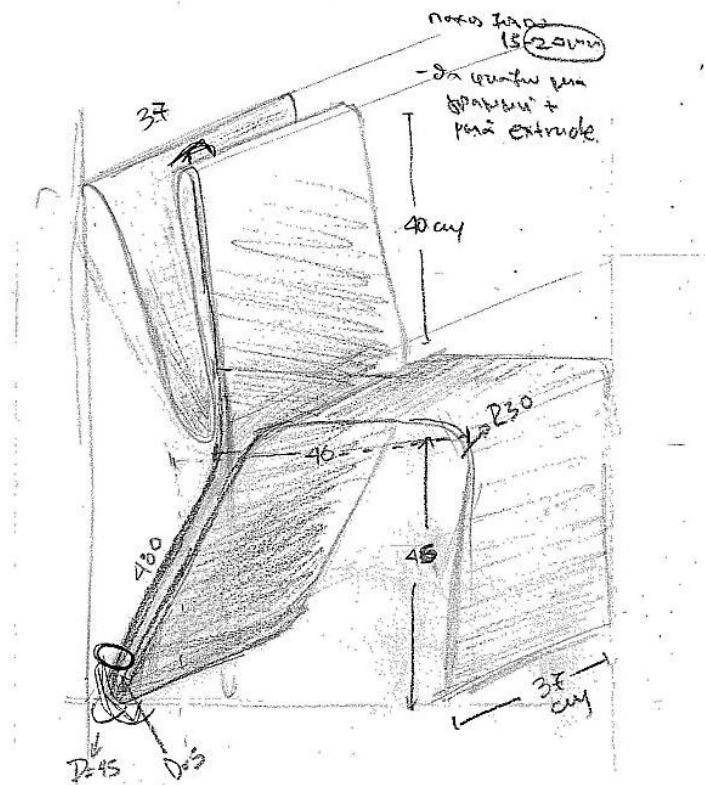
Η πυκνότητα του ξύλου κυμαίνεται μεταξύ $400-800 \text{ kg/m}^3$ και είναι ο κύριος παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την αντοχή, την ακαμψία καθώς και τη διαστασιακή σταθερότητα. Το χαμηλής πυκνότητας ξύλο υστερεί κατά τις μηχανικές κατεργασίες και το φινίρισμα ενώ το υψηλής πυκνότητας, αν και κυρίως προτιμάται, είναι πιο ακριβό στην κατεργασία και προκαλεί φθορές στα κοπτικά εργαλεία. Στην επιλοποιεία χρησιμοποιείται κυρίως μασίφ ξυλεία αν και τα τελευταία χρόνια ευρεία είναι και η χρήση σύνθετων προϊόντων ξύλου όπως το κόντρα πλακέ (Plywood), το OSB (Oriented Strand Board), MDF (Medium Density Fibreboard) κλπ.

Έτσι, έχοντας πλέον κάποια πρώτη εκτίμηση για το υλικό και κυρίως για τα σύνθετά του, στον σχεδιασμό εισάγεται ένας επιπλέον παράγοντας, δηλαδή η προσαρμογή του υλικού στο σχέδιο και το αντίστροφο.

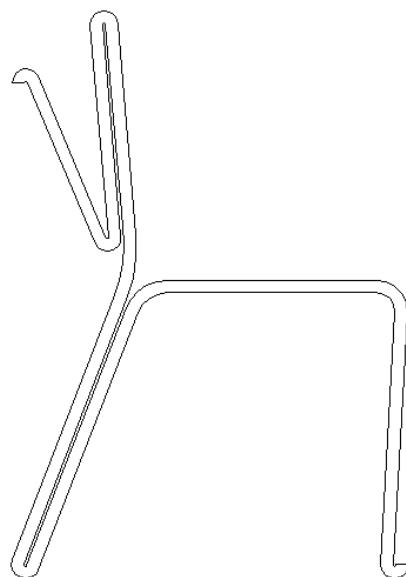
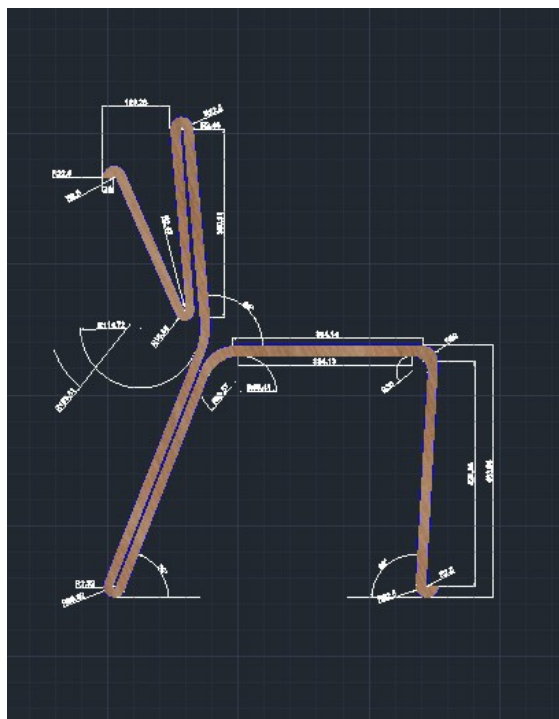
Προέκυψε μια πρώτη σκέψη για το σχήμα με επιρροές από την καρέκλα του Alberto Villarreal για την εταιρεία Agent. Το υλικό καθώς και το σχήμα βοηθούν στην απορρόφηση των κραδασμών της πλάτης



Η καρέκλα αυτή κατασκευάστηκε από ένα μόνο κομμάτι κόντρα πλακέ.

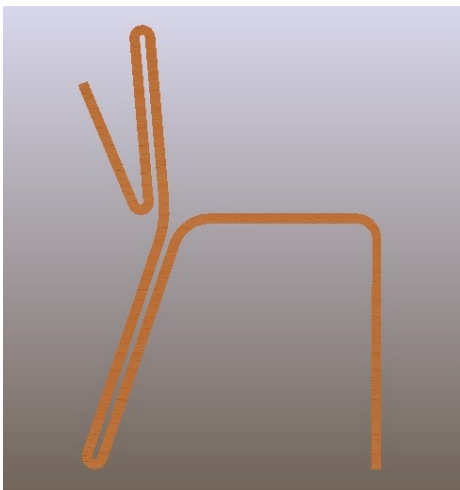
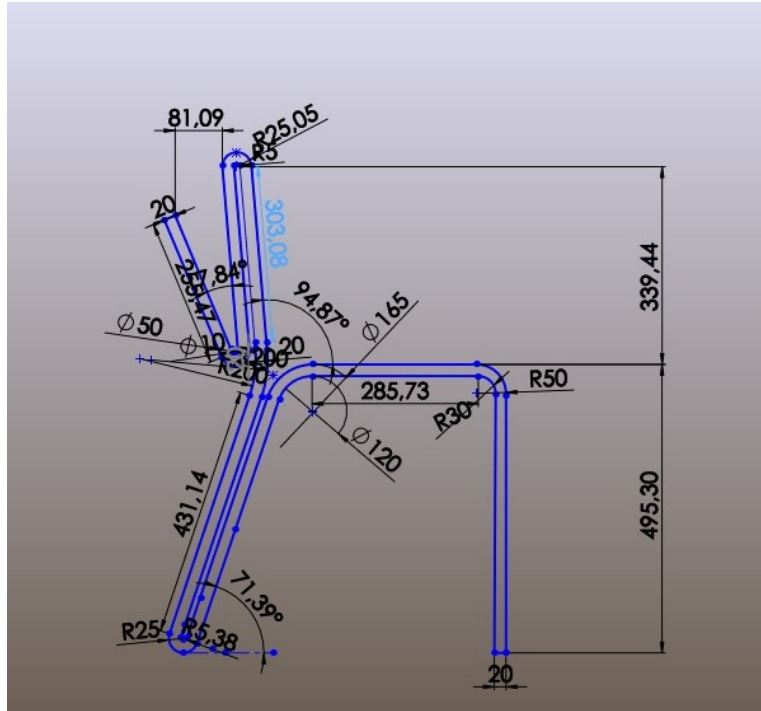


Ένα πρωταρχικό δισδιάστατο σχήμα έγινε στο Autocad:

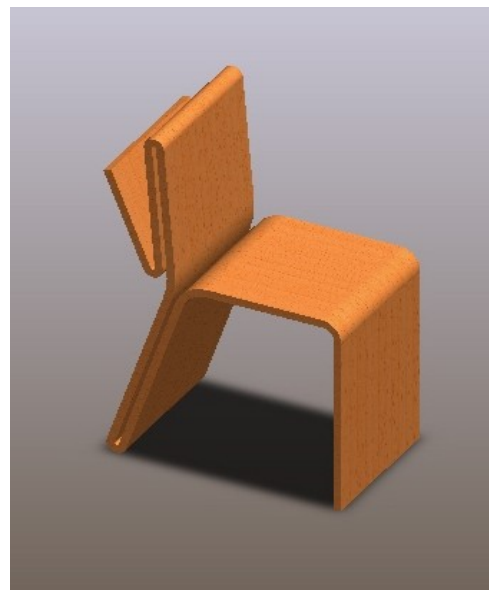


Προφίλ της καρέκλας στο Autocad.

Από εδώ και έπειτα, για την εκπόνηση των σχεδίων θα χρησιμοποιηθεί το 3D-CAD λογισμικό **Solidworks** εφόσον στη συνέχεια θα διεξαχθούν κάποια τεστ αντοχής και κόπωσης με βάση τα μηχανικά χαρακτηριστικά του υλικού, σύμφωνα πάντα με τις δοκιμές οι οποίες οφείλουν να πραγματοποιηθούν σε συμμόρφωση με τους ισχύοντες κανονισμούς και τα διεθνή πρότυπα. Σχεδιάζεται καταρχήν το προφίλ του καθίσματος στο λογισμικό Solidworks:

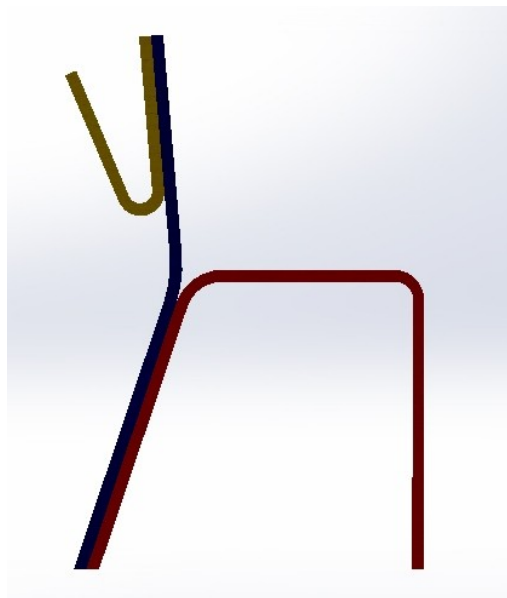


Πάνω : Προφίλ κατασκευής
Κάτω: Μετατροπή σε στερεό (Solidworks)

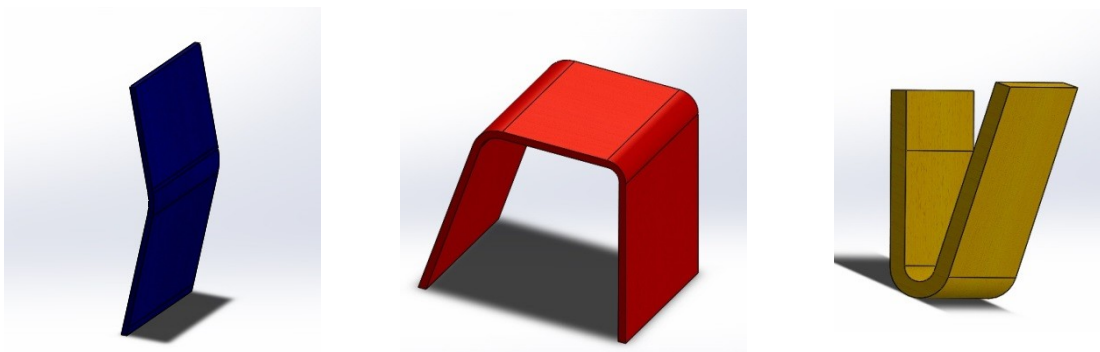


Κατασκευαστική Λύση 5^η :

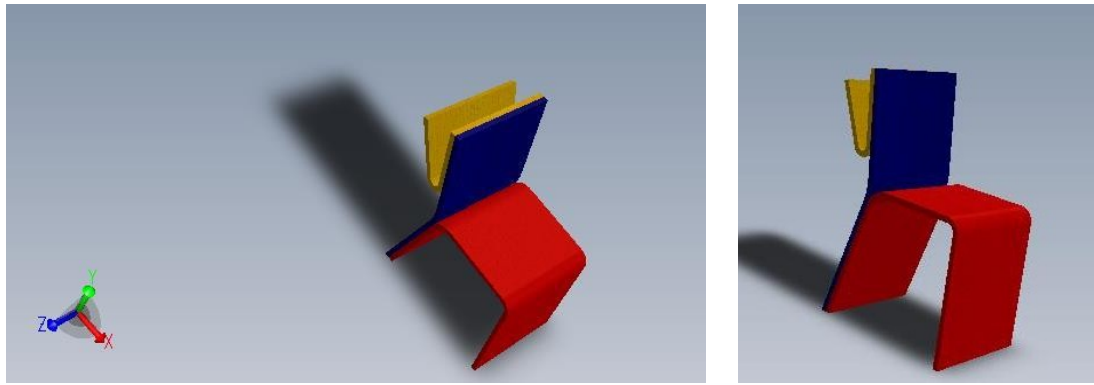
Αυτή η κατασκευαστική λύση είναι ουσιαστικά μια εξέλιξη της προηγούμενης ιδέας, ύστερα από επικοινωνία με εγχώριες εταιρείες κατασκευής επίπλων, στην οποία δεν υπάρχει ένα ενιαίο κόντρα πλακέ αλλά διαίρεση της καρέκλας σε 3 διαφορετικά κομμάτια για ευκολία και μειωμένο κόστος κατασκευής. Οι μικρές καμπύλες της προηγούμενης κατασκευαστικής ιδέας αφαιρέθηκαν εφόσον διαπιστώθηκε ότι είναι δύσκολο να κατασκευαστούν και επιπλέον απαιτείται ειδικό, ελαστικό και επομένως πιο ακριβό υλικό (π.χ. *flexi ply*) και όχι συμβατικό κόντρα πλακέ οξιάς, που συνήθως χρησιμοποιείται από τις εταιρείες κατασκευής επίπλων. Τέλος, η διαίρεση αυτή διευκολύνει επίσης στην αποθήκευση, στην μεταφορά καθώς και την απόρριψη της κατασκευής και συνεπώς μειώνει το συνολικό της κόστος.



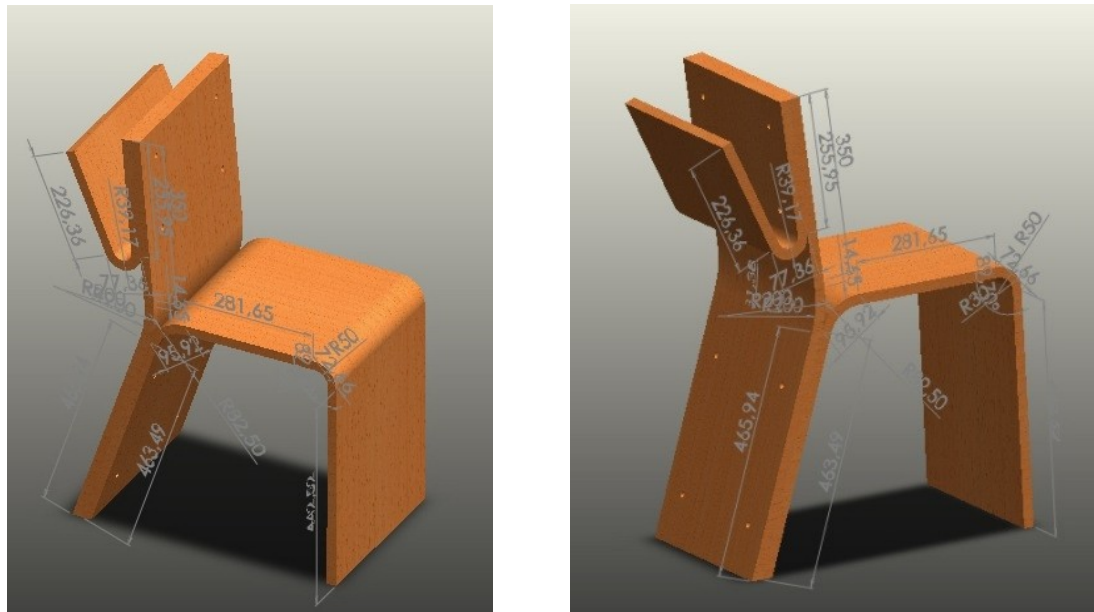
Πλαϊνή όψη 5^{ης} κατασκευαστικής ιδέας.



Τα 3 μέρη που απαρτίζουν την καρέκλα, με διαφορετικό χρώμα για να γίνει εμφανής η σύνδεση.

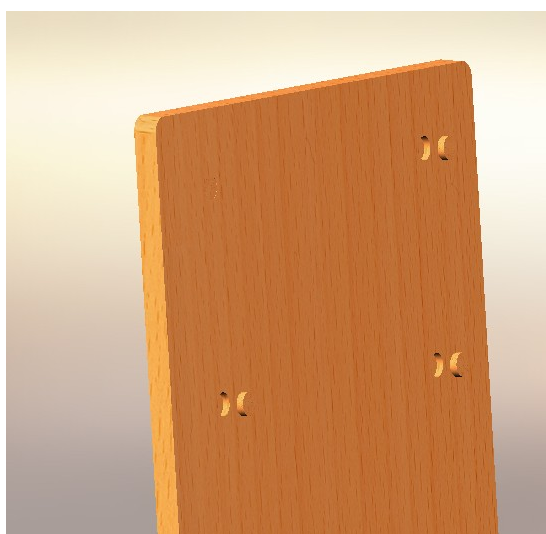


Προοπτικό σχέδιο 5^{ης} κατασκευαστικής ιδέας.

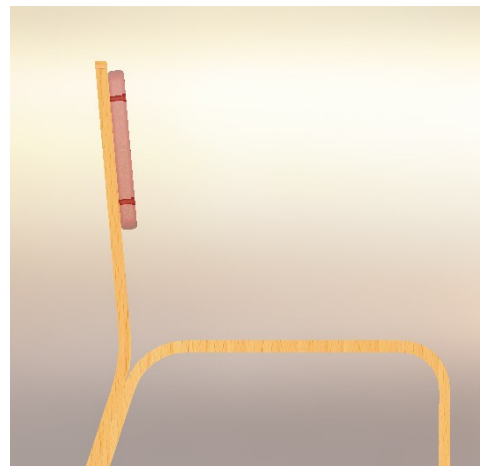
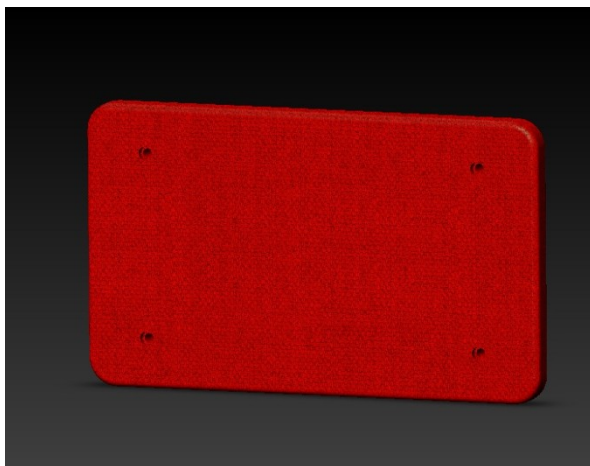
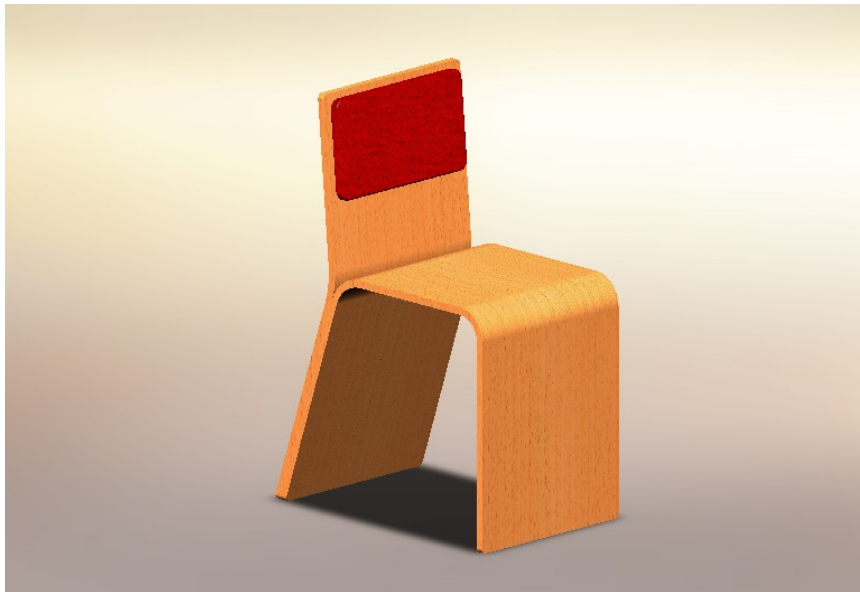


Αξονομετρικό σχέδιο 5^{ης} κατασκευαστικής ιδέας από 2 διαφορετικές οπτικές γωνίες.

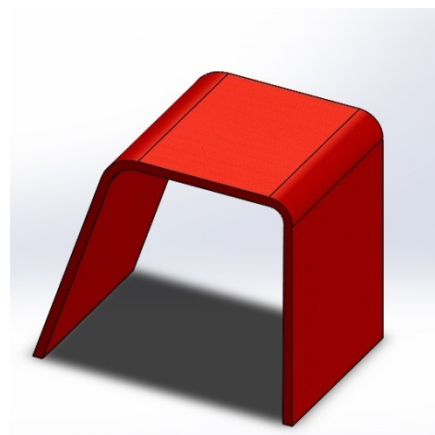
Η κατασκευαστική ιδέα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και χωρίς τη θήκη για το βιβλίο με τάπες ίσως για την κάλυψη των οπών.

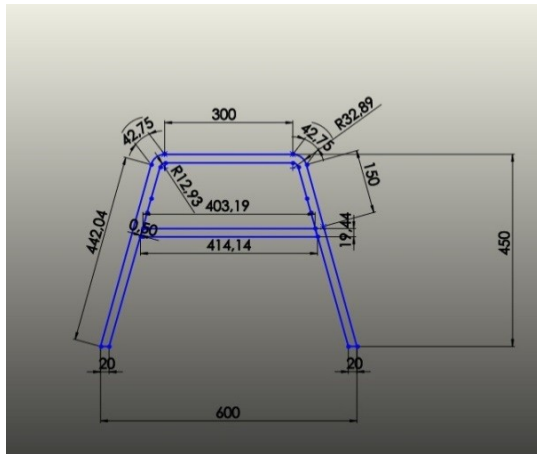


Επίσης τα σπειρώματα στις σπές για την θήκη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή ενός μαξιλαριού ως πρόσθετο εξάρτημα ανάλογα τις ανάγκες.

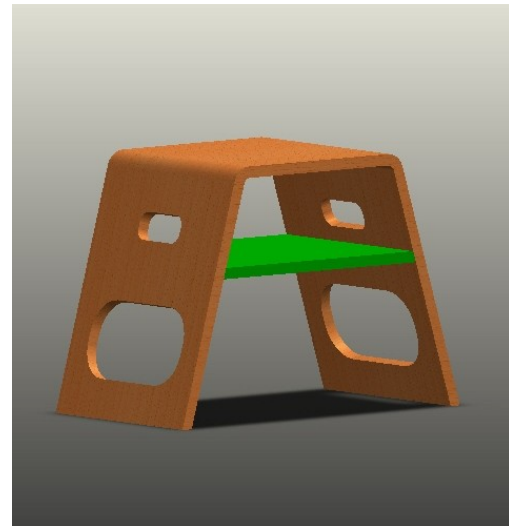


Κατά το σχεδιασμό του τελευταίου μοντέλου στο Solidworks, κρατώντας το κάτω μέρος μόνο προέκυψε η ιδέα για ένα δεύτερο προϊόν το οποίο θα λειτουργεί ως σκαμνί αλλά και ως τραπέζι, επίσης με θήκη για βιβλίο ή άλλα αντικείμενα.

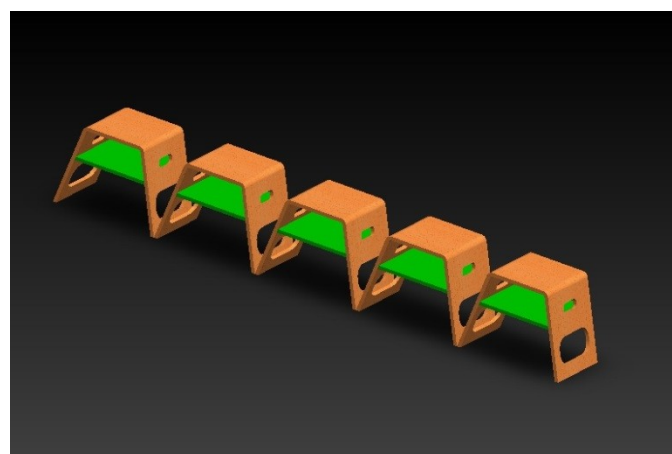
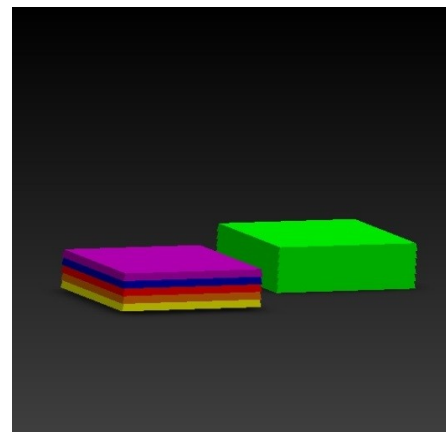




Πλαϊνή όψη και αξονομετρικό νέου προϊόντος.

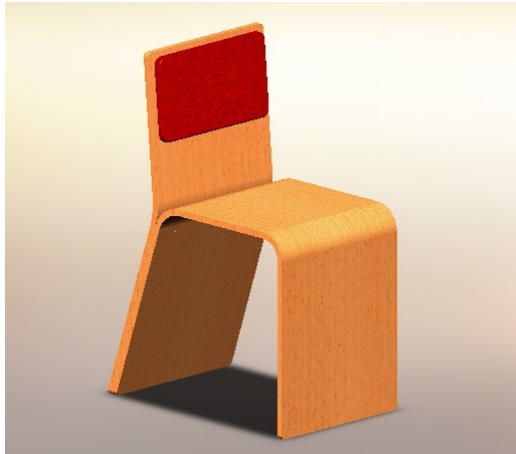
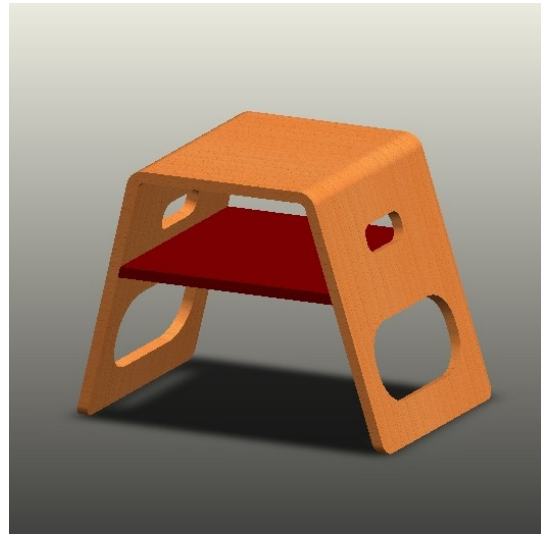


Τρόπος αποθήκευσης και μεταφοράς νέου προϊόντος.



Το προϊόν σε σειρά με άλλα.

Παρατηρούμε ότι αυτός ο σχεδιασμός μειώνει το κόστος αποθήκευσης-μεταφοράς εφόσον μπαίνει το ένα τμήμα μέσα στο άλλο.



Τα τέσσερα διαφορετικά σενάρια της 5ης κατασκευαστικής λύσης (*modular engineering design*)..

Τελικώς σχεδιάστηκαν τέσσερα ξεχωριστά προϊόντα, τα τρία εκ των οποίων προκύπτουν αποκλειστικά από συνδυασμούς/ παραλλαγές μερών, σύμφωνα με την σύγχρονη μεθοδολογία του **σχεδιασμού οικογένειας σπονδυλωτών συνόλων** (*modular engineering design*). Τα προϊόντα αυτά εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό και ταιριάζουν αισθητικά στον ίδιο χώρο. Ωστόσο, στις επόμενες ενότητες της ΔΕ, ως λύση θα υπολογιστεί και παρουσιαστεί περαιτέρω μόνο η αρχική καρέκλα με τα 3 μέρη για να γίνει σύγκριση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές κατασκευαστικές ιδέες και εφόσον σκοπός είναι να διερευνηθεί και να παρουσιαστεί η μεθοδολογία σχεδιασμού και όχι ο πραγματικός σχεδιασμός και η υλοποίηση των τεσσάρων προϊόντων.

6.3 Αξιολόγηση Κατασκευαστικών Λύσεων:

Για να οδηγηθούμε με συστηματικό τρόπο στον εντοπισμό της επικρατέστερης/καταλληλότερης από τις πέντε κατασκευαστικές ιδέες που αναφέρθηκαν θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος **Datum**, όπως αυτή αναφέρεται στη σχετική τεχνική βιβλιογραφία (π.χ. *Delft Design Guide*).

Η μέθοδος Datum είναι μια μέθοδος αξιολόγησης διαφορετικών σεναρίων για ένα προϊόν κατά την οποία μια λύση-datum (datum=δεδομένο) από τις επικρατέστερες τίθεται σε σύγκριση με τις υπόλοιπες σε σχέση τα κριτήρια που έχουν επιλέγει ως απαραίτητα. Σε κάθε λύση που συγκρίνεται, μπορούν να δοθούν 3 χαρακτηρισμοί: χειρότερη (-), ίδια-Same (S) και καλύτερη (+). Το άθροισμα αυτών των τιμών θα βοηθήσει στην τελική λήψη της απόφασης. Η μέθοδος αυτή στοχεύει στο να προσφέρει τεκμηρίωση δίνοντας έμφαση στα τυχόν μειονεκτήματα ή πλεονεκτήματα των υπολοίπων λύσεων.




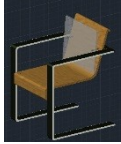

Καταγραφή των κριτήριων αξιολόγησης:

Στην περίπτωση της καρέκλας τα κριτήρια διαμορφώθηκαν σε σχέση με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά που τέθηκαν στο στάδιο της κατασκευαστικής σύνθεσης, σελ. . Επιλέχθηκαν τα εξής κριτήρια αξιολόγησης:

1. **Αισθητική** με βάση την απλότητα σχεδιασμού, μορφή/σχήμα, συμφωνία με το περιβάλλον, μέγεθος.
2. **Εργονομία** με βάση την άνεση και την αρμονία της μορφής.
3. **Απλότητα** όσον αφορά την κατασκευή και τη χρήση, μείωση πολυπλοκότητας, σχεδιασμός για εύκολη συναρμολόγηση-αποσυναρμολόγηση, ελαχιστοποίηση συνδέσμων-κόμβων.
4. **Ανθεκτικότητα** όσον αφορά την μηχανική αντοχή, αντοχή σε διάβρωση/χημική προσβολή/υγρασία, κακή χρήση.
5. **Κατασκευασιμότητα** όσον αφορά τα μέσα και τις μεθόδους παραγωγής, κατανάλωση ενέργειας, κόστος παραγωγής, αποθήκευση, υλικά, ανοχές, παραμορφώσεις, γεωμετρία, δομή, διαστάσεις, εντατική κατάσταση, απώλειες.
6. **Οικολογικός χαρακτήρας** όσον αφορά την χρήση ανακυκλώσιμων /ανακυκλωμένων υλικών, μεθόδους κατασκευής, μικρή ποικιλία υλικών, χρήση μη τοξικών υλικών.

Εφόσον υπάρχει ήδη μια κλίση προς την 5^η κατασκευαστική ιδέα, λόγω των όσων προαναφέρθηκαν, θα συγκρίνουμε την 5^η λύση με τις υπόλοιπες και θα θέσουμε αυτήν ως datum στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας δεδομένων:

Κριτήρια:	5 ^η	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η
					
Αισθητική	D	-	-	S	+
Εργονομία	A	-	S	S	S
Απλότητα	T	-	-	-	-
Ανθεκτικότητα	U	-	-	S	-
Κατασκευασιμότητα	M	-	-	-	-
Οικολογικός χαρακτήρας		S	S	-	S
Αποτελέσματα		+ :0 S :1 - :5	+ :0 S :2 - :4	+ :0 S :3 - :3	+ :1 S :2 - :3

Πίνακας datum για την τελική επιλογή της ιδέας.

Όπως γίνεται και οπτικά αντιληπτό από τον πίνακα, η 5^η κατασκευαστική ιδέα είναι η βέλτιστη επιλογή για όλα τα κριτήρια εφόσον δεν υπάρχουν καθόλου σχεδόν '+' και επίσης τα 'S' στην καλύτερη περίπτωση είναι ίσα με τα '-'. Αν υπήρχε ίσος αριθμός '+' και '-' θα είχαμε μια ισότιμη λύση αφού τα '+' αντισταθμίζουν τα '-'.

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα έδειχναν μικρές ή και καθόλου διαφορές, τότε ο πίνακας θα έπρεπε να ξανασχεδιαστεί παίρνοντας διαφορετική λύση ως datum και αφαιρώντας την χειρίστη λύση, μια διαδικασία που επαναλαμβάνεται μέχρι να υπάρξει επαρκής απόκλιση.

Επομένως με βεβαιότητα η 5^η κατασκευαστική ιδέα θα εξελιχθεί περαιτέρω έτσι ώστε να καταλήξει σε ένα προκαταρκτικό σχέδιο (**preliminary design**) και στη συνέχεια μετά από τυχόν αλλαγές και επεξεργασία στο οριστικό σχέδιο (**definitive design**) σύμφωνα με τη μεθοδολογία των Pahl & Beitz.

Πίνακες σαν τον παραπάνω χρησιμοποιούνται από τους σχεδιαστές σε όλα τα στάδια της διαδικασίας του σχεδιασμού έτσι ώστε να υπάρξει βεβαιότητα μιας λύσης συγκριτικά με άλλες, αλλά κυρίως για οπτικοποίηση αυτής της επιλογής μέσα σε μια ομάδα σχεδιαστών ή στα ενδιαφερόμενα μέρη στα οποία απευθύνεται ο σχεδιαστής.

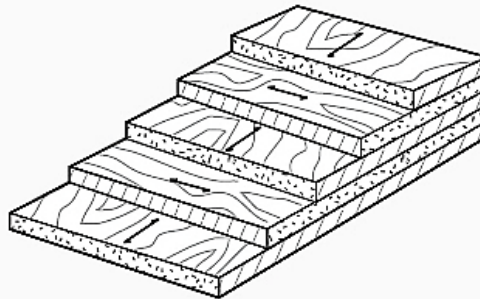
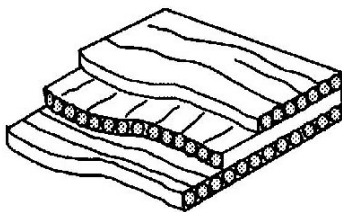
6.4 Αναζήτηση και Επιλογή Υλικού

Παράλληλα με το σχεδιασμό πραγματοποιήθηκε η αναζήτηση κι εύρεση του κατάλληλου υλικού, σύμφωνα με τα κριτήρια που είχαμε θέσει κατά το στάδιο της κατασκευαστικής σύνθεσης, το τελικό σχέδιο που θα προέκυπτε και τις μηχανικές ιδιότητες. Έτσι επιλέχθηκε το κόντρα πλακέ (Plywood) ως επικρατέστερο υλικό για τους λόγους που θα αναφερθούν στη συνέχεια αλλά και από την σύγκριση ιδιοτήτων που έγινε με άλλα υλικά.

Στην επιλοποιεία τα σύνθετα προϊόντα ξύλου υπερτερούν έναντι της μασίφ ξυλείας για το γεγονός το ότι είναι πιο φθηνά και παρέχουν καλύτερη διαστασιακή σταθερότητα σε εσωτερικό περιβάλλον.

Το κόντρα πλακέ.

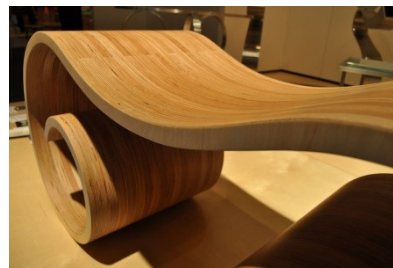
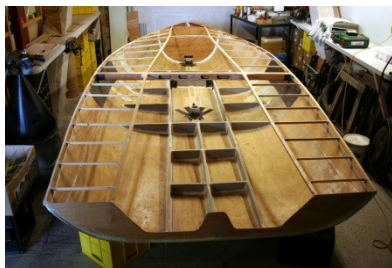
Το κόντρα πλακέ (ή αντικολλητό) είναι ένα συγκολλημένο προϊόν ξύλου που αποτελείται από μονό αριθμό στρωμάτων (ξυλόφυλλα) του οποίου οι ίνες των διαδοχικών συγκολλημένων ξυλόφυλλων σχηματίζουν γωνία 90 μοιρών. Αυτή η εναλασσόμενη τοποθέτηση των στρωμάτων είναι που προσδίδει αντοχή και ομοιομορφία στις ιδιότητες του υλικού. Όσο περισσότερες οι στρώσεις τόσο περισσότερη η αντοχή. Ο αριθμός των φύλλων είναι συνήθως 3, 5, 7 4 και μεγαλύτερος, ενώ η μεσαία στρώση (πυρήνας) μπορεί να αποτελείται και από συγκολλημένους πήχεις πριστής ξυλείας (πηχοσανίδες 4 πλακάς). Το ξύλο πρέπει να είναι απαλλαγμένο από ατέλειες όπως ρόζοι, ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή επιφάνεια. Τα πιο συνηθισμένα είδη ξύλων από τα οποία κατασκευάζεται το αντικολλητό είναι η σημύδα, η οξιά, ο φράξος, η βελανιδιά και η καρυδιά.



Αντικολλητό 3 και 5 στρωμάτων.

Χρήσεις κόντρα πλακέ:

- Έπιπλα υψηλής αντοχής και ποιότητας
- Ως δομικό υλικό (χωρίσματα, οροφές, πατώματα, πόρτες κ.α.)
- Ξυλοτυποι για μορφοποίηση μπετό
- Μουσικά όργανα
- Αθλητικά όργανα
- Κατασκευαστικά μέρη οχημάτων, βαγονιών
- Εσωτερικά μέρη σε πλοία και βάρκες
- Μέσα συσκευασίας



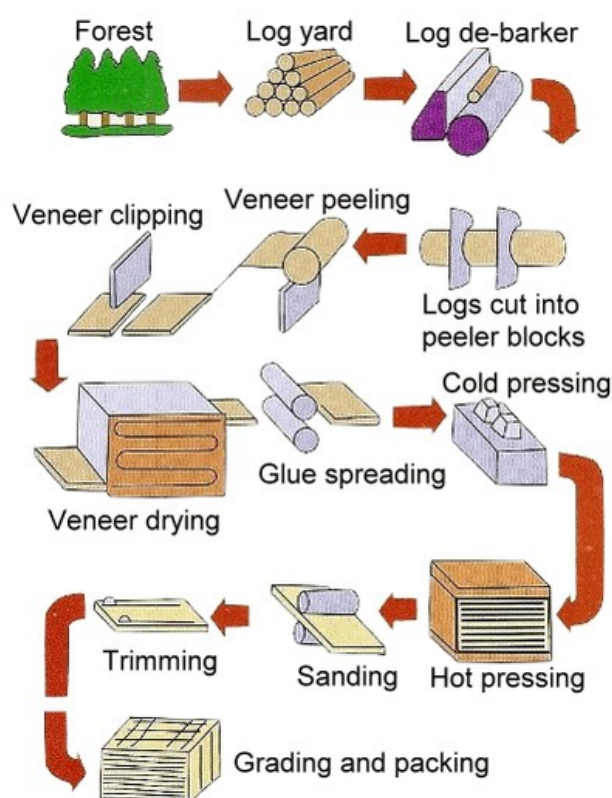
Διάφορες χρήσεις του κόντρα πλακέ

Η αντικολλητή ξυλεία είναι διαθέσιμη σε πάχη μεταξύ 1.5mm έως 40mm, όμως τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα πάχη είναι από 8mm έως 25mm.

Οι συνηθέστερες διαστάσεις που συναντούνται στο εμπόριο είναι οι εξής:

- 2440 x 1220mm, 2400 x 1200mm
- 2440 x 610mm
- 2500 x 1220mm, 2500 x 1250mm
- 3050 x 1525mm
- 3050 x 1220mm

Τεχνολογία Παραγωγής Αντικολλητού:



1. Παραγωγή Ξυλόφυλλων
2. Τεμαχισμός
3. Ξήρανση
4. Ταξινόμηση
5. Ευθυγράμμιση/ Παραλληλισμός πλευρών
6. Συγκόλληση κατά το μήκος ή το πλάτος
7. Τεμαχισμός
8. Επάλειψη με συγκολλητική ουσία
9. Διαδοχική τοποθέτηση ξυλόφυλλων
10. Ψυχρή προπίεση
11. Θερμή πίεση
12. Κλιματισμός
13. Παρύφωση
14. Λείανση
15. Αποθήκευση

Τα στάδια της διαδικασίας παραγωγής αντικολλητού.

Ευρωπαϊκά πρότυπα- CE σήμανση:

Για την ταξινόμηση της αντικολλητής ξυλείας από άποψη ποιότητας εμφάνισης, μηχανικών χαρακτηριστικών ή τρόπου κατασκευής χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα πρότυπα (EN standards) με τα οποία διευκολύνονται οι εταιρείες και οι κατασκευαστές κατά την επιλογή. Τα πρότυπα αυτά τα εκπονεί και τα εκδίδει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN), που είναι ο αρμόδιος οργανισμός μελέτης, προετοιμασίας και υιοθέτησης κοινών ευρωπαϊκών προτύπων. Πρότυπα εκπονεί και εκδίδει επίσης και ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) ο οποίος συνεργάζεται στενά με την CEN. Μέχρι σήμερα έχουν εκπονηθεί από τις επιτροπές της CEN περισσότερα από 120.000 πρότυπα EN. Για την εκπόνηση των προτύπων που αφορούν τις ξυλόπλακες (σύνθετα προϊόντα ξύλου), όπως μοριόπλακες και αντικολλητά, η CEN έχει δημιουργήσει την τεχνική επιτροπή TC112.



Ο σκοπός της εκπόνησης των προτύπων και συγκεκριμένα του **13986:2004** είναι ο καθορισμός των ειδικών χαρακτηριστικών των ξυλοπλακών και των κατάλληλων μεθόδων ελέγχου των χαρακτηριστικών αυτών ώστε να καθίσταται δυνατή η αξιολόγηση της συμμόρφωσης των προϊόντων αυτών σύμφωνα με τις προβλεπόμενες απαιτήσεις για την **CE σήμανσή** τους.

Ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος και της προβλεπόμενης συνθήκης χρήσεως, στο πρότυπο αυτό δίνονται οι απαιτήσεις για ορισμένα χαρακτηριστικά του καθώς και τα πρότυπα βάσει των οποίων θα εκλεχθούν τα χαρακτηριστικά αυτά.

Αν θέλουμε, λόγω χάρη, να αξιολογήσουμε τη συμμόρφωση μιας μη επενδυμένης μοριόπλακας (παραγόμενης με τη μέθοδο της στρωμάτωσης) η οποία προορίζεται για χρήση σε εσωτερικούς χώρους, σε μη δομικές εφαρμογές, σύμφωνα με το πρότυπο EN 13986:2004 θα πρέπει να ελέγξουμε τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Αντοχή σε κάμψη σύμφωνα με το πρότυπο EN 310 (μέθοδος ελέγχου) και EN 326-1 (απόδοση αποτελεσμάτων)
2. Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (εσωτερική συγκόλληση) σύμφωνα με το EN 319 (μέθοδος ελέγχου) και EN 326-1
3. Έκλυση φορμαλδεΐδης σύμφωνα με το EN 120 και EN 312 (απόδοση αποτελεσμάτων)
4. Αντίδραση στη φωτιά σύμφωνα με το EN 13501-1 (μέθοδος ελέγχου) και EN312
5. Διαπερατότητα σε υδρατμούς σύμφωνα με το EN ISO 12572:2001
6. Ηχομόνωση EN ISO 140-3 και ηχοαπορρόφηση EN ISO 354 (εφόσον προβλέπεται ανάλογη χρήση)
7. Θερμική αγωγιμότητα σύμφωνα με το EN 12664 (εφόσον προβλεπεται ανάλογη χρήση)
8. Ανθεκτικότητα σε βιολογικούς κινδύνους σύμφωνα με το EN 335
9. Περιεκτικότητα σε πενταχλωροφαινόλη CEN/TR 14823 και εάν βρεθεί >5ppm θα πρέπει να αναφέρεται στη σήμανση.

Η συμμόρφωση της συγκεκριμένης μοριόπλακας με τις απαιτήσεις αυτού του προτύπου θα πρέπει να αποδεικνύονται από τον κατασκευαστή με τον εργοστασιακό ποιοτικό έλεγχο. Οι πλήρεις πληροφορίες της σήμανσης θα πρέπει να εμφανίζονται στο προϊόν, στη συσκευασία ή σε κάποιο έγγραφο το οποίο συνοδεύει το προϊόν.


EC Certificate of Factory Production Control
1073 - CPD - 808

In compliance with the Directive 89/106/EEC of the council of European Communities of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to the construction products (Construction Products Directive - CPD), amended by the Directive 93/68/EEC of the Council of European Communities of 22 July 1993, it has been stated that the construction products

Wood - based panels

characterised as

BRATSK Spruce, Pine or Larch SOFTWOOD PLYWOOD


1073-CPD-808 EN 13986, EN 636-2 S, EN 314-2 class 3, E1, D-s2,d0
with a thickness greater or equal to 9 mm and a density greater than 400 kg/m³

for the intended use as

Internal use as structural components in dry or humid conditions

<small>produced by the manufacturer</small> Ilim Pulp Enterprise 17, Marata St. 191025 Saint -Petersburg Russia	<small>in the factory</small> ООО "Ilim Bratsk DOK" 665718, Bratsk Russian Federation, Irkutsk region, Bratsk, BLPK Russia
--	--


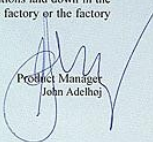
is submitted by the manufacturer to initial type testing of the product and factory production control and to the further testing of samples taken at the factory in accordance with a prescribed test plan and that the notified body Dancert - Danish Technological Institute has performed the initial inspection of the factory and of the factory production control and performs the continuous surveillance, assessment and approval of the factory production control. This certificate attests that all provisions concerning the attestation of factory production control described in Annex ZA of the standard

EN 13986:2004

were applied.

Particular conditions applicable to the use of the product are given in the manufacturers accompanying information:

EN 1058/EN 789 Characteristic Strength, stiffness and density values for structural design
This certificate was first issued on 2005-09-26, and remains valid as long as the conditions laid down in the harmonised technical specification in reference or the manufacturing conditions in the factory or the factory production control itself are not modified significantly.

 <small>Manager</small> Karsten Tollose	<small>For Dancert TP</small> Taastrup 2005-09-28 <small>Danish Technological Institute</small>	 <small>Product Manager</small> John Adelhof
--	---	---

Dancert
 Gregersønsvej
 P.O. Box 141
 DK-3020 Taastrup
 Tel. +45 7220 2160
 Fax +45 7220 2191
 E-mail dancert@teknologisk.dk

Σήμανση CE σε αντικολλητό.

Τα δύο κυριότερα πρότυπα που χαρακτηρίζουν τα αντικολλητά (μη δομική χρήση) είναι:

EN 635

Η κατάταξη σε κατηγορίες με βάση την τελική (οπτική) εμφάνιση του προϊόντος καλύπτεται από τα παρακάτω 5 μέρη του EN 635:

- EN 635-1: Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση σύμφωνα με την εμφάνιση της εξωτερικής επιφάνειας - Μέρος 1: Γενικά
- EN 635-2: Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση σύμφωνα με την εμφάνιση της εξωτερικής επιφάνειας - Μέρος 2: Ξυλεία πλατύφυλλων
- EN 635-3: Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση σύμφωνα με την εμφάνιση της εξωτερικής επιφάνειας - Μέρος 3: Ξυλεία κωνοφόρων
- CEN/TS 635-4: Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση σύμφωνα με την εμφάνιση της εξωτερικής επιφάνειας - Μέρος 4: Παράμετροι σχετικοί με την ικανότητα τελικού φινιρίσματος, κατευθυντήρια οδηγία
- EN 635-5: Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση σύμφωνα με την εμφάνιση της εξωτερικής επιφάνειας - Μέρος 5: Μέθοδοι μέτρησης και έκφρασης των χαρακτηριστικών και των φυσικών ελαττωμάτων

Τα χαρακτηριστικά της εξωτερικής επιφάνειας του αντικολλητού τα οποία καθορίζουν την κατηγορία του είναι : σχισίματα, ρωγμές και ραγαδώσεις, σπές από ξυλοφάγα έντομα, θαλάσσια παράσιτα και παρασιτικά φυτά, ύπαρξη τμήματος φλοιού, ανομοιομορφίες στη δομή του ξύλου, αποχρωματισμοί, θύλακες ρητίνης, σήψη από μύκητες, συγκόλληση των ξυλόφυλλων, επισκευές της επιφάνειας λόγω ελαττώματος, ελαττώματα στα άκρα των ξυλόφυλλων και άλλα.

Με βάση τα ελαττώματα της επιφανειακής στρώσης, υπάρχουν 5 συνολικά κατηγορίες (E, I, II, III, IV), που προσδιορίζουν το ξυλόφυλλο, με την κατηγορία «IV» να είναι η κατώτερη και να έχει τα περισσότερα ελαττώματα και τη κατηγορία «E» να είναι η ανώτερη και να αντιστοιχεί σε ξυλόφυλλα χωρίς σχεδόν κανένα ελάττωμα. Για τις υπόλοιπες κατηγορίες το ποσοστό των ελαττωμάτων είναι τέτοιο ώστε να κατατάσσονται στις κατηγορίες μεταξύ «E» και «IV». (EN 635-2: 1995)

Τα κριτήρια κατάταξης σε κατηγορίες (ταξινόμησης) για την ξυλεία κωνοφόρων (EN 635– 3) είναι διαφορετικά από αυτά που ισχύουν για την ξυλεία πλατύφυλλων (EN 635 - 2) και γ'αυτό το λόγο απαιτείται μεγάλη προσοχή στη ταξινόμηση.

Επίσης, το τελικό χρώμα του ξυλόφυλλου επηρεάζεται από την γήρανση (ageing) και την έκθεση για μεγάλο χρονικό διάστημα στον ήλιο και γενικότερα στα καιρικά φαινόμενα (weathering).

(πηγή: TRADA, 2009, Annex 2d, 3)

EN 314

Η ποιότητα της συγκόλλησης διαχωρίζεται σε 3 κατηγορίες με βάση την ανθεκτικότητα στην υγρασία.

- EN 314-1: Ξηρό περιβάλλον- Κατάλληλο για κανονικές συνθήκες εσωτερικού χώρου
- EN 314-2: Περιβάλλον με υγρασία- Κατάλληλο για προστατευόμενες εξωτερικές εφαρμογές ή εσωτερικά περιβάλλοντα με υψηλό επίπεδο υγρασίας, αντοχή σε καιρικά φαινόμενα για μικρές χρονικές περιόδους.
- EN 314-3: Περιβάλλον εξωτερικού χώρου- Κατάλληλο για έκθεση σε καιρικά φαινόμενα και νερό για πολύ μεγάλες χρονικές περιόδους.

Άλλα ευρωπαϊκά πρότυπα που αφορούν την αντικολλητή ξυλεία:

- EN 310** «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προσδιορισμός του μέτρου ελαστικότητας και της αντοχής σε κάμψη» EN 313-1 «Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση και ορολογία - Μέρος 1: Ταξινόμηση»
- EN 313-2** «Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση και ορολογία - Μέρος 2: Ορολογία»
- EN 314-1** «Αντικολλητή ξυλεία - Ποιότητα συγκόλλησης - Μέρος 1: Μέθοδοι δοκιμών»
- EN 314-2** «Αντικολλητή ξυλεία - Ποιότητα συγκόλλησης - Μέρος 2: Απαιτήσεις»
- EN 315** «Αντικολλητή ξυλεία - Ανοχές διαστάσεων»
- EN 318** «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προσδιορισμός των μεταβολών των διαστάσεων σε συνάρτηση με τις μεταβολές της σχετικής υγρασίας»
- EN 322** «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προσδιορισμός της περιεχόμενης υγρασίας»
- EN 323** «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προσδιορισμός της πυκνότητας»
- EN 324-1** «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προσδιορισμός των διαστάσεων των πλακών - Μέρος 1: Προσδιορισμός πάχους, πλάτους και μήκους »
- EN 324-2** «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προσδιορισμός των διαστάσεων των πλακών - Μέρος 2: Προσδιορισμός της ορθογωνικότητας και της ευθύτητας των ακμών»
- EN 326-1** «Τεχνητές ξυλόπλακες - Δειγματοληψία, κοπή και έλεγχος - Μέρος 1: Δειγματοληψία και κοπή δοκιμών και έκφραση αποτελεσμάτων δοκιμών»
- EN 326-2** «Τεχνητές ξυλόπλακες - Δειγματοληψία, κοπή και έλεγχος - Μέρος 2: Έλεγχος ποιότητας στο εργοστάσιο»
- EN 326-3** «Τεχνητές ξυλόπλακες - Δειγματοληψία, κοπή και έλεγχος - Μέρος 3: Έλεγχος απομονωμένης παρτίδας πετασμάτων»
- EN 335-3** «Αντοχή ξύλου και προϊόντων με βάση το ξύλο - Ορισμός των κατηγοριών επικινδυνότητας της βιολογικής προσβολής - Μέρος 3: Εφαρμογή σε τεχνητές ξυλόπλακες»
- EN 594** «Ξύλινες κατασκευές - Μέθοδοι δοκιμής - Αντοχή και ακαμψία διαχωριστικών φύλλων τοίχου με ξύλινο πλαίσιο»
- EN 596** «Δομική ξυλεία - Μέθοδοι δοκιμών - Δοκιμή κρούσης μαλακού σώματος σε τοίχο με ξύλινο σκελετό»
- EN 635-1** «Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση σύμφωνα με την επιφανειακή εμφάνιση - Μέρος 1: Γενικά»
- EN 635-2** «Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση σύμφωνα με την επιφανειακή εμφάνιση - Μέρος 2: Ξυλεία πλατυφύλλων»
- EN 635-3** «Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση σύμφωνα με την επιφανειακή εμφάνιση - Μέρος 3: Ξυλεία κωνοφόρων»
- CEN/TS 635-4** «Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση σύμφωνα με την επιφανειακή εμφάνιση- Μέρος 4: Παράμετροι σχετικοί με την ικανότητα φινιρίσματος, κατευθυντήρια οδηγία»
- EN 635-5** «Αντικολλητή ξυλεία - Ταξινόμηση σύμφωνα με την επιφανειακή εμφάνιση - Μέρος 5: Μέθοδοι μέτρησης και έκφρασης των χαρακτηριστικών και των ελαττωμάτων»
- EN 636** «Αντικολλητή ξυλεία - Προδιαγραφές»

EN 717-1 «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προσδιορισμός της απελευθέρωσης φορμαλδεΐδης - Μέρος 1: Έκκληση φορμαλδεΐδης με τη μέθοδο του θαλάμου»

EN 717-2 «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προσδιορισμός της απελευθέρωσης φορμαλδεΐδης - Μέρος 2: Έκκληση φορμαλδεΐδης με τη μέθοδο ανάλυσης αερίων»

EN 789 «Ξύλινες κατασκευές - Μέθοδοι δοκιμής - Προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων για τεχνητές ξυλόπλακες»

EN 1058 «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προσδιορισμός χαρακτηριστικών τιμών των μηχανικών ιδιοτήτων και της πυκνότητας»

EN 1072 «Αντικολλητή ξυλεία - Περιγραφή των καμπτικών ιδιοτήτων της δομικής αντικολλητής ξυλείας»

CEN/TS 1099 «Αντικολλητή ξυλεία - Βιολογική αντοχή - Οδηγία για την αξιολόγηση της αντικολλητής ξυλείας για χρήση της σε διάφορες κατηγορίες χρήσεων »

ENV 1156 «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προσδιορισμός της διάρκειας φόρτισης και συντελεστή ερπυσμού»

EN 1195 «Ξύλινες κατασκευές - Μέθοδοι δοκιμής - Επιδόσεις των ξύλινων δαπέδων με δοκιμές»

EN 12369-2 «Τεχνητές ξυλόπλακες - Χαρακτηριστικές τιμές για το σχεδιασμό δομημάτων -Μέρος 2: Αντικολλητή ξυλεία " Θα αντικαταστήσει το EN 12369-2 (2004-02)"»

EN 12871 «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προδιαγραφές για επιδόσεις και απαιτήσεων λειτουργίας για φέρουσες ξυλόπλακες σε δάπεδα, τοίχους και σκεπές "Θα αντικατασταθεί από το FprEN 12871 (2009-10), prEN 12871 (2008-06)"»

CEN/TS 12872 «Τεχνητές ξυλόπλακες - Οδηγίες για την χρήση φερουσών ξυλοπλακών σε δάπεδα, τοίχους και στέγες»

EN 13446 «Τεχνητές ξυλόπλακες - Προσδιορισμός της ικανότητας εξαγωγής των στερεωτικών»

EN 13810-1 «Τεχνητές ξυλόπλακες - Κολυμπητά δάπεδα - Μέρος 1: Προδιαγραφές επιδόσεων και απαιτήσεις»

CEN/TS 13810-2 «Τεχνητές ξυλόπλακες - Κολυμπητά δάπεδα - Μέρος 2: Μέθοδοι δοκιμής»

EN 13986 «Τεχνητές ξυλόπλακες για δομική χρήση - Χαρακτηριστικά, αξιολόγηση της συμμόρφωσης και σήμανση».

ENV 14272 «Αντικολλητή ξυλεία - Μέθοδος υπολογισμού ορισμένων μηχανικών ιδιοτήτων "Θα αντικατασταθεί από το prEN 14272 (2009-12)"»

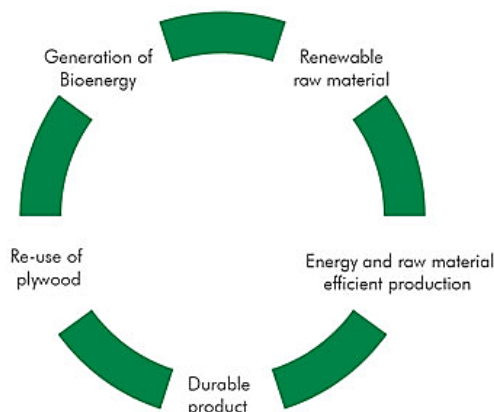
EN 1995-1-1 «Ευρωκώδικας 5: Σχεδιασμός ξύλινων κατασκευών - Μέρος 1-1: Γενικά – Κοινοί κανόνες και κανόνες για κτίρια»

Τα πλεονεκτήματα του κόντρα πλακέ είναι:

- Φυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά καλύτερα του φυσικού ξύλου, καλύτερη κατανομή ελαττωμάτων, διαστασιακή σταθερότητα και ευκολότερη επεξεργασία
- Λόγω της διατάξεως των στρώσεων η ρίκνωση και η διόγκωση στην εφαπτομενική και ακτινική διεύθυνση είναι πολύ περιορισμένη. Για τον ίδιο λόγο οι μηχανικές ιδιότητες των αντικολλητών στο μήκος και πλάτος τείνουν να εξισώσουν σε αντίθεση με το ξύλο.
- Έχουν μεγάλη αντοχή (σε όλες τις διευθύνσεις) σε διάτμηση, σε σχίση, καλή αντοχή σε δυναμικές φορτίσεις και καλύτερη κατανομή ελαττωμάτων σε σχέση με το ξύλο. Πιο συγκεκριμένα η αντοχή σε κάμψη αντικολλητού πάχους 15 χιλ. είναι 14 % μεγαλύτερη από αυτή του M.D.F. πάχους 19 χιλ. και 94 % μεγαλύτερη από μοριοσανίδα πάχους 19 χιλ.
- Μεγάλη ελαστικότητα
- Ελαχιστοποίηση σφαλμάτων, στρεβλώσεων, ραγαδώσεων κλπ που συνήθως παρουσιάζονται κατά την ξήρανση μεγάλων τεμαχίων ξύλου. Αυτό οφείλεται στο ότι είναι πιο εύκολη η ξήρανση των επιμέρους στρώσεων πριν από την επεξεργασία και τη συγκόλλησή τους
- Καλή συγκράτηση βιδών και εξαρτημάτων στερέωσης
- Η δυνατότητα εμποτισμού του σύνθετου ξύλου επιτρέπει τη χρήση σε εξωτερικές συνθήκες
- Υψηλή αισθητική και αρχιτεκτονική αξία, καλύτερη από τη μοριοσανίδα και την ινοσανίδα
- Μικρή ποσότητα χρησιμοποιούμενης συγκολλητικής ουσίας σε σχέση με άλλα προϊόντα σύνθετης ξυλείας

Τα πλεονεκτήματα του κόντρα πλακέ με βάση τον οικολογικό του χαρακτήρα:

Το ξύλο σύμφωνα με την ανάλυση του κύκλου ζωής του είναι η καλύτερη, όσον αφορά το περιβάλλον, επιλογή ως κατασκευαστικό υλικό. Το 2004 η CORRIM (Consortium for Research on Renewable Industrial Materials) διεξήγαγε μια έρευνα η οποία δίνει επιστημονική επαλήθευση στον παραπάνω ισχυρισμό. Κατέληξε στο ότι το ξύλο είναι το καλύτερο κατασκευαστικό υλικό από άποψη ενσωματωμένης ενέργειας, δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, εκπομπές

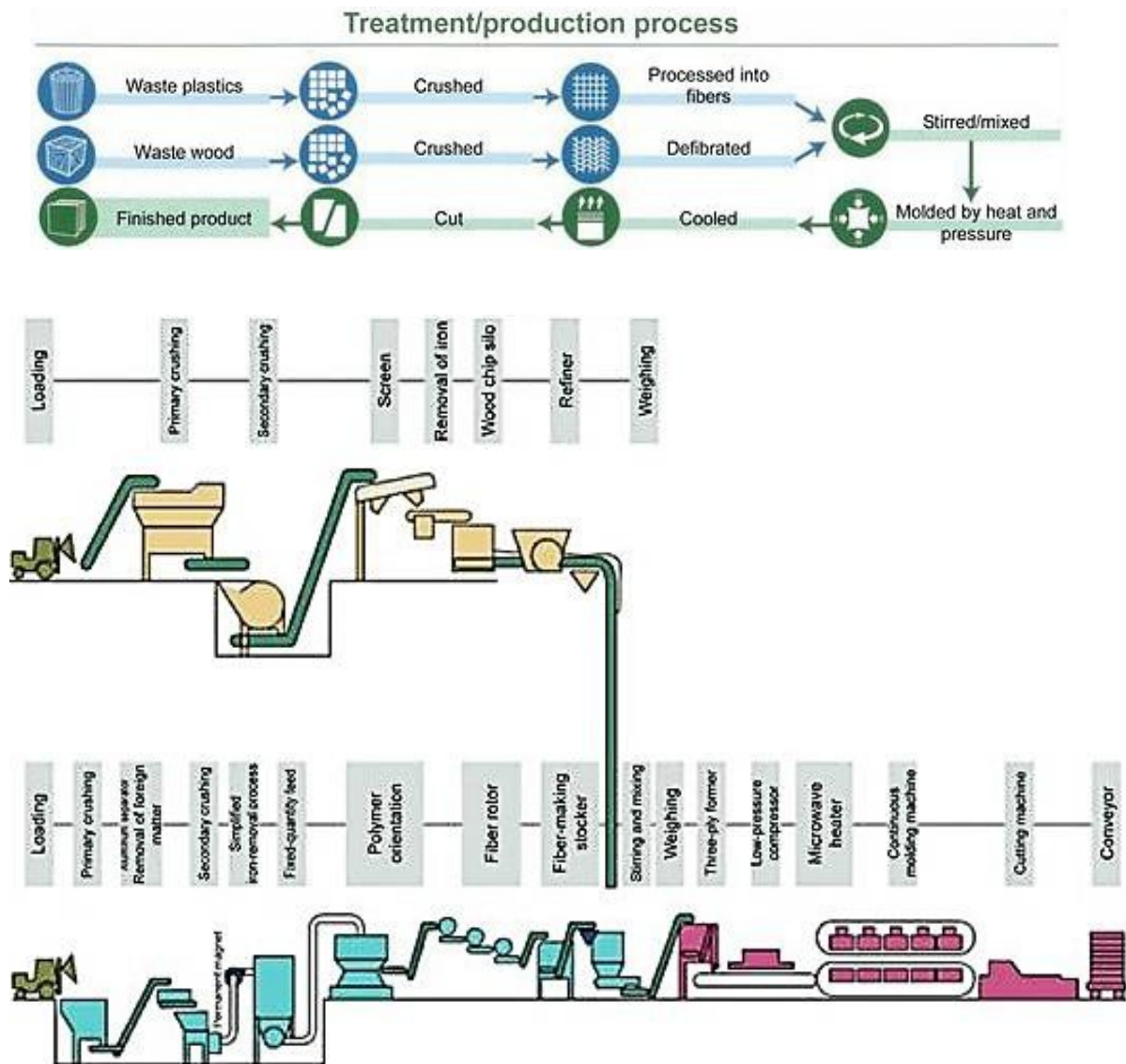


αέρα και νερού και στερεά απόβλητα σε σχέση με άλλα υλικά όπως π.χ ο χάλυβας. (για ολόκληρη την έρευνα www.CORRIM.org) Επιπλέον η παραγωγή προϊόντων ξύλου ενώ φτάνει το 47% της παραγωγής όλων των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές (Η.Π.Α) καταναλώνει μόνο το 4% της συνολικής ενέργειας που χρειάζεται για την παραγωγή πρώτων υλών. (πηγή: APA The Engineered Wood Association)

Το κόντρα πλακέ στο τέλος της ζωής του, αν δεν έχει εμποτιστεί με χημικά ή έχουν χρησιμοποιηθεί συνθετικές κόλλες με βάση τη φαινόλη (φαινολικές ρητίνες), ακολουθεί την ίδια πορεία με το φυσικό ξύλο, ανακυκλώνεται κανονικά, χρησιμοποιείται σε καύση για παραγωγή ενέργειας ή για παραγωγή scrap.

Το χρησιμοποιημένο κόντρα πλακέ ή τα απορρίμματα κατά την διαδικασία επεξεργασίας του, μετατρέπονται σε νιφάδες και χρησιμοποιούνται εκ νέου στην κατασκευή μορισανίδων, κομποστοποιούνται (σε μια πρωτότυπη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Mississippi των Η.Π.Α, ερευνητές ανέμιξαν ροκανίδια κόντρα πλακέ με διάφορες κοπριές ζώων όπως πουλερικά, αγελάδες, άλογα ή ανόργανα λιπάσματα και αφήνοντάς τα για έξι μήνες σε δοχεία κομπόστ κατέληξαν στο ότι μετά από αυτό το διάστημα είχε μειωθεί σημαντικά το βάρος αλλά και η τοξικότητα του μίγματος <http://fwrc.msstate.edu/pubs/composting.pdf>) ή αποτεφρώνονται ανακτώντας την περιεχόμενη ενέργεια τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα απορρίμματα αποτεφρώνονται παράγοντας ατμό, ο οποίος χρησιμοποιείται για την θέρμανση της κόλλας και την επιτάχυνση της διαδικασίας. Η διαδικασία αυτή έχει χαμηλό αντίκτυπο στο περιβάλλον, ειδικά όταν το ξύλο προέρχεται από κοντινές περιοχές και από ανανεώσιμες πηγές.

Υπάρχουν εταιρείες όπως λ.χ η Tokyo Mokkosho Co, Ltd. οι οποίες συλλέγουν χρησιμοποιημένα πλαστικά ή ξυλεία και τα μετατρέπουν σε ανακυκλωμένο κόντρα πλακέ.



Διαδικασία παραγωγής ανακυκλώσιμου κόντρα πλακέ από χρησιμοποιημένο πλαστικό και ξύλο.

Τέλος υπάρχουν εταιρείες ή βιομηχανικοί σχεδιαστές που κατασκευάζουν έπιπλα ή άλλα προϊόντα χρησιμοποιώντας τμήματα αντικολλητού που περίσσεψαν σε εργοστάσια από την κατασκευή άλλων προϊόντων.



Τραπέζι κατασκευασμένο εξ' ολοκλήρου από απορρίματα παραγωγής κόντρα πλακέ. (<http://re-plydesigns.co.uk>)

Εξετάζοντας το υλικό από την αρχή ακόμα προέκυψε ότι υπήρχαν κάποια αρνητικά που αφορούσαν τις συνθετικές ρητίνες που

χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση των ξυλόφυλλων, η συνθετική φαινόλη και η φορμαλδεΐδη. Σκοπός ήταν να εξεταστούν αυτά τα μειονεκτήματα, αν μπορούσαν να αποφευχθούν καθώς και αν υπήρχε εναλλακτική λύση ή ξυλόφυλλα που να μην περιέχουν αυτές τις ουσίες. Αν δεν υπήρχαν εναλλακτικές λύσεις το υλικό θα απορρίπτονταν λόγω του μη οικολογικού του χαρακτήρα.

Φορμαλδεΐδη:

Οι συνθετικές συγκολλητικές ουσίες (συνθετικές ρητίνες), παράγονται χημικώς από πετρέλαιο, γαιάνθρακες κ.α. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι η φαινόλη φορμαλδεΐδη, η μελαμίνη φορμαλδεΐδη, η ουρία φορμαλδεΐδη και η ρεσορσινόλη φορμαλδεΐδη. Για την σκλήρυνσή τους χρειάζεται υψηλή θερμοκρασία. Για την επιτάχυνση της σκλήρυνσης προστίθεται και καταλύτης, συνήθως οξέα.

Οι συνθετικές ρητίνες άρχισαν να χρησιμοποιούνται συστηματικά από τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, και έχουν αντικαταστήσει τις φυσικές συγκολλητικές ουσίες. Δίνουν ισχυρούς μόνιμους δεσμούς, ανθεκτικούς στην υγρασία και σε προσβολές μυκήτων και εντόμων.

Τα περισσότερα από τα χρησιμοποιούμενα σήμερα σύνθετα προϊόντα ξύλου, όπως ινόπλακες μέσης πυκνότητας (MDF), αντικολλητά, μοριόπλακες (νοβοπάν), μονωτικές ινόπλακες, περιέχουν στη μάζα τους φορμαλδεΐδη σε ελεύθερη μορφή που προέρχεται από τις συγκολλητικές ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την παραγωγή τους. Από τις δεκαετίες του '70 και του '80 έχει αναγνωρισθεί ότι τα προϊόντα αυτά αποτελούν τις κυριότερες αρχικές πηγές έκλυσης φορμαλδεΐδης σε οικίες και εργοστασιακούς χώρους ενώ σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη που εκπονήθηκε υπό την αιγίδα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας η φορμαλδεΐδη χαρακτηρίστηκε ως καρκινογόνος ουσία για τον άνθρωπο (IARC 2004 International Agency for Research on Cancer). Αυτό συμβαίνει διότι κατά την παραγωγή των συγκολλητικών ουσιών (λ.χ ουρίας-φορμαλδεΐδης) χρησιμοποιείται μεγαλύτερη αναλογία φορμαλδεΐδης ώστε να εξασφαλισθεί καλύτερη ποιότητα και μεγαλύτερη ταχύτητα πολυμερισμού, με αποτέλεσμα πάντα να υπάρχει ένα ποσοστό ελεύθερης φορμαλδεΐδης το οποίο δεν έχει αντιδράσει.

Πρέπει ωστόσο να τονιστεί ότι ειδικά για τα προϊόντα ξύλου τα τελευταία 10 έτη η βιομηχανία συγκολλημένων προϊόντων έχει καταβάλει σημαντικές προσπάθειες που είχαν ως αποτέλεσμα την παραγωγή δραστικά βελτιωμένων προϊόντων (με χρήση νέων τύπων ρητίνων ουρίας-φορμαλδεΐδης με χαμηλή μοριακή αναλογία σε φορμαλδεΐδη) και κατάταξη σε κλάσεις:

Κλάση E1: περιεκτικότητα σε ελεύθερη φορμαλδεΐδη κάτω από 6,5mg/100g ξύλου.

Κλάση E0: προϊόντα με μηδενική ή σχεδόν μηδενική έκλυση φορμαλδεΐδης <2,0 mg/100mg ξύλου.

Όσον αφορά τη χώρα μας, το 2009 συντάχθηκε από τη Γενική Γραμματεία του Καταναλωτή σε συνεργασία με ελληνικά πανεπιστήμια και το Γενικό Χημείο του

Κράτους η ΚΥΑ Ζ3-5430/09 'Ανώτατο όριο φορμαλδεΐδης για τα έπιπλα, διακοσμητικά αντικείμενα και πρώτες ύλες αυτών σύνθετης συγκολλημένης ξυλείας-Μετανάστευση ορισμένων στοιχείων από παιδικά έπιπλα- Επιτροπή επίπλου'.

ΠΙΝΑΚΑΣ (1): Προσδιορισμός κλάσης φορμαλδεΐδης με ΕΛΟΤ- EN μεθόδους

ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΣΥΝΘΕΤΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΡΙΟ Ε1 ΚΛΑΣΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗΣ (πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13986:2005)
<ul style="list-style-type: none"> • ΜΟΡΙΟΣΑΝΙΔΕΣ • ΙΝΟΣΑΝΙΔΕΣ (MDF, HDF) • ΣΑΝΙΔΕΣ ΤΥΠΟΥ OSB • ΚΟΝΤΡΑ-ΠΛΑΚΕ * 	ΕΛΟΤ EN 120 Μέθοδος εκχύλισης (Perforator method)	Περιεχόμενη: ≤8 mg/100g ξηρής (oven-dry) σανίδας
	ΕΛΟΤ EN 717-1 Μέθοδος θαλάμου (Chamber Test)	Εκπεμπόμενη: ≤ 0,124 mg ανά m³ αέρα
	ΕΛΟΤ EN 717-2 Μέθοδος Gas Analysis	Εκπεμπόμενη: ≤ 3,5 mg/m² h
ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΣΥΝΘΕΤΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΜΕ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΡΙΟ Ε1 ΚΛΑΣΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗΣ (πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13986:2005)
<ul style="list-style-type: none"> • ΜΟΡΙΟΣΑΝΙΔΕΣ • ΙΝΟΣΑΝΙΔΕΣ (MDF, HDF) • ΣΑΝΙΔΕΣ ΤΥΠΟΥ OSB • ΚΟΝΤΡΑ-ΠΛΑΚΕ 	ΕΛΟΤ EN 717-2 Μέθοδος Gas Analysis	Εκπεμπόμενη: ≤ 3,5 mg/m² h

* Η μέθοδος εκχύλισης (EN 120) δεν προβλέπεται για μετρήσεις σε προϊόντα κόντρα-πλακέ.

ΠΙΝΑΚΑΣ(2): Προσδιορισμός κλάσης φορμαλδεΐδης με ισοδύναμες μεθόδους

ΧΩΡΑ	ΠΡΟΤΥΠΟ/ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	ΕΙΔΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	ΟΡΙΟ Ε1 ΚΛΑΣΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΟΜΕΝΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΥΔΗΣ
ΗΠΑ	ANSI A208.1& 2/ Large Chamber ASTM E1333 ASTM D6007-2:2008 Small Chamber να δίνεται η αντιστοιχία με το Large Chamber	Μοριοσανίδες & Ινοσανίδες (PB & MDF)	≤ 0,3 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο)
ΙΑΠΩΝΙΑ *	JIS A 5908 & 5905/ Desiccator JIS A 1460 * Για κόντρα-πλακέ ισχύει η μέθοδος Desiccator JAS 233	Μοριοσανίδες & Ινοσανίδες (PB & MDF) Τύποι: F** F*** F****	≤ 1,5 mg/L ≤ 0,5 mg/L ≤ 0,3 mg/L
ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	AS/NZS 1859-1 & 2/ Desiccator AS/NZS 4266.16	Μοριοσανίδες (PB) Ινοσανίδες (MDF) PB, MDF	≤ 1,5 mg/L ≤ 1,0 mg/L Όταν ≤ 0,5 mg/L, οι σανίδες ανήκουν σε χαμηλότερη από την Ε1 κλάση

Έχουν διεξαχθεί έρευνες κατά τις οποίες παρασκευάστηκαν συγκολλητικές ουσίες για αντικολλητό χωρίς φορμαλδεΐδη όπως για παράδειγμα με ισοκυανικές ρητίνες,

εποξικές ρητίνες, κάποια φυσικά προϊόντα όπως τανίνη και λιγνίνη ή πρωτεΐνη σόγιας. Επίσης σε μια έρευνα παρασκευάζεται συγκολλητική ουσία με μηλαινικό ανυδρίτη και πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας:

- **The preparation and application of a new formaldehyde-free adhesive for plywood- International Journal of Adhesion & Adhesives 31 (2011) 507-512**

Φαινόλη:

Οι ρητίνες φαινόλης-φορμαλδεΐδης γενικά αποτελούνται από πετροχημικά όπως φαινόλη και φορμαλδεΐδη σε συνδυασμό με αλκαλικούς καταλύτες. Οι ρητίνες αυτές δημιουργούν πολύ ανθεκτικούς δεσμούς, προσδίδουν στο ξύλο αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, αντοχή σε νερό (θερμό-ψυχρό) καθώς και αντοχή σε μύκητες και έντομα γι' αυτό και κυρίως χρησιμοποιούνται σε αντικολλητά για εξωτερικές χρήσεις. Το βασικό μειονέκτημα των ρητινών αυτών είναι ότι δυσκολεύουν την ανακύκλωση εφόσον μιλάμε για μη βιοαποικοδομήσιμες ουσίες, έχουν υψηλή τιμή λόγω της αυξανόμενης τιμής του πετρελαίου, χρωματίζουν το ξύλο, προκαλούν δερματικές παθήσεις και έχουν δυσάρεστη οσμή.

Επίσης έχουν διεξαχθεί έρευνες αλλά και υπάρχουν εταιρείες που ειδικεύονται στην παρασκευή συγκολλητικών ουσιών χωρίς φαινόλη αλλά με χρήση λιγνίνης σε κάποιο ποσοστό αντικατάστασης φαινόλης, τανίνης, άμυλο καλαμποκιού κλπ. Σε κάποιες από αυτές τις έρευνες συγκεκριμένα, τα αντικολλητά παρουσίασαν καλύτερες μηχανικές ιδιότητες σε σχέση με τα αντικολλητά που είχαν κατασκευαστεί με χρήση συμβατικής ρητίνης φαινόλης καθώς και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην υγρασία. Αναλυτικότερα:

- **Cornstarch and tannin in phenol-formaldehyde resins for plywood production, Industrial Crops and Products 30 (2009) 188-193**
- **Lignin-Phenol-Formaldehyde adhesives for exterior grade plywoods, G. Vasquez, G. Antorrena, Department of Chemical Engineering, Faculty of Chemistry, University of Santiago**
- **Preparation and properties of lignin-phenol-formaldehyde resins based in different biorefinery residues of agricultural biomass, Industrial Crops and Products 43 (2013) 0326-333**

Η ιδέα για χρήση φυσικών συγκολλητικών δεν είναι καινούρια. Πριν την δεκαετία του '40 χρησιμοποιούνταν ευρέως η αμυλόκολλα, η κόλλα σόγιας, η ζωική κόλλα, η κόλλα καζεΐνης, η κόλλα αίματος αλλά η μείωση της χρήσης τους εντάθηκε κατά τη δεκαετία του '70 όπου εμφανίστηκαν εκατοντάδες πετροχημικά υλικά με συγκεκριμένες ιδιότητες και χαμηλό κόστος.

Τέλος, στη Θεσσαλονίκη υπάρχει η **Chimar A.E.** ένα ερευνητικό ινστιτούτο ιδιωτικής πρωτοβουλίας με αντικείμενο την ανάπτυξη ρητινικών συστημάτων και χημικών προσθέτων για τη βιομηχανία ξυλοσανίδων, το οποίο ειδικεύεται αποκλειστικά στην ανάπτυξη θερμοσκληρυνόμενων ρητινών από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Τέτοιες ανανεώσιμες είναι η κυτταρίνη, η λιγνίνη, το άμυλο, η τανίνη αλλά και άλλες προερχόμενες από την επεξεργασία γεωργικών και δασικών προϊόντων όπως πχ το βιοέλαιο που παράγεται κατά τη θερμική επεξεργασία της βιομάζας, το έλαιο πυρόλυσης δασικών προϊόντων ή αγροτικών καλλιεργειών, έλαια καρπών όπως κουκούτσι ελιάς, κάσιους κλπ.

Σύμφωνα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την εν λόγω εταιρεία, μετά από σχετική τηλεφωνική επικοινωνία και επικοινωνία με mail, τα υψηλότερα επίπεδα αντικατάστασης φαινόλης από ένα φυσικό προϊόν με πετυχημένη απόδοση ήταν:

Σε επίπεδο βιομηχανίας:

- Έλαιο πυρόλυσης: 40% αντικατάσταση φαινόλης- OSB
20% αντικατάσταση φαινόλης-κόντρα πλακέ
- Τανίνη: 20% αντικατάσταση φαινόλης-κόντρα πλακέ

Σε δοκιμαστικό επίπεδο:

- Έλαιο πυρόλυσης: 50% αντικατάσταση φαινόλης-OSB

Σε επίπεδο εργαστηρίου:

- Τανίνη: 30% αντικατάσταση φαινόλης-κόντρα πλακέ
- Σόγια: 25% αντικατάσταση φαινόλης-κόντρα πλακέ
- Λιγνίνη: 50% αντικατάσταση φαινόλης-μορισανίδα

Από περεταίρω διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκαν ορισμένες εγχώριες εταιρείες/ προμηθευτές που συνεργάζονται με την Chimar για οικολογικό κόντρα πλακέ:

-Alfawood
-Hadjilucas
-Shelman
-Akritas

Σύμφωνα με τα παραπάνω υπάρχει η δυνατότητα προμήθειας για το οικολογικό αντικολλητό από κάποια από αυτές τις εταιρείες ή – εναλλακτικά- αν προμηθευτούμε από το εξωτερικό, αντικολλητό με κατάλληλη σήμανση και προτιμώμενη κλάση φορμαλδεΐδης την E0 ή E1.

Τελική Επιλογή Υλικού:

Ύστερα από επικοινωνία και επίσκεψη σε διάφορες εγχώριες εταιρείες/ προμηθευτές όπως η ΔΑΡΜΑΚ, η Shelman, η Μεσογειακή, η Alfawood κ.α. που εισάγουν και παράγουν αντικολλητά και την εταιρεία χατζου που κατασκευάζει έπιπλα αποκλειστικά από αντικολλητά, κρίθηκε καταλληλότερο να χρησιμοποιηθεί ως υλικό κατασκευής το **ΟΚΟΥΜΕ TWIN PHENOL της εταιρείας Shelman**. Στην επιλογή αυτή βοήθησε σε σημαντικό βαθμό η υπευθυνότητα της εταιρείας απέναντι σε θέματα ελέγχων και πιστοποιήσεων αλλά και διότι μπορούσε να αποδείξει έμπρακτα, υποδεικνύοντας το απαραίτητο πιστοποιητικό, ότι τα φύλλα αντικολλητού είναι κλάσης E1 όσον αφορά την έκλυση φορμαλδεΐδης (περιεκτικότητα σε ελεύθερη φορμαλδεΐδη κάτω από 6,5mg/100g ξύλου).

SHELMAN



ΣΕΛΜΑΝ ΕΛΛΗΝΟΕΛΒΕΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΞΥΛΟΥ Α.Ε.

TECHNICAL DATA SHEET

PRODUCT:	ΟΚΟΥΜΕ TWIN PHENOL
COMPOSITION:	FACES: ΟΚΟΥΜΕ INTERIORS: POPLAR or SPRUCE CORE: POPLAR or SPRUCE
GLUE:	■ PHENOL (Formaldehyde Class E1 according to EN 13986 Annex B.)
DIMENSIONS:	■ 2500 X 1250 X 6 έως 30 ■ 2500 X 1700 X 6 έως 30 (Tolerances for dimensions according to ΕΛΟΤ EN 315)
DENSITY: (EN 323)	≈ 493 kg/m ³
BENDING STRENGTH (EN 310)	■ Parallel: 30 N/mm ² ■ Transversely: 28 N/mm ²
MODULUS OF ELASTICITY (EN 310)	■ Parallel: 3076 N/mm ² ■ Transversely: 3032 N/mm ²
SHEAR TEST (EN 314-1)	■ Fv: 1,29 N/mm ² ■ Mean value of WF: 85%

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υλικού όπως τα διέθεσε η εταιρεία.

E1-Attestation

WKI-418-1/2012

According to supervision contract No. 418 we herewith attest that the product:

plywood, okume, unfaced

technical class: EN 636-3 S

thickness range: 5 mm ≤ 40 mm

product name: OKUME 100%; PHENOL/TWIN/COMBI 1; 2/SAPELLI-OKUME PHENOLIC/ OKUME 100% RM/ SAPELLI-OKUME RM

manufactured by:

Shelman S.A. Vassiliko Factory
Industrial Area
34002 Vassiliko
Greece

complies with the emission class E1, and that

Fraunhofer-Institute for Wood Research

Wilhelm-Klauditz-Institut WKI
Bienroder Weg 54 E, 38108 Braunschweig, Germany

carried out the continuous surveillance of the factory production control including sampling on the basis of the supervision contract no. 418 and in accordance with the "Regulation on the classification and external supervision of wood-based panels regarding formaldehyde emission (DfBt - Guideline 100)" dated June 1994. This attestation confirms the validity of E1-Certification No. 418 and is effective until 15th of January 2013, subject to the positive evaluation of the audit in the following half-year. The continuous external supervision shall take place twice a year.



Dipl.-Ing. Harald Schwab
Head of the Testing, Supervision
and Certifying Body
Braunschweig, 27 June 2012



Πιστοποιητικό που αποδεικνύει ότι το συγκεκριμένο αντικολλητό έχει περάσει επιτυχώς τους ελέγχους για φορμαλδεύδη.

Οι τυποποιημένες διαστάσεις στις οποίες κατασκευάζεται αυτό το υλικό είναι 2500x1250 και 2500x1700 με πάχος το οποίο κυμαίνεται από 6 έως 30 mm.

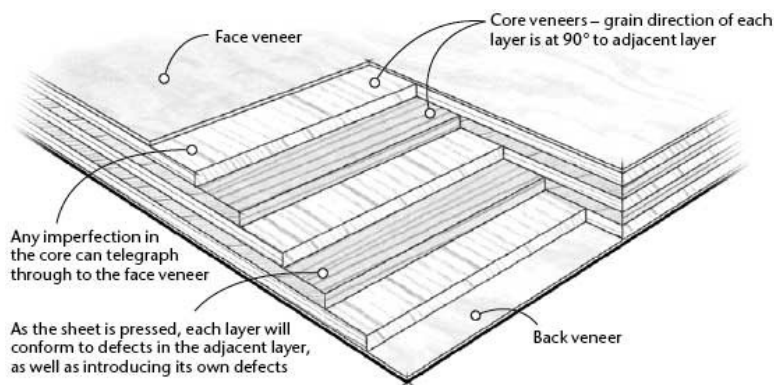
6.5 Μηχανικές Ιδιότητες Υλικού-Έλεγχος αντοχής και Κόπωσης

Λόγω του τρόπου κατασκευής τους τα αντικολλητά εμφανίζουν ομοιομορφία μηχανικής συμπεριφοράς και αντοχή στις διάφορες κατευθύνσεις, πράγμα που δεν εμφανίζει το μασίφ ξύλο (ανισότροπο). Αυτό οφείλεται όπως είδαμε στην τοποθέτηση των διαδοχικών φύλλων έτσι ώστε η διεύθυνση των ινών του ξύλου στο φύλλο να βρίσκεται σε θέση 90° μοιρών με τη διεύθυνση των ινών του προηγούμενου φύλλου αλλά και στη χρήση ισχυρών συγκολλητικών ρητινών.

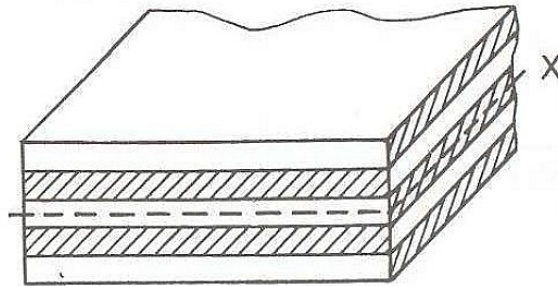
Η αντοχή του αντικολλητού κατά μήκος των ινών είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντοχή εγκάρσιά τους με αποτέλεσμα όταν γίνεται η συγκόλληση δύο γειτονικών φύλλων η αντοχή και η στερεότητα του φύλλου παράλληλα με τις ίνες να 'βοηθάει' στην αντοχή του φύλλου με διεύθυνση εγκάρσια στις ίνες. Αυτή η τοποθέτηση μειώνει την τάση του ξύλου για συρρίκνωση, διόγκωση και σπάσιμο εφόσον εμποδίζεται η κίνηση και συνεπώς η παραμόρφωση του ξύλου. Το μέγεθος της αντοχής τους επίσης εξαρτάται από τον αριθμό, το πάχος, το είδος των στρώσεων τους καθώς και την πυκνότητα. Όσον αφορά την ρητίνη, αυτή ρέει στις κοιλότητες του ξύλου και στις δύο πλευρές των προς συγκόλληση κομματιών και έπειτα μετά την θέρμανση στερεοποιείται (θερμοσκληρυνόμενη). Το αποτέλεσμα είναι ένα ομοιογενές προϊόν. Τέλος, η υγρασία, τα σφάλματα δομής και οι ανομοιομορφίες στην επιφάνεια γενικά επιδρούν μειωτικά στις μηχανικές ιδιότητες των αντικολλητών.

Η επιλογή του πάχους των φύλλων εξαρτάται από το είδος του ξύλου και την αντοχή του σε εφελκυσμό. Συγκεκριμένα μας ενδιαφέρει η αντοχή σε εφελκυσμό παράλληλα με τη διεύθυνση των ινών έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η αντοχή και η αποφυγή σπασμάτων όταν ο πυρήνας τείνει να διαστέλλεται ή να παραμορφώνεται όταν λόγω χάρη μεταβάλλεται η υγρασία.

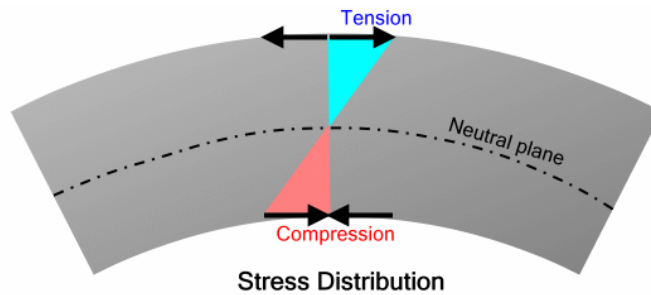
Στα αντικολλητά που είναι σωστά σχεδιασμένα οι δυνάμεις που ασκούνται από τα φύλλα πάνω στην μια πλευρά του πυρήνα, ισορροπούν σε μέγεθος και κατεύθυνση με τις δυνάμεις που ασκούνται από τα φύλλα στη απέναντι πλευρά του πυρήνα. Αυτή η ισορροπία επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μονό αριθμό φύλλων έτσι ώστε για κάθε φύλλο από τη μια πλευρά του πυρήνα να είναι ένα αντίστοιχο παράλληλο από την άλλη πλευρά ακριβώς στην ίδια απόσταση



Λεπτομέρειες εσωτερικού αντικολλητού.



Εννοια συμμετρίας σε αντικολλητό 5 φύλλων (X= ουδέτερο επίπεδο).



Κατανομή εφελκυστικών/θλιπτικών τάσεων κατά την κάμψη αντικολλητού.

Ένα τυπικό αντικολλητό έχει καλύτερης ποιότητας και μεγαλύτερης αντοχής τα φύλλα των όψεων σε σχέση με του πυρήνα. Η κύρια λειτουργία των στρωμάτων του πυρήνα είναι να αυξάνουν την 'απόσταση' μεταξύ των εξωτερικών στρωμάτων όπου οι καμπτικές τάσεις είναι μεγαλύτερες και συνεπώς να αυξήσουν την αντοχή του αντικολλητού σε κάμψη. Στην κάμψη, οι μεγαλύτερες τάσεις ασκούνται στα εξωτερικά στρώματα, η μία εφελκυστική και η άλλη θλιπτική φθίνοντας μέχρι σχεδόν το μηδέν στο κεντρικό στρώμα. Αντιθέτως η διατμητική τάση είναι υψηλότερη στο κεντρικό στρώμα και μηδέν στα εξωτερικά.

Τέλος, οι κόλλες γεμίζουν τα κενά μεταξύ των ξύλινων μερών δημιουργώντας συγκολλητικούς δεσμούς που είναι εξίσου ισχυροί και ανθεκτικοί ως συνεκτικές δυνάμεις ανάμεσα στα μέλη αυξάνοντας έτσι την δύναμη και την ακαμψία του τελικού προϊόντος. Θα πρέπει το ίδιο το συγκολλητικό μέσο να έχει ικανοποιητικές δυνάμεις και διάρκεια για να διατηρήσει την ακεραιότητά του καθ' όλη τη διάρκεια της αναμενόμενης ζωής του αντικολλητού.

6.5.1 Μηχανικά Χαρακτηριστικά Αντικολλητού.

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του υλικού είναι απαραίτητα έτσι, ώστε να γίνουν τεστ αντοχής και κόπωσης στο Solidworks προκειμένου να ελεγχθεί κατ' αρχήν με υπολογιστικά εργαλεία η ποιότητα της κατασκευής και να διαπιστωθεί εάν χρειάζεται τυχόν αλλαγές. Για να πραγματοποιηθούν οι εν λόγω δόκιμες βασιστήκαμε στις αντίστοιχες δοκιμές που κάνουν οι κατασκευαστικές βιομηχανίες, σύμφωνα με όλα τα ισχύοντα πρότυπα για αυτές τις διαδικασίες.

Τα παρακάτω δεδομένα προέρχονται από το βιβλίο **'Materials and the environment: Eco informed material choice'** Michael F. Ashby, για ένα τυπικό αντικολλητό υλικό 5 φύλλων.

Composition:

Cellulose/Hemicellulose/Lignin/12%H₂O/Adhesive

General properties:

Density	300	-	800 kg/m³
Price	0,2565	-	0,4275 USD/lb

Mechanical properties:

Young's Modulus	1,001	-	1,885 10 ⁶ psi (6,9-13 GPa)
Shear Modulus	0,07252	-	0,2901 10 ⁶ psi (500-2000 MPa)
Bulk modulus	0,2321	-	0,3626 10 ⁶ psi (0.5-2GPa)
Poisson's Ratio	0,22	-	0,3
Hardness - Vickers	3	-	9 HV
Elastic Limit	1,305	-	4,351 ksi (9-30 MPa)
Tensile Strength	1,45	-	6,382 ksi (10-44 MPa)
Compressive Strength	1,16	-	3,626 ksi (8-25 MPa)
Elongation	2,4	-	3 %
Endurance Limit	1,015	-	2,321 ksi (6.9-16 MPa)
Fracture Toughness	0,91	-	1,638 ksi.in ^{1/2} (1-1.8 MPa m^{1/2})
Loss Coefficient	8,00E-03	-	0,11

Thermal properties:

Thermal conductor or insulator?	Good insulator		
Thermal Conductivity	0,1733	-	0,2889 BTU.ft/h.ft^2.F
Thermal Expansion	3,333	-	4,444 μ strain/°F
Specific Heat	0,3965	-	0,4084 BTU/lb.F
Glass Temperature	248	-	284 °F
Maximum Service Temperature	212	-	266 °F
Minimum Service Temperature	-148	-	-94 °F

Electrical properties:

Electrical conductor or insulator?	Poor insulator		
Resistivity	6,00E+13	-	2,00E+14 μ ohm.cm
Dielectric Constant	6	-	8
Power Factor	0,08	-	0,11
Breakdown Potential	10,16	-	15,24 V/mil

Optical properties:

Transparency Opaque

Eco properties:

Production Energy	2708	-	3142 kcal/lb
CO2 creation	-0,9	-	-0,7 kg/kg

Downcycle TRUE

Biodegrade TRUE

Incinerate TRUE

Landfill TRUE

A renewable resource?TRUE

Processability (Scale 1 = impractical to 5 = excellent)

Mouldability 3 - 4

Machinability 5

Durability

Flammability Poor

Fresh Water Average

Sea Water Average

Weak Acid Average

Strong Acid Very Poor

Weak Alkalis Good

Strong Alkalis Poor

Organic Solvents Good

UV Good

Oxidation at 500C Very Poor

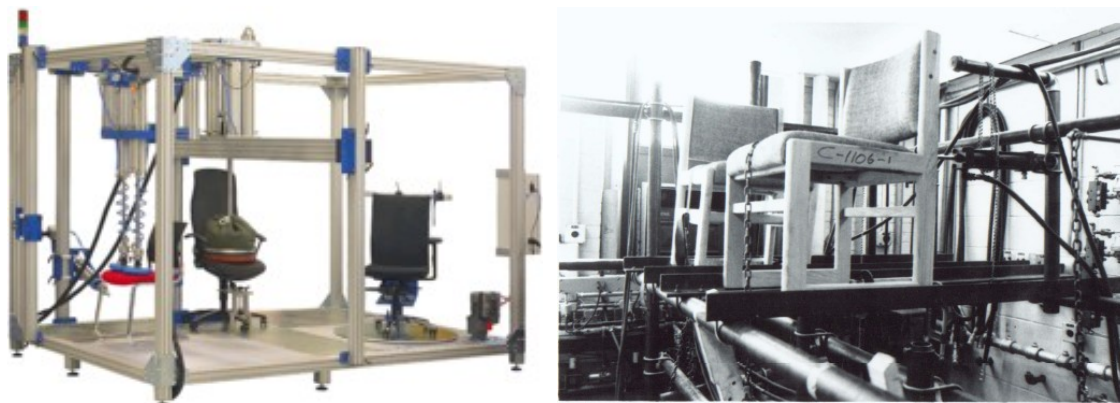
6.5.2 Ποιοτικός Έλεγχος Επίπλων:

Οι εταιρείες προκειμένου να είναι αξιόπιστες προς τους καταναλωτές αλλά και ανταγωνιστικές στην αγορά πρέπει να βασίζονται πάνω σε αντικειμενικά κριτήρια για την ποιότητα των προϊόντων τους. Με την έννοια «ποιότητα» εννοούμε όλες τις επιμέρους ιδιότητες του προϊόντος καθώς και τη διάρκεια ζωής του. Συγκεκριμένα για το έπιπλο οι επιμέρους συνιστώσες μπορούν να εκφραστούν με την παρακάτω σχέση:

Q συνολική ποιότητα επίπλου = f[λειτουργικότητα + αντοχή + ποιότητα κατασκευαστικών υλικών + κατασκευαστική τελειότητα + ασφάλεια + φιλικότητα στον άνθρωπο και το περιβάλλον + διάρκεια]

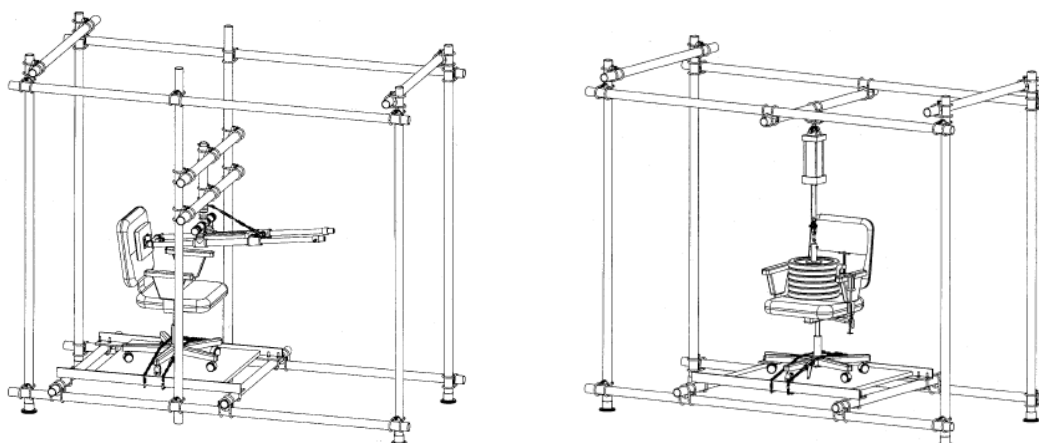
Η ποιότητα ενός επίπλου εξασφαλίζεται με συνεχείς ελέγχους κατά τη διαδικασία κατασκευής και παραγωγής αλλά και δοκιμές του τελικού προϊόντος. Η παντελής έλλειψη ποιοτικού ελέγχου καθιστά το έπιπλο ανήμπορο να ανταγωνιστεί είτε στο εσωτερικό είτε στο εξωτερικό έπιπλα τα οποία είναι ελεγμένα ποιοτικά και φέρουν τα σχετικά σήματα ποιότητας.

Ο έλεγχος της αντοχής και της σταθερότητας των καρεκλών γίνεται συνήθως με μεθόδους που περιλαμβάνουν την προσομοίωση των δυνάμεων που επιδρούν στα διάφορα μέρη του επίπλου κατά την καθημερινή χρήση του. Οι δυνάμεις αυτές αναπαράγονται εργαστηριακά με φόρτιση του επίπλου με χρήση κατάλληλων συσκευών.

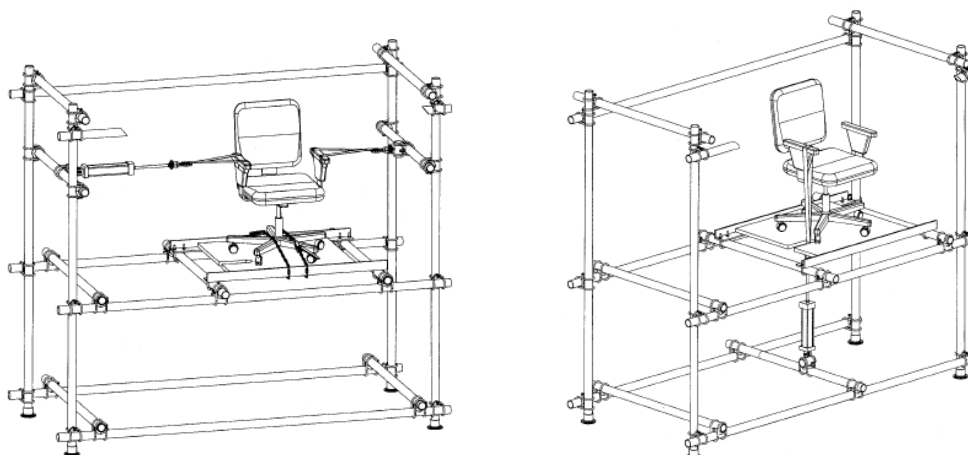


Διάφορα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται σε ελέγχους αντοχής καρέκλας.

Για παράδειγμα ένα ποιοτικό πρότυπο αντοχής επίπλου που συντάχθηκε κατά την περίοδο 1978-1979 από το Τμήμα Δασοκομίας και Φυσικών Πόρων του πανεπιστημίου του Purdue για την Γενική Διοίκηση Υπηρεσιών της Ομ. Κυβ. των ΗΠΑ είναι το FNEW83-269 το οποίο χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα. Το συγκεκριμένο πρότυπο χρησιμοποιείται κυρίως για έλεγχο αντοχής καρέκλας γραφείου βαρειάς χρήσης (24 ώρες τη μέρα). Σύμφωνα με τον Carl Eckelman και Yusuf Erdil η βασική αρχή της διαδικασίας είναι η τοποθέτηση φορτίου σε συγκεκριμένες θέσεις επάνω στην καρέκλα με μια συχνότητα των **20 κύκλων/λεπτό** (κυκλικά τεστ). Η διαδικασία σταματάει όταν ολοκληρωθούν **25.000 κύκλοι**. Τότε η διαδικασία επαναλαμβάνεται με μεγαλύτερο βάρος για άλλους 25.000 κύκλους. Αυτό συμβαίνει επαναλαμβανόμενα μέχρι η καρέκλα να υποστεί καταστροφή. Η ποιότητα της καρέκλας κρίνεται τελικώς από το μεγαλύτερο φορτίο που θα αντέξει για 25.000 κύκλους χωρίς να καταστραφεί.



Πάνω Αριστερά: Έλεγχος αντοχής μηχανισμού πλάτης με φορτίο 75lbs (34,09kg) για τους πρώτους 25.000 κύκλους με προσθήκη 25 lbs (11,36kg) σε κάθε επανάληψη. Πάνω Δεξιά Έλεγχος αντοχής περιστρεφόμενων ροδών με φορτίο 300 lbs (136.36 kg).



Έλεγχος αντοχής των μπράτσων της καρέκλας.

Ολόκληρη η διαδικασία: **'Performance Test Method for Intensive Use Chairs-FNEW83-269: A Description of the Test Method with Drawings'** By Carl Eckelman & Yusuf Erdil

Για τα τεστ θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τα πρότυπα της **BIFMA** (The Business and Institutional Furniture Manufacturer's Association) ή το πρότυπο **BS** (British Standards) **EN 1728:2000** (Προσδιορισμός δύναμης και αντοχής για καρέκλες οικιακής χρήσης). Το πρότυπα αυτά περιλαμβάνουν ελέγχους αντοχής φορτίου, κόπωσης, πρόσκρουσης για το κάθισμα, την πλάτη, τα πόδια καθώς και για τα μπράτσα της καρέκλας.

Με τη βοήθεια του **Solidworks** πραγματοποιήθηκαν 2 σημαντικοί έλεγχοι από το EN 1728:2000:

- i. Στατικός έλεγχος φόρτισης για το κάθισμα και την πλάτη όπου στο κάθισμα τοποθετείται φορτίο **1600 N (163 Kg)** και στην πλάτη φορτίο **560 N (57.1 Kg)**.
- ii. Έλεγχος κόπωσης καθίσματος και πλάτης όπου στο κάθισμα τοποθετείται φορτίο **1000 N (102 Kg)** και στην πλάτη φορτίο **300 N (30.6 Kg)** για **200,000** κύκλους.

Τα τεστ αυτά πραγματοποιούνται με σκοπό να βρεθεί, κατά τη φάση του σχεδιασμού ακόμα, εάν το προϊόν που έχουμε σχεδιάσει αντέχει, εάν έχει επαρκή συντελεστή ασφαλείας, εάν μπορούμε να αφαιρέσουμε υλικό για να μειώσουμε το βάρος και να αλλάξουμε εν γένει το σχεδιασμό. Ασφαλώς, δε μπορούμε να αντικαταστήσουμε πλήρως τα ποιοτικά τεστ που γίνονται στις βιομηχανίες με ένα λογισμικό, αλλά μπορούμε να έχουμε μια πολύ ικανοποιητική προσέγγιση ήδη κατά τη φάση του σχεδιασμού. Θα μπορούσαν να γίνουν προσομοιώσεις για όλους τους ελέγχους του EN 1728:2000 αλλά ως στόχος της ΔΕ τέθηκε το να κατανοηθεί ο τρόπος σκέψης και η διαδικασία. Με αυτά τα 2 τεστ μπορούμε οπωσδήποτε να έχουμε μια αρχική ικανοποιητική ιδέα για την αντοχή και την κόπωση του προϊόντος. Τεστ έγιναν για την καρέκλα που αποτελείται από τα 3 μέρη, με την θήκη στην πλάτη.

Τέλος, για την πραγματοποίηση των παρακάτω υπολογιστικών δόκιμων το κόντρα πλακέ θεωρήθηκε ιστροπικό για απλούστευση, εφόσον η ανισοτροπία του υλικού εμφανίζεται μόνο κοντά στον πυρήνα *(στα εξωτερικά φύλλα το στρώμα ρητίνης και η διάταξη μειώνει τις ανακρίβειες και την ανισοτροπία κάνοντας το υλικό να έχει ιστροπική συμπεριφορά)*. Ωστόσο οι τοπικές τάσεις που εμφανίζονται στον πυρήνα είναι αμελητέες σε σχέση με τις τάσεις που εμφανίζονται πάνω στην επίπεδη εξωτερική επιφάνεια έτσι ώστε τυχόν αποκλίσεις είναι πολύ μικρές *(‘Major Accomplishments in Composite Materials and Sandwich Structures’ Isaac. M.Daniel)*.

6.5.3 Υπολογιστικές Δοκιμές σε Αντοχή και Κόπωση

Στατικός έλεγχος #1.

Έγιναν πολλά τεστ και πολλές αλλαγές κατά το σχεδιασμό έτσι ώστε να βρεθεί ο κατάλληλος συνδυασμός βάρους, σχεδιασμού και αντοχής (επαναληπτική διαδικασία). Εδώ θα παρουσιαστούν τα κυριότερα βήματα που εκτελέστηκαν μέχρι το επιθυμητό τελικό αποτέλεσμα.

Παρακάτω αναφέρονται κάποιες βασικές θεωρητικές γνώσεις που χρειάζονται στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί το λογισμικό αλλά και των αποτελεσμάτων που παρήχθησαν.

Στατική Αντοχή:

Στατική αντοχή ονομάζεται η αντοχή που παρουσιάζουν δοκίμια υλικών ή μέλη κατασκευών όταν υποβάλλονται σε βραχύχρονη καταπόνηση, δηλαδή όταν ο χρόνος που διέρχεται μέχρι την επιβολή του μέγιστου φορτίου είναι μικρότερος από 1min.

Για το τεστ στο λογισμικό, το υλικό έχει ληφθεί ως ιστροπικό ψαθυρό για αυτό και ως κριτήριο αστοχίας λαμβάνεται το κριτήριο της Μέγιστης Ορθής Τάσης (**Maximum Normal Stress Criterion** ή **Coulomb's Criterion**) το οποίο ενδείκνυται για τα ψαθυρά υλικά.

Σύμφωνα με το κριτήριο του Coulomb, η αστοχία επέρχεται όταν η μέγιστη κύρια τάση ξεπεράσει το ανώτατο όριο εφελκυσμού (UTS: Ultimate Tensile Strength) ή το ανώτατο όριο θλίψης (Compressive Strength). Τα ψαθυρά υλικά δεν έχουν ακριβές όριο διαρροής για αυτό το λόγο δεν ενδείκνυται να χρησιμοποιείται το όριο διαρροής ως κριτήριο αστοχίας.

Η θεωρία προβλέπει το υλικό να αστοχήσει όταν:

$$- \sigma_1 \geq \sigma_{\text{limit}}$$

Όπου

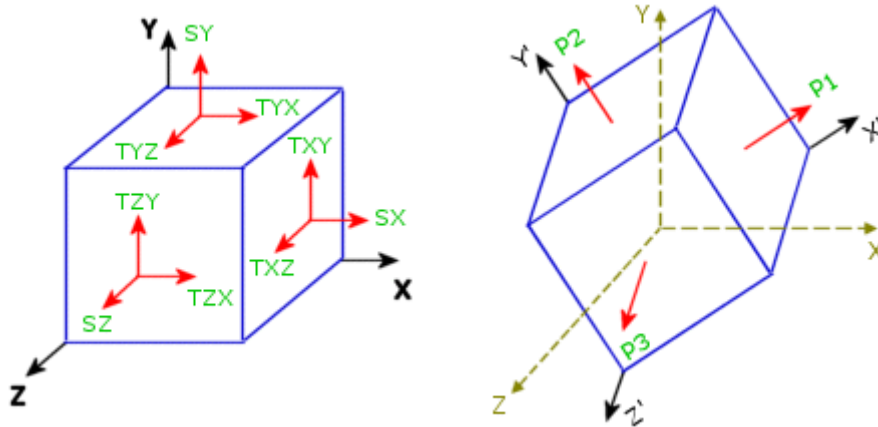
σ_1 = η μέγιστη από τις κύριες τάσεις (max principal stress)

σ_{limit} = όριο αντοχής σε εφελκυσμό (UTS)

Κύριες τάσεις:

Η κατάσταση των τάσεων σε ένα σημείο, ορίζεται πλήρως από τις ορθές και τις διατμητικές συνιστώσες αναφορικά προς ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων XYZ. Αν αλλάξει ο προσανατολισμός του συστήματος, οι τιμές των συνιστωσών

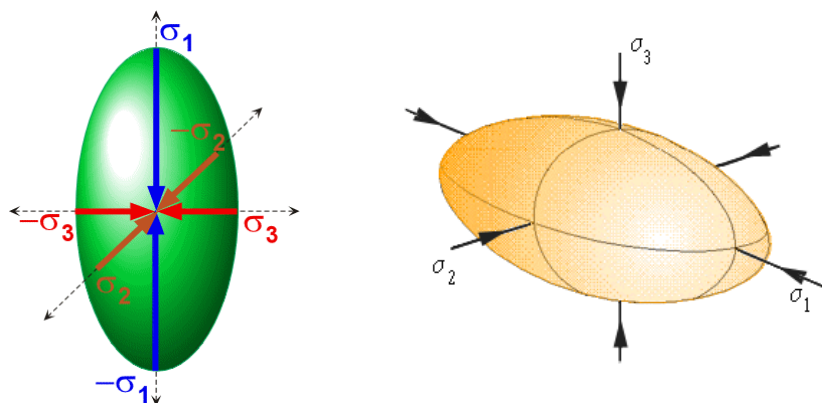
μεταβάλλονται. Για έναν συγκεκριμένο προσανατολισμό $X'Y'Z'$ όλες οι διατμητικές τάσεις μηδενίζονται και πλέον το σημείο αυτό καθορίζεται από τις 3 ορθές τάσεις. Αυτές οι ορθές τάσεις ονομάζονται **κύριες τάσεις** και οι αντίστοιχοι προσανατολισμένοι άξονες ονομάζονται **κύριοι άξονες**.



Για συγκεκριμένο προσανατολισμό του στοιχείου, οι διατμητικές τάσεις μηδενίζονται και μένουν είναι οι κύριες τάσεις P_1, P_2, P_3 .

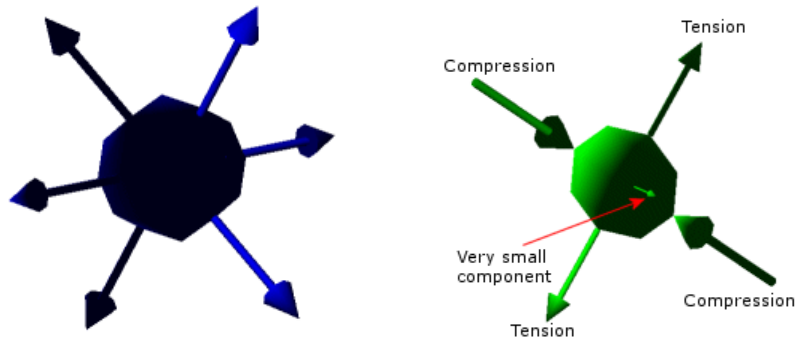
Παρότι στη γενική περίπτωση το σύστημα των κύριων διευθύνσεων 1, 2 και 3 δεν συμπίπτει με το χρησιμοποιούμενο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων X, Y και Z , υπάρχουν πάρα πολλές περιπτώσεις στην πράξη όπου λόγω συμμετρίας της φόρτισης τα δύο συστήματα συντεταγμένων (δηλαδή το σύστημα των κύριων διευθύνσεων 1, 2 και 3 και το χρησιμοποιούμενο σύστημα αξόνων x, y και z) συμπίπτουν. Ο υπολογισμός των κύριων τάσεων και διευθύνσεων είναι πολύ χρήσιμος, επειδή παρέχει έναν εύκολο τρόπο για να περιγραφεί η εντατική κατάσταση γύρω από ένα σημείο σε ένα σώμα.

Οι κύριες τάσεις σε ένα κόμβο ή στοιχείο (βλ. πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων) παρουσιάζονται ως ένα ελλειψοειδές του οποίου οι 3 ακτίνες αντιστοιχούν στα 3 μεγέθη των κύριων τάσεων. Η διεύθυνση της τάσης εφελκυσμού ή θλίψης παρουσιάζεται στα σχήματα με βέλη.



Στα παραπάνω ελλειψοειδή ισχύει $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$

Αν οι 3 κύριες τάσεις έχουν την ίδια τιμή, το ελλειψοειδές μετατρέπεται σε σφαίρα Σχ. ενώ αν μια από τις κύριες τάσεις είναι 0 το ελλειψοειδές μετατρέπεται σε επίπεδη έλλειψη Σχ. . Στην περίπτωση μονοαξονικής καταπόνησης, το ελλειψοειδές καταλήγει να είναι μια γραμμή.



Αριστερά: Μετατροπή ελλειψοειδούς σε σφαίρα και Δεξιά: σε επίπεδη έλλειψη.

Συντελεστής ασφαλείας:

Για τις επιτρεπόμενες τάσεις ισχύει:

- **FoS** = $\frac{\sigma_{\text{allowable}}}{\sigma_{\text{actual}}}$ πρέπει $FoS > 1$ για να μην έχω αστοχία.
- $\sigma_1 < \sigma_{\text{limit}}$

Όπου

FoS = Factor of Safety (συντελεστής ασφαλείας) και

σ_{limit} = όριο θραύσης υλικού

Ο συντελεστής ασφαλείας που επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί στις κατασκευές γενικότερα καθορίζεται από το συνδυασμό κόστους, βάρους, ασφάλειας και αξιοπιστίας. Συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 1.25 - 4 όπου όσο μεγαλύτερος ο συντελεστής σημαίνει πιο βαρύ εξάρτημα/προϊόν ή εξάρτημα από υλικό όπου δεν είναι γνωστή η συμπεριφορά του ή πιο πολύπλοκο εξάρτημα.

Η πιο απλή μετάφραση για το συντελεστή ασφαλείας είναι:

$FoS = \frac{\text{Αντοχή υλικού}}{\text{Φορτίο πάνω στο υλικό}}$

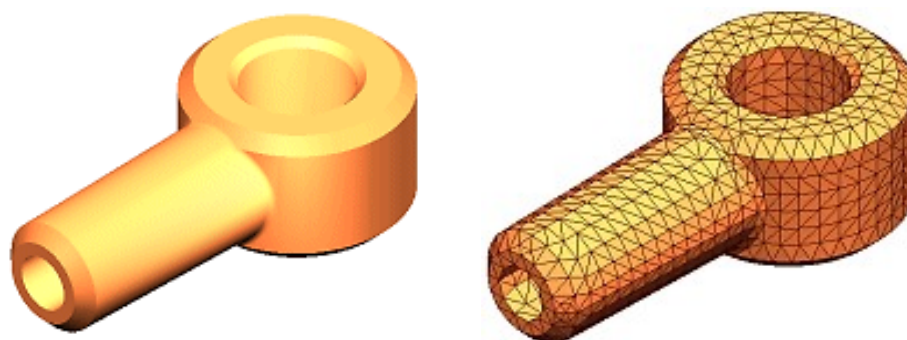
Πρακτικά αν ένα εξάρτημα για παράδειγμα πρέπει να κατασκευαστεί ώστε να αντέχει 100 N και επιλέξουμε να το κατασκευάσουμε με ένα $FoS=4$, τότε θα πρέπει να το κατασκευάσουμε έτσι ώστε να αντέχει 400 N.

Factor of Safety	Application
1.25 - 1.5	Material properties known in detail. Operating conditions known in detail. Loads and resultant stresses and strains known with high degree of certainty. Material test certificates, proof loading, regular inspection and maintenance. Low weight is important to design.
1.5 - 2	Known materials with certification under reasonably constant environmental conditions, subjected to loads and stresses that can be determined using qualified design procedures. Proof tests, regular inspection and maintenance required.
2 - 2.5	Materials obtained from reputable suppliers to relevant standards operated in normal environments and subjected to loads and stresses that can be determined using checked calculations.
2.5 - 3	For less tried materials or for brittle materials under average conditions of environment, load and stress.
3 - 4	For untried materials used under average conditions of environment, load and stress.
3 - 4	Should also be used with better-known materials that are to be used in uncertain environments or subject to uncertain stresses.

Πηγή: www.roymech.co.uk

Πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων:

Το λογισμικό, για τα τεστ στατικότητας, δημιουργεί πλέγμα έτσι ώστε η ανάλυση να γίνει με τη βοήθεια της Μεθόδου Πεπερασμένων Στοιχείων. Η βασική έννοια της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων είναι η δυνατότητα προσομοίωσης της πραγματικής κατασκευής με συστατικά στοιχεία τα οποία συνδέονται σε ένα πεπερασμένο αριθμό κόμβων. Σε μία συνεχή κατασκευή δεν υπάρχουν φυσικοί διαχωρισμοί και συνεπώς απαιτείται να γίνει τεχνητός διαχωρισμός σε στοιχεία, τα οποία να συνδέονται κατά μήκος των άκρων (πλευρών) τους. Τα τεχνητά αυτά στοιχεία, ή πεπερασμένα στοιχεία είναι συνήθως τετράπλευρα ή τριγωνικά και οι κόμβοι συνήθως βρίσκονται στα άκρα. Η συμπεριφορά κάθε στοιχείου είναι γνωστή κάτω από όλες τις πιθανές συνθήκες στήριξης και φορτίων.



Αριστερά: CAD μοντέλο ενός εξαρτήματος και Δεξιά: Το μοντέλο διαιρεμένο σε στοιχεία.

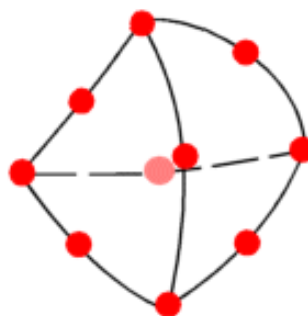
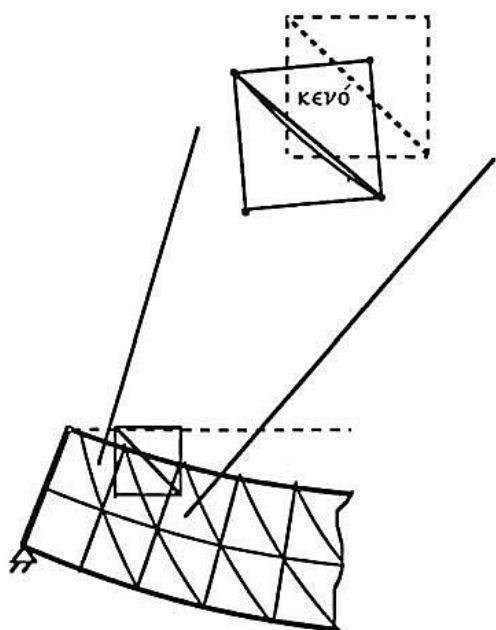
Για να γίνει χρήση μητρικών μεθόδων απαιτείται να προσομοιωθεί η συνεχής κατασκευή με ένα πεπερασμένο αριθμό διακριτών μεταβλητών. Οι μεταβλητές αυτές είναι οι μετατοπίσεις των κόμβων και σε ορισμένες περιπτώσεις και οι παράγωγοί τους. Εάν περιλαμβάνονται και οι παράγωγοι γίνεται λόγος για βαθμούς ελευθερίας αντί για μετατοπίσεις κόμβων. Οι μετατοπίσεις στο εσωτερικό των στοιχείων πρέπει να είναι συμβατές με τις μετατοπίσεις των κόμβων και όλες οι αλληλεπιδράσεις των στοιχείων εκφράζονται σε σχέση με τις κομβικές μετατοπίσεις. Με αυτό τον τρόπο οι μόνοι άγνωστοι είναι οι μετατοπίσεις στους κόμβους. Κάθε κόμβος περιγράφεται πλήρως από έναν αριθμό παραμέτρων ανάλογα με τον τύπο ανάλυσης και τον τύπο στοιχείου που χρησιμοποιείται. Στην ανάλυση κατασκευών η αντίδραση ενός κόμβου περιγράφεται από 3 αξονικές και 3 περιστροφικές μετατοπίσεις. Παρ' όλο που μπορεί να υπάρχει μεγάλος αριθμός κομβικών μετατοπίσεων ο αριθμός τους είναι πεπερασμένος. Το πρόβλημα εκφράζεται τότε ως ένα σύνολο (σύστημα) γραμμικών εξισώσεων οι οποίες επιλύονται με αριθμητικές (μητρικές) μεθόδους.

Για να επιτευχθεί ακριβής λύση ενός συγκεκριμένου προβλήματος στη διακριτοποιημένη μορφή του, θα πρέπει να ικανοποιούνται οι συνθήκες ισορροπίας και γεωμετρικής συμβιβαστότητας στο εσωτερικό των στοιχείων αλλά και στα σύνορά τους. Εάν δηλαδή δεν διατυπωθούν περιορισμοί στις μετατοπίσεις κατά μήκος των ορίων των

στοιχείων το θεωρητικό μοντέλο της κατασκευής θα είναι περισσότερο εύκαμπτο επειδή θα δημιουργηθούν κενά, όπως φαίνεται στο Σχ.. Ένας τρόπος να περιορισθεί το σφάλμα είναι να χρησιμοποιηθούν μικρότερα και περισσότερα στοιχεία διότι έτσι θα δημιουργηθούν περισσότεροι κόμβοι και συνεπώς περισσότερα σημεία στα οποία θα ικανοποιείται η συμβιβαστότητα.

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι απαιτείται προσοχή κατά την υποδιαίρεση (διακριτοποίηση) της κατασκευής, καθώς επίσης και κατά την επιλογή της συνάρτησης που περιγράφει τη συμπεριφορά στο εσωτερικό του κάθε στοιχείου.

Λόγω της μεγάλης ποικιλίας κατασκευών και φορτίσεων δεν είναι δυνατό να δοθεί γενικός κανόνας σχετικά με τον αριθμό ή το μέγεθος των στοιχείων ή τον τρόπο διακριτοποίησης που απαιτούνται για επαρκή ακρίβεια. Σε κάθε περίπτωση ο τρόπος διακριτοποίησης πρέπει να βασίζεται στην εμπειρία συμπεριφοράς και μελέτης παρόμοιων κατασκευών. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό πρέπει να επιλυθεί σειρά προβλημάτων με διαφορετικές διακριτοποιήσεις και να υπολογισθεί ο βαθμός σύγκλισης στην ακριβή λύση. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η ακρίβεια της λύσης για το συγκεκριμένο πρόβλημα.



Ένα τετραεδρικό στοιχείο. Οι ακμές ενός στοιχείου μπορούν να είναι ευθείες ή καμπύλες.

Αριστερά: Παραμόρφωση στοιχείων.

Το λογισμικό διαμορφώνει τις εξισώσεις που χαρακτηρίζουν την συμπεριφορά κάθε στοιχείου λαμβάνοντας υπ όψιν του την σύνδεσή του με τα άλλα στοιχεία και έπειτα τις οργανώνει και τις επιλύει βρίσκοντας τους αγνώστους.

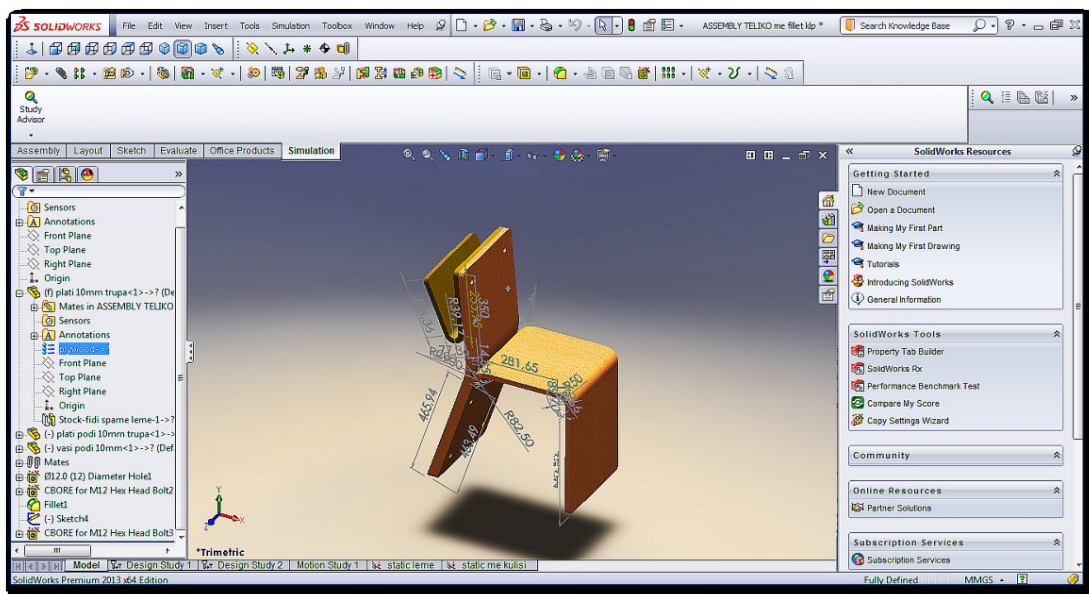
Στην ανάλυση τάσεων, το λογισμικό βρίσκει πρώτα όλες τις μετακινήσεις των κόμβων, έπειτα τις παραμορφώσεις και τέλος τις τάσεις.

Static study #1

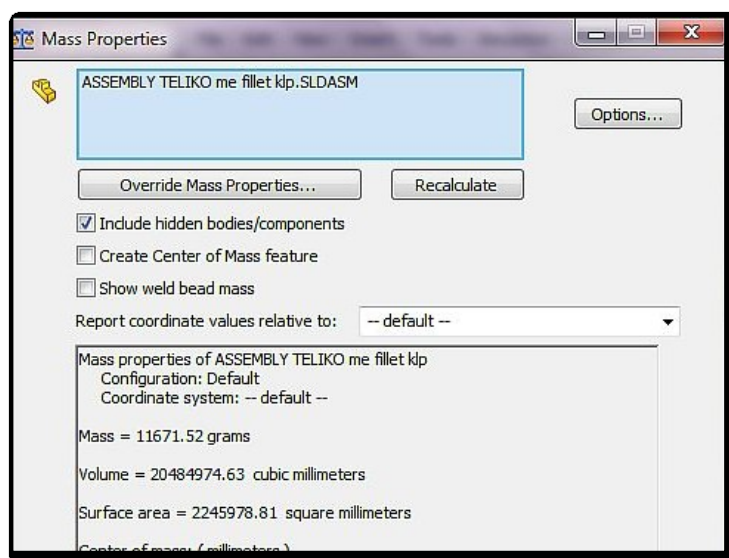
Στον πρώτο έλεγχο το πάχος της καρέκλας είναι 20mm σε όλη την επιφάνειά της. Η πυκνότητα είναι 450 kg/m^3 και με αυτές τις διαστάσεις, το πάχος και την πυκνότητα το βάρος της είναι 11.6 kg όπως φαίνεται στο Σχ. Οποσδήποτε το βάρος πρέπει να μειωθεί έτσι ώστε να φτάσει στο μέσο βάρος μιας καρέκλας το οποίο είναι περίπου 7 kg. Ωστόσο το πρώτο τεστ θα γίνει με αυτά τα δεδομένα έτσι ώστε να διαπιστωθεί εάν η αντοχή επιτρέπει την αφαίρεση υλικού αλλιώς η καρέκλα απορρίπτεται, ξανασχεδιάζεται ή επιλέγεται διαφορετικό υλικό.

Μία ιδέα για τα μεγέθη:

- Μέσο βάρος καρέκλας τραπεζαρίας/κουζίνας/ξύλινης/κήπου= 5-7kg
- Μέσο βάρος καρέκλας γραφείου= 12kg
- Μέσο βάρος πολυθρόνας=27kg



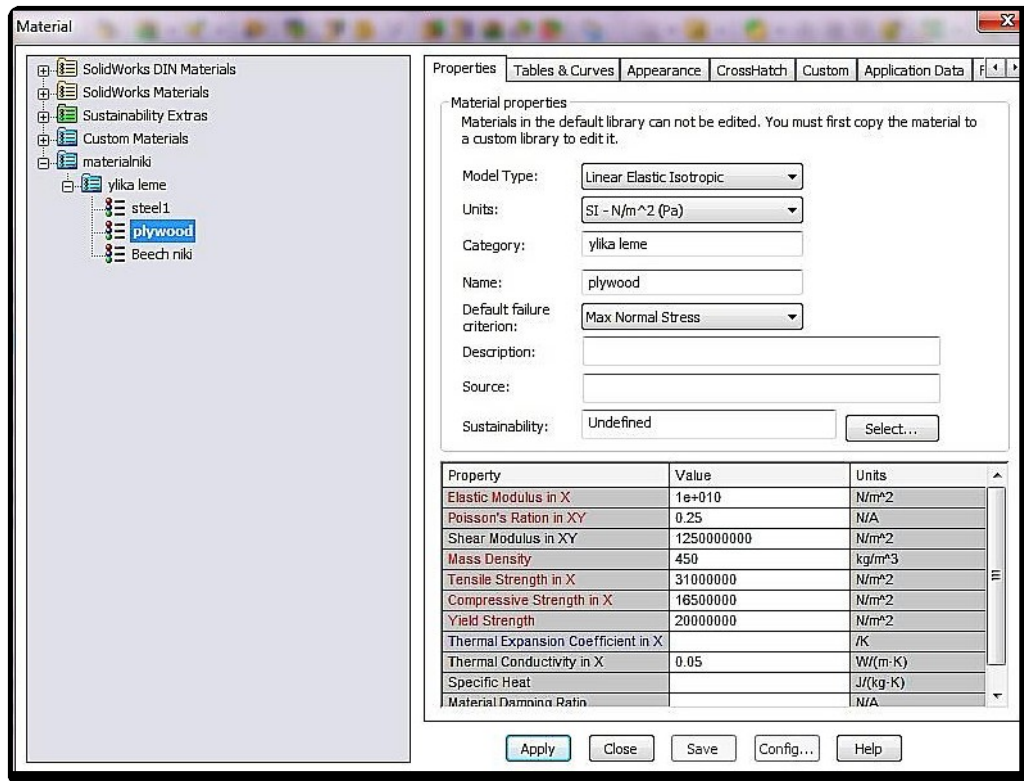
Το περιβάλλον του προγράμματος Solidworks 2013.



Αρχικός όγκος και μάζα όλων των μερών που απαρτίζουν την καρέκλα.

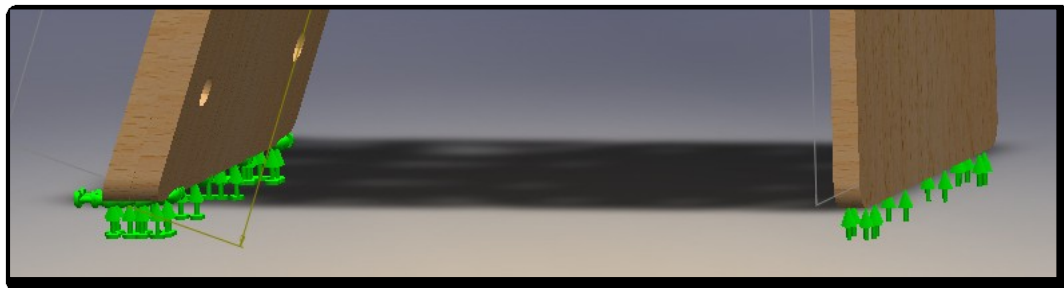
1^ο βήμα: Προσθήκη μηχανικών χαρακτηριστικών του υλικού στη βιβλιοθήκη υλικών του προγράμματος (Σχ.) και εφαρμογή του υλικού αυτού στα μέρη (components) που απαρτίζουν το προς μελέτη αντικείμενο (assembly).

Για την πραγματοποίηση των τεστ, περάστηκαν στο λογισμικό τα μηχανικά χαρακτηριστικά του υλικού όπως βρέθηκαν πριν παίρνοντας τη μέση τιμή από το εύρος των τιμών μέσα στο οποίο βρίσκεται το κάθε χαρακτηριστικό. Για παράδειγμα η σταθερά ελαστικότητας E (Young's modulus) του κόντρα πλακέ συνήθως είναι μεταξύ 6,9-13 GPa, στο Solidworks περάστηκε η τιμή 10GPa κοκ.



Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του κόντρα πλακέ τα οποία προστέθηκαν στη βιβλιοθήκη υλικών του Solidworks.

2^ο βήμα : Εφαρμογή στηρίξεων. Στην περίπτωση της καρέκλας εφαρμόστηκε μια κύλιση στην μια πλευρά και μια πάκτωση στην άλλη εφόσον το φορτίο που θα ασκηθεί στην πλάτη θα τείνει να μετατοπίσει την καρέκλα.



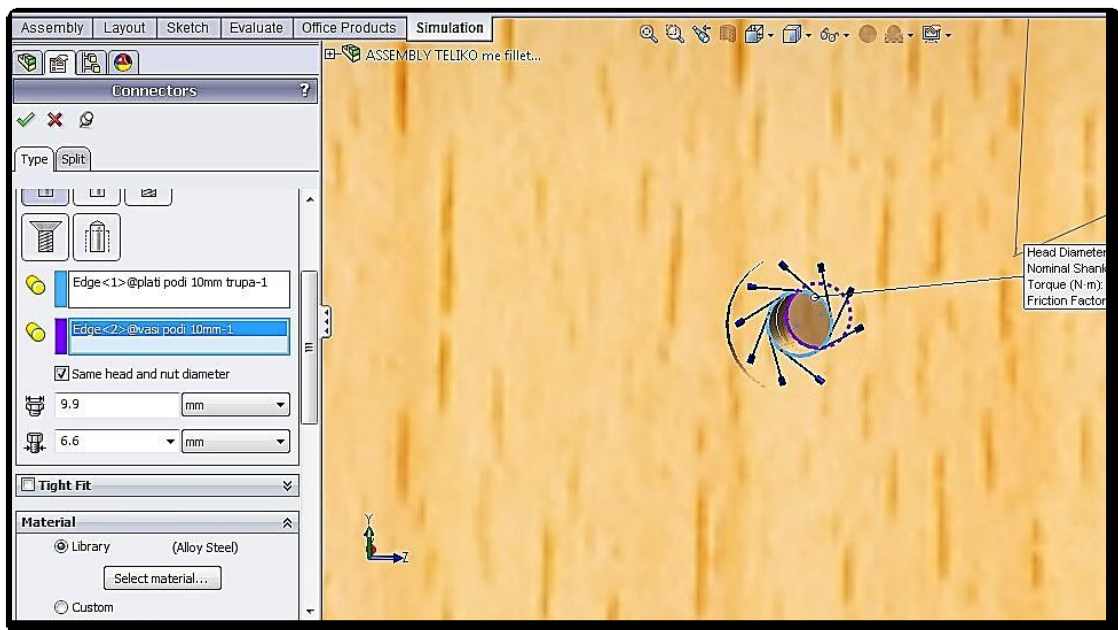
Εφαρμογή στηρίξεων.

3^ο βήμα: Προσθήκη συνδέσμων μεταξύ των μερών.

Οι τρύπες στις οποίες θα μπουν τα συνδετικά είναι διαμέτρου 6,6mm (Counterbore M6) και επειδή δεν υπήρχε γνώση για τα συνδετικά που ίσως έμπαιναν στην συνέχεια (τύπος βίδας), κατά το στατικό τεστ εφαρμόστηκαν bolt connectors για τη συγκράτηση των μερών.

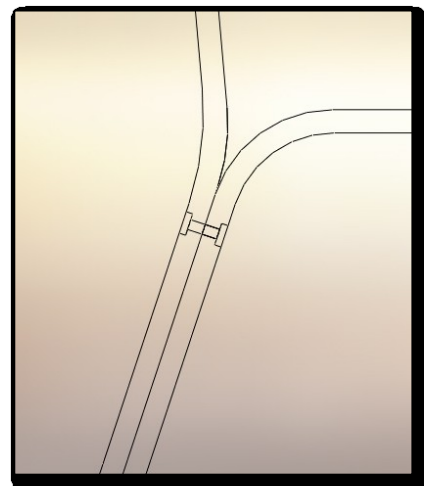
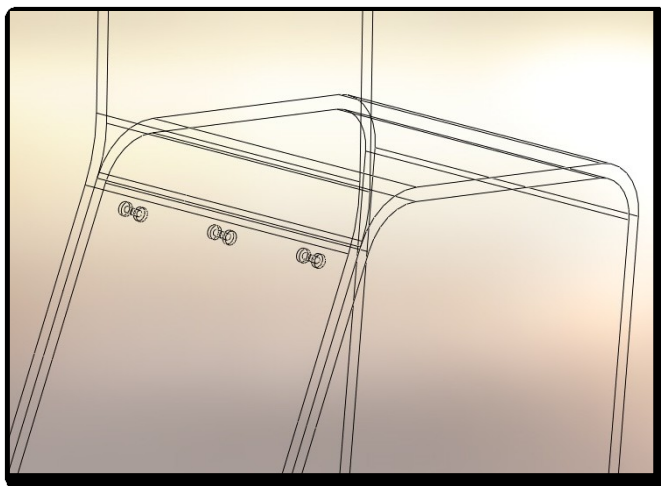
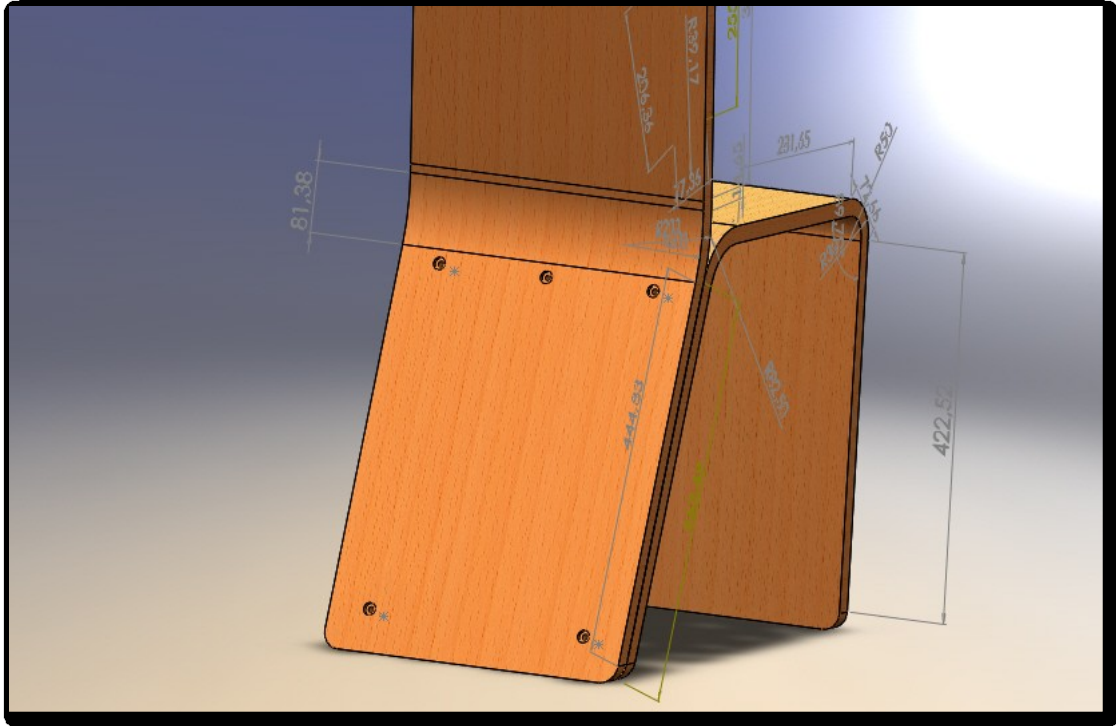


Counterbore M6.



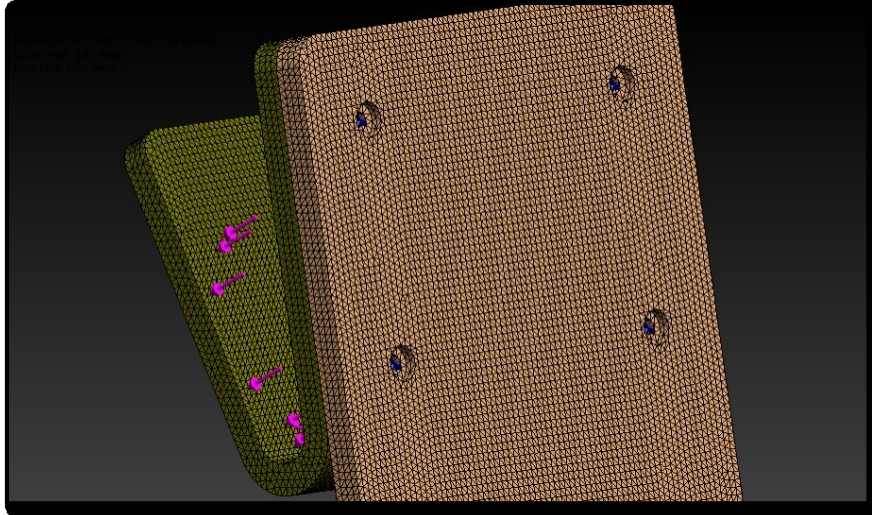
Bolt Connectors.

Μετά από δοκιμές διαπιστώθηκε ότι τα αποτελέσματα βελτιώνονται εξαιρετικά όσο πιο ψηλά τοποθετούνται οι βίδες κατά τη σύνδεση του καθίσματος και της πλάτης, καθώς και αν τοποθετηθούν 3 βίδες στην πάνω μεριά αντί για 2 όπως αρχικά προοριζόταν.

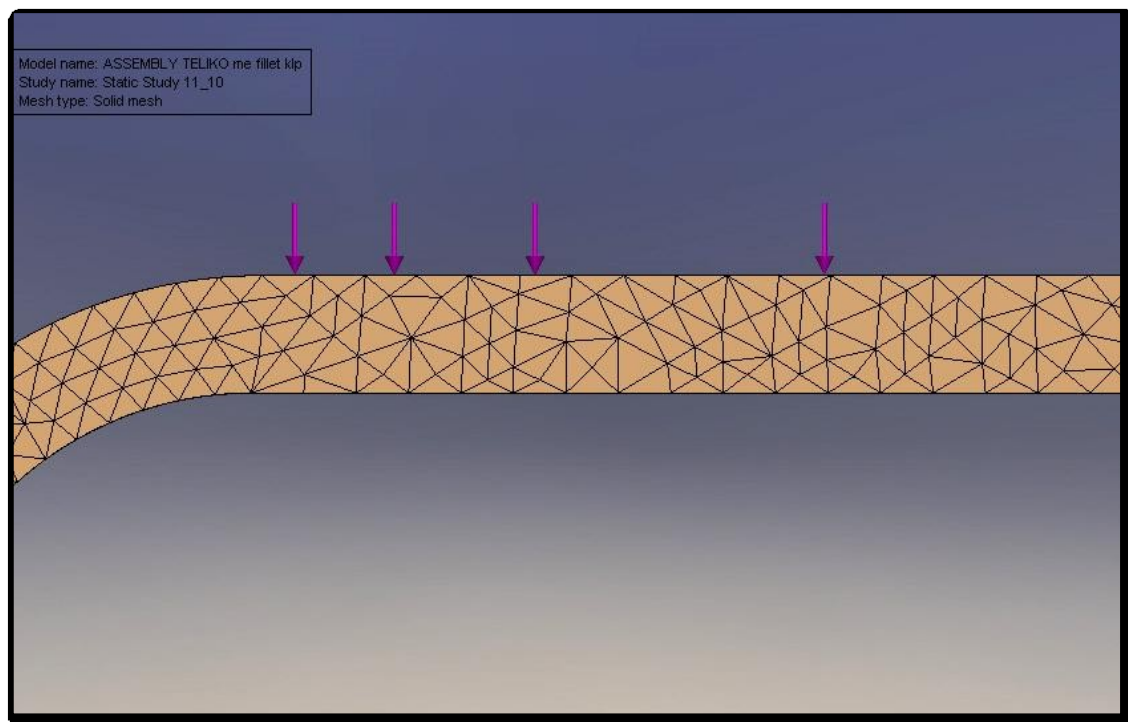


4^ο βήμα: Εφαρμογή πλέγματος.

Για την καρέκλα χρησιμοποιήθηκε αρχικά πλέγμα πλευράς 10mm και στη συνέχεια πλέγμα πλευράς 8mm έτσι ώστε να διαπιστωθεί η σύγκλιση των αποτελεσμάτων. Στο πλέγμα των 8mm δημιουργήθηκαν 369.311 στοιχεία και 529.905 κόμβοι.



Πλέγμα (Curvature Mesh) 8mm.

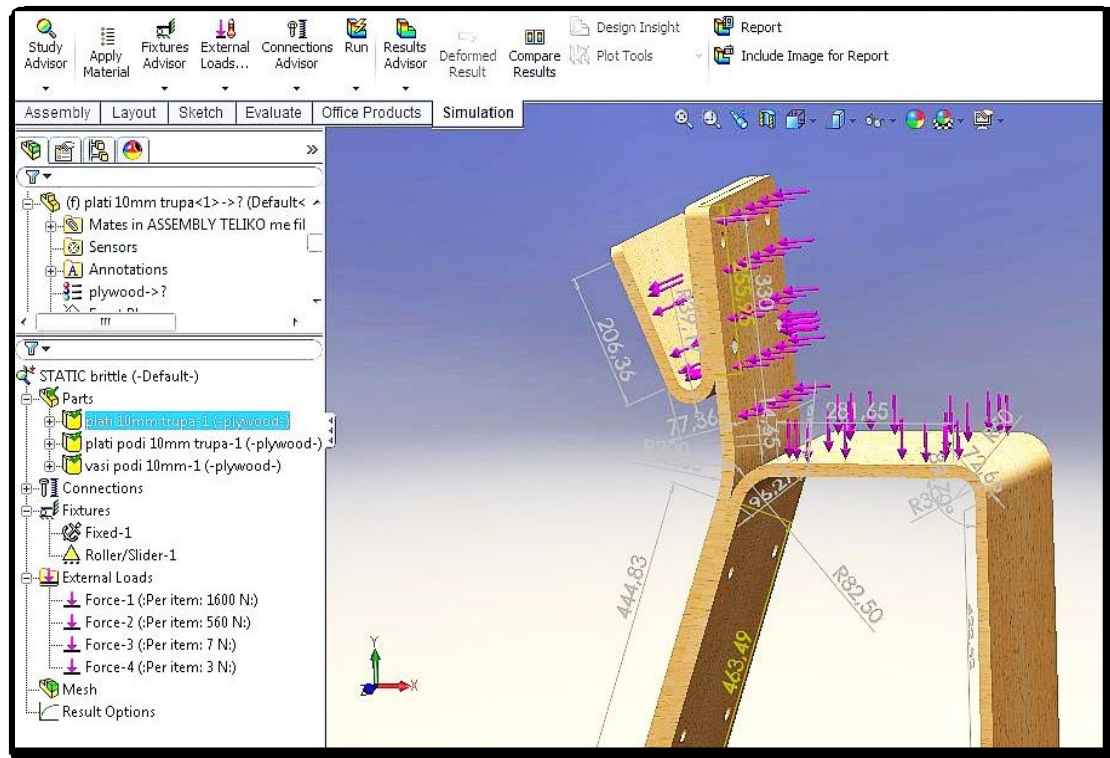


Curvature Mesh 8mm.

5^ο βήμα: Εφαρμογή δυνάμεων στο κάθισμα, στην πλάτη και στην θήκη.

Σύμφωνα με το EN 1728:2000 έχω φορτίο 1600 N στο κάθισμα και 560 N στην πλάτη.

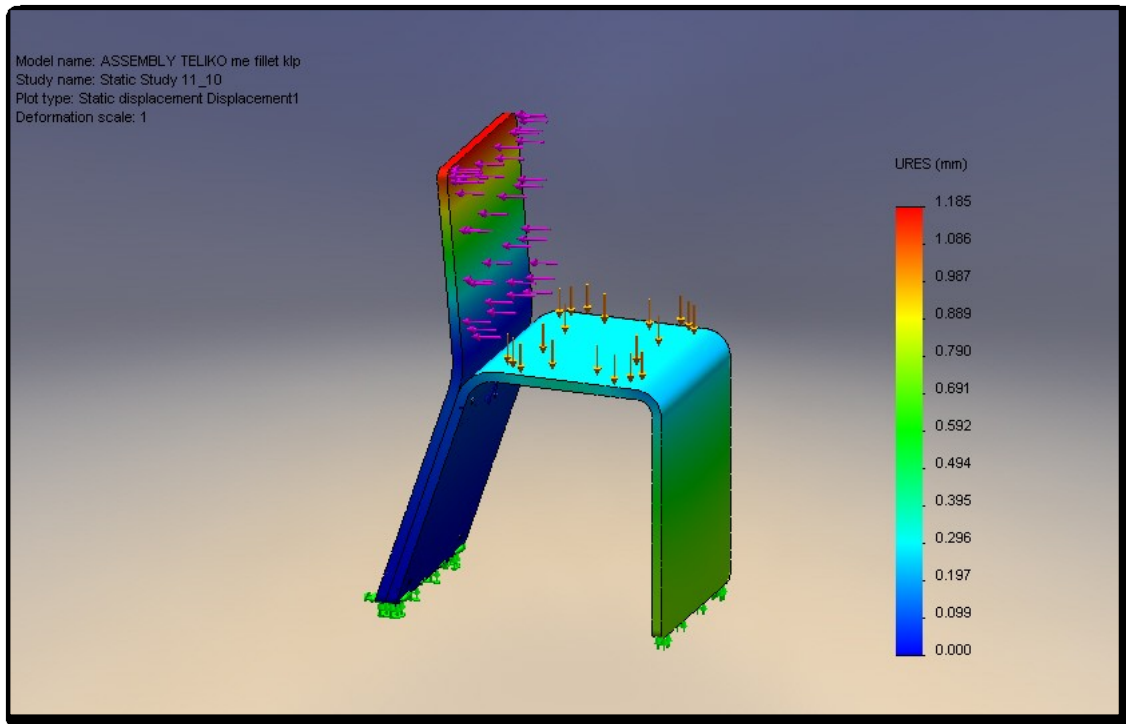
Το φορτίο της πλάτης είναι αμελητέο σε σχέση με τα υπόλοιπα και για αυτό το λόγο δε μετέχει στα αποτελέσματα.



Εφαρμογή δυνάμεων στην καρέκλα.

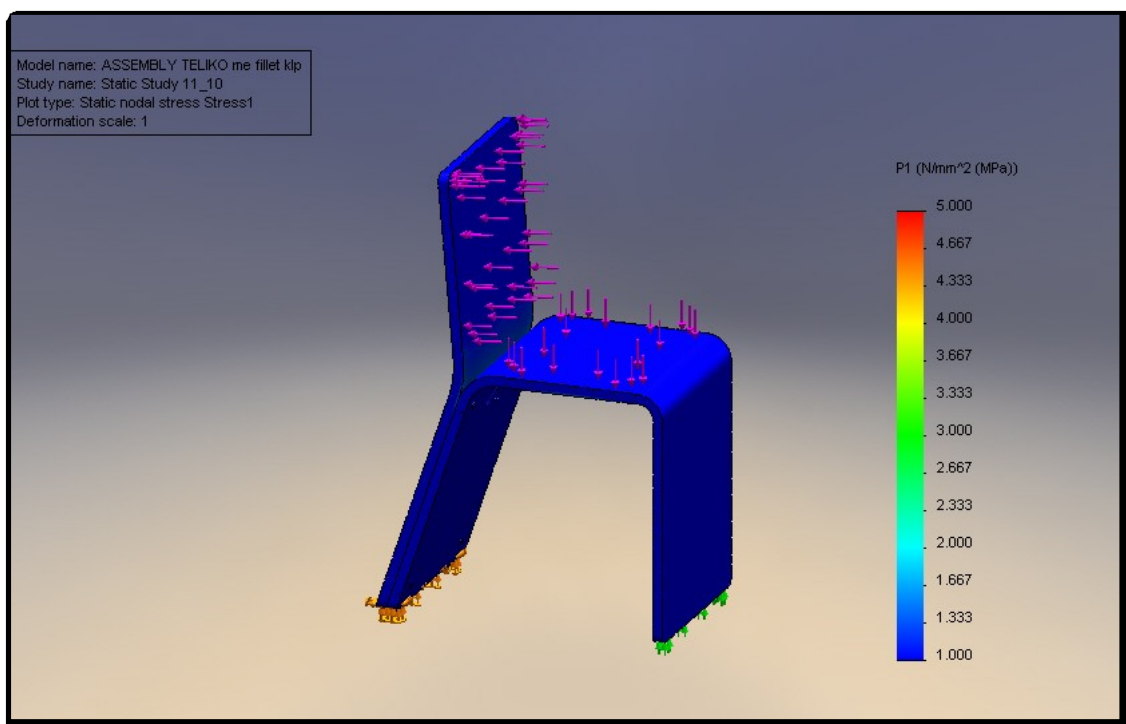
Αποτελέσματα Static Study:

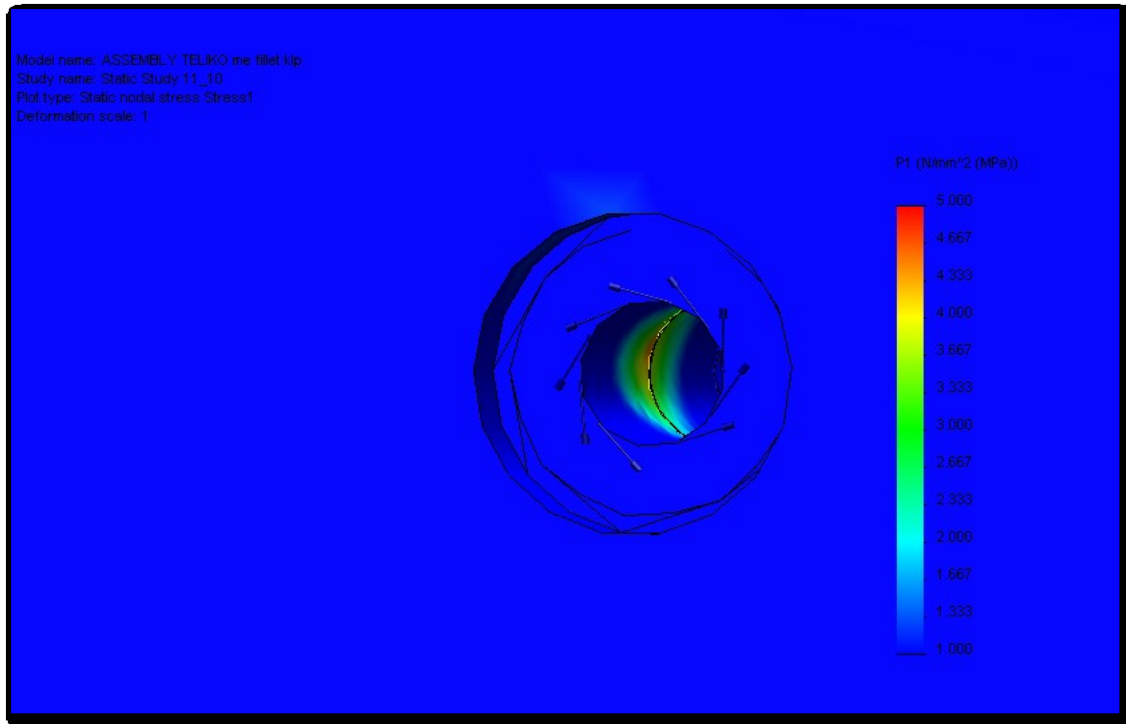
1) Μετατόπιση:



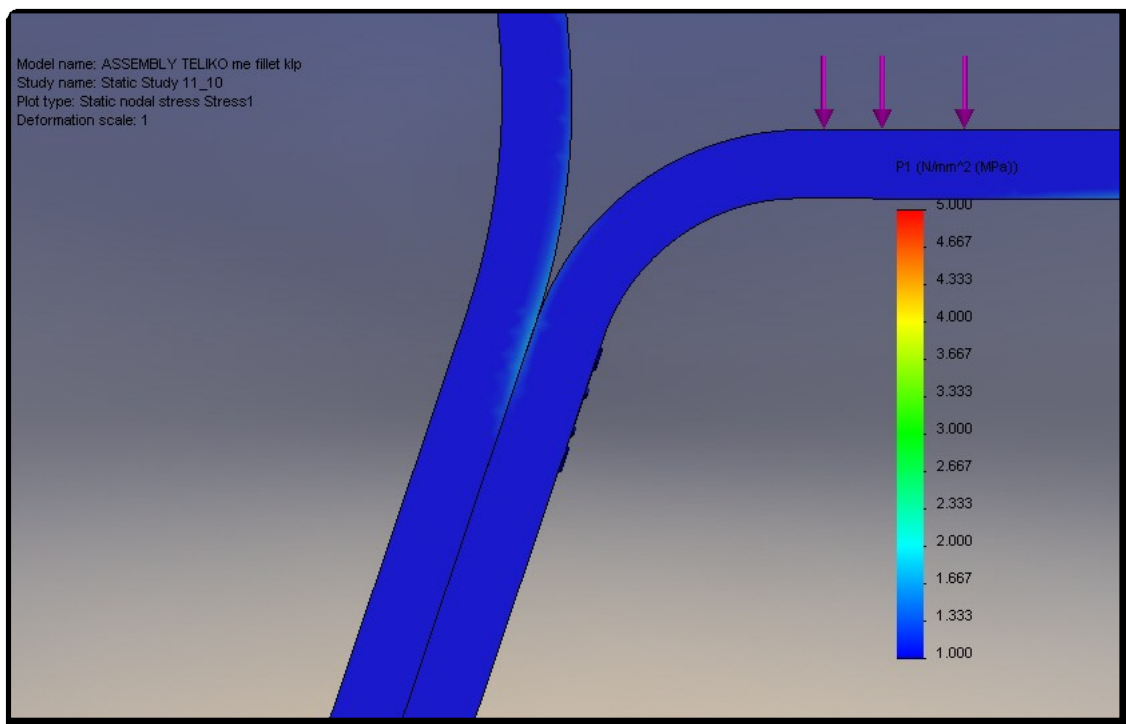
Η μεγαλύτερη μετατόπιση που παρατηρείται είναι μόλις 1,185mm και υφίστανται στην πλάτη του καθίσματος όπως ήταν αναμενόμενο.

2) Τάσεις:



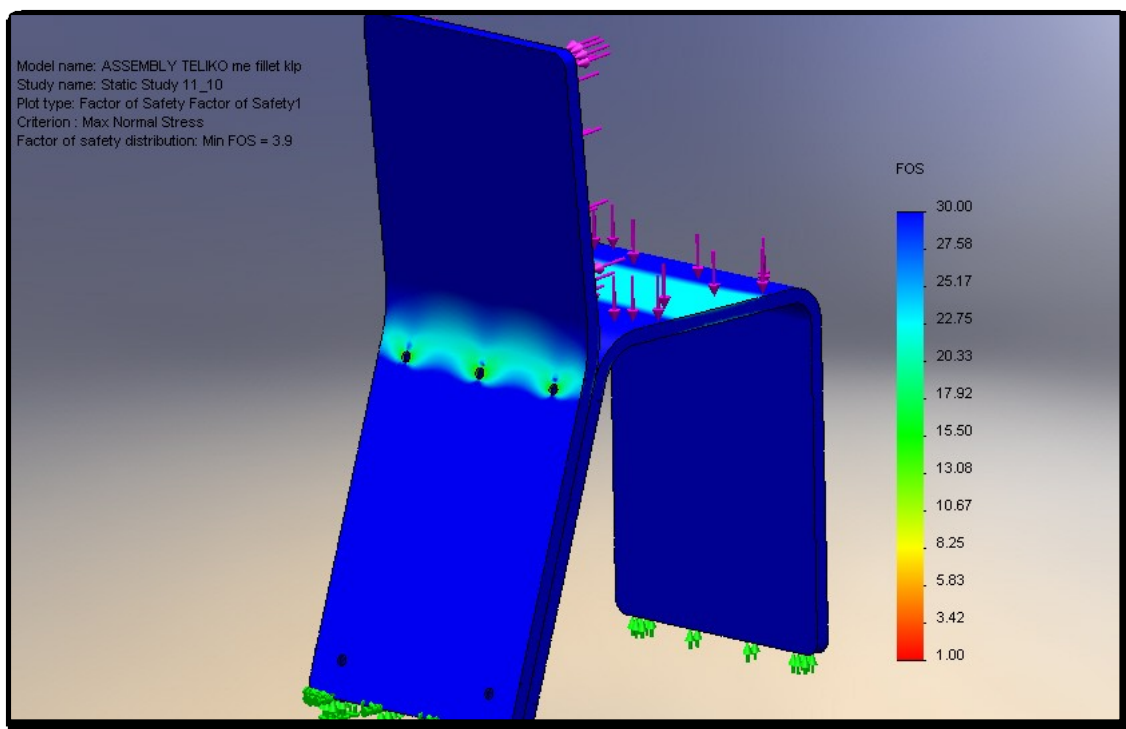
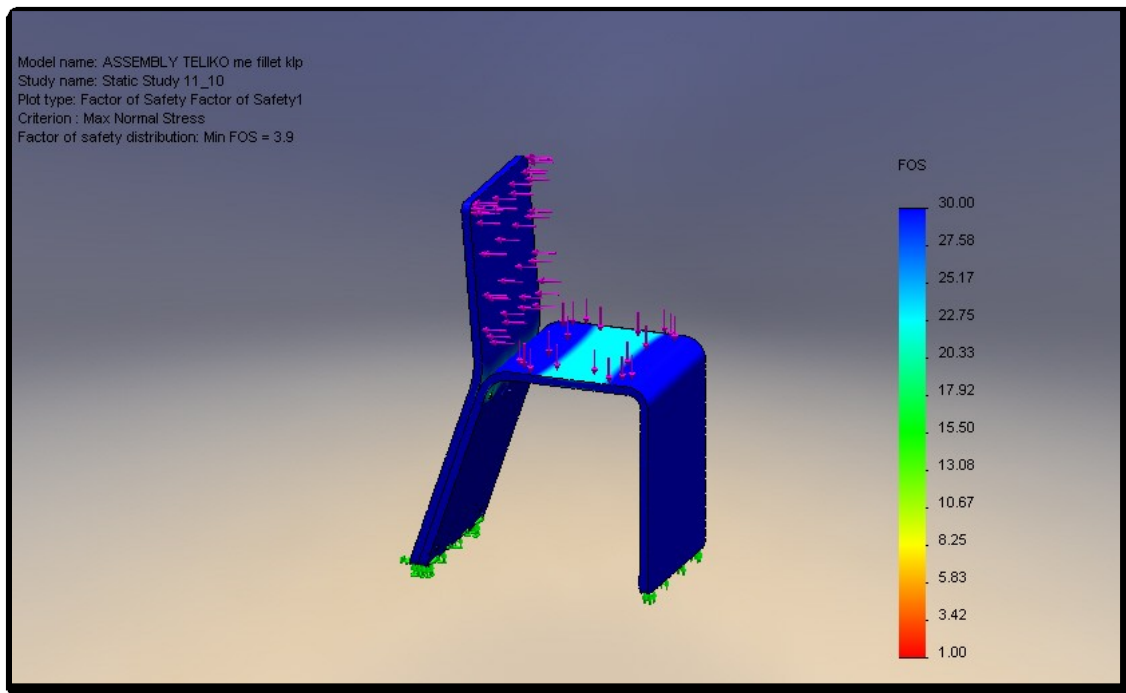


Τάσεις στο εσωτερικό της οπής.



Η μέγιστη κύρια τάση κατά είναι $P_1 = \sigma_1 = 4,733$ MPa, ασκείται στο σημείο επαφής των κάτω μερών που απαρτίζουν την καρέκλα, στην οπή της βίδας όπως φαίνεται και στο Σχ. , και είναι ασφαλώς πολύ μικρότερη του οποίο είναι 31 MPa αλλά και του yield strength (20MPa). Άρα η συνθήκη $\sigma_1 < \sigma_{limit}$ έτσι ώστε να μην υπάρχει αστοχία ισχύει.

3) Συντελεστής ασφαλείας:



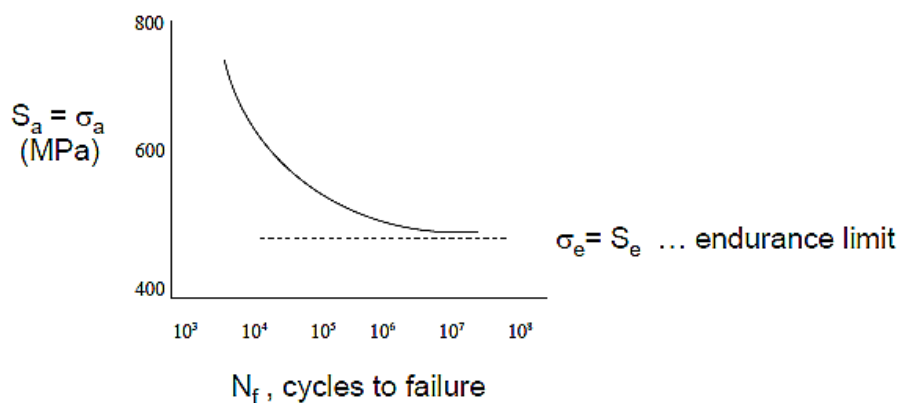
Ο μικρότερος συντελεστής ασφαλείας είναι 3.9 και εάν λάβουμε υπ' όψη μας ότι για τα έπιπλα ο συντελεστής ασφαλείας κυμαίνεται κάπου μεταξύ 1,5-2 τότε η τιμή είναι πολύ ικανοποιητική. Το χειρότερο σενάριο είναι ο συντελεστής ασφαλείας σε κάποιο σημείο να έχει τιμή μικρότερη του 1. Αυτό θα σήμαινε ότι θα υπήρχαν μόνιμες παραμορφώσεις σε εκείνο το σημείο και το προϊόν θα έπρεπε να ξανασχεδιαστεί εξ αρχής.

Έλεγχος Κοπώσεως #1.

Κόπωση είναι η χρονικά μεταβαλλόμενη καταπόνηση η οποία μετά από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία του υλικού (θραύση από κόπωση). Όπως είδαμε προηγουμένως, το όριο διαρροής είναι μέτρο της στατικής αντοχής του υλικού. Στην περίπτωση της κόπωσης, το αντίστοιχο όριο είναι κατώτερο του στατικού και αντιστοιχεί στην δυναμική αντοχή του υλικού.

Οι έντονες μηχανικές καταπονήσεις, οι συνθήκες του περιβάλλοντος (διαβρωτικές) αλλά και ο ελλιπής σχεδιασμός με αποτέλεσμα τη συγκέντρωση τάσεων (λ.χ ύπαρξη γωνιών και εγκοπών), εντείνουν το φαινόμενο της κόπωσης με αποτέλεσμα την πρόωρη αστοχία των υλικών.

Η **καμπύλη Wöhler ή καμπύλη S-N**. (S = τάση, N = κύκλοι) είναι χαρακτηριστική κάθε υλικού και περιγράφει την συμπεριφορά του υλικού σε περιοδικά (κυκλικά) επαναλαμβανόμενη καταπόνηση. Ο κύκλος ή περίοδος φόρτισης είναι ο χρόνος που απαιτείται για ένα πλήρη κύκλο εναλλαγής της τάσης από μέγιστη σε μέγιστη ή από ελάχιστη σε ελάχιστη τιμή.

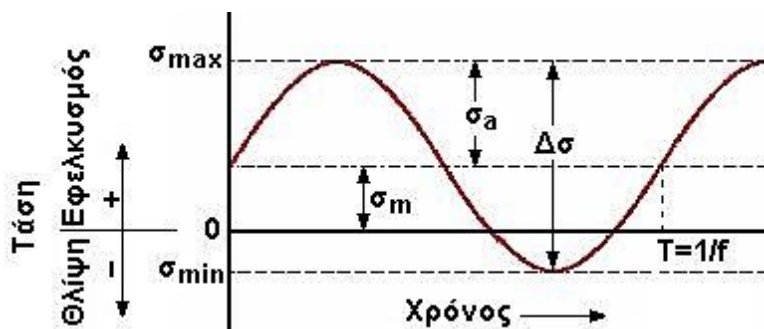


Καμπύλη Wöhler ή καμπύλη S-N., όπου S_e το όριο κόπωσης.

Στην καμπύλη Wöhler διακρίνονται 3 ζώνες:

- Ζώνη ολιγοκυκλικής κόπωσης: $N < 10^2$
- Ζώνη κόπωσης: $10^2 < N < 10^6$
- Ζώνη απεριόριστης αντοχής: $N > 10^6$

Χαρακτηριστικά μεγέθη δοκιμών κόπωσης:



- Μέγιστη τάση: σ_{max}
- Ελάχιστη τάση: σ_{min}
- Μέση τάση: $\sigma_m = \text{_____}$
- Πλάτος εναλλασσόμενης τάσης: $\sigma_a = \text{_____}$
- Μεταβολή καταπόνησης: $\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min} = 2\sigma_a$
- Λόγος καταπόνησης: $R = \text{_____}$
- Συχνότητα φόρτισης: f

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά μεγέθη της δοκιμής διακρίνουμε τα εξής είδη συνθηκών κόπωσης:

⇒ Εναλλασσόμενη συμμετρική κόπωση: $\sigma_m = 0, R = -1$

⇒ Ασύμμετρη επαναλαμβανόμενη κόπωση: $0 < \sigma_m < \sigma_a, -1 < R < 0$ ή $\sigma_m = \sigma_a, R = 0$

⇒ Κυματοειδής κόπωση: $\sigma_m > \sigma_a, 0 < R < 1$

Τα δεδομένα για την κόπωση του κόντρα πλακέ καθώς και για την καμπύλη S-N που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια αποκτήθηκαν από την έρευνα: **'Fatigue Behavior and Design of Wood Composites as Furniture Components' by Forest and Wildlife Research Center, Mississippi State University**. Κατά τη συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκαν δοκιμές πάνω σε διάφορα σύνθετα προϊόντα ξύλου (κόντρα πλακέ, OSB, Particleboard) που χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία επίπλου, με σκοπό να βρεθεί η σχέση που συνδέει τη στατική αντοχή του υλικού με το χρόνο στο οποίο θα επιδράσει αρνητικά η κόπωση. Η σχέση για τυπικό κόντρα πλακέ 5-φύλλων αποδεικνύεται ότι είναι της μορφής:

$$S = MOR (E - H \times \log_{10} N_f)$$

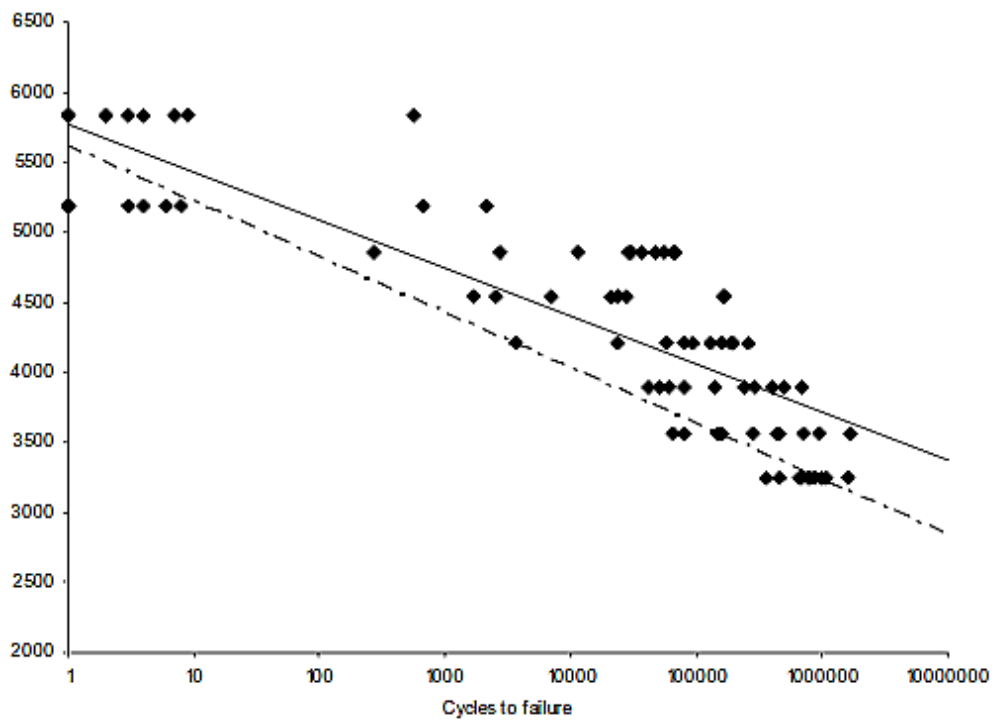
Όπου:

MOR= Module of Rupture (όριο θραύσης)

N_f = οι κύκλοι

E= σταθερά, για το κόντρα πλακέ ίση με 0,88

H= σταθερά, για το κόντρα πλακέ ίση με 0,05

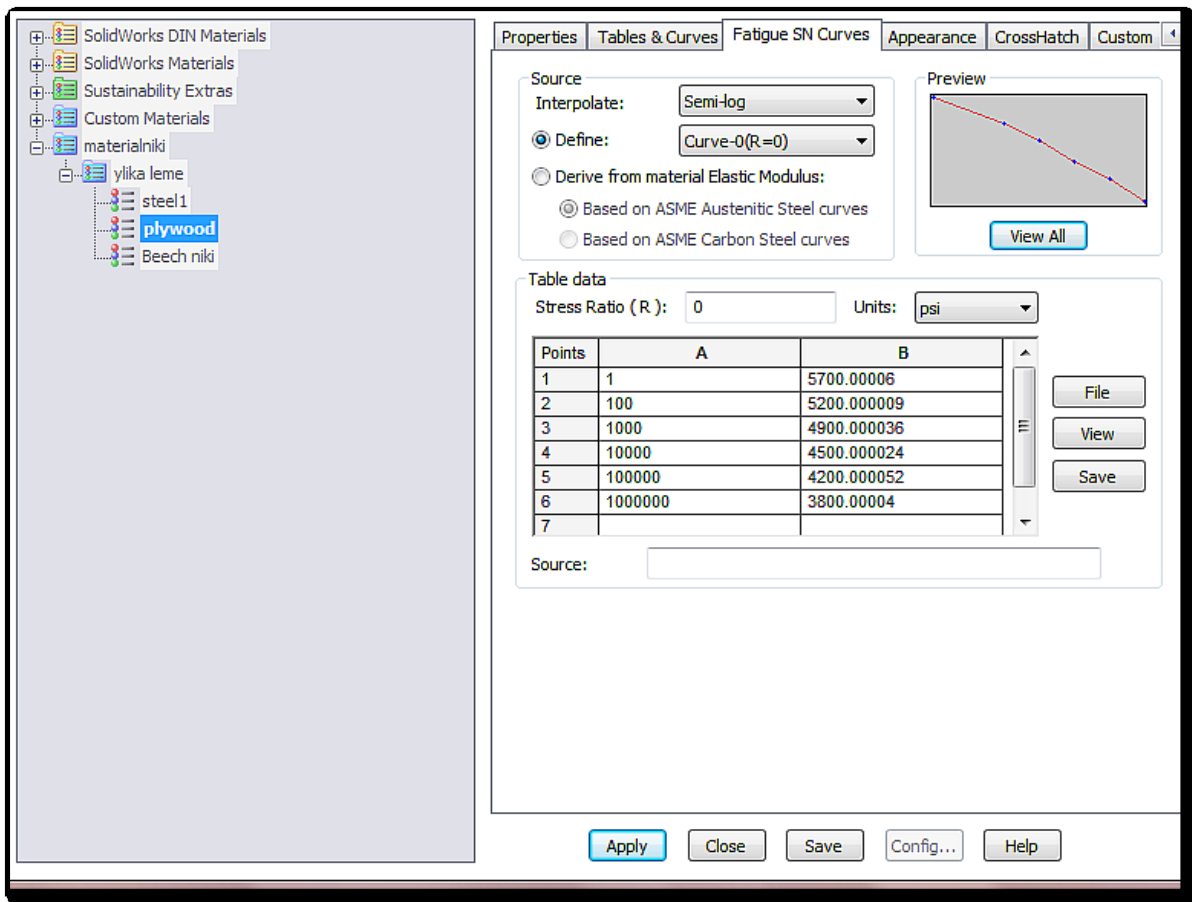


Καμπύλη S-N για κόντρα πλακέ. Η ευθεία συνεχόμενη γραμμή η οποία τελικώς χαρακτηρίζει το υλικό δημιουργήθηκε με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων. Στον κατακόρυφο άξονα η ονομαστική τάση σε psi και στον οριζόντιο ο λογαριθμικός με βάση το δέκα των κύκλων.

Από το διάγραμμα αντλήθηκαν τα παρακάτω ζεύγη τιμών για την προσομοίωση στο Solidworks:

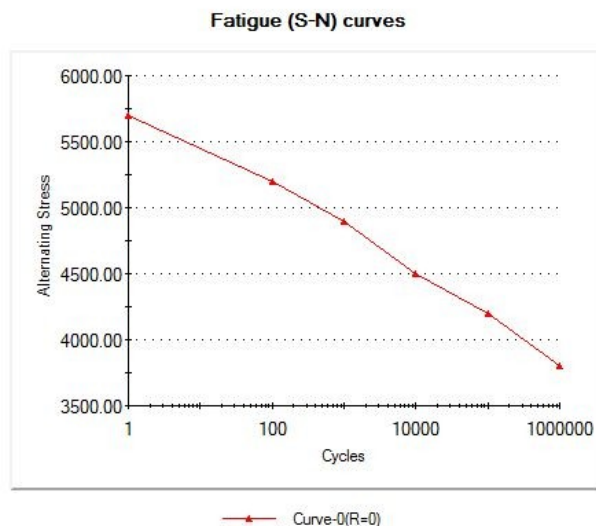
Κύκλοι μέχρι την αστοχία:	Ονομαστική τάση:
1	5700 psi (39.3 MPa)
100	5200 psi (35.9 MPa)
1000	4900 psi (33.8 MPa)
10.000	4500 psi (31 MPa)
100.000	4200 psi (29MPa)
1.000.000	3800 psi (26.2 MPa)

Σύμφωνα με το BS EN 1728:2000 τοποθετείται φορτίο 1000 N στο κάθισμα και 300 N στην πλάτη. Η καρέκλα πρέπει να αντέξει 200.000 κύκλους ώστε να περάσει επιτυχώς τον έλεγχο.



Εισαγωγή δεδομένων για την καμπύλη S-N στο Solidworks.

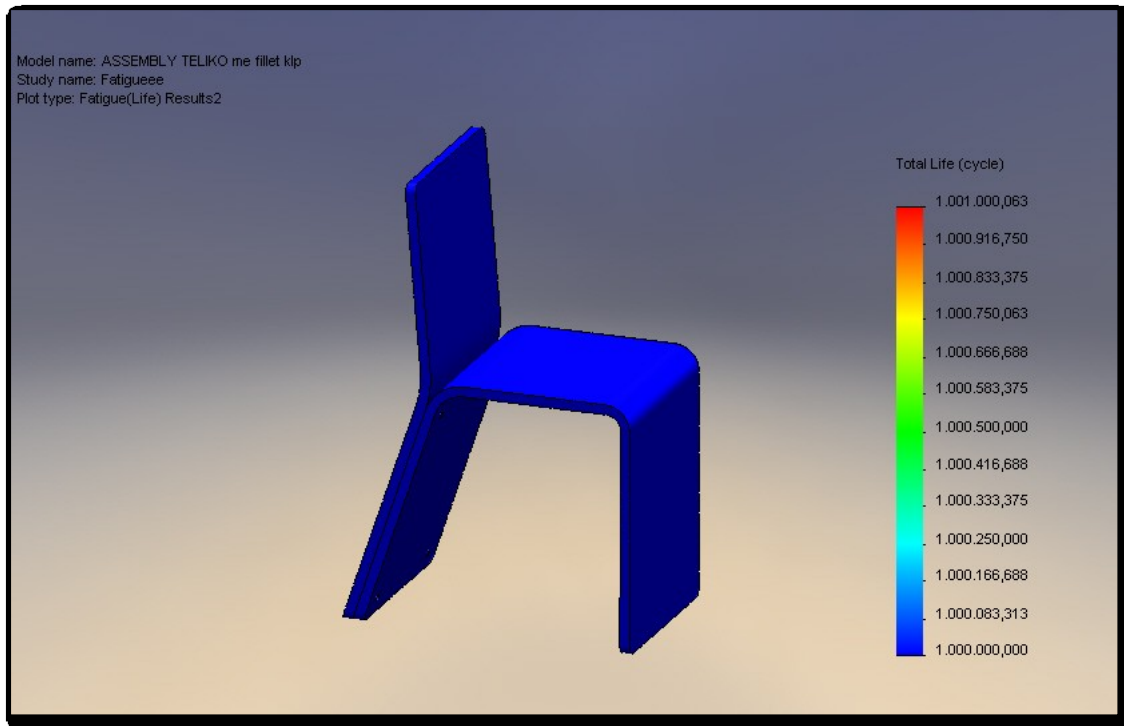
Όπως φαίνεται και στο Σχ. οι άξονες είναι Semi-log με τον οριζόντιο λογαριθμικό και R=0 (load ratio of 0), δηλαδή επαναλαμβανόμενη τοποθέτηση φορτίου και έπειτα αφαίρεσή του.



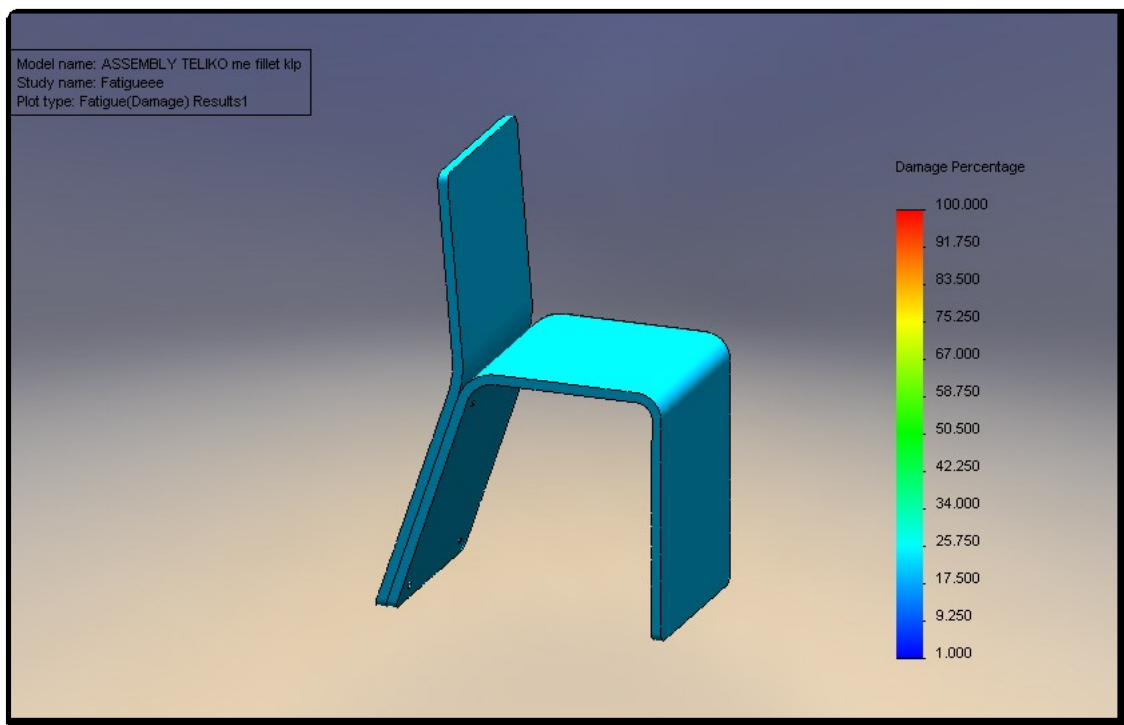
Διάγραμμα S-N που εισάγαμε στο λογισμικό.

Αποτελέσματα Fatigue Study:

1) Διάρκεια ζωής σε κύκλους:



2) Ποσοστό καταστροφής μέχρι τους 200,000 κύκλους:

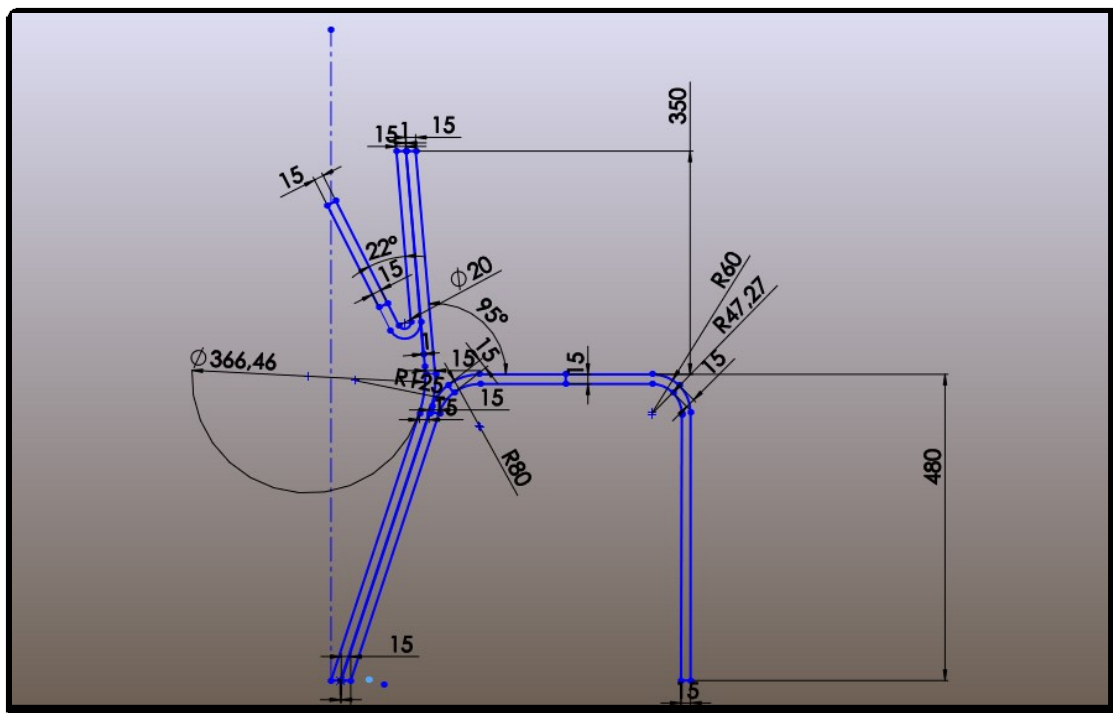


Όπως διακρίνεται από τις παραπάνω εικόνες, τα αποτελέσματα για τη συγκεκριμένη καρέκλα κατά τον έλεγχο κοπώσεως είναι άκρως ικανοποιητικά με τα αρχικά δεδομένα που πήραμε, εφόσον η καρέκλα θα αστοχήσει στους 1,000,000 κύκλους περίπου και για να επιτύχει στον έλεγχο έπρεπε να μην αστοχήσει στους 200,000.

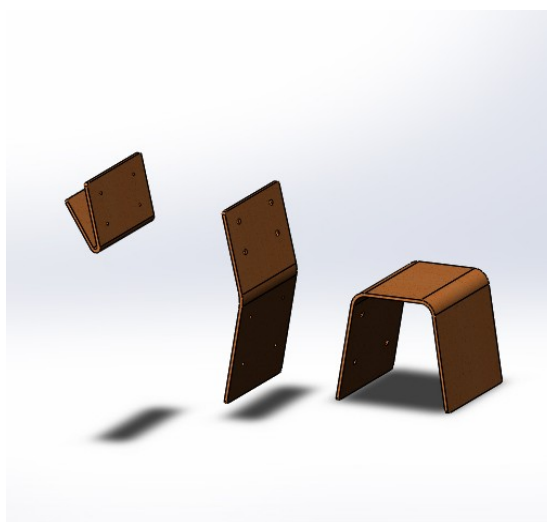
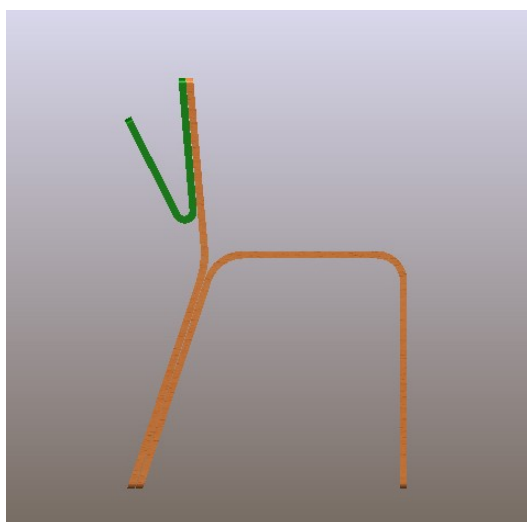
Η καρέκλα πέρασε επιτυχώς τα τεστ αντοχής και κόπωσης και συγκεκριμένα με απόδοση πολύ μεγαλύτερη του αναμενομένου. Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι η καρέκλα μπορεί να ξανασχεδιαστεί με μικρότερο ίσως πάχος καθώς και με αφαίρεση υλικού στα σημεία όπου έχουμε μεγαλύτερο συντελεστή ασφαλείας και εκεί όπου δεν έχουμε συνδέσεις, έτσι ώστε να μειωθεί ο όγκος υλικού και συνεπώς το βάρος και το κόστος.

Επανασχεδιασμός Καρέκλας

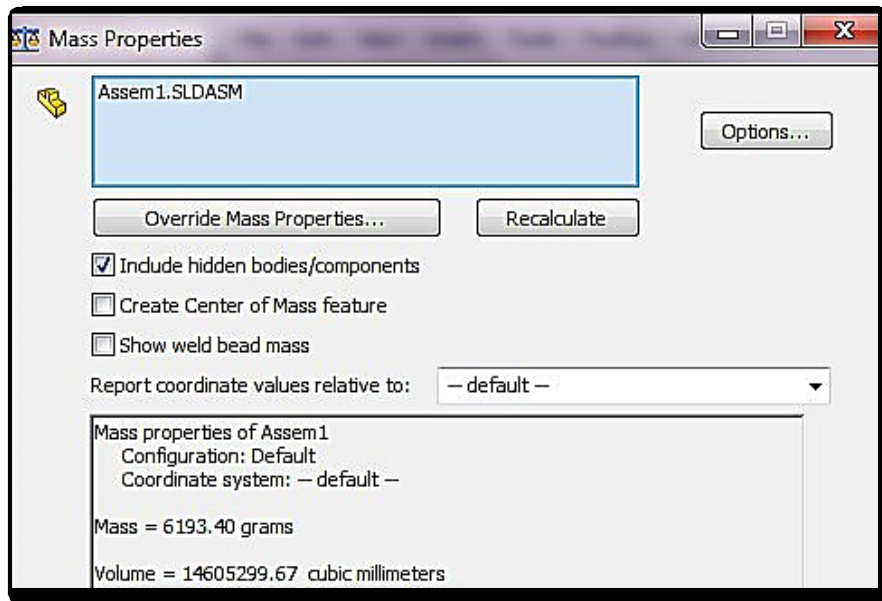
Η καρέκλα ξανασχεδιάζεται με πάχος αυτή τη φορά 15mm σε ολόκληρη την επιφάνεια. Με εξαίρεση την πλάτη, η οποία κόντυνε λίγο για λόγους αντοχής αλλά και αφαίρεσης υλικού, οι υπόλοιπες διαστάσεις έμειναν σχεδόν ίδιες. (βλ. ΚΕΦ.7 Στάδιο Λεπτομερούς Σχεδιασμού)



Τελικές διαστάσεις καρέκλας.



Τελικό σχέδιο και Assembly.

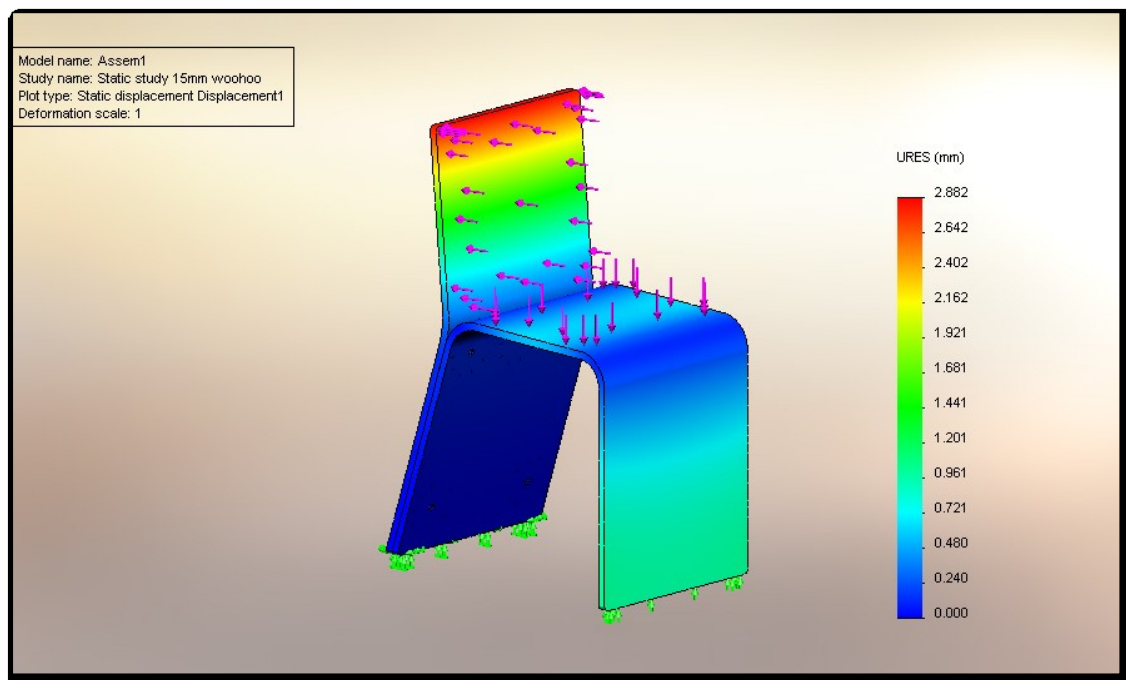


Βάρος καρέκλας μετά την επανασχεδιάσή της.

Το βάρος της καρέκλας μετά τον εκ νέου σχεδιασμό, είναι γύρω στα 6 kg όπως φαίνεται και στη εικόνα. Μένει μόνο να αποδειχτεί εαν με τα νέα δεδομένα η καρέκλα είναι το ίδιο ανθεκτική όπως και πριν.

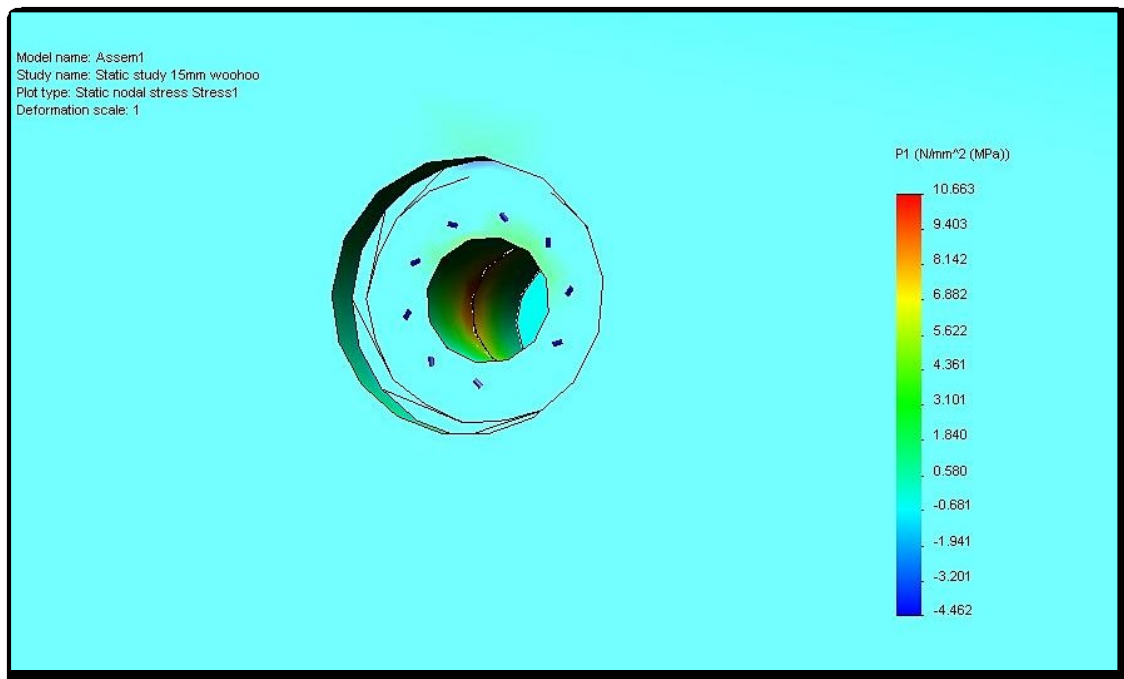
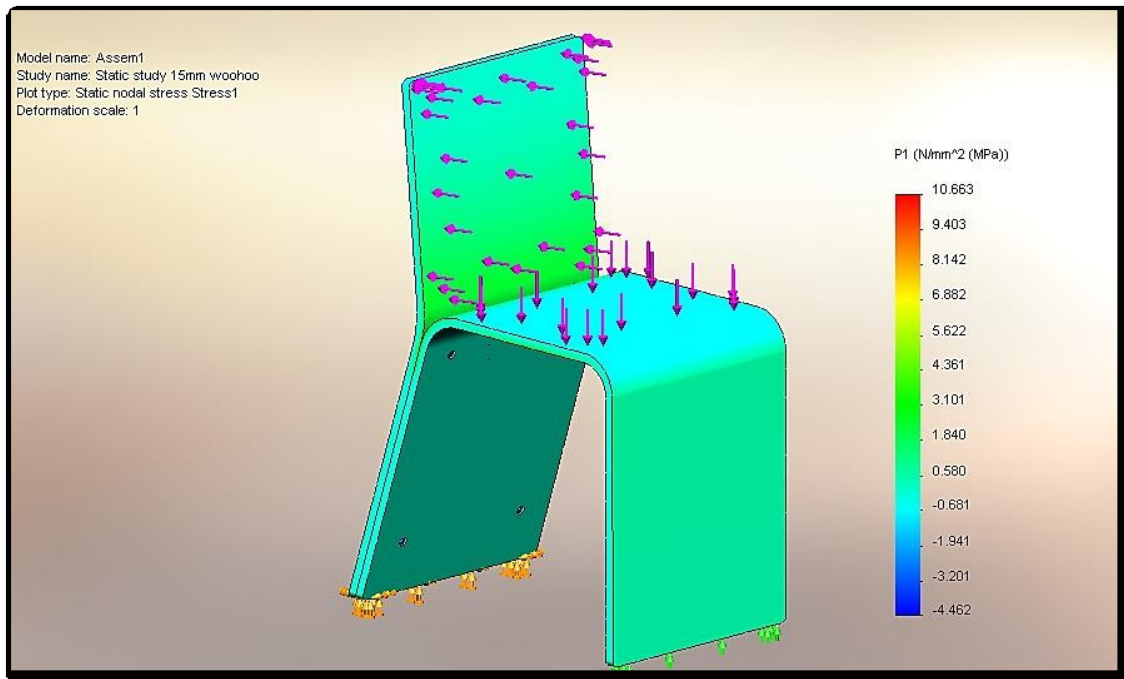
Έλεγχος αντοχής #2.

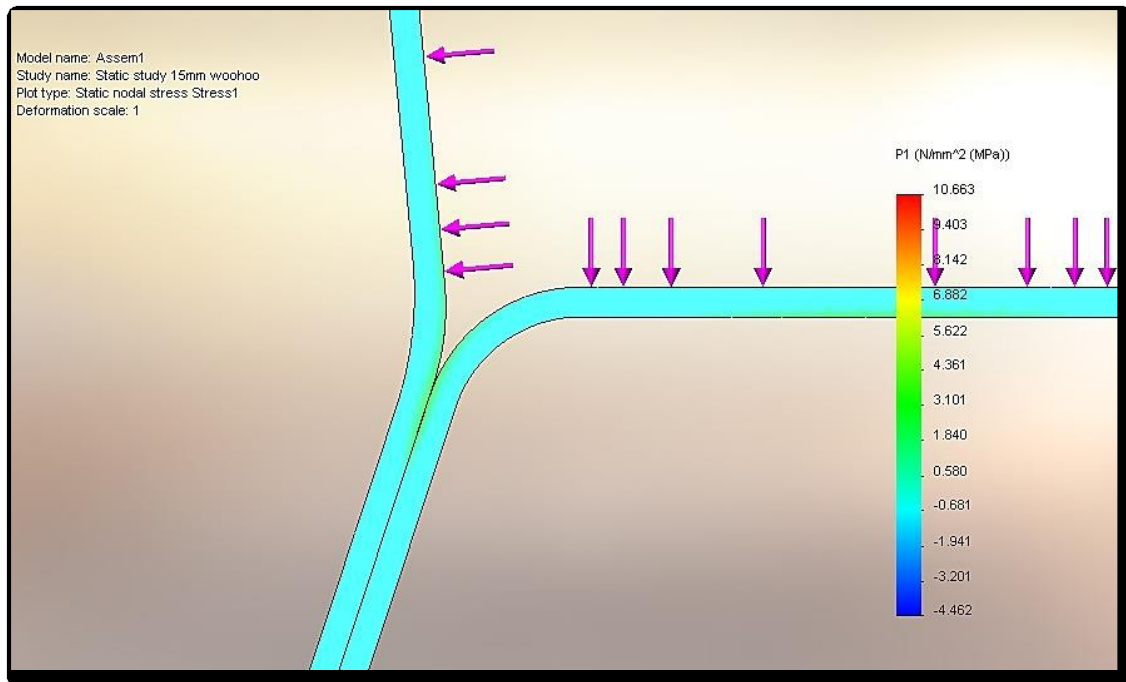
1) Μετατόπιση:



Η μεγαλύτερη μετατόπιση συμβαίνει στην πλάτη, όμοια με πριν, και είναι ίση με 2,882 mm.

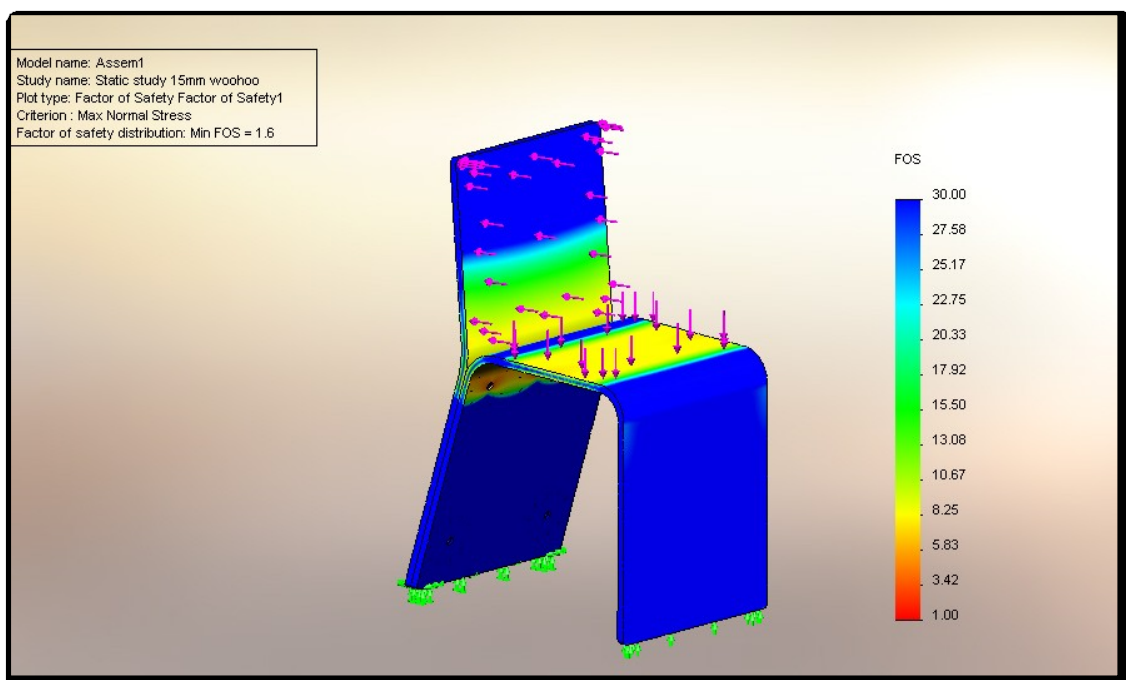
2) Τάσεις:

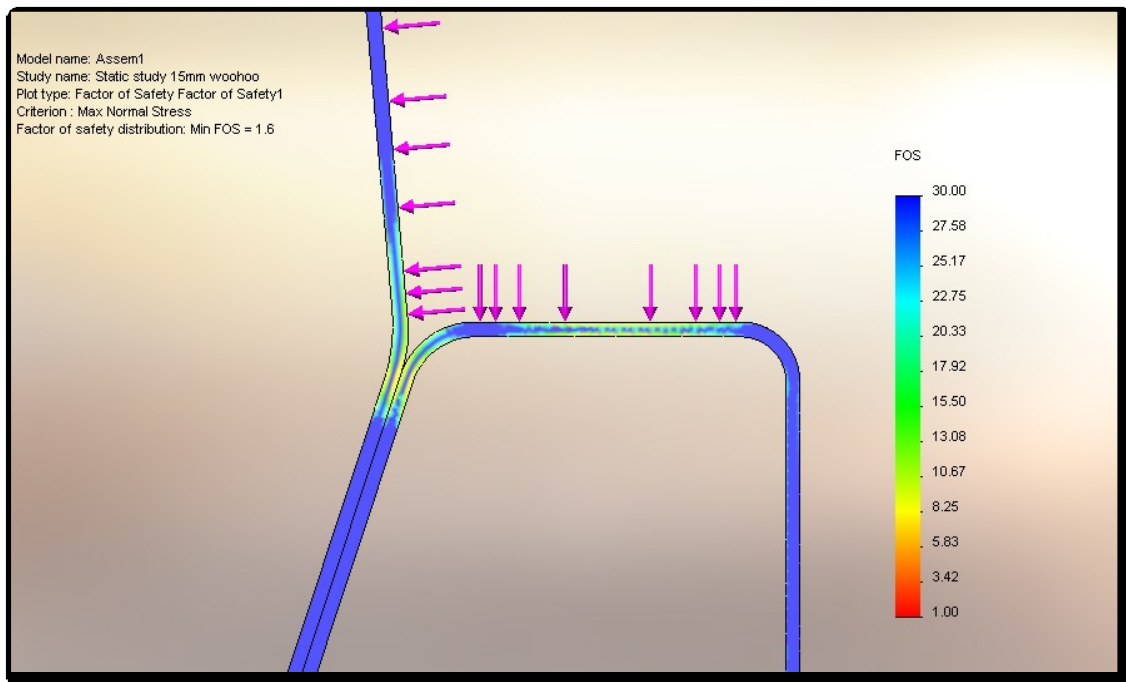
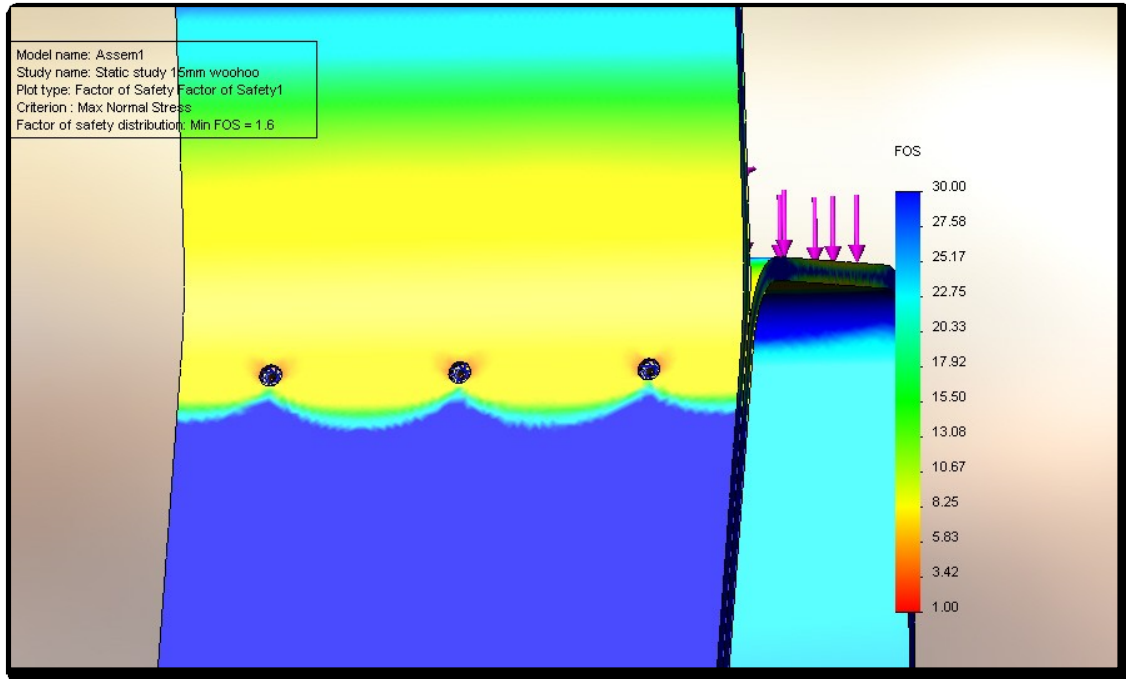




Η μέγιστη κύρια τάση είναι 10,663 MPa << 31 MPa (UTS) και αναπτύσσεται στο εσωτερικό της σπής, στην επαφή των 2 μερών όμοια με πριν. Αποδεικνύεται και πάλι ότι δεν υπάρχει αστοχία του προϊόντος.

3) Συντελεστής ασφαλείας:



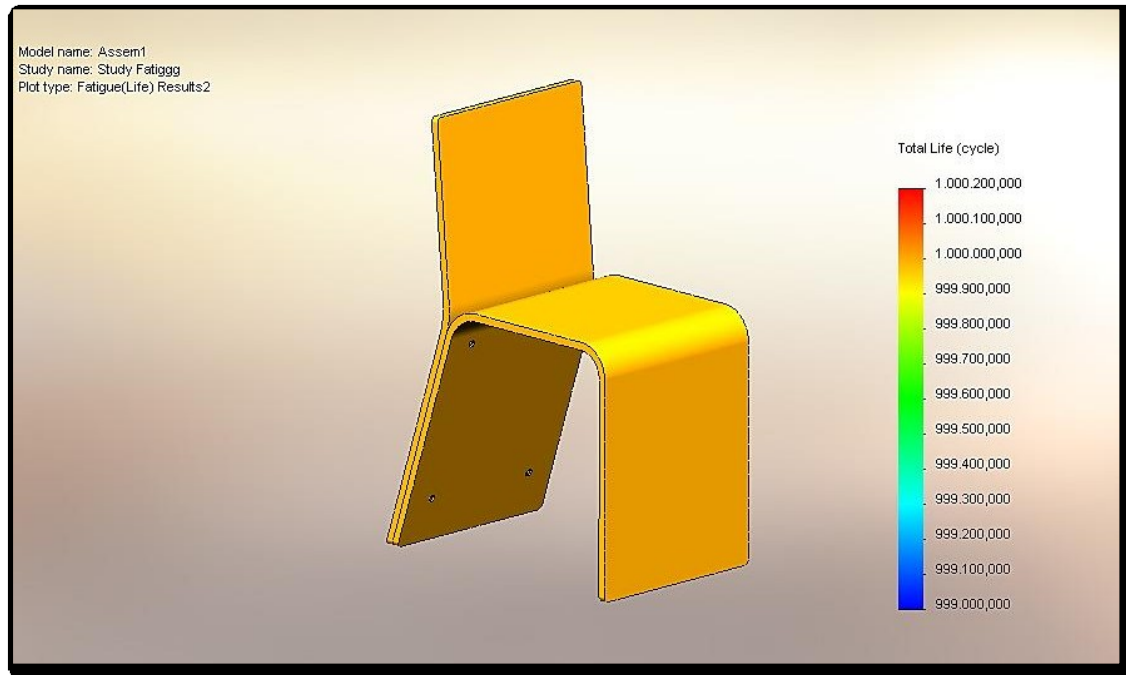


Ο μικρότερος συντελεστής ασφαλείας είναι $1.6 > 1.5$ που είναι το *min* περίπου για τα έπιπλα. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η μέγιστη δύναμη που αντέχει το κάθισμα της καρέκλας με τα παρόντα δεδομένα είναι: $(1.6 \times 1600) / 1.5 = 1706 \text{ N}$

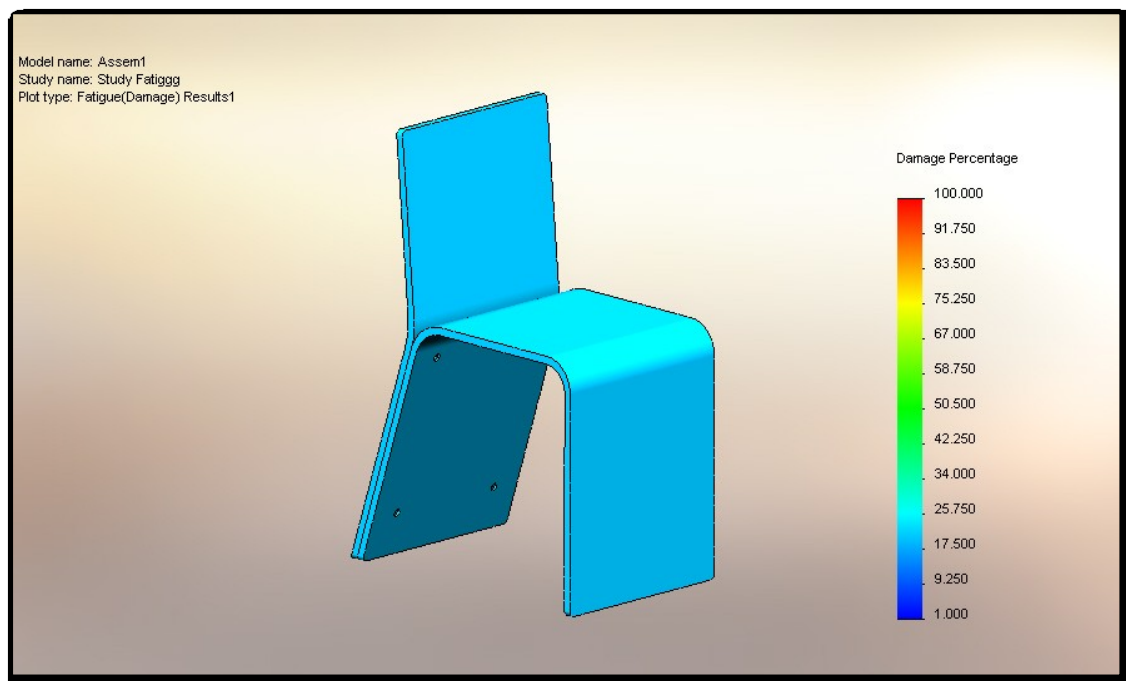
Η μέγιστη δύναμη που αντέχει η πλάτη της καρέκλας είναι: $(1.6 \times 560) / 1.5 = 597,3 \text{ N}$.

Έλεγχος Κοπώσεως #2.

1) Διάρκεια ζωής σε κύκλους:



2) Ποσοστό καταστροφής για 200,000 κύκλους:



Ομοίως με τα τεστ αντοχής, τα τεστ κόπωσης είναι πλήρως ικανοποιητικά εφόσον η καρέκλα θα αστοχήσει λόγω κόπωσης σε περίπου 999,000 κύκλους, το ποσοστό καταστροφής για 200,000 κύκλους θα είναι περίπου 27%.

Αποτελέσματα τεστ:

Όσον αφορά τη στατική αντοχή, η καρέκλα αντέχει μεγαλύτερο φορτίο από αυτό των 1600 N που της ασκήσαμε ενώ όσον αφορά την κόπωση, αντέχει 5 φορές περισσότερο από τους κύκλους που έπρεπε να ξεπεράσει ώστε να θεωρείται ασφαλής σύμφωνα με το πρότυπο.

Στις περιοχές με πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα πρέπει να δοθεί προσοχή διότι εκεί έχουμε τις μεγαλύτερες τάσεις και άρα την μεγαλύτερη πιθανότητα αστοχίας. Επίσης στις περιοχές που έχω λιγότερες τάσεις (μπλε περιοχές στα διαγράμματα) θα μπορούσε να αφαιρεθεί υλικό χωρίς να επηρεάζεται άμεσα η αντοχή. Αυτό είναι χρήσιμο σε περιπτώσεις που μας ενδιαφέρει το κόστος και όχι η πιστότητα στον αρχικό σχεδιασμό λόγω χάρη.

Τέλος, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι χρειάζεται λεπτότητα και μεγάλος έλεγχος σε τυχόν αλλαγές από το σημείο αυτό και μετά εφόσον ο μικρότερος συντελεστής ασφαλείας σε σημεία είναι 1.6, δηλαδή λίγο μεγαλύτερος από τον ελάχιστο που χρειαζόμαστε για τα έπιπλα.

Κατά το σχεδιασμό προϊόντων έλεγχοι με προγράμματα όπως ο προηγούμενος είναι χρήσιμοι κατά τα πρώτα στάδια και είναι σημαντικό ο βιομηχανικός σχεδιαστής να μπορεί να έχει μια ιδέα για το προϊόν που σχεδιάζει (περιοχές υψηλών τάσεων, μικρού/μεγάλου συντελεστή ασφαλείας κλπ) έτσι ώστε να μπορεί να αποφύγει μελλοντικές αστοχίες. Με προσομοιώσεις που αφορούν τις ιδιότητες του υλικού και την συμπεριφορά του προϊόντος υπό την επίδραση φορτίων μπορεί να κρίνει την αξιοπιστία και την αντοχή και εάν χρειάζεται να ξανασχεδιάσει το προϊόν, βελτιωμένο, επιλέγοντας ίσως διαφορετικό σχήμα και υλικό. **Μια διαδικασία η οποία μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές από τον σχεδιαστή μέχρι να καταλήξει στα επιθυμητά-αποδεκτά αποτελέσματα.**

Είναι προτιμότερο να καταναλωθεί χρόνος κατά το σχεδιασμό παρά να προκύψουν ατέλειες κατά τη φάση κατασκευής διότι όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της διπλωματικής εργασίας είναι ακριβή σε αυτά τα στάδια η διόρθωση και ο επανασχεδιασμός.

6.6 Διερεύνηση Μεθόδων Κατασκευής.

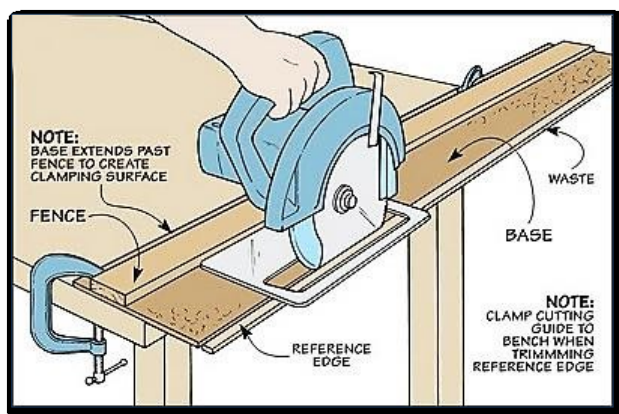
Οι διαθέσιμες πληροφορίες για τον τρόπο κατασκευής είναι σχετικά περιορισμένες και αφορούν γενικά τον τρόπο καμπύλωσης κόντρα πλακέ από τα εργοστάσια και όχι για την συγκεκριμένη καρέκλα. Υπήρξε κάποια επικοινωνία με την ελληνική εταιρεία **xatzon** η οποία ειδικεύεται στα ημιτέτοια καμπυλωτά εξαρτήματα ξύλου μασίφ, MDF καί κόντρα πλακέ για σχετικές πληροφορίες ή ακόμα και ένα πρωτότυπο, αλλά λόγω ανταγωνισμού δεν υπήρξε η επιθυμητή παροχή πληροφοριών. Έτσι οι πληροφορίες προέρχονται κυρίως από σχετική βιβλιογραφία και το διαδίκτυο αλλά και από κάποιες πληροφορίες που δόθηκαν από την συγκεκριμένη εταιρεία μέσω mail.

Τα βασικά βήματα της διαδικασίας, με παραλλαγές ανάλογα το προϊόν, είναι τα εξής:

1. Κοπή ή μάτισμα (ένωση) των φύλλων στις διαστάσεις που επιθυμούμε, έχοντας πάντα ένα περιθώριο **50-100mm** ανά επιφάνεια που έχουμε σχεδιάσει.



Ξυλόφυλλα.



Κοπή ξυλόφυλλων.



Μάτισμα ξυλόφυλλων με ταινία.



Μάτισμα ξυλόφυλλων με κόλλα.

2. Σχεδιασμός καλουπιών σύμφωνα με τις διαστάσεις και το σχήμα του προϊόντος και προσαρμογή στην πρέσα.

Ανά καμπύλη υπάρχει ένα αρσενικό και ένα θηλυκό καλούπι κατασκευασμένα συνήθως από μασίφ ξυλεία (συνήθως επικαλυμμένα με φύλλα αλουμινίου) και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πολλών εκατοντάδων προϊόντων ή σε περίπτωση μεγαλύτερης παραγωγής κατασκευάζονται από αλουμίνιο ή χάλυβα.



Κατασκευή καλουπιού για αντικολλητό με εργαλειομηχανή CNC.



Κατασκευή καλουπιών και Σχ. Καλούπια για παραγωγή αντικολλητών καμπύλης μορφής.

3. Προετοιμασία ξυλόφυλλων:



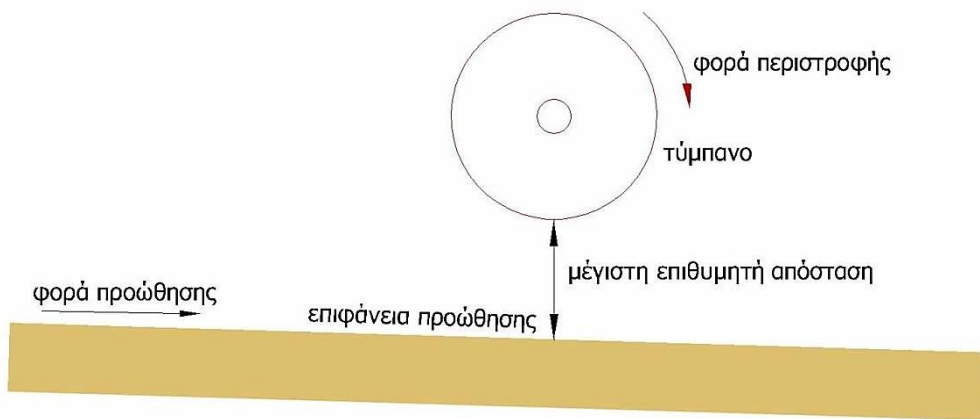
Προετοιμασία ξυλόφυλλων

- Λείανση ξυλόφυλλων: Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως κατά την ανάλυση του υλικού, στο κόντρα πλακέ, για τη σωστή κατανομή των τάσεων είναι αναγκαία η ομοιομορφία των ξυλόφυλλων στο πάχος και από τις 2 πλευρές του πυρήνα. Η ομοιομορφία αυτή είναι επίσης απαραίτητη για την σωστή διανομή της κόλλας πάνω στο ξυλόφυλλο. Αυτό είναι δυνατόν να γίνει χρησιμοποιώντας τριβεία τυμπάνου για παράδειγμα. Ο αριθμός των τυμπάνων και το μέγεθος των κόκκων του γυαλόχαρτου εξαρτώνται από το υλικό και την κατασκευή πάντα. Μετά τη λείανση με τέτοια μηχανήματα, οι αποκλίσεις στο πάχος μπορούν να μειωθούν ικανοποιητικά σε βαθμό $\pm 50 \mu\text{m}$ (0,05 mm).



Τριβεία τυμπάνου.

Τοποθέτηση επιφάνειας προώθησης

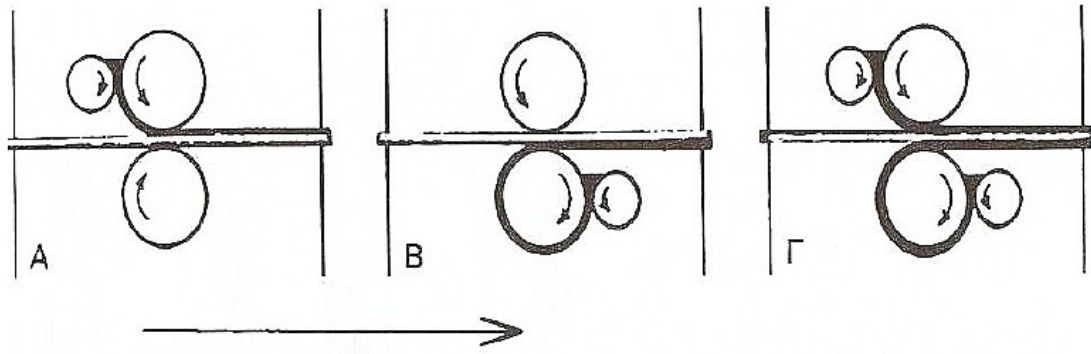


Αρχή λειτουργίας τριβείου τυμπάνου.

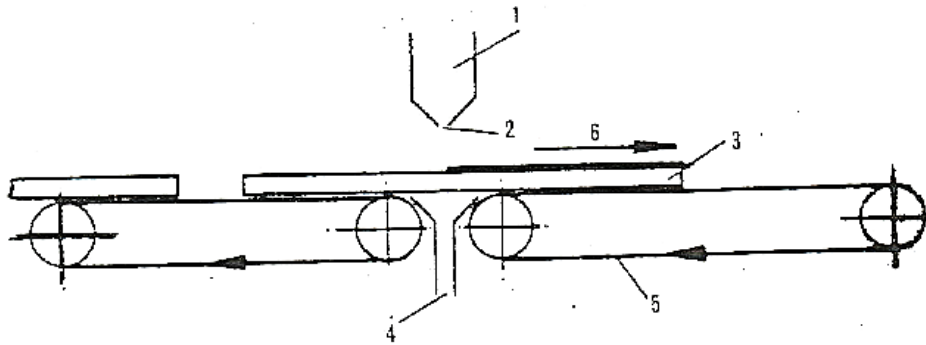
- Εφαρμογή συγκολλητικής ουσίας: Η επιλογή κόλλας διαφέρει ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση και το προϊόν. Χρησιμοποιείται κόλλα σόγιας, κόλλα από δέρμα ή οστά ζώων, αμυλόκολλα, κόλλα καζεΐνης σε εφαρμογές όπου έχουν ένα φιλικό προς το περιβάλλον χαρακτήρα και συνθετικές ρητίνες για συμβατικές εφαρμογές, όπως ουρία-φορμαλδεΐδη (UF) και φαινόλη-φορμαλδεΐδη (PF) για μεγαλύτερη αντοχή αλλά και έκθεση σε δυσμενή περιβάλλοντα.



Μηχάνημα επάλειψης ξυλόφυλλων με συγκολλητική ουσία.



Αρχή επάλειψης συγκολλητικής ουσίας. Α. τρία τύμπανα (επάλειψη στην πάνω επιφάνεια), Β. τρία τύμπανα (επάλειψη στην κάτω επιφάνεια), Γ. τέσσερα τύμπανα (επάλειψη και στις δύο επιφάνειες).



Τεχνική επάλειψης της συγκολλητικής ουσίας στη μια επιφάνεια των ξυλόφυλλων με έκχυση. 1. δοχείο συγκολλητικής ουσίας, 2. σχισμή εξόδου της συγκολλητικής ουσίας, 3. ξυλόφυλλο, 4. δοχείο συλλογής υπολειμμάτων της εκχυνόμενης συγκολλητικής ουσίας, 5. ατέρμον μεταφορική ταινία, 6. διεύθυνση παραγωγής.

Εάν θέλουμε το αντικείμενο να είναι επενδεδυμένο με καπλαμά π.χ αμερικάνικη καρυδιά, κάνουμε σε επίπεδη πρέσα την επικόλληση του καπλαμά στο υλικό μας, διαφορετικά συνεχίζουμε με το πρεσάρισμα.

4. Πρεσάρισμα:



Πρεσάρισμα καμπύλου αντικολλητού.

Πρεσάρουμε έτσι ώστε το καλούπι και το υλικό μας να γίνει ένα σώμα και στη συνέχεια ζεσταίνουμε το αντικείμενο για να σκληρύνει η κόλλα. Σε κάποιες περιπτώσεις όπως στην κόλλα καζεΐνης δεν είναι απαραίτητη η θέρμανση και τα φύλλα σκληραίνουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Όταν, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται κόλλα καζεΐνης, μετά την τοποθέτηση των ξυλόφυλλων το ένα πάνω στο άλλο, μεσολαβεί ένα διάστημα 15-30 λεπτά πριν την εφαρμογή της πίεσης έτσι ώστε η ουσία να γίνει κολλώδης. Η πίεση δεν χρειάζεται να είναι πολύ μεγάλη, 100-200 lb/in² (0.68-1.38 MPa), και τα φύλλα αφήνονται υπό πίεση από 3-12 ώρες.

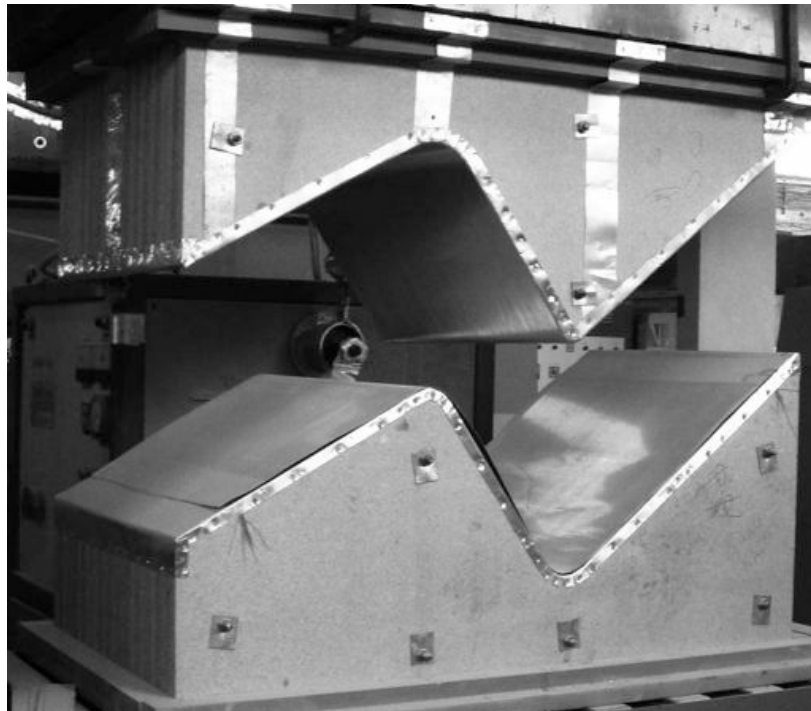
Όταν χρησιμοποιείται κόλλα φαινόλης-φορμαλδεΐδης η εφαρμογή της πίεσης εξαρτάται από το υλικό αλλά και το είδος της πρέσας που θα χρησιμοποιηθεί. Συνήθως, για σκληρά ξύλα μέσης πυκνότητας όπως σημύδα, οξιά, δρυς κλπ κυμαίνεται κάπου μεταξύ 200-300 lb/in² (1.38-2.1 MPa) ενώ για ξύλο χαμηλής πυκνότητας 100-150 lb/in² (0.68-1.0 MPa). Για καμπύλα στοιχεία η πίεση είναι πολύ λιγότερη. Η θερμοκρασία των πλακών του πιεστηρίου είναι συνήθως 100°C-155°C και το μέγιστο ποσοστό υγρασίας το οποίο μπορεί να έχει η ξυλεία χωρίς να υπάρξουν αστοχίες στη δομή της κόλλας αλλά και του ξύλου είναι 7-10%. Η κόλλα 'ψήνεται' για περίπου 10-20 λεπτά, ανάλογα πάντα τις διαστάσεις και το πάχος του αντικειμένου, και έπειτα έχουμε την εξαγωγή του προϊόντος από το καλούπι-φυσική ψύξη.

Οι πλάκες της πρέσας συνήθως καλύπτονται από ένα φύλλο χάλυβα ή αλουμινίου (στα αγγλικά αυτό το φύλλο ονομάζεται 'caul') πάχους 1/16 in (1,6 mm) . Το φύλλο αυτό έχει τις εξής ιδιότητες:

- Είναι σχετικά κρύο και εξαλείφει τον κίνδυνο σκλήρυνσης της κόλλας πριν από τον επιθυμητό χρόνο.

- Προστατεύει το προς επεξεργασία αντικείμενο από αστοχίες λόγω ελαττωμάτων των πλακών ή από σωματίδια/υπολείμματα κόλλας που κολλάνε στις πλάκες.

-Η χρήση του ενδείκνυται σε περιπτώσεις που απαιτείται γρήγορη εισαγωγή και εξαγωγή για μεγάλες παρτίδες.



Πρέσες διάφορων χρήσεων με φύλλα αλουμινίου στις πλάκες.

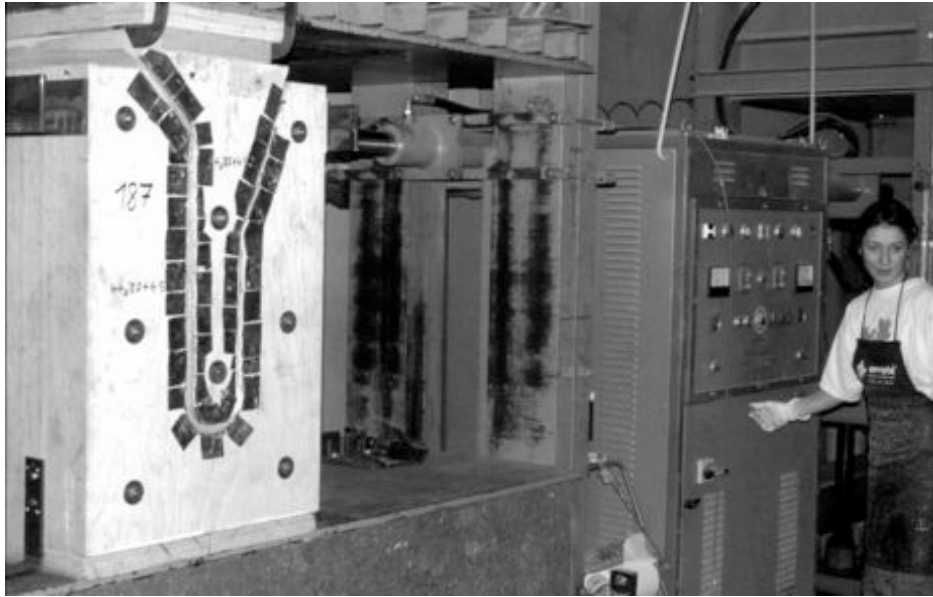
Η πετυχημένη θερμή συμπίεση προϋποθέτει:

- Καλά προετοιμασμένα ξυλόφυλλα, χωρίς ατέλειες
- Σωστή αναλογία συστατικών συγκολλητικής ουσίας
- Ομοιόμορφη κατανομή συγκολλητικής ουσίας
- Συμπίεση κατάλληλης χρονικής διάρκειας
- Σωστή θερμοκρασία σε αναλογία με το συγκολλητικό και την πίεση

- Επαρκής πίεση σε όλο το εμβαδό της επεξεργαζόμενης επιφάνειας
 - Διατήρηση της καθαριότητας των φύλλων αλουμινίου
 - Σωστή κατανομή θερμοκρασίας στις πλάκες
 - Ξυλεία με κατάλληλο ποσοστό υγρασίας
 - Προσεκτική και ευθυγραμμισμένη τοποθέτηση των φύλλων ανάμεσα στις πλάκες
 - Γρήγορη εφαρμογή πίεσης
- Η θέρμανση της κόλλας της προς επεξεργασία δέσμης ξυλόφυλλων συνήθως γίνεται με:

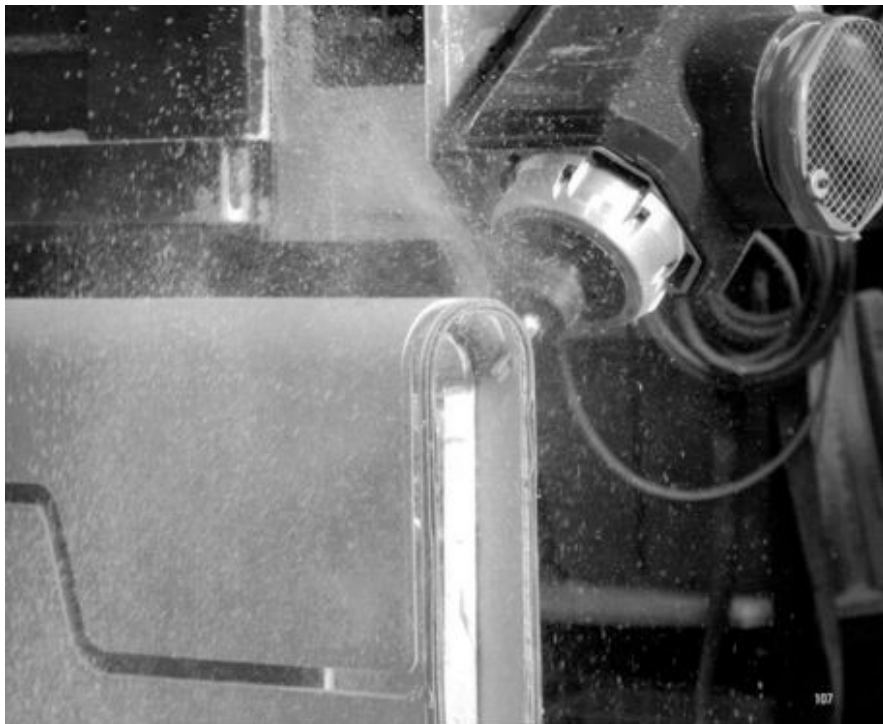
- Χαμηλής τάσης θέρμανση (low voltage heating). Η βασική λειτουργία είναι η μείωση, μέσω ενός μετασχηματιστή, της απορροφούμενης τάσης στα 10-12 V και προώθησή της σε στοιχεία λωρίδας (strip elements) τα οποία παίρνουν τη θερμότητα και τη διανείμουν στο προς επεξεργασία υλικό. Δύο τύποι στοιχείων χρησιμοποιούνται: λωρίδες μετάλλου ή λωρίδες και φύλλα από λάστιχο με εσωτερικό πλέγμα. Τα μεταλλικά στοιχεία δίνουν καλά αποτελέσματα σε οριζόντιες κατασκευές ή σε κατασκευές με μικρές καμπύλες ενώ τα λαστιχένια στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε πιο πολύπλοκες κατασκευές με μεγάλες καμπύλες.
- Θέρμανση με Υψίσυχνα (radio-frequency curing-δηλαδή σαν φούρνος μικροκυμάτων) η οποία είναι πολύ πιο γρήγορη μέθοδος. Κατά τη θέρμανση με υψίσυχνα δεν χρειάζεται μια μόνιμη πηγή θερμότητας, τα μόνα υλικά που θερμαίνονται είναι τα προς επεξεργασία, συνεπώς η απαραίτητη ενέργεια καταναλώνεται αποκλειστικά κατά το χρόνο σκλήρυνσης της κόλλας, δεν καταναλώνεται ενέργεια πριν και μετά τη διαδικασία, μειώνοντας το κόστος της διαδικασίας.

Η αρχή της θέρμανσης με υψίσυχνα βασίζεται στο φαινόμενο κατά το οποίο τα άτομα μη αγώγιμων υλικών ή ηλεκτρικών μονωτών έχουν ελάχιστα ή και καθόλου ελεύθερα ηλεκτρόνια. Όταν ένα τέτοιο υλικό (πχ ξύλο) τοποθετηθεί μεταξύ δύο ηλεκτροδίων και εφαρμοστεί εναλλασσόμενο ρεύμα τότε δημιουργείται ένα πεδίο υψηλής συχνότητας μεταξύ των ηλεκτροδίων και αρχίζουν να συμβαίνουν μοριακές διαταραχές στο υλικό που παρεμβάλλεται μεταξύ του πεδίου αυτού, η δομή παραμορφώνεται με εναλλασσόμενη διεύθυνση, παράγοντας θερμότητα κατ' αυτό τον τρόπο. Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει σε όλες τις συχνότητες αλλά για βιομηχανικούς σκοπούς χρειάζονται εκατομμύρια κύκλοι ανά δευτερόλεπτο, όμοια με τη ραδιομετάδοση. Σε εφαρμογές για θέρμανση ξύλου η συνήθης συχνότητα που χρησιμοποιείται είναι 10 εκατομμύρια κύκλοι ανά δευτερόλεπτο (10 Mc/sec). Θεωρείται λανθασμένα ότι το υλικό κατ' αυτό τον τρόπο θερμαίνεται από το εσωτερικό προς το εξωτερικό. Εάν το υλικό που θερμαίνεται έχει ομοιογενή δομή τότε η θέρμανση πραγματοποιείται ταυτόχρονα σε όλη τη μάζα του υλικού αυτού και εκτός από την επιφάνεια που βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα, όλη η υπόλοιπη μάζα θα έχει ταυτόχρονα την ίδια θερμοκρασία.



Πρέσσα με Υψίσουχη Θέρμανση.

5. Κοπή προϊόντος στο τελικό σχήμα με χρήση αξονικών κέντρων εργασίας CNC, τελικές διαστάσεις, ξεγυρίσματα και δεσίματα για να δεθούν τα κομμάτια αν το προϊόν αποτελείται από διάφορα κομμάτια.



Κοπή τραπεζιού από κόντρα πλακέ με χρήση μηχανήματος CNC.

6. Λείανση- Φινίρισμα επιφανειών τελικού προϊόντος, διόρθωση μικροατελειών.



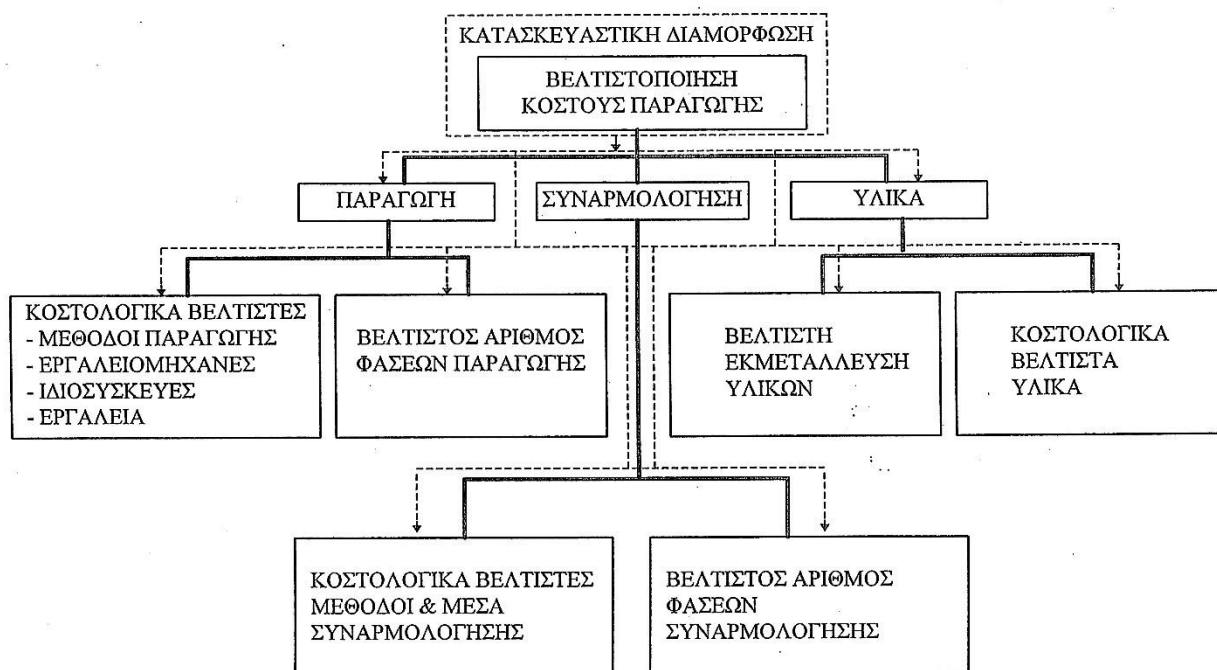
Λείανση επιφάνειας τραπεζιού από καμπύλο κόντρα πλακέ.

6.7 Κόστοςολογική Εκτίμηση

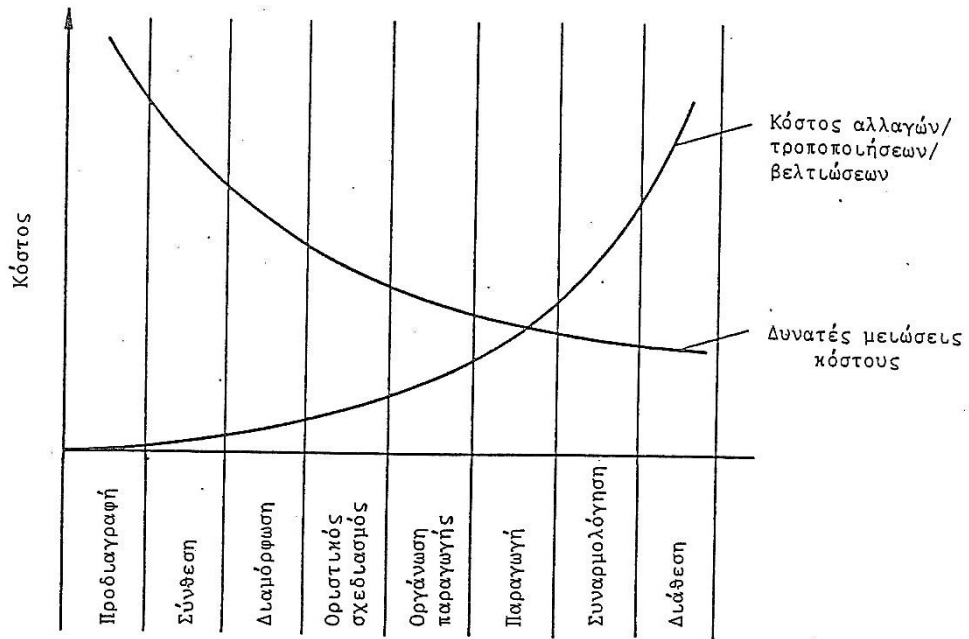
Μία μηχανή, συσκευή ή προϊόν πρέπει όχι μόνο να μπορεί να ανταποκριθεί κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο στις προδιαγραφές της λειτουργίας, απόδοσης, αντοχής κλπ. αλλά να μπορεί να κατασκευαστεί-παραχθεί με χαμηλό αποδεκτό/ ανταγωνιστικό κόστος. Διαφορετικά δεν θα είναι κοινωνικά επιτυχής και εμπορικά βιώσιμη.

Είναι σαφές ότι η καίριας σημασίας απαίτηση από τον σχεδιασμό για χαμηλό κόστος παραγωγής δρα παράλληλα προς την απαίτηση εξασφάλισης των υλικών και του τρόπου παραγωγής με τους περιορισμούς της ποιότητας και της αξιοπιστίας, αφού από το σχεδιασμό εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό οι προμήθειες (ημικατεργασμένα, τυποποιημένα, εμπορίου κλπ), οι συντελεστές εκμετάλλευσης των υλικών, η οργάνωση της παραγωγής, η συναρμολόγηση κλπ. Ως αποτέλεσμα όλων αυτών προκύπτει το βέλτιστο κόστος παραγωγής.

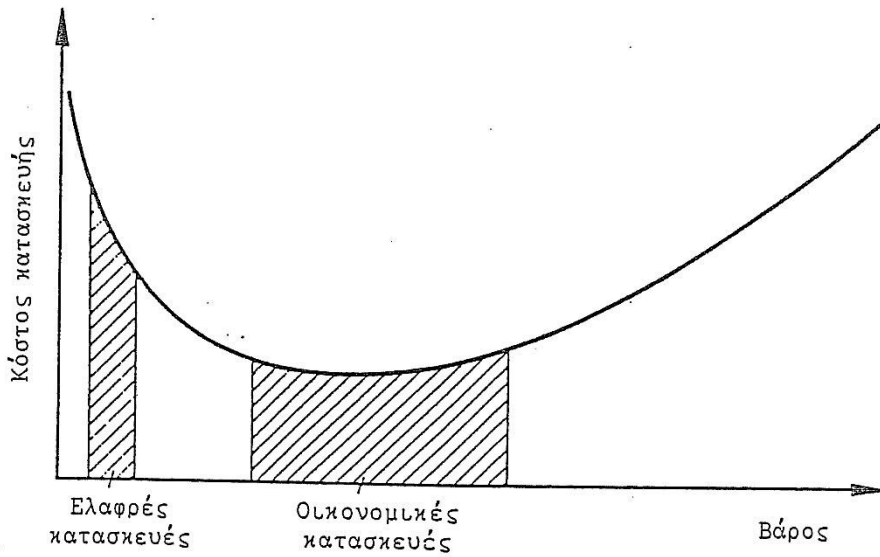
Είναι συναφώς χαρακτηριστική η γενική διαπίστωση ότι και μια μόνο τροποποίηση ή αλλαγή μιας κατασκευαστικής παραμέτρου (πχ είδος επιφάνειας, πλήθος μερών προϊόντος κλπ) έχει σχεδόν άμεση και συχνά σημαντική επίδραση στο κόστος. Τέτοιες επεμβάσεις, όπως αναφέρθηκε ήδη, είναι αποτελεσματικότερες σε όσο πιο αρχικά στάδια της όλης κατασκευαστικής διαδικασίας λαμβάνουν χώρα.



Κατασκευαστική διαμόρφωση και ελάττωση του κόστους παραγωγής.



Επίδραση αλλαγών/τροποποιήσεων κατασκευής στο κόστος.



Συμμετοχή του βάρους στο συνολικό κόστος κατασκευής.

Κατασκευαστική ελάττωση του κόστους παραγωγής

Οι οικονομικοί στόχοι του σχεδιασμού είναι:

1. **Ελαχιστοποίηση του αναγκαίου αριθμού φάσεων κοπής, διαμόρφωσης, συγκόλλησης κλπ.**
2. **Ελαχιστοποίηση των καθαρών, βοηθητικών και χρόνων προετοιμασίας για κοπή, διαμόρφωση, συγκόλληση κλπ.**
3. **Ελαχιστοποίηση του όγκου και της αξίας των απαιτούμενων υλικών.**
4. **Ελαχιστοποίηση του αριθμού και του χρόνου των φάσεων συναρμολόγησης.**

Η προώθηση των παραπάνω στόχων προϋποθέτει:

- Σχεδιαστική εξασφάλιση παραγωγής των περισσότερων κομματιών ενός συνόλου από τυποποιημένα ημικατεργασμένα υλικά με τεχνολογικά προσδιορισμένα τα περιθώρια κατεργασίας τους.
- Επιδίωξη ελαφρών κατασκευών / κομματιών. Βελτιστοποίηση των υπολογισμών αντοχής, των συντελεστών ασφαλείας, των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών σε συσχέτισμό με το κόστος προμήθειάς τους.
- Χρησιμοποίηση δοκιμασμένων στην πράξη μερών, υλικών εμπορίου/ προμήθειας τρίτων με γνωστή ποιότητα και συμπεριφορά.
- Αποτελεσματική επιλογή/ σχεδιασμός/ κατασκευή/ προμήθεια των εργαλείων, ιδιοσυσκευών, και λοιπών βοηθητικών μέσων υποστήριξης της παραγωγής/ συναρμολόγησης.
- Σε συνάρτηση με το μέγεθος της παραγωγής (σειράς, μεσαία, μικρή) και τις επικρατούσες αντικειμενικές συνθήκες, παροχή δυνατότητας εκμετάλλευσης συγχρόνων προχωρημένων μεθόδων και μέσων παραγωγής με υψηλή παραγωγικότητα (πχ εργαλειομηχανές CNC, ευέλικτα συστήματα πολλαπλών κατεργασιών FMS, αυτόματη συναρμολόγηση, χρήση robots κ.α.
- Τελική επιλογή των βασικών υλικών με κριτήρια: τις κύριες για την περίπτωση ιδιότητές τους (ολκιμότητα, κατεργασιμότητα, χυτευσιμότητα, συγκολλησιμότητα κλπ), την μορφή-διαστάσεις-ανοχές-ποιότητα επιφάνειας με τις οποίες τα υλικά αυτά προμηθεύονται, τις τεχνικές δυνατότητες επεξεργασίας τους από τις υπάρχουσες εργαλειομηχανές/ εγκαταστάσεις, τα αναγκαία εργαλεία-ιδιοσυσκευές, τον αριθμό των προς παραγωγή συνόλων και μερών, τον επιθυμητό χρόνο παραγωγής.

Οι παρακάτω πληροφορίες που αναφέρονται στο κόστος προέρχονται από το βιβλίο **‘ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ Ι’ Μ.Μ Σφαντζικόπουλου** για μηχανολογικές κατασκευές και εφαρμόζονται στο σχεδιασμό και κατασκευή προϊόντων γενικότερα.

Δείκτες κοστολογικής εκτίμησης του μηχανολογικού σχεδιασμού:

Για την συγκριτική εκτίμηση του κόστους παραγωγής και την αξιολόγηση των εναλλακτικών κατασκευαστικών λύσεων χρησιμοποιούνται δείκτες κοστολογικής εκτίμησης που μπορούν να οδηγήσουν σε άμεση επέμβαση στο σχεδιασμό ενός συνόλου ή κομματιού με στόχο τη βελτίωση του κόστους του. Χαρακτηριστικοί τέτοιοι δείκτες είναι:

- i. Δείκτες συμμετοχής πρωτοτύπων, κοινών και τυποποιημένων υποσυνόλων και στοιχείων μηχανών στη συγκρότηση ενός μηχανολογικού συνόλου:

$$-v_1 = N_1/N_2$$

$$-v_2 = N_2/N_3$$

$$-v_3 = N_3/N \quad \text{όπου} \quad v_1 + v_2 + v_3 = 1 \quad \text{και} \quad N_1, N_2, N_3 = N$$

v_1, v_2, v_3 =οι δείκτες συμμετοχής των πρωτοτύπων (1), κοινών (2) και τυποποιημένων (3) υποσυνόλων στο υπό μελέτη σύνολο

N_1, N_2, N_3 =οι αντίστοιχοι αριθμοί των διαφορετικών (όχι δηλ. επαναλαμβανόμενων) νέων (1), κοινών (2) και τυποποιημένων (3) υποσυνόλων ή στοιχείων μηχανών που χρησιμοποιούνται για τη συγκρότηση του συνόλου.

- ii. Δείκτης εκμετάλλευσης υλικού:

—

όπου B =βάρος του έτοιμου κομματιού και B_0 = το βάρος του αντίστοιχου ακατέργαστου. Κυμαίνεται μεταξύ 70% και 90% ενώ για μεμονωμένη παραγωγή ή για μικρό αριθμό τεμαχίων γύρω στο 50-60%.

- iii. Δείκτης εκμετάλλευσης εργαλειομηχανών/ εγκαταστάσεων παραγωγής:

$$\eta_2 = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

$l = 1, 2, 3, \dots, n$

Όπου:

t_{ki} (min) ο καθαρός ανα φάση i χρόνος κοπής, διαμόρφωσης κλπ του τεμαχίου

$t_{xi}(min)$ το σύνολο ανά φάση i των βοηθητικών και μη άμεσα παραγωγικών χρόνων πρόσδεσης, μετρήσεων, ρυθμίσεων, ενδεχομένως μεταφορών και ενδιάμεσων αποθηκεύσεων κλπ.

$t_{pi}(min)$ το σύνολο των ανα φάση i χρόνων προετοιμασίας και ρυθμίσεων της εργαλειομηχανής, των εργαλείων και ιδιοσυσκευών ή και των εγκαταστάσεων γενικά για την έναρξη παραγωγής N κομματιών

n ο αριθμός των φάσεων κατεργασίας, διαμόρφωσης κλπ που απαιτούνται για την κατασκευή του κομματιού.

iv. Δείκτης ακρίβειας κατασκευής:

—

Όπου

T ο συνολικός αριθμός των διαστασιολογικών και γεωμετρικών ανοχών που απαιτούνται για την κατασκευή του κομματιού

t ο αριθμός των διαστάσεων για τις οποίες δεν χρειάζονται ειδικά όρια ανοχών και για τις οποίες εφαρμόζονται κατά την κατασκευή οι γενικές ανοχές των συναφών διεθνών κανονισμών (πχ ISO 2768). Έχει στατιστικά προκύψει ότι μόνο για το 20% περίπου των διαστάσεων ενός κομματιού επιβάλλεται από τον σχεδιασμό του η προδιαγραφή ειδικών ανοχών. Συνεπώς όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του η_3 τόσο υψηλότερη είναι η ποιότητα/ακρίβεια της συγκεκριμένης κατασκευής και αντίστοιχα υψηλότερο το κόστος της.

v. Δείκτης αποτελεσματικότητας των προβλεπόμενων από τον σχεδιασμό μέσων παραγωγής:

—

Όπου

A_{EM} η αξία του προβλεπόμενου από τον σχεδιασμό παραγωγικού εξοπλισμού (εργαλειομηχανές, εργαλεία, ιδιοσυσκευές, μεταφορικά μέσα κ.α)

A_{EM0} η αξία του πρακτικά απαιτούμενου εξοπλισμού κατά την παραγωγή.

Κόστος και χρόνος κατεργασίας:

Η ανάλυση που ακολουθεί αναφέρεται για λόγους απλούστευσης, ως παράδειγμα, μόνο στο κόστος κοπής για δεδομένη εργαλειομηχανή, με καθορισμένο εργαλείο κοπής και για δεδομένο κόστος εργατικών και γενικών εξόδων του εργοστασίου. Δεν συμμετέχουν στους υπολογισμούς οι δαπάνες διακίνησης πρώτων υλών και προϊόντων, ενδιάμεσων φάσεων, μεταφορών, καθώς και συναφών προς αυτές εργασιών.

Η γενική έκφραση του κόστους κοπής K ενός κομματιού μιας μερίδας παραγωγής που αποτελείται από N κομμάτια είναι:

$$K = K_{EM} + K_{ET} + K_E + K_r$$

Όπου

- K_{EM} το ανηγμένο στο κομμάτι κόστος της εργαλειομηχανής. Καλύπτει τις δαπάνες απόσβεσης, συντήρησης, αρχικής προετοιμασίας, προγραμματισμού CNC, υγρών κοπής, ηλεκτρικής ενέργειας.
- K_{ET} το ανηγμένο στο κομμάτι κόστος εργατικών προσαυξημένο κατά το αναλογούν ποσοστό γενικών εξόδων παραγωγής.
- K_E το ανηγμένο στο κομμάτι κόστος του χρησιμοποιούμενου κοπτικού εργαλείου, καθώς και το αντίστοιχο κόστος αντικατάστασής του
- K_r το κόστος υλικού του κομματιού προ της κατεργασίας του.

Κόστος εργατικών και γενικών εξόδων:

$$K_{ET} = K_{ETX} + K_{ETK}$$

$$K_{ETX} = \frac{K_{ETX}}{N} \left(1 + \frac{K_{ETX}}{K_{ETK}}\right)$$

$$K_{ETK} = \frac{K_{ETK}}{N}$$

$$K_{ET} = \frac{K_{ETX} + K_{ETK}}{N} \quad \text{όπου:}$$

- K_{ETX} το ανηγμένο στο κομμάτι κόστος των νεκρών χρόνων
- K_{ETK} το ανηγμένο στο κομμάτι κόστος του καθαρού χρόνου κοπής
- Ω το ωρομίσθιο αμοιβής του τεχνίτη με όλες τις πρόσθετες επιβαρύνσεις (ασφάλιση κλπ) σε €/h
- Γ το ποσοστό επί % των γενικών εξόδων παραγωγής του εργοστασίου που έχουν αναχθεί στο σύνολο των εργατικών.

Κόστος εργαλείου:

$$K_E = \frac{A_E}{V} + \frac{A_L}{V} (1 + \frac{t_{AN}}{T})$$

Όπου:

- A_E κόστος αγοράς κοπτικού εργαλείου σε €
- A_L κόστος λείανσης του κοπτικού εργαλείου σε €
- V το πλήθος των λειάνσεων που επιδέχεται το κοπτικό εργαλείο μέχρι την ακρήστευσή του. Αν είναι εργαλείο μιας χρήσης V=0
- T η διάρκεια ζωής του εργαλείου σε min
- t_{AN} ο απαιτούμενος σε min χρόνος αντικατάστασης του κοπτικού εργαλείου

Συνολικός χρόνος κοπής:

$$t_{OL} = t_x + t_k + \frac{t_{AN}}{T}$$

Βελτιστοποίηση κόστους και χρόνου κοπής:

Η βελτιστοποίηση της κατεργασίας, στην περίπτωση μας της κοπής, μπορεί να γίνει με δύο κριτήρια: με ελαχιστοποίηση του κόστους κοπής K ή ελαχιστοποίηση του χρόνου κοπής t_{OL}. Προτιμάται η πρώτη ή η δεύτερη λύση ανάλογα με τις ειδικές απαιτήσεις της εφαρμογής.

Ελάχιστο κόστος κοπής προκύπτει με ταχύτητα κοπής ή διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου (U₀₁, T₀₁) για τις οποίες $\frac{dK}{dU} = 0$, δηλ:

$$T_{01} = \frac{A_L}{A_E} \left(\frac{V}{V - t_{AN} U} \right)$$

Όπου α ο εκθέτης της σχέσης Taylor (UT^α=C).

Ελάχιστος χρόνος κοπής προκύπτει με ταχύτητα κοπής ή διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου (U₀₂, T₀₂) για τις οποίες $\frac{dt_{OL}}{dU} = 0$, δηλ:

$$T_{02} = (1 - \alpha) t_{AN}$$

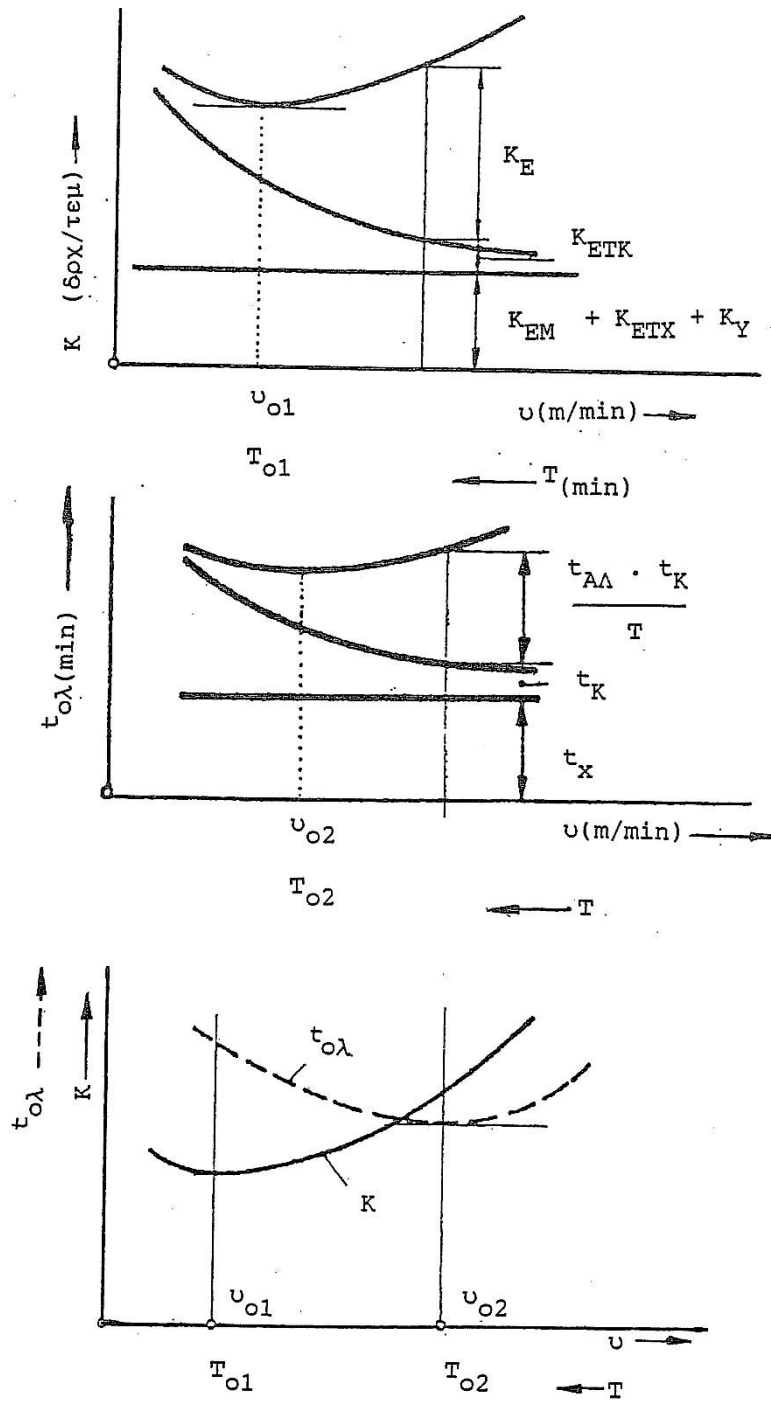
Σύγκριση των τιμών (U_{01}, T_{01}) , (U_{02}, T_{02}) δίνει

$$T_{01} > T_{02}$$

και

$$U_{01} < U_{02}$$

Όπως και έπρεπε ασφαλώς να αναμένεται.



Χρόνος και κόστος κατεργασιών κοπής.

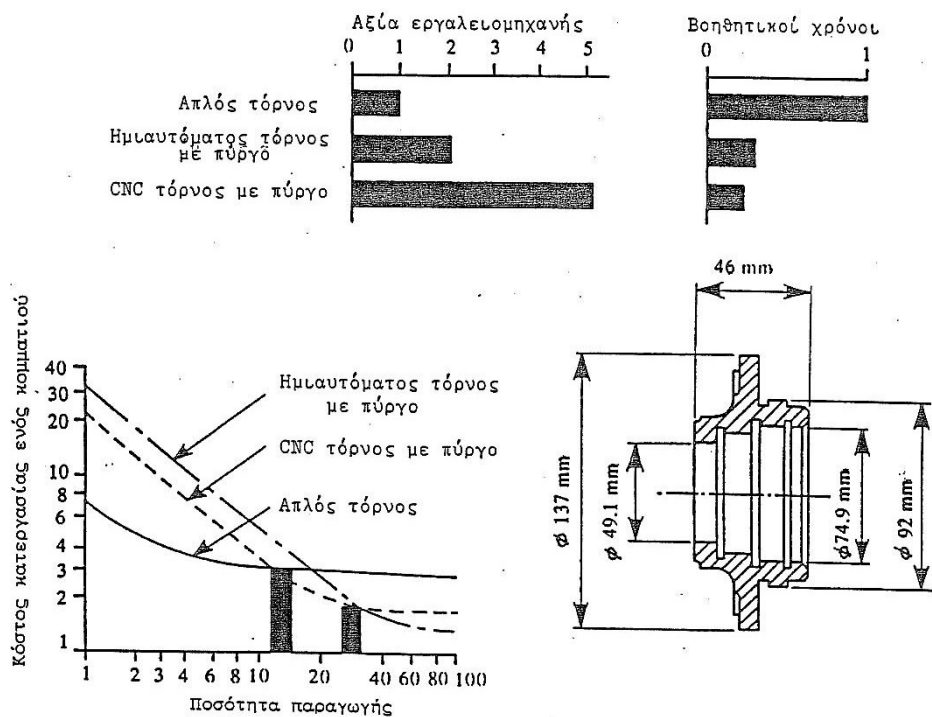
Παρατηρήσεις:

1. Το υψηλό κόστος εργασίας αλλά και γενικών εξόδων, η υψηλή αξία κτήσης και οι αυξημένες δυνατότητες μιας σύγχρονης εργαλειομηχανής οδηγούν στην εφαρμογή όσο το δυνατόν υψηλότερων ταχυτήτων όσον αφορά την κοπή. Δηλαδή στη μείωση όσο πιο δυνατόν των χρόνων κοπής.
2. Οικονομικοί χρόνοι διάρκειας ζωής του κοπτικού εργαλείου θεωρούνται σήμερα τα 10...30 min ενώ πριν από μόλις είκοσι χρόνια το όριο έφτανε τα 60 min και πριν από πενήντα χρόνια τις 4...8h! Η μεγάλη ανάπτυξη των υλικών των κοπτικών εργαλείων έπαιξε σημαντικό ρόλο στην κατεύθυνση αυτή.
3. Ειδικά προγράμματα CAM επιδιώκουν την βελτιστοποίηση του κόστους και του χρόνου κοπής με κατάλληλες επιλογές υλικών και τύπων κοπτικών εργαλείων, γεωμετρίας, εργαλειοδετών, συνθηκών κοπής, δυνάμεων και ισχύος κοπής κλπ. Υπάρχουν επίσης διατάξεις και προγράμματα AC (Adaptive Control) όπου το βασικό τους στοιχείο αναφέρεται στην μέτρηση της φθοράς του κοπτικού εργαλείου κατά τη διάρκεια της κατεργασίας και την αντίστοιχη προσαρμογή της ταχύτητας κοπής ώστε να επιτυγχάνεται μια προκαθορισμένη επιθυμητή διάρκεια ζωής (άρα και αντικατάσταση) του κοπτικού εργαλείου κλπ.

Μέγεθος ποσότητας παραγωγής:

Τόσο τα προϊόντα της μεγάλης όσο και τα προϊόντα της μεσαίας και μικρής παραγωγής αποτελούνται συνήθως από σημαντικό μέχρι και πολύ μεγάλο αριθμό κομματιών (πχ επιβατικό αυτοκίνητο 5000-7000 κομμάτια, ναυτικός κινητήρας Diesel 1500-2000 κομμάτια, Walkman 50 κομμάτια, κλειδαριά ασφαλείας 10-15 κομμάτια κ.α). Καθοριστική επίδραση στην ελάττωση του κόστους παραγωγής έχει το μέγεθος της εκάστοτε ποσότητας προς παραγωγή καθώς και το είδος εξοπλισμού παραγωγής. Στη μεγάλη παραγωγή σειράς ο μεγάλος αριθμός ίδιων κομματιών είναι οπωσδήποτε δεδομένος. Είναι προφανές ότι μεγαλύτερες ποσότητες παραγωγής ενθαρρύνουν τη χρησιμοποίηση παραγωγικότερων μέσων που, παρά τη μεγαλύτερη αξία τους, επιτυγχάνουν τελικά χαμηλότερο κόστος παραγωγής.

Στη μικρή και μεσαία παραγωγή είναι φυσικό οι αριθμοί των ίδιων κομματιών να είναι κατά κανόνα μικροί (10...100...1000...2000) και σαφώς αντίστοιχοι του αριθμού των προς παραγωγή προϊόντων. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται παραστατικά η επίδραση που έχει στο κόστος κατασκευής ενός τორνευτού κομματιού ο αριθμός των προς κατεργασία κομματιών, καθώς και το είδος του χρησιμοποιούμενου τόννου (απλός-ημιαυτόματος με πύργο-CNC με πύργο). Συγκρίνονται επίσης η σχετική αξία των εργαλειομηχανών και οι αντίστοιχοι βοηθητικοί χρόνοι παραγωγής.

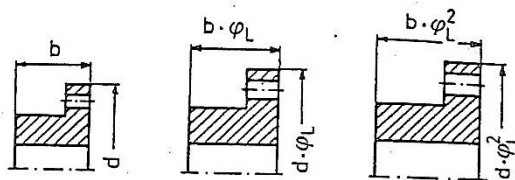


Επίδραση της ποσότητας παραγωγής στο κόστος κατεργασίας.

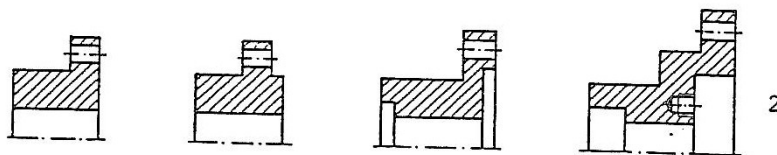
Οικογένειες κομματιών για ελάττωση του κόστους παραγωγής:

Ορισμένα κομμάτια από το ίδιο ή και από διαφορετικά μηχανολογικά σύνολα μπορούν, κατά κανόνα, να καταταχθούν σε τρεις οικογένειες κομματιών:

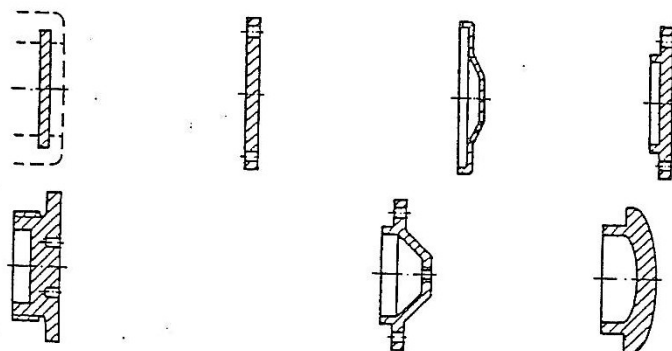
- Κατηγορία A: Κομμάτια που έχουν τον ίδιο προορισμό ή την ίδια χρήση.
- Κατηγορία B: Κομμάτια που μπορούν και κατασκευάζονται με την ίδια μέθοδο παραγωγής από την ίδια-τις ίδιες ή ιδίου τύπου εργαλειομηχανή-ες, χωρίς αξιόλογη πρόσθετη προετοιμασία, με ίδιες ή ιδίου τύπου ιδιοσυσκευές πρόσδεσης, εργαλεία, παρόμοια προγράμματα NC κλπ.
- Κατηγορία AB: Κομμάτια που έχουν τον ίδιο προορισμό ή χρήση (πρβλ. 'Α') και παράλληλα κατασκευάζονται με ίδιες διαδικασίες παραγωγής (πρβλ. 'B').



Γεωμετρικά όμοια ή παρόμοια κομμάτια
(π.χ. η διάμετρος της οπής ή/και το πάχος
της φλάντζας ίδια για μερικά/όλα τα μεγέθη)



Σχηματικά παρόμοια κομμάτια



Κομμάτια ίδιου προορισμού/χρήσης κατασκευαζόμενα
με διαφορετικές φάσεις/μεθόδους παραγωγής

Τα κομμάτια της Κατηγορίας Α μπορούν να είναι γεωμετρικά όμοια ή και μερικώς όμοια (δηλ. για διάφορες διαστάσεις τους να εφαρμόζονται διαφορετικοί λόγοι κλιμάκωσης, της τιμής $\Phi_L = 1$ συμπεριλαμβανομένης) όπως λ.χ γεωμετρικές σειρές μεγεθών για τον ίδιο τύπο προϊόντος και γενικότερα παρόμοιο σχήμα (βλ φλάντζες στο δίπλα σχήμα). Μπορούν όμως και να έχουν διαφορετική εντελώς κατασκευαστική διαμόρφωση (βλ τα καλύμματα στο δίπλα σχήμα επίσης).

Εφόσον επιθυμείται πάντα η αύξηση της ποσότητας παραγωγής ενός κομματιού καθώς και η δημιουργία προϋποθέσεων συμπίεσης του κόστους παραγωγής, θα πρέπει κατά το σχεδιασμό του προϊόντος να επιδιωχθεί συστηματικά η προδιαγραφή κομματιών κατηγορίας ΑΒ ή για όπου αυτό δεν είναι εφικτό, κατηγορίας Β. Η σχετική προσπάθεια αναπτύσσεται τότε σε δύο κατευθύνσεις:

α) **Τυποποίηση κατασκευαστικών λύσεων σχεδιασμού συνόλων και κομματιών.** Όπως για παράδειγμα ταξινόμηση κομματιών με κριτήρια μορφής, διαστάσεων, υλικών κλπ ή εφαρμογή των αρχών μηχανικής ομοιότητας, γεωμετρικής κλιμάκωσης καθώς και ενδεχομένης ήδη χρησιμοποιούμενης τυποποίησης στο εργοστάσιο.

β) **Αναζήτηση κομματιών που μπορούν άμεσα ή με κατάλληλες/εφικτές σχεδιαστικές προσαρμογές να καταταγούν σε οικογένειες.**

Υπολογισμός όγκου και ποσοτική απόδοση:

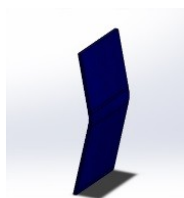
Για τον υπολογισμό του κόστους αρχικής ξυλείας που θα χρησιμοποιήσουμε στην κατασκευή της καρέκλας θα πρέπει να υπολογιστεί πρώτα ο όγκος της αρχικής ξυλείας ($V_{αρχ}$) εφόσον αυτή είναι η πρώτη ύλη που αγοράζει ο κατασκευαστής. Ο όγκος ξυλείας που μένει στην καρέκλα τελικώς είναι ο τελικός όγκος ($V_{τελ}$).

Για την αποδοτικότητα της παραγωγικής διαδικασίας σχετικά με τη χρήση υλικού χρησιμοποιείται η έννοια της ποσοτικής απόδοσης. Όπως είδαμε τον δείκτη εκμετάλλευσης υλικού, για τον υπολογισμό του οποίου συγκρίνουμε το βάρος πριν και μετά την διαδικασία κατασκευής, με παρόμοιο τρόπο η **ποσοτική απόδοση** είναι ένας δείκτης με τον οποίο συγκρίνουμε τον αρχικό όγκο ξυλείας με τον τελικό ($V_{τελ} / V_{αρχ}$) έτσι ώστε να βρεθεί ο όγκος που αχρηστεύεται καθώς και η απόδοση της παραγωγικής διαδικασίας.

Τα φύλλα κόντρα πλακέ τα οποία θα χρησιμοποιηθούν, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 6.4 είναι διαστάσεων **1250x2500x15mm** ή **1700x2500x15mm Okoume Twin Phenol** της εταιρείας Shelman.

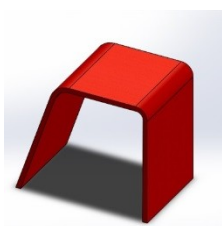
Για την καρέκλα που αποτελείται από 3 μέρη τμήματα σύμφωνα με τις τελικές διαστάσεις ισχύει:

Τμήμα 1:



Τελικό μήκος σε ανάπτυγμα: 850mm
Πλάτος: 370mm
Πάχος: 15mm
Επιφάνεια σε ανάπτυγμα: 0.3145m²

Τμήμα 2:



Τελικό μήκος σε ανάπτυγμα: 1334mm
Πλάτος: 370mm
Πάχος: 15mm
Επιφάνεια σε ανάπτυγμα: 0.4936m²

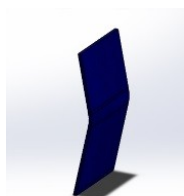
Τμήμα 3:



Τελικό μήκος σε ανάπτυγμα: 557mm
Πλάτος: 370mm
Πάχος: 15mm
Επιφάνεια σε ανάπτυγμα: 0.2061m²

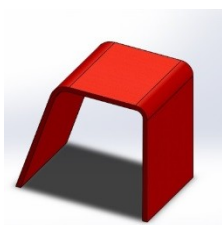
Σύμφωνα με την εταιρεία **xatzon** η αρχική κοπή των υλικών γίνεται αφήνοντας πάντα ένα περιθώριο 50-100mm για τις μετέπειτα επεξεργασίες. Στα μέρη που απαρτίζουν την καρέκλα καθιερώθηκε ένα περιθώριο μέσης τιμής απο κάθε πλευρά, 75mm. Επομένως οι τελικές διαστάσεις επιφάνειας τις οποίες χρειαζόμαστε για την κατασκευή είναι :

Τμήμα 1:



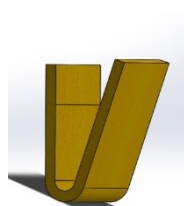
Τελικό μήκος σε ανάπτυγμα: 1000mm
 Πλάτος: 370mm
 Πάχος: 15mm
 Επιφάνεια σε ανάπτυγμα: 0.52m²

Τμήμα 2:



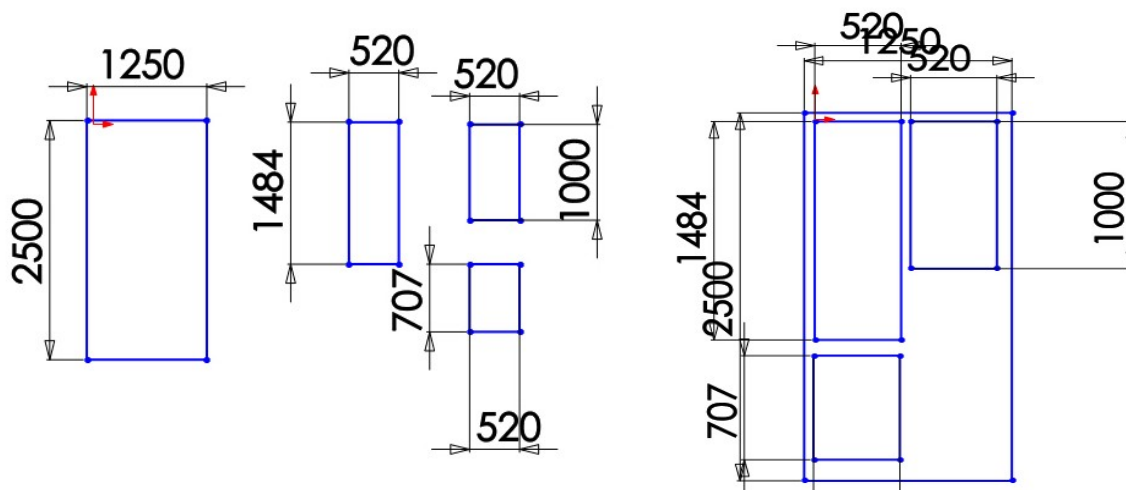
Τελικό μήκος σε ανάπτυγμα: 1484mm
 Πλάτος: 370mm
 Πάχος: 15mm
 Επιφάνεια σε ανάπτυγμα: 0.77m²

Τμήμα 3:

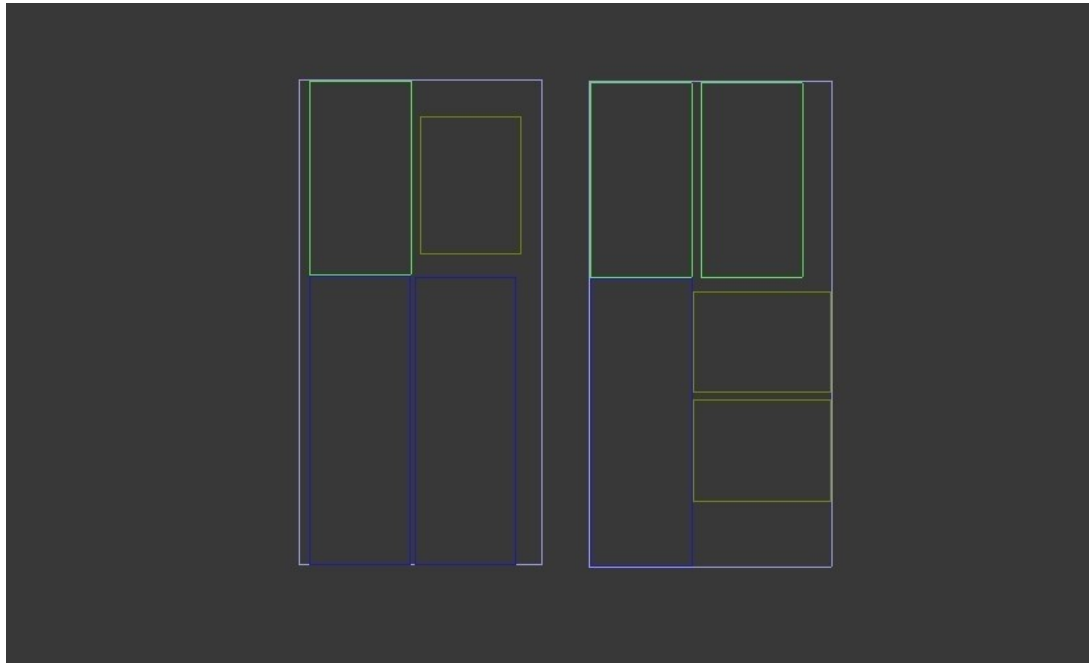


Τελικό μήκος σε ανάπτυγμα: 707mm
 Πλάτος: 370mm
 Πάχος: 15mm
 Επιφάνεια σε ανάπτυγμα: 0.37m²

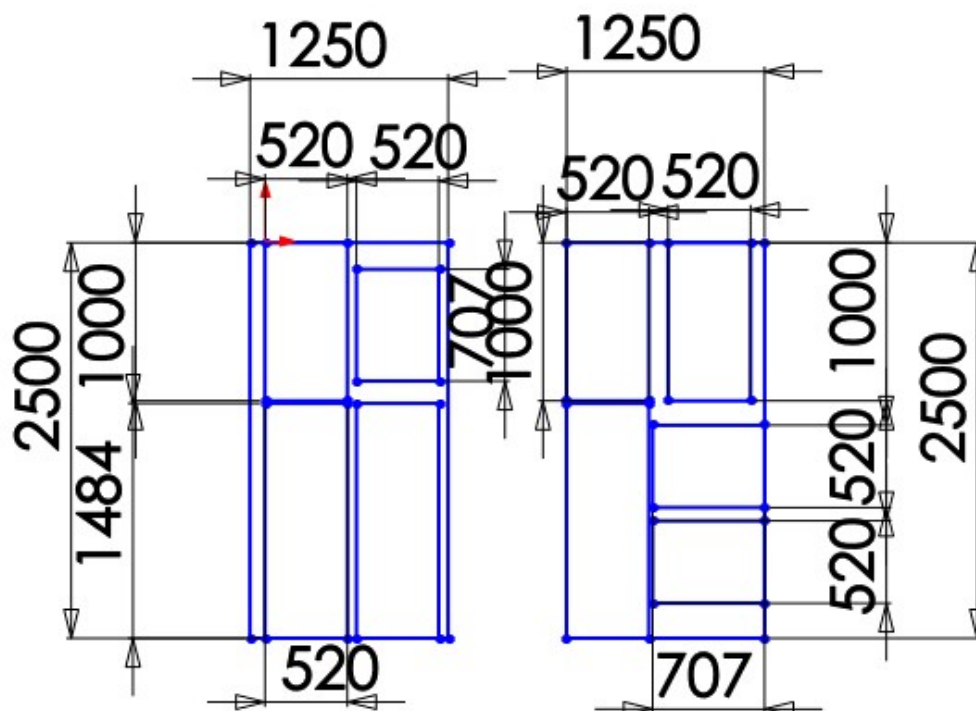
Όπως φαίνεται και στα παρακάτω σχήματα, σε ένα φύλλο 1250x2500 χωράνε και τα τρία τμήματα της καρέκλας αλλά περισσεύει ξυλεία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ενός τμήματος μιας δεύτερης ίδιας καρέκλας.



Υστερα απο δοκιμές πάνω στα φύλλα διαστάσεων 1250x2500x15mm και 1700x2500x15mm έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί αποδοτικότερα η ξυλεία κάθε φύλλου, κρίθηκε προτιμότερο να κατασκευάζονται τρεις καρέκλες χρησιμοποιώντας 2 φύλλα αντικολλητού 1250x2500, όπου η κοπή γίνεται σε τμήματα κατά τον παρακάτω τρόπο:



Σχ. Δοκιμές στο 3D StudioMax του τρόπου με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η κοπή για βέλτιστη αξιοποίηση του αντικολλητού διαστάσεων 1250x2500. Με μπλε χρώμα τα τμήματα 1, με πράσινο ανοιχτό τα τμήματα 2 και με πράσινο σκούρο τα τμήματα 3, σε ανάπτυγμα με τα περιθώρια τα οποία είναι αναγκαία κατά την επεξεργασία.



Οπότε θα υπολογιστεί η ποσοτική απόδοση διαιρώντας τον τελικό όγκο που έχουν τρεις καρέκλες με τον αρχικό όγκο που έχουν δύο φύλλα αντικολλητού. Έτσι:

Συνολικός όγκος 2 αντικολλητών $V_{\text{αρχ}} = 2 \times (1250 \times 2500 \times 15 \text{mm}) = 2 \times 3.125 \text{m}^2 \times 0.015 \text{m} = 6.25 \text{m}^2 \times 0.015 \text{m}$

Συνολικός όγκος 3 καρεκλών $V_{\text{τελ}} = 3 \times (0.520 \text{m}^2 + 0.772 \text{m}^2 + 0.368 \text{m}^2) \times 0.015 \text{m} = 4.98 \text{m}^2 \times 0.015$.

Ποσοτική απόδοση = $V_{\text{τελ}} / V_{\text{αρχ}} = 4.98 / 6.25 = 0,7968 = \mathbf{79.7\%}$.

Άρα κατά την επεξεργασία χάνεται το 20,3% της αρχικής πρώτης ύλης.

Σύμφωνα με την εταιρεία το κόστος κάθε φύλλου **Okoume Twin Phenol** 1250x2500 για πάχος 15mm ανέρχεται στα 60€. Επομένως κατά την κατασκευή 3 καρεκλών έχω ζημία περίπου $120 \times 0,2 = 24$ € απο την πρώτη ύλη, δηλαδή 8 € απο κάθε καρέκλα.

Οστόσο, αυτές οι τιμές δεν ανταποκρίνονται σε πραγματικές συνθήκες παραγωγής αφ' ενός γιατί σύμφωνα με την εταιρεία για μεγάλες παραγγελίες η τιμή του φύλλου μειώνεται σημαντικά και αφ'ετέρου όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 6.4 μια βιομηχανία μπορεί να χρησιμοποιήσει με ποικίλους τρόπους το χρησιμοποιημένο κόντρα πλακέ και τα απορρίματα κατά τη διαδικασία επεξεργασίας, είτε απ' ευθείας για την κατασκευή τμημάτων άλλων επίπλων είτε με μετατροπή σε νιφάδες για την κατασκευή μορισανίδων. Έτσι οι παραπάνω διαδικασίες μειώνουν ή και μηδενίζουν τη ζημία της πρώτης ύλης.

Τέλος, η αύξηση του ποσοστού της Ποσοτικής Απόδοσης σημαίνει καλή διαχείριση της παραγωγικής διαδικασίας και επιτυγχάνεται σε όλα τα στάδια αυτής, από το στάδιο παραγγελίας πρώτων υλών μέχρι και το στάδιο συναρμολόγησης, με σωστό προγραμματισμό και ελέγχους ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη αξιοποίηση των πρώτων υλών και των μηχανημάτων.

6.8 Κατασκευή Πρωτοτύπων

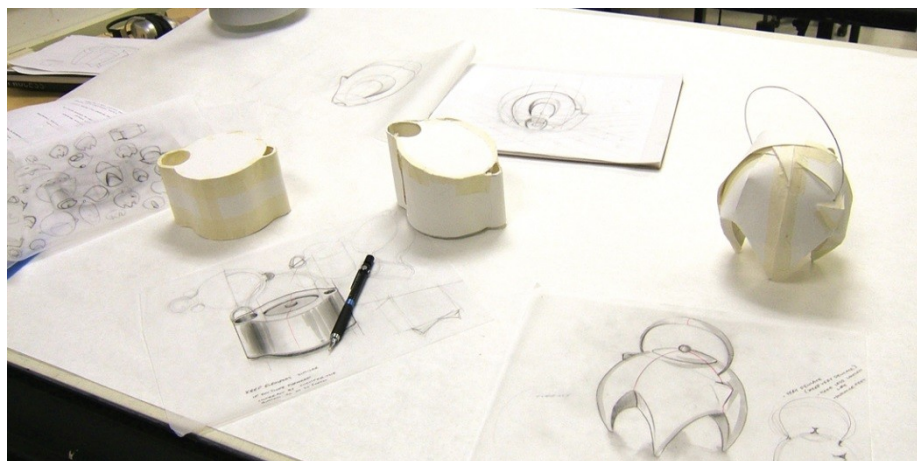
Ένα φυσικό μοντέλο τριών διαστάσεων εκφράζει τη φυσική εκδήλωση για την ιδέα ενός προϊόντος. Στην διαδικασία του σχεδιασμού, τα τρισδιάστατα φυσικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν, οπτικοποιήσουν, υλοποιήσουν μια ιδέα ή ένα σενάριο. Τα τρισδιάστατα μοντέλα επίσης ονομάζονται **πρωτότυπα**.

Τα πρωτότυπα προσφέρουν βεβαίως πολύ περισσότερα από τα κατασκευαστικά σχέδια. Είναι απτά, μπορεί κάποιος να τα σηκώσει, να τα αναποδογυρίσει, να νιώσει την υφή και την μορφή και να τα δει από διαφορετικές γωνίες, κάτι το οποίο δεν είναι εφικτό με τα κατασκευαστικά σχέδια. Στα πρωτότυπα, κυρίως στα τελικά 1:1 πριν την μαζική παραγωγή του προϊόντος, μπορούν να γίνουν έλεγχοι και μετρήσεις έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν η συγκεκριμένη λύση είναι και πρακτικά αποδεκτή αλλά επίσης χρησιμοποιούνται και ως πολύ αποτελεσματικά εργαλεία για την απεικόνιση της μορφής και την επικοινωνία του σχεδιαστή/ εταιρίας με το ενδιαφερόμενο για το προϊόν κοινό. Τα πρωτότυπα είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την ανάπτυξη ενός προϊόντος, βοηθούν στην λήψη αποφάσεων για το τελικό προϊόν, ελέγχεται η γεωμετρία, η εργονομία και η λειτουργικότητα.

Τα πρωτότυπα χρησιμοποιούνται κατά την ανάπτυξη ενός προϊόντος για τρεις κυρίως λόγους:

1. Για την παραγωγή και την ανάπτυξη ιδεών και σεναρίων.
2. Για την ανταλλαγή ιδεών μέσα σε μια ομάδα βιομηχανικών σχεδιαστών αλλά και την επικοινωνία με όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη (κατασκευαστές, εταιρείες κλπ).
3. Για τον έλεγχο και την επαλήθευση των σεναρίων αλλά και των λύσεων.

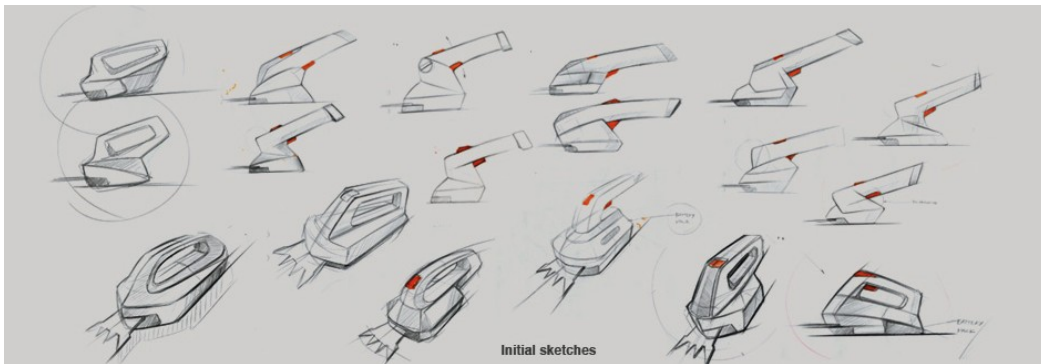
Τα πρωτότυπα για την αναπαραγωγή και ανάπτυξη των ιδεών (*sketch models*) κατασκευάζονται κυρίως κατά τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού. Χρησιμοποιούνται από απλά υλικά όπως χαρτί, χαρτόνι, φελιζόλ, ύφασμα κλπ. και ο σκοπός τους είναι η οπτικοποίηση των ιδεών και η περαιτέρω βελτίωσή τους. Χρησιμοποιούνται όπως τα σκίτσα, τα κατασκευαστικά σχέδια, η φωτογραφία ή η βιντεοσκόπηση.



Sketch Model από χαρτόνι για την κατασκευή τσαγιέρας.

Τα λειτουργικά μοντέλα (*functional models*) χρησιμοποιούνται στα τελικά στάδια του σχεδιασμού για να αποδείξουν αν οι τεχνικές αρχές που εφαρμόστηκαν στο συγκεκριμένο σενάριο επαληθεύονται. Τα πρωτότυπα αυτά είναι απλοποιήσεις των προϊόντων όπου όλες οι λεπτομέρειες έχουν αφαιρεθεί κρατώντας μόνο την στοιχειώδη μορφή και τις αρχές λειτουργίας. Με τη βοήθεια αυτών των πρωτοτύπων συνήθως γίνεται η επιλογή των τελικών υλικών αλλά και των λεπτομερειών. Κατασκευάζονται συνήθως από φελιζόλ, ξύλο, πλαστικό, σύρμα κλπ. σε κλίμακα ή και 1:1.

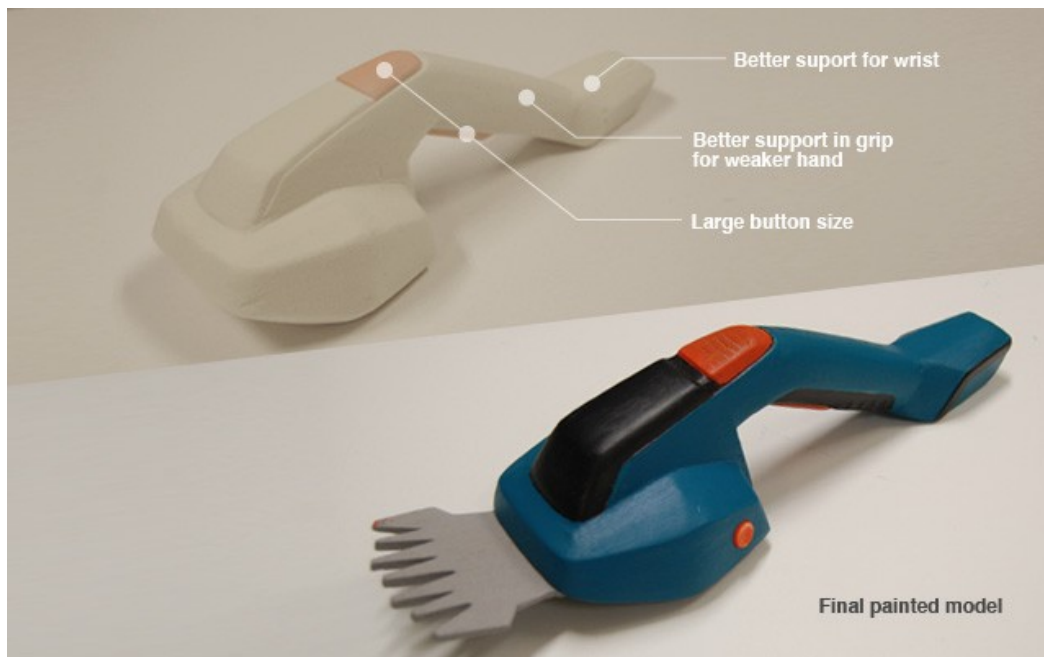
Το τελικό μοντέλο (*detailed model*) χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει τις λεπτομέρειες ενός προϊόντος. Είναι συνήθως 1:1, κατασκευασμένο συνήθως από ξύλο, μέταλλο ή πλαστικό με εξωτερικά χαρακτηριστικά πολύ καλής ποιότητας (κουμπιά, χρώμα κλπ) με τα περισσότερα από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά που διέπουν το προϊόν.



Αρχικά σκίτσα για ηλεκτρικό ψαλίδι κλαδέματος.



Λειτουργικό μοντέλο για το ψαλίδι κλαδέματος ώστε να ελεγχθεί η εργονομία αλλά και τυχόν δυσκολίες κατά τη χρήση.



Τελικό μοντέλο με λεπτομέρειες και κουμπιά.

Πρωτότυπο - Τρισδιάστατο μοντέλο της καρέκλας:

Για την καλύτερη απεικόνιση της καρέκλας, αλλά και γενικότερα για την υπόδειξη της σημασίας του 3D Printing στο βιομηχανικό σχεδιασμό, κατασκευάστηκαν στο Εργαστήριο ΤΚΠ-Ε&ΑΣ της Σχολής Μηχανολόγων του ΕΜΠ κάποια πρωτότυπα σε κλίμακα 1:10 με χρήση μηχανήματος Rapid Prototyping.

Το μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε είναι το Stratasys-Dimension uPrint το οποίο κατατάσσεται στην κατηγορία ΤΚΠ FDM (Fused Deposition Modeling)=Κατασκευή με Εναπόθεση Τήγματος. Είναι μια entry level μονάδα ΤΚΠ μικρού γραφείου-εργαστηρίου κόστους λιγότερου από 20000 ΕΥΡΩ.

Το υλικό που χρησιμοποιείται από το μηχάνημα είναι ABS-Plus, ένα συμπολυμερές θερμοπλαστικό ακρυλονιτριλίου-βουταδιενίου-στυρολίου (ABS= Acrylonitrile butadiene styrene) το οποίο συνδυάζει την αντοχή και την ακαμψία του ακρυλονιτριλίου και του στυρολίου με την ανθεκτικότητα του ελαστομερούς πολυβουταδιενίου.

Η μηχανή χτίζει διαστρωματικά ABSplus πρώτη ύλη, την οποία η εταιρία περιγράφει ως **ABS P430** Modeling Material, μόνο σε χρώμα ivory και σε στρώσεις πάχους 0,254mm. Η μηχανή επίσης απαιτεί υδατοδιαλυτό (σε θερμό αλκαλικό διάλυμα) θερμοπλαστικό υλικό υποστήριξης τύπου **P400 SR** Soluble Support Material για την υποστήριξη της γεωμετρίας κατά την κατασκευή, που αφαιρείται κατόπιν. Ένας τυπικός ρυθμός κατασκευής της μηχανής είναι τα 8cm³/hour.



Stratasys-Dimension uPrint

Χαρακτηριστικά του υλικού **ABS P430** Modeling Material:

Φυσικές ιδιότητες:

Specific Gravity: 1.04 g/cc

Μηχανικές ιδιότητες:

Tensile Strength: 37 MPa

Tensile Modulus: 2,320 MPa

Tensile Elongation: 3%

Flexural Modulus: 2,250 MPa

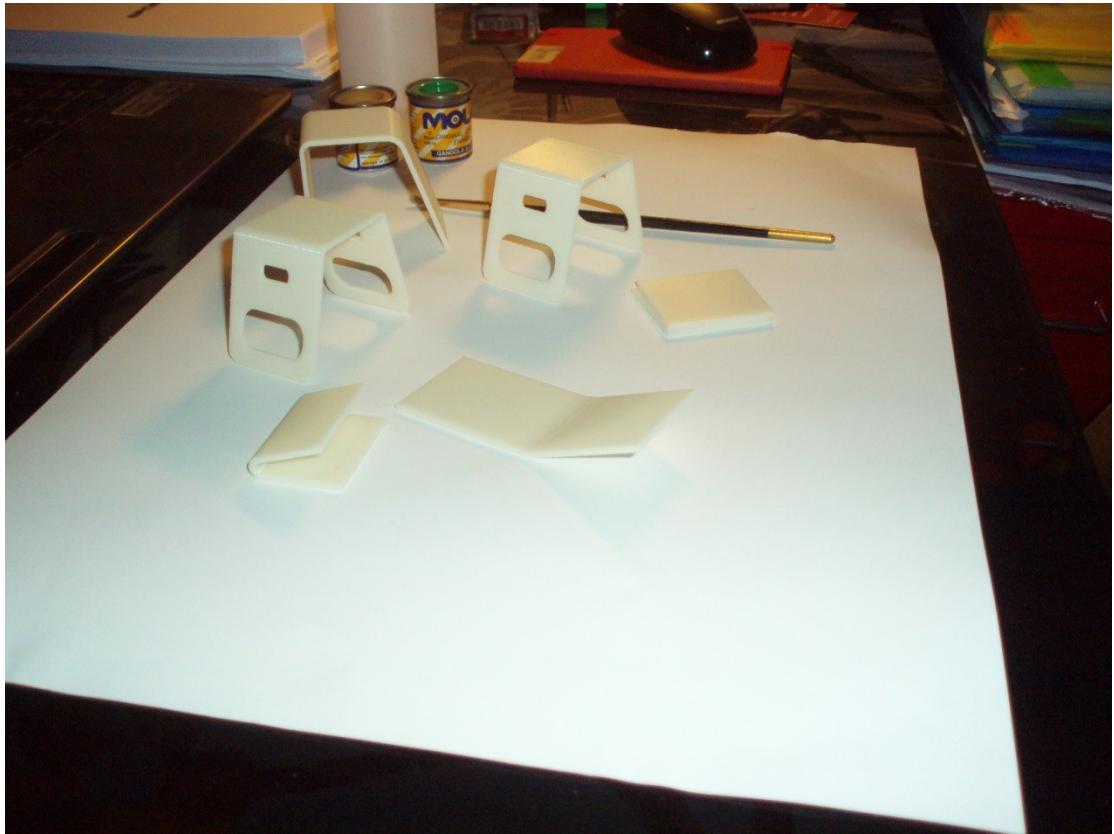
Flexural Strength: 53 MPa

Θερμικές ιδιότητες:

Heat Deflection (HDT) (66 psi): 96°C

Heat Deflection (HDT) (264 psi): 82°C

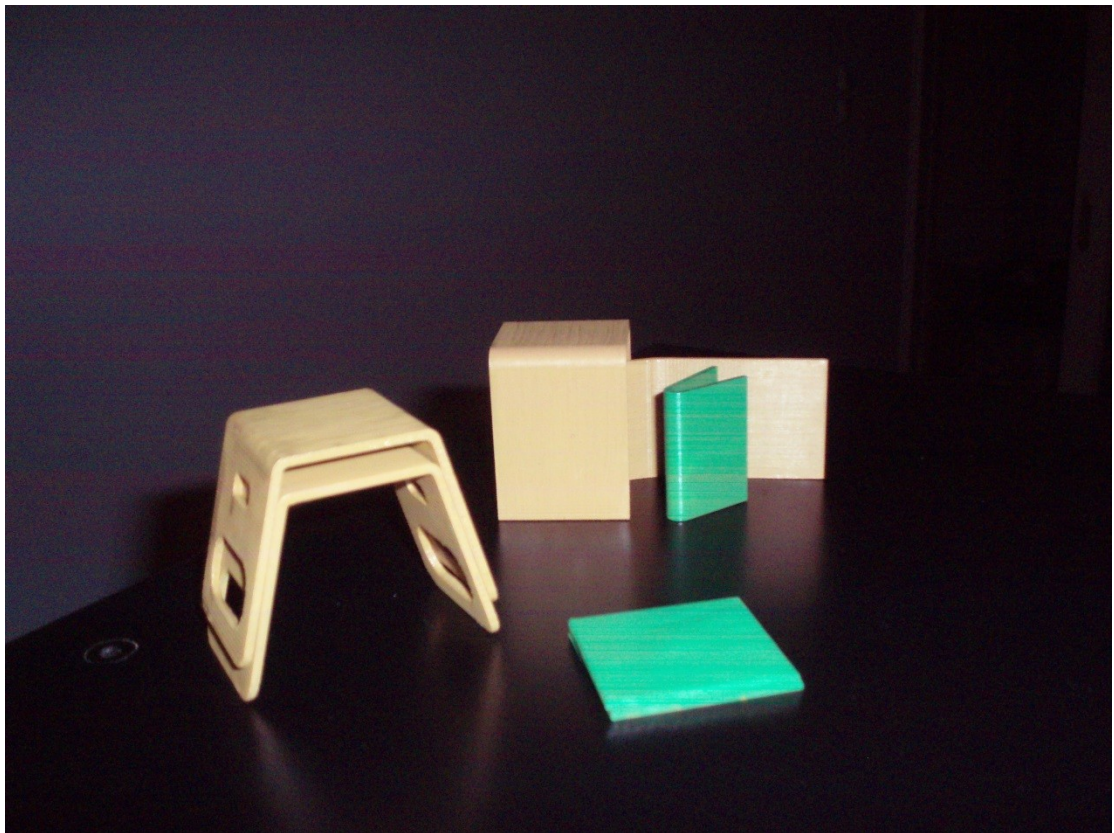
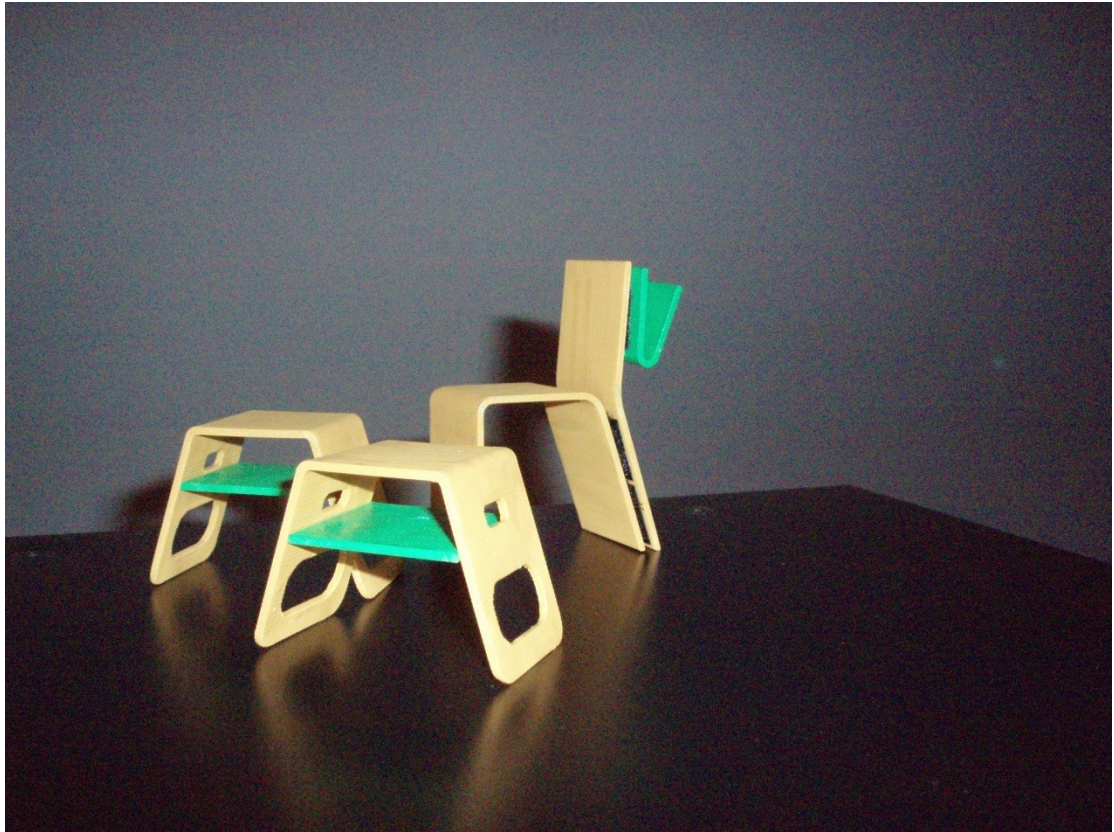
Coefficient of Thermal Expansion: 4.90 E
-05 in/in/°F



Τα πρωτότυπα σε κλίμακα 1:10 χρώματος ivory.



Τα πρωτότυπα μετά τη βαφή τους με ακρυλικό χρώμα.



Τα πρωτότυπα συναρμολογημένα.

ΚΕΦ.7

ΣΤΑΔΙΟ Δ: ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Όπως αναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, σε αυτή τη φάση του σχεδιασμού ορίζονται τα τελικά χαρακτηριστικά και οι λεπτομέρειες που αφορούν τον σχεδιασμό, τις ανοχές, τις επιφάνειες, τα εξαρτήματα, τα υλικά.

Τελική κατασκευαστική λύση που επιλέχθηκε:



Αρχικές προδιαγραφές που τελικώς καλύπτει η κατασκευαστική λύση όπως εκπονήθηκε στη παρούσα ΔΕ:

- Περιβαλλοντολογικός προσανατολισμός:
 - Δυνατότητα χρήσης κατά την κατασκευή 100% οικολογικού υλικού.
 - Χρήση ενός υλικού μόνο.
 - Χρήση τυποποιημένων συνδέσεων- κοινοί κοχλίες εμπορίου M6, αποφυγή μόνιμων συγκολλήσεων και χρήση κόλλας.
 - Επαναχρησιμοποίηση υλικού ή χρήση τμημάτων που περισσεύουν κατά την επεξεργασία.
- Κλασσικός-λιτός σχεδιασμός.
- Κατασκευή για διάρκεια, εφόσον τα τεστ στο λογισμικό Solidworks το αποδεικνύουν.
- Πολυμορφία όσον αφορά τη χρήση, προσθέτοντας ή αφαιρώντας τμήματα.
- Μείωση πολυπλοκότητας: λίγοι σύνδεσμοι, μικρός αριθμών μερών. Μικρός αριθμός τμημάτων συνεπάγεται χρήση λιγότερων καλουπιών και μηχανημάτων αλλά και λιγότερος χρόνος επεξεργασίας.
- Επεξεργασία: χαμηλό κόστος εξοπλισμού για επεξεργασία κόντρα πλακέ.
- Πολύ καλή χρήση/ αξιοποίηση πρώτης ύλης.

Προδιαγραφές τις οποίες δεν κατάφερε να ικανοποιήσει πλήρως η παρούσα ΔΕ:

- Ακριβής προσδιορισμός για το κόστος επεξεργασίας, τα κόστη εργατικών και μεταφοράς έτσι, ώστε να υπάρξει μια πληρεστέρα τεκμηριωμένη προεκτίμηση του τελικού κόστους κατά μονάδα του προϊόντος.
 - Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπή ρύπων κατά την επεξεργασία και μεταφορά.
 - Πληροφορίες για τη διανομή και τη συσκευασία.

Οι παραπάνω προδιαγραφές δεν ικανοποιήθηκαν πλήρως εξ' αιτίας της έλλειψης πληροφοριών κυρίως για λόγους ανταγωνισμού από τις εταιρείες-βιοτεχνίες οι οποίες προσεγγίστηκαν κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Τελικό υλικό: ΟΚΟΥΜΕ TWIN PHENOL της εταιρείας Shelman
Ενδεικτική Τιμή φύλλου στην εγχώρια αγορά (Οκτ. 2013): 60 €

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ:

ΚΕΦ.8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία διερευνήθηκε πρακτικά και πειραματικά το κατά πόσο κάποιος, ειδικότερα νέος, Μηχανολόγος Μηχανικός έχει τη δυνατότητα αφενός να εφαρμόσει άμεσα και αποτελεσματικά το πλαίσιο των γνώσεων και των σύγχρονων εργαλείων που διαθέτει (*εργαλεία 3D-CAD/CAE, μεθοδολογίες σχεδιασμού, συστηματική προσέγγιση προβλημάτων κ.α.*) σε προβλήματα Σχεδιασμού ενός τυπικού Βιομηχανικού προϊόντος και αφετέρου να μπορέσει να εμπλακεί και να ανταπεξέλθει με επιτυχία στο σύνολο των σταδίων / φάσεων του εν λόγω Σχεδιασμού. Μέσα από την πορεία ανάπτυξης και πλήρους σχεδιασμού ενός τυπικού, χαμηλής πολυπλοκότητας βιομηχανικού προϊόντος (*κάθισμα εσωτερικού δημοσίου χώρου*), η εν λόγω διερεύνηση οδήγησε σε καταρχήν ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

Στην εργασία εφαρμόστηκαν τόσο γνώσεις από διάφορες πτυχές των προπτυχιακών σπουδών του Μηχανολόγου Μηχανικού στο ΕΜΠ όσο και πληροφορίες από τη βιβλιογραφική έρευνα και το διαδίκτυο. Εξίσου πολύτιμη υπήρξε η συμβολή πληροφοριών που προήλθαν από εγχώριες κατασκευαστικές εταιρείες με τις οποίες υπήρξε επικοινωνία ήδη από το στάδιο της κατασκευαστικής σύνθεσης, όπως οι Chimar, Shelmann, Alfa Wood, Μεσογειακή και κυρίως η ΔΑΡΜΑΚ (*για θέματα σχετικά με την επιλογή πρώτης ύλης*) και η xatzon (*για πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο κατασκευής*), αλλά και κάποια καταστήματα προμήθειας ξυλείας. Εξίσου σημαντικές ήταν οι πληροφορίες που αποκομίστηκαν από βιομηχανικούς σχεδιαστές με εξειδίκευση στον σχεδιασμό επίπλων, όπως ο κ. Θ. Μπάμπαλης, σχετικά με τον τρόπο κατασκευής συναφών προϊόντων, αλλά και ο κ. Δ. Σκουρογιάννης.

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της παρούσας ΔΕ:

(α) Ένα αρχικό συμπέρασμα είναι ότι η εμπλοκή στο σύνολο των σταδίων / φάσεων της διαδικασίας του βιομηχανικού σχεδιασμού δεν απαιτεί μόνο γνώσεις αισθητικής ή μόνο γνώσεις τεχνικής/ μηχανικής/ κατασκευών, αλλά έναν επιτυχημένο συνδυασμό αυτών, με επιπλέον δεκτικότητα στα κοινωνικά ερεθίσματα και στις τεχνολογικές εξελίξεις. Έτσι, για το σχεδιασμό της καρέκλας στη ΔΕ χρησιμοποιήθηκαν τόσο γνώσεις από την ιστορία του design και από σύγχρονα διαδικτυακά περιοδικά design, όσο και σύγχρονα λογισμικά που αφορούν στον 3D-CAD μηχανολογικό σχεδιασμό, σε υπολογιστικές μεθόδους και προσομοιώσεις για αντοχή, αλλά και γνώσεις που αντλήθηκαν από κλασσικά βιβλία μηχανολογικών κατασκευών και στατικής αντοχής.

(β) Το τεχνολογικό μοντέλο μεθοδολογίας σχεδιασμού που επιλέχθηκε (*Pahl & Beitz*) βοήθησε ουσιαστικά στη διαδικασία του σχεδιασμού, λαμβάνοντας οπωσδήποτε υπόψη την πολύ περιορισμένη σχετική εμπειρία ενός νέου μηχανικού, και άρα η συμβολή του ως μεθοδολογικό εργαλείο μπορεί να αξιολογηθεί θετικά. Ειδικότερα,

κατά το αρχικό στάδιο της αποσαφήνισης του σκοπού αλλά και σ' αυτό της κατασκευαστικής σύνθεσης, ορίστηκαν κατά το δυνατόν πληρέστερα οι παράμετροι οι οποίες θα έπρεπε να ικανοποιηθούν στη συνέχεια, δίνοντας σαφή προσανατολισμό κατ' αυτό τον τρόπο στην μετέπειτα κατασκευαστική διαμόρφωση, εντοπίζοντας τα σημεία που θα έπρεπε να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή και τα πεδία στα οποία θα έπρεπε να αναζητηθούν περισσότερες πληροφορίες. Στην περίπτωση της καρέκλας αυτό υλοποιήθηκε θέτοντας ως κύριες αρχικές παραμέτρους της σχεδιαστικής εργασίας τον οικολογικό χαρακτήρα, τον λιτό σχεδιασμό και την ελαχιστοποίηση των συνδέσμων. Έτσι, στο στάδιο της κατασκευαστικής διαμόρφωσης ο σχεδιασμός και η αναζήτηση του υλικού έγιναν με βάση τις συγκεκριμένες αυτές παραμέτρους. Ουσιαστικά μετά την κατασκευαστική σύνθεση υπήρξε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο παραμέτρων και τεχνικών προδιαγραφών για το προϊόν το οποίο εξελισσόταν στην πορεία με την είσοδο νέων πληροφοριών σε κάθε στάδιο.

(γ) Αυτό που έγινε εμπειρικά αντιληπτό καθ' όλη την πορεία της εργασίας ήταν ότι σε κάθε στάδιο της μεθοδολογίας των Pahl & Beitz υπήρχαν οι συνιστώσες της μεθοδολογίας σχεδιασμού του C.J. Jones: **ανάλυση, σύνθεση και αξιολόγηση**. Σε κάθε βήμα που γινόταν σε κάθε στάδιο έπρεπε να αναλύονται τα δεδομένα τα οποία υπήρχαν διαθέσιμα μέχρι και εκείνη την στιγμή (ανάλυση), να αναζητούνται και να εισάγονται πληροφορίες για νέες ιδέες ή εξέλιξη ιδεών (σύνθεση), καθώς και να γίνεται αξιολόγηση αυτών των δεδομένων έτσι ώστε να προχωρήσει η διαδικασία ή όχι στο επόμενο βήμα (αξιολόγηση).

(δ) Τα προτεινόμενα στάδια κι επιμέρους βήματα του μοντέλου μεθοδολογίας σχεδιασμού που επιλέχθηκε (*Pahl & Beitz*), όπως έγινε φανερό από την εξέλιξη της σχεδιαστικής πορείας στο Μέρος Β της ΔΕ, έχουν συνεχή αλληλεπίδραση και μόνο κατά σύμβαση μπορούν να θεωρηθούν ως αυτόνομα ή διακεκριμένα. Επίσης, η πρακτική αναγκαιότητα της συνεχούς μεταξύ τους ανάδρασης δεν συνηγορεί σε καμία περίπτωση στη θεώρηση της σειριακής τους εκτέλεσης. Στην περίπτωση της καρέκλας αυτό έγινε φανερό π.χ. κατά την κατασκευαστική διαμόρφωση όπου διεθνή πρότυπα σχετικά με το υλικό οδήγησαν σε επαναπροσδιορισμό σημαντικού μέρους των αρχικών τεχνικών προδιαγραφών.

(ε) Ο σχεδιασμός ενός βιομηχανικού προϊόντος, ακόμα και ενός φαινομενικά απλού όπως μια καρέκλα, απαιτεί εκτεταμένη έρευνα, αναζήτηση και μελέτη όλων των εμπλεκόμενων παραμέτρων που αφορούν στον χρήστη, το περιβάλλον, τη λειτουργία, τη μορφή κλπ. σε όλες τις πιθανές πηγές από όπου μπορεί να αποσπάσει πληροφορίες. Τέτοιες είναι ασφαλώς η βιβλιογραφία, αλλά και το διαδίκτυο, οι κατασκευαστικές εταιρείες, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές, τα ερευνητικά κέντρα κλπ. Στην ΔΕ υπήρξε τεράστια δυσκολία εύρεσης πληροφοριών σχετικά με τον τρόπο και το κόστος κατασκευής της καρέκλας και αυτό διότι οι εταιρείες κατασκευής επίπλων δεν παρείχαν σχετικές πληροφορίες λόγω ανταγωνισμού. Από ένα μεγάλο πλήθος κατασκευαστών που προσεγγίστηκαν, η εταιρεία *katzon* ήταν η μόνη που έδωσε κάποιες βασικές πληροφορίες για τον τρόπο κατασκευής επίπλου από κυρτό κόντρα πλακέ, και αυτό

έγινε μέσω mail. Επιπλέον, όση έρευνα και να γίνει από τον σχεδιαστή, ποτέ ίσως δε θα είναι αρκετή. Ο σχεδιαστής πρέπει να γνωρίζει ότι θα χρειαστεί να κάνει πολλές επαναλήψεις, πολλά λάθη και πολλές αξιολογήσεις επιλογών μέχρι να φτάσει σε ένα ικανοποιητικό σημείο. Τα εργαλεία και τα μέσα μηχανολογικού σχεδιασμού βοηθούν σημαντικά στην κατεύθυνση αυτή, της αναγνώρισης του κρίσιμου σημείου όπου η διερεύνηση πρέπει να δώσει πλέον τη θέση της στην περεταίρω ανάπτυξη.

(στ) Κατά τη φάση ανάπτυξης εναλλακτικών κατασκευαστικών λύσεων έγινε σαφές ότι, ειδικότερα σε ολιγομελείς ομάδες σχεδιασμού και βεβαίως στην περίπτωση ενός μόνου σχεδιαστή-μηχανικού, οι εν λόγω λύσεις είναι πολύ σπάνια αυτόνομες και συνήθως αποτελούν εξέλιξη η μία της άλλης. Η αξιολόγησή τους είναι ένα ιδιαίτερα κρίσιμο στάδιο στο οποίο απαιτείται σημαντική προσοχή έτσι ώστε τυχών υποκειμενικοί παράγοντες να μην υποσκελίσουν την τεχνολογική σημασία των κριτηρίων που θα επιλεγούν.

(ζ) Η χρήση σκαριφήματος με τα απλούστερα δυνατά μέσα (χαρτί και μολύβι) αποτελεί πολύτιμο βοήθημα κατά τη φάση αναζήτησης εναλλακτικών κατασκευαστικών λύσεων. Η παράλληλη χρήση εργαλείων σχεδίασης και μοντελοποίησης σε Η/Υ, αν και αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό βοήθημα δεν μπορεί να υποκαταστήσει πλήρως το χειρόγραφο σκαρίφημα, ειδικότερα στα αρχικά στάδια καταγραφής μιας ιδέας/ λύσης.

(η) Τέλος, από την εκπόνηση της ΔΕ προέκυψε ότι τα σύγχρονα/ προηγμένα εργαλεία, μέσα και μεθοδολογίες μηχανολογικού σχεδιασμού δεν απευθύνονται αποκλειστικά στην ανάπτυξη σύνθετων προϊόντων και κατασκευών από πολυπληθείς σχεδιαστικές ομάδες σε μεγάλες εταιρίες και φορείς, αλλά μπορούν να είναι εξίσου εφαρμόσιμα και τελικά ωφέλιμα σε προβλήματα σχεδιασμού ενός τυπικού βιομηχανικού προϊόντος, χαμηλού προϋπολογισμού, περιορισμένου χρονοδιαγράμματος και μικρής εν γένει κλίμακας, όπως είναι το τυπικό προφίλ εγχώριων τέτοιου είδους τεχνικών έργων.

Τα παραπάνω συμπεράσματα απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα, στο οποίο περιγράφεται επιγραμματικά η πορεία σχεδιασμού του συγκεκριμένου προϊόντος.

**ΑΠΟΣΑΦΗΝΙΣΗ ΤΟΥ
ΣΚΟΠΟΥ:**
Κοινωνική Επαφή

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ:

- Οικολογικός προσανατολισμός ΕΝΑΡΞΗ ΕΡΕΥΝΑΣ οικολογικών υλικών: θερμοπλαστικά, αλουμίνιο, ξύλο
- Εμφανής λειτουργία -ΕΡΕΥΝΑ- Θήκη για βιβλίο
- Λιτός σχεδιασμός
- Λίγες συνδέσεις
- ΕΡΕΥΝΑ για αντίστοιχα προϊόντα
- Πρώτα σκίτσα
- ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ σκίτσεων και ιδεών, εξέλιξή τους σε κατασκευαστικές λύσεις

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ:

ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ+ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ+ΥΛΙΚΑ+ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

1η Κατασκευαστική λύση:

Ποικιλία υλικών, πολλά μέρη, έλλειψη στατικότητας

2η Κατασκευαστική λύση:

Όχι λιτός σχεδιασμός, πολλά μέρη

3η Κατασκευαστική λύση:

Πολλά μέρη, βάρος, ποικιλία υλικών, όχι λιτός σχεδιασμός

4η Κατασκευαστική λύση:

Ικανοποιητική, 1 υλικό, λιτός σχεδιασμός, ΑΛΛΑ Έρευνα+Έναρξη επικοινωνίας με εταιρείες και βιομ. σχεδιαστές: Δυσκολία κατασκευής, κόστος πρώτης ύλης (Ειδικό υλικό flexible), σπανιότητα υλικού: μόνη εταιρεία που το εισάγει στην Ελλάδα η Μεσογειακή (Θεσσαλονίκη) συσσώρευση τάσεων στις μικρές καμπύλες

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΣΤΑ ΝΕΑ
ΔΕΔΟΜΕΝΑ: ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**

5η Κατασκευαστική λύση

Διαίρεση 4ης λύσης σε 3 τμήματα, αφαίρεση μικρών καμπυλών. Πιο εύκολη κατασκευή, αποθήκευση, μεταφορά, αποσυναρμολόγηση σε σχέση με 4η κατασκευαστική ιδέα.

ΥΛΙΚΟ και ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: ΕΡΕΥΝΑ-Επικοινωνία με εταιρείες:

- ΔΑΡΜΑΚ: Πρόταση για Κόντρα πλακέ ως κατάλληλο υλικό για την κατασκευή
- Chimar: Πληροφορίες για προδιαγραφές και οικολογικό υλικό πρόταση για επικοινωνία με Shelmann για Marine Plywood (Το πιο οικολογικό Εο)
- atzon: συμβατικό κόντρα πλακέ οξιάς, τρόπος κατασκευής
- Shelman : τελικό υλικό κατασκευής Okoume Twin Phenol

ΕΡΕΥΝΑ: Εκμάθηση λογισμικού Solidworks, ισχύοντα πρότυπα

ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΚΑΙ ΚΟΠΩΣΗΣ:
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΚΑΙ ΚΟΠΩΣΗΣ:
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΟΡΙΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

Αναζήτηση, Σύγκριση και Επιλογή Υλικού με Χρήση Λογισμικού:

Το λογισμικό Solidworks το οποίο χρησιμοποιήθηκε για το σχεδιασμό αλλά και τους ελέγχους αντοχής και κόπωσης της καρέκλας, χρησιμοποιείται επίσης για αναζήτηση υλικών με συγκεκριμένες ιδιότητες τις οποίες επιλέγει ο χρήστης και είναι παράλληλα πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Το λογισμικό συγκρίνει τις ιδιότητες που θέλει ο χρήστης με τις ιδιότητες υλικών στη βιβλιοθήκη του έτσι ώστε να βρει υλικό/υλικά που πληρούν τις προδιαγραφές για ένα εξάρτημα ή συναρμολόγημα και έπειτα εξετάζει τις επιπτώσεις που έχει αυτή η επιλογή στο περιβάλλον. Αυτή η λειτουργία λέγεται **Design for Sustainability** και εξετάζει:



-Το αποτύπωμα άνθρακα (Carbon Footprint): δηλαδή την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα και ισοδύναμών του όπως μονοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο, που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα κυρίως με την καύση ορυκτών καυσίμων.

-Την κατανάλωση ενέργειας (Energy Consumption): το σύνολο δηλαδή της μη ανανεώσιμης ενέργειας που καταναλώνει το προϊόν/εξάρτημα/συναρμολόγημα σε όλη τη διάρκεια της ζωής του.

-Την οξίνιση του αέρα (Air Acidification): όξινες εκπομπές όπως διοξείδιο του θείου ή οξείδια του αζώτου που ευθύνονται για την όξινη βροχή.

-Τον ευτροφισμό του νερού (Water Eutrophication): δηλαδή την μόλυνση των υδάτινων οικοσυστημάτων από υγρά απόβλητα και λιπάσματα με αποτέλεσμα την βαθμιαία καταστροφή τους.

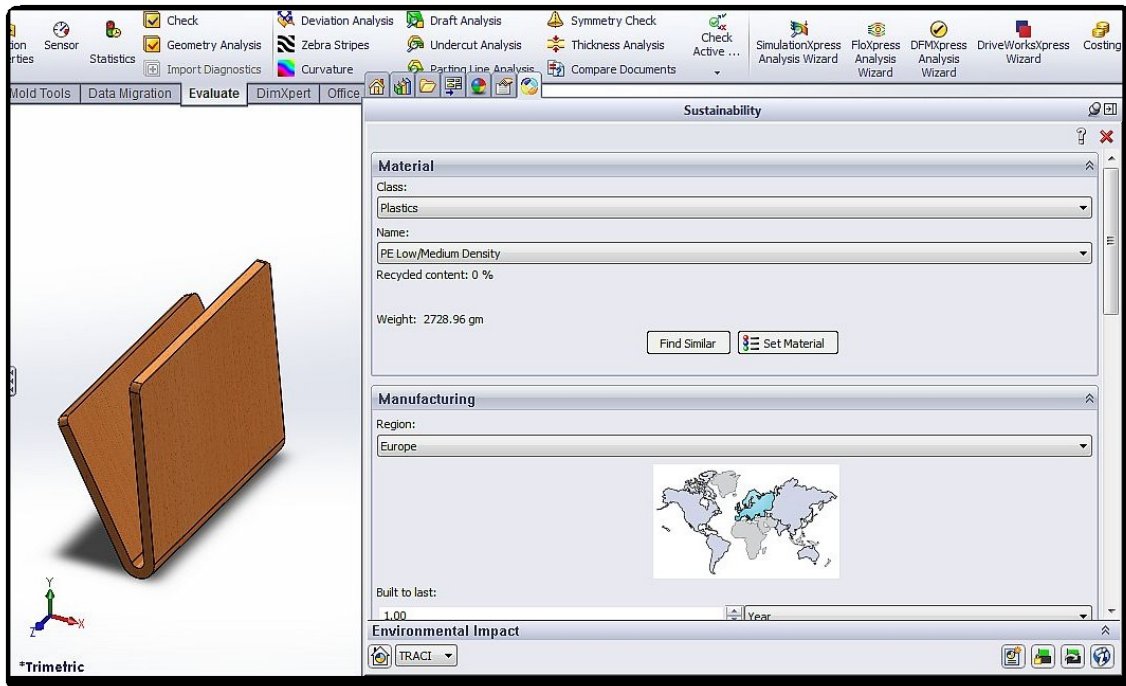
Το λογισμικό βασίζεται στις εξής παραμέτρους:

- Το υλικό που χρησιμοποιείται
- Τρόπος και περιοχή κατασκευής
- Περιοχή χρήσης
- Τρόπος μεταφοράς
- Απόρριψη στο τέλος του κύκλου ζωής

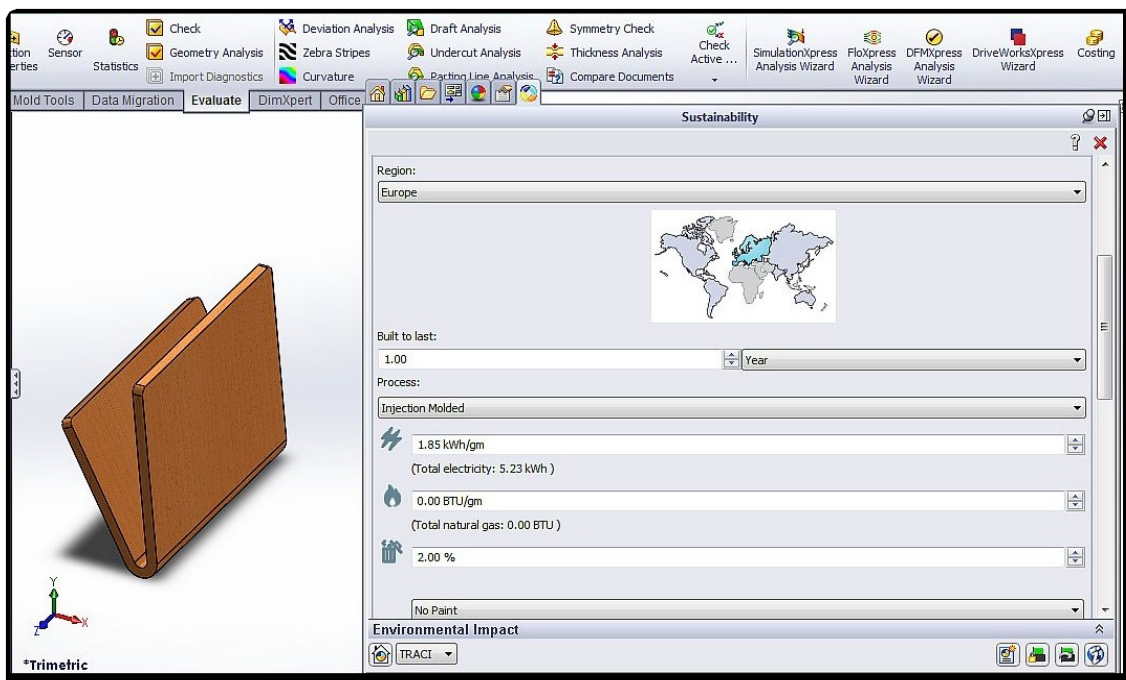
Επομένως είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι όσο περισσότερες πληροφορίες είναι διαθέσιμες για τις παραπάνω παραμέτρους, τόσο πιο ικανοποιητικά και έγκυρα θα είναι και τα αποτελέσματα. Δυστυχώς στην περίπτωση της καρέκλας δε μπορούσε να

γίνει ο έλεγχος στο κόντρα πλακέ διότι δεν υπήρχε στην βιβλιοθήκη του λογισμικού αλλά έγινε έλεγχος με εφαρμογή θερμοπλαστικού υλικού.

Έτσι, παρακάτω θεωρούμε ότι γίνεται ο έλεγχος σε ένα τμήμα της καρέκλας, στην θήκη για το βιβλίο, με υλικό PE πολυαιθυλένιο χαμηλής/μέτριας πυκνότητας:



Επιλογή περιοχής, επιθυμητή διάρκεια ζωής καθώς και τρόπου κατασκευής. Η καταναλισκόμενη ενέργεια δεν είναι ακριβής αλλά βασίζεται πάνω σε δεδομένα γενικά για το συγκεκριμένο τρόπο κατασκευής. Αν υπήρχαν πληροφορίες για τα πραγματικά δεδομένα θα εισάγονταν αυτές.



Το υλικό που επιλέχθηκε τίθεται ως σημείο αναφοράς (baseline) και γίνεται σύγκριση με παρόμοια υλικά του λογισμικού:

Materials	Material Class	Elastic Modulus N/m ²	Poissons Ratio N/A	Shear Modulus N/m ²	Density kg/m ³	Thermal Conduc... W/(m·K)	Specific Heat J/(kg·K)
PE Low/Medium Density	Plastics	1.72e+008	0.439	5.94e+007	917	0.322	1842

Property	Condition	Value	Units
Material Class	=	-any-	
Elastic Modulus	>	1.72e+008	N/m ²
Poissons Ratio	-any-	0.439	N/A
Shear Modulus	-any-	5.94e+007	N/m ²
Density	-any-	917	kg/m ³
Thermal Conductivity	-any-	0.322	W/(m·K)
Specific Heat	-any-	1842	J/(kg·K)
Tensile Strength	>	1.327e+007	N/m ²
Financial Impact	-any-	2.50	USD/kg

Environmental Impact

Carbon: Selected Original (0%)

Energy: Selected Original (0%)

Air: Selected Original (0%)

Water: Selected Original (0%)

Material Financial Impact: Selected Original (0%)

Manufacturing Process: Injection Molded

Units: SI - N/m² (Pa)

Στο σχ. γίνεται αναζήτηση υλικού παρόμοιου με το πολυαιθυλενιο χαμηλής πυκνότητας αλλά με μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας και μεγαλύτερη αντοχή σε εφελκυσμό.

Materials	Material Class	Elastic Modulus N/m ²	Poissons Ratio N/A	Shear Modulus N/m ²	Density kg/m ³	Thermal Conduc... W/(m·K)	Specific Heat J/(kg·K)
PE Low/Medium Density	Plastics	1.72e+008	0.439	5.94e+007	917	0.322	1842
<input checked="" type="checkbox"/> PS Medium/High Flow		2.28e+009	0.387	8.173e+008	1040	0.121	1691

Environmental Impact

Carbon: Selected Original (9%)

Energy: Selected Original (6%)

Air: Selected Original (15%)

Water: Selected Original (23%)

Material Financial Impact: Selected Original (22%)

Manufacturing Process: Injection Molded

Units: SI - N/m² (Pa)

Από μια λίστα υλικών που επιστρέφει το λογισμικό επιλέγεται λόγω χάρη PS medium/high flow πολυστυρένιο ομοπολυμερές το οποίο όπως φαίνεται από το Σχ. είναι πιο επιβαρές για το περιβάλλον σε σχέση με το πολυαιθυλένιο χαμηλής/ μέτριας πυκνότητας κρατώντας με τα ίδια δεδομένα πάντα τρόπου κατασκευής κλπ.

Materials	Material Class	Elastic Modulus N/m ²	Poissons Ratio N/A	Shear Modulus N/m ²	Density kg/m ³	Thermal Conduc... W/(m·K)	Specific Heat J/(kg·K)
PE Low/Medium Density	Plastics	1.72e+008	0.439	5.94e+007	917	0.322	1842
PP Homopolymer		1.79e+009			933	0.117	
PP Film		1.53e+009			908		
PS Medium/High Flow		2.28e+009	0.387	8.173e+008	1040	0.121	1691
PS HI		2.1e+009			1080	0.251	
PUR		2.41e+009	0.3897	8.622e+008	1260	0.2618	1900
PVC Rigid		2.41e+009	0.3825	8.667e+008	1300	0.147	1355
Sheet Moulding Comp...		1.38e+009			1400	0.071	
Very Low Density PE (...)		1.723689e+008	0.3		905	0.322	1842
Beryllium		3.03e+011	0.7	1.35e+011	1844	216	
Cobalt		2.11e+011	0.31	8.8e+010	8900	69	410
Molybdenum		3.2e+011	0.38	1.2e+011	10000	150	270
Nickel		2.1e+011	0.31	7.9e+010	8500	43	460
Pure Gold		7.8e+010	0.42	2.6e+010	19000	300	130
Pure Silver		7.1e+010	0.37	2.5e+010	11000	420	230
Titanium		1.1e+011	0.3	4.3e+010	4600	22	460
Tungsten		1.24e+011	0.28	1.6e+011	19000	200	130

Environmental Impact

Carbon: Selected -16%, Original

Energy: Selected -7%, Original

Air: Selected 0%, Original

Water: Selected -1%, Original

Manufacturing Process: Injection Molded

Units: SI - N/m² (Pa)

Material Financial Impact: Selected, Original

Buttons: Accept, Edit, Cancel, Help

Αντίθετα επιλέγοντας PE very low density (SS) όπως φαίνεται και από το Σχ το λογισμικό επιστρέφει ότι το υλικό αυτό είναι πιο οικολογικό οπότε και ενδείκνυται περισσότερο η χρήση για το συγκεκριμένο σενάριο που επιλέξαμε. Στο Σχ. φαίνεται το ποσοστό έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα, καταναλισκόμενης ενέργειας, ρύπανσης αέρα και μόλυνσης νερού που συνδέονται με το νέο υλικό, σε σχέση με το αρχικό υλικό.

Sustainability

Material: []
Class: []

Environmental Impact

Material: [] Use [] Transportation []
Manufacturing [] End of Life []

Duration of Use: 10.00 Year

Carbon: Current -43%, Previous

Energy: Current -23%, Previous

Air: Current -33%, Previous


Water: Current -74%, Previous

Material Financial Impact: Current, Previous

TRACI

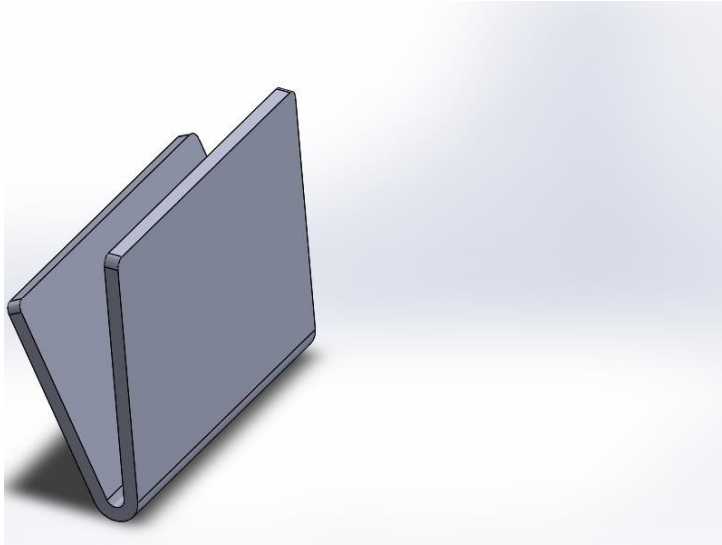
Τέλος, το λογισμικό δημιουργεί μια έκθεση βασισμένη στο υλικό:

Θήκη Καρέκλας
(part1)




SOLIDWORKS
Sustainability Report

[company url here]



Model Name:	Part 1
Material:	Very Low Density PE (SS)
Recycled content:	0.00 %
Weight:	2693.25 g
Manufacturing process:	Injection Molded
Surface Area:	4.23E+5 mm ²
Built to last:	20 year
Duration of use:	10 year



Manufacturing Region
The choice of manufacturing region determines the energy sources and technologies used in the modeled material creation and manufacturing steps of the product's life cycle.

Use Region
The use region is used to determine the energy sources consumed during the product's use phase (if applicable) and the destination for the product at its end-of-life. Together with the manufacturing region, the use region is also used to estimate the environmental impacts associated with transporting the product from its manufacturing location to its use location.

Sustainability Report

Model Name:	Part 1	Material:	Very Low Density PE (SS)	Weight:	2693.25 g	Manufacturing process:	Injection Molded
		Recycled content:	0.00 %	Surface Area:	4.23E+5 mm ²		
				Built to last:	20 year		
				Duration of use:	10 year		

Material Very Low Density PE (SS) 0.00 %

Material Unit Cost Not Defined

Manufacturing

Region: Europe
Process: Injection Molded
Electricity consumption: 1.8 kWh/lbs
Natural gas consumption: 0.00 BTU/lbs
Scrap rate: 2.0 %
Built to last: 20 year
Part is painted: No Paint

Use

Region: Europe
Duration of use: 10 year

Transportation

Truck distance: 0.00 km
Train distance: 0.00 km
Ship distance: 0.00 km
Airplane Distance: 0.00 km

End of Life

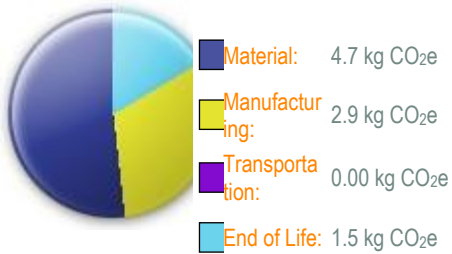
Recycled: 33 %
Incinerated: 13 %
Landfill: 54 %

Sustainability Report

Model Name: 15 mm thicki - Αντήραφο	Material: Very Low Density PE (SS)	Weight: 2693.25 g	Manufacturing process: Injection Molded
	Recycled content: 0.00 %	Surface Area: 4.23E+5 mm ²	Built to last: 20 year
		Duration of use: 10 year	

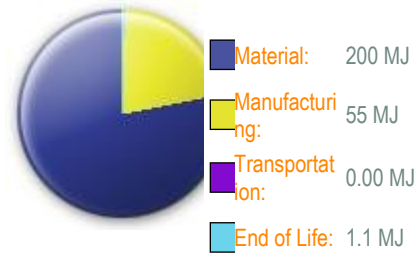
Environmental Impact (calculated using TRACI impact assessment methodology)

Carbon Footprint



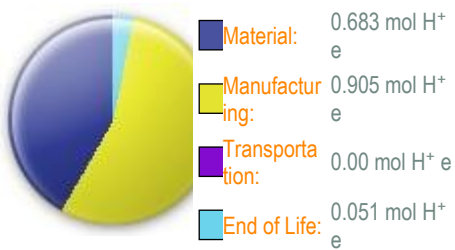
9.0 kg CO₂e

Total Energy Consumed



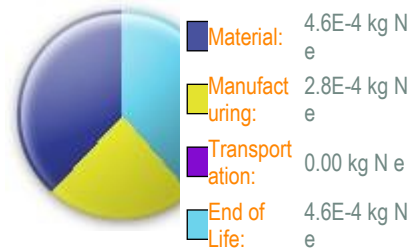
260 MJ

Air Acidification



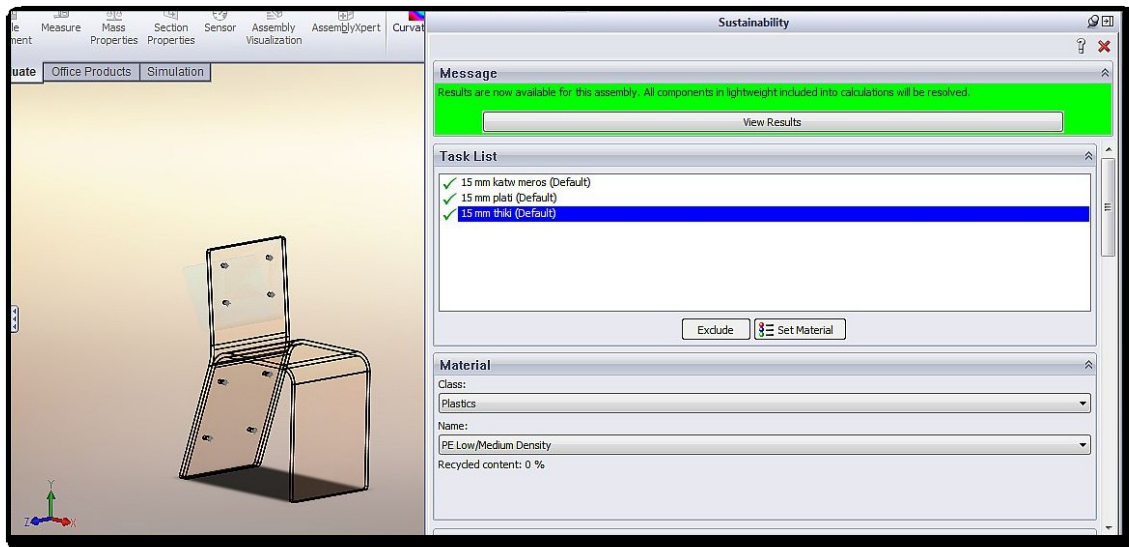
1.6 mol H⁺e

Water Eutrophication



1.2E-3 kg N e

Η ίδια ακριβώς διαδικασία ακολουθείται στη σύγκριση διαφορετικών υλικών, διαφορετικών εξαρτημάτων που απαρτίζουν ένα συναρμολόγημα, έστω η καρέκλα:



Έγινε επιλογή τριών διαφορετικών θερμοπλαστικών και στην τελική έκθεση το λογισμικό εξετάζει πιο υλικό συμβάλει περισσότερο στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ποιο υλικό χρειάζεται περισσότερη ενέργεια η επεξεργασία του κλπ.

Wood you exchange
your book?

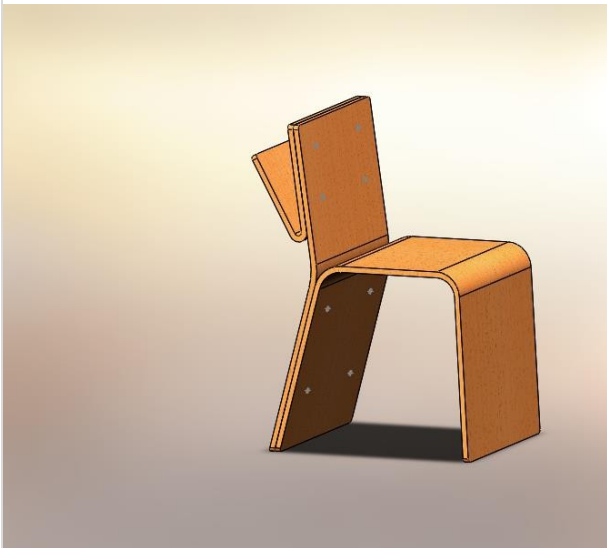


[company name here]

[city, state
here]

[company url here]

Sustainability Report



Model Name: Wood you exchange your book? -Assembly

Weight: 13539.23 g

Built to last: 20 year

Duration of use: 10 year



Manufacturing Region

The choice of manufacturing region determines the energy sources and technologies used in the modeled material creation and manufacturing steps of the product's life cycle.

Use Region

The use region is used to determine the energy sources consumed during the product's use phase (if applicable) and the destination for the product at its end-of-life. Together with the manufacturing region, the use region is also used to estimate the environmental impacts associated with transporting the product from its manufacturing location to its use location.

Sustainability Report

Model Name: Assem1 -
Αντίγραφο

Weight: 13539.23 g
Built to last: 20 year
Duration of use: 10 year

Assembly Process

Region: Europe
Energy type: None
Energy amount: 0.00 kWh
Built to last: 20 year

Use

Region: Europe
Energy type: None
Energy amount: 0.00 kWh
Duration of use: 10 year

Transportation

Truck distance: 1900 km
Train distance: 0.00 km
Ship distance: 0.00 km
Airplane
Distance: 0.00 km

End of Life

Recycled: 25 %
Incinerated: 24 %
Landfill: 51 %

Sustainability Report

Model Name:

Assem1 -
Αντίγραφο

Weight: 13539.23 g

Built to last: 20 year

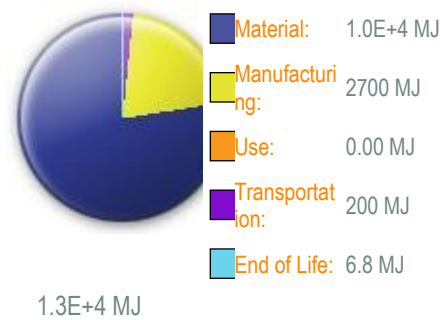
Duration of use: 10 year

Environmental Impact (calculated using TRACI impact assessment methodology)

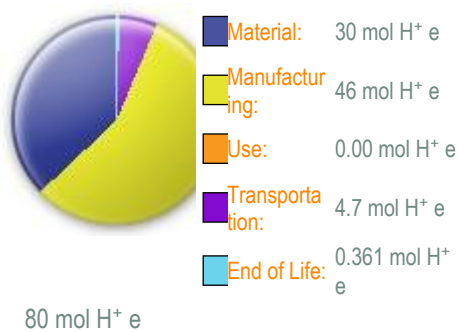
Carbon Footprint



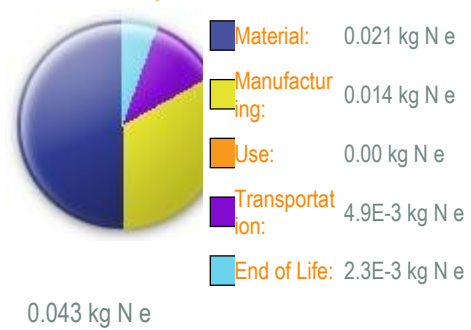
Total Energy Consumed



Air Acidification



Water Eutrophication



Component Environmental Impact

Top Ten Components Contributing Most to the Four Areas of Environmental Impact

Component	Carbon	Water	Air	Energy
15 mm katw meros	25	3.0E-3	4.0	640
15 mm plati	16	1.9E-3	2.6	400
15 mm thiki	11	1.3E-3	1.7	280

Η γνώση των ιδιοτήτων των υλικών αλλά και της συμπεριφοράς των υλικών κάτω από ορισμένες συνθήκες, έστω και προσεγγιστικά, είναι σημαντική ακόμα και κατά τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού ώστε ο σχεδιαστής να είναι σε θέση να επιλέξει άλλο υλικό το οποίο θα ικανοποιεί βέλτιστα την κατασκευή-προϊόν. Υπάρχουν λογισμικά αλλά και διαδικτυακές βιβλιοθήκες υλικών για αυτό το σκοπό, που εξελίσσονται και ανανεώνονται συνεχώς και τα οποία είναι σημαντικά εργαλεία για τους σύγχρονους σχεδιαστές.

Κάποια άλλα προγράμματα τα οποία χρησιμοποιούνται από μηχανικούς και βιομηχανικούς σχεδιαστές για επιλογή υλικών ανάλογα τις ιδιότητές τους, αλλά και για σύγκριση με άλλα υλικά είναι:

- **CES Selector (Granta Design)**
- **Inventor (Autodesk)**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

Απόδοση Αγγλικής Ορολογίας στα Ελληνικά:

ΜΕΡΟΣ Α:

Engineering Model: Τεχνολογικό Μοντέλο
Product Development: Ανάπτυξη Προϊόντος
Product Planning: Σχεδιασμός Προϊόντος
Product Innovation: Καινοτομία των Προϊόντων
Policy Formulation: Διαμόρφωση Πολιτικής
Idea Finding: Εύρεση Ιδέας
Feasibility Study Phase: Φάση Μελέτης Σκοπιμότητας
Preliminary Design Phase: Φάση προκαταρκτικού Σχεδιασμού
Detailed Design Phase: Φάση Λεπτομερούς Σχεδιασμού
Conceptual Design: Κατασκευαστική Σύνοψη
Embodiment Design: Κατασκευαστική Διαμόρφωση
Detail Design: Λεπτομερής Σχεδιασμός

ΜΕΡΟΣ Β:

Density: Πυκνότητα
Mechanical Properties: Μηχανικές Ιδιότητες
Young's Modulus: Μέτρο Ελαστικότητας
Module of Rupture: Όριο Θραύσης
Shear Modulus: Μέτρο Διάτμησης
Poisson's Ratio: Λόγος Poisson
Hardness-Vickers: Σκληρότητα κατά Vickers
Elastic Limit: Όριο Διαρροής
Ultimate Tensile Strength (UTS): Ανώτατο Όριο Εφελκυσμού
Compressive Strength: Αντοχή σε Θλίψη
Elongation: Επιμήκυνση
Fracture Toughness: Δυσθραυστότητα
Principal Stresses: Κύριες Τάσεις
Factor of Safety: Συντελεστής Ασφαλείας
Finite Element Method: Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων
Static Study: Έλεγχος Στατικότητας
Fatigue Study: Έλεγχος Κόπωσης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

Μέρος 1^ο :

50 Chairs 'Innovation in Design and Materials', Mel Bryars, Prodesign Series

Ιστορία του design, Renato De Fusco. Μετάφραση: Ανθή Λουρίδα, Nova 1989

The eco-design handbook, Alastair Fuad-Luke, Thames & Hudson, third edition 2009

A survey of design philosophies, models, methods and systems ,Review Paper, O. Enbuomwan, S. Sivaloganathan, A. Jebb, Engineering Design Centre, City University, London

Product Design with Embodiment Design as a New Perspective, Lau Langeveld, Delft University of Technology, The Netherlands

Delft Design Guide , Annemiek van Boeijen and Jaap Daalhuizen, 2010 Faculteit Industrieel Ontwerpen ISBN/EAN: 978-90-5155-066-5

Σχεδιασμός Μηχανολογικών Κατασκευών I, Μ. Μ. Σφαντζικόπουλου, Ε. Μ. Π, 2005

Σύγχρονη Εργονομία, Λάιος Λάμπρος, ISBN: 960-7530-44-6, 2003

Σημειώσεις Τεχνολογίας Παραγωγής Επίπλων και Ξυλοκατασκευών III, Θανάσης Μπάμπαλης, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου Παράρτημα Καρδίτσας, 2008

Βιομηχανικός Σχεδιασμός 1, Θανάσης Μπάμπαλης, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου Παράρτημα Καρδίτσας, Απρίλιος 2009

Σχέδιο Επίπλου, Κ. Κούρτης, Ε. Παπάζογλου, Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια, Τομέας εφαρμοσμένων τεχνών

Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Βιομηχανικών Προϊόντων με Χρήση Εργαλείων Μαθηματικού προγραμματισμού, Μ. Θυμιανίδης, Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2011

Οι έννοιες της νεωτερικότητας και της μετανεωτερικότητας και η σχέση τους με τη γνώση: Μια κοινωνιολογική προσέγγιση, Άννη Ασημάκη, Γεράσιμος Κουστουράκης, Ιωάννης Καμαριανός, Το Βήμα των Κοινωνικών Επιστημών, Τόμος ΙΕ, τεύχος 60 Καλοκαίρι 2011

Ο Χρόνος στη Μεταμοντέρνα Κατάσταση: Οι προσεγγίσεις των David Harvey και Zigmunt Bauman, Βόγκλη Μαρία-Χριστίνα

Αρχείο Bauhaus, Magdalena Droste, ISBN: 960-235-739-8, TASCHEN, 2006

Μέρος 2^ο :

Anthropometry and Workspace Design DEA 3250/6510, Alan Hedge, Cornell University, August 2013

Ergonomics and Design: A Reference Guide, Scott Openshaw, Erin Taylor, 2006 Allsteel Inc.

Human Factors Design Standard (HF-STD-001), Ahlstrom, V., & Longo, K. (2003)

Engineering Design: A systematic approach, G. Pahl, W. Beitz, Ken Wallace, Springer-Verlag GmbH, ISBN-13: 978-3540199175, 1995

Σύγχρονη Εργονομία, Λάιος Λάμπρος, ISBN: 960-7530-44-6, 2003

Σημειώσεις Τεχνολογίας Ξύλου II, Προϊόντα Ξύλου, Δρ. Ιωάννη Κακαρά, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου Παράρτημα Καρδίτσας, 2003

Wood: Materials for Veneers and Panels, Encyclopedia of Materials: Science and Technology ISBN: 0-08-0431526, Elsevier Science Ltd. 2001

Wood: Materials for furniture, Encyclopedia of Materials: Science and Technology ISBN: 0-08-0431526, Elsevier Science Ltd. 2001

HMO/MDO Plywood Product Guide, Form No. B360N, APA The Engineered Wood Association, 2011

CORRIM: Life-Cycle Environmental Performance of Renewable Building Materials, B. Lippke, J. Wilson, J.P. Garcia, J. Bowyer and J. Meil, 2004

Ξυλόφυλλα, Αντικολλητα, Λυκίδης Χαράλαμπος, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου Παράρτημα Καρδίτσας

Ευρωπαϊκά πρότυπα για την εφαρμογή του CE στα προϊόντα ξύλου, Ι. Μπαρμπούτης Επ. Καθηγητής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, FURNIMA 2009

Ανώτατο όριο φορμαλδεΐδης για τα έπιπλα, διακοσμητικά αντικείμενα και πρώτες ύλες αυτών σύνθετης συγκολλημένης ξυλείας – Μετανάστευση ορισμένων στοιχείων από παιδικά έπιπλα -Επιτροπή Επίπλου, Οδηγίες για την εφαρμογή της ΚΥΑ Ζ3-5430/09, ΦΕΚ 746/Β/22-4-2009

Επιφανειακά Βιομηχανικά Προϊόντα Ξύλου, Τεχνολογία Δομήσιμων Υλών, Ράμυ Χασσάν, Ε.Μ.Π Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, 2010

Έκλυση φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου, Μεταπτυχιακή διατριβή, Ε. Ν. Παπαθέου, Εργαστήριο Δασικής Τεχνολογίας, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, 2010

Φορμαλδεΐδη: Ένας από τους κύριους ρυπαντές εσωτερικών χώρων σε νεόδμητες κατοικίες, Γ. Μαντάνης, Γ. Αναστάσης, Ι. Κακαράς, Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα-Σειρά II-Τόμος 17- Τεύχος 1/2006

The challenge of Bio-Adhesives for the Wood Composite Industries, E. Papadopoulou, P. Nakos, S. Tsiantzi, E. Athanassiadou, Chimar Hellas S.A

Ανασκόπηση των 'πράσινων' διαλυτών και πολυμερών υλικών, Η. Παπαδοπούλου, Chimae Hellas S.A

Αντοχή συνδέσεων και ποιοτικός έλεγχος καθίσματος, Θ. Τσιούκας, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, 2009

Μηχανικές Ιδιότητες του Ξύλου, Δρ. Γ. Μαντάνης, Εργαστήριο Επιστήμης Ξύλου, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου Παράρτημα Καρδίτσας

Performance Test Method for Intensive Use Chairs –FNEW 83-269: A Description of the Test Method with Drawings, C. A Eckelman and Y. Z. Erdil, Purdue University, Forestry and Natural Resources

Fatigue Behavior and Design of Wood Composites as Furniture Components, L. Dai and J. Zhang, Conference article no. FP 374 of the Forest and Wildlife Research Center, Mississippi State University

Materials and the environment: Eco informed material choice, Michael F. Ashby, Butterworth-Heinemann, ISBN-13: 978-0123859716

Major Accomplishments in Composite Materials and Sandwich Structures, I. M. Daniel, E. E. Gdoutos, Y. D. S. Rajapakse, ISBN: 978-90-481-3140-2

Veneering and Wood Bending in the Furniture Industry, W. Clark, London College of Furniture, Pergamon Press

Σχεδιασμός Μηχανολογικών Κατασκευών I & II, Μ. Μ. Σφαντζικόπουλου, Ε. Μ. Π, 2005

Ιστότοποι:

www.wikipedia.org

www.books.google.com

<http://www.sciencedirect.com/>

<http://www.wfdt.teilar.gr/> (Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου)

<http://www.matweb.com/> (material property data)

www.cen.eu (European Committee for Standardization)

www.bifma.org

www.epipleon.gr

www.tradewood.co.uk

<http://www.trada.co.uk/>

www.apawood.org

www.balin.gr (Ανθρωπομετρία & Εργονομία του καθίσματος)

<http://www.frn.org.uk/> (furniture re-use network)

www.woodcenter.org

<http://www.chimarhellas.com/>

www.roymech.co.uk

<http://www.proto-type.gr>

<http://www.uprintsource.com>

<http://www.stratasys.com>

Προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν:

Autocad 2011

Autodesk 3Ds max 2011

Solidworks 2013

Adobe Photoshop CS5

IrfanView

