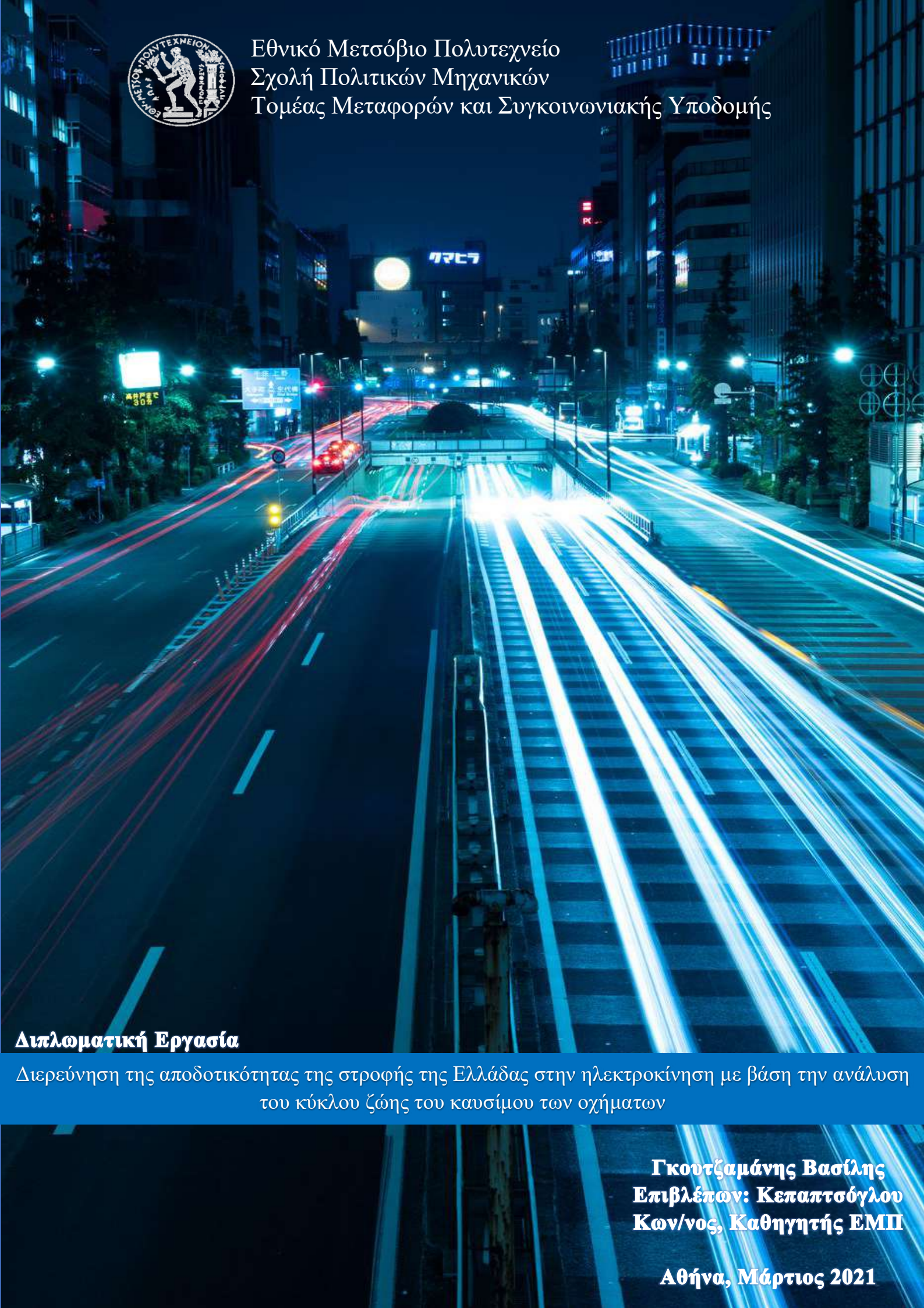




Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής



Διπλωματική Εργασία

Διερεύνηση της αποδοτικότητας της στροφής της Ελλάδας στην ηλεκτροκίνηση με βάση την ανάλυση του κύκλου ζωής του καυσίμου των οχημάτων

Γκουτζαμάνης Βασίλης
Επιβλέπων: Κεραπτσόγλου
Κων/νος, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2021

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ABSTRACT.....	9
Ευχαριστίες.....	10
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή	11
1.1 Σκοπός και Αντικείμενο	11
1.3 Οργάνωση Τόμου	12
Κεφάλαιο 2 – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	13
2.1 Κύκλος ζωής στον τομέα των πωλήσεων	13
2.2 Μεθοδολογία ανάλυσης κύκλου ζωής ενός προϊόντος	13
2.3 Περιβαλλοντική ανάλυση κύκλου ζωής ενός προϊόντος	13
2.4 Ανάλυση κύκλου κόστους.....	14
2.5 Ανάλυση κοινωνικού κύκλου ζωής	14
2.6 Ανάλυση κύκλου ζωής στις μεταφορές.....	14
2.7 Κατηγορίες ηλεκτρικών οχημάτων.....	16
2.8 Σταθμοί φόρτισης.....	17
2.9 Είδη φόρτισης.....	17
2.10 Έρευνες σχετικές με την εργασία	17
Κεφάλαιο 3 – Μεθοδολογία.....	40
3.1 Γενικά στοιχεία για το πρόγραμμα GREET.....	40
3.2 Δεδομένα εισόδου και εξόδου	41
3.3 Πόροι που χρησιμοποιούνται στο GREET MODEL	42
3.4 Τεχνολογία	43
3.5 Συντελεστές εκπομπών άνθρακα και θείου	44
3.6 Οχήματα που θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο.....	44
3.7 Πολιτική της Ελλάδας για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης στις μεταφορές.....	53

3.8 Φορολογικά κίνητρα για την απόκτηση ηλεκτρικών οχημάτων	54
3.9 Ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας	54
3.10 Διαδικασία εισαγωγής των χαρακτηριστικών των οχημάτων στο λογισμικό	57
3.11 Εισαγωγή των ενεργειακών μειγμάτων για την Ελλάδα στο λογισμικό GREET	63
Κεφάλαιο 4 – Πίνακες αποτελεσμάτων και συμπεράσματα	65
4.1 Πίνακες για το αποτύπωμα των οχημάτων ως προς τους ρύπους από το λογισμικό GREET	65
4.2 Συζήτηση πάνω στα αποτελέσματα με βάση τις μεταβολές του ενεργειακού μείγματος	67
4.3 Σενάρια για την εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα	69
4.4 Συζήτηση των αποτελεσμάτων αύξησης ή μείωσης των ρύπων	78
4.5 Συμπεράσματα και προτάσεις μελλοντικής έρευνας	80
Βιβλιογραφία	82

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Κύκλος ζωής ενός προϊόντος (Pettinger, 2019)	13
Εικόνα 2 Τυπικός Κύκλος ζωής καυσίμου και οχήματος (Khana, et al., 2019)	15
Εικόνα 3 Κύκλος ζωής καυσίμου (Khana, et al., 2019)	15
Εικόνα 4 Επιμέρους στάδια του κύκλου ζωής του καυσίμου (Khana, et al., 2019).....	16
Εικόνα 5 Κατανομή της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ηλεκτρικό επιβατικό αυτοκίνητο (Holmberg & Erdemir, 2010).....	18
Εικόνα 6 Αποτύπωμα εκπομπών CO ₂ για κινητήρα εσωτερικής καύσης και ηλεκτρικά επιβατικά αυτοκίνητα σύμφωνα με την πηγή ενέργειας καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας (Holmberg & Erdemir, 2010) .	19
Εικόνα 7 Παράδειγμα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς ηλεκτρικά ,μόνο ηλεκτρικά και σύνολο. Αριστερά δεν εφαρμόστηκε διαχείριση φορτίου και οι μπαταρίες φορτίζονται αμέσως μετά την χρήση. Δεξιά εφαρμόζεται διαχείριση φορτίου μεταξύ 11:00 μμ και 7:00 πμ. (Bellekom, et al., 2012)	20
Εικόνα 8 Ετήσια υπέρβαση στο Ολλανδικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας το 2020 με βάση την εγκατεστημένη ισχύ σε αιολική ενέργεια (Bellekom, et al., 2012)	22
Εικόνα 9 Ετήσια έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας το 2020 χωρίς διαχείριση φορτίου και φόρτιση των οχημάτων ακριβώς μετά την χρήση (Bellekom, et al., 2012)	22
Εικόνα 10 Αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων χωρίς αιολική ενέργεια και με 10 GW αιολική. Το γράφημα Α δείχνει την περίσσεια η την έλλειψη σε ενέργεια το Β την παραγωγή των συμβατικών σταθμών παραγωγής και το Γ τις ώρες έλλειψης του ηλεκτρικού συστήματος. (Bellekom, et al., 2012)	23
Εικόνα 11 Ένταση ορυκτής ενέργειας κύκλου ζωής και ένταση άνθρακα για βενζίνη και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2009 (Que, et al., 2015).....	24
Εικόνα 12 Χωρητικότητα μπαταρίας, βάρος μπαταρίας, συνολικό βάρος αυτοκινήτου, εύρος πλήρους μπαταρίας και κατανάλωση καυσίμου (Que, et al., 2015)	24
Εικόνα 13 Εκπομπές CO ₂ ανάλογα με τον τύπου οχήματος : BEV=ηλεκτρικό με μπαταρία και ICEV=συμβατικό με κινητήρα εσωτερικής καύσης (Que, et al., 2015).....	25
Εικόνα 14 g CO ₂ / km ανάλογα με τον τύπο του οχήματος (Mierlo, et al., 2016)	26
Εικόνα 15 g CO ₂ /km ανά τύπο οχήματος και βαθμό χρησιμοποίησης ηλεκτρισμού (Mierlo, et al., 2016)..	26
Εικόνα 16 g NMVOC /km ανάλογα με τον τύπο του οχήματος (Mierlo, et al., 2016)	27
Εικόνα 17 g PM ₁₀ / km ανάλογα με τον τύπο του οχήματος (Mierlo, et al., 2016)	27
Εικόνα 18 Ενεργειακή ζήτηση και εκπομπές ρύπων CO ₂ για το 2036 πριν την εισχώρηση ηλεκτρικών οχημάτων σε αυτή (Winuchakrit, et al., 2017)	28
Εικόνα 19 Ενεργειακή ζήτηση και εκπομπές ρύπων CO ₂ για το 2036 μετά την εισχώρηση ηλεκτρικών οχημάτων σε αυτή (Winuchakrit, et al., 2017)	29
Εικόνα 20 Μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για το διάστημα 2015-2016 στην Σκωτία (Milev, et al., 2020)	30
Εικόνα 21 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορους πόρους για το 2015-2016 στην Σκωτία (Milev, et al., 2020).....	30
Εικόνα 22 Σύγκριση μεταξύ της τωρινής και της μελλοντικής ζήτησης από άποψη ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος για μεταφορές (Milev, et al., 2020)	31
Εικόνα 23 gCO ₂ /km ανάλογα τον τύπο οχήματος (Zeng, et al., 2021)	33
Εικόνα 24 Μετρήσεις για τα δύο σενάρια για τις εκπομπές CO ₂ ανάλογα με τις παραμέτρους εξέτασης (Zeng, et al., 2021).....	34
Εικόνα 25 Στάδια κύκλου ζωής του καυσίμου και του οχήματος (Zheng & Peng, 2021)	35
Εικόνα 26 Στάδια well-to-tank και tank-to-wheel για τα ICEVs και BEVs (Zheng & Peng, 2021).....	36
Εικόνα 27 Σύγκριση μεταξύ BEVs και ICEVs από άποψη CO ₂ για την Νορβηγία (Zheng & Peng, 2021)	38
Εικόνα 28 Σύγκριση μεταξύ BEVs και ICEVs από άποψη CO ₂ για την Κίνα (Zheng & Peng, 2021).....	38
Εικόνα 29 Σύγκριση μεταξύ BEVs και ICEVs από άποψη CO ₂ παγκοσμίως (Zheng & Peng, 2021)	39
Εικόνα 30 Κύκλοι ζωής καυσίμου και οχήματος κατά την πλατφόρμα του GREET και επεξήγηση τους (National Academic Press, 2017).....	40
Εικόνα 31 Στάδια well-to-wheels και well-to-pump κατά GREET Πηγή : https://greet.es.anl.gov/greet/gettingstarted/wtw.html	41
Εικόνα 32 Η πυραμίδα του GREET MODEL	42

Εικόνα 33	Ενδεικτική εικόνα για την φόρτιση του Nissan Leaf	Πηγή : https://www.4troxoi.gr/epikairota/kosmos/oi-poliseis-toy-nissan-leaf-xeperasan-tis-100000-stin-iaponia	47
Εικόνα 34	Ταξινομήσεις ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη για τον μήνα Ιανουάριο	Πηγή : https://www.autogreeknews.gr/nea/pwliseis-autokinitwn/no1-stin-eyropi-to-toyota-corolla-hybrid	47
Εικόνα 35	Ταξινομήσεις ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη για τον μήνα Φεβρουάριο	Πηγή : https://www.autogreeknews.gr/nea/pwliseis-autokinitwn/no1-stin-eyropi-to-toyota-corolla-hybrid	48
Εικόνα 36	Διαστάσεις του Toyota Corolla Hybrid	Πηγή : https://www.toyota.gr/new-cars/corolla-hatchback/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPARIsAFDTLTL1I9QTsIQ61hvGzLJdAQkwkd967dBen1AVPwZcCAR1E8trESVBTG8aAIHvEALw_wcB	51
Εικόνα 37	Οι τρεις διαστάσεις που εξετάζονται από τον δείκτη WET για την Ελλάδα στην περίοδο 2000-2020 (World Energy Council, 2020)		55
Εικόνα 38	Ενεργειακό μείγμα για την Ελλάδα το ημερολογιακό έτος 2018	Πηγή : https://www.dapeep.gr/viosimi-anaptixi/energeiako-meigma/	56
Εικόνα 39	Ενεργειακό μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για την Ελλάδα το έτος 2019	Πηγή : https://www.dapeep.gr/viosimi-anaptixi/energeiako-meigma/	57
Εικόνα 40	Παράμετροι για την εισαγωγή των δεδομένων του οχήματος Nissan Leaf στο GREET		58
Εικόνα 41	Παράμετροι κατανάλωσης και ενεργειακό μείγμα για την τροφοδοσία του οχήματος στο λογισμικό GREET για το όχημα Nissan Leaf		59
Εικόνα 42	Παράμετροι χρήσης του οχήματος Toyota Corolla Hybrid στο λογισμικό GREET		60
Εικόνα 43	Παράμετροι κατανάλωσης και ενεργειακού μείγματος για το όχημα Toyota Corolla Hybrid στο GREET		61
Εικόνα 44	Παράμετροι χρήσης για το όχημα Toyota Corolla Hatchback ICEV 1,2 lt στο GREET		62
Εικόνα 45	Παράμετροι κατανάλωσης και ενεργειακού μείγματος για το όχημα Toyota Corolla Hatchback ICEV 1,2 lt στο GREET		63
Εικόνα 46	Ενεργειακό μείγμα για το έτος 2018 για την Ελλάδα στο λογισμικό GREET		64
Εικόνα 47	Ενεργειακό μείγμα για το έτος 2019 για την Ελλάδα στο λογισμικό GREET		64

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Η ποσότητα CO ₂ που εκπέμπεται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από κάθε πηγή ρεύματος στα μελλοντικά σενάρια (Milev, et al., 2020)	31
Πίνακας 2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά από τα επιλεγμένα οχήματα (Zeng, et al., 2021)	32
Πίνακας 3 Βελτιωμένες παράμετροι για τα επιλεγμένα οχήματα και μείγματα παραγωγής ενέργειας ανάλογα με το σενάριο (Zeng, et al., 2021)	34
Πίνακας 4 Επιλεγμένα οχήματα και τα χαρακτηριστικά τους (Zheng & Peng, 2021)	36
Πίνακας 5 Μείγματα παραγωγής ηλεκτρισμού για διάφορα κράτη και παγκοσμίως (Zheng & Peng, 2021)	37
Πίνακας 6 Εκπομπές CO ₂ από τα BEVs κατά τις διάφορες διεργασίες τους (Zheng & Peng, 2021)	37
Πίνακας 7 Προδιάγραφες Nissan Leaf Πηγή : https://www.nissan.gr/vehicles/my-nissan-manuals.html	44
Πίνακας 8 Διαστάσεις/Χωρητικότητες Nissan Leaf Πηγή : https://www.nissan.gr/vehicles/my-nissan-manuals.html	45
Πίνακας 9 Επιδόσεις Nissan Leaf Πηγή : https://www.nissan.gr/vehicles/my-nissan-manuals.html	46
Πίνακας 10 Φόρτιση Nissan Leaf Πηγή : https://www.nissan.gr/vehicles/my-nissan-manuals.html	46
Πίνακας 11 Καταναλώσεις & εκπομπές CO ₂ και τύπος καυσίμου για το Toyota Corolla Hybrid Πηγή : https://www.toyota.gr/new-cars/corolla-hatchback/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPArisAFDTLTL1I9QTsIQ61hvGzLJdAQkwkd967dBen1AVPwZcCAR1E8trESVBTG8aAIHvEALw_wcB	48
Πίνακας 12 Τύπος καυσίμου & εκπομπές καυσαερίων για το Toyota Corolla Hybrid Πηγή : https://www.toyota.gr/new-cars/corolla-hatchback/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPArisAFDTLTL1I9QTsIQ61hvGzLJdAQkwkd967dBen1AVPwZcCAR1E8trESVBTG8aAIHvEALw_wcB	49
Πίνακας 13 Κινητήρας & επιδόσεις για το Toyota Corolla Hybrid Πηγή : https://www.toyota.gr/new-cars/corolla-hatchback/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPArisAFDTLTL1I9QTsIQ61hvGzLJdAQkwkd967dBen1AVPwZcCAR1E8trESVBTG8aAIHvEALw_wcB	49
Πίνακας 14 Βάρη & διαστάσεις για το Toyota Corolla Hybrid Πηγή : https://www.toyota.gr/new-cars/corolla-hatchback/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPArisAFDTLTL1I9QTsIQ61hvGzLJdAQkwkd967dBen1AVPwZcCAR1E8trESVBTG8aAIHvEALw_wcB	50
Πίνακας 15 Ρύποι για το όχημα Nissan Leaf με το ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας για το έτος 2018 από το GREET	65
Πίνακας 16 Ρύποι για το όχημα Nissan Leaf για το ενεργειακό μείγμα του έτους 2019 για την Ελλάδα από το GREET	65
Πίνακας 17 Ρύποι για το όχημα Toyota Corolla Hybrid 1,8 lt από το GREET	66
Πίνακας 18 Ρύποι για το όχημα Toyota Corolla Hatchback ICEV 1,2 lt από το GREET	66
Πίνακας 19 Μεταβολές της ενεργειακής μεταβολής ανά πόρο	67
Πίνακας 20 Ποσοστιαίες μεταβολές για τους ρύπους για το Nissan Leaf	68
Πίνακας 21 Σύγκριση BEV και ICEV με βάση τους ρύπους	68
Πίνακας 22 Σύγκριση BEV και HEV με βάση τους ρύπους	69
Πίνακας 23 Δεδομένα για το σενάριο του 2020	70
Πίνακας 24 Αριθμός ηλεκτρικών οχημάτων ανά έτος από το 2016	70
Πίνακας 25 Ποσοστά οχημάτων ανά τεχνολογία για το έτος 2020	71
Πίνακας 26 Χιλιόμετρα ανά τύπο οχήματος για το 2020	71
Πίνακας 27 Εκπομπές ρύπων ανά όχημα	71
Πίνακας 28 Συνολικοί όγκοι ρύπων για το 2020	72
Πίνακας 29 Αριθμός οχημάτων ΙΧ ανά έτος από το 2010 έως το 2030	73
Πίνακας 30 Δεδομένα για το σενάριο "αισιόδοξο" σενάριο του 2030	74
Πίνακας 31 Ποσοστά οχημάτων ανά τεχνολογία για το "αισιόδοξο" σενάριο του 2030	74
Πίνακας 32 Συνολικά χιλιόμετρα ανά τύπο οχήματος για το "αισιόδοξο" σενάριο του 2030	74
Πίνακας 33 Συνολικοί όγκοι ρύπων για το "αισιόδοξο" σενάριο του 2030	74

Πίνακας 34 Μελλοντικές προβλέψεις για τα ηλεκτρικά οχήματα έως το έτος 2030	75
Πίνακας 35 Μελλοντικές προβλέψεις για τα υβριδικά οχήματα έως το έτος 2030	76
Πίνακας 36 Δεδομένα για το "ρεαλιστικό" σενάριο του 2030	76
Πίνακας 37 Ποσοστά οχημάτων ανά τεχνολογία για το "ρεαλιστικό" σενάριο του 2030	76
Πίνακας 38 Συνολικά χιλιόμετρα ανά τύπο οχήματος για το "ρεαλιστικό" σενάριο του 2030	77
Πίνακας 39 Εκπομπές ρύπων ανά όχημα	77
Πίνακας 40 Συνολικοί όγκοι ρύπων για το "ρεαλιστικό" σενάριο του 2030	78
Πίνακας 41 Σύγκριση των μελλοντικών σεναρίων για το 2030	79

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ρύπανση του περιβάλλοντος έχει αρνητικές επιπτώσεις εδώ και χρόνια τον πλανήτη καθώς βλάπτει μακροπρόθεσμα την υγεία των ανθρώπων καθώς και των οικοσυστημάτων. Ο βασικός λόγος της αύξησης αυτών των ρύπων είναι η αύξηση της της χρήσης των ιδιωτικών οχημάτων λόγω των αναγκών του ανθρώπου και της βελτίωσης του βιοτικού του επιπέδου ανά την υφήλιο

Μέρος της λύσης αυτού του προβλήματος τα τελευταία χρόνια εφάπτεται στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στα οχήματα έτσι ώστε να είναι περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον ή ακόμα και καθόλου ρυπογόνα από τη χρήση ηλεκτροκίνητων οχημάτων των οποίων τα καύσιμα προέρχονται βεβαίως από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και όχι από ορυκτά καύσιμα τα οποία χρησιμοποιούνται όλα αυτά τα χρόνια από τα συμβατικά οχήματα με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Με την πάροδο του χρόνου όλο και περισσότερες χώρες ενθαρρύνουν την αγορά αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων. Θα πρέπει όμως να τονιστεί σε αυτό το σημείο ότι για να χαρακτηριστεί ένα ηλεκτρικό όχημα φιλικό προς το περιβάλλον θα πρέπει η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιεί να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έτσι ώστε να μειώνονται στην ουσία του κύκλου ζωής του καυσίμου οι ρύποι του προς το περιβάλλον.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέξαμε τρία οχήματα με διαφορετικές τεχνολογίες το καθένα (βενζινοκίνητο, υβριδικό και ηλεκτρικό) . Μέσω του κατάλληλου λογισμικού (GREET) και λαμβάνοντας το ενεργειακό τους αποτύπωμα χρησιμοποιώντας το ελληνικό ενεργειακό μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αναπτύξαμε τρία σενάρια. Το πρώτο αφορά το παρόν και τα άλλα δύο το 2030 (μέλλον). Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από την σύγκριση των ρύπων των τριών επιλεγμένων οχημάτων και την σύγκριση μεταξύ των σεναρίων που καταστρώσαμε είναι ότι τα ηλεκτρικά οχήματα είναι αρκετά αποδοτικά από άποψη εκπομπών ρύπων ακόμα και με τις πιο συντηρητικές και δυσμενείς θεωρήσεις.

ABSTRACT

Environmental pollution has been having a negative impact on the planet for years as it harms human health and ecosystems in the long run. The main reason for the increase in these pollutants is the increase in the use of private vehicles due to human needs and the improvement of living standards around the world.

Part of the solution to this problem in recent years has been the development of new technologies in vehicles so that they are more environmentally friendly or even non-polluting from the use of electric vehicles whose fuel is of course from renewable energy sources and not from fossil fuels. which have been used all these years by conventional vehicles with internal combustion engines.

Over time, more and more countries are encouraging the purchase of purely electric vehicles. However, it should be emphasized at this point that in order for an electric vehicle to be classified as environmentally friendly, the electricity it uses must come from renewable energy sources so that its pollutants are reduced to the substance of the fuel life cycle.

In this dissertation we have selected three vehicles with different technologies each (petrol, hybrid and electric). Through the appropriate software (GREET) and taking their energy footprint using the Greek energy mix of electricity generation we developed three scenarios. The first concerns the present and the other two in 2030 (future). The main conclusion that emerges from the comparison of the emissions of the three selected vehicles and the comparison between the scenarios we have developed is that the electric vehicles are quite efficient in terms of emissions even with the most conservative and unfavorable views.

Ευχαριστίες...

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί το τέλος της προπτυχιακών μου σπουδών στην Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέδραμαν στην ανάθεση και στην εκπόνηση αυτής της εργασίας και γενικά στις σπουδές μου.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου και επιβλέποντα τον Δρ. Κεπαπτσόγλου Κωνσταντίνο, για την ανάθεση καθώς και την πολύτιμη βοήθεια του στην εκπόνηση αυτής της εργασίας που αποτελεί σύμφωνα με τις Ευρωπαϊκές τάσεις ένα σύγχρονο και πολλά υποσχόμενο για το περιβάλλον θέμα.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Μητρόπουλο Λάμπρο, για την άψογη συνεργασία που είχαμε και τον χρόνο που αφιέρωσε για να μου δώσει τις κατευθυντήριες γραμμές για την εκπόνηση της.

Βέβαια, από αυτό το κείμενο δεν θα μπορούσαν να λείπουν οι φίλοι μου (Γιάννης, Θεοχάρης, Παναγιώτης) που θέλω να τους ευχαριστήσω και αυτούς για τις στιγμές που περάσαμε μαζί.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ τους γονείς μου που μου στάθηκαν και μου στέκονται πιστεύοντας σε εμένα όλα αυτά τα χρόνια βοηθώντας με να τελειώσω μια δύσκολη σχολή όπως αυτή των Πολιτικών Μηχανικών.

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στον τομέα των μεταφορών βρίσκεται στο επίκεντρο διεθνούς συζήτησης για το κατά πόσο αυτό θα μπορέσει να συμβάλει στην άμβλυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου μακροπρόθεσμα. Αυτό έχει οδηγήσει τις αυτοκινητοβιομηχανίες στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτροκίνητων οχημάτων (αμιγώς ή υβριδικά) καθώς και στην ανάπτυξη της τεχνολογίας πάνω στον τομέα των μπαταριών που χρησιμοποιούνται καθώς και στην αυτονομία τους ανάμεσα στις φορτίσεις. Έχουν δημιουργηθεί τρεις κατηγορίες ηλεκτρικών οχημάτων για να καλύψουν το φάσμα του αγοραστικού κοινού και αυτές είναι τα ηλεκτρικά, τα υβριδικά και τέλος τα plug-in υβριδικά οχήματα. Τα πρώτα λειτουργούν μόνο με ηλεκτρική ενέργεια η οποία προέρχεται από μια μεγάλης αυτονομίας μπαταρία. τα δεύτερα διαθέτουν μια μικρότερη μπαταρία σε σχέση με τα πρώτα η οποία λειτουργεί μόνο σε χαμηλές ταχύτητες για τις μετακινήσεις εντός του αστικού κύκλου και φορτίζονται από την θερμότητα που παράγεται από το όχημα στην διάρκεια για παράδειγμα της πέδησης αλλά και άλλων λειτουργιών του που εξάγουν θερμότητα. Στις περιπτώσεις που αυξηθεί η ταχύτητα πάνω από το όριο που αντέχει η μπαταρία η ενέργεια προέρχεται από ορυκτά καύσιμα (βενζίνη ή ντίζελ). Τα τελευταία είναι σχεδόν ίδια με τα δεύτερα με την μόνη διαφορά ότι η μπαταρία τους φορτίζεται σε σταθμούς επαναφόρτισης οχημάτων και όχι με συστήματα ανάκτησης ενέργειας από το ίδιο το όχημα. Για παράδειγμα, στην Μ. Βρετανία τα οχήματα με μειωμένες εκπομπές ρύπων αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 7% των συνολικών πωλήσεων κατά το πρώτο τρίμηνο του 2020, δηλαδή 2% περισσότερο από τα αντίστοιχα ποσοστά του 2019 και του 2018. Σύμφωνα με αναλύσεις που γίνονται από Βρετανούς αναλυτές, τα οχήματα με χαμηλές εκπομπές ρύπων θα αντιπροσωπεύουν περίπου το 25% των νέων ταξινομήσεων, το 2031 θα αντιπροσωπεύουν το 50% και το 2035 το 75%, γεγονός που θέτει στη επικαιρότητα την απαγόρευση της πώλησης βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων οχημάτων από το 2040 από την κυβέρνηση (ΑΠΕ-ΜΠΕ, 2020). Καταλήγοντας η συζήτηση που γίνεται πάνω στο κομμάτι της απομάκρυνσης των συμβατικών οχημάτων και την εισχώρηση των ηλεκτρικών στις μεταφορές εστιάζει στο ότι για να μειωθούν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι στο μέτρο που οι θεσμοί επιβάλλουν πρέπει η ηλεκτρική ενέργεια να παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διότι αν αυτό δεν συμβεί τότε οι μειώσεις θα είναι πολύ μικρές σε σχέση με το κόστος για την αγορά και την παραγωγή αυτών των οχημάτων.

1.1 Σκοπός και Αντικείμενο

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της αποδοτικότητας από την στροφή της Ελλάδος στην ηλεκτροκίνηση στον τομέα των μεταφορών με βάση την ανάλυση του κύκλου ζωής του καυσίμου στα οχήματα. Στην αρχή, θα παρουσιαστούν κάποιοι βασικοί ορισμοί. Δηλαδή πιο συγκεκριμένα θα αναλυθεί τι εννοούμε γενικά όταν αναφερόμαστε στον κύκλο ζωής, τι νοείται ως κύκλος ζωής στις μεταφορές και τέλος θα ορίσουμε με σαφήνεια και πιο ειδικά το πυλώνα της ανάλυσης που θα γίνει που είναι ο κύκλος ζωής του καυσίμου στα ηλεκτροκίνητα οχήματα. Στο σημείο αυτό θα γίνει μια ανασκόπηση στην διεθνή βιβλιογραφία που θα παρουσιάζονται κάποιες μελέτες σε άλλες χώρες και τα αποτελέσματα που εξάγονται από αυτές μέσα από διαγράμματα και πίνακες. Επιπροσθέτως, θα διευκρινιστεί η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί δηλαδή το εργαλείο (GREET) που θα χρησιμοποιήσουμε για να είναι επαρκώς κατανοητό και ευκρινές στον αναγνώστη πως λειτουργεί αυτό το πρόγραμμα, ποια δεδομένα χρειάζεται και ποια αποτελέσματα εξάγει καθώς και τα χαρακτηριστικά των οχημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην μελέτη, (Toyota Corolla Υβριδικής τεχνολογίας και Nissan Leaf αμιγούς ηλεκτρικής τεχνολογίας). Τέλος, σύμφωνα με τις Ευρωπαϊκές οδηγίες από τα αρμόδια όργανα της

Ένωσης για την μείωση των εκπομπών ρύπων και τους στόχους που έχουν τεθεί θα εξάγουμε το ζητούμενο της συγκεκριμένης μελέτης δηλαδή του κέρδους ή όχι της χώρας μας από την μεταστροφή στις ηλεκτροκινούμενες μεταφορές μακροπρόθεσμα. Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή των συμπερασμάτων είναι το κυβερνητικό σχέδιο της χώρας για την εγχώρια αυτοκίνηση, η μίξη των παραγόντων που παράγουν ενέργεια (ανανεώσιμες ή μη) για την κάλυψη των αναγκών της καθώς και ο τρόπος με τον οποίον παράγεται ηλεκτρισμός στην χώρα.

1.3 Οργάνωση Τόμου

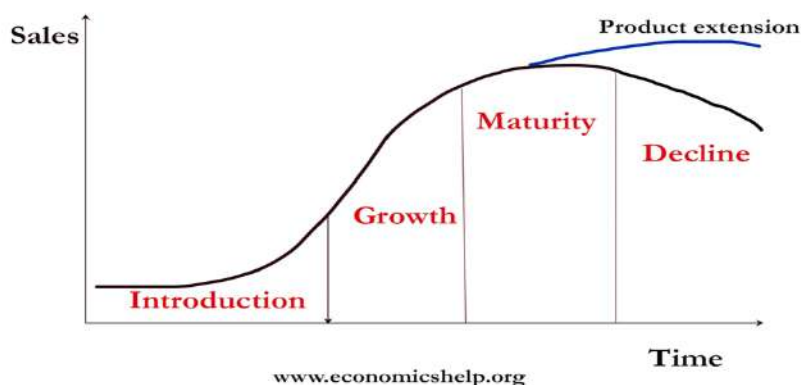
Η διπλωματική εργασία αποτελείται από τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται κάποιες βασικές έννοιες για να γίνει κατανοητό το περιεχόμενο (τι είναι ο κύκλος ζωής γενικά, στον τομέα των μεταφορών) και στη συνέχεια παρουσιάζονται παρεμφερείς μελέτες που για να γίνει ευκρινές το πόσο αυξάνονται οι έρευνες παγκοσμίως και τι αποτελέσματα απορρέουν από αυτές. Σε αυτό το σημείο θα προστεθούν και οι Ευρωπαϊκές οδηγίες για την μείωση των ρύπων μέσω της ανάπτυξης της ηλεκτροκίνησης. Στο δεύτερο μέρος ακολουθεί το κομμάτι της μεθοδολογίας όπου παρουσιάζεται ο τρόπος που λειτουργεί το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί (GREET), τι παραμέτρους χρειάζεται για να εξάγει αποτελέσματα και θα γίνει ποιοτικός χαρακτηρισμός των αποτελεσμάτων αυτών. Τέλος, στο τρίτο και τελευταίο μέρος θα παρουσιαστούν οι πόροι από τους οποίους η Ελλάδα παράγει ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των εγχώριων αναγκών της καθώς και το σχέδιο της κυβέρνησης για την μεταστροφή των μεταφορών στην ηλεκτροκίνηση. Στην κατακλείδα θα παρουσιαστούν κάποια σενάρια από τα οποία θα γίνεται χαρακτηρισμός της αποδοτικότητας της αντικατάστασης των συμβατικών οχημάτων εσωτερικής καύσης από ηλεκτροκινούμενα οχήματα.

Κεφάλαιο 2 – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Κύκλος ζωής στον τομέα των πωλήσεων

Ως κύκλος ζωής ενός προϊόντος (Pettinger, 2019) νοείται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την εισαγωγή του στην αγορά έως και την τελική του πτώση (απόσυρση). Ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος περιλαμβάνει 4 φάσεις :

- Την εισαγωγή του (introduction stage) στην αγορά. Πιο συγκεκριμένα η πρώτη φάση περιλαμβάνει τον καθορισμό της τιμής του προϊόντος, τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την προώθησή του καθώς και την δημιουργία ζήτησης για το προϊόν αυτό.
- Το στάδιο ανάπτυξης του (growth stage) που περιλαμβάνει την προσπάθεια της επιχείρησης για αύξηση της ζήτησης του προϊόντος και των εσόδων από την πώληση του.
- Το στάδιο ωρίμανσης του (Maturity stage) που περιλαμβάνει την παγίωση του στην αγορά με ταυτόχρονη αύξηση του ανταγωνισμού.
- Το στάδιο της παρακμής του (Decline stage) που περιλαμβάνει την πτώση του προϊόντος από άποψη πωλήσεων και προτίμησής του έναντι άλλων προϊόντων.



Εικόνα 1 Κύκλος ζωής ενός προϊόντος (Pettinger, 2019)

2.2 Μεθοδολογία ανάλυσης κύκλου ζωής ενός προϊόντος

Η μεθοδολογία της ανάλυσης του κύκλου ζωής ενός προϊόντος γενικά ονομάζεται LCA και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το 1960 στις ΗΠΑ από τον Harold Smith για τον προσδιορισμό της ενεργειακής ζήτησης για την παραγωγή χημικών προϊόντων (Mitropoulos & Prevedouros, 2018). Αναφέρεται συνήθως στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο από την χρήση από το στάδιο της εξαγωγής του μέχρι το τέλος του.

2.3 Περιβαλλοντική ανάλυση κύκλου ζωής ενός προϊόντος

Η περιβαλλοντική εκδοχή της ανάλυσης κύκλου ζωής ενός προϊόντος, ELCA προσδιορίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα στάδια ενός κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή διαδικασίας είναι : απόκτηση της πρώτης ύλης, βιομηχανοποίηση, χρήση, επαναχρησιμοποίηση, συντήρηση και ανακύκλωση / διαχείριση αποβλήτων (Mitropoulos & Prevedouros, 2018).

Αποτελεί μέρος των προτύπων περιβαλλοντικών συστήματος ISO 14000 και διαρθρώνεται σε τέσσερις φάσεις :

1. Ορισμός στόχου και πεδίου: μια μελέτη ELCA ξεκινά με μια ρητή δήλωση του στόχου και του πεδίου εφαρμογής, η οποία καθορίζει το πλαίσιο της μελέτης και εξηγεί πώς θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα. Στο πεδίο εφαρμογής μιας AKZ πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία:
2. Ανάλυση αποθέματος : η ανάλυση που περιγράφει τις ροές ενέργειας από και προς το σύστημα για τα διαφορετικά στάδια ζωής. Περιλαμβάνει την ποσοτικοποίηση των δεδομένων εισόδου-εξόδου
3. Εκτίμηση επιπτώσεων: είναι η ανάλυση και η αξιολόγηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος ή συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να είναι ενεργειακές, αιολικές, υλικές, τοξικές ψυχολογικές κλπ.
4. Ερμηνεία: σε αυτή τη φάση συνοψίζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποθέματος και της εκτίμησης επιπτώσεων.

2.4 Ανάλυση κύκλου κόστους

Η ανάλυση κύκλου κόστους Life Cycle Cost (LCC) (Mitropoulos & Prevedouros, 2018) προσδιορίζει το κόστος ενός προϊόντος ή υπηρεσίας από την κατασκευή μέχρι την εναπόθεση του στην αγορά.

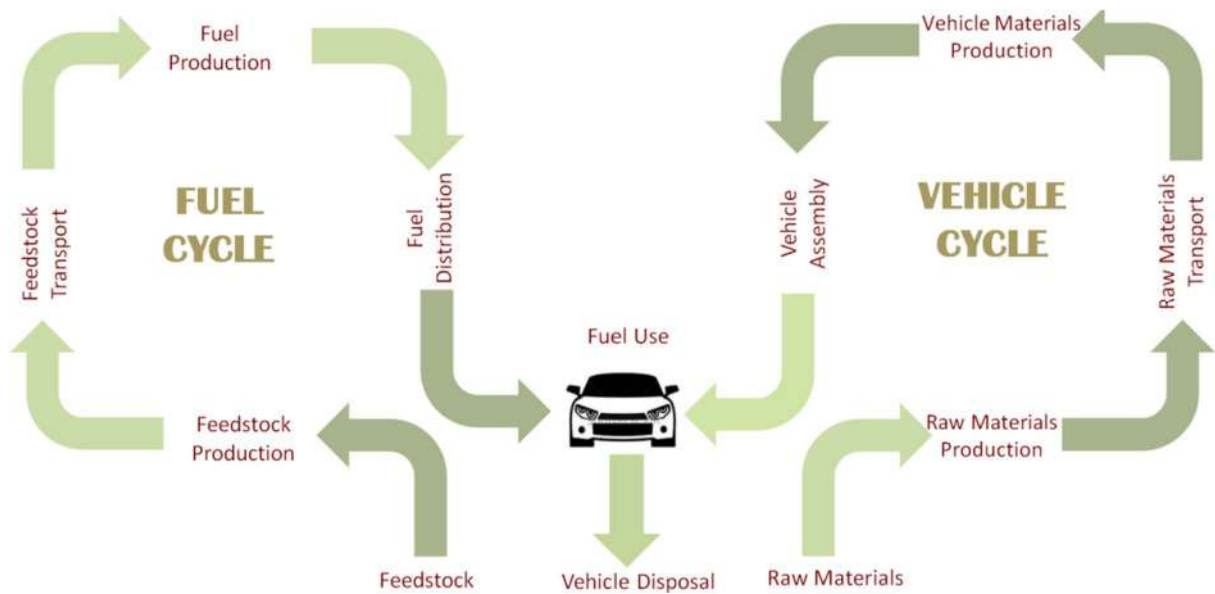
2.5 Ανάλυση κοινωνικού κύκλου ζωής

Η ανάλυση του κοινωνικού κύκλου ζωής Social Life Cycle Analysis (SLCA) ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας αναφέρεται στο ενδεχόμενο να έχει καλή περιβαλλοντική συμπεριφορά το παραγόμενο προϊόν αλλά να μην παράγεται με κοινωνικά υπεύθυνο τρόπο καθ' όλη την διάρκεια ζωής του. (Mitropoulos & Prevedouros, 2018)

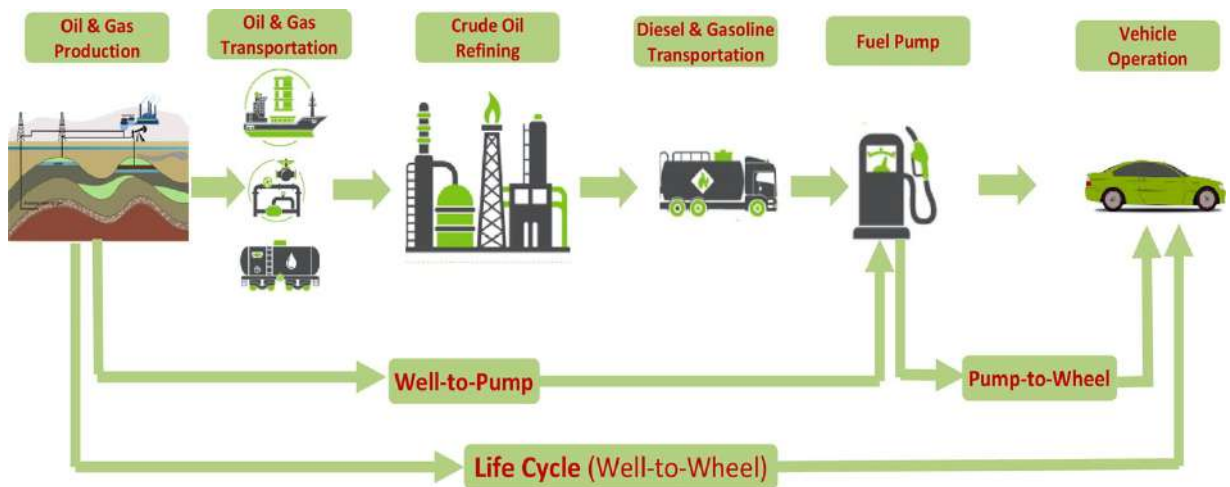
2.6 Ανάλυση κύκλου ζωής στις μεταφορές

Στις μεταφορές αρκετοί επιστήμονες έχουν αναπτύξει μελέτες βασισμένες στην μεθοδολογία LCA για να αναλύσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προέρχονται από όλα τα μέσα που χρησιμοποιούνται στις μετακινήσεις. Μια τέτοια ανάλυση δεν βασίζεται μόνο στον αντίκτυπο που επιφέρουν αυτά τα μέσα στο περιβάλλον αλλά και στον αντίκτυπο που έχουν κατά τη διάρκεια παραγωγής τους και της συντήρησής τους. Σύμφωνα με την νομοθεσία, πρέπει στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις να περιλαμβάνονται και οι άμεσες και οι έμμεσες επιπτώσεις που επιφέρονται από τον κύκλο ζωής του εξαρτήματος μετακίνησης. Για την ανάλυση και την ενεργειακή επισκόπηση των ηλεκτρικών οχημάτων χρησιμοποιείται ένας (Mierlo, et al., 2016) συγκεκριμένος τύπος LCA που ονομάζεται well-to-wheel (WtW) και αναπτύχθηκε το 1960. Αυτός ο τύπος ανάλυσης χωρίζεται σε δύο φάσεις που ονομάζονται «well-to-pump» και «pump-to-wheel». Η WTW χρησιμοποιείται για την συνολική εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από θαλάσσια σκάφη, αεροσκάφη, μηχανοκίνητα οχήματα και περιλαμβάνει το αποτύπωμα άνθρακα και των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από αυτά τα μέσα. (Mitropoulos & Prevedouros, 2018). Η ανάλυση WTW αποτελείται από δύο ανεξάρτητα στάδια. Αυτά περιλαμβάνουν (i) ένα στάδιο **Well-to-Tank** (WtT), το οποίο περιλαμβάνει την ανάκτηση ή παραγωγή της πρώτης ύλης για καύσιμο, μεταφορά και αποθήκευση της πηγής ενέργειας μέσω μετατροπής της πρώτης ύλης στο καύσιμο και της επακόλουθης μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής του καυσίμου στη δεξαμενή του οχήματος και (ii) ένα στάδιο **Tank-to-Wheel** (TtW), το οποίο αναφέρεται στο όχημα και στην αξιοποίηση του καυσίμου για την κάλυψη των αναγκών του

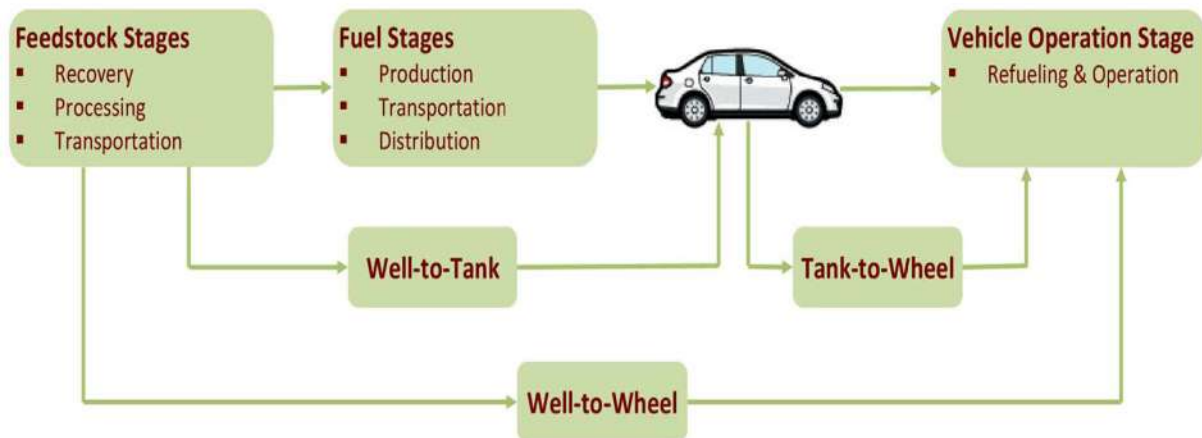
χρήστη σε τη διάρκεια ζωής του. (Khana, et al., 2019). Όλα τα παραπάνω αποτυπώνονται στις εικόνες 2, 3 & 4.



Εικόνα 2 Τυπικός Κύκλος ζωής καυσίμου και οχήματος (Khana, et al., 2019)



Εικόνα 3 Κύκλος ζωής καυσίμου (Khana, et al., 2019)



Εικόνα 4 Επιμέρους στάδια του κύκλου ζωής του καυσίμου (Khana, et al., 2019)

2.7 Κατηγορίες ηλεκτρικών οχημάτων

Τα ηλεκτρικά οχήματα (Θανασιάς-Σπανός & Τσάκαλος,2012) μπαταρίας (**Battery Electrical Vehicles-BEVs**) έγιναν ευρέως γνωστά λόγω των μηδενικών εκπομπών ρύπων. Στην αρχές της κυκλοφορίας τους δεν διαδοθήκαν πολύ λόγω της μικρής χωρητικότητάς τους και του μεγάλου βάρους τους. Χρησιμοποιούν συνηθέστερα μπαταρίες τύπου μόλυβδου-οξέος (lead-acid) που έχουν χαμηλό κόστος αλλά επίσης χρησιμοποιούνται υβριδίου μετάλλων νικελίου (NiMH), ιόντος λιθίου (Li-ion) και λιθίου-ιόντων πολυμερών οι οποίες έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Οι μπαταρίες φορτίζονται με δύο τρόπους είτε με φόρτιση από το δίκτυο είτε με το «αναγεννητικό φρενάρισμα» το οποίο αποθηκεύει ενέργεια από την πέδηση κατά την οδήγηση του οχήματος. Ο δεύτερος τύπος οχήματος χρησιμοποιείται για να μπορεί το όχημα να κινείται και σε περιόδους υψηλής ζήτησης. Λόγω του μικρού όγκου πωλήσεων τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα έχουν αρκετά υψηλή τιμή σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα.

Τα υβριδικά οχήματα (Θανασιάς-Σπανός & Τσάκαλος,2012) (**Hybrid Electric Vehicle-HEVs**) αναπτύχθηκαν γιατί τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης λόγω του ανταγωνισμού αύξαναν συνεχώς την εγκατεστημένη τους ισχύ με αποτέλεσμα με την πάροδο του χρόνου ο κινητήρας τους να χρησιμοποιείται κατά ένα πολύ μικρό ποσοστό της δυναμικότητάς του. Όταν οι νομοθεσίες άρχισαν να στρέφονται όλο και περισσότερο προς την φιλικότητα προς το περιβάλλον βρέθηκε η λύση της διατήρησης του κινητήρα εσωτερικής καύσης με ταυτόχρονη χρήση της ηλεκτροκίνησης διότι κάθε εκδοχή χωριστά δεν θα μπορούσε να παράγει πολύ αποτελεσματικά τα όρια που έθεταν οι αρχές. Η κατηγορία αυτή των οχημάτων χρησιμοποιεί τον κινητήρα εσωτερικής καύσης (Internal Combustion Engine-ICE) και ένα σύστημα ηλεκτρικής προώθησης για να πετύχει είτε οικονομία είτε αυτονομία. Ο βαθμός που χρησιμοποιείται η ηλεκτρική ενέργεια διαφέρει ανάλογα το όχημα. Κάποια υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν τον ίδιο τον κινητήρα εσωτερικής καύσης για να παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια. Το μέγεθος του κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο κινητήρα συμβατικού οχήματος. Οι κινητήρες στα υβριδικά οχήματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που συνδέονται με το σύστημα μετάδοσης. Στην πρώτη περίπτωση, που συνδέονται εν παραλλήλω, ο ηλεκτροκινητήρας και ο ICE συνδέονται με το σύστημα μετάδοσης. Σε αυτή την κατηγορία μέχρι στιγμής ο ηλεκτροκινητήρας είναι μικρότερος από 20 kW. Στην δεύτερη περίπτωση, έχουμε σύνδεση σε σειρά στην οποία ο ηλεκτροκινητήρας είναι

μεγαλύτερος από την πρώτη περίπτωση και ο κινητήρας εσωτερικής καύσης χρησιμοποιείται για την φόρτιση της μπαταρίας. Τέλος, υπάρχει και ένας συνδυασμός και των δύο που είναι πιο αποδοτικός διότι εξασφαλίζει καλή απόδοση και σε αστικό και σε υπεραστικό κύκλο.

Τα ηλεκτρικά οχήματα με δυνατότητα φόρτισης (Θανασιάς-Σπανός & Τσάκαλος,2012) στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (**Plug-in Hybrid Vehicles-PHEVs**) είναι τα οχήματα τα οποία έχουν την δυνατότητα να συνδέονται με κατάλληλο εξοπλισμό με το δίκτυο και να φορτίζονται από αυτό. Διαθέτουν μεγαλύτερη μπαταρία από τα απλά υβριδικά οχήματα και χρησιμοποιούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε το δίκτυο, είτε το «αναγεννητικό φρενάρισμα», είτε τον ICE. Με απλά λόγια, για μικρές αποστάσεις εξασφαλίζουν αυτονομία χωρίς καθόλου καύσιμο.

2.8 Σταθμοί φόρτισης

Όλα τα οχήματα που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια μπορούν να φορτιστούν σε :

- Ιδιωτικό χώρο με ιδιωτική πρόσβαση : με αυτόν τον τρόπο η φόρτιση διαρκεί 6-8 ώρες, δεν ξεπερνά τα 15 A και γίνεται κυρίως τις νυχτερινές ώρες.
- Ιδιωτικό χώρο με δημόσια πρόσβαση : πρόκειται για πάρκινγκ π.χ. εμπορικών κέντρων όπου τα οχήματα μπορούν να μπου σε διαδικασία φόρτισης πληρώνοντας το ανάλογο αντίτιμο οι χρήστες τους.
- Δημόσιο χώρο με δημόσια πρόσβαση : αυτοί οι σταθμοί συνήθως χωροθετούνται σε αστικές περιοχές πάνω στο δρόμο σε ειδική λωρίδα στις οποίες οι χρήστες δεν έχουν εύκολη πρόσβαση στις δύο προηγούμενες.

2.9 Είδη φόρτισης

Τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να φορτιστούν είτε ενσύρματα μέσω ηλεκτροφόρων αγωγών είτε επαγωγικά μέσω μαγνητικού πεδίου.

2.10 Έρευνες σχετικές με την εργασία

Έρευνα του (Arag, 2010) πραγματεύεται μέσα από την σύγκριση μεταξύ των συμβατικών βενζινοκίνητων οχημάτων και των ηλεκτρικών οχημάτων στις ΗΠΑ την ενδεχόμενη μείωση ή όχι των ρύπων. Με άλλα λόγια, η επαναφόρτιση των μπαταριών του οχήματος από το ηλεκτρικό δίκτυο θα μεταφέρει απλώς τις εκπομπές CO₂¹ από τους σωλήνες του οχήματος στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς να επιφέρει καθαρή μείωση των εκπομπών;

Το αποτέλεσμα που εξάγεται από το εν λόγω άρθρο είναι πως αν αντικαταστήσουμε τα βενζινοκίνητα οχήματα με ηλεκτροκίνητα τότε θα έχουμε μια μείωση εκπομπών ρύπων CO₂ της τάξης του 58%. Το αποτέλεσμα αυτό εξάγεται με δεδομένα τα οχηματοχιλιόμετρα που διανύονται στις ΗΠΑ από τα βενζινοκίνητα και τους συντελεστές απόδοσης των ορυκτών καυσίμων. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και για τα ηλεκτροκίνητα οχήματα.

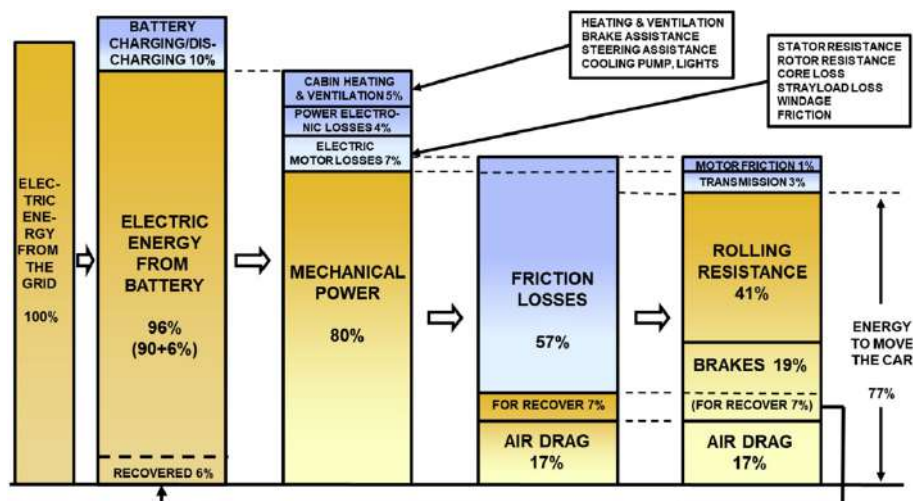
Όμως αυτή η μείωση που αναφέρεται δεν περιλαμβάνει την αύξηση των οχηματοχιλιομέτρων με την πάροδο του χρόνου και την βελτίωση της απόδοσης καυσίμου.

¹ Διοξείδιο του άνθρακα το οποίο συμβάλλει στην ανάπτυξη του φαινομένου του θερμοκηπίου και είναι επιβαρυντικό για την ατμόσφαιρα.

Οπότε κατά προσέγγιση η μείωση των εκπομπών καυσίμου στις δεκαετίες σωρευτικές εκπομπές είναι 23%.

Στον ίδιο χρόνο δημοσιεύθηκε μια ακόμη έρευνα των (Holmberg & Erdemir, 2010) που έχει στόχο να καταδείξει την μείωση των εκπομπών ρύπων CO₂ μέσω της αύξησης των ηλεκτρικών οχημάτων στις μεταφορές μέσα από την εφαρμογή καλύτερων τεχνικών για την μείωση της τριβής κατά την κίνηση.

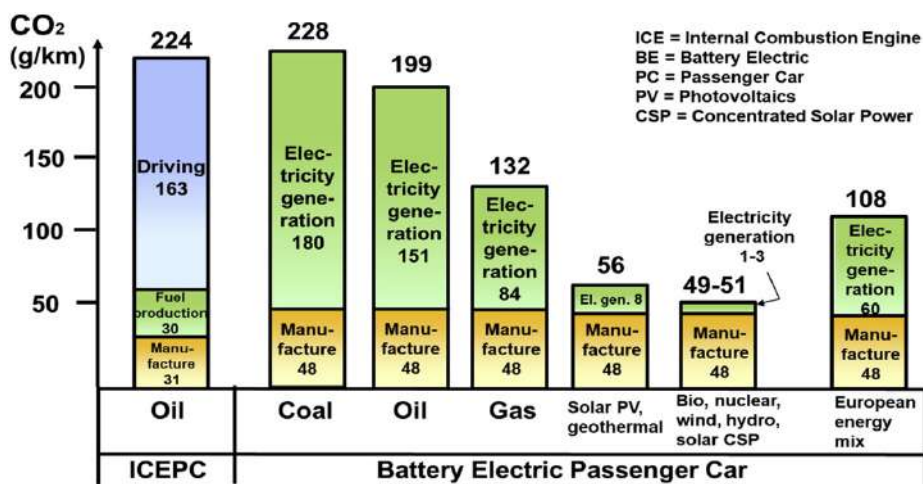
Σήμερα το ένα τρίτο της ενέργειας που καταναλώνεται στις μετακινήσεις χρησιμοποιείται για την υπέρβαση της τριβής. Μέσα από την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών λίπανσης και συστημάτων μετάδοσης μπορεί να επιτευχθεί μια μείωση της τριβής της τάξης 18 - 40%. Επιπρόσθετα από την εισαγωγή ηλεκτρικών οχημάτων στις μετακινήσεις, η συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι κατά μέσο όρο 3,4 φορές χαμηλότερη από τα ήδη υπάρχοντα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης. Αντίστοιχα, οι εκπομπές ρύπων CO₂ από τα οχήματα που χρησιμοποιούν κινητήρα καύσης είναι 4,5 φορές μεγαλύτερη από αυτή των ηλεκτροκίνητων όταν η προηγμένη μπαταρία των οχημάτων φορτίζεται από ηλεκτρισμό που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μόνο **μείωση της τριβής** μέσω της καλύτερης απόδοσης του ηλεκτρισμού έναντι αυτής επιτυγχάνεται μείωση των ρύπων της τάξης του **60%**. Στην **εικόνα 5** παρουσιάζεται η κατανομή και οι απώλειες ενέργειας σε ένα ηλεκτρικό όχημα καθώς και η αναγέννηση της μέσα από την πέδηση και άλλα συστήματα.



Εικόνα 5 Κατανομή της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ηλεκτρικό επιβατικό αυτοκίνητο (Holmberg & Erdemir, 2010)

Στην **εικόνα 6** φαίνονται και τα στοιχεία που προκύπτουν από την εν λόγω έρευνα. Άρα **οι εκπομπές CO₂ από ένα συμβατικό αυτοκίνητο είναι ίσες με 224 g/km**, τα 31 g προέρχονται από το στάδιο κατασκευής και συντήρησης, 30 g από το στάδιο παραγωγής καυσίμου και 163 g από το στάδιο οδήγησης. Για τα ηλεκτροκίνητα στο στάδιο παραγωγής είναι 48 g/km, μεγαλύτερη από αυτή των συμβατικών αλλά μηδενική κατά την οδήγηση. Οι εκπομπές ρύπων CO₂ στα ηλεκτροκίνητα έχουν άμεση σχέση με την προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, 180 g /km εάν χρησιμοποιείται άνθρακας, 151 g /km για πετρέλαιο, 84 g /km για φυσικό αέριο και μόνο 8 g /km για ηλιακά φωτοβολταϊκά και γεωθερμική ενέργεια και 1-3 g / km είναι όταν η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι βιομάζα, πυρηνική, αιολική, υδροηλεκτρική ή συγκεντρωμένη ηλιακή ενέργεια. Αντίστοιχα, **οι εκπομπές για το ηλεκτρικό όχημα με βάση ένα Ευρωπαϊκό μείγμα (EE 28,2015) θα είναι 108 g CO₂ /km** κατά τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από

ένα ευρωπαϊκό ενεργειακό μείγμα (ΕΕ 28,2015). Εκτιμάται από τους συντάκτες με βάση προηγούμενες μελέτες τους ότι οι απώλειες τριβής είναι το υψηλότερο 35% στην παραγωγή άνθρακα συμπεριλαμβανομένης της εξόρυξης άνθρακα, ενώ είναι 20% για την παραγωγή πετρελαίου, 15% για αέριο, 10% για βιομάζα, υδροηλεκτρικό και πυρηνικό, 5% για αιολική και γεωθερμική και κοντά στο μηδέν για την ηλιακή ενέργεια.



Εικόνα 6 Αποτύπωμα εκπομπών CO₂ για κινητήρα εσωτερικής καύσης και ηλεκτρικά επιβατικά αυτοκίνητα σύμφωνα με την πηγή ενέργειας καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας (Holmberg & Erdemir, 2010)

Όπως αναφέρεται σε μια άλλη έρευνα των (Vilet, et al., 2011), περίπου το 90% του τομέα των μεταφορών παγκοσμίως τροφοδοτείται από καύσιμα που προέρχονται από το πετρέλαιο. Ωστόσο, το ντίζελ και η βενζίνη θεωρούνται προβληματικές με την πάροδο του χρόνου καθώς έχουν μεγάλο κόστος εξόρυξης και μεταφοράς και εκπέμπουν πολλούς ατμοσφαιρικούς ρύπους όπως τα NO_x (οξείδια του αζώτου), πτητικά και άλλες οργανικές ενώσεις.

Μπαίνοντας στα ποσοτικά στοιχεία της έρευνας ή οποία αφορά το μοντέλο της Ολλανδίας προκύπτει ότι οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από την ηλεκτρική οδήγηση εξαρτώνται περισσότερο από τον τύπο καυσίμου (άνθρακας ή φυσικό αέριο) που χρησιμοποιείται στο στάδιο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι εκπομπές αυτές κυμαίνονται μεταξύ 0 g /km(χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας) και 155 g /km (χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από παλιό εργοστάσιο με βάση τον άνθρακα). Για την Ολλανδία με βάση την ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για το 2015 η ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται θα παράγεται σε μεγάλο βαθμό χρησιμοποιώντας φυσικό αέριο, εκπέμποντας 35-77 g CO₂ /km.

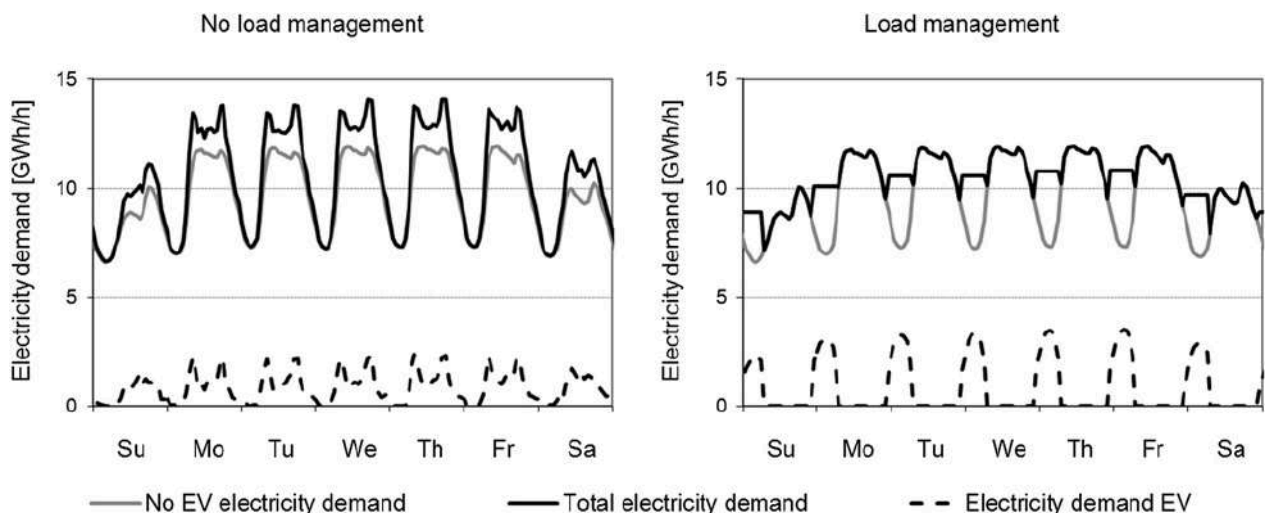
Επιπρόσθετα, από την έρευνα των (Bellekom, et al., 2012) που δημοσιεύθηκε για το Ολλανδικό κράτος παρουσιάζεται ένα μοντέλο το οποίο τροφοδοτείται από το ήδη υπάρχον σύστημα ηλεκτροδότησης αλλά εμπεριέχει και κάποιο ποσοστό εξαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική ενέργεια για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Στην αρχή αναφέρεται στους στόχους που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Οι στόχοι αυτοί προβλέπουν το 20% της ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η Ολλανδική κυβέρνηση έχει την φιλοδοξία να επεκτείνει σε λειτουργία 6 GW της

υπεράκτιας χωρητικότητα και 4 GW στην χερσαία χωρητικότητα για να μειώσει τους ατμοσφαιρικούς ρύπους CO₂ παράλληλη αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι σχετικά εύκολο να παραχθούν αλλά δεν έχουν σταθερό ρυθμό παραγωγής και η ένταξή τους στο ενεργειακό μείγμα είναι δύσκολη. Η εν λόγω εργασία ασχολείται κυρίως με την αιολική ενέργεια.

Άρα θα απαιτηθούν εφεδρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας για τις περιόδους χαμηλών ανέμων καθώς και ένας ρυθμιστικός παράγοντας που να εξασφαλίζει κατά την διάρκεια της νύχτας που η ζήτηση είναι χαμηλή την εξισορρόπηση της παραγωγής για να μην παράγονται παραπάνω απ' όσα χρειάζονται για χρήση.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα προβλήματα που ενδεχομένως να προκύψουν από την αθρόα εισχώρηση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στις μεταφορές, χωρίς την συμπερίληψη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το οποίο είναι ότι οι περισσότερες μετακινήσεις τελειώνουν περίπου την ίδια ώρα με την ώρα αιχμής για ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και παρουσιάζονται παρακάτω στις επισυναπτόμενες εικόνες. Επομένως θα είναι δύσκολο για το σύστημα να παράγει τόση ενεργεία έτσι ώστε να φορτιστούν τα οχήματα μέσα στην ώρα αιχμής.



Εικόνα 7 Παράδειγμα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς ηλεκτρικά ,μόνο ηλεκτρικά και σύνολο. Αριστερά δεν εφαρμόστηκε διαχείριση φορτίου και οι μπαταρίες φορτίζονται αμέσως μετά την χρήση. Δεξιά εφαρμόζεται διαχείριση φορτίου μεταξύ 11:00 μμ και 7:00 πμ. (Bellekom, et al., 2012)

Η λύση στα παραπάνω προβλήματα είναι η εισαγωγή διαχειριστή φορτίου καθώς και η εισχώρηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο σύστημα.

Για τις ανάγκες της μελέτης για τον συνδυασμό της αιολικής ενέργειας για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων με τις χρησιμοποιούμενες μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα αναπτύχθηκαν 4 σενάρια για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

1. 0-16 GW εγκατεστημένης χωρητικότητας ανέμου σε βήματα των 2 GW και όχι ηλεκτρικά οχήματα.
2. 0-3,5 (0, 0,25, 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5) εκατομμύρια ηλεκτρικά οχήματα φορτίζονται αμέσως μετά τη χρήση (χωρίς διαχείριση φορτίου) και χωρίς εγκατεστημένη χωρητικότητα ανέμου .

3. 0-3,5 εκατομμύρια ηλεκτρικά οχήματα φορτίστηκαν χρησιμοποιώντας διαχείριση φορτίου και όχι εγκατεστημένη χωρητικότητα ανέμου.
4. 0-3,5 εκατομμύρια ηλεκτρικά οχήματα φορτίστηκαν χρησιμοποιώντας διαχείριση φορτίου και 10 GW εγκατεστημένης αιολικής ενέργειας.

Το μοντέλο που εφαρμόστηκε για την ηλεκτρική ενέργεια και την εξέταση των σεναρίων έχει ως δεδομένα εισόδου τα εξής :

1. Πρότυπο ωριαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας,
2. Δεδομένα για τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης της χωρητικότητας, του τύπου καυσίμου, της αποδοτικότητας).
3. Ωριαίο μοτίβο αιολικής ενέργειας και εγκατεστημένη χωρητικότητα.

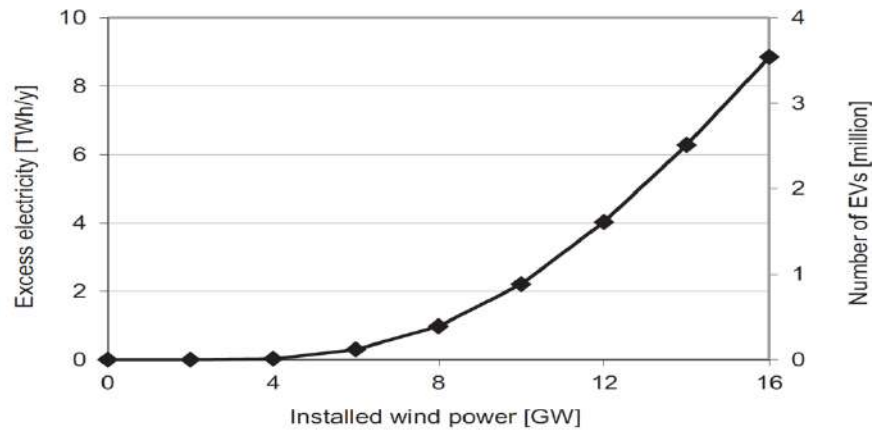
Ως δεδομένο εξόδου το μοντέλο δίνει το πλεόνασμα ή το έλλειμμα σε ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται απ' το σύστημα. Αυτό το πιθανό πλεόνασμα σύμφωνα με το μοντέλο δεν μπορεί να εξαχθεί σε άλλη χώρα αλλά θα πρέπει να αποθηκευτεί ή να αγνοηθεί.

Επίσης αναπτύχθηκε και ένα μοντέλο για την ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζονται τα ηλεκτρικά οχήματα στην Ολλανδία το οποίο λαμβάνει ως δεδομένα εισόδου τον αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων, τα χιλιόμετρα που διανύουν ανά έτος, την αποδοτικότητα τους καθώς και των διαχείριση του φορτίου με βάση την ισχύ της φόρτισης του οχήματος.

Τα αποτελέσματα λοιπόν με βάση τα σενάρια που αναπτύχθηκαν είναι τα εξής :

Για το σενάριο 1:

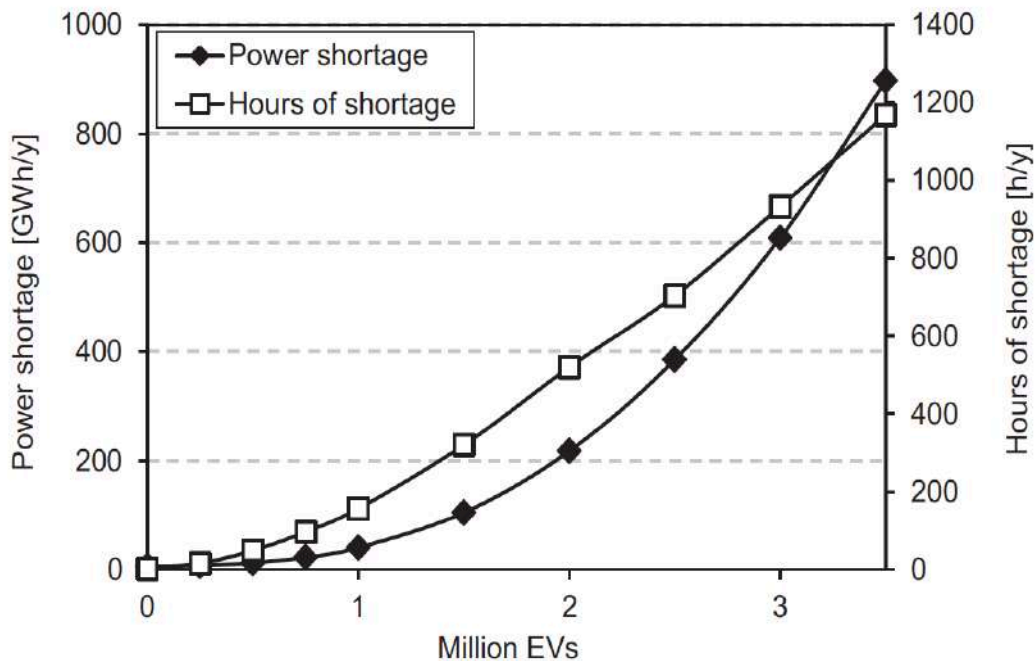
Στην εικόνα 8 βλέπουμε την περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας που έχουμε ανάλογα με την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος της αιολικής ενέργειας από 0 σε 16 GW. Συμπεραίνουμε ότι με 4 GW εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας μπορούμε να εισάγουμε ηλεκτρικά οχήματα στο σύστημα του 2020 χωρίς προβλήματα. Εάν αυξήσουμε σε 8 GW περισσότερο από 1% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται δεν χρειάζεται με βάση την ζήτηση και αυτό το ποσοστό αυξάνεται ραγδαία καθώς αυξάνουμε την εγκατεστημένη ισχύ.



Εικόνα 8 Ετήσια υπέρβαση στο Ολλανδικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας το 2020 με βάση την εγκατεστημένη ισχύ σε αιολική ενέργεια (Bellekom, et al., 2012)

Για το σενάριο 2:

Στην εικόνα 9 βλέπουμε πως όταν τα ηλεκτρικά οχήματα αυξάνονται χωρίς καμία αύξησή της παραγωγικής ικανότητας η διαχείρισης φορτίου το πάρκο παραγωγής δεν μπορεί να καλύψει την ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια δεδομένου του ότι η αιχμή της ζήτησης συμπίπτει με τις περιόδους που η ζήτηση είναι ήδη υψηλή. Οι ώρες που θεωρήθηκε ότι υπάρχει έλλειψη είναι όταν η έλλειψη είναι μεγαλύτερη από 10 MWh.



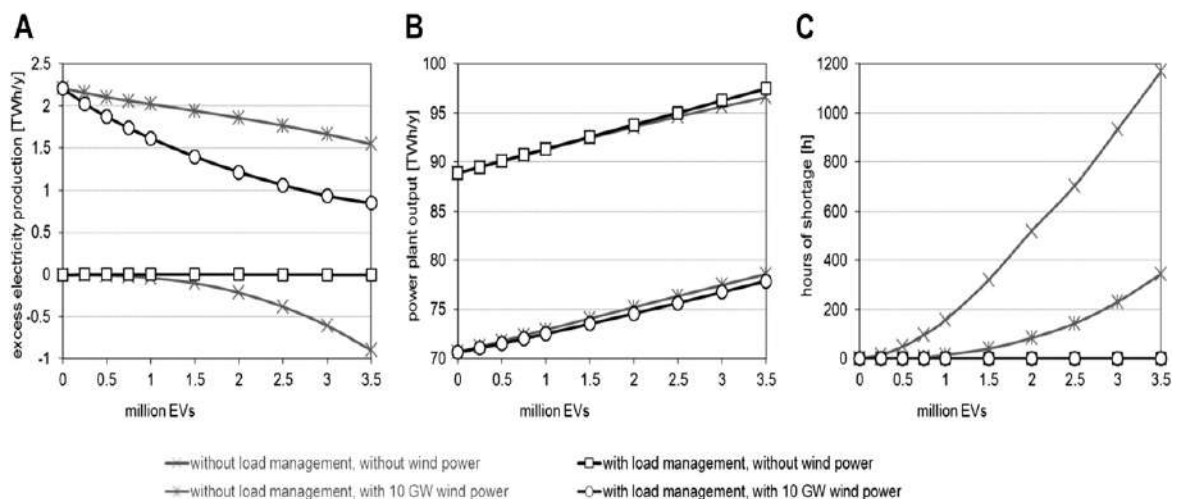
Εικόνα 9 Ετήσια έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας το 2020 χωρίς διαχείριση φορτίου και φόρτιση των οχημάτων ακριβώς μετά την χρήση (Bellekom, et al., 2012)

Για το σενάριο 3:

Σημαντική μείωση του προβλήματος της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας από την αύξηση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων επιτυγχάνεται από την μη φόρτιση τους αμέσως μετά την χρήση αλλά κατά την διάρκεια της νύχτας χρησιμοποιώντας ένα σύστημα διαχείρισης φορτίου. Τότε το πάρκο ακόμα και όταν είναι σε περιόδους αιχμής της ζήτησης δεν χρειάζεται να παράγει υπερβολικές ποσότητες ενέργειας.

Για το σενάριο 4:

Όσο περισσότερο εισάγεται στο ενεργειακό μίγμα η αιολική ενέργεια προκύπτει ένα πρόβλημα σχετικά με το πλεόνασμα ενέργειας κατά τις νυχτερινές ώρες που η ζήτηση είναι χαμηλή. Οπότε αν η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων γίνεται αυτές τις ώρες τότε το πλεόνασμα θα είναι χαμηλό και το πρόβλημα θα αμβλύνεται. Στην εικόνα 10 φαίνεται πως επηρεάζει ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων το σύστημα κάτω από 4 συνθήκες : 0/10 GW αιολικής ενέργειας και με ή χωρίς διαχείριση φορτίου. Από την εικόνα 10A βλέπουμε ότι το σύστημα αντέχει 1 εκατομμύριο ηλεκτρικά οχήματα χωρίς αιολική ενέργεια και χωρίς διαχείριση και έχουμε πολύ μικρό πλεόνασμα ενέργειας. Αν προστεθεί διαχείριση έχουμε πολύ μικρό πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας. Η εισαγωγή αιολικής ενέργειας χωρίς διαχείριση φορτίου τότε έχουμε υπερφόρτωση του συστήματος και αυτό μειώνεται μόνο όταν τα οχήματα φορτίζονται κατά τις νυχτερινές ώρες. Από την εικόνα 10 B βλέπουμε ότι η αιολική ενέργεια μειώνει την παραγωγή στους σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας και όταν εφαρμόζουμε διαχείριση φορτίου τόσο στα οχήματα όσο και στην αιολική ενέργεια έχουμε χαμηλότερη έξοδο παραγωγής απ' ότι αν δεν είχαμε διαχείριση. Τέλος, από την εικόνα 10C συμπεραίνουμε πως οι ωριαίες ελλείψεις ηλεκτρικής ενέργειας επιλύονται με το καθεστώς διαχείρισης του φορτίου στα οχήματα.



Εικόνα 10 Αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων χωρίς αιολική ενέργεια και με 10 GW αιολική. Το γράφημα A δείχνει την περίσσεια η την έλλειψη σε ενέργεια το B την παραγωγή των συμβατικών σταθμών παραγωγής και το Γ τις ώρες έλλειψης του ηλεκτρικού συστήματος. (Bellekom, et al., 2012)

Επίσης, επισημαίνεται μια έρευνα των (Que, et al., 2015) για την Κίνα, η οποία έχει ως απώτερο σκοπό να αναδείξει πως μπορούν να συμβάλλουν τα ηλεκτρικά οχήματα στις εκπομπές ρύπων CO₂ στην Κίνα. Εκτελέστηκε με βάση το πρόγραμμα GREET για να εξετάσει την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές στο στάδιο Well -To -Tank και την υιοθέτηση διαφορετικών τύπων μετάδοσης στα ηλεκτρικά οχήματα στο στάδιο Tank – To – Wheels. Βρέθηκε ότι οι εκπομπές ρύπων των ηλεκτρικών οχημάτων είναι 5 lt / 100km και είναι πολύ χαμηλότερες σε σχέση με αυτή των συμβατικών οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Στο στάδιο Well – To – Tank (**εικόνα 11**) παρουσιάζεται η απόδοση σε ενέργεια από βενζίνη και ηλεκτρικό ρεύμα για το 2009 και τα αποτελέσματα δείχνουν πολύ μεγαλύτερη και καλύτερη απόδοση υπέρ της ηλεκτρικής.

	Energy Intensity (MJ/MJ)	Carbon Intensity (gCO _{2,e} /MJ)
Gasoline	1.33	98.86
Electricity	2.78	269.12

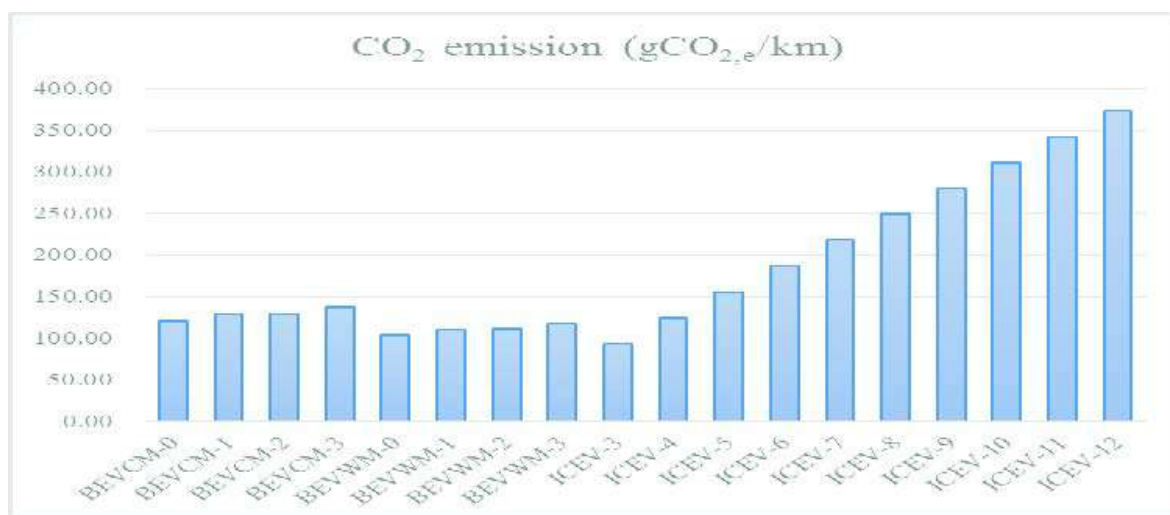
Εικόνα 11 Ένταση ορυκτής ενέργειας κύκλου ζωής και ένταση άνθρακα για βενζίνη και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2009 (Que, et al., 2015)

Στο στάδιο Tank – To – Wheel γίνεται ιδιαίτερη μνεία στα ηλεκτρικά οχήματα μεγάλης εμβέλειας καθώς είναι βαρύτερα από τα απλά και η οικονομία στο καύσιμο θα είναι μικρότερη ανεξαρτήτως του τύπου της μπαταρίας. Η μεσαία εμβέλεια (250 km) και η υψηλή εμβέλεια (400 km) επιλέχθηκαν σε αυτή τη μελέτη. Στην **εικόνα 12** παρουσιάζονται τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά στο στάδιο TTW: Χωρητικότητα μπαταρίας, βάρος μπαταρίας, συνολικό βάρος αυτοκινήτου, εύρος πλήρους μπαταρίας και ενέργεια TTW κατανάλωση των οχημάτων που ερευνήθηκαν.

Vehicle	Platform mass (kg)	Drivetrain type	Curb mass (kg)	Range (km)	Battery capacity (kWh)	Battery mass (kg)	Specific energy (Wh/kg)	Energy consumption (MJ/km)
BEVCM-0	1110	CM	1445	250	36.9	335	110	0.446
BEVCM-1	1110	CM	1685	400	63.3	575	110	0.479
BEVCM-2	1310	CM	1668	250	39.4	358	110	0.476
BEVCM-3	1310	CM	1924	400	67.5	614	110	0.510
BEVWM-0	1060	WM	1349	250	31.8	289	110	0.385
BEVWM-1	1060	WM	1551	400	54.0	491	110	0.409
BEVWM-2	1260	WM	1569	250	33.9	309	110	0.411
BEVWM-3	1260	WM	1784	400	57.6	524	110	0.435

Εικόνα 12 Χωρητικότητα μπαταρίας, βάρος μπαταρίας, συνολικό βάρος αυτοκινήτου, εύρος πλήρους μπαταρίας και κατανάλωση καυσίμου (Que, et al., 2015)

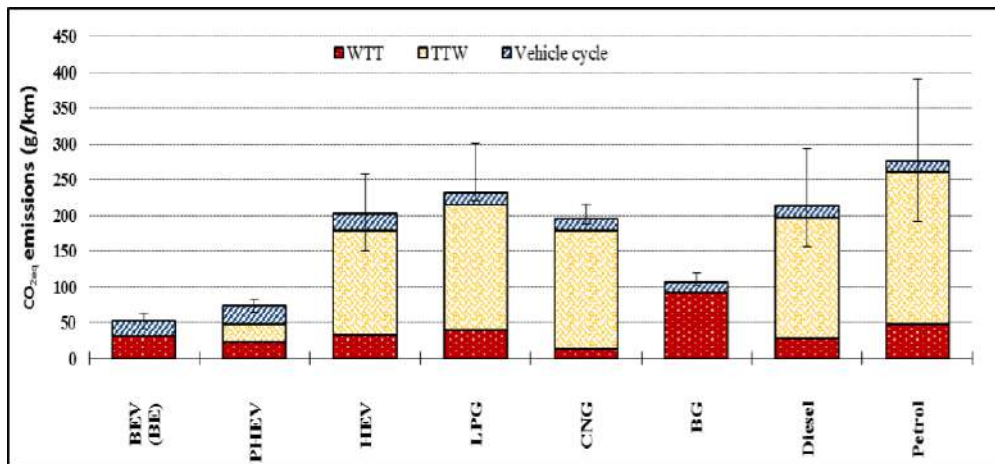
Τέλος, παρουσιάζεται στην **εικόνα 13** οι εκπομπές CO₂ ανάλογα με τον τύπο του οχήματος και το σύστημα μετάδοσης του το οποίο εξαρτάται από το έτος παραγωγής του και την τεχνολογία που εφαρμόζεται για την εξοικονόμηση καυσίμου.



Εικόνα 13 Εκπομπές CO₂ ανάλογα με τον τύπου οχήματος : BEV=ηλεκτρικό με μπαταρία και ICEV=συμβατικό με κινητήρα εσωτερικής καύσης (Que, et al., 2015)

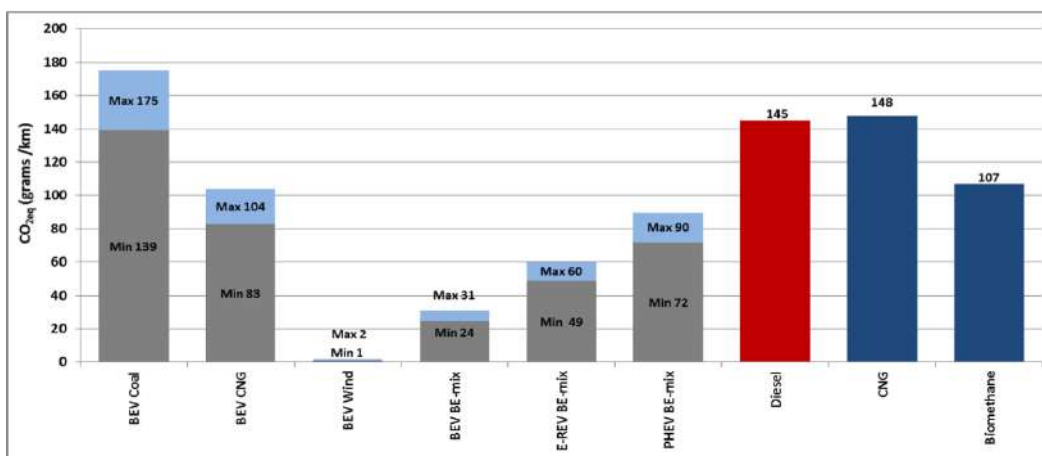
Οι ερευνητές καταλήγουν ότι στην Κίνα η εισαγωγή ηλεκτρικών οχημάτων στις μεταφορές θα μπορέσει να συμβάλει σε μια πιο φιλική προς το περιβάλλον μεταφορική ικανότητα με αισθητά χαμηλότερες καταναλώσεις.

Σύμφωνα με την έρευνα των (Mierlo, et al., 2016) από το Βέλγιο εξετάζει το πόσο επηρεάζεται η ατμόσφαιρα από τα αέρια του θερμοκηπίου από τα διάφορα είδη οχημάτων που κυκλοφορούν στην αγορά. Στην αρχή αξιολογείται η κλιματική αλλαγή. Στην εικόνα 14 φαίνονται τα g CO₂ /km που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τους διάφορους τύπους οχημάτων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους. Από το παρακάτω λοιπόν γράφημα φαίνεται ότι τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σαφώς πιο φιλικό προς το περιβάλλον και ακολουθείται από τα plug-in hybrids και τα απλώς υβριδικά. Όσον αφορά τα ορυκτά καύσιμα, τα βενζινοκίνητα φαίνεται ότι στο στάδιο tank-to-wheel έχει το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, τον αμέσως επόμενο έχει το υγραέριο (LPG) και το φυσικό αέριο (CNG) και τελευταίο έρχεται το βιοαέριο (BG).



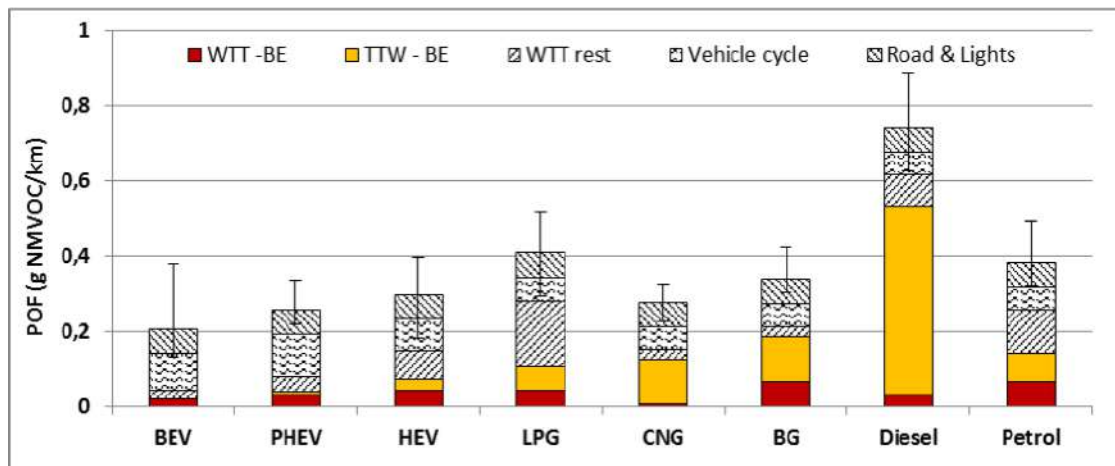
Εικόνα 14 g CO₂ / km ανάλογα με τον τύπο του οχήματος (Mierlo, et al., 2016)

Στην συνέχεια λαμβάνεται υπόψη και η πηγή από την οποία παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια με βάση το βέλγικο μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για το 2011. Τα αποτελέσματα εξάγονται με βάση τις μέσες εκπομπές CO₂ ανά καύσιμο οι οποίες είναι για άνθρακα, φυσικό αέριο, αιολικό και βελγικό μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας 1800 g / kWh, 885 g / kWh, 642 g / kWh, 11 g / kWh και 190 g / kWh, αντίστοιχα. Τα παραπάνω συνοψίζονται στην εικόνα 15 για το στάδιο WTW και ανάλογα με τον βαθμό χρησιμοποίησης της ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 15 g CO₂ /km ανά τύπο οχήματος και βαθμό χρησιμοποίησης ηλεκτρισμού (Mierlo, et al., 2016)

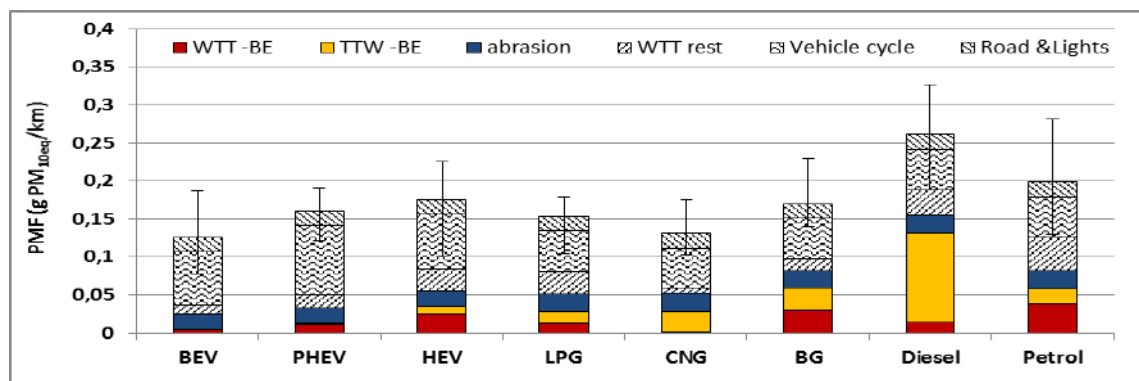
Με τον ίδιο τρόπο εξετάζεται και ο φωτοχημικός σχηματισμός οξειδίων ο οποίος εξαρτάται από τα επίπεδα NO_x που παράγονται από τα οχήματα. Στην εικόνα 17 απεικονίζεται η ικανότητα σχηματισμού φωτοχημικών οξειδωτικών από διαφορετικές τεχνολογίες οχήματος. Αυτός ο δείκτης ονομάζεται «ισοδύναμο kg NMVOC» και εκφράζει την ικανότητα των πτητικών οργανικών ενώσεων NO_x και μη μεθανίου (NMVOCs) να σχηματίζουν όζον στο επίπεδο του εδάφους.



Εικόνα 16 g NMVOC /km ανάλογα με τον τύπο του οχήματος (Mierlo, et al., 2016)

Εδώ τα υψηλότερα επίπεδα παράγονται από τα αυτοκίνητα που κινούνται με diesel και στην υπόλοιπη κατανομή δεν υπάρχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις ως προς το ποιοι τύποι οχήματος είναι φιλικότεροι από αυτόν. Αυτός είναι και ο λόγος που στα αυτοκίνητα με diesel κινητήρες χρησιμοποιούνται κάποια φίλτρα για να μειώνονται τα επίπεδα παραγωγής αυτών των εκπομπών ανάλογα με την χρονολογία παραγωγής του οχήματος. Παρ' όλα αυτά σε πολλές ευρωπαϊκές πόλεις οι κυβερνήσεις επιλέγουν την βραδεία μείωση των οχημάτων με diesel κυρίως σε αστικό κύκλο για να αποφύγουν αυτές τις εκπομπές σε μια προσπάθεια στροφής σε φιλικότερες μορφές κίνησης.

Τέλος, εξετάζονται οι επιπτώσεις από τον σχηματισμό σωματιδίων. Σε αυτή την κατηγορία οι επιπτώσεις είναι κυρίως τοπικές σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Τα σωματίδια σκόνης εκπέμπονται απευθείας από τα οχήματα, ως πρωτογενή σωματίδια και επίσης δευτερεύοντα σωματίδια που δημιουργούνται όταν τα SO₂, NO_x και NH₃ αλληλεπιδρούν με την ατμόσφαιρα. Ο δείκτης για την εξέταση αυτού του θέματος είναι το ισοδύναμο μονάδας PM10 και περιλαμβάνει και τις πρωτογενείς και τις δευτερεύουσες εκπομπές. Στην εικόνα 17 φαίνονται αυτές οι μετρήσεις ανάλογα με τον τύπο του οχήματος.



Εικόνα 17 g PM₁₀ /km ανάλογα με τον τύπο του οχήματος (Mierlo, et al., 2016)

Εν κατακλείδι, η LCA ανάλυση των τεχνολογιών των οχημάτων δείχνει ότι τα ηλεκτρικά οχήματα (BEV και PHEV) τείνουν να έχουν τις χαμηλότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ακολουθούμενα από τα οχήματα βιοαερίου. Επίσης, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι εκπομπές WTT CO₂ ενός ευρωπαϊκού μέσου BEV μπορεί να κυμαίνονται από 175 g CO₂ / km έως 2 g CO₂ / km, ανάλογα με την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας και τις παραδοχές που χρησιμοποιούνται. Το BEV παρουσιάζει 31 g WTT CO₂e / km (μέγιστο),

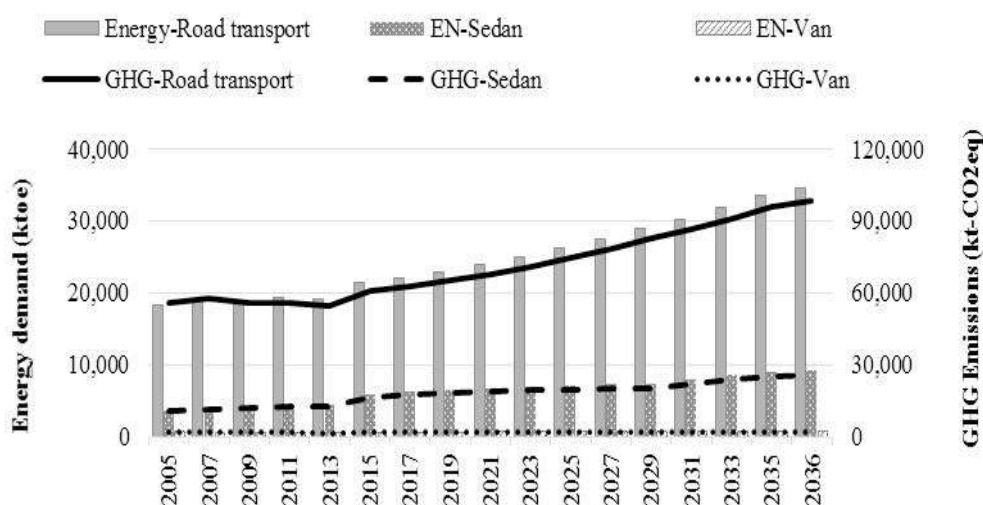
όταν φορτίζεται με το βελγικό μέσο μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας το έτος 2011. Όσον αφορά την τοπική ρύπανση, το BEV έχει τη χαμηλότερη βαθμολογία στο POF, ενώ τόσο το CNG όσο και το BEV έχουν λίγο πολύ το ίδιο ποσοστό εκπομπών PM κύκλου ζωής. Εάν το όχημα φορτίζεται σε ώρες εκτός αιχμής αντί για ώρες αιχμής, οι εκπομπές WTT CO_{2e}, PM, NO_x και SO₂ ανά km μπορούν να μειωθούν κατά 12%, 15%, 13% και 12% αντίστοιχα, για το βελγικό μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας του 2011.

Το 2017 διερευνήθηκε από κάποιους μελετητές (Winyuchakrit, et al., 2017) η επίδραση της εφαρμογής των ηλεκτρικών οχημάτων στις μειώσεις που θέλει να προχωρήσει η Ταϊλανδική κυβέρνηση για την μείωση των ρύπων του φαινομένου του θερμοκηπίου.

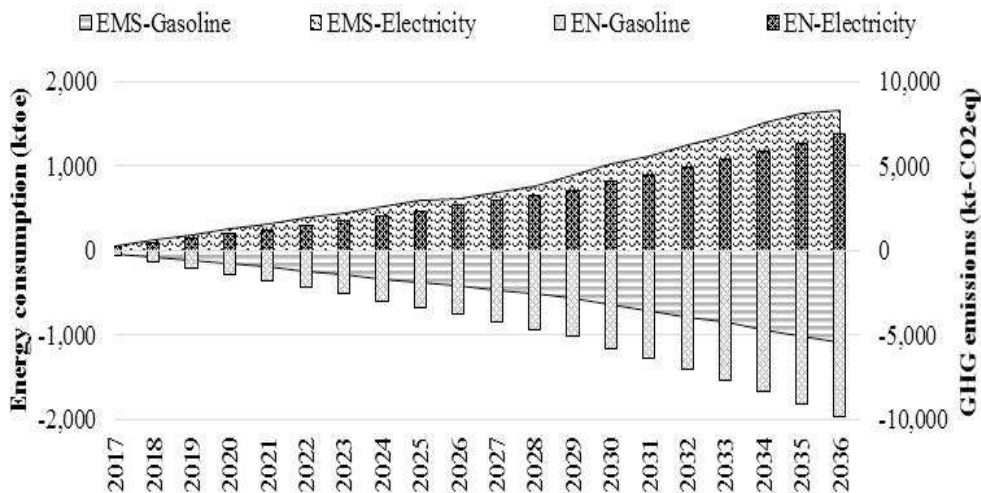
Στην αρχή παρουσιάζεται η υπάρχουσα κατάσταση στις Ταϊλανδικές μεταφορές όσον αφορά τα ηλεκτρικά οχήματα. Πιο συγκεκριμένα με βάση το Ταϊλανδικό στάνταρντ στο πλαίσιο της ενέργειας τα ηλεκτρικά οχήματα προσφέρουν μείωση κατανάλωσης καυσίμου κατά 75% περίπου. Επίσης σύμφωνα με τα στοιχεία από το αρμόδιο υπουργείο της χώρας τονίζεται ότι τα υβριδικά και τα ηλεκτρικά οχήματα καταλαμβάνουν μέχρι στιγμής μόνο το 0,22% και 0,004% αντίστοιχα, δηλαδή καταλαμβάνουν ένα πολύ μικρό μερίδιο αγοράς που στην σύγχρονη εποχή αφήνει μεγάλο περιβαλλοντικό αποτύπωμα αν δεν αυξηθεί με ορθολογικό τρόπο. Η κυβέρνηση σχεδιάζει να εισάγει 1,2 εκατομμύρια τέτοια οχήματα μέχρι έτος 2036.

Το βασικό σενάριο που χρησιμοποιείται έχει ως έτος βάσης το 2005 και έτος πρόβλεψης το 2036. Χρησιμοποιεί τις πληροφορίες από στατικές μελέτες του έτους βάσης και τα καύσιμα που χρησιμοποιεί είναι το ντίζελ, η βενζίνη, το φυσικό αέριο και το υγραέριο.

Τέλος, υπολογίζονται η ενεργειακή ζήτηση το 2036 και οι εκπομπές περιβαλλοντικών ρύπων πριν και μετά την εισχώρηση των ηλεκτρικών οχημάτων στις μετακινήσεις τα οποία φαίνονται στην εικόνα 13 και 14. Φαίνεται ξεκάθαρα η συμβολή τους στην μείωση των ρύπων.



Εικόνα 18 Ενεργειακή ζήτηση και εκπομπές ρύπων CO₂ για το 2036 πριν την εισχώρηση ηλεκτρικών οχημάτων σε αυτή (Winyuchakrit, et al., 2017)

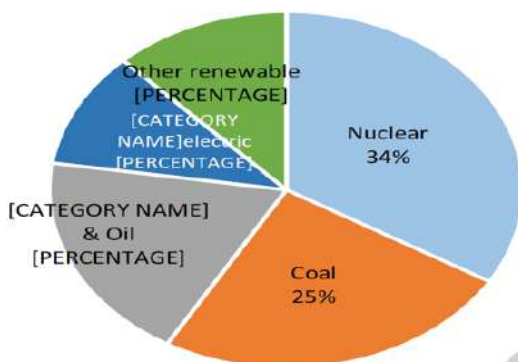


Εικόνα 19 Ενεργειακή ζήτηση και εκπομπές ρύπων CO2 για το 2036 μετά την εισχώρηση ηλεκτρικών οχημάτων σε αυτή (Winyuchakrit, et al., 2017)

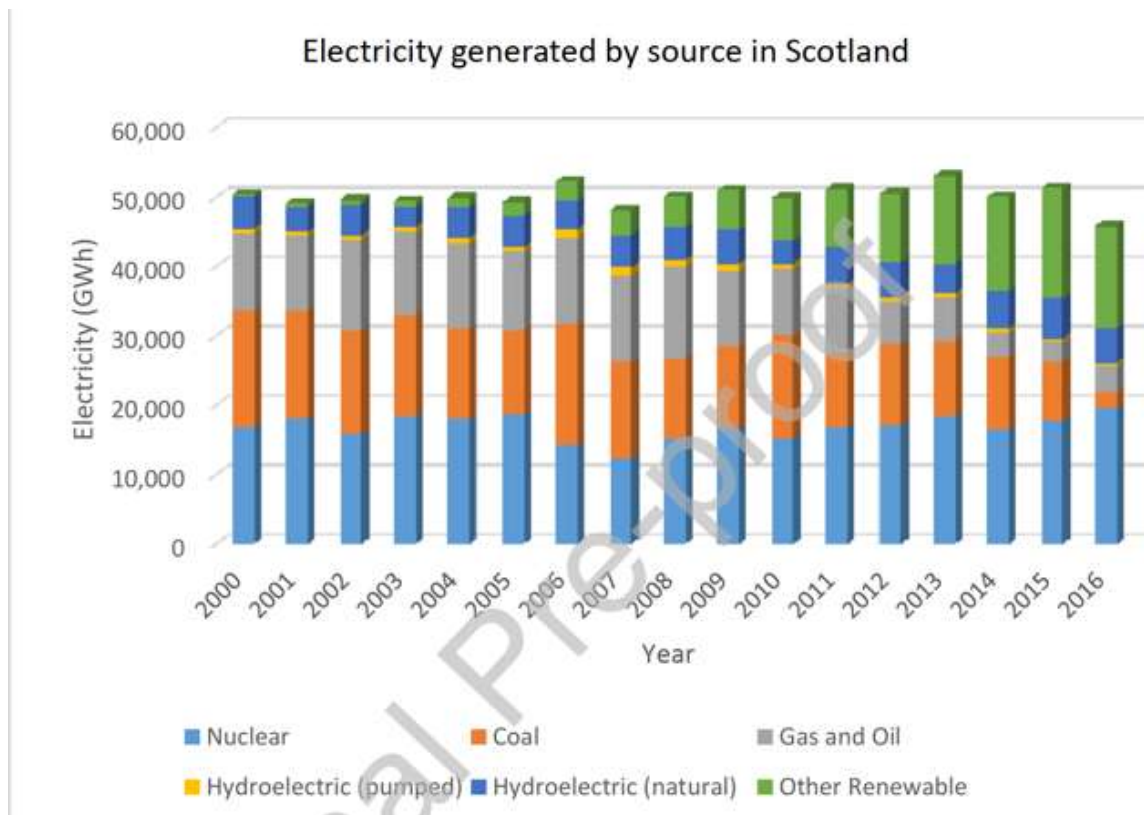
Επίσης, διεξήχθη μια έρευνα των (Milev, et al., 2020) η οποία λαμβάνει χώρα στην Σκωτία και έχει ως στόχο την επισκόπηση του θέματος των ρύπων που ταλανίζει πάρα πολλές χώρες ανά τον κόσμο και την ανάδειξη των ηλεκτρικών οχημάτων ως μια λύση για την μείωσή τους.

Στην αρχή παρουσιάζει την υπάρχουσα κατάσταση με βάση το ενεργειακό μείγμα της χώρας το διάστημα 2015-2016 σε ένα διάγραμμα το οποίο φαίνεται στην εικόνα 16 καθώς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορους πόρους επίσης στο διάστημα 2015-2016 που φαίνεται στην εικόνα 17.

Electricity generation mix in Scotland 2015-2016



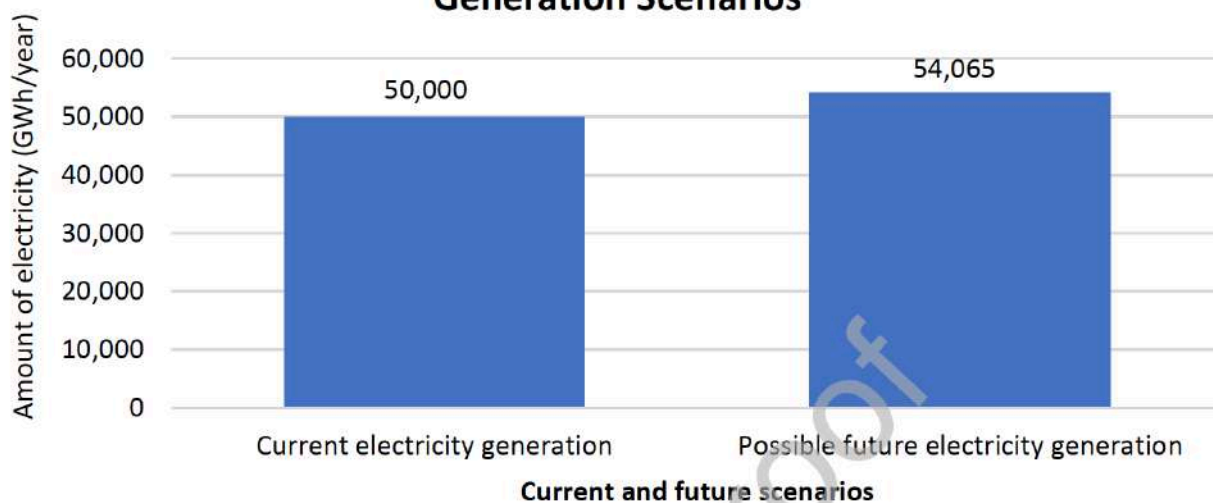
Εικόνα 20 Μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για το διάστημα 2015-2016 στην Σκωτία (Milev, et al., 2020)



Εικόνα 21 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορους πόρους για το 2015-2016 στην Σκωτία (Milev, et al., 2020)

Τα αποτελέσματα που εξάγονται από αυτή την έρευνα είναι η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των δημοφιλών ηλεκτρικών αυτοκινήτων στη Σκωτία η οποία είναι 13,65 kWh / 100 km. Η ετήσια ενέργεια που απαιτείται για ένα μόνο ηλεκτρικό αυτοκίνητο, εκτιμάται ότι είναι 1551 kWh. Με τον πολλαπλασιασμό της απαιτούμενης ενέργειας ανά όχημα με τον αριθμό των ελαφρών οχημάτων στο δρόμο (2.240.000 οχήματα), η συνολική ενέργεια που απαιτείται για όλα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στη Σκωτία θα είναι 3.474 GWh. Η απώλεια δικτύου 17% θεωρήθηκε επίσης ότι έχει ακριβέστερη τιμή για την απαιτούμενη ενέργεια που θα πρέπει να παραχθεί. Άρα, η συνολική ενέργεια που θα παραχθεί είναι $1,17 \times 3,474$ GWh, κάνοντας την ελάχιστη μελλοντική παραγωγή ενέργειας να είναι 4.065 GWh. Στην εικόνα 18 παρουσιάζεται την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται στην υπάρχουσα κατάσταση από το αρχικό μέχρι το τελικό έτος.

A Comparison Between Current and Future Electricity Generation Scenarios



Εικόνα 22 Σύγκριση μεταξύ της τωρινής και της μελλοντικής ζήτησης από άποψη ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος για μεταφορές (Milev, et al., 2020)

Τέλος, παρουσιάζονται 5 σενάρια για το ενεργειακό μείγμα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και οι εκπομπές CO₂ για το κάθε σενάριο. Η μεταβολή από το ένα σενάριο στο άλλο ουσιαστικά βασίζεται στην αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Φαίνεται ξεκάθαρα η μείωση των εκπομπών CO₂ καθώς μεταβαίνουμε σε πιο φιλικές προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας. Στον **πίνακα 1** φαίνονται τα παραπάνω στοιχεία.

Πίνακας 1 Η ποσότητα CO₂ που εκπέμπεται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από κάθε πηγή ρεύματος στα μελλοντικά σενάρια (Milev, et al., 2020)

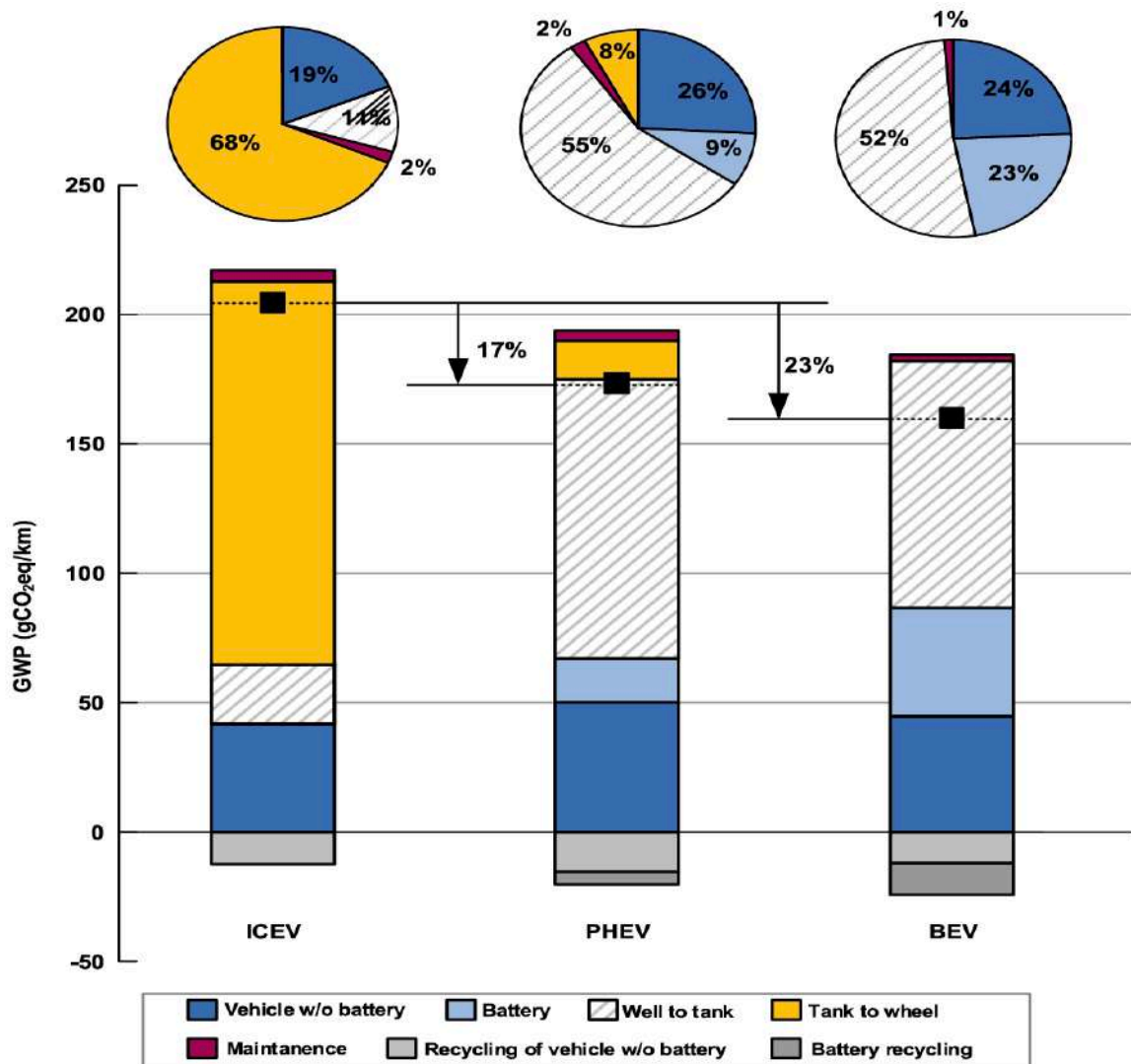
Source	Scenario (a)	Scenario (b)	Scenario (c)	Scenario (d)	Scenario (e)
	Current Emissions	Future Emissions (assuming current % of energy mix)	Future Emissions (with fixed coal production levels)	Current Emission (assumed replacement of all coal sources)	Future Emissions (no coal sources)
	Emissions per source (kTons CO ₂ /year)	Emissions per source (kTons CO ₂ /year)	Emissions per source (kTons CO ₂ /year)	Emissions per source (kTons CO ₂ /year)	Emissions per source (kTons CO ₂ /year)
Nuclear	442	447.94	489.91	589.33	637.25
Coal	2750	2,973.59	2,750	0	0
Gas	1615	1,746.3	1,790.07	2,153.33	2,328.4
Hydro	35	37.85	38.79	46.67	50.46
Renewables	247.5	267.62	274.33	330	356.83
TOTAL	5089.5	5,503.3	5,343.1	3,119.33	3,372.94

Το 2021 άλλη μια έρευνα των (Zeng, et al., 2021), η οποία διεξήχθη για την Κίνα και δείχνει την εξοικονόμηση καυσίμου από την χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας από την μέθοδο ανάλυσης LCA. Στον πίνακα 2 φαίνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/100km) από τα επιλεγμένα οχήματα. Βασίζεται στον Ευρωπαϊκό κύκλο οδήγησης NEDC και υιοθετείται 90% μέση φόρτιση για να καλυφθούν και οι απώλειες της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την φόρτιση.

Πίνακας 2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά από τα επιλεγμένα οχήματα (Zeng, et al., 2021)

Type	ICEV	PHEVs	BEVs
Model name	<i>BYD Qin Pro</i>	<i>BYD Qin Pro DM</i>	<i>BYD Qin EV500</i>
L/W/H (mm)	4765 × 1837 × 1500	4765 × 1837 × 1495	4765 × 1837 × 1515
Wheel base (mm)	2718	2718	2718
Vehicle curb weight (kg)	1380	1690	1650
Engine maximum power (kW)	118	118	-
Engine maximum torque (N.m)	245	245	-
Motor maximum power (kW)	-	110	120
Motor maximum torque (N.m)	-	250	280
Fuel tank capacity (L)	50	39	-
Fuel use (L/100 km)	6.5	4.3	-
Battery capacity (kWh)	-	14.38	56.4
Range in electric mode (km)	-	82	420
Electricity use in electric mode (kWh/100 km)	-	17.5	13.4
Vehicle/battery lifetime (km)	150,000	150,000	150,000

Το ICEV που χρησιμοποιήθηκε ανήκει στην ενεργειακή κλάση China V που είναι εφάμιλλη με την κλάση Euro 5. Στην εικόνα 23 φαίνονται οι εκπομπές CO₂ από τους τρεις διαφορετικούς τύπους οχημάτων.



Εικόνα 23 gCO₂/km ανάλογα τον τύπο οχήματος (Zeng, et al., 2021)

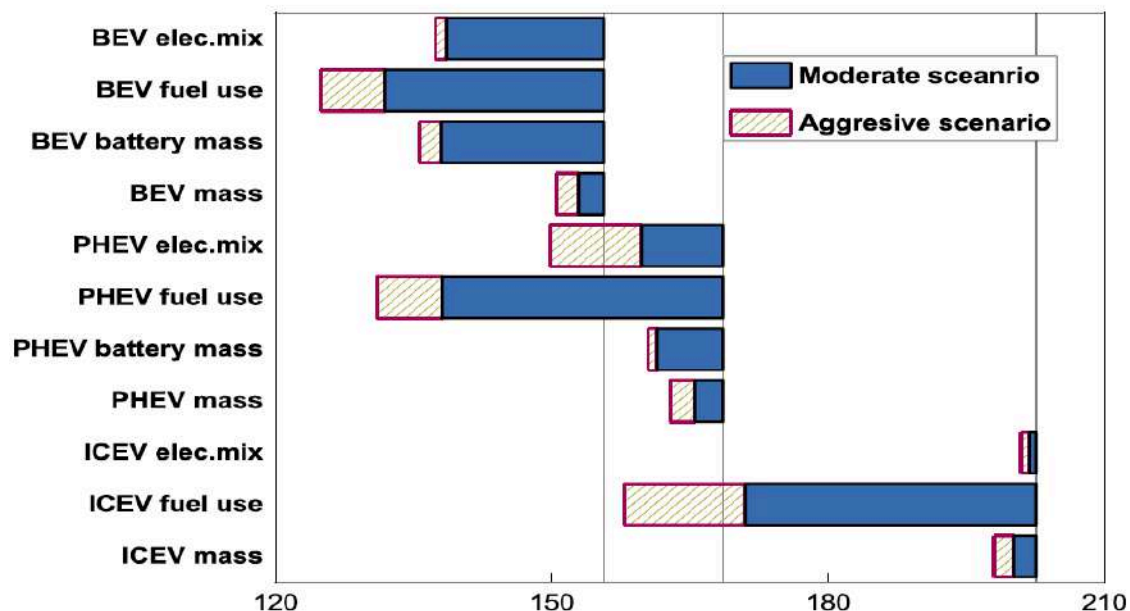
Από την εικόνα 23 καταλαβαίνουμε ότι για τα BEV και PHEV οι εκπομπές CO₂ είναι 156 και 169 gCO₂/km αντίστοιχα, οι οποίες είναι μειωμένες κατά 17% και 23% σε σχέση με το ICEV. Το στάδιο του κύκλου ζωής TTW κυριαρχεί με βάση τις εκπομπές CO₂ ενώ το αντίστοιχο στάδιο που κυριαρχεί στα PHEV και BEV είναι το WTT που σχετίζεται με τις εκπομπές ρύπων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στη συνέχεια αναπτύσσονται δύο σενάρια για την κάθε βελτίωση, τα οποία βασίζονται στην τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της αυτοκίνησης καθώς και της μείωσης της χρήσης καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας με την πάροδο του χρόνου. Ο χρονικός ορίζοντας είναι το 2030. Το ένα σενάριο είναι πιο μετριοπαθές και το άλλο είναι πιο επιθετικό. Επίσης ενσωματώνονται και οι πηγές της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, από τις οποίες αυξάνεται το ποσοστό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Όλα τα παραπάνω συγκαταλέγονται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3 Βελτιωμένες παράμετροι για τα επιλεγμένα οχήματα και μείγματα παραγωγής ενέργειας ανάλογα με το σενάριο (Zeng, et al., 2021)

Parameters	Baseline			Moderate			Aggressive		
	BEV	PHEV	ICEV	BEV	PHEV	ICEV	BEV	PHEV	ICEV
Vehicle mass w/o battery (kg)	1300	1548	1380	1160	1385	1238	1036	1239	1111
Battery mass (kg)	350	142	-	140	57	-	112	45	-
Energy consumption in use stage									
Fuel use (L/100 km)	-	4.3	6.5	-	3.3	5.3	-	3.3	4.8
Elec. use in electric mode (kWh/100 km)	13.4	17.5	-	10	13	-	9	11.8	-
Electricity mix	Average elec. mix in 2019			Average elec. mix in 2030-CPS (share)			Average elec. mix in 2030-NPS (share)		
Coal-based thermal power	62.2%			54.1%			49.2%		
Natural Gas-based thermal power	3.2%			8.6%			7.6%		
Oil-based thermal power	0.1%			0.1%			0.1%		
Bioenergy	1.5%			2.5%			2.7%		
Nuclear Power	4.8%			7.3%			7.9%		
Hydropower	17.8%			13.8%			14.6%		
Wind Power	5.5%			7.5%			9.4%		
Solar Power	3.1%			5.9%			8.3%		
Others	2%			0.2%			0.3%		

Επιπρόσθετα, στην εικόνα 24 φαίνονται οι εκπομπές CO₂ ανά χιλιόμετρο σύμφωνα με τα σενάρια για το 2030. Η μείωση της μάζας και η βελτίωση της κατανάλωσης καυσίμου, της μπαταρίας ή η αλλαγή του μείγματος ηλεκτρισμού μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές CO₂. Ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι η χρήση του καυσίμου. Στο μετριοπαθές σενάριο σύμφωνα με την εικόνα 24 οι εκπομπές CO₂ (gCO₂/km) είναι 132, 138 και 171 gCO₂/km αντίστοιχα, για BEV, PHEV και ICEV οι οποίες είναι μειωμένες κατά 15%, 18% και 16% σε σχέση με την παρούσα κατάσταση. Για το επιθετικό σενάριο, οι αντίστοιχες μετρήσεις αντιστοιχούν σε 125, 131 και 158 gCO₂/km για τα BEV, PHEV και ICEV. Σε κάθε περίπτωση φαίνεται ότι η μείωση του φαινομένου GWP μπορεί να επιτευχθεί από την αλλαγή του μείγματος της ηλεκτρικής ενέργειας σε σύγκριση με το ICEV.

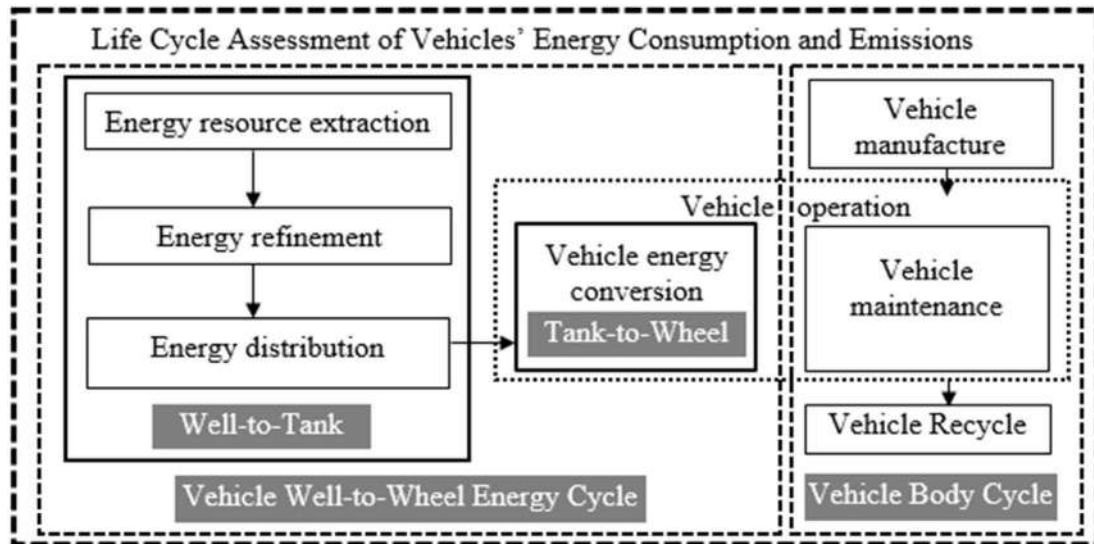


Εικόνα 24 Μετρήσεις για τα δύο σενάρια για τις εκπομπές CO₂ ανάλογα με τις παραμέτρους εξέτασης (Zeng, et al., 2021)

Τα αποτελέσματα από το άρθρο αυτό είναι ότι με βάση το τρέχον ενεργειακό κινεζικό μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας τα BEV, PHEV παρέχουν 23% και 17% μείωση των εκπομπών

CO₂ στην ατμόσφαιρα σε σύγκριση με το ICEV. Στα δύο σενάρια που αναφέρθηκαν παραπάνω για το 2030 αν λάβουμε ως πιο ρεαλιστικό το επιθετικό σενάριο τότε το BEV εκπέμπει 60% χαμηλότερους ρύπους από το ICEV.

Άλλη μια έρευνα των (Zheng & Peng, 2021) αναδεικνύει με την σειρά της μέσω της μεθοδολογίας LCA τα περιβαλλοντικά οφέλη από την χρησιμοποίηση των BEV στις μεταφορές. Δεν εστιάζει σε κάποια χώρα συγκεκριμένα αλλά χρησιμοποιεί διεθνή στοιχεία για την απόδειξη των ισχυρισμών της. Στην εικόνα 25 φαίνονται τα στάδια του κύκλου ζωής του καυσίμου και του οχήματος με διαφορετική ορολογία.



Εικόνα 25 Στάδια κύκλου ζωής του καυσίμου και του οχήματος (Zheng & Peng, 2021)

Στην έρευνα χρησιμοποιείται το μέτρο SRPR (Square Root of Power & Range) το οποίο χρησιμοποιείται όταν οι καταναλωτές θέλουν να συγκρίνουν οχήματα διαφορετικής τεχνολογίας (π.χ. ICEV και BEV). Για τα ICEV η ισχύς του κινητήρα είναι το πιο διαδεδομένο μέτρο σύγκρισης για τα οχήματα αυτής της τεχνολογίας αλλά αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης όταν τα συγκρίνουμε με τα BEVs. Ο ορισμός του SRPR

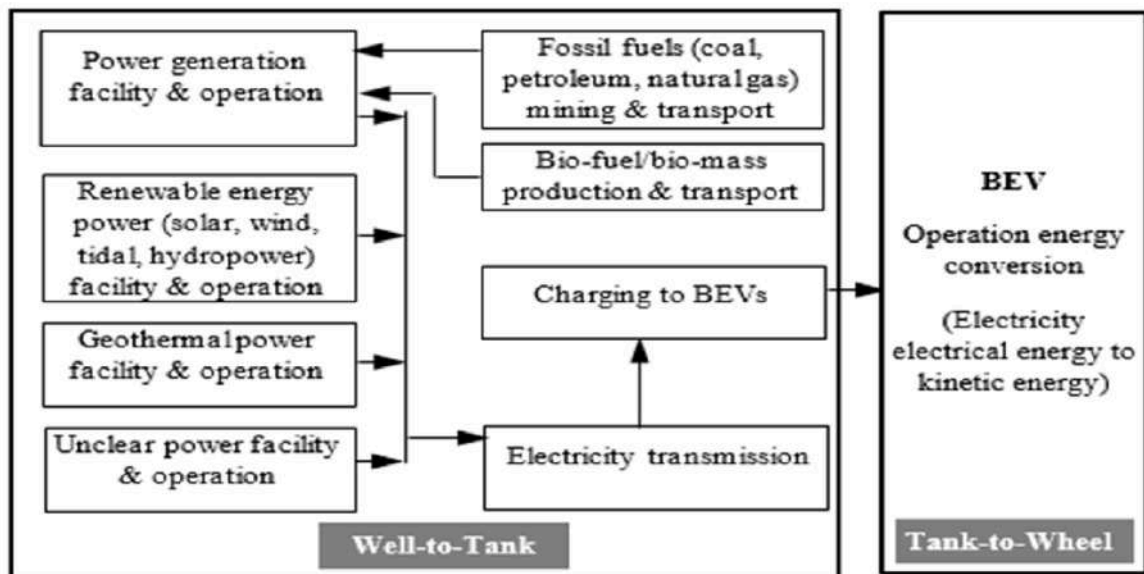
είναι $SRPR = \sqrt{\left(\frac{Power}{100}\right) \times \left(\frac{Range}{100}\right)}$. Η μονάδα μέτρησης του Power είναι kW ενώ για το

Range η μονάδα μέτρησης είναι km. Στον πίνακα 4 φαίνονται τα μοντέλα των οχημάτων που επιλέχθηκαν καθώς και τα χαρακτηριστικά τους όσον αφορά την ενεργειακή τους διαχείριση και κατανάλωση.

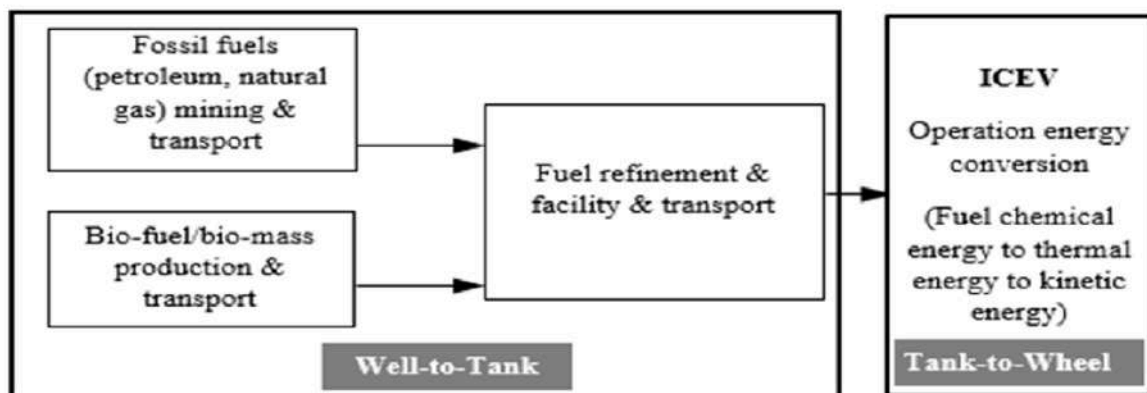
Πίνακας 4 Επιλεγμένα οχήματα και τα χαρακτηριστικά τους (Zheng & Peng, 2021)

(a) ICEV (non-plug-in HEV or diesel cars)						
Vehicle model	Power (kW)	Fuel tank (litre)	Range (km)	SRPR	Fuel consumption (MPG)	ECR (MJ/km)
Toyota Prius	100	45	1067	1.46	67 MPG	1.37
Honda Insight	80	40	1160	1.37	83 MPG	1.1
Nissan Dashqai Diesel	81	55	1437	1.53	74.3 MPG	1.33
VW Golf Diesel	81	50	1211	1.4	68.9 MPG	1.44
(b) BEV						
Vehicle model	Power (kW)	Battery capacity (kWh)	Range (km)	SRPR	Electricity consumption (kWh/100km)	ECR (MJ/km)
BMW I3	125	33	183	0.68	17.75	0.64
Chevrolet Bolt	150	60	383	1.07	17.64	0.64
Ford Focus E 2017	105	33.5	185	0.62	19.57	0.70
Hyundai Ioniq E	88	28	200	0.59	15.4	0.55
Nissan Leaf 2016	80	30	172	0.52	18.7	0.67
Tesla S 60D	279	60	384	1.46	20.13	0.72

Στις εικόνα 26 φαίνονται τα στάδια well-to-tank και tank-to-wheel για τα ICEVs και BEVs.



(a)



Εικόνα 26 Στάδια well-to-tank και tank-to-wheel για τα ICEVs και BEVs (Zheng & Peng, 2021)

Στην συνέχεια, στον πίνακα 6 παρουσιάζονται τα μείγματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορες χώρες και παγκοσμίως για να διαπιστωθούν τα ποσοστά που λαμβάνουν ηλεκτρική ενέργεια τα κράτη από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Πίνακας 5 Μείγματα παραγωγής ηλεκτρισμού για διάφορα κράτη και παγκοσμίως (Zheng & Peng, 2021)

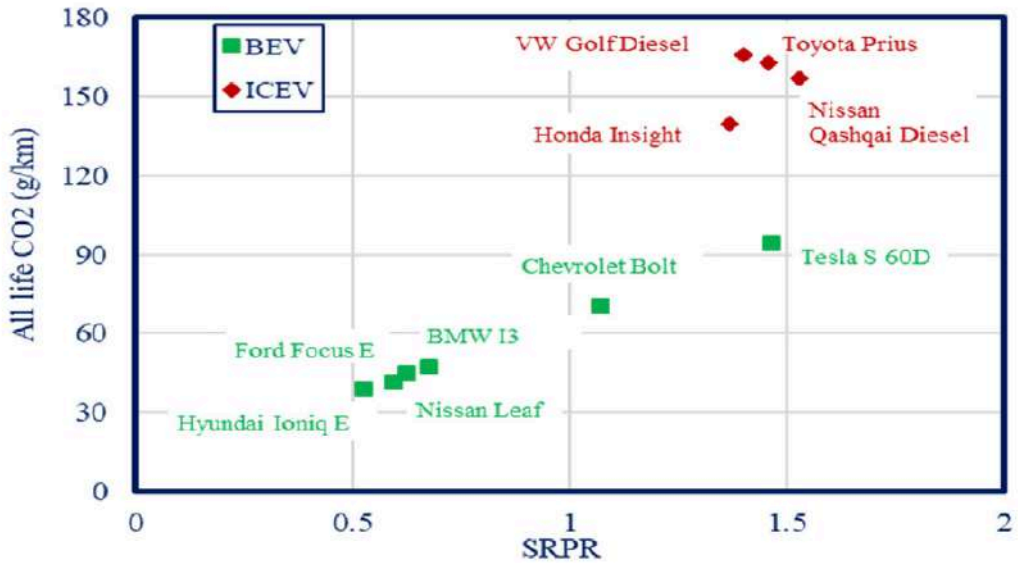
	Unit: TWh (10 ⁹ kWh)									
	Coal	Gas	Oil	Bio	Nuclear	Hydro	Geo	Solar	Wind	Total
World	9594 38.31%	5794 23.14%	931 3.72%	570 2.28%	2606 10.4%	4170 16.65%	82 0.3%	338 1.35%	958 3.83%	25081 100%
UK	31 9.2%	143 42.3%	2 0.6%	34.5 10.2%	72 21.3%	8.3 2.5%	0 0	10.4 3.1%	37 10.9%	339 100%
China	4242 68.24% 64.21% ^a	170 2.73% 3.09% ^a	10 0.16% 4.96% ^a	76 1.22%	213 3.40% 3.47% ^a	1193 19.2% 19.43% ^a	0.1 0 0 ^a	75 1.2% 1.02% ^a	237 3.81% 3.84% ^a	6218 100%
Norway	0.15 0.1%	2.6 1.74%	0.03 0.02%	0.44 0.29%	0 0	144 96.44%	0 0	0 0	2.1 1.4%	150 100%
India	1105 74.54%	71 4.79%	23.4 1.58%	44 2.97%	38 2.56%	138 9.31%	0 0	14.1 0.94%	49 3.31%	1478 100%
USA	1354 31.37%	1418 32.55%	35 0.81%	79 1.84%	840 19.46%	292 6.76%	18.6 0.4%	50 1.16%	230 5.32%	4322 100%

Επίσης, στον πίνακα 6 παρουσιάζονται οι εκπομπές CO₂ από τα ηλεκτρικά οχήματα από το αναγεννητικό σύστημα, από το σύστημα μετάδοσης καθώς και από την φόρτισή τους.

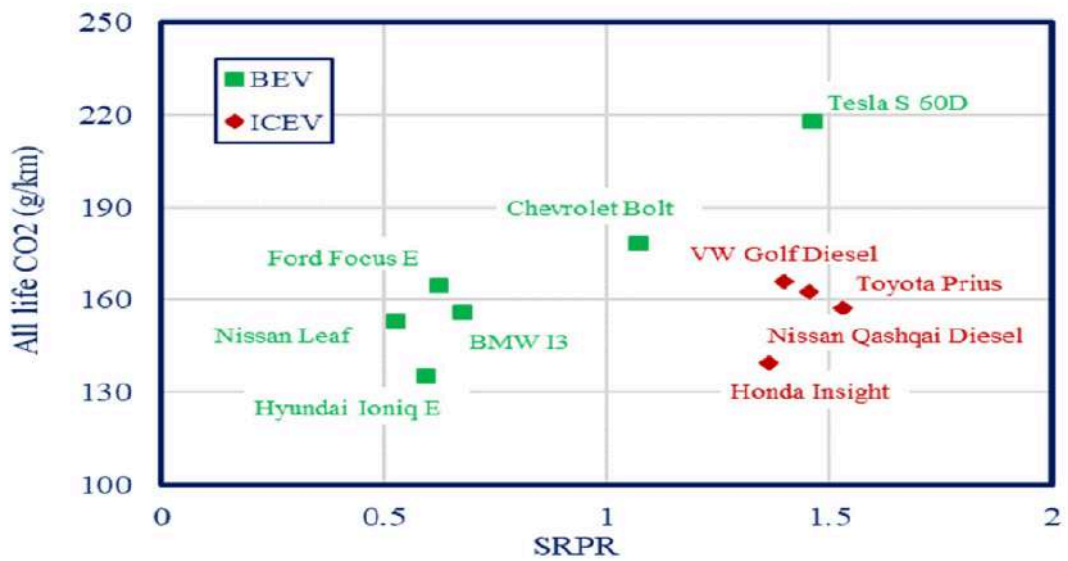
Πίνακας 6 Εκπομπές CO₂ από τα BEVs κατά τις διάφορες διεργασίες τους (Zheng & Peng, 2021)

	(Unit: g/kWh)		
	All life CO ₂ from Powerplant	CO ₂ including power transmission	CO ₂ including charging
World	517.80	556.82	655.08
UK	328.04	352.73	414.98
China	671.74 647.97 ^a	722.30 696.75 ^a	849.76 819.70 ^a
Norway	33.62	36.55	42.53
India	754.04	810.80	953.88
USA	474.70	510.43	600.50

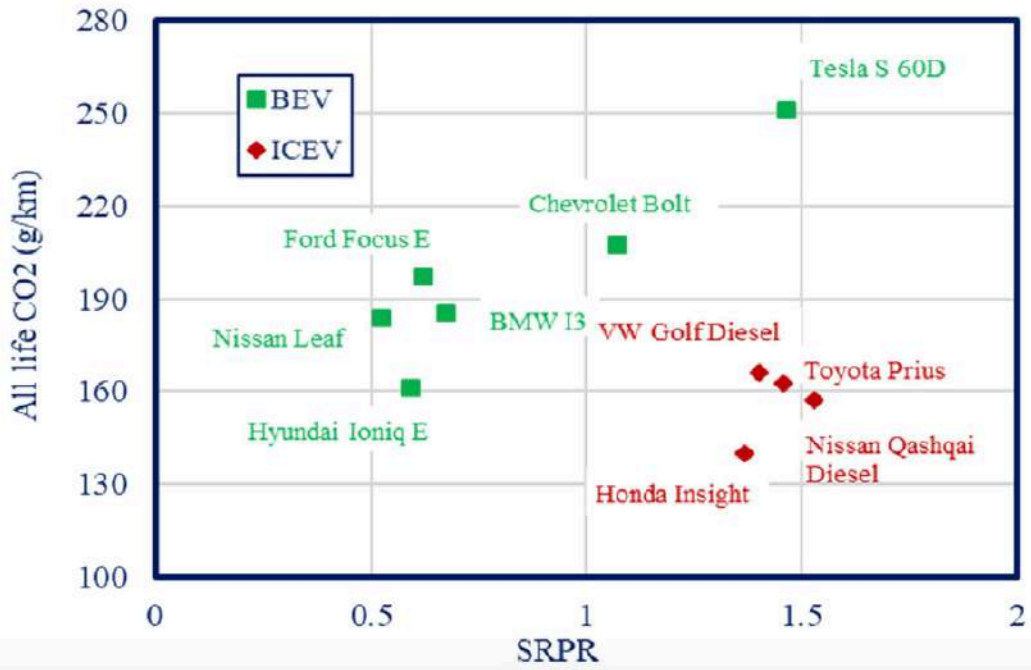
Τέλος, στις εικόνες 27 & 28 & 29 φαίνεται ότι, σύμφωνα με τον δείκτη SRPR, έκτος από το Tesla S 60D όλα τα υπόλοιπα BEVs έχουν φιλικότερη συμπεριφορά προς το περιβάλλον σε σχέση με τα ICEVs.



Εικόνα 27 Σύγκριση μεταξύ BEVs και ICEVs από άποψη CO₂ για την Νορβηγία (Zheng & Peng, 2021)



Εικόνα 28 Σύγκριση μεταξύ BEVs και ICEVs από άποψη CO₂ για την Κίνα (Zheng & Peng, 2021)

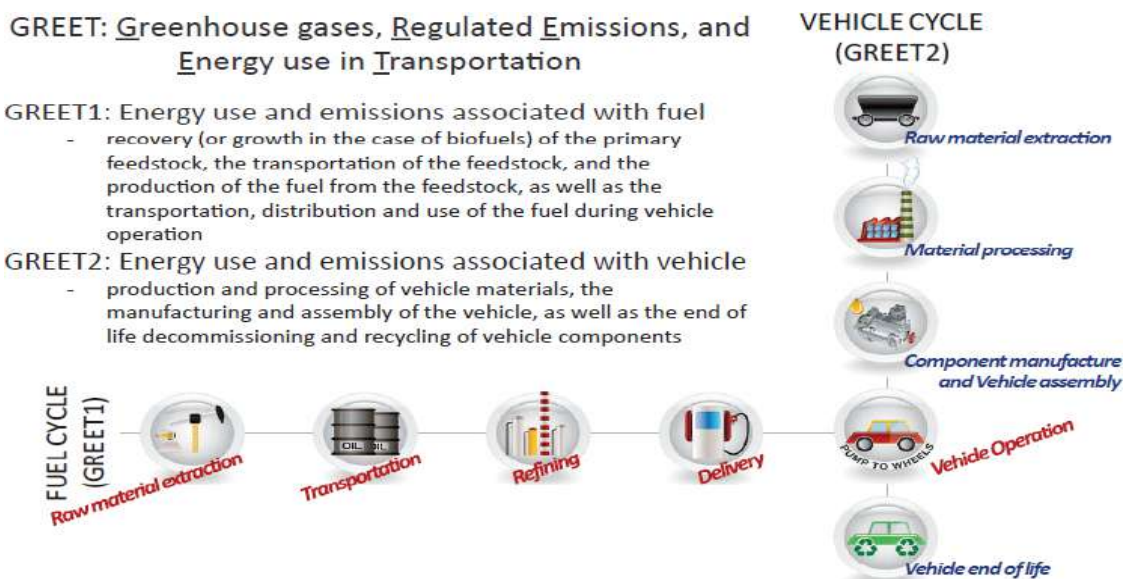


Εικόνα 29 Σύγκριση μεταξύ BEVs και ICEVs από άποψη CO₂ παγκοσμίως (Zheng & Peng, 2021)

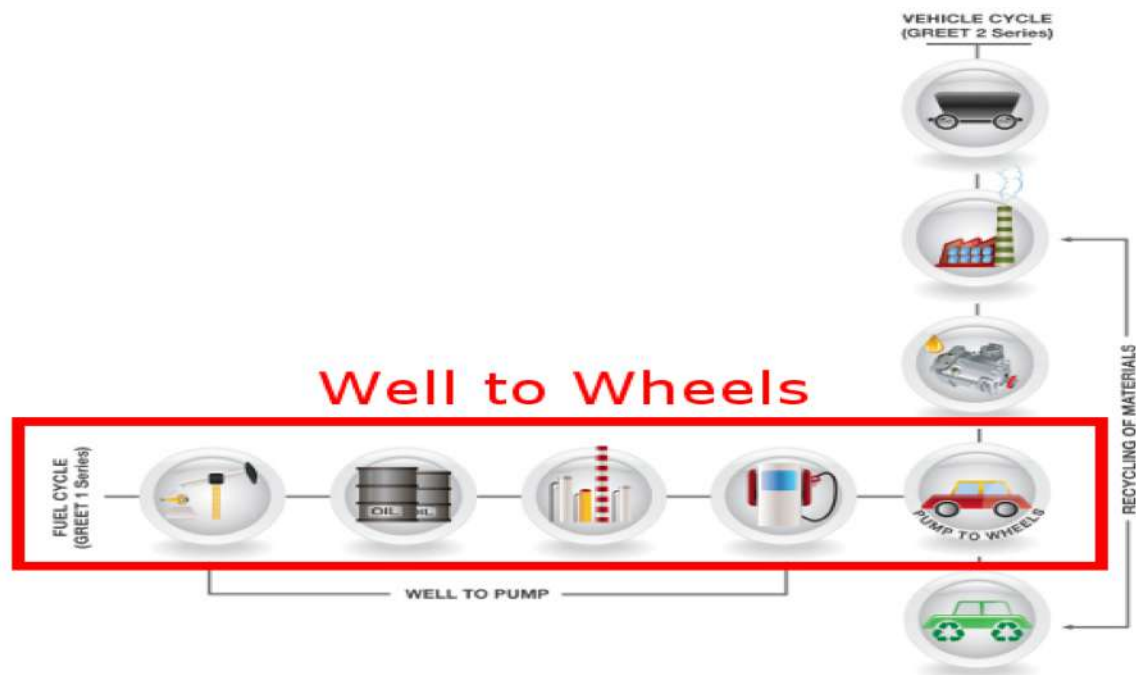
Κεφάλαιο 3 – Μεθοδολογία

3.1 Γενικά στοιχεία για το πρόγραμμα GREET

Το λογισμικό που χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι το **GREET model by Argonne Laboratory**. Το μοντέλο GREET είναι αναλυτικό εργαλείο που προσομοιώνει τη χρήση ενέργειας και την παραγωγή εκπομπών διαφόρων οχημάτων και συνδυασμών καυσίμων. Χρηματοδοτείται από το γραφείο ενεργειακής απόδοσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας του υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ (D.O.E). Περιλαμβάνει δύο στάδια ανάλυσης του κύκλου ζωής των καυσίμων. Αυτά είναι τα wheel-to-wheel και recycling of materials. Εμείς θα ασχοληθούμε με το πρώτο το οποίο αφορά την ενεργειακή χρήση και τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων μόνο από τα καύσιμα. Ακόμα πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνει τα επιμέρους στάδια που φαίνονται στην εικόνα 30 & 31. Συνοπτικά αφορά την ανάκτηση (ή αύξηση στην περίπτωση των βιοκαυσίμων) της πρωτεύουσας πρώτης ύλης, της μεταφοράς της πρώτης ύλης και της παραγωγής καυσίμου από την πρώτη ύλη, καθώς και της μεταφοράς, διανομής και χρήσης του καυσίμου κατά τη λειτουργία του οχήματος.



Εικόνα 30 Κύκλοι ζωής καυσίμου και οχήματος κατά την πλατφόρμα του GREET και επεξήγηση τους (National Academic Press, 2017)



Εικόνα 31 Στάδια well-to-wheels και well-to-pump κατά GREET Πηγή : <https://greet.es.anl.gov/greet/gettingstarted/wtw.html>

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα αναλύσουμε το στάδιο well-to-wheel (WTW) το οποίο αποτελείται από τα επιμέρους στάδια well-to-pump (WTP) και pump-to-wheel. Το στάδιο WTP περιλαμβάνει τα στάδια εξόρυξης του καυσίμου, της μεταφοράς, της διύλισης καθώς και της παράδοσης του στον σταθμό ανεφοδιασμού του οχήματος.

3.2 Δεδομένα εισόδου και εξόδου

Το μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται στο GREET υπολογίζει τις εκπομπές (CO_2 , CH_4^2 και N_2O^3) καθώς και άλλους σημαντικούς ρύπους που προκύπτουν από τους κύκλους ζωής μεταφοράς. Ειδικότερα, οι κύκλοι ζωής στον τομέα των μεταφορών είναι αυτός της ηλεκτρικής ενέργειας, των καυσίμων μεταφοράς και εξαρτημάτων των οχημάτων. Ένας κύκλος ζωής αποτελείται συνήθως από διάφορα στάδια, όπως τελική χρήση, μεταφορά, διανομή και παραγωγή. Στο μοντέλο GREET κάθε στάδιο αντιπροσωπεύεται ως στάσιμη ή μεταφορική διαδικασία. Σε κάθε στάδιο της διαδικασίας οι εκπομπές μπορούν να εκπέμπονται με διάφορους τρόπους: (i) καύση καυσίμων διεργασίας που ενέργεια για τη διεργασία, (ii) διαρροή που συνήθως σχετίζεται με την αποθήκευση και μεταφορά πτητικών καυσίμων. Το σχήμα 1 παρακάτω δείχνει την οφειλή των υπολογισμών στο μοντέλο. Για να λάβουμε υπόψη τις εισροές ενέργειας σε μια διαδικασία, καθορίζουμε μια λίστα πόρων, σχετικών ποσών και ποσοστών διαρροής, εάν υπάρχουν. Για τον υπολογισμό των εκπομπών διεργασιών, χρησιμοποιούμε την έννοια της τεχνολογίας. Οι τεχνολογίες είναι μια αφαίρεση

² Οργανική ένωση που ονομάζεται μεθάνιο και βρίσκεται σε κάποια σημαντική περιεκτικότητα στην ατμόσφαιρα που βοηθά στην θέρμανση του πλανήτη έτσι ώστε να είναι κατοικήσιμος. Με την πάροδο του χρόνου λόγω των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων αυξάνεται ραγδαία η παραγωγή του με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση του πλανήτη. (District Energy, 2019)

³ Το υποξείδιο του αζώτου αποτελεί "αέριο θερμοκηπίου" έχοντας την ικανότητα να απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία. Έρχεται τρίτο σε σειρά σπουδαιότητας από άποψη συμβολής αέριων ουσιών ανθρωπογενούς προέλευσης μετά το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 6% (από άποψη αποτελέσματος) της συνολικής συνεισφοράς του ανθρώπου στην αύξηση των αέριων θερμοκηπίου. (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2012)

που καθορίζεται από ένα σύνολο παραγόντων εκπομπών για καθέναν από τους ρύπους. Κάθε πόρος που χρησιμοποιείται σε μια διαδικασία μπορεί να κατανέμεται σε μια ή περισσότερες τεχνολογίες. Για να μοντελοποιήσουμε ολόκληρο τον κύκλο ζωής συνδυάζουμε τις διαδικασίες σε μονοπάτια (paths). Υπολογίζουμε όλους τους πόρους και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες μιας διαδρομής και στη συνέχεια τις συνδυάζουμε για να υπολογίσουμε την ενέργεια και τις εκπομπές που σχετίζονται με κάθε διαδρομή. Κάθε διαδρομή έχει ένα μόνο κύριο προϊόν. Η υπολογισμένη ενέργεια και οι εκπομπές ενός μονοπατιού χρησιμοποιούνται ως τιμές ανάντη για το αντίστοιχο προϊόν όταν χρησιμοποιείται ως είσοδος σε οποιαδήποτε διαδικασία μέσα στο μοντέλο. Οι επαναληπτικοί υπολογισμοί χρησιμοποιούνται για την επίλυση των κυκλικών αναφορών.



Εικόνα 32 Η πυραμίδα του GREET MODEL

3.3 Πόροι που χρησιμοποιούνται στο GREET MODEL

Οι πόροι που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο του GREET είναι τα δεδομένα εισόδου και εξόδου. Οι πόροι είναι οργανωμένοι σε 11 ομάδες.

1. Καύσιμα πετρελαίου
2. Καύσιμα φυσικού αερίου
3. Καύσιμα άνθρακα
4. Ορυκτά καύσιμα
5. Βιομάζα
6. Πυρηνικά
7. Μη ορυκτά καύσιμα
8. Λιπάσματα
9. Παρασιτοκτόνα
10. Ανανεώσιμο φυσικό αέριο
11. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ακολουθεί η λίστα των φυσικών ιδιοτήτων που μπορούν να καθοριστούν για καθέναν από τους πόρους:

1. Αναλογία άνθρακα
2. Αναλογία θείου
3. Πυκνότητα
4. Υψηλή τιμή θέρμανσης
5. Χαμηλή τιμή θέρμανσης
6. Κατάσταση υλικού (στερεό, υγρό, αέριο)

7. Αξία αγοράς για έναν πόρο

Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τις ακόλουθες ιδιότητες :

1. Όνομα
2. Λίστα συμβατών πόρων
3. Συμμετοχές σε ομάδες
4. Είναι πρωτεύων πόρος; (π.χ. ένας φυσικός πόρος όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο άνθρακας, ο άνεμος)
5. Αέρια που δημιουργήθηκαν κατά την εξάτμιση

Οι αναλογίες άνθρακα και θείου πρέπει να καθοριστούν για καύσιμα τα οποία χρησιμοποιούνται για καύση. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ποσοτήτων CO₂ και SO_x ως αποτέλεσμα της καύσης. Η τιμή της πυκνότητας και οι τιμές (χαμηλή ή υψηλή) θέρμανσης χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή μεταξύ μάζας, ενέργειας και όγκου. Όλες αυτές οι ιδιότητες πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων. Ένας πρωταρχικός πόρος είναι αυτός που δεν σχετίζεται με τον ανάντη πόρο (ενέργεια και εκπομπές). Δηλαδή, είναι ένας πόρος που υπάρχει στη φύση (αργό πετρέλαιο, άνθρακας, μεταλλεύματα ουρανίου κ.λπ.). Εάν υπάρχουν εκπομπές ρύπων που σχετίζονται με απώλειες υλικών, όπως εξάτμιση, οι εκπομπές που δημιουργούνται κατά την εξάτμιση, καθορίζουμε σε ποιους ρύπους πρέπει να αποδοθούν.

3.4 Τεχνολογία

Η τεχνολογία χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση των εκπομπών ως αποτέλεσμα μιας διαδικασίας καύσης ή μιας χημικής αντίδρασης. Κάθε τεχνολογία καθορίζεται από το καύσιμο που χρησιμοποιείται και από τους συντελεστές εκπομπών. Οι μονάδες μέτρησης για τους συντελεστές εκπομπών είναι g / J - γραμμάρια ρύπου ανά Joule καυσίμου που χρησιμοποιείται. Ακολουθεί η λίστα των κριτηρίων ρύπων που υπολογίζονται επί του παρόντος στο μοντέλο.

1. VOC (οργανικές πτητικές ενώσεις που όταν είναι ανθρωπογενείς ρυθμίζονται από την νομοθεσία διότι είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο και το φυσικό περιβάλλον CO (μονοξείδιο του άνθρακα το οποίο συμβάλλει έμμεσα στο φαινόμενο εγκλεισμού της ακτινοβολίας
2. NO_x
3. PM10 (αιωρούμενα σωματίδια τα οποία συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και έχουν ατμοσφαιρική διάμετρο 10 μm
4. PM2.5 (όμοια με τα παραπάνω με ατμοσφαιρική διάμετρο 2,5 μm)
5. SO_x
6. CH₄
7. CO₂
8. N₂O

Οι συντελεστές εκπομπών για καθέναν από τους ρύπους μπορούν να προσδιοριστούν ως χρονοσειρές, δηλαδή διαφορετικές τιμές μπορούν να καθοριστούν για διαφορετικά έτη. Έτσι, οι συντελεστές εκπομπών για μια τεχνολογία είναι ένας πίνακας, στον οποίο οι σειρές είναι ρύποι και οι στήλες είναι χρόνια.

3.5 Συντελεστές εκπομπών άνθρακα και θείου

Ο τύπος που χρησιμοποιείται από το μοντέλο για τον υπολογισμό του συντελεστή εκπομπών SOx όταν χρησιμοποιείται υγρό ή αέριο καύσιμο είναι ο εξής :

Εάν ο συντελεστής εκπομπών SOx δεν προσδιορίζεται για μια τεχνολογία, πρέπει να υπολογιστεί. Εδώ είναι ο τύπος για τον υπολογισμό του συντελεστή εκπομπών SOx όταν χρησιμοποιείται υγρό ή αέριο καύσιμο

3.6 Οχήματα που θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο

Τα οχήματα που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι το **Nissan Leaf** (αμιγώς ηλεκτρικό), το **Toyota Corolla Hybrid** (μπαταρία και βενζίνη) καθώς και το **Toyota Corolla 1,2 It ICEV**. Σε ό,τι αφορά στο Nissan Leaf είναι το πρώτο αμιγώς ηλεκτρικό όχημα μαζικής παραγωγής (4 τροχοί, 2018) το οποίο παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 2010. Σήμερα, το Nissan Leaf είναι το αμιγώς ηλεκτροκίνητο όχημα με τις περισσότερες πωλήσεις – πάνω από 300.000 – παγκοσμίως. Αυτός είναι και ο λόγος που επιλέγεται ως όχημα προς εξέταση στην παρούσα διπλωματική εργασία καθώς αντικατοπτρίζει την τάση των καταναλωτών προς την ηλεκτροκίνηση. Στην τελευταία του έκδοση προσφέρει αυτονομία που αγγίζει 389 km σε αστικό κύκλο (NEDC⁴), ισχύ 150 hp και μέγιστη ταχύτητα 144 km/h. Το όραμα της Nissan το οποίο βασίζεται σε αυτό το όχημα ονομάζεται Nissan Intelligent Mobility και στοχεύει στην δραστική μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων, την μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και την μείωση των τροχαίων ατυχημάτων.

Παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πρώτου οχήματος δηλαδή του Nissan Leaf.

Προδιαγραφές	
Μπαταρία	40kwh
Αμάξωμα	5θυρο
Κινητήρας	Ηλεκτρικός
Κίνηση	Εμπρός
Έκδοση	Acenta

Πίνακας 7 Προδιάγραφες Nissan Leaf Πηγή : <https://www.nissan.gr/vehicles/my-nissan-manuals.html>

Διαστάσεις/Χωρητικότητες

⁴ New European Driving Cycle : είναι ένας κύκλος οδήγησης, που ενημερώθηκε τελευταία φορά το 1997, σχεδιασμένος για την αξιολόγηση των επιπέδων εκπομπών κινητήρων και οικονομίας καυσίμου στα επιβατικά αυτοκίνητα (εξαιρουμένων των ελαφρών φορτηγών και των επαγγελματικών οχημάτων). Αναφέρεται επίσης ως κύκλος MVEG. Πηγή : https://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle

Συνολικό μήκος	4490 mm
Συνολικό μήκος χωρίς καθρέφτες	1788 mm
Συνολικό πλάτος με καθρέφτες	2030 mm
Συνολικό ύψος (χωρίς φορτίο)	1530 mm
Μικτό βάρος οχήματος	1995 kg
Μέγιστο φορτίο οροφής	35 kg
Μεταξόνιο	2700 mm
Πρόβολος εμπρός/πίσω	1005/785 mm
Μετατρόχιο, εμπρός/πίσω	1540/1555 mm
Κύκλος στροφής/διάμετρος (από κράσπεδο σε κράσπεδο)	10,6 m
Συντελεστής αεροδυναμικής	0,28
Αριθμός επιβατών	5
Χωρητικότητα χώρου αποσκευών	400 lt

Πίνακας 8 Διαστάσεις/Χωρητικότητες Nissan Leaf Πηγή :
<https://www.nissan.gr/vehicles/my-nissan-manuals.html>

Επιδόσεις	
Επιτάχυνση 0-100 km/h	7,9 sec
Μέγιστη ταχύτητα	144 km/h
Μέγιστη ισχύς	110 kW/150 PS/3283-9795 rpm
Μέγιστη ροπή	320 Nm/0-3283rpm
Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος	171 Wh/km
Αυτονομία συνδ. Κύκλου (WLTP)	270 km

Αυτονομία κύκλου πόλης (WLTP)	389 km
-------------------------------	--------

Πίνακας 9 Επιδόσεις Nissan Leaf Πηγή : <https://www.nissan.gr/vehicles/my-nissan-manuals.html>

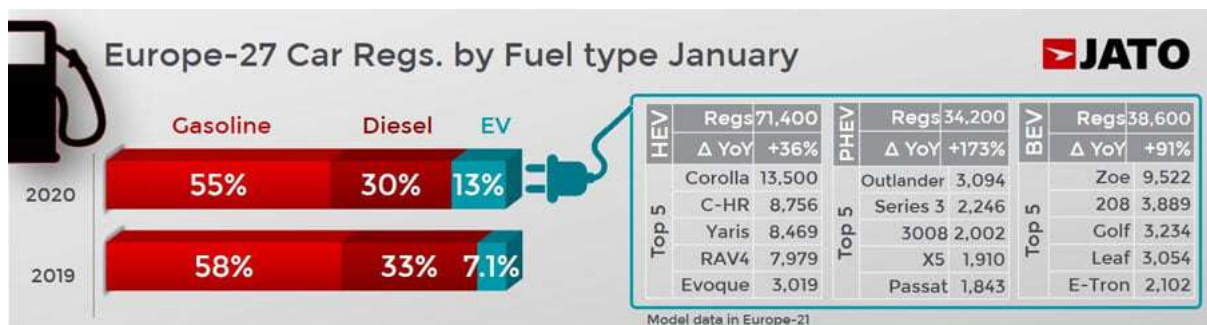
Φόρτιση	
On-board φορτιστής	6,6 kW
Ισχύς ταχυφορτιστή	50 kW
Καλώδιο Φόρτισης	EVSE (6 m) & Mode 3 (6 m)
6,6 kW OBC σε 32A Wallbox	7,5 ώρες
Καλώδιο 10A EVSE σε οικιακή πρίζα	21 ώρες
Ταχυφορτιστής 50 kW	60 λεπτά

Πίνακας 10 Φόρτιση Nissan Leaf Πηγή : <https://www.nissan.gr/vehicles/my-nissan-manuals.html>

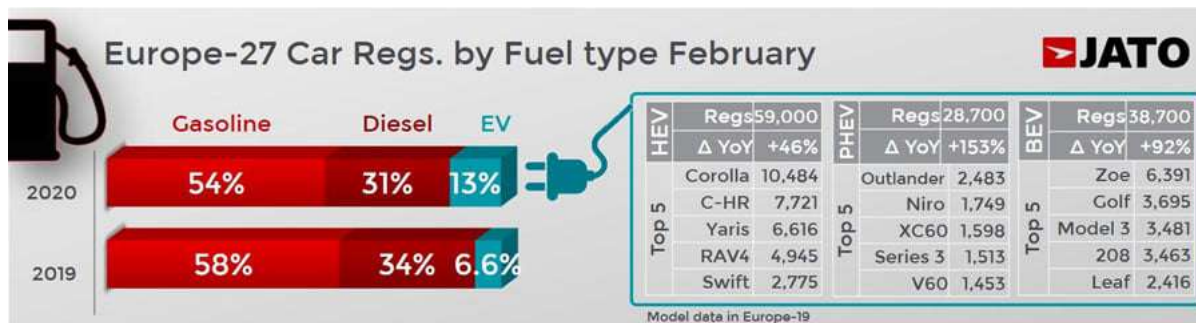


Εικόνα 33 Ενδεικτική εικόνα για την φόρτιση του Nissan Leaf Πηγή : <https://www.4troxoi.gr/epikairoitita/kosmos/oi-poliseis-toy-nissan-leaf-xeperasan-tis-100000-stin-iaonia>

Επιπρόσθετα, όσον αφορά για το Toyota Corolla Hybrid αποτελεί τα τελευταία χρόνια ένα όχημα σταθμός για όποιον καταναλωτή θέλει να στραφεί σε οχήματα υβριδικής τεχνολογίας. Συγκεκριμένα, το 2019 το Corolla στην Ευρώπη κατείχε την πρωτιά στις πωλήσεις με 124.453 ταξινομήσεις (44% αύξηση σε σχέση με το 2018) ενώ παράλληλα το πρώτο δίμηνο του 2020 βρίσκεται επίσης πρώτο με 23.984 ταξινομήσεις.



Εικόνα 34 Ταξινομήσεις ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη για τον μήνα Ιανουάριο Πηγή : <https://www.autogreeknews.gr/nea/pwliseis-autokinitwn/no1-stin-eyropi-toytoyota-corolla-hybrid>



Εικόνα 35 Ταξινομήσεις ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη για τον μήνα Φεβρουάριο
 Πηγή : <https://www.autogreeknews.gr/nea/pwliseis-autokinitwn/no1-stin-eyropi-to-toyota-corolla-hybrid>

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Toyota Corolla Hybrid.

Κατανάλωση καυσίμου	
Μικτός κύκλος (λίτρα/100 χλμ)	3,4-3,7
Υπεραστικά (λίτρα/100 χλμ)	3,7-4,0
Αστικά (λίτρα/100 χλμ)	3,1-3,5
Διοξείδιο του Άνθρακα	
Μικτός κύκλος (γρ/χλμ)	78-85
Υπεραστικά (γρ/χλμ)	84-91
Αστικά (γρ/χλμ)	71-80

Πίνακας 11 Καταναλώσεις & εκπομπές CO₂ και τύπος καυσίμου για το Toyota Corolla Hybrid
 Πηγή: https://www.toyota.gr/new-cars/corolla-hatchback/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPArisAFDTLTL1I9QTSIQ61hvGzLJdAQkwkd967dBen1AVPwZcCAR1E8trESVBTG8aAHvEALw_wcb

Καύσιμο	
Τύπος καυσίμου	Αμόλυβδη 95 οκτανίων ή παραπάνω
Χωρητικότητα ρεζερβουάρ (λίτρα)	50
Εκπομπές καυσαερίων	
EuroClass	Euro 6 AG
Μονοξείδιο του άνθρακα CO (χλγρμ./χλμ)	101,20
Υδρογονάνθρακες THC (χλγρμ./χλμ)	14,80

Υδρογονάνθρακες NMHC (χλγρμ./χλμ)	13,40
Οξείδια του αζώτου NO _x (χλγρμ./χλμ)	2,30
Σωματίδια καπνού (χλγρμ./χλμ)	0,00
Θόρυβος dB(A)	67

Πίνακας 12 Τύπος καυσίμου & εκπομπές καυσαερίων για το Toyota Corolla Hybrid Πηγή : https://www.toyota.gr/new-cars/corolla-hatchback/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPArisAFDTLTL1I9QTsIQ61hvGzLJdAQkwkd967dBen1AVPwZcCAR1E8trESVBTG8aAIHvEALw_wcB

Κινητήρας	
Κωδικός κινητήρα	2ZR-FXE
Κύλινδροι	4 σε σειρά
Μηχανισμοί βαλβίδων	DOHC 16-valve VVT-i
Τροφοδοσία	Ηλεκτρονικός ψεκασμός
Κυβισμός (κ. εκ.)	11798
Διάμετρος x διαδρομή (χλστ.)	80,5 × 88,3
Μέγιστη ισχύς (hp)	122
Μέγιστη ισχύς (kW/σ.α.λ.)	90/5.200
Μέγιστη ροπή (Nm/σ.α.λ.)	142 / 3.600
Ηλεκτροκινητήρας	
Τύπος	Σύγχρονος Κινητήρας Μόνιμου Μαγνήτη
Τάση (V) και χωρητικότητα (αμπέρ × ώρα)	207 / 3,6
Μέγιστη ισχύς (kW)	53
Μέγιστη ροπή (Nm)	163
Επιδόσεις	
Μέγιστη ταχύτητα (χλμ. /ώρα)	180
Επιτάχυνση 0-100 χλμ. /ώρα (δευτ.)	10,9

Πίνακας 13 Κινητήρας & επιδόσεις για το Toyota Corolla Hybrid Πηγή : https://www.toyota.gr/new-cars/corolla-hatchback/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPArisAFDTLTL1I9QTsIQ61hvGzLJdAQkwkd967dBen1AVPwZcCAR1E8trESVBTG8aAIHvEALw_wcB

Βάρη & διαστάσεις	
Εξωτερικό μήκος (χλστ)	4370
Εξωτερικό πλάτος (χλστ)	1790
Εξωτερικό ύψος (χλστ)	1435
Μπροστινό μετατρόχιο (χλστ)	1530
Πίσω μετατρόχιο (χλστ)	1530
Μπροστινός πρόβολος (χλστ)	935
Πίσω πρόβολος (χλστ)	795
Μεταξόνιο (χλστ)	2640
Απόσταση από το έδαφος (χλστ)	135
Εσωτερικό μήκος (χλστ)	1795
Εσωτερικό πλάτος (χλστ)	1510
Εσωτερικό ύψος (χλστ)	1155
Μήκος χώρου αποσκευών (λίτρα)	1795
Πλάτος χώρου αποσκευών (χλστ)	1395
Ύψος χώρου αποσκευών (χλστ)	770
Όγκος χώρου αποσκευών (κ. εκ.)	0.669
Συνολικό μεικτό βάρος οχήματος (κιλά)	1820
Καθαρό βάρος (κιλά)	1240

Πίνακας 14 Βάρη & διαστάσεις για το Toyota Corolla Hybrid

Πηγή: https://www.toyota.gr/new-cars/corolla-hatchback/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPARIsAFDTLTL1I9QTsIQ61hvGzLJdAQkwkd967dBen1AVPwZcCAR1E8trESVBTG8aAIHvEALw_wcB



Εικόνα 36 Διαστάσεις του Toyota Corolla Hybrid

Πηγή: https://www.toyota.gr/new-cars/corolla-hatchback/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPArisAFDTLTL1I9QTsIQ61hvGzLJdAQkwkd967dBen1AVPwZcCARIE8trESVBTG8aAIHvEALw_wcB

Τέλος, για το Toyota Corolla 1,2 lt ICEV έχουμε τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά :

Κατανάλωση καυσίμου	
Μικτός κύκλος (λίτρα/100 χλμ)	5,8-5,9
Υπεραστικά (λίτρα/100 χλμ)	5,1
Αστικά (λίτρα/100 χλμ)	7,0-7,2
Διοξείδιο του Άνθρακα	
Μικτός κύκλος (γρ/χλμ)	132-134
Υπεραστικά (γρ/χλμ)	116
Αστικά (γρ/χλμ)	161-164

Καύσιμο	
Τύπος καυσίμου	Αμόλυβδη 95 οκτανίων ή παραπάνω
Χωρητικότητα ρεζερβουάρ (λίτρα)	50
Εκπομπές καυσαερίων	
EuroClass	Euro 6 AG
Μονοξείδιο του άνθρακα CO (χλγρμ./χλμ)	142,50
Υδρογονάνθρακες THC (χλγρμ./χλμ)	17,60

Υδρογονάνθρακες NMHC (χλγρμ./χλμ)	14,80
Οξείδια του αζώτου NO _x (χλγρμ./χλμ)	11,60
Σωματίδια καπνού (χλγρμ./χλμ)	0,49
Θόρυβος dB(A)	67

Κινητήρας	
Κωδικός κινητήρα	8NR-FTS
Κύλινδροι	4 σε σειρά
Μηχανισμοί βαλβίδων	DOHC 16-valve VVT-i
Τροφοδοσία	Ηλεκτρονικός ψεκασμός
Κυβισμός (κ. εκ.)	1197
Διάμετρος x διαδρομή (χλστ.)	71,5 × 74,5
Μέγιστη ισχύς (hp)	116
Μέγιστη ισχύς (kW/σ.α.λ.)	85/5200
Μέγιστη ροπή (Nm/σ.α.λ.)	185 / 1500 – 4000
Επιδόσεις	
Μέγιστη ταχύτητα (χλμ. /ώρα)	195
Επιτάχυνση 0-100 χλμ. /ώρα (δευτ.)	10,0

Βάρη & διαστάσεις	
Εξωτερικό μήκος (χλστ)	4370
Εξωτερικό πλάτος (χλστ)	1790
Εξωτερικό ύψος (χλστ)	1435
Μπροστινό μετατρόχιο (χλστ)	1530
Πίσω μετατρόχιο (χλστ)	1530

Μπροστινός πρόβολος (χλστ)	935
Πίσω πρόβολος (χλστ)	795
Μεταξόνιο (χλστ)	2640
Απόσταση από το έδαφος (χλστ)	135
Εσωτερικό μήκος (χλστ)	1795
Εσωτερικό πλάτος (χλστ)	1510
Εσωτερικό ύψος (χλστ)	1155
Μήκος χώρου αποσκευών (λίτρα)	1795
Πλάτος χώρου αποσκευών (χλστ)	1395
Ύψος χώρου αποσκευών (χλστ)	770
Όγκος χώρου αποσκευών (κ. εκ.)	0.669
Συνολικό μεικτό βάρος οχήματος (κιλά)	1840
Καθαρό βάρος (κιλά)	1255

3.7 Πολιτική της Ελλάδας για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης στις μεταφορές

Ο Υπουργός Περιβάλλοντος & Ενέργειας στις 5 Ιουνίου του 2019 υπέγραψε μαζί με τον Υπουργό Υποδομών & Μεταφορών την κοινή υπουργική απόφαση η οποία δημοσιεύθηκε σε ΦΕΚ (2040 Β/04.06.19). Η εν λόγω απόφαση καθορίζει τις προδιαγραφές προκειμένου να γίνει εγκατάσταση συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης τους, σε δημόσια σημεία κατά μήκος του αστικού και υπεραστικού οδικού δικτύου καθώς και σε χώρους στάθμευσης. Βασικός στόχος της πολιτικής αυτής είναι τα ηλεκτρικά οχήματα να απαρτίζουν το 10% επί του συνόλου του στόλου των οχημάτων στην χώρα που θα βρίσκονται σε κυκλοφορία το έτος 2030. Με την σταδιακή ανανέωση του στόλου των οχημάτων της χώρας από οχήματα υψηλότερης ενεργειακής τεχνολογίας με μικρότερες εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων θα οδηγήσουν στην μείωση της τελικής κατανάλωσης καυσίμου, μία μείωση της τάξης του 9% που σε απόλυτους αριθμούς ανέρχεται σε 293 ktoe για την περίοδο 2016-2030. Ο εξηλεκτρισμός των επιβατικών μεταφορών μειώνει στα 24 ktoe/kpkm⁵ το 2030 από 32 ktoe/kpkm το 2016. Επιπρόσθετα, η εξ ολοκλήρου μεταστροφή των μέσων μεταφοράς στην ηλεκτρική ενέργεια θα οδηγήσει στην μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας κατά 26%.

⁵ Ktoe/kpkm : Kilotonne Oil equivalent/Kilopond/kilometer

3.8 Φορολογικά κίνητρα για την απόκτηση ηλεκτρικών οχημάτων

Στις 21 Ιουλίου του 2020 σύμφωνα με τις ανακοινώσεις τύπου του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας κατατέθηκε το πολυνομοσχέδιο για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης στη χώρα μας στην Ολομέλεια της Βουλής των Ελλήνων.

Σε αυτό περιλαμβάνονται σημαντικά οικονομικά κίνητρα για την απόκτηση ηλεκτρικών οχημάτων τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω. Πρώτον, στο πρόγραμμα προβλέπεται επιδότηση 20% για την αγορά ή μίσθωση ηλεκτρικού οχήματος στα φθηνότερα οχήματα με αξία κτήσης έως 30.000 ευρώ, με οροφή τα 6.000 ευρώ. Για οχήματα άνω των 30.000 ευρώ προβλέπεται επιδότηση της τάξης του 15% με οροφή στα 6.000 ευρώ. Επίσης, αναλύει την έννοια της πρωτοβουλίας «Κινούμαι ηλεκτρικά» με την οποία θα επιδοτούνται εφεξής η αγορά ή μίσθωση ηλεκτρικών ταξί με 25% και οροφή 10.500 ευρώ (15% για τα υβριδικά με οροφή τα 8.000) καθώς και η αγορά ή μίσθωση ηλεκτρικών σκούτερ με 20% επί της τιμής και των ποδηλάτων 40%. Επιπροσθέτως εάν γίνει αγορά ή μίσθωση παραπάνω από ενός οχήματος αλλά και σκούτερ ή ποδηλάτου η επιδότηση θα προσ αυξάνεται κατά 50% και για τα νησιά 70%.

3.9 Ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας

Στο τέταρτο συνέδριο για την ηλεκτροκίνηση στις 20 Ιανουαρίου του 2021 τόνιστηκε η προτεραιότητα για την ανάπτυξη της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ανταγωνιστικές τιμές στις μεταφορές.

Πιο συγκεκριμένα, αναφέρθηκε στην αύξηση των ταξινομήσεων των ηλεκτρικών οχημάτων το 2020 σε σχέση με το 2019. Το 2020 οι ταξινομήσεις τέτοιου είδους οχημάτων ήταν 2.100 αμιγώς ηλεκτρικών και επαναφορτιζόμενων υβριδικών οχημάτων. Αν αναλογιστεί κανείς ότι οι ταξινομήσεις το 2017 ήταν 200 ηλεκτρικά και plug-in υβριδικά οχήματα τότε καταλαβαίνει ότι η αύξηση είναι αρκετά μεγάλη κάτι που δείχνει την αύξηση της εμπιστοσύνης των πολιτών στις νέες τεχνολογίες στον τομέα των μεταφορών.

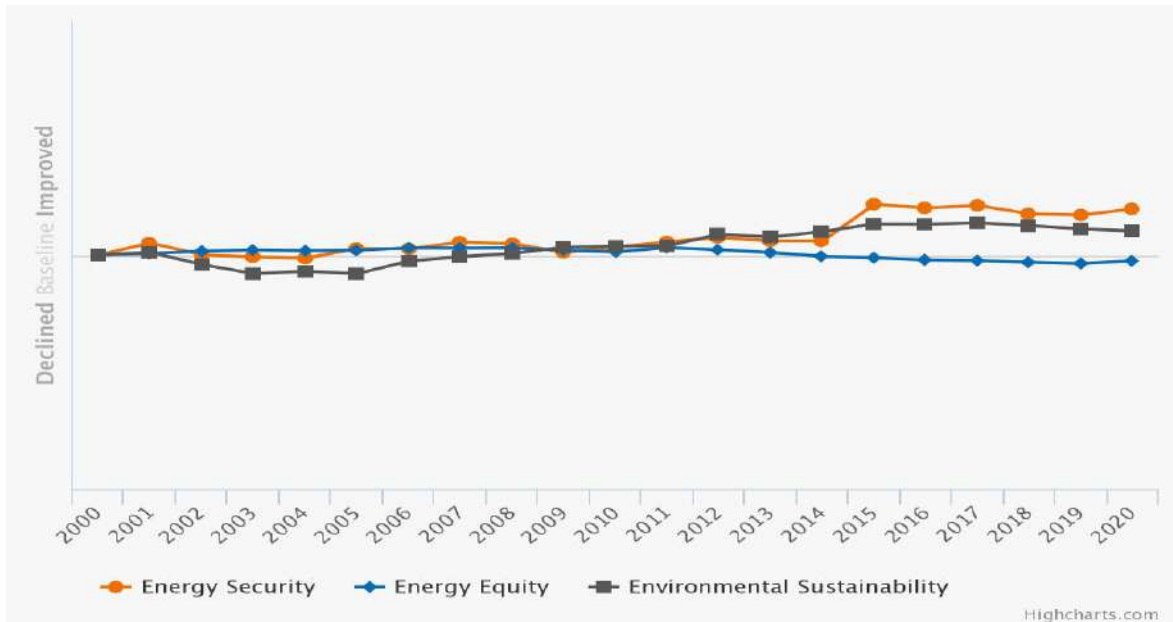
Όσον αφορά την ενέργεια, υπογράμμισε ότι την προηγούμενη δεκαετία η κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα ήταν περίπου 60 τεραβατώρες, όσο περίπου είναι και σήμερα. Τότε η συνδρομή της ΔΕΗ ήταν στο 75% της ζήτησης και ο λιγνίτης συμμετείχε κατά 45%. Σήμερα, η ΔΕΗ παράγει το 40% της εγχώριας ζήτησης σχεδόν το μισό σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία. Οι τρίτοι παραγωγοί παράγουν άλλο ένα 40% και ο λιγνίτης ένα 20%.

Σύμφωνα με ένα άρθρο (Ναυτικά Χρονικά, 2020) το οποίο βασίζεται στις εκθέσεις του Διαχειριστή ΑΠΕ (ανανεώσιμων πηγών ενέργειας) και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ) για την προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2019. Από αυτές προκύπτει ότι η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια καλύφθηκε κατά 35% από φυσικό αέριο, 19% από λιγνίτη και 23% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στα παραπάνω συμπεριλαμβάνονται και οι αντίστοιχες εισαγωγές.

Τέλος, για το 2020 από ένα άρθρο (Naftemporiki, 2021) βλέπουμε ότι η Ελλάδα βελτίωσε την θέση της σύμφωνα με την έκθεση του Παγκόσμιου Συμβουλίου Ενέργειας (World Energy Council-WEC) από την 47^η θέση το 2019 σε 39^η θέση το 2020. Η ενεργειακή κατάταξη της εκάστοτε χώρας καθορίζεται από τον δείκτη TRILEMMA (WET) ο οποίος αξιολογεί τα ενεργειακά συστήματα σε καθεμιά από τις ακόλουθες διαστάσεις :

- Ενεργειακή Ασφάλεια : Ενεργειακή επάρκεια σε σχέση με την τρέχουσα και την μελλοντική ζήτηση καθώς και ανάκαμψη σε τυχόν κλυδωνισμούς από διακοπές
- Ενεργειακή Ισότητα : Ικανότητα να παρέχεται σε όλους αξιόπιστη και προσιτή ενέργεια
- Περιβαλλοντική Βιωσιμότητα: Ικανότητα προσαρμογής στην μετάβαση σε μηδενικές εκπομπές άνθρακα

Σύμφωνα λοιπόν με την έκθεση το 2020 η Ελλάδα εξήγαγε ενέργεια κατά 12% της συνολικής ζήτησης μέσω του λιγνίτη, πολύ μικρό ποσοστό σε σύγκριση με το 2020 που ήταν 52%. Όσον αφορά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας η Ελλάδα λογικά θα φτάσει τον στόχο του 18% το 2020 και ο μελλοντικός της στόχος είναι 35% το 2030.



Εικόνα 37 Οι τρεις διαστάσεις που εξετάζονται από τον δείκτη WET για την Ελλάδα στην περίοδο 2000-2020 (World Energy Council, 2020)

Σύμφωνα με τον κρατικό διαχειριστή ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ) το ενεργειακό μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για το ημερολογιακό έτος 2018 και 2019 για την Ελλάδα είναι:

2018

- Υδροηλεκτρικά 11,29%
- Βιομάζα 0,59%
- Ορυκτά καύσιμα άγνωστης προέλευσης 0,05%
- Λιγνίτης 29,28%
- Πετρέλαιο 9,01%
- Φυσικό Αέριο 29,95%
- Ηλιακά 7,46%
- Αιολικά 12,38%

2019

- Υδροηλεκτρικά 8,3%
- Βιομάζα 0,8%
- Ορυκτά καύσιμα άγνωστης προέλευσης 0,2%

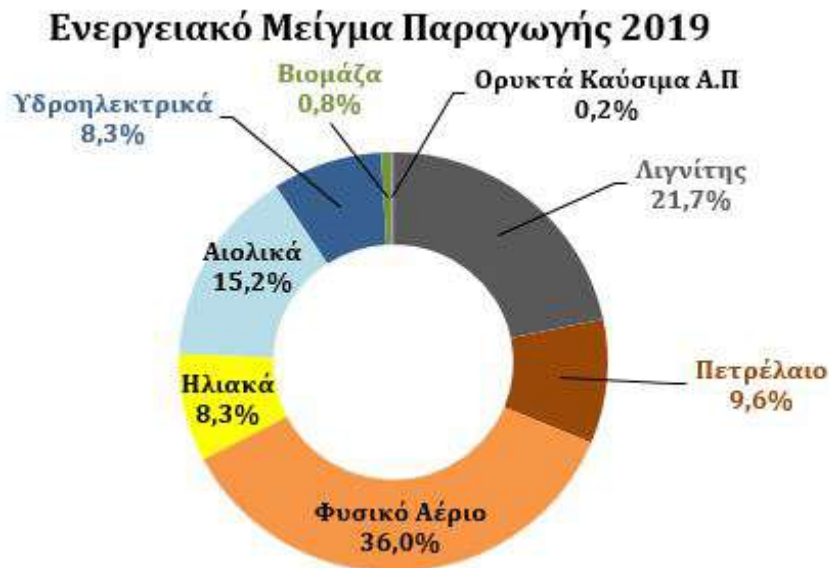
- Λιγνίτης 21,7%
- Πετρέλαιο 9,6%
- Φυσικό Αέριο 36%
- Ηλιακά 8,3%
- Αιολικά 15,2%

Σχηματικά τα μείγματα φαίνονται στην εικόνα 38 & 39.



Εικόνα 38 Ενεργειακό μείγμα για την Ελλάδα το ημερολογιακό έτος 2018

Πηγή : <https://www.dapeep.gr/viosimi-anaptixi/energeiako-meigma/>



Εικόνα 39 Ενεργειακό μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για την Ελλάδα το έτος 2019

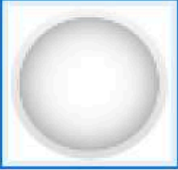







Πηγή : <https://www.dapeep.gr/viosimi-anaptixi/energeiako-meigma/>

3.10 Διαδικασία εισαγωγής των χαρακτηριστικών των οχημάτων στο λογισμικό

Η διαδικασία εισαγωγής των οχημάτων στο λογισμικό GREET by Argonne Laboratory είναι κοινή για όλα τα οχήματα τα οποία εξετάζουμε. Οι πίνακες των ρύπων θα παρατεθούν σε επόμενη ενότητα. Οπότε:

- **Nissan Leaf**

Επιλέγουμε την στήλη data editors. Έπειτα επιλέγουμε το vehicle και στη συνέχεια επιλέγουμε το modify vehicle. Επιλέγουμε τον τύπο του οχήματος ο οποίος είναι electricity EV100 type 1 Li-ion Battery και τέλος εισάγουμε τα ακόλουθα δεδομένα τα οποία φαίνονται στην εικόνα 40.

	Vehicle Name	
	Nissan Leaf	
Lifetime VMT	 125834 mi	
Pay load	 1995 kg	
Passengers	 1.50	
Electric Range	 389 km	
Urban share	 0.70	

Εικόνα 40 Παράμετροι για την εισαγωγή των δεδομένων του οχήματος Nissan Leaf στο GREET

Οι παράμετροι χρήσης που χρειάζεται να συμπληρώσουμε για να ολοκληρωθεί η διαδικασία παραγωγής του πίνακα εξαγωγής ρύπων είναι τα εξής:

- Lifetime VMT: πρόκειται για το αποτέλεσμα που δίνει ο πολλαπλασιασμός μεταξύ των χιλιομέτρων που κάνει ένας μέσος χρήστης επί τα χρόνια που έχει στην κατοχή του το όχημα μέχρι την απόσυρσή του. Αυτά τα μεγέθη είναι 13,5 χρόνια (Καθημερινή, 2018) μέχρι την απόσυρση του οχήματος και 15.000 km ανά έτος.
- Payload: είναι το βάρος του οχήματος
- Passengers: πόσοι επιβάτες βρίσκονται κατά μέσο όρο μέσα στο όχημα κατά την αστική του χρήση
- Electric range: πόση αυτονομία με πλήρη φόρτιση έχει η μπαταρία του ηλεκτρικού οχήματος σύμφωνα με τον κατασκευαστή

Electric Motor (Relative to E10)

VMT share: 100 % Calculate

Vehicle Powerplant

Plant Name: Electric Motor

Base Plant: Car: SI ICEV - E10 (Type 1 Conventional Material)=> Regular

Energy sources

Electricity

Consumption MPG-Gasoline MPG-Diesel

124 mi/gal

Charging or Refueling efficiency: 0.85

Energy source (upstream pathway or mix): Pathway Mix: Greece Mix 2018

Tailpipe emissions

VOC	0 kg/m
CO	0 kg/m
NOx	0 kg/m
PM10	0 kg/m
PM2.5	0 kg/m
CH4	0 kg/m
N2O	0 kg/m
BC	0 kg/m
POC	0 kg/m

Εικόνα 41 Παράμετροι κατανάλωσης και ενεργειακό μείγμα για την τροφοδοσία του οχήματος στο λογισμικό GREET για το όχημα Nissan Leaf

Στη συνέχεια, στην στήλη energy sources όπως φαίνεται στην εικόνα 41 διαλέγουμε την επιλογή mpg-gasoline για να δηλώσουμε την κατανάλωση του οχήματος. Στα ηλεκτρικά οχήματα δεν ορίζεται το μέγεθος mpg (miles per gallon) αλλά ορίζεται το μέγεθος mpge (equivalent) το οποίο εκφράζει την κατανάλωσή του αντίστοιχου οχήματος με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Εδώ το μέγεθος αυτό είναι **124 mi/gal**.

Τέλος, επιλέγουμε το ενεργειακό μείγμα στην στήλη energy source και επιλέγουμε το ενεργειακό μείγμα από το οποίο τροφοδοτείται το όχημα με ηλεκτρισμό και με την επιλογή apply παίρνουμε τον πίνακα με τους ρύπους. Στην προκειμένη περίπτωση εμείς έχουμε δυο pathways σύμφωνα με αυτά που προαναφέρθηκαν παραπάνω για την Ελλάδα το 2018 και 2019. Θα αναλυθεί σε επόμενη ενότητα πως ακριβώς εισάγονται αυτά τα μείγματα στο λογισμικό GREET.

- **Toyota Corolla Hybrid 1,8 lt**

Ομοίως, στη εικόνα 42 φαίνονται οι παράμετροι χρήσης για το Toyota Corolla Hybrid. Οι διαφορές με το προηγούμενο όχημα είναι ότι το Lifetime VMT εκφράζεται σε km και όχι σε mi καθώς και το electric range είναι 0 διότι το συγκεκριμένο υβριδικό όχημα λειτουργεί με το αναγεννησιακό σύστημα. Το βάρος του οχήματος είναι ελαφρώς μεγαλύτερο από το αμιγώς ηλεκτρικό όχημα διότι καταλαμβάνει μεγάλο όγκο ο κινητήρας εσωτερικής καύσης που φέρει.

Vehicle Name	
	Corolla Hybrid 1,8
Lifetime VMT	202500 km
Pay load	1820 kg
Passengers	1.50
Electric Range	0 km
Urban share	0.70

Εικόνα 42 Παράμετροι χρήσης του οχήματος Toyota Corolla Hybrid στο λογισμικό GREET

Στην εικόνα 43 φαίνονται οι παράμετροι κατανάλωσης και ενεργειακού μείγματος για το συγκεκριμένο όχημα. Εδώ η παράμετρος mpg είναι 52,27 mi/gal και το ενεργειακό μείγμα είναι προκαθορισμένο από το πρόγραμμα καθώς περιλαμβάνει τα στάδια εξόρυξης και παραγωγής της βενζίνης, πράγματα που δεν άπτονται της παρούσας διπλωματικής καθώς έχει ερευνητικό χαρακτήρα και εστιάζει στην παραγωγή ηλεκτρισμού.

The screenshot shows the GREET software interface for a Toyota Corolla Hybrid. At the top, the fuel type is set to 'regular' and the VMT share is 100%. The 'Vehicle Powerplant' section is set to 'Internal Combustion Engine' with a base plant of 'Car: SI ICEV - E10 (Type 1 Conventional Material)=> Regular'. The 'Energy sources' section shows 'CA Reformulated Gasoline' selected, with a consumption of 52.27 mi/gal and a charging/refueling efficiency of 100%. The 'Tailpipe emissions' section lists various pollutants and their concentrations:

Pollutant	Concentration
VOC	39.34 ug/m
CO	1.60 mg/m
NOx	57.68 ug/m
PM10	3.29 ug/m
PM2.5	2.91 ug/m
CH4	2.31 ug/m
N2O	3.04 ug/m
BC	0.65 ug/m
POC	1.58 ug/m

Εικόνα 43 Παράμετροι κατανάλωσης και ενεργειακού μείγματος για το όχημα Toyota Corolla Hybrid στο GREET

- **Toyota Corolla Hatchback ICEV 1,2 lt**

Τέλος, και για το εξεταζόμενο βενζινοκίνητο όχημα Toyota Corolla Hatchback ICEV 1,2 lt έχουμε τις εξής παραμέτρους χρήσης που φαίνονται στην εικόνα 44.

Vehicle Name	
Corolla 1,2 ICEV	
Lifetime VMT	202500 km
Pay load	1840 kg
Passengers	1.50
Electric Range	0 km
Urban share	0.70

Εικόνα 44 Παράμετροι χρήσης για το όχημα Toyota Corolla Hatchback ICEV 1,2 lt στο GREET

Παρατηρούμε ότι το υβριδικής τεχνολογίας όχημα της ίδιας εταιρίας έχει το ίδιο βάρος με το βενζινοκίνητο παρόλο που το υβριδικό έχει μεγαλύτερο κινητήρα από το βενζινοκίνητο. Οι αντίστοιχοι παράμετροι κατανάλωσης και ενεργειακού μείγματος φαίνονται στην εικόνα 45. Για το συγκεκριμένο όχημα το μέγεθος mpg είναι 35,64 mi/gal και το pathway είναι το ίδιο με το υβριδικό καθώς και αυτό το όχημα τροφοδοτείται με βενζίνη.

The screenshot shows the GREET software interface for configuring a vehicle powerplant. At the top, there is a search bar with 'regular' and a 'Calculate' button. Below this is the 'Vehicle Powerplant' section, which includes a 'Plant Name' field set to 'Internal Combustion Engine' and a 'Base Plant' dropdown set to 'Car: SI ICEV - E10 (Type 1 Conventional Material)=> Regular'. The 'Energy sources' section on the left has 'CA Reformulated Gasoline' selected, with 'MPG-Gasoline' chosen and a value of '35.64 mi/gal' displayed. The 'Charging or Refueling efficiency' is set to '100 %'. The 'Energy source (upstream pathway or mix)' dropdown is set to 'Pathway: CA Reformulated Gasoline (E10) t'. On the right, the 'Tailpipe emissions' section lists various pollutants with their respective concentrations and trend indicators:

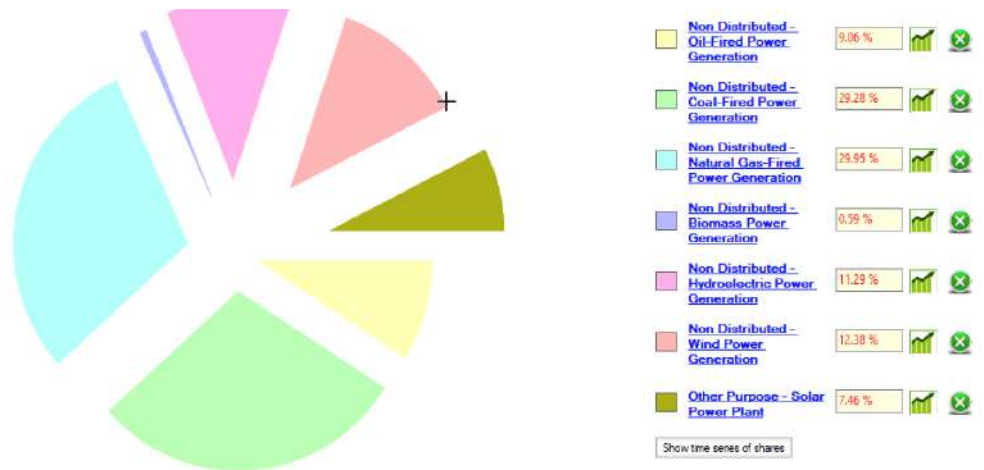
Pollutant	Concentration	Trend
VOC	72.85 ug/m	Up
CO	1.60 mg/m	Up
NOx	68.66 ug/m	Up
PM10	3.29 ug/m	Up
PM2.5	2.91 ug/m	Up
CH4	4.91 ug/m	Up
N2O	3.04 ug/m	Up
BC	0.65 ug/m	Up
POC	1.58 ug/m	Up

Εικόνα 45 Παράμετροι κατανάλωσης και ενεργειακού μείγματος για το όχημα Toyota Corolla Hatchback ICEV 1,2 lt στο GREET

3.11 Εισαγωγή των ενεργειακών μειγμάτων για την Ελλάδα στο λογισμικό GREET

Τα ενεργειακά μείγματα για τα ημερολογιακά έτη έχουν παρουσιαστεί σχηματικά παραπάνω και σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία για την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα GREET.

Αρχικά, επιλέγουμε στην αρχική σελίδα του προγράμματος στην επιλογή του data editors το pathway mix και εκλέγουμε την επιλογή modify pathway. Έπειτα στα ήδη υπάρχοντα μείγματα επιλέγουμε το ευρωπαϊκό και τροποποιούμε τα ποσοστά σύμφωνα με το ελληνικό και επιλέγουμε add as new. Τα αποτελέσματα από αυτή την διαδικασία και για τα δύο μείγματα φαίνονται στις εικόνες 46 και 47.



Εικόνα 46 Ενεργειακό μείγμα για το έτος 2018 για την Ελλάδα στο λογισμικό GREET



Εικόνα 47 Ενεργειακό μείγμα για το έτος 2019 για την Ελλάδα στο λογισμικό GREET

Κεφάλαιο 4 – Πίνακες αποτελεσμάτων και συμπεράσματα

4.1 Πίνακες για το αποτύπωμα των οχημάτων ως προς τους ρύπους από το λογισμικό GREET

Οι πίνακες που φαίνονται παρακάτω αποδίδουν τους ρύπους για το κάθε όχημα ξεχωριστά από την επεξεργασία του λογισμικού και ανάλογα με το ενεργειακό τους μείγμα για τροφοδοσία.

Πίνακας 15 Ρύποι για το όχημα Nissan Leaf με το ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας για το έτος 2018 από το GREET

NISSAN LEAF (2018)

CO ₂ (G/KM)	98,4
CH ₄ (G/KM)	0,10
N ₂ O (G/KM)	0,001
GHGS (G/KM)	101,6
VOC TOTAL	0
CO TOTAL	0
NO _x TOTAL	0,10
PM10 TOTAL	0
PM2.5 TOTAL	0,007
SO _x TOTAL	0,20

Πίνακας 16 Ρύποι για το όχημα Nissan Leaf για το ενεργειακό μείγμα του έτους 2019 για την Ελλάδα από το GREET

NISSAN LEAF (2019)

CO ₂ (G/KM)	91,4
CH ₄ (G/KM)	0,10
N ₂ O (G/KM)	0,001
GHGS (G/KM)	93,7

VOC TOTAL	0
CO TOTAL	0
NO_x TOTAL	0,10
PM10 TOTAL	0
PM2.5 TOTAL	0,007
SO_x TOTAL	0,20

Πίνακας 17 Ρύποι για το όχημα Toyota Corolla Hybrid 1,8 lt από το GREET

TOYOTA COROLLA HYBRID 1,8 LT

CO₂ (G/KM)	123,40
CH₄ (G/KM)	0,10
N₂O (G/KM)	0,006
GHGS (G/KM)	126,4
VOC TOTAL	0,1
CO TOTAL	1,6
NO_x TOTAL	0,10
PM10 TOTAL	0,009
PM2.5 TOTAL	0,008
SO_x TOTAL	0

Πίνακας 18 Ρύποι για το όχημα Toyota Corolla Hatchback ICEV 1,2 lt από το GREET

TOYOTA COROLLA HATCHBACK ICEV 1,2 LT

CO₂ (G/KM)	182,10
CH₄ (G/KM)	0,20
N₂O (G/KM)	0,008
GHGS (G/KM)	184,90

VOC TOTAL	0,001
CO TOTAL	1,60
NO_x TOTAL	0,20
PM10 TOTAL	0
PM2.5 TOTAL	0,01
SO_x TOTAL	0

4.2 Συζήτηση πάνω στα αποτελέσματα με βάση τις μεταβολές του ενεργειακού μείγματος

Ανάμεσα στα διαδοχικά έτη 2018-2019 παρατηρούμε κάποιες μεταβολές στις πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι μεταβολές επιφέρουν μεταβολές και στο ενεργειακό αποτύπωμα που αφήνουν τα οχήματα που εξαρτώνται από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μεταβολές αυτές φαίνονται στον πίνακα 19.

Πίνακας 19 Μεταβολές της ενεργειακής μεταβολής ανά πόρο

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΥΞΗΣΗΣ Η ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΝΑ ΠΟΡΟ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2018-2019

ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ	-36%
ΛΙΓΝΙΤΗΣ	-35%
ΒΙΟΜΑΖΑ	26%
ΗΛΙΑΚΑ	10%
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	8%
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	17%
ΑΙΟΛΙΚΑ	19%

Με βάση αυτές οι μεταβολές στις ενεργειακές πηγές βλέπουμε και τις αντίστοιχες ποσοστιαίες μεταβολές των ρύπων του ηλεκτρικού οχήματος Nissan Leaf οι οποίες φαίνονται στον πίνακα 20.

Πίνακας 20 Ποσοστιαίες μεταβολές για τους ρύπους για το Nissan Leaf

**ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΥΞΗΣΗΣ Η ΜΕΙΩΣΗΣ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΟΧΗΜΑ
NISSAN LEAF ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2018-2019**

CO₂ (G/KM)	-7%
CH₄ (G/KM)	0%
N₂O (G/KM)	0%
GHGS (G/KM)	8%
VOC TOTAL	0%
CO TOTAL	0%
NO_x TOTAL	0%
PM10 TOTAL	0%
PM2.5 TOTAL	0%
SO_x TOTAL	0%

Εξετάζοντας τον ρύπο που καθορίζει και την ενεργειακή κλάση του κάθε οχήματος δηλαδή το CO₂ βλέπουμε ότι για αύξηση των ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) δηλαδή για αύξηση κατά 26% της βιομάζας, κατά 19% τα αιολικά και για μείωση κατά 36% των υδροηλεκτρικών έχουμε μείωση του διοξειδίου του άνθρακα κατά 7%.

Σε ό,τι αφορά στη σύγκριση των οχημάτων μεταξύ τους με βάση το ενεργειακό μείγμα Ελλάδος του 2019 έχουμε τα εξής συμπεράσματα τα οποία φαίνονται στους πίνακες 21 & 22.

Πίνακας 21 Σύγκριση BEV και ICEV με βάση τους ρύπους

ΣΥΓΚΡΙΣΗ BEV(2019) & ICEV	ΠΟΣΟΣΤΟ ΡΥΠΩΝ BEV ΕΠΙ ΤΟΥ ICEV
CO₂ (G/KM)	50,2%
CH₄ (G/KM)	50%
N₂O (G/KM)	12,5%
GHGS (G/KM)	50,7%
VOC TOTAL	0%
CO TOTAL	0%

NO_x TOTAL	50%
PM10 TOTAL	0%
PM2.5 TOTAL	70%
SO_x TOTAL	0%

Πίνακας 22 Σύγκριση BEV και HEV με βάση τους ρύπους

ΣΥΓΚΡΙΣΗ BEV(2019) & HEV	ΠΟΣΟΣΤΟ ΡΥΠΩΝ BEV ΕΠΙ ΤΟΥ HEV
CO₂ (G/KM)	74,10%
CH₄ (G/KM)	100%
N₂O (G/KM)	17%
GHGS (G/KM)	74,1%
VOC TOTAL	0%
CO TOTAL	0%
NO_x TOTAL	100%
PM10 TOTAL	0%
PM2.5 TOTAL	87,5%
SO_x TOTAL	0%

Από τους παραπάνω πίνακες εξάγουμε το συμπέρασμα ότι οι ρύποι (CO₂ κυρίως) του εξεταζόμενου ηλεκτρικού οχήματος (Nissan Leaf) είναι οι μισοί από το αντίστοιχο εξεταζόμενο βενζινοκίνητο όχημα (Corolla Hatchback) ενώ ανέρχονται στο 70% των ρύπων του υβριδικού οχήματος.

4.3 Σενάρια για την εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα

Τωρινό σενάριο

- Σενάριο για το 2020

Έχουμε δεδομένα για το ενεργειακό μείγμα του 2019. Θεωρούμε ότι οι πηγές παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζουν αμελητέα μεταβολή σε σχέση με το 2020. Οπότε οι πίνακες των ρύπων για το ηλεκτρικό όχημα Nissan Leaf θα παραμείνουν ίδιοι. Θεωρούμε όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω ότι ο μέσος Έλληνας έχει στην κατοχή του 13,5 χρόνια το όχημα πριν να το αποσύρει. Από την ΕΛΣΤΑΤ βρίσκουμε τον στόλο των Ι.Χ. οχημάτων στην Ελλάδα για το έτος 2020, ο οποίος είναι 5.492.176 οχήματα. Με βάση αυτές τις παραμέτρους και τους πίνακες για τις εκπομπές των ρύπων των εξεταζόμενων οχημάτων θα εξάγουμε την συνολική ποσότητα των ρύπων ανά τύπο. Σχηματικά για το σενάριο του έτους 2020 έχουμε:

Πίνακας 23 Δεδομένα για το σενάριο του 2020

Ετήσια χιλιόμετρα που διανύει το όχημα κατά μέσο όρο	15.000
Σύνολο οχημάτων ΙΧ στην Ελλάδα	5.492.176
Σύνολο χιλιομέτρων στην Ελλάδα	82.382.640.000

Σε αυτό το σημείο χρειαζόμαστε το ποσοστό επί του στόλου για τα βενζινοκίνητα, τα υβριδικά και τα ηλεκτρικά οχήματα για το έτος 2020 το οποίο θα βρεθεί από τις ταξινομήσεις των οχημάτων από το 2016 και μετά. Το έτος 2016 καθορίζεται ως κάτω όριο επειδή πριν από αυτό τα ηλεκτρικά οχήματα ήταν αμελητέα ποσότητα. Το ποσοστό για τα βενζινοκίνητα υπάρχει από τις μετρήσεις του ACEA.

Πίνακας 24 Αριθμός ηλεκτρικών οχημάτων ανά έτος από το 2016

Αριθμός BEV ανά έτος	
2016	32
2017	200
2018	315
2019	480
2020	2.135
Σύνολο	3.162

Αριθμός HEV ανά έτος	
2016	43
2017	199

2018	2.861
2019	6.601
2020	11.751
Σύνολο	21.455

Οπότε τα αντίστοιχα ποσοστά επί του στόλου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 25 Ποσοστά οχημάτων ανά τεχνολογία για το έτος 2020

Ποσοστά επί του στόλου ανάλογα με την τεχνολογία	
%ICEV	92,4
%HEV	0,39
%BEV	0,06

Πίνακας 26 Χιλιόμετρα ανά τύπο οχήματος για το 2020

Χιλιόμετρα ανά ICEV	76.121.559.360
Χιλιόμετρα ανά HEV	321.825.000
Χιλιόμετρα ανά BEV	47.430.000

Συγκεντρωτικά, στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι εκπομπές ρύπων και για τα τρία οχήματα.

Πίνακας 27 Εκπομπές ρύπων ανά όχημα

	BEV		HEV		ICEV	
	Nissan Leaf		Corolla Hybrid		Corolla 1,2 lt	
CO₂ (g/km)	91,40	CO ₂ (g/km)	123,40	CO ₂ (g/km)	182,10	
CH₄ (g/km)	0,10	CH ₄ (g/km)	0,10	CH ₄ (g/km)	0,20	

N₂O (g/km)	0,001	N₂O (g/km)	0,006	N₂O (g/km)	0,008
GHGs (g/km)	93,70	GHGs (g/km)	126,40	GHGs (g/km)	184,90
VOC TOTAL	0,000	VOC TOTAL	0,10	VOC TOTAL	0,001
CO TOTAL	0,000	CO TOTAL	1,60	CO TOTAL	1,60
NO_x TOTAL	0,10	NO_x TOTAL	0,10	NO_x TOTAL	0,20
PM10 TOTAL	0,000	PM10 TOTAL	0,009	PM10 TOTAL	0,000
PM2.5 TOTAL	0,007	PM2.5 TOTAL	0,008	PM2.5 TOTAL	0,010
SO_x TOTAL	0,20	SO_x TOTAL	0,000	SO_x TOTAL	0,000

Οπότε με τους επιμέρους πολλαπλασιασμούς προκύπτει ο παρακάτω πίνακας με τον συνολικό όγκο του εκάστοτε ρύπου.

Πίνακας 28 Συνολικοί όγκοι ρύπων για το 2020

Συνολικός όγκος για το 2020	
CO₂ (tn)	13.905.784
CH₄ (tn)	15.261
N₂O (tn)	609
GHGs (tn)	14.120.000
VOC TOTAL (tn)	115
CO TOTAL (tn)	122.309
NO_x TOTAL (tn)	15.261
PM10 TOTAL (tn)	3
PM2.5 TOTAL (tn)	741
SO_x TOTAL (tn)	9,5

- Μελλοντικό σενάριο για το έτος 2030 με βάση τις προβλέψεις του ΕΣΕΚ

Σε αυτό το σημείο πρέπει να προβλέψουμε πόσα θα είναι τα οχήματα το έτος 2030 συνολικά. Η ΕΛΣΤΑΤ διατηρεί αρχείο για τα οχήματα από το 1985 μέχρι το 2020. Εμείς θα χρησιμοποιήσουμε τα στοιχεία από το 2010 μέχρι το 2020 και στη συνέχεια θα κάνουμε

γραμμική παλινδρόμηση για να προβλέψουμε με βάση την τάση αύξησης τον αριθμό των οχημάτων το 2030. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο αριθμός των ΙΧ ανά έτος καθώς και οι μεταβλητές από την γραμμική παλινδρόμηση από το EXCEL.

Πίνακας 29 Αριθμός οχημάτων ΙΧ ανά έτος από το 2010 έως το 2030

ΙΧ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	
2010	5.183.313
2011	5.170.031
2012	5.133.997
2013	5.090.648
2014	5.077.313
2015	5.074.060
2016	5.126.496
2017	5.202.368
2018	5.249.135
2019	5.372.991
2020	5.458.616
2021	5.347.528
2022	5.373.040
2023	5.398.553
2024	5.424.066
2025	5.449.578
2026	5.475.091
2027	5.500.603
2028	5.526.116
2029	5.551.629
2030	<u>5.577.141</u>

Κάνοντας γραμμική παλινδρόμηση μέσω του λογισμικού του EXCEL παίρνουμε τις τιμές των μεταβλητών για την εξίσωση $y = ax + \beta$ οι οποίες είναι $a = 25512,65455$ και $\beta = -46213547,27$.

Άρα για το αισιόδοξο σενάριο για το έτος 2030 με βάση τις προβλέψεις του ΕΣΕΚ(Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια & το Κλίμα) (σελ 298) δηλαδή ότι μέχρι το έτος 2030 πρέπει το 1/3 οχήματα που ταξινομείται να είναι ηλεκτρικό. Αυτό μεταφράζεται σε 9% επί του συνόλου των ΙΧ στην Ελλάδα. Έπειτα θεωρούμε ότι υπάρχει μια μεγάλη εισχώρηση των υβριδικών οχημάτων στην αγορά έτσι ώστε να εξισορροπηθούν με τα βενζινοκίνητα. Στους παρακάτω πίνακα φαίνονται τα προηγούμενα.

Πίνακας 30 Δεδομένα για το σενάριο "αισιόδοξο" σενάριο του 2030

Ετήσια χιλιόμετρα που διανύει το όχημα κατά μέσο όρο	15.000
Σύνολο οχημάτων ΙΧ στην Ελλάδα	5.577.141
Σύνολο χιλιομέτρων στην Ελλάδα	83.657.115.000

Πίνακας 31 Ποσοστά οχημάτων ανά τεχνολογία για το "αισιόδοξο" σενάριο του 2030

Ποσοστά επί του στόλου ανάλογα με την τεχνολογία	
%ICEV	38,3
%HEV	45,5
%BEV	9

Πίνακας 32 Συνολικά χιλιόμετρα ανά τύπο οχήματος για το "αισιόδοξο" σενάριο του 2030

Χιλιόμετρα ανά ICEV	32.040.675.045
Χιλιόμετρα ανά HEV	38.063.987.325
Χιλιόμετρα ανά BEV	7.529.140.350

Οι πίνακες των ρύπων είναι κοινοί διότι θεωρούμε ότι οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν τα οχήματα δεν έχουν εξελιχθεί τόσο πολύ έτσι ώστε να μεταβληθούν τα επίπεδα των ρύπων σε μεγάλο βαθμό. Οπότε καταλήγουμε στον πίνακα με τους τελικούς όγκους ανά τύπο ρύπου.

Πίνακας 33 Συνολικοί όγκοι ρύπων για το "αισιόδοξο" σενάριο του 2030

Συνολικός όγκος ρύπων για το 2030	
CO₂ (tn)	11.219.866
CH₄ (tn)	10.967

N₂O (tn)	509
GHGs (tn)	11.441.089
VOC TOTAL (tn)	3.841
CO TOTAL (tn)	112.167
NO_x TOTAL (tn)	10.967
PM10 TOTAL (tn)	356
PM2.5 TOTAL (tn)	648
SO_x TOTAL (tn)	1.505

- **Σενάριο για το 2030 βασισμένο στις τάσεις που φαίνονται από τις ταξινομήσεις των οχημάτων**

Σε αυτό το σενάριο κάνουμε γραμμική παλινδρόμηση για τα υβριδικά και τα ηλεκτρικά οχήματα για να τα προβάλουμε στο 2030. Οι μεταβλητές για την εξίσωση $y = ax + \beta$ για τα ηλεκτρικά οχήματα είναι $\alpha = 910$ και $\beta = -1836313,3$ και οι αντίστοιχες για τα υβριδικά είναι $\alpha = 4445$ και $\beta = -8967384$. Οι μελλοντικές προβλέψεις για τον κάθε τύπο οχήματος φαίνονται στους παρακάτω πίνακες. Οπότε τα υπόλοιπα οχήματα μείον τα diesel είναι τα βενζινοκίνητα. Τέλος, προχωράμε όπως και στα προηγούμενα σενάρια και βρίσκουμε τους όγκους. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στον παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 34 Μελλοντικές προβλέψεις για τα ηλεκτρικά οχήματα έως το έτος 2030

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	
2018	315
2019	480
2020	2.135
2021	2.797
2022	3.707
2023	4.617
2024	5.527
2025	6.437
2026	7.347
2027	8.257
2028	9.167
2029	10.077
2030	10.987

Πίνακας 35 Μελλοντικές προβλέψεις για τα υβριδικά οχήματα έως το έτος 2030

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΙΣ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	
2018	2.861
2019	6.601
2020	11.751
2021	15.961
2022	20.406
2023	24.851
2024	29.296
2025	33.741
2026	38.186
2027	42.631
2028	47.076
2029	51.521
2030	55.966

Πίνακας 36 Δεδομένα για το "ρεαλιστικό" σενάριο του 2030

Ετήσια χιλιόμετρα που διανύει το όχημα κατά μέσο όρο	15.000
Σύνολο οχημάτων ΙΧ στην Ελλάδα	5.577.141
Σύνολο χιλιομέτρων στην Ελλάδα	83.657.115.000

Πίνακας 37 Ποσοστά οχημάτων ανά τεχνολογία για το "ρεαλιστικό" σενάριο του 2030

Ποσοστά επί του στόλου ανάλογα με την τεχνολογία	
%ICEV	84,7
%HEV	6,8
%BEV	1,3

Πίνακας 38 Συνολικά χιλιόμετρα ανά τύπο οχήματος για το "ρεαλιστικό" σενάριο του 2030

Χιλιόμετρα ανά ICEV	70.857.576.405
Χιλιόμετρα ανά HEV	5.688.683.820
Χιλιόμετρα ανά BEV	1.087.542.495

Πίνακας 39 Εκπομπές ρύπων ανά όχημα

	BEV		HEV		ICEV	
	Nissan Leaf		Corolla Hybrid		Corolla 1,2 lt	
CO₂ (g/km)	91,40		CO ₂ (g/km)	123,40	CO ₂ (g/km)	182,10
CH₄ (g/km)	0,10		CH ₄ (g/km)	0,10	CH ₄ (g/km)	0,20
N₂O (g/km)	0,001		N ₂ O (g/km)	0,006	N ₂ O (g/km)	0,008
GHGs (g/km)	93,70		GHGs (g/km)	126,40	GHGs (g/km)	184,90
VOC TOTAL	0,000		VOC TOTAL	0,10	VOC TOTAL	0,001
CO TOTAL	0,000		CO TOTAL	1,60	CO TOTAL	1,60
NO_x TOTAL	0,10		NO _x TOTAL	0,10	NO _x TOTAL	0,20
PM10 TOTAL	0,000		PM10 TOTAL	0,009	PM10 TOTAL	0,000
PM2.5 TOTAL	0,007		PM2.5 TOTAL	0,008	PM2.5 TOTAL	0,010
SO_x TOTAL	0,20		SO _x TOTAL	0,000	SO _x TOTAL	0,000

Πίνακας 40 Συνολικοί όγκοι ρύπων για το "ρεαλιστικό" σενάριο του 2030

Συνολικός όγκος για το 2030 (με βάση της τάσεις)	
CO ₂ (tn)	13.704.549
CH ₄ (tn)	14.849
N ₂ O (tn)	603
GHGs (tn)	13.922.518
VOC TOTAL (tn)	646
CO TOTAL (tn)	122.474
NO _x TOTAL (tn)	14.849
PM10 TOTAL (tn)	53
PM2.5 TOTAL (tn)	737
SO _x TOTAL (tn)	218

4.4 Συζήτηση των αποτελεσμάτων αύξησης ή μείωσης των ρύπων

Τα παραπάνω σενάρια έχουν διατυπωθεί με την υπόθεση ότι χρησιμοποιούμε το ίδιο ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό μας επιτρέπει να συγκρίνουμε τα σενάρια μεταξύ τους έτσι ώστε να εξάγουμε ασφαλή αποτελέσματα. Η σύγκριση αυτή θα γίνει με βάση το CO₂ με βάση το οποίο διαχωρίζονται σε ενεργειακές κλάσεις τα οχήματα και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τις νομοθεσίες και του στόχους που τίθενται προς εφαρμογή στα κράτη-μέλη της Ευρώπης.

Άρα ξεκινώντας από το σενάριο για το 2020 (παρόν) με **92,4% βενζινοκίνητα οχήματα επί του στόλου, 0,39% υβριδικά και 0,06% ηλεκτρικά οχήματα** έχουμε παραγωγή **12.515 tn CO₂**.

Με βάση τους στόχους που θέτει η ελληνική κυβέρνηση για τις μελλοντικές ταξινομήσεις έως το έτος 2030, οι οποίοι θέτονται στα 1/3 ηλεκτρικά οχήματα το έτος 2030 έχουμε το μελλοντικό και αισιόδοξο για τα ελληνικές τάσεις αύξησης των ηλεκτρικών οχημάτων σενάριο το οποίο παράγει **10098 tn CO₂**. Αυτές οι αυξητικές τάσεις εκφράζονται με **9% επί του στόλου για τα ηλεκτρικά οχήματα, 45,5% για τα υβριδικά και 38,3% για τα βενζινοκίνητα οχήματα**.

Όμως ο κυβερνητικός στόχος για μετάβαση από τη χρησιμοποίηση ορυκτών καυσίμων για τις μεταφορές στην ηλεκτροκίνηση δεν εκφράζεται από τις τάσεις αύξησης των

ταξινομήσεων των ηλεκτρικών και των υβριδικών οχημάτων ανά έτος από το 2016 μέχρι το έτος 2020.

Εμείς εκφράζοντας αυτές τις τάσεις με γραμμική παλινδρόμηση για να κάνουμε προβολή στο 2030 έχουμε ένα ενδεχομένως πιο ρεαλιστικό σενάριο για τα ελληνικά μέχρι στιγμής δεδομένα το οποίο δίνει πιο συντηρητική εκτίμηση για τον βαθμό εισχώρησης των ηλεκτρικών οχημάτων με ταυτόχρονη ικανοποιητική εισχώρηση των υβριδικών οχημάτων, καθώς μέχρι το 2030 τα υβριδικά οχήματα θα είναι πιο προσφιλή για αγορά λόγω της προβολής τους και της εξοικονόμησης καυσίμου που προσφέρουν για καθημερινή χρήση. Αυτά τα στοιχεία εκφράζονται ως **1,3% ηλεκτρικά οχήματα επί του στόλου, 6,8% υβριδικά οχήματα επί του στόλου και 84,7% βενζινοκίνητα οχήματα επί του στόλου**. Με βάση τα παραπάνω ποσοστά έχουμε ως συνολικό ενεργειακό αποτύπωμα **12334,1 tn CO₂**. Τώρα μπορούμε να κάνουμε τις συγκρίσεις μεταξύ των σεναρίων μελλοντικών και παροντικών.

- **Σύγκριση των μελλοντικών σεναρίων για το 2030**

Πίνακας 41 Σύγκριση των μελλοντικών σεναρίων για το 2030

Σύγκριση του “αισιόδοξου” σεναρίου του 2030 με το “ρεαλιστικό” σενάριο του 2030

ICEV	46,4% μείωση
HEV	38,7% αύξηση
BEV	7,7% αύξηση
CO₂	18,1% αύξηση

Συγκρίνοντας το αισιόδοξο με το ρεαλιστικό σενάριο για το έτος 2030 η οποία σύγκριση φαίνεται στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε ότι ακόμα και να επιτευχθούν οι στόχοι της πολιτικής της Ελλάδος (1/3 ηλεκτρικά) δεν έχουμε μεγάλη μείωση του παραγόμενου CO₂ σε σχέση με την “ρεαλιστική” σκοπιά που εκφράζει τις αυξητικές τάσεις με βάση τις ετήσιες ταξινομήσεις των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων.

- **Σύγκριση του σεναρίου του 2020 με το “ρεαλιστικό” σενάριο του 2030**

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις μεταβολές που προκύπτουν από την σύγκριση του σεναρίου του 2020 με το ρεαλιστικό σενάριο του 2030.

Πίνακας 42 Σύγκριση του σεναρίου του 2020 με το “ρεαλιστικό” σενάριο του 2030

Σύγκριση του σεναρίου του 2020 με το “ρεαλιστικό” σενάριο του 2030

ICEV	7,7% μείωση
HEV	6,41% αύξηση
BEV	1,24% αύξηση
CO₂	1,4% μείωση

Συγκρίνοντας λοιπόν το “ρεαλιστικό” σενάριο με το παρόν σενάριο του 2020 βλέπουμε ότι για μια αύξηση της τάξης του 1,5% για τα ηλεκτρικά και βαθμό εισχώρησης 6,4% για τα υβριδικά οχήματα στην αγορά έχουμε μία μικρή μείωση του 1,4% του CO₂ στην ατμόσφαιρα.

- Σύγκριση του σεναρίου του 2020 με το “αισιόδοξο” σενάριο του 2030

Συγκρίνοντας όμως το σενάριο για το 2020 με το “αισιόδοξο” σενάριο του 2030 έχουμε τις αντίστοιχες ποσοστιαίες μεταβολές που φαίνονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 43 Σύγκριση του σεναρίου του 2020 με το “αισιόδοξο” σενάριο του 2030

Σύγκριση του σεναρίου του 2020 με το “αισιόδοξο” σενάριο του 2030	
ICEV	54,1% μείωση
HEV	45,1% αύξηση
BEV	8,94% αύξηση
CO ₂	19,3% μείωση

Βλέπουμε ότι διατηρώντας τον βαθμό χρησιμοποίησης των ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχουμε μια μείωση κατά 19,3% του εκπεμπόμενου CO₂ στην ατμόσφαιρα με την μικρή αύξηση της τάξης του 8,94% για τα ηλεκτρικά οχήματα και την μεγαλύτερη αύξηση της τάξης του 45,1% για υβριδικά καθώς και ταυτόχρονη μείωση κατά 54,1% για τα βενζινοκίνητα. Σαφώς είναι ένα ικανοποιητικό και πολύ φιλικό προς το περιβάλλον σενάριο με βάση τον όγκο το CO₂ αλλά αυτός ο όγκος παραμένει υψηλός σε σχέση με τον βαθμό εισχώρησης των φιλικών προς το περιβάλλον από άποψη ρύπων οχημάτων. Αυτό συμβαίνει διότι στο ελληνικό ενεργειακό μείγμα δεν έχουν αναπτυχθεί σε ικανοποιητικό βαθμό οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και οι μεταφορές τροφοδοτούνται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την χρησιμοποίηση λιγνίτη που παράγει υψηλά επίπεδα CO₂ κατά την καύση του και την εξόρυξή του.

Ως γενικό συμπέρασμα από όλα τα παραπάνω θα μπορούσαμε να πούμε ότι πρέπει να εφαρμοστούν πολιτικές ενθάρρυνσης των επενδύσεων σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έτσι ώστε να φανούν και στην ποιότητα ζωής των πολιτών τα οφέλη από την στροφή προς την ηλεκτροκίνηση που παρουσιάζει μεγάλη άνθιση σε όλα τα ευρωπαϊκά κράτη. Βέβαια όπως είπαμε και παραπάνω τα κράτη που απολαμβάνουν τα μεγαλύτερα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη από μία τέτοια κίνηση είναι εκείνα τα οποία έχουν ενεργειακό μείγμα το οποίο εστιάζει στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

4.5 Συμπεράσματα και προτάσεις μελλοντικής έρευνας

Το βασικό ερώτημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν το αν θα ήταν αποδοτικό να επενδύσουμε σαν χώρα στην ηλεκτροκίνηση με βάση τον κύκλο ζωής του καυσίμου στα οχήματα. Αυτή η αποδοτικότητα ποσοτικοποιείται με βάση τους εκπεμπόμενους ρύπους ενός ηλεκτρικού οχήματος και η αναλογία του με τους ρύπους που εκπέμπουν τα υπόλοιπα οχήματα (υβριδικά και βενζινοκίνητα). Από την επιλογή ενός οχήματος από την κάθε

κατηγορία και με βάση τους πίνακες που μας έδωσε το λογισμικό GREET BY ARGONNE LABORATORY συνάγεται ότι τα ηλεκτρικά οχήματα παράγουν το 50% του CO₂ που παράγουν τα βενζινοκίνητα οχήματα και το 74,1% των αντίστοιχων που παράγουν τα υβριδικά. Συνεπώς υπό τις δεδομένες συνθήκες (μείγμα ηλεκτροπαραγωγής) τα ηλεκτρικά οχήματα είναι τα πιο αποδοτικά από άποψη εκπομπών ρύπων.

Το επόμενο ερώτημα είναι το κατά πόσο θα συνεισφέρουν στην ατμόσφαιρα σε συνδυασμό με τον υπάρχον στόλο οχημάτων στην Ελλάδα μελλοντικά. Σύμφωνα λοιπόν με τα σενάρια τα οποία καταστρώσαμε για το έτος 2030 βλέπουμε ότι ακόμα και αν θεωρήσουμε συντηρητικά ότι το ενεργειακό μείγμα της χώρα παραμένει σταθερό τα ηλεκτρικά οχήματα συμβάλουν θετικά στην μείωση των ρύπων. Πιο συγκεκριμένα με την θεώρηση που διατυπώνεται στο ΕΣΕΚ για το έτος 2030 (Εθνικό Σχέδιο Ενέργειας Κίνησης) το οποίο προβλέπει ότι στην Ελλάδα το 9% των οχημάτων θα είναι ηλεκτρικά. Οπότε από το πρώτο σενάριο που καταστρώσαμε το 2030 θα έχουμε μείωση 19,3% στο παραγόμενο CO₂ με βάση τις δικές μας θεωρήσεις για τον βαθμό εισχώρησης και των υβριδικών οχημάτων στην αγορά. Όμως επειδή οι τάσεις δείχνουν ότι θα υπάρξει απολιγνιτοποίηση του μείγματος και άνοδος των ΑΠΕ (π.χ. αιολικά πάρκα στα νησιά, ανεμογεννήτριες κλπ.) το 19,3% θα μπορούσε να θεωρηθεί ένα ενδεικτικό κάτω φράγμα της μείωσης του παραγόμενου CO₂ σε συνδυασμό και με την εξέλιξη της τεχνολογίας των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων. Ακόμα και στην περίπτωση ενός σεναρίου που προβλέπει (με γραμμικές παλινδρομήσεις) μικρή εισχώρηση ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων στην αγορά βλέπουμε ότι έχουμε 1,4% μείωση στο εκπεμπόμενο CO₂ πράγμα που μας καθιστά σαφές ότι ακόμα και στην δυσμενέστερη περίπτωση τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν θετικό αποτύπωμα στην ατμόσφαιρα.

Τέλος, ενδιαφέροντα πεδία για περαιτέρω έρευνα θα ήταν :

- η χρήση ενός πιο εμπλουτισμένου μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης με περισσότερες μεταβλητές όπως ο λόγος του κόστους κτήσης ενός ηλεκτρικού οχήματος προς το κόστος κτήσης ενός βενζινοκίνητου, ο λόγος των εκπομπών ρύπων ανά έτος, η αυτονομία, η επιτάχυνση κλπ.
- Η συσχέτιση του ενεργειακού μείγματος με τις εκπομπές ρύπων.
- Οι εκπομπές ρύπων που έχει ένα ηλεκτρικό όχημα από την παραγωγή του έως και την απόρριψή του και σε τι βαθμό αυτό επηρεάζει το συνολικό αποτύπωμα που αφήνει στο περιβάλλον.

Βιβλιογραφία

- ΔΑΠΕΕΠ, 2018. <https://www.dapeep.gr/viosimi-anaptixi/energeiako-meigma/>
[Πρόσβαση 20 3 2021]
- Καθημερινή, 2018. Μεταξύ 14 και 18 ετών ένα στα 3 Ι.Χ. που κυκλοφορούν στην Ελλάδα.
8 Ιούνιος.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020 <https://ypen.gov.gr/%CE%BA-%CF%87%CE%B1%CF%84%CE%B6%CE%B7%CE%B4%CE%AC%CE%BA%CE%B7%CF%82%3a-%CE%B1%CF%8D%CE%BE%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%B4%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82-%CF%83%CF/>
[Πρόσβαση 18 3 2021]
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2021 <https://ypen.gov.gr/chairatismos-ypourgou-perivallontos-kai-energeias-sto-tetarto-synedrio-gia-tin-ilektrokinisi/>
[Πρόσβαση 18 3 2021]
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019. *ypen.gov.gr*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://ypen.gov.gr/ilektrokinisi-2/>
[Πρόσβαση 18 3 2021].
- Βαλαβανίδης, Θ. & Ευσταθίου, Κ., 2012. [Ηλεκτρονικό]
Available at: http://195.134.76.37/chemicals/chem_N2O.htm
[Πρόσβαση 24 2 2021].
- 4 τροχοί, 2018. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.4troxoi.gr/epikairoτητα/kosmos/oi-poliseis-toy-nissan-leaf-xeperasan-tis-100000-stin-iaponia>
[Πρόσβαση 1 3 2021].
- ACEA, 2020. <https://www.acea.auto/publication/report-vehicles-in-use-europe-2019/>
[Πρόσβαση 12 5 2021]
- Arar, J. I., 2010. *New Directions: The electric car and carbon emissions in the US. Atmospheric Environment.*
- Autogreeknews (2020). <https://www.autogreeknews.gr/nea/pwliseis-autokinitwn/no1-stin-eyropi-to-toyota-corolla-hybrid>
[Πρόσβαση 2 3 2021]
- Bellekom, S., Benders, R., Pelegrom, S. & Moll, H., 2012. Electric cars and wind energy: Two problems, one solution? A study to combine wind energy and electric cars in 2020 in The Netherlands. *Energy.*
- District Energy, 2019. *District Energy.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.district-energy.gr/environment/climate-change/ghg/μεθάνιο/>
[Πρόσβαση 24 2 2021].
- ΕΣΕΚ, 2019.
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/el_final_necp_main_el.pdf
[Πρόσβαση 18 5 2021]
- GREET by Argonne Laboratory, 2007. <https://greet.es.anl.gov/publication-ycrv02rp>
[Πρόσβαση 15 2 2021]
- GREET by Argonne Laboratory, 2007. <https://greet.es.anl.gov/greet/gettingstarted/wtw.html>
[Πρόσβαση 15 2 2021]
- Heliev (2012). <https://www.heliev.gr/wp-content/uploads/2020/02/Τεχνολογίες-Συνδεσης-Οχημάτων-στο-δίκτυο.pdf>

[Πρόσβαση 3 2 2021]

Holmberg, K. & Erdemir, A., 2010. The impact of tribology on energy use and CO2 emission globally and in combustion engine and electric cars. *Tribology International*.

Khana, M. I. και συν., 2019. Life cycle (well-to-wheel) energy and environmental assessment of natural gas as transportation fuel in Pakistan. *Elsevier*, pp. 1-3.

Mierlo, J. V., Messagie, M. & Rangaraju, S., 2016. Comparative environmental assessment of alternative fueled vehicles using a life cycle assessment vehicles using a life cycle assessment. *Elsevier*, pp. 3438-3444.

Milev, G., Hastings, A. & Al- Habaibeh, A., 2020. The Environmental and Financial Implications of Expanding the Use of Electric Cars - A Case Study of Scotland. *Energy and Built Environment*.

Mitropoulos, L. k. & Prevedouros, P. D., 2018. A Conceptual Life Cycle based Sustainability Framework for Assessing Transportation Vehicles. *ResearchGate*, 18 Ιούλιος, pp. 3-10.

Naftemporiki, 2021. <https://www.naftemporiki.gr/>. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.naftemporiki.gr/story/1689113/pio-psila-se-energeiaki-katataksi-ston-deikti-wet-tou-pagkosmiou-sumbouliou-energeias-i-ellada>
[Πρόσβαση 19 3 2021].

National Academic Press, 2017. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.nap.edu/catalog/24717/review-of-the-research-program-of-the-us-drive-partnership>
[Πρόσβαση 24 2 2021].

Nissan. <https://www.nissan.gr/vehicles/my-nissan-manuals.html>

[Πρόσβαση 25 2 2021].

Pettinger, T., 2019. *Economicshelp*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.economicshelp.org/blog/140934/business/product-life-cycle/>

Que, Z., Wang, S. & Weiyi, L., 2015. Potential of energy saving and emission reduction of battery electric vehicles with two type of drivetrains in China. *Energy Procedia*.

Toyota., https://www.toyota.gr/new-cars/corolla-hatchback/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPArisAFDTLTL1I9QTsIQ61hvGzLJdAQk-wkd967dBen1AVPwZcCAR1E8trESVBTG8aAlHvEALw_wcB

[Πρόσβαση 3 3 2021]

Vilet, O. v. και συν., 2011. Energy use, cost and CO2 emissions cars. *Journal of Power sources*.

Winyuchakrit, P., Sukamongkol, Y. & Limmeechokchai, B., 2017. Do Electric Vehicles Really Reduce GHG Emissions in Thailand?. *Energy Procedia*.

Wikipedia. https://el.wikipedia.org/wiki/Πτητική_οργανική_ένωση

[Πρόσβαση 23 2 2021]

Wikipedia. https://el.wikipedia.org/wiki/Μονοξείδιο_του_άνθρακα

[Πρόσβαση 23 2 2021]

Wikipedia. https://el.wikipedia.org/wiki/Ατμοσφαιρική_ρύπανση

[Πρόσβαση 23 2 2021]

Πηγή : https://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle

[Πρόσβαση 24 2 2021]

World Energy Council, 2020. <https://trilemma.worldenergy.org/>. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://trilemma.worldenergy.org/#!/country->

[profile?country=Greece&year=2020](#)

[Πρόσβαση 19 3 2021].

Zeng, D. και συν., 2021. Are the electric vehicles more sustainable than the conventional ones? Influences of the assumptions and modeling approaches in the case of typical cars in China. *Elsevier*, Απρίλιος, pp. 3-4.

Zheng, G. & Peng, Z., 2021. Life Cycle Assessment (LCA) of BEV's environmental benefits for meeting the challenge of ICExit (Internal Combustion Engine Exit). *Elsevier*, 13 Απρίλιος, pp. 1206-1214.

Ναυτικά Χρονικά, 2020. *Πως διαμορφώνεται το ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα.* [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.naftikachronika.gr/2020/10/20/pos-diamorfonetai-to-energeiako-meigma-stin-ellada/>

[Πρόσβαση 18 3 2021].

ΑΠΕ-ΜΠΕ, 2020. *Sofokleousin.* [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.sofokleousin.gr/i-m-vretania-kanei-strofi-pros-tin-ilektrokinisi>