



# Σχεδιασμός Κράνους Μηχανής Πόλης για Γρήγορη Τοποθέτηση-Αφαίρεση

Ιωάννα Παπαδοπούλου | 5112014081

Φεβρουάριος 2020



Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή  
Επιβλέπων: Βασίλειος Μουλιανίτης  
1ο Μέλος: Βασίλειος Παπακωστόπουλος  
2ο Μέλος: Νικόλαος Ζαχαρόπουλος

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μου έργο και κανένα μέρος της δεν είναι αντιγραμμένο από έντυπες ή ηλεκτρονικές πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές και αναπαραγωγή από εργασίες άλλων ερευνητών ή φοιτητών. Όπου έχω βασιστεί σε ιδέες ή κείμενα άλλων, έχω προσπαθήσει, όσο είναι δυνατόν, να το προσδιορίσω σαφώς μέσα από την χρήση αναφορών, ακολουθώντας την ακαδημαϊκή δεοντολογία.

## Πρόλογος

Ο χώρος του σχεδιασμού έχει πολλές διαστάσεις. Εκείνο που τον κάνει ξεχωριστό είναι η δυνατότητα ανταπόκρισης και επίλυσης προβλημάτων που αφορούν το πραγματικό κόσμο. Σε μια προσπάθεια διεύρυνσης των ακαδημαϊκών ορίων, η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποσκοπεί να ανταποκριθεί σε ένα τέτοιο πρόβλημα. Η ενασχόληση με το χώρο της ασφάλειας κατά την οδήγηση ήταν πρωτόγνωρη και γεμάτη ευχάριστες προκλήσεις στις οποίες πολύτιμη βοήθεια προσέφεραν πολλοί άνθρωποι καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Μουλιανίτη για την ανεκτίμητη καθοδήγησή του καθώς και τον κύριο Παπακωστόπουλο για τη συνεχή έμπνευση και παρότρυνση για εξέλιξη. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου κύριο Ζαχαρόπουλο και κύριο Παπανίκο για τη σχολαστικότητα και τις συμβουλές τους. Ακόμη, ευχαριστίες ανήκουν στον Νικόλαο Πολιτόπουλο για την άμεση και γρήγορη βοήθειά του στην πρωτοτυποποίηση, στο Νίκο Εξελζέ, στους συμφοιτητές μου, στους κάτοικους του νησιού και στη λέσχη μοτοσικλετιστών "Friends and Riders" για την άμεση ανταπόκρισή τους στις ανάγκες της έρευνας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου για την υποστήριξή της σε όλα τα χρόνια της φοίτησής μου και κυρίως τον πατέρα μου που ενέπνευσε τον ενθουσιασμό μου για το χώρο των μηχανών και κατ' επέκταση την ενασχόληση με αυτή την εργασία.

## Περίληψη Διπλωματικής

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποσκοπεί στη διερεύνηση της χρήσης κράνους μηχανής σε αστικό περιβάλλον και δημιουργία σχεδιαστικών προτάσεων που απαντούν στο ζήτημα της γρήγορης τοποθέτησης και αφαίρεσής του. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού ακολουθήθηκε η μεθοδολογία της επίλυσης προβλημάτων (problem-solving methodology) η οποία επιτρέπει στο σχεδιαστή να συνδυάσει τις ανάγκες των ανθρώπων με όσα είναι τεχνολογικά εφικτά.

Για τη βαθύτερη κατανόηση του προβλήματος πραγματοποιήθηκαν βιβλιογραφική έρευνα, επικεντρωμένη στη συμπεριφορά χρήσης κράνους, επιτόπια παρατήρηση και συνεντεύξεις με εν δυνάμει χρήστες. Ακόμη, σχεδιάστηκαν και αξιολογήθηκαν τρεις προτάσεις σε επίπεδο λειτουργικότητας, αντοχής και ασφάλειας εκ των οποίων επιλέχθηκε μια για εξέλιξη μέσω λεπτομερούς σχεδιασμού, καλύπτοντας επιπλέον ζητήματα παραγωγής.

Οι γνώσεις και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτή τη διαδικασία μπορούν να αποτελέσουν έμπνευση για τη διεξαγωγή έρευνας σχετικά με την εφαρμογή βίο-σύνθετων σε προστατευτικό εξοπλισμό, τη διερεύνηση νέων, πιο εύχρηστων τρόπων ασφάλισης κρανών και τη βελτιστοποίηση των προστατευτικών αφρών.

## Abstract

This thesis aims to research the use of motorcycle helmet in urban environment and create design proposals that respond to the issue of fast placement and removal. To achieve this goal, the problem-solving methodology was applied since it allows the designer to combine human needs with what is technologically feasible.

For a deeper understanding of the problem, a literature research was conducted, focusing on the behavior of helmet use, as well as on-site observation and interviews with potential users. Furthermore, three proposals were designed and evaluated in terms of functionality, durability and safety, out of which one was selected to be designed in detail, considering additional manufacturing issues.

The knowledge and results of this design process can become an inspiration for conducting research regarding the application of bio-composite materials to protective equipment, exploring new, more efficient ways of securing helmets and optimizing protective foams.



## Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή .....	13
1.1	Ορισμός προβληματικού χώρου .....	13
1.2	Σκοπός της εργασίας.....	14
1.3	Μεθοδολογία και προσέγγιση προβλήματος .....	14
1.4	Δομή διπλωματικής .....	16
1.4.1	Ορισμός Προβλήματος .....	16
1.4.2	Εννοιολογικός Σχεδιασμός.....	16
1.4.3	Σχεδιασμός Υλοποίησης και Αξιολόγηση .....	17
1.4.4	Λεπτομερής Σχεδιασμός .....	17
2	Κεφάλαιο 1 -Εισαγωγική έρευνα για τα κράνη .....	18
2.1	Βασικά στοιχεία ενός κράνους .....	18
2.1.1	Κέλυφος .....	18
2.1.2	Αφρώδες προστατευτικό υλικό .....	19
2.1.3	Εσωτερική επένδυση .....	20
2.1.4	Προσωπίδα .....	21
2.1.5	Σύστημα συγκράτησης.....	22
2.1.6	Σύστημα εξαερισμού .....	25
2.2	Κατηγορίες/ τύποι κρανών μηχανής.....	26
2.2.1	Κράνη on-road .....	26
2.2.2	Κράνη off-road .....	30
2.2.3	Κράνη on-off .....	30
2.2.4	Σύγκριση των επιμέρους τύπων της κατηγορίας on-road .....	30
2.2.5	Έρευνα Ανταγωνισμού .....	32
2.3	Συμπεράσματα κεφαλαίου .....	33
3	Κεφάλαιο 2 -Συμπεριφορά χρήσης κράνους .....	34
3.1	Παράγοντες αποφυγής χρήσης κράνους .....	34
3.2	Παράγοντες λανθασμένης χρήσης κράνους .....	35
3.3	Επιλογή προβληματικού χώρου.....	36
3.3.1	Συνεντεύξεις χρηστών και παρατήρηση πεδίου .....	37
3.3.2	Συμπεράσματα συνεντεύξεων και παρατήρησης πεδίου.....	39
4	Κεφάλαιο 3 -Εργονομική έρευνα .....	40
4.1	Βιβλιογραφική έρευνα των ατυχημάτων .....	40

4.2	Τραυματισμός κεφαλιού και προστατευτικά κράνη .....	41
4.2.1	Κατανομή σημείων πρόσκρουσης σε κράνη μετά από κρούση.....	41
4.2.2	Εμβιομηχανική ανάλυση τραυματισμών και συμμετοχή του κράνους .....	42
4.3	Κινησιολογική μελέτη τοποθέτησης, ασφάλισης και αφαίρεσης κράνους .....	44
4.3.1	Περιγραφή διαδικασίας.....	44
4.3.2	Συλλογή δεδομένων .....	45
4.3.3	Αποτελέσματα .....	46
4.4	Συμπεράσματα εργονομικής έρευνας .....	48
5	Κεφάλαιο 4 – Προδιαγραφές Σχεδίασης .....	49
5.1	Brief .....	49
5.2	Επιλογή Απευθυνόμενου Κοινού .....	49
5.2.1	Τμηματοποίηση .....	49
5.2.2	Χωροθέτηση .....	50
5.2.3	Στόχευση.....	50
5.3	Πλαίσιο Χρήσης .....	51
5.4	Λειτουργικές και Ποιοτικές Προδιαγραφές .....	51
5.4.1	Ποιοτικές Προδιαγραφές.....	51
5.4.2	Λειτουργικές Προδιαγραφές .....	51
5.4.3	Ποιοτική Ανάπτυξη των Λειτουργιών (Μεθοδολογία QFD) .....	52
5.4.4	Αποτελέσματα Μεθοδολογίας QFD.....	56
5.5	Περιορισμοί Σχεδίασης.....	57
5.5.1	Πρότυπα Σχεδίασης .....	57
5.5.2	Μέγεθος κράνους .....	61
5.6	Πίνακας Προδιαγραφών .....	66
6	Κεφάλαιο 5 -Ανάπτυξη Ιδεών .....	68
6.1	Ιδεασμός.....	68
6.1.1	Concept 1 -Elytra .....	70
6.1.2	Concept 2 -Pacman.....	76
6.1.3	Concept 3 -Cuckoo.....	79
6.2	Επιλογή Υλικών .....	82
6.2.1	Επιλογή υλικών κελύφους .....	82
6.2.2	Επιλογή υλικών προστατευτικού αφρού .....	84
6.3	Κατασκευή Πρωτοτύπων .....	85

6.3.1	Πρωτότυπα Κλίμακας 1:2 .....	85
6.3.2	Πρωτότυπα Κλίμακας 1:1 .....	90
6.4	Αξιολόγηση Προτάσεων.....	95
6.4.1	Δυναμικές Αναλύσεις.....	96
6.4.2	Μελέτη κατανομής σημείων πρόσκρουσης.....	99
6.4.3	Αξιολόγηση με Χρήστες .....	100
6.4.4	Συμπεράσματα Αξιολόγησης .....	108
7	Κεφάλαιο 6 -Τελική Πρόταση .....	110
7.1	Περιγραφή .....	110
7.2	Λειτουργικότητα .....	110
7.3	Ασφάλιση.....	114
7.4	Προστατευτικοί Αφροί.....	115
7.5	Υλικά και Μέθοδοι Παραγωγής .....	116
7.5.1	Κέλυφος .....	116
7.5.2	Μηχανισμοί .....	117
7.5.3	Προστατευτικοί Αφροί.....	117
7.5.4	Συναρμογή και Συναρμολόγηση .....	117
7.5.5	Κόστος Παραγωγής.....	120
7.6	Αξιολόγηση .....	123
7.6.1	Δυναμικές Αναλύσεις Κρούσης.....	123
7.6.2	Μελέτη Κατανομής Σημείων Πρόσκρουσης .....	125
7.6.3	Πρωτότυπο κλίμακας 1:1 .....	126
7.6.4	Συμπεράσματα Αξιολόγησης .....	128
7.7	Τεχνικά Σχέδια .....	129
8	Συμπεράσματα Σχεδίασης και Μελλοντική Εξέλιξη.....	133
9	Βιβλιογραφία .....	134
9.1	Επιστημονικά Άρθρα, Βιβλία και Επίσημες Αναφορές.....	134
9.2	Ηλεκτρονικές Πηγές.....	136
10	Παράρτημα Ι .....	137
10.1	Πρότυπα σχεδίασης.....	137
10.1.1	Ευρωπαϊκό πρότυπο ECE 22.05 .....	137
10.1.2	Αμερικανικό πρότυπο FMVSS 218 .....	142
10.1.3	Πρότυπο Snell .....	143

11	Παράρτημα II .....	149
11.1	Αποτελέσματα Δυναμικών Αναλύσεων Κρούσης στα Concepts.....	149
11.1.1	Concept 1 -Elytra .....	149
11.1.2	Concept 2 -Pacman.....	151
11.1.3	Concept 3 -Cuckoo.....	153
12	Παράρτημα III .....	156
12.1	Ερωτηματολόγιο .....	156
12.1.1	Δημογραφικά Χαρακτηριστικά.....	156
12.1.2	Στάση Ζωής.....	156
12.1.3	Συμπεριφορά Οδήγησης.....	157
12.1.4	Αξιολόγηση Σχεδιαστικών Προτάσεων .....	157

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 Η γραμμική απεικόνιση της διαδικασίας σχεδιασμού (αριστερά) και η διαδικασία όπως συμβαίνει πραγματικά (δεξιά).....	16
Εικόνα 2 Διάγραμμα προστατευτικού κράνους [ECE 22.05].....	18
Εικόνα 3 Διαμορφώσεις στη γεωμετρία του κελύφους για καλύτερη αεροδυναμική.....	18
Εικόνα 4 Τομή κράνους.....	19
Εικόνα 5 Εσωτερική επένδυση κράνους. Α: Πλάγια-Εμπρόσθια όψη, Β: Πλάγια-Οπίσθια όψη, C: Άνοψη.....	20
Εικόνα 6 Μηχανισμός προσαρμογής εσωτερικής επένδυσης σε διαφορετικού μεγέθους κράνη.....	21
Εικόνα 7 Προσωπίδες κράνους μηχανής.....	21
Εικόνα 8 Προσωπίδα με ενσωματωμένο προστατευτικό κατά του ήλιου.....	22
Εικόνα 9 Σύστημα συγκράτησης με μικροάγκιστρο. Απεικονίζονται η οδοντωτή επιφάνεια και η υποδοχή της.....	22
Εικόνα 10 Βήματα απελευθέρωσης οδοντωτού μικροσυστήματος ασφάλισης [Εγχειρίδιο Σωστής χρήσης SHOEI].....	23
Εικόνα 11 Σύστημα ταχείας απελευθέρωσης.....	23
Εικόνα 12 Οδηγίες ασφάλισης και απασφάλισης συστήματος ταχείας απελευθέρωσης [Εγχειρίδιο Σωστής Χρήσης SHOEI]].....	23
Εικόνα 13 Σύστημα διπλών κρίκων D.....	24
Εικόνα 14 Βήματα ασφάλισης συστήματος διπλών κρίκων D [Εγχειρίδιο Χρήστη κράνους AGV].....	24
Εικόνα 15 Σχεδιάγραμμα προβλεπόμενης κατεύθυνσης αέρα σε σύστημα εξαερισμού.....	25
Εικόνα 16 Διαμορφώσεις στο προστατευτικό υλικό για την υποβοήθηση του συστήματος εξαερισμού.....	25
Εικόνα 17 Κράνος τύπου full-face.....	26
Εικόνα 18 Κράνος τύπου flip-up.....	27
Εικόνα 19 Κράνος τύπου open face.....	28
Εικόνα 20 Modular κράνος χωρίς σαγόι.....	28
Εικόνα 21 "Γυμνή" μηχανή.....	29
Εικόνα 22 Κράνος half-helmet.....	29
Εικόνα 23 Κράνος half-helmet με προσθήκη προστατευτικού σαγονιού.....	29
Εικόνα 24 Κράνος motocross.....	30
Εικόνα 25 Υβριδικό κράνος.....	30
Εικόνα 26 Ανεμολόγιο σύγκρισης on-road κρανών.....	31
Εικόνα 27 Το κράνος Vozz που επιτρέπει οπίσθια πρόσβαση και ασφάλιση χωρίς τη χρήση λωρίδων. Εδώ απεικονίζεται ανοικτό.....	32
Εικόνα 28 Αριστερά απεικονίζεται η εφαρμογή ενός συμβατικού κράνους και δεξιά απεικονίζεται η εφαρμογή του κράνους Vozz.....	32
Εικόνα 29 Τοποθέτηση κράνους Vozz. Αριστερά φαίνεται η στήριξη του οπίσθιου μέρους του κράνους στο κεφάλι. Δεξιά φαίνεται η προσαρμογή του εμπρόσθιου μέρους και η μετακίνηση του οπίσθιου προς τα μπροστά για ασφάλιση.....	33
Εικόνα 30 Α: Πλήρως ασφαλισμένο κράνος με σφιχτή πρόσδεση. Β: Μερικώς ασφαλισμένο κράνος με χαλαρή πρόσδεση. C: Μη ασφαλισμένο κράνος με ανοιχτή πρόσδεση. [Freitas et al. (2018)]......	35
Εικόνα 31 Γωνιακή κατανομή της πρώτης κρούσης [Spornier et al. (1989)]. Το σχέδιο αριστερά αφορά μικρές μηχανές, ενώ το δεξιά μεγαλύτερες μοτοσυκλέτες.....	40
Εικόνα 32 Κατανομή καθιερωμένων σημείων πρόσκρουσης σε κράνη που συμμετείχαν σε κρούσεις.....	41
Εικόνα 33 Εφαρμογή σχεδιαγράμματος συχνών σημείων ατυχημάτων στο κράνος Vozz.....	42
Εικόνα 34 Ενδεικτική καταγραφή κινησιολογίας τοποθέτησης και αφαίρεσης fullface κράνους. Δεξιά, απεικονίζονται τα αποτυπώματα των ακροδάχτυλων για κάθε διαδικασία.....	46
Εικόνα 35 Κίνηση δαχτύλων κατά την τοποθέτηση και αφαίρεση των τριών κρανών.....	47
Εικόνα 36 Κατεύθυνση βελτίωσης των λειτουργικών απαιτήσεων.....	52
Εικόνα 37 Συσχετίσεις μεταξύ λειτουργικών και ποιοτικών απαιτήσεων.....	53
Εικόνα 38 Υπόμνημα των συμβόλων συσχέτισης των λειτουργικών και ποιοτικών απαιτήσεων.....	53
Εικόνα 39 Συσχετίσεις μεταξύ των λειτουργικών απαιτήσεων.....	54
Εικόνα 40 Υπόμνημα των συμβόλων συσχέτισης μεταξύ των λειτουργικών απαιτήσεων.....	54
Εικόνα 41 Περιοχή του House of Quality όπου αναγράφεται η συσχέτιση των λειτουργικών και ποιοτικών απαιτήσεων.....	55
Εικόνα 42 Δείκτες σπουδαιότητας λειτουργικών απαιτήσεων.....	55

Εικόνα 43 Δείκτες σπουδαιότητας απαιτήσεων χρηστών.....	56
Εικόνα 44 Ομοιώματα κεφαλιού του Ευρωπαϊκού προτύπου, του Αυστραλιανού και του Αμερικανικού, αντίστοιχα .....	58
Εικόνα 45 Σχεδιάγραμμα προστατευτικού κράνους σύμφωνα με το πρότυπο σχεδίασης SNELL .....	61
Εικόνα 46 Παράμετροι Μεγέθους Κράνους Ευρωπαϊκού Προτύπου .....	62
Εικόνα 47 Παράμετροι Μεγέθους Κράνους Προτύπου Snell.....	63
Εικόνα 48 Παράμετροι γεωμετρίας ομοιώματος άνω του επιπέδου αναφοράς .....	64
Εικόνα 49 Παράμετροι γεωμετρίας κάτω από το επίπεδο αναφοράς.....	65
Εικόνα 50 Όρια ασφάλειας- Ταχύτητας τοποθέτησης για την περιοχή κάλυψης του κράνους.....	68
Εικόνα 51 Σκίτσα μελέτης των δυνατοτήτων της γεωμετρίας από τη διαδικασία του ιδεασμού.....	69
Εικόνα 52 Σχέδια μελέτης του πρώτου Concept .....	70
Εικόνα 53 Φωτορεαλιστική απεικόνιση του concept 1 κλειστό και ανοικτό.....	71
Εικόνα 54 Απεικόνιση βημάτων τοποθέτησης του Concept 1.....	72
Εικόνα 55 Γεωμετρία Ελύτρου [Dai et al. (2008)] .....	73
Εικόνα 56 Εφαρμογή Μηχανισμού στην ένωση λεπίδων-δίσκων στις τουρμπίνες .....	73
Εικόνα 57 Αρχικά στάδια σχεδιασμού concept 1 .....	74
Εικόνα 58 Λεπτομέρεια συνδεσμολογίας concept 1.....	74
Εικόνα 59 Φωτορεαλιστικές απεικονίσεις της γεωμετρίας του κελύφους.....	75
Εικόνα 60 Σχέδιο μελέτης του δεύτερου concept.....	76
Εικόνα 61 Απεικόνιση βημάτων τοποθέτησης του Concept 2.....	77
Εικόνα 62 Μηχανισμός σύνδεσης τμημάτων κελύφους δεύτερου concept. ....	78
Εικόνα 63 Σχέδια μελέτης του Concept 3 .....	79
Εικόνα 64 Απεικόνιση βημάτων τοποθέτησης του Concept 3.....	80
Εικόνα 65 Κλειστή και ανοιχτή θέση του concept 3 .....	80
Εικόνα 66 Υποδοχή πύρου που βρίσκεται συμμετρικά στο οπίσθιο μέρος του κράνους.....	81
Εικόνα 67 Ο πύρος που βρίσκεται στο εμπρόσθιο τμήμα του κράνους .....	81
Εικόνα 68 Σύνδεση πύρου και υποδοχής μεταξύ των δύο κελυφών .....	82
Εικόνα 69 Χάρτης Ashby.....	83
Εικόνα 70 Διάγραμμα τάσης-παραμόρφωσης πολυμερικού αφρού .....	85
Εικόνα 71 Τρισδιάστατες εκτυπώσεις των concepts σε κλίμακα 1:2 .....	86
Εικόνα 72 Ομοίωμα κεφαλιού Ευρωπαϊκών προδιαγραφών. Πάνω του έχουν κολληθεί τρεις κύβοι πάχους ίσου με το πάχος του προστατευτικού αφρού σε μια προσπάθεια προσομοίωσης του προκειμένου η εφαρμογή των κρανών να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτική. ....	86
Εικόνα 73 Μελέτη τοποθέτησης του Concept 1 αξιοποιώντας το πρωτότυπο μικρής κλίμακας. Α) Τοποθέτηση από πίσω και πάνω Β) Μετακίνηση προς τα κάτω και μπροστά C) Κλείσιμο των πλευρικών D) Ολοκληρωμένη γεωμετρία ..	87
Εικόνα 74 Σχεδιαστική απεικόνιση κάτοψης πλευρικών τμημάτων κράνους. Στην επιτρεπόμενη ανοιχτή θέση απεικονίζεται το σημείο επαφής που δεν επιτρέπει την πραγματοποίηση της επιθυμητής ανοιχτής θέσης.....	88
Εικόνα 75 Μελέτη τοποθέτησης concept 2 αξιοποιώντας το πρωτότυπο μικρής κλίμακας. Α) Τοποθέτηση από πίσω και κάτω Β) Μετακίνηση προς τα πάνω και μπροστά C) Κλείσιμο των τμημάτων και ρύθμιση ύψους ανοίγματος ματιών D) Ολοκληρωμένη γεωμετρία.....	89
Εικόνα 76 Μελέτη τοποθέτησης του Concept 3 αξιοποιώντας το πρωτότυπο μικρής κλίμακας. Α) Τοποθέτηση από πίσω και κάτω Β) Μετακίνηση προς τα πάνω και μπροστά C) Ρύθμιση ύψους ανοίγματος ματιών D) Κλείσιμο κράνους .....	90
Εικόνα 77 Τα τρία από τέσσερα κράνη που τροποποιήθηκαν για τη κατασκευή των πρωτοτύπων.....	91
Εικόνα 78 Κόψιμο των κελυφών στις επιθυμητές γεωμετρίες .....	91
Εικόνα 79 Μελέτη των πρωτοτύπων μικρής κλίμακας για την δημιουργία των μεγαλύτερων.....	92
Εικόνα 80 Τοποθέτηση εποχικής ρητίνης για τη δημιουργία της επιθυμητής γεωμετρίας σε συγκεκριμένα κελύφη .....	92
Εικόνα 81 Διαμόρφωση του προστατευτικού αφρού για την καλύτερη εφαρμογή στα κελύφη .....	93
Εικόνα 82 Το πρωτότυπο του πρώτου concept σε κλειστή και ανοιχτή θέση .....	93
Εικόνα 83 Λεπτομέρειες κουμπώματος και τρόπου ανοίγματος του πρώτου concept.....	94
Εικόνα 84 Το πρωτότυπο του δεύτερου concept σε κλειστή και ανοιχτή θέση.....	94
Εικόνα 85 Λεπτομέρειες του πρωτοτύπου .....	94
Εικόνα 86 Το πρωτότυπο του τρίτου concept σε κλειστή και ανοιχτή θέση .....	95

Εικόνα 87 Λεπτομέρειες του πρωτοτύπου που κατασκευάστηκαν με τη χρήση laser cutter για την εξυπηρέτηση της λειτουργικότητάς του.....	95
Εικόνα 88 Τρισδιάστατο μοντέλο του assembly του δεύτερου concept σε εμπρόσθια κρούση και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του εμποδίου. ....	96
Εικόνα 89 Κατανομή συχνότερων σημείων πρόσκρουσης και πρώτο Concept. ....	99
Εικόνα 90 Κατανομή συχνότερων σημείων πρόσκρουσης και δεύτερο Concept. ....	99
Εικόνα 91 Κατανομή συχνότερων σημείων πρόσκρουσης και τρίτο Concept.....	100
Εικόνα 92 Στιγμιότυπο από βίντεο δοκιμής πρωτοτύπου .....	101
Εικόνα 93 Φωτορεαλιστική απεικόνιση της τελικής πρότασης.....	110
Εικόνα 94 Βασικά τεμάχια κράνους. Βασικό κέλυφος Α, Κέλυφος Β και τεμάχιο μεντεσέ.....	111
Εικόνα 95 Κράνος σε ανοιχτή θέση. ....	112
Εικόνα 96 Αποστάτης και βίδες που συνδέουν το Κέλυφος Β με το τεμάχιο του μεντεσέ. Τα τεμάχια με κόκκινο χρώμα είναι καλύμματα για τις βίδες προκειμένου να τις προστατεύουν από σκόνη.....	112
Εικόνα 97 Τεμάχιο Μεντεσέ.....	113
Εικόνα 98 Διαμόρφωση Κελύφους Β για την εξυπηρέτηση της στήριξης των βιδών και την περιστροφική κίνηση. ....	113
Εικόνα 99 Απεικόνιση δοντιών των δύο κελυφών.....	114
Εικόνα 100 Μηχανισμός Ασφάλισης .....	115
Εικόνα 101 Προστατευτικός αφρός κορυφής Κελύφους Α με εσοχές για τη κατεύθυνση του αέρα στο σύστημα εξαερισμού. ....	115
Εικόνα 102 Προστατευτικοί αφροί Κελύφους Β και σαγονιού Κελύφους Α. ....	116
Εικόνα 103 Λεπτομέρεια πλευρικής τομής. Εσωτερική διάταξη του μηχανισμού ασφάλισης και σχέση με τον εμπρόσθιο προστατευτικό αφρό. ....	118
Εικόνα 104 Πλευρική τομή.....	118
Εικόνα 105 Οπίσθια τομή.....	119
Εικόνα 106 Εμπρόσθια τομή.....	119
Εικόνα 107 Εμπόδιο και τελικό σχέδιο κράνους.....	123
Εικόνα 108 Ολική Παραμόρφωση και Τάση von-Mises σε εμπρόσθια κρούση .....	124
Εικόνα 109 Ολική Παραμόρφωση και Τάση von-Mises σε κατακόρυφη κρούση.....	124
Εικόνα 110 Ολική Παραμόρφωση και Τάση von-Mises σε οπίσθια κρούση .....	124
Εικόνα 111 Ολική Παραμόρφωση και Τάση von-Mises σε πλευρική κρούση .....	125
Εικόνα 112 Μελέτη της κατανομής των σημείων πρόσκρουσης στο concept 2 για την επιλογή των απαραίτητων αλλαγών του τελικού concept .....	126
Εικόνα 113 Διαμόρφωση του κοψίματος στο τελικό concept.....	126
Εικόνα 114 Πρωτότυπο 1:1 με τα βασικά στοιχεία του τελικού concept.....	126
Εικόνα 115 Πρωτότυπο 1:1 τελικού concept και ομοίωμα κεφαλής 1:1 .....	127
Εικόνα 116 Κάτοψη πρωτοτύπου τελικού concept. Εμφανής είναι η σχέση μεταξύ ομοιώματος κεφαλής και προστατευτικού αφρού. ....	127
Εικόνα 117 Λανθασμένη κινησιολογία τοποθέτησης/αφαίρεσης (αριστερά). Σωστή κινησιολογία τοποθέτησης/αφαίρεσης (δεξιά). ....	128
Εικόνα 118 Τεχνικά Σχέδια Κελύφους Α .....	129
Εικόνα 119 Τεχνικά Σχέδια Κελύφους Β .....	130
Εικόνα 120 Τεχνικά Σχέδια Προστατευτικού Αφρού 1 .....	131
Εικόνα 121 Τεχνικά Σχέδια Μεντεσέ .....	131
Εικόνα 122 Τεχνικά Σχέδια Προστατευτικού Αφρού 3 .....	132
Εικόνα 123 Τεχνικά Σχέδια Προστατευτικού Αφρού 2 .....	132
Εικόνα 124 Σχηματικές απεικονίσεις των επιπέδων AA', των γραμμών CDEF και του κυλίνδρου της πίσω όψης. ...	137
Εικόνα 125 Σχεδιαστική απεικόνιση των ανοιγμάτων για τη περιφερειακή όραση.....	139
Εικόνα 126 Αξιολόγηση της γωνίας ανοίγματος της προσώπιδας .....	140
Εικόνα 127 Έκταση της προστασίας και οι παράμετροι όπως ορίζονται σύμφωνα με το ISO.....	144
Εικόνα 128 Προς τα πάνω, προς τα κάτω και οριζόντια ανοίγματα περιφερειακής όρασης.....	145
Εικόνα 129 Ανοχή εκτροπέα αναπνοής.....	146
Εικόνα 130 Παράδειγμα κωνικού αμονιού .....	147
Εικόνα 131 Παράδειγμα επίπεδου αμονιού .....	147

Εικόνα 132	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε εμπρόσθια κρούση στο κέλυφος του 1ου Concept	149
Εικόνα 133	Ολική Παραμόρφωση στην εμπρόσθια κρούση του κελύφους του 1ου concept	149
Εικόνα 134	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε πλάγια κρούση στο κέλυφος του 1ου Concept	149
Εικόνα 135	Ολική Παραμόρφωση στην πλάγια κρούση του κελύφους του 1ου concept	149
Εικόνα 136	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε οπίσθια κρούση στο κέλυφος του 1ου Concept	150
Εικόνα 137	Ολική Παραμόρφωση στην οπίσθια κρούση του κελύφους του 1ου concept	150
Εικόνα 138	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε κατακόρυφη κρούση στο κέλυφος του 1ου Concept	150
Εικόνα 139	Ολική Παραμόρφωση στην κατακόρυφη κρούση του κελύφους του 1ου concept	150
Εικόνα 140	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε εμπρόσθια κρούση στο κέλυφος του 2ου Concept	151
Εικόνα 141	Ολική Παραμόρφωση στην εμπρόσθια κρούση του κελύφους του 2ου concept	151
Εικόνα 142	Ολική Παραμόρφωση σε πλάγια κρούση του κελύφους του 2ου concept	151
Εικόνα 143	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε πλάγια κρούση στο κέλυφος του 2ου Concept	151
Εικόνα 144	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε οπίσθια κρούση στο κέλυφος του 2ου Concept	152
Εικόνα 145	Παραμόρφωση σε οπίσθια κρούση του κελύφους του 2ου concept	152
Εικόνα 146	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε κατακόρυφη κρούση στο κέλυφος του 2ου Concept	152
Εικόνα 147	Παραμόρφωση σε κατακόρυφη κρούση του κελύφους του 2ου concept	152
Εικόνα 148	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε εμπρόσθια κρούση στο εμπρόσθιο κέλυφος του 3ου Concept	153
Εικόνα 149	Παραμόρφωση σε εμπρόσθια κρούση του εμπρόσθιου κελύφους του 3ου concept	153
Εικόνα 150	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε πλάγια κρούση του εμπρόσθιου κελύφους του 3ου concept	153
Εικόνα 151	Παραμόρφωση σε πλάγια κρούση του εμπρόσθιου κελύφους του 3ου concept	153
Εικόνα 152	Παραμόρφωση σε πλάγια κρούση του εμπρόσθιου κελύφους του 3ου concept	154
Εικόνα 153	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε πλάγια κρούση του οπίσθιου κελύφους του 3ου concept	154
Εικόνα 154	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε οπίσθια κρούση στο οπίσθιο κέλυφος του 3ου Concept	154
Εικόνα 155	Παραμόρφωση σε οπίσθια κρούση του οπίσθιου κελύφους του 3ου concept	154
Εικόνα 156	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε κατακόρυφη κρούση στο εμπρόσθιο κέλυφος του 3ου Concept	154
Εικόνα 157	Παραμόρφωση σε κατακόρυφη κρούση του εμπρόσθιου κελύφους του 3ου concept	154
Εικόνα 158	Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε κατακόρυφη κρούση στο οπίσθιο κέλυφος του 3ου Concept	155
Εικόνα 159	Παραμόρφωση σε κατακόρυφη κρούση του οπίσθιου κελύφους του 3ου concept	155

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1	Απαντήσεις Συνεντεύξεων και Σημειώσεις Παρατήρησης Πεδίου	38
Πίνακας 2	Αποτελέσματα κινησιολογικής ανάλυσης ανταγωνισμού	46
Πίνακας 3	Τμηματοποίηση	49
Πίνακας 4	Πίνακας περιορισμών γεωμετρίας σύμφωνα με τα πρότυπα σχεδίασης	60
Πίνακας 5	Πίνακας περιορισμών υλικών σύμφωνα με πρότυπα σχεδίασης	61
Πίνακας 6	Πίνακας Προδιαγραφών	66
Πίνακας 7	Υλικά που ικανοποιούν τους περιορισμούς και τις απαιτήσεις που τέθηκαν	83
Πίνακας 10	Αποτελέσματα Δυναμικών αναλύσεων για τα τρία concepts σε τέσσερις διαφορετικές κρούσεις	97
Πίνακας 11	Ποσότητα επιτυχημένων κινήσεων ανά δοκιμή για την τοποθέτηση και αφαίρεση των concept 2 και 3	108
Πίνακας 12	Πληροφορίες στοιχείων παραγωγής τελικού concept	120
Πίνακας 13	Στοιχεία αγοράς μηχανολογικών τεμαχίων τελικού concept	122
Πίνακας 14	Αποτελέσματα δυναμικών αναλύσεων τελικού concept	125



# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Ορισμός προβληματικού χώρου

Διανύουμε μια εποχή όπου η τεχνολογία ανθίζει και κατακλύζει την καθημερινή μας ζωή. Ερχόμαστε σε επαφή μαζί της μέσω αντικειμένων οποιουδήποτε μεγέθους και λειτουργικότητας. Μπορούμε να την εντοπίσουμε σε αντικείμενα που δεν μπορούμε να δούμε με γυμνό μάτι, σε προϊόντα που βρίσκονται συνέχεια μέσα στην παλάμη μας ή άλλα τα οποία μας ξεπερνούν κατά πολύ σε μέγεθος. Είναι βέβαιο πως στην πορεία της ανθρωπότητας έχουν υπάρξει αμέτρητα τεχνολογικά επιτεύγματα όμως ένα από τα σπουδαιότερα ανάμεσά τους είναι τα μέσα μεταφοράς. Εξυπηρετούν τόσο τις βασικές ανάγκες μετακίνησής μας, μειώνοντας τις αποστάσεις και φέρνοντας πιο κοντά τους ανθρώπους, όσο και τις ανάγκες ψυχαγωγίας από ένα απλό ταξίδι, σε έναν αγώνα ταχύτητας έως μια σύντομη βόλτα με τη μηχανή. Πράγματι, η κοινότητα μηχανικών και σχεδιαστών μέσων μεταφοράς έχει προσφέρει νέο νόημα στις έννοιες της λειτουργικότητας, της καινοτομίας, της ταχύτητας και της ασφάλειας, μεταξύ πολλών άλλων αξιών που εφαρμόζονται σε κάθε σχέδιο. Παρόλα αυτά όμως, όπως συμβαίνει με τη πλειοψηφία των προϊόντων της τεχνολογικής εξέλιξης, η ανθρώπινη χρήση αποτελεί παράγοντα που δύσκολα μπορεί να καθοριστεί ή να προβλεφθεί. Όσον αφορά τα μέσα μεταφοράς, η ανθρώπινη απερισκεψία και τα γνωστά «ανθρώπινα λάθη» συχνά μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά ατυχήματα επιδρώντας τόσο στη ζωή των ίδιων των υπαιτίων όσο και σε άμεσους ή έμμεσους συμμετέχοντες σε αυτά.

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή, το 2017 σημειώθηκαν 10.848 οδικά τροχαία ατυχήματα εκ των οποίων 679 ήταν θανατηφόρα με 731 νεκρούς [Ελληνική Στατιστική Αρχή, Στατιστικά Οδικών Ατυχημάτων Ελλάδα 2017)]. Συγκεκριμένα, καταγράφηκε πως το 22,9% των νεκρών επέβαιναν σε επιβατικά οχήματα και το 47,6% σε δίτροχα. Είναι ευρέως γνωστό πως οι μοτοσυκλέτες εμπλέκονται σε μεγάλο αριθμό ατυχημάτων τα οποία δυστυχώς συχνά αποδεικνύονται θανατηφόρα. Λαμβάνοντας υπόψιν πως στην Ελλάδα κυκλοφορούν λίγο παραπάνω από 1,5 εκατομμύριο μοτοσυκλέτες, σύμφωνα με αναφορά της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής για το 2018, καθιστά σημαντικό το ποσοστό εμπλοκής τους σε θανατηφόρα ατυχήματα [Ελληνική Στατιστική Αρχή (2018)].

Αντίστοιχα αυξημένη εμπλοκή δίκυκλων σε ατυχήματα μπορεί να παρατηρηθεί και σε άλλες χώρες όπου αυτός ο τύπος οχήματος χρησιμοποιείται ευρέως για επαγγελματική χρήση, ως βασικό μέσο μεταφοράς ή για λόγους αναψυχής, όπως συμβαίνει και στην Ελλάδα. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, αυτά τα χαρακτηριστικά συναντώνται σε μεγάλη συχνότητα σε χώρες της Ανατολικής μεσογειακής περιοχής [Orsi et al. (2012), Abedi & Bazargani (2017)] και σε αναπτυσσόμενες χώρες [Yu et al. (2011)]. Αρκετοί ερευνητές έχουν συνεισφέρει με μελέτες σχετικά με το μεγάλο αριθμό θανατηφόρων ατυχημάτων, όπου εμπλέκονται μοτοσυκλέτες, προκειμένου να διαλευκανθούν οι παράγοντες που οδηγούν σε αυτά. Πολλοί από αυτούς αφορούν τη συμπεριφορά κατά την οδήγηση, τις καιρικές συνθήκες ή την έλλειψη ποιοτικής οδικής υποδομής. Παρόλα αυτά όμως, η πλειοψηφία του ακαδημαϊκού κοινού αναγνωρίζει πως κοινό παράγοντα για τα θανατηφόρα ατυχήματα αποτελεί ο τραυματισμός στο κεφάλι με τους Yu et al. (2011), Lui et al (2003), Tsai et al. (1995), Hung et al. (2008) να αποτελούν μερικούς από τους οποίους συμφωνούν σε αυτό. Σε πρώτο επίπεδο, ο τραυματισμός στο κεφάλι σχετίζεται με τη μη-χρήση κράνους, συμπεριφορά η οποία έρχεται σε αντίθεση με την υπάρχουσα νομοθεσία που

καθορίζει το κράνος υποχρεωτικό κατά την οδήγηση καθώς και με πλήθος ερευνών που δείχνουν πως τα κράνη μειώνουν δραματικά τις πιθανότητες τραυματισμού στο κεφάλι [Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (2018), Liu et al. (2003), Yu et al. (2011)]. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται κυρίως στις Ανατολικές χώρες της Μεσογείου, όπως αναφέρουν οι Abedi & Bazargani (2017) οι οποίοι επίσης αναγνωρίζουν πως η πλειοψηφία των ατυχημάτων σε αυτές τις περιοχές λαμβάνει χώρα ημέρες με καλοκαιρία, θερινούς μήνες και απογευματινές ώρες· στοιχεία με τα οποία έρχεται σύμφωνη η Στατιστική Αναφορά της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής για το 2017 όπως αναφέρθηκε παραπάνω. [Ελληνική Στατιστική Αρχή, Στατιστικά Οδικών Ατυχημάτων Ελλάδα 2017]]

Μέχρι στιγμής οι προτεινόμενες λύσεις της ακαδημαϊκής κοινότητας αφορούν περαιτέρω ενημέρωση [Khan et al. (2008)], αύξηση της θετικής αντίληψης σχετικά με το κράνος [Hung et al. (2008)] ή εκπαίδευση [Paradaki et al. (2013)] σχετικά με τη σπουδαιότητα χρήσης κράνους κατά την οδήγηση. Ωστόσο, όπως εξακρίβωσαν οι Hung et al. (2008), οι οδηγοί που αποφεύγουν να χρησιμοποιήσουν κράνος είναι πλήρως ενήμεροι σχετικά με την ασφάλεια που τους προσφέρει. Συνεπώς, προσεγγίζοντας το πρόβλημα σχεδιαστικά πιθανότατα θα αποτελέσει ευκαιρία να μελετηθούν εναλλακτικοί τρόποι επίλυσης των παραγόντων που εμποδίζουν τη χρήση κράνους.

## 1.2 Σκοπός της εργασίας

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, εντοπίζεται η δυνατότητα να προσεγγιστεί το πρόβλημα μη-χρήσης κράνους μέσω κάποιας σχεδιαστικής παρέμβασης. Συγκεκριμένα, μέσω της εκπόνησης αυτής της εργασίας αναμένεται η επίτευξη τριών στόχων. Αρχικός στόχος είναι ο εντοπισμός των παραγόντων μη-χρήσης κράνους που σχετίζονται με τη λειτουργικότητά του. Με αυτό τον τρόπο εξυπηρετείται η βαθύτερη κατανόηση της σχέσης του κράνους, ως προϊόν, με τον χρήστη του κατά την οδήγηση και ο εντοπισμός ευκαιριών βελτίωσης και επέμβασης. Ο δεύτερος στόχος αφορά την άδραξη των ευκαιριών αυτών μέσω της διερεύνησης σχεδιαστικών προτάσεων οι οποίες λαμβάνουν υπόψιν τους παράγοντες που εντοπίστηκαν με την εκπλήρωση του πρώτου στόχου. Τέλος, τρίτο στόχο αποτελεί η διαπίστωση της ορθότητάς τους και της επαρκούς ανταπόκρισης ή όχι στο πρόβλημα της μη-χρήσης κράνους.

## 1.3 Μεθοδολογία και προσέγγιση προβλήματος

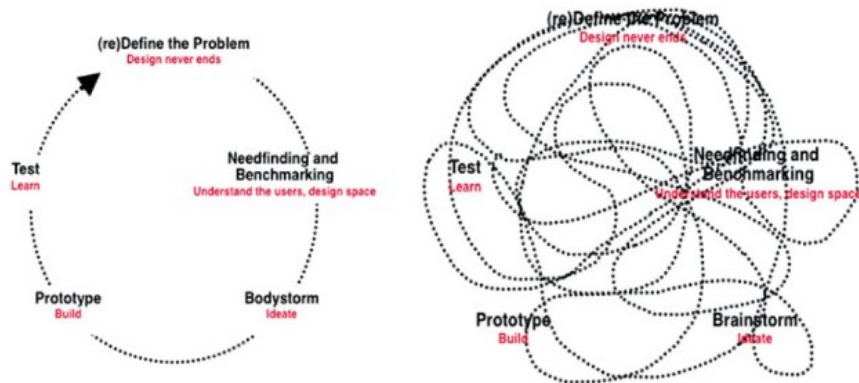
Η επιλογή των βημάτων που θα οδηγήσει στην επίτευξη των παραπάνω στόχων κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού επηρεάζεται από το λόγο για τον οποίο πραγματοποιείται η σχεδίαση. Σύμφωνα με τους Dieter & Schmidt (2013), μπορούν να αναγνωρισθούν τέσσερις πιθανοί λόγοι σχεδίασης. Ο πρώτος, ο *σχεδιασμός με σκοπό τη καινοτομία*, επικεντρώνεται στην δημιουργία πρωτοποριακών λύσεων και ο δεύτερος, ο *προσαρμοστικός σχεδιασμός*, αποσκοπεί στην αναπροσαρμογή υπάρχοντων λύσεων με σκοπό την ικανοποίηση μιας νέας ανάγκης. Πολύ συχνά, η σχεδίαση επικεντρώνεται στον *ανασχεδιασμό*, δηλαδή τη βελτίωση υπάρχοντων σχεδίων, τα οποία μπορεί να αποτυγχάνουν σε κάποια λειτουργία τους, τροποποιώντας κάποια στοιχεία χωρίς απαραίτητως να αλλάζει η βασική λειτουργική αρχή τους. Τέλος, στο *σχεδιασμό επιλογής* ο σχεδιαστής καταπιάνεται με το σχεδιασμό ή την επιλογή πρότυπων εξαρτημάτων. Η προσέγγιση που δυνητικά μπορεί να ανταποκριθεί καλύτερα στο προβληματικό χώρο που παρουσιάστηκε παραπάνω είναι ο *προσαρμοστικός σχεδιασμός* μιας και η βιομηχανία στο τομέα οδικής ασφάλειας είναι ήδη αρκετά ανεπτυγμένη και καινοτομικά κορεσμένη.

Καθορίζοντας το λόγο σχεδίασης, μπορεί να αναγνωρισθεί ότι πρόκειται για σχεδιασμό βασιζόμενο σε συνδυασμό, όπως ορίζεται από τους Tomiyama et.al (2009). Συγκεκριμένα, αυτή η κατηγορία χρησιμοποιεί μεθοδολογίες που εφαρμόζουν τις γνώσεις σχεδιασμού και καταλήγουν σε πιο δημιουργικά, ορθολογικά και συστηματικά σχέδια. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η μέθοδος που αρμόζει σε αυτή τη περίπτωση σχεδιασμού είναι των Pahl and Beitz και αποσκοπεί στην εφαρμογή των βημάτων της διαδικασίας τεχνικού σχεδιασμού (engineering design process). Πιο συγκεκριμένα, αναγνωρίζονται τέσσερα βασικά βήματα, τα οποία αναφέρονται και από τους Dieter & Schmidt (2013) στη περιγραφή της μεθοδολογίας επίλυσης προβλημάτων (problem-solving methodology). Συνοπτικά, τα βήματα αυτά είναι τα εξής:

1. Ορισμός του προβλήματος και συλλογή πληροφοριών
2. Εννοιολογικός σχεδιασμός
3. Σχεδιασμός υλοποίησης και αξιολόγηση προτάσεων
4. Λεπτομερής Σχεδιασμός

Αναφορικά, στο πρώτο βήμα συλλέγονται πληροφορίες με σκοπό τη βαθύτερη κατανόηση του προβλήματος και των προδιαγραφών που θα πρέπει να τηρηθούν. Στο δεύτερο βήμα αποδομείται το πρόβλημα, αναζητούνται οι κατάλληλες αρχές και δομές λειτουργίας και γίνεται ένας συνδυασμός αυτών με σκοπό την επίτευξη διαφορετικών σχεδιαστικών προτάσεων. Στο τρίτο βήμα οι σχεδιαστικές αυτές προτάσεις καθορίζονται και αξιολογούνται. Στο τελευταίο βήμα καθορίζονται η διάταξη, οι μορφές, οι διαστάσεις και οι ιδιότητες των επιφανειών όλων των επιμέρους τμημάτων, προσδιορίζονται τα υλικά, αξιολογούνται οι δυνατότητες παραγωγής, εκτιμώνται τα κόστη και παράγονται όλα τα σχέδια και τα έγγραφα παραγωγής.

Αντίστοιχα βήματα αναγνωρίζονται από τους Plattner et al. (2010) σχετικά με τη μέθοδο της Σχεδιαστικής Λογικής (Design Thinking). Υποστηρίζουν πως αυτή η μέθοδος επιτρέπει το συνδυασμό διεπιστημονικών εργαλείων αξιοποιώντας επαναληπτικές διαδικασίες προκειμένου να επιτευχθούν επιθυμητές και βιώσιμες σχεδιαστικές προτάσεις. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, αριστερά απεικονίζεται η διαδικασία που περιγράφεται από τους Dieter & Schmidt (2013) και Tomiyama et.al (2009) ως μια γραμμική συνέχεια των βημάτων, και στα δεξιά απεικονίζεται η διαδικασία στη πραγματικότητα όπως περιγράφεται από το Design Thinking. Σε οποιαδήποτε περίπτωση, τα βήματα που ακολουθούνται για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής είναι εκείνα που έχουν αναγνωρισθεί παραπάνω, περιλαμβάνοντας αναδράσεις και βελτιώσεις, σύμφωνα με τα οποία έχει οριστεί η δομή της εργασίας.



Εικόνα 1 Η γραμμική απεικόνιση της διαδικασίας σχεδιασμού (αριστερά) και η διαδικασία όπως συμβαίνει πραγματικά (δεξιά).

## 1.4 Δομή διπλωματικής

### 1.4.1 Ορισμός Προβλήματος

Ο επαρκής ορισμός του προβλήματος αποτελεί το πρώτο και πιο σημαντικό βήμα επίλυσης ενός προβλήματος. Αποσκοπεί στη πλήρη κατανόηση του ζητήματος εντοπίζοντας τους παράγοντες που το διαμορφώνουν καθώς και τις συσχετίσεις μεταξύ τους. Συχνά το βήμα αυτό αποκαλείται Ανάλυση Αναγκών (Needs Analysis) καθώς είναι απαραίτητο να εντοπισθούν οι περισσότερες δυνατές ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν προκειμένου ο σχεδιασμός να είναι επιτυχής ως διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος [Dieter & Schmidt (2013), Σημειώσεις μαθήματος ΘΜΣ -Εισαγωγή 6 (2018)].

Συνεπώς, για την αξιοποίηση αυτού του βήματος αλλά και του πρώτου στόχου της εργασίας πραγματοποιήθηκαν βιβλιογραφική έρευνα, επιτόπιες παρατηρήσεις και εργονομικές αναλύσεις. Πιο συγκεκριμένα, στο Κεφάλαιο 1 -Εισαγωγική έρευνα για τα κράνη, καταγράφονται τα βασικά στοιχεία που αποτελούν ένα κράνος μηχανής και μελετάται η λειτουργικότητά τους. Επίσης αναγνωρίζονται οι κατηγορίες κρανών, εντοπίζεται σε πρώτο επίπεδο κάποιο σχεδιαστικό κενό στην υπάρχουσα αγορά και μελετάται ο ανταγωνισμός στο κενό αυτό. Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 2 -Συμπεριφορά χρήσης κράνους, συλλέγονται από τη διεθνή βιβλιογραφία στοιχεία σχετικά με την αποφυγή χρήσης κράνους και τη λανθασμένη χρήση του. Σύμφωνα με αυτά επιλέγεται και ορίζεται ο προβληματικός χώρος και ελέγχεται η ορθότητά του μέσω συνεντεύξεων και επιτόπιων παρατηρήσεων. Τέλος, στο πρώτο μέρος του Κεφάλαιο 3 -Εργονομική έρευνα, συλλέγονται πληροφορίες σχετικά με τα μοτοσυκλετιστικά ατυχήματα αξιοποιώντας επιστημονική βιβλιογραφία και μελετώνται οι τραυματισμοί στο κεφάλι καθώς και οι συχνότερες περιοχές στις οποίες εμφανίζονται.

### 1.4.2 Εννοιολογικός Σχεδιασμός

Όπως αναφέρθηκε στη παράγραφο 1.3 -Μεθοδολογία και προσέγγιση προβλήματος, το δεύτερο βήμα του εννοιολογικού σχεδιασμού αποσκοπεί στην αποδόμηση του προβλήματος. Αυτό επιτυγχάνεται στο δεύτερο μέρος του Κεφάλαιο 3 -Εργονομική έρευνα, όπου πραγματοποιείται κινησιολογική μελέτη τοποθέτησης, ασφάλισης και αφαίρεσης με τρεις διαφορετικούς τύπους κρανών αποσκοπώντας στη βαθύτερη κατανόηση των λειτουργικών αναγκών του υπό σχεδίαση συστήματος. Τα συμπεράσματα αυτού του κεφαλαίου καθώς και τα

αποτελέσματα της διαδικασίας «Ορισμού του Προβλήματος» συνθέτουν τις προδιαγραφές σχεδίασης οι οποίες αναλύονται στο Κεφάλαιο 4 – Προδιαγραφές Σχεδίασης. Σε αυτό το κεφάλαιο ορίζεται το Brief, το Απευθυνόμενο Κοινό, το Πλαίσιο Χρήσης, οι Λειτουργικές Προδιαγραφές και οι Περιορισμοί της σχεδίασης. Για την ποσοτικοποίηση των ποιοτικών λειτουργιών αξιοποιήθηκε η μέθοδος Ποιοτική Ανάπτυξη των Λειτουργιών (Quality Function Deployment) που περιγράφεται στην παράγραφο 5.4.3-Ποιοτική Ανάπτυξη των Λειτουργιών (Μεθοδολογία QFD) και για τον ορισμό του Απευθυνόμενου Κοινού αξιοποιήθηκε το εργαλείο Τμηματοποίηση-Στόχευση-Χωροθέτηση που χρησιμοποιείται στο χώρο του Marketing.

### 1.4.3 Σχεδιασμός Υλοποίησης και Αξιολόγηση

Στο τρίτο βήμα της μεθοδολογίας που ακολουθείται, εντάσσεται η δημιουργία εναλλακτικών σχεδιαστικών προτάσεων και η αξιολόγησή τους προσεγγίζοντας έτσι το δεύτερο και τρίτο στόχο της εργασίας. Συγκεκριμένα, στο Κεφάλαιο 5 -Ανάπτυξη Ιδεών, περιγράφεται η διαδικασία και ο στόχος του ιδεασμού και αναλύεται η λειτουργικότητα, η εξυπηρετούμενη ανάγκη και η μορφολογία τριών διαφορετικών σχεδίων. Διερευνάται η καταλληλότητα διαφορετικών υλικών στο κέλυφος του κράνους και στους προστατευτικούς αφρούς, αξιοποιώντας τη μέθοδο που προτείνεται από τους Ashby & Johnson (2002). Αποσκοπώντας στην αξιολόγηση των σχεδιαστικών προτάσεων παράγονται πρωτότυπα σε κλίμακες 1:2 και 1:1, πραγματοποιούνται δυναμικές αναλύσεις κρούσεων, καθορίζοντας ζητήματα αντοχής και ασφάλειας, και εξετάζονται ζητήματα λειτουργικότητας από εν δυνάμει χρήστες. Το αποτέλεσμα των διαδικασιών αυτών συνθέτονται έτσι ώστε να επιλεγεί μια σχεδιαστική πρόταση που θα οδηγηθεί σε λεπτομερή σχεδιασμό.

### 1.4.4 Λεπτομερής Σχεδιασμός

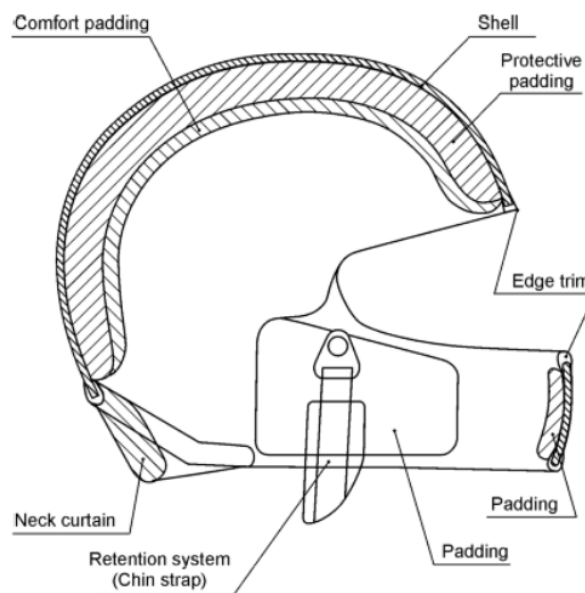
Στο τέταρτο και τελευταίο βήμα, το σχέδιο περιγράφεται πλήρως ως προς τα ζητήματα μηχανικής και καλύπτεται ο δεύτερος και τρίτος στόχος της εργασίας. Όπως αναπτύσσεται στο Κεφάλαιο 6 -Τελική Πρόταση, τελειοποιούνται θέματα λειτουργικότητας και προσδιορίζονται λεπτομερώς όλα τα επιμέρους στοιχεία που απαρτίζουν το σχέδιο. Επίσης, επιλέγονται τα υλικά από τα οποία αποτελείται και λαμβάνονται υπόψιν στοιχεία της παραγωγής όπως οι διαδικασίες και το κόστος. Ο συνδυασμός αυτών επιφέρει περιορισμούς στο σχέδιο οι οποίοι λαμβάνονται υπόψιν. Πριν την οριστικοποίηση του σχεδίου απαιτείται η επανεξέταση και αξιολόγησή του η οποία πραγματοποιείται μέσω δυναμικών αναλύσεων κρούσης, μελέτης κατανομής των σημείων πρόσκρουσης, κατασκευής πρωτοτύπου κλίμακας 1:1 και εξέταση της λειτουργικότητάς του. Τέλος, παράγονται τεχνικά σχέδια και συντάσσονται τα συμπεράσματα της σχεδίασης καθώς και ευκαιρίες μελλοντικής εξέλιξης και έρευνας.

## 2 Κεφάλαιο 1 -Εισαγωγική έρευνα για τα κράνη

Στο κεφάλαιο αυτό καταγράφονται τα βασικότερα στοιχεία που αποτελούν ένα κράνος μηχανής, οι κατηγορίες στις οποίες μπορεί να ταξινομηθεί και οι μέχρι τώρα σχεδιαστικές απαντήσεις στο πρόβλημα που αναγράφεται στο Κεφάλαιο 1.

### 2.1 Βασικά στοιχεία ενός κράνους

Τα βασικότερα στοιχεία που αποτελούν ένα κράνος είναι το εξωτερικό κέλυφος (shell), το αφρώδες υλικό μέσα από αυτό (protective padding), η εσωτερική επένδυση (comfort padding), η προσωπίδα (face shield), το σύστημα συγκράτησης (retention system) και τέλος το σύστημα εξαερισμού (ventilation system). Μερικά από αυτά απεικονίζονται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2 Διάγραμμα προστατευτικού κράνους [ECE 22.05]

#### 2.1.1 Κέλυφος

Το κέλυφος πρόκειται για το σκληρό εξωτερικό τμήμα του κράνους, το οποίο του προσδίδει το γενικότερο σχήμα του [ECE 22.05, παράγραφος 2]. Αντικειμενικός σκοπός του είναι η αντίσταση στη διείσδυση αιχμηρών αντικειμένων και η εξάπλωση του φορτίου πρόσκρουσης σε μεγαλύτερη έκταση, προκειμένου να μειώνονται οι τάσεις και η αύξηση της ενέργειας που απορροφάται από την εσωτερική επένδυση [Caserta et al. (2011)].

Τα υλικά από τα οποία κατασκευάζεται ποικίλουν αναλόγως το συνολικό κόστος και τη ποιότητά του. Κάποια φθηνά κράνη μπορεί να είναι κατασκευασμένα από πολυανθρακικό εστέρα (PC) ή ABS ενώ τα πιο ακριβά κατασκευάζονται από σύνθετα που είναι συνήθως εποξειδικές μήτρες ενισχυμένες με ίνες γυαλιού, άνθρακα ή Κέβλαρ. Το πάχος του είναι αρκετά μικρό, 1 έως 2.5 χιλιοστά για κράνη κατασκευασμένα από σύνθετα και 4 με



Εικόνα 3 Διαμορφώσεις στη γεωμετρία του κελύφους για καλύτερη αεροδυναμική



5 χιλιοστά για εκείνα που αποτελούνται από θερμοπλαστικά. Σχετικά με τη συμπεριφορά των υλικών αυτών, τα θερμοπλαστικά απορροφούν περισσότερη ενέργεια όμως παρουσιάζουν μειωμένες ικανότητες διασποράς του φορτίου ενώ τα σύνθετα παρουσιάζουν την αντίστροφη συμπεριφορά λόγω της ακαμψίας τους. Συγκεκριμένα, όσο πιο άκαμπτο είναι το κέλυφος τόσο μεγαλύτερη είναι η περιοχή εξάπλωσης του φορτίου [Caserta et al. (2011)].

Όσον αφορά τη γεωμετρία του, το κέλυφος συνήθως έχει λείες εσοχές και προεξοχές οι οποίες χρησιμεύουν για τη καθοδήγηση των ριπών ανέμου κατά την οδήγηση, διευκολύνοντας έτσι την αεροδυναμική του συστήματος οδηγού-μηχανής όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Οι διαμορφώσεις αυτές στη γεωμετρία παρατηρούνται πιο συχνά και έντονα σε κράνη που προορίζονται για πολύωρη οδήγηση σε μακρινές αποστάσεις και κυρίως σε κράνη για οδήγηση σε πίστα όπου η αεροδυναμική έχει κρίσιμο χαρακτήρα. Οι διαμορφώσεις αυτές συνδέονται συχνά με το σύστημα εξαερισμού και λειτουργούν πλήρως στις ταχύτητες και κλίσεις του κεφαλιού (κατά την οδήγηση) για τις οποίες έχουν σχεδιαστεί.

### 2.1.2 Αφρώδες προστατευτικό υλικό

Το αφρώδες προστατευτικό υλικό που βρίσκεται μεταξύ του εξωτερικού κελύφους και της εσωτερικής επένδυσης, πρόκειται για συνηθισμένη διογκωμένη πολυστερίνη (φελιζόλ) και απεικονίζεται στην Εικόνα 4. Σκοπός της ύπαρξής του είναι η απορρόφηση των κραδασμών κατά την κρούση πριν μεταφερθούν στο κεφάλι μέσω της πλαστικής θραύσης των κυττάρων του πολυμερούς από τα οποία αποτελείται. Αυτό το υλικό επιλέγεται για την ικανότητά του να αντιτίθεται σε κρούσεις από διαφορετικές κατευθύνσεις, το χαμηλό βάρος και κόστος παραγωγής του [Caserta et al. (2011)]. Ο όγκος και το βάρος του κράνους καθορίζεται κυρίως από αυτό όμως δύσκολα μπορούν να γίνουν συμβιβασμοί που να μην επιδρούν στην απορρόφηση ενέργειας κρούσης. Συχνά χρησιμοποιούνται διαφορετικά πάχη προστατευτικού υλικού τοποθετημένα σε ένα προκαθορισμένο μέγεθος κελύφους προκειμένου ο χώρος που δημιουργείται να φιλοξενεί μεγαλύτερο εύρος μεγεθών κεφαλιού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα άνθρωποι με μεγαλύτερο κεφάλι να προστατεύονται από υλικό μικρότερου πάχους. [DiLandro et al. (2002)].



Εικόνα 4 Τομή κράνους

Έχουν γίνει αρκετές έρευνες σχετικά με την βελτιστοποίηση της απορρόφησης ενέργειας κατά τη κρούση και μερικές περιλαμβάνουν μελέτες εναλλακτικών υλικών και γεωμετριών για το προστατευτικό υλικό ή το κέλυφος. Τα τελευταία χρόνια, εξετάζονται όλο και περισσότερο οι εφαρμογές λεπτών σωληνοειδών δομών ή δομών κηρήθρας λόγω της δυνατότητάς τους να κατανέμουν ικανοποιητικά την ενέργεια όπως αναφέρουν οι Caserta et al. (2011). Οι τελευταίοι, εξέτασαν τη συμπεριφορά του κράνους με ενσωματωμένες αλουμινένιες δομές κηρήθρας στο προστατευτικό υλικό, οι οποίες παρέχουν καλύτερη προστασία έναντι επίπεδων επιφανειών εις βάρος της προστασίας ενάντια σε στρογγυλές επιφάνειες.

### 2.1.3 Εσωτερική επένδυση

Πρόκειται για υφασμάτινη επένδυση στο εσωτερικό του κράνους προκειμένου να αυξήσει την άνεση του χρήστη [ECE 22.05, παράγραφος 2]. Συνήθως εμπεριέχεται μαλακό αφρώδες υλικό σε ύφασμα κατάλληλο για επαφή με το ανθρώπινο δέρμα έτσι ώστε το κράνος να εφαρμόζει πλήρως γύρω από το κεφάλι. Εκτός από αυτό όμως, η επένδυση διαθέτει τμήματα υφάσματος ειδικά σχεδιασμένα για τη διευκόλυνση της λειτουργίας του εξαερισμού ή για την μόνωση του εσωτερικού του κράνους από το περιβάλλον. Η εσωτερική επένδυση συχνά είναι σχεδιασμένη ώστε να μπορεί να αφαιρεθεί από το κράνος προκειμένου να πλυθεί [Εικόνα 5]. Ωστόσο, το κράνος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς αυτή καθώς δεν εφαρμόζει πλήρως στο κεφάλι του χρήστη.



Εικόνα 5 Εσωτερική επένδυση κράνους. Α: Πλάγια-Εμπρόσθια όψη, Β: Πλάγια-Οπίσθια όψη, C: Άνοιξη

Πολλές κατασκευαστικές εταιρίες κρανών χρησιμοποιούν ανεξάρτητα σχεδιασμένες επενδύσεις οι οποίες διαθέτουν μηχανισμούς προσαρμογής σε διαφορετικά σχέδια. Ένα τέτοιο παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 6 όπου η επένδυση διαθέτει ειδικές υποδοχές ώστε να προσαρμόζεται σε διαφορετικά μεγέθη ενός μοντέλου κράνους.





Εικόνα 6 Μηχανισμός προσαρμογής εσωτερικής επένδυσης σε διαφορετικού μεγέθους κράνη

#### 2.1.4 Προσωπίδα

Πρόκειται για τη διάφανη προστατευτική επιφάνεια που εκτείνεται πάνω από τα μάτια και καλύπτει όλη τη περιοχή του προσώπου [ECE 22.05, παράγραφος 2]. Στην ουσία, πρόκειται για μια πλαστική διαφανή μεμβράνη που καλύπτει το άνοιγμα του κράνους το οποίο επιτρέπει την οπτική επαφή του χρήστη με το δρόμο [Εικόνα 7]. Οι προσωπίδες ενσωματώνονται στο κράνος με ειδικές υποδοχές κλειδώματος και απελευθέρωσης προκειμένου να διευκολύνεται ο καθαρισμός και η ανανέωση σε περίπτωση καταστροφής ή φθοράς. Το πλάτος και μήκος μιας προσωπίδας ποικίλλει αναλόγως την προοριζόμενη χρήση του κράνους. Για παράδειγμα, οι προσωπίδες για αγωνιστικά κράνη έχουν μεγάλο μήκος έτσι ώστε οι οδηγοί να μπορούν να διατηρούν οπτική επαφή με τους ανταγωνιστές τους χρησιμοποιώντας την περιφερειακή τους όραση ενώ εκείνες που προορίζονται για κράνη δρόμου είναι πιο στενού μήκους αλλά μερικές φορές μεγαλύτερου πλάτους ώστε ο οδηγός να έχει μεγαλύτερο κατακόρυφο εύρος ορατότητας.



Εικόνα 7 Προσωπίδες κράνους μηχανής

Το υλικό μιας προσωπίδας οφείλει να είναι ανθεκτικό, ελαστικό και διαφανές, γι' αυτό συνήθως κατασκευάζονται από θερμοπλαστικά. Η διαφάνεια είναι υποχρεωτικός παράγοντας και ο Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας απαγορεύει τη χρήση σκούρου χρώματος παρά μόνο σε κράνη

πίστας, όμως το φως του ήλιου συχνά δημιουργεί προβλήματα ορατότητας. Γι' αυτό πολλά κράνη διαθέτουν δεύτερες εσωτερικές προσωπίδες με σκοπό τη χρήση ως προστατευτικό κατά του ήλιου [Εικόνα 8]. Αυτά τα προστατευτικά είναι μονίμως ενσωματωμένα στο κράνος και ο χειρισμός τους πραγματοποιείται από εσωτερικούς μηχανισμούς και χειριστήρια που βρίσκονται εξωτερικά του κράνους.



Εικόνα 8 Προσωπίδα με ενσωματωμένο προστατευτικό κατά του ήλιου

### 2.1.5 Σύστημα συγκράτησης

Το σύστημα συγκράτησης πρόκειται για το σύστημα το οποίο επιτρέπει στο κράνος να παραμείνει σταθερό στο κεφάλι και συμπεριλαμβάνει οποιαδήποτε ρύθμιση επιτρέπει την ενίσχυση της άνεσης του χρήστη [ECE 22.05, παράγραφος 2]. Συγκεκριμένα, βρίσκεται στην άκρη των λωρίδων του κράνους και επιτρέπει στις λωρίδες αυτές να ενωθούν γύρω από το σαγόνι του χρήστη. Αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία καθώς του επιτρέπει να παραμείνει σταθερό κατά τη χρήση αλλά και να μην εκτοπιστεί σε μια πιθανή κρούση. Στην αγορά μπορούν να διακριθούν τρεις τύποι συστημάτων συγκράτησης οι οποίοι είναι το σύστημα πρόσδεσης με μικροάγκιστρο, το σύστημα γρήγορης απασφάλισης και τα διπλά D [Εγχειρίδιο Χρήστη κράνους AGV] (2017).

#### 2.1.5.1 Οδοντωτό μικροσύστημα ασφάλισης (micrometric system)

Το σύστημα συγκράτησης με μικροάγκιστρο είναι το πιο γρήγορο μέσο ασφάλισης του συστήματος συγκράτησης. Αποτελείται από δύο ιμάντες όπου ο ένας στην ακμή του έχει μια υποδοχή μικροκασάνιας και ο άλλος μια γλωττίδα με οδοντωτή επιφάνεια [Εικόνα 9]. Η χρήση του συστήματος αυτού απαιτεί πρώτα να ρυθμιστεί το μήκος του ιμάντα έτσι ώστε με την ασφάλισή του να βρίσκεται στο κατάλληλο μήκος γύρω από το σαγόνι του χρήστη. Στη συνέχεια, ο χρήστης πρέπει να εισχωρήσει τη γλωττίδα στην υποδοχή μέχρις ότου το κράνος να ασφαλισθεί πλήρως. Οι οδοντώσεις επιτρέπουν την τοποθέτηση σε διαφορετικές θέσεις προκειμένου να εξασφαλισθεί άνεση και πλήρης προσαρμογή του κράνους στο κεφάλι. Προκειμένου να απασφαλισθεί ο μηχανισμός, πρέπει η μικροκασάνια να ανασηκωθεί με τη βοήθεια του κόκκινου ιμάντα έτσι ώστε το κούμπωμα να απομακρυνθεί όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 10. [Εγχειρίδιο Χρήστη κράνους AGV (2017), Εγχειρίδιο Σωστής χρήσης SHOEI (2018)].



Εικόνα 9 Σύστημα συγκράτησης με μικροάγκιστρο. Απεικονίζονται η οδοντωτή επιφάνεια και η υποδοχή της.



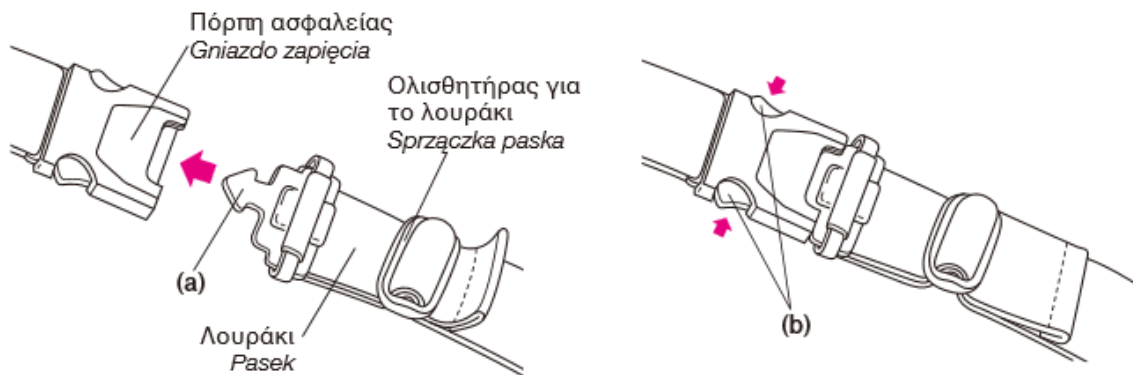
Εικόνα 10 Βήματα απελευθέρωσης οδοντωτού μικροσυστήματος ασφάλισης [Εγχειρίδιο Σωστής χρήσης SHOΕΙ]

### 2.1.5.2 Σύστημα ταχείας απελευθέρωσης (quick release)

Αυτό το σύστημα είναι αρκετά όμοιο με το σύστημα συγκράτησης της ζώνης ασφαλείας των αυτοκινήτων [Εικόνα 11]. Αποτελείται από μια υποδοχή με ένα κόκκινο κουμπί απελευθέρωσης και μια μεταλλική πόρπη τα οποία είναι το κάθε ένα ενωμένο στην άκρη ενός ιμάντα. Η χρήση περιλαμβάνει τη ρύθμιση εξ αρχής του μήκους του ιμάντα όπως και στο σύστημα με μικροάγκιστρο και στη συνέχεια την εισαγωγή της πόρπης στην υποδοχή. Για την απελευθέρωσή της απαιτείται η πίεση του κουμπιού [Εικόνα 12].



Εικόνα 11 Σύστημα ταχείας απελευθέρωσης



Εικόνα 12 Οδηγίες ασφάλισης και απασφάλισης συστήματος ταχείας απελευθέρωσης [Εγχειρίδιο Σωστής Χρήσης SHOΕΙ]]

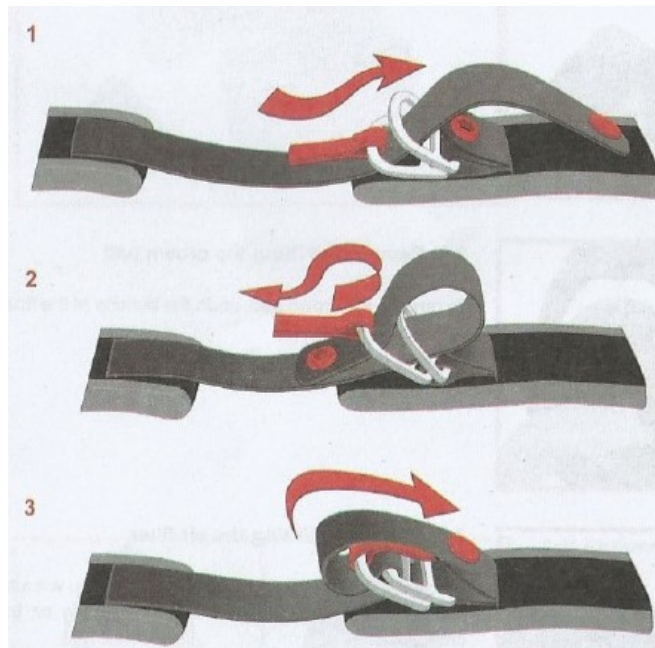
### 2.1.5.3 Διπλοί κρίκοι D (Double D rings)

Το σύστημα διπλών κρίκων D αποτελείται από δύο ιμάντες όπου στην μια άκρη του ενός βρίσκονται τοποθετημένα δύο κρίκοι σχήματος D [Εικόνα 13]. Προκειμένου να ασφαλισθεί αυτό το σύστημα, πρέπει ο ελεύθερος ιμάντας να εισέλθει εντός του δαχτυλιδιού που δεν διαθέτει



Εικόνα 13 Σύστημα διπλών κρίκων D

κόκκινο ιμάντα και στη συνέχεια να στραφεί προς την αντίθετη κατεύθυνση και να εισέλθει εντός εκείνου του δαχτυλιδιού. Τέλος, προκειμένου ο αέρας να μην χτυπά τον ιμάντα πάνω στο κράνος, δίνεται η δυνατότητα κουμπώματος όπως φαίνεται στην Εικόνα 14. Προκειμένου να απασφαλισθεί ο χρήστης πρέπει να τραβήξει τον κόκκινο ιμάντα ελευθερώνοντας τον ιμάντα μεταξύ των δαχτυλιδιών [Εγχειρίδιο Χρήστη κράνους AGV (2017)]. Η διαδικασία ασφάλισης και απασφάλισης είναι από τις πιο χρονοβόρες μεταξύ των συστημάτων συγκράτησης όμως αποτελεί τη πιο ασφαλή μέθοδο με πλήρως προσαρμοζόμενο μήκος του ιμάντα σε κάθε χρήση. Αυτό εξυπηρετεί περιπτώσεις όπου ο οδηγός φορά προστατευτικό λαιμού και το μήκος του ιμάντα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από ό,τι συνήθως.



Εικόνα 14 Βήματα ασφάλισης συστήματος διπλών κρίκων D [Εγχειρίδιο Χρήστη κράνους AGV]

### 2.1.6 Σύστημα εξαερισμού

Το σύστημα εξαερισμού είναι απαραίτητο στα κράνη προκειμένου να μειώνεται η θερμοκρασιακή δυσφορία κατά τη χρήση αλλά και να αποτρέπεται το θόλωμα της προσωπίδας. Πρόκειται για ειδικά διαμορφωμένες οπές που διαπερνούν το κράνος από μπροστά προς τα πίσω και η λειτουργία τους βασίζεται στις ριπές αέρα που δημιουργούνται κατά την κίνηση και την αεροδυναμική του κράνους [Εικόνα 15]. Οι διαμορφώσεις αυτές εντοπίζονται τόσο στο κέλυφος όσο και στο προστατευτικό υλικό [Εικόνα 16]. Οι βασικότερες οπές ενός συστήματος εξαερισμού βρίσκονται στη κορυφή του κράνους και στις περιπτώσεις full face και flip up κράνων, μπροστά στη περιοχή του σαγονιού. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να σημειωθεί πως αρκετά σχέδια open face κράνων δεν διαθέτουν σύστημα εξαερισμού καθώς η περιοχή του προσώπου παραμένει ακάλυπτη και το άνοιγμα είναι επαρκές για τη μείωση της θερμοκρασιακής δυσφορίας, χωρίς όμως αυτό να εφαρμόζεται καθολικά σε αυτή τη κατηγορία κράνων.



Εικόνα 15 Σχεδιάγραμμα προβλεπόμενης κατεύθυνσης αέρα σε σύστημα εξαερισμού



Εικόνα 16 Διαμορφώσεις στο προστατευτικό υλικό για την υποβοήθηση του συστήματος εξαερισμού



## 2.2 Κατηγορίες/ τύποι κράνων μηχανής

Το κράνος που οφείλει ένας χρήστης να χρησιμοποιήσει εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη προοριζόμενη χρήση του. Συνεπώς, τα κράνη μπορούν να ενταχθούν σε ευρύτερες κατηγορίες οι οποίες ταυτίζονται με εκείνες που χαρακτηρίζουν τις μηχανές και το πλαίσιο χρήσης τους. Γενικότερα, οι μηχανές προορίζονται για οδήγηση σε αστικό περιβάλλον όπου αποκαλούνται on-road, για οδήγηση στο ύπαιθρο όπου αποκαλούνται off-road ή συνδυασμό αυτών των δύο από όπου προκύπτει ο χαρακτηρισμός on-off. Αντίστοιχα, τα κράνη που σχεδιάζονται προορίζονται για χρήσεις on-road, off-road ή on-off απαντώντας στις αντίστοιχες απαιτήσεις και περιορισμούς που προκύπτουν από το εκάστοτε πλαίσιο.

Εκτός από αυτό το γενικότερο διαχωρισμό όμως, τα κράνη κατηγοριοποιούνται επίσης σύμφωνα με την μορφολογία και λειτουργικότητά τους. Συνεπώς, μπορούν να εντοπισθούν επτά τέτοιες κατηγορίες. Αρχικά, τα κράνη που προορίζονται για on-road χρήση μπορούν να είναι τύπου full-face, flip-up, modular, open face ή half. Σχετικά με τα κράνη που προορίζονται για off-road χρήσεις, ο σχεδιασμός περιορίζεται αυστηρά σε full-face μορφολογία με επεμβάσεις που εξυπηρετούν τη λειτουργικότητα ενώ τα on-off κράνη παρουσιάζουν σχεδιαστικές λύσεις δίνοντας βαρύτητα σε διαφορετικές ανάγκες. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να οριστούν τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες της κάθε επιμέρους μορφολογίας προκειμένου να κατανοηθεί σε μεγαλύτερο βάθος η προϊοντική κατηγορία.

### 2.2.1 Κράνη on-road

#### 2.2.1.1 Πλήρες κράνος (full-face)

Βασικό χαρακτηριστικό αυτού του τύπου κράνων είναι η συνεχής γεωμετρία του που καλύπτει ολόκληρο το κεφάλι, από το πίσω μέρος της βάσης του κεφαλιού έως και κάτω από το σαγόνι [Εικόνα 17]. Αυτά τα κράνη διαθέτουν προσωπίδα η οποία μπορεί να ανασηκωθεί και εξυπηρετούν τη πραγματοποίηση μακρινών αποστάσεων ή με μεγάλη ταχύτητα.



Εικόνα 17 Κράνος  
τύπου full-face

Πρόκειται για την πιο ασφαλή κατηγορία κράνους λόγω της συμπαγούς μορφολογίας του καθώς και της ύπαρξης προστασίας στη περιοχή του σαγονιού μιας και πρόκειται για τη πιο συχνή περιοχή τραυματισμού σε ένα ατύχημα σύμφωνα με τους Otte (1991) και Elliot et al. (2003). Ο μεγάλος βαθμός ασφάλειας όμως επιφέρει κάποιο κόστος στην άνεση. Αυτά τα κράνη συχνά σχετίζονται με προβλήματα που αφορούν θερμοκρασιακή δυσφορία, μεγάλο βάρος, περιορισμό ακοής και επιρροή όρασης [Buyan et al. (2006), Orsi et al. (2012), Papadaki et al. (2013)]. Πιο συγκεκριμένα, περικλείοντας το κεφάλι επέρχεται αύξηση της θερμοκρασίας και εν συνεχεία μείωση της άνεσης γεγονός που επιδεινώνεται με την ύπαρξη της προσωπίδας καθώς και λόγω του βάρους του υλικού αλλά και της μειωμένης δυνατότητας εξαερισμού. Αυτό το γεγονός ευθύνεται σε ένα βαθμό και στον περιορισμό της όρασης καθώς συχνά η προσωπίδα θολώνει, τόσο εξαιτίας της αναπνοής του χρήστη όσο και από τη διαφορά θερμοκρασίας εντός του κράνους

με το γύρω περιβάλλον όπως επίσης συγκρατεί σταγόνες κατά τη διάρκεια οδήγησης με βροχή. Επιπροσθέτως, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [Brühwiler et al. (2005)], η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα από το χρήστη διαμορφώνει μια αποπνικτική ατμόσφαιρα εντός του κράνους, κατάσταση που συμβάλει αρνητικά στην άνετη χρήση του.

Σε γενικότερα πλαίσια, αυτός ο τύπος κράνους συμβάλει στην μέγιστη ασφάλεια ενός εν δυνάμει χρήστη όμως απαιτεί από αυτόν να συμβιβαστεί στη περιορισμένη λειτουργικότητά του καθώς δεν διαθέτει ρυθμίσεις για την βελτιστοποίηση της άνεσης. Επίσης, τέτοιου είδους κράνη χρησιμοποιούνται κυρίως από οδηγούς μηχανών μεγάλου κυβισμού οι οποίες αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες και προορίζονται για μεγάλες διαδρομές.

#### 2.2.1.2 Αναδιπλούμενο κράνος (flip-up)

Απάντηση στα παραπάνω προβλήματα αποτελούν τα αναδιπλούμενα κράνη ή αλλιώς flip-up [Εικόνα 18]. Το σχέδιό τους ακολουθεί τη λογική των full-face καλύπτοντας όλη τη περιοχή του κεφαλιού με τη διαφορά ότι δίνεται η δυνατότητα ανασήκωσης της προσωπίδας και ενός τμήματος του σαγονιού. Μπορούν να εξυπηρετήσουν εξίσου ικανοποιητικά την οδήγηση σε πολλά χιλιόμετρα, με μεγάλη ταχύτητα αλλά και σε μικρότερες αποστάσεις όπως εντός μιας πόλης που συνήθως περιλαμβάνει μικρές στάσεις.



Εικόνα 18 Κράνος τύπου flip-up

Βασικό πλεονέκτημα αυτού του σχεδίου αποτελεί η δυνατότητα ρύθμισης της θερμοκρασιακής άνεσης αλλάζοντας τη μορφολογία του. Ακόμη, διευκολύνει την πραγματοποίηση σύντομων στάσεων κατά την οδήγηση μιας και εξυπηρετεί στην εύκολη και άμεση επικοινωνία χωρίς να δυσκολεύει την ομιλία ή να απαιτεί την αφαίρεση και επανατοποθέτηση στο κεφάλι όπως συμβαίνει με ένα κράνος full-face. Συνεπώς, οι απαιτούμενες αλληλεπιδράσεις με αυτό το κράνος μειώνονται και κατ' επέκταση υπάρχει θετικός αντίκτυπος σχετικά με το θέμα της συχνής προσαρμογής.

Όσον αφορά την ασφάλεια που προσφέρεται από αυτά τα κράνη, ακόμη κι όταν η προσωπίδα είναι κατεβασμένη, είναι μειωμένη σε σχέση με τα full-face. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η συνεχόμενη γεωμετρία του κράνους διακόπτεται λόγω της άρθρωσης που επιτρέπει την περιστροφή της προσωπίδας αλλά και στο γεγονός ότι σε περίπτωση ατυχήματος με τη προσωπίδα ανασηκωμένη, δεν προστατεύεται το σαγόι του χρήστη, αυξάνοντας τις πιθανότητες για σοβαρούς τραυματισμούς.

Τέλος, ένα ακόμη μειονέκτημα αυτού του σχεδίου έχει να κάνει με την αισθητική. Ανασηκώνοντας την προσωπίδα προστίθεται ένας μεγάλος όγκος πάνω από το κεφάλι του χρήστη δημιουργώντας μια άβολη όψη. Επίσης, αυτός ο όγκος μπορεί να επηρεάσει την αεροδυναμική του αναβάτη κατά την οδήγηση, κατάσταση που συμβάλει στη δημιουργία περισσότερων θορύβων και φορτίσεων γύρω από το κεφάλι, ενώ οι μηχανισμοί που απαιτούνται για τη λειτουργικότητα προσδίδουν μεγαλύτερο βάρος στο κράνος.

### 2.2.1.3 Ανοιχτό κράνος (open face)

Ο συγκεκριμένος τύπος κράνους καλύπτει τις ελάχιστες περιοχές του κεφαλιού που απαιτούνται από τα Ευρωπαϊκά και Αμερικάνικα πρότυπα που παρουσιάζονται στη παράγραφο 1.2. Επίσης συχνά δεν διαθέτει προσωπίδα ή προστατευτικό των ματιών και γι' αυτό μερικές φορές απαιτείται επέμβαση από το χρήστη με μαντίλια, γυαλιά ηλίου ή γυαλιά κατά του ανέμου (goggles) και ειδικά προστατευτικά του σαγονιού που είναι συμβατά με το σχέδιο του κράνους και μπορούν να προστεθούν σε υποδοχές. Αυτός ο τύπος κράνους είναι αρκετά δημοφιλής μεταξύ των οδηγών μηχανών χαμηλού κυβισμού [Εικόνα 19].



Εικόνα 19 Κράνος τύπου  
open face

Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα αυτού του κράνους, ένα από τα κυριότερα μπορεί να εντοπιστεί στη μειωμένη θερμοκρασιακή δυσφορία ειδικότερα σε περιοχές με θερμό κλίμα όπου οι μηχανές χαμηλού κυβισμού είναι αρκετά συνηθισμένο μέσο μεταφοράς. Εκτός από αυτό όμως, πρόκειται για ένα κράνος το οποίο διευκολύνει την αφαίρεση και επανατοποθέτηση στο κεφάλι καθώς η έλλειψη προστατευτικού γύρω από το σαγόني επιτρέπει την πραγματοποίηση γρήγορης και άμεσης κινησιολογίας, γεγονός που πιθανότατα εξηγεί την ευρεία χρήση τους από επαγγελματίες που χρησιμοποιούν τη μηχανή στην εργασία τους. Επίσης, λόγω της γεωμετρίας τους έχουν αρκετά μικρότερο βάρος από τα full-face και τα flip-up.

Σχετικά με την ασφάλεια, θεωρούνται πως προσφέρουν καλό βαθμό προστασίας όμως κατώτερο από τα δύο είδη που αναφέρθηκαν παραπάνω. Συγκεκριμένα οι Yu et al. (2011) δεν εντόπισαν σημαντική διαφορά μεταξύ αυτών των κρανών και των full-face συμφωνώντας με τα αποτελέσματα προηγούμενης έρευνας των Liu et al. (2008).

### 2.2.1.4 Δομοστοιχειωτό κράνος (modular)

Πρόκειται για κράνη τα οποία μπορούν να είναι πλήρη ή ανοιχτά, όχι όμως με τον ίδιο τρόπο που είναι τα flip-up. Συγκεκριμένα, το μέρος του σαγονιού μπορεί να αφαιρεθεί εντελώς και να μετατρέψει ένα πλήρες κράνος σε ανοιχτό [Εικόνα 20]. Τα πλεονεκτήματά του σαφώς περιλαμβάνουν τόσο εκείνα των full-face και open-face όσο και τη μείωση όγκου κατά τη μετατροπή από το ένα στο άλλο, σε αντίθεση με τα flip-up όπου ο όγκος του σαγονιού παραμένει στο κεφάλι αχρησιμοποίητος.



Εικόνα 20 Modular κράνος  
χωρίς σαγόني



Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η επιλογή χρήσης ως πλήρες ή ανοιχτό οφείλει να γίνεται πριν την οδήγηση καθώς δεν υπάρχει δυνατότητα αλλαγής κατά τη διάρκειά της, όπως μπορεί να γίνει με τα flip-up. Επίσης, ένα βασικό μειονέκτημα είναι η δημιουργία δευτέρου τμήματος στη περίπτωση επιλογής χρήσης ως ανοιχτό κράνος, γεγονός που δεν διευκολύνει την αποθήκευση στους αποθηκευτικούς χώρους της μηχανής και δεν προσφέρει στο χρήστη εναλλακτικές λειτουργίες κατά την οδήγηση.

#### 2.2.1.5 Μισό κράνος (half helmet)

Τα half κράνη ή αλλιώς brain buckets καλύπτουν μόνο τη περιοχή πάνω από τα αυτιά και το μέτωπο, εξ ου και η ονομασία τους [Εικόνα 22]. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο συνήθως δεν εγκρίνονται για την ικανοποίηση των Ευρωπαϊκών και Αμερικανικών προδιαγραφών. Παρόλα αυτά όμως είναι διαθέσιμα προς αγορά και μάλιστα αρκετά δημοφιλή μεταξύ των οδηγών μηχανών τύπου Harley Davidson ή των «γυμνών» μηχανών όπου πρόκειται για οχήματα με τον κινητήρα ανοιχτό προς το περιβάλλον αντί προστατευμένο από πλαστικά [Εικόνα 21].



Εικόνα 21 "Γυμνή" μηχανή

Ακόμη κι αν ο βαθμός ασφάλειας που προσφέρεται είναι υποτυπώδης, αυτά τα κράνη παρουσιάζουν μερικά πλεονεκτήματα. Συγκεκριμένα είναι πολύ ελαφριά και συχνά έχουν ρυθμίσεις που διευκολύνουν τη τοποθέτηση περαιτέρω προστατευτικών για το κάτω μέρος του προσώπου [Εικόνα 23].



Εικόνα 22 Κράνος half-helmet



Εικόνα 23 Κράνος half-helmet με προσθήκη προστατευτικού σαγονιού

## 2.2.2 Κράνη off-road

### 2.2.2.1 Motocross

Τα κράνη που προορίζονται για το άθλημα motocross καλύπτουν ολόκληρο το κεφάλι όπως τα κλασικά full face κράνη με τη διαφορά ότι το σαγόνι είναι μακρύ και γωνιώδες καθώς επίσης διαθέτουν γείσο [Εικόνα 24]. Συγκεκριμένα, το γείσο εξυπηρετεί στην προστασία από κλαδιά, πέτρες και άλλα αντικείμενα που μπορεί να εκτοξεύονται από τους τροχούς των μπροστινών οδηγών.



Εικόνα 24 Κράνος motocross

Επίσης, σε ολόκληρη τη γεωμετρία τους έχουν ακμές και είναι σχεδιασμένα για να επιτυγχάνουν το ελάχιστο δυνατό βάρος και το μέγιστο καλύτερο αερισμό καθώς επίσης και για την υποχρεωτική χρήση goggles (ειδικά προστατευτικά γυαλιά).

Σχετικά με μερικά μειονεκτήματά τους, το γείσο αποτρέπει την οδήγηση σε μεγάλες ταχύτητες λόγω της αεροδυναμικής του όπως επίσης η έλλειψη ακουστικής μόνωσης επιτρέπει στο θόρυβο από τον αέρα να επηρεάσει αρνητικά την εμπειρία της οδήγησης.

## 2.2.3 Κράνη on-off

### 2.2.3.1 Dual Sport

Τα υβριδικά κράνη αποτελούν ένα συνδυασμό των off-road με των full-face σχεδίων [Εικόνα 25]. Συγκεκριμένα διαθέτουν ενσωματωμένο γείσο και κοντύτερο σαγόνι από τα motocross κράνη. Χαρακτηρίζονται για τη πολυχρηστικότητα και λειτουργικότητά τους.



Εικόνα 25 Υβριδικό κράνος

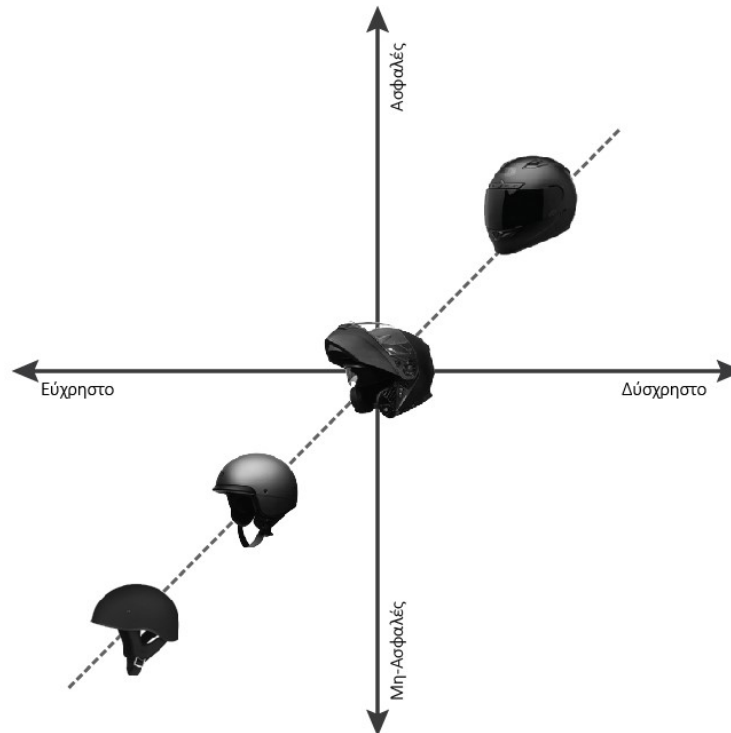
Γενικότερα, συνδυάζουν τα θετικά χαρακτηριστικά των δύο ειδών. Προσφέρουν εξίσου καλό εξαερισμό και προστασία από το κρύο όπως επίσης και από τους θορύβους που προκύπτουν από τον άνεμο κατά την οδήγηση.

## 2.2.4 Σύγκριση των επιμέρους τύπων της κατηγορίας on-road

Προκειμένου να συνοψισθούν τα χαρακτηριστικά της κάθε επιμέρους κατηγορίας αξιοποιήθηκε ένα εργαλείο Έρευνας Σχεδίασης που ονομάζεται Ανεμολόγιο Ασφάλειας-Ευχρηστίας. Συγκεκριμένα, προσφέρει μια ολιστική εικόνα του κάθε στοιχείου συγκρίνοντάς αυτό σε σχέση με κάποια κοινά χαρακτηριστικά. Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι η ευχρηστία διαμορφώνεται από αρκετούς παράγοντες όπως η ταχύτητα τοποθέτησης, η ταχύτητα ασφάλισης,

ο όγκος του κράνους, η ύπαρξη επαρκούς εξαερισμού και ανοίγματος ορατότητας. Ωστόσο, για την κατασκευή του συγκεκριμένου Ανεμολογίου, ως ευχρηστία θεωρήθηκε ο συνδυασμός της ταχύτητας τοποθέτησης και του όγκου του κράνους -μιας και αυτός επιδρά έμμεσα σε αυτή. Η επιλογή των παραγόντων αυτών έγκειται στο γεγονός ότι σχετίζονται άμεσα με τη γεωμετρία του κράνους και κατ' επέκταση διαμορφώνουν τις επιμέρους κατηγορίες κρανών. Οι υπόλοιποι παράγοντες που δεν λήφθηκαν υπόψιν σχετίζονται με επιμέρους σχεδιαστικές λύσεις που μπορούν να εντοπισθούν σε οποιαδήποτε κατηγορία και συνεπώς δεν υπάρχει πολύ μεγάλο νόημα στη σύγκρισή τους.

Η σύγκριση που ακολουθεί αφορά κράνη on-road καθώς σε αυτά επικεντρώνεται η παρούσα μελέτη και πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψιν ενδείξεις χρηστών κρανών μηχανής.



Εικόνα 26 Ανεμολόγιο σύγκρισης on-road κρανών

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 26, οι υπάρχουσες κατηγορίες κρανών εφάπτονται σε ένα νοητό άξονα ο οποίος βρίσκεται μεταξύ του πρώτου (Ασφαλές-Δύσχρηστο) και τρίτου (Μη-ασφαλές-Εύχρηστο) τεταρτημόριου. Στη μέση των αξόνων βρίσκεται το κράνος τύπου flip-up καθώς συνδέει χαρακτηριστικά των full-face και των jet κρανών, καθιστώντας το πιο γρήγορο στην τοποθέτηση από τα full-face αλλά ταυτόχρονα λιγότερο ασφαλές.

Χρησιμοποιώντας αυτό το εργαλείο, εκτός από μια καθαρότερη εικόνα σχετικά με τα κράνη, είναι δυνατή η παρατήρηση πως η περιοχή στο δεύτερο τεταρτημόριο που αφορά το Εύχρηστο με επαρκή Ασφάλεια, είναι κενή. Αυτό επιβεβαιώνει πως πράγματι, υπάρχει κενό στην αγορά και συνεπώς ευκαιρία σχεδίασης. Ωστόσο, σε αυτό το σημείο έχει μεγάλη σημασία να ερευνηθούν οι υπάρχουσες λύσεις που έχουν δοθεί για αυτή τη περιοχή της αγοράς.

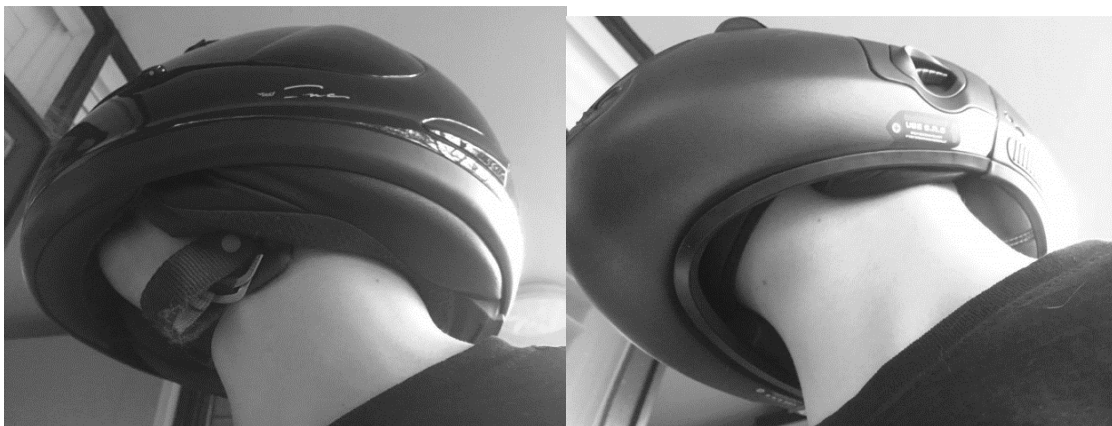
### 2.2.5 Έρευνα Ανταγωνισμού

Η αναζήτηση ανταγωνισμού επικεντρώθηκε στην έρευνα κρανών μηχανής που επιτρέπουν γρήγορη προσαρμογή και μεγάλη κάλυψη του κεφαλιού. Το μόνο κράνος που βρέθηκε να διαθέτει αυτά τα χαρακτηριστικά ονομάζεται Vozz και επιτρέπει την οπίσθια πρόσβαση ασφαλίζοντας χωρίς λωρίδες [<http://www.vozzhelmets.com/>]. Το συγκεκριμένο κράνος σχεδιάστηκε από την Vozz Helmets και αποσκοπεί στην βελτίωση της ευχρηστίας και της άνεσης ενός κράνους μηχανής.



Εικόνα 27 Το κράνος Vozz που επιτρέπει οπίσθια πρόσβαση και ασφάλιση χωρίς τη χρήση λωρίδων. Εδώ απεικονίζεται ανοικτό.

Τα βασικά θετικά στοιχεία αυτού του κράνους αφενός περιλαμβάνουν τη δυνατότητα γρήγορης τοποθέτησης και αφαίρεσης, αφετέρου τη δυνατότητα γρήγορης ασφάλισης χωρίς τη χρήση λωρίδων ασφαλείας. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της γεωμετρίας του κελύφους όπου το άνοιγμα για το λαιμό είναι πιο στενό από τα συμβατικά κράνη και τελειώνει κάτω από το σαγόνι όπως φαίνεται στην Εικόνα 28. Λόγω αυτής της λειτουργίας, έχει προβλεφθεί ειδικό σύστημα ρύθμισης μεγέθους της περιοχής του σαγονιού έτσι ώστε να προσαρμόζεται στο μέγεθος και τις ανάγκες του κάθε χρήστη, εξασφαλίζοντας την πλήρη εφαρμογή «σαν γάντι».



Εικόνα 28 Αριστερά απεικονίζεται η εφαρμογή ενός συμβατικού κράνους και δεξιά απεικονίζεται η εφαρμογή του κράνους Vozz

Η τοποθέτηση αυτού του κράνους γίνεται από πίσω προς τα μπροστά, τοποθετώντας το πρόσωπο κατάλληλα στο εμπρόσθιο τμήμα και στη συνέχεια ασφαρίζοντας το οπίσθιο μέρος του κράνους όπως φαίνεται στην Εικόνα 29.



*Εικόνα 29 Τοποθέτηση κράνους Vozz. Αριστερά φαίνεται η στήριξη του οπίσθιου μέρους του κράνους στο κεφάλι. Δεξιά φαίνεται η προσαρμογή του εμπρόσθιου μέρους και η μετακίνηση του οπίσθιου προς τα μπροστά για ασφάλιση.*

Η γνώμη του κοινού για αυτό το κράνος διχάζεται. Αρκετοί οδηγοί εκτιμούν τη λειτουργικότητα και ευχρηστία του ενώ άλλοι προβληματίζονται σχετικά με την ασυνέχεια της γεωμετρίας, την έλλειψη των λωρίδων ασφαλείας και τη συμπεριφορά του κράνους σε ατύχημα.

### 2.3 Συμπεράσματα κεφαλαίου

Ανακεφαλαιώνοντας, στην ενότητα αυτή καταγράφηκαν τα βασικά στοιχεία ενός κράνους, οι κατηγορίες στις οποίες διακρίνεται και ο υπάρχον ανταγωνισμός στο κενό που εντοπίστηκε στην αγορά. Αναφορικά, ένα κράνος αποτελείται από το εξωτερικό σκληρό κέλυφος, το αφρώδες προστατευτικό υλικό που καλύπτεται από μια εσωτερική επένδυση, το σύστημα συγκράτησης, το σύστημα εξαερισμού και την προστατευτική προσωπίδα. Ακόμη, μπορεί να διακριθεί σε τρεις μεγάλες κατηγορίες σύμφωνα με το περιβάλλον οδήγησης. Αυτές οι κατηγορίες είναι η on-road που αναφέρεται σε αστικό περιβάλλον, η off-road που αφορά οδήγηση στο ύπαιθρο και η on-off που πρόκειται για έναν συνδυασμό. Τέλος, απαντώντας στο κενό της αγοράς για γρήγορη και ασφαλή τοποθέτηση, εντοπίστηκε μια ανταγωνιστική λύση που ονομάζεται Vozz Helmet.

### 3 Κεφάλαιο 2 -Συμπεριφορά χρήσης κράνους

Σε γενικότερο πλαίσιο, η αλληλεπίδραση των οδηγών με το κράνος τους μπορεί να διακριθεί σε τρεις καταστάσεις, χρήση, μη-χρήση και λανθασμένη χρήση. Στη πρώτη περίπτωση, ο οδηγός φορά το κράνος με σωστή τοποθέτηση και πλήρως ασφαλισμένο και προσαρμοσμένο στο κεφάλι του. Στη δεύτερη περίπτωση, ο οδηγός δεν φορά καθόλου κράνος ενώ στην τελευταία, φορά το κράνος αλλά με λανθασμένη τοποθέτηση ή μερικώς έως καθόλου προσαρμοσμένο και ασφαλισμένο στο κεφάλι του. Από αυτές τις τρεις καταστάσεις, μελετώνται οι δυο τελευταίες, συνεπώς η βιβλιογραφία που παρατίθεται παρακάτω επικεντρώνεται στη μη χρήση κράνους και τη λανθασμένη χρήση του.

#### 3.1 Παράγοντες αποφυγής χρήσης κράνους

Η επιλογή αποφυγής χρήσης κράνους εξολοκλήρου μπορεί να ερμηνευθεί λαμβάνοντας υπόψιν δύο κατηγορίες παραγόντων· τα ίδια τα χαρακτηριστικά του κράνους και άλλους εξωτερικούς παράγοντες. Όσον αφορά τους εξωτερικούς παράγοντες, αυτοί περιλαμβάνουν στοιχεία όπως το ευρύτερο περιβάλλον, τις συνθήκες οδήγησης ή την έμμεση εφαρμογή της νομοθεσίας περί υποχρεωτικής χρήσης κράνους. Τόσο η διεθνής βιβλιογραφία [Khan et al. (2008), Li et al. (2008), Ramli & Oxley (2016)] όσο και εκείνη που έχει παραχθεί στην Ελλάδα [Skalkidou et al. (1999)] αναγνωρίζουν πως πιο πιθανό είναι ένας οδηγός να φορέσει κράνος υπό την παρουσία αστυνομίας. Επιπροσθέτως, σύμφωνα με τα αποτελέσματα ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων, οι περισσότεροι οδηγοί θεωρούν πως τα κράνη χρειάζεται να χρησιμοποιούνται σε δρόμους μεγάλης ταχύτητας [Li et al. (2008), Ramli & Oxley (2016)]. Άλλοι οδηγοί θεωρούν πως χρειάζεται να φορέσουν κράνος όταν πρόκειται να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις [Kulanthayan et al. (2000) και Hung et al. (2008)], κατάσταση την οποία οι Hung et al. (2008) προσδίδουν στην πιθανότητα αντίληψης μικρότερου ρίσκου σε μικρές διαδρομές. Τέλος, σύμφωνα με στατιστικές αναλύσεις [Skalkidou et al. (1999), Abedi & Bazargani (2017)], φαίνεται πως υπάρχει μειωμένη χρήση στους θερινούς μήνες. Αυτό πιθανότατα σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασιακής δυσφορίας που επέρχεται από τις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται συχνά στις περιοχές ανατολικά της Μεσογείου.

Ερευνώντας αυτό τον παράγοντα, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η θερμοκρασιακή δυσφορία αποτελεί την πιο συνηθισμένη αιτία μη-χρήσης κράνους κατά την οδήγηση [Buyan et al. (2006) και Bogerd et al. (2009)]. Συγκεκριμένα, σχετίζεται με την αίσθηση μειωμένης άνεσης που προέρχεται από τα χαρακτηριστικά του κράνους. Εκτός από αυτό όμως, στην άνεση συμβάλουν κι άλλοι παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος πιο σημαντικός που αναφέρεται από τους συμμετέχοντες οδηγούς σε ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις, είναι εκείνος του περιορισμού της ορατότητας, ακολουθούμενος από έναν τρίτο που αφορά τον περιορισμό της ακοής [Skalkidou et al. (1999), Khan et al. (2008), Hung et al. (2008)]. Αυτά τα στοιχεία επιδρούν άμεσα στην αίσθηση άνεσης [Buyan et al. (2006), Orsi et al. (2012)], η οποία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη χρήση ή μη ενός κράνους [Hung et al. (2008), Khan et al. (2008), Papadaki et al. (2013)]. Τέλος, μερικά ακόμη χαρακτηριστικά του κράνους που φαίνεται να εμφανίζονται συχνά ως στοιχεία που επιδρούν στην αρνητική αντίληψη σχετικά με αυτό είναι ο μειωμένος εξαερισμός [Brühwiler et al. (2005), Buyan et al. (2006), Orsi et al. (2012)] και το ογκώδες μέγεθος κατά την αποθήκευση [Hung et al. (2008)], αν και όσον αφορά το τελευταίο, δεν έχουν σημειωθεί άλλοι προβληματισμοί σχετικά με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός κράνους [Orsi et al. (2012)].



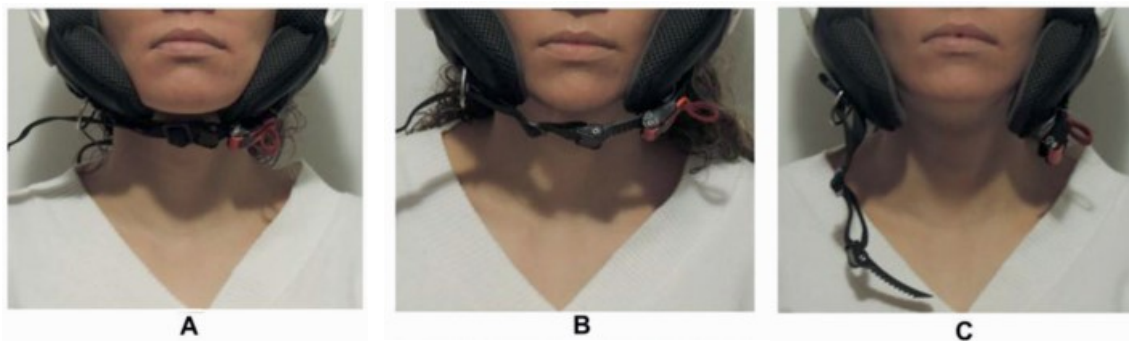
Σχετικά με τα προβλήματα άνεσης, αρκετοί έχουν αναρωτηθεί σχετικά με την επίδρασή τους στη γνωστική ικανότητα των χρηστών. Ωστόσο, μερικές μελέτες έχουν αποδείξει πως δεν υπάρχει κάποια άμεση συσχέτιση και ακόμη κι αν υπάρχει, είναι σε πολύ μικρό βαθμό και εμφανίζεται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις που απαιτούν πολύωρη οδήγηση [Bogerd et al. (2009), Bogerd et al. (2014)]. Επίσης, απάντηση στα σχόλια σχετικά με τον εξαερισμό και την αίσθηση ασφυξίας δίνει η έρευνα των Orsi et al. (2012) οι οποίοι αποδεικνύουν πως οι ταχύτητες μιας μοτοσυκλέτας επαρκούν για τη πλήρη λειτουργία των συστημάτων εξαερισμού που είναι σχεδιασμένα σε ένα κράνος.

Συνοψίζοντας, από τους πιο σημαντικούς παράγοντες αποφυγής χρήσης κράνους αποτελεί η θερμοκρασιακή δυσφορία και η μειωμένη ορατότητα. Μέχρι στιγμής οι σχεδιαστικές λύσεις που έχουν δοθεί για αυτά αποτελούν συστήματα εξαερισμού και μεγαλύτερο άνοιγμα στη περιοχή των ματιών. Παρόλα αυτά όμως, υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί που προκύπτουν λόγω ζητημάτων ασφάλειας και εκκρεμεί εξακρίβωση σχετικά με τη σχέση της θερμοκρασιακής δυσφορίας και τη διάρκεια οδήγησης.

### 3.2 Παράγοντες λανθασμένης χρήσης κράνους

Σε αρκετές μελέτες, παρατηρείται μεγάλο ποσοστό οδηγών που φορούν κράνος όμως δεν το έχουν ασφαλισμένο, ειδικότερα σε μηχανές χαμηλού κυβισμού [Huijbers (1989), Hung et al. (2008), Li et al. (2008)]. Οι Ramley & Oxley (2016) αναφέρουν πως η σωστή πρόσδεση του κράνους είναι κρίσιμα σημαντική καθώς όχι μόνο αυξάνει την αίσθηση άνεσης αλλά μειώνει σημαντικά τις πιθανότητες τραυματισμού στο κεφάλι, συμφωνώντας με τη δήλωση των Yu et al. (2011). Συγκεκριμένα, η χρήση κράνους που δεν έχει προσδεθεί σωστά σε καμία περίπτωση δεν πλησιάζει το βαθμό προστασίας που προσφέρεται από ένα πλήρως ασφαλισμένο κράνος μιας και σύμφωνα με τις ερευνήτριες, ο κίνδυνος τραυματισμού του κεφαλιού είναι τουλάχιστον τετραπλάσιος. Ακόμη, αναγνωρίζουν πως η σπουδαιότητα της κατάλληλης πρόσδεσης εντοπίζεται κατά τη στιγμή της κρούσης όπου το κράνος εκτοπίζεται βίαια από το κεφάλι, πρόβλημα στο οποίο απευθύνονται και έρευνες προηγούμενης δεκαετίας και παραθέτονται στο άρθρο των Ramley & Oxley.

Γενικότερα, μπορούν να παρατηρηθούν δύο επιμέρους τρόποι λανθασμένης πρόσδεσης του κράνους, χαλαρή ή ανοιχτή. Στην Εικόνα 30 παρουσιάζεται η σφιχτή, η χαλαρή και η ανοιχτή πρόσδεση υπό τις ενδείξεις A, B και C αντίστοιχα.



Εικόνα 30 A: Πλήρως ασφαλισμένο κράνος με σφιχτή πρόσδεση. B: Μερικώς ασφαλισμένο κράνος με χαλαρή πρόσδεση. C: Μη ασφαλισμένο κράνος με ανοιχτή πρόσδεση. [Freitas et al. (2018)].

Η λανθασμένη πρόσδεση σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τον τύπο της δέστρας. Ένας από τους κυριότερους παράγοντες που επιδρούν στη σωστή ασφάλιση του κράνους είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη διαδικασία. Συνοπτικά, ο τύπος δέστρας που απαιτεί τον περισσότερο χρόνο είναι το σύστημα διπλών δαχτυλιδιών ενώ εκείνο που απαιτεί τον λιγότερο είναι το σύστημα με μικροάγκιστρο [Ramley & Oxley (2016) , Freitas et al. (2018)]

Εκτός από αυτό, μεγάλη επίδραση έχει ο τύπος του κράνους. Συγκεκριμένα, στα full-face κράνη μειώνεται η πιθανότητα σωστής πρόσδεσής τους από τους χρήστες σε σχέση με τα open-face. Οι Freitas et al. (2018), αποδίδουν αυτό το φαινόμενο στη μετακίνηση του κράνους λόγω των ριπών αέρα που αναπτύσσονται από την ταχύτητα κατά την οδήγηση. Συγκεκριμένα, αυτό το στοιχείο καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο μηχανής που οδηγείται. Για παράδειγμα, μια μηχανή μεγάλου κυβισμού έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει ταχύτητα που θα διακινδυνέψει τη σταθερότητα του κράνους. Αντίθετα, μια μηχανή μικρότερου κυβισμού που αναπτύσσει μικρότερες ταχύτητες, προκαλεί πιο δύσκολα τη μετατόπιση του κράνους. Επίσης, συσχετίζεται η μεγαλύτερη αίσθηση σταθερότητας που παρέχει στο χρήστη η ολική κάλυψη του κεφαλιού, η οποία συμβάλει στη μείωση του αντιλαμβανόμενου ρίσκου του χρήστη, με αποτέλεσμα τη μη-ορθή πρόσδεση του κράνους.

Τέλος, μεγάλη συμβολή στην ασφάλιση του κράνους έχει η επαγγελματική ή όχι χρήση της μηχανής. Έχει αναφερθεί από τους Freitas et al. (2017) και Skalkidou et al. (1999) πως οι επαγγελματίες οδηγοί είναι πιο πιθανό να μην φορούν κράνος ή αν φορούν να μην το έχουν ασφαλίσει. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη συχνότητα των στάσεων που πραγματοποιούνται λόγω της φύσης των επαγγελματιών αυτών, όπως ταχυμεταφορείς και κούριερ. Αντίστοιχη υπόθεση αναφέρουν οι Hung et al. (2008) για το ευρύτερο κοινό όπου πραγματοποιούνται μικρές αποστάσεις οδήγησης που περιλαμβάνουν συχνές στάσεις και απαιτείται συχνή τοποθέτηση και αφαίρεση του κράνους. Ωστόσο, μέχρι στιγμής δεν υπάρχει κάποια βιβλιογραφία που να εξακριβώνει τη συσχέτιση της χαλαρής πρόσδεσης του κράνους με την απόσταση που διανύεται ή τη συχνότητα των στάσεων, ένα προβληματικό χώρο που οι Freitas et al. (2018) θεωρούν σημαντικό να εξετασθεί λαμβάνοντας υπόψιν την ευρεία χρήση μηχανών για επαγγελματικούς σκοπούς και τη συχνή εμπλοκή τους σε σοβαρά ατυχήματα στις χώρες της Ανατολικής Μεσογείου.

### 3.3 Επιλογή προβληματικού χώρου

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, καθίσταται διακριτό πως υπάρχουν δύο βασικοί παράγοντες που επιδρούν στη σωστή χρήση του κράνους κατά την οδήγηση. Από την μια πλευρά, η θερμοκρασιακή δυσφορία σχετίζεται άμεσα με την άνεση κατά τη χρήση και εμπλέκεται στην απόφαση χρήσης ή μη του κράνους. Από την άλλη πλευρά, το σύστημα ασφάλισης, που έχει σημαντικό ρόλο στο κράνος, δεν χρησιμοποιείται καθόλου ή δεν χρησιμοποιείται σωστά, προκαλώντας το αποτέλεσμα σε περίπτωση ατυχήματος να μην διαφέρει από εκείνο ενός ατυχήματος χωρίς κράνος.

Κατ' επέκταση, παρατηρώντας πως οι δύο συνιστώσες αυτές οδηγούν σε εξίσου επικίνδυνα αποτελέσματα, θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν άλλα κριτήρια που συνοψίζουν τη βιβλιογραφία που παρατέθηκε παραπάνω ώστε να καθορίσουν την επιλογή. Αρχικά, το πρόβλημα λαμβάνει χώρα σε αστικές περιοχές όπου οι αποστάσεις είναι μικρές και οι ταχύτητες κυμαίνονται στα 30 με 50 km/h. Αναφερόμενοι σε αυτό, πρέπει να σημειωθεί πως σύμφωνα με τη βιβλιογραφία αυτές οι ταχύτητες επαρκούν πλήρως για την αξιοποίηση του συστήματος εξαερισμού και μπορούν να συνεισφέρουν σε κάποιο βαθμό στη ρύθμιση της θερμοκρασιακής δυσφορίας. Ακόμη, το



απευθυνόμενο κοινό στις αστικές περιοχές διαθέτει κατά πλειοψηφία μηχανές χαμηλού κυβισμού και είναι αρκετά ευρύ καθώς μέσα στο γενικότερο σύνολο οδηγών εντάσσονται εκείνοι που χρησιμοποιούν τη μοτοσυκλέτα επαγγελματικά. Χαρακτηριστικό αυτών των χρηστών, καθώς και των υπολοίπων οδηγών που κινούνται σε αστικές περιοχές, είναι η ανάγκη συχνής αφαίρεσης και επανατοποθέτησης του κράνους λόγω των συχνών στάσεων. Συνεπώς, θεωρώντας πως είναι λογικό μετά από πολύωρη χρήση του κράνους η άνεση να μειωθεί-πόσο μάλλον η θερμοκρασιακή-, μεγαλύτερο σχεδιαστικό ενδιαφέρον παρουσιάζει το πρόβλημα της συχνής τοποθέτησης και αφαίρεσης μιας και εντάσσεται καλύτερα στο πλαίσιο που έχει εγείρει μεγάλο πλήθος ερευνών.

Πραγματοποιώντας την συγκεκριμένη επιλογή καθίσταται απαραίτητη η εξακρίβωση της σχέσης μεταξύ λανθασμένης ασφάλισης και της απόστασης που διανύει ο οδηγός. Συγκεκριμένα, η ανάλυση αυτής της κατάστασης εξυπηρετεί την περαιτέρω κατανόηση του προβλήματος σχετικά με τη σημασία της ταχύτητας ασφάλισης και της ταχύτητας αφαίρεσης και τοποθέτησης του κράνους. Εκτός από αυτά όμως, σε δεύτερο επίπεδο επιτρέπει την μελέτη σχετικά με τις δυνατότητες περιορισμού της λανθασμένης ή ακόμη και μη- χρήσης κράνους κατά την οδήγηση.

### 3.3.1 Συνεντεύξεις χρηστών και παρατήρηση πεδίου

Προκειμένου να εξακριβωθούν τα παραπάνω, πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις και παρατήρηση πεδίου σε ένα πρατήριο βενζίνης στην Ερμούπολη Σύρου μεταξύ 10.30 έως 11.20 το πρωί τον Μάιο 2019. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν 16 οδηγοί μηχανής που επισκεπτόταν το πρατήριο, και τους ζητήθηκε να απαντήσουν σε μερικές ερωτήσεις σχετικά με τη συμπεριφορά χρήσης κράνους και θέματα άνεσης ενώ καταγράφονταν επιτόπιες παρατηρήσεις.

#### 3.3.1.1 Ερωτήσεις Συνεντεύξεων

Αναλυτικά, οι ερωτήσεις που πραγματοποιήθηκαν στους συμμετέχοντες ήταν οι εξής:

- Διαθέτετε δικό σας κράνος; Αν ναι, τι είδους; (ερώτηση σε όσους δεν φορούσαν κράνος στο πεδίο)
- Ασφαλίζετε πάντοτε το κράνος σας; Αν όχι, τότε ή γιατί;
- Αισθάνεστε θερμοκρασιακή δυσφορία όταν φοράτε κράνος; Αν ναι, τότε;
- Η μηχανή σας διαθέτει αποθηκευτικό μέσο;

Οι ερωτήσεις αυτές αποσκοπούσαν στην περαιτέρω κατανόηση μη-χρήσης ή εσφαλμένης χρήσης κράνους και στη σύνδεση με παράγοντες απόστασης οδήγησης, θερμοκρασιακής άνεσης ή έλλειψης αποθηκευτικού χώρου στη μηχανή.

#### 3.3.1.2 Επιτόπιες Παρατηρήσεις

Οι επιτόπιες παρατηρήσεις επικεντρώθηκαν στη καταγραφή του μεγέθους μηχανής, στη χρήση ή μη κράνους στο πεδίο, τι είδους κράνος χρησιμοποιούνταν και αν ήταν ασφαλισμένο. Σχετικά με το μέγεθος της μηχανής, ορίστηκαν τρεις παράμετροι: Μικρού μεγέθους θεωρήθηκαν τα σκούτερ και τα τύπου Vespa, Μεγάλου μεγέθους θεωρήθηκαν οι μηχανές περί των 1000 κυβικών ή περισσότερο και τέλος Μεσαίου μεγέθους οι υπόλοιπες. Οι παράμετροι για το είδος κράνους διακρίθηκαν σε Full Face, Open Face, Half Face, Flip-Up ή Motocross. Τέλος, Οι παράμετροι ασφάλισης του κράνους διακρίθηκαν σε Πλήρως Ασφαλισμένο, Μερικώς Ασφαλισμένο ή Καθόλου Ασφαλισμένο. Συμπληρωματικά, σημειώθηκε ποιοι από τους συμμετέχοντες ήταν επαγγελματίες οδηγοί.

Παρακάτω επισυνάπτεται ο Πίνακας 1 των καταγραφών των απαντήσεων και παρατηρήσεων αυτής της διαδικασίας. Λόγω πίεσης χρόνου, πολλοί συμμετέχοντες δεν επιθυμούσαν να απαντήσουν σε όλες τις ερωτήσεις, συνεπώς αρκετά πεδία παραμένουν αναπάντητα (X).

Πίνακας 1 Απαντήσεις Συνεντεύξεων και Σημειώσεις Παρατήρησης Πεδίου

Συμ/ντας	Σχόλια	Μέγεθος Μηχανής (B= Μεγάλη, M= Μέτρια S= Μικρή)	Τύπος Κράνους στο πεδίο; (FF= FullFace, O= Open Face, H= Half Face, FU= FlipUp, M= Motocross)	Ασφαλισμένο στο πεδίο; (Πλήρως, Μερικώς, Όχι)	Πάντοτε Ασφαλισμένο;		Θερμοκρασιακή Δυσφορία;		Αποθηκευτικός χώρος;
					Ναι/Όχι	Πότε; Γιατί;	Ναι/Όχι	Πότε;/ Γιατί;	
1		Μικρή	FF	Όχι	Όχι	Μικρές Αποστάσεις	Ναι	X	X
2		Μικρή	O	Όχι	Όχι	Μικρές Αποστάσεις	Όχι	X	Όχι
3	Διαθέτει FF	Μικρή-Μεσαία	Καθόλου	X	Ναι	X	Ναι	X	Όχι
4	Διαθέτει O	Μικρή	Καθόλου	X	Ναι	X	X	X	X
5	Σύστημα Ασφάλισης Micro	Μικρή	O	Όχι	Όχι	Μικρές Αποστάσεις	Όχι	X	Όχι
6	Σύστημα Ασφάλισης Micro	Μικρή	O	Όχι	Όχι	Συχνές Στάσεις	Ναι	Καλοκαίρι	X
7	Διαθέτει M, ταχυμεταφορέας	Μικρή	Καθόλου	X	Όχι	Συχνές Στάσεις	Ναι	Καλοκαίρι	Όχι
8	Διαθέτει FU	Μικρή	Καθόλου	X	Ναι	X	Ναι	Καλοκαίρι	X
9		Μικρή	O	Όχι	Όχι	Λάθος μέγεθος	Όχι	X	X
10		Μικρή	O	Πλήρως	Ναι	X	Όχι	X	Όχι
11		Μικρή	O	Όχι	Όχι	Συχνές Στάσεις/ Γρήγορη αφαίρεση	X	X	X
12		Μικρή	O	Όχι	Όχι	Μικρές Αποστάσεις	Ναι	X	X
13		Μικρή	H	Πλήρως	Ναι	X	X	X	X
14	Διαθέτει FF	Μικρή	Καθόλου	X	Όχι	Μικρές Αποστάσεις	Όχι	X	Όχι
15	Διαθέτει FU, Courier	Μικρή	Καθόλου	X	Όχι	Μικρές Αποστάσεις	Ναι	Μεγάλο βάρος & Πολλές ώρες εργασίας	X
16		Μικρή	O	Όχι	Όχι	Μικρές Αποστάσεις/ Σφιχτό	Όχι	X	X

Αρχικά, από το σύνολο των συμμετεχόντων, 6 δεν φορούσαν κράνος εντός πεδίου όμως διαθέτουν τουλάχιστον ένα. Επίσης, από αυτούς οι μισοί απάντησαν πως δεν ασφαλίζουν πάντοτε το κράνος τους και οι λόγοι είναι η οδήγηση για μικρές αποστάσεις και οι συχνές στάσεις. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί πως 2 συμμετέχοντες είναι επαγγελματίες οδηγοί.

Όσον αφορά το υπόλοιπο σύνολο των οδηγών (10 άτομα) που φορούσαν κράνος εντός πεδίου, η πλειοψηφία παρατηρήθηκε με κράνος τύπου Open Face. Από το σύνολο αυτό, 8 στα 10 άτομα δεν είχε το κράνος ασφαλισμένο ενώ μόνο 2 το είχαν πλήρως ασφαλισμένο. Στην ερώτηση αν το ασφαλίζουν πάντοτε, 8 στα 10 άτομα απάντησαν “Όχι” εκ των οποίων 5 έδωσαν ως λόγο την οδήγηση για μικρές αποστάσεις, 2 ανέφεραν τις συχνές στάσεις ενώ 1 ισχυρίστηκε περιορισμό από την επιλογή λανθασμένου μεγέθους κράνους.

Σχετικά με τη θερμοκρασιακή δυσφορία, λήφθηκαν μόνο 13 απαντήσεις εκ των οποίων οι 7 ήταν θετικές. Από αυτές, αιτία έδωσαν μόνο 4 και αφορά το θερμό κλίμα του καλοκαιριού εκτός από 1 απάντηση ενός επαγγελματία που απέδωσε τη δυσφορία στις πολλές ώρες εργασίας και στο μεγάλο βάρος του κράνους.

Σχετικά με την ύπαρξη αποθηκευτικού χώρου, λήφθηκαν μόνο 6 απαντήσεις οι οποίες ήταν αρνητικές. Στις απαντήσεις αυτές αντιστοιχούν 3 συμμετέχοντες που δεν φορούσαν κράνος στο πεδίο. Τέλος, 9 στους 10 συμμετέχοντες οδηγούν μικρού μεγέθους μηχανή, γεγονός που είναι αναμενόμενο στο αστικό πλαίσιο του μεγέθους της Ερμούπολης.

### 3.3.2 Συμπεράσματα συνεντεύξεων και παρατήρησης πεδίου

Αρχικά είναι σημαντικό να σημειωθεί πως το δείγμα της έρευνας είναι ενδεικτικό και πως πιθανότατα ένα μεγαλύτερο δείγμα να επέτρεπε πιο καθοριστικά συμπεράσματα. Ωστόσο, έγινε εμφανές πως πράγματι η οδήγηση σε μικρές αποστάσεις και οι συχνές στάσεις πιθανότατα σχετίζονται με τη λανθασμένη χρήση κράνους μιας και αυτή εντοπίστηκε σε 14 από τα 16 άτομα που συμμετείχαν στην έρευνα. Όσον αφορά τη θερμοκρασιακή δυσφορία αν και τα αποτελέσματα δεν μπορούν να θεωρηθούν καθοριστικά, οι απαντήσεις ήταν αναμενόμενες λαμβάνοντας υπόψιν την εποχή που πραγματοποιήθηκε η έρευνα. Τέλος, αν και δεν επιτρέπεται σύνδεση της μη-χρήσης κράνους με την ύπαρξη αποθηκευτικού χώρου, φαίνεται πως πιθανότατα να μην τίθεται σημαντικό πρόβλημα, όπως εντόπισαν οι Hung et al. (2008). Συνοψίζοντας, επιβεβαιώνεται σε μικρό βαθμό η αρχική θεωρία που αφορά τη σχέση μικρών αποστάσεων με τη λανθασμένη χρήση κράνους.

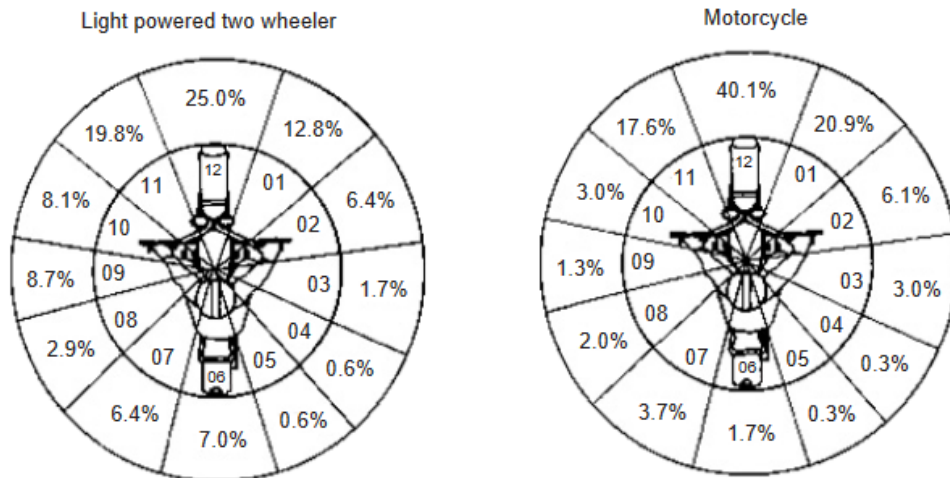
## 4 Κεφάλαιο 3 -Εργονομική έρευνα

Προκειμένου το υπό-σχεδίαση κράνος να μη θέτει σε περαιτέρω κίνδυνο τον εν δυνάμει χρήστη, μελετήθηκαν τα συχνότερα σημεία ατυχημάτων και τα πιο ευαίσθητα σημεία του κεφαλιού. Μελετώντας αυτά, αναγράφονται πληροφορίες σχετικά με τα σημεία που θα πρέπει να αποφευχθεί η τοποθέτηση αρθρώσεων, μηχανισμών ή προεξοχών στο κράνος.

### 4.1 Βιβλιογραφική έρευνα των ατυχημάτων

Γενικότερα, η μέση ταχύτητα πρόσκρουσης των μοτοσικλετιστών δεν είναι υψηλή, σύμφωνα με τους Elliot et al. (2003), και κυμαίνεται στα 30 km/h. Ακόμη κι αν οι πιθανότητες σοβαρού τραυματισμού σαφώς αυξάνονται όσο αυξάνεται η ταχύτητα πρόσκρουσης, όπως αναφέρουν οι συγγραφείς, τα ατυχήματα εξακολουθούν να συμβαίνουν σε χαμηλές ταχύτητες.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που συγκέντρωσαν οι συγγραφείς, λόγω του μικρού βάρους του συστήματος μηχανής-οδηγού, η πορεία του μετά από μια σύγκρουση είναι περίπλοκη και δεν μπορεί να προβλεφθεί εύκολα, ωστόσο οι συνήθεις περιοχές πρόσκρουσης εντοπίζονται  $\pm 20$  μοίρες γύρω από το εμπρόσθιο μέρος του. Περαιτέρω βιβλιογραφική έρευνα έδειξε πως οι μηχανές χαμηλών κυβικών έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να χτυπηθούν πλευρικά. Πιο συγκεκριμένα, στην Εικόνα 31 απεικονίζεται η γωνιακή κατανομή της κρούσης για μηχανές μεγάλων κυβικών και μικρότερων όπου είναι εμφανής η συχνότερη εμπλοκή της εμπρόσθιας περιοχής του συστήματος.



Εικόνα 31 Γωνιακή κατανομή της πρώτης κρούσης [Sporner et al. (1989)]. Το σχέδιο αριστερά αφορά μικρές μηχανές, ενώ το δεξιό μεγαλύτερες μοτοσυκλέτες.

Σχετικά με τα συνήθη σημεία του σώματος που τραυματίζονται σε ένα ατύχημα, πρώτα αναφέρονται τα πόδια, δεύτερο το κεφάλι και τρίτα τα χέρια. Ωστόσο, για οδηγούς μηχανών χαμηλών κυβικών, το κεφάλι αποτελεί το πιο σύνηθες σημείο τραυματισμού. Αυτό δεν συμβαίνει από άμεση πρόσκρουση με το αντικείμενο που προκάλεσε την κρούση, αλλά λόγω των κραδασμών μετά από αυτή. Συγκεκριμένα, το σχέδιο των περισσότερων μηχανών χαμηλού

κυβισμού είναι step-through<sup>1</sup> και δεν επιτρέπει στον οδηγό να εκτοπιστεί στον αέρα, συνεπώς το κεφάλι έρχεται σε επαφή με άλλες επιφάνειες σε δεύτερη φάση.

## 4.2 Τραυματισμός κεφαλιού και προστατευτικά κράνη

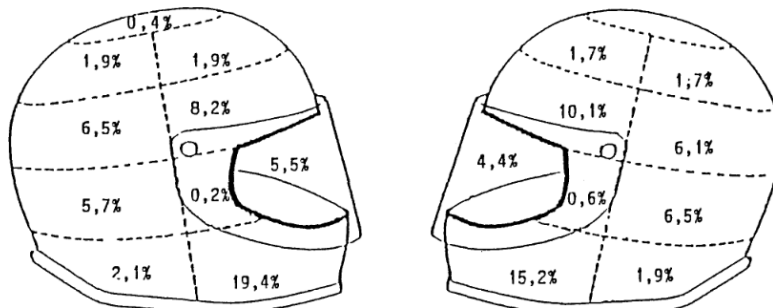
Όπως αναφέρεται σε πολλές έρευνες που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 1, η χρήση προστατευτικού κράνους σαφώς μειώνει τις πιθανότητες σοβαρού τραυματισμού στο κεφάλι. Σύμφωνα με τους Yu et al (2008), τα full-face κράνη προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια από τα υπόλοιπα και δεν διαφέρουν πολύ ως προς αυτό από τα open-face. Ωστόσο, οι Elliott et al. (2003), αναφέρουν πως ενώ αρχικά η επιλογή full-face ήταν πιο συνηθισμένη λόγω της αντίληψης μεγαλύτερης ασφάλειας, στη πραγματικότητα οι περισσότεροι οδηγοί χαμηλού κυβισμού μηχανών και μοτοποδηλάτων επιλέγουν open face λόγω του μικρότερου βάρους τους και της έλλειψης θαμπώματος της προσωπίδας, στοιχεία που σχετίζονται με την άνεση. Παρόλα αυτά, εφόσον οι τραυματισμοί στο κεφάλι σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να εξαλειφθούν πλήρως ακόμη και με τη χρήση κράνους, έχουν διεκπεραιωθεί αρκετές μελέτες σχετικά με τα συνηθέστερα σημεία τραυματισμού προκειμένου να εντοπισθούν αδυναμίες και η σχεδίαση να επικεντρωθεί στην αντιμετώπισή τους.

### 4.2.1 Κατανομή σημείων πρόσκρουσης σε κράνη μετά από κρούση

Χρήσιμο εργαλείο για αυτές τις μελέτες αποτελεί το ίδιο το κράνος μετά από ένα ατύχημα όπου είναι εμφανή τα σημεία κρούσης. Αξιοποίηση αυτών πραγματοποιήσε ο Otte (1991) ο οποίος μελέτησε συνδυαστικά τους τραυματισμούς των θυμάτων και τη φθορά των κρανών τους. Συγκεκριμένα, εξέτασε 679 ατυχήματα εκ των οποίων στα 598 οι εμπλεκόμενοι φορούσαν full-face κράνος και παρατήρησε πως το σαγόνι ήταν η περιοχή με το μεγαλύτερο ποσοστό κρούσεων (34.6%).

Παρατηρώντας τα σημεία κρούσης από τα κράνη που συγκεντρώθηκαν σε αυτή τη 10ετή μελέτη, αναγνωρίστηκαν περιοχές και η συχνότητα κρούσης σε αυτές [

Εικόνα 32]. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθεί πως δεν έγινε κάποιος διαχωρισμός μεταξύ των κρανών που καταστράφηκαν προκαλώντας τραυματισμό στο κεφάλι και εκείνων που παρουσίασαν μόνο επιφανειακή φθορά. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται παρακάτω είναι αποτέλεσμα συγκέντρωσης δεδομένων από μεγάλη ποικιλία φθοράς κρανών μετά από κρούση και αφορούν γενικότερα σημεία όπου ήταν εμφανές το αποτέλεσμα της κρούσης.



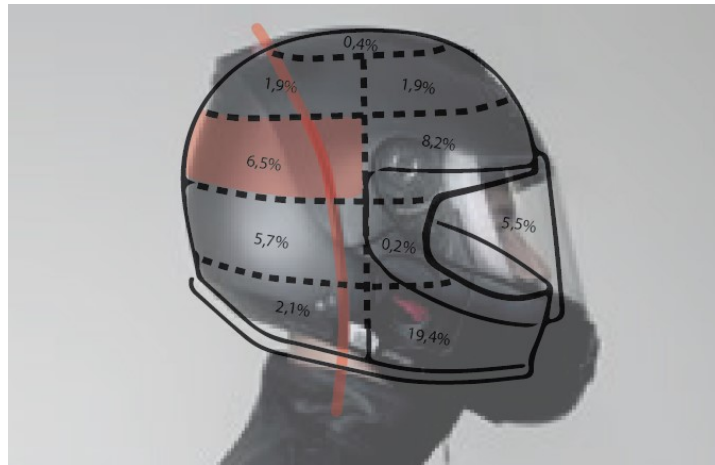
<sup>1</sup> Step-through: Τύποι μοτοσυκλετών χαμηλού κυβισμού όπου η κινησιολογία για να ληφθεί θέση οδήγησης δεν απαιτεί το πέρασμα του ποδιού πάνω από τη σέλα όπως στις μηχανές μεγαλύτερου κυβισμού αλλά μπροστά, από εκείνη όπως εντοπίζεται στα σκούτερ.

Εικόνα 32 Κατανομή καθιερωμένων σημείων πρόσκρουσης σε κράνη που συμμετείχαν σε κρούσεις

Όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 32, το σαγόι είναι το σημείο το οποίο εμπλέκεται συχνότερα σε μια κρούση. Η μελέτη του αρθρογράφου έδειξε πως στη πρώτη από μια σειρά κρούσεων, το σαγόι είναι εκείνο που έρχεται σε επαφή με αντικείμενα, ενώ στη δεύτερη εμπλέκονται οι πίσω πλευρικές περιοχές. Το λιγότερο εμπλεκόμενο σημείο είναι η κορυφή του κεφαλιού ενώ μέγιστη εμπλοκή παρουσιάζει το σύστημα συγκράτησης το οποίο δεν απεικονίζεται στην εικόνα. Από αυτά τα στοιχεία θα ήταν δυνατή η παραδοχή πως οποιαδήποτε ασυνέχεια στο κέλυφος θα έπρεπε να τοποθετηθεί προς τα πίσω και μακριά από τις πλευρικές και εμπρόσθιες περιοχές.

#### 4.2.1.1 Μελέτη ανταγωνισμού

Εφαρμόζοντας το σχεδιάγραμμα των πιο συχνών σημείων ατυχημάτων στο ανταγωνιστικό κράνος Vozz, παρατηρείται πως η ασυνέχεια του κελύφους βρίσκεται πίσω από την κατακόρυφη γραμμή συμμετρίας [Εικόνα 33]. Ωστόσο, η ασυνέχεια βρίσκεται τοποθετημένη στα πλευρικά σημεία του κράνους, πολύ κοντά στη γραμμή συμμετρίας και στη τρίτη πιο συχνά εμπλεκόμενη περιοχή.



Εικόνα 33 Εφαρμογή σχεδιαγράμματος συχνών σημείων ατυχημάτων στο κράνος Vozz.

Ενώ για ένα κράνος που προορίζεται για μεγάλης διάρκειας και ταχύτητας οδήγηση αυτό το στοιχείο δεν αποτελεί σημαντικό πρόβλημα, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία που παρατέθηκε παραπάνω, θα ήταν καλύτερο να αποφευχθεί η πλευρική περιοχή για κράνη που προορίζονται για πιο ελαφριά χρήση. Συγκεκριμένα, λαμβάνοντας υπόψιν τη γεωμετρία του κράνους και του ανοίγματος των ώμων, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί η χαμηλή πλευρική περιοχή του κράνους για τη τοποθέτηση ασυνέχειας, μιας και σε περίπτωση πλευρικής κρούσης είναι αρκετά πιθανή η «προστασία» αυτής της περιοχής από τους ώμους.

#### 4.2.2 Εμβιομηχανική ανάλυση τραυματισμών και συμμετοχή του κράνους

Ο Otte (1991) πραγματοποίησε εμβιομηχανικές αναλύσεις σχετικά με τον τραυματισμό του σαγονιού και αναγνώρισε πως ένας τραυματισμός σε αυτή τη περιοχή μπορεί να οδηγήσει σε κατάγματα στο υπόλοιπο κρανίο με βαθμό σοβαρότητας AIS 3 (σοβαρό, σπυδαίο)<sup>2</sup>. Συγκεκριμένα, αναφέρει πως από τους οδηγούς οι οποίοι δέχτηκαν κρούση στο σαγόι και

<sup>2</sup> [Η κατάταξη του βαθμού σοβαρότητας τραυματισμού AIS εντοπίζεται στην ιστοσελίδα του Ινστιτούτου Διαχείρισης Τραυμάτων και Τραυματισμών της Νέας Νότιας Ουαλίας [aci.health.nsw.gov.au](http://aci.health.nsw.gov.au)].



φορούσαν full-face κράνος, μόνο 37% δεν υπέστησαν τραυματισμό σε αντίθεση με το υπόλοιπο 63% που παρουσίασε σοβαρούς τραυματισμούς στο κεφάλι. Αντίθετα, από το σύνολο όσων δεν δέχτηκαν κρούση στο σαγόκι, το 70% δεν παρουσίασε κανένα σοβαρό τραυματισμό στο κεφάλι. Αντίστοιχη παρατήρηση αναφέρει ο Harm (1984) όπου συνδέει τα full-face κράνη με μεγαλύτερες πιθανότητες τραυματισμού στη βάση του κρανίου. Λαμβάνοντας υπόψιν τα ευρήματα των Otte (1991) και Harm (1984), οι Elliott et al. (2003) συμπεραίνουν πως ο κίνδυνος να προκληθεί τραυματισμός του προσώπου μειώνεται με τα full-face κράνη, όμως ο κίνδυνος να προκληθούν κατάγματα στη βάση του κρανίου αυξάνεται. Παρόλα αυτά, μιας και δεν υπάρχουν άλλες μελέτες σχετικά με αυτό, είναι ασφαλές το συμπέρασμα πως ένα full-face κράνος δεν προσφέρει ολοκληρωτική προστασία στη περιοχή του σαγονιού ακόμη κι αν προσφέρει μεγαλύτερη κάλυψη σε αυτό το σημείο.

Στο άρθρο του Otte (1991), αναγνωρίζεται πως σοβαροί τραυματισμοί μπορούν να προκύψουν από δύο διαφορετικές κινηματικές στις οποίες συμμετέχει και το σύστημα συγκράτησης. Η μελέτη αυτής της ανάλυσης προσφέρει βαθύτερη κατανόηση στο τρόπο που συμμετέχει το κράνος στην πρόκληση τραυματισμών.

#### 4.2.2.1 Κινηματικές περιπτώσεις πρόκλησης τραυματισμού

Σύμφωνα με τη πρώτη, μια πλάγια κρούση στη χαμηλή εμπρόσθια περιοχή του συστήματος συγκράτησης προκαλεί κατάγματα στη κάτω σιαγόνα και η ενέργεια από τη κρούση μεταφέρεται στο υπόλοιπο κρανίο. Η μεταφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι η κάτω σιαγόνα συνδέεται συμμετρικά με δύο αρθρώσεις στην άνω σιαγόνα. Η συμμετοχή του συστήματος συγκράτησης αφορά τη μερική μετακίνησή του κατά τη κρούση, και συνεπώς τη μετακίνηση του κράνους, αυξάνοντας τη φόρτιση στο λαιμό.

Στη δεύτερη κινηματική περίπτωση, μια εμπρόσθια πρόσκρουση κάθετη ως προς το πρόσωπο, είναι πιο πιθανό να προκαλέσει κατάγματα στην άνω γνάθο, στα οστά του προσώπου και στη βάση του κρανίου εκτός από τα σχεδόν τακτικά κατάγματα της κάτω γνάθου. Σε αυτή τη περίπτωση, η ενέργεια από τη κρούση μεταφέρεται στην άρθρωση της σιαγόνας οριζόντια -έναντι της κάθετης κατεύθυνσης της πρώτης περίπτωσης- και συνεπώς μεταφέρεται απευθείας στο οστό του κρανίου που βρίσκεται από κάτω.

#### 4.2.2.2 Συμμετοχή του συστήματος συγκράτησης στο τραυματισμό

Πιο συγκεκριμένα σχετικά με το σύστημα συγκράτησης, ο Otte (1991) εξέτασε τη συσχέτιση του σημείου σύνδεσης του συστήματος συγκράτησης στο κράνος με την ακούσια απομάκρυνση του κράνους μετά τη κρούση. Περιληπτικά, συνέκρινε full-face κράνη που είχαν ή δεν είχαν δεχτεί κρούση στη περιοχή του σαγονιού και διαπίστωσε πως μεγάλη σημασία έχει το σημείο ένωσης του συστήματος συγκράτησης με το κράνος. Από τη μια, αν το σημείο αυτό είναι τοποθετημένο αρκετά μπροστά, τη στιγμή της κρούσης, δημιουργείται μεγάλη ροπή γύρω από το σημείο επαφής των λωρίδων με τη κάτω επιφάνεια του ανθρώπινου σαγονιού και ως αποτέλεσμα το κράνος περιστρέφεται και αφαιρείται ευκολότερα από το κεφάλι. Σε αυτό το γεγονός συμβάλει και το υπερβολικό τέντωμα του κεφαλιού προς τα πίσω που προκύπτει ως συνέπεια της κρούσης, διευκολύνοντας τη μετακίνηση των λωρίδων πάνω από το σαγόκι. Από την άλλη πλευρά, η τοποθέτηση του σημείου ένωσης αρκετά πίσω στο κράνος, δεν επιτρέπει μεγάλες κινήσεις ή περιστροφή του κράνους και συνεπώς ασκούνται μικρές δυνάμεις στις λωρίδες. Στην περίπτωση όμως που το κράνος δεχτεί μεγάλη φόρτιση, μπορεί να προκαλέσει αποτέλεσμα όμοιο με εκείνο

του στραγγαλισμού. Η εξακρίβωση αυτών των παρατηρήσεων πραγματοποιήθηκε μέσω μιας σειράς μετρήσεων αξιοποιώντας ένα ομοίωμα κεφαλιού ευρωπαϊκού προτύπου. Μια πρώτη παρατήρηση έδειξε πως η πλειοψηφία των κρανών που μελετήθηκαν διέθεταν σημείο ένωσης των λωρίδων τοποθετημένο μπροστά από τον κεντρικό κατακόρυφο άξονα. Ακόμη, τα αποτελέσματα έδειξαν πως η αφαίρεση του κράνους πραγματοποιείται μετά την πρόσκρουση και πως μεγαλύτερη επίδραση σε αυτή έχει η ανατομία της ανθρώπινης κάτω γνάθου παρά η κατασκευή των λωρίδων.

Από αυτό ίσως είναι ασφαλές να συμπεράνουμε πως πράγματι η σωστή ασφάλιση του συστήματος συγκράτησης έχει σημαντική επίδραση στην αφαίρεση του κράνους κατά τη κρούση εφόσον ως σωστή ασφάλιση ορίζεται η σφιχτή πρόσδεση του συστήματος πάνω στο σαγόνι με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει χώρος ίσος με το πάχος του δείκτη του χεριού [AGV User Manual]. Κατ' επέκταση, αυτή η παραδοχή καθιστά σημαντική την γενικότερη σφιχτή προσαρμογή του κράνους πάνω στο κεφάλι έτσι ώστε να μην υπάρχουν περιθώρια μετακίνησής του κατά τη χρήση.

### 4.3 Κινησιολογική μελέτη τοποθέτησης, ασφάλισης και αφαίρεσης κράνους

Προκειμένου να μελετηθεί σε μεγαλύτερο βάθος το ζήτημα της τοποθέτησης και αφαίρεσης κράνους μελετήθηκε η κινησιολογία αυτών των διαδικασιών σε τριών τύπων κράνη. Τα κράνη που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ένα κράνος τύπου Full Face, ένα τύπου Flip-Up και τέλος το κράνος Vozz. Για τα δύο πρώτα κράνη καταγράφηκαν βίντεο ενώ για το Vozz αξιοποιήθηκε ένα υπάρχον βίντεο επίδειξης χρήσης. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από αυτή τη διαδικασία είναι ο χρόνος τοποθέτησης/αφαίρεσης και ασφάλισης, ο αριθμός κινήσεων των άκρων, ο αριθμός κάμψεων του αυχένα και η διαδρομή των δαχτυλικών αποτυπωμάτων. Η συλλογή αυτών των στοιχείων προσφέρει μια ποσοτικοποιημένη αντίληψη του βαθμού δυσκολίας τοποθέτησης και αφαίρεσης των συμβατικών κρανών και του Vozz. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η αξιολόγηση των υπάρχοντων σχεδίων και ο εντοπισμός σημείων δυσκολίας.

#### 4.3.1 Περιγραφή διαδικασίας

Αρχικά, για τη καταγραφή των βίντεο, επιλέχθηκε ένας οδηγός που χρησιμοποίησε δύο κράνη της κατοχής του, ένα Full Face και ένα Flip-Up. Ο συμμετέχοντας τοποθετήθηκε μπροστά από ένα τοίχο με μια γραμμή η οποία λειτουργούσε ως στοιχείο αναφοράς για την ανάλυση της κινησιολογίας και του ζητήθηκε να τοποθετήσει, ασφαλίσει και αφαιρέσει δύο φορές τα κράνη με δύο διαφορετικούς τρόπους: το Full Face με κλειστή και ανοιχτή τη προσωπίδα και το Flip-Up με κλειστό και ανοιχτό το κινητό μέρος. Η καταγραφή πραγματοποιήθηκε με κινητό τηλέφωνο και στο συμμετέχοντα δόθηκαν οδηγίες να απομακρύνει τα χέρια του από το κράνος πριν την απασφάλιση και αφαίρεση. Όσον αφορά το κράνος Vozz, επιλέχθηκε να μελετηθεί ένα βίντεο [9.2. Ηλεκτρονικές Πηγές- 7] από το διαδίκτυο ενός οδηγού με μικρή εμπειρία χρήσης του μιας και πρόκειται για ένα αρκετά διαφοροποιημένο κράνος με σχεδιαστική αρχή την άνεση [www.vozzhelmets.com].

Τόσο στην περίπτωση των καταγεγραμμένων βίντεο όσο και στο διαδικτυακό, επιλέχθηκαν συγκεκριμένα στιγμιότυπα για ανάλυση τα οποία δημιουργήθηκαν με το εργαλείο Snipping Tool των Windows. Για κάθε βίντεο συγκεντρώθηκαν τουλάχιστον 5 στιγμιότυπα τα οποία απεικονίζουν την αρχική θέση του χρήστη προτού σηκώσει το κράνος, τη στιγμή που προσπερνάται η κορυφή του κεφαλιού, το πίσω μέρος του κεφαλιού και των αυτιών, η μύτη και το πηγούνι. Τα σημεία

αυτά επιλέχθηκαν ως σημεία δυσκολίας που πρέπει να προσπεραστούν κατά την τοποθέτηση ενός κράνος. Επιπλέον στιγμιότυπα προστίθενται για οποιεσδήποτε κινήσεις προσαρμογής του κράνου στο κεφάλι. Πάνω στα επιλεγμένα στιγμιότυπα τοποθετήθηκε ένας κánaβος ως μέσο αναφοράς και συμμετρίας για την υποβοήθηση της συλλογής δεδομένων όπως φαίνεται στην Εικόνα 34.

#### 4.3.2 Συλλογή δεδομένων

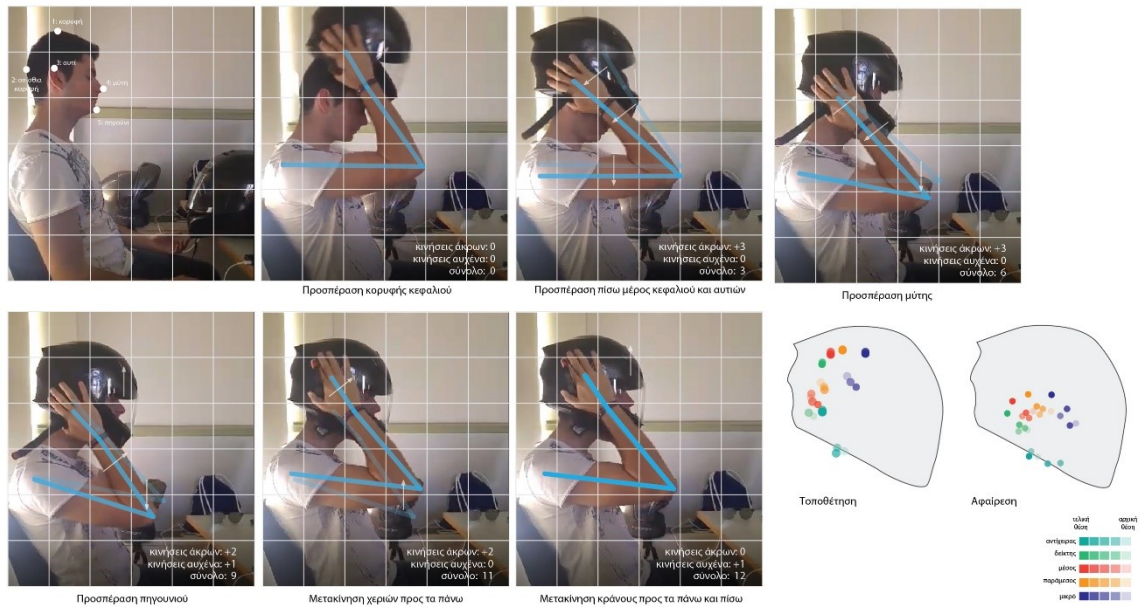
Για τη συλλογή των δεδομένων, καταγράφηκαν στοιχεία που αφορούν την τοποθέτηση και αφαίρεση. Συγκεκριμένα, θεωρήθηκε πως σε ένα ιδανικό σενάριο γρήγορης και εύκολης τοποθέτησης/αφαίρεσης ένας χρήστης θα κινούσε τα άκρα του μόνο προς μια κατεύθυνση (πάνω-κάτω), συνεπώς, η μέτρηση των κινήσεων των άκρων και των κάμψεων αυχένα επικεντρώθηκε στις περεταίρω κινήσεις που συμβαίνουν στη πραγματικότητα. Αντίστοιχα, όσον αφορά τη τοποθέτηση των ακροδάχτυλων, θεωρήθηκε πως στην εξιδανικευμένη κατάσταση δεν θα άλλαζαν θέση, συνεπώς, η καταγραφή των αλλαγών αυτών μπορεί να λειτουργήσει ως ένας δείκτης δυσκολίας.

Αξιοποιώντας το σχεδιαστικό λογισμικό Adobe Illustrator CC, δημιουργήθηκαν γραμμές στους νοητούς άξονες μεταξύ των αρθρώσεων του χεριού. Συγκρίνοντας μεταξύ των στιγμιότυπων και εντοπίζοντας τις διαφορές μέσω του κανάβου, μετρούνταν ως 1 αλλαγή η κίνηση του ενός από τα τρία μέρη του χεριού. Για παράδειγμα, μεταξύ του δεύτερου και τρίτου στιγμιότυπου της Εικόνα 34 παρατηρούνται 3 αλλαγές καθώς υπάρχει μετακίνηση και των τριών μερών του χεριού. Αντίστοιχη καταμέτρηση πραγματοποιήθηκε για οποιαδήποτε αλλαγή στον αυχένα.

Για την καταγραφή των δακτυλικών αποτυπωμάτων, δημιουργήθηκε το περίγραμμα του εκάστοτε κράνου και επιλέχθηκαν 25 αποχρώσεις για τη πιθανή θέση κάθε δακτύλου από το πρώτο έως το πέμπτο στιγμιότυπο. Έτσι, ταυτίζοντας το περίγραμμα του κράνου με το πραγματικό της εικόνας και τοποθετώντας το αντίστοιχο χρώμα για το κάθε ακροδάχτυλο, δημιουργήθηκε ένας χάρτης της κίνησης του χεριού μέσω κάθε σημείου δυσκολίας. Αυτή η καταγραφή αποτελεί ένδειξη του ανοίγματος της παλάμης καθώς και την επιφάνεια του κράνου που καλύφθηκε. Όσο μεγαλύτερα είναι αυτά τα στοιχεία, τόσο πιο δύσκολη μπορεί να θεωρηθεί η τοποθέτηση/αφαίρεση του κράνου.

Όσον αφορά την ασφάλιση/απασφάλιση, συλλέχθηκαν αντίστοιχα οι κινήσεις των άκρων και του αυχένα και μετρήθηκε ο χρόνος ολοκλήρωσης της διαδικασίας. Ωστόσο, για τα συμβατικά κράνη αυτή η μέτρηση είναι περισσότερο αξιολόγηση του συστήματος ασφάλισης και όχι του ίδιου του κράνου όμως είναι σημαντική η σύγκριση με το κράνος Vozz που δεν διαθέτει συμβατική μέθοδο ασφάλισης. Αναφορικά, το κράνος Full Face διαθέτει τύπο ασφάλισης διπλών κρίκων D (DD) και το Flip-Up διαθέτει σύστημα ταχείας απελευθέρωσης (Micro).

Ενδεικτικά, επισυνάπτεται η Εικόνα 34 όπου φαίνεται η ανάλυση της κινησιολογίας τοποθέτησης του κράνου Full Face με κλειστή τη προσωπίδα.



Εικόνα 34 Ενδεικτική καταγραφή κινησιολογίας τοποθέτησης και αφαίρεσης fullface κράνους. Δεξιά, απεικονίζονται τα αποτυπώματα των ακροδάχτυλων για κάθε διαδικασία.

### 4.3.3 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα που αξιοποιήθηκαν αφορούν τις τοποθετήσεις/αφαιρέσεις με ανοιχτή τη προσωπίδα και του προστατευτικού σαγονιού. Αυτή η επιλογή πραγματοποιήθηκε διότι στο βίντεο για το κράνος Vozz η προσωπίδα ήταν ανοιχτή και τα αποτελέσματα πρέπει να είναι συγκρίσιμα. Εκτός από αυτό όμως, το άνοιγμα της προσωπίδας εντείνει την ευχρηστία των κρανών και έτσι η αξιολόγηση πραγματοποιείται για την πιο εύχρηστη μορφή τους. Συνεπώς, το σύνολο των αποτελεσμάτων καταγράφεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2 Αποτελέσματα κινησιολογικής ανάλυσης ανταγωνισμού

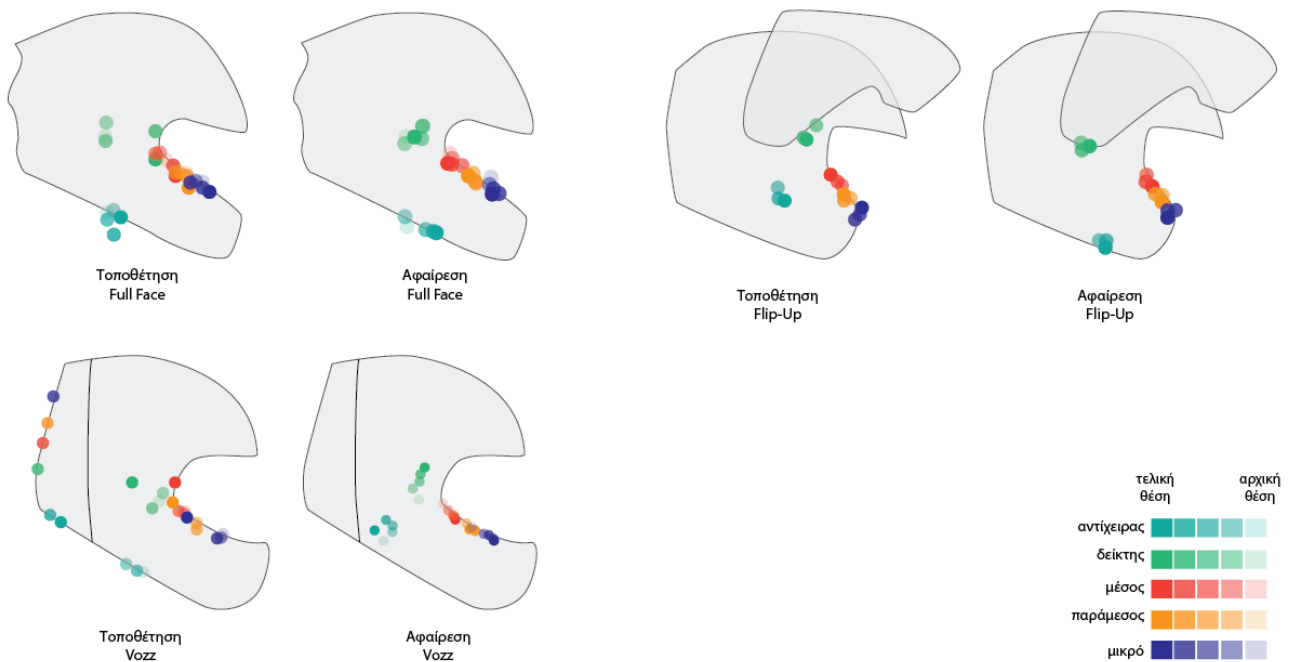
	Τοποθέτηση			Αφαίρεση			Ασφάλιση			Απασφάλιση		
	Full Face	Flip-Up	Vozz	Full Face	Flip-Up	Vozz	Full Face (DD)	Flip-Up (Micro)	Vozz	Full Face (DD)	Flip-Up (Micro)	Vozz
Χρόνος	2s	3s	3s	2s	1s	1s	10s	3s	2s	3s	1s	2s
Κινήσεις Άκρων	7	4	7	5	3	2	15	8	3	6	3	4
Κάμψη Αυχένα	7	3	5	4	2	2	7	3	0	2	0	0

Σχετικά με τις τοποθετήσεις, ενώ το Full-Face κράνος είχε σχετικά καλύτερο χρόνο από τα άλλα κράνη αν και με αμελητέα διαφορά, ήταν το πιο απαιτητικό από άποψη κινήσεων των άκρων και τη κάμψη αυχένα. Πιο έντονη διαφορά σε αυτά τα στοιχεία παρουσίασε το Flip-Up κράνος καθώς έχοντας ανοιχτό το προστατευτικό σαγονιού, η γεωμετρία μοιάζει πολύ με των Open-Face κρανών που τοποθετούνται πιο εύκολα. Όσον αφορά τις αφαιρέσεις, πολύ όμοια απόδοση είχαν το Vozz με το Flip-Up, τόσο σε θέματα χρόνου όσο και στη κινησιολογία. Χειρότερα αποτελέσματα εμφανίζονται για το Full-Face, κράνος που απαιτεί αρκετές κινήσεις των άκρων και κάμψεις αυχένα.

Αναφορικά για την ασφάλιση και απασφάλιση, εκεί αξιολογήθηκαν περισσότερο οι μηχανισμοί του κάθε κράνους. Όπως ήταν αναμενόμενο, ο μηχανισμός DD απαιτεί τον μεγαλύτερο χρόνο και

τις περισσότερες κινήσεις για τη πλήρη ασφάλισή του και τα καλύτερα χαρακτηριστικά τα παρουσιάζει το σύστημα quick release του κράνους Vozz. Όσον αφορά την απασφάλιση, το μικρομετρικό σύστημα του Flip-Up και ο μηχανισμός του Vozz είχαν πολύ όμοιες επιδόσεις σε αντίθεση με το DD που απαιτούσε περίπου τις διπλάσιες κινήσεις.

Όσον αφορά τη κίνηση των ακροδαχτύλων, αποτυπώνονται στην Εικόνα 35 παρακάτω. Οι μεγαλύτερες αλλαγές παρατηρούνται κατά την τοποθέτηση του Vozz και του Full-Face. Στην πρώτη περίπτωση, απαιτείται το ένα χέρι να συγκρατεί το εμπρόσθιο μέρος του κράνους ενώ το δεύτερο σπρώχνει το οπίσθιο προς τα μπροστά. Σε αυτή τη διαδικασία απαιτούνται μικρές προσαρμογές προκειμένου η εσωτερική θήκη για το πηγούνι να τοποθετηθεί σωστά. Για την ασφάλιση, απαιτείται η ταυτόχρονη τοποθέτηση των δαχτύλων στο μηχανισμό quick release που βρίσκεται χαμηλά προς τη μέση του κράνους. Στη περίπτωση του full-face κράνους, η θέση των χεριών αλλάζει μετά την προσπέραση του πηγουνιού προκειμένου να προσαρμοστεί κατάλληλα το κράνος με μικρές ρυθμίσεις στο κατάλληλο ύψος των ματιών. Όσον αφορά το Flip-Up κράνος, εμφανίζονται οι μικρότερες αλλαγές στα δάχτυλα, γεγονός που σε συνδυασμό με τις κάμψεις αυχένα και κινήσεις των χεριών επιβεβαιώνουν τη μικρότερη δυσκολία τοποθέτησης.



Εικόνα 35 Κίνηση δαχτύλων κατά την τοποθέτηση και αφαίρεση των τριών κρανών.

Συνοψίζοντας, αθροίζοντας τους χρόνους τοποθέτησης και αφαίρεσης και για τα τρία κράνη, παρατηρείται πως είναι ίσοι, σε αντίθεση με τις κινήσεις των άκρων και του αυχένα όπου είναι εμφανώς περισσότερες για το Full-Face κράνος. Ωστόσο, συνδυάζοντας αυτά τα αποτελέσματα με τις θέσεις των δαχτύλων, παρατηρείται πως πιθανότατα απαιτείται εξίσου κόπος για τη τοποθέτηση του Full-Face κράνους με το Vozz μιας και στο δεύτερο είναι αναγκαία η προσαρμογή τριών σημείων ταυτόχρονα: της θήκης του πηγουνιού (chin-cup), του ανοίγματος των ματιών και του κλεισίματος του οπίσθιου μέρους.

#### 4.4 Συμπεράσματα εργονομικής έρευνας

Σύμφωνα με την εργονομική έρευνα που παρατίθεται παραπάνω, προκύπτουν μερικές λειτουργικές απαιτήσεις.

1. Το κράνος δεν θα επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί αν δεν ασφαλισθεί και προσαρμοστεί πλήρως στο κεφάλι του χρήστη.
2. Το κράνος δεν θα πρέπει να παρουσιάζει ασυνέχεια στην εμπρόσθια περιοχή, στις πλευρικές εμπρόσθιες περιοχές και στην οπίσθια περιοχή.
3. Το κράνος θα πρέπει να διαθέτει προστατευτική επιφάνεια για τη περιοχή του προσώπου.
4. Το σύστημα συγκράτησης θα πρέπει να είναι τοποθετημένο σε τέτοιο σημείο ώστε να αποτρέπεται η περιστροφή του κράνους και η υπερβολική πίεση στο λαιμό κατά τη χρήση/κρούση.
5. Το κράνος θα πρέπει να προσφέρει ικανοποιητική απορρόφηση της κρούσης στη περιοχή του σαγονιού.



## 5 Κεφάλαιο 4 – Προδιαγραφές Σχεδίασης

Σε αυτό το κεφάλαιο καταγράφονται συνοπτικά οι απαιτούμενες προδιαγραφές για τη σχεδίαση όπως ορίζονται από την έρευνα και από τα διεθνή πρότυπα. Αξιοποιείται το εργαλείο της Τμηματοποίησης -Στόχευσης -Χωροθέτησης και η μεθοδολογία Ποιοτικής Ανάπτυξης Λειτουργιών.

### 5.1 Brief

Σχεδίαση κράνους μηχανής για οδήγηση εντός πόλης με γρήγορη τοποθέτηση/αφαίρεση και υποχρεωτική ασφάλιση.

### 5.2 Επιλογή Απευθυνόμενου Κοινού

Για την επιλογή του απευθυνόμενου κοινού πραγματοποιήθηκε έρευνα Τμηματοποίησης-Στόχευσης-Χωροθέτησης, ένα τρίπτυχο στρατηγικό εργαλείο της επιστήμης του Marketing που βοηθά στη κατανόηση των αξιών και αναγκών των δυνητικών χρηστών και βοηθά το αποτέλεσμα της σχεδίασης να ενισχύσει την πρόθεσή τους για μακροχρόνια συσχέτιση [Σημειώσεις μαθήματος Marketing 6354 (2018)].

#### 5.2.1 Τμηματοποίηση

Στον Πίνακα 3 επιμερίζονται οι δυνητικοί πελάτες της προϊοντικής κατηγορίας, δηλαδή όσοι θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το υπό-σχεδίαση κράνος, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μικρότερων κατηγοριών όπου τα μέλη κάθε μιας διαμορφώνουν ένα απευθυνόμενο κοινό με διακριτά χαρακτηριστικά. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται αξιοποιώντας ορισμένα συμπεριφορικά, ψυχογραφικά και δημογραφικά κριτήρια. Τα συμπεριφορικά κριτήρια περιλαμβάνουν το προσδοκώμενο όφελος από τη χρήση του κράνους, τις περιστάσεις και τη συχνότητα χρήσης και τη πιστότητα στη προϊοντική κατηγορία. Όσον αφορά τα ψυχογραφικά κριτήρια, σε αυτά ανήκουν η κοσμοθεωρία και ο τρόπος ζωής (lifestyle) ενώ τα δημογραφικά κριτήρια αποτελούν η ηλικία, το επάγγελμα και ο τόπος κατοικίας.



Μετά τη δημιουργία αυτού του πίνακα, το επόμενο βήμα περιλαμβάνει τη καταγραφή των πιθανών συνδυασμών και των επιμέρους κατηγοριών που προκύπτουν. Σε αυτή τη περίπτωση, οι συνδυασμοί αυτοί απεικονίζονται στον Πίνακα 3 με γραμμές. Στο τέλος της διαδικασίας, προσδιορίζονται τρία κυρίαρχα προφίλ δυνητικών χρηστών εκ των οποίων στο πλαίσιο της Στόχευσης θα επιλεγεί το καταλληλότερο για το προϊόν. Τα τρία προφίλ αυτά επιλέχθηκαν σύμφωνα με τα στοιχεία της παραγράφου 3.3.1- Συνεντεύξεις χρηστών και παρατήρηση πεδίου, και απεικονίζονται με τη σκουρόχρωμη γραμμή. Συνοπτικά περιλαμβάνουν τα εξής στοιχεία:

A. Προστασία από ατυχήματα, Καθημερινή χρήση, μεγάλη συχνότητα χρήσης, πιστότητα σε μάρκα, προσεκτικός /συντηρητικός, πολυάσχολος (always on the move), ενήλικας, μέτρια-χαμηλά αμειβόμενο επάγγελμα, ημιαστική περιοχή κατοικίας.

B. Νόμιμη οδήγηση, καθημερινή χρήση, μέτρια συχνότητα, εναλλαγή μεταξύ μαρκών (switcher), αναζητά απελευθέρωση, λάτρης οδήγησης, ενήλικας, μέτρια-χαμηλά αμειβόμενο επάγγελμα, αστική περιοχή κατοικίας.

Γ. Αισθητική έκφραση, χρήση μόνο σε μεγάλες αποστάσεις, μέτρια συχνότητα χρήσης, εναλλαγή μεταξύ μαρκών (switcher), αναζητά λειτουργικότητα, προγραμματισμένη καθημερινότητα, έφηβος, μέτρια-χαμηλά αμειβόμενο επάγγελμα, αστική περιοχή κατοικίας.

### 5.2.2 Χωροθέτηση

Η χωροθέτηση στηρίζεται στα δυνατά στοιχεία και στα σημεία υπεροχής και διάκρισης που συνθέτουν το διατηρήσιμο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα του κράνους σε σχέση με τα υπόλοιπα της αγοράς. Στο βήμα αυτό προσδιορίζεται ο τρόπος με τον οποίο καταγράφεται το υπό-σχεδίαση προϊόν στο μυαλό των χρηστών και αποτυπώνεται μέσω επιθετικών προσδιορισμών. Μερικοί από αυτούς τους προσδιορισμούς είναι οι εξής:

- a) Άνετο: να μην προκαλεί σωματική κόπωση κατά τη χρήση
- b) Εύχρηστο: διαισθητικός, κατανοητός και άμεσος τρόπος χρήσης
- c) Αξιόπιστο: επιτυχία προστασίας χρήστη σε περίπτωση κρούσης
- d) Ανθεκτικό: να διατηρεί την ακεραιότητά του στη διάρκεια χρόνου και χρήσης
- e) Αισθητικά Άρτιο: η αισθητική του κατεύθυνση να αντιστοιχεί στην αισθητική του απευθυνόμενου κοινού.

Σύμφωνα με τη παράγραφο 2.2.4-Σύγκριση των επιμέρους τύπων της κατηγορίας on-road και το κενό της αγοράς που εντοπίζεται εκεί, οι καταλληλότεροι προσδιορισμοί είναι το Εύχρηστο, το Άνετο και Αξιόπιστο.

### 5.2.3 Στόχευση

Στο τρίτο βήμα του εργαλείου, επιλέγεται το απευθυνόμενο κοινό που πιθανόν να ανταποκριθεί στη τοποθέτηση του προϊόντος και η στρατηγική στόχευσης. Το κοινό που είναι πιο πιθανό να εκτιμήσει και να ταυτιστεί με την Ευχρηστία, την Άνεση και την Αξιοπιστία είναι το προφίλ A που αναγνωρίστηκε στη παράγραφο 5.2.1-Τμηματοποίηση.

Ανακεφαλαιώνοντας τα χαρακτηριστικά του, εμπλέκεται με τη συγκεκριμένη προϊοντική κατηγορία προκειμένου να εξασφαλίσει προστασία σε περίπτωση ατυχήματος, όφελος που σχετίζεται με την αξιοπιστία. Χρησιμοποιεί το προϊόν καθημερινά με μεσαία έως μεγάλη συχνότητα χρήσης, ενδιαφέρεται για την υγεία του και φροντίζει τον εαυτό του και την εμφάνισή

του. Τα στοιχεία αυτά καθιστούν σημαντική τη διατήρηση της άνεσης του προϊόντος. Η καθημερινότητά του είναι πολυάσχολη καθώς βρίσκεται διαρκώς εν κινήσει και γι' αυτό το λόγο η ευχρηστία είναι ένα σημαντικό προσόν του κράνους. Όσον αφορά τα δημογραφικά του χαρακτηριστικά, πρόκειται για νέους ενήλικες ή ενήλικες που κατοικούν σε αστικές-ημιαστικές περιοχές και οδηγούν δίκυκλο όχημα μικρού κυβισμού για μετακίνηση ή ως εργαλείο εργασίας.

Συνεπώς, η στόχευση χαρακτηρίζεται ως εστιασμένη (focused or concentrated targeting) καθώς δημιουργείται ένα προϊόντικό μείγμα που διαθέτει ισχυρό και διακριτό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα (εύχρηστο, άνετο, αξιόπιστο) εστιάζοντας /στοχεύοντας σε ένα συγκεκριμένο κοινό-στόχο, έχοντας παράλληλα τη δυνατότητα να ικανοποιεί ορισμένες ακόμη ομάδες χρηστών με παρόμοια χαρακτηριστικά.

### 5.3 Πλαίσιο Χρήσης

Το υπό-σχεδίαση προϊόν προορίζεται για αστικές-ημιαστικές περιοχές. Μεγάλο ποσοστό μεταξύ των οχημάτων που κυκλοφορούν είναι μηχανές χαμηλού-μεσαίου κυβισμού. Ο μέσος όρος επιτρεπόμενης ταχύτητας οδήγησης είναι 40 km/h και οι επιφάνειες οδήγησης είναι ασφαλτοστρωμένοι δρόμοι.

### 5.4 Λειτουργικές και Ποιοτικές Προδιαγραφές

Ένα προϊόν υπό σχεδίαση οφείλει να καλύπτει τόσο ποιοτικά όσο και λειτουργικά χαρακτηριστικά. Τα πρώτα, ορίζονται από τις ανάγκες του απευθυνόμενου κοινού ενώ τα δεύτερα προσδιορίζονται από την έρευνα και το σκοπό της σχεδίασης.

#### 5.4.1 Ποιοτικές Προδιαγραφές

Συγκεντρώνοντας τα αποτελέσματα της παραγράφου 4.4 -Συμπεράσματα εργονομικής έρευνας και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά που εντοπίζονται στην παράγραφο 5.2.1 - Τμηματοποίηση, μπορούν να αναγνωρισθούν οι απαιτήσεις χρηστών για το σύστημα. Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν ζητήματα ποιότητας και είναι τα εξής:

- |                                     |                               |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Ασφάλεια                         |                               |
| 2. Ευχρηστία                        | 6. Φορητότητα                 |
| 3. Αξιοπιστία                       | 7. Προσαρμοστικότητα μεγέθους |
| 4. Ανθεκτικότητα                    | 8. Οικονομική προσιτότητα     |
| 5. Άνεση (θερμοκρασία, ήχος, όραση) | 9. Αισθητική αρτιότητα        |

#### 5.4.2 Λειτουργικές Προδιαγραφές

Η ικανοποίηση των ποιοτικών προδιαγραφών προκύπτει μέσω των πιο κρίσιμων λειτουργιών που πρέπει να καλύψει το υπό-σχεδίαση προϊόν. Οι λειτουργίες αυτές αντλούνται από αρκετά στάδια της έρευνας. Από το Κεφάλαιο 1 -Εισαγωγική έρευνα για τα κράνη, αναγνωρίζονται ως λειτουργικές ανάγκες η απορρόφηση κραδασμών, η κατανομή φορτίσεων, η δυνατότητα ορατότητας, η δυνατότητα ακοής και η περιοχή προστασίας. Από το Κεφάλαιο 2 -Συμπεριφορά χρήσης κράνους και το Κεφάλαιο 3 -Εργονομική έρευνα, εντοπίζονται ως λειτουργικές ανάγκες ο χρόνος και τρόπος ασφάλισης και απασφάλισης, η μείωση της θερμοκρασιακής δυσφορίας, το συνολικό βάρος, η μείωση της αεροδυναμικής αντίστασης και η τιμή του κράνους. Συνοπτικά, παραθέτονται ως εξής:

1. Απορρόφηση κραδασμών
2. Κατανομή φορτίσεων
3. Χρόνος (απ)ασφάλισης
4. Επιτυχία (απ)ασφάλισης
5. Μείωση θερμοκρασιακής δυσφορίας
6. Συνολικό βάρος
7. Τιμή
8. Δυνατότητα ορατότητας
9. Περιοχή προστασίας

Προκειμένου οι απαιτήσεις αυτές να είναι αξιοποιήσιμες είναι απαραίτητη η μετατροπή τους από ποιοτικά σε ποσοτικά κριτήρια καθώς και ο προσδιορισμός προτεραιότητας της κάθε μιας κατά την ανάπτυξη του προϊόντος. Για να επιτευχθούν αυτά εφαρμόστηκε η μεθοδολογία της Ποιοτικής Ανάπτυξης των Λειτουργιών (Quality Function Deployment).

### 5.4.3 Ποιοτική Ανάπτυξη των Λειτουργιών (Μεθοδολογία QFD)

Ορίζοντας τις ποιοτικές και λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος που αποτελεί το πρώτο βήμα της μεθοδολογίας, ακολουθεί η εφαρμογή του εργαλείου House of Quality. Αυτό το εργαλείο επιτρέπει τον καθορισμό των πιο σημαντικών λειτουργιών και χαρακτηριστικών που θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο σχεδιασμό έτσι ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των χρηστών.

Πιο αναλυτικά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 41, έχουν τοποθετηθεί με τυχαία σειρά οι ποιοτικές και λειτουργικές απαιτήσεις στις σειρές και στις στήλες αντίστοιχα. Το πρώτο βήμα του εργαλείου αυτού είναι ο προσδιορισμός των στόχων σχετικά με τις λειτουργικές απαιτήσεις. Δηλαδή, ο σχεδιαστής καλείται να προσδιορίσει ποιες από αυτές τις λειτουργίες πρέπει να αυξηθεί, μειωθεί ή επιτευχθεί τοποθετώντας το αντίστοιχο σύμβολο πάνω από αυτές όπως φαίνεται στην Εικόνα 36.

Column #	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	▲	▲	▼	X	▲	▼	▼	▲	▲
Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Απορρόφηση κραδασμών	Κατανομή φορτίσεων	Χρόνος (επ)ασφάλισης	Τρόπος (επ)ασφάλισης	Μείωση θερμοκρασιακής δυσφορίας	Συνολικό βάρος	Τιμή	Δυνατότητα Ορατότητας	Περιοχή προστασίας

Εικόνα 36 Κατεύθυνση βελτίωσης των λειτουργικών απαιτήσεων

Επόμενο βήμα της διαδικασίας είναι ο ορισμός των συσχετίσεων μεταξύ των λειτουργικών και ποιοτικών απαιτήσεων. Όπως και προηγουμένως, είναι στην ευχέρεια του σχεδιαστή να καθορίσει το βαθμό αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών. Με αυτό το βήμα διευκολύνεται ο εντοπισμός του βαθμού επιρροής της κάθε απαίτησης στο σχεδιασμό αλλά και στη ποσότητα των στοιχείων που επηρεάζει. Οι συσχετίσεις επισυνάπτονται στην Εικόνα 37 και το υπόμνημα των συμβόλων στην Εικόνα 38.

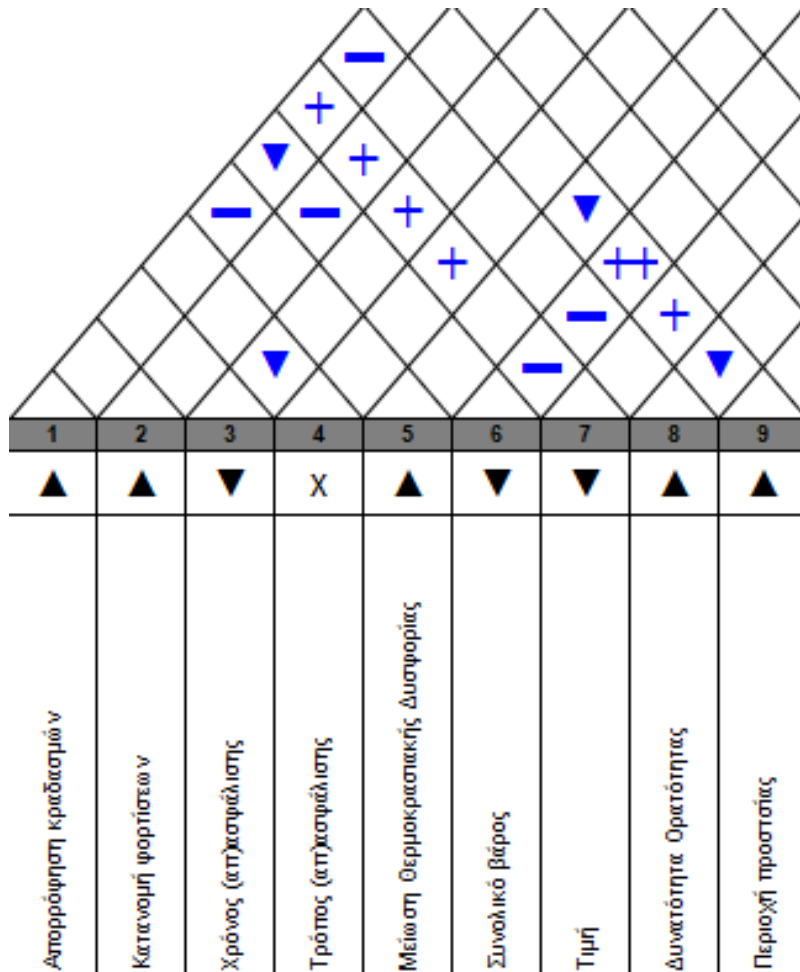
Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)								
	▲	▲	▼	X	▲	▼	▼	▲	▲
Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Απορρόφηση κραδασμών	Κατανομή φορτίσεων	Χρόνος (απ)ασφάλισης	Τρόπος (απ)ασφάλισης	Μείωση θερμοκρασιακής δυσφορίας	Συνολικό βάρος	Τιμή	Δυνατότητα Ορατότητας	Περιοχή προστασίας
Ασφάλεια	⊖	⊖	⊖	⊖	▲			⊖	⊖
Ευχρηστία			⊖	⊖		▲		⊖	⊖
Αξιοπιστία	⊖	⊖		▲				⊖	⊖
Ανθεκτικότητα	⊖	⊖							⊖
Άνεση	▲				⊖	⊖		⊖	⊖
Φορητότητα			⊖	▲	⊖	⊖		⊖	
Προσαρμοστικότητα μεγέθους				⊖			▲		
Οικονομική προσιτότητα	⊖	⊖		⊖			⊖		
Αισθητική αρτιότητα							▲	⊖	▲

Εικόνα 37 Συσχετίσεις μεταξύ λειτουργικών και ποιοτικών απαιτήσεων

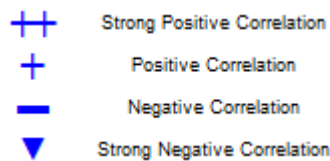
⊖	Strong Relationship	9
⊖	Moderate Relationship	3
▲	Weak Relationship	1

Εικόνα 38 Υπόμνημα των συμβόλων συσχέτισης των λειτουργικών και ποιοτικών απαιτήσεων

Το τελευταίο βήμα της διαδικασίας αφορά τον ορισμό των συσχετίσεων μεταξύ των λειτουργικών απαιτήσεων. Σε αυτό το σημείο διευκολύνεται να εντοπισθούν ποιες λειτουργίες επιδρούν θετικά ή αρνητικά σε άλλες καθώς και ποιες δημιουργούν αντιθέσεις μεταξύ τους. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 39, άμεσες αντιθέσεις εντοπίζονται μεταξύ των Απορρόφηση κραδασμών-Συνολικό βάρος, Χρόνο (απ)ασφάλισης-Επίτευξη (τρόπο) (απ)ασφάλισης, Μείωση θερμοκρασιακής δυσφορίας-Περιοχή προστασίας και Δυνατότητα Ορατότητας-Περιοχή Προστασίας. Η Εικόνα 40 περιέχει τη σημασία των συμβόλων αυτών και μπορούν να διακριθούν και οι υπόλοιπες συσχετίσεις.



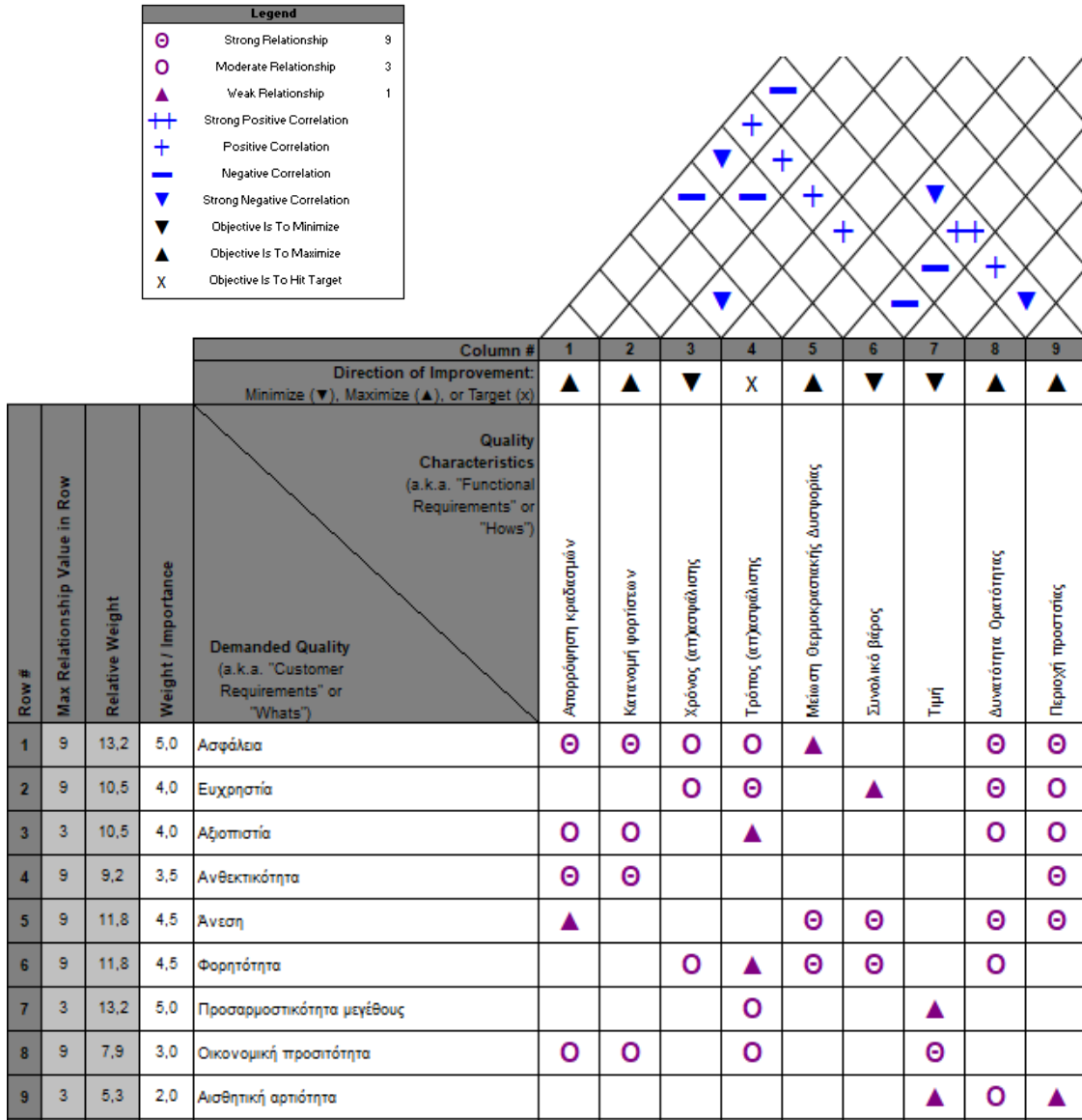
Εικόνα 39 Συσχετίσεις μεταξύ των λειτουργικών απαιτήσεων



Εικόνα 40 Υπόμνημα των συμβόλων συσχέτισης μεταξύ των λειτουργικών απαιτήσεων

Αντλώντας τη ποσότητα και το βάρος των συσχετίσεων, το House of Quality διαμορφώνει ένα δείκτη σπουδαιότητας που ταξινομεί τις λειτουργικές και ποιοτικές απαιτήσεις. Οι δείκτες σπουδαιότητας των λειτουργικών απαιτήσεων παρουσιάζονται στην Εικόνα 42 και των ποιοτικών απαιτήσεων στην Εικόνα 43.





Εικόνα 41 Περιοχή του House of Quality όπου αναγράφεται η συσχέτιση των λειτουργικών και ποιοτικών απαιτήσεων.

	Απορρόφιση κρεδασιμών	Κατανομή φορτίσεων	Χρόνος (επ)χρησίωσις	Τρόπος (επ)χρησίωσις	Μείωση θερμοκρασιακής διασποράς	Συνολικό βάρος	Τιμή	Δυνατότητα Ορειότητας	Περιοχή προστασίας
Weight / Importance	268,4	256,6	106,6	219,7	226,3	223,7	89,5	402,6	376,3
Relative Weight	12,4	11,8	4,9	10,1	10,4	10,3	4,1	18,8	17,3

Εικόνα 42 Δείκτες σπουδαιότητας λειτουργικών απαιτήσεων.

Relative Weight	Weight / Importance	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")
13,2	5,0	Ασφάλεια
10,5	4,0	Ευχρηστία
10,5	4,0	Αξιοπιστία
9,2	3,5	Ανθεκτικότητα
11,8	4,5	Άνεση
11,8	4,5	Φορητότητα
13,2	5,0	Προσαρμοστικότητα μεγέθους
7,9	3,0	Οικονομική προσιτότητα
5,3	2,0	Αισθητική αρτιότητα

Εικόνα 43 Δείκτες σπουδαιότητας απαιτήσεων χρηστών

#### 5.4.4 Αποτελέσματα Μεθοδολογίας QFD

Από τη διαδικασία αυτή μπορούν να αντληθούν αποτελέσματα που αφορούν τη ταξινόμηση των προδιαγραφών έτσι ώστε να κατανεμηθεί κατάλληλα η προσοχή κατά τη σχεδίαση. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους δείκτες βαρύτητας οι λειτουργικές και ποιοτικές απαιτήσεις διαμορφώνονται ως εξής:

##### Λειτουργικές απαιτήσεις

- |                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| 1. Δυνατότητα ορατότητας           | 6. Συνολικό βάρος        |
| 2. Περιοχή προστασίας              | 7. Επιτυχής (απ)ασφάλιση |
| 3. Απορρόφησης κραδασμών           | 8. Χρόνος (απ)ασφάλισης  |
| 4. Κατανομή φορτίσεων              | 9. Τιμή                  |
| 5. Μείωση θερμοκρασιακής δυσφορίας |                          |

##### Ποιοτικές απαιτήσεις

- |                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| 1. Ασφάλεια                   | 5. Ευχρηστία     |
| 2. Προσαρμοστικότητα μεγέθους | 6. Αξιοπιστία    |
| 3. Άνεση                      | 7. Ανθεκτικότητα |
| 4. Φορητότητα                 |                  |

Εκτός από αυτά όμως, σημαντικές είναι οι συσχετίσεις μεταξύ των λειτουργικών απαιτήσεων και πιο συγκεκριμένα εκείνες που αποτελούν συγκρούσεις καθώς αποτελούν τη μεγαλύτερη δυσκολία να προσπεραστούν. Όπως αναφέρθηκε στη παράγραφο 5.4.3, οι αντιφάσεις αυτές είναι οι εξής:

1. Απορρόφηση κραδασμών - Συνολικό βάρος: για να είναι πιο αποτελεσματική η απορρόφηση κραδασμών πρέπει ο προστατευτικός αφρός να έχει μεγαλύτερο πάχος, γεγονός που επιδρά αρνητικά στο συνολικό βάρος του κράνους.
2. Χρόνος (απ)ασφάλισης - Επίτευξη (απ)ασφάλισης: για να επιτευχθεί μεγάλη ταχύτητα (απ)ασφάλισης, ο μηχανισμός δεν μπορεί να έχει μεγάλη περιπλοκότητα
3. Μείωση θερμοκρασιακής δυσφορίας – Περιοχή προστασίας: η μείωση της θερμοκρασιακής δυσφορίας μπορεί να απαντηθεί ελαττώνοντας τις καλυπτόμενες περιοχές επιδρώντας αρνητικά στην προστασία ευαίσθητων περιοχών.
4. Δυνατότητα ορατότητας – Περιοχή προστασίας: η αύξηση του ανοίγματος των ματιών προκαλεί μείωση στην προστατευόμενη περιοχή.

Η αντίφαση 4 καλύπτεται από τις οδηγίες των προτύπων σχεδίασης που παρουσιάζονται στη παράγραφο 5.5. Όσον αφορά τις υπόλοιπες, για την αντίφαση 3 επιλέγεται η πλήρης κάλυψη του προσώπου σύμφωνα με τη παράγραφο 4.4 και τοποθέτηση συστήματος εξαερισμού για τη μερική αντιμετώπιση της θερμοκρασιακής δυσφορίας. Για την αντίφαση 2 θα πρέπει να εξετασθεί μέσα από τον ιδεασμό ενώ για την 1 τίθεται ο περιορισμός το τελικό σχέδιο να μην ξεπερνά τα 2000gr.

## 5.5 Περιορισμοί Σχεδίασης

### 5.5.1 Πρότυπα Σχεδίασης

Προκειμένου ένα σχέδιο κράνους να διατεθεί στην αγορά προς κατανάλωση, απαιτείται ο έλεγχος της ικανοποίησης κάποιων διεθνών προτύπων σχεδίασης. Αυτό σημαίνει πως μεταξύ άλλων, εκτός από γεωμετρικούς περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψιν, υπάρχουν επίσης απαιτήσεις αντοχής που οφείλει να καλύπτει κάθε σχέδιο. Συνεπώς, μετά το σχεδιασμό και τη παραγωγή, δείγματα του μοντέλου προς πώληση οφείλουν να αποσταλούν σε ειδικά εργαστήρια προκειμένου να πραγματοποιηθούν έλεγχοι που ονομάζονται crash tests (δοκιμές αντοχής).

Πιο συγκεκριμένα, τα πρότυπα σχεδίασης διαχωρίζονται στα Ευρωπαϊκά και στα Αμερικανικά και η επιλογή η σχεδίαση να ακολουθεί ένα από αυτά εξαρτάται από την προοριζόμενη αγορά. Εκτός από το προφανές πως το Ευρωπαϊκό πρότυπο καλύπτει την Ευρώπη και το Αμερικανικό αντίστοιχα την Αμερική, πολλές ακόμη χώρες σε διαφορετικές ηπείρους βασίζουν τη νομοθεσία τους στα συγκεκριμένα πρότυπα, μερικές φορές και εξ'ολοκλήρου [Κανονισμός ECE 22.05, παράγραφος 5.1, FMVSS 218].

Στις στήλες που ακολουθούν παρουσιάζεται ποιο πρότυπο απαιτεί να ικανοποιείται η εκάστοτε χώρα.

#### Αμερικανικό πρότυπο:

Αμερική  
Καναδάς

#### Ευρωπαϊκό πρότυπο:

Όλη η Ευρώπη  
Αυστραλία  
Νέα Ζηλανδία  
Φιλιππίνες  
Μαλαισία  
Ιαπωνία  
Ν. Αφρική

Εκτός από αυτά τα δύο πρότυπα και τα ειδικά εργαστήρια που πραγματοποιούν τις δοκιμές αντοχής, υπάρχουν μερικοί ιδιωτικοί οργανισμοί που θέτουν δικά τους πρότυπα σχεδίασης και διαδικασίες δοκιμών. Αυτά σαφώς οφείλουν να καλύπτουν τα Ευρωπαϊκά και Αμερικανικά πρότυπα όμως συχνά θέτουν πιο αυστηρούς περιορισμούς προκειμένου να εξασφαλίσουν μεγαλύτερη ασφάλεια. Η αναφορά και ανάλυση όλων αυτών των οργανισμών θα ήταν αντιπαραγωγική συνεπώς θα δοθεί μεγαλύτερη σημασία σε εκείνον που ηγείται στην αγορά. Ο οργανισμός αυτός ονομάζεται SNELL ([www.smf.org](http://www.smf.org)), καλύπτει τόσο τα Ευρωπαϊκά όσο και τα Αμερικανικά πρότυπα και θα αναλυθεί παρακάτω όπως και τα άλλα δύο πρότυπα.

Γενικότερα, και τα τρία πρότυπα που θα αναλυθούν παρακάτω απαιτούν την ύπαρξη τριών συστημάτων που αποτελούν το κράνος. Αυτά είναι το σύστημα α) απορρόφησης ενέργειας σύγκρουσης, b) κατανομής φόρτισης και c) το προσαρμοζόμενο σύστημα συγκράτησης. Ακόμη, απαιτείται η ικανοποίηση έξι δοκιμών αντοχής τα οποία συγκεκριμένα είναι i) δοκιμές σχετικά με την απόσβεση πρόσκρουσης, ii) την αντίσταση δειξιδυσης, iii) την αντοχή συστήματος συγκράτησης, iv) τη σταθερότητα θέσης (Roll-off), v) την αντοχή προσωπίδας και τέλος vi) τη συμπεριφορά σε θερμότητα και νερό. Για κάθε πρότυπο αναγράφονται οι περιορισμοί περιληπτικά στο Παράρτημα Ι

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθεί πως στις δοκιμές που πραγματοποιούνται στα εργαστήρια, τα κράνη τοποθετούνται σε ειδικά μεταλλικά ομοιώματα κεφαλιού [Εικόνα 44]. Το κάθε εργαστήριο και πρότυπο χρησιμοποιεί το δικό του ομοίωμα που μπορεί να διαφέρει μερικώς σε σχήμα και μέγεθος από τα άλλα. Υπάρχουν συγκεκριμένες οδηγίες σχετικά με τα μεγέθη των ομοιωμάτων, όχι όμως των κρανών. Σε κάθε δοκιμή επιλέγεται ένα μέγεθος κράνους μεταξύ πολλών δειγμάτων του ίδιου μοντέλου διαφορετικών μεγεθών. Τα μεγέθη των κρανών μπορεί να είναι Extra Small, Small, Medium, Large και Extra Large.



Εικόνα 44 Ομοιώματα κεφαλιού του Ευρωπαϊκού προτύπου, του Αυστραλιανού και του Αμερικανικού, αντίστοιχα

#### 5.5.1.1.1 Ευρωπαϊκό πρότυπο ECE 22.05

Το Ευρωπαϊκό πρότυπο σχεδίασης ορίστηκε πρώτη φορά από την Ευρωπαϊκή Ένωση το 1958 στη Γενεύη. Αποτελείται συνολικά από 110 σελίδες που περιγράφουν αναλυτικά περιορισμούς στη γεωμετρία, στα υλικά και στα επιμέρους τμήματα που πρέπει να πληροί ένα κράνος καθώς επίσης και τις δοκιμές αντοχής στις οποίες πρέπει να υποβληθεί δίνοντας αναλυτικές οδηγίες και προδιαγραφές και για αυτές.

Το πρότυπο αυτό αναφέρει περιορισμούς σχετικά με την συνολική εξωτερική γεωμετρία του κράνους, τα αποδεκτά υλικά που θα τοποθετηθούν σε σημεία που έρχονται σε επαφή με το δέρμα, την περιφερειακή όραση, τις ανακλαστικές επιφάνειες και την προσωπίδα. Ακόμη, οι δοκιμές κράνους περιλαμβάνουν έκθεση σε ακραίες θερμοκρασίες, συνθήκες υγρασίας, απορρόφηση κρούσης, αντοχή σε κάμψη και την αντοχή του συστήματος συγκράτησης. Δοκιμές για αντοχή σε διείσδυση δεν προβλέπονται, σε αντίθεση με τα άλλα δύο πρότυπα.

#### 5.5.1.1.2 Αμερικανικό πρότυπο FMVSS 218

Το Αμερικανικό πρότυπο ορίστηκε από την Κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών και η έκδοση που είναι σε ισχύ προς το παρόν διαμορφώθηκε το 1997. Κοινώς αποκαλείται DOT (αρχικά του Department of Transport) λόγω της ένδειξης που τοποθετείται στο προϊόν μετά την έγκρισή του προς κυκλοφορία. Στο δημοσιευμένο κείμενο αναφέρονται λεπτομερώς οι περιορισμοί στους οποίους θα πρέπει να συμμορφώνεται το σχέδιο καθώς επίσης και οι διαδικασίες και τεχνικές λεπτομέρειες σχετικά με τις δοκιμές αντοχής στις οποίες ένα κράνος θα υποβληθεί.

Πιο συγκεκριμένα, καθορίζονται προδιαγραφές για τη γενικότερη διαμόρφωση του κράνους, την περιφερειακή όραση, το σύστημα συγκράτησης και την τοποθέτηση των ετικετών. Οι δοκιμές του κράνους που περιγράφονται αφορούν την απόσβεση πρόσκρουσης, αντοχή σε διείσδυση, έκθεση σε θερμοκρασιακές φορτίσεις και αξιολόγηση του συστήματος συγκράτησης.

#### 5.5.1.1.3 Πρότυπο SNELL

Ο οργανισμός Snell ιδρύθηκε το 1957 μετά το θάνατο του Pete Snell από τραυματισμό στο κεφάλι λόγω μη ασφαλούς κράνους. Τα πρότυπα που βρίσκονται επί του παρόντος σε ισχύ ανανεώθηκαν τον Αύγουστο του 2018 και περιγράφουν λεπτομερώς αντίστοιχες προδιαγραφές με το Ευρωπαϊκό και Αμερικανικό πρότυπο τόσο για τη σχεδίαση όσο και για τις δοκιμές αντοχής.

Όπως και τα προηγούμενα πρότυπα, ορίζονται γενικές προδιαγραφές σχετικά με την διαμόρφωση του κράνους, τα υλικά, τη περιφερειακή όραση και το σύστημα συγκράτησης. Οι δοκιμές που προβλέπεται να πραγματοποιηθούν στο κράνος αφορούν έκθεση σε ακραίες συνθήκες όπως ακτινοβολία, θερμοκρασιακές φορτίσεις και υγρασία, δοκιμές για τη διατήρηση σταθερότητας του κράνους κατά τη χρήση, αντοχής του προστατευτικού σαγονιού, αξιολόγηση διείσδυσης του κελύφους του κράνους και του προστατευτικού σαγονιού, αξιολόγηση διαχείρισης κρούσης και ευκολίας αφαίρεσης χωρίς τη χρήση εργαλείων.

Οι δοκιμές που υποβάλλει τα κράνη ο οργανισμός SNELL είναι περισσότερες, πιο αυστηρές και ικανοποιούν πλήρως τόσο το Ευρωπαϊκό όσο και το Αμερικανικό πρότυπο. Γι' αυτό το λόγο, πολλοί οδηγοί προτιμούν την επιλογή επιπλέον πιστοποιημένων κρανών από τη SNELL.

#### 5.5.1.2 Προδιαγραφές βάσει προτύπων

Λαμβάνοντας υπόψιν τις προδιαγραφές που ορίζονται από το κάθε πρότυπο, συγκεντρώθηκαν οι πιο αυστηρές μεταξύ αυτών. Ο Πίνακας 4 αφορά γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά ενώ Πίνακας 5 αφορά περιορισμούς σχετικά με τα χαρακτηριστικά των υλικών.

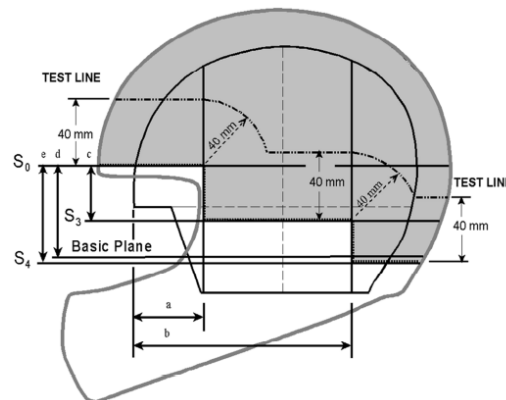
Πίνακας 4 Πίνακας περιορισμών γεωμετρίας σύμφωνα με τα πρότυπα σχεδίασης

Περιορισμοί	Γεωμετρία	Μηχανική
Εξωτερικές προβολές	αν >2mm, R <sub>min</sub> =2mm αν <2mm, R <sub>min</sub> =1mm <130 mm κάτω από πιγούνι	αξιολόγηση ε σε: F <sub>max</sub> = 3.500N
Σύστημα συγκράτησης	Μηχανισμός	ε < 25mm, θ <sub>roll-off</sub> < 30°, F <sub>χρήστη</sub> < 30N
	Κουμπιά κόκκινα Ιμάντες	< 20mm, όχι chin cup, όχι απευθείας βιδωμένοι σε κέλυφος αντοχή σε 150N
Περιφερειακή όραση	Οριζόντια	210° - 300°
	Προς τα πάνω Προς τα κάτω	7° 30° - 45°
Εκτροπέας αναπνοής	31+31mm συμμετρικά από μεσαίο άξονα συμμετρίας και κάτω από συμμετρικά επίπεδα κλίσης 45°	
Προτατευτικό προσώπου	αν εντός πεδίου όρασης, A <sub>max</sub> =1.5cm <sup>2</sup> , ύψος 10mm αν εκτός πεδίου όρασης και A <sub>max</sub> < 2cm <sup>2</sup> , μοιραστεί στα πλάγια συμμετρικά	
Ανακλαστικές επιφάνειες	Κύκλος D=40mm, Παραλ/μο A=12.5 cm <sup>2</sup> και πλάτος 20mm	τοποθετημένες όσο το δυνατόν πιο κοντά στο κάθετο άξονα συμμετρίας
Αντοχή σε κρούση		Κέλυφος: αντοχή σε 500kg, HIC <2400 Σαγόνι: ε< 60mm για 5kg με V=3.5 m/s
Αντοχή σε ακραίες θερμοκρασίες		50 °C για 4-24h, -10 °C για 12h
Αντοχή σε υπερύδεις ακτίνες		125W για 48h
Αντοχή σε υγρασία		4-24h, συνεχόμενος ψεκασμος νερού 25 °C
Αντοχή σε διείσδυση		Κέλυφος: 3kg με V=3.5m/s, Προσωπίδα: 1kg με V=500km/h



Στοιχεία κράνους	Υλικά
Κέλυφος	αντοχή σε φθορά: χρόνου, ήλιου, ακραίων θερμοκρασιών, βροχή, σκόνη, δονήσεις
Επιφάνειες σε επαφή με δέρμα	αντοχή σε ιδρώτα και καλλυντικά
	όχι ερεθισμοί στο δέρμα, μεταφορά ασθενειών, ανάπτυξη μυκήτων
	Αποσπώμενες για πλύσιμο (γεωμετρία)
Προστατευτικό προσώπου	διαφανές (φωτεινή διαπερατότητα $\tau_v$ περίπου 80%)
	ανθεκτικό σε βροχή, διάβρωση, κρούση
	όχι διαστρέβλωση χρωμάτων ή γεωμετριών

Τέλος, όσον αφορά την ελάχιστη περιοχή κάλυψης του κεφαλιού από το κράνος, επιλέγεται ο περιορισμός του προτύπου SNELL καθώς είναι ο πιο αυστηρός από τους τρεις [Εικόνα 45].



Εικόνα 45 Σχεδιάγραμμα προστατευτικού κράνους σύμφωνα με το πρότυπο σχεδίασης SNELL.

### 5.5.2 Μέγεθος κράνους

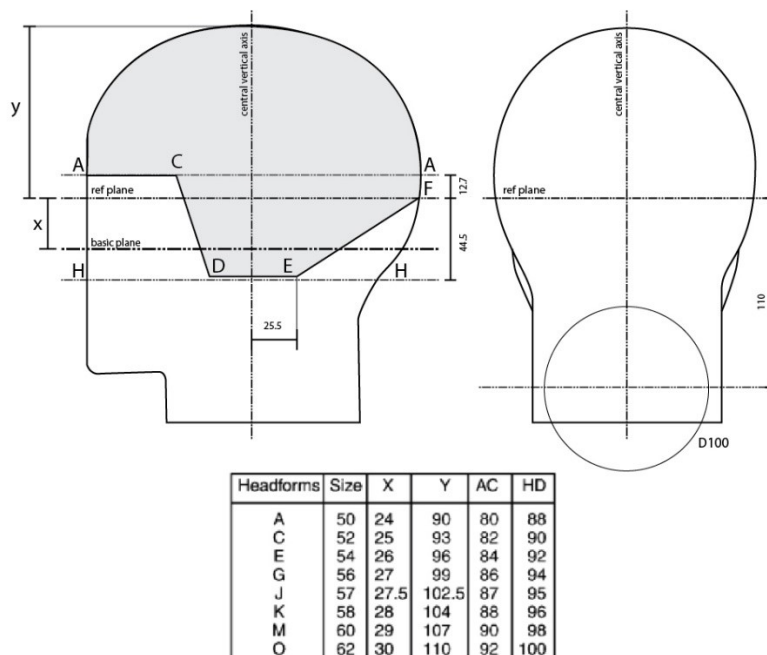
Το μέγεθος του κράνους αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες στην ασφάλεια. Αν ένα κράνος είναι πολύ μεγάλο υπάρχει κίνδυνος να απομακρυνθεί από το κεφάλι κατά την οδήγηση, πόσο μάλλον σε περίπτωση κρούσης, ενώ αν είναι πολύ μικρό εκτός από μείωση άνεσης μπορεί να επιφέρει και πόνους στο κεφάλι. Συνεπώς, κατά την επιλογή κράνους, είναι πολύ σημαντική η μέτρηση του μεγέθους του κεφαλιού και η δοκιμή διαφορετικών μεγεθών προκειμένου να επιλεχθεί εκείνο με τη καλύτερη εφαρμογή. Συγκεκριμένα, η περιοχή του κεφαλιού που πρέπει να μετρηθεί είναι εκείνη του μετώπου, 2,5 εκατοστά πάνω από τα φρύδια, καθώς σε εκείνο το σημείο το κεφάλι έχει τη μεγαλύτερη διάσταση [Εγχειρίδιο Σωστής χρήσης SHOBI (2018)]. Στη συνέχεια, επιλέγεται ένα κράνος μεταξύ των συνηθισμένων μεγεθών Small,

Medium, Large, Extra Large και σε μερικές περιπτώσεις πιο ακριβών και ποιοτικών κρανών, Extra Small, Small-Medium, Medium-Large κ.ο.κ. Τα μεγέθη αυτά ποικίλλουν αναλόγως την εταιρία και τις προδιαγραφές που ακολουθεί, όμως υπάρχουν συγκεκριμένα μεγέθη τα οποία κατά τη σχεδίαση οφείλουν να είναι παραμετροποιημένα προκειμένου να επιτρέπονται αλλαγές στο μέγεθος του σχεδίου.

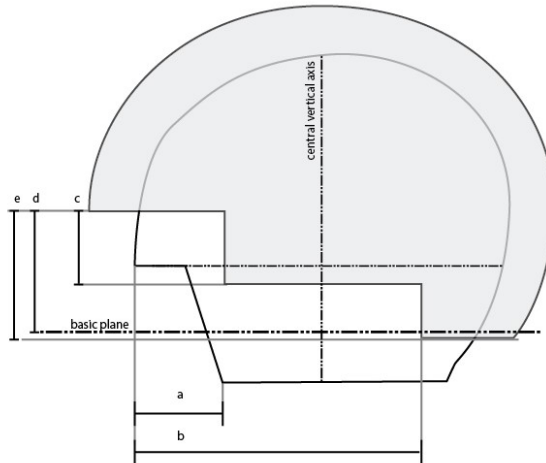
### 5.5.2.1 Μέγεθος κελύφους

Οι περισσότεροι κατασκευαστές επιλέγουν την παραγωγή τουλάχιστον τριών βασικών μεγεθών κελύφους (όπως Μικρό, Μεσαίο, Μεγάλο) και προκειμένου να ανταποκριθούν στα ενδιαμέσα μεγέθη (όπως Πολύ μικρό, Πολύ μεγάλο, Μεσαίο προς Μεγάλο κ.ο.κ.) τοποθετούν παχύτερο ή λεπτότερο προστατευτικό αφρό. Οι εταιρίες υψηλότερης ποιότητας, όπως η Arai και η Shoei, κατασκευάζουν περισσότερα από τρία μεγέθη κελύφους, γεγονός που καθιστά πιο ασφαλή και σωστή την προσαρμογή του κράνους στο κεφάλι, αλλά ταυτόχρονα πιο υψηλή την αξία του.

Τα κράνη σχεδιάζονται έτσι ώστε να ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένα μεγέθη που ορίζονται από το ISO και ακολουθούνται από όλα τα πρότυπα σχεδίασης. Σύμφωνα με αυτά τα μεγέθη κατασκευάζονται τα ομοιώματα κεφαλής στα οποία τα κράνη-δοκίμια οφείλουν να προσαρμόζονται πλήρως. Συνεπώς, σε πρώτη φάση, είναι σημαντικό να παρατεθούν αυτά τα μεγέθη. Στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 46, Εικόνα 47) απεικονίζονται τα ομοιώματα κεφαλής για το Ευρωπαϊκό πρότυπο και το πρότυπο Snell με σκιαγραφημένη την ελάχιστη περιοχή προστασίας. Επίσης, παρατίθενται πίνακες με τις παραμέτρους σχεδίασης που αλλάζουν σύμφωνα με κάθε επιμέρους μέγεθος κράνους (όλες οι μονάδες είναι σε mm).



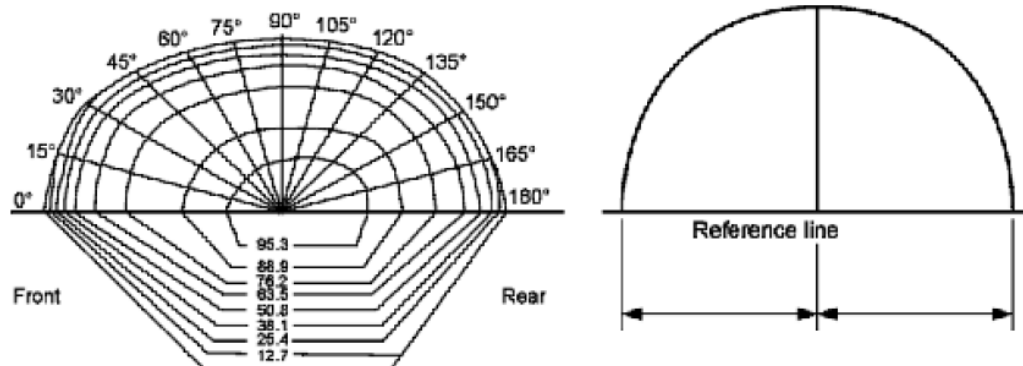
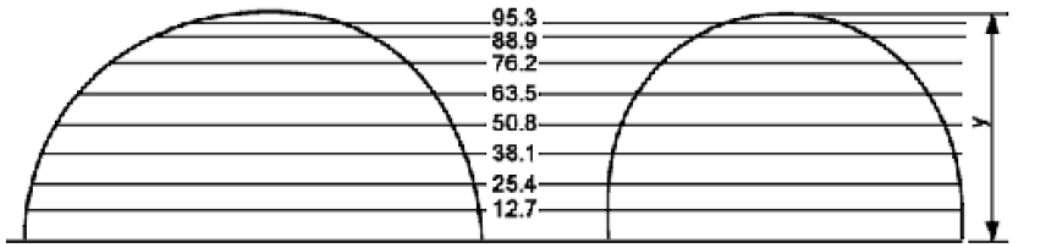
Εικόνα 46 Παράμετροι Μεγέθους Κράνους Ευρωπαϊκού Προτύπου



Head form Designation	Parameters				
	a	b	c	d	e
ISO A	39.0 mm	128.6 mm	26.1 mm	46.8 mm	52.2 mm
ISO C	40.6 mm	133.8 mm	27.2 mm	48.4 mm	54.3 mm
ISO E	42.2 mm	139.0 mm	28.2 mm	50.0 mm	56.4 mm
ISO J	45.2 mm	148.4 mm	30.0 mm	53.0 mm	60.0 mm
ISO M	47.4 mm	155.8 mm	31.5 mm	55.2 mm	63.0 mm
ISO O	49.2 mm	161.5 mm	32.2 mm	57.2 mm	64.5 mm

Εικόνα 47 Παράμετροι Μεγέθους Κράνους Προτύπου Snell

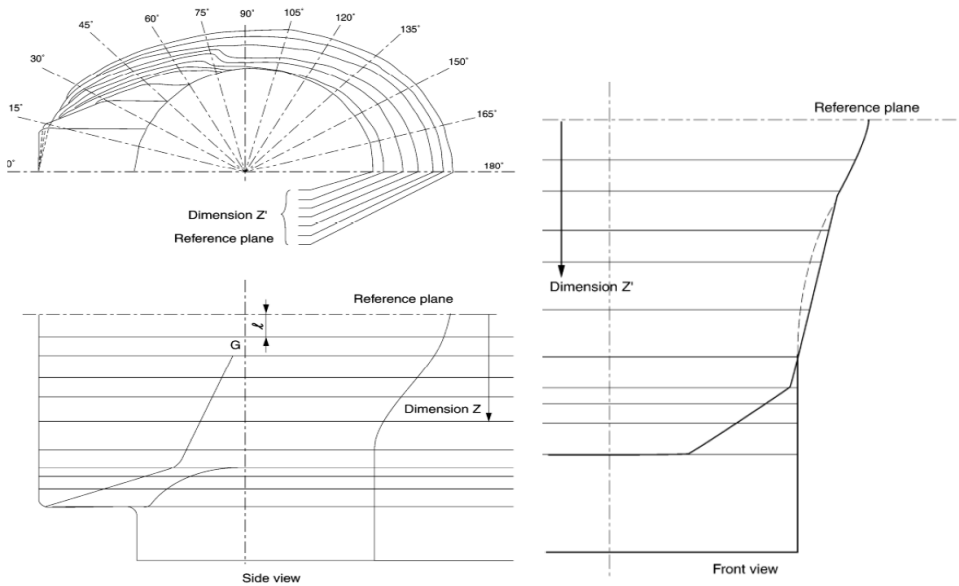
Σχετικά με τη καμπυλότητα του ομοιώματος, το Ευρωπαϊκό πρότυπο παραθέτει πλήρεις οδηγίες σχετικά με τη γεωμετρία για κάθε ένα από τα διαφορετικά μεγέθη. Ενδεικτικά, στις Εικόνα 48 και Εικόνα 49 εμφανίζονται οι παράμετροι για το μέγεθος J το οποίο εντοπίζεται και στα δύο πρότυπα που αναφέρθηκαν, ωστόσο για το σχεδιασμό επιλέγεται το μέγεθος G που αντιστοιχεί στο ενήλικο Small έτσι ώστε να διευκολυνθούν οποιοσδήποτε διαδικασίες πρωτοτυποποίησης.



J (Dimensions in millimetres)													
Height above reference line	0° Front	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180° Rear
0	100.8	98.8	96.3	88.1	82.0	79.5	79.2	82.0	85.9	91.7	96.8	100.1	100.8
12.7	99.6	98.0	95.8	88.1	82.0	79.5	79.2	82.0	85.9	91.7	96.8	100.1	100.8
25.4	96.8	95.8	94.5	88.1	82.0	79.5	79.2	82.0	85.9	91.7	96.5	98.3	98.8
38.1	93.7	92.7	91.9	86.1	80.0	77.2	77.7	80.0	83.8	89.4	94.5	95.8	96.0
50.8	89.2	88.6	87.9	82.0	76.2	73.9	74.4	77.0	80.5	85.9	90.4	90.9	90.9
63.5	81.5	80.8	81.0	75.9	70.6	68.1	68.3	71.1	71.4	79.5	83.8	84.1	84.1
76.2	69.3	69.1	69.3	65.3	61.2	58.9	59.2	61.7	65.0	69.3	73.2	73.4	73.4
88.9	47.2	47.5	48.0	46.2	44.4	43.7	44.2	46.2	50.0	54.1	58.2	58.4	58.4
95.3	32.8	32.8	33.3	32.5	32.0	32.3	33.0	35.1	38.1	42.2	46.5	47.2	47.2

Dimension: Y : 102.4 mm - Head circumference : 570 mm

Εικόνα 48 Παράμετροι γεωμετρίας ομοιώματος άνω του επιπέδου αναφοράς



J													
Dimension Z'	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180° Rear
0	101.0	99.5	95.5	88.5	82.5	79.5	79.5	82.0	86.0	92.0	97.0	100.5	101.0
-12.7	101.0	99.5	94.5	85.0	78.0	75.5	75.5	78.0	82.0	88.0	93.0	96.5	97.0
-22.7	101.0	100.5	94.5	84.5	76.0	72.0	70.5	73.5	77.0	83.0	88.0	91.5	92.0
-35.0	101.0	102.0	92.5	81.5	74.0	71.0	64.0	66.5	70.5	76.0	81.0	84.0	84.5
-45.0	101.0	102.0	90.0	79.0	72.0	68.5	61.5	63.0	66.0	70.5	74.5	77.0	76.5
-60.0	101.0	102.0	88.0	76.5	69.0	61.5	59.0	59.5	61.0	64.5	67.5	68.5	67.0
-75.0	101.0	102.0	86.0	74.0	67.0	60.0	57.5	58.5	59.0	60.0	60.5	61.5	62.0
-85.0	101.0	102.0	84.0	71.5	66.0	58.0	57.5	58.5	59.0	60.0	60.5	61.5	62.0
-90.0	101.0	102.0	81.5	69.0	56.5	57.0	57.5	58.5	59.0	60.0	60.5	61.5	62.0
-96.5	101.0	102.0	79.5	54.5	56.5	57.0	57.5	58.5	59.0	60.0	60.5	61.5	62.0
-106.0	101.0	105.0	54.0	54.5	56.5	57.0	57.5	58.5	59.0	60.0	60.5	61.5	62.0
-136.0	53.5	53.5	54.0	54.5	56.5	57.0	57.5	58.5	59.0	60.0	60.5	61.5	62.0

Dimension 1 : 12.7 mm - Head circumference : 570 mm

Εικόνα 49 Παράμετροι γεωμετρίας κάτω από το επίπεδο αναφοράς

## 5.6 Πίνακας Προδιαγραφών

Συνοψίζοντας τα στοιχεία που αναφέρονται στις παραπάνω παραγράφους και κεφάλαια, συγκεντρώνονται οι Τεχνικές Προδιαγραφές καθορισμένες με ποσοτικά δεδομένα σύμφωνα με τους Περιορισμούς Σχεδίασης.

Πίνακας 6 Πίνακας Προδιαγραφών

Τεχνικές Προδιαγραφές	Βασικοί Περιορισμοί
Το κράνος θα επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί αφού ασφαλισθεί και προσαρμοστεί πλήρως στο κεφάλι του χρήστη.	
Το κράνος μπορεί να παρουσιάζει ασυνέχεια της γεωμετρίας σε οποιαδήποτε περιοχή εκτός από την εμπρόσθια, τις πλευρικές εμπρόσθιες περιοχές και την οπίσθια περιοχή.	
Το κράνος να παρέχει επαρκές άνοιγμα στη περιοχή των ματιών.	Οριζόντια: >210° - 300° Προς τα πάνω: >7° Προς τα κάτω: >30 °- 45°
Το κράνος να διαθέτει σύστημα απορρόφησης κραδασμών και κατανομής φορτίσεων.	Κέλυφος: αντοχή σε κρούση 500kg, HIC <2400
Το κράνος να διαθέτει προστατευτικό της περιοχής του σαγονιού.	Σαγόνι: $\epsilon < 60\text{mm}$ για κρούση 5kg με $V=3.5\text{ m/s}$
Το κράνος να διαθέτει προστατευτική επιφάνεια για τη περιοχή του προσώπου.	Διαφανές (φωτεινή διαπερατότητα $\tau_v$ περίπου 80%), ανθεκτικό σε βροχή, διάβρωση, κρούση όχι διαστρέβλωση χρωμάτων ή γεωμετριών
Το συνολικό βάρος του κράνους να μην ξεπερνάει τα 2000gr.	
Το κράνος να διαθέτει σύστημα συγκράτησης στο κεφάλι.	Θα πρέπει να είναι τοποθετημένο σε τέτοιο σημείο ώστε να αποτρέπεται η περιστροφή του και η υπερβολική πίεση στο λαιμό κατά τη χρήση/κρούση.
Το κράνος να διαθέτει σύστημα μείωσης της θερμοκρασιακής δυσφορίας.	
Το συνολικό κόστος αγοράς του κράνους να μην ξεπερνάει τα 250 ευρώ.	
Το κράνος να επιτρέπει την αφαίρεση των τμημάτων εκείνων που απαιτούν πλύσιμο και έρχονται σε επαφή με το δέρμα.	



Το κράνος να καλύπτει την ελάχιστη περιοχή που ενδείκνυται από το Πρότυπο Σχεδίασης Snell.

Εικόνα 45 Σχεδιάγραμμα προστατευτικού κράνους σύμφωνα με το πρότυπο σχεδίασης SNELL.

Οι διαστάσεις του κράνους να ανταποκρίνονται σε εκείνες που ορίζει το Ευρωπαϊκό Πρότυπο Σχεδίασης.

Εικόνα 46 Παράμετροι Μεγέθους Κράνους Ευρωπαϊκού Προτύπου.

Εικόνα 48 Παράμετροι γεωμετρίας ομοιώματος άνω του επιπέδου αναφοράς.

Εικόνα 49 Παράμετροι γεωμετρίας κάτω από το επίπεδο αναφοράς.

Θα πρέπει να τηρούνται οι περιορισμοί που ορίζονται στον Πίνακα 4 και Πίνακα 5.

Το κράνος να διαθέτει προστατευτική μεμβράνη κατά του ήλιου ή υποδοχή για προστατευτικά γυαλιά.

## 6 Κεφάλαιο 5 -Ανάπτυξη Ιδεών

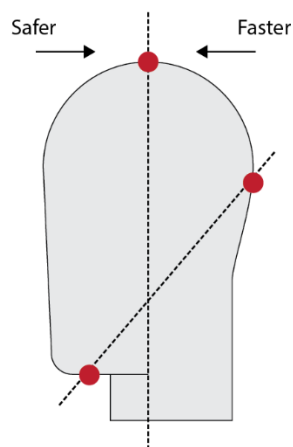
Ως συνιστώσες του προβληματικού χώρου αναγνωρίστηκαν η γρήγορη αφαίρεση/τοποθέτηση του κράνους και η υποχρεωτική ασφάλιση. Ωστόσο, ο ιδεασμός επικεντρώθηκε κυριότερα στην επίλυση του ζητήματος της γρήγορης αφαίρεσης και τοποθέτησης του κράνους μιας και αποτελεί καθοδηγητικό παράγοντα της συγκεκριμένης εργασίας.

### 6.1 Ιδεασμός

Σχεδιαστικός στόχος είναι η σημαντική μείωση των κινήσεων και του χρόνου τοποθέτησης-αφαίρεσης του κράνους και η διερεύνηση εναλλακτικών τρόπων για την πραγματοποίηση αυτού. Περισσότερες λεπτομέρειες όπως το προστατευτικό προσώπου, οι μηχανισμοί ασφάλισης και τα προστατευτικά μαξιλάρια δεν μελετήθηκαν σε αυτή τη φάση σε βάθος προκειμένου η σχεδίαση να επικεντρωθεί στο παραπάνω ζήτημα. Συγκεκριμένα, λαμβάνοντας υπόψιν τις λειτουργικές απαιτήσεις, η σχεδιαστική διερεύνηση πραγματοποιήθηκε γύρω από την ισορροπία ασφάλειας-ταχύτητας και των ορίων που επιτρέπονται εκεί

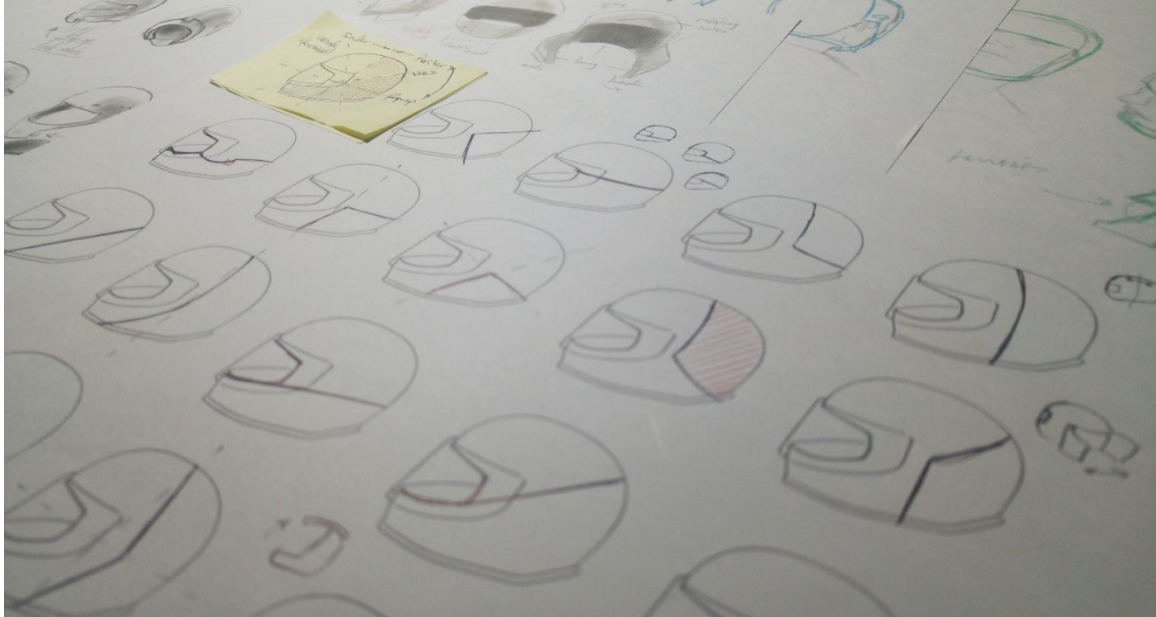
Πιο αναλυτικά, εξετάζοντας το ανταγωνιστικό προϊόν Vozz αλλά και τη γεωμετρία των συμβατικών κρανών, προέκυψε η κατανόηση πως η κορυφή του κεφαλιού αποτελεί το όριο μεταξύ ασφάλειας και ταχύτητας τοποθέτησης όσον αφορά το μέγεθος της περιοχής που καλύπτει το κράνος. Παρατηρώντας την Εικόνα 50, γίνεται κατανοητό πως όσο πιο δεξιά μετακινούμαστε από τη κατακόρυφη γραμμή, τόσο πιο ασφαλές θα είναι το κράνος καθώς θα καλύπτει όλο και περισσότερη επιφάνεια του κεφαλιού, με το κόστος όμως ότι η αφαίρεση ή τοποθέτησή του δεν θα είναι γρήγορες. Αντίστοιχα, όσο πιο αριστερά μετακινούμαστε από τη γραμμή, τόσο πιο γρήγορα θα είναι αυτά τα στοιχεία, σε βάρος της ασφάλειας αφού πλέον θα καλύπτεται ένα πολύ μικρό μέρος του κεφαλιού.

Ακόμη, σημαντικά σημεία τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψιν είναι κάτω από το σαγόκι και στο πίσω μέρος του κεφαλιού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 50. Αυτά είναι σημεία τα οποία κατά την τοποθέτηση ή την αφαίρεση θα πρέπει να «προσπεραστούν», με την έννοια ότι σχηματίζουν τη μεγαλύτερη απόσταση που θα πρέπει να καλυφθεί από το κράνος, κάνοντας τις λιγότερες δυνατές κινήσεις.



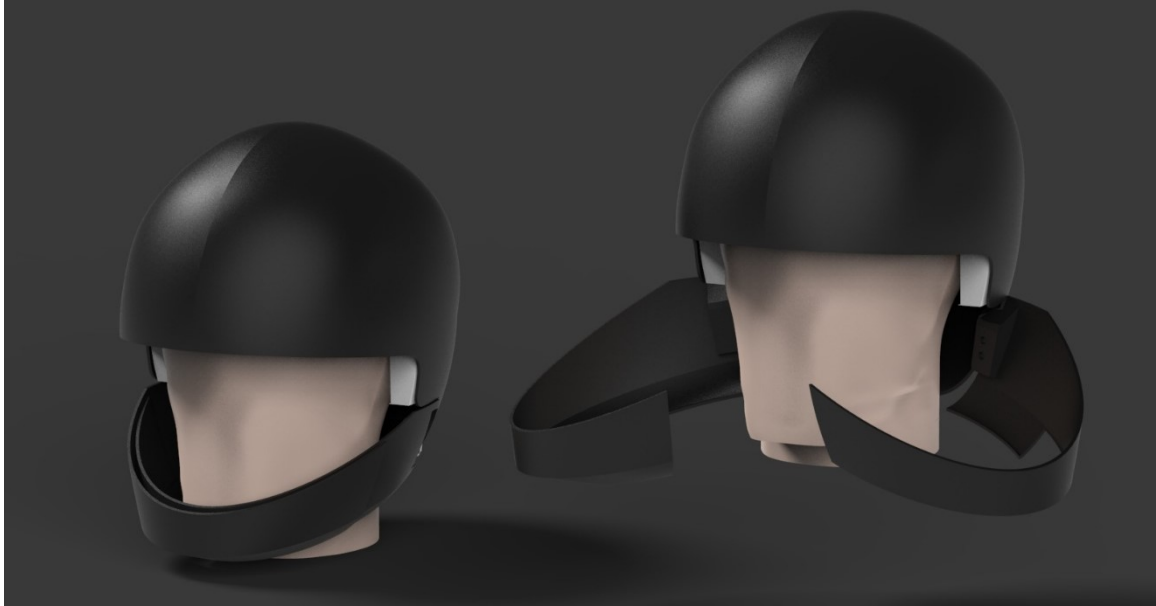
Εικόνα 50 Όρια ασφάλειας-Ταχύτητας τοποθέτησης για την περιοχή κάλυψης του κράνους

Μεγαλύτερη πρόκληση του ιδεασμού ήταν η διαμόρφωση της γεωμετρίας έτσι ώστε να ικανοποιεί επαρκώς την λειτουργικότητα και την ασφάλεια. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 51, τα σκίτσα που παράχθηκαν κατά τον ιδεασμό αφορούν διαφορετικές προσεγγίσεις για το διαχωρισμό του κελύφους λαμβάνοντας υπόψιν τις περιοχές που αποκλείονται από τις Προδιαγραφές. Τα σχέδια που επιλέχθηκαν να εξελιχθούν σε concepts κρίθηκαν σε πρώτη φάση σύμφωνα με το μέγεθος της συνεχόμενης επιφάνειας κελύφους γύρω από το κεφάλι. Σε δεύτερη φάση λήφθηκε υπόψιν η αποφυγή τοποθέτησης ασυνεχειών και μηχανισμών στα σημεία που εμπλέκονται περισσότερο σε ατυχήματα και τέλος κρίθηκε η περιπλοκότητα της κινησιολογίας τοποθέτησης/αφαίρεσης και έγινε προσπάθεια διατήρησης όσο το δυνατών πιο οικείων κινήσεων.



Εικόνα 51 Σκίτσα μελέτης των δυνατοτήτων της γεωμετρίας από τη διαδικασία του ιδεασμού





*Εικόνα 53 Φωτορεαλιστική απεικόνιση του concept 1 κλειστό και ανοικτό*

#### 6.1.1.2 Κινησιολογία που υποστηρίζει

Χρησιμοποιώντας και τα δύο χέρια για την τοποθέτηση επιτρέπει την άμεση αξιοποίησή τους και για το κλείσιμο μπροστά από το πρόσωπο όπως φαίνεται στην Εικόνα 53. Για την πραγματοποίηση αυτού του στόχου και την ικανοποίηση των προδιαγραφών αντοχής και εργονομίας, μελετήθηκε ο μηχανισμός κλεισίματος του σκληρού περιβλήματος των φτερών του σκαθαριού. Αυτό συνέβη διότι πρόκειται για μια ασυνέχεια στη γεωμετρία του κελύφους του σκαθαριού, όμως ταυτόχρονα αποτελεί ένα από τα πιο ανθεκτικά κελύφη στη φύση. Ο μηχανισμός που εξυπηρετεί αυτή την ιδιότητα αναλύεται λίγο παρακάτω, στη παράγραφο 6.1.1.3.



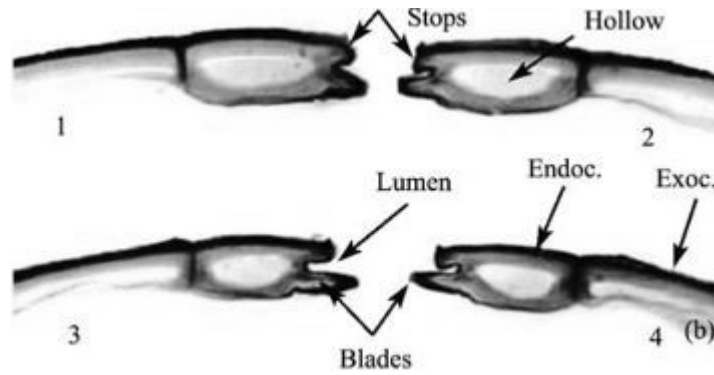
Εικόνα 54 Απεικόνιση βημάτων τοποθέτησης του Concept 1

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 54, για το άνοιγμα, την τοποθέτηση και την ασφάλιση του κράνους θα πρέπει να γίνουν έξι βήματα. Συγκεκριμένα, θεωρώντας πως το κράνος είναι κλειστό πριν την τοποθέτησή του θα πρέπει να ανοιχθεί πατώντας δύο αντιδιαμετρικά κουμπιά απασφάλισης των τμημάτων του σαγονιού. Στη συνέχεια, ακολουθεί η τοποθέτηση στο κεφάλι από πίσω και πάνω μετακινώντας το κράνος προς τα κάτω και μπροστά. Τέλος, πρέπει το κάθε τμήμα του σαγονιού να κλείσει με τη σωστή σειρά και να ασφαλισθεί στο υπόλοιπο κράνος προκειμένου να μην ενοχλεί στην οδήγηση. Η σωστή σειρά ασφάλισης δεν γίνεται να παρακαμφθεί καθώς η γεωμετρία των τμημάτων δεν επιτρέπει την ασφάλισή τους με διαφορετικό τρόπο.

### 6.1.1.3 Μηχανισμοί

#### 6.1.1.3.1 Επικάλυψη πλευρικών τμημάτων σαγονιού

Ο μηχανισμός με τον οποίο ασφαρίζει το σκληρό περίβλημα του σώματος του σκαθαριού βασίζεται σε δύο παράγοντες, τη γεωμετρία του και τη μορφολογία της επιφάνειάς του. Πιο συγκεκριμένα, αναφερόμαστε στη περιοχή κλειδώματος του περιβλήματος που ονομάζεται έλυτρο. Σε αυτή τη περιοχή, η γεωμετρία παρουσιάζει προεξοχές και εσοχές οι οποίες κατά το κλείσιμο εμπλέκονται κατά μήκος του σώματος του σκαθαριού [Εικόνα 55]. Η επιφάνεια αυτών αποτελείται από μικροσκοπικά δόντια τα οποία αυξάνουν τη τριβή μεταξύ τους [Dai et al. (2008)].



Εικόνα 55 Γεωμετρία Ελύτρου [Dai et al. (2008)]

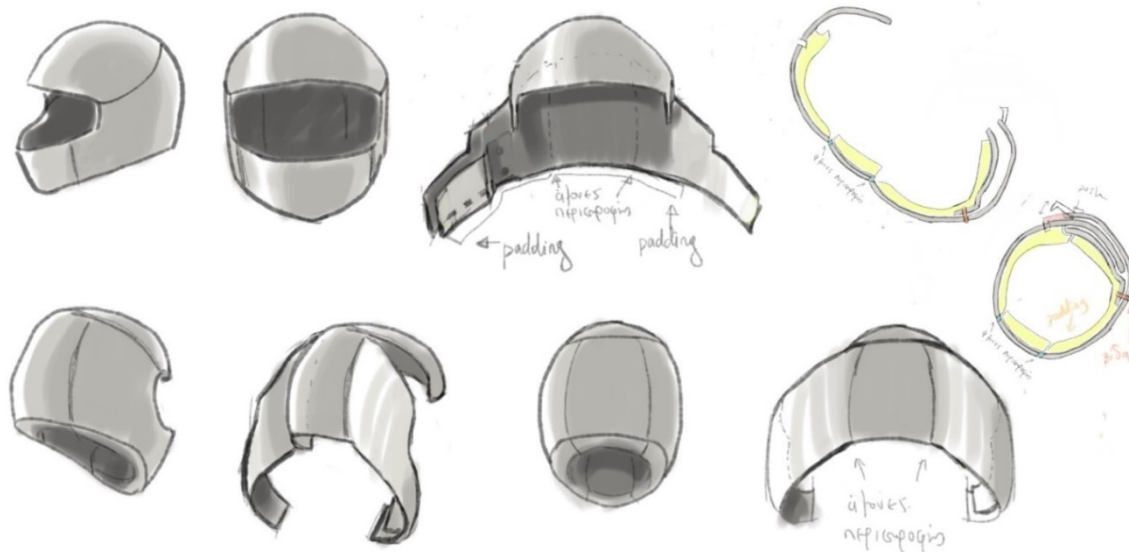


Εικόνα 56 Εφαρμογή Μηχανισμού στην ένωση λεπίδων-δίσκων στις τουρμπίνες

Εφαρμογή αυτού του μηχανισμού συναντάται στις τουρμπίνες όπου οι λεπίδες εμπλέκονται με τους δίσκους και απαιτείται ισχυρή συγκράτηση και δυνατότητα γρήγορης αφαίρεσης [Dai et al. (2008)], [Εικόνα 56].

Η μεταφορά αυτού του μηχανισμού στο concept 1 μεταφράστηκε στη διπλή επικάλυψη του κελύφους στη περιοχή του σαγονιού. Σκοπός αυτής της σχεδιαστικής λύσης είναι η ενίσχυση εκείνης της περιοχής καθώς όπως αναφέρθηκε στην έρευνα παραπάνω, η προστασία από τα full-face κράνη δεν είναι αρκετή. Η μορφολογία αυτή εξελίχθηκε από την Εικόνα 57 στην Εικόνα 52 προκειμένου να απλοποιηθεί η περιπλοκότητα της κατασκευής και να μειωθεί το συνολικό βάρος του κράνους.

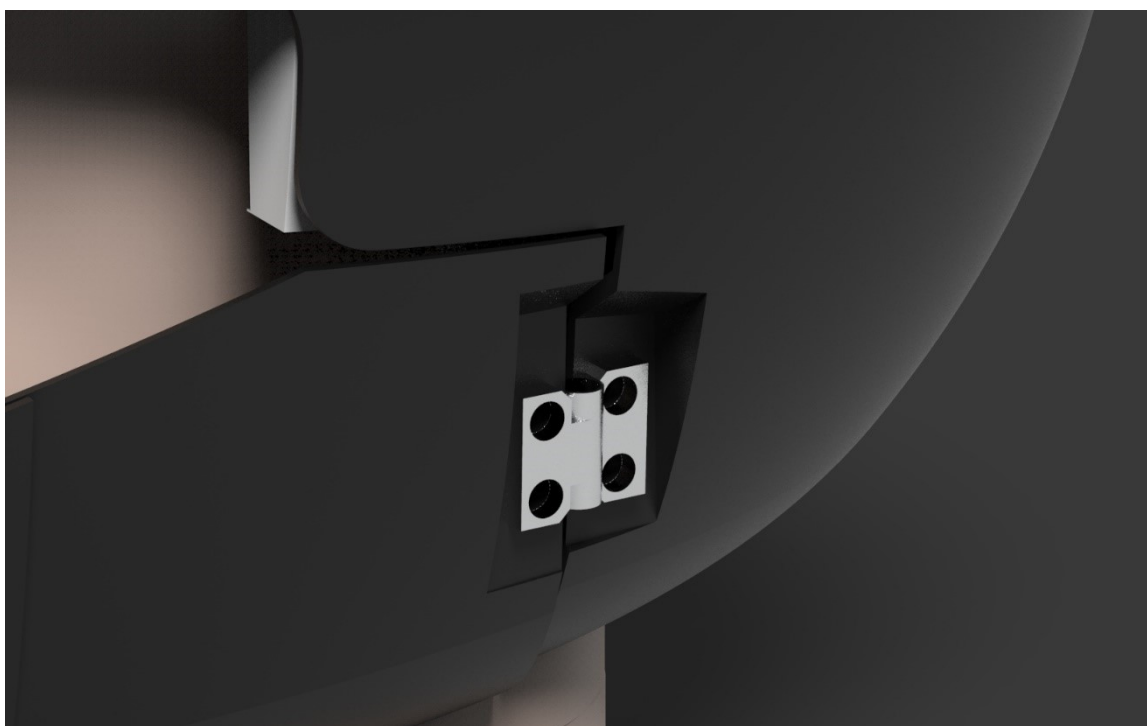




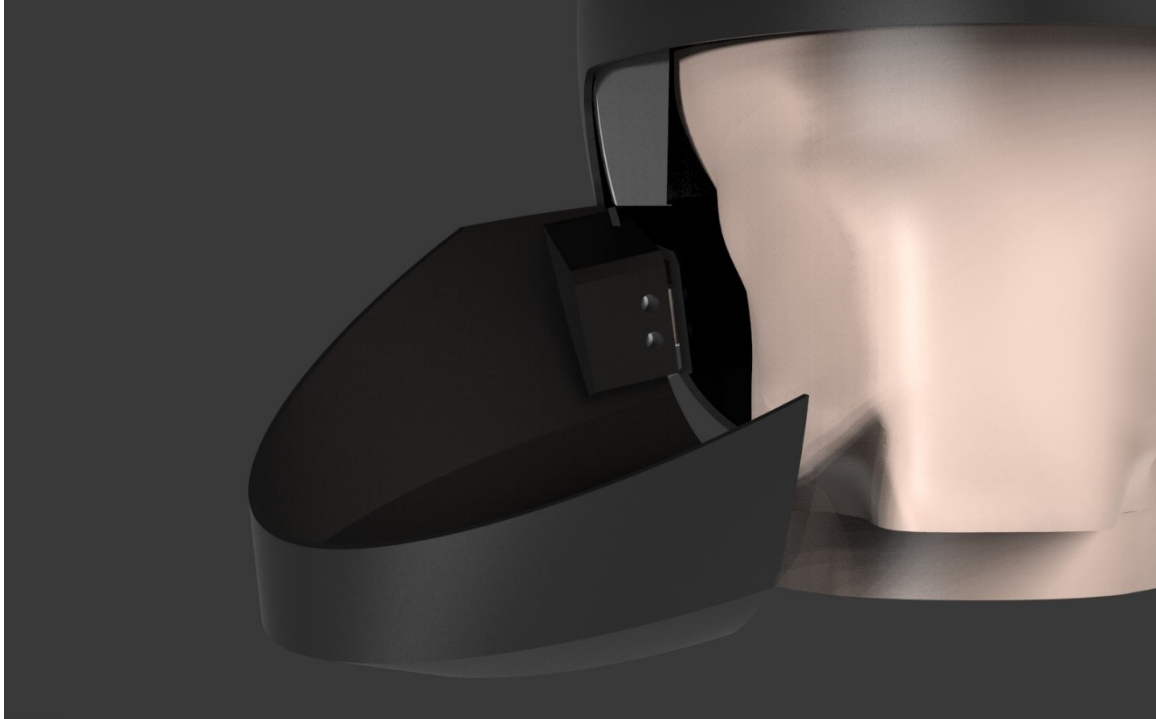
Εικόνα 57 Αρχικά στάδια σχεδιασμού concept 1

#### 6.1.1.3.2 Σύνδεση πλευρικών τμημάτων σαγονιού με κυρίως μέρος

Τα πλευρικά τμήματα του κράνους συνδέονται με το κυρίως μέσω μεντεσέδων. Για τη φιλοξένησή τους η γεωμετρία του κελύφους είναι ειδικά διαμορφωμένη [Εικόνα 58, Εικόνα 59]. Σημειώνεται ότι η μελέτη της γεωμετρίας έγινε με πρόχειρο τρόπο στο πλαίσιο της εξερεύνησης και της αναζήτησης λειτουργικότητας.



Εικόνα 58 Λεπτομέρεια συνδεσμολογίας concept 1



*Εικόνα 59 Φωτορεαλιστικές απεικονίσεις της γεωμετρίας του κελύφους*

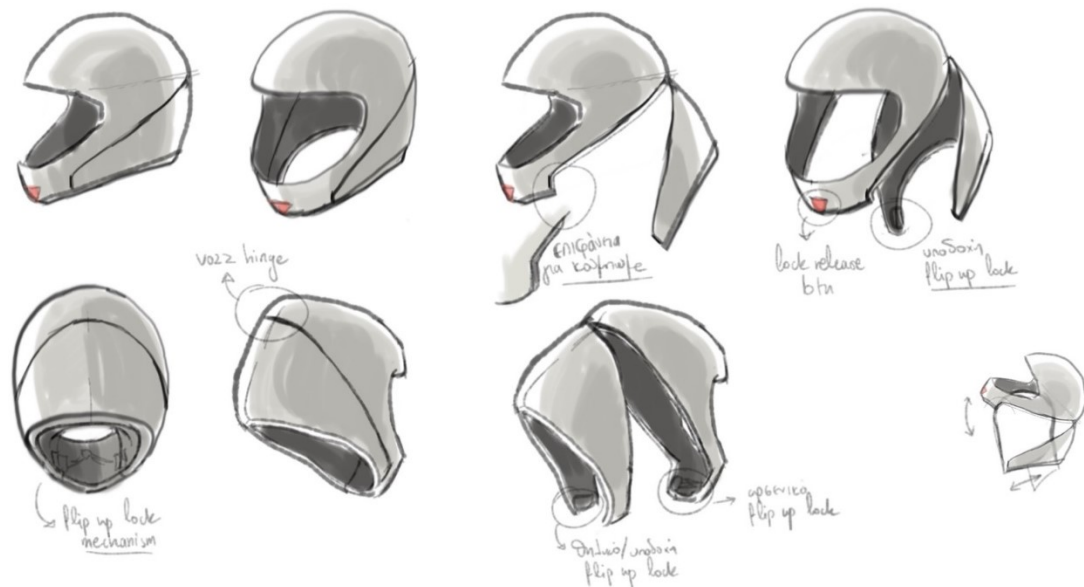
#### *6.1.1.3.3 Ασφάλιση πλευρικών τμημάτων σαγονιού με κυρίως μέρος*

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ασφάλιση των πλευρικών τμημάτων στα σημεία επαφής με το κυρίως μέρος του κράνους προβλέπεται να πραγματοποιείται με μηχανισμό ασφάλισης quick release. Η λειτουργικότητα αυτού του μηχανισμού εξετάσθηκε κατά την πρωτοτυποποίηση και παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6.3.2.2.

## 6.1.2 Concept 2 -Pacman

### 6.1.2.1 Περιγραφή

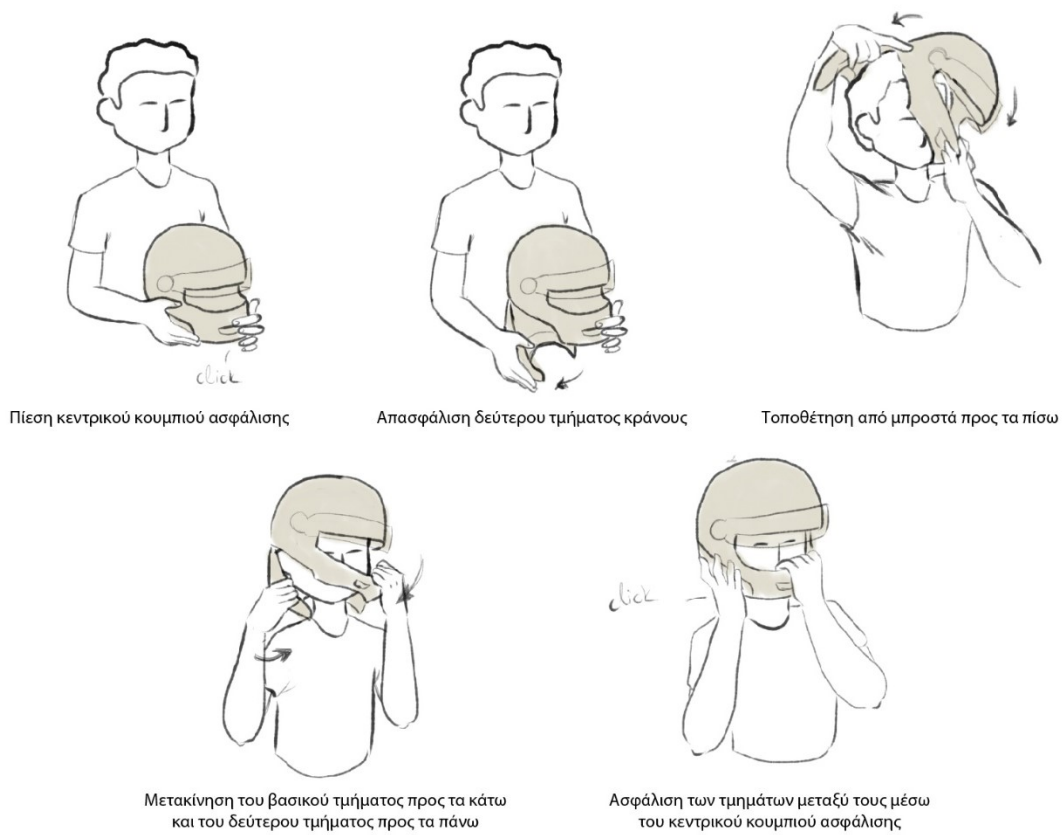
Το δεύτερο concept [Εικόνα 60] αποτελείται από δύο βασικά τμήματα τα οποία προβλέπεται να συνδέονται μεταξύ τους με μεντεσέ. Το κυρίως μέρος καλύπτει τις περιοχές από το σαγόι, το αυτί και τη μέση του κρανίου. Το δεύτερο μέρος καλύπτει τις υπόλοιπες περιοχές, δηλαδή από τη μέση του κρανίου και κάτω έως και λίγο πριν το σαγόι. Τα δύο μέρη κλειδώνουν μεταξύ τους με μηχανισμό όμοιο με εκείνο των κρανών flip-up. Όσον αφορά το προστατευτικό αφρό, προβλέπεται να τοποθετηθεί σε κάθε επιμέρους τμήμα με τη κατάλληλη μορφολογία.



Εικόνα 60 Σχέδιο μελέτης του δεύτερου concept

### 6.1.2.2 Κινησιολογία που υποστηρίζει

Το δεύτερο concept εξετάζει επίσης τη δυνατότητα τοποθέτησης από μπροστά προς τα πίσω χρησιμοποιώντας και τα δύο χέρια. Συγκεκριμένα, το ένα χέρι συγκρατεί το δεύτερο μέρος και το άλλο το κυρίως. Με αυτό τον τρόπο πρώτα τοποθετείται το κύριο μέρος, στο οποίο βρίσκεται ο μηχανισμός κλειδώματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ένα χέρι, και στη συνέχεια το δευτερεύον.



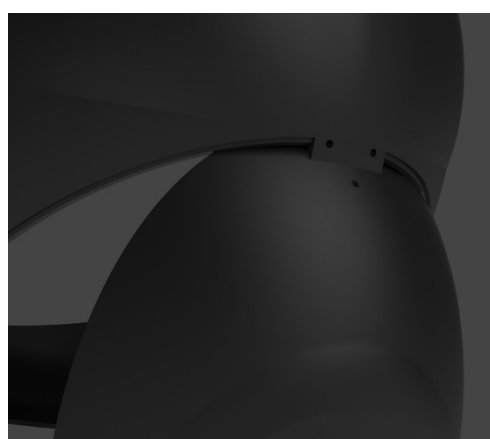
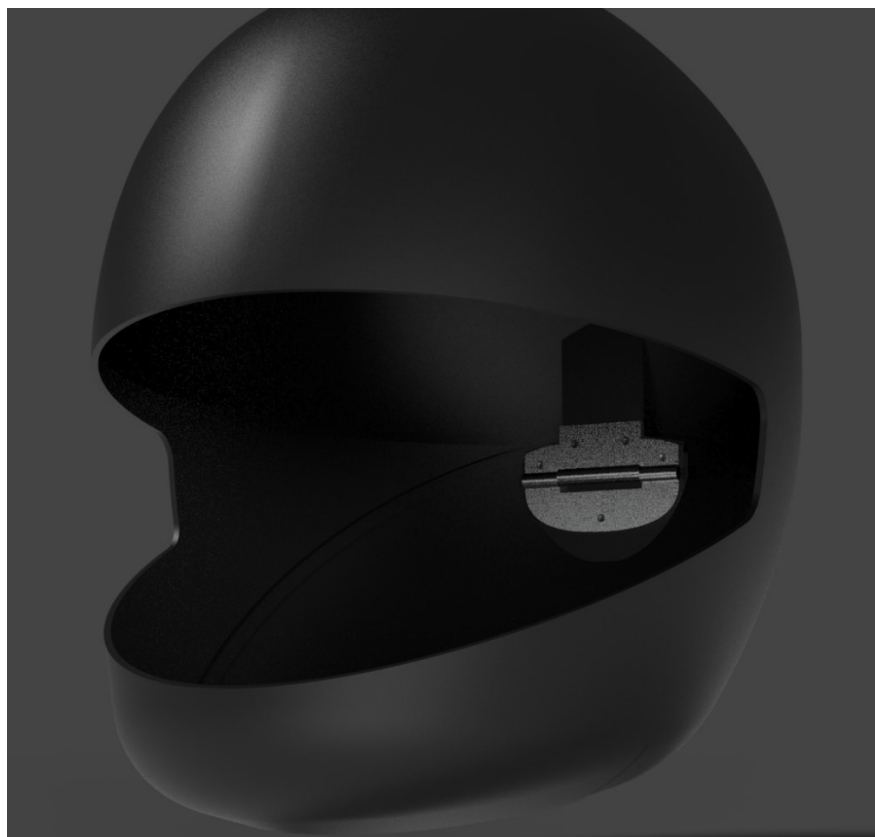
Εικόνα 61 Απεικόνιση βημάτων τοποθέτησης του Concept 2

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 61, για το άνοιγμα και την τοποθέτηση του κράνους απαιτούνται πέντε βήματα. Προκειμένου να απασφαλισθεί το κράνος πρέπει να πιεστεί το κεντρικό κουμπί που απελευθερώνει τους μηχανισμούς κλειδώματος των δύο τμημάτων. Μόλις γίνει αυτό επιτρέπεται η κίνηση μεταξύ των δυο μερών. Για την τοποθέτηση στο κεφάλι προβλέπεται η τοποθέτηση του βασικού τμήματος γύρω από το πρόσωπο. Στη συνέχεια το δευτερεύον μέρος μετακινείται προς τα κάτω ενώ το κύριο προς τα πάνω μέχρις ότου να μπορούν να κλειδωθούν μεταξύ τους πιέζοντας ξανά το κεντρικό κουμπί.

### 6.1.2.3 Μηχανισμοί

#### 6.1.2.3.1 Μηχανισμός σύνδεσης των δύο τμημάτων

Τα δύο μέρη συνδέονται μεταξύ τους στο πίσω μέρος μέσω μεντεσέ. Το κέλυφος για την εξυπηρέτηση αυτού έχει ειδικά διαμορφωμένη γεωμετρία όπως φαίνεται στην Εικόνα 62.



Εικόνα 62 Μηχανισμός σύνδεσης τμημάτων κελύφους δεύτερου concept.

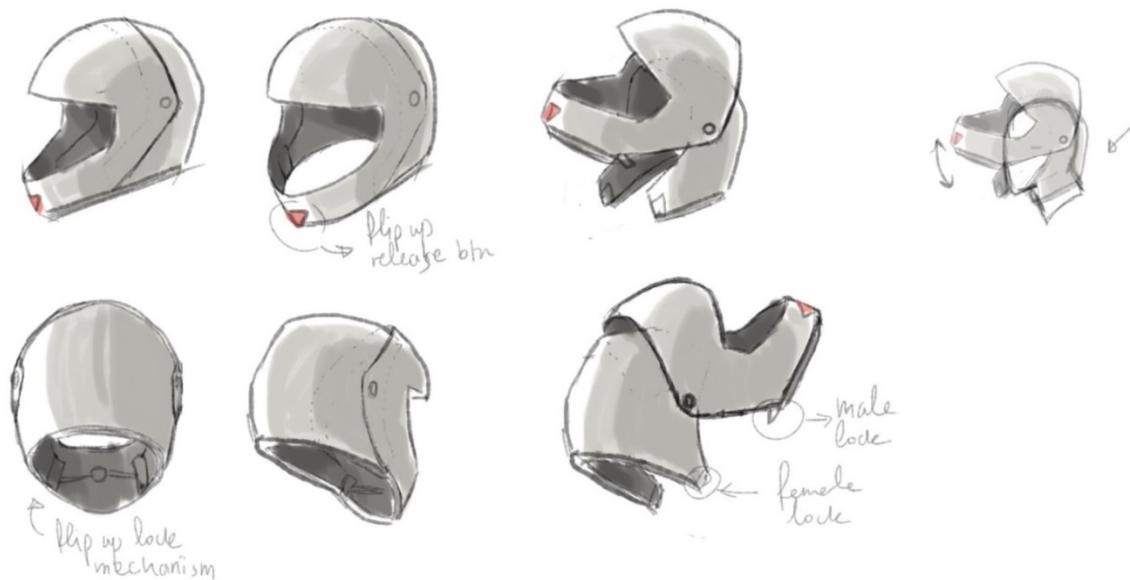
#### 6.1.2.3.2 Μηχανισμός ασφάλισης των δύο τμημάτων

Τα δύο τμήματα του κελύφους προβλέπεται να ασφαλίζουν μεταξύ τους στο σημείο επαφής μέσω του μηχανισμού των flip-up κρανών όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 2.1-Βασικά στοιχεία ενός κράνους.

### 6.1.3 Concept 3 -Cuckoo

#### 6.1.3.1 Περιγραφή

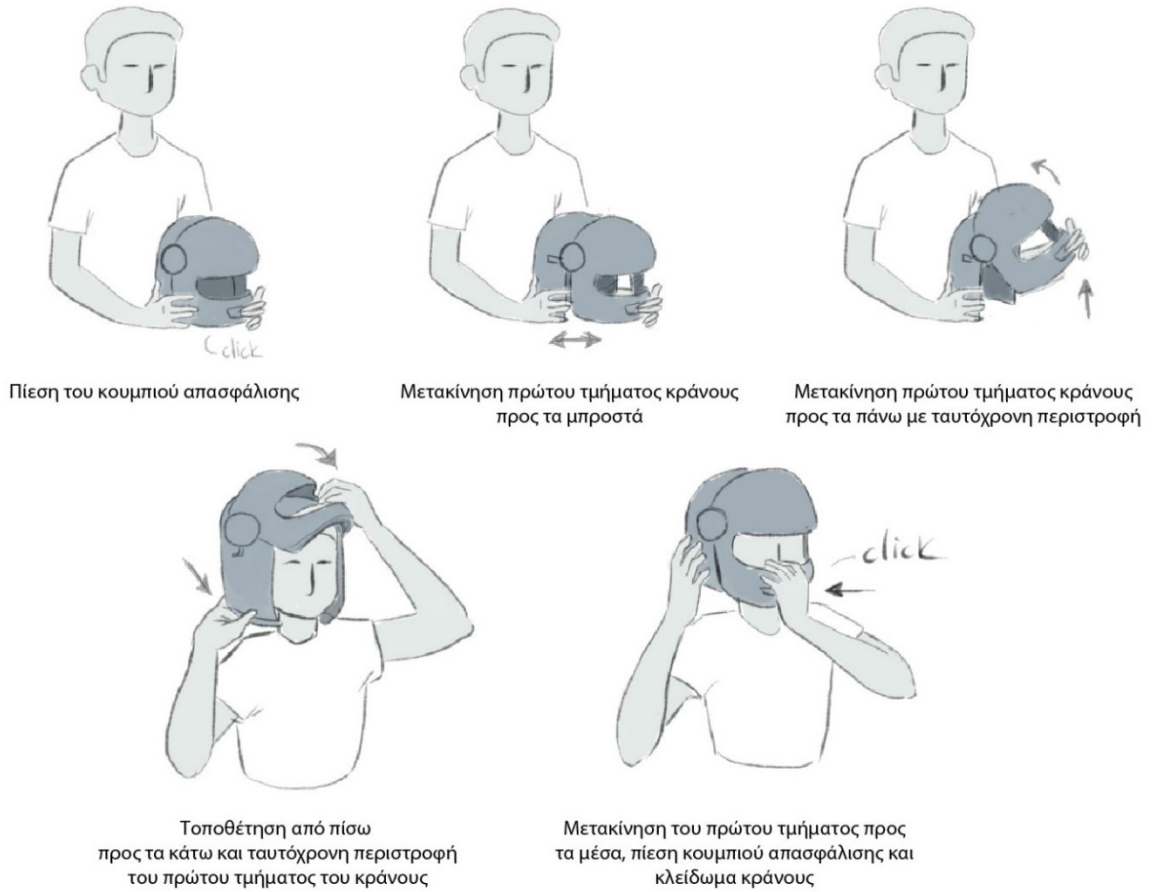
Το τρίτο concept [Εικόνα 63] αποτελείται από δύο βασικά τμήματα, το κυρίως που καλύπτει την περιοχή του κεφαλιού από τη μέση προς το πρόσωπο και το δευτερεύον που καλύπτει την πλευρά του κεφαλιού από τη μέση προς τα πίσω. Σκοπός αυτού του σχεδίου είναι η αξιοποίηση μιας συνεχούς γεωμετρίας του κελύφους στη περιοχή του προσώπου, ως τρόπο βελτιστοποίησης της γεωμετρίας των flip-up κράνων. Τα δυο τμήματα συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός ειδικά διαμορφωμένου μηχανισμού που βρίσκεται πλευρικά του κράνους και ασφαλίζουν με το μηχανισμό που χρησιμοποιείται στα flip-up κράνη.



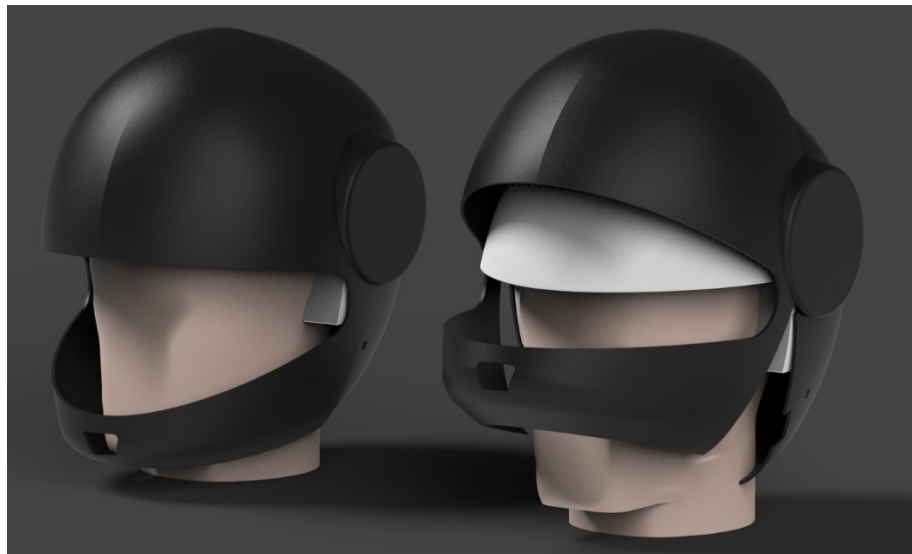
Εικόνα 63 Σχέδια μελέτης του Concept 3

#### 6.1.3.2 Κινησιολογία που υποστηρίζει

Το τρίτο concept εξετάζει τη δυνατότητα λειτουργίας με το ένα χέρι. Συγκεκριμένα σχεδιάστηκε έτσι ώστε το ένα χέρι να συγκρατεί το οπίσθιο μέρος καθώς το πρώτο κινεί το εμπρόσθιο [Εικόνα 64, Εικόνα 65]. Πριν τη τοποθέτηση απαιτείται το άνοιγμα του κράνους χρησιμοποιώντας και τα δυο χέρια. Η ασφάλιση/απασφάλιση πραγματοποιείται από ένα κεντρικό κουμπί τοποθετημένο στη περιοχή του σαγονιού και στη συνέχεια απελευθερώνεται το εμπρόσθιο μέρος και επιτρέπεται η μετακίνησή του. Η τοποθέτηση έχει προβλεφθεί να πραγματοποιείται στηρίζοντας το οπίσθιο μέρος στο κεφάλι και στη συνέχεια μετακινώντας το εμπρόσθιο μέρος περιστρέφοντας προς τα κάτω και τέλος μετακινώντας οριζόντια προς τα πίσω προκειμένου να έρθουν σε επαφή οι μηχανισμοί ασφάλισης. Η αντίστροφη διαδικασία επιτρέπει την αφαίρεση του κράνους από το κεφάλι.



Εικόνα 64 Απεικόνιση βημάτων τοποθέτησης του Concept 3



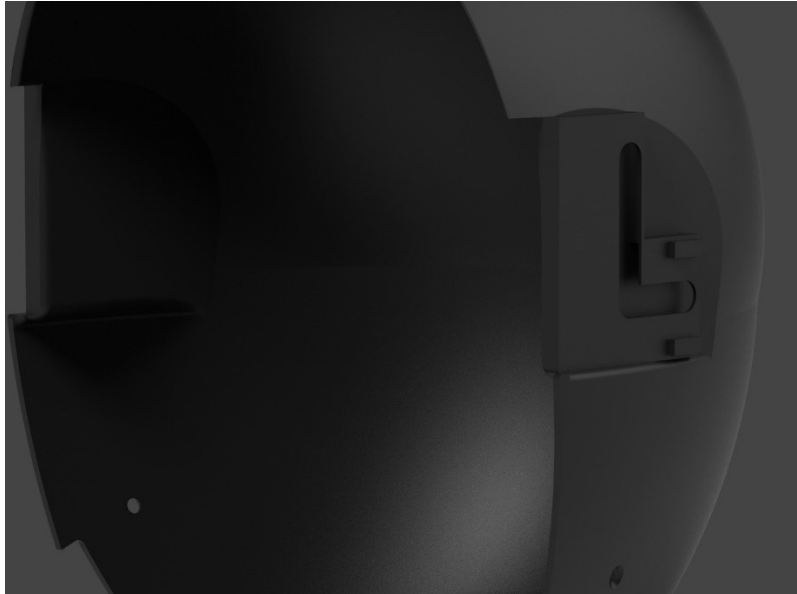
Εικόνα 65 Κλειστή και ανοιχτή θέση του concept 3



### 6.1.3.3 Μηχανισμοί

#### 6.1.3.3.1 Μηχανισμός σύνδεσης των δύο τμημάτων

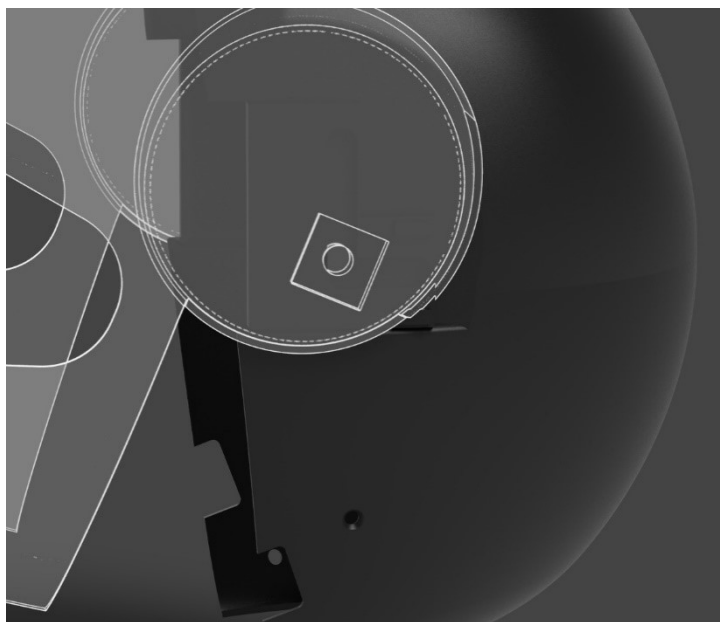
Η σύνδεση των δύο τμημάτων πραγματοποιείται μέσω μιας άρθρωσης που αποτελείται από ένα πύρο εγκλωβισμένο σε μια υποδοχή (Pin-In-A-Slot) [Εικόνα 66, Εικόνα 67, Εικόνα 68]. Στο εμπρόσθιο μέρος βρίσκεται ο πύρος ο οποίος στη βάση του έχει ένα πλαίσιο. Στην υποδοχή σχήματος L υπάρχουν δύο εξοχές στη κάτω δεξιά περιοχή οι οποίες δεν επιτρέπουν στο πύρο να περιστραφεί και κατ' επέκταση το εμπρόσθιο μέρος. Μετακινώντας το απασφαλισμένο εμπρόσθιο μέρος προς τα μπροστά απεμπλέκει τον πύρο και μόλις το πλαίσιο προσπεράσει τις εξοχές επιτρέπεται η περιστροφή του εμπρόσθιου κελύφους γύρω από το οπίσθιο μέρος.



Εικόνα 66 Υποδοχή πύρου που βρίσκεται συμμετρικά στο οπίσθιο μέρος του κράνους



Εικόνα 67 Ο πύρος που βρίσκεται στο εμπρόσθιο τμήμα του κράνους



Εικόνα 68 Σύνδεση πύρου και υποδοχής μεταξύ των δύο κελυφών

#### 6.1.3.3.2 Μηχανισμός ασφάλισης των δύο τμημάτων

Τα δύο τμήματα του κελύφους προβλέπεται να ασφαλίζουν μεταξύ τους στο σημείο επαφής μέσω του μηχανισμού των flip-up κρανών όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 2.1-Βασικά στοιχεία ενός κράνους.

## 6.2 Επιλογή Υλικών

### 6.2.1 Επιλογή υλικών κελύφους

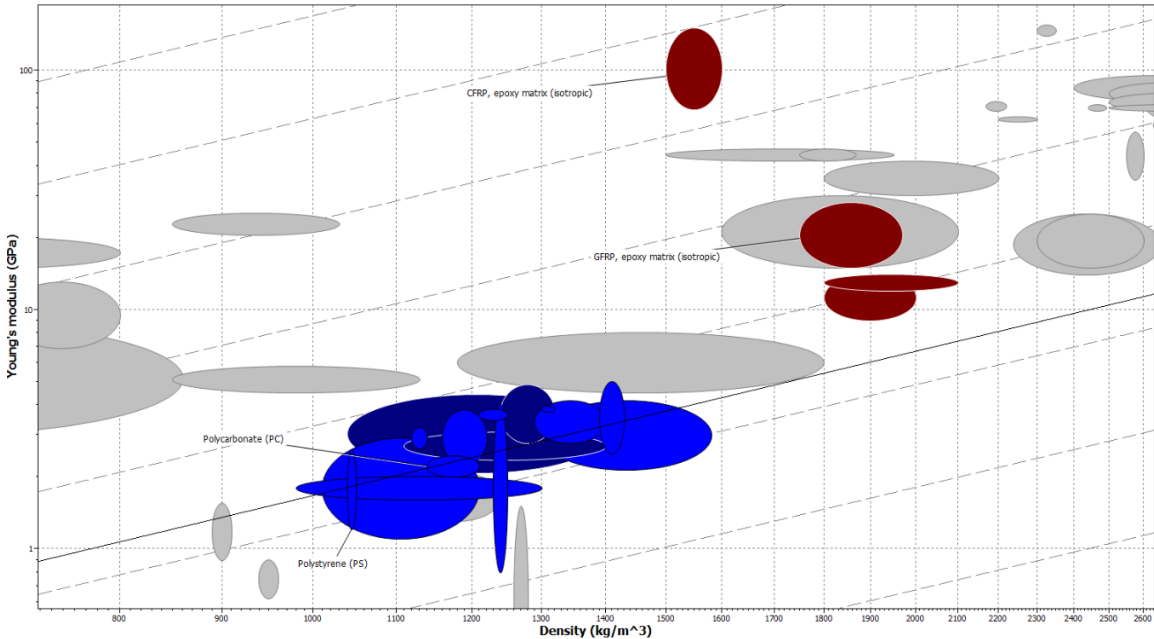
Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1-Εισαγωγική Έρευνα για τα κράνη, είναι σημαντικό το υλικό από το οποίο αποτελείται το κέλυφος να μπορεί να κατανέμει όσο το δυνατόν περισσότερο το φορτίο που δέχεται ώστε η λειτουργικότητα του κράνους να μη βασίζεται στην μεταφορά και απορρόφηση της ενέργειας από τον προστατευτικό αφρό. Βασιζόμενοι σε αυτό, θα πρέπει η επιλογή του υλικού να περιοριστεί σε εκείνα που εμφανίζουν μεγάλη αντοχή σε κάμψη, απορρόφηση ενέργειας και όσο το δυνατόν μικρότερη πυκνότητα (για μικρότερο βάρος). Για την επιλογή των υλικών αυτών, εφαρμόστηκε η μεθοδολογία επιλογής υλικών όπως προτείνεται από τους Ashby & Johnson (2002). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τον αντίστοιχο χάρτη υλικών [Εικόνα 69] και τον κατάλληλο Δείκτη Απόδοσης Υλικού (Δ.Α.Υ.) μπορεί να περιοριστεί η επιλογή στα βέλτιστα υλικά για τις ανάγκες του σχεδιασμού. Για την επιλογή του κελύφους, ο Δ.Α.Υ. για δοκό με ελάχιστο βάρος και προκαθορισμένη ακαμψία<sup>3</sup>, είναι  $M = E^{1/2}/\rho$  και στο χάρτη τέθηκαν περιορισμοί<sup>4</sup> ώστε να εμφανίζονται τα πιο άκαμπτα υλικά [Πίνακας 7]. Μελετώντας παραπάνω τις ιδιότητες και δυνατότητες κατεργασίας των υλικών αυτών, εκείνα που ανταποκρίνονται καλύτερα σε αυτές τις απαιτήσεις είναι τα σύνθετα υλικά. Μεγάλο πλεονέκτημα των σύνθετων υλικών είναι η μεγάλη δυσκαμψία τους και η αντοχή ανά μονάδα βάρους, ιδιότητες που προκύπτουν από το

<sup>3</sup>  $S = F/\delta$  όπου  $\delta \leq 50mm$  σε  $F_{max} = 4900N$  (500kg)

<sup>4</sup> Πυκνότητα 1040-1800 kg/m<sup>3</sup>, Μέτρο ελαστικότητας 1-100 GPa, Όριο διαρροής 10-1100 MPa, Αντοχή Εφελκυσμού 15-1000 MPa και δυνατότητα χύτευσης 1-5

συνδυασμό των ιδιοτήτων των επιμέρους υλικών της μήτρας και των ινών [Ashby & Johnson (2002)].

Εξετάζοντας τον Πίνακα 7, μπορούμε να επιλέξουμε μεταξύ μερικών υλικών με ικανοποιητικές ιδιότητες. Μεταξύ αυτών μπορούν να παρατηρηθούν εκείνα τα οποία συναντώνται συχνά στη βιομηχανία όπως τα σύνθετα με ανθρακονήματα ή μερικά θερμοπλαστικά.



Εικόνα 69 Χάρτης Ashby

Πίνακας 7 Υλικά που ικανοποιούν τους περιορισμούς και τις απαιτήσεις που τέθηκαν

- Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)
- Cellulose polymers (CA)
- CFRP, epoxy matrix (isotropic)
- Dough (Bulk) molding compound, DMC (BMC), polyester matrix
- Epoxies
- GFRP, epoxy matrix (isotropic)
- Phenolics
- Polyamides (Nylons, PA)
- Polycarbonate (PC)
- Polyester
- Polyetheretherketone (PEEK)
- Polyethylene terephthalate (PET)
- Polyhydroxyalkanoates (PHA, PHB)
- Polylactide (PLA)
- Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA)
- Polyoxymethylene (Acetal, POM)
- Polystyrene (PS)
- Polyvinylchloride (tpPVC)
- Sheet molding compound, SMC, polyester matrix

#### 6.2.1.1 Σύνθετα πολυμερών/ ανθρακονήματος

Σε γενικές γραμμές, τα σύνθετα αυτά απαρτίζονται από μήτρες πολυμερών και ενισχύονται με συνεχείς ή τεμαχισμένες ίνες γυαλιού ή ίνες άνθρακα. Στην αγορά, πιο συχνά συναντώνται κράνη κατασκευασμένα από σύνθετα πολυμερών/ανθρακονήματος μιας και είναι ελαφρότερα από τα σύνθετα με υαλονήματα. Όσον αφορά τα πολυμερή που χρησιμοποιούνται, πιο συνήθεις επιλογές είναι η εποξειδική ρητίνη ή ο πολυεστέρας. Από αυτά, καλύτερες ιδιότητες και ανθεκτικότητα προσφέρει η εποξειδική ρητίνη και προτιμάται παρά το μεγαλύτερο κόστος της [Ashby & Johnson (2002)].

#### 6.2.1.2 Σύνθετα πολυμερών/ φυσικών ινών

Εκτός από αυτές τις επιλογές σύνθετων με πολυμερή, τα τελευταία χρόνια ερευνώνται οι ιδιότητες και οι δυνατότητες εφαρμογής των σύνθετων ενισχυμένων με φυσικές ίνες. Οι φυσικές ίνες έχουν χαμηλότερο κόστος και πυκνότητα με υψηλές ιδιότητες. Επίσης, είναι βιοδιασπώμενες, δεν διαβρώνονται και είναι συγκρίσιμες με τις ίνες που χρησιμοποιούνται συνήθως όσον αφορά τις ιδιότητές τους. Παρόλα αυτά, μερικά μειονεκτήματά τους είναι η μη-συμβατικότητά τους με υδρόφοβες πολυμερείς μήτρες, την τάση να σχηματίζουν συγκεντρώσεις υλικού κατά την επεξεργασία και κακή αντίσταση στην υγρασία [Saheb et al. (1999)].

Πολλές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στις μηχανικές τους ιδιότητες και τρόπους βελτιστοποίησής τους όμως πρόκειται για έναν χώρο ο οποίος ακόμη ωριμάζει. Έχει αναγνωρισθεί πως το ανώτατο όριο ποσοστού των φυσικών ινών σε αυτά τα σύνθετα είναι 80% και εξετάζονται συνεχώς τρόποι βελτιστοποίησης των ιδιοτήτων τους. Οι περισσότερες έρευνες επικεντρώνονται στις μηχανικές ιδιότητες των ινών όπως η τάση εφελκυσμού, το μέτρο ελαστικότητας, στις φυσικές ιδιότητες όπως είναι η πυκνότητα αλλά και στις οργανοληπτικές τους ιδιότητες (ιδιότητες που έχουν να κάνουν με τις ανθρώπινες αισθήσεις).

Όσον αφορά την εμπορευματοποίηση αυτών των υλικών, υπάρχει συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον και δοκιμαστικές εφαρμογές του στην αυτοκινητοβιομηχανία. Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα είναι τα πρωτότυπα της Jaguar όπου έχουν χρησιμοποιηθεί σύνθετα PLA/ ίνες λιναριού ως επένδυση στις πόρτες των επιβατών [Thompson (2013)]. Πιο συγκεκριμένα, οι ιδιότητες των σύνθετων αυτών περιλαμβάνουν πυκνότητα γύρω στα 0.9 gr/cm<sup>3</sup>, ακαμψία γύρω στα 3000 MPa, τάση κρούσης στα 25 kJ/m<sup>2</sup> και καλή ηχητική απορροφητικότητα [Saheb et al. (1999)]. Εμπορικά διαθέσιμα είναι τα σύνθετα με βάση τις πολυολεφίνες τα οποία παρουσιάζουν θετικό αντίκτυπο στη διαδικασία παραγωγής και στο βάρος τους.

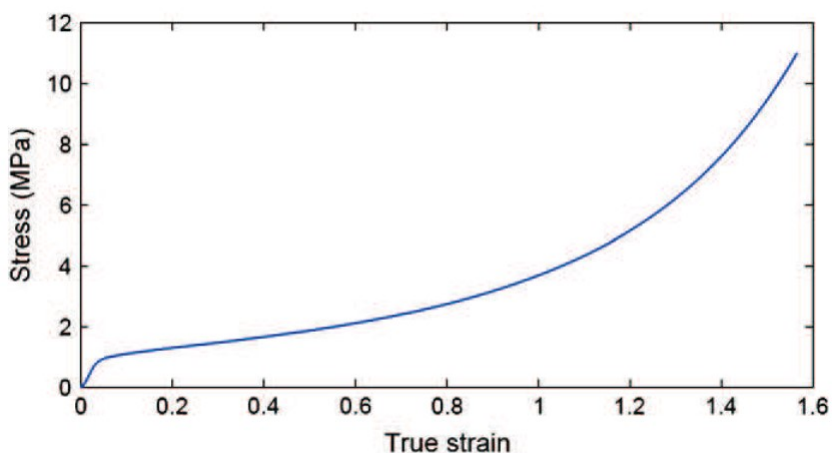
Λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητάς τους δεν μπορούν να επιλεχθούν με σιγουριά ως υλικά για το κέλυφος κράνους. Θεωρητικά μπορούν να υπολογισθούν οι ιδιότητές τους εξετάζοντας τα κριτήρια αριστείας τους όμως αυτό απομακρύνεται από το σκοπό της εργασίας. Ωστόσο, θα ήταν προτιμότερο το σχέδιο που θα επιλεχθεί να μπορεί να υποστηρίξει τη κατασκευή τόσο με σύνθετα υλικά φυσικών ινών όσο και με σύνθετα με ίνες άνθρακα.

#### 6.2.2 Επιλογή υλικών προστατευτικού αφρού

Κύρια λειτουργία του προστατευτικού αφρού είναι η απορρόφηση της ενέργειας κρούσης και παραμόρφωσης που έχει μεταφερθεί από το κέλυφος. Συνεπώς, είναι σημαντικό το υλικό αυτό να απορροφά μεγάλη ενέργεια ανά μονάδα όγκου ή μεγάλη ενέργεια ανά μονάδα μάζας. Πιο

αποτελεσματικά υλικά για αυτό το προφίλ φαίνεται να είναι τα άκαμπτα αφρώδη πολυμερή και οι μεταλλικοί αφροί.

Τα άκαμπτα αφρώδη πολυμερή πρόκειται για το υλικό το οποίο ήδη χρησιμοποιείται ως προστατευτικό στα κράνη. Έχει μικρή πυκνότητα και πολύ ικανοποιητική απορρόφηση ενέργειας ανά μονάδα όγκου. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 70, η τάση παραμένει χαμηλή για μεγάλες παραμορφώσεις. Ωστόσο, το αποτύπωμά του στο περιβάλλον δεν είναι αμελητέο καθώς δεν μπορεί να ανακυκλωθεί μετά το τέλος του κύκλου ζωής του. Αντίθετα, οι μεταλλικοί αφροί είναι ένα σχετικά νέο και πολλά υποσχόμενο υλικό του οποίου το εύρος εφαρμογών ερευνάται συνεχώς. Παρουσιάζει επίσης μικρή πυκνότητα (μερικοί αφροί επιπλέουν στο νερό) και καλά χαρακτηριστικά απορρόφησης ενέργειας. Μερικά από τα μειονεκτήματά του είναι το υψηλό του κόστος, η μικρή διαθεσιμότητά του και το ελλιπές σύνολο γνώσεων των ιδιοτήτων του.



Εικόνα 70 Διάγραμμα τάσης-παραμόρφωσης πολυμερικού αφρού

Μέχρι στιγμής οι διαδικασίες καταργασίας του είναι πολύπλοκες και ιδιαίτερες όμως εξελίσσονται συνεχώς. Αν και αυτό καθιστά δύσκολη την επιλογή του ως υλικό για τον προστατευτικό αφρό, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψιν σε μελλοντικές βελτιστοποιήσεις και πιθανή εξέλιξη των concepts.

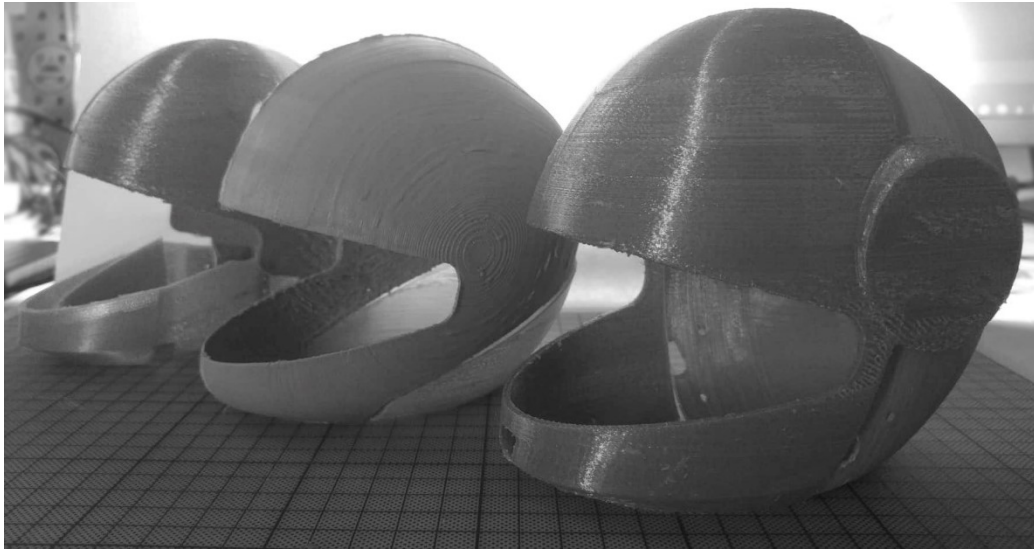
### 6.3 Κατασκευή Πρωτοτύπων

Σημαντικό στάδιο της διαδικασίας σχεδιασμού αποτελεί η κατασκευή πρωτοτύπων. Για τη συγκεκριμένη εργασία, κατασκευάστηκαν πρωτότυπα των concepts σε δύο φάσεις. Στη πρώτη, προκειμένου να μελετηθεί σε μεγαλύτερο βάθος η λειτουργικότητα των ιδεών, τυπώθηκαν μικρής κλίμακας κράνη και ένα ομοίωμα κεφαλιού. Στη δεύτερη, προκειμένου να εξυπηρετήσουν τη διαδικασία της αξιολόγησης, κατασκευάστηκαν φυσικού μεγέθους πρωτότυπα διαμορφώνοντας τα κελύφη υπαρχόντων κρανών της αγοράς.

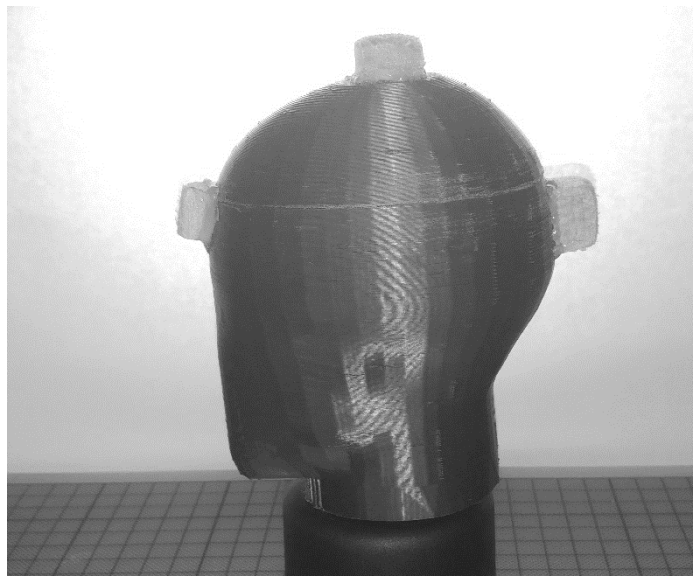
#### 6.3.1 Πρωτότυπα Κλίμακας 1:2

Σημαντικά για την κατανόηση των κινήσεων τοποθέτησης και αφαίρεσης αποτέλεσαν τα πρώτα πρωτότυπα μικρής κλίμακας. Συγκεκριμένα, αξιοποιώντας τα τρισδιάστατα μοντέλα των concepts, πραγματοποιήθηκαν τρισδιάστατες εκτυπώσεις σε κλίμακα 1:2. Για την εξυπηρέτηση της χρήσης τους, τυπώθηκε στην ίδια κλίμακα ένα ομοίωμα κεφαλιού όπως προδιαγράφεται από το

Ευρωπαϊκό Πρότυπο Σχεδίασης ECE 22.05 [Εικόνα 71, Εικόνα 72]. Αργότερα, τα πρωτότυπα αυτά χρησίμευσαν στην επικοινωνία των ιδεών για την κατασκευή των πρωτοτύπων κλίμακας 1:1.



Εικόνα 71 Τρισδιάστατες εκτυπώσεις των concepts σε κλίμακα 1:2



Εικόνα 72 Ομοίωμα κεφαλιού Ευρωπαϊκών προδιαγραφών. Πάνω του έχουν κολληθεί τρεις κύβοι πάχους ίσου με το πάχος του προστατευτικού αφρού σε μια προσπάθεια προσομοίωσης του προκειμένου η εφαρμογή των κρανών να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτική.

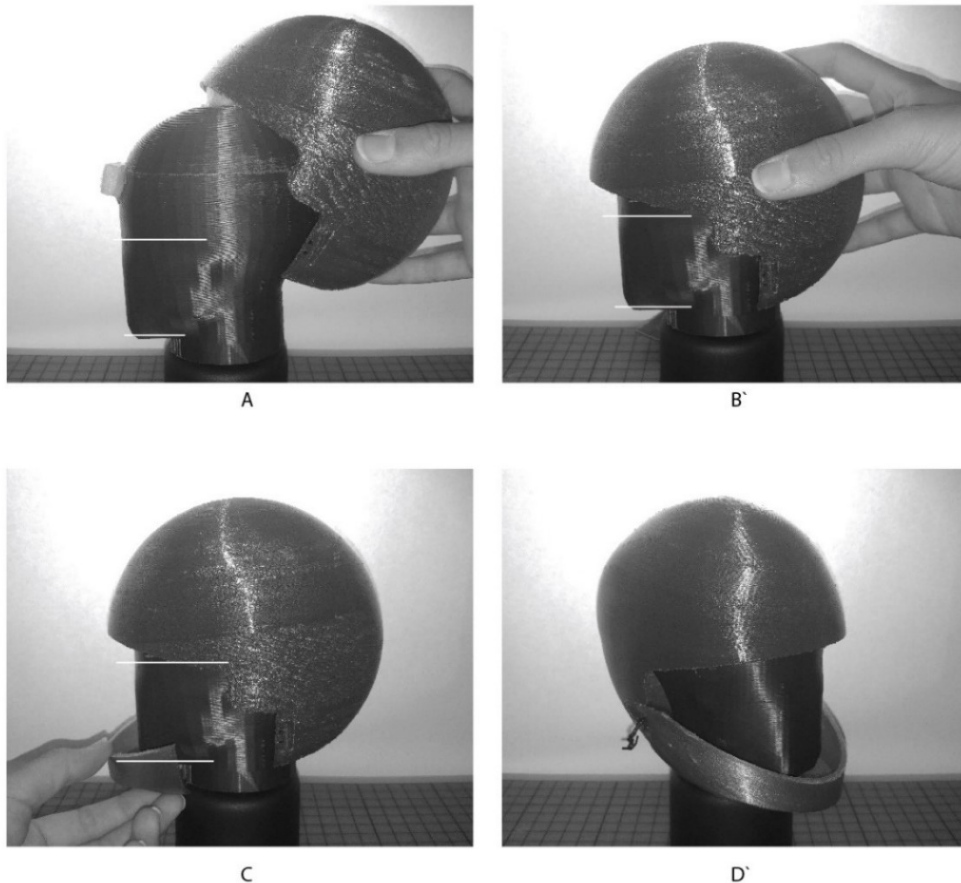
#### 6.3.1.1 Δοκιμές λειτουργικότητας των Concepts

Σκοπός της κατασκευής αυτών των πρωτοτύπων ήταν η διερεύνηση της τοποθέτησης και αφαίρεσης στο ομοίωμα κεφαλιού και ο εντοπισμός πιθανών προβληματικών σημείων. Παρακάτω παρουσιάζονται στιγμιότυπα της τοποθέτησής τους στο ομοίωμα κεφαλιού, μη λαμβάνοντας υπόψιν τη διαδικασία ανοίγματός τους. Η διαδικασία αυτή δεν λήφθηκε σοβαρά υπόψιν διότι οι μηχανισμοί που επιτρέπουν τις σχεδιασμένες κινήσεις ανοίγματος ήταν χαμηλής πιστότητας όντας υπό κλίμακα.



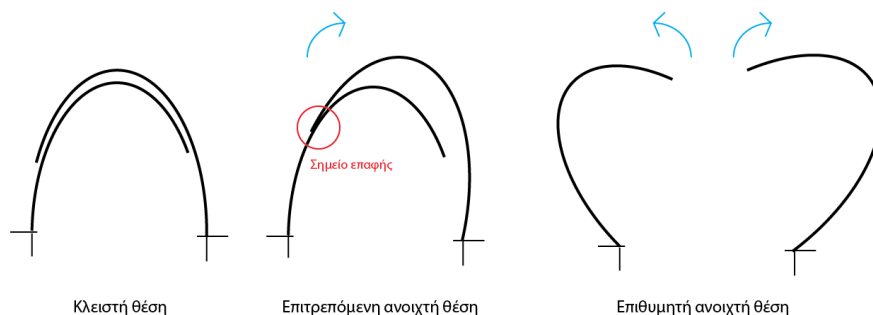
### 6.3.1.1.1 Πρώτο Concept

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που επιβεβαιώθηκε από το πρωτότυπο μικρής κλίμακας του πρώτου concept [Εικόνα 73] είναι ο περιορισμός της γεωμετρίας και η αδυναμία επικάλυψης του κελύφους στη περιοχή του σαγονιού [Εικόνα 74]. Η ελλειψοειδής γεωμετρία του κελύφους, και ειδικότερα του σαγονιού, δεν επιτρέπει την μετακίνηση των πλευρικών τμημάτων. Αυτό συμβαίνει γιατί το σημείο περιστροφής βρίσκεται χαμηλά στην έλλειψη και συνεπώς οι δύο γεωμετρίες εφάπτονται αδυνατώντας να κινηθεί η μια γύρω από την άλλη. Το σχήμα της έλλειψης δεν μπορεί να τροποποιηθεί καθώς το κράνος δεν θα προστάτευε αποτελεσματικά το ανθρώπινο κεφάλι από τις κρούσεις.



Εικόνα 73 Μελέτη τοποθέτησης του Concept 1 αξιοποιώντας το πρωτότυπο μικρής κλίμακας. A) Τοποθέτηση από πίσω και πάνω B) Μετακίνηση προς τα κάτω και μπροστά C) Κλείσιμο των πλευρικών D) Ολοκληρωμένη γεωμετρία

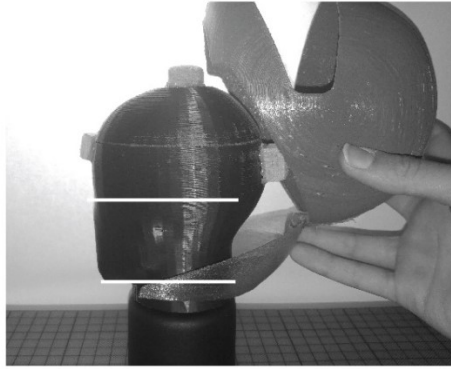




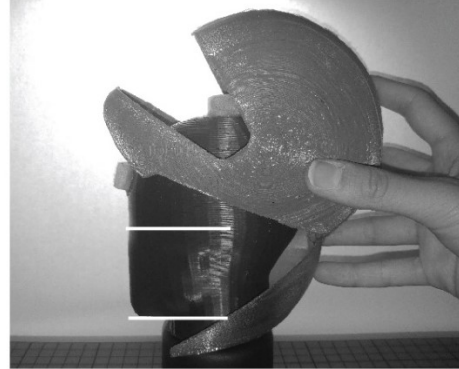
Εικόνα 74 Σχεδιαστική απεικόνιση κάτοψης πλευρικών τμημάτων κράνους. Στην επιτρεπόμενη ανοιχτή θέση απεικονίζεται το σημείο επαφής που δεν επιτρέπει την πραγματοποίηση της επιθυμητής ανοιχτής θέσης.

#### 6.3.1.1.2 Δεύτερο Concept

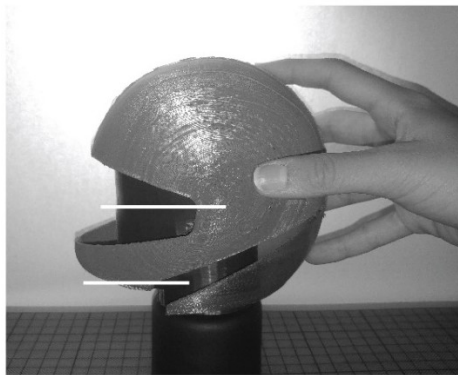
Μερικές παρατηρήσεις που προέκυψαν από αυτό το πρωτότυπο [Εικόνα 75] αφορούν τον προβληματισμό σχετικά με την αναγκαιότητα στήριξης του κράνους στη βάση του λαιμού πριν την τοποθέτηση, ζήτημα που θα διερευνηθεί με τα πρωτότυπα κλίμακας 1:1. Επιπροσθέτως, σημειώθηκε η αναγκαιότητα μελέτης του ανοίγματος για το λαιμό στη βάση του κράνους καθώς ακόμη και η μικρότερη αλλαγή μπορεί να διευκολύνει ή όχι την τοποθέτησή του. Επιπροσθέτως, μελετήθηκε η τοποθέτησή με διαφορετική κινησιολογία από εκείνη που περιγράφεται στη περιγραφή του concept. Ενώ στο ομοίωμα φαίνεται να μην υπάρχει πρόβλημα, είναι πιο πιθανό σε δοκιμές με πραγματικούς ανθρώπους να μη λειτουργούσε σωστά λαμβάνοντας υπόψιν τη μύτη.



A



B



C

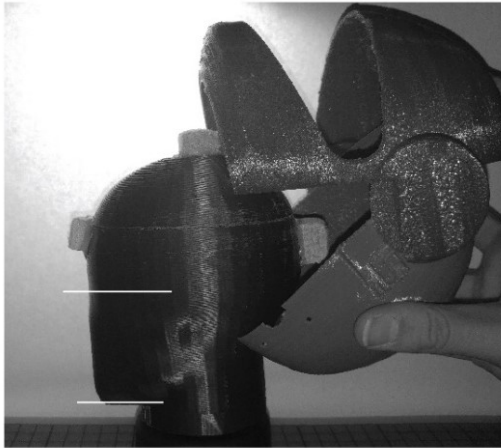


D

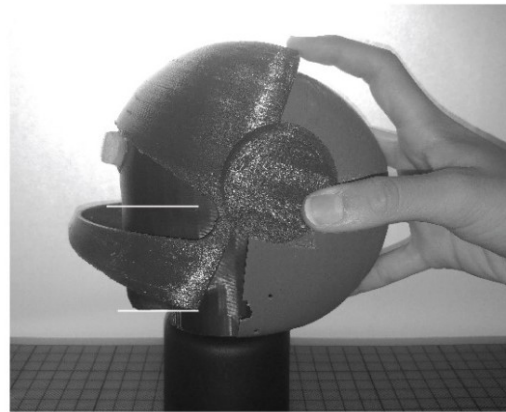
Εικόνα 75 Μελέτη τοποθέτησης concept 2 αξιοποιώντας το πρωτότυπο μικρής κλίμακας. Α) Τοποθέτηση από πίσω και κάτω Β) Μετακίνηση προς τα πάνω και μπροστά C) Κλείσιμο των τμημάτων και ρύθμιση ύψους ανοίγματος ματιών

### 6.3.1.1.3 Τρίτο Concept

Οι παρατηρήσεις που έγιναν σε αυτό το πρωτότυπο [Εικόνα 76] επικεντρώθηκαν γύρω από την αξιοπιστία του μηχανισμού. Συγκεκριμένα είναι αναγκαία περαιτέρω μελέτη για την επίτευξη ταυτόχρονης κίνησης και των δύο πέρων αλλά και για την αποφυγή ακούσιων κινήσεων του οπίσθιου μέρους που στηρίζεται στο κεφάλι κατά τη διάρκεια που ένας πιθανός χρήστης θα περιέστρεφε το εμπρόσθιο τμήμα του κράνους.



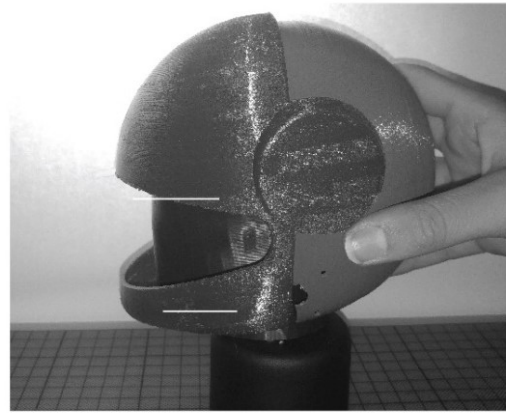
A



B



C



D

Εικόνα 76 Μελέτη τοποθέτησης του Concept 3 αξιοποιώντας το πρωτότυπο μικρής κλίμακας. Α) Τοποθέτηση από πίσω και κάτω Β) Μετακίνηση προς τα πάνω και μπροστά Γ) Ρύθμιση ύψους ανοίγματος ματιών Δ) Κλείσιμο κράνους

### 6.3.2 Πρωτότυπα Κλίμακας 1:1

Τα πρωτότυπα κλίμακας 1:1 κατασκευάστηκαν προκειμένου να αξιολογηθεί η κινησιολογία των concepts σε φυσικά πλαίσια από πραγματικούς ανθρώπους. Λόγω περιορισμένου χρόνου δεν έγιναν μεγάλες αλλαγές σύμφωνα με τις παρατηρήσεις που προέκυψαν από τα πρωτότυπα μικρής κλίμακας, όπως βελτιστοποιήσεις του μηχανισμού του τρίτου concept. Τα πρωτότυπα κατασκευάστηκαν στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου INDEL τροποποιώντας πραγματικά κράνη της αγοράς. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές φωτογραφίες της διαδικασίας και των τελικών αποτελεσμάτων.

#### 6.3.2.1 Διαδικασία

Για την κατασκευή των πρωτοτύπων, αρχικά συγκεντρώθηκαν τέσσερα κράνη της αγοράς [Εικόνα 77] και αποσυναρμολογήθηκαν. Έπειτα τροποποιήθηκαν τα κελύφη τους έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στα σχέδια των concepts [Εικόνα 78, Εικόνα 79, Εικόνα 80]. Τέλος, διαμορφώθηκαν κατάλληλα οι γεωμετρίες των προστατευτικών αφρών [Εικόνα 81] και κολλήθηκαν στα κελύφη.



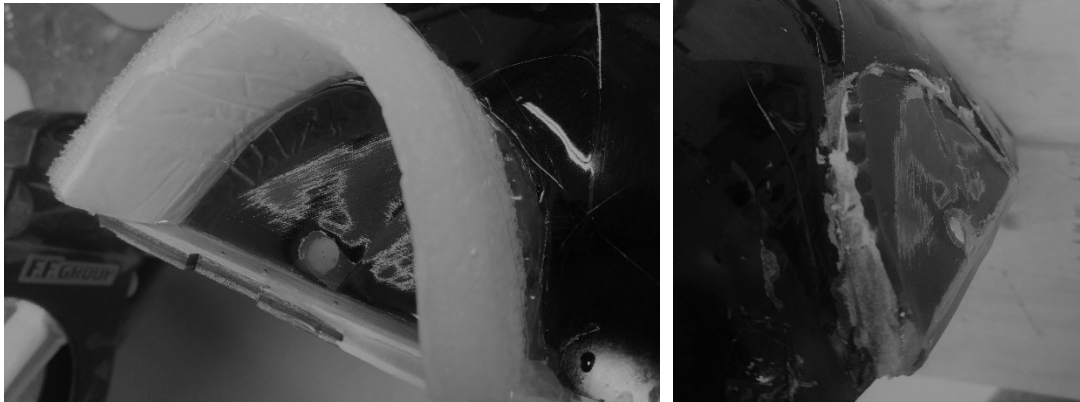
Εικόνα 77 Τα τρία από τέσσερα κράνη που τροποποιήθηκαν για τη κατασκευή των πρωτοτύπων



Εικόνα 78 Κόψιμο των κελυφών στις επιθυμητές γεωμετρίες



*Εικόνα 79 Μελέτη των πρωτοτύπων μικρής κλίμακας για την δημιουργία των μεγαλύτερων.*



*Εικόνα 80 Τοποθέτηση εποξικής ρητίνης για τη δημιουργία της επιθυμητής γεωμετρίας σε συγκεκριμένα κελύφη*





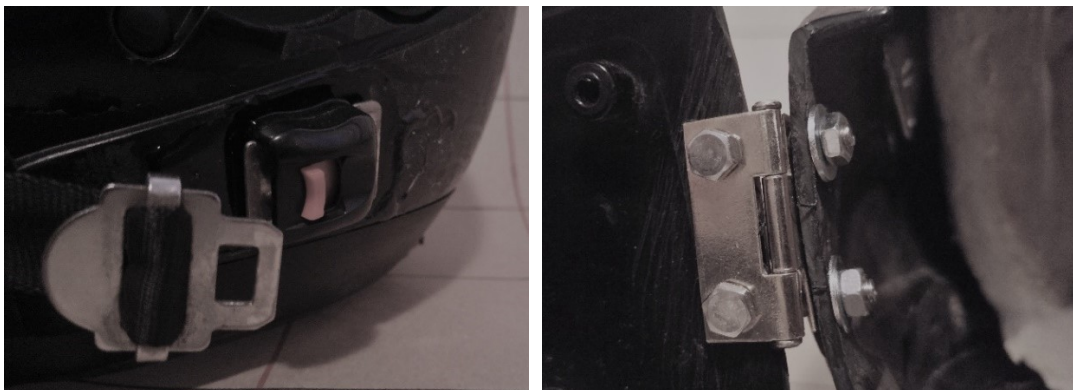
Εικόνα 81 Διαμόρφωση του προστατευτικού αφρού για την καλύτερη εφαρμογή στα κελύφη

#### 6.3.2.2 Πρώτο Concept

Στην Εικόνα 82 απεικονίζεται το πρωτότυπο του πρώτου concept σε ανοιχτή και κλειστή θέση. Στην Εικόνα 83 φαίνονται οι λεπτομέρειες του μηχανισμού quick-release και της συνδεσμολογίας των τμημάτων του κελύφους.



Εικόνα 82 Το πρωτότυπο του πρώτου concept σε κλειστή και ανοιχτή θέση



*Εικόνα 83 Λεπτομέρειες κουμπώματος και τρόπου ανοίγματος του πρώτου concept*

### 6.3.2.3 Δεύτερο Concept

Στην Εικόνα 84 απεικονίζεται το πρωτότυπο του δεύτερου concept σε ανοιχτή και κλειστή θέση. Στην Εικόνα 85 φαίνονται οι λεπτομέρειες του πρωτοτύπου.



*Εικόνα 84 Το πρωτότυπο του δεύτερου concept σε κλειστή και ανοιχτή θέση*

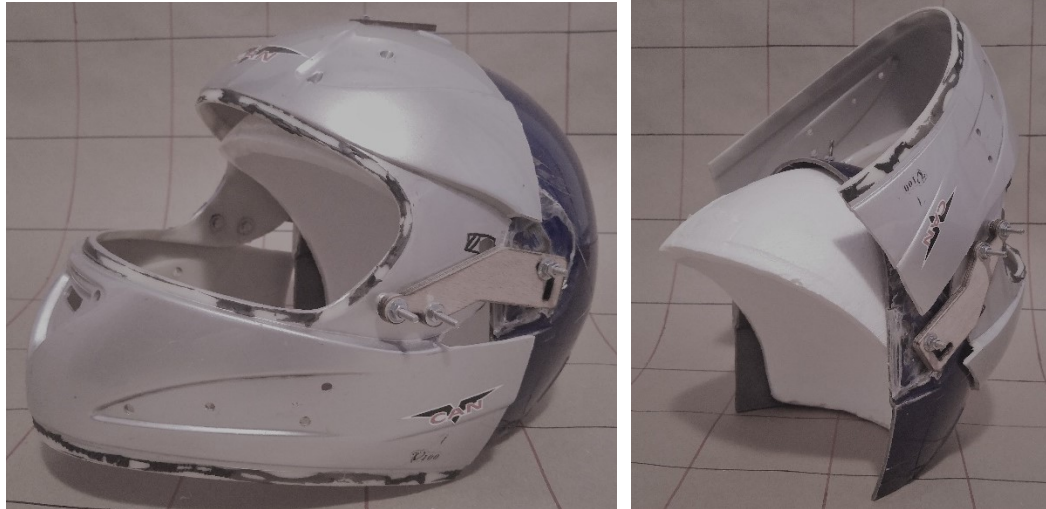


*Εικόνα 85 Λεπτομέρειες του πρωτοτύπου*



#### 6.3.2.4 Τρίτο Concept

Στην Εικόνα 86 απεικονίζεται το πρωτότυπο του τρίτου concept σε ανοιχτή και κλειστή θέση. Στην Εικόνα 87 φαίνονται λεπτομέρειες του πρωτοτύπου και του μηχανισμού για τη συνδεσμολογία των τμημάτων του κελύφους.



Εικόνα 86 Το πρωτότυπο του τρίτου concept σε κλειστή και ανοιχτή θέση



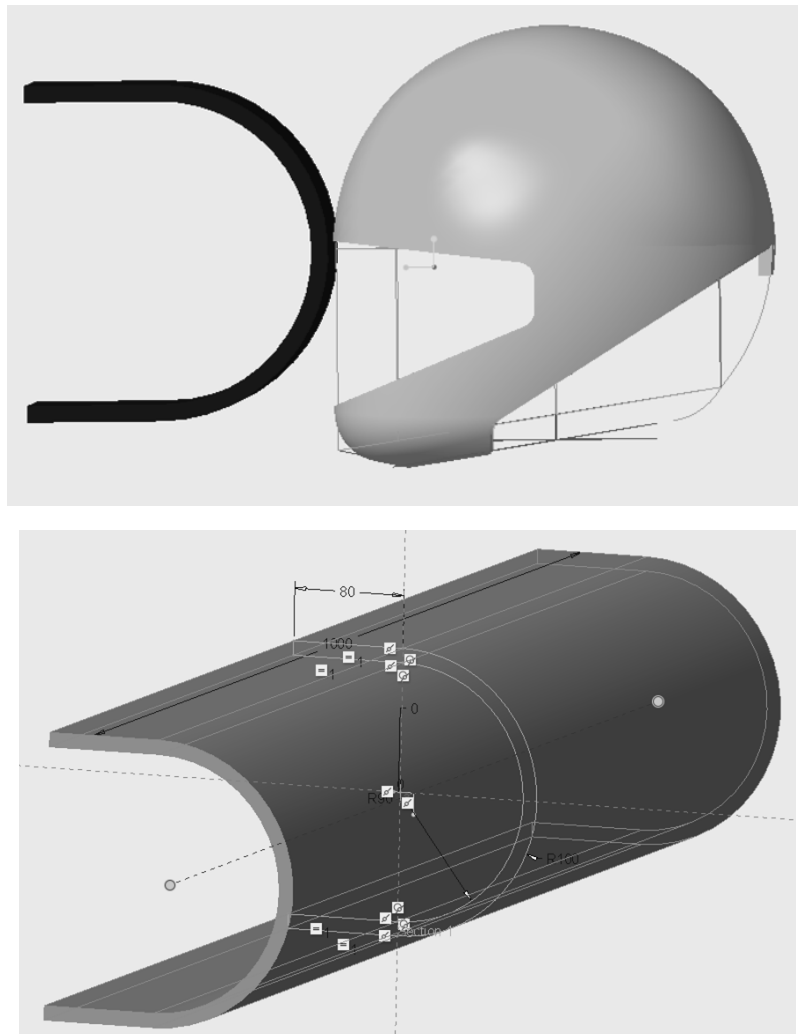
Εικόνα 87 Λεπτομέρειες του πρωτοτύπου που κατασκευάστηκαν με τη χρήση laser cutter για την εξυπηρέτηση της λειτουργικότητάς του

#### 6.4 Αξιολόγηση Προτάσεων

Η αξιολόγηση των τριών concepts βασίστηκε σε ψηφιακές προσομοιώσεις κρούσεων και στη δοκιμή των πρωτοτύπων κλίμακας 1:1 από οδηγούς. Οι προσομοιώσεις αποσκοπούν στην διαλεύκανση υποθέσεων σχετικά με τη συμπεριφορά των σχεδίων σε περίπτωση κρούσης και στον εντοπισμό αδύναμων σημείων στις γεωμετρίες έτσι ώστε να διορθωθούν σε περίπτωση επιλογής τους. Η δοκιμή των πρωτοτύπων από τους χρήστες είναι η πιο κρίσιμη για την επιλογή του concept που θα οδηγηθεί σε λεπτομερή σχεδιασμό καθώς επιτρέπει τη μελέτη της κινησιολογίας των σχεδιαστικών προτάσεων και τη μεταξύ τους σύγκριση. Εκτός από αυτό όμως, δίνεται η ευκαιρία αναγνώρισης της διάθεσης χρήσης τέτοιων κρανών από πραγματικούς και έμπειρους οδηγούς.

### 6.4.1 Δυναμικές Αναλύσεις

Οι ψηφιακές προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν μέσω δυναμικών αναλύσεων. Αυτού του τύπου αναλύσεις επιτρέπουν καλύτερη προσέγγιση προσομοιώσεων κρούσης οι οποίες σε αντίθεση με τις στατικές, λαμβάνουν υπόψιν τα αδρανειακά φορτία επιτρέποντας την άσκηση μεγάλων φορτίσεων σε μικρό χρονικό διάστημα σε άκαμπτα σώματα τα οποία μπορούν να κινηθούν. Από την άλλη, οι στατικές αναλύσεις μπορούν να αγνοούν τα αδρανειακά φορτία καθώς οι παραμορφώσεις και οι φορτίσεις εφαρμόζονται αργά και είναι ανεξάρτητα από το χρόνο. Πρέπει να αναφερθεί ότι οι συνθήκες που επικρατούν σε μια κρούση περιλαμβάνουν την παρουσίαση μεγάλων φορτίσεων για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα. Οι δυναμικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν προσομοιώνουν την κατάσταση αυτή αξιοποιώντας το λογισμικό ANSYS Workbench. Δημιουργήθηκαν αρχεία Assembly στο Creo Parametric 5.0 τα οποία περιλάμβαναν τα κελύφη των κρανών και ένα εμπόδιο. Τα κελύφη τοποθετήθηκαν έτσι ώστε να έρχονται σε επαφή με το εμπόδιο στις περιοχές του μετώπου, της κορυφής, πλευρικά και στην οπίσθια περιοχή. Στη συνέχεια με τα αρχεία αυτά έγιναν αναλύσεις για εμπρόσθια, κατακόρυφη, πλευρική και οπίσθια κρούση αντίστοιχα στο λογισμικό του ANSYS.



Εικόνα 88 Τρισδιάστατο μοντέλο του assembly του δεύτερου concept σε εμπρόσθια κρούση και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του εμποδίου.

Τα στοιχεία που εισηγήθηκαν για τη δυναμική ανάλυση ήταν όμοια σε όλες τις αναλύσεις και ήταν τα εξής:

- Υλικό κελύφους: Πλαστικό ABS
- Υλικό Εμποδίου: Χάλυβας (Structural Steel)
- Κατάσταση Σωμάτων: Πάκτωση εμποδίου και αρχική ταχύτητα  $V_0=13\text{m/s}$  στο κέλυφος

Οι αναλύσεις επαναλήφθηκαν για 50000 κύκλους προσομοιώνοντας κρούση για 0,01sec και τα αποτελέσματα ολικής παραμόρφωσης και ισοδύναμης τάσης Von-Mises συνοψίζονται στον Πίνακα 8 παρακάτω. Στο Παράρτημα II βρίσκονται τα οπτικά αποτελέσματα των αναλύσεων που περιλαμβάνουν απεικονίσεις της κατανομής τάσεων και παραμόρφωσης. Για την πραγματοποίηση αυτής της ανάλυσης ακολουθήθηκαν τα βήματα που υποδεικνύονται στο βίντεο 8 που παραπέμπεται στη παράγραφο 9.2-Ηλεκτρονικές Πηγές. Για την επιλογή του χρόνου προσομοίωσης της κρούσης πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις με διαφορετικές τιμές (0.1, 0,01, 0,0001 και 0,0007 sec), εντοπίστηκε για ποιες από αυτές τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ομοιότητες και για ποιες η προσομοίωση ολοκληρώνεται. Στα 0,0001 και 0,0007 sec παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος είναι πολύ μικρός για να προλάβει να ολοκληρωθεί η προσομοίωση. Στα 0,1 και 0,01 sec τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ομοιότητες συνεπώς μπορεί να θεωρηθεί πως προσεγγίζουν καλύτερα τη πραγματικότητα. Από αυτές τις τιμές επιλέχθηκαν τα 0,01sec μιας και είναι αρκετά μικρή ποσότητα χρόνου, όπως συμβαίνει πραγματικά στις κρούσεις.

Στο κάθε concept αξιολογήθηκε το βασικό τμήμα του κελύφους, δηλαδή εκείνο που καλύπτει τη μεγαλύτερη περιοχή του κεφαλιού. Για το τρίτο concept, όπου το κέλυφος είναι στην ουσία χωρισμένο στη μέση, αξιολογήθηκαν και τα δυο κελύφη με τη διαφορά ότι στο εμπρόσθιο κέλυφος δεν πραγματοποιήθηκε οπίσθια κρούση και στο οπίσθιο δεν πραγματοποιήθηκε εμπρόσθια κρούση λόγω της διαμόρφωσης της γεωμετρίας τους.

Πίνακας 8 Αποτελέσματα Δυναμικών αναλύσεων για τα τρία concepts σε τέσσερις διαφορετικές κρούσεις

ABS Shells Maxs		Front Impact	Lateral Impact	Rear Impact	Top Impact
Elytra Main Shell	Total Deformation	5,45 mm	38,36 mm	20,69 mm	14,25 mm
	Von Mises Stress	58,53 MPa	23,89 MPa	36,85 MPa	25,67 MPa
Pacman Front Shell	Total Deformation	19,30 mm	22,22 mm	22,26 mm	11,62 mm
	Von Mises Stress	31,85 MPa	32,81 MPa	48,72 MPa	67,10 MPa
Cuckoo Front Shell	Total Deformation	30,75 mm	31,70 mm	X	30,57 mm
	Von Mises Stress	45,86 MPa	32,65 MPa	X	22,67 MPa
Cuckoo Rear Shell	Total Deformation	X	19,09 mm	10,07 mm	18,58 mm
	Von Mises Stress	X	43,75 MPa	45,34 MPa	34,66 MPa

Σε γενικές γραμμές, το όριο διαρροής του πλαστικού ABS κυμαίνεται μεταξύ των 18.5 MPa και 51 MPa και οι τάσεις που εμφανίζονται στον πίνακα είναι εντός των ορίων με δύο εξαιρέσεις. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως τα κελύφη που στη πραγματικότητα είναι κατασκευασμένα από ABS είναι διπλάσιου πάχους από εκείνα των concepts. Συνεπώς, για τη σύγκριση των σχεδίων θα ληφθεί υπόψιν το μέγεθος των τάσεων που αναπτύσσονται σε αναλογία με το μέγεθος των παραμορφώσεων. Επιθυμητό αποτέλεσμα είναι εκτός από την εμφάνιση όσο το δυνατόν μικρότερων τάσεων, το μέγεθος των παραμορφώσεων να παραμένει μικρό για μεγάλες τάσεις. Τα αποτελέσματα που αναγράφονται στον Πίνακα 8 αντλούνται από το Παράρτημα II. Συγκεκριμένα για τις τάσεις, δεν αναγράφονται οι μέγιστες ποσότητες που εμφανίστηκαν καθώς αυτές παρουσιάζονται τοπικά, αφορούν συγκεκριμένες ακμές και συνεπώς δεν αντιστοιχούν στη πραγματικότητα.

#### 6.4.1.1 Αποτελέσματα εμπρόσθιων κρούσεων

Στις εμπρόσθιες κρούσεις, το σχέδιο που παρουσιάζει την μικρότερη τάση είναι το δεύτερο και ακολουθεί το τρίτο και το πρώτο. Ωστόσο, αναλογικά, τη μικρότερη παραμόρφωση σε σχέση με τη τάση την παρουσιάζει το πρώτο concept ενώ το τρίτο παρουσιάζει πολύ κακή συμπεριφορά έχοντας πολύ μεγάλη παραμόρφωση για τη τάση που συγκεντρώνεται.

#### 6.4.1.2 Αποτελέσματα πλευρικών κρούσεων

Στις πλευρικές κρούσεις, το σχέδιο που παρουσιάζει τη μικρότερη τάση είναι το πρώτο, όμως παρουσιάζει και τη μεγαλύτερη παραμόρφωση γεγονός που το καθιστά προβληματικό. Το οπίσθιο κέλυφος του τρίτου concept εμφανίζει τη μικρότερη παραμόρφωση στη μεγαλύτερη τάση μεταξύ των τριών σχεδίων. Αυτό το στοιχείο είναι θετικό και αναμενόμενο λαμβάνοντας υπόψιν πως το τρισδιάστατο μοντέλο είναι ενισχυμένο σε εκείνες τις περιοχές με την υποδοχή του μηχανισμού ανοίγματος. Αντίστοιχα αναμενόμενη είναι η κακή συμπεριφορά του εμπρόσθιου κελύφους του τρίτου concept στη πλευρική κρούση μιας και υπάρχει πολύ λίγο υλικό σε εκείνη τη περιοχή, στοιχείο που απαιτεί βελτιστοποίηση. Όσον αφορά το δεύτερο σχέδιο, ενώ εμφανίζει τη δεύτερη μεγαλύτερη τάση, ταυτόχρονα εμφανίζει τη δεύτερη μικρότερη παραμόρφωση, γεγονός που υποδεικνύει καλή αναλογία αν και όχι όσο εκείνη του οπίσθιου κελύφους του τρίτου concept.

#### 6.4.1.3 Αποτελέσματα οπίσθιων κρούσεων

Σε αυτή την ανάλυση, για το πρώτο concept δεν ολοκληρώθηκαν και οι 50000 κύκλοι και η ανάλυση τερμάτισε νωρίτερα. Αυτό συνέβη διότι παρουσιάστηκαν πολύ μεγάλες παραμορφώσεις για πολύ μικρές τάσεις, υποδεικνύοντας πιθανή αστοχία. Όσον αφορά τα άλλα δύο σχέδια, καλύτερη αναλογία μεταξύ τάσης-παραμόρφωσης παρουσιάζει το τρίτο concept παρόλο που αναπτύσσει τη μεγαλύτερη τάση.

#### 6.4.1.4 Αποτελέσματα κατακόρυφων κρούσεων

Αντίστοιχα με τις οπίσθιες κρούσεις, το πρώτο concept παρουσίασε πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας και η ανάλυση τερματίστηκε νωρίτερα. Μεταξύ των υπόλοιπων δύο, καλύτερη συμπεριφορά παρουσίασε το δεύτερο concept αν και η τάση που αναπτύσσεται ξεπερνά το όριο διαρροής του υλικού.

#### 6.4.1.5 Συμπεράσματα Δυναμικών Αναλύσεων

Συνοψίζοντας, το πρώτο σχέδιο παρουσίασε την πιο ικανοποιητική συμπεριφορά στην εμπρόσθια κρούση, το δεύτερο στην κατακόρυφη κρούση ενώ το τρίτο στην πλευρική και οπίσθια χάριν του οπίσθιου κελύφους. Πιθανές βελτιστοποιήσεις που θα επηρέαζαν θετικά τα

αποτελέσματα, είναι η τοποθέτηση νεύρων, η μετακίνηση του ανοίγματος προς τα μπροστά ή η επέκταση του κελύφους προς τα μπροστά στο πρώτο concept. Στο τρίτο concept, η γεωμετρία θα έπρεπε να τροποποιηθεί έτσι ώστε το πλευρικό τμήμα του εμπρόσθιου μέρους να είναι παχύτερο, συνεπώς θα έπρεπε να γίνουν αλλαγές στο άνοιγμα των ματιών ή στην ίδια τη γεωμετρία, τοποθετώντας ακόμη κάποια νεύρα.

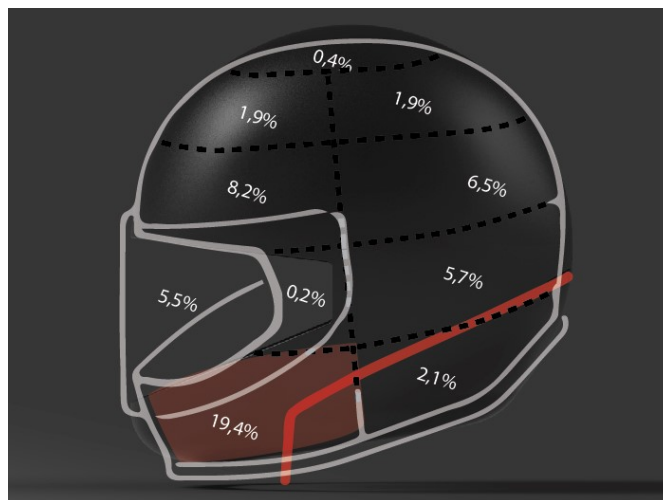
#### 6.4.2 Μελέτη κατανομής σημείων πρόσκρουσης

Εφαρμόζοντας το σχεδιάγραμμα των συχνότερων σημείων πρόσκρουσης στο Concept 1, παρατηρείται πως ο μηχανισμός σύνδεσης βρίσκεται στη χαμηλή πλευρική περιοχή όπου έχει πολύ χαμηλό ποσοστό εμπλοκής σε ατυχήματα.



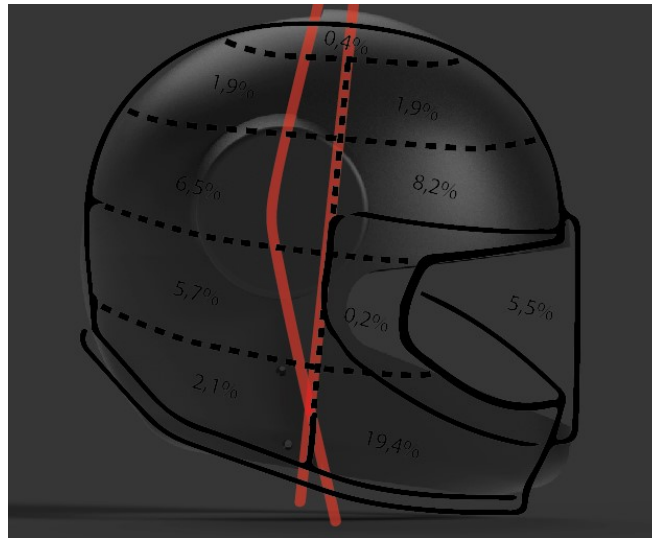
Εικόνα 89 Κατανομή συχνότερων σημείων πρόσκρουσης και πρώτο Concept.

Όσον αφορά το δεύτερο Concept, ενώ η ασυνέχεια δεν βρίσκεται στην επάνω πλευρική περιοχή που βρίσκεται εκείνη του Vozz, εμπλέκεται η περιοχή του σαγονιού που είναι εκείνη με το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής σε προσκρούσεις. Αυτό σημαίνει πως θα πρέπει να τροποποιηθεί το σχέδιο έτσι ώστε να εμπλέκεται όσο το δυνατόν λιγότερο αυτή η περιοχή.



Εικόνα 90 Κατανομή συχνότερων σημείων πρόσκρουσης και δεύτερο Concept.

Τέλος, εξετάζοντας το τρίτο Concept, παρατηρείται πως η ασυνέχεια του εμπρόσθιου τμήματος βρίσκεται στον άξονα συμμετρίας του κράνους ενώ εκείνη του οπίσθιου εμπλέκει την επάνω πλευρική περιοχή. Από τη μια, ενώ οι ασυνέχειες βρίσκονται σε αρκετά συνήθεις περιοχές ατυχημάτων, ταυτόχρονα δημιουργείται διπλή επικάλυψη σε εκείνη τη περιοχή. Παρ' όλα αυτά, λόγω της αυξημένης περιπλοκότητας της γεωμετρίας εκεί καθώς και την ύπαρξη του μηχανισμού, θα πρέπει να θεωρηθεί αρνητική η τοποθέτηση των ασυνεχειών σε αυτές τις περιοχές. Γι' αυτό, θα έπρεπε το σχέδιο να αλλάξει μεταφέροντας το μηχανισμό πιο χαμηλά και αυξάνοντας τις περιοχές επικάλυψης προς τα μπροστά.



Εικόνα 91 Κατανομή συχνότερων σημείων πρόσκρουσης και τρίτο Concept.

### 6.4.3 Αξιολόγηση με Χρήστες

Για την αξιολόγηση με εν δυνάμει χρήστες, αξιοποιήθηκαν τα τρία πρωτότυπα κλίμακας. Οι αξιολογήσεις έλαβαν χώρα σε μια λέσχη μοτοσυκλετιστών στην Αθήνα όπου συμμετείχαν 13 άτομα και στο Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων όπου συμμετείχαν 11 άτομα. Στο σύνολο των 24 συμμετεχόντων αφού περιεγράφηκε ο σκοπός της αξιολόγησης, η διαδικασία που θα ακολουθούσε και ο τρόπος λειτουργίας των πρωτοτύπων, ζητήθηκε να τοποθετήσουν και να αφαιρέσουν κάθε πρωτότυπο τρεις φορές καθώς βιντεοσκοπούνταν. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής, τους ζητήθηκε να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο που αναφερόταν στα δημογραφικά χαρακτηριστικά τους, τη στάση ζωής τους ως οδηγοί και τέλος τη γνώμη τους για κάθε concept. Η διαδικασία συνολικά είχε διάρκεια περίπου 20 λεπτά και η αξιολόγηση ήταν ανώνυμη.

#### 6.4.3.1 Συμμετέχοντες

Η πλειοψηφία των οδηγών στην Αθήνα (64.3%) ήταν ηλικίας άνω των 45 ετών, οδηγοί μηχανών πολύ μεγαλύτερων των 550 κυβικών και κατά μέσο όρο μέσα στη μέρα διανύουν πάνω από 15km πραγματοποιώντας 0 έως 2 στάσεις. Παρόλο που αυτό το προφίλ οδηγών δεν ταυτίζεται με το target group που επιλέχθηκε στη συγκεκριμένη εργασία, η μεγάλη εμπειρία οδήγησης αποδείχθηκε καρποφόρα ως προς τα σχόλια σχετικά με τα concepts.



Οι συμμετέχοντες που βρίσκονταν στη Σύρο ήταν κυρίως φοιτητές αλλά και μόνιμοι κάτοικοι της Σύρου ηλικίας 35 ετών και άνω. Το κοινό αυτό επιλέχθηκε καθώς πληροί καλύτερα τα χαρακτηριστικά του target group .

#### 6.4.3.2 Διαδικασία

##### 6.4.3.2.1 .Δοκιμή Πρωτοτύπων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η διαδικασία αρχικά περιλάμβανε την εισαγωγή και επεξήγηση του σκοπού της αξιολόγησης καθώς και σύντομη επίδειξη του τρόπου λειτουργίας του κάθε πρωτοτύπου. Στη συνέχεια, επιλεγόταν τυχαία το πρωτότυπο προς δοκιμή και ο συμμετέχοντας καλούνταν να τοποθετηθεί μπροστά από ένα σχεδιασμένο πλέγμα όπως φαίνεται στην Εικόνα 92. Σε κάθε συμμετέχοντα διατίθενται προστατευτικό κεφαλιού μιας χρήσης καθώς ο αφρός που τοποθετήθηκε στα πρωτότυπα δημιουργούσε τρίμματα.



Εικόνα 92 Στιγμιότυπο από βίντεο δοκιμής πρωτοτύπου

Μεταξύ της τοποθέτησης και της αφαίρεσης του πρωτοτύπου ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες η τοποθέτηση των χεριών τους κάτω και η αναμονή μερικών δευτερολέπτων έτσι ώστε να μην εξαλειφθεί το ενδεχόμενο αναζήτησης του σημείου συγκράτησης και ανοίγματος.

##### 6.4.3.2.2 Ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο ήταν διαχωρισμένο σε τέσσερις ενότητες. Η πρώτη ενότητα αφορούσε δημογραφικά στοιχεία όπως ηλικία, φύλο, επίπεδο εκπαίδευσης, οικογενειακή κατάσταση και εθνικότητα.

Η δεύτερη ενότητα αφορούσε τη στάση ζωής και την αντίληψη τους για την οδήγηση εντός πόλης. Οι ερωτήσεις εστιάζονταν στην αυτό-αντίληψη ως οδηγός, τον λόγο οδήγησης, τη σημασία



οδήγησης εντός πόλης και το μέγεθος μηχανής που οδηγείται. Όλες οι ερωτήσεις διέθεταν συγκεκριμένες απαντήσεις όπου θα έπρεπε να επιλεγεί μια. Σκοπός αυτής της ενότητας είναι η κατανόηση της κουλτούρας της οδήγησης μηχανής και συνεπώς των ποιοτικών αξιών των συμμετεχόντων.

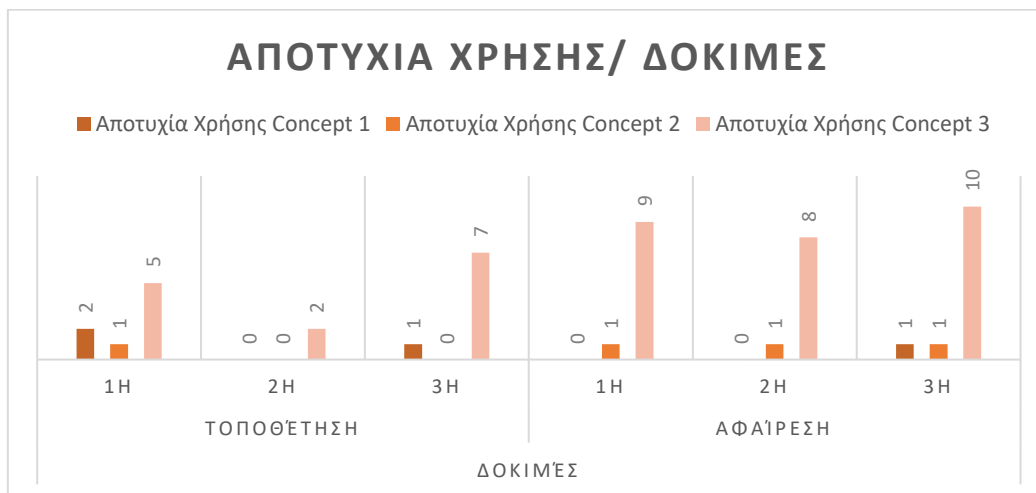
Η τρίτη ενότητα αφορούσε τη συμπεριφορά οδήγησης ζητώντας στοιχεία όπως ημερήσια απόσταση που διανύεται εντός πόλης, αριθμό ημερήσιων στάσεων, κατοχή ή όχι κράνους και αν ναι τι είδους, χρήση ή όχι κράνους κατά την οδήγηση εντός πόλης και αιτιολόγηση απάντησης, είδος κράνους που χρησιμοποιείται κατά την οδήγηση εντός πόλης, συχνότητα ασφάλισής του και αιτιολόγηση απάντησης. Σε αυτή την ενότητα διατίθενται επίσης συγκεκριμένες απαντήσεις όπου έπρεπε να επιλεγεί τουλάχιστον μια από αυτές -όπου επιτρέπονταν πολλαπλές απαντήσεις. Σκοπός αυτής της ενότητας είναι η συμπληρωματική λήψη πληροφοριών του αρχικού ερωτηματολογίου στο βενζινάδικο καθώς και η κατανόηση του προφίλ των συμμετεχόντων.

Τέλος, η τέταρτη ενότητα αφορούσε την αξιολόγηση των σχεδιαστικών προτάσεων. Αρχικά, ζητούσε από το συμμετέχοντα να δηλώσει πόσο διατεθειμένος θα ήταν να φορέσει κάποιο από αυτά τα κράνη απαντώντας μεταξύ 1 (Καθόλου) και 6 (Πολύ διατεθειμένος). Στην περίπτωση επιλογής Καθόλου ζητούνταν αιτιολόγηση αλλιώς ζητούνταν η επιλογή ενός από τα τρία και αιτιολόγηση της επιλογής. Στη συνέχεια, ο συμμετέχοντα καλούνταν να απαντήσει πόσα χρήματα θα ήταν διατεθειμένος να διαθέσει για την επιλογή του και τέλος να επιλέξει τουλάχιστον ένα μεταξύ μερικών θετικών και αρνητικών χαρακτηριστικών για κάθε σχεδιαστική πρόταση. Το ερωτηματολόγιο παρατίθεται αναλυτικά στο κεφάλαιο Παράρτημα.

### 6.4.3.3 Αποτελέσματα

#### 6.4.3.3.1 Δοκιμή Πρωτοτύπων

Τη δοκιμή πρωτοτύπων πραγματοποίησαν επιτυχώς 23 από τους 24 συμμετέχοντες. Ωστόσο, δεν κατάφεραν όλοι να πραγματοποιήσουν επιτυχώς και τις τρεις δοκιμές και για τα τρία concept. Ως αποτυχία χρήσης ορίστηκε η τοποθέτηση και αφαίρεση του κράνους χωρίς να ανοιχτεί πρώτα, κατάσταση που δεν θα επιτρεπόταν με τη πραγματική γεωμετρία. Παρακάτω επισυνάπτεται ένα γράφημα απεικόνισης των αποτυχημένων δοκιμών για κάθε concept κατά την τοποθέτηση και την αφαίρεση.



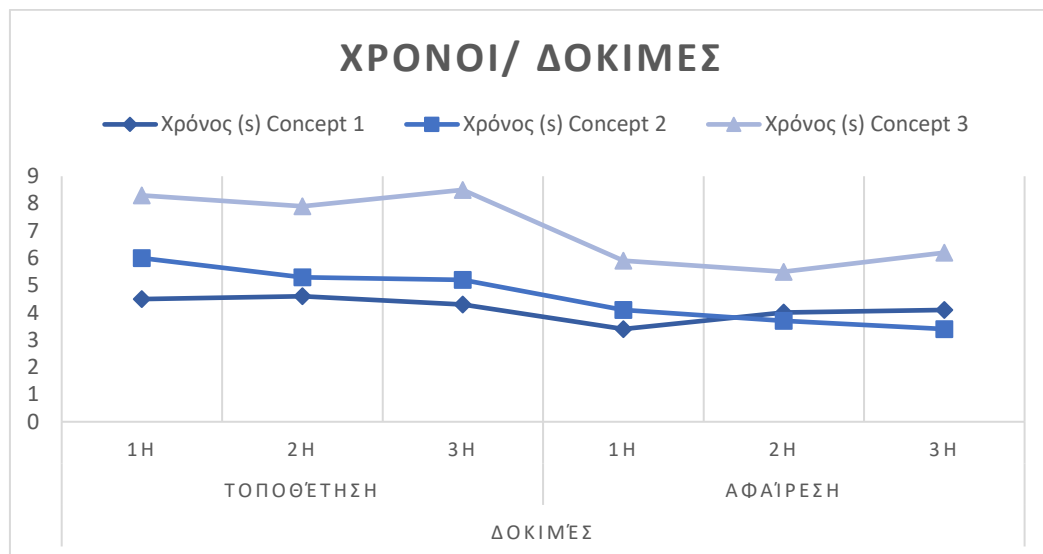
Διάγραμμα 1 Απεικόνιση αποτυχημένων τοποθετήσεων και αφαιρέσεων των πρωτοτύπων

Είναι εμφανές πως το πρωτότυπο του τρίτου concept παρουσιάζει τις περισσότερες αποτυχίες κυρίως στη τρίτη δοκιμή. Αυτό, σύμφωνα με σχολιασμούς των χρηστών, συνέβη λόγω δυσκολίας χρήσης του πρωτοτύπου.

Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν αφορούν μεν τις επιτυχημένες χρήσεις αλλά πιο συγκεκριμένα, συγκεντρώθηκαν στοιχεία τα οποία αφορούν την επιτυχή πραγματοποίηση των σχεδιασμένων κινήσεων τοποθέτησης και αφαίρεσης όπως περιγράφονται στην υποενότητα 'Ιδεασμός'. Αυτές οι επιτυχημένες κινήσεις καταμετρήθηκαν για το δεύτερο και τρίτο concept καθώς είναι εκείνα τα οποία προτείνουν νέα κινησιολογία σε σχέση με τα υπάρχοντα κράνη. Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν αφορούν το χρόνο τοποθέτησης και αφαίρεσης, τις κινήσεις των άκρων και τις κάμψεις του αυχένα για κάθε δοκιμή. Οι κινήσεις των άκρων μετρήθηκαν όμοια με τον τρόπο καταμέτρησης της υποενότητας 4.3-Κινησιολογική μελέτη τοποθέτησης, ασφάλισης και αφαίρεσης κράνους.

#### 6.4.3.3.1.1 Χρόνος τοποθέτησης/ αφαίρεσης ανά δοκιμή

Για το κάθε concept αρχικά υπολογίσθηκε ο μέσος όρος χρόνου τοποθέτησης και αφαίρεσης σε κάθε δοκιμή ανεξαρτήτως των επιτυχημένων πραγματοποιήσεων των σχεδιασμένων κινήσεων. Στο διάγραμμα παρακάτω φαίνεται πως η αφαίρεση και των τριών κρανών απαιτεί λιγότερο χρόνο από τη τοποθέτησή τους ωστόσο δεν φαίνεται να υπάρχει βελτίωση του χρόνου από τη πρώτη δοκιμή έως τη δεύτερη. Το κράνος που απαιτεί το περισσότερο χρόνο για τη τοποθέτηση/ αφαίρεση είναι το τρίτο ενώ εκείνο που απαιτεί λιγότερο χρόνο στη τοποθέτηση είναι το πρώτο και στην αφαίρεση το δεύτερο με μικρή διαφορά.

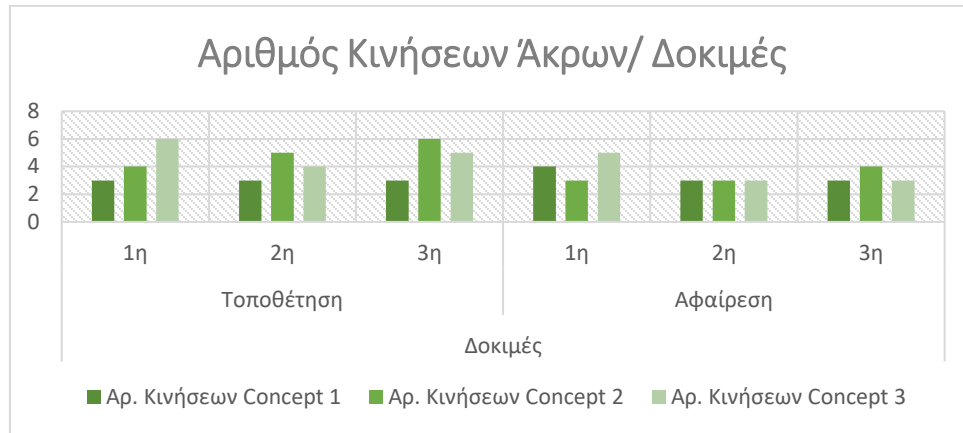


Διάγραμμα 2 Γενική απεικόνιση μέσω χρόνων τοποθέτησης και αφαίρεσης κάθε concept.

#### 6.4.3.3.1.2 Κινήσεις άκρων για τοποθέτηση/ αφαίρεση ανά δοκιμή

Όσον αφορά τις κινήσεις των άκρων παρακάτω παρατίθενται διάγραμμα όπου είναι καταγεγραμμένο το σύνολο κινήσεων που εμφανίστηκε πιο συχνά στην αξιολόγηση. Αντίστοιχα με τους χρόνους, οι κινήσεις που χρειάστηκαν για την τοποθέτηση και αφαίρεση ήταν λιγότερες στην αφαίρεση του κάθε κράνους. Για το πρώτο concept δεν εμφανίζεται διαφορά μεταξύ των δοκιμών με μια μικρή εξαίρεση τη πρώτη δοκιμή της αφαίρεσης. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί πως

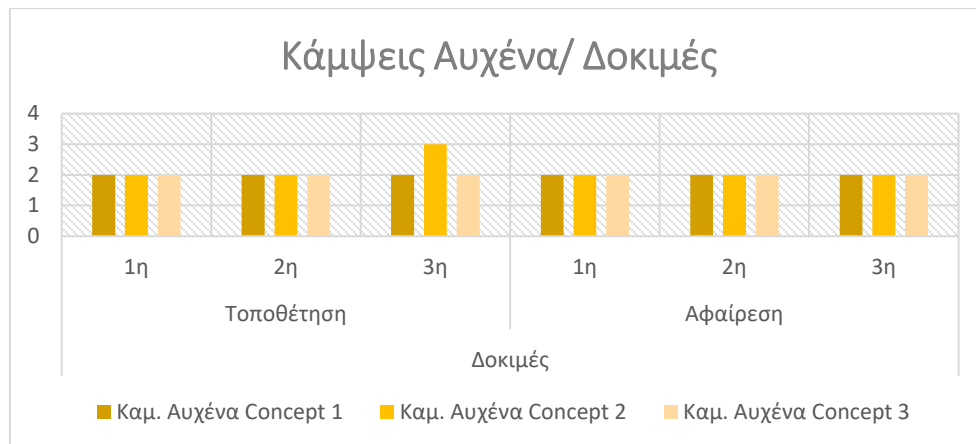
δεν απαιτείται περαιτέρω κόπος για τη χρήση αυτού το concept. Αντίθετα, για το δεύτερο πρωτότυπο, οι κινήσεις αυξάνονται σε κάθε δοκιμή κατά την τοποθέτηση μιας και οι περισσότεροι χρήστες δοκίμαζαν διαφορετικούς τρόπους χρήσης του κράνους. Ωστόσο, συνδυάζοντας αυτά τα αποτελέσματα με τους μειούμενους χρόνους χρήσης επιτρέπει την υπόθεση πως η χρήση του κράνους βελτιωνόταν με κάθε δοκιμή ακόμη κι αν απαιτούνταν περισσότερες κινήσεις. Τέλος, για το τρίτο πρωτότυπο τα αποτελέσματα δεν είναι ξεκάθαρα και πιθανότατα έχει μεγαλύτερο νόημα η μελέτη των αποτελεσμάτων με τις επιτευγμένες κινήσεις.



Διάγραμμα 3 Γενική απεικόνιση συχνότερου εμφανιζόμενης τιμής αριθμού κινήσεων άκρων για κάθε concept

#### 6.4.3.3.1.3 Κάμψεις αυχένα για τοποθέτηση/ αφαίρεση ανά δοκιμή

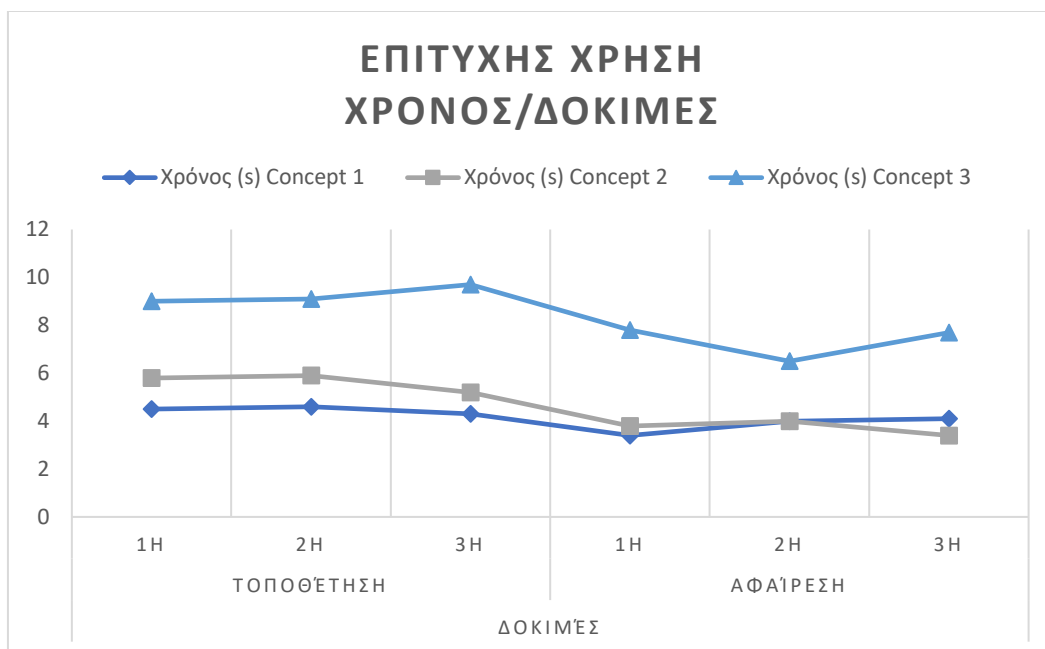
Εξετάζοντας τις συχνότερα εμφανιζόμενες τιμές κάμψεων αυχένα κατά την τοποθέτηση και αφαίρεση, παρατηρείται πως και για τις τρεις προτάσεις ο αριθμός είναι ίδιος. Παρατηρήθηκε επίσης πως οι 2 κάμψεις ήταν ο μικρότερος αριθμός που εμφανιζόταν για όλους τους συμμετέχοντες ωστόσο τα αποτελέσματα πιθανών να ήταν αυξημένα αν τα πρωτότυπα διέθεταν ολοκληρωμένη τη γεωμετρία του κελύφους που καλύπτει τη περιοχή κάτω από το σαγόνι.



Διάγραμμα 4 Γενική απεικόνιση συχνότερο εμφανιζόμενης τιμής για τις κάμψεις αυχένα

#### 6.4.3.3.1.4 Χρόνος τοποθέτησης/ αφαίρεσης ανά δοκιμή για επιτυχείς χρήσεις

Εξετάζοντας το μέσο όρο χρόνου τοποθέτησης των πρωτοτύπων για τους συμμετέχοντες που πραγματοποίησαν επιτυχώς τις σχεδιασμένες κινήσεις προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα.

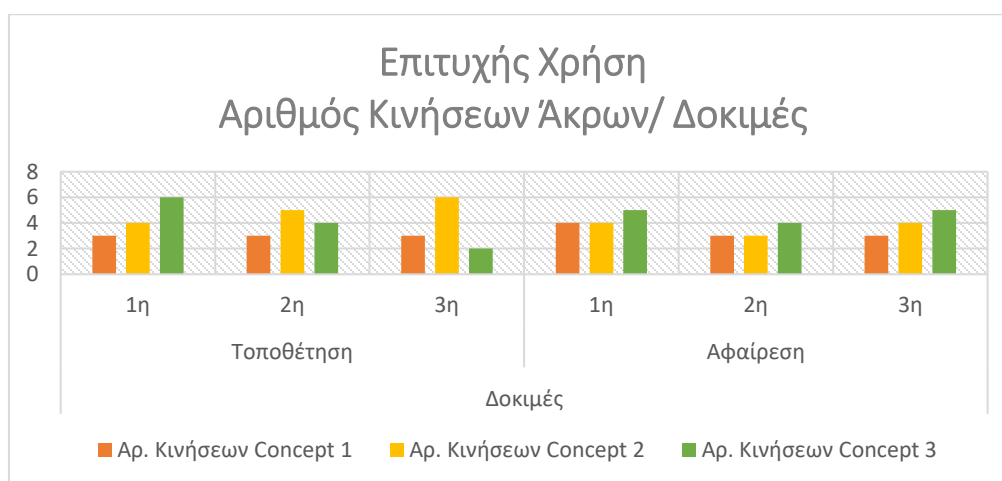


Διάγραμμα 5 Απεικόνιση του μέσου χρόνου τοποθέτησης/ αφαίρεσης για τις επιτυχείς πραγματοποιήσεις των σχεδιασμένων κινήσεων

Είναι εμφανές πως και για τα τρία concepts δεν υπάρχουν έντονες αλλαγές. Το περισσότερο χρόνο τοποθέτησης/αφαίρεσης απαιτεί το τρίτο concept και το λιγότερο το πρώτο. Από τη πρώτη έως τη τρίτη δοκιμή, ενώ ο χρόνος τοποθέτησης για το τρίτο concept αυξάνεται ελαφρώς, για τα υπόλοιπα concept αυξάνεται ή μειώνεται ελάχιστα μέχρις ότου να ισορροπήσει.

#### 6.4.3.3.1.5 Κινήσεις άκρων τοποθέτησης/ αφαίρεσης ανά δοκιμή για επιτυχείς χρήσεις

Συγκεντρώνοντας τα στοιχεία για τις απαιτούμενες κινήσεις των άκρων για την τοποθέτηση/αφαίρεση των πρωτοτύπων από τους συμμετέχοντες που πραγματοποίησαν επιτυχώς τις σχεδιασμένες κινήσεις, προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα.

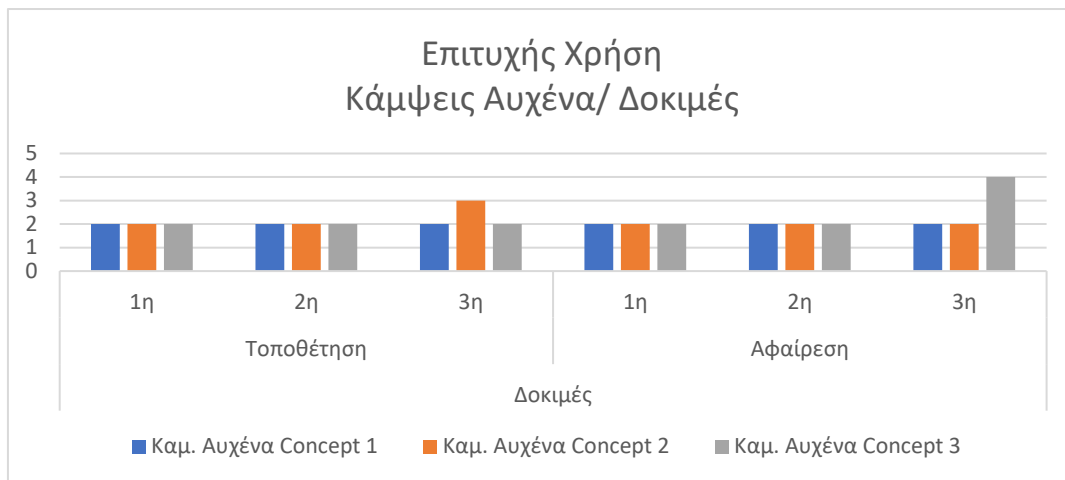


Διάγραμμα 6 Απεικόνιση της συχνότερο εμφανιζόμενης τιμής κινήσεων των άκρων για την τοποθέτηση/ αφαίρεση των πρωτοτύπων στις επιτυχείς πραγματοποιήσεις των σχεδιασμένων κινήσεων

Παρατηρείται εύκολα πως κατά την τοποθέτηση οι απαιτούμενες κινήσεις για το δεύτερο concept αυξάνονται ελαφρώς, για το τρίτο concept μειώνονται σημαντικά ενώ για το πρώτο δεν σημειώνεται καμία αλλαγή. Εξετάζοντας παράλληλα τους απαιτούμενους χρόνους παραπάνω, φαίνεται πως ενώ οι κινήσεις μειώνονται στο τρίτο concept, ο χρόνος τοποθέτησης αυξάνεται σε αντίθεση με το δεύτερο concept όπου όσο κι αν αυξηθούν οι κινήσεις, ο χρόνος τοποθέτησης παραμένει σταθερά μικρός. Όσον αφορά τις αφαιρέσεις, δεν σημειώνονται σημαντικές αυξομειώσεις ή διαφορές μεταξύ των τριών πρωτοτύπων και συνάδουν με τις αυξομειώσεις στους μέσους χρόνους αφαίρεσης.

#### 6.4.3.3.1.6 Κάμψεις αυχένα τοποθέτησης/ αφαίρεσης ανά δοκιμή για επιτυχείς χρήσεις

Σχετικά με τις κάμψεις αυχένα, δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά με το διάγραμμα 4 εκτός από τη τρίτη δοκιμή της αφαίρεσης του τρίτου concept όπου παρουσιάζεται η διπλάσια τιμή. Τα αποτελέσματα αυτά συνάδουν με τις κινήσεις των άκρων και είναι στοιχείο ένδειξης της δυσκολίας χρήσης.



Διάγραμμα 7 Απεικόνιση συχνότερο εμφανιζόμενων κάμψεων αυχένα ανά δοκιμή για τις επιτυχείς χρήσεις

#### 6.4.3.3.2 Ερωτηματολόγιο

Σημαντικά για την επιλογή του concept που θα προχωρήσει σε λεπτομερή σχεδιασμό είναι τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου.

##### 6.4.3.3.2.1 Στάση Ζωής

Όσον αφορά τη στάση ζωής, από το σύνολο των συμμετεχόντων, το 45.8% απάντησε πως αναζητά περιπέτειες, το 29.2% πως αναζητά λειτουργικότητα και το 25% των συμμετεχόντων πως είναι προσεκτικοί/συντηρητικοί. Η πιο συχνή περίπτωση οδήγησης είναι για ταξίδι/ψυχαγωγία με 50% και ακολουθεί με μικρή διαφορά στο 45.8% η οδήγηση μηχανής ως μέσο μετακίνησης. Σχετικά με την αντίληψη της οδήγησης μηχανής εντός πόλης, οι τρεις πιο υψηλοί χαρακτηρισμοί θεωρήθηκαν από 83.3% ως ευέλικτη, 70.8% άνετη και στο 50% εξίσου απελευθερωτική, με δυνατότητα ανάπτυξης ταχύτητας και αίσθησης ανεξαρτησίας.

##### 6.4.3.3.2.2 Προφίλ συμμετεχόντων/ χρηστών

Εξετάζοντας αναλυτικότερα τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου μπορούν να διακριθούν καλύτερα τα χαρακτηριστικά τριών βασικών διαφορετικών target group σύμφωνα με το ηλικιακό εύρος στο οποίο ανήκουν.

Συγκεκριμένα, για τους συμμετέχοντες που εντοπίστηκαν στη Σύρο και ήταν φοιτητές (58.3%) χαρακτηρίζονται από την αναζήτηση περιπέτειας και την οδήγηση μηχανής για ψυχαγωγία θεωρώντας πως τους προσφέρει ευελιξία, αδρεναλίνη, ξεκούραση, ταχύτητα και απελευθέρωση. Οι περισσότεροι από αυτούς οδηγούν μηχανή 50-150 κυβικά και διανύουν 2-10 χιλιόμετρα την ημέρα κάνοντας 0-2 στάσεις. Όλοι διαθέτουν δικό τους κράνος με το 71.4% να το φορά πάντα και να το ασφαλίσει πλήρως κατά την οδήγηση. Από αυτό το κοινό, κατά 57% επιλέχθηκε το πρώτο concept με σχετικά μεγάλη διάθεση χρήσης (5) διάθεση χρημάτων 100-200 ευρώ.

Από το κοινό της Σύρου το 25% ήταν ενήλικες άνω των 45 ετών οι οποίοι αναζητούν τη λειτουργικότητα και οδηγούν μηχανή ως μέσω μετακίνησης θεωρώντας πως τους προσφέρεται ανεξαρτησία, άνεση, ταχύτητα και ευελιξία. Το μέγεθος μηχανής που οδηγούν είναι 50-150 κυβικά και ημερησίως διανύουν 2-10 χιλιόμετρα πραγματοποιώντας 3-5 στάσεις. Διαθέτουν σχεδόν όλο κράνος το οποίο ασφαλίζουν σχεδόν πάντα και το concept που επέλεξαν είναι το δεύτερο με μεγάλη διάθεση χρήσης (6).

Όσον αφορά το κοινό της Αθήνας, τα αποτελέσματα είναι περισσότερο ομοιογενή μιας και εξαρχής το δείγμα ήταν αρκετά στοχευμένο. Η πλειοψηφία (71.4%) είναι ηλικίας άνω των 45 ετών, αναζητά περιπέτεια και οδηγεί ως μέσω ψυχαγωγίας (57.1%) θεωρώντας πως τους προσφέρεται ευελιξία, άνεση, απελευθέρωση και ταχύτητα. Σχεδόν όλοι (85.7%) οδηγούν μηχανή μεγαλύτερη από 550 κυβικά για περισσότερα από 15 χιλιόμετρα ημερησίως (71.4%) και πραγματοποιούν 0-2 στάσεις (71.4%). Είναι μερικώς πρόθυμοι (4) να χρησιμοποιήσουν κάποιο από τα σχεδιασμένα κράνη, επιλέγοντας το δεύτερο με τη πρόθεση να διαθέσουν 400-600 ευρώ.

Όσον αφορά τα ηλικιακά εύρη 26-35 ετών και 36-45 ετών, δεν υπήρξε επαρκής αριθμός συμμετεχόντων για τον καθορισμό ενός διακριτού προφίλ.

Από τα παραπάνω, το κοινό που παρουσιάζει περισσότερες ομοιότητες με το target group που επιλέχθηκε για το σχεδιασμό είναι οι ενήλικες άνω των 45 ετών που κατοικούν στη Σύρο ωστόσο πολλά χαρακτηριστικά και της κατηγορίας 18-25 ετών μπορούν να εντοπισθούν εξίσου. Συνεπώς, πιθανόν ισχυρό παράγοντα στην συμπεριφορά χρήσης μηχανής και κατά συνέπεια του κράνους αποτελεί το μέγεθος της πόλης στην οποία κινούνται οι οδηγοί.

#### 6.4.3.3.2.3 Μη- χρήση κράνους και μη- ασφάλιση

Από το σύνολο των συμμετεχόντων, ένα μικρό ποσοστό απάντησε πως μερικές φορές δεν φορά καθόλου κράνος (19.2%) ή δεν το ασφαλίζει (11.5%). Οι αιτιολογήσεις της μη ασφάλισης κράνους αφορούσαν την ταχύτητα ασφάλισης, την αίσθηση πνιγμού (ο συγκεκριμένος συμμετέχοντας δεν ασφαλίζει ποτέ το κράνος) ή θέμα συνήθειας. Όσον αφορά τη μη χρήση κράνους, το 75% απάντησε πως δεν το φορά για μικρές αποστάσεις ενώ το υπόλοιπο 25% πως το φορά μόνο όταν πρόκειται να αναπτύξει ταχύτητες.

#### 6.4.3.3.2.4 Επιλογή Concepts

Ζητώντας από τους συμμετέχοντες να αιτιολογηθεί το προτιμώμενο σχέδιο, βοήθησε να καθοριστεί μια καλύτερη εικόνα σχετικά με την αντίληψή τους για αυτό. Όσοι επέλεξαν το πρώτο concept σχολίασαν πως το έκαναν λόγω ευχρηστίας και ταχύτητας ενώ όσοι επέλεξαν το δεύτερο το χαρακτήρισαν ως πιο ασφαλές μεταξύ των τριών και εύχρηστο. Μόνο δύο άτομα επέλεξαν το τρίτο σχέδιο αιτιολογώντας πως έχει οικεία χρήση και ενδιαφέρον μηχανισμό, στοιχείο που παρατήρησαν και άλλοι συμμετέχοντας που δεν το επέλεξαν, προσθέτοντας πως αν το πρωτότυπο

ήταν πιο εύχρηστο πιθανότατα να είχαν επιλέξει αυτό. Άλλα σχόλια που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν την αίσθηση μη-ασφάλειας που δημιουργεί το πρώτο concept, αναφέροντας προβληματισμό σχετικά με την αντοχή του μεντεσέ στο πλευρικό σημείο.

#### 6.4.4 Συμπεράσματα Αξιολόγησης

Αρχικά, εξετάζοντας την ανταπόκριση στις λειτουργικές απαιτήσεις που τέθηκαν, η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε γύρω από την ισορροπία Χρόνου (απ)ασφάλισης-Επιτυχίας (απ)ασφάλισης όπου και επικεντρώθηκε ο ιδεασμός. Όσο για τη Κατανομή Φορτίσεων και Απορρόφηση Κραδασμών θεωρήθηκαν πως ικανοποιούνται για όλα τα σχέδια με την ύπαρξη σκληρού εξωτερικού κελύφους και απορροφητικού αφρού αντίστοιχα. Για τη δυνατότητα ορατότητας θεωρήθηκε επίσης πως ικανοποιείται από την ύπαρξη επαρκούς ανοίγματος ματιών όπως ορίζεται από τα πρότυπα σχεδίασης και είναι το ίδιο για όλα τα σχέδια. Σχετικά με τη περιοχή κάλυψης, ήταν ίδια για όλα τα σχέδια με την μικρή διαφορά ότι το πρώτο και τρίτο concept διαθέτουν κάποιες διπλές επικαλύψεις. Ενώ για το πρώτο concept η επικάλυψη αυτή είναι απαραίτητη για την στιβαρότητα του κράνους, για το τρίτο είναι πιθανότερο να αυξάνει το κίνδυνο διάτρησης του προστατευτικού αφρού σε περίπτωση κρούσης. Τα ζητήματα συνολικού βάρους και τιμής δεν αξιολογήθηκαν σε αυτή τη φάση καθώς η αξιολόγηση αποσκοπούσε στη διάκριση του concept με τη βέλτιστη κινησιολογία.

Σε γενικές γραμμές, δεν υπάρχει αμφιβολία πως το πρώτο concept είχε τη καλύτερη επίδοση τόσο όσον αφορά το χρόνο τοποθέτησης και αφαίρεσης, όσο και τον αριθμό κινήσεων των άκρων και κάμψεων του κεφαλιού. Ωστόσο, η γεωμετρία του πρωτοτύπου διέφερε από του πραγματικού σχεδίου στη περιοχή του «κοψίματος» του σαγονιού, δηλαδή, στη πραγματικότητα το κομμάτι του κελύφους που θα έπρεπε να κινηθεί για να ανοίξει το κράνος θα έπρεπε να είναι πολύ μεγαλύτερο. Τα σχόλια των συμμετεχόντων για αυτή τη διαφορά περιείχαν μεγάλη δυσπιστία ως προς τη πρακτικότητα του πραγματικού σχεδίου καθώς ο όγκος του κράνους όντας «ανοικτό» αυξάνεται αρκετά και η τοποθέτησή του πάνω στη μηχανή κατά τη διάρκεια σύντομης στάθμευσης καθιστά απαραίτητο το «κλείσιμό» του. Λαμβάνοντας υπόψιν τους ταχυμεταφορείς και το γεγονός πως υπάρχει πίεση χρόνου και συνήθως το ένα χέρι τους είναι δεσμευμένο, αυτός ο περιορισμός της γεωμετρίας καθιστά τη συγκεκριμένη λύση μη-αποτελεσματική.

Όσον αφορά τα άλλα δύο concepts, προκειμένου να μελετηθούν καλύτερα τα παραπάνω αποτελέσματα, είναι σημαντική η καταμέτρηση του αριθμού των επιτυχημένων κινήσεων ανά δοκιμή για την τοποθέτηση και αφαίρεση των δύο πρωτοτύπων όπου και προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 9 Ποσότητα επιτυχημένων κινήσεων ανά δοκιμή για την τοποθέτηση και αφαίρεση των concept 2 και 3

Δοκιμές	Concept 2 -Pacman		Concept 3 -Cuckoo	
	Τοποθέτηση	Αφαίρεση	Τοποθέτηση	Αφαίρεση
1 <sup>η</sup>	4	4	7	6
2 <sup>η</sup>	10	6	9	7
3 <sup>η</sup>	10	8	5	5



Αρχικά, για το δεύτερο σχέδιο, οι περισσότερες επιτυχείς κινήσεις σημειώθηκαν στη τρίτη δοκιμή ενώ για το τρίτο στη δεύτερη. Εξετάζοντας των αριθμό των κινήσεων των άκρων και το χρόνο τοποθέτησης/αφαίρεσης σε αυτές τις δοκιμές, παρατηρείται πως ενώ το δεύτερο σχέδιο χρησιμοποιείται σε λιγότερο χρόνο από το τρίτο, οι απαραίτητες κινήσεις είναι περισσότερες. Συγκεκριμένα αυτό συμβαίνει κατά την τοποθέτηση όπου στη τρίτη δοκιμή του δεύτερου σχεδίου οι κινήσεις που απαιτούνται είναι 6 και ο χρόνος 5.5s, ενώ στο τρίτο είναι 4 κινήσεις για 9s. Μελετώντας τα βίντεο χρήσης των πρωτοτύπων, αυτό εξηγείται από το γεγονός πως για το δεύτερο concept οι κινήσεις αυξάνονται με τη προσπάθεια στόχευσης και προσαρμογής του κράνους στο κατάλληλο σημείο του κεφαλιού ενώ στο τρίτο concept ο χρόνος αυξάνεται καθώς ο χρήστης πρέπει να σκεφτεί την κίνηση που πρέπει να ακολουθήσει ο πίσω από τη μια θέση στην επόμενη. Συνεπώς, στο δεύτερο concept το πρόβλημα έγκειται στην στόχευση και προσαρμογή ενώ στο τρίτο στη διαδικασία κλεισίματος του κράνους.

Εξετάζοντας ξανά τα βίντεο και λαμβάνοντας υπόψιν επιτόπου σχόλια των συμμετεχόντων, παρατηρήθηκε πως το πρόβλημα τοποθέτησης του δεύτερου concept προκύπτει από μια συγκεκριμένη αδυναμία της γεωμετρίας. Συγκεκριμένα, το δεύτερο και μικρότερο τμήμα του κράνους που καλύπτει το πίσω μέρος του κεφαλιού, «σκαλώνει» στους ώμους των χρηστών κατά την τοποθέτηση. Αυτό τους οδηγεί να πραγματοποιήσουν διαφορετικές κινήσεις που δεν διευκολύνουν να στοχεύσουν στο σημείο που πρέπει να τοποθετηθεί το κεφάλι και το άνοιγμα των ματιών. Συνεπώς, μια σημαντική βελτιστοποίηση που θα πρέπει να γίνει στο σχέδιο είναι η μείωση του μήκους αυτού. Εκτός από αυτό, σχόλια έγιναν επίσης σχετικά με την εμπόδιση των αυτιών στη τοποθέτηση και το «κλείσιμο» οπότε θα πρέπει να ρυθμιστεί κατάλληλα η κλίση του «κοψίματος» της γεωμετρίας σε εκείνη τη περιοχή.

Όσον αφορά το τρίτο σχέδιο, σαφώς υπήρχε δυσκολία χρήσης του πρωτοτύπου όπως ήταν αναμενόμενο ωστόσο ο αριθμός επιτυχών χρήσεων είναι πολύ κοντινός με εκείνον του δεύτερου σχεδίου. Συγκεκριμένα, στο δεύτερο concept υπήρχαν συνολικά 24 επιτυχείς τοποθετήσεις και 18 επιτυχείς αφαιρέσεις, ενώ στο τρίτο 21 επιτυχείς τοποθετήσεις και 18 επιτυχείς αφαιρέσεις επίσης. Παρόλο που τα αποτελέσματα δεν είναι απολύτως αρνητικά ακόμη κι αν είναι σαφώς επηρεασμένα από την ποιότητα του πρωτοτύπου, δεν μπορεί να αγνοηθεί το γεγονός ότι οι χρήστες έπρεπε να αφιερώσουν χρόνο για να σκεφτούν την επόμενη κίνηση προκειμένου να «κλείσουν» το κράνος, στοιχείο που δεν μπορεί να εξαλειφθεί.

Συνοψίζοντας, λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω στοιχεία, αλλά και εκείνα των αναλύσεων κρούσης, το concept που έχει μεγαλύτερο νόημα να εξελιχθεί και να προχωρήσει στο λεπτομερή σχεδιασμό είναι το δεύτερο.

## 7 Κεφάλαιο 6 -Τελική Πρόταση

### 7.1 Περιγραφή

Το τελικό σχέδιο βασίζεται στην αρχή λειτουργίας του δεύτερου concept όπως στη παράγραφο 6.4.4. Οι αλλαγές που έγιναν στη γεωμετρία του σχεδίου εξυπηρετούν ζητήματα ασφάλειας, αεροδυναμικής και ευκολίας παραγωγής. Η κλίση του «κοψίματος» άλλαξε σύμφωνα με τις παρατηρήσεις γύρω από το φυσικό πρωτότυπο του δεύτερου concept αλλά και με τα λειτουργικά του πλεονεκτήματα όπως το ύψος του που βρίσκεται στην ευθεία του ανοίγματος ματιών. Πιο συγκεκριμένα, η πιο έντονη αλλαγή παρατηρείται στο οπίσθιο μέρος του κελύφους όπου η προεξοχή που δημιουργείται εξυπηρετεί τόσο τη ροή του αέρα μέσω του συστήματος εξαερισμού όσο και τη στήριξη του μηχανισμού ανοίγματος του κράνους [Εικόνα 93].



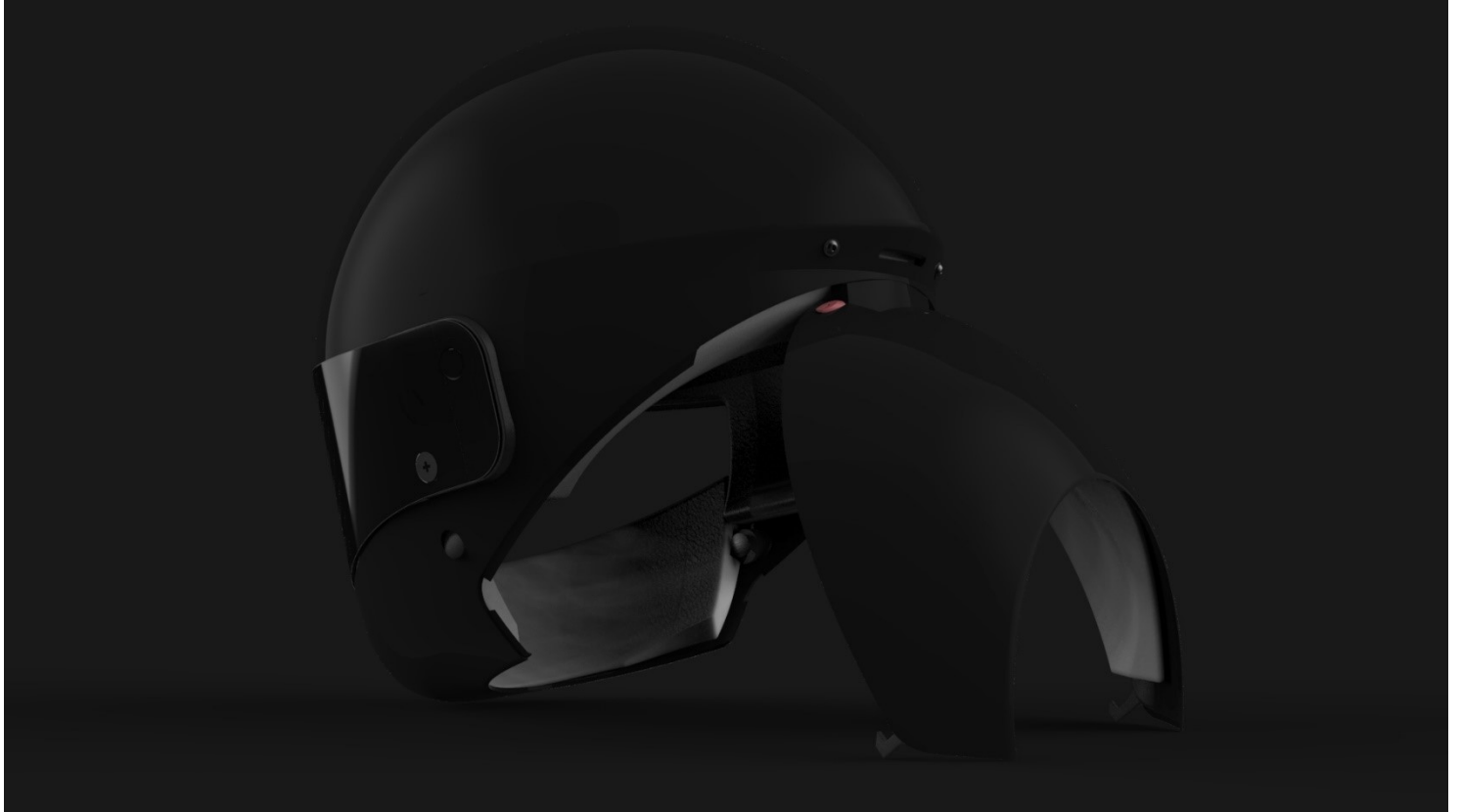
Εικόνα 93 Φωτορεαλιστική απεικόνιση της τελικής πρότασης

### 7.2 Λειτουργικότητα

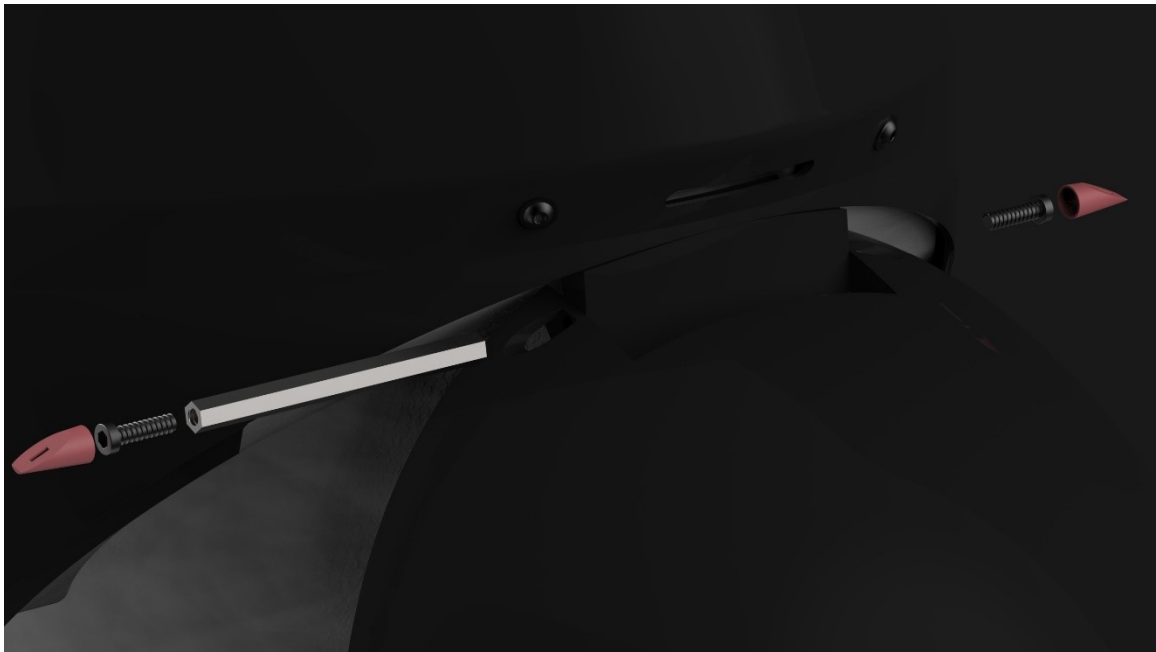
Η λειτουργία του συγκεκριμένου concept έγκειται στο άνοιγμα και κλείσιμο του κράνους. Αυτό πραγματοποιείται διαχωρίζοντας το κέλυφος σε δύο επιμέρους τμήματα και επιτρέποντας τη μεταξύ τους περιστροφή. Πιο συγκεκριμένα ο μηχανισμός που επιτρέπει αυτή τη κίνηση είναι ένα είδος μεντεσέ σταθεροποιημένο στο βασικό κέλυφος Α και συνδεδεμένο με το συμπληρωματικό του κελύφος Β [Εικόνα 94 έως Εικόνα 98].



Εικόνα 94 Βασικά τεμάχια κράνους. Βασικό κέλυφος Α, Κέλυφος Β και τεμάχιο μεντεσέ.



*Εικόνα 95 Κράνος σε ανοιχτή θέση.*



*Εικόνα 96 Αποστάτης και βίδες που συνδέουν το Κέλυφος Β με το τεμάχιο του μεντεσέ. Τα τεμάχια με κόκκινο χρώμα είναι καλύμματα για τις βίδες προκειμένου να τις προστατεύουν από σκόνη.*



Εικόνα 97 Τεμάχιο Μεντεσέ



Εικόνα 98 Διαμόρφωση Κελύφους Β για την εξυπηρέτηση της στήριξης των βιδών και την περιστροφική κίνηση.

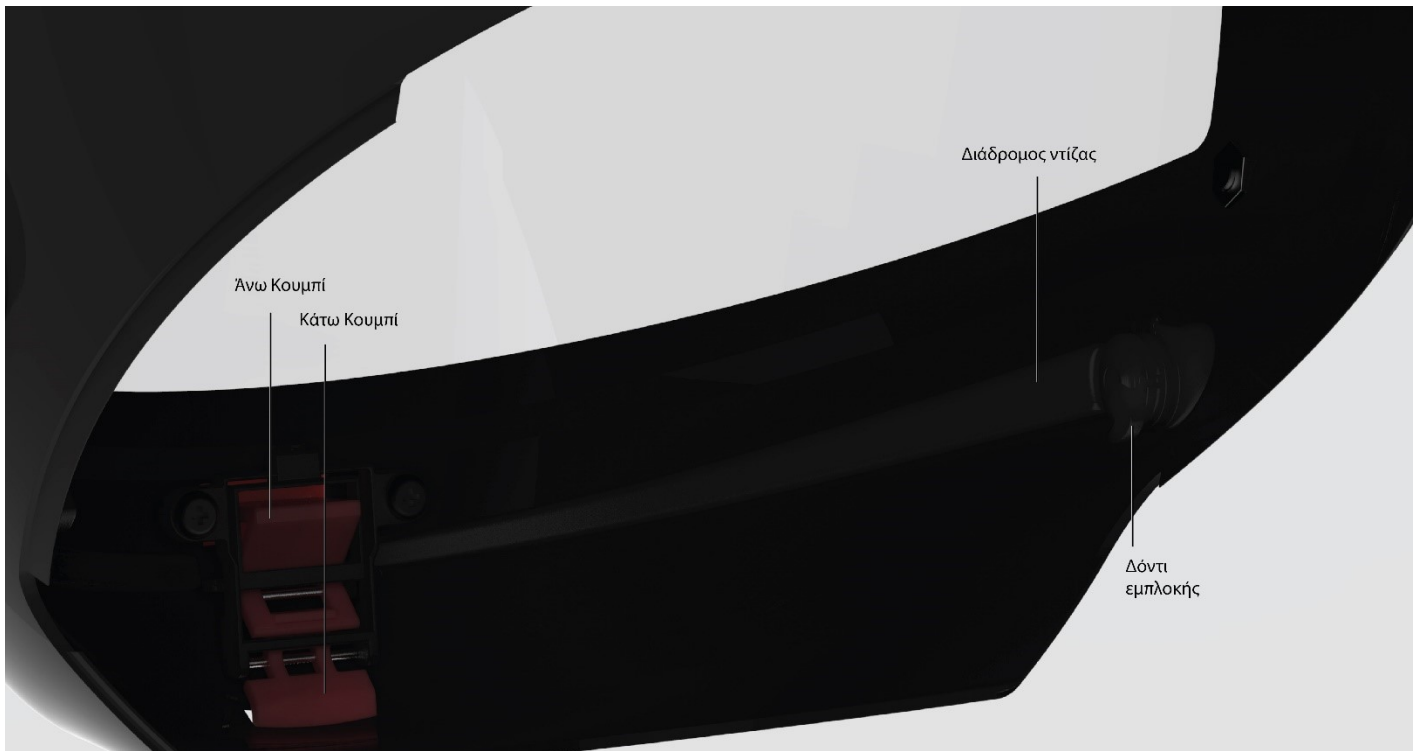
### 7.3 Ασφάλιση

Προκειμένου να επιτρέπεται η περιστροφική κίνηση του Κελύφους Β, απαιτείται να απασφαλισθεί από το Κέλυφος Α. Η μεταξύ τους ασφάλιση επιτυγχάνεται από ένα μηχανισμό που βρίσκεται χαμηλά στις πλευρικές περιοχές. Όπως αποτυπώνεται στην Εικόνα 99, η εμπλοκή πραγματοποιείται μεταξύ δύο δοντιών τα οποία ελέγχονται από ένα σύστημα κουμπιών κεντρικά του κράνους.



*Εικόνα 99 Απεικόνιση δοντιών των δύο κελυφών.*

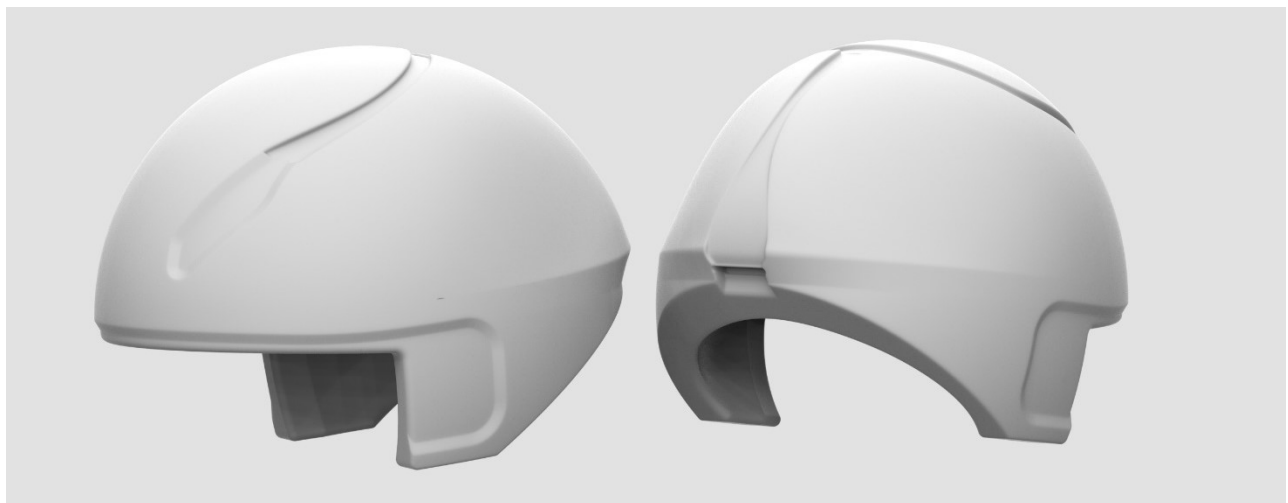
Πιο συγκεκριμένα, σπρώχνοντας το χαμηλότερο κουμπί προς τα μπροστά, το κεντρικό κουμπί τοποθετείται πιο έξω γεγονός που του επιτρέπει να πιεστεί προς τα κάτω. Πιέζοντας ταυτόχρονα το χαμηλότερο κουμπί προς τα πάνω επιτρέπει το συνδυασμό αυτών των κινήσεων να τραβήξει δύο ντίζες οι οποίες με τη σειρά τους τραβούν προς τα πίσω τα δόντια που βρίσκονται στο Κέλυφος Α απομπλέκοντάς τα από εκείνα του Κελύφους Β. Ο μηχανισμός αυτός χρησιμοποιείται στα κράνη τύπου flip up και σχεδιάστηκε απλοποιημένα για το concept αυτό.



Εικόνα 100 Μηχανισμός Ασφάλισης

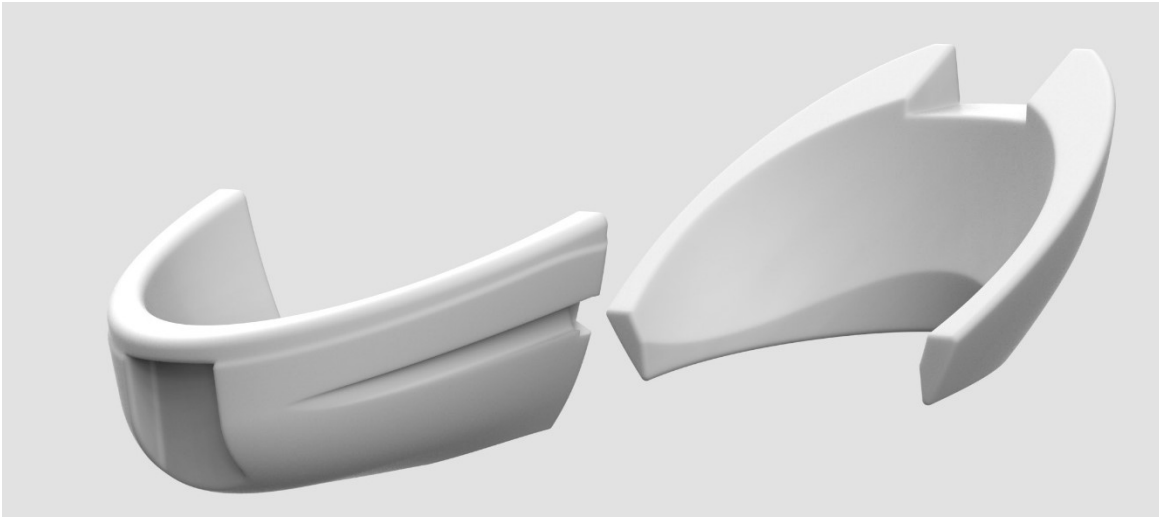
#### 7.4 Προστατευτικοί Αφροί

Σκοπός του προστατευτικού αφρού είναι να καλύψει τη μεγαλύτερη δυνατή περιοχή εσωτερικά του κελύφους. Γι' αυτό το λόγο σχεδιάστηκαν τρία επιμέρους τεμάχια προστατευτικού αφρού, δύο για το κέλυφος Α και ένα για το κέλυφος Β.



Εικόνα 101 Προστατευτικός αφρός κορυφής Κελύφους Α με εσοχές για τη κατεύθυνση του αέρα στο σύστημα εξαερισμού.





Εικόνα 102 Προστατευτικοί αφροί Κελύφους Β και σαγονιού Κελύφους Α.

Οι γεωμετρίες αυτών των τεμαχίων είναι ειδικά διαμορφωμένες ώστε να δημιουργείται επαρκής χώρος για τους μηχανισμούς και τις διαμορφώσεις των κελυφών. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η λειτουργικότητα και η ακριβής συναρμογή μεταξύ των τεμαχίων.

## 7.5 Υλικά και Μέθοδοι Παραγωγής

### 7.5.1 Κέλυφος

Στο λεπτομερή σχεδιασμό είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψιν οι περιορισμοί που προκύπτουν από την επιλογή υλικού και μεθόδου παραγωγής. Συνεπώς, επιλέγοντας για το υλικό του κελύφους κάποιο σύνθετο με ίνες άνθρακα ή φυσικές ίνες οδηγεί σε περιορισμούς στη γεωμετρία οι οποίοι προκύπτουν από τις δυνατότητες των μεθόδων παραγωγής που αφορούν τα υλικά αυτά. Επιπροσθέτως, η σφαιρική γεωμετρία των κρανών αποτελεί εξορισμού κατασκευαστική πρόκληση και μέχρι στιγμής η μοναδική λύση φαίνεται να είναι οι μέθοδοι παραγωγής που αξιοποιούν εύκαμπτους σάκους υπό πίεση ή σε κενό αέρος. Οι μέθοδοι μορφοποίησης κατά στρώσεις-όπως λέγεται η μορφοποίηση σύνθετων υλικών- δεν επιτρέπουν πολύπλοκα σχήματα με μεγάλες διαφορές στις διατομές, στοιχείο που οδήγησε στο σχεδιασμό του μεντεσέ ως ξεχωριστό τεμάχιο από το κέλυφος Α σε αντίθεση με το σχέδιο του concept 2. Ωστόσο, αυτές οι μέθοδοι επιτρέπουν την μέγιστη εκμετάλλευση των ιδιοτήτων των ενισχυμένων σύνθετων και δεν απαιτούν μεγάλη οικονομική σπατάλη στη κατασκευή των καλουπιών [Ashby & Johnson (2002)]. Όσον αφορά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, αυτές οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν ανοιχτά καλούπια ευνοούν την εξάτμιση της ρητίνης που αποτελεί κίνδυνο και για την ανθρώπινη υγεία, παρόλα αυτά υπάρχει μια εκδοχή της διαδικασίας που λέγεται Χύτευση Μεταφοράς Ρητίνης Υποβοηθούμενη από Κενό (Vacuum Assisted Resin Transfer Molding - VARTM). Πρόκειται για μια χαμηλού κόστους μορφοποίηση σύνθετων υλικών σε μεγάλα και περίπλοκα σχήματα. Η ενίσχυση τοποθετείται ανά στρώσεις στη μήτρα υπό τη μορφή λεπτών υφασμένων νημάτων και η ρητίνη τραβιέται ανάμεσα σε αυτές με την υποβοήθηση του κενού αέρος. [Βάση Δεδομένων CES EduPack 2013].

Για τα κελύφη Α και Β, προβλέπεται η κατασκευή τους χρησιμοποιώντας τη μέθοδο VARTM και στη συνέχεια η διάνοιξη των κατάλληλων οπών και της περιοχής των ματιών όπως συνηθίζεται στη βιομηχανία κατασκευής προστατευτικών κρανών από σύνθετα υλικά [Ηλεκτρονικές Πηγές, 4].

### 7.5.2 Μηχανισμοί

Όλοι οι μηχανισμοί προβλέπεται να κατασκευαστούν από θερμοπλαστικό ABS μέσω της μεθόδου της χύτευσης με έγχυση. Συγκεκριμένα για το μεντεσέ, το υλικό του πρέπει να είναι άκαμπτο και ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία και στη διάβρωση, γι' αυτό η καταλληλότερη επιλογή είναι ο πολυανθρακικός εστέρας (PC), πολυμερές το οποίο χρησιμοποιείται συχνά για τη κατασκευή κελυφών κρανών. Αν και η μορφοποίησή του συχνότερα γίνεται μέσω εξώθησης και θερμοδιαμόρφωσης (που περιορίζουν το σχεδιασμό) μπορεί και να χυτευθεί με έγχυση, επιλογή κατάλληλη για τη γεωμετρία του συγκεκριμένου τεμαχίου.

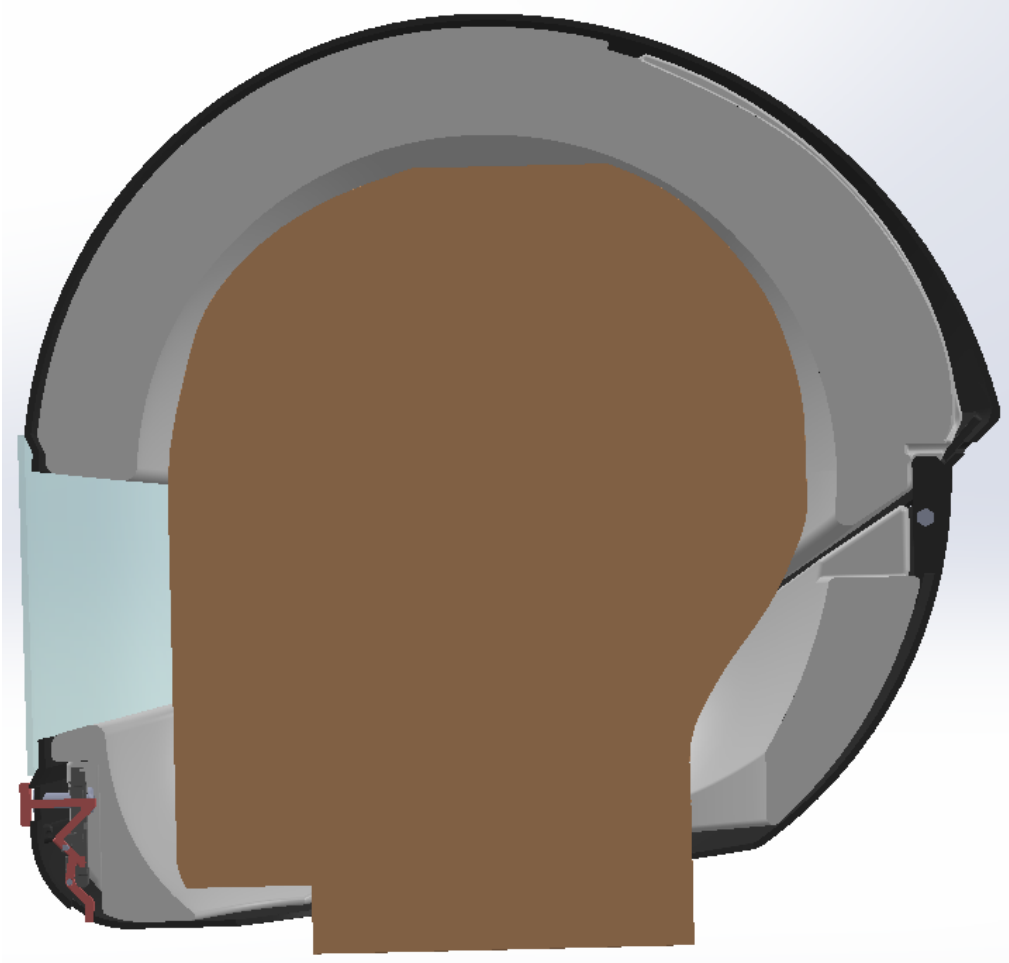
Όσον αφορά τη προστατευτική προσωπίδα, όπως αναφέρθηκε σε παραπάνω κεφάλαιο, οι ιδιότητες του υλικού είναι πολύ συγκεκριμένα ορισμένες από τα πρότυπα σχεδίασης και οι διαθέσιμες επιλογές είναι περιορισμένες. Τα περισσότερα κράνη χρησιμοποιούν προσωπίδες κατασκευασμένες από πολυανθρακικό πολυμερές και αυτό προτείνεται και για αυτό το σχέδιο. Όσον αφορά τη μέθοδο παραγωγής του, λόγω των περίπλοκων και λεπτομερών γεωμετριών που εμπλέκονται με άλλους μηχανισμούς, προβλέπεται χύτευση με έγχυση.

### 7.5.3 Προστατευτικοί Αφροί

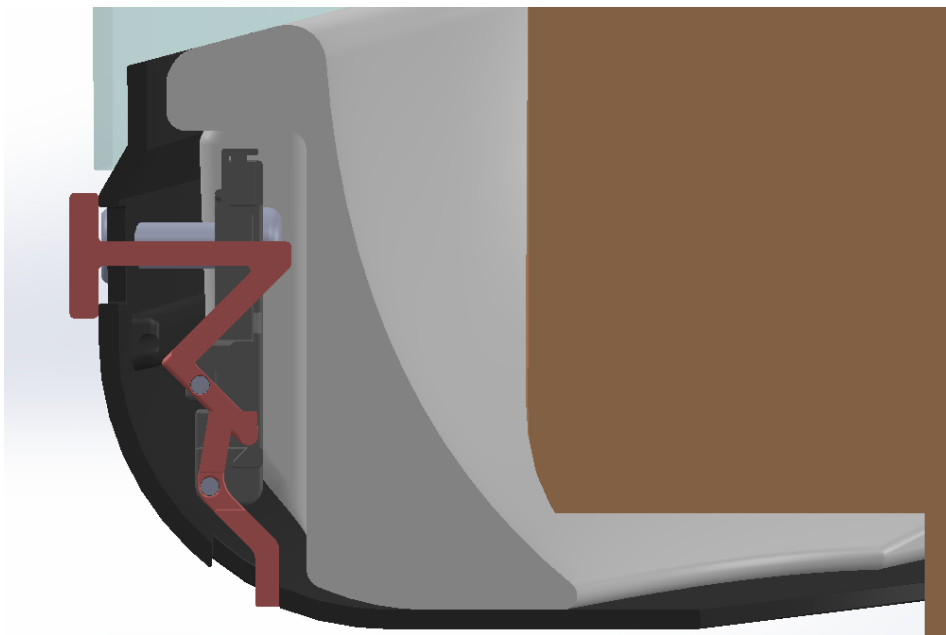
Οι προστατευτικοί αφροί που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία είναι κατασκευασμένοι από διογκωμένο αφρό πολυστυρενίου, γεγονός που τους προσδίδει περιορισμένη διάρκεια ζωής και αδυναμία ανακύκλωσης. Υπάρχει πλούσια βιβλιογραφία γύρω από την εσωτερική διάταξη των αφρών και πιο αειφόρες προσεγγίσεις, όμως ο προσανατολισμός αυτής της εργασίας δεν έγκειται εκεί. Συνεπώς, το υλικό που επιλέγεται για τους προστατευτικούς αφρούς αυτού του σχεδίου είναι ο διογκωμένος αφρός πολυστυρενίου και ως μέθοδο μορφοποίησής του η χύτευση διογκωμένου αφρού.

### 7.5.4 Συναρμογή και Συναρμολόγηση

Οι Εικόνα 104 έως Εικόνα 106 απεικονίζουν τη συναρμογή του κράνους σε σχέση με το μοιώμα κεφαλής μεγέθους 56 του Ευρωπαϊκού Προτύπου Σχεδίασης.



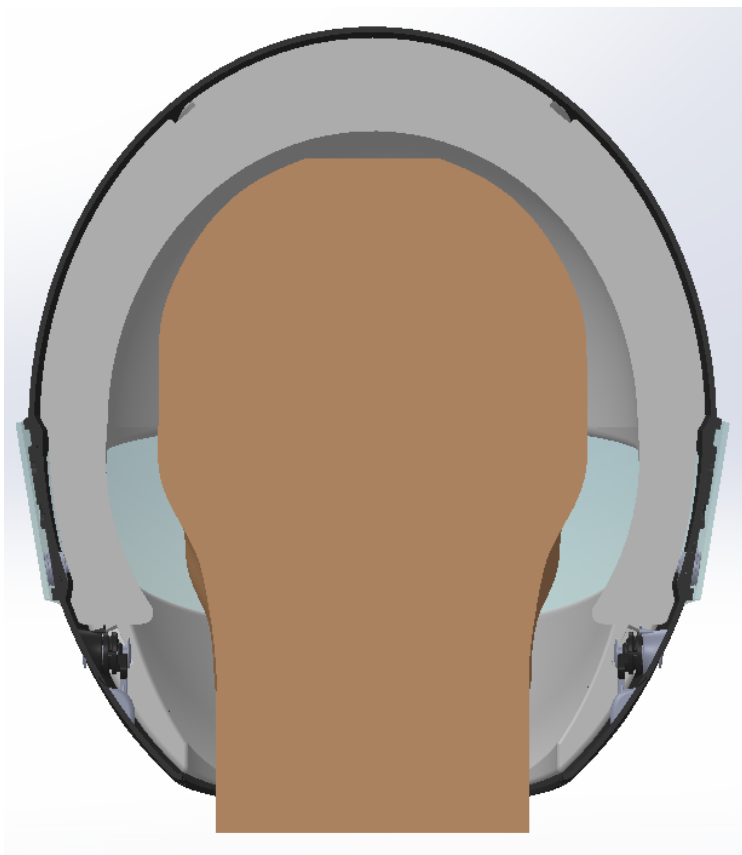
Εικόνα 104 Πλευρική τομή



Εικόνα 103 Λεπτομέρεια πλευρικής τομής. Εσωτερική διάταξη του μηχανισμού ασφάλισης και σχέση με τον εμπρόσθιο προστατευτικό αφρό.



Εικόνα 106 Εμπρόσθια τομή



Εικόνα 105 Οπίσθια τομή

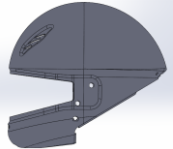
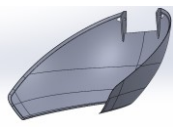
Όσον αφορά τη συναρμολόγηση του κράνους, απαιτείται πρώτα η δημιουργία των κατάλληλων οπών στο κέλυφος. Εν συνεχεία, τοποθετείται χειρωνακτικά ο μηχανισμός ασφάλισης και οι μηχανισμοί συγκράτησης της προσωπίδας στις ειδικές υποδοχές του κελύφους Α. Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί ότι για την αύξηση της σταθερότητας των παξιμαδιών προτείνεται να χρησιμοποιηθεί κόλλα, όπως παρατηρήθηκε ότι συμβαίνει και στα κράνη της αγοράς που μελετήθηκαν κατά την αποσυναρμολόγησή τους για την αντίστροφη μηχανική. Αντίστοιχη παρατήρηση έγινε με τους προστατευτικούς αφρούς οι οποίοι επικολλώνται στην εσωτερική πλευρά του κελύφους, όπως προτείνεται να γίνει και για τη συναρμολόγηση αυτού του concept μετά τη συναρμολόγηση των μηχανισμών και την τοποθέτηση του μεντεσέ. Για το κέλυφος Β, αντίστοιχα θα πρέπει να τοποθετηθούν επίσης πρώτα οι μηχανισμοί και τέλος να κολληθεί ο προστατευτικός αφρός. Τέλος, προβλέπεται να τοποθετηθεί η εσωτερική επένδυση και όποια επιπλέον τεμάχια θα προκύψουν από το σχεδιασμό για παραγωγή.

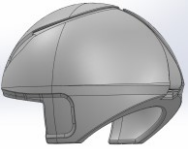
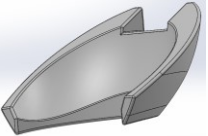
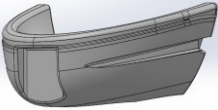
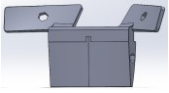
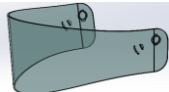



## 7.5.5 Κόστος Παραγωγής



### 7.5.5.1 Βασικά τεμάχια

Πιο αναλυτικά επισυνάπτεται ο Πίνακας 10 που διαθέτει πληροφορίες σχετικά με το κάθε τεμάχιο. Συγκεκριμένα για τα κελύφη χρησιμοποιήθηκε ως παράδειγμα το σύνθετο με άνθρακα για τον υπολογισμό του βάρους και του κόστους υλικού μιας και σύνθετα με φυσικές ίνες δεν είναι ακόμη ευρέως διαθέσιμα στη βιομηχανία.

Πίνακας 10 Πληροφορίες στοιχείων παραγωγής τελικού concept

Part	Υλικό	Μέθοδος Παραγωγής	Βάρος (gr)	Κόστος Υλικού (€/kg)	Κόστος Παραγωγής (€)	Οικονομικό μέγεθος παρτίδας (τεμάχια)
Κέλυφος Α 	Σύνθετο (π.χ. Carbon Fiber)	1) κατασκευή βασικού κελύφους με Vacuum RTM 2) δημιουργία ανοίγματος ματιών και οπών για βίδες και για μηχανισμό ασφάλισης	540	29.8 - 33.1	16.98	10-500
Κέλυφος Β 	Σύνθετο (π.χ. Carbon Fiber)	1) κατασκευή βασικού κελύφους με Vacuum RTM 2) δημιουργία οπών για βίδες	99.11		3.11	

Προστατευτικός Αφρός Α 	Αφρός Πολυστυρενίου	Χύτευση διογκωμένου αφρού	431.03	2.54 - 44.96	10.23	2e3 - 2e7
Προστατευτικός Αφρός Β 			53.37		1.01	
Προστατευτικός Αφρός Γ 			42.57		1.26	
Βάση Περιστροφής Κελύφους Β 	Πολυανθρακικό Πολυμερές	Χύτευση με έγχυση	22.2	3.26 - 3.59	0.07	1e4 - 1e6
Προστατευτικό ματιών (προσωπίδα) 	Πολυανθρακικό Πολυμερές	Χύτευση με έγχυση	124.13			
Μηχανισμός Προσωπίδας (x2) 	ABS	Χύτευση με έγχυση επιμέρους τμημάτων και συναρμολόγηση		2.26 - 2.49		
Μηχανισμός Ασφάλισης Part A 	ABS	Χύτευση με έγχυση				
Μηχανισμός Ασφάλισης Part B 	ABS	Χύτευση με έγχυση				

<p>Μηχανισμός Ασφάλισης Part C</p> 	ABS	Χύτευση με έγχυση				
<p>Μηχανισμός Ασφάλισης Part D</p> 	ABS	Χύτευση με έγχυση				

Σύμφωνα με αυτά τα στοιχεία το συνολικό βάρος του κράνους κυμαίνεται στα 1400 γραμμάρια, λαμβάνοντας υπόψιν και μερικά γραμμάρια για τις εσωτερικές επενδύσεις και τα υπόλοιπα μηχανολογικά στοιχεία.

Σχετικά με το κόστος, αρχικά θεωρήθηκε μέγεθος παρτίδας τα 500 κράνη. Για το κάθε τεμάχιο εφαρμόστηκε ο τύπος (βάρος τεμαχίου gr \* μέση τιμή κόστους υλικού €/kg) / 1000gr και το άθροισμα του κόστους παραγωγής κάθε τεμαχίου ανέρχεται στα 32.95€. Το κόστος αυτό λαμβάνει υπόψιν μόνο το κόστος υλικού και το βάρος τεμαχίου και στη πραγματικότητα θα ήταν υψηλότερο αφού θα έπρεπε να καλυφθούν έξοδα για τα crash tests, ώρες εργασίας, αυτοκόλλητα και πολλά άλλα.

#### 7.5.5.2 Βίδες- Παξιμάδια- Αποστάτες

Παρακάτω επισυνάπτεται ο Πίνακας 11 όπου περιλαμβάνει τις βίδες, τα παξιμάδια και τους αποστάτες που επιλέχθηκαν για τη σύνδεση των επιμέρους τμημάτων του κράνους.

Πίνακας 11 Στοιχεία αγοράς μηχανολογικών τεμαχίων τελικού concept

Αποστάτης "Μεντεσέ"	Αγορά από <a href="https://www.acdcshop.gr/content/cb958a517a0baea06d47cef058fff4e3_6.pdf">https://www.acdcshop.gr/content/cb958a517a0baea06d47cef058fff4e3_6.pdf</a>	Κόστος 0.24 €/τμχ
Βίδες Προσωπίδας (x4)	Αγορά από <a href="https://www.aliexpress.com/item/32837138171.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.76836846t8WnJW&amp;algo_pvid=bfe064f1-799d-41bf-92d1-fa6d76c5b672&amp;algo_expid=bfe064f1-799d-41bf-92d1-fa6d76c5b672-58&amp;btsid=a1be6abc-5d0c-4611-9876-caff4f340b30&amp;ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_7,searchweb201603_55">https://www.aliexpress.com/item/32837138171.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.76836846t8WnJW&amp;algo_pvid=bfe064f1-799d-41bf-92d1-fa6d76c5b672&amp;algo_expid=bfe064f1-799d-41bf-92d1-fa6d76c5b672-58&amp;btsid=a1be6abc-5d0c-4611-9876-caff4f340b30&amp;ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_7,searchweb201603_55</a>	Κόστος 0.10 €/τμχ
Παξιμάδια Προσωπίδας (x4)	Αγορά από <a href="https://abra-electronics.com/hardware/hexagonal-screws/m5-screws-nuts-and-washers/sc-h-m5-ln-stainless-steel-m5-flange-nut-5-pack.html">https://abra-electronics.com/hardware/hexagonal-screws/m5-screws-nuts-and-washers/sc-h-m5-ln-stainless-steel-m5-flange-nut-5-pack.html</a>	Κόστος 0.19 €/τμχ
Παξιμάδια "Μεντεσέ" (x2)	Αγορά από <a href="https://www.mcmaster.com/97400a135">https://www.mcmaster.com/97400a135</a>	Κόστος 0.20 €/τμχ
Βίδες "Μεντεσέ" (x2)	Αγορά από <a href="https://www.mcmaster.com/90116a151">https://www.mcmaster.com/90116a151</a>	Κόστος 0.04 €/τμχ
	Αγορά από <a href="https://www.mcmaster.com/99637A520">https://www.mcmaster.com/99637A520</a>	Κόστος 1.02 €/τμχ



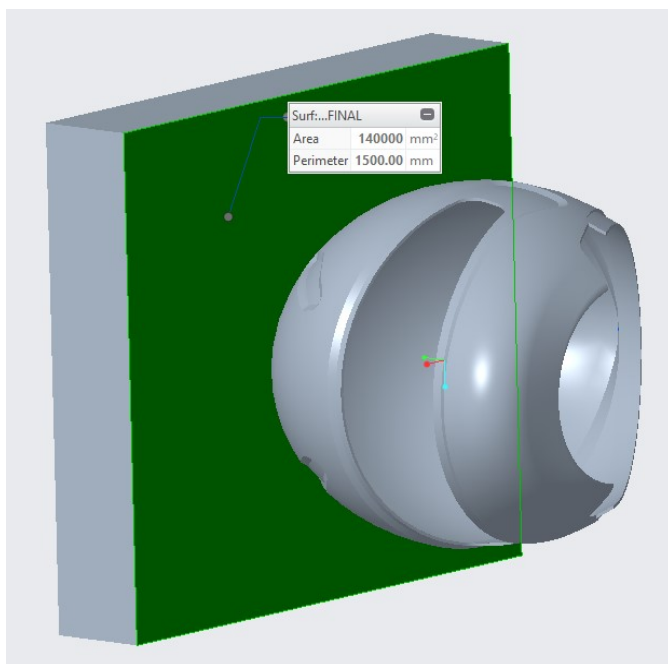
Βίδες μηχανισμού ασφάλισης (x2)	Αγορά από <a href="https://www.mcmaster.com/99637A101">https://www.mcmaster.com/99637A101</a>	Κόστος 0.50 €/τμχ
Βίδες πλευρικού μηχανισμού ασφάλισης (x2)	Αγορά από <a href="https://www.mcmaster.com/99172a133">https://www.mcmaster.com/99172a133</a>	Κόστος 0.29 €/τμχ

Λαμβάνοντας υπόψιν και τα μηχανολογικά στοιχεία, το κόστος κατασκευής των βασικών τεμαχίων, θεωρώντας μόνο το κόστος υλικού, διαμορφώνεται στα 38.21€ ανά μονάδα.

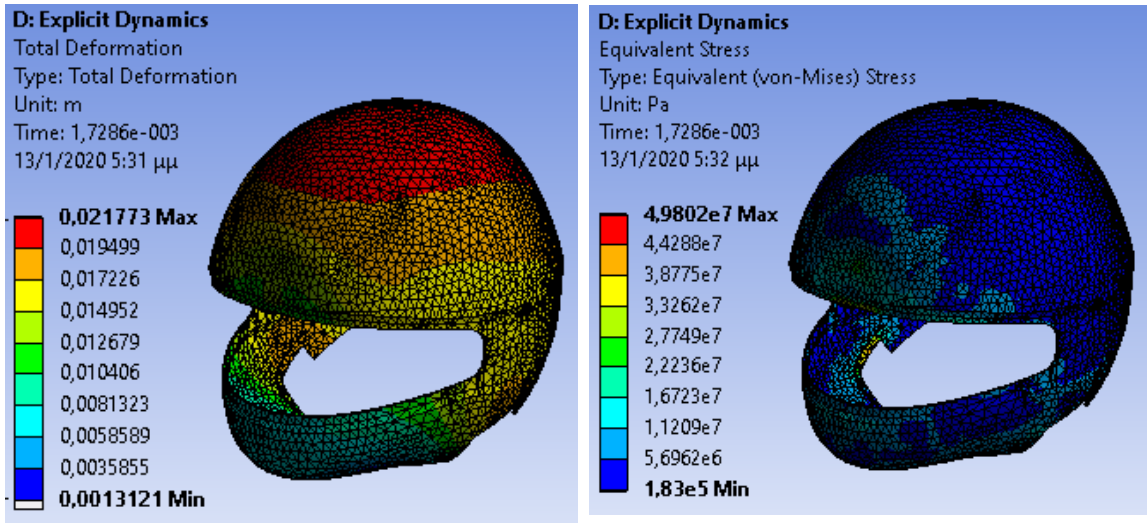
## 7.6 Αξιολόγηση

### 7.6.1 Δυναμικές Αναλύσεις Κρούσης

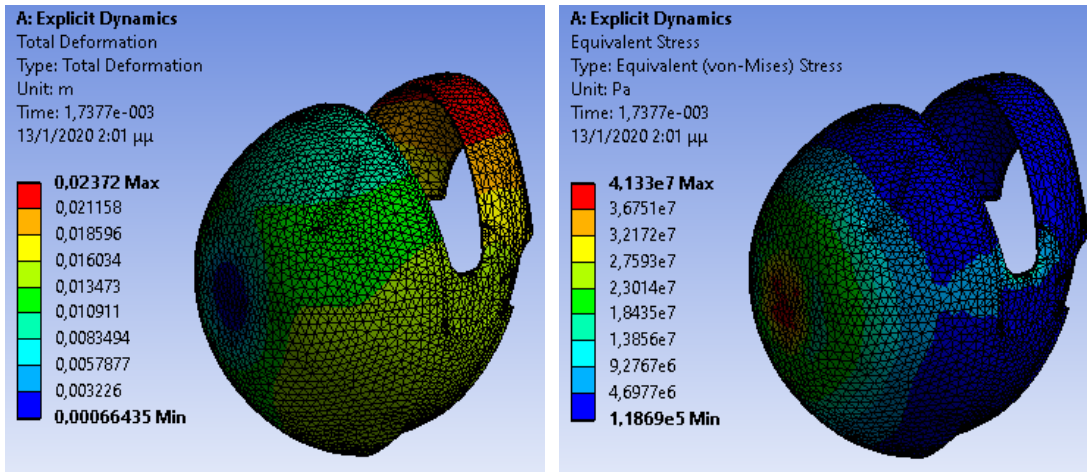
Στα πλαίσια της αξιολόγησης του τελικού σχεδίου, έγιναν δυναμικές αναλύσεις κρούσεων αξιοποιώντας το λογισμικό ANSYS Workbench 16.0. Λόγω περιορισμών του λογισμικού, το υλικό του κελύφους είναι ABS αντί για σύνθετο με ανθρακόνημα ή άλλη ενίσχυση. Σε αυτές τις αναλύσεις, το εμπόδιο ήταν ένα παραλληλεπίπεδο πάχους 7 εκατοστών έτσι ώστε να καλύπτεται μεγαλύτερη επιφάνεια του κελύφους κατά την κρούση όπως φαίνεται στην Εικόνα 107. Η ταχύτητα κρούσης ήταν στα 13m/s, δηλαδή περίπου 50 km/h και χρόνος τερματισμού της ανάλυσης ορίστηκαν τα 0,01s. Τέλος, αντίστοιχα με το concept 2, οι αναλύσεις για το τελικό concept έγιναν στο κέλυφος A του κράνους και η κατανομή της παραμόρφωσης και της τάσης von-Mises απεικονίζεται στις εικόνες Εικόνα 108 Εικόνα 111. Στις εικόνες αυτές υπάρχει υπόμνημα με τις τιμές παραμόρφωσης και τάσης που αντιστοιχούν στις διαφορετικές αποχρώσεις που εμφανίζονται στο τρισδιάστατο μοντέλο.



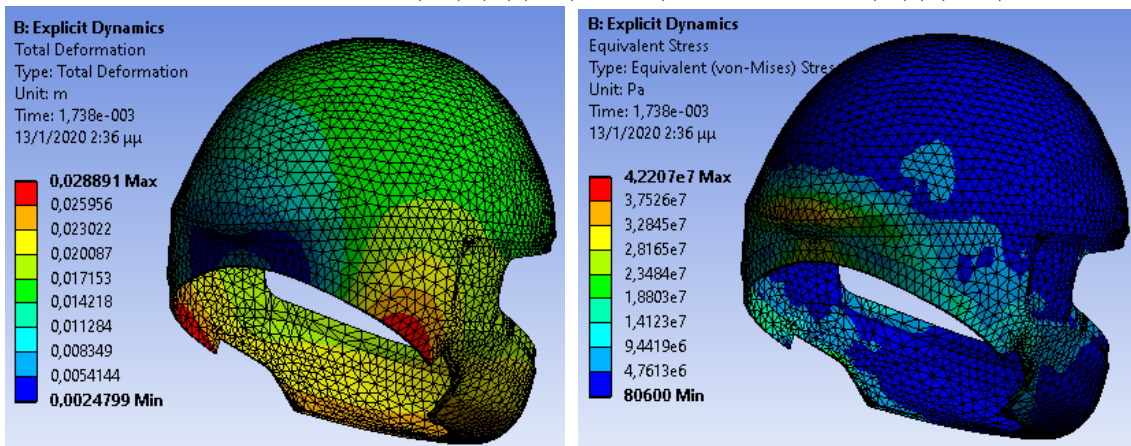
Εικόνα 107 Εμπόδιο και τελικό σχέδιο κράνους



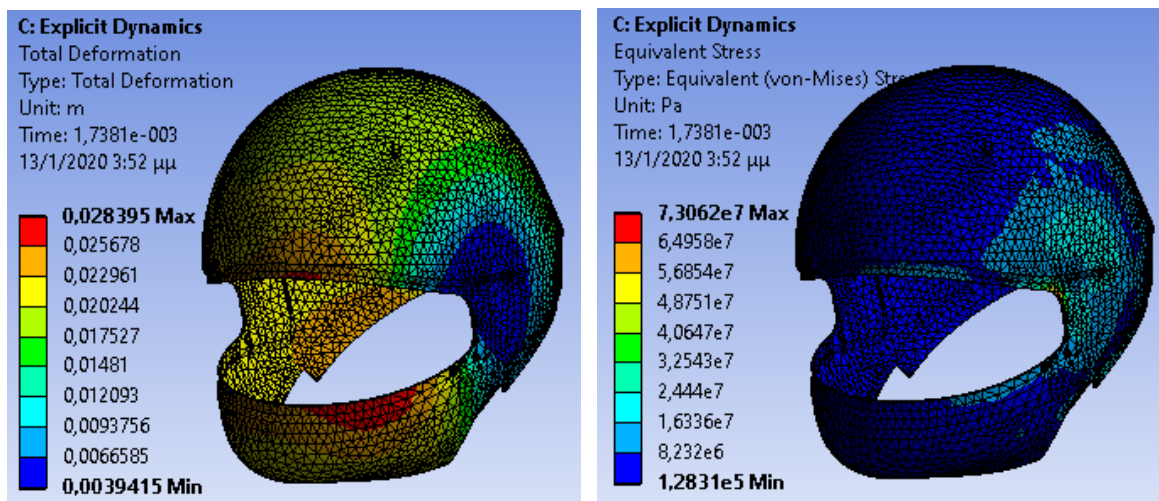
Εικόνα 108 Ολική Παραμόρφωση και Τάση von-Mises σε εμπρόσθια κρούση



Εικόνα 109 Ολική Παραμόρφωση και Τάση von-Mises σε κατακόρυφη κρούση



Εικόνα 110 Ολική Παραμόρφωση και Τάση von-Mises σε οπίσθια κρούση



Εικόνα 111 Ολική Παραμόρφωση και Τάση von-Mises σε πλευρική κρούση

Όσον αφορά τα αποτελέσματα των αναλύσεων, λαμβάνοντας υπόψιν πως το όριο διαρροής του ABS κυμαίνεται στα 18.5 -51 MPa, όλες οι αναλύσεις μπορούν να θεωρηθούν επιτυχείς καθώς καμία τάση δεν το ξεπερνά και τα αποτελέσματά τους συνοψίζονται στον Πίνακα 12. Τη καλύτερη αναλογία τάσης-παραμόρφωσης τη παρουσιάζει η κατακόρυφη κρούση και ακολουθεί η εμπρόσθια. Η πλευρική και οπίσθια κρούση εμφανίζουν αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα λαμβάνοντας υπόψιν τις ιδιότητες της γεωμετρίας σε εκείνες τις περιοχές. Παρ' όλα αυτά, ο μέχρι στιγμής σχεδιασμός του κράνους επιτρέπει την αύξηση του προστατευτικού αφρού στο εσωτερικό έτσι ώστε σε μια πλευρική κρούση να υπάρχει ακόμη καλύτερο αποτέλεσμα. Λαμβάνοντας ξανά υπόψιν πως τα κελύφη κατασκευασμένα από ABS είναι διπλάσιου πάχους από το συγκεκριμένο μοντέλο, τα αποτελέσματα αυτών των αναλύσεων είναι αρκετά θετικά.

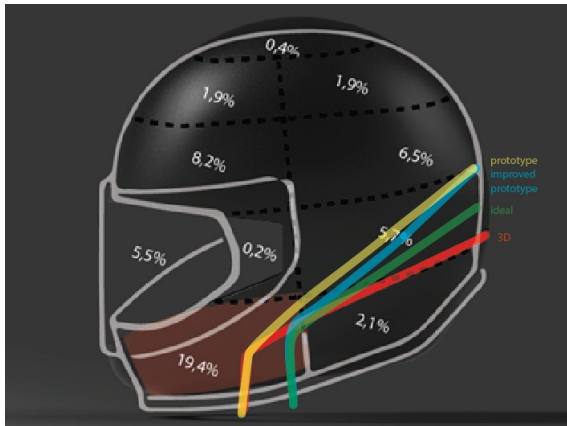
Πίνακας 12 Αποτελέσματα δυναμικών αναλύσεων τελικού concept

	Front Impact	Lateral Impact	Rear Impact	Top Impact
Total Deformation	21,77 mm	28,39 mm	28,89 mm	23,72 mm
Von Mises Stress	27,74 MPa	35,43 MPa	32,84 MPa	36,75 MPa

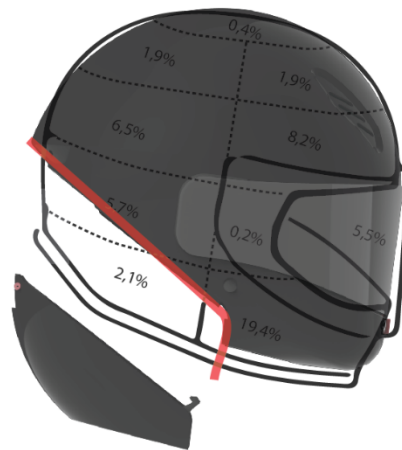
## 7.6.2 Μελέτη Κατανομής Σημείων Πρόσκρουσης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η κλίση του «κοψίματος» είναι μια από τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 112, με κόκκινο απεικονίζεται η γεωμετρία όπως έχει στο concept 2, με κίτρινο όπως ήταν στο φυσικό πρωτότυπο, με μπλε όπως θα μπορούσε να βελτιωθεί αυτό το πρωτότυπο για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη χρήση του και τέλος με πράσινο χρώμα απεικονίζεται το «ιδανικό κόψιμο» ώστε να ικανοποιεί ταυτόχρονα τις παρατηρήσεις που έγιναν.

Σκοπός των αλλαγών αυτών είναι η απομάκρυνση από τη περιοχή του σαγονιού και από την οπίσθια πλευρική περιοχή. Στην Εικόνα 113, είναι εμφανής η αποφυγή της οπίσθιας πλευρικής περιοχής αλλά και η μείωση της εισαγωγής του «κοψίματος» στη περιοχή του σαγονιού. Μεγαλύτερη μείωση δεν είναι δυνατή καθώς περιορίζεται αρκετά η λειτουργικότητα του σχεδίου.



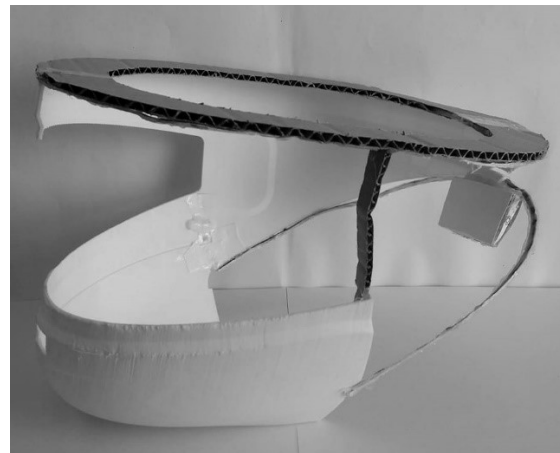
Εικόνα 112 Μελέτη της κατανομής των σημείων πρόσκρουσης στο concept 2 για την επιλογή των απαραίτητων αλλαγών του τελικού concept.



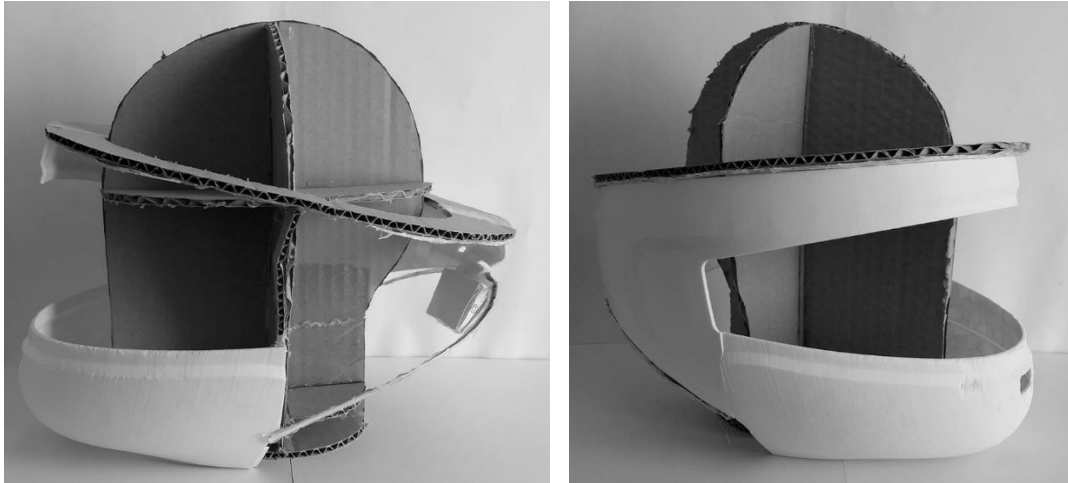
Εικόνα 113 Διαμόρφωση του κοψίματος στο τελικό

### 7.6.3 Πρωτότυπο κλίμακας 1:1

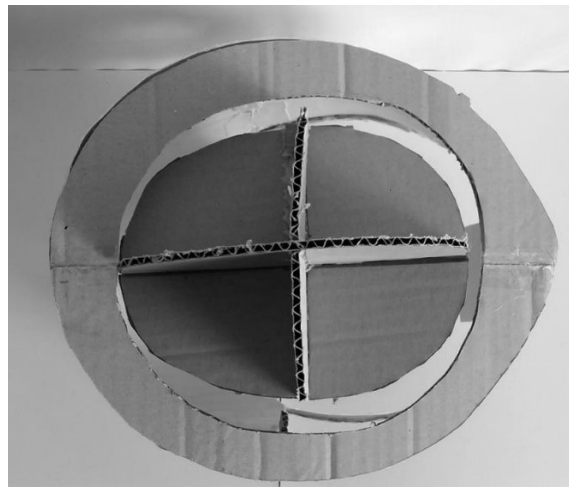
Στο πλαίσιο της αξιολόγησης του τελικού σχεδίου κατασκευάστηκε πρωτότυπο κλίμακας 1:1 και ομοίωμα κεφαλιού στην ίδια κλίμακα όπως φαίνεται στην Εικόνα 114 και Εικόνα 115. Το πρωτότυπο αυτό κατασκευάστηκε με σκοπό την αξιολόγηση του μεγέθους του σε σχέση με το ομοίωμα κεφαλιού αλλά και τη δοκιμή τοποθέτησης και αφαίρεσης. Μέρος του κελύφους Α εκτυπώθηκε σε δύο μέρη και κατασκευάστηκαν από χαρτόνι και σκληρό χαρτί η οριζόντια διατομή του προστατευτικού αφρού [Εικόνα 116] και μέρος του μεντεσέ αντίστοιχα. Τα στοιχεία αυτά προστέθηκαν στο πρωτότυπο καθώς επιδρούν στην ευκολία τοποθέτησης και αφαίρεσης του κράνους.



Εικόνα 114 Πρωτότυπο 1:1 με τα βασικά στοιχεία του τελικού concept



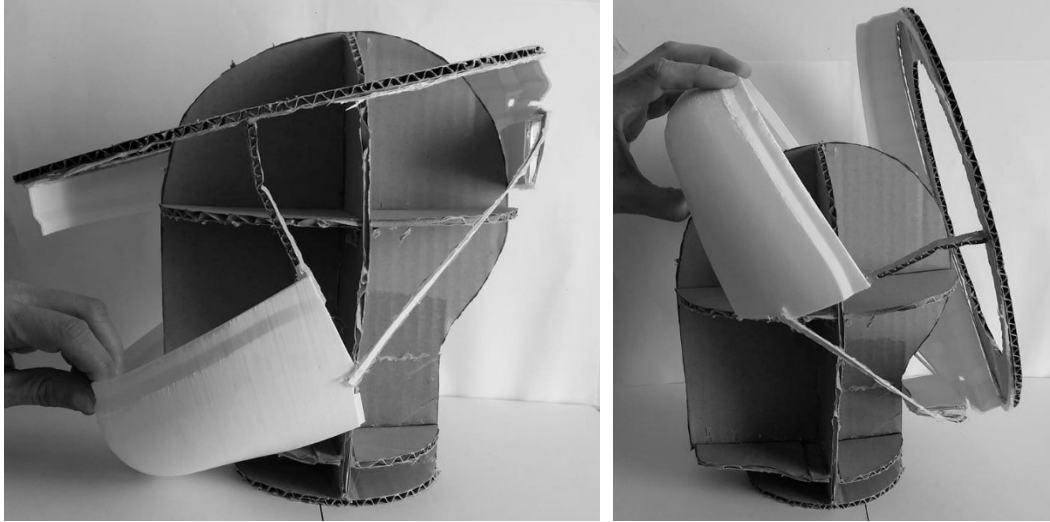
Εικόνα 115 Πρωτότυπο 1:1 τελικού concept και ομοίωμα κεφαλής 1:1



Εικόνα 116 Κάτοψη πρωτοτύπου τελικού concept. Εμφανής είναι η σχέση μεταξύ ομοιώματος κεφαλής και προστατευτικού αφρού.

Εξετάζοντας τη κινησιολογία τοποθέτησης και αφαίρεσης, παρατηρήθηκε πως η γεωμετρία επιτρέπει την επίτευξη διαφορετικών κινήσεων από των σχεδιασμένων. Συγκεκριμένα, όπως περιεγράφηκε στη παράγραφο 6.1.2.2- «Κινησιολογία που υποστηρίζει» για το concept 2, οι αναμενόμενη τοποθέτηση/αφαίρεση ήταν από μπροστά προς τα πίσω. Ωστόσο, εξετάζοντας το πρωτότυπο φαίνεται πως η τοποθέτηση/αφαίρεση μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο από πίσω προς τα μπροστά [Εικόνα 117]. Η κινησιολογία αυτή παρατηρήθηκε να πραγματοποιείται από τους συμμετέχοντες στην αξιολόγηση των concepts και θεωρήθηκε λανθασμένη υπό την υπόθεση πως η συνεχόμενη γεωμετρία του κελύφους στη περιοχή του σαγονιού θα αποτελεί εμπόδιο. Όπως αναφέρεται στη παράγραφο 6.4.4 –«Συμπεράσματα Αξιολόγησης», οι θεωρούμενες επιτυχείς κινήσεις του δεύτερου concept απαιτούσαν περισσότερες κινήσεις από της «μη-επιτυχείς» λόγω δυσκολίας στόχευσης του κράνους. Με τη κινησιολογία που επιτρέπει η γεωμετρία του τελικού σχεδίου, το πρόβλημα αυτό εξαλείφεται καθώς το κράνος καθοδηγείται στη σωστή θέση από την αρχή της τοποθέτησης.





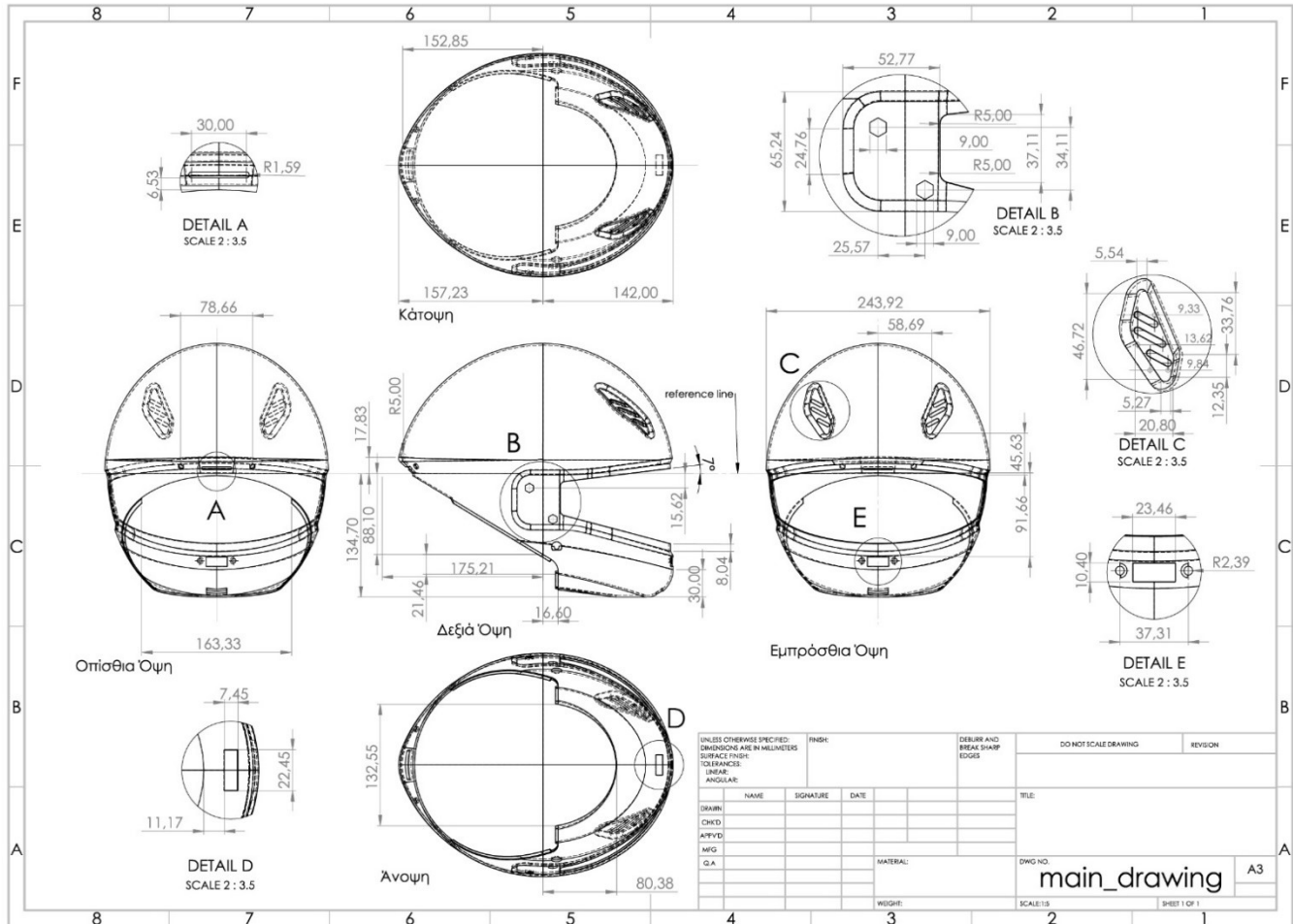
*Εικόνα 117 Λανθασμένη κινησιολογία τοποθέτησης/αφαίρεσης (αριστερά). Σωστή κινησιολογία τοποθέτησης/αφαίρεσης (δεξιά).*

#### **7.6.4 Συμπεράσματα Αξιολόγησης**

Σε γενικές γραμμές, ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση επικεντρώθηκε στη διαμόρφωση του κελύφους για τη καλύτερη εξυπηρέτηση της λειτουργικότητας. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων κρούσης, η μελέτη της γεωμετρίας ως προς τα συχνά σημεία πρόσκρουσης και της λειτουργικότητας του πρωτοτύπου είναι θετικά. Εξετάζοντας τη σχεδιαστική πρόταση ως προς τις προδιαγραφές σχεδίασης, ενώ μερικές δεν προσεγγίστηκαν -όπως οι εσωτερικές επενδύσεις, ο εκτροπέας αναπνοής και ζητήματα αντοχής σε θερμοκρασιακές φορτίσεις- η πλειοψηφία έχει ληφθεί υπόψιν και έχει αξιολογηθεί. Σε καμία περίπτωση όμως οι αξιολογήσεις αυτές δεν επαρκούν για την επιβεβαίωση της προστασίας ενός κράνους. Θεωρώντας μια μελλοντική εξέλιξη της συγκεκριμένης σχεδιαστικής πρότασης είναι απαραίτητη περαιτέρω μελέτη επικεντρωμένη στη φόρμα του κελύφους και στα ζητήματα αντοχής σε όλες τις καταστάσεις που προβλέπουν τα πρότυπα σχεδίασης έτσι ώστε να εξασφαλισθεί η άνεση και η ασφάλεια κατά τη χρήση.

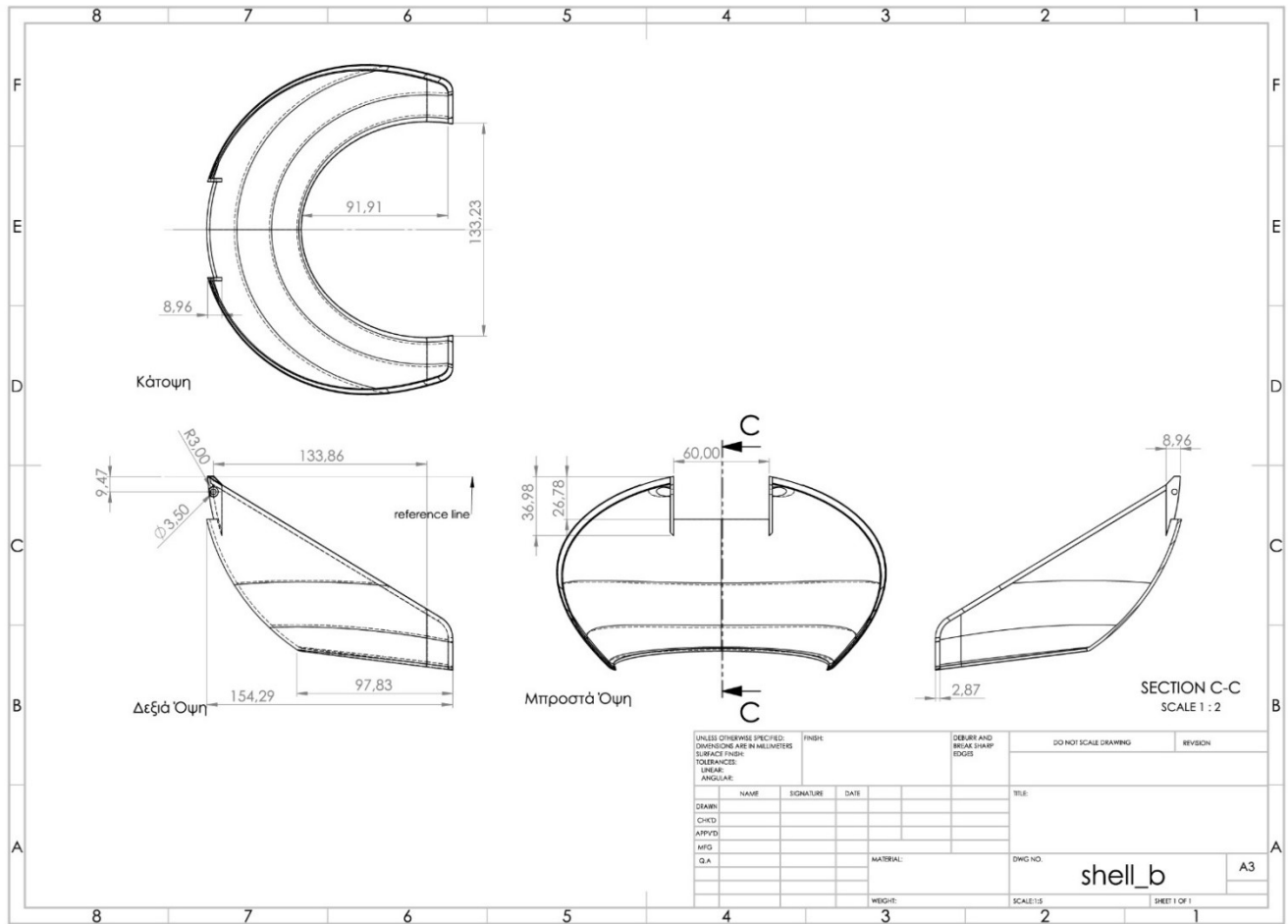
## 7.7 Τεχνικά Σχέδια

Στις εικόνες Εικόνα 118 Εικόνα 123 επισυνάπτονται τα τεχνικά σχέδια του κελύφους Α, του κελύφους Β, του μεντεσέ και των προστατευτικών αφρών. Τα υπόλοιπα εξαρτήματα δεν αποτελούν εξ ολοκλήρου πρωτότυπα σχέδια και δεν παράχθηκαν τα τεχνικά τους σχέδια.

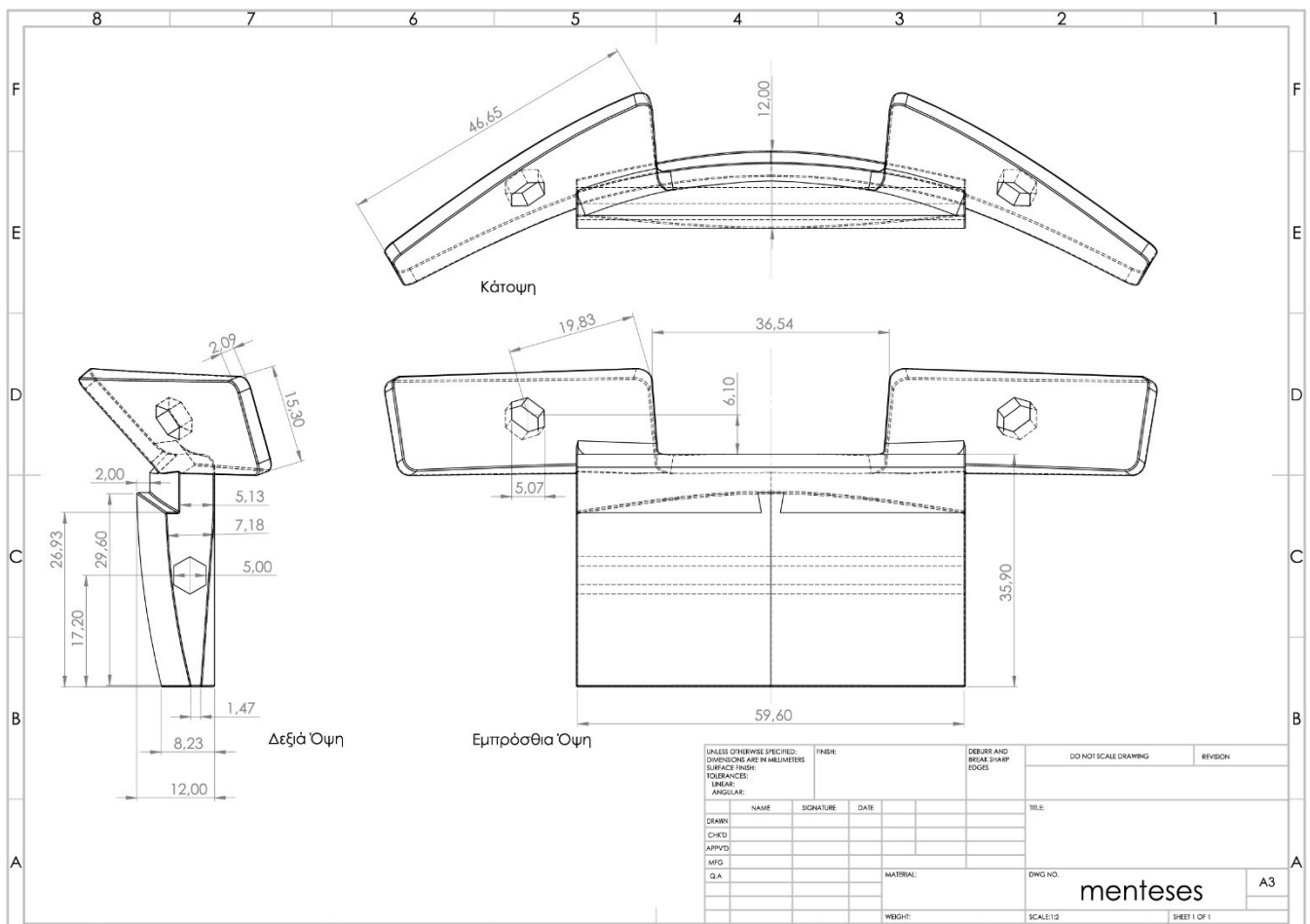


Εικόνα 118 Τεχνικά Σχέδια Κελύφους Α

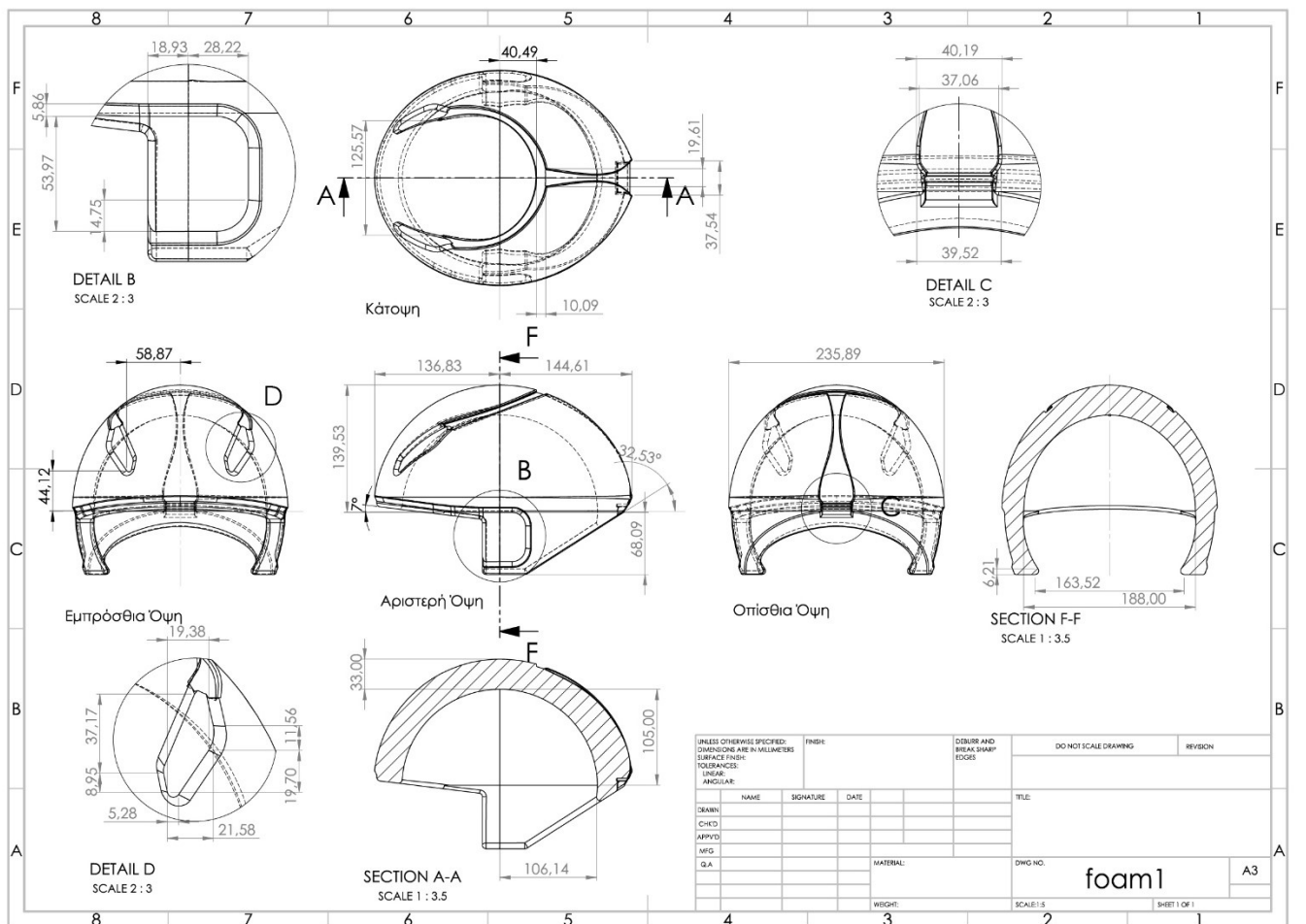




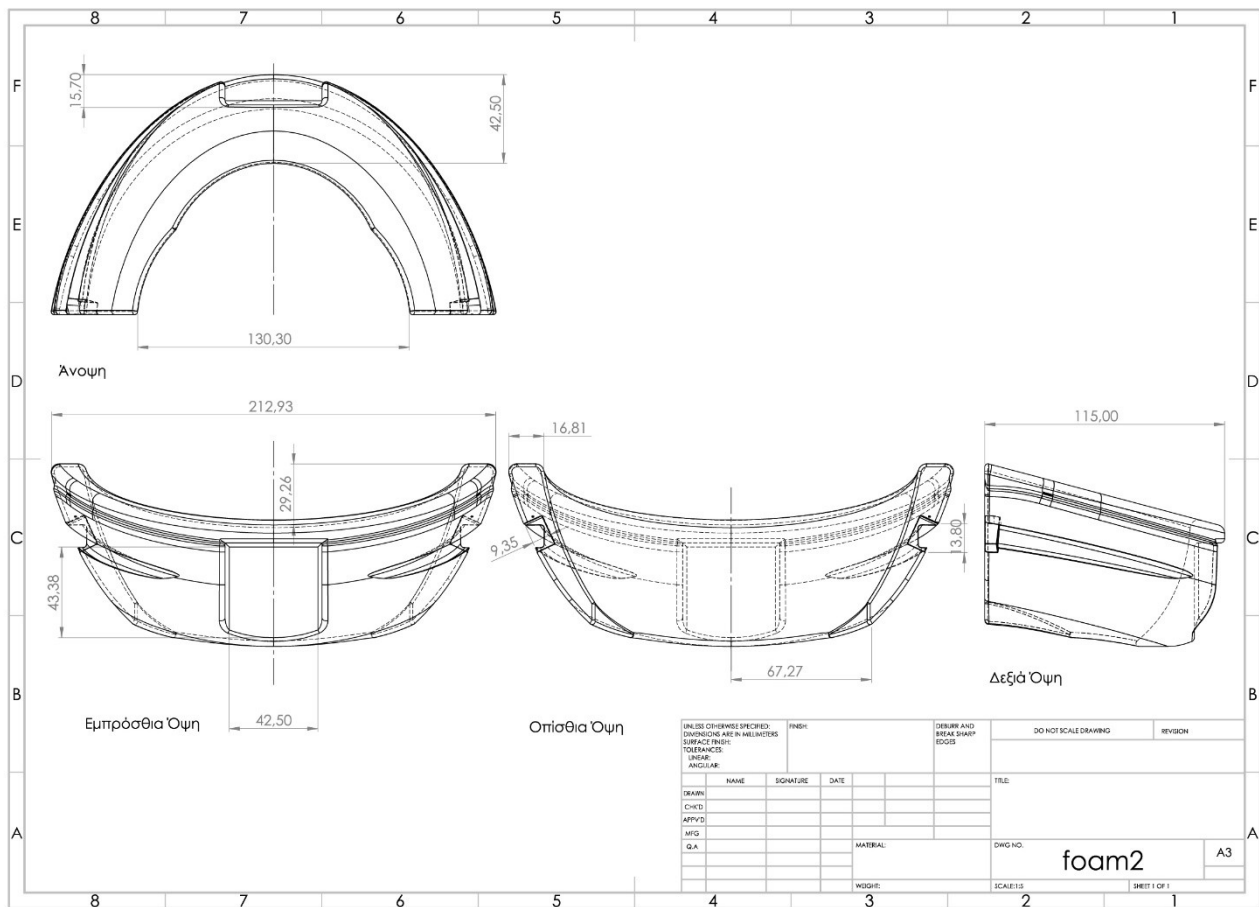
Εικόνα 119 Τεχνικά Σχέδια Κελύφους Β



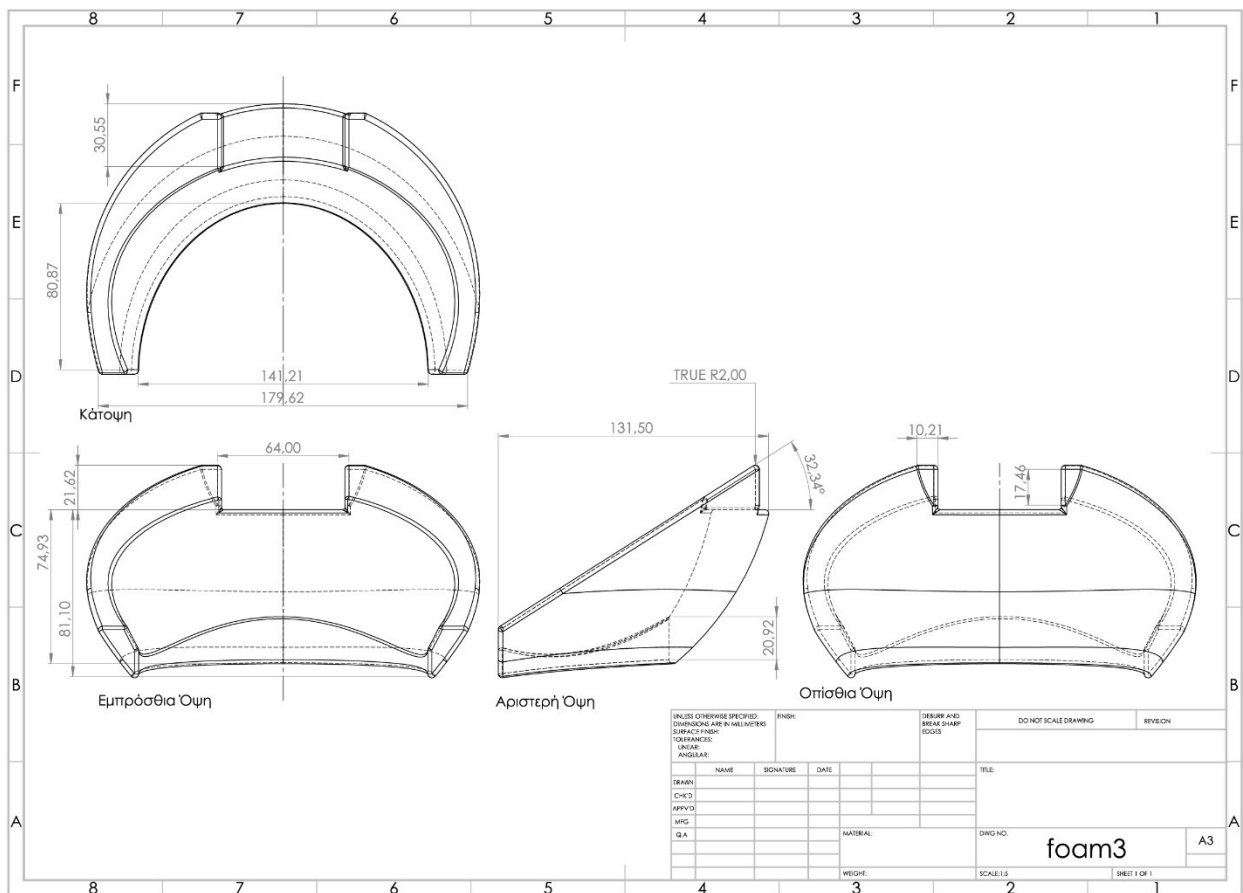
Εικόνα 121 Τεχνικά Σχέδια Μεντεσέ



Εικόνα 120 Τεχνικά Σχέδια Προστατευτικού Αφρού 1



Εικόνα 123 Τεχνικά Σχέδια Προστατευτικού Αφρού 2



Εικόνα 122 Τεχνικά Σχέδια Προστατευτικού Αφρού 3

## 8 Συμπεράσματα Σχεδίασης και Μελλοντική Εξέλιξη

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν αρχικά ο εντοπισμός παραγόντων μη-χρήσης κράνους και εν συνεχεία η προσπάθεια επίλυσής τους μέσω του επανασχεδιασμού. Η προσέγγιση αυτού του σκοπού πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα τέσσερα βήματα που ορίζει η μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων (problem-solving methodology). Τα βήματα αυτά αφορούν αρχικά τον ορισμό του προβλήματος και τη συλλογή πληροφοριών, δεύτερον τον ιδεασμό, τρίτον τον σχεδιασμό υλοποίησης και την αξιολόγηση των προτάσεων και τέλος τον λεπτομερή σχεδιασμό.

Για την επίτευξη του πρώτου βήματος μελετήθηκαν μέσω βιβλιογραφίας οι παράγοντες μη-χρήσης ή λανθασμένης χρήσης κράνους. Οι παράγοντες αυτοί είναι η θερμοκρασιακή δυσφορία και η περιορισμένη χρήση του συστήματος ασφάλισης. Εστιάζοντας σε περαιτέρω μελέτη του δεύτερου παράγοντα, εντοπίσθηκε πως αυτή η συμπεριφορά οφείλεται σε χρονικούς περιορισμούς και υποεκτίμηση του κινδύνου κατά την οδήγηση σε μικρές αποστάσεις. Πραγματοποιώντας έρευνα πεδίου και συνεντεύξεις, επιβεβαιώθηκε η συμβολή των ζητημάτων αυτών στον προβληματικό χώρο και αξιοποιήθηκε το εργαλείο Τμηματοποίησης- Στόχευσης-Χωροθέτησης για τον καθορισμό του απευθυνόμενου κοινού και των αναγκών του σε σχέση με τα ζητήματα αυτά. Ορίστηκαν προδιαγραφές σχεδίασης αντλώντας περιορισμούς από τα διεθνή πρότυπα σχεδίασης και αξιοποιώντας τη μεθοδολογία Ποιοτικής Ανάπτυξης Λειτουργιών (QFD) για τον καθορισμό λειτουργικών και ποιοτικών απαιτήσεων. Δημιουργήθηκαν και εξετάσθηκαν διαφορετικές σχεδιαστικές προτάσεις καλύπτοντας το δεύτερο και τρίτο βήμα. Για τις προτάσεις αυτές μελετήθηκαν ζητήματα υλικών, αντοχής και λειτουργικότητας και κατασκευάσθηκαν πρωτότυπα σε πραγματική κλίμακα. Η αξιολόγηση αυτών από δυνητικούς χρήστες ήταν καθοριστική για την εξακρίβωση της ορθότητάς τους. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά ως προς την προθυμία χρήσης ενός τέτοιου προϊόντος και η προτιμώμενη σχεδιαστική λύση οδηγήθηκε σε λεπτομερή σχεδιασμό καλύπτοντας περαιτέρω ζητήματα παραγωγής όπως ορίζεται στο τέταρτο και τελευταίο βήμα. Για τη τελική σχεδιαστική πρόταση δημιουργήθηκαν τεχνικά σχέδια και κατασκευάσθηκε πρωτότυπο πραγματικής κλίμακας για την εξακρίβωση της λειτουργικότητας και της εκπλήρωσης των στόχων της παρούσας εργασίας.

Εν κατακλείδι, στη διαδικασία του σχεδιασμού πάντοτε υπάρχει χώρος για βελτιώσεις και ανατροφοδοτήσεις και γι' αυτό δεν μπορεί να θεωρηθεί πεπερασμένη. Μερικές προτάσεις για βελτίωση της προϊοντικής κατηγορίας θα μπορούσαν να αφορούν τη μελέτη νέων τρόπων ασφάλισης ενός κράνους ή μείωσης της θερμοκρασιακής δυσφορίας. Ακόμη, υπάρχει ευκαιρία ανάπτυξης νέων δομών των προστατευτικών αφρών και βαθύτερη μελέτη νέων αειφόρων υλικών, κατάλληλων για τη λειτουργικότητα ενός κράνους μηχανής. Σε οποιαδήποτε περίπτωση, η βελτιστοποίηση προϊόντων ασφάλειας για την διατήρηση της ακεραιότητας των χρηστών είναι κρίσιμη για την επίτευξη ενός πιο ασφαλούς περιβάλλοντος οδήγησης.

## 9 Βιβλιογραφία

### 9.1 Επιστημονικά Άρθρα, Βιβλία και Επίσημες Αναφορές

1. Abedi, L., & Sadeghi-Bazargani, H. (2017). Epidemiological patterns and risk factors of motorcycle injuries in Iran and Eastern Mediterranean Region countries: a systematic review. *International journal of injury control and safety promotion*, 24(2), 263-270.
2. Bogerd, C. P., Strässle, K., & Brühwiler, P. A. (2009). The effects of wearing a fullface motorcycle helmet on cognitive performance in a warm environment. In *Proceedings of the 13th International Conference on Environmental Ergonomics* (pp. 553-557).
3. Bogerd, C. P., Walker, I., Brühwiler, P. A., & Rossi, R. M. (2014). The effect of a helmet on cognitive performance is, at worst, marginal: A controlled laboratory study. *Applied ergonomics*, 45(3), 671-676.
4. Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard business review*, 86(6), 84.
5. Brühwiler, P. A., Stämpfli, R., Huber, R., & Camenzind, M. (2005). CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> concentrations in integral motorcycle helmets. *Applied ergonomics*, 36(5), 625-633.
6. Buyan, M., Brühwiler, P. A., Azens, A., Gustavsson, G., Karmhag, R., & Granqvist, C. G. (2006). Facial warming and tinted helmet visors. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(1), 11-16.
7. Caserta, G. D., Iannucci, L., & Galvanetto, U. (2011). Shock absorption performance of a motorbike helmet with honeycomb reinforced liner. *Composite Structures*, 93(11), 2748-2759.
8. Dai, Z., Zhang, Y., Liang, X., & Sun, J. (2008). Coupling between elytra of some beetles: Mechanism, forces and effect of surface texture. *Science in China Series C: Life Sciences*, 51(10), 894-901.
9. Elliot, M., Baughan, C., Broughton, J., Chinn, B., Grayson, G., Knowles, J., ... & Simpson, H. (2003). *Motorcycle safety: a scoping study*.
10. *Engineering Design των George E. Dieter & Linda C. Schmidt, εκδόσεις McGraw-Hill International, 5<sup>η</sup> έκδοση, 2013*
11. *Federal Motor Vehicle Safety Standards, U.S. Government, National Highway Traffic Safety Administration, Department of Transportation, Sec. 571.218 Standard No. 218; Motorcycle helmets, 1997*
12. Freitas, C. A., Furtado, A. M., Petterle, R. R., Pimentel, S. K., & Carvalho, F. H. (2018). Helmet retention system types as a risk factor to properly attach the chin strap. *Traffic injury prevention*, 19(2), 173-178.
13. Huijbers, J. J. W. (1989). *Use of the Helmet Retention Systems in the Netherlands* (Vol. 89, No. 18). Institute for Road Safety Research SWOV, the Netherlands.
14. Hung, D. V., Stevenson, M. R., & Ivers, R. Q. (2008). Barriers to, and factors associated, with observed motorcycle helmet use in Vietnam. *Accident Analysis & Prevention*, 40(4), 1627-1633.
15. Khan, I., Khan, A., Aziz, F., Islam, M., & Shafqat, S. (2008). Factors associated with helmet use among motorcycle users in Karachi, Pakistan. *Academic emergency medicine*, 15(4), 384-387.
16. Liu, B. C., Ivers, R., Norton, R., Boufous, S., Blows, S., & Lo, S. K. (2008). Helmets for preventing injury in motorcycle riders. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1).
17. Orsi, C., Stendardo, A., Marinoni, A., Gilchrist, M. D., Otte, D., Chliaoutakis, J., ... & Morandi, A. (2012). Motorcycle riders' perception of helmet use: Complaints and dissatisfaction. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 111-117.

18. Otte, D. (1991). Technical demands on safety in the design of crash helmets for biomechanical analysis of real accident situations (No. 912911). SAE Technical Paper.
19. Papadakaki, M., Tzamalouka, G., Orsi, C., Kritikos, A., Morandi, A., Gnardellis, C., & Chliaoutakis, J. (2013). Barriers and facilitators of helmet use in a Greek sample of motorcycle riders: Which evidence? . *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 18, 189-198.
20. Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, L. (Eds.). (2010). *Design thinking: understand–improve–apply*. Springer Science & Business Media.
21. Ramli, R., & Oxley, J. (2016). Motorcycle helmet fixation status is more crucial than helmet type in providing protection to the head. *Injury*, 47(11), 2442-2449.
22. Regulation No.22, Uniform Provisions Concerning the Approval of Protective Helmets and Their Visors for Drivers and Passengers of MotorCycles and Mopeds, Ηνωμένα Έθνη, 2002
23. Saheb, D. N., & Jog, J. P. (1999). Natural fiber polymer composites: a review. *Advances in Polymer Technology: Journal of the Polymer Processing Institute*, 18(4), 351-363.
24. Skalkidou, A., Petridou, E., Papadopoulos, F. C., Dessypris, N., & Trichopoulos, D. (1999). Factors affecting motorcycle helmet use in the population of Greater Athens, Greece. *Injury prevention*, 5(4), 264-267.
25. Snell Foundation, 2020 Standard for Protective Headgear, 2018
26. *The Manufacturing Guides: Sustainable Materials, Processes and Production* των Rob & Martin Thompson, Thames & Judson Ltd., 2013
27. Tomiyama, T., Gu, P., Jin, Y., Lutters, D., Kind, C., & Kimura, F. (2009). Design methodologies: Industrial and educational applications. *CIRP annals*, 58(2), 543-565.
28. Tsai, Y. J., Wang, J. D., & Huang, W. F. (1995). Case-control study of the effectiveness of different types of helmets for the prevention of head injuries among motorcycle riders in Taipei, Taiwan. *American Journal of Epidemiology*, 142(9), 974-981.
29. Yu, W. Y., Chen, C. Y., Chiu, W. T., & Lin, M. R. (2011). Effectiveness of different types of motorcycle helmets and effects of their improper use on head injuries. *International journal of epidemiology*, 40(3), 794-803.
30. Βάση Δεδομένων CES EduPack 2013
31. Εγχειρίδιο Σωστής χρήσης SHOEI, 2018
32. Εγχειρίδιο Χρήστη κράνους AGV K-5, 2017
33. Ελληνική Στατιστική Αρχή, Στατιστικά Οδικών Ατυχημάτων Ελλάδα 2017
34. Ελληνική Στατιστική Αρχή, Στατιστικά Οχημάτων 2018, Ελλάδα
35. Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, Road Traffic Injuries, 2018
36. Σημειώσεις μαθήματος ΘΜΣ [511-2203] – Εισαγωγή 6, 2018
37. Σημειώσεις μαθήματος Marketing [511- 6354] - How to S-T-P, 2018
38. Υλικά και Σχεδιασμός, Mike Ashby & Kara Johnson, εκδόσεις Κλειδάριθμος , 2002

## 9.2 Ηλεκτρονικές Πηγές

1. DOT Vs ECE Motorcycle helmet safety standards <https://www.youtube.com/watch?v=Cl3br1PJ5-g>
2. SHARP crash helmet testing <https://www.youtube.com/watch?v=QlAqm2vdNAU>
3. How It's Made- 979 Motorcycle Helmets (Injection Molding)  
[https://www.youtube.com/watch?v=C\\_Q0HQ7f4LU&t=16s](https://www.youtube.com/watch?v=C_Q0HQ7f4LU&t=16s)
4. Aventuro Carbon- Helmet Manufacturing EN (Pressure Bag Molding)  
[https://www.youtube.com/watch?v=0woM2Fw\\_TJs](https://www.youtube.com/watch?v=0woM2Fw_TJs)
5. A Practical Demonstration of RTM Light <https://www.youtube.com/watch?v=4ilBlvuYwgk>
6. RTM, LRTM, HP-RTM - What's the Difference <https://www.youtube.com/watch?v=hTNRgEZ7J8g>
7. The Voxx Helmet <https://www.youtube.com/watch?v=mYC3sKlCek0>
8. ANSYS Workbench Tutorial Video/ Explicit Dynamics Analysis/Crash/GRS  
[https://www.youtube.com/watch?v=-cu\\_bX3pg8&t=345s](https://www.youtube.com/watch?v=-cu_bX3pg8&t=345s)



## 10 Παράρτημα I

### 10.1 Πρότυπα σχεδίασης

#### 10.1.1 Ευρωπαϊκό πρότυπο ECE 22.05

##### 10.1.1.1 Γενικές προδιαγραφές

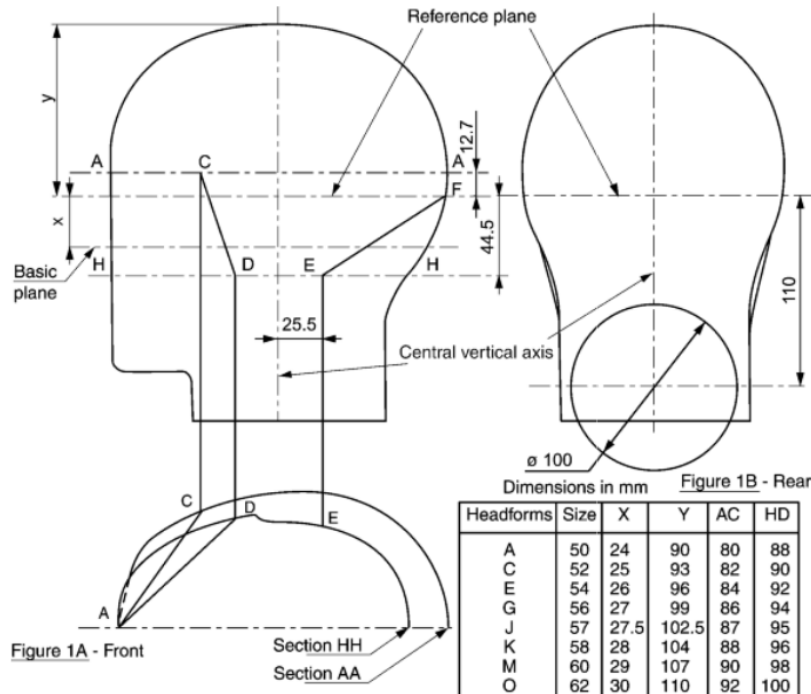
Στη παράγραφο 6 του κειμένου ECE, ορίζεται πως η βασική κατασκευή του κράνους θα πρέπει να είναι στη μορφή εξωτερικού σκληρού κελύφους το οποίο θα περιλαμβάνει περαιτέρω μέσα απορρόφησης ενέργειας πρόσκρουσης και ένα σύστημα ασφάλισης.

Επίσης, επιτρέπεται το κράνος να είναι εφοδιασμένο με ωτασπίδες, κάλυμμα λαιμού, αφαιρούμενο γείσο, προσωπίδα και κάλυμμα για τις χαμηλές περιοχές του προσώπου.

Τα διάφορα στοιχεία που απαρτίζουν το κράνος θα πρέπει να είναι με τέτοιο τρόπο συναρμολογημένα έτσι ώστε να μην είναι εύκολο να αποσπαστούν από το κράνος σε περίπτωση κρούσης.

##### 10.1.1.1.1 Περιοχές κάλυψης

Το κέλυφος οφείλει να καλύπτει τις περιοχές πάνω από το επίπεδο AA' και να μην εκτείνεται προς τα κάτω πέρα από τις γραμμές CDEF συμμετρικά στο κεφάλι. Σχετικά με την πίσω πλευρά, το κέλυφος και οποιοδήποτε άλλο άκαμπτο στοιχείο θα πρέπει να μην βρίσκονται εντός κυλίνδρου διαμέτρου 100mm του οποίου ο άξονας διέρχεται από το μεσαίο επίπεδο συμμετρίας και βρίσκεται 110mm χαμηλότερα και παράλληλα σε αυτό το επίπεδο [Εικόνα 124].



Εικόνα 124 Σχηματικές απεικονίσεις των επιπέδων AA', των γραμμών CDEF και του κυλίνδρου της πίσω όψης.

#### 10.1.1.1.2 Άνεση

Το κράνος οφείλει να μην επιδρά επικίνδυνα στην ακοή του χρήστη καθώς επίσης η θερμοκρασία στο χώρο μεταξύ του κεφαλιού και του κελύφους δεν θα πρέπει να αυξάνεται δραματικά. Προκειμένου να αποφευχθεί κάτι τέτοιο, προβλέπεται χρήση οπών εξαερισμού στο κέλυφος.

Σε περίπτωση που δεν διατίθεται μέσο προσκόλλησης προσωπίδας, το προφίλ της εμπρόσθιας ακμής οφείλει να επιτρέπει την τοποθέτηση γυαλιών κατά του ανέμου.

#### 10.1.1.1.3 Εξωτερικές προεξοχές

Οποιοσδήποτε εξωτερικές προεξοχές ή ανωμαλίες στην εξωτερική επιφάνεια του κελύφους που ξεπερνούν τα 2mm οφείλουν να εξετασθούν για αντοχή σε διάτμηση. Η εξωτερική επιφάνεια του κράνους θα υποβληθεί σε δοκιμές αντοχής σε τριβή.

Όλες οι εξωτερικές προεξοχές οφείλουν να είναι ακτινωτές. Επίσης, οφείλουν να είναι λείες και ομαλές εκτός από τα συστήματα πρόσδεσης που λειτουργούν με πίεση κουμπιών.

Όλες οι εξωτερικές προεξοχές που δεν ξεπερνούν τα 2mm πάνω στην εξωτερική επιφάνεια του κελύφους (π.χ. κεφαλές πριτσινιών) θα πρέπει να έχουν ελάχιστη ακτίνα 1mm. Όσες προεξοχές ξεπερνούν τα 2mm θα πρέπει να έχουν ελάχιστη ακτίνα 2mm. Αυτές οι προδιαγραφές δεν θα εφαρμόζονται αν μια προεξοχή ικανοποιεί τις δοκιμές αντοχής.

#### 10.1.1.1.4 Εσωτερικές προεξοχές

Δεν θα υπάρχουν εσωτερικές αιχμηρές ακμές στο εσωτερικό του κράνους. Άκαμπτες γεωμετρίες που προεξέχουν θα πρέπει να καλύπτονται με προστατευτικά μαξιλάρια.

#### 10.1.1.2 Σύστημα συγκράτησης

Τα συστήματα συγκράτησης πρέπει να προστατεύονται από τριβή.

Το κράνος θα παραμένει στη θέση του μέσω συστήματος συγκράτησης που θα ασφαλίζει κάτω από το σαγόνι του χρήστη. Όλα τα στοιχεία που αποτελούν το σύστημα συγκράτησης θα πρέπει να είναι μόνιμα συνδεδεμένα στο σύστημα ή στο κράνος.

Αν το σύστημα συγκράτησης διαθέτει ιμάντες, αυτοί δεν θα πρέπει να είναι μικρότεροι από 20mm κατά πλάτος υπό την άσκηση φόρτισης  $150 \text{ N} \pm 5 \text{ N}$ .

Οι ιμάντες δεν θα περιλαμβάνουν θήκη για το πιγούνι και θα πρέπει να διαθέτουν μηχανισμό προσαρμογής και διατήρησης της έντασής τους.

Οι μηχανισμοί αυτοί θα είναι τοποθετημένοι πάνω στους ιμάντες με τέτοιο τρόπο ώστε είτε να μην προεξέχουν άκαμπτες γεωμετρίες πάνω από 130mm κάθετα κάτω από το επίπεδο αναφοράς του κεφαλιού είτε ολόκληρος ο μηχανισμός να μην βρίσκεται ανάμεσα στις προεξοχές οστών του κάτω μέρους του σαγονιού.

Αν το σύστημα συγκράτησης διαθέτει διπλά D δαχτυλίδια ή συρόμενη ράβδο τότε θα πρέπει να διαθέτουν ένα πτερύγιο έλξης που θα χρησιμοποιείται για την απελευθέρωση της συγκράτησης. Το χρώμα του θα πρέπει να είναι κόκκινο και οι διαστάσεις του  $10 \times 20\text{mm}$ .

Οποιοσδήποτε μοχλοί, θηλιές, κουμπιά ή άλλοι μηχανισμοί που απαιτούν χειρισμό για την απελευθέρωση του συστήματος συγκράτησης θα πρέπει να είναι χρωματισμένοι με κόκκινο

χρώμα. Όσα στοιχεία του υπόλοιπου συστήματος είναι εμφανή όταν είναι προσαρμοσμένος ο μηχανισμός θα πρέπει να είναι διαφορετικού χρώματος. Η κατάσταση προσαρμογής θα πρέπει να είναι μονίμως εμφανής.

### 10.1.1.3 Υλικά

Τα χαρακτηριστικά των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για τη κατασκευή του κράνους θα πρέπει να μην υποβάλλονται σε αισθητή φθορά υπό την επήρεια του χρόνου ή άλλων καιρικών συνθηκών στις οποίες υποβάλλεται το κράνος όπως έκθεση στον ήλιο, ακραίες θερμοκρασίες και βροχή.

Τα υλικά που θα έρχονται σε επαφή με το ανθρώπινο δέρμα θα πρέπει να είναι ανθεκτικά σε ιδρώτα ή παρασκευάσματα καλλωπισμού.

Ο κατασκευαστής δεν πρέπει να χρησιμοποιήσει υλικά που είναι γνωστό ότι προκαλούν ερεθισμούς του δέρματος και είναι στην ευχέρειά του να αποφασίσει για την καταλληλότητα ενός υλικού.

### 10.1.1.4 Περιφερειακή όραση

Οριζόντια: Το άνοιγμα που πρέπει να σχηματίζεται μεταξύ του κατακόρυφου μέσου επιπέδου και κάθε ενός από τα δύο οριζόντια επίπεδα πρέπει να είναι γωνίας το ελάχιστο 150°.

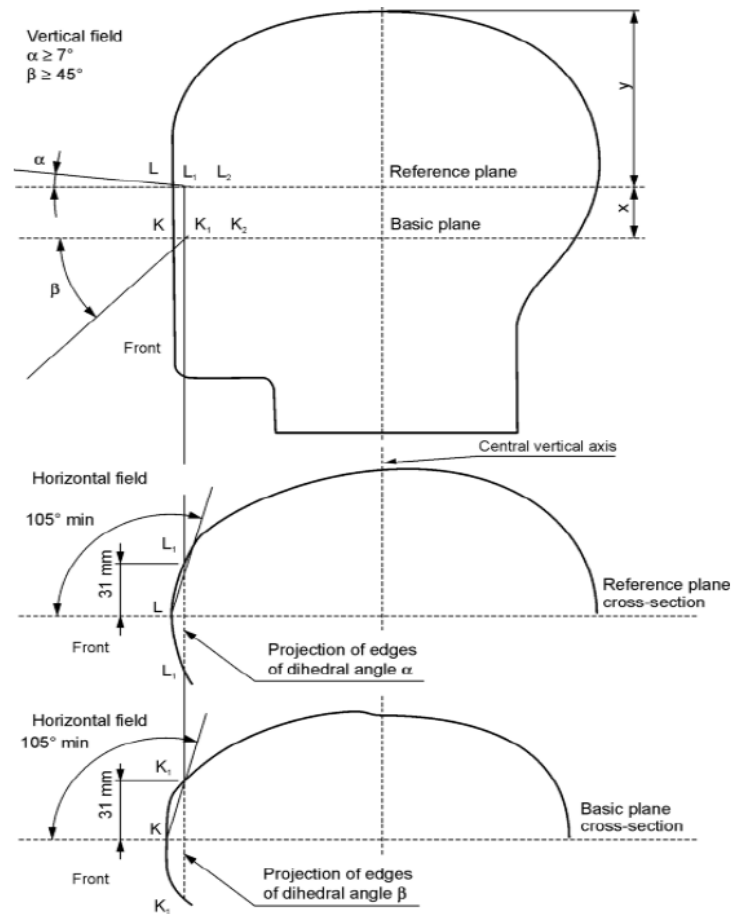
Προς τα πάνω: Η γωνία που θα πρέπει να σχηματίζεται μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου αναφοράς και του επιπέδου ανοίγματος θα πρέπει να μην είναι μικρότερη από 7°.

Προς τα κάτω: Η γωνία που θα πρέπει να σχηματίζεται μεταξύ του οριζόντιου κυρίως επιπέδου με το επίπεδο ανοίγματος θα πρέπει να μην είναι μικρότερο των 45°.

### 10.1.1.5 Προσωπίδα

Η προσωπίδα δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να επιδρά στην περιφερειακή όραση του χρήστη όταν είναι σε πλήρως ανοιχτή θέση και δεν θα πρέπει η κάτω ακμή της να συμπίπτει με το προς τα κάτω άνοιγμα του πεδίου όρασης του χρήστη όταν η προσωπίδα βρίσκεται σε πλήρως κλειστή θέση.

Θα πρέπει να διαθέτει μηχανισμό για το χειρισμό της. Αν αυτός ο μηχανισμός βρίσκεται εντός του πεδίου οράσεως της προσωπίδας θα πρέπει να βρίσκεται σε χαμηλότερο σημείο με μέγιστο ύψος 10mm και μέγιστο πλάτος τέτοιο ώστε στο σύνολό του να καλύπτει το πολύ 1,5 cm<sup>2</sup>.



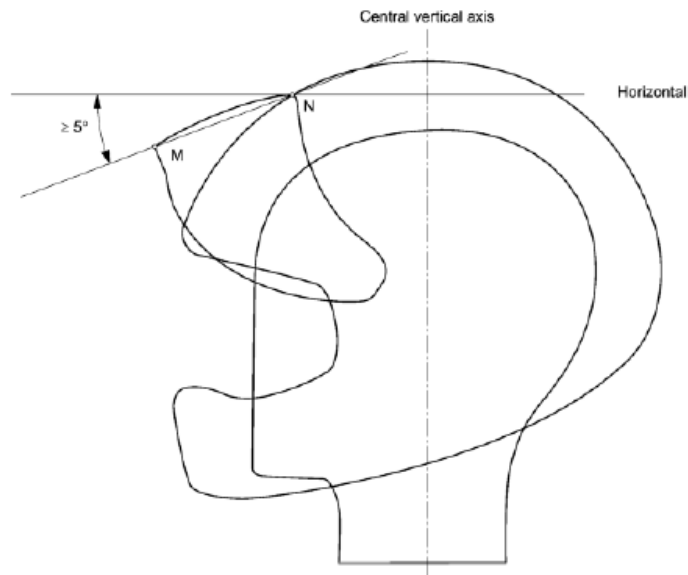
Εικόνα 125 Σχεδιαστική απεικόνιση των ανοιγμάτων για τη περιφερειακή όραση

Ο μηχανισμός θα πρέπει να είναι κατασκευασμένος από υλικό τουλάχιστον ίδιας διαπερατότητας με τη προσωπίδα και να μην διαθέτει καμία εγχάραξη, χρώμα ή επικάλυψη.

Αν ο μηχανισμός απαιτεί χειρισμό ο οποίος είναι εκτός του πεδίου οράσεως και δεν ξεπερνά τα 2 cm<sup>2</sup>, θα πρέπει πιθανότατα να διαμοιραστεί στις δύο πλευρές του πεδίου όρασης.

Οι προσωπίδες θα πρέπει να διαθέτουν φωτεινή διαπερατότητα  $\tau_v \approx 80\%$ , σχετική με το τυπικό φωτιστικό D65. Φωτεινή διαπερατότητα  $80\% > \tau_v \approx 50\%$ , επιτρέπεται μόνο αν υπάρχει η επιγραφή «DAYTIME USE ONLY».

Οι προσωπίδες θα πρέπει να είναι επαρκώς διαφανείς, ανθεκτικές στη διάβρωση, τη κρούση και να μη διαστρεβλώνουν το χρώμα ή τις γεωμετρίες.



Εικόνα 126 Αξιολόγηση της γωνίας ανοίγματος της προσωπίδας

#### 10.1.1.6 Ανακλαστικές επιφάνειες

Το κράνος θα πρέπει να είναι εμφανές εξίσου την ημέρα και τη νύχτα, από μπροστά, από πίσω, από δεξιά και από αριστερά. Γι' αυτό το λόγο επιτρέπεται η χρήση ανακλαστικών επιφανειών χωρίς όμως η έλλειψή τους να απαγορεύει τη κυκλοφορία του κράνους. Ο έλεγχος καταλληλότητάς τους ελέγχεται από εξωτερικούς συνεργάτες [ECE 22.05, παράγραφος 6.16.1].

Η ανακλαστική επιφάνεια θα πρέπει να είναι τουλάχιστον εμβαδού 18 cm<sup>2</sup> και μπορεί να είναι κύκλος διαμέτρου 40mm ή τετράγωνο επιφάνειας τουλάχιστον 12,5 cm<sup>2</sup> και πλάτους 20mm.

Κάθε επιφάνεια θα πρέπει να τοποθετείται όσο πιο κοντά είναι δυνατό στο σημείο επαφής του κράνους με το κάθετο επίπεδο συμμετρίας.

#### 10.1.1.7 Δοκιμές κράνους

Το κράνος θα πρέπει να επιτύχει σε όλες τις δοκιμές που παρουσιάζονται παρακάτω.

#### 10.1.1.7.1 Έκθεση σε θερμοκρασία και υγρασία περιβάλλοντος

Το κράνος-δοκίμιο εκτίθεται σε θερμοκρασίες  $25\pm 2$  °C και σχετική υγρασία 65% για τουλάχιστον τέσσερις ώρες.

#### 10.1.1.7.2 Έκθεση σε θερμότητα και χαμηλές θερμοκρασίες

Το κράνος-δοκίμιο εκτίθεται σε θερμοκρασίες  $50\pm 2$  °C για τέσσερις με έξι ώρες. Επίσης εκτίθεται σε θερμοκρασίες  $-20\pm 2$  °C για τέσσερις με έξι ώρες.

#### 10.1.1.7.3 Έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία

Το κράνος-δοκίμιο εκτίθεται σε μια λάμπα υπεριώδους ακτινοβολίας 125 watt για 48 ώρες.

#### 10.1.1.7.4 Έκθεση σε υγρασία

Ψεκασμός με νερό θερμοκρασίας δωματίου για τέσσερις με έξι ώρες. Συχνότητα 1 λίτρο το λεπτό.

#### 10.1.1.7.5 Απορρόφηση κρούσης

Η αποδοτικότητα απορρόφησης θεωρείται επαρκής όταν η τελική επιτάχυνση που υπολογίζεται στο κέντρο βάρους του ομοιώματος κεφαλής δεν ξεπεράσει τα 275g και το Κριτήριο Τραυματισμού Κεφαλιού δεν ξεπεράσει τα 2400.

#### 10.1.1.7.6 Δοκιμές προεξοχών και επιφανειακής τριβής

Δοκιμή εναντίων αμονιού σχήματος ράβδου: Η μέγιστη διαμήκης δύναμη, που υπολογίζεται πάνω στο αμόνι, δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 2.500N.

Δοκιμή εναντίων λείου αμονιού: Η μέγιστη διαμήκης δύναμη, που υπολογίζεται πάνω στο αμόνι, δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 3.500N.

Πραγματοποιούνται επίσης τυπικές αξιολογήσεις διάτμησης και τριβής.

#### 10.1.1.7.7 Δοκιμές ακαμψίας

Σταδιακή αύξηση φορτίου έως ότου φτάσει τα 630N. Έπειτα σταδιακή μείωση και τέλος μέτρησης της παραμόρφωσης.

#### 10.1.1.7.8 Δυναμικές δοκιμές του συστήματος συγκράτησης

Καθοδηγούμενη ελεύθερη πτώση βάρους 10kg. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής η δυναμική μετατόπιση στο σημείο εφαρμογής δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 35mm. Μετά από δύο λεπτά επαναλαμβάνεται καθοδηγούμενη ελεύθερη πτώση βάρους 15kg και η υπολειπόμενη μετατόπιση δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 25mm. Ζημιά στο σύστημα συγκράτησης είναι επιτρεπτή εφόσον το κράνος μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα από το ομοίωμα κεφαλιού.

Δοκιμή απόσπασης κράνους: Η γωνία μεταξύ της γραμμής αναφοράς που βρίσκεται στη κέλυφος του κράνους και του επιπέδου αναφοράς που βρίσκεται στο ομοίωμα δεν θα πρέπει να ξεπερνά τις 30°.

Πραγματοποιούνται επίσης αξιολογήσεις μικρο-ολίσθησης των ιμάντων και αντοχής τους στη τριβή. Ακόμη, για τα συστήματα γρήγορης απελευθέρωσης πραγματοποιούνται αξιολογήσεις αθλήτης απελευθέρωσης με πίεση, ευκολίας απελευθέρωσης (δυνατότητα χρήσης σε μέγιστη δύναμη 30N) και ανθεκτικότητας (άσκηση 20N και επανάληψη σε 5000 κύκλους εντός δύο δευτερολέπτων).

## 10.1.2 Αμερικανικό πρότυπο FMVSS 218

### 10.1.2.1 Γενικές προδιαγραφές

Κάθε κράνος θα πρέπει να διαθέτει προστατευτική επιφάνεια συνεχόμενου περιγράμματος σε όλα τα σημεία πάνω από τη γραμμή δοκιμών που έχει σχεδιαστεί πάνω στο κράνος.

#### 10.1.2.1.1 Εξωτερικές προεξοχές

Οποιοσδήποτε προεξοχές εξωτερικά του κελύφους θα πρέπει να περιορίζονται σε όσες είναι απαραίτητες για λειτουργικά αξεσουάρ και δεν θα προεξέχουν περισσότερο από 5mm.

#### 10.1.2.1.2 Εσωτερικές προεξοχές

Ένα κράνος δεν θα έχει εσωτερικές άκαμπτες προεξοχές.

### 10.1.2.2 Περιφερειακή όραση

Το κράνος θα πρέπει να διαθέτει άνοιγμα για περιφερειακή όραση τουλάχιστον 105° συμμετρικά του μεσαίου επιπέδου του.

Το άνοιγμα φρυδιών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 2.5cm πάνω από όλα τα σημεία του βασικού επιπέδου που βρίσκονται μεταξύ των γωνιών της περιφερειακής όρασης.

### 10.1.2.3 Σύστημα συγκράτησης

Τα τμήματα του συστήματος θα πρέπει να συγκρατούν το φορτίο που τους ασκείται χωρίς να διαχωρίζονται από το υπόλοιπο σύστημα.

Το ρυθμιζόμενο τμήμα του συστήματος συγκράτησης δεν θα πρέπει να μετακινηθεί περισσότερο από 2.5cm μεταξύ των προκαταρκτικών δοκιμών και των δοκιμών φορτίσεων.

Αν το σύστημα συγκράτησης αποτελείται από τμήματα που μπορούν να ασφαλισθούν ανεξαρτήτως χωρίς να ασφαλίζουν το υπόλοιπο σύστημα, θα πρέπει κάθε επιμέρους τμήμα να τηρεί τις παραπάνω προδιαγραφές του συστήματος συγκράτησης.

### 10.1.2.4 Ετικέτες

Το κράνος θα πρέπει να αναγράφει:

- Το όνομα του κατασκευαστή
- Την ακριβή ονομασία του μοντέλου
- Το μέγεθος
- Μήνα και χρονολογία παραγωγής
- Την ένδειξη DOT, χρωματικά διακριτή από το φόντο (προσφέρονται επίσης οδηγίες σχετικά με την ακριβή τοποθέτηση και το μέγεθος των γραμμάτων)
- Οδηγίες προς τον αγοραστή σχετικά με τα υλικά του κελύφους και της επένδυσης, τους κινδύνους φθοράς καθώς και την απαγόρευση μεταποιήσεων

### 10.1.2.5 Δοκιμές κράνους

Το κράνος θα πρέπει να επιτύχει σε όλες τις δοκιμές που παρουσιάζονται παρακάτω.

#### 10.1.2.5.1 Απόσβεση πρόσκρουσης

Οι μέγιστες επιταχύνσεις δεν θα πρέπει να ξεπερνούν τα 400g.

Όσες επιταχύνσεις υπερβαίνουν τα 200g δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τη συνολική διάρκεια των 2.0ms.

Όσες επιταχύνσεις υπερβαίνουν τα 150g δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τη συνολική διάρκεια των 4.0ms.

#### 10.1.2.5.2 Διείσδυση

Το αμόνι δεν θα πρέπει να έρθει σε επαφή με την επιφάνεια του ομοιώματος κεφαλιού.

#### 10.1.2.5.3 Αξιολόγηση σε θερμοκρασιακές φορτίσεις και καταστάσεις υγρασίας

Θερμοκρασία δωματίου: Έκθεση σε 21 °C και σχετική υγρασία 50% για 12 ώρες.

Χαμηλή θερμοκρασία: Έκθεση σε -10 °C για 12 ώρες.

Υψηλή θερμοκρασία: Έκθεση σε 50 °C για 12 ώρες.

Βύθιση σε νερό: Βύθιση σε νερό θερμοκρασίας 25 °C για 12 ώρες

#### 10.1.2.6 Αξιολόγηση συστήματος συγκράτησης

Η δοκιμή διεξάγεται με εφαρμογή στατικού φορτίου εφελκυσμού στο σύστημα συγκράτησης. Έπειτα γίνεται μέτρηση της μετατόπισης του προσαρμοζόμενου τμήματος του συστήματος υπό την φόρτιση.

### 10.1.3 Πρότυπο Snell

#### 10.1.3.1 Γενικές προδιαγραφές

Το συναρμολογημένο κράνος θα πρέπει να έχει λείες εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες.

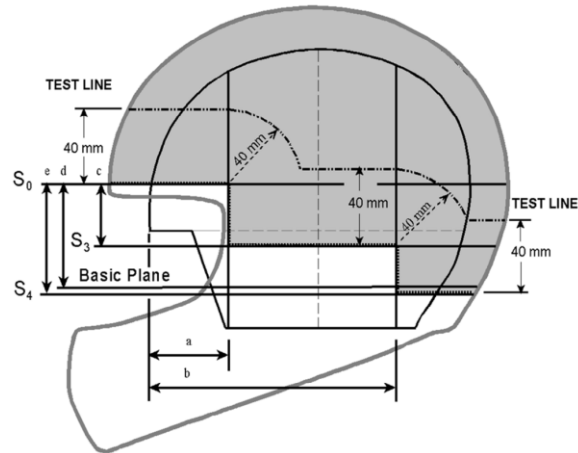
Το κράνος θα πρέπει να παρέχει όσο το δυνατόν ομοιόμορφη προστασία από κρούση σε ολόκληρη τη προστατευόμενη περιοχή.

Η απουσία οποιουδήποτε αποσπώμενου στοιχείου δεν επιτρέπει τη χρήση του, τότε αυτή η απουσία δεν θα πρέπει να διακινδυνεύει ούτε το σύστημα συγκράτησης ούτε τη προστασία από κρούση.

Αν οποιοδήποτε τμήμα αποκόπτεται κατά τη διάρκεια των δοκιμών, δεν θα πρέπει να προσφέρει κίνδυνο τραυματισμού ή παρακέντησης ούτε να μειώνει την κάλυψη του κεφαλιού.

Αν προσφέρονται πρόσθετα στοιχεία μαζί με το κράνος (όπως προσωπίδα, προστατευτικά προσώπου και λαιμού) τότε αυτά δεν θα πρέπει να μειώνουν την προστατευτική ικανότητα του κράνους, το πεδίο όρασης ή να δημιουργούν άμεσο κίνδυνο για το χρήστη.





Head form Designation	Parameters				
	a	b	c	d	e
ISO A	39.0 mm	128.6 mm	26.1 mm	46.8 mm	52.2 mm
ISO C	40.6 mm	133.8 mm	27.2 mm	48.4 mm	54.3 mm
ISO E	42.2 mm	139.0 mm	28.2 mm	50.0 mm	56.4 mm
ISO J	45.2 mm	148.4 mm	30.0 mm	53.0 mm	60.0 mm
ISO M	47.4 mm	155.8 mm	31.5 mm	55.2 mm	63.0 mm
ISO O	49.2 mm	161.5 mm	32.2 mm	57.2 mm	64.5 mm

Εικόνα 127 Έκταση της προστασίας και οι παράμετροι όπως ορίζονται σύμφωνα με το ISO

#### 10.1.3.1.1 Εξωτερικές προβολές

Οποιοδήποτε στοιχείο προεξέχει περισσότερο από 7mm θα πρέπει να σπάει εύκολα.

Αν χρησιμοποιηθούν πριτσίνια δεν θα πρέπει να έχουν αιχμηρές ακμές ή να προεξέχουν περισσότερο από 2mm.

#### 10.1.3.1.2 Εσωτερικές προβολές

Οποιοδήποτε προεξοχές στο εσωτερικό του κράνους θα πρέπει να είναι λειασμένες και να έχουν ελάχιστη αντίσταση σε τριβή λόγω επαφόμενων φορτίσεων κρούσης.

Πριτσίνια και οποιοδήποτε άλλες προεξοχές στο εσωτερικό του κράνους θα πρέπει να μην αποτελούν κίνδυνο για τραυματισμό ή παρακέντηση.

#### 10.1.3.2 Υλικά

Τα υλικά θα πρέπει να είναι ανθεκτικά, να μην βλάπτονται από τον ήλιο, τη βροχή, τη σκόνη, τις δονήσεις, τον ιδρώτα ή άλλα προϊόντα που εφαρμόζονται στο δέρμα ή στα μαλλιά.

Επίσης δεν θα πρέπει να υποβαθμίζονται λόγω έκθεσης σε ακραίες θερμοκρασίες οι οποίες μπορεί να αναπτυχθούν κατά τη διάρκεια τυπικής αποθήκευσης ή μεταφοράς.

Αποφυγή χρήσης υλικών σε σημεία που έρχονται σε επαφή με το δέρμα τα οποία είναι γνωστά για τη πρόκληση δερματικών ερεθισμών ή τη μεταφορά ασθενειών.

Υλικά που υποστηρίζουν την ανάπτυξη μυκήτων ή άλγης θα πρέπει να αποφευχθούν.

Υφασμάτινες επενδύσεις και υλικά επένδυσης θα πρέπει να είναι αποσπώμενα ώστε να υπάρχει η δυνατότητα καθαρισμού τους. Αυτό θα πρέπει να συμβαίνει υπό την προϋπόθεση ότι η απουσία τους δεν θα υποβιβάσει τις προστατευτικές ιδιότητες του κράνους.

#### 10.1.3.3 Σύστημα συγκράτησης

Μπορούν να υπάρχουν κλιπ συγκράτησης που θα χρησιμοποιούνται στο πίσω μέρος ή στο πλάι του κράνους.

Το σύστημα συγκράτησης θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μην υπάρχουν περιθώρια λάθους χρήσης, δηλαδή ο μηχανισμός θα πρέπει να είναι ο απλούστερος και τάχιστος δυνατός.

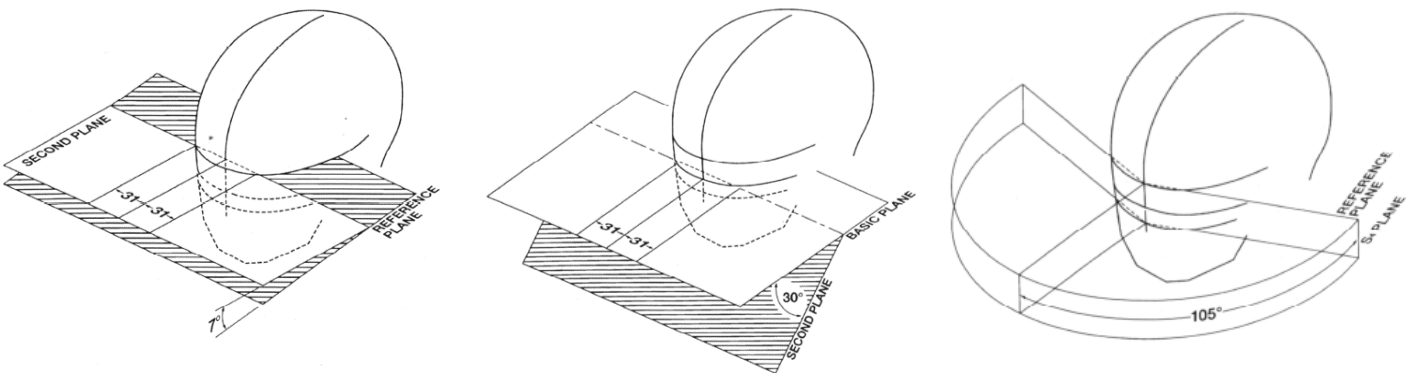
Οι ιμάντες, αν υπάρχουν, δεν θα πρέπει να είναι ασφαλισμένοι στο κέλυφος του κράνους με βίδες, παξιμάδια ή πριτσίνια που θα διέρχονται από το ίδιο το ύφασμα. Παρόλο που μπορούν να προταθούν άλλες εναλλακτικές, προτείνεται οι ιμάντες να είναι περασμένοι και ραμμένοι γύρω από μεταλλική υποδοχή η οποία θα είναι ασφαλισμένη με το κράνος μέσω βίδας, παξιμαδιού, πριτσινιού ή άλλων κατάλληλων μέσων.

#### 10.1.3.4 Περιφερειακή όραση

Οριζόντια: Άνοιγμα τουλάχιστον 210°.

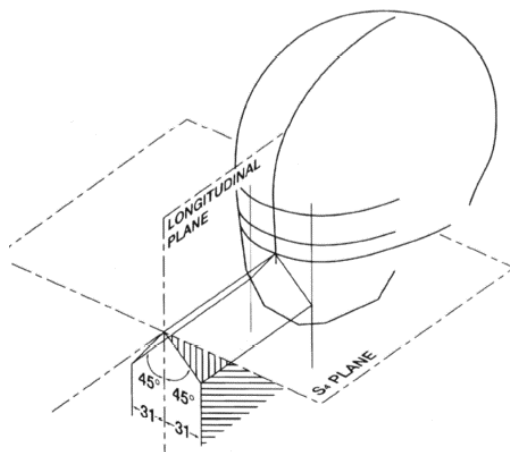
Προς τα πάνω: Άνοιγμα τουλάχιστον 7°.

Προς τα κάτω: Άνοιγμα τουλάχιστον 30°. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να προβλεφθούν οι εκτροπείς αναπνοής.



Εικόνα 128 Προς τα πάνω, προς τα κάτω και οριζόντια ανοίγματα περιφερειακής όρασης

Σχετικά με τον εκτροπέα αναπνοής, θα πρέπει οι περιοχές δεξιά και αριστερά του μεσαίου κατακόρυφου επιπέδου να εκτείνονται 31mm η κάθε μια. Επίσης, πρέπει να βρίσκονται κάτω από δύο επίπεδα κλίσης 45° σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.



Εικόνα 129 Ανοχή εκτροπέα αναπνοής

### 10.1.3.5 Δοκιμές κράνους

#### 10.1.3.5.1 Έκθεση σε ειδικές συνθήκες

Έκθεση του κελύφους σε μείγμα 50% τολουολίου (αρωματικός οργανικός διαλύτης) και 50% ισοοκτανίου (κατηγορία βενζίνης).

#### 10.1.3.5.2 Έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες

Έκθεση σε  $-20 \pm 2$  °C για τέσσερις με είκοσι-τέσσερις ώρες.

#### 10.1.3.5.3 Έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες

Έκθεση σε  $50 \pm 2$  °C για τέσσερις με είκοσι-τέσσερις ώρες.

#### 10.1.3.5.4 Έκθεση σε υγρό περιβάλλον

Έκθεση σε συνεχόμενο ψεκασμό νερού θερμοκρασίας  $25 \pm 5$  °C στην επιφάνεια του κράνους για τέσσερις με είκοσι-τέσσερις ώρες.

#### 10.1.3.5.5 Διατήρηση σταθερότητας θέσης (roll-off)

Τοποθέτηση κράνους στο ομοίωμα με κλίση  $135^\circ$  προς τα κάτω. Η σφύρα μάζας 4.0kg θα αφεθεί σε καθοδηγούμενη ελεύθερη πτώση από απόσταση 0.6m πάνω στο κράνος. Η κρούση θα αναγκάσει το κράνος να μετακινηθεί προς τα κάτω, κατάσταση που είναι επιτρεπτή αρκεί να παραμείνει πάνω στο ομοίωμα.

Αυτή η διαδικασία θα επαναληφθεί με το ομοίωμα να είναι προσανατολισμένο προς τα πάνω αυτή τη φορά.

#### 10.1.3.5.6 Δυναμική αξιολόγηση του συστήματος συγκράτησης

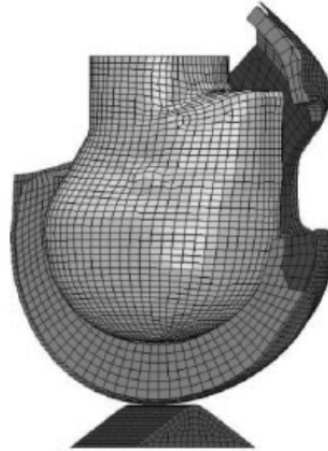
Το σύστημα συγκράτησης αποτυγχάνει αν δεν μπορεί να υποστηρίξει τα μηχανικά φορτία ή η μέγιστη παραμόρφωση ξεπεράσει τα 30mm.

Το σύστημα συγκράτησης επίσης αποτυγχάνει αν δεν μπορεί να λυθεί γρήγορα και εύκολα μετά την αξιολόγηση.

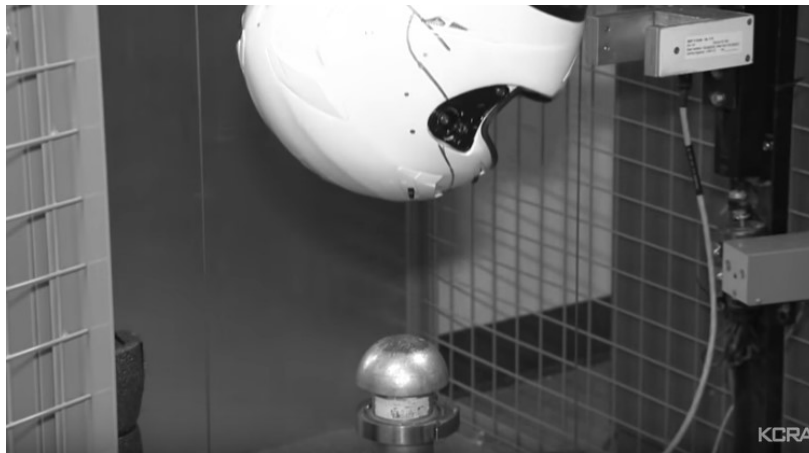
Οι ιμάντες θα πρέπει να ανταποκριθούν θετικά σε φορτίο  $61\text{kg} \pm 500\text{g}$ .

#### 10.1.3.5.7 Αξιολόγηση διαχείρισης κρούσης

Οι δοκιμές αυτές περιλαμβάνουν μια σειρά ελεγχόμενων κρούσεων του κράνους με τρία διαφορετικά αμόνια, ένα επίπεδο, ένα ημισφαιρικό και ένα κωνικό. Το βάρος του κάθε ενός είναι τουλάχιστον 500kg. Η ταχύτητα κρούσης υπολογίζεται σύμφωνα με τη γεωμετρία και τη μάζα του κράνους. Στο κείμενο του προτύπου SNELL διατίθενται αναλυτικοί καθοδηγητικοί πίνακες, τόσο του ίδιου του προτύπου όσο και του Ευρωπαϊκού και Αμερικανικού.



Εικόνα 130 Παράδειγμα κωνικού αμοιού



Εικόνα 131 Παράδειγμα επίπεδου αμοιού

#### 10.1.3.5.8 Αξιολόγηση προστατευτικού σαγονιού

Αυτή η αξιολόγηση πραγματοποιείται μόνο σε πλήρη (full-face) κράνη (τα αναδιπλούμενα κράνη αντιμετωπίζονται ως ανοιχτά κράνη και όχι ως πλήρη).

Το κράνος τοποθετείται σε μια βάση προσανατολισμένο προς τα πάνω κατά  $65 \pm 5^\circ$ . Μια μάζα βάρους  $5 \pm 0.2\text{kg}$  με επίπεδη επιφάνεια προσκρούεται με οδηγούμενη ελεύθερη πτώση στο κέντρο του σαγονιού με ταχύτητα  $3.5 \pm 0.2\text{ m/sec}$ . Η μέγιστη παραμόρφωση δεν πρέπει να ξεπεράσει τα 60mm και κανένα εξάρτημα δεν πρέπει να αστοχήσει.

#### *10.1.3.5.9 Αξιολόγηση διείσδυσης*

Κωνικό αμόνι μάζας  $3 \text{ kg} \pm 50 \text{ g}$  αφήνεται σε καθοδηγούμενη ελεύθερη πτώση από ύψος  $38 \pm 0.38 \text{ mm}$  και ταχύτητα  $7.45 \pm 0.15 \text{ m/s}$ . Προκειμένου να επιτύχει το κράνος, θα πρέπει το αμόνι να μην διεισδύσει μέσα από αυτό έτσι ώστε να δημιουργηθεί σπή μεταξύ του κράνους και της στήριξης του ομοιώματος κεφαλιού.

#### *10.1.3.5.10 Αξιολόγηση διείσδυσης προστατευτικού προσώπου*

Μολύβδινο σφαιρίδιο βάρους  $1 \pm 0.1 \text{ g}$ , διαμέτρου  $5.5 \pm 0.1 \text{ mm}$  θα χτυπήσει στο προστατευτικό με ταχύτητα  $500 \pm 20 \text{ km/h}$ . Το προστατευτικό θα χτυπηθεί σε τρία διαφορετικά σημεία, στο κέντρο και  $80 \pm 5 \text{ mm}$  από το κέντρο σε κάθε πλευρά. Το προστατευτικό εγκρίνεται αν το σφαιρίδιο δεν διεισδύσει στο εσωτερικό του κράνους.

#### *10.1.3.5.11 Αξιολόγηση ευκολίας αφαίρεσης χωρίς τη χρήση μηχανισμών*

Αξιολόγηση της αφαίρεσης του κράνους από υποτιθέμενο αναισθητο θύμα χωρίς να χρησιμοποιηθούν κουμπιά, πόρπες ή άλλοι μηχανισμοί που μπορεί να καθιστούν μη-λειτουργικοί λόγω της κρούσης.

Τοποθέτηση και ασφάλιση του κράνους σε ομοίωμα κεφαλιού. Ένας τεχνικός πρέπει να αφαιρέσει το κράνος εντός 30 δευτερολέπτων χρησιμοποιώντας μόνο τυπικά εργαλεία χειρός που περιορίζονται σε ψαλίδια, απλά εργαλεία με ακμές και κατσαβίδια.

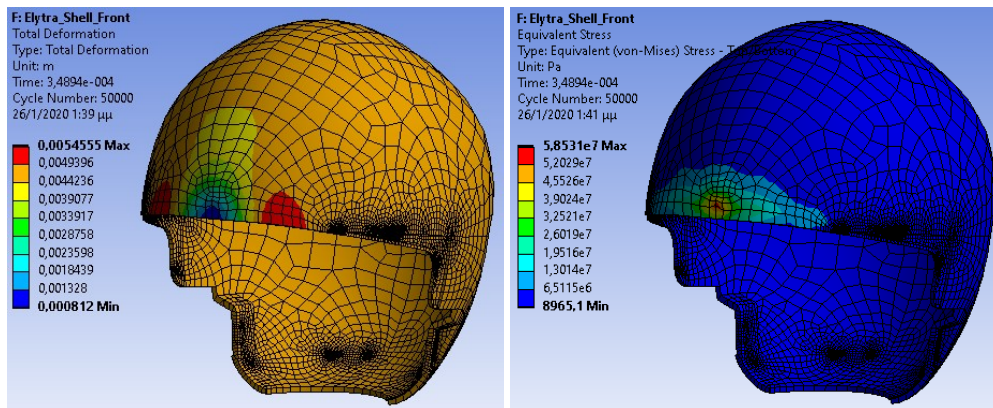
## 11 Παράρτημα II

### 11.1 Αποτελέσματα Δυναμικών Αναλύσεων Κρούσης στα Concepts

Στα αποτελέσματα των δυναμικών αναλύσεων αναπαρίστανται χρωματικά οι κατανομές της παραμόρφωσης και της τάσης στη τρισδιάστατη γεωμετρία. Συγκεκριμένα, το τρισδιάστατο μοντέλο τμηματοποιείται σε πεπερασμένες περιοχές οι οποίες χρωματίζονται αναλόγως το μέγεθος της παραμόρφωσης ή τάσης που δέχονται. Η αντιστοίχιση των χρωμάτων αυτών με τη ποσότητα παραμόρφωσης ή τάσης γίνεται αυτόματα από το λογισμικό και αναγράφεται δίπλα από το μοντέλο σε κάθε φωτογραφία που ακολουθεί.

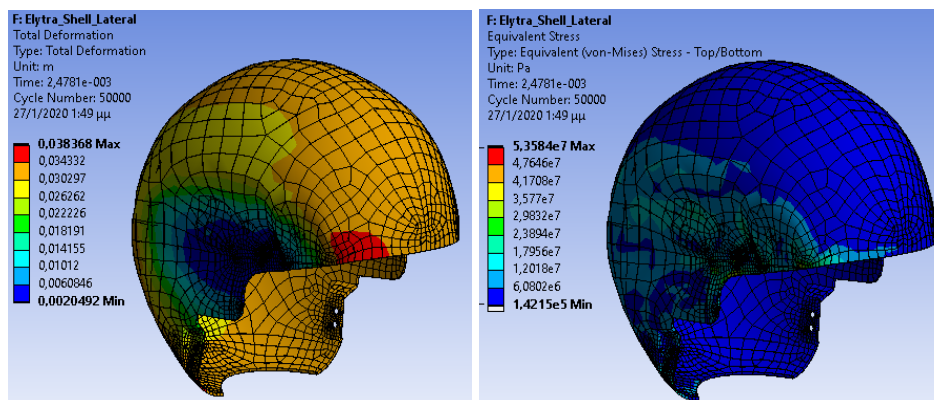
#### 11.1.1 Concept 1 -Elytra

Οι δυναμικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε κελύφη από ABS με ταχύτητα κρούσης 13m/s ( $\approx 50$  km/h) για 0,01sec. Οι εικόνες Εικόνα 135,Εικόνα 133,Εικόνα 136,Εικόνα 139 απεικονίζουν την ολική παραμόρφωση σε εμπρόσθια, πλάγια, οπίσθια και κατακόρυφη κρούση ενώ οι εικόνες Εικόνα 134,Εικόνα 132,Εικόνα 137,Εικόνα 138 απεικονίζουν την ισοδύναμη τάση von-Mises για τις ίδιες κρούσεις.



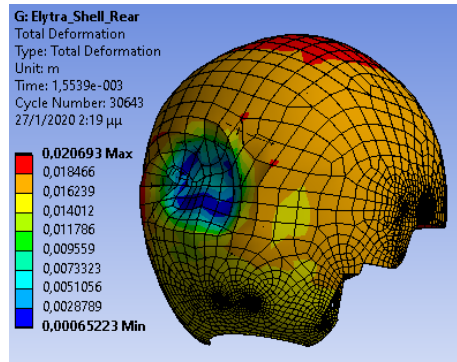
Εικόνα 135 Ολική Παραμόρφωση στην εμπρόσθια κρούση του κελύφους του 1ου conc

Εικόνα 134 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε εμπρόσθια κρούση στο κέλυφος του 1ου Concept

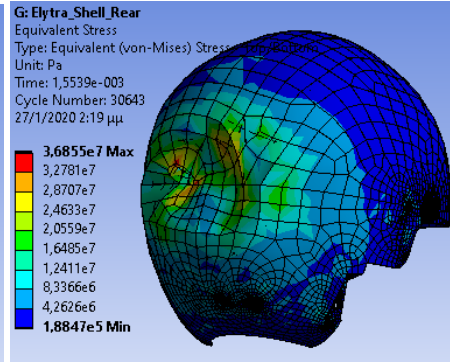


Εικόνα 133 Ολική Παραμόρφωση στην πλάγια κρούση του κελύφους του 1ου concept

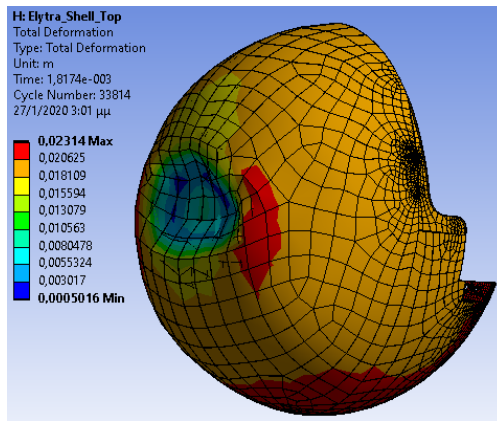
Εικόνα 132 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε πλάγια κρούση στο κέλυφος του 1ου Concept



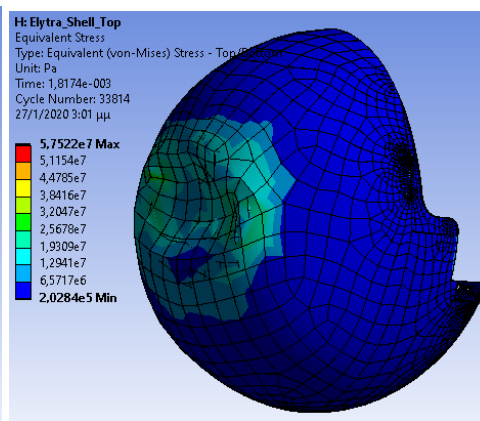
Εικόνα 136 Ολική Παραμόρφωση στην οπίσθια κρούση του κελύφους του 1ου concept



Εικόνα 137 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε οπίσθια κρούση στο κέλυφος του 1ου Concept



Εικόνα 139 Ολική Παραμόρφωση στην κατακόρυφη κρούση του κελύφους του 1ου concept

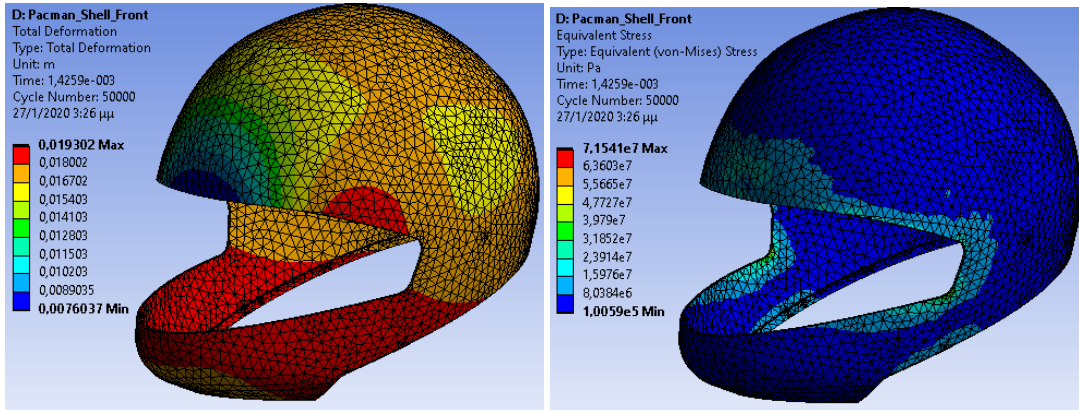


Εικόνα 138 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε κατακόρυφη κρούση στο κέλυφος του 1ου Concept



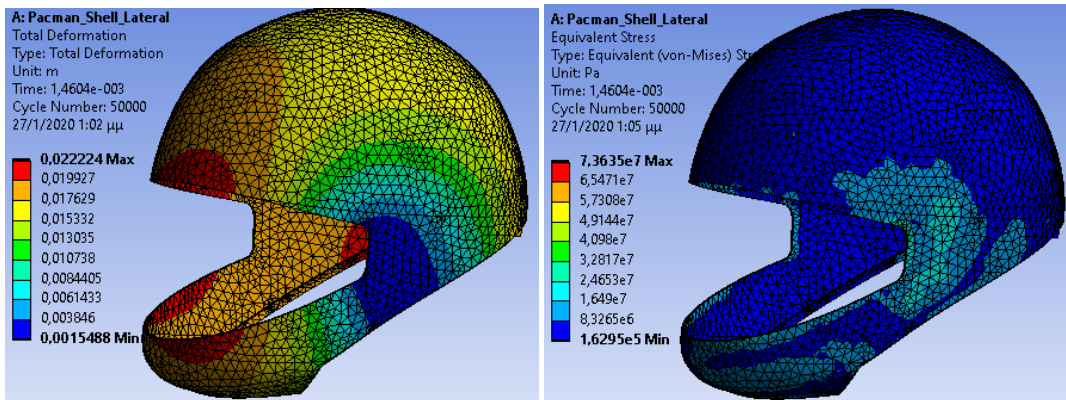
### 11.1.2 Concept 2 -Pacman

Οι δυναμικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε κελύφη από ABS με ταχύτητα κρούσης 13m/s ( $\approx 50$  km/h) για 0,01sec. Οι εικόνες Εικόνα 141, Εικόνα 142, Εικόνα 145, Εικόνα 147 απεικονίζουν την ολική παραμόρφωση σε εμπρόσθια, πλάγια, οπίσθια και κατακόρυφη κρούση ενώ οι εικόνες Εικόνα 140, Εικόνα 143, Εικόνα 144, Εικόνα 146 απεικονίζουν την ισοδύναμη τάση von-Mises για τις ίδιες κρούσεις.



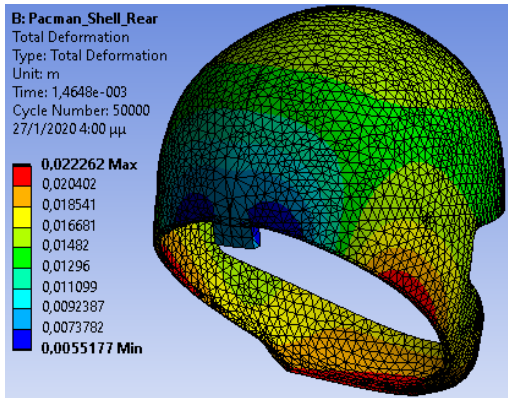
Εικόνα 141 Ολική Παραμόρφωση στην εμπρόσθια κρούση του κελύφους του 2ου concept

Εικόνα 140 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε εμπρόσθια κρούση στο κέλυφος του 2ου Concept

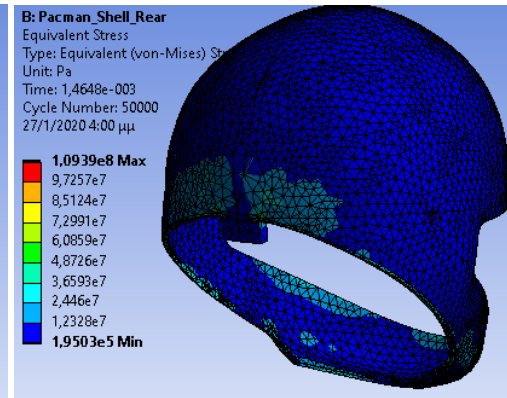


Εικόνα 142 Ολική Παραμόρφωση σε πλάγια κρούση του κελύφους του 2ου concept

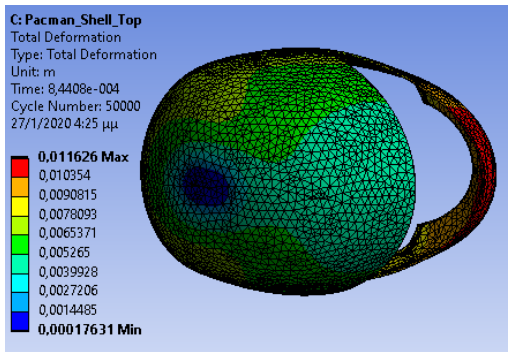
Εικόνα 143 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε πλάγια κρούση στο κέλυφος του 2ου Concept



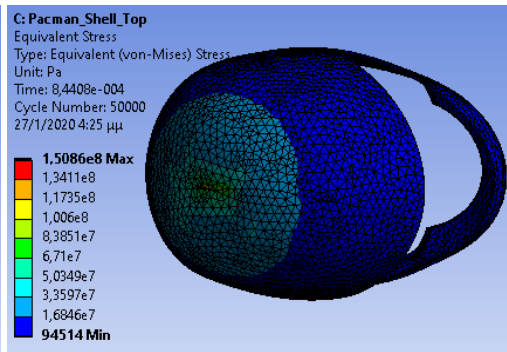
Εικόνα 145 Παραμόρφωση σε οπίσθια κρούση του κελύφους του 2ου concept



Εικόνα 144 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε οπίσθια κρούση στο κέλυφος του 2ου Concept



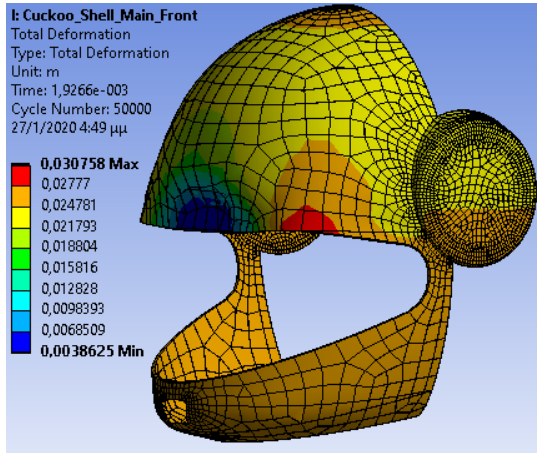
Εικόνα 147 Παραμόρφωση σε κατακόρυφη κρούση του κελύφους του 2ου concept



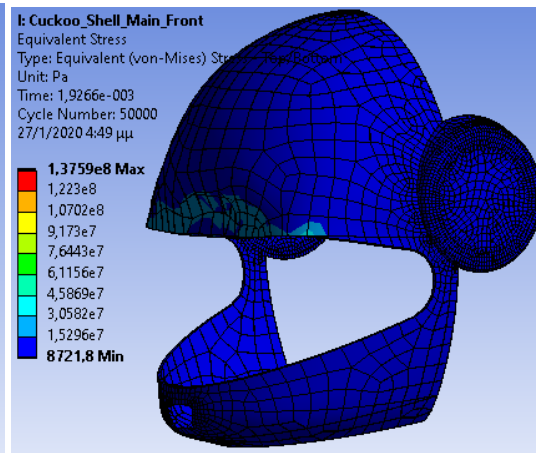
Εικόνα 146 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε κατακόρυφη κρούση στο κέλυφος του 2ου Concept

### 11.1.3 Concept 3 -Cuckoo

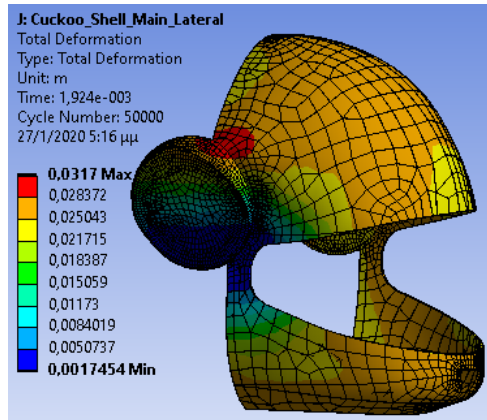
Οι δυναμικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε κελύφη από ABS με ταχύτητα κρούσης 13m/s ( $\approx 50$  km/h) για 0,01sec. Οι εικόνες Εικόνα 149, Εικόνα 151, Εικόνα 152, Εικόνα 155, Εικόνα 157, Εικόνα 159 απεικονίζουν την ολική παραμόρφωση σε εμπρόσθια, πλάγια, οπίσθια και κατακόρυφη κρούση ενώ οι εικόνες Εικόνα 148, Εικόνα 150, Εικόνα 153, Εικόνα 154, Εικόνα 156, Εικόνα 158 απεικονίζουν την ισοδύναμη τάση von-Mises για τις ίδιες κρούσεις.



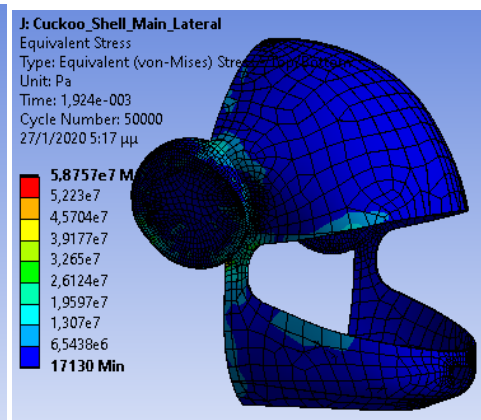
Εικόνα 149 Παραμόρφωση σε εμπρόσθια κρούση του εμπρόσθιου κελύφους του 3ου concept



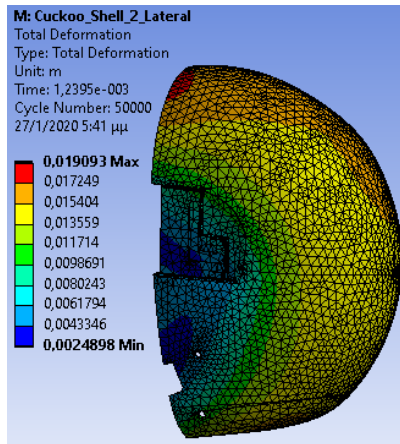
Εικόνα 148 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε εμπρόσθια κρούση στο εμπρόσθιο κέλυφος του 3ου Concept



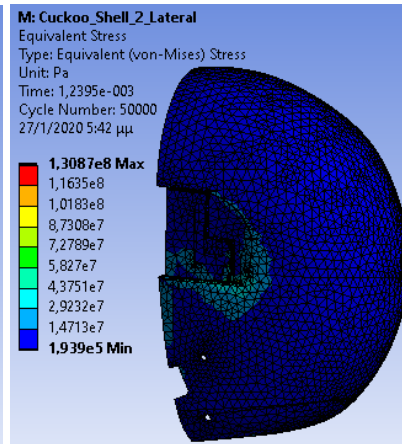
Εικόνα 151 Παραμόρφωση σε πλάγια κρούση του εμπρόσθιου κελύφους του 3ου concept



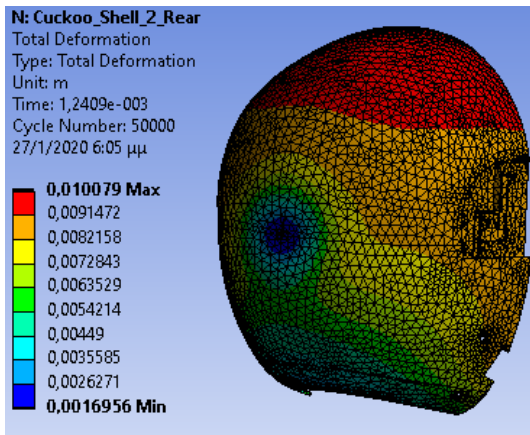
Εικόνα 150 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε πλάγια κρούση του εμπρόσθιου κελύφους του 3ου concept



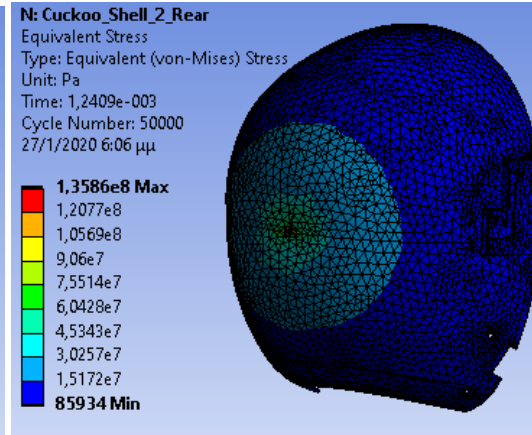
Εικόνα 152 Παραμόρφωση σε πλάγια κρούση του εμπρόσθιου κελύφους του 3ου concept



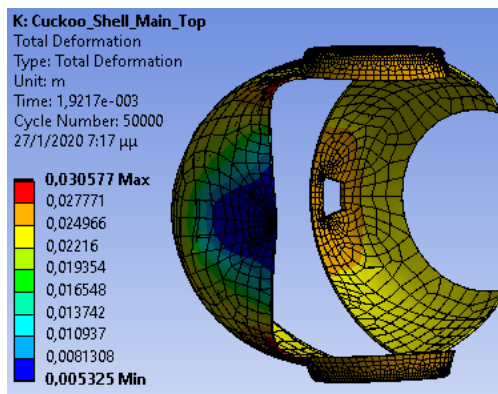
Εικόνα 153 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε πλάγια κρούση του οπίσθιου κελύφους του 3ου concept



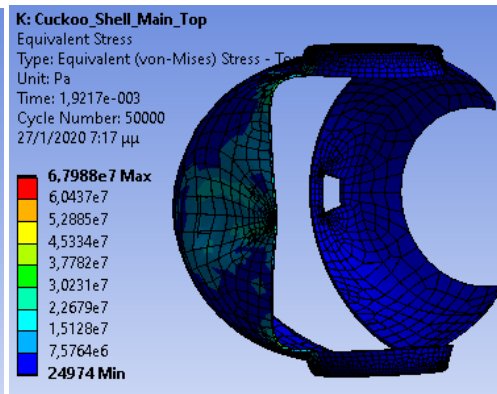
Εικόνα 155 Παραμόρφωση σε οπίσθια κρούση του οπίσθιου κελύφους του 3ου concept



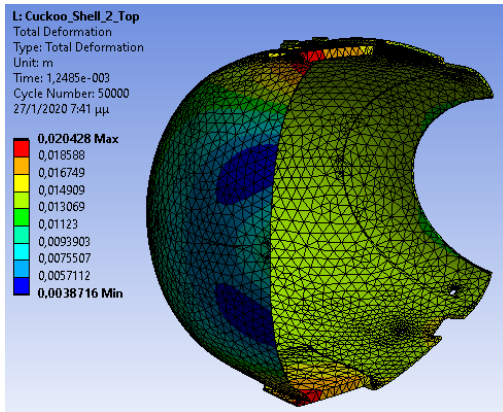
Εικόνα 154 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε οπίσθια κρούση στο οπίσθιο κέλυφος του 3ου Concept



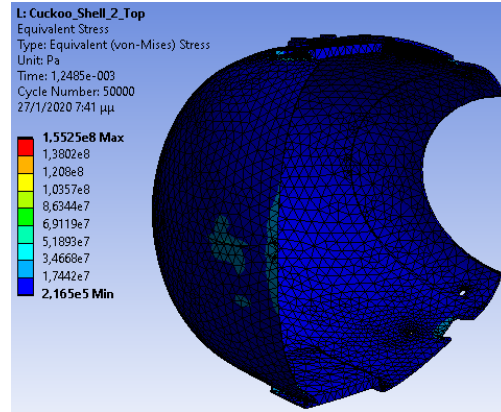
Εικόνα 157 Παραμόρφωση σε κατακόρυφη κρούση του εμπρόσθιου κελύφους του 3ου concept



Εικόνα 156 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε κατακόρυφη κρούση στο εμπρόσθιο κέλυφος του 3ου Concept



Εικόνα 159 Παραμόρφωση σε κατακόρυφη κρούση του οπίσθιου κελύφους του 3ου concert



Εικόνα 158 Ισοδύναμη Τάση Von Mises σε κατακόρυφη κρούση στο οπίσθιο κέλυφος του 3ου Concert

## 12 Παράρτημα III

### 12.1 Ερωτηματολόγιο

#### 12.1.1 Δημογραφικά Χαρακτηριστικά

- Ηλικία
  - 18-25
  - 26-35
  - 36-45
  - 45 +
  
- Φύλο
  - Άντρας
  - Γυναίκα
  
- Επίπεδο εκπαίδευσης
  - Επίπεδο 1 (Απολυτήριο Δημοτικού)
  - Επίπεδο 2 (Απολυτήριο Γυμνασίου)
  - Επίπεδο 3 (Πτυχίο ΣΕΚ)
  - Επίπεδο 4 (Πτυχίο ΕΠΑ.Σ. /Απολυτήριο ΓΕ.Λ. / Απολυτήριο ΕΠ...
  - Επίπεδο 5 (Πτυχίο ΕΠΑ.Λ.-Τάξη Μαθητείας / Δίπλωμα Ι.Ε.Κ. / Δίπλωμα...
  - Επίπεδο 6 (Πτυχίο ή Δίπλωμα Ανώτ...
  - Επίπεδο 7 (Μεταπτυχιακό Δίπλωμα...
  - Επίπεδο 8 (Διδακτορικό Δίπλωμα)
  
- Οικογενειακή Κατάσταση
  - Έγγαμος
  - Άγαμος
  - Γονέας
  
- Εθνικότητα-Καταγωγή

#### 12.1.2 Στάση Ζωής

- Πώς θα χαρακτηρίζατε τον εαυτό σας
  - Προσεκτικός/ Συντηρητικός
  - Αναζητά Περιπέτεια
  - Αναζητά Εμπειρίες/ Λειτουργικότητα
  
- Για ποια περίπτωση οδηγείτε συχνότερα;
  - Για μετακίνηση
  - Για ταξίδι/ Ψυχαγωγία
  - Η μηχανή είναι εργαλείο δουλειάς
  
- Τι σημαίνει η οδήγηση μηχανής εντός πόλης για εσάς; (επιλογή τουλάχιστον 5)
  - Κατάκτηση Δρόμου
  - Ανεξαρτησία
  - Άνεση
  - Αδρεναλίνη
  - Ανεσφάλεια
  - Ταχύτητα
  - Απελευθέρωση
  - Μοναξιά



- Κούραση
  - Ευελιξία
  - Κίνδυνος – Φόβος
  - Συντροφικότητα
  - Αλληλεγγύη
  - Ξεκούραση
- Τι μεγέθους μηχανή οδηγείτε εντός πόλης;
    - 50cc - 150cc
    - 150cc - 250cc
    - 250cc - 350cc
    - 350cc - 450cc
    - 450cc - 550cc
    - 550cc +

### 12.1.3 Συμπεριφορά Οδήγησης

- Πόση απόσταση διανύετε κατά την οδήγηση εντός πόλης μέσα σε μια μέρα;
  - Λιγότερο από 2km
  - 2km - 10km
  - 10km - 15km
  - Πάνω από 15km
- Πόσες στάσεις κάνετε κατά τη διάρκεια της οδήγησης στη πόλη;
  - 0-2
  - 3-5
  - 5+
- Διαθέτετε δικό σας κράνος;
  - Ναι / Όχι
- Τι είδους κράνος διαθέτετε;
  - Flip-Up
  - Full Face
  - Open Face
  - Half Face
  - Dual
  - Motocross
- Φοράτε κράνος κατά την οδήγηση εντός πόλης;
  - Πάντα
  - Ποτέ
  - Μερικές Φορές
- Δικαιολογήστε σύντομα την προηγούμενη απάντησή σας
- Τι είδους κράνος φοράτε κατά την οδήγηση εντός πόλης;
  - Flip Up
  - Full Face
  - Open Face
  - Half Face
  - Dual
  - Motocross
- Όταν φοράτε κράνος, το ασφαρίζετε πάντα;
  - Πάντα
  - Ποτέ
  - Μερικές φορές
- Δικαιολογήστε σύντομα την προηγούμενη απάντησή σας

### 12.1.4 Αξιολόγηση Σχεδιαστικών Προτάσεων

- Πόσο διατεθειμένος/η θα ήσασταν να φορέσετε κάποιο από αυτά;  
Καθόλου 01----- 02-----03-----04-----05-----06 Πολύ
- Αν επιλέξατε Καθόλου (1) δικαιολογήστε σύντομα την επιλογή σας



- Ποια σχεδιαστική πρόταση θα προτιμούσατε να φορέσετε;
  - ο Πρώτη
  - ο Δεύτερη
  - ο Τρίτη
- Δικαιολογήστε σύντομα την προηγούμενη απάντησή σας
- Πόσα χρήματα θα ήσασταν διατεθειμένοι να διαθέσετε για την πρόταση της επιλογής σας;
  - ο έως 50 ευρώ
  - ο έως 100 ευρώ
  - ο έως 200 ευρώ
- Επιλέξτε τα θετικά χαρακτηριστικά κάθε σχεδιαστικής πρότασης. (Επιλέξτε τουλάχιστον 1 για κάθε πρόταση)

	Άνετο	Γρήγορη τοποθέτηση	Ευκολία χρήσης	Γρήγορη εξοικείωση με τρόπο λειτουργίας	Ασφαλές	Γρήγορη αφαίρεση	Αξιόπιστο	Αισθητικά άρτιο
Πρώτη Πρόταση								
Δεύτερη Πρόταση								
Τρίτη Πρόταση								

- Επιλέξτε τα αρνητικά χαρακτηριστικά κάθε σχεδιαστικής πρότασης. (Επιλέξτε τουλάχιστον 1 για κάθε πρόταση)

	Κλειστοφοβικό	Δυσκολία χρήσης	Μη κατανοητός τρόπος χρήσης	Αργή τοποθέτηση	Μη ασφαλές	Μη αξιόπιστο	Άβολο	Αργή αφαίρεση
Πρώτη Πρόταση								
Δεύτερη Πρόταση								
Τρίτη Πρόταση								