



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

Σχεδιασμός Εργονομικού Καθίσματος Εργασίας Ημικαθιστού τύπου

Παναγιώτης Α. Γούργουρας

Επιβλέπων: Νικόλαος Μαρμαράς

Αθήνα, 2004

**« Όλοι οι απασχολούμενοι σε καθιστικές εργασίες
υποφέρουν από πόνο στην οσφυϊκή χώρα »**

Bernardini Ramazzini, De morbis Artificum (1713)

Εισαγωγή.....	4
ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ.....	6
1 Πόνος στην οσφυϊκή χώρα-Επιδημιολογία.....	6
1.1 Γενικά.....	6
1.1.1 Επιδημιολογία- Εξάπλωση- Επιπτώσεις.....	7
1.2 Ιστορία του καθίσματος εργασίας.....	10
1.3 Άνεση.....	12
1.4 Πόνος στην οσφυϊκή χώρα και πνευματικός φόρτος εργασίας.....	13
1.5 Στάση του σώματος και απόδοση κατά την εργασία.....	14
2 Καθιστική εργασία και πόνος στην οσφυϊκή χώρα.....	14
2.1 Εισαγωγή.....	14
2.2 Εφαρμοσμένη Ανατομία και Παθοφυσιολογία.....	15
2.3 Ανατομία της σπονδυλικής στήλης κατά την καθιστή θέση εργασίας.....	23
ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ.....	28
3 Προσδιορισμός προτεινόμενης στάσης ανθρώπου κατά την χρήση καθίσματος εργασίας	28
3.1 Βασικές Αρχές Εργονομικού σχεδιασμού.....	28
3.2 Επιλογή Ανθρωπομετρικών Δεδομένων.....	29
3.3 Διαστάσεις Ανθρώπου, Ορισμοί.....	30
3.4 Περιορισμοί για τη στάση του χρήστη.....	34
3.5 Τελική στάση χρήστη με την προσαρμογή στους περιορισμούς.....	35
3.6 Βασικά μεγέθη για τα μαξιλαράκια.....	38
4 Σχεδιασμός Πρωτοτύπου Καθίσματος Εργασίας.....	40
4.1 Απαιτούμενες δυνατότητες του καθίσματος.....	40
4.1.1 Μεταβολές Θέσεως Μαξιλαριών κατά την προσαρμογή από το 3,5° στο 97,5° εκατοστημόριο.....	40
4.1.2 Γενική μορφή καθίσματος.....	41
4.2 Υπολογισμός διαστάσεων αξόνων.....	42
4.2.1 Διαδικασία του σχεδιασμού.....	42
4.2.2 Υπολογισμός ιδανικών διαστάσεων.....	44
4.2.3 Χαρακτηριστικά πρωτοτύπου καθίσματος.....	45
4.2.4 Τελικές διαστάσεις πρωτοτύπου καθίσματος.....	48
4.3 Υπολογισμός διαστάσεων πρωτοτύπου καθίσματος.....	54
4.3.1 Βάση στήριξης.....	54
4.3.2 Υπολογισμός διαστάσεων.....	54
5 Κατασκευή.....	64
5.1 Λεπτομέρειες κατασκευής.....	64
5.1.1 Διαστάσεις βάσης.....	64
5.1.2 Σύνδεση αξόνων- μαξιλαριών.....	65
5.1.3 Μήκος Μαξιλαριών.....	65
5.1.4 Σύνδεση αξόνων.....	66
5.1.5 Κατασκευαστικό Σχέδιο.....	67
6 Επίλογος.....	68
7 Βιβλιογραφία.....	69

Εισαγωγή

Υστερα από μια μεγάλη σειρά ερευνών, από διάφορα επιστημονικά πεδία, είναι πλέον ευρείας αποδοχής το συμπέρασμα ότι το ανθρώπινο σώμα είναι κατασκευασμένο για να κινείται και οποιαδήποτε στατική θέση δεν μπορεί σε διάρκεια χρόνου να είναι άνετη. Ταυτόχρονα είναι σε όλους γνωστή η αλλαγή του τύπου της εργασίας κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών από την χειρονακτική σε μια πιο καθιστική μορφή. Μάλιστα τα τελευταία χρόνια η ραγδαία εξάπλωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών εντείνει το φαινόμενο αυτό. Μαζί με την αλλαγή της μορφής της εργασίας εντάθηκε και το πρόβλημα του πόνου στην οσφυϊκή χώρα. Όλο και μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού υποφέρει από αυτό το, συσχετιζόμενο σε μεγάλο βαθμό και με τις εργασιακές συνθήκες, πρόβλημα.

Μέχρι τώρα δε μπόρεσε να δοθεί λύση ευρύτερης αποδοχής στο πρόβλημα της στάσης που υιοθετεί ο εργαζόμενος σε ένα γραφείο. Τα περισσότερα υπάρχοντα καθίσματα προτείνουν μια στατική θέση εργασίας κατά την οποία ο κορμός, οι μηροί και οι κνήμες σχηματίζουν μεταξύ τους ορθές γωνίες. Ο κλασικός αυτός τρόπος καθίσματος όπως θα παρουσιαστεί στη συνέχεια δε προσφέρει στην αντιμετώπιση του προβλήματος. Στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός ενός καθίσματος εργασίας που να πληρεί τις προϋποθέσεις για μια πιο «υγιεινή» στάση, όσο βέβαια αυτό είναι εφικτό αφού η πολύωρη διατήρηση οποιασδήποτε στάσης δε είναι υγιεινή για το σώμα, κατά τη διάρκεια της εργασίας.

Στο Πρώτο Μέρος της εργασίας γίνεται η τοποθέτηση του προβλήματος του σχεδιασμού καθίσματος εργασίας σε θεωρητικό πλαίσιο. Παρουσιάζεται το πρόβλημα του πόνου στην οσφυϊκή χώρα, τα επιδημιολογικά στοιχεία για την εξάπλωση του προβλήματος και τη σημασία του για την κοινωνία και την οικονομία, γίνεται μια αναλυτική αναφορά στη φυσιολογία του προβλήματος, στους παράγοντες που το προκαλούν και στο τρόπο εμφάνισης του. Γίνεται η συσχέτιση με την εργασία και πως αυτή συμβάλλει στη δημιουργία του. Τέλος τεκμηριώνεται θεωρητικά το πως η χρήση ενός συγκεκριμένου τύπου καθίσματος μπορεί να συμβάλλει στην ελάττωση του προβλήματος και δίνονται οι απαραίτητες κατευθύνσεις για τον σχεδιασμό του.

Στο Δεύτερο Μέρος αναλύεται η πορεία του σχεδιασμού του πρωτοτύπου καθίσματος και παρουσιάζεται αναλυτικά η μορφή και η λειτουργία του. Προσδιορίζεται σύμφωνα με τα συμπεράσματα των προηγούμενων κεφαλαίων η προτεινόμενη στάση για τον άνθρωπο και σχεδιάζεται το πρωτότυπο κάθισμα το οποίο θα πρέπει να πληρεί τις προδιαγραφές από πλευράς υγιεινής που θέσαμε αλλά να είναι ταυτόχρονα λειτουργικό και εύχρηστο σύμφωνα με τις αρχές του εργονομικού σχεδιασμού. Τέλος υπάρχει το κατασκευαστικό σχέδιο του πρωτοτύπου.

Για την μετατροπή του πρωτοτύπου καθίσματος σε τελική κατασκευάσιμη μορφή απαιτείται η προσαρμογή του καθίσματος με την βοήθεια κινητικών και στατικών μελετών αλλά και ο υπολογισμός της αντοχής των μερών της κατασκευής για την ακριβή επιλογή των υλικών και των εξαρτημάτων που απαιτούνται, αυτό το τμήμα όμως της μελέτης υπερβαίνει τα όρια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή κ. Μαρμαρά Νικόλαο για την αμέριστη υποστήριξη του στην εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Χωρίς τη δική του επίβλεψη και καθοδήγηση δεν θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση αυτής της μελέτης. Αλλά τον ευχαριστώ επίσης γιατί πέρα από τα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας η συνεργασία μας αποτέλεσε αρκετές φορές έναυσμα για περαιτέρω αναζητήσεις στα πεδία της εργονομίας και της μηχανολογίας.

Οφείλω επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Καθηγητή κ. Σφαντζικόπουλο για την συνεισφορά του στο σχεδιασμό του πρωτοτύπου καθίσματος και τον Ιατρό Εργασίας κ. Χατζή Χρήστο για την συμβολή του στην τεκμηρίωση της θεωρητικής βάσης του σχεδιασμού.

Τέλος, ευχαριστώ όλους όσους με υποστήριξαν και με ενθάρρυναν κατά τη διάρκεια της εργασίας και ιδιαίτερα την οικογένεια μου και την φίλη μου Αγγέλη Κατερίνα, φοιτήτρια Ιατρικής για την υπομονή της να με εισάγει στις εξειδικευμένες ιατρικές έννοιες που ήταν απαραίτητες για την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

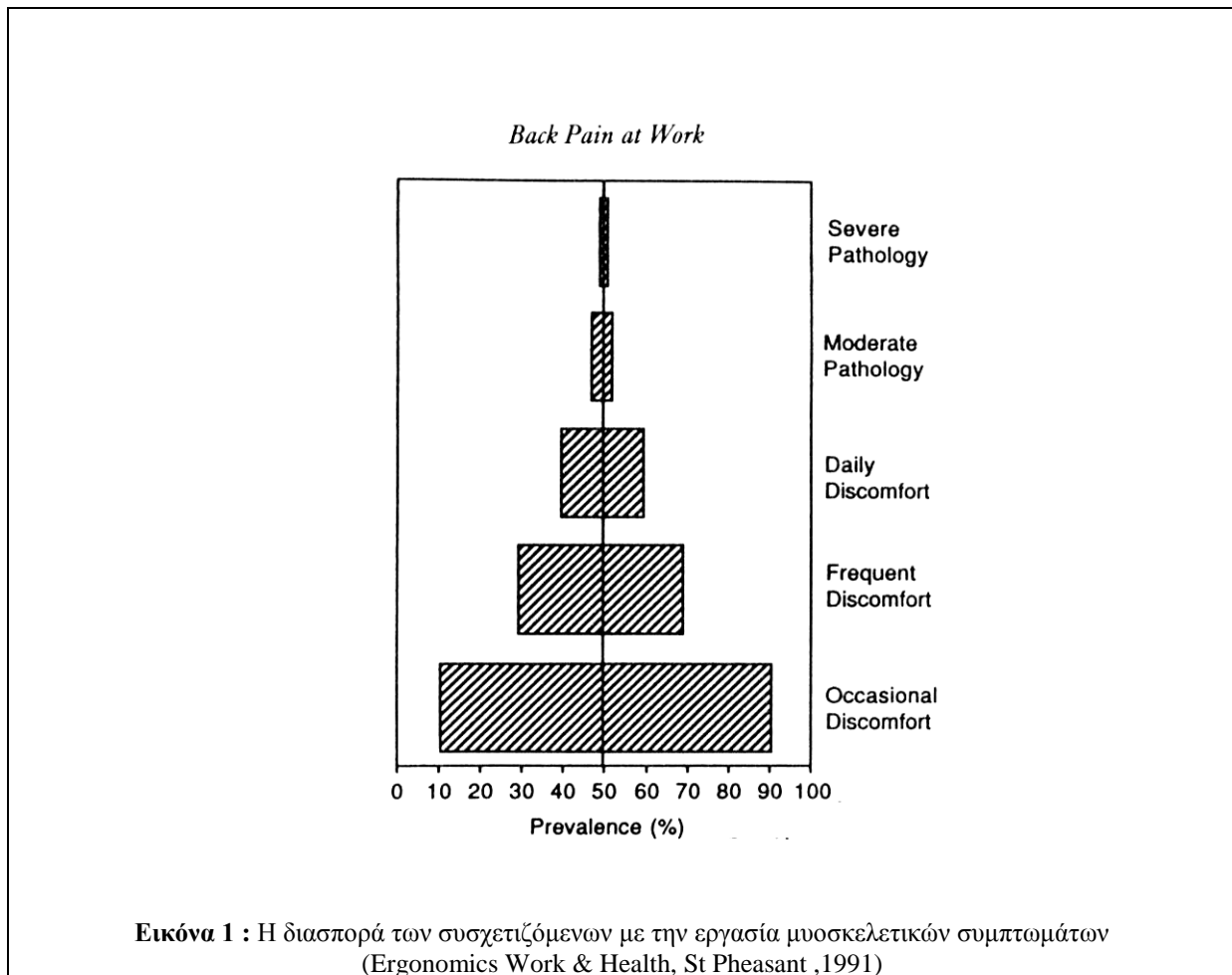
Οκτώβριος 2004

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

1 Πόνος στην οσφυϊκή χώρα-Επιδημιολογία

1.1 Γενικά

Ο πόνος στην οσφυϊκή χώρα (πόνος στη μέση όπως είναι ευρύτερα γνωστός) είναι η πιο διαδεδομένη από τις μυοσκελετικές δυσλειτουργίες τις συσχετιζόμενες με την εργασία και αυτή με τις μεγαλύτερες οικονομικές επιπτώσεις. Χαρακτηριστικό είναι ότι το ετήσιο συνολικό κόστος (στοιχεία 1990) συνιστώμενο από ιατρικές αποζημιώσεις, απουσία από την εργασία, καθυστέρηση στην παραγωγή κτλ, για τις Η.Π.Α. ανέρχεται περίπου στα 80 δισεκατομμύρια δολάρια. (Ergonomics Work & Health, St Pheasant, 1991). Για το λόγο αυτό έχει μελετηθεί από πλευράς επιδημιολογίας εκτενέστατα.



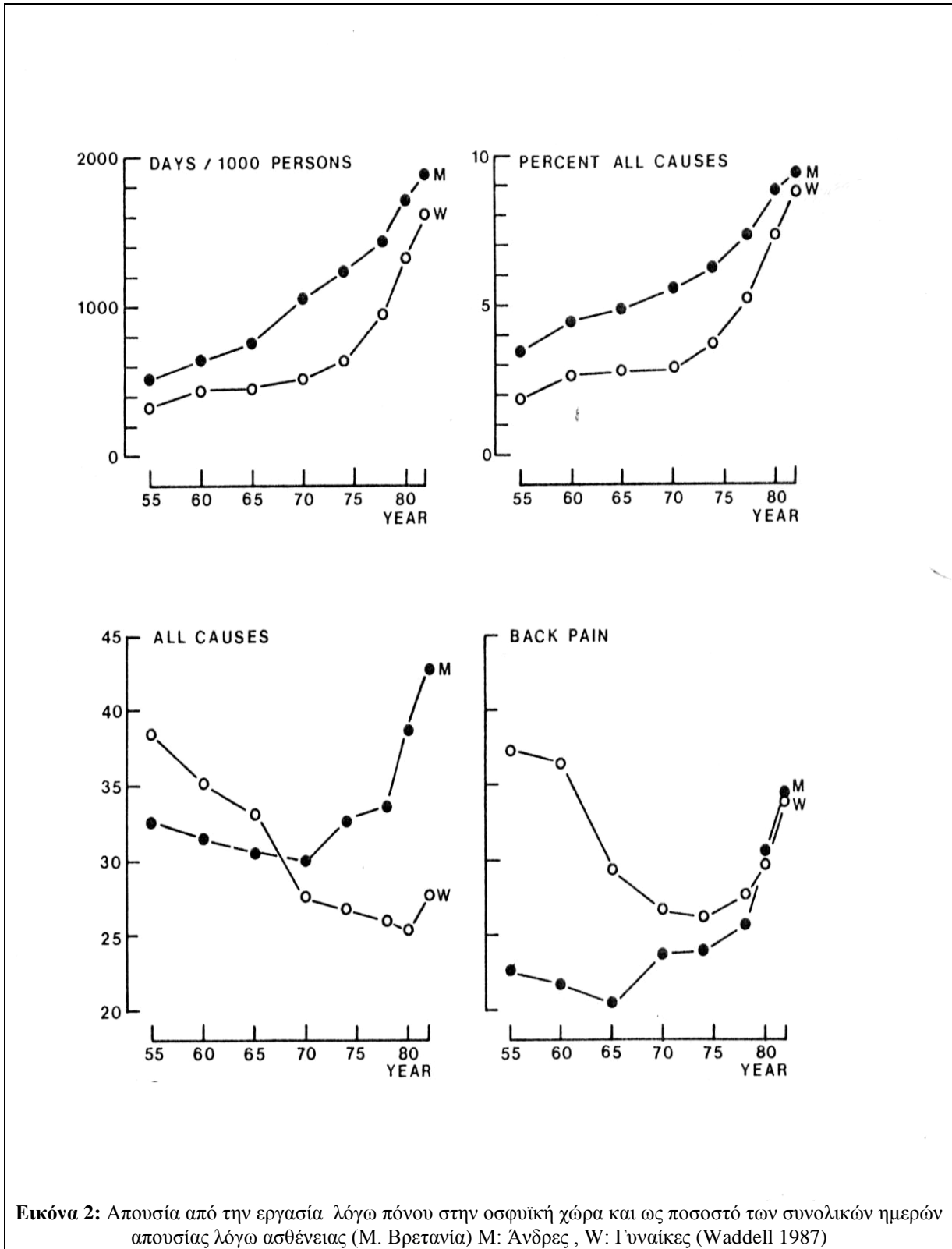
Ο πόνος στην οσφυϊκή χώρα να είναι οξύς ή αμβλύς, τοπικός ή διάχυτος. Μπορεί να περιορίζεται κατά μήκος της σπονδυλικής στήλης ή να εκτείνεται προς τα έξω και προς τους γλουτούς και το άνω μέρος των μηρών. Μπορεί ακόμα να εμφανιστεί και μούδιασμα του ποδιού κάτι που υποδεικνύει εμπλοκή και των νεύρων.

Τα περισσότερα επεισόδια εμφάνισης πόνου στην οσφυϊκή χώρα είναι συνήθως χρονικά περιορισμένα. Ο πόνος υποχωρεί σύντομα (σε λίγες βδομάδες το πολύ) αλλά η πιθανότητα επανεμφάνισης είναι πολύ υψηλή (της τάξεως του 60 % για επανεμφάνιση σε διάρκεια ενός χρόνου).

Στην **Εικόνα 1** φαίνεται η εξάπλωση του προβλήματος. Είναι χαρακτηριστικό το πόσο μεγάλο είναι το ποσοστό των εργαζομένων που αντιμετωπίζει συχνά πρόβλημα, ενώ είναι εντυπωσιακό πως ένα ποσοστό γύρω στο 20% των εργαζομένων (περίπου 1 στους 5) αντιμετωπίζει καθημερινό πρόβλημα. Η ύπαρξη βέβαια πολύ σοβαρών προβλημάτων, συναντάται σπανιότερα. Ωστόσο γεγονός παραμένει πως η απόδοση και η υγεία των εργαζομένων δέχονται σημαντική επιβάρυνση από τον πόνο στην οσφυϊκή χώρα.

1.1.1 Επιδημιολογία- Εξάπλωση- Επιπτώσεις

Στη συνέχεια παραθέτονται στοιχεία που δείχνουν ποια ακριβώς είναι η επίπτωση του προβλήματος του πόνου στην οσφυϊκή χώρα για την οικονομία και την κοινωνία γενικότερα. Με βάση τα στοιχεία των ετών 1955 ως 1982 για τη Μεγάλη Βρετανία (**Εικόνα 2**) η απουσία από την εργασία λόγω ασθένειας από τον πόνο στην οσφυϊκή χώρα αυξάνεται και σε απόλυτες μέρες και ως ποσοστό της απουσίας λόγω ασθένειας γενικότερα. Είναι παράλληλα εντυπωσιακό ότι ο παράγοντας φύλο δεν παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του προβλήματος (Waddell , 1987).



Εξετάζοντας τη συμμετοχή του πόνου στην οσφυϊκή χώρα στη συνολική απουσία από την εργασία ενός ατόμου (απουσία τουλάχιστον 3 ημερών) παρατηρούμε ότι παρουσιάζει από το 1975 και μετά ιδιαίτερα αυξητικές τάσεις. Μάλιστα αυτό παρατηρείται και για τα δύο φύλα τα οποία, ενώ το 1955 είχαν μεγάλη απόσταση, με την ομογενοποίηση των απαιτήσεων από την εργασία ακολουθούν πλέον συγκλίνουσα πορεία. Μια πιο ποιοτική ματιά στα διαθέσιμα

στοιχεία φανερώνει ότι για το 85% του κόστους από τις απουσίες εργαζομένων λόγω πόνου στην πλάτη ευθύνεται το 5% των περιπτώσεων, που αφορά μακροχρόνιες απουσίες (άνω των τριών μηνών).

Ο πόνος στην οσφυϊκή χώρα διακρίνεται από αυτό το χαρακτηριστικό. Όταν το πρόβλημα δημιουργηθεί είναι δύσκολη η θεραπεία του ενώ είναι σύνηθες να επανεμφανίζεται ύστερα από λίγο καιρό ακόμα πιο έντονο. Μάλιστα σε περιπτώσεις που η απουσία του εργαζομένου ξεπεράσει τους 6 μήνες η πιθανότητα να επιστρέψει στην δουλειά του είναι λιγότερη του 50%. Αν δε η απουσία είναι ενός έτους η πιθανότητα μειώνεται στο 25%, ενώ για απουσία 2 ετών η πιθανότητα επιστροφής στην εργασία είναι σχεδόν μηδενική.

Επιπλέον στοιχεία (Biering-Sorensen 1982) παρουσιάζουν αναλυτικότερα την επίδραση παραγόντων όπως η ηλικία και το φύλο. Τα στοιχεία αφορούν άτομα από 30 ως 60 ετών από ένα προάστιο της Κοπεγχάγης (**Εικόνα 3**). Υπάρχουν στοιχεία για την εμφάνιση του προβλήματος στο πληθυσμό για την χρονική στιγμή της έρευνας, για εμφάνιση στη διάρκεια του τελευταίου χρόνου αλλά και για εμφάνιση κάποια στιγμή στη ζωή των ανθρώπων που εξετάστηκαν.

Τα αποτελέσματα που με ασφάλεια μπορούν να γενικευτούν για όλο τον πληθυσμό σε ηλικία εργασίας, δείχνουν ότι συνολικά το φύλο δεν διαφοροποιεί σημαντικά τον κίνδυνο να αντιμετωπίσει κάποιος το πρόβλημα. Υπάρχουν επιμέρους διαφορές ωστόσο δεν μπορούμε να θεωρήσουμε ότι κάποιο από τα δύο φύλα είναι περισσότερο εκτεθειμένο σε σχέση με το άλλο. Εξετάζοντας χωριστά τα στοιχεία παρατηρούμε μικρή διακύμανση στα ποσοστά του ανδρικού πληθυσμού σχετικά με την εμφάνιση του προβλήματος στις διάφορες ηλικίες, ενώ για τις γυναίκες βλέπουμε ότι το μεγαλύτερο ηλικιακά γκρουπ γυναικών αντιμετωπίζει αυξημένο κίνδυνο σε σχέση με τις νεότερες.

Ταυτόχρονα οι προβλέψεις είναι ότι το 70% των ανθρώπων θα βιώσει ένα ή περισσότερα επεισόδια πόνου στην οσφυϊκή χώρα κατά τη διάρκεια της ζωής του.

Age	Point Prevalence (%)		One-year period Prevalence (%)		Cumulative Lifetime Prevalence (%)	
	Men	Women	Men	Women	Men	Women
30	9	6	44	41	56	52
40	16	16	49	39	69	55
50	13	12	45	47	65	64
60	11	29	43	54	63	77
All Ages	12	15	45	45	63	61

Εικόνα 3: Εξάπλωση του πόνου στην οσφυϊκή χώρα σε ένα προάστιο της Κοπεγχάγης (Στοιχεία Biering-Sorensen 1982)

Είναι πλέον φανερό πόσο σημαντικό είναι το πρόβλημα αυτό και το εύρος των φορέων που επηρεάζει.

Οι συνέπειες του είναι πολλαπλές :

- Από ηθικής άποψης, η ταλαιπωρία, η επιβάρυνση της υγείας, η απώλεια της ποιότητας ζωής για τους πάσχοντες

- Από οικονομικής άποψης, τα έξοδα νοσηλείας ή θεραπειάς, η απώλεια δυναμικού για τις επιχειρήσεις, η καθυστέρηση της παραγωγής
- Από κοινωνικής άποψης, η ύπαρξη μιας μερίδας ατόμων με ευπαθή υγεία

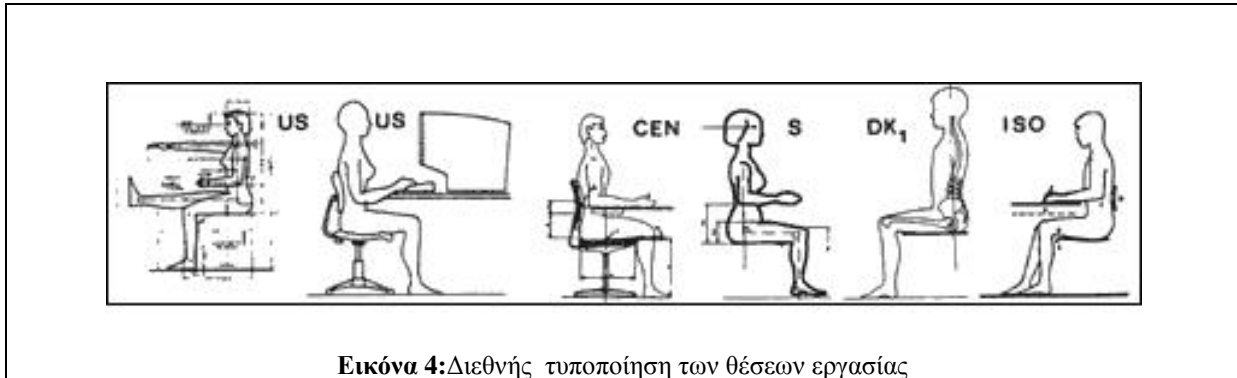
Στη συνέχεια αναλύεται με ποιό τρόπο και πόσο άμεσα σχετίζεται με αυτό το σημαντικό πρόβλημα το κάθισμα εργασίας, αλλά και γενικότερα οι συνήθειες των εργαζομένων σε καθιστικές θέσεις εργασίας.

1.2 Ιστορία του καθίσματος εργασίας

Στις αρχές του 18^{ου} αιώνα, όταν οι υπάλληλοι ήταν όλοι άνδρες ήταν σύνηθες το να στέκεσαι όρθιος ενώ δουλεύεις στο γραφείο. Διατηρούνταν ακόμη πεποιθήσεις που σχετίζονταν με τη θέση των εργαζομένων (κυρίως γραμματέων) σε σχέση με τους εργοδότες τους, που τους ήθελε να βρίσκονται σε στάση προσοχής ως ένδειξη σεβασμού. Από τότε πολλά άλλαξαν, ιδίως με την είσοδο των γυναικών στην εργασιακή διαδικασία και πλέον θεωρείται «αποδεκτό» να κάθεται κατά την εργασία.

Η εξελικτική πορεία του σύγχρονου καθίσματος εργασίας συμβαδίζει με τις ανά εποχή επικρατούσες αντιλήψεις και θεωρίες για τον υγιεινό τρόπο κάθισθαι.

Από αρκετά παλιά (19^{ος} αιώνας) πολλοί φυσιολόγοι και ορθοπεδικοί (Staffel 1884) ανέπτυξαν θεωρίες για την καθιστή στάση. Η κοινή τους αντίληψη ήταν ότι το να κάθεται υγιεινά, το να μπορείς δηλαδή να διατηρείς τις επιθυμητές κυρτότητες της σπονδυλικής στήλης, σημαίνει να κάθεται σε ορθή (στητή) στάση. Αυτή η στάση περιγράφεται από την παρακάτω επιλογή των σχεδίων που αποτελούν τη βάση για τη διεθνή τυποποίηση, ανθρωπομετρία και την κατάρτιση των σχεδιαστών επίπλων (**Εικόνα 4**).



Εικόνα 4: Διεθνής τυποποίηση των θέσεων εργασίας

Η αντίληψη αυτή, αν και δε έχει καμία επιστημονική βάση, διατηρήθηκε μέχρι αρκετά πρόσφατα. Προέρχεται περισσότερες από κανόνες ηθικής και αντιλήψεις περί πειθαρχίας που συναντώνται επί ημερών της Βασίλισσας Βικτορίας στην Μ. Βρετανία. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου είχαμε πολλούς τύπους καθισμάτων που ικανοποιούσαν αυτό το κριτήριο.

Αρχικά, τα καθίσματα εργασίας ήταν κατασκευασμένα από ξύλο με επιφάνειες εργασίας που σχημάτιζαν ορθές γωνίες μεταξύ τους (Hard facts about soft machines, Lueder & Noro 1994). Τα μαξιλαράκια στήριξης της πλάτης ήταν, όταν υπήρχαν, πολύ μικρά και σκληρά και τοποθετούνταν στο ύψος της οσφυϊκής χώρας. Οι βραχιόνες στήριξης θεωρούνταν είδος πολυτελείας.

Στα υλικά κατασκευής αργότερα προστέθηκε το μέταλλο ενώ το στήριγμα για την πλάτη μεγάλωσε σε ύψος ώστε να καλύπτει περισσότερο τον χρήστη. Παράλληλα εμφανίστηκαν και τα πρώτα μοντέλα που περιελάμβαναν και πρόβλεψη για την προσαρμογή των

διαστάσεων τους στα ανθρωπομετρικά δεδομένα του χρήστη, προσφέροντας απλές ρυθμίσεις για το επιθυμητό ύψος της έδρας (seat pan) και του στηρίγματος της πλάτης (backrest).

Το επόμενο βήμα ήταν η ικανοποιητικότερη προσέγγιση των διαστάσεων με τα ανθρωπομετρικά δεδομένα και τις ανάγκες της εργασίας, με τη ύπαρξη ρυθμίσεων ακόμα περισσότερων χαρακτηριστικών του καθίσματος, όπως οι γωνίες μεταξύ της έδρας και του στηρίγματος της πλάτης, ή η ύπαρξη βραχιόνων στήριξης (armrest).

Στις αρχές του '70 διατυπώθηκαν νέες θεωρίες σχετικά με το υγιεινό κάθισμα. Αν και αρχικά διατυπώθηκε από Γερμανούς ανατομιστές του 19^{ου} αιώνα, ήταν ο A. C. Mandal, Δανός χειρουργός (1976,1981) ο οποίος πρότεινε ότι η έδρα του καθίσματος θα πρέπει να αποκτήσει κλίση προς τα εμπρός ή προς τα πίσω κατά το επιθυμητό. Έτσι ώστε να μπορεί να διαμοιράσει την περιστροφή της λεκάνης που συμβαίνει κατά την εναλλαγή από την όρθια στην καθιστή στάση και ακόμα να μειώσει τη μυϊκή προσπάθεια που απαιτείται για να καθίσει κάποιος σε ορθή στάση ή και να γράψει σ' ένα γραφείο (αναλυτικότερα σε επόμενο κεφάλαιο).

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας νέας γενιάς καθισμάτων εργασίας με δυνατότητα κλίσης προς τα μπρος ή προς τα πίσω (forwards-backwards tilting chair) με ή χωρίς στήριγμα για την πλάτη, με ή χωρίς υποστήριξη για τα γόνατα (semi-kneeling chair). Τύποι τέτοιων καθισμάτων παρουσιάζονται στην **Εικόνα 5**. Ταυτόχρονα συνεχίστηκε και η εξέλιξη των «συμβατικών» καθισμάτων εργασίας τα οποία πλέον είχαν την δυνατότητα συγχρονισμένης ρύθμισης έδρας και στηρίγματος πλάτης η οποία όμως γίνονταν χειροκίνητα.



Εικόνα 5 : Τύποι semi-kneeling καθισμάτων

Η επόμενη γενιά καθισμάτων (τέλη δεκαετίας '80) ήταν προϊόν της θεωρίας για τη δυναμική υποστήριξη του χρήστη (dynamic seating) τα οποία παρείχαν συνεχή και συνδυασμένη υποστήριξη των κινήσεων του σώματος του. Η έδρα και το στήριγμα της πλάτης μπορούσαν να ρυθμίζονται ταυτόχρονα σε διαδοχικές θέσεις ακολουθώντας τις κινήσεις του χρήστη σε ένα ευρύ πεδίο γωνιών και στάσεων.

Φυσικά σε όλη τη διάρκεια αυτής της πορείας υπάρχουν και πολλοί ακόμη τύποι καθισμάτων που με αντισυμβατικό τρόπο προσέγγιζαν το πρόβλημα και προσπαθούσαν

άλλοτε με επιτυχία και άλλοτε όχι να καλύψουν ανάγκες είτε του συνόλου είτε ειδικών ομάδων κοινού και εξειδικευμένων σε απαιτήσεις εργασιών. Κάποιες μορφές τέτοιων καθισμάτων παρουσιάζονται στην **Εικόνα 6**



Εικόνα 6: Τύποι μοντέρνων-«αντισυμβατικών» καθισμάτων εργασίας

Κλείνοντας αυτή τη σύντομη αναφορά θα μπορούσαμε να πούμε ότι δεν παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια όλων αυτών των ετών ένα ιδανικό κάθισμα με ευρύτατο πεδίο χρήσης και όσον αφορά τη ποικιλομορφία των ανθρωπομετρικών δεδομένων αλλά και των απαιτήσεων της κάθε εργασίας. Είναι λοιπόν αυτή η παρατήρηση που αποτελεί τη βάση αυτής της μελέτης. Δεν αποτελεί δηλαδή η καρτέλα που καλούμαστε να σχεδιάζουμε πρόταση για το ιδανικό κάθισμα αλλά μελέτη και προσθήκη ενός ακόμα τύπου καθίσματος στη γκάμα των ήδη υπάρχοντων και στη κρίση των χρηστών.

1.3 Άνεση

Οι στόχοι ενός καθίσματος εργασίας είναι οι παρακάτω :

- Να είναι άνετο για μεγάλο χρονικό διάστημα χρήσης
- Να είναι ικανοποιητικό από πλευράς φυσιολογίας (να ταιριάζουν οι σχεδιαστικές διαστάσεις με τα ανθρωπομετρικά δεδομένα)
- Να είναι κατάλληλο για το συγκεκριμένο είδος εργασίας

Ωστόσο τι εννοούμε με τον όρο άνεση ;

Άνεση είναι η κατάσταση του πνεύματος που παρουσιάζεται στην απουσία ενόχλησης, δυσαρέσκειας για τη θέση και τη στάση που έχουμε επιλέξει.(Ergonomics Work & Health, St. Pheasant 1991). Η αίσθηση της άνεσης είναι μια ασφαλής ένδειξη για την καταλληλότητα του καθίσματος και για το αν πληρεί τα κριτήρια από πλευράς υγείας για μας. Φυσικά η άνεση σαν μέγεθος δεν ποσοτικοποιείται.

Όχι μόνο δεν υπάρχει σαφής διαβάθμιση στην άνεση που προσφέρει ένα κάθισμα εργασίας αλλά έχει αποδειχτεί ότι δεν μπορεί να υπάρξει ούτε αντικειμενικότητα. Όλα τα καθίσματα γίνονται άβολα για παρατεταμένη διάρκεια χρήσης. Παρατηρείται όμως κάποια καθίσματα να δημιουργούν αυτό το συναίσθημα στον ίδιο άνθρωπο νωρίτερα από άλλα , ενώ στο ίδιο κάθισμα μπορεί ένας άνθρωπος να νιώθει άβολα νωρίτερα από κάποιον άλλον. Έτσι η ώρα που θα περάσει μέχρι να νιώσει άβολα ο καθένας μας προσδιορίζει το αν το κάθισμα για εκείνον θεωρείται άνετο ή όχι.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι κλίμακες αξιολόγησης άνετου και άβολου που κατάρτισαν οι Helander και Zhang (1995):

Κλίμακα άνετου

1. Νιώθω ξεκούραστα
2. Νιώθω αναζωογονημένος
3. Το κάθισμα είναι απαλό
4. Το κάθισμα είναι ευρύχωρο
5. Το κάθισμα είναι όμορφο
6. Το κάθισμα μου αρέσει
7. Νιώθω άνετα

Κλίμακα άβολου

1. Νιώθω πόνο στους μύες
2. Νιώθω τα πόδια μου βαριά
3. Νιώθω πίεση στα πόδια
4. Έλλειψη ευκαμψίας
5. Νιώθω ανήσυχος
6. Νιώθω κουρασμένος
7. Νιώθω άβολα

Helander's and Zhang's Ranking

Οι ενδείξεις και οι αισθήσεις που μας οδηγούν στο να μη νιώθουμε άνετα είναι η αλλαγή στην κατανομή της πίεσης στις επιφάνειες του σώματός μας που έρχονται σε επαφή με την καρέκλα και η αλλαγή στη φόρτιση του μυοσκελετικού συστήματος.

Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα κατανοητό στην περίπτωση που καθόμαστε σε μια σκληρή και λίγο ψηλότερη από το επιθυμητό καρέκλα. Σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα (ποικίλει ανά χρήστη) θα αρχίσουμε να νιώθουμε άβολα. Το αίσθημα θα οφείλεται στην ασκούμενη πίεση στους μηρούς μας. Για να ελαφρύνουμε αυτή την ενόχληση ίσως αρχίσουμε να ανασηκώνουμε ή να σταυρώνουμε ασυνείδητα τα πόδια μας. Έτσι αλλάζει η κατανομή της πίεσης και επανέρχεται στα φυσιολογικά η κυκλοφορία του αίματος στις περιοχές του συμπιεσμένου επιφανειακού ιστού. Ύστερα από λίγο η ενόχληση θα γίνει πιο έντονη και η ανακούφιση που θα προσφέρουν οι παραπάνω κινήσεις μικρή. Οι μηροί και συνολικά τα πόδια θα μουδιάζουν και θα πονάνε και θα μας αναγκάσουν να σηκωθούμε για να απαλλαγούμε από την ενόχληση.

Θα πρέπει κλείνοντας την ενότητα της άνεσης να γίνει σαφές ότι η πολύωρη διατήρηση οποιασδήποτε στάσης δεν μπορεί να είναι άνετη για τον άνθρωπο. Όπως ήδη αναφέρθηκε το ανθρώπινο σώμα απαιτεί την εναλλαγή στάσεων και την κίνηση. Η στατική φόρτιση των μυών και η ακινησία της σπονδυλικής στήλης που δυσκολεύει την «θρέψη» των σπονδύλων, όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια είναι μερικά μόνο από τα μειονεκτήματα της διατήρησης μιας συγκεκριμένης στάσης. Έτσι δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται ο όρος «ορθή» στάση αφού είναι πλέον σαφές ότι δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη ιδανική στάση.

1.4 Πόνος στην οσφυϊκή χώρα και πνευματικός φόρτος εργασίας

Μετά από έναν αριθμό ερευνών και στατιστικών που έχουν διεξαχθεί είναι κοινά αποδεκτή η άμεση συσχέτιση μεταξύ του πόνου στην οσφυϊκή χώρα και του πνευματικού φόρτου εργασίας (ή του βαθμού πνευματικής απασχόλησης) του χρήστη ενός καθίσματος εργασίας. Η αύξηση της απασχόλησης αποτελεί έναν ακόμη παράγοντα αύξησης της ενόχλησης στην οσφυϊκή χώρα κατά την διάρκεια της εργασίας. Μια εξήγηση για αυτό βρίσκεται στο ότι όταν είμαστε πολύ συγκεντρωμένοι στο αντικείμενο της εργασίας «ξεχνάμε» να κάνουμε ακόμα κι αυτές τις ασυνείδητες μικροκινήσεις, που αναφέραμε στο προηγούμενο παράδειγμα, ώστε να επανέλθει η κανονική ροή του αίματος στις περιοχές που έρχονται σε επαφή (Ergonomics Work & Health, St. Pheasant, 1991).

Άλλοι ερευνητές παρατήρησαν ότι τα καθίσματα στις αίθουσες σεμιναρίων ή παρουσιάσεων είναι συνήθως εξίσου άβολα με αυτά σε χώρους όπως καφετέριες ή χώρους μαζικής εστίασης. Ωστόσο στους τελευταίους κανένας δε φαίνεται να διαμαρτύρεται, ενώ κατά τη διάρκεια μιας ομιλίας (ιδίως δε όταν αυτή δεν παρουσιάζει για το ακροατήριο ιδιαίτερο ενδιαφέρον!) οι ακροατές δυσανασχετούν με την καρέκλα τους γρηγορότερα και εντονότερα.

Θα μπορούσε κάποιος να πει ότι οι δύο παρατηρήσεις αναιρούν η μία την άλλη, ωστόσο μοιάζει σωστότερο να τις θεωρήσουμε ως τις δύο όψεις του ίδιου νομίσματος. Συμπερασματικά, δεν μπορούμε παρά να λάβουμε υπ' όψιν μας, ως μια από τις αρκετές συνιστώσες, τον παράγοντα πνευματική απασχόληση κατά την αξιολόγηση ενός καθίσματος εργασίας.

1.5 Στάση του σώματος και απόδοση κατά την εργασία

Είναι ήδη φανερό ότι υπάρχει ένας μεγάλος όγκος ερευνών και αξιόπιστων αποτελεσμάτων γύρω από το θέμα της θέσης εργασίας και αυτό είναι απόλυτα λογικό αφού επηρεάζει μια μεγάλη μερίδα του κόσμου αλλά και οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι χρήσιμο το να γνωρίζουμε σε πιο βαθμό η επιλογή της στάσης επηρεάζει την απόδοση του εργαζομένου. Ακριβώς αυτή η συσχέτιση εξετάζεται από τον έρευνα A.M. Woods. Χρησιμοποιώντας διάφορες στάσεις από την όρθια μέχρι την ξαπλωτή εξέτασε σε ποια στάση η απόδοση του εργαζομένου είναι η υψηλότερη. Το πιο ασφαλές μετρήσιμο μέγεθος ήταν ο χρόνος αντίδρασης του εργαζομένου στο αίτημα του πελάτη. Όπως ίσως αναμένονταν η όρθια στάση επιτυγχάνει το βέλτιστο χρόνο αντίδρασης. Γενικά η επίδραση της στάσης είναι μεγαλύτερη για ανθρώπους μεγάλης ηλικίας σε μονότονη, επαναληπτική εργασία. Εκεί ο χρόνος αντίδρασης για την καθιστή στάση είναι σημαντικά μεγαλύτερος. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν και την πεποίθηση που υπήρχε κατά τη διάρκεια των ετών στην κατασκευή καθισμάτων. Για σκοπούς χαλάρωσης και ξεκούρασης τα καθίσματα προσεγγίζουν την ξαπλωτή (οριζόντια) στάση, ενώ όλοι μας έχουμε στο μυαλό μας εικόνες από εργαζόμενους σε θέσεις επαφής με το κοινό, θέσεις που απαιτούν άμεση αντίδραση, που είναι όρθιοι (π.χ. πωλητές).

“...όλοι γνωρίζουν ότι ο άνθρωπος δεν κοιμάται συνήθως όρθιος ή καθισμένος στητός σε μια καρέκλα, και ότι «βυθίζεται στον ύπνο» σε εάν άνετο βαθύ κάθισμα...” (Branton, 1987)

2 Καθιστική εργασία και πόνος στην οσφυϊκή χώρα

2.1 Εισαγωγή

Οι άνθρωποι που κάνουν καθιστική εργασία σίγουρα θα έχουν βιώσει ή κινδυνεύουν να βιώσουν πρόβλημα με την μέση (όπως στην καθημερινή γλώσσα το αναφέρουμε) πόνο δηλαδή, στην περιοχή της οσφυϊκής χώρας. Αφορμή για την εμφάνιση του είναι τις περισσότερες φορές κάποια απότομη κίνηση. Σίγουρα όμως δεν είναι αυτή η αιτία που τα προκαλεί. Αν και δεν μπορούμε με σιγουριά να προσδιορίσουμε πάντα την πραγματική αιτία

φαίνεται πως αυτή κρύβεται στη λανθασμένη στάση της σπονδυλικής στήλης κατά τη διάρκεια της εργασίας.

2.2 Εφαρμοσμένη Ανατομία και Παθοφυσιολογία

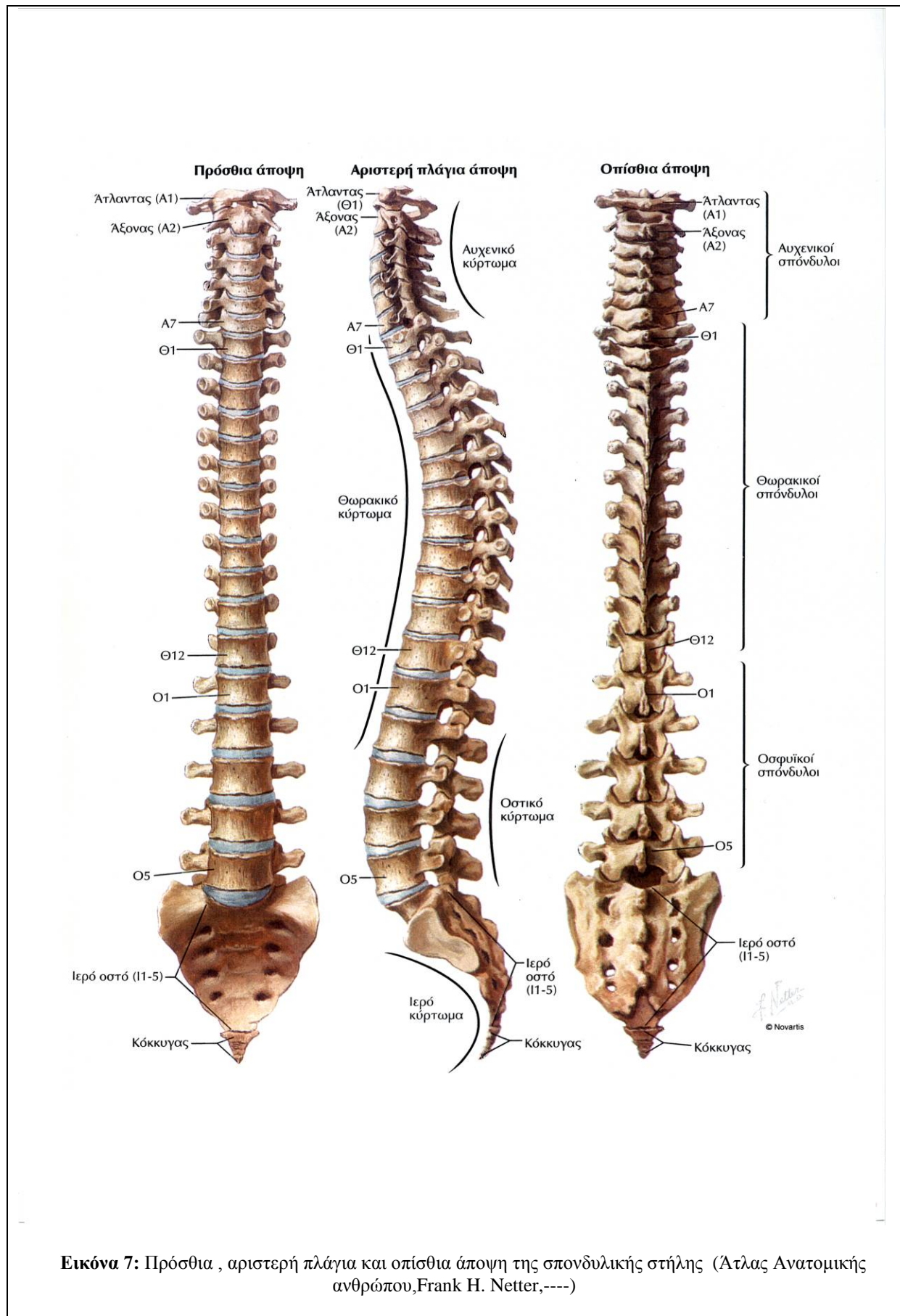
Η ανθρώπινη σπονδυλική στήλη αποτελείται από 24 κινητούς σπονδύλους : 7 αυχενικούς (Α1:Α7), 12 θωρακικούς (Θ1:Θ12), 5 οσφυϊκούς (Ο1:Ο5), το ιερό οστό που είναι ουσιαστικά συνοστέωση 5 σπονδύλων (Ι1:Ι5) και του κόκκυγα. Όλα αυτά αρθρώνονται το ένα με το άλλο και με τον υπόλοιπο σκελετό δημιουργώντας ένα σύνολο 137 συνδέσεων. Η σπονδυλική στήλη έχει ικανότητα να λυγίζει και να στρέφεται ενώ υποστηρίζει το κεφάλι, προστατεύει τον νευρικό ιστό και λειτουργεί ως συνδετικό σημείο για τις πλευρές (αρθρώνονται με θωρακικούς) και για τους μύες της πλάτης (Biomechanics In Ergonomics, Shr. Kuman, 1999).

Κάθε σπόνδυλος υποβαστάζει το υπερκείμενο βάρος του κορμού. Αυτό ερμηνεύει γιατί το μέγεθος των σωμάτων των σπονδύλων αυξάνει διαδοχικά από την αυχενική προς την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης.

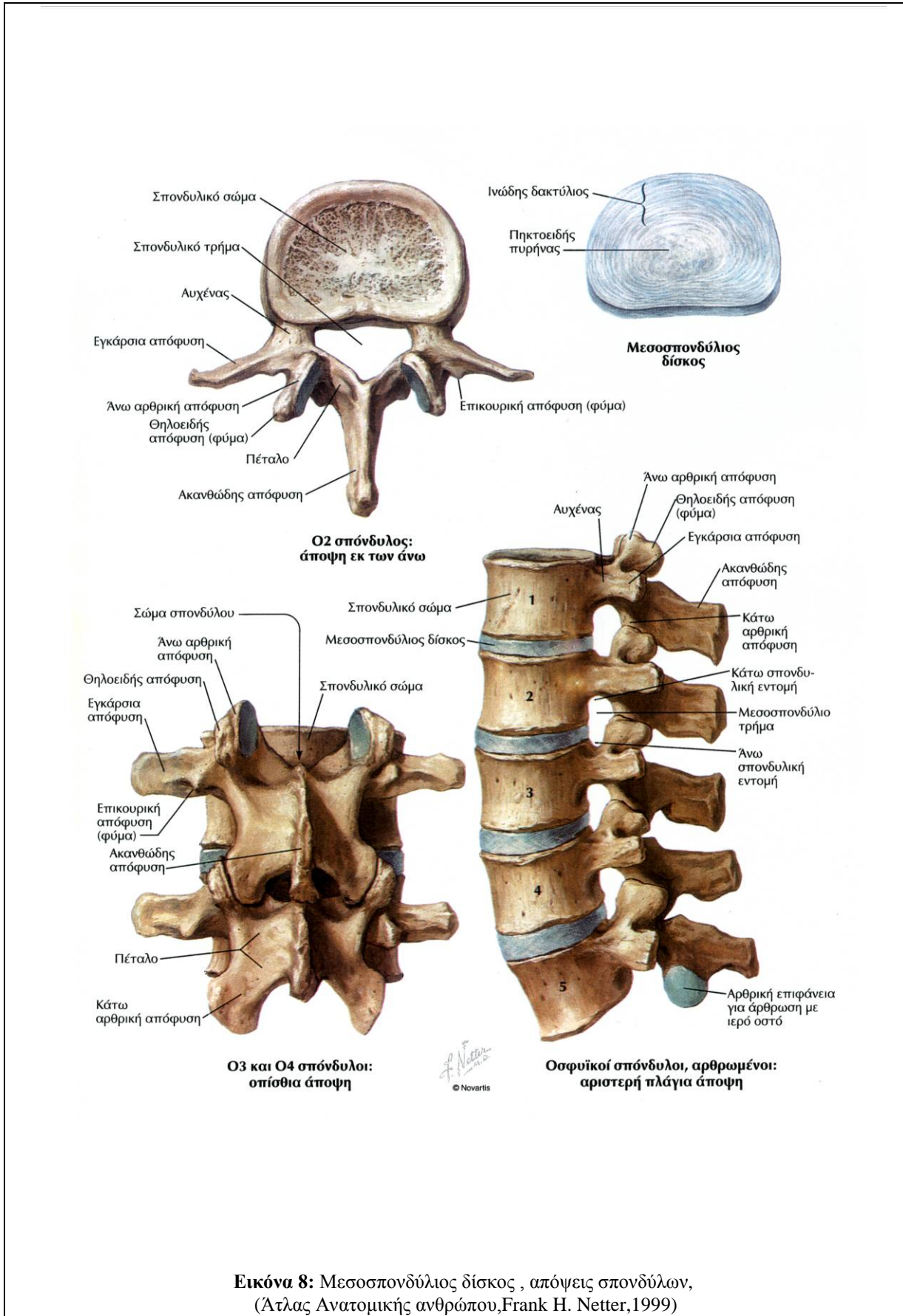
Βλέποντας τη σπονδυλική στήλη από το πλάι παρατηρούμε ότι αυτή παρουσιάζει 4 φυσιολογικά κυρτώματα, δύο που στρέφουν το κυρτό προς τα εμπρός (αυχενική, οσφυϊκή μοίρα) και δύο που στρέφουν το κυρτό προς τα πίσω (θωρακική, ιεροκοκκυγική).

Για τη σύνδεση μεταξύ των σπονδύλων, τη δυνατότητα σχετικής κίνησης τους και την απόσβεση των παραγόμενων δονήσεων είναι υπεύθυνοι οι μεσοσπονδύλιοι δίσκοι. Έχουν σχήμα αμφίκυρτου φακού και αρθρώνονται με τις επιφάνειες των δύο επάλληλων σπονδύλων ενδιάμεσα των οποίων παρεμβάλλονται. Η περιφέρεια των δίσκων μπροστά και πίσω συνδέεται με τους επιμήκεις συνδέσμους της σπονδυλικής στήλης.

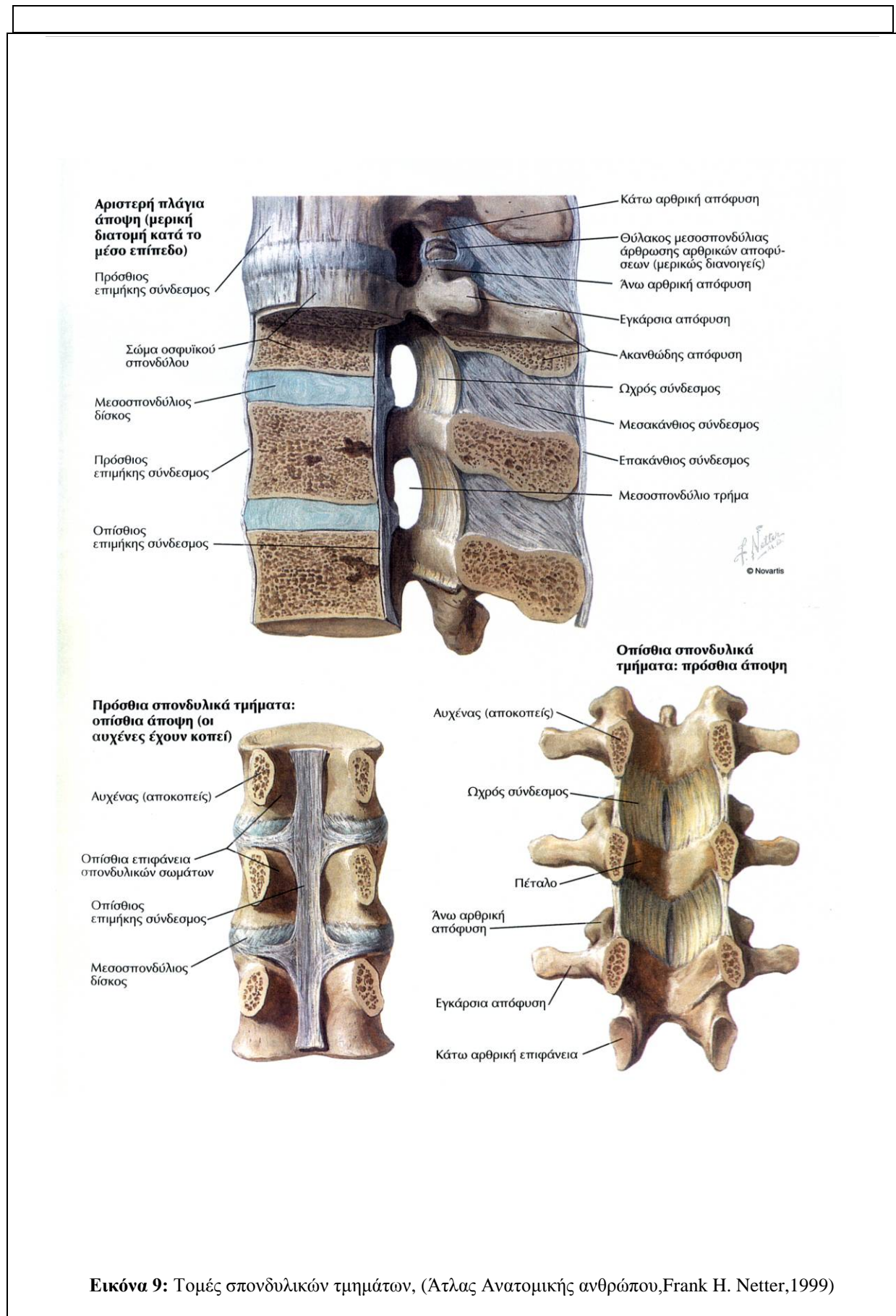
Στις **Εικόνες 7,8,9** παρουσιάζεται αναλυτικά η ανατομία της σπονδυλικής στήλης, των σπονδύλων και των ,μεσοσπονδυλίων δίσκων.



Εικόνα 7: Πρόσθια , αριστερή πλάγια και οπίσθια άποψη της σπονδυλικής στήλης (Άτλας Ανατομικής ανθρώπου, Frank H. Netter, ----)

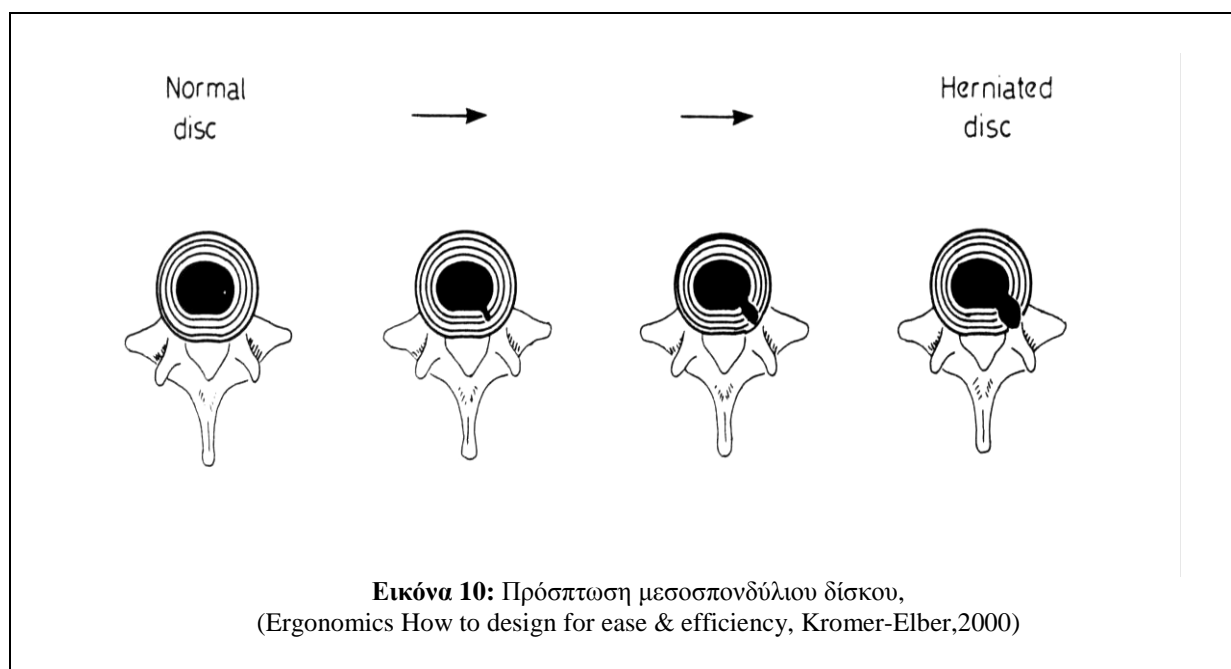


Εικόνα 8: Μεσοσπονδύλιος δίσκος, απόψεις σπονδύλων, (Άτλας Ανατομικής ανθρώπου, Frank H. Netter, 1999)



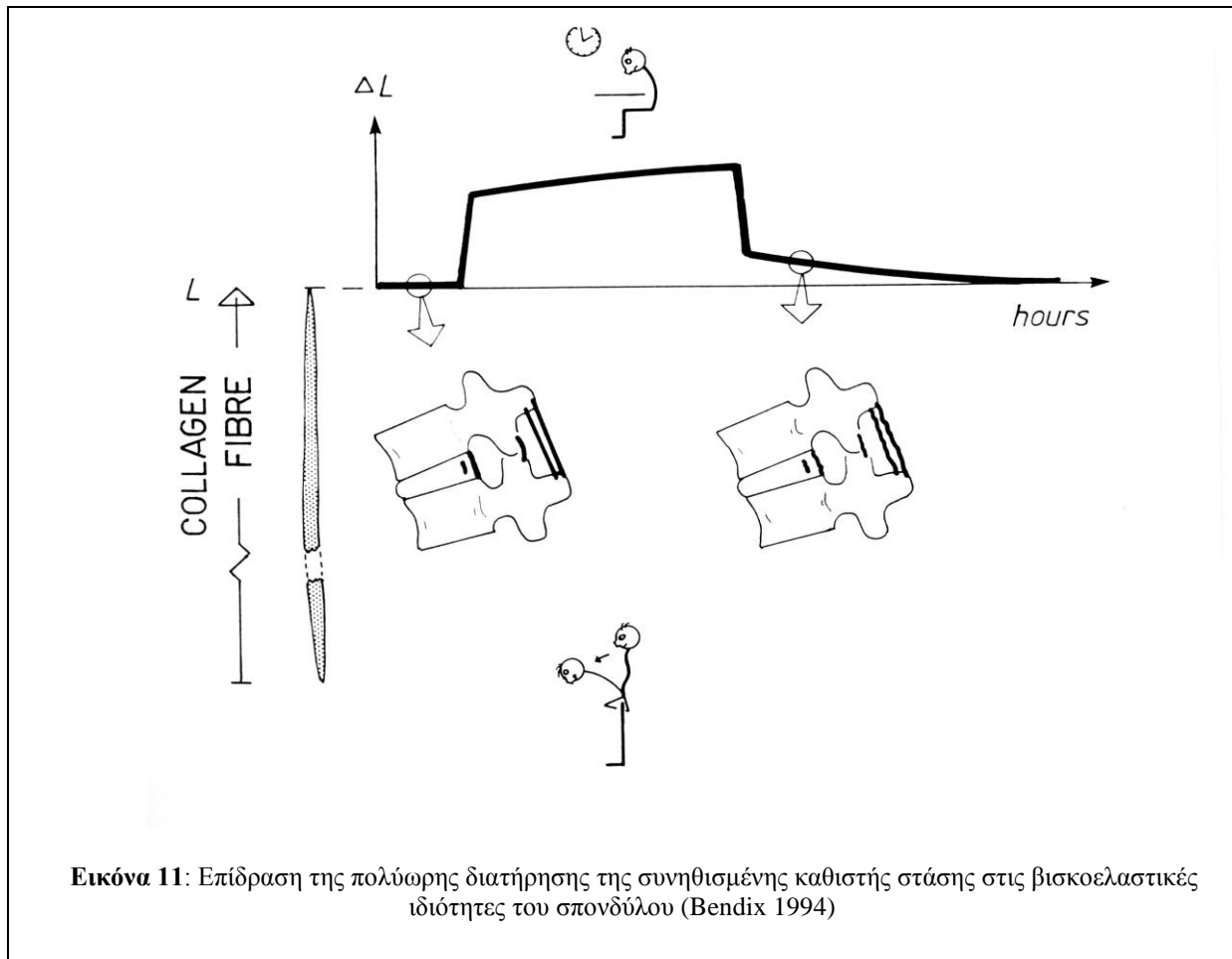
Εικόνα 9: Τομές σπονδυλικών τμημάτων, (Ατлас Ανατομικής ανθρώπου, Frank H. Netter, 1999)

Στην περίμετρο του μεσοσπονδύλιου δίσκου υπάρχει ο ινώδης δακτύλιος. Στο κέντρο εσωτερικά του ινώδους δακτυλίου υπάρχει ο πηκτοειδής πυρήνας. Σε ένα νεαρό άνθρωπο ο πηκτοειδής πυρήνας είναι ένα παχύρρευστο ζελέ το οποίο είναι τοποθετημένο περίπου στο μέσο του δίσκου και καλύπτει περίπου το 45% του συνολικού του όγκου. Περιβάλλεται από τον ινώδη δακτύλιο, ο οποίος αποτελείται από 8 ή περισσότερες ομόκεντρες περιφέρειες συνδεδεμένες μεταξύ τους. Αυτή η δομή είναι ικανή να δεχτεί σημαντικές φορτίσεις, αλλά είναι και υπεύθυνη ώστε να έχει η σπονδυλική στήλη ευκινησία και ευλυγισία. Οι ικανότητες αυτές του μεσοσπονδύλιου εξαρτώνται κυρίως από την κατάσταση του πηκτοειδούς πυρήνα, ο οποίος έχει την τάση να απορροφάει νερό από τους περιβάλλοντες ιστούς. Η απορρόφηση διογκώνει τον πυρήνα μέχρι του σημείου που η οσμωτική πίεση εξισορροπεί με την πίεση που ασκείται από τον ινώδη δακτύλιο.

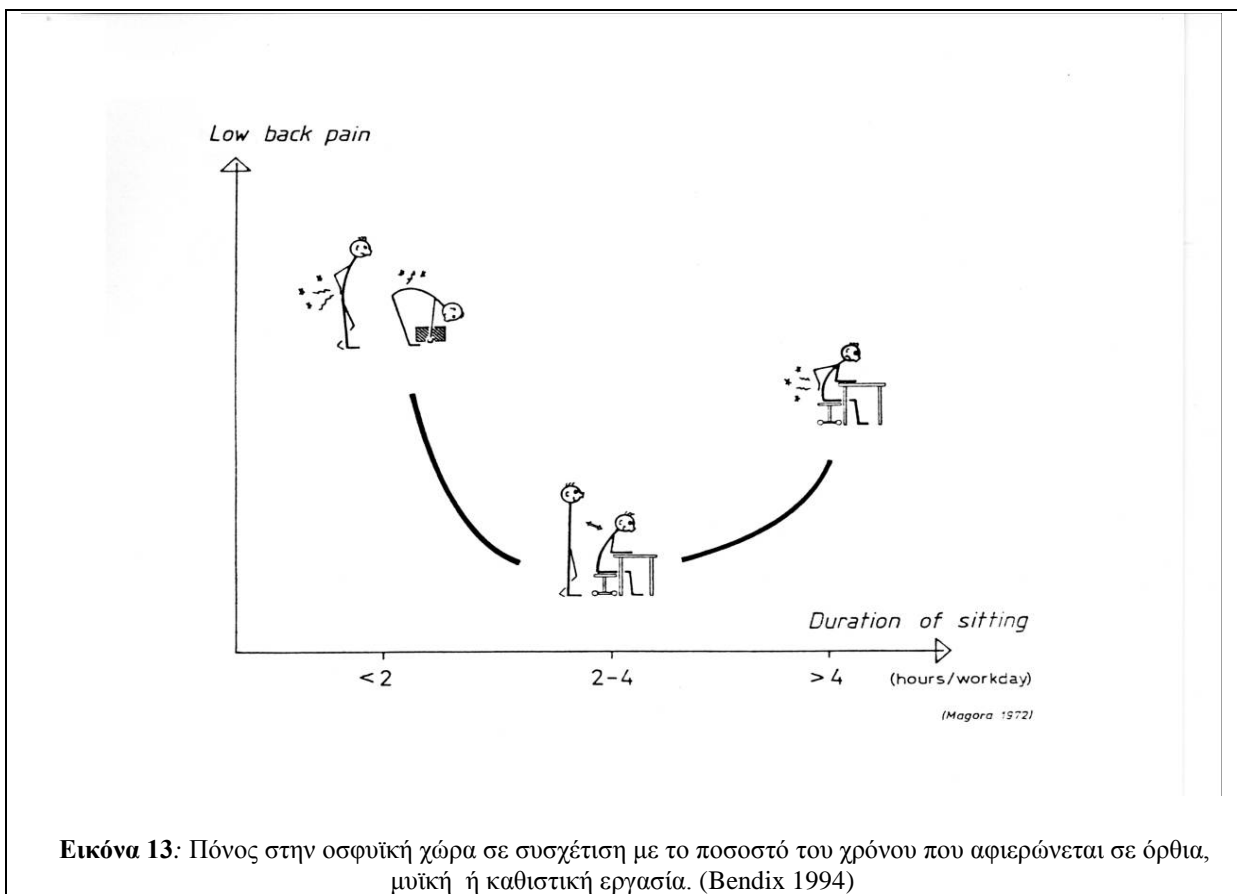
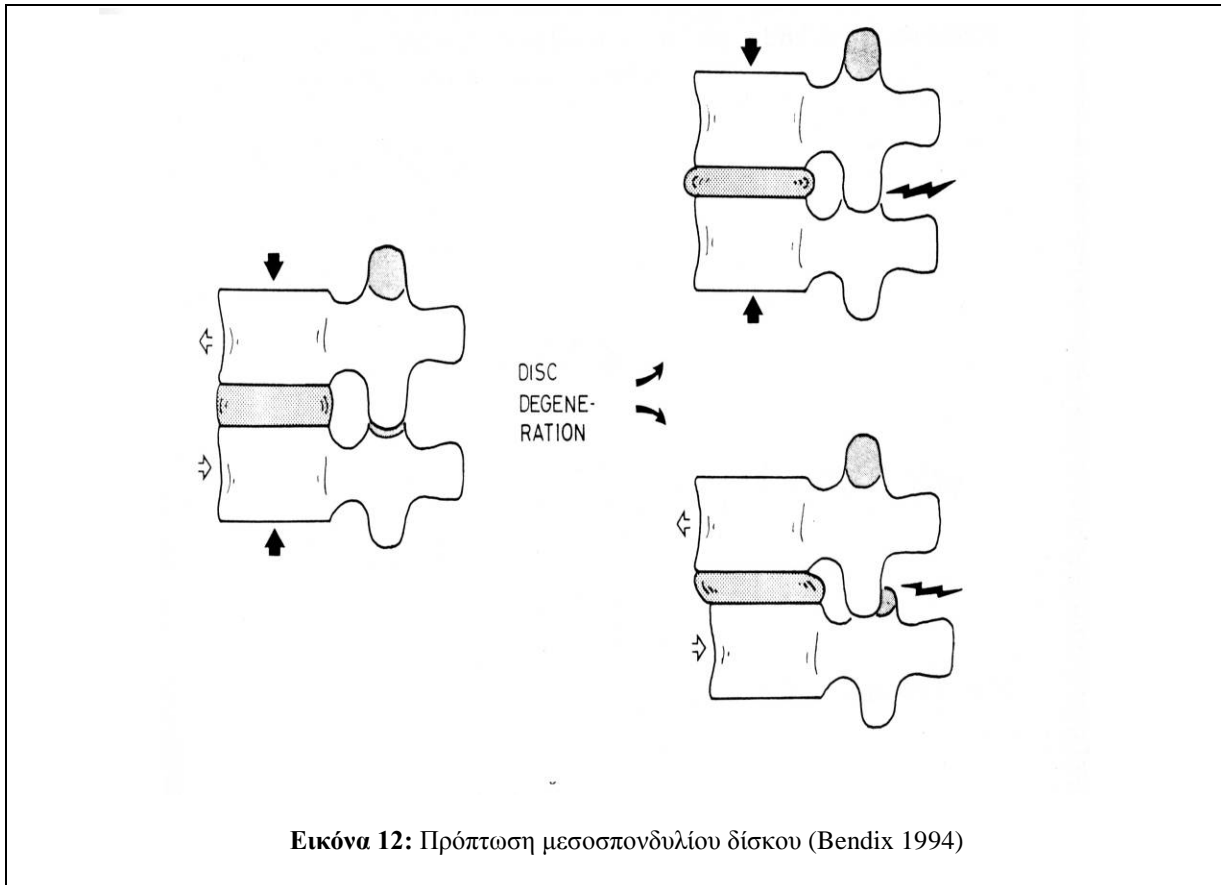


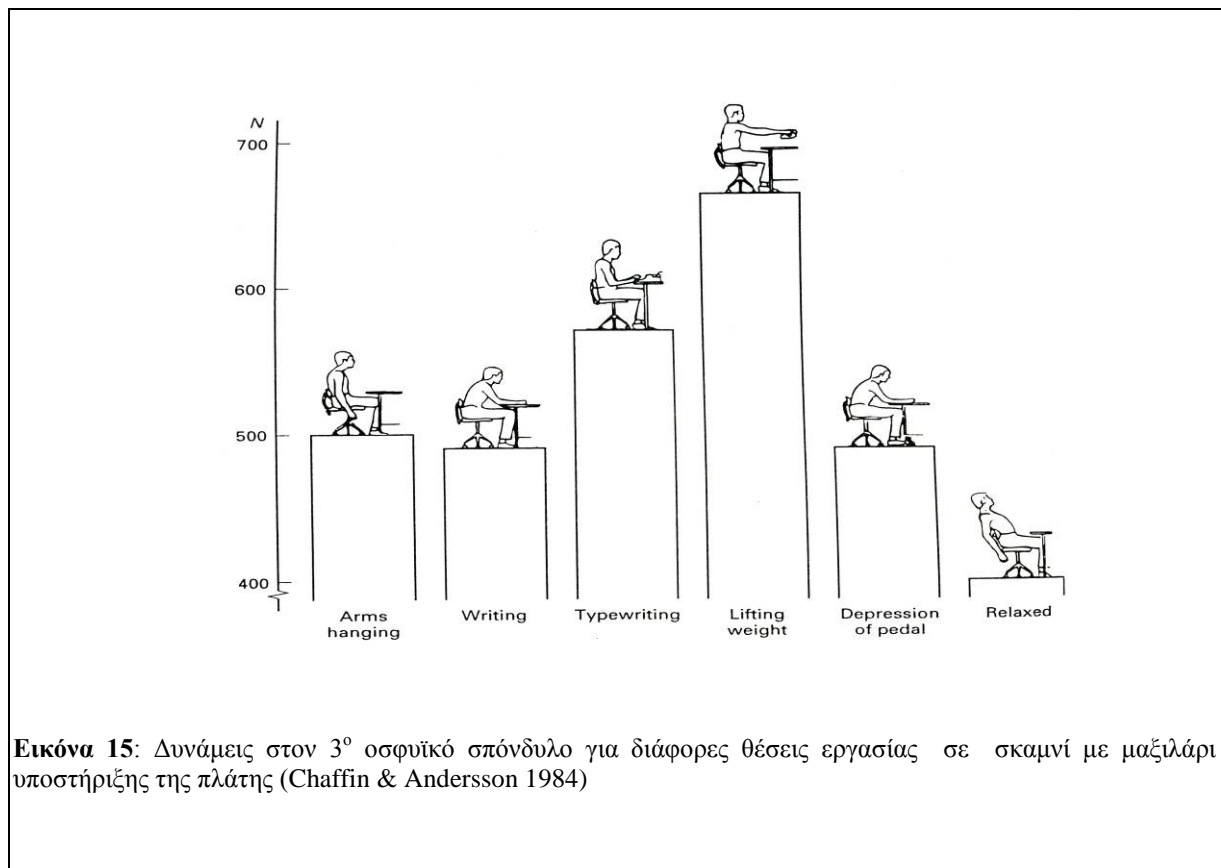
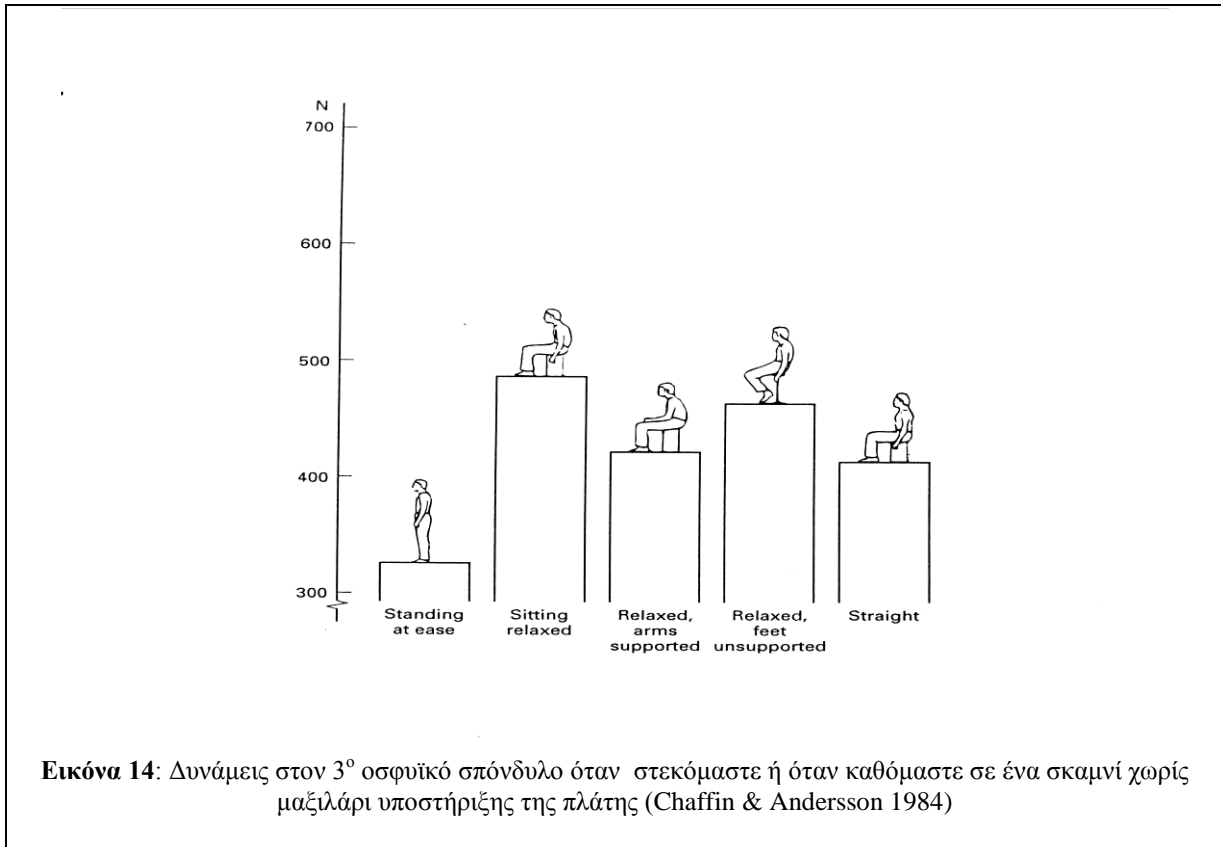
Όταν ασκείται θλιπτικό φορτίο στον δίσκο αυτό μετατρέπεται σε υδροστατική πίεση. Όταν η υδροστατική πίεση που ασκείται από τα εξωτερικά φορτία γίνει μεγαλύτερη από την οσμωτική τότε νερό εξέρχεται του πυρήνα μέσω του ινώδους δακτυλίου. Η διαδικασία αυτή συμβαίνει και κατά την εκτέλεση των καθημερινών μας ασχολιών. Ο πυρήνας χάνει νερό και συρρικνώνεται. Μάλιστα είναι παρατηρημένο πως λόγω αυτού του γεγονότος το ύψος μας είναι μικρότερο το βράδυ από ότι το πρωί. Το ύψος του πυρήνα μειώνεται και αυτός παίρνει σφηνοειδή μορφή ασκώντας πίεση στα τοιχώματα του ινώδη (Biomechanics in ergonomics, Shr Kumar,1999).

Πολύωρη διατήρηση της συνηθισμένης καθιστής στάσης (γραφείο) επιβάλλει στη σπονδυλική στήλη ένα συνεχές αξονικό θλιπτικό φορτίο. Αυτό δρα όπως αναφέρθηκε παραπάνω και για παρατεταμένη επιβολή του οι βισκοελαστικές ιδιότητες του δίσκου και σε κάποιο βαθμό και αυτές του σπονδύλου αλλοιώνονται. Σε χρόνιες καταστάσεις ο βαθμός αλλοίωσης είναι τόσο μεγάλος ώστε οποιαδήποτε απότομη κίνηση γίνει από το άτομο μπορεί να προκαλέσει σκίσιμο ή τρύπημα του ινώδους δακτυλίου. Από τις τρύπες αυτές τότε εξέρχεται το υλικό του πυρήνα και δημιουργεί εξογκώματα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται πρόπτωση του μεσοσπονδύλιου δίσκου (**Εικόνα 10**). Τα δημιουργημένα εξογκώματα βρίσκονται σε τέτοια θέση ώστε πιέζουν τον νωτιαίο νεύρο το οποίο διέρχεται από το μεσοσπονδύλιο τρήμα. Αυτή είναι και η αιτία του έντονου πόνου.



Εκτός από την πρόπτωση του μεσοσπονδύλιου δίσκου έντονα προβλήματα δημιουργούνται στη σπονδυλική στήλη καθώς η ιδιότητα του πηκτοειδούς πυρήνα για απορρόφηση χάνεται. Ο πυρήνας συρρικνώνεται και η απόσταση μεταξύ των σπονδύλων μικραίνει. Δημιουργούνται οστεόφυτα στο περίγραμμα του ιώδους δακτυλίου (σπονδύλωση). Η προσέγγιση των σπονδύλων συνεπάγεται ότι η γλήνη των αρθρικών αποφύσεων δέχεται μη φυσιολογικές (υπερβολικές) πιέσεις που οδηγούν σε εκφυλιστικές αλλαγές (οστεοαρθρωση). Στη δυσμενέστερη περίπτωση μπορεί να προσανατολιστούν οι γλήνες λάθος και να «κλειδώσουν» εμποδίζοντας την κίνηση (μηνίσκος) (**Εικόνα 12**).





Στις **Εικόνες 13,14,15** παρουσιάζονται με μορφή διαγραμμάτων τα αποτελέσματα ερευνών που συσχετίζονται με την επίδραση διαφόρων παραγόντων κατά την εργασία στην δημιουργία του προβλήματος του πόνου της οσφυϊκής χώρας. Ειδικότερα στην **Εικόνα 13**, παρατηρούμε ότι η παρατεταμένη (άνω των 4 ωρών) διατήρηση της καθιστής στάσης προκαλεί ισοδύναμη περίπου καταπόνηση της σπονδυλικής μας στήλης με , λιγότερης βέβαια διάρκειας, όρθια ή έντονη σωματική εργασία. Αντίθετα η εναλλαγή στάσεων κατά τη διάρκεια της εργασίας μας προστατεύει σημαντικά από τέτοια προβλήματα.

Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται και από το διάγραμμα της **Εικόνας 14** όπου παρουσιάζεται η δύναμη που αναπτύσσεται στον 3^ο οσφυϊκό σπόνδυλο κατά την όρθια ή καθιστή στάση. Είναι εμφανές ότι η υιοθέτηση της «κλασσικής» καθιστής στάσης καταπονεί περισσότερο την σπονδυλική μας στήλη από το να στεκόμαστε όρθιοι. Ακόμα φαίνεται πως το να καθόμαστε με αυτόν τον τρόπο επιβαρύνει λιγότερο τους σπονδύλους μας από το να καθόμαστε «χαλαροί». Ωστόσο αυτό δεν μπορεί να θεωρηθεί ως επιχείρημα υπέρ της «κλασσικής» στάσης καθώς δεν θα πρέπει να λησμονούμε πως είναι πολύ δύσκολη και κοπιαστική η διατήρηση της και σύντομα θα καταλήξουμε σε μια πιο «χαλαρή» και επιβαρυντική στάση.

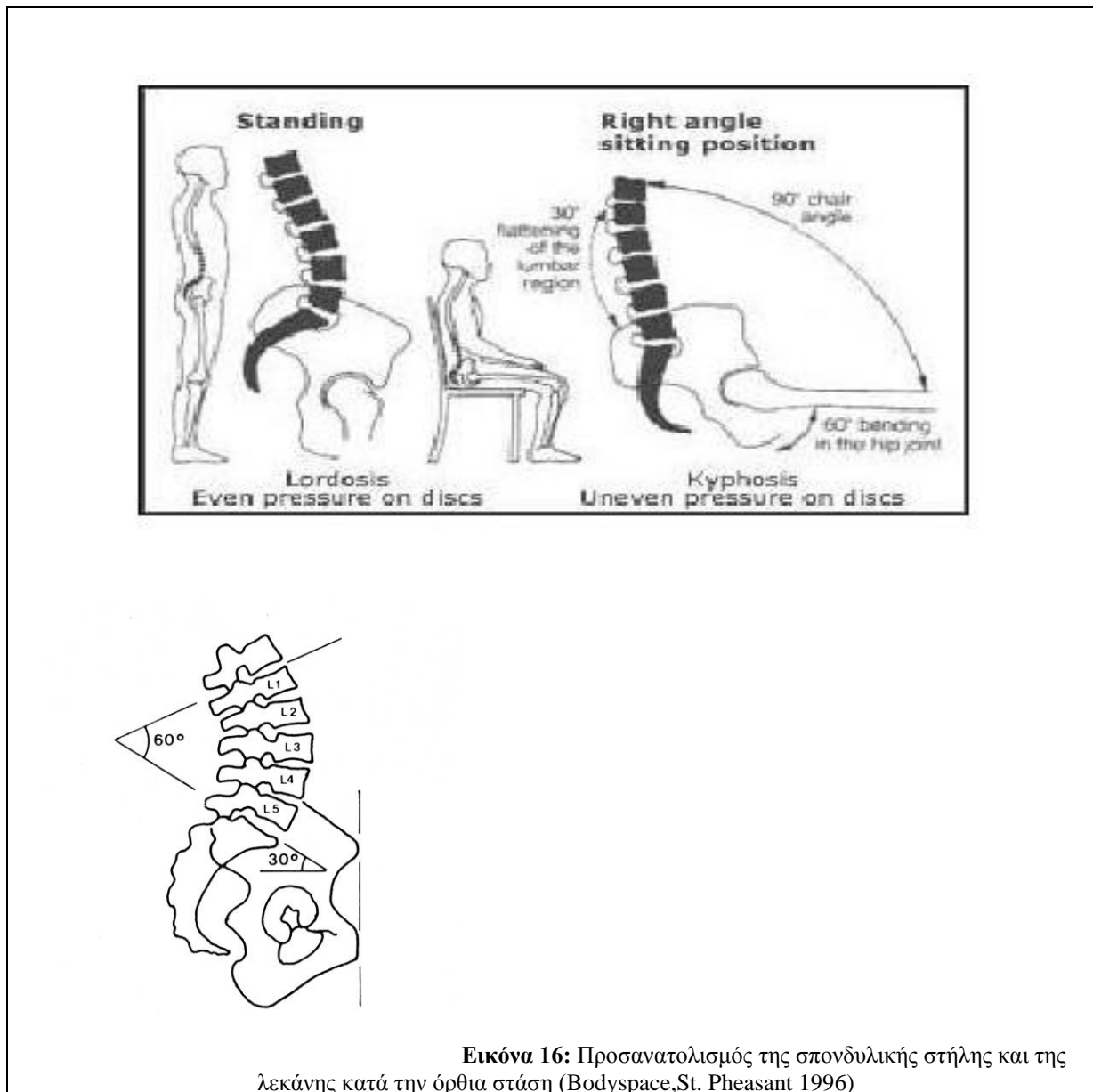
Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και το διάγραμμα της **Εικόνας 15**. Αναλύονται οι διάφοροι τύποι εργασιών που εκτελεί κάποιος εργαζόμενος σε καθιστική θέση εργασίας. Σημαντικά υψηλό είναι το φορτίο που επιβάλλει στην σπονδυλική στήλη η θέση του δακτυλογράφου, μια θέση δηλαδή στην οποία βρισκόμαστε σχεδόν όλοι μας όταν μπροστά από τον υπολογιστή αλλά και αφορά ένα πολύ μεγάλο μέρος των υπαλλήλων που εκτελούν διαδικασίες εισαγωγής δεδομένων (data inputers).

2.3 Ανατομία της σπονδυλικής στήλης κατά την καθιστή θέση εργασίας

Είδαμε ποιες είναι οι επιπτώσεις της λανθασμένης φόρτισης της σπονδυλικής στήλης, ας εξετάσουμε όμως αναλυτικότερα ποιες είναι οι συνθήκες κατά τις οποίες η συνηθισμένη καθιστή θέση εργασίας δημιουργεί αυτά τα προβλήματα. Σε αυτό θα μας βοηθήσει η εξέταση των θέσεων και της διαμόρφωσης της σπονδυλικής στήλης κατά την όρθια και καθιστή θέση.

Όταν το σώμα μας βρίσκεται σε όρθια στάση η λεκάνη μας είναι σχεδόν κατακόρυφη και ο πρώτος οσφυϊκός σπόνδυλος και το ιερό οστό σχηματίζουν γωνία περίπου 30° με το οριζόντιο επίπεδο.

Ας εξετάσουμε τώρα τι συμβαίνει όταν πρόκειται να καθίσουμε σε ένα σχετικά υψηλό κάθισμα. Λυγίζουμε τα γόνατά μας ώστε να σχηματιστεί γωνία 90° (μηρός-κνήμη) και άλλη μια γωνία 90° σχηματίζεται μεταξύ του κορμού και του μηρού μας. Το μεγαλύτερο μέρος του βάρους υποβαστάζεται από τα ισχιακά οστά, δύο οστέινες προεξοχές τις οποίες μπορούμε να νιώσουμε ανάμεσα στον μαλακό ιστό των γλουτών μας , αν καθίσουμε πάνω στα χέρια μας. Μέρος της ορθής γωνίας μεταξύ κορμού και μηρού επιτυγχάνεται μέσω της κάμψης της άρθρωσης του ισχίου. Στην καθιστή θέση 60° της γωνίας κορμού – μηρού επιτυγχάνεται μέσω της άρθρωσης του ισχίου. Μετά τη γωνία των 60° όμως αυτή η κάμψη του μηρού προς τον κορμό βρίσκει αντίσταση (εκτός αν είμαστε ιδιαίτερα ευλύγιστοι) που οφείλεται στο ότι οι μύες της οπίσθιας επιφάνειας του μηρού τεντώνονται και σύντομα πονάνε (**Εικόνα 16**).



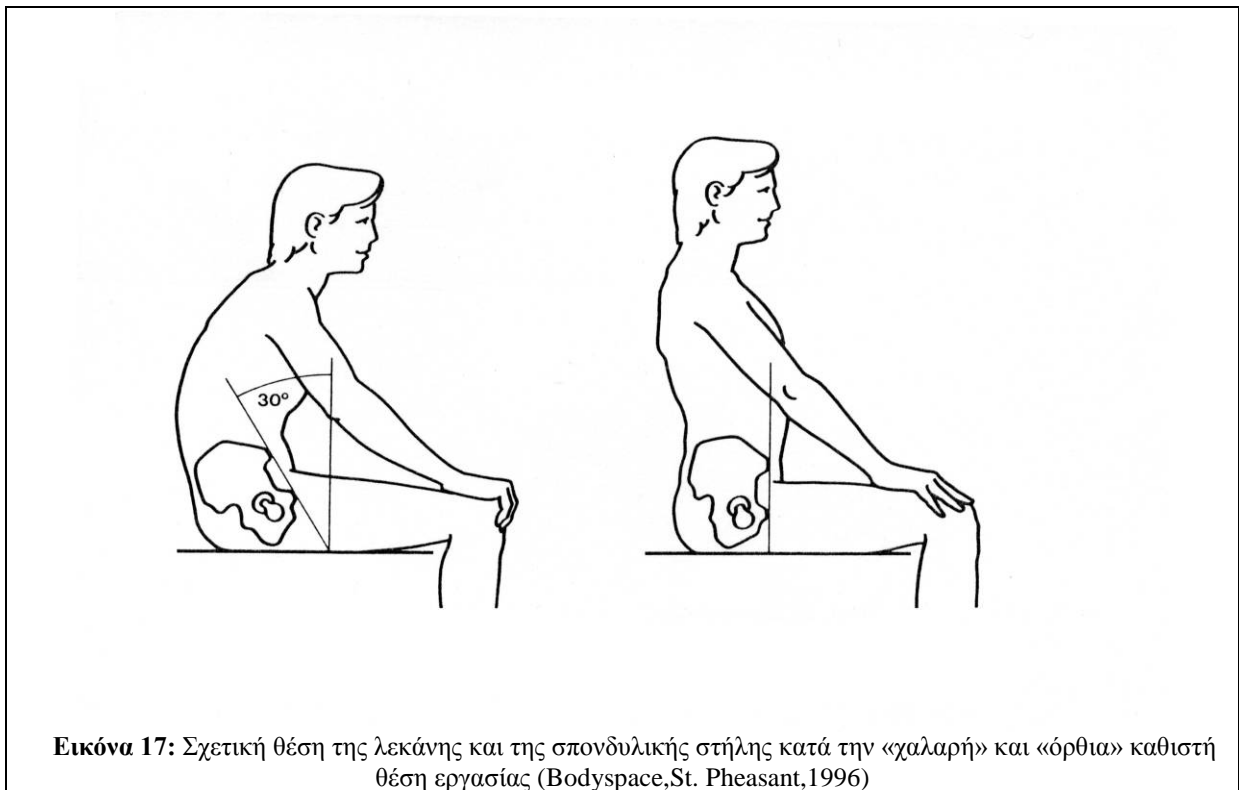
Εικόνα 16: Προσανατολισμός της σπονδυλικής στήλης και της λεκάνης κατά την όρθια στάση (Bodyspace, St. Pheasant 1996)

Αυτό είναι γνωστό ήδη από το 1962 από την μελέτη του Γερμανού ορθοπεδικού χειρουργού H.Schoberth ο οποίος μελέτησε μέσω ακτινογραφιών την συγκεκριμένη στάση του σώματος. Προκειμένου λοιπόν να αποφύγουμε αυτόν τον πόνο στους μύες, ασυναίσθητα συμπληρώνουμε την κίνησή μας στρέφοντας τη λεκάνη μας κατά 30° προς τα πίσω όπως φαίνεται στο σχήμα της **Εικόνας 17**. Αυτή είναι η γνωστή ως «χαλαρή» στάση που υιοθετούμε όλοι μας κατά την πολύωρη εργασία μας σε γραφείο.

Αυτή η οπίσθια στροφή συνεπάγεται να λυγίσουμε εξίσου την σπονδυλική στήλη, έτσι ώστε η συνολική διεύθυνση του κορμού να παραμένει κατακόρυφη. Συνεπώς καθόμαστε έτσι «ισιώνουμε» την κυρτότητα της οσφυϊκής μας μοίρας. Ιδιαίτερα όταν η θέση δεν προσφέρει στήριξη για την πλάτη η οσφυϊκή μοίρα βρίσκεται σε οριακή θέση.

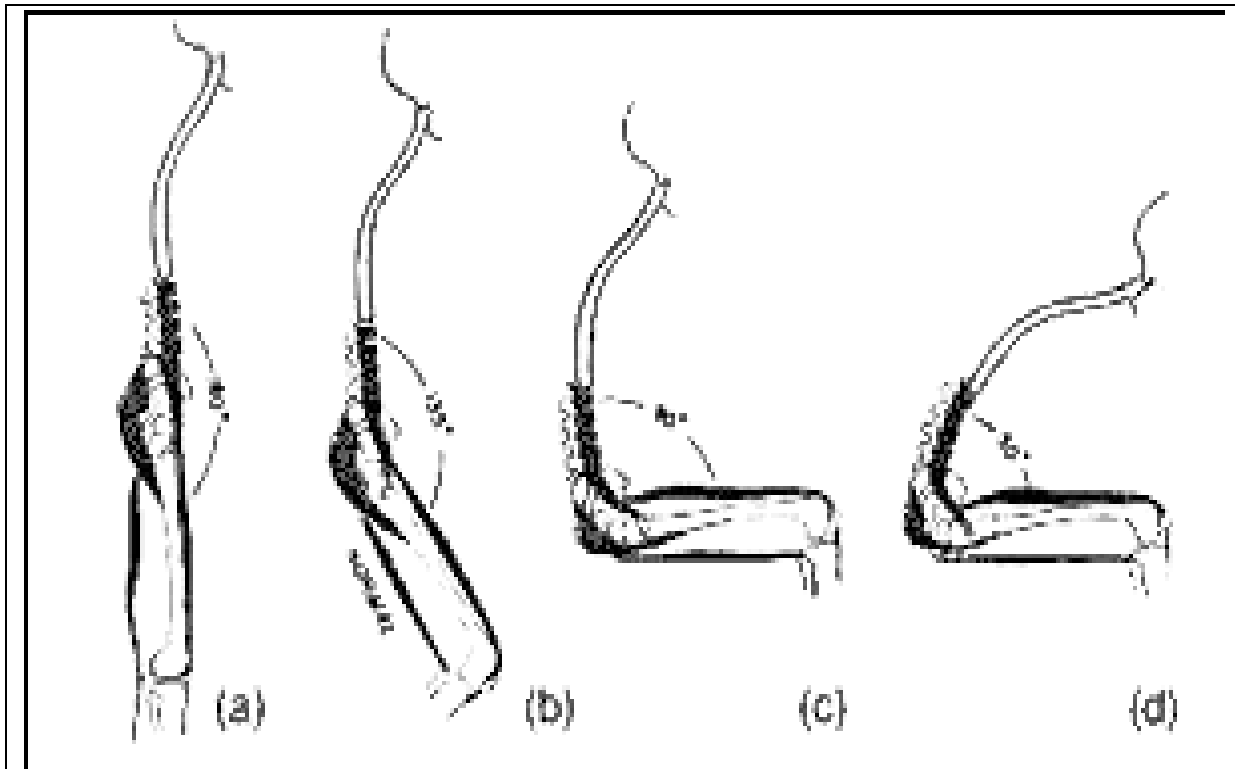
Βέβαια αυτό προσφέρει χαλάρωση στους μύες αφού το φορτίο του κορμού στηρίζεται από τους συνδέσμους. Η επιβαλλόμενη όμως φόρτιση στους συνδέσμους, η οποία είδαμε ότι είναι ιδιαίτερα μεγάλη, κακοποιεί τους μεσοσπονδύλιους δίσκους, οι οποίοι με το μηχανισμό που αναπτύχθηκε πιο πάνω είναι υπεύθυνοι για τον πόνο στη μέση. Το πρόβλημα γίνεται ακόμα πιο έντονο αν λάβουμε υπόψη μας ότι συνήθως κατά τη διάρκεια της εργασίας μας

σκύβουμε προς το γραφείο και αυτό σημαίνει 40° ως 50° επιπλέον κάμψη του κορμού. Αυτή η κάμψη επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της σύνδεσης 4^{ου} και 5^{ου} οσφυϊκού σπονδύλου επιβαρύνοντας έτσι ακόμα περισσότερο την σπονδυλική μας στήλη.



Στην προσπάθεια να ελαφρύνουμε την φόρτιση των μυών της οπίσθιας μηριαίας επιφάνειας αλλά και να επαναφέρουμε τις ορθές κυρτότητες στη σπονδυλική στήλη επιμερίζουμε το φορτίο του κορμού στους μύες της πλάτης. Σε παρατεταμένη διάρκεια καθίσματος με τέτοιο τρόπο, το στατικό φορτίο στους μύες συμβάλει με σημαντικό μερίδιο και αυτό δημιουργία του πόνου στην οσφυϊκή χώρα.

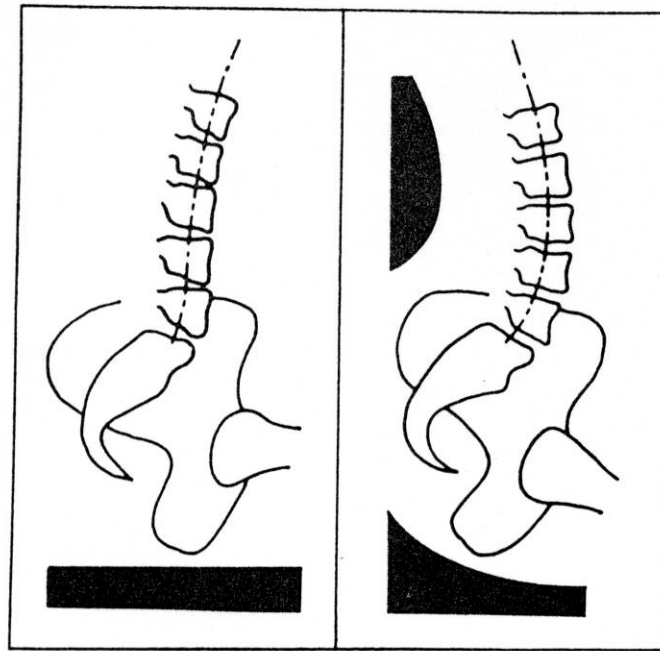
Ακριβώς στην εύρεση τρόπου για την αποφυγή αυτού του προβλήματος στοχεύει η παρούσα εργασία. Ο J.J.Keegan, Αμερικάνος ορθοπεδικός χειρουργός μελέτησε με τη βοήθεια ακτινών-χ ανθρώπους ξαπλωμένους στο πλευρό κατά τη μετάβαση από την όρθια στάση (α), σε στάση με μικρή κάμψη του κορμού (b), στην «ορθή» καθιστή στάση (c) και σε στάση με μεγάλη κάμψη του κορμού (d). (Εικόνα 18)



Εικόνα 18: Θέσεις της σπονδυλικής στήλης για τις διάφορες στάσεις του σώματος (J.J.Keegan, 1953)

Κατέγραψε τις διαδοχικές θέσεις της σπονδυλικής στήλης κατά τη μετάβαση από την (α) στην (d) και διαπίστωσε ότι οι θέσεις φυσικής χαλάρωσης του ανθρώπινου σώματος είναι η (b) και η (c). Σε αυτές τις θέσεις οι κυρτότητες της σπονδυλικής στήλης είναι οι επιθυμητές ενώ οι μύες είναι χαλαροί και γενικά η λειτουργία του οργανισμού ξεκούραστη. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως ακριβώς αυτές τις θέσεις επιλέγει το ανθρώπινο σώμα ως πιο χαλαρές κατά την διάρκεια του ύπνου. Ταυτόχρονα άλλες έρευνες για την συμπεριφορά του ανθρώπινου σώματος σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας (νερό, διάστημα) επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα του Keegan καθώς και σε αυτές τις συνθήκες οι θέσεις που ο άνθρωπος επέλεγε αυθόρμητα για χαλάρωση είναι οι ίδιες.

Με το να δώσουμε μια κλίση προς τα εμπρός στην έδρα του καθίσματος (**Εικόνα 19**) μπορούμε να εξαλείψουμε την ανάγκη για μεγάλη κάμψη της άρθρωσης του ισχίου και να υποστηρίξουμε την κυρτότητα της οσφυϊκής μοίρας. Όταν η γωνία μεταξύ μηρού και κορμού μπορεί να είναι μεγαλύτερη των 90° τότε μειώνεται δραστικά η περιστροφή της λεκάνης και βέβαια ο μυϊκός κόπος για την διατήρηση της ορθής θέσης της σπονδυλικής στήλης (Mandal 1976, 1981). Αναιρούνται έτσι όλες οι αρνητικές συνέπειες που παρουσιάστηκαν για την κλασική στάση. Είναι δηλαδή ασφαλές το να ισχυριστούμε πως η προτεινόμενη γωνία μεταξύ του κορμού και των μηρών δεν είναι η ορθή αλλά μια αμβλεία γωνία μέσα σε ένα πεδίο από 110° ως 135° . Η γωνία αυτή εξασφαλίζει ότι η σπονδυλική στήλη διατηρεί τις επιθυμητές κυρτότητες καθ' όλη την διάρκεια της διατήρησής της. Στα πλεονεκτήματα αυτής της στάσης είναι ακόμα το ότι δεν προκαλεί καταπόνηση στους μύες της πλάτης και των μηρών καθώς και η δυνατότητα για επιπλέον κάμψη του κορμού κατά την εκτέλεση της εργασίας (υπάρχει το περιθώριο να σκύψει ο εργαζόμενος σε πολύ μεγαλύτερη έκταση κάποιες στιγμές πράγμα που όπως ήδη αναφέρθηκε είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για εργαζόμενους σε γραφείο)



Εικόνα 19: Σχετική θέση της λεκάνης και της σπονδυλικής στήλης σε επίπεδη και κεκλιμένη προς τα εμπρός έδρα (Kroemer and Robinette, 1968)

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

Η κατασκευή ενός εργονομικού καθίσματος πρέπει να ξεκινάει έχοντας ως στόχο την άνεση του χρήστη. Χρησιμοποιώντας τα συμπεράσματα όλων των επιστημονικών ερευνών που παρουσιάστηκαν μπορούμε με ακρίβεια να προσδιορίσουμε τη στάση που κατά το δυνατό προσφέρει τη μεγαλύτερη άνεση στο χρήστη ενός καθίσματος εργασίας. Ο άνθρωπος πρέπει να κάθεται με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει γωνία κορμού-μηρών μεγαλύτερη κατά 20° έως 45° της ορθής. Το άνοιγμα της γωνίας αυτής δεν μπορεί να επιτευχθεί σε κανένα από τα συμβατικά καθίσματα. Θα πρέπει λοιπόν να σχεδιαστεί το κάθισμα από την αρχή.

Η πορεία που ακολουθήθηκε κατά τον σχεδιασμό ήταν να προσδιορίσουμε πρώτα με ακρίβεια τη στάση του ανθρώπου ώστε αυτή να πληρεί τους όρους που επιθυμούμε. Επιλέξαμε να υπολογίσουμε τις διαστάσεις για μεγαλόσωμο και μικρόσωμο άνθρωπο ώστε να εξασφαλίσουμε ότι το κάθισμα που θα σχεδιάσουμε θα καλύπτει ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού των χρηστών. Στη συνέχεια προσδιορίστηκε η γενική μορφή του καθίσματος με βάση τις ανάγκες για την προσαρμογή από το μεγαλόσωμο στο μικρόσωμο άνθρωπο. Τέλος υπολογίσαμε αναλυτικά τις διαστάσεις για την κατασκευή ενός πρωτοτύπου καθίσματος προσαρμόζοντας τη γενική μορφή του προηγούμενου βήματος στα ακριβή μεγέθη των υπολογισμών του πρώτου βήματος. Εδώ λήφθηκαν υπόψη και όλοι οι περιορισμοί για την λειτουργικότητα και την υλοποίηση του καθίσματος. Δίδεται πίνακας κατασκευαστικών μεγεθών και πλήρες μηχανολογικό σχέδιο του πρωτοτύπου καθίσματος.

Θα πρέπει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο ότι για την πληρότητα της εργασίας έγινε προσπάθεια να κατασκευαστεί το πρωτότυπο που σχεδιάστηκε. Παρόλο που καθ' όλη τη πορεία του σχεδιασμού λήφθηκε μέριμνα ώστε το πρωτότυπο να μην είναι σύνθετο και οι ρυθμίσεις που θα απαιτούνται να είναι περιορισμένες θα έπρεπε να γίνει ιδιαίτερη κατασκευή, σχεδόν κανένα μέρος της δεν θα μπορούσε να αγοραστεί από το εμπόριο θα έπρεπε να διαμορφωθούν όλα εξ' αρχής. Έγινε προσπάθεια για την κατασκευή του σε μηχανουργείο ωστόσο επειδή πρόκειται για εξειδικευμένη κατασκευή δεν καταστήθηκε δυνατή η υλοποίηση του.

3 Προσδιορισμός προτεινόμενης στάσης ανθρώπου κατά την χρήση καθίσματος εργασίας

3.1 Βασικές Αρχές Εργονομικού σχεδιασμού

Έχουν πλέον παρουσιαστεί τα γενικά χαρακτηριστικά του προβλήματος της εύρεσης ενός όσο το δυνατόν λιγότερο επιβαρυντικού καθίσματος εργασίας. Είναι λοιπόν επιθυμητό ο συγκεκριμένος τύπος καθίσματος τον οποίο προσεγγίζει η μελέτη αυτή να πληρεί ορισμένες προϋποθέσεις ώστε να καλύπτει τις ανάγκες που προκύπτουν από τα ανωτέρω. Στη συνέχεια παρατίθενται οι βασικές αρχές, οι κανόνες που σύμφωνα με την εργονομία πρέπει να ακολουθούνται κατά το σχεδιασμό ενός καθίσματος εργασίας :

- είναι κρίσιμης σημασίας το να συμπίπτουν οι σχεδιαστικές και κατασκευαστικές διαστάσεις του καθίσματος με τα ανθρωπομετρικά δεδομένα που υπάρχουν. Φυσικά θα πρέπει να γίνει και κατάλληλη επιλογή των ανθρωπομετρικών δεδομένων, συμβατών με τον πληθυσμό των χρηστών
- ακριβώς επειδή πρόκειται για κάθισμα που απευθύνεται σε μια μεγάλη μερίδα χρηστών, είναι απαραίτητο να υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης του ύψους ή της σχετικής απόστασης των μερών της κατασκευής, για να μπορεί να προσαρμόζεται και να καλύπτει τις διαφορετικές διαστάσεις ανθρώπων που ανήκουν σε διαφορετικό φύλο ή εκατοστημόριο
- οι γωνίες που σχηματίζει το σώμα κατά τη χρήση του καθίσματος πρέπει να προσεγγίζουν κατά το δυνατό τις γωνίες που θεωρούνται «υγιεινές» (όπως αναλύθηκε παραπάνω), γωνίες δηλαδή που να προστατεύουν τη σπονδυλική στήλη και να μην δημιουργούν στον χρήστη αίσθημα κόπωσης ακόμα και για πολύωρη χρήση
- σημαντικό ακόμα είναι, επειδή η στόχευση αυτού του καθίσματος εργασίας είναι εργαζόμενοι σε γραφείο με ηλεκτρονικό υπολογιστή (data-inputers) να υπάρχει σχετική ελευθερία κινήσεων του κορμού για τη διευκόλυνση της εργασίας τους
- μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί κατά το σχεδιασμό στην απλότητα και την ευχρηστία του καθίσματος. Περιορισμένος αριθμός χειριστηρίων, άμεσα προσβάσιμων ώστε να μπορεί να γίνει ρύθμιση ενώ κάθεται ο χρήστης, κατανοητός τρόπος χρήσης για όλους
- στόχος μας είναι ο σχεδιασμός ενός καθίσματος στο οποίο ο χρήστης θα νιώθει τόσο άνετα ώστε θα το χρησιμοποιεί κατά το δυνατό περισσότερο, άρα επιβάλλεται βασική μας επιδίωξη να είναι η φορητότητα. Να μπορεί αν το επιθυμεί, να το μεταφέρει και σε άλλο χώρο εργασίας (γραφείο-σπίτι)

3.2 Επιλογή Ανθρωπομετρικών Δεδομένων

Με τη βοήθεια του προγράμματος Anthropos® συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα ανθρωπομετρικά δεδομένα για την μοντελοποίηση των ανθρωπομορφών στις οποίες προσαρμόσαμε το κάθισμα. Το πρόγραμμα Anthropos® (Μαρμαράς, Δεληγιώργης, Κόντος, ΕΜΠ) είναι ένα πρόγραμμα που δίνει τα ανθρωπομετρικά μεγέθη (που είναι κάθε φορά διαθέσιμα) ανά εκατοστημόριο και ανάλογα με τις επιλογές μας στις παραμέτρους που διαθέτει (φύλο, χώρα). Η αιτία που το επιλέξαμε ως βάση ανθρωπομετρικών δεδομένων ήταν το ότι η λογική με την οποία έχει σχεδιαστεί επιτρέπει στα μεγέθη του να είναι ρεαλιστικά. Το Anthropos® ,σε αντίθεση με κάποιες άλλες βάσεις δεδομένων, έχει σχεδιαστεί με την εξής λογική: το ανάστημα του ανθρώπου καθώς βρίσκεται σε όρθια στάση επιλέχθηκε ως διάσταση που καθορίζει το εκατοστημόριο επειδή παρουσιάζει σχετικά υψηλό συντελεστή συσχέτισης ($SD=75$). Δηλαδή για άτομα του ίδιου αναστήματος μετρήθηκαν οι διαστάσεις των επιμέρους μελών τους και προέκυψε ένας μέσος όρος με ορισμένη τυπική απόκλιση. Ο μέσος όρος αυτός καταχωρήθηκε ως η διάσταση του μετρούμενου μεγέθους για το συγκεκριμένο εκατοστημόριο. Με τον τρόπο αυτό τα μεγέθη που προκύπτουν για κάθε διάσταση του σώματος προσεγγίζουν ικανοποιητικά την πραγματικότητα.

Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τον Αμερικάνικο πληθυσμό γιατί για αυτόν ήταν οι πιο λεπτομερείς και αναλυτικές καταχωρήσεις που υπήρχαν. Επιλέχθηκαν οι βασικές διαστάσεις (παρουσιάζονται στη συνέχεια) για τον μικρόσωμο άνθρωπο του $3,5^{ου}$ εκατοστημορίου, τον μέσο του $53^{ου}$ και για τον μεγαλόσωμο του $97,5^{ου}$. Με τις τρεις αυτές κατηγορίες καλύπτεται ολόκληρος ο πληθυσμός των πιθανών χρηστών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι αποστάσεις που αναφέρονται προσδιορίζονται από τα σημεία που στο χρησιμοποιούμενο πρόγραμμα είναι ορισμένα ως Σύνδεσμοι. Επιλέξαμε να κατασκευάσουμε το μοντέλο μας βασιζόμενοι

στις αποστάσεις μεταξύ των Συνδέσμων (όπως αυτοί ορίζονται από το Anthropos) και όχι σε στοιχεία εξωτερικών διαστάσεων γιατί οι πρώτες είναι προσφορότερες για τους υπολογισμούς μας ιδιαίτερα για τον υπολογισμό των σχηματιζόμενων γωνιών μεταξύ των μερών του σώματος και απλοποιούν το σχεδιασμό.

Έτσι από εδώ και στο εξής όταν αναφερόμαστε σε κάποιο σημείο του σώματος θα το κάνουμε με βάση αυτή την παρατήρηση ακόμα κι αν δεν συμπίπτει ο πραγματικός σύνδεσμος του σώματος με αυτόν του Anthropos. Η διαφορά αυτή φυσικά δεν προκαλεί κανένα πρόβλημα στην αξιοπιστία των αποτελεσμάτων αφού έχει ήδη συνεκτιμηθεί στους υπολογισμούς μας.

3.3 Διαστάσεις Ανθρώπου, Ορισμοί

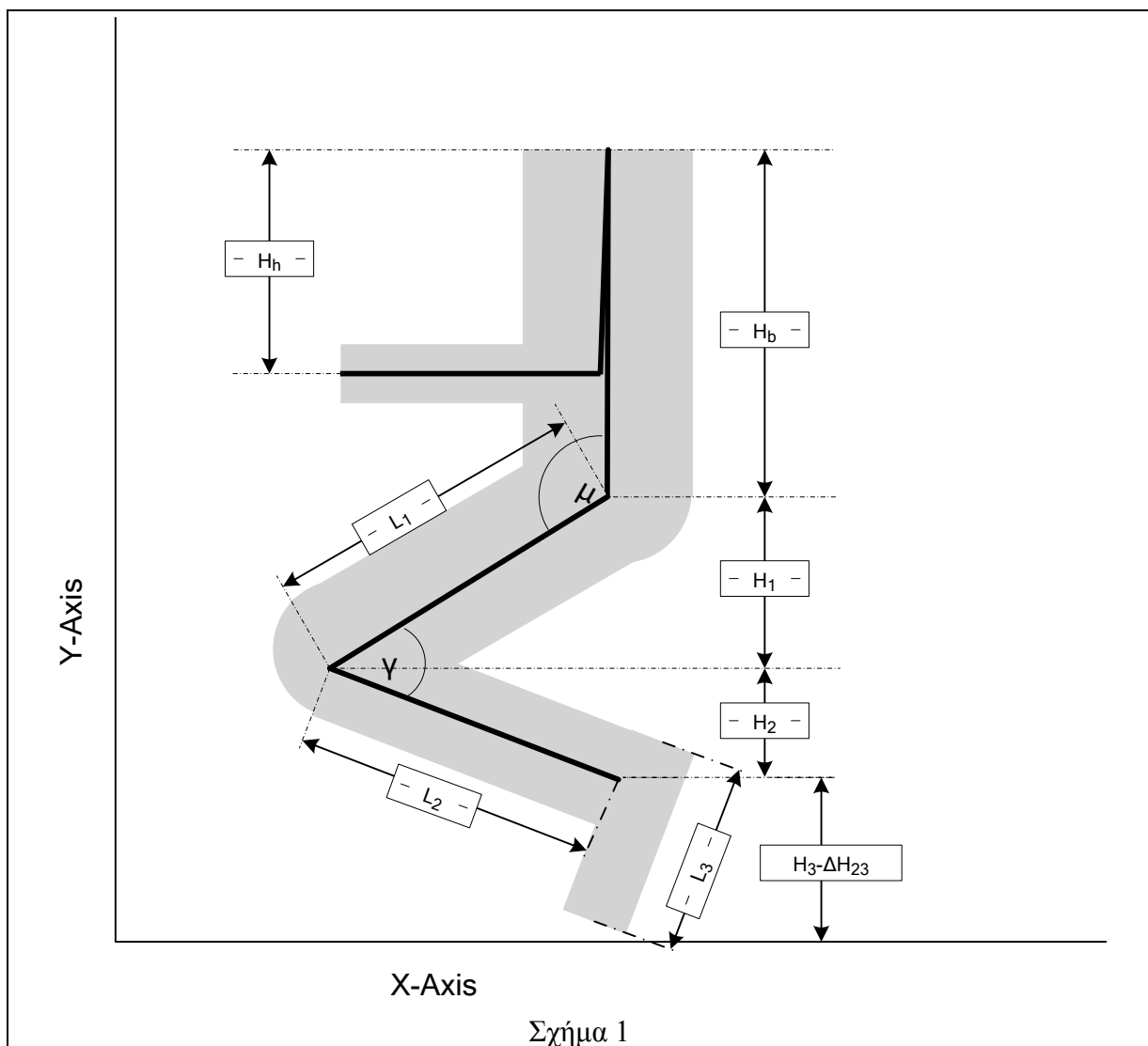
Για τους υπολογισμούς μας καθοριστικό ρόλο παίζουν οι γωνίες που σχηματίζουν ο κορμός με τους μηρούς (μ), οι μηροί με τις κνήμες (γ) και οι κνήμες με το πέλμα (κ). Οι τελικές τιμές των γωνιών αυτών δεν είναι γνωστές από τις πρώτες φάσεις του σχεδιασμού. Οι διαστάσεις του ανθρώπου εξαρτώνται μόνο από το εκατοστημόριο επιλογής τους. Τα μεγέθη όμως που καθορίζουν την στάση του ανθρώπου εξαρτώνται από τις γωνίες του σώματος. Έτσι η μεταβολή των γωνιών καθορίζει τις τιμές των μεγεθών και κατ' επέκταση τη στάση του ανθρώπου. Ορισμοί για όλα τα μεγέθη δίδονται παρακάτω.

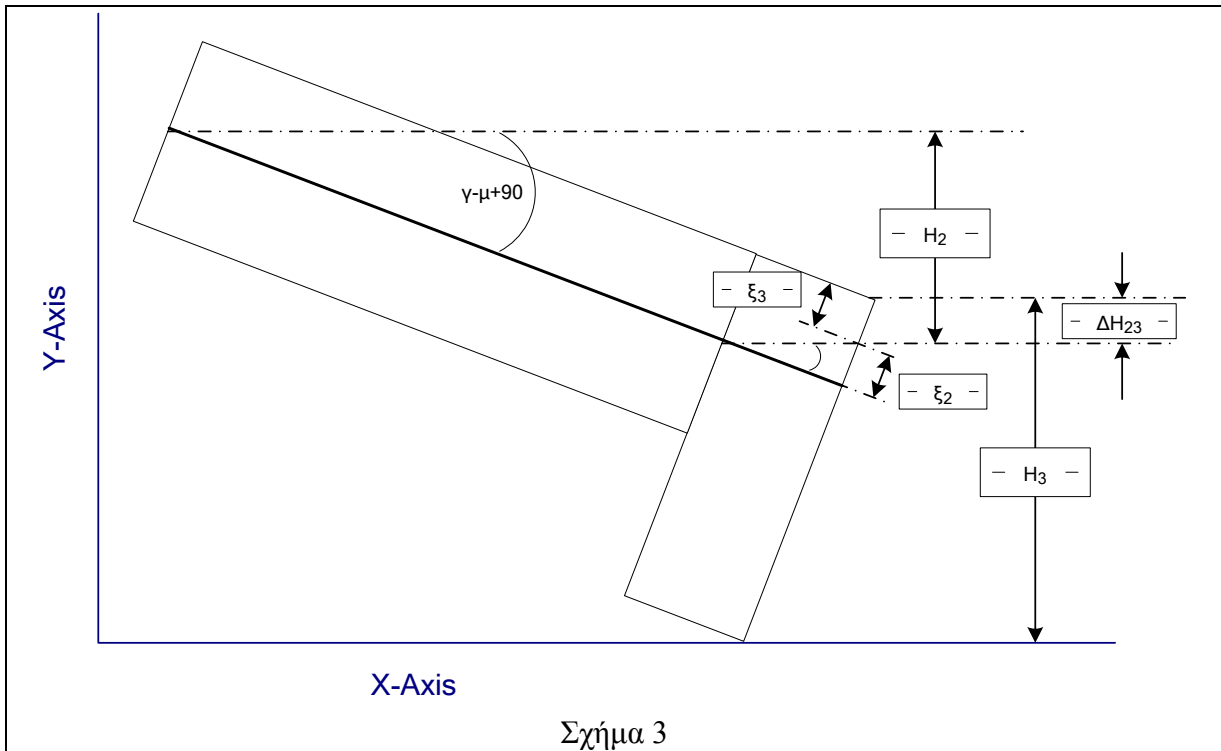
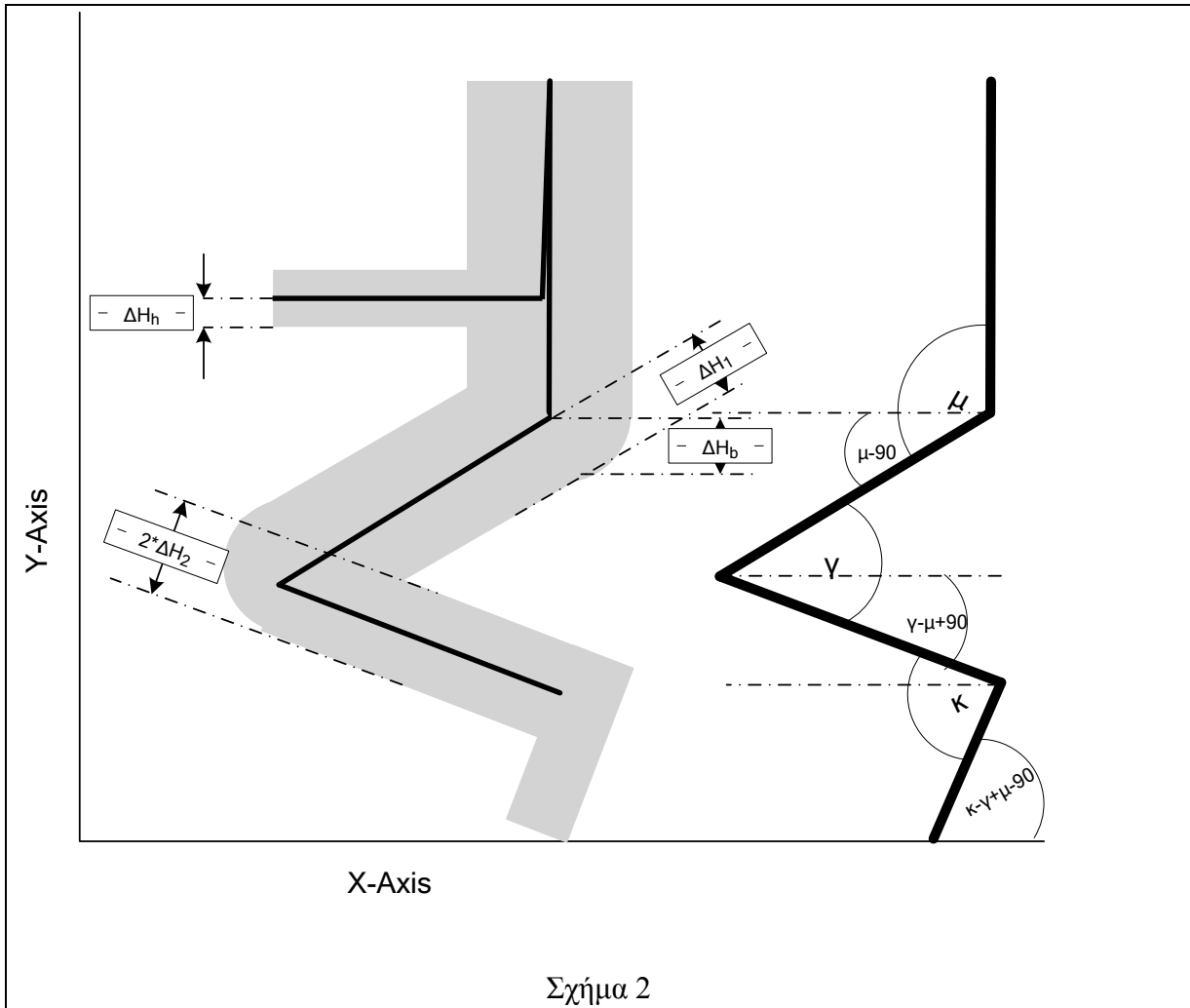
- μ : Γωνία κορμού-μηρού
- γ : Γωνία μηρού-κνήμης
- κ : Γωνία κνήμης-πέλματος

- H_b : Μήκος Κορμού (απόσταση ώμου –λεκάνης)
- ΔH_1 : Ήμισυ πάχους γοφού
- ΔH_b : Πάχος από λεκάνη μέχρι επιφάνεια καθίσματος
 - $\Delta H_b = \Delta H_1 * \cos(\mu - 90)$
- H_h : Μήκος Μπράτσου (απόσταση ώμου-αγκώνα)
- ΔH_h : Ήμισυ Πάχους Βραχίονα (απόσταση αγκώνα-επιφάνειας γραφείου)
- L_1 : Μήκος Μηρού (απόσταση λεκάνης-γονάτου)
 - O_1 : Οριζόντια προβολή L_1
 - $O_1 = L_1 * \cos(\mu - 90)$
 - H_1 : Κατακόρυφη προβολή L_1
 - $H_1 = L_1 * \sin(\mu - 90)$
- ΔH_2 : Ήμισυ πάχους γονάτου (ήμισυ της απόστασης πίσω μέρους γονάτου-άκρης έδρας)
- L_2 : Μήκος κνήμης (απόσταση γονάτου-αστραγάλου)
 - O_2 : Οριζόντια προβολή L_2
 - $O_2 = L_2 * \sin(\mu - \gamma)$
 - H_2 : Κατακόρυφη προβολή L_2
 - $H_2 = L_2 * \cos(\mu - \gamma)$
- ΔL_2 : Ύψος Αστραγάλου
- L_3 : Μήκος πέλματος (εξωτερική διάσταση)

- **O₃** : Οριζόντια προβολή L₃
 - $O_3 = L_3 * \cos(\kappa - \gamma + \mu)$
- **H₃** : Κατακόρυφη προβολή L₃
 - $H_3 = L_3 * \sin(\kappa - \gamma + \mu)$
- **ΔH₂₃** : Διορθωτικό ύψος
 - $E_2 = \Delta L_2 * \tan(\gamma - \mu + 90)$
 - $E_3 = \Delta H_2 - E_2$
 - $$\Delta H_{23} = \frac{E_3}{\cos(\gamma - \mu + 90)}$$

Σε γραφική απεικόνιση τα μεγέθη αυτά παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα που απεικονίζουν τον άνθρωπο σε πλάγια όψη στην επιθυμητή στάση κατά την χρήση του καθίσματος.





Οι αναλυτικοί υπολογισμοί όλων των μεγεθών για κάθε εκατοστημόριο δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Εκατοστημόριο	3,5ο	53ο	97,5ο
μ	120°	120°	120°
γ	50°	50°	50°
κ	90°	90°	90°
Μήκος Κορμού H_b	427	457	488
ΔH_b	61	74	84
Μήκος Μπράτσου H_h	267	282	302
ΔH_h	40	45	49
ΔH_1	71	86	97
Μήκος Μηρού L_1	391	424	460
Προβολή Μηρού H_1	196	212	230
Οριζόντιο Μήκος O_1	339	367	398
ΔH_2	60	59	71
Μήκος Κνήμης L_2	381	414	430
Προβολή Κνήμης H_2	130	142	147
Οριζόντιο Μήκος O_2	358	389	404
ΔL_2	81	89	94
Μήκος Πέλματος L_3	246	267	270
Προβολή Πέλματος H_3	231	251	254
Οριζόντιο Μήκος O_3	84	91	92
E_2	29	32	34
E_3	31	26	37
ΔH_{23}	29	25	35

- Με έντονα γράμματα σημειώνονται οι διαστάσεις που πήραμε από το πρόγραμμα Anthropos
- Όλες οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστά.
- Οι γωνίες μ και γ επιλέχθηκαν περίπου στο μέσον του εύρους διακύμανσης τους. Μπορούν αν διακυμανθούν ταυτόχρονα να δώσουν το επιθυμητό ύψος για τον κάθε υπολογισμό. Το ζεύγος που έχει επιλεγεί τελικά ικανοποιεί και περιορισμούς που προέκυψαν στη συνέχεια των υπολογισμών και θα παρουσιαστούν παρακάτω. Η γωνία κ επιλέχθηκε να είναι 90°.

3.4 Περιορισμοί για τη στάση του χρήστη

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν τα μεγέθη της στάσης του σώματος και έγινε ένας πρώτος υπολογισμός τους. Για να προσδιοριστεί με ακρίβεια η στάση πάνω στην οποία θα προσαρμοστεί το κάθισμα θα πρέπει καταρχάς να ληφθούν υπ' όψιν οι επιθυμητές ή επιτρεπτές τιμές των γωνιών του σώματος.

- Ήδη τεκμηριώθηκε ότι η καταλληλότερη γωνία μεταξύ κορμού και μηρού (μ) είναι μια γωνία γύρω στις 135° . Επιθυμούμε λοιπόν κατά το σχεδιασμό ο άνθρωπος να είναι σε τέτοια στάση ώστε να προσεγγίζει κατά το δυνατό τη γωνία αυτή.
- Για τη γωνία μεταξύ μηρού και κνήμης (γ) στη βιβλιογραφία δεν υπάρχουν πολλές αναφορές. Ως ελάχιστη ανεκτή γωνία δίδεται η γωνία 53° . Ωστόσο η τεκμηρίωση δεν είναι ιδιαίτερα ισχυρή. Πάντως δεν μπορούμε να σχεδιάζουμε υπολογίζοντας σε γωνίες σημαντικά μικρότερες από την τιμή αυτή.
- Για την γωνία μεταξύ κνήμης και πέλματος (κ) δεν μπορούμε να έχουμε μικρότερη γωνία από την ορθή

Ταυτόχρονα υπάρχουν επιπλέον περιορισμοί που πρέπει να ικανοποιεί το κάθισμα και επηρεάζουν την στάση του σώματος όπως ότι :

- Θα πρέπει το κάθισμα μας να συνεργάζεται αρμονικά με το γραφείο εργασίας. Για το λόγο αυτό θα πρέπει για τον κάθε χρήστη να βρίσκεται στο ίδιο ύψος ο αγκώνας και ο βραχίονας του χεριού του (μπράτσο-βραχίονας σχηματίζουν ορθή γωνία) με την επιφάνεια του γραφείου. Από τους σχετικούς καταλόγους προσδιορίζεται το εύρος του ύψους του γραφείου από 670mm έως 770mm. Για τους δικούς μας υπολογισμούς θα θεωρήσουμε μέσο ύψος γραφείου τα 720mm (H_{desk}). Αυτό είναι και το ύψος που θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να έχει και ο βραχίονας του χρήστη.
- Επιθυμητό ακόμη είναι το πέλμα καθ' όλη τη διάρκεια χρήσης να βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος

Συνεκτιμώντας όλους αυτούς τους περιορισμούς μπορούμε να έχουμε μια λεπτομερέστερη εικόνα για την τελική στάση του ανθρώπου. Η γωνία μεταξύ κορμού και μηρού θα πρέπει να είναι κοντά στις 135° . Η γωνία μηρού-κνήμης θα συνδιακυμανθεί με την γωνία κορμού-μηρών ώστε ανεξάρτητα από το ύψος του ανθρώπου να προκύπτει ύψος αγκώνα ίσο με το μέσο ύψος γραφείου (720mm).

Είναι φανερό πως ακολουθώντας τους περιορισμούς θα προκύψει ένα κάθισμα όπου ο χρήστης θα έχει πολύ μεγάλη γωνία κορμού-μηρού. Αν στηρίζεται μόνο στην κλασσικού τύπου έδρα (seatpan) θα κινδυνεύει να γλιστρήσει εμπρός ή θα πρέπει να ασκεί πολύ μεγάλη δύναμη με τα πόδια του για να αντισταθεί στο βάρος. Για να μπορεί να έχει άνεση αλλά και ευστάθεια θα πρέπει να υπάρχει πρόσθετη στήριξη στα γόνατα. Λύσεις όπως αυτή της χρήσης ενός υλικού για την επιφάνεια του καθίσματος το οποίο θα έχει αυξημένο συντελεστή τριβής για να περιορίζει την ολίσθηση δεν προκρίνονται μιας και δεν τις χαρακτηρίζει η ευχρηστία για το σύνολο του πληθυσμού (π.χ. γυναίκες που φορούν φούστα) ενώ ταυτόχρονα τα επιτυγχανόμενα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά. Είναι δηλαδή απαραίτητο ανεξάρτητα από την τελική μορφή του καθίσματος να υπάρχει μια επιφάνεια με διεύθυνση παράλληλη σε αυτή της κνήμης η οποία θα στηρίζει τα πόδια (kneepan). Προσεγγίζουμε έτσι τη μορφή του καθίσματος ισορροπίας (balance chair) όσον αφορά τη διάταξη των επιφανειών επαφής. Είναι λοιπόν αρχικά δεδομένη η ύπαρξη δύο μαξιλαριών (seatpan, kneepan). Ο άνθρωπος άρα θα πρέπει να έχει το πέλμα του συνέχεια σε επαφή με το έδαφος αλλά και η κνήμη του δε θα μπορεί να κάνει ελεύθερα κινήσεις όπως σε ένα συμβατικό κάθισμα.

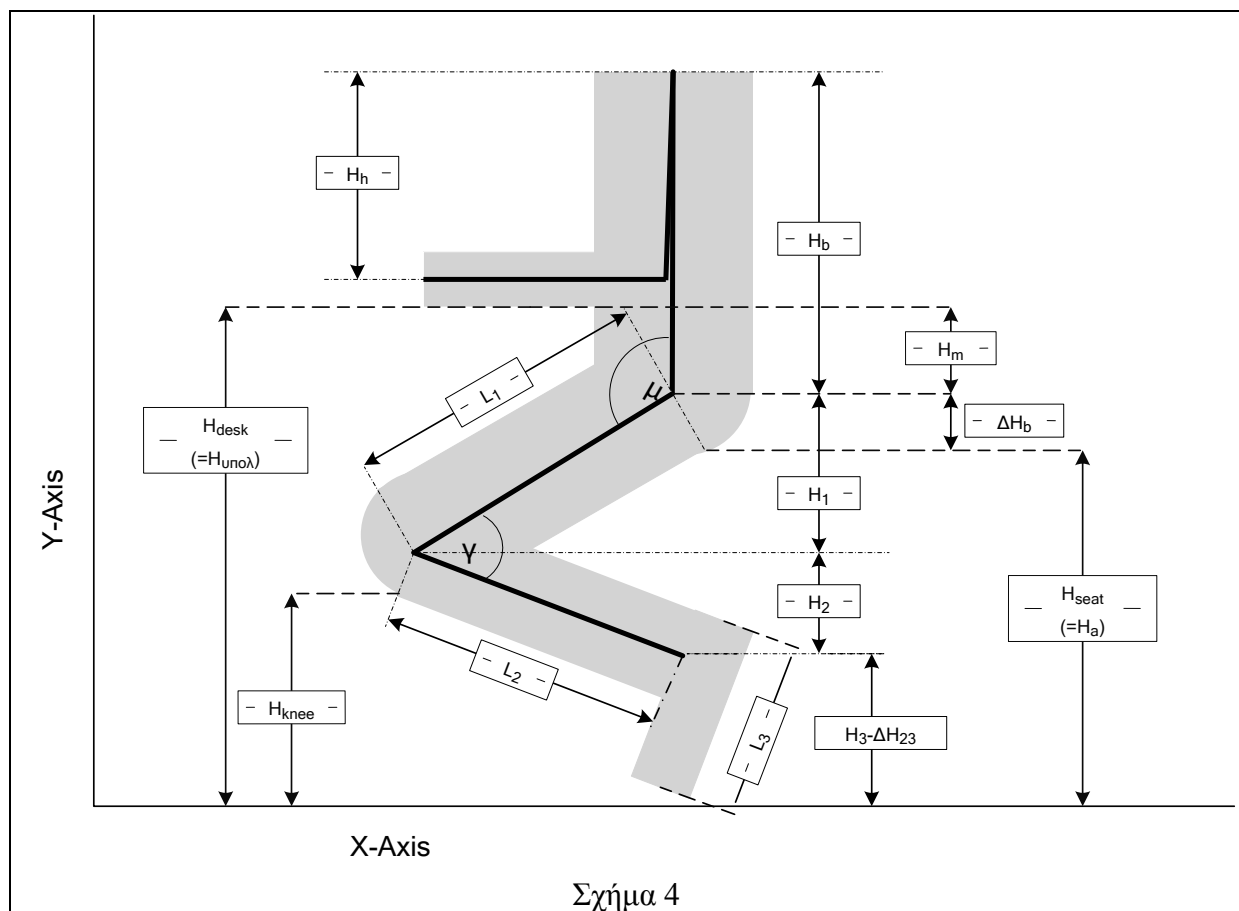
3.5 Τελική στάση χρήστη με την προσαρμογή στους περιορισμούς

Ο πρώτος περιορισμός που πρέπει να ικανοποιηθεί είναι η απαίτηση για το ύψος του αγκώνα να είναι ίσο με το ύψος της επιφάνειας του γραφείου. Για τους υπολογισμούς μας θα χρησιμοποιήσουμε τα παρακάτω μεγέθη:

- H_m : Απόσταση λεκάνης-αγκώνα

$$H_m = H_b - H_h - \Delta H_h$$
- $H_{\text{υπολ}}$: Υπολογιστικό μέγεθος που επιθυμούμε να είναι ίσο με H_{desk}

$$H_{\text{υπολ}} = H_m + H_1 + H_2 + H_3 - \Delta H_{23}$$



Με την επιλογή των γωνιών για τον αρχικό υπολογισμό το ύψος αγκώνα ($H_{\text{υπολ}}$) ανά εκατοστημόριο δίνεται στον παρακάτω πίνακα. Το μέγεθος H_m είναι ανεξάρτητο των γωνιών. Από τη διαφορά του H_m από το $H_{\text{υπολ}}$ μπορούμε να προσδιορίσουμε το Ύψος Μέσης. Είδαμε ήδη ότι το επιθυμητό ύψος αγκώνα πρέπει να είναι ίσο με το ύψος γραφείου (720mm). Με την ίδια διαδικασία μπορούμε να υπολογίσουμε το επιθυμητό Ύψος Μέσης για κάθε εκατοστημόριο και την απαιτούμενη μεταβολή ώστε να το επιτύχουμε. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Εκατοστημόριο	3,5ο	53ο	97,5ο
$H_{\text{υπολ}}$	649	710	734
H_m	121	131	138
Ύψος Μέσης	528	580	596
H_{desk}	720	720	720
Επιθυμητό Ύψος Μέσης	600	590	583
Μεταβολή	71	10	-14

Θα πρέπει βάσει των όσων αναλύθηκαν οι άνθρωποι και των τριών εκατοστημορίων να έχουν ύψος αγκώνα ίσο με το ύψος γραφείου. Πρέπει να προσδιορίσουμε ποιο ζεύγος γωνιών μ , γ δίδει τέτοια στάση ώστε να επιτύχουμε το κατάλληλο ύψος. Ύστερα από τους υπολογισμούς μας παρατηρούμε ότι υπάρχουν περισσότερα από ένα ζεύγη που καλύπτουν τις απαιτήσεις μας. Ωστόσο το τελικό ζεύγος προκύπτει από επιπλέον περιορισμούς από τον σχεδιασμό και την λειτουργικότητα της τελικής μορφής του καθίσματος.

Εκατοστημόριο	3,5ο	53ο	97,5ο
μ	135,9	124,4	126,8
γ	63,8	51,9	49,2

Με τις γωνίες αυτές και με γωνία κ (κνήμης-πέλματος) 90° μπορώ χρησιμοποιώντας τους παραπάνω τύπους να υπολογίσω τα μεγέθη του ανθρώπου του προηγούμενου πίνακα.

Εκατοστημόριο	3,5ο	53ο	97,5ο
μ	135,9	124,4	126,8
γ	63,8	51,9	49,2
κ	90,0	90,0	90,0
Μήκος Κορμού H_b	427	457	488
ΔH_b	49	71	78
Μήκος Μπράτσου H_h	267	282	302
ΔH_h	40	45	49
ΔH_1	71	86	97
Μήκος Μηρού L_1	391	424	460
Προβολή Μηρού H_1	281	239	276
Οριζόντιο Μήκος O_1	272	350	368
ΔH_2	60	59	71
Μήκος Κνήμης L_2	381	414	430
Προβολή Κνήμης H_2	117	124	92
Οριζόντιο Μήκος O_2	363	395	420

ΔL_2	81	89	94
Μήκος Πέλματος L_3	246	267	270
Προβολή Πέλματος H_3	234	255	264
Οριζόντιο Μήκος O_3	75	80	58
E_2	26	28	21
E_3	34	30	50
ΔH_{23}	32	29	49
Ηυπολ	720	720	720

Για να εξασφαλίσουμε ότι το κάθισμα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από όσο το δυνατό ευρύτερη ομάδα χρηστών θα εξετάσουμε τις ακραίες διαστάσεις, δηλαδή το που θα πρέπει να τοποθετηθούν στο σύστημα συντεταγμένων τα σημεία επαφής του καθίσματος και του ανθρώπου ώστε να είναι κατάλληλη για ανθρώπους που ανήκουν στο 3,5^ο (μικρόσωμος) και στο 97,5^ο εκατοστημόριο (μεγαλόσωμος).

Ο γεωμετρικός τόπος των σημείων επαφής στο σύστημα των συντεταγμένων του σχεδίου είναι ένα ευθύγραμμο τμήμα κατά μήκος του μηρού και της κνήμης με μήκος και διεύθυνση ίσα με αυτά των μαξιλαριών. Για τους υπολογισμούς μας δεν χρειάζεται να υπολογίσουμε το σύνολο των σημείων αλλά μόνο το άκρο του ευθύγραμμου τμήματος αφού με γνωστό το μήκος και την διεύθυνση προσδιορίζεται ο τόπος των σημείων. Αυθαίρετα επιλέγουμε να υπολογίσουμε ως σημεία επαφής του ανθρώπου με το κάθισμα την προβολή του σημείου σύνδεσης (Σύνδεσμος) μηρού-κορμού σε ευθεία παράλληλη στον άξονα του μηρού και την προβολή του σημείου σύνδεσης (Σύνδεσμος) μηρού-κνήμης σε ευθεία παράλληλη στον άξονα της κνήμης όπως φαίνεται στο σχήμα. Τα σημεία αυτά ορίζουν τα μεγέθη H_{seat} , H_{knee} .

- H_{seat} : Ύψος άνω δεξιού σημείου μαξιλαριού έδρας (seatpan)

$$H_{seat} = H_1 + H_2 + H_3 - \Delta H_{23} - \Delta H_b$$

- X_{seat} : Οριζόντια θέση άνω δεξιού σημείου seatpan

$$X_{seat} = O_1 + \sin(\gamma - \mu + 90) * \Delta H_2 + \sin(\mu - 90) * \Delta H_1$$

- H_{knee} : Ύψος άνω αριστερού σημείου μαξιλαριού γονάτων (kneepan)

$$H_{knee} = H_2 + H_3 - \Delta H_{23} - \cos(\gamma - \mu + 90) * \Delta H_2$$

$$= H_{seat} + \Delta H_b - H_1 - \cos(\gamma - \mu + 90) * \Delta H_2$$

- X_{knee} : Οριζόντια θέση άνω αριστερού σημείου kneepan

$$X_{knee} = 0 \text{ (εξ' ορισμού)}$$

Μπορώ με βάση αυτούς τους ορισμούς να υπολογίσω τις συντεταγμένες των σημείων επαφής του ανθρώπου με το κάθισμα για τις γωνίες μ , γ που προσδιόρισα

Εκατοστημόριο	3,5ο	97,5ο
---------------	------	-------

X_{seat}	342	442
H_{seat}	550	505
X_{knee}	0	0
H_{knee}	262	237

3.6 Βασικά μεγέθη για τα μαξιλαράκια

Πριν προχωρήσουμε στον περαιτέρω σχεδιασμό του καθίσματος μπορούμε να προσδιορίσουμε και τα υπόλοιπα βασικά μεγέθη για τα μαξιλαράκια.

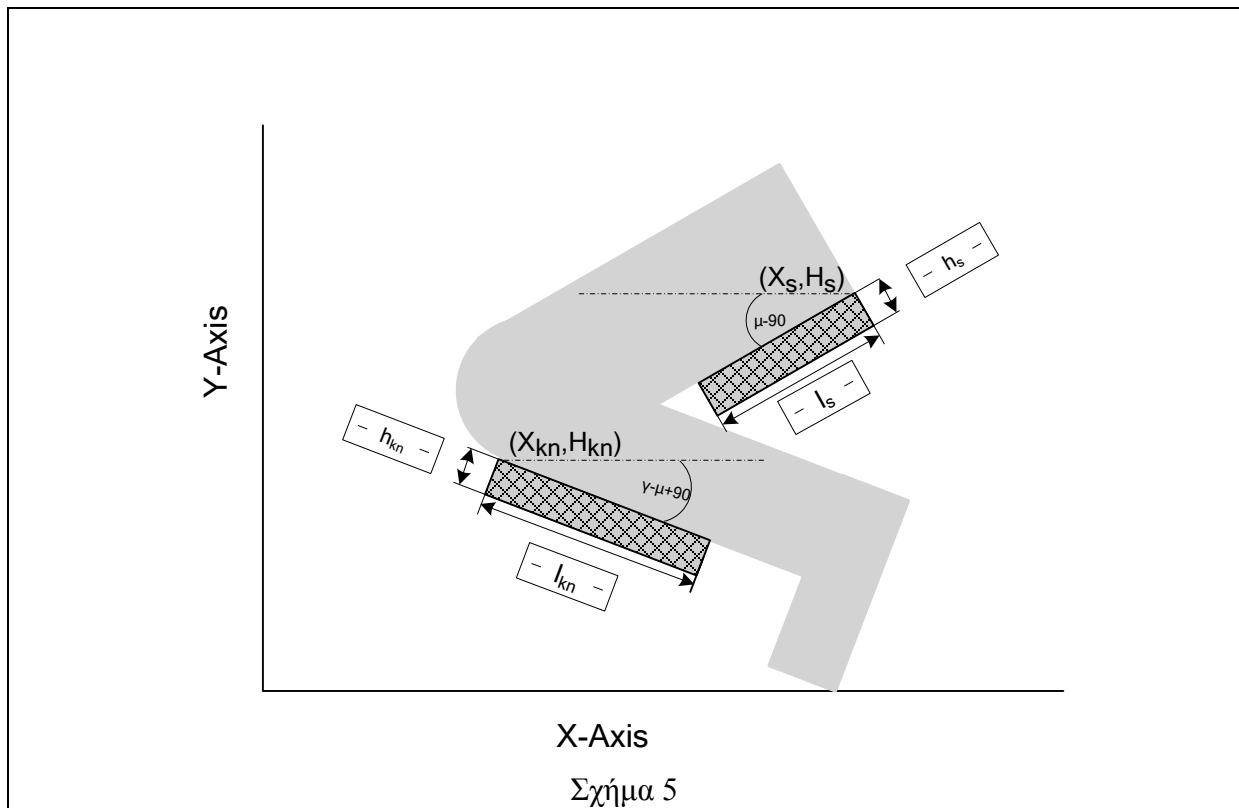
- i. Από πίνακες βιβλιογραφίας επιλέξαμε πάχος (συνολικό) 50mm
- ii. Το πλάτος του seatpan μπορούμε να το επιλέξουμε από το Anthropos (ως Ελάχιστο Πλάτος Πάγκου Καρέκλας, για Εργασία) και είναι 406mm
- iii. Το πλάτος του kneeran από την ίδια πηγή μπορεί να ταυτιστεί με το μέγεθος : Πλάτος χώρου για τα γόνατα. Το ελάχιστο ικανοποιητικό είναι 508 mm ενώ αφού δεν υπάρχει κάποιος άλλος περιορισμός μπορούμε να το επιλέξουμε μέχρι και στα 610mm (για την διάσταση του Πλάτους στόχος του σχεδιασμού είναι η άνεση του πιο μεγαλόσωμου).
- iv. Για το μήκος των δύο μαξιλαριών με το τρόπο που διαγράφεται η μορφή της καρέκλας θα πρέπει επιλεγεί ώστε να καλύπτει ταυτόχρονα τις ελάχιστες επιτρεπτές διαστάσεις αλλά και να μην εμποδίζει τον άνθρωπο να κάτσει ή να κινηθεί σχετικά. Ειδικότερα για το μήκος seatpan δεν θα πρέπει να υπάρχει επαφή με το πίσω μέρος της γάμπας , ενώ για το kneeran δεν θα πρέπει να εμποδίζει καθόλου το πέλμα. Έτσι έχουμε:

$$a. \quad l_s \leq \frac{L_1 - (\Delta H_1 + h_s) * \sin(90 - \gamma) - \Delta H_2}{\cos(90 - \gamma)}$$

$$b. \quad l_{kn} \leq L_2$$

Αν από την τελική μορφή του καθίσματος προκύψουν για το μέγεθος ή το σχήμα των μαξιλαριών επιπλέον περιορισμοί θα ληφθούν υπόψη.

Υπολογίζοντας για τα ακραία εκατοστημόριο τα ελάχιστα μήκη είναι 239mm και 300mm.



Συγκεντρωμένα τα μεγέθη των μαξιλαριών δίδονται στον παρακάτω πίνακα:

Διαστάσεις Μαξιλαριών	Seatpan	Kneepan
l (μήκος)	326	445
d (πλάτος)	232	320
h (πάχος)	137	195

4 Σχεδιασμός Πρωτοτύπου Καθίσματος Εργασίας

4.1 Απαιτούμενες δυνατότητες του καθίσματος

4.1.1 Μεταβολές Θέσεως Μαξιλαριών κατά την προσαρμογή από το 3,5° στο 97,5° εκατοστημόριο

Έχουμε ήδη προσδιορίσει με πλήρεις συντεταγμένες αλλά και με γνωστές τις γωνίες που σχηματίζουν τα μαξιλαράκια με τους άξονες συντεταγμένων τις θέσεις των μαξιλαριών. Με τη βοήθεια αυτών μπορώ να προσδιορίσω ακριβέστερα την τελική μορφή της καρέκλας. Θα πρέπει να έχει τέτοια μορφή ώστε να επιτρέπει στα μαξιλαράκια να κινούνται ακολουθώντας τα ανθρωπομετρικά δεδομένα, να μετακινούνται δηλαδή μεταξύ των υπολογισμένων θέσεων.

Εκατοστημόριο	3,5o	97,5o	Μεταβολή	Μεταβολή %
X_{seat}	342	442	100	29%
H_{seat}	550	505	-45	-8%
X_{knee}	0	0	0	0%
H_{knee}	262	237	-24	-9%
γωνία seat ($\mu-90$)	46	37	-9	-20%
γωνία knee ($\gamma-\mu+90$)	18	12	-5	-31%

(Για ευκολία στους υπολογισμούς διατηρώ σταθερή την οριζόντια συνιστώσα του σημείου επαφής γονάτου-kneeran, X_{kn})

Από τον πίνακα παρατηρώ τις εξής μεταβολές κατά τη μετάβαση από το 3,5° στο 97,5° εκατοστημόριο:

- Το σημείο επαφής μηρού-seatpan μετακινείται δεξιότερα στον οριζόντιο άξονα (X_S) και χαμηλότερα στον κατακόρυφο (H_S)
- Η σχηματιζόμενη με τον οριζόντιο άξονα γωνία ($\mu-90$) ελαττώνεται
- Το σημείο επαφής γονάτου-kneeran μετακινείται χαμηλότερα στον κατακόρυφο άξονα (X_{kn}) έτσι ώστε η απόσταση μεταξύ των δύο σημείων να αυξηθεί (απαραίτητο για να «καλύψει» το μεγαλύτερο στην δεύτερη περίπτωση μήκος μηρού)
- Η σχηματιζόμενη με τον οριζόντιο άξονα γωνία ($\gamma-\mu+90$) ελαττώνεται

Θα πρέπει δηλαδή από τον σχεδιασμό του καθίσματος να δίνονται αυτές οι ελευθερίες ρύθμισης στον χρήστη για να μπορεί να προσαρμόζει το κάθισμα ανάλογα με τις διαστάσεις του σώματος του.

4.1.2 Γενική μορφή καθίσματος

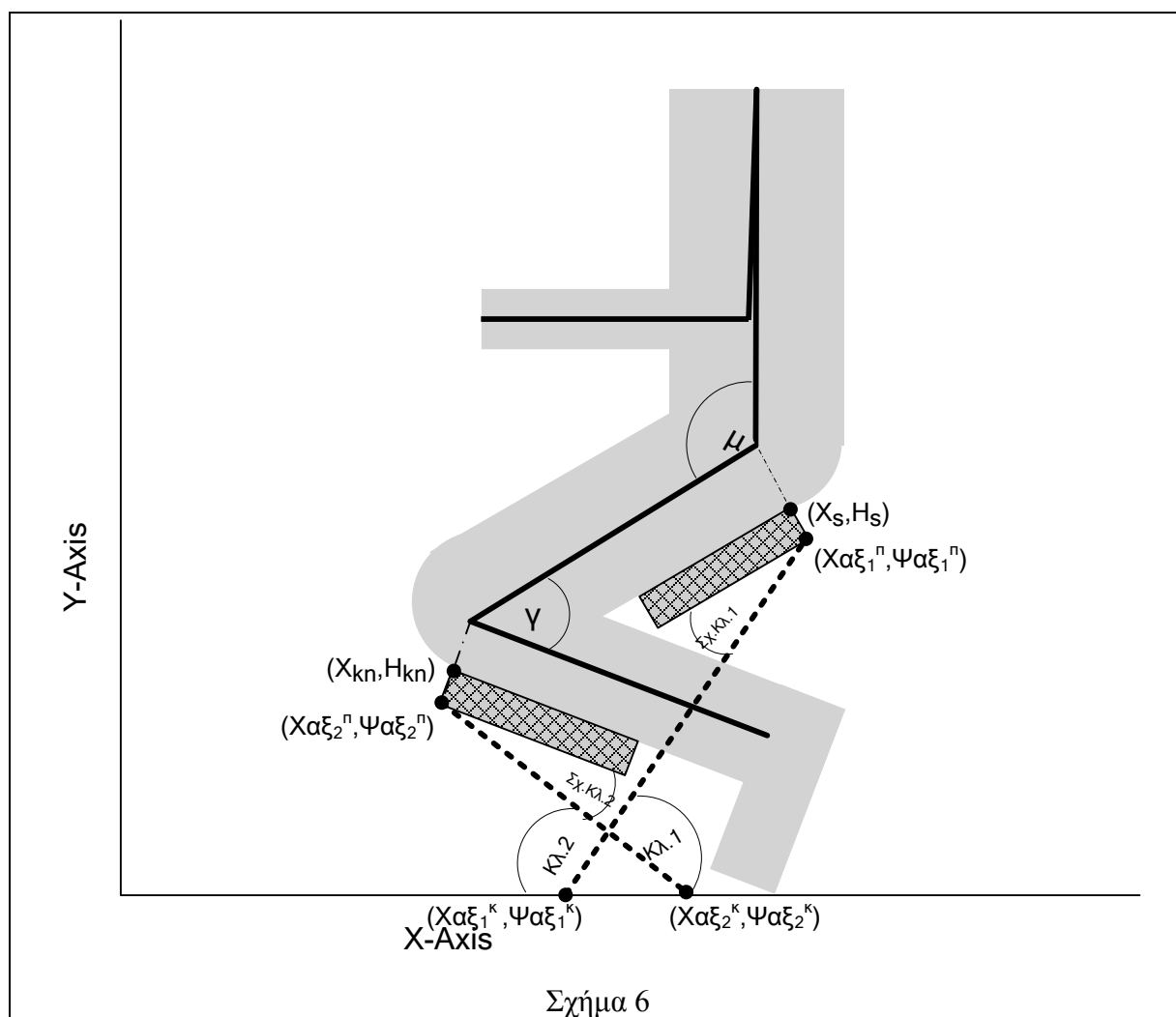
Για να καταλήξουμε στην τελική μορφή του καθίσματος επεξεργαστήκαμε διάφορες λύσεις υλοποίησης. Στόχος μας καθ' όλη την διάρκεια ήταν η κάλυψη όσο το δυνατόν περισσότερων απαιτήσεων προέκυψαν για την προσαρμογή από τον μικρόσωμο στον μεγάλο άνθρωπο αλλά και η απλότητα, η ευκολία στη χρήση, η ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων από τον χρήστη ρυθμίσεων και φυσικά ο περιορισμός του κόστους.

Είναι φανερό από την διάταξη των μαξιλαριών ότι για την στήριξη κάθε μαξιλαριού πρέπει να χρησιμοποιήσουμε διαφορετικούς άξονες.

Πρέπει οι δύο άξονες να είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους ώστε να εξασφαλίσουμε την διατήρηση της επιθυμητής μεταξύ τους απόστασης (όταν ρυθμίσει ο χρήστης το κάθισμα, η οριζόντια απόσταση να παραμένει σταθερή).

Με βάση τον πίνακα μεταβολών θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα να απομακρύνονται στην οριζόντια κατεύθυνση τα μαξιλάρια (άρα και οι άξονες τους) ενώ ταυτόχρονα για κάθε άξονα θα πρέπει να αυξομειώνεται το μήκος του και η σχετική γωνία με το μαξιλάρι.

Καταλληλότερη μορφή καθίσματος για την ικανοποίηση όλων αυτών των απαιτήσεων είναι η στήριξη των μαξιλαριών σε άξονες με σταυρωτές κατευθύνσεις και σταθερή σύνδεση όπως αυτή του παρακάτω σχήματος. Το σημείο σύνδεσης των αξόνων με τα μαξιλάρια για τους υπολογισμούς μας θεωρήσαμε ότι είναι στην κάτω επιφάνεια στα άκρα των μαξιλαριών.



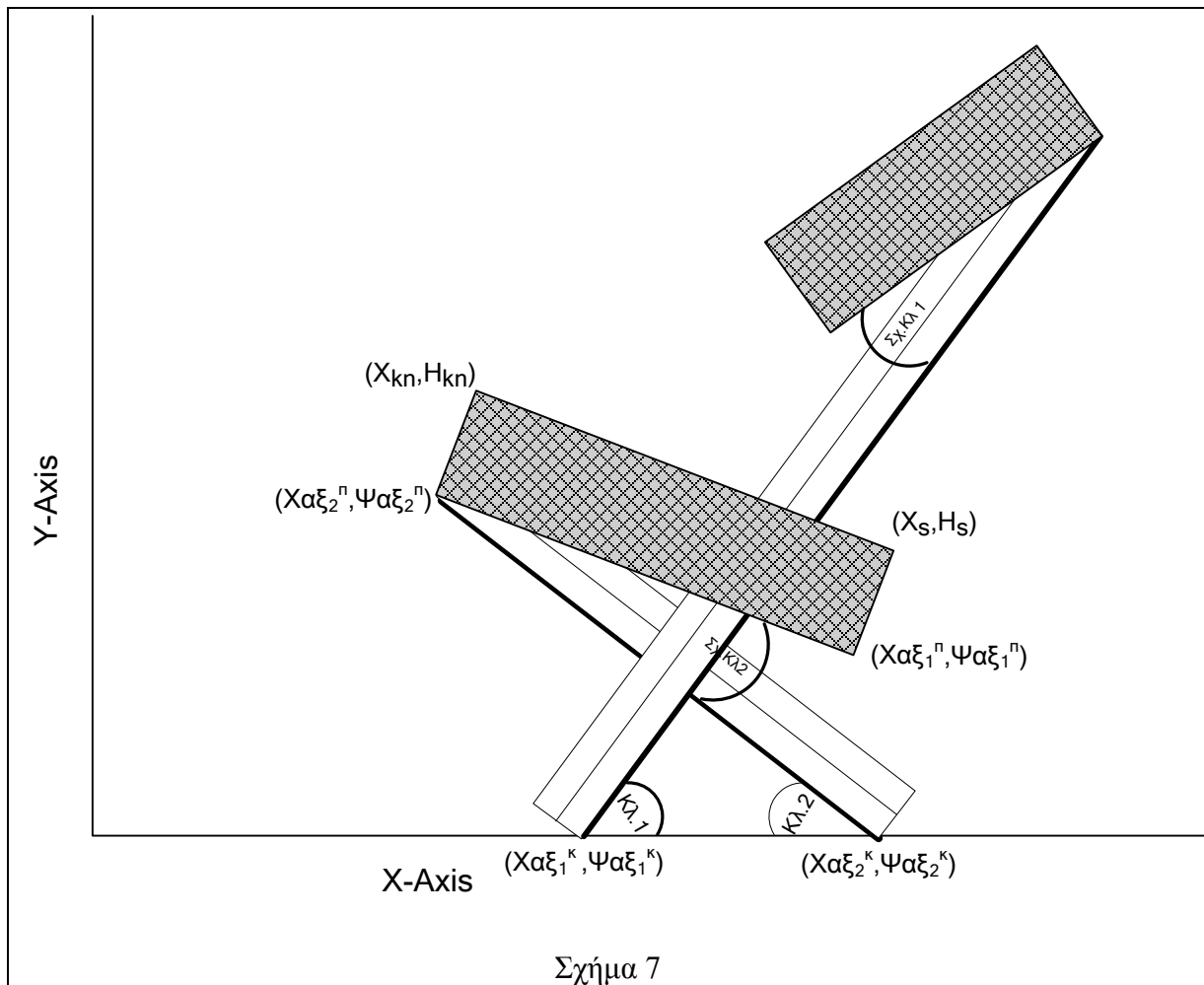
Τα χαρακτηριστικά αυτής της μορφής είναι:

- Σταθερό σημείο σύνδεσης των αξόνων
- Και τα δύο κάτω άκρα των αξόνων ακουμπούν και έχουν δυνατότητα κύλισης στο έδαφος
- Οι άξονες στήριξης των μαξιλαριών μπορούν να περιστρέφονται γύρω από το σημείο της μεταξύ τους σύνδεσης. Υπάρχει η δυνατότητα να σταθεροποιείται η μεταξύ τους γωνία στην επιθυμητή θέση
- Με αυξομείωση της γωνίας που σχηματίζεται μεταξύ των αξόνων στο σημείο σύνδεσής τους επιτυγχάνει :
 - Μετακίνηση δεξιότερα στον οριζόντιο και χαμηλότερα στον κατακόρυφο άξονα για το σημείο επαφής μηρού-seatpan (X_S, H_S)
 - Μετακίνηση αριστερότερα στον οριζόντιο και χαμηλότερα στον κατακόρυφο για το σημείο επαφής γονάτου-kneeran (X_{kn}, H_{kn})
 - Συνεπώς επιτυγχάνει την επιθυμητή απομάκρυνση των
 - δύο μαξιλαριών ώστε να καλυφθεί η αύξηση του μήκους μηρού στον μεγαλόσωμο άνθρωπο
 - Σύμφωνα με το επιθυμητό μεταβολή των σχηματιζόμενων γωνιών των μαξιλαριών με τον οριζόντιο άξονα (ελάττωση αφού πλησιάζουν την οριζόντια κατεύθυνση)
- Οι σχετικές γωνίες μεταξύ των μαξιλαριών και των αξόνων μπορεί να μεταβάλλονται (πολύ σημαντική θα ήταν η δυνατότητα ελεύθερων μικροκινήσεων ιδιαίτερα του kneeran για την ανακούφιση των μυών του ποδιού από την στατική φόρτιση)
- Απαιτείται περιορισμένος αριθμός ρυθμίσεων για την προσαρμογή στις διαστάσεις του κάθε ανθρώπου.

4.2 Υπολογισμός διαστάσεων αξόνων

4.2.1 Διαδικασία του σχεδιασμού

Για να επιλεγεί αυτή η μορφή ως η οριστική κατασκευαστική μορφή είναι απαραίτητος ένας προκαταρκτικός υπολογισμός ώστε να διαπιστωθεί ότι μπορεί να επιτύχει τις απαιτούμενες από τα ανθρωπομετρικά δεδομένα διαστάσεις και θέσεις. Στα πλαίσια αυτού του πρώτου υπολογισμού το πάχος των αξόνων δεν λήφθηκε υπόψη. Θεωρήθηκαν ως ευθύγραμμοι άξονες, εφαιπτόμενοι στην ακραία πλευρά του πάχους κάθε πραγματικού άξονα (οι παχιές γραμμές στο παρακάτω σχήμα). Αφού το πάχος των αξόνων δεν είναι προκαθορισμένο δεν θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε για τους υπολογισμούς ευθείες που διέρχονται από το μέσον του πάχους αυτού, αν και αυτό είναι η συνηθέστερη τακτική, αφού στόχος μας είναι στο επίπεδο αυτό ο ακριβής προσδιορισμός των συντεταγμένων των άκρων των αξόνων και όχι η στατική επίλυση του προβλήματος. Ορίζουμε ως Άξονα 1 τον άξονα στήριξης του seatpan και ως Άξονα 2 τον άξονα στήριξης του kneeran.



Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον σχεδιασμό της ολοκληρωμένης, τελικής μορφής είναι η ακόλουθη:

1. Με τη βοήθεια των διαστάσεων που σχετίζονται άμεσα με τα ανθρωπομετρικά δεδομένα (σημεία επαφής ανθρώπου σώματος) προσδιορίστηκαν οι διαστάσεις των αξόνων. Οι διαστάσεις αυτές θεωρούνται οι ιδανικές διαστάσεις, εκείνες κατά τις οποίες υπάρχει η ακριβής ικανοποίηση της απαίτησης για προσαρμογή του καθίσματος στον άνθρωπο.
2. Στη συνέχεια εξετάστηκε ο τρόπος υλοποίησης του καθίσματος. Καθορίστηκαν οι περιορισμοί που προκύπτουν από την κατασκευή. Η απαίτηση για περιορισμένο αριθμό ενεργειών προσαρμογής από τον χρήστη, οι κατασκευαστικές δυνατότητες και ο στόχος για απλοποίηση του σχεδιασμού προσδιόρισαν τα χαρακτηριστικά και τις ελευθερίες ρύθμισης που θα έχει το κάθισμα.
3. Με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά υπολογίστηκαν οι τελικές διαστάσεις. Στόχος ήταν η κατάλληλη επιλογή των μεγεθών ώστε να ελαχιστοποιηθεί η απόκλιση από τις διαστάσεις της πρώτης φάσης του σχεδιασμού. Σε αυτή φάση του σχεδιασμού επιλέχθηκαν οι τελικοί συνδυασμοί των γωνιών (μ, γ) που έχουν ήδη δοθεί καθώς και οι σχετικές γωνίες μεταξύ των αξόνων και των μαξιλαριών. Έχει σημασία να αναφερθεί ότι η μεταβολή των γωνιών αλλάζει σχεδόν όλες τις διαστάσεις και ο τελικός προσδιορισμός τους καθόρισε κατά μείζονα λόγω τα μεγέθη του καθίσματος.

4.2.2 Υπολογισμός ιδανικών διαστάσεων

Τα μεγέθη που συσχετίζονται με τα ανθρωπομετρικά δεδομένα είναι τα σημεία επαφής των αξόνων με τα μαξιλάρια, οι κλίσεις των αξόνων και οι σχετικές γωνίες κλίσεις αξόνων μαξιλαριών (οι οποίες πρέπει να αντιστοιχούν στις επιλεγμένες γωνίες σώματος). Οι τύποι υπολογισμού των μεγεθών αυτών για κάθε άξονα και για τα δύο εκατοστημόρια είναι οι παρακάτω:

- Για τον άξονα 1:

$$X_{\alpha\xi_1}^{\Pi} = X_s + H_s * \sin(\mu - 90)$$

$$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\Pi} = \Psi_s - H_s * \cos(\mu - 90)$$

$$\Sigma \kappa\lambda.1 = \kappa\lambda.1 - \mu + 90$$

$$X_{\alpha\xi_1}^{\kappa} = 0, \Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa} = 0$$

- Για τον άξονα 2:

$$X_{\alpha\xi_2}^{\Pi} = X_{kn} - H_{kn} * \sin(\gamma - \mu + 90)$$

$$\Psi_{\alpha\xi_2}^{\Pi} = \Psi_{kn} - H_{kn} * \cos(\gamma - \mu + 90)$$

$$\Sigma \kappa\lambda.2 = \kappa\lambda.2 - \gamma + \mu - 90$$

$$\Psi_{\alpha\xi_2}^{\kappa} = 0$$

Εξ' ορισμού τα σημεία επαφής των αξόνων έχουν συντεταγμένη στον άξονα των ψ μηδενική.

Στον παρακάτω πίνακα υπολογίζονται τα μεγέθη αυτά χρησιμοποιώντας τις οριστικές γωνίες μ, γ ο καθορισμός των οποίων θα παρουσιαστεί στη συνέχεια.

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	3.5ο	97.5ο
$X_{\alpha\xi_1}^{\Pi}$	377	472
$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\Pi}$	515	465
$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa}$	0	0
$X_{\alpha\xi_2}^{\Pi}$	-15	-11
$\Psi_{\alpha\xi_2}^{\Pi}$	214	189
$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\Pi}$	0	0
Κλ.1	53,6	44,6

Κλ.2	37,7	32,2
Σχ.Κλ.1	7,8	7,8
Σχ.Κλ.2	19,8	19,8
μ	135,9	126,8
γ	63,8	49,2
κ	90,0	90,0

4.2.3 Χαρακτηριστικά πρωτοτύπου καθίσματος

Με βάση όσα αναφέρθηκαν ήδη για τον τρόπο προσδιορισμού των στοιχείων του καθίσματος είναι κατανοητή η λειτουργία του. Ειδικότερα όσον αφορά πιο λεπτομερειακά χαρακτηριστικά έχουμε:

1. Σταθερό σημείο σύνδεσης των αξόνων.
Οι άξονες έχουν την δυνατότητα της σχετικής περιστροφής μεταξύ τους όχι όμως και της σχετικής ολίσθησης τους. Αυτό συνεπάγεται ότι η σύνδεση θα γίνεται σε σταθερό σημείο επί του μήκους των αξόνων,
2. Σταθερό μήκος αξόνων.
Θα ήταν δυνατό για την προσέγγιση των σημείων του προηγούμενου πίνακα και εναλλακτικά του μεταβλητού σημείου σύνδεσης ,να χρησιμοποιήσουμε άξονες μεταβλητού μήκους όμως κάτι τέτοιο θα δυσκόλευε πολύ τον χρήστη καθώς θα προσέθετε δύο ακόμα σημεία ρύθμισης για την προσαρμογή του καθίσματος .
3. Σταθερές γωνίες μεταξύ των αξόνων και των μαξιλαριών (σχετικές κλίσεις).
Κατά τους υπολογισμούς μας προέκυψε ότι για διάφορες γωνίες σώματος η απαιτούμενη ,για την επίτευξή τους , μεταβολή των σχετικών κλίσεων είναι σημαντικά μικρή. Κρίθηκε λοιπόν πλεονασμός να παρέχεται μια τέτοια δυνατότητα. Επιπλέον εφόσον η ρύθμιση θα ήταν τόσο λεπτομερειακή θα ήταν δύσκολο και για τον χρήστη να την επιτύχει.

Ακολουθώντας τους περιορισμούς η ρύθμιση της καρέκλας θα εξαρτάται αποκλειστικά από την σχετική γωνία μεταξύ των αξόνων στο σημείο σύνδεσης. Όσο η γωνία που σχηματίζεται με κορυφή το σημείο σύνδεσης και πλευρές τους άξονες θα γίνεται πιο οξεία τόσο το κάθισμα θα καλύπτει ανθρώπους μικρότερου εκατοστημορίου. Το seatpan θα βρίσκεται ψηλότερα όπως και το kneepan ενώ η μεταξύ τους απόσταση θα είναι μικρότερη. Αντίστοιχα όσο η γωνία αυτή θα γίνεται πιο αμβλεία τόσο το κάθισμα θα καλύπτει χρήστες που ανήκουν σε μεγαλύτερο εκατοστημόριο. Τα μαξιλαράκια θα βρίσκονται σε χαμηλότερη θέση και η μεταξύ τους απόσταση θα μπορεί να καλύψει το μήκος του μηρού για τον υψηλόσωμο.

Οι παραπάνω περιορισμοί μπορούν να εκφραστούν με τη βοήθεια εξισώσεων.

- Σταθερό μήκος αξόνων

$$\begin{aligned} (l_{\alpha\xi_1})_{97,5} &= \sqrt{\left[(X_{\alpha\xi_1}^{\pi})_{97,5} - (X_{\alpha\xi_1}^{\kappa})_{97,5} \right]^2 + \left[(\Psi_{\alpha\xi_1}^{\pi})_{97,5} - (\Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa})_{97,5} \right]^2} = \\ &= (l_{\alpha\xi_1})_{3,5} = \sqrt{\left[(X_{\alpha\xi_1}^{\pi})_{3,5} - (X_{\alpha\xi_1}^{\kappa})_{3,5} \right]^2 + \left[(\Psi_{\alpha\xi_1}^{\pi})_{3,5} - (\Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa})_{3,5} \right]^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (l_{\alpha\xi_2})_{97,5} &= \sqrt{\left[(X_{\alpha\xi_2}^{\pi})_{97,5} + (X_{\alpha\xi_2}^{\kappa})_{97,5} \right]^2 + \left[(\Psi_{\alpha\xi_2}^{\pi})_{97,5} - (\Psi_{\alpha\xi_2}^{\kappa})_{97,5} \right]^2} = \\ &= (l_{\alpha\xi_2})_{3,5} = \sqrt{\left[(X_{\alpha\xi_2}^{\pi})_{3,5} + (X_{\alpha\xi_2}^{\kappa})_{3,5} \right]^2 + \left[(\Psi_{\alpha\xi_2}^{\pi})_{3,5} - (\Psi_{\alpha\xi_2}^{\kappa})_{3,5} \right]^2} \end{aligned}$$

- Σταθερό σημείο σύνδεσης των αξόνων

$$\begin{aligned} (L_{\kappa-\sigma\delta^1})_{97,5} &= \sqrt{\left[(\Psi_{\sigma})_{97,5} - (\Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa})_{97,5} \right]^2 + \left[(X_{\sigma})_{97,5} - (X_{\alpha\xi_1}^{\kappa})_{97,5} \right]^2} = \\ &= (L_{\kappa-\sigma\delta^1})_{3,5} = \sqrt{\left[(\Psi_{\sigma})_{3,5} - (\Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa})_{3,5} \right]^2 + \left[(X_{\sigma})_{3,5} - (X_{\alpha\xi_1}^{\kappa})_{3,5} \right]^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (L_{\kappa-\sigma\delta^2})_{97,5} &= \sqrt{\left[(\Psi_{\sigma})_{97,5} - (\Psi_{\alpha\xi_2}^{\kappa})_{97,5} \right]^2 + \left[(X_{\sigma})_{97,5} - (X_{\alpha\xi_2}^{\kappa})_{97,5} \right]^2} = \\ &= (L_{\kappa-\sigma\delta^2})_{3,5} = \sqrt{\left[(\Psi_{\sigma})_{3,5} - (\Psi_{\alpha\xi_2}^{\kappa})_{3,5} \right]^2 + \left[(X_{\sigma})_{3,5} - (X_{\alpha\xi_2}^{\kappa})_{3,5} \right]^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (L_{\sigma\delta-\pi^1})_{97,5} &= \sqrt{\left[(\Psi_{\sigma})_{97,5} - (\Psi_{\alpha\xi_1}^{\pi})_{97,5} \right]^2 + \left[(X_{\sigma})_{97,5} - (X_{\alpha\xi_1}^{\pi})_{97,5} \right]^2} = \\ &= (L_{\sigma\delta-\pi^1})_{3,5} = \sqrt{\left[(\Psi_{\sigma})_{3,5} - (\Psi_{\alpha\xi_1}^{\pi})_{3,5} \right]^2 + \left[(X_{\sigma})_{3,5} - (X_{\alpha\xi_1}^{\pi})_{3,5} \right]^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (L_{\sigma\delta-\pi^2})_{97,5} &= \sqrt{\left[(\Psi_{\sigma})_{97,5} - (\Psi_{\alpha\xi_2}^{\pi})_{97,5} \right]^2 + \left[(X_{\sigma})_{97,5} - (X_{\alpha\xi_2}^{\pi})_{97,5} \right]^2} = \\ &= (L_{\sigma\delta-\pi^2})_{3,5} = \sqrt{\left[(\Psi_{\sigma})_{3,5} - (\Psi_{\alpha\xi_2}^{\pi})_{3,5} \right]^2 + \left[(X_{\sigma})_{3,5} - (X_{\alpha\xi_2}^{\pi})_{3,5} \right]^2} \end{aligned}$$

Όπου

$$X_{\sigma} = \frac{\tan(\kappa\lambda.1) * X_{\alpha\xi_1}^{\kappa} + \tan(\kappa\lambda.2) * X_{\alpha\xi_2}^{\kappa}}{\tan(\kappa\lambda.1) + \tan(\kappa\lambda.2)}$$

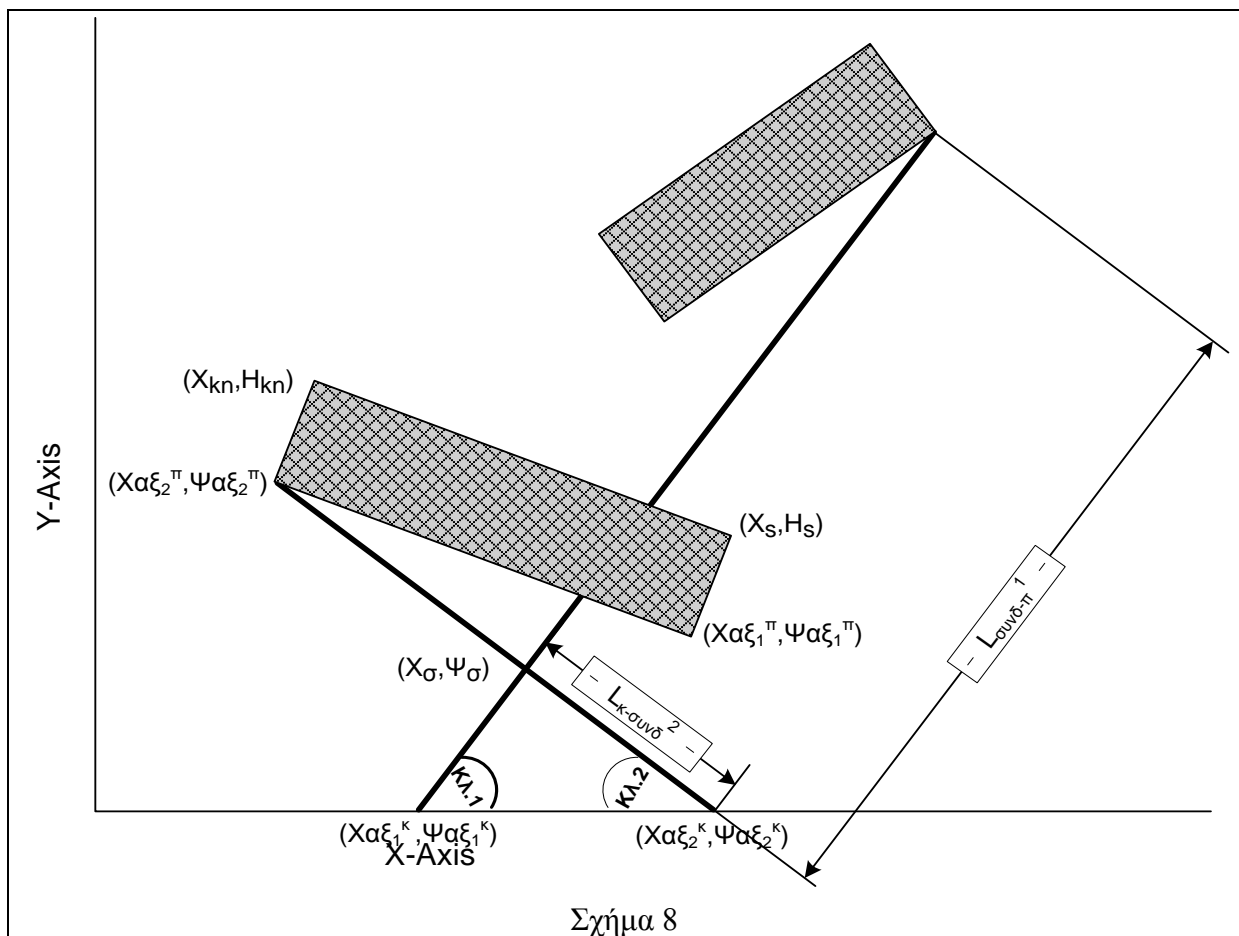
$$\Psi_{\sigma} = \tan(\kappa\lambda.1) * (X_{\alpha\xi_2}^{\kappa} - X_{\sigma})$$

οι συντεταγμένες του σημείου σύνδεσης μεταξύ των αξόνων

- Σταθερές γωνίες μεταξύ των αξόνων και των μαξιλαριών

$$\begin{aligned} (\Sigma\chi.\kappa\lambda.1)_{97,5} &= (\kappa\lambda.1)_{97,5} - (\mu)_{97,5} + 90 = \\ &= (\Sigma\chi.\kappa\lambda.1)_{3,5} = (\kappa\lambda.1)_{3,5} - (\mu)_{3,5} + 90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\Sigma\chi.\kappa\lambda.2)_{97,5} &= (\kappa\lambda.2)_{97,5} - (\gamma)_{97,5} + (\mu)_{97,5} - 90 = \\ &= (\Sigma\chi.\kappa\lambda.2)_{97,5} = (\kappa\lambda.2)_{3,5} - (\gamma)_{3,5} + (\mu)_{3,5} - 90 \end{aligned}$$



4.2.4 Τελικές διαστάσεις πρωτοτύπου καθίσματος

Για τον υπολογισμό των τελικών διαστάσεων του καθίσματος ακολουθήθηκε η εξής πορεία:

- i. Με μια αυθαίρετη αρχική εκτίμηση των γωνιών σώματος προσδιορίστηκαν τα σημεία επαφής των Αξόνων με τα μαξιλάρια για τον χρήστη του 97.5^{ου} εκατοστημορίου ($X_{αξ_1}^π, \Psi_{αξ_1}^π$), ($X_{αξ_2}^π, \Psi_{αξ_2}^π$) (με την βοήθεια των τύπων που χρησιμοποιήθηκαν και κατά τη πρώτη φάση σχεδιασμού). Τα μεγέθη αυτά είναι ίδια με τα επιδιωκόμενα ιδανικά.

$$X_{αξ_1}^π = 472, \Psi_{αξ_1}^π = 465$$

$$X_{αξ_2}^π = -11, \Psi_{αξ_2}^π = 189$$

(τα αποτελέσματα προέκυψαν με χρήση των τελικών γωνιών σώματος)

Εξ' ορισμού τα σημεία επαφής των αξόνων έχουν συντεταγμένη στον άξονα των ψ μηδενική:

$$\Psi_{αξ_1}^κ = 0, \Psi_{αξ_2}^κ = 0$$

Έχω ακόμα επιλέξει ο Άξονας 1 για το 97,5^ο εκατοστημόριο να έχει:

$$X_{αξ_1}^κ = 0$$

- ii. Η Κλίση του Άξονα 1 δίδεται από την σχέση: $\kappaλ.1 = \arctan \left(\frac{\Psi_{αξ_1}^π}{X_{αξ_1}^π - X_{αξ_1}^κ} \right)$.

$$\text{Ομοίως για τον Άξονα 2 ισχύει: } \kappaλ.2 = \arctan \left(\frac{\Psi_{αξ_2}^π}{X_{αξ_2}^π + X_{αξ_2}^κ} \right)$$

Οι σχετικές κλίσεις για το 97,5^ο εκατοστημόριο υπολογίζονται από τους τύπους :

$$\Sigma\chi.\kappaλ.1 = \kappaλ.1 - \mu + 90$$

$$\Sigma\chi.\kappaλ.2 = \kappaλ.2 - \gamma + \mu - 90$$

Το μήκος των αξόνων για το 97,5^ο εκατοστημόριο δίδεται από τους τύπους:

$$l_{αξ_1} = \sqrt{\left(X_{αξ_1}^π - X_{αξ_1}^κ \right)^2 + \left(\Psi_{αξ_1}^π - \Psi_{αξ_1}^κ \right)^2}$$

$$l_{αξ_2} = \sqrt{\left(X_{αξ_2}^π + X_{αξ_2}^κ \right)^2 + \left(\Psi_{αξ_2}^π - \Psi_{αξ_2}^κ \right)^2}$$

Με βάση τις σχετικές θέσεις των αξόνων μπορώ να προσδιορίσω το σημείο επαφής τους και τα μήκη των αξόνων εκατέρωθεν του σημείου αυτού.

$$X_{\sigma} = \frac{\tan(\text{Κλ.1}) * X_{\alpha\xi_1}^{\kappa} + \tan(\text{Κλ.2}) * X_{\alpha\xi_2}^{\kappa}}{\tan(\text{Κλ.1}) + \tan(\text{Κλ.2})}$$

$$\Psi_{\sigma} = \tan(\text{Κλ.1}) * (X_{\alpha\xi_2}^{\kappa} - X_{\sigma})$$

$$L_{\kappa-\text{συνδ}^1} = \sqrt{(\Psi_{\sigma} - \Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa})^2 + (X_{\sigma} - X_{\alpha\xi_1}^{\kappa})^2}$$

$$L_{\kappa-\text{συνδ}^2} = \sqrt{(\Psi_{\sigma} - \Psi_{\alpha\xi_2}^{\kappa})^2 + (X_{\sigma} - X_{\alpha\xi_2}^{\kappa})^2}$$

$$L_{\text{συνδ}-\pi^1} = \sqrt{(\Psi_{\sigma} - \Psi_{\alpha\xi_1}^{\pi})^2 + (X_{\sigma} - X_{\alpha\xi_1}^{\pi})^2}$$

$$L_{\text{συνδ}-\pi^2} = \sqrt{(\Psi_{\sigma} - \Psi_{\alpha\xi_2}^{\pi})^2 + (X_{\sigma} - X_{\alpha\xi_2}^{\pi})^2}$$

Από τις σχέσεις αυτές είναι φανερό ότι η τιμή που θα πάρει το μέγεθος $X_{\alpha\xi_2}^{\kappa}$ για το 97,5^ο εκατοστημόριο θα διαμορφώσει και όλα τα υπόλοιπα.

iii. Για την μετάβαση από το 97,5^ο στο 3,5^ο εκατοστημόριο και τον υπολογισμό των μεγεθών του 3,5^ο αλλά και του 97,5^ο εκατοστημορίου χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις που προέκυψαν από τους περιορισμούς για:

- σταθερό μήκος αξόνων:

$$(l_{\alpha\xi_1})_{97,5} = (l_{\alpha\xi_1})_{3,5}$$

$$(l_{\alpha\xi_2})_{97,5} = (l_{\alpha\xi_2})_{3,5}$$

- σταθερό σημείο σύνδεσης των αξόνων:

$$(L_{\kappa-\text{συνδ}^1})_{97,5} = (L_{\kappa-\text{συνδ}^1})_{3,5}$$

$$(L_{\kappa-\text{συνδ}^2})_{97,5} = (L_{\kappa-\text{συνδ}^2})_{3,5}$$

$$(L_{\text{συνδ}-\pi^1})_{97,5} = (L_{\text{συνδ}-\pi^1})_{3,5}$$

$$(L_{\text{συνδ}-\pi^2})_{97,5} = (L_{\text{συνδ}-\pi^2})_{3,5}$$

- σταθερές γωνίες μεταξύ των αξόνων και των μαξιλαριών:

$$(\Sigma\chi.\kappa\lambda.1)_{97,5} = (\Sigma\chi.\kappa\lambda.1)_{3,5}$$

$$(\Sigma\chi.\kappa\lambda.2)_{97,5} = (\Sigma\chi.\kappa\lambda.2)_{97,5}$$

Για το 3,5^ο εκατοστημόριο οι τύποι υπολογισμού των άκρων των Αξόνων και του σημείου σύνδεσης είναι:

$$X_{\alpha\xi 1}^{\kappa} = 0$$

$$\Psi_{\alpha\xi 1}^{\kappa} = 0$$

$$X_{\alpha\xi 1}^{\pi} = 1_{\alpha\xi 1} * \cos(K\lambda 1) + X_{\alpha\xi 1}^{\kappa}$$

$$\Psi_{\alpha\xi 1}^{\pi} = 1_{\alpha\xi 1} * \sin(K\lambda 1) + \Psi_{\alpha\xi 1}^{\kappa}$$

$$X_{\alpha\xi 2}^{\kappa} = X_{\sigma} + 1_{\sigma\delta-\kappa} * \cos(K\lambda 2) = 0$$

$$\Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa} = \Psi_{\sigma} - 1_{\sigma\delta-\kappa} * \sin(K\lambda 2) = 0$$

$$X_{\alpha\xi 2}^{\pi} = X_{\alpha\xi 2}^{\kappa} - \cos(K\lambda 2) * 1_{\alpha\xi 2}$$

$$\Psi_{\alpha\xi 2}^{\pi} = \Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa} + \sin(K\lambda 2) * 1_{\alpha\xi 2}$$

$$X_{\sigma} = \frac{\tan(K\lambda.1) * X_{\alpha\xi 1}^{\kappa} + \tan(K\lambda.2) * X_{\alpha\xi 2}^{\kappa}}{\tan(K\lambda.1) + \tan(K\lambda.2)}$$

$$\Psi_{\sigma} = \tan(K\lambda.1) * (X_{\alpha\xi 2}^{\kappa} - X_{\sigma})$$

(Όλα τα μεγέθη φυσικά είναι του 3,5^{ου} εκατοστημορίου)

Για να μπορέσω να προσδιορίσω τα μεγέθη αυτά θα πρέπει να υπολογίσω την κλίση του άξονα 2. Οι εξισώσεις που δίνουν το μέγεθος αυτό είναι:

$$\text{Από σταθερή σχετική κλίση 2: } (K\lambda 2)_{3,5} = (\gamma)_{3,5} - (\mu)_{3,5} + (\Sigma\chi.K\lambda 2)_{97,5}$$

$$\text{Από σταθερό σημείο σύνδεσης: } (K\lambda 2)_{3,5} = \arcsin \frac{\left[(\Psi_{\sigma})_{3,5} - (\Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa})_{3,5} \right]}{\left(L_{\sigma\delta-\kappa}^2 \right)_{97,5}}$$

Από τις δύο εξισώσεις για τον υπολογισμό της κλίσης του Άξονα 2 αλλά και από τον συνδυασμό τους με τις εξισώσεις των μεγεθών που περιλαμβάνουν προκύπτει ένα πολύπλοκο σύστημα εξισώσεων η λύση του οποίου δίνει τιμές για όλα τα μεγέθη και των δύο εκατοστημορίων.

Η βασική τιμή είναι η τιμή του $(X_{αξ2}^κ)_{97,5}$.

Από αυτή προσδιορίζονται άμεσα όλα τα μεγέθη του 97,5 εκατοστημορίου με τη βοήθεια των εξισώσεων που δόθηκαν παραπάνω και το τελικό ζεύγος των γωνιών του σώματος (μ,γ) Ταυτόχρονα προσδιορίζονται και τα μεγέθη του 3,5^{ου} εκατοστημορίου που επιθυμούμε να διατηρηθούν σταθερά.

Στη συνέχεια με τη χρήση των εξισώσεων για το 3,5^ο εκατοστημόριο προσδιορίζουμε και γι' αυτό το ζεύγος των γωνιών σώματος και τα υπόλοιπα μεγέθη.

Ειδικά για τα σημεία επαφής των αξόνων με τα μαξιλαράκια του καθίσματος υπολογίζουμε και τις ιδανικές συντεταγμένες με τους παρακάτω τύπους και ελέγχουμε τη διαφορά με τις πραγματικές.

$$X_{αξ2}^π = X_{kn} - H_{kn} * \sin(\gamma - \mu + 90)$$

$$\Psi_{αξ2}^π = \Psi_{kn} - H_{kn} * \cos(\gamma - \mu + 90)$$

Ο επόμενος πίνακας δίνει αναλυτικά τα μεγέθη του καθίσματος όπως αυτά προέκυψαν από τους παραπάνω υπολογισμούς:

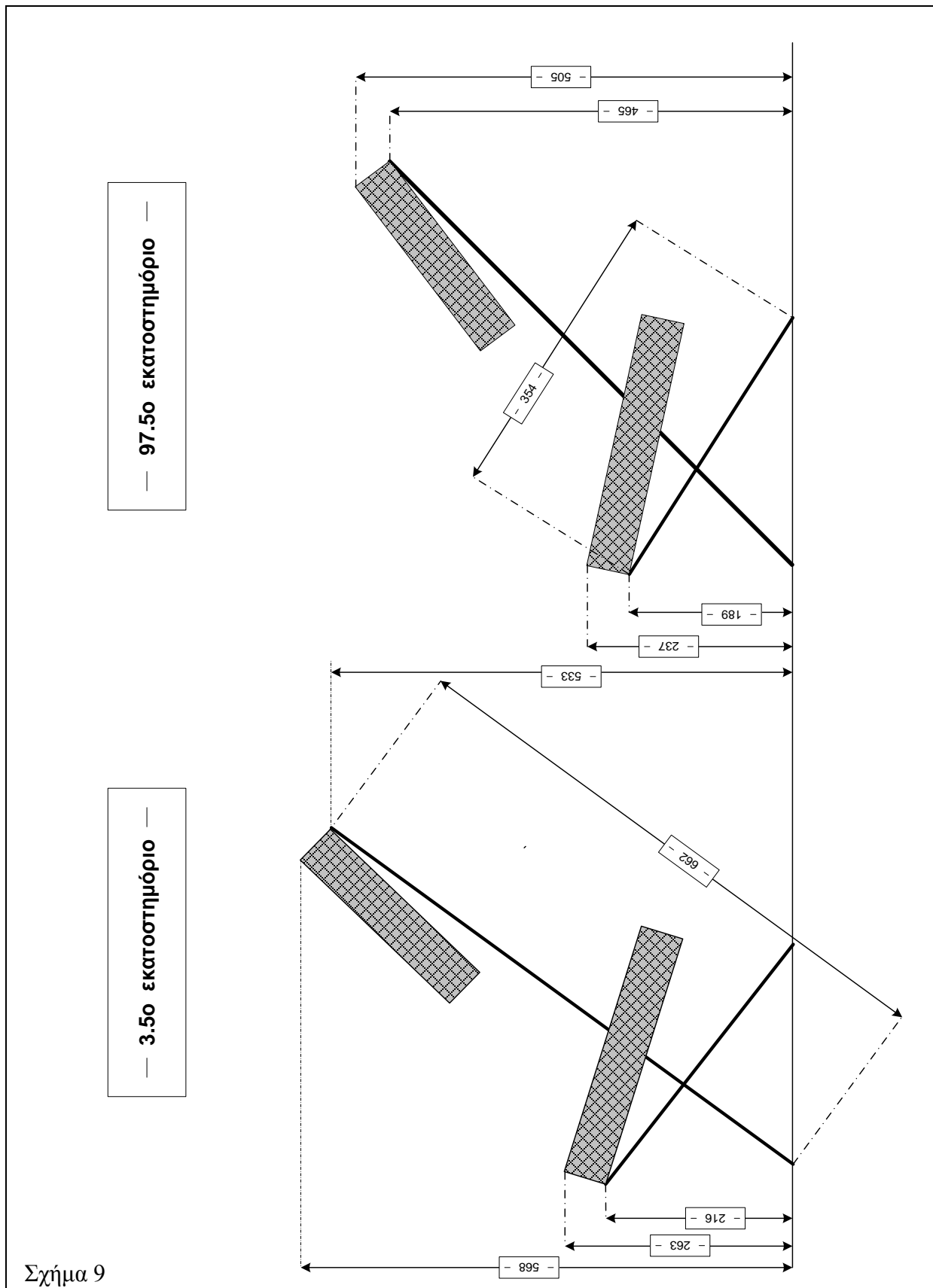
Τελικές Διαστάσεις	3,5ο	97,5ο
μ	135,9	126,8
γ	63,8	49,2
κ	90,0	90,0
$X_{αξ1}^π$	393	472
$\Psi_{αξ1}^π$	533	465
$X_{αξ1}^κ$	0	0
$\Psi_{αξ1}^κ$	0	0
$l_{αξ1}$	662	662
Κλ.1	53,6	44,6
Σχ.Κλ1	7,8	7,8
$X_{αξ2}^π$	-22	-11
$\Psi_{αξ2}^π$	216	189
$X_{αξ2}^κ$	258	289
$\Psi_{αξ2}^κ$	0	0
$l_{αξ2}$	354	354

Κλ.2	37,7	32,2
Σχ.Κλ2	19,8	19,8
X_{σ}	93,7	112,5
Ψ_{σ}	127,2	110,9
$L_{\kappa-\sigma\upsilon\nu\delta}^1$	158,0	158,0
$L_{\sigma\upsilon\nu\delta-\pi}^1$	504,1	504,1
$L_{\kappa-\sigma\upsilon\nu\delta}^2$	208,1	208,1
$L_{\sigma\upsilon\nu\delta-\pi}^2$	145,6	145,6

Όπως φάνηκε στους υπολογισμούς τα σημεία επαφής των αξόνων για την ρύθμιση του 3,5^{ου} εκατοστημορίου δεν υπολογίζονται απευθείας από τα ανθρωπομετρικά δεδομένα. Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η απόκλιση των υπολογισθέντων μεγεθών από αυτά που θα προέκυπταν από τα ανθρωπομετρικά δεδομένα (ιδανικά μεγέθη):

Ιδανικά μεγέθη 3,5 ^{ου}		Πραγματικά μεγέθη 3,5 ^{ου}		Διαφορά	%
$X_{\alpha\xi_1}^{\Pi}$ (ιδαν)	377	$X_{\alpha\xi_1}^{\Pi}$	393	15	4%
$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\Pi}$ (ιδαν)	515	$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\Pi}$	533	18	3%
$X_{\alpha\xi_2}^{\Pi}$ (ιδαν)	-15	$X_{\alpha\xi_2}^{\Pi}$	-22	-6	29%
$\Psi_{\alpha\xi_2}^{\Pi}$ (ιδαν)	214	$\Psi_{\alpha\xi_2}^{\Pi}$	216	2	1%

Η σχετική απόκλιση όπως φαίνεται από τον πίνακα δεν είναι σημαντική. Για το μόνο μέγεθος που είναι αρκετά μεγάλη είναι το $X_{\alpha\xi_2}^{\Pi}$. Ωστόσο δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι αρχικά ορίσαμε αυθαίρετα ότι ο τόπος των σημείων επαφής του ανθρώπου με το κάθισμα θα αρχίζει από τις άκρες των μαξιλαριών. Αυτό όμως δεν αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα. Μπορεί δηλαδή ο χρήστης διατηρώντας την ίδια (επιθυμητή) στάση του σώματος να τοποθετήσει τα πόδια του σε τέτοιο σημείο στο μαξιλάρι ώστε να νιώθει άνετα. Ταυτόχρονα, όπως θα παρουσιαστεί στη συνέχεια μπορούμε να αυξήσουμε το μήκος των μαξιλαριών (να επεκτείνουμε τα μαξιλάρια προς τα έξω) για να υπάρχει μεγαλύτερη άνεση και αίσθηση επάρκειας χώρου για τον χρήστη χωρίς αυτό να επηρεάζει τους υπολογισμούς μας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται γραφικά με βάση τα μεγέθη του προηγούμενου πίνακα οι δύο ακραίες ρυθμίσεις της καρέκλας για τον υψηλόσωμο και των χαμηλόσωμο άνθρωπο. Η σχεδίαση είναι σε κλίμακα 1:5 και οι διαστάσεις σε mm.



Σχήμα 9

4.3 Υπολογισμός διαστάσεων πρωτότυπου καθίσματος

4.3.1 Βάση στήριξης

Για την λειτουργικότητα και την στιβαρότητα της κατασκευής επιλέξαμε να μην έρχονται σε επαφή οι άξονες με το έδαφος αλλά να εδράζονται σε μια βάση. Η βάση αυτή θα αποτελείται από 3 άξονες σε σχήμα Η. Επιλέχθηκε στα άκρα των παράλληλων αξόνων να προσαρμοστούν ροδάκια για την επαφή με το έδαφος. Έτσι η βάση στηριζόμενη σε τέσσερα σημεία μπορεί να εξομαλύνει τις όποιες ανωμαλίες του εδάφους και να προσφέρει μεγαλύτερη ευστάθεια. Ταυτόχρονα η ύπαρξη των ροδών προσφέρει μεγάλη ευκολία στην κίνηση του καθίσματος.

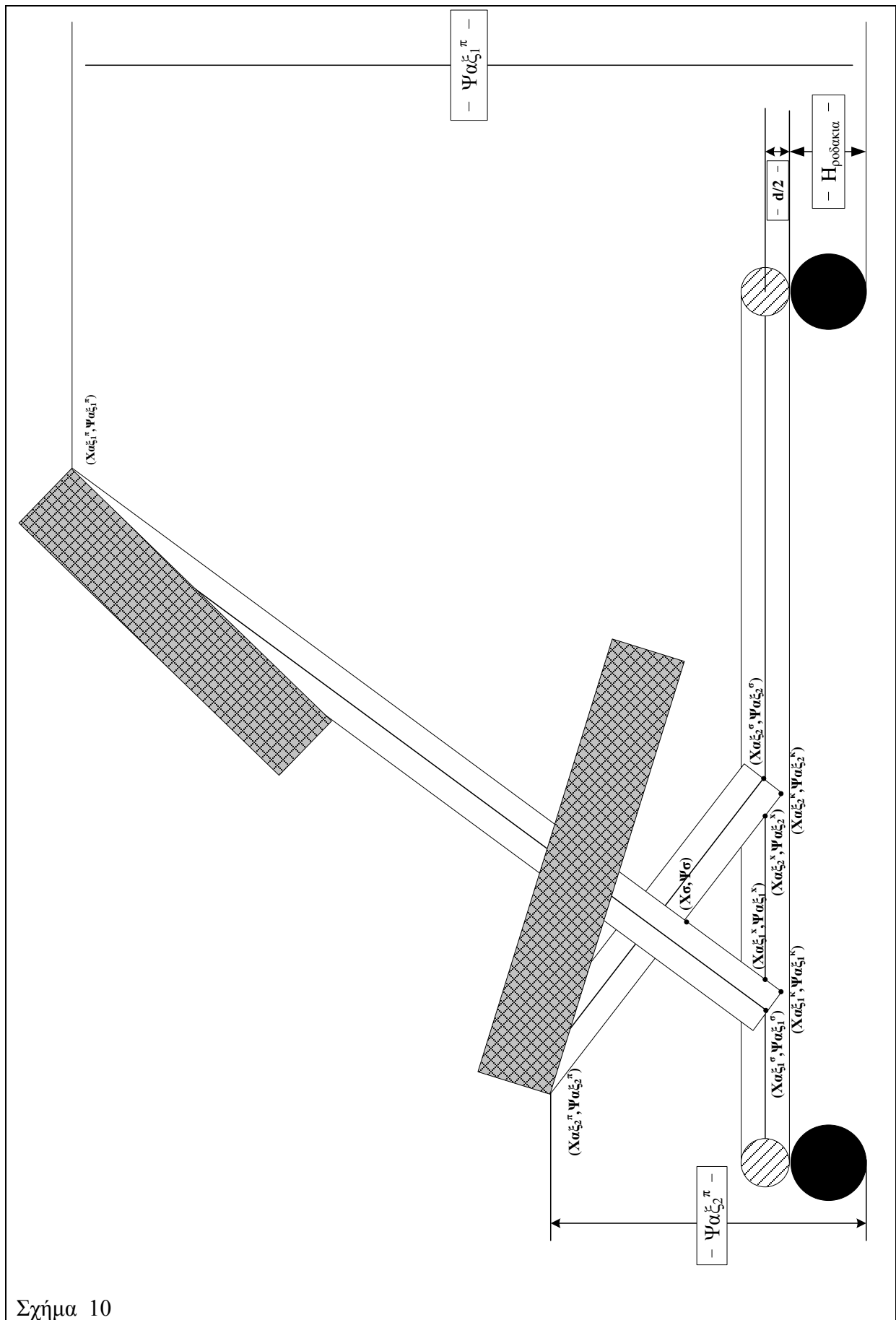
Ο Άξονας1 θα αρθρώνεται στον κάθετο άξονα (θα έχει την δυνατότητα περιστροφής γύρω από το σημείο σύνδεσής του με τον άξονα) ενώ ο Άξονας2 να έχει την δυνατότητα κύλισης κατά μήκος του κάθετου άξονα. Έτσι ρυθμίζοντας την θέση του Άξονα 2 θα μπορούμε να ρυθμίζουμε και την γωνία μεταξύ των αξόνων και άρα το ύψος του καθίσματος κατά το επιθυμητό. Αυτή θα είναι ουσιαστικά και η μόνη ρύθμιση που θα απαιτείται από τον χρήστη για να προσαρμόσει το κάθισμα σύμφωνα με τις διαστάσεις του. Για την ευχρηστία της κατασκευής θα ήταν ιδανικό να μπορεί η ρύθμιση αυτή να γίνεται από τον χρήστη χωρίς να σηκώνεται από το κάθισμα. Ωστόσο για το πρωτότυπο κάθισμα το οποίο σχεδιάστηκε για κατασκευή η ρύθμιση αυτή επιλέχθηκε για λόγους απλότητας να γίνεται μετακινώντας το άκρο του Άξονα2 επάνω στον κάθετο άξονα με μηχανισμό που θα παρουσιαστεί στην συνέχεια.

4.3.2 Υπολογισμός διαστάσεων

Η στήριξη των αξόνων πάνω στη βάση μας οδηγεί ξανά σε υπολογισμό των μεγεθών του καθίσματος. Το ύψος των σημείων σύνδεσης των αξόνων με την βάση ισούται με το ύψος των ροδών και το ήμισυ του πάχους του κάθετου άξονα της βάσης. Τυπικό ύψος για τα ροδάκια είναι τα 50mm ενώ τυπικό πάχος άξονα για τέτοιου τύπου κατασκευές είναι τα 32mm. Βέβαια για την κατασκευή οριστικού μοντέλου καθίσματος ήδη αναφέρθηκε ότι θα πρέπει να γίνουν στατικές μελέτες καθώς και υπολογισμός της αντοχής. Με βάση αυτές τις μελέτες θα καθοριστεί το πάχος όλων των αξόνων. Φυσικά αν το πάχος αυτό δεν είναι 32mm θα πρέπει να επαναυπολογιστούν τα μεγέθη του καθίσματος. Πάντως στα πλαίσια της παρούσας μελέτης είναι ικανοποιητικό να χρησιμοποιηθεί αυτή η τιμή για τους υπολογισμούς μας.

Πρώτα θα υπολογίσω για το $97,5^\circ$ εκατοστημόριο. Για το $97,5^\circ$ εκατοστημόριο θα χρησιμοποιήσω τις ίδιες γωνίες σώματος μ,γ,κ με τους προηγούμενους υπολογισμούς. Άρα η στάση του χρήστη θα είναι ίδια με αυτή του προηγούμενου βήματος. Σταθερή θα είναι ακόμα η τιμή της κλίσης του Άξονα1 και η Σχετική Κλίση1. Ως αποτέλεσμα τα σημεία επαφής των αξόνων με τα μαξιλαράκια τα οποία εξαρτώνται από τα μεγέθη αυτά υπολογίζονται με τον ίδιο τρόπο και έχουν ίδιες τιμές με πριν. Τα μεγέθη παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.

Τα υπόλοιπα μεγέθη για τον άξονα1 ορίζονται από τις σχέσεις:



Σχήμα 10

Τα υπόλοιπα μεγέθη για τον άξονα 1 ορίζονται από τις σχέσεις:

$$X_{\alpha\xi_1}^{\sigma} = X_{\alpha\xi_1}^{\kappa} - d/2 * \sin(\kappa\lambda_1)$$

$$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\sigma} = d/2 + H_{\text{ροδάκια}}$$

$$X_{\alpha\xi_1}^{\lambda} = X_{\alpha\xi_1}^{\pi} - \frac{\Psi_{\alpha\xi_1}^{\pi} - \Psi_{\alpha\xi_1}^{\sigma}}{\tan(\kappa\lambda_1)}$$

$$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\lambda} = \Psi_{\alpha\xi_1}^{\sigma}$$

$$X_{\alpha\xi_1}^{\kappa} = X_{\alpha\xi_1}^{\lambda} - \frac{d * \cos(\kappa\lambda_1)}{2 * \tan(\kappa\lambda_1)}$$

$$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa} = \Psi_{\alpha\xi_1}^{\lambda} - d/2 * \cos(\kappa\lambda_1)$$

$$\kappa\lambda_1 = \arctan\left(\frac{\Psi_{\alpha\xi_1}^{\pi} - \Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa}}{X_{\alpha\xi_1}^{\pi} - X_{\alpha\xi_1}^{\kappa}}\right), \text{ Σχ.}\kappa\lambda_1 = \kappa\lambda_1 - \mu + 90$$

Για το μήκος των αξόνων μπορώ να χρησιμοποιήσω και πάλι τον ορισμό του κεφαλαίου υπολογισμού των αξόνων χωρίς πάχος. Προτιμώ αυτό το μήκος αντί για το μέσο μήκος το οποίο είναι δυσκολότερο να μετρηθεί κατά την κατασκευή.

$$l_{\alpha\xi_1} = \sqrt{(X_{\alpha\xi_1}^{\pi} - X_{\alpha\xi_1}^{\kappa})^2 + (\Psi_{\alpha\xi_1}^{\pi} - \Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa})^2}$$

Κατασκευαστικές Διαστάσεις Άξονα 1		97,5° εκατοστημόριο	
d	32	$X_{\alpha\xi_1}^{\kappa}$	55
H _{ροδάκια}	50	$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa}$	55
$X_{\alpha\xi_1}^{\pi}$	472	Κλίση1	44,6
$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\pi}$	465	Σχ. Κλίση 1	7,8
$X_{\alpha\xi_1}^{\sigma}$	44	l _{αξ1}	584
$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\sigma}$	66		
$X_{\alpha\xi_1}^{\lambda}$	67		
$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\lambda}$	66		

Για τον Άξονα 2 τα σημεία επαφής του με το μαξιλαράκι επίσης υπολογίζ. Τα υπόλοιπα μεγέθη δίνονται από τις σχέσεις :

$$X_{\alpha\xi 2}^{\sigma} = X_{\alpha\xi 2}^{\kappa} + d/2 * \sin(\kappa\lambda 2)$$

$$\Psi_{\alpha\xi 2}^{\sigma} = d/2 + H_{\text{ροδάκια}}$$

$$X_{\alpha\xi 2}^{\lambda} = X_{\alpha\xi 2}^{\pi} - \frac{\Psi_{\alpha\xi 2}^{\pi} - \Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa}}{\tan(\kappa\lambda 2)}$$

$$\Psi_{\alpha\xi 2}^{\lambda} = \Psi_{\alpha\xi 2}^{\sigma}$$

$$X_{\alpha\xi 2}^{\kappa} = X_{\alpha\xi 2}^{\lambda} + d/2 * \sin(\kappa\lambda 2)$$

$$\Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa} = \Psi_{\alpha\xi 2}^{\lambda} - d/2 * \cos(\kappa\lambda 2)$$

Η σχετική κλίση 2 δίνεται από την σχέση : $\Sigma\chi.\kappa\lambda.2 = \kappa\lambda.2 - \gamma + \mu - 90$

Οι συντεταγμένες του σημείου σύνδεσης καθώς και τα μήκη των αξόνων πριν και μετά το σημείο σύνδεσης δίνονται από τους τύπους:

$$X_{\sigma} = \frac{\tan(\text{Κλ.1}) * X_{\alpha\xi 1}^{\kappa} + \tan(\text{Κλ.2}) * X_{\alpha\xi 2}^{\kappa}}{\tan(\text{Κλ.1}) + \tan(\text{Κλ.2})}$$

$$\Psi_{\sigma} = \tan(\text{Κλ.1}) * (X_{\alpha\xi 2}^{\kappa} - X_{\sigma}) + \Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa} = \Psi_{\alpha\xi 1}^{\kappa} + \tan(\kappa\lambda 1) * X_{\sigma}$$

$$L_{\kappa-\text{συνδ}^1} = \sqrt{(\Psi_{\sigma} - \Psi_{\alpha\xi 1}^{\kappa})^2 + (X_{\sigma} - X_{\alpha\xi 1}^{\kappa})^2}$$

$$L_{\kappa-\text{συνδ}^2} = \sqrt{(\Psi_{\sigma} - \Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa})^2 + (X_{\sigma} - X_{\alpha\xi 2}^{\kappa})^2}$$

$$L_{\text{συνδ}-\pi^1} = \sqrt{(\Psi_{\sigma} - \Psi_{\alpha\xi 1}^{\pi})^2 + (X_{\sigma} - X_{\alpha\xi 1}^{\pi})^2}$$

$$L_{\text{συνδ}-\pi^2} = \sqrt{(\Psi_{\sigma} - \Psi_{\alpha\xi 2}^{\pi})^2 + (X_{\sigma} - X_{\alpha\xi 2}^{\pi})^2}$$

Το μήκος του Άξονα 2 δίδεται από τον τύπο

$$l_{\alpha\xi 2} = \sqrt{(X_{\alpha\xi 2}^{\pi} + X_{\alpha\xi 2}^{\kappa})^2 + (\Psi_{\alpha\xi 2}^{\pi} - \Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa})^2}$$

Οι γωνίες κλίσεως των αξόνων και σχετικής κλίσης των μαξιλαριών είναι:

$$\kappa\lambda.2 = \arctan\left(\frac{\Psi_{\alpha\xi 2}^{\pi} - \Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa}}{X_{\alpha\xi 2}^{\pi} + X_{\alpha\xi 2}^{\kappa}}\right)$$

$$\Sigma\chi.\kappa\lambda.2 = \kappa\lambda.2 - \gamma + \mu - 90$$

Από τους παραπάνω τύπους προκύπτει ότι όλα τα μεγέθη εξαρτώνται από την Κλίση του Άξονα 2.

Για τον υπολογισμό των μεγεθών για το 3,5^ο εκατοστημόριο έχω τις εξισώσεις:

Οι συντεταγμένες των σημείων που συνδέεται ο Άξονας1 με τον κάθετο άξονα της βάσης παραμένουν ίδιες με αυτές του 97,5^{ου} εκατοστημορίου. Επίσης και σε αυτήν την περίπτωση έχουμε σταθερό σημείο σύνδεσης. Το ίδιο ισχύει και για το μήκος των αξόνων και για τις σχετικές κλίσεις των μαξιλαριών.

$$\begin{aligned} & \left(X_{\alpha\xi 1}^{\sigma} \right)_{3,5} = \left(X_{\alpha\xi 1}^{\sigma} \right)_{97,5} \\ \bullet & \left(\Psi_{\alpha\xi 1}^{\sigma} \right)_{3,5} = \left(\Psi_{\alpha\xi 1}^{\sigma} \right)_{97,5} \\ & \left(\Psi_{\alpha\xi 2}^{\sigma} \right)_{3,5} = \left(\Psi_{\alpha\xi 2}^{\sigma} \right)_{97,5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet & \left(1_{\alpha\xi 1} \right)_{3,5} = \left(1_{\alpha\xi 1} \right)_{97,5} = 584 \\ & \left(1_{\alpha\xi 2} \right)_{3,5} = \left(1_{\alpha\xi 2} \right)_{97,5} = 251 \end{aligned}$$

$$\left(L_{\kappa-\sigma\upsilon\upsilon\delta}^1 \right)_{97,5} = \left(L_{\kappa-\sigma\upsilon\upsilon\delta}^1 \right)_{3,5}$$

$$\left(L_{\kappa-\sigma\upsilon\upsilon\delta}^2 \right)_{97,5} = \left(L_{\kappa-\sigma\upsilon\upsilon\delta}^2 \right)_{3,5}$$

$$\bullet \left(L_{\sigma\upsilon\upsilon\delta-\pi}^1 \right)_{97,5} = \left(L_{\sigma\upsilon\upsilon\delta-\pi}^1 \right)_{3,5}$$

$$\left(L_{\sigma\upsilon\upsilon\delta-\pi}^2 \right)_{97,5} = \left(L_{\sigma\upsilon\upsilon\delta-\pi}^2 \right)_{3,5}$$

$$\bullet \left(\Sigma\chi.\kappa\lambda.1 \right)_{97,5} = \left(\Sigma\chi.\kappa\lambda.1 \right)_{3,5}$$

$$\bullet \left(\Sigma\chi.\kappa\lambda.2 \right)_{97,5} = \left(\Sigma\chi.\kappa\lambda.2 \right)_{97,5}$$

Για τον Άξονα 1 στο 3,5^ο εκατοστημόριο τα σημεία επαφής του με το μαξιλάρι δίνονται από τους τύπους:

$$X_{\alpha\xi_1}^{\kappa} = X_{\alpha\xi_1}^{\sigma} + d/2 * \sin(\kappa\lambda_1)$$

$$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa} = \Psi_{\alpha\xi_1}^{\sigma} - d/2 * \cos(\kappa\lambda_1)$$

$$X_{\alpha\xi_1}^{\pi} = X_{\alpha\xi_1}^{\kappa} + l_{\alpha\xi_1} * \cos(\kappa\lambda_1)$$

$$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\pi} = \Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa} + l_{\alpha\xi_1} * \sin(\kappa\lambda_1)$$

$$X_{\sigma} = X_{\alpha\xi_1}^{\kappa} + L_{\kappa-\sigma\text{υν}\delta}^1 * \cos(\kappa\lambda_1)$$

$$\Psi_{\sigma} = \Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa} + L_{\kappa-\sigma\text{υν}\delta}^1 * \sin(\kappa\lambda_1)$$

Η κλίση θα είναι ίδια με αυτή των υπολογισμών του προηγούμενου κεφαλαίου και κατά συνέπεια λόγω της διατήρησης και της σχετικής κλίσης θα έχουμε βάση του τύπου $\Sigma\chi.\kappa\lambda.1 = \kappa\lambda.1 - \mu + 90$ και ίδια γωνία μέσης, μ .

Τα παραπάνω μεγέθη παρουσιάζονται στον πίνακα:

Κατασκευαστικές Διαστάσεις Άξονα 1		3,5° εκατοστημόριο	
d	32	X_{σ}	105
H _{ροδάκια}	50	Ψ_{σ}	121
$X_{\alpha\xi_1}^{\pi}$	403	$L_{\kappa-\sigma\text{υν}\delta}^1$	81
$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\pi}$	527	$L_{\sigma\text{υν}\delta-\pi}^1$	504
$X_{\alpha\xi_1}^{\sigma}$	44	$L_{\kappa-\sigma\text{υν}\delta}^2$	105
$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\sigma}$	66	$L_{\sigma\text{υν}\delta-\pi}^2$	146
$X_{\alpha\xi_1}^{\chi}$	64	Κλίση1	53.6
$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\chi}$	66	Σχ. Κλίση 1	7,8
$X_{\alpha\xi_1}^{\kappa}$	57	l _{αξ1}	584
$\Psi_{\alpha\xi_1}^{\kappa}$	57		

Για τον άξονα 2 στο $3,5^\circ$ εκατοστημόριο διατηρείται η κλίση του Άξονα 2 στην ίδια τιμή με αυτή του προηγούμενου βήματος των υπολογισμών. Ταυτόχρονα και η σχετική κλίση του μαξιλαριού πρέπει να παραμένει σταθερή με αυτή που υπολογίζεται από το $97,5^\circ$ εκατοστημόριο. Αυτό συνεπάγεται ότι από την σχέση $\Sigma\chi.\kappa\lambda.2 = \kappa\lambda.2 - \gamma + \mu - 90$ το μέγεθος που θα μεταβληθεί θα είναι η γωνία μηρού-κνήμης γ .

Έχω δηλαδή την εξίσωση

$$\begin{aligned} (\Sigma\chi.\kappa\lambda.2)_{97,5} &= (\kappa\lambda.2)_{97,5} - (\gamma)_{97,5} + (\mu)_{97,5} - 90 = \\ &= (\Sigma\chi.\kappa\lambda.2)_{3,5} = (\kappa\lambda.2)_{3,5} - (\gamma)_{3,5} + (\mu)_{3,5} - 90 \end{aligned}$$

Όπου, είναι άγνωστες η Κλίση του Άξονα 2 για το $97,5^\circ$ εκατοστημόριο και η γωνία γ για το $3,5^\circ$ εκατοστημόριο.

Ταυτόχρονα από την απαίτηση για σταθερό σημείο σύνδεσης έχω την εξίσωση :

$$(\kappa\lambda 2)_{3,5} = \text{asin} \left(\frac{\Psi_{\sigma} - \Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa}}{L_{\kappa-\sigma\text{υν}\delta}^2} \right) = 37,7$$

όπου

$$\Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa} = \Psi_{\alpha\xi 2}^{\sigma} - d/2 * \cos(\kappa\lambda 2)$$

$$\Psi_{\alpha\xi 2}^{\sigma} = \Psi_{\alpha\xi 1}^{\sigma}$$

Στη εξίσωση αυτή οι όροι Ψ_{σ} και $L_{\kappa-\sigma\text{υν}\delta}^2$ αναφέρονται στο $3,5^\circ$ εκατοστημόριο όμως ήδη παρουσιάστηκε σε προηγούμενη φάση του σχεδιασμού ότι εξαρτώνται από τα μεγέθη του $97,5^\circ$ εκατοστημορίου (και κυρίως από την Κλίση του Άξονα 2).

Από τον συνδυασμό των εξισώσεων αυτών με τις εξισώσεις υπολογισμού των μεγεθών προσδιορίζονται οι γωνίες της Κλίσης του Άξονα 2 για το $97,5^\circ$ εκατοστημόριο καθώς και η γωνία γ για το $3,5^\circ$ και με βάση αυτές προσδιορίζονται όλες οι απαιτούμενες κατασκευαστικές διαστάσεις.

Τα μεγέθη για τον Άξονα 2 του $3,5^\circ$ εκατοστημορίου υπολογίζονται βάση των τύπων:

$$X_{\alpha\xi 2}^{\kappa} = X_{\sigma} + L_{\kappa-\sigma\text{υν}\delta}^2 * \cos(\kappa\lambda 2)$$

$$X_{\alpha\xi 2}^{\sigma} = X_{\alpha\xi 2}^{\kappa} + d/2 * \sin(\kappa\lambda 2)$$

$$X_{\alpha\xi 2}^{\pi} = X_{\alpha\xi 2}^{\kappa} - l_{\alpha\xi 2} * \cos(\kappa\lambda 2)$$

$$\Psi_{\alpha\xi 2}^{\pi} = \Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa} + l_{\alpha\xi 2} * \sin(\kappa\lambda 2)$$

$$l_{\alpha\xi 2} = \sqrt{(X_{\alpha\xi 2}^{\pi} - X_{\alpha\xi 2}^{\kappa})^2 + (\Psi_{\alpha\xi 2}^{\pi} - \Psi_{\alpha\xi 2}^{\kappa})^2}$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται βάση των υπολογισμών όλες οι απαραίτητες κατασκευαστικές διαστάσεις.

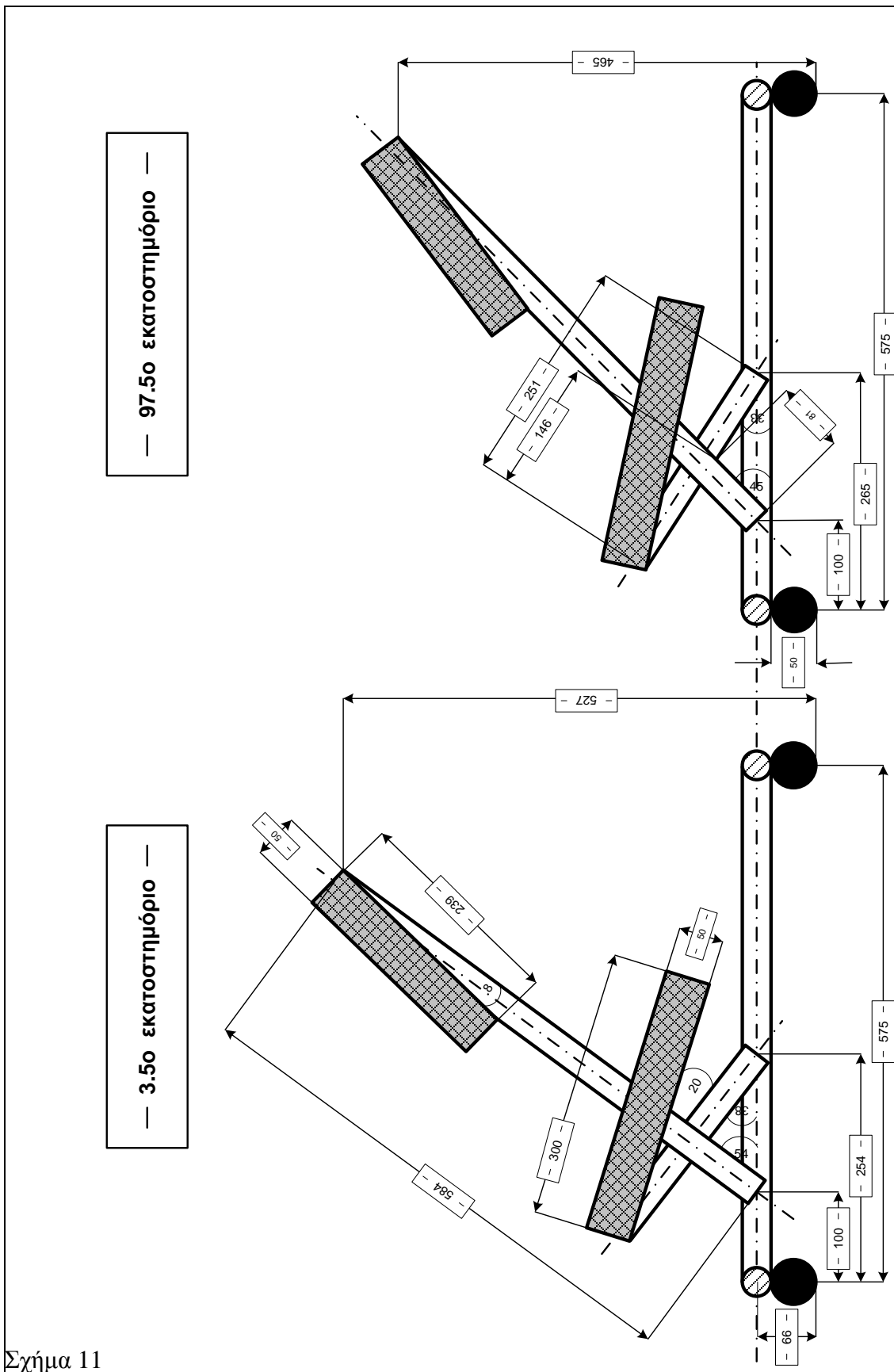
ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ ΚΑΘΙΣΜΑΤΟΣ			
3,5° Εκατοστημόριο		97,5° Εκατοστημόριο	
d	32	d	32
H _{ροδάκια}	50	H _{ροδάκια}	50
X _{αξ1} ^π	403	X _{αξ1} ^π	472
Ψ _{αξ1} ^π	527	Ψ _{αξ1} ^π	465
X _{αξ1} ^σ	44	X _{αξ1} ^σ	44
Ψ _{αξ1} ^σ	66	Ψ _{αξ1} ^σ	66
X _{αξ1} ^λ	64	X _{αξ1} ^λ	67
Ψ _{αξ1} ^λ	66	Ψ _{αξ1} ^λ	66
X _{αξ1} ^κ	57	X _{αξ1} ^κ	55
Ψ _{αξ1} ^κ	57	Ψ _{αξ1} ^κ	55
X _{αξ2} ^π	-11	X _{αξ2} ^π	-11
Ψ _{αξ2} ^π	210	Ψ _{αξ2} ^π	189
X _{αξ2} ^σ	198	X _{αξ2} ^σ	209
Ψ _{αξ2} ^σ	66	Ψ _{αξ2} ^σ	66
X _{αξ2} ^λ	176	X _{αξ2} ^λ	179
Ψ _{αξ2} ^λ	66	Ψ _{αξ2} ^λ	66
X _{αξ2} ^κ	188	X _{αξ2} ^κ	200
Ψ _{αξ2} ^κ	57	Ψ _{αξ2} ^κ	53
X _σ	105	X _σ	113
Ψ _σ	121	Ψ _σ	111
L _{κ-συνδ} ¹	81	L _{κ-συνδ} ¹	81
L _{συνδ-π} ¹	504	L _{συνδ-π} ¹	504
L _{κ-συνδ} ²	105	L _{κ-συνδ} ²	105

$L_{\text{συνδ-}\pi^2}$	146	$L_{\text{συνδ-}\pi^2}$	146
Κλίση1	53,6	Κλίση1	44,6
Σχ. Κλίση 1	7,8	Σχ. Κλίση 1	7,8
Ιαξ1	584	Ιαξ1	584
Κλίση2	37,7	Κλίση2	32,8
Σχ. Κλίση2	20,4	Σχ. Κλίση2	20,4
Ιαξ2	251	Ιαξ2	251
μ	135,9	μ	126,8
γ	63,2	γ	49,2
κ	90,0	κ	90,0

Παρατηρούμε ότι η υπολογιζόμενη γωνία μηρού-κνήμης (γ) είναι διαφορετική από την τιμή που υπολογίστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτό συνεπάγεται μεταβολή της στάσης του ανθρώπου. Επειδή όμως η διαφορά του γ είναι πάρα πολύ μικρή ($0,6^\circ$) μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα η αλλαγή της στάσης του ανθρώπου και να μην υπολογιστεί ξανά, θεωρώντας ότι ισχύουν οι υπολογισμοί του προηγούμενου κεφαλαίου.

Οι δύο ακραίες ρυθμίσεις του καθίσματος στην τελική του μορφή παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.

Θα πρέπει να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι για τους υπολογισμούς έγινε προσπάθεια να επιλυθούν οι εξισώσεις με τη βοήθεια προγράμματος Η/Υ (Matlab). Ωστόσο το σύστημα που προέκυψε ήταν αρκετά σύνθετο καθώς τα μεγέθη δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Το σύνολο των εξισώσεων ήταν αρκετά μεγάλο και σε συνδυασμό με την εξάρτηση των μεγεθών αύξησαν πολύ το βαθμό του συστήματος. Έτσι χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των δοκιμών με τη βοήθεια του Excel. Φυσικά οι τιμές που προέκυψαν επαληθεύουν όλες τις εξισώσεις και αποτελούν λύση του συστήματος. Ενδεχομένως υπάρχουν και άλλες τιμές που ικανοποιούν τις εξισώσεις του συστήματος. Ωστόσο δεν είναι απαραίτητο να ευρεθούν όλες οι λύσεις του συστήματος. Αρκεί η συγκεκριμένη λύση που προέκυψε με την μέθοδο των δοκιμών για τον σχεδιασμό του καθίσματος.



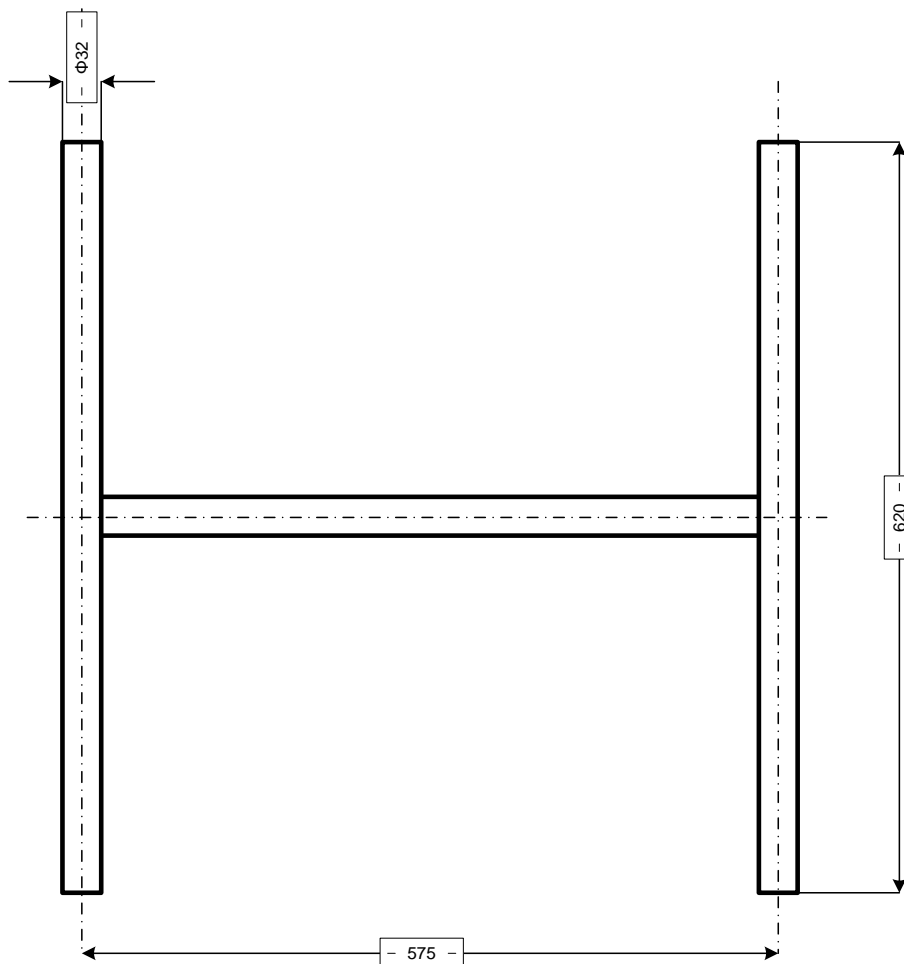
Σχήμα 11

5 Κατασκευή

5.1 Λεπτομέρειες κατασκευής

5.1.1 Διαστάσεις βάσης

Για την κατασκευή του σχεδιασθέντος πρωτοτύπου καθίσματος κρίθηκε απαραίτητο πλήρες μηχανολογικό σχέδιο. Παρουσιάζεται το κάθισμα με τις διαστάσεις για την ρύθμιση του στο $97,5^\circ$ εκατοστημόριο. Για την κατασκευή της βάσης στο σχέδιο παρουσιάζονται οι διαστάσεις της. Το μήκος της βάσης (η διάσταση ορίζεται από την πλάγια όψη την οποία χρησιμοποιούμε σε όλα τα σχέδια υπολογισμού) πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να στηρίζει την κατασκευή και να μην υπάρχει ο κίνδυνος ανατροπής του καθίσματος κατά την χρήση. Επιλέξαμε μήκος 607 mm και τοποθέτηση των αξόνων στις συγκεκριμένες θέσεις που φαίνονται στο σχήμα ώστε να καλύπτεται το άνοιγμα των αξόνων για το $97,5^\circ$ εκατοστημόριο. Το πλάτος της βάσης θα πρέπει και αυτό να είναι αρκετά μεγάλο για τους ίδιους λόγους ευστάθειας του καθίσματος και επιλέξαμε πλάτος (μήκος δηλαδή των παράλληλων αξόνων της βάσης) 620 mm ώστε να υπερβαίνει το μέγιστο πλάτος kneepan. Οι διαστάσεις αυτές φαίνονται στην παρακάτω κάτοψη της βάσης.



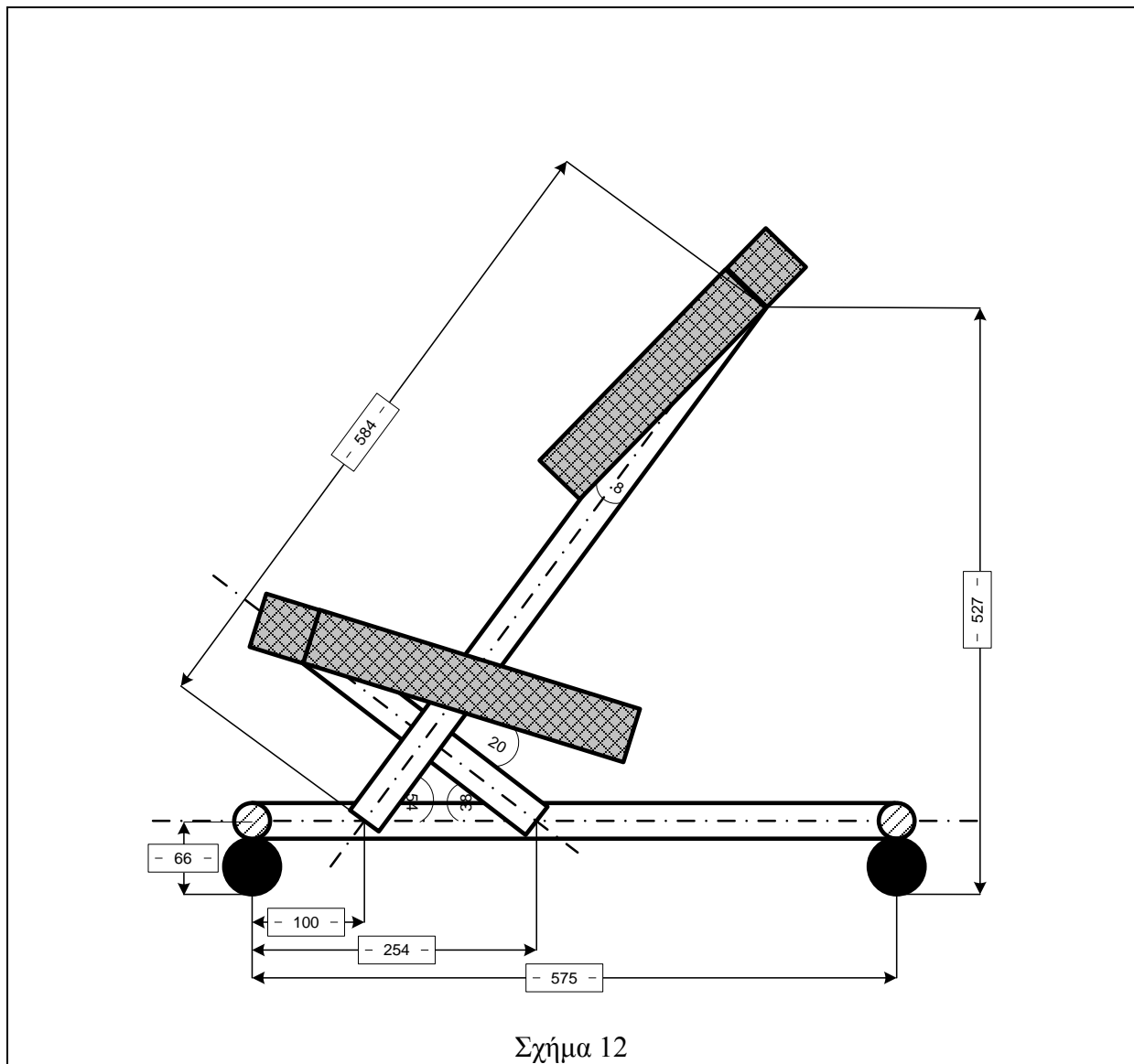
5.1.2 Σύνδεση αξόνων- μαξιλαριών

Δεν έχει γίνει αναλυτικός σχεδιασμός της σύνδεσης των μαξιλαριών με τους άξονες καθώς για την δική μας προσπάθεια κατασκευής η σύνδεση θα γίνονταν με κατάλληλη διαμόρφωση του άξονα και συγκόλληση του μαξιλαριού. Για τη βέλτιστη κατασκευή θα ήταν ιδανικό να χρησιμοποιηθεί κάποιος μηχανισμός που να την σταθεροποιεί τη γωνία μεταξύ μαξιλαριού και άξονα αλλά και να επιτρέπει στο χρήστη να μικροκινήσεις , ιδιαίτερα στην άρθρωση του γονάτου.

Σημαντικό είναι σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι κατά τους επικριτές αυτής της μορφής καθίσματος μειονέκτημα της αποτελεί η μεταφορά φορτίου από τη μέση στην άρθρωση του γονάτου. Κάτι τέτοιο όμως απέχει από την πραγματικότητα. Η αντοχή της άρθρωσης του γονάτου είναι αρκετά υψηλή και δεν επιβαρύνεται από το επιπλέον βάρος που καταμερίζεται με την υιοθέτηση αυτού του τρόπου καθίσματος. Για να διερευνήσουμε τα χαρακτηριστικά του προβλήματος απευθυνθήκαμε στον επιστημονικό συνεργάτη της Ιατρικής Σχολής Αθηνών , ιατρό της εργασίας κ. Χατζή. Σύμφωνα με τον κ. Χατζή το πρόβλημα προκαλείται κατά κύριο λόγο από την ακινησία της άρθρωσης του γονάτου και την παρατεινόμενη στατική φόρτιση των μυών. Για να αποφευχθεί η επιβάρυνση αυτή θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα στον χρήστη του καθίσματος να ανασηκώνει λίγο από το έδαφος την κνήμη του διατηρώντας το σημείο επαφής του γονάτου σταθερό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με τον κατάλληλο σχεδιασμό του καθίσματος είτε, χωρίς να προβούμε σε ιδιαίτερα σύνθετη κατασκευή, με τη βοήθεια κάποιου μηχανισμού σύνδεσης του μαξιλαριού (kneerap) με τον Άξονα.

5.1.3 Μήκος Μαξιλαριών

Ήδη αναφέρθηκε ότι έχουμε προσδιορίσει τα ακραία σημεία επαφής του ανθρώπου με το κάθισμα πάνω στα μαξιλάρια. Η ακραία αυτή θέση επιλέχθηκε για να ελαχιστοποιήσει τις φορτίσεις και τις ροπές που αναπτύσσονται στην επιφάνεια σύνδεσης (ελαττώνοντας την απόσταση μεταξύ του σημείου εφαρμογής του βάρους του σώματος και της αντίστασης μειώνονται οι ροπές). Ωστόσο δεν υπάρχει κανένας περιορισμός για τον χρήστη να καθίσει στα συγκεκριμένα σημεία. Μάλιστα θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και την ποικιλομορφία των ανθρωπίνων διαστάσεων η οποία δεν μπορεί να εκφραστεί μέσα από τους πίνακες ανθρωπομετρικών δεδομένων. Για να καλύψουμε αυτή διαφοροποίηση αλλά και για να προσφέρουμε αρκετό χώρο στον χρήστη το μήκος των μαξιλαριών στο κατασκευαστικό σχέδιο είναι αυξημένο κατά 50mm κατά την διεύθυνση του μήκους και μετά το σημείο σύνδεσης με τους άξονες. Αυτό θα έχει παράλληλα ως αποτέλεσμα την μετατόπιση του κέντρου βάρους του σώματος που στηρίζει το κάθε μαξιλάρι και την μεταβολή των φορτίσεων στη σύνδεση.



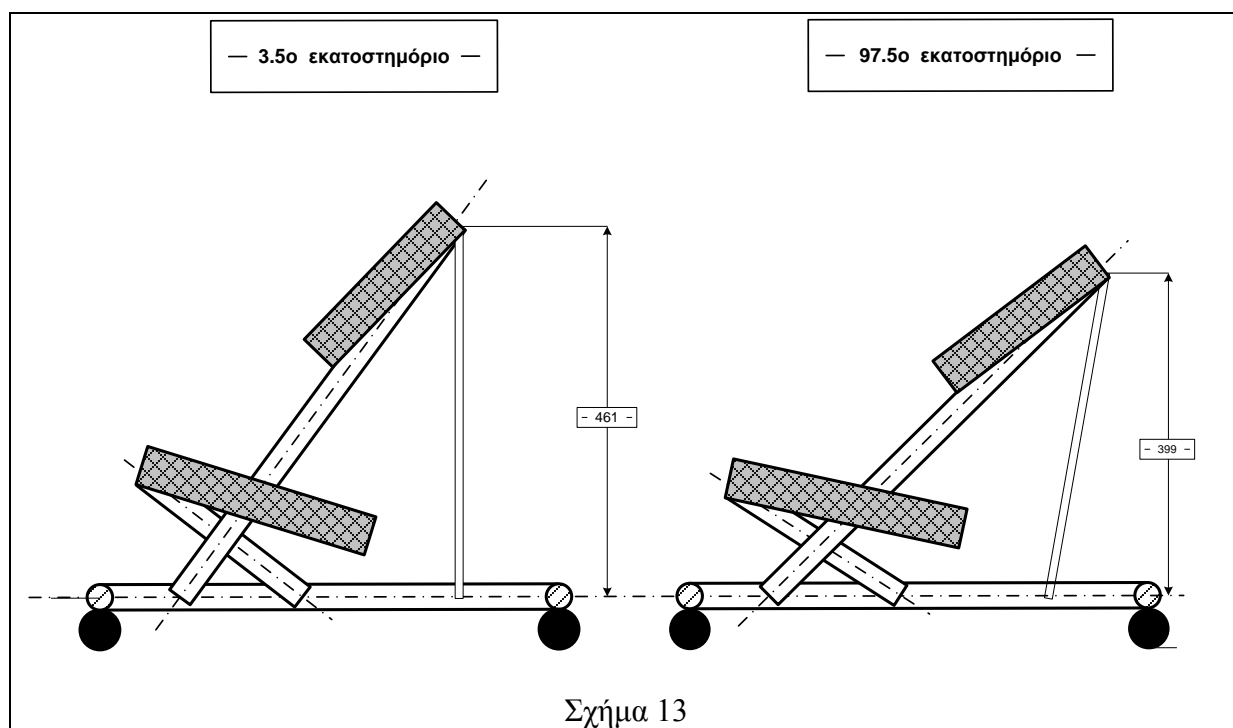
Σχήμα 12

5.1.4 Σύνδεση αξόνων

Για την σύνδεση των αξόνων στη βάση του καθίσματος αλλά και μεταξύ τους δεν έχει γίνει λεπτομερειακός σχεδιασμός. Στην κατασκευαστική μορφή που έγινε προσπάθεια να υλοποιήσουμε η σύνδεση μεταξύ των αξόνων επιλέχθηκε να γίνει χρησιμοποιώντας έναν πείρο ο οποίος θα διαπερνάει το σώμα των αξόνων στο σημείο σύνδεσης. Ανάμεσα στους άξονες θα χρησιμοποιηθούν λαστιχάκια για τη σύνδεση τα οποία θα διευκολύνουν την σχετική περιστροφή διατηρώντας σταθερό το σημείο σύνδεσης. Αυτός ο τρόπος σύνδεσης παρουσιάζεται στο σχέδιο και θα εφαρμόζονταν για τις συνδέσεις μεταξύ των αξόνων 1 και 2 αλλά και για την σύνδεση του άξονα 1 στον κάθετο άξονα της βάσης. Για την σύνδεση του άξονα 2 στον κάθετο άξονα της βάσης μέσω της οποίας γίνεται και η συνολική ρύθμιση του καθίσματος επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί διαφορετικός τρόπος. Εξωτερικά του κάθετου άξονα της βάσης θα υπάρχει ένας άξονας μεγαλύτερης, μεταβλητής (με την βοήθεια κοχλίας) διαμέτρου ο οποίος θα μπορεί να κυλιέται πάνω στον κάθετο άξονα και να σταθεροποιείται στο επιθυμητό σημείο (όταν ο κοχλίας θα σφίγγει τότε η διάμετρος θα μικραίνει και θα συγκρατείται έτσι ο εξωτερικό άξονας στο συγκεκριμένο σημείο του κάθετου, όταν αντίστοιχα ο κοχλίας χαλαρώνει τότε ο εξωτερικός άξονας θα μπορεί να κυλιέται ελεύθερα). Ο άξονας 2 θα πρέπει να διαμορφωθεί κατάλληλα με την χρήση πρέσας και θα συνδεθεί

στον εξωτερικό άξονα πάνω στην βάση. Μάλιστα μπορεί να συνδεθεί πάνω στον κοχλία και έτσι αν αποσύρουμε τον κοχλία ο άξονας 2 να αποδεσμεύεται και το κάθισμα να μπορεί να «κλείνει» ώστε να είναι ευκολότερη η μεταφορά του.

Ιδανικό θα ήταν να χρησιμοποιηθεί ένας τρόπος ρύθμισης του καθίσματος ώστε ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα να ρυθμίζει το κάθισμα κατά την χρήση. Για το λόγο αυτό με την βοήθεια του Καθηγητή του ΕΜΠ κ. Σφαντζικόπουλο καταλήξαμε στην χρήση μιας αντηρίδας (άξονας μεταβλητού μήκους) η οποία θα συνδέει τον Άξονα 1 με τον κάθετο άξονα της βάσης. Έτσι ρυθμίζοντας το μήκος της αντηρίδας θα μπορούμε να ρυθμίσουμε συνολικά το κάθισμα αφού ο Άξονας 2 θα ακολουθήσει την κίνηση του σημείου σύνδεσης (λόγω του Άξονα 1) και θα κυλήσει κατά μήκος του κάθετου άξονα της βάσης με την διαμόρφωση που παρουσιάστηκε πριν. Η αντηρίδα μπορεί να προσαρμοστεί και αυτή στον κάθετο άξονα με τον τρόπο που χρησιμοποιήσαμε για τους Άξονες 1 και 2. Η παραλλαγή αυτή του καθίσματος παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα ωστόσο δεν ήταν αυτή η οποία επιλέχθηκε για την προσπάθεια κατασκευής καθώς θεωρήθηκε ότι αυξάνει την συνθετότητα του καθίσματος. Ταυτόχρονα λόγω της θέσης που θα πρέπει να γίνει η ρύθμιση δεν παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερη ευκολία από αυτή που τελικά επιλέχθηκε.



Θα πρέπει ακόμα λόγω του τρόπου σύνδεσης των αξόνων του καθίσματος στον κάθετο άξονα της βάσης να αυξηθεί το μήκος των αξόνων κατά 10mm για να μπορεί να επιτευχθεί από απόψεως ευκολίας στην κατασκευή η σύνδεση. Φυσικά αυτό δεν ανατρέπει καθόλου τους υπολογισμούς μας καθώς πρόκειται για επιπλέον μήκος στα κάτω άκρα των αξόνων.

5.1.5 Κατασκευαστικό Σχέδιο

Στο κατασκευαστικό σχέδιο που συνοδεύει την εργασία παρουσιάζεται το κάθισμα σε πλάγια όψη (οι δύο ρυθμίσεις για τα ακραία εκατοστημόρια) και πρόσοψη. Ακόμα παρουσιάζονται οι λεπτομέρειες της κατασκευής για όλα τα σημεία σύνδεσης μεταξύ των αξόνων.

6 Επίλογος

Ήδη αναφέρθηκε ότι δεν ήταν δυνατό στα πλαίσια της παρούσας μελέτης να υπολογισθούν πλήρως όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την δημιουργία ενός άμεσα κατασκευάσιμου και λειτουργικού μοντέλου. Για τον σκοπό αυτό είναι απαραίτητη η κατασκευή του πρωτοτύπου μοντέλου που σχεδιάστηκε εδώ και η υποβολή του σε δοκιμαστική χρήση. Θα πρέπει να επιλεγεί ένας αντιπροσωπευτικός πληθυσμός χρηστών οι οποίοι θα δοκιμάσουν το κάθισμα και θα κληθούν να συμπληρώσουν ερωτηματολόγια σχετικά με τις παραμέτρους που θα ήθελαν να ρυθμίσουν σε αυτό. Μπορεί πιθανά να γίνει και συγκριτική δοκιμή του πρωτοτύπου με συμβατικού τύπου καθίσματα και να διαπιστωθούν τα πιθανά σημεία υπεροχής ή υστέρησης.

Για την τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων με χρήση στοιχείων θα πρέπει να γίνουν μετρήσεις στον πληθυσμό των χρηστών με την βοήθεια αγγειολογικού εργαστηρίου. Ο πόνος (ή το αίσθημα της ενόχλησης) μεταφράζεται σε μεταβολή της θερμοκρασίας και της παροχής του αίματος στις περιοχές που είναι δέχονται την καταπόνηση. Με την βοήθεια των εργαστηριακών εξετάσεων μπορεί να φανεί η μεταβολή των μεγεθών αυτών για τις διάφορες ρυθμίσεις του καθίσματος.

Τέλος θα πρέπει για τον προσδιορισμό των υλικών και των μερών της κατασκευής και με δεδομένη την τελική μορφή της να γίνει πλήρης στατικός και κινητικός έλεγχος της και να υπολογιστούν οι αντοχές των μερών της. Τότε θα επιλεγούν οι κατάλληλοι άξονες, ο τρόπος σύνδεσης και όλες οι λεπτομέρειες της κατασκευής.

7 Βιβλιογραφία

1. Corlett Nigel ,Wilson John, The ergonomics of working postures, 1986
2. Kroemer-Elber K.E. , Kroemer H.B., Kroemer K.H.E., Ergonomics,How to design for ease & efficiency, ,2000
3. Lueder R & Noro K, Hard facts about soft machines, The ergonomics of seating, ,1994
4. Netter F.H., Άτλας Ανατομικής του Ανθρώπου, 1999
5. Pheasant Stephen., Bodyspace Anthropometry Ergonomics and Design of work, 1996
6. Pheasant Stephen., Ergonomics, Work and Health, 1991
7. Sanders Marc, Mc Cormick Ernest, Human factors in Engineering & Design, 1993
8. Shrawan Kumar, Biomechanics in Ergonomics, 1999
9. Snell, Κλινική Ανατομική, 1992
- 10.Snell, Κλινική Νευτοανατομική, 1995
- 11.Κατρίτση, Παπαδόπουλου Ανατομική του Ανθρώπου, 1998