

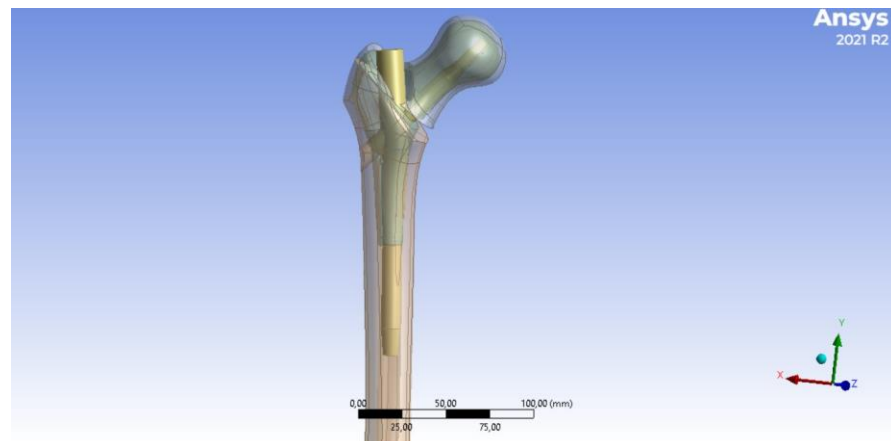


ΤΜΗΜΑ  
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ  
ΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΟΣ ΤΥΠΟΥ GAMMA NAIL ΣΤΙΣ  
ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΜΗΡΙΑΙΟΥ  
ΟΣΤΟΥ



ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΑΚΑΒΕΛΑΚΗΣ ΑΝΤΡΕΑΣ (Α.Μ. 7676)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΙΑΜΑΝΤΑΚΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΕΠΙΚ.  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ (ΠΔ 407)

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και πραγματεύεται με την μηχανική αντοχή του οστού-μοσχεύματος που πρέπει να εκχωρηθεί σε περίπτωση διατροχανθήριου κατάγματος στο μηριαίο οστό με την βοήθεια του προγράμματος ansys. Στην σημερινή εποχή η μηχανολογία έχει επεκταθεί και έχει συνδράμει σε διάφορους κλάδους ακόμα και στην ιατρική. Αναλυτικότερα, έχει προσφέρει νέες τεχνικές και μηχανήματα για την ορθότερη και ακριβέστερη αντιμετώπιση ιατρικών προβλημάτων. Στο αρχικό κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας ορίζεται η επιστήμη της αντοχής των υλικών και αναλύονται οι βασικές έννοιες της προαναφερόμενης επιστήμης. Στη συνέχεια, επεξηγείται η ανάλυση των πεπερασμένων στοιχείων η οποία θα εφαρμοστεί μέσω του προγράμματος ansys workbench 2021 R2 με σκοπό την διεξαγωγή μηχανικών συμπερασμάτων. Στο κεφάλαιο 3 αναλύεται ιατρικά το μηριαίο οστό και τα κατάγματα και στα τελικά κεφάλαια παρατίθενται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα για την αντοχή και την αποτελεσματικότητα της θεραπείας.

Κακαβελάκης Αντρέας

Ιούλιος 2023

**Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή:** Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής

(Ονοματεπώνυμο)

.....

(Υπογραφή)

**Σημείωση:** Εάν η εργασία εκπονείται από δύο Φοιτητές γράφεται το αντίστοιχο κείμενο σύμφωνα με την υπόδειξη του άρθρου 8.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή ασχολείται με το οστό και το μόσχευμα του μηριαίου διατροχαντήριου κατάγματος, μελετώντας την αντοχή τους αλλάζοντας την γεωμετρία του εμφυτεύματος στην κεφαλή του οστού. Πιο αναλυτικά, το μηριαίο κόκκαλο αποτελεί το μεγαλύτερο οστό του ανθρωπίνου σώματος. Ανήκει στη κατηγορία μακρύ οστού, και είναι υπεύθυνο για την κίνηση, την βάρδιση ακόμα και για την παραγωγή κυττάρων του αίματος, καθώς περιέχει τον νωτιαίο μυελό. Επομένως, το σπάσιμο αυτού του κόκκαλου είναι ζωτικής σημασίας καθώς χάρη σε αυτό διατηρείται η σωστή λειτουργία του οργανισμού. Εξίσου σημαντικά, είναι και οι επιπτώσεις των καταγμάτων δηλαδή μπορούν να προκαλέσουν εσωτερική αιμορραγία και ο ασθενής να έχει διάφορες επιπλοκές.

Τα οστά δεν δέχονται ελαστικές παραμορφώσεις, διότι είναι άκαμπτα, παρά μόνο πλαστικές οι οποίες οφείλονται για τα κατάγματα και οδηγούν στην θραύση του οστού. Ένα από τα πιο συνηθισμένα κατάγματα αυτής της κατηγορίας είναι το διατροχαντήριο. Έχουν γίνει διάφορες υποθέσεις για την συγκεκριμένη περίπτωση κατάγματος, η υπόθεση που ενδιαφέρει αυτή τη πτυχιακή είναι ότι εάν το μόσχευμα (gamma neil) αποκτήσει γεωμετρία μεγαλύτερης αυχαινομοιραίας γωνίας(130 μοιρών) θα έχει καλύτερα αποτελέσματα για την αντιμετώπιση των καταγμάτων αυξάνοντας έτσι τα θλιπτικά φορτία στο κάταγμα, επιτυγχάνοντας καλύτερη ένωση των οστών αλλά ταυτόχρονα μειώνει τα διατμητικά φορτία που είναι υπεύθυνα για την θραύση. Για την έρευνα και την διεξαγωγή των συμπερασμάτων χρησιμοποιείται η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων, το πρόγραμμα ansys workbench 2021. Χάρη στην βοήθειά του θα προσδιορισθούν οι περιπτώσεις που θα οδηγήσουν σε αποτυχία της θεραπείας και δεν θα πρέπει να δοκιμαστούν πρακτικά. Πιο συγκεκριμένα, δοκιμάζονται περίπου 32 γεωμετρικές περιπτώσεις του μοσχεύματος (gamma neil), οι οποίες καθορίζουν την θέση του εσωτερικά στην κεφαλή του μηριαίου οστού. Οι συνιστώσες που αλλάζονται αφορούν την γωνία του εμφυτεύματος καθώς και την θέση στον y,z άξονα. Αλλάζοντας αυτές τις παραμέτρους, διεξάγονται αποτελέσματα για την τάση και τον όγκο των επιμέρων στοιχείων της κεφαλής αποθηκεύοντάς τα στο excel δημιουργώντας έτσι γραφικές οι οποίες θα βοηθήσουν στην σύγκριση των αποτελεσμάτων.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
1.Εισαγωγή και μηχανολογικές έννοιες.....	6
1.1.1 Σκοπός εργασίας .....	6
1.1.2 Σκοπός κεφαλαίου.....	6
1.2 Αντοχή υλικών.....	7
1.2.1 Γενικές έννοιες.....	7
1.2.2 Εφελκυσμός.....	8
1.2.3 Θλίψη.....	11
1.3 Καταπονήσεις στο μηριαίο οστό.....	17
2. Πρόγραμμα Ansys .....	21
2.1Εισαγωγή πεπερασμένων στοιχείων.....	21
2.1.1 Μεθοδολογία .....	21
2.2 Ansys.....	22
2.2.1 Workbench.....	22
2.2.2 Έκδοσή Ansys workbench 2021 R2 .....	23
2.3 Επίδειξη προγράμματος .....	24
2.3.1 Engineering data .....	25
2.3.2 Geometry.....	26
2.3.3 Model.....	32
2.3.4 set up, solution,result.....	38

3. Ιατρικά.....	39
3.1 Ιατρικά και μηχανική.....	39
3.2 μηριαίο οστό.....	41
3.2.1 κατάγματα μηριαίου οστού.....	41
3.2.2 Εσωτερική δομή μηριαίου οστού.....	43
3.2.3 Ανάλυση μηριαίου οστού και ισχίου.....	46
3.3 Αντιμετώπιση του διατροχαντήριου κατάγματος μηριαίου.....	51
4. Αποτελέσματα.....	53
4.1 Εισαγωγή.....	53
4.2 Διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων.....	53
4.2.1 Πρόγραμμα ansys.....	54
4.2.2 excel.....	55
4.2.3 Γραφικές excel.....	57
4.3 Εύρεση πυκνότητα διακριτοποίησης.....	58
4.4 Γεωμετρίες του πίνακα 1.....	62
4.5 Γεωμετρίες του πίνακα 2.....	70
4.6 Γεωμετρίες του πίνακα 3.....	78
4.7 Σφάλματα στα αποτελέσματα.....	83
5. Συμπεράσματα.....	84
5.1 Σύνοψη μελέτης.....	84
5.2 Τελικό συμπέρασμα.....	86
Βιβλιογραφία.....	90

# 1 Εισαγωγή και μηχανολογικές έννοιες

## 1.1.1 Σκοπός εργασίας

Σκοπός της πτυχιακής είναι η διερεύνηση διαφόρων υποθέσεων και η επίδραση τους στην περιοχή του μηριαίου κατάγματος (στο διατροχαντήριο κάταγμα) δηλαδή του οστού και των υλικών οστεοσύνθεσης. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η εύρεση των αποτυχημένων περιπτώσεων σε μια σειρά από διαφορετικές γεωμετρίες, με κριτήριο την τάση και την παραμόρφωση στο σύστημα του οστού- υλικού. Αναλυτικότερα, ο κύριος στόχος της εργασίας είναι η απόδειξη ότι εάν χρησιμοποιηθούν υλικά οστεοσύνθεσης (ήλος, κοχλίας, πλάκα) με μεγαλύτερες αυχονομηριαίες γωνίες θα είναι πιο αποτελεσματικά για την θεραπεία των καταγμάτων και την θρέψη του φλοιού. Τα συμπεράσματα αυτά διεξάγονται με την βοήθεια της ανάλυσης των πεπερασμένων στοιχείων και πιο συγκεκριμένα με το πρόγραμμα ansys workbench. Η ανάταξη που θα διερευνηθεί είναι σε μεγαλύτερη αυχαινομηριαία γωνία δηλαδή σε γωνία 130 μοιρών και θα διεξαχθεί συμπέρασμα για την πώρωση του κατάγματος όπου σύμφωνα με την υπόθεση θα είναι αποτελεσματικότερη. Η υπόθεση που ενδιαφέρει την συγκεκριμένη εργασία είναι ότι με την άμβλυση της παραπάνω γωνίας επιτυγχάνεται υψηλή συμπίεση στην περιοχή του κατάγματος αλλά χαμηλή διάτμηση στον διαυχενικό κοχλία.

## 1.1.2 Σκοπός κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθεί η επιστήμη της αντοχής των υλικών, τα βασικά της μεγέθη, καθώς και οι θεμελιώδεις καταπονήσεις. Στη συνέχεια, θα αναφερθούν οι αντίστοιχες πιέσεις- τάσεις που δέχεται το μόσχευμα του διατροχαντηρίου κατάγματος με σκοπό την θεωρητική διεξαγωγή συμπεράσματος αντοχής του εμφυτεύματος.

## 1.2 Αντοχή υλικών

Η επιστήμη της Αντοχής των Υλικών κατέχει καθοριστικό ρόλο τόσο για την σχεδίαση όσο και για την κατασκευή μηχανικών έργων. Η επιλογή των κατάλληλων κατασκευαστικών υλικών αποτελεί το θεμελιώδες βήμα για τη υλοποίηση ενός έργου, διασφαλίζοντας την ασφάλεια και παράλληλα κρατώντας το κόστος χαμηλό. Με την βοήθεια του συγκεκριμένου κλάδου της μηχανολογίας οι μηχανικοί έχουν την δυνατότητα να διεξάγουν τα προαναφερόμενα συμπεράσματα.

Η αντοχή των υλικών ανήκει στο πεδίο της εφαρμοσμένης μηχανικής και πραγματεύεται με την αντοχή των στερεών υπό των μηχανικών φορτίσεων, χωρίζοντας έτσι τις τάσεις, τις παραμορφώσεις και διεξάγοντας τις ανάλογες μαθηματικές σχέσεις μεταξύ τους. Πιο απλουστευμένα, είναι η ικανότητα των δοκιμίων να αντέχουν σε δυνάμεις χωρίς να αστοχήσουν.

Η αντοχή των υλικών εξαρτάται από ποικίλες συνθήκες του αντικειμένου δηλαδή από την δομή του, την σύστασή του, τις συνθήκες χρήσης καθώς επίσης εξαρτάται και από τις εξωτερικές συνθήκες αλλά και το περιβάλλον που το διακατέχει.

Είναι σημαντικό να επισημανθεί, η πολυδιάστατη επιρροή που έχουν οι προαναφέρουσες συνθήκες στα πειράματα αλλά και στα τελικά αποτελέσματα της αντοχής. Πιο συγκεκριμένα, η διάρκεια ζωής ενός αντικειμένου επηρεάζεται από την σύνθεση καθώς και την δομή του υλικού, η οποία ευθύνεται για την αντίσταση.

Το θερμοκρασιακό περιβάλλον κάτω από το οποίο διεξάγονται τα πειράματα αντοχής δεν είναι σταθερό καθώς οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από πολύ υψηλές σε πολύ χαμηλές.

Η αντοχή υλικών είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που λαμβάνεται υπόψη κατά την κατασκευή και επισκευή κτιρίων, γεφυρών, αυτοκινήτων, αεροσκαφών, κατασκευαστικών εξοπλισμών, και πολλών άλλων εφαρμογών.

## 1.2.2 Γενικές έννοιες

### Τάση

Η τάση αποτελεί θεμελιώδη μέγεθος για την μηχανική καθώς όχι μόνο βοηθάει στην διεξαγωγή συμπερασμάτων για την αντοχή των υλικών αλλά και κατέχει σημαντικό ρόλο για τον σχεδιασμό και τον υπολογισμό των δομικών στοιχείων. Αναλυτικότερα, στα σημεία συγκέντρωσης τάσεων είναι αρκετά πιθανό να υπάρξει αστοχία του υλικού δηλαδή ρωγμές ή ακόμη και σπάσιμο.

Η μηχανική τάση θεωρείται ως η δύναμη που ασκείται ανά μονάδα επιφάνειας του εμβαδού της διατομής δηλαδή πιο απλά το πηλίκο της κάθετης δύναμης δια την διατομή. Συμπερασματικά, η τάση είναι αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού της διατομής.

Διαχωρίζεται σε δυο διαφορετικές κατηγορίες τις ορθές και τις διατμητικές.

- ορθές τάσεις θεωρούνται οι τάσεις όπου είναι κάθετες στην επιφάνεια της τομής προκύπτουν κυρίως από αξονική καταπόνηση (εφελκυσμό και θλίψη) και σπανιότερα από καμπτική καταπόνηση. Η τάση είναι θετική όταν είναι ελκυστική και αρνητική όταν είναι θλιπτική.
- διατμητικές τάσεις θεωρούνται οι τάσεις που είναι παράλληλες της επιφάνειας της διατομής. Πιο απλουστευμένα, είναι δυο δυνάμεις που επιδρούν σε διαφορετικές κατευθύνσεις με σκοπό να αποτμήσουν την επιφάνεια. Το υλικό αντιστέκεται δημιουργώντας έτσι διατμητική τάση. Τέλος, η κατανομή των τάσεων αυτών δεν είναι ομοιόμορφη αλλά παραβολική δηλαδή είναι μηδενική στο άνω και κάτω άκρο ενώ στο ύψος του κέντρου της διατομής είναι μέγιστη.

## Παραμόρφωση

Η παραμόρφωση ορίζεται ως η αλλαγή των διαστάσεων δηλαδή η αλλαγή του μήκος, του πλάτος, του ύψος ή και του σχήματος του αντικειμένου υπό τη δράση εξωτερικών δυνάμεων στο αντίστοιχο σώμα . Εξαρτάται από την τάση και το είδος της αλλά και από το είδος του υλικού. Παραμόρφωση μπορεί να διενεργηθεί και από την μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος.

Παραδείγματα μηχανικής παραμόρφωσης είναι η διόγκωση ενός ελατηρίου υπό την επίδραση μηχανικής δύναμης, ή η παραμόρφωση που υφίσταται ένα μεταλλικό δοκίμιο κατά την κατεργασία του καθώς επίσης η αλλαγή διαστάσεων και σχήματος ενός αντικειμένου από την αρνητική επίδραση των τάσεων. Συχνά, τα αντικείμενα αυτά που δέχονται κάποια παραμόρφωση είναι πιθανό να μην επιστρέψουν στην αρχική του κατάσταση.

Από τις παραπάνω περιπτώσεις προκύπτει το συμπέρασμα ότι η μηχανική παραμόρφωση κατέχει σημαντικό ρόλο στην λειτουργικότητα ενός αντικειμένου. Επομένως, όσο πιο πολύ αλλάζει υπό την επίδραση δυνάμεων και τάσεων ένα δοκίμιο τόσο λιγότερο λειτουργικό είναι. Ωστόσο, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η μηχανική παραμόρφωση συμβάλλει ενεργά στην δόμηση αλλά και στην δημιουργία αντικειμένων με συγκεκριμένες ιδιότητες και σχηματισμούς.

Η παραμόρφωση διακρίνεται σε δύο διαφορετικές κατηγορίες την ελαστική και την πλαστική.

- Ελαστική παραμόρφωση, δεν είναι μόνιμη, διότι όταν πάψει να δρα η δύναμη που προκάλεσε την παραμόρφωση στο σώμα επανέρχεται στην πρόιμη του διάσταση.
- Πλαστική παραμόρφωση, είναι μόνιμη, δηλαδή το σώμα δεν επανέρχεται στην αρχική του διάσταση .

## Καταπονήσεις

Η μηχανική καταπόνηση θεωρείται η φθορά που διενεργείται στις επιφάνειες των υλικών λόγω της επαναλαμβανόμενης ή συνεχούς εφαρμογής μηχανικών φορτίων όπως δυνάμεις, πιέσεις καθώς και τάσεις σε ένα ορισμένο περιβάλλον.

Η καταπόνηση μπορεί να οδηγήσει σε σταδιακή ή ξαφνική βλάβη στα εξαρτήματα. Το γεγονός αυτό επηρεάζει αρνητικά τα βιομηχανικά και μηχανολογικά προϊόντα, όπως στις κατασκευές αυτοκινήτων, αεροσκαφών, ρουλεμάν, και άλλα.

Αυτός είναι ο κύριος λόγος όπου η μηχανική καταπόνηση παρακολουθείται με σχολαστική ευλάβεια και διεξάγονται έρευνες και πειράματα για τη μείωσή της, όπως είναι η προσπάθεια βελτίωσης των μηχανολογικών αντικειμένων και η πρόληψη των απρόοπτων καταστάσεων.

Η μηχανική καταπόνηση είναι το αποτέλεσμα δυνάμεων, πιέσεων και ροπών πάνω σε ένα σώματα που παραμορφώνεται είτε ελαστικά είτε πλαστικά.

Η Καταπόνηση μπορεί να υφίσταται και σε σώματα που δεν είναι στερεά και μπορούν να διατηρούν το σχήμα τους. Αρκετές φορές, λόγω εσωτερικών δυνάμεων ή δυνάμεων από το περιβάλλον μπορεί να επιτευχθεί καταπονήσεις στο σώμα. Αυτό συμβαίνει λόγω συστολών και διαστολών.

Οι καταπονήσεις χωρίζονται σε έξι βασικές κατηγορίες :

- Εφελκυσμός
- Θλίψη
- Διάτμηση
- Κάμψη
- Στρέψη
- Λυγισμός

### 1.2.3 Εφελκυσμός

Ο εφελκυσμός είναι μια εντατική κατάσταση όπου το υπό-μελέτη σώμα δέχεται δύο δυνάμεις ίσου μέτρου αλλά αντίθετης φοράς με σκοπό την επιμήκυνση όπου πολλές φορές οδηγεί στην αστοχία του δοκιμίου. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί ένα από τα βασικότερα φυσικά-μηχανολογικά φαινόμενα και κατέχει ευρεία εφαρμογή στο πεδίο της βιομηχανίας. Από τα αποτελέσματα αυτά θα εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα για το μέτρο ελαστικότητας, το όριο θραύσης και άλλα σημαντικά μεγέθη όπου προσδιορίζουν την αντοχή των υλικών.

Αναλυτικότερα, οι εξωτερικές δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα επιφέρουν εσωτερικές αλλαγές στην μάζα του υλικού, δηλαδή αυξάνουν το μήκος και ταυτόχρονα επιτυγχάνεται η μείωση των εγκάρσιων διαστάσεων. Οι προαναφερόμενες αντιδράσεις οφείλονται στις ορθές τάσεις καθώς η περίπτωση αυτή θεωρείται μονοαξονική εντατική κατάσταση στερεού αντικειμένου και έτσι δεν σχηματίζει διατμητικές τάσεις. Τέλος, οι τάσεις αυτές έχουν θετική τιμή λόγω εφελκυσμού.

Είναι σημαντικό να επισημανθεί, ότι όταν η εξωτερική δύναμη δρα στο κέντρο βάρους του αντικειμένου ο εφελκυσμός καλείται ως κεντρικός. Πιο απλουστευμένα, οι τάσεις κατανέμονται ομοιόμορφα στη διατομή εάν και εφόσον το υπό-μελέτη ευθύγραμμο αντικείμενο δέχεται ομοιόμορφη εξωτερική δύναμη καθώς επίσης εάν η διατομή του δεν μεταβάλλεται.

Από την άλλη έκκεντρος εφελκυσμός ονομάζεται η εξωτερική δύναμη η οποία δρα εκτός κέντρου βάρους του αντικειμένου.

Ο εφελκυσμός μπορεί να δημιουργηθεί και μεταξύ δυο αντικειμένων με διαφορετικούς μηχανισμούς μέσω μαγνητικών, βαρυτικών, ηλεκτροστατικών δυνάμεων.



## Μηχανικά χαρακτηριστικά εφελκυσμού

Στο εφελκυσμό όπως και στην θλίψη υπάρχουν διάφορες έννοιες οι οποίες προσδιορίζουν το στάδιο της καταπόνησης αυτής. Αναλυτικότερα, προσδιορίζουν το σημείο αστοχίας, το σημείο όπου αρχίζει να παραμορφώνεται το υλικό, η ελαστικότητά του και άλλα. Οι έννοιες αυτές θα αναλυθούν και θα εξηγηθούν πιο κάτω.

Ελαστικότητα ονομάζεται η ιδιότητα των σωμάτων να θέλουν να επανέλθουν στην πρώτη κατάσταση τους μετά αφού έχουν παραμορφωθεί ελαστικά. Αν ένα σώμα παρουσιάζει έντονες πλαστικές παραμορφώσεις τότε ονομάζεται όγκιμο, αντιθέτως με ελαστική συμπεριφορά ονομάζεται ψαθυρό.

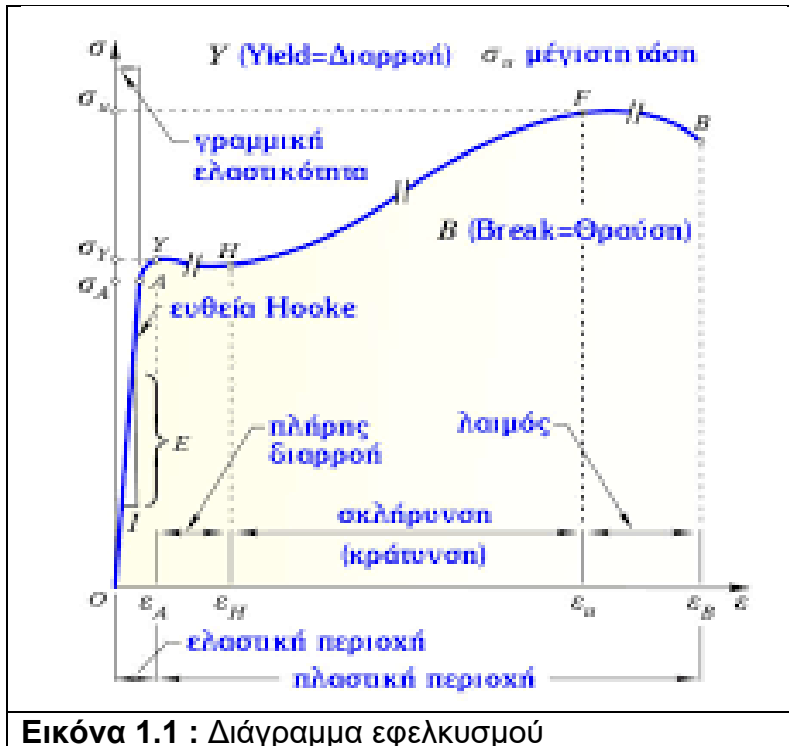
Μέτρο ελαστικότητας: ορίζεται ως ο λόγος της τάσης προς την παραμόρφωση ο οποίος είναι σταθερός για κάθε υλικό

Όριο ελαστικότητας ( $\sigma_e$ ): Το μέγεθος αυτό προσδιορίζει τις τάσεις που είναι μικρότερες από κάποια δεδομένη οριακή τιμή η οποία καθορίζεται από το υλικό. Σε αυτήν την περίπτωση οι παραμορφώσεις που υφίστανται είναι ελαστικές δηλαδή με την αφαίρεση της δύναμης το σώμα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

Ξεπερνώντας όμως το όριο αυτό τότε η παραμορφώσεις καθίστανται πλαστικές δηλαδή μόνιμες.

Η παρακάτω εικόνα αφορά τον εφελκυσμό και όπως είναι εύκολο να διακρίνει κανείς στην αρχή του διαγράμματος οι παραμορφώσεις είναι γραμμικά ανάλογες των τάσεων. Αυτή η περιοχή ονομάζεται νόμος Hooke.

Όριο αναλογίας ( $\sigma_a$ ): Ονομάζεται το όριο όπου παύει να ισχύει ο νόμος του Hooke. Πιο συγκεκριμένα, είναι μια συγκεκριμένη τιμή της τάσεως όπου μετά από αυτή παύει να ισχύει η γραμμική μετατόπιση παραμορφώσεων- τάσεων.



**Εικόνα 1.1 :** Διάγραμμα εφελκυσμού

Τα δύο παραπάνω όρια αρκετές φορές συμπίπτουν διαφορετικά το όριο αναλογίας είναι λίγο μικρότερο από το όριο ελαστικότητας.

Όριο διαρροής: Το όριο αυτό καθορίζει την μέγιστη τάση που μπορεί να πάρει ένα αντικείμενο λίγο πριν παραμορφωθεί πλαστικά, καθώς πριν από το όριο αυτό το σώμα δέχεται ελαστική παραμόρφωση. Στην περίπτωση αυτή κατέχει θεμελιώδη σημασία ο συντελεστής ασφαλείας, που είναι μεγαλύτερος της μονάδας, ο οποίος βοηθάει τους μηχανικούς καθώς μειώνει το όριο διαρροής και έτσι δε αστοχεί το υλικό.

Όριο θραύσης : Ονομάζεται η μέγιστη τάση που δέχεται το δοκίμιο η οποία δεν είναι απαραίτητα η τελική δύναμη που δέχεται πριν αστοχήσει.

#### 1.2.4 Θλίψη

Θλίψη ονομάζεται η εντατική κατάσταση στην οποία ένα σώμα δέχεται ίσες και αντίρροπες δυνάμεις οι οποίες συνδράμουν στην συμπίεσή του με αποτέλεσμα την αλλαγή του σχήματός του δηλαδή του πλάτους, του μήκους και διόγκωση της πρώιμης διατομής. Αναλυτικότερα, σε αντίθεση με τον εφελκυσμό στη συγκεκριμένη καταπόνηση μειώνεται το μήκος με ταυτόχρονη αύξηση του πλάτους, χωρίς να υφίσταται λυγισμό.

Οι δυνάμεις σχεδιάζονται στο κέντρο της διατομής, συμπερασματικά ασκούνται στο κεντροβαρικό άξονα επομένως αποτελεί αξονική καταπόνηση δηλαδή στην περίπτωση αυτή αξονική θλίψη και ως αποτέλεσμα αξονικές παραμορφώσεις.

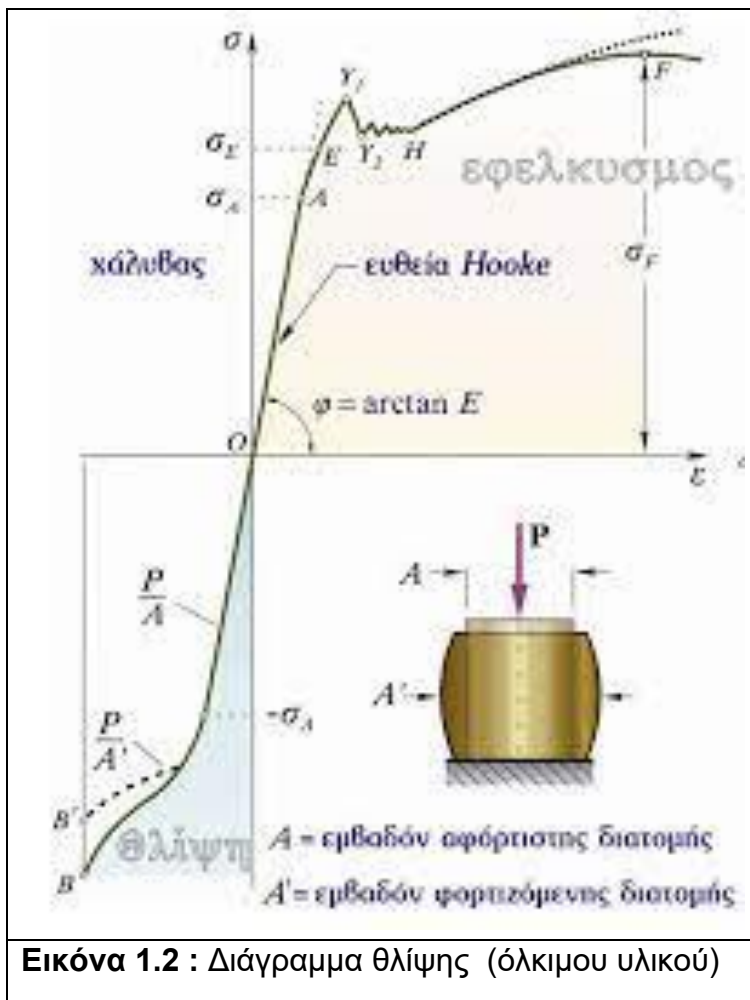
Θεωρείται η δεύτερη μονοαξονική εντατική κατάσταση του παραμορφώσιμου αντικειμένου, καθώς εάν σχηματιστεί μια νοητή γραμμή στο υπό-εξέταση δοκίμιο θα εμφανιστούν μόνο ορθές (θλιπτικές) τάσεις και όχι διατμητικές όπως προαναφέρθηκε, δηλαδή η ίδια περίπτωση με τον εφελκυσμό.

Όπως και στον εφελκυσμό έτσι και στην θλίψη διαχωρίζεται σε δυο διαφορετικές κατηγορίες:

- Έκκεντρη θλίψη. Θεωρείται όταν η δύναμη που υφίσταται στην διατομή δεν ασκείται στο κέντρο βάρους του αντικειμένου. Για να υπολογιστούν οι ορθές τάσεις θα πρέπει να μεταφερθεί η εξωτερική δύναμη στο κέντρο βάρους με την βοήθεια της ροπής αδράνειας
- Κεντρική θλίψη. Ονομάζεται η περίπτωση όπου η εξωτερική δύναμη ασκείται στο κέντρο βάρους της διατομής του αντικειμένου.

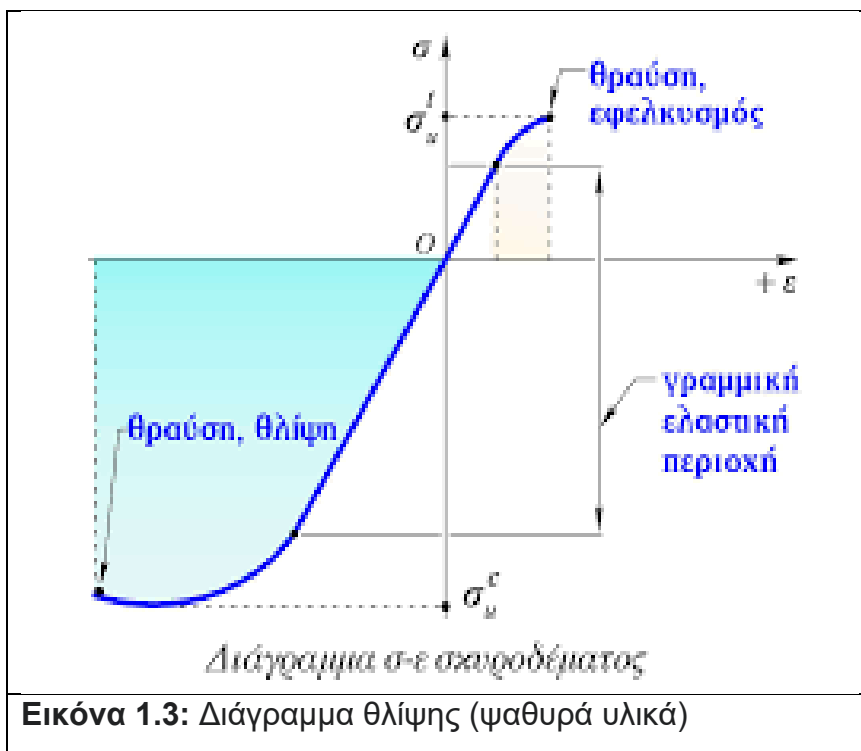
Οι συνέπειες της μηχανικής θλίψης στην καθημερινότητα είναι, για παράδειγμα, όταν μια κάθετη κολόνα ή μια συνολική οικοδομή συμπιέζεται με αντίκτυπο την κατάρρευση υπό την επίδραση μηχανικών θλιπτικών φορτίων.

Η μηχανική θλίψη μπορεί να επιφέρει ποικίλους κινδύνους , όπως την κατάρρευση κτιρίων, γεφυρών , ανεμογεννήτριες ή γενικότερα κατασκευαστικών δοκιμίων που βρίσκονται υπό την επίδραση μηχανικών πρεσών.



Η παραπάνω εικόνα απεικονίζει και πρακτικά ότι οι τάσεις στην θλίψη είναι αρνητικές ενώ στον εφελκυσμό θετικές. Είναι φανερό ότι και στις δύο καταπονήσεις υφίστανται κοινά μηχανικά μεγέθη όπως και η περιοχή Hooke η οποία είναι εξαιρετικά σημαντική για την σχέση παραμορφώσεων- τάσεων. Αναλυτικότερα, στα όλκιμα υλικά η συμπεριφορά των δοκιμίων δεν διαφέρει ιδιαίτερα συγκριτικά με τις δυο καταπονήσεις. Αντιθέτως, στα φαθερά δοκίμια η μηχανική συμπεριφορά των υλικών δεν συμπίπτει στις δυο καταπονήσεις.

Αυτό συμβαίνει διότι στα ψαθυρά υλικά στην θλίψη παρουσιάζεται μεγαλύτερη γραμμική ελαστική περιοχή απ' ότι στον εφελκυσμό καθώς επίσης αργούν να αστοχήσουν.



**Εικόνα 1.3:** Διάγραμμα θλίψης (ψαθυρά υλικά)

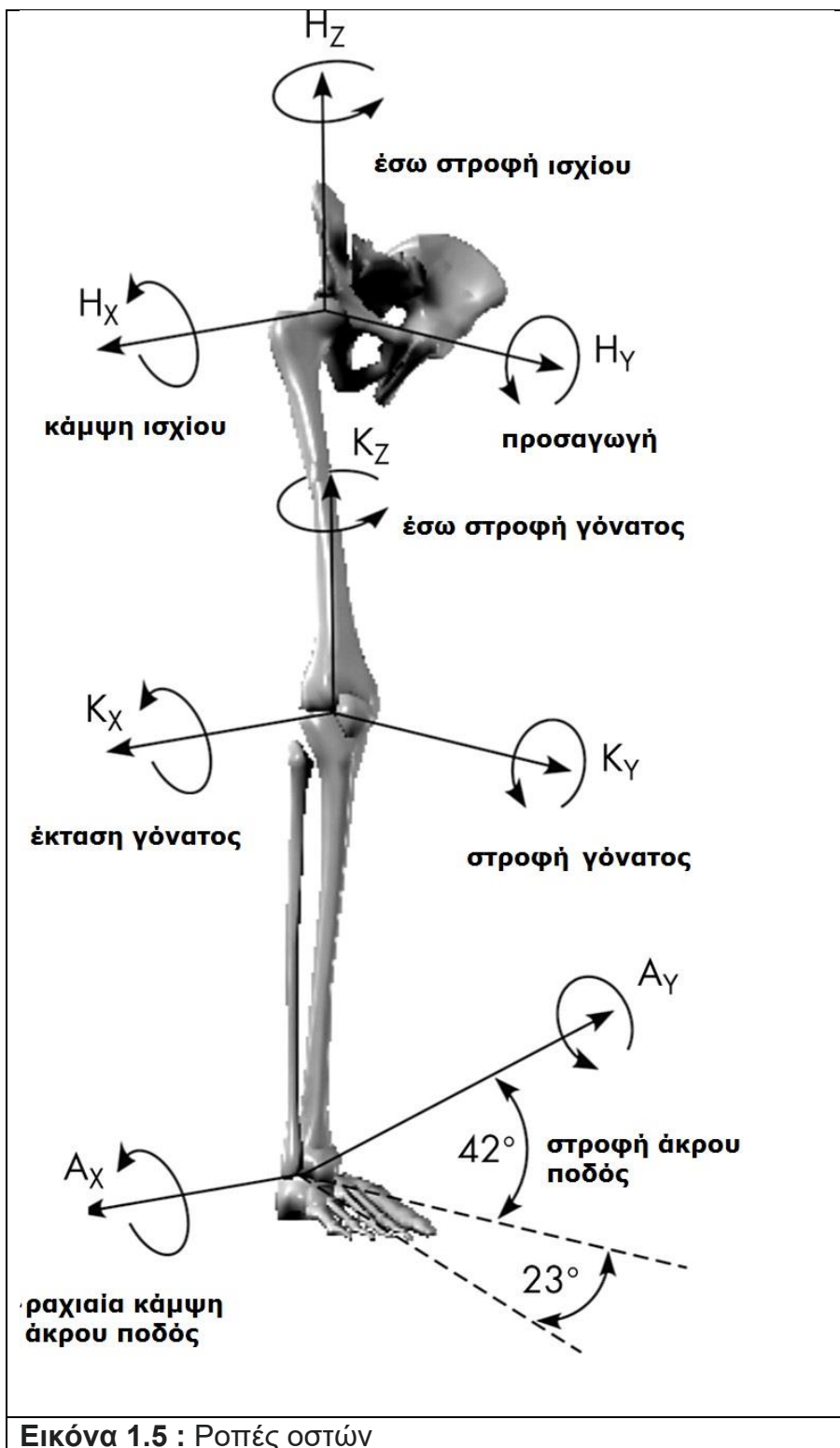
### 1.3 Καταπονήσεις στο μηριαίο οστό

Κατά την βάρδια ή γενικότερα την κίνηση τόσο οι αρθρώσεις όσο και τα οστά δέχονται την δράση δυνάμεων και ροπών και έτσι επιτυγχάνεται η μηχανική καταπόνηση. Ειδικότερα, στην κεφαλή του μηριαίου οστού όπου ενώνεται με το ισχίο, το οποίο έχει ως ιδιότητα να διατηρεί σταθερό τον κορμό και το πάνω σώμα, δέχεται πολλαπλές συμπίεσεις. Για την ανάλυση των καταπονήσεων θα πρέπει ο μηχανικός να λάβει υπόψιν κάποιους παράγοντες όπως είναι η ηλικία του ατόμου, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, το είδος και το επίπεδο της σοβαρότητας του κατάγματος καθώς και την συχνότητα φόρτισης. Τέλος, οι δυνάμεις και οι ροπές που ασκούνται πάνω στο μηριαίο οστό καταπονούν με διαφορετικό τρόπο το κόκκαλο λόγω διευθύνσεως.

Οι καταπονήσεις που δέχεται το υπό-εξεταζόμενο οστό είναι :

- Εφελκυσμός: Αρχικά, για να διεξαχθούν συμπεράσματα για τις μηχανικές ιδιότητες του φλοιού του οστού, μέσο του πειράματος αυτού, απαιτείται οστικά δοκίμια με παράλληλες διευθύνσεις σε σχέση με τους άξονες του μηχανήματος της πρέσας. Επίσης επιβάλλεται η χρήση ειδικών, αυτόματων μηχανών ελέγχου στην συγκεκριμένη περίπτωση επιμηκυνσιόμετρα, για την λεπτομερή απεικόνιση του μέτρου ελαστικότητας αλλά και του λόγου poisson.

Η επίδραση εφελκυστικών δυνάμεων στο οστό έχει ως αποτέλεσμα στην άσκηση τάσεων όπου επιφέρουν σημαντικές εσωτερικές παραμορφώσεις. Πιο απλουστευμένα, υπό την δράση των παραπάνω δυνάμεων και εάν ξεπεράσουν το όριο ελαστικότητας, το οστό καταπονείται και αλλάζει το σχήμα του δηλαδή επιμηκύνεται και λεπταίνει.



- Θλίψη: Είναι η δεύτερη πιο συχνή καταπόνηση που δέχεται το οστό. Αυτό συμβαίνει λόγω συμπιεστικών δυνάμεων οι οποίες αυξομειώνονται με την κίνηση και την συστολή και διαστολή των μυϊκών ομάδων. Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη τάσεων και δυνάμεων στο εσωτερικό του οστού προκαλώντας έτσι παραμορφώσεις . Αναλυτικότερα, το κόκκαλο βραχύνεται εάν και εφόσον η τιμή της τάσης ξεπεράσει το όριο ελαστικότητας και η παραμορφώσεις πάψουν να είναι ελαστικές αλλά να γίνουν πλαστικές. Η παραπάνω περίπτωση είναι η πιο συχνή αιτία των καταγμάτων ειδικότερα στο πάνω μέρος του οστού όπου αποτελείται κυρίως από το σπογγώδες οστό .

Έχουν διενεργηθεί αρκετές πειραματικές μελέτες μέσω μηχανημάτων για τις δυο προαναφερόμενες κοπώσεις καθώς αποτελούν σημαντικό κριτήριο για την ελαστικότητα και την αντοχή του φλοιού των οστών καθώς και τον προσδιορισμό των μηχανικών μεγεθών. Συμπερασματικά , τα οστά παρουσιάζουν υψηλότερη αντοχή στα πειράματα θλίψεως παρά στα πειράματα εφελκυσμού.

Όπως έχει αναλυθεί και πιο πάνω στην αρχική περιοχή των διαγραμμάτων της τάσης- παραμόρφωσης παρουσιάζεται η ευθύγραμμη ελαστική περιοχή η αλλιώς ο νόμος του hooke. Στην περίπτωση των οστών η περιοχή αυτή αναδεικνύει την ακαμψία του κοκάλου, καθώς δεν εμφανίζουν ελαστική συμπεριφορά, μέχρι να φτάσει στο μέτρο ελαστικότητας όπου από εκείνη την στιγμή ξεκινάει η πλαστική παραμόρφωση ή αλλιώς η αρχή του κατάγματος. Η τελική φάση είναι η γραμμική πλαστική περιοχή όπου στο τέλος αυτής επιτυγχάνεται η θραύση του οστού.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι μελέτες αυτές διαφοροποιούνται και λόγω των συνθήκων όπως το μήκος των οστών ή ακόμα και την πυκνότητα του σπογγώδους. Πιο συγκεκριμένα , στα οστά με μικρότερη πυκνότητα είναι



πιο εύκολο να δημιουργηθεί κατάγμα, όπως για παράδειγμα στην οστεοπόρωση . Οι συνθήκες που επηρεάζουν τα κατάγματα αλλά και τις μηχανικές ιδιότητες των καταπονήσεων θα αναλυθούν στο κεφάλαιο 3 πιο αναλυτικά.

- Κάμψη: Είναι μια συνδυαστική καταπόνηση εφελκυσμού-θλίψης όπου κάμπτουν το οστό γύρω από τον άξονά του. Αποτελεί συχνή περίπτωση κατάγματος του μηριαίου οστού και η μηχανική συμπεριφορά του διαφοροποιείται ανάλογα από το μέγεθος και την γεωμετρία του. Στο φλοιώδες οστό τα κατάγματα ξεκινάνε από το σημείο που προκαλούν διάταση.
- Στρέψη: Ουσιαστικά με αυτή τη καταπόνηση στρέφεται το οστό γύρω από έναν άξονα και δημιουργείται έτσι στροφικές ροπές. Ως αποτέλεσμα έχει, την εμφάνιση διατμητικών τάσεων , παραμορφώσεων και πιέσεων οδηγώντας έτσι σε διαγώνια κατάγματα.

Από την εφαρμογή των παραπάνω πειραμάτων διεξάχθηκε το συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός καταπονήσεων είναι η συχνότερη αιτία των καταγμάτων. Αυτό συμβαίνει γιατί η φόρτιση δεν είναι σταθερή.

Τρόπος φόρτισης	Μέγιστη αντοχή (MPa)
Διαμήκης διεύθυνση	
Εφελκυσμός	133
Θλίψη	193
Διάτμηση	68
Εγκάρσια διεύθυνση	
Εφελκυσμός	51
Θλίψη	133

## 2. Πρόγραμμα ANSYS WORKBENCH 2021 R2

### 2.1 Εισαγωγή Πεπερασμένων Στοιχείων

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω η πτυχιακή αυτή πραγματεύεται την ανάλυση των πεπερασμένων στοιχείων και την εύρεση τάσεων και όγκων στα επιμέρους σημεία .Υπάρχουν πολλά προγράμματα για την επίτευξη αυτού του σκοπού ωστόσο η επιλογή του συγκεκριμένου προγράμματος έγινε διότι πετυχαίνει την ακριβέστερη και αποτελεσματικότερη διακριτοποίηση . Η άδεια θα πρέπει να είναι Mechanical καθώς με την students οι δυνατότητες είναι περιορισμένες .

#### 2.1.1 Μεθοδολογία πεπερασμένων στοιχείων

Η μεθοδολογία ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων , κατά βάση, είναι ίδια σε όλες τις περιπτώσεις . Αρχικά, προέχει ο σχεδιασμός του υπό μελέτη αντικειμένου , ύστερα διακριτοποιείται σε γεωμετρικά σχήματα τα οποία ονομάζονται πεπερασμένα στοιχεία. Αναλυτικότερα, μπορούν να χωριστούν σε διάφορα σχήματα και διαστάσεις όπως τρίγωνα ή τετράγωνα τα οποία καθορίζονται από τον χειριστή. Όσο πιο μικρή είναι η απόσταση διακριτοποίησης τόσο πιο ακριβές αποτέλεσμα θα επιτευχθεί , όμως αυτό θα επηρεάσει τον οικονομικό παράγοντα ο οποίος αυξάνεται συναρτήσει του χρόνου. Στη συνέχεια , χρησιμοποιείται η μέθοδος των μετατοπίσεων, δηλαδή η εξέταση των ιδιοτήτων και εξισώσεων της επιμέρους κατασκευής θεωρούνται σαν συνάρτηση των μετατοπίσεων. Αφού προσδιοριστούν τα μηχανικά και θερμικά φορτία , λυθεί το μοντέλο ,και υπολογιστούν οι οριακές συνθήκες εξάγονται οι εξισώσεις ισορροπίας του υπό μελέτη αντικειμένου . Τέλος , στα πεπερασμένα στοιχεία ιδιαίτερη σημασία έχουν ο υπολογισμός των αντιδράσεων (R) στις στηρίξεις , των παραμορφώσεων ( $\epsilon$ ) , των όγκων (V) καθώς και των τάσεων ( $\sigma$ ), τα οποία βρίσκονται προσεγγιστικά σύμφωνα με την εξίσωση .

## 2.2 ANSYS

Η Ansys είναι μια από τις μεγαλύτερες πολυεθνικές εταιρίες ( με βάση την Αμερική) που ασχολείται με μηχανικά λογισμικά πάνω στην σχεδίαση και στην λειτουργία προϊόντων. Το πρόγραμμα ANSYS είναι ένα από τα πιο εύχρηστα και διαδεδομένα που βασίζεται στην θεωρία των πεπερασμένων στοιχείων. Το πρόγραμμα έχει ευρεία εφαρμογή στον χώρο της μηχανικής καθώς όχι μόνο είναι χρήσιμο για την σχεδίαση του προϊόντος αλλά είναι ικανό να υπολογίζει στατικές και δυναμικές αναλύσεις, αναλύσεις μεταφοράς ακουστικών κυμάτων , ροής υγρού καθώς και ηλεκτρομαγνητισμού. Στην πτυχιακή αυτή ιδιαίτερη σημασία έχουν οι στατικές αναλύσεις .

Επιπροσθέτως, μια από τις πιο ξεχωριστές και σημαντικές ιδιότητες είναι η προσομοίωση που κάνει στην αντοχή των υλικών καθώς επίσης εμφανίζει και το αποτέλεσμα αστοχίας αλλά και το σημείο.

### 2.2.1 WORKBENCH

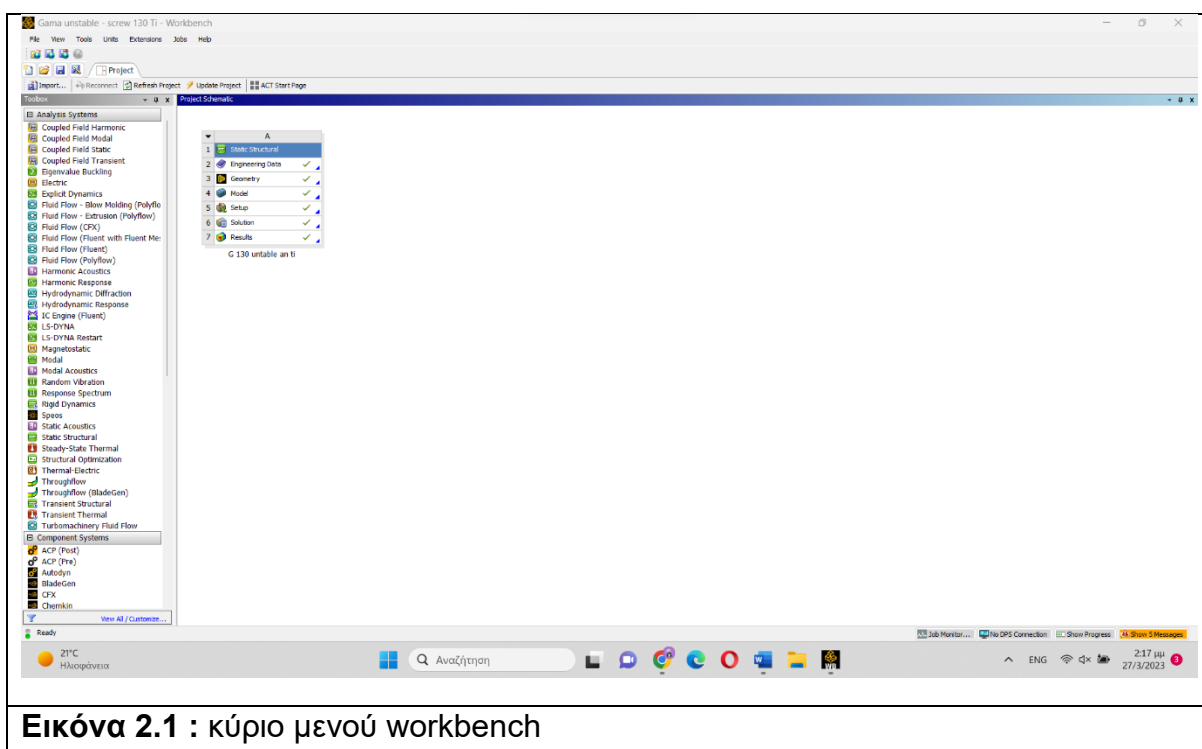
Το workbench είναι ένα από τα πιο δημοφιλή προγράμματα προσομοίωσης της εταιρίας Ansys. Το χαρακτηριστικό που το ξεχωρίζει τόσο πολύ είναι ότι ο χειριστής μπορεί να εισάγει ένα ογκώδες μοντέλο και το πρόγραμμα να το διακριτοποιήσει. Το μοντέλο αυτό θα δοκιμαστεί σε διάφορες κοπώσεις( όπως εφελκυσμού , θλίψης , κόπωσης κ.α). Με αυτόν τον τρόπο, θα εξάγει για τις επιμέρους μικρές μάζες διαφορετικά αποτελέσματα (με πιο σημαντικά τις τιμές τις τάσεις , όγκο και παραμορφώσεων ) με σκοπό να συγκριθούν και έτσι να διεξαχθεί ένα τελικό συμπέρασμα για το ογκώδη μοντέλο που είναι υπό εξέταση. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο προγραμματιστής έχει την ευχέρεια να προσδιορίσει τις πιέσεις ,δυνάμεις ή άλλες φυσικές ιδιότητες οι οποίες επηρεάζουν τις συνθήκες του μοντέλου και αναφέρονται στα δεδομένα του προβλήματος.

### **2.2.2 Έκδοση Ansys workbench 2021 R2**

Η έκδοση του ANSYS που ασχολείται η πτυχιακή είναι καινούρια και περιέχει νέες εντολές και καινοτόμα χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα , το πρόγραμμα χάρη στους πρωτοποριακούς και πολλαπλούς λύτες (FEA) που διαθέτει είναι ικανό να επιλύει σύνθετες περιπτώσεις μηχανικής να τις αυτοματοποιεί και να τις παραμετροποιεί με σκοπό να παρέχει ποικίλες περιπτώσεις σχεδίασης. Τέλος , κάποια καινούρια χαρακτηριστικά που εμπεριέχονται στην συγκεκριμένη έκδοση είναι η αποτελεσματικότερη διακριτοποίηση με νέες λειτουργίες εξώθησης καθώς και η καλύτερη κυκλική σύνδεση μεταξύ 2 δοκιμίων .

## 2.3 Επίδειξη προγράμματος

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το κεντρικό μενού όταν ανοίξει το workbench. Στο πάνω μέρος εμφανίζονται τα χρήσιμα εργαλεία του μενού από τα οποία μπορεί να εισαχθεί και να αποθηκευτεί το μοντέλο που μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε καθώς επίσης να τροποποιηθούν διάφοροι βασικοί παράγοντες του workbench. Εξίσου σημαντικές είναι οι διάφορες αναλύσεις που απεικονίζονται στα αριστερά, μερικές από αυτές είναι πάνω στα πεδία της υδροδυναμική και των ρευστών. Πατώντας πάνω στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει εμφανίζεται το αντίστοιχο μενού με τις κατάλληλες εντολές.

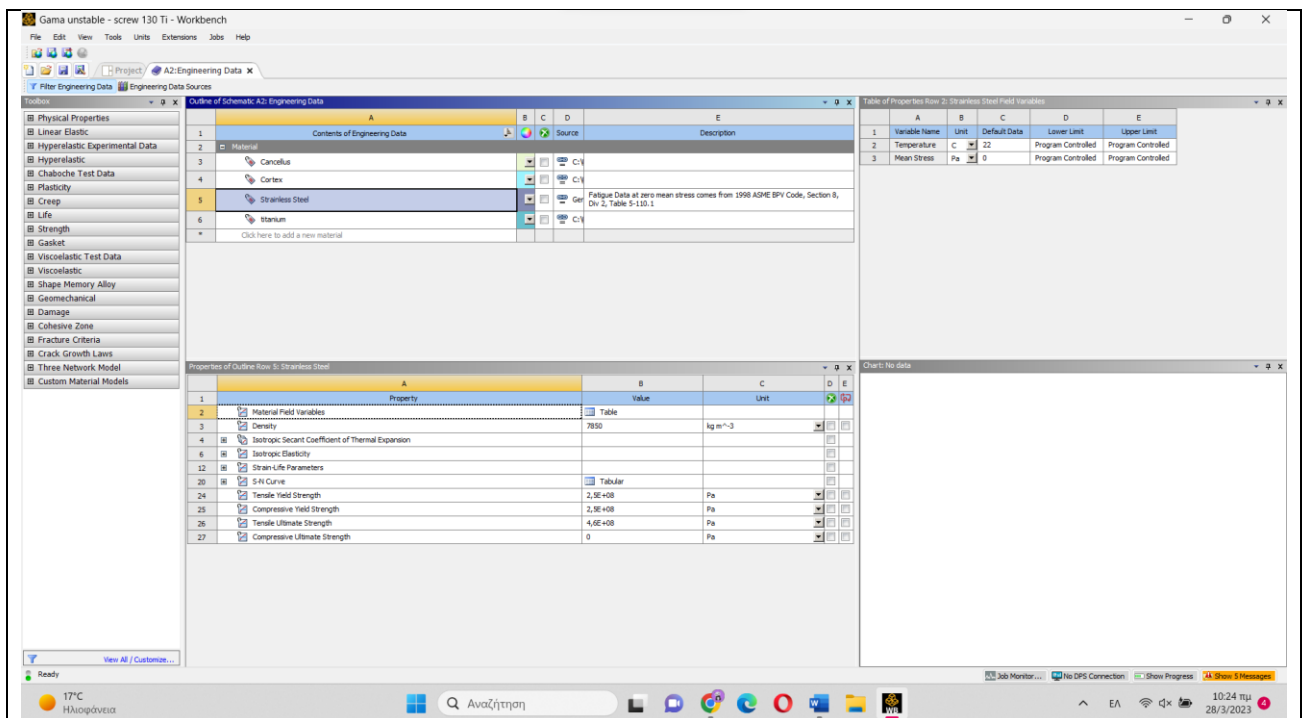


**Εικόνα 2.1 :** κύριο μενού workbench

Στην συγκεκριμένη εικόνα απεικονίζεται το static structural δηλαδή η στατική ανάλυση η οποία έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι αναλύει την αντοχή των υλικών καθώς παρέχει ποικίλες πληροφορίες για τις θλιπτικές και εφελκυστικές τάσεις και τις αντίστοιχες παραμορφώσεις. Πιο κάτω θα αναφερθούν αναλυτικά η κάθε μια εντολή του κουτιού.

### 2.3.1 Engineering data

Επιλέγοντας το engineering data δηλαδή την 1<sup>η</sup> επιλογή του κουτιού εμφανίζεται μια νέα καρτέλα. Σε αυτήν καταγράφονται διάφορες πληροφορίες για το υπό εξέταση δοκίμιο. Πιο συγκεκριμένα, παρέχει πληροφορίες για το υλικό του αντικειμένου, μας διαχωρίζει τα επιμέρους εξαρτήματα και τα χρωματίζει για να είναι πιο ευδιάκριτα. Σε περίπτωση που ο χειριστής θέλει να αλλάξει το υλικό θα πρέπει να επιλέξει την εντολή engineering data sources. Μια άλλη ρύθμιση είναι οι μονάδες μέτρησης οι οποίες μπορούν να μετατραπούν για ορθότερα αποτελέσματα. Η καρτέλα αυτή εμπεριέχει κι άλλα στοιχεία τα οποία μπορούν να ρυθμιστούν ανάλογα με τις συνθήκες και τα ζητούμενα του προβλήματος.



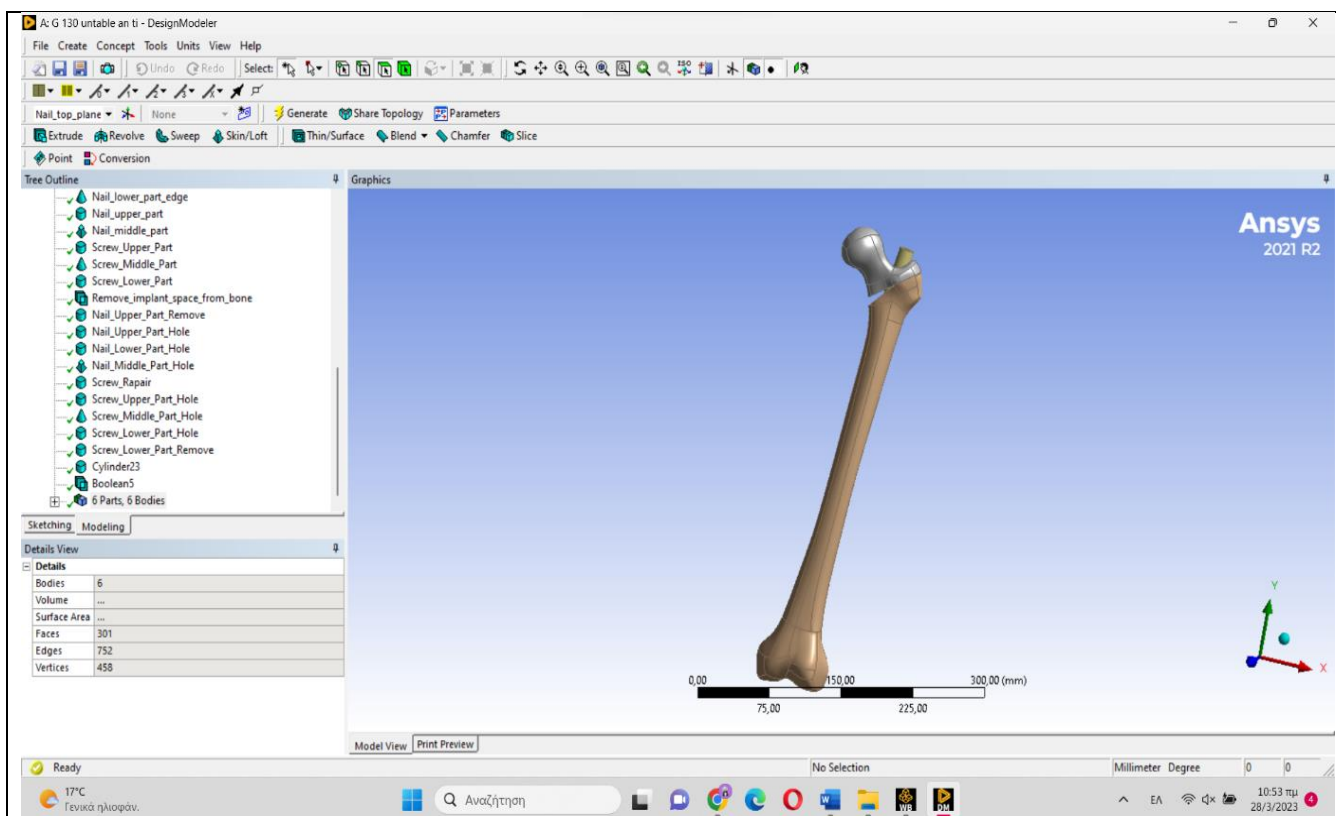
Εικόνα 2.2 : 1η επιλογή engineering data

### 2.3.2 Geometry

Η γεωμετρία αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες στην επίλυση του προβλήματος ,καθώς αλλάζοντας μια μεταβλητή θα αλλάξει εξ ολοκλήρου το αποτέλεσμα. Παρατηρώντας την εικόνα 2.3 , στο κέντρο εμφανίζεται το υπό εξέταση μοντέλο , πάνω από αυτό είναι εμφανές το κεντρικό μενού της γεωμετρίας από το οποίο γίνονται διάφορες τροποποιήσεις.

Οι πιο σημαντικές που θα αναφερθούν και πιο κάτω είναι :

- η εντολή generate η οποία είναι υπεύθυνη για την επίλυση και την αποθήκευση των νέων δεδομένων της γεωμετρίας. Με αυτόν τον τρόπο θα διαφοροποιηθούν τα τελικά αποτελέσματα.
- Τροποποιήσεις σχετικά με την σχεδίαση και την δημιουργία νέων εξαρτημάτων.
- Εντολές για την εμφάνιση και την απόκρυψη διάφορων κομματιών της συναρμογής
- Διάφορες εντολές selection οι οποίες επιλέγουν τα επιμέρους εξαρτήματα .
- Εντολές αποθήκευσης και εισαγωγής.

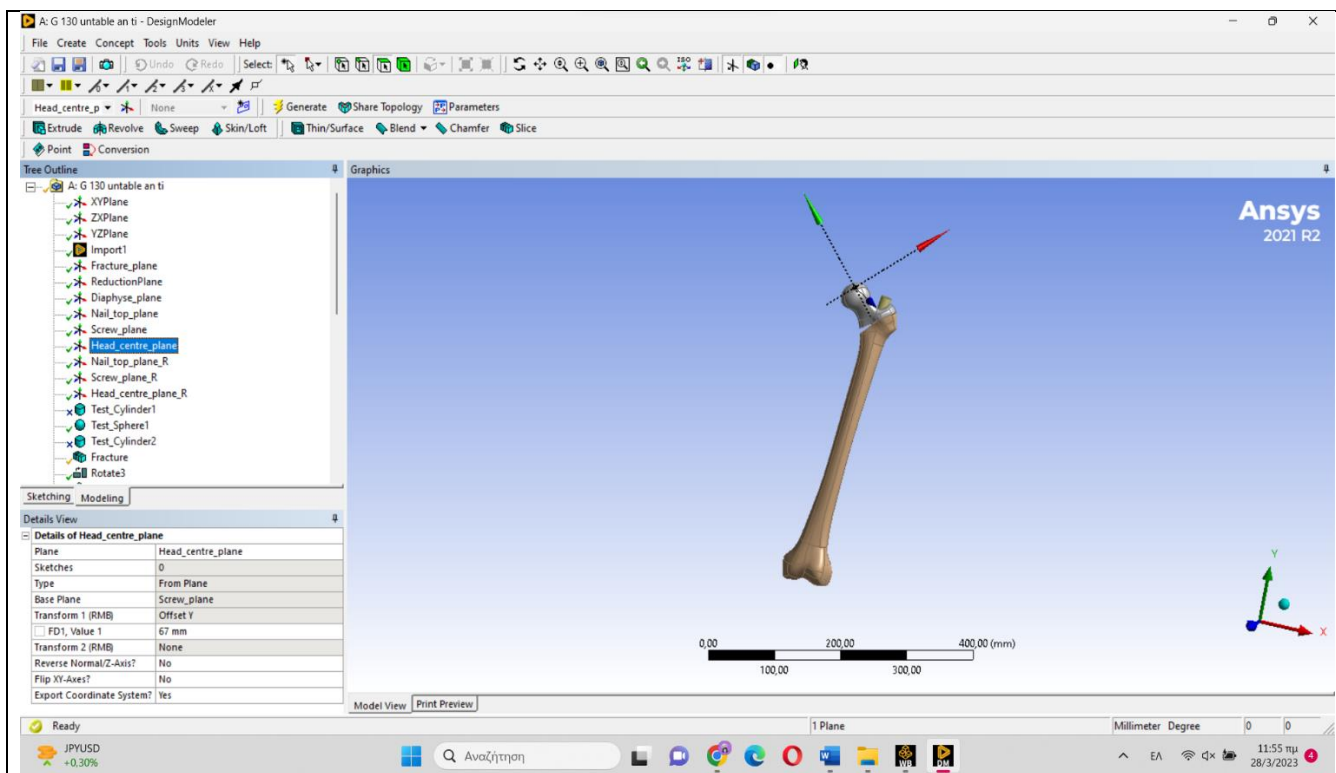


**Εικόνα 2.3 :** Κύριο μενού γεωμετρίας

Στην συνέχεια, κάτω δεξιά παρουσιάζονται οι άξονες (x,y,z) από τους οποίους ρυθμίζεται η όψη του αντικειμένου και βοηθούν στην σωστή παρατήρησή του. Ακριβώς κάτω από το εξεταζόμενο μοντέλο εμφανίζονται ο άξονας με τις διαστάσεις .

Αριστερά του αντικειμένου( όπως φαίνεται στο σχήμα 2.4) παρατηρούνται στο πάνω μέρος οι άξονες για τα εκάστοτε εξαρτήματα, που απαρτίζουν την συναρμογή, και από αυτές τις εντολές ρυθμίζονται οι θέσεις τους. Πιο αναλυτικά παρουσιάζεται στα ακόλουθα παραδείγματα( εικόνα 2.5 , 2.6, 2.7).



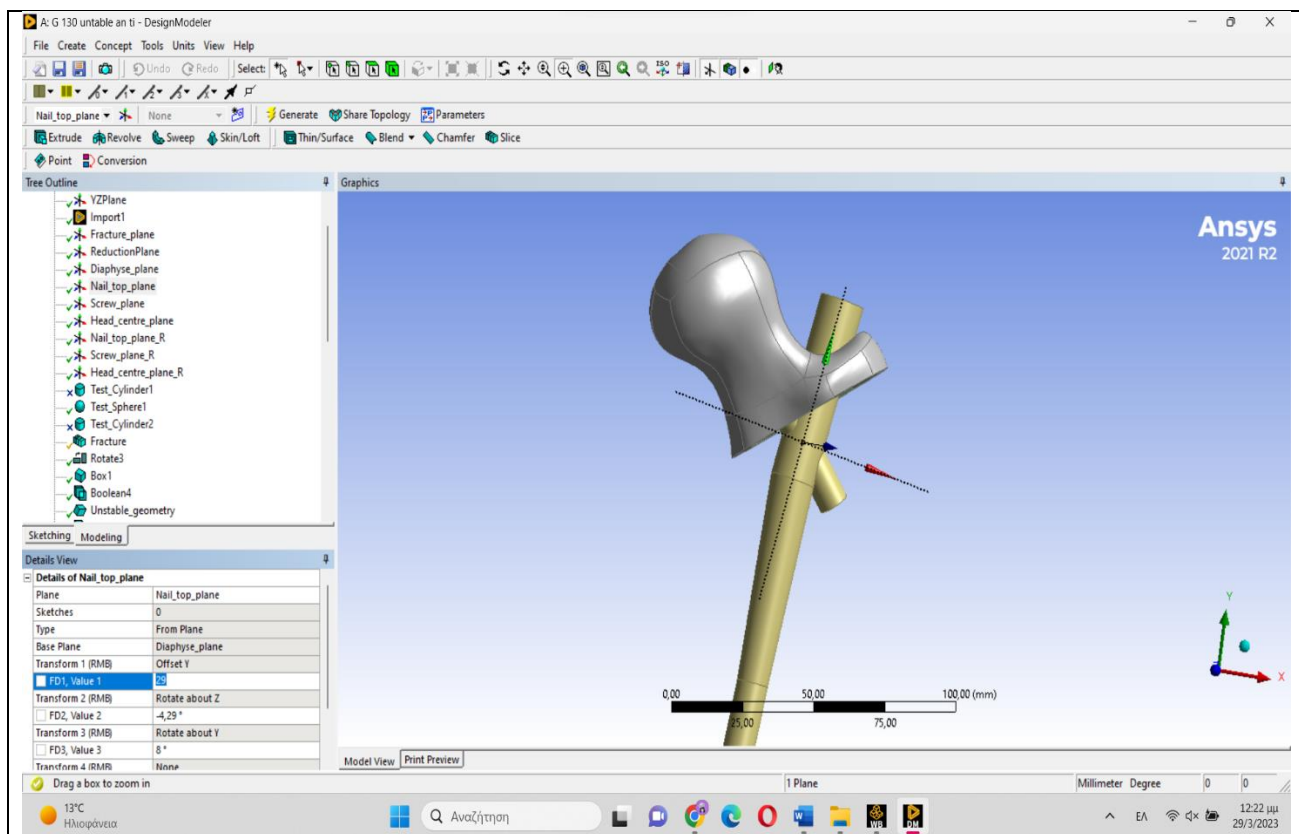


**Εικόνα 2.4:** οι άξονες για τις επιμέρους γεωμετρίες (άξονας κεφαλιού)

Στα αριστερά, κάτω ακριβώς από την επιλογή των αξόνων υπάρχει η προεπιλογή για το κάθε εξάρτημα ξεχωριστά. Ο χειριστής μπορεί να αλλάξει τις διαμέτρους ή το μέγεθος του αντικειμένου, να επιλέξει την κατάλληλη διεργασία καθώς επίσης να ονοματίσει το συγκεκριμένο εξάρτημα με σκοπό να ταιριάζει στα δεδομένα του προβλήματος.

Ύστερα όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω για να αποθηκευτούν και να επιλυθούν οι καινούριοι παράμετροι θα πρέπει να επιλεγεί η εντολή generate. Για πιο σίγουρα, ο χρήστης μπορεί να τα αποθηκεύσει.

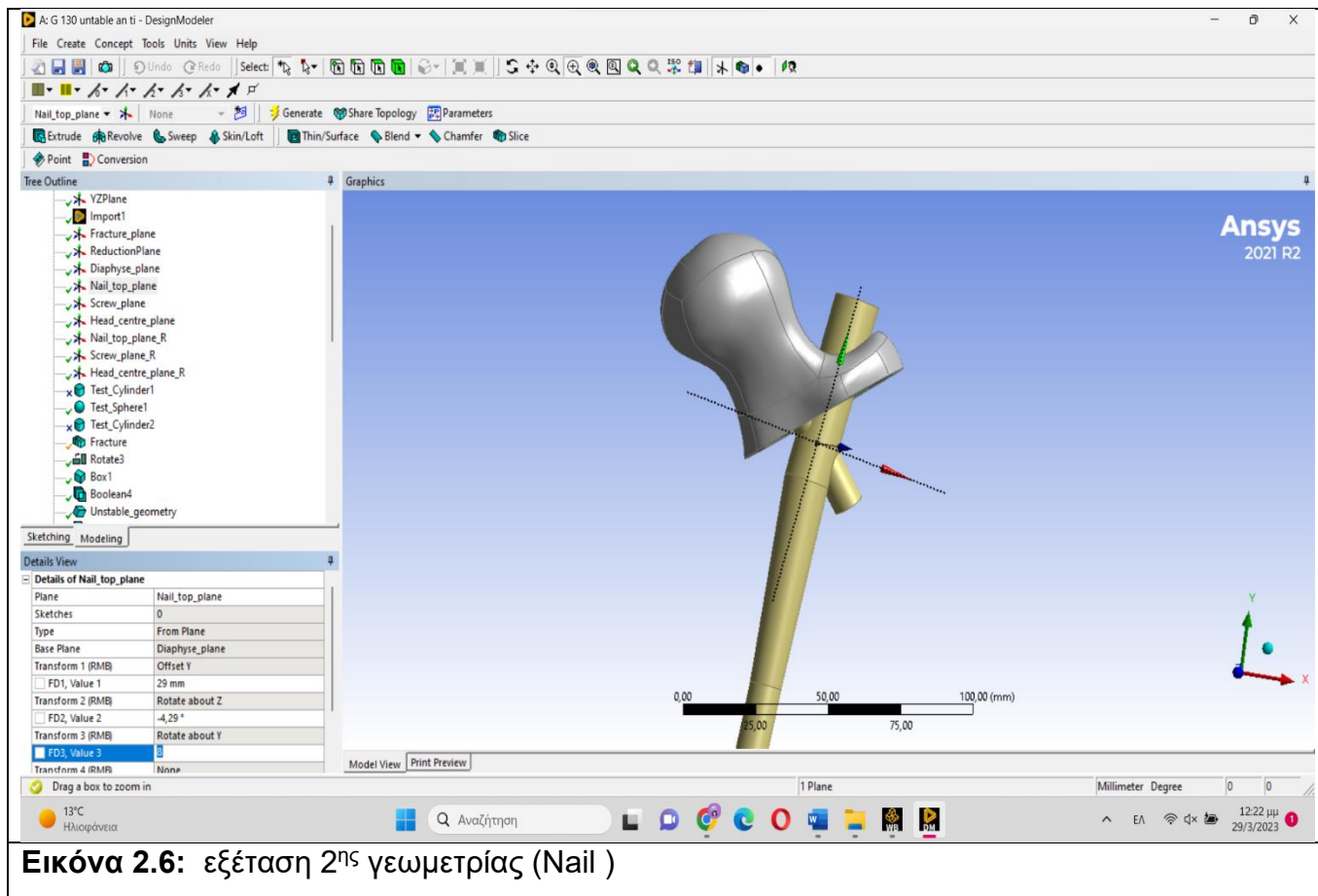
Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα μεταβλητών της γεωμετρίας τα οποία αφορούν το μοντέλο που ασχολείται η πτυχιακή και θα αναλυθούν ιδιαίτερα στο κεφάλαιο 4.



**Εικόνα 2.5:** 1<sup>η</sup> περίπτωση μετατροπής γεωμετρίας (Nail)

Η παραπάνω περίπτωση αναφέρεται στη γεωμετρία του πρώτου εμφυτεύματος (το οποίο λέγεται Nail) , και είναι κάθετο στο δεύτερο εμφύτευμα (που λέγεται Gamma) καθώς και συνευθειακό στο μηριαίο οστό.

Η συγκεκριμένη επιλογή λέγεται top plane καθώς αναφέρεται στο πάνω μέρος του συγκεκριμένου εμφυτεύματος. Ο πρώτος παράγοντας στον οποίο ο χειριστής θα αλλάζει τιμές, σύμφωνα με τα δεδομένα του προβλήματος, λέγεται offset y. Αλλάζοντας την παράμετρο αυτή μετατοπίζεται το εμφύτευμα nail, κάποια χιλιοστά (mm) , στον y άξονα με αποτέλεσμα να διαφοροποιούνται τα υπό μελέτη στοιχεία και συνεπώς ο όγκος και οι τάσεις τους.

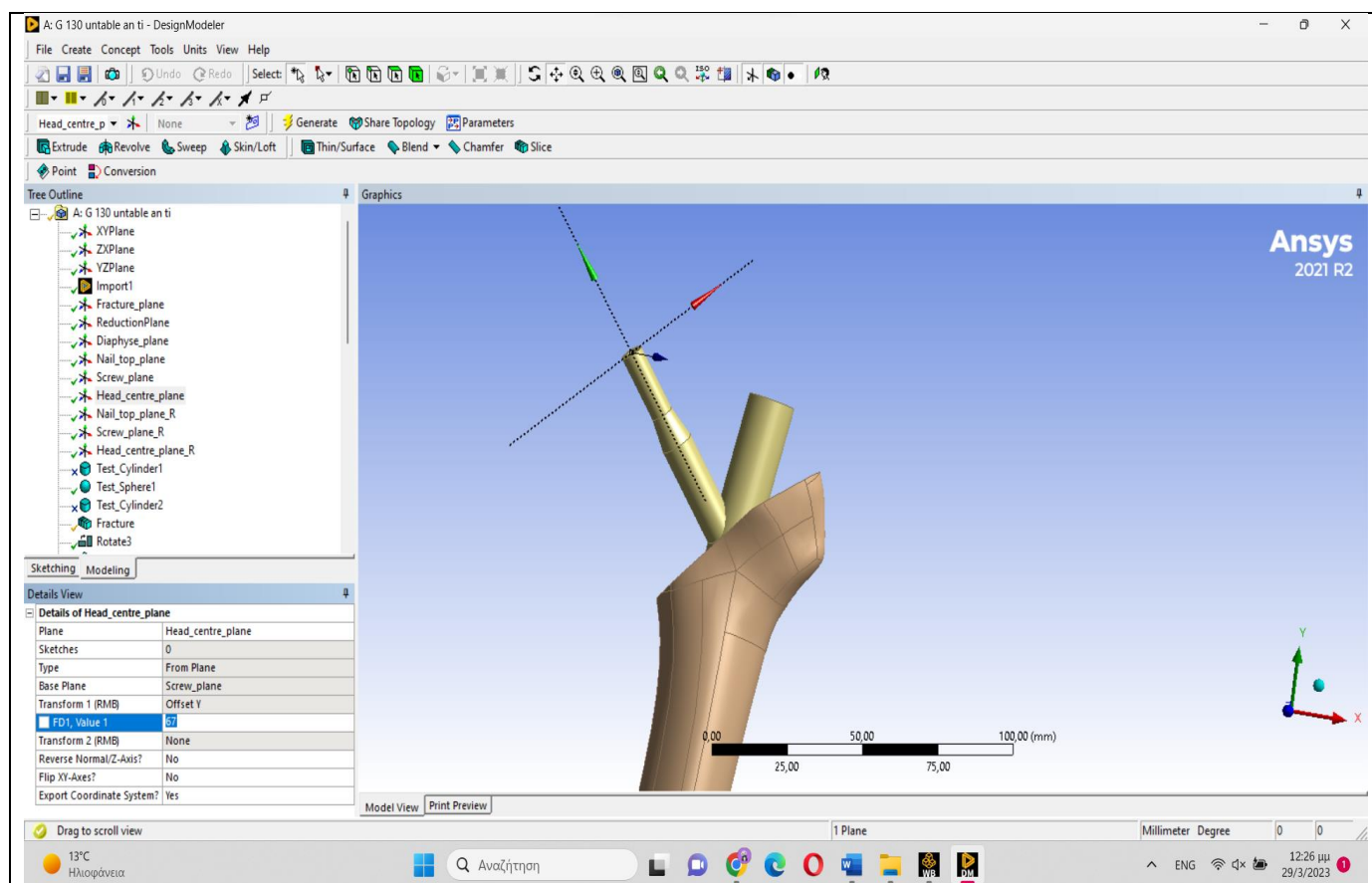


**Εικόνα 2.6:** εξέταση 2ης γεωμετρίας (Nail )

Η παραπάνω εικόνα δείχνει τον δεύτερο παράγοντα τον οποίο θα πρέπει να επεξεργαστεί ο χειριστής και αφορά την επιλογή του Nail top plane .Η συγκεκριμένη μεταβλητή επηρεάζει την περιστροφή του εμφυτεύματος (Nail) στον άξονα γ(rotate about y) ,και μετριέται σε μοίρες.

Τέλος, και αυτός ο παράγοντας έχει ως σκοπό στην αλλαγή των αποτελεσμάτων που αφορούν τον όγκο και την τάση των διαφόρων στοιχείων.

Η τελευταία παράμετρος η οποία επηρεάζει την γεωμετρία και συνεπώς τα τελικά αποτελέσματα ονομάζεται Head center plane και αφορά την πάνω άκρη του εμφυτεύματος (  $\Gamma$  ), όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. Ιδιαίτερη σημασία έχει η μεταβλητή offset y η οποία μετατοπίζει το μόσχευμα ,κάποια χιλιοστά(mm) , ανάλογα με τα δεδομένα του προβλήματος. Η τιμή που θα ορίσει ο χειριστής είναι εξαιρετικά σημαντική καθώς υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί προκειμένου το εμφύτευμα να μην βγει εκτός του φλοιού του κόκκαλου, στο κεφάλαιο 4 θα αναφερθούν παραδείγματα.



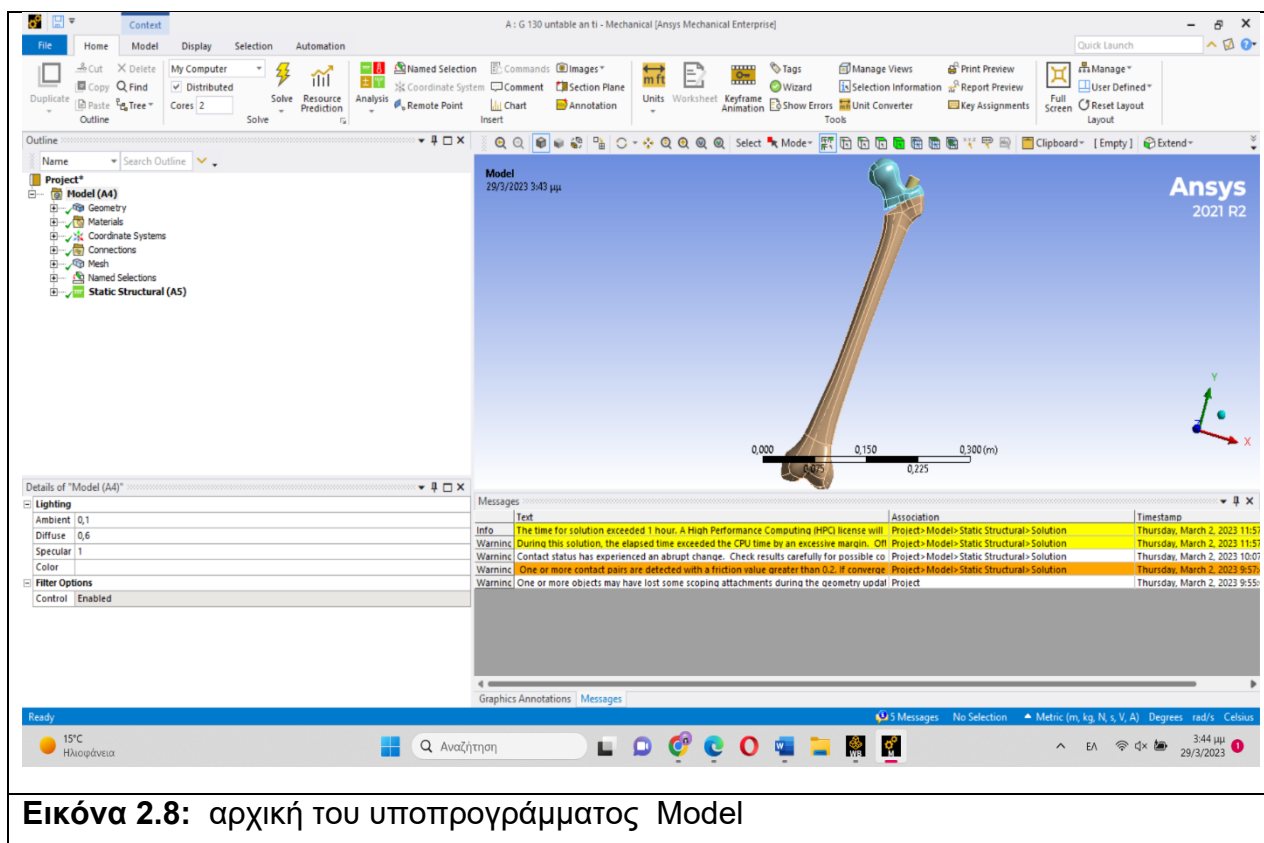
**Εικόνα 2.7:** εξέταση 3<sup>ης</sup> γεωμετρίας (κεφαλή)

Ένας άλλος λόγος όπου ο χειριστής θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός στην συγκεκριμένη ρύθμιση είναι διότι εμπειρίζεται στην κεφαλή του οστού, η οποία είναι το αντικείμενο έρευνας σε αυτήν την πτυχιακή , καθώς δέχεται αρκετές πιέσεις (τάσεις ) λόγω της κίνησης .

Συμπερασματικά , η γεωμετρία στην οποία μπορείς να αλλάξεις την σχέση συναρμολόγησης των εξαρτημάτων ( γωνία και μετατόπιση ) αποτελεί καθοριστική σημασία για τους όγκους και τα τελικά αποτελέσματα. Για την εισαγωγή όμως των δυνάμεων καθώς και τον προσδιορισμό της διακριτοποίησης και συνεπώς της επίλυση της μαθηματικής εξίσωσης υπεύθυνο είναι το υποπρόγραμμα model.

### 2.3.3 Model

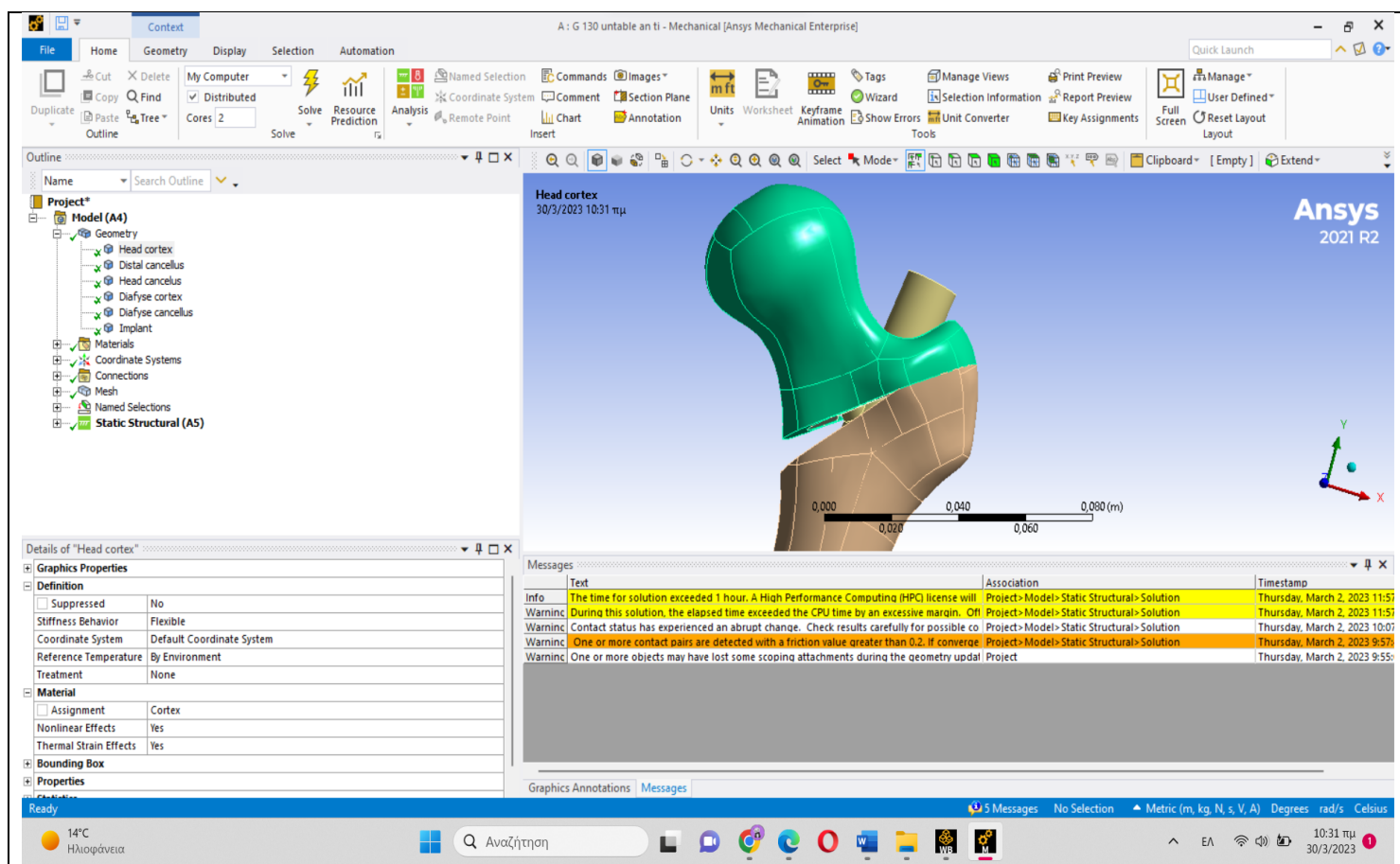
Το model είναι υπεύθυνο για την διεξαγωγή του αποτελέσματος. Πρώτα όμως θα πρέπει ο χειριστής να προσδιορίσει τις τελευταίες συνθήκες για να μπορεί να τρέξει . Επειδή οι περισσότερες ρυθμίσεις λαμβάνουν μέρος στο συγκεκριμένο υποπρόγραμμα , εμπεριέχει πολλές λειτουργίες και χρήσιμα εργαλεία.



Εικόνα 2.8: αρχική του υποπρογράμματος Model

Είναι διακριτό ,όπως και στην γεωμετρία κάτω δεξιά βρίσκονται οι άξονες (  $x,y,z$  ) και ακριβώς κάτω από το μοντέλο οι διαστάσεις. Κάτω από αυτές εμφανίζονται διάφορα μηνύματα που καταγράφουν παρατηρήσεις, προβλήματα καθώς και πληροφορίες σχετικά με το μοντέλο και την επίλυσή του .Ακριβώς πάνω από το μοντέλο , υπάρχουν διάφορες εντολές που βοηθούν τον χειριστή στην τροποποίηση του αντικειμένου.

Αρχικά, ο χρήστης λαμβάνει σημαντικές πληροφορίες για την διαστασιολόγηση των επιμέρους εξαρτημάτων αλλά και για την εμφάνιση αναλυτικών σφαλμάτων που έχουν γίνει .Στην συνέχεια, υπάρχουν εργαλεία για την ρύθμιση του αποτελέσματος , της εμφάνισης του αντικειμένου , της επιλογής αλλά και της αυτοματοποίησης του .



Εικόνα 2.9 : γεωμετρίας αντικειμένου

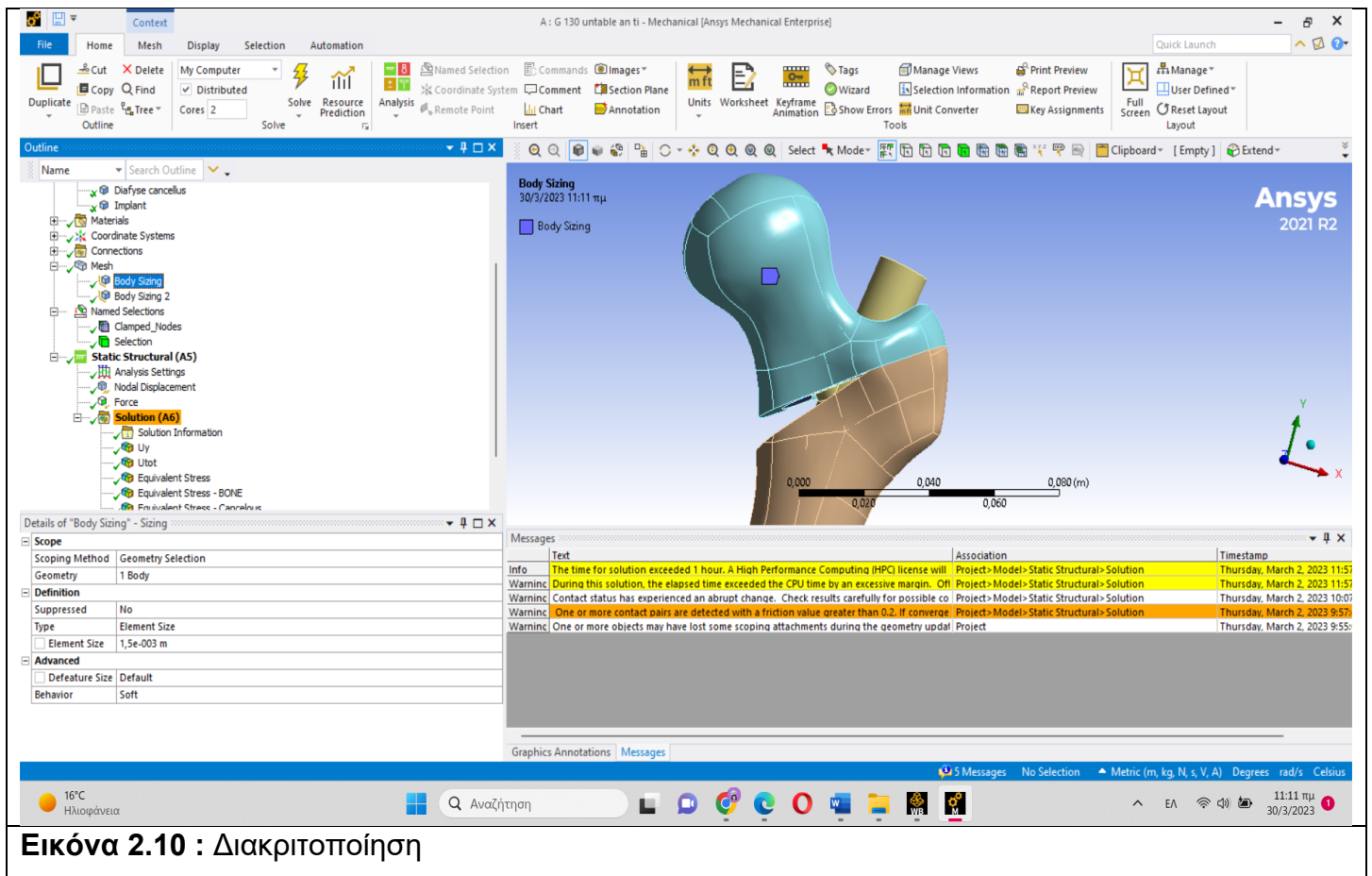
Στα αριστερά της παραπάνω εικόνας φαίνονται οι γεωμετρίες που χωρίζεται το αντικείμενο, οι οποίες μας δίνουν την δυνατότητα να αποκρύψουμε κάποια γεωμετρία με σκοπό να φαίνονται και τα εσωτερικά κομμάτια χωρίς να εφαρμοστεί τομή. Έπειτα, δίνεται η ευκαιρία ο προγραμματιστής να επεξεργαστεί το συγκεκριμένο κομμάτι χωρίς να επηρεάσει τις άλλες γεωμετρίες.

Πιο κάτω υπάρχουν οι προεπιλογές για το υλικό, τους άξονες του κάθε εξαρτήματος, την επιμέρους διακριτοποίηση και τέλος την ανάλυση ως προς δυνάμεις και τάσεις του υπό εξέταση μοντέλου.

Ο χρήστης εξερευνώντας το πρόγραμμα και ειδικότερα το κεντρικό μενού του project, οφείλει να γνωρίζει όλες τις εντολές προκειμένου να διεξάγει ένα ολοκληρωμένο αποτέλεσμα. Κάποιες από αυτές είναι :

- Materials στην συγκεκριμένη λειτουργία βρίσκονται διαφορές πληροφορίες και ο χειριστής μπορεί να επεξεργαστεί τα επιμέρους υλικά.
- Coordinate system από εκεί αλλάζουν οι άξονες
- Connectors λέγονται τα σημεία που ενώνουν επιφάνειες. Με την συγκεκριμένη εντολή μπορούν να τροποποιηθούν για την επίτευξη των αποτελεσματικότερων αποτελεσμάτων





**Εικόνα 2.10 : Διακριτοποίηση**

Μια από τις πιο λειτουργικές εντολές αυτού του προγράμματος αποτελεί διακριτοποίηση (Mesh). Όπως είναι φανερό και στην εικόνα 2.10 υπάρχουν 2 προεπιλογές (body sizing , body sizing 2). Αυτό συμβαίνει διότι έχουν οριστεί 2 διαφορετικές διακριτοποιήσεις στο συγκεκριμένο αντικείμενο, χωρίζοντας έτσι σε μικρότερες επιφάνειες την γεωμετρία που ασχολείται ο χρήστης χωρίς να επηρεάζει την 2<sup>η</sup> γεωμετρία με αποτέλεσμα να εξοικονομείται χρόνος. Ο χειριστής έχει αυτήν την ευχέρεια πατώντας δεξί κλικ πάνω στην εντολή mesh εμφανίζοντας και επιλέγοντας την εντολή insert και μετά sizing.

Πατώντας λοιπόν το body sizing είναι φανερό ότι στο geometry επιλέγεται η γεωμετρία που ενδιαφέρει τον χρήστη και στο element size επιλέγει το μέγεθος που θέλει να χωρίσει το εκάστοτε κομμάτι



Άλλοι παράμετροι που εμφανίζονται στην συγκεκριμένη λειτουργία μπορούν να καθορίσουν το σχήμα της διακριτοποίησης , την μέθοδο επίλυσης καθώς και τον ορισμό των σφαλμάτων.

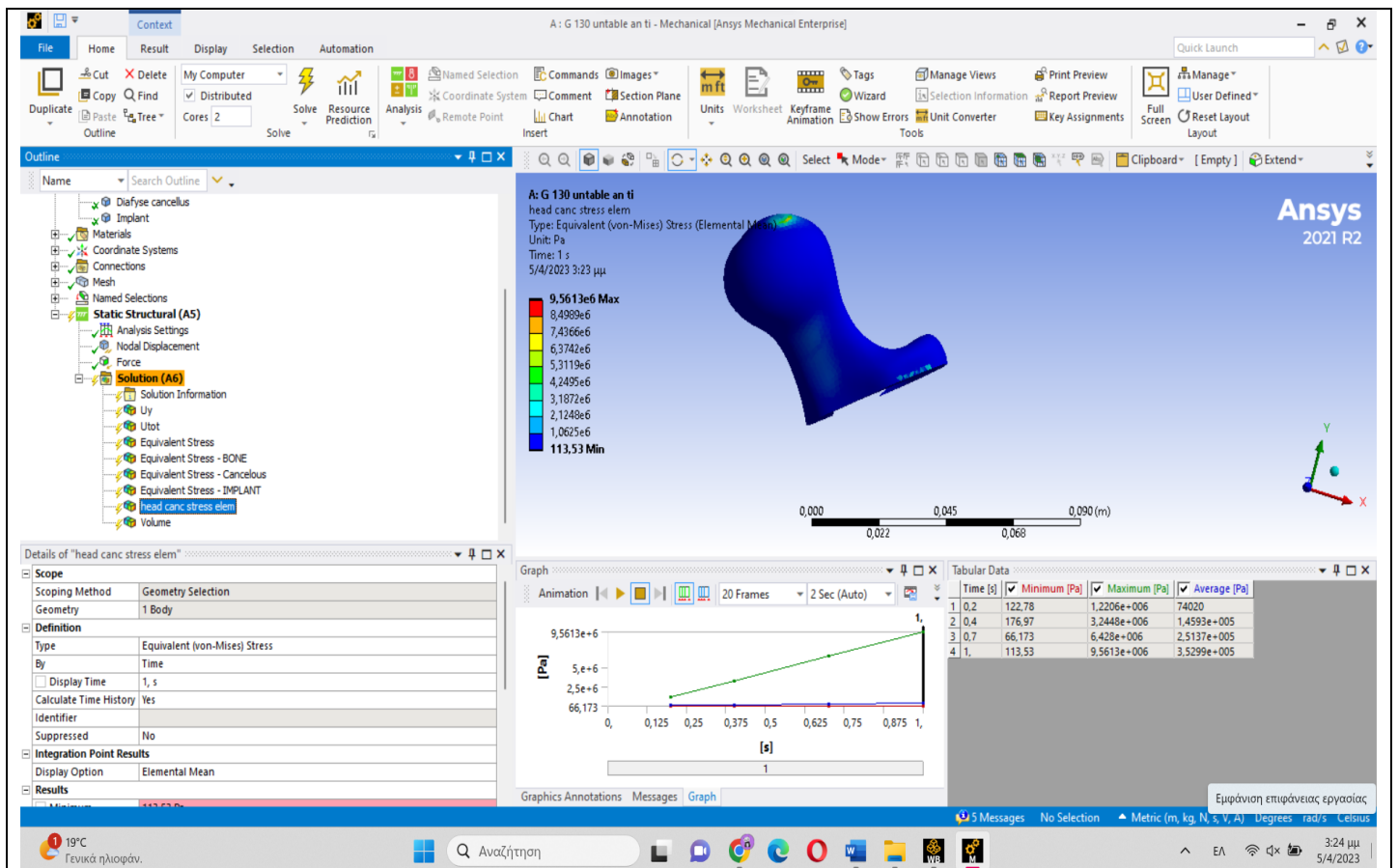
Πιο κάτω υπάρχει η επιλογή static structural, η οποία εμπεριέχει διάφορες εντολές όπως :

- analysis settings βοηθάει στην ανάλυση λύσεων και δεδομένων, προσφέροντας έτσι πληροφορίες για τα σφάλματα.

- Force για την εντολή αυτή ο χρήστης θα πρέπει να την εισάγει πατώντας δεξί κλικ πάνω στο static structural μετά insert και force. Με τον ίδιο τρόπο μπορούν να εισαχθούν για πιέσεις , και άλλες λειτουργίες ανάλογα τα δεδομένα του προβλήματος.

- Nodal displacement εκεί καθορίζεται η μετατόπιση κόμβων και άλλες ενέργειες που τους αφορούν.

Τέλος η εντολή solution δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να βρει πληροφορίες σχετικά με την επίλυση του προβλήματος ( Solution information) , καθώς και να εξετάσει τα αποτελέσματα των κάθε εξαρτημάτων του οστού ξεχωριστά , όπως φαίνεται στο παράδειγμα 2.11.



**Εικόνα 2.11:** αποτελέσματα

Η παραπάνω εικόνα είναι ένα παράδειγμα για την ανάλυση των τάσεων στην κεφαλή του οστού, πιο αναλυτικά θα αναφερθεί στο κεφάλαιο 4.

Παρατηρώντας την, κάτω από το εξεταζόμενο αντικείμενο απεικονίζεται ένα διάγραμμα του χρόνου με της τάσης και ακριβώς δίπλα οι μέγιστες και οι ελάχιστες τάσεις, όπου βοηθούν τον χειριστή να εξάγει τα δικά του συμπεράσματα.

Η κεφαλή του οστού απεικονίζεται με μπλε χρώμα(ελάχιστες τάσεις) και αλλάζει ανάλογα με το πόσο αυξάνονται οι τάσεις αυτές. Οι μέγιστες τάσεις συμβολίζονται με το κόκκινο χρώμα.

Αξίζει να σημειωθούν και οι επιλογές που αναγράφονται και εμπεριέχουν τα αποτελέσματα για τις επιμέρους τάσεις όπως του εμφυτεύματος , του κοκάλου, του κεφαλιού του οστού. Τέλος, ο χειριστής μπορεί να προσθέσει και νέα μεγέθη για παράδειγμα στην προκειμένη περίπτωση του όγκου, όπου αναφέρεται στην κεφαλή.

Όπως είναι φανερό στα αριστερά πέρα από τις εντολές εμφανίζεται ένα κουτάκι που αναγράφονται λεπτομέρειες σχετικά με το συγκεκριμένο εξάρτημα.

#### **2.3.4 Set up , solution, result**

Με την πρώτη εντολή , το πρόγραμμα δίνει την ευκαιρία στον χρήστη να διαγράψει τα δεδομένα που έχει εισχωρήσει σε περίπτωση που έχει γίνει κάποιο λάθος.

Πατώντας solution ανοίγει το πρόγραμμα κατευθείαν στην εντολή που ενδιαφέρει τον χρήστη για την επίλυση του προβλήματος καθώς και για επιπρόσθετες πληροφορίες αυτού.

Τέλος , με την εντολή result το πρόγραμμα πηγαίνει κατευθείαν στα αποτελέσματα αποφεύγοντας έτσι τυχόν σφάλματα του χειριστή .

## 3. Ιατρικά

### 3.1 Ιατρική και μηχανική

Με την πρόοδο της τεχνολογίας , δημιουργούνται ολοένα και περισσότεροι μέθοδοι οι οποίες έχουν συμβάλει στην εξέλιξη της ιατρικής με σκοπό την επίτευξη του καλύτερου και ακριβέστερου συμπεράσματος. Στην σημερινή εποχή, έχει ανθήσει η επιστήμη της μηχανικής στο πεδίο της ιατρικής με διακριτό παράδειγμα τη ρομποτική η οποία πλέον συμβάλει στις χειρουργικές επεμβάσεις βοηθώντας έτσι τους γιατρούς για ορθότερο αποτέλεσμα. Αξίζει να αναλυθούν και άλλες επιστήμες της ιατρικής οι οποίες συνδέονται άρρηκτα με την μηχανική.

- Βιοϊατρική μηχανική. Πραγματεύεται με την ιατρική, την βιολογία αλλά και την επιστήμη της μηχανικής .Αναλυτικότερα, οι μηχανικοί αυτοί με στενή συνεργασία με γιατρούς σχεδιάζουν, αναπτύσσουν και βελτιστοποιούν τις ιατρικές συσκευές οι οποίες έχουν ως σκοπό την ποιότητα ζωής των ανθρώπων , την περίθαλψη καθώς και την θεραπεία των ασθενών . Κάποιες εφαρμογές της είναι σε συστήματα μαγνητική τομογραφία , εγκεφαλογραφία , και ορθοπεδική.
- Εμβιομηχανική. Η εμβιομηχανική συγκριτικά με την Βιοϊατρική μηχανική έχει εφαρμογή σε περισσότερες επιστήμες όπως είναι η επιστήμη της φυσικής, χημείας , βιολογίας και φυσικά της μηχανικής. Πιο συγκεκριμένα, είναι μια μελέτη της δομής και λειτουργίας μικροοργανισμών με σκοπό την παρατήρηση τους, την ερμηνεία και εάν χρειαστεί την ποσοτική αλλά και ποιοτική βελτίωση. Από ιατρικής απόψεως βοηθάει στην απεικόνιση των ανθρωπίνων οργάνων και στον καθορισμό λειτουργίας τους.

- Ιδιαίτερη σημασία πλέον έχουν και τα προγράμματα της μηχανολογίας τα οποία μπορούν να συνδυαστούν με την ιατρική .Αναλυτικότερα , αποσκοπούν στην μελέτη των ιατρικών υλικών( όπως μοσχεύματα, ήλοι, πύροι) από άποψη μηχανικής αντοχής μέσα από προσομοιώσεις καταπονήσεων αλλά και μέσω των πεπερασμένων στοιχείων , όπου παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τις επιμέρους τάσεις και δυνάμεις. Τέλος , πολύ σημαντική βοήθεια παρέχουν και στην σωστή τοποθέτηση των εξαρτημάτων καθώς ο χειριστής μπορεί να κάνει διάφορες δοκιμές προκειμένου να βρει το ορθότερο αποτέλεσμα για την γεωμετρία.

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια σκοπός της πτυχιακής είναι η εύρεση των αποτυχημένων περιπτώσεων σε μια σειρά από διαφορετικές γεωμετρίες, με γνώμονα την τάση και την παραμόρφωση στο σύστημα του οστού- υλικού. Οι περιπτώσεις αυτές οδηγούν σε αποτυχία της θεραπείας και δεν πρέπει να δοκιμαστούν πρακτικά. Τα συμπεράσματα αυτά διεξάγονται με την βοήθεια της ανάλυσης των πεπερασμένων στοιχείων και πιο συγκεκριμένα με το πρόγραμμα ansys workbench.

## 3.2 Μηριαίο οστό

Το μηριαίο οστό είναι το μεγαλύτερο οστό του ανθρώπινου σώματος καθώς επεκτείνεται από το ισχίο έως το γόνατο και λόγω αυτού θεωρείται από τα πιο άκαμπτα και σκληρά κόκκαλα. Επομένως, το σπάσιμο αυτού του κόκκαλου είναι απειλητικό για τη ζωή καθώς είναι επόμενο να δημιουργήσει εσωτερική αιμορραγία. Αποτελείται από δύο μέρη, την κεφαλή του μηρού και το στέλεχος του μηρού. Η κεφαλή του μηρού συνδέεται με τον λαιμό του μηρού και επιτρέπει την κίνηση του μηρού στην οστεοαρθρίτιδα. Το στέλεχος του μηρού είναι το πιο μακρό οστό στο ανθρώπινο σώμα και παρέχει τη στήριξη και την κίνηση στο σκελετό του ποδιού και του ισχίου.

### 3.2.1 Κατάγματα μηριαίου οστού

Ο ιατρικός όρος κάταγμα σημαίνει καταστροφή της μεσοκυττάριας ουσίας, καθώς και νέκρωση των γειτονικών οστεοκυττάρων. Τα αιμοφόρα αγγεία καταστρέφονται και προκαλείται τοπική αιμορραγία και σχηματισμός πύργματος αίματος.

Τα κατάγματα αυτής της κατηγορίας δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν με απλό γύψο γι' αυτό τις περισσότερες φορές χρειάζεται να εκχωρηθεί τουλάχιστον ένα μόσχευμα για την σωστή κινητικότητα του οστού.

Υπάρχουν διάφορα είδη και το κάθε ένα αντιμετωπίζεται διαφορετικά. Παρακάτω έχουν παρατεθεί κάποια παραδείγματα.

- Κάταγμα μηριαίου οστού ή αλλιώς κάταγμα της κνήμης είναι ουσιαστικά το σπάσιμο του οστού στο μέσο του, το οποίο συμβαίνει από βίαιο χτύπημα. Λόγο της ποικιλομορφίας του χτυπήματος και της σοβαρότητας, μπορεί να αντιμετωπιστεί με νάρθηκα για τις πιο ήπιες περιπτώσεις αλλά και χειρουργικά με ενδομυελικό ήλο για τις πιο κρίσιμες περιπτώσεις.
- Υποκεφαλικό κάταγμα μοιραίου. Το κάταγμα αυτό παρουσιάζεται σε ηλικίες από 70 και πάνω, κατά πάσα πιθανότητα λόγω πρεσίματος, κυρίως σε γυναίκες με οστεοπόρωση και εμφανίζεται στην κεφαλή του

οστού. Αναλυτικότερα, κάτω από την κεφαλή βρίσκεται ο αυχέννας του οστού ο οποίος σπάει.

Η κάκωση αυτή χωρίζεται σε διάφορες κατηγορίες επικινδυνότητας ανάλογα με το σπάσιμο καθώς και την μετατόπιση του κοκάλου. Για να αντιμετωπιστεί θα πρέπει το άτομο να μεταφερθεί πολύ προσεκτικά στο νοσοκομείο να γίνει η διάγνωση και εάν είναι αναγκαίο να εκχωρηθεί το ανάλογο μόσχευμα.

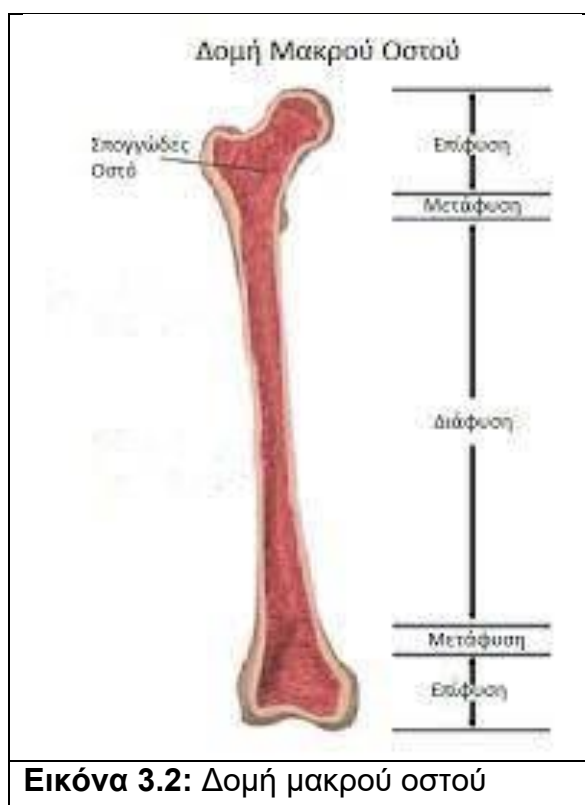
- Διατροχανθήριο κάταγμα μηριαίου. Όπως και στην παραπάνω περίπτωση αφορά άτομα ηλικίας από 60 και πάνω κυρίως γυναίκες και δημιουργείται από πτώση. Το κάταγμα αυτό εμφανίζεται ανάμεσα στο μείζονα και ελάσσονα τροχαντήρα σε διαγώνια μορφή. Η αντιμετώπιση του και πάλι ποικίλει ανάλογα την σοβαρότητα της κατάστασης, το πιο σύνηθες είναι η τοποθέτηση μοσχεύματος gnail και ενός ήλου όπου βοηθάει στην στήριξή του.



**Εικόνα 3.1 :** Αριστερά της εικόνας φαίνεται το υποκεφαλικό κάταγμα μοιραίου ενώ δεξιά το διατροχανθήριο κάταγμα μηριαίου.

### 3.2.2 Εσωτερική δομή μηριαίου οστού

Το μηριαίο οστό ανήκει στην κατηγορία μακρύ- επιμήκους οστού καθώς έχει μήκος μεγαλύτερο από το πλάτος και το βάθος του. Αυτά τα είδη οστών έχουν δύο άκρα που λέγονται επιφύσεις ενώ το κυλινδρικό σώμα του οστού ονομάζεται διάφυση.



**Εικόνα 3.2:** Δομή μακρού οστού

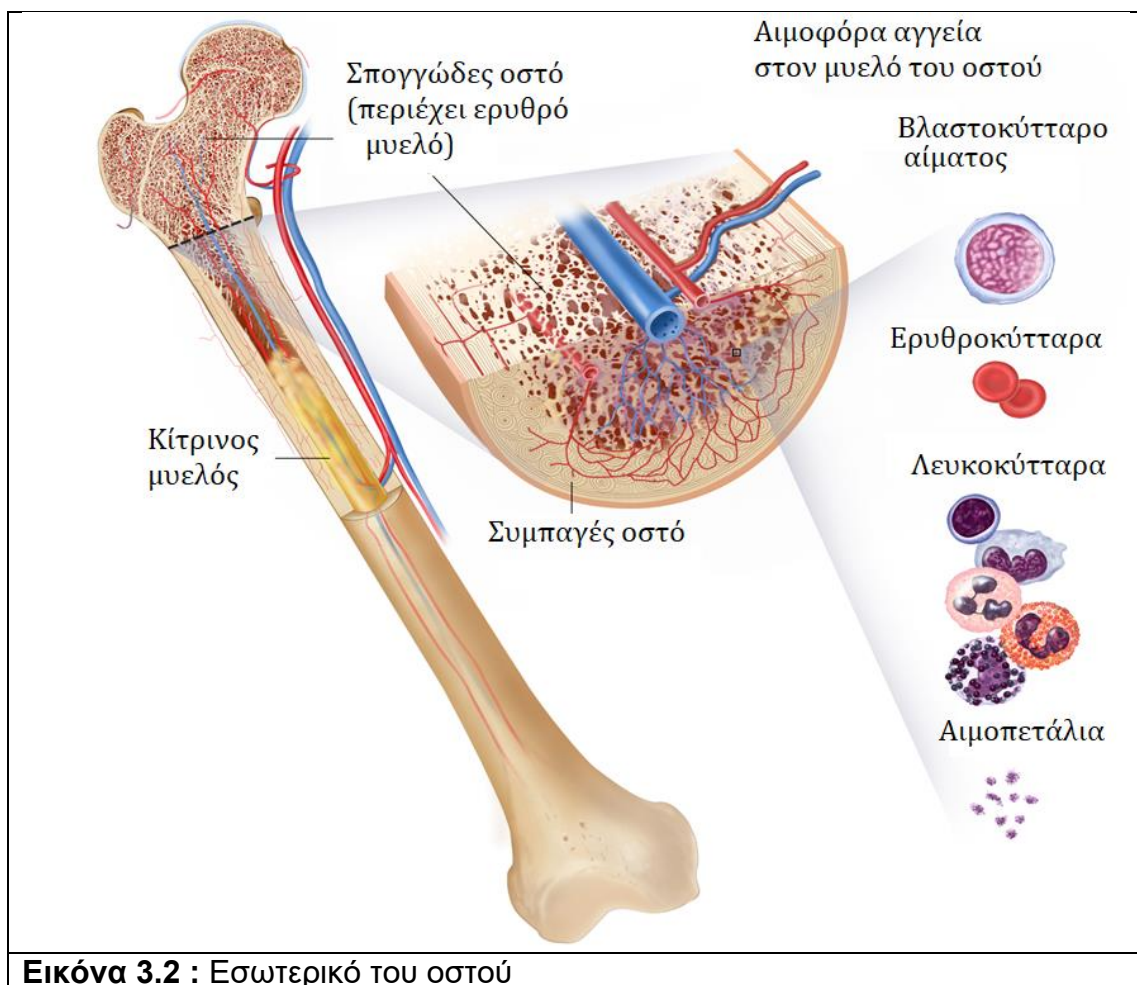
Στην διάφυση γίνεται η ανανέωση των ιστών και των κυττάρων του μηριαίου οστού το οποίο είναι απαραίτητο όχι μόνο για την διατήρηση της δύναμης αλλά και γενικότερα για τη δομή του. Για την ορθότερη λειτουργία της είναι εξαιρετικά σημαντική η σωστή διατροφή και η πρόσληψη βιταμινών, μετάλλων και πρωτεϊνών.



Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα ανάμεσα της διάφυσης και των επιφύσεων υπάρχει η μετάφυση με κωνικό σχήμα η οποία είναι υπεύθυνη της ένωσης των 2 περιοχών.

Οι επιφύσεις είναι συνήθως πλατύτερες και αποτελούνται εξωτερικά από ένα λεπτό στρώμα συμπαγούς οστέινης ουσίας και εσωτερικά από σπογγώδη οστίτη ιστό. Οι επιφύσεις περιβάλλονται από ένα στρώμα χόνδρου, τον αρθρικό χόνδρο ο οποίος είναι σκληρός, ομαλός με χαμηλό συντελεστή τριβής και βρίσκεται μεταξύ των αρθρώσεων.

Εσωτερικά σε όλο το μήκος του κόκκαλου εμπεριέχεται σπογγώδη ουσία καθώς και μια κοιλότητα με μυελό των οστών ο οποίος βοηθάει στην παραγωγή κυττάρων και αιμοπεταλίων.



Εικόνα 3.2 : Εσωτερικό του οστού

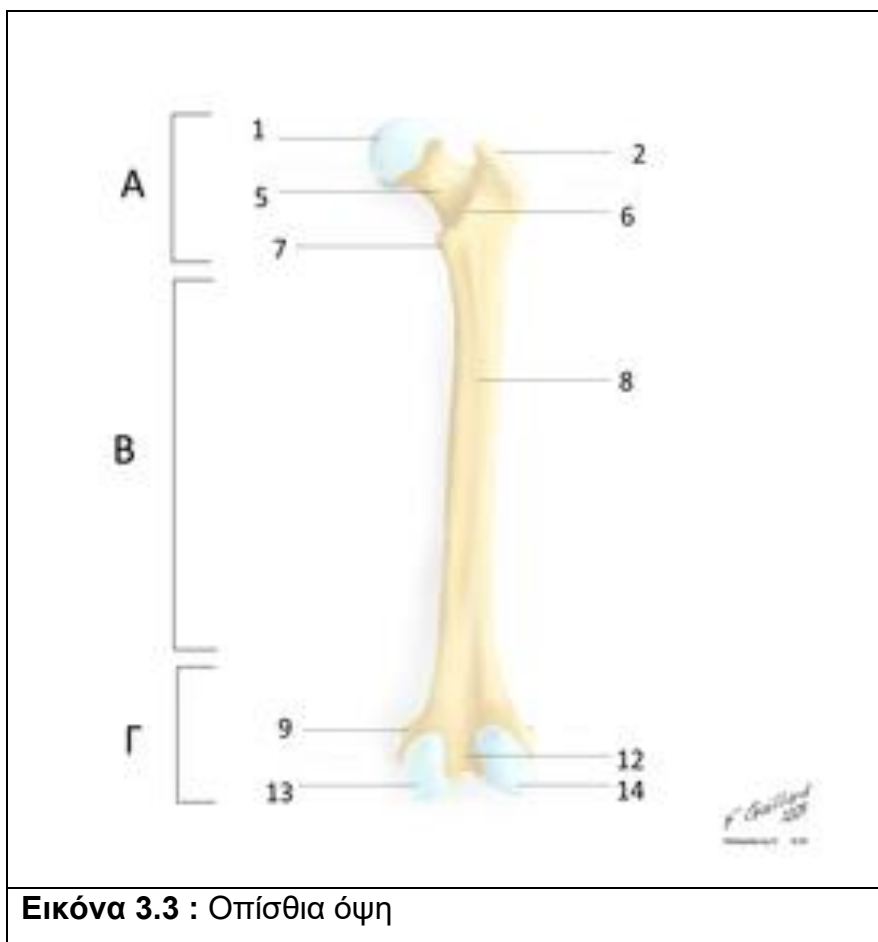
Στην παραπάνω φωτογραφία είναι διακριτό η διαφοροποίηση των μυελών σε ερυθρό και κίτρινο. Αυτό συμβαίνει διότι ο ερυθρός μυελός παράγει ερυθρά αιμοσφαίρια , λευκά αιμοσφαίρια και αιμοπετάλια, σε αντίθεση με τον ωχρό ο οποίος δημιουργείται με την πάροδο του χρόνου και αποθηκεύει λιπώδη ιστό.

Η σπογγώδης ουσία καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του οστού και είναι μια μάζα ονομαζόμενη ως δοκίδα δηλαδή ένα πλέγμα από πλάκες και ράβδους. Η ουσία αυτή βρίσκεται κυρίως στην επίφυση και στην μετάφυση. Η σύνθεση του σπογγώδους ποικίλει από οργανισμό σε οργανισμό. Σε περίπτωση όπου κάποιος έχει λιγότερη πυκνότητα σπογγώδης ιστού έχει έλλειψη οστικής μάζας και αντίστοιχα με μεγαλύτερη πυκνότητα έχει περίσσεια οστικής μάζας . Οι περιπτώσεις αυτές μπορούν να προκαλέσουν διάφορες επιπλοκές στην υγεία του ατόμου καθώς μπορεί να οδηγηθεί ακόμα και σε κατάγματα του οστού.

Κάποιες περιπτώσεις από τις διαταραχές της οστικής πυκνότητας είναι οι ακόλουθες.

- Οστεοπόρωση. Θεωρείται από τις πιο σύνηθες περιπτώσεις και σχετίζεται με την ηλικία του ατόμου. Η περίπτωση αυτή αφορά την μείωση της οστικής μάζας το οποίο είναι επακόλουθο της πτώσης των οιστρογόνων κυρίως στις γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση.
- Οστεομαλακία. Όπως και στην παραπάνω περίπτωση προκύπτει από την έλλειψη της οστικής μάζας, προκαλώντας έτσι την παραγωγή μεγάλης ποσότητας μη επιμεταλλωμένου οστεοειδούς. Η κύρια επίπτωσή της είναι το κάταγμα του αυχένα του μηριαίου.
- Οστεοπέτρωση. Σε αντίθεση με τις παραπάνω περιπτώσεις είναι η αυξημένη οστική πυκνότητα , δηλαδή τα οστά σκληραίνουν και γίνονται πυκνότερα , κατά συνέπεια έχει την εξάλειψη του μυελικού αυλού .Αναλυτικότερα, πρόκειται για μια σπάνια και κληρονομική διαταραχή η οποία μπορεί να οδηγήσει σε κατάγματα ακόμα και στην θραύση των οστών.

### 3.2.3 Ανάλυση μηριαίου οστού και ισχίου



Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε την οπίσθια όψη του μηριαίου οστού. Οι επιμέρους περιοχές θα ονοματιστούν και αναλυθούν παρακάτω .

1: κεφαλή μηριαίου οστού

2:Μείζων τροχαντήρας

5:Αυχένας

6:Μεσοτροχαντήρας

7:ελάσσων τροχαντήρας

8:σώμα μηριαίου οστού

9:Κάτω άκρο μηριαίου οστού

12:μεσοκονδύλιος βόθρος

13:έσω κόνδυλος

14:έξω κόνδυλος

## **Κεφαλή**

Το σημαντικότερο κομμάτι του μηριαίου οστού είναι η κεφαλή ,σε σχήμα σφαιρικό ,καθώς ενώνεται μέσω της κοτύλης με το ισχίο και χαρίζει κίνηση και στήριξη στο οστό. Στην συγκεκριμένη εργασία θεωρείται κομβικό σημείο διότι εισχωρείτε το υπό-μελέτη μόσχευμα και κατά συνέπεια εξάγονται συμπεράσματα για τον όγκο του σπογγώδους αλλά και για τις τάσεις.

Το άνω άκρο του μηριαίου οστού ονομάζεται κεφαλή, έχει σφαιρικό σχήμα και λειτουργεί ως μοχλός επιτρέποντας και συνδυάζοντας έτσι την κίνηση του μηριαίου με τον κορμό και τα πόδια. Το μεγαλύτερο μέρος της εμπεριέχεται από αρθρικό χόνδρο ,ο οποίος είναι ένας υγρός ιστός όπου καλύπτει τα οστά που έρχονται σε επαφή με την άρθρωση με σκοπό την ομαλή κίνηση, εκτός από μια μικρή περιοχή στην έσω επιφάνεια , το βοθρίο της κεφαλής όπου καταφύεται ο στρογγυλός σύνδεσμος που είναι υπεύθυνος για την σύνδεση της κεφαλής.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω στην κεφαλή βρίσκεται ο μυελό των οστών. Έτσι στην περιοχή αυτή διεξάγεται η αποδόμηση των αιμοκυττάρων και η παραγωγή αίματος στον ανθρώπινο οργανισμό.

Στην άρθρωση του ισχίου η κεφαλή ενώνεται με την κοτύλη του οστού της λεκάνης πετυχαίνοντας έτσι την κίνηση του οστού χωρίς να υπάρχουν

πρόσθετες τριβές λόγω του ιστού. Ο ιστός αυτός ονομάζεται επιχείλιος χόνδρος και είναι πάρα πολύ χρήσιμος στην ορθή λειτουργία του οστού.

Ορισμένες λειτουργίες που αξίζει να αναφερθούν είναι ότι βοηθάει στην σταθερότητα της κίνησης , στην μεταβίβαση των φορτίων, στην διατήρηση της σφράγισης του κενού και τέλος στην λίπανση της άρθρωσης μέσω ενός κίτρινωπού υγρού ονομαζόμενο ως αρθρικό υγρό .

## **Αυχένας**

Κάτω ακριβώς από την κεφαλή του μηριαίου οστού βρίσκεται ο αυχένας και ο μείζων τροχαντήρας. Ο αυχένας έχει κυλινδρικό σχήμα σαν τραπεζοειδής και το στενότερο άκρο υποστηρίζει την ευρεία βάση. Αναλυτικότερα, αποτελεί τον συνδετικό κρίκο μεταξύ της κεφαλής και της διάφυσης έχει κατεύθυνση προς τα άνω και έσω και λίγο προς τα πίσω σχηματίζοντας έτσι γωνία έγκλησης με την διάφυση από 115 έως και 140 μοιρών. Το εύρος αυτό διαφοροποιείται ανάλογα με την ηλικία του ατόμου καθώς όσο μεγαλώνει ,η γωνία αυτή οξύνεται. Η αυχενοδιαφυσική γωνία για τον μέσο άνθρωπο είναι 125 μοίρες. Τέλος, δημιουργείται μια κλήση 14 μοιρών σε σχέση με τους μηριαίους κονδύλους.

Η αιματική τροφοδοσία αυτής της περιοχής, η οποία με τα χρόνια μεταβάλλεται, γίνεται από ένα εξ αρθρικό αρτηριακό δακτύλιο σχηματιζόμενος από την έσω περισπώμενη αρτηρία του μηρού και μικρότερους κλάδους της έξω περισπώμενης αρτηρίας του μηρού. Η διαδικασία αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική καθώς όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω στην κεφαλή γίνεται η αιμοκυττάρωση.

Τα πιο συχνά κατάγματα του ισχίου πραγματοποιούνται στον αυχένα ειδικότερα στους ηλικιωμένους.

## Μείζων και Ελάσσων τροχαντήρας

Στην ένωση μεταξύ μηριαίου αυχένα και διάφυσης του μηρού εμφανίζονται ο μείζων και ο ελάσσων τροχαντήρας, δύο οστικά εξογκώματα, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την σταθεροποίηση των γειτονικών οστών αλλά και για την κίνηση αυτών.

Ο μείζων τροχαντήρας είναι ένας μακρόστενος μυς ο οποίος ξεκινά από την ιλιακή κόγχη μέχρι το πέρας του μηρού- γονάτου. Περιλαμβάνει δύο κεφαλές, η πρώτη ονομαζόμενη ως ολίσθια κεφαλή και η δεύτερη και μακρύτερη ονομάζεται κοιλιακή κεφαλή. Βρίσκεται πλευρικά αλλά και κεντρικά στο μηριαίο οστό και ευθύνεται για την επέκταση του μηρού κατά την διάρκεια της κίνησης. Ακόμα, συμβάλει για την σταθεροποίηση του γοφού κατά την διάρκεια των περιστροφικών κινήσεων ή σε περίπτωση κλίσης του σώματος.

Ο μείζων τροχαντήρας είναι η σκληρή οστεώδη προεξοχή που μπορεί να αγγίξει κάθε άνθρωπος στην εξωτερική μεριά του ισχίου. Προσκολλάται σε τένοντες οι οποίοι συνδέονται με τον μέσο και ελάχιστο γλουτιαίο μυ. Η διαδικασία αυτή βοηθάει στο περπάτημα αλλά και στο τρέξιμο καθώς οι μύες συστέλλονται και διαστέλλονται και έτσι επιτυγχάνεται η κίνηση. Πιο συγκεκριμένα, το άκρο των μυών προσφύεται στο οστό, δηλαδή συμβάλει στο να κρατά ενωμένα 2 σώματα, και με αυτόν τον τρόπο ενεργούν όχι μόνο ως απαγωγής αλλά και ως έξω στροφείς, σαν τον μεσαίο και μικρό γλουτιαίο.

Κάτω από τον μείζονα τροχαντήρα βρίσκεται ο ελάσσων τροχαντήρας, στην βάση του αυχένα του μηριαίου οστού. Πιο συγκεκριμένα, έχει μικρότερο και κωνικό σχήμα. Προεξέχει προς τα πίσω αλλά και κάτω ακριβώς από την ένωση με τον αυχένα. Ο ελάσσων τροχαντήρας μπορεί να εμπλακεί σε πολλές διαφορετικές κινήσεις όπως το άλμα το τρέξιμο. Μεταξύ των δύο τροχαντήρων εκτείνεται η μεσοτροχήλια γραμμή, η οποία είναι εξαιρετικά σημαντική για την διάγνωση και την θεραπεία κακώσεων και παθήσεων του μηριαίου οστού.

## Κάτω άκρο μηριαίου οστού

Το κάτω άκρο μηριαίου οστού συνιστάται από την μηριαία άρθρωση, την κεντρική μηριαία οστεοκονδυλοποίηση και τους πρόσθιους κονδύλους του οστού. Αναλυτικότερα, εμπεριέχει 2 μεγάλους κονδύλους όπου συνδέονται με το άνω άκρο της κνήμης σχηματίζοντας έτσι το γόνατο. Οι κόνδυλοι χωρίζονται από πίσω με το μεσοκονδύλιο βόθρο όπου εντοπίζεται στο κέντρο του οστού του μοιρού και από μπροστά συγκροτούνται με την επιγονατίδα. Οι επιφάνειες των κονδύλων που ενώνονται με τη κνήμη έχουν υποστρόγγυλο σχήμα και κινούνται σχολαστικά προς το κάτω μέρος εωσότου να έχουν επίπεδη διάταξη. Στα τοιχώματα της κοιλότητας του μεσοκονδύλιου βόθρου υφίστανται δύο βόθριοι σύνδεσμοι για την εμφάνιση των χιαστών. Αυτά τα στοιχεία έχουν καθοριστικό ρόλο για την σταθερότητα του γονάτου της κίνησης του κάτω άκρου δηλαδή της άρθρωσης του γονάτου.

## Ισχίο

Το ισχίο είναι το μεγαλύτερο οστό του ανθρώπινου σώματος ,και έχει ως ιδιότητα να αρθρώνεται με τον κορμό και τα κάτω άκρα. Απαρτίζεται από τρία βασικά μέρη, τη λεκάνη, τον μεγάλο τροχό και τον μικρό τροχό. Ενώνεται με το κοκκύγιο και το μηριαίο οστό χάρη στην άρθρωση του ισχίου. Το ισχίο είναι ζωτικής σημασία διότι βοηθάει στο βάδισμα , το κάθισμα και για την ισορροπία του σώματος. Τέλος , αποτελεί σημείο αρθρώσεων για πολλούς μύες του κάτω άκρου και έτσι δέχεται πολλαπλές καταπονήσεις.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω η λεκάνη εμπεριέχεται στο ισχίο, θεωρείται η πιο σημαντική περιοχή καθώς περιλαμβάνει μια οστική κοιλότητα που ονομάζεται κοτύλη όπου εκεί σχηματίζεται η άρθρωση του ισχίου με το μηριαίο οστό. Οι δυο αυτές περιοχές επικαλύπτονται από το αρθρικό χόνδρο και το αρθρικό υγρό όπου συνδράμουν στην ομαλή και αβίαστη κίνηση της άρθρωσης.

Η κοτύλη μέσω ισχυρών δεσμών συγκρατεί την μηριαία κεφαλή. Εάν αυτοί οι σύνδεσμοι σκιστούν, λόγω κάποιου ατυχήματος τότε το ισχίο μπορεί να εξαρθρωθεί, καταστρέφοντας έτσι την αιματική παροχή και αποκόπτοντας τα αιμοφόρα αγγεία οδηγώντας σε αρθρίτιδα.

### 3.3 Αντιμετώπιση του διατροχαντήριου κατάγματος μηριαίου

Με την πάροδο του χρόνου η τεχνολογία επεκτάθηκε και στον τομέα της ιατρικής χαρίζοντας έτσι τη δυνατότητα για επιπρόσθετες αποτελεσματικές θεραπείες, οι οποίες είναι απόλυτα ασφαλείς. Μια από αυτές είναι τα εμφυτεύματα και οι χειρουργικές επεμβάσεις αυτών, όπου θα αναλυθούν σε αυτήν την ενότητα.

Όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω η ιατρική αντιμετώπιση των καταγμάτων ποικίλει ανάλογα τη θέση, τη σοβαρότητα της υπό εξεταζόμενη περίπτωσης καθώς και από την ηλικία. Στην συγκεκριμένη εργασία ιδιαίτερη σημασία έχει η αντιμετώπιση του διατροχαντήριου κατάγματος του μηριαίου οστού, όπου τις περισσότερες φορές είναι αρκετά πολύπλοκη και απαιτητική ειδικά στις σοβαρές περιπτώσεις. Τα κατάγματα αυτής της κατηγορίας χωρίζονται σε σταθερά και ασταθή, τύπος A και τύπος B αντίστοιχα. Στα σταθερά ανήκουν τα κατάγματα που έχουν υποστεί μικρή βλάβη με ελάχιστο εκτόπισμα ή/και ελάχιστη συντριβή του έσω φλοιού και τα ασταθή είναι πιο κρίσιμες περιπτώσεις με σοβαρό εκτόπισμα ή/και μεγάλη συντριβή του έσω φλοιού.

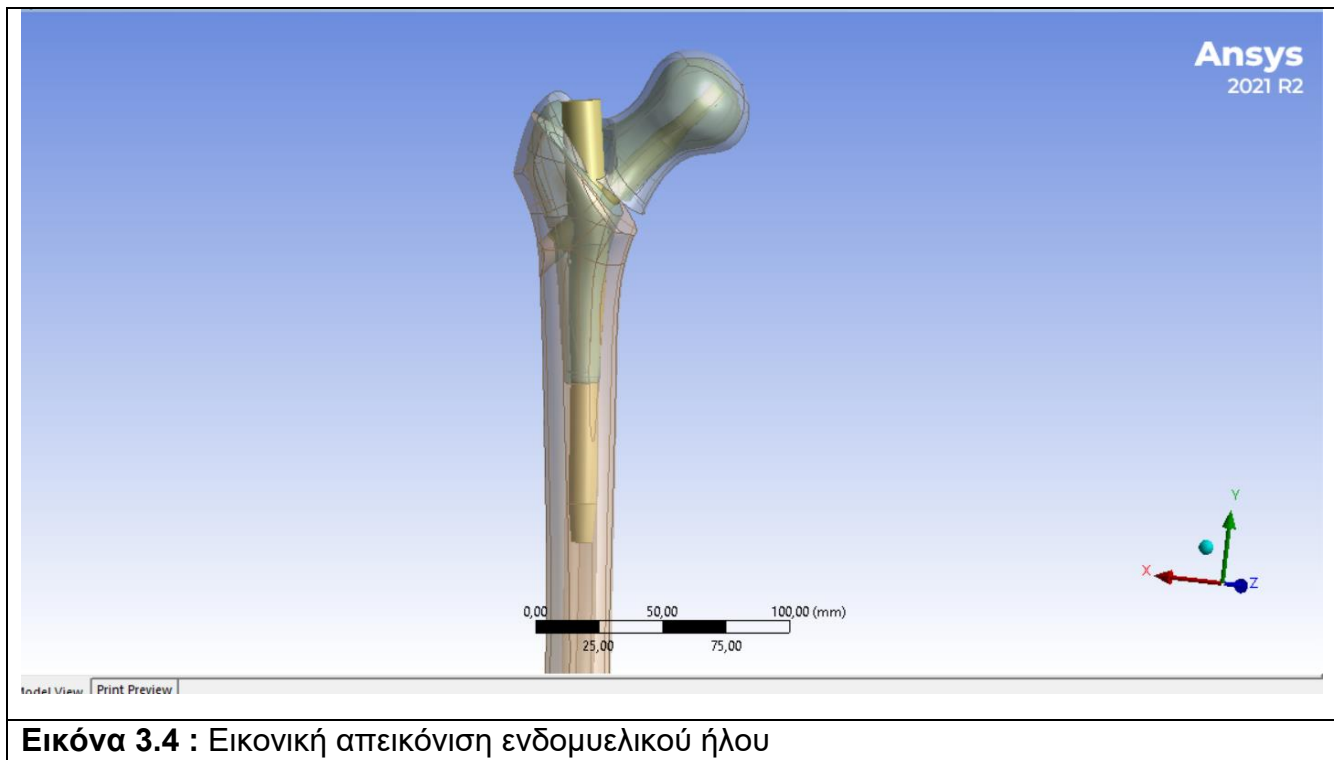
Η θεραπεία των διατροχαντήριων καταγμάτων αντιμετωπίζεται κυρίως με δυο τρόπους, είτε με κοχλία συμπίεσης ονομαζόμενο αλλιώς ως ολισθένοντα ήλο, ή με ενδομυελικό ήλο δηλαδή το απλό καρφί. Αναλυτικότερα για την πρώτη περίπτωση, η πλάκα του ολισθένοντα ήλου στερεώνεται στην εξωτερική πλευρά του οστού και αρθρώνεται με μια μακριά βίδα, καθιστώντας το έτσι υπεύθυνο για την σταθερότητα. Πλέον η θεραπεία αυτή θεωρείται ξεπερασμένη και δεν είναι τόσο λειτουργική.

Στην δεύτερη περίπτωση ο ενδομυελικός ήλος τοποθετείται εσωτερικά του οστού πλαισιωμένος από το μυελό, μέσω μιας μικρής έκτασης τομής που λαμβάνει χώρα στην κορυφή του μείζονα τροχαντήρα. Ο προαναφερόμενος ήλος ονομάζεται γ-neil και εκτείνεται από τον μείζον τροχαντήρα έως την



κεφαλή του μηριαίου οστού. Η παραπάνω διαδικασία επιτυγχάνεται μέσω χειρουργικής επέμβασης ,ονομαζόμενη ως εσωτερική οστεοσύνθεση και έχει ευρεία εφαρμογή καθώς ελαχιστοποιείται η περαιτέρω κάκωση των ιστών της περιοχής.

Η τοποθέτηση των μοσχευμάτων γίνεται μέσα από 2 ή 3 τρύπες με την βοήθεια ακτινοσκοπικού μηχανήματος. Για να επουλωθεί πλήρως ένα κάταγμα χρειάζεται περίπου τρεις με έξι μήνες. Σε περίπτωση όμως που έχει σπάσει σε πολλά σημεία τότε απαιτείται περισσότερος χρόνος .



Η παραπάνω εικόνα είναι η περίπτωση ασταθές διατροχαντήριου κατάγματος, δηλαδή η περίπτωση που ενδιαφέρει την εργασία αυτή.

## **4. Αποτελέσματα**

### **4.1 Εισαγωγή**

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, για την σωστή μελέτη και συμπεράσματα, ο χειριστής πρέπει να εξάγει αποτελέσματα για διάφορες γεωμετρικές σύμφωνα με τα δεδομένα του προβλήματος. Πρώτα όμως πρέπει να διακριτοποιήσει το μοντέλο σε διάφορα χιλιοστά χωρίζοντας το έτσι σε κάποιες περιπτώσεις. Με αυτόν τον τρόπο θα κρίνει την ακριβέστερη περίπτωση για να μελετήσει και να πάρει τα σωστότερα αποτελέσματα. Τα χιλιοστά για τις περιπτώσεις αυτές είναι από 1 μέχρι 10. Τέλος, και στις δυο διαδικασίες θα χρειαστεί να κάνει τις αντίστοιχες γραφικές με τα τελικά αποτελέσματα έτσι ώστε να βγει ένα συλλογικό συμπέρασμα. Οι ακόλουθες διαδικασίες θα αναλυθούν πιο κάτω.

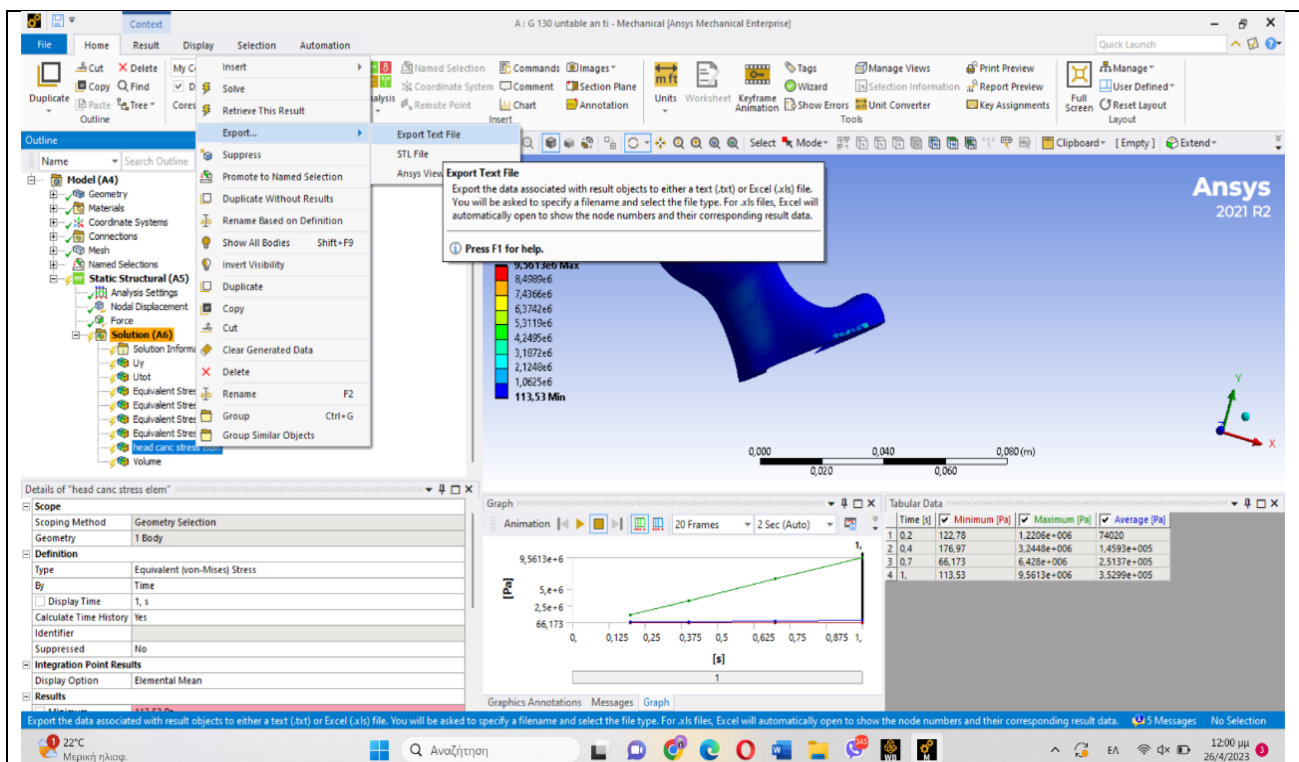
### **4.2 Διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων**

Για να εξάγει ο χρήστης τα αποτελέσματα θα πρέπει να επαναλαμβάνει μια τυποποιημένη διαδικασία που αφορά τόσο το workbench όσο και το excel όπου και θα γίνεται η τελική αποθήκευση των αποτελεσμάτων.

Αναλυτικότερα, το πρόγραμμα εξάγει τα αποτελέσματα και τα περνάει αυτόματα στο excel με σκοπό ο χρήστης να μπορεί να τα τροποποιήσει κάνοντας πράξεις ή να τα ταξινομήσει όπως θέλει προκειμένου να τον εξυπηρετούν.

## 4.2.1 Πρόγραμμα ansys

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2 , ανοίγοντας το υπό πρόγραμμα model στην εντολή solution μπορεί ο χρήστης να δει αναλυτικά τα αποτελέσματα. Για να εξαχθούν πρέπει να επιλεχθεί με δεξί κλικ πάνω στα αποτελέσματα της γεωμετρίας που ενδιαφέρει τον χρήστη ,εχροτί και έπειτα export text file.Με αυτόν τον τρόπο εμφανίζεται ένα excel με τις τιμές. Στην συγκεκριμένη πτυχιακή ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η επιλογή head cancellous stress element (δηλαδή η κεφαλή του οστού ) καθώς και ο όγκος (volume).



The screenshot displays the Ansys Mechanical Enterprise 2021 R2 interface. The 'Export Text File' dialog box is open, prompting the user to specify a filename and file type. The background shows a 3D model of a bone structure with a stress distribution plot. A 'Tabular Data' window is open, displaying a table of results for 'head cancellous stress element'.

Time [s]	Minimum [Pa]	Maximum [Pa]	Average [Pa]
1	0.2	1.2206e+006	74020
2	0.4	1.76197e+006	1.45931e+005
3	0.7	66.173	6.4228e+006
4	1.	113.53	9.5613e+006

Details of 'head cancellous stress elem':

- Scoping Method: Geometry Selection
- Geometry: 1 Body
- Definition: Type: Equivalent (von-Mises) Stress, By: Time
- Integration Point Results: Display Option: Elemental Mean
- Results: 9,5613e+6

Εικόνα 4.1 export

## 4.2.2 excel

γεωμετρία 3.1 (3.5 MPa) - Excel (Η ανεργοποίηση του προϊόντος απέτυχε)

Αρχείο Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα Αναθεώρηση Προβολή Βοήθεια Πείτε μου τι θέλετε να κάνετε Κοινή χρήση

Επιλογή Προσθήκη Γραμματοσειρά Στάση Αριθμός Στάλ Μορφοποίηση υπό όρους Στάλ Μορφοποίηση ως πίνακα Στάλ Μορφοποίηση κελιών Μορφοποίηση Κελιά Επεξεργασία

SUM X ✓ fx =IF(B2>1000000;C2;0)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1 Element Number	Equivalent (von-Mises) Stress (Pa)	Volume (m³)	volume>1MPa	volume>2MPa	volume>3MPa	volume>3.5MPa	volume>4MPa					
2 25869	4,86E+05	4,31E-10	=IF(B2>1000000;C2;0)	0	0	0	0					
3 25870	5,12E+05	3,43E-10	IF(λογική_έλεγχος [τιμή_αν_true] [τιμή_αν_false])	0	0	0	0					
4 25871	4,97E+05	3,85E-10	0	0	0	0	0					
5 25872	5,25E+05	3,14E-10	0	0	0	0	0					
6 25873	4,67E+05	1,68E-10	0	0	0	0	0					
7 25874	4,75E+05	2,43E-10	0	0	0	0	0					
8 25875	4,73E+05	2,84E-10	0	0	0	0	0					
9 25876	4,85E+05	2,13E-10	0	0	0	0	0					
10 25877	4,84E+05	2,67E-10	0	0	0	0	0					
11 25878	4,88E+05	2,04E-10	0	0	0	0	0		γεωμετρία :	29	1	
12 25879	4,97E+05	2,54E-10	0	0	0	0	0					
13 25880	4,66E+05	1,72E-10	0	0	0	0	0					
14 25881	5,35E+05	2,36E-10	0	0	0	0	0					
15 25882	5,02E+05	2,81E-10	0	0	0	0	0					
16 25883	5,25E+05	1,68E-10	0	0	0	0	0					
17 25884	5,36E+05	2,48E-10	0	0	0	0	0					
18 25885	4763,5	4,49E-10	0	0	0	0	0					
19 25886	3904,2	4,39E-10	0	0	0	0	0					
20 25887	5333	2,66E-10	0	0	0	0	0					
21 25888	6053,3	3,83E-10	0	0	0	0	0					
22 25889	5930,4	3,18E-10	0	0	0	0	0					
23 25890	4211,6	3,05E-10	0	0	0	0	0					
24 25891	4530,9	2,10E-10	0	0	0	0	0					
25 25892	4778,5	2,74E-10	0	0	0	0	0					
26 25893	4463,8	3,89E-10	0	0	0	0	0					
27 25894	7091	2,82E-10	0	0	0	0	0					
28 25895	6939,9	2,42E-10	0	0	0	0	0					

Επεξεργασία Προσθήκη Προσθήκη: Διευκρίνιση

18°C Γενικά ηλιοφάν.

Αναζήτηση

ΕΛ 10:54 πμ 28/4/2023

#### Εικόνα 4.2 : excel 1<sup>η</sup> πράξη

Αφού έχει ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία και έχουν ανοίξει 2 καρτέλες excel (όγκος και τάση στην κεφαλή του οστού) θα πρέπει ο χειριστής να μεταφέρει τα αποτελέσματα σε μια καρτέλα έτσι ώστε να μπορεί να κάνει τις τροποποιήσεις. Στη συνέχεια, θα ελέγξει εάν τα elements numbers είναι τα ίδια και στον όγκο και στην τάση και έπειτα θα γράψει τους τίτλους. Οι περιπτώσεις που θα ασχοληθεί είναι για τάση >1, 2, 3, 3.5, 4 MPA. Επιλέγοντας το δεύτερο κουτί από πάνω, και για την 1<sup>η</sup> περίπτωση (τάση >1MPA), θα συντάξει την πρώτη πράξη ( $=IF(B2>1000000;C2;0)$ ) που θα σημαίνει ότι εάν η τάση στην κεφαλή είναι μεγαλύτερη από 1000000 τότε γράψε τον όγκο στο συγκεκριμένο σημείο αλλιώς γράψε 0. Με παρόμοιο τρόπο θα συνεχίσει ανάλογα βέβαια με τα MPA. Οι πράξεις αυτές θα συνεχιστούν για όλα τα στοιχεία και για τις 5 περιπτώσεις.

Τέλος, αφού έχει συσχετισθεί η τάση με τον όγκο, με την παραπάνω εντολή, θα πρέπει να προσδιοριστεί και ως τίτλος τις κάθε ενέργειας. Γι' αυτό τον λόγο στην παραπάνω εικόνα φαίνεται ο τίτλος volume > 1MPA για να δηλώσει ότι για τάση > 1 MPA γράφεται ο αντίστοιχος όγκος της.

Ύστερα, θα υπολογίσει τα συνολικά αποτελέσματα για την κάθε τάση ξεχωριστά, δηλαδή τα total volume > 1, 2, 3, 3.5, 4MPA. Ο χειριστής θα πρέπει να συντάξει την συγκεκριμένη εντολή ( $=SUM(D2:D85176)$ ) βρίσκοντας έτσι τους συνολικούς όγκους για τάσεις των στοιχείων πάνω από 1 MPA, και με τις αντίστοιχες στήλες τις επόμενες περιπτώσεις.

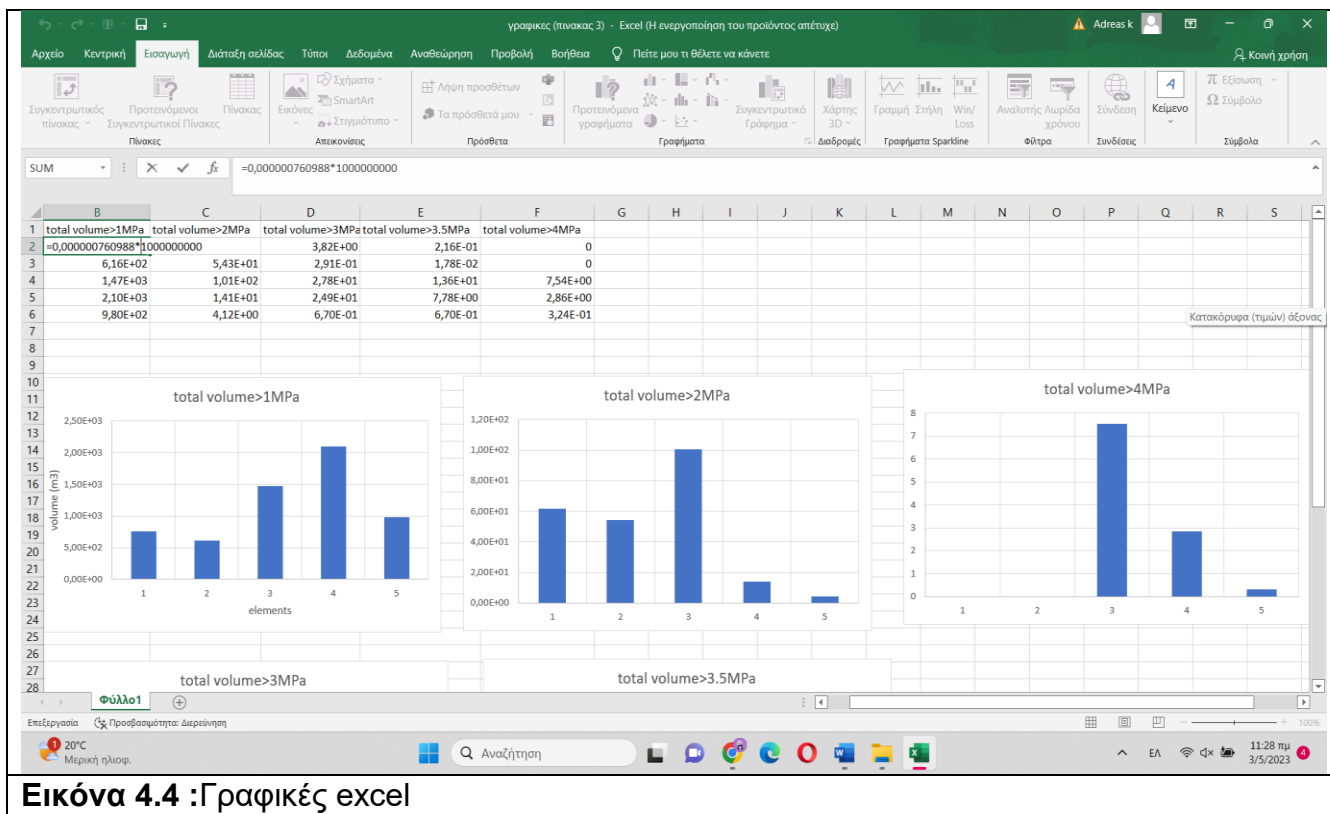
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Equivalent (von-Mises) Stress (Pa)	Volume (m³)	volume>1MPa	volume>2MPa	volume>3MPa	volume>3.5MPa	volume>4MPa	total volume>1MPa	total volume>2MPa	total volume>3MPa	total volume>3.5MPa	total volume>4MPa	
2	4,86E+05	4,31E-10	0	0	0	0	0	=SUM(D2:D85176)	6,17205E-08	3,81559E-09	2,1563E-10	0	
3	5,12E+05	3,43E-10	0	0	0	0	0						
4	4,97E+05	3,85E-10	0	0	0	0	0						
5	5,25E+05	3,14E-10	0	0	0	0	0						
6	4,67E+05	1,68E-10	0	0	0	0	0						
7	4,75E+05	2,43E-10	0	0	0	0	0						
8	4,73E+05	2,84E-10	0	0	0	0	0						
9	4,85E+05	2,13E-10	0	0	0	0	0						
10	4,84E+05	2,67E-10	0	0	0	0	0						
11	4,88E+05	2,04E-10	0	0	0	0	0		γεωμετρία :	29	1	67	
12	4,97E+05	2,54E-10	0	0	0	0	0						
13	4,66E+05	1,72E-10	0	0	0	0	0						
14	5,35E+05	2,36E-10	0	0	0	0	0						
15	5,02E+05	2,81E-10	0	0	0	0	0						
16	5,25E+05	1,68E-10	0	0	0	0	0						
17	5,36E+05	2,48E-10	0	0	0	0	0						
18	4763,5	4,49E-10	0	0	0	0	0						
19	3904,2	4,39E-10	0	0	0	0	0						
20	5333	2,66E-10	0	0	0	0	0						
21	6053,3	3,83E-10	0	0	0	0	0						
22	5930,4	3,18E-10	0	0	0	0	0						
23	4211,6	3,05E-10	0	0	0	0	0						
24	4530,9	2,10E-10	0	0	0	0	0						
25	4778,5	2,74E-10	0	0	0	0	0						
26	4463,8	3,89E-10	0	0	0	0	0						
27	7091	2,82E-10	0	0	0	0	0						
28	6939,9	2,42E-10	0	0	0	0	0						

**Εικόνα 4.3 :** Total volume πράξεις

Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης έχει αθροίσει όλους τους όγκους για τις αντίστοιχες τάσεις από τα διαφορετικά στοιχεία της διακριτοποίησης της κεφαλής του μηριαίου οστού.

### 4.2.3 Γραφικές excel

Αφού ο χρήστης έχει κάνει την παραπάνω διαδικασία για όλες τις περιπτώσεις (γεωμετρίες) που του δίνονται, πρέπει να συλλέξει τα αποτελέσματα και να κάνει τις ανάλογες γραφικές. Αναλυτικότερα, σε ένα καινούριο excel θα ξαναγράψει όλα τα total volume κάνοντας μετατροπή στις μονάδες (με τον τρόπο που φαίνεται παρακάτω), και έπειτα θα συνδέσει τις διαφορετικές περιπτώσεις με τον αντίστοιχο όγκο μέσω γραφικών παραστάσεων όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. Το γράφημα που θα πρέπει να διαλέξει ονομάζεται ομαδοποιημένη στήλη.



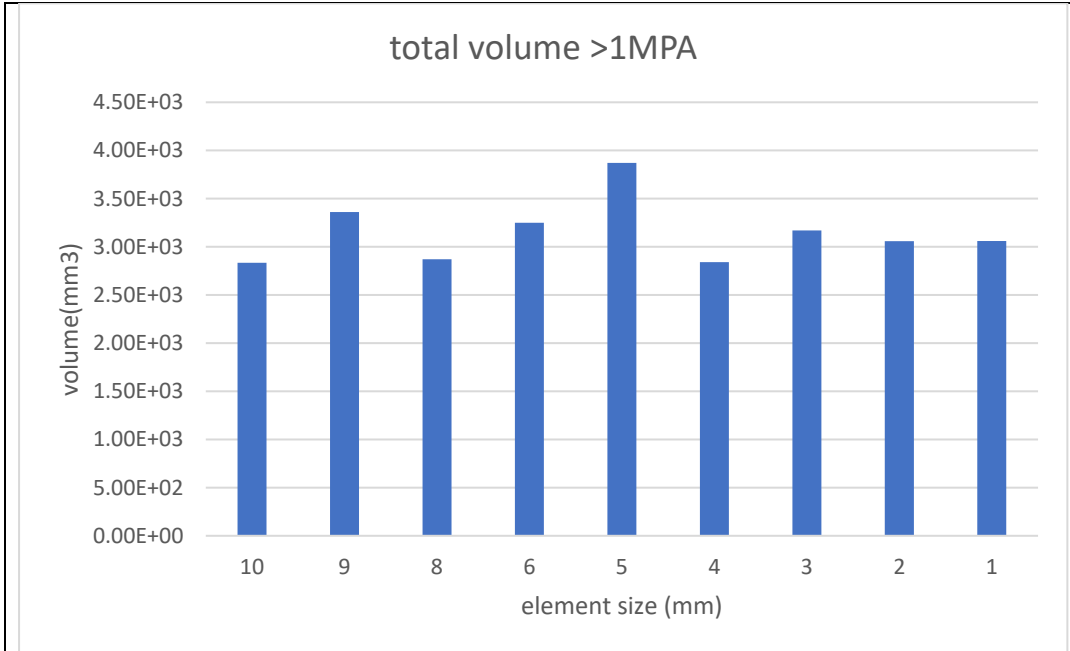
**Εικόνα 4.4 :Γραφικές excel**

### 4.3 Εύρεση πυκνότητα διακριτοποίησης

Για να διεξαχθούν σωστότερα αποτελέσματα θα πρέπει να προσδιορισθεί η απόσταση διακριτοποίησης. Για να συμβεί αυτό ο χρήστης θα δοκιμάσει 10 περιπτώσεις , από 10 μέχρι 1 χιλιοστά .Αφού διακριτοποιήσει πρώτα το μοντέλο και κάνει την τυποποιημένη διαδικασία που αναγράφεται στις παραγράφους 2.2.1 , 2.2.2 θα πρέπει να δημιουργήσει τις γραφικές παραστάσεις και να βγάλει τα αντίστοιχα συμπεράσματα. Η περίπτωση η οποία θα παρέχει αποτελέσματα και στις 5 βασικές υποθέσεις (Total volume

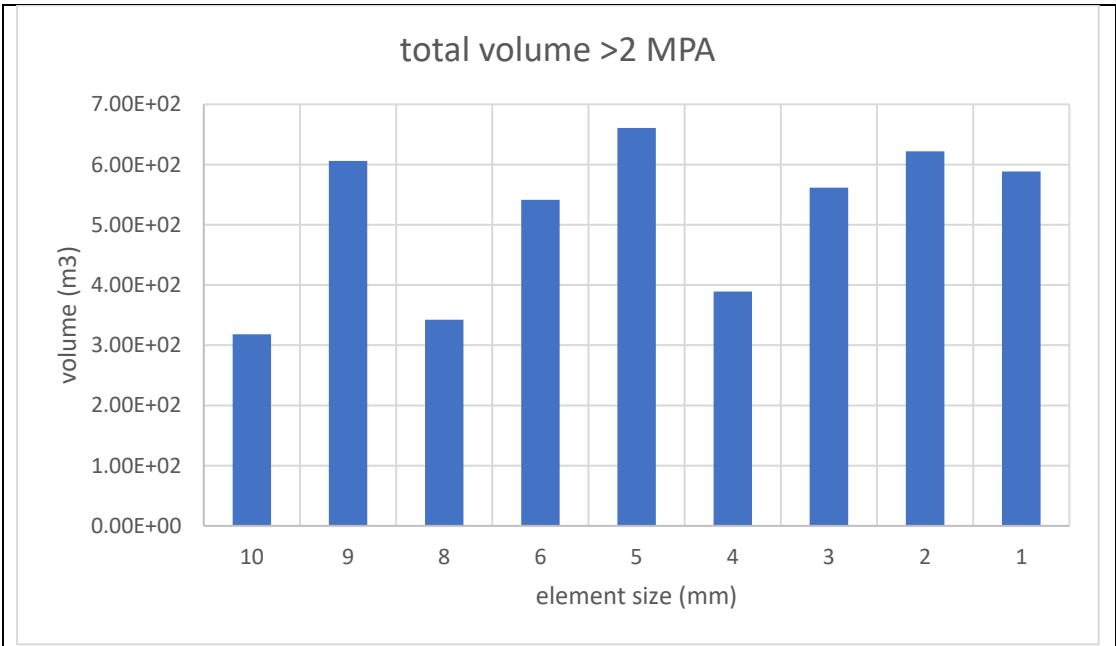
>1,2,3,3.5 ,4MPa) καθώς και θα έχει αποθηκεύσει αρκετές τιμές όγκου θα είναι η κατάλληλη για την επίλυση του προβλήματος.

Παρακάτω έχουν παρατεθεί οι γραφικές των εξεταζόμενων περιπτώσεων.

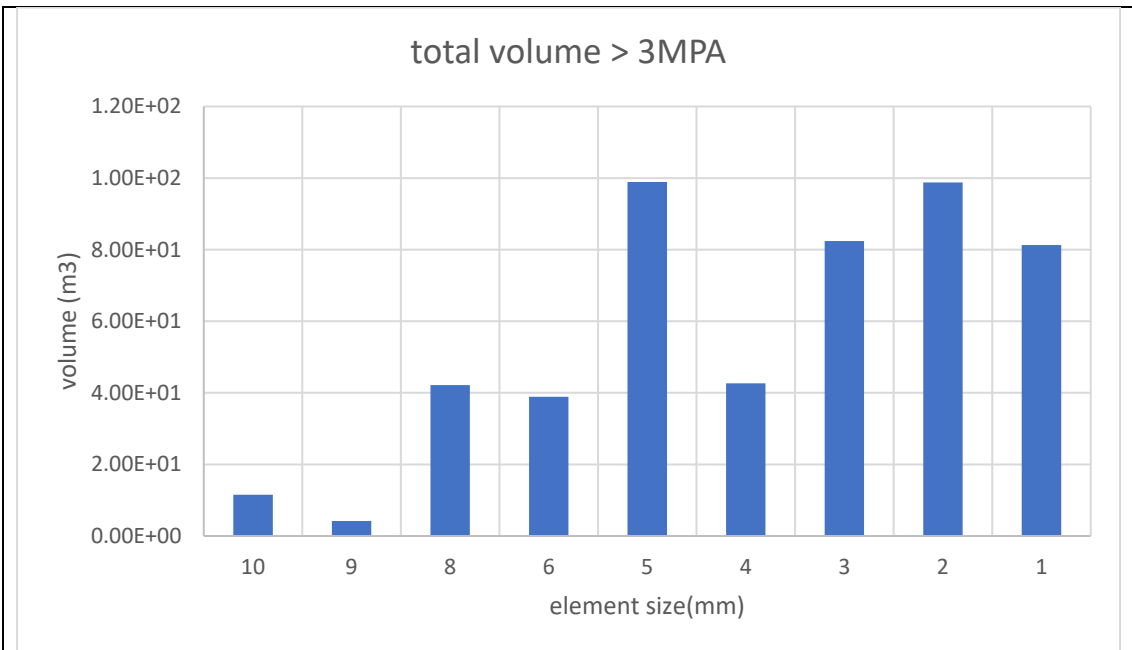


**Γραφική 4.1 :**περίπτωση 1<sup>η</sup> total volume >1 MPA

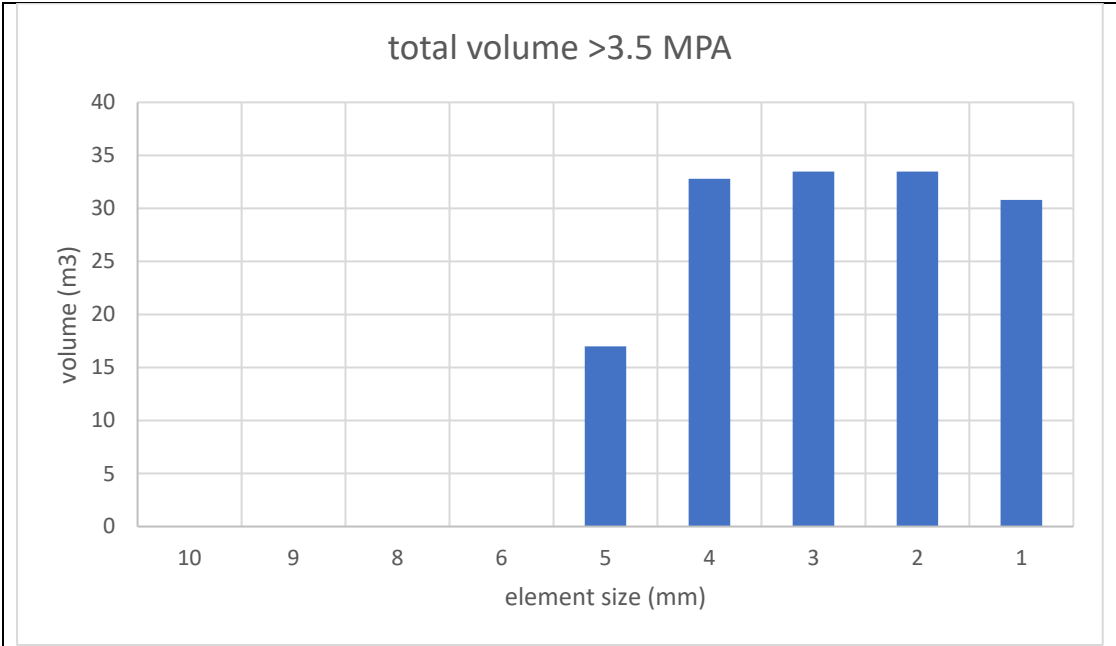




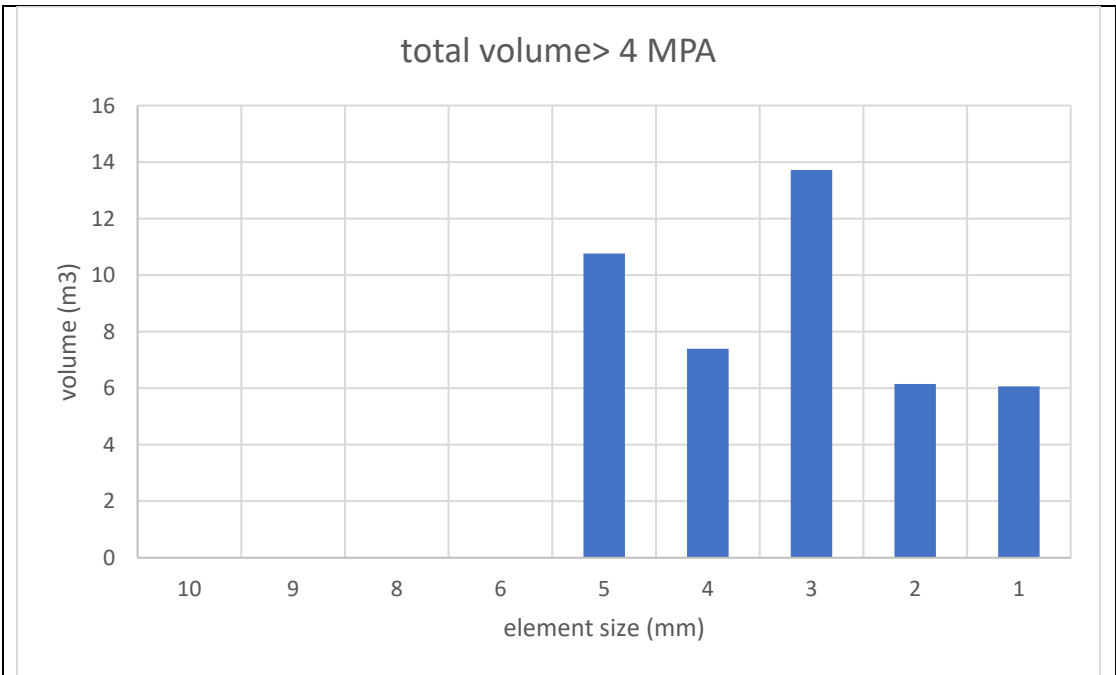
**Γραφική 4.2 :περίπτωση 2<sup>η</sup> total volume >2 MPA**



**Γραφική 4.3 :περίπτωση 3<sup>η</sup> total volume >3 MPA**



**Γραφική 4.4 :**περίπτωση 4<sup>η</sup> total volume >3.5 MPA



**Γραφική 4.5 :**περίπτωση 5<sup>η</sup> total volume >4 MPA

Ο χρήστης εξετάζοντας τις παραπάνω γραφικές , είναι εύκολο να διακρίνει ότι οι περιπτώσεις που αφορούν τα χιλιοστά 10 έως και 6 δεν είναι αποδεκτές καθώς δεν βγάζουν αποτελέσματα για total volume > 4 MPA.Επομένως, οι περιπτώσεις οι οποίες αξίζει να ασχοληθεί είναι από 5 έως 1 χιλιοστά. Μια ενδεικτική τιμή που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει είναι το 1.5 χιλιοστό , καθώς είναι αρκετά μικρή σαν τιμή για να διεξαχθούν αναλυτικά αποτελέσματα αλλά ταυτόχρονα δεν θα πάρει πολύ ώρα για την επίλυση του προγράμματος.

Συμπερασματικά, ο χειριστής δεν θα αλλάζει τις τιμές της διακριτοποίησης αλλά μόνο της γεωμετρίας οι οποίες θα καθοριστούν στα επόμενα υπό κεφάλαια .

#### 4.4 Γεωμετρίες του πίνακα 1

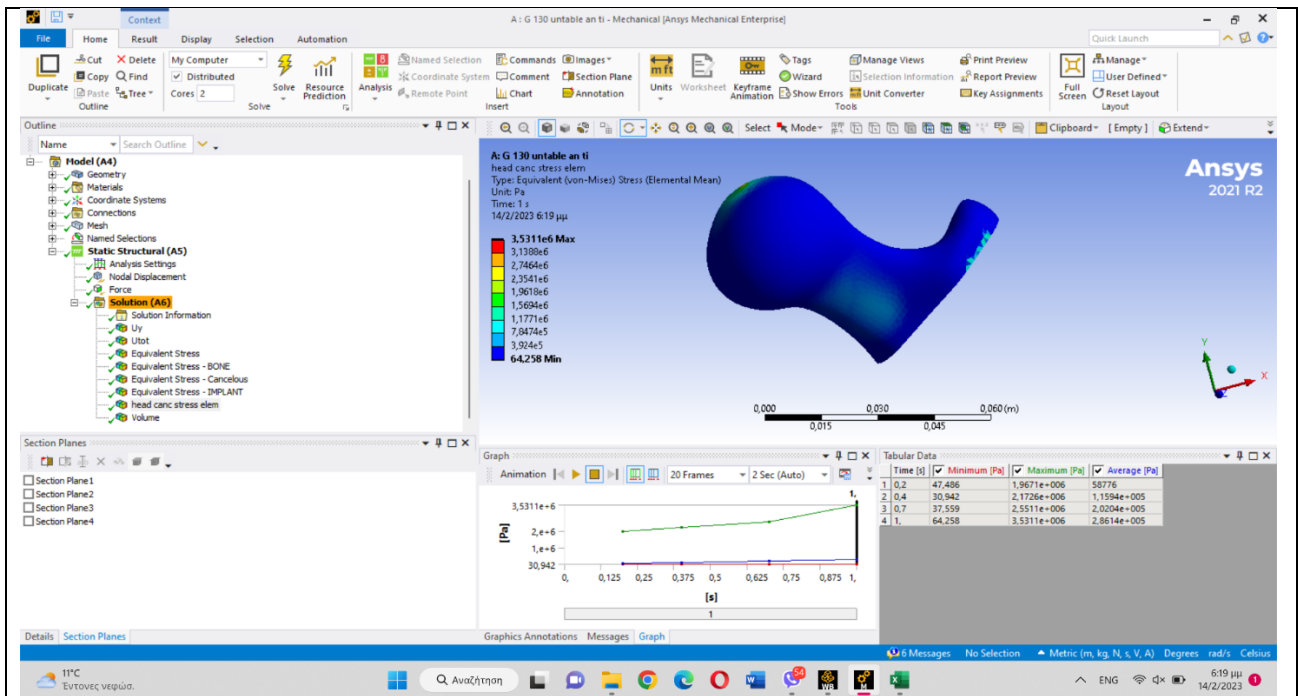
Ο χρήστης πριν διακριτοποιήσει το εξεταζόμενο αντικείμενο θα πρέπει να ορίσει τις γεωμετρίες που τον ενδιαφέρουν σύμφωνα με τα δεδομένα του προβλήματος. Οι γεωμετρίες αυτές αλλάζουν την θέση του μοσχεύματος με συνέπεια ο χειριστής να εξάγει τα δικά του συμπεράσματα για την επίδραση της θέσεως ως προς το ύψος του διαυχενικού κοχλία (πάνω- κάτω στη μετωπιαία προβολή/διατομή της κεφαλής) , ως προς τη στροφή αυτού (σε αξονική προβολή/διατομή εμπρός-πίσω), καθώς και οι ακραίες θέσεις.

Ανοίγοντας το υπό-πρόγραμμα geometry , ο χειριστής θα ασχοληθεί με τις συγκεκριμένες παραμέτρους:

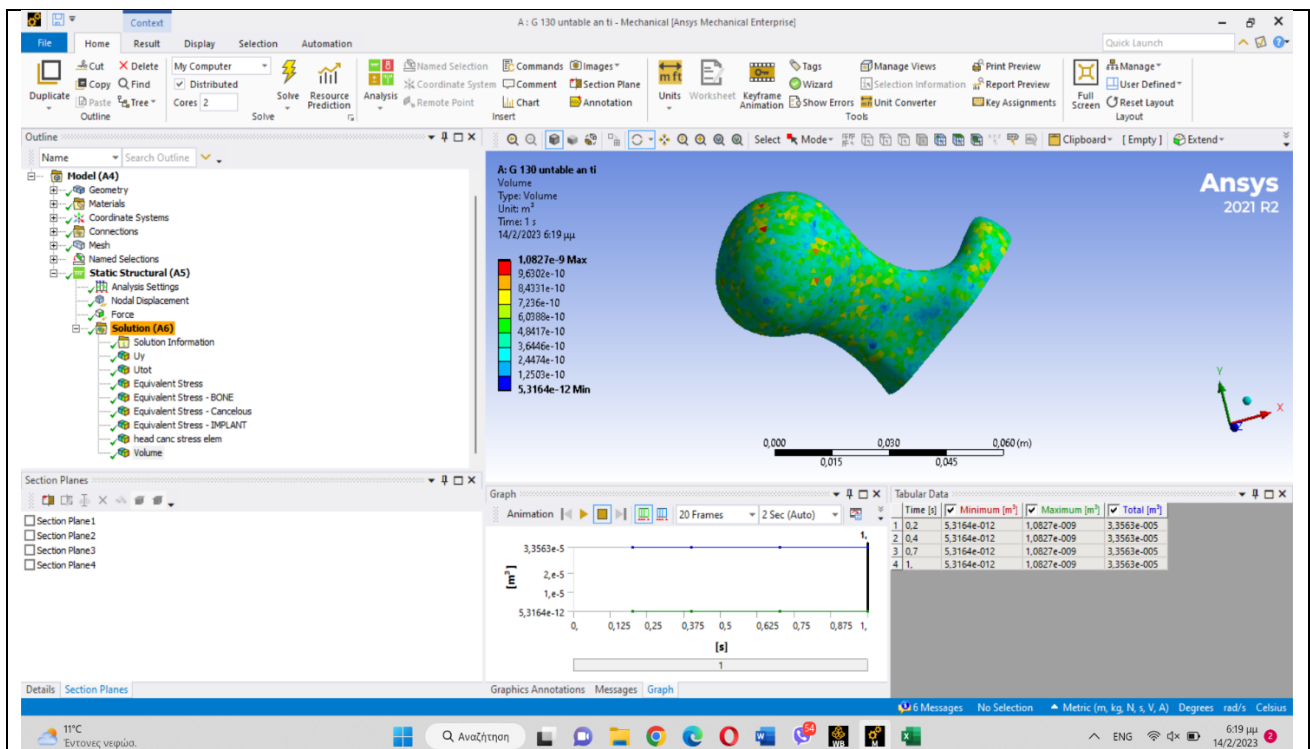
nail top plane (offset y , rotate about Y) καθώς και στο Head centre plane (offset y)

Αριθμός γεωμετριών	nail top plane , offset y	rotate about Y	Head centre plane offset y
1	29	0	67
2	28	0	68
3	27	0	68
4	26	0	69
5	25	0	70
6	24	0	70
7	23	0	72
8	22	0	72
9	21	0	72
10	20	0	72
11	19	0	72
12	18	0	72

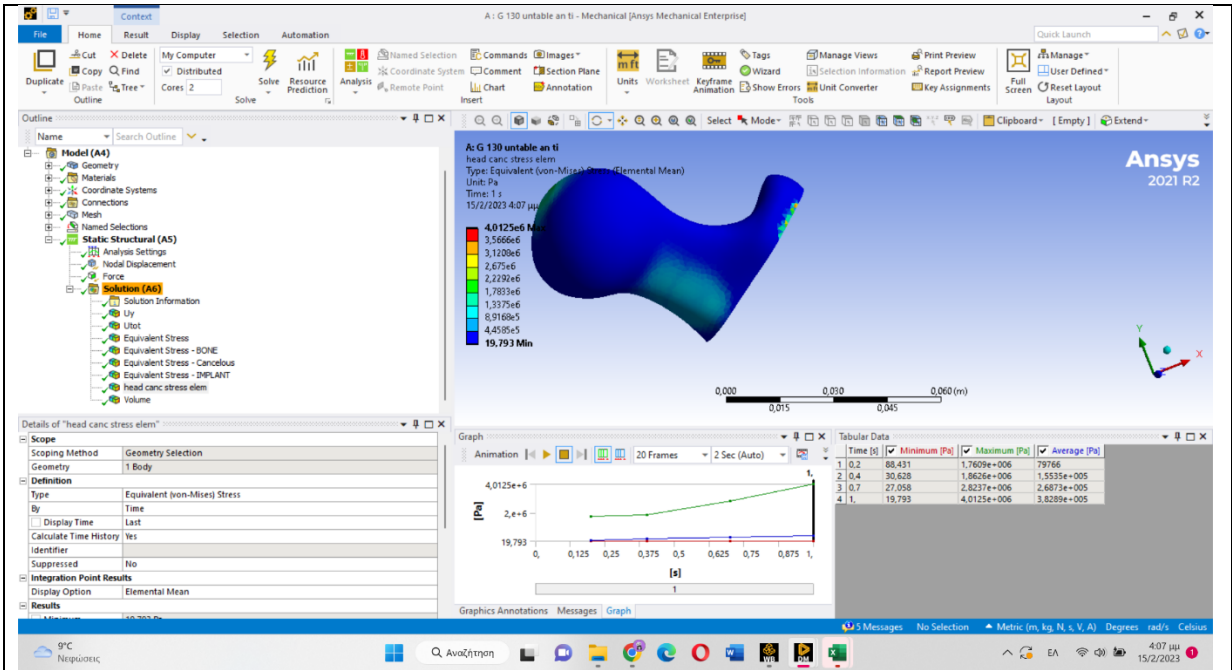
Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται αναλυτικά οι περιπτώσεις με τις τιμές των γεωμετριών. Πιο κάτω θα αναλυθούν κάποιες από τις περιπτώσεις , με φωτογραφίες από το πρόγραμμα όπου θα απεικονίζονται οι τάσεις και ο όγκος.



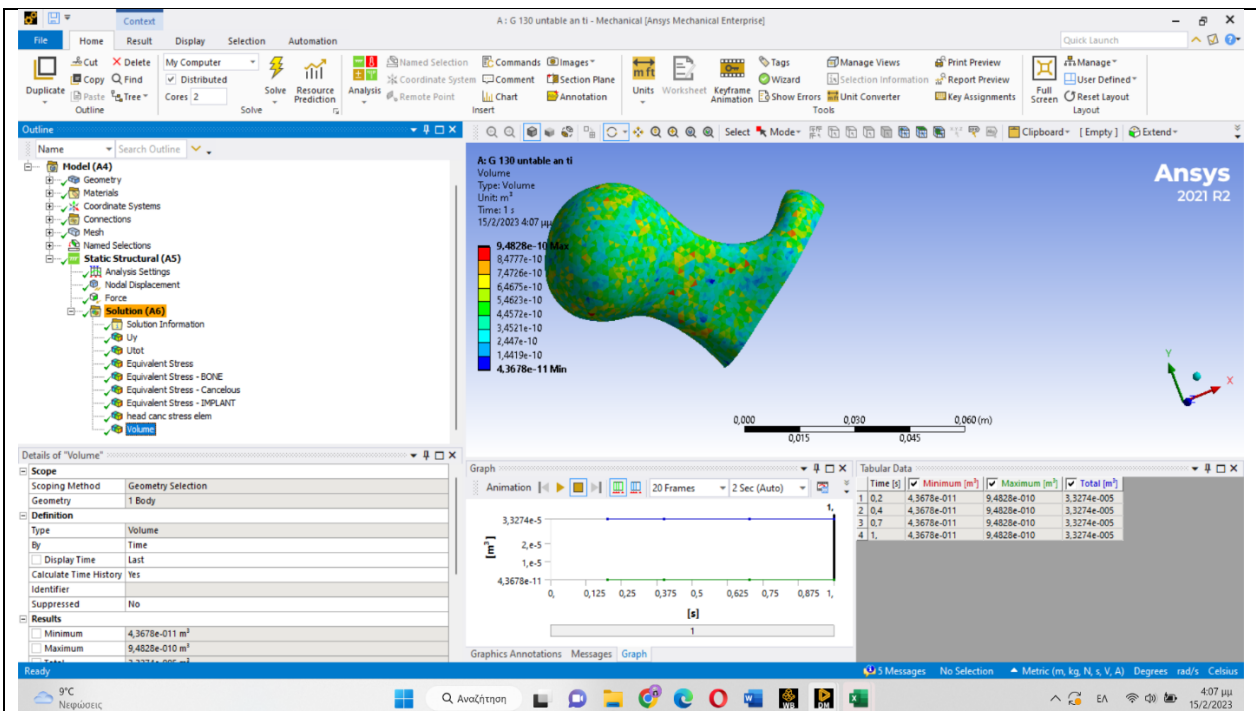
Εικόνα 4.5 : αποτελέσματα τάσεων 1<sup>ης</sup> γεωμετρίας



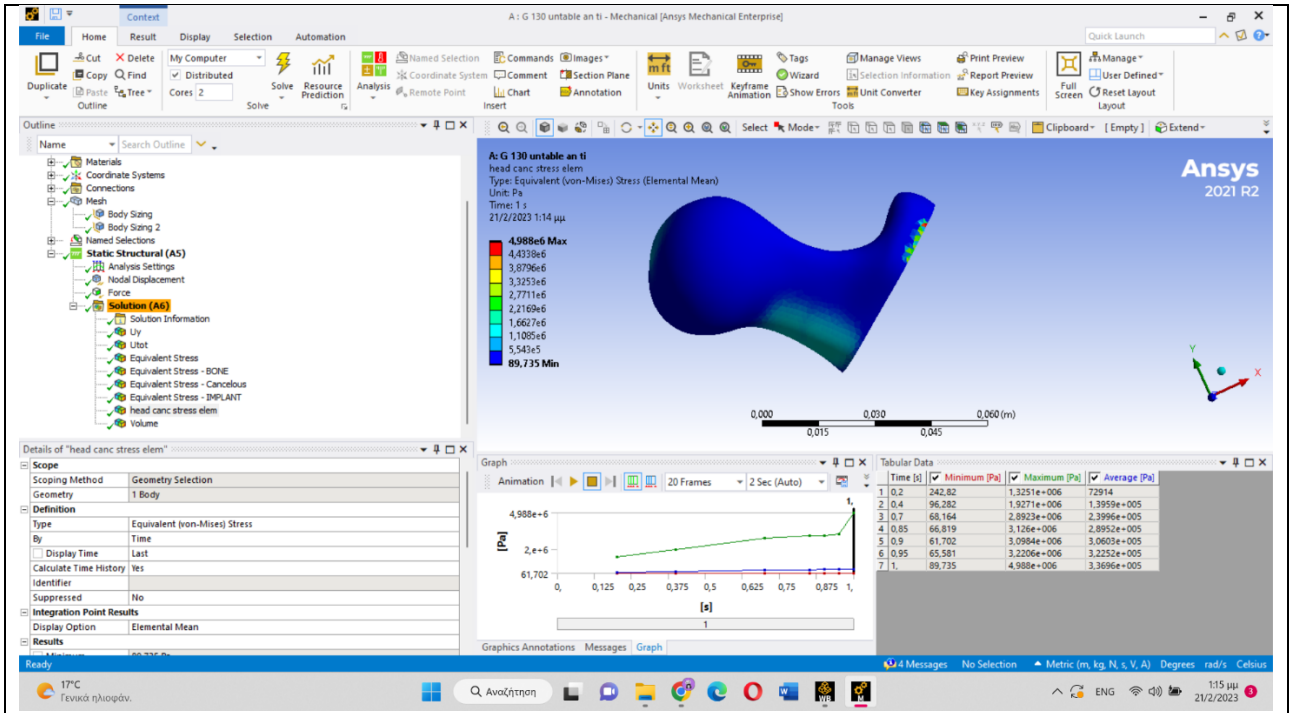
Εικόνα 4.6 : αποτελέσματα όγκων 1<sup>ης</sup> γεωμετρίας



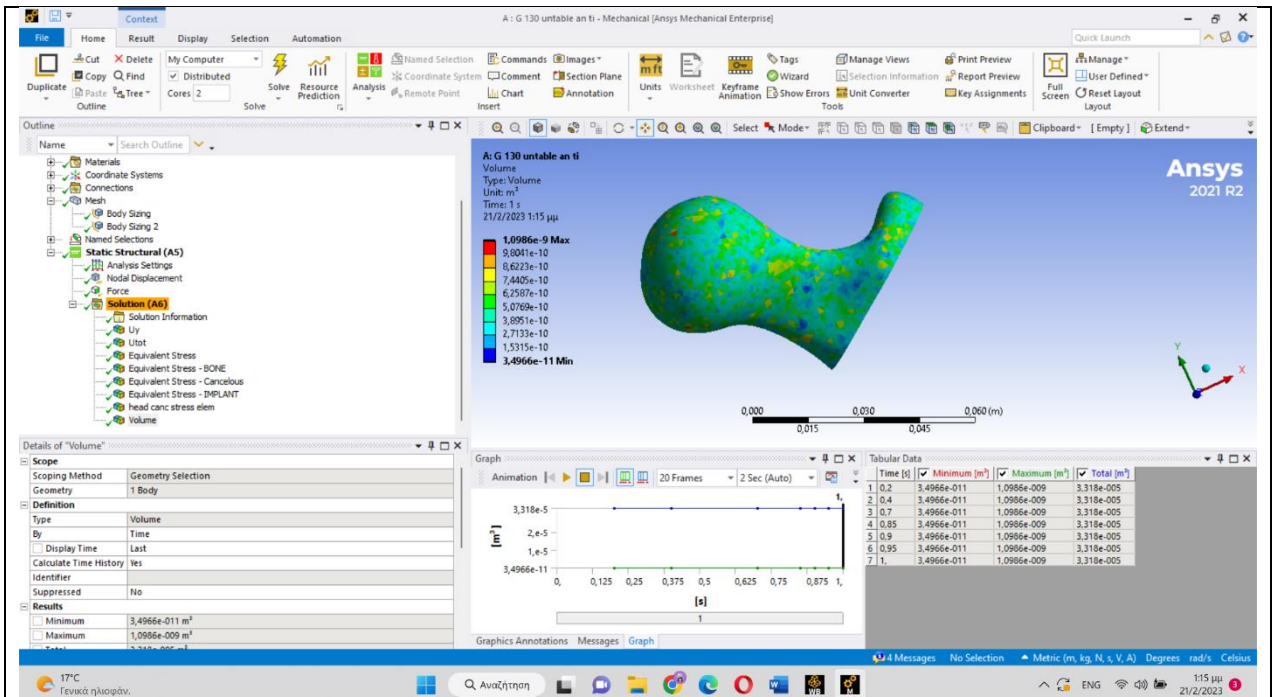
Εικόνα4.7 : αποτελέσματα τάσεων 5ης γεωμετρίας



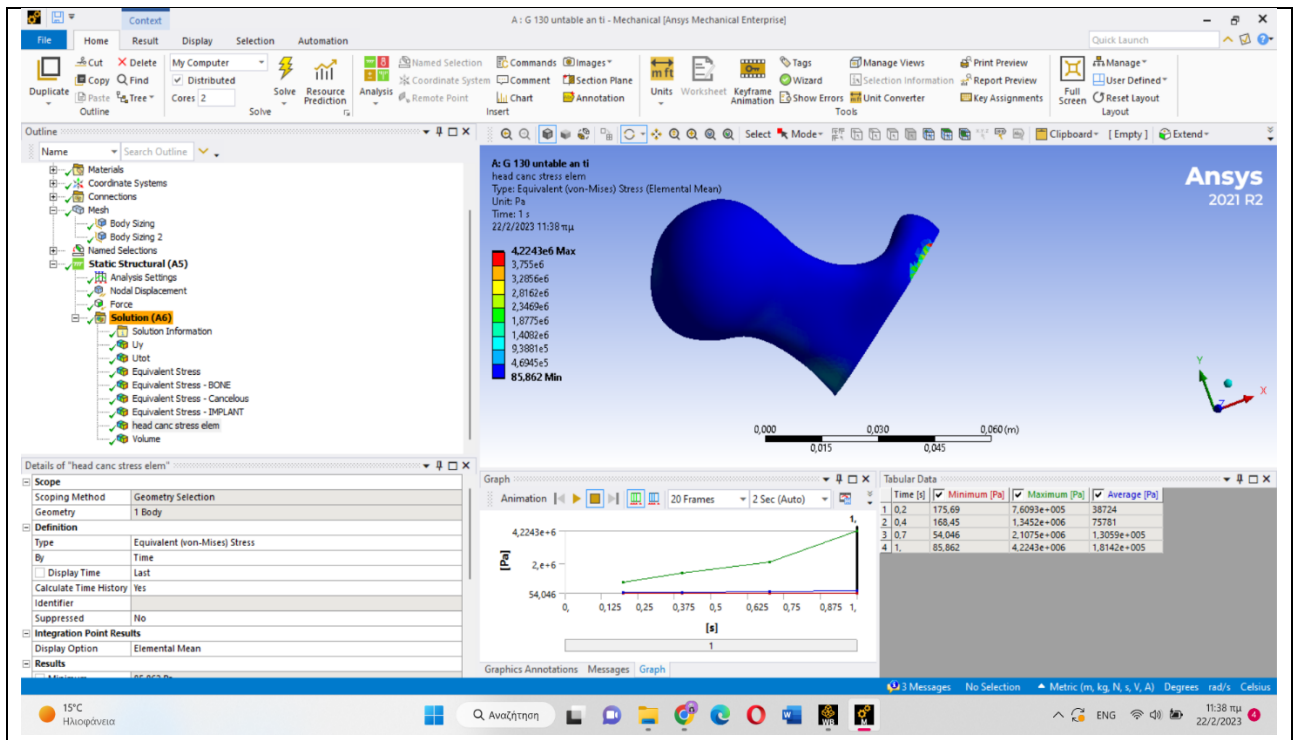
Εικόνα4.8 : αποτελέσματα όγκων 5ης γεωμετρίας



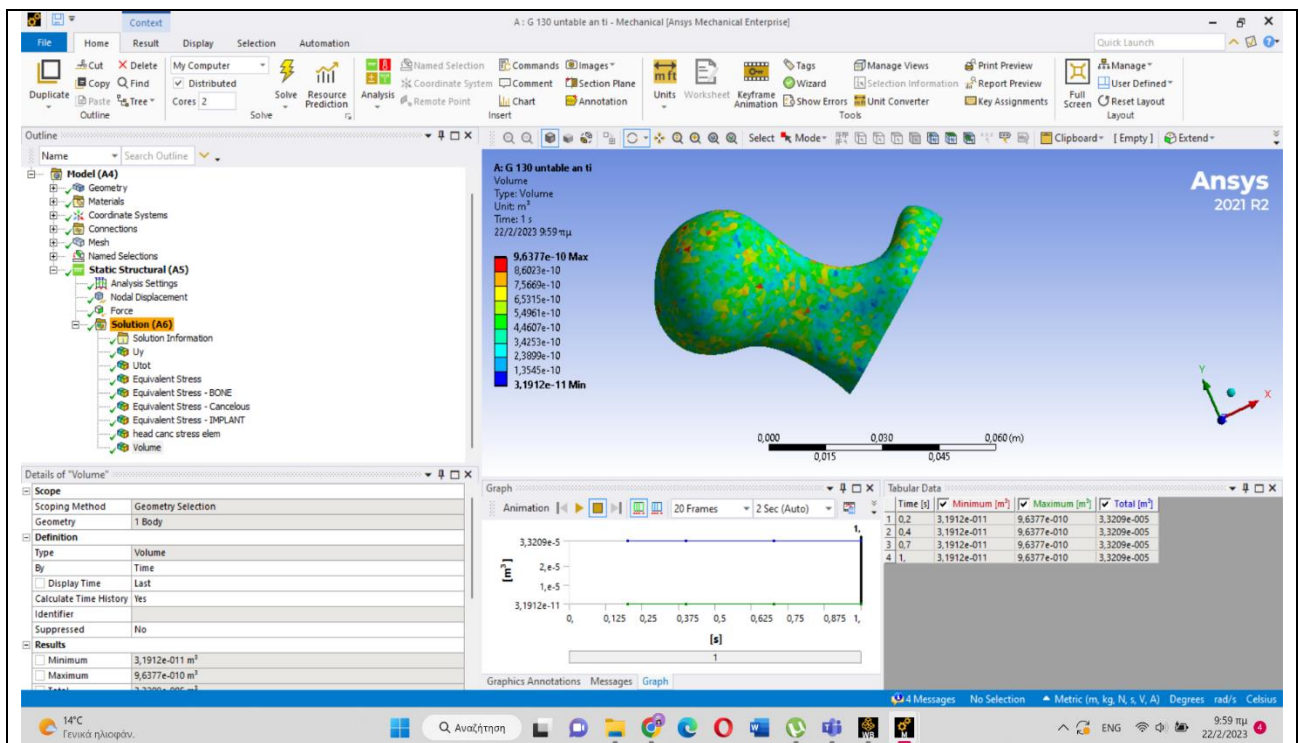
**Εικόνα4.9 :**αποτελέσματα τάσεων 10<sup>ης</sup> γεωμετρίας



**Εικόνα4.10 :**αποτελέσματα όγκων 10<sup>ης</sup> γεωμετρίας



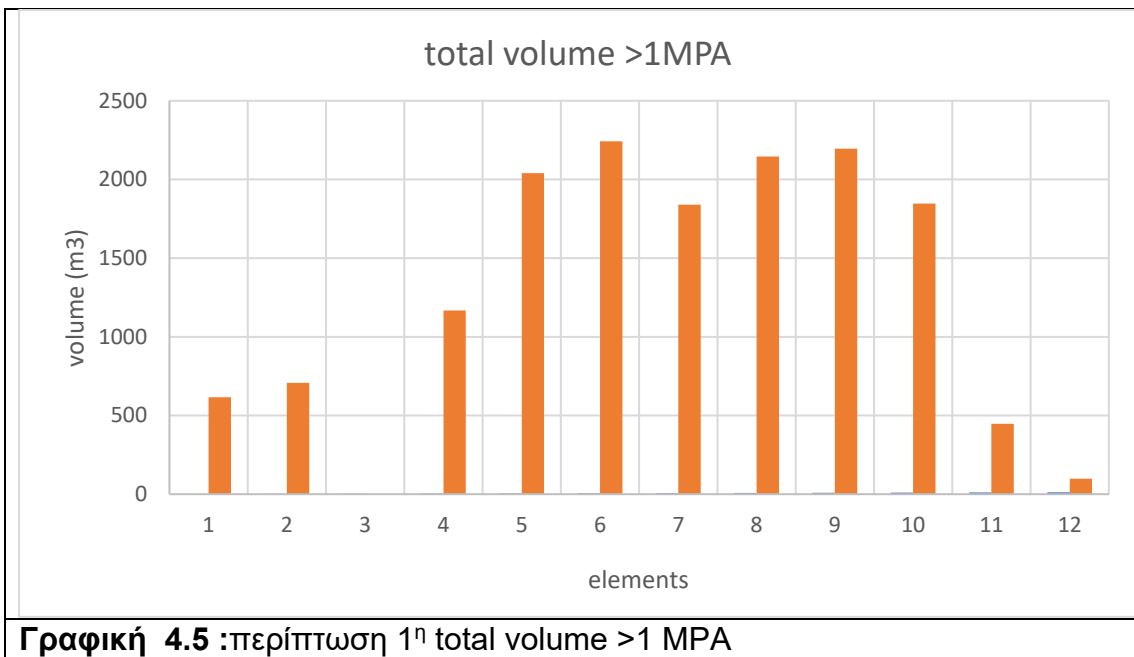
Εικόνα 4.11: αποτελέσματα τάσεων 12<sup>ης</sup> γεωμετρίας



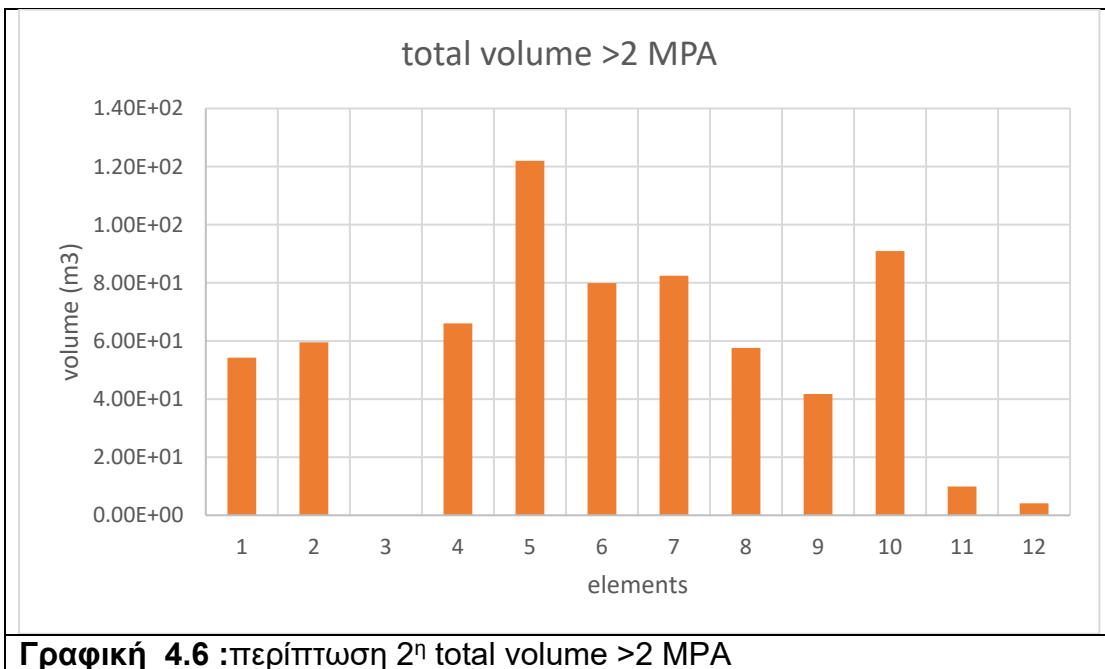
Εικόνα 4.12 : αποτελέσματα όγκων 12<sup>ης</sup> γεωμετρίας



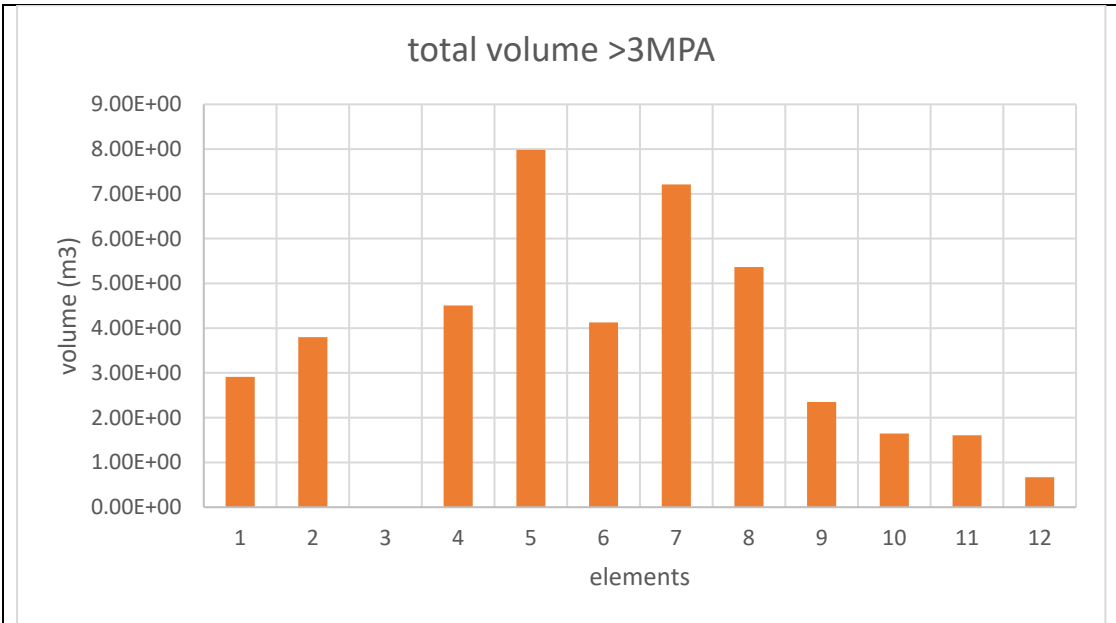
Έπειτα όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω , ο χρήστης θα πρέπει να εξάγει τις γραφικές παραστάσεις με τις παραπάνω γεωμετρίες για να μπορέσει με αυτόν τον τρόπο να βγάλει τα σωστά αποτελέσματα.



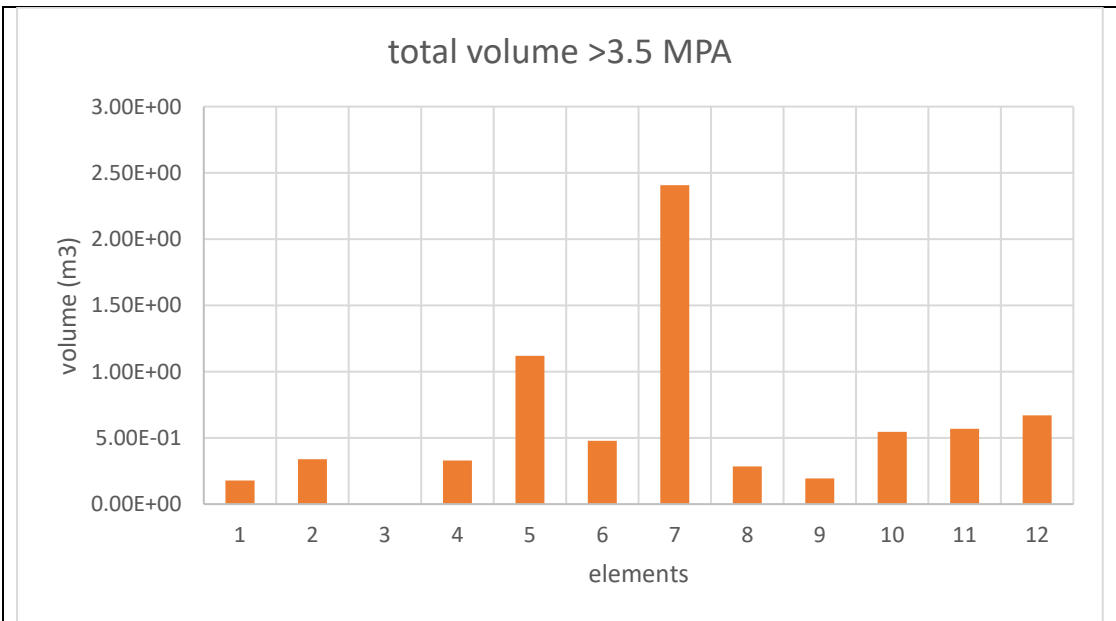
**Γραφική 4.5 :**περίπτωση 1<sup>η</sup> total volume >1 MPA



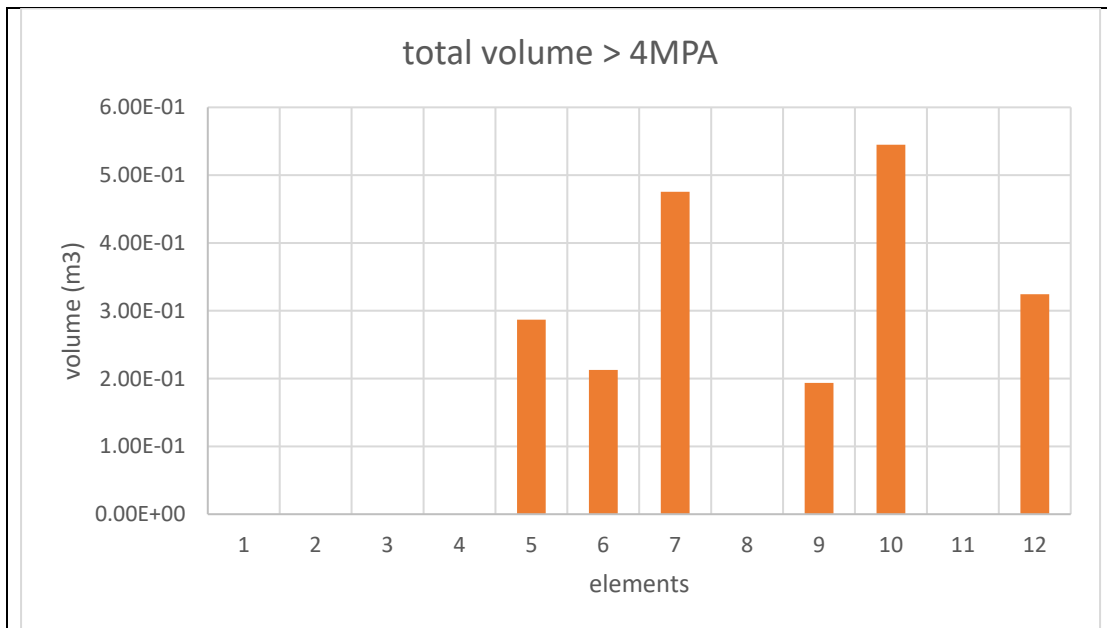
**Γραφική 4.6 :**περίπτωση 2<sup>η</sup> total volume >2 MPA



**Γραφική 4.7 :**περίπτωση 3<sup>η</sup> total volume >3 MPA



**Γραφική 4.8 :**περίπτωση 4<sup>η</sup> total volume > 3.5MPA



**Γραφική 4.9 :**περίπτωση 5<sup>η</sup> total volume >4 MPA

Παρατηρώντας τις περιπτώσεις, από την 1<sup>η</sup> γραφική δεν υπάρχει η 3<sup>η</sup> γεωμετρία. Αυτό συμβαίνει καθώς δεν είναι αποδεκτό το μοντέλο για τις τιμές αυτές, και θα αναλυθεί λεπτομερώς στο υπό-κεφάλαιο 4.7 .

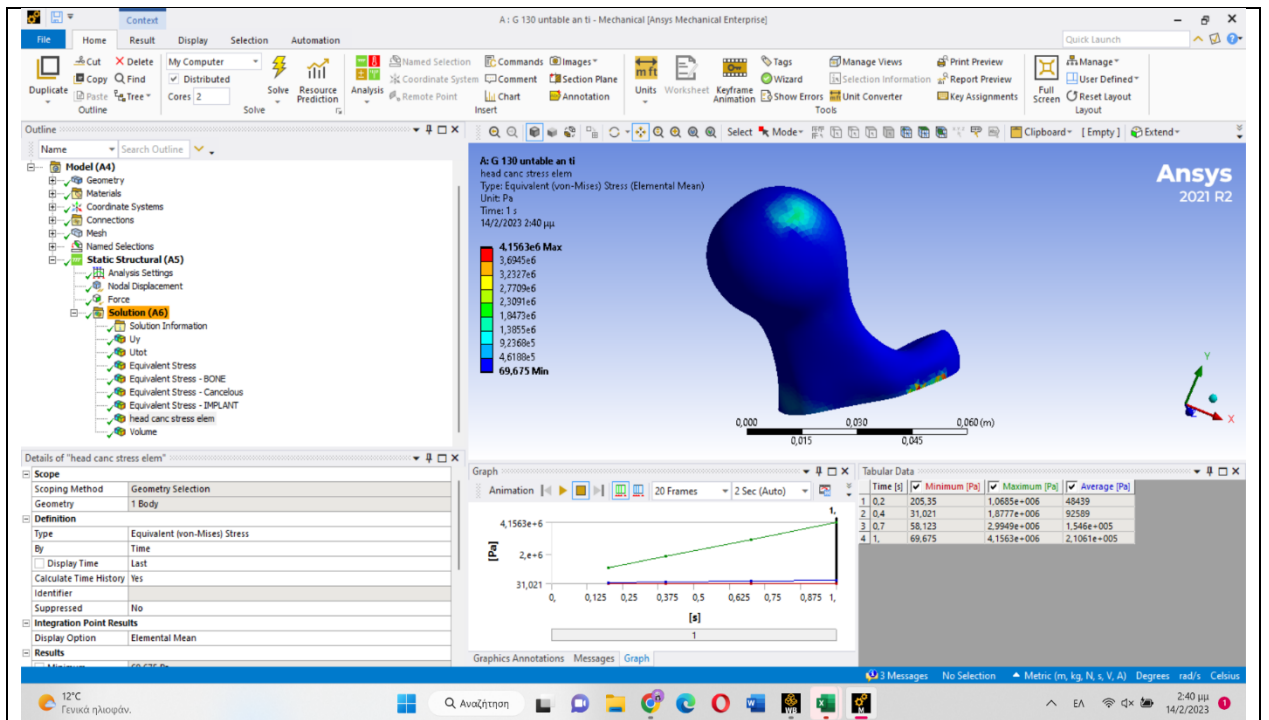
Συμπερασματικά, έξι γεωμετρίες δίνουν τιμές όγκου για πάνω από τάση 4MPa .Επομένως, στην περιοχή του κατάγματος ,όπου μπαίνουν και τα εμφυτεύματα, έχουν υψηλότερα συμπιεστικά φορτία .

## 4.5 Γεωμετρίες του πίνακα 2

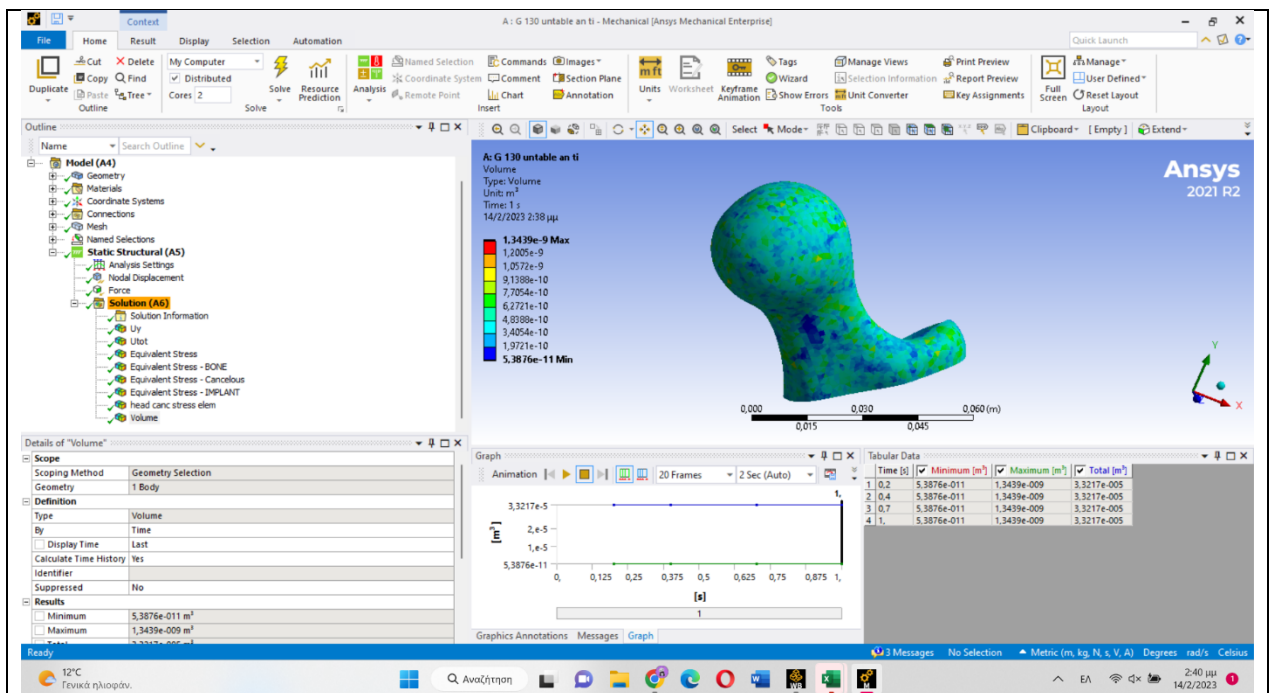
Στην δεύτερη περίπτωση αλλάζει μόνο το rotate about y δηλαδή μόνο η περιστροφή ως προς τον άξονά της. Οι άλλοι 2 παράμετροι έχουν σταθερή τιμή και με αυτόν τον τρόπο η τιμή της τάση είναι ανάλογη μόνο από την περιστροφή του εμφυτεύματος. Όπως και στην πρώτη περίπτωση, ο χειρίστης θα ακολουθήσει μια τυποποιημένη διαδικασία και θα πρέπει να αποθηκεύσει πρώτα τους παράγοντες των γεωμετριών και μετά να διακριτοποιήσει το μοντέλο.

Αριθμός γεωμετριών	nail top plane , offset y	rotate about Y	Head centre plane offset y
1	23	10	70
2	23	9	70
3	23	8	70
4	23	7	70
5	23	6	70
6	23	5	70
7	23	4	70
8	23	3	70
9	23	2	70
10	23	1	70
11	23	-1	70
12	23	-2	70
13	23	-3	70

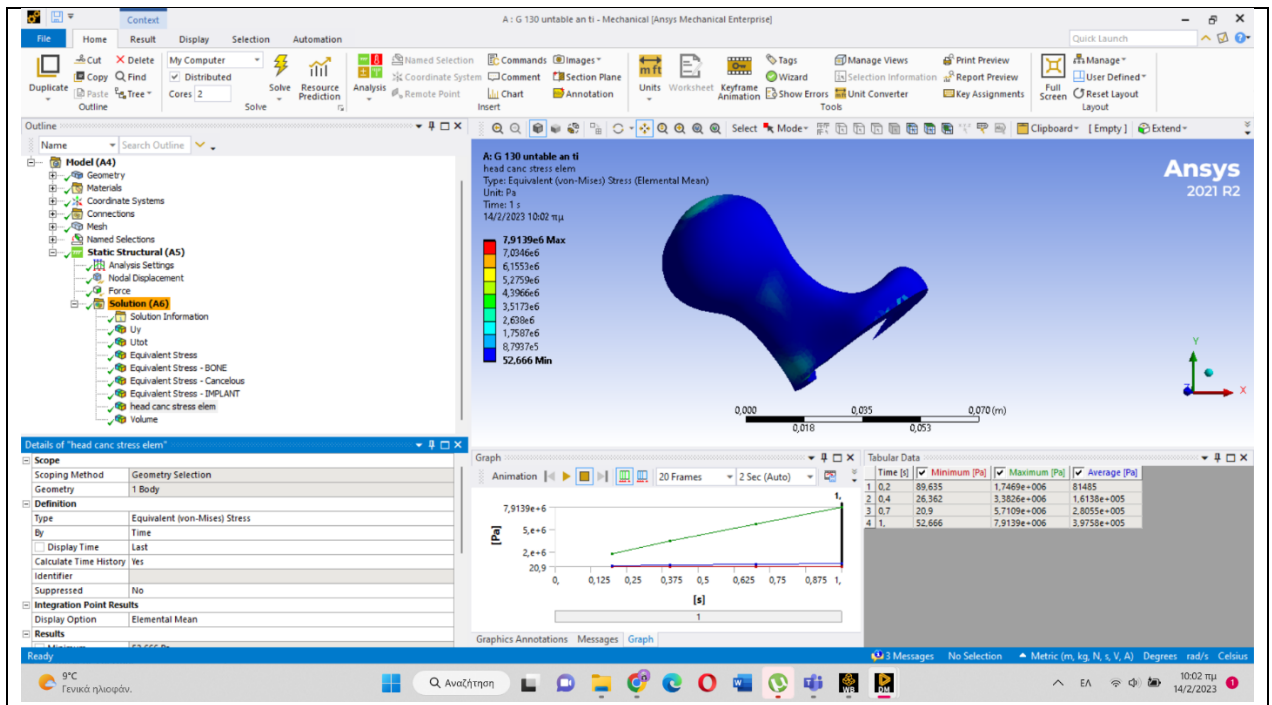
Παρακάτω αναλύονται οι τάσεις, γεωμετρίες και γραφικές για τις παραπάνω γεωμετρίες προκειμένου να διεξαχθεί ένα συμπέρασμα.



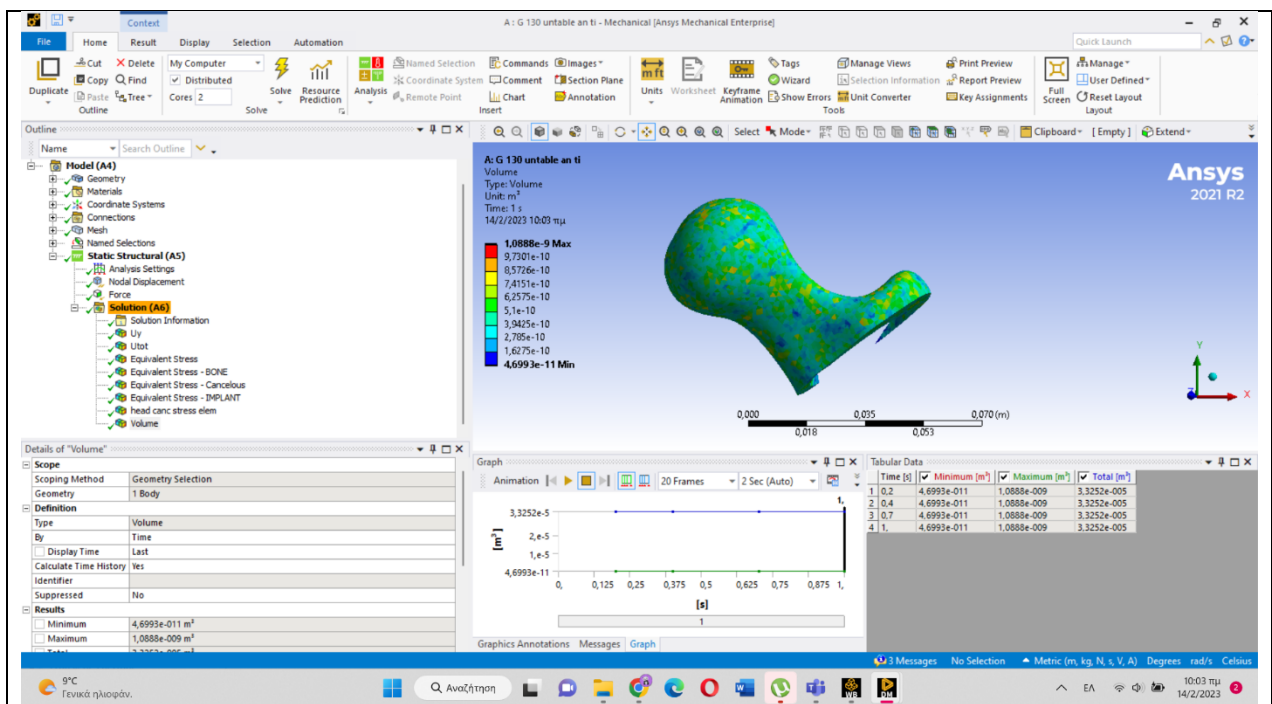
Εικόνα 4.13: αποτελέσματα τάσεων 1ης γεωμετρίας



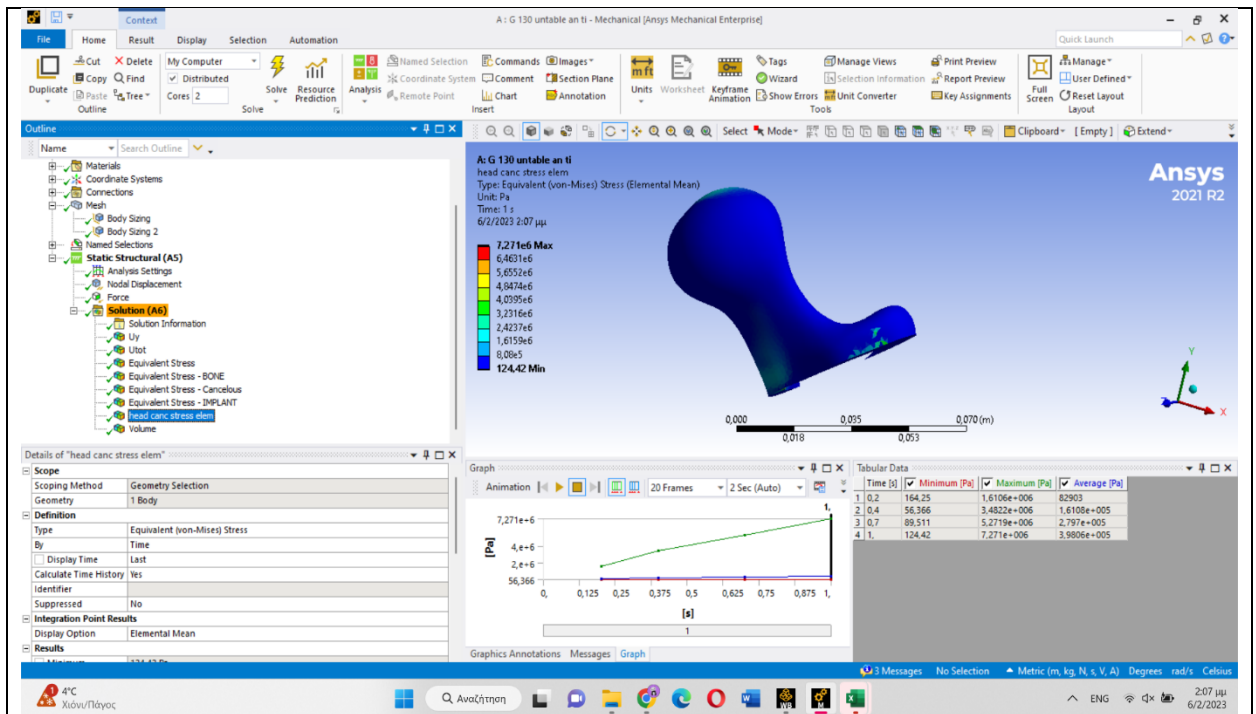
Εικόνα 4.14: αποτελέσματα όγκου 1ης γεωμετρίας



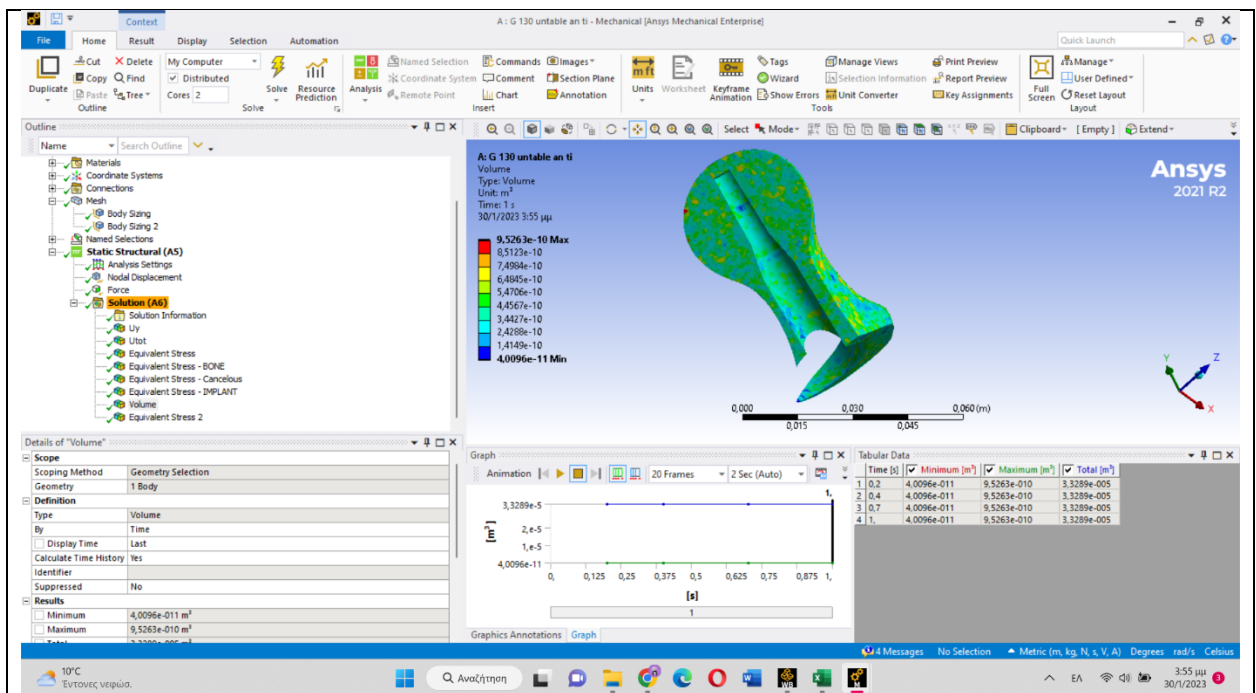
Εικόνα 4.15: αποτελέσματα τάσεων 5ης γεωμετρίας



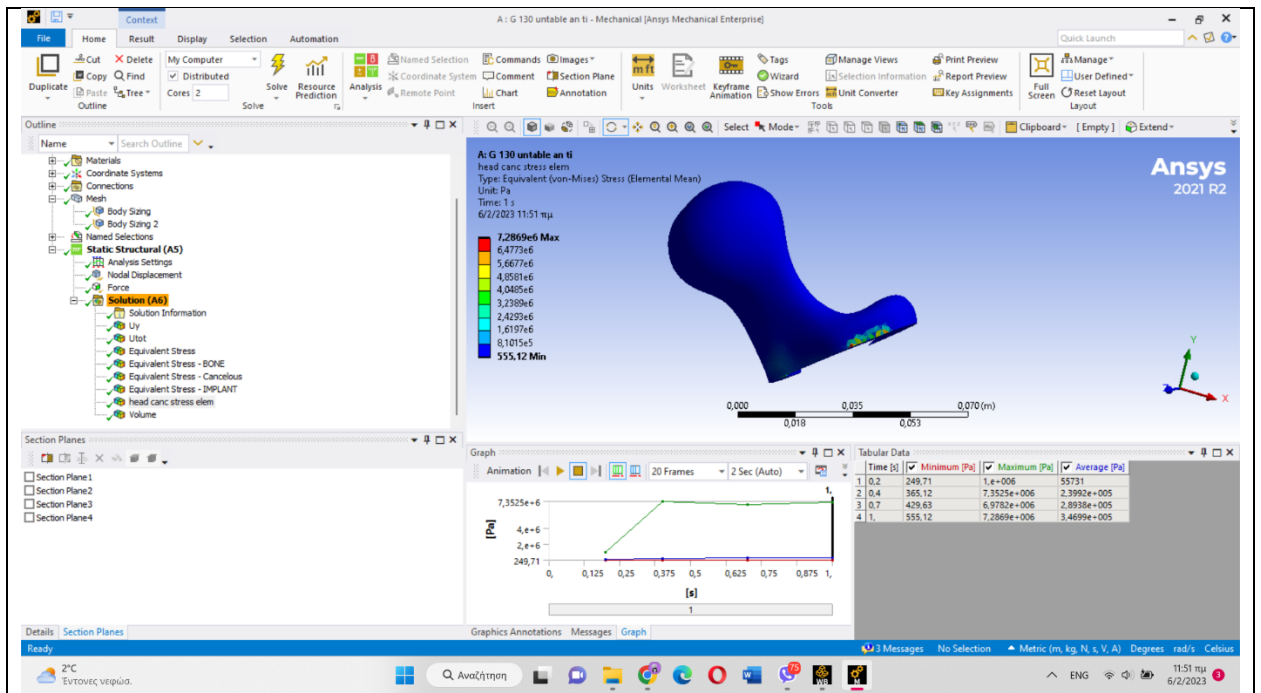
Εικόνα 4.16: αποτελέσματα όγκου 5ης γεωμετρίας



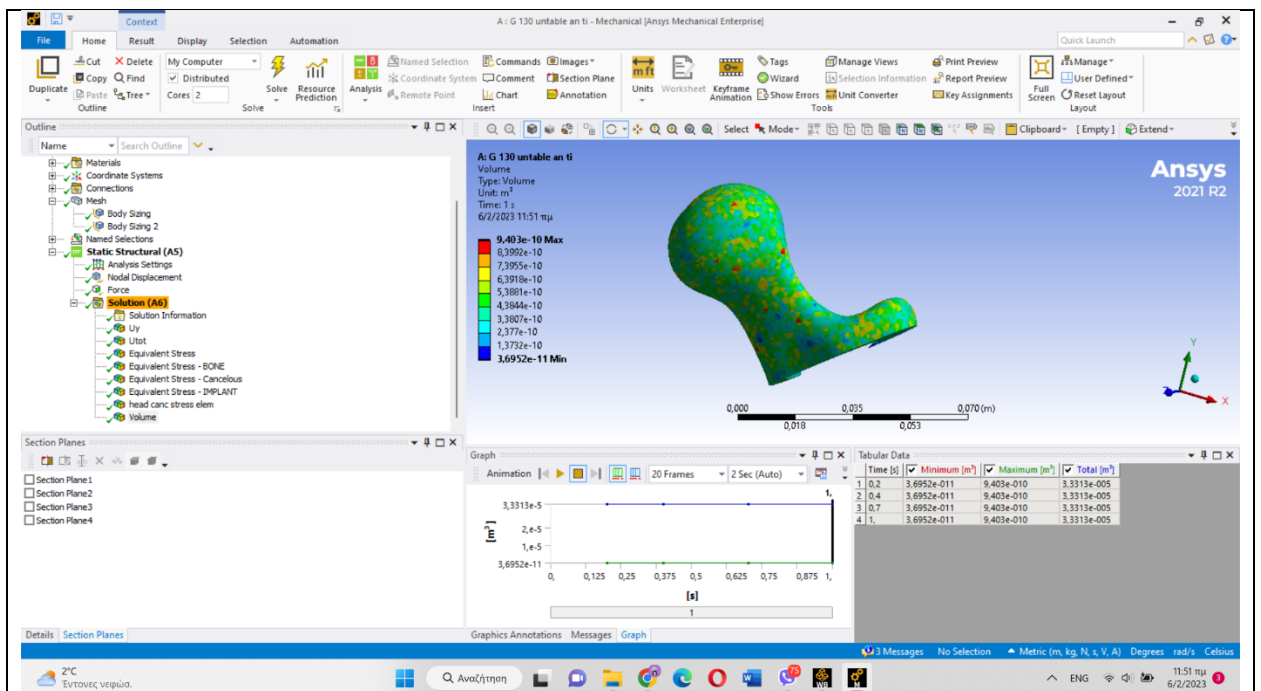
Εικόνα 4.17: αποτελέσματα τάσεων 10<sup>ης</sup> γεωμετρίας



Εικόνα 4.18: αποτελέσματα όγκου 10<sup>ης</sup> γεωμετρίας



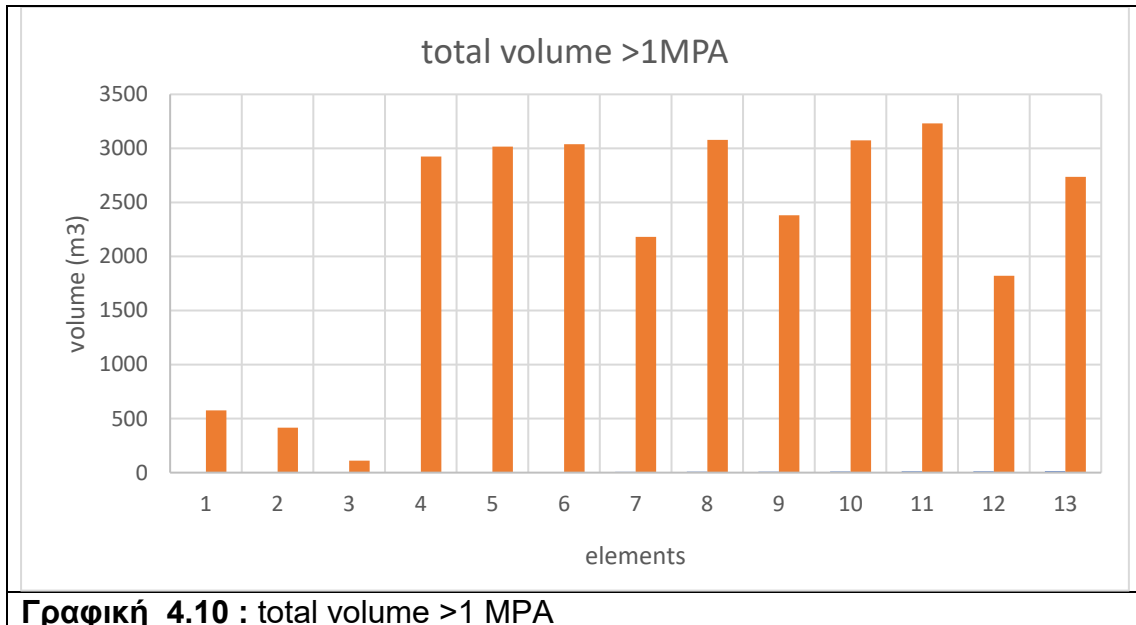
Εικόνα4.19:αποτελέσματα τάσεων 13<sup>ης</sup> γεωμετρίας



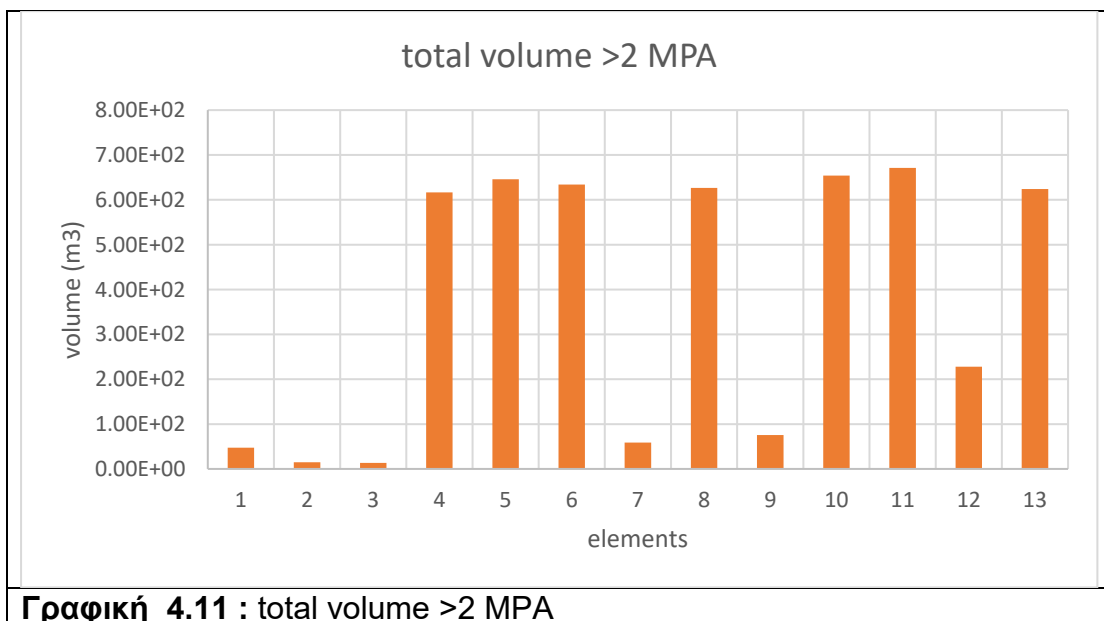
Εικόνα4.20:αποτελέσματα τάσεων 13<sup>ης</sup> γεωμετρίας



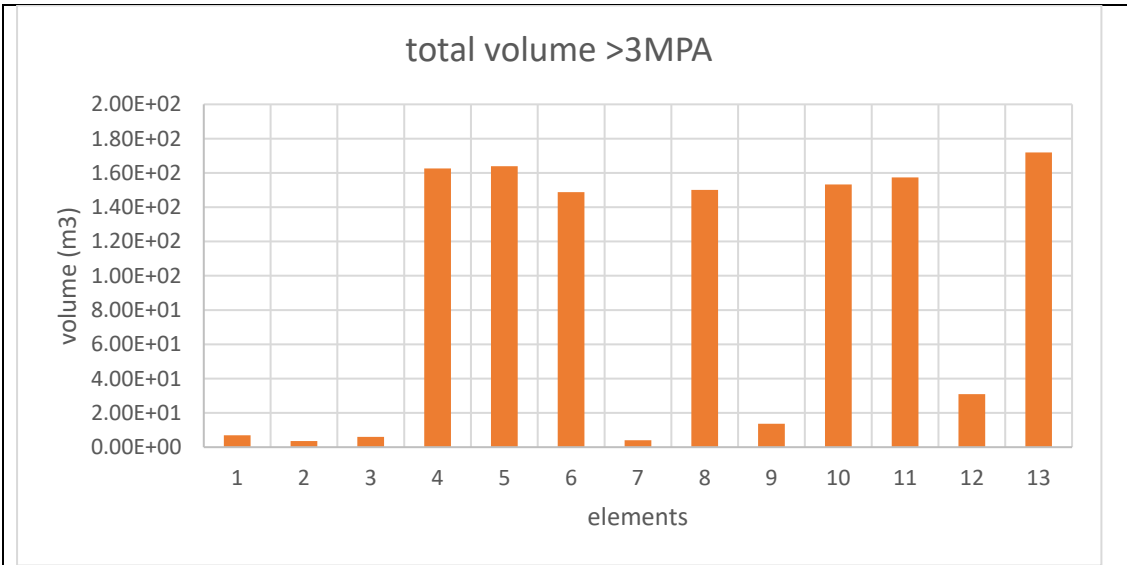
Έπειτα θα παρατεθούν οι αντίστοιχες γραφικές με σκοπό να ελέγξει ο χειριστής πόσος όγκος φορτίζεται πάνω από κάποια τάση για την κάθε γεωμετρία ξεχωριστά.



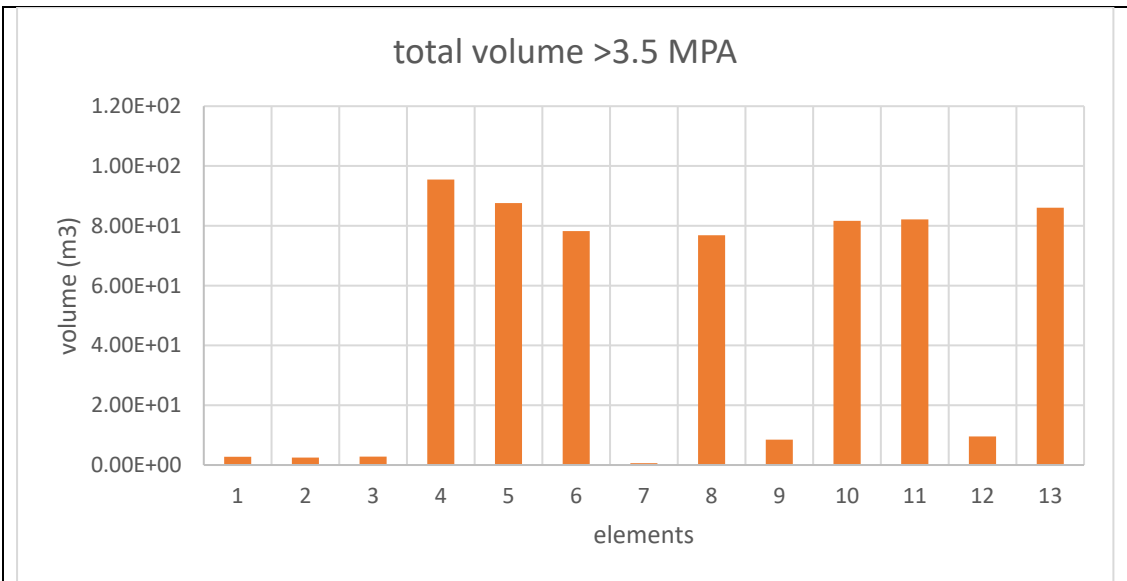
Γραφική 4.10 : total volume >1 MPA



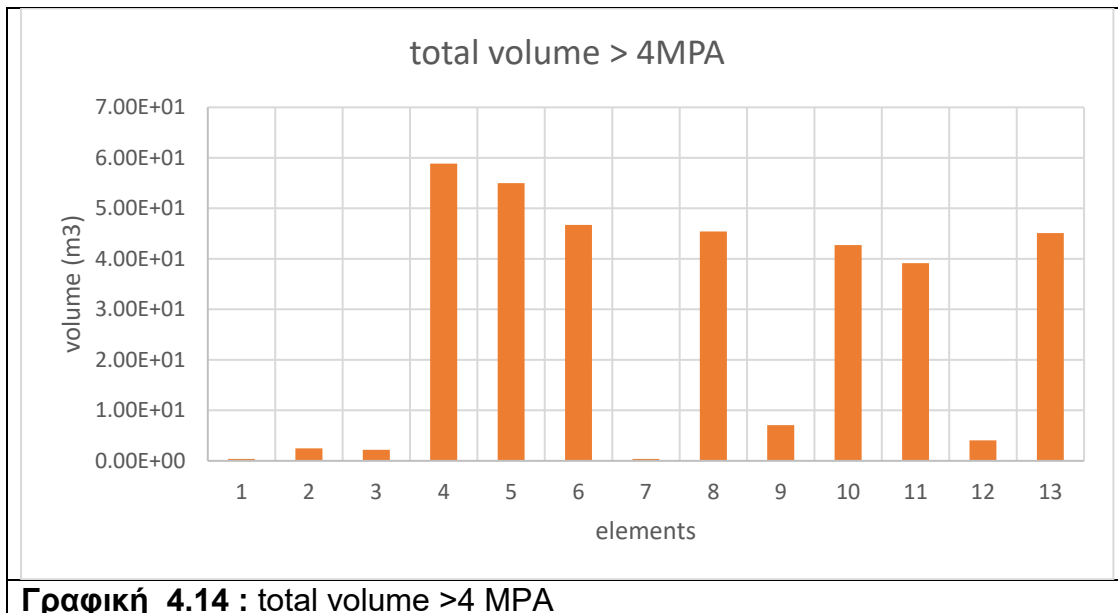
Γραφική 4.11 : total volume >2 MPA



**Γραφική 4.12 : total volume >3 MPA**



**Γραφική 4.13: total volume >3.5 MPA**



**Γραφική 4.14 :** total volume >4 MPA

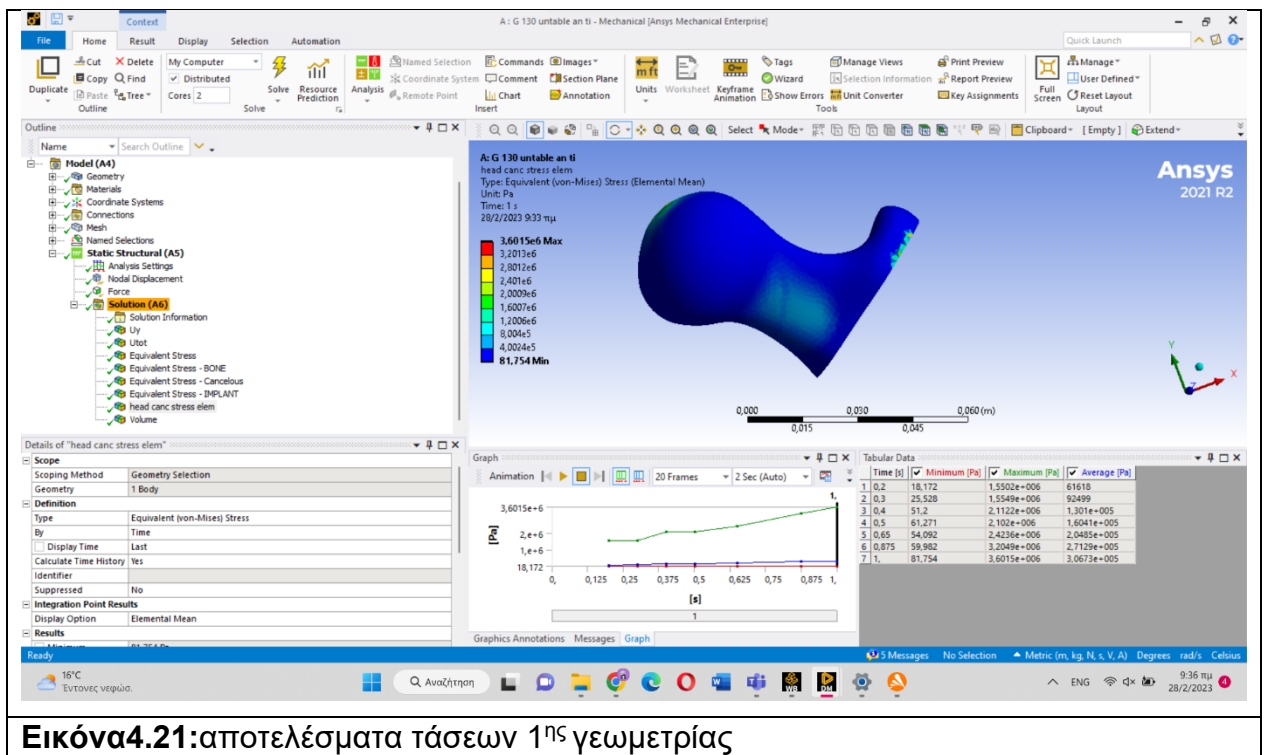
Συμπερασματικά, διατηρώντας σταθερά τα nail top plane offset y , Head centre plane offset y και παράλληλα μεταβάλλοντας το rotate about y έχουμε περισσότερες γεωμετρίες για τάση μεγαλύτερη από 4 MPA συγκριτικά με τον πίνακα 1 , όπου είχαμε την ακριβώς αντίθετη περίπτωση.

## 4.6 Γεωμετρίες του πίνακα 3

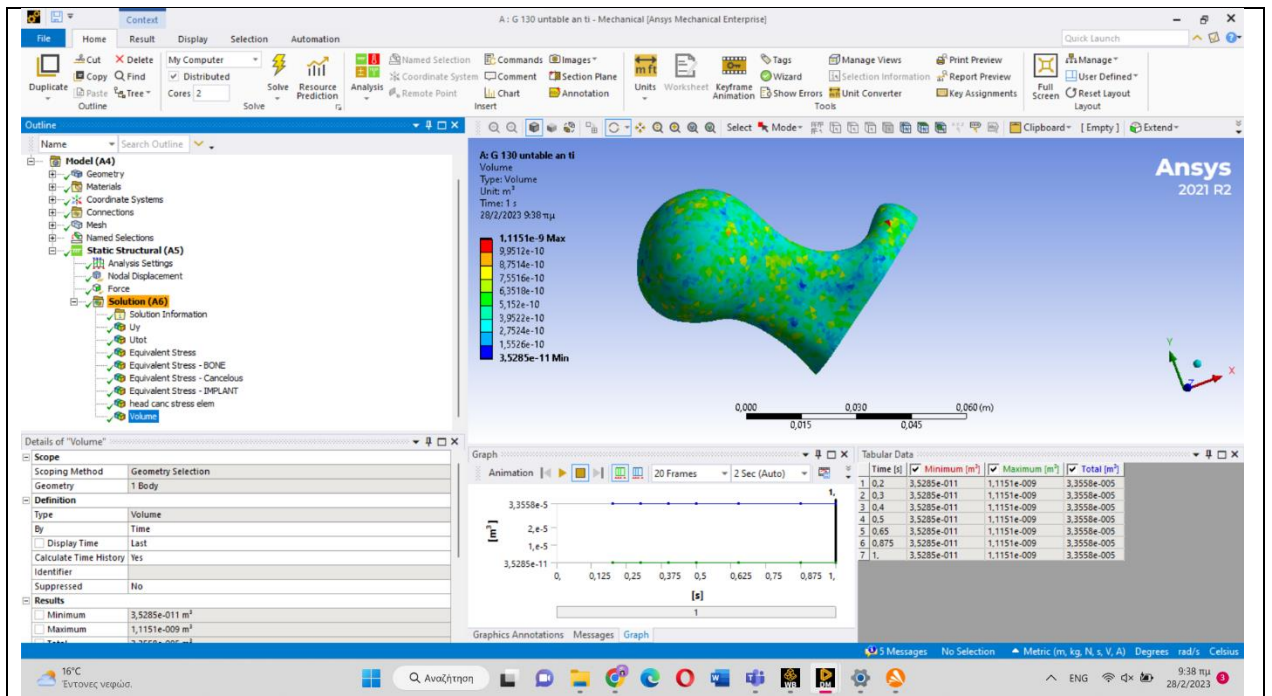
Τέλος, παρατίθεται ο 3<sup>ος</sup> και τελευταίος πίνακας με τις γεωμετρίες. Στην συγκεκριμένη περίπτωση αλλάζουν όλοι οι παράμετροι, δημιουργώντας έτσι πολλά σφάλματα στην γεωμετρία του μοσχεύματος- οστού.

Αριθμός γεωμετριών	nail top plane , offset y	rotate about Y	Head centre plane offset y
1	29	1	67
2	29	0	67
3	29	8	67
4	29	11	65
5	18	0	72
6	18	6	72
7	18	7	72

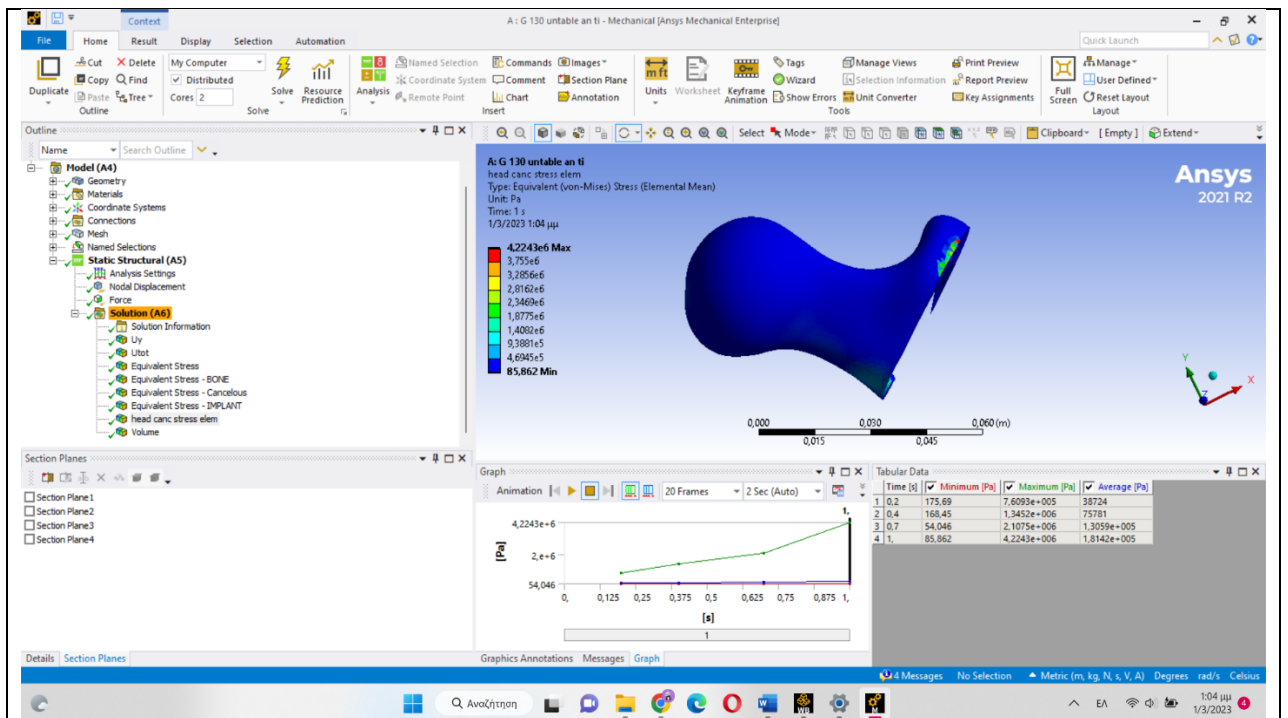
Παρακάτω αναλύονται οι τάσεις, γεωμετρίες και γραφικές για τις παραπάνω γεωμετρίες προκειμένου να διεξαχθεί ένα συμπέρασμα.



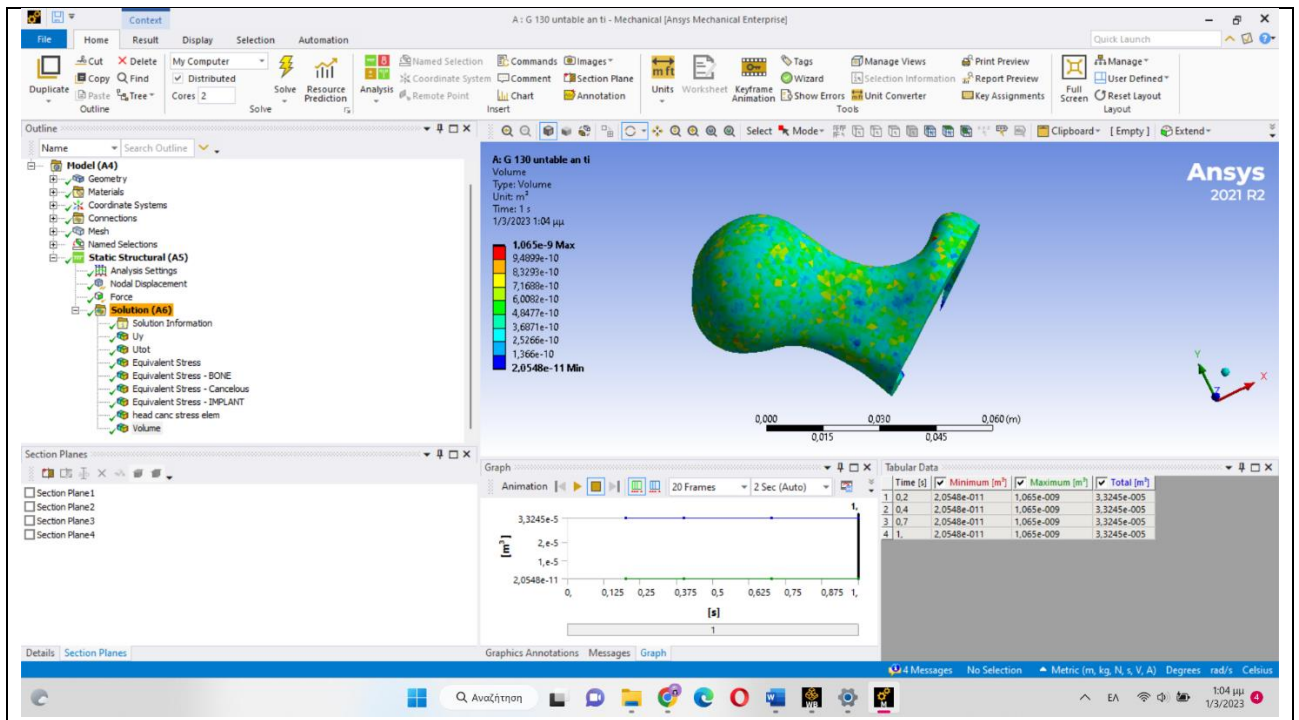
Εικόνα 4.21: αποτελέσματα τάσεων 1<sup>ης</sup> γεωμετρίας



Εικόνα 4.22: αποτελέσματα όγκων 1<sup>ης</sup> γεωμετρίας

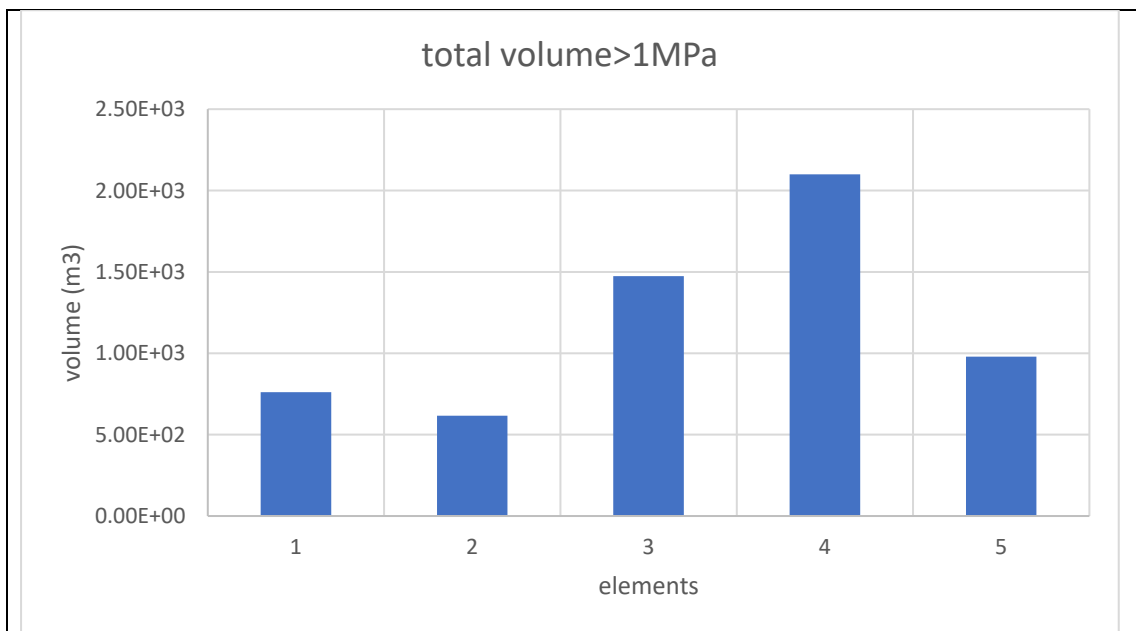


Εικόνα 4.23: αποτελέσματα τάσεων 5<sup>ης</sup> γεωμετρίας

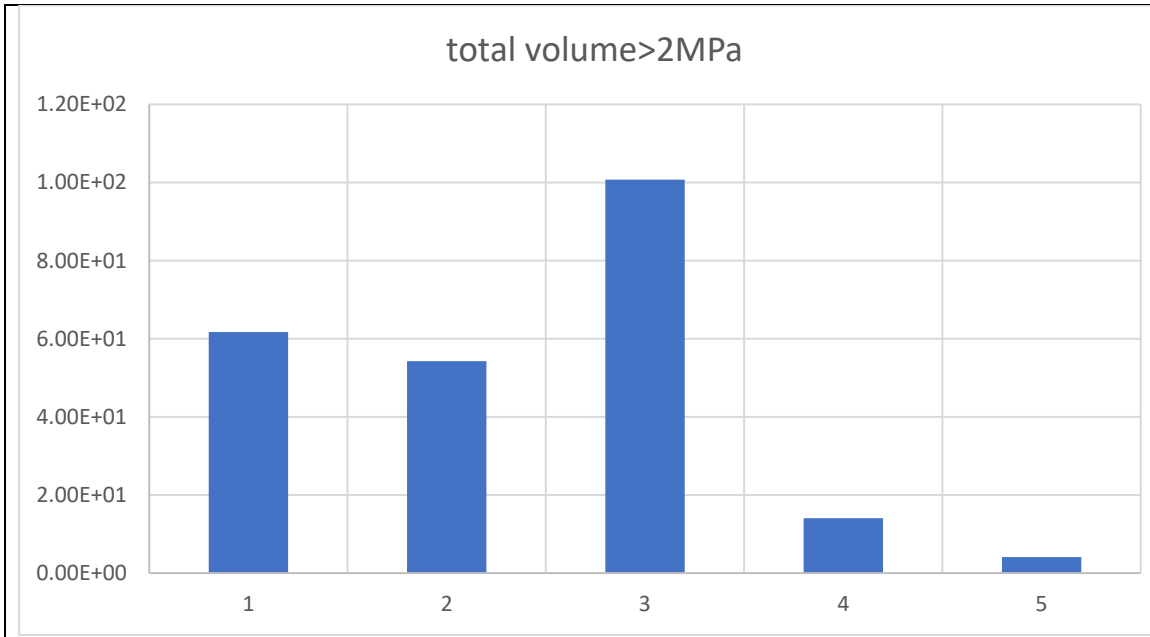


**Εικόνα 4.24:** αποτελέσματα όγκων 5<sup>ης</sup> γεωμετρίας

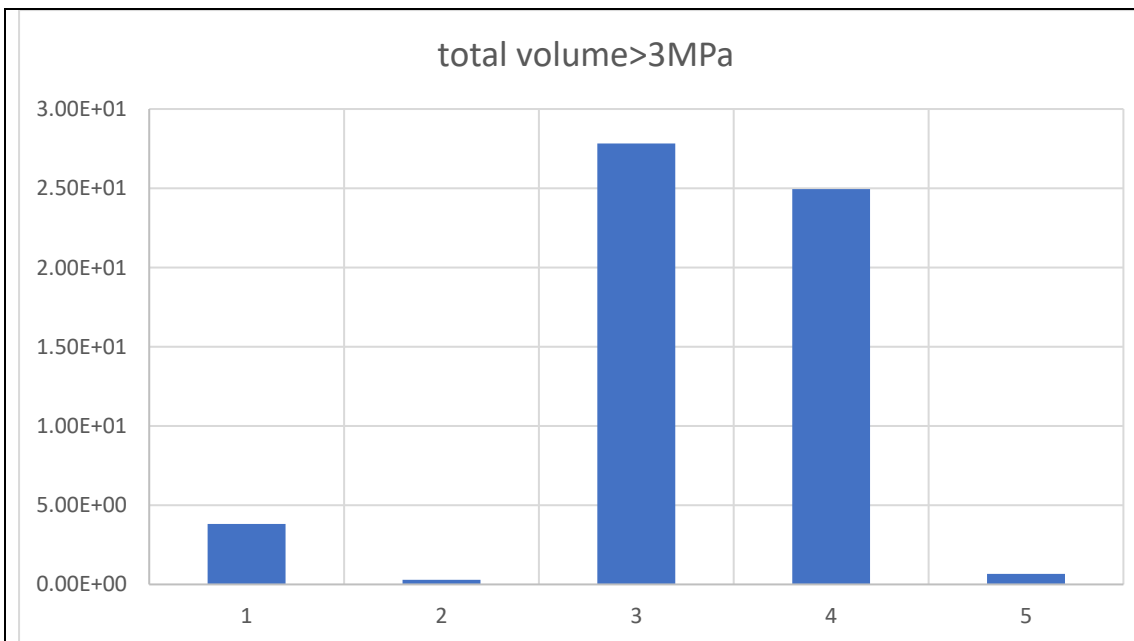
Συλλέγοντας τα αποτελέσματα από όλες τις περιπτώσεις των γεωμετριών , του 3<sup>ου</sup> πίνακα , ο χρήστης εξάγει τις ακόλουθες γραφικές παραστάσεις.



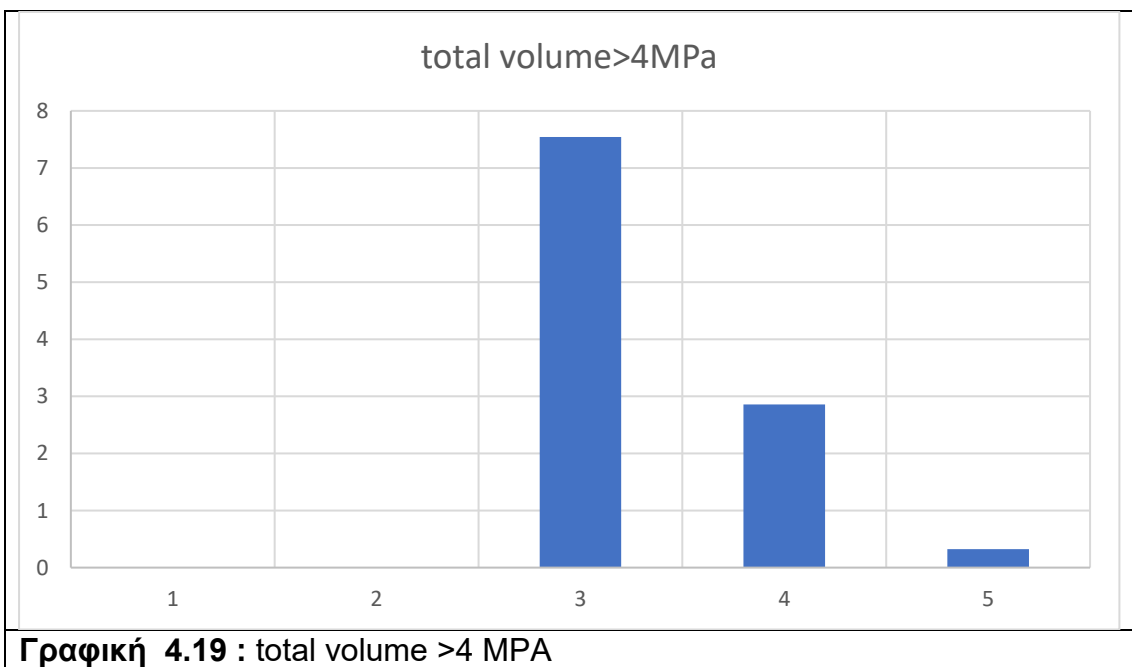
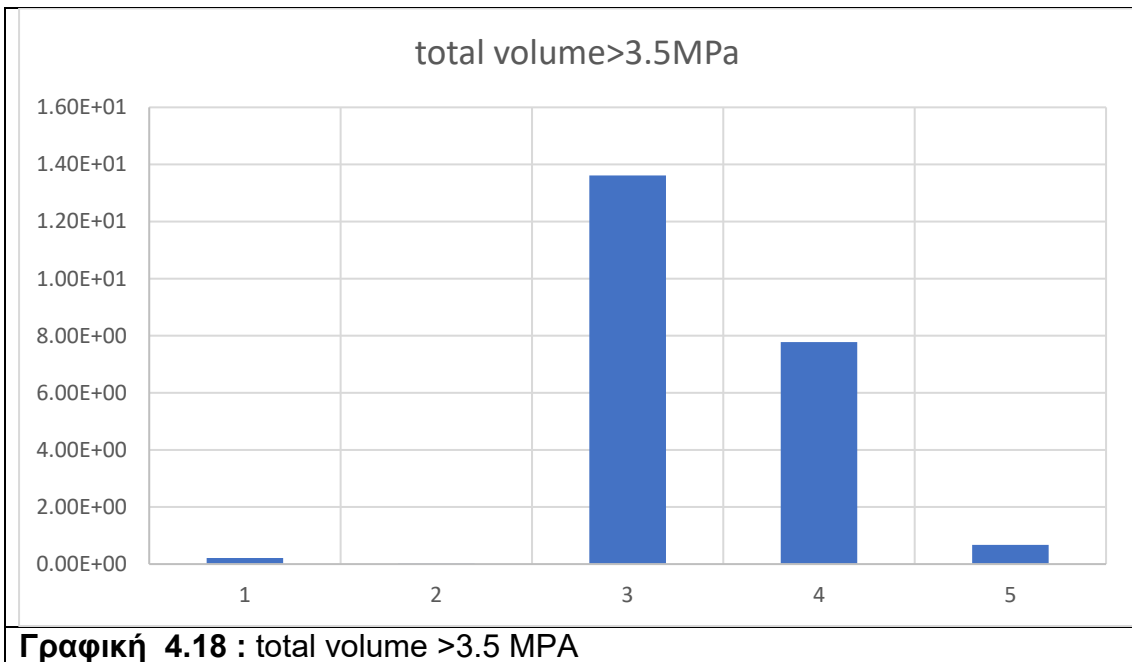
**Γραφική 4.15 :** total volume > 1 MPa



**Γραφική 4.16:** total volume > 2 MPA



**Γραφική 4.17 :** total volume > 3 MPA

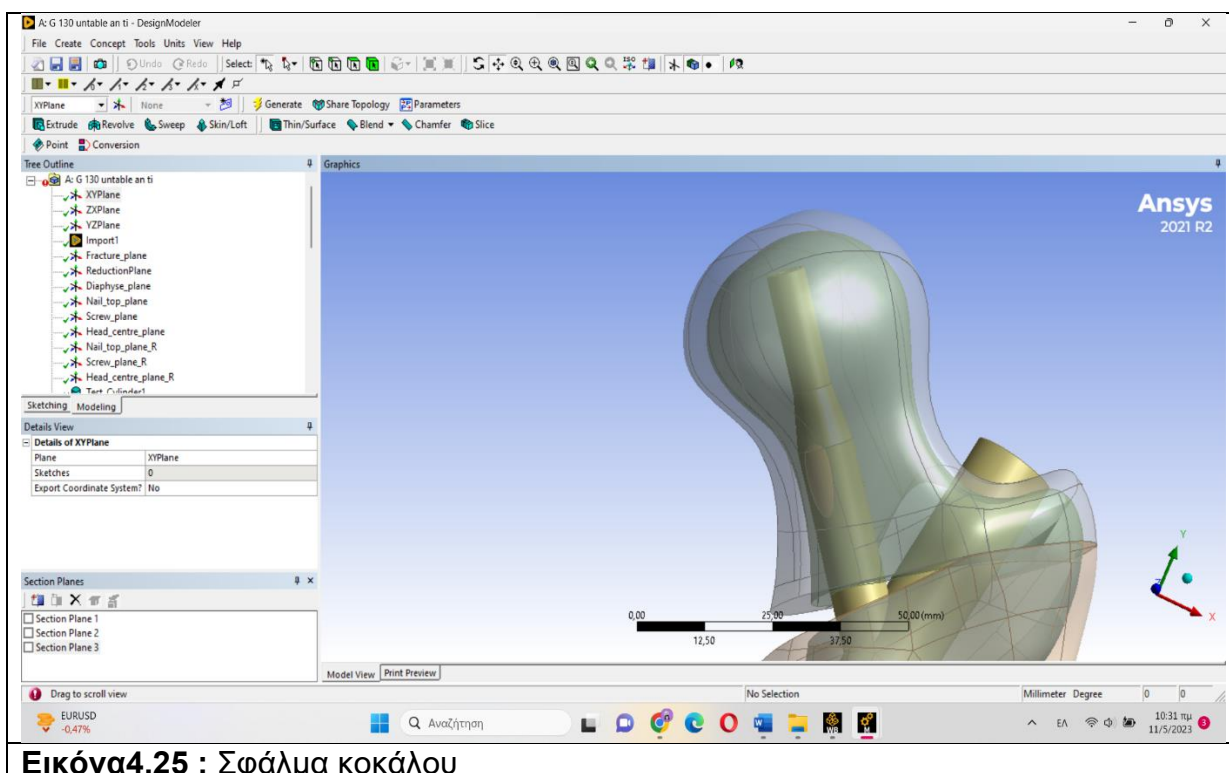


Επομένως οι γεωμετρίες οι οποίες είναι αποδεκτές είναι οι περιπτώσεις 3,4 και 5 από τον πίνακα 3.



## 4.7 Σφάλματα στα αποτελέσματα

Οι γεωμετρίες 6 και 7 παρουσιάζουν κάποια σφάλματα γι' αυτό δεν έχουν συμπεριληφθεί στις πάνω γραφικές. Το πιο σύνηθες σφάλμα είναι η βίδα να έχει βγει έξω από το σφογκόδες του οστού. Η περίπτωση αυτή δεν είναι αποδεκτή καθώς με την πίεση της βίδας στο οστό μπορεί να σπάσει. Επομένως, ο χρήστης θα πρέπει πάντα να ελέγχει, μετά αφού προσθέσει τα εκάστοτε δεδομένα των γεωμετριών στο πρόγραμμα, η βίδα να απέχει τουλάχιστον 1 χιλιοστό από τον φλοιό του οστού.



Εικόνα4.25 : Σφάλμα κοκάλου

Με την εντολή frozen body transparency πάνω δεξιά στο view ο χειριστής μπορεί να δει λεπτομέρειες εντός του οστού χωρίς να κάνει κάποια τομή.

Είναι φανερό στο αριστερό μέρος ότι το μόσχευμα βγαίνει απ' έξω από το σφογκόδες και ακουμπάει τον φλοιό του οστού.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 5.1 Συνόψιση μελέτης

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια το μηριαίο οστό αποτελεί το μεγαλύτερο μακρύ οστό του ανθρωπίνου σώματος και ένα από τα πιο σημαντικά για την σωστή λειτουργία και ισορροπία του οργανισμού. Σε περίπτωση κατάγματος μπορεί να δημιουργηθεί εσωτερική αιμορραγία και οξύς πόνος . Γι' αυτό έχουν διενεργηθεί πολλές ιατρικές μελέτες για την καλύτερη θεραπεία των καταγμάτων, σπασίματων. Ένα από τα πιο σοβαρά κατάγματα είναι το διατροχαντήριο, όπου βρίσκεται ανάμεσα στον μείζον, ελάσσον τροχαντήριο. Η επικρατέστερη θεραπεία του συγκεκριμένου κατάγματος είναι η τοποθέτηση ενός εμφυτεύματος ονομαζόμενο ως gamma nail. Η μελέτη η οποία έχει διεξαχθεί εξετάζει το μόσχευμα αυτό από πλευράς αντοχής, αλλάζοντας τις γεωμετρίες του μέσα στην κεφαλή του μηριαίου οστού προκειμένου να διεξαχθεί ένα συμπέρασμα για την ορθότερη θεραπεία του κατάγματος. Για την μελέτη αυτή έχει χρησιμοποιηθεί η ανάλυση των πεπερασμένων στοιχείων και πιο συγκεκριμένα το πρόγραμμα ansys workbench εκδόσεως του 2021. Στο πρόγραμμα αυτό υλοποιούνται διάφορες μελέτες σε διαφορετικά πεδία της μηχανικής, όμως η εργασία αυτή ασχολήθηκε με την αντοχή του μοσχεύματος δηλαδή το υπό-πρόγραμμα static structural. Γενικότερα, αυτό το υπό-πρόγραμμα διακρίτοποιεί το μοντέλο που ενδιαφέρει τον μηχανικό και εξάγει τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Ταυτόχρονα ο χειριστής του προγράμματος μπορεί εάν το επιθυμεί να αλλάξει τις γεωμετρικές και μηχανικές παραμέτρους. Αναλυτικότερα, χωρίζει το υλικό σε πιο μικρά επιμέρους στοιχεία διεξάγοντας μεμονωμένα συμπεράσματα για τις επιμέρους τάσεις, δυνάμεις, πιέσεις συνδέοντάς τα με τον αντίστοιχο όγκο. Στην μελέτη που έχει υλοποιηθεί , το υλικό αυτό είναι η κεφαλή του μηριαίου οστού.

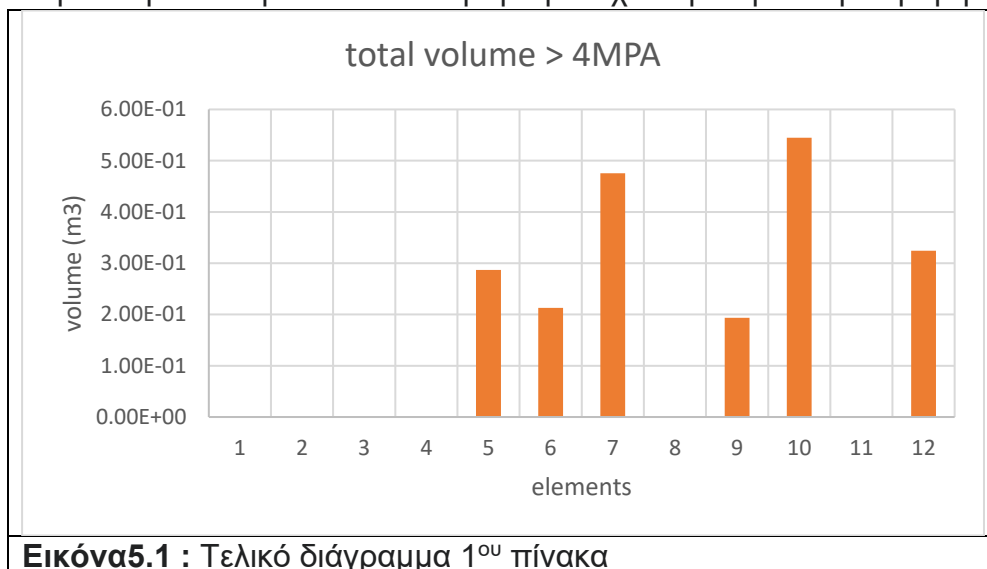
Μετά την διακριτοποίηση έχει διενεργηθεί η εξαγωγή των τάσεων και των επιμέρους όγκων μεταφέροντας τα όλα σε ένα Excel και διαχωρίζοντάς τα σε 5 κατηγορίες των τάσεων (<1,2,3,3.5,4 Mpa). Με αυτόν τον τρόπο ταξινομείται το άθροισμα των όγκων για τάσεις μεγαλύτερες από 1 Mpa και αντίστοιχα για τις άλλες κατηγορίες. Στη συνέχεια, δημιουργούνται οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις από τις οποίες διακρίνεται πόσα κυβικά μέτρα του όγκου του σπογγώδους της μηριαίας κεφαλής δέχεται τάση μεγαλύτερη από 4Mpa. Οι περιπτώσεις αυτές είναι κρίσιμες καθώς όσο μεγαλύτερο είναι το φορτίο που δέχεται το οστό τόσο πιο γρήγορα καταπονείται, συνεπώς δεν επιτυγχάνεται η πύρωση του κατάγματος , οδηγώντας σε αποτυχία της θεραπείας.

## 5.2 Τελικό συμπέρασμα

Σύμφωνα με ιατρικές μελέτες το όριο αντοχής του σπογγώδους οστού είναι 3.9 MPA. Αυτό σημαίνει ότι για τάση μεγαλύτερη από 4 MPA υπάρχει αστοχία στο εσωτερικό του οστού. Πιο συγκεκριμένα, όσο περισσότερος όγκος σπογγώδους μεταφέρει φορτία (από το κόκκαλο στο εμφύτευμα) πάνω από 4 MPA, τόσο περισσότερα στοιχεία του όγκου αστοχούν επομένως λιγότερο υλικό μεταφέρει τα φορτία, οδηγώντας έτσι σε αποτυχία της θεραπείας διότι δεν επουλώνεται το οστό.

Οι περιπτώσεις των γεωμετριών έχουν χωριστεί σε 3 πίνακες, με γνώμονα τους 3 συντελεστές που μεταβάλλονται. Οι παράμετροι αυτοί είναι ο *neil top plane* (πλευρική μετατόπιση του κοχλία), *rotate about y* (η στροφική μετατόπιση του κοχλία), *head center* (το ύψος του κοχλία).

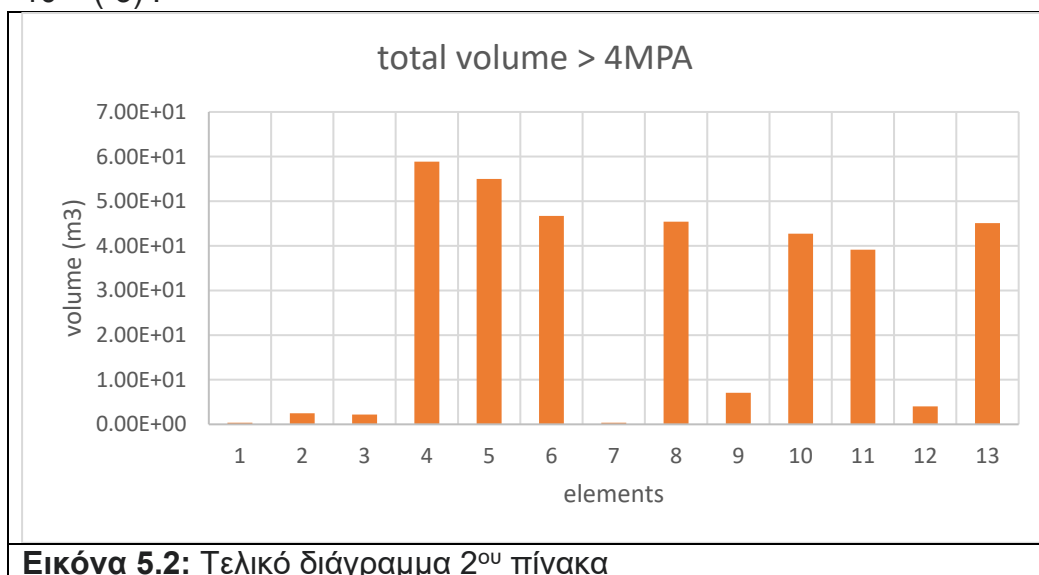
- Πίνακας 1 : Στην πρώτη περίπτωση υπάρχουν 12 διαφορετικοί συνδυασμοί γεωμετριών. Η δεύτερη συνιστώσα της γεωμετρίας δηλαδή η στροφή του διαυχενικού κοχλία είναι 0 και δεν μεταβάλλεται σε καμία περίπτωση οι άλλοι 2 παράμετροι έχουν μεταβαλλόμενη τιμή.



**Εικόνα5.1 :** Τελικό διάγραμμα 1<sup>ου</sup> πίνακα

Από το παραπάνω διάγραμμα είναι φανερό ότι 6 μόνο γεωμετρίες έχουν τάση μεγαλύτερη από 4 MPA (οι 5,6,7,9,10,11) και μάλιστα η 10 γεωμετρία παρουσιάζει τον μεγαλύτερο όγκο στοιχείων για τάση πάνω από την επιτρεπτή. Επομένως, σε αυτές τις γεωμετρικές περιπτώσεις η θεραπεία απέτυχε λόγω αστοχίας του σπογγώδους.

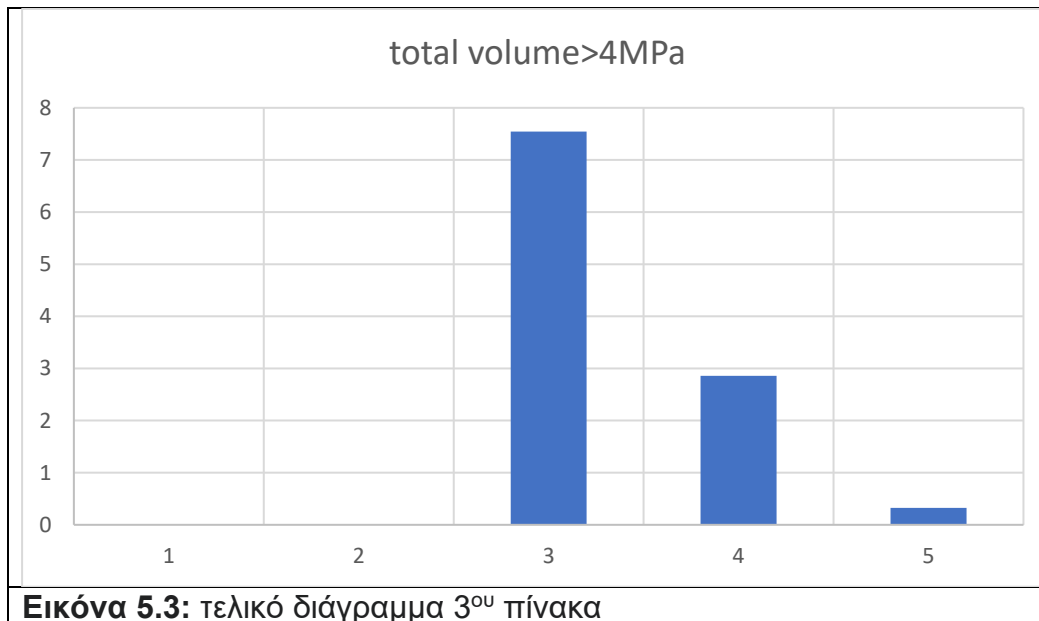
- Πίνακας 2 : Σε αυτόν τον πίνακα υπάρχουν 13 διαφορετικοί συνδυασμοί γεωμετρίας. Σε αντίθεση με τον πρώτο πίνακα, η πρώτη παράμετρος που καθορίζει την πλευρική θέση του μοσχεύματος είναι σταθερή τιμή 23mm καθώς επίσης και η τρίτη η οποία έχει τιμή 70 σε όλες τις γεωμετρίες ενώ η στροφή του διαυχενικού κοχλίας, η οποία στην προηγούμενη περίπτωση ήταν η μόνη σταθερή, κυμαίνεται από 10 – (-3).



**Εικόνα 5.2:** Τελικό διάγραμμα 2<sup>ου</sup> πίνακα

Όπως φαίνεται παραπάνω μόνο η γεωμετρίες 1 και 7 δεν υπερβαίνουν το όριο τάσης του σπογγώδους 4MPA. Επομένως, οι υπόλοιπες γεωμετρίες απορρίπτονται λόγω θραύσης του οστού. Επιπλέον σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις ο συνολικός όγκος αστοχίας του σπογγώδους υπερβαίνει το 1 κυβικό μέτρο. Αυτό συμβαίνει, διότι ο κοχλίας βρίσκεται πολύ κοντά στο φλοιό του οστού και συνεπώς δημιουργούνται υψηλές τάσεις.

- Πίνακας 3: Στη τελευταία περίπτωση δίνονται 7 διαφορετικοί γεωμετρικοί συνδυασμοί στους οποίους και οι 3 μεταβλητές μεταβάλλονται. Η περίπτωση αυτή παρουσιάζει τα περισσότερα σφάλματα



**Εικόνα 5.3:** τελικό διάγραμμα 3<sup>ου</sup> πίνακα

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα οι 2 τελευταίες γεωμετρίες δεν εμφανίζονται στην γραφική διότι ο κοχλίας βγαίνει εκτός του σπογγώδους οστού και προφανώς οδηγεί σε θραύση αυτού. Επομένως, μόνο οι 1,2 περίπτωση γεωμετρίας είναι αποδεκτή για την πώρωση του κατάγματος.

Συνοψίζοντας τα ευρήματα της μελέτης αυτής μόνο 10 συνδυασμοί γεωμετριών από τους 32 είναι αποδεκτοί και μπορούν να εφαρμοστούν πρακτικά. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν αστοχεί το σπογγώδες οστό αλλά ούτε ο φλοιός του κόκκαλου καθώς δεν ασκούνται τάσεις μεγαλύτερες από το όριο αντοχής του εσωτερικού οστού δηλαδή πάνω από 4MPA.

Επιπρόσθετα στις παραπάνω περιπτώσεις παρατηρήθηκαν κάποιες κοινές μηχανικές συμπεριφορές όπως η εμφάνιση των μέγιστων τάσεων περιφερειακά του κοχλία αλλά και κοντά στον μείζων τροχαντήρα.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι στις περιπτώσεις που έγιναν δεκτές παρατηρήθηκε ο διαυχενικός κοχλίας να είναι τοποθετημένος στην μέση της γεωμετρίας του σπογγώδες οστού. Το φαινόμενο αυτό πιθανότατα συμβαίνει διότι πλεονεκτούν ως περισσότερη ποσότητα σπογγώδους πλευρικά .

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Οι εικόνες 1.1, 1.2, 1.3 είναι από τις διαφάνειες 6.9 - Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων (τροπών). charalampakis. com> tenxikh mhxanikh (2020)
2. τον πίνακα σελίδα είναι από διπλωματική εργασία, Κασελούρης Ευάγγελος
3. επιστημονικό Βιβλίο Μηχανική παραμορφώσιμου στερεού, Αντοχή των υλικών, Δρ Παναγιώτης Α. Βουθούνης (2017)
4. Ansys mechanical / structural FEA Analysis software
5. Βιοιατρική μηχανική/ Try Engineering. org Powered by IEEE
6. Εμβιομηχανική / Τμήμα Ιατρικής (2023)
7. Κάταγμα διαφύσεως του μηριαίου / besiris giorgos/ orthopedia
8. Υποκεφαλικό κάταγμα μηριαίου / besiris giorgos/ orthopedia
9. Διατροχαντήριο κάταγμα μηριαίου/ besiris giorgos/ orthopedia
10. Η μετεγχειρητική φυσικοθεραπεία στα κατάγματα του ισχίου /rodaki (2023)/ Αλέξανδρος Α. Ορφανός
11. Βιβλίο Ορθοπαιδικής (2017) MILLER/ Mark D. Miller, MD/ Stephen Thompson, MD, MEd, FRCSC  
Ελληνική έκδοση : Αναστάσιος Β. Κορομπίλιας/ Γεώργιος κοντάκης/  
Γεωργίος Χρ. Μπάμπης  
Επιμέλεια : Ανδρέας Φ. Μαυρογένης / Χαράλαμπος Ματζάρογλου
12. Βιβλίο κλινική ανατομία / Keith L. / Anne M.R. Agur/ Arthur F. Dalley