

ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή εργασία

ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

Μακαριγάκης Δ. Ευστάθιος ΑΜ : 43193

Επιβλέπων καθηγητής : Αντώνιος Δ. Τσολάκης

Αιγάλεω 2017

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παρόν αποτελεί την πτυχιακή εργασία του φοιτητή Μακαριγάκης Δ. Ευστάθιου του τμήματος των Μηχανολόγων Μηχανικών του ΑΕΙ Πειραιά ΤΤ.

Η παρούσα εργασία εξηγεί τα κατασκευαστικά στοιχεία των υδραυλικών ανελκυστήρων και ειδότερα όσα αφορούν το πλαίσιο ανάρτηση θαλάμου. Γίνεται μια αναφορά στην θεωρία αυτών όσο και των πεπερασμένων στοιχείων.

Σε επόμενο στάδιο εξετάζεται η αντοχή του πλαισίου θαλάμου της ελληνικής εταιρίας Μίνως ΕΠΕ ολόκληρο σαν κατασκευή και έπειτα εξετάζεται το βασικό επιμέρους κομμάτι της, ο πρόβολος.

Γίνεται πρόταση για έναν διαφορετικό τύπο προβόλου που όπως φαίνεται και στην εργασία έχει αρκετά μεγαλύτερο συντελεστή ασφαλείας χωρίς να προστεθούν επιπλέον υλικά ή να επιβαρυνθεί με κάποιο άλλο κόστος η εταιρία.

ABSTRACT

In the following paper, construction details of hydraulic elevators are explained and more specific those relating the elevator car frame. It gets a reference to the theory of those as well as to the theory of finite element analysis.

Later on, a greek company's elevator car frame is examined with the help from finite element analysis as a construction and as a cantilever only.

A different type of cantilever is proposed with a higher safety factor, as seen on the paper, without extra materials or costs for the company.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπον καθηγητή της εργασίας Αντώνη Δ. Τσολάκη για την πολύτιμη καθοδήγηση του σε όλη την πορεία της πτυχιακής εργασίας καθώς και τις συμβουλές του σε κάθε πρόβλημα που συναντούσα.

Έπειτα θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρία Μίνως Ε.Π.Ε. που με προμήθευσε με πολύτιμες γνώσεις για τους ανελκυστήρες καθώς και τα κατασκευαστικά σχέδια για το πλαίσιο που παράγει και εμπορεύεται.

Table of Contents

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ	6
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ	6
1.1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	6
1.1.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	7
1.1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	7
1.1.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ..	8
2 ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	11
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	11
2.1.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	11
2.1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	12
2.1.3 ΛΟΓΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	13
3 ΑΝΤΟΧΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ	16
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	16
3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΠΑΚΤΩΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΡΤΗΣΗ	19
3.3.1 Δεδομένα Προβλήματος	19
3.3.2 Αποτελέσματα	21
3.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΣΤΗΡΙΞΗ ΠΕΙΡΟΥ	26
3.4.1 Δεδομένα προβλήματος	26
3.4.2 Αποτελέσματα	28
3.5 ΕΞΕΤΑΣΗ ΠΡΟΒΟΛΩΝ	33
3.5.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1	37

3.5.2	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2	42
3.5.3	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 3	47
3.5.4	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4	52
3.6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	57
3.7	ΕΠΟΜΕΝΑ ΒΗΜΑΤΑ	58
3.8	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	59

1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

1.1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ανελκυστήρας ή ανυψωτήρας ονομάζεται κάθε εγκατάσταση που χρησιμοποιείται για την ανύψωση βαρών, προσώπων ή πραγμάτων. Σήμερα έχει επικρατήσει ο γαλλικός όρος ασανσέρ για τον ανελκυστήρα που χρησιμοποιείται στα πολυώροφα κτίρια.

Η ιδέα για χρησιμοποίηση τέτοιας εγκατάστασης ξεκινάει από πολύ παλιά. Ήδη από το 236 π.Χ., όπως αναφέρει ο Ρωμαίος αρχιτέκτονας Βιτρούβιος, υπήρχαν διάφορα παρόμοια συστήματα σε βασιλικά ανάκτορα. Ο πρώτος ανελκυστήρας τοποθετήθηκε στις Βερσαλλίες για χάρη του Λουδοβίκου ΙΔ' της Γαλλίας.

Κατά τον Μεσαίωνα οι ανελκυστήρες ήταν πρωτόγονοι, αποτελούνταν από σχοινιά με γάντζο και ένα καλάθι ή δίχτυ (παρόμοιος υπήρξε μέχρι τελευταία στα Μετέωρα).

Το 17ο αιώνα ο Γάλλος Βελαγέ εφηύρε ένα σύστημα ανελκυστήρα με χρησιμοποίηση αντίβαρου. Στις αρχές του 18ου αιώνα κατασκευάστηκαν οι πρώτοι υδραυλικοί ανελκυστήρες στην Αγγλία. Το 1835 κατασκευάστηκε ο πρώτος μηχανικός ανελκυστήρας πάλι στην Αγγλία, που θεωρείται σαν ο πρόδρομος των σημερινών.

Στις ΗΠΑ κατασκευάστηκε το 1850 ο πρώτος ανελκυστήρας με ατμό, που τελειοποιήθηκε το 1852 από τον Έλιστα Ότις. Ο πρώτος ηλεκτρικός ανελκυστήρας κατασκευάστηκε το 1880 στη Γερμανία από το βιομήχανο εφευρέτη Βέρνερ φον Ζίμενς (Siemens).

Από τότε ακολούθησαν πάρα πολλές τελειοποιήσεις, ιδίως σε ότι αφορά την ασφάλεια του συστήματος. Έτσι γενικεύτηκε η χρήση τους, δίνοντας τη δυνατότητα να κατασκευαστούν πολυώροφα κτίρια και ουρανοξύστες.

Σήμερα υπάρχουν πάρα πολλές και ποικίλες μορφές ανελκυστήρων ανάλογες με τις διάφορες μορφές χρήσης τους. Η παρούσα εργασία αναφέρεται σε αντόχη πλαισίου

θαλάμου υδραυλικού ανελκυστήρα οπότε δεν θα γίνει εκτενής αναφορά στους μηνικούς ανελκυστήρες

1.1.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

Οι υδραυλικοί ανελκυστήρες αποτελούν ανελκυστήρες όπου η αναγκαία ενέργεια για την ανύψωση του φορτίου προέρχεται από μια ηλεκτροκίνητη αντλία. Η αντλία μεταβιβάζει υδραυλικό υγρό σε μια ανυψωτική μονάδα που επενεργεί άμεσα ή έμμεσα στο θάλαμο (μπορούν να χρησιμοποιούνται περισσότεροι από ένας ηλεκτροκινητήρες, αντλίες ή / και ανυψωτικές μονάδες). Βασικό πλεονέκτημα των υδραυλικών ανελκυστήρων είναι η ευελιξία τους στην τοποθέτηση του μηχανοστασίου μιας και η σύνδεση του μηχανοστασίου με το φρέατιο είναι μόνο με ηλεκτρικά καλώδια και ένας εύκαμπτος ελαστικός σωλήνας για την παροχή λαδιού προς το έμβολο ενώ επίσης ένα μεγάλο πλεονέκτημα που έχουν οι υδραυλικοί ανελκυστήρες είναι ο απεγκλωβισμός στην περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος.

1.1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

Οι υδραυλικοί ανελκυστήρες περιορίζουν στο ελάχιστο τις διαστάσεις των απαιτούμενων χώρων μηχανοστασίου. Ο μηχανισμός είναι συμπαγής και δύναται να τοποθετηθεί άνετα σε πολύ μικρό χώρο. Δεν απαιτείται χώρος μηχανοστασίου στο πάνω μέρος της διαδρομής. Άρα υπάρχει σημαντικό κέρδος διότι δεν δεσμεύεται μεγάλη επιφάνεια των κοινόχρηστων χώρων του κτιρίου.

Οι υδραυλικοί ανελκυστήρες περιορίζουν την απαίτηση ισχυρής άρα και πολυδάπανης κατασκευής τοιχωμάτων φρέατος. Επίσης το απαιτούμενο βάθος του φρεατίου είναι σχετικά περιορισμένο και έτσι δεν απαιτείται μεγάλο βάθος εκσκαφής. Τέλος, δεν απαιτείται χώρος μηχανοστασίου επάνω από το φρέατιο. Όλα τα παραπάνω συντελούν στο σημαντικά ελαττωμένο κόστος οικοδομικής κατασκευής.

Οι υδραυλικοί ανελκυστήρες είναι αθόρυβοι. Ο κινητήρας και η αντλία βρίσκονται εντός λαδιού και ειδικές αντικραδασμικές βάσεις αποκλείουν την μετάδοση θορύβου στο κτίριο.

Οι υδραυλικοί ανελκυστήρες προσφέρουν ομαλές και ασφαλείς διαδρομές. Η μηχανική βαλβίδα (control valve) της ελέγχει τη ροή του λαδιού από και προς τον κύλινδρο και διατηρεί σταθερή την ταχύτητα ροής ανεξάρτητα από την θερμοκρασία λαδιού, επιτυγχάνοντας έτσι ομαλές επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις του θαλάμου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια εξαιρετική ομαλή και ασφαλή διαδρομή.

Οι υδραυλικοί ανελκυστήρες έχουν άριστη ακρίβεια ισοσταθμίσεως (LEVELING). Οι ηλεκτρονικές συσκευές στο φρεάτιο και η μηχανική βαλβίδα εγγυώνται άριστη ισοστάθμιση ανεξάρτητα του φορτίου και της θερμοκρασίας του λαδιού.

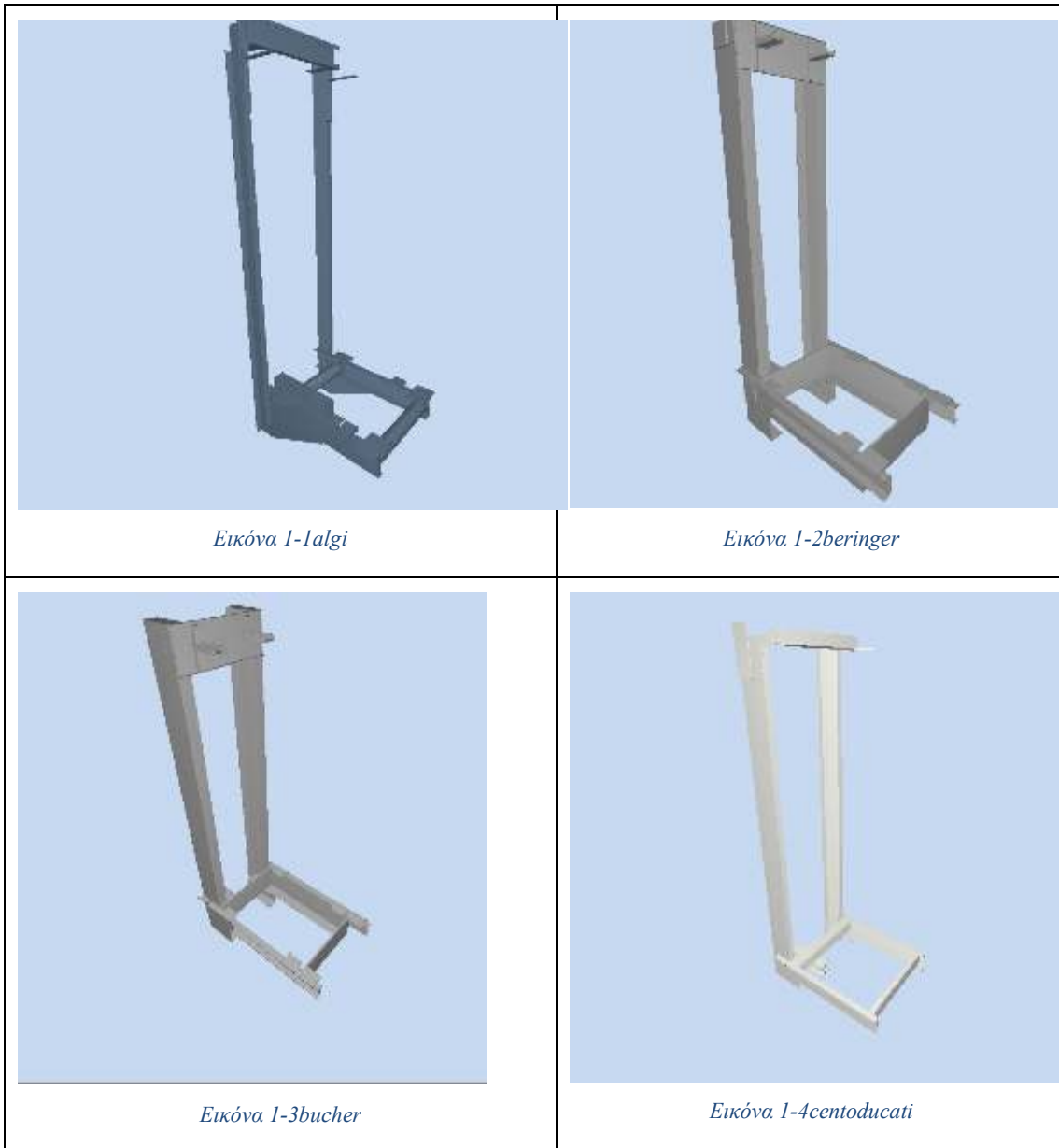
Οι υδραυλικοί ανελκυστήρες είναι το αποτέλεσμα δεκάδων ετών πείρας σε κατασκευές και μελέτες. Η κατασκευή τους βασίζεται στην σύγχρονη τεχνολογία που προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα:

- Προσαρμοστικότητα σε οποιαδήποτε αρχιτεκτονική κατασκευή
- Μεγάλο χρόνο ζωής λειτουργίας
- Ελάχιστες επισκευές και συντήρηση
- Απλή εγκατάσταση
- Μεγάλη άνεση στην χρήση τους
- Ασφαλή λειτουργία

1.1.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ

Το πλαίσιο θαλάμου, κοινώς σασί ανελκυστήρα, είναι το κομμάτι της κατασκευής που στηρίζει τον θάλαμο του ανελκυστήρα. Αποτελείται κυρίως από τις κολώνες, τους προβόλους, την ανάρτηση και το δέσιμο κολωνών. Κατασκευαστικά διαφέρει ανάλογα τον κατασκευαστή αλλά όλα τα πλαίσια έχουν την ίδια βασική αρχή κατασκευής.

Αναφορικά παρακάτω φαίνονται 4 διαφορετικοί τύποι υδραυλικού πλαισίου ανάρτησης διάφορων ευρωπαϊκών κατασκευάστριων εταιριών.



Όλη η κατασκευή φέρει πάνω διάφορα άλλα εξαρτήματα αναγκαία για την λειτουργία του ανελκυστήρα όπως βάση για ολισθητήρες, ολισθητήρες, σύστημα πέδησης σε περίπτωση χαλάρωσης ή κοπής των συρματοσχοίων (αρπάγη), μηχανικούς διακόπτες για την διακόπη παροχής ρεύματος σε περίπτωση ενεργοποίησης της απράγης, κώνους για την σύνδεση συρματοσχοίων και σασί κλπ

Σε γενικές γραμμές το πλαίσιο θαλάμου των υδραυλικών ανελκυστήρων είναι όπως στην παρακάτω εικόνα (χωρίς τα εξαρτήματα)



Εικόνα 1-5 Πλαίσιο Θαλάμου Ανελκυστήρα

2 ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων είναι μια αριθμητική μέθοδος (δηλ. μέθοδος υπολογισμού με χρήση Η/Υ) για τον υπολογισμό προσεγγιστικών λύσεων μερικών διαφορικών εξισώσεων.

Η αναλυτική λύση των εξισώσεων με τις οποίες περιγράφονται τα διάφορα τεχνικά προβλήματα είναι δυνατή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, όπου οι καταπονήσεις και τα γεωμετρικά σχήματα είναι πάρα πολύ απλά. Όμως, υπήρχε η ανάγκη να λυθούν και πιο σύνθετα προβλήματα και γι' αυτό το λόγο αναπτύχθηκαν διάφορες προσεγγιστικές μέθοδοι.

Μία τέτοια μέθοδος είναι και η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων. Αυτή η μέθοδος είναι μεν προσεγγιστική, αλλά μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα και έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα προβλήματα. Το μειονέκτημά της είναι οι αυξημένες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ, ιδίως όταν εφαρμόζεται σε σύνθετα μοντέλα. Αυτό όμως το μειονέκτημα ξεπεράστηκε τα τελευταία χρόνια χάρη στη ραγδαία ανάπτυξη των υπολογιστών. Η επιτυχία αυτής της μεθόδου ήταν τόσο μεγάλη, που ακόμα και σήμερα χρησιμοποιείται στην έρευνα και στην βιομηχανία για τον υπολογισμό και τη μελέτη διάφορων κατασκευών.

Για να εφαρμοστεί η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων απαιτούνται τα εξής στάδια:

1. Εισάγεται η γεωμετρία της κατασκευής σε ένα πρόγραμμα CAD και δημιουργείται το τρισδιάστατο μοντέλο.
2. Χωρίζεται το μοντέλο σε πεπερασμένα στοιχεία και αφού ετοιμαστεί το πλέγμα επιλέγεται το είδος της επίλυσης και εισάγονται τα επιπλέον δεδομένα που απαιτούνται. Παραδείγματος χάριν, αν επιλεγεί να λυθεί το μοντέλο σε στατική καταπόνηση θα πρέπει να δοθούν τα δεδομένα για τις δυνάμεις και τις στηρίξεις. Αυτή η διαδικασία γίνεται με προγράμματα που αποκαλούνται pre processor.

3. Όταν ετοιμαστούν τα δεδομένα για επίλυση, εισάγονται σε ένα πρόγραμμα το οποίο θα κάνει την επίλυση του προβλήματος. Τέτοιου είδους προγράμματα λέγονται solver και χρησιμοποιούν για τις επιλύσεις αριθμητικές μεθόδους.
4. Όταν τελειώσει η επίλυση τα αποτελέσματα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα πρόγραμμα, που αποκαλείται post processor, για να μπορέσει ο μελετητής να δει τα αποτελέσματα.

2.1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το 1909 ο Γερμανός μαθηματικός Ritz ανέπτυξε τις αρχές της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων. Το 1915 ο Ρώσος μαθηματικός Galerkin ανέπτυξε σε βάθος την θεωρία των πεπερασμένων στοιχείων. Η απουσία του ηλεκτρονικού υπολογιστή καθυστέρησε την διάδοση και περαιτέρω ανάπτυξη της μεθόδου και παρέμεινε στάσιμη μέχρι της ανακαλύψεως του υπολογιστή. Με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή η μέθοδος έγινε γνωστή και διαδόθηκε στους ερευνητές.

Η ιδέα της ανάπτυξης της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων γεννήθηκε στην αεροναυπηγική από την ανάγκη της εύρεσης λύσης στα δύσκολα προβλήματα που αντιμετώπιζαν στην κατασκευή των αεροσκαφών.

Το 1941 ο Hrenikoff εισήγαγε την καλούμενη framework method (μέθοδο του πλαισίου) με την οποία ένα επίπεδο ελαστικό μέσο μπορούσε να αντικατασταθεί με ένα ισοδύναμο σύστημα ράβδων και δοκών.

Το 1943 ο Γερμανός μαθηματικός Courant έλυσε το πρόβλημα της στρέψης χρησιμοποιώντας τριγωνικά στοιχεία με την αρχή της ελαχίστης δυναμικής ενέργειας (minimum potential energy) και την ονόμασε Rayleigh-Ritz μέθοδο. Επειδή τότε δεν υπήρχε ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, η θεωρία του Courant δεν μπορούσε να εφαρμοσθεί και ξεχάστηκε μέχρι που ανακαλύφθηκε ο υπολογιστής και οι επιστήμονες ξανά θεμελίωσαν την μέθοδο.

Το 1955 ο Έλληνας Ι. Αργύρης έγραψε ένα βιβλίο με θέμα 'Ενεργειακά θεωρήματα και η μέθοδος των μητρώων' και εισήγαγε τις αρχές των πεπερασμένων στοιχείων.

Το 1956 οι Αμερικανοί Turner, Clough, Martin και Top υπολόγισαν το μητρώο δυσκαμψίας της ράβδου και άλλων στοιχείων. Το 1960 ο Ι. Αργύρης και ο Kelsey

δημοσίευσαν την εργασία τους η οποία βασιζόταν στις αρχές των πεπερασμένων στοιχείων.

Το 1960 ο Clough καθηγητής του πανεπιστημίου 'University of California, Berkeley' της Αμερικής, χρησιμοποίησε για πρώτη φορά το όνομα 'Πεπερασμένα στοιχεία' (Finite elements) στην εργασία του και από τότε όλοι χρησιμοποιούν την παραπάνω ονομασία.

Το 1967 οι Zienkiewicz και Chung έγραψαν το πρώτο βιβλίο των πεπερασμένων στοιχείων.

Από τότε ένας μεγάλος αριθμός δημοσιεύσεων και βιβλίων ακολούθησε με αντικείμενο την εφαρμογή των πεπερασμένων στοιχείων στην μηχανική, στα ρευστά, τη θερμότητα, την ακουστική, την κατεργασία των μετάλλων, τον ηλεκτρισμό και ηλεκτρομαγνητισμό και σε πολλές άλλες επιστήμες.

2.1.3 ΛΟΓΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Προβλήματα που δεν μπορούσαν να τα αγγίξουν οι επιστήμονες έως τώρα και τα θεωρούσαν άλυτα, με την χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή (H/Y) και των υπολογιστικών μεθόδων όπως των πεπερασμένων στοιχείων τα λύνουν σε μικρό χρόνο.

Στις Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής, στην Ευρώπη, και στις ανεπτυγμένες χώρες, η βιομηχανία, ο στρατός και το κράτος χρηματοδοτούν τα ανώτατα ιδρύματα, τα ερευνητικά κέντρα και τις ερευνητικές εταιρείες, με σκοπό την ανάπτυξη προγραμμάτων.

Η ανάγκη της βιομηχανίας και των προβλημάτων της πράξης, οδήγησε την ανάπτυξη γραφικών προγραμμάτων, τα οποία συνοδεύουν την ανάλυση-υπολογισμό που παρέχουν τα πεπερασμένα στοιχεία. Ο συνδυασμός των γραφικών με την ανάλυση-υπολογισμό των πεπερασμένων στοιχείων υψώνουν την επιστήμη, την απλοποιούν, την κάνουν προσιτή και δημιουργική (state of the art).

Προϊόν της συστηματικής εργασίας των ερευνητών είναι η ανάπτυξη των εμπορικών προγραμμάτων για τον H/Y. Τα εμπορικά προγράμματα αποτελούνται από δύο μεγάλα προγράμματα: Τα γραφικά και την ανάλυση.

α) Γραφικά προγράμματα

Τα γραφικά προγράμματα χρησιμοποιούνται πριν από την ανάλυση (Pre-processing) και μετά την ανάλυση (Post-processing).

- Pre-processing. Με την χρήση του γραφικού προγράμματος το σώμα ή η κατασκευή σχεδιάζεται και κατόπιν διακριτοποιείται στα πεπερασμένα στοιχεία.
- Post-processing. Μετά την ανάλυση γίνονται γραφικές παραστάσεις των αποτελεσμάτων όπως είναι η παραμόρφωση του σώματος, η διανομή των τάσεων εντός του σώματος και άλλων.

β) Πρόγραμμα για την ανάλυση-υπολογισμό

Το πρόγραμμα της ανάλυσης χρησιμοποιείται για την μελέτη ποικίλων προβλημάτων που μπορεί να αφορούν την μηχανική των στερεών ή των κατασκευών, στα ρευστά, στην θερμότητα, στην ακουστική, στην κατεργασία των μετάλλων, στον ηλεκτρισμό και ηλεκτρομαγνητισμό και σε πολλές άλλες περιοχές.

Όλα τα ανώτατα ιδρύματα, τα ερευνητικά κέντρα, η βιομηχανία, οι τεχνικές εταιρείες, οι μηχανικοί της πράξης, οι προ-πτυχιακοί και οι μεταπτυχιακοί φοιτητές, χρησιμοποιούν εμπορικά προγράμματα για τον Η/Υ όπως για παράδειγμα είναι τα παρακάτω:

- ANSYS
- ABAQUS
- SOLIDWORKS
- AUTODESK INVENTOR
- PTC CREO
- CATIA

για την μοντελοποίηση (ή προσομοίωση) προβλημάτων. Τα προγράμματα παρέχουν υπορουτίνες (subroutines), ώστε ο χρήστης να μπορεί να προσθέσει το δικό του πρόγραμμα συνήθως σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN ή C, για να προσθέσει πληροφορίες που δεν υπάρχουν στο εμπορικό πρόγραμμα, όπως για παράδειγμα να τροποποιήσει, να βελτιώσει ή να προσθέσει νέες καταστατικές

εξισώσεις (constitutive equations). Υπάρχουν επίσης ειδικά προγράμματα πεπερασμένων στοιχείων, όπως για παράδειγμα είναι τα παρακάτω:

HITCAN (Metalmatrixcompositesanalyzer) και CODSTRAN (polymercompositesanalyzer), τα οποία έχουν αναπτυχθεί στο ερευνητικό κέντρο NASAGlenn (Lewis) ResearchCenter, Cleveland, Ohio, USA υπό την επίβλεψη και δημιουργού αυτών Dr. ChristosC. Chamis. Τα προγράμματα αυτά, χρησιμοποιούν τα πεπερασμένα στοιχεία και την μηχανική των συνθέτων υλικών (fibercompositematerials).

3 ΑΝΤΟΧΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασία χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από το πλαίσιο θαλάμου ανελκυστήρα της εταιρίας Μίνως Ε.Π.Ε. Η γραφική απεικόνιση του πλαισίου θαλάμου καθώς και η ανάλυση με την χρήση πεπερασμένων στοιχείων έγινε με την χρήση του προγράμματος Autodesk Inventor 2016 – Student Version.

Έπειτα από αρκετές προσπάθειες λύσης του προβλήματος λόγω του πολύπλοκου τρόπου στήριξης της κατασκευής, μερικές από τις οποίες φαίνονται παρακάτω, βρέθηκαν τα κρίσιμα σημεία της κατασκευής, οι μέγιστες τάσεις καθώς και παραμορφώσεις αυτής,

Τα αποτελέσματα που αντλούνται από την προσομοίωση με το πρόγραμμα Autodesk Inventor είναι :

Κριτήριο Mises : «Η διαρροή ενός υλικού αρχίζει όταν η στροφική ενέργεια που προκαλείται από τις τάσεις την γενικής εντατικής κατάστασης, γίνει ίση με την αντίστοιχη ενέργεια σε μονοαξονικόεφεκλυσμό» . Αυτό συμφωνεί πολύ ικανοποιητικά με τα πειραματικά αποτελέσματα στην περίπτωση των όλκιμων υλικών, που είναι η δική μας περίπτωση, αλλά αποκλίνει σημαντικά στην περίπτωση των ψαθυρών υλικών.

1^{εs} κύριες τάσεις

3^{εs} κύριες τάσεις

Παραμόρφωση : Το πρόγραμμα υπολογίζει την μέγιστη παραμόρφωση που θα έχει το μοντέλο με τα δεδομένα που του εισάγουμε.

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Για την συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκαν σχέδια από το πλαίσιο θαλάμου ανελκυστήρα που προτείνει η εταιρία για μέχρι 5 άτομα και κανονικό θάλαμο (δηλαδή όχι επιφάνειες από γυαλί ή μάρμαρο ή οτιδήποτε άλλο που να προσθέτει επιπλέον βάρος στον θάλαμο)

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως ο θάλαμος του ανελκυστήρα εδράζεται πάνω στους προβόλους της κατασκευής οπότε η δύναμη που ασκείται στην κατασκευή είναι κάθετη στους προβόλους και τιμής

$$F = g * (n * 75) + f1$$

Όπου :

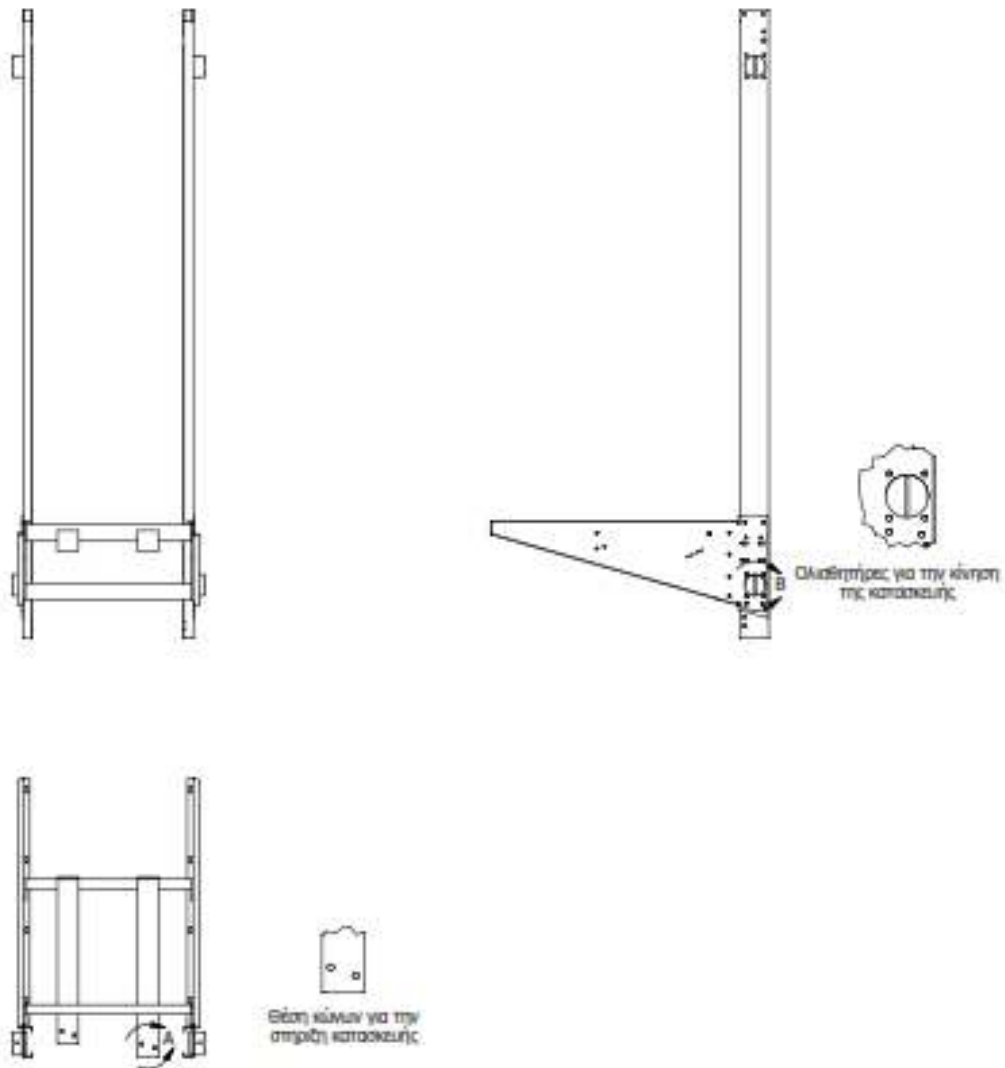
- F : Το συνολικό βάρος που ασκείται στην κατασκευή
- n : Ο αριθμός των ατόμων
- f_1 : Το βάρος της καμπίνας σε N
- g : η επιτάχυνση της βαρύτητας 9,81 m/s

Εφόσον θέλουμε να εξετάσουμε τη δυσμενέστερη κατάσταση θέτουμε ως αριθμό ατόμων 5 και ως βάρος θαλάμου περίπου 200kg

Άρα $F = 5649 \text{ N}$ οπότε η κάθετη δύναμη που θα ασκηθεί στην κατασκευή είναι

$$F1 = F2 = 2820 \text{ N}$$
 σε κάθε πρόβολο

Σε κατάσταση λειτουργίας το πλαίσιο θαλάμου μέσω των οδηγών κινείται κάθετα μέσα στο φρεάτιο. Η ανάρτηση του γίνεται στο πίσω μέρος του πλαισίου που τοποθετούνται οι κώνοι. Από τους κώνους τα συρματόσχοινα «τραβάνε» το πλαίσιο, οπότε ουσιαστικά εκεί είναι και η στήριξη της κατασκευής



Εικόνα 3-1 Μέρη στήριξης κατασκευής

Οπότε φαίνονται φανερά πλέον που θα έπρεπε να είναι οι στηρίξεις και που οι δυνάμεις κατά τον προσδιορισμό του προβλήματος. Δηλαδή fixedsupportτεκεί που εδρεύουν οι ροδέλες των κώνων, frictionlessupportστις επιφάνειες των ολισθητήρων και force 2820 Nσε κάθε έναν πρόβολο. Έτσι στήθηκαν τα πρώτα προβλήματα όπω φαίνεται και παρακάτω.

3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΠΑΚΤΩΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΡΤΗΣΗ

3.3.1 Δεδομένα Προβλήματος

Στην παρούσα προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες ρυθμίσεις :

General objective and settings:

Simulation Type	Static Analysis
-----------------	-----------------

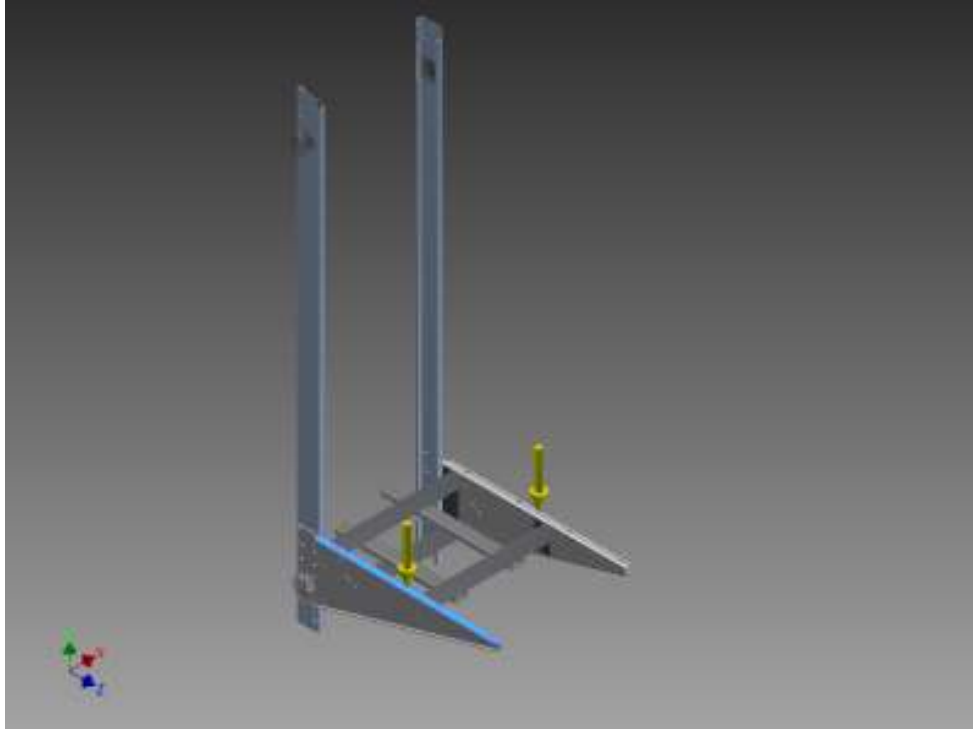
Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

Material(s)

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0,275 ul
	Shear Modulus	86,2745 GPa

Οι δυνάμεις που θεωρήσαμε πως υπάρχουν αναπαραστώνται στην παρακάτω εικόνα τάξης μεγέθους 2820 N σε κάθε πρόβολο.



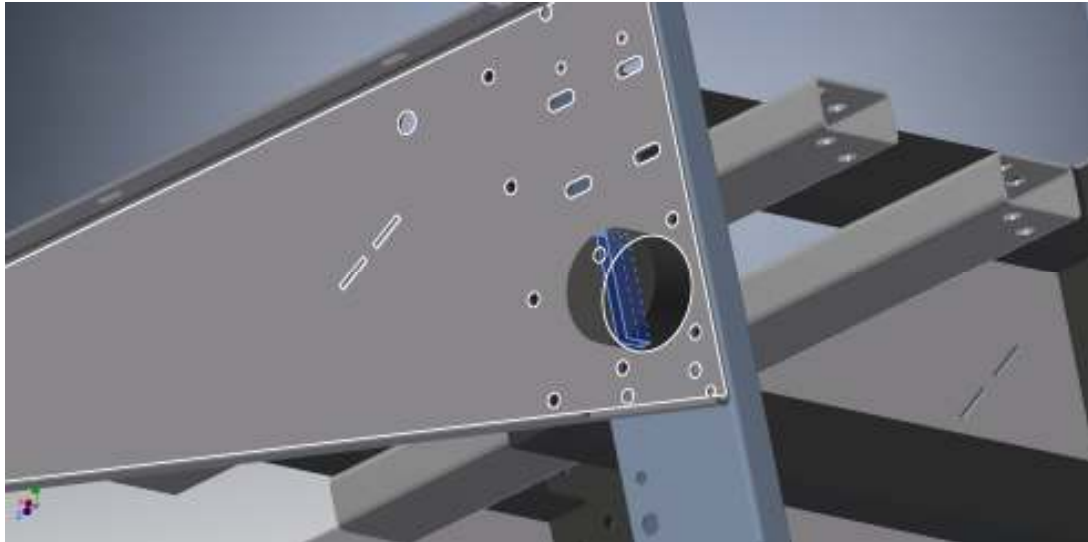
Εικόνα 3-2 Κάθετες δυνάμεις στους προβόλους

Οι στηρίξεις τοποθετήθηκαν όπως αναφέρθηκαν παραπάνω και όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα δηλαδή :

1. Πάκτωση στην ανάρτηση
2. Κύλιση στους ολισθητήρες



Εικόνα 3-3Στήριξη ανάρτησης

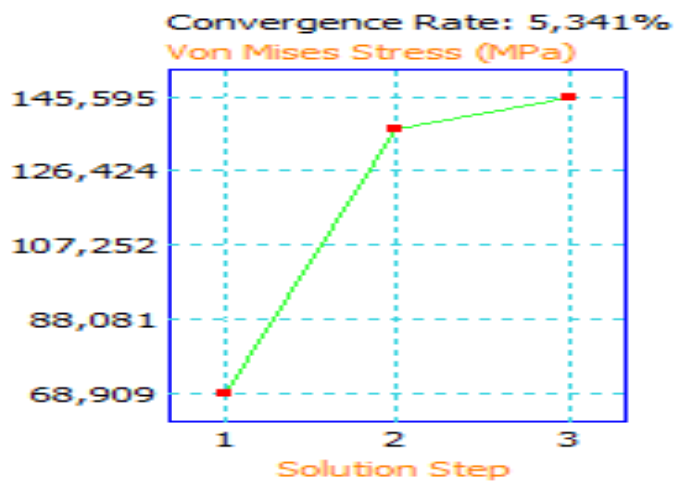


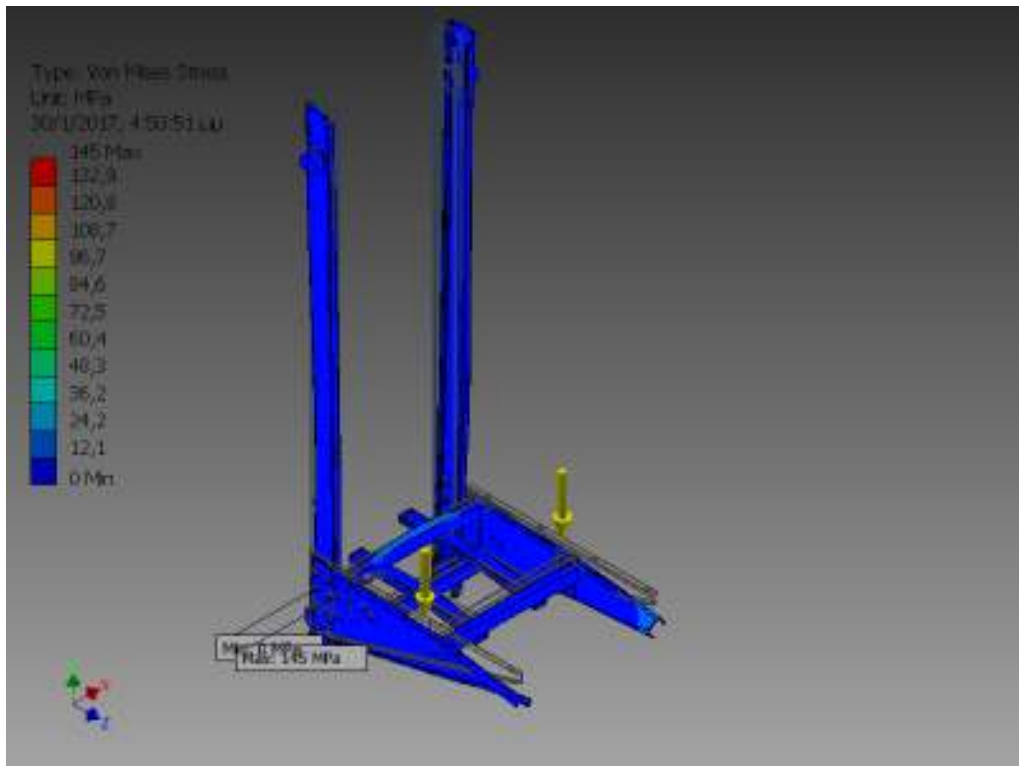
Εικόνα 3-4 Ολίσθηση στους ολισθητήρες

3.3.2 Αποτελέσματα

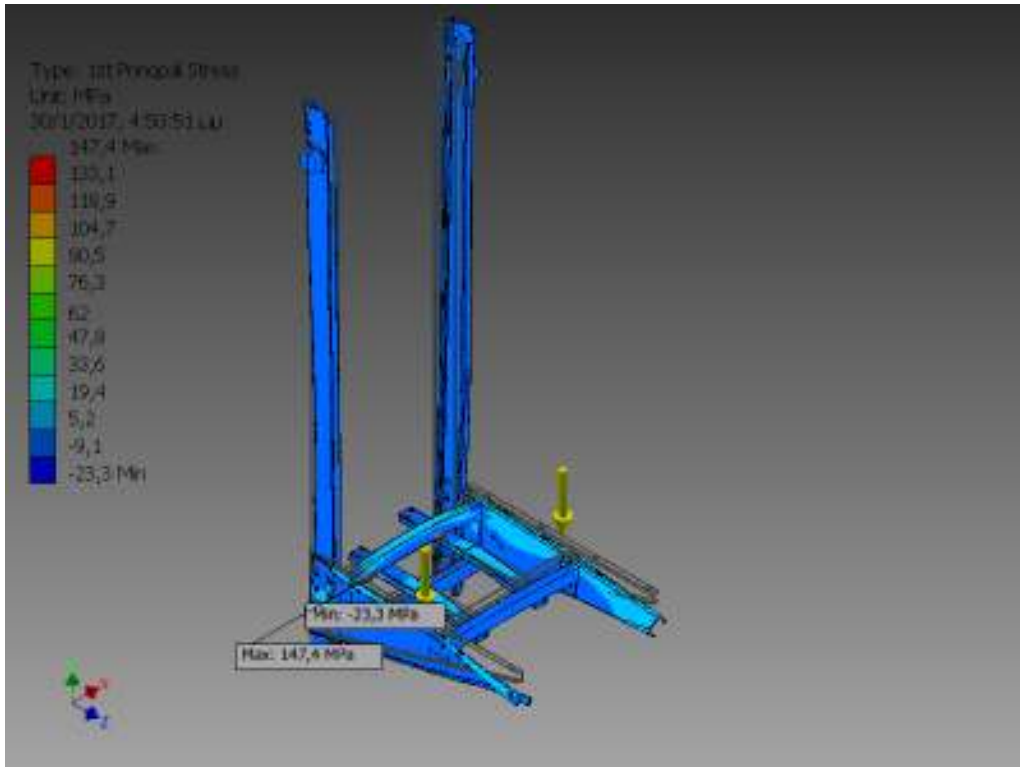
Τα αποτελέσματα αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα και στις ακόλουθες εικόνες

Name	Minimum	Maximum
Volume	15084300 mm ³	
Mass	118,411 kg	
Von Mises Stress	0,0000786133 MPa	144,991 MPa
1st Principal Stress	-23,2762 MPa	147,362 MPa
3rd Principal Stress	-157,411 MPa	36,5243 MPa
Displacement	0 mm	0,61226 mm
Safety Factor	1,42768	

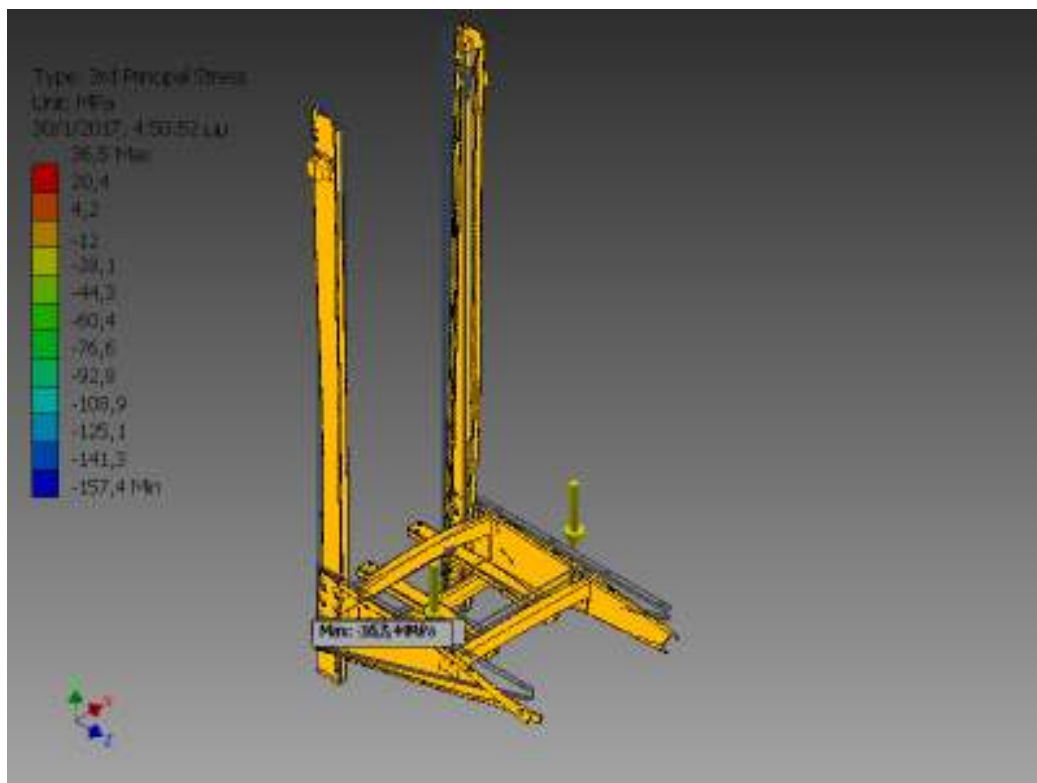




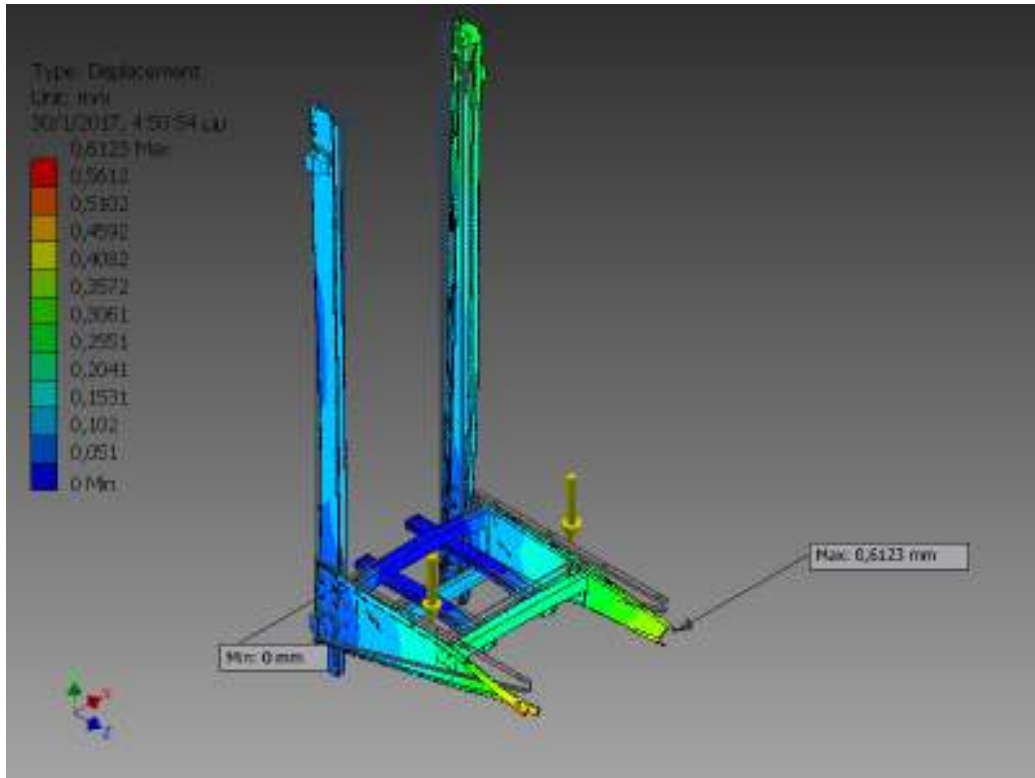
Εικόνα 3-Von Mises Stress



Εικόνα 3-61st Principal Stress



Εικόνα 3-73rd Principal Stress



Εικόνα 3-8 Displacement

Όπως ξεκάθαρα φαίνεται το μοντέλο δεν μπορούσε να συγκλίνει γιατί δεν μπορούσε να εντοπίσει την μέγιστη τάση. Αυτό οφείλεται στο ότι υπήρχαν ακμές στην ανάρτηση που θεωρούσε το πρόγραμμα ως σημεία που απειρίζεται η τάση και στο ότι δεν μπορούσε το πρόγραμμα να καταλάβει τον τρόπο στήριξης που εισάγαμε. Άρα από αυτό μπορεί κανείς να καταλάβει ότι το μαθηματικό μοντέλο που στήθηκε δεν αποτελεί μια σωστή εκδοχή για το τι θα συμβεί στην πραγματικότητα.

Σε επόμενη φάση προχωρήσαμε σε διάφορες εναλλακτικές αυτού του προβλήματος όπως

- Fixed support στο πάνω μέρος των κολώνων. Ουσιαστικά ένα simulation όπου η κατασκευή κρεμάστηκε από το πάνω μέρος της και ασκούσαμε τα φορτία στους προβόλους.
- Αντιστροφή δυνάμεων και στηρίξεων. Σε αυτήν την περίπτωση ασκήσαμε την στήριξη στους προβόλους και την δύναμη στο πίσω μέρος της ανάρτησης.

- Πάκτωση σε διαφορετικό μέρος της ανάρτησης. Αντί για το σημείο όπου πατάνε οι ροδέλες των κώνων συρματοσχοίνων βάλουμε την πάκτωση στο πίσω μέρος του κοιλοδοκού της ανάρτησης.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις πήραμε σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα που είχαμε στο παραπάνω simulation. Έτσι μια άλλη εκδοχή του προβλήματος έπρεπε να βρεθεί.

3.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΣΤΗΡΙΞΗ ΠΕΙΡΟΥ

Σε αυτή την περίπτωση αντί για fixed support χρησιμοποιήθηκε rigid constrain. Ουσιαστικά πήραμε σαν δεδομένο ότι εισάγουμε μια στήριξη που επιτρέπει την στρέψη στα σημεία της κολώνας όπου υπάρχουν οι οπές για την τοποθέτηση των βάσεων ολισθητήρων. Έτσι εφόσον υπάρχουν αυτές οι οπές και στο πάνω και στο κάτω μέρος της κολώνας η στρέψη που επιτρέπει είναι πολύ μικρή και έτσι δεν μας αλλιώνει το αποτέλεσμα ενώ παράλληλα μας δίνει και την επιθυμητή στήριξη.

3.4.1 Δεδομένα προβλήματος

Στην παρούσα προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες ρυθμίσεις :

General objective and settings:

Simulation Type	Static Analysis
-----------------	-----------------

Mesh settings:

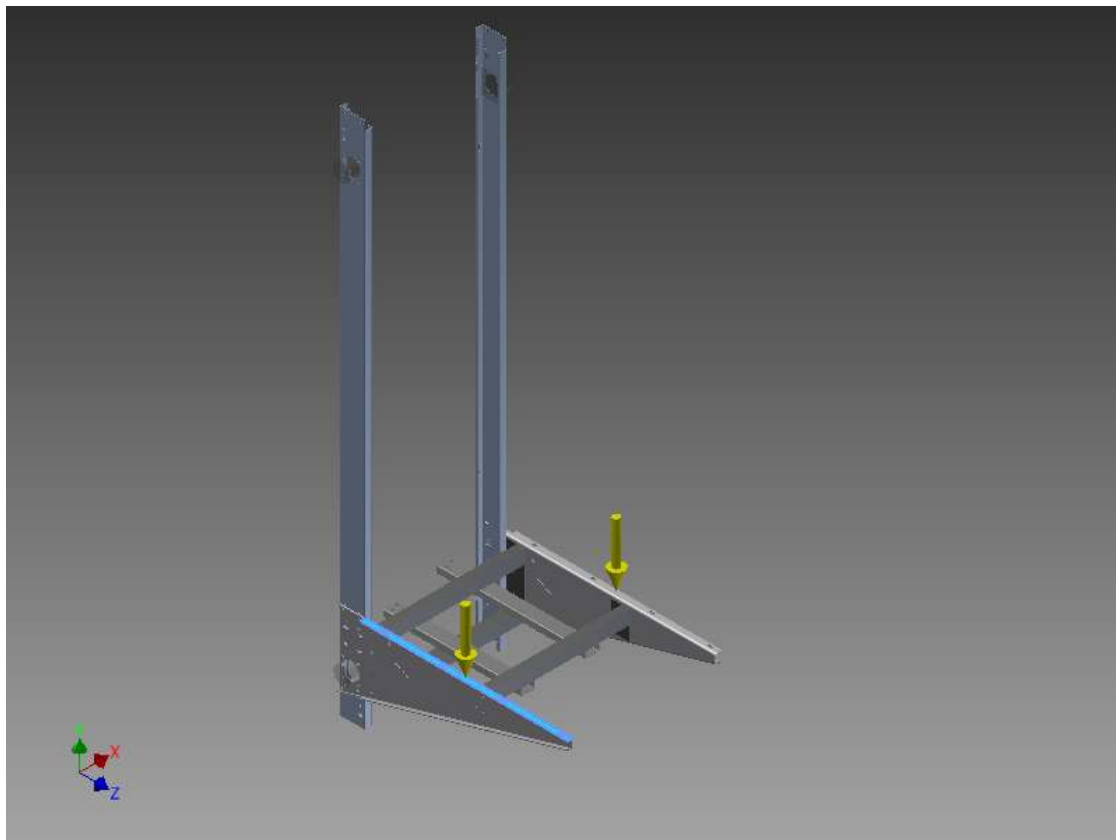
Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

Material(s)

Name	Steel	
General	Mass Density	7,85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa

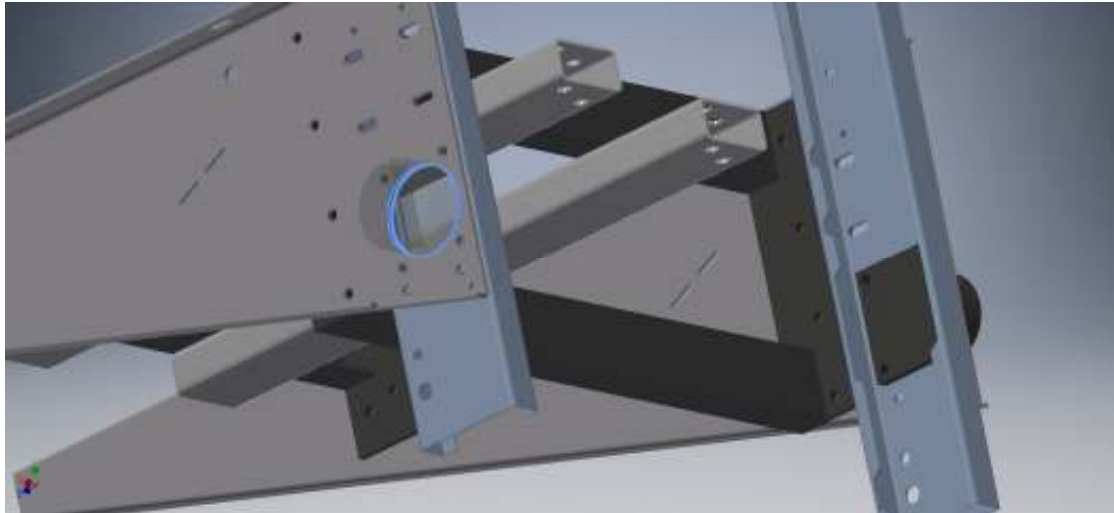
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	80,7692 GPa

Οι δυνάμεις που ασκούνται είναι οι ίδιες με το προηγούμενο πρόβλημα δηλαδή 2820 N σε κάθε πρόβολο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 3-9Κάθετες δυνάμεις στους προβόλους

Αυτήν την φορά οι στηρίξεις είναι όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα, ομοίως και στις 4 εισδοχές για τις βάσεις των ολισθητήρων.

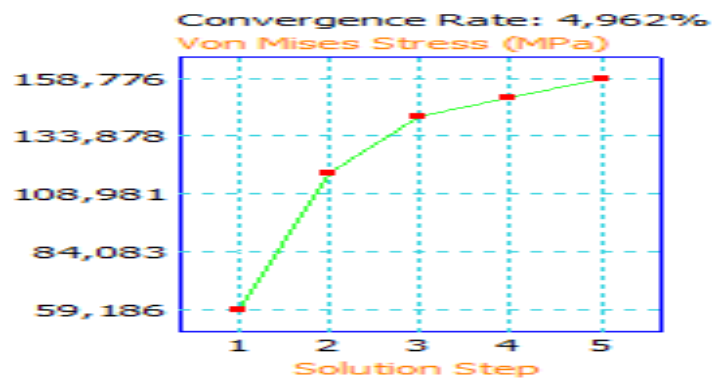


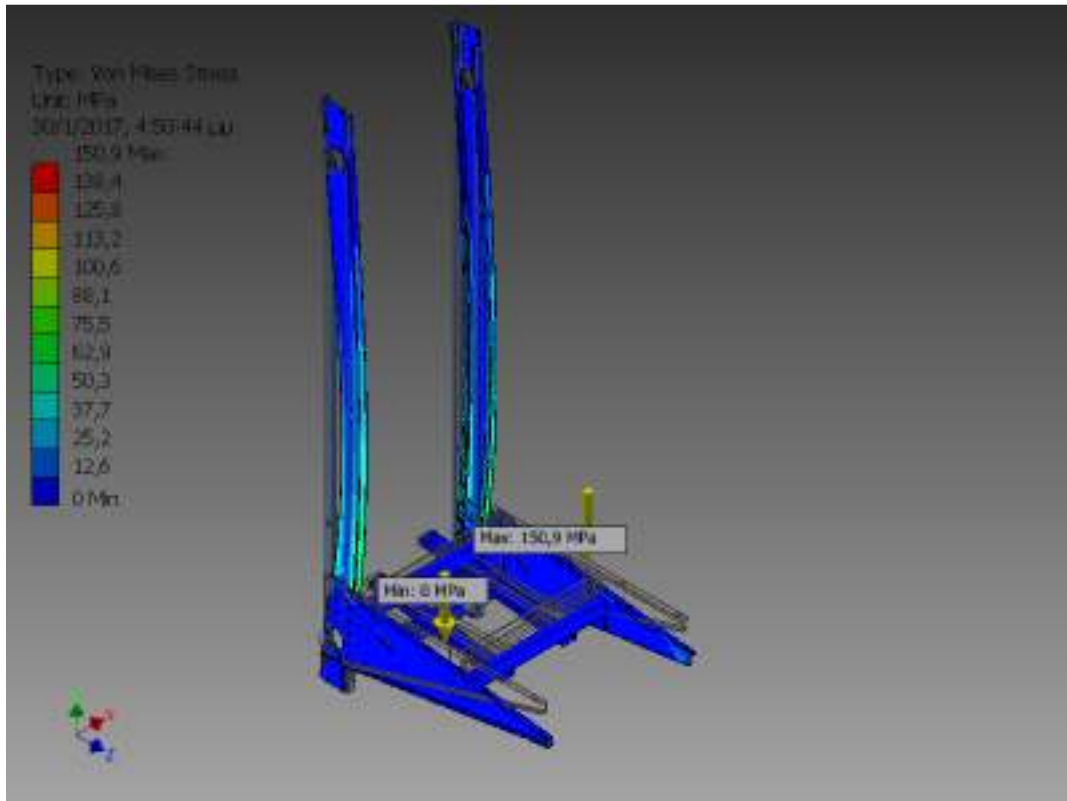
Εικόνα 3-10 Στήριξη "πειρου"

3.4.2 Αποτελέσματα

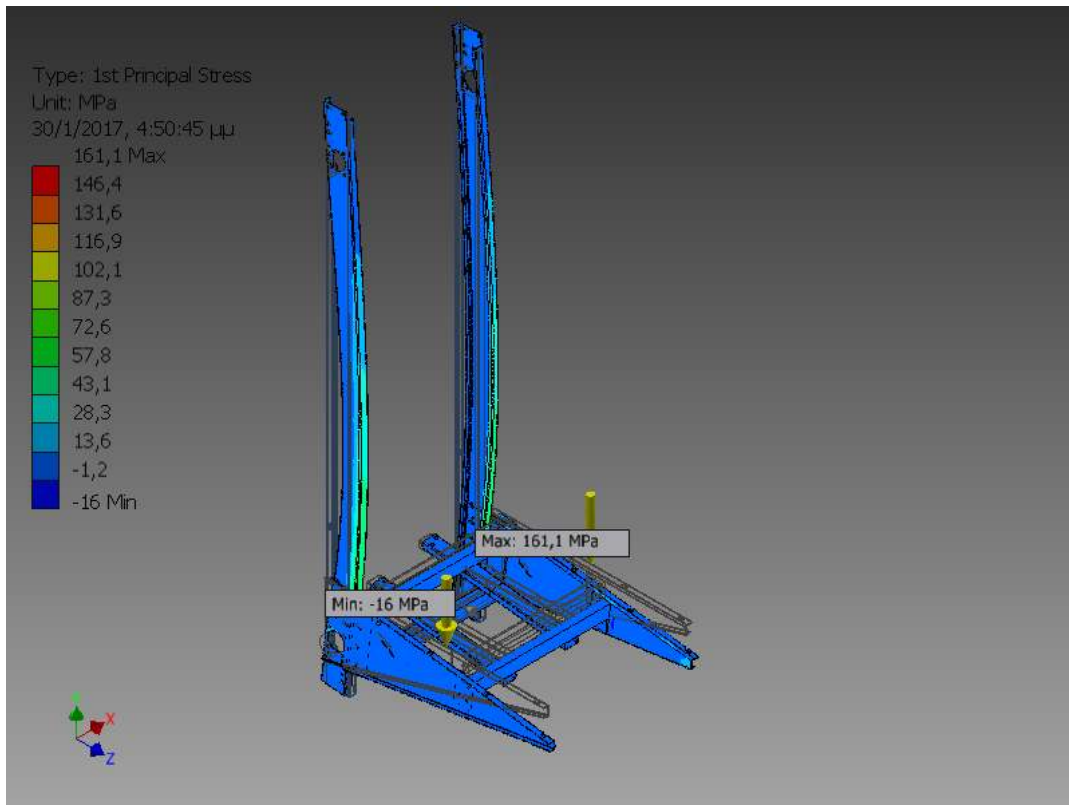
Τα αποτελέσματα αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα και στις ακόλουθες εικόνες

Name	Minimum	Maximum
Volume	15084300 mm ³	
Mass	99,0395 kg	
Von Mises Stress	0,00399486 MPa	150,946 MPa
1st Principal Stress	-15,9623 MPa	161,125 MPa
3rd Principal Stress	-101,883 MPa	18,7472 MPa
Displacement	0,0874205 mm	4,05847 mm
Safety Factor	1,37136 ul	

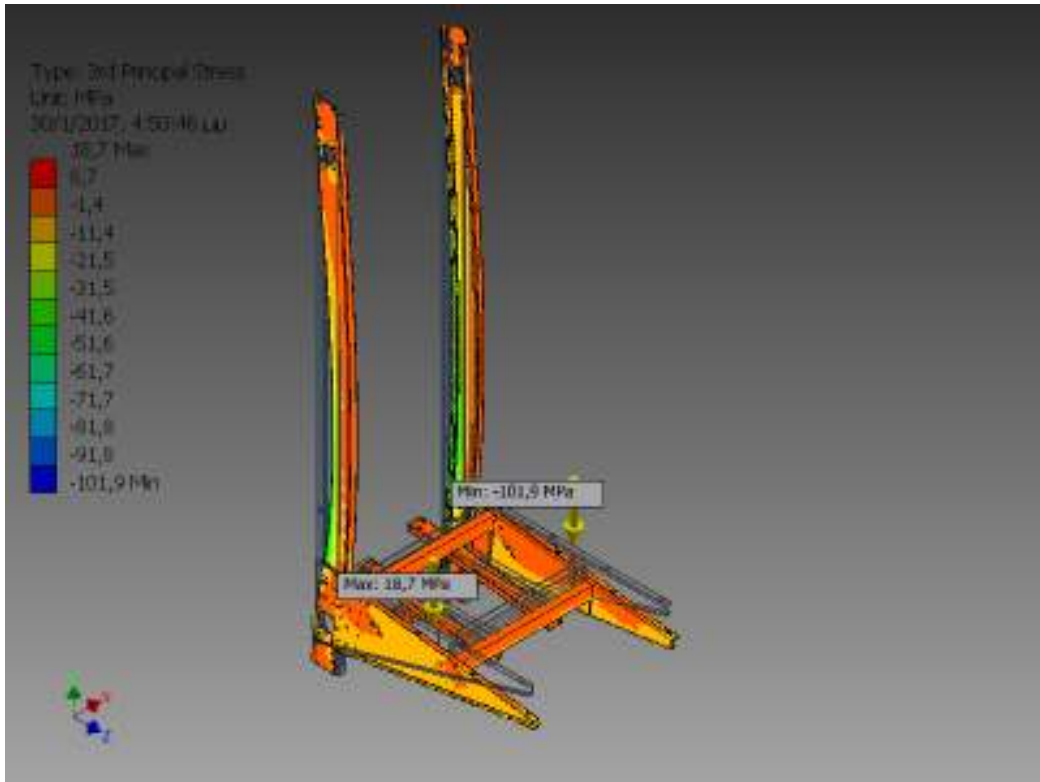




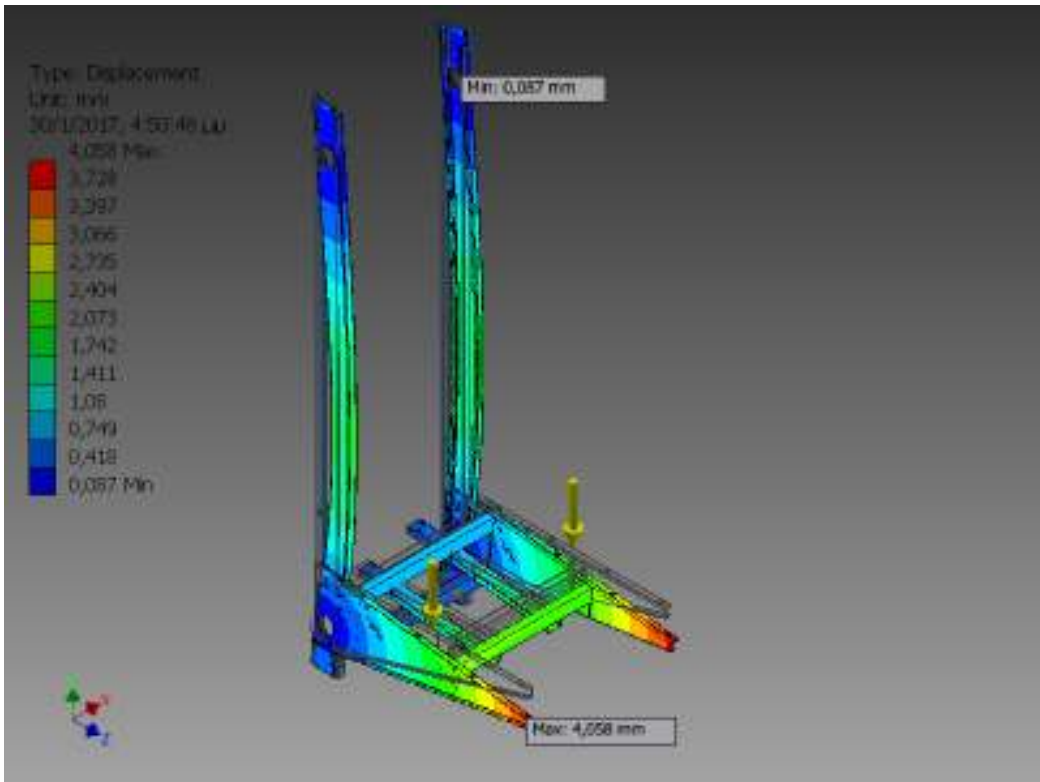
Εικόνα 3-11 Von Mises Stress



Εικόνα 3-12 1st Principal Stress



Εικόνα 3-133rd Principal Stress



Εικόνα 3-14Displacement

Το μοντέλο συγκλίνει σχετικά γρήγορα όπως μπορούμε να δούμε στο παρακάτω διάγραμμα οπότε αυτό είναι μια ένδειξη ότι τα αποτελέσματα μας είναι σωστά. Άρα το μαθηματικό μοντέλο ανταποκρίνεται στο φυσικό μοντέλο. Όπως μπορούμε να δούμε το μέγιστο σημείο τάσης είναι μία εγκοπή που έχει η κολώνα. Αυτή φαινομένικα δεν έχει κάποια χρησιμότητα αλλά είναι πολύ χρήσιμη κατά την συναρμολόγηση της κατασκευής. Πρακτικά και να αστοχήσει στην περιοχή της κολώνας δεν υπάρχει πρόβλημα γιατί θα έχει μόνο μια μικρή πλαστική παραμόρφωση κρίνοντας από τον συντελεστή ασφαλείας. Το σημείο πιθανής αστοχίας βέβαια είναι στην σύνδεση κολώνας προβόλου, στην επιφάνεια του προβόλου γιατί εκεί ασκούνται όλα τα φορτία.

Με τα παραπάνω ως δεδομένα πήραμε διάφορους προβόλους και τους μελετήσαμε για να δούμε την βέλτιστη λύση.

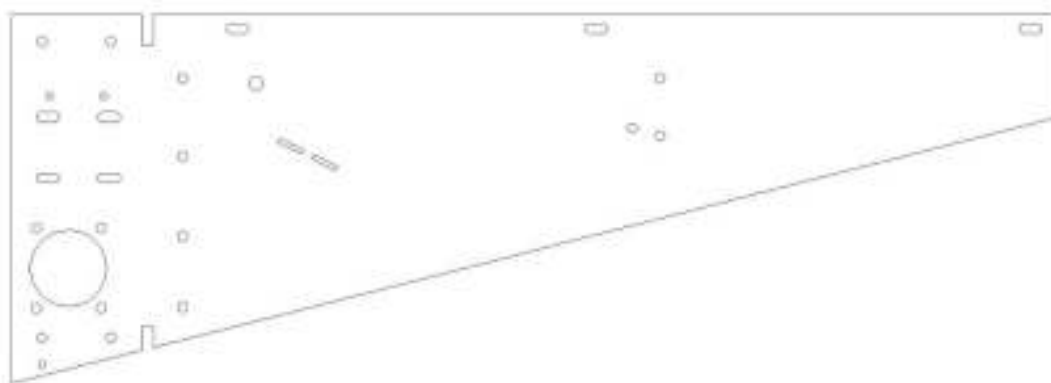
3.5 ΕΞΕΤΑΣΗ ΠΡΟΒΟΛΩΝ

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα πειράματα το σημείο αστοχείας της κατασκευής είναι στην ένωση κολώνας – προβόλου οπότε σε εκείνο το σημείο πρέπει να παρθούν μέτρα για την μείωση της τάσης. Ένας τρόπος είναι με προσθήκη λάμας ενίσχυσης έτσι ώστε να αυξηθεί το πάχος του συνδιασμού κολώνας – προβόλου σε εκείνη την περιοχή. Ένας άλλος τρόπος είναι να δημιουργηθεί σε αυτό το σημείο ένα ράδιο.

Οπότε πήραμε τις παρακάτω 4 περιπτώσεις :

1. Ο πρόβολος που χρησιμοποιούσε η εταιρία μέχρι και πριν λίγους μήνες
2. Ο πρόβολος που χρησιμοποιεί τώρα η εταιρία
3. Ένας πρόβολος που προτάθηκε από τον σπουδαστή ως εναλλακτική
4. Ένας πρόβολος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενίσχυση

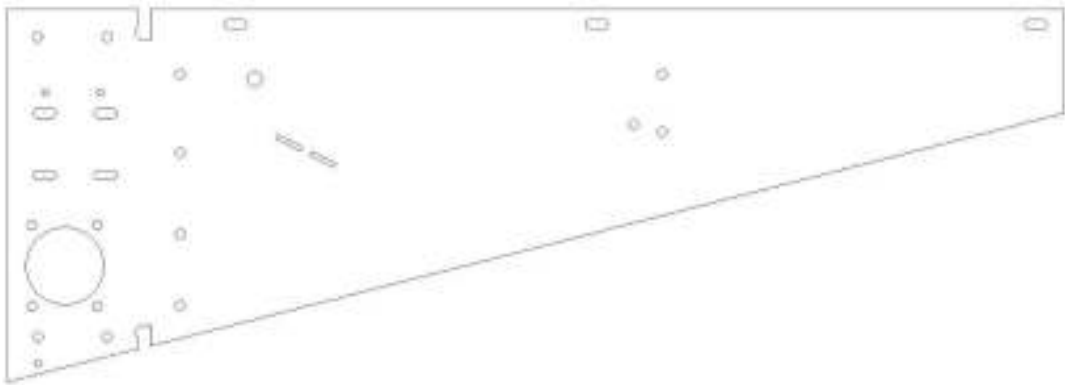
Περίπτωση 1 : Πρόβολος που χρησιμοποιούσε η εταιρία μέχρι πριν και λίγους μήνες



Εικόνα 3-15 Πρόβολος Νο1

Σε αυτήν την περίπτωση γινόταν μια εγκοπή στην λαμαρίνα για να μπορεί να στρατζαριστεί το μέρος της επιφάνειας που χρησιμοποιούταν για να πατήσει η καμπίνα

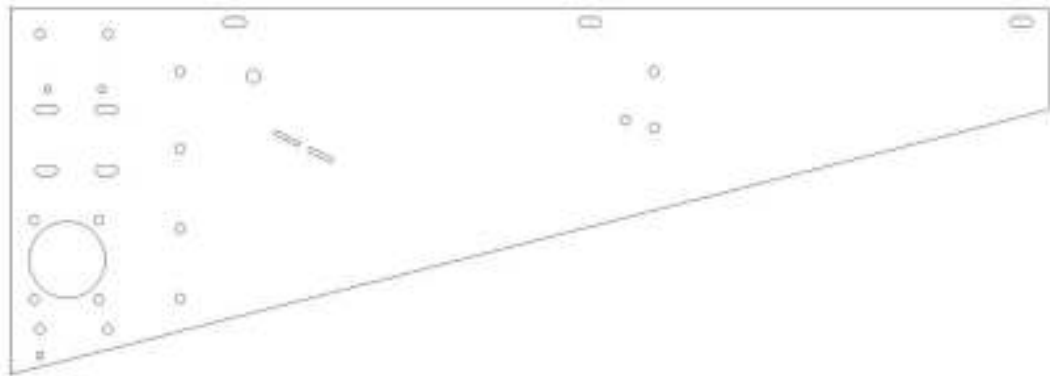
Περίπτωση 2 : Πρόβολος που χρησιμοποιεί η εταιρία τώρα



Εικόνα 3-16 Πρόβολος Νο2

Η ίδια περίπτωση με πριν αλλά η εγκοπή έχει ημικυκλική διατομή πλέον σε αντίθεση με την προηγούμενη τετράγωνη

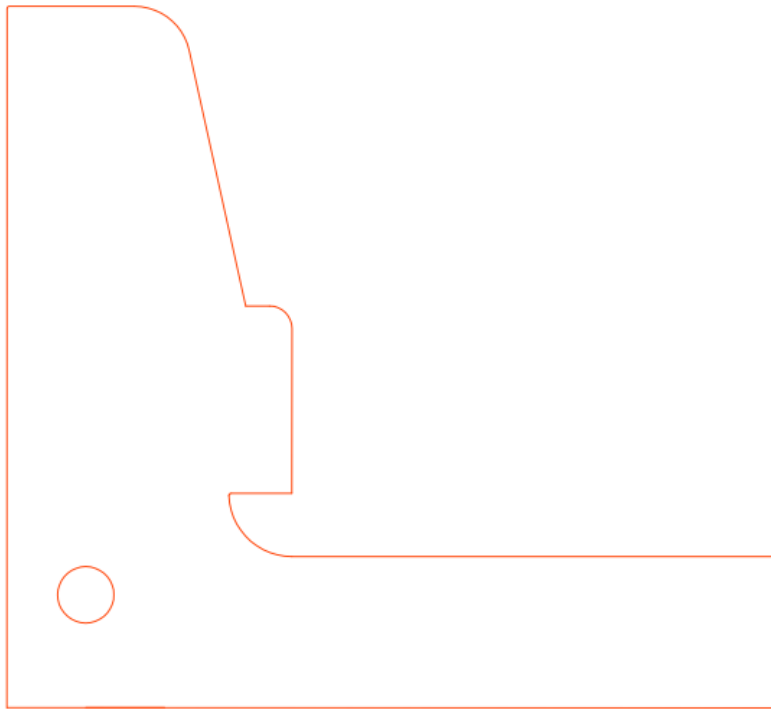
Περίπτωση 3 : Πρόβολος που προτάθηκε από τον φοιτητή



Εικόνα 3-17 Πρόβολος Νο3

Η διαφορά με τις προηγούμενες 2 περιπτώσεις είναι ότι σε αυτήν εδώ την περίπτωση το στρατζάρισμα είναι σε όλο το μήκος του προβόλου και δεν σταματάει εκεί που αρχίζει η κολώνα. Βέβαια σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να αλλαχθούν κάποια κατασκευαστικά στοιχεία το οποίο χρειάζεται επιπλέον μελέτη.

Περίπτωση 4 : Πρόβολος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενίσχυση.



Το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν προσθήκη ενίσχυσης πρόβολου και όχι σαν αυτόνομος πρόβολος.

Έτσι εφαρμόζοντας κάθετη δύναμη 2820 N στον πρόβολο και προσέχοντας να υπάρχει η ίδια τιμή ροπής σε κάθε πρόβλημα στήθηκαν τα προβλήματα.

Παραδοχές :

- Σε κάθε πρόβλημα αφαιρέθηκαν τα στρατζαρίσματα για απλοποίηση των υπολογισμών των πεπερασμένων στοιχείων.
- Σε κάθε γωνία που έκανε το μοντέλο εφαρμόστηκε ένα ράδιο 2mm ώστε να μπορεί να παρθεί μια λύση από την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων

3.5.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1

Στην παρούσα προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες ρυθμίσεις :

3.5.1.1 Δεδομένα προβλήματος

Simulation Type	Static Analysis
-----------------	-----------------

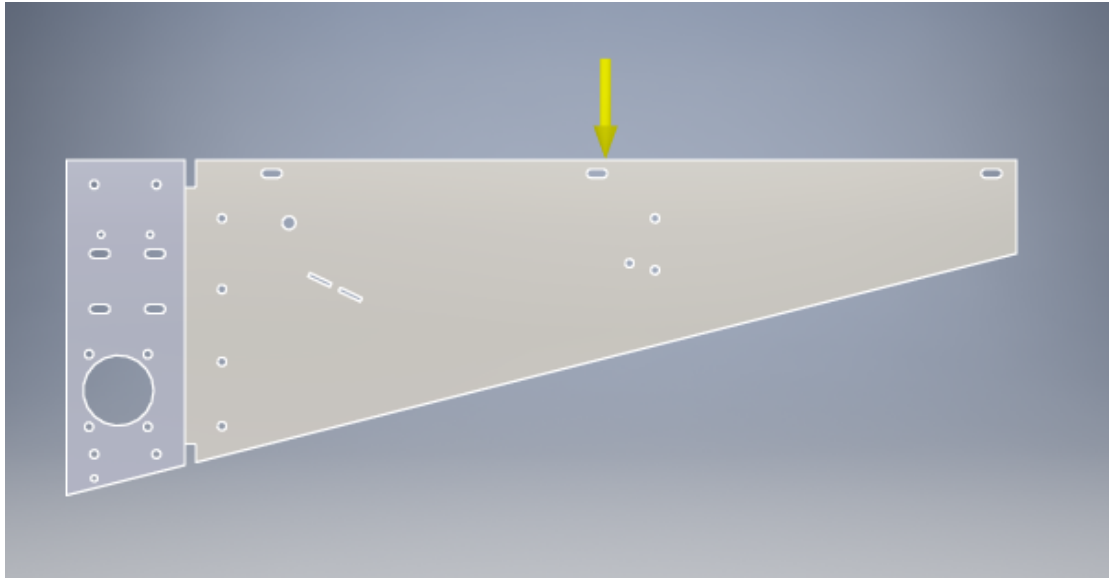
Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

Material(s)

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0,275 ul
	Shear Modulus	86,2745 GPa

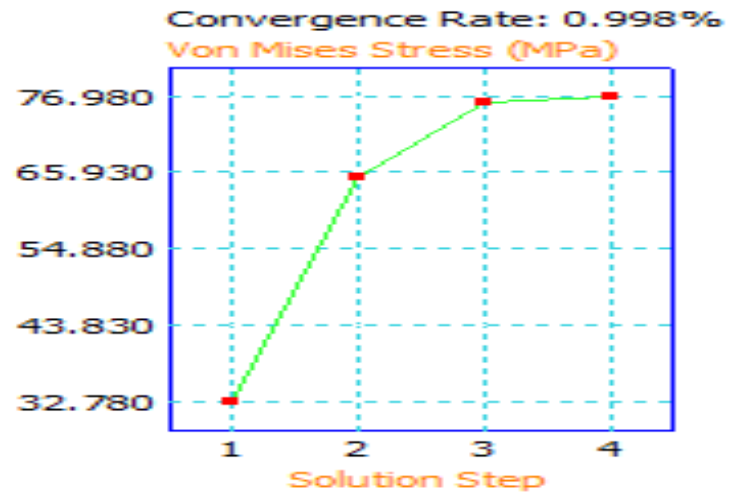
Η δύναμη που ασκήθηκε είναι κάθετη στον πρόβολο, τάξης 2820 N και οι στηρίξεις είναι πακτώσεις εκατέρωθεν του σημείου που ο πρόβολος ενώνεται με την κολώνα



Εικόνα 3-18 Φορτίο και στήριξη

3.5.1.2 Αποτελέσματα

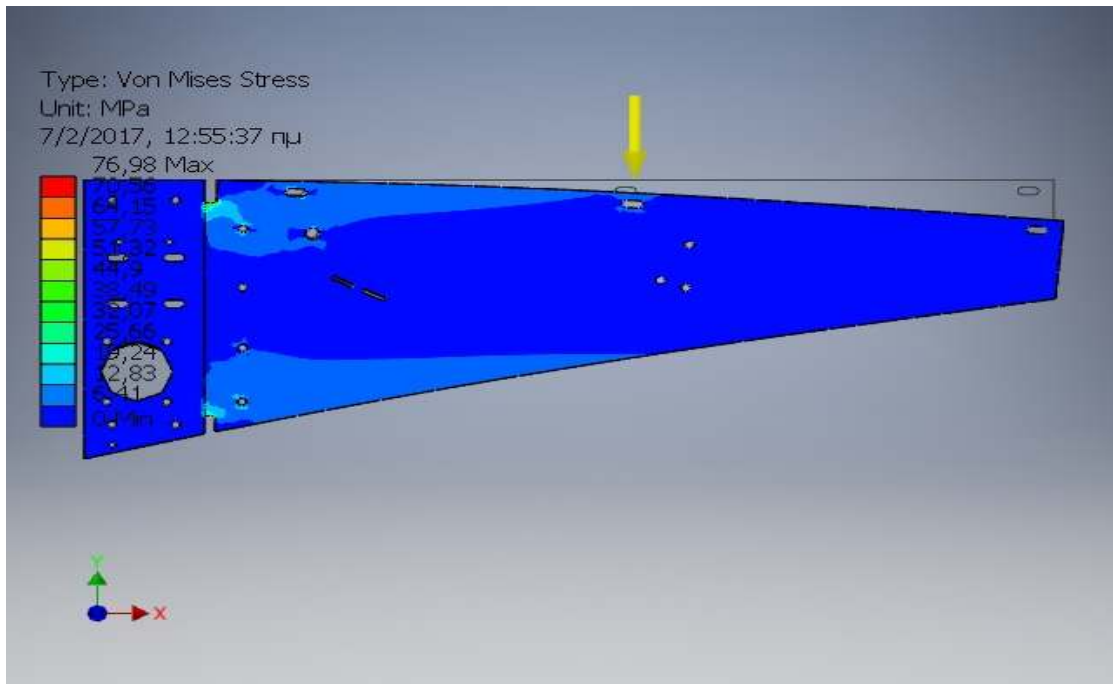
Το μοντέλο σύγκλινε όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα άρα το μαθηματικό μοντέλο ανταποκρίνεται στο φυσικό.



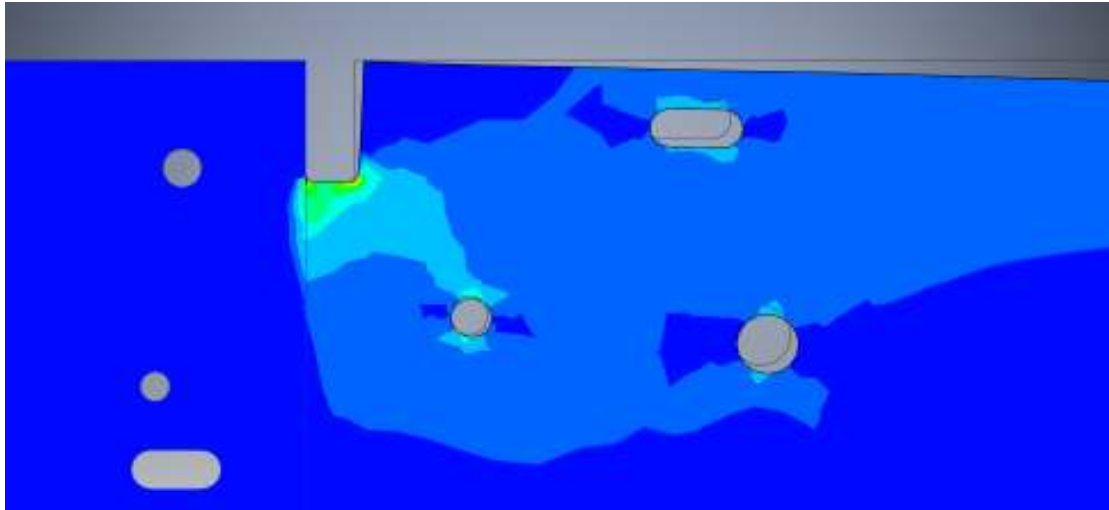
Εικόνα 3-19 Διάγραμμα Σύγκλισης

Result Summary

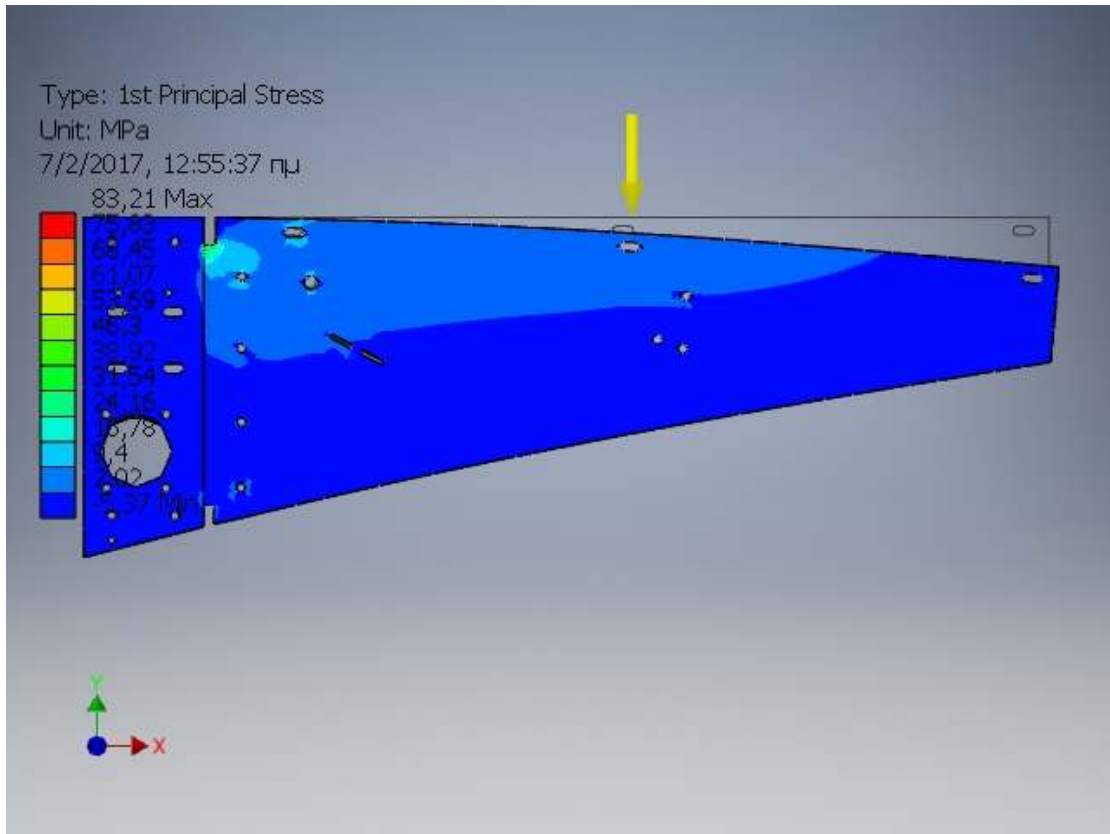
Name	Minimum	Maximum
Volume	2059160 mm ³	
Mass	16,1644 kg	
Von Mises Stress	0,0000000000389509 MPa	76,98 MPa
1st Principal Stress	-5,3661 MPa	83,2126 MPa
3rd Principal Stress	-65,2175 MPa	9,14842 MPa
Displacement	0 mm	0,180126 mm
Safety Factor	2,68901 ul	



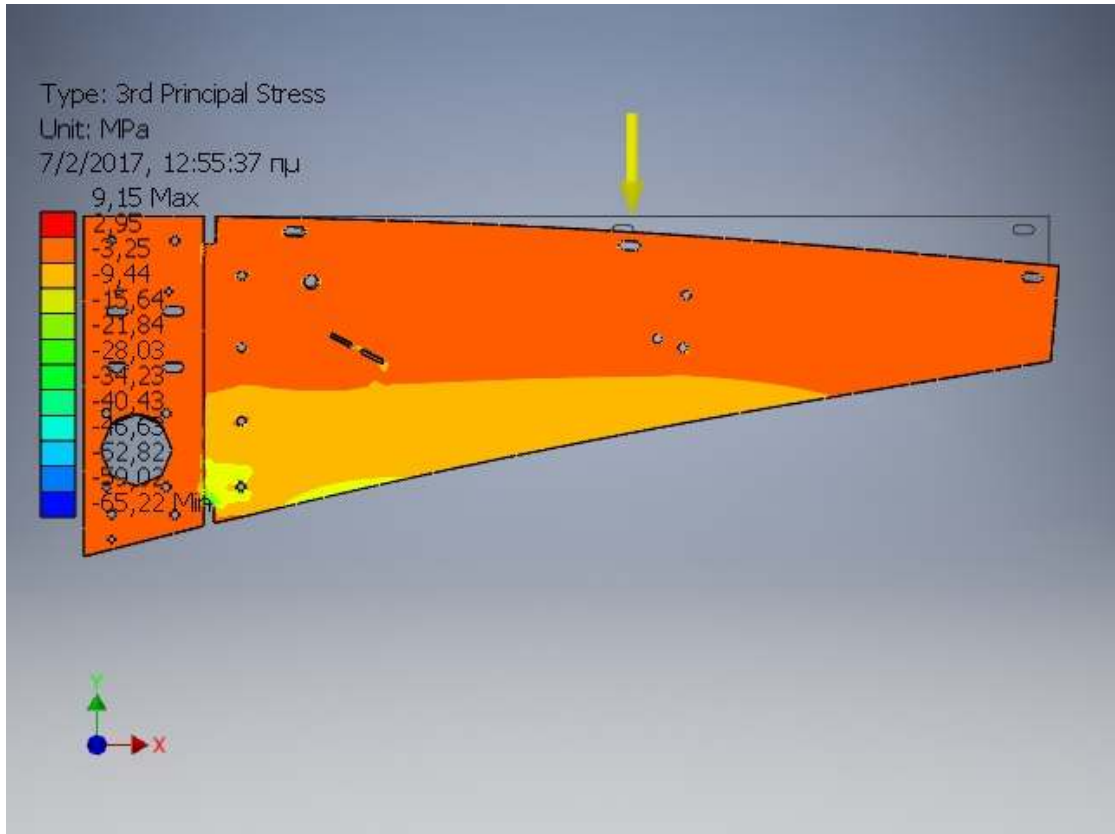
Εικόνα 3-20 Von Mises Stress



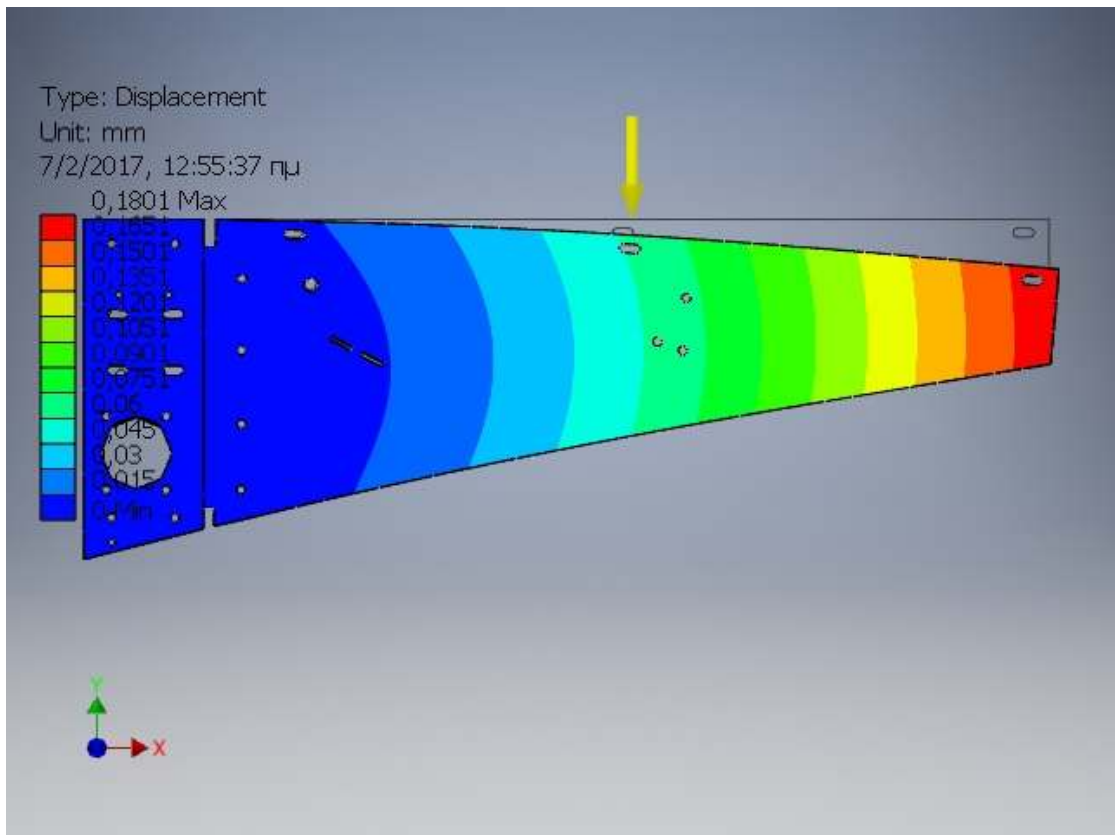
Εικόνα 3-21 Von Mises Stress - detail



Εικόνα 3-22 1st Principal Stress



Εικόνα 3-233rd Principal Stress



Εικόνα 3-24Displacement

3.5.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2

Στην παρούσα προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες ρυθμίσεις :

3.5.2.1 Δεδομένα προβλήματος

General objective and settings:

Simulation Type	Static Analysis
-----------------	-----------------

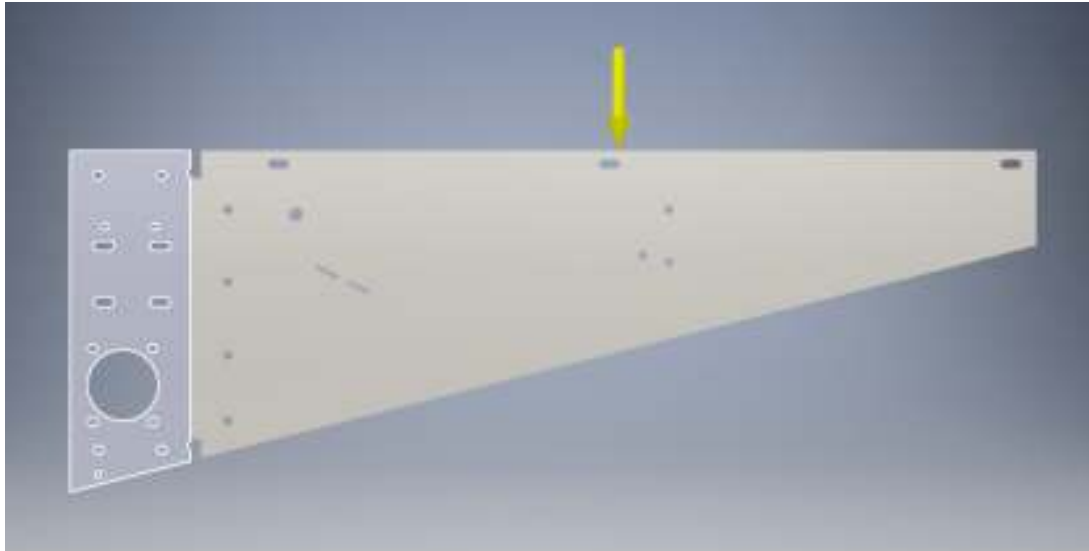
Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

Material(s)

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0,275 ul
	Shear Modulus	86,2745 GPa

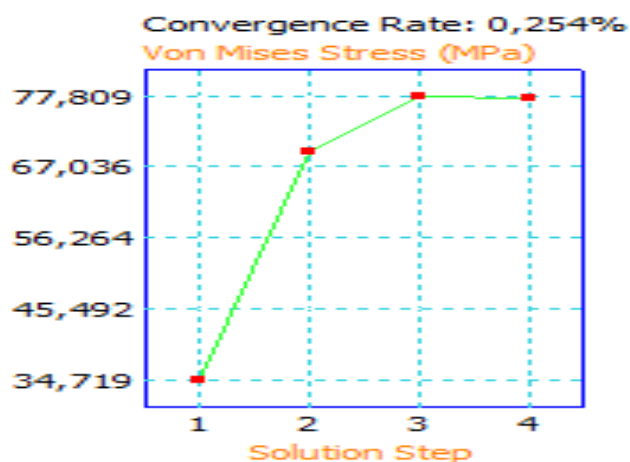
Η δύναμη που ασκήθηκε είναι ίση με την δύναμη που δέχεται ο ένας πρόβολος σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας άρα 2820 N και όσο για την στήριξη χρησιμοποιήθηκε πάκτωση στην πίσω μεριά του προβόλου εκεί που ο πρόβολος ενώνεται με την κολώνα.



Εικόνα 3-25 Φορτίο & Στήριξη

3.5.2.2 Αποτελέσματα

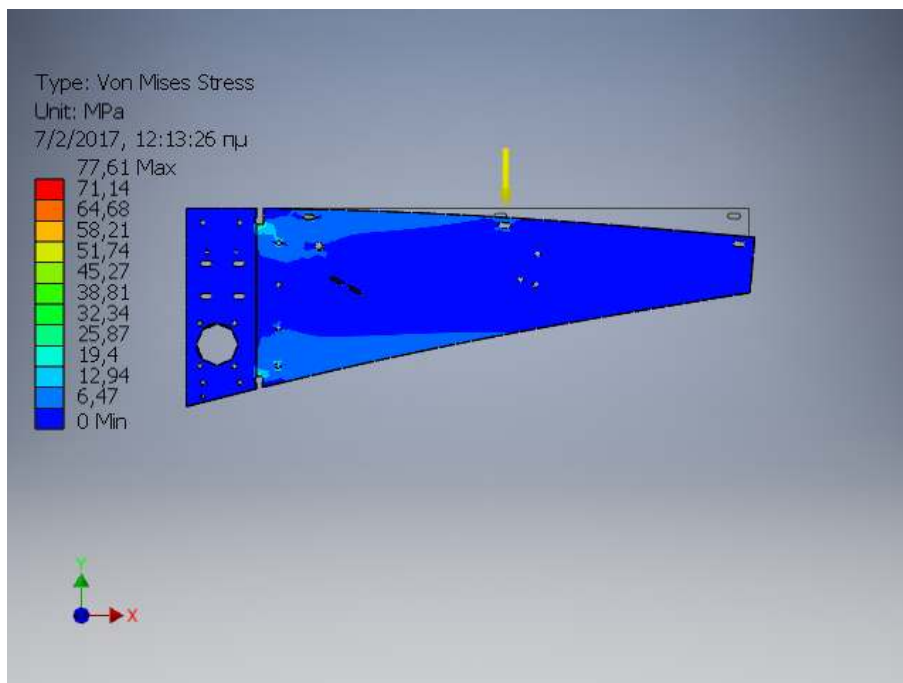
Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και στις παρακάτω εικόνες. Το μοντέλο συγκλινει γρήγορα όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα άρα το μαθηματικό μοντέλο ανταποκρίνεται στο πραγματικό.



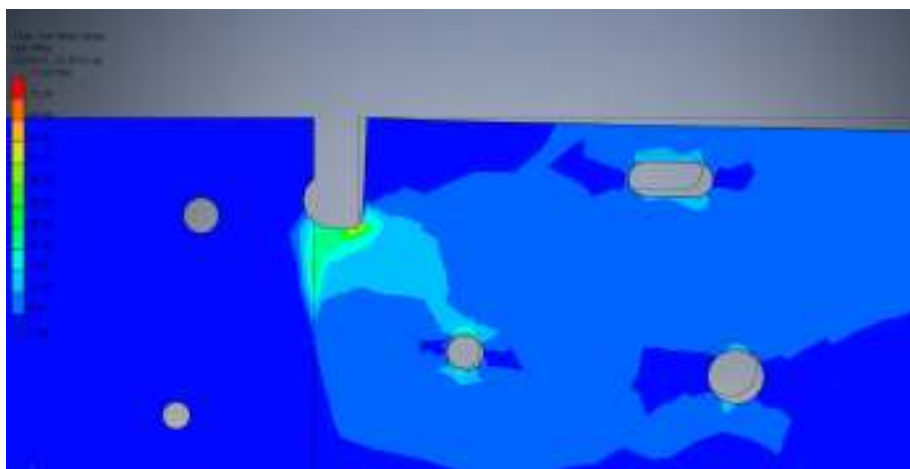
Εικόνα 3-26 Διάγραμμα Σύγκλισης

Result Summary

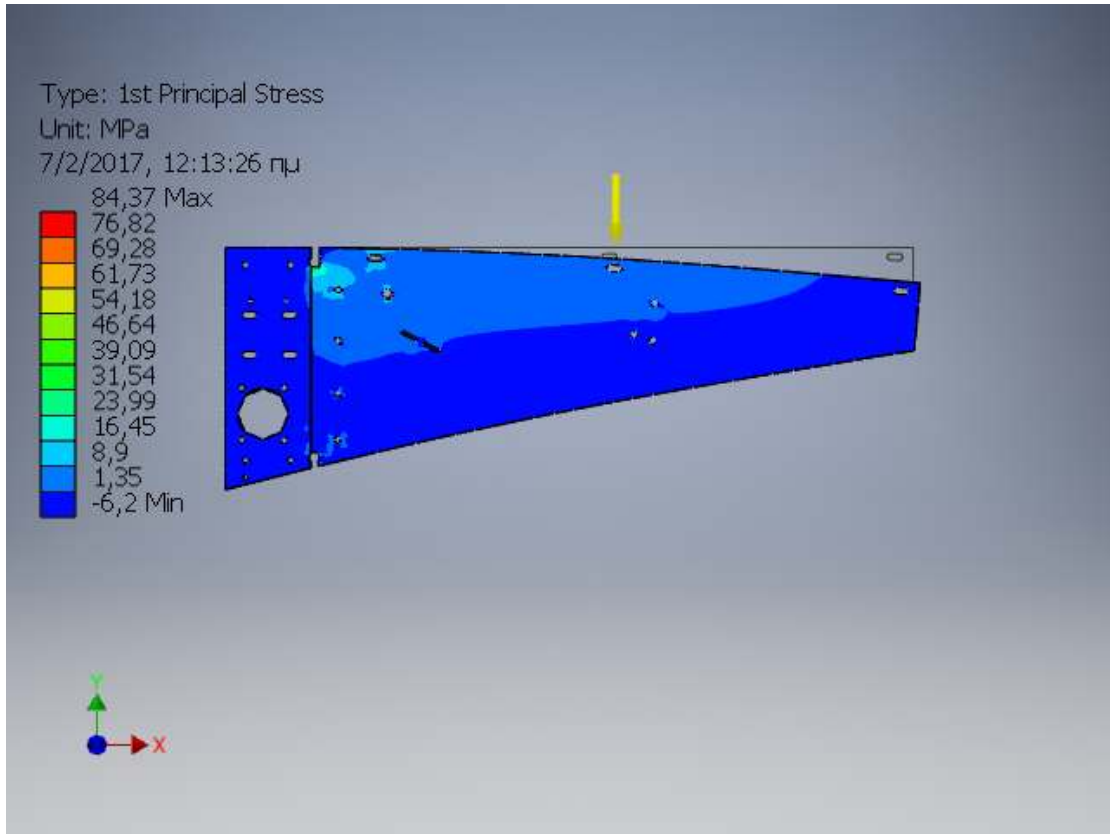
Name	Minimum	Maximum
Volume	2058750 mm ³	
Mass	16,1611 kg	
Von Mises Stress	0,00000000041961 MPa	77,6115 MPa
1st Principal Stress	-6,19684 MPa	84,3723 MPa
3rd Principal Stress	-55,2249 MPa	10,2043 MPa
Displacement	0 mm	0,180017 mm
Safety Factor	2,66713 ul	



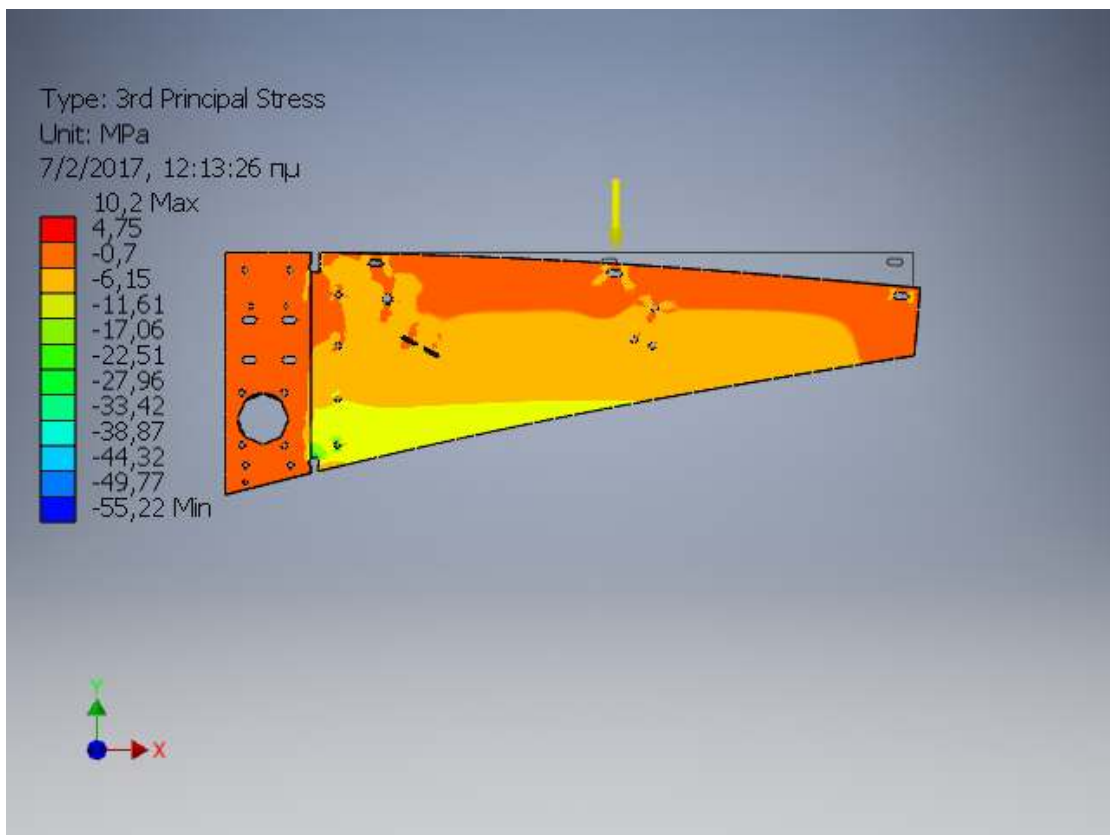
Εικόνα 3-27 Von Mises Stress



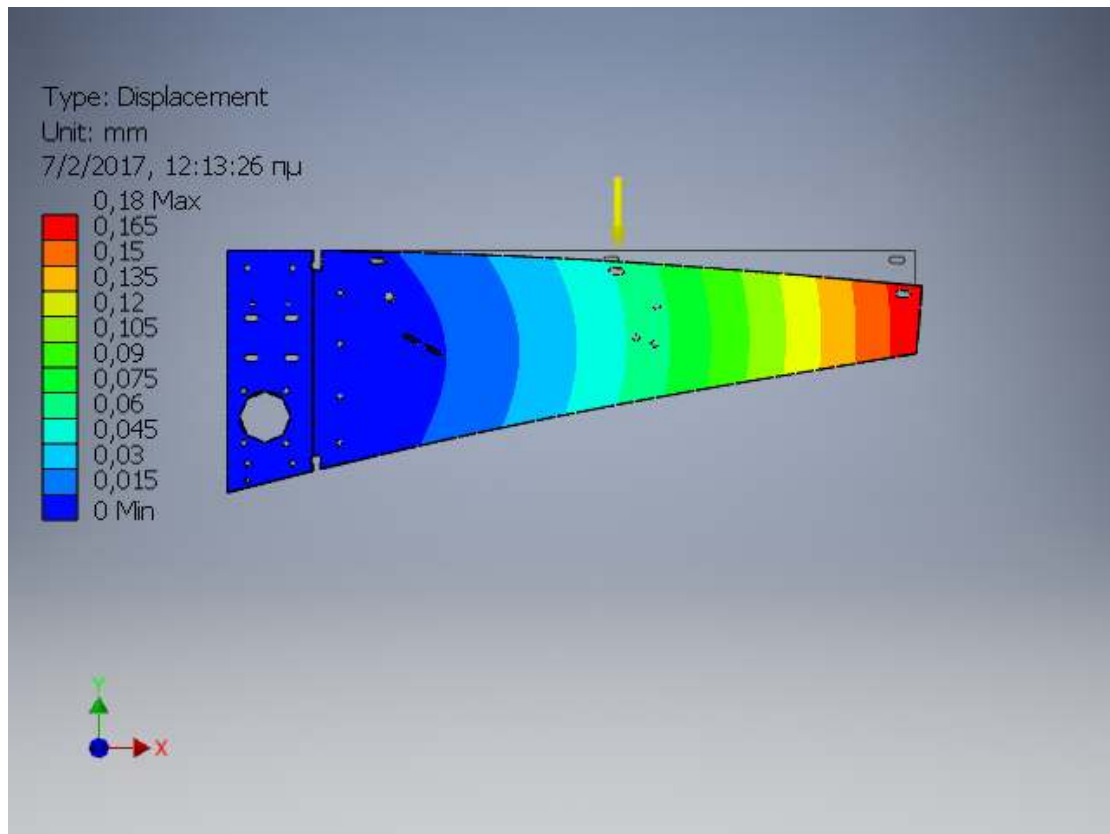
Εικόνα 3-28 Von Mises Stress - detail



Εικόνα 3-29 1st Principal Stress



Εικόνα 3-30 3rd Principal Stress



Εικόνα 3-31 Displacement

3.5.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 3

Στην παρούσα προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες ρυθμίσεις :

3.5.3.1 Δεδομένα προβλήματος

General objective and settings:

Simulation Type	Static Analysis
-----------------	-----------------

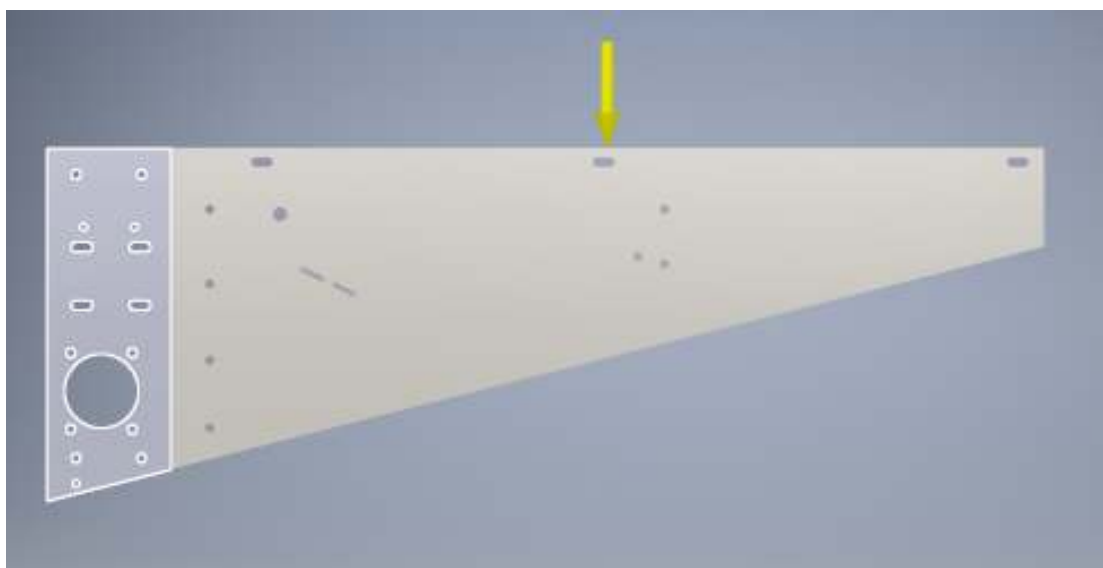
Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

Material(s)

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0,275 ul
	Shear Modulus	86,2745 GPa

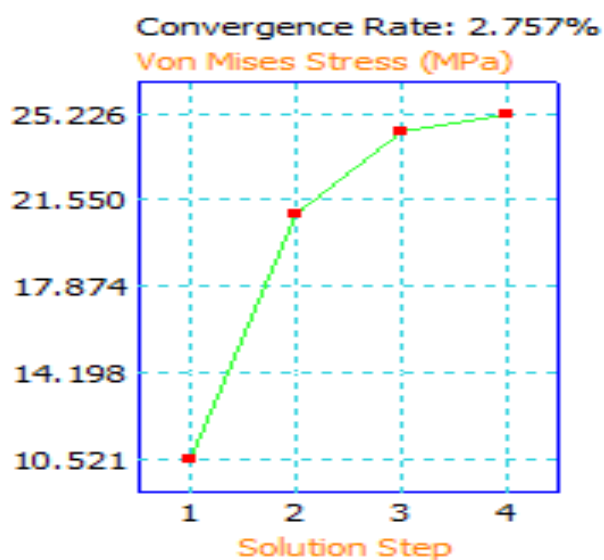
Η δύναμη και οι στηρίξεις όπως το παρακάτω σχήμα



Εικόνα 3-32 Φορτίο & Στήριξη

3.5.3.2 Αποτελέσματα

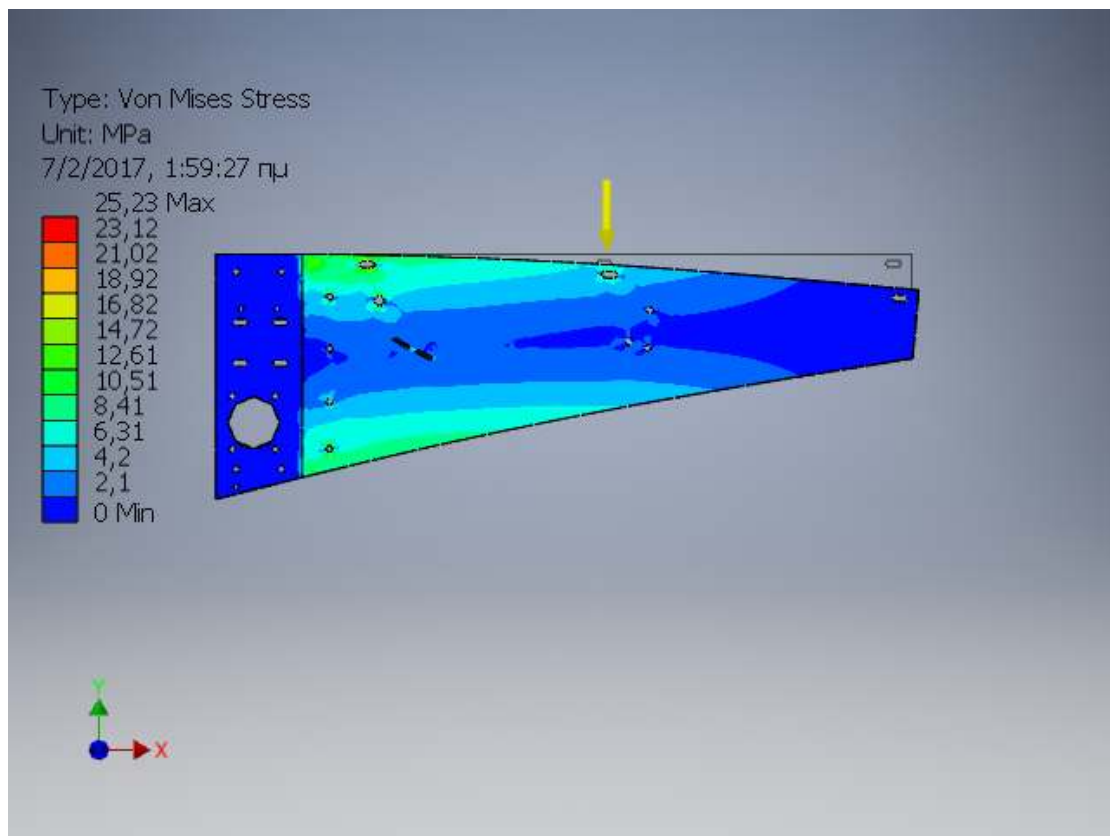
Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και στις παρακάτω εικόνες. Το μοντέλο συγκλινει γρήγορα όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα άρα το μαθηματικό μοντέλο ανταποκρίνεται στο πραγματικό.



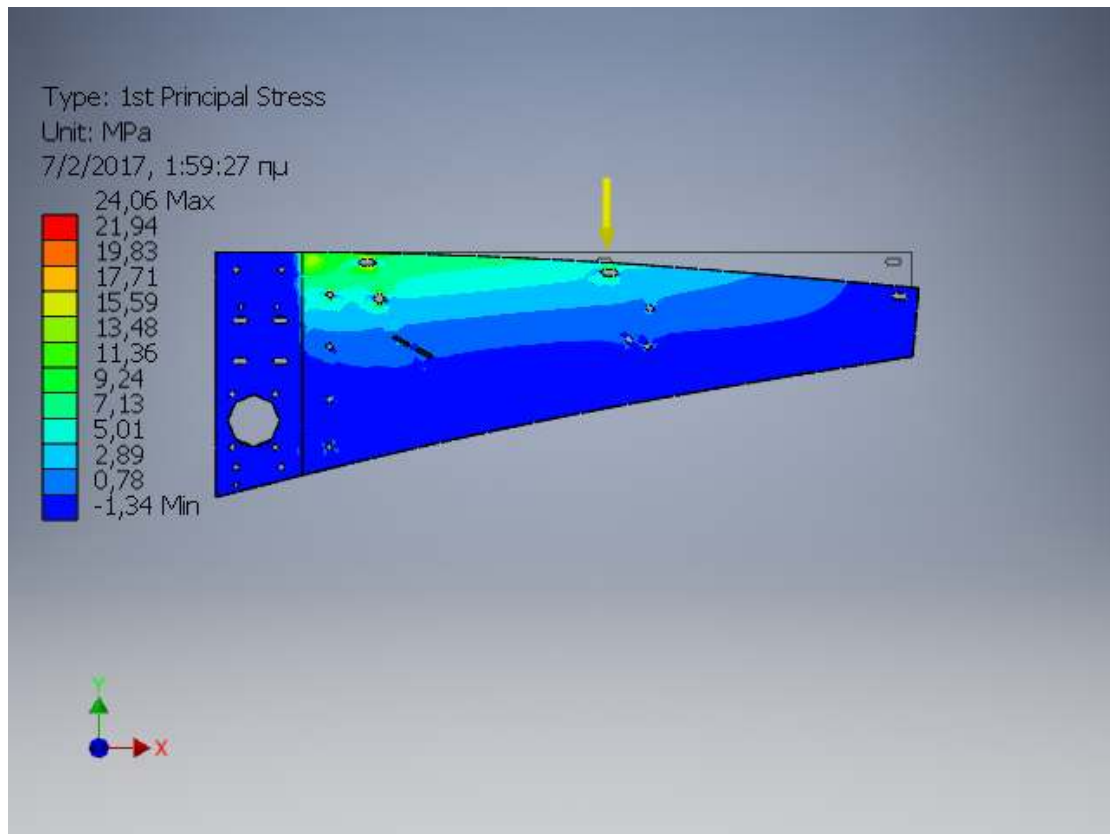
Εικόνα 3-33 Διάγραμμα Σύγκλισης

Result Summary

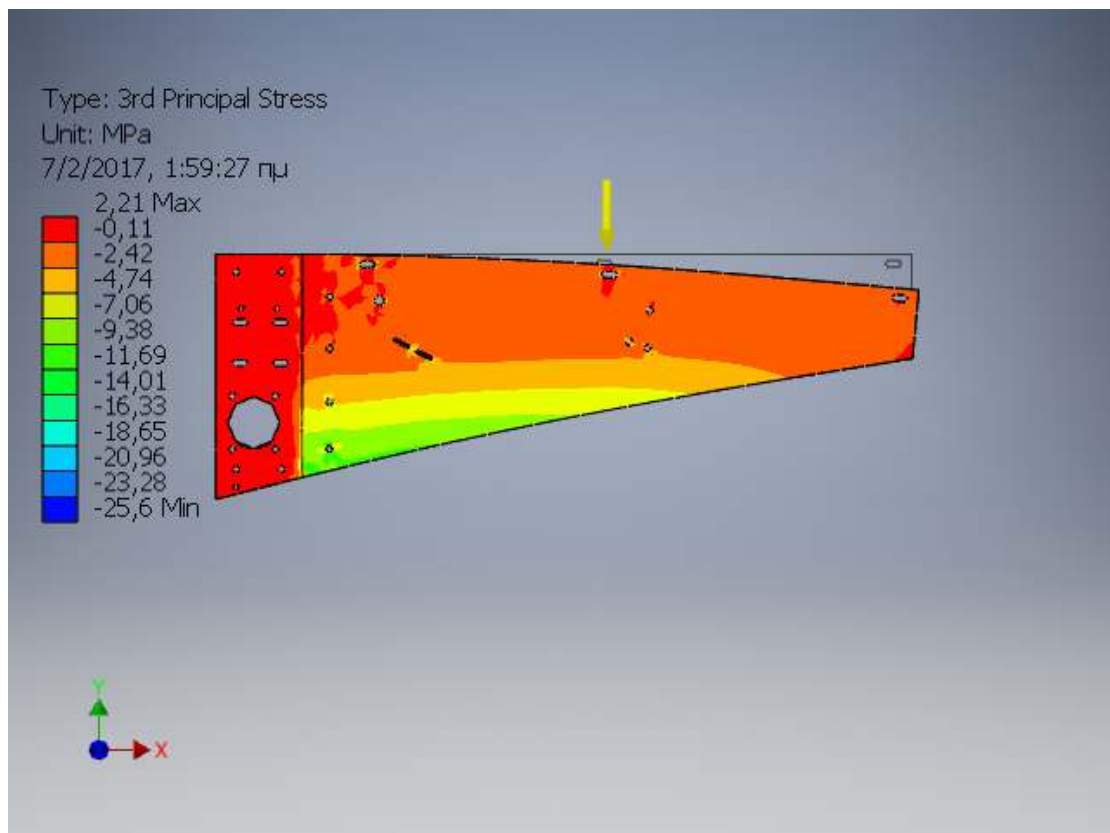
Name	Minimum	Maximum
Volume	2064670 mm ³	
Mass	16,2076 kg	
Von Mises Stress	0,00000000120293 MPa	25,2259 MPa
1st Principal Stress	-1,33819 MPa	24,0577 MPa
3rd Principal Stress	-25,5996 MPa	2,21219 MPa
Displacement	0 mm	0,164662 mm
Safety Factor	8,20586 ul	



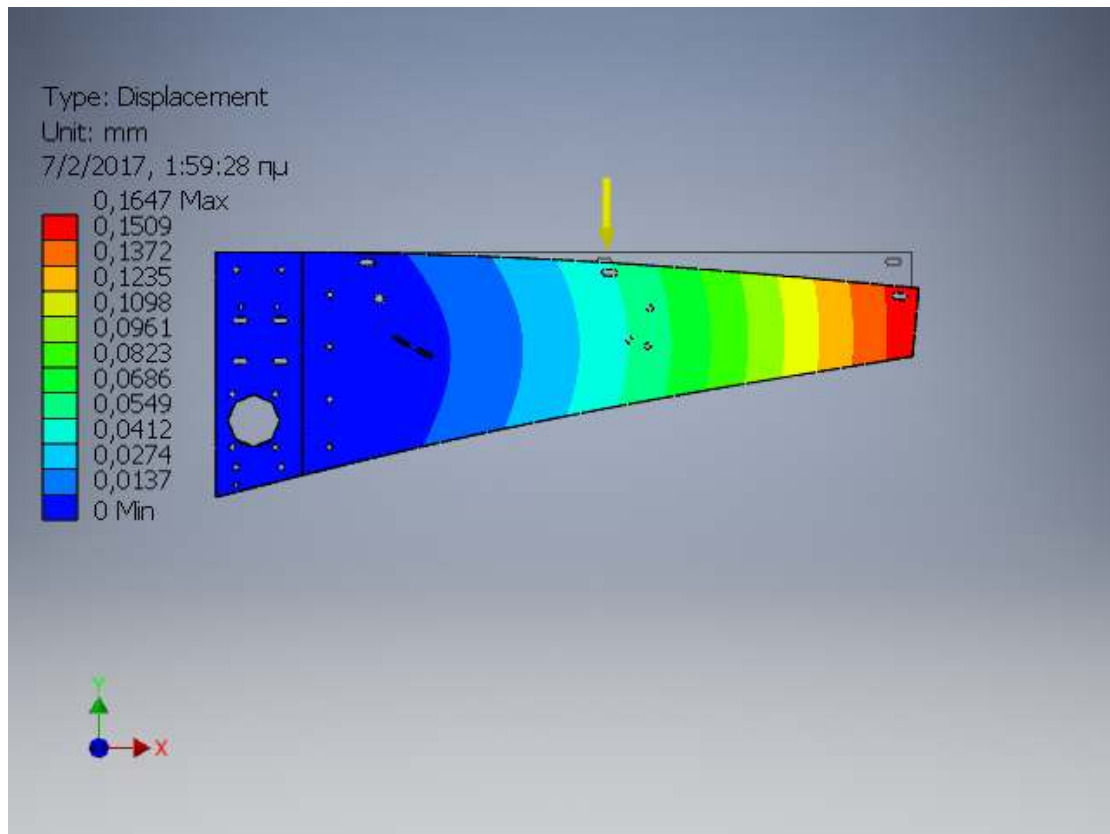
Εικόνα 3-34 Von Mises Stress



Εικόνα 3-35 1st Principal Stress



Εικόνα 3-36 3rd Principal Stress



Εικόνα 3-37 Displacement

3.5.4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4

3.5.4.1 Δεδομένα προβλήματος

Στην τελευταία περίπτωση επειδή το συγκεκριμένο μοντέλο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πρόβολος, πρέπει να δούμε αρχικά ποιά θα πρέπει να είναι η δύναμη που θα ασκηθεί στις συγκεκριμένες διαστάσεις ώστε το πρόβλημα να είναι ισοδύναμο με τα προηγούμε.

Στις προηγούμενες περιπτώσεις το σημείο που εφαρμοζόταν η δύναμη ήταν 594mm(κέντρο ελεύθερου άκρου) από την άκρη της πάκτωσης και η δύναμη ήταν 2820N

Οπότε σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να ασκήσουμε μια δύναμη F_2 όπου:

$$F_2 = F_1 * x_1/x_2$$

Όπου $F_1 = 2820 \text{ N}$, $x_1 = 594 \text{ mm}$ και $x_2 = 329 \text{ mm}$

Άρα $F_2 = 5091 \text{ N}$

Με αυτά τα δεδομένα θα στήσουμε το παρακάτω πρόβλημα.

General objective and settings:

Simulation Type	Static Analysis
-----------------	-----------------

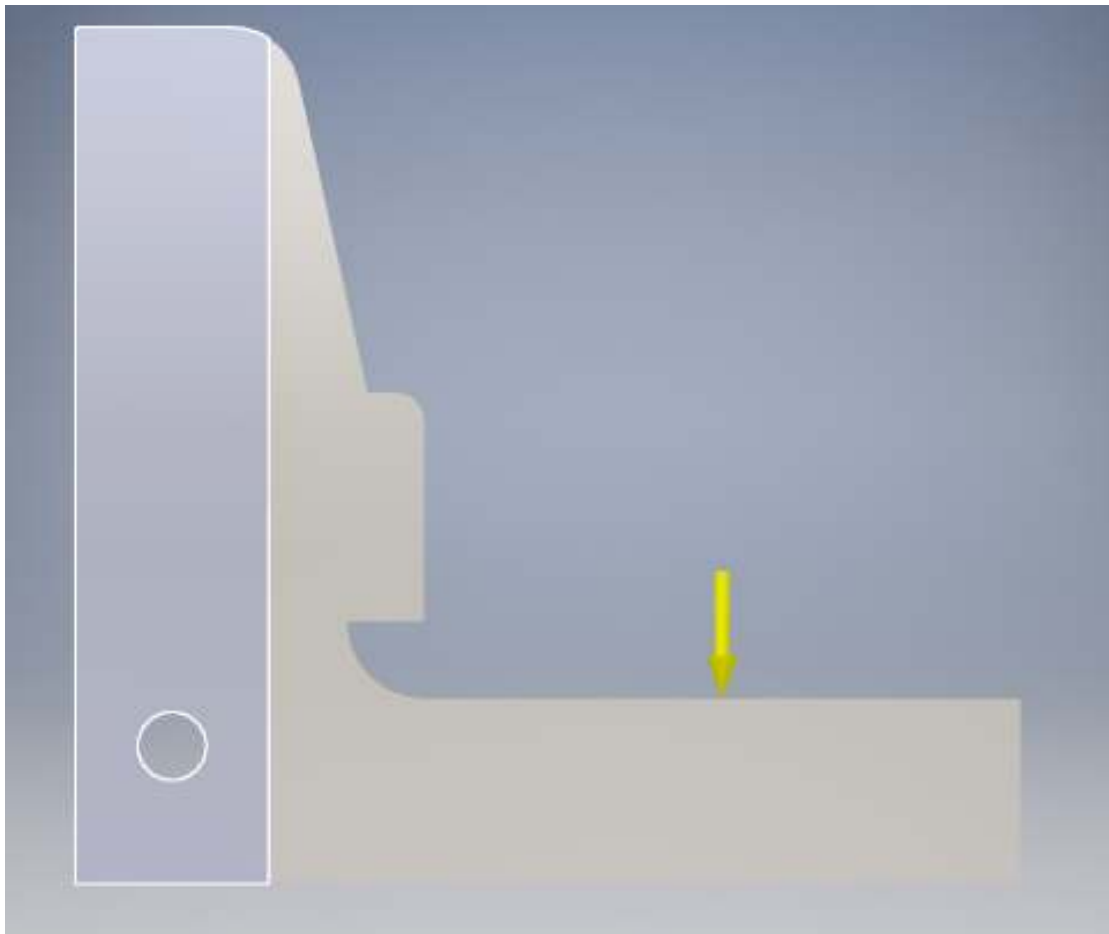
Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

Material(s)

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7.85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa

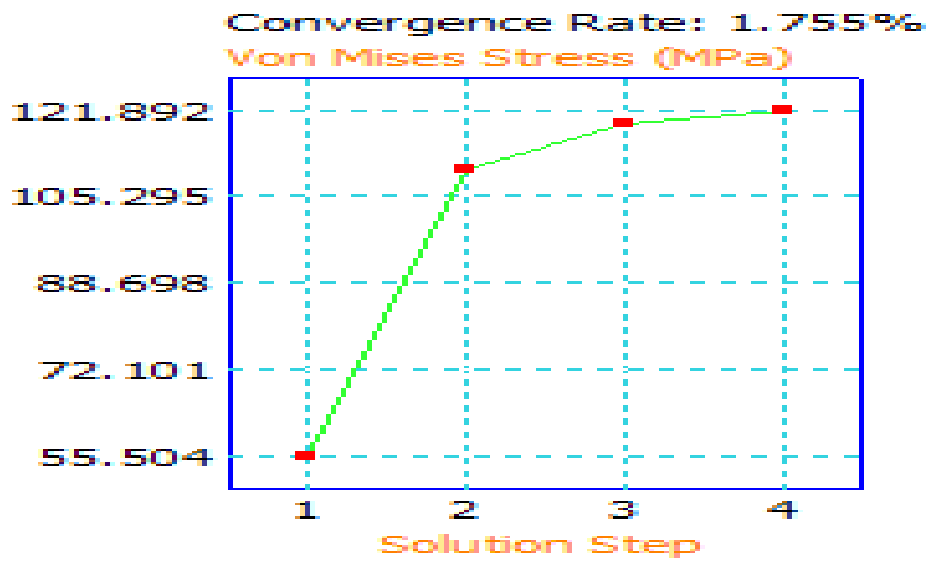
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0.275 ul
	Shear Modulus	86.2745 GPa



Εικόνα 3-38 Φορτίο & Στήριξη

3.5.4.2 Αποτελέσματα

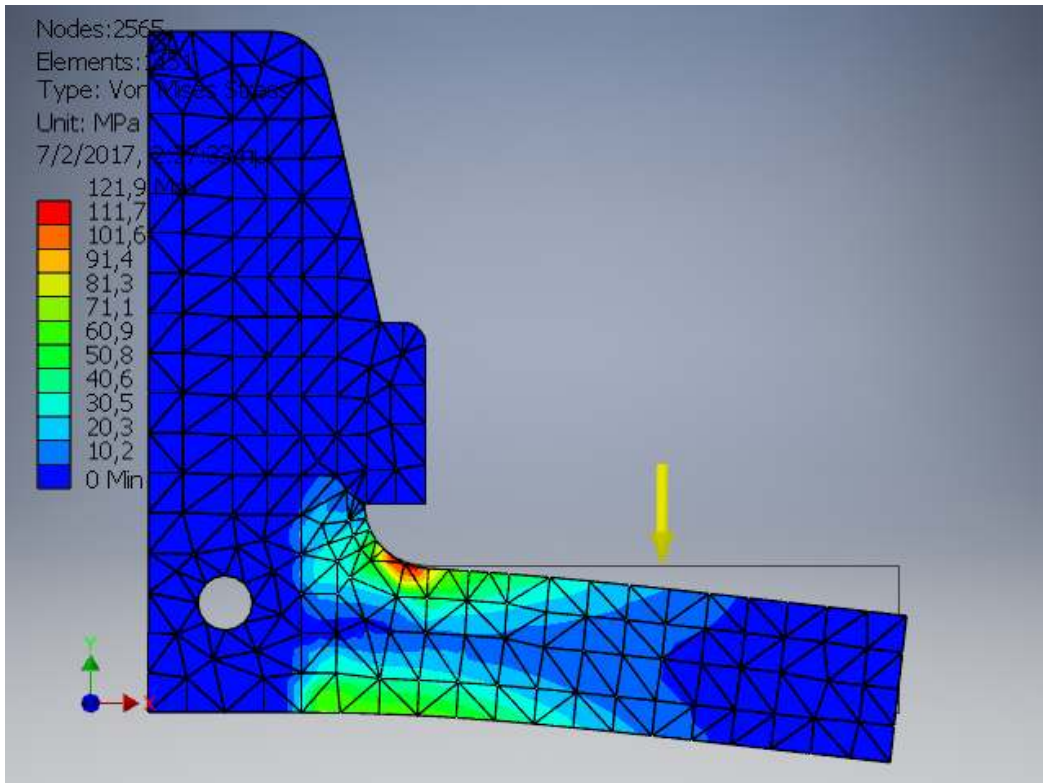
Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και στις παρακάτω εικόνες. Το μοντέλο συγκλινε γρήγορα όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα άρα το μαθηματικό μοντέλο ανταποκρίνεται στο πραγματικό.



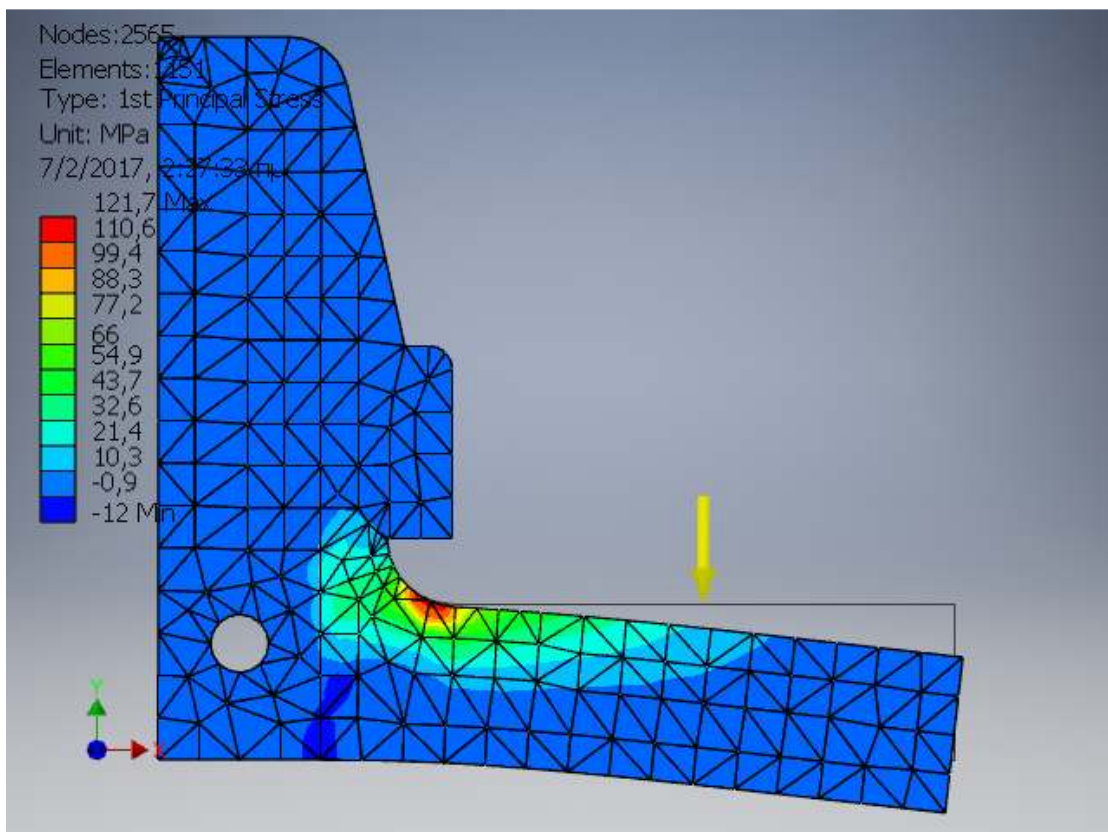
Εικόνα 3-39 Διάγραμμα Σύγκλισης

Result Summary

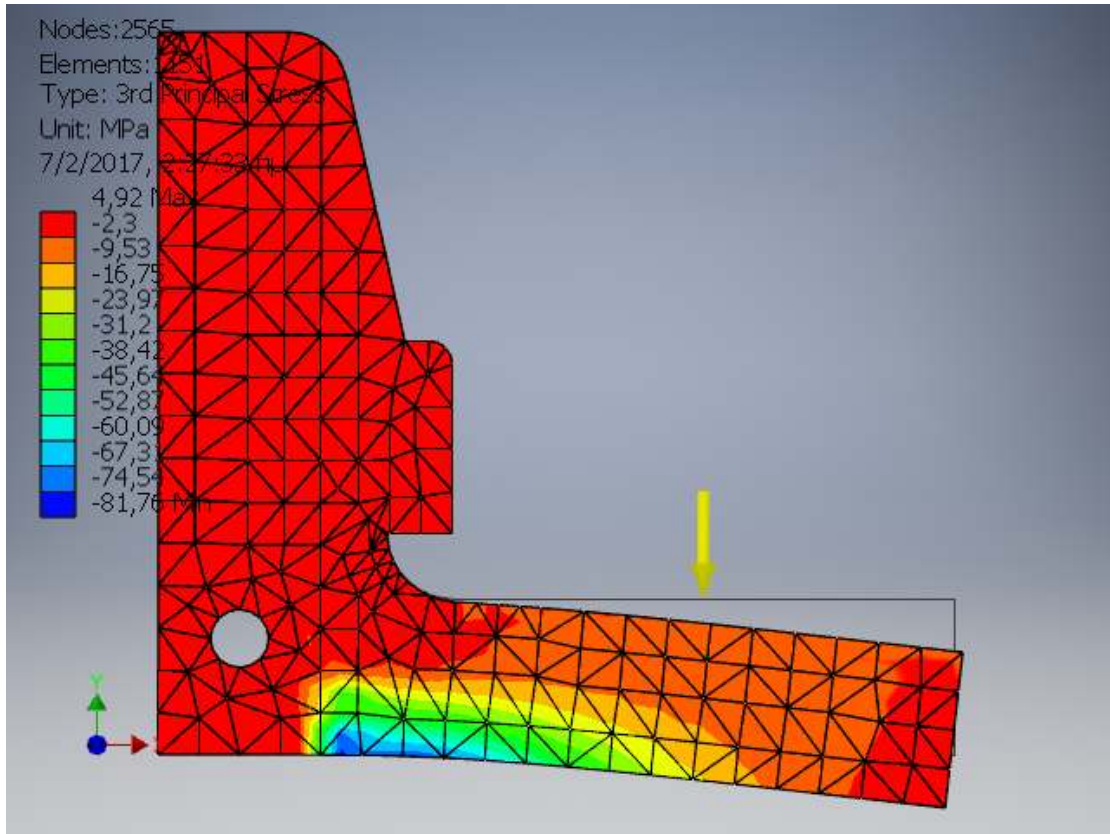
Name	Minimum	Maximum
Volume	958028 mm ³	
Mass	7.52052 kg	
Von Mises Stress	0.000000164242 MPa	121.892 MPa
1st Principal Stress	-12.0345 MPa	121.746 MPa
3rd Principal Stress	-81.7589 MPa	4.92109 MPa
Displacement	0 mm	0.49139 mm
Safety Factor	1.69822 ul	



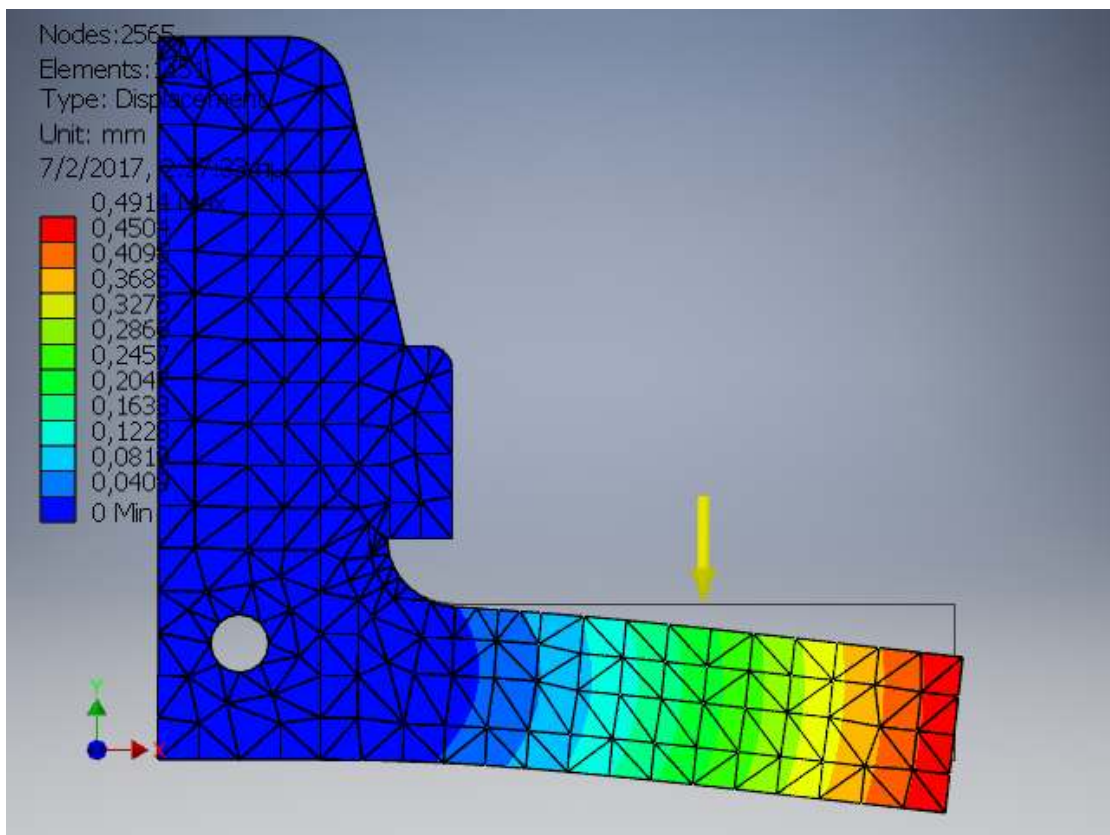
Εικόνα 3-40 Von Mises Stress



Εικόνα 3-41 1st Principal Stress



Εικόνα 3-423rd Principal Stress



Εικόνα 3-43Displacement

3.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση αντοχής ολόκληρης της κατασκευής μπορούμε να δούμε ότι ο συντελεστής ασφαλείας είναι σχετικά χαμηλός 1,37 αλλά δεν είναι σε κρίσιμο σημείο που μπορεί να αστοχήσει η κατασκευή.

Επίσης τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω δεν είναι οι κανονικές συνθήκες λειτουργίας της κατασκευής αλλά μία πολύ κοντινή εκδοχή που μπορεί να μας δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα. Για να χρησιμοποιήσουμε τα κανονικά δεδομένα λειτουργίας της κατασκευής θα έπρεπε να απλοποιηθεί πολύ το μαθηματικό μοντέλο και αυτό θα αλλοίωνε τα αποτελέσματα ακόμα πιο πολύ.

Η σωστή μέθοδος μελέτης αυτής της κατασκευής είναι να εξεταστεί κάθε εξάρτημα της κατασκευής ξεχωριστά, αλλά στην παρούσα εργασία αποφασίστηκε να εξεταστεί μόνο ο πρόβλος ως πιο κρίσιμο εξάρτημα.

Σχετικά με τους προβόλους παρατηρούμε ότι ελάχιστα αλλάζει η μέγιστη τάση και ο συντελεστής ασφαλείας από την 1^η και την 2^η περίπτωση. Αυτό οφείλεται σε λανθασμένο σχεδιασμό εκ μέρους της εταιρίας στην τοποθέτηση του ραδίου στην εγκοπή για το στρατζάρισμα.

Επίσης το γεγονός ότι στο μαθηματικό μοντέλο δώσαμε ένα ράδιο 2mmγια να μπορούμε να εξάγουμε αποτέλεσμα από τα πεπερασμένα στοιχεία αλλιώνει και πάλι τα αποτελέσματα εφόσον στο φυσικό μοντέλο που χρησιμοποιούσε η εταιρία το μόνο ράδιο που υπήρχε ήταν αυτό που άφηνε το κοπτικό εργαλείο του punching.

Η μεγάλη διαφορά στον συντελεστή ασφαλείας μεταξύ των πρώτων μοντέλων και του 3^{ου} προκύπτει από το γεγονός ότι το κρίσιμο σημείο έχει εξαλειφθεί εφόσον δεν χρειάζεται αφού το στρατζάρισμα θα είναι μονοκόμματο μέχρι πίσω.

3.7 ΕΠΟΜΕΝΑ ΒΗΜΑΤΑ

Τα πιθανά επόμενα βήματα αυτής της εργασίας είναι :

- Υλοποίηση των κατασκευαστικών σχεδίων με την χρήση του προβόλου της 3^{ης} περίπτωσης
- Δημιουργία παραμετρικού μοντέλου για τον αυτόματο υπολογισμό προβόλων από τους διαθέσιμους της εταιρίας με την χρήση πεπερασμένων στοιχείων και έναν επιθυμητό συντελεστή ασφαλείας
- Επανάληψη όλων των υπολογισμών πεπερασμένων στοιχείων με την χρήση ενός πιο προηγμένου προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων όπως το ANSYS

3.8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS (4th Edition) 4th Edition, Saeed Moaveni
- Materials Science and Engineering: An Introduction 9th Edition, William D. Callister
- Αντοχή των Υλικών, Ε' έκδοση, Βουθούνης Α. Παναγιώτης
- Ανυψωτικά και μεταφορικά μηχανήματα, Κωνσταντίνος Ι. Στεργίου, Ιωάννης Κ. Στεργίου
- Οδηγίες συναρμολόγησης πλαισίου θαλάμου, Μίνως ΕΠΕ
- Τεχνικό εγχειρίδιο υδραυλικών ανελκυστήρων , Kleemann
- Autodesk Inventor User's Manual
- knowledge.autodesk.com