



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Σχεδιασμός, Ανακατασκευή,  
Έλεγχος Αντοχής &  
Βελτιστοποίηση παντός εδάφους  
φορτηγού οχήματος  
πολλαπλών χρήσεων**

---

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΑΝΩΛΑΚΟΣ

ΝΙΚΟΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΑΡ. ΜΗΤΡΩΟΥ: 02108633

ΑΘΗΝΑ 2022

## Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	3
Εισαγωγή.....	5
Κινητήρας – Σύστημα Ψεκασμού καυσίμου .....	6
Σύστημα Ψύξης Κινητήρα .....	27
Σύστημα Μετάδοσης Κίνησης .....	31
Κεντρικοί Άξονες .....	37
Άκαμπτοι Άξονες κίνησης.....	38
Σύστημα Διεύθυνσης .....	42
Σύστημα Ανάρτησης.....	43
Σύστημα Πέδησης .....	45
Τροχοί - Ελαστικά .....	46
Πλαίσιο - Αμάξωμα .....	48
Περιφερειακός Εξοπλισμός- Αξεσουάρ.....	89
Επίλογος .....	97
Βιβλιογραφία.....	99

## Πρόλογος

### Λίγα λόγια για το έργο

Το θέμα της διπλωματικής μου αφορά τη μετατροπή ενός ήδη ικανού οχήματος, στο «απόλυτο» ελαφρύ φορτηγό όχημα παντός εδάφους, μέσω αναβάθμισης και τροποποίησης όλων των επιμέρους εξαρτημάτων του. Το όχημα αυτό θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά ανθρώπων, τη μεταφορά υλικών, εμπορευμάτων, VIPs, στρατιωτικών δυνάμεων, κλπ. Βασικό χαρακτηριστικό του, είναι η αντοχή αλλά και η προσαρμοστικότητα του ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί σε κάθε τύπο εδάφους, από τον αστικό ιστό και τον αυτοκινητόδρομο έως τη ζούγκλα, την έρημο, το βουνό αλλά και τον πάγο. Πρόκειται για ένα όχημα το οποίο δεν αξιολογείται ως προς τις απόλυτες επιδόσεις, το σχολαστικό σχεδιασμό και τη μείωση του βάρους των επιμέρους εξαρτημάτων του, αλλά ως προς το σύνολο προσεκτικά επιλεγμένων μηχανικών μερών που έχουν ανακατασκευαστεί και βελτιστοποιηθεί ώστε συναρμολογημένα, πάνω σε ένα πλαίσιο τύπου σκάλας να δίνουν την δυνατότητα διάσχισης κάθε εμποδίου κάτω από όλες τις συνθήκες και καταστάσεις.

Βασικό έναυσμα στο εγχείρημα μου αυτό, αποτέλεσε ο καθηγητής κύριος Δημήτριος Μανωλάκος ο οποίος μέσα από τα μαθήματα των τεχνικών υλικών, σύνθετων υλικών και φυσικά των καταστροφικών καταπονήσεων, με βοήθησε αφενός στον σχεδιασμό και αφετέρου στο να επιλέξω τα κατάλληλα τεχνικά υλικά αλλά και τις κατασκευαστικές τεχνικές για την κατασκευή και τον μετασχηματισμό των επιμέρους εξαρτημάτων. Παράλληλα, η συμβολή του καθ' όλη τη διάρκεια του έργου κρίθηκε καθοριστική, με καίριες επισημάνσεις, συμβουλές αλλά και κατευθύνσεις οι οποίες με βοήθησαν να ξεπεράσω τα διάφορα σχεδιαστικά προβλήματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια της εργασίας.

Επιπλέον, μέσω των τριών συμμετοχών μου σε 24ώρους αγώνες αντοχής εκτός δρόμου τόσο με αυτοκίνητο all terrain αλλά και με μοτοσυκλέτα Enduro, απέκτησα την κατάλληλη εμπειρία αναφορικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά, την αντοχή των διαφόρων μετατροπών, τα απαραίτητα βοηθητικά αξεσουάρ, την ευκολία επισκευής στο field, αλλά και τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να έχει το όχημα προκειμένου να ανταποκριθεί σε οποιοσδήποτε συνθήκες.

Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

- Διάταξη κινητήρα
- Διάταξη μετάδοσης κίνησης
- Επεμβάσεις σε πλαίσιο και αμάξωμα
- Επιδόσεις, χωρητικότητες, service range
- Αξεσουάρ, διαθεσιμότητα ανταλλακτικών και serviceability

Στόχος πέρα από την ηθική ικανοποίηση της κατασκευής, που είναι παράλληλα και το χόμπι μου, είναι και η εμπορική επιτυχία που θεωρώ πως θα έχει σε μελλοντικό χρόνο ένα τέτοιο όχημα, λαμβάνοντας υπόψη την εντυπωσιακή απήχηση της συγκεκριμένης αγοράς σε Αμερική, Κίνα και Εμιράτα.

Το όχημα που θα παρουσιαστεί λόγω των μετατροπών που έχει υποστεί είναι κυριολεκτικά μοναδικό στον κόσμο, βρίσκεται συνεχώς υπό διαμόρφωση γεγονός που του επιτρέπει όχι μόνο την συνεχή βελτίωση του αλλά και την εύκολη προσαρμογή του σε νέες τεχνολογίες.

Η επιλεγμένη δομή της εργασίας ακολουθεί τη δομή του workshop manual (εγχειρίδιο συντήρησης), περιγράφοντας αναλυτικά όλα τα συστήματα του οχήματος, τη λογική σχεδίασης και επιλογής, καθώς επίσης και τον τρόπο λειτουργίας τους.

### **Λίγα λόγια για εμένα**

Από μικρή ηλικία είχα δείξει την κλίση μου στο σχέδιο, στις κατασκευές και στις εφαρμογές της φυσικής σε μηχανισμούς που χρησιμοποιούμε σε καθημερινή βάση. Με αφορμή το έντονο μου ενδιαφέρον στη φυσική και στα μαθηματικά συμμετείχα σε διάφορους διαγωνισμούς με σημαντική μου επιτυχία την 12<sup>η</sup> θέση στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Φυσικής το 2007 και την μετέπειτα εισαγωγή μου στο Πολυτεχνείο το 2009.

Σε εργασιακό επίπεδο, είμαι αντιπρόεδρος της Διάγραμμα Α.Ε, εμπορικής εταιρείας που ασχολείται με τον αυτοματισμό γραφείου και δραστηριοποιείται από το 1979 στο χώρο αυτόν, κατέχοντας σημαντικό μερίδιο της ελληνικής αγοράς. Καθοριστική ήταν η συμβολή μου στην προσαρμογή της εταιρείας στην ψηφιακή εποχή, μέσω της υιοθέτησης του e-commerce και της δημιουργίας ενός αρκετά επιτυχημένου e-shop με υψηλό conversion rate.

Σε αρχικό στάδιο χρησιμοποιώ το όχημα, κυρίως σε εγκαταστάσεις αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων off grid που αποτελεί από το 2020 μια νέα δραστηριότητα μου, με ολοένα αυξημένη ζήτηση και με πολύ ενδιαφέρον επιχειρηματικά, για μελλοντική εξέλιξη.

Βασική μου επιδίωξη σε μεταγενέστερο στάδιο είναι και η εμπορική εκμετάλλευση του οχήματος που σας παρουσιάζω, σε μικρή παραγωγή με bespoke custom εξαρτήματα για κάθε πιθανό πελάτη, μέσω ενδεχόμενης συνεργασίας με κάποιον οίκο του εξωτερικού.

## **Εισαγωγή**

Οι βασικές απαιτήσεις που θα πρέπει να ικανοποιεί το τελικό όχημα είναι η ικανότητα μεταφοράς μεγάλου ωφέλιμου φορτίου, η διάβαση μεγάλων εμποδίων, η ικανότητα κίνησης σε κάθε έδαφος, η δυνατότητα έλξης μεγάλου βάρους, η ρυμούλκηση με τρέιλερ κάθε τύπου, η ταξινόμηση του σαν ελαφρύ φορτηγό στην ΕΕ, η προσαρμοστικότητα του αμαξώματός του για μεταφορά επιβατών και σε τελικό στάδιο η εμπορική του αξία. Ήδη από την αρχή της αναζήτησης της κατάλληλης βάσης, ήταν πολύ δύσκολη η ανεύρεση τέτοιου οχήματος καθώς οι απαιτήσεις ήταν πολλές.

Το όχημα το οποίο αποτέλεσε τη βάση για την μετέπειτα ικανοποίηση όλων των παραπάνω απαιτήσεων μας, είναι μάρκας Land Rover, μοντέλο 110, κατασκευασμένο το 1986 στο Solihul της Μεγάλης Βρετανίας. Είναι ένα όχημα το οποίο πωλούνταν σε παγκόσμιο επίπεδο τα τελευταία 50 χρόνια, με σημαντική εμπορική επιτυχία, 100% αναγνωσιμότητα και θρυλικές επιδόσεις, οπότε αποτέλεσε και την τέλεια βάση για το εγχείρημα μου. Το 2016 σταμάτησε η παραγωγή του χωρίς να υπάρχει αντικαταστάτης του, γεγονός που έχει επιφέρει εντυπωσιακή αύξηση στην εμπορική του αξία. Η διάταξη του, ως φορτηγό, με ξεχωριστό σασί και αμάξωμα αποτελεί και την τέλεια βάση για μελλοντικές μετατροπές.

Είναι πολύ διαδεδομένη πρακτική, από εταιρείες που κατασκευάζουν specialized οχήματα, όπως τροχόσπιτα ψυγεία γεραμούς, να χρησιμοποιούν έτοιμα φορτηγά αυτοκίνητα τέτοιου είδους και να εγκαθιστούν κάποιου είδους υπερκατασκευής στην θέση του αμαξώματος. Στην πλειονότητα τους όλα τα υπόλοιπα εξαρτήματα του οχήματος παραμένουν εργοστασιακά. Στο δικό μου project όμως, έχουν τροποποιηθεί σχεδόν όλα τα εξαρτήματα του αρχικού οχήματος με στόχο την μέγιστη δυνατή κάλυψη των ανωτέρων απαιτήσεων. Παρακάτω αναλύονται όλα τα συστήματα του τελικού οχήματος.

Είναι προφανές πως εξαιτίας της πολυπλοκότητας του συνόλου ήταν αδύνατον να ξεκινήσουμε από το μηδέν και να σχεδιάσουμε τα πάντα από την αρχή. Επομένως στην πλειονότητα των μηχανικών μερών αρκεστήκαμε στην κατάλληλη επιλογή και βελτίωση ήδη υπάρχοντων μηχανισμών και διατάξεων. Στο πλαίσιο και το αμάξωμα όμως είχαμε την δυνατότητα να επέμβουμε σε μεγαλύτερο βαθμό αλλά και πάλι για λόγους νομιμότητας και καθημερινής κυκλοφορίας είμαστε αναγκασμένοι να διατηρήσουμε κάποια βασικά εξαρτήματα του εργοστασίου.

## **Κινητήρας – Σύστημα Ψεκασμού καυσίμου**

Το πλέον χαρακτηριστικό γνώρισμα κάθε οχήματος είναι ξεκάθαρα ο κινητήρας του. Είναι αυτός που κινεί το όχημα, καθορίζει τις δυνατότητες τις επιδόσεις ακόμα και τον χαρακτήρα του. Είναι η πιο σημαντική επιλογή στον σχεδιασμό αυτοκινήτων, και μπορεί από μόνος του να οδηγήσει σε απόλυτη επιτυχία ή στην πλήρη αποτυχία ενός project. Στην αυτοκινητοβιομηχανία και ιδιαίτερα στα ελαφρά φορτηγά ακόμα κυριαρχεί ο θερμικός κινητήρας ξεκάθαρα λόγω του φορτίου που καλούνται να μεταφέρουν καθώς και λόγω τις καθημερινών αποστάσεων μεταξύ στάσεων που απαιτείται να διανύσουν.

Από όλους τους τύπους θερμικών κινητήρων, εμβολοφόρους και περιστροφικούς, οι πρώτοι είναι σαφώς πιο διαδεδομένοι και ικανοποιούν τα κριτήρια των επιλογών μας για το συγκεκριμένο project. Από την άποψη καυσίμου, θεωρώ πως η βενζίνη σαν επιλογή για την εφαρμογή μας έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το πετρέλαιο. Το βασικό πρόβλημα που ενέχει η χρήση πετρελαίου είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες. Είναι γνωστό πως κάτω από τους -15 αρχίζουν να δημιουργούνται πολλά προβλήματα με το ιξώδες του πετρελαίου λόγω των συστατικών του, που οδηγούν σε αδυναμία εκκίνησης και γενικότερα προβλήματα λειτουργίας με αποτέλεσμα, σε βόρειες χώρες να είναι σαφώς πιο διαδεδομένος ο βενζινοκινητήρας από τον πετρελαιοκινητήρα. Από την άποψη λειτουργίας κινητήρα με αναρρόφηση από το περιβάλλον ή με χρήση υπερτροφοδότησης και πάλι η ατμοσφαιρική επιλογή είναι πιο αξιόπιστη. Επιπλέον όσο αφορά στη διάταξη, θεωρώ πως το πακέτο σε διάταξη V είναι σαν όγκος και σαν σύνολο η καλύτερη λύση για χαμηλό κέντρο βάρους, ομαλή περιστροφή χωρίς ταλαντώσεις, λειτουργία με πολλούς κυλίνδρους, μεγάλη διαδρομή εμβόλου και φυσικά, την μεγαλύτερη εμπορική αναγνωρισιμότητα. Παράλληλα η διάταξη στροφάλου cross plane σημαίνει πως κάθε στιγμή υπάρχουν 2 έμβολα, που παράγουν έργο. Επομένως σαν χαρακτηριστικά θέλουμε πολκύλινδο ατμοσφαιρικό MEK κύκλου Otto σε διάταξη V.

Ο κινητήρας που επέλεξα για το project είναι ο Rover V8. Είναι ένας αλουμινένιος ατμοσφαιρικός οκτακύλινδρος σε διάταξη V Θερμικός Βενζινοκινητήρας. Πρόκειται για αντιγραφή του Αμερικανικού Buick small block, σχέδιο του 1950, σε αλουμινένια έκδοση. Έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς κατασκευαστές στα κοντά 50 χρόνια που παράγεται στην Μεγάλη Βρετανία. Jaguar, Land Rover, TVR, Morgan, MG και Triumph έχουν κυκλοφορήσει πολλά μοντέλα με αυτόν τον κινητήρα σε διαφορές χωρητικότητες και συστήματα διαχείρισης καυσίμου. Η τελευταία εκδοχή του, που επέλεξα να χρησιμοποιήσω, έχει τα παρακάτω βασικά εργοστασιακά χαρακτηριστικά:

- Διάταξη V8, με 2 σειρές των 4 κυλίνδρων και περιεχόμενη γωνία κορμού 90°

- Κυλινδρισμός 4.554cc με διάμετρο κυλίνδρων 94mm και διαδρομή εμβόλου 82mm.
- Cross plane στρόφαλος με σειρά ανάφλεξης 1 8 4 3 6 5 7 2
- Εργοστασιακή Σχέση συμπίεσης 9,35:1, με δυνατότητα καύσης βενζίνης και υγραερίου
- Υλικό κατασκευής των κεφαλών αλλά και του κορμού είναι το αλουμίνιο
- 2 κυλινδροκεφαλές με δύο βαλβίδες ανά κύλινδρο, σύνολο 16 βαλβίδες
- 1 εκκεντροφόρο άξονα στο κέντρο του κορμού που ελέγχει τόσο τις βαλβίδες εισαγωγής όσο και εξαγωγής.
- Εργοστασιακή Μέγιστη ισχύς 225hp/167KW @ 4.600 rpm
- Μέγιστη ροπή στρέψης 410Nm @ 3200 rpm
- Σύστημα έμμεσου ψεκασμού καυσίμου sagem gems hotwire με 8 ψεκαστήρες και πίεση καυσίμου στα 2,8 bar

Η επιλογή του κινητήρα έγινε με σκοπό να πληροί τα παρακάτω κριτήρια, στα οποία πλεονεκτεί σε σχέση με την πληθώρα επιλογών που υπάρχουν. Η σειρά που παρουσιάζονται είναι αυθαίρετη.

- Χαμηλό βάρος σε σχέση με το μέγεθός του. Πιο συγκεκριμένα ο κορμός μαζί με στροφαλοφόρο άξονα, έμβολα και διωστήρες ζυγίζει μόλις 58 κιλά. Όλοι οι υπόλοιποι αντίστοιχοι κινητήρες που εξέτασα με κορμό από χυτοσίδηρο σε βενζινοκινητήρες και cgcί σε πετρελαιοκινητήρες αντίστοιχης ισχύς και επιδόσεων ήταν άνω των 100 κιλών.
- Εξαιρετικά χαμηλή θερμοχωρητικότητα λόγω του αλουμινίου. Σε κανονικές συνθήκες φτάνει σε θερμοκρασία λειτουργίας σε λιγότερο από 4 λεπτά. Ακόμα και σε ακραία χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, κάτω των -20°C, ο κινητήρας χρειάζεται ελάχιστη προθέρμανση και αυτό είναι ένα εξαιρετικό πλεονέκτημα που δίνει την δυνατότητα στον χειριστή να εκκινήσει σχεδόν αμέσως.
- Εξαιρετικές επιδόσεις για την αναμενόμενη χρήση. Με ροπή 400NM από 750 έως 3000 στροφές είναι ιδανικό για έλξεις φορτίων, μεταφορά εξοπλισμού και βάρους
- Διάταξη V με πολλούς κυλίνδρους. Είναι απαραίτητο ένα όχημα που μπορεί να βρεθεί σε ένα εντελώς απομονωμένο περιβάλλον να έχει την δυνατότητα να κινηθεί ακόμα και με βλάβη στους μισούς κυλίνδρους. Από δοκιμές, τόσο σε τετρακύλινδρους όσο και σε εξακύλινδρους κινητήρες, κατέληξα πως μόνο ένας οκτακύλινδρος έχει την δυνατότητα να λειτουργήσει με μισούς κυλίνδρους και να αποδώσει ικανή ροπή ώστε να κινηθεί κανονικά το όχημα.
- Απλότητα σχεδιασμού. Ένας μεγάλος v8 κινητήρας, ατμοσφαιρικός, με 2 βαλβίδες ανά κύλινδρο, με 600cc χωρητικότητα ανά κύλινδρο, με non interference εμβόλα-βαλβίδες, απλό σχεδιασμό εμβόλων dish type, σχετικά χαμηλής σχέσης συμπίεσης, 1 αναφλεκτήρα ανά

κύλινδρο και 7 λίτρα ελαιολεκάνης είναι ο απλούστερος δυνατός συνδυασμός που μπορούσα να επιλέξω.

- Απλότητα λειτουργίας. Ο συγκεκριμένος κινητήρας έχει έναν μόνο εκκεντροφόρο στην μέση του κορμού όπου επενεργεί στα 16 ζύγωθρα και κατ επέκταση στις βαλβίδες, με τα ανάλογα push rods μέσω υδραυλικών αυτόματα ρυθμιζόμενων ωστηρίων. Είναι ο πλέον απλός τρόπος να συνδεθεί εκκεντροφόρος με βαλβίδες σε V κινητήρες και προσφέρει αρχικά περιορισμό των περιστρεφόμενων μαζών, πολύ μικρό μέγεθος κυλινδροκεφαλών άρα μικρό engine package και προστασία των βαλβίδων αφού πρώτα καταστρέφονται-στραβώνουν οι ράβδοι σε περίπτωση βλάβης/αστοχίας. Η σύνδεση στροφαλοφόρου και εκκεντροφόρου επιτυγχάνεται με μεταλλική αλυσίδα, εντός αλουμινένιου υδατοστεγούς housing, που έχει ζωή άνω των 100 000 μιλίων, αντίθετα με άλλους κινητήρες με OverHeadCamshaft (OHC) που η αλυσίδα ή ο ιμάντας χρειάζεται αλλαγή πολύ συντομότερα. Επίσης και ο εξωτερικός ιμάντας που κινεί τις διάφορες αντλίες των καταναλωτών, είναι ένας ιμάντας για όλες τις τροχαλίες τους, που μπορεί να αλλαχτεί σε δευτερόλεπτα.
- Απλότητα στις επισκευές. Ολόκληρος ο κινητήρας, με την μετάδοση, μπορεί να αφαιρεθεί αν χρειαστεί από το όχημα σε λιγότερο από 20 λεπτά με αποσύνδεση ελάχιστων συνδέσεων σε εξάτμιση καύσιμο ψύξη κεντρικούς άξονες και ηλεκτρονικό έλεγχο. Το σύστημα ψεκασμού καυσίμου είναι επίσης εντυπωσιακά compact σε μέγεθος και αφαιρείται πάλι σε κάτω από 20 λεπτά από τον κορμό. Οι κυλινδροκεφαλές με την σειρά τους, λόγω της απουσίας εκκεντροφόρων επί κεφαλής αφαιρούνται εύκολα μαζί με την κεφαλή της εξάτμισης σε λιγότερο από 5 λεπτά αφού έχει αφαιρεθεί προηγουμένως, το σύστημα ψεκασμού καυσίμου. Πρόκειται για ευκολίες επισκευών οι οποίες σε σύγκριση με αντίστοιχους υπέρ τροφοδοτούμενους κινητήρες βενζίνης και πετρελαίου κάνουν πολύ εύκολο τον εντοπισμό της βλάβης και άμεση την αντικατάσταση των εξαρτημάτων.
- Πληθώρα ανταλλακτικών εξαρτημάτων και βελτιώσεων. Ο συγκεκριμένος κινητήρας έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μορφές και κυβισμούς από πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες της Ευρώπης και της Αμερικής από το 1960 έως και σήμερα. Έχει τοποθετηθεί σε αγροτικά μηχανήματα, σε σπορ, φορτηγά, στρατιωτικά και φυσικά σε εκτός δρόμου οχήματα ακόμα και σε σκάφη. Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχει πληθώρα ανταλλακτικών και εξαρτημάτων σε όλο τον κόσμο καθώς και ένα αντίστοιχα τεράστιο δίκτυο επισκευαστών παντού.
- Πλήρης συμβατότητα με το όχημα του project. Ο κινητήρας που έχει επιλεγεί, ταιριάζει ακριβώς πάνω στις βάσεις του παλιού που αντικαθιστά έχοντας μάλιστα και μικρότερες εξωτερικές διαστάσεις



από τον παλιό και μπορεί να συνεργαστεί με πολλά χειροκίνητα κιβώτια αλλά και αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων.

Συμπερασματικά, τα παραπάνω χαρακτηριστικά σχετίζονται άμεσα με τον χαρακτήρα του οχήματος και πληρούν όλες τις προϋποθέσεις και προδιαγραφές που απαιτούνται για την χρήση στην οποία θα υποβληθεί.

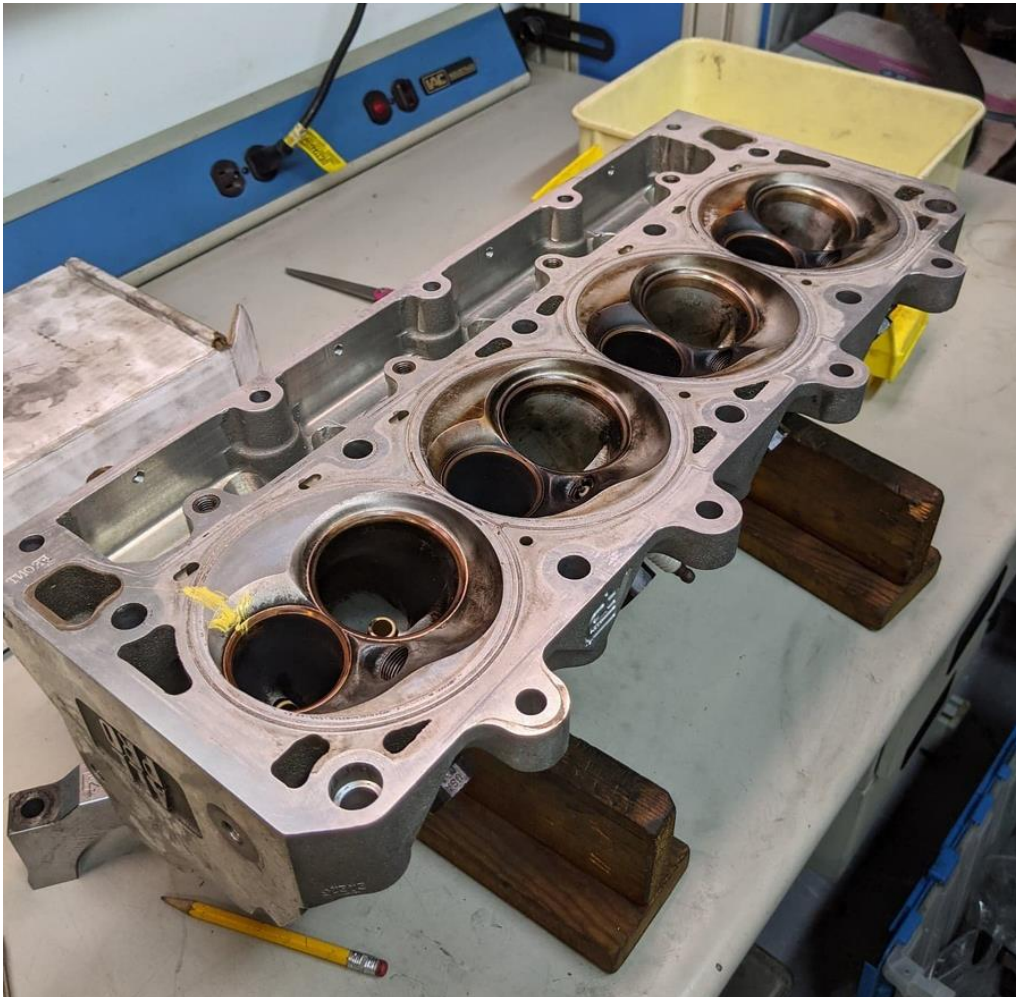
Από την άλλη μεριά όλα είναι ένας συμβιβασμός. Τίποτα δεν έχει μόνο θετικά και παρακάτω παρουσιάζονται και τα αρνητικά της επιλογής μας.

- Χαμηλά επίπεδα ισχύος για το μέγεθός του. Με περίπου max 50 άλογα ανά λίτρο κινητήρα έχουμε αρκετά χαμηλή αναλογία ισχύος/λίτρο. Η χαμηλή συμπίεση, οι 2 βαλβίδες ανά κύλινδρο καθώς και οι χαμηλές στροφές λειτουργίας του κινητήρα είναι οι αιτίες των χαμηλών αυτών επιδόσεων.
- Ιστορικό βλαβών με πρόβλημα στα χιτώνια. Είναι μια πολύ γνωστή βλάβη που σχετίζεται με καμένες φλάντζες κυλινδροκεφαλής και υπερθέρμανσης του κινητήρα. Ο αλουμινένιος κορμός διαστέλλεται υπερβολικά με αποτέλεσμα τα μεταλλικά χιτώνια να υποχωρούν και να δημιουργούνται προβλήματα απώλειας ψυκτικού, καταστροφής της φλάντζας κεφαλής, που δημιουργούν και άλλη υπερθέρμανση και ούτω καθ εξής.
- Μεγάλη κατανάλωση καυσίμου και κόστος λειτουργίας. Προσωπικά το συγκεκριμένο το θεωρώ πολύ σχετικό και συζητήσιμο. Σίγουρα για την χρήση που προορίζεται το όχημα μας, δημιουργείται ένα πρόβλημα με την αποθήκευση καύσιμου καθώς και με το range που μπορούμε να διανύσουμε χωρίς ανεφοδιασμό. Περισσότερα στοιχεία για αυτό το θέμα και την λύση του θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι αδύνατον να σχεδιάσουμε έναν κινητήρα από το μηδέν, επομένως αναγκαστικά πρέπει να λύσουμε τα παραπάνω προβλήματα. Προκειμένου λοιπόν να αντιμετωπίσουμε όσο το δυνατόν καλύτερα τα παραπάνω μειονεκτήματα έγιναν οι παρακάτω μετατροπές- βελτιώσεις.

- Αύξηση της σχέσης συμπίεσης από 9,4 στα 10:1 με πλάνισμα των κυλινδροκεφαλών. Προφανώς η απόφαση του 10:1 δεν είναι τυχαία και πηγάζει από την τελευταία γενιά κινητήρων που παρήχθησαν από την Jaguar και την Morgan, όπου και χρησιμοποιήθηκε αυτή η σχέση συμπίεσης. Η συγκεκριμένη εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της ανακατασκευής του κινητήρα, σε εξειδικευμένο μηχανουργείο. Η αύξηση της σχέσης συμπίεσης σχετίζεται άμεσα με την αύξηση της ισχύος και την απόδοση. Παρόλα αυτά δυστυχώς υπάρχει ένας μεγάλος περιοριστικός παράγοντας στον σχεδιασμό του κινητήρα. Πιο συγκεκριμένα ο αναφλεκτήρας, λόγω των 2 βαλβίδων ανά κύλινδρο δεν μπορεί να βρεθεί στο κέντρο του θαλάμου καύσης

και άρα η φλόγα δεν ταξιδεύει κατά την ανάφλεξη ίσες αποστάσεις προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου. Επομένως και ενώ κατασκευαστικά υπάρχει αρκετός χώρος για περαιτέρω πλάνισμα της κεφαλής χωρίς πιθανότητα επαφής βαλβίδων και εμβόλου που θα οδηγούσε πιθανά ακόμα και σε 12-13:1 σχέση συμπίεσης, μία τέτοια εργασία θα ήταν αποτυχημένη καθώς θα είχαμε αδυναμία ελέγχου ανάφλεξης του μίγματος. Ταυτόχρονα υπάρχει και ο περιορισμός της ποιότητας του καυσίμου που πρέπει πάντα να έχουμε κατά νου από την στιγμή που το όχημα πιθανά θα χρησιμοποιηθεί σε περιοχές ανά τον πλανήτη όπου το καύσιμο δεν είναι πάντα σταθερό και το πλέον ποιοτικό. Γνωρίζοντας λοιπόν πως η χωρητικότητα του κάθε κυλίνδρου είναι  $4554/8 = 570$  cc και με δεδομένη την αρχική σχέση συμπίεσης στα 9,35:1 προκύπτει πως ο αρχικός θάλαμος καύσης είναι  $570/9,35 = 61$ cc. Πράγματι επιβεβαιώσαμε πως ο αρχικός θάλαμος καύσης ήταν 61cc και στους 8 κυλίνδρους στις 2 κεφαλές που σημαίνει πως δεν είχε γίνει ξανά τροποποίηση-πλάνισμα τους.





Προκειμένου να πετύχουμε ακριβώς το επιθυμητό 10:1 CR δηλαδή θάλαμο καύσης 57cc, δηλαδή μείωση 4cc στον όγκο του θαλάμου καύσης και θεωρώντας πως το σχήμα είναι SxΔh υπολογίζουμε πως 0,1 mm είναι το αρχικό βάθος κοπής που απαιτείται. Λάβαμε υπόψη μας ακόμα και τους αναφλεκτήρες και το πάχος της νέας παχύτερης φλάντζας κεφαλής που θα χρησιμοποιηθεί. Αμέσως μετά την κοπή μετρήσαμε ξανά τις χωρητικότητες των θαλάμων καύσης και των 2 κεφαλών, 8 στο σύνολό τους και με τρίψιμο και λείανση των τοιχωμάτων πετύχαμε όλοι οι θάλαμοι να έχουν τον ίδιο όγκο. Περιοριστικό παράγοντα αποτέλεσαν η τεχνική που ακολουθήσαμε και οι μετρητικές διατάξεις που υπήρχαν. Ήταν μια εξαιρετικά χρονοβόρα και δαπανηρή εργασία που είναι αδύνατον να γίνει εργοστασιακά σε γραμμή παραγωγής.

- Κοπή των εδρών των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής καθώς και των βαλβίδων σύμφωνα με την τελευταία γενιά κινητήρων που κυκλοφόρησαν στις 45° -45° 30'. Και αυτή ήταν μια εργασία που πραγματοποιήθηκε σε εξειδικευμένο μηχανουργείο αυτοκινήτων και μηχανικών μερών σε συνδυασμό με όλες τις εργασίες που έγιναν στην κεφαλή. Επίσης πραγματοποιήθηκε άνοιγμα των οχετών εισαγωγής και εξαγωγής ώστε να υπάρχει απόλυτη ομοιομορφία με τις φλάντζες που τοποθετήθηκαν τόσο από την πλευρά της εισαγωγής όσο και από την πλευρά της εξαγωγής. Ταυτόχρονα γυαλίστηκαν οι οχετοί εισαγωγής από την πλευρά του συστήματος εισαγωγής αέρα και ψεκασμού καυσίμου.
- Προκειμένου να λυθεί και το πιθανό πρόβλημα των χυτωνίων, χρησιμοποιήσαμε T-shape liners ή αλλιώς Top hat liners . Η διαδικασία για την αλλαγή των απλών κυλινδρικών χυτωνίων με τα T- shape περιλαμβάνει αρχικά την εξαγωγή των παλιών. Αυτό γίνεται με θέρμανση του κορμού στους 250 βαθμούς και κατόπιν χρήσης εξωλκέα κατάλληλου μεγέθους για την απομάκρυνση των παλαιών χυτωνίων. Στο σημείο αυτό έγινε και έλεγχος του μπλόκ για πιθανές ρηγματώσεις στην εσωτερική επιφάνεια των κυλίνδρων. Στη συνέχεια, η τοποθέτηση των καινούριων T-shape περιλαμβάνει τις παρακάτω διαδικασίες κατεργασιών. Αρχικά κοπή της επιφάνειας στις κατάλληλες διαστάσεις για την εισαγωγή των νέων χυτωνίων και κατόπιν την ψύξη τους με υγρό άζωτο για την τελική τοποθέτησή τους. Έπειτα ασκείται πίεση αρκετών τόνων πάνω στα χυτώνια ώστε να πάρουν την τελική τους θέση. Τέλος οι τελικές επιφάνειες του μπλόκ που θα συνεργαστούν με τις κεφαλές λειαίνονται και ετοιμάζονται για την τελική τοποθέτησή.
- Βελτίωση του συστήματος λίπανσης. Μία πολύ εύκολη μετατροπή που έχει εξαιρετικά αποτελέσματα στην ρύθμιση της θερμοκρασίας του λαδιού της μηχανής είναι η τοποθέτηση συστήματος ψύξης λαδιού. Χρησιμοποιώντας την εργοστασιακή μηχανική αντλία λαδιού που αυξάνει την πίεση του λιπαντικού έως τα 3bar τοποθετήθηκε

παράλληλα με το ψυγείο νερού, ένα ξεχωριστό ψυγείο λαδιού με στόχο να διατηρείται η θερμοκρασία του λιπαντικού σταθερή 90-110 βαθμούς. Αυτό επιτυγχάνεται με ενσωματωμένο στην σωλήνωση θερμοστάτη που λειτουργεί ανάμεσα σε αυτές τις 2 θερμοκρασίες. Το μέγεθος της ενεργής επιφάνειας του ψυγείου λαδιού που επιλέχτηκε είναι 20cm x 50cm. Ήταν απαραίτητη η τοποθέτηση του, καθώς το όχημα πρέπει να μπορεί να λειτουργεί αδιάκοπα σε υψηλές θερμοκρασίες με χαμηλές ταχύτητες και μεταφέροντας- έλκοντας μεγάλο φορτίο. Επίσης και για κάθε ενδεχόμενο όπως διαρροή, βλάβη ή ατύχημα, είναι δυνατή η απομόνωση του κυκλώματος ψύξης λαδιού από το υπόλοιπο σύστημα λίπανσης ώστε να μπορεί το όχημα να συνεχίσει την πορεία του χωρίς απώλεια πίεσης λαδιού που θα είχαν καταστροφικό αποτέλεσμα.

Όλες οι παραπάνω εργασίες έγιναν με γνώμονα την αύξηση της απόδοσης, της ισχύος και της ροπής του κινητήρα, παράλληλα με τη μέγιστη δυνατή οικονομία καύσιμου αλλά και τη διατήρηση του bulletproof (αλεξίσφαιρου) χαρακτήρα ενός υδρόψυκτου και ελαιόψυκτου χαμηλών στροφών, natural aspirated v8 κινητήρα. Ακολουθώντας τακτική συντήρηση και με δεδομένο το ιστορικό των κινητήρων τέτοιου τύπου το service life των μηχανικών μερών του, προβλέπεται κοντά στις 10.000 ώρες λειτουργίας.

Παρακάτω παραθέτω και φωτογραφίες των εργασιών



*Αφαίρεση του κορμού και έλεγχος των κυλίνδρων*



*Τοποθέτηση των Tshaped liners*



*Εργοστασιακές κυλινδροκεφαλές*



*Κεφαλές και κορμός έτοιμα για συναρμολόγηση*





*Συναρμολογημένος κινητήρας*



*Εγκατάσταση κινητήρα στο όχημα*



Παράλληλα, ένα επίσης σημαντικό και απαραίτητο για τον κινητήρα σύστημα, είναι αυτό της διαχείρισης καυσίμου. Ο κινητήρας μας είναι στην πραγματικότητα μία τεράστια αντλία που τροφοδοτείται μέσω αυτού του συστήματος. Επομένως όσο καλό και να είναι το μηχανικό σύνολο μιας ΜΕΚ αν δεν υπάρχει ο αντίστοιχος έλεγχος από ένα σύστημα διαχείρισης καυσίμου τότε το αποτέλεσμα δεν είναι άρτιο.

Υπήρχαν αρκετές επιλογές για το σύστημα που θα χρησιμοποιούσαμε. Από τις πλέον απλές λύσεις με χρήση διπλών και τεσσάρων καρμπυρατέρ, ακόμα και παλαιού τύπου έμμεσου ψεκασμού καυσίμου όπου και τα δύο χρησιμοποιούν διανομέα για την ανάφλεξη. Υπάρχουν ακόμα πιο εξωτικές λύσεις με εγκέφαλο που ελέγχει όλες τις παραμέτρους ξεχωριστά άμεσο ψεκασμό καυσίμου κτλ. Τελικά επιλέχτηκε μια ενδιάμεση τεχνολογικά λύση που χρησιμοποιείται ακόμα σε μεγάλους κινητήρες και διακρίνεται για την αξιοπιστία του, που είναι και το ζητούμενο.

Ο ψεκασμός Sagem Lucas GEMS έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς κατασκευαστές σε αυτούς τους κινητήρες και θεωρώ πως είναι η καλύτερη overall επιλογή.

Τα πλεονεκτήματα που με οδήγησαν στην χρήση του είναι τα παρακάτω:

- Πλήρης ανεξαρτησία του συστήματος. Η πλέον σημαντική ιδιότητα αυτού του συστήματος ελέγχου είναι πως δεν συνδέεται με κανένα άλλο σύστημα του αυτοκινήτου. Το μόνο που απαιτεί είναι τάση στην είσοδο του από την μπαταρία και τίποτε άλλο. Αυτό σημαίνει ότι ο κινητήρας μπορεί να λειτουργήσει ακόμη και εκτός οχήματος απλά με μία μπαταρία και μερικούς διακόπτες, σε περίπτωση βλάβης κάπου αλλού στο όχημα δεν υπάρχει καμία επίπτωση στον κινητήρα.
- Χρησιμοποιεί έμμεσο ψεκασμό καυσίμου. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό είναι πολύ σημαντικό για την αξιοπιστία του συστήματος. Οι κινητήρες έμμεσου ψεκασμού, διατηρούν την εισαγωγή αέρα του κινητήρα πολύ καθαρή, με ελάχιστες επικαθήσεις καθώς ο ψεκασμός της βενζίνης γίνεται πριν την βαλβίδα εισαγωγής. Οι αντίστοιχοι κινητήρες με άμεσο ψεκασμό τείνουν να γεμίζουν με ακαθαρσίες τους αυλούς εισαγωγής τους και να δημιουργούν λόγω του σχεδιασμού τους πολλά προβλήματα αξιοπιστίας και επιδόσεων λόγω της σταδιακής μείωσης της διατομής των αυλών εισαγωγής τους. Επίσης, ο έμμεσος ψεκασμός απαιτεί μια πίεση καυσίμου 2-3 bar, η οποία επιτυγχάνεται με μία απλή αντλία καυσίμου μέσα στο ρεζερβουάρ του αυτοκινήτου. Σε αντίθεση ο άμεσος ψεκασμός απαιτεί την ύπαρξη και δεύτερης αντλίας καυσίμου, υψηλής πίεσης που βρίσκεται συνήθως στον κινητήρα και παίρνει κίνηση από τον/έναν εκκεντροφόρο άξονα. Αυτό αυξάνει κατά πολύ την πολυπλοκότητα του συστήματος και λόγω της πολύ υψηλής πίεσης που απαιτείται για να λειτουργούν οι ψεκαστήρες του άμεσου είναι υπερβολικά ευαίσθητοι σε μη ποιοτικά καύσιμα. Επίσης η ελάχιστη διαρροή από το σύστημα υψηλής πίεσης οδηγεί σε βλάβη και πιθανά αδυναμία εκκίνησης, λόγω ανάγκης εξαερισμού.
- Λειτουργεί σαν wasted spark ignition. Το συγκεκριμένο σύστημα αρχικά δεν χρησιμοποιεί διανομέα για τον έλεγχο της ανάφλεξης, είναι απόλυτα ηλεκτρονικός και χαρτογραφημένος. Χρησιμοποιεί 4 ζεύγη πολλαπλασιαστών που λειτουργούν πάντα σαν ζευγάρι. Ένα έμβολο που βρίσκεται σε φάση συμπίεσης δέχεται ανάφλεξη και ένα άλλο που βρίσκεται σε φάση εξαγωγής δέχεται ανάφλεξη. Για αυτό και λέγεται wasted spark ignition καθώς η μία ανάφλεξη είναι άχρηστη. Παρόλα αυτά σαν σύστημα απαιτεί τα μισά ηλεκτρικά εξαρτήματα από ένα σειριακό σύστημα ανάφλεξης και επίσης η wasted ανάφλεξη γίνεται σε περιβάλλον με πολύ χαμηλή διηλεκτρική αντίσταση με ελάχιστες απώλειες και με μηδενική επίπτωση στα εξαρτήματα του συστήματος ανάφλεξης. Επίσης λειτουργώντας σαν ζεύγη κάνουν πολύ εύκολη την επίλυση ενός προβλήματος της ανάφλεξης καθώς 2 κύλινδροι σταματούν να

λειτουργούν πράγμα το οποίο είναι εύκολο να διαγνωστεί ως πρόβλημα ανάφλεξης. Τέλος η διάταξη των πολλαπλασιαστών εκτός των κυλινδροκεφαλών και στην υψηλότερη δυνατή θέση μέσα στο μηχανοστάσιο, επιτρέπουν την διάβαση υδάτινων εμποδίων πολύ καλύτερα από ότι πολλαπλασιαστές εντός της κυλινδροκεφαλής ή ακόμα χειρότερα με χρήση περιστροφικού διανομέα distributor.

- Εξαιρετικά χαρακτηριστικά της χαρτογράφησης του συστήματος. Το σύστημα ψεκασμού GEMS όπως όλα τα σύγχρονα συστήματα ελέγχου ψεκασμού καυσίμου ελέγχει τόσο την έκχυση καυσίμου όσο και την ανάφλεξή του. Χρησιμοποιεί τους παρακάτω αισθητήρες 1) θέση και ταχύτητα περιστροφής στροφαλοφόρου άξονα 2) θέση εκκεντροφόρου άξονα 3) θερμοκρασία εισερχόμενου αέρα 4) ατμοσφαιρική πίεση 5) θερμοκρασία καυσίμου πάνω στην μπεκιάρα 6) μετρητή μάζας αέρα 7) αισθητήρες λ πάνω στην εξάτμιση 8) γωνία ανοίγματος πεταλούδας εισαγωγής αέρα 9) αισθητήρες μηχανικής ταλάντωσης επάνω στον κορμό της μηχανής 10) θερμοκρασία υγρού ψύξης κινητήρα 11) ταχύτητα οχήματος. Μέσω αυτών των αισθητήρων η ECU του συστήματος επενεργεί στους 8 εκχυτές καυσίμου και στους πολλαπλασιαστές υπευθύνους για την ανάφλεξη, καθώς και στον ηλεκτροκινητήρα ελέγχου του ρελαντί. Σε περίπτωση αστοχίας κάποιου αισθητήρα ο κινητήρας λαμβάνει αυθαίρετα κάποιες μέσες προκαθορισμένες τιμές παρακολουθώντας τους υπόλοιπους αισθητήρες, ώστε να μπορεί να κινηθεί κανονικά το όχημα χωρίς κανένα πρόβλημα. Ουσιαστικά ο μόνος αισθητήρας που μπορεί να μην επιτρέψει την λειτουργία του κινητήρα είναι αυτός της θέσης και ταχύτητας περιστροφής του στροφάλου. Έχει παρόλα αυτά σαν ιστορικό μηδενικές αστοχίες. Σε αντίθεση τα περισσότερα σημερινά οχήματα λόγω συγκεκριμένων νομοθετικών περιορισμών, μπαίνουν σε λειτουργία limp home mode που περιορίζει σημαντικά την ισχύ του κινητήρα.

Σε σχέση με την βελτίωση του συστήματος ψεκασμού και πάλι με στόχο την μέγιστη απόδοση και οικονομία αλλά και για την αξιοπιστία έγιναν οι παρακάτω εργασίες.

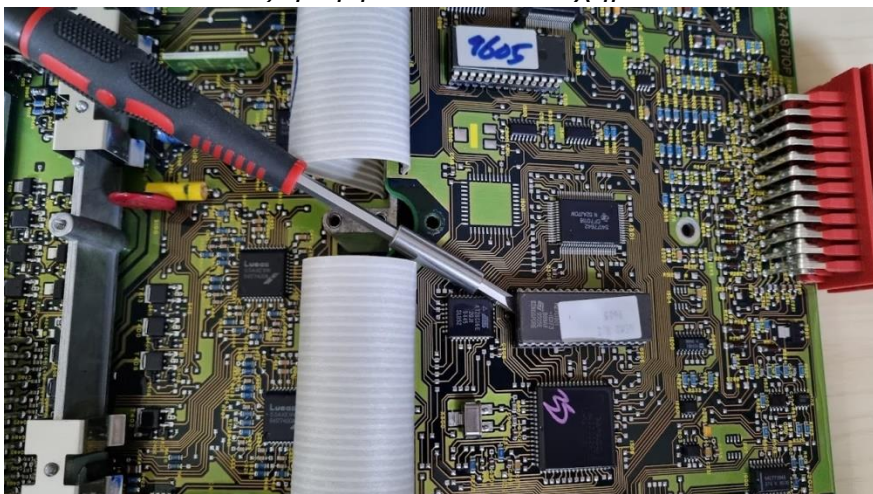
- Μεταφορά του εγκεφάλου στο εσωτερικό του οχήματος σε μεγαλύτερο ύψος. Η συγκεκριμένη εργασία έγινε επειδή ο εγκέφαλος έχει ενσωματωμένο τον αισθητήρα ατμοσφαιρικής πίεσης, ουσιαστικά μια οπή ελέγχου που αποτελεί και κίνδυνο εισροής νερού σε ακραίες καταστάσεις. Επίσης εκ κατασκευής δεν είναι waterproof με κάποιο IP rating. Επεκτάθηκε λοιπόν η καλωδίωση του εγκεφάλου του κινητήρα και τοποθετήθηκε στο εσωτερικό του οχήματος όπου είναι προστατευμένος από νερό χτυπήματα κτλ. Μία απίστευτα χρονοβόρα και δαπανηρή εργασία που σε συνδυασμό με άλλες αντιμετωπίζει την αχίλλειο πτέρνα του

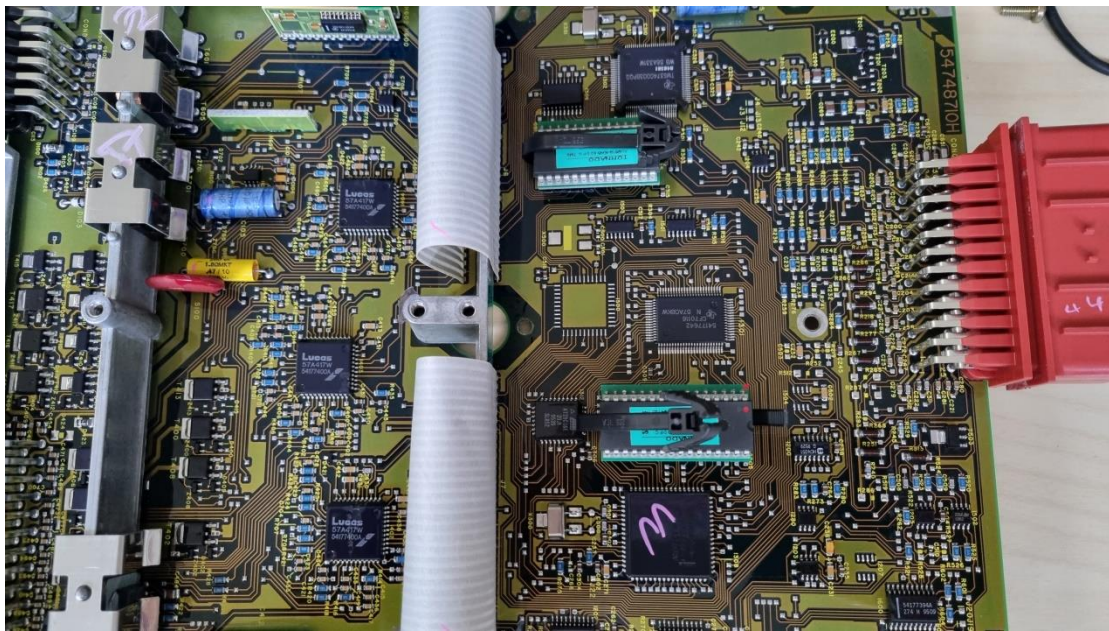
βενζινοκινητήρα, τα περάσματα σε βαθιά υδάτινα εμπόδια που 'προκαλούν' την αδιαβροχοποίηση του οχήματος

- Αλλαγή E-eproms Chips διαχείρισης της ανάφλεξης και του ψεκασμού καυσίμου. Οι δύο αυτές μνήμες βρίσκονται μέσα στον εγκέφαλο και είναι υπεύθυνες για την χαρτογράφηση του εγκεφάλου και κατ' επέκταση για την διαχείριση καυσίμου, τις στροφές idle, τις μέγιστες στροφές του κινητήρα, την προ-πορεία advance ή retard της ανάφλεξης και την λειτουργία κατά την ψυχρή εκκίνηση. Αναμφισβήτητα ήταν και πάλι αδύνατος ο τέλειος προγραμματισμός των χαρακτηριστικών λειτουργίας αφού ο κυριότερος παράγοντας είναι η ποιότητα καυσίμου που προφανώς διαφέρει στις αγορές ανά τον κόσμο. Έτσι επιλέξαμε σαν βάση την λειτουργία με 95οκτάνια απλή αμόλυβδη βενζίνη που είναι μια σταθερή παράμετρος που υπάρχει σχεδόν σε όλες τις σημερινές χώρες. Με βάση τις αλλαγές σε εισαγωγή αέρα, εγχυτήρες, εξάτμιση και αναφλεκτήρες που κάναμε και περιγράφηκαν παραπάνω, προγραμματίσαμε τον εγκέφαλο σε συνεργασία με γνωστό οίκο της Μ. Βρετανίας, έχοντας κατά νου πως νομικά δεν έχουμε περιορισμό σε καυσαέρια και καταλύτες.



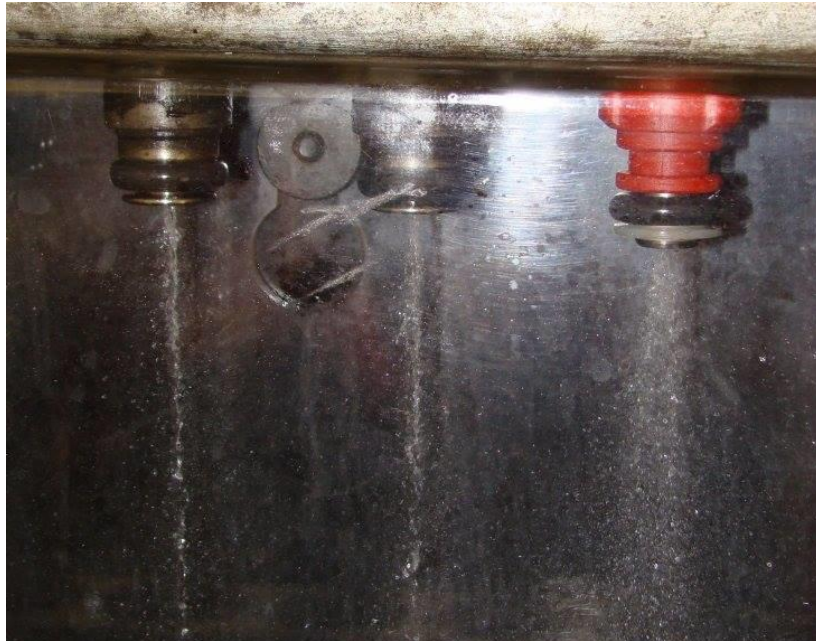
*Εξαγωγή ECU από το όχημα*





### Αντικατάσταση EEPROM στην ECU

- Τοποθέτηση τελευταίας τεχνολογίας εγχυτήρων καυσίμου. Η συγκεκριμένη εργασία ήταν από τις πλέον εύκολες και αποδοτικές. Έγινε η αντικατάσταση των παλιών περιστροφικής λειτουργίας μπεκ ψεκασμού μονής οπής και μάρκας Sagem, με σύγχρονων προδιαγραφών μπεκ 3 οπών Bosch που λειτουργούν με πηγία, τα οποία είναι πιο αποδοτικά σε λειτουργία και ψεκάζουν το καύσιμο σε εξαιρετικά πιο αποδοτικά μικρά σωματίδια σε σχέση με τα παλιά. Συμπερασματικά, εξασφαλίσουμε πολύ καλύτερη εκκίνηση, πολύ καλύτερη καύση με λιγότερο άκαυτο-χαμένο καύσιμο και αξιόπιστη λειτουργία. Η αλλαγή αυτή οδήγησε σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 5% και σε σημαντική μείωση των επιπέδων των άκαυτων υδρογονανθράκων κατά τον έλεγχο των καυσαερίων.



*Lucas vs. Sagem vs. Bosch*

- Τοποθέτηση waterproof καλωδίων ανάφλεξης, μάρκας magnecor καθώς η συγκεκριμένη επιλογή αποτελεί ότι πιο αξιόπιστο υπάρχει σε μπουζοκαλώδια. Με πλήρη κατασκευή από σιλικόνη και 10 mm εξωτερικής μόνωσης μπορούν να λειτουργήσουν πλήρως βυθισμένα σε νερό χωρίς το παραμικρό πρόβλημα. Και πάλι αποτελούν τον καλύτερο δυνατό συμβιβασμό μεταξύ λειτουργικότητας και κόστους. Υπάρχουν και πιο εξωτικές λύσεις αδιαβροχοποίησης που συναντούμε σε στρατιωτικά οχήματα τα οποία απαιτούν τακτικό έλεγχο και συντήρηση, αλλά παρέχουν πολύ μικρή αξιοπιστία.



- Χειροποίητη ανοξείδωτη εξάτμιση 4 σε 2 σε 1. Στην θέση των εργοστασιακών μαντεμένων κεφαλών εξάτμισης τοποθετήθηκαν SS ανοξείδωτα 'χταπόδια', που με εσωτερική διατομή σωλήνωσης 45mm και με την μέγιστη δυνατή ομοιομορφία και ίδιο μήκος είναι ο καλύτερος δυνατός συμβιβασμός μεταξύ ροής σε χαμηλές στροφές και ισχύς στις υψηλές. Όπως εξηγήσαμε και παραπάνω για λόγους κόστους χρόνου και απόδοσης ήταν αδύνατον να σχεδιάσουμε και να κατασκευάσουμε τις δικές μας κεφαλές της εξάτμισης. Έτσι η επιλογή μας αυτή είναι και πάλι ο καλύτερη συμβιβασμός.



*Τοποθέτηση ανοξείδωτων πολλαπλών εξάτμισης*

- Αύξηση της διατομής της εισαγωγής αέρα. Η εργοστασιακή κυκλική εισαγωγή αέρα ανοίχτηκε κατά 4mm σε διάμετρο και τοποθετήθηκε αντίστοιχα μεγαλύτερος αισθητήρας μάζας αέρος. Επίσης πάνω στο σώμα του ψεκασμού αντικαταστάθηκαν τα 8 rams με μεγαλύτερης διατομής και χαμηλότερου ύψους, καθώς επίσης λειάνθηκαν και οι



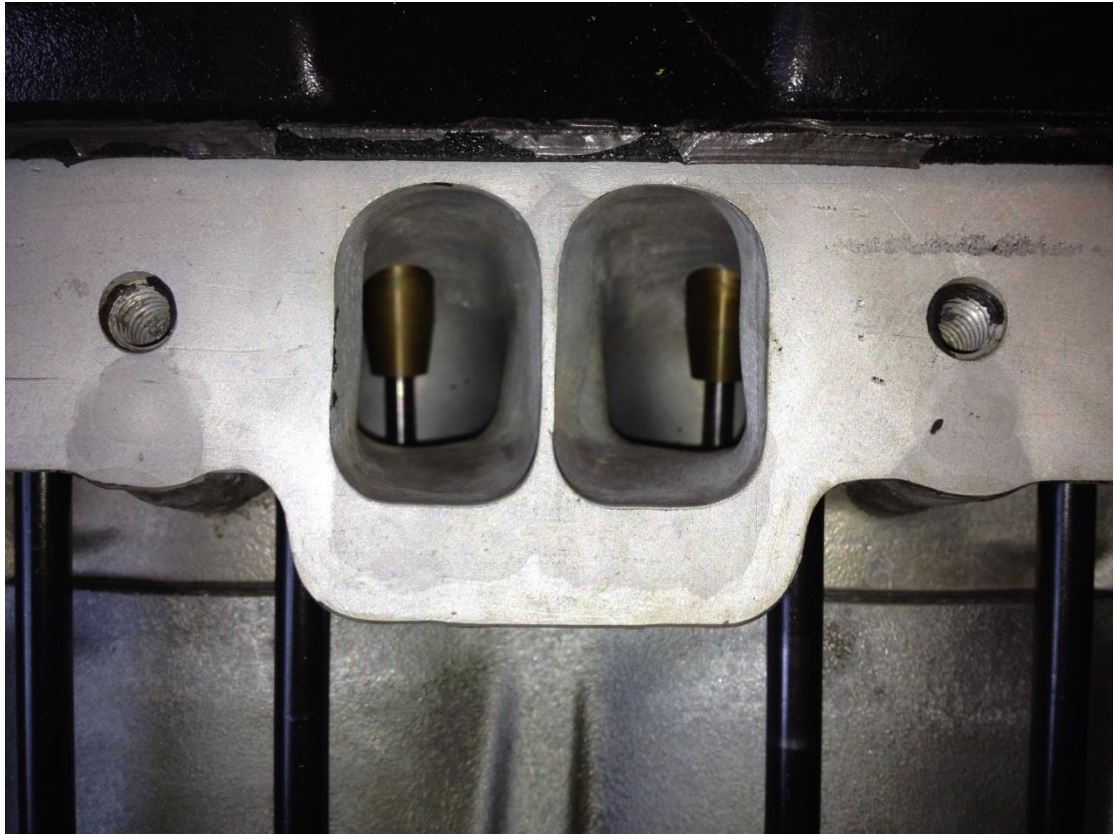
αυλοί εισαγωγής με στόχο την αύξηση του Volumetric efficiency του κινητήρα



*Εργοστασιακοί αυλοί εισαγωγής αέρα*



*Αυξημένης διατομής αυλοί εισαγωγής αέρα*



*Τελικοί οχετοί εισαγωγής αέρα μετά τις εργασίες αύξησης της διατομής τους*

Το τελικό σύστημα κινητήρα- ψεκασμού που τοποθετήθηκε στο όχημα αποτελεί και ένα βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα του, καθώς και ένα από τα σαφή πλεονεκτήματά του, τόσο από πλευράς αξιοπιστίας όσο και από εμπορικής (μελλοντικά) άποψης.

Δεδομένου ότι ο θερμικός κινητήρας μας είναι χαμηλής σχετικά συμπίεσης και το όχημα σαν σύνολο ζυγίζει λίγο κάτω από 2 τόνους, τα 17 λίτρα/ 100 χλμ μέσης κατανάλωσης που μετρήσαμε είναι αρκετά ικανοποιητικός αριθμός και σχετικά χαμηλός κατά την άποψη μου.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των παραπάνω είναι πως λόγω της μοναδικότητας του, το κόστος αγοράς των εξαρτημάτων, των μηχανουργικών εργασιών και του χρόνου ενασχόλησης το κόστος είναι αρκετά μεγάλο. Ανήλθε συνολικά στις 12 χιλιάδες ευρώ και ήταν το πλέον κοστοβόρο αλλά και ταυτόχρονα το πλέον σημαντικό τμήμα του τελικού οχήματος.

Σαν μελλοντική βελτίωση και με στόχο ακόμα μεγαλύτερο service range θα τοποθετηθεί σύστημα ψεκασμού υγραερίου. Παράλληλα με αυτή την κίνηση θα κατέβει εντυπωσιακά και το κόστος λειτουργίας, και λόγω dual fuel θα έχουμε την δυνατότητα σε περίπτωση βλάβης του ενός συστήματος να κινούμαστε με το δεύτερο.

Επιπρόσθετα, σαν μια ακόμα μελλοντική εγκατάσταση, θα μπορούσε να τοποθετηθεί ένας μικρός ηλεκτροκινητήρας 48volt και 20kw με μικρό 15-20kwh battery pack για κίνηση με χαμηλές ταχύτητές και απουσία θορύβου που ταυτόχρονα θα λειτουργεί και σαν 3<sup>η</sup> εναλλακτική λύση για κίνηση. Περισσότερα για αυτή την εγκατάσταση θα δούμε στην ενότητα της μετάδοσης κίνησης.

### **Σύστημα Ψύξης Κινητήρα**

Ένα σύστημα άρρηκτα συνδεδεμένο με τον θερμικό κινητήρα και απόλυτα απαραίτητο για την λειτουργία μίας υδρόψυκτης ΜΕΚ γενικότερα, είναι το σύστημα ψύξης. Μια ΜΕΚ μετατρέπει την χημική ενέργεια του καυσίμου σε έργο, με απόδοση περίπου 30%. Όλη η υπόλοιπη ενέργεια γίνεται θερμότητα η οποία πρέπει κάπου να αποδοθεί ώστε η θερμοκρασία του κινητήρα να παραμείνει στα επίπεδα λειτουργίας για τα οποία έχει σχεδιαστεί. Ασφαλώς και ο κινητήρας μας είναι υδρόψυκτος αφού σαν σύστημα πλεονεκτεί σχεδόν παντού σε σχέση με τους αερόψυκτους, ή αεροelaiόψυκτους κινητήρες.

Το σύστημα ψύξης λοιπόν καλείται να αποδώσει στο περιβάλλον την θερμότητα από την καύση ώστε να λειτουργεί μεταξύ σταθερών θερμοκρασιών ο θερμικός κινητήρας. Το σύστημα ψύξης μας αποτελείται από την αντλία ψυκτικού μέσου, τις σωληνώσεις, τον θερμοστάτη του κυκλώματος, τους εναλλάκτες θερμότητας (ένας για την θέρμανση της καμπίνας και ένας κύριος για την εναλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον), το δοχείο διαστολής του ψυκτικού, τον αισθητήρα θερμοκρασίας και τέλος τους ανεμιστήρες κυκλοφορίας αέρα. Επίσης, και λόγω της αύξησης της πίεσης του κυκλώματος λόγω της θέρμανσής του ψυκτικού, υπάρχει βαλβίδα ασφαλείας πάνω στο δοχείο διαστολής που ανοίγει σε πιέσεις άνω

των 1,4bar και εκτονώνει την πίεση του συστήματος, ώστε να προστατευτεί ο κινητήρας σε περίπτωση απότομης αύξησης πίεσης λόγω βρασμού στο εσωτερικό του.

Στην πρώτη ενότητα είδαμε πως ο θερμικός κινητήρας μας, εξολοκλήρου κατασκευασμένος από αλουμίνιο έχει πολύ μικρή θερμοχωρητικότητα και πολύ μεγάλη θερμική αγωγιμότητα, και τα δύο αυτά χαρακτηριστικά είναι απολύτως θετικά και βοηθούν πολύ στην θερμική συμπεριφορά του κινητήρα. Το εργοστασιακό κύκλωμα ψύξης λειτουργεί ως εξής:

- Αρχικά και με χαμηλή θερμοκρασία κινητήρα με κλειστό τον θερμοστάτη του κυκλώματος, δηλαδή θερμοκρασίες κάτω των 70°C, το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί από την περιστροφή της αντλίας νερού που βρίσκεται πάνω στον κορμό του κινητήρα, μέσα στον κορμό, στις κυλινδροκεφαλές και στον εναλλάκτη θερμότητας του χώρου των επιβατών. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η ταχύτερη θέρμανση του ψυκτικού υγρού που βοηθά στην εύκολη cold start εκκίνηση, στην άνεση των επιβατών και στην γρήγορη προετοιμασία του οχήματος για κυκλοφορία. Το ψυκτικό μέσο που κινείται στην περίπτωση αυτή είναι περίπου 4 λίτρα.
- Στη συνέχεια και καθώς περνάμε στην θερμοκρασία λειτουργίας, από περίπου 84°C και έπειτα ανοίγει ο θερμοστάτης που επιτρέπει την κυκλοφορία ψυκτικού υγρού και στο υπόλοιπο κύκλωμα, το οποίο έχει συνολική χωρητικότητα 14 λίτρα. Με αυτό τον τρόπο διοχετεύεται/κυκλοφορεί θερμό ψυκτικό υγρό, μέσω των ελαστικών σωληνώσεων του κυκλώματος στον κύριο εναλλάκτη θερμότητας, στο ψυγείο του οχήματος δηλαδή, που βρίσκεται στο εμπρόσθιο μέρος και είναι υπεύθυνο για την απαγωγή του θερμικού φορτίου της μηχανής στην ατμόσφαιρα. Αυτό επιτυγχάνεται με την κυκλοφορία του ρευστού μέσα από μικρές οριζόντιες ορειχάλκινες συστοιχίες πτερυγίων. Ο ατμοσφαιρικός αέρας, κατά την κίνηση του οχήματος περνάει μέσα από τα πτερύγια αυτά απάγοντας θερμότητα που παράλληλα οδηγεί και σε πτώση της θερμοκρασίας του ψυκτικού μέσου, το οποίο λόγω της αντλίας νερού οδηγείται ξανά, με χαμηλότερη πλέον θερμοκρασία, στο εσωτερικό του κινητήρα και επαναλαμβάνεται ο κύκλος ψύξης.
- Σε περίπτωση χαμηλής ταχύτητας κίνησης ή κατά την εκτέλεση στατικού έργου υπάρχει ανεμιστήρας, radiator viscous fan, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την κυκλοφορία αέρα μέσα από το ψυγείο. Ο ανεμιστήρας αυτός βρίσκεται πάνω στην αντλία νερού, παίρνοντας κίνηση από τον άξονα της αντλίας νερού και κατ' επέκταση από τον ίδιο τον κινητήρα. Ενδιάμεσα από την αντλία νερού και τον ανεμιστήρα υπάρχει σύστημα ελέγχου με βισκοελαστικό υγρό με βάση την σιλικόνη, το οποίο εμπλέκει και απεμπλέκει τα δύο εξαρτήματα ανάλογα με την θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού. Έτσι υπάρχει ένας έλεγχος της ταχύτητας περιστροφής του ανεμιστήρα

σε σχέση με την θερμοκρασία του ψυκτικού. Το σύστημα αυτό αντικαταστάθηκε πλήρως, παρακάτω αναλύεται γιατί.

Οι βελτιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στο σύστημα ψύξης είχαν σαν στόχο την πιο αποδοτική λειτουργία από πλευράς οικονομίας καυσίμου και την πλέον αξιόπιστη λειτουργία κάτω από όλες τις συνθήκες. Οι απαιτήσεις που έχουμε από το σύστημα αυτό είναι μεγάλες. Επομένως χρειάστηκαν κ αρκετές μετατροπές στο υπάρχον σύστημα.

- Κατασκευή χειροποίητου αλουμινένιου ψυγείου μεγαλύτερων διαστάσεων. Η αύξηση των διαστάσεων του αμαξώματος που θα περιγραφεί σε επόμενο κεφάλαιο μας έδωσε την δυνατότητα να τοποθετήσουμε έως και 36cm πιο πλατύ ψυγείο. Προκειμένου να συνδυαστεί με το ψυγείο λαδιού του κινητήρα, καταφέραμε να σχεδιάσουμε ένα ψυγείο νερού που να μπορεί να τοποθετηθεί στις εργοστασιακές βάσεις και να έχει 30% μεγαλύτερη μετωπική επιφάνεια από το εργοστασιακό. Ταυτόχρονα η κατασκευή του από αλουμίνιο βοηθά στην μεγαλύτερη απαγωγή θερμότητας αλλά και σε μεγάλη μείωση του βάρους, σχεδόν 15 κιλά σε σχέση με το ορειχάλκινο ψυγείο. Η αύξηση αυτή της ενεργής επιφάνειας του ψυγείου συμβάλει αντίστοιχα στην μεγαλύτερη απαγωγή θερμότητας και άρα στην καλύτερη ψύξη.
- Αντικατάσταση του viscous fan με electric fans. Το σύστημα με viscous fan είναι μια τεχνική που χρησιμοποιούταν για πολλά χρόνια από όλους τους κατασκευαστές σε πολλές εφαρμογές επιβατικών κ φορτηγών οχημάτων καθώς είναι απλοϊκό, οικονομικό και έχει μεγάλη αξιοπιστία. Έχει όμως και πολλά αρνητικά. Αρχικά λειτουργεί συνεχώς πράγμα που δημιουργεί συνέχεια αντίσταση στον κινητήρα και κατ' επέκταση αυξάνει την κατανάλωση καυσίμου, σε αρκετά μεγάλο ποσοστό. Επίσης καθυστερεί και την προθέρμανση του κινητήρα αφού κατά την εκκίνηση και για κάποιο χρόνο, λόγω της φύσης του βισκοελαστικού υγρού, παραμένει 100% συνδεδεμένος. Περιστρέφεται με την ταχύτητα περιστροφής της αντλίας νερού, που σημαίνει πως σε χαμηλές ταχύτητες κίνησης με χαμηλές στροφές στον θερμικό κινητήρα, ο ανεμιστήρας μπορεί να μην αναρροφά αρκετή ποσότητα αέρα από το περιβάλλον. Είναι αναγκαστικά ένας μόνο ανεμιστήρας αφού είναι μόνο ένας ο άξονας της αντλίας νερού. Συμπερασματικά, σε περίπτωση βλάβης της φτερωτής ή του viscous clutch δεν υπάρχει εναλλακτική επιλογή και οδηγούμαστε στην υπερθέρμανση. Δεν μπορεί να γίνει διάβαση υδάτινου εμποδίου, αφού με τον ανεμιστήρα εμπλεγμένο θα επιβραδυνθεί τόσο πολύ ο κινητήρας που θα σταματήσει να περιστρέφεται. Τέλος, σε περίπτωση ατυχήματος που μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή στη γεωμετρία του αμαξώματος, άρα και στην θέση του ψυγείου, ο viscous ανεμιστήρας που βρίσκεται πάνω στον κινητήρα σε πολύ μικρή απόσταση από το ψυγείο, είτε θα σπάσει,

είτε θα μπλοκάρει τον κινητήρα είτε θα εισχωρήσει μέσα στο ψυγείο. Και οι τρεις καταστάσεις οδηγούν σε αδυναμία εκκίνησης ή/και μετακίνησης. Αφαιρώντας λοιπόν το εργοστασιακό ανεμιστήρα τοποθετήσαμε, κατασκευάζοντας αλουμιένιες βάσεις πάνω στο ψυγείο, δύο νέου τύπου ηλεκτρικούς waterproof ανεμιστήρες με διάμετρο 35cm, από την κορυφαία κατασκευάστρια εταιρεία SPAL. Οι ηλεκτρικοί αυτοί ανεμιστήρες έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα. Αρχικά λειτουργούν μόνο όταν χρειάζονται και επομένως επιφέρουν σημαντική μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και παράλληλα βοηθούν στην ταχύτερη αύξηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού κατά την εκκίνηση. Το όχημα επίσης, γίνεται σαφώς πιο αθόρυβο τόσο κατά την εκκίνηση όσο και κατά την εμπλοκή τους. Οι ηλεκτρικοί ανεμιστήρες, είναι σχεδιασμένοι για λειτουργία με συγκεκριμένη ταχύτητα περιστροφής όπου εκεί έχουν και την μεγαλύτερή τους απόδοση σε σχέση με την μάζα του αέρα που διακινούν. Καλύπτουν πιο ικανοποιητικά την επιφάνεια του ψυγείου που σημαίνει μεγαλύτερη απόδοση και περιορισμό hot spots πάνω στο ψυγείο. Είναι δύο ανεμιστήρες, που σημαίνει πως σε περίπτωση βλάβης στον έναν, υπάρχει δεύτερος που μπορεί να καλύψει ικανοποιητικά τις ανάγκες του οχήματος σε ψύξη. Όντας ηλεκτρικά ελεγχόμενοι μπορούν να ελεγχθούν από τον οδηγό εντός της καμπίνας με αποτέλεσμα να είναι ιδανικοί για διάβαση υδάτινων εμποδίων. Τέλος, επειδή οι ανεμιστήρες έχουν πολύ μικρό προφίλ και εδράζονται πάνω στο ψυγείο νερού, σε περίπτωση ατυχήματος ικανό να παραμορφώσει το αμάξωμα, δεν θα δημιουργήσουν κανένα λειτουργικό πρόβλημα, φυσικά μέσα σε λογικά πλαίσια.

- Αφαίρεση του κυκλώματος θέρμανσης του οχετού εισαγωγής αέρα. Plenum chamber heating. Το σύστημα ψύξης του οχήματος είχε μια πολύ μικρή παροχή ψυκτικού υγρού στην πεταλούδα του γκαζιού. Η συγκεκριμένη παροχή έχει ιστορικό να προκαλεί διαρροή ψυκτικού μέσα στον κινητήρα μέσω της εισαγωγής αέρα που είναι προφανώς απαγορευτικό. Παράλληλα και αφού φτάσει ο κινητήρας μας σε θερμοκρασία λειτουργίας, ζεσταίνει τον εισερχόμενο αέρα μειώνοντας την πυκνότητά του. Επίσης σαν σύστημα εισάγει δύο έξτρα συνδέσεις που εισάγουν έξτρα failure points.

Αυτές είναι οι βελτιώσεις που πραγματοποιήσαμε στο σύστημα ψύξης του κινητήρα, ενώ μελλοντικά υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης ηλεκτρικής αντλίας νερού που θεωρητικά έχει πολύ καλύτερες ιδιότητες ελέγχου από την συμβατική μηχανική αντλία και μπορεί να αντικαταστήσει και τον θερμοστάτη που είναι ένα failure point του υπάρχοντος συστήματος.

## **Σύστημα Μετάδοσης Κίνησης**

Έχοντας καθορίσει την πηγή ισχύος του οχήματος, πρέπει να την μετατρέψουμε σε κίνηση του. Το σύστημα μετάδοσης κίνησης αναλαμβάνει την μεταφορά της ροπής του κινητήρα στους τροχούς του οχήματος. Αναμφίβολα λοιπόν υπάρχουν πολλές απαιτήσεις από το σύστημα αυτό. Ως ελαφρύ φορτηγό και για να εξασφαλίσουμε ευελιξία, άνεση χειρισμού και μικρό κύκλο στροφής επιλέχθηκε συμβατική σχεδίαση πλαισίου και αμαξώματος όπου χρησιμοποιούνται 2 άκαμπτοι άξονες, με ένα τροχό σε κάθε άκρη. Θεωρώ πως η συμβατική διάταξη 4 τροχών αποτελεί την χρυσή τομή μεταξύ όλων των πιθανών συνδυασμών, 6x6 8x8 κτλ καθώς επιτρέπει την άνετη κυκλοφορία και χρήση σε καθημερινό επίπεδο.

Η έξοδος του κινητήρα καταλήγει στο κιβώτιο ταχυτήτων. Επέλεξα χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων και τα πλεονεκτήματά του σε σχέση με τα αυτόματα παρουσιάζονται παρακάτω.

- Αξιοπιστία και ενδείξεις φθοράς. Το χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων δεν έχει κάποιο σύστημα αυτόματου ελέγχου, δεν επενεργεί κάποιο υδραυλικό σύστημα βαλβίδων πάνω του, δεν στηρίζεται η λειτουργία του σε υγρό μέσα σε δική του ελαιολεκάνη και ξεχωριστό ψυγείο λαδιού. Επίσης το χειροκίνητο κιβώτιο εξαιτίας της καθαρά μηχανικής φύσης του, με αλλαγές στον ήχο που παράγει, στην δυσκολία κατά την αλλαγή ταχυτήτων υποδεικνύει την φθορά του και την πιθανή επερχόμενη βλάβη, ενώ αντίθετα το αυτόματο κιβώτιο καλύπτει λόγω του τρόπου λειτουργίας του όλες τις φθορές του και δεν προειδοποιεί κάπως τον χειριστή ώστε να αποφευχθεί η αστοχία.
- Επιδόσεις και κατανάλωση καυσίμου. Ένα χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων είναι σαφώς ελαφρύτερο από το αντίστοιχο αυτόματο. Αυτό οδηγεί σε καλύτερες επιδόσεις, τόσο σε επιτάχυνση όσο και σε ρεπρίζ. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή το χειροκίνητο κιβώτιο είναι και αρκετά μικρότερο σε εξωτερικές διαστάσεις. Ταυτόχρονα είναι εντυπωσιακά πιο αποδοτικό αφού δεν στηρίζεται στην τριβή υγρών για την σύμπλεξη και τη μετάδοση κίνησης. Αυτό μεταφράζεται σε έως και 10% λιγότερες θερμικές απώλειες σε μεικτές διαδρομές, το οποίο είναι πολύ σημαντικό.
- Δυνατότητα bump-start κ κίνησης ακόμα και χωρίς συμπλέκτη. Σε ακραία περίπτωση βλάβης του εκκινητή ή απουσίας ισχύος στο ηλεκτρικό κύκλωμα ή στον συσσωρευτή, με κατάλληλη χρήση του συμπλέκτη, μπορούμε να εκκινήσουμε τον κινητήρα μας, χρησιμοποιώντας την ορμή του οχήματος. Στην ακραία περίπτωση αστοχίας του συστήματος του συμπλέκτη, μπορούμε να εκκινήσουμε τον κινητήρα έχοντας εμπλεγμένη ταχύτητα στο κιβώτιο ταχυτήτων. Τίποτα από τα παραπάνω δεν συμβαίνει με το αυτόματο κιβώτιο.

- Πλήρης έλεγχος των στροφών λειτουργίας από τον χρήστη. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις που αποφεύγουμε την αλλαγή σχέσης για πολλούς λόγους, κλίση δρόμου, δύσκολη διάβαση εμποδίων μεταφορά ή έλξη φορτίων. Το αυτόματο κιβώτιο αν κ έχει συνήθως μια μορφή κλειδώματος της σχέσης μετάδοσης, με μία στιγμιαία αλλαγή της σχέσης, μπορεί να δημιουργήσει σοβαρό πρόβλημα κατά την κίνηση σε δύσβατο έδαφος. Ακόμα και η στιγμιαία αποσύμπλεξη που μπορεί να κάνει, είναι δυνατόν να οδηγήσει σε απώλεια πρόσφυσης.

Από την άλλη πλευρά υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα στην επιλογή του χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων.

- Το βασικό μειονέκτημα είναι η άνεση κατά την απλή χρήση του οχήματος. Είναι ένα χαρακτηριστικό στοιχείο του αυτόματου κιβωτίου που δυστυχώς δεν μπορεί να καλυφθεί από το χειροκίνητο.
- Ευκολία χρήσης από περισσότερους χρήστες. Το χειροκίνητο κιβώτιο απαιτεί γνώση της διαδικασίας σύμπλεξης και αποσύμπλεξης με αποτέλεσμα να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί από όλους τους χρήστες.
- Σε ακραίες καταστάσεις, το αυτόματο κιβώτιο επιτρέπει την κίνηση χωρίς την παρουσία οδηγού κάτω από πολύ συγκεκριμένες συνθήκες και επίσης ο χειριστής δεν χρειάζεται να χρησιμοποιήσει το αριστερό του πόδι.

Σε κάθε περίπτωση θεωρώ πως για την εφαρμογή μας τα παραπάνω είναι δευτερεύοντα και μπορεί να γίνει συμβιβασμός ως προς την άνεση με στόχο την αξιοπιστία και την οικονομία.

Το κιβώτιο ταχυτήτων που επέλεξα για την συγκεκριμένη εφαρμογή είναι το Leyland transmission 85 split case version ή πιο σύντομα LT85. Πρόκειται για ένα κιβώτιο ταχυτήτων με 5 εμπρόσθιες και 1 όπισθεν επιλογές, ενώ χρησιμοποιεί synchromesh gears σε όλες τις σχέσεις. Ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις μετάδοσης.

First Gear: 3.649 :1                      Second Gear: 2.18 :1

Third Gear: 1.436 :1                      Fourth Gear: 1 :1

Fifth Gear: 0.795 :1

Τα πλεονεκτήματα της επιλογής μας είναι τα παρακάτω

- Έχει χρησιμοποιηθεί σε στρατιωτικά φορτηγά αλλά και επιβατικά οχήματα καθώς επίσης έχει συνδυαστεί και με τον κινητήρα που επιλέξαμε. Συνεπώς είναι μια επιλογή που μπορεί εύκολα να τοποθετηθεί στο όχημα χωρίς την χρήση μοναδικών εξαρτημάτων



πράγμα, γεγονός που βοηθάει στο serviceability όσο και στο κόστος. Παράλληλα και λόγω των πολλών εφαρμογών του, είναι διαδεδομένα όλα τα απαραίτητα ανταλλακτικά καθώς και τεχνική υποστήριξη.

- Χρησιμοποιεί λιπαντικό ίδιο με αυτό του κινητήρα. Αυτό μας εξυπηρετεί καθώς πέρα από το χαμηλό κόστος και το serviceability δεν απαιτεί την χρήση ειδικών λιπαντικών και παράλληλα δεν χρειάζεται να μεταφέρουμε διαφορετικά λιπαντικά κατά την διάρκεια ενός απομακρυσμένου ταξιδιού, που πιθανά να χρειαστεί και συντήρηση του οχήματος. Αυτό σημαίνει ότι σε ακραίες περιπτώσεις βλάβης μπορεί να μεταφερθεί λιπαντικό από τον κινητήρα στο κιβώτιο ταχυτήτων.
- Είναι σχεδιασμένο για αντοχή έως και 85NM ροπή από τον κινητήρα. Το μέγεθος αυτό είναι αρκετά υψηλό και σχετίζεται με την προηγούμενη χρήση του σε πολλές εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων και φορτίων. Υπερκαλύπτει τις μέγιστη ροπή του κινητήρα μας και παράλληλα δίνει την δυνατότητα τοποθέτησης και ισχυρότερου-μεγαλύτερου κινητήρα στο μέλλον.
- Περιλαμβάνει εσωτερική αντλία διακίνησης λιπαντικού και αφαιρούμενο φίλτρο λιπαντικού τύπου διαφράγματος- mesh. Το πρώτο χαρακτηριστικό μας επιτρέπει σε μελλοντικό στάδιο να εγκαταστήσουμε και κύκλωμα ψύξης του λιπαντικού. Το δεύτερο χαρακτηριστικό βοηθάει στο serviceability καθώς είναι πολύ εύκολο κατά την αντικατάσταση του λιπαντικού να απομακρυνθούν και τα ρινίσματα που έχει συγκρατήσει το φίλτρο. Είναι ένα χαρακτηριστικό που δεν συναντάται σε πολλά κιβώτια. Επομένως δεν είναι τυχαίο πως το service life των κιβωτίων αυτών, σύμφωνα με το ιστορικό των αντίστοιχου φορτίου οχημάτων, ξεπερνά τα 400 000 χλμ.

Το κυρίως κιβώτιο ταχυτήτων επιδέχεται πολύ λίγες βελτιώσεις. Ήδη από άποψη αντοχής και αξιοπιστίας είναι σε πολύ καλό επίπεδο, η μόνη μας παρέμβαση είναι η μείωση της διαδρομής του επιλογέα για ταχύτερες και πιο ακριβείς αλλαγές ταχυτήτων, το λεγόμενο quickshift. Αυτό το πετύχαμε αλλάζοντας τον άξονα του επιλογέα και πιο συγκεκριμένα αυξάνοντας το μήκος του μέρους του επιλογέα που μετακινεί τις φουρκέτες αλλαγής ταχυτήτων. Παρακάτω παρουσιάζονται το σχέδιο, που ουσιαστικά προσομοιάζει το εργοστασιακό εξάρτημα απλά αλλάζει τα μήκη του επιλογέα ως προς το κέντρο. Το αποτέλεσμα ήταν αρκετά πιο ακριβείς και γρήγορες αλλαγές ταχυτήτων.



Τοποθετήθηκε το βοηθητικό κιβώτιο ταχυτήτων LT230T, το οποίο είναι και το πλέον διαδεδομένο transfer gearbox που χρησιμοποιείται στα Land Rover οχήματα. Είναι απολύτως απαραίτητο για την επίτευξη μετάδοσης και στους τέσσερις τροχούς.

Πέραν της τετρακίνησης, τα πλεονεκτήματα που προσφέρει είναι τα παρακάτω.

- Πολλαπλές έξοδοι ισχύος. Μέσω του βοηθητικού κιβωτίου μπορούμε, έχοντας ως είσοδο την ισχύ από το κυρίως κιβώτιο ταχυτήτων, να έχουμε έως 3 εξόδους ισχύος.
- Επιλογή ολικής σχέσης μετάδοσης. Το βοηθητικό κιβώτιο ταχυτήτων έχει και αυτό 2 σχέσεις μετάδοσης. Την high με εργοστασιακή μετάδοση 1,41/1 και την low με εργοστασιακή μετάδοση 3,321/1. Όταν είναι επιλεγμένη μία από τις 2 αυτές σχέσεις, περιστρέφονται και οι 3 έξοδοι του κιβωτίου. Υπάρχει και η δυνατότητα του neutral όπου στην θέση αυτή περιστρέφεται μόνο η τρίτη έξοδος του βοηθητικού. Αυτό αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο χαρακτηριστικό καθώς επιτρέπει την εκτέλεση έργου μέσω εξωτερικής εγκατάστασης κάποιου μηχανήματος (αντλία νερού, γεννήτρια ισχύος κτλ) χωρίς την μετακίνηση του οχήματος, μέσω της περιστροφής ενός άξονα που εξέρχεται από το πίσω μέρος του οχήματος.
- Δυνατότητα εξίσωσης της ροπής μεταξύ των εμπρόσθιων και οπίσθιων αξόνων. Το βοηθητικό κιβώτιο ταχυτήτων περιλαμβάνει διαφορικό μεταξύ των δύο αξόνων κίνησης. Το διαφορικό αυτό έχει 2 τρόπους λειτουργίας. Σε απλή χρήση λειτουργεί σαν συμβατικό ελεύθερο διαφορικό ενώ σε περίπτωση απώλειας πρόσφυσης υπάρχει η δυνατότητα άρσης διαφορισμού των ταχυτήτων εξόδου, από ανάλογο επιλογέα που βρίσκεται μέσα στην καμπίνα. Το διαφορικό με αυτό τον τρόπο μετατρέπεται σε κλειδωμένο και ουσιαστικά συμπεριφέρεται σαν ενιαίος άξονας όπου δεν επιτρέπει την διαφορετική ταχύτητα περιστροφής εμπρός και πίσω κεντρικού άξονα.
- Επιτρέπει μέσω κατάλληλων διατάξεων καθιστά δυνατή την τετρακίνητη, την πρόσθιο-κίνητη ή την πίσω-κίνητη λειτουργία. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι πολύ σημαντικό καθώς σε περίπτωση βλάβης σε κάποιο κεντρικό άξονα , άκαμπτο άξονα, διαφορικό ή ημιαξόνιο μπορεί να απομονωθεί η ζημιά και να συνεχίσει την κίνησή του το όχημα. Περισσότερα θα αναλυθούν παρακάτω στην ενότητα των άκαμπτων αξόνων.
- Σημαντική συνεισφορά στην γεωμετρία του οχήματος. Το βοηθητικό κιβώτιο μεταφέρει το κέντρο βάρους του οχήματος πιο κοντά στο γεωμετρικό κέντρο. Παράλληλα, επιτρέπει και ομαλές γωνίες λειτουργίας των κεντρικών αξόνων που ενώνουν διαφορεικά και βοηθητικό κιβώτιο.

Παρακάτω αναλύονται κάποιες περαιτέρω βελτιώσεις που υλοποιήθηκαν.

- Αλλαγή του βήματος σε High λειτουργία. Το τελικό όχημα έχει υπολογιστεί για 36" διάμετρο ελαστικών ενώ το εργοστασιακό μέγεθος είναι 30" διάμετρος. Επομένως έχουμε μια αύξηση της ακτίνας περίπου κατά 20%. Είναι λοιπόν απαραίτητη η διατήρηση της εργοστασιακής τελικής σχέσης μετάδοσης, ώστε να κινείται το όχημα με τις ίδιες σχέσεις για συγκεκριμένες ταχύτητες. Η νέα σχέση μετάδοσης λοιπόν που επιλέξαμε είναι η 1,667/1. Η διαδικασία αλλαγής της, έγινε παράλληλα με την ανακατασκευή του βοηθητικού κιβωτίου σε χώρο μηχανουργείου. Μία αρκετά πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί εξαγωγή του παλαιού ζεύγους οδοντωτών τροχών και την αντικατάστασή τους με ένα νέο ζεύγος με τους αντίστοιχους οδόντες. Η επιλογή του βήματος αυτού δεν ήταν τυχαία καθώς έχει χρησιμοποιηθεί σε άλλες εκδόσεις του κιβωτίου. Το αποτέλεσμα βοηθάει πολύ στην κίνηση με χαμηλές ταχύτητες με την high μετάδοση καθώς και στην ανάλογη αύξηση της μεταφερόμενης ροπής που εξισώνει την αύξηση της ακτίνας των τροχών.
- Αύξηση της χωρητικότητας του λιπαντικού. Αλλάζοντας την ελαιολεκάνη του βοηθητικού κιβωτίου με μία άλλου τύπου, πιο υψηλής χωρητικότητας επιτυγχάνεται η χαμηλότερη θερμοκρασία και παράλληλα η καλύτερη ψύξη λόγω των cooling fins που περιλαμβάνονται στο νέο εξάρτημα. Επίσης λόγω της επιπλέον χωρητικότητας ελαίου αυξάνεται το διάστημα αλλαγής λιπαντικού. Τέλος μπορεί να λειτουργήσει το splash lubrication σε μεγαλύτερες γωνίες στροφής του αμαξώματος σε περίπτωση παρατεταμένης διάσχισης εμποδίου.

Εν κατακλείδι, τα δύο κιβώτια ταχυτήτων, έχουν την ανάγκη για εξαερισμό, λόγω των αλλαγών στην θερμοκρασία του λαδιού λίπανσης τους. Επεκτάθηκαν συνεπώς και οι δύο σωληνώσεις εξαερισμού σε υψηλότερο σημείο εντός του μηχανοστασίου του οχήματος.

Σαν μελλοντική βελτίωση είναι πολύ σημαντική η ύπαρξη της 3<sup>ης</sup> εξόδου του βοηθητικού κιβωτίου γνωστό και ως power take off. Είναι ένα μοναδικό χαρακτηριστικό του LT230 που έρχεται από τις εποχές που τα οχήματα αυτά καλούνταν να δώσουν κίνηση σε άλλα μηχανήματα. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και σαν είσοδος στο βοηθητικό κιβώτιο και κατ'επέκταση ως είσοδος εναλλακτικής πηγής ισχύος. Υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης μικρού ηλεκτροκινητήρα, 20kw για παράδειγμα, που θα μπορεί να κινεί το όχημα όταν υπάρχουν χαμηλές απαιτήσεις ισχύος και παράλληλα μπορεί να κάνει regeneration ενέργειας και υποβοήθηση κατά την πέδηση. Μπορεί λοιπόν να λειτουργεί παράλληλα με τον ΜΕΚ σαν μια υβριδική λύση.

Πηγαίνοντας και ένα βήμα παρακάτω σε ακραία περίπτωση βλάβης κιβωτίου ταχυτήτων ή κινητήρα ΜΕΚ ή και τα δύο, μπορεί να κινήσει, στη θέση του neutral στο βοηθητικό κιβώτιο, το όχημα με αρνητικό μόνο την απουσία υποβοήθησης στο τιμόνι και στα φρένα, σε περίπτωση μη λειτουργίας της ΜΕΚ. Αναμφίβολα μια πολύ ενδιαφέρουσα μελλοντική βελτίωση σύμφωνα και με την σημερινή τεχνολογία που παρουσιάζουν όλοι οι κατασκευαστές, η υβριδική λειτουργία θερμικού και μικρού ηλεκτροκινητήρα

### **Κεντρικοί Άξονες**

Μεταξύ βοηθητικού κιβωτίου και άκαμπτων αξόνων παρεμβάλλονται οι 2 κεντρικοί άξονες. Αποστολή τους είναι η μεταφορά της ροπής από το transfer box στους εμπρός και πίσω άκαμπτους άξονες. Αποτελούν ένα σημαντικό μέρος του συστήματος μετάδοσης κίνησης και είναι ίσως τα πλέον ευάλωτα εξαρτήματα του συστήματος καθώς δεν μπορούν να προστατευτούν λόγω της κίνησής τους.

Πιο συγκεκριμένα, λόγω της κίνησης του οχήματος και αφού οι άκαμπτοι άξονες είναι μέρος της ανάρτησης και παράλληλα βρίσκονται χαμηλότερα από το βοηθητικό, οι γωνίες λειτουργίας των αξόνων είναι συνεχώς μεταβαλλόμενες. Το ίδιο ισχύει και για το μήκος τους, καθώς οι άκαμπτοι άξονες κινούνται πάνω σε μία νοητή ακτίνα, που θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Προκειμένου να επιτρέψουν αυτή την συνεχώς μεταβαλλόμενη γεωμετρία τους, είναι κατασκευασμένοι από 2 κομμάτια αξόνων, που κινούνται μέσω splines το ένα μέσα στο άλλο. Με αυτό τον τρόπο αυξομειώνουν το μήκος τους, ενώ παράλληλα, στα δυο άκρα τους έχουν u joints που επιτρέπουν την μεταφορά ροπής σε διαφορετικές γωνίες λειτουργίας.

Οι βελτιώσεις που έγιναν στους κεντρικούς άξονες είναι οι παρακάτω:

- Αλλαγή των πολύσφηνων καρέ με μεγαλύτερης διαμέτρου και μήκους. Αυτή η αλλαγή επιτρέπει την μεταφορά περισσότερης ροπής σε μεγαλύτερα μήκη ανοίγματος του κεντρικού άξονα. Όλες οι εργασίες έγιναν σε εξειδικευμένο μηχανουργείο κεντρικών αξόνων καθώς κάθε αλλαγή απαιτεί και την ζυγοστάθμιση του κάθε άξονα με δεδομένο ότι περιστρέφεται με πολύ μεγάλες ταχύτητες.
- Τοποθέτηση u joints μεγάλης γωνίας λειτουργίας. WIDE YOKE AXLES. Η πολύ μεγάλη διαδρομή της ανάρτησης που έχει το όχημα μας, αναγκάζει τους κεντρικούς άξονες να δουλεύουν σε μεγαλύτερες γωνίες σε σχέση με τις εργοστασιακές καθιστώντας επιτακτική την ανάγκη τοποθέτησης u joints μεγαλύτερων γωνιών ώστε να μην περιορίζουν την κίνηση των αξόνων ενώ παράλληλα να αυξηθούν οι μέγιστες γωνίες μεταφοράς ροπής.

## **Άκαμπτοι Άξονες κίνησης**

Οι άξονες κίνησης που επιλέχτηκαν τόσο εμπρός όσο και πίσω είναι άκαμπτοι άξονες, live beam axles. Είναι κατασκευασμένοι από 2 κομμάτια χάλυβα και έχουν συγκολληθεί για να προκύψει το τελικό τεμάχιο. Μέσα τους εδράζονται τα διαφορικά που μεταφέρουν την περιστροφή των κεντρικών αξόνων σε περιστροφή των ημιαξονίων και τελικά σε περιστροφή των τροχών. Περιλαμβάνονται τόσα στο σύστημα μετάδοσης κίνησης όσο και στο σύστημα της ανάρτησης καθώς και στα συστήματα διεύθυνσης και πέδησης.

Λαμβάνοντας πάντα υπόψη την εφαρμογή μας, και με βάση τα άλλα γνωστά είδη ανάρτησης, διπλά ψαλίδια, τα γόνατα Mc Pherson ή άλλου τύπου, τα πλεονεκτήματα των άκαμπτων αξόνων είναι τα εξής:

- Εξαιρετική αντοχή σε καταπονήσεις. Ο άκαμπτος άξονας είναι σχεδιασμένος για παραλαβή τεράστιων φορτίων τόσο από την κίνηση του οχήματος σε ανώμαλο δρόμο όσο και από την μεταφορά πολύ μεγάλου βάρους. Για αυτό άλλωστε χρησιμοποιείται από όλα τα χωματοουργικά μηχανήματα και τα βαρέα οχήματα. Είναι και στην ονομασία αλλά και στην πράξη άκαμπτοι.
- Ασύγκριτη ανθεκτικότητα σε χτυπήματα. Γενικά σαν κατασκευή θα ανοίξουν τον δρόμο τους και θα σπρώξουν- σπάσουν κάθε εμπόδιο χωρίς την παραμικρή δυσκολία λόγω της χαλύβδινης και σωληνοειδούς κατασκευής τους. Από την άλλη μεριά, ως γνωστόν τα ψαλίδια λόγω του ενός επιπέδου της κατασκευής τους, τείνουν να κάμπτονται και να στρέφονται πλαστικά σχεδόν σε κάθε χτύπημα αλλοιώνοντας την γεωμετρία αλλά και αχρηστεύοντας το σύστημα διεύθυνσης του οχήματος.
- Σημαντικά μεγαλύτερο articulation από τα άλλα συστήματα ανάρτησης. Οι διαδρομές της ανάρτησης που επιτρέπουν οι άκαμπτοι άξονες περιορίζονται ουσιαστικά μόνο από τις σωληνώσεις του συστήματος πέδησης και την γωνία λειτουργίας των κεντρικών αξόνων. Με πολύ συντηρητικές ρυθμίσεις και όχι ακραία set up αναρτήσεων μπορεί εύκολα να ξεπεράσει την διαδρομή των 70cm ο πίσω άξονας.
- Ενιαίο πακέτο διαφορικών, ημιαξονίων, συστήματος πέδησης και τροχών. Η απλότητα του σχεδιασμού τους, καθώς και το πακετάρισμα όλων των παραπάνω, επιτρέπει την αντικατάσταση ολόκληρου του άξονα σε μερικά λεπτά. Ο εμπρόσθιος άκαμπτος άξονας που έχει και περισσότερες πιθανότητες να αστοχήσει σε περίπτωση κρούσης, συνδέεται σε 3 σημεία μέσω της ανάρτησης με το πλαίσιο, με μία ράβδο με το σύστημα διεύθυνσης και σε 2 σημεία με το σύστημα πέδησης. Ο οπίσθιος άκαμπτος άξονας που είναι

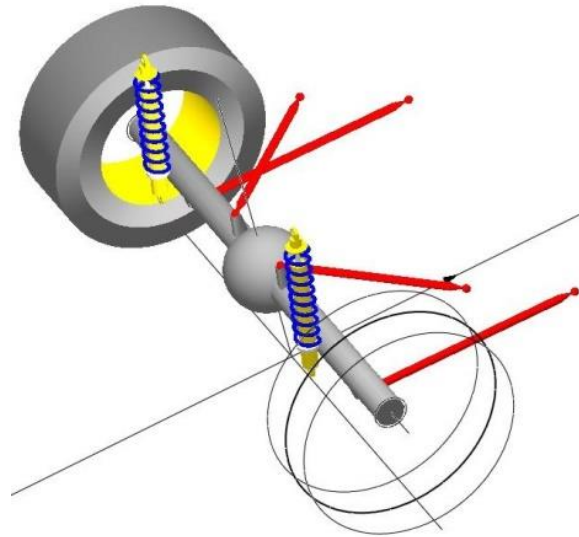
σαφώς πιο προστατευμένος, συνδέεται σε 3 σημεία με το πλαίσιο και σε 1 με το σύστημα πέδησης

- Μεταφορά της δύναμης από τους τροχούς κοντά στο κέντρο βάρους του οχήματος. Λόγω της σύνδεσης τους με το πλαίσιο του οχήματος μέσω της ανάρτησης σε 3 σημεία, μας δίνεται η δυνατότητα να μεταφέρουμε την δύναμη της αντίδρασης από τους τροχούς, πιο κοντά στο κέντρο βάρους σε σχέση με άλλα συστήματα ανάρτησης. Αυτό σημαίνει λιγότερη στρέψη του πλαισίου και πολύ καλύτερο setup για έλξη και μεταφορά ροπής.

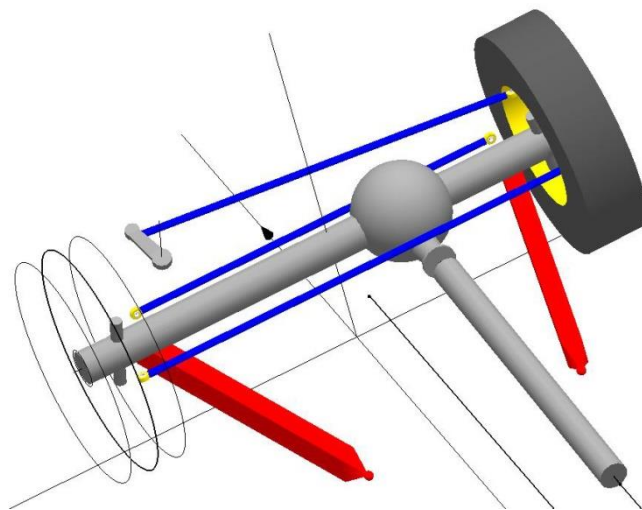
Το βασικό μειονέκτημά τους είναι σαφώς το βάρος τους, αναρτώμενο και μη που δυστυχώς είναι και πολύ μεγάλο. Από άποψη αριθμών, ο πίσω άξονας ζυγίζει 110kg και ο εμπρόσθιος ζυγίζει 130kg λόγω των επιπλέον εξαρτημάτων που απαιτούνται για την διεύθυνση των εμπρόσθιων τροχών. Σε αντιδιαστολή ένα τετρακίνητο όχημα που περιλαμβάνει ψαλίδια και υπό πλαίσια εμπρός πίσω, σαν συστήματα ζυγίζουν 30-40% λιγότερο από τους άκαμπτους άξονες.

Το πλεονέκτημα του βάρους αυτού όμως, είναι πως χαμηλώνει αρκετά το κέντρο βάρους του οχήματος, αφού τοποθετούνται και αναρτώνται στο ύψος του κέντρου των τροχών.

Παράλληλα και σε σχέση με την γεωμετρία του οχήματος, οι άκαμπτοι άξονες που χρησιμοποιήθηκαν δεν έχουν γωνία camber. Είναι μόνιμα 0deg και δεν αλλάζει ούτε με την κίνηση της ανάρτησης, δεν υπάρχει το λεγόμενο camber gain. Για την μελέτη της γεωμετρίας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Susprog που μας επιτρέπει να δούμε την συμπεριφορά της ανάρτησης ανάλογα με την συμπίεση των ελατηρίων, το φορτίο, την πλευρική επιτάχυνση κτλ. Δυστυχώς σαν πρόγραμμα δεν μας δίνει την δυνατότητα να προσομοιάσουμε το ελαστικό που τελικά θα τοποθετήσουμε που λόγω του τεράστιου προφίλ του παίζει και τον ρόλο της ανάρτησης και απόσβεσης, επομένως αρκεστήκαμε στην επαλήθευση κάποιων χωροταξικών τιμών, μέγιστη γωνία στροφής, διαθέσιμος χώρος στους θόλους κτλ. Παρακάτω βλέπουμε το σχέδιο του πίσω άξονα όπου το A arm έχει αντικατασταθεί από 2 links



Δυστυχώς διαφέρει αρκετά από το πραγματικό καθώς το πρόγραμμα δεν υποστήριζε την ξεχωριστή τοποθέτηση ελατηρίων και αποσβεστήρων, αλλά ούτε και την έκκεντρη τοποθέτηση του πίσω διαφορικού. Σχετικά με τον εμπρόσθιο άξονα παρακάτω βλέπουμε την προσομοίωση του.



Και εδώ αντιμετωπίσαμε μεγάλο πρόβλημα ως προς την προσομοίωση του, καθώς στον καθορισμό του μέγεθος του ελαστικού, δεν υπήρχε η δυνατότητα να αυξηθεί στο μέγεθός μας.

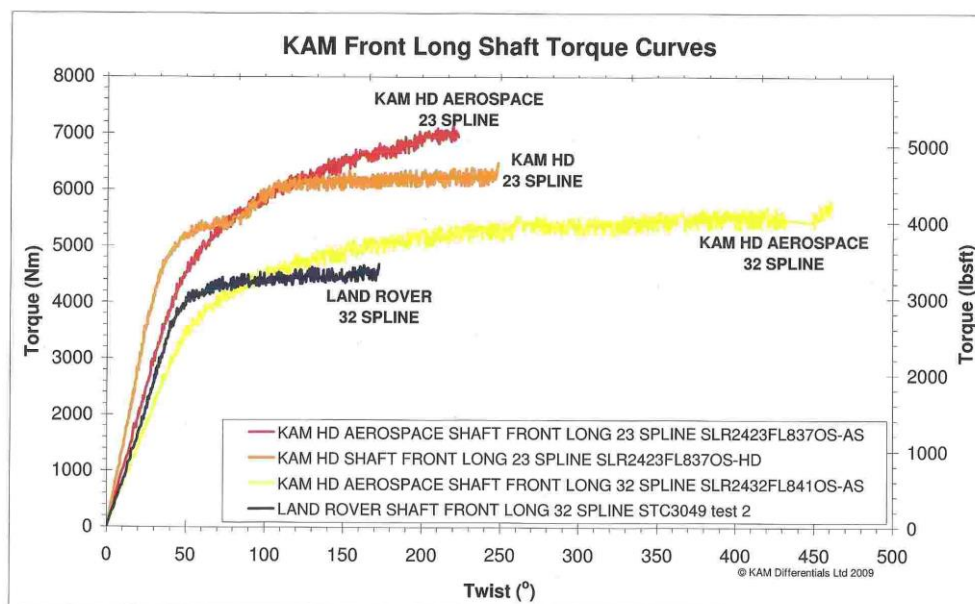
Στην εφαρμογή μας χρησιμοποιήθηκαν οι εργοστασιακοί άξονες Rover όπου στην μέση τους και έκκεντρα, εδράζεται το διαφορικό, ένα για κάθε άξονα. Τα κορωνοπήνια τους έχουν βήμα 3,54:1. Το εργοστασιακό εσωτερικό μέρος των διαφορικών έχει αντικατασταθεί με διαφορικό πλήρης εμπλοκής. Κατά την συμβατική οδήγηση συμπεριφέρεται σαν ένα απλό ελεύθερο διαφορικό όπου η ισχύς πηγαίνει στην πλευρά της μικρότερης αντίστασης. Κατά την διάβαση εμποδίων και δύσκολων διαδρομών υπάρχει η πιθανότητα απώλειας πρόσφυσης με αποτέλεσμα την πλήρη απώλεια προώθησης. Για να αποφύγουμε αυτήν την δυσμενή κατάσταση που μπορεί

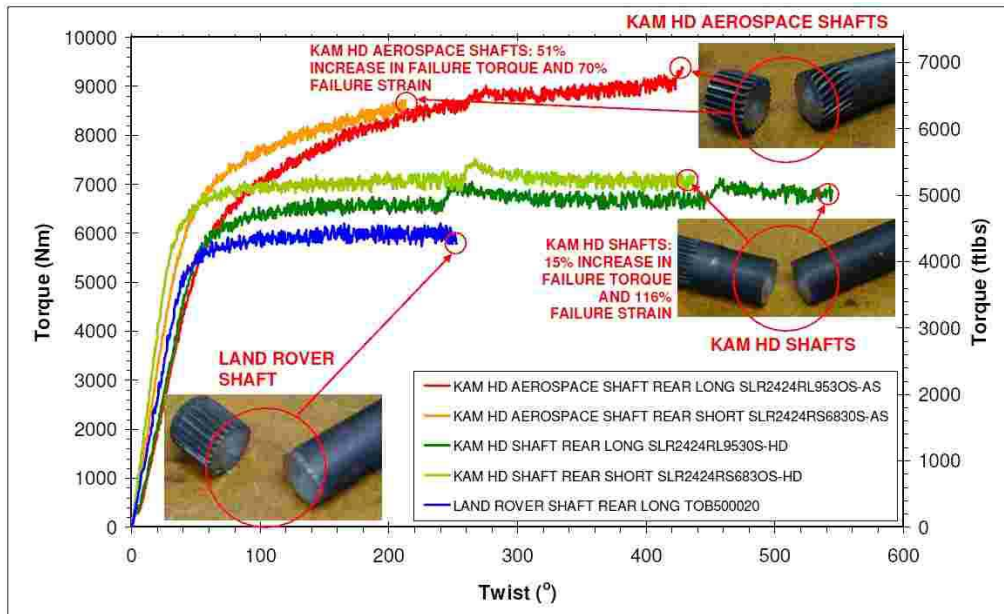


να οδηγήσει, λόγω απώλειας ορμής, σε πλήρη ακινητοποίηση του οχήματος εμπλέκουμε το 100% μπλοκέ διαφορικό στον εκάστοτε άξονα. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζουμε την ίση μεταφορά ροπής και ίση ταχύτητα περιστροφής σε κάθε πλευρά της εξόδου του διαφορικού.

Οι έξοδοι των διαφορικών περιστρέφουν τα 2 ημιαξόνια που εδράζονται στο εσωτερικό του κάθε άκαμπτου άξονα. Λόγω της τοποθέτησης του διαφορικού έκκεντρα στον άκαμπτο άξονα, τα 2 ημιαξόνια που παραλαμβάνουν και μεταφέρουν την ροπή στρέψης του έχουν διαφορετικά μήκη. Αυτό σημαίνει πως η πλευρά που έχει μικρότερο μήκος είναι πολύ πιθανόν να αστοχήσει στα πιθανά στρεπτικά κρουστικά φορτίου που μεταφέρονται από τους τροχούς προς το διαφορικό, σε περίπτωση απότομης ακινητοποίησης του. Τέτοιες καταστάσεις είναι πολύ πιθανόν να συμβούν σε περιπτώσεις παρατεταμένης ελεύθερης περιστροφής των τροχών και με ακαριαία πρόσφυση τους στο έδαφος, λόγω δύσβατης διαδρομής κτλ.

Το μπλοκέ διαφορικό εφόσον έχει ενεργοποιηθεί αποτρέπει την πιθανότητα παρατεταμένης περιστροφής τροχού χωρίς πρόσφυση. Όμως σε κάθε περίπτωση τα ημιαξόνια αποτελούν την αχίλλειο πτέρνα του άξονα καθώς τα φορτία που παραλαμβάνουν είναι πολύ μεγάλα. Ήταν απαραίτητη η αντικατάστασή τους με ενισχυμένα, από aerospace grade χάλυβα ενώ στον εμπρός άκαμπτο άξονα έχουν τοποθετηθεί και ενισχυμένα CV joints προκειμένου να υπάρχει μεταφορά ροπής και σε μεγάλες γωνίες του συστήματος διεύθυνσης. Σε κάθε περίπτωση τα στρεπτικά φορτία που αναπτύσσονται σε συνδυασμό με την κόπωση, κάνουν τα ημιαξόνια ένα πιθανό failing point και η μόνη πραγματική λύση είναι απλά η μεταφορά ανταλλακτικών ημιαξονίων. Παρακάτω παρουσιάζονται και οι αυξήσεις στην αντοχή κατά την στρέψη από τεστ που έχουν γίνει από τον κατασκευαστή





Στην έξοδο των ημιαξονίων βρίσκονται τα driving members, όπου εδράζονται πάνω τους οι τροχοί και τα δισκόφρενα του οχήματος. Ενώνονται μεταξύ τους μέσω των driving hubs, με πολύσφηνο καρτέ και έτσι μεταφέρεται η κίνηση του ημιαξονίου στον τροχό. Στον εμπρόσθιο άξονα μάλιστα, έχουν τοποθετηθεί διακόπτες ελευθέρου τροχασμού. Πρόκειται για ένα πολύ απλό μηχανισμό που μπορεί να εμπλέξει και να από-εμπλέξει τα ημιαξόνια και τα driving members, προσφέροντας έτσι, σε συνδυασμό με το κεντρικό μπλοκέ διαφορικό, τη δυνατότητα απομόνωσης της μετάδοσης της κίνησης στον πίσω άξονα. Με αυτόν τον τρόπο το όχημα μπορεί να μετατραπεί με μεγάλη ευκολία σε πισωκίνητο, ή αν χρειαστεί με την αντίθετη εγκατάσταση σε προσθιοκίνητο.

Όπως και στον κινητήρα ΜΕΚ έτσι και στα μηχανικά μέρη της μετάδοσης κίνησης είναι πρακτικά και οικονομικά ασύμφορη η κατασκευή μοναδικών εξαρτημάτων αφού πέραν του ότι δεν έχουν δοκιμαστεί, σε περίπτωση αστοχίας ή καταστροφής θα ήταν αδύνατη η αντικατάστασή τους στο field.

### Σύστημα Διεύθυνσης

Για λόγους ασφαλείας και για να διατηρηθούν τα εργοστασιακά χαρακτηριστικά του συστήματος που είναι απαραίτητα για την νομιμότητα και την κυκλοφορία οχήματος έγιναν ελάχιστες αλλαγές στην υπάρχουσα διάταξη.

Το βολάν του τιμονιού συνδέεται μέσω 2 αξόνων και 2 μικρά CVjoint, με το κιβώτιο του ατέρμονα κοχλία. Εξαιτίας της αλλαγής της θέσης οδήγησης, 18 cm έκκεντρα από την θέση που βρισκόταν, έγιναν τροποποιήσεις στο μήκος των 2 αξόνων με στόχο να διατηρηθεί η χαρακτηριστική ευκολία με την οποία αποσυναρμολογούνται αυτόματα, σε περίπτωση ατυχήματος και παραμόρφωσης του πλαισίου του οχήματος, για λόγους ασφαλείας.

Το κιβώτιο ατέρμονα κοχλία που έχει επιλεγθεί είναι μάρκας Adwest quick steering box, με 2,8 στροφές από lock σε lock. Σαν αναβάθμιση αντικατέστησε το προηγούμενο εργοστασιακό με 3,3 στροφές από lock σε lock. Είναι υποβοηθούμενο υδραυλικά από αντλία υδραυλικού υγρού, η οποίο παίρνει κίνηση από τον κινητήρα και συνδέεται με το δεξί ακραξόνιο του εμπρόσθιου άκαμπτου άξονα, μέσω ράβδου, η οποία φέρει βαρέως τύπου balljoint στις δύο άκρες της. Αυτά με την σειρά τους, έχουν αυξημένη δυνατότητα γωνίας λειτουργίας σε σχέση με τα εργοστασιακά προκειμένου να μπορούν να λειτουργήσουν και να αλλάξουν την διεύθυνση των τροχών, ακόμα και σε δύσβατες διαδρομές όπου ο εμπρόσθιος άκαμπτος άξονας θα βρίσκεται σε ακραία γωνία στροφής. Οι εργοστασιακοί ράβδοι έχουν αντικατασταθεί από μεγαλύτερης διατομής βαρέως τύπου aftermarket γαλβανιζέ ράβδους.

Την προστασία της ράβδου αυτής, καθώς και των 2 αντίστοιχων που ενώνουν τα 2 ακραξόνια, εξασφαλίζουν 2 προστατευτικές ποδιές τόσο εμπρός όσο και πίσω από τον εμπρόσθιο άκαμπτο άξονα.

Σαν μελλοντική βελτίωση υπάρχει η σκέψη διαμόρφωσης των άκρων του drop arm και του ακραξόνιου με στόχο την τοποθέτηση άλλου τύπου ράβδου σύνδεσης ικανού να λειτουργήσει σε ακόμα μεγαλύτερη γωνία.

### **Σύστημα Ανάρτησης**

Η ανάρτηση συνδέει τους τροχούς με το πλαίσιο και στόχος κατά τον σχεδιασμό της είναι η άνεση των επιβατών, οι μεγάλες αρθρώσεις των αξόνων, η μεταφορά μεγάλου φορτίου, η απόκριση του οχήματος σε αλλαγές διεύθυνσης και πέδησης και η απόσβεση ταλαντώσεων και κραδασμών. Είναι προφανές πως όλες οι διατάξεις έχουν θετικά και αρνητικά χαρακτηριστικά και για αυτό το σύστημα λοιπόν πρέπει να κάνουμε συμβιβασμούς.

Έχοντας επιλέξει να χρησιμοποιήσουμε άκαμπτους άξονες και έχοντας σαν βασικό γνώμονα πάντα τις αρχικές μας απαιτήσεις για τη μέγιστη αντοχή με την ελάχιστη συντήρηση, είχαμε στη διάθεσή μας τέσσερις επιλογές για τα shock absorbers. Η Αερό-ανάρτηση και η υδροπνευματική ανάρτηση που κάνουν χρήση ρευστών για το shock absorbing, ενώ είναι εξαιρετικές στην άνεση και στην προσαρμοστικότητα που προσφέρουν, είναι εξαιρετικά πολύπλοκες και ακριβές λύσεις ενώ ακόμη, απαιτούν την χρήση ηλεκτρονικού ελέγχου καθώς και ηλεκτρικών αντλιών για την μεταφορά ρευστών και την αλλαγή σκληρότητας, ύψους κτλ. Επίσης είναι και από την φύση τους ιδιαίτερα επιρρεπείς σε αστοχίες και βλάβες κυρίως λόγω διαρροών των ρευστών. Επομένως δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην συγκεκριμένη εφαρμογή.

Ως εκ τούτου, έχοντας σαν βασικό χαρακτηριστικό την μεταφορά μεγάλου φορτίου, οι 2 λύσεις που μας απέμειναν είναι αυτές των συμβατικών ή

παραβολικών ελασμάτων (σούστες) και των ελικοειδών ελατηρίων. Τα συμβατικά ίσια πολλαπλά ελάσματα χρησιμοποιούνται για την μεταφορά μεγάλου φορτίου ενώ τα παραβολικά χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερη άρθρωση της ανάρτησης και άνεση. Και τα 2 συστήματα έχουν σαν κοινό μειονέκτημα το πολύ μεγάλο μη αναρτώμενο βάρος, την πολύ μεγάλη επαναφορά που παρουσιάζουν και την απουσία προσαρμοστικότητάς τους. Επίσης δεν βοηθούν στο λεγόμενο location του κάθε άξονα. Έχουν αρκετά κενά και λόγω της κάμψης κ στρέψης που δέχονται δεν μπορούν να καθορίσουν με ακρίβεια την θέση του άξονα. Επίσης απαιτούν τακτική συντήρηση και έχουν ιστορικό αστοχιών σε περιπτώσεις μεγάλου μεταφερόμενου φορτίου σε συνδυασμό με πολύ μεγάλη άρθρωση των αξόνων, λόγω της καταπόνησης και της κόπωσής τους. Επίσης η αντικατάστασή τους στο field είναι αρκετά περίπλοκη υπόθεση καθώς συνδέουν τον άξονα με το πλαίσιο και απαιτούνται υδραυλικοί ανυψωτικοί μηχανισμοί.

Η χρήση ελικοειδών ελατηρίων αποτελεί την χρυσή τομή όλων των παρακάτω συστημάτων. Διακρίνονται για την προσαρμοστικότητά τους σε σχέση με τα διαφορετικά φορτία, την αντοχή τους σε καταπονήσεις και την απλότητα λειτουργίας συντήρησης και αντικατάστασής τους. Παράλληλα προσφέρουν εξαιρετική οδηγική συμπεριφορά, έχοντας πολύ προβλέψιμη επαναφορά και μεταφέρουν σωστά τις πληροφορίες του εδάφους στον οδηγό. Τα ελικοειδή ελατήρια που τοποθετήθηκαν, είναι 5cm μεγαλύτερα σε μήκος από τα εργοστασιακά, παραλαμβάνουν το φορτίο του οχήματος και το μεταφέρουν κάθετα στα άκρα των άκαμπτων αξόνων, ένα ελατήριο βρίσκεται σε κάθε άκρο, 4 στο σύνολο. Η θέση των αξόνων στην συγκεκριμένη εφαρμογή καθορίζεται από 3 συνδέσμους εμπρός και 3 πίσω.

Εμπρός, οι αποσβεστήρες (αμορτισέρ) βρίσκονται για χωροταξικούς λόγους εντός των ελατηρίων, και η θέση του άξονα εγκάρσια του πλαισίου καθορίζεται από μία ράβδο Panhard και δια το μήκος του πλαισίου 2 radius arms, που επιτρέπουν στον άξονα να κινείται πάνω σε ένα νοητό τόξο. Τα radius arms είναι και υπεύθυνα για την γωνία caster (kingpin angle) των τροχών. Σε κανονική λειτουργία πρέπει να είναι στις  $3^\circ$ . Καθώς κινείται σε ένα νοητό τόξο ο άξονας, αλλάζει συνεχώς η γωνία caster και φτάνει να γίνει αρνητική στην μέγιστη έκτασή της. Αυτό συμβαίνει λόγω της μεγάλης διαδρομής της ανάρτησης, περίπου 30cm στο κέντρο του άξονα και σχεδόν 50 cm από άκρη σε άκρη. Τοποθετήθηκαν radius arms μεγαλύτερης γωνίας caster που εξαλείφουν το φαινόμενο αυτό και διατηρούν κατευθυντικότητα και επιστροφή του τιμονιού ακόμα και σε μεγάλη έκταση της ανάρτησης.

Στον πίσω άξονα, τα ελατήρια είναι σαφώς μεγαλύτερα σε διάμετρο και με μεγαλύτερη σταθερά ελατηρίου K, λόγω του μεγάλου φορτίου που καλούνται να φέρουν. Ο πίσω άξονας, είναι αυτός που κυρίως θα προωθήσει το όχημα οπότε η επαφή του με το έδαφος είναι απαραίτητη.

Αυτό σημαίνει πως οι απαιτήσεις μας για πρόσφυση σχετίζονται με τις απαιτήσεις μας για άρθρωση. Δυστυχώς το σκληρότερο ελατήριο έχει και σαφώς μικρότερη έκταση, επομένως έχουν τοποθετηθεί ειδικοί οδηγοί που επιτρέπουν στο ελατήριο να απομακρύνεται από την έδρασή του και να επιτρέπει στην ανάρτηση να έχει πολύ μεγάλη διαδρομή. Η θέση του άξονα καθορίζεται δια το μήκος με 2 ράβδους trailing arms στα 2 άκρα του άξονα και εγκάρσια με ένα τριγωνικό πλαίσιο ( A frame) που ενώνεται με ball joint στο κέντρο του. Οι αποσβεστήρες, για να μας δώσουν μεγαλύτερη διαδρομή και να μην δημιουργούν πρόβλημα στο επίπεδο φόρτωσης είναι τοποθετημένοι με διαφορετικό τρόπο από τους μπροστινούς. Εδράζονται στο κατώτερο σημείο του άξονα και το υψηλότερο σημείο τους είναι σε ειδική βάση πάνω στο πλαίσιο. Επιτυγχάνουμε κατά αυτό τον τρόπο σχεδόν 40 cm διαδρομή στο κέντρο του άξονα και σχεδόν 70 cm από άκρη σε άκρη.

Στον πίσω άξονα, λαμβάνοντας υπόψη μας την διπλή του φύση, άρθρωση και μεγάλα φορτία, έχουμε εγκαταστήσει ένα σύστημα quick replace των ελικοειδών ελατηρίων. Για την καθημερινή λειτουργία και για έως 3050kg μεικτό βάρος δηλαδή περίπου 1100 κιλά ωφέλιμου φορτίου χρησιμοποιούνται ελατήρια 5cm μεγαλύτερου μήκους και εργοστασιακού K ενώ σε ακραίες περιπτώσεις μεταφοράς φορτίου χρησιμοποιούνται τα extra heavy duty ελατήρια με 30% μεγαλύτερο K για έως 1600 κιλά ωφέλιμου φορτίου. Η αλλαγή των ελατηρίων μπορεί να γίνει εύκολα με την χρήση μόνο ενός ανυψωτικού και κατάλληλων κλειδιών, σε λιγότερο από 10 λεπτά και εκτοξεύει την μεταφορική ικανότητα του οχήματος σε επίπεδα που σχεδόν κανένα άλλο ακόμα και σύγχρονο, ίδιων διαστάσεων φορτηγό μπορεί να μεταφέρει.

Επίσης το αυξημένο φορτίο μας αναγκάζει να αυξήσουμε την απόσβεση που παρέχουν τα αμορτισέρ. Έχουμε επιλέξει ρυθμιζόμενα σε απόσβεση αμορτισέρ λαδιού τα οποία έχουν 4 επίπεδα απόσβεσης. Είναι εύκολα ρυθμίσιμα με επιλογέα πάνω στο σώμα τους. Ακόμα και σε πιθανότητα overloading, οι βάσεις των αμορτισέρ είναι διπλές ώστε σε κάθε γωνία να μπορεί να προστεθεί άλλο ένα συμβάλλοντας στην απόσβεση σε περίπτωση παρατεταμένης οδήγησης με μεγάλο φορτίο σε εκτός δρόμου διαδρομή.

Και στους δύο άξονες, προφανώς η διαδρομή σχετίζεται με το πλάτος του οχήματος και θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο τις αλλαγές που κάναμε σε πλαίσιο, αμάξωμα και τροχούς.

## **Σύστημα Πέδησης**

Το σύστημα πέδησης, όπως και το σύστημα διεύθυνσης, για λόγους ασφάλειας και νομοθεσίας παρέμεινε σε εργοστασιακή μορφή. Επιλέχθηκαν συμπαγείς δισκόπλακες σε κάθε γωνία λόγω του χαμηλότερου βάρους τους σε σχέση με τους αεριζόμενους, την απουσία κοιλοτήτων που μπορεί να

έχουμε είσοδο ξένων σωμάτων κατά την διάβαση εμποδίων, την απλότητα σχεδιασμού και κόστους αλλαγής και τέλος την μικρότερη τάση για παραμόρφωση κατά την απότομη ψύξη σε περίπτωση εισόδου σε υδάτινο εμπόδιο.

Σχετικά με τις αντλίες master και slave είναι εργοστασιακές AP Lockheed, τετραπίστονες δαγκάνες εμπρός και διπίστονες πίσω και πάλι AP Lockheed. Λόγω των μεγαλύτερων τροχών που τοποθετήθηκαν χρειάστηκε να μεγαλώσουμε την υποβοήθηση των αντλιών. Αυτό επιτεύχθηκε αλλάζοντας το εργοστασιακό servo με ένα μεγαλύτερου διαφράγματος. Αυτό μας επέτρεψε να μεταφέρουμε μεγαλύτερη δύναμη μέσω του υγρού φρένων στις δαγκάνες με την ίδια διαδρομή στο πεντάλ φρένου. Όλες οι άκαμπτες σωληνώσεις αντικαταστάθηκαν με χάλκινες με στόχο την καλύτερη απαγωγή θερμότητας του υγρού φρένων και την προστασία κατά της οξειδωσης. Οι κινούμενες σωληνώσεις που καταλήγουν στις δαγκάνες είναι από stainless steel flexible hoses οι οποίες δεν ενδίδουν όπως οι ελαστικές σωληνώσεις στις μεγάλες θερμοκρασίες και δεν υπάρχει περίπτωση να αστοχήσουν προκαλώντας διαρροές και απώλεια υγρού φρένων που θα οδηγούσε σε απώλεια πέδησης.

Το χειρόφρενο είναι μοναδικό σαν λειτουργία στο συγκεκριμένο όχημα. Είναι τύπου drum brake,(ταμπούρο) και επενεργεί από σχεδιασμού του σε κανονική λειτουργία, μόνο επάνω στον πίσω κεντρικό άξονα και κατ επέκταση στους πίσω τροχούς, εντελώς ανεξάρτητα από τις δαγκάνες των φρένων. Αυτό σημαίνει πως εμπλέκοντας το κεντρικό μπλοκέ διαφορικό το χειρόφρενο έχει την δυνατότητα να επενεργήσει πάνω και στους τέσσερις τροχούς δια μέσου του συστήματος μετάδοσης. Αυτό μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο αν βρισκόμαστε σε δύσβατο terrain ή αν χρειαστεί να πραγματοποιήσουμε κάποιο στατικό έργο και δεν θέλουμε να υπάρχει πιθανότητα κίνησης του οχήματος, όπως έλξη φορτίου με εργάτη, λειτουργία μηχανημάτων κτλ

Σαν μελλοντική βελτίωση θα μπορούσαμε να τοποθετήσουμε μεγαλύτερης διαμέτρου δισκόπλακες , όπου για μείωση περιστρεφόμενου και μη αναρτώμενου βάρους θα σχεδιαστούν σαν συναρμογή πλήμνης και ρότορα, δηλαδή 2 τεμάχια. Επίσης, όταν απαιτηθεί από την νομοθεσία μπορεί εύκολα να τοποθετηθεί σύστημα anti-lock braking system ABS, σε κάθε περίπτωση θα είναι επιλέξιμη η λειτουργία του από διακόπτη μέσα στην καμπίνα, καθώς σε εκτός δρόμου και χαμηλής πρόσφυσης διαδρομές το κλείδωμα των τροχών δημιουργεί ένα ανάχωμα που ακινητοποιεί καλύτερα το όχημα υπό προϋποθέσεις.

### **Τροχοί - Ελαστικά**

Ίσως η πιο σημαντική επιλογή όλης της κατασκευής μας είναι το σύστημα σώτρου επίσωτρου, κοινώς ο συνδυασμός ζάντας και ελαστικού που

δημιουργεί τους τροχούς. Αν και τα συμβατικά οχήματα περνάνε το χρόνο τους κατά 99,9 % σε ασφάλτινες διαδρομές, το όχημά μας είναι μικτής χρήσης και έχει σχεδιαστεί ώστε να κινείται σε κάθε πιθανό terrain. Προφανώς και πάλι όλα είναι ένας συμβιβασμός και πρέπει να έχουμε υπόψη μας την κύρια χρήση του οχήματος κατά την επιλογή αυτή. Η κύρια χρήση του θα γίνει σε διαδρομές ασφάλτου, χωματόδρομου, χιονιού αλλά και άμμου. Η μόνη άλλη διαδρομή που μένει είναι αυτή της λάσπης που θα συναντήσουμε σε τροπικά δάση και σε βουνά την χειμερινή περίοδο συνθήκη που απαιτεί ειδική λύση.

Οι τροχοί που έχουν επιλεγθεί είναι οι μέγιστοι δυνατοί για τη εφαρμογή μας, ώστε να έχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή ground clearance και την μέγιστη δυνατή διάμετρο για υπέρβαση εμποδίων κτλ. Οι ζάντες έχουν διάσταση 16 inch x 10 inch και ελαστικά 36x12,5 R16 inch.

Οι ζάντες που έχουν επιλεγθεί είναι κατασκευασμένες κατάλληλα για τις απαιτήσεις μας από χάλυβα και περιλαμβάνουν beadlocks. Τα beadlocks είναι μεταλλικά στεφάνια που εδράζονται πάνω στην ζάντα με κοχλίες και ουσιαστικά πιέζουν το ελαστικό μεταξύ αυτών και του εξωτερικού δακτυλίου-στεφάνι της ζάντας. Τα πλεονεκτήματα της τοποθέτησής τους είναι αρχικά η αύξηση της αντοχής των ζαντών σε κρουστικά χτυπήματα από την εξωτερική πλευρά, η αύξηση του επιτρεπόμενου βάρους ανά τροχό, η ικανότητα λειτουργίας του ελαστικού σε εξαιρετικά χαμηλές πιέσεις σχεδόν στα 10psi και τέλος η αντιμετώπιση φαινομένων αποκόλλησης των ελαστικών από την ζάντα που παρατηρείται σε κρούσεις με εμπόδια κατά την λειτουργία σε χαμηλές πιέσεις.





Η λειτουργία με χαμηλές πιέσεις είναι απαραίτητη για την εφαρμογή μας καθώς επιτρέπει αύξηση της επιφάνειας επαφής του ελαστικού με το έδαφος και σαφώς καλύτερη κατανομή του βάρους του οχήματος. Με την σειρά του αυτό επιτρέπει την άνετη διάβαση σαθρού εδάφους όπως η άμμος και το χιόνι χωρίς οι τροχοί να θάβονται και να ακινητοποιούνται λόγω αντίστασης κύλισης και οπισθέλκουσας.

Το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος ανά τροχό είναι 1.400kg (TUV rated). Η πίεση των ελαστικών μπορεί να ρυθμιστεί από 10-50 psi ανάλογα πάντα με τις συνθήκες κίνησης αλλά και το φορτίο που φέρει το όχημα. Για την κύρια χρήση του οχήματος έχουν επιλεγθεί All terrain BFGoodrich παντός εδάφους ελαστικά που λειτουργούν κανονικά σε άσφαλτο, εξαιρετικά σε συνθήκες άμμου, πάγου-χιονιού και αρκετά ικανοποιητικά σε συνθήκες υγρής ασφάλτου. Για την χρήση σε ακραίο περιβάλλον λάσπης, χιονιού κτλ υπάρχει άλλο σετ ελαστικών ειδικού πέλματος, CST extreme c18 36x12,5x16

### **Πλαίσιο - Αμάξωμα**

Το όχημα μας, όντας ελαφρύ φορτηγό είναι συμβατικού σχεδιασμού και για λόγους προσαρμοστικότητας και επισκευασιμότητας αποτελείται από ξεχωριστό πλαίσιο τύπου σκάλας (σασί) και ξεχωριστό αμάξωμα. Είναι μια διαδεδομένη σχεδιαστική πρακτική, που χρησιμοποιείται σήμερα από όλους τους κατασκευαστές φορτηγών οχημάτων. Το πλαίσιο μας είναι κατασκευασμένο από χάλυβα πάχους 3mm τύπου mild steel. Αποτελείται από 2 κεντρικές ράγες-δοκούς που φέρουν τα διαμήκη και καμπικά φορτία και από 7 κάθετες δοκούς που συνδέουν τις κεντρικές ράγες και δημιουργούν το λεγόμενο πλαίσιο τύπου σκάλας (καθώς αν τοποθετηθεί όρθιο, μοιάζει σαν μια σκάλα). Έτσι μπορεί να φέρει και στρεπτικά φορτία, και δημιουργείται απόσταση μεταξύ των δοκών 25inch= 63,5cm. Η σχεδίαση αυτή του πλαισίου του οχήματός μας, σε σχέση με το αυτοφερόμενο αμάξωμα που χρησιμοποιείται στα επιβατικά σημερινά οχήματα, έχει σαν πλεονεκτήματα τα παρακάτω. Η σειρά παράθεσής τους είναι αυθαίρετη.



- Το συγκεκριμένο πλαίσιο τύπου σκάλας, είναι σχεδιασμένο ώστε και από μόνο του να μπορεί να φέρει όλα τα φορτία και να αντέξει όλες τις καταπονήσεις που μπορεί να δεχθεί το όχημα, χωρίς την παρουσία του αμαξώματος. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να κάνουμε αρκετές δοκιμές χωρίς να απαιτείται η ύπαρξη αμαξώματος ή και να αλλάζουμε στοιχεία του αμαξώματος για να επιτελέσουμε διαφορετικές εργασίες, εντελώς ανεξάρτητα από το πλαίσιο. Υπάρχουν κατάλληλα τοποθετημένες βάσεις για πολλούς τύπους αμαξώματος. Ανοιχτό ή κλειστό φορτηγό, επιβατικό με 3 ή 5 θύρες και έως 12 επιβάτες. Οι συνδυασμοί είναι πολλοί και όλα βασίζονται στην προσαρμοστικότητα του πλαισίου τύπου σκάλας
- Ο σχεδιασμός των 2 ενιαίων δοκών κατά μήκος του οχήματος αποτελούν την ιδανική πλατφόρμα για έλξη φορτίων. Όλες οι δυνάμεις που αναπτύσσονται είναι ορθές και φέρονται από τις 2 διαμήκειες ράγες. Ως αποτέλεσμα, έχουμε την δυνατότητα να έλκουμε εργοστασιακά έως 3500 kg με τρέιλερ χωρίς πέδηση και έως 6000 kg τρέιλερ με πέδηση. Παράλληλα σε προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε και την δυνατότητα προσαρμογής της πίσω ανάρτησης ανάλογα με τις απαιτήσεις του φορτίου. Πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό που συνδέεται άμεσα με το πλαίσιο τύπου σκάλας.
- Δυνατότητα ευκολότερης επισκευής μετά από σύγκρουση. Η μεγάλη πλειονότητα των συγκρούσεων περιορίζεται στην καταστροφή του αμαξώματος. Ένα αμάξωμα όπου τα εξαρτήματα στηρίζονται πάνω στο πλαίσιο με κοχλίες είναι σαφώς πιο εύκολο να επισκευαστούν χωρίς την ανάγκη συγκόλλησης και κοπής μερών τους. Αυτό βοηθάει τόσο στην επισκευή όσο και στην συντήρηση του οχήματος καθώς επιτρέπει την αφαίρεση εξαρτημάτων για ευκολότερη πρόσβαση κτλ.
- Πολύ μεγαλύτερη αντοχή του πλαισίου σε στρέψη και εξαιρετική επιλογή για εκτός δρόμου διαδρομές. Το πλαίσιο τύπου σκάλας έχει πολύ μεγαλύτερη ελαστικότητα σε σχέση με ένα αυτοφερόμενο ως προς την στρέψη, που μας επιτρέπει να το χρησιμοποιούμε σε εφαρμογές όπως η δική μας όπου η ανάρτηση, εξαιτίας του εδάφους και της διαδρομής της, θα ασκεί μεγάλα στρεπτικά φορτία στο πλαίσιο.

Όλα τα παραπάνω αποτελούν πρωταρχικές για εμάς απαιτήσεις, καθώς είναι οι πλέον βασικές ανάγκες μεταφορών που θα εξυπηρετεί το τελικό όχημα.

Το αμάξωμα, και αυτό με την σειρά του, αποτελείται από ξεχωριστά, εντελώς διαφορετικά κομμάτια που συναρμολογούνται ώστε να κατασκευαστεί το τελικό όχημα, ανάλογα με τις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη, ανοικτό ή κλειστό φορτηγό ή επιβατικό, 2 3 ή 6 πόρτες, 3 έως και 12

καθίσματα κτλ. Το αμάξωμα επίσης, είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο με αποτέλεσμα να είναι αρκετά χαμηλό το βάρος του, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα χαλύβδινα αμαξώματα άλλων κατασκευαστών και να μην παρουσιάζει οξειδώσεις σε βάθος δεκαετιών. Παράλληλα επιτρέπει την εύκολη αφαίρεση εξαρτημάτων του αμαξώματος με στόχο την επισκευή, συντήρηση ή προσαρμογή σε νέες απαιτήσεις, ακόμα και στο field, χωρίς την ανάγκη μηχανισμών ανύψωσης κάτι που δεν μπορεί να συμβεί καθόλου με αντίστοιχα χαλύβδινα αμαξώματα που συμμετέχουν στην παραλαβή φορτίων, παράλληλα με το πλαίσιο.

Τα μειονεκτήματα της εργοστασιακής συναρμογής πλαισίου-αμαξώματος είναι ουσιαστικά 2 και παρουσιάζονται παρακάτω:

- Σημαντικά βαρύτερο σύνολο σε σχέση με το αυτοφερόμενο αμάξωμα, έως και 10%. Προφανώς αυτό το μειονέκτημα είναι και ένα χαρακτηριστικό του οχήματος που δημιουργεί μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου, υψηλότερο κέντρο βάρους, μεγάλες γωνίες και κλίσεις κατά την αλλαγή διεύθυνσης μεγαλύτερες αποστάσεις πέδησης κτλ. Και δυστυχώς λόγω των πάμπολλων εξαρτημάτων που έχουν τοποθετηθεί δεν είναι εύκολο να αντιμετωπιστεί, παρόλα αυτά μελλοντικά πολλά εξαρτήματα και προστατευτικά θα αντικατασταθούν με composite υλικά, carbon, Kevlar κτλ. Σε κάθε περίπτωση όμως, το αυξημένο βάρος επιτρέπει αυξημένες δυνατότητες έλξης που είναι και ένα ζητούμενο.
- Προβλήματα ασφαλείας. Ίσως το πλέον σημαντικό πρόβλημα του συνδυασμού αλουμινένιου αμαξώματος και πλαισίου του οχήματός μας, είναι η απουσία παθητικής ασφάλειας που έχει. Σε γενικές γραμμές και χωρίς προφανώς να έχουμε την δυνατότητα δοκιμών crash test, γνωρίζουμε από το ιστορικό των οχημάτων αυτών, μια τάση για περιστροφή σε περίπτωση ατυχήματος εξαιτίας αφενός του υψηλού κέντρου βάρους και αφετέρου του μικρού εργοστασιακού μετατροχίου σε σχέση με το ύψος του κέντρου βάρους. Αυτή οδηγεί σε ντεραπάρισμα του οχήματος με ανάλογη, συνήθως ολική καταστροφή του ανώτερου αμαξώματος, παρμπρίζ, οροφή και πλαίσια πορτών που μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρό ατύχημα και εγκλωβισμό του οδηγού.

Τόσο το σασί όσο και το αμάξωμα έχουν μελετηθεί και δεχθεί πολλές βελτιώσεις ενώ παράλληλα αποτελούν και το κομμάτι του έργου που αφορά το μάθημα των καταστροφικών καταπονήσεων, πάντα σε συνάρτηση με τις απαιτήσεις που έχουμε θέσει ως προς τις τελικές δυνατότητες του οχήματος. Προφανώς λόγω της συνεργασίας και συναρμογών μεταξύ πλαισίου και αμαξώματος, όλες οι εργασίες που κάναμε πραγματοποιήθηκαν παράλληλα.

Κατά τον σχεδιασμό, και έχοντας ως στόχο να αντιμετωπίσουμε τα παραπάνω μειονεκτήματα ώστε να αυξήσουμε την ασφάλεια του οχήματος αλλά και να κάνουμε το τελικό όχημα πιο ικανό ως προς τις μέγιστες γωνίες προσέγγισης, ράμπας, διαφυγής, και μέγιστης επιτρεπόμενης εγκάρσιας κλίσης πραγματοποιήσαμε τις παρακάτω ενέργειες.

Ενίσχυση του πλαισίου σε συγκεκριμένα σημεία σύμφωνα με την ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Solidworks. Με αυτό τον τρόπο αυξήσαμε την αντοχή σε κάμψη και σε στρέψη του πλαισίου μας

Παράλληλα προβήκαμε σε αύξηση του μετατροχίου και του πλάτους του αμαξώματος του οχήματος. Συγκεκριμένα αυξήσαμε κατά 36 cm το αμάξωμα και τις βάσεις outriggers του πλαισίου και επίσης αυξήσαμε κατά την ίδια διάσταση 36εκ και το track του οχήματος χρησιμοποιώντας ειδικού σχεδιασμού ζάντες. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίσαμε πολύ καλύτερη οδηγική συμπεριφορά ως προς την τάση για ανατροπή αλλά και εντυπωσιακά καλύτερες τιμές ως προς την πλάγια γωνία που μπορεί να κινηθεί το όχημα.

Επιπλέον προχωρήσαμε στην τοποθέτηση κλωβού ασφαλείας κατάλληλα διαμορφωμένου ώστε να συμπεριληφθεί η αύξηση του μετατροχίου, προκειμένου να αυξήσουμε την ασφάλεια σε περίπτωση ανατροπής του οχήματος, αλλά παράλληλα να αυξήσουμε και την στρεπτική ακαμψία του πλαισίου και να έχουμε δομικά στοιχεία με μεγάλη ανοχή για μελλοντικές εργασίες και αξεσουάρ.

Ξεκινήσαμε εργασίες αρχικά αφαιρώντας όλα τα μηχανικά μέρη και κατόπιν όλα τα στοιχεία του αμαξώματος. Έτσι είχαμε την δυνατότητα να κάνουμε όλες τις απαραίτητες μετατροπές που απαιτούνταν, αρχικά στο πλαίσιο που αποτελεί και την βάση όλων των υπόλοιπων εξαρτημάτων. Παρακάτω παραθέτω φωτογραφίες από τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν.



*Αφαίρεση αξόνων κίνησης*





*Αφαίρεση κινητήρα και αμαξώματος*





*Εμφάνιση πλαισίου πριν την έναρξη εργασιών*





*Αφαίρεση κινητήρα και μετάδοσης*



*Πλήρης απομάκρυνση όλων των εξαρτημάτων από το πλαίσιο*







*Προετοιμασία για αμμοβολή*



*Αποτέλεσμα μετά την αμμοβολή*



#### *Ενίσχυση δοκών πλαισίου*

Γνωρίζοντας το ιστορικό του οχήματος και με δεδομένη την αδύναμη σχετικά κατασκευή του εμπρόσθιου μέρος, πάντα σε σχέση με τις διαστάσεις των δοκών που χρησιμοποιούνται στο πίσω μέρος του οχήματος το οποίο άλλωστε φέρει και το μεγαλύτερο μέρος του φορτίου, προχωρήσαμε στις εργασίες που βλέπετε παρακάτω. Έχοντας πάντα κατά νου πως θα τοποθετηθεί και ηλεκτρικός εργάτης δυνατότητας έλξης έως και 6 τόνων στο εμπρόσθιο τμήμα, ενισχύσαμε το πλαίσιο με 4 χιλιοστά mild steel φύλλο χάλυβα κολλημένο καθ' όλο το μήκος του εμπρόσθιου τμήματος των 2 διαμήκη δοκών, από την πλευρά που τείνει να δεχτεί εφελκυσμό κατά την έλξη του εργάτη, αλλά και κατά την αντίδραση της εμπρόσθιας ανάρτησης σε μεγάλες φορτίσεις λόγω του εδάφους και της ταχύτητας του οχήματος.

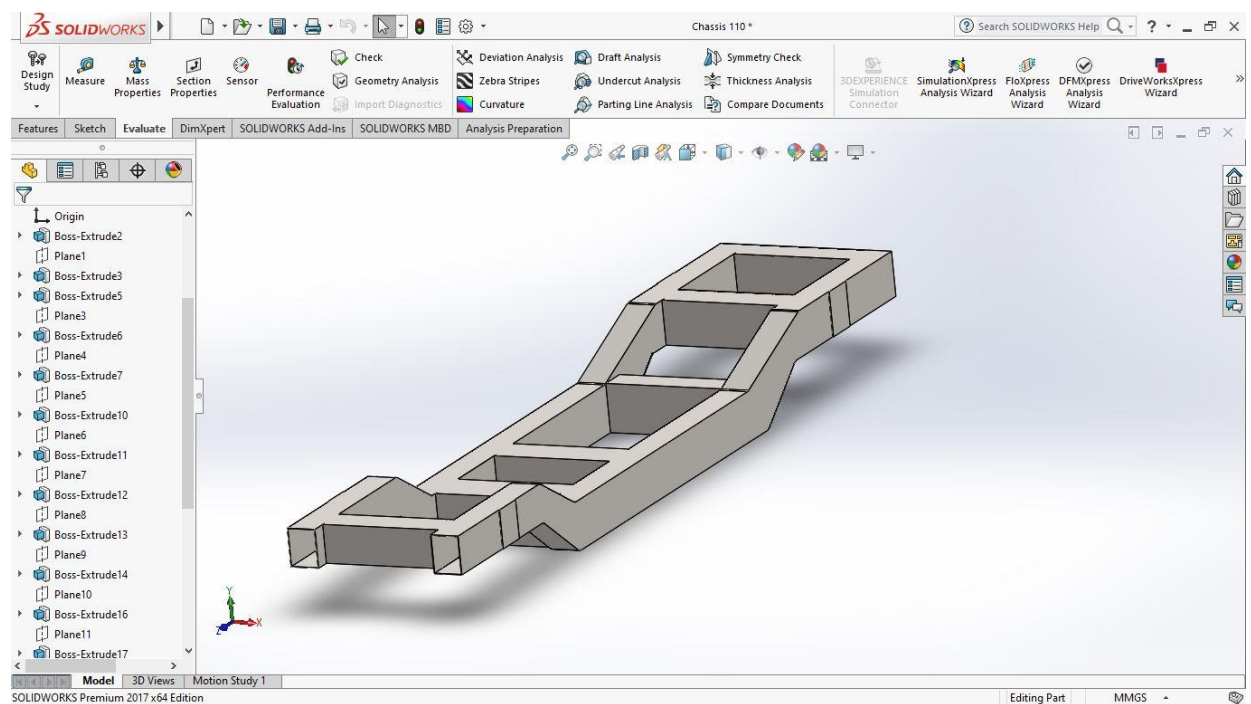
Είναι προφανές πως δεν κατασκευάζουμε από την αρχή το σασί του οχήματος, ήδη θεωρείται από τα πλέον πετυχημένα σχέδια στην ιστορία της αυτοκίνησης, και με τις μεγαλύτερες δυνατότητες παραλαβής φορτίων. Προχωρήσαμε λοιπόν στην ενίσχυση του με στόχο να διευρύνουμε αυτές δυνατότητες και να εξαλείψουμε τυχόν αδυναμίες και ατέλειες στην υπάρχουσα δομή.

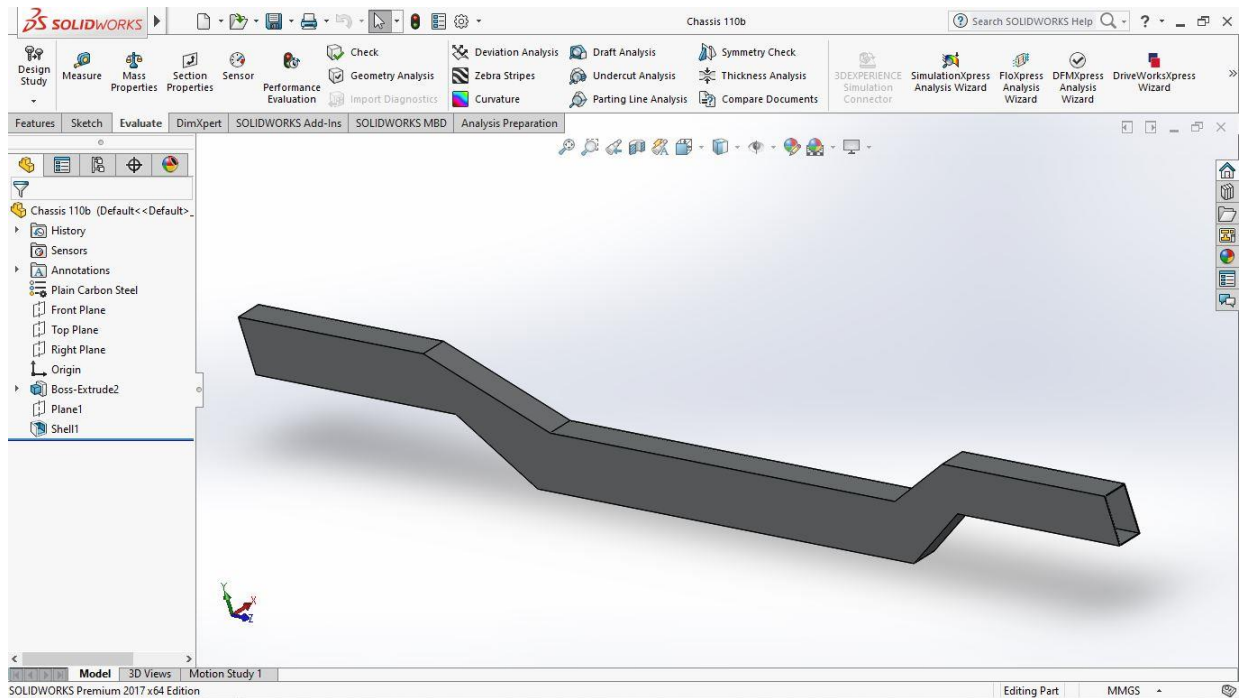
Η μελέτη που έγινε για την ενίσχυση του εμπρόσθιου τμήματος του πλαισίου παρουσιάζεται παρακάτω.

Αρχικά σχεδιάσαμε το υπάρχον πλαίσιο σε περιβάλλον SolidWorks που είναι και ένα ευρέως διαδεδομένο σχεδιαστικό πρόγραμμα και περιλαμβάνει ελέγχους αντοχής σε πολλές καταπονήσεις. Για την δική μας εφαρμογή, το worst case scenario είναι πολύ μεγάλες φορτίσεις στην εμπρόσθια ανάρτηση που προκύπτουν από κρουστικά φορτία αρχικά στους τροχούς και έπειτα μέσω της ανάρτησης, μεταφέρονται στο πλαίσιο.

Παρακάτω ακολουθούν και τα σχέδια που έγιναν καθώς και οι τελικές αντοχές που υπολογίστηκαν, πάντα σύμφωνα με την προσέγγιση του σχεδιαστικού προγράμματος solidworks.

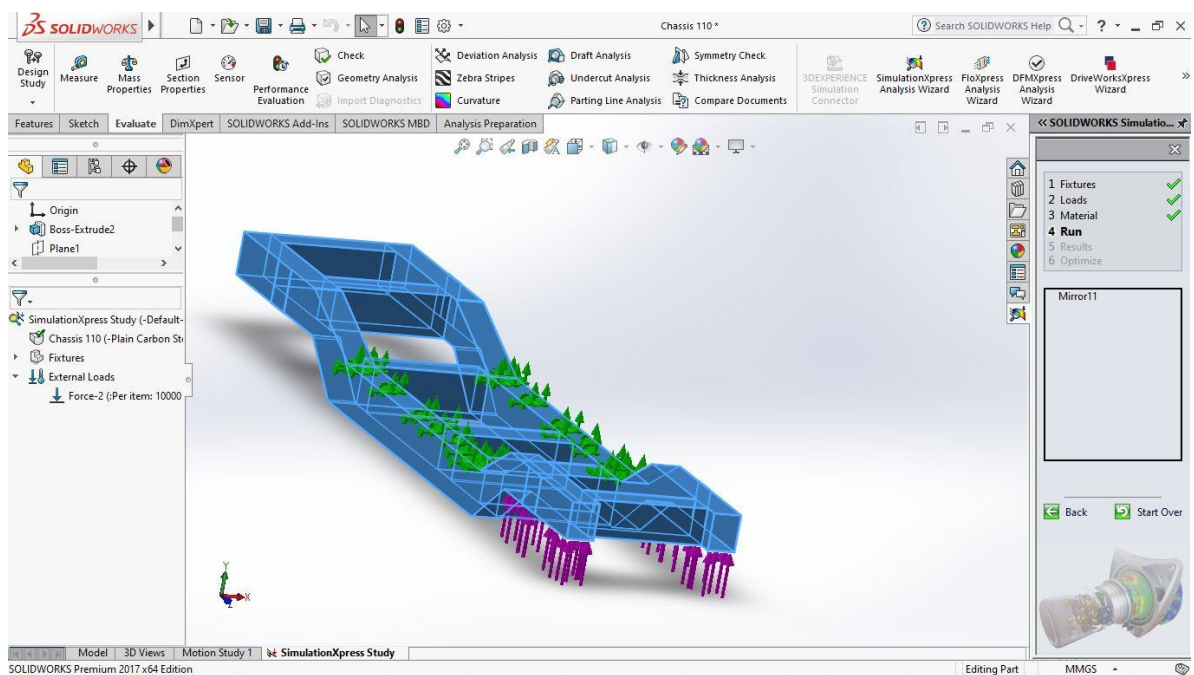
Ξεκινήσαμε με σχεδιασμό του πλαισίου σε περιβάλλον Solidworks.

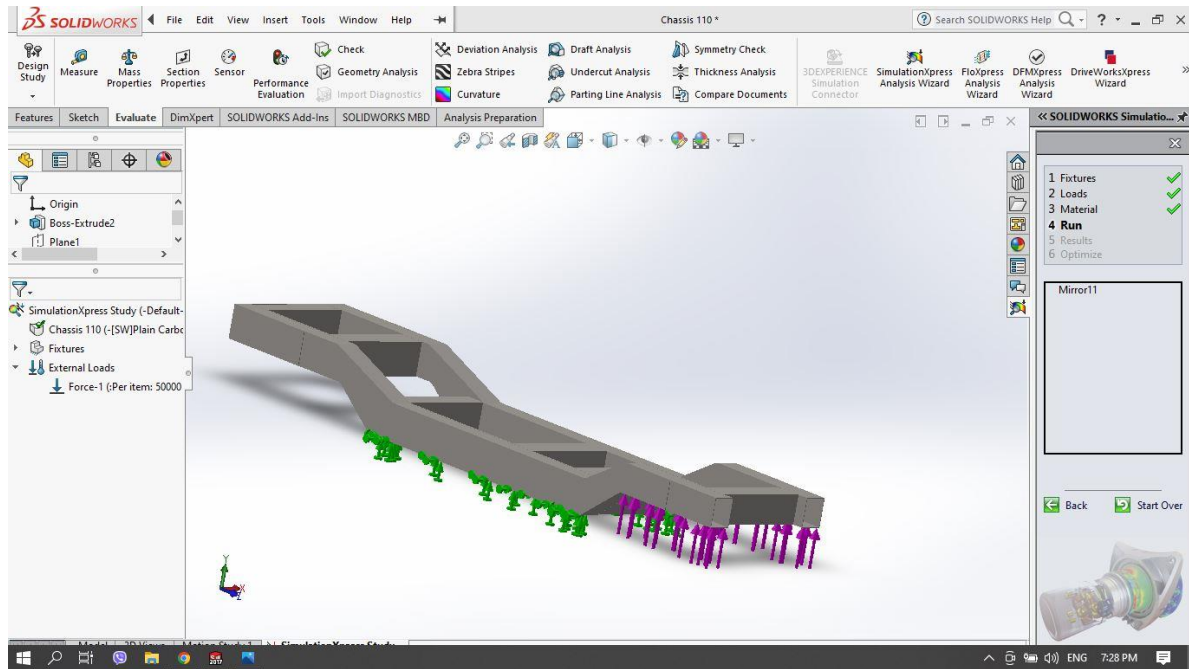




Και για λόγους ευκολίας σε υπολογισμούς και ταχύτερης διόρθωσης σχεδιάσαμε και το 1 κομμάτι της δοκού ξεχωριστά καθώς η μνήμη του υπολογιστή δεν έφθανε για την δημιουργία των πεπερασμένων στοιχείων

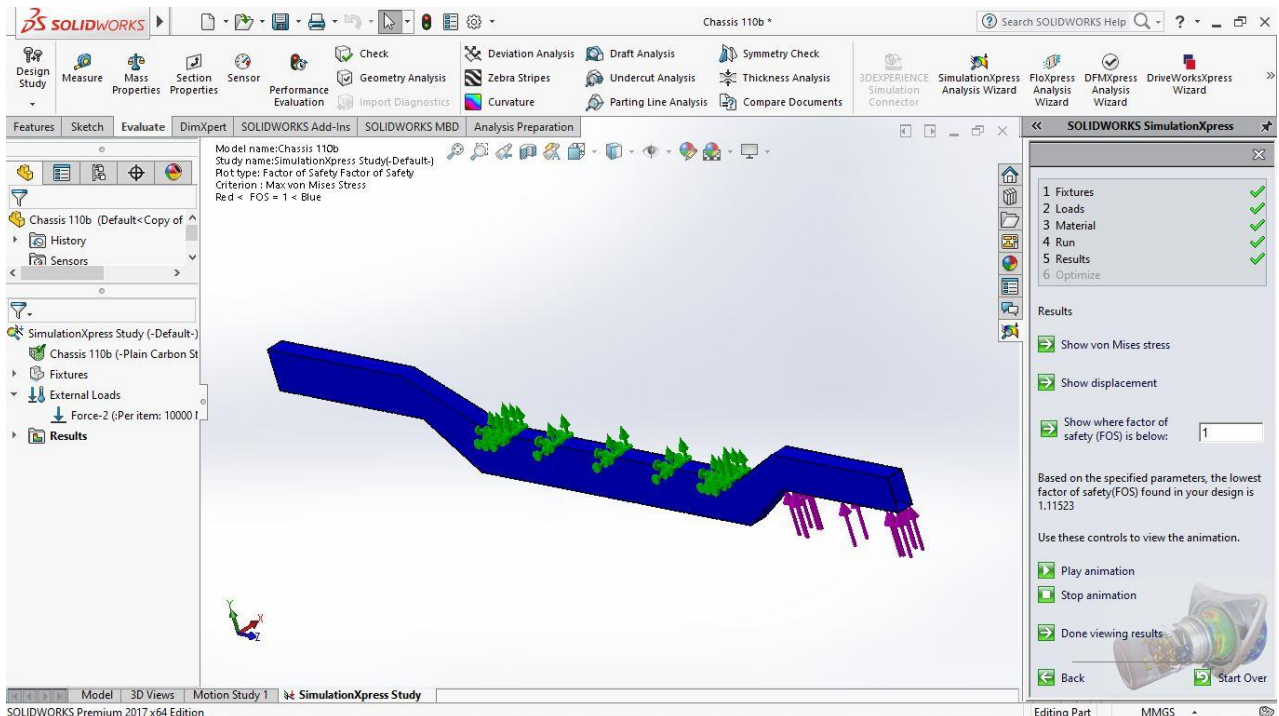
Είχαμε μία αρκετά καλή προσέγγιση του εργοστασιακού πλαισίου, και αυτό προκύπτει από το βάρος του σχεδίου μας σε σχέση με το εργοστασιακό, και ειδικότερα το βάρος της μίας δοκού ήταν στο σχέδιο μας στα 75 κιλά. Υπάρχουν μικροδιαφορές σε σχέση με βάσεις οπές κτλ. αλλά τελικά αυτό που μελετάμε είναι να ελέγξουμε κατά πόσο η ενίσχυση που κάναμε οδήγησε σε μεγαλύτερη αντοχή του εμπρόσθιου τμήματος και σε τι ποσοστό



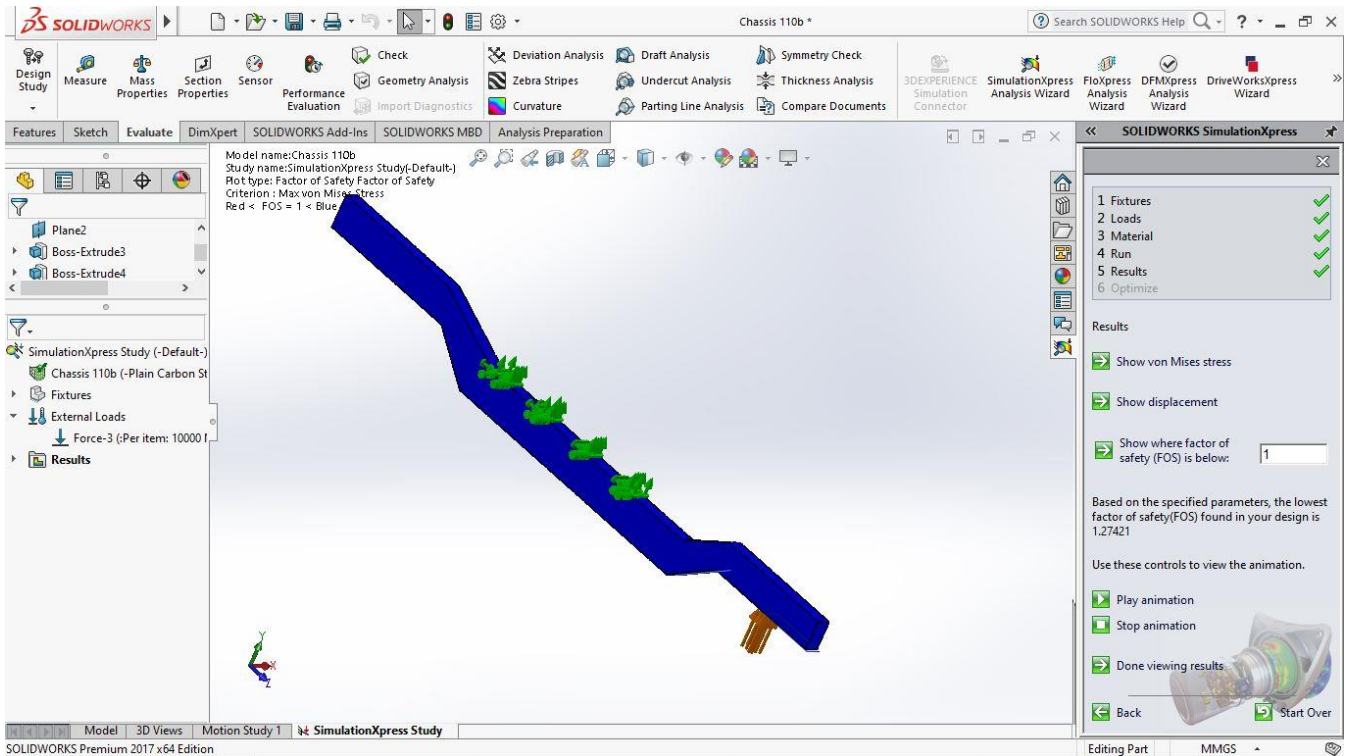


Ο λόγος που η πάκτωση τοποθετήθηκε εκεί (πράσινα βέλη) σχετίζεται με την τοποθέτηση του κλωβού ασφαλείας, ο οποίος τείνει να αυξάνει κατά πολύ την ακαμψία από την εμπρόσθια μετώπη και πίσω, αφού εδράζεται πάνω στο σασί σε 6 σημεία

Η αντοχή του σχεδίου μας βάζοντας 10000N δύναμη με FOS 1,11



Αλλάζοντας το πάχος του κάτω μέρους της δοκού από 3mm σε 6mm σαν καλή προσέγγιση των 4mm πάχους ενίσχυσης που προσθέσαμε παίρνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα



Βλέπουμε πως αλλάζει το FOS στα 1,27. Έχουμε λοιπόν μια αύξηση αντοχής κατά περίπου 10% στο εμπρόσθιο τμήμα του πλαισίου του οχήματος. Ταυτόχρονα το εμπρόσθιο τμήμα του πλαισίου κατά το πέρασμα του χρόνου εμφανίζει οξειδωση, και με την αύξηση του πάχους των δοκών σίγουρα θα πετύχουμε μεγαλύτερη μακροζωία. Θυμίζω πως το εργοστασιακό πλαίσιο στις παραπάνω φωτογραφίες ήταν ήδη 33 ετών και με μηδενική συντήρηση είχε απλά επιφανειακή οξειδωση.

Παρακάτω παρουσιάζονται και οι υπόλοιπες εργασίες που έγιναν στο πλαίσιο ( οι τροχοί που διακρίνονται είναι από βαγόνι τραίνου, για λόγους σύγκρισης μεγέθους)



*Ολοκλήρωση κατεργασιών αμβολής ενίσχυσης και βαφής πλαισίου*



*Συναρμολόγηση πλαισίου και αξόνων*



*Εγκατάσταση A frame πίσω άκαμπτου άξονα*





*Τοποθέτηση εμπρόσθιου άξονα και ανάρτησης*



*Ολοκλήρωση συναρμολόγησης rolling chassis*



*Και συναρμολόγηση κινούμενου πλαισίου*



Στην συνέχεια προχωρήσαμε σε εργασίες πάνω στο αμάξωμα για την αύξηση του πλάτους του.



Παρακάτω παρουσιάζονται οι μετατροπές που έγιναν στο αμάξωμα και στα outriggers



*Αύξηση πλάτους βάσεων καθισμάτων*



*Αύξηση πλάτους πίσω χώρου φορτίου*



*Αύξηση πλάτους πίσω προφυλακτήρα*



*Τοποθέτηση βάσεων κλωβού ασφαλείας*



*Ενδιάμεσες βάσεις κλωβού ασφαλείας*

Ο κλωβός ασφαλείας έχει δύο ρόλους, αφενός την ασφάλεια κατά την πρόσκρουση σε περίπτωση ανατροπής αλλά και την αύξηση της στρεπτικής ακαμψίας του πλαισίου.

Ακόμα και σε σημερινά οχήματα ακόμα μεγαλύτερου μικτού βάρους, έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα πολύ μεγάλης στρέψης του πλαισίου, τα οποία οδηγούν σε μόνιμες παραμορφώσεις, στην καλύτερη περίπτωση, του αμαξώματος και στην χειρότερη, του ίδιου του πλαισίου.

Παρακάτω φαίνεται αυτή ακριβώς η στρεπτική παραμόρφωση που μπορεί να παρατηρηθεί ακόμα και με γυμνό μάτι. Στην συγκεκριμένη δοκιμή έχουμε όχημα που έχει μικτό βάρος 4500kg και το φορτίο που έχει τοποθετηθεί στον χώρο φόρτωσης είναι μόλις 1360 kg.



Είναι τόσο μεγάλη η στρέψη που ασκείται στο πλαίσιο από την ανάρτηση του οχήματος που μεταφέρεται στο αμάξωμα και τελικά στρεβλώνει την θύρα φόρτωσης του οχήματος, πλαστικά. Είναι πολύ πιθανό πως σε περίπτωση που ο οδηγός αντιμετώπιζε μία τέτοια κατάσταση σε κανονική λειτουργία, και όχι υπό συνθήκες δοκιμής όπου παρακολουθείται και ενημερώνεται από τρίτους, το πλαίσιο ή το αμάξωμα να στρέβλωνε πλαστικά με αποτέλεσμα να παρέμενε μία συστροφή στις δοκούς πράγμα προφανώς απαγορευτικό για την μετέπειτα ασφαλή κίνηση του οχήματος. Αυτή είναι και κατά την γνώμη μου η πλέον σημαντική δοκιμή που πρέπει να περάσει το όχημά μας.

Σχετικά με το κλωβό ασφαλείας, επιλέχθηκε η τοποθέτηση SafetyDevices Rollcage L190. Πρόκειται για τον κλωβό που εργοστασιακά τοποθετούνταν στην NAS spec (North American Specification) έκδοση του οχήματος, καθώς αποτελούσε απαίτηση από το Department of Transportation (DOT) για λόγους ασφαλείας, εξαιτίας της αλουμινένιας κατασκευής του χώρου οδήγησης και επιβατών και της τάσης για ανατροπή του οχήματος υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Παράλληλα η τοποθέτησή του μας επιτρέπει και την πώληση του οχήματος στην Αμερική, κάτι που διευρύνει την εμπορευσιμότητα του.



Ο συγκεκριμένος τύπος κλωβού ασφαλείας που επιλέχθηκε, ανήκει στα Expedition Roll cages, είναι δηλαδή ένα δομικό πλαίσιο από E355+N Cold Drawn Seamless Mild Steel Tube, με ειδικά διαμορφωμένους σωλήνες για χρήση σε κλωβούς ασφαλείας. Και εδώ μας ενδιέφερε πρωταρχικά η



αντοχή στο χρόνο και όχι τα απόλυτα νούμερα και για αυτό επιλέχτηκε ο μαλακός χάλυβας καθώς επιτέπει την ελαστική παραμόρφωση και έχει λιγότερες πιθανότητες ρηγματώσης ή και καταστροφής σε περίπτωση κρούσης-ατυχήματος. Είναι επίσης πολύ εύκολη η επισκευή του σε περίπτωση χτυπήματος και πολύ οικονομική η αντικατάσταση των δοκών ξεχωριστά, αφού συνδέονται με κοχλίες και περικόχλια.



Προφανώς και εδώ χρειάστηκε να τροποποιήσουμε τις εγκάρσιες δοκούς του κλωβού ώστε να καλυφθεί το μεγαλύτερο πλάτους αμάξωμα, που είχαμε κατασκευάσει. Έτσι όλες οι εγκάρσιες δοκοί κόπηκαν και κατόπιν επιμηκύνθηκαν κατά 36 εκατοστά ώστε να πετύχουμε την εργοστασιακή τελική εμφάνιση που βλέπουμε παρακάτω.



*Εγκατάσταση προσαρμοσμένων εμπρός θόλων τροχών και οροφής*



*Προετοιμασία παράλληλα για εγκατάσταση κινητήρα*



*Ολοκλήρωση κλωβού ασφαλείας και καπό κινητήρα*



Ένας ακόμη λόγος που επιλέξαμε την τοποθέτηση του συγκεκριμένου τύπου κλωβού, είναι και οι τεραστιες δυνατότητες φόρτωσης στην οροφή που μας επιτρέπει. Οι δοκοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν βάσεις για τοποθέτηση κάθε είδους εμπορεύματος και αντικειμένου και είναι ιδανικά υπολογισμένες για τοποθέτηση μεγάλου μήκους παλετοποιημένων εμπορευμάτων.





Στις παραπάνω φωτογραφίες το φορτίο της οροφής είναι 450kg και πρόκειται για 10 φωτοβολταϊκά πάνελ 2,5m x 1,10m καθώς και οι μεταλλικές βάσεις τοποθέτησής τους. Είναι προφανές πως χωρίς τον κλωβό ασφαλείας δεν θα ήταν αδύνατη η τοποθέτησή τέτοιου βάρους στην οροφή. Επίσης στον χώρο φόρτωσης στις συγκεκριμένες φωτογραφίες υπάρχουν άλλα 400 περίπου κιλά φορτίου, μετασχηματιστές, καλώδια, εργαλεία κτλ, για αυτό υπάρχει και μια σχετική κλίση του πίσω μέρους του οχήματος. Αναμφίβολα και απαιτείται προσοχή από τον οδηγό κατά τις περιπτώσεις όπου παίρνει κλίση το αμάξωμα, αλλά σε γενικές γραμμές δεν αλλάζει ιδιαίτερα η συμπεριφορά του αυτοκινήτου και είναι αρκετά άνετη η οδήγησή του.

Η εργοστασιακή δυναμική του οχήματος επηρεάστηκε, αλλάζοντας το ύψος του κέντρου βάρους. Πιο συγκεκριμένα, οι αλλαγές σε ακτίνα στους τροχούς και σε αύξηση ύψους της ανάρτησης καθώς και ο κλωβός ασφαλείας, συνέβαλαν σε αύξηση του μέγιστου ύψους του οχήματος στα 12 εκατοστά. Μετά από μετρήσεις στο εργαστήριο οχημάτων καταλήξαμε πως το κέντρο βάρους του τελικού οχήματος με όλες τις μετατροπές αυξήθηκε κατά 8 εκατοστά σε ύψος σε σχέση με το αρχικό όχημα, στα 82 εκατοστά από το έδαφος. Το πλάτος του οχήματος αυξήθηκε κατά 36 εκατοστά δίνοντας στο αμάξωμα συνολικό πλάτος 216 εκατοστά με αποτέλεσμα το όχημα γεωμετρικά να έχει την δυνατότητα να περάσει τις 45° πλάγια κλίση ή διάβαση πλάγιου εμποδίου πλαγιάς. Αυτό επίσης σημαίνει σαφώς μεγαλύτερη σταθερότητα και τουλάχιστον θεωρητικά πολύ μικρότερη τάση για ντεραρίσμα κατά τις απότομες αλλαγές διεύθυνσης και πέδησης. Επομένως σαφώς αυξημένη ασφάλεια κατά ένα πιθανό ατύχημα. Επίσης η τοποθέτηση κλωβού ασφαλείας σημαίνει πως στην περίπτωση ανατροπής, υπάρχει σαφώς μικρότερη πιθανότητα εγκλωβισμού του οδηγού και ταυτόχρονα αυξημένος ζωτικός χώρος επιβίωσης.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι διατάξεις που χρησιμοποιήσαμε για τον έλεγχο του Cog και του tipping point σε κατάλληλο μηχανουργείο

Λόγω της μοναδικότητας του τελικού οχήματος προσωπικά δεν μπορούσα να επιτρέψω να φτάσουμε στα όρια του tipping point χωρίς πλήρη ασφάλεια και έτσι μου αρκεί να γνωρίζω ότι φτάνει τις 45° πλάγια κλίση.

Επομένως συνοψίζοντας σε σχέση με το αμάξωμα και το πλαίσιο, χρειάστηκε να τροποποιηθούν- επιμηκυνθούν, το bulkhead, τα εμπρόσθια φτερά και θόλοι των τροχών, όλες οι βάσεις του αμαξώματος που εδράζονται στο πλαίσιο, το προστατευτικό του ψυγείου, το κάλυμμα του κινητήρα καπό, το καμπινάκι του οδηγού συνοδηγού, η οροφή, ο κλωβός ασφαλείας, οι οπίσθιοι θόλοι των τροχών, ο πίσω προφυλακτήρας και τέλος η πίσω πόρτα πρόσβασης στον χώρο φόρτωσης.

Πέραν των παραπάνω ειδικών custom κατασκευών, έγιναν και οι παρακάτω εγκαταστάσεις- κατασκευές πάντα με γνώμονα την επέκταση των δυνατοτήτων του οχήματος μας

Το όχημα φέρει 2 δεξαμενές καυσίμων, εγκατεστημένες, η κύρια στην εργοστασιακή της θέση, με χωρητικότητα 80 λίτρων και η δεύτερη, (auxiliary tank) κάτω από το κάθισμα του συνοδηγού, με χωρητικότητα 75 λίτρων. Συνολικά έχουμε απόθεμα 155 λίτρων καυσίμου στο ύψος του κέντρου βάρους του οχήματος τα οποία μας εξασφαλίζουν αυτονομία περίπου 800 χιλιομέτρων. Αν συνδυαστούν με έξτρα φορητά δοχεία καυσίμου μπορούμε να ξεπεράσουμε τα 1000 χιλιόμετρα αυτονομία.

Κατασκευάστηκαν εμπρός και πίσω custom προφυλακτήρες που λειτουργούν και σαν βάσεις ηλεκτρικών εργατών, βάσεις πρόσδεσης, σκαλοπάτια, βάσεις κοτσαδόρων έλξης, βάσεις ανύψωσης και βάσεις επιπρόσθετου φωτισμού. Για την κατασκευή τους, χρησιμοποιήθηκαν σαν αρχικά τεμάχια και τροποποιήθηκαν ως προς το μήκος τους, εργοστασιακά κατασκευασμένοι aftermarket προφυλακτήρες, με πιστοποίηση TÜV καθώς ήταν απαραίτητοι για την νομιμότητα του τελικού οχήματος. Το υλικό κατασκευής τους είναι 3mm mild steel χάλυβας, και επιμηκύνθηκαν κατά 36 εκατοστά ώστε να καλύψουν πλήρως το αμάξωμα.



*Εμπρόσθιος προφυλακτήρας με βάσεις εργατή και προστατευτική ποδιά*



*Οπίσθιος προφυλακτήρας NAS spec*

Κατασκευή custom βάσης- πλαίσιο προστατευτικού ψυγείου, custom πλαστική προστατευτική σήτα ψυγείου και custom άνω βάση ψυγείου και κλειδώμα καλύμματος κινητήρα (καπό). Και για τα τρία εξαρτήματα χρησιμοποιήθηκαν 2 εργοστασιακά εξαρτήματα τα οποία ενώθηκαν με συγκόλληση. Το αλουμινένιο πλαίσιο κατασκευάστηκε από δυο τεμάχια με συγκόλληση tig σε ειδικό μηχανουργείο εξαιτίας της λεπτότητας του, στα 2mm και κατόπιν κατεργαστήκαμε το τελικό oversize τεμάχιο με λειαντικό τροχό ώστε να απομακρυνθούν τυχόν ατέλειες. Κατά την ίδια φιλοσοφία κατασκευάστηκε και η προστατευτική πλαστική σήτα του ψυγείου νερού. Ενώσαμε 2 εργοστασιακά τεμάχια με πλαστική κόλληση και κατόπιν βάψαμε τις επιφάνειες στο τελικό χρώμα. Και στις δύο περιπτώσεις οι διαστάσεις των τελικών τεμαχίων είναι 36 εκατοστά μεγαλύτερες σε πλάτος, από τις εργοστασιακές.



Η βάση κλειδώματος του καπό κατασκευάστηκε και πάλι μέσω της συγκόλλησης 2 τεμαχίων, εξαιτίας όμως της ύπαρξής της ως δομικό στοιχείο του αμαξώματος καθώς συνδέει τα 2 φτερά, την ενισχύσαμε με την τοποθέτηση χαλύβδινης δοκού 3mm ανάλογη με την προέκταση της.

Σχετικά με τους θόλους των εμπρόσθιων τροχών, λόγω της αύξησης του πλάτους του οχήματος και την τοποθέτηση μεγαλύτερων τροχών ήταν αναγκαστική η διαπλάτυνσή τους. Οι εργοστασιακοί θόλοι είναι κατασκευασμένοι από γαλβαζισμένη χαλύβδινη λαμαρίνα πάχους 1mm. Ουσιαστικά το μόνο φορτίο που φέρουν είναι τα εξωτερικά αλουμινένια φτερά και επομένως δεν απαιτείται κάποια ιδιαίτερη ενίσχυσή τους. Έγινε διαπλάτυνση 18 εκατοστών με γαλβανιζέ λωρίδα λαμαρίνας ίδια σε πάχος με τον θόλο, που συγκολλήθηκε με MIG κόλληση μετάλλου. Πετύχαμε με αυτόν τον τρόπο την αύξηση του όγκου του θόλου διατηρώντας την εργοστασιακή εικόνα του οχήματος και παράλληλα έγιναν και τροποποιήσεις για την λειτουργία και την πορεία του άξονα του τιμονιού.

Παράλληλα με την διαπλάτυνση των θόλων έγινε και αύξηση του μεγέθους των εμπρόσθιων φτερών. Προκειμένου να διατηρηθεί η εργοστασιακή εικόνα και οι αναλογίες του αρχικού οχήματος χρειάστηκε η τροποποίηση του άνω μέρους των φτερών. Συγκολλήθηκε λοιπόν αλουμινένια συμπαγής δοκός σε όλο το μήκος των αλουμινένιων φτερών με στόχο αφενός την μερική αύξηση του πλάτους τους και αφετέρου την αύξηση της αντοχής τους σε κάμψη που μπορεί να ασκηθεί σε περίπτωση που τοποθετηθεί και φορτίο επάνω τους. Οι εργοστασιακοί αεραγωγοί του μηχανοστασίου έχουν παραμείνει πάνω στα φτερά και σε μελλοντικό σχέδιο θα τοποθετηθεί και υπερυψωμένη εισαγωγή αέρα στην μία πλευρά που έχει ως στόχο την διάβαση εμποδίων νερού και την αναρρόφηση καθαρού αέρα σε περίπτωση ταξιδιού σε διαδρομή με σκόνη, πίσω από άλλα οχήματα. Σε κάθε περίπτωση το εξωτερικό τμήμα τους έχει παραμείνει εργοστασιακό και ως εκ τούτου μπορεί να αντικατασταθεί σε περίπτωση χτυπήματος.

Σχετικά με το κάλυμμα του κινητήρα, το καπό, αποτελεί ένα από τα πλέον χαρακτηριστικά γνωρίσματα του οχήματος. Το σχέδιο του έχει μείνει ίδιο ουσιαστικά από το 1950 με μικρές αλλαγές που σχετίζονται με τους κινητήρες και την ρεζέρβα. Ήταν πολύ σημαντικό να διατηρηθεί το ίδιο σχέδιο εμφάνιση και αναλογία και παράλληλα να καλυφθεί σωστά ο κινητήρας και τα υπόλοιπα μηχανικά μέρη. Επομένως συνδυάστηκαν 2 εργοστασιακά καπό για το τελικό αποτέλεσμα, τα οποία λόγω της αλουμινένιας κατασκευής τους συγκολλήθηκαν με tig το οποίο βρίσκεται πάρα πολύ κοντά στο εργοστασιακό σχέδιο και μόνο κάποιος με αρκετή παρατηρητικότητα και γνώση μπορεί να καταλάβει την μετατροπή του. Εξαιτίας της ύπαρξης του roll cage χρειάστηκε και μικρή προσαρμογή της ράβδου συγκράτησης σε ανοιχτή θέση. Επίσης παρέμεινε κανονικά ο εργοστασιακός σχεδιασμός που επιτρέπει την απομάκρυνση του καπό με 2 κινήσεις και χωρίς εργαλεία, χωρίς δηλαδή την αφαίρεση κοχλιών κτλ.

Το πλέον σημαντικό στοιχείο του αμαξώματος και το μοναδικό που είναι κατασκευασμένο από low carbon steel είναι το bulkhead, το διάφραγμα δηλαδή μεταξύ καμπίνας και μηχανοστασίου. Εδράζεται πάνω σε δύο outriggers του πλαισίου καθώς και σε δύο μεταλλικές τριγωνικές βάσεις που βρίσκονται πάνω στις ράγες του πλαισίου, στο μηχανοστάσιο. Οι τέσσερις αυτές συνδέσεις είναι με κοχλίες και περικόχλια με αποτέλεσμα να είναι σχετικά απλή η αποσυναρμολόγηση και η επανατοποθέτησή του. Ουσιαστικά είναι και το πιο πολύπλοκο, κατασκευαστικά, εξάρτημα του αμαξώματος αλλά η σύνδεση του με το πλαίσιο επιτρέπει την αφαίρεση και κατόπιν την εύκολη μετατροπή του. Προκειμένου να επιτύχουμε την αύξηση του πλάτους του αμαξώματος αλλά και να διατηρήσουμε τις εργοστασιακές εισαγωγές φρέσκου αέρα της καμπίνας που αποτελεί ένα εντυπωσιακό χαρακτηριστικό του οχήματος, το bulkhead κόπηκε στην μέση και κατόπιν συγκολλήθηκαν φύλλα mild steel λαμαρίνας με τέτοιο τρόπο ώστε να προκύψει αντίστοιχο πλατύτερο κατά 36 εκατοστά, bulkhead. Όλες αυτές οι μετατροπές έγιναν σε ειδικό μηχανουργείο διαμόρφωσης



αμαξωμάτων φορτηγών. Μια τέτοια αλλαγή του αμαξώματος δεν θα μπορούσε να γίνει σε αυτοκίνητο ΙΧ λόγω νομοθετικών προβλημάτων αλλά σε φορτηγό η διαμόρφωση του αμαξώματος είναι καθόλα νόμιμη και συμβαίνει συνεχώς, ανάλογα με τις απαιτήσεις του φορτίου, την χρήση κτλ. Η εργοστασιακή μετώπη φαίνεται παρακάτω κατά τις δοκιμές και σχέδια που έγιναν πριν την μετατροπή

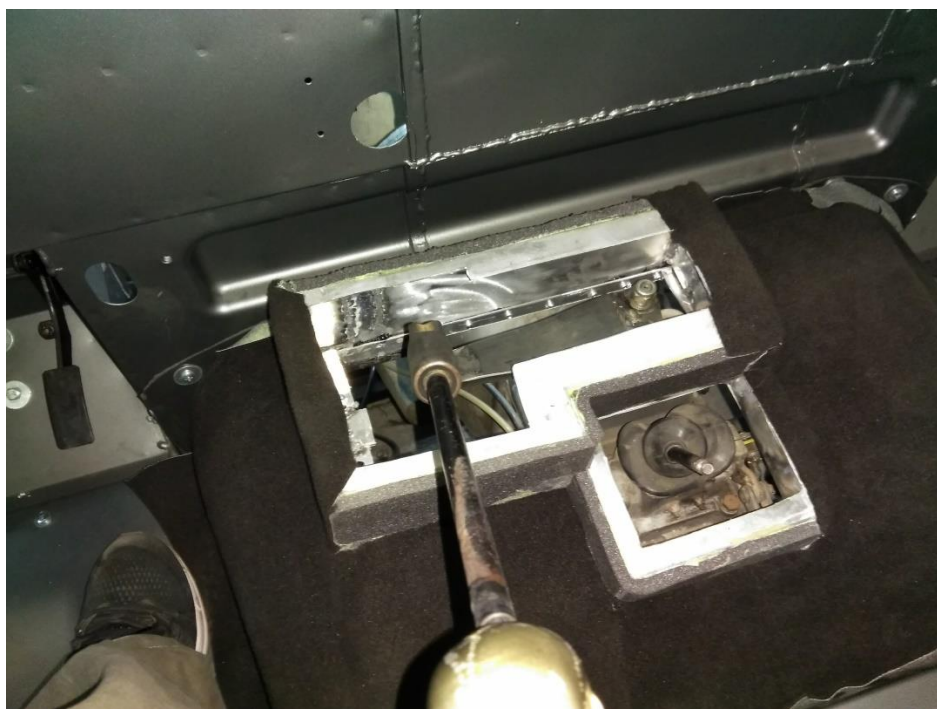


*Τελικό αποτέλεσμα*

Παραπάνω φαίνεται το τελικό αποτέλεσμα και η αύξηση του πλάτους του firewall. Έγιναν πάρα πολλές προσπάθειες να διατηρηθεί το εργοστασιακό χαρακτηριστικό των 2 αεραγωγών- εισαγωγών αέρα και ήταν αδύνατον να κατασκευαστούν μεγαλύτερα κλαπέτα στους αεραγωγούς καθώς ήταν πολύ δύσκολο να παραμείνουν λειτουργικοί. Ή τουλάχιστον θα ήταν εξαιρετικά δαπανηρή η κατασκευή τους σε cnc που η λειτουργία τους δεν δικαιολογείται. Επομένως η προέκταση έγινε στην μέση. Προφανώς προχωρήσαμε σε πολλές μετατροπές σε λειτουργικά συστήματα του οχήματος όπως στην καλωδίωση, στο σύστημα θέρμανσης και εξαερισμού και στο ταμπλό του οχήματος το οποίο θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

Αντίστοιχη διαπλάτυνση κάναμε στο πλαίσιο του εμπρόσθιου υαλοπίνακα. Ουσιαστικά ενώσαμε 2 εργοστασιακά πλαίσια με χρήση κόλλησης tig. Το παρμπρίζ είναι κατασκευασμένο από laminated glass 8mm (4mm στρώση PVB και ξανά 4mm). Εκ κατασκευής είναι επίπεδο με αποτέλεσμα να μπορεί να κατασκευαστεί παντού αλλά και να αντικατασταθεί πολύ εύκολα ακόμα και από τον χειριστή απλά με χρήση κόλλας παρμπρίζ. Μελλοντικά θα αντικατασταθεί με ηλεκτρικά θερμαινόμενο παρμπρίζ για λόγους ευχρηστίας κατά την χρήση σε ψυχρά κλίματα. Είναι σαφώς πιο αποδοτικό σαν σύστημα από την τοποθέτηση A/C καθώς δεν αυξήθηκε το πλάτος των αεραγωγών με αποτέλεσμα να μην είναι πλήρης η κάλυψη του παρμπρίζ από ζεστό-ξηρό αέρα.

Σχετικά με το πάτωμα του οχήματος, αλλάξαμε πλήρως το τούνελ μετάδοσης και τον επιλογέα ταχυτήτων ώστε να μεταφερθεί το κάθισμα του οδηγού ανάλογα με την αύξηση του πλάτους



Οι βάσεις των καθισμάτων με την σειρά τους έπρεπε να διαμορφωθούν ανάλογα προκειμένου να τοποθετηθούν τα καθίσματα στις τελικές τους θέσεις, περίπου 14 εκατοστά πιο μακριά από την εργοστασιακή τους θέση. Δώσαμε με αυτό τον τρόπο 4-5 εκατοστά χώρο στο αριστερό χέρι του οδηγού που είναι πολύ σημαντικό καθώς είναι γνωστή η περιορισμένη εργοστασιακή θέση οδήγησης που εξοικονομεί χώρο στην μέση της καμπίνας για 3ο κάθισμα. Με την διαπλάτυνση που κάναμε το 3ο κάθισμα γίνεται σαφώς πιο άνετο και θα κατασκευαστεί μελλοντικά, αφού καταλήξουμε στην τελική εικόνα του εσωτερικού. Τα καθίσματα ζώνες κτλ. θα παρουσιαστούν σε επόμενο κεφάλαιο.



Μετά το πέρας των εργασιών και με στόχο την σχετική άνεση που πρέπει να έχει ο οδηγός περάστηκε θερμό και ήχο μονωτικό υλικό σε όλους τους χώρους του εσωτερικού

Το «καμπινάκι» που καλύπτει τα καθίσματα και τον χώρο των επιβατών είναι αποσπώμενο και συνδέεται με το υπόλοιπο αμάξωμα με κοχλίες και περικόχλια. Είναι ένα σχεδιαστικό χαρακτηριστικό που επιτρέπει την προσαρμογή του οχήματος σε όλες τις απαιτήσεις φορτίου και επιβατών. Η διάταξη που χρησιμοποιούμε είναι αυτή που αναγράφεται στην άδεια του οχήματος, αυτή του ανοικτού φορτηγού. Η τελική σκέψη, είναι να κατασκευαστεί και το συνολικό αλουμινένιο κλειστό αμάξωμα το οποίο μπορεί να αλλάζει ανάλογα με την εποχή ή τις απαιτήσεις της εργασίας που καλούμαστε να επιτελέσουμε. Επομένως αν θέλουμε να μεταφέρουμε ογκώδη εμπορεύματα θα χρησιμοποιηθεί η υπάρχουσα διάταξη που

επιτρέπει εύκολη διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωσης. Ενώ σε περίπτωση που απαιτείται η μεταφορά προσωπικού ή εύθραυστου εμπορεύματος που δεν πρέπει να βραχεί για παράδειγμα, μπορεί να τοποθετηθεί το συνολικό αλουμινένιο αμάξωμα με κανονική πίσω πρόσβαση από 3η πόρτα. Το roll cage έχει επιλεχτεί ώστε να μπορεί να γίνει αυτή η αλλαγή χωρίς να εμποδίζουν οι δοκοί που το αποτελούν. Η κατασκευή του αμαξώματος από αλουμίνιο έχει και το πλεονέκτημα να είναι εξαιρετικά ελαφρύ, πράγμα πολύ σημαντικό για την εύκολη αλλαγή- αντικατάσταση- απομάκρυνσή του.

Σχετικά με τον χώρο φόρτωσης, που αποτελεί και το χαρακτηριστικό γνώρισμα- προτέρημα του οχήματος, η διαπλάτυνση που κάναμε έγινε με στόχο και πάλι να διατηρηθεί η χαρακτηριστική εργοστασιακή εμφάνιση, αλλά παράλληλα να αυξηθούν και οι δυνατότητες φόρτωσης του οχήματος. Η εργοστασιακή σχεδίαση του χώρου φόρτωσης επιτρέπει την τοποθέτηση εμπορευμάτων με την τυποποιημένη μορφή παλέτας, κατά τον διαμήκη άξονα, επομένως εργοστασιακά μπορεί να φορτωθεί 1 παλέτα 1,2m x 0,8m. Οι μετατροπές που πραγματοποιήθηκαν μας έδωσαν 36 εκατοστά μεγαλύτερο πλάτος στον χώρο φόρτωσης γεγονός που μας επιτρέπει να τοποθετήσουμε 2 παλέτες κατά τον εγκάρσιο άξονα. Με άλλα λόγια μπορούμε να τοποθετήσουμε εύκολα και γρήγορα διπλάσιο όγκο εμπορευμάτων σε τυποποιημένη μορφή, αυξάνοντας την ευκολία φόρτωσης και κατ' επέκταση τις δυνατότητες και την λειτουργικότητα του οχήματος.

Ολόκληρος ο χώρος φόρτωσης είναι ένα εύκολα αποσπώμενο ενιαίο εξάρτημα που σαν σύνολο τοποθετείται πάνω στο πλαίσιο, πάνω στο οποίο εδράζεται σε βάσεις με κοχλίες και περικόχλια. Στην εργοστασιακή του μορφή αυτές οι βάσεις επαρκούν για τα φορτία που ο κατασκευαστής το έχει σχεδιάσει. Προκειμένου να ξεπεράσουμε τα επιτρεπόμενα φορτία έπρεπε να επέμβουμε συνολικά στην αντοχή του χώρου φόρτωσης. Η βασική μετατροπή που κάναμε ήταν η τοποθέτηση του κλωβού ασφαλείας, ο οποίος συνδέεται μέσα από τα εξωτερικά φύλλα αλουμινίου του αμαξώματος του χώρου φόρτωσης, πάνω στο πλαίσιο και έτσι δίνει πολύ μεγαλύτερη ακαμψία στο χώρο φόρτωσης, καθώς τα φορτία παραλαμβάνονται από τις μπάρες του κλωβού και όχι από το αλουμινένιο αμάξωμα. Ταυτόχρονα μας επιτρέπει την ακόμα πιο σίγουρη πρόσδεση των εμπορευμάτων πάνω στον χώρο φόρτωσης.

Παρακάτω παρουσιάζονται και οι εργασίες που έγιναν στον χώρο φόρτωσης.



*Αφαίρεση του εργοστασιακού αλουμιένιου τμήματος του αμαξώματος που αποτελεί τον χώρο φόρτωσης*

Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε το τελικό αποτέλεσμα σαν αναλογίες να μην ξεφεύγει πολύ από το ύψος του αρχικού οχήματος. Αυτό το πετύχαμε σε δύο στάδια, όπως φαίνεται παρακάτω.



*Αρχική προσπάθεια, όπου αλλοιώνονται αρκετά οι αναλογίες της θύρας φόρτωσης με τα σταθερά στοιχεία του πίσω μέρους του οχήματος, σε σχέση με το εργοστασιακό όχημα.*



*Τελικό αποτέλεσμα κατά το οποίο διατηρείται η εργοστασιακή εμφάνιση.*

Πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό τόσο εμφανισιακά όσο και λειτουργικά είναι και η θύρα του χώρου φόρτωσης. Θέλοντας να διατηρηθεί η εργοστασιακή εικόνα του οχήματος, αυξήσαμε το πλάτος της κατά 36 εκατοστά προσθέτοντας ουσιαστικά ένα έξτρα νεύρο ίδιο με το εργοστασιακό. Παρακάτω παρουσιάζεται και η τελική εμφάνιση της θύρας φόρτωσης.



*Τελική εμφάνιση πόρτας χώρου φόρτωσης*



*Διακρίνεται η αύξηση του πλάτους της θύρας φόρτωσης*

Κατασκευαστικά, η τελική θύρα φόρτωσης προέκυψε από την ένωση δύο ξεχωριστών εργοστασιακών θυρών και είναι 36 εκατοστά μεγαλύτερη σε πλάτος από το εργοστασιακό τεμάχιο. Είναι κατασκευασμένη από αλουμινένια φύλλα πάχους 2mm και κατάλληλα διαμορφωμένες δοκούς αλουμινίου πάχους 3mm. Όλα τα επιμέρους εξαρτήματα διασύνδεσης με το αμάξωμα είναι εργοστασιακά κατασκευασμένα από χάλυβα για λόγους αντοχής. Τα δύο εργοστασιακά συρμάτινα καλώδια που συγκρατούν την θύρα, είναι κατασκευασμένα από χάλυβα και επιτρέπουν στην πόρτα, αφενός να ανοίγει στο ίδιο ύψος και παράλληλα με το χώρο φόρτωσης και αφετέρου να φέρει έως και 300kg στατικό φορτίο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εργασίες στο field.

Σαν βελτίωση σε σχέση με το εργοστασιακό σχέδιο ήταν η προσθήκη δύο έξτρα σημείων πρόσδεσης των ντιζών, που επιτρέπουν το άνοιγμα της θύρας στις 30° κλίση και βοηθούν στη φόρτωση αντικειμένων που έχουν τροχούς, όπως ποδήλατα μοτοσυκλέτες κτλ. Η φόρτωση τους επιτυγχάνεται σε συνεργασία με τα sand tracks που θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο. Μια πολύ χρήσιμη προσθήκη, καθώς σε συνεργασία με τον εργάτη του οχήματος μπορεί να γίνει ηλεκτρικά υποβοηθούμενη η φόρτωση τους και κατά συνέπεια μπορεί να γίνει ακόμα και από ένα μόνο άτομο.

Ταυτόχρονα, προκειμένου να αξιοποιηθούν στο έπακρο ο χώρος και οι δυνατότητες φόρτωσης, πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα πλήρους αφαίρεσης της θύρας του χώρου φόρτισης, ώστε να μπορεί να φορτωθεί με άνεση γρήγορα και αποτελεσματικά το όχημα. Η διαδικασία αφαίρεσης της πρέπει να μπορεί να γίνει από τον χειριστή με απλές κινήσεις και σε ελάχιστο χρόνο. Κατασκευάσαμε λοιπόν τις παρακάτω βάσεις που επιτρέπουν την απομάκρυνσή της σε λιγότερο από ένα λεπτό χωρίς χρήση εργαλείων.



Δυστυχώς ο χώρος φόρτωσης δεν έχει τελειοποιηθεί ακόμα λόγω αλλαγών που θα γίνουν στους τροχούς και θα μας αναγκάσουν σε αλλαγές στο πλάτος των θόλων.



## **ΤΕΛΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**

Το συνολικό μήκος του οχήματος είναι 4,60m

Το συνολικό πλάτος με καθρέπτες ανοιχτούς είναι 2,31m

Και με κλειστούς είναι 2,03m

Το μεταξόνιο είναι 110 inch 2,79m

Το μετατρόχιο εμπρός κ πίσω είναι 1,68m

Γωνίες διαφυγής εμπρός 50° πίσω 45°

Γωνία ράμπας 140°

Απόσταση από το έδαφος ελάχιστη χωρίς φορτίο 0,3m

Απόβαρο με οδηγό και γεμάτο ρεζερβουάρ 80λίτρων 1950kg

Μέγιστο μεικτό βάρος

3050kg (ελαφρά ελατήρια), 3500Kg (βαρέως τύπου ελατήρια)

Μέγιστο Ωφέλιμο Βάρος 1550kg

Μέγιστη δυνατότητα επιτρεπόμενης έλξης 3500kg (τρειλερ με φρένα)

Πλάτος χώρου φόρτωσης μεταξύ θόλων 1,26m

Χωρητικότητα Καυσίμου 155lt

## **Περιφερειακός Εξοπλισμός- Αξεσουάρ**

Ξεκινώντας από εμπρός τα **εξωτερικά** αξεσουάρ που έχουν τοποθετηθεί είναι όλα ειδικά επιλεγμένα και έχουν τόσο αισθητικό ρόλο όσο και λειτουργικό αποτέλεσμα.

Ο εμπρόσθιος προφυλακτήρας, που είναι σαν σχήμα και εμφάνιση ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του οχήματος, αποτελεί προϊόν αρκετής σκέψης, και έχουν γίνει πολλές εργασίες ώστε να μπορεί να επιτελεί πολλαπλές λειτουργίες. Αρχικά συνδέεται με το σασί με 6 x M12 κοχλίες και είναι rated για έως και 6 τόνους έλξης. Φέρει βάση για την τοποθέτηση μπίλιας ρυμούλκησης, δηλαδή αποσπώμενο κοτσαδόρο, ώστε να μπορεί το όχημα να έλκει και να σπρώχνει αντικείμενα και με την εμπρόσθια πλευρά του, χαρακτηριστικό εξαιρετικά χρήσιμο σε περιπτώσεις που έχουμε περιορισμένο χώρο και απαιτούνται χειρισμοί ακριβείας. Πάνω στους πλαϊνούς δοκούς του προφυλακτήρα έχουν ανοιχτεί και 4 οπές οι οποίες είναι κατάλληλες για πολλές εργασίες όπως ανύψωση του οχήματος με hi lift εργάτη ανύψωσης, πρόσδεση αντικειμένων και αξεσουάρ κτλ.

Επάνω του εδράζεται ο εμπρόσθιος ηλεκτρικός εργάτης των 12 000 lbs και 2 βαρέως τύπου άγκιστρα πρόσδεσης-έλξης. Ο εργάτης, πέρα από την χρήση του σε περιπτώσεις έλξης του ίδιου του οχήματος ή άλλων οχημάτων, είναι σχεδιασμένος ώστε να χρησιμοποιείται και για την φόρτωση του οχήματος από την οπίσθια πόρτα, με χρήση ειδικών βάσεων με τροχούς και ράουλα, που τοποθετούνται πάνω στους δοκούς του roll cage. Ακόμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ανύψωση του κάδου εκχιονισμού που θα κατασκευαστεί μελλοντικά ειδικά για τον συγκεκριμένο προφυλακτήρα.

Επίσης, έχουν τοποθετηθεί 4 ρυθμιζόμενα φανάρια KC Daylighters που έχουν φακούς κατάλληλους για ομίχλη. Συνδυάζονται με πλαστικά αποσπώμενα καλύμματα ώστε να είναι νόμιμα για χρήση σε δρόμο. Η καλωδίωση τους, επιτρέπει την χρήση είτε των πλαϊνών είτε των μεσαίων είτε όλων των φαναριών μαζί και λειτουργούν εντελώς ξεχωριστά από τα υπόλοιπα φώτα του οχήματος ώστε σε περίπτωση βλάβης να υπάρχει η δυνατότητα χρήσης τουλάχιστον κάποιου από τα δύο συστήματα.

Τέλος, έχει τοποθετηθεί και προστατευτικό πάνελ για τους άξονες-μπάρες του συστήματος διεύθυνσης, κατασκευασμένο από 3mm γαλβανιζέ μαλακό χάλυβα, που εδράζεται και αυτό πάνω στον εμπρόσθιο προφυλακτήρα.

Το μόνο αρνητικό χαρακτηριστικό του συνόλου αυτού, είναι πως μαζί με τον εργάτη, ζυγίζει κοντά στα 100 κιλά.

Αμέσως πίσω από τον εμπρόσθιο προφυλακτήρα συναντάμε τα εργοστασιακά φωτιστικά σώματα του οχήματος. Αυτά έχουν αντικατασταθεί από ίδιας διαμέτρου, 7ιντσων, φωτιστικά σώματα τεχνολογίας LED (light emitting diodes) που έχουν εξαιρετική απόδοση και ελάχιστη κατανάλωση ισχύος σε σχέση με τους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης, είναι πλήρως αδιάβροχα και έχουν πλαστικούς εμπρόσθιους φακούς ώστε να είναι νόμιμοι για κυκλοφορία. Είναι και αυτά εντελώς ανεξάρτητα σε λειτουργία από όλα τα άλλα φωτιστικά σώματα του οχήματος και είναι μονίμως σε αναμονή, δεν χρειάζεται να ανοίξει κάποιος κεντρικός διακόπτης για να λειτουργήσουν. Επίσης και όλα τα υπόλοιπα βοηθητικά φωτιστικά σώματα έχουν αντικατασταθεί από LED που παρουσιάζουν τα παραπάνω πλεονεκτήματα και προστατεύονται από ειδικά για το μέγεθός τους, πλαστικά καλύμματα.

Έπειτα, συναντάμε τα εμπρόσθια φτερά του οχήματος που μαζί με τους θόλους καλύπτουν του τροχούς του οχήματος. Η κατασκευή τους και η ενίσχυση τους έχει περιγραφεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Σαν έξτρα χαρακτηριστικό είναι οι γρίλιες εξαερισμού που έχουν ανοιχτεί και βοηθούν στην απαγωγή θερμότητας από το μηχανοστάσιο.

Εν συνεχεία, στον εμπρόσθιο υαλοπίνακα- ανεμοθώρακα (παρμπρίζ) έχει τοποθετηθεί σύστημα υαλοκαθαριστήρων αποτελούμενο από 3 βραχίονες.

Εξαιτίας του μεγαλύτερου πλάτους του αμαξώματος, και κατ επέκταση μεγαλύτερο πλάτους παρμπρίζ, είναι απαραίτητη μια 3<sup>η</sup> θέση υαλοκαθαριστήρα ώστε να καλύπτεται η μεγαλύτερη επιφάνεια του. Η ίδια η εγκατάσταση του συστήματος είναι από τις πλέον πολύπλοκες εργασίες που πραγματοποιήθηκαν, αφού χρειάστηκε ο συνδυασμός δύο εργοστασιακών ηλεκτροκινητήρων που λειτουργούν πάνω στον ίδιο συρμάτινο άξονα. Ακόμη έχει τοποθετηθεί και δεύτερο μπεκ νερού καθαρισμού παρμπρίζ για καλύτερη κατανομή του νερού και ευκολότερο καθαρισμό.

Ο κλωβός ασφαλείας επιτελεί και αυτός αρκετές λειτουργίες. Πέρα από την ασφάλεια που προσφέρει σε περίπτωση ανατροπής αλλά και την ακαμψία που προσφέρει στο πλαίσιο και φυσικά στο χώρο φόρτωσης, παίζει και ένα σπουδαίο ρόλο ως βάση πρόσδεσης του οχήματος. Οι 6 άκρες του, δίνουν την δυνατότητα το όχημα να είναι αερομεταφερόμενο, αφού μπορεί να προσδεθεί σε γερανό ή μεταγωγικό ελικόπτερο για παράδειγμα και σε ελάχιστο χρόνο είναι δυνατόν να μεταφερθεί οπουδήποτε. Παράλληλα αποτελεί και πολύ εύκολο σημείο πρόσδεσης για ασφάλιση του φορτίου που μεταφέρουμε. Ακόμη, βοηθάει και σε περίπτωση αποκομιδής και έλξης του ίδιου του οχήματος δίνοντας την δυνατότητα να προσδεθεί πάνω του κατάλληλο ελκτικό μέσο ακόμα και σε δύσκολα σημεία όπου είναι αδύνατον να χρησιμοποιηθούν τα συμβατικά σημεία πρόσδεσης στους προφυλακτήρες. Τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως βαρέως τύπου σχάρα οροφής, που όπως είδαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά ιδιαίτερου σε μέγεθος φορτίου, για την τοποθέτηση σκηνής διαβίωσης, φωτοβολταϊκού πάνελ για την συντήρηση της μπαταρίας μας και οτιδήποτε άλλο απαιτηθεί.

Οι πλαϊνοί προστατευτικοί δοκοί κάτω από τις πόρτες, κατασκευασμένοι από γαλβανιζέ μαλακό χάλυβα 2mm προστατεύουν τόσο από χτυπήματα το όχημα σαν σύνολο και ειδικότερα από την δεξιά πλευρά το έξτρα ντεπόζιτο, αλλά προσφέρουν και την δυνατότητα ανύψωσης του οχήματος από τις ειδικά διαμορφωμένες οπές που φέρουν. Παράλληλα βοηθούν και στην είσοδο των επιβατών (στην αρκετά ψηλή) καμπίνα του οχήματος.

Το έξτρα ντεπόζιτο καυσίμου βρίσκεται από την δεξιά πλευρά του οχήματος, κάτω από το κάθισμα του συνοδηγού και έχει χωρητικότητα 75 λίτρων. Σαν συνδεσμολογία επιτρέπει τόσο την πλήρωση του κυρίως ντεπόζιτου όσο και την χρήση του ίδιου σαν κυρίως σε περίπτωση αστοχίας του πίσω ντεπόζιτου, είτε από χτύπημα και διαρροή, είτε από εισροή νερού είτε από δυσλειτουργία της αντλίας βενζίνης. Έτσι εξασφαλίζουμε την μόνιμη κίνηση του οχήματος μας. Μελλοντικά, και σαν αναβάθμιση, θα μπορούμε με κατάλληλη ηλεκτρο-υδραυλική διάταξη να εναλλάσσουμε το ντεπόζιτο που χρησιμοποιούμε, μέσα από την καμπίνα.

Οι θόλοι των πίσω τροχών που βρίσκονται στον χώρο φόρτωσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν καθίσματα για επιβάτες, όπου κάθονται έως και 8 άτομα, αν και η άδεια του οχήματος τυπικά δεν το επιτρέπει. Παράλληλα μας δίνουν την δυνατότητα να διαμορφώσουμε τον χώρο που εσωκλείουν σαν αποθηκευτικό, και να τοποθετήσουμε αντικείμενα που δεν χρησιμοποιούνται συχνά όπως εργαλεία, σχοινιά, ιμάντες κτλ. Δεν έχουν σχεδιαστεί ακόμα οι έξτρα αποθηκευτικού χώροι αυτοί.

Ένα πολύ σημαντικό αξεσουάρ για όλα τα εκτός δρόμου οχήματα είναι αυτό των μεταφερόμενων επιφανειών πρόσφυσης άμμου, τα λεγόμενα sand tracks. Η λειτουργία τους είναι πολύ απλή, τοποθετούνται κάτω από τους τροχούς του οχήματος σε πολύ μαλακά εδάφη ώστε να προσφέρουν μεγάλη επιφάνεια επαφής και να κατανέμεται καλύτερα το βάρος του οχήματος ώστε οι τροχοί να μην ακινητοποιούνται. Έχουν σχεδιαστεί με κατάλληλες διαστάσεις ώστε να τοποθετούνται τόσο στους επάνω δοκούς του roll cage, είτε στους πλαϊνούς αλλά και στην μέση της επιφάνειας φόρτωσης δημιουργώντας έτσι μία μεγάλη επίπεδη επιφάνεια φόρτωσης.

Η κατασκευή τους έγινε από φύλλα αεροπορικού αλουμινίου πάχους 5mm κατάλληλα διαμορφωμένα σε υδραυλική πρέσα για να της δώσουμε μεγάλη αντοχή σε κάμψη. Το συνολικό πλάτος τους σε συνδυασμό με τους θόλους των τροχών μας επιτρέπουν την τοποθέτησή τους στο χώρο φόρτωσης και τον σχηματισμό ενιαίου επίπεδου χώρου φόρτωσης, κατάλληλο για φόρτωση με χρήση περονοφόρου κτλ

Συνεχίζοντας, στο πίσω μέρος του οχήματος συναντάμε τον πίσω προφυλακτήρα τύπου North American Specification, ο οποίος με την σειρά του έχει πολλαπλές χρήσεις. Αρχικά λειτουργεί σαν σκαλοπάτι πρόσβασης στον χώρο φόρτωσης, ένα πολύ σημαντικό βοήθημα κατά την διαδικασία φόρτωσης του οχήματος. Ακόμη, φέρει δύο βαρέως τύπου σημεία ανύψωσης, στις δύο άκρες του οχήματος, που είναι πολύ χρήσιμα όταν χρειάζεται η αποκομιδή του οχήματος, σε ακραίες περιπτώσεις απουσίας πρόσφυσης των ελαστικών και κίνησης του οχήματος. Τέλος, φέρει ενσωματωμένη βαρέως τύπου βάση για κοτσαδόρο ρυμούλκησης ρυθμιζόμενη σε δύο θέσεις καθ' ύψος.

Ως προς το **εσωτερικό** του οχήματος, προσπαθήσαμε να διατηρήσουμε την εργοστασιακή εικόνα του οχήματος, που είναι εφάμιλλη με την χρήση του οχήματος ως ελαφρύ φορτηγό.

Πιο συγκεκριμένα, η κεντρική κονσόλα οργάνων του οχήματος προέκυψε από την ένωση 2 εργοστασιακών κονσόλων κατάλληλα διαμορφωμένες. Προστέθηκε έτσι χώρος για 3 νέα όργανα, απολύτως απαραίτητα για την πληροφόρηση του οδηγού σχετικά με την κατάσταση του κινητήρα και το επίπεδο καυσίμου. Παρακάτω φαίνονται οι εργασίες που έγιναν.



*Ο εργοστασιακός πίνακας οργάνων*



*Κατασκευή του τελικού πίνακα οργάνων*



*Πίνακας οργάνων τοποθετημένος*

Ο τελικός πίνακας οργάνων περιλαμβάνει, από αριστερά, όργανο τάσης της μπαταρίας, θερμοκρασίας νερού κινητήρα, πίεσης λαδιού κινητήρα, στροφές κινητήρα, στάθμη καυσίμου στο κυρίως ντεπόζιτο , στάθμη καυσίμου στο βοηθητικό ντεπόζιτο και τέλος, ενιαίο όργανο ταχύμετρου και χιλιομετρητή. Διατηρήσαμε κάτω αριστερά τον εργοστασιακό πίνακα ειδοποιήσεων του οχήματος που ταιριάζει ιδανικά στη φιλοσοφία του οχήματος.

Το ταμπλό του εργοστασιακού οχήματος, αποτελείται από δύο κυρίως τμήματα, την εταζέρα που βρίσκεται στην επάνω πλευρά και το κυρίως σώμα που περιλαμβάνει τους αεραγωγούς και βρίσκεται στην κάτω πλευρά. Και τα δύο επιμηκύνθηκαν κατά 36 εκατοστά και ντύθηκαν με μαύρο δέρμα για μεγαλύτερη αντοχή σε βάθος χρόνου.



*Τοποθέτηση του κάτω τμήματος του ταμπλό μετά από επιμήκυσή του*



*Τελική εμφάνιση ολόκληρου του ταμπλό του οχήματος*

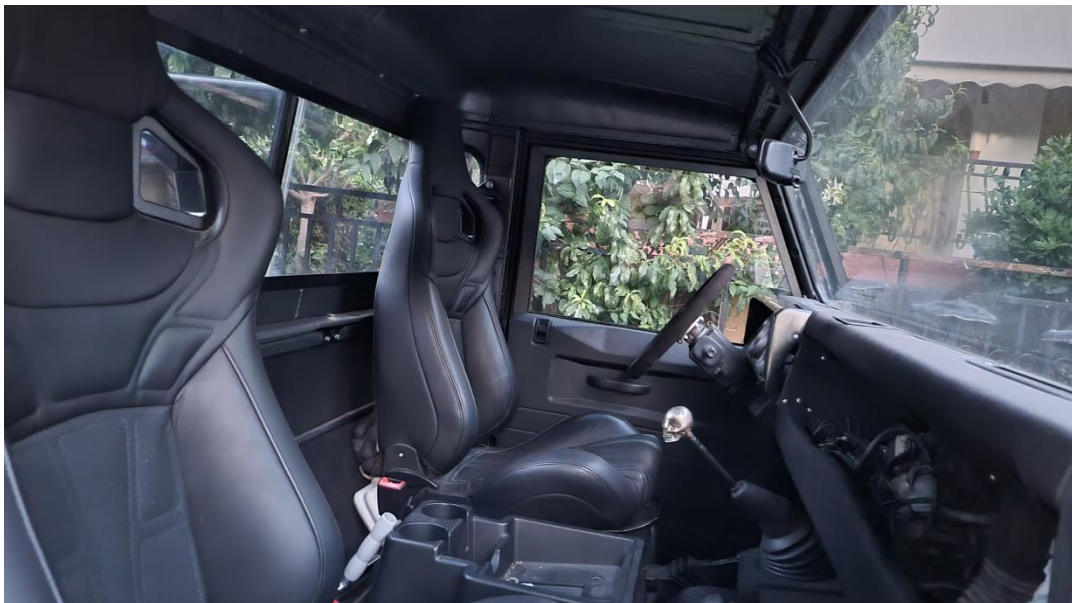
Σε όλο το εσωτερικό του οχήματος τοποθετήθηκε ηχομονωτικό και θερμομονωτικό υλικό προκειμένου να περιορίσουμε το θόρυβο και τις υψηλές θερμοκρασίες στο εσωτερικό το καλοκαίρι, λόγω απουσίας κλιματισμού.



Το βολάν του τιμονιού αντικαταστάθηκε με aftermarket MOMO 14inch, με suede επένδυση στη στεφάνη για εξαιρετική πρόσφυση και 1 inch μικρότερη διάμετρο στεφάνης για ευκολότερους χειρισμούς κατά την πραγματοποίηση ελιγμών.



Τα καθίσματα του οχήματος, είναι ειδικά κατασκευασμένα και σχεδιασμένα για το όχημά μας. Αντικατέστησαν τα εργοστασιακά καθίσματα και σαν βελτίωση προσφέρουν εντυπωσιακά καλύτερη πλευρική στήριξη, ενώ ακόμη ζυγίζουν στο σύνολό τους 15kg λιγότερο.





## Επίλογος

Ο στόχος μου ήταν η κατασκευή του απόλυτου εκτός δρόμου φορτηγού οχήματος με δυνατότητες και καθημερινής χρήσης. Παράλληλα με την κατασκευή, υπήρχε και πάντα η ιδέα της μελλοντικής μεταπώλησης του οχήματος- εμπορικής αξιοποίησης. Ξεκίνησα με την αγορά του βασικού οχήματος και τις εργασίες το 2014 και το 2015 αντίστοιχα. Προς τα τέλη του 2015 είχα ήδη ξεκινήσει την ανακατασκευή έχοντας αποσυναρμολογήσει πλήρως αμάξωμα, πλαίσιο, κινητήρα, κιβώτια ταχυτήτων, άξονες κτλ. Ήξερα πως ως εκεί οι εργασίες που είχαν γίνει είχαν σχετικά χαμηλό βαθμό δυσκολίας και πως τα περαιτέρω σχέδια που είχα για αύξηση του πλάτους του αμαξώματος ήταν ιδιαίτερα πολύπλοκα και τεχνικά δύσκολα. Θα μπορούσα, όπως όλοι σχεδόν οι μηχανικοί και οι τεχνίτες που ενεπλάκησαν στις εργασίες με συμβούλεψαν, να σταματήσω εδώ, και να επανά-συναρμολογήσω το αρχικό εργοστασιακό όχημα που θα ήταν πλήρως ανακατασκευασμένο. Παρ' όλα αυτά δεν το έβαλα κάτω και προχώρησα σύμφωνα με την αρχική ιδέα που έμελε να γίνει και η διπλωματική μου, μια ιδέα που για να υλοποιηθεί χρειάστηκαν περίπου 6 χρόνια και ένα μεγάλο συνολικό χρηματικό ποσό.

Κατά την διάρκεια όλων των εργασιών, συνεχώς εμφανίζονταν κατασκευαστικά προβλήματα που απαιτούσαν πολύ καλό σχεδιασμό και δημιουργική σκέψη για να τα ξεπεράσουμε. Βάσεις και στηρίγματα των επιμέρους εξαρτημάτων, που έπρεπε να δείχνουν εργοστασιακά και να συνάδουν με το σχέδιο και την εμφάνιση του υπόλοιπου οχήματος, με ταλαιπώρησαν αρκετά και καθυστερούσαν τις εργασίες καθώς σε πολλές περιπτώσεις χρειάστηκε να κατασκευαστούν εκ νέου κάποια μοναδικά εξαρτήματα. Για αρκετό καιρό, και με γνώμονα την επισκευασιμότητα στο field, κάναμε 1 βήμα εμπρός και 2 πίσω. Σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα, κάποια εξαρτήματα που σχεδίαζα στο solidworks δεν μπορούσαν να κατασκευαστούν λόγω της ιδιαίτερης γεωμετρίας τους ή διατομών σε εξαρτήματα, που δεν υπήρχαν στο εμπόριο.

Παράλληλα, σε συνεργασία με τον κο Μανωλάκο και μέσα από τα μάθημα των καταστροφικών καταπονήσεων και των ελαφρών κατασκευών, διαπίστωσα μία σημαντική διαφορά μεταξύ των υπολογισμών των αντοχών των εξαρτημάτων μέσα από το σχεδιαστικό πρόγραμμα-θεωρία και την πράξη. Σχεδόν σε όλες τις μετρήσεις που κάναμε στο εργαστήριο στους δοκούς του roll cage και στα ελάσματα χάλυβα που χρησιμοποιήθηκαν στην ενίσχυση του πλαισίου αλλά και στην διαπλάτυνση αυτού, είχαμε ασυμφωνία αποτελεσμάτων από 5% έως και 20% σε σχέση με τις τιμές που υπολογίζαμε. Αυτό οφείλεται αφενός στις διαφορετικές ποιότητες του χάλυβα που υπήρχαν στο εμπόριο, τις οποίες μελετήσαμε και χρησιμοποιήσαμε αλλά και στις ποικίλες κατασκευαστικές τεχνικές και διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης των επιμέρους εξαρτημάτων.

Επομένως και με δεδομένη την μελλοντική χρήση του οχήματος σε απομονωμένο περιβάλλον δεν μπορούσαμε να αρκεστούμε σε ένα FOS 1,10, που είναι μια συνηθισμένη πρακτική, καθώς αυτό θα σήμαινε πως σε συνδυασμό με μελλοντική κόπωση και διάβρωση ή κάποιο μικρό κατασκευαστικό λάθος, θα υπήρχε η πιθανότητα αστοχίας. Χρειάστηκε λοιπόν να επιλέξουμε μεγαλύτερες διατομές σε σωλήνες, μεγαλύτερο πάχος σε ελάσματα και μεγαλύτερους κοχλίες ώστε να εξασφαλίσουμε την απαιτούμενη αντοχή του πλαισίου και του αμαξώματος κατά την παραλαβή μεγάλων φορτίσεων από την ανάρτηση. Σε σχέση με τις συγκολλήσεις που πραγματοποιήθηκαν, αυτές έγιναν σε εξειδικευμένο μηχανουργείο χρησιμοποιώντας κόλληση τύπου MIG, με αδρανές αέριο μίγμα Atal, Ar - CO<sub>2</sub> 18 % ±1,8% και τα δοκίμια που ελέγξαμε είχαν ικανοποιητική αντοχή στις τυπικές καταπονήσεις.

Καθ' όλη την διάρκεια των εργασιών διαπίστωσα πόσο δύσκολη από άποψη σχεδιασμού, κατασκευής, εξοπλισμού είναι η ευρεία κατασκευή ενός τετρακίνητου οχήματος με άκαμπτους άξονες και ξεχωριστό πλαίσιο – αμάξωμα. Δεν υπάρχει καμία σύγκριση με την ευκολία κατασκευής ενός απλού αυτοκινήτου με αυτοφερόμενο αμάξωμα. Βάζοντας στην εξίσωση και τα χρόνια in service που πρέπει να λειτουργεί ένα φορτηγό όχημα με τέτοιες δυνατότητες, (τουλάχιστον 10 χρόνια με εγγύηση και επιπλέον 10 εκτός εγγύησης) και ξαφνικά τα 60 000€ καθαρής εργοστασιακής αξίας φαντάζουν λίγα χρήματα για τις παρεχόμενες δυνατότητες. Η ζήτηση είναι πολύ μεγάλη και η προσφορά ελάχιστη. Πιο συγκεκριμένα τα μόνα εφάμιλλα οχήματα αυτή την στιγμή είναι το Jeep Gladiator, το ineos grenadier, ίσως και κάποια pick up αλλά από άποψη αριθμών και δυνατοτήτων το όχημά μας υπερέχει στα περισσότερα χαρακτηριστικά του.

Σε γενικές γραμμές, όλη η εργασία ήταν ένα αρκετά δύσκολο και σύνθετο εγχείρημα, που μου έδωσε την δυνατότητα να αποκομίσω γνώση και εμπειρία πάνω σε πολλές σχεδιαστικές και κατασκευαστικές τεχνικές που καλύπτουν όλη την γκάμα της δραστηριότητας ενός μηχανολόγου μηχανικού. Από Αντοχή υλικών και Καταστροφικές καταπονήσεις, MEK και Στοιχεία μηχανών έως Ηλεκτρικά κυκλώματα και ΣΑΕ. Μία επίπονη και εξουθενωτική εργασία που προσωπικά αφιέρωσα περίπου 1.000 εργατώρες και σχεδόν 40.000€, αλλά απέκτησα ένα μοναδικό στο κόσμο όχημα που φέρει την προσωπική μου υπογραφή και εγγύηση καλής λειτουργίας. Οι δοκιμές του και η χρήση του έχουν ξεκινήσει εδώ και περίπου ένα χρόνο με αποκορύφωμα την λειτουργία του σαν όχημα έκτακτης ανάγκης, απεγκλωβισμού οχημάτων στην περιοχή των Βριλησίων και μεταφοράς ασθενών από το Σημανόγλειο κατά την τελευταία σφοδρή χιονόπτωση που είχαμε τον Ιανουάριο του 2022 στην Αττική.

Στο άμεσο μέλλον ο στόχος που έχω θέσει και που έχει αναλυθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, είναι η μετατροπή του και σε υβριδικής

τεχνολογίας όχημα με την προσθήκη μικρού ηλεκτροκινητήρα και battery pack. Παράλληλα, εξετάζω και τις δυνατότητες εμπορικής αξιοποίησης του σε event ή ειδικές εργασίες όπως πυρόσβεση, διασώσεις αλλά και μικρής παραγωγής του που εδώ και λίγους μήνες επιτρέπεται και στην Ελλάδα. Η κατηγορία των εκτός δρόμου οχημάτων παρουσιάζει μια τεράστια εμπορική άνθιση με συνεχώς αυξανόμενο κοινό και με συνεχόμενη αύξηση των ποσοστών πωλήσεων τους, ενώ παράλληλα απαιτεί πολύ λιγότερη μελέτη και εξέλιξη σε σχέση με ένα αυτοκίνητο επιδόσεων δρόμου. Παράλληλα ο ανταγωνισμός είναι σχετικά μικρός καθώς ελάχιστοι κατασκευαστές πλέον, προσφέρουν καινούρια τέτοιου είδους οχήματα και οι δυνατότητες του οχήματός μας είναι σαφώς ανώτερες σε όλα σχεδόν τα επιμέρους συγκρίσιμα χαρακτηριστικά.

## **Βιβλιογραφία**

W. Milliken, D. Milliken, Race Car Vehicle Dynamics, Society of Automotive Engineers, 1995

H.J Beermann, The analysis of commercial vehicle structure 1<sup>st</sup> edition, Mechanical Engineering Publication LTD, 1989

Yoshitake Kinoshita Osawa Ogawa Nakagawa Kabasawa, Fatigue properties of fillet welded lap joints of high strength steel sheets for automobiles, Society of Automotive Engineers, 1994

W.B. Riley, A.R. George, Design Analysis and Testing of a Formula SAE Car Chassis, SAE Technical Paper Series, 2002

H. Adams, Chassis Engineering for High Performance Cars, Society of Automotive Engineers, 1992

B. D. Young, SusProg3D suspension geometry software, 2012

Δ.Ι. Παντελής, Β.Ι. Παπάζογλου, Γ.Ν. Χαϊδεμενόπουλος, Επιστήμη και τεχνολογία των συγκολλήσεων, Τζιόλας, 2017

Π.Γ. Πετρόπουλος, Μηχανουργική τεχνολογία, Ζήτη, 1991

S. Kalpakjian, S.R. Schmid, επιστημονική επιμέλεια Δημήτριος Μανωλάκος, Άγγελος Μαρκόπουλος, Μηχανουργική επιστήμη και τεχνολογία, Τζιόλας, 2019

Γιάννης Δ. Χρυσουλάκης, Δημήτρης Ι. Παντελής, Επιστήμη και τεχνολογία των μεταλλικών υλικών 2<sup>η</sup> έκδοση Παπασωτηρίου, 2008

Θ. Σκουλικίδης, Π. Βασιλείου, Διάβρωση και προστασία υλικών, Συμεών 2008

Δ. Μανωλάκος, Καταστροφικές Καταπονήσεις , ΕΜΠ 2015

Rover Group Limited, The Rover V8 overhaul Manual, Rover Technical communication, 1996

Rover Group Limited, P38 Range Rover Workshop Manual, Rover Technical communication, 1999

D. Hardcastle, The Rover V8 Engine, Foulis, 1995

KAM Differentials Limited, KAM HD Half shaft Buyers Guide, 2012