



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Πολυτεχνική Σχολή

πρώην Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Βιομηχανικού Σχεδιασμού

(Εισαγωγική Κατεύθυνση Βιομηχανικού Σχεδιασμού)

Πτυχιακή Εργασία με τίτλο:

**“Μελέτη των προδιαγραφών σχεδίασης βιομηχανικών
προϊόντων: η περίπτωση των ηλεκτρικών οχημάτων”**

Του: Χατζής Στεφανίδης Κοσμάς (BS04528) & Γεωργάρας Αλέξανδρος (BS04628)



από Άγνωστος συντάκτης με άδεια χρήσης

Επιβλέπων Καθηγητής: Οροβας Χρήστος

Κοζάνη 2023

Οπισθόφυλλο

Δήλωση περί μη λογοκλοπής

Δηλώνω ότι είμαι ο συγγραφέας της παρούσας εργασίας με τίτλο “Μελέτη των προδιαγραφών σχεδίασης βιομηχανικών προϊόντων: η περίπτωση των ηλεκτρικών οχημάτων” που συντάχθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής μου εργασίας και παραδόθηκε το μήνα Μάρτιο του 2023. Η αναφερόμενη εργασία **δεν αποτελεί αντιγραφή ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους**. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται σαφώς στη βιβλιογραφία και στο κείμενο ενώ κάθε εξωτερική βοήθεια, αν υπήρξε, αναγνωρίζεται ρητά.

Χατζής – Στεφανίδης Κοσμάς & Γεωργάρας Αλέξανδρος

BS04528 & BS04628

Ημερομηνία: 10/03/2023

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract.....	6
Λίστα Εικόνων – Σχημάτων.....	7
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή.....	9
1.1. Σύντομη ανασκόπηση του θέματος.....	9
1.2. Σκοπός.....	10
1.3. Μεθοδολογία.....	11
1.4. Δομή πτυχιακής.....	11
Κεφάλαιο 2 – Γενικά για την ηλεκτροκίνηση.....	13
2.1 Σύντομη ιστορική ανασκόπηση.....	13
2.2. Τεχνολογίες κατασκευής κινητήρα.....	16
2.3. Εφαρμογές.....	20
2.4. Κατασκευαστικές προκλήσεις.....	22
Κεφάλαιο 3 – Αρχές σχεδιασμού βιομηχανικών προϊόντων με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.....	24
3.1. Σχεδιαστικά προγράμματα.....	24
3.2. Σχεδιαστικές προκλήσεις.....	28
3.3. Τεχνολογία υλικών.....	29
3.4. Ο ρόλος διαφορετικών κλάδων των μηχανικών.....	31

3.5. Περιορισμοί.....	32
Κεφάλαιο 4 – Σχεδιασμός ηλεκτρικών οχημάτων.....	35
4.1. Διεθνής εμπειρία.....	35
4.2. Τεχνολογίες.....	37
4.3. Προκλήσεις.....	39
Κεφάλαιο 5- Συμπεράσματα.....	41
5.1. Σύνοψη συμπερασμάτων.....	41
5.2. Περιορισμοί.....	43
5.3. Προτάσεις.....	43
Βιβλιογραφία.....	45

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας αποτελεί η μελέτη των σχεδιαστικών προκλήσεων στον τομέα της ηλεκτροκίνησης σε παγκόσμιο επίπεδο. Η εργασία διεξάγεται με την μορφή της βιβλιογραφικής ανασκόπησης όπου εξετάζεται διεθνής βιβλιογραφία στον τομέα προκειμένου να διατυπωθούν τα συμπεράσματα της εργασίας, και μία σειρά προτάσεων βελτίωσης του τομέα. Συγκεκριμένα κατά την διερεύνηση των προκλήσεων πραγματοποιείται μία σύντομη ιστορική αναδρομή του τομέα της ηλεκτροκίνησης, τα βασικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν την τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων, και τις γενικότερες προκλήσεις στον τομέα του βιομηχανικού σχεδιασμού. Τέλος εξετάζονται οι παγκόσμιες προκλήσεις στον τομέα της ηλεκτροκίνησης και διατυπώνεται μία σειρά προτάσεων για την βελτίωση της σχεδιαστικής διαδικασίας.

Λέξεις Κλειδιά:

Αυτοκίνηση, ηλεκτροκίνηση, βιομηχανία, σχεδιασμός, ηλεκτρικά οχήματα.

Abstract

The aim of this paper is to study the design challenges in the field of electric mobility at a global level. The work is carried out in the form of a bibliographic review where international literature in the field is examined in order to formulate the conclusions of the study, and a series of proposals to improve the field. Specifically, during the investigation of the challenges, a brief historical review of the field of electromobility, the basic elements that characterize the technology of electric vehicles, and the general challenges in the field of industrial design is carried out. Finally, the global challenges in the field of electric mobility are examined and a series of proposals are formulated to improve the design process.

Keywords:

Automotive, electrification, industry, design, electric vehicles.

Λίστα Εικόνων – Σχημάτων

Εικόνα 1	Η εξέλιξη του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, πηγή https://www.caranddriver.com/features/g15378765/worth-the-watt-a-brief-history-of-the-electric-car-1830-to-present/	15
Εικόνα 2	Ηλεκτρικό τρένο, πηγή https://www.yesmagazine.org/issue/sanctuary/2017/05/30/electric-trains-everywhere-a-solution-to-crumbling-roads-and-climate-crisis	16
Εικόνα 3	Ηλεκτρική και συμβατική μηχανή, πηγή https://www.linquip.com/blog/differences-between-motor-and-engine/	18
Εικόνα 4	Σταθμός ταχυφόρτισης, πηγή https://www.businessinsider.com/tesla-supercharger-network-versus-other-electric-car-chargers-2020-4	22
Εικόνα 5	Προβλήματα ποιότητας στο εσωτερικό και εξωτερικό του οχήματος Tesla Model 3, πηγή https://insideevs.com/features/377882/issues-tesla-model-3-guide/ ...	24
Εικόνα 6	Περιβάλλον Solidworks, πηγή https://all3dp.com/2/solidworks-vs-inventor-cad-software-compared/	26
Εικόνα 7	Περιβάλλον Autocad, πηγή https://www.fiverr.com/vivek8016/design-2d-and-3d-mechanical-parts-in-autocad	27
Εικόνα 8	Περιβάλλον λογισμικού CAE, πηγή https://news.thomasnet.com/fullstory/cae-software-provides-fe-modeling-environment-575384	28
Εικόνα 9	Περιβάλλον λογισμικού CAM, πηγή https://bobcad.com/what-is-cam-software/	29
Εικόνα 10	Περιβάλλον διαμοιρασμού πληροφοριών και σχεδιασμού BIM, πηγή https://www.nset.ca/revit-mep-bim	33
Σχήμα 1,	HEV αυτοκίνητα, πηγή Government of India, 2019, p. 10.....	19

Σχήμα 2, PHEV αυτοκίνητα, πηγή Government of India, 2019, p. 11.....	20
Σχήμα 3, BEV αυτοκίνητα, πηγή Government of India, 2019, p. 11.....	21

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

1.1. Σύντομη ανασκόπηση του θέματος

Οι σύγχρονες προκλήσεις που προκύπτουν από την κλιματική και ενεργειακή κρίση, έχουν μεταβάλει σημαντικά τις προτεραιότητες των καταναλωτών και της βιομηχανίας (Coyle & Simmons, 2014). Το πλέον χαρακτηριστικό παράδειγμα του παραπάνω φαινομένου αποτελεί ο τομέας της ηλεκτροκίνησης, με τα ηλεκτρικά οχήματα να είναι κεντρικής σημασίας για την επίτευξη του στόχου της βιωσιμότητας και της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής (Nanaki & Koroneos, 2016).

Η πρόοδος στον τομέα έχει καταρρίψει πολλούς «μύθους» που χαρακτήριζαν τα ηλεκτρικά οχήματα, με χαρακτηριστικούς τους ενδοιασμούς που ίσχυαν στα πλαίσια της ποιότητας των οχημάτων, της ασφάλειας στην οδήγηση και της απόδοσής τους (Bobeth & Matthies, 2018). Αυτό, σε μεγάλο βαθμό, συνιστά αποτέλεσμα της έρευνας και της καινοτομίας στον τομέα του βιομηχανικού σχεδιασμού των οχημάτων (Secinaro et al., 2020).

Τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούν μια σημαντική λύση στο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και στην πρόκληση της εξάντλησης των ενεργειακών πόρων παγκοσμίως. Η εξάντληση των ενεργειακών πόρων, ειδικά του πετρελαίου, αναμένεται να αποτελέσει μια σημαντική εξέλιξη στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας (Pollet, Staffell & Shang, 2012; Wilberforce et al., 2017; Zakaria, Hamid, Abdellatif & Imane, 2019). Η χρήση πετρελαίου/βενζίνης και μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ηλεκτροκίνηση έχει, πράγματι, οδηγήσει σε αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τοξικών αερίων στην ατμόσφαιρα. Επίσης, έχει συνδράμει στην εξάντληση των πόρων και στο να αυξηθεί δραματικά το κόστος των καυσίμων (Deng, Alvaro, Toledo & Caraguay, 2020; Raugei, Hutchinson & Morrey, 2018; Saudi, Sinaga, Roespinoedji & Razimi, 2019; Shahzad, 2012).

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των υβριδικών και ηλεκτρικών αυτοκινήτων αναμένεται να αποτελέσει μια νέα εποχή για τον τομέα. Στην Ευρώπη, στόχος είναι μέχρι και το 2035 να παύσει οριστικά η πώληση συμβατικών θερμικών αυτοκινήτων και όλα τα οχήματα που πωλούνται να είναι ηλεκτρικά (Arora, Niese, Dreyer, Waas & Xie, 2021). Αυτό σημαίνει πως οι ευκαιρίες και οι προκλήσεις για τις εταιρείες που παράγουν ηλεκτρικά οχήματα είναι πολλαπλές. Η ευκαιρία ανάπτυξης καινοτόμων οχημάτων είναι σημαντική και, το γεγονός πως η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) δίνει σχετικά κίνητρα συνδράμει στο να αναπτυχθούν τεχνολογίες υποδομής, να βελτιωθεί η έρευνα στον τομέα και να ασχοληθούν οι οργανισμοί του τομέα με παράγοντες όπως η βελτίωση του σχεδιασμού και της παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων (Arora, et al., 2021; Backe, Korpas & Tomasgard, 2021; Baars, Domenech, Bleischwitz, Melin & Heidrich, 2021; Chu & Majumdar, 2012; Tsakalidis & Thiel, 2018).

1.2. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να αναλυθούν οι προδιαγραφές, δυνατότητες, ευκαιρίες και προκλήσεις που ενέχει ο σχεδιασμός ενός ηλεκτρικού οχήματος. Ο σχεδιασμός ενός ηλεκτρικού οχήματος, απαιτεί την πλήρωση μίας σειράς προδιαγραφών, οι οποίες καθορίζουν την απόδοση και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Οι προδιαγραφές αυτές αποτελούν το αντικείμενο της συστηματικής ανασκόπησης της βιβλιογραφίας. Συγκεκριμένα, έμφαση θα δοθεί στις εξής διαστάσεις της μελέτης:

- Τύποι ηλεκτρικού κινητήρα (σχεδιασμός)
- Τύποι και μεγέθη μπαταρίας και σημασία σχεδιασμού
- Υλικά και κατασκευαστικές προκλήσεις για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα
- Υποστηρικτικά συστήματα
- Ρόλος διαφορετικών κλάδων των μηχανικών στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων

1.3. Μεθοδολογία

Για την διερεύνηση του αντικειμένου αξιοποιείται η διεθνής βιβλιογραφία στον τομέα, επίσημα πρότυπα και προδιαγραφές τα οποία προκύπτουν από κανονιστικά πλαίσια κρατών και οργανισμών, καθώς επίσης και δημοσιευμένα εταιρικά στοιχεία, μέσω των οποίων αξιοποιούνται δεδομένα που αφορούν τόσο τον σχεδιασμό των προϊόντων, όσο και τον συνδυασμό των προδιαγραφών με την εταιρική «ταυτότητα» η οποία αποτυπώνεται στο τελικό προϊόν.

Οι πηγές οι οποίες μελετώνται είναι αμιγώς ακαδημαϊκές. Αυτό σημαίνει πως επιλέγονται άρθρα, συγγράμματα και επιστημονικές δημοσιεύσεις και αποφεύγεται η χρήση ιστοσελίδων και φόρουμ. Ακόμα, λόγω του ότι αναλύονται οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, επιλέγονται πηγές που έχουν δημοσιευτεί από το 2011 και έπειτα. Εξαιρέση αποτελεί το κομμάτι της σύντομης ιστορικής ανασκόπησης όπου, κατ' εξαίρεση, και εφόσον κρίνεται απαραίτητο, γίνεται χρήση αναφορών από το 2006 και έπειτα.

1.4. Δομή πτυχιακής

Για να διερευνηθεί ένα επιστημονικό ζήτημα με ευρείες προεκτάσεις και εξελίξεις, απαιτείται να γίνει ένα σχεδιάγραμμα του τρόπου με τον οποίο το εν λόγω ζήτημα θα προσεγγιστεί. Η δομή της παρούσας πτυχιακής έχει ως στόχο το να συνδράμει στο να εξεταστεί με τρόπο πλήρη και επιστημονικό το θέμα της εργασίας, και έχει ως εξής:

- Στο παρόν, πρώτο κεφάλαιο της μελέτης, προσεγγίζεται αρχικά θεωρητικά το θέμα με μια σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση, γίνεται αναφορά στο σκοπό της έρευνας, τη μεθοδολογία και τη δομή της εργασίας.

- Στο δεύτερο κεφάλαιο της μελέτης γίνεται μια εισαγωγή στην ηλεκτροκίνηση με έμφαση στην εξέλιξη αυτής στο χρόνο, τις τεχνολογίες, τις εφαρμογές της και αναφορές στο παράδειγμα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Το κεφάλαιο αυτό λειτουργεί ως η θεωρητική βάση της πτυχιακής εργασίας.
- Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις αρχές και μεθόδους σχεδιασμού βιομηχανικών προϊόντων γενικά. Στην ανάλυση γίνεται αναφορά σε σχεδιαστικά προγράμματα που χρησιμοποιούνται όπως το Autocad και το Solidworks. Ακόμα, αναλύεται ο ρόλος των διαφορετικών κλάδων των μηχανικών, π.χ. των μηχανικών αυτοματισμού, των μηχανολόγων μηχανικών, των μηχανικών ηλεκτρονικών υπολογιστών κ.ο.κ. στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη βιομηχανικών προϊόντων και γίνεται ανάλυση των δυνατοτήτων και περιορισμών του τομέα.
- Στο τέταρτο, έπειτα, κεφάλαιο της πτυχιακής, αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται ο σχεδιασμός των ηλεκτρικών οχημάτων, γίνεται αναφορά στη διεθνή εμπειρία, τις υφιστάμενες και πιθανές μελλοντικές τεχνολογίες, τις προκλήσεις και τις δυνατότητες του τομέα.
- Η μελέτη ολοκληρώνεται με το κεφάλαιο των συμπερασμάτων. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κύρια ευρήματα της μελέτης, αναφέρονται οι περιορισμοί της και προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.

Κεφάλαιο 2 – Γενικά για την ηλεκτροκίνηση

Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί το πρώτο κεφάλαιο του αμιγώς θεωρητικού μέρους της μελέτης. Σκοπός του είναι να προσεγγίσει κριτικά την υφιστάμενη γνώση και εμπειρία στον τομέα της ηλεκτροκίνησης γενικά, διαχρονικά και για διαφορετικές τεχνολογίες. Η συγγραφή του κεφαλαίου γίνεται με έμφαση στα ηλεκτρικά οχήματα.

2.1 Σύντομη ιστορική ανασκόπηση

Η ηλεκτροκίνηση ξεκίνησε το 19ο αιώνα και, συγκεκριμένα, το 1827 όταν και ο Jedlik ανέπτυξε τον πρώτο ηλεκτρικό κινητήρα. Στόχος του ήταν να μπορεί ένα αυτοκίνητο να κινηθεί με τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και βασίστηκε στη χρήση ενός στάτορα, ενός ρότορα και ενός συστήματος επικοινωνίας του κινητήρα (Ferreira, 2019). Έπειτα, αναπτύχθηκαν περαιτέρω οι τεχνολογίες αυτές στην Αγγλία τη δεκαετία του 1830 όταν ο Davidson κατόρθωσε να αναπτύξει έναν ηλεκτρικό κινητήρα που, θεωρητικά, μπορούσε να αναπτύξει ταχύτητα 6 χλμ/ώρα. Η τεχνολογία αυτή και η επίτευξη του στόχου της κατασκευής ενός πλήρως αυτόνομου κινητήρα, αποτέλεσε το πρώτο βήμα στην ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης (Vuchic, 2007).

Ωστόσο, σύμφωνα με τους Guarnieri (2012), το πρώτο ηλεκτρικό όχημα, σε θεωρητικό επίπεδο, προτάθηκε από τον Da Vinci. Η τεχνολογία που πρότεινε ο επιστήμονας ήταν ικανή να μετατρέψει την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική ενέργεια και λειτουργούσε μόνο θεωρητικά διότι δεν υπήρχε ανάπτυξη της επιστήμης γενικά για να μπορεί, στην πράξη, να κατασκευαστεί ένας τέτοιος κινητήρας ή ένα αυτοκίνητο όχημα.



Εικόνα 1 Η εξέλιξη του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, πηγή <https://www.caranddriver.com/features/g15378765/worth-the-watt-a-brief-history-of-the-electric-car-1830-to-present/>

Το ερευνητικό και βιομηχανικό ενδιαφέρον για την ηλεκτροκίνηση παρέμεινε ενεργό. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, σε όλη τη διάρκεια του 19ου και, ειδικά, στις αρχές του 20ου αιώνα, δόθηκε έμφαση στην ανάπτυξη της αυτοκινητοβιομηχανίας και η ηλεκτροκίνηση παρέμεινε στο επίκεντρο των τεχνολογιών που αναπτύσσονταν (Reitz et al., 2020). Η μεγαλύτερη αυτοκινητοβιομηχανία στη χώρα, η Ford, εστίασε στο να παράξει οχήματα τα οποία κινούνταν με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, όμως, ουσιαστικά, τα οχήματα αυτά δεν είχαν αξιόπιστες μπαταρίες μεγάλης χωρητικότητας (Nicholas & Hall, 2018).

Ωστόσο, και ενώ η χρήση ιδιωτικών οχημάτων (Ι.Χ.) στην ηλεκτροκίνηση δεν προχώρησε στον 20ο αιώνα στα επίπεδα που προσδοκούσαν αυτοκινητοβιομηχανίες όπως η Ford, δε συνέβη το ίδιο με τον τομέα των επαγγελματικών οχημάτων (Karustin & Grushevenko, 2020). Αντίθετα, ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα, αναπτύχθηκαν τεχνολογίες κατασκευής ηλεκτρικών σιδηροδρόμων με αποτέλεσμα, στην κεντρική και δυτική Ευρώπη, σήμερα, τα συμβατικά τρένα που έκαναν χρήση

ορυκτών καυσίμων να έχουν αντικατασταθεί πλήρως από τα ηλεκτρικά (Hayashiya & Kondo, 2020).

Η εξέλιξη αυτή ήταν ιδιαίτερα σημαντική για τον τομέα. Τα ηλεκτρικά τρένα μολύνουν λιγότερο την ατμόσφαιρα, λειτουργούν με τη χρήση επαναφορτιζόμενων μπαταριών νικελίου-σιδήρου και είναι σημαντικά λιγότερο κοστοβόρα από ότι αυτά τα οποία κινούνται με ορυκτά καύσιμα (Larminie & Lowry, 2012). Επίσης, η απόδοση των ηλεκτρικών μπαταριών είναι, σήμερα, σημαντική, κάτι που ώθησε στο να αποτελέσουν οι τεχνολογίες ανάπτυξης μπαταριών και συστημάτων ηλεκτροκίνησης στις μαζικές μεταφορές πρότυπο και για την ανάπτυξη μπαταριών και τεχνολογιών αυτοκίνησης στα ΙΧ. (Rajashekara, 2013).



Εικόνα 2 Ηλεκτρικό τρένο, πηγή <https://www.yesmagazine.org/issue/sanctuary/2017/05/30/electric-trains-everywhere-a-solution-to-crumbling-roads-and-climate-crisis>

Ακόμα, σήμερα, υπάρχουν πόλεις όπου τα λεωφορεία και τα μέσα μαζικής μεταφοράς (MMM) είναι πλήρως αυτοματοποιημένα και αξιοποιούν τις τεχνολογίες της ηλεκτροκίνησης. Η πρώτη πόλη με πλήρως ηλεκτροκίνητα λεωφορεία ήταν η Shenzhen και, σε αυτή, από το 1980, πάνω από 12 εκατομμύρια επιβάτες

χρησιμοποιούν ένα στόλο 12.000 λεωφορείων πλήρως ηλεκτροκίνητων (Government of India, 2019).

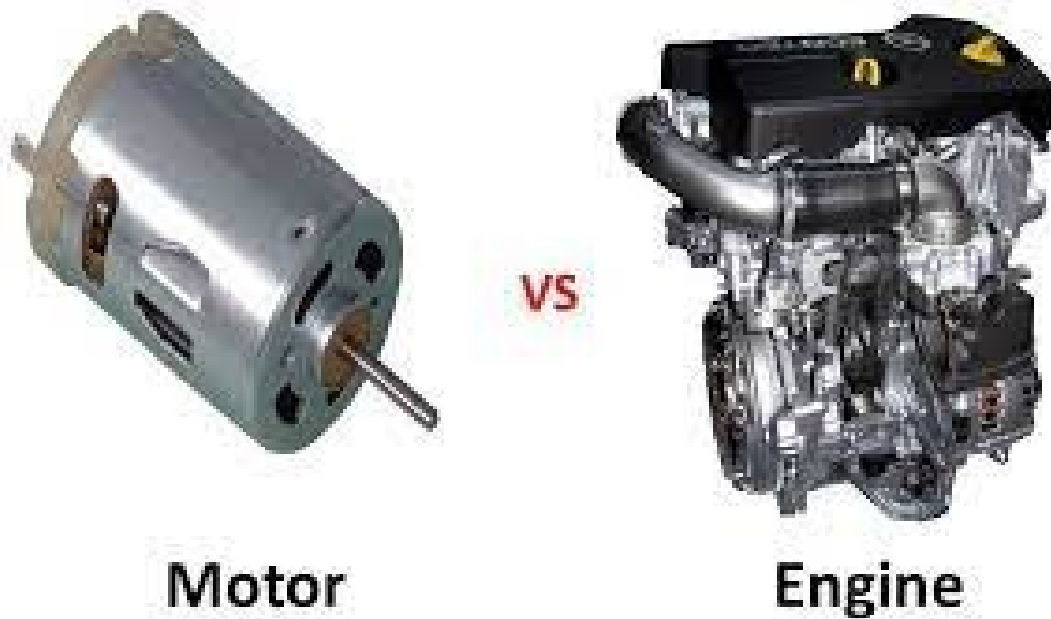
Παγκοσμίως, σήμερα, στον 21ο αιώνα, η χώρα με τη μεγαλύτερη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων είναι η Ιαπωνία, ενώ, στην Ευρώπη, η Αγγλία ήταν η χώρα με το μεγαλύτερο ποσοστό υιοθέτησης της ηλεκτροκίνησης (Dijk, Orsato & Kemp, 2013). Εξίσου, στη Γαλλία, τη Γερμανία και την Ελβετία, έχουν δοθεί σημαντικά κίνητρα υιοθέτησης της ηλεκτροκίνησης με ευρείες βελτιώσεις στον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσεται η αυτοκινητοβιομηχανία (Wang, Tang & Pan, 2019).

2.2. Τεχνολογίες κατασκευής κινητήρα

Σε σχέση με τις τεχνολογίες που εφαρμόζονται στην ηλεκτροκίνηση, αρχικά, αναφέρεται πως μεγάλη σημασία έχει η κατασκευή του κινητήρα. Ο κινητήρας, σε ένα ηλεκτρικό όχημα, διαφέρει από αυτό που τοποθετείται σε ένα θερμικό αυτοκίνητο. Πιο συγκεκριμένα, οι κινητήρες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων αποτελούνται από δύο βασικά μέρη- το στάτορα και το ρότορα (Larminie & Lowry, 2012).

Η λειτουργία του ηλεκτρικού κινητήρα είναι αντίθετη αυτής μιας ηλεκτρικής γεννήτριας και βασίζεται στη φιλοσοφία της μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας σε κινητική. Η μηχανή, δε, ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου, διαφέρει σημαντικά από μια θερμική μηχανή (Sabri, Danapalasingam & Rahmat, 2016).

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης, για παράδειγμα, χρειάζονται λιπαντικά μέσα για να λειτουργήσουν ενώ οι ηλεκτρικές μηχανές δεν απαιτούν τη χρήση ανάλογων μέσων. Επίσης, οι μηχανές εσωτερικής καύσης παρουσιάζουν τον κίνδυνο υπερθέρμανσης, κάτι που δεν υφίσταται σε τόσο μεγάλο βαθμό λόγω της ύπαρξης στάτορα, αν και είναι σημαντική η προστασία από υπερθέρμανση σε περίπτωση δυσλειτουργίας του κινητήρα. Ακόμα, οι μηχανές εσωτερικής καύσης λειτουργούν με το να μετατρέπουν τη θερμική ενέργεια σε κινητική ενώ οι ηλεκτρικές με το να μετατρέπουν την ηλεκτρική σε κινητική (Guan, Zhan, Li & Huang, 2015).



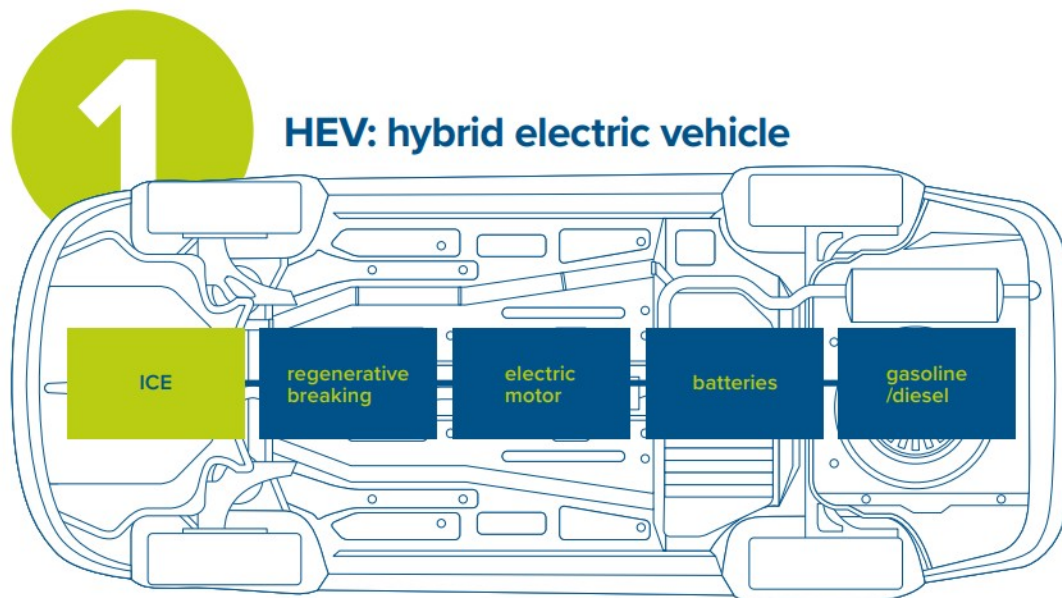
Εικόνα 3 Ηλεκτρική και συμβατική μηχανή, πηγή <https://www.linquip.com/blog/differences-between-motor-and-engine/>

Όπως υποδηλώνεται και από την ονομασία των δύο βασικών συστατικών μιας βασικής ηλεκτρικής μηχανής, ο στάτορας είναι το μη κινητό της μέρος ενώ ο ρότορας το κινητό. Ο ρότορας λειτουργεί με το να συνδέεται με τον άξονα ενώ είναι πιθανό να συνδεθεί και με συλλέκτη. Ο ρότορας περιστρέφεται και, πολλές φορές, περιβάλλεται από μεταλλικές «βούρτσες» που λειτουργούν μέσω της συρόμενης επαφής. Ο στάτορας αποτελείται από μεταλλικές πλάκες. Οι μεταλλικές πλάκες επιτρέπουν τη μείωση της υπερθέρμανσης αφού υπάρχουν ειδικές ενώσεις που επιτρέπουν τη μείωση της θερμοκρασίας στην επιφάνειά του (Dost, 2020; Giampaolo, 2020; Turton, 2012).

Σύμφωνα με το Government of India (2019) υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι ηλεκτρικών οχημάτων:

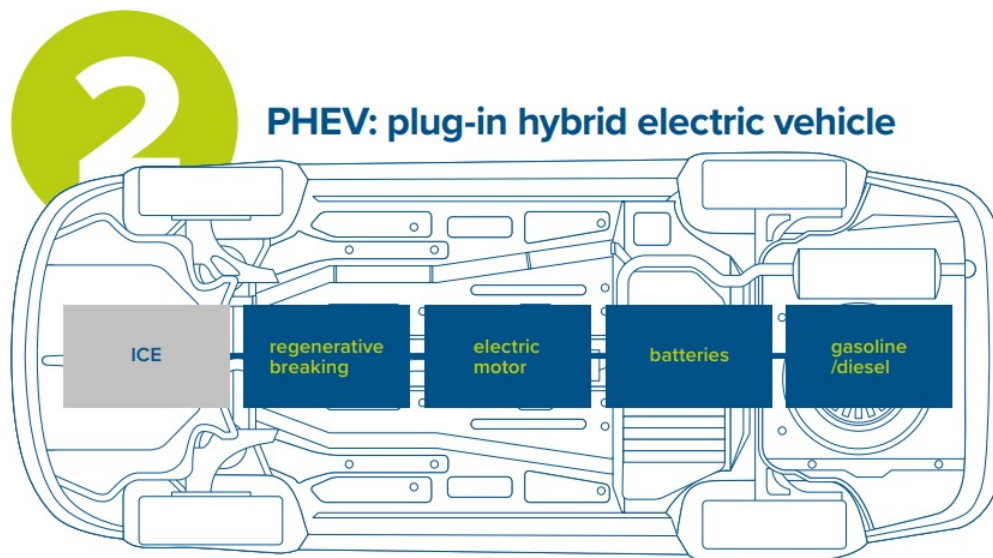
- Τα HEV (Hybrid Electric Vehicles) που είναι υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα
- PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicles) που είναι υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα που φορτίζονται
- BEV (Battery Electric Vehicle) δηλαδή ηλεκτρικά αυτοκίνητα με μπαταρία.

Σε σχέση με τα HEV αυτά αποτελούνται από μια μηχανή εσωτερικής καύσης (βλ. ICE στο σχήμα 1), τα συστήματα φρένων (regenerative braking) με τα οποία γίνεται regeneration δηλαδή μετατροπή της ενέργειας σε ηλεκτρική, έναν ηλεκτρικό κινητήρα (electric motor), μια μπαταρία (batteries) και τμήμα μηχανής εσωτερικής καύσης (gasoline) για την πρόσδοση κίνησης κατά την συμβατική λειτουργία. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την ευελιξία στον οδηγό κατά την οδήγηση να χρησιμοποιήσει τον τύπο τροφοδοσίας που είναι ο πλέον αποδοτικός. Ο συνδυασμός των δύο τεχνολογιών (υβριδικό όχημα) είναι ιδιαίτερα αποδοτικός και επιτρέπει την άρση φραγμών που σχετίζονται με το χρόνο φόρτισης ή τη διαθεσιμότητα ταχυφορτιστών (Pukalskas, Rimkus, Melaika & Pečeliūnas, 2018).



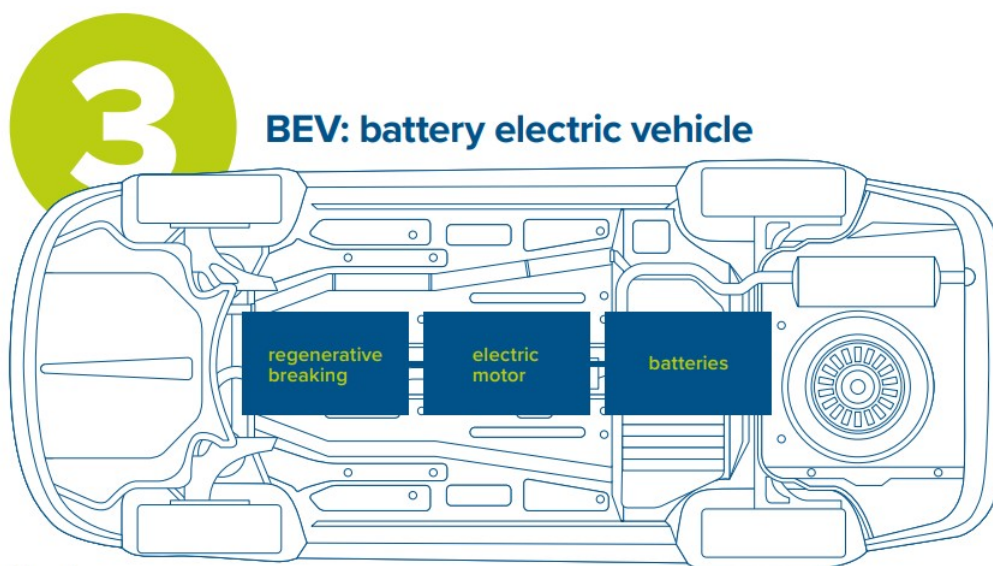
Σχήμα 1, HEV αυτοκίνητα, πηγή Government of India, 2019, p. 10.

Έπειτα, τα PHEV λειτουργούν, κατά βάση, όπως τα HEV με τη διαφορά πως η μηχανή εσωτερικής καύσης μπορεί να τροφοδοτηθεί με εναλλακτικά και συμβατικά καύσιμα και η ηλεκτρική μηχανή είναι κοινή με ένα κλασικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο και συνδέεται με βύσμα (plug) με ένα ηλεκτρικό πλέγμα (grid) (Government of India, 2019).



Σχήμα 2, PHEV αυτοκίνητα, πηγή Government of India, 2019, p. 11

Κατόπιν, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που κάνουν χρήση μπαταρίας αποτελούνται από αναγεννητικά φρένα που προσφέρουν δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας, έναν ηλεκτρικό κινητήρα και μια μπαταρία. Η ιδιαιτερότητα ενός BEV οχήματος αφορά το ότι η μπαταρία φορτίζεται μόνο με ηλεκτρική ενέργεια, άρα, η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε κινητική είναι το μόνο μέσο διασφάλισης της κίνησης του αυτοκινήτου χωρίς να υπάρχει εναλλακτικός κινητήρας (Government of India, 2019).



Σχήμα 3, BEV αυτοκίνητα, πηγή Government of India, 2019, p. 11.

2.3. Εφαρμογές

Οι εφαρμογές της ηλεκτροκίνησης είναι πολυάριθμες. Αρχικά, η ηλεκτροκίνηση επιλέγεται για την κάλυψη των αναγκών των πόλεων σε μετακινήσεις. Όπως αποδεικνύει πληθώρα μελετών, ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίζουν πολλές πόλεις ανά τον κόσμο είναι η τεράστια ατμοσφαιρική ρύπανση που οφείλεται σε εκπομπές τοξικών αερίων από τα οχήματα (Alaswad et al., 2016; Mehar, Zeadally, Remy & Senouci, 2014; Rai, Rajput, Agrawal & Agrawal, 2011; Wang & Hao, 2012).

Στόχος των σύγχρονων πόλεων είναι, αρχικά, να περιοριστεί η χρήση των Ι.Χ. και να ενθαρρυνθούν οι πολίτες να χρησιμοποιούν ΜΜΜ και, επιπλέον, να χρησιμοποιούνται ηλεκτρικά οχήματα έναντι βενζινοκίνητων εντός της πόλης. Αυτό θα συνδράμει στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και θα συνδράμει στη μείωση του περιβαλλοντικού αντικτύπου από την ανθρώπινη δραστηριότητα εντός των πόλεων (Bamwesigye & Hlavackova, 2019; Mersky, Sprei, Samaras & Qian, 2016; Porter et al., 2018).

Επίσης, η αξιοποίηση των διαθέσιμων τεχνολογιών ταχυφόρτισης θα συνδράμει στο να μειωθεί ένα σημαντικό εμπόδιο που υφίσταται σε σχέση με την ηλεκτροκίνηση και αφορά το γεγονός πως απαιτείται μακρά αναμονή για πλήρη φόρτιση μιας μπαταρίας.

Ωστόσο, υπάρχει το ζήτημα της διαθεσιμότητας των ταχυφορτιστών που μπορεί να αντιμετωπιστεί με την περαιτέρω υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης όπως τίθεται ως στόχος από πλευράς και των περισσότερων κρατών στον κόσμο (Cao et al., 2017; Quak, Nesterova & Van Rooijen, 2016).



Εικόνα 4 Σταθμός ταχυφόρτισης, πηγή <https://www.businessinsider.com/tesla-supercharger-network-versus-other-electric-car-chargers-2020-4>

Μια σημαντική εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης αφορά και το I.X. που, για αντίστοιχους λόγους με αυτά των MMM, απαιτείται να αποτελέσει μέρος των πολιτικών των σύγχρονων κρατών. Τα σύγχρονα κράτη επενδύουν στην ηλεκτροκίνηση για τη μείωση των καυσαερίων, ενώ οι πολίτες έχουν φορολογικά και οικονομικά κίνητρα να αντικαταστήσουν τα συμβατικά οχήματα με υβριδικά ή ηλεκτρικά (Bamwesigye & Hlavackova, 2019).

Επιπλέον, η ηλεκτροκίνηση εφαρμόζεται σε χώρους παραγωγής, για παράδειγμα, για τη λειτουργία των οχημάτων που μεταφέρουν υλικά και προϊόντα, εμπορεύματα και απορρίμματα. Η εισαγωγή της ηλεκτροκίνησης στην παραγωγική διαδικασία παρουσιάζει τα οφέλη που αναφέρονται παραπάνω, όπως και την μείωση του κόστους (Christensen, 2021; Mohseni, Mangusson, Gorling & Alvfors, 2012; Mulvaney et al., 2021).

2.4. Κατασκευαστικές προκλήσεις

Μια σημαντική πρόκληση που σχετίζεται με την κατασκευή των ηλεκτρικών οχημάτων είναι, σύμφωνα με τους Helmers & Marx (2012), το να μετατρέπεται η κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική ούτως ώστε να κινείται το όχημα με ελάχιστο κόστος, τεχνολογία που, σύμφωνα με τους Larminie & Lowry (2012) χρησιμοποιείται ήδη στα ηλεκτρικά τρένα. Η πρόκληση αυτή θεωρείται ιδιαίτερα σύνθετη αφού, ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο δεν λειτουργεί όπως ένα ηλεκτρικό τρένο, δεν διαθέτει ίδιες ανάγκες σε ενέργεια, κατασκευή ή και τρόπο διασφάλισης της τροφοδοσίας του.

Πράγματι, ένα τρένο, τυπικά, που είναι ηλεκτροκίνητο, θα αντλεί ενέργεια από καλώδια τα οποία τοποθετούνται παράλληλα με το συρμό. Αυτό σημαίνει πως διαθέτει άμεση τροφοδότηση και δεν απαιτείται χρόνος φόρτισης. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει με την περίπτωση των ηλεκτρικών οχημάτων τα οποία απαιτούν μακρούς χρόνους φόρτισης (Larminie & Lowry, 2012).

Σήμερα, μια δεύτερη σημαντική πρόκληση που εντοπίζεται αφορά τη βιωσιμότητα των μεθόδων παραγωγής. Όπως αναλύεται εκτενέστερα και παρακάτω στα κεφάλαια 3 και 4, βασική πρόκληση είναι η διασφάλιση της ανθεκτικότητας των υλικών, η καλή σχέση κόστος-οφέλους και κόστους-αποτελεσματικότητας και η ασφάλεια των υλικών (Hannan, Lipu,, Hussain & Mohamed, 2017).

Πράγματι, το παράδειγμα των ηλεκτρικών οχημάτων της Tesla έδειξε τη σημασία που έχει το να μπορεί η μηχανή να «παγώνει», να είναι η μπαταρία αξιόπιστη και να παρουσιάζει αυξημένη ανθεκτικότητα ο σκελετός και το εξωτερικό του αυτοκινήτου να μπορεί να αντέξει μια πιθανή σύγκρουση. Η ασφάλεια του οδηγού, πράγματι, πρέπει, σε κάθε περίπτωση, να είναι η έμφαση των κατασκευαστών (Albert, 2019; Siegel, 2013).



Εικόνα 5 Προβλήματα ποιότητας στο εσωτερικό και εξωτερικό του οχήματος Tesla Model 3, πηγή <https://insideevs.com/features/377882/issues-tesla-model-3-guide/>

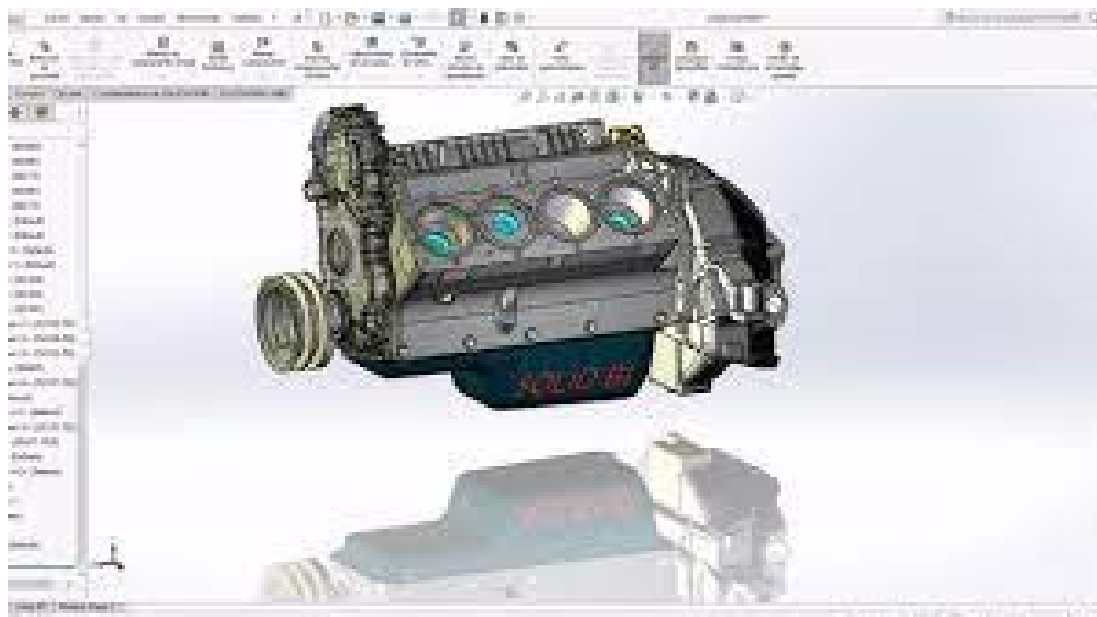
Ακόμα, σημαντικό είναι να ανταποκρίνονται οι σχεδιαστικές μέθοδοι και πρακτικές και οι κατασκευαστικές διαδικασίες στα πρότυπα των διεθνών οργανισμών και της ΕΕ. Χαρακτηριστικά, πρέπει η παραγωγική διαδικασία να γίνεται με σεβασμό στο περιβάλλον, τον άνθρωπο και με έμφαση στο να μην είναι τα υλικά αυτά υπερβολικά κοστοβόρα (Garetti & Taisch, 2012; Manfred, Caputa &

Επίσης, μια σημαντική πρόκληση είναι να μπορεί η κατασκευή του αυτοκινήτου να είναι κατάλληλη για τον τύπο ασφάλτου που διαθέτει κάθε κράτος. Έτσι, τα ελαστικά και, γενικά, το εξωτερικό του αυτοκινήτου, θα πρέπει να είναι τέτοια που δεν θα προκαλούν φθορές στο οδικό δίκτυο (Wang, Wang, Xiong & Luo, 2019).

Κεφάλαιο 3 – Αρχές σχεδιασμού βιομηχανικών προϊόντων με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή

3.1. Σχεδιαστικά προγράμματα

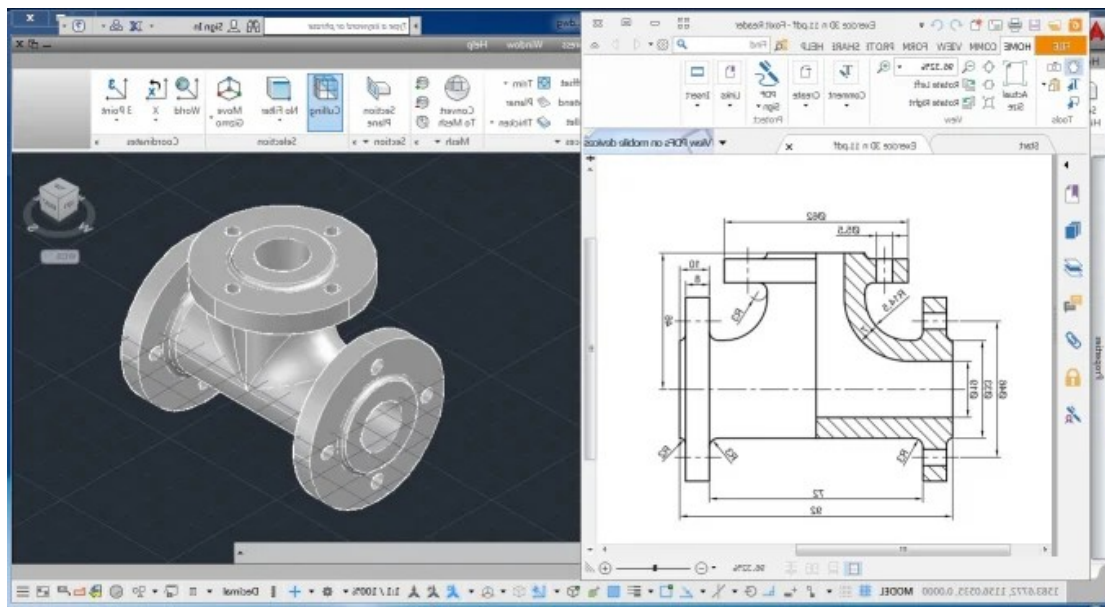
Στον τομέα της μηχανολογίας, και γενικότερα στον τομέα της βιομηχανικής παραγωγής, ο ρόλος των σχεδιαστικών προγραμμάτων, αποτελεί κομβικής σημασίας στην επίτευξη των στόχων παραγωγής, τον εντοπισμό σφαλμάτων στην διαδικασία ανάπτυξης των προϊόντων, και την μείωση του κόστους παραγωγής. Συγκεκριμένα η χρήση σχεδιαστικών προγραμμάτων τύπου CAD, προσφέρει την δυνατότητα ανάπτυξης του προϊόντος σε ψηφιακό περιβάλλον, συμπεριλαμβάνοντας το σύνολο των επιμέρους εξαρτημάτων, υλικών, διασυνδέσεων και επίπεδο ποιότητας αυτού, μέσω της αξιοποίησης δεδομένων που υφίστανται είτε εκ σχεδιασμού στο πρόγραμμα, είτε εισάγονται από τον χρήστη κατά την διάρκεια της ανάπτυξης του προϊόντος (Ugural, et. al., 2018; Wu, et. al., 2019).



Εικόνα 6 Περιβάλλον Solidworks, πηγή <https://all3dp.com/2/solidworks-vs-inventor-cad-software-compared/>

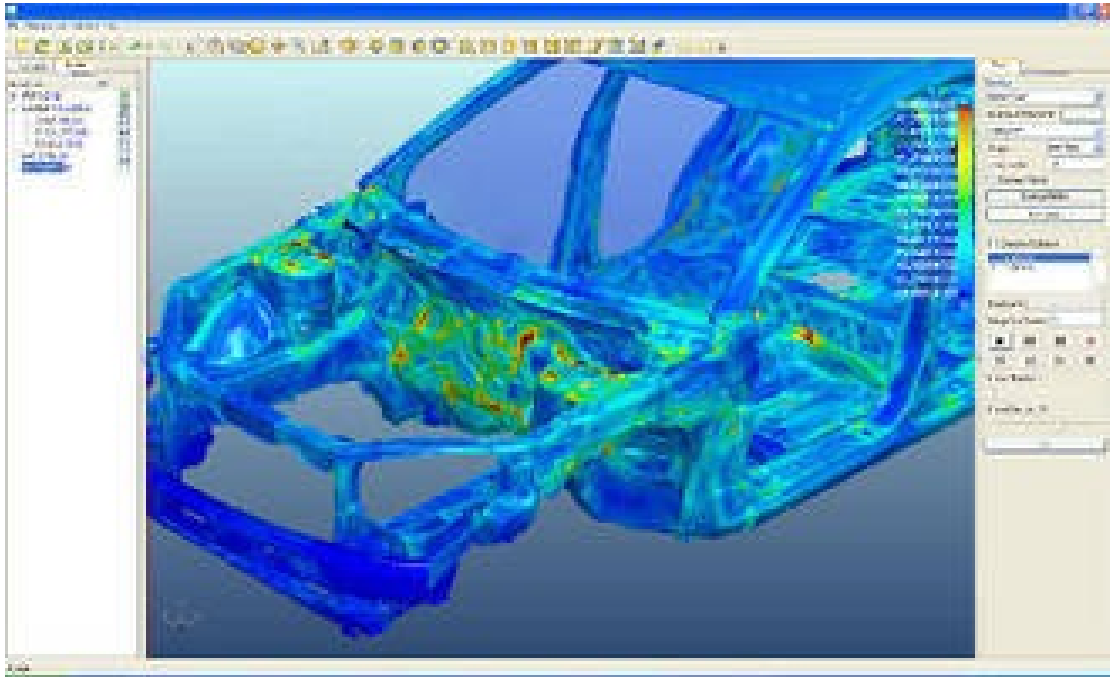
Τα βασικά σχεδιαστικά προγράμματα που αξιοποιούνται στον τομέα της βιομηχανικής παραγωγής αποτελούν το SolidWorks™ και το AutoCAD™. Και τα δύο λογισμικά προσφέρουν στον χρήστη ένα μεγάλο σύνολο εργαλείων, προς αξιοποίηση κατά την διάρκεια του σχεδιασμού ενός προϊόντος, συμπεριλαμβανομένων μεταξύ άλλων (Sanchez-Villamañan, et. al., 2019; Al-Ketan, et. al., 2019):

- Τον σχεδιασμό τρισδιάστατων στερεών σχημάτων – εξαρτημάτων – προϊόντων, είτε ως ανεξάρτητα εξαρτήματα είτε ως ολοκληρωμένα συστήματα.
- Τον προσδιορισμό του υλικού κατασκευής του εκάστοτε εξαρτήματος συμπεριλαμβανομένων των βασικών ιδιοτήτων φυσικής συμπεριφοράς του κάθε υλικού.
- Την συνδυαστική συναρμολόγηση ολοκληρωμένων συστημάτων με την συμπερίληψη κινούμενων μερών (ιμάντες, οδοντοτροχούς, κινητήρες κ.λπ.).
- Την διεξαγωγή διαγνωστικών test λειτουργίας των κινούμενων συστημάτων, με την εξαγωγή δεδομένων αναφορικά με την θερμοκρασία και την ταχύτητα λειτουργίας, την πιθανή φθορά και την αντοχή των υλικών.



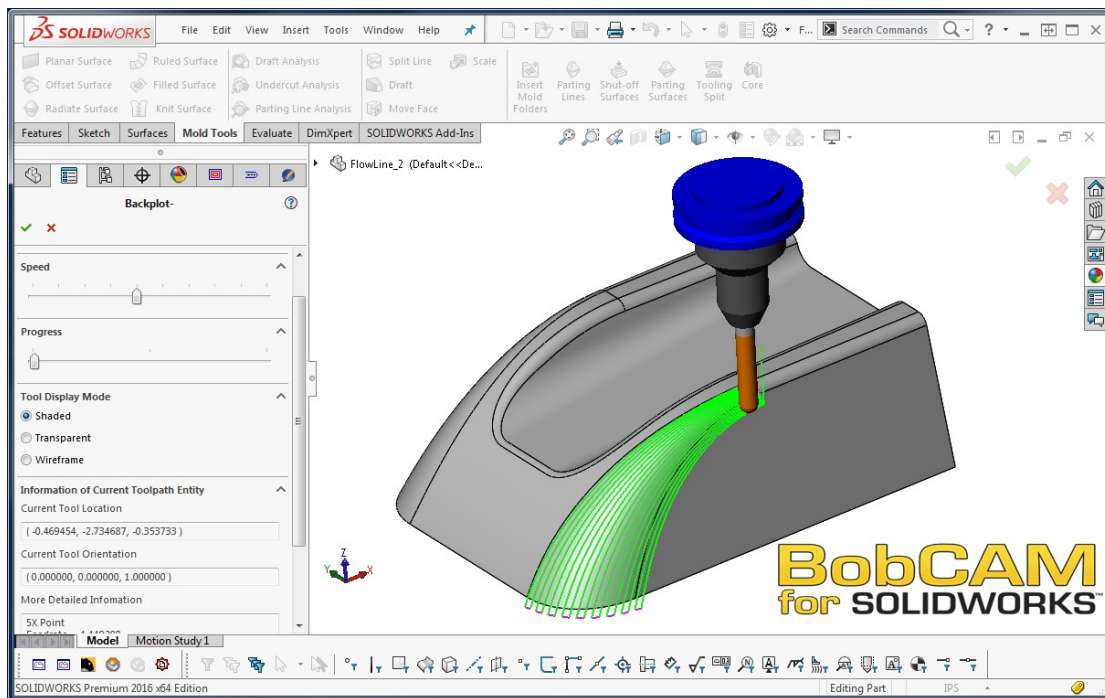
Εικόνα 7 Περιβάλλον Autocad, πηγή <https://www.fiverr.com/vivek8016/design-2d-and-3d-mechanical-parts-in-autocad>

Για την διαδικασία ανάπτυξης προϊόντος σε ψηφιακό περιβάλλον δεν επαρκεί η σχεδίαση των στερεών τμημάτων, αλλά πρέπει να διεξαχθεί και ολοκληρωμένη προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος. Ως αποτέλεσμα χρησιμοποιούνται και οι λειτουργίες CAE, με βάσει τις οποίες διεξάγονται διαγνωστικοί έλεγχοι στα συστήματα – εξαρτήματα, υπό διάφορες συνθήκες όπως υψηλή θερμοκρασία, αυξημένες τάσεις κατά την λειτουργία, πλευρικές και επιφανειακές δυνάμεις. Παράλληλα εντός του περιβάλλοντος CAE, εξετάζεται και η αντοχή του υπό χρήση υλικού, και λαμβάνονται αποφάσεις προσαρμογής αυτού, είτε για την αύξηση της αντοχής του προϊόντος, είτε για την εξοικονόμηση πόρων κατά την χρήση οικονομικότερου υλικού (Ferdous, et. al., 2020).



Εικόνα 8 Περιβάλλον λογισμικού CAE, πηγή <https://news.thomasnet.com/fullstory/cae-software-provides-fe-modeling-environment-575384>

Στον σύγχρονο βιομηχανικό τομέα αποτελεί απαραίτητη και η προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος, η οποία με βάση τις παραδοσιακές πρακτικές θα απαιτούσε την κατασκευή πρωτοτύπου. Στο πλαίσιο αυτό διεξάγονται ψηφιακές προσομοιώσεις λειτουργίας με την ανάλυση πραγματικών συνθηκών εισόδου – εξόδου, για την βέλτιστη καταγραφή της λειτουργίας του συστήματος. Μία ακόμα σημαντική διάσταση αποτελεί το κατασκευαστικό κόστος, ιδίως σε περιβάλλοντα αυξημένου αυτοματισμού. Σε αυτό το πλαίσιο χρησιμοποιείται λογισμικό τύπου CAM, το οποίο προσομοιάζει την διαδικασία κατασκευής του εκάστοτε εξαρτήματος, με την χρήση ψηφιακών εργαλείων, και τελικό αποτέλεσμα την εξαγωγή του κώδικα προγραμματισμού των μηχανών τύπου CNC (Chen & Terken, 2023).



Εικόνα 9 Περιβάλλον λογισμικού CAM, πηγή <https://bobcad.com/what-is-cam-software/>

3.2. Σχεδιαστικές προκλήσεις

Οι σύγχρονες προκλήσεις στον βιομηχανικό τομέα δεν αφήνουν ανεπηρέαστα και τα τμήματα έρευνας, ανάπτυξης και σχεδιασμού προϊόντων. Συγκεκριμένα λόγω της συνεχούς παραγωγής, και συνεχών προσαρμογών στον σχεδιασμό των προϊόντων, τα συστήματα παραγωγής παρουσιάζουν φθορές οι οποίες συχνά προκαλούν αστοχίες στις διαστάσεις και την γεωμετρία των προϊόντων και των επιμέρους εξαρτημάτων. Οι αστοχίες αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση του κόστους παραγωγής, μέσω της συνεχούς παρουσίασης ελαττωματικών εξαρτημάτων (Szmytka, et. al., 2019; O'Brien, et. al., 2021).

Μία ακόμα σημαντική πρόκληση στον τομέα του σχεδιασμού αποτελεί η αποδοτικότητα και διαθεσιμότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ιδιαίτερα σε τομείς οι οποίοι αναπτύσσουν τεχνολογίες αιχμής, και η διαθεσιμότητα των εξειδικευμένων υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή τους πολλές φορές μεταβάλλει τις υφιστάμενες εφοδιαστικές ισορροπίες, κάτι που προκαλεί διακυμάνσεις στις τιμές των υλικών. Το γεγονός αυτό συνδέεται άμεσα με το τμήμα σχεδιασμού του προϊόντος το οποίο συχνά λαμβάνει εντολές αλλαγής των χρησιμοποιημένων υλικών

κατά τον σχεδιασμό του προϊόντος, συχνά εις βάρος της ποιότητας του τελικού προϊόντος, είτε λόγω του υψηλού κόστους των υλικών, είτε διότι κρίνεται από πλευράς διοίκησης πως τα δεδομένα αντοχής του προϊόντος, προσφέρουν περιθώριο μείωσης του κόστους με την αντικατάσταση του υλικού κατασκευής (Harder, et, al., 2022; Szmytka, et. al., 2019).

Η εμπλοκή της διοίκησης στην διαδικασία του σχεδιασμού, μπορεί να λάβει διάφορες μορφές, μία εκ των οποίων αποτελεί η εμπλοκή του τμήματος μάρκετινγκ της εταιρείας, το οποίο συχνά κάνει παρεμβάσεις για την αισθητική βελτίωση του προϊόντος, κάτι το οποίο προκαλεί επιπλοκές στα αποτελέσματα αντοχής και λειτουργίας. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται τακτικά σε προϊόντα περίπλοκης σύνθεσης, στα οποία η παράμετρος της αισθητικής παίζει κρίσιμο ρόλο στην διαμόρφωση της στρατηγικής μάρκετινγκ (Szmytka, et. al., 2019).

Τα προϊόντα αυτού του τύπου συχνά επιλέγονται από τους καταναλωτές είτε για την καινοτομία στον σχεδιασμό τους, είτε για την συνολική απόδοση αυτού, κάτι που γίνεται ιδιαίτερα αισθητό στην περίπτωση της αγοράς οχημάτων. Η διαμόρφωση του σκελετού και του εξωτερικού του οχήματος, παίζουν βασικό ρόλο στην διαμόρφωση του τελικού προϊόντος, η οποία εξαρτάται τόσο από τις ιδιότητες του οχήματος (αεροδυναμικότητα, υλικό κατασκευής, ασφάλεια κ.λπ.), όσο και από τις προτιμήσεις των καταναλωτών στον τομέα (Lugnet, et. al., 2021).

3.3. Τεχνολογία υλικών

Η διαθεσιμότητα υλικών για την ανάπτυξη ενός προϊόντος παίζει κρίσιμο ρόλο στην διαδικασία διαμόρφωσης αυτού. Παρά την διαθεσιμότητα μέσω των τα οποία καθιστούν την κατασκευή πρωτοτύπων περιττή σε μεγάλο βαθμό, εξακολουθεί να απαιτείται η δημιουργία προτύπου για την επί του πεδίου δοκιμή. Συγκεκριμένα κατά την επί του πεδίου δοκιμή εξετάζονται τα ακόλουθα (Dadsetani, et. al., 2021):

- Το κόστος και η διαδικασία παραγωγής του συστήματος και των επιμέρους εξαρτημάτων, καθώς επίσης και το κόστος συναρμολόγησης.

- Το κόστος και η αποδοτικότητα των υλικών σε πραγματικές συνθήκες χρήσης του τελικού προϊόντος.
- Η φθορά που προκαλείται κατά την λειτουργία του προϊόντος, και ο ρυθμός αυτής σε συσχετισμό με τον χρόνο.
- Η δοκιμή διαφόρων υλικών κατασκευής σε συνδυασμό με τα στοιχεία φθοράς ως προς τον χρόνο.
- Οι προσαρμογές που απαιτούνται στο τελικό προϊόν προκειμένου να μπει στο τελικό στάδιο παραγωγής.

Το κρίσιμότερο από τα παραπάνω στάδια αποτελεί η επιλογή του τελικού υλικού κατασκευής, το οποίο θα διαμορφώσει τόσο την αντοχή του τελικού προϊόντος (και κατ' επέκταση την ποιότητά του) όσο και το τελικό κόστος παραγωγής, μεταφοράς και αποθήκευσης. Η τεχνολογία υλικών λαμβάνει κεντρικό ρόλο στην συνολική διαδικασία της διαμόρφωσης ενός προϊόντος, ιδίως λαμβάνοντας υπόψιν τις καινοτομίες που προκύπτουν στον τομέα, μέσω της διεξαγωγής συνεχών δοκιμών και πειραματισμών (Lugnet, et. al., 2021).

Η συνολική διαδικασία επιλογής του υλικού εφαρμόζεται με τα παρακάτω κριτήρια (Lugnet, et. al., 2021):

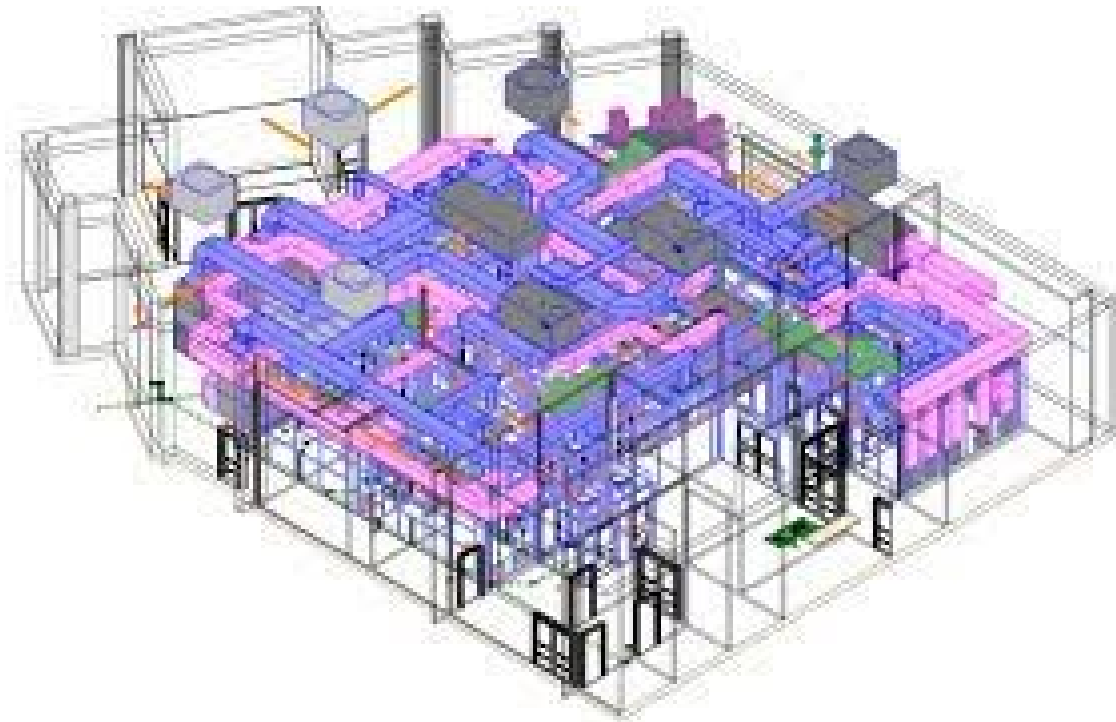
- Το κόστος του υλικού.
- Η αντοχή του υλικού στις δυναμικές τάσεις.
- Η αντοχή του υλικού στις θερμικές τάσεις.
- Η αντοχή του υλικού στις περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. υγρασία, υψηλή θερμοκρασία κ.λπ.).
- Η ευκολία κατεργασίας.
- Η τελική χρήση του προϊόντος (π.χ. αν εκτίθεται σε περιβαλλοντικές συνθήκες ή όχι).

3.4. Ο ρόλος διαφορετικών κλάδων των μηχανικών

Παρά το γεγονός πως την επίβλεψη του σχεδιασμού φέρει ο εκάστοτε αρχιμηχανικός της εταιρείας, ο οποίος λαμβάνει και τον ρόλο του υπεύθυνου του τμήματος σχεδιασμού, οι συμμετέχοντες στην διαδικασία μπορούν να προέρχονται από διάφορους κλάδους των μηχανικών. Συγκεκριμένα οι βασικές αρμοδιότητες που προκύπτουν κατά την διαδικασία του σχεδιασμού αποτελούν (Meng, et. al., 2020):

- Το βασικό στερεό τμήμα του προϊόντος, το οποίο το αναλαμβάνει μηχανολόγος μηχανικός σε συνεργασία με μηχανικό υλικών ή χημικό μηχανικό.
- Το ηλεκτρολογικό τμήμα του προϊόντος το οποίο το αναλαμβάνει ηλεκτρολόγος ή ηλεκτρονικός μηχανικός.
- Το προγραμματιστικό τμήμα του προϊόντος το οποίο το αναλαμβάνει ηλεκτρονικός μηχανικός ή μηχανικός ηλεκτρονικών υπολογιστών.
- Το τμήμα παραγωγής του προϊόντος το οποίο το αναλαμβάνει μηχανολόγος μηχανικός σε συνεργασία με μηχανικό παραγωγής και διοίκησης.
- Το τμήμα ασφάλειας και ελέγχου του προϊόντος το οποίο το αναλαμβάνει εξειδικευμένος μηχανικός ανεξαρτήτου ειδικότητας.

Καθόλη την διάρκεια του σχεδιασμού, τα διάφορα τμήματα και οι ομάδες αυτών λειτουργούν σε συνεργασία για την παραγωγή του βέλτιστου αποτελέσματος. Ως αποτέλεσμα στις σύγχρονες βιομηχανικές μονάδες, αξιοποιούνται σύγχρονα ψηφιακά εργαλεία για τον σχεδιασμό και την συνολική ανάπτυξη του προϊόντος. Στα πλαίσια της ανάπτυξης αυτής χρησιμοποιούνται εργαλεία διαμοιρασμού πληροφοριών, και παράλληλου και συνδυαστικού σχεδιασμού τύπου BIM (Building Information Modelling) προς επιτάχυνση της διαδικασίας ανάπτυξης και διόρθωσης του σχεδιασμού (Liu, et. al., 2022).



Εικόνα 10 Περιβάλλον διαμοιρασμού πληροφοριών και σχεδιασμού BIM, πηγή <https://www.nset.ca/revit-mep-bim>

Σε αυτό το πλαίσιο ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο παίζει η εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων μάνατζμεντ και διαχείρισης προσωπικού, προκειμένου η διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος να προχωρήσει αποδοτικά και με το βέλτιστο επίπεδο συσχετισμού κόστος – οφέλους. Η αναγκαιότητα της εφαρμογής των μεθόδων αυτού του τύπου, υπογραμμίζεται από το γεγονός πως σχεδόν το σύνολο των ψηφιακών προγραμμάτων του τομέα, ενθαρρύνουν την συνεργασία μεταξύ τμημάτων και ομάδων, και τον διαμοιρασμό και αποθήκευση πληροφοριών (Wang, et. al., 2018; Zhang, et. al., 2019).

3.5. Περιορισμοί

Παρά τις πολλαπλές δυνατότητες που προσδίδονται από τα σύγχρονα ψηφιακά εργαλεία στην διαδικασία του σχεδιασμού, ως γενικότερη διαδικασία ενέχει βασικούς

περιορισμούς, οι οποίοι και επηρεάζουν το σύνολο των διαδικασιών. Ο πρώτος και βασικότερος αποτελεί το ζήτημα της οικονομικής ανάπτυξης και κοστολόγησης του τελικού προϊόντος, κάτι που σε πολλές περιπτώσεις έχει προκαλέσει την ακύρωση της συνολικής διαδικασίας (Davila Delgado, et. al., 2020).

Οι οικονομικοί παράγοντες μπορούν να μεταβάλουν σημαντικά και τους σχεδιαστικούς στόχους, ενώ παράλληλα διαμορφώνει και την τελική απόφαση της τελικής παραγωγής, η οποία σε πολλές περιπτώσεις λαμβάνεται μετά την ολοκλήρωση της σχεδιαστικής διαδικασίας. Γενικότερα οι διοικητικές αποφάσεις παίζουν κρίσιμο ρόλο στην συνολική διαδικασία, καθώς σε διοικητικό επίπεδο τίθενται οι προδιαγραφές του προϊόντος, οι οποίες ωστόσο προσαρμόζονται καθόλη την διάρκεια της διαδικασίας, λόγω λοιπών προκλήσεων που ενδεχομένως εγερθούν (Davila Delgado, et. al., 2020).

Ένας ακόμα περιορισμός μπορεί ακόμα να αποτελέσει η εφαρμογή των διαφόρων βιομηχανικών και ποιοτικών προτύπων, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν επιπλοκές στο σύνολο των σταδίων σχεδιασμού, ενώ η τακτική επικαιροποίησή τους από τους αντίστοιχους οργανισμούς προτυποποίησης, μπορεί να δημιουργήσει σύγχυση στο εσωτερικό του τμήματος σχεδιασμού. Η τήρηση των προτύπων είναι απαραίτητη για την διανομή του προϊόντος στην αντίστοιχη αγορά για την οποία προορίζεται (Pradel, et. al., 2018).

Άλλοι περιορισμοί σε αυτό το πλαίσιο αποτελεί η διαφοροποίηση μεταξύ των διαφόρων αγορών ως προς τις απαιτήσεις των καταναλωτών από τα διάφορα προϊόντα. Για τον λόγο αυτό, η έρευνα αγοράς αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της διαδικασίας του σχεδιασμού και της ανάπτυξης των προϊόντων. Για τον λόγο αυτό το τμήμα του σχεδιασμού βρίσκεται σε άμεση επικοινωνία με τα τμήματα μάρκετινγκ, και τις λοιπές διοικητικές δομές, προς διαμοιρασμό των πληροφοριών για την βελτιστοποίηση της διαδικασίας (Cross, 2021).

Μία τελευταία πρόκληση αποτελούν οι συνθήκες διανομής και αποθήκευσης των προϊόντων, τα οποία ανάλογα με τις δυνατότητες της εκάστοτε αγοράς, θα πρέπει να διαμορφωθούν καταλλήλως, έως ότου διατεθούν προς πώληση. Γενικά το ζήτημα αυτό αφορά προϊόντα ευαίσθητης φύσης, ωστόσο σε ορισμένες περιπτώσεις

βιομηχανικών προϊόντων, το φαινόμενο επηρεάζει τις διαδικασίες ανάπτυξης αυτών (Cross, 2021).

Κεφάλαιο 4 – Σχεδιασμός ηλεκτρικών οχημάτων

4.1. Διεθνής εμπειρία

Η προσπάθεια προώθησης της ηλεκτροκίνησης σε παγκόσμιο επίπεδο έχει προκαλέσει ισχυρές μεταβολές στην νοοτροπία σχεδιασμού των αυτοκινητοβιομηχανιών που δραστηριοποιούνται στον τομέα. Λόγω της αύξησης της ζήτησης σε ηλεκτρικά οχήματα, οι εταιρείες έχουν επιταχύνει την ανάπτυξη προϊόντων οι οποίες καλύπτουν το μεγαλύτερο εύρος των απαιτήσεων των καταναλωτών. Ως αποτέλεσμα ο σχεδιασμός των οχημάτων αποτελεί κρίσιμης σημασίας για την βιωσιμότητα των εταιρειών, και για την ανταπόκριση στις απαιτήσεις των αγορών (Tsakalidis & Thiel, 2018).

Παράλληλα ωστόσο η διαμόρφωση του σχεδιασμού επηρεάζεται άμεσα και από τις αγορές δραστηριοποίησης, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζονται άμεσα από τις εφαρμοζόμενες πολιτικές στον τομέα της ηλεκτροκίνησης. Λόγω της αναγκαιότητας για την άμεση μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση, η οποία προκύπτει λόγω των περιβαλλοντικών προκλήσεων που εγείρονται σε παγκόσμιο επίπεδο, οι προτεραιότητες στον τομέα έχουν μεταβληθεί σημαντικά, ενώ παράλληλα εγείρονται νέες προκλήσεις σε αυτόν (Agora, et al., 2021).

Η τάση στην σύγχρονη ηλεκτροκίνηση βρίσκει τις ρίζες της στην προσπάθεια της Tesla να αναπτύξει ένα σύγχρονο ηλεκτρικό όχημα, υψηλών προδιαγραφών και αποδοτικότητας, το οποίο θα μπορούσε να ανταποκριθεί σε υψηλές απαιτήσεις ενός γρήγορου οχήματος, προς κατάρριψη των επιχειρημάτων πως τα ηλεκτρικά οχήματα δεν είναι εξίσου αποδοτικά με τα συμβατικά. Ωστόσο η ανάπτυξη της εταιρείας κατά την τελευταία δεκαετία σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές πολιτικές που εφαρμόζονται σε ΗΠΑ και ΕΕ, έχουν προσεγγίσει το ενδιαφέρον και άλλων εταιρειών στον τομέα (Backe, Korpas & Tomasgard, 2021).

Η διαφοροποίηση μεταξύ των ευρωπαϊκών και της αμερικανικής αγοράς, στον τομέα της ηλεκτροκίνησης αποτελεί όμοια με αυτή που υφίσταται και στον τομέα της συμβατικής κίνησης. Συγκεκριμένα η αμερικανική αγορά χαρακτηρίζεται από οχήματα υψηλής ιπποδύναμης, προκειμένου να είναι σε θέση να ανταποκριθούν σε αυξημένο αριθμό χιλιομετρικών αποστάσεων σε καθημερινή βάση, και λόγω της χαμηλής τιμής των καυσίμων. Αντιθέτως τα οχήματα τα οποία πωλούνται στις ευρωπαϊκές αγορές, βασίζονται στον χαμηλό κυβισμό και την οικονομική αποδοτικότητα, τόσο λόγω της υψηλής τιμής των καυσίμων, όσο και λόγω των μικρότερων αποστάσεων που διανύουν οι χρήστες τους σε καθημερινή βάση (Backe, Korpas & Tomasgard, 2021).

Ως αποτέλεσμα οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα καλούνται είτε να ισορροπήσουν τις προδιαγραφές μεταξύ των δύο αγορών, είτε να αναπτύξουν διαφορετικά προϊόντα για την εκάστοτε αγορά. Λόγω της διαμόρφωσης των καταναλωτικών συνηθειών μεταξύ των δύο αγορών, η σχεδιαστική νοοτροπία στις αντίστοιχες αγορές είναι η εξής (Melin & Heidrich, 2021):

- Ευρωπαϊκές αγορές:
 - Χαμηλό κόστος πώλησης.
 - Άνεση στο εσωτερικό του οχήματος.
 - Αντοχή μπαταρίας και διάρκεια φόρτισης.
 - Αποδοτική κίνηση σε δύσκολα οδικά δίκτυα.

- Αμερικανική αγορά:
 - Υψηλή ιπποδύναμη
 - Αυξημένη χωρητικότητα μπαταρίας και ταχύτητα φόρτισης.
 - Άνεση στο εσωτερικό του οχήματος.
 - Δυνατότητες αυτόνομης οδήγησης.

Η αύξηση της ζήτησης και η συνεχής προσπάθεια βελτίωσης των μπαταριών στον τομέα, έχει οδηγήσει σε αύξηση του κόστους των απαραίτητων υλικών για την κατασκευή των συσσωρευτών, και των υπεραγωγών (superconductors), με αποτέλεσμα και το αυξημένο κόστος πώλησης των οχημάτων. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε μειωμένες πωλήσεις στην ευρωπαϊκή αγορά, όπου ο μέσος καταναλωτής δεν είναι σε θέση να προμηθευτεί ένα νέο ηλεκτρικό όχημα λόγω χαμηλού εισοδήματος, ενώ αντίστοιχα στις ΗΠΑ, η αγορά επηρεάζεται από τις συνεχείς μεταβολές στο πολιτικό περιβάλλον του τομέα, με την νομοθεσία να μεταβάλλεται ανά δύο έτη (Chu & Majumdar, 2012).

Τα κίνητρα προς τους καταναλωτές στην ευρωπαϊκή αγορά έχουν οδηγήσει τις εταιρείες στην επιτάχυνση των προγραμμάτων σχεδιασμού ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ παραδοσιακές αυτοκινητοβιομηχανίες όπως η Volkswagen, η Peugeot, και η Citroen, προχωρούν στην ανάπτυξη «οικονομικών» ηλεκτρικών οχημάτων, προς απόσπαση μεριδίου της αγοράς, πριν τις αμερικανικές εταιρείες. Ο ανταγωνισμός στον τομέα σε συνδυασμό με τις επιπλοκές που προκύπτουν από τον καθορισμό των πατεντών των επιμέρους εξαρτημάτων και των λογισμικών στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, έχουν δημιουργήσει ένα περιβάλλον το οποίο ωφελεί μεν τους καταναλωτές, αλλά προκαλεί περιορισμούς και προκλήσεις στον σχεδιασμό των οχημάτων (Chu & Majumdar, 2012).

4.2. Τεχνολογίες

Ο τομέας της ηλεκτροκίνησης, διαφέρει σημαντικά από τον τομέα των συμβατικών οχημάτων, καθώς προσδίδει πολλαπλές δυνατότητες για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών τόσο στους τομείς των μπαταριών και των κινητήρων, όσο και στα ψηφιακά μέσα τα οποία αξιοποιεί ο χρήστης κατά την οδήγηση. Λόγω της διαμόρφωσης των δεδομένων της κίνησης, ο χρήστης βασίζεται στα ηλεκτρονικά όργανα το οχήματος, τα οποία τον ενημερώνουν για την κατάσταση του οχήματος, την υγεία και την φόρτιση της μπαταρίας, καθώς επίσης και άλλους παράγοντες όπως βλάβες τα οποία δεν γίνονται εξ αρχής αισθητά λόγω της διαφοροποίησης από τα

συμβατικά οχήματα (Raugei, Hutchinson & Morrey, 2018; Saudi, Sinaga, Roespinoedji & Razimi, 2019).

Συγκεκριμένα βασικό ρόλο παίζουν τα συστήματα ηλεκτρονικών αισθητήρων σε όλες τις λειτουργίες του οχήματος, καθώς επίσης και το σύστημα απεικόνισης και επεξεργασίας των δεδομένων από πλευράς οδηγού, είτε προς προσαρμογή της οδήγησής του, είτε προς επίλυση των θεμάτων που παρουσιάζονται στο όχημα. Η έλλειψη ήχου κατά την λειτουργία του οχήματος «ξενίζει» την πλειονότητα των οδηγών οι οποίοι, ειδικότερα οι πιο έμπειροι, έχουν συνηθίσει την ταυτοποίηση προβλημάτων με βάση τους ήχους του οχήματος, κάτι που στα ηλεκτρικά οχήματα απαιτεί τον ηλεκτρονικό εντοπισμό (Deng, Alvaro, Toledo & Caraguay, 2020).

Παράλληλα σημαντικό ρόλο παίζει και η τεχνολογία της μπαταρίας η οποία καθορίζει τόσο την αυτονομία, όσο και την οδηγική άνεση, ιδίως σε μεγάλες αποστάσεις. Στην περίπτωση της μπαταρίας οι βασικές τεχνολογίες οι οποίες παίζουν ρόλο αποτελούν (Raugei, Hutchinson & Morrey, 2018):

- Το σύστημα ανάκτησης ενέργειας.
- Η τεχνολογία και η χωρητικότητα της μπαταρίας.
- Το σύστημα ψύξης της μπαταρίας.
- Το σύστημα φόρτισης.
- Το σύστημα καταγραφής και αποτύπωσης της κατάστασης της μπαταρίας.

Άλλα τεχνολογικά πεδία στην ηλεκτροκίνηση περιλαμβάνουν, το σύστημα αυτόνομης οδήγησης, το σύστημα multimedia στο εσωτερικό του οχήματος, το αντικλεπτικό σύστημα σε συνδυασμό με το σύστημα οικιακού φορτιστή, το σύστημα γεωεντοπισμού, και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Με βάση τα παραπάνω διαμορφώνονται τα βασικά στοιχεία αυτονομίας, ταχύτητας και ταχύτητας φόρτισης του οχήματος, ενώ τα λοιπά στοιχεία διαμορφώνουν τον εσωτερικό και εξωτερικό σχεδιασμό του οχήματος (Raugei, Hutchinson & Morrey, 2018).

Λόγω της απουσίας μεγάλου αριθμού κινητών μερών, ρεζερβουάρ και συστήματος λίπανσης – ψύξης του οχήματος, μειώνεται σημαντικά το βάρος του οχήματος και ο

όγκος των εξαρτημάτων, με αποτέλεσμα τον υψηλότερο βαθμό ελευθερίας στον σχεδιασμό του εσωτερικού του οχήματος, και του εξωτερικού του. Ως αποτέλεσμα οι σχεδιαστικές ομάδες στον τομέα, απολαμβάνουν μεγαλύτερη ευελιξία, καθώς είναι σε θέση να εκμεταλλευτούν τις σύγχρονες καινοτομίες στον τομέα της τεχνολογίας υλικών, και να αυξήσουν την αεροδυναμικότητα του οχήματος προκειμένου να βελτιώσουν τις επιδόσεις του (Shahzad, 2012).

4.3. Προκλήσεις

Οι σύγχρονες προκλήσεις στον τομέα της ηλεκτρικής αυτοκίνησης διαμορφώνονται λόγω του πολιτικού κλίματος στον τομέα, αλλά και λόγω των προκλήσεων στον τομέα των εφοδιαστικών αλυσίδων. Όπως προαναφέρθηκε η απότομη αύξηση της ζήτησης για ηλεκτρικά οχήματα, σε συνδυασμό με την απουσία κεφαλαίου από πλευράς καταναλωτών για την προμήθεια ηλεκτρικών οχημάτων, δημιουργεί ένα αβέβαιο πεδίο στον τομέα. Κύρια παράμετρος στην διαμόρφωση της αγοράς αποτελεί η διαθεσιμότητα υλικών κατασκευής μπαταριών, και δη μπαταριών υψηλής σωρευτικής ικανότητας, οι οποίες αποτελούν απαραίτητες για την παραγωγή οχημάτων υψηλής αυτονομίας (Pollet, Staffell & Shang, 2012; Wilberforce et al., 2017).

Λόγω της απουσίας διαθεσιμότητας υλικών το κόστος παραγωγής αυξάνεται σημαντικά με τις εταιρείες να καλούνται να επιλέξουν είτε χαμηλή αυτονομία και χαμηλό κόστος, μία πρακτική την οποία εφαρμόζουν εταιρείες όπως η Citroen για την παραγωγή φθηνών οχημάτων, είτε στην παραγωγή οχημάτων υψηλής αυτονομίας και προδιαγραφών, και επομένως υψηλού κόστους, μία πρακτική την οποία εφαρμόζουν εταιρείες όπως η Audi και η Tesla, τα οχήματα των οποίων χαρακτηρίζονται ως «πολυτελή» (Pollet, Staffell & Shang, 2012).

Το αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η στασιμότητα στην πρόοδο του τομέα, αλλά και η μείωση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών στις δυνατότητες αυτής, ένα φαινόμενο στο οποίο οι εταιρείες καλούνται να ανταποκριθούν με ταχείς ρυθμούς. Επιπλέον σε πολλές χώρες όπως η Ελλάδα, παρά την εφαρμογή μέτρων

κινητοποίησης των καταναλωτών για αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, χωρίς ωστόσο να υφίστανται οι απαραίτητες υποδομές ταχυφόρτισης στο ελληνικό οδικό δίκτυο. Παράλληλα η απουσία υψηλού ποσοστού ηλεκτρικών οχημάτων στην ελληνική αγορά, αποτρέπει την αύξηση της τεχνογνωσίας στον τομέα του διαγνωστικού ελέγχου και της συντήρησης των οχημάτων αυτού του τύπου από τους επαγγελματίες του τομέα (Wilberforce et al., 2017).

Ως αποτέλεσμα μειώνεται περαιτέρω η αξιοπιστία του τομέα προς τους καταναλωτές, οι οποίοι υπολογίζουν το γεγονός πως σε περίπτωση βλάβης δεν θα γνωρίζουν σε ποιον θα απευθυνθούν για την επισκευή του οχήματός τους. Το υψηλό κόστος αποτελεί επίσης αποτρεπτικό παράγοντα, καθώς ο μέσος Έλληνας καταναλωτής δεν είναι σε θέση να καλύψει το κόστος προμήθειας του οχήματος, ενώ παράλληλα δεν υφίσταται το απαραίτητο δίκτυο φόρτισης στην χώρα για την κάλυψη των αναγκών των οδηγών, σε περίπτωση απότομης αύξησης του ποσοστού των ηλεκτρικών οχημάτων (Zakaria, Hamid, Abdellatif & Imane, 2019).

Κεφάλαιο 5- Συμπεράσματα

5.1. Σύνοψη συμπερασμάτων

Η εργασία αυτή μελετά ορισμένα βασικά ζητήματα που σχετίζονται με την παραγωγή ηλεκτρικών αυτοκινήτων ως βιομηχανικά προϊόντα με έμφαση στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη αυτών. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζονται οι δυνατότητες της αυτοκίνησης με τη χρήση ηλεκτρικού κινητήρα, οι περιορισμοί, οι προκλήσεις και οι ευκαιρίες με επίκεντρο στην ασφάλεια και τη βιωσιμότητα της παραγωγικής διαδικασίας.

Το πρώτο συμπέρασμα που ανακύπτει για την ηλεκτροκίνηση από την έρευνα είναι πως η ανάγκη για ανάπτυξη τέτοιων τεχνολογιών υπαγορεύεται από την ύπαρξη μιας κλιματικής και ενεργειακής κρίσης στην παγκόσμια αγορά. Οι κρίσεις αυτές έχουν οδηγήσει στην ανάγκη για τη μείωση εκπομπών αερίων από τα αυτοκίνητα όπως και για εξοικονόμηση ενέργειας.

Η ηλεκτροκίνηση αποτελεί μια σημαντική λύση στο πρόβλημα που σχετίζεται με τη ρύπανση και την σπανιότητα των πόρων. Τα ηλεκτρικά οχήματα δεν παράγουν καυσαέρια και είναι ενεργειακά αποδοτικά και, ταυτόχρονα, μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς τη χρήση diesel ή άλλου καυσίμου αποκλειστικά με μπαταρία, συνήθως σιδήρου-νικελίου (τρένα) ή ιόντων λιθίου (αυτοκίνητα) ή και πυριτίου. Στόχος είναι η αυτονομία του οχήματος, η ασφάλεια και η δυνατότητα ταχείας φόρτισης.

Το δεύτερο συμπέρασμα που ανακύπτει είναι πως, παρότι η ηλεκτροκίνηση παρουσιάζεται ως μια νέα τεχνολογία, στην πραγματικότητα οι πρώτες ανακαλύψεις στον τομέα έγιναν τον 16^ο αιώνα και η πρώτη πετυχημένη μηχανή δημιουργήθηκε τον 19^ο αιώνα. Έκτοτε, και ενώ η χρήση της είναι περιορισμένη σε σχέση με τα Ι.Χ., σε πολλά κράτη του πλανήτη χρησιμοποιούνται οι τεχνολογίες της ηλεκτροκίνησης στα ΜΜΜ.

Μέσω αυτής της διαδικασίας, έχει μειωθεί σημαντικά το κόστος της μεταφοράς, όπως και ο κίνδυνος της κλιματικής αλλαγής. Επίσης, η επιτυχής εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης στον επαγγελματικό τομέα, όπως τα ΜΜΜ και η παραγωγή, συνδράμει στη βελτίωση των εργαλείων σχεδιασμού, τεχνικών, υλικών και κατασκευαστικών διαδικασιών παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων.

Έπειτα, το τρίτο συμπέρασμα που προκύπτει από τη μελέτη είναι πως ο σχεδιασμός μπορεί, σήμερα, να γίνεται με ψηφιακά μέσα και συνεργασία διαφορετικών κλάδων των μηχανικών όπως οι μηχανολόγοι, οι μηχανικοί αυτοκινήτων και οι μηχανικοί ηλεκτρονικών υπολογιστών. Δεδομένου πως η σχεδίαση και ανάπτυξη των οχημάτων γίνεται με σχεδιαστικά προγράμματα, επιτρέπεται το να γίνει έλεγχος της αντοχής των υλικών, της απόδοσης και της ενεργειακής κατανάλωσης πριν την παραγωγή του οχήματος. Ως εκ τούτου, αυξάνεται σημαντικά το επίπεδο ασφαλείας και ποιότητας της παραγωγής ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Το τέταρτο, έπειτα, συμπέρασμα το οποίο προκύπτει είναι πως η εμπειρία των τελευταίων αιώνων σε σχέση με την ηλεκτροκίνηση έχει συνδράμει στο να αναπτυχθούν τρόποι να σχεδιαστούν οχήματα ελαφρά, μεν, αξιόπιστα, δε, ασφαλή για χρήση στο οδικό δίκτυο και για οδήγηση. Τα ηλεκτρικά οχήματα σχεδιάζονται σήμερα με φουτουριστικό τρόπο και είναι ιδιαίτερα ενεργειακά αποδοτικά, άρα, χαμηλού κόστους.

Η δυνατότητα επαναφόρτισης των μπαταριών που προσφέρεται όπως και το γεγονός πως, μέσω του φρεναρίσματος, η μπαταρία του αυτοκινήτου φορτίζει, καθώς και η αύξηση της διαθεσιμότητας των ταχυφορτιστών, σε συνδυασμό με τα κίνητρα που παρέχουν τα κράτη ανά τον κόσμο, καθιστούν τα ηλεκτρικά οχήματα το μέλλον στην αυτοκίνηση. Για το λόγο αυτό, απαιτείται να εξεταστεί το πως αναπτύσσονται οι εν λόγω τεχνολογίες.

Αυτή είναι και η ουσιαστική συμβολή της έρευνας αυτής στη διαθέσιμη ακαδημαϊκή βιβλιογραφία. Η εργασία έχει ως στόχο το να λειτουργεί ως μια πλήρης ανασκόπηση σύγχρονων πηγών, που βασίζονται σε πρόσφατα δεδομένα και ευρήματα βιβλιογραφικών αναφορών και υπερβαίνουν τα στερεότυπα και τις προκαταλήψεις για την ηλεκτροκίνηση.

Επίσης, εξετάζει το πως εξελίσσεται η τεχνολογία του σχεδιασμού βιομηχανικών προϊόντων με την εισαγωγή των τεχνολογιών του αυτοματισμού και της πληροφορικής. Προκύπτει πως, τα νέα λογισμικά, δίνουν δυνατότητα σε μηχανικούς να σχεδιάσουν πλήρη οχήματα με χαμηλό κόστος και ρίσκο. Επιπλέον, δίνεται δυνατότητα της σύγκρισης των διαφορετικών υλικών και μηχανισμών με στόχο το τελικό προϊόν να είναι το βέλτιστο δυνατό.

5.2. Περιορισμοί

Σε ό,τι αφορά τους περιορισμούς της παρούσας έρευνας, ο πρώτος που αναφέρεται είναι πως η έρευνα αυτή είναι βιβλιογραφική και βασίζεται σε μια κριτική ανασκόπηση των ευρημάτων τρίτων. Συνεπώς, δεν πραγματοποιήθηκε κάποια πρωτογενής έρευνα.

Για να ξεπεραστεί ο περιορισμός αυτός και να αποφευχθεί το να είναι οι πληροφορίες που δίνονται πολωμένες ή ανακριβείς, έγινε σύνθεση πληθώρας πηγών, αναζητώντας πληροφορίες για το ίδιο θέμα από ένα σύνολο άρθρων. Αυτό μπορεί κανείς να το διαπιστώσει από την ανάγνωση της πτυχιακής, αφού διαπιστώνεται πως για κάθε μια από τις θεματικές χρησιμοποιούνται δεκάδες αναφορών που παρατίθενται πλήρως σε ειδική λίστα (βιβλιογραφία) στο τέλος της εργασίας.

Έπειτα, ο δεύτερος περιορισμός αφορά πως, πολλές από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι πατενταρισμένες. Ενώ για τις παλαιότερες τεχνολογίες αυτοκίνησης διατίθενται σχέδια και αναλυτικές μελέτες, για τα σύγχρονα ηλεκτρικά οχήματα υπάρχουν κυρίως περιγραφικές μελέτες.

5.3. Προτάσεις

Κάθε έρευνα ακαδημαϊκού χαρακτήρα έχει ως στόχο το να καλύψει τα ακαδημαϊκά / ερευνητικά κενά που εντόπισε ο συγγραφέας της. Το πρώτο κενό που εντοπίζεται είναι πως, όπως αναφέρεται, δεν υπάρχει πρωτογενές υλικό στη μελέτη.

Έτσι, η πρόταση που διατυπώνεται είναι να γίνει ποσοτική έρευνα με τη χρήση ερωτηματολογίων που θα απευθύνεται σε διαφορετικούς κλάδους των μηχανικών. Στόχος της θα είναι η διερεύνηση των απόψεών τους σε σχέση με:

- προκλήσεις
- δυνατότητες
- ιδιαιτερότητες
- ευκαιρίες,

στο σχεδιασμό ενός ηλεκτρικού οχήματος.

Η δεύτερη πρόταση που διατυπώνεται είναι να γίνει σε συνεργασία με άλλους επιστήμονες μηχανικούς, ο σχεδιασμός ενός αυτοκινήτου που θα περιλαμβάνει όλα τα δομικά του εξαρτήματα και θα περιλαμβάνει μια εκτίμηση του κόστους σε σχέση με το όφελος και την αντοχή για κάθε υλικό. Σημειώνεται, ωστόσο, πως ο σχεδιασμός ενός ηλεκτρικού οχήματος είναι μια διαδικασία απαιτητική, χρονοβόρα και κοστοβόρα, άρα, απαιτεί χρηματοδότηση.

Η τρίτη πρόταση που γίνεται αφορά τη διερεύνηση των απόψεων των Ελλήνων καταναλωτών σε σχέση με την ηλεκτροκίνηση. Και στην περίπτωση αυτή, προτείνεται η έρευνα να είναι ποσοτικού χαρακτήρα, με τη χρήση ερωτηματολογίου.

Βιβλιογραφία

- Alaswad, A., Baroutaji, A., Achour, H., Carton, J., Al Makky, A., & Olabi, A. G. (2016). Developments in fuel cell technologies in the transport sector. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(37), 16499-16508.
- Albert, D. (2019). Are We There Yet?: The American Automobile Past, Present, and Driverless. Διαθέσιμο σε: https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=BAN1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=Indeed,+the+example+of+Tesla+electric+vehicles+showed+the+importance+of+the+engine+being+able+to+freeze,+the+battery+being+reliable+and+the+frame+and+exterior+of+the+car+being+more+resilient+to+withstand+a+possible+crash.+The+safety+of+the+driver,+inde&ots=SS7I3-fcL_&sig=Q1OHRRCcLbUOdyFOsvLrCk4jBmg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- Arora, A., Niese, N., Dreyer, E., Waas, A., & Xie, A. (2021). Why Electric Cars Can't Come Fast Enough. *Boston Consulting Group: Boston, MA, USA*.
- Baars, J., Domenech, T., Bleischwitz, R., Melin, H. E., & Heidrich, O. (2021). Circular economy strategies for electric vehicle batteries reduce reliance on raw materials. *Nature Sustainability*, 4(1), 71-79.
- Backe, S., Korpås, M., & Tomasgard, A. (2021). Heat and electric vehicle flexibility in the European power system: A case study of Norwegian energy communities. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 125, 106479.
- Bamwesigye, D., & Hlavackova, P. (2019). Analysis of sustainable transport for smart cities. *Sustainability*, 11(7), 2140.

- Bobeth, S., & Matthies, E. (2018). New opportunities for electric car adoption: the case of range myths, new forms of subsidies, and social norms. *Energy Efficiency*, 11(7), 1763-1782.
- Cao, Y., Yang, S., Min, G., Zhang, X., Song, H., Kaiwartya, O., & Aslam, N. (2017). A cost-efficient communication framework for battery-switch-based electric vehicle charging. *IEEE Communications Magazine*, 55(5), 162-169.
- Christensen, T. (Ed.). (2011). *Solid waste technology and management*. John Wiley & Sons.
- Chu, S., & Majumdar, A. (2012). Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *nature*, 488(7411), 294-303.
- Coyle, E. D., & Simmons, R. A. (2014). *Understanding the global energy crisis*. Purdue University Press.
- Deng, Q., Alvarado, R., Toledo, E., & Caraguay, L. (2020). Greenhouse gas emissions, non-renewable energy consumption, and output in South America: the role of the productive structure. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(13), 14477-14491.
- Dijk, M., Orsato, R. J., & Kemp, R. (2013). The emergence of an electric mobility trajectory. *Energy policy*, 52, 135-145.
- Dost, P. K. H. (2020). Mechanical Drive Train System. In *Multi-functional Power Electronics Tailored for Energy Conversion Plants* (pp. 21-45). Springer Vieweg, Wiesbaden.
- Ferreira, H. A. (2019). Impacts on Grid Integration Electric Vehicles—Definition. *Capa para eBook-Com imagem*, 27.
- Garetti, M., & Taisch, M. (2012). Sustainable manufacturing: trends and research challenges. *Production planning & control*, 23(2-3), 83-104.
- Giampaolo, A. (2020). *Compressor handbook: principles and practice*. CRC Press.

- Government of India (2019). Ministry of Housing and Urban Affairs (MoHUA) and Rocky Mountain Institute (RMI). Electric Mobility: Policy Workbook. 2019. Διαθέσιμο σε: <https://rmi.org/wp-content/uploads/2019/07/rmi-electric-mobility.pdf>.
- Guan, B., Zhan, R., Lin, H., & Huang, Z. (2015). Review of the state-of-the-art of exhaust particulate filter technology in internal combustion engines. *Journal of environmental management*, 154, 225-258.
- Guarnieri, M. (2012, September). Looking back to electric cars. In *2012 Third IEEE HISTory of ELECTro-technology CONFerence (HISTELCON)* (pp. 1-6). IEEE.
- Hannan, M. A., Lipu, M. H., Hussain, A., & Mohamed, A. (2017). A review of lithium-ion battery state of charge estimation and management system in electric vehicle applications: Challenges and recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 834-854.
- Hayashiya, H., & Kondo, K. (2020). Recent trends in power electronics applications as solutions in electric railways. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 15(5), 632-645.
- Helmers, E., & Marx, P. (2012). Electric cars: technical characteristics and environmental impacts. *Environmental Sciences Europe*, 24(1), 1-15.
- Kapustin, N. O., & Grushevenko, D. A. (2020). Long-term electric vehicles outlook and their potential impact on electric grid. *Energy Policy*, 137, 111103.
- Larminie, J., & Lowry, J. (2012). *Electric vehicle technology explained*. John Wiley & Sons.
- Larminie, J., & Lowry, J. (2012). *Electric vehicle technology explained*. John Wiley & Sons.
- Manfren, M., Caputo, P., & Costa, G. (2011). Paradigm shift in urban energy systems through distributed generation: Methods and models. *Applied energy*, 88(4), 1032-1048.

- Mehar, S., Zeadally, S., Remy, G., & Senouci, S. M. (2014). Sustainable transportation management system for a fleet of electric vehicles. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 16(3), 1401-1414.
- Mersky, A. C., Sprei, F., Samaras, C., & Qian, Z. S. (2016). Effectiveness of incentives on electric vehicle adoption in Norway. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, 56-68.
- Mohseni, F., Magnusson, M., Görling, M., & Alvfors, P. (2012). Biogas from renewable electricity—Increasing a climate neutral fuel supply. *Applied energy*, 90(1), 11-16.
- Mulvaney, D., Richards, R. M., Bazilian, M. D., Hensley, E., Clough, G., & Sridhar, S. (2021). Progress towards a circular economy in materials to decarbonize electricity and mobility. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110604.
- Nanaki, E. A., & Koroneos, C. J. (2016). Climate change mitigation and deployment of electric vehicles in urban areas. *Renewable energy*, 99, 1153-1160.
- Nicholas, M., & Hall, D. (2018). Lessons learned on early electric vehicle fast-charging deployments. *International Council on Clean Transportation*, 7-26.
- Pollet, B. G., Staffell, I., & Shang, J. L. (2012). Current status of hybrid, battery and fuel cell electric vehicles: From electrochemistry to market prospects. *Electrochimica Acta*, 84, 235-249.
- Porter, L., Stone, J., Legacy, C., Curtis, C., Harris, J., Fishman, E., ... & Stilgoe, J. (2018). The autonomous vehicle Revolution: Implications for planning/The driverless city?/autonomous vehicles—a planner's response/autonomous vehicles: Opportunities, challenges and the need for government action/three signs autonomous vehicles will not lead to less car ownership and less car use in car dependent cities—a case study of Sydney, Australia/planning for autonomous vehicles? Questions of purpose, place and pace/ensuring good governance: The role of planners in the development of autonomous vehicles *Planning Theory & Practice*, 19(5), 753-778.

- Pukalskas, S., Rimkus, A., Melaika, M., & Pečeliūnas, R. (2018). Comparison of conventional and hybrid cars exploitation costs. *Advances in Science and Technology. Research Journal*, 12(1).
- Quak, H., Nesterova, N., & van Rooijen, T. (2016). Possibilities and barriers for using electric-powered vehicles in city logistics practice. *Transportation Research Procedia*, 12, 157-169.
- Rai, R., Rajput, M., Agrawal, M., & Agrawal, S. B. (2011). Gaseous air pollutants: a review on current and future trends of emissions and impact on agriculture. *Journal of Scientific Research*, 55(771), 1.
- Rajashekara, K. (2013). Present status and future trends in electric vehicle propulsion technologies. *IEEE journal of emerging and selected topics in power electronics*, 1(1), 3-10.
- Raugei, M., Hutchinson, A., & Morrey, D. (2018). Can electric vehicles significantly reduce our dependence on non-renewable energy? Scenarios of compact vehicles in the UK as a case in point. *Journal of Cleaner Production*, 201, 1043-1051.
- Reitz, R. D., Ogawa, H., Payri, R., Fansler, T., Kokjohn, S., Moriyoshi, Y., ... & Zhao, H. (2020). IJER editorial: The future of the internal combustion engine. *International Journal of Engine Research*, 21(1), 3-10.
- Sabri, M. F. M., Danapalasingam, K. A., & Rahmat, M. F. (2016). A review on hybrid electric vehicles architecture and energy management strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1433-1442.
- Saudi, M. H. M., Sinaga, O., Roespinoedji, D., & Razimi, M. S. A. (2019). The role of renewable, non-renewable electricity consumption and carbon emission in development in Indonesia: Evidence from Distributed Lag Tests. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(3), 46.
- Secinaro, S., Brescia, V., Calandra, D., & Biancone, P. (2020). Employing bibliometric analysis to identify suitable business models for electric cars. *Journal of cleaner production*, 264, 121503.

- Shahzad, U. (2012). The need for renewable energy sources. *energy*, 2, 16-18.
- Siegel, J. E. (2013). *CloudThink and the Avacar: embedded design to create virtual vehicles for cloud-based informatics, telematics, and infotainment* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Tsakalidis, A., & Thiel, C. (2018). Electric vehicles in Europe from 2010 to 2017: is full-scale commercialisation beginning. *An overview of the Evolution of Electric Vehicles in Europe*.
- Turton, R. K. (2012). *Principles of turbomachinery*. Springer Science & Business Media.
- Vuchic, V. R. (2007). *Urban transit systems and technology*. John Wiley & Sons.
- Wang, N., Tang, L., & Pan, H. (2019). A global comparison and assessment of incentive policy on electric vehicle promotion. *Sustainable Cities and Society*, 44, 597-603.
- Wang, S., & Hao, J. (2012). Air quality management in China: Issues, challenges, and options. *Journal of Environmental Sciences*, 24(1), 2-13.
- Wang, W., Wang, L., Xiong, H., & Luo, R. (2019). A review and perspective for research on moisture damage in asphalt pavement induced by dynamic pore water pressure. *Construction and Building Materials*, 204, 631-642.
- Wilberforce, T., El-Hassan, Z., Khatib, F. N., Al Makky, A., Baroutaji, A., Carton, J. G., & Olabi, A. G. (2017). Developments of electric cars and fuel cell hydrogen electric cars. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(40), 25695-25734.
- Williams, T. (2016). *EMC for product designers*. Newnes.
- Zakaria, H., Hamid, M., Abdellatif, E. M., & Imane, A. (2019, July). Recent advancements and developments for electric vehicle technology. In *2019 International Conference of Computer Science and Renewable Energies (ICCSRE)* (pp. 1-6). IEEE.

- Ugural, A. C., Chung, Y., & Ugural, E. A. (2018). *Mechanical design of machine components: SI version*. Taylor & Francis.
- Wu, W., Hu, W., Qian, G., Liao, H., Xu, X., & Berto, F. (2019). Mechanical design and multifunctional applications of chiral mechanical metamaterials: A review. *Materials & design*, *180*, 107950.
- Sanchez-Villamañan, M. D. C., Gonzalez-Vargas, J., Torricelli, D., Moreno, J. C., & Pons, J. L. (2019). Compliant lower limb exoskeletons: a comprehensive review on mechanical design principles. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, *16(1)*, 1-16.
- Al-Ketan, O., & Abu Al-Rub, R. K. (2019). Multifunctional mechanical metamaterials based on triply periodic minimal surface lattices. *Advanced Engineering Materials*, *21(10)*, 1900524.
- Ferdous, W., Manalo, A., Wong, H. S., Abousnina, R., AlAjarmeh, O. S., Zhuge, Y., & Schubel, P. (2020). Optimal design for epoxy polymer concrete based on mechanical properties and durability aspects. *Construction and Building Materials*, *232*, 117229.
- Chen, F., & Terken, J. (2023). Design Process. In *Automotive Interaction Design* (pp. 165-179). Springer, Singapore.
- Szmytka, F., Osmond, P., Rémy, L., Masson, P. D., Forré, A., & Hoche, F. X. (2019). Some recent advances on thermal–mechanical fatigue design and upcoming challenges for the automotive industry. *Metals*, *9(7)*, 794.
- O'Brien, L., Cho, E., Khara, A., Lavranos, J., Lommerse, L., & Chen, C. (2021). 3D-printed custom-designed prostheses for partial hand amputation: Mechanical challenges still exist. *Journal of Hand Therapy*, *34(4)*, 539-542.
- Harder, A., Hausmann, M., Kraus, B., Kirchner, E., & Hasse, A. (2022). Sensory Utilizable Design Elements: Classifications, Applications and Challenges. *Applied Mechanics*, *3(1)*, 160-173.

- Lugnet, J., Ericson, Å., & Larsson, A. (2021). Realization of agile methods in established processes: challenges and barriers. *Applied Sciences*, *11*(5), 2043.
- Dadsetani, R., Sheikhzade, G. A., Goodarzi, M., Zeeshan, A., Ellahi, R., & Safaei, M. R. (2021). Thermal and mechanical design of tangential hybrid microchannel and high-conductivity inserts for cooling of disk-shaped electronic components. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *143*(3), 2125-2133.
- Meng, D., Xie, T., Wu, P., Zhu, S. P., Hu, Z., & Li, Y. (2020). Uncertainty-based design and optimization using first order saddle point approximation method for multidisciplinary engineering systems. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering*, *6*(3), 04020028
- Liu, G., Xiong, Y., & Rosen, D. W. (2022). Multidisciplinary design optimization in design for additive manufacturing. *Journal of Computational Design and Engineering*, *9*(1), 128-143.
- Wang, L., Xiong, C., & Yang, Y. (2018). A novel methodology of reliability-based multidisciplinary design optimization under hybrid interval and fuzzy uncertainties. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, *337*, 439-457.
- Zhang, F., de Dear, R., & Hancock, P. (2019). Effects of moderate thermal environments on cognitive performance: A multidisciplinary review. *Applied Energy*, *236*, 760-777.
- Davila Delgado, J. M., Oyedele, L., Beach, T., & Demian, P. (2020). Augmented and virtual reality in construction: drivers and limitations for industry adoption. *Journal of Construction Engineering and Management*, *146*(7), 04020079.
- Pradel, P., Zhu, Z., Bibb, R., & Moultrie, J. (2018). A framework for mapping design for additive manufacturing knowledge for industrial and product design. *Journal of Engineering Design*, *29*(6), 291-326.
- Cross, N. (2021). *Engineering design methods: strategies for product design*. John Wiley & Sons.