

Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Ειδίκευσης:  
Σχεδίαση Διαδραστικών και Βιομηχανικών Προϊόντων & Συστημάτων

Διπλωματική Εργασία με Θέμα:

# Η Αναγνώριση των Προβλημάτων Κατά τη Μεταφορά Φορτίου στην Ορειβάσια Και η Προσπάθεια Λύσης τους.

Φοιτητής:  
Δημήτριος Διάφας (dpsdm04003)

Επιβλέπων Διδάσκων:  
Κωνσταντίνος Χούρσογλου



Ευχαριστώ θερμά τους Διδάσκοντες κο Κωνσταντίνο Χούρσογλου και κο Δημήτριο Ναθαναήλ για την πολύτιμη καθοδήγησή τους κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσης εργασίας καθώς και το Λέκτορα κο Δημήτριο Λέκκα για τη συμμετοχή του στην τριμελή επιτροπή εξέτασης της διπλωματικής.

## Πίνακας Περιεχομένων

1. Προβληματικός χώρος .....	3
1.1 Εισαγωγή.....	3
1.2 Συμπεράσματα.....	6
1.3 Προτάσεις λύσεων .....	7
1.4 Προβληματισμοί.....	7
2. Εργονομική και εμβιομηχανική ανάλυση .....	8
2.1 Αρχική ανάλυση.....	8
2.1.1 Συμπεράσματα .....	11
2.2 Βασική ανάλυση.....	12
3. Έρευνα αγοράς.....	21
3.1 Εργονομικά χαρακτηριστικά μεταφοράς φορτίου: .....	21
3.2 Χαρακτηριστικά διαχείρισης φορτίου:.....	26
3.3 Συμπεράσματα.....	28
4. Brief Σχεδίασης.....	29
4.1 Πληροφόρηση περί του προβλήματος .....	29
4.2 Υπάρχουσα κατάσταση.....	30
4.3 Επιθυμητές προδιαγραφές .....	33
4.4 Ιδέες .....	34
5. Διαδικασία εφαρμογής λύσεων μέσω σχεδίασης.....	35
5.1 Σχεδιαστικό Concept .....	36
5.1.1 Περιγραφή: χρήση και πρωτεύουσες λειτουργίες .....	36
5.1.2 Δευτερεύουσες λειτουργίες .....	37
5.1.3 Περιβάλλον χρήσης.....	37
5.1.4 Χρήστες .....	37
5.1.4 Υλικά κατασκευής .....	38
5.1.5 Ελεύθερη Σχεδίαση (σκίτσα), Τρισδιάστατες Απεικονίσεις και Κατασκευαστικά Σχέδια .....	40
6. Βιβλιογραφικές Αναφορές .....	41

# 1. Προβληματικός χώρος

## 1.1 Εισαγωγή

Η ορειβασία είναι δημοφιλής απασχόληση, ιδιαίτερα στις χώρες του δυτικού κόσμου. Αποτελεί μορφή τουρισμού και ψυχαγωγικής δραστηριότητας αλλά και μορφή σωματικής άσκησης. Χαίρει ιδιαίτερης εκτίμησης, ειδικά μετά την αναγνώριση των οφελών από το βάδισμα.

Περιγράφεται σαν ομαδική δραστηριότητα (Lobb et al., 2004) και απαιτεί ένα ελάχιστο βαθμό εμπειρίας προκειμένου να συμμετέχει κάποιος. Επίσης προσφέρει άμεση επαφή με το φυσικό περιβάλλον.

Απαιτεί πολύ καλή αν όχι άψογη, φυσική και νοητική κατάσταση, ενώ ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι συνήθως υψηλής ποιότητας.

Ωστόσο συνδέεται άμεσα με την πολύωρη μεταφορά φορτίου στην πλάτη, η οποία έχει ψυχολογικές αλλά και σωματικές κυρίως επιπτώσεις (πλάτη, μέση, γόνατα, αστράγαλους, πέλματα) στους συμμετέχοντες κατά τη διάρκεια της διαδικασίας (Lobb et al., 2004). Η ελάφρυνση του φορτίου (αλλά όχι και η μείωση του απαραίτητου εξοπλισμού), και η μείωση των τραυματισμών καθιστά την ορειβασία ακόμα πιο ψυχαγωγική εμπειρία.

Το φορτίο φέρει τα απαραίτητα εφόδια που θα εξασφαλίσουν τη διαβίωση των συμμετεχόντων στις εκάστοτε συνθήκες, για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.

Δεδομένων των συνθηκών που επικρατούν σε περιοχές με μεγάλα υψόμετρα, η αναγνώριση των επικίνδυνων παραγόντων και η πρόταση αντίμετρων για το παραπάνω πρόβλημα είναι επιθυμητές.

Προς αυτή τη κατεύθυνση, η παρούσα διπλωματική εργασία σκοπεύει να αναγνωρίσει τα προβλήματα και ειδικότερα να εξετάσει τις υπάρχουσες λύσεις και να προσεγγίσει εναλλακτικούς τρόπους αντιμετώπισης αυτών.

Το παραπάνω πεδίο παρουσιάζει ακόμα μεγαλύτερο ενδιαφέρον αν συνυπολογιστεί το γεγονός ότι υπάρχουν άνθρωποι με μεγάλο ενδιαφέρον για την εν λόγω δραστηριότητα που αναγκάστηκαν να διακόψουν ή να περιορίσουν τη συχνότητα των εξορμήσεών τους λόγω ορθοπεδικών ή άλλων προβλημάτων.

Όσον αφορά το φορτίο ο κύριος παράγοντας επιτυχίας του ανθρώπινου σώματος στη μεταφορά αυτού, είναι η ικανότητά του να μεταφέρει αυτό χωρίς να προκαλούνται μεγάλες δυνάμεις. Ωστόσο αυτές που αναπτύσσονται δεν συνεισφέρουν άμεσα στην κατακόρυφη ανύψωση του φορτίου αλλά στην εξισορρόπηση και σταθεροποίησή του (Reid et al., 2004).

Πιθανοί παράγοντες που κρίνουν την ικανότητα μεταφοράς φορτίου είναι η ηλικία, τα ανθρωπομετρικά στοιχεία, η αερόβια και αναερόβια ισχύς, η μυϊκή δύναμη, ο σωματότυπος και το φύλο. Άλλοι σχετικοί παράγοντες είναι αυτοί που επιδρούν υποκειμενικά κατά τη μεταφορά του φορτίου και είναι οι διαστάσεις του, η κατανομή και τοποθέτηση του, εμβιομηχανικοί παράγοντες, η φύση του εδάφους και η κλίση του, το κλίμα και ο προστατευτικός ρουχισμός (Haisman et al., 1986, Ren et al., 2006).

Πιο αναλυτικά

Η μεταφορά φορτίου εμπεριέχει της εξής πτυχές που επηρεάζουν τον ορειβάτη (Knapic et al., 1996):

- Από την πλευρά της φυσιολογίας

Η παραπάνω πλευρά ασχολείται εκτενώς με την κατανάλωση ενέργειας κατά το βάδισμα με φορτίο. Η τελευταία συνδέεται άμεσα με την κατανομή αυτού, τη ταχύτητα βαδίσματος, το

Βάρος και τα χαρακτηριστικά του εδάφους (τύπος επιφάνειας και κλίση). Η επιθυμητή κατάσταση είναι το φορτίο να βρίσκεται όσο πιο κοντά γίνεται στο κέντρο βάρους του κορμού. Αυτό πετυχαίνεται καλύτερα με την κατανομή του φορτίου εμπρός αλλά και πίσω, με αποτέλεσμα χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Η μοντελοποίηση του βαδίσματος και της στάσης του σώματος έδειξε ότι το βάδισμα με σακίδια με εμπρός και πίσω πλευρές (τύπος γιλέκο) προσεγγίζει το βάδισμα δίχως φορτίο (Legg et al., 1985).

Το διπλό σακίδιο παρουσιάζει μικρότερες παρεκκλίσεις από το κανονικό βάδισμα, συμπεριλαμβάνοντας μικρότερη κλίση του κορμού προς τα εμπρός. Με τα συνηθισμένα σακίδια η κλίση του κορμού προς τα εμπρός είναι ακόμη πιο προφανής, όσο το φορτίο αυξάνεται. Επιπρόσθετα στο διπλό σακίδιο, η αύξηση του φορτίου προκαλεί μείωση στο μήκος του διασκελισμού και ακολούθως αύξηση στη συχνότητα του βήματος. Μικρό βήμα με μεγάλο φορτίο θεωρείται πιο επιθυμητή κατάσταση με αποτέλεσμα τη μείωση της καταπόνησης των οστών των κάτω άκρων. Στον αντίποδα, στην περίπτωση του σακιδίου πλάτης, το μήκος βήματος αυξάνεται όταν το φορτίο αυξάνεται, γεγονός που ευθύνεται για πιθανές βλαβερές καταστάσεις.

Ωστόσο η παρουσία φορτίου στο θώρακα μειώνει την ευκινησία, την αναπνευστική λειτουργία, και την εξάτμιση του ιδρώτα.

Επιπρόσθετα είναι πολύ πιο ακριβό, από άποψη κατανάλωσης ενέργειας, να μεταφέρονται φορτία στο κεφάλι, στους βραχίονες και στα κάτω άκρα από ότι όταν μεταφέρονται από τον κορμό, όπως στην περίπτωση του σακιδίου (Legg et al 1985).

Γενικά θα πρέπει να αποφεύγεται τα φορτία να μεταφέρονται από ομάδες μικρών μυών για την ελαχιστοποίηση της εξάντλησης αλλά και της τοπικής μυϊκής δυσφορίας και κούρασης (Legg et al., 1985).

- Από την πλευρά της έμβιομηχανικής (biomechanics)

Η παραπάνω πλευρά εστιάζει στη μελέτη της ανθρώπινης κίνησης με φορτίο.

Συγκεκριμένα ενώ σε φορτία μεγαλύτερα από το 50% της μάζας του σώματος, η διάρκεια της φάσης της στάσης κατά το βάδισμα (πέλμα στο έδαφος) δεν επηρεάζεται, η διάρκεια της φάσης αιώρησης του βαδίσματος (πέλμα στον αέρα) μειώνεται κατά την αύξηση του ρυθμού βαδίσματος (Knapic et al., 1996). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της διάρκειας της φάσης διπλής υποστήριξης (και τα δύο πέλματα στο έδαφος).

Η κλίση του κορμού προς τα εμπρός αυξάνεται σημαντικά με το φορτίο, γεγονός που βοηθά στην μετακίνηση του κέντρου βάρους του συστήματος σώμα-φορτίο πάνω από τα κάτω άκρα (Knapic et al., 1996).

Οι προσαρμογές υπό την επίδραση φορτίων αφορούν μεγαλύτερη κάμψη των γονάτων, μειωμένη πυελική περιστροφή (λεκάνη) και αύξηση του βαθμού κατά τον οποίο τα κάτω άκρα περιστρέφονται πάνω στο επίπεδο που ορίζεται από τον κορμό και γύρω από της άκρες των μεταταρσίων οστών (Knapic et al., 1996). Το τελευταίο πιθανώς να είναι επικίνδυνο αλλά μπορεί να εξαιρεθεί με μείωση του μήκους βήματος.

Η χρήση μικρότερου μήκους βήματος (και συνεπώς μεγαλύτερης συχνότητας βαδίσματος) έχει προταθεί για τη διατήρηση της φυσιολογικού ρυθμού ωστόσο υπάρχουν αμφιβολίες στο ότι αν γίνονται τέτοιες προσαρμογές κατά την διάρκεια της πεζοπορίας (Knapic et al., 1996).

Η μεταφορά φορτίου προκαλεί το σώμα να κλίνει μπροστά πάνω από τους αστραγάλους για να μεταφερθεί το κέντρο βάρους του συστήματος φορτίο-σώμα πάνω από τα κάτω άκρα. Όταν η μάζα του φορτίου βρίσκεται χαμηλά στο σακίδιο ο κορμός κλίνει πάνω από το πρώτο μισό των κάτω άκρων γεγονός που αυξάνει τον κίνδυνο τραυματισμού σε αυτό το σημείο. Από την άλλη πλευρά η τοποθέτηση του φορτίου ψηλά στο σακίδιο τείνει να αποσταθεροποιεί τη φυσιολογική στάση του σώματος ακόμη περισσότερο και ειδικά σε ψηλά άτομα. Έχει διατυπωθεί η άποψη ότι η τοποθέτηση φορτίου χαμηλά ενδείκνυται για

σταθερότητα σε ανώμαλο έδαφος, ενώ η τοποθέτηση του φορτίου ψηλά στο σακίδιο βοηθά σε ομαλά εδάφη γιατί έτσι προσεγγίζεται η στάση του σώματος χωρίς φορτίο. Ενώ και οι δύο τοποθετήσεις κλίνουν τον κορμό εμπρός, το φαινόμενο στην τοποθέτηση φορτίου χαμηλά είναι εντονότερο διότι αυτό βρίσκεται πιο κοντά στους αστραγάλους, απαιτώντας μεγαλύτερη περιστροφή του κορμού για να μεταφερθεί το κέντρο βάρους πάνω από τα κάτω άκρα. Τελικά η πιο ενδεδειγμένη θέση του φορτίου είναι στη μέση της πλάτης (Knapic et al., 1996).

Επίσης στα υπάρχοντα συστήματα μεταφοράς φορτίου υπάρχουν και οι πλευρικές κινήσεις αυτού κατά το βάδισμα που προκαλούνται από τις μικρές συστροφές του κορμού και τις κινήσεις των χεριών για εξασφάλιση της δυναμικής ισορροπίας του σώματος και εξαρτώνται από το κέντρο βάρους του φορτίου κατά το διάμεσο επίπεδο (που διαχωρίζει το σώμα σε δεξί και αριστερό μέρος).

Σε σύγκριση με τους άνδρες, οι γυναίκες παρουσιάζουν μικρότερο μήκος βήματος και μεγαλύτερη συχνότητα. Το μήκος βήματος των γυναικών μειώνεται με αυξανόμενο βάρος. Στους άνδρες η διαφορά αυτή είναι πολύ μικρή. Οι γυναίκες παρουσιάζουν έντονη γραμμική αύξηση της διπλής στήριξης (και τα δύο πέλματα στο έδαφος) (Knapic et al., 1996).

- Από την πλευρά της ιατρικής

Από την πλευρά αυτή εξετάζονται οι ιατρικές επιπτώσεις της μεταφοράς φορτίου στον άνθρωπο.

#### Metatarsalgia

Με τον όρο αυτό περιγράφονται οι απροσδιόριστου τύπου επίπονες και τραυματικές καταστάσεις από την καταπόνηση των κάτω άκρων (Knapic et al., 1996). Το περπάτημα με μεγάλα φορτία αποτελεί παράγοντα εμφάνισης της κατάστασης, εφ' όσον αυτό μπορεί να προκαλέσει το κάτω άκρο να περιστραφεί γύρω από τα άκρα των μεταταρσίων οστών για παρατεταμένες χρονικές περιόδους, με αποτέλεσμα μεγάλη μηχανική καταπόνηση στο σημείο αυτό (Knapic et al., 1996).

#### Κατάγματα καταπόνησης

Παράγοντες κινδύνου για αυτή την κατάσταση αποτελούν το φύλο, η εθνικότητα, η ηλικία, και προηγούμενη φυσική αδράνεια. Άλλοι παράγοντες, η απόσταση και διάρκεια μεταφοράς του φορτίου και το στυλ βαδίσματος (Knapic et al., 1996).

#### Τραυματισμοί πλάτης

Οι τραυματισμοί στην πλάτη αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα στη μεταφορά φορτίου (Knapic et al., 1996). Είναι δύσκολο να καθοριστεί η προέλευσή τους καθώς ο πόνος μπορεί να προέρχεται από τραύμα μιας ποικιλίας δομών όπως οι μεσοσπονδύλιοι δίσκοι, οι σύνδεσμοι, τα νεύρα και οι μύες της περιοχής (Knapic et al., 1996).

Τα μεγάλα φορτία αποτελούν παράγοντα κινδύνου. Αυτό συμβαίνει γιατί οδηγούν σε αλλαγές της γωνίας του κορμού, γεγονός που καταπονεί τους μύες της πλάτης ή γιατί τα μεγάλα φορτία δεν κινούνται συγχρονισμένα σε σχέση με τον κορμό προκαλώντας κυκλική καταπόνηση των μυών και των συνδέσμων της σπονδυλικής στήλης (Knapic et al., 1996).

#### Rucksack Palsy

Με τον όρο αυτό περιγράφεται η κατάσταση σύμφωνα με την οποία προκαλείται τραύμα το οποίο καθιστά ανίκανο το άτομο να μεταφέρει σακίδιο (Knapic et al., 1996). Η συχνότητα εμφάνισης της κατάστασης είναι μεγάλη. Γίνεται η υπόθεση ότι οι ιμάντες ώμου (shoulder straps) προκαλούν τραύμα από τριβή και σύρσιμο των C5 και C6 ριζών των νεύρων στο πάνω βραχιόνιο πλέγμα. Σε κάποιες περιπτώσεις η συμπίεση επιφέρει παγίδευση του μεγάλου θωρακικού νεύρου. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν μούδιασμα, παράλυση, κράμπες και μικρούς πόνους στο περιζώμα του ώμου, τους καμπτήρες των αγκώνων και

τους εκτείνοντες του καρπού. Κναισθητικές δυσλειτουργίες από την παραπάνω κατάσταση είναι συνήθως προσωρινές αλλά σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να καταλήξουν σε χρόνιες καταστάσεις (Knapic et al., 1996).

Ενδείκνυται η χρήση σακιδίων με πλαίσιο στήριξης φορτίου και ζώνη μέσης για την αποφυγή δυσάρεστων καταστάσεων (Knapic et al., 1996).

### Τοπική δυσφορία και τοπική εξάντληση

Η στατική και δυναμική μυϊκή προσπάθεια που πραγματοποιείται για την αντιμετώπιση του φορτίου απαιτεί σημαντική ενεργειακή κατανάλωση και οδηγεί σε αυξημένη κόπωση (Knapic et al., 1996).

## 1.2 Συμπεράσματα

Ο δεσμός μεταξύ του φορτίου και του φορέα του είναι δυναμικής φύσης παρά στατικής λόγω των αδρανών ιδιοτήτων των σακιδίων και της ελαστικότητας των ιμάντων ώμου και του ιμάντα μέσης, γεγονός που οδηγεί στη σχετική κίνηση του σακιδίου-κορμού. Η κίνηση αυτή είναι αλληλεπιδραστική (Ren et al., 2004).

Η αύξηση της ευχέρειας κινήσεων των χαρακτηριστικών ανάρτησης προσφέρει σημαντικά έμβιο-μηχανικά πλεονεκτήματα (Ren et al., 2004). Οι ψηλές τιμές της κάθετης δύναμης που ασκεί το φορτίο και επιδρά στον κορμό και της αρθρώσεις των κάτω άκρων μετριάζονται. Αυτό μειώνει την πίεση των ιμάντων στους ώμους και τον κίνδυνο τραυματισμού από βαριά φορτία (Ren et al., 2004).

Ωστόσο μειώνοντας την ακαμψία του συστήματος ανάρτησης του σακιδίου έχει ως αποτέλεσμα την μετακίνηση του κέντρου βάρους του συστήματος κορμός-σακίδιο προς τους αστραγάλους και την εύκολη μετατόπιση του όγκου του σακιδίου, ειδικά σε ανισόπεδα και απότομα εδάφη (Ren et al., 2004).

Επίσης έρευνες έχουν δείξει ότι κατά τη μεταφορά φορτίου που αποτελεί το 40% της μάζας του ατόμου που το φέρει, αυξάνεται η ακαμψία των μυών προκειμένου να διατηρηθεί η προκαθορισμένη τροχιά του κέντρου βάρους. Αυτό έχει άμεσο αποτέλεσμα στο ενεργειακό κόστος που απαιτείται και το οποίο παρουσιάζεται αυξημένο (Holt et al., 2003).

Μια ακόμη διαπίστωση αφορά στο ότι με τη μεταφορά φορτίου μειώνεται η περιστροφή του θώρακα και της λεκάνης στο εγκάρσιο επίπεδο με αποτέλεσμα την αύξηση της διανυόμενης τροχιάς των γοφών. Ακολουθώς μειώνεται το μήκος διασκελισμού και αυξάνεται η συχνότητα αυτού (LaFiandra et al., 2003).

Όλα τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα την πρόσθετη καταπόνηση των εμπλεκόμενων μυών.

Συνοψίζοντας μπορεί να γίνει η παρακάτω κατηγοριοποίηση:

Αιτίες προβλημάτων από τη μεταφορά φορτίου:

- Μετατόπιση του κέντρου βάρους προς τα πίσω με αποτέλεσμα τη στροφή του κορμού προς τα εμπρός έτσι ώστε να επανέλθει αυτό στην αρχική του θέση (πάνω από τα κάτω άκρα) (Goh et al., 1998)
- Κλίση της σπονδυλικής στήλης αριστερά ή δεξιά λόγω ασύμμετρης κατανομής του φορτίου στο σακίδιο.
- Διαδοχικά συμβαίνουν τα εξής: μειώνεται η κάμψη των γονάτων, μειώνεται η περιστροφή της λεκάνης και του θώρακα και αυξάνεται η περιστροφή του ποδιού πάνω στο επίπεδο που ορίζεται από τον κορμό και γύρω από τις άκρες των μεταταρσίων οστών και αυξάνεται η τροχιά των γοφών, μια αρκετά επικίνδυνη κατάσταση. Διορθώνεται με τη μείωση του μήκους βήματος, που σημαίνει αύξηση της συχνότητας του βηματισμού. Ωστόσο δεν αποτελεί συνηθισμένη πρακτική των ορειβατών και αμελείται είτε εν αγνοία, είτε σκοπίμως (Knapic et al., 1996).

Αποτελέσματα από τη μεταφορά φορτίου (Boulware et al., 2003, Lobb et al., 2004):

- Κατάγματα, θλάσεις
- Τραυματισμοί μυών, συνδέσμων και δίσκων σπονδυλικής στήλης και πλάτης
- Ανικανότητα μεταφοράς φορτίου (χρόνιες καταστάσεις) λόγω πίεσης στους ώμους
- Τοπική δυσφορία και εξάντληση
- Τραυματισμοί μυών και αρθρώσεων των κάτω άκρων

### 1.3 Προτάσεις λύσεων

Μέσα από τη βιβλιογραφία παρουσιάζονται διάφορες προτάσεις για ευκολότερη μεταχείριση των μεταφερόμενων φορτίων με μικρότερες συνέπειες, από όλες τις πλευρές, για τους φορείς τους.

- Μείωση του συνολικά μεταφερόμενου φορτίου και βάρους (Knapic et al., 1996).
- Βελτιστοποίηση της κατανομής του φορτίου (Knapic et al., 1996).
- Τροποποίηση του μεταφερόμενου εξοπλισμού (Knapic et al., 1996).
- Διπλό σακίδιο (Legg et al 1985).
- Χρήση συστημάτων μεταφοράς με εξελιγμένα εργονομικά χαρακτηριστικά (Knapic et al., 1996).
- Χρήση μπατόν βαδίσματος (Haid et al., 1995)

### 1.4 Προβληματισμοί

Οι άνθρωποι που ασχολούνται με το άθλημα αναζητούν πρακτικές λύσεις στα προβλήματα. Οτιδήποτε αποτελεί αμφιλεγόμενη λύση (ακόμα ένα περιττό προϊόν που ακόμα χειρότερα αποτελεί και βάρος) είναι μη αποδεκτό.

Θα ήταν καλό να ενσωματώνονται και άλλες λειτουργίες έτσι ώστε να αυξάνεται η πρακτικότητα.

Αναζητούνται πραγματικές λύσεις που να λειτουργούν.

Ο κύριος προβληματισμός ερευνά το πόσο εύκολο είναι να αλλαχθεί ο τρόπος μεταφοράς του φορτίου ιδιαίτερα όταν είναι μεγάλο σε όγκο και βάρος. Η βιβλιογραφία προτείνει σαν την πιο ευνοϊκή θέση μεταφοράς των βαρύτερων αντικειμένων του φορτίου από άποψη εργονομίας, την κορυφή και τη μέση της πλάτης, όσο αφορά τον κατακόρυφο άξονα και όσο πιο κοντά γίνεται σε αυτή με σκοπό να έρθει το φορτίο κοντά στο κέντρο βάρους του σώματος (Knapic et al., 1996). Τα διπλά σακίδια (εμπρός και πίσω) αποτελούν μία καλή λύση αφού προσεγγίζουν τη στάση του σώματος χωρίς φορτίο και περιορίζουν τους κινδύνους τραυματισμού (Legg et al 1985).

Προβληματισμοί υπάρχουν και ως προς το βέλτιστο τρόπο ανάρτησης του φορτίου χρησιμοποιώντας ως βάση την ήδη υπάρχουσα λύση μεταφοράς φορτίου, διευκολύνοντας ακόμα περισσότερο τους χρήστες. Τα υπάρχοντα σακίδια διαθέτουν ήδη εξελιγμένα χαρακτηριστικά προς αυτόν τον τομέα χωρίς ωστόσο να λειτουργούν χωρίς κάποιες υποχωρήσεις από πλευράς χρήστη.



## 2. Εργονομική και εμβιομηχανική ανάλυση

Η παρούσα ανάλυση επιχειρεί να προσεγγίσει και να διευκρινίσει τους παράγοντες εκείνους που επιδρούν στο βάδισμα με φορτίο, καθώς και να συγκεκριμενοποιήσει όπως και να τεκμηριώσει ένα πλαίσιο διατύπωσης απαιτήσεων και λύσεων.

### 2.1 Αρχική ανάλυση

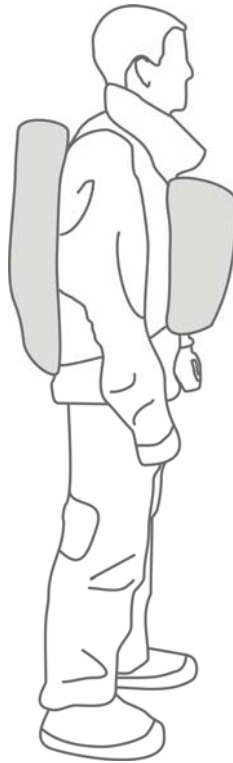
Στα πλαίσια αυτά, δόθηκε αρχικά ιδιαίτερη σημασία στα θετικά χαρακτηριστικά του διπλού σακιδίου (φορτίο στο στήθος και την πλάτη) που αναφέρονται παραπάνω. Αποτέλεσμα ήταν μια προκαταρκτική ανάλυση βασιζόμενη σε ανθρωπομετρικά στοιχεία, η οποία είχε στόχο να διερευνήσει τη δυνατότητα εφαρμογής της ιδέας και η οποία τελικά έδειξε ότι κάτι τέτοιο είναι μάλλον ανέφικτο, συνυπολογισμένων και των αρνητικών χαρακτηριστικών της όπως ο περιορισμός του οπτικού πεδίου του χρήστη, η εφίδρωση και ο περιορισμός κίνησης του στήθους.

Συνθήκες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάλυση:

- τα δεδομένα ελήφθησαν από το 5<sup>ο</sup> εκατοστημόριο (για τον μικρόσωμο άνδρα) για τον ελληνικό ανδρικό πληθυσμό έτσι ώστε να καλυφθεί το 95% αυτού.
- οι σάκοι μεταφοράς του φορτίου θεωρούνται ορθογωνικής διατομής
- θεωρείται όγκος φορτίου 45 λίτρων.
- Θεωρήθηκαν τρεις διαφοροποιήσεις κατανομής του φορτίου
  - Διαφοροποίηση α: Φορτίο 50% στην πλάτη και 50% στο στήθος
  - Διαφοροποίηση β: Φορτίο 60% στην πλάτη και 40% στο στήθος
  - Διαφοροποίηση γ: Φορτίο 66,6% στην πλάτη και 33,3% στο στήθος

**Διαφοροποίηση α (50% στην πλάτη, 50% στο στήθος):**

Έστω  $V_{ολ}=45 \text{ lt.}$  και  $V_{ολ}= V_{πλ} + V_{στ}$  όπου  $V_{πλ}$  είναι όγκος που μεταφέρεται στην πλάτη και  $V_{στ}$  είναι ο όγκος που μεταφέρεται στο στήθος. Επειδή θα πρέπει να είναι 50% στην πλάτη και 50% στο στήθος, θα έχουμε  $V_{πλ}=22,5 \text{ lit.}$  και  $V_{στ}=22,5 \text{ lit.}$



Εικόνα 1 - 50% στην πλάτη και 50% στο στήθος

Για την πλάτη:

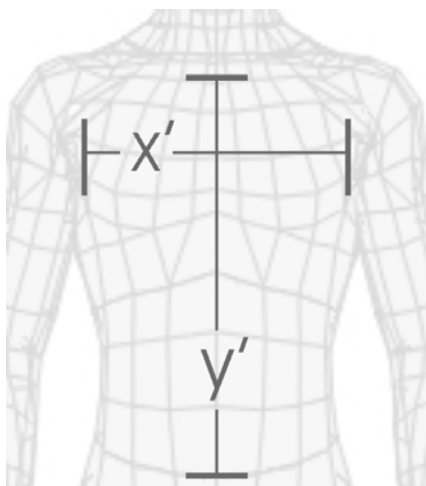
Έστω  $V_{πλ} = a \cdot b \cdot c$ , όπου  $a, b, c$  το μήκος, το πλάτος και το ύψος αντίστοιχα του χώρου που θα μεταφέρει το φορτίο (εφ' όσον θεωρήσαμε ότι ο όγκος φορτίου είναι ορθογωνικής διατομής). Θα πρέπει:

$$22,5 = a \cdot b \cdot c.$$



Θα πρέπει πάντα  $a \leq y$  όπου  $y$  το εσωτερικό πλάτος των ώμων και  $c \leq x$  όπου  $x$  το μήκος της πλάτης, το οποίο μετρείται από τη βάση του λαιμού έως και την αρχή των γοφών στην περιοχή της λεκάνης. Από τα ανθρωπομετρικά δεδομένα που αφορούν το 5% του ανδρικού πληθυσμού προκύπτει ότι  $y=280\text{mm}$  και  $x=409\text{mm}$ . Κατά συνθήκη θεωρείται ότι  $a=280\text{mm}$ ,  $c=409\text{mm}$  επομένως  $b=196,5\text{mm}$  διότι  $280 \cdot 196,5 \cdot 409 \approx 22500000 \text{ mm}^3$  που ισοδυναμούν με 22,5 lit και ισοδύναμα με το 50% του συνολικού όγκου.

Για το στήθος:

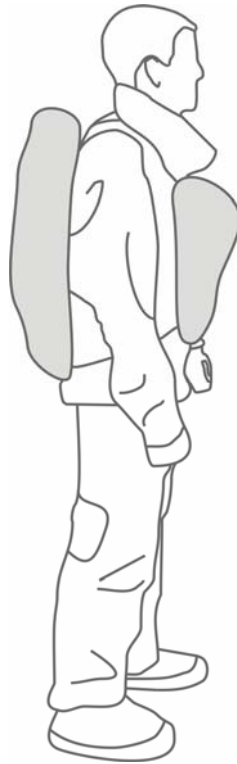


Έστω  $V_{στ} = a' \cdot b' \cdot c' = 22500000 \text{ mm}^3$ . Θα πρέπει πάντα  $a' \leq x'$  και  $c' \leq y'$ , όπου  $x'$  το άνοιγμα του στήθους και  $y'$  το μήκος από το θώρακα έως και το τέλος της κοιλιακής χώρας (με φορά προς τα κάτω). Από τα ανθρωπομετρικά δεδομένα που αφορούν το 5% του ελληνικού ανδρικού πληθυσμού προκύπτει ότι  $x'=282\text{mm}$  και  $y'=392\text{mm}$ . Κατά συνθήκη θεωρείται ότι  $a'=282\text{mm}$  και  $c'=392\text{mm}$ , επομένως  $b'=203,5\text{mm}$  διότι  $282 \cdot 203,5 \cdot 392 \approx 22500000 \text{ mm}^3 = 22,5 \text{ lit}$ . που ισοδυναμούν με το 50% του συνολικού όγκου.

**Διαφοροποίηση Β (60% στην πλάτη και 40% στο στήθος):**

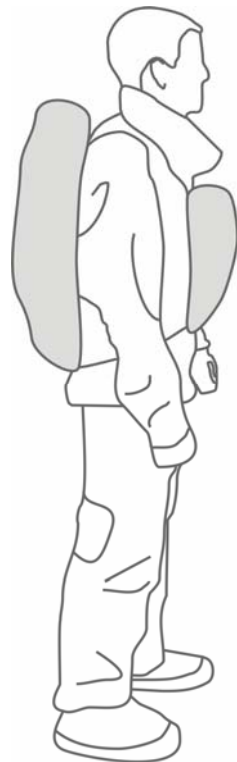
Και πάλι έστω  $V_{ολ}=45 \text{ lit}$ . και  $V_{ολ} = V_{πλ} + V_{στ}$  όπου  $V_{πλ}$  είναι όγκος που μεταφέρεται στην πλάτη και  $V_{στ}$  είναι ο όγκος που μεταφέρεται στο στήθος. Επειδή πρέπει να είναι 60% στην πλάτη και 40% στο στήθος, θα έχουμε  $V_{πλ}=27 \text{ lit}$ . και  $V_{στ}=18 \text{ lit}$ .

Χρησιμοποιούνται τα ίδια ανθρωπομετρικά μεγέθη με τις αντίστοιχες χωρητικότητες και έτσι προκύπτει:  $a=280\text{mm}$ ,  $b=236\text{mm}$ ,  $c=409\text{mm}$  και  $a'=282\text{mm}$ ,  $b'=163\text{mm}$ ,  $c'=392\text{mm}$ .



Εικόνα 2 - 60% στην πλάτη, 40% στο στήθος

Διαφοροποίηση  $\gamma$  (66,6% στην πλάτη και 33,3% στο στήθος):



Εικόνα 3 - 66,6% στην πλάτη, 33,3% στο στήθος

Και πάλι έστω  $V_{ολ}=45 \text{ lt.}$  και  $V_{ολ}= V_{πλ} + V_{στ}$  όπου  $V_{πλ}$  είναι όγκος που μεταφέρεται στην πλάτη και  $V_{στ}$  είναι ο όγκος που μεταφέρεται στο στήθος. Επειδή πρέπει να είναι 66,6% στην πλάτη και 33,3% στο στήθος, θα έχουμε  $V_{πλ}=30 \text{ lit.}$  και  $V_{στ}=15 \text{ lit.}$

Χρησιμοποιούνται τα ίδια ανθρωπομετρικά μεγέθη με τις αντίστοιχες χωρητικότητες και έτσι προκύπτει:  $a=280\text{mm}$ ,  $b=262\text{mm}$ ,  $c=409\text{mm}$  και  $a'=282\text{mm}$ ,  $b'=136\text{mm}$ ,  $c'=392\text{mm}$ .

### 2.1.1 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στους παρακάτω πίνακες:

Διαφοροποίηση α (50% στην πλάτη και 50% στο θώρακα)		
	Πλάτη	Στήθος
Μήκος	280	282
Πλάτος	196,5	203,5
Ύψος	409	392

Διαφοροποίηση β (60% στην πλάτη και 40% στο θώρακα)		
	Πλάτη	Στήθος
Μήκος	280	282
Πλάτος	236	163
Ύψος	409	392

Διαφοροποίηση γ (66,6% στην πλάτη και 33,3% στο θώρακα)		
	Πλάτη	Στήθος
Μήκος	280	282
Πλάτος	262	136
Ύψος	409	392

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι στην πρώτη και δεύτερη περίπτωση οι όγκοι που τοποθετούνται στο στήθος είναι ιδιαίτερα αυξημένοι και περιοριστικοί. Θεωρητικά βέβαια δεν υπάρχει λόγος να μην τοποθετηθούν π.χ. 18 λίτρα στο στήθος εάν το βάρος τους είναι μηδαμινό. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι προκειμένου να διατηρηθεί η απαραίτητη για το σύστημα ακαμψία μεταξύ εμπρός και πίσω φορτίου απαιτείται η μεταξύ τους πρόσδεση, γεγονός που θα είχε σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό της αναπνευστικής και κινητικής λειτουργίας.

Στην τρίτη περίπτωση ο όγκος εμπρός είναι μικρός και ουσιαστικά εξαλείφονται τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την ισόποση κατανομή του φορτίου εμπρός και πίσω.

Εκτός από τα παραπάνω προκύπτουν πιο εύκολα προς αναγνώριση και λύση προβλήματα όπως αυτά που περιγράφονται παρακάτω στην βασική ανάλυση.

## 2.2 Βασική ανάλυση

Ο δεσμός μεταξύ του φορτίου και του φορέα είναι μάλλον δυναμικής φύσεως παρά στατικής (Ren et al., 2005). Αυτό οφείλεται στην αδράνεια που παρουσιάζει το φορτίο και στην κυκλική κίνηση του κορμού κατά το βάδισμα γεγονός που οδηγεί σε σχετική κίνηση του φορτίου με τον κορμό του φορέα (Ren et al., 2005).

Πειραματικές μελέτες έχουν δείξει ότι ο κύκλος του βαδίσματος επηρεάζεται από το ίδιο το φορτίο, την κατανομή του στα υπάρχοντα συστήματα μεταφοράς, τον τύπο του συστήματος αλλά και το φύλο του φορέα (Ren et al., 2005).

Πιο συγκεκριμένα οι μηχανισμοί που παρατηρούνται και οι επιδράσεις ως συνέπεια της μεταφοράς φορτίου έχουν ως εξής: το φορτίο, με τον τρόπο που ως γνωστό μεταφέρεται, δημιουργεί ένα άκαμπτο σύστημα μεταξύ θώρακα και λεκάνης περιορίζοντας τις περιστροφές τους οι οποίες σε φυσιολογικές συνθήκες συντελούν στη δυναμική σταθερότητα του σώματος κατά το βάδισμα (LaFiandra et al., 2002). Η προαναφερθείσα ακαμψία, η οποία τις περισσότερες φορές είναι επιθυμητή προκειμένου να διατηρηθεί η ισορροπία του συστήματος φορέα-φορτίου, προέρχεται από την στατική φύση των συστημάτων μεταφοράς και είναι η αιτία της ορμής της αδράνειας που παράγεται (LaFiandra et al., 2002).

Σαν συνέπεια μειώνεται η σχετική αντίστροφη περιστροφή του επάνω και κάτω σώματος, η οποία κατά το αφόρτωτο βάδισμα έχει ως σκοπό να μειώσει τη συνολική ορμή που αναπτύσσεται στο σώμα (LaFiandra et al., 2002).

Ωστόσο η ορμή λόγω αδράνειας που παρατηρείται από τη μέση και πάνω δεν μεταφέρεται και στο κάτω μέρος του σώματος όπως θα περίμενε κανείς (LaFiandra et al., 2002). Αυτό γίνεται διότι μία από τις προσαρμοστικές στρατηγικές του σώματος κατά τη φόρτωσή του με σακίδιο στην πλάτη είναι να αυξάνει τη διαδρομή των γοφών με αποτέλεσμα επιπλέον καταπόνηση της περιοχής των κλειδώσεων τους κατά την εκκίνηση ή διακοπή του βαδίσματος (Chow et al., 2005). Επίσης αυξάνεται η φάση στο βάδισμα κατά την οποία και τα δύο πέλματα βρίσκονται στο έδαφος (Chow et al., 2005). Οι φάσεις του κύκλου βαδίσματος είναι οι εξής: φάση στάσης (το πέλμα στο έδαφος), φάσης αιώρησης (το πέλμα στον αέρα), φάση διπλής υποστήριξης (και τα δύο πέλματα στο έδαφος) (Knapic et al., 1996). Συνοπτικά αυξάνεται ο χρόνος που και τα δύο πέλματα βρίσκονται ταυτόχρονα στο έδαφος.

Μία ακόμη συνέπεια της μειωμένης σχετικής περιστροφής λεκάνης-θώρακα, η οποία ωστόσο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί επιθυμητή είναι η μείωση του μήκους βήματος και η αύξηση της συχνότητας αυτού. Ωστόσο αυξάνεται ο ρυθμός του βηματισμού (Chow et al., 2005, LaFiandra 2002, 2003, Holt et al., 2005). Επομένως παρατηρείται ότι το ανθρώπινο σώμα προσαρμόζεται σε φορτικές καταστάσεις προκειμένου να διατηρήσει την ισορροπία του, και τη βέλτιστη απόδοση με άλλοτε επιθυμητές και άλλοτε επίπονες για άλλες περιοχές του στρατηγικές. Ωστόσο και αυτό αποτελεί αλλαγή του φυσιολογικού τρόπου βαδίσματος.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η επιθυμητή μειωμένη ευχέρεια κίνησης των συστημάτων μεταφοράς φορτίου, ειδικά στην περίπτωση των ορειβατών, έχει επιπτώσεις στην περιοχή των ώμων και της μέσης λόγω των πιέσεων που ασκούνται σε αυτές από την κάθετη δύναμη που ασκεί το φορτίο. Οι συνέπειες ενδεχομένως να έχουν ως αποτέλεσμα βλάβες στους ιστούς και στα νεύρα (Ren et al., 2004).

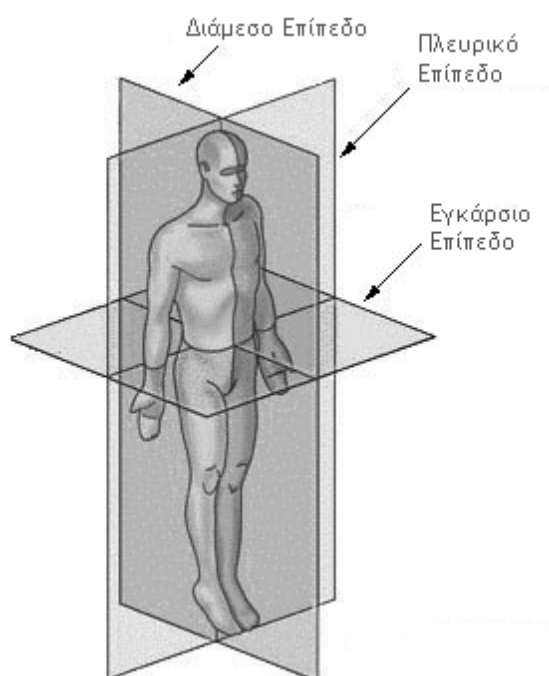
Όσον αφορά τη σταθερότητα του κορμού αυτή ορίζεται ως η ικανότητα ενός ατόμου να διατηρήσει ή να ανακτήσει την ισορροπημένη φάση της ορθής στάσης χωρίς να αλλάξει επίπεδο στήριξης (Schiffman et al., 2005). Η διατήρηση της σταθερότητας είναι σημαντική για την αποφυγή τραυματισμών κατά τη μεταφορά φορτίου. Η δυναμική σταθερότητα επιτυγχάνεται μέσα από τις παθητικές δομές του οργανισμού δηλαδή το μυοσκελετικό σύστημα αλλά και τις ενεργητικές δομές δηλαδή το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) (Donelan et al., 2004). Το φορτίο μέσα από τις σχετικές κινήσεις του ως προς τον κορμό προκαλεί τις ενεργητικές και παθητικές δομές να αντιδράσουν προκειμένου να διατηρηθεί η

σταθερότητα, γεγονός που οδηγεί σε επιπλέον μεταβολικό κόστος του φορέα (Holt et al., 2003). Ουσιαστικά αυτό που γίνεται είναι να αυξάνεται η διαδρομή του κέντρου βάρους του συστήματος φορέα-φορτίου κυρίως λόγω της αύξησης της διαδρομής των γοφών (Holt et al., 2003). Κατά συνέπεια οι μύες του κορμού θα πρέπει να αντιδράσουν για να αντιμετωπίσουν πιθανή διαταραχή της σταθερότητας και της ισορροπίας (Schiffman et al., 2005). Αυτό οδηγεί και στην προαναφερθείσα αύξηση του μεταβολικού κόστους. Το τελευταίο αυξάνεται και με τη συστολή των κοιλιακών μυών που προέρχεται από την ορμή που παράγεται στο επάνω μέρος του σώματος (Knapic et al., 1996). Παράλληλα, σύμφωνα με τον Goh (1998), με την αύξηση του βάρους που ενδεχομένως μεταφέρεται, αυξάνονται και οι δυνάμεις που ασκούνται στην οσφυϊκή χώρα.

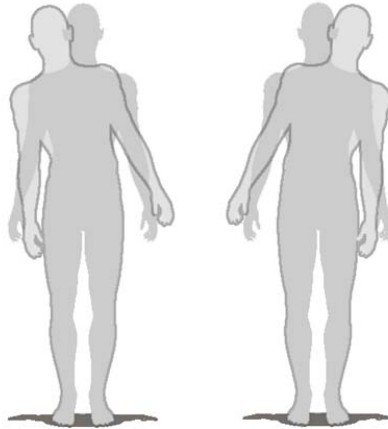
Ακαμψία λόγω φορτίου παρουσιάζεται επίσης και στις κλειδώσεις ειδικά όταν οι ταχύτητες βαδίσματος αυξάνονται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη μετάδοση των δυνάμεων μεταξύ των συνδέσμων (Holt et al., 2003). Για παράδειγμα με μειωμένη απορρόφηση των κραδασμών η μεγαλύτερη μετάδοση των κάθετων δυνάμεων που ασκεί το φορτίο μέσω της σπονδυλικής στήλης θα μπορούσε να οδηγήσει σε αυξημένη πιθανότητα τραυματισμού αυτής (Holt et al., 2003).

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι κύρια αιτία των αρνητικών συνεπειών κατά τη μεταφορά φορτίου στο ανθρώπινο σώμα, θεωρείται η αδυναμία ύπαρξης σχετικής περιστροφής μεταξύ θώρακα και λεκάνης που προκύπτει από τη μεταφορά φορτίου στην πλάτη.

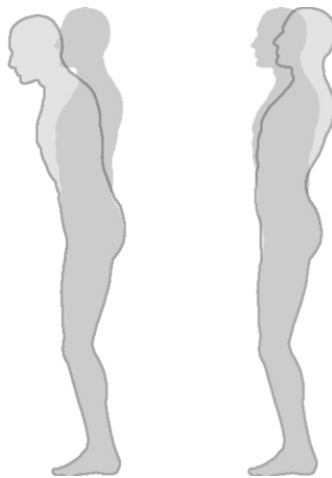
Συνοψολογισμένης της παρατήρησης ότι ο κορμός συστρέφεται σε τρία διαφορετικά επίπεδα (αυτό που χωρίζει το σώμα σε: αριστερό και δεξί μέρος, εμπρός και πίσω μέρος, επάνω και κάτω μέρος) προτείνεται λύση η οποία προσπαθεί να ικανοποιήσει και να προσεγγίσει τις φυσιολογικές, εμβιομηχανικές και εργονομικές συνθήκες του αφόρτωτου βαδίσματος. Θεωρείται ότι η φόρτωση του κορμού με συγκεκριμένο βάρος αποτελεί απόκλιση από τη φυσιολογική κατάσταση (Hong et al., 2003). Επομένως οποιαδήποτε απόκλιση από μία θεωρητικά φυσιολογική κατάσταση χρίζει προσπάθειας αντιμετώπισης των προβλημάτων που παρουσιάζονται από αυτή.



Εικόνα 24 - Τα επίπεδα του ανθρώπινου σώματος



Εικόνα 25 - Συστροφή κατά το Πλευρικό Επίπεδο



Εικόνα 26 - Συστροφή κατά το Διάμεσο Επίπεδο



Εικόνα 27 - Συστροφή κατά το Εγκάρσιο Επίπεδο

Η μέχρι τώρα ανάλυση προτείνει αρθρωτό σχεδιασμό, ο οποίος να επιτρέπει την ελεύθερη συστροφή του κορμού και στα τρία επίπεδα υποστηρίζοντας την προσπάθεια του σώματος να διατηρεί ευκολότερα τη δυναμική ισορροπία του χωρίς να είναι αναγκασμένο να προχωρεί σε διορθωτικές προσαρμογές με το αντίστοιχο μεταβολικό κόστος αλλά και την πιθανότητα τραυματισμών. Επίσης να μεταφέρει το βάρος του φορτίου από τους ώμους στη

μέση και τους γοφούς και να ακολουθεί τις κινήσεις του σώματος συνεισφέροντας στην ισορροπία του σε επικλινή και δύσβατα εδάφη.

Πέρα από τα παραπάνω προκειμένου, περαιτέρω τεκμηρίωση της επιλογής μιας τέτοιας λύσης είναι δυνατή μέσα από την εφαρμογή εμβιομηχανικού μοντέλου δανεισμένου από τη βιβλιογραφία (Ren et al. 2004) το οποίο μέσα από τη μοντελοποίηση της δυναμικής συμπεριφοράς του σακιδίου παρουσιάζει τα πλεονεκτήματά και τεκμηριώνει θεωρητικά την επιλογή της προαναφερθείσης λύσης.

Το εμβιομηχανικό μοντέλο που παρουσιάζεται αποτελεί μια μαθηματική έκφραση της κίνησης του υπό μελέτη συστήματος. Το κρίσιμο σημείο είναι αυτό της εξαγωγής των διαφορικών εξισώσεων που στην ουσία την περιγράφουν. Η πιο βασική και ενδεδειγμένη μέθοδος προκειμένου να επιτευχθεί το παραπάνω είναι με τη χρήση των εξισώσεων Newton-Euler. Η διατύπωση αυτών των εξισώσεων περιγράφει όλες τις δυνάμεις και επιταχύνσεις που ασκούνται στα διαφορετικά συστατικά του συστήματος. Αυτές περιγράφονται δυνασματικά επάνω στο σύστημα. Παρακάτω δίνεται η γενική μορφή των εξισώσεων Newton-Euler για ένα άκαμπτο σώμα που εκτελεί επίπεδη κίνηση.

$$\sum F = ma_G$$

$$\sum M_A = I_A \alpha$$

Όπου:

G = το κέντρο μάζας του σώματος

A = ένα σταθερό σημείο στο σώμα

$\sum F$  = η συνολικά απορρέουσα δύναμη που ασκείται στο σώμα

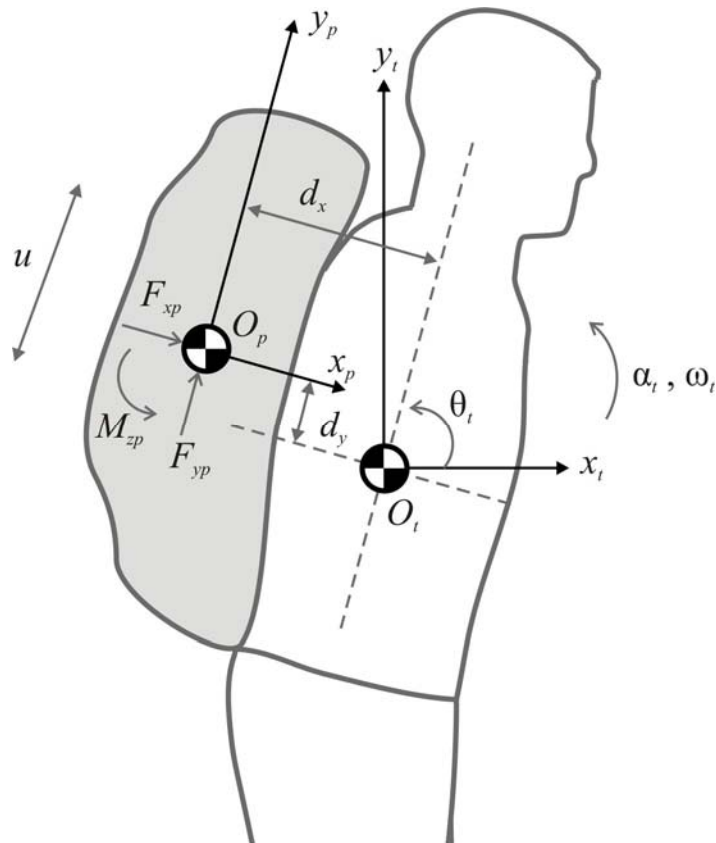
$\sum M_A$  = η συνολικά απορρέουσα ορμή που δρα στο σημείο A

$I_A$  = η ορμή αδράνειας που ασκείται γύρω από το σημείο A

$a_G$  = η επιτάχυνση του κέντρου μάζας

$\alpha$  = η γωνιακή επιτάχυνση του άκαμπτου σώματος





**Εικόνα 28** - Οι δυνάμεις και οι ρομές στη διεπαφή σώματος και σακιδίου και τα αντίστοιχα τοπικά συστήματα συντεταγμένων. Οι αρχές των συστημάτων είναι τοποθετημένες στα αντίστοιχα κέντρα βάρους. Οι άξονες του συστήματος  $x_t, y_t$  συμπίπτουν με τους άξονες του παγκόσμιου συστήματος συντεταγμένων. Ο άξονας  $y_p$  είναι παράλληλος με τον διαμήκη άξονα του κορμού και ο άξονας  $x_p$  έχει κατεύθυνση προς τον κορμό.

Το μοντέλο που χρησιμοποιείται στην παρούσα περίπτωση έχει ως σκοπό να περιγράψει τις δυναμικές ανταποκρίσεις του σακιδίου στις κινήσεις του κορμού του φορέα. Γι' αυτό χρησιμοποιείται μια μη-γραμμική εξίσωση για την απόδοση του συστήματος ανάρτησης του σακιδίου.

Η μοντελοποίηση γίνεται στο διάμεσο επίπεδο φορέα-σακιδίου. Θεωρούνται δύο διαφορετικά κινούμενα συστήματα συντεταγμένων: αυτό του σακιδίου  $x_p, y_p$  και αυτό του φορέα  $x_t, y_t$ .

Έγινε η υπόθεση ότι κάτω από φυσιολογικές συνθήκες οι ιμάντες των ώμων και η ζώνη της μέσης αποτρέπουν την περιστροφή του σακιδίου σε σχέση με τον κορμό. Επίσης το σακίδιο θεωρείται άκαμπτο σώμα, που σημαίνει ότι εσωτερικές παραμορφώσεις δεν λαμβάνονται υπόψη. Με άλλα λόγια η απόσταση μεταξύ δύο σημείων του άκαμπτου σώματος παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από τις δυνάμεις που ασκούνται στο εξωτερικό του.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΓΕΘΩΝ	
$\ddot{x}_p, \ddot{y}_p$	Κανονική και εφαπτόμενη επιτάχυνση του κέντρου βάρους του σακιδίου
$\alpha_p$	Γωνιακή επιτάχυνση του σακιδίου
$\ddot{x}_t, \ddot{y}_t$	Οριζόντια και κάθετη επιτάχυνση του κέντρου βάρους του κορμού
$\theta_t, \alpha_t, \omega_t$	Γωνιακή μετατόπιση, ταχύτητα και επιτάχυνση του κορμού
$d_x, d_y$	Κανονική και εφαπτόμενη θέση του κέντρου βάρους του σακιδίου σε σχέση με αυτό του κορμού
$u, \dot{u}, \ddot{u}$	Μετατόπιση, ταχύτητα και επιτάχυνση του συστήματος

	ανάρτησης του σακιδίου
$m_p$	Μάζα του σακιδίου
$I_p$	Ορμή αδράνειας του σακιδίου
$F_{xp}, F_{yp}$	Κανονική και εφαπτόμενη δύναμη που ασκούνται στη διεπαφή σώματος - σακιδίου
$M_{zp}$	Ορμή γύρω από το κέντρο βάρους του σακιδίου
$F_{x\_pack}, F_{y\_pack}$	Οριζόντια και κάθετη δύναμη που ασκούνται από το σακίδιο στον κορμό
$M_{z\_pack}$	Ορμή γύρω από το κέντρο βάρους του κορμού

Λαμβάνοντας υπόψη τις δυνάμεις και ορμές που επιδρούν στο σακίδιο οι εξισώσεις Newton-Euler διαμορφώνονται ως εξής:

$$\begin{aligned}
 m_p \cdot \ddot{x}_p &= F_{xp} + m_p g \cos \theta_t, \\
 m_p \cdot \ddot{y}_p &= F_{yp} - m_p g \sin \theta_t, \\
 I_p \cdot \alpha_p &= M_{zp},
 \end{aligned}$$

Άμεσος αντικειμενικός στόχος είναι ο υπολογισμός των δυνάμεων και των ορμών που ασκούνται στο σακίδιο προκειμένου να υπολογιστούν οι συνολικά απορρέουσες δυνάμεις και ορμές.

Αρχικά υπολογίζεται η κανονική, όπως χαρακτηρίζεται, δύναμη  $F_{xp}$  και έπειτα η εφαπτόμενη  $F_{yp}$ . Οι δυνάμεις αυτές είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης φορέα-σακιδίου και αναπτύσσονται στη διεπαφή αυτών των δύο.

Μη γραμμικά χαρακτηριστικά του σακιδίου όπως η ελαστικότητα, η απορροφητικότητα και η αδράνεια του συστήματος ανάρτησης περιγράφονται και υπεισέρχονται στον υπολογισμό της εφαπτόμενης δύναμης  $F_{yp}$  με τη μορφή πολυωνύμων τρίτου βαθμού. Τα πολυώνυμα τρίτου βαθμού επιτρέπουν τη μοντελοποίηση μη γραμμικών χαρακτηριστικών. Επίσης υπεισέρχονται παράμετροι της ανάρτησης του σακιδίου με τη μορφή σταθερών όρων. Δυστυχώς αυτές οι παράμετροι μπορούν να καθοριστούν μόνο μέσα από πειραματικές μετρήσεις.

Το σύστημα δυνάμεων που προκύπτει και περιγράφει την κίνηση του σακιδίου είναι το εξής:

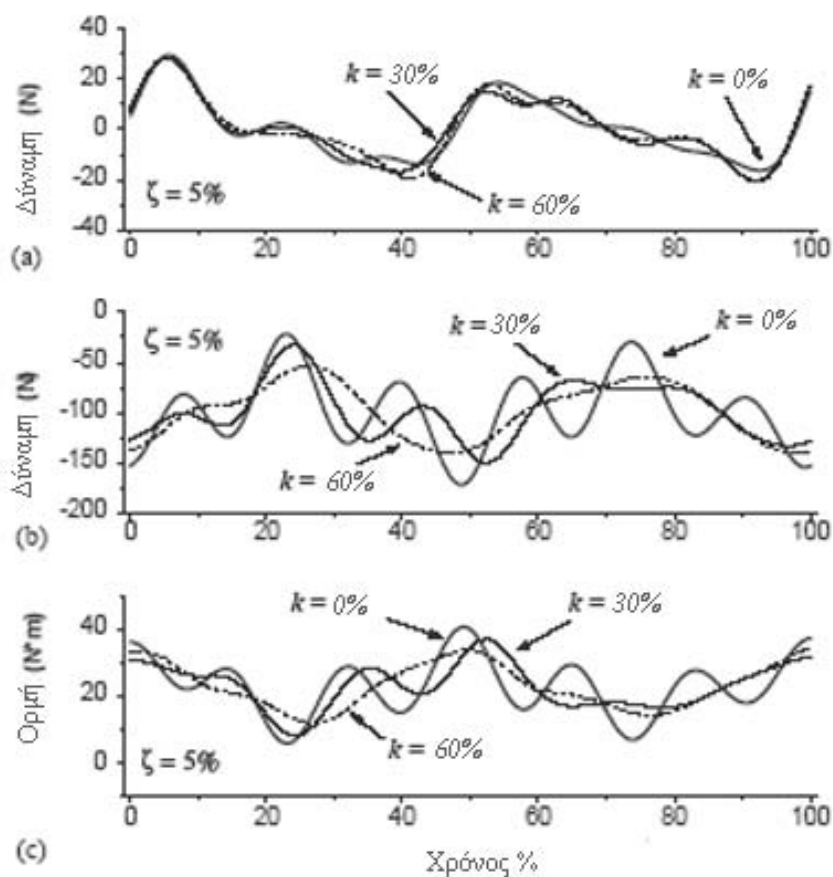
$$\begin{aligned}
 F_{x\_pack} &= - (F_{xp} \cdot \sin \theta_t + F_{yp} \cdot \cos \theta_t), \\
 F_{y\_pack} &= F_{xp} \cdot \cos \theta_t - F_{yp} \cdot \sin \theta_t, \\
 M_{z\_pack} &= F_{x\_pack} \cdot (d_y + u) + F_{y\_pack} \cdot d_x - M_{zp}.
 \end{aligned}$$

Το παραπάνω σύστημα εφαρμόζεται μέσω αντίστροφης δυναμικής (inverse dynamics) σε μοντέλο βαδίσματος προκειμένου να αξιολογηθούν τα χαρακτηριστικά του σακιδίου. Η αντίστροφη δυναμική χρησιμοποιεί τμήματα συνδεδεμένα μεταξύ τους για να μοντελοποιήσει και αναπαραστήσει τη μηχανική συμπεριφορά συνδεδεμένων εκκρεμών ή πιο συγκεκριμένα ανθρώπινων άκρων. Δεδομένης της κινηματικής αναπαράστασης της κίνησης, η αντίστροφη δυναμική χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ορμών που δημιουργούν την κίνηση.

Όσον αφορά την εφαρμογή του μοντέλου, πειραματικές μετρήσεις (Ren et al. 2004) που έγιναν σε ανδρείκελο φορτωμένο με φορτίο βάρους 10 kg έδειξαν ότι η κάθετη δύναμη που ασκείται από το φορτίο στον κορμό είναι θλιπτική και κυμαίνεται σε τιμές περίπου όσο είναι το ίδιο το βάρος του φορτίου.

Αποτελέσματα της ίδιας εργαστηριακής μελέτης έδειξαν ότι η αύξηση της ευχέρειας κίνησης του συστήματος ανάρτησης του σακιδίου μειώνει σημαντικά τη διακύμανση τιμών της κάθετης δύναμης, που επιδρά στον κορμό, προσφέροντας σημαντικά εμβιομηχανικά πλεονεκτήματα. Επιπρόσθετα μειώνονται και οι καταπονήσεις των κλειδώσεων των κάτω άκρων και οι δυνάμεις αντίδρασης από το έδαφος (ground reaction forces) που φέρουν καταπονήσεις στη σπονδυλική στήλη. Επίσης μειώνεται ο κίνδυνος βλάβης των ιστών που βρίσκονται κάτω από τους μύες των ώμων και της μέσης.

Ενδιαφέρον έχει να παρατηρήσει κανείς το γράφημα της διακύμανσης της οριζόντιας και κάθετης δύναμης αλλά και της ορμής στο χρόνο μέσα σε ένα κύκλο βαδίσματος με σακίδια διαφορετικής ευχέρειας κίνησης στο σύστημα ανάρτησης ή εξάρτησης. Το βάρος φορτίου είναι 10 kg και η ταχύτητα βαδίσματος 1,12 m/sec.



Εικόνα 29 - Η διαφορά έντασης της διακύμανσης ανάμεσα σε ευχέρεια κίνησης 60% με αυτή που βρίσκεται στο 30% και 0% είναι χαρακτηριστική. (a) οριζόντια δύναμη, (b) κάθετη δύναμη, (c) ορμή

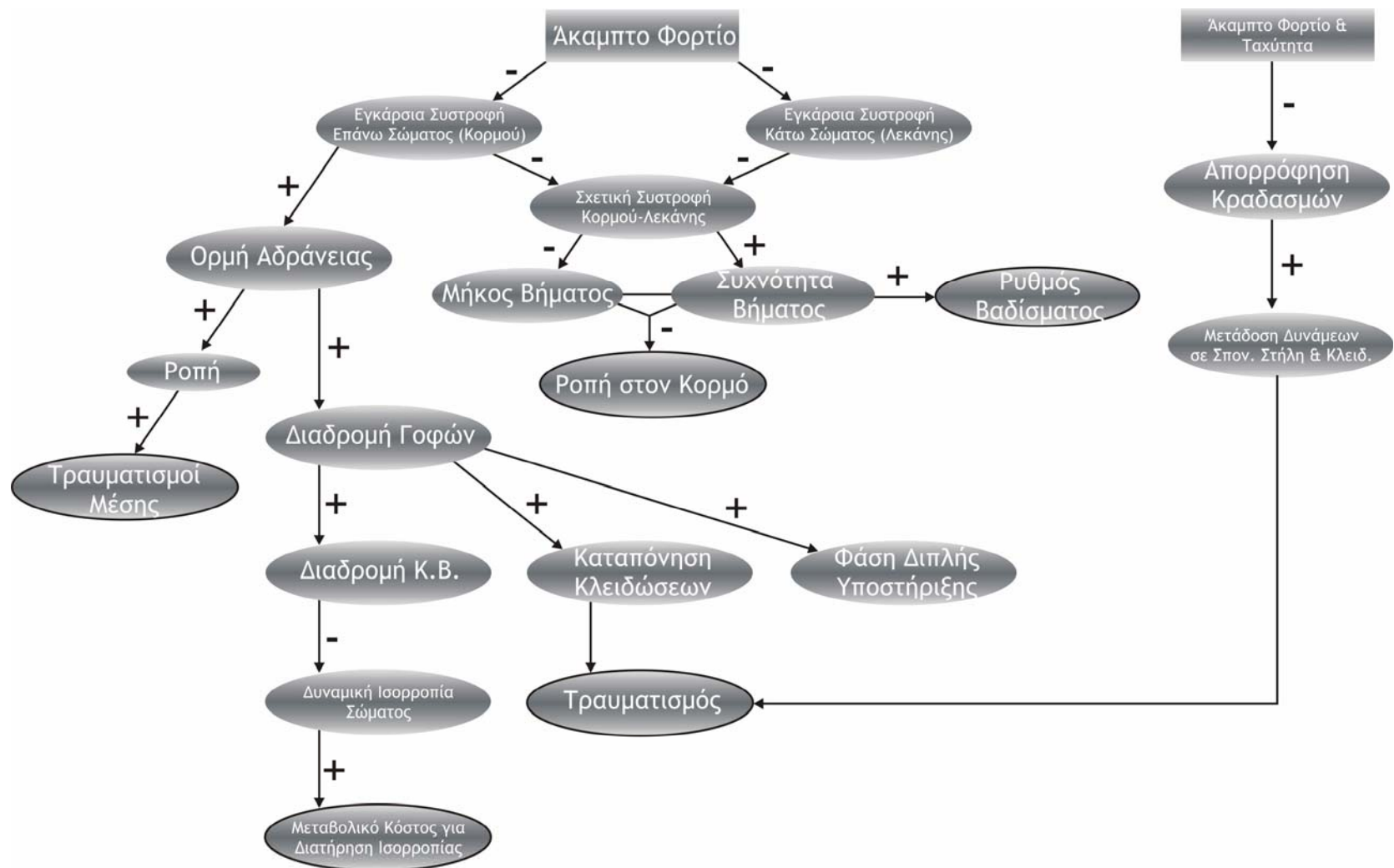
Όσο για την οριζόντια δύναμη αυτή κυμαίνεται γύρω από μία μέση τιμή κοντά στο μηδέν, είτε είναι θλιπτική είτε εφελκυστική. Επίσης η διαφορά στις διακυμάνσεις της μεταξύ συστημάτων με διαφορετική ευχέρεια κίνησης είναι θεωρητικά μικρή.

Όλη η παραπάνω μελέτη έγινε στο διάμεσο ανθρώπινο επίπεδο. Είναι φυσικό, η λύση που προτείνεται να υποστηρίζει το ίδιο αποτέλεσμα και για τα υπόλοιπα δύο ανθρώπινα επίπεδα (πλευρικό και εγκάρσιο).

Όλα τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι μειωμένη ευχέρεια κίνησης, που σημαίνει μειωμένη ικανότητα ανταπόκρισης στις δυναμικές αντιδράσεις του σώματος προκειμένου να διατηρηθεί η ισορροπία, έχει ως αποτέλεσμα πιθανούς τραυματισμούς της σπονδυλικής στήλης, των μυών της πλάτης και των κλειδώσεων των κάτω άκρων.

Κατ' αυτόν τον τρόπο υποστηρίζεται επιπρόσθετα η προσέγγιση που προτείνεται παραπάνω και αφορά αρθρωτή διάταξη που προσφέρει ελευθερία κινήσεων και χαρακτηριστικά βαδίσματος παρόμοια με εκείνα που παρουσιάζονται σε συνθήκες αφόρτωτου βαδίσματος.

Παρακάτω απεικονίζεται μοντέλο βρόχων ανάδρασης το οποίο παρουσιάζει τις συνέπειες από τη μεταφορά φορτίου με μειωμένη ευχέρεια κίνησης.



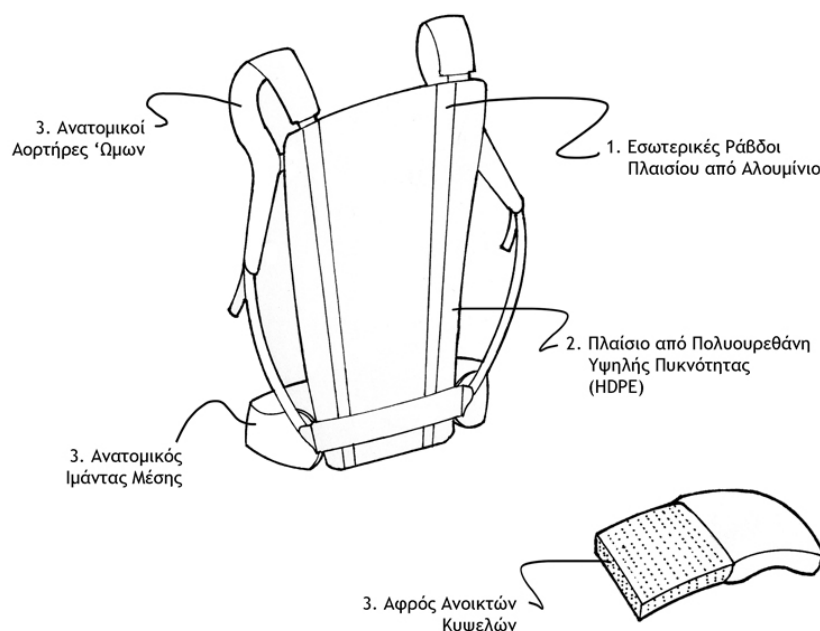
### 3. Έρευνα αγοράς

Μέσα από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε εξετάζονται τα χαρακτηριστικά συστημάτων μεταφοράς, τα οποία αποτελούν προϊόντα κατασκευαστών με μεγάλα μερίδια αγοράς παγκόσμια. Πιο συγκεκριμένα οι τελευταίοι είναι αυτοί που διαμορφώνουν τις τάσεις και τα πρότυπα και διαθέτουν μεγάλο ερευνητικό υπόβαθρο εφαρμόζοντας καινοτομίες και λύσεις που πρώτοι αυτοί επινοούν.

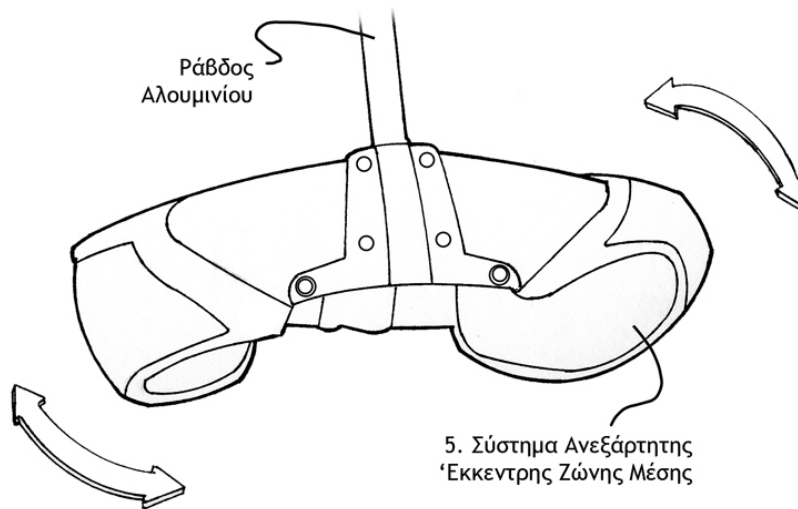
Σκοπός της έρευνας είναι η συλλογή και αποσαφήνιση των ιδιοτήτων των συστημάτων μεταφοράς έτσι ώστε η πρώτη να αποτελέσει βάση για την εξαγωγή συμπερασμάτων και τον προσδιορισμό κατευθύνσεων. Οι ιδιοτητές και τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται αποτελούν τις προτάσεις λύσεων των κατασκευαστών για τον προβληματικό χώρο που διατυπώθηκε αρχικά.

Διακρίνονται σε εργονομικά χαρακτηριστικά μεταφοράς φορτίου και χαρακτηριστικά διαχείρισης φορτίου.

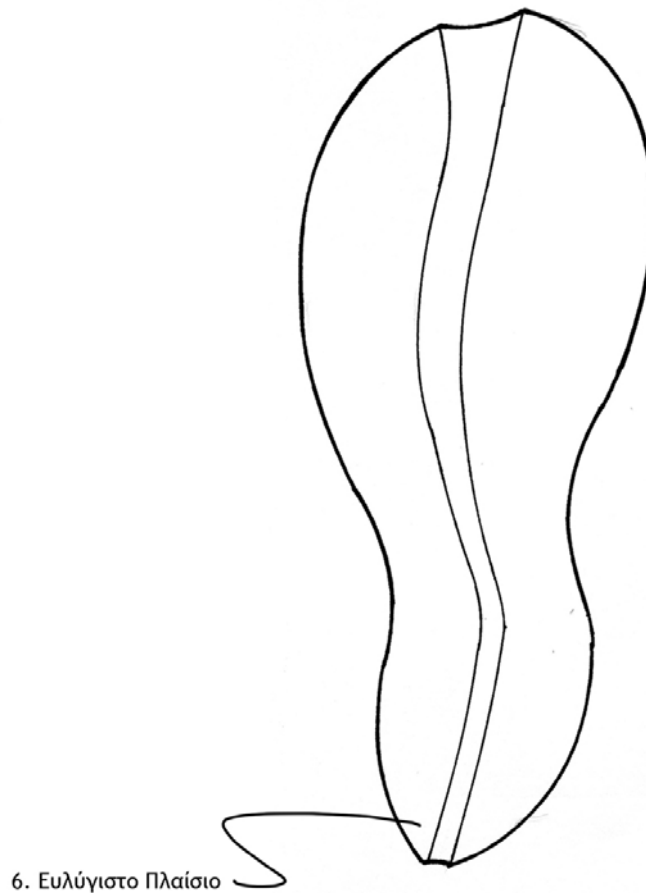
#### 3.1 Εργονομικά χαρακτηριστικά μεταφοράς φορτίου:



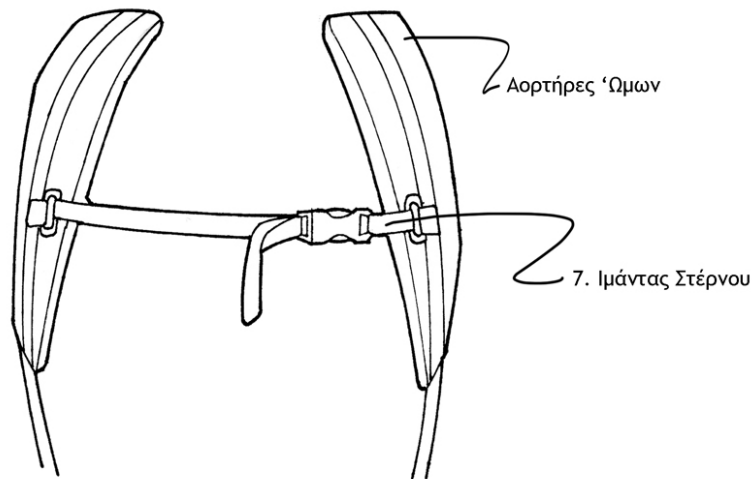
1. Εσωτερικές ράβδοι πλαισίου από αλουμίνιο: χρησιμοποιούνται σαν οδηγί του βάρους του φορτίου στους γοφούς. Αποτελούν μέρος του πλαισίου στήριξης του φορτίου των σακιδίων και κατασκευάζονται από αεροπορικό αλουμίνιο για να διατηρηθεί το συνολικό βάρος σε χαμηλά επίπεδα.
2. Πλαίσιο από πολυουρεθάνη υψηλής πυκνότητας (HDPE), το οποίο συγκρατεί τα αντικείμενα από το να παρενοχλούν την πλάτη. Αποτελεί τη βάση στήριξης των ράβδων αλουμινίου.
3. Ανατομικά διαμορφωμένοι ιμάντες και αορτήρες οι οποίοι περιέχουν στρώματα αφρού κλειστών και ανοικτών κυψελών. Ο αφρός ανοικτών κυψελών χρησιμοποιείται συνήθως στους αορτήρες ώμων διότι είναι εξαιρετικά ανθεκτικός σε θλίψη και εφελκυσμό, ενώ στους ιμάντες (ζώνες) μέσης χρησιμοποιείται ο περισσότερο άκαμπτος αφρός κλειστών κυψελών.
4. Εξατομικευμένη ζώνη μέσης που προσαρμόζεται επακριβώς στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε χρήστη. Το αφρώδες υλικό θερμαίνεται και συγκρατεί τη μορφή της μέσης του χρήστη.



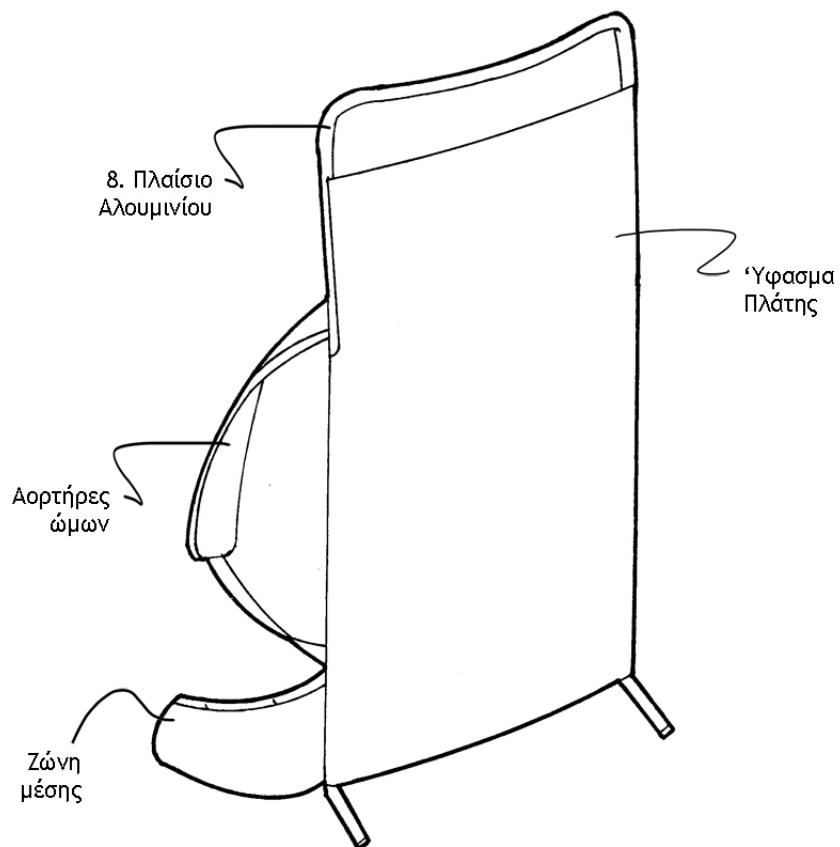
5. Σύστημα ανεξάρτητης έκκεντρης ζώνης μέσης που ακολουθεί τη γωνία κλίσης των γοφών και τις κινήσεις του σώματος προσφέροντας πολύ καλή μεταφορά φορτίου.



6. Ευλύγιστο πλαίσιο πλάτης το οποίο ακολουθεί τις κάμψεις του κορμού προσφέροντας πολύ καλή σταθερότητα φορτίου.

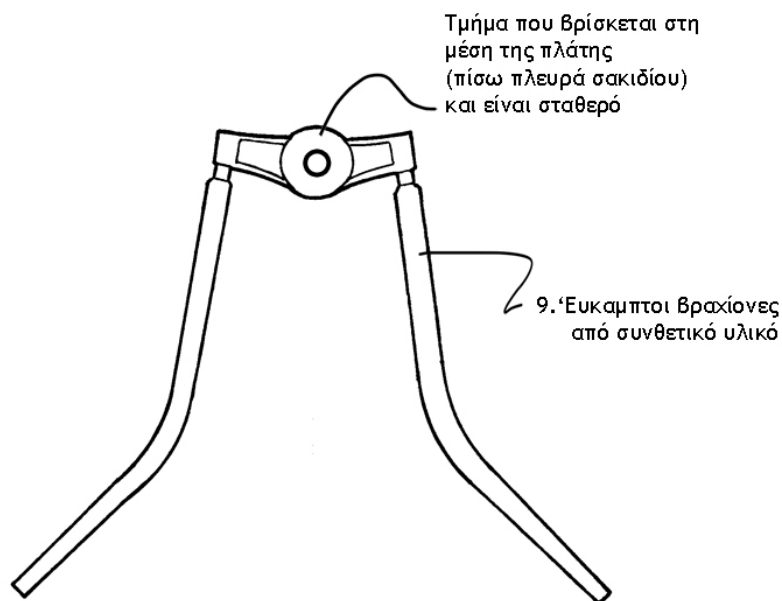


7. Ιμάντας στέρνου: βοηθά στη διατήρηση της σωστής θέσης του πλαισίου στήριξης του σακιδίου και στην αύξηση της σταθερότητας.

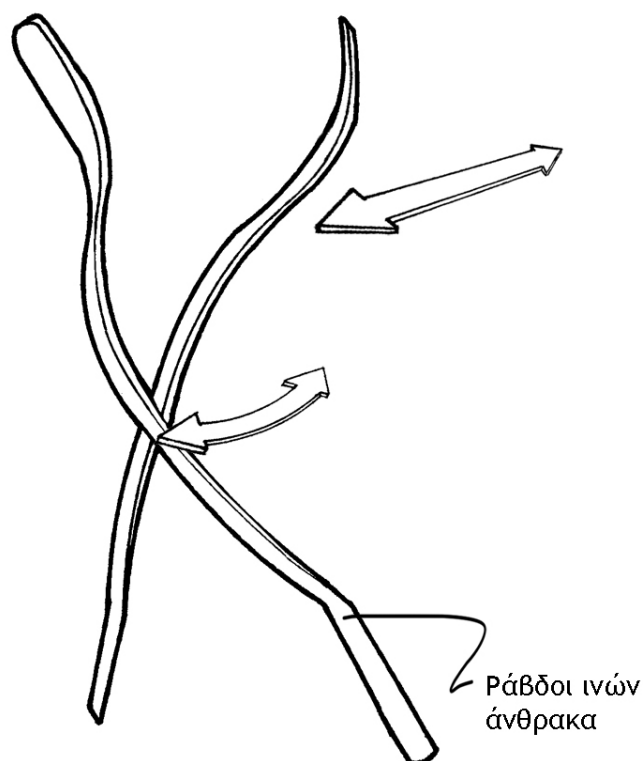


8. Πλαίσιο από αλουμίνιο το οποίο βρίσκεται εξωτερικά του φορτίου. Αποτελεί διάταξη σακιδίων παλαιότερου τύπου. Κάποια από τα μειονεκτήματά του είναι το αυξημένο βάρος του και η απομάκρυνση του φορτίου από το κέντρο βάρους του φορέα. Χρησιμοποιείται σε συνθήκες που δεν απαιτείται ιδιαίτερη ισορροπία.

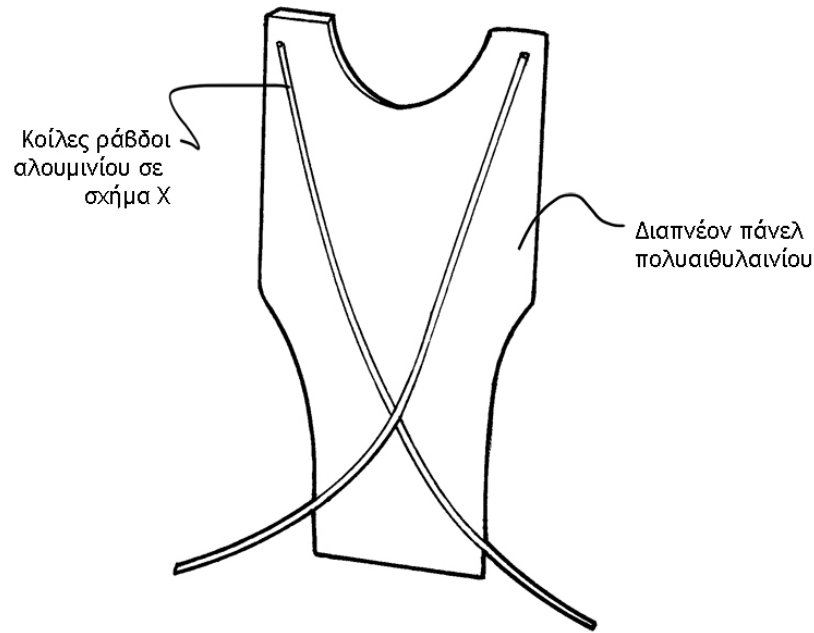




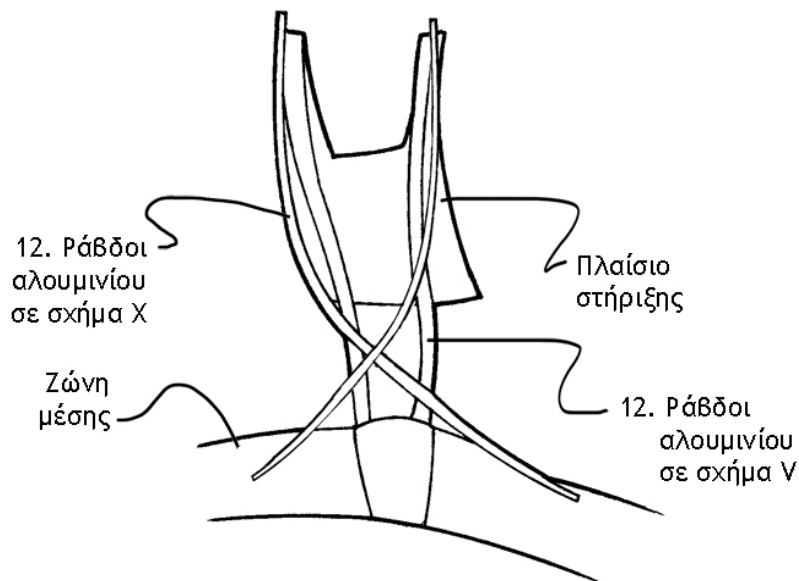
9. Έυκαμπτοι βραχίονες από συνθετικό υλικό: οι βραχίονες μεταφέρουν ισόποσα το φορτίο στους γοφούς, ακολουθώντας τις κινήσεις τους και προσφέροντας ισορροπία. Η όλη διάταξη βρίσκεται τοποθετημένη στην πίσω πλευρά του σακιδίου, δηλαδή στην πλευρά επαφής του με την πλάτη του φορέα.



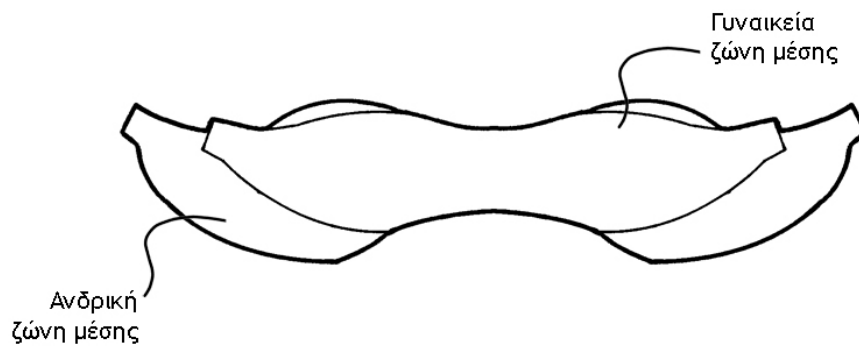
10. Πλαίσιο από ευλύγιστες ράβδους ινών άνθρακα σε σχήμα Χ, οι οποίες παίρνουν και διατηρούν το σχήμα της πλάτης. Οι ίνες άνθρακα είναι 40% ελαφρύτερες από το αλουμίνιο και ανθεκτικότερες σε μηχανικές καταπονήσεις.



11. Πλαίσιο πλάτης που αποτελείται από συνδυασμό λεπτών και κοίλων ράβδων αλουμινίου σε σχήμα Χ και διαπνέοντος πάνελ πολύ-αιθυλενίου.

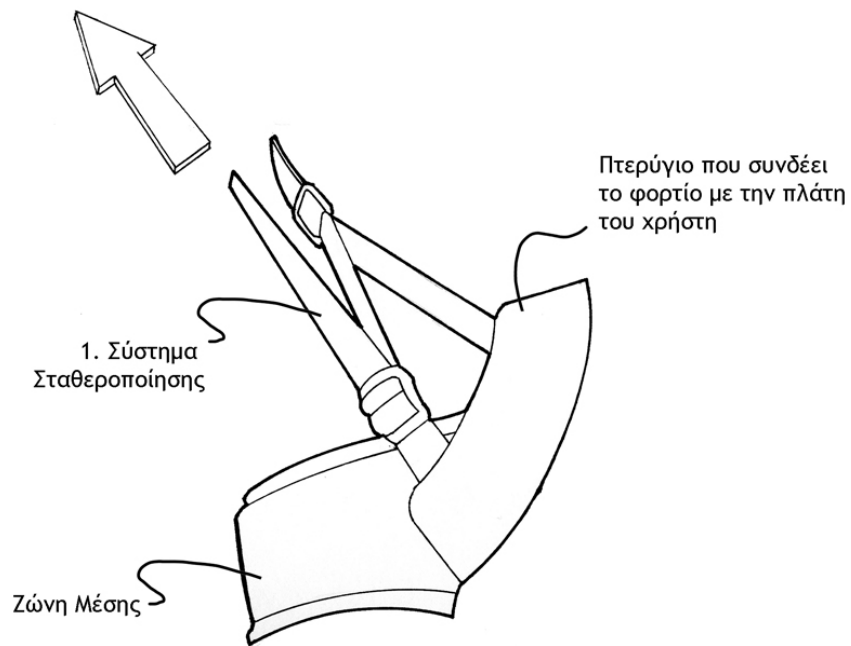


12. Το παραπάνω σύστημα ανάρτησης αποτελείται από τα εξής στοιχεία: α) σωληνωτές βέργες αλουμινίου σε σχήμα Χ που εκτείνονται από την αρχή των αορτήρων ώμων έως και την αρχή της ζώνης μέσης και μεταφέρουν το φορτίο στους γοφούς ακολουθώντας την κίνηση του σώματος, β) πλατιές βέργες αλουμινίου σε σχήμα V οι οποίες εκτείνονται από τους αορτήρες ώμων έως και το πίσω μέρος της ζώνης μέσης.

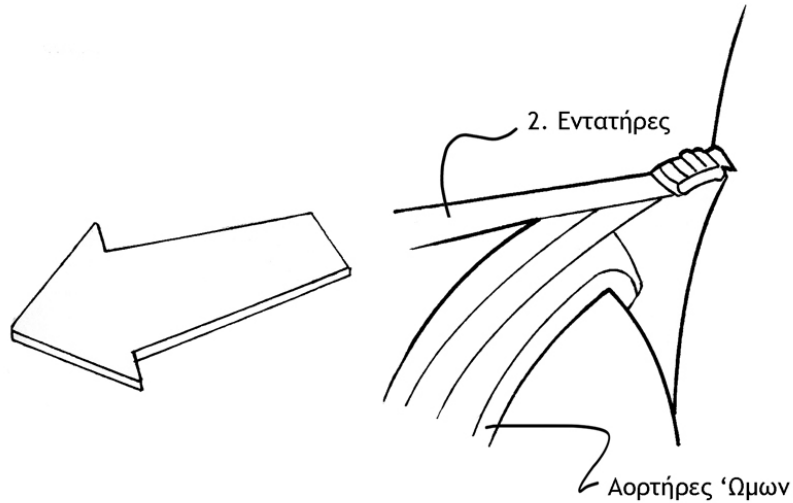


13. Ζώνη μέσης ανατομικά διαμορφωμένη για ακολουθεί καλύτερα το σχήμα του γυναικείου σώματος.

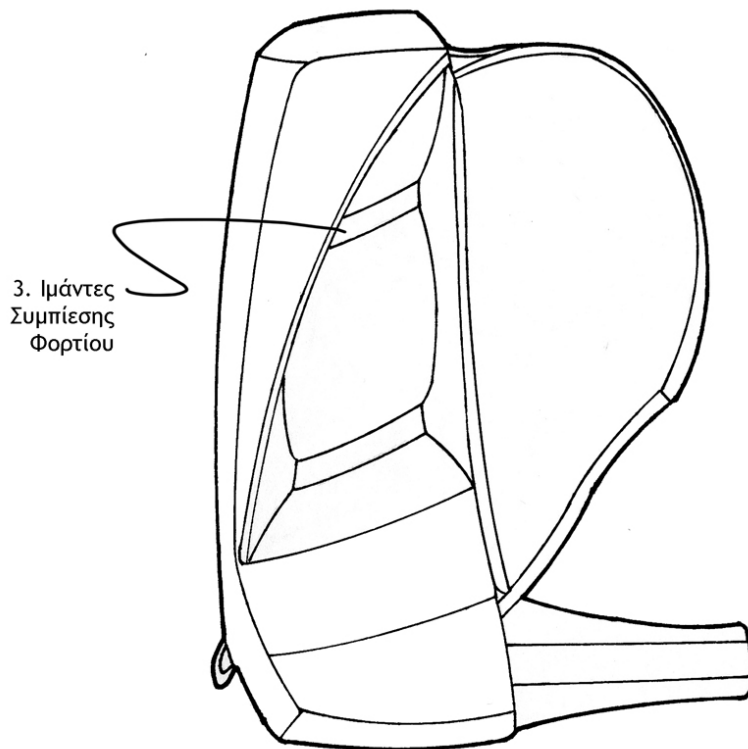
### 3.2 Χαρακτηριστικά διαχείρισης φορτίου:



1. Σύστημα σταθεροποίησης το οποίο μεταφέρει το φορτίο κοντά στην περιοχή της μέσης και το διαμοιράζει σε ευρύτερη περιοχή.



2. Εντατήρες που συνδέουν τους ιμάντες φόρτωσης του σακιδίου στους ώμους με το υπόλοιπο κυρίως τμήμα του σακιδίου. Συσφίγγονται όταν το φορτίο είναι βαρύ και υπάρχει ανάγκη από ισορροπία. Με αυτό τον τρόπο το σακίδιο έρχεται πιο κοντά στο σώμα του φορέα. Αντίστοιχα χαλαρώνουν σε λιγότερο απαιτητικά από άποψη ισορροπίας εδάφη.



3. Ιμάντες συμπίεσης του φορτίου: για πρόσθετη ισορροπία όταν το φορτίο στο σακίδιο είναι μικρό και μετατοπίζεται, οι ιμάντες συμπίεσης φροντίζουν αυτό να παραμένει στη θέση του. Επίσης μειώνουν τον συνολικό όγκο του σακιδίου και εξασφαλίζουν τη σωστή διαμόρφωση του φορτίου και χρησιμοποιούνται σαν ιμάντες πρόσδεσης εξοπλισμού.

### 3.3 Συμπεράσματα

Όπως διαπιστώθηκε από την παραπάνω έρευνα οι κύριες διαφορές από κατασκευαστή σε κατασκευαστή απορρέουν από την προσπάθειά τους να δημιουργήσουν μια όσο το δυνατόν πιο άνετη κατάσταση για την πλάτη του φορέα.

Έχει κατανοηθεί ιδιαίτερα η σημαντικότητα των πλαισίων υποστήριξης του φορτίου καθώς μεταφέρεται και γίνεται η προσπάθεια μέσω συνδυασμού υλικών, κατασκευών και τεχνολογίας να αποφευχθούν προβλήματα όπως ενοχλήσεις και τραυματισμοί.

Το κύριο ζητούμενο στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι να μεταφέρεται, όσο περισσότερο είναι δυνατόν, το βάρος του φορτίου από τους ώμους στη μέση και τους γοφούς. Έρευνες από τον Reid (2004) απέδειξαν ότι η χρήση ράβδων αλουμινίου στα πλαίσια υποστήριξης φορτίου μειώνουν την κατακόρυφη δύναμη από το βάρος στον κορμό κατά 14%. Επίσης θεωρείται σημαντικό να ακολουθείται η κίνηση των γοφών, διασφαλίζοντας έτσι την απαραίτητη ισορροπία σε κάθε τύπο εδάφους. Κάποια από τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν προσανατολίζονται προς τις παραπάνω δύο κατευθύνσεις.

Άλλες περιπτώσεις εφαρμόζουν πιο παραδοσιακές λύσεις όπως τα απλά πλαίσια με ενσωματωμένες ράβδους αλουμινίου και εξωτερικά πλαίσια υποστήριξης φορτίου από αλουμίνιο.

Πέρα από τα εργονομικά χαρακτηριστικά που διαφοροποιούνται υπάρχουν εκείνα που δίνουν στο χρήστη τη δυνατότητα να ρυθμίζει τη θέση του φορτίου ανάλογα με τις εκάστοτε φυσικές απαιτήσεις της δραστηριότητας στην οποία συμμετέχει. Αυτά τα χαρακτηριστικά παρουσιάζουν ομοιογένεια από κατασκευαστή σε κατασκευαστή.

## 4. Brief Σχεδίασης

### 4.1 Πληροφόρηση περί του προβλήματος

Ξεκινώντας θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι το σχεδιαστικό πρόβλημα εστιάζεται στο χώρο της ορειβασίας ως ψυχαγωγική δραστηριότητα. Αυτή ορίζεται ως η δραστηριότητα της ανάβασης ή πεζοπορίας σε βουνά. Χαρακτηρίζεται από την ικανότητά της να παρέχει στον συμμετέχοντα αισθητηριακή διέγερση, η οποία συνήθως επιτυγχάνεται συμπεριλαμβάνοντας φυσικές προκλήσεις και εμπειρίες (Pomfret et al., 2006). Αφορά κυρίως ομαδική δραστηριότητα και οι συμμετέχοντες διαθέτουν τον ελάχιστο απαραίτητο βαθμό εμπειρίας και φυσική κατάσταση προκειμένου να ανταπεξέλθουν σε κλίματα μεγάλου υψόμετρου και στη σωματική καταπόνηση. Αντικειμενικός στόχος είναι συνήθως η ανάβαση σε μια υψηλή κορυφή, ενώ οι παράλληλες δραστηριότητες που τυχόν συμπεριλαμβάνονται είναι το βάδισμα σε πάγο ή βράχο, η περιδιάβαση παγετώνων, η χρήση αξινών, σακάρων πάγου και σχοινιών, η πλοήγηση και ο εγκλιματισμός. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται και απαιτείται είναι συνήθως υψηλής ποιότητας και από περίπτωση σε περίπτωση περιγράφεται ως «τεχνικός». Πιο συγκεκριμένα η διεξαγωγή της αλπικής ορειβασίας αναλύεται ως εξής:

- Γενικός προγραμματισμός.
  - Συγκρότηση της ομάδας
  - Χρονικός προγραμματισμός (διάρκεια σε ημέρες, ημερομηνίες άφιξης και αναχώρησης προς και από την επιλεγμένη τοποθεσία).
  - Καθορισμός του επιθυμητού βαθμού δυσκολίας του εγχειρήματος (τύπος εδάφους, υψομετρικές διαφορές, κλιματολογικές συνθήκες).
  - Επιλογή τοποθεσίας.
- Συγκέντρωση όλων των απαραίτητων εφοδίων.
- Αναχώρηση για την προεπιλεγμένη τοποθεσία.
- Προσαρμογή στις τοπικές συνθήκες και προετοιμασία για την ανάβαση.
- Εάν και εφόσον η ανάβαση πραγματοποιηθεί σε στάδια (ανάλογα με το υψόμετρο της κορυφής και το διαθέσιμο χρονικό περιθώριο), αυτά είναι τα εξής:
  - Διαμονή της ομάδας σε κατασκήνωση ή καταφύγιο για ανάπαυση και προετοιμασία για τη συνέχεια της πορείας.
  - Τελική ανάβαση έως και την κορυφή. Στο στάδιο της τελικής ανάβασης ο όγκος των εφοδίων περιορίζεται στα απαραίτητα.
  - Κατάβαση, ανάπαυση και αναχώρηση.

Πέρα από τον αντικειμενικό στόχο που είναι συνήθως η κατάληψη μιας κορυφής υπεισέρχονται και άλλοι υποκειμενικοί λόγοι για τους οποίους κάνει κάποιος αλπική ορειβασία:

- Απόδραση από το αστικό περιβάλλον.
- Γνωριμία με άλλους πολιτισμούς και τοποθεσίες αφού πολλές φορές απαιτείται το ταξίδι σε απομακρυσμένες περιοχές του πλανήτη.
- Άμεση επαφή με τη φύση, συνήθως στην πιο ακραία μορφή της
- Ψυχική ανάταση και ευφορία.
- Αναζήτηση ψυχολογικών και σωματικών ορίων.
- Σωματική άσκηση.

Πιο αναλυτικά παρουσιάζεται παρακάτω ένα εννοιολογικό πλαίσιο που παρουσιάζει τους κυριότερους παράγοντες που οδηγούν κάποιον στην ορειβασία καθώς και τις εμπειρίες που εμπλέκονται (Pomfret et al., 2006).

- Παράγοντες που ωθούν προς την ορειβασία
  - Πρόκληση και ρίσκο
  - Κάθαρση (ηρεμία, αργοί ρυθμοί ζωής)
  - Αναγνώριση (να θέλει κάποιος να είναι ορειβάτης ή να είναι γνωστός σαν ορειβάτης)
  - Δημιουργικότητα (επίλυση προβλημάτων, εύρεση καταλληλότερης διαδρομής, ανάλυση εδάφους, αξιολόγηση κινδύνων)

- Φυσικό περιβάλλον (θέα των βουνών, κοντά στη φύση)
- Τάση απόδρασης
- Ανάγκες χαμηλού και υψηλού επιπέδου
  - Βιολογικές
  - Ασφάλεια και σιγουριά
  - Ανάπτυξη κοινωνικών σχέσεων
  - Αυτό-ανάπτυξη
  - Αυτό-εκπλήρωση
- Κίνητρα
  - Επίτευξη στόχου (π.χ. κατάληψη κορυφής)
  - Αναγνώριση επιδεξιότητας, βελτίωση τεχνικών ικανοτήτων
- Χαρακτηριστικά προσωπικότητας ορειβατών
  - Αναζήτηση δυνατών συναισθημάτων
  - Αποφασιστικότητα
  - Ικανότητα
  - Αυτονομία

Η παρούσα μελέτη εστιάζει, όπως διατυπώνεται και στον καθορισμό του προβληματικού χώρου, στα προβλήματα που δημιουργούνται από τη μεταφορά φορτίου από τον άνθρωπο κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης δραστηριότητας (ορειβασία). Το φορτίο φέρει όλα τα απαραίτητα εφόδια τα οποία εξασφαλίζουν την επιτυχία του τελικού στόχου της δραστηριότητας αλλά και τη διαβίωση του ορειβάτη.

Η διαβίωση σε αλπικές συνθήκες ορίζεται ως εξής: η απρόσκοπτη και με σχετική άνεση κάλυψη των ζωτικών οργανικών αναγκών οι οποίες ιεραρχικά είναι:

- Δίψα
- Πείνα
- Σωματική και ψυχική εξάντληση
- Προστασία από τα φυσικά φαινόμενα και το επικίνδυνο περιβάλλον
- Ατομική υγιεινή

## 4.2 Υπάρχουσα κατάσταση

Όσον αφορά το σχεδιαστικό πρόβλημα η υπάρχουσα κατάσταση εμφανίζεται ως εξής:

- Σακίδια πλάτης, εργονομικά σχεδιασμένα που έχουν αναλάβει το ρόλο μεταφοράς των εκάστοτε εφοδίων δημιουργώντας όσο το δυνατόν μια άνετη κατάσταση για την πλάτη του φορέα. Ωστόσο δεν λείπουν τα προβλήματα από την πολύωρη μεταφορά μεγάλου φορτίου στην πλάτη.
- Τα απαιτούμενα εφόδια συνιστούν από μόνα τους στην αύξηση του όγκου και του βάρους, οπότε είναι αναγκαία η άνετη μεταφορά τους. Είναι και αυτά μέρος του σχεδιαστικού προβλήματος.

Κάποια από τα χαρακτηριστικά που φέρουν τα σακίδια που διατίθενται στο εμπόριο και πέρα από αυτά που αναλύθηκαν στην έρευνα αγοράς αναφέρονται παρακάτω:

- Εξατομικευμένη ζώνης μέσης. Η εξατομίκευση στα εκάστοτε ανθρωπομετρικά δεδομένα πραγματοποιείται σε επιλεγμένα καταστήματα.
- Ελαφρύ και λεπτό εσωτερικό πλαίσιο το οποίο αποτελείται μία ή δύο εύκαμπτες αλουμινένιες βέργες και από μία επιφάνεια συνήθως από πολυουρεθάνη υψηλής πυκνότητας (HDPE) στην πλάτη. Το σύστημα κατανέμει εργονομικά το φορτίο στους γοφούς και τη μέση και προστατεύει από ογκώδη και αιχμηρά αντικείμενα.
- Εργονομικό σχήμα του αφρού του πάνελ πλάτης, της ζώνης μέσης (hip belt) και των αορτήρων των ώμων (shoulder straps) για την εξάλειψη σημείων πίεσης. Με τον όρο εργονομικό σχήμα εννοείται αυτό που προσεγγίζει τη μορφή του ανθρωπίνου σώματος στη συγκεκριμένη περιοχή. Το αφρώδες υλικό που χρησιμοποιείται υπάρχει σε δύο κατηγορίες, αυτή των κλειστών κυψελών και αντίστοιχα αυτή των ανοικτών κυψελών. Ο αφρός κλειστών κυψελών παρουσιάζει αυξημένη ακαμψία,

συνεκτικότητα και αντοχή σε αντίθεση με αυτόν των ανοιχτών κυψελών που διαμορφώνεται ευκολότερα.

- Και οι δύο τύποι αφρώδους υλικού που αναφέρθηκαν παραπάνω χρησιμοποιούνται στη ζώνη μέσης. Στην εξωτερική επιφάνεια ο κλειστών κυψελών αφρός για επιπλέον ενίσχυση και το αντίθετο εσωτερικά για καλύτερη εφαρμογή της ζώνης με τη μέση
- Ο αφρός τύπου κλειστών κυψελών χρησιμοποιείται στους αορτήρες.
- Οι περιοχές πίεσης της ζώνης μέσης εστιάζουν στην επάνω και κάτω πλευρά ανακουφίζοντας έτσι τα οστά της λεκάνης από την πίεση.
- Πλαίσιο πλάτης το οποίο ακολουθεί τις περιστροφές του κορμού για καλύτερη κατανομή του φορτίου και αύξηση της άνεσης.
- Ζώνη μέσης που περιστρέφεται ανάλογα με την εκάστοτε γωνία των γοφών για καλύτερη κατανομή του φορτίου.
- Ρυθμιζόμενοι αορτήρες και ιμάντας στήθους.
- Ιμάντες που μετακινούν το φορτίο πιο κοντά στην πλάτη. (top tensioners).
- Χειρολαβή
- Αεριζόμενη πλάτη για να εξατμίζεται ο ιδρώτας και η υγρασία.
- Συνδυασμός υδρόφιλων και υδρόφοβων υλικών. Τα μεν υδρόφιλα συγκρατούν την υγρασία, τα δε υδρόφοβα την απομακρύνουν.
- Διατάξεις πρόσδεσης εξοπλισμού όπως αξίνες πάγου και φτυάρια.
- Πλαϊνοί ιμάντες συμπίεσης φορτίου και πρόσδεσης σκι.
- Σημεία πρόσδεσης στο εμπρός μέρος για κραμπόν (σχάρες πάγου).
- Ιμάντες πρόσδεσης και συμπίεσης σχοινιών.
- Αφαιρούμενες τσέπες που χρησιμοποιούνται και σαν τσάντες μέσης.
- Τσέπες με υδατοστεγή φερμουάρ για αποθήκευση ευαίσθητων αντικειμένων.
- Εσωτερικός θύλακας υποδοχής δοχείου νερού με στόμιο για άμεση πόση νερού.
- Κλείσιμο που δεν επιτρέπει τις κλιματολογικές συνθήκες να επηρεάσουν το εσωτερικό του σακιδίου.
- Επεκτάσιμος χώρος κάτω από το καπάκι του σακιδίου.
- Ιμάντες πρόσδεσης επιπλέον υλικού εξωτερικά
- Δύο εσωτερικά διαμερίσματα που διαχωρίζονται με φερμουάρ
- Εξωτερικές τσέπες για τοποθέτηση των αιχμών πασσάλων από αντίσκηνα και μπατόν σκι.
- Διπλός ενισχυμένος πάτος.
- Εξωτερικές επενδύσεις που προστατεύουν από τον αιχμηρό εξοπλισμό που αποθηκεύεται εξωτερικά
- Σφυρίχτρα ενσωματωμένη στον ιμάντα στήθους (chest strap).
- Περισσότερες από μία δυνατότητες πρόσβασης στο εσωτερικό.
- Κατασκευασμένα από υψηλής αντοχής νάιλον.
- Αγκράφες και κλιπς πολύ υψηλής αντοχής.
- Διατίθενται συνήθως σε 3 μεγέθη (small, medium, large) ανάλογα με το μήκος πλάτης για το οποίο προορίζονται.

Παρακάτω παρατίθεται μια λίστα με τα ενδεικτικά απαραίτητα εφόδια. Ο εξοπλισμός διαχωρίζεται ανάλογα με την εποχή του χρόνου (πηγή: the Alpine Club of Canada).:

#### Χειμερινός εξοπλισμός:

- Ρουχισμός:
  - 3 ζευγάρια ενισχυμένες συνθετικές ή μάλλινες κάλτσες.
  - 3 ζευγάρια ελαφρές μάλλινες ή συνθετικές κάλτσες που φοριούνται κατάσαρκα.
  - Δερμάτινες μπότες ορειβασίας. Αν γίνει περιδιάβαση σε χιόνι ή πάγο είναι επιθυμητό να είναι συμβατές με σχάρες πάγου.
  - Κατώτερο στρώμα ρουχισμού - εσώρουχα μάλλινα ή συνθετικά, 2 ή 3 ζευγάρια.
  - Ενδιάμεσο στρώμα ρουχισμού, fleece ζακέτα ή μπλούζα και παντελόνι.



- Ανώτερο στρώμα ρουχισμού, αδιάβροχο και αναπνέον πανωφόρι και παντελόνι.
- Ενισχυμένο αντιανεμικό και αδιάβροχο πανωφόρι.
- Μπουφάν με επιπλέον μόνωση.
- Καπέλο με γείσο, μάλλινο ή συνθετικό.
- Μαντήλι για το λαιμό
- Σκούφος για όλο το κεφάλι.
- Ελαφριά fleece ή μάλλινα γάντια
- Ενισχυμένα αδιάβροχα γάντια
- Γκέτες
- Ορειβατικός εξοπλισμός
  - Ιμάντας μέσης και στήθους (μποντριέ)
  - Κρίκοι ορειβασίας (carabiner) συνήθως 2 με κλειδαριά και 2 απλοί.
  - Αξίνα πάγου
  - Σχάρες πάγου
  - Συσσκευή κατάβασης και συγκράτησης (rappel device)
  - Σχοινί 12 μ. περίπου πάχους 6 mm
  - Προαιρετικά μπατόν βαδίσματος
- Είδη ύπνου
  - Υπνόσακος ενισχυμένος (γέμιση κατά προτίμηση, λόγου όγκου και βάρους, πούπουλο χήνας)
  - Υπόστρωμα ύπνου κλειστής κυψέλης με κουτί επισκευών.
- Λοιπός εξοπλισμός
  - Απορροφητικά γυαλιά ηλίου
  - Μάσκα σκι
  - Φακός κεφαλής με επιπλέον μπαταρίες και λαμπτήρες
  - Κουτί πρώτων βοηθειών
  - Χάρτες, πυξίδα
  - Αλτίμετρο
  - Κινητό τηλέφωνο ή ασύρματος
  - Σουγιάς
  - Αναπτήρας ή σπίρτα
  - Μαγειρικά σκεύη (κούπα, κουτάλι, μπολ)
  - Δοχεία μεταφοράς νερού συνολικής χωρητικότητας 2 λίτρων.
  - Δοχείο φαγητού
  - Μαγειρική εστία
  - Είδη προσωπικής υγιεινής
  - Αντηλιακό προσώπου και χειλιών.
  - Ωτασπίδες
  - Αδιάβροχοι σάκοι αποθήκευσης φαγητού
- Προαιρετικός εξοπλισμός
  - Φτυάρι
  - Φωτογραφικός εξοπλισμός
  - Ραδιοφάρος χιονοστιβάδας
  - Κιτ αδιαβροχοποίησης
  - Σημειωματάριο

#### Θερινός εξοπλισμός:

- Ρουχισμός:
  - 3 ζευγάρια μάλλινες ή συνθετικές κάλτσες
  - Δερμάτινες μπότες ορειβασίας
  - Κατώτερο στρώμα ρουχισμού - εσώρουχα μάλλινα ή συνθετικά, 2 ή 3 ζευγάρια.
  - Ενδιάμεσο στρώμα ρουχισμού, fleece ζακέτα ή μπλούζα και παντελόνι.

- Ανώτερο στρώμα ρουχισμού, αδιάβροχο, αντιανεμικό και αναπνέον πανωφόρι και παντελόνι.
- Καπέλο με γείσο για τον ήλιο
- Μαντήλι για το λαιμό
- Ελαφριά fleece ή μάλλινα γάντια
- Ορειβατικός εξοπλισμός
  - Ιμάντας μέσης και στήθους (μποντριέ)
  - Κρίκοι ορειβάσις (carabiner) συνήθως 2 με κλειδαριά και 2 απλοί.
  - Συσκευή κατάβασης και συγκράτησης (gappel device)
  - Σχοινί 12 μ. περίπου πάχους 6 mm
  - Προαιρετικά μπατόν βαδίσματος
- Είδη ύπνου
  - Καλοκαιρινός Υπνόσακος
  - Υπόστρωμα ύπνου

### 4.3 Επιθυμητές προδιαγραφές

- Το φορτίο να βρίσκεται όσο πιο κοντά στον κορμό και ακόμα καλύτερα γύρω από τη μέση προκειμένου να βρίσκεται όσο πλησιέστερα γίνεται στο κέντρο βάρους του σώματος του φορέα. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιείται το ενεργειακό και μεταβολικό κόστος (Knapic et al., 1996).
- Το βάρος να μεταφέρεται στην περιοχή των γοφών και της μέσης. Σε αυτή την περίπτωση η δυσφορία από τη μεταφορά φορτίου είναι λιγότερη (Reid et al., 2004).
- Να μην φορτίζονται μικρές ομάδες μυών (άνω και κάτω άκρα) για την ελαχιστοποίηση της εξάντλησης και της τοπικής δυσφορίας (Legg et al., 1985).
- Το φορτίο να είναι ομοιόμορφα κατανομημένο. Ασύμμετρη τοποθέτηση του φορτίου οδηγεί σε αντίστοιχη κλίση του κορμού, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε διαταραχές της σπονδυλικής στήλης (Fowler et al., 2005)
- Το φορτίο στην πλάτη θα πρέπει να φορτίζει όσο το δυνατό λιγότερο τους μύες της και να μεταφέρεται από τους ώμους προς τη μέση. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η μυϊκή δραστηριότητα συγκεκριμένων ομάδων μυών, μειώνεται η πίεση που ασκείται κάτω από τους αρτήρες των ώμων και μειώνεται η κάθετη δύναμη που ασκείται στους ώμους (Reid et al., 2004).
- Αν υπάρχει φορτίο στο θώρακα δεν θα πρέπει να εμποδίζει την κάμψη του κορμού και την αναπνευστική λειτουργία (Knapic et al., 1996).
- Να μην υπάρχει σχετική κίνηση του φορτίου με τον κορμό τουλάχιστον όπου απαιτείται μεγαλύτερη ισορροπία. Αυτό σημαίνει ότι το φορτίο θα πρέπει να ακολουθεί τις κινήσεις του σώματος και να μην παρουσιάζει αποκλίσεις και ανεξαρτησία κίνησης.
- Να προσαρμόζεται όσο καλύτερα γίνεται στα εκάστοτε ανθρωπομετρικά στοιχεία.
- Να μην έχει επιπτώσεις στον τρόπο διασκελισμού (συχνότητα και μήκος βήματος).
- Θα πρέπει να διαχειριστεί η υπερβολική εφίδρωση που προέρχεται από την κίνηση αλλά και από την επαφή του δέρματος με τον εξοπλισμό.
- Να μην εμποδίζεται η κίνηση των χεριών που εξασφαλίζει τη δυναμική ισορροπία του σώματος κατά το βάδισμα.
- Να γίνεται ανεμπόδιστα η κίνηση μέσα στενά μονοπάτια και επικλινές έδαφος.
- Να υπάρχει άμεση πρόσβαση σε αντικείμενα που χρησιμοποιούνται συχνότερα (χάρτης, πυξίδα, αδιάβροχο, φακός, φωτογραφική μηχανή κτλ.)
- Θήκες για να τοποθετείται εξοπλισμός όπως κρίκοι, αξίνες πάγου, σχάρες πάγου, κράνος, σχοινιά
- Να είναι εύκολη και απλή η φόρτωση και ξεφόρτωση.
- Να διαθέτει διαμερίσματα για ξεχωριστά ήδη εξοπλισμού
- Να είναι δυνατή η συμμετρική αλλά και εύκολη γέμισή του
- Να είναι modular. Να χωρίζεται σε μικρότερα, λειτουργικά κομμάτια.
- Να στηρίζεται από μόνο του όταν δεν χρησιμοποιείται.
- Να είναι ελαφρύ.

- Να είναι ανθεκτικό στο νερό, το χιόνι, τον πάγο και τη σκληρή χρήση.
- Να ενσωματώνει δευτερεύουσες λειτουργίες.
- Να ενσωματώνει streamline χαρακτηριστικά με υιοθέτηση χαμηλού προφίλ. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται και η τοποθέτηση του φορτίου όσο πιο κοντά στον κορμό γίνεται.
- Να παρουσιάζει γενικά μια ομοιόμορφη εικόνα, χωρίς ιμάντες (αν υπάρχουν) να κρέμονται και το φορτίο να είναι άναρχα τοποθετημένο αυξάνοντας τον όγκο.
- Στα υπάρχοντα σακίδια η φόρτωση στον κορμό γίνεται με δύο κινήσεις (σήκωμα του σακιδίου και πέρασμα των χεριών από τους ιμάντες για να στηριχτεί στους ώμους). Μπορεί η φόρτωση να επιτευχθεί με μία κίνηση;
- Ο αποθηκευτικός χώρος των 45 έως 50 λίτρων κρίνεται ικανοποιητικός καθώς ανήκει στη μεσαία κατηγορία των σακιδίων που δύνανται να μεταφέρουν εφόδια, όπως αυτά που αναφέρονται παραπάνω, για δύο έως τέσσερις ημέρες.

#### 4.4 Ιδέες

- Ένδυμα που θα διαθέτει θύλακες σε διάφορα σημεία του σώματος ,ευκόλως προσβάσιμα, για την αποθήκευση και μεταφορά εξοπλισμού.
- Ένδυμα τύπου γιλέκο το οποίο θα διαθέτει δύο μεγάλους κεντρικούς θύλακες. Ένα μεγάλο στην πλάτη και ένα μικρότερο στο θώρακα.
- «Έξυπνο» σακίδιο το οποίο θα προσαρμόζεται μόνο του στα εκάστοτε ανθρωπομετρικά μεγέθη με σκοπό τη μεγιστοποίηση της άνεσης.
- Σύστημα συμπίεσης εξοπλισμού με εσωτερικά πτερύγια ανάμεσα στο εξωτερικό και εσωτερικό ύφασμα με σκοπό τη μείωση του όγκου.
- Το φορτίο να σπρώχνεται ή να σύρεται.
- Μορφολογική ομοιότητα με το ναυτικό σωσίβιο
- Σύστημα αεροθυλάκων που γεμίζουν και αδειάζουν μηχανικά (μέσω βαλβίδων) πιέζοντας και χαλαρώνοντας αντίστοιχα το φορτίο προς τον ανθρώπινο κορμό σε συνθήκες που απαιτούν περισσότερη ή λιγότερη ισορροπία.
- Χρήση υλικών που θυμούνται π.χ. το σχήμα της πλάτης του χρήστη (shape-memory).

## 5. Διαδικασία εφαρμογής λύσεων μέσω σχεδίασης

Οι αιτίες των προβλημάτων όπως αυτά παρουσιάζονται (φυσιολογία, εμβιομηχανική, ιατρική) κατά τη μεταφορά φορτίου από τον άνθρωπο στη διάρκεια ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων όπως η ορειβασία - πεζοπορία συγκεντρώνονται ως εξής:

- Απώλεια της δυναμικής ισορροπίας του κορμού λόγω σχετικής κίνησης φορτίου-κορμού
- Μειωμένη ευχέρεια κίνησης του κορμού λόγω αυξημένης ακαμψίας του φορτίου
- Ανακολουθία κινήσεων μεταξύ φορτίου - κορμού

Σε αυτές τις τρεις κύριες αιτίες των προβλημάτων, που αναλύθηκαν στην ενότητα παρουσίασης του προβληματικού χώρου και συνυπολογισμένων των δεδομένων που προκύπτουν από το σχεδιαστικό brief (απαιτούμενα χαρακτηριστικά και προδιαγραφές) παρουσιάζεται πεδίο λύσεων με σκοπό την ελαχιστοποίηση των αιτιών που προκαλούν τα προβλήματα. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το πλαίσιο διατύπωσης απαιτήσεων και λύσεων προκύπτει και τεκμηριώνεται μέσα από την εργονομική και εμβιομηχανική ανάλυση που προηγήθηκε.

Μία προσέγγιση στο πεδίο λύσεων γίνεται μέσα από την τελευταία ενότητα του σχεδιαστικού brief (παρουσίαση ιδεών). Ωστόσο η ιδιαιτερότητα των χαρακτηριστικών του προβληματικού χώρου όπως το είδος της δραστηριότητας, το φυσικό περιβάλλον και οι υπάρχουσες λύσεις, αλλά και η διερεύνηση εφαρμογής κάποιων από αυτών οδηγεί τελικά στη χρήση της ιδέας του συστήματος μεταφοράς φορτίου στην πλάτη, ως την πιο βιώσιμη. Παρόλα αυτά δίνονται κατευθύνσεις που έχουν ως σκοπό την λύση των προβλημάτων που προκύπτουν από τη μεταφορά φορτίου με τα ήδη υπάρχοντα συστήματα μεταφοράς.

Οι δύο κυριότερες κατευθυντήριες γραμμές που ακολουθήθηκαν κατά την διαδικασία εφαρμογής λύσεων μέσω της σχεδιαστικής διαδικασίας είναι οι εξής:

- Χρήση αρθρωτού μηχανισμού με σκοπό την πλήρη εναρμόνιση των κινήσεων του κορμού με αυτές του φορτίου.
- Χρήση ελαστικών υλικών με σκοπό την αύξηση της ευχέρειας κίνησης του κορμού αλλά και την εναρμόνιση αυτού με τις κινήσεις του φορτίου.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην προσπάθεια εφαρμογής λύσεων μέσα από τις δύο παραπάνω κατευθύνσεις ελήφθησαν υπόψη και οι κυριότερες επιθυμητές προδιαγραφές που περιγράφονται στο brief σχεδίασης. Με τον χαρακτηρισμό κυριότερες εννοούνται όλες εκείνες που αφορούν εργονομικά χαρακτηριστικά, όπως:

- Το σύστημα μεταφοράς να προσαρμόζεται στις κινήσεις του κορμού προς εξασφάλιση της δυναμικής ισορροπίας.
- Το φορτίο να βρίσκεται όσο πιο κοντά γίνεται στο κέντρο βάρους του φορέα-χρήστη.
- Το φορτίο να μεταφέρεται από τους ώμους στους γοφούς και τη μέση του φορέα-χρήστη.
- Να μην υπάρχει σχετική κίνηση φορτίου-κορμού με σκοπό τη μεγιστοποίηση της δυναμικής ισορροπίας.
- Το σύστημα μεταφοράς να προσαρμόζεται όσο καλύτερα γίνεται στα εκάστοτε ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά.
- Οι αορτήρες ώμων να δημιουργούν μια όσο το δυνατόν πιο άνετη κατάσταση για τις περιοχές του κορμού από όπου διέρχονται.

Η σχεδιαστική διαδρομή που ακολουθήθηκε γίνεται αντιληπτή μέσα από τα ελεύθερα σκίτσα που παρατίθενται. Τα σκίτσα αφορούν τη διερεύνηση εφαρμογής της ιδέας του διπλού σακιδίου καθώς και τις σχεδιαστικές κατευθύνσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω και ακολουθήθηκαν τελικά. Μέσα από τον ελεύθερο σχεδιασμό και τη δοκιμή ιδεών και λύσεων ακολουθείται μια διαδικασία αποδοχής και απόρριψης χαρακτηριστικών, η οποία οδηγεί σε μία τελική προσέγγιση εφαρμογής λύσεων.

## 5.1 Σχεδιαστικό Concept

Λαμβάνοντας υπόψη τις επιθυμητές προδιαγραφές που προκύπτουν αλλά και όλη τη διαδικασία ελεύθερης σχεδίασης που προηγήθηκε, γίνεται η τελική εφαρμογή των ιδεών και των λύσεων, οι οποίες ενσωματώνονται σε πρωτότυπο σύστημα μεταφοράς φορτίου στην πλάτη. Πιο συγκεκριμένα:

### 5.1.1 Περιγραφή: χρήση και πρωτεύουσες λειτουργίες

Το σύστημα μεταφοράς φορτίου που περιγράφεται στοχεύει στα εξής:

- Στην άνετη κίνηση του κορμού και των βραχιόνων με στόχο την εξασφάλιση της δυναμικής ισορροπίας.
- Στην μεταφορά του φορτίου από τους ώμους στην περιοχή της μέσης και των γοφών.
- Στην διατήρηση της φυσιολογικής τροχιάς των γοφών για ισορροπία σε διαφόρων τύπων εδάφη και την ελαχιστοποίηση του μεταβολικού κόστους.
- Στην προσαρμογή του σε διάφορα ανθρωπομετρικά δεδομένα.
- Στη διατήρηση του φορτίου όσο πλησιέστερα γίνεται στο κέντρο βάρους του χρήστη.
- Σε μια όσο το δυνατόν ανετότερη κατάσταση για τους ώμους και τις περιοχές από διέρχονται οι αορτήρες ώμων.

Για το σκοπό αυτό διαθέτει:

- Σκληρό εξωτερικό σκελετό από πολυμερές υλικό, ο οποίος διατρέχει περιμετρικά τους χώρους αποθήκευσης του συστήματος. Ο σκελετός μεταφέρει το φορτίο από τους ώμους στην μέση και τους γοφούς.
- Άρθρωση σε συγκεκριμένο ύψος της πλάτης του χρήστη, η οποία σκοπό έχει την εναρμόνιση της κίνησης του κορμού του χρήστη με αυτή του φορτίου. Η άρθρωση χωρίζει τον εξωτερικό σκελετό σε τμήματα: δύο τα οποία βρίσκονται πλευρικά της μέσης του φορέα, αριστερά και δεξιά, έως και το ύψος της άρθρωσης και ένα το οποίο συνδέεται με τα υπόλοιπα δύο με τη βοήθεια της άρθρωσης και διατρέχει την πλειοψηφία της περιμέτρου του σακιδίου. Ο αρθρωτός μηχανισμός αποτελείται από έκκεντρους άξονες οι οποίοι βρίσκονται στα πλευρικά τμήματα του εξωτερικού σκελετού. Οι έκκεντροι άξονες ακολουθούν την κατεύθυνση οδηγών και οπών που βρίσκονται στα τμήματα του εξωτερικού σκελετού με σκοπό:
  - Την κίνηση των πλευρικών τμημάτων παράλληλα με το επίπεδο του κορμού του φορέα (επάνω-κάτω) έτσι ώστε να διατηρείται η φυσιολογική τροχιά των γοφών.
  - Την κίνηση του κεντρικού τμήματος του εξωτερικού σκελετού σε σχέση με τα δύο πλευρικά, το οποίο ακολουθεί τις περιστροφές του κορμού στο εγκάρσιο επίπεδο (βλ. εικ. 24). Ουσιαστικά γίνεται η προσπάθεια να ακολουθηθεί η ελικοειδής κίνηση του σώματος κατά το βάδισμα, η οποία εξασφαλίζει την απαραίτητη δυναμική ισορροπία. Επίσης επιτυγχάνεται η περιστροφή του συστήματος κατά το διάμεσο επίπεδο του σώματος.
- Τρεις καμπυλόγραμμες οπές ανά πλευρά, η μία κάτω από την άλλη οι οποίες βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του σκελετού. Οι έκκεντροι άξονες διέρχονται από ένα ζευγάρι οπών κάθε φορά ανάλογα με το μήκος της πλάτης του φορέα. Ουσιαστικά καθορίζονται τρία διαφορετικά μεγέθη πλάτης.
- Δύο αποθηκευτικούς χώρους, ένα μεγαλύτερο και ένα μικρότερο. Είναι κατασκευασμένοι από ανθεκτικό ύφασμα. Συγκρατώνται μεταξύ τους με την βοήθεια του εξωτερικού σκελετού, ενώ ακολουθούν την κίνηση της άρθρωσης του σκελετού και κατ' επέκταση αυτή του κορμού του χρήστη μέσω της «χωνευτής» διάταξης που δημιουργείται στο σημείο ένωσής τους. Σε ορισμένο ύψος επάνω και κάτω από το σημείο της άρθρωσης, αποθηκευτικοί χώροι και σκελετός δεν εφάπτονται για την ελεύθερη κίνηση της πρώτης.
- Ειδικά διαμορφωμένους αποθηκευτικούς χώρους οι οποίοι συγκεντρώνουν το φορτίο κοντά στο κέντρο βάρους του φορέα-χρήστη.

- Ειδική διάταξη με ιμάντες, αορτήρες ώμων, συνδετικά στοιχεία και τμήματα υφάσματος η οποία αλλάζει την κατεύθυνση αυτών, δημιουργώντας μια πιο άνετη κατάσταση για τους ώμους αλλά και για τις περιοχές γύρω από τα πλευρά.

### 5.1.2 Δευτερεύουσες λειτουργίες

- Ιμάντες συμπίεσης φορτίου
- Πρόσβαση στους χώρους αποθήκευσης με τη βοήθεια αδιάβροχων φερμουάρ
- Ανατομικοί αορτήρες ώμων και ζώνη μέσης
- Ανατομικά διαμορφωμένη πλάτη σακιδίου με κεντρικό κανάλι διαφυγής της θερμότητας και εξαερισμού.
- Χειρολαβές από πολυμερές υλικό οι οποίες διασφαλίζουν τη διατήρηση της θέσης των έκκεντρων αξόνων στους οδηγούς κίνησης αλλά και την αλλαγή ρύθμισης μήκους πλάτης. Διαθέτουν εσωτερικό σπείρωμα για τη σύνδεσή τους με τους άξονες.
- Πόρτες και συνδετήρες για τις απαραίτητες ρυθμίσεις μήκους των ιμάντες και τη σταθεροποίησή τους.

### 5.1.3 Περιβάλλον χρήσης



Το περιβάλλον στο οποίο γίνεται η χρήση του συστήματος αφορά το ύπαιθρο και ως επί το πλείστον ορεινές περιοχές. Οι κλιματολογικές συνθήκες ποικίλουν ανάλογα με την εποχή χρήσης (νερό, χιόνι, άνεμοι, ήλιος, υγρασία, χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες), χωρίς ωστόσο να λαμβάνονται υπόψη εξαιρετικά ακραίες συνθήκες όπως π.χ. πολικό ψύχος. Τα υλικά κατασκευής θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στην τριβή με βράχους, χώμα, φυλλώματα, σκόνη.

Μετά τη συνήθη χρήση, το σύστημα μεταφοράς καθαρίζεται με νερό και ελαφριά απορρυπαντικά, στεγνώνει σε σκιερό και δροσερό μέρος και αποθηκεύεται σε οικιακό περιβάλλον.

### 5.1.4 Χρήστες

Στο brief σχεδίασης καθορίστηκε ήδη ένα εννοιολογικό πλαίσιο κινήτρων απασχόλησης με την ορειβασία-πεζοπορία κατηγοριοποιώντας κάποιες ιδιαιτερότητες χρηστών.



Πιο συγκεκριμένα ποιες είναι οι ομάδες χρηστών;

- Νέοι και μεγαλύτεροι που αναζητούν εναλλακτικούς τρόπους ψυχαγωγίας.
- Πεζοπόροι - κατασκηνωτές
- Μέλη ορειβατικών συλλόγων, ερασιτέχνες και περιστασιακοί ορειβάτες
- Φυσιολάτρες, περιπατητές

Τι αναζητούν;

- Ηρεμία
- Εντυπωσιακά τοπία
- Καθαρό περιβάλλον

- Γαλήνη
- Ψυχική και σωματική ανάταση
- Περιπέτεια
- Απομόνωση
- Ψυχαγωγία
- Να ξεφύγουν από το αστικό περιβάλλον
- Τα όριά τους

Τι κερδίζουν;

- Εμπειρίες
- Διασκέδαση
- Ψυχική και σωματική ανανέωση
- Κατανοούν καλύτερους τρόπους επίλυσης προβλημάτων - εφευρετικότητα
- Ευεξία
- Χαλάρωση
- Αυτοπεποίθηση
- Δέσιμο με το ύπαιθρο

Τι απαιτείται;

- Καλή φυσική κατάσταση
- Υπομονή και επιμονή
- Αυτοπεποίθηση
- Ειδικές γνώσεις
- Απαραίτητος εξοπλισμός
- Ψυχραιμία σε τυχόν δύσκολες καταστάσεις
- Αγάπη για τη φύση
- Συνεργασία αλληλοσυμπάρσταση και συνεργασία σε ομαδικό περιβάλλον
- Σεβασμό στη φύση

#### 5.1.4 Υλικά κατασκευής

Λαμβάνοντας υπόψη τις επιθυμητές προδιαγραφές, το περιβάλλον χρήσης και τους χρήστες επιλέγονται υλικά που θεωρητικά καλύπτουν επαρκώς τις απαιτήσεις όλων των παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα:

- Για το σώμα του επάνω αποθηκευτικού χώρου:

210 Denier Cordura Nylon: Διαθέτει ripstop μοτίβο πλέξης και ισορροπεί εξαιρετικά ανάμεσα σε πολύ καλή αντοχή κατά των σκισιμάτων και του νερού (αδιάβροχο), υψηλή αντίσταση στην τριβή και χαμηλό βάρος. Επίσης διαθέτει επίστρωση από πολυουρεθάνη και διατίθεται σε πληθώρα χρωματισμών.

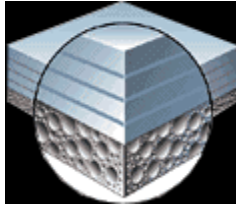
- Για το σώμα του κάτω αποθηκευτικού χώρου:

420 Denier Cordura Nylon: Χρησιμοποιείται διότι προσφέρει εξαιρετική αντίσταση κατά των τριβών με το έδαφος και άλλες επιφάνειες.

- Για την περιοχή ένωσης των δύο αποθηκευτικών χώρων:

Άκαμπτο αφρώδες υλικό κλειστών κυψελών το οποίο διαθέτει και προσφέρει την απαραίτητη ακαμψία που απαιτείται για την περιοχή και τη σχετική κίνηση μεταξύ των δύο σωμάτων.

- Για τις αφρώδεις περιοχές (ιμάντες μέσης και ώμων, πλαίσιο πλάτης):



Χρησιμοποιούνται δύο στρώματα αφρώδων υλικών στους ιμάντες μέσης και ώμων και στο πλαίσιο της πλάτης. Ένα στρώμα αφρού ανοικτών κυψελών (open cell foam), ο οποίος είναι μαλακός, για επιπλέον άνεση και ένα στρώμα αφρού κλειστών κυψελών (closed cell foam), ο οποίος είναι πιο άκαμπτος και προσφέρει σταθερότητα και αντοχή. Τα δύο στρώματα αφρού συγκολλούνται μεταξύ τους.

- Για τις περιοχές επαφής των ιμάντων μέσης των αορτήρων και της πλάτης με το σώμα του χρήστη:



Υφασμάτινο πλέγμα το οποίο είναι διαπνέον και επιτρέπει την κυκλοφορία του αέρα.

- Για το πλαίσιο πλάτης:

Χρησιμοποιείται πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (High Density Poly Ethylene, HDPE) το οποίο προσφέρει ευλυγισία, σταθερότητα και ανθεκτικότητα.

- Φερμουάρ:

Αδιάβροχα φερμουάρ το οποία εξαλείφουν την ανάγκη χρήσης περυγίων για την προστασία του εσωτερικού.

- Για τις ταινίες κάλυψης των ραφών:

Χρησιμοποιείται και πάλι 210 Denier Cordura Nylon. Η αδιαβροχοποίησή του αποτρέπει την υγρασία από το να εισχωρήσει στις ραφές.

- Για τους μεταλλικούς συνδέσμους ένωσης των ιμάντων:

Χρησιμοποιείται αεροπορικό αλουμίνιο για τη μείωση του συνολικού βάρους.

- Για τα τμήματα του εξωτερικού κελύφους:

Χρησιμοποιείται θερμοπλαστική ουρεθάνη ενισχυμένη με ίνες ύαλου (fiber glass reinforced thermoplastic urethane) η οποία χυτεύεται με έγχυση προκειμένου να πάρει το επιθυμητό σχήμα (injection moulding). Σαν πολυμερές είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό, στιβαρό και κατάλληλο για βαριά και σκληρή χρήση. Διαθέτει συμπαγή όψη και είναι άσμο (πηγή: the Dow chemical company). Το κόστος του είναι σχετικά χαμηλό με το βάρος να κυμαίνεται σε αποδεκτά πλαίσιο.



Για την συρραφή των διαφόρων τμημάτων του σακιδίου χρησιμοποιείται τριπλό συγκολλητό νήμα από nylon. Το nylon νήμα είναι εξαιρετικά ανθεκτικό στη φθορά και την αποσάθρωση. Οι μεγαλύτερες ραφές είναι διπλές ενώ στην περιοχή ένωσης του υφάσματος με το πλαίσιο της πλάτης χρησιμοποιείται υφασμάτινη ταινία κάλυψης των ραφών. Στα κρίσιμα σημεία όπου αναπτύσσονται ισχυρές τάσεις λόγω φορτίου χρησιμοποιούνται πέντε σειρές νήματος ενώ στις περιοχές ένωσης των μάντων με το κυρίως σώμα του σακιδίου χρησιμοποιείται το ορθογωνικό μοτίβο με δύο διαγώνιες σειρές νήματος όπως αυτό που αναπαρίσταται παρακάτω.



#### **5.1.5 Ελεύθερη Σχεδίαση (σκίτσα), Τρισδιάστατες Απεικονίσεις και Κατασκευαστικά Σχέδια**

Παρακάτω (μετά τις βιβλιογραφικές αναφορές) ακολουθούν σκίτσα, τρισδιάστατες απεικονίσεις του σακιδίου καθώς και επεξηγηματικές αναπαραστάσεις.

Επίσης ακολουθούν και κατασκευαστικά σχέδια.

## 6. Βιβλιογραφικές Αναφορές

Brenda Lobb - Load carriage for fun: a survey of New Zealand trampers, their activities and injuries - *Applied Ergonomics*, Volume 35, Issue 6, November 2004, Pages 541-54

Christian Haid and Arnold Koller - Hiking sticks in mountaineering - *The Lancet*, Volume 346, Issue 8988, 2 December 1995, Page 1502

Joseph Knapik, Everett Harman and Katy Reynolds - Load carriage using packs: A review of physiological, biomechanical and medical aspects - *Applied Ergonomics*, Volume 27, Issue 3, June 1996, Pages 207-216

M.F. Haisman - Determinants of load carrying ability - *Applied Ergonomics*, Volume 19, Issue 2, June 1988, Pages 111-121

Legg, S.J. - Comparison of different methods of load carriage -*Ergonomics*, 1985, 28.1, 197-122 - *Applied Ergonomics*, Volume 17, Issue 2, June 1986, Pages 137-138

Lei Ren, Richard K. Jones and David Howard - Dynamic analysis of load carriage biomechanics during level walking - *Journal of Biomechanics*, Volume 38, Issue 4, April 2005, Pages 853-863

J-H Goh, A Thambyah and K. Bose - Effects of varying backpack loads on peak forces in the lumbosacral spine during walking - *Clinical Biomechanics*, Volume 13, Issue 1, Supplement 1, 1998, Pages S26-S31

Legg, S.J., and Mahanty, A. - Comparison of five modes of carrying a load close to the trunk - *Ergonomics*, 1985, 28.12, 1653-1660 - *Applied Ergonomics*, Volume 18, Issue 1, March 1987, Pages 77-78

Kenneth G. Holt, Robert C. Wagenaar, Masayoshi Kubo, Michael E. LaFiandra and John P. Obusek - Modulation of force transmission to the head while carrying a backpack load at different walking speeds - *Journal of Biomechanics*, Volume 38, Issue 8, August 2005, Pages 1621-1628

M. LaFiandra, R. C. Wagenaar, K. G. Holt and J. P. Obusek - How do load carriage and walking speed influence trunk coordination and stride parameters? - *Journal of Biomechanics*, Volume 36, Issue 1, January 2003, Pages 87-95

M. LaFiandra, K. G. Holt, R. C. Wagenaar and J. P. Obusek- Transverse plane kinetics during treadmill walking with and without a load - *Clinical Biomechanics*, Volume 17, Issue 2, February 2002, Pages 116-122

Jeffrey M. Schiffman, Carolyn K. Bense, Leif Hasselquist, Karen N. Gregorczyk and Louis Piscitelle - Effects of carried weight on random motion and traditional measures of postural sway - *Applied Ergonomics*, In Press, Corrected Proof, Available online 13 December 2005,

J. Maxwell Donelan, David W. Shipman, Rodger Kram and Arthur D. Kuo - Mechanical and metabolic requirements for active lateral stabilization in human walking - *Journal of Biomechanics*, Volume 37, Issue 6, June 2004, Pages 827-835

Kenneth G. Holt, Robert C. Wagenaar, Michael E. LaFiandra, Masayoshi Kubo and John P. Obusek - Increased musculoskeletal stiffness during load carriage at increasing walking speeds maintains constant vertical excursion of the body center of mass - *Journal of Biomechanics*, Volume 36, Issue 4, April 2003, Pages 465-471

Daniel H.K. Chow, Monica L.Y. Kwok, Alexander C.K. Au-Yang, Andrew D. Holmes, Jack C.Y. Cheng, Fiona Y.D. Yao and M.S. Wong - The effect of backpack load on the gait of normal adolescent girls - *Ergonomics*, Volume 48, No. 6, 15 May 2005, Pages 642 - 656

Gill Pomfret - Mountaineering adventure tourists: a conceptual framework for research - *Tourism Management*, Volume 27, Issue 1, February 2006, Pages 113-123

David R. Boulware, William W. Forgey and William J. Martin, I - Medical risks of wilderness hiking - *The American Journal of Medicine*, Volume 114, Issue 4, March 2003, Pages 288-293

S. A. Reid, J. M. Stevenson and R. A. Whiteside - Biomechanical assessment of lateral stiffness elements in the suspension system of a backpack - *Ergonomics*, 10 October, 2004, Volume 47, No. 12, Pages 1272 - 1281

N.E. Fowler, A.L.F. Rodacki and C.D. Rodacki - Changes in stature and spine kinematics during a loaded walking task - *Gait & Posture*, In Press, Corrected Proof, Available online 6 February 2005

Youlian Hong and Chi-Kin Cheung - Gait and posture responses to backpack load during level walking in children - *Gait & Posture*, Volume 17, Issue 1, February 2003, Pages 28-33

## Ηλεκτρονικές αναφορές

[www.wta.org](http://www.wta.org) (Washington trails association)

[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) (on-line Εγκυκλοπαίδεια)

[www.thebackpacker.com](http://www.thebackpacker.com) (on-line Περιοδικό)

[www.abc-of-hiking.com](http://www.abc-of-hiking.com) (Συμβουλές για Πεζοπορία)

[www.pezoporja.gr](http://www.pezoporja.gr) (Πληροφορίες για Πεζοπορία)

[www.alpineview.ca](http://www.alpineview.ca) (Ορειβατικός Εξοπλισμός)

[www.backpacking.net](http://www.backpacking.net) (Συμβουλές για Πεζοπορία)

[www.climbalaska.org](http://www.climbalaska.org) (Alaska Mountaineering School)

[www.thenorthface.com](http://www.thenorthface.com) (Κατασκευαστής Ορειβατικού Εξοπλισμού)

[www.salewa.com](http://www.salewa.com) (Κατασκευαστής Ορειβατικού Εξοπλισμού)

[www.rei.com](http://www.rei.com) (Κατασκευαστής Ορειβατικού Εξοπλισμού)

[www.ospreypacks.com](http://www.ospreypacks.com) (Κατασκευαστής Ορειβατικών Σακιδίων)

[www.lowealpine.com](http://www.lowealpine.com) (Κατασκευαστής Ορειβατικού Εξοπλισμού)

[www.gregorypacks.com](http://www.gregorypacks.com) (Κατασκευαστής Ορειβατικών Σακιδίων)

[www.granitegear.com](http://www.granitegear.com) (Κατασκευαστής Ορειβατικού Εξοπλισμού)

[www.nikeid.com](http://www.nikeid.com) (Κατασκευαστής Αθλητικού Εξοπλισμού)

[www.danadesign.com](http://www.danadesign.com) (Κατασκευαστής Ορειβατικών Σακιδίων)

[www.jansport.com](http://www.jansport.com) (Κατασκευαστής Σακιδίων)

[www.artiach.com](http://www.artiach.com) (Κατασκευαστής Ορειβατικών Σακιδίων)

[www.boblbee.com](http://www.boblbee.com) (Κατασκευαστής Σακιδίων)

[www.kelty.com](http://www.kelty.com) (Κατασκευαστής Ορειβατικών Σακιδίων)

[www.burton.com](http://www.burton.com) (Κατασκευαστής Σακιδίων)

[www.mountain-equipment.co.uk](http://www.mountain-equipment.co.uk) (Κατασκευαστής Ορειβατικού Εξοπλισμού)











## Σύστημα Μεταφοράς Φορτίου για Υπαίθριες Ψυχαγωγικές Δραστηριότητες



1. Επάνω Τμήμα  
Εξωτερικού Σκελετού

2. Ιμάντες Συμπίεσης Φορτίου

3. Άρθρωση με Μηχανισμό  
Ασφάλισης Άξονα σε 3  
Διαφορετικές Θέσεις

4. Κάτω Αποθηκευτικός Χώρος

5. Κάτω Δεξί Τμήμα  
Εξωτερικού Σκελετού

6. Επάνω Αποθηκευτικός Χώρος

7. Ανατομικά Διαμορφωμένοι  
Ρυθμιζόμενοι Ιμάντες Όμων

8. Ανατομικά Διαμορφωμένη  
Πλάτη Σακιδίου

9. Πλαίσιο Υποστήριξης Πλάτης

10. Κανάλι Διαφυγής  
Θερμότητας & Εξαερισμού

11. Περιοχή Επαφής  
Αποθηκευτικών Χώρων

12. Τμήμα Υφάσματος που  
Συνδέει Ιμάντα & Ζώνη Μέσης

13. Μεταλλικός Σύνδεσμος  
Ιμάντων

14. Ρυθμιζόμενη Ζώνη Μέσης  
με Ανθεκτικά Κουμπώματα