

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η θερμο-φυσιολογική άνεση ενδύματος

ΑΝΥΦΑΝΤΗ ΑΘΑΝΑΣΙΑ
ΜΟΥΖΑΚΙΩΤΗ ΑΔΑΜΑΝΤΙΑ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2012

Πτυχιακή εργασία που υποβλήθηκε στο Τ.Ε.Ι.

Πειραιά για την απόκτηση πτυχίου

Από τις

ΑΝΥΦΑΝΤΗ ΑΘΑΝΑΣΙΑ

και

ΜΟΥΖΑΚΙΩΤΗ ΑΔΑΜΑΝΤΙΑ

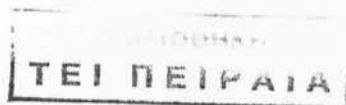
Εργασία η οποία έλαβε μέρος στο Τμήμα

Κλωστοϋφαντουργίας με την επίβλεψη

του Δρ. Γεωργίου Πρινιωτάκη

Επίκουρου Καθηγητή

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ



Τμήμα Κλωστοϋφαντουργίας

Τ.Ε.Ι. Πειραιά

Αιγάλεω 31.05.2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της πτυχιακής εργασίας είναι να διευκρινίσει τους παράγοντες που επηρεάζουν την άνεση και καθορίζουν πότε ένα ρούχο θεωρείται άνετο και πότε όχι με βάση την αίσθηση που αφήνει και το αν επηρεάζει θετικά ή αρνητικά την θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος. Στην συνέχεια αναφέρει κάποιους μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί για να γίνει πρόβλεψη της άνεσης που θα έχει ένα ρούχο και βασίζονται στα φυσικά ερεθίσματα που προκαλεί κάποιο ρούχο. Στο τέλος προσπαθεί να προσδιορίσει τους παράγοντες με τους οποίους γίνεται η επιλογή των ρούχων σήμερα από τις νεαρές γυναίκες. Ως αποτέλεσμα αποδεικνύεται ότι η άνεση ενός ενδύματος προέχει αλλά το κόστος έχει και αυτό σημαντικό ρόλο στην τελική επιλογή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
1.1 Ρουχισμός και θερμική άνεση	7
1.2 Θερμική άνεση	8
1.3 Θερμική φυσιολογία και άνεση	9
1.4 Μηχανισμοί ρύθμισης θερμοκρασίας του Ανθρώπινου Σώματος	12
1.5 Μοντέλο δύο κόμβων της θερμικής ρύθμισης	15
1.6 Δυναμική θερμική αντίδραση ανάμεσα στο σώμα και το ρουχισμό	17
1.7 Θερμοφυσιολογική άνεση	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
2.1 Αίσθηση του ανθρώπινου σώματος ανάλογα με την επιφάνεια υφάσματος	22
2.2 Κνησμός υφάσματος	24
2.3 Ακαμψία υφάσματος	25
2.4 Απαλότητα υφάσματος	26
2.5 Ομαλότητα, τραχύτητα και φαγούρα υφάσματος	28
2.6 Εφαρμογή ενδύματος και πίεση άνεσης	30
2.7 Αισθητήρια άνεση και ιδιότητες υφάσματος	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
3.1 Το σύστημα KES-F	40
3.2 Πρόβλεψη της θερμοφυσιολογικής άνεσης ενδύματος	42
3.3 Προβλεψιμότητα της αισθητήριας άνεσης	48
3.4 Προβλεψιμότητα των υποκειμενικών προτιμήσεων	51
3.5 Νευρωτικά δίκτυα	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
Πειραματικό μέρος	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
Συμπεράσματα	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	70

Εισαγωγή

Σκοπός του ρουχισμού είναι να προστατεύει το σώμα από τις κλιματολογικές συνθήκες αλλά συγχρόνως να είναι και άνετο. Η θερμική άνεση του σώματος εξαρτάται από τον ρουχισμό, τις κλιματολογικές συνθήκες και την φυσική δραστηριότητα του ατόμου. Η αίσθηση της θερμοκρασίας κρίνεται κυρίως από δερματικούς θερμουποδοχείς, οι οποίοι ορίζουν την θερμική κατάσταση του περιβάλλοντος ή ενός αντικειμένου ενοποιώντας τα σήματα που λαμβάνουν. Η καλύτερη θερμοκρασία είναι εκείνη που ικανοποιεί τους περισσότερους ανθρώπους κάτω από ίδιες συνθήκες. Η άνεση επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες ένας από τους οποίους είναι η αίσθηση του κάθε υφάσματος. Μια από τις πιο εκνευριστικές αισθήσεις δυσφορίας είναι η αίσθηση από ύφασμα που προκαλεί ενόχληση σας τσίμπημα από αγκάθι. Τα υφάσματα που προκαλούν κνησμό ή είναι άκαμπτα επίσης προκαλούν δυσφορία. Αντίθετα η απαλότητα υφάσματος είναι στενά συνδεδεμένη με την άνεση. Όταν φοράμε ένα ρούχο το ύφασμα κουνιέται κατά πλάτος του δέρματος και έτσι έχουμε τριβή μεταξύ υφάσματος και δέρματος, η τριβή είναι μικρότερη όταν το ύφασμα έχει λεία επιφάνεια συνεπώς η ομαλότητα και η τραχύτητα υφάσματος είναι σημαντικοί παράγοντες άνεσης. Η φαγούρα υφάσματος είναι συσχετισμένη με την επιφανειακή τραχύτητα. Συνεπώς η αντίληψη της άνεσης καθορίζεται από ψυχολογικές και φυσιολογικές διαδικασίες οι οποίες προκαλούνται από φυσικά ερεθίσματα τα οποία καθορίζονται από τις φυσικές ιδιότητες ίνας-υφάσματος και διαρθρωτικών χαρακτηριστικών. Στην προσπάθεια ανάπτυξης μεθόδων πρόβλεψης της άνεσης του ρουχισμού αντικειμενικά αναπτύχθηκαν κάποιοι μέθοδοι. Το σύστημα KES-F βασιζόταν στην μέτρηση των ιδιοτήτων του υφάσματος και στην εκτίμηση του δείκτη υφάσματος. Μια ακόμα μέθοδος βασίστηκε στην πρόβλεψη της θερμοφυσιολογικής άνεσης του ρουχισμού χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο με πολλές φυσιολογικά εξαρτώμενες και μη εξαρτώμενες μεταβλητές. Το μοντέλο αυτό με το πέρασμα του χρόνου εξελίχθηκε με πιο πρόσφατο το μοντέλο δύο κόμβων. Μετά από ερευνά η αισθητήρια άνεση μπορεί να προβλεφθεί με κατανόηση νευροφυσιολογικών μηχανισμών των αισθητήριων αντιλήψεων αγκαθωτού και φαγούρας και ο παράγοντας άνεσης αφής από τη διάμετρο των ινών, την πυκνότητα και την κατανομή των άκρων των ινών

στην επιφάνεια του υφάσματος. Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα που προσπαθούν να μιμηθούν τα νευρικά κύτταρα έχουν χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη του μηχανισμού πόνου, της θερμικής αντίληψης και των αισθήσεων.

Στο πειραματικό μέρος έγινε μια έρευνα σε μικρό ποσοστό του γυναικείου ενεργού πληθυσμού του Τ.Ε.Ι. Πειραιά με σκοπό να διεκρινισθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή ενδυμάτων από νεαρές γυναίκες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

1.1 Ρουχισμός και θερμική άνεση

Μία από τις θεμελιώδης λειτουργίες του ρουχισμού είναι να κρατά το ανθρώπινο σώμα σε ένα κατάλληλο θερμικό περιβάλλον στο οποίο μπορεί να διατηρήσει τη θερμική του ισορροπία και τη θερμική του άνεση.

Κατά τη διάρκεια της διαδρομής της βιολογικής λειτουργίας, το ανθρώπινο σώμα προσπαθεί να ελέγχει την απώλεια θερμότητας διατηρώντας την θερμική ισορροπία. Συνεπώς, ο ρουχισμός χρειάζεται για να προστατέψει το σώμα από τις κλιματολογικές αλλαγές και να βοηθήσει τις λειτουργίες θερμικού ελέγχου κάτω από διάφορους συνδυασμούς περιβαλλοντολογικών συνθηκών και φυσικών δραστηριοτήτων. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η θερμική ισορροπία του σώματος και δημιουργείται μια άνετη κατάσταση για τον οργανισμό. Συνεπώς πρωταρχικός σκοπός του ρουχισμού είναι να υποστηρίξει το σύστημα θερμοκρασίας του σώματος, δηλαδή να κρατά σταθερή τη θερμοκρασία του ακόμα και αν το εξωτερικό περιβάλλον και οι φυσικές δραστηριότητες αλλάζουν σε ένα μεγάλο βαθμό.

Μία θεωρία για την κατανόηση του ρόλου του ρουχισμού στη θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος και της θερμικής άνεσης κάτω από σταθερές συνθήκες έχει αναπτυχθεί κατά τις τελευταίες δεκαετίες, και αυτό έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία ρουχισμού αλλά και στη βιομηχανία θέρμανσης-καθαρισμού. Το ανθρώπινο σώμα σπάνια είναι σε θερμικά σταθερή κατάσταση, αλλά είναι συνεχόμενα εκτεθειμένο σε μεταβολές στη φυσική δραστηριότητα και στις περιβαλλοντολογικές συνθήκες. Οι υδρόφιλες ίνες όπως το μαλλί και το βαμβάκι απορροφούν υδατμούς από τον αέρα του περιβάλλοντος όταν αυξάνεται η υγρασία, και απελευθερώνουν θερμότητα. Ομοίως όταν η υγρασία μειώνεται, η υγρασία που απελευθερώνεται, και η θερμότητα λαμβάνονται από τις ίνες. Κάτω από μεταβατικές καταστάσεις αυτή η συμπεριφορά της απορρόφησης υγρασίας από τις ίνες μπορεί να παίξει ένα σημαντικό ρόλο στην ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον και στην αντίληψη της θερμικής άνεσης του.

1.2 Θερμική άνεση

Η θερμική άνεση του ανθρώπου είναι ανάλογη του ρουχισμού, του κλίματος και της φυσικής δραστηριότητας. Η «αποτελεσματική θερμοκρασία» ορίστηκε ως ένας δείκτης της αντιλαμβανόμενης ζεστασιάς όταν ένα ανθρώπινο σώμα εκτίθεται σε διάφορες θερμοκρασίες, σε υγρασία και σε κινήσεις του αέρα (Yaglou και Miller)¹. Η κλίμακα της αποτελεσματικής θερμοκρασίας είχε καθοριστεί από τη θερμοκρασία του κορεσμένου αέρα ο οποίος δίνει την αίσθηση ζεστού υπό ορισμένες συνθήκες. Η αποτελεσματική θερμοκρασία υιοθετήθηκε από την Αμερικανική κοινότητα μηχανικών θερμότητας και εξαερισμού ως η λειτουργική κλίμακα για εγκατάσταση γραφημάτων άνεσης για ανθρώπους ντυμένους που δεν κινούνται και είναι εκτεθειμένοι σε μια ποικιλία θερμοκρασιών, σχετικών υγρασιών και ταχυτήτων ανέμων.

Παράχθηκε μία εξίσωση για να προβλέψει θερμικές αισθήσεις μετά από μία έκθεση των 3 ωρών (Rohles)²:

$$Y=0,1509Tab+0,01Ha-8,3719$$

Όταν το Y είναι η θερμική αίσθηση στη κλίμακα του 1=κρύο, 2=δροσερό, 3=λίγο δροσερό, 4=άνετο, 5=χλιαρό, 6=ζεστό και 7=καυτό. Το Tab είναι η θερμοκρασία σε F και το Ha είναι η σχετική υγρασία στο παρόν.

Η αισθητήρια άνεση μελετήθηκε σε συσχέτισμό με τις θερμικές αισθήσεις των χρηστών που αναπαύονται-κάθονται χωρίς ρούχα και συγκρίθηκαν με τις συσχετισμένες φυσιολογικές αποκρίσεις κάτω από σταθερή κατάσταση και μεταβατικές συνθήκες των 12-48° C. Όταν οι χρήστες εκτέθηκαν σε σταθερό κρύο ή ζεστό περιβάλλον, η θερμική άνεση και οι αισθήσεις θερμοκρασίας βρίσκονταν μεταξύ 28-30°C, και καμία φυσιολογική θερμορυθμιστική προσπάθεια δεν χρειαζόταν να γίνει. Η δυσφορία ήταν συσχετισμένη με τη μείωση της μέσης θερμοκρασίας δέρματος στα ψυχρά περιβάλλοντα και την αυξημένη εφίδρωση στα καυτά περιβάλλοντα. (Gagge)³.

Ίδιο συμπέρασμα εξέλθει για μεταβατικές αλλαγές όταν οι χρήστες εκτέθηκαν από άνετο σε άβολο, από ουδέτερο σε κρύο, και από ουδέτερο σε ζεστό περιβάλλον. Η θερμική δυσφορία βρέθηκε να είναι ένα εξαιρετικό κίνητρο για δραστηριοποίηση της συμπεριφοράς του άνθρωπου. Η θερμική αίσθηση έδωσε στον άνθρωπο μια πρόωρη προσδοκώμενη καθοδήγηση για να πράξει συνειδητά και να αλλάξει το μικροκλίμα του σώματος του από το να εξαρτάται από τη φύση,

ενώ βραχυπρόθεσμα, η θερμική προστασία συνδέθηκε με το ιδρώτα, την αγγειοδιαστολή ή την αγγειοσυσπασση και το ρίγος.

Έρευνα πάνω στην άνεση, τις θερμικές αισθήσεις και συναφείς φυσιολογικές αποκρίσεις κατά τη διάρκεια άσκησης σε διάφορες περιβαλλοντολογικές θερμοκρασίες κατέληξε στο συμπέρασμα ότι μετά από 30-40 λεπτά σταθερής άσκησης, οι αισθήσεις θερμοκρασίας από δροσερό σε καυτό ήταν κυρίως συσχετισμένες με το δέρμα και τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος, ενώ η ζεστή δυσφορία ήταν συσχετισμένη με την εφίδρωση και την αγωγιμότητα του δέρματος. Κατά τη διάρκεια της σταθερής κατάστασης της άσκησης, η αντίληψη της θερμοκρασίας οριζόνταν από αισθητήριους μηχανισμούς στο δέρμα, ενώ η θερμή δυσφορία ήταν κυρίως καθορισμένη από μηχανισμούς θερμοκρασίας. Η άνεση και οι θερμικές αισθήσεις κατά τη διάρκεια θερμικών μεταβολών που προκλήθηκαν από την αύξηση στο μεταβολικό ρυθμό στην αρχή της άσκησης ήταν συσχετισμένες με την αρχική άνοδο στη θερμοκρασία του σώματος. (Gagge)⁴

1.3 Θερμική φυσιολογία και άνεση

Κλίμακες για θερμική άνεση και θερμική αίσθηση

Θερμική αίσθηση	Θερμική άνεση
1. πολύ κρύο	1. άβολα κρύο
2. κρύο	2. πιο κρύο από το άνετο
3. δροσερό	3.πολύ πιο δροσερό από το άνετο
4. ελαφρά δροσερό	4. ελαφρά πιο δροσερό από το άνετο
5. ουδέτερο	5. άνετο
6. ελαφρά ζεστό	6. ελαφρά πιο ζεστό από το άνετο
7. ζεστό	7. πολύ πιο ζεστό από το άνετο
8. καυτό	8. πιο καυτό από το άνετο
9. πολύ καυτό	9. άβολα καυτό

Οι αισθήσεις θερμοκρασίας προέρχονται κυρίως από δερματικούς θερμουποδοχείς, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να κρίνουν τη θερμική κατάσταση των αντικειμένων ή του περιβάλλοντος. Η θερμική άνεση και η δυσφορία αντανακλούν μία θερμική κατάσταση του θερμικού συστήματος, το οποίο είναι η ενοποίηση εισαγομένων σημάτων από δερματικούς και εσωτερικούς θερμουποδοχείς. Έτσι τονίστηκε η φυσιολογική βάση της θερμικής άνεσης και η διαφορά ανάμεσα στη θερμική άνεση και τις αισθήσεις θερμοκρασίας. (Hensel)⁵ (Carterete, Friedman)^{6 7}

Συνεπώς οι μετρήσεις των αισθήσεων θερμοκρασίας και της θερμικής άνεσης χρειάζεται να διακριθούν. Χρησιμοποιήθηκαν 2 ξεχωριστές κλίμακες για να μελετήσουν τις θερμικές αισθήσεις και τη θερμική άνεση και συνοψίσθηκαν. (McNall)⁸

Για να καθοριστεί η ουδέτερη ζώνη της θερμικής άνεσης ανεπτύχθη ένα μαθηματικό μοντέλο για να καθορίσει την ουδέτερη ζώνη σε διαφορετικούς συνδυασμούς ρουχισμού και επιπέδων δραστηριότητας. (Fanger)⁹ Στο μοντέλο αυτό η μέση θερμοκρασία δέρματος και οι ρυθμοί έκκρισης ιδρώτα χρησιμοποιούνται ως φυσικά μέτρα της άνεσης. Βάση αυτού του μοντέλου, η Αμερικανική κοινότητα μηχανικών θερμότητας, κατάψυξης και κλιματισμού ανέπτυξε γενικευμένα γραφήματα άνεσης και δείκτες θερμικής αίσθησης για να προβλέψει την αποδοχή άνεσης κάτω από διαφορετικούς συνδυασμούς μόνωσης ρουχισμού, μεταβολικού επιπέδου, θερμοκρασίας αέρα και θερμοκρασίας.

Πάνω στο μοντέλο αυτό βασίστηκε ένα διεθνές πρότυπο που πραγματεύεται με τη θερμική άνεση, το ISO7730. Το πρότυπο καθορίζει τις συνθήκες που είναι αποδεκτές αναφορικά με την θερμική άνεση σε ένα δείγμα πληθυσμού. Στο πρότυπο, η θερμική άνεση ορίζεται ως η αίσθηση που εκφράζει ικανοποίηση σε σχέση με το θερμικό περιβάλλον. Η δυσαρέσκεια, η οποία μπορεί να προκαλείται από ζεστή ή κρύα δυσφορία για το σώμα γενικά, εκφράζεται από το δείκτη PMV και το δείκτη PPD.

Ο δείκτης PMV είναι ο προβλεπόμενος μέσος δείκτης, ο οποίος χρησιμοποιείται για να προβλέψει τη θερμική άνεση για το σώμα, σαν ολότητα σε μια κλίμακα 7 πόντων, από κρύο σε καυτό. Ο δείκτης PPD είναι το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρέσκειας. Το πρότυπο ISO πρότεινε ένα PMV με ένα εύρος από -0,5 έως +0,5, εννοώντας ότι PPD θα έπρεπε να είναι χαμηλότερο από 10%. Όταν το PMV είναι μηδέν, η βέλτιστη λειτουργική θερμοκρασία επιτυγχάνεται και αυτό

είναι μία λειτουργία της απόδοσης του ρουχισμού. Η λειτουργική θερμοκρασία, είναι η ομοιόμορφη θερμοκρασία ενός περιφράγματος στο οποίο ένας κάτοχος θα αντάλλαζε το ίδιο ποσό θερμότητας με ακτινοβολία έτσι όπως και στο πραγματικό μη ομοιόμορφο περιβάλλον. Για συνήθειες πρακτικές εφαρμογές, η λειτουργική θερμοκρασία είναι περίπου ίση με τη μέση τιμή μιας μέσης ακτινοβολίας και των θερμοκρασιών αέρα.

Η βέλτιστη λειτουργική θερμοκρασία είναι εκείνη η οποία ικανοποιεί τους περισσότερους ανθρώπους, σε δεδομένο ρουχισμό και για μία δεδομένη δραστηριότητα. Ο μεταβολικός ρυθμός μπορεί να εκτιμηθεί από φυσικές δραστηριότητες, ενώ η θερμική μόνωση του ρουχισμού μπορεί ακόμα να εκτιμηθεί από τον τύπο του ρουχισμού. Χρησιμοποιώντας το μεταβολικό ρυθμό και το ρουχισμό, η βέλτιστη αποτελεσματική θερμοκρασία και το όριο ανοχής μπορούν να εκτιμηθούν.

Σαν μια ορθολογική βάση εκκίνησης, αναπτύχθηκε μία κλίμακα περιβαλλοντολογικής θερμοκρασίας βασισμένη στις εξισώσεις ανταλλαγής θερμότητας κατά τη διάρκεια της παθητικής κατάστασης και στην επίδραση των ψυχολογικών ρυθμιστικών ελέγχων. (Gagge)¹⁰ Η κλίμακα θερμοκρασίας χρησιμοποίησε την υγρή λειτουργική θερμοκρασία (Tab) καθορισμένη ως τη θερμοκρασία ενός φανταστικού περιβάλλοντος στο οποίο το σώμα θα έχανε την ίδια θερμότητα από ακτινοβολία και εξάτμιση όπως θα έκανε στο πραγματικό περιβάλλον. Μία νέα κλίμακα "αποτελεσματικής ή ενεργής θερμοκρασίας" κατασκευάστηκε ακόμα για ένα φυσιολογικά ενδεδυμένο χρήστη, που δεν κινείται στη βάση του IocI (δηλαδή της σταθερής διαβροχής που προκαλείται από ρυθμιστική εφίδρωση). Περαιτέρω, στα 1973, ορίστηκαν τρεις ορθολογικοί δείκτες θερμοκρασίας: λειτουργικού προτύπου (Tso), υγρού λειτουργικού προτύπου (Tsoh) και αποτελεσματικού προτύπου (SET) θερμοκρασιών, συσχετίζοντας την μέση θερμοκρασία δέρματος, την υγρασία δέρματος και τους συναφείς συντελεστές μεταφοράς θερμότητας. (Gagge)¹¹ Γενικά το Tso είναι ένας δείκτης θερμικού στρες προκαλούμενος από το περιβάλλον, το Tsoh είναι ένας δείκτης θερμικής έντασης προκαλούμενος από το Tso, και το SET είναι ένας δείκτης θερμοκρασίας, που περιγράφει τη θερμοκρασία ξηρού βολβού του πρότυπου περιβάλλοντος στα 50% σχετικής υγρασίας που προκαλεί την ίδια ανταλλαγή θερμότητας για το ίδιο Tso, την υγρασία δέρματος και τη μέση θερμοκρασία δέρματος.

Το 1986, προτάθηκε ένας άλλος νέος δείκτης Προβλεπόμενης Μέσης Ψήφου, με ορισμένο PMV*, απλά αντικαθιστώντας τη λειτουργική θερμοκρασία Το στην εξίσωση άνεσης του Fanger με το SET. Τονίστηκε ότι το PMV του Fanger πρωτίστως βασίζεται στο θερμικό φορτίο, και δεν είναι λογικό να αλλάξει σε σχετική υγρασία ή πίεση υδρατμών, ούτε σε διαπερατότητα υδρατμών του χρησιμοποιούμενου ρουχισμού. Καθορίζοντας το PMV με το SET αντί για Το, το νέο PMV μπορεί να ανταποκριθεί στο θερμικό στρες από το φορτίο θερμότητας και τη θερμική επιβάρυνση αλλάζοντας την υγρασία του περιβάλλοντος και την διαπερατότητα υδρατμών του χρησιμοποιούμενου ρουχισμού. (Gagge)¹²

1.4 Μηχανισμοί ρύθμισης θερμοκρασίας του Ανθρώπινου Σώματος

Το ανθρώπινο σώμα έχει την ικανότητα να ρυθμίζει την εσωτερική του θερμοκρασία με ένα ασφαλές επίπεδο ακριβείας, κάτω από τις αλλαγές των εξωτερικών και εσωτερικών συνθηκών. Η ρύθμιση θερμοκρασίας δουλεύει μέσω βιολογικών μηχανισμών, τα συγκεκριμένα κεντρικά και περιφερειακά νευρικά συστήματα εντοπίζουν συνεχώς τις διακυμάνσεις θερμοκρασίας στο σώμα και προσπαθούν να τις κρατήσουν σε ισορροπία μέσω των βιολογικών δράσεων.

Η φυσιολογική ρύθμιση της θερμοκρασίας είναι ένα πολύπλοκο σύστημα που περιέχει πολλαπλούς αισθητήρες, πολλαπλούς βρόχους και πολλαπλές εκροές. Στην αυτόνομη ρύθμιση θερμοκρασίας στον άνθρωπο, η μεταβλητή ελέγχου είναι μία ολοκληρωμένη αξία που αποτελείται από πολλαπλές θερμοκρασίες, όπως η θερμοκρασία του κεντρικού νευρικού (T_{cn}), η βαθιά πρόσθετη κεντρική θερμοκρασία σώματος (T_{db}) και η θερμοκρασία δέρματος (T_{sk}). Η "Σταθμισμένη Μέση Θερμοκρασία του Σώματος" (T_{mb}) ορίστηκε ως η ελεγχόμενη μεταβλητή για πρακτικούς σκοπούς (Hensel)¹³:

$$T_{mb} = a T_i + (1-a)T_{sk} \quad (a < 1)$$

Όπου το T_i είναι η εσωτερική θερμοκρασία σώματος και το T_{sk} είναι η μέση θερμοκρασία δέρματος, το a είναι ο λόγος στάθμισης που παρουσιάζει τη σχετική επίδραση του T_{sk} και του T_i σε μία γραμμική συνάρτηση ελέγχου. Μια αξία ανάμεσα στο 0,87 και το 0,9 είχε προταθεί μετρώντας το T_i στον οισοφάγο.

Οι αναφορές (σετ θερμοκρασιών) για διαφορετικές ενέργειες ελέγχου όπως μεταβολισμός, κίνηση και εφίδρωση μπορεί να είναι διαφορετικές. Οι μηχανισμοί διάχυσης θερμότητας, όπως η εφίδρωση καθοδηγούμενη από θερμούς υποδοχείς

μπορεί να έχει ένα υψηλότερο σεί θερμοκρασίας από ότι οι μηχανισμοί παραγωγής θερμότητας καθοδηγούμενοι από κρύους υποδοχείς. Συνεπώς, υπάρχει μια ζώνη θερμικής ουδετερότητας στη οποία δεν υπάρχει καμία θερμική ρύθμιση. (Hensel) 13

Οι μηχανισμοί θερμικής ρύθμισης χωρίζονται σε 3 κατηγορίες: αυτόνομη ρύθμιση, ρύθμιση συμπεριφοράς και τεχνική ρύθμιση. Η αυτόνομη ρύθμιση απαντά στις θερμικές διαταραχές όπως εσωτερική θερμότητα προκαλούμενη από άσκηση και περιβαλλοντολογική θερμότητα ή κρύο. Οι θερμουποδοχείς λαμβάνουν σήματα από θερμικές διαταραχές και τα μεταφέρουν στο κεντρικό νευρικό σύστημα μέσω μίας εισαγόμενης νευρικής οδού. Οι υποδοχείς μπορούν να αποκριθούν όχι μόνο στη θερμοκρασία, αλλά ακόμα πολύ πιο αποτελεσματικά στην αλλαγή θερμοκρασίας. Αυτό δείχνει ότι απότομο εξωτερικό δρόσισμα ή ζέσταμα μπορεί να οδηγήσει μία αντίθετη μεταβατική αλλαγή της εσωτερικής θερμοκρασίας. (Hensel)13

Η συμπεριφορά της θερμοκρασίας των ανθρωπίνων οργανισμών σχετίζεται με συνειδητές θερμικές αισθήσεις και αισθήματα της θερμικής άνεσης και της δυσφορίας. Η συμπεριφορά της θερμοκρασίας στη θερμότητα και στο κρύο τροποποιεί την ανάγκη για αυτόνομες αποκρίσεις θερμοκρασίας. Ο Hensel συνόψισε διάφορα αυτόνομα συστατικά μέρη συμπεριφοράς της ρύθμισης θερμοκρασίας.

Η τεχνική θερμορύθμιση μπορεί να θεωρηθεί ως μια επέκταση του ανθρώπινου ρυθμιστικού συστήματος μέσω τεχνικών εφευρέσεων. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας μετατοπίζεται από το σώμα στο περιβάλλον με τεχνητούς αισθητήρες και ελεγκτές.

Συστατικά Μέρη της Θερμικής Ρύθμισης

Φυσικός παράγοντας	Αυτόνομη ρύθμιση	Ρυθμιστική συμπεριφορά
Θερμοκρασία περιβάλλοντος		Μετανάστευση Αναζητούν ήλιο ή σκιά κλπ Τεχνητή θέρμανση ή ψύξη
Παραγωγή θερμότητας	Ρίγος Θερμογένεση μη-ρίγους	Ενεργητικές κινήσεις Πρόσληψη τροφής: ειδική δυναμική δράση . Ζεστό και κρύο φαγητό
Εσωτερική θερμική αντίσταση Εξωτερική θερμική αντίσταση	Δερματική ροή αίματος Ανέγερση των μαλλιών και των χαρακτηριστικών Αναπνοή: ξηρή απώλεια θερμότητας	Ρουχισμός Χτίζοντας φωλιές Αναζητώντας καταφύγιο αναζητώντας επιφάνεια εδάφους ποικίλης θερμικής αγωγιμότητας, αέρας, νερό κλπ Κίνηση αέρα από ανέμισμα Αερισμός
Εξάτμιση νερού	Έκκριση του ιδρώτα Αναπνοή: εξάτμιση απώλεια θερμότητας Έκκριση των αδένων μύτης και στόματος Ύγρανση του ρουχισμού	Ύγρανση της επιφάνειας του σώματος με νερό, σάλιο και ρινικού υγρού.
Γεωμετρικοί παράγοντες		Στάση του σώματος Hudding αρκετών ατόμων

1.5 Μοντέλο δύο κόμβων της θερμικής ρύθμισης

Το θερμορυθμιστικό σύστημα του ανθρώπινου σώματος έχει περιγραφεί μαθηματικά. Για να απεικονιστούν οι θεμελιώδεις αρχές, θα αναλυθεί ένα απλό μοντέλο του Gagge σε αυτό το τμήμα.

Το 1971, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο δύο κόμβων για να περιγράψει το θερμορυθμιστικό σύστημα του ανθρώπινου σώματος (Gagge)¹⁴. Αυτό το μοντέλο έχει περαιτέρω τροποποιηθεί και εκσυγχρονιστεί. Το μοντέλο υποθέτει ότι το ανθρώπινο σώμα έχει δύο ομόκεντρους κοχλίες: δέρμα και πυρήνα. Το δέρμα παρουσιάζεται από ένα λεπτό κοχλία με μάζα M_{sk} και το σώμα εσωτερικά από ένα κεντρικό κοχλία με μάζα M_{cr} . Η σύνοψη του ($M_{sk} + M_{cr}$) είναι η ολική μάζα σώματος (M). Περαιτέρω, το μοντέλο αποτελείται από δύο συστήματα ενσωματωμένα στο σώμα, το ένα παθητικό το άλλο ελέγχου, για να ρυθμίσει τη θερμοκρασία του σώματος.

Η ισορροπία θερμότητας ανάμεσα στο σώμα και το περιβάλλον έτσι όπως περιγράφεται από το παθητικό σύστημα, μπορεί να εκφραστεί από την παρακάτω εξίσωση:

$$S = M - W - (R + C + Edif + Ersw + Ecomf) - (Erec - Cres)$$

Η θερμική ισορροπία του πυρήνα του σώματος απαιτεί:

$$Scr = M - Eres - Cres - W - (Kmin + Cbl Vbl) (Tcr - Tsk)$$

Η θερμική ισορροπία για τον κοχλία του δέρματος μπορεί να περιγραφεί από:

$$Ssk = (Kmin + Cbl Vbl) (Tcr - Tsk) - Esk - (R + C)$$

Ο ρυθμός της αλλαγής της θερμοκρασίας του δέρματος, πυρήνα και σώματος μπορεί να περιγραφεί ως:

$$dTsk = SskA / TCsk \quad (1)$$

$$dTcr = ScrA / TCcr$$

$$dTmb = oe dTsk + (1-oe)dTcr \quad (2)$$

Το σύστημα ελέγχου έχει 3 μηχανισμούς: τη δερματική ροή αίματος, την εφίδρωση και το ρίγος. Η δερματική ροή αίματος είναι προσαρμοσμένη στην αλλαγή της θερμοκρασίας του δέρματος για να μειώνει ή να αυξάνει την απώλεια θερμότητας και υποτίθεται ότι ελέγχεται με τα σήματα θερμοκρασίας από το δέρμα και το κεντρικό πυρήνα:

$$V_{bl} = (6.3 + 200w_{arm}) / (1.0 + 0.1c_{old})$$

Η εφίδρωση είναι ένας αποτελεσματικός μηχανισμός για να απελευθερωθεί περισσότερη θερμότητα από το σώμα, το οποίο αποτελείται από αδένες εφίδρωσης που παράγουν ρυθμιστική εφίδρωση. Οι αδένες ελέγχονται από το σήμα της θερμοκρασίας του μέσου σώματος και το σήμα της θερμοκρασίας του δέρματος. Ο ρυθμός ρυθμιστικής εφίδρωσης (reg_{sw}) σε $gm\ hr$ ταυτοποιήθηκε ως (Gagge)¹⁵:

$$Reg_{sw} = 170w_{arm} e^{(w_{arms}/10.7)}$$

Η μεταβολική θερμότητα του σώματος λόγω του ρίγους μπορεί να προσαρμοστεί στο M' από την παρακάτω εξίσωση:

$$M' = M + 19.4c_{olds} * c_{oldc}$$

Οι μεταβλητές (w_{armc} w_{arms} c_{olds} c_{oldc}) είναι λειτουργίες της θερμοκρασίας και αλλαγές θερμοκρασίας στο δέρμα στον κεντρικό πυρήνα, και στην ολική μάζα σώματος που περιγράφεται από την εξίσωση (1) και (2).

Μια λεπτομερής περιγραφή αυτών των εξισώσεων αναφέρεται (Gagge)¹⁶. Αυτό το μοντέλο είχε αναπτυχθεί για να απορρεύσει ένας πρότυπος δείκτης πρόβλεψης των ανθρωπίνων αποκρίσεων στο θερμικό περιβάλλον κάτω από ισοθερμικές συνθήκες, στις οποίες η θερμοκρασία και η υγρασία μεταφέρουν τη συμπεριφορά του ρουχισμού που περιγράφεται από την εγγενή μόνωση του ρουχισμού (clo αξία) και την (mn) εγγενή αντίσταση ατμών μέσω στο ρουχισμό. Αυτά τα κριτήρια αναπτύχθηκαν για να περιγράψουν τη συμπεριφορά μεταφοράς της θερμότητας και της υγρασίας του ρουχισμού κάτω από σταθερή υγρασία και θερμοκρασία.

1.6 Δυναμική θερμική αντίδραση ανάμεσα στο σώμα και το ρουχισμό

Η θερμική μόνωση του μαλλιού κάτω από μεταβατικές συνθήκες μπορεί να αυξηθεί από το 50% στο 70% πάνω από το φυσιολογικό εξαιτίας της απορρόφησης υγρασίας από το μαλλί (David)¹⁷. Η θερμότητα που απελευθερώνεται από στεγνωμένα μάλλινα ενδύματα που έχουν εκτεθεί σε ένα χαμηλής θερμοκρασίας και υψηλής υγρασίας περιβάλλον δίνει την αντίληψη ως μία αύξηση στη ζεστασιά. (Stuart)¹⁸.

Το 1989 πραγματοποιήθηκε μια σειρά πειραμάτων για να μελετήσει τον αντίκτυπο των αλλαγών βήματος της υγρασίας του αέρα στη θερμική άνεση με τη χρήση ενός θερμικού μανεκέν και ανθρώπινων θεμάτων. Από τα πειράματα του θερμικού μανεκέν βρήκαν ότι το 37-42% της θερμότητας που εμπλέκεται κατά τη διάρκεια απορρόφησης ή εκρόφησης της υγρασίας από μάλλινα ενδύματα προκύπτει από την αλλαγή στην υγρασία που επηρέασε την ευαίσθητη ισορροπία της θερμότητας του χρήστη. Από τις μετρήσεις των θερμοκρασιών στην επιφάνεια του δέρματος παρατήρησαν σημαντικές αλλαγές στη θερμοκρασία δέρματος, ειδικά όταν φορούσαν μάλλινα ενδύματα (De Dear)¹⁹. Συνεπώς, το μοντέλο του Gagge είναι έγκυρο για την περιγραφή της κατάστασης θερμικής άνεσης ενός ενδεδυμένου ανθρώπου κάτω από σταθερές περιβαλλοντολογικές συνθήκες, αλλά δεν είναι έγκυρο για μεταβατικές συνθήκες.

Το 1985 μελετήθηκε η θερμότητα και η μεταφορά μάζας ενός συστήματος ρουχισμού, αέρα και δέρματος. Θεωρήθηκε η θερμότητα και η μεταφορά μάζας στο σύστημα ως ένα πρόβλημα σταθερής κατάστασης σε ένα μονοδιάστατο μοντέλο αποτελούμενο από πέντε στρώματα (ατμοσφαιρικό αέρα, ύφασμα, εναέριο χώρο, δέρμα και πυρήνα σώματος). Για το σώμα, το μοντέλο τους υπέθεσε σταθερές φυσικές ιδιότητες, εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία τη θερμική αγωγιμότητα δέρματος, και όχι από την ενεργειακή διεύθυνση στο πυρήνα του σώματος. Για το ύφασμα, το μοντέλο τους θεώρησε τις ίνες ως συνεχείς σε ισορροπία με τον παρακείμενο αέρα. Αυτή η εργασία παρουσιάζει μια σημαντική ανάπτυξη στη μελέτη της ταυτόχρονης θερμότητας και μεταφοράς μάζας μέσω του συστήματος δέρματος- υφάσματος (Shitzer και Chato)²⁰.

Σε μία προσπάθεια να περιγραφεί αυτή η δυναμική συμπεριφορά, αναφέρθηκε ένα μοντέλο μεταβατικής απόκρισης των συστημάτων ρουχισμού που λάμβανε υπόψη τη συμπεριφορά απορρόφησης των ινών, με την υπόθεση ότι οι ίνες είναι συνεχείς σε ισορροπία με τον περιβάλλοντα αέρα. Συνέκριναν την πρόβλεψη απώλειας θερμότητας του μοντέλου με πειραματικά δεδομένα από τεστ θερμικών μανεκέν και βρήκαν λογική συμφωνία (Jones)²¹. Περαιτέρω, συνδύασαν αυτό το μοντέλο ρουχισμού με το μοντέλο δύο κόμβων του Gagge για να ερευνήσουν τις αντιδράσεις ανάμεσα στο σώμα και το ρουχισμό. Δεδομένα για να επιβεβαιώσουν την εγκυρότητα αυτού του συνδυαστικού μοντέλου δεν έχουν ακόμα αναφερθεί.

Το 1998 αναπτύχθηκε ένα μαθηματικό μοντέλο συνδέοντας το μοντέλο για ένα γυμνό σώμα με ένα μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και υγρασίας ενός υφάσματος στο οποίο τα συμπλέγματα διαδικασιών απορρόφησης υγρασίας λήφθηκαν υπόψη. (Li και Holcombe)²²

Οι οριακές συνθήκες ανάμεσα στο δέρμα και στο ρουχισμό μπορούν να περιγραφούν από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\text{Θερμότητα: } M_t = h_{ti} (T_{sk} - T_{fi})$$

$$\text{Μάζα: } M_d = h_{ci} (C_{sk} - C_{fi}) + L_{sk} * C_{sk}/t$$

Όπου το M_t είναι η ροή θερμότητας από το δέρμα ($=\rho n (R+c)$) και το M_d είναι η ροή υγρασίας από το δέρμα ($=\rho m E_{sk}/\lambda$).

Αυτό το μοντέλο έχει χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει, μαθηματικά, τη συμπεριφορά δυναμικής θερμότητας και μεταφοράς υγρασίας του συστήματος σώματος – ρουχισμού- περιβάλλοντος κάτω από μεταβατικές συνθήκες. Με εξειδίκευση της φυσικής δραστηριότητας και των περιβαλλοντολογικών συνθηκών, το μοντέλο μπορεί να προβλέψει τις θερμορυθμιστικές αποκρίσεις του σώματος, μαζί με τα προφίλ θερμοκρασίας και υγρασίας στον ρουχισμό. Το 1998 αναφέρθηκαν σειρές πειραματικών μετρήσεων με ενδύματα φτιαγμένα από ίνες με διαφορετικά επίπεδα υδροσκοπικότητας. (Li και Holcombe) 22. Τα πειραματικά αποτελέσματα συγκρίθηκαν με προβλέψεις από το μοντέλο για μία περιβαλλοντολογική συνθήκη με εναλλασσόμενη υγρασία.

Μία μικρή αλλαγή στη θερμοκρασία του πυρήνα και μεγαλύτερες αλλαγές στο δέρμα και στη θερμοκρασία υφάσματος προβλέφθηκαν από το μοντέλο. Συγκρίνοντας με τα πειραματικά αποτελέσματα, οι προβλέψεις συμφώνησαν καλά

με τις μετρήσεις, μέσω των μετρούμενων θερμοκρασιών, φάνηκαν σπουδαιότερες παραλλαγές από αυτές που προβλέφθηκαν.

Συγκρίνοντας με τις πειραματικές μετρήσεις, οι προβλεπόμενες σχετικές υγρασίες έδειξαν καλή συμφωνία με τις μετρούμενες. Παρόμοια μεταβαλλόμενες τάσεις παρατηρήθηκαν και στις προβλέψεις και στα πειραματικά αποτελέσματα, αν και η μετρούμενη σχετική υγρασία στο μικροκλίμα παρουσιάστηκε χαμηλότερη από αυτό που προβλέφθηκε.

Θεωρητικές προβλέψεις και φυσιολογικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν ακόμα για ένα πολυεστερικό ένδυμα. Κατά βάση, καλή συμφωνία στα προφίλ θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας παρατηρήθηκε ανάμεσα στις θεωρητικές προβλέψεις και στα πειραματικά αποτελέσματα. Αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μοντέλο μπορεί να προβλέψει τη συμπεριφορά μεταβατικής θερμότητας και μεταφοράς υγρασίας των ενδυμάτων φτιαγμένων από ιδιαίτερες και ελαφρώς υγροσκοπικές ίνες σε δυναμικές καταστάσεις φορέματος. Με καλή πρόβλεψη των αντίστοιχων δυναμικών αποκρίσεων θερμοκρασίας του δέρματος, το μοντέλο μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί για να δείξει πως η μεταβατική συμπεριφορά του ρουχισμού αλληλεπιδρά με το δέρμα και επηρεάζει τις θερμορυθμιστικές αποκρίσεις του σώματος. Περαιτέρω, το μοντέλο έχει χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει τη δυναμική θερμότητα και τη μεταφορά υγρασίας του ρουχισμού και τις αλλαγές της θερμοκρασίας του δέρματος όταν τα ανθρώπινα θέματα φορούν ιδιαίτερες και ελαφρώς υγροσκοπικές ίνες και εκτίθενται σε μεγάλες περιβαλλοντολογικές αλλαγές όπως η βροχή και το περπάτημα, ή από εσωτερικές σε εξωτερικές περιβαλλοντολογικές συνθήκες. Οι θεωρητικές προβλέψεις που έγιναν πριν το πείραμα επιβεβαιώθηκαν από φυσιολογικές μετρήσεις κατά τη διάρκεια δοκιμών φορέματος.

1.7 Θερμοφυσιολογική άνεση

Η θερμοφυσιολογική άνεση έχει δύο ευδιάκριτες φάσεις. Κατά τη διάρκεια φορέματος σε κανονικές συνθήκες, ιδρώτας χωρίς κάποιο λόγο ενεργοποιείται συνεχόμενα από το σώμα. Ένα στάδιο σταθερής θερμότητας και ρευστών ατμών υγρασίας είναι έτσι δημιουργημένο και πρέπει να σπαταλάτε σταδιακά για να διατηρηθεί η θερμορύθμιση και ένα αίσθημα θερμικής άνεσης. Ο ρουχισμός γίνεται ένα μέρος του σταθερού σταδίου του θερμορυθμιστικού συστήματος. Σε

μεταβατικές καταστάσεις φορέματος, χαρακτηρισμένες από διαλείποντες σφυγμούς μέτριας ή έντονης εφίδρωσης που προκαλούνται από κουραστική δραστηριότητα ή κλιματολογικές συνθήκες, ο λογικός ιδρώτας και η ψυχρή εφίδρωση υπάρχουν και πρέπει να διαχειριστούν γρήγορα από το ρουχισμό για να διατηρηθεί η θερμική ρύθμιση. Η συμπεριφορά του ρουχισμού σε αυτές τις δύο διαφορετικές καταστάσεις μπορεί να γίνει προβλέψιμη από συγκεκριμένες μετρούμενες ιδιότητες υφάσματος, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής μόνωσης, της αντίστασης διαπότισης ατμών του νερού, της μεταφοράς υγρασίας και των ατμών υγρασίας (Umbach)²³. Στο σταθερό στάδιο θερμότητας και μεταφοράς υγρασίας, οι παράγοντες κλειδί στην άνεση ρουχισμού, μπορούν να μετρηθούν χρησιμοποιώντας καυτές πλάκες εφίδρωσης ή μοντέλα δέρματος. Ένα μοντέλο δέρματος χρησιμοποιήθηκε στο NCSU με την συσκευή Kawabata Thermolabo σε συνδυασμό με ένα περιβαλλοντολογικό σύστημα ελέγχου (Kawabata)²⁴. Το NCSU σύστημα θερμικής ανάλυσης αποτελείται από τρία μέρη: ένα ελεγχόμενο περιβαλλοντολογικό δώμα, ένα συστατικό μέρος που μιμείται την απώλεια θερμότητας του δέρματος ή του σώματος και ένα σύστημα ανάλυσης από υπολογιστές. Η μεταφορά ατμών υγρασίας και η μεταφορά θερμότητας μετρούνται ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας μια καυτή πλάκα εφίδρωσης παρουσιάζοντας αδένες εφίδρωσης που προμηθεύουν νερό στην θερμασμένη επιφάνεια της πλάκας. Οι δείκτες της άνεσης υπολογίζονται από μετρήσεις μεταφοράς θερμότητας συμπεριλαμβανομένης της θερμικής μόνωσης (I), του δείκτη διαπερατότητας ατμών υγρασίας (im) και των προβλεπόμενων θερμοφυσιολογικών ορίων άνεσης. Η έρευνα χρησιμοποιεί ένα μοντέλο ανεπτυγμένο για να υπολογίσει ένα εύρος άνεσης από την άποψη της παραγόμενης θερμότητας (Woo και Barker). Το μοντέλο βασίζεται στο πρώτο κριτήριο της άνεσης ρουχισμού το οποίο υποστηρίζει ότι το δίκτυο παραγόμενης μεταβολικής θερμότητας (Mn) πρέπει να σπαταληθεί μέσω φορεμένων ενδυμάτων (Q). Η θερμότητα σώματος χάνεται μέσω ενδυμάτων, από μεταφορά θερμικής ενέργειας (H) και από την εξατμιζόμενη θερμότητα στη μεταφορά (E), όπως παρουσιάζεται στην ακόλουθη φόρμουλα:

$$Mn = Q = H + E$$

Αυτή η εξίσωση έχει μία ελάχιστη αξία, H, η οποία είναι η αισθητή μεταφορά θερμότητας μόνο σε υγρή (βρεγμένη) περιοχή (SWA)=0 και μία μέγιστη αξία σε συνθήκες πλήρως βρεμένου SWA=1. Το εύρος ανάμεσα στις ελάχιστες και τις μέγιστες αξίες παρουσιάζει τη θεωρητική θερμορυθμιστική περιοχή ικανοποιώντας

το πρώτο κριτήριο για άνεση. Στην πραγματικότητα το όριο του 20 τις εκατό SWA έχει προταθεί ως το δεύτερο όριο άνεσης. Εφαρμόζοντας όριο άνεσης, $0 < SWA < 20$ τις εκατό, στα επάνω αποτελέσματα εξίσωσης σε:

$$H < M_n < H + 0,2 E$$

Εφαρμόζοντας τη φόρμουλα σπατάλης ενέργειας του Woodcock δίνει τα ακόλουθα όρια θερμικής άνεσης για 20 τοις εκατό και 100 τις εκατό συνθήκες ιδρώτα βρεγμένου(Woodcock)²⁵:

$$\text{Όριο άνεσης} = (6,46 / I) [(T_s - T_a) + 3.3 im (P_s - P_a)]$$

$$\text{Όριο θερμορύθμισης} = (6,46 / I) [(T_s - T_a) + 16.5 im (P_s - P_a)]$$

Η γενικευμένη εξίσωση προέρχεται από την εξίσωση του Woodcock (1962) για την σπατάλη ενέργειας από το σώμα σε ένα ατμοσφαιρικό περιβάλλον (Woodcock)²⁶. Υποθέτει ότι η ζώνη θερμικής άνεσης μπορεί να επεκταθεί από την εξατμιζόμενη μεταφορά θερμότητας σε αντίθεση με την ξηρή μεταφορά θερμότητας. Το μοντέλο περιέχει τρεις ομάδες λειτουργικών παραμέτρων: αυτές που είναι μία λειτουργία του τύπου υφάσματος, αυτές που είναι μία λειτουργία του περιβάλλοντος και μία παράμετρος και αυτές που είναι μία λειτουργία του ποσού της παραγόμενης μεταβολικής θερμότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 -ΑΙΣΘΗΣΕΙΣ

2.1 Αίσθηση του ανθρώπινου σώματος ανάλογα με την επιφάνεια υφάσματος

Η έρευνα πάνω στους φυσικούς μηχανισμούς αφής του ρουχισμού και πίεσης της άνεσης δεν έχει αναπτυχθεί πλήρως. Ωστόσο αποτελέσματα ερευνών έχουν αναφερθεί.

Το ύφασμα που προκαλεί μη ευχάριστη αίσθηση σαν τσίμπημα έχει αναγνωριστεί ως μία από τις εκνευριστικές αισθήσεις δυσφορίας για το ρουχισμό. Το 1988 αναγνωρίστηκε ένας ειδικός τύπος πόνου των νεύρων υπεύθυνος για την αίσθηση του αγκαθωτού (Garnsworthy)²⁷. Ατομικές προεξέχουσες άκρες ινών από μια επιφάνεια υφάσματος είναι υπεύθυνες για την ενεργοποίηση του πόνου των νευρικών αποπλίξεων όταν έρχονται σε επαφή με το δέρμα. Η ένταση της αντίληψης αγκαθωτού του υφάσματος είναι μία λειτουργία της πυκνότητας του υψηλού φορτίου των φερόμενων άκρων ινών στην επιφάνεια του υφάσματος και στη περιοχή της επαφής ανάμεσα στο ύφασμα και το δέρμα. Οι μηχανικές ιδιότητες των ινών και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του υφάσματος είναι σημαντικοί παράγοντες για τον καθορισμό των αισθήσεων που προκαλούνται από το ύφασμα.

Το 1990 συγκρίθηκαν τρεις τεχνικές για αντικειμενική μέτρηση του αγκαθωτού του υφάσματος (Matsudaira)²⁸:

1. Μια συσκευή KES-FB δοκιμαστικής συμπίεσης τροποποιήθηκε για να μετρήσει τη σχέση ανάμεσα στη πίεση και το πάχος του υφάσματος στο αρχικό στάδιο συμπίεσης, στο οποίο οι προεξέχουσες ίνες είναι λυγισμένες και συμπιεσμένες.
2. Ένα λείζερ μέτρο μαλλιάσματος που αναπτύχθηκε στο WRONZ χρησιμοποιήθηκε για να μετρήσει τις προεξέχουσες ίνες από την επιφάνεια του υφάσματος.
3. Μια κεφαλή μέτρησης ήχου τροποποιημένη έτσι ώστε να εντοπίζει τις προεξέχουσες ίνες από μία επιφάνεια υφάσματος. Ήταν η πιο αποτελεσματική τεχνική, η μέση μετρούμενη δύναμη ανά επαφή ήταν συσχετισμένη με την υποκειμενική αντίληψη της αίσθησης του αγκαθωτού στο ύφασμα. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών, η επιφάνεια

του υφάσματος ήταν μετατοπισμένη κάτω από μία γραφίδα στάσιμου ήχου, σήματα λήφθηκαν από την επαφή ανάμεσα στη γραφίδα και τη προεξέχουσα ίνα. Στην ανάπτυξη μιας βαθμονόμησης του σήματος της γραφίδας, χρησιμοποιήθηκαν δύο κλασσικά μοντέλα, ένα φορτωμένο υποστήριγμα και μία στήλη Euler για να υπολογίσει μια επισημασμένη δύναμη και το κρίσιμο φορτίο λυγισμού.

Το κρίσιμο φορτίο λυγισμού P_e , των προεξεχόντων άκρων των ινών έχει αναγνωριστεί ως το υπεύθυνο ερέθισμα για την ενεργοποίηση των υποδοχών του πόνου και μπορεί να εκφραστεί ως:

$$P_e = \pi^2 (EI / 4l^2)$$

Όπου το E είναι το μέτρο ελαστικότητας των νέων της ίνας

το I είναι η στιγμή της αδράνειας

και το l είναι το μήκος των προεξεχόντων άκρων των ινών.

Το 1992 μελετήθηκαν οι μηχανισμοί του λυγισμού της ίνας και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι προεξέχουσες άκρες των κοντών ινών υπακούουν την απλή θεωρία λυγισμού του Euler (Veitch και Naylor)²⁹. Αναλύοντας τις σχέσεις ανάμεσα στην υποκειμενική αντίληψη αγκαθωτού και στα χαρακτηριστικά του υφάσματος όπως διάμετροι ινών, μεταχείριση και τελείωμα, άντλησαν μια εξίσωση:

$$MPE = -3,65 + 2,83(\text{διάμετρος}) - 0,60(\text{μεταχείριση}) - 0,25(\text{τελείωμα})$$

Όπου το MPE ήταν η μέση εκτίμηση αγκαθωτού. Η μεταχείριση κωδικοποιήθηκε 0 για ακατέργαστο ύφασμα και 1 για Kroy/σιλικόνη κατεργασμένο ύφασμα. Το τελείωμα κωδικοποιήθηκε ως 0 για χαλάρωση ατμού και 1 για ένα υδατικά καθαρισμένο. Αυτή η εξίσωση πρότεινε ότι η υποκειμενική αντίληψη αυξήθηκε με τη διάμετρο των ινών και μειώθηκε με τη μείωση της προστριβής ίνας με μη-αγκαθωτή μεταχείριση και διαδικασίες τελειώματος όπως ήταν λογικό.

Οι επιδράσεις του τελειώματος στο αγκαθωτό του υφάσματος ερευνήθηκαν και από τον Matsudaira³⁰. Βρέθηκε ότι, για τις επιφάνειες υφάσματος που περιέχουν 35mm μάλλινες ίνες, οι μειώσεις και οι αυξήσεις στο αγκαθωτό ήταν αισθητές. Αναμειγνύοντας ακρυλικές ίνες με διαφορετικές διαμέτρους, το 1992 παρατηρήθηκε ότι το αγκαθωτό των μονόπλακων

πλεκτών υφασμάτων συσχετίστηκε με το ποσοστό των ινών με διαμέτρους κοντά στα 30mm (Naylor)³¹. Ακόμα παρατήρησε ότι μάλλινα και ακρυλικά υφάσματα παρόμοιων διανομών διαμέτρου φάνηκαν να έχουν το ίδιο επίπεδο αγκαθωτού. Σε μια περαιτέρω μελέτη ενός υφάσματος που προκαλεί αγκαθωτό, το 1997 χρησιμοποιήθηκε ένα εύρος από μάλλινα πενιέ μονόπλακα πλεκτά υφάσματα φτιαγμένα από μαλλί με διαφορετικές διαμέτρους διανομής ινών (Naylor)³². Ο συγγραφέας ανέφερε ότι η αίσθηση αγκαθωτού αυτών των υφασμάτων θα μπορούσε να προβλεφθεί από την πυκνότητα των χοντροειδών άκρων των ινών ανά μονάδα περιοχής του υφάσματος.

Το 1992 αναφέρθηκε μία μελέτη πάνω στην επιρροή κάποιων παραμέτρων στη πρόκληση αγκαθωτού από υφασμένα υφάσματα (Kennis)³³. Μια σειρά από βαμβακερά σατέν υφάσματα υφιδιού φτιάχτηκε από δύο τύπους μαλλιού. Τα υφάσματα κατασκευάστηκαν μέσα σε υψηλής και χαμηλής κάλυψης παράγοντες με βάρη γύρω στα 250g/m². Όλα τα υφάσματα ήταν πλυμένα, φυγοκεντρισμένα, κρεμασμένα για να στεγνώσουν, περικομμένα και εμψυσημένα για 2 λεπτά. Οι τρεις παράγοντες με περισσότερη επιρροή αναγνωρίστηκαν ως η διάμετρος ίνας, ο παράγοντας κάλυψης υφάσματος και το τελείωμα. Το 1998 βρέθηκε ότι η αίσθηση αγκαθωτού υφάσματος ήταν θετικά συσχετισμένη με τη διάμετρο ίνας, το πάχος υφάσματος σε χαμηλή φόρτιση και τη τραχύτητα επιφάνειας υφάσματος (Li και Keighley)³⁴.

2.2 Κνησμός υφάσματος

Ο κνησμός διαπιστώθηκε να απορρέει από ενεργοποίηση κάποιων επιφανειακών υποδοχών πόνου. Ένα αγκαθωτό ύφασμα συνήθως προκαλεί μια αίσθηση κνησμού. Σε μία σειρά από ψυχολογικές δοκιμές φορέματος, βρέθηκε ότι η αντίληψη κνησμού στο ρουχισμό ήταν υψηλά συσχετισμένη με την αντίληψη φαγούρας. Και οι δύο αισθήσεις κατατάχθηκαν στο παράγοντα αίσθησης αφής. Συγκρίνοντας τους υποκειμενικούς χαρακτηρισμούς του κνησμού που λαμβάνονται από δοκιμές φορέματος με μηχανικές ιδιότητες μετρημένες αντικειμενικά, παρατηρήθηκε ότι η αντίληψη κνησμού συσχετίζεται

με τη διάμετρο ίνας, το πάχος υφάσματος σε χαμηλές και υψηλές πιέσεις και την τραχύτητα της επιφάνειας υφάσματος (Li)³⁵.

2.3 Ακαμψία υφάσματος

Το 1984 μελετήθηκε η ακαμψία υφασμένων και μη υφάνσιμων υφασμάτων χρησιμοποιώντας και υποκειμενική αξιολόγηση και αντικειμενικές μετρήσεις (Elder)³⁶. Η εκτίμηση του μεγέθους χρησιμοποιήθηκε για να ληφθούν οι υποκειμενικές αποκρίσεις. Οι αντικειμενικές μετρήσεις της ακαμψίας υφάσματος πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας ένα Shirley Cantilever, ένα Cusick Drapemeter και ένα Shirley Cyclic Bending Tester (κυκλικό δοκιμαστή κάμψης). Παρατηρήθηκε ότι η καμπτική ακαμψία λαμβάνεται από μετρήσεις καμπτικής υστέρησης χρησιμοποιώντας ένα κυκλικό δοκιμαστή κάμψης συσχετισμένο καλά με υποκειμενική εκτίμηση της ακαμψίας υφάσματος, εφαρμόζοντας το νόμο του Steven βρέθηκε μία λογαριθμική γραμμική σχέση ανάμεσα στην υποκειμενική εκτίμηση ακαμψίας και την καμπτική ακαμψία. Χρησιμοποιώντας ένα άλλο σετ από υφασμένα υφάσματα και πλεκτά υφάσματα βρέθηκε ότι η συμφωνία μεταξύ τριών υποκειμενικών μετρήσεων δηλαδή του μήκος κάμψης, της καμπτικής ακαμψίας και του συντελεστή κρεμάσματος, ήταν καλή και οι μετρήσεις ήταν υψηλά συσχετισμένες με τους υποκειμενικούς χαρακτηρισμούς (Edler)³⁷.

Αργότερα, περιγράφηκε μια ψυχολογική κλίμακα για την ακαμψία υφάσματος (Edler)³⁸. Σε αυτή την εργασία επέλεξαν το συντελεστή κρεμάσματος, μετρημένο μέσω του Cusick Drapemeter, ως την αντικειμενική μέτρηση ακαμψίας, αντί για την καμπτική ακαμψία μετρημένη από το Cantilever. Ο κύριος λόγος για την χρήση του συντελεστή κρεμάσματος ήταν ότι το κριτήριο θα μπορούσε να δώσει μια ολοκληρωμένη μέτρηση, παρόμοια με αυτή του ανθρώπινου όντως. Το Cantilever απορρίφθηκε επειδή οι μετρήσεις ήταν κατευθυνόμενες και είχαν σημαντική μεταβλητότητα.

Η ακαμψία υφάσματος έχει αναγνωριστεί ως ένας από τους βασικούς δείκτες εκφράσεων χρησιμοποιούμενους στο σύστημα εκτίμησης δεικτών υφάσματος τους ονομαζόμενο KOSHI στα Ιαπωνικά (Kawabata και Niwa)³⁹. Χρησιμοποιώντας μια σταδιακή οπισθοδρομική μέθοδο, βρέθηκε ότι η ακαμψία υφάσματος ήταν συσχετισμένη με έναν αριθμό αντικειμενικών

παραμέτρων μετρημένων από όργανα KES-F, ονομαστικά WC (ενέργεια σε συμπίεση υφάσματος κάτω από 5kPa), B(καμπτική ακαμψία), MIU (συντελεστής από τριβή ατσαλιού-υφάσματος), MMD (μέση παρέκκλιση του MIU) και LC (γραμμικότητα της καμπύλης πάχους συμπίεσης) (Hu)⁴⁰.

Μια περιεκτική σύνοψη των αντικειμενικά μετρημένων φυσικών ιδιοτήτων συνδεδεμένων με την ακαμψία περιλαμβάνει την καμπτική ακαμψία, το πάχος, την επιφανειακή πυκνότητα, την διάτμηση ακαμψίας/υστέρησης και την συμπιεστικότητα (Bishop)⁴¹. Συγκρίνοντας τις υποκειμενικές αισθητήριες αποκρίσεις από τις δοκιμές φορέματος και τις μηχανικές ιδιότητες μετρημένες αντικειμενικά, βρέθηκε ότι οι υποκειμενικοί χαρακτηρισμοί της ακαμψίας υφάσματος είναι συσχετισμένοι με τρεις τύπους μηχανικών ιδιοτήτων: i) διάμετρος ίνας και αντοχή φορτίου θραύσης, ii) ιδιότητες συμπίεσης υφάσματος όπως πάχος σε χαμηλή και υψηλή πίεση, η ενέργεια της συμπίεσης-καμπύλη πάχους, κλίση της συμπίεσης-καμπύλη πάχους και η ανθεκτικότητα της συμπίεσης-καμπύλη πάχους, και ιδιότητες προστριβής υφάσματος όπως ο μέσος συντελεστής προστριβής και η μέση παρέκκλιση του συντελεστή προστριβής (Li)⁴².

2.4 Απαλότητα υφάσματος

Η απαλότητα υφάσματος είναι ένας από τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους όρους στην περιγραφή της εκτέλεσης της άνεσης ρουχισμού από καταναλωτές. Η απαλότητα υφάσματος έχει πολλαπλά νοήματα που μπορεί να είναι συσχετισμένα με τη συμπίεση και με την ομαλότητα και την ευκαμψία των υφασμάτων, βασισμένη στο πως μεταχειρίζονται τα υφάσματα και ποιες είναι οι χρήσεις τους. Η απαλότητα θεωρήθηκε ως το αντίθετο της ακαμψίας (Peirce)⁴³. Αργότερα, το 1964 πήραν την απαλότητα ως το αντίθετο της σταθερότητας ή της σκληρότητας μετρημένης από τεστ πάχους (Howorth)⁴⁴.

Το 1984 αποδέχτηκαν τον ορισμό της 'ικανής άνεσης στη πίεση' και διεξήγαγαν υποκειμενικές εκτιμήσεις πίεσης-δακτύλου της απαλότητας υφάσματος χρησιμοποιώντας μία μέθοδο υπολογισμού μεγέθους (Elder)⁴⁵. Στο μεταξύ, μετρήσεις της πίεσης πραγματοποιήθηκαν ως το αντικειμενικό μέτρο της απαλότητας υφάσματος χρησιμοποιώντας ένα Instron Tensile

Tester προετοιμασμένο με ένα συμπιεσμένο πυρήνα φορτίου. Οι συγγραφείς βρήκαν ότι η σχέση ανάμεσα στην υποκειμενική εκτίμηση της απαλότητας υφάσματος και στην αντικειμενική μέτρηση της συμπίεσης ακολουθείται από το νόμο του Steven της λογαριθμικής γραμμικής σχέσης. Η αντίληψη της απαλότητας ήταν υψηλά συσχετισμένη με την συμπίεση υφάσματος, η οποία είχε οριστεί ως η μείωση στο εγγενές πάχος με μια κατάλληλη αύξηση στη πίεση. Το εγγενές πάχος είναι το πάχος του καταλαμβανόμενου διαστήματος από ύφασμα που υπόκειται σε σχεδόν καθόλου αισθητή πίεση. Περαιτέρω, η υποκειμενική εκτίμηση απαλότητας συσχετίζεται με το πάχος υφάσματος για υφασμένα ή μη υφάνσιμα υφάσματα και συσχετίζεται με την πυκνότητα υφάσματος και την ειδική ένταση για υφασμένα υφάσματα αλλά όχι για μη υφάνσιμα υφάσματα.

Στο Kawabata σύστημα εκτίμησης η απαλότητα υφάσματος δεν θεωρούνταν ως ένας από τους βασικούς δείκτες αξίας. Αντιστοίχως στο 'NUMERI' η απαλότητα ορίστηκε ως ένα μικτό συναίσθημα που προέρχεται από ένα συνδυασμό λείου εύπλαστου και απαλού συναισθήματος. Το τυπικό ύφασμα για αυτό τον ορισμό είναι ένα ύφασμα υφασμένο από ίνες από κασμίρι. Στη διάσταση του 'FUKURAMI' η απαλότητα είναι συσχετισμένη με το συναίσθημα από ένα συνδυασμό των ογκωδών πλούσιων και καλοσχηματισμένων εμφανίσεων. Μια ελαστική ιδιότητα στη συμπίεση και το πάχος, μαζί με ένα θερμό συναίσθημα, είναι ακόμα συνδεδεμένα με την απαλότητα. Αντιστοιχώντας στο "SOFUTOSA" η απαλότητα είναι ένα συναίσθημα που προέρχεται από υψηλότερο "NUMERI" και "FUKURAMI" και πιο αδύναμο "KOSHI" (ακαμψία).

Το FUKURAMI, το οποίο διερμηνεύτηκε ως πληρότητα και απαλότητα στα Αγγλικά, είναι μια από τους βασικούς δείκτες ορισμένους από τον Kawabata⁴⁶ που βρήκε ότι το FUKURAMI είναι στενά συνδεδεμένο με το πάχος υφάσματος σε χαμηλή πίεση, το συντελεστή τριβής ατσαλιού-υφάσματος, τη γεωμετρική σκληρότητα και την ενέργεια στη συμπίεση υφάσματος.

Οι φυσικές ιδιότητες σχετισμένες με την απαλότητα όταν λυγίζει, τη συμπίεση και τις ιδιότητες αντοχής, την διάτμηση ακαμψίας και υστέρησης, την επιφανειακή πυκνότητα και την τριβή συνοψίσθηκαν (Bishop)⁴⁷.

Παρατηρήθηκε ότι η υποκειμενική αντίληψη της απαλότητας ενδύματος κατά τη διάρκεια του φορέματος συσχετίζεται με τις ιδιότητες συμπίεσης υφάσματος, ιδιότητες αντοχής, διάμετρο ίνας και φορτίο θραύσης (Li)⁴⁸. Αυτά αντανakλούν τις τρεις απόψεις της απαλότητας υφάσματος αναγνωρισμένες από προηγούμενες έρευνες: συμπίεση, ελαστικότητα και ομαλότητα.

2.5 Ομαλότητα, τραχύτητα και φαγούρα υφάσματος

Καθώς ένα ύφασμα κουνιέται κατά πλάτος του δέρματος η τριβή και η μηχανική αντίδραση ανάμεσα στο ύφασμα και το δέρμα κατά τη διάρκεια επαφής είναι οι παράγοντες κλειδί που καθορίζουν την τραχύτητα, την ομαλότητα και την φαγούρα. Έχει αναγνωριστεί ότι η τραχύτητα και η φαγούρα είναι σημαντικές αισθήσεις αφής που καθορίζουν την εκπλήρωση άνεσης από το φόρεμα δίπλα στο δέρμα. Η τριβή ανάμεσα στο δέρμα και στο ύφασμα είναι μικρότερη με ένα ύφασμα που έχει λεία επιφάνεια από ότι με ένα ύφασμα που έχει μία τραχύτερη επιφάνεια. Η υγρασία στην επιφάνεια του δέρματος μπορεί να μεταβάλει την ένταση της αντιλαμβανόμενης τραχύτητας του υφάσματος. Καθώς η περιεχόμενη υγρασία αυξάνεται, η τριβή και το εκτόπισμα του δέρματος αυξάνονται, το οποίο ενεργοποιεί περισσότερους υποδοχείς αφής. Συνεπώς, ένα ύφασμα που αντιλαμβάνεται να είναι άνετο κάτω από συνθήκες χαμηλής υγρασίας μπορεί να αντιλαμβάνεται να είναι άβολο κάτω από συνθήκες υψηλότερης υγρασίας ή συνθήκες εφίδρωσης.

Το 1990 αναφέρθηκε μία μελέτη στην αντίληψη της τραχύτητας και τις παραμέτρους κλωστοϋφαντουργικής κατασκευής (Behmann)⁴⁹. Η τραχύτητα ορίστηκε ως οι ανωμαλίες στην επιφάνεια που μπορούν να περιγραφούν γεωμετρικά από το μέγεθος των στοιχείων τραχύτητας ή μηχανικά από τους συντελεστές τριβής. Ένα μοντέλο τραχύτητας αναπαράχθηκε κάνοντας μια σειρά δοκιμών υποκειμενικών αντιλήψεων που διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας μόνο λεπτό νάιλον νήμα υφασμένο και πλεκτά υφάσματα. Ο συγγραφέας συμπέρανε ότι η αντίληψη τραχύτητας καθορίστηκε από το διάστημα τραχύτητας.

Περαιτέρω πειράματα πραγματοποιήθηκαν για να μελετηθεί η επιρροή των πρακτικών κλωστοϋφαντουργικών παραμέτρων στην αντίληψη τραχύτητας, χρησιμοποιώντας υφασμένα και πλεκτά υφάσματα φτιαγμένα

από νήματα νάιλον διαφορετικών διαμέτρων. Η αντίληψη τραχύτητας μειώνεται λογαριθμικά με τη διάμετρο νήματος και στην ίδια διάμετρο νήματος το πλεκτό ύφασμα έγινε αντιληπτό ως τραχύτερο.

Συγκρίνοντας τις υποκειμενικές αισθητήριες αποκρίσεις από δοκιμές φορέματος με αντικειμενικά μετρημένες μηχανικές ιδιότητες, βρέθηκε ότι η αντίληψη της τραχύτητας συσχετίζεται με τη τραχύτητα της επιφάνειας του υφάσματος (μέγιστη δύναμη, μέσος συντελεστής τραχύτητας επιφάνειας και παρέκκλιση του συντελεστή τραχύτητας της επιφάνειας), τις ιδιότητες συμπίεσης (πάχος υφάσματος σε υψηλές και χαμηλές πιέσεις και ενέργεια της συμπίεσης –καμπύλη πάχους), τη διάμετρο ίνας και τις ιδιότητες αντοχής ίνας(φορτίο θραύσης και επιμήκυνση θραύσης) (Li)⁵⁰.

Παρομοίως, η υποκειμενική αντίληψη φαγούρας είναι σχετισμένη με τις ιδιότητες αντοχής του υφάσματος (μέγιστη αντοχή επιμήκυνσης, ενέργεια του φορτίου αντοχής-καμπύλη επιμήκυνσης και η κλίση του φορτίου αντοχής-καμπύλη επιμήκυνσης), την επιφανειακή τραχύτητα υφάσματος (μέγιστη δύναμη τραχύτητας, μέσος συντελεστής επιφανειακής τραχύτητας και παρέκκλιση του συντελεστή επιφανειακής τραχύτητας) και τις ιδιότητες συμπίεσης υφάσματος (πάχος σε χαμηλή και υψηλή πίεση, γραμμικότητα της καμπύλης συμπίεσης, ενέργεια της συμπίεσης-καμπύλη πάχους, και κλίση της συμπίεσης-καμπύλης πάχους).

Το 1995 μελετήθηκε η εκτέλεση φορέματος των ζωνών και αναγνωρίστηκε η πίεση και ο δείκτης (ομαλότητα και απαλότητα) ως τις σημαντικές ιδιότητες άνεσης (Ito)⁵¹. Αλλαγές στην πίεση, σχετισμένες με τη στασιμότητα και την κίνηση κατά τη διάρκεια του φορέματος, συσχετίζονται με τις ιδιότητες διαξονικής επέκτασης και στρες χαλάρωσης των υφασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για να φτιαχτούν οι ζώνες.

Συνοψίζοντας τα ευρήματα, το 1996 δείχθηκε ότι η αντίληψη της τραχύτητας υφάσματος (ομαλότητα) είναι συσχετισμένη με έναν αριθμό φυσικών ιδιοτήτων μετρημένων αντικειμενικά, όπως η τραχύτητα, η τριβή, το αγκάθι, η διάτμηση και η καμπτική ακαμψία, το πάχος και η επιφανειακή πυκνότητα(Bishop)⁵². Στο KES σύστημα του Kawabata, η ομαλότητα υφάσματος είναι μία σημαντική βασική γραφή, που ονομάζεται "NUMERI", το οποίο ορίζεται ως ένα ανάμικτο συναίσθημα που προέρχεται από ένα συνδυασμό ομαλών, εύπλαστων και απαλών αισθήσεων. Το τυπικό ύφασμα

αναγνωρίστηκε ως ένα υφασμένο ύφασμα φτιαγμένο από κασμίρι. Το 1993 αναφέρθηκε ότι η ομαλότητα υφάσματος είναι σχετισμένη με το πάχος υφάσματος σε χαμηλή πίεση, τη γεωμετρική τραχύτητα, την καμπτική ακαμψία, τη γραμμικότητα της καμπύλης πάχους συμπίεσης, την ενέργεια για την επέκταση του υφάσματος σε 5 N/cm, τη μάζα υφάσματος ανά μονάδα επιφάνειας, την υστέρηση της στιγμής λυγισμού και την ενέργεια στη συμπίεση του υφάσματος κάτω από 5KPa (Hu)⁵³.

Το 1992 αναφέρθηκε μια μελέτη της ομαλότητας υφάσματος χρησιμοποιώντας μία μέτρηση τριβής σε μία οριζόντια επίπεδη πλατφόρμα προσκολλημένη σε ένα πυρήνα φορτίου Instron (Ajayi)⁵⁴. Βρέθηκε ότι ο αριθμός των αιχμών στα ίχνη ράβδου-ολίσθησης ανά 5cm έλκηθρου τραβέρσας ήταν γραμμικά συνδεδεμένος με τις διαδρομές / 5cm σε πλεκτά υφάσματα και κλωστές / 5cm σε υφασμένα υφάσματα. Το 1993 συγκρίθηκε η μέθοδος της μέτρησης της τραχύτητας της επιφάνειας υφάσματος χρησιμοποιώντας έναν αισθητήρα λέιζερ με μία μέθοδο συμβατικής επικοινωνίας (KES tester) (Ramgulam)⁵⁵. Σχετικά καλή συσχέτιση ανάμεσα στις δύο μεθόδους εξασφαλίστηκε με $r=0,801$.

Το 1995 αναφέρθηκε μία μελέτη της επίδρασης των παραμέτρων ινών μαλλιού στα χαρακτηριστικά αφής των υφασμένων υφασμάτων (Wilson και Laing)⁵⁶. Τα υφάσματα φτιάχτηκαν από ποικίλες ίνες μαλλιού αλλά κατασκευάστηκαν από τυποποιημένη δομή κλωστής, βαφή και φινιριστική κατεργασία. Εικοσιτέσσερα θηλυκά θέματα και είκοσι αρσενικά θέματα χρησιμοποιήθηκαν. Σημαντικές διαφορές βρέθηκαν στις κατατάξεις της τραχύτητας και της φαγούρας μεταξύ των υφασμάτων. Υφάσματα με διαμέτρους ινών λιγότερες από 23 μικρά και όγκο ίνας μεγαλύτερο από 32 cm³/g αντιλήφθηκαν να είναι ομαλότερα και λιγότερο αγκαθωτά από το μέσο όρο. Με διαμέτρους ινών μεγαλύτερες από 32 μικρά και όγκο ίνας λιγότερο από 21 cm³/g, τα υφάσματα αντιλήφθηκαν να είναι τραχύτερα και πιο αγκαθωτά.

2.6 Εφαρμογή ενδύματος και πίεση άνεσης

Οι καταναλωτές έχουν μία έμφυτη επιθυμία να ντύνονται με άνετα ελκυστικά ενδύματα, το οποίο απαιτεί μία μείωση του περιορισμού ενδύματος

που επιβάλλεται στο σώμα και μία αύξηση στην ικανότητα του υφάσματος να 'δίνει'. Αυτό σημαίνει ότι το ένδυμα χρειάζεται να κοπεί εύστοχα και να μπορεί να διατηρήσει ένα απόθεμα άνεσης για τις δυναμικές κινήσεις του χρήστη. Αναφέρθηκε μια μελέτη της σχέσης ανάμεσα στην επεκτατικότητα υφάσματος και στις ανθρωπομετρικές απαιτήσεις των ενδυμάτων (Kirk και Ibrahim)⁵⁷. Αναλύοντας τις ανθρωπομετρικές κινηματικές, οι συγγραφείς αναγνώρισαν ότι υπάρχουν τρία ουσιώδη συστατικά μέρη να συναντήσουν τις απαιτήσεις της τάσης του δέρματος: εφαρμογή ενδύματος, ολίσθηση ενδύματος και τέντωμα υφάσματος. Η εφαρμογή ενδύματος εξασφαλίζει την παροχή χώρου για το τέντωμα του δέρματος, το οποίο επηρεάζεται από την αναλογία του μεγέθους ενδύματος στο μέγεθος σώματος και τη φύση του σχεδίου του ενδύματος. Η ολίσθηση ενδύματος, η οποία καθορίζεται κυρίως από το συντελεστή της τριβής ανάμεσα στο δέρμα και το ύφασμα και ανάμεσα σε διαφορετικά στρώματα των ενδυμάτων, είναι ένας άλλος μηχανισμός για να φιλοξενήσει ένα ένδυμα τάση δέρματος. Το τέντωμα υφάσματος, ένας σημαντικός παράγοντας για πίεση άνεσης, είναι εξαρτώμενος κατά πολύ από τα ελαστικά χαρακτηριστικά υφάσματος και τις ιδιότητες ελαστικής ανάκτησης. Είτε ένα ένδυμα γλιστράει ή τεντώνει είναι εξαρτώμενο από την ισορροπία των δυνάμεων αντοχής στο ύφασμα και τις δυνάμεις τριβής ανάμεσα στο δέρμα και το ύφασμα. Αν ένα ύφασμα έχει μια χαμηλή αντίσταση στο τέντωμα και υψηλή τριβή έναντι στο δέρμα ή το ύφασμα, τείνει να τεντώνει παρά να γλιστράει. Το αντίθετο είναι αλήθεια αν το ύφασμα έχει χαμηλή τριβή και υψηλή αντοχή αντίστασης. Αν το ύφασμα έχει και υψηλή τριβή αντίστασης και υψηλή αντίσταση τεντώματος, είναι πιθανό υψηλή πίεση ρουχισμού να χρησιμοποιηθεί στο σώμα, το οποίο θα έχει αποτέλεσμα στις αισθήσεις του άβολου.

Οι συγγραφείς αναγνώρισαν τις κρίσιμες περιοχές τάσης του σώματος όπως το γόνατο, το κάθισμα, η πλάτη και οι αγκώνες. Μέγιστη τοπική τάση δέρματος μετρήθηκε ζωγραφίζοντας σειρές από γραμμές στο δέρμα σε συνηθισμένα διαστήματα και μετρώντας αλλαγές στις διαστάσεις δέρματος που έλαβαν χώρα με κρίσιμη κίνηση σώματος. Ο πίνακας 1 συνοψίζει τις μετρήσεις της τάσης δέρματος σε αναγνωρισμένες περιοχές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Τάσεις δέρματος σε διάφορες κρίσιμες περιοχές

Στοιχείο σώματος	Κίνηση σώματος	Τοπική τάση δέρματος	τάση
		Οριζόντια Άνδρες Γυναίκες	Κάθετα Άνδρες Γυναίκες
Γόνατο	όρθιος->καθισμένος	21 19	41 43
Γόνατο	όρθιος->βαθιά καμπή	29 28	49 52
Αγκώνας	ίσιο->πλήρης καμπή	24 25	50 51
Κάθισμα	όρθιος->καθισμένος: (γοφός με γοφό)	20 15	27 27
Κάθισμα	όρθιος->καθισμένος: (τοπικός καβάλος)	42 35	
	(τοπικοί γλουτοί)		39 40
Κάθισμα	όρθιος->καμπή: συνολική	21 17	27 27
Κάθισμα	όρθιος->καμπή: τοπικός καβάλος	41 37	
	τοπικοί γλουτοί		45 45

		Τοπική τάση δέρματος (%)
Πλάτη	ίσια->προς τα εμπρός σηκωμένος	33
	βραχίονας	31
	->αγκώνες στο τραπέζι	28 28
	->αγκώνας σε καμπή	16 16
	->δέσιμο παπουτσιού	47 47

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το δέρμα έχει ένα υψηλό επίπεδο δύο τρόπων τεντώματος και αυτές οι διαφορές στα ποσοστά του τεντώματος δέρματος ήταν μικρές ανάμεσα στους άντρες και τις γυναίκες. Οι συγγραφείς περαιτέρω μελέτησαν τη σχέση ανάμεσα στο πραγματικό οριζόντιο τέντωμα υφάσματος στο φόρεμα και στο διαθέσιμο τέντωμα υφάσματος μετρημένα στο κάθισμα διαφόρων ενδυμάτων ενώ τα θέματα ήταν σε μία θέση καθίσματος. Η τάση δέρματος ήταν σημαντικά υψηλότερη από το πραγματικό τέντωμα ενδύματος, σημειώνοντας ότι η εφαρμογή και η ολίσθηση ενδύματος έπαιζαν ένα σημαντικό ρόλο στη φιλοξενία της τάσης δέρματος. Στο μεταξύ, υπήρχε μία άμεση σχέση ανάμεσα στο διαθέσιμο τέντωμα υφάσματος και το πραγματικό τέντωμα. Όσο υψηλότερο ήταν το διαθέσιμο τέντωμα, τόσο υψηλότερο ήταν το τέντωμα στη χρήση. Ακόμα, η σχέση ανάμεσα στο διαθέσιμο και το πραγματικό τέντωμα ποικίλει με διαφορετικούς τύπους ενδυμάτων, σημειώνοντας την επιρροή της σχετικής αναλογίας ανάμεσα στο μέγεθος ενδύματος και το μέγεθος σώματος και ακόμα η επίδραση των σημείων επαφής του σώματος.

Ακόμα ερευνήθηκαν: η σχέση ανάμεσα στην πίεση στο σώμα και το επίπεδο τεντώματος υφάσματος. Η πίεση P, υπολογίστηκε σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$P = T_h | \gamma h + T_v | \gamma v$$

Όπου το T είναι το μέτρο αντοχής του στρες στο Instron στο ίδιο επίπεδο τάσης, και το γ είναι η ακτίνα της καμπυλότητας των σχετικών σημείων σώματος. Οι δείκτες H και V σημειώνουν οριζόντιες και κάθετες διευθύνσεις, αντίστοιχα.

Περαιτέρω, οι συγγραφείς μελέτησαν την προτίμηση των καταναλωτών στο επίπεδο τεντώματος με όρους της άνεσης. Βρέθηκε ότι υψηλότερο τέντωμα με χαμηλότερη δύναμη ήταν πάντα προτιμότερο, και ότι οι προτιμήσεις του χρήστη για τέντωμα ήταν σε ένα εύρος από 25% έως 45%, εξαρτώμενη από την τελική χρήση. Ακόμα, η κατεύθυνση του τεντώματος σχετική με το σώμα είχε σημαντικό αντίκτυπο στην άνεση. Τα αποτελέσματα αυτή της μελέτης άνεσης είναι συνοψισμένα στον πίνακα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Προτιμήσεις άνεσης στο Τέντωμα Υφάσματος

Τελική χρήση	Διεύθυνση του τεντώματος	Προτιμώμενο λιγότερο 75% του χρόνου	το επίπεδο τεντώματος % Διεύθυνση
Σακάκια ανδρικών κουστουμιών	H	30	H
Πλατιά παντελόνια εργασίας ανδρικών	H, V *	30	H

κουστουμιών			
Πρόχειρα πλατιά ανδρικά παντελόνια	H	30	H
Ανδρικά σορτς	H	30	H
Ανδρικά μανίκια πουκαμίσου	H, V *	25	V
Ανδρικό πουκάμισο σώματος	H	25	H
Ανδρικά εσωτερικά σορτς	H, V *	25	H
Γυναικεία πλατιά παντελόνια εργασίας	H, V *	35	H
Γυναικεία σορτς	H	35	H
Γυναικεία τεντωμένα πλατιά παντελόνια εργασίας	V	45	V
φούστες	H	25	H
φορέματα	H	30	H
μπόλια	H	30	H

* τελικές χρήσεις όπου η διεύθυνση τεντώματος συγκρίθηκε. H=οριζόντια
V=κάθετα

Το 1970 επισημάνθηκε ότι υπάρχουν τέσσερις μηχανικοί παράγοντες που σχετίζονται με την άνεση, οι οποίοι είναι το βάρος, η ευκολία της μετακίνησης, του τεντώματος και του αερισμού (Denton)⁵⁸. Το μέσο βάρος των ανδρικών σακακιών, μαζί με τα περιεχόμενα στις τσέπες, αναφέρθηκε ως περίπου 1,5κιλό. Αυτό μπορεί να συμβάλει στις αντιλήψεις δυσφορίας καθώς μία σχετικά μικρή περιοχή του σώματος συνήθως το υποστηρίζει. Η πίεση που ενεργοποιείται από το βάρος στο δέρμα μπορεί να είναι πάνω από το επίπεδο άνεσης. Η ευκολία κίνησης είναι κυρίως εξαρτώμενη από το σχέδιο του ενδύματος και το σχετικό μέγεθος ανάμεσα στο σώμα και το ρουχισμό. Η χαλαρή εφαρμογή επιτρέπει ελευθερία κίνησης αλλά μπορεί να μην είναι επιθυμητή σε πολλές καταστάσεις. Η σφικτή εφαρμογή μπορεί να είναι κατάλληλη για συγκεκριμένες τελικές χρήσεις ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιήσει πίεση σε περιορισμένες τοπικά περιοχές της επιφάνειας του σώματος και να προκαλέσει δυσφορία. Ο αερισμός φυσιολογικά υπάρχει μέσω ανοιγμάτων στα δύο πόδια, στα δύο χέρια και στο λαιμό και επηρεάζεται από την εφαρμογή ενδύματος και το ύφος.

Το τέντωμα υφάσματος, το οποίο μπορεί να επεκταθεί και να συναφθεί χωρίς λύγισμα ή ζάρωμα, είναι ένας άλλος τρόπος να ταιριάζει στο σχήμα σώματος. Η πίεση δυσφορίας εκτιμήθηκε ως το κατώτατο όριο τεντώνοντας μία μπάντα από ελαστικά υλικά γύρω από ένα μέρος του σώματος και κάνοντας μία κρίση του επιπέδου άνεσης. Βρέθηκε ότι, η μπάντα ήταν ελαφρώς άβολη αρχικά, έγινε αποδεκτή μετά από μία περίοδο, αν η μπάντα ήταν πολύ άβολη αρχικά, έγινε ανυπόφορη καθώς η ώρα περνούσε. Το κατώτατο όριο πίεσης της δυσφορίας βρέθηκε να είναι γύρω στα 70gcm, το οποίο ήταν κοντά στη μέση τριχοειδή πίεση αίματος των 80gcm κοντά στην επιφάνεια δέρματος. Τα εύρη πίεσης των διαφόρων τύπων των ενδυμάτων αναφερόμενα από ερευνητές είναι συνοψισμένα στο πίνακα 3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Πίεση παραγόμενη από διάφορους τύπους ρουχισμού

Τύπος ενδύματος	Πίεση (gcm)	Προτιμήσεις
Μαγιό	10-20	[228]
Μοντέρνοι κορσέδες	30-50	[228]
Πλεκτά θεμέλια (μοντέρνο περίζωμα)	20-35	[228]
Ελαστικές κορφές κάλτσες	30-60	[228]
Ιατρική εκτροφής	30-60	[228]
Πειστικό σχήμα	<20	[229]
Τιράντες παντελονιών	60	[227]

Το 1985 μελετήθηκε η άνεση και η εφαρμογή των 100% βαμβακερών τζίν (Growther)⁵⁹. Ο συγγραφέας επισήμανε ότι τα κλασικά τζίν χαρακτηρίζονται από αγκάλιασμα σώματος ή σφιχτή εφαρμογή, τα οποία μπορεί να καταλήγουν όχι μόνο σε μία γλυπτή μορφή, αλλά ακόμα σε μία πιθανή δυσλειτουργία σώματος σε μακροπρόθεσμη βάση. Το 1978, ένας ορθοπεδικός χειρουργός ανέφερε δυσκολίες εκφρασμένες από κάποιους ασθενείς οι οποίοι είχαν φορέσει μη τεντωμένα, σφιχτά εφαρμοσμένα τζίν για μία παρατεταμένη περίοδο (Rutten)⁶⁰. Άλλες ιατρικές αναφορές πρότειναν ότι ο σφιχτός ρουχισμός θα μπορούσε να δράσει ως ένας αποτελεσματικός επίδεσμος όταν το σώμα ανέλαβε μία καθιστική ή σκυφτή θέση, που οδηγεί σε θρόμβωση. Αυτές οι έρευνες πρότειναν ότι οι φυσικές απαιτήσεις των χρηστών χρειάζεται να ικανοποιηθούν από το ρουχισμό στο σχεδιασμό ή αναπτύσσοντας προϊόντα ένδυσης. Στη βάση μιας σειράς πειραμάτων, κατέληξαν ότι οι εγγενείς ιδιότητες της κατασκευής υφάσματος μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση της τάσης του δέρματος και την ενίσχυση του περιγράμματος σώματος (Growther)⁶¹. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί προσαρμόζοντας την γωνία της πίσω ανοδικής ραφής σε μία πιο κοντά στην πραγματική κλίση για να συναντήσει τις απαιτήσεις τεντώματος δέρματος στις τοπικές γοφού, στον τοπικό καβάλο και στις οπίσθιες τοποθεσίες. Ακόμα, οι εμπρός και πίσω πλευρές των τζίν μπορούν να προσχηματιστούν για να

μειωθεί η συγκράτηση και να παρέχεται το τοπικό κατάλυμα των περιγραμμάτων σώματος.

2.7 Αισθητήρια άνεση και ιδιότητες υφάσματος

Η αισθητήρια άνεση καθορίζεται κυρίως από τις αισθήσεις επαφής δέρματος και συχνά εκφράζεται ως αισθήματα απαλότητας, ομαλότητας, υγρασίας, προσκόλλησης, φαγούρας και παρόμοια. Αυτοί οι περιγραφείς μπορούν να σχετιστούν με συγκεκριμένες μετρήσιμες ιδιότητες υφάσματος, μηχανικές και επιφάνειας, περιλαμβάνοντας αριθμό ινών επιφάνειας και σημεία επαφής, υγρή προσκόλληση σε μία επιφάνεια, απορροφητικότητα, καμπτική ακαμψία, αντίσταση στη διάτμηση και δύναμης αντοχής και ψυχρότητα στο άγγιγμα. Χαρακτηριστικά των ινών, κατασκευή νήματος και υφάσματος και τελείωμα υφάσματος καθορίζουν κυρίως αυτές τις ιδιότητες.

Συσχετισμοί που παρατηρήθηκαν μεταξύ μετρημένων ιδιοτήτων υφάσματος και αντίστοιχων χαρακτηρισμών των αισθήσεων επαφής δέρματος που λήφθηκαν σε μια μελέτη δοκιμής φορέματος στο NCSU της αντίστασης θερμότητας ενδυμάτων που χρησιμοποιούνται στην εργασία. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο βαθμός του συσχετισμού εξαρτάται από τις συνθήκες του φορέματος, συγκεκριμένα στη δραστηριότητα που παρουσιάζει εφίδρωση και στη θερμοκρασία και στην υγρασία του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Επομένως, κατά τη διάρκεια περιόδων χαρακτηρισμένων από λίγη φυσική δραστηριότητα και ένα δροσερό περιβάλλον, η αντιλαμβανόμενη ακαμψία ενδύματος είναι πιο υψηλά συσχετισμένη με τη κάμψη υφάσματος και την διάτμηση ακαμψίας από ότι οι συνθήκες φορέματος εμπλέκουν φυσική δραστηριότητα που ενεργοποιεί εφίδρωση, κινήσεις σώματος ή ένα ζεστό και υγρό περιβάλλον.

Οι μετρημένες ιδιότητες επιφάνειας υφάσματος, περιλαμβανομένης της τραχύτητας υφάσματος και των σημείων επαφής, συσχετίζονται με τις αισθήσεις της φαγούρας ενδύματος. Η μετρημένη επαφή υφάσματος (ηκ) συσχετίζεται με τις εντυπώσεις φαγούρας διαμέσου όλων των περιόδων ή συνθηκών του φορέματος. Ο δείκτης KES μετρούμενης τραχύτητας επιφάνειας (SMD) συσχετίζεται με την αντιλαμβανόμενη φαγούρα καλύτερα στην αρχική φάση της δοκιμής φορέματος, ή πριν να λάβει χώρα μία φυσική

άσκηση που παράγει ιδρώτα. Οι παρατηρούμενοι συσχετισμοί μεταξύ μετρημένων ιδιοτήτων επιφάνειας υπογραμμίζουν την σπουδαιότητα της διεπαφής υφάσματος στον επηρεασμό των αισθήσεων επαφής δέρματος, ειδικά κατά ιδρωμένου βρεγμένου δέρματος. Η προσκόλληση υφάσματος σε ενυδατωμένο δέρμα (δείκτης υγρασίας προσκόλλησης, ik) είναι ένας παράγοντας συσχετισμένης άνεσης σε συνθήκες φορέματος σχετισμένες με φυσική δραστηριότητα που παράγει ιδρώτα ή σε ένα ζεστό και υγρό περιβάλλον.

Εργαστηριακοί χαρακτηρισμοί ενδεικτικοί της φύσης της επαφής του υφάσματος και του δέρματος, ή της αναμενόμενης επαφής μεταξύ του υφάσματος και του δέρματος, έγιναν χρησιμοποιώντας διαδικασίες δοκιμής δέρματος (Umbach)⁶². Μετρώντας συμπεριλαμβανομένου του δείκτη του βαθμού των πόντων επαφής (nk) μεταξύ των υλικών δοκιμής και μίας επίπεδης επιφάνειας. Μία εκτίμηση της δύναμης με την οποία ένα ύφασμα προσκολλάται σε υγρό δέρμα (lk), έγινε χρησιμοποιώντας μία διαδικασία (Umbach)⁶². Σε αυτή τη συσκευή, το εφιδρωμένο δέρμα μιμείται από ένα πορώδες γυάλινο πιάτο επισυνημμένο σε έναν εφοδιασμό νερού. Το ύφασμα δοκιμής είναι μηχανικά επεκταμένο εγκάρσια στο βρεγμένο πιάτο και η δύναμη που απαιτείται για να επιστήσει το δείγμα είναι μετρημένη και χρησιμοποιημένη για να υπολογιστεί ένας δείκτης υγρής προσκόλλησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΠΡΟΒΛΕΨΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΡΟΥΧΙΣΜΟΥ

3.1 Το σύστημα KES- F

Όπως συζητήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, η υποκειμενική αντίληψη της άνεσης του ρουχισμού από ένα χρήστη καθορίζεται από εξελιγμένες ψυχολογικές και φυσιολογικές διαδικασίες, οι οποίες με τη σειρά τους προκαλούνται από διάφορα φυσικά ερεθίσματα. Αυτά τα φυσικά ερεθίσματα καθορίζονται από έναν αριθμό φυσικών διαδικασιών που είναι εξαρτώμενες από τις σχετικές φυσικές ιδιότητες ίνας-υφάσματος-ρουχισμού και διαρθρωτικών χαρακτηριστικών. Συνεπώς, φαίνεται επιθυμητή και λογική η ανάπτυξη μεθόδων πρόβλεψης της άνεσης του ρουχισμού αντικειμενικά. Αξιοσημείωτη δουλειά έρευνας έχει πραγματοποιηθεί στην μέτρηση των ιδιοτήτων του υφάσματος ώστε να προβλέψει την άνεση του ρούχου μέσω διαφόρων προσεγγίσεων.

Η εκτίμηση του δείκτη υφάσματος μέσω της αντικειμενικής μέτρησης υφάσματος, η οποία έχει αναπτυχθεί στη βάση της δουλειάς του Kawabata και των συναδέλφων του, έχει ευρέως αναγνωριστεί και χρησιμοποιηθεί ανά τον κόσμο.

Στη βάση του θεμελιώδους έργου στις μηχανικές ιδιότητες υφάσματος και στο δείκτη υφάσματος, το 1973 αναπτύχθηκε το σύστημα KES- F, το οποίο έχει περιγραφεί σε πολλές δημοσιεύσεις (Kawabata)⁶³⁶⁴. Το σύστημα χρησιμοποιεί τέσσερα όργανα από την Kato Tekko Co, Kyoto, Japan:

KES-FB1: Δοκιμαστής αντοχής και διάτμησης

KES-FB2: Δοκιμαστής κάμψης

KES-FB3: Δοκιμαστής συμπίεσης και

KES-FB4: Δοκιμαστής επιφάνειας-τριβής και γεωμετρικής τραχύτητας.

Αυτά τα όργανα μετρούν 15 παραμέτρους από την αντοχή υφάσματος ως την επιφανειακή τραχύτητα υφάσματος, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Παράμετροι Δοκιμής του Συστήματος KES

Αντοχή υφάσματος (KES-FB1)	EM: επέκταση υφάσματος στα 5N/cm πλάτος LT: γραμμικότητα της καμπύλης επέκτασης φορτίου WT: ενέργεια στην επέκταση υφάσματος στα 5N/cm RT: εφελκυστική αντοχή
Διάτμηση υφάσματος (KES-FB1)	G: διατμητική ακαμψία 2HG: υστέρηση της διατμητικής δύναμης στις 0,5 της γωνίας υστέρησης 2HGS: υστέρηση της διατμητικής δύναμης στις 5 της γωνίας υστέρησης
Κάμψη υφάσματος (KES-FB2)	B: καμπτική ακαμψία 2HB: υστέρηση της ροπής κάμψης
Συμπίεση υφάσματος (KES-FB3)	LC: γραμμικότητα της καμπύλης συμπίεσης πάχους WC: ενέργεια στη συμπίεση υφάσματος κάτω από 5KPa RC: ανθεκτικότητα συμπίεσης T: πάχος υφάσματος στα 50Pa πίεσης T*: πάχος υφάσματος στα 200Pa πίεσης
Τριβή και τραχύτητα υφάσματος (KES-FB4)	MIU: συντελεστής της τριβής ατσαλιού υφάσματος MMD: μέση απόκλιση του MIU SMD: γεωμετρική τραχύτητα

Μία διαδικασία σταδιακής γραμμικής παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκε για να αναπτυχθεί μια εξίσωση μεταξύ της υποκειμενικής αντίληψης και των αντικειμενικών μετρήσεων για την πρόβλεψη βασικών δεικτών αξιών (HVs) στη μορφή γραμμικών και αναμεμειγμένων γραμμικών λειτουργιών (Kawabata)⁶⁵. Οι σχέσεις μεταξύ υποκειμενικών βασικών δεικτών αξιών και των αντικειμενικά μετρημένων μηχανικών ιδιοτήτων εξετάστηκαν χρησιμοποιώντας το σύστημα KES σε τρεις μορφές (Hu)⁶⁶: πολυμετάβλητη γραμμική λειτουργία, πολυμετάβλητη αναμεμειγμένη γραμμική λειτουργία και πολυμετάβλητη δυναμική λειτουργία. Βρήκαν ότι η πολυμετάβλητη δυναμική λειτουργία έδωσε πολύ καλύτερες προβλέψεις σε τρεις HVs παρά σε άλλες λειτουργίες. Χρησιμοποιώντας σταδιακή οπισθοδρόμηση, οι συγγραφείς βρήκαν ότι η HV1 (ακαμψία) ήταν σχετισμένη με το WC, B, MIU, MMD και LC. Η HV2 (ομαλότητα) ήταν μία λειτουργία του To, SMD, B, LC, WT, W, HB και WC. Η HV3 ήταν εξαρτώμενη από το To, MIU, RT, SMD και WC.

3.2 Πρόβλεψη της θερμοφυσιολογικής άνεσης ρουχισμού.

Το 1970 αναπτύχθηκε μια γενική εξίσωση θερμικής άνεσης που έλαβε υπόψη το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας και τη συμπεριφορά μεταφοράς του ρουχισμού, για να υπολογίσει τη θερμική άνεση σε όλους τους συνδυασμούς περιβαλλοντολογικών μεταβλητών (θερμοκρασία αέρα, υγρασία αέρα, μέση ακτινοβολία θερμοκρασία και σχετική ταχύτητα αέρα) (Fanger)⁶⁷. Η εξίσωση που προήρθε για τη δημιουργία βέλτιστης θερμικής άνεσης περιελάμβανε τρία σετ μεταβλητών:

- i) δραστηριότητα σώματος, περιλαμβάνοντας το μεταβολικό ρυθμό του σώματος (μ), την περιοχή Dubois (η επιφάνεια του γυμνού σώματος, A_{du}) και η αποδοτικότητα της εξωτερικής μηχανικής εργασίας (n).
- ii) Περιβαλλοντολογικές μεταβλητές, περιλαμβάνοντας την θερμοκρασία αέρα, τη μέση ακτινοβολία θερμοκρασίας, την πίεση των ατμών του νερού σε περιβάλλοντα αέρα και την ταχύτητα του αέρα.
- iii) Λειτουργία του ρουχισμού.

Στην περιγραφή της λειτουργίας του ρουχισμού, ο Fanger χρησιμοποίησε δύο κριτήρια: τη θερμική αντίσταση του ρουχισμού και την αναλογία της επιφάνειας του ενδεδυμένου σώματος προς την επιφάνεια του γυμνού σώματος.

Για το σκοπό της ανάπτυξης μίας κλίμακας περιβαλλοντολογικής θερμοκρασίας, το 1971 αναπτύχθηκε ένα μοντέλο που περιείχε πολλές φυσιολογικά εξαρτώμενες και μη εξαρτώμενες μεταβλητές (Gagge)⁶⁸. Αυτό το μοντέλο είχε ως στόχο να προβλέψει τη φυσιολογία της ρύθμισης θερμότητας και άνεσης η οποία υπάρχει κατά τη διάρκεια μιας θερμικής κατάστασης μετά από μία περίοδο σταθερής έκθεσης σε ποικίλες περιβαλλοντολογικές συνθήκες. Συγκρινόμενη με την εξίσωση του Fanger, αυτό το μοντέλο έκανε σημαντική βελτίωση λαμβάνοντας υπόψη το μηχανισμό θερμικής ρύθμισης του ανθρώπινου σώματος στην πρόβλεψη θερμικής άνεσης. Σε αυτό το μοντέλο, οι λειτουργίες του ρουχισμού περιγράφηκαν από δύο κριτήρια: το F_{cl} , τον παράγοντα θερμικής αποδοτικότητας μετρώντας την αποδοτικότητα

για το πέρασμα της ξηρής θερμότητας από την επιφάνεια δέρματος διαμέσου του ρουχισμού προς το περιβάλλον και το F_{rcl} , τον παράγοντα αποδοτικότητας διαπέρασης του Nishi για ατμούς νερού εξατμιζόμενους από την επιφάνεια δέρματος μέσω του ρουχισμού στον περιβάλλοντα αέρα. Αυτές οι δύο παράμετροι ήταν ανάλογοι παράγοντες για μεταφορά θερμότητας κατά συνθήκη και για τη μεταφορά μάζας από μεταφορά ατμών νερού αντίστοιχα. Το 1973 αναφέρθηκε μία ενημερωμένη έκδοση του μοντέλου για την ανάπτυξη δεικτών ορθολογικής θερμοκρασίας του θερμικού περιβάλλοντος των ανθρώπινων όντων (Gagge)⁶⁹. Συνήθως, ο παράγοντας θερμικής αποτελεσματικότητας, F_{cl} , δίδεται από την αναλογία $Ia/(Ia+Iclo)$, όπου το $Iclo$ και το Ia είναι η εγγενείς μόνωση του φορεμένου ρουχισμού και του αέρα αντίστοιχα. Ο παράγοντας αποτελεσματικής διαπέρασης, F_{rcl} , ορίστηκε ως η αναλογία $hec/(he+hed)$, όπου το hed είναι ο εγγενείς συντελεστής για διαπέραση των ατμών νερού μέσω του ίδιου του ρουχισμού, και το he είναι ο συντελεστής εξατμιζόμενης μεταφοράς θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος στο περιβάλλον. Οι αξίες αυτών των δύο παραμέτρων για φυσιολογικό καθημερινό ρουχισμό ορίστηκαν από την εγγενή μόνωση ρουχισμού στις clo μονάδες ως:

$$F_{cl}=1/(1+0.155ht Iclo)$$

$$F_{rcl}=1/(1+0.143hcl Iclo)$$

Όπου το hcl είναι ο συντελεστής συναγωγής της μεταφοράς θερμότητας, και $ht(=hr+hch)$, είναι ο συνδυασμένος συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, και το hr είναι ο συντελεστής μεταφοράς γραμμικής ακτινοβολίας.

Το 1986, ο Gagge και οι συνεργάτες του ανέφεραν ένα περαιτέρω βελτιωμένο μοντέλο στη διαδικασία της πρότασης ενός μόνο δείκτη προτύπου της άνεσης, η υγεία και η εκτέλεση κατά τη διάρκεια ξεκούρασης και άσκησης το οποίο συνδύασε τις έννοιες της θερμοκρασίας και των αισθητήριων δεικτών ανεπτυγμένων πάνω από 60 χρόνια (Gagge)⁷⁰. Σε αυτό το βελτιωμένο μοντέλο, η εγγενείς μόνωση ρουχισμού (I_{cls}) θεωρήθηκε ως μια λειτουργία της πρότυπης δραστηριότητας:

$$I_{clo} = 1,33 / (M - w + 0,74) - 0,095$$

Όπου το M και το W (έργο) είναι πληρούμενες μονάδες ($1\text{met}=58.2\text{Wm}$) και I_{clo} σε clo μονάδες.

Πιο πρόσφατα, το 1998 διασυνδέθηκε το μοντέλο δύο κόμβων του Gauge ενός γυμνού σώματος με το μοντέλο συνδεδεμένης θερμότητας και μεταφοράς υγρασίας του ρουχισμού, για να περιγράψει την ισορροπία θερμότητας και υγρασίας ενός ενδεδυμένου σώματος (Li)⁷¹. Η τεράστια διαφορά αυτού του μοντέλου με τα μοντέλα του Fanger και του Gagge είναι ότι ο ρουχισμός δεν αντιμετωπίζεται ως ένα φράγμα με στατικές αξίες μόνωσης υγρασίας και θερμότητας. Αντί αυτού, η μεταφορά θερμότητας και υγρασίας στο ρουχισμό αντιμετωπίζεται ως μία δυναμική και διασυνδεδεμένη διαδικασία, η συμπεριφορά της οποίας είναι μια λειτουργία των ινωδών υλικών, των φυσικών σωματικών δραστηριοτήτων και των περιβαλλοντολογικών συνθηκών. Το πλεονέκτημα αυτού του συνδυαστικού μοντέλου είναι ότι μας δίνει τη δυνατότητα να εξετάσουμε την επιρροή της δυναμικής θερμότητας και της διαδικασίας μεταφοράς υγρασίας του ρουχισμού στις θερμορυθμιστικές αποκρίσεις του σώματος κάτω από διάφορες δυναμικές συνθήκες φορέματος. Με αυτό το μοντέλο, είναι δυνατό να ερευνήσουμε τον αντίκτυπο των διαφορετικών τύπων ινών και των υφασμάτων με διαφορετικές ιδιότητες, σε θερμική ισορροπία, θερμορυθμιστικές αποκρίσεις και θερμική άνεση κάτω από διάφορες μεταβατικές συνθήκες.

Συγκρίνοντας το προβλεπόμενο προφίλ θερμοκρασίας για ενδύματα, το μοντέλο προέβλεψε μικρότερες αλλαγές δέρματος και υφάσματος με πολυεστέρα από ότι με μαλλί κατά τη διάρκεια των μεταβολών υγρασίας. Μέσω του F-test, βρέθηκε ότι οι διαφορές στις μετρημένες αλλαγές θερμοκρασίας δέρματος και υφάσματος ανάμεσα σε μαλλί και πολυεστέρα ήταν σημαντικές στο επίπεδο 95% κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάμεσα στα 10 και 15 λεπτά. Αυτό προτείνει ότι το μοντέλο μπορεί να προβλέψει την επιρροή διαφορετικών ινών στις αποκρίσεις δυναμικής θερμοκρασίας δέρματος του σώματος κατά τη διάρκεια μεταβατικών συνθηκών υγρασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ Σύστημα φυσιολογικής εκτίμησης ρουχισμού του Umbach

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΕΞΗΓΗΣΗ
1	Μοντέλο δέρματος	Βιοφυσική ανάλυση των κλωστοϋφαντουργικών. Θερμοφυσιολογική πρόβλεψη υπολογισμών για κλωστοϋφαντουργικά.
2	Θερμικό μανεκέν	Βιοφυσική ανάλυση του συστήματος ρουχισμού.
3	Ελεγχόμενες δοκιμές φορέματος με θέματα σε κλιματιζόμενο δώμα	Φυσιολογικά λειτουργικά χαρακτηριστικά σώματος. Υποκειμενικές εκτιμήσεις.
4	Περιορισμένη δοκιμή στην πράξη	Ελεγχόμενο πεδίο δοκιμής από υποκειμενική εκτίμηση.
5	Αγορά δοκιμής	Πεδίο δοκιμής με μεγάλο αριθμό θεμάτων δοκιμής.

Το 1987 περιγράφηκε ένα αναλυτικό σύστημα με πέντε επίπεδα για εκτίμηση των φυσιολογικών ιδιοτήτων φορέματος για κλωστοϋφαντουργικά και ρουχισμό, όπως συνοψίζονται στο παραπάνω πίνακα (Umbach)⁷².

Στο επίπεδο 1, τα στρώματα υφάσματος δοκιμάστηκαν για συμπεριφορά μεταφοράς υγρασίας και θερμότητας χρησιμοποιώντας ένα τεχνητό μοντέλο δέρματος που μιμούταν τη θερμορυθμιστική διαδικασία του ανθρώπινου δέρματος και την ανταλλαγή θερμότητας και υγρασίας του με τον ρουχισμό. Με αυτό το μοντέλο δέρματος, τέσσερα σει παραμέτρων θα μπορούσαν να μετρηθούν. Αυτά τα τέσσερα σει παραμέτρων συνδυάστηκαν για να αντληθεί μία φόρμουλα για να προβλέπει την φυσιολογική άνεση των κλωστοϋφαντουργικών. Η φόρμουλα για εσώρουχα ήταν:

$$T_{kt} = \alpha_1 im + \alpha_2 F_1 + \alpha_3 K_d + \alpha_4 \beta t + \alpha_5 K_f + \beta$$

Όπου το T_{kt} είναι μία εκτίμηση άνεσης που εκτείνεται από 1 (=εξαιρετικό) έως 6 (=ανεπαρκές). Οι σταθερές για εσώρουχα καθορίστηκαν ως: $\alpha_1 = -5,64$, $\alpha_2 = -0,375$, $\alpha_3 = -1,587$, $\alpha_4 = -4,512$, $\alpha_5 = -4,532$ και $\beta = 11,553$. Η υπόθεση στην ανάπτυξη αυτής της φόρμουλας ήταν ότι κατά τη διάρκεια του φορέματος,

φυσιολογικές καταστάσεις υπάρχουν όσο συχνά όσο αυτές με μέτρια και βαριά εφίδρωση.

Στο επίπεδο 2, ένα ζωτικά μεγεθυμένο θερμικό μανεκέν (Charlie) χρησιμοποιήθηκε για να καθορίσει τη θερμική μόνωση και τις ιδιότητες μετάδοσης υγρασίας ολόκληρου του συστήματος ενδύματος, περιλαμβάνοντας υφάσματα που χρησιμοποιήθηκαν για να φτιάξουν εσώρουχα και εξωτερικά ρούχα, και από τα στρώματα αέρα στο μικροκλίμα ρουχισμού και στην εξωτερική επιφάνεια του ενδύματος. Το μανεκέν σχεδιάστηκε για να μιμηθεί την τοπογραφική διανομή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του ανθρωπίνου σώματος για μέτρηση της θερμικής μόνωσης του συστήματος ενδύματος (R_c). Το μανεκέν μπορούσε ακόμα να μιμηθεί διάφορες στάσεις του σώματος, όπως η όρθια, η περπατήματος και η ξαπλωμένη για να επιτρέψει ποσοτικό καθορισμό της επιρροής της μεταγωγής και του αερισμού που προκαλούνται από τη σωματική κίνηση του χρήστη.

ΠΙΝΑΚΑΣ Παράμετροι μετρημένοι από το μοντέλο δέρματος

N O	Παράμετροι Δοκιμής	Υπολογιζόμενα κριτήρια	Προσομοιωμένες καταστάσεις φορέματος
1	Μεταφορά θερμότητας κάτω από σταθερές συνθήκες	Θερμική μόνωση R_{ct}	Φυσιολογικό σταθερό φόρεμα
2	Μεταφορά ατμών υγρασίας κάτω από σταθερές συνθήκες	Αντίσταση διαπότισης ατμών νερού R_{et} . Δείκτης ικανότητας διαπότισης ατμών νερού im .	Φυσιολογικό σταθερό φόρεμα
3	Μεταφορά ατμών υγρασίας κάτω από μεταβατικές συνθήκες	Δείκτης ρύθμισης υγρασίας K_d . Δείκτης ρύθμισης θερμοκρασίας βt .	Μη σταθερό φόρεμα Διαλείποντες σφυγμοί μετριασμένης εφίδρωσης
4	Υγρή μετάδοση κάτω από μεταβατικές συνθήκες	Δείκτης ρύθμισης υγρού K_f . Διαπότιση υγρασίας $F1$.	Μη σταθερό φόρεμα Διαλείποντες σφυγμοί βαριάς εφίδρωσης

Μια σειρά αξιών θερμικής μόνωσης (σε $m^2 Kw^{-1}$) θα μπορούσαν να μετρηθούν: $Rc(1)$ με ένα ακίνητο μανεκέν, $Rc(2)$ με ένα μανεκέν κινούμενο σε μία καθορισμένη ταχύτητα και με σφραγισμένα τα ανοίγματα ενδύματος και $Rc(3)$ με ένα μανεκέν που κινείται και φοράει ενδύματα χωρίς σφραγισμένα ανοίγματα. Η διαφορά μεταξύ του $Rc(2)$ και του $Rc(3)$ υποδηλώνει την επιρροή του εξαερισμού στο σύστημα ενδύματος. Αυτές οι συγκεκριμένες μετρήσεις για ένα ολοκληρωμένο σύστημα ρουχισμού χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη ενός μοντέλου πρόβλεψης για να δείχνει τις ιδιότητες φορέματος κάτω από όλες τις πιθανές κλιματολογικές συνθήκες και συνθήκες δραστηριότητας. Το μοντέλο πρόβλεψης ολοκληρώθηκε σε ένα σύστημα ανάλυσης. Οι ορισμοί συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ατομικών κλωστοϋφαντουργικών ρουχισμού λήφθηκαν εμπειρικά χρησιμοποιώντας εξισώσεις προερχόμενες από δοκιμές φορέματος με θέματα δοκιμής σε ένα κλιματιζόμενο δώμα. Από το μοντέλο πρόβλεψης, μία εκτίμηση άνεσης, TK, η οποία βρίσκεται μεταξύ του 1(=εξαιρετικό) έως 6(=εντελώς μη ικανοποιητικό), μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη φόρμουλα:

Φορτίο θερμότητας για θερμό περιβάλλον:

$$TK = 1.52T_{re} + 0.3T_s + 3.1K_f + 0.02HR - 767.85$$

Απώλεια θερμότητας για κρύο περιβάλλον:

$$TK = -561\Delta T_{re} + 0.6 \Delta T_s + 1.51$$

Όπου το T_{re} είναι η θερμοκρασία ορθού, το T_s είναι η μέση θερμοκρασία δέρματος, το K_f ο ρυθμός κάλυψης εφίδρωσης του δέρματος, το HR είναι η συχνότητα σφυγμών και το ΔT_{re} και το ΔT_s είναι η μείωση στην θερμοκρασία ορθού και την μέση θερμοκρασία δέρματος αντίστοιχα.

Στο επίπεδο 3, ελεγχόμενες δοκιμές φορέματος με θέματα δοκιμής πραγματοποιήθηκαν σε κλιματιζόμενα δώματα για να δοκιμαστούν οι προβλέψεις από τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από τις μετρήσεις και τα συστήματα ανάλυσης από τα επίπεδα 1 και 2. Στα επίπεδα 4 και 5, οι δοκιμές φορέματος πραγματοποιήθηκαν με έναν περιορισμένο ή μεγάλο αριθμό θεμάτων στο πεδίο στο οποίο τα ενδύματα χρησιμοποιούνταν. Αυτοί οι τύποι των δοκιμών φορέματος χρησιμοποιήθηκαν κυρίως σε θεμελιώδης μελέτες για συγκεκριμένους τύπους ρουχισμού για να καθορίσουν τους παραμέτρους που είναι σημαντικοί για τις τελικές χρήσεις.

Αυτό το σύστημα μέτρησης και ανάλυσης έχει απευθυνθεί σε ένα μεγάλο

εύρος λειτουργικών σχεδίων της πολιτικής δουλειάς και του προστατευτικού ρουχισμού και των στολών και στην ανάπτυξη των προτύπων δοκιμής και εφαρμογής προτύπων για ποικιλία ρουχισμού. Το σύστημα, ωστόσο, εστιάζει στην θερμοφυσιολογική άνεση (άνεση θερμότητας-υγρασίας) του ρουχισμού, η οποία είναι μόνο μία πτυχή της αισθητήριας άνεσης. Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες φορέματος, η θερμοφυσιολογική άνεση συχνά βρίσκεται να μην είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την αισθητήρια άνεση των καταναλωτών. Συνεπώς, υπάρχει μια ανάγκη για την ανάπτυξη μίας πιο περιεκτικής κατανόησης της αισθητήριας άνεσης και του αντικειμενικού συστήματος μέτρησης-πρόβλεψης.

3.3 Προβλεψιμότητα της αισθητήριας άνεσης

Από την θεμελιώδη έρευνα και το μοντελοποίηση των φυσικών ερεθισμάτων (αντίδραση θερμότητας και υγρασίας μεταξύ δέρματος και υφάσματος), οι νευροφυσιολογικές αποκρίσεις και οι υποκειμενικές αντιλήψεις, φαίνεται πιθανό να προβλέπουν την παρουσίαση της δυναμικής θερμικής άνεσης του ρουχισμού. Οι θερμορυθμιστικές αποκρίσεις και η υποκειμενική αντίληψη των αισθήσεων θερμότητας και υγρασίας μπορούν να προβλεφθούν με την εξειδίκευση σχετικών ιδιοτήτων ινών, με τα δομικά χαρακτηριστικά υφάσματος και με τις οριακές συνθήκες. Με μία κατανόηση των νευροφυσιολογικών μηχανισμών των αισθητήριων αντιλήψεων του αγκαθιού και της φαγούρας ο παράγοντας άνεσης αφής του ρουχισμού μπορεί να προβλεφθεί από τις κατανομές διαμέτρου ινών και τις πυκνότητες της κατανομής άκρων ινών στην επιφάνεια υφάσματος.

Αυτές οι δραστηριότητες έρευνας είναι θεμελιώδεις και σημαντικές για την ίδρυση του επιστημονικού πλαισίου για την προώθηση της γνώσης μας στην άνεση ρουχισμού. Ωστόσο, η άνεση του ρουχισμού εμπλέκει έναν μεγάλο αριθμό περίπλοκων και πολύπλοκων παραγόντων. Η συνολική παρουσίαση αισθητήριας άνεσης του ρουχισμού είναι ακόμα δύσκολο να προβλεφθεί. Συνεπώς, αξίζει να μελετηθεί η προβλεψιμότητα και η σχέση ανάμεσα στις αντικειμενικές ιδιότητες υφάσματος και τις υποκειμενικές αισθητήριες αντιλήψεις και προτιμήσεις, αξιοποιώντας στατιστικές μεθόδους

Το 1983 συγκρίθηκαν η υποκειμενική κρίση της άνεσης επαφής

δέρματος στην περιοχή πλάτη-ώμοι-αυχένας με ιδιότητες υφάσματος όπως βάρος, πάχος, πυκνότητα, λεπτότητα ινών, συντελεστής τριβής και συμπιεστικότητα (Volrath και Martin)⁷³. Καμία θεμελιώδης σχέση δεν βρέθηκε μεταξύ του βάρους υφάσματος, του πάχους ή της πυκνότητας και της υποκειμενικής αίσθησης επαφής δέρματος. Καμία συσχέτιση δεν παρατηρήθηκε μεταξύ της λεπτότητας ινών, του συντελεστή θραύσης ή της συμπιεστικότητας και των δηλώσεων άνεσης. Κρέμασμα και καμπτική ακαμψία ήταν ασθενώς συσχετισμένα. Αξίες τραχύτητας επιφάνειας που παρατηρήθηκαν από ηλεκτρομηχανικά μέσα ήταν ισχυρά συσχετισμένες. Κατέληξαν ότι οι δοκιμές με αξιόπιστα και ευαίσθητα προσωπικά τεστ δε θα μπορούσαν να αντικατασταθούν από δοκιμές εργαστηριακών συσκευών.

Σε μία προσπάθεια να ιδρυθεί η σχέση μεταξύ υποκειμενικών αντιλήψεων άνεσης και φυσικών ιδιοτήτων υφάσματος, πραγματοποιήθηκε μία σειρά φυσικο-φυσιολογικών δοκιμών φορέματος χρησιμοποιώντας μπλούζες φτιαγμένες από 8 τύπους ινών (Li)⁷⁴. Στις δοκιμές φορέματος, οι υποκειμενικές εκτιμήσεις σε 19 αισθητήριους περιγραφείς καταγράφηκαν κάτω από δύο περιβαλλοντολογικές συνθήκες από τους οποίους τρεις θεμελιώδεις αισθητήριοι παράγοντες αναγνωρίστηκαν ως θερμικά βρεγμένη, αφή και πίεση άνεσης.

Από την άλλη πλευρά, ένα εκτεταμένο εύρος φυσικών ιδιοτήτων υφάσματος δοκιμάστηκε, από το οποίο 42 αντικειμενικά κριτήρια βρέθηκαν. Οι μετρημένες ιδιότητες ταξινομήθηκαν σε δύο κατηγορίες: ιδιότητες μετάδοσης και μηχανικές ιδιότητες. Οι ιδιότητες μετάδοσης περιελάμβαναν θερμική αντίσταση, ατμούς νερού και διαπερατότητα αέρα, διαβρεκτικότητα ζήτησης, διαβρεκτικότητα πτώσης και ροπή εξάτμισης νερού, με 14 κριτήρια υπολογισμένα. Από κύρια ανάλυση συστατικών, πέντε ανεξάρτητοι παράγοντες προήρθαν από 14 κριτήρια μετάδοσης, τα οποία υποδεικνύουν διαβρεκτικότητα υφάσματος, διαπερατότητα, ροπή εξάτμισης νερού και αντίσταση στην απορροφητικότητα νερού και τους ατμούς νερού. Ακόμα, κύρια ανάλυση συστατικών χρησιμοποιήθηκε για να εξάγει πέντε παράγοντες από τα 28 μηχανικά κριτήρια, τα οποία ήταν η τραχύτητα, η πληρότητα, η ακαμψία, η κάθετη παραμόρφωση των υφασμάτων, η αντοχή ακαμψίας των ινών και η αντοχή ακαμψίας των νημάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ: Σύνοψη μεθόδων μέτρησης στις ιδιότητες υφάσματος

Θερμική αντίσταση	B.S.4745
Διαπερατότητα αέρα	B.S.5636
Διαπερατότητα ατμών νερού	Μέθοδος πλάκας με και χωρίς κλίση θερμοκρασίας
Διαβρεκτικότητα	Πτώση ρυθμού απορροφητικότητας
Ζητούμενη διαβρεκτικότητα	Πορώδης ρυθμός απορροφητικότητας
Ροπή εξάτμισης νερού	Ρυθμός εξάτμισης αρχικά κορεσμένο δείγμα κάτω από σταθερές περιβαλλοντολογικές συνθήκες
Δοκιμές αντοχής (ίνα και νήμα)	B.S.1932, B.S.3441
Δοκιμές αντοχής (υφάσματα)	Κυκλική παραμόρφωση, ράβδωση και διαδρομή κατευθύνσεων
Δοκιμή κάμψης	Βρόγχος κάμψης, ράβδωση και διαδρομή κατευθύνσεων
Δοκιμή συμπίεσης πλάκας	Παράλληλη συμπίεση πλάκας
Δοκιμή συμπίεσης κλουβιού (ενσάκισης)	Δοκιμή κυκλικής συμπίεσης εφαρμόζοντας φυσιολογικό φορτίο στην επιφάνεια του υφάσματος τοποθετημένα στην οριζόντια ανοιχτή πρόσοψη του κλουβιού
Συντελεστής τριβής	Παραγόμενη δύναμη από κινούμενες επιφάνειες δύο ίδιων υφασμάτων σε επαφή σε σταθερό ρυθμό και πίεση
Τραχύτητα επιφάνειας	Παραγόμενη δύναμη από κινούμενο λεπτό σύρμα πάνω σε επιφάνεια σε σταθερό ρυθμό και πίεση

Χρησιμοποιώντας κανονικής συσχέτισης ανάλυση, μελετήθηκε η προβλεψιμότητα ανάμεσα στους δέκα φυσικούς παράγοντες και στους τρεις ψυχολογικούς αισθητήριους παράγοντες (Li)⁷⁵. Βρέθηκε ότι οι αισθητήριοι παράγοντες ήταν σημαντικά σχετισμένοι με τις αντίστοιχες διαστάσεις των φυσικών ιδιοτήτων των υφασμάτων. Ο παράγοντας άνεσης αφής ήταν κυρίως σχετισμένος με την τραχύτητα υφάσματος, την ακαμψία υφάσματος και την διαβρεκτικότητα. Ο παράγοντας πίεσης άνεσης ήταν στενά συσχετισμένος με την ακαμψία υφάσματος, την διαπερατότητα υφάσματος και την αντοχή ακαμψίας των ινών. Ο παράγοντας θερμικής-βρεγμένης άνεσης ήταν σχετισμένος με την διαβρεκτικότητα υφάσματος, την τραχύτητα υφάσματος και την ροπή εξάτμισης νερού του υφάσματος.

Η ανάλυση κανονικής απόλυσης πλεοναζόντων έδειξε ότι οι κανονικές

μεταβλητές των φυσικών ιδιοτήτων των υφασμάτων ήταν λογικά καλές προβλέψεις για τους ψυχολογικούς αισθητήριους παράγοντες με αθροιστική απόλυση πλεοναζόντων πάνω από 0,71. Οι αισθητήριοι παράγοντες, ωστόσο, ήταν φτωχές προβλέψεις για τις φυσικές ιδιότητες των υφασμάτων, με μία αθροιστική απόλυση πλεοναζόντων λιγότερη από 0,376. Συνεπώς, φάνηκε ότι οι αντικειμενικές μετρήσεις ενός μεγάλου εύρους φυσικών ιδιοτήτων υφάσματος μπορούσαν να προβλέψουν καλά την αισθητήρια άνεση του φορεμένου ρουχισμού δίπλα στο δέρμα.

3.4 Προβλεψιμότητα των υποκειμενικών προτιμήσεων

Ακόμα εφαρμόστηκε κανονικός συσχετισμός και ανάλυση απόλυσης πλεοναζόντων για να ερευνηθεί η προβλεψιμότητα των υποκειμενικών προτιμήσεων από τους αντικειμενικούς φυσικούς παράγοντες των υφασμάτων (Li)⁷⁶. Τρεις σειρές υποκειμενικών προτιμήσεων προς 8 σειρές μπλουζών λήφθηκαν ζητώντας από τα θέματα να κρίνουν την εκτέλεση άνεσης αγγίζοντας τα και φορώντας τα κάτω από δύο περιβαλλοντολογικές συνθήκες. Δύο ολοκληρωμένοι γύροι πραγματοποιήθηκαν με 56 παρατηρήσεις σε κάθε συνθήκη. Οι προτιμήσεις αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας την συγκριτική μέθοδο κρίσης του Thurstone. Οι ψήφοι εξαγόμενης προτίμησης συγκρίθηκαν με δέκα αντικειμενικούς φυσικούς παράγοντες με κανονική συσχέτιση ανάλυσης.

Τρεις συντελεστές σημαντικής συσχέτισης λήφθηκαν, υποδεικνύοντας ότι υπήρχαν τρεις διαστάσεις των αντικειμενικών φυσικών παραγόντων σχετισμένες με τις ψήφους υποκειμενικής προτίμησης. Η πρώτη κανονική συσχέτιση έδειξε ότι οι ψήφοι υποκειμενικής προτίμησης φορέματος ήταν στενά συνδεδεμένοι με την τραχύτητα υφάσματος, την διαβρεκτικότητα υφάσματος και την κάθετη ικανότητα παραμόρφωσης υφάσματος. Η δεύτερη προτείνει ότι οι ψήφοι προτίμησης αγγίγματος ήταν κυρίως σχετισμένοι με την ακαμψία υφάσματος, την κάθετη ικανότητα παραμόρφωσης υφάσματος, την ακαμψία νήματος, καθώς και την διαβρεκτικότητα υφάσματος. Η τρίτη υποδεικνύει ότι οι ψήφοι προτίμησης φορέματος ήταν ακόμα συσχετισμένοι με την διαβρεκτικότητα υφάσματος, την τραχύτητα υφάσματος και την αντοχή

ακαμψίας των ινών.

Από κανονική ανάλυση απόλυσης πλεοναζόντων βρέθηκε ότι οι αντικειμενικοί παράγοντες του υφάσματος είχαν μεγάλη δύναμη πρόβλεψης για τους ψήφους υποκειμενικής προτίμησης. Αυτό επιβεβαιώθηκε περαιτέρω από τετράγωνο πολλαπλό συσχετισμό, ο οποίος έδειξε ότι οι τρεις πρώτες κανονικές μεταβλητές των αντικειμενικών φυσικών παραγόντων των υφασμάτων είχαν πολύ καλή δύναμη πρόβλεψης για όλους τους τρεις υποκειμενικούς ψήφους προτίμησης. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι οι αντικειμενικές εργαστηριακές μετρήσεις των φυσικών ιδιοτήτων των υφασμάτων έδειξαν καλή ικανότητα να προβλέπουν τις υποκειμενικές προτιμήσεις ρουχισμού, υπό την προϋπόθεση ότι αρκετές πληροφορίες για την φυσική συμπεριφορά του υφάσματος αποκτήθηκαν.

Πλεκτά T-shirts από εμπορικά διαθέσιμες και πειραματικές πολυεστερικές ίνες λήφθηκαν σε μεσαία και μεγάλα μεγέθη από έναν εμπορικό κατασκευαστή ενδύματος. Όλες οι πολυεστερικές ίνες ήταν συνεχείς εκτός αν σημειώνεται αλλιώς. Η μπλούζα D φτιάχτηκε από 100% Kobel 451 πολυεστερικό συνεχές (μία πολύ τερεθαλική αιθυλένια ίνα). Η μπλούζα G παράχθηκε από ένα μείγμα από 50% Kobel 451 και 50% χτενισμένο βαμβάκι. Η μπλούζα E ήταν ίδια με τη μπλούζα D εκτός από ότι είχε υποστεί επεξεργασία μετά την κατασκευή για να αυξηθεί η ικανότητα διαβροχής της. Η μπλούζα L φτιάχτηκε από μία πειραματική πολυεστερική ίνα η οποία ήταν έμφυτα διαβρεκτική. Η μπλούζα M φτιάχτηκε ελαφρώς πιο διαβρέξιμη από ότι η συμβατική πολυεστερική. Η μπλούζα O φτιάχτηκε από έναν συνδυασμό νημάτων για να μειωθεί ο αριθμός των προεξεχόντων άκρων ινών. Η μπλούζα R φτιάχτηκε από πολυεστερικό νήμα και είχε σχεδόν καθόλου προεξέχουσες άκρες ινών. Η μπλούζα H φτιάχτηκε από πειραματικές ίνες, το χαμηλό μέτρο ελαστικότητας αυτής της ίνας οδήγησε σε χαμηλή ακαμψία ίνας.

Φυσικές ιδιότητες των ινών και των υφασμάτων των μπλουζών

	G	E	H	O CFa/ spum	D	M	L	R
μόνο λεπτό νήμα πολυεστέρα, den	1,51	1,69	1,83	2,16/ 1,44	1,58	2,15	1,75	1,78
Μόνο λεπτό νήμα πολυεστέρα, συνεκτικότητα g/den	3,84	3,26	2,35	4,14/ 4,36	3,86	2,52	2,82	4,07
Μόνο λεπτό νήμα πολυεστέρα, επιμήκυνση, %	29,0	35,7	46,6	34,2/ 31,7	35,6	61,3	30,3	35,8
Μόνο λεπτό νήμα πολυεστέρα, μέτρο ελαστικότητας, g/den	39,3	27,3	19,0	43,7/ 42,4	29,0	27,3	30,2	26,5
Μέτρο ελαστικότητας πολυεστερικού νήματος, g/den	15,1	16,4	9,6	18,1	17,0	19,3	11,5	23,8
Βάρος υφάσματος oz/yd	3,4	3,9	4,3	3,8	3,9	4,0	3,1	3,7
Ικανότητα διαβροχής, (AATCC 39) s	14,3	2,0	11,0	0,88	>600	>600	0,5	1,2
Συγκράτηση νερού, % (ASTM D 2402)	25,6	8,5	8,2	13,8	8,2	6,5	13,4	7,5
Απορρόφηση νερού, %	369	293	352	320	254	337	328	276
Φυτίλιασμα, min	0,6	1,9	1,1	3,0	>10	>10	0,1	0,6
Ανάκτηση υγρασίας, % (ASTM D 2654)	3,30	0,80	0,19	1,88	0,40	0,29	0,59	0,28
Μετάδοση ατμών νερού, g/m	48,4	49,7	51,9	47,5	50,4	50,2	51,8	51,1
Θερμική αγωγιμότητα, (ASTM D1518)	0,155	0,132	0,133	0,149	0,141	0,156	0,109	0,201
Καμπτική ακαμψία -cantilever, mg/cm (ASTM D 1338)	21,4	21,6	21,3	34,6	23,8	27,9	10,7	12,6
Καμπτική ακαμψία - βρόχος καρδιάς	13,7	8,1	8,3	13,1	10,2	12,5	9,3	12,9
Συντελεστής τριβής vs σίδερο (ASTM D3108)	0,108	0,188	0,208	0,251	0,209	0,194	0,330	0,177
Στατική ροπή-	1640	2030	2500	1560	1950	1950	1400	2030

εκφόρτιση κορώνας									
Στατική εκφόρτιση κορώνας, ζωή, min	ροπή-μισή-	0,02	0,21	0,92	0,02	0,16	0,09	0,03	0,22
Στατική προσκόλληση vs πολυεστέρα, (AATCC 115)	vs min	0	>10	0	0	>10	9,5	0,5	>10
Επίδραση υποκειμενικής άνεσης		0,554	0,250	0,089	0,054	0,018	-0,125	-0,339	-0,500

Θερμικές ιδιότητες και ιδιότητες σχετικής υγρασίας των μπλουζών

	Kobel	50/50 Kobel/βαμβάκι	Βαμβάκι
Ανάκτηση υγρασίας %	0,4	3,3	7,4
Ικανότητα διαβροχής, s	>600	14,3	1,4
Συγκράτηση νερού, %	8,2	25,6	34,1
Απορρόφηση νερού, %	254	369	394
Φυτίλιασμα, s	>600	34,6	14,8
MVT, g/m ² *h	50,4	48,6	46,4
Θερμική διαπερατότητα Btu/h*ft ² *F	7,3	6,8	6,3
Ειδική θερμότητα	0,32	0,32	0,32
Εμπομπή θερμότητας	0,94	-	0,92
Θερμότητα απορρόφησης cal/g H2O	0,1	4,6	9,0

Σύνθεση υφάσματος μπλουζών

Μπλούζα	Ίνα
D	100% Kobel 451 πολυεστερική συνεχείς ίνα
E	100% Kobel 451 μεταχειρισμένη για διαβρεκτικότητα
G	50% Kobel 50% χτενισμένο βαμβάκι (έλεγχος)
H	100% PBT (χαμηλό μέτρο ελαστικότητας)
L	100% εγγενής διαβρεκτικότητα πολυεστέρα
M	100% πιο -εύκολα βαφόμενος πολυεστέρας
O	Συνδυασμός νήματος, 70/30 πολυεστερικό λεπτό νήμα δικλωνιασμένο με 50/1 50/50 Kobel 451/βαμβάκι
R	100% 150/96 υφασμένο πολυεστερικό λεπτό νήμα

Οι δοκιμές φορέματος για τον καθορισμό των υποκειμενικών προτιμήσεων για τις μπλουζες διεξήχθησαν στους καλοκαιρινούς μήνες του

Ιουλίου και του Αυγούστου σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο σύγκρισης σε ζεύγη του Scheffe⁷⁷ όπως περιγράφηκε προηγουμένως. (Fuzek και Ammons)⁷⁸. Για αυτή τη δοκιμή φορέματος 28 χρήστες απαιτήθηκαν για κάθε ολοκληρωμένη σειρά δεδομένων και 9 επαναλήψεις έγιναν. Επιπλέον ένα σύνολο 252 συμμετεχόντων χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη δοκιμή. Οι χρήστες ήταν όλοι εργαζόμενοι της Eastman Chemicals Division της Eastman Kodak company οι οποίοι δούλευαν σε κλιματιζόμενα γραφεία και δεν ήταν με κανένα τρόπο συνδεδεμένοι με κάποια από αυτές τις ίνες ή κάποια κλωστοϋφαντουργική λειτουργία της εταιρίας.

Υποκειμενικές εκτιμήσεις λήφθηκαν μετά από ένα φόρεμα, μετά από πέντε φορέματα και πλυσίματα-σιδερώματα και μετά από δέκα φορέματα και πλυσίματα-σιδερώματα. Οι ερωτήσεις που ρωτήθηκαν: Ποια από τις δύο μπλούζες προτιμάτε και γιατί; Και γιατί δεν προτιμάτε την άλλη; Αυτά τα αποτελέσματα και η αναφορά των όρων που σχετίζονται με την άνεση μελετήθηκαν στην ανάλυση δεδομένων.

Μετά τον δέκατο κύκλο, ένα εκτεταμένο ερωτηματολόγιο υποβλήθηκε σε κάθε χρήστη. Οι ακόλουθες ερωτήσεις ρωτήθηκαν συγκριτικά και για τις δύο μπλούζες που εκτιμήθηκαν από κάθε χρήστη και σε μία απόλυτη βάση: Ήταν το ένδυμα καυτό; Αγκαθωτό; Ατμώδες; Μαλακό; Κνησμώνες; Άνετο; Ήταν ο δείκτης (αίσθηση) της μπλούζας υποδηλωτικός για γυναικεία εσώρουχα; Εφάρμοζε η μπλούζα; Προσκολλιόταν η μπλούζα κατά τη διάρκεια του φορέματος; Είχατε επίγνωση της μπλούζας κατά τη διάρκεια του φορέματος; Σας άρεσε ο δείκτης ή η αίσθηση της μπλούζας; Τι μπλούζα (σύνθεση ινών, σχέδιο ενδύματος, μάρκα, μέγεθος) φοράτε συνήθως;

Εργαστηριακές δοκιμές έγιναν σε κάθε ύφασμα μπλούζας, σε νήματα και ίνες από κάθε ύφασμα για συσχέτισμό με τα υποκειμενικά αποτελέσματα δοκιμών φορέματος. Αυτές οι δοκιμές περιελάμβαναν ιδιότητες αντοχής, απορρόφηση νερού, διαβρεκτικότητα, μετάδοση ατμών νερού, στατική τάση, ηλεκτροστατική προσκόλληση, φυτίλιασμα, κατακράτηση νερού, ανάκτηση υγρασίας, θερμική μεταβίβαση (αγωγιμότητα), ακαμψία υφάσματος, (καμπτική ακαμψία) και συντελεστής της τριβής (vs σίδερο).

Η απορρόφηση νερού καθορίστηκε εμβαπτίζοντας ένα ζυγισμένο δείγμα υφάσματος σε νερό μέχρι το ύφασμα να ήταν ολοκληρωτικά βρεγμένο από έξω. Αυτή η τεχνική απαιτούσε επαναλαμβανόμενη εφαρμογή κενού και αέρα

στο δοχείο. Το δείγμα τότε μετακινούνταν προσεκτικά, το νερό επιτρεπόταν να στάξει μέχρι τη στιγμή μεταξύ σταγόνων που έφταναν 1min και δείγματος και διατηρούμενου νερού και τότε ζυγίζονταν. Το ποσό του συγκρατούμενου νερού στο ύφασμα εκφραζόταν ως εκατοστιαίο απορροφημένο νερό.

Το φυτίλιασμα καθορίστηκε σε 1x6 λουρίδα υφάσματος η οποία είχε αποκοπεί με ένα θερμασμένο μαχαίρι (για να αποτραπεί το ρολάρισμα του πλεκτού υφάσματος). Μια μικρή κουκίδα μίας δυναμικής μπλε βαφής μεθυλενίου εφαρμόστηκε με το στόχο ενός μολυβιού $\frac{1}{2}$ από το κάτω μέρος της λουρίδας υφάσματος. Μία δεύτερη κουκίδα της βαφής εφαρμόστηκε $\frac{1}{4}$ πάνω από την πρώτη κουκίδα, αλλά εκτοπίστηκε στην μία πλευρά κατά περίπου $\frac{3}{16}$. Το τέλος της λουρίδας υφάσματος με τις βαμμένες κουκίδες τότε αναστάλθηκε σε ένα άδειο δοχείο και ένας συνδετήρας χαρτιού προσκολλήθηκε στο κάτω μέρος της λουρίδας για βάρος. Νερό τότε εισήχθη αργά στο κάτω μέρος του δοχείου με μία υποδερμική σύριγγα των 50mL και μία βελόνα η οποία σε επαφή με το νερό γινόταν πολύ ορατή. Σε αυτή τη στιγμή ένα χρονόμετρο άρχισε και τα λεπτά που απαιτούνταν για το νερό να φυτιλιάσει πάνω στη δεύτερη βαμμένη κουκίδα καθοριζόταν. Αν το $\frac{1}{4}$ φυτιλιάσματος δεν είχε υπάρξει μέσα σε 10 λεπτά η δοκιμή τερματιζόταν.

Η στατική τάση μετριόταν, σε ένα Static honestmeter, όπως περιγράφηκε από τον Shashoria, εφαρμόζοντας μία κορώνα απαλλάσσοντας από ένα ηλεκτρόδιο φορτισμένο στα 10KV και τοποθετημένο 1mm από την επιφάνεια υφάσματος (Shashoria)⁷⁹. Η μέγιστη ηλεκτρομαγνητική δύναμη που αναπτύχθηκε στο ύφασμα μετρήθηκε με το στατικό πεδίο ανίχνευσης κεφαλής στο όργανο. Η ώρα σημειώθηκε για αυτή την ηλεκτρομαγνητική δύναμη για να αποσυνθέσει σε ήμισυ την αξία του αφού το φορτισμένο ηλεκτρόδιο μετακινήθηκε.

Συζήτηση των αποτελεσμάτων

Η σχετική άνεση των μπλουζών όπως εκτιμήθηκε από την συγκριτική ανάλυση σε ζεύγη του Scheffe . Για ένα στατιστικό σημαντικό αποτέλεσμα, η διαφορά επίδρασης πρέπει να έχει τουλάχιστον 0,52. Έτσι η μπλούζα G προτιμήθηκε από τις μπλούζες D, L, M και R, οι μπλούζες E και G προτιμήθηκαν από τις μπλούζες L και R και οι μπλούζες D, E, G,H και O

προτιμήθηκαν από την μπλούζα R. Συνεπώς η εμπορική 50/50 πολυεστερική/βαμβακερή μπλούζα (G) εκτιμήθηκε υποκειμενικά ότι είναι η πιο άνετη από τις μπλούζες υπό μελέτη αν και δεν θεωρήθηκε στατιστικά πιο άνετη από ότι η 100% πολυεστερική μπλούζα που είχε μεταχειρισθεί για επαυξημένη ικανότητα διαβροχής (E) ή η μπλούζα που φτιάχτηκε από πειραματική με χαμηλό μέτρο ελαστικότητας πολυεστερική ίνα (H).

Όταν οι συμμετέχοντες της δοκιμής ρωτήθηκαν να εκτιμήσουν κάθε μπλούζα ατομικά από ότι συγκριτικά, οι αποκρίσεις τους υποδηλώνουν ότι οι περισσότερες ήταν άνετες. Εβδομήντα έξι τοις εκατό των 50/50 πολυεστέρας/βαμβάκι μπλουζών (G) εκτιμήθηκαν ως άνετες, αλλά το ίδιο ήταν το 73% των 100% πολυεστερικών μπλουζών (D). Εκτός από τις μπλούζες ελαστικών πολυεστερικών νημάτων (R), τουλάχιστον 63% όλων των χρηστών εκτίμησαν όλες τις μπλούζες ως άνετες. Οι χαμηλές προτιμήσεις που δόθηκαν στην μπλούζα R (άνεση όπως μετρήθηκε από τη σύγκριση κατά ζεύγη του Scheffe) και οι εκτιμήσεις άνεσης της μπορεί να έχουν προέρθει από τον συσχετισμό της με γυναικεία εσώρουχα, αφού το 80% των χρηστών υπέδειξε αυτόν τον συσχετισμό. Οι υποκειμενικές εκτιμήσεις από απόλυτη εκτίμηση, παρά από συγκρίσεις κατά ζεύγη, των παραγόντων άνεσης όπως η θερμότητα και το κρύο, το ατμώδες, το γλοιώδες και το προσκολλημένο και οι αισθητικοί παράμετροι συσχετισμένοι με δείκτη όπως η απαλότητα, η ακαμψία και το κουρέλιασμα δίνονται ακόμα στον πίνακα.

Η επίδραση των αισθητικών ιδιοτήτων όπως ο δείκτης παίζει ένα μεγάλο ρόλο στην υποκειμενική εκτίμηση της άνεσης μπλούζας. Σε εκτιμήσεις απαλότητας, μία αντίστροφα συσχετισμένη παράμετρος, η ακαμψία, επιλέχθηκε λόγω της ευκολίας στο να ληφθούν αντικειμενικά δεδομένα. Οι μπλούζες που επιλέχθηκαν σε αυτή τη μελέτη για να εκτιμήσουν αυτή την παράμετρο ήταν η H και η D, οι οποίες ήταν παρόμοιες εκτός από το μέτρο ελαστικότητας ίνας. Το μέτρο ελαστικότητας ίνας εμφανίζεται να είναι συσχετισμένο αντίστροφα με την άνεση, όπως κάνει το denier ίνας και το denier νήματος. Ο παράγοντας συσχετισμού για denier ίνας και denier νήματος έναντι της άνεσης ήταν 0,81 για οκτώ μπλούζες που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη μελέτη. Οι συσχετισμοί μέτρων ελαστικότητας ίνας και νήματος για όλες τις μπλούζες ήταν φτωχή, πιθανόν λόγω της διαφορετικότητας της φύσης των υφασμάτων για πουκάμισα. Πρόσθετοι

παράγοντες όπως η διατομή των ινών μπορούν να επηρεάσουν την ακαμψία ίνας και τις εκτιμήσεις άνεσης. Οι μετρήσεις ακαμψίας υφάσματος της καμπτικής ακαμψίας δεν δείχνουν συσχετισμούς με την άνεση μπλούζας ($r=0.07$).

Μετά μελετήσαμε την επίδραση των ελεύθερων προεξέχοντων άκρων ίνας από πολυεστερικό σταθερό νήμα και την επίδραση τους στην υποκειμενικά εκτιμημένη άνεση. Νήματα από $\frac{1}{2}$ πολυεστερικές ίνες έχουν πολλά προεξέχοντα άκρα τα οποία μπορούν να ερεθίσουν το δέρμα και ο βαθμός του ερεθισμού σχετίζεται με κάποιο τρόπο με την ακαμψία της ίνας, η οποία με τη σειρά της σχετίζεται με το denier και το μέτρο ελαστικότητας. Επιπροσθέτως, ένας μεγάλος αριθμός από προεξέχοντα άκρα θα προκαλέσει σε ένα ύφασμα να έχει μικρή περιοχή επαφής με το δέρμα. Αυτά τα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται από τα δεδομένα ($r=0.63$).

Οι επιρροές των διαφορετικών παραμέτρων σχετισμένων με την υγρασία σε υποκειμενική άνεση καθορίστηκαν. Μεταξύ αυτών ήταν η ανάκτηση υγρασίας, η ικανότητα διαβροχής, η συγκράτηση νερού, η απορρόφηση νερού, ο ρυθμός φυτλιάσματος και ο ρυθμός της μεταφοράς ατμών νερού. Από αυτούς, κανένας δεν έδειξε υψηλά καθοριστικούς συσχετισμούς με υποκειμενικές εκτιμήσεις άνεσης. Η σχέση ανάμεσα στην άνεση και την συγκράτηση νερού, το νερό που συγκρατείται ανάμεσα στα νήματα και εντός των ινών μετά από φυγοκέντριση, έδειξε ένα συντελεστή συσχέτισης (r) μόνο 0,60. Άλλοι συντελεστές συσχέτισης υπολογισμένοι για υποκειμενικά ληφθέντα δεδομένα άνεσης και παράμετροι αντικειμενικής σχετικής υγρασίας δίνονται. Από αυτά, μία αξία του $r>0.75$ θεωρείται ότι δίνει μία λογική βεβαιότητα της συσχέτισης (αξίες που περικλείονται), ενώ αξίες κάτω από 0,25 (αξίες σε πλάγια γράμματα) θεωρούνται ότι σημαίνουν την ύπαρξη μη καθορισμένων συσχετισμών. Αυτοί οι συντελεστές συσχέτισης σημαίνουν πολύ φτωχούς συσχετισμούς μεταξύ ιδιοτήτων σχετικής υγρασίας και άνεσης.

Άλλοι παράγοντες που ήταν πιθανώς σχετισμένοι με την άνεση ήταν η στατική τάση, η στατική προσκόλληση, τα χαρακτηριστικά τριβής, η θερμική μετάδοση, η ακαμψία υφάσματος (ή καμπτική ακαμψία) και το μέτρο ελαστικότητας νήματος. Συντελεστές συσχέτισης για αυτές τις παραμέτρους υποδηλώνουν πολύ φτωχά επίπεδα βεβαιότητας για την ύπαρξη λογικού συσχετισμού.

Η θερμική αγωγιμότητα των υφασμάτων των μπλουζών φαίνεται να σχετίζεται με την άνεση με ένα συντελεστή συσχέτισης του 0,22, έτσι υποδηλώνεται ένα πολύ φτωχό επίπεδο συσχετισμού. Για φόρεμα μπλούζας για θερμό καιρό, η θερμική μεταφορά είναι ελάχιστης σπουδαιότητας στην εκτίμηση υποκειμενικής άνεσης κάτω από τις συνθήκες αυτής της δοκιμής. Αφού οι συμμετέχοντες στη δοκιμή φορέματος ήταν φυσιολογικά σε μία περιβαλλοντολογικά ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, κανένα σημαντικό στρες θερμότητας δεν παρουσιάστηκε. Δεν ιδρώναν ενεργητικά, ώστε το ρευστό νερό στην επιφάνεια του δέρματος ήταν ελάχιστο. Η μεταφορά ατμών θερμότητας και υγρασίας θα μπορούσε να υπάρχει ελεύθερα σε ένα ουσιαστικό βασικό επίπεδο. Κάτω από συνθήκες στρες θερμότητας, ο συσχετισμός μεταφοράς θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερης σπουδαιότητας.

Οι υποκειμενικές αποκρίσεις άνεσης συγκρίθηκαν με την φυσιολογική μπλούζα υποδηλωμένη από τους συμμετέχοντες από την άποψη της σύνθεσης ίνας, του σχεδίου ενδύματος, της εφαρμογής κτλ. Βρέθηκε ότι υπήρχε υψηλός βαθμός συσχετισμού μεταξύ της ομοιότητας του ενδύματος δοκιμής και του φυσιολογικά φορεμένου ενδύματος. Για παράδειγμα, αν ένας συμμετέχοντας φυσιολογικά φορούσε ένα μείγμα μπλούζας πολυεστέρα/βαμβακιού, θα υπολόγιζε μια μπλούζα δοκιμής αυτής της σύνθεσης υψηλότερα από ότι κάποια από αυτές τις μπλούζες. Παρόμοια, αν το μέγεθος ενδύματος ήταν λάθος για τον συμμετέχοντα είτε για διαφορές μεγεθών στις μπλούζες ή γιατί ο συμμετέχοντας έδωσε ένα λάθος μέγεθος, υποκειμενικά εκτίμησε ότι η άνεση ήταν πολύ χαμηλή.

Σε σύνοψη, οι μπλούζες εκτιμήθηκαν και υποκειμενικά για άνεση και αντικειμενικά για ιδιότητες σχετικής υγρασίας. Ο δείκτης υφάσματος (ακαμψία) και οι προεξέχουσες άκρες ινών φαίνονται σε σειρά προτίμησης άνεσης όπως εκτιμήθηκε υποκειμενικά. Συντελεστές συσχέτισης όπως καθορίστηκαν από τη συγκριτική ανάλυση κατά ζεύγη του Scheffe και από την απόλυτη σύγκριση με κάθε άλλη μπλούζα είναι η βάση για τα συμπεράσματα σε αυτή τη μελέτη.

Ο παράγοντας παραμερισμού στο καθορισμό υποκειμενικής άνεσης ήταν η εφαρμογή ενδύματος. Εάν το ένδυμα δεν εφάρμοζε, ήταν σχεδόν αναμενόμενο ότι ήταν άβολο. Μετά σε σπουδαιότητα ήταν με τι ο χρήστης ήταν εξοικειωμένος σε σύνθεση ίνας ή στυλ ενδύματος. Τρίτο, οι αισθητικοί

παράγοντες όπως ο δείκτης, η απαλότητα και η ομαλότητα επιφάνειας έπαιξαν σημαντικούς ρόλους στο να καθοριστεί η υποκειμενική άνεση αφού τα κριτήρια της εφαρμογής ενδύματος και η φορούμενη ενδυμασία ικανοποιούνταν. Πολύ λιγότερης σημασίας ήταν οι ιδιότητες σχετικής υγρασίας και τελικά σχεδόν ασήμαντος ήταν ο παράγοντας θερμικής μετάδοσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν σε αυτή την εργασία εφαρμόζονται μόνο σε μπλούζες φορεμένες σε θερμό καιρό.

3.5 Τεχνητά νευρωνικά δίκτυα

Παρεκτάσεις σε άλλα ενδύματα και κλιματολογικές συνθήκες μπορεί να μην ισχύουν.

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (ANNS) είχαν οριστεί ως "υπολογιστικά δίκτυα τα οποία προσπαθούν να μιμηθούν, κατά το μέτρον του δυνατού, το δίκτυο των νευρικών κυττάρων του βιολογικού (ανθρώπινου και ζωικού) κεντρικού νευρικού συστήματος (Graupe)⁸⁰. Το 1993 δηλώθηκε ότι υπάρχει μία δυνατή σχέση μεταξύ των ANNS και των στατιστικών προσεγγιστικών μεθόδων στην ανάπτυξη της ANN θεωρίας (Wasseman)⁸¹. Το 1999 ορίστηκαν τα ANNS ως προσαρμοστικά στατιστικά μοντέλα βασισμένα σε μία αναλογία με την δομή του εγκεφάλου, επειδή το ANN μπορεί να μάθει να υπολογίζει τις παραμέτρους κάποιων πληθυσμών χρησιμοποιώντας έναν μικρό αριθμό υποδειγμάτων κάθε φορά (Adbi)⁸².

Με τα χρόνια, έρευνα σχετισμένη με τον μηχανισμό του πόνου, μηχανισμοί πόνου και αισθητικές αισθήσεις και θερμική αντίληψη έχουν μελετηθεί χρησιμοποιώντας ANNS. Αυτές οι δουλειές δείχνουν καλή εφαρμογή των ANNS για τη μελέτη των ανθρώπινων αισθητήριων αντιλήψεων. Μέχρι τώρα όλες οι εφαρμογές των νευρωνικών δικτύων που έχουμε αναφερθεί συγκεντρώθηκαν στην έρευνα ατομικών αισθητηριακών αντιλήψεων, αλλά δεν έχει υπάρξει αναφορά στη μελέτη της άνεσης ρουχισμού χρησιμοποιώντας ANNS. Σε αυτή τη διατριβή αναπτύσσουμε ένα τέτοιο μοντέλο χρησιμοποιώντας ένα ANN για να προσομοιώσουμε την ψυχολογική διαδικασία του σχηματισμού υποκειμενικής πάνω απ' όλα

αντίληψης και κρίσης της άνεσης του ρουχισμού από πολλαπλές άβολες αισθήσεις.

Βρήκαμε ότι τα προβλεπόμενα σκορ άνεσης παραγμένα από το μοντέλο με τα σιγμοειδή κρυμμένα νεύρα και το γραμμικό εξερχόμενο νεύρο έχει μια καλύτερη εφαρμογή με το πραγματικό σκορ άνεσης από άλλα μοντέλα με διαφορετικούς συνδυασμούς κρυμμένων και εξερχόμενων νεύρων σε αυτή τη μελέτη.

Ένα μοντέλο αναπτύχθηκε στη βάση ενός δικτύου το οποίο περιλαμβάνει ένα εισερχόμενο στρώμα, ένα κρυμμένο στρώμα και ένα εξερχόμενο στρώμα. Υπάρχουν 3 διακριτά χαρακτηριστικά: κάθε νεύρο στο δίκτυο περιλαμβάνει μια μη γραμμική εκροή, υπάρχουν 1 ή περισσότερα στρώματα από κρυμμένους νευρώνες που δεν είναι μέρος της εισροής και εκροής του δικτύου, και το δίκτυο έχει μία υψηλή επικοινωνία καθορισμένη από τη δομή ανάμεσα στα στρώματα.

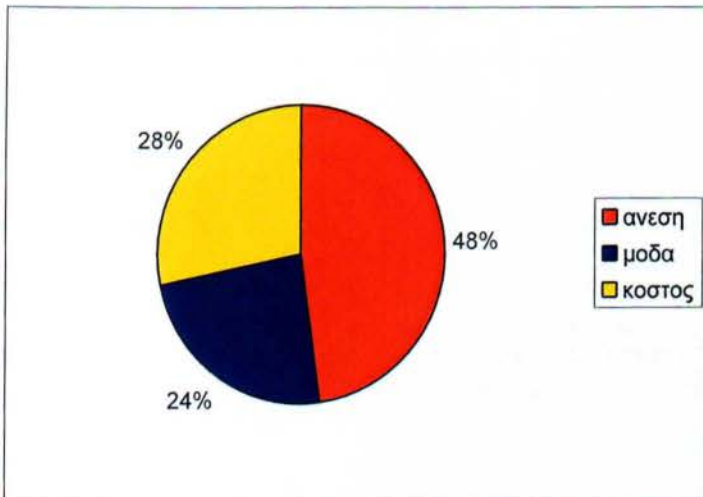
Μέχρι τώρα, έχει υπάρξει πολύ λίγη θεωρητική καθοδήγηση στα πόσα νεύρα θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν στο κρυμμένο στρώμα μπροστινής-τροφοδότησης δικτύου. Παρόλα αυτά ο Lee επισήμανε ότι ο λανθασμένος κορεσμός είναι λιγότερο πιθανό να υπάρξει όταν ο αριθμός των κρυμμένων νεύρων είναι χαμηλός και σύμφωνος με την ικανοποιητική λειτουργία του δικτύου. Λανθασμένος κορεσμός ακόμα σπάνια υπάρχει όταν τα νεύρα του δικτύου λειτουργούν στην γραμμική περιοχή τους (Lee)⁸³.

Η συσχέτιση ανάμεσα σε πραγματικά υποκειμενικές εκτιμήσεις και προβλέψεις αυξάνεται όσο ο αριθμός των κρυμμένων νεύρων αυξάνεται στο μεγαλύτερο σετ εκπαιδευτικών δεδομένων, με το υψηλότερο $R=0,817$ (μοντέλο με 15 κρυμμένα νεύρα), εκτός από το μοντέλο με 12 κρυμμένα νεύρα. Οι αξίες του R δεν έχουν σημαντικές αλλαγές για κάθε περίπτωση όταν προσθέτονται περισσότερα νεύρα στα κρυμμένα στρώματα.

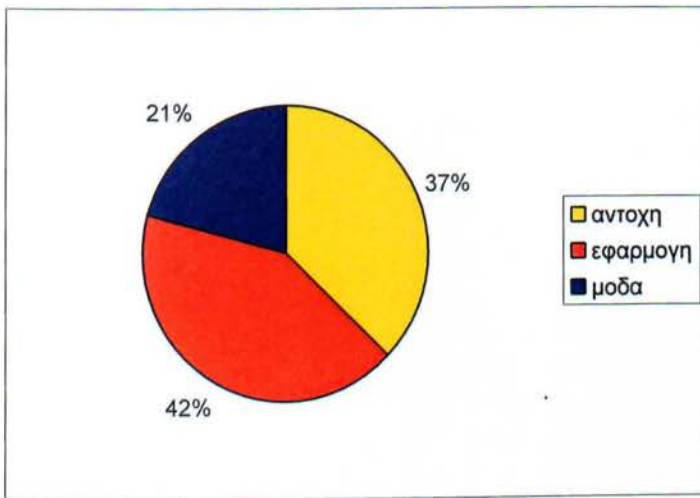
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Για το πειραματικό μέρος της πτυχιακής εργασίας συντάχθηκε ένα ερωτηματολόγιο που απευθυνόταν σε νεαρές γυναίκες. Σκοπός του ήταν να διευκρινισθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τις επιλογές των νεαρών γυναικών στην αγορά ενδυμάτων. Ο πληθυσμός στον οποίο απευθύνθηκε ήταν το 10% των ενεργών σπουδαστριών του Τ.Ε.Ι. Πειραιά. Οι συνολικές ενεργές σπουδάστριες για αυτό το εξάμηνο (εαρινό 2012) είναι 6664 σύμφωνα με την μηχανογράφηση του Τ.Ε.Ι. Πειραιά. Οι ερωτηθέντες κλήθηκαν να απαντήσουν σε 8 ερωτήσεις:

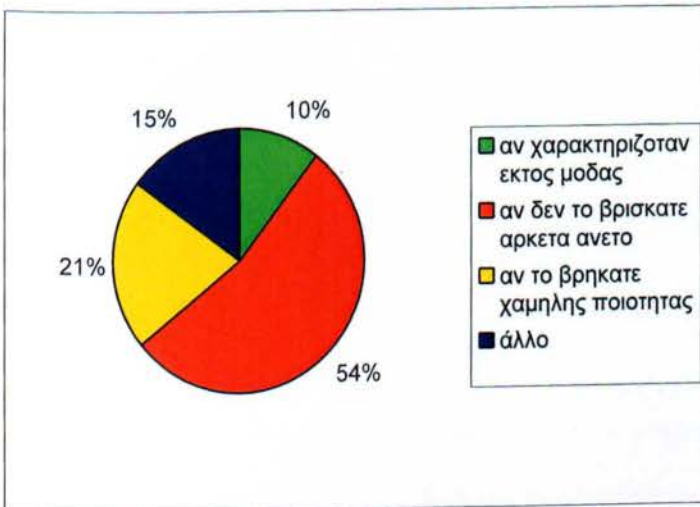
1) Ποιο είναι το κυριότερο κριτήριο που επιλέγεται ρούχα;



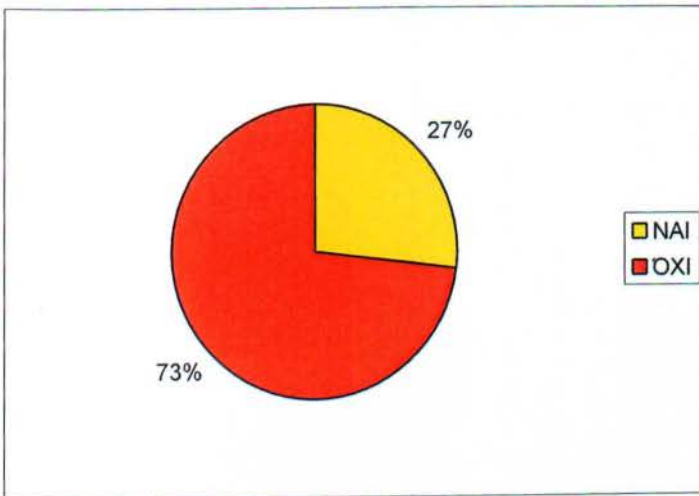
2) Για ποιον από τους παρακάτω λόγους θα ξοδεύατε περισσότερα χρήματα;



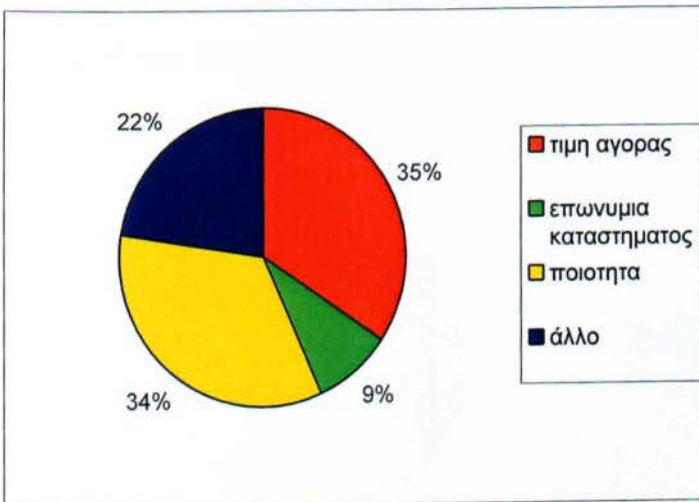
3) Ποιος θα ήταν ο λόγος που δεν θα φορούσατε ξανά κάποιο ρούχο που έχετε αγοράσει;



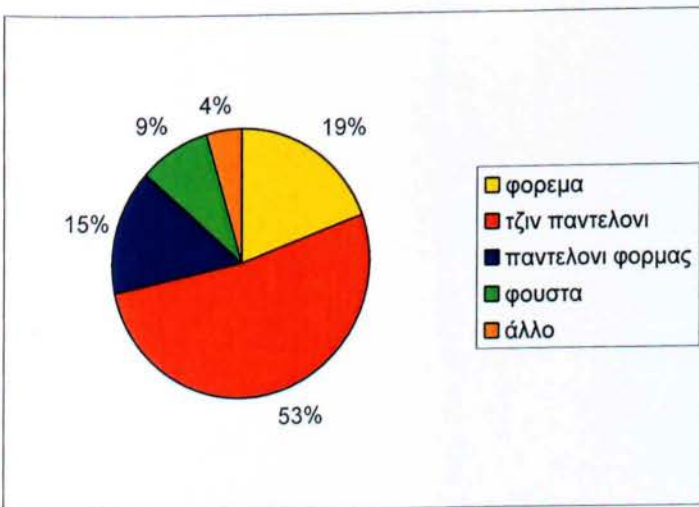
4) Υπάρχει κάποια συγκεκριμένη επωνυμία που προτιμάτε;



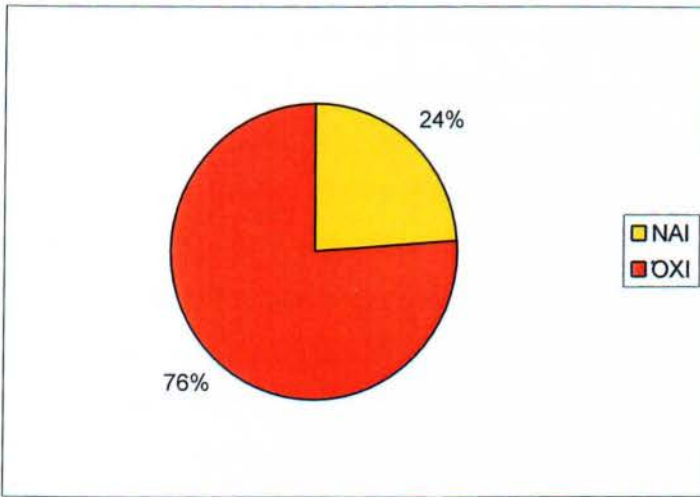
5) Με βάση ποια κριτήρια επιλέγεται καταστήματα για τις αγορές σας;



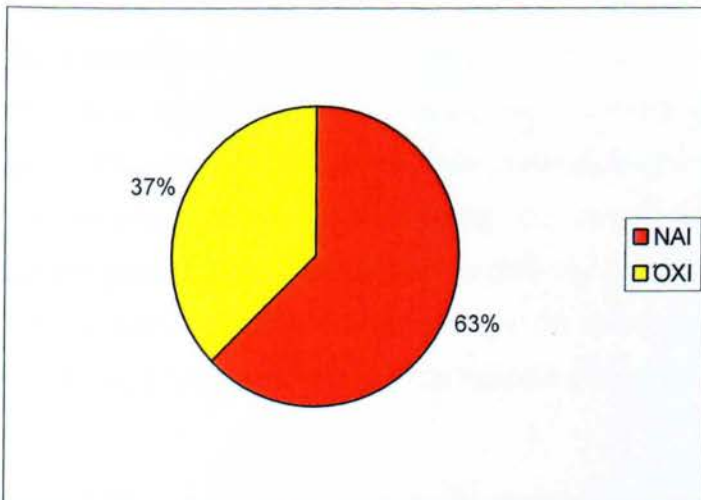
6) Ποιο είδος ρούχου σας βολεύει καλύτερα;



7) Θα αγοράζατε κάποιο ρούχο μόνο επειδή κατασκευάστηκε από γνωστό οίκο;



8) Επηρεάζει η μόδα τον τρόπο που ντύνεστε;



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι το κυριότερο κριτήριο επιλογής ρούχων είναι η άνεση με διαφορά, δεύτερο είναι το κόστος και τρίτη η μόδα. Το μεγαλύτερο μέρος των ερωτηθέντων θα ξόδευε περισσότερα χρήματα για την εφαρμογή, αφήνοντας δεύτερη την αντοχή και στο τέλος την μόδα. Περισσότερες από τις μισές νεαρές γυναίκες που ερωτήθηκαν δεν θα φορούσαν ξανά κάποιο ρούχο που έχουν αγοράσει επειδή δεν το βρίσκουν αρκετά άνετο, η ποιότητα του ρούχου έρχεται δεύτερη και η μόδα τελευταία, ωστόσο το 15% έχει κάποιο άλλο κριτήριο. Οι νεαρές γυναίκες δεν προτιμούν κάποια συγκεκριμένη επωνυμία στο μεγαλύτερο μέρος τους. Στην ερώτηση με ποια κριτήρια επιλέγουν καταστήματα για τις αγορές τους η τιμή αγοράς και η ποιότητα είναι πολύ κοντά αλλά η τιμή αγοράς υπερισχύει, η επωνυμία του καταστήματος έρχεται τελευταία, ενώ το ποσοστό που επιλέγει με άλλο κριτήριο καταστήματα είναι 22% (π.χ. με βάση την περιοχή που μένουν). Το 53% θεωρεί ως το πιο βολικό ρούχο το τζιν παντελόνι, ακολουθούν το φόρεμα, το παντελόνι φόρμας και τέλος κάποιο άλλο είδος ρούχου. Το μεγαλύτερο μέρος των ερωτηθέντων δεν θα αγόραζε κάποιο ρούχο λόγω της επωνυμίας του, αν και οι νεαρές γυναίκες σε ένα αρκετά μεγάλο βαθμό επηρεάζονται από την μόδα στον τρόπο που ντύνονται. Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι το κόστος και η ποιότητα παίζουν σημαντικό ρόλο στις επιλογές των νεαρών γυναικών.

- ¹ C.P. Yaglou and W.E. Miller. Effective Temperature with Clothing. Trans. Amer. Soc. Heat Vent. Egn. Assoc., 1925,31,89.
- ² F.H. Rohles. The Measurement and Prediction of Thermal Comfort. ASHRAE, 1967,118,98-114.
- ³ A.P. Gagge, J.A.J. Stolwijk, and J.D. Hardy. Comfort and Thermal Sensations and Associated Physiological Responses at Various Ambient Temperatures. Environmental Res., 1967,1-20.
- ⁴ A.P. Gagge, J.A.J. Stolwijk and B. Saltin. Comfort and Thermal Sensations and Associated Physiological Responses during Exercise at Various Ambient Temperatures. Environmental Res., 1969, 209-229.
- ⁵ H. Hensel, Thermoreception and Temperature Regulation. Academic Press, New York, NY, USA,1981.
- ⁶ E.C. Cartere and M.P. Friedman. Handbook of Perception: Psychological Judgment and Measurement, vol.2. Academic press, London, UK, 1973.
- ⁷ E.C. Cartere and M.P. Friedman. Handbook of Perception: Biology of Perception System. Academic Press, London, UK, 1974.
- ⁸ P.E. McNall, J. Jaax, F.H. Rohles, and W.E. Springer. Thermal Comfort (Thermal Neutral) Conditions for Three Levels of Activity. ASHRAE Transactions, 1967,73.
- ⁹ P.O. Fanger. Thermal Comfort, Danish Technical Press, Copenhagen, Denmark, 1970.
- ¹⁰ A.P. Gagge. J.A.J. Stolwijk, and Y. Nishi. An Effective Temperature Scale based on a Simple Model of Human Physiological Regulatory Response. ASHRAE Trans., 1971, 77, 247-262.
- ¹¹ A.P. Gagge. Rational Temperature Indices of Man's Thermal Environment and their use with a 2-node Model of his Temperature Regulation. Fed. Proc., 1973,32,1572-1582.
- ¹² A.P. Gagge, A.Fobelets, and L.G. Berglund. A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment. ASHRAE Trans., 1986, vol. 2B.
- ¹³ H.Hensel. Thermoreception and Temperature Regulation. Academic Press, New York, NY,USA,1981.
- ¹⁴ A.P. Gagge. J.A.J. Stolwijk, and Y. Nishi. An Effective Temperature Scale based on a Simple Model of Human Physiological Regulatory Response. ASHRAE Trans., 1971, 77, 247-262.
- ¹⁵ A.P. Gagge, A.Fobelets, and L.G. Berglund. A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment. ASHRAE Trans., 1986, vol. 2B.
- ¹⁶ A.P. Gagge, A.Fobelets, and L.G. Berglund. A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment. ASHRAE Trans., 1986, vol. 2B.
- ¹⁷ H.G. David. The Buffering Action of Hygroscopic Clothing. Text Res. J., 1964,34,814-816.
- ¹⁸ I.M. Stuart, A.M. Schneider, and T.R. Turner. Perception of the Heat of Sorption of Wool. Text. Res. J.,1989,59,324-329.
- ¹⁹ R.J. deDear, H.N. Knudsen, and P.O. Fanger. Impact of Air Humidity on Thermal Comfort during Step-changes. ASHRAE Trans., 1989,95,336-350.
- ²⁰ A. Shitzer and J.C. Chato. Thermal Interaction with Garments, in Heat Transfer in Medicine and Biology, Volume 1: Analysis and Applications, (eds. A. Shitzer and R.C. Eberhart) Plenum Press, New York, NY, USA, 1985.
- ²¹ B.W. Jones, M. Ito, and E.A. McCullough. Transient Thermal Responses of Clothing Systems, Proc. Int. Conf. Environ. Ergonomics-IV, Austin, Texas, USA, 1990.
- ²² Y. Li and B.V. Holcombe. Mathematical Simulation of Heat and Mass Transfer in Human-Clothing-Environment System. Text. Res. J.,1998,67,5,389-397
- ²³ Umbach, K.H. (1988), Physiological tests and evaluation models for the optimization of the performance of protective clothing, in , Environmental Ergonomics, Mekjavic, I.B., (Eds) Taylor & Francis, New York/London 139-161.
- ²⁴ Kawabata, S., Niwa, M. and Sakaguchi, H. Application of the new thermal tester (thermolabo) to the evolution of clothing comfort, objective measurement application to product design and process control, Kawabata, S. Postle, R. and Niwa, M.Eds., Journal of Textile Machinery Society of Japan.
- ²⁵ Woodcock, A.H. Moisture transfer in textile systems, Part I, Textile Research Journal, Vol. 32,628-633.
- ²⁶ Woodcock, A.H. Moisture transfer in textile systems, Part I, Textile Research Journal, Vol. 32,719-723.
- ²⁷ R.K. Garnsworthy, R.L. Gully, P. Kennis, R.J. Mayfield and R.A. Westerman, Identification of the Physical Stimulus and the Neural Basis of Fabric-evoked Prickle. J. Neurophysiology, 1988,59,1083-1097.
- ²⁸ M. Matsudaira, J.D. Watt, and G.A. Carnaby. Measurement of the Surface Prickle of Fabrics. Part I: The Evaluation of Potential Objective Methods. J. Text. Inst., 1990,81,288-299.

- ²⁹ C.J. Veitch and G.R.S. Naylor. The Mechanism of Fiber Buckling in Relation to Fabric-evoked Prickle. *Wool Technol. Sheep Breeding*, 1992,40,14-18.
- ³⁰ M. Matsudaira, J.D. Watt and G.A. Carnaby. Measurement of the Surface Prickle of Fabrics. Part II: Some Effects of Finishing on fabric Prickle. *J.Text. Inst.*, 1990,81,300-309.
- ³¹ G.R.S. Naylor. The role of Coarse Fibers in Fabric Prickle using Blended Acrylic Fibers of Different Diameters. *Wool Technol. Sheep Breeding*, 1992,40,14-18.
- ³² G.R.S. Naylor, D.G. Phillips, and C.J. Veitch. Fabric-evoked Prickle in Worsted Spun Single Jersey Fabrics. Part I: The Role of Fiber and Diameter Characteristics. *Text. Res. J.*, 1997,67,288-295.
- ³³ P. Kennis. The Cause of Prickle and the Effect of some Fabric Construction Parameters on Prickle Sensations. *Wool Technol. Sheep Breeding*, 1992, 40,19-24.
- ³⁴ Y. Li and J. Keiffley. Relation between Fiber, Yarn, Fabric Mechanical Properties, and Subjective Sensory Responses in Wear Trials. Presented at the 3rd Int. Conf. on Ergonomics, Helsinki, Finland, 1998.
- ³⁵ Y. Li. The objective Assessment of Comfort of Knitted Sportswear in Relation to Psycho-Physiological Sensory Studies, Dept. of Textile Industries. The Univ. of Leeds, Leeds, UK, 1988, Ph.D Thesis.
- ³⁶ H.M. Elder, S. Fisher, K. Armstrong, and G. Hutchison. Fabric Stiffness, Handle, and Flexion. *J. Text. Inst.*, 1984,75,99-106.
- ³⁷ H.M. Elder. Fabric Stiffness. *J. Text. Inst.*, 1984,75,307-311.
- ³⁸ H.M. Elder, S. Fisher, G. Hutchison, and S. Beattie. A Physiological Scale for Fabric Stiffness. *J. Text. Inst.*, 1985,76,442.
- ³⁹ S Kawabata and M. Niwa. Fabric Performance in Clothing and Clothing Manufacture. *J. Text. Inst.*, 1989,80,19.
- ⁴⁰ J.H. Hu, W X. Chen and A. Newton. A Physiological Model of Objective Hand Evaluation: An Application of Stevens' Law. *J. Text. Inst.*, 1993,84,354-363.
- ⁴¹ D.P. Bishop. Fabrics: Sensory and Mechanical Properties. *Text. Progress*, 1996,26,1-62.
- ⁴² Y. Li The objective Assessment of Comfort of Knitted Sportswear in Relation to Psycho-Physiological Sensory Studies, Dept. of Textile Industries. The Univ. of Leeds, Leeds, UK, 1988, Ph.D Thesis.
- ⁴³ F.T. Pierce. The Handle of Cloth as a Measurable Quantity. *J. Text. Inst.*, 1930,21,T377.
- ⁴⁴ W.S. Howorth. The Handle of Suiting, Lingerie, and Dress Fabric. *J. Text. Inst.*, 1964,55,T251-260.
- ⁴⁵ H.M. Elder, S. Fisher, K. Armstrong, and G. Hutchison. Fabric Stiffness, Handle, and Compression. *J. Text. Inst.*, 1984,75,37-46.
- ⁴⁶ J.H. Hu, W X. Chen and A. Newton. A Physiological Model of Objective Hand Evaluation: An Application of Stevens' Law. *J. Text. Inst.*, 1993,84,354-363.
- ⁴⁷ D.P. Bishop. Fabrics: Sensory and Mechanical Properties. *Text. Progress*, 1996,26,1-62.
- ⁴⁸ Y. Li. The objective Assessment of Comfort of Knitted Sportswear in Relation to Psycho-Physiological Sensory Studies, Dept. of Textile Industries. The Univ. of Leeds, Leeds, UK, 1988, Ph.D Thesis.
- ⁴⁹ F.W. Behmann. Tests on the Roughness of Textile Surfaces. *Melliand Textilber.*, 1990,71,438-440 and E199-200.
- ⁵⁰ Y. Li. The objective Assessment of Comfort of Knitted Sportswear in Relation to Psycho-Physiological Sensory Studies, Dept. of Textile Industries. The Univ. of Leeds, Leeds, UK, 1988, Ph.D Thesis.
- ⁵¹ N. Ito. The Relation Among the Biaxial Extension Properties of Girdle. *Sen-i Seihin Shohi Kagaku*, 1995,36,102-109.
- ⁵² D.P. Bishop. Fabrics: Sensory and Mechanical Properties. *Text. Progress*, 1996,26,1-62.
- ⁵³ J.H. Hu, W X. Chen and A. Newton. A Physiological Model of Objective Hand Evaluation: An Application of Stevens' Law. *J. Text. Inst.*, 1993,84,354-363.
- ⁵⁴ J.O. Ajavi. Fabric Smoothness Friction and Handle. *Text. Res. J.*, 1992,62,52-59.
- ⁵⁵ R.B. Ramgulum, J. Amirbayat, and I. Porat. Measurement of Fabric Roughness by a Non-contact Method. *J. Text. Inst.*, 1993,84,99-106.
- ⁵⁶ C.A. Wilson and R.M. Laing. The Effect of Wool Fiber Variables on Tactile Characteristics of Homogenous Woven Fabrics. *Cloth. Text. Res. J.*, 1995,13,208-212.
- ⁵⁷ W.J. Kirk and S.M. Ibrahim. Fundamental Relationship of Fabric Extensibility to Anthropometric Requirements and Garment Performance. *Text. Res. J.*, 1966,57,37-47.
- ⁵⁸ M.J. Denton. Fit, Stretch, and Comfort. Presented at 3rd Shirley Int. Seminar: Textiles for Comfort, Manchester, UK, 1970.
- ⁵⁹ E.M. Growthier. Comfort and Fit in 100% Cotton-Denim Jeans. *J. Text. Inst.*, 1985,323-338.

- ⁶⁰ M. Rutten. *Zeissdinfth Orthop. & Ihre Erezugebiete*, 1978, 13, 176.
- ⁶¹ E.M. Growther. *Comfort and Fit in 100% Cotton-Denim Jeans*. *J. Text. Inst.*, 1985, 323-338.
- ⁶² K.H. Umbach, *Physiological tests and evaluation models for the optimization of the performance of protective clothing*, in *Environmental Ergonomics*, Mekjavic, I.B., Eds Taylor & Francis, New York/London, 1970, 139-161.
- ⁶³ S. Kawabata. *The Development of the Objective Measurement of Fabric Handle*, Proc. Of 1st Japan-Australia Symp. On Objective Specification of Fabric Quality, Mechanical Properties, and Performance, Osaka, Japan, 1982.
- ⁶⁴ S. Kawabata. *Characterization Method of the Physical Properties of Fabric and the Measuring System for Hand-feeling Evaluation*. *J. Text. Mach. Soc.*, Japan, 1973, 26, 721-728.
- ⁶⁵ S. Kawabata. *The Development of the Objective Measurement of Fabric Handle*, Proc. Of 1st Japan-Australia Symp. On Objective Specification of Fabric Quality, Mechanical Properties, and Performance, Osaka, Japan, 1982.
- ⁶⁶ J.L. Hu, W.X. Chen, and A. Newton. *A Physiological Model For Objective Hand Evaluation: An Application of Stevens' Law*. *J. Text. Inst.*, 1993, 84, 354-363.
- ⁶⁷ P.O. Fanger. *Thermal Comfort*, Danish Technical Press, Copenhagen, Denmark, 1970.
- ⁶⁸ A.P. Gagge, J.A.J. Stolwijk, and Y. Nishi. *An Effective Temperature Scale based on a simple Model of Human Physiological Regulatory Response*. *ASHRAE Trans.*, 1971, 77, 247-262.
- ⁶⁹ A.P. Gagge. *Rational Temperature Indices of Man's Thermal Environment and their use with a 2-node Model of his Temperature Regulation*. *Fed. Proc.*, 1973, 32, 1572-1582.
- ⁷⁰ A.P. Gagge, A. Fobelets, and L.G. Berglund. *A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment*. *ASHRAE Trans.*, 1986, vol. 2B.
- ⁷¹ Y. Li and B.V. Holcombe. *Mathematical Simulation of Heat and Mass Transfer in Human-Clothing-Environment System*. *Text. Res. J.*, 1998, 67, 5, 389-397.
- ⁷² K.H. Umbach. *Methods of Measurement for Testing Physiological Requirements of Civilian, Work and Protective Clothing and Uniforms*. *Melliand textilber.*, 1987, 68, 857-865.
- ⁷³ L. Vollrath and H. Martin. *Relationships between the Sensory Judgments of the Skin Contact Behavior of Fabrics and Laboratory Testing of Properties*. *Textiltechnik*.
- ⁷⁴ Y. Li. *The Objective Assessment of Comfort of Knitted Sportswear in Relation to Psycho-Physiological Sensory Studies*, Dept. of Textile Industries. The Univ. of Leeds, UK, 1988, Ph.D Thesis.
- ⁷⁵ Y. Li. *The Objective Assessment of Comfort of Knitted Sportswear in Relation to Psycho-Physiological Sensory Studies*, Dept. of Textile Industries. The Univ. of Leeds, UK, 1988, Ph.D Thesis.
- ⁷⁶ Y. Li, J.H. Keighley, J.E. McIntyre, and I.F.G. Hampton. *Predictability Between Objective Physical Factors of Fabrics and Subjective Preference Votes for Derived Garments*. *J. Text. Inst.*, 1991, 82, 277-284.
- ⁷⁷ H. J. Scheffe, *Am. Stat. Assoc.*, 1952, 47, 281.
- ⁷⁸ J.F. Fuzek, R.L. Ammons. Chapter 9 of *Hollies and Goldman, Clothing Comfort*, Ann Arbor Publishers, Ann Arbor, M.I., 1977.
- ⁷⁹ J.J. Shashoria, *Polym. Sci.*, 1958, 33, 65.
- ⁸⁰ D. Graupe, *Advanced Series on Circuits and Systems*, World Scientific, 1997.
- ⁸¹ P.D. Wasserman, *Van Nostrand Reinhold*, 1993.
- ⁸² H. Abdi, D. Valentin, and B. Edelman, *Quantitative Applications in the Social Science*, SAGE University Paper, 1999.
- ⁸³ Y. Lee, S. Oh, and M. Kim, *The Effect of Initial Weights on Premature Saturation in Back-Propagation Learning*, in *Proc. International Joint Conference on Neural Networks*, 1991, 765-770.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Roger L. Barker, From fabric hand to thermal comfort: the evolving role of objective measurements in explaining human comfort response to textiles, International Journal of Clothing Science and technology Vol.14, Center for Research on Textile Protection and Comfort, North Carolina State University College of Textiles, NC, USA, 2002.
- John F. Fuzek, Some Factors Affecting the Comfort Assessment on Knit T-Shirts, IV Symposium on Textile Comfort, 179th National Meeting of the American Chemical Society Houston, Texas, 1980.
- A.S.W. Wong, Y. Li, P.K.W. Yeung and P.W.H. Lee, Neural Network Predictions of Human Psychological Perceptions of Clothing Sensory Comfort, Textile Research Journal, 2003.
- Y. Li, The science of clothing comfort: a critical appreciation of recent developments, Layton J.M, Manchester: The textile Institute, 2001.

