



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

«Έξυπνες» μεταφορές σε «έξυπνες» πόλεις
Ηλεκτροκίνηση στην αυτοκίνηση

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντινίδου Ν. Μαρία

Επιβλέπων: Ιωαννίδου Μαρία
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2014



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

«Έξυπνες» μεταφορές σε «έξυπνες» πόλεις
Ηλεκτροκίνηση στην αυτοκίνηση

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντινίδου Ν. Μαρία

Επιβλέπων: Ιωαννίδου Μαρία
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε απο την τριμελή εξεταστική επιτροπή.

.....
Μ. Ιωαννίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

.....
Ν. Θεοδώρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Π. Τσαραμπάρης
Λέκτορας Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2014

.....

Κωνσταντινίδου Μαρία

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Κωνσταντινίδου Μαρία, 2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια Ε.Μ.Π. κυρία Μαρία Γ. Ιωαννίδου για την άψογη συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου καθώς και για την δυνατότητα που μου προσέφερε να παρουσιάσω ένα τόσο ενδιαφέρον και σύγχρονο θέμα.

Περίληψη

Ο πληθυσμός στα αστικά κέντρα αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, με αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών τεχνικών, φυσικών και υλικών προβλημάτων καθώς και προβλημάτων κοινωνικού και οργανωτικού χαρακτήρα. Ως εκ τούτου, είναι πλέον επιτακτική η ανάγκη για νέες ιδέες που βασίζονται στην εξοικονόμηση και σωστή διαχείριση της ενέργειας, του χρόνου, του κεφαλαίου καθώς και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Μια τέτοια ιδέα είναι αυτή των «έξυπνων» πόλεων (smart cities). Η «έξυπνη» πόλη είναι μια αστική περιοχή στην οποία επικρατούν συνθήκες βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης και υψηλής ποιότητας ζωής. Για να μετατραπεί μια πόλη σε «έξυπνη» πόλη, θα πρέπει να συμβάλουν σε αυτόν το στόχο όλα τα υποσυστήματά της, όπως για παράδειγμα ο τομέας των μεταφορών. Η μοναδική λύση για τον αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό που έχει ανοδική ζήτηση για δημόσια και ιδιωτική μεταφορά είναι τα «καθαρά» συστήματα μεταφοράς, τα οποία βασίζονται στην ηλεκτροκίνηση. Το πλεονέκτημα αυτής της μετάβασης στην εποχή της «καθαρής» και βιώσιμης ενέργειας είναι ότι η ηλεκτρική ενέργεια θα αντικαταστήσει τα καύσιμα συμβάλλοντας στην αύξηση της απόδοσης των κινητήρων παλαιότερων τεχνολογιών. Πιο συγκεκριμένα, τα Plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (PHEVs) και τα Plug-in ηλεκτρικά οχήματα (PEVs) τραβούν ολοένα και περισσότερο την προσοχή λόγω των χαμηλών εκπομπών των ρύπων τους και της υψηλής οικονομίας καυσίμου. Πρόκειται για οχήματα που χρησιμοποιούν επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ή κάποια άλλη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και έτσι μπορούν να φορτιστούν πλήρως συνδεδεμένα σε μια εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ισχύος.

Λέξεις – κλειδιά: «έξυπνη» πόλη, «έξυπνες» μεταφορές, «καθαρή» και βιώσιμη ενέργεια, υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα, ηλεκτρικά οχήματα, PHEVs, PEVs

Abstract

During the recent years, the constant rise in number of population in urban areas led to a wide variety of issues. These issues are related to technical, social and organisational problems. The aforementioned issues have created a viral need for new ideas that will target to better energy management and optimisations in both time management and capital growth, leading to improvements on the quality of life. The concept of smart cities will facilitate the requirements in question. A smart city is an urban area where sustainable economy development and high quality of life requirements are met. In order for a city to become smart, all of its subsystems should contribute to this goal. For example, the transportation system should be properly transformed. The increasing global population requires more sufficient private and public transportation. A good approach to this end would be clean transportation systems that will rely on electromobility. The benefit of this transition will derive from the fact that electric energy will replace conventional fuels resulting considerable better efficiency when it comes to motor engines. Specifically, hybrid electric vehicles (PHEVs) and electric vehicles (PEVs) draw more and more attention due to their low emissions as well as their high fuel efficiency. This type of vehicles use rechargeable batteries or other devices which can store energy. Furthermore, these vehicles are able to fully charge their batteries when they are plugged into external power outlets.

Keywords: *smart city, smart transportation, clean energy, sustainable energy, hybrid electric vehicles, electric vehicles, PHEVs, PEVs*

Πίνακας Περιχομένων

1 Εισαγωγή στις «έξυπνες» πόλεις.....	1
1.1 Τι είναι οι «έξυπνες» πόλεις (smart cities);.....	1
1.1.1 Παράγοντες επιτυχίας των πρωτοβουλιών με στόχο την «έξυπνη» πόλη.....	5
1.2 Ευρωπαϊκή πρωτοβουλία για «έξυπνες» πόλεις.....	7
1.3 Κατάταξη των ευρωπαϊκών «έξυπνων» πόλεων μεσαίου μεγέθους.....	11
1.3.1 Σκοπός του προγράμματος	11
1.3.2 Στόχοι	14
1.3.3 Μεθοδολογία	14
1.3.4 Δημοσιοποίηση.....	15
2 Εισαγωγή στις «έξυπνες» μεταφορές	18
2.1 Τι είναι οι «έξυπνες» μεταφορές (smart transportation);	18
2.1.1 Το ενεργειακό δίλημμα	18
2.1.2 Το «έξυπνο» δίκτυο.....	22
2.1.3 Η αποστολή των βιομηχανιών.....	22
2.1.4 Η αποστολή των κυβερνήσεων	26
2.1.5 Επίλογος	28
2.2 Ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τη συγκριτική αξιολόγηση των πόλεων με «έξυπνες» μεταφορές	29
2.2.1 Πλαίσιο της συγκριτικής αξιολόγησης.....	33
2.2.1.1 Η έννοια της «ευφυΐας»	33
2.2.1.2 Γενική μήτρα των δεικτών «ευφυΐας»	35
2.2.1.3 Μέτρηση των δεικτών «ευφυΐας».....	38
2.2.2 Ένα επεξηγηματικό παράδειγμα συγκριτικής αξιολόγησης πόλεων με «έξυπνες» μεταφορές.....	40
2.2.2.1 Προκαταρκτική επιλογή των πόλεων	40
2.2.2.2 Συλλογή δεδομένων.....	42
2.2.2.3 Αποτελέσματα συγκριτικής αξιολόγησης.....	43
2.2.2.4 Αναλύσεις ευαισθησίας	49
2.2.3 Συνήθειες τάσεις και ζητήματα.....	50
2.2.4 Συμπεράσματα.....	55
3 Μια έρευνα για την Ηλεκτροκίνηση στην Αυτοκίνηση σε περιβάλλον «έξυπνου» δικτύου	57
3.1 Εισαγωγή	58
3.2 Υποδομή φόρτισης και τεχνολογία μπαταρίας PHEV/PEV	59

3.2.1 Υποδομή φόρτισης	59
3.2.2 Τεχνολογία μπαταρίας PHEV / PEV.....	62
3.3 Διαχείριση Ενέργειας.....	65
3.3.1 «Έξυπνη» Διαχείριση Ενέργειας.....	67
3.3.2 Παροχή Επικουρικών Υπηρεσιών.....	69
3.3.3 Υποστήριξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	69
3.4 Τεχνολογία Όχημα-προς-Δίκτυο (V2G).....	70
3.4.1 Αγορά V2G.....	70
3.4.2 V2G Υπηρεσίες.....	71
3.4.2.1 Επικουρικές Υπηρεσίες.....	71
3.4.2.2 Ανανεώσιμη Ενέργεια.....	72
3.4.3 V2G Προκλήσεις.....	73
3.5 Απαιτήσεις Επικοινωνίας.....	75
3.5.1 Ανάγκες της Επικοινωνίας.....	76
3.5.2 Πιθανά Πρωτόκολλα Επικοινωνίας.....	77
3.5.3 Θέματα Ασφαλείας.....	79
3.5.3.1 Ανάλυση ευαισθησιών.....	80
3.6 Συμπεράσματα.....	81
4 Αναφορές.....	83

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Έξυπνη Πόλη.....	1
Εικόνα 2: Παράγοντες επιτυχίας των πρωτοβουλιών με στόχο την "έξυπνη" πόλη.....	6
Εικόνα 3: Οι επενδύσεις της βιομηχανίας στις "έξυπνες" υποδομές των "έξυπνων" πόλεων για την περίοδο 2010 – 2020.....	7
Εικόνα 4: Μεσοπρόθεσμο σενάριο για την παγκόσμια ενέργεια.....	19
Εικόνα 5: Παγκόσμιες πηγές ενέργειας.....	21
Εικόνα 6: Ενεργειακή κατανομή στις μεταφορές.....	23
Εικόνα 7: Τρένα ταχείας διέλευσης για την ανακούφιση της οδικής κυκλοφορίας.....	23
Εικόνα 8: Συνδυασμένη μεταφορά φορτίων.....	24
Εικόνα 9: Πρόοδος των μπαταριών πρόσφυσης [50].....	25
Εικόνα 10: Ηλεκτρικά δίκυκλα.....	26
Εικόνα 11: Χώροι στάθμευσης με δυνατότητα φόρτισης των οχημάτων.....	27
Εικόνα 12: Βασικές και προηγμένες/ανωτέρου επιπέδου δυνατότητες ενός "έξυπνου" συστήματος.....	35

Εικόνα 13:Συνολικά αποτελέσματα της συγκριτικής αξιολόγησης του συστήματος μεταφοράς των 26 πόλεων	43
Εικόνα 14:Ευαισθησίες των δεικτών "ευφυΐας" σταθμισμένων με βάση τα υποσυστήματα.....	49
Εικόνα 15:Πιθανοί τύποι μπαταρίας (Ragone Plots) [63]	63
Εικόνα 16:Μια οραματισμένη αρχιτεκτονική ενός PHEV/PEV μεγάλης κλίμακας που τροφοδοτείται σε υποδομές φόρτισης σε ένα περιβάλλον "έξυπνου" δικτύου....	67

Πίνακες

Πίνακας 1:Γενική μήτρα δεικτών "ευφυΐας"	36
Πίνακας 2:Οι πόλεις που επιλέχθηκαν για τη συγκριτική αξιολόγηση	41
Πίνακας 3: Πρότυπο επίπεδο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στις Η.Π.Α	60
Πίνακας 4:Τυπικός χρόνος φόρτισης EV	61
Πίνακας 5:Τεχνολογίες μπαταρίας NiMH εναντίον Li-Ion.....	64

Πίνακας Εξισώσεων

Εξίσωση 1:Δείκτης ευφυΐας.....	38
Εξίσωση 2:Δείκτης ευφυΐας υποσυστήματος j	39

(connected cities). Η μετατροπή μιας πόλης σε «έξυπνη» εμφανίζεται ως μια στρατηγική για την άμβλυνση των προβλημάτων που δημιουργούνται από την αύξηση του αστικού πληθυσμού και την ταχεία αστικοποίηση. Όσο περισσότερο αυξάνεται ο αστικός πληθυσμός τόσο «έξυπνότερες» πρέπει να γίνονται οι πόλεις που τον υποδέχονται.

Η διασφάλιση βιώσιμων συνθηκών στο πλαίσιο αυτής της ταχείας αύξησης του αστικού πληθυσμού σε παγκόσμιο επίπεδο απαιτεί μια βαθύτερη κατανόηση της έννοιας «έξυπνη» πόλη. Η επείγουσα ανάγκη γύρω από αυτές τις προκλήσεις έχει πυροδοτήσει πολλές πόλεις σε όλο τον κόσμο να βρουν πιο «έξυπνους» τρόπους για τη διαχείρισή τους. Αυτές οι πόλεις όλο και περισσότερο περιγράφονται ως «έξυπνες» πόλεις. Ένας τρόπος για να αντιληφθούμε μια «έξυπνη» πόλη είναι ως μια εικόνα μιας βιώσιμης πόλης.

Η «έξυπνη» πόλη είναι μια αστική περιοχή στην οποία επικρατούν συνθήκες βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης και υψηλής ποιότητας ζωής. «Έξυπνες» λύσεις για την κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση, τα «πράσινα κτίρια», τη σωστή διαχείριση των υδάτων και τις υποδομές «έξυπνων» δικτύων είναι μόνο μερικές από τις τεχνολογίες που βοηθούν τη σημερινή αστικοποίηση να οδηγηθεί προς τη βιωσιμότητα. Οι πόλεις ευθύνονται για τα 2/3 περίπου της ενεργειακής κατανάλωσης, το 60% της υδάτινης κατανάλωσης και το 70% των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται σε όλο τον κόσμο [1]. Στις βιώσιμες πόλεις, οι αρμόδιοι φορείς αναζητούν τρόπους για να βελτιώσουν τις υποδομές των πόλεων έτσι ώστε να γίνουν πιο φιλικές προς το περιβάλλον, να βελτιώσουν τη ζωή των κατοίκων τους και παράλληλα να μειώσουν τα κόστη. Αναζητούν καινοτόμες τεχνολογίες για βιώσιμες λύσεις σε ενεργειακά αποδοτικά κτίρια, εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού, υποδομές μεταφορών καθώς και στα δημόσια συστήματα ασφαλείας.

Στην «έξυπνη» πόλη γίνεται βέλτιστη χρήση όλων των διασυνδεδεμένων πληροφοριών που είναι διαθέσιμες σήμερα για την καλύτερη κατανόηση και τον έλεγχο των δραστηριοτήτων της όπως επίσης και βελτιστοποίηση της χρήσης των περιορισμένων πόρων. Σε μια «έξυπνότερη» πόλη γίνεται χρήση της τεχνολογίας που θα της παρέχει τη δυνατότητα να ολοκληρώσει τους παρακάτω στόχους: την ποιότητα ζωής για τους πολίτες και τους επισκέπτες της, την επιχειρηματική ανάπτυξη, καθώς και την οικοδόμηση της οικονομίας της πόλης [2].

«Έξυπνη» πόλη σημαίνει «έξυπνη» χρήση της τεχνολογίας για τη βελτίωση του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι ζουν, εργάζονται, παίζουν και μαθαίνουν [3].

Παρά το γεγονός ότι υπάρχει μια αύξηση στη συχνότητα της χρήσης της φράσης «έξυπνη» πόλη, εξακολουθεί να μην υπάρχει σαφής και συγκροτημένη κατανόηση της έννοιας μεταξύ των επαγγελματιών και της ακαδημαϊκής κοινότητας. Μόνο ένας περιορισμένος αριθμός από μελέτες ερεύνησαν και άρχισαν να εξετάζουν συστηματικά τα ζητήματα που συνδέονται με αυτό το νέο αστικό φαινόμενο των «έξυπνων» πόλεων.

Η έννοια της «έξυπνης» πόλης είναι ακόμη αναδυόμενη και η διαδικασία προσδιορισμού και αντίληψής της είναι σε εξέλιξη. Ο όρος χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο με διαφορετικές ονοματολογίες, γενικό πλαίσιο και νόημα. Είναι σύνηθες φαινόμενο να χρησιμοποιούνται ως συνώνυμα του όρου «έξυπνη» πόλη οι όροι «ψηφιακή» ή «ευφυής» πόλη. Κατά συνέπεια, έχουν προκύψει πολλές εννοιολογικές παραλλαγές οι οποίες αποκλίνουν από την αρχική σημασία του όρου. Αρκετές εννοιολογικές προσεγγίσεις έχουν προταθεί, εγκριθεί και χρησιμοποιηθεί τόσο σε πρακτικό όσο και σε ακαδημαϊκό επίπεδο.

Εννοιολογικές προσεγγίσεις μιας «έξυπνης» πόλης

- Μια πόλη που λειτουργεί αποδοτικά σε τομείς όπως η οικονομία, η διακυβέρνηση, η ποιότητα ζωής των ανθρώπων, το περιβάλλον και οι συγκοινωνίες στην οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο οι ενεργοί πολίτες.
- Μια πόλη που κάνει χρήση αυτοματοποιημένων μηχανισμών έτσι ώστε να παρακολουθούν και να συνδυάζουν τις συνθήκες που αφορούν τις υποδομές της, συμπεριλαμβανομένων των δρόμων, των γεφυρών, των σηράγγων, των σιδηροδρόμων (επίγειων και υπογείων), των αεροδρομίων, των λιμανιών, των τηλεπικοινωνιών, του νερού, της ενέργειας, ακόμη και των σημαντικών κτιρίων, να βελτιστοποιούν τους πόρους της, να σχεδιάζουν προληπτικές δραστηριότητες συντήρησής της, και να παρακολουθούν τις παραμέτρους ασφαλείας, ενώ παράλληλα να μεγιστοποιούν τις παρεχόμενες υπηρεσίες προς τους πολίτες της.
- Μια πόλη που διασυνδέει τις φυσικές υποδομές της, τα πληροφοριακά συστήματα, την κοινωνική υποδομή, και την επιχειρηματικότητα για να αυξήσει τη συλλογική της «ευφυΐα».

- Μια πόλη στην οποία πραγματοποιούνται ενέργειες με σκοπό να την καταστήσουν πιο βιώσιμη, αποδοτική και δίκαιη.
- Μια πόλη «η οποία συνδυάζει τα πληροφοριακά συστήματα (ICT) και το σημασιολογικό ιστό (Web 2.0) με άλλες οργανωτικές και σχεδιαστικές προσπάθειες για να απλοποιήσει και να επιταχύνει τις γραφειοκρατικές διαδικασίες και να συμβάλει στον προσδιορισμό νέων, καινοτόμων λύσεων για την πολυπλοκότητα της διαχείρισής της, προκειμένου να βελτιωθεί η βιωσιμότητα».
- Μια πόλη που κάνει χρήση των τεχνολογιών Smart Computing (π.χ. τα Smartphone apps, το Smart human-computer interaction, το Internet of Things) με σκοπό την αποδοτικότερη διασύνδεση και αποτελεσματικότητα σε τομείς υπηρεσιών, εκπαίδευσης, υγείας, διαχείρισης και μεταφορών.

Ο όρος «έξυπνη» χαρακτηρίζει μια πόλη η οποία είναι λειτουργική και αποδοτική σε βάθος χρόνου [4]. Η προσέγγιση της μακροπρόθεσμης ανάπτυξης σε μια «έξυπνη» πόλη εξετάζει ζητήματα, όπως η ευαισθητοποίηση, η ευελιξία, η ικανότητα μετασχηματισμού, η συνέργεια, η ατομικότητα, η αυτο-αποφασιστικότητα και η στρατηγική συμπεριφορά. Σε μελέτη που έχει διεξαχθεί από τον Harrison [5], «έξυπνη» πόλη χαρακτηρίζεται μια πόλη διασυνδεδεμένη και εξοπλισμένη με αυτοματοποιημένους μηχανισμούς οι οποίοι επιτρέπουν την συλλογή φυσικών παραμέτρων και χρήσιμων πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο μέσω αισθητήρων, ειδικών οργάνων μέτρησης, κλειστών κυκλωμάτων παρακολούθησης, «έξυπνων» κινητών τηλεφώνων και κοινωνικών δικτύων (crowdsourcing). Η ανταλλαγή αυτών των δεδομένων πραγματοποιείται μέσω δικτυακών υποδομών (ασύρματων, ενσύρματων και διαδικτύου). Διασύνδεση σημαίνει ένταξη αυτών των δεδομένων σε μια υπολογιστική πλατφόρμα και μεταβίβαση αυτών των πληροφοριών μεταξύ των διαφόρων υπηρεσιών της πόλης. Η τεχνητή νοημοσύνη αναφέρεται στη συμπερίληψη των πολύπλοκων αναλύσεων, μοντελοποιήσεων, βελτιστοποιήσεων και της απεικόνισης των λειτουργικών διαδικασιών για να λαμβάνονται καλύτερες αποφάσεις χειρισμού. Από την άλλη πλευρά, το Συμβούλιο Άμυνας Φυσικών Πόρων ορίζει την έννοια «εξυπνότερη» στο αστικό περιβάλλον ως πιο αποτελεσματική, βιώσιμη και δίκαιη [6]. Η «έξυπνη» πόλη μπορεί να οριστεί ως μια συλλογή «έξυπνων» υπολογιστικών τεχνολογιών που εφαρμόζονται σε κρίσιμα μέρη υποδομών και υπηρεσίες [7]. Ο όρος «έξυπνες» υπολογιστικές τεχνολογίες αναφέρεται σε μια νέα

γενιά συσκευών, λογισμικού και τεχνολογιών δικτύων που παρέχουν τα πληροφοριακά συστήματα σε πραγματικό χρόνο με σκοπό τη βελτιστοποίηση των λειτουργικών διαδικασιών.

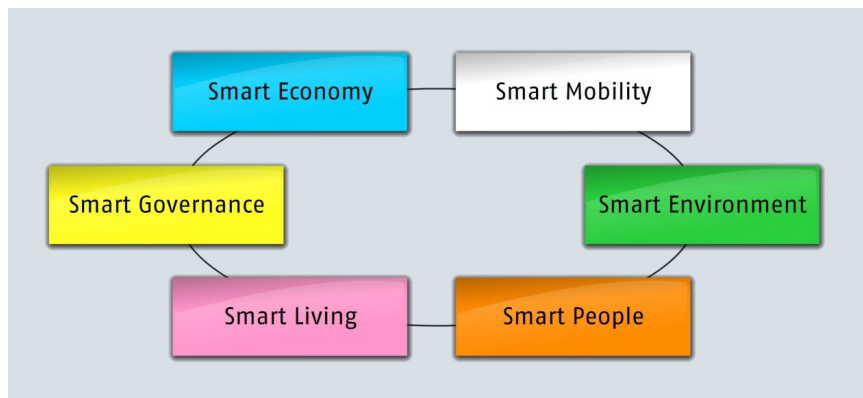
Με δεδομένη την εννοιολογική κατανόηση μιας «έξυπνης» πόλης, θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα μεγάλο οργανικό σύστημα που συνδέει πολλά υποσυστήματα. Με άλλα λόγια, η «έξυπνη» πόλη είναι η οργανική ενσωμάτωση των συστημάτων [8]. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των επιμέρους συστημάτων μιας «έξυπνης» πόλης την καθιστά «εξυπνότερη». Κανένα σύστημα δεν λειτουργεί μεμονωμένα. Με αυτή την έννοια, μια «εξυπνότερη» πόλη μπορεί να θεωρηθεί ως ένα οργανικό σύνολο - ένα δίκτυο και ένα συνδεδεμένο σύστημα [9]. Ενώ τα συστήματα στις βιομηχανικές πόλεις ήταν κυρίως από «σκελετό και δέρμα», οι μεταβιομηχανικές πόλεις – «έξυπνες» πόλεις- είναι σαν οργανισμοί που αναπτύσσουν τεχνητό νευρικό σύστημα, το οποίο τους επιτρέπει να συμπεριφέρονται με «έξυπνα» συντονισμένους τρόπους [10]. Έτσι, η νέα «ευφυΐα» των πόλεων έγκειται στον ολοένα και πιο αποτελεσματικό συνδυασμό των ψηφιακών τηλεπικοινωνιακών δικτύων (των νεύρων), της πανταχού παρούσας ενσωματωμένης «ευφυΐας» (των εγκεφάλων), των αισθητήρων και των ετικετών (των αισθητήριων οργάνων), και του λογισμικού (της γνώσης και της γνωστικής ικανότητας).

Ένας αυξανόμενος αριθμός πόλεων οδηγείται προς το όραμα μιας «έξυπνης» πόλης προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις της βιώσιμης ανάπτυξης, να αναζωογονηθούν οι οικονομίες τους και να καθιερώσουν τη θέση τους στις βιομηχανίες υψηλής τεχνολογίας και πληροφορικής του μέλλοντος. Οι περισσότεροι από τους πολίτες του κόσμου ζουν σε πόλεις, αλλά αυτό είναι μόνο η αρχή ενός παγκόσμιου κοινωνικού, οικονομικού, περιβαλλοντικού και πολιτικού μετασχηματισμού. Οι «έξυπνες» πόλεις έχουν κερδίσει τη δημοτικότητα μεταξύ των ερευνητών και των επαγγελματιών. Πολλά έργα είναι υπό εκτέλεση στην Ασία, στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη.

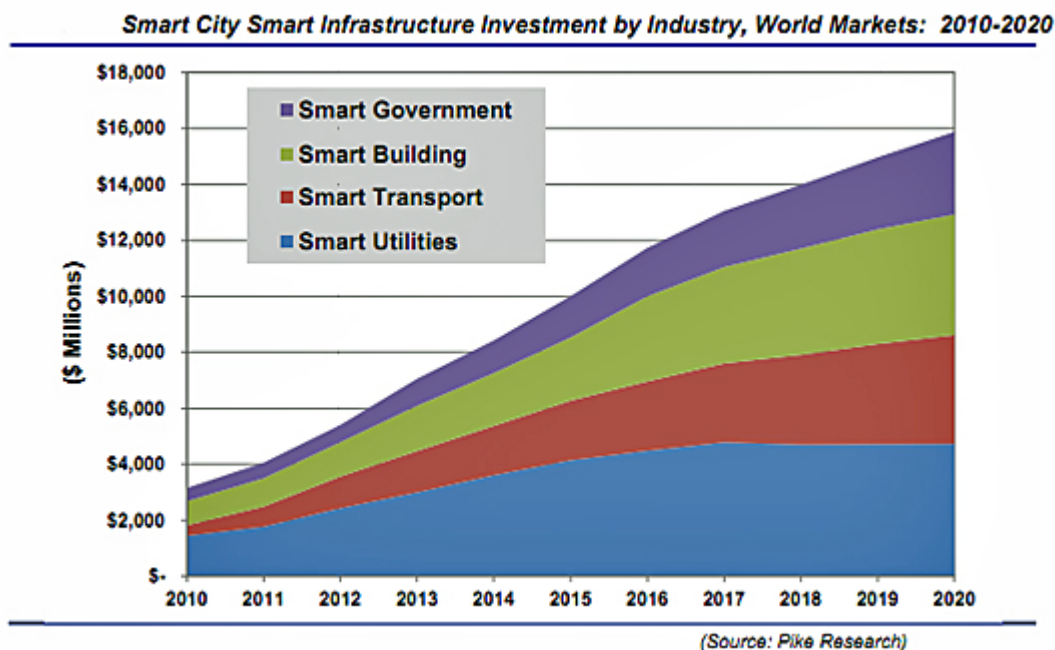
1.1.1 Παράγοντες επιτυχίας των πρωτοβουλιών με στόχο την «έξυπνη» πόλη

Αντλώντας από τους πλούσιους, αλλά αρκετά διαφορετικούς, εννοιολογικούς προσδιορισμούς μιας «έξυπνης» πόλης που παρουσιάστηκαν παραπάνω, προτείνεται ένα ολοκληρωμένο σύνολο παραγόντων που είναι απαραίτητοι για την κατανόηση

των πρωτοβουλιών για «έξυπνη» πόλη καθώς και των σχεδίων. Οι προδιαγραφές αυτές, συγκεντρωμένες σε ένα πλαίσιο «έξυπνων» πόλεων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη και τον καθορισμό των παραγόντων επιτυχίας των πρωτοβουλιών για «έξυπνη» πόλη ή των σχεδίων. Εκτός από τη βιωσιμότητα, το πλαίσιο αντιμετωπίζει διάφορους εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες που επηρεάζουν το σχεδιασμό, την εφαρμογή και τη χρήση των πρωτοβουλιών για «έξυπνες» πόλεις. Στόχος δεν είναι μόνο να παραχθεί ένα σύνολο στοιχείων για την κατάταξη των «έξυπνων» πόλεων, αλλά και να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηριστεί το όραμα της «έξυπνης» πόλης και να σχεδιαστούν πρωτοβουλίες, που προωθούν αυτό το όραμα με την εφαρμογή κοινών υπηρεσιών και την αντιμετώπιση των αναδύμενων προκλήσεων τους. Οι έξι ομάδες των παραγόντων, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2, περιλαμβάνουν (1) την οικονομία, (2) τη διακυβέρνηση, (3) τη διαβίωση, (4) τα άτομα και τις κοινότητες, (5) το φυσικό περιβάλλον και (6) τις μετακινήσεις. Επιπλέον, πρέπει να τονιστεί ότι σήμερα είναι δυνατό να σχεδιαστεί μόνο μια εικόνα της παρούσας κατάστασης μιας πόλης. Παρ' όλα αυτά, ο δρόμος της ανάπτυξης είναι καθοριστικός για την «έξυπνη» πόλη και θα πρέπει να εξεταστεί με περαιτέρω έρευνα η οποία θα βασίζεται σε δεδομένα χρονοσειρών.



Εικόνα 2: Παράγοντες επιτυχίας των πρωτοβουλιών με στόχο την "έξυπνη" πόλη



Εικόνα 3: Οι επενδύσεις της βιομηχανίας στις "έξυπνες" υποδομές των "έξυπνων" πόλεων για την περίοδο 2010 – 2020

1.2 Ευρωπαϊκή πρωτοβουλία για «έξυπνες» πόλεις

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημιούργησε μεταξύ άλλων και μια πρωτοβουλία για τις «έξυπνες» πόλεις. Ακόμα δεν έχει γίνει ευρέως γνωστό και αποδεκτό από τους πολίτες, αλλά σταδιακά αποδεικνύεται ότι η ποιότητα της ζωής τους και οι τοπικές οικονομίες μπορούν να βελτιωθούν μέσω επενδύσεων στην ενεργειακή απόδοση και στη μείωση εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα [11]. Αυτή η πρωτοβουλία θα διαδώσει σε όλη την Ευρώπη τα πιο αποδοτικά μοντέλα και τις πιο αποτελεσματικές στρατηγικές για ένα μέλλον με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Επιπροσθέτως, θα βοηθήσει τις πόλεις και τις περιφέρειες στη λήψη φιλόδοξων και πρωτοποριακών μέτρων για να καταφέρουν μέχρι το 2020 μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% μέσω της βιώσιμης χρήσης και παραγωγής ενέργειας [11]. Αυτό θα απαιτήσει συστημικές προσεγγίσεις και οργανωτική καινοτομία, που θα περιλαμβάνει την ενεργειακή απόδοση, τις τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα και την «έξυπνη» διαχείριση της προσφοράς και της ζήτησης. Ειδικότερα, τα μέτρα για τα κτίρια, τα τοπικά δίκτυα ενέργειας και τις μεταφορές θα αποτελέσουν τις κύριες συνιστώσες της πρωτοβουλίας.

Η πρωτοβουλία στηρίζεται σε υπάρχουσες ευρωπαϊκές και εθνικές πολιτικές και προγράμματα, όπως τα CIVITAS, CONCERTO και Intelligent Energy Europe [11].

Θα αξιοποιήσει κι άλλες βιομηχανικές πρωτοβουλίες, και ιδίως το δίκτυο ηλιακής και ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τη συνεργασία δημόσιου και ιδιωτικού τομέα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για «πράσινα» κτίρια και αυτοκίνητα που έχει συσταθεί στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Σχεδίου Οικονομικής Ανάπτυξης. Οι τοπικές αρχές που συμμετέχουν στο Σύμφωνο των Δημάρχων (περισσότερες από 4.500 πόλεις) θα κινητοποιηθούν γύρω από αυτή την πρωτοβουλία για να πολλαπλασιαστούν τα οφέλη της.

Συγκεκριμένα, οι στόχοι είναι οι εξής :

- Να προκληθεί ικανοποιητική αποδοχή (που θα φτάσει το 5% του συνολικού πληθυσμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης) των ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών και των τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών άνθρακα για να δραστηριοποιηθεί η εν λόγω αγορά.
- Να μειωθούν κατά 40% οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2020 (με έτος αναφοράς το 1990), γεγονός που θα επιδείξει όχι μόνο οφέλη για το περιβάλλον και την ενεργειακή ασφάλεια αλλά και θα παράσχει κοινωνικο-οικονομικά πλεονεκτήματα από πλευράς ποιότητας ζωής, τοπικής απασχόλησης και επιχειρήσεων, καθώς και ενδυνάμωση των πολιτών.
- Να εξαπλωθούν αποτελεσματικά σε όλη την Ευρώπη βέλτιστες πρακτικές ιδεών βιώσιμης ενέργειας σε τοπικό επίπεδο, για παράδειγμα μέσω του Συμφώνου των Δημάρχων.

Στην πορεία προς την επίτευξη αυτών των στόχων, οι τοπικές αρχές θα προτείνουν και θα εφαρμόσουν ολιστικές προσεγγίσεις επίλυσης προβλημάτων, ενσωματώνοντας τις πλέον κατάλληλες τεχνολογίες και τα αντίστοιχα μέτρα πολιτικής. Αυτό συνεπάγεται φιλόδοξα και πρωτοπόρα μέτρα για τα κτίρια, τα δίκτυα ενέργειας και τις μεταφορές.

1. Κτίρια

- Νέα κτίρια με καθαρές απαιτήσεις μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης ή μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά μέσο όρο το χρόνο, μέχρι το έτος 2015, προλαμβάνοντας έτσι την αναδιτύπωση της οδηγίας για την

ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD). Η απαίτηση αυτή θα μπορούσε να έχει προβλεφθεί (π.χ. το 2012) για όλα τα νέα κτίρια της τοπικής δημόσιας αρχής (της πόλης).

- Ανακαίνιση στα ήδη υπάρχοντα κτίρια για να μειωθεί στα χαμηλότερα επίπεδα η ενεργειακή τους κατανάλωση (π.χ. το επίπεδο της απόδοσης που δικαιολογείται από την ηλικία, την τεχνολογία ή τους περιορισμούς της αρχιτεκτονικής) διατηρώντας ή αυξάνοντας τις επιδόσεις και την άνεση. Αυτό θα περιελάμβανε υλικό πρωτοποριακής μόνωσης (στερεά μόνωση, μόνωση κενού, παράθυρα κενού, στέγες ψύξης κ.λπ.).
- Δοκιμή σε 100 νέα οικιστικά κτίρια και σε 100 νέα μη οικιστικά κτίρια για διαφορετικές σχεδιαστικές επιλογές για κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Ειδικότερα, το επίκεντρο θα πρέπει να είναι στην ενσωμάτωση του σχεδιασμού των διαφόρων τεχνολογιών για να αποδειχθεί οικονομικά αποδοτική λύση (όχι περισσότερο από 5% από το κόστος της παραδοσιακής κατασκευής) καθώς και στην παρακολούθηση των επιδόσεων σε συνθήκες πραγματικής χρήσης.
- Δοκιμή και αξιολόγηση μέσω προγραμμάτων, στρατηγικές για την πλήρη ανακαίνιση του 50% τουλάχιστον των υφιστάμενων κτιρίων (π.χ. κατοικίες, δημόσια κτίρια, κτίρια κοινωνικής στέγασης, μη οικιστικά κτίρια κ.λπ.). Εκτός από τις τεχνολογίες, καινοτόμα συστήματα χρηματοδότησης και τεχνικές ανακαίνισης θα εμφανιστούν και θα δοκιμαστούν.

2. Δίκτυα ενέργειας

Θέρμανση και Ψύξη

- Καινοτόμες και αποδοτικές εφαρμογές βιομάζας, ηλιακής θερμικής και γεωθερμικής ενέργειας.
- Καινοτόμα υβριδικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης από βιομάζα, ηλιακή θερμική και γεωθερμική ενέργεια, με προηγμένες τεχνολογίες κατανεμημένης αποθήκευσης θερμότητας.
- Εξαιρετικά αποτελεσματική συνεργατική παραγωγή και συστήματα τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης.

- Προγράμματα επίδειξης για τη μεγάλη ανάπτυξη της θέρμανσης και της ψύξης με ΑΠΕ σε ενεργειακά αποδοτικά κτίρια στις πρωτοπόρες πόλεις προμηθεύοντας το 50% της ζήτησης για θέρμανση και ψύξη με ΑΠΕ.

Ηλεκτρισμός

- «Εξυπνα» δίκτυα, που επιτρέπουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, την αποθήκευση ενέργειας, την ανταπόκριση στη ζήτηση και την εξισορρόπηση δικτύου.
- «Εξυπνοι» μετρητές και συστήματα διαχείρισης της ενέργειας.
- «Εξυπνες» συσκευές (ICT, οικιακές συσκευές), φωτισμός (κυρίως φωτισμός σε δρόμους και εσωτερικούς χώρους), εξοπλισμός (π.χ. συστήματα κινητήρων, υδάτινα συστήματα)
- Προώθηση της τοπικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (κυρίως εφαρμογές φωτοβολταϊκής και αιολικής ενέργειας).
- Προγράμματα ανάπτυξης και εγκατάστασης «έξυπνων» δικτύων στις πόλεις, δίνοντας προτεραιότητα στην τοπική παραγωγή και τις ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας. Προγράμματα για συσκευές φωτισμού υψηλής απόδοσης, «έξυπνων» συστημάτων μέτρησης, αποθήκευσης και ανταπόκρισης στη ζήτηση. Θα δοθεί προτεραιότητα στις ευρωπαϊκές πόλεις που δοκιμάζουν την ιδέα του «έξυπνου» δικτύου σε συνεργασία με τις τοπικές εταιρείες διανομής.

3. Μεταφορές

- Προγράμματα δοκιμών και ανάπτυξης για προηγμένα συστήματα μέσω μαζικής και ιδιωτικής μεταφοράς χαμηλής περιεκτικότητας άνθρακα, συμπεριλαμβάνοντας «έξυπνες» εφαρμογές για την έκδοση εισιτηρίων, «ευφυή» διαχείριση της κυκλοφορίας, αποφυγή της κυκλοφοριακής συμφόρησης, διαχείριση της ζήτησης, χρήσιμες πληροφορίες ταξιδιού, επικοινωνία, διανομή εμπορευμάτων, πεζοπορία και ποδηλασία.
- Προγράμματα δοκιμών για τη μεγάλη ανάπτυξη των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων από τις οδικές δημόσιες μεταφορές και τους δημοτικούς στόλους έως και τα ιδιωτικά επιβατικά οχήματα (ηλεκτρικά οχήματα, οχήματα χαμηλής

κατανάλωσης, οχήματα φυσικού αερίου, βιοκαύσιμα κ.λπ.) συμπεριλαμβανομένης της υποδομής εφοδιασμού καυσίμων/ενέργειας.

Η πρωτοβουλία θα διαμορφωθεί σύμφωνα με τη φιλοδοξία των πόλεων και το ρίσκο που ενέχεται. Οι φιλόδοξες πόλεις θα μπορούσαν να λάβουν χρηματοδότηση για τεχνική βοήθεια. Οι πρωτοποριακές πόλεις, που ρισκάρουν πολύ περισσότερο μέσω ριζοσπαστικής τεχνολογίας και οργανωτικών μετασχηματισμών, θα μπορούσαν επιπλέον να λαμβάνουν χρηματοδότηση υπό τη μορφή επιχορηγήσεων για να υποστηρίξουν την εφαρμογή του προτεινόμενου πακέτου τεχνολογιών και μέτρων.

1.3 Κατάταξη των ευρωπαϊκών «έξυπνων» πόλεων μεσαίου μεγέθους

1.3.1 Σκοπός του προγράμματος

Οι πόλεις στην Ευρώπη αντιμετωπίζουν την πρόκληση να συνδυάσουν ταυτόχρονα την ανταγωνιστικότητα και τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη. Αυτή η πρόκληση είναι πιθανό να έχει αντίκτυπο σε θέματα αστικής ποιότητας, όπως είναι η στέγαση, η οικονομία, ο πολιτισμός, οι κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνθήκες που αλλάζουν το προφίλ μιας πόλης.

Σε αυτήν την ενότητα, θα παρουσιαστεί ένα πρόγραμμα που ασχολείται με πόλεις μεσαίου μεγέθους και τις προοπτικές τους για ανάπτυξη. Παρά το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία του αστικού πληθυσμού ζει σε πόλεις, το επίκεντρο της έρευνας για τις πόλεις τείνει να είναι στις «παγκόσμιες» μητροπόλεις. Ως αποτέλεσμα, οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι πόλεις μεσαίου μεγέθους, οι οποίες μπορούν να είναι αρκετά διαφορετικές, παραμένουν ανεξερεύνητες ως ένα βαθμό. Οι πόλεις μεσαίου μεγέθους, οι οποίες πρέπει να αντιμετωπίσουν τον ανταγωνισμό με τις μεγαλύτερες μητροπόλεις σε αντίστοιχα θέματα, φαίνεται να είναι λιγότερο καλά εξοπλισμένες από πλευράς πόρων και ικανότητας οργάνωσης. Για να επιβληθεί μια ενδογενής ανάπτυξη και να επιτευχθεί μια καλή θέση, ακόμα και αυτές οι πόλεις θα πρέπει να στοχεύουν στον εντοπισμό των δυνατών τους σημείων και των ευκαιριών για τη θέση τους και να διασφαλίσουν και να επεκτείνουν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα σε ορισμένους βασικούς πόρους ενάντια σε άλλες πόλεις του ίδιου επιπέδου. Οι κατατάξεις των πόλεων είναι ένα εργαλείο για τον

εντοπισμό των εν λόγω προτερημάτων. Οι κατατάξεις, όμως, είναι πολύ διαφορετικές στις προσεγγίσεις ή τις μεθόδους τους. Λόγω των διαφορετικών συμφερόντων πίσω από τις ταξινομήσεις και τους δείκτες και τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται είναι επίσης φυσιολογικό να διαφέρει η θέση μιας πόλης σε διαφορετικές κατατάξεις. Επιπρόσθετα, οι πόλεις μεσαίου μεγέθους συχνά δεν εξετάζονται ή εξετάζονται μόνο μερικώς.

Ως εκ τούτου, οι υπάρχουσες κατατάξεις και τα σημεία αναφοράς δεν ανταποκρίνονται ικανοποιητικά για τις πόλεις μεσαίου μεγέθους. Η κατάταξη των «έξυπνων» πόλεων, με βάση ένα ολοκληρωμένο κατάλογο δεικτών, προσφέρει μια νέα άποψη για τις πόλεις μεσαίου μεγέθους στην Ευρώπη και τις αντίστοιχες διαφορές τους και τα συγκριτικά πλεονεκτήματα (και μειονεκτήματα) που έχουν η μια απέναντι στην άλλη και επιτρέπει να:

- απεικονίζονται οι διαφορές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών και των παραγόντων,
- επεξεργάζονται οι συγκεκριμένες προοπτικές για την ανάπτυξη και την τοποθέτηση και
- προσδιορίζονται τα δυνατά σημεία και οι αδυναμίες των κρινόμενων πόλεων με ένα συγκριτικό τρόπο.

Τέλος, θα παρουσιαστεί ότι η προσέγγιση επιτρέπει μια ανάλυση σε βάθος για κάθε πόλη με βάση την ολοκληρωμένη περιγραφή των χαρακτηριστικών και του μεγάλου αριθμού των δεικτών.

Οι κατατάξεις των πόλεων έχουν γίνει ένα σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση της ελκυστικότητας των αστικών περιοχών κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών [22]. Σε αυτά τα είδη των συγκριτικών μελετών οι πόλεις αξιολογούνται και κατατάσσονται σε σχέση με διαφορετικά οικονομικά, κοινωνικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά, προκειμένου να αποκαλυφθούν τα καλύτερα (και τα χειρότερα) στοιχεία για συγκεκριμένες δραστηριότητες. Κατά συνέπεια, οι κατατάξεις των πόλεων χρησιμοποιούνται συχνά από τις ίδιες τις πόλεις για να οξύνουν το προφίλ τους και να βελτιώσουν τη θέση τους στον ανταγωνισμό των πόλεων: μια κορυφαία θέση σε μια υψηλά φημισμένη κατάταξη συμβάλλει στη

βελτίωση της διεθνούς εικόνας της πόλης και μπορεί συνεπώς να διαδραματίσει κεντρικό ρόλο στη στρατηγική του marketing.

Εξετάζοντας και συγκρίνοντας τις διαφορετικές κατατάξεις πόλεων ο Καθηγητής Schönert στη Γερμανία (2003) διαπίστωσε ότι στοχεύουν σε διαφορετικούς στόχους και ότι διαφέρουν σημαντικά ως προς τις μεθόδους και τα αποτελέσματα [22]. Σύμφωνα με τους επιλεγμένους δείκτες και τα βάρη τους, πολλές πόλεις αξιολογήθηκαν διαφορετικά στις κατατάξεις πόλεων που εξετάστηκαν. Επιπλέον, δεν υπάρχει απόδειξη ότι οι εν λόγω εκτιμήσεις αντανακλώνται στην πραγματική οικονομική απόδοση. Με βάση μια λεπτομερή ανάλυση και σύγκριση των 10 γερμανικών κατατάξεων ο Schönert επεσήμανε τα ακόλουθα συμπεράσματα για τις κατατάξεις των πόλεων:

- Οι κατατάξεις πόλεων εφιστούν την προσοχή του κοινού σε σημαντικά ζητήματα γεωπολιτικής σημασίας.
- Οι κατατάξεις πόλεων διεγείρουν μια ευρεία συζήτηση σχετικά με τις στρατηγικές περιφερειακής ανάπτυξης.
- Οι Περιφερειακοί φορείς αναγκάζονται να λαμβάνουν διαφανείς και κατανοητές αποφάσεις.
- Θετικές αλλαγές καταχωρούνται επίσης εκτός της περιφέρειας.
- Η ανάλυση των αποτελεσμάτων μπορεί να παρακινήσει θετικά τους τοπικούς φορείς.

Από την άλλη πλευρά, ο Καθηγητής Schönert εξετάζει κάποια μειονεκτήματα:

- Οι κατατάξεις πόλεων τείνουν να αμελούν την πολυπλοκότητα σχέσεων που αφορούν στην περιφερειακή ανάπτυξη.
- Η συζήτηση επικεντρώνεται κυρίως στην κατάταξη αυτή καθεαυτή.
- Μπορεί να απειληθούν οι στρατηγικές μακροπρόθεσμης ανάπτυξης.
- Υπάρχοντα στερεότυπα μπορεί να ενισχυθούν.
- Πόλεις με άσχημη κατάταξη τείνουν να αγνοούν τα αποτελέσματα.

1.3.2 Στόχοι

Ο σκοπός της κατάταξης καθορίζεται όχι μόνο από το στόχο της και το κοινό στο οποίο απευθύνεται, αλλά και από τη χωρική έκταση και τους επιθυμητούς παράγοντες και δείκτες πίσω από την κατάταξη. Οι βαθμολογίες που έχουν επιλεγεί για επεξεργασία περιλαμβάνουν από 50 έως 200 πόλεις τουλάχιστον σε εθνικό αλλά συχνά και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Το κοινό στο οποίο απευθύνονται οι κατατάξεις πόλεων είναι είτε εταιρείες που πρέπει να μετεγκαταστήσουν στελέχη τους ή να μετεγκατασταθούν οι ίδιες, είτε πολιτικοί ηγέτες πόλεων και κοινοτήτων που βρίσκονται σε άμεσο ανταγωνισμό με άλλους. Ως εκ τούτου, από τη μία πλευρά, μια κατάταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει ορισμένες δαπάνες διαβίωσης ή μεμονωμένες ευκαιρίες ανάπτυξης, και από την άλλη πλευρά, για να τονίσει ελλείψεις ή πλεονεκτήματα σε ορισμένες τρέχουσες καταστάσεις ανάπτυξης μιας πόλης απέναντι στους άμεσους ανταγωνιστές της.

Εκτός από τη χωρική έκταση, οι επιλεγμένοι παράγοντες (που αργότερα συνθέτουν τους δείκτες) συνδέονται σίγουρα με τον πραγματικό στόχο και το κοινό στο οποίο απευθύνεται η κατάταξη. Οι κατατάξεις που εστιάζουν κυρίως στην κατάσταση της ανάπτυξης των πόλεων περιλαμβάνουν μια ευρύτερη επιλογή παραγόντων που κυμαίνονται από τους δημογραφικούς παράγοντες, τον κύκλο εργασιών εμπορευμάτων έως την τουριστική ελκυστικότητα κ.λπ.. Ωστόσο, οι κατατάξεις μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να αναλύσουν ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό του κράτους στο οποίο βρίσκονται οι πόλεις, όπως π.χ. η περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

1.3.3 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία δεν περιλαμβάνει μόνο τον τρόπο συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων, αλλά και σε ένα πρώτο στάδιο τον πραγματικό περιορισμό της επιλογής των πόλεων που εξετάζονται στην κατάταξη. Βεβαίως, μια ευρεία χωρική έκταση έχει ήδη οριστεί από τους στόχους (π.χ. μόνο ευρωπαϊκές πόλεις). Παρ' όλα αυτά, δεν υπάρχουν αρκετοί πόροι για να συμπεριληφθούν όλες οι πόλεις σε αυτό το ευρύ πεδίο και γι' αυτόν το λόγο μια περαιτέρω επιλογή είναι απαραίτητη. Σε πολλές κατατάξεις

η επιλογή των πόλεων βασίζεται στον πληθυσμό τους, σε άλλες η επιλογή γίνεται με το ρόλο που διαδραματίζουν οι πόλεις σε θέματα παγκόσμιας σημασίας.

Τέλος, η διαθεσιμότητα των στοιχείων (για την επακόλουθη κατάταξη) παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην επιλογή των πόλεων, αν οι πόροι είναι περιορισμένοι. Η συλλογή των δεδομένων είναι κυρίως ένα ζήτημα της διαθεσιμότητας των πόρων του έργου. Ορισμένα στοιχεία για τις κατατάξεις συλλέχθηκαν από έρευνα αλλά κυρίως από συνεντεύξεις. Η πλειοψηφία των δεδομένων, ωστόσο, αποκτήθηκε από μελέτες, στηριζόμενες σε πρωτογενή και δευτερογενή δεδομένα.

Ένα κρίσιμο σημείο το οποίο πρέπει να ληφθεί υπόψη στη μεθοδολογία είναι η χρήση της στάθμισης. Συνήθως, είναι αναγκαίο να σταθμίζονται οι παράγοντες ή οι δείκτες για το λόγο της επιρροής ή τη σημασία τους για τον σκοπό της κατάταξης. Αυτό συνήθως γίνεται από τις ίδιες τις υπηρεσίες εκτέλεσης, οι οποίες έχουν συγκεκριμένους στόχους. Παρ' όλα αυτά, είναι επίσης δυνατόν να εκτιμηθεί η βαρύτητα των παραγόντων για την κατάταξη από τις συνεντεύξεις και πάλι, αν η ομάδα στην οποία στοχεύει είναι σαφώς καθορισμένη.

1.3.4 Δημοσιοποίηση

Ο τρόπος με τον οποίο αξιολογούνται, ερμηνεύονται και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα είναι καίριας σημασίας για τον αντίκτυπο της κατάταξης. Η συνολική λίστα των πόλεων που κατατάσσονται είναι το τυπικό αποτέλεσμα των κατατάξεων των πόλεων. Όλες οι επεξεργασμένες κατατάξεις περιλαμβάνουν μια τέτοια λίστα. Μερικές μελέτες περιλαμβάνουν επίσης πιο διαφοροποιημένα αποτελέσματα. Μία διαφοροποίηση αναφέρεται στη διαφορά της τρέχουσας κατάστασης μιας πόλης και της πρόσφατης εξέλιξής της. Ένα άλλο μέρος της δημοσιοποίησης είναι η τελική διάθεση των αποτελεσμάτων. Ως επί το πλείστον, η συνολική λίστα είναι διαθέσιμη δωρεάν. Αντίθετα, μερικά αποτελέσματα και ερμηνείες ή βαθύτερες γνώσεις δεν είναι συχνά διαθέσιμα δωρεάν.

Με λίγα λόγια μπορεί να δηλωθεί ότι υπάρχει μια ευρεία ποικιλία πώς να γίνει μια κατάταξη και φαίνεται ότι οι κατατάξεις που επικεντρώνονται σε ένα πιο λεπτομερές και σαφώς καθορισμένο θέμα παρέχουν πιο εφαρμόσιμα αποτελέσματα από κατατάξεις που παρέχουν «απλώς» μια συνολική λίστα. Όχι μόνο κατά την ανάλυση και την ερμηνεία των ήδη υπαρχόντων κατατάξεων πόλεων, αλλά και κατά τη δημιουργία μιας νέας, είναι σημαντικό να εξεταστούν οι τρεις αυτές πτυχές, δίνοντας

αποδεικτικά στοιχεία για τους στόχους τους, τις μεθοδολογίες και τη δημοσιοποίηση. Ένα σοβαρό πρόβλημα όλων των κατατάξεων πόλεων φαίνεται να είναι το γεγονός ότι η προσοχή του κοινού εστιάζεται κυρίως στην τελική κατάταξη χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι μεθοδολογικές πτυχές πίσω από τις αξιολογήσεις. Αυτή η επιλεκτική αντίληψη που έχει το κοινό για τα αποτελέσματα επιβεβαιώνει τα υφιστάμενα στερεότυπα και κλισέ αμελώντας λεπτομέρειες όπως είναι συγκεκριμένα σημεία δύναμης και αδυναμίας των πόλεων. Οι κατατάξεις αναγνωρίζονται στο μέγιστο βαθμό από τους «νικητές», προκειμένου να βελτιώσουν τη δημόσια εικόνα τους, ενώ οι «χαμένοι» τείνουν να αγνοούν τα αποτελέσματα γεγονός το οποίο θα μπορούσε να απειλήσει τη θέση τους στον ανταγωνισμό των πόλεων. Κατά συνέπεια, και οι δύο ομάδες πόλεων χάνουν την ευκαιρία να κάνουν χρήση των αποτελεσμάτων με εποικοδομητικό και θετικό τρόπο, συζητώντας τα κύρια πορίσματα λεπτομερώς. Μόνο μια σοβαρή εξέταση των αποτελεσμάτων αποκαλύπτει τα πραγματικά δυνατά και αδύναμα σημεία των πόλεων και συνεπώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εμπειρική βάση για την ανίχνευση μελλοντικών τομέων δραστηριότητας.

Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα των περισσότερων κατατάξεων πόλεων, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις πόλεις μεσαίου μεγέθους, έγκειται στη γενική προσέγγισή τους. Δεδομένου ότι πολλοί χρηματοδότες ζητούν σαφή αποτελέσματα τα οποία να μπορούν εύκολα να ανακοινωθούν δημόσια, οι περισσότερες κατατάξεις στοχεύουν στην εύρεση της «καλύτερης» ή της «πιο ελκυστικής» πόλης σε γενικές γραμμές. Κατά συνέπεια, αυτές οι μελέτες προσπαθούν να καλύψουν όλους τους τομείς της «ελκυστικότητας» των πόλεων αγνοώντας εντελώς το γεγονός ότι οι διάφορες δραστηριότητες χρειάζονται διαφορετικές συνθήκες. Είναι προφανές, ωστόσο, ότι μια πόλη που προσφέρει υψηλή ποιότητα ζωής, δεν πρέπει κατ'ανάγκη να είναι και η ιδανική τοποθεσία για όλους τους βιομηχανικούς κλάδους. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τις πόλεις μεσαίου μεγέθους, οι οποίες δεν είναι σε θέση να είναι ανταγωνιστικές σε όλους τους τομείς της οικονομικής δραστηριότητας, αλλά πρέπει να επικεντρωθούν σε επιλεγμένους κλάδους. Η στρατηγική της εξειδίκευσης βασίζεται σε μια ακριβή εξέταση των υφισταμένων οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών δυνατοτήτων, προκειμένου να βρει συγκεκριμένα τμήματα της αγοράς στα οποία η πόλη είναι σε θέση να επιδείξει κάποιο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Για το λόγο αυτό δεν έχει νόημα να συγκριθούν πόλεις μεσαίου μεγέθους και γενικά να αξιολογηθεί η ελκυστικότητά τους στο σύνολο. Ακόμα περισσότερο στην περίπτωση των μητροπόλεων, οι κατατάξεις των πόλεων μεσαίου

μεγέθους πρέπει να είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένες στην προσέγγισή τους και να σχετίζονται πάντα με μια ιδιαίτερη πτυχή της ελκυστικότητας. Τα αποτελέσματα των κατατάξεων εστιάζοντας στην ποιότητα ζωής ή στις πολιτιστικές δυνατότητες θα αποκλίνουν σημαντικά από τα πορίσματα των μελετών που προσπαθούν να αξιολογήσουν τις περιφερειακές συνθήκες για τουρισμό ή καινοτόμες βιομηχανίες. Κατά συνέπεια, οι κατατάξεις που συγκρίνουν πόλεις μεσαίου μεγέθους πρέπει να ερμηνευθούν διεξοδικά και με προσοχή και τα αποτελέσματα δεν θα πρέπει να δημοσιεύονται χωρίς να αναφέρονται τα στοιχεία και οι δείκτες που λαμβάνονται υπόψη.

2 Εισαγωγή στις «έξυπνες» μεταφορές

2.1 Τι είναι οι «έξυπνες» μεταφορές (smart transportation);

Η κύρια πρόκληση του 21^{ου} αιώνα είναι η μετάβαση από μια ρυπογόνα και απόλυτα καταστροφική παγκόσμια οικονομία σε μια καθαρή και βιώσιμη, κυρίως όσον αφορά τον τομέα των μεταφορών. Περίπου το ένα τρίτο της συνολικής παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης χρησιμοποιείται σήμερα για τη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών και περισσότερο από το 90% αυτής γίνεται με ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα. Η ταχύρυθμη μείωση αυτών των ορυκτών πόρων και η ραγδαία αύξηση της ζήτησης έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών καθώς επίσης και την αναπόφευκτη δραματική μείωση των προμηθειών των ολοένα και πιο ακριβών καυσίμων, του πετρελαίου και της βενζίνης.

Η μοναδική λύση για τον αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό που έχει ανοδική ζήτηση για δημόσια και ιδιωτική μεταφορά είναι τα «καθαρά» συστήματα μεταφοράς, τα οποία βασίζονται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι προμήθειες των περισσότερων καυσίμων μειώνονται ή δεν είναι επαρκώς διαθέσιμες, όπως τα βιοκαύσιμα και το υδρογόνο. Επιπλέον, προκαλείται ρύπανση και η απόδοση του κινητήρα καύσης είναι εξαιρετικά χαμηλή. Ως αποτέλεσμα όλων αυτών, η εποχή των επικίνδυνων καυσίμων οδεύει προς το τέλος της.

Η συμβατική σπάταλη διαχείριση ενέργειας, δηλαδή η διανομή καυσίμων μέσω δρόμων, σιδηροδρόμων, υδάτινων δρόμων και αγωγών θα αντικατασταθεί από τα «κομψά» και μη ρυπογόνα ηλεκτρικά δίκτυα που θα είναι πιο «έξυπνα», δηλαδή θα είναι προσαρμοσμένα στα φορτία με «έξυπνο» τρόπο με υδραυλική και ρυθμιστική αποθήκευση από εκατομμύρια μπαταρίες.

2.1.1 Το ενεργειακό δίλημμα

Δεδομένου ότι η αιχμή της παραγωγής πετρελαίου είναι πλέον παρελθόν για τις περισσότερες χώρες παραγωγής και η κατανάλωση εξακολουθεί να αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, οι προμήθειες δεν μπορούν πλέον να ανταπεξέλθουν στη ζήτηση, με αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών των καυσίμων.

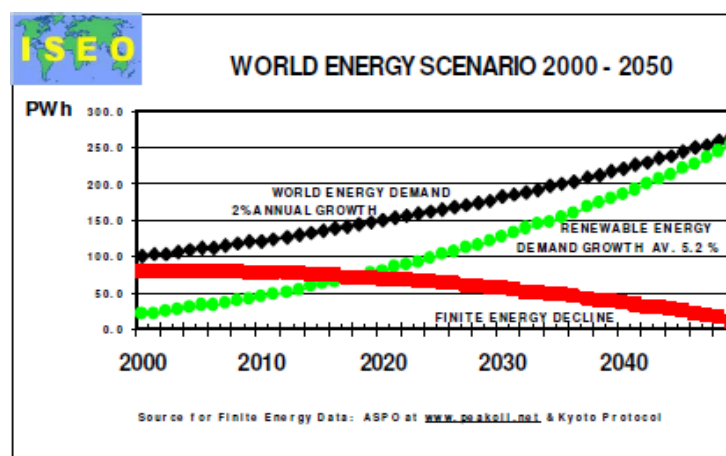
Οι συνέπειες της αυξανόμενης ζήτησης καυσίμων είναι η επιδείνωση της ρύπανσης, η οποία προκαλεί προβλήματα υγείας, τρομακτικές καιρικές καταστροφές

και αρνητικά εθνικά εμπορικά ισοζύγια που πλήττουν τα φτωχότερα έθνη αλλά και τις πλούσιες βιομηχανικές χώρες.

Ούτε τα βιοκαύσιμα ούτε το υδρογόνο θα μπορέσουν ποτέ να αντικαταστήσουν πλήρως τα ορυκτά καύσιμα. Ως εκ τούτου, η μόνη διέξοδος από το δίλημμα είναι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες προσφέρονται άφθονα από τη φύση, και κατά συνέπεια η λύση για τον τομέα των μεταφορών είναι οι ηλεκτροκίνητες μεταφορές. Το «έξυπνο» δίκτυο θα είναι η αποτελεσματική σύνδεση μεταξύ των τομέων της βιομηχανίας, των μεταφορών και των κατοικιών. Εκατομμύρια ηλεκτρικές υποδοχές με δυνατότητα ανάγνωσης τηλεματικών μετρήσεων και τιμολόγησης θα διασυνδέουν τις μπαταρίες των χρηστών και την πληθώρα των πηγών ενέργειας.

Ο ανεφοδιασμός ενέργειας για έναν αυξανόμενο πληθυσμό αντιμετωπίζει θεμελιώδη αλλαγή για τέσσερις λόγους:

1. Η οικονομική προμήθεια των ορυκτών ενεργειακών πόρων, του πετρελαίου και της βενζίνης τελειώνει σε λίγες δεκαετίες.
2. Οι κίνδυνοι για την υγεία και η υπερθέρμανση του πλανήτη που προκαλείται από τις εκπομπές των κινητήρων καύσης.
3. Η επιτακτική ανάγκη διατήρησης των ορυκτών πόρων για τις χημικές και μεταλλουργικές βιομηχανίες.
4. Η μόνη οικονομικά βιώσιμη λειτουργία μεταφοράς ενέργειας είναι η ηλεκτρική ενέργεια μέσω «έξυπνων» δικτύων.



Εικόνα 4:Μεσοπρόθεσμο σενάριο για την παγκόσμια ενέργεια

Η Εικόνα 4 απεικονίζει το μεσοπρόθεσμο σενάριο για την παγκόσμια ενέργεια με την αισιόδοξη υπόθεση ότι η ετήσια αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας παγκοσμίως θα είναι μόνο 2%. Η απαραίτητη αύξηση της «πράσινης» ενέργειας για να αντισταθμίσει την αναπόφευκτη πτώση των ορυκτών μορφών ενέργειας και να ικανοποιήσει την αύξηση της κατανάλωσης θα απαιτήσει μια επένδυση τουλάχιστον ενός τρισεκατομμυρίου δολαρίων ετησίως.

Η καλή πλευρά αυτής της μετάβασης στην εποχή της «καθαρής» και βιώσιμης ενέργειας είναι ότι η ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές θα αντικαταστήσει τα καύσιμα με τους μη αποδοτικούς κινητήρες τους. Με άλλα λόγια, οι κινητήρες καύσης με μόνο 15-25% ενεργειακή απόδοση πρέπει να αντικατασταθούν από ηλεκτρικούς κινητήρες που σημειώνουν μεγαλύτερη από 90% απόδοση. Κατά συνέπεια, θα σταματήσει η σπατάλη των καυσίμων για τις μεταφορές, σε βαθμό που θα φθάνει περίπου το 1/3 της συνολικής παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Αυτό θα μειώσει το μερίδιο των μεταφορών στη συνολική κατανάλωση ενέργειας σε λιγότερο από το 1/10 της παραγωγής ενέργειας, εφόσον προέρχεται από την απεριόριστη ηλιακή, υδροηλεκτρική, αιολική, θαλάσσια και τη γεωθερμική ενέργεια, αντί των ρυπογόνων και επικίνδυνων ορυκτών καυσίμων που υπόκεινται σε καύση ή των εργοστασίων πυρηνικής ενέργειας, για να διανεμηθεί μέσω «έξυπνων» ηλεκτρικών δικτύων σε εκατομμύρια συνδεδεμένους χρήστες.

Για την αντιμετώπιση αυτών των σοβαρών προβλημάτων, όλα τα ανταγωνιστικά συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν και πρέπει να πολλαπλασιαστούν όσο το δυνατόν γρηγορότερα για να αντικαταστήσουν τη συμβατική καύση όπως φαίνεται στην Εικόνα 5 δίνοντας έμφαση στη μετατροπή σε «καθαρή» ηλεκτρική ενέργεια τελικής χρήσης.

<u>Energy Option</u>	<u>Immed. Feasible</u>	<u>Theor. Potential</u>
- Bio energy	50	78
- Hydropower	8	14
- Geothermal conv. pow. 2	}	388
- Geothermal hot d. rock 20		
- Geothermal Heat 4	}	160
- Wind Power 53		
- Solar Power PV 6	}	435
- Solar Thermal Power 40		
- Solar Active Heat 20	}	202
- Solar Passive Heat 10		
- Ocean Energy 15	10	50
- Heat Pumps	1	10
- Muscle Energy	<u>100</u>	<u>200</u>
- Novel Energy	<u>339</u> PWh/year	<u>1537</u>
Total RE potential		

Εικόνα 5: Παγκόσμιες πηγές ενέργειας

Ως εκ τούτου, ο τομέας των μεταφορών θα γίνει φυσικά ο ρυθμιστής της σύγχρονης ενεργειακής οικονομίας, διότι δεν υπάρχει άλλη επιλογή από την εγκατάλειψη όλων των πεπερασμένων καυσίμων που συνεχώς μειώνονται με τους μη αποδοτικούς κινητήρες τους.

Συμπεράσματα ενεργειακής μελέτης [47], [45], [48]

1. Υπάρχει περισσότερη προμηθευτή ανανεώσιμη ενέργεια διαθέσιμη στη Γη από ό,τι η ανθρωπότητα θα χρειαστεί ποτέ με βάση τον προβλέψιμο ρυθμό αύξησης του πληθυσμού [45].
2. Τα συστήματα ανανεώσιμης ενέργειας είναι ανταγωνιστικά σε σχέση με τις μη ανανεώσιμες πηγές, ακόμη περισσότερο εάν εφαρμοστεί η αρχή συνολικής κοστολόγησης βάσει της οποίας οι ρυπαίνοντες πληρώνουν [46].
3. Όλα τα έθνη είναι σε θέση να καταστούν πλήρως αυτόνομα με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και ως εκ τούτου, μπορούν να μειώσουν δραστικά τη ρύπανση μέσω της «καθαρής», αποδοτικής ενέργειας και των μεταφορών.
4. Οι εναπομείναντες ενεργειακοί ορυκτοί πόροι μπορούν και πρέπει να διατηρηθούν για την εκμετάλλευσή τους από τις χημικές και μεταλλουργικές βιομηχανίες.

2.1.2 Το «έξυπνο» δίκτυο

Δεδομένου ότι θα υπάρξουν εκατομμύρια αποκεντρωμένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ο ρόλος των ηλεκτρικών δικτύων γίνεται πολύ σημαντικός για την εξισορρόπηση των διακυμάνσεων της ζήτησης ενέργειας με την κυμαινόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις απρόβλεπτες πηγές, τον ήλιο και τον άνεμο, που συμπληρώνονται από πιο σταθερές πηγές ενέργειας, όπως η γεωθερμική ενέργεια και η ενέργεια των κυμάτων ή η υδροηλεκτρική ενέργεια που εξαρτάται από τη ροή ποταμιού. Επίσης, η υδραυλική αποθήκευση ενέργειας συμβάλλει στην εξισορρόπηση της μεταβαλλόμενης κατανάλωσης ρεύματος, που ονομάζεται "ενεργειακή συμφωνία" σε συνεννόηση με άλλα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι μπαταρίες θα διαδραματίζουν ολοένα σημαντικότερο ρόλο σε αυτή την παγκόσμια προσπάθεια εξισορρόπησης μεταξύ προσφοράς και ζήτησης.

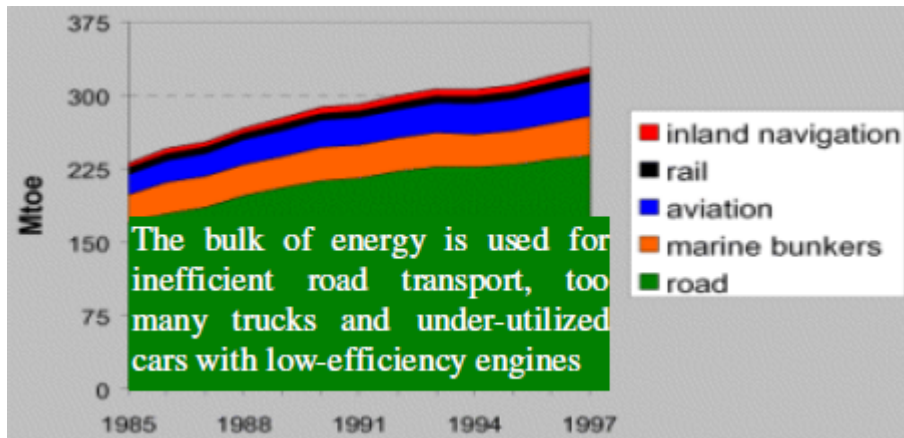
Ο αποκεντρωμένος έλεγχος και η ανάγνωση τηλεματικών μετρήσεων μπορούν να μεταδίδονται ψηφιακά από σήματα υψηλής συχνότητας μέσω των ηλεκτρικών γραμμών ή από την τελευταία λέξη της τεχνολογίας που είναι οι GMS τηλεπικοινωνίες, όπως αποδείχθηκε ήδη εδώ και πολλά χρόνια για την ανάγνωση σταθερών μετρήσεων.

Οι φορείς εκμετάλλευσης του ηλεκτρικού δικτύου θα εφαρμόσουν προηγμένες μηχανογραφημένες μεθόδους ενεργειακής διαχείρισης για να εξυπηρετούν εκατομμύρια δημόσιους και ιδιωτικούς σταθμούς με δυνατότητα τηλεματικών μετρήσεων για επαναφόρτιση οχημάτων.

Τα δισεκατομμύρια των ηλεκτρικών οχημάτων και τρένων σε αυτόν τον πλανήτη θα παρέχουν την «έξυπνη» δυνατότητα συλλογικής προσωρινής αποθήκευσης ενέργειας που θα ανέρχεται σε πολλαπλάσιο της συνολικής ικανότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο και ως εκ τούτου θα χρησιμεύουν επίσης και ως αποθεματικό εξομάλυνσης των αιχμών που διαχειρίζεται το «έξυπνο» σύστημα του υπολογιστή στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

2.1.3 Η αποστολή των βιομηχανιών

Η ακραία έλλειψη ενεργειακής ισορροπίας μεταξύ των παρελθοντικών και των πραγματικών οδικών και σιδηροδρομικών μέσων μεταφοράς και της προκύπτουσας κατασπατάλησης ενέργειας στους κινητήρες καύσης απεικονίζεται στην Εικόνα 6.



Εικόνα 6:Ενεργειακή κατανομή στις μεταφορές

Είναι εμφανές ότι το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας χρησιμοποιείται για τις αναποτελεσματικές οδικές μεταφορές, με μεγάλο αριθμό φορτηγών και αυτοκινήτων που δε χρησιμοποιούνται επαρκώς με κινητήρες χαμηλής απόδοσης.

Δύο καλές λύσεις είναι περισσότερες δημόσιες μεταφορές μέσω σιδηροδρόμων και εντατικοποιημένες συνδυασμένες μεταφορές με διαφορετικά μέσα ανά ταξίδι με ηλεκτρικά τρένα και μέσω πλωτών οδών, όπως φαίνεται στις εικόνες 7 και 8.



Εικόνα 7:Τρένα ταχείας διέλευσης για την ανακούφιση της οδικής κυκλοφορίας



Εικόνα 8:Συνδυασμένη μεταφορά φορτίων

Ωστόσο, δεδομένου του γεγονότος ότι οι ιδιωτικές μεταφορές ανήκουν στις βασικές ανθρώπινες ορμές και ανάγκες, θα πρέπει να ικανοποιούνται για επαγγελματικούς σκοπούς καθώς και για σκοπούς αναψυχής.

Στο UN Rio Environment & Development Summit που διεξήχθη το 1992, το αυτοκίνητο του μέλλοντος και το έργο που έχει ανατεθεί στην αυτοκινητοβιομηχανία χαρακτηρίστηκε ως εξής :

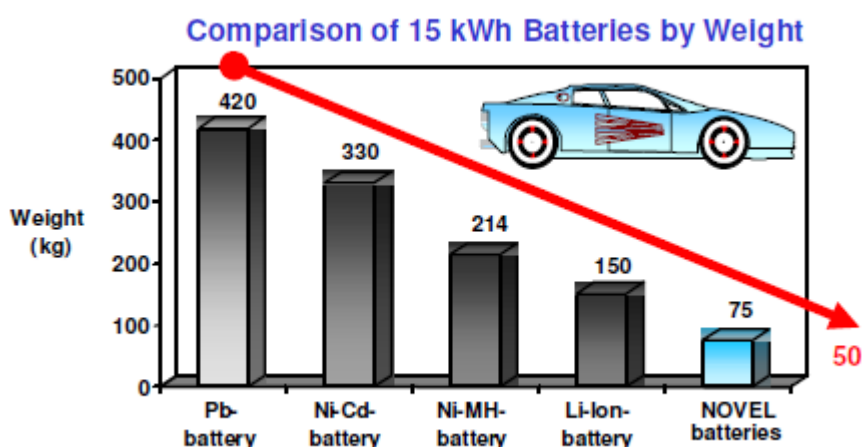
Άνετο, ελαφρύ, μηδενικής ρύπανσης, αθόρυβο, ασφαλές, μακράς ζωής, ανακυκλώσιμο, ηλεκτρικό, με χαμηλό κόστος συντήρησης, με σύστημα πλοήγησης που δίνει τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια αυτό που έχει προσφερθεί κυρίως στην αγορά είναι μεγαλύτεροι κινητήρες καύσης, περισσότερες μηχανές ντίζελ και βαρύτερα αυτοκίνητα αλλά ευτυχώς κατασκευάστηκαν και ορισμένα υβριδικά οχήματα και περισσότερα από 20 εκατομμύρια ηλεκτρικά δίκυκλα σε κινεζικές πόλεις που προέκυψαν υπό την πίεση του αυξανόμενου κόστους καυσίμων, την κατανόηση της κλιματικής αλλαγής και την ασφυκτική αστική συμφόρηση. Η ανάγκη για μαζική παραγωγή ηλεκτρικών οχημάτων γίνεται πλέον επιτακτική.

Η άλλη επείγουσα αποστολή είναι η ανάπτυξη και η μαζική παραγωγή των προηγμένων μπαταριών και καλύτερων ηλεκτροχημικών πυκνωτών αφού τα υβριδικά οχήματα ορυκτών καυσίμων είναι μόνο μία ακριβή προσωρινή λύση [48].

Η επαναφόρτιση των μπαταριών είναι η τελευταία λέξη της τεχνολογίας με τα διεθνώς τυποποιημένα βύσματα, τους ρευματοδότες και τα ηλεκτρονικά τηλεχειριστήρια μετρητών για τη χρέωση της πιστωτικής κάρτας από τους φορείς εκμετάλλευσης αυτών των «έξυπνων» δικτύων. Οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας είναι μόνο ένα μικρό κλάσμα του συνεχώς αυξανόμενου κόστους των ορυκτών καυσίμων.

Οι μπαταρίες θα προσφέρουν αρκετές εκατοντάδες Wh ανά μονάδα βάρους με επαρκή ισχύ αιχμής για επιτάχυνση και χιλιάδες κύκλους φόρτισης στη διάρκεια ζωής τους και επιπλέον ζουν περισσότερο από την αναμενόμενη διάρκεια ζωής των οχημάτων. Οι κυνέλες καυσίμου δύσκολα μπορούν να ανταγωνιστούν με τις προηγμένες μπαταρίες.



Εικόνα 9: Πρόδος των μπαταριών πρόσφυσης [50]

Στην Εικόνα 10 απεικονίζονται ηλεκτρικά δίκυκλα. Τα ηλεκτρικά δίκυκλα βοηθούν τον άνθρωπο να ασκείται και κατά συνέπεια να έχει μια καλή φυσική κατάσταση και επιπρόσθετα είναι ιδιαίτερος χρήσιμα σε περιοχές με κυκλοφοριακή συμφόρηση.



Εικόνα 10: Ηλεκτρικά δίκυκλα

Έτσι, η πρόκληση για την αυτοκινητοβιομηχανία είναι :

- Να σταματήσουν να παράγουν κινητήρες καύσης που τροφοδοτούνται με καύσιμα

Και να μεριμνήσουν για :

- Ελαφρύτερα οχήματα που χρειάζονται πολύ λιγότερη ενέργεια
- Συνδεδεμένα ηλεκτρικά οχήματα μεγάλης απόδοσης
- Πιο αποδοτικό φωτισμό και κλιματισμό
- «Εξυπνες» συσκευές πλοήγησης με δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας
- Περισσότερα ηλεκτρικά συστήματα φόρτισης μπαταριών

2.1.4 Η αποστολή των κυβερνήσεων

Για να ενεργοποιηθεί η ταχεία μετάβαση στις «καθαρές», βιώσιμες μεταφορές οι υποδομές για την ηλεκτροκίνηση θα πρέπει να βελτιωθούν δραματικά με σταθμούς φόρτισης με χρέωση πιστωτικής κάρτας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 11. Το ίδιο θα πρέπει να επιτευχθεί σε όλους τους ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης.



Εικόνα 11:Χώροι στάθμευσης με δυνατότητα φόρτισης των οχημάτων

Επιπρόσθετα, για την αντιμετώπιση του όγκου των οδικών μεταφορών η καινοτομία θα παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην εξεύρεση κατάλληλων λύσεων. Μια τέτοια καινοτομία είναι τα «Ευφυή» Συστήματα Μεταφορών (Intelligent Transport Systems-ITS). Πρόκειται για προηγμένες εφαρμογές οι οποίες έχουν στόχο να προσφέρουν καινοτόμες υπηρεσίες όσον αφορά τους διάφορους τρόπους μεταφοράς και τη διαχείριση της κυκλοφορίας και να επιτρέπουν στους διάφορους χρήστες να ενημερώνονται καλύτερα και να κάνουν πιο ασφαλή, πιο συντονισμένη και «εξυπνότερη» τη χρήση των δικτύων μεταφοράς.

Τα ITS συνδυάζουν τις τηλεπικοινωνίες, τις τεχνολογίες ηλεκτρονικής και πληροφοριών με τη μηχανική των μεταφορών για τον προγραμματισμό, το σχεδιασμό, τη λειτουργία, τη συντήρηση και τη διαχείριση των συστημάτων μεταφορών. Η εφαρμογή των τεχνολογιών των πληροφοριών και των επικοινωνιών στον τομέα των οδικών μεταφορών και των διεπαφών του με άλλους τρόπους μεταφοράς θα συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, της απόδοσης, συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής απόδοσης, της ασφάλειας και της ασφάλειας των οδικών μεταφορών, δηλαδή της μεταφοράς επικίνδυνων εμπορευμάτων, της δημόσιας ασφάλειας και της μεταφοράς επιβατών και εμπορευμάτων, ενώ παράλληλα θα εξασφαλίσει τη λειτουργία της εσωτερικής αγοράς, καθώς και την αύξηση των επιπέδων της ανταγωνιστικότητας και της απασχόλησης. Ωστόσο, οι εφαρμογές ITS θα πρέπει να καλύπτουν επιπλέον και θέματα που αφορούν την εθνική ασφάλεια ή θέματα τα οποία είναι αναγκαία για το συμφέρον της άμυνας.

Η πρόοδος στον τομέα της εφαρμογής των τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών σε άλλους τρόπους μεταφοράς πρέπει πλέον να αποτυπώνονται σε

εξελίξεις στον τομέα των οδικών μεταφορών, ιδίως με σκοπό την εξασφάλιση υψηλότερων επιπέδων ενοποίησης μεταξύ των οδικών μεταφορών και άλλων τρόπων μεταφοράς.

2.1.5 Επίλογος

Συνοψίζοντας, οι «βιώσιμες μεταφορές» στις «έξυπνες» πόλεις :

- Παράγουν την κοινωνικά υπεύθυνη, αποτελεσματική και καθολική μετακίνηση μέσω απρόσκοπτων ολοκληρωμένων / συνεργατικών συστημάτων που απευθύνονται σε συνδεδεμένους χρήστες, αλλά επίσης
- Παράγουν και μια σταθερή δυναμική της «έξυπνης», βιώσιμης ανάπτυξης, της δοκιμής και εφαρμογής καινοτόμων μοντέλων και τεχνολογικών λύσεων, δημιουργώντας έτσι νέα προϊόντα και υπηρεσίες.

Επιπροσθέτως, ένα βιώσιμο σύστημα μεταφορών είναι αυτό που πληροί τις εξής προδιαγραφές [26] :

- Επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση και ικανοποιεί τις ανάγκες των ατόμων, των επιχειρήσεων και της κοινωνίας με τρόπο τέτοιο ώστε να τηρούνται τα πρότυπα ασφαλείας και να προφυλάσσεται η υγεία του ανθρώπου και του οικοσυστήματος καθώς και να αποδίδεται δικαιοσύνη εντός της γενιάς και μεταξύ διαδοχικών γενεών.
- Είναι οικονομικά προσιτό, λειτουργεί σωστά και αποδοτικά, προσφέρει τη δυνατότητα επιλογής τρόπου μεταφοράς και υποστηρίζει μια ανταγωνιστική οικονομία, καθώς και ισορροπημένη περιφερειακή ανάπτυξη.
- Περιορίζει τις εκπομπές ρυπογόνων ουσιών και τα απόβλητα μέσα από την ικανότητα του πλανήτη να τα απορροφήσει, χρησιμοποιεί ανανεώσιμους πόρους που δεν υπερβαίνουν το ρυθμό παραγωγής τους και χρησιμοποιεί μη ανανεώσιμους πόρους στο ρυθμό ανάπτυξης ανανεώσιμων υποκατάστατων ή κάτω από αυτόν, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τις επιπτώσεις στη χρήση γης και την παραγωγή θορύβου.

Ένα βιώσιμο σύστημα μεταφορών «έχει την ικανότητα να ανταποκριθεί στις ανάγκες της κοινωνίας να κυκλοφορεί ελεύθερα, να αποκτά πρόσβαση, να επικοινωνεί, να εμπορεύεται, και να δημιουργεί σχέσεις χωρίς να θυσιάζει άλλες βασικές ανθρώπινες ή οικολογικές αξίες, σήμερα ή στο μέλλον» [27].

2.2 Ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τη συγκριτική αξιολόγηση των πόλεων με «έξυπνες» μεταφορές

Εκτός από την αντιμετώπιση των προκλήσεων της ραγδαίας αστικοποίησης και της αυξανόμενης κυκλοφοριακής συμφόρησης, η ανάπτυξη «έξυπνων» συστημάτων μεταφορών έχει προσελκύσει ιδιαίτερα την προσοχή τον τελευταίο καιρό. Πολλές υποσχόμενες πρωτοβουλίες έχουν προκύψει με την πάροδο των ετών. Παρά τις πρωτοβουλίες αυτές, εξακολουθεί να υπάρχει έλλειψη κατανόησης του κατάλληλου ορισμού του «έξυπνου» συστήματος μεταφορών. Έτσι, είναι δύσκολο να προσδιοριστούν οι κατάλληλοι δείκτες «ευφυΐας». Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει ένα ολοκληρωμένο και πρακτικό πλαίσιο για τη συγκριτική αξιολόγηση των πόλεων σύμφωνα με την «ευφυΐα» των συστημάτων των μεταφορών τους. Η προτεινόμενη μεθοδολογία παρουσιάζεται χρησιμοποιώντας ένα σύνολο από στοιχεία που συλλέχθηκαν από 26 πόλεις σε όλο τον κόσμο μέσω της αναζήτησης στο διαδίκτυο και της επικοινωνίας με τις αρμόδιες αρχές και τις υπηρεσίες μεταφορών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το Λονδίνο, το Σιάτλ και το Σίδνεϊ ήταν μεταξύ των κορυφαίων πόλεων στον κόσμο με «έξυπνες» μεταφορές. Ειδικότερα, το Σιάτλ και το Παρίσι κατατάχθηκε υψηλά στις υπηρεσίες «έξυπνων» ιδιωτικών μεταφορών, ενώ το Λονδίνο και η Σιγκαπούρη έλαβαν υψηλές θέσεις στις υπηρεσίες δημοσίων μεταφορών. Επίσης, το Λονδίνο αποδείχθηκε ότι είναι η πιο «έξυπνη» πόλη από πλευράς των υπηρεσιών μεταφοράς επείγουσας ανάγκης. Η βασική αξία του εν λόγω καινοτόμου πλαισίου έγκειται σε μια συγκριτική ανάλυση μεταξύ των πόλεων, διευκολύνοντας την εκμάθηση από πόλη σε πόλη.

Ο παγκόσμιος αστικός πληθυσμός έχει αυξηθεί από 29% του συνολικού παγκόσμιου πληθυσμού το 1950 σε 50% το 2008 και προβλέπεται να αυξηθεί περαιτέρω σε 70% έως το 2050 [1]. Αυτή η ταχεία ανάπτυξη έχει αυξήσει τη ζήτηση για εγκαταστάσεις μεταφοράς. Ενώ η παροχή περισσότερων υπηρεσιών μεταφορών θα μπορούσε να είναι μια εύκολη επιλογή για να καλυφθεί η αυξημένη ζήτηση, η

αύξηση της προσφοράς συχνά συνδέεται με ανεπιθύμητα αποτελέσματα, όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση. Σύμφωνα με μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε 75 πόλεις των ΗΠΑ το 2000, συνολικά 3,6 δισεκατομμύρια ώρες σπαταλούνται μέσα σε οχήματα και 5,7 δισεκατομμύρια αμερικανικά γαλόνια καυσίμου χάνονται λόγω των καθυστερήσεων που σχετίζονται με την κυκλοφοριακή συμφόρηση, με αποτέλεσμα το κόστος της συμφόρησης να φτάνει τα 67.500.000.000 δολάρια [28]. Επίσης, το 2004 είχε προβλεφθεί ότι το ετήσιο κόστος της συμφόρησης στο Ηνωμένο Βασίλειο θα έφθανε τις 30 δισεκατομμύρια βρετανικές λίρες μέχρι το 2010 και εξακολουθεί να αυξάνεται συνεχώς μέχρι σήμερα [29].

Η καλύτερη διαχείριση των υπηρεσιών μεταφορών με ελεγχόμενη αύξηση της προσφοράς θα ήταν μια χρήσιμη εναλλακτική στρατηγική για να καλυφθεί η αυξημένη ζήτηση. Μια κοινή στρατηγική είναι η εισαγωγή «έξυπνων» τεχνολογιών για την καλύτερη διαχείριση των συστημάτων αστικών μεταφορών. Η ιδέα να καταστεί ένα σύστημα μεταφορών πιο «έξυπνο» δεν είναι νέα. Το 1995 είχε μελετηθεί πώς διάφορες πόλεις έχουν αναπτύξει «έξυπνα» συστήματα μεταφορών με την εισαγωγή «έξυπνων» τεχνολογιών [30]. Πιο πρόσφατα, η Διοίκηση Τεχνολογίας Έρευνας και Καινοτομίας (Research and Innovation Technology Administration-RITA) καθόρισε μια αρχιτεκτονική δομή για την ανάπτυξη των «έξυπνων» τεχνολογιών στις ΗΠΑ [31]. Ο οδηγός «έξυπνης» μεταφοράς έχει σκιαγραφήσει διαφορετικές πολιτικές για την υλοποίηση «έξυπνων» συστημάτων μεταφορών στο New Jersey και στην Πενσυλβάνια, ενώ η IBM το 2009 πρότεινε μια σειρά από τρόπους για τη βελτίωση των μεταφορών με την εισαγωγή «έξυπνων» τεχνολογιών [32], [33]. Το 2011 συζητήθηκαν οι πρωτοβουλίες για «έξυπνη» τεχνολογία στη Σιγκαπούρη [19].

Παρά τις διάφορες πρωτοβουλίες που προωθούν την «ευφυΐα» των συστημάτων αστικών συγκοινωνιών, ελάχιστα είναι γνωστό το πώς λειτουργούν αυτά τα συστήματα και οι πόλεις που τα φιλοξενούν, και, ακόμη λιγότερο γνωστό είναι η απάντηση στο ερώτημα ποια είναι η πόλη πρότυπο για την «έξυπνη» μεταφορά, αν βέβαια υπάρχει. Χωρίς την κατάλληλη έννοια του «ευφυούς» συστήματος μεταφορών και των ειδικών δεικτών της «ευφυΐας», είναι δύσκολο να προσδιοριστεί αν ένα σύστημα μεταφοράς γίνεται «εξυπνότερο» ή ακόμη και τι πρέπει να γίνει για να καταστεί πιο «έξυπνο». Αναμφισβήτητα, η έλλειψη των κατάλληλων εννοιών και δεικτών θα μπορούσε να είναι ένας λόγος για να μη διεξάγονται ολοκληρωμένες μελέτες συγκριτικής αξιολόγησης για τις πόλεις με «έξυπνες» συγκοινωνίες.

Η πιο σημαντική πτυχή των εν λόγω συγκριτικών μελετών ωστόσο είναι ότι οι πόλεις μπορούν να μάθουν η μια από την άλλη και να λάβουν τις κατάλληλες πρωτοβουλίες για να γίνονται ολοένα και πιο «έξυπνες». Παρά τις επικρίσεις (π.χ. αύξηση της ανταγωνιστικότητας, ακρίβεια των αξιολογήσεων, κ.λπ.), η κατάταξη των πόλεων με «έξυπνες» μεταφορές θα μπορούσε να δώσει τη δυνατότητα να αξιολογηθεί το ενδεχόμενο ανάπτυξης μιας πόλης και να προαχθεί το προφίλ της μεταξύ των άλλων πόλεων. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από τις αρχές μεταφορών στη δημόσια δέσμευση να επιστήσουν την προσοχή του κοινού στα μεγάλα προβλήματα και στους υπανάπτυκτους τομείς των συστημάτων μεταφορών. Έτσι, προκύπτει ένα μεγάλο θέμα συζήτησης που αφορά τα πιθανά ζητήματα ανάπτυξης και με αυτόν τον τρόπο οι αρχές μαθαίνουν ποιες είναι οι απόψεις και οι επιθυμίες του κοινού. Επίσης, η κατάταξη θα παρακινήσει τις αρχές να λαμβάνουν πιο διαφανείς και κατανοητές αποφάσεις.

Μια ανασκόπηση της εκτεταμένης βιβλιογραφίας απέφερε δύο χωρικές μελέτες που έχουν προσπαθήσει να αξιολογήσουν συγκριτικά πόλεις σύμφωνα με την «ευφυΐα» τους στα συστήματα μεταφορών. Πρώτα, πραγματοποιήθηκαν οι κατατάξεις των ευρωπαϊκών πόλεων μεσαίου μεγέθους σύμφωνα με την «ευφυΐα» τους στις συγκοινωνίες (στη μεταφορά και στην τεχνολογία επικοινωνίας και πληροφοριών που είναι γνωστή ως ICT) λαμβάνοντας υπόψη και πέντε ακόμη διαστάσεις (την οικονομία, τους ανθρώπους, τη διακυβέρνηση, το περιβάλλον και τη διαβίωση) [4], [13]. Η «έξυπνη» μεταφορά έχει οριστεί και μετρηθεί με τη χρήση δεικτών της «τοπικής / διεθνούς προσβασιμότητας» (π.χ. δίκτυο δημόσιας μεταφοράς ανά κάτοικο, η ικανοποίηση όσον αφορά στην πρόσβαση και την ποιότητα των δημοσίων μέσων μεταφοράς), τη διαθεσιμότητα των υποδομών ICT (υπολογιστές και ευρυζωνική πρόσβαση στο διαδίκτυο στις κατοικίες), τα βιώσιμα, καινοτόμα και ασφαλή συστήματα μεταφορών (π.χ. το ποσοστό μη μηχανοκίνητης κυκλοφορίας, η χρήση των οικονομικών αυτοκινήτων). Ενώ οι δείκτες αυτοί θα μπορούσαν να αντικατοπτρίζουν το επίπεδο απόδοσης ενός «ευφυούς» συστήματος μεταφοράς, η μελέτη αποτυγχάνει στον προσδιορισμό πολλών πραγματικών δεικτών «ευφυΐας» και ως εκ τούτου το ερώτημα πώς ένα σύστημα μεταφορών γίνεται «έξυπνο» παραμένει αναπάντητο. Για παράδειγμα, οι δείκτες της «τοπικής / διεθνούς προσβασιμότητας» θα μπορούσαν να μετρήσουν την «προσβασιμότητα» στις εγκαταστάσεις μεταφοράς, αλλά όχι την «ευφυΐα» στα συστήματα μεταφορών. Οι δείκτες της διαθεσιμότητας των υποδομών ICT αντιπροσωπεύουν κατά πόσο προσβάσιμοι στις κατοικίες είναι οι

υπολογιστές και το διαδίκτυο, αλλά δεν αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένα πόσο «έξυπνο» είναι ένα σύστημα μεταφορών. Οι πραγματικοί δείκτες των «ευφών» συστημάτων μεταφορών θα πρέπει να βασίζονται στις υποδομές ICT που σχετίζονται με τις μεταφορές (π.χ. η τεχνολογία ανίχνευσης που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση των οχημάτων καθ' οδόν). Επιπλέον, η βιωσιμότητα, η ασφάλεια και η «ευφυΐα» θεωρούνται τρεις συνιστώσες ενός συστήματος μεταφορών που υποστηρίζουν η μία την άλλη, αλλά η βιωσιμότητα και η ασφάλεια δεν είναι δείκτες «ευφυΐας», αλλά δείκτες της απόδοσης ενός συστήματος μεταφοράς [20].

Σε δεύτερη φάση, στα πλαίσια μιας μελέτης από τη Διοίκηση Τεχνολογίας Έρευνας και Καινοτομίας (Research and Innovation Technology Administration-RITA) σε 108 πόλεις των ΗΠΑ, η οποία είναι πιο ισχυρή από μελέτες που είχαν προηγηθεί όσον αφορά τη χρήση πιο κατάλληλων δεικτών «ευφυΐας» στα συστήματα μεταφορών, διεξήχθη μια έρευνα σχετική με την εξάπλωση των «ευφών» συστημάτων μεταφορών για τα έτη 2007 και το 2010 [34]. Ενώ αυτή η έρευνα έχει παράσχει μια καλή ευκαιρία στις πόλεις των ΗΠΑ να μάθουν από τις άλλες πόλεις για τη χρήση των «έξυπνων» τεχνολογιών, η έννοια του «ευφούς» συστήματος μεταφορών δεν προσδιορίζεται πλήρως. Τα στατιστικά στοιχεία ανάπτυξης έδειξαν την έκταση της «έξυπνης» χρήσης της τεχνολογίας, αλλά δεν εξήγησαν πόσο «έξυπνες» είναι οι τεχνολογίες. Μια περιεκτική συγκριτική αξιολόγηση των πόλεων με «έξυπνες» μεταφορές δε θα πρέπει να μετρά μόνο την «ευφυΐα» ενός συστήματος αστικών συγκοινωνιών, αλλά επίσης να εξετάζει την έκταση της χρήσης της «έξυπνης» τεχνολογίας, καθώς και τα επίπεδα της «ευφυΐας».

Η ανασκόπηση των δύο μελετών αποκαλύπτει δύο σημαντικά κενά στη βιβλιογραφία: (1) αδυναμία χρήσης των πραγματικών δεικτών «ευφυΐας» στα συστήματα μεταφοράς, και (2) χρήση των δεικτών χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα επίπεδα «ευφυΐας» τους. Αναμφισβήτητα, η απουσία της κατάλληλης έννοιας του «ευφούς» συστήματος μεταφοράς, η οποία κατά συνέπεια εμποδίζει την απόκτηση ειδικών δεικτών «ευφυΐας», είναι η κύρια αιτία ύπαρξης αυτών των κενών στην τρέχουσα βιβλιογραφία. Ως εκ τούτου, είναι αναγκαίο να αναπτυχθεί μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία συγκριτικής αξιολόγησης η οποία θα αντιμετωπίσει αυτά τα κενά με την ανάπτυξη δεικτών, που βασίζονται στην ορθή έννοια της «ευφυΐας» σε ένα σύστημα μεταφοράς.

Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει ένα ολοκληρωμένο και πρακτικό πλαίσιο, όπως αυτό έχει προταθεί, για τη συγκριτική αξιολόγηση των πόλεων σύμφωνα με την

«ευφυΐα» στα συστήματα μεταφορών τους. Η μεθοδολογία του πλαισίου περιλαμβάνει: τη διαμόρφωση μιας κατάλληλης έννοιας της «ευφυΐας», τη δημιουργία μιας γενικής μήτρας των δεικτών «ευφυΐας» για ένα σύστημα αστικών συγκοινωνιών, τη μέτρηση των δεικτών «ευφυΐας» των διαφορετικών υποσυστημάτων του συστήματος αστικών συγκοινωνιών και όλα αυτά πραγματοποιούνται λαμβάνοντας υπόψη τη χρήση των «έξυπνων» τεχνολογιών. Το συγκεκριμένο καινοτόμο πλαίσιο, ιδιαίτερα η γενική μήτρα των δεικτών και η διαδικασία ανάπτυξης της χρησιμοποιώντας μια σωστή έννοια της «ευφυΐας» των συστημάτων αστικών συγκοινωνιών, σηματοδοτεί την πρόοδο στη μεθοδολογία της συγκριτικής αξιολόγησης των «ευφύων» συστημάτων μεταφοράς. Στις επόμενες ενότητες θα αναπτυχθούν το πλαίσιο, η μεθοδολογία, οι παραδοχές και οι πηγές των δεδομένων. Επιπλέον, ακολουθεί ένα επεξηγηματικό παράδειγμα, το οποίο συγκρίνει 26 μεγάλες πόλεις σε όλο τον κόσμο. Αξιολογεί συγκριτικά πόλεις με «έξυπνες» μεταφορές και περιορίζεται στις μεγάλες πόλεις από άποψη πληθυσμού.

2.2.1 Πλαίσιο της συγκριτικής αξιολόγησης

Το πλαίσιο περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια: τη διαμόρφωση μιας σωστής έννοιας της «ευφυΐας» στα πλαίσια του συστήματος αστικών συγκοινωνιών, τη δημιουργία μιας γενικής μήτρας των δεικτών «ευφυΐας» και τη μέτρηση των δεικτών «ευφυΐας». Αυτά τα τρία βήματα θα αναλυθούν στις ακόλουθες ενότητες.

2.2.1.1 Η έννοια της «ευφυΐας»

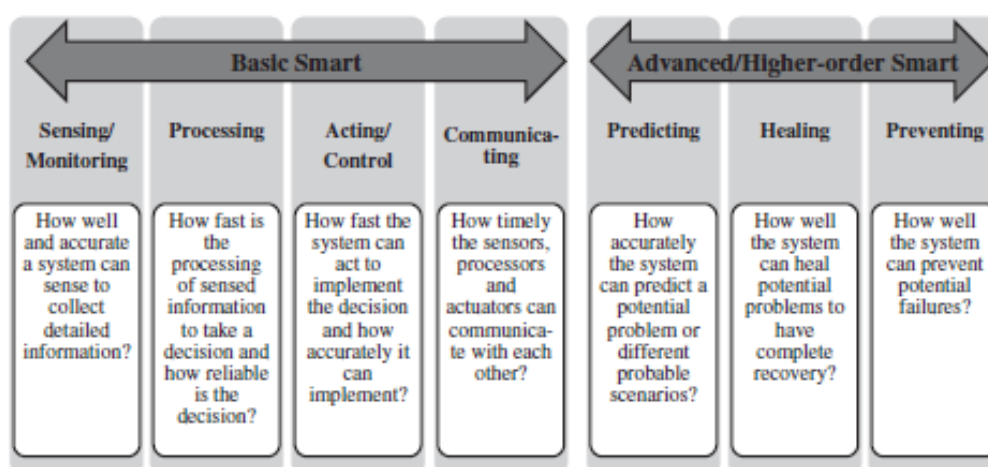
Η έννοια της «ευφυΐας» είναι θεμελιώδους σημασίας για οποιαδήποτε διαδικασία συγκριτικής αξιολόγησης μεταξύ των «έξυπνων» πόλεων. Μια πρόσφατη ανασκόπηση της έννοιας «έξυπνη» πόλη αποκάλυψε διαφοροποιημένες ιδέες και ορισμούς της «έξυπνης» πόλης και τη συναφή έννοια της «ευφυΐας» μεταξύ των παρόχων υπηρεσιών, των αρχών της πόλης, των κυβερνήσεων και των ερευνητών [12]. Σε γενικές γραμμές, μια «έξυπνη» πόλη χαρακτηρίζεται από τις υποδομές της στην τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών (ICT), διευκολύνοντας ένα αστικό σύστημα, το οποίο γίνεται ολοένα και πιο «έξυπνο», διασυνδεδεμένο και βιώσιμο [13], [4], [15], [16].

Στα πλαίσια ενός συστήματος αστικών συγκοινωνιών, αρκετοί ερευνητές έχουν εντοπίσει την εφαρμογή των «έξυπνων» τεχνολογιών ως το κεντρικό στοιχείο για την επίτευξη της «ευφυΐας» και της βιωσιμότητας [17], [18]. Άλλοι ερευνητές επεξήγησαν πώς οι «έξυπνες» τεχνολογίες μπορούν να υποστηρίξουν τη βιωσιμότητα με την επίτευξη μεγαλύτερης οικονομικής και περιβαλλοντικής αποδοτικότητας [19], [20]. Ένα «έξυπνο» σύστημα αστικών συγκοινωνιών συχνά θεωρείται πως είναι αυτό που χρησιμοποιεί «έξυπνες» τεχνολογίες στη λειτουργία και τη διαχείρισή του. Μια «έξυπνη» τεχνολογία είναι ένα αυτο-διαχειριζόμενο και διορθωτικό σύστημα που απαιτεί ελάχιστη ή ακόμη και μηδενική ανθρώπινη παρέμβαση. Συνήθως, έχει τρία στοιχεία: τους αισθητήρες, τη μονάδα εντολών και ελέγχου (CCU) και τους ενεργοποιητές για να παρέχουν τις βασικές δυνατότητες: ανίχνευση, επεξεργασία και λήψη αποφάσεων, με έλεγχο και επικοινωνία [21].

Για να αποκτηθεί η ικανότητα της αίσθησης, ένα σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να αποσπά πληροφορίες από τους αισθητήρες του και να επικοινωνεί με τη μονάδα εντολών και ελέγχου (CCU) ή με εξωτερικά συστήματα. Τυπικά, οι αισθητήρες συλλέγουν πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση του συστήματος, οι οποίες διαβιβάζονται στη μονάδα εντολών και ελέγχου (CCU) για επεξεργασία. Αυτή η μονάδα με τη σειρά της ερμηνεύει τις πληροφορίες, λαμβάνει αποφάσεις και τις μεταδίδει στους ενεργοποιητές, που εκτελούν τις αποφάσεις. Στη συνέχεια, οι αισθητήρες συλλέγουν ξανά πληροφορίες και τις διαβιβάζουν στη μονάδα εντολών και ελέγχου (CCU), ενισχύοντας την παρακολούθηση κλειστού βρόχου και τη διαδικασία ανάληψης δράσης. Η βασική ιδέα ενός «έξυπνου» συστήματος είναι ότι μειώνει την ανθρώπινη συμμετοχή και καθιστά το σύστημα αυτο-διαχειριζόμενο.

Συνοπτικά, ένα «έξυπνο» σύστημα θα πρέπει να διαθέτει τις προαναφερθείσες βασικές δυνατότητες. Επιπλέον, θα μπορούσε να διαθέτει και κάποιες περαιτέρω δυνατότητες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 12 οι οποίες είναι προηγμένες ή ανώτερου επιπέδου. Οι δυνατότητες αυτές περιλαμβάνουν: πρόβλεψη, θεραπεία και πρόληψη. Η πρόβλεψη είναι το προηγμένο επίπεδο της βασικής αίσθησης και επεξεργασίας, η οποία αναφέρεται στην ακρίβεια με την οποία ένα σύστημα μπορεί να προβλέψει ένα πιθανό πρόβλημα ή σενάριο. Η θεραπεία είναι το προηγμένο επίπεδο ελέγχου, δηλαδή είναι το χαρακτηριστικό εκείνο που επιτρέπει στο σύστημα να θεραπεύσει πιθανά προβλήματα έτσι ώστε να επέλθει πλήρης αποκατάσταση χωρίς καμία ανθρώπινη παρέμβαση. Η πρόληψη είναι ένας συνδυασμός της πρόβλεψης και της θεραπείας. Πρόκειται για το ανώτατο επίπεδο «ευφυΐας», το οποίο καθιστά ένα

σύστημα ικανό να προλαμβάνει πιθανές αστοχίες με την πρόβλεψη και τη λήψη των κατάλληλων προληπτικών μέτρων.



Εικόνα 12: Βασικές και προηγμένες/ανωτέρου επιπέδου δυνατότητες ενός "έξυπνου" συστήματος

Με βάση αυτή την έννοια ενός «έξυπνου» συστήματος και των δυνατοτήτων του, τα χαρακτηριστικά ενός «έξυπνου» συστήματος αστικών συγκοινωνιών θα έχουν τις ιδιότητες που αντικατοπτρίζουν τόσο τα βασικά όσο και τα προχωρημένα επίπεδα «ευφυΐας».

2.2.1.2 Γενική μήτρα των δεικτών «ευφυΐας»

Οι αντίστοιχοι δείκτες «ευφυΐας» σε ένα σύστημα αστικών μεταφορών θα μπορούσαν να προσδιοριστούν μέσω των «έξυπνων» δυνατοτήτων που διαθέτουν τα υποσυστήματά του. Τυπικά, ένα σύστημα αστικών μεταφορών αποτελείται από υποσυστήματα, όπως οι ιδιωτικές, οι δημόσιες και οι εμπορικές μεταφορές καθώς και οι υπηρεσίες επείγουσας μεταφοράς. Σε αυτήν την ενότητα, παρουσιάζεται μια γενική μήτρα δεικτών «ευφυΐας» της οποίας οι στήλες αντιπροσωπεύουν τα υποσυστήματα (δηλαδή την ιδιωτική, τη δημόσια, την εμπορική μεταφορά και τη μεταφορά έκτακτης ανάγκης) και οι σειρές αντιπροσωπεύουν τις «έξυπνες» δυνατότητες (δηλαδή την αίσθηση, την επεξεργασία και τον έλεγχο, την επικοινωνία, την πρόβλεψη, τη θεραπεία και την πρόληψη).

Η ολοκληρωμένη γενική μήτρα παρουσιάζεται συνοπτικά στον Πίνακα 1. Η λεπτομερής μήτρα που περιέχει το σύνολο των υποσυστημάτων και των «έξυπνων»

δυνατοτήτων είναι τεράστια και δεν περιλαμβάνεται στο παρόν έγγραφο, αλλά μπορεί να βρεθεί στην αναφορά [35].

Πίνακας 1:Γενική μήτρα δεικτών "ευφυΐας"

	Private	Public	Commercial and Emergency	
Sense	C: En-route detection E: % vehicles equipped with GPS	C: En-route detection E: % vehicles equipped with AVL	C: En-route detection E: % vehicles equipped with AVL	
	C: Detect at parking facilities E: % vehicles have smart tags	C: Detect at terminal/depot E: % vehicles equipped with AVL	C: Detect at terminal/depot E: % vehicles equipped with AVL	
	C: Detect at intersections E: % intersections have detectors	C: Detect at stations/stops E: % vehicles equipped with AVL	C: Detect at check points E: % check points have detectors	
	C: Passenger detection E: Uses occupancy detectors?	C: Passenger detection E: % smart card usage	C: Container/cargo detection E: Uses container tags?	
	C: Detect for enforcement E: ANPR usage/smart tags	C: Detect for enforcement E: Enforce bus lanes?	C: Detect for enforcement E: Enforce check points?	
	Process and control	C: Control signal; speed limit; expressway entry ramps E: % junctions under adaptive control; % roads with variable speed limit; % metered ramps	C: Signal priority; driverless transit vehicle E: % signals with transit priority; % transit vehicles with driverless control	C: Signal priority E: % junctions have emergency vehicle signal priority
C: Automated parking systems E: Available?		C: Personalized rapid transit E: Available?	C: Dynamic route guidance E: % emergency vehicles have	
C: In-vehicle safety management E: % vehicles have e-call		C: In-vehicle safety management E: % vehicles have CCTV	C: In-vehicle safety management E: % vehicles have safety systems	
C: Infrastructure safety & security E: % roads/tunnels monitored		C: Infrastructure safety & security E: % stations/terminals monitored	C: Infrastructure safety & security E: Has electronic screening system	
C: Toll/parking charge payment E: Smart card payment?		C: Intermodal and e-fare payment E: Smart card use for all services?	C: Payments at port interface E: Has e-payment system?	
Communicate		C: Infrastructure – Vehicle E: Automated highway systems	C: Authority – Vehicle E: % transit vehicles with AVL	C: Authority – Operator E: % emergency vehicle with AVL
	C: Vehicle – Driver E: In-vehicle safety systems	C: Operator – User E: Realtime arrival info on mobile; paratransit booking	C: Operator – Driver E: Tracking commercial drivers; dynamic route guidance	
	C: Driver – Infrastructure E: Realtime parking info sharing	C: User – Authority E: Advance intermodal booking	C: Driver – Authority E: In-vehicle communication	
	C: Vehicle – Vehicle E: Communication available?	C: Operator – Operator E: Manage services together?	C: Vehicle – Vehicle E: Communication available?	
	Predict	C: Traffic flow prediction E: Has prediction system?	C: Demand prediction E: % coverage (services)	C: Demand prediction E: % coverage (city area)
		C: Responsive supply E: HOV/HOT lanes managed?	C: Responsive supply E: % services managed	C: Responsive supply E: Available?
C: Early disaster warning E: Available?		C: Early service failure warning E: Available?	C: Early disaster warning E: Available?	
Heal	C: Tunnel recovery E: % tunnels monitored	C: Track/service recovery E: % routes covered	C: Asset recovery E: % vehicle have recovery system	
	C: Incident recovery E: Surveillance & response system	C: Incident recovery E: Surveillance & response system	C: Incident recovery E: Surveillance & response system	
Prevent	C: Special event planning E: Responsive systems available?	C: Special event planning E: Responsive systems available?	C: Special event planning E: Responsive systems available?	
	C: Integrated land use planning E: Has integrated plans?	C: Public transport planning E: Has long term plans?	C: Commercial transport planning E: Has long term plans?	

C: Capability; E: Extent.

C: Δυνατότητα, E: Έκταση

Για κάθε «έξυπνη» δυνατότητα, κάθε υποσύστημα θα μπορούσε να έχει πολλά είδη, καθένα από τα οποία παρουσιάζονται σε ένα μόνο στοιχείο. Για παράδειγμα, η δυνατότητα «αίσθησης» του υποσυστήματος της ιδιωτικής μεταφοράς περιλαμβάνει την ανίχνευση ενός ιδιωτικού οχήματος σε διάφορα σημεία, συμπεριλαμβανομένων των χώρων στάθμευσης, των διασταυρώσεων κυκλοφορίας, των εγκαταστάσεων τροφοδοσίας και κατά τη διάρκεια που τα οχήματα βρίσκονται καθ' οδόν. Περιλαμβάνει, επίσης, την ανίχνευση της πληρότητας (δηλαδή τον αριθμό των

επιβατών ενός οχήματος). Ουσιαστικά, κάθε στοιχείο της μήτρας περιέχει δύο συστατικά: (1) μια περιγραφή της «έξυπνης» δυνατότητας που πρέπει να διαθέτει μια τεχνολογία (σημειώνεται ως «C» στον Πίνακα 1) και (2) το βαθμό στον οποίο είναι διαθέσιμη μια «έξυπνη» τεχνολογία (δηλαδή οι δείκτες της «έξυπνης» δυνατότητας, σημειώνεται ως «E»). Συνοψίζοντας, το «C» περιγράφει τη συγκεκριμένη δυνατότητα μιας τεχνολογίας και το «E» μετρά τη διαθεσιμότητα της εν λόγω τεχνολογίας.

Οι βαθμίδες της διαθεσιμότητας ή των δεικτών διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες: (1) Μη διαθέσιμο, (2) Δοκιμαστική φάση, (3) Μερική κάλυψη και (4) Πλήρης κάλυψη. Η πρώτη κατηγορία (μη διαθέσιμο) αναφέρεται στην κατάσταση στην οποία μια συγκεκριμένη τεχνολογία δεν είναι διαθέσιμη σε μια πόλη, καθώς και στην κατάσταση στην οποία οι αρχές της πόλης μπορεί να έχουν ξεκινήσει τον προγραμματισμό για την τεχνολογία, αλλά δεν έχουν λάβει καμία πρωτοβουλία για την εφαρμογή της. Η δεύτερη κατηγορία (δοκιμαστική φάση) δείχνει μια κατάσταση όπου οι αρχές της πόλης έχουν αρχίσει να μελετούν τη σκοπιμότητα της εφαρμογής μιας τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων πιλοτικών δοκιμών. Η τρίτη κατηγορία (μερική κάλυψη) αναφέρεται σε μια κατάσταση όπου μια τεχνολογία, είτε σε επίπεδο συστήματος είτε σε ατομικό επίπεδο έχει αναπτυχθεί μερικώς σε επιλεγμένα μέρη. Ένα παράδειγμα μερικής χρήσης σε επίπεδο συστήματος περιλαμβάνει μια πόλη που έχει θέσει σε εφαρμογή δίκτυο συντονισμένο με σύστημα σήματος κυκλοφορίας σε μερικές διασταυρώσεις και οι υπόλοιπες είναι εξοπλισμένες με ελεγκτές καθορισμένου χρόνου. Παρομοίως, ένα παράδειγμα μερικής χρήσης μιας τεχνολογίας σε ατομικό επίπεδο (π.χ. το σύστημα «e-call») περιλαμβάνει μια πόλη στην οποία μία μερίδα ανθρώπων έχει ξεκινήσει να χρησιμοποιεί αυτήν την τεχνολογία, ενώ οι υπόλοιποι δεν έχουν αποφασίσει ακόμη σχετικά με τη χρήση της. Η τελευταία κατηγορία (πλήρης κάλυψη) υποδηλώνει ένα σενάριο στο οποίο η τεχνολογία είναι πλήρως διαθέσιμη σε μια πόλη. Μια τεχνολογία σε επίπεδο συστήματος εντάσσεται στην κατηγορία της πλήρους κάλυψης εάν η τεχνολογία εφαρμόζεται σχεδόν παντού σε μια πόλη, ενώ μια τεχνολογία σε ατομικό επίπεδο θεωρείται σε πλήρη κάλυψη σε περίπτωση που χρησιμοποιείται από την πλειοψηφία των κατοίκων της πόλης.

Ο κύριος λόγος για την ανάπτυξη μιας μήτρας των δεικτών «ευφυΐας» είναι ότι έχει τη δυνατότητα εντοπισμού σχετικής «ευφυΐας» των υποσυστημάτων στις διάφορες κατηγορίες των «έξυπνων» δυνατοτήτων. Η σωστή κατηγοριοποίηση των υποσυστημάτων του συστήματος αστικών μεταφορών θα επιτρέψει την αναγνώριση

της έκτασης των διαθέσιμων τεχνολογιών οι οποίες κάνουν αυτά τα υποσυστήματα «έξυπνα». Επιπλέον, η μορφή της μήτρας έχει το πλεονέκτημα αλίευσης κάθε δυνατής «έξυπνης» τεχνολογίας για όλα τα υποσυστήματα.

Η ανάπτυξη μιας γενικής μήτρας με πλήρεις καταλόγους των δεικτών «ευφυΐας» απαιτεί τον προσδιορισμό των τεχνολογιών που διαθέτουν τις «έξυπνες» δυνατότητες στις εφαρμογές τους. Σε αυτήν τη μελέτη, οι πληροφορίες προέρχονται από τρεις κύριες πηγές - τις υφιστάμενες τεχνολογίες που περιλαμβάνονται στις ιστοσελίδες και τις δημοσιεύσεις των αρχών της πόλης, τις ιστοσελίδες των παρόχων υπηρεσιών για τις τεχνολογίες που αποτελούν αντικείμενο εμπορικής εκμετάλλευσης και σχετικά με το στάδιο του σχεδιασμού και τις πιθανές μελλοντικές τεχνολογίες που λαμβάνονται από ρυθμιστικά σχέδια πόλης, τα μελλοντικά σχέδια του παρόχου υπηρεσιών και τις δημοσιεύσεις οργανισμών έρευνας. Έχει προσδιοριστεί ένα σύνολο 66 δεικτών.

2.2.1.3 Μέτρηση των δεικτών «ευφυΐας»

Για τη συγκριτική αξιολόγηση των πόλεων με «έξυπνες» μεταφορές, έχει αναπτυχθεί ένα σύνθετο σύστημα βαθμολόγησης για τη μέτρηση του δείκτη «ευφυΐας» (SI) του συστήματος μεταφοράς μιας πόλης. Το SI χρησιμοποιεί τις βαθμολογίες της κάθε συνιστώσας της μήτρας των δεικτών «ευφυΐας» για να υπολογίσει μια σύνθετη βαθμολογία βάσει του παρακάτω μαθηματικού τύπου :

$$SI = \frac{\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I S_{ij}}{\sum_{j=1}^J I_j} \times 100\%$$

Εξίσωση 1: Δείκτης ευφυΐας

όπου S_{ij} είναι η βαθμολογία «ευφυΐας» για τον δείκτη i σε κάθε υποσύστημα j , J είναι ο συνολικός αριθμός των υποσυστημάτων, και I_j είναι ο συνολικός αριθμός των δεικτών του κάθε υποσυστήματος.

Παρομοίως, ο δείκτης «ευφυΐας» μπορεί να υπολογιστεί ξεχωριστά και για κάθε υποσύστημα :

$$SI_j = \frac{\sum_{i=1}^I S_i}{I_j} \times 100\%$$

Εξίσωση 2: Δείκτης ευφυΐας υποσυστήματος j

όπου SI_j είναι ο δείκτης «ευφυΐας» του υποσυστήματος j.

Για να βαθμολογηθούν (με SI_j) οι δείκτες, η έκταση της διαθεσιμότητάς τους θα μπορούσε να θεωρηθεί με μέγιστη τιμή το 1 για κάθε δείκτη. Οι βαθμολογίες για κάθε κατηγορία έκτασης της διαθεσιμότητας θα μπορούσε να επιλεγεί με βάση το σκεπτικό της συγκριτικής αξιολόγησης και το επίπεδο διαθεσιμότητας των λεπτομερών δεδομένων. Ενώ η απλούστερη μορφή θα χρησιμοποιούσε μια διατεταγμένη κλίμακα με ενιαίες βαθμολογίες (όπου οι τέσσερις κατηγορίες Μη διαθέσιμο, Δοκιμαστική φάση, Μερική κάλυψη και Πλήρης κάλυψη έχουν αντίστοιχα τις βαθμολογίες: 0, 0,33, 0,67 και 1), μια πιο εξελιγμένη μορφή θα χρησιμοποιούσε μια συνεχή κλίμακα, όπου οι διατεταγμένες κατηγορίες θα μπορούσαν να διαχωριστούν περαιτέρω. Για παράδειγμα, αντί να χρησιμοποιηθεί μια ενιαία βαθμολογία για την κατηγορία «Δοκιμαστική φάση», διαφορετικές βαθμολογίες μπορούν να αποδοθούν με βάση την πρόοδο της δοκιμαστικής φάσης. Μια υψηλότερη βαθμολογία μπορεί να εκχωρηθεί αν η δοκιμή πλησιάζει στην ολοκλήρωση, ή από την άλλη πλευρά, αν είναι σε αρχικό στάδιο, μπορεί να εκχωρηθεί μια μικρότερη βαθμολογία. Μια απλή διατεταγμένη κλίμακα υιοθετείται στην παρούσα μελέτη, κυρίως λόγω της έλλειψης λεπτομερών στοιχείων σχετικά με τους διάφορους δείκτες του «ευφυούς» συστήματος μεταφορών σε όλες τις πόλεις του κόσμου.

Πολλές μελέτες κατάταξης πόλεων έχουν προβεί σε στάθμιση των βαθμολογιών των δεικτών με βάση τη σημασία τους στα πλαίσια της κάθε μελέτης [14], [4]. Οι απόψεις των ειδικών ή και οι κρίσεις των επαγγελματιών σχετικά με τη σημασία και τη συνάφεια των δεικτών έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για να καθοριστούν τα βάρη [15]. Γι' αυτόν τον καθορισμό, οι αρχές που διεξάγουν τη διαδικασία της κατάταξης μπορούν να απευθυνθούν στους ειδικούς για τον προσδιορισμό της σχετικής σημασίας και της συνάφειας των δεικτών. Οι σύνθετοι δείκτες των υποσυστημάτων θα μπορούσαν περαιτέρω να σταθμίζονται ανάλογα με τη σχετική σημασία των υποσυστημάτων στο συνολικό σύστημα μεταφορών (π.χ. διαφορετικές πόλεις μπορεί να έχουν διαφορετικές προτεραιότητες για τα υποσυστήματα). Για να καθοριστούν

παρόμοια βάρη για τους δείκτες αυτής της μελέτης, μπορεί να είναι απαραίτητο να ζητηθούν οι απόψεις των ειδικών όσον αφορά τη σημασία του κάθε δείκτη σε κάθε μία από τις πόλεις που μελετήθηκαν, κάτι το οποίο θα απαιτήσει εκτεταμένη ποσότητα συλλογής δεδομένων και πόρων. Για την απλούστευση της διαδικασίας συλλογής δεδομένων, όλοι οι δείκτες και τα υποσυστήματα θεωρούνται ότι έχουν την ίδια βαρύτητα σε αυτή τη μελέτη. Ωστόσο, οι επιπτώσεις των διαφορετικών βαρών στους δείκτες και τα υποσυστήματα διερευνώνται διεξάγοντας μία ανάλυση προσομοιωμένης ευαισθησίας. Ειδικότερα, οι ευαισθησίες αποδίδονται με προσομοίωση για τέσσερις περιπτώσεις βάρους: (1) ίσα βάρη για όλα τα υποσυστήματα, (2) 0,5 για τις ιδιωτικές μεταφορές και από 0,25 για τις υπόλοιπες, (3) 0,5 για τις δημόσιες μεταφορές και από 0,25 για τις υπόλοιπες και (4) 0,5 για την επείγουσα μεταφορά και από 0,25 για τις υπόλοιπες. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι αυτά τα βάρη έχουν ανατεθεί για το σκοπό απεικόνισης και μόνο. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα βάρη μπορεί να διαφέρουν από πόλη σε πόλη με βάση τις σχετικές προτιμήσεις τους σε κάθε ένα από τα υποσυστήματα.

Οι δείκτες «ευφυΐας» στις εξισώσεις (1) και (2) εκφράζονται σε ποσοστιαίες τιμές. Αυτό επιτρέπει την αξιολόγηση «ευφυΐας» ενός συστήματος μεταφορών σε σύγκριση με το πρότυπο «έξυπνο» σύστημα μεταφορών. Το πρότυπο σύστημα θα ενσωμάτωνε όλες τις τεχνολογίες και η χρήση τους θα ήταν σε πλήρη κλίμακα. Έτσι, το πρότυπο σύστημα θα αποκτούσε δείκτες «ευφυΐας» που θα άγγιζαν το 100% για όλα τα υποσυστήματα και για το ίδιο το σύστημα.

2.2.2 Ένα επεξηγηματικό παράδειγμα συγκριτικής αξιολόγησης πόλεων με «έξυπνες» μεταφορές

2.2.2.1 Προκαταρκτική επιλογή των πόλεων

Μια άσκηση συγκριτικής αξιολόγησης διεξήχθη για να επεξηγηθεί το προτεινόμενο πλαίσιο. Ένα σύνολο 26 πόλεων, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, επιλέχθηκε για αυτή την άσκηση με βάση δύο κριτήρια. Κατ' αρχάς, μια πόλη πρέπει να έχει ένα καλό επίπεδο υποδομών. Η διάθεση ενός καλού επιπέδου υποδομών θα έδειχνε ότι η πόλη έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει «έξυπνες» τεχνολογίες. Η βασική απαίτηση είναι ότι η αξιοποίηση των «έξυπνων» τεχνολογιών είναι δυνατή μόνο αν μια πόλη έχει ένα καλό επίπεδο της βασικής υποδομής για τους κύριους τομείς της,

όπως οι μεταφορές, η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, η ύδρευση και οι τηλεπικοινωνίες. Δεύτερον, μια πόλη θα πρέπει να είναι μεγάλη σε μέγεθος από άποψη πληθυσμού, αφού το πεδίο εφαρμογής του παρόντος επεξηγηματικού παραδείγματος περιορίστηκε στις μεγάλες πόλεις και μόνο. Το ανώτατο όριο των δύο εκατομμυρίων κατοίκων επιλέχθηκε για να κρατήσει τη διαδικασία συλλογής δεδομένων στο πλαίσιο των διαθέσιμων πόρων της εν λόγω μελέτης.

Τα αποτελέσματα μιας παγκόσμιας μελέτης συγκριτικής αξιολόγησης για τις πόλεις σύμφωνα με τα επίπεδα της διαθέσιμης υποδομής σε έξι κατηγορίες (παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, διαθεσιμότητα νερού, τηλεφωνικές και ταχυδρομικές υπηρεσίες, πρόνοια δημόσιων συγκοινωνιών, κυκλοφοριακή συμφόρηση και το φάσμα των διεθνών πτήσεων από τοπικά αεροδρόμια), χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία επιλογής της πόλης [36]. Οι κορυφαίες 50 πόλεις από την εν λόγω έρευνα επιλέχθηκαν σε πρώτη φάση και στη συνέχεια φιλτραρίστηκαν σύμφωνα με το όριο μεγέθους του πληθυσμού.

Πίνακας 2: Οι πόλεις που επιλέχθηκαν για τη συγκριτική αξιολόγηση

City	Country	Infrastructure rank (MERCER, 2009)	Population (Millions)
Singapore	Singapore	1	4.44
Yokohama	Japan	5	3.65
Vancouver	Canada	6	2.15
London	United Kingdom	8	8.57
Hong Kong	Hong Kong	8	7.21
Sydney	Australia	11	4.33
Tokyo	Japan	12	35.68
Paris	France	13	9.90
Montreal	Canada	15	3.68
Atlanta	United States	15	4.51
Vienna	Austria	18	2.32
Toronto	Canada	18	5.21
Washington DC	United States	24	4.34
Chicago	United States	28	8.99
Berlin	Germany	29	3.41
Osaka	Japan	29	11.29
Nagoya	Japan	29	2.26
New York City	United States	32	19.04
Boston	United States	33	4.47
Melbourne	Australia	35	3.73
Dubai	United Arab Emirates	35	2.26
Madrid	Spain	43	5.57
Miami	United States	47	5.59
Milan	Italy	49	2.95
Seattle	United States	49	3.07
Houston	United States	49	4.46

2.2.2.2 Συλλογή δεδομένων

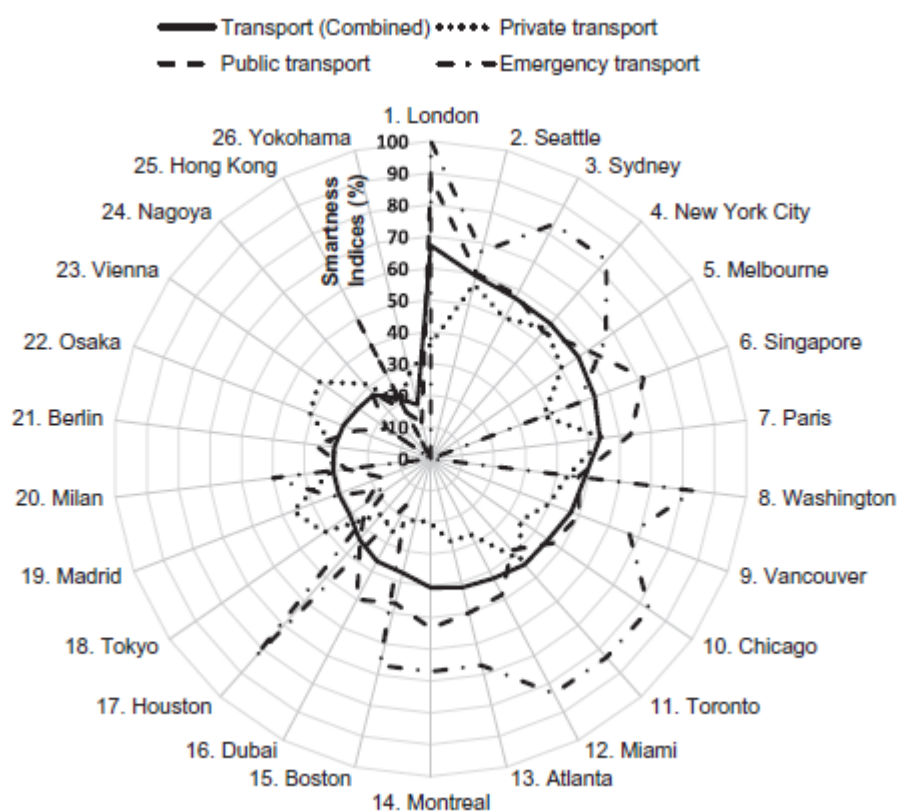
Λόγω των περιορισμένων πόρων, η άσκηση συγκριτικής αξιολόγησης αυτής της μελέτης στηρίχθηκε κυρίως σε δευτερεύουσες πληροφορίες. Δεδομένου ότι οι πληροφορίες σχετικά με τους δείκτες (τόσο το επίπεδο της «ευφυΐας» όσο και η έκταση της διαθεσιμότητας) ήταν απίθανο να είναι διαθέσιμες σε οποιαδήποτε ενιαία βάση δεδομένων, οι πληροφορίες συλλέχθηκαν από διάφορες πηγές, το διάστημα 2010-‘11, συμπεριλαμβανομένων των δημόσια διαθέσιμων πληροφοριών (π.χ. ιστοσελίδων, αναφορών και δημοσιεύσεων), καθώς επίσης και μέσω επικοινωνίας με τις αρχές και τους οργανισμούς μεταφορών.

Σε πρώτη φάση, οι ιστοσελίδες των αρχών της πόλης, των παρόχων υπηρεσιών, της σχετικής έρευνας και των πρακτορείων ειδήσεων βρέθηκαν χρησιμοποιώντας την αναζήτηση του Google με τις λέξεις-κλειδιά των δεικτών και των ονομάτων των πόλεων. Δεδομένου ότι οι δείκτες περιγράφουν την ανάπτυξη των «έξυπνων» τεχνολογιών, είναι εύλογο να αναμένεται ότι τα νέα των στατιστικών στοιχείων που αφορούν την ανάπτυξη και τη χρήση τους θα πρέπει να τεκμηριώνονται στις ιστοσελίδες των αρχών της πόλης και των παρόχων υπηρεσιών ή σε αναφορές των μέσων ενημέρωσης. Για να εξασφαλιστεί η ακρίβεια και η ευρωστία στις πληροφορίες που συλλέχθηκαν, η αναζήτηση στο διαδίκτυο επαναλήφθηκε από δύο ερευνητές ανεξάρτητα. Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν από τους δύο ερευνητές αργότερα συνδυάστηκαν, διασταυρώθηκαν και ελέγχθηκαν για τυχόν λάθη και παραλείψεις. Ένας πιο περιεκτικός τρόπος συλλογής τέτοιων πληροφοριών θα ήταν να διεξαχθούν έρευνες μεταξύ των υποψήφιων πόλεων, κάτι το οποίο, δυστυχώς, δεν ήταν δυνατό να γίνει σε αυτή τη μελέτη, λόγω των περιορισμένων πόρων. Δεδομένου ότι ο κύριος στόχος αυτής της μελέτης είναι να επιδείξει μια νέα μεθοδολογία συγκριτικής αξιολόγησης χρησιμοποιώντας την μήτρα των προτεινόμενων δεικτών «ευφυΐας» που λαμβάνουν υπόψη τόσο το επίπεδο της «ευφυΐας» όσο και την έκταση της διαθεσιμότητας, ένα σύνολο δεδομένων με δευτερεύουσα πληροφόρηση θα μπορούσε να εξυπηρετήσει το σκοπό της συγκεκριμένης συγκριτικής αξιολόγησης.

Μετά από την αναζήτηση στο διαδίκτυο, οι δείκτες εκείνοι για τους οποίους δε βρέθηκε καμία πληροφορία απομονώθηκαν και έπειτα από επικοινωνία με τις αρμόδιες αρχές και υπηρεσίες μεταφορών αποκτήθηκαν οι απαραίτητες πληροφορίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι, παρόλο που κάθε δυνατή προσπάθεια πραγματοποιήθηκε για τη συλλογή των πιο ενημερωμένων πληροφοριών, με τις αλλαγές που συμβαίνουν

στην τεχνολογία και τις πληροφορίες, τα δεδομένα που συλλέγονται μπορεί να ισχύουν μόνο για ένα μικρό χρονικό διάστημα. Με την ολοκλήρωση της συλλογής των δεδομένων, οι δείκτες διασταυρώθηκαν και πάλι για να εξασφαλιστεί ότι τα στοιχεία κάθε δείκτη που ήταν διαθέσιμα για κάθε πόλη ήταν έγκυρα. Οι δείκτες που επιλέχθηκαν ήταν μόνο αυτοί για τους οποίους υπήρχαν όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες για τη συγκριτική αξιολόγηση, καταλήγοντας σε ένα τελικό σύνολο 21 δεικτών για τη σύγκριση μεταξύ των πόλεων.

2.2.2.3 Αποτελέσματα συγκριτικής αξιολόγησης



Εικόνα 13: Συνολικά αποτελέσματα της συγκριτικής αξιολόγησης του συστήματος μεταφοράς των 26 πόλεων

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το Λονδίνο ήταν η πιο «έξυπνη» ανάμεσα στις 26 πόλεις που μελετήθηκαν για το σύστημα μεταφοράς τους (SI = 67,1%), ακολουθούμενο από το Σιάτλ (SI = 59,2%), το Σίδνεϊ (SI = 57,2%), τη Νέα Υόρκη (SI = 56,9%) και τη Μελβούρνη (SI = 56,5%). Οι κορυφαίες πόλεις στις υπηρεσίες ιδιωτικής «έξυπνης» μεταφοράς ήταν το Σιάτλ (SI = 56,6%), η Νέα Υόρκη (SI = 54,8%) και το Παρίσι (SI = 54,8%), ενώ το Λονδίνο (SI = 88,4%), η Σιγκαπούρη (SI = 71,7%) και το Παρίσι (SI = 63,4%) κατατάσσονται υψηλότερα από πλευράς

υπηρεσιών δημοσίων μεταφορών. Το Λονδίνο βρέθηκε επίσης να είναι η πιο «έξυπνη» (SI = 100%) μεταξύ όλων των πόλεων για τις υπηρεσίες μεταφοράς έκτακτης ανάγκης. Η Εικόνα 13 δείχνει τα συνολικά αποτελέσματα της συγκριτικής αξιολόγησης του συστήματος μεταφοράς των 26 πόλεων, καθώς επίσης και των υποσυστημάτων του, δηλαδή των υπηρεσιών ιδιωτικής, δημόσιας και επείγουσας μεταφοράς. Οι σχετικές παγκόσμιες κατατάξεις πόλεων αναφέρονται δίπλα από τα ονόματα των πόλεων.

Όπως εξηγήθηκε στην ενότητα μεθοδολογίας, σε αυτή την άσκηση συγκριτικής αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκαν πληροφορίες για την έκταση της διαθεσιμότητας των «έξυπνων» τεχνολογιών. Ωστόσο, οι πληροφορίες σχετικά με τα οφέλη των τεχνολογιών (π.χ. το μέγεθος της συμφόρησης που μειώθηκε λόγω της εγκατάστασης μιας «έξυπνης» τεχνολογίας για την αξιολόγηση της συμφόρησης) δε συλλέχθηκαν, κυρίως επειδή τα οφέλη δεν είναι καθαρά αναγνωρίσιμα και συχνά δεν είναι ευδιάκριτα από τα οφέλη των πολιτικών για τις μεταφορές, που υποστηρίζονται από τις «έξυπνες» τεχνολογίες [19]. Τα αποτελέσματα της συγκριτικής αξιολόγησης των 5 κορυφαίων πόλεων με «έξυπνες» μεταφορές μαζί με τις βασικές «έξυπνες» τεχνολογίες τους (δηλαδή την έκταση της διαθεσιμότητάς τους) αναλύονται στη συνέχεια, σύμφωνα με τη σειρά των παγκόσμιων κατατάξεών τους.

Σειρά κατάταξης # 1. London

Το σύστημα μεταφορών του Λονδίνου διαπιστώθηκε ότι είναι το πιο «έξυπνο» μεταξύ όλων των πόλεων που μελετήθηκαν (SI = 67,1%), με την υψηλότερη βαθμολογία για τα συστήματα δημόσιας μεταφοράς (SI = 88,4%) και μεταφοράς έκτακτης ανάγκης (SI = 100%).

Το Λονδίνο έχει μια μεγάλη ποικιλία «έξυπνων» τεχνολογιών στο σύστημα δημόσιων μεταφορών. Για παράδειγμα, όλα τα λεωφορεία είναι εξοπλισμένα με αυτόματα συστήματα εντοπισμού οχημάτων (AVLS) και επίδειξη πληροφοριών για τους επιβάτες επί του οχήματος και σύστημα ανακοινώσεων. Τα AVLS επιτρέπουν την παροχή πληροφοριών στους επιβάτες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τους χρόνους άφιξης των λεωφορείων στις περισσότερες στάσεις και μέσω γραπτών μηνυμάτων καθώς και μέσω καναλιών απευθείας σύνδεσης. Με γραπτά μηνύματα είναι επίσης εφικτές και οι κρατήσεις ταξί σε πραγματικό χρόνο. Οι υπόλοιπες αξιοσημείωτες «έξυπνες» υπηρεσίες περιλαμβάνουν: διατροφικό και ηλεκτρονικό

σύστημα συλλογής κομίστρου συμπεριλαμβανομένης της τεχνολογίας πληρωμών χωρίς επαφή, σύστημα ταχείας διέλευσης λεωφορείων, έλεγχο των οχημάτων διέλευσης χωρίς την παρέμβαση του οδηγού, σύστημα επιβολής λωρίδας λεωφορείων και σύστημα προτεραιότητας για τα λεωφορεία στα κυκλοφοριακά σήματα για όλες τις διαδρομές. Το Λονδίνο έχει επίσης το σύστημα PRT που είναι η τελευταία λέξη της τεχνολογίας για τη γρήγορη προσωπική διαμετακόμιση στο διεθνές αεροδρόμιο του Heathrow.

Οι υπηρεσίες των «έξυπνων» ιδιωτικών μεταφορών του Λονδίνου (SI = 36,2%, σειρά κατάταξης = 14) περιλαμβάνει ένα δικτυακό συντονισμένο σύστημα κυκλοφοριακών σημάτων, σύστημα ελέγχου μεταβλητού ορίου ταχύτητας και λωρίδες εισόδου σε αυτοκινητόδρομους που ρυθμίζονται με φανάρια ανάλογα με την κίνηση σε πραγματικό χρόνο. Από το 2003, το Λονδίνο έχει εισαγάγει την επιβολή τελών συμφόρησης, χρησιμοποιώντας το αυτόματο σύστημα αναγνώρισης πινακίδας κυκλοφορίας ANPR για την επεξεργασία των πληρωμών από την τιμολόγηση της συμφόρησης [37].

Για τη δρομολόγηση των οχημάτων έκτακτης ανάγκης, το Λονδίνο χρησιμοποιεί ένα σύστημα αποστολής που υποβοηθείται από υπολογιστή για το σύνολο του στόλου του, το οποίο αποκτά επίσης προτεραιότητα στα σήματα κυκλοφορίας. Πολλές πρωτοβουλίες έχουν ληφθεί για την περαιτέρω βελτίωση του συστήματος αποστολής. Για παράδειγμα, η Πυροσβεστική Αρχή του Λονδίνου σύναψε σύμβαση 7 εκατομμυρίων λιρών Αγγλίας για την αντικατάσταση και την ενίσχυση της διοίκησης και του ελέγχου του συστήματος αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης [38].

Σειρά κατάταξης # 2. Seattle

Το σύστημα μεταφορών του Σιάτλ ήταν το δεύτερο πιο «έξυπνο» (SI = 59,2%), με την υψηλότερη (SI = 56,6%) και την τέταρτη υψηλότερη βαθμολογία (SI = 60,1%) για τις υπηρεσίες ιδιωτικών και δημόσιων μεταφορών αντίστοιχα.

Μεταξύ των υπηρεσιών των «έξυπνων» ιδιωτικών μεταφορών, το Σιάτλ έχει ένα σύστημα προσαρμογής και συγχρονισμού των σημάτων κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο. Τα συστήματα ANPR χρησιμοποιούνται για να μειώσουν τις παραβιάσεις του κόκκινου φαναριού σε ορισμένες διασταυρώσεις. Οι αυτοκινητόδρομοι έχουν λωρίδες εισόδου σε αυτούς που ρυθμίζονται με φανάρια ανάλογα με την κίνηση σε

πραγματικό χρόνο (148 τέτοιες λωρίδες το 2007) και σύστημα ελέγχου μεταβλητού ορίου ταχύτητας (10 μίλια αυτοκινητοδρόμου το 2007) [34]. Ένα «έξυπνο» σύστημα οδηγιών για στάθμευση (το e-Park) παρέχει πληροφορίες για τη διαθεσιμότητα χώρου στάθμευσης για επιλεγμένα γκαράζ μέσω φωτεινών πινακίδων, που είναι τοποθετημένες δίπλα από το δρόμο, και διαδικτυακών πυλών. Οι εγκαταστάσεις ηλεκτρονικής είσπραξης οδικών τελών (ETC) έχουν εφαρμοστεί στις λωρίδες SR167 HOT, και σε δύο γέφυρες [39].

Τα κυριότερα σημεία των «έξυπνων» συστημάτων δημόσιων μεταφορών περιλαμβάνουν: αυτόματα συστήματα εντοπισμού οχημάτων AVLS για όλα τα λεωφορεία, διατροφική και ηλεκτρονική είσπραξη ναύλου, προτεραιότητα με σήμα διέλευσης σε επιλεγμένες διασταυρώσεις και χρονοδιάγραμμα άφιξης των μέσων σε πραγματικό χρόνο που γνωστοποιείται μέσω πλατφόρμας κινητών τηλεφώνων. Πολλοί από τους φωτεινούς σηματοδότες του Σιάτλ ενημερώνονται για τις μελλοντικές διαδρομές των λεωφορείων των αστικών συγκοινωνιών του για την υποστήριξη του συστήματος προτεραιότητας στα σήματα. Οι χρήστες των μέσων μαζικής μεταφοράς λαμβάνουν τα χρονοδιαγράμματα άφιξης των λεωφορείων στο κινητό τους τηλέφωνο σε πραγματικό χρόνο για όλες τις στάσεις λεωφορείων. Επίσης, μία από τις εταιρείες ταξί παρέχει υπηρεσία κράτησης μέσω SMS.

Σειρά κατάταξης # 3. Sydney

Το σύστημα μεταφορών του Σίδνεϊ έλαβε την τρίτη υψηλότερη βαθμολογία (SI = 57,2%) με τέταρτη θέση (SI = 50,1%) στις ιδιωτικές μεταφορές, έκτη (SI = 58,3%) στις δημόσιες μεταφορές, και δεύτερη (SI = 83,5%) για τις υπηρεσίες επείγουσας μεταφοράς.

Στο Σίδνεϊ έχουν εφαρμοστεί «έξυπνες» τεχνολογίες, όπως τα συστήματα ελέγχου μεταβλητού ορίου ταχύτητας, τις λωρίδες εισόδου σε ορισμένους αυτοκινητόδρομους που ρυθμίζονται με φανάρια ανάλογα με την κίνηση σε πραγματικό χρόνο, τα αυτόματα συστήματα στάθμευσης και τα συστήματα ηλεκτρονικής είσπραξης οδικών τελών ETC. Για το συντονισμό των σημάτων κυκλοφορίας, το Σίδνεϊ χρησιμοποιεί το Σύστημα Συντονισμένης Προσαρμοστικής Κυκλοφορίας του Σίδνεϊ (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System-SCATS), το οποίο συντονίζει και ελέγχει με τη συνεχή προσαρμογή των φάσεων των φωτεινών σηματοδοτών, έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στη ροή της κυκλοφορίας και στα κυκλοφοριακά συμβάντα.

Για τη διαχείριση των υπηρεσιών των δημόσιων μεταφορών, το Σίδνεϊ έχει δεσμεύσει 235 εκατομμύρια δολάρια Αυστραλίας για τη βελτίωση της προτεραιότητας στα λεωφορεία για τις στρατηγικές διαδρομές τους και την ευρεία εφαρμογή στο Σίδνεϊ του Συστήματος Μαζικής Μεταφοράς Πληροφοριών και Προτεραιότητας [40]. Τα αυτόματα συστήματα εντοπισμού οχημάτων AVLS, τα συστήματα ταχείας διέλευσης λεωφορείων, οι πληροφορίες για την άφιξη του επόμενου λεωφορείου σε πραγματικό χρόνο που γνωστοποιούνται για επιλεγμένα δρομολόγια (είναι σε δοκιμαστική φάση) είναι τα άλλα αξιοσημείωτα παραδείγματα. Για την επιβολή των λεωφορειολωρίδων, το Σίδνεϊ έχει τοποθετήσει κάμερες. Η υπηρεσία κράτησης ταξί μέσω SMS είναι διαθέσιμη για όλες τις εταιρείες ταξί. Παρόμοια με τα σήματα προτεραιότητας στα λεωφορεία, το Σίδνεϊ έχει αναπτύξει σύστημα προτεραιότητας με σήματα για τα οχήματα έκτακτης ανάγκης, το οποίο έχει επίσης τη δυνατότητα αποστολής υποβοηθούμενης από υπολογιστή.

Σειρά κατάταξης # 4. New York

Η Νέα Υόρκη σημείωσε SI στο 56,9% για να λάβει στο σύνολο την τέταρτη θέση με τη δεύτερη υψηλότερη βαθμολογία (SI = 54,8%) στις ιδιωτικές μεταφορές, ενώ στις υπηρεσίες δημόσιων μεταφορών και μεταφορών έκτακτης ανάγκης την έβδομη (SI = 53,4%) και δεύτερη θέση (SI = 83,5%), αντίστοιχα.

Τα κυριότερα σημεία της «έξυπνης» τεχνολογίας στις υπηρεσίες ιδιωτικών μεταφορών της Νέας Υόρκης περιλαμβάνουν: προσαρμοστικό σύστημα ελέγχου του σήματος, τεχνολογία μεταβλητού ορίου ταχύτητας, που καλύπτει 152 μίλια αυτοκινητόδρομου το 2007, σύστημα ηλεκτρονικής είσπραξης οδικών τελών ETC για όλους τους σταθμούς διοδίων, αυτοματοποιημένο σύστημα στάθμευσης και σύστημα απ' ευθείας μετάδοσης της διαθεσιμότητας χώρων στάθμευσης σε επιλεγμένες περιοχές.

Η Νέα Υόρκη εισήγαγε «έξυπνες» τεχνολογίες δημόσιων μεταφορών για τον αυτόματο εντοπισμό του οχήματος, την ηλεκτρονική είσπραξη των ναύλων για όλες τις δημόσιες συγκοινωνίες, την παροχή προτεραιότητας διέλευσης μέσω των σημάτων σε ορισμένες διασταυρώσεις, την αυτοματοποιημένη επιβολή των λεωφορειολωρίδων και την κοινοποίηση των χρονοδιαγραμμάτων άφιξης των λεωφορείων σε πραγματικό χρόνο μέσω διαδικτύου, κινητών τηλεφώνων και φωτεινών επιγραφών σε επιλεγμένες στάσεις λεωφορείων. Τα υποβοηθούμενα από

υπολογιστή συστήματα αποστολής είναι διαθέσιμα για όλα τα οχήματα έκτακτης ανάγκης, τα οποία επίσης αποκτούν προτεραιότητα στα σήματα κυκλοφορίας.

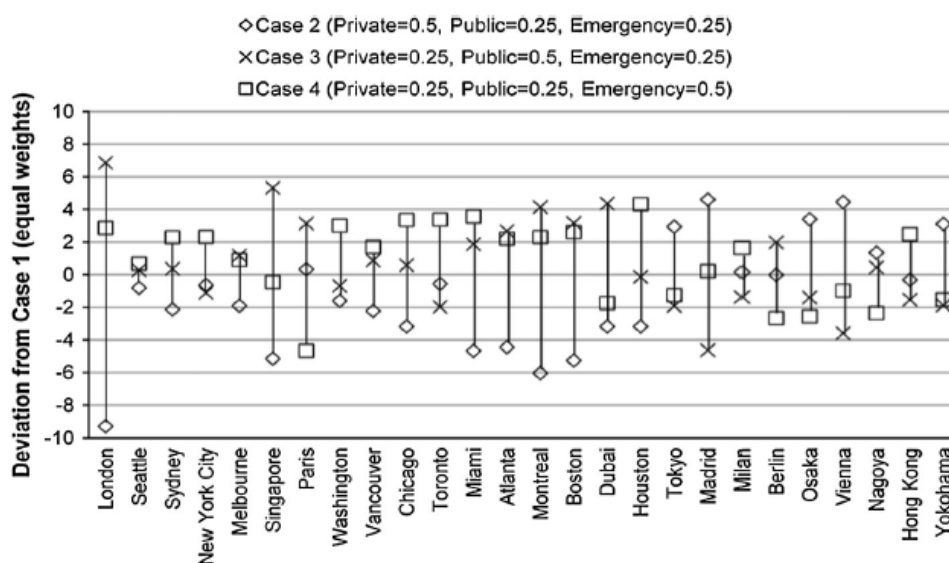
Σειρά κατάταξης # 5. Melbourne

Η πέμπτη πιο «έξυπνη» πόλη (SI = 56,5%) ήταν η Μελβούρνη, η οποία πήρε την τέταρτη υψηλότερη βαθμολογία τόσο στις υπηρεσίες των ιδιωτικών (SI = 50,1%) όσο και των δημόσιων (SI = 60,1%) μεταφορών.

Όπως και το Σίδνεϊ, η Μελβούρνη χρησιμοποιεί το σύστημα SCATS σε περισσότερες από 3200 διασταυρώσεις κυκλοφορίας για το συντονισμό των σημάτων κυκλοφορίας. Έχει επίσης αναπτύξει αυτόματο σύστημα αναγνώρισης πινακίδας κυκλοφορίας ANPR για τον εντοπισμό οδηγών και οχημάτων άνευ αδειας, αυτοματοποιημένα συστήματα στάθμευσης, λωρίδες σε επιλεγμένα σημεία εισόδου οδών ταχείας κυκλοφορίας που ρυθμίζονται με φανάρια ανάλογα με την κίνηση σε πραγματικό χρόνο, σύστημα ηλεκτρονικής είσπραξης οδικών τελών ETC και συστήματα ελέγχου μεταβλητού ορίου ταχύτητας. Για παράδειγμα, η Δυτική Περιφερειακή Οδός είναι σε θέση να μεταβάλλει το όριο ταχύτητας σε αυτήν μεταξύ 60 χλμ/ώρα και 100 χλμ/ώρα ανάλογα με τις συνθήκες κυκλοφορίας.

Οι υπηρεσίες δημόσιων μεταφορών χρησιμοποιούν έναν μεγάλο αριθμό «έξυπνων» τεχνολογιών, όπως τα αυτόματα συστήματα εντοπισμού οχημάτων AVLS, το διατροφικό και ηλεκτρονικό σύστημα συλλογής κομίστρου, τις υπηρεσίες ταχείας μεταφοράς και την προτεραιότητα διέλευσης μέσω των σημάτων σε περισσότερες από 500 διασταυρώσεις. Ένα σύστημα πληροφοριών για την άφιξη μεταφορών σε πραγματικό χρόνο είναι διαθέσιμο σε πλατφόρμα κινητών τηλεφώνων. Επίσης είναι διαθέσιμη η υπηρεσία για κρατήσεις ταξί της εταιρίας Silvertop σε πραγματικό χρόνο μέσω μηνυμάτων.

2.2.2.4 Αναλύσεις ευαισθησίας



Εικόνα 14: Ευαισθησίες των δεικτών «ευφυΐας» σταθμισμένων με βάση τα υποσυστήματα

Στην προηγούμενη ενότητα αναλύθηκαν τα αποτελέσματα για την περίπτωση στην οποία αποδόθηκαν ίσα βάρη στα υποσυστήματα. Τα αποτελέσματα, από την άσκηση προσομοίωσης, των ευαισθησιών των δεικτών «ευφυΐας» σταθμισμένων με βάση τα υποσυστήματα παρουσιάζονται στην Εικόνα 14. Όσον αφορά την περίπτωση αναφοράς (Περίπτωση 1: ίσα βάρη), οι αποκλίσεις των δεικτών «ευφυΐας» για κάθε περίπτωση βάρους καταγράφονται για τις πόλεις που μελετήθηκαν. Η τετμημένη στη μηδενική απόκλιση αντιπροσωπεύει την περίπτωση αναφοράς (περίπτωση 1), στην οποία έχουν αποδοθεί ίσα βάρη. Μια θετική απόκλιση από αυτή τη γραμμή υποδεικνύει ότι ο σταθμισμένος δείκτης «ευφυΐας» έχει αυξηθεί κατά το ποσό απόκλισης από το δείκτη «ευφυΐας» της περίπτωσης αναφοράς και αντίστροφα. Στην υπόθεση 2, τα βάρη για την ιδιωτική, δημόσια και επείγουσα μεταφορά είναι αντιστοίχως 0,5, 0,25 και 0,25. Για την περίπτωση 2, οι δείκτες «ευφυΐας» οκτώ πόλεων αποκλίνουν έξω από μία ομάδα 4% γύρω από την περίπτωση αναφοράς. Οι δείκτες «ευφυΐας» έξι πόλεων μειώθηκαν και δύο πόλεων αυξήθηκαν όταν εφαρμόστηκε η περίπτωση βάρους. Στα πλαίσια της απόλυτης απόκλισης, το Λονδίνο είχε την υψηλότερη απόκλιση (9,3) ακολουθούμενο από το Μόντρεαλ (6,0) και τη Βοστώνη (5,3). Οι τρεις αυτές πόλεις έλαβαν κακή θέση κατάταξης στην Περίπτωση 1 εξαιτίας των «έξυπνων» υπηρεσιών ιδιωτικών μεταφορών (14η, 24η και 26η

αντίστοιχα), ως εκ τούτου, το μεγαλύτερο βάρος στις ιδιωτικές μεταφορές μείωσε τους συνολικούς δείκτες «ευφυΐας» αυτών των πόλεων σε μεγαλύτερο βαθμό από τους δείκτες άλλων πόλεων. Για την περίπτωση 3 (οι δημόσιες μεταφορές σταθμίζονται με 0,5 και οι υπόλοιπες από 0,25), οι δείκτες «ευφυΐας» αποκλίνουν αισθητά προς τη θετική πλευρά για τέσσερις πόλεις και αρνητικά για μια πόλη, γεγονός που υποδεικνύει μια σημαντική ώθηση προς τη θετική πλευρά. Και πάλι, η μέγιστη απόκλιση παρατηρήθηκε για το Λονδίνο (6,9), ακολουθούμενο από τη Σιγκαπούρη (5,3) και τη Μαδρίτη (4,6). Το Λονδίνο και η Σιγκαπούρη ήταν μεταξύ των κορυφαίων πόλεων που κατατάχθηκαν κυρίως για τις υπηρεσίες «έξυπνων» δημόσιων μεταφορών στην περίπτωση 1. Η απόδοση μεγαλύτερων βαρών στις δημόσιες μεταφορικές υπηρεσίες ενίσχυσε τους δείκτες «ευφυΐας» τους, ενώ μείωσε της Μαδρίτης (η οποία κατετάγη 25η στα πλαίσια της περίπτωσης 1). Οι δείκτες «ευφυΐας» δύο μόνο πόλεων (Παρίσι και Χιούστον) απέκλιναν έξω από τη ζώνη 4% για την Περίπτωση 4 (η επείγουσα μεταφορά σταθμίζεται με 0,5 και οι υπόλοιπες από 0,25).

Από τα παραπάνω, είναι σαφές ότι η στάθμιση στα υποσυστήματα επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα. Οι πόλεις, στις οποίες υπάρχουν διαφορετικές προτεραιότητες και προτιμήσεις για τα υποσυστήματα, θα πρέπει να ενσωματώνουν τα βάρη στα υποσυστήματα τους με βάση τους κατάλληλους θεωρητικούς λόγους και τις αιτιολογήσεις.

2.2.3 Συνήθειες τάσεις και ζητήματα

Η συγκριτική αξιολόγηση έχει εντοπίσει διάφορες τάσεις μεταξύ των 5 κορυφαίων «έξυπνων» πόλεων όσον αφορά την εφαρμογή των τεχνολογιών και τη χρήση τους για πιο «έξυπνη» διαχείριση των συστημάτων μεταφορών.

Και οι 5 πόλεις έχουν αναπτύξει τεχνολογίες για την παρακολούθηση των οχημάτων δημόσιας συγκοινωνίας και των οχημάτων έκτακτης ανάγκης καθ' οδόν καθώς και στους ενδιάμεσους και τους τερματικούς σταθμούς αν και η έκταση της χρήσης διαφέρει από την «μερική» σε «πλήρη» μεταξύ των πόλεων. Το Αυτόματο Σύστημα Εντοπισμού Οχημάτων (Automatic Vehicle Location System-AVLS) χρησιμοποιείται στα δημόσια λεωφορεία και στα τρένα για τη συνεχή παρακολούθηση των οχημάτων μεταφορών για την παροχή διαφόρων υπηρεσιών, όπως είναι η διαχείριση πορείας, η παροχή πληροφοριών ταξιδιού σε πραγματικό

χρόνο στους επιβάτες, ο εντοπισμός των σημάτων προτεραιότητας στις διασταυρώσεις, η διαχείριση περιστατικών κ.λπ.. Αυτές οι «έξυπνες» υπηρεσίες θα μπορούσαν να συμβάλουν στη βελτίωση της προσβασιμότητας, τη μείωση του χρόνου ταξιδιού, τη βελτίωση αποτελεσματικότητας των λειτουργιών των μεταφορών (π.χ. εξασφάλιση πιο ομαλής και ισορροπημένης ροής των οχημάτων μεταφορών). Επιπλέον, οι υπηρεσίες αυτές θα μπορούσαν να συμβάλουν στην προώθηση των δημόσιων μεταφορών ως μια βιώσιμη εναλλακτική λειτουργία των ιδιωτικών μεταφορών, μειώνοντας το χρόνο ταξιδιού για τους επιβάτες παρέχοντάς τους τη δυνατότητα να επιλέγουν την καλύτερη διαδρομή (π.χ. ταχύτερη, φθηνότερη) πριν από την έναρξη ενός ταξιδιού.

Ωστόσο, η τεχνολογία AVLS έχει τη δυνατότητα για την καλύτερη αξιοποίηση των υπάρχοντων σημάτων διέλευσης τα οποία παραχωρούν προτεραιότητα. Τα σήματα αυτά ως επί το πλείστον λειτουργούν με βάση βρόχους / τεχνολογία οπτικής ανίχνευσης μέσω της ανίχνευσης λεωφορείων πριν αυτά πλησιάσουν σε μία διασταύρωση και αντίστοιχα την κατανομή των χρόνων πρασίνου για ταχύτερη και έγκαιρη απαλλαγή στις διασταυρώσεις (π.χ. Νέα Υόρκη, Μελβούρνη). Μια πιο «έξυπνη» χρήση της τεχνολογίας AVLS από αυτήν της προσέγγισης σε μια πολυσύχναστη διασταύρωση είναι η παροχή προτεραιότητας μέσω ενός διαδρόμου. Ένα παράδειγμα είναι η Route 43 του Λονδίνου [41].

Η παρακολούθηση των ιδιωτικών οχημάτων δεν έχει προσελκύσει τόσο πολύ την προσοχή, όπως στην περίπτωση των οχημάτων μεταφορών στις περισσότερες πόλεις, ίσως εξαιτίας των θεμάτων προστασίας της ιδιωτικής ζωής. Ωστόσο, πολλές από αυτές τις πόλεις χρησιμοποιούν τεχνολογίες APNR για τον εντοπισμό των οχημάτων στα σημεία είσπραξης οδικών τελών ή στις θέσεις των καμερών ελέγχου (π.χ. κόκκινο φανάρι, κάμερες ταχύτητας). Η χρήση των «έξυπνων» ετικετών για την πληρωμή των διοδίων ή των τελών κυκλοφοριακής συμφόρησης έχουν κερδίσει τη δημοτικότητα σε πολλές πόλεις. Ωστόσο, οι δυνατότητές τους δεν έχουν ακόμη αξιοποιηθεί αποτελεσματικά. Αυτές οι ετικέτες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για μια πιο «έξυπνη» διαχείριση της κυκλοφοριακής ροής και για τη βελτίωση της ασφάλειας.

Η ανίχνευση των επιβατών σε οχήματα μεταφορών μέσω της χρήσης των «έξυπνων» συστημάτων για την πληρωμή των ναύλων των καρτών είναι μια άλλη δημοφιλής τεχνολογία ανίχνευσης που χρησιμοποιείται σε πολλά συστήματα δημόσιων μεταφορών. Ως μετάβαση προς τις «έξυπνες» κάρτες από τις πληρωμές με

μετρητά, οι περισσότερες πόλεις χρησιμοποιούν σήμερα και τα δύο συστήματα συναλλαγών. Ωστόσο, συχνά ένα υψηλότερο κόμιστρο επιβάλλεται για τις πληρωμές με μετρητά για την ενθάρρυνση των επιβατών να χρησιμοποιούν τις «έξυπνες» κάρτες. Ένα σύστημα που λειτουργεί μόνο με «έξυπνες» κάρτες θα είναι σε θέση να παρακολουθεί όλες τις κινήσεις των επιβατών και αντίστοιχα να διαχειρίζεται την ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης των οχημάτων μεταφορών. Πολλές πόλεις (π.χ. το Λονδίνο, το Σιάτλ, η Νέα Υόρκη) κινούνται, επίσης, προς την κατεύθυνση ενός συνδυασμένου και ομοιογενούς συστήματος συλλογής κομίστρου, όπου μια ενιαία «έξυπνη» κάρτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις υπηρεσίες και λειτουργίες, δίνοντας τη δυνατότητα χρήσης πληροφοριών επιβατικής κίνησης για την καλύτερη αξιοποίηση των πόρων.

Η παροχή πληροφοριών που σχετίζονται με την κυκλοφορία και το ταξίδι στους ταξιδιώτες έχει βρεθεί κοινή σε πολλές πόλεις. Οι χρήστες των δημόσιων μεταφορών είναι σε θέση να λαμβάνουν πληροφορίες για την άφιξη των μεταφορών στα κινητά τους τηλέφωνα σε πραγματικό χρόνο. Ορισμένες πόλεις (π.χ. η Νέα Υόρκη, το Σιάτλ) έχουν αναπτύξει «έξυπνες» τεχνολογίες για τη διάδοση πληροφοριών σχετικά με θέσεις στάθμευσης στους χρήστες των ιδιωτικών μεταφορών, προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη χρήση των χώρων στάθμευσης και μείωση των μετακινήσεων και του χρόνου αναζήτησης για μια θέση στάθμευσης. Οι εγκαταστάσεις αυτοματοποιημένης στάθμευσης αναπτύσσονται, επίσης, σταδιακά σε πολλές πόλεις για την καλύτερη αξιοποίηση των χώρων στάθμευσης και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας.

Ωστόσο, για να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ των ιδιωτικών και των δημοσίων υπηρεσιών μεταφορών, οι περισσότερες πόλεις παρέχουν εξατομικευμένες υπηρεσίες υψηλής ποιότητας με τη χρήση «έξυπνων» τεχνολογιών παράπλευρων μεταφορών, όπως η κράτηση ταξί σε πραγματικό χρόνο μέσω τηλεφωνικής κλήσης ή μηνύματος. Ενώ τα εξατομικευμένα συστήματα ταχείας μεταφοράς (PRT) έχουν προσελκύσει μεγάλο ενδιαφέρον από τους ερευνητές τα τελευταία χρόνια, η μόνη εμπορική εφαρμογή είναι στο αεροδρόμιο Heathrow στο Λονδίνο. Το PRT μήκους 3,8 χιλιομέτρων έχει γίνει το πρώτο αληθινό εμπορικό σύστημα PRT του κόσμου και η επιτυχής εφαρμογή του θα μπορούσε να προκαλέσει σχέδια για τη ανάπτυξή του και σε άλλες πόλεις [42].

Για «έξυπνότερη» και ασφαλέστερη διαχείριση της κυκλοφοριακής ροής, οι 5 πόλεις χρησιμοποιούν «έξυπνες» τεχνολογίες όπως το συντονισμένο σύστημα

σημάτων κυκλοφορίας, τον έλεγχο μεταβλητού ορίου ταχύτητας και τον έλεγχο μετρημένης εισόδου σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας. Τα προσαρμοστικά και συντονισμένα συστήματα σημάτων κυκλοφορίας συλλέγουν συνεχώς πληροφορίες για την κίνηση (ανίχνευση οχημάτων και πεζών) και ρυθμίζουν το συγχρονισμό των σημάτων ανάλογα με τη ζήτηση σε πραγματικό χρόνο. Με το συντονισμό των σημάτων κυκλοφορίας σε γειτονικές διασταυρώσεις, τα συστήματα είναι σε θέση να βελτιστοποιήσουν το χρόνο ταξιδιού ελαχιστοποιώντας τον αριθμό των στάσεων σε διασταυρώσεις, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στη ροή της κυκλοφορίας και μείωση του χρόνου ταξιδιού και της κατανάλωσης καυσίμου. Ενώ πολλές πόλεις (π.χ. το Λονδίνο, η Μελβούρνη, η Νέα Υόρκη) έχουν τις περισσότερες διασταυρώσεις τους στο πλαίσιο των συντονισμένων συστημάτων σημάτων, η Σιγκαπούρη έχει όλες τις διασταυρώσεις της στο πλαίσιο του συστήματος. Αναμφισβήτητα, οι διασταυρώσεις σε μείζονες διαύλους είναι οι πιο σημαντικές για να περιλαμβάνονται στο σύστημα και για τις μεγαλύτερες πόλεις μπορεί να είναι πρακτικό να έχουν όλες τις διασταυρώσεις στο πλαίσιο του συστήματος.

Ενώ στις πόλεις που μελετήθηκαν έχουν αναπτυχθεί εντυπωσιακά νούμερα «έξυπνων» τεχνολογιών, οι περισσότερες από τις τεχνολογίες έχουν μόνο βασικό επίπεδο των ικανοτήτων όπως η αίσθηση, η επεξεργασία, ο έλεγχος και η επικοινωνία. Οι «έξυπνες» δυνατότητες ανώτερης τάξης, όπως η πρόβλεψη, η θεραπεία και η πρόληψη, δεν είναι διαθέσιμες στις περισσότερες πόλεις. Ωστόσο, υπάρχει μια τάση προς τη χρήση «ευφυών» συστημάτων υψηλότερης τάξης. Για να εξασφαλιστεί η ομαλότερη κυκλοφοριακή ροή, οι πόλεις (π.χ. Σιγκαπούρη, Λονδίνο, Νέα Υόρκη) δοκιμάζουν και μελετούν εργαλεία πρόβλεψης της κυκλοφορίας, προκειμένου να προβλεφθεί η ροή και η ταχύτητα της κυκλοφορίας. Η πρόβλεψη των συνθηκών κυκλοφορίας, τα πρότυπα διακίνησης επιβατών, κ.λπ. θα επέτρεπαν στις πόλεις να παράσχουν ικανοποιητική προσφορά με τη βοήθεια της πρόβλεψης των απαιτήσεων σε πραγματικό χρόνο.

Ενώ τα συστήματα εποπτείας και επιβολής που είναι διαθέσιμα επί του παρόντος είναι σε θέση να ανιχνεύουν περιστατικά και να επιτρέπουν στις πόλεις να ενεργήσουν ταχέως, υπάρχουν πολλά που πρέπει να γίνουν για την επίτευξη των αυτοματοποιημένων ικανοτήτων θεραπείας και πρόληψης. Αναμφισβήτητα, περισσότερη έρευνα σε αυτά τα «έξυπνα» συστήματα θα ενθαρρύνει τις πόλεις να εφαρμόσουν τεχνολογίες με «έξυπνες» ικανότητες ανώτερης τάξης. Αυτό παρέχει

επίσης ευκαιρίες και για τις λιγότερο «έξυπνες» πόλεις καθώς μαθαίνουν από άλλες πιο «έξυπνες» πόλεις και σταδιακά κινούνται προς την «ευφυΐα» και αυτές με τη χρήση τεχνολογιών των βασικών «έξυπνων» ικανοτήτων.

Τα «έξυπνα» συστήματα μεταφορών αναμένεται να είναι ένας σημαντικός τομέας ανάπτυξης τα επόμενα 10-15 χρόνια. Η συμβουλευτική εταιρεία Pike Research που διεξάγει έρευνες αγοράς έχει εκτιμήσει ότι 22,4 δισεκατομμύρια δολάρια θα επενδυθούν σε όλο τον κόσμο για «έξυπνες» μεταφορές [43]. Η ανάπτυξη δομημένων πλαισίων για το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την ενσωμάτωση των «έξυπνων» τεχνολογιών μεταφοράς (π.χ. το National ITS Architecture στις ΗΠΑ, το FRAME Architecture στην ΕΕ) αντικατοπτρίζουν περαιτέρω τη θετική πρόθεση των αρχών μεταφορών για την ανάπτυξη και εγκατάσταση «έξυπνων» τεχνολογιών. Αυτά τα πλαίσια θα μπορούσαν να εντοπίσουν και να αξιολογήσουν τις δυνατότητες των επιμέρους τεχνολογιών «έξυπνων» μεταφορών, καθώς και την ενσωμάτωση των τεχνολογιών.

Το πλαίσιο συγκριτικής αξιολόγησης που παρουσιάζεται επιτρέπει συγκριτικές μελέτες μεταξύ των «έξυπνων» πόλεων μεταφοράς. Από το ενδεικτικό παράδειγμα, πολλές πόλεις (π.χ., Το Λονδίνο, το Σιάτλ, το Σίδνεϊ, τη Νέα Υόρκη, Μελβούρνη) έχουν αναδειχθεί μεταξύ των κορυφαίων πόλεων στον κόσμο με «έξυπνες» μεταφορές. Μια προσεκτική εξέταση των συστημάτων αστικών μεταφορών αυτών των πόλεων και η εφαρμογή των «έξυπνων» τεχνολογιών θα μπορούσε να αποφέρει καλές πρακτικές και χρήσιμα διδάγματα για άλλες πόλεις που επιθυμούν να επιδιώξουν παρόμοια εξέλιξη. Δηλαδή, η συγκριτική αξιολόγηση έχει τη δυνατότητα να επιτρέψει στις λιγότερο «έξυπνες» πόλεις να εντοπίσουν τα κενά στη χρήση των «έξυπνων» τεχνολογιών στα συστήματα μεταφορών τους, συγκρίνοντας την ανάπτυξή τους με εκείνη των κορυφαίων πόλεων. Επιτρέπει, επίσης, στις πόλεις αυτές να μάθουν από τις «εξυπνότερες» πόλεις, ιδιαίτερα για τα είδη των «έξυπνων» τεχνολογιών που έχουν εφαρμοστεί και τις ιστορίες επιτυχίας και αποτυχίας τους.

Ενώ το εν λόγω πλαίσιο απεικονίζει τη συγκριτική αξιολόγηση 26 επιλεγμένων πόλεων, σύμφωνα με την «ευφυΐα» στα συστήματα μεταφορών τους, το πλαίσιο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να ταξινομήσει και άλλες πόλεις του κόσμου. Για παράδειγμα, εάν μια αρχή μεταφορών ή η διοίκηση μιας πόλης ή μια ομάδα ερευνητών ενδιαφέρεται να βρει τους δείκτες «ευφυΐας» του συστήματος μεταφορών μιας πόλης και των υποσυστημάτων του, θα μπορούσε να εφαρμοστεί άμεσα η γενική μήτρα των δεικτών που αναπτύχθηκε σε αυτή τη μελέτη. Ο προσδιορισμός των

βαρών στους δείκτες και τα υποσυστήματα του συστήματος μεταφοράς θα μπορούσε να γίνει με βάση τα συμφέροντα της πόλης και τη διαθεσιμότητα των απαιτούμενων πληροφοριών και των πόρων (π.χ. γνώμες ειδικών όσον αφορά τη σχετική σημασία των δεικτών). Ωστόσο, εάν ο τομέας που πρόκειται να μελετηθεί είναι διαφορετικός από το «σύστημα αστικών μεταφορών» (π.χ. το σύστημα υγείας) ή η εστίαση της μελέτης είναι σε κάτι διαφορετικό από την «ευφυΐα» (π.χ. αποδοχή από το χρήστη), τότε θα πρέπει να αναπτυχθούν οι κατάλληλοι δείκτες για την αποδοχή του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης της πόλης από τους χρήστες του. Για να γίνει αυτό, θα μπορούσε να υιοθετηθεί η διαδικασία της ανάπτυξης μιας γενικής μήτρας δεικτών όπως περιγράφεται σε προηγούμενη ενότητα.

2.2.4 Συμπεράσματα

Το υποκεφάλαιο 2.2 παρουσίασε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη συγκριτική αξιολόγηση πόλεων με «έξυπνες» μεταφορές, η οποία απεικονίζεται με βάση τα δεδομένα από 26 μεγάλες πόλεις σε όλο τον κόσμο. Σε αντίθεση με προηγούμενες δραστηριότητες συγκριτικής αξιολόγησης, το πλαίσιο αυτό στηρίζεται στην ανάπτυξη της κατάλληλης έννοιας της «ευφυΐας» και στην αναγνώριση των κατάλληλων δεικτών. 66 δείκτες «ευφυΐας» παρουσιάστηκαν με τη μορφή μιας γενικής μήτρας. Η μορφή της μήτρας έχει τη δυνατότητα εντοπισμού της σχετικής «ευφυΐας» σε κάθε κατηγορία των «έξυπνων» δυνατοτήτων της κάθε πιθανής «έξυπνης» τεχνολογίας στα υποσυστήματα των αστικών μεταφορών. Η γενική μήτρα των δεικτών και η διαδικασία ανάπτυξης της μήτρας χρησιμοποιώντας μια σωστή έννοια της «ευφυΐας» σε συστήματα αστικών μεταφορών είναι το πιο σημαντικό κομμάτι που παρουσιάστηκε σε αυτό το υποκεφάλαιο.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η συγκριτική αξιολόγηση είναι κατ' ανάγκην μια δυναμική δραστηριότητα, όπου τα αποτελέσματα των δεικτών μπορούν να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου. Η εμφάνιση των νέων τεχνολογιών θα μπορούσε να δημιουργήσει νέες διαστάσεις στο γενικό κατάλογο των δεικτών. Έτσι, δεδομένου ότι οι πληροφορίες σχετικά με τους δείκτες που αναλύθηκαν στη μελέτη που παρουσιάστηκε συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του 2010-'11 και αυτές οι πληροφορίες είναι πιθανό να αλλάξουν με τις νέες εξελίξεις στις πόλεις, θα πρέπει να ληφθεί η κατάλληλη προσοχή κατά τη σύγκριση των πόλεων.

Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό αυτές οι δυναμικές αλλαγές να ληφθούν υπόψη εφόσον είναι δυνατές. Για να ληφθούν υπόψη αυτές οι δυναμικές αλλαγές, το συγκεκριμένο πλαίσιο μπορεί να επεκταθεί με την τροποποίηση του γενικού καταλόγου δεικτών για να ταιριάζει με τις μεταβαλλόμενες ανάγκες της κοινωνίας. Αυτός είναι ένας τομέας για περαιτέρω ανάπτυξη της έρευνας. Επίσης, πιο ολοκληρωμένες μέθοδοι συλλογής δεδομένων, όπως η διεξαγωγή ερευνών μεταξύ των υποψήφιων πόλεων, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν επιπρόσθετα για την καλύτερη αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της συγκριτικής αξιολόγησης. Η ένταξη περισσότερων δεικτών, ενδεχομένως όλων αυτών που περιλαμβάνονται στη γενική μήτρα, θα μπορούσε να εμπλουτίσει περαιτέρω την αξιοπιστία και την ευρωστία της συγκριτικής αξιολόγησης. Η στάθμιση των δεικτών και των υποσυστημάτων που βασίζονται σε κατάλληλους θεωρητικούς λόγους και αιτιολογήσεις θα μπορούσε να ενισχύσει περαιτέρω την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της συγκριτικής αξιολόγησης. Η αξιολόγηση των αβεβαιοτήτων των δεικτών «ευφυΐας» για διαφορετικά σχέδια στάθμισης θα μπορούσε να είναι μια ενδιαφέρουσα επέκταση αυτής της έρευνας. Η εξέταση της αποτελεσματικότητας των «έξυπνων» τεχνολογιών είναι ένας σημαντικός τομέας της μελλοντικής έρευνας.

3 Μια έρευνα για την Ηλεκτροκίνηση στην Αυτοκίνηση σε περιβάλλον «έξυπνου» δικτύου

Περίληψη

Τα οικονομικά και περιβαλλοντικά κίνητρα, καθώς και η πρόοδος στην τεχνολογία, αναδιαμορφώνουν την παραδοσιακή όψη των βιομηχανικών συστημάτων. Η προοπτική μιας μεγάλης διείσδυσης των Plug-in υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων (Plug-in Hybrid Electric Vehicles-PHEVs) και των Plug-in ηλεκτρικών οχημάτων (Plug-in Electric Vehicles-PEVs) στην αγορά φέρνει στην επιφάνεια πολλά τεχνικά προβλήματα, τα οποία συνδέονται άμεσα με τις τεχνολογίες βιομηχανικής πληροφορικής μέσα στα επόμενα 10 χρόνια. Είναι αναγκαία η κατανόηση σε βάθος της ηλεκτροκίνησης στις μεταφορές στο βιομηχανικό περιβάλλον. Είναι σημαντικό να εδραιωθεί η πρακτική και εννοιολογική γνώση της βιομηχανικής πληροφορικής, προκειμένου να υποστηρίξει τις αναδυόμενες τεχνολογίες ηλεκτρικού οχήματος (EV). Αυτή η ενότητα παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της ηλεκτροκίνησης στις μεταφορές σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον. Επιπλέον, παρέχει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των EVs στον τομέα των συστημάτων βιομηχανικής πληροφορικής. Πιο συγκεκριμένα γίνεται λόγος για τα παρακάτω: 1) Υποδομές φόρτισης και μπαταρίες PHEV/PEV, 2) «Έξυπνη» διαχείριση ενέργειας, 3) Όχημα-προς-δίκτυο (Vehicle-to-Grid-V2G), 4) Απαιτήσεις επικοινωνιών. Επιπρόσθετα, η παρούσα ενότητα παρουσιάζει μια μελλοντική άποψη των τεχνολογιών βιομηχανικής πληροφορικής για την επίσπευση της εισαγωγής και της διείσδυσης των προηγμένων οχημάτων ηλεκτρικής κίνησης στην αγορά.

3.1 Εισαγωγή

Τα οικονομικά και περιβαλλοντικά κίνητρα, όπως επίσης και η πρόοδος της τεχνολογίας αναδιαμορφώνουν την παραδοσιακή όψη των βιομηχανικών συστημάτων. Τα Plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (PHEVs) και τα Plug-in ηλεκτρικά οχήματα (PEVs) είναι τα οχήματα που χρησιμοποιούν επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ή κάποια άλλη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας και έτσι μπορούν να φορτιστούν πλήρως συνδέοντας ένα βύσμα σε μια εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ισχύος (συνήθως σε ένα συνηθισμένο ρευματοδότη τοίχου). Αυτά τα οχήματα τραβούν ολοένα και περισσότερο την προσοχή λόγω των χαμηλών εκπομπών των ρύπων τους και της υψηλής οικονομίας καυσίμου. Το 2007, οι Ηνωμένες Πολιτείες εισήγαγαν το 58% από τη συνολική ποσότητα καυσίμων που καταναλώθηκε [23]. Το μεγαλύτερο μέρος του πετρελαίου που εισάγεται στις ΗΠΑ προέρχεται από ασταθείς περιοχές, γεγονός που αποτελεί μια πιθανή απειλή για την εθνική ασφάλεια των ΗΠΑ. Σε τελική ανάλυση, τα PHEVs / PEVs θα μεταφέρουν τις ενεργειακές απαιτήσεις από το αργό πετρέλαιο στην ηλεκτρική ενέργεια για τον τομέα των ιδιωτικών μεταφορών [24]. Αυτή η αλλαγή θα μειώσει τη ρύπανση και θα αντιμετωπίσει τα ζητήματα ασφαλείας που σχετίζονται με την εξόρυξη του πετρελαίου, την εισαγωγή και την καύση του. Παράλληλα με την αξιοποίηση της ισχύος δικτύου, τα PHEVs / PEVs έχουν επίσης τη δυνατότητα να επιστρέφουν ισχύ στο δίκτυο για την εξομάλυνση της αιχμής ζήτησης ισχύος και για την παροχή βοηθητικών υπηρεσιών στο δίκτυο [25].

Η κυβέρνηση των ΗΠΑ καταβάλλει μεγάλη προσπάθεια στην επίσπευση της εισαγωγής και της διείσδυσης των προηγμένων οχημάτων ηλεκτρικής κίνησης στην αγορά. Το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ προβλέπει ότι περίπου 1 εκατομμύριο PHEVs / PEVs θα βρίσκονται στους δρόμους μέχρι το 2015 και 425.000 PHEVs / PEVs θα πωληθούν μόνο μέσα στο 2015. Με αυτό το ποσοστό διείσδυσης, τα PHEVs / PEVs θα αντιπροσωπεύουν το 2,5% του συνόλου των πωλήσεων νέων οχημάτων το 2015 [51]. Το Ινστιτούτο Έρευνας Ηλεκτρικής Ενέργειας (EPRI) προβλέπει ότι το 62% του συνόλου του στόλου των οχημάτων των ΗΠΑ θα αποτελείται από PHEVs / PEVs μέχρι το 2050 χρησιμοποιώντας ένα επιφυλακτικό σενάριο διείσδυσης [52].

Εντούτοις, υπάρχει μια επείγουσα ανάγκη να αντιμετωπιστούν τα πιθανά προβλήματα που προκαλούνται από την εμφάνιση των PHEVs / PEVs. Για παράδειγμα, η αποθήκευση ενέργειας (δηλαδή οι μπαταρίες) είναι η βασική τεχνολογική προϋπόθεση για τα EVs. Η απόδοση καυσίμου και η επίδοση των νέων

οχημάτων με δυνατότητα ηλεκτροκίνησης περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την απόδοση του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας [53],[54]. Άλλο ένα αναδυόμενο ζήτημα είναι ότι ένας μεγάλος αριθμός των PHEVs / PEVs που συνδέονται ταυτόχρονα στο δίκτυο μπορεί να αποτελέσει μια τεράστια απειλή για την ποιότητα και τη σταθερότητα του συνολικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας [55]. Λόγω ορισμένων τεχνικών και οικονομικών θεμάτων, το σύστημα Όχημα-προς-Δίκτυο (V2G) εξακολουθεί να είναι λιγότερο πιθανό να γίνει πραγματικότητα στο άμεσο μέλλον [56]. Πρόκειται για ένα σύστημα στο οποίο τα plug-in ηλεκτρικά οχήματα, όπως τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (BEVs) και τα plug-in υβριδικά οχήματα (PHEVs), επικοινωνούν με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας για να πωλούν υπηρεσίες ανταπόκρισης στη ζήτηση είτε παρέχοντας ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο είτε «στραγγαλίζοντας» το ρυθμό φόρτισης τους. Η προϋπόθεση ύπαρξης αποτελεσματικών τεχνολογιών επικοινωνιών θα είναι πολύ σημαντική για την επίτευξη των EVs [57].

3.2 Υποδομή φόρτισης και τεχνολογία μπαταρίας

PHEV/PEV

3.2.1 Υποδομή φόρτισης

Η υποδομή φόρτισης αποτελεί μια κρίσιμη συνιστώσα απαραίτητη για την επιτυχή δημιουργία των EVs. Μια πρόσφατη αναφορά του Massachusetts Institute of Technology (MIT) καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η δημιουργία μιας πανεθνικής υποδομής για EVs φαίνεται να είναι μεγαλύτερη πρόκληση από την παραγωγή οικονομικά προσιτών μπαταριών για τη φόρτιση αυτοκινήτων [58]. Αυτή η ενότητα παρέχει μια γενική εικόνα των απαιτήσεων στην υποδομή φόρτισης για τα PHEVs / PEVs στις περιπτώσεις περιοχών με μονοκατοικίες, πολυκατοικίες και εμπορικές εγκαταστάσεις.

Σύμφωνα με το Σύλλογο Μηχανικών Μηχανοκίνητων Οχημάτων (SAE), όλα τα EVs που παράγονται από τις αμερικανικές αυτοκινητοβιομηχανίες πρέπει να ακολουθούν το J1772 πρότυπο προτεινόμενης πρακτικής οχημάτων επιφανείας SAE [59],[60].

Άλλα σχετικά πρότυπα SAE περιλαμβάνουν [61]:

- SAE J2293, το οποίο καθορίζει τις απαιτήσεις για EV και τον εξωτερικό εξοπλισμό παροχής του ηλεκτρικού οχήματος (EVSE) που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ηλεκτρικής ισχύος σε ένα EV από μία δημόσια υπηρεσία στη Βόρεια Αμερική.
- SAE J2847, το οποίο παρέχει τις απαιτήσεις και τις προδιαγραφές για την απαραίτητη επικοινωνία μεταξύ PHEV και των δικτύων ενέργειας.
- SAE J2836, το οποίο παρέχει περιπτώσεις χρήσης για την επικοινωνία μεταξύ των PHEVs και των δικτύων ενέργειας.
- SAE J2894, το οποίο παρέχει τις συστάσεις χειρισμού του εξοπλισμού φόρτισης για την ποιότητα της ηλεκτρικής ισχύος.

Οι φορτιστές και τα συνδεδεμένα καλώδια εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τα επίπεδα τάσης και ισχύος, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι το πρότυπο επίπεδο φόρτισης διαφέρει ανάλογα με τις περιοχές (π.χ. Βόρεια Αμερική, Ευρώπη). Για παράδειγμα, το βύσμα SAE J1772-2009 μπορεί να παρέχει 16,8 kW (240V, 70A), ενώ το βύσμα VDE-AR-E 02.02.2623 στην Ευρώπη παρέχει έως 43,5 kW (400V, 63A, τριφασικό). Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται το πρότυπο επίπεδο φόρτισης των EV στις ΗΠΑ. Υποθέτοντας ένα 90% της συνολικής ενεργειακής απόδοσης, στον Πίνακα 4 πραγματοποιείται σύγκριση των χαρακτηριστικών χρόνων φόρτισης μιας ποικιλίας EVs.

Πίνακας 3: Πρότυπο επίπεδο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στις Η.Π.Α

	Τάση (VAC)	Ρεύμα (Amps)	Ισχύς (kVA)	Φάση
Επίπεδο 1	120	12	1.44	Μονοφασικό
Επίπεδο 2	208/240	32	6.7/7.7	Μονοφασικό
Επίπεδο 3	240	70	16.8	Τριφασικό

Οι σταθμοί φόρτισης στο επίπεδο 1 και στο επίπεδο 2 μετατρέπουν την ισχύ εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), που παρέχεται από την υπηρεσία, σε ισχύ συνεχούς ρεύματος (DC) με τη βοήθεια του φορτιστή που βρίσκεται επί του οχήματος. Από την άλλη πλευρά, το επίπεδο 3 (ή αλλιώς γνωστή και ως γρήγορη DC φόρτιση) κάνει τη μετατροπή AC/DC μέσω ενός φορτιστή που βρίσκεται εκτός του οχήματος, έτσι ώστε να παρέχεται απευθείας στο όχημα DC τροφοδοσία.

Πίνακας 4:Τυπικός χρόνος φόρτισης EV

Διαμόρφωση EV	Μέγεθος μπαταρίας (kWh)	120 V και 12 Amps	240 V και 32 Amps	480 V και 100 Amps
PHEV-10	4	3h 5m	35m	n/a*
PHEV-20	8	6h 10m	1h 10m	n/a*
PHEV-40	16	12h 20m	2h 20m	63m
BEV	24	18h 30m	3h 30m	1h34m
PHEV Bus	50	n/a*	5h 50m	3h17m

*n/a: δεν εφαρμόζεται

Η φόρτιση του επιπέδου 1 χρησιμοποιεί μια τυποποιημένη μονοφασική έξοδο 120 V για μια σύνδεση τριών ακροδεκτών, η οποία είναι η πιο συνηθισμένη γειωμένη πρίζα οικιακής χρήσης στις ΗΠΑ. Οι χαρακτηριστικές τιμές ρεύματος για αυτές τις υποδοχές είναι μεταξύ 15 και 20 amps. Ανάλογα με τον τύπο της μπαταρίας και τη χωρητικότητα, μπορεί να χρειαστούν 3-20 ώρες για την πλήρη επαναφόρτιση μιας μπαταρίας PHEV/PEV. Εφ' όσον οι τυποποιημένοι ρευματοδότες είναι διαθέσιμοι σχεδόν παντού και ο χρόνος φόρτισης είναι σχετικά μεγάλος, η φόρτιση του επιπέδου 1 είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την ολονύκτια φόρτιση.

Το επίπεδο 2 συνήθως περιγράφεται ως η «πρωτεύουσα» και «τυποποιημένη» μέθοδος τόσο για τις ιδιωτικές όσο και για τις δημόσιες εγκαταστάσεις φόρτισης και προσδιορίζει ένα μονοφασικό κύκλωμα διακλάδωσης με χαρακτηριστικές τιμές τάσης από 208 VAC έως 240 VAC. Σύμφωνα με το πρότυπο SAE J1772, η φόρτιση του Επιπέδου 2 επιτρέπει μέγιστο ρεύμα μέχρι 80 amps AC με διακόπτη 100 amps. Μια πιο χαρακτηριστική τιμή ρεύματος αιχμής θα ήταν τα 32 amps AC με ένα

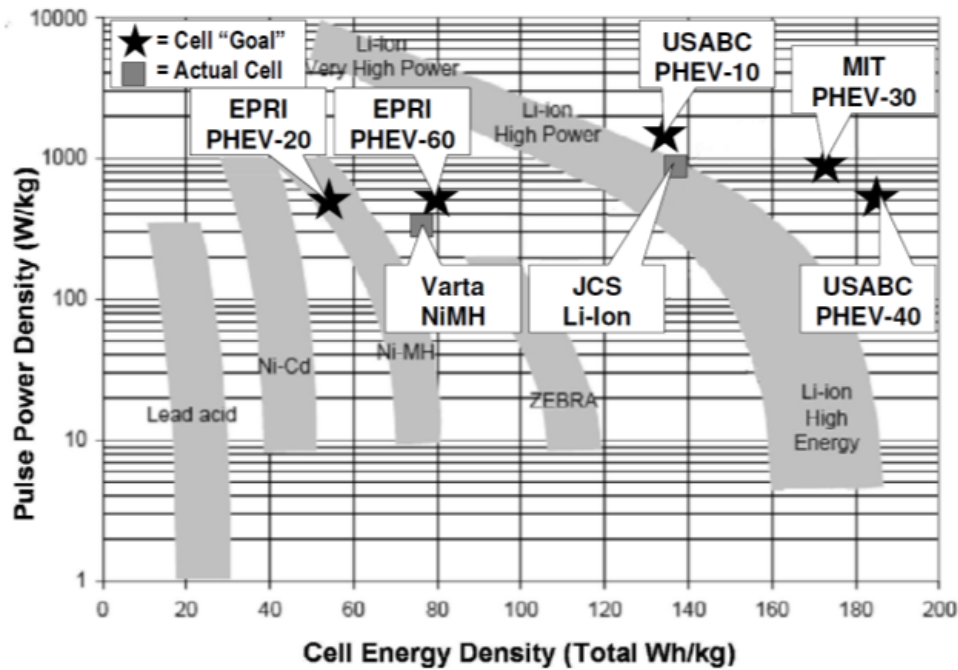
διακόπτη των 40 amps. Αυτό παρέχει περίπου 7,68 kilowatts (kW) με ένα κύκλωμα 240 VAC.

Η φόρτιση του επιπέδου 3 είναι μια DC ταχύρυθμη φόρτιση ανώτερης τάσης για εμπορικές και δημόσιες εφαρμογές και προορίζεται να λειτουργεί με έναν τρόπο παρόμοιο με ένα εμπορικό πρατήριο βενζίνης, στο οποίο η επαναφόρτιση είναι ταχεία [61]. Η φόρτιση του επιπέδου 3 θα μειώνει σημαντικά το χρόνο φόρτισης, επιτρέποντας ταξίδια μεγάλων αποστάσεων. Το μέγιστο ρεύμα που έχει προσδιοριστεί είναι 400 amps. Ο φορτιστής που βρίσκεται εκτός του οχήματος εξυπηρετείται από ένα τριφασικό κύκλωμα 208 VAC, 480 VAC ή 600 VAC.

3.2.2 Τεχνολογία μπαταρίας PHEV / PEV

Δεδομένου ότι η τεχνολογία PHEV / PEV είναι πολλά υποσχόμενη για εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία, λόγω οικονομίας καυσίμου και μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και για πιθανές εφαρμογές στην παραγωγή ενέργειας, διάφορες πτυχές της τεχνολογίας PHEV / PEV όπως η αποθήκευση μπαταρίας και η παρακολούθηση της κατάστασης της μπαταρίας είναι ενεργά μέρη της έρευνας στον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας [53], [54], [62].

Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 15) απεικονίζεται ένα διάγραμμα που παρουσιάζει πεδία για διαφορετικές χημικές συστάσεις προκειμένου να συγκριθούν οι διαφορετικοί τύποι τεχνολογίας μπαταρίας [63]. Οι ζώνες ανοιχτού γκρι παρουσιάζουν την ισχύ και τις δυνατότητες ενέργειας καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των χημικών συστάσεων μολύβδου-οξέος, νικελίου-καδμίου, NiMH, ZEBRA και Li-Ion. Υπάρχουν τρεις μείζονες στόχοι της μπαταρίας PHEV από τρεις διαφορετικές πηγές: 1) το US Advanced Battery Consortium (USABC) [64] 2) το Sloan Automotive Laboratory στο MIT [65] 3) το Electric Power Research Institute (EPRI) [66]. Πολλά ενδεχόμενα που βασίζονται σε διάφορες υποθέσεις μπορούν να βρεθούν μεταξύ των στόχων της μπαταρίας.



Εικόνα 15:Πιθανοί τύποι μπαταρίας (Ragone Plots) [63]

Οι στόχοι USABC θεωρούν πέντε μεγάλες κατηγορίες: την ισχύ, την ενέργεια, τη ζωή, την ασφάλεια και το κόστος [64]. Ο στόχος για την ισχύ του PHEV-10 είναι 830 Watts ανά χιλιόγραμμα (W/kg) και ο στόχος για την ισχύ του PHEV-40 είναι 380 W/kg. Η αντίστοιχη πυκνότητα ενέργειας είναι 100 Wh/kg και 14 Wh/kg. Επίσης, οι στοχευμένες τιμές για τις μπαταρίες είναι \$200 - \$300 ανά κιλοβατώρα (Kwh). Υπάρχουν επακόλουθα μειονεκτήματα μεταξύ αυτών των κύριων κατηγοριών: 1) η υψηλότερη πυκνότητα ισχύος υπόκειται σε υψηλότερη τάση και 2) η υψηλότερη τάση μειώνει την διάρκεια ζωής και την ασφάλεια της μπαταρίας και αυξάνει το κόστος. Από την άλλη πλευρά, η αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας της μπαταρίας θα οδηγήσει σε μείωση της πυκνότητας ισχύος. Σχετικά με τις τεχνολογίες της μπαταρίας, δύο μεγάλες κατηγορίες χημικής σύστασης μπαταρίας είναι κοντά στην επίτευξη των στόχων PEV: Νικελίου Μετάλλων Υβριδίου (NiMH) και Ιόντων Λιθίου (Li-Ion).

Επιπρόσθετα, έχει διεξαχθεί μελέτη στην οποία έχουν συζητηθεί τα συστήματα διαχείρισης μπαταρίας και οι ηλεκτρονικές απαιτήσεις για την μπαταρία PHEV [67]. Οι στόχοι του EPRI για το PHEV-20 είναι επιτεύξιμοι με τη χρήση της υφιστάμενης τεχνολογίας NiMH, ενώ οι στόχοι επιδόσεων του USABC και του MIT είναι πολύ πέρα από τις τρέχουσες δυνατότητες της τεχνολογίας Li-Ion. Ο Πίνακας 5 συγκρίνει ορισμένες κατηγορίες για τις μπαταρίες χημικής σύστασης NiMH και Li-Ion [63]. Οι

τεχνολογίες Li-Ion πραγματοποίησαν τους στόχους για πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος και ενέργειας, επειδή χρησιμοποιούν ελαφρύ υλικό, έχουν τη δυνατότητα να επιτρέπουν υψηλή τάση, και αναμένεται να έχουν χαμηλότερο κόστος. Η μπαταρία NiMH θα μπορούσε να διαδραματίσει ένα προσωρινό ρόλο σε ένα λιγότερο απαιτητικό σχέδιο, αλλά είναι πιθανό ότι οι πτωτικές τιμές της μπαταρίας Li-Ion να αποκλείσουν τη NiMH ακόμα και από αυτόν το ρόλο. Το μειονέκτημα των μπαταριών Li-Ion, ωστόσο, είναι η έλλειψη της μακροζωίας και η ανάγκη για ασφάλεια.

Πίνακας 5: Τεχνολογίες μπαταρίας NiMH εναντίον Li-Ion

	NiMH	Li-Ion
Πυκνότητα ισχύος (W/kg)	250	540
Ενεργειακή πυκνότητα (Wh/kg)	57	94
Κύκλος Ζωής (cycles)	>3000	>3200

Σήμερα, το εμπόδιο για τη μετάβαση στην εποχή που όλα τα οχήματα στους δρόμους θα είναι ηλεκτρικά είναι το γεγονός ότι οι μπαταρίες δεν είναι ικανές να παρέχουν όλες τις ανέσεις που έχουμε συνηθίσει στα οχήματα που κινούνται με κινητήρες εσωτερικής καύσης. Μερικά από τα ζητήματα σχετικά με τις εμπορικά διαθέσιμες μπαταρίες που προορίζονται να εφαρμοστούν σε οχήματα αναφέρονται παρακάτω, αλλά δεν περιορίζονται μόνο σε αυτά: 1) οι πυκνότητες ενέργειας και ισχύος της μπαταρίας χρήζουν περαιτέρω βελτίωσης, 2) η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι ένα θέμα που θα πρέπει να διευθετηθεί, 3) η ασφάλεια της μπαταρίας πρέπει να εξασφαλιστεί, ειδικά κατά τη διάρκεια γρήγορης φόρτισης και όταν κάνει ζέστη, 4) το κόστος της μπαταρίας πρέπει να μειωθεί σημαντικά, 5) οι τεχνολογίες των ηλεκτρονικών ισχύος που διασυνδέουν την μπαταρία με το δίκτυο και τον κινητήρα πρέπει να βελτιωθούν με στόχο την αύξηση της απόδοσης και τη μείωση του βάρους.

3.3 Διαχείριση Ενέργειας

Μια μεγάλη διείσδυση των PHEVs / PEVs στην αγορά επιβάλλει έναν επιπλέον παράγοντα πίεσης στα βιομηχανικά συστήματα. Ένας μεγάλος αριθμός PHEVs / PEVs έχει τη δυνατότητα να απειλήσει τη σταθερότητα του υπάρχοντος συστήματος. Για σύνθετα ηλεκτρικά δίκτυα, η εντατική ανταλλαγή πληροφοριών διευκολύνει την «έξυπνη» διαχείριση της ενέργειας.

Υπάρχουν περίπου 250 εκατομμύρια αυτοκίνητα στις Ηνωμένες Πολιτείες. Μέχρι το έτος 2020, εάν το 10% των οχημάτων στις ΗΠΑ είναι κάποιας μορφής PHEV ή PEV και κάθε όχημα έχει δυνατότητα αποθήκευσης 20 kWh, τα 500 GWh είναι απειλή για τη σημερινή χρησιμότητα, καθώς επίσης και ευκαιρία. Αν δε γίνει σωστή χρήση, η κατάσταση αυτή θα επιφέρει αιχμή στη ζήτηση και μπορεί να προκαλέσει αστάθεια στο δίκτυο. Αν γίνει συνετή χρήση, ωστόσο, αυτά τα οχήματα μπορούν να γίνουν συσκευές αποθήκευσης κατανεμημένης ενέργειας (DESD) και ως εκ τούτου θα μπορούν να συντελέσουν στη μείωση της αιχμής της ζήτησης και κατά συνέπεια να καθυστερήσουν την κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής ενέργειας. Πλήθος εγγράφων έχει επικεντρωθεί στην επίδραση της ενσωμάτωσης των PHEVs / PEVs στο δίκτυο σε ένα περιβάλλον «έξυπνου» δικτύου.

Έχει εκτιμηθεί η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων διείσδυσης των PEV στην επένδυση του δικτύου διανομής καθώς και οι σταδιακές απώλειες ενέργειας [68]. Επίσης, έχει μελετηθεί η ενσωμάτωση των EVs στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας όσον αφορά την τεχνική λειτουργία του δικτύου και την αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας [69]. Σύμφωνα με αυτήν τη μελέτη, το προτεινόμενο πλαίσιο κάλυψε δύο μεγάλα πεδία: την τεχνική λειτουργία του δικτύου και το περιβάλλον των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας. Πολλές προσομοιώσεις παρουσιάστηκαν ώστε να αναδείξουν τις πιθανές επιπτώσεις ή τα πιθανά οφέλη που απορρέουν από την ένταξη των EVs στο δίκτυο. Επιπροσθέτως, έχει αναλυθεί ο αντίκτυπος που έχουν οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας βάσει του χρόνου χρήσης στις μορφές διανομής φορτίου με τη διείσδυση των PHEV [70]. Επιπλέον, διαμορφώθηκε και αναλύθηκε η ζήτηση φορτίου που οφείλεται στη φόρτιση της μπαταρίας των EV στα συστήματα διανομής [71]. Επίσης, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένας ελεγκτής πραγματικού χρόνου και ευρέος πεδίου για να βελτιώσει τη σταθερότητα του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας με τα PHEVs [72]. Ακόμα, αξιολογήθηκαν οι επιπτώσεις της φόρτισης των PHEVs σε ένα δίκτυο διανομής κατοικημένης περιοχής [73]. Περαιτέρω,

αξιολογήθηκε και η επίδραση της ένταξης των PHEVs / PEVs σε δίκτυα ενέργειας για διάφορα σενάρια φόρτισης [74]. Επιπρόσθετα, διεξήχθη έρευνα σχετικά με τις διάφορες πτυχές του τρόπου με τον οποίο τα PHEVs θα μπορούσαν να επηρεάσουν το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και ειδικότερα δόθηκε έμφαση στην υποδομή του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας [75]. Τέλος, καθιερώθηκε μια σειρά από σαφώς καθορισμένα φορτία EV τα οποία ακολούθως χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση της χρήσης και της αποθήκευσης της ηλεκτρικής τους ενέργειας στο πλαίσιο των περισσότερων ηλεκτροκίνητων οδικών μεταφορών [76].

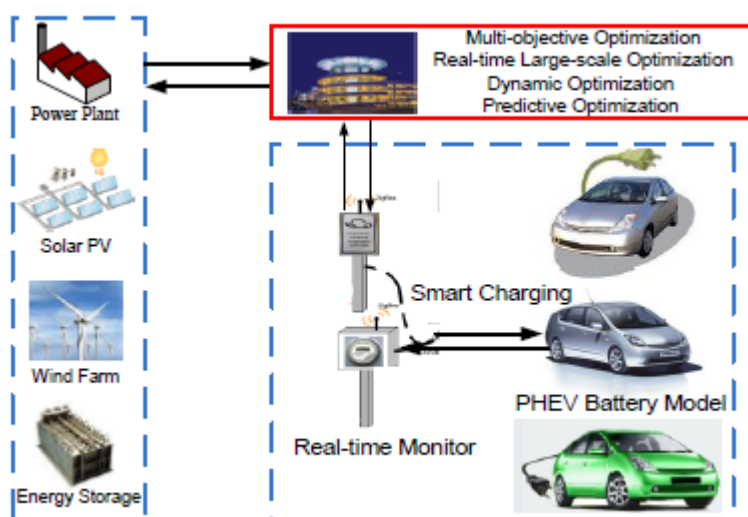
Ανάλογα με τις θέσεις των εγκαταστάσεων φόρτισης, ο έλεγχος της φόρτισης των PHEV μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε δύο ομάδες: 1) φόρτιση στο σπίτι 2) φόρτιση σε δημόσιο χώρο.

Οι περισσότερες φορτίσεις PHEV/PEV αναμένονται να λαμβάνουν χώρα σε δημόσιες εγκαταστάσεις φόρτισης. Η διαχείριση του συνολικού φορτίου σε μια δημόσια εγκατάσταση φόρτισης πρέπει να γίνει προσεκτικά, ώστε να αποφευχθούν οι διακοπές όταν αρκετές χιλιάδες PHEVs / PEVs εισάγονται στο σύστημα σε σύντομο χρονικό διάστημα (π.χ. κατά τις πρώτες πρωινές ώρες, όταν οι άνθρωποι φτάνουν στους χώρους εργασίας τους). Για να μεγιστοποιηθεί η ικανοποίηση των πελατών και να ελαχιστοποιηθούν οι διαταραχές στο δίκτυο, ένας εξελιγμένος ελεγκτής θα πρέπει να σχεδιαστεί σωστά για να ρυθμίζει πολλά φορτία μπαταρίας για μία ομάδα PHEVs/PEVs. Αυτός ο ελεγκτής πρέπει να λαμβάνει υπόψη τους περιορισμούς που υπάρχουν σε πραγματικές συνθήκες (π.χ. τις παραλλαγές της επικοινωνίας και της υποδομής μεταξύ των επιμέρους οχημάτων). Ο ελεγκτής πρέπει, επίσης, να λαμβάνει υπόψη τις διαφορές στη χωρητικότητα ενέργειας, καθώς και τον αριθμό των PHEVs/PEVs στο χώρο στάθμευσης. Καθώς η μαζική υιοθέτηση των EVs προχωρά, τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας σε δημόσιους σταθμούς φόρτισης μπορούν να επιτρέπουν στη δημόσια υπηρεσία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας τον έλεγχο των χρόνων φόρτισης, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα και η αξιοποίηση των υφιστάμενων μετασχηματιστών.

Στην Εικόνα 16 απεικονίζεται σχηματικά μια οραματισμένη αρχιτεκτονική ενός PHEV/PEV μεγάλης κλίμακας σε υποδομή φόρτισης μέσα σε ένα περιβάλλον «έξυπνου» δικτύου. Όπως φαίνεται, το προτεινόμενο σύστημα αποτελείται από τρία βασικά υποσυστήματα: 1) Τροφοδοσία από δημόσια υπηρεσία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας τοπικής κλίμακας, 2) Ένας «ευφυής» Συναθροιστής/Διαχειριστής δικτύου, 3) PHEV/PEV με σύστημα

διαχείρισης μπαταρίας που βρίσκεται πάνω στο όχημα, φορτιστές μπαταριών και πελάτες. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας και το δίκτυο επικοινωνιών συμβολίζονται με το μαύρο βέλος.

Η ενότητα που ακολουθεί θα επικεντρωθεί στο δεύτερο υποσύστημα, το οποίο περικλείεται στο κόκκινο πλαίσιο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Το σύστημα διαχείρισης της ενέργειας πρέπει να χειριστεί όχι μόνο στατική βελτιστοποίηση (π.χ. βελτιστοποίηση ενός μόνο αντικειμένου με δοσμένους ορισμένους περιορισμούς), αλλά θα χειριστεί επίσης βελτιστοποίηση πολλαπλών αντικειμένων (π.χ. ενεργειακό προγραμματισμό πολλαπλών αντικειμένων: ελαχιστοποίηση της χρήσης ενέργειας, ελαχιστοποίηση της ζήτησης αιχμής, ελαχιστοποίηση του κόστους χρέωσης, μεγιστοποίηση των προτιμήσεων των πελατών κ.λπ.), δυναμική βελτιστοποίηση (π.χ. λειτουργία plug-and-play), και προβλεπτική βελτιστοποίηση (π.χ. πρόβλεψη με βήμα N-χρόνου μπροστά).



Εικόνα 16:Μια οραματισμένη αρχιτεκτονική ενός PHEV/PEV μεγάλης κλίμακας που τροφοδοτείται σε υποδομές φόρτισης σε ένα περιβάλλον "έξυπνου" δικτύου

3.3.1 «Έξυπνη» Διαχείριση Ενέργειας

Μέσω της «έξυπνης» διαχείρισης της ενέργειας των PHEVs/PEVs, οι υπηρεσίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν επίσης να μειώσουν την ανάγκη για νέες γενιάς δαπανηρές εγκαταστάσεις μεταφοράς και διανομής μετατοπίζοντας και ελέγχοντας τη ζήτηση φορτίου που προκαλείται από τα EVs. Για να επιτευχθεί η «έξυπνη» διαχείριση της ενέργειας στις δημόσιες εγκαταστάσεις φόρτισης, ένα

πλήθος αντικειμενικών συναρτήσεων μπορούν να διαμορφωθούν ανάλογα με τις προτιμήσεις του χρήστη. Για παράδειγμα, το αντικείμενο θα μπορούσε να είναι η μεγιστοποίηση των οφελών των πελατών ακολουθώντας διαχείριση από πλευράς ζήτησης [77], [78]. Σε μελέτη που διεξήχθη, διατυπώθηκε η αντικειμενική συνάρτηση ως η μεγιστοποίηση της μέσης κατάστασης φόρτισης (State-of-Charge, SOC) για όλα τα οχήματα στο επόμενο χρονικό βήμα [55], [79]. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η προτεινόμενη συνάρτηση αποσκοπεί να εξασφαλίσει δικαιοσύνη στην SOC-διανομή σε κάθε χρονικό βήμα. Αυτό θα βοηθήσει να διασφαλιστεί ένα λογικό επίπεδο ισχύος της μπαταρίας, ακόμη και αν τα οχήματα αναχωρούν νωρίς. Οι ερευνητές πρότειναν μια ακολουθία αλγορίθμων βελτιστοποίησης που βασίζονται στην υπολογιστική «ευφυΐα» για να επιτευχθεί η βέλτιστη κατανομή ισχύος. Επίσης, άλλοι ερευνητές πρότειναν το σύστημα ενεργειακών κόμβων βασισμένο σε πολλούς παράγοντες για την ενσωμάτωση των PHEVs και μελέτησαν τη συμπεριφορά επαναφόρτισης για έναν μεγάλο αριθμό PHEVs λαμβάνοντας υπόψη δυναμικές τιμές [80]. Επιπλέον, σε μια άλλη μελέτη, δόθηκε η αντικειμενική συνάρτηση για την ελαχιστοποίηση των απωλειών ισχύος και των αποκλίσεων της τάσης στα συστήματα διανομής [73]. Επίσης, έχουν επινοηθεί τρεις αντικειμενικές συναρτήσεις για την ελαχιστοποίηση των απωλειών, τη μεγιστοποίηση του συντελεστή φορτίου και την ελαχιστοποίηση της διακύμανσης του φορτίου [81]. Η συντονισμένη φόρτιση των PHEVs μπορεί να ελαχιστοποιήσει τις επιπτώσεις στα συστήματα διανομής. Σε μελέτη που διεξήχθη, δημιουργήθηκε, επίσης, ένα πρόβλημα δέσμευσης μονάδας με σκοπό να ελαχιστοποιήσει και το κόστος λειτουργίας και το κόστος εκπομπών λαμβάνοντας υπόψη ορισμένους περιορισμούς συστήματος [82]. Επιπρόσθετα, έχει διατυπωθεί και μια αντικειμενική συνάρτηση για τη μεγιστοποίηση των κερδών για τους ιδιοκτήτες των οχημάτων, ικανοποιώντας παράλληλα τους περιορισμούς τόσο του συστήματος όσο και των ιδιοκτητών των οχημάτων [83]. Τέλος, έχει προταθεί ενεργειακός προγραμματισμός βασισμένος στην υπολογιστική «ευφυΐα» σε δημοτικό χώρο στάθμευσης PHEV/PEV μέσω βελτιστοποιήσεων πολλαπλών αντικειμένων (δηλαδή της ελαχιστοποίησης της ζήτησης αιχμής, της ελαχιστοποίησης του κόστους χρέωσης και της μεγιστοποίησης των προτιμήσεων του χρήστη) [84].

3.3.2 Παροχή Επικουρικών Υπηρεσιών

Το συνολικό φορτίο EV μπορεί να προσφέρει βοηθητικές υπηρεσίες όπως ο έλεγχος της τάσης, η ρύθμιση της συχνότητας, η στρεφόμενη και η μη στρεφόμενη εφεδρεία [85]. Οι βοηθητικές υπηρεσίες υποστηρίζουν τη διαβίβαση της ηλεκτρικής ενέργειας από τον πωλητή στον αγοραστή δεδομένων των υποχρεώσεων των περιοχών ελέγχου και τη διαβίβαση υπηρεσιών κοινής ωφέλειας εντός των περιοχών ελέγχου για να διατηρήσουν αξιόπιστες τις λειτουργίες του διασυνδεδεμένου συστήματος μεταφοράς (Ομοσπονδιακή Ρυθμιστική Επιτροπή Ενέργειας). Έχει γίνει μελέτη και έχει προταθεί μέσα από αυτήν ένας βέλτιστος συναθροιστής V2G (Vehicle-to-Grid) για υπηρεσίες ρύθμισης της συχνότητας [86]. Επιπλέον, έχει καταγραφεί σε αναφορά αλγόριθμος ρύθμισης μονής κατεύθυνσης για χρήση από ένα συναθροιστή [87]. Σύμφωνα με τους συγγραφείς της αναφοράς, η ρύθμιση μπορεί να πραγματοποιηθεί από ένα μεμονωμένο EV μεταβάλλοντας το ποσοστό φόρτισής του γύρω από ένα σημείο ρύθμισης που ονομάζεται το προτιμώμενο σημείο λειτουργίας (POP), το οποίο έχει προγραμματιστεί μαζί με το σύστημα. Επίσης, έχει προταθεί μια νέα τεχνική για την ανάλυση των τομέων της ηλεκτρικής ενέργειας και των μεταφορών σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο πλαίσιο, προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια περιβαλλοντικά και οικονομικά βιώσιμη ένταξη των PHEVs στο ηλεκτρικό δίκτυο, λαμβάνοντας υπόψη τις πιο σχετικές αβεβαιότητες σχεδιασμού [88]. Τέλος, έχει προταθεί ένα πλαίσιο Πρότυπου Προβλεπτικού Ελέγχου (MPC) για τη διαχείριση και την κατανομή πρόσθετης εφεδρικής δυναμικότητας ελέγχου από τους στόλους των PHEV [89].

3.3.3 Υποστήριξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Καθώς τα EVs επιτρέπουν τη διαμόρφωση του φορτίου για τη βέλτιστη αξιοποίηση της εγκατεστημένης δυναμικότητας παραγωγής, επιτρέπουν επίσης μεγαλύτερη διείσδυση των διαλειπουσών πηγών ενέργειας προγραμματίζοντας τα ηλεκτρικά φορτία να συμπίπτουν με τις περιόδους ισχυρών ανέμων ή μεγάλης ηλιοφάνειας [56]. Τα EVs θα εξυπηρετούν την πλειοψηφία των αναγκών για την ενσωμάτωση της αιολικής ενέργειας στο σύστημα ισχύος [90]. Σε μελέτη έχει προταθεί ποικιλία μεθόδων ελέγχου του στόλου [91]. Ένα από τα σχέδια φόρτισης, η φόρτιση με σήματα από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, βασίζεται στην παραδοχή ότι

ο στόλος που συνδέεται στην πρίζα μπορεί να φορτιστεί αποκλειστικά με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας - με τα οχήματα να ενεργούν ως ενεργειακές καταβόθρες.

3.4 Τεχνολογία Όχημα-προς-Δίκτυο (V2G)

Η V2G τεχνολογία είναι μια πολύ ελπιδοφόρα ευκαιρία για την υιοθέτηση των EVs. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει μια αμφίδρομη σχέση τροφοδοσίας μεταξύ του στόλου των EVs και των ηλεκτρικών δικτύων. Μια αποτελεσματική συναλλαγή ισχύος μεταξύ του οχήματος και του δικτύου απαιτεί την ανταλλαγή πολλών πληροφοριών μεταξύ του οχήματος, του σταθμού φόρτισης και της υπηρεσίας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πληροφορίες αυτές περιλαμβάνουν όχι μόνο τεχνικά δεδομένα, όπως είναι η κατάσταση της μπαταρίας, αλλά και οικονομικά δεδομένα σχετικά με την τιμή της ενέργειας καθώς και στατιστικά στοιχεία σχετικά με τη διαθεσιμότητά της.

3.4.1 Αγορά V2G

Σε μελέτη που διεξήχθη, διατυπώθηκαν μαθηματικές εξισώσεις για τον υπολογισμό της δυναμικότητας για την ισχύ του δικτύου από τους στόλους των οχημάτων [92]. Οι ερευνητές της ίδιας μελέτης αξιολόγησαν τα έσοδα και τα έξοδα για την περίπτωση στην οποία αυτά τα οχήματα προμηθεύουν με ηλεκτρική ενέργεια τέσσερις κατηγορίες ηλεκτρικού φορτίου (βασικού φορτίου, αιχμής, στρεφόμενης εφεδρείας και ρύθμισης). Σύμφωνα με τους αναλυτές, η V2G ισχύς δεν μπορεί να ανταγωνιστεί με τη χαμηλή τιμή της αγοράς ισχύος βασικού φορτίου. Επιπλέον, είναι οικονομικά αποδοτική στην αγορά ισχύος αιχμής σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, όταν η ισχύς αιχμής είναι ασυνήθιστα υψηλή και η ενεργειακή ικανότητα του στόλου μπορεί να υποστηρίξει αυτή την ισχύ για 3-5 ώρες. Παρ'όλα αυτά, η λογική της μηχανικής και τα οικονομικά κίνητρα για V2G ισχύ στην αγορά της στρεφόμενης εφεδρείας και της ρύθμισης είναι θέματα που τραβούν την προσοχή. Τα αποτελέσματα αυτά βασίζονται κυρίως σε διάφορες μελέτες περιπτώσεων, ιδιαίτερα σε μια έρευνα για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στην Καλιφόρνια [93]. Η εκτίμηση των εσόδων και του κόστους σε αυτήν την έρευνα είναι πιο περιεκτική και ακριβής από τις προηγούμενες μεθόδους, χρησιμοποιώντας τα κόστη που

αποφεύγονται και τις λιανικές τιμές ανάλογα με το χρόνο χρήσης [94], [95]. Το κόστος που αποφεύγεται από τη δημόσια υπηρεσία είναι ίσο με τις επιλογές γενιάς ελάχιστου κόστους. Όλα τα εκτιμώμενα κόστη και έσοδα σε αυτές τις μελέτες βασίζονται στις τρέχουσες συμβάσεις της αγοράς ισχύος. Έχει διερευνηθεί, επίσης, η ιδέα ότι τα εμπόδια για τη μετάβαση στη V2G τεχνολογία δεν είναι απλώς τεχνικά, αλλά σχετίζονται περισσότερο με κοινωνικές και πολιτιστικές αξίες, επιχειρηματικές πρακτικές και πολιτικά συμφέροντα [96]. Αυτές οι κοινωνικο-τεχνικές δυσκολίες μπορούν εύκολα να ανακαλυφθούν μέσω της ανασκόπησης της ιστορίας των άλλων ενεργειακών μεταβάσεων, ιδιαίτερα στην ιστορία των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας [96].

3.4.2 V2G Υπηρεσίες

3.4.2.1 Επικουρικές Υπηρεσίες

Η στρεφόμενη εφεδρεία και η ρύθμιση της συχνότητας είναι το καλύτερο σημερινό πεδίο εφαρμογής για V2G. Στις περιπτώσεις αυτές, αν και η πληρωμή για την παρεχόμενη ισχύ δεν είναι αξιοσημείωτη, τα οχήματα πληρώνονται λόγω της διαθεσιμότητάς τους στο δίκτυο (πληρωμή δυναμικότητας). Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα οχήματα είναι σε χρήση μόνο για το 4% της διάρκειας της ημέρας, το γεγονός ότι πληρώνονται για το υπόλοιπο 96% δίνει ένα σημαντικό πλεονέκτημα στον ιδιοκτήτη [92]. Επίσης, η ταχύρυθμη φόρτιση / εκφόρτιση της μπαταρίας κάνει το V2G μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για τη ρύθμιση της συχνότητας του δικτύου [92]. Μια μελέτη που έλαβε χώρα στη Σουηδία και τη Γερμανία δείχνει ότι μόνο με το 5,5% των στόλων οχημάτων στη Γερμανία και με το 4,2% στη Σουηδία να συμμετέχει στη ρύθμιση ισχύος, η συνολική ζήτηση για να ρυθμιστεί η ισχύς είναι εφικτή [97]. Επιπλέον, έχει εκτιμηθεί η επίδραση της αυξανόμενης ηλεκτροκίνησης των οδικών οχημάτων ιδιωτικής χρήσης στα τοπικά φορτία στο Ηνωμένο Βασίλειο [98]. Στη συνέχεια, ερευνήθηκε η πιθανή ένταξη του οχήματος στις περιοχές με κατοικίες μέσω της τεχνολογίας V2G. Επιπροσθέτως, έχει επιδειχθεί εφαρμογή V2G για τα οχήματα στην Καλιφόρνια και εκτιμάται ότι η ετήσια ακαθάριστη αξία που παρέχεται από PHEVs σε μια αγορά ισχύος ρυθμίσεως βρίσκεται μεταξύ \$ 3038 και \$ 5038 [99]. Έχει διεξαχθεί έρευνα χρησιμοποιώντας δεδομένα από το Διαχειριστή Ανεξάρτητων Συστημάτων Νέας Υόρκης (NYISO) για την ανατολική περιοχή της

Νέας Υόρκης, στην οποία προτάθηκε ένα πρόγραμμα διπλής χρήσης της ρύθμισης V2G σε καθημερινή βάση και μείωση της αιχμής τις ημέρες που έχουν υψηλή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας [100]. Μια άλλη μελέτη πρότεινε ένα συναθροιστή για τη V2G ρύθμιση συχνότητας που την καθιστά πιο αποτελεσματική [86]. Επιπρόσθετα, έχει προταθεί ένας ελεγκτής ευρείας περιοχής (WAC) για να παρέχει απόσβεση σε τρεις γεννήτριες σε ένα σύστημα ισχύος με PEVs [72]. Σε αυτήν τη μελέτη είχε αποδειχθεί η βελτίωση στην σταθερότητα του συστήματος ισχύος με την ενσωμάτωση των PEVs χρησιμοποιώντας παροδικές προσομοιώσεις και αναλύσεις Prony. Επίσης, έχει διεξαχθεί έρευνα η οποία πρότεινε Βελτιστοποίηση Πλήθους Σωματιδίων (Particle Swarm Optimization-PSO), μέθοδος που βασίζεται στην επίλυση της Δέσμευσης Μονάδας (Unit Commitment-UC) λαμβάνοντας υπόψη τόσο το κόστος όσο και τη μείωση των εκπομπών [82]. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, μια ισορροπημένη υβριδική PSO βελτιστοποιεί τον αριθμό των οχημάτων με δυνατότητα V2G σε ένα χώρο στάθμευσης μεγάλης κλίμακας. Οι συγγραφείς ανέλυσαν, επίσης, την εφαρμογή της UC με V2G σε πραγματικές συνθήκες. Επιπλέον, έχει επινοηθεί ένας αλγόριθμος για τη ρύθμιση μονής κατεύθυνσης [87]. Από τους ίδιους ερευνητές βρέθηκε και αλγόριθμος μεγιστοποίησης κέρδους συναθροιστή με προαιρετικό φορτίο συστήματος και περιορισμούς τιμών που είναι ανάλογοι με τους «έξυπνους» αλγόριθμους φόρτισης. Τέλος, έχει επιτευχθεί η βέλτιστη διαχείριση ενέργειας για PHEV / PEV που ενεργοποίησε τις εγκαταστάσεις φόρτισης με ικανότητα Όχημα-προς-Δίκτυο (V2G) [101]. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, ο στόχος είναι η μεγιστοποίηση των καθαρών εσόδων όλων των οχημάτων κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 24 ωρών, λαμβάνοντας υπόψη τη συναλλαγή ενέργειας, τα κίνητρα της ρύθμισης, το κόστος της υποβάθμισης της μπαταρίας και το πρόσθετο λειτουργικό κόστος.

3.4.2.2 Ανανεώσιμη Ενέργεια

Το V2G διευκολύνει την εύκολη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με τον προγραμματισμό της διαδικασίας φόρτισης / εκφόρτισης να συμπίπτει με τις περιόδους ισχυρών ανέμων ή μεγάλης ηλιοφάνειας. Οι διαλείψεις των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να αντιμετωπιστούν είτε με την εφεδρεία είτε με την αποθήκευση. Όσον αφορά το V2G, η εφεδρεία παρέχεται από τα τροφοδοτούμενα οχήματα (με γεννήτρια κυψελών καυσίμου και υβριδική λειτουργία γεννήτριας

κινητήρα) και η αποθήκευση παρέχεται από τα EVs [25]. Το όχημα που συνδέεται στην πρίζα (Plug-in Vehicle-PV) έχει έναν αρκετά προβλέψιμο ημερήσιο κύκλο, που είναι λίγες ώρες πριν από την αιχμή φορτίου – η μέγιστη ισχύς του PV είναι το ηλιακό μεσημέρι και η αιχμή φορτίου είναι από τη μέση έως αργά το απόγευμα [25]. Ως εκ τούτου, μια απλή στρατηγική για την ενσωμάτωση των PV στο δίκτυο είναι η αντιμετώπιση του φορτίου αιχμής με τη μετατόπισή του λίγες ώρες πίσω στην ηλιακή αιχμή χρησιμοποιώντας υποστήριξη V2G. Εκτιμάται ότι για την υποστήριξη 162 GW, το 1/5 της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος των ΗΠΑ με τα PV, 23 εκατομμύρια οχήματα (13% του στόλου), πρέπει να είναι διαθέσιμα για V2G [25]. Για την αιολική ενέργεια, η διαλείπουσα λειτουργία είναι πιο περίπλοκη και έχει πολλές διακυμάνσεις. Επιπλέον, έχει διερευνηθεί η απαιτούμενη δυναμικότητα V2G για την υποστήριξη της ισχύος ρυθμίσεως, της στρεφόμενης εφεδρείας και της ισχύος βασικού φορτίου με την αιολική ενέργεια στις ΗΠΑ [25]. Στη Δανία αναπτύχθηκε σύστημα ισχύος με συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (CHP) [102]. Η συνύπαρξη EVs και V2G επιτρέπει την ενσωμάτωση υψηλότερων επιπέδων αιολικού ηλεκτρισμού, χωρίς υπερβολική ηλεκτρική παραγωγή, και μειώνει σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Σε έρευνα που διεξήχθη, μελετήθηκε η αποθήκευση της μπαταρίας των EV αντιπροσωπεύοντας ένα σύστημα V2G για μακροπρόθεσμες προσομοιώσεις [103]. Οι ανάγκες της ρύθμισης είναι σημαντικά μειωμένες σε σχέση με αυτές των συμβατικών γεννητριών λόγω των ταχύτερων χαρακτηριστικών της ρύθμισης στην αποθήκευση μπαταρίας των EV. Τέλος, έχει επινοηθεί ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο που ονομάζεται Διαχειριστής Δικτύου Ηλεκτρικής Επαναφόρτισης (Electric Recharge Grid Operator-ERGO), που δημιουργεί μια αγορά για συντονισμένη παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές [104]. Αυτό το μοντέλο μετατρέπει τα EVs σε συσκευές διανεμημένης αποθήκευσης χρησιμοποιώντας κατανεμημένη παραγωγή ενέργειας V2G.

3.4.3 V2G Προκλήσεις

Παρά το γεγονός ότι το V2G είναι μια πολλά υποσχόμενη ιδέα, τα ακόλουθα δύο μείζονα θέματα θα μπορούσαν να καθυστερήσουν τη βραχυπρόθεσμη εφαρμογή της στον πραγματικό κόσμο: 1) μια υποδομή συστήματος ενεργοποιημένη από αμφίδρομη επικοινωνία, και 2) ένα αναπόδεικτο επιχειρηματικό μοντέλο και η

αναπόδεικτη οικονομική αιτιολόγηση. Όπως συζητήθηκε στο υποκεφάλαιο 3.2, η τεχνολογία μπαταριών των EVs δεν είναι έτοιμη για μια συχνή εναλλαγή μεταξύ των λειτουργιών φόρτισης / εκφόρτισης. Το υψηλό κόστος ευκαιρίας των μπαταριών εμποδίζει το V2G να γίνει πραγματικότητα. Ο έλεγχος της αμφίδρομης ροής ισχύος είναι από τις βασικές τεχνολογίες που θα επιτρέψουν να γίνει εφικτό το V2G. Ένα αξιόπιστο δίκτυο αμφίδρομης επικοινωνίας είναι άκρως απαραίτητο για να ενεργοποιηθεί η τεχνολογία V2G. Σε μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί, συζητήθηκε η αναπόδεικτη οικονομική αιτιολόγηση για τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας και τον πελάτη [56]. Σύμφωνα με τους αναλυτές, δεν είναι ακόμη σαφές κατά πόσον τα οικονομικά κίνητρα δικαιολογούν το V2G από τη σκοπιά της υπηρεσίας κοινής ωφέλειας. Υπάρχουν διάφορα ζητήματα (π.χ. η τεχνολογία της μπαταρίας, η έλλειψη υποστήριξης για τις τεχνολογίες «έξυπνου» δικτύου, η πολυπλοκότητα του συστήματος διανομής που απαιτείται) που εμποδίζουν την ανάπτυξη του V2G. Επίσης, έχει προταθεί μια αμφίδρομη επαγωγική διασύνδεση τροφοδοσίας για τη διευκόλυνση της τεχνολογίας V2G [105]. Τέλος, έχει αναλυθεί η επίδραση της αρχιτεκτονικής επικοινωνίας στις V2G επικουρικές υπηρεσίες όσον αφορά τη διαθεσιμότητα, την αξιοπιστία και την αξία των επικουρικών υπηρεσιών που παρέχονται από το όχημα [106].

Λόγω της φύσης των V2G προκλήσεων για την πραγματική εμπορική ανάπτυξη σε αυτό το στάδιο, υπάρχουν πολλά ενδιάμεσα βήματα που μπορούν να μεσολαβήσουν, πριν το όραμα αυτό αποδώσει καρπούς. Τα πιθανά τρία στάδια είναι τα εξής:

«Έξυπνη» Φόρτιση (V1G): Ο ρυθμός φόρτισης του οχήματος ελέγχεται εξ αποστάσεως με βάση τις συνθήκες του δικτύου και τις προτιμήσεις του χρήστη. Τα οφέλη περιλαμβάνουν: 1) Φόρτιση που βασίζεται στο χρόνο χρήσης/στη σχέση πραγματικού χρόνου-τιμής για να μειώσει το συνολικό κόστος φόρτισης, 2) Μείωση του πρόσθετου φορτίου σε ώρες αιχμής (φορτίο ως εφεδρικό απόθεμα), 3) Ευκολότερη ενσωμάτωση στο δίκτυο της διαλείπουσας παραγωγής ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο αέρας και ο ήλιος.

Όχημα-προς-Κτίριο (V2B): Εκτός από το V1G, ο φορτιστής θα είναι σε θέση να έχει αμφίδρομη σχέση τροφοδοσίας με την εγκατάσταση φόρτισης στην οποία είναι συνδεδεμένος. Το V2B προσφέρει πρόσθετα οφέλη: 1) Παροχή εφεδρικής ισχύος, 2) Διασφάλιση υψηλής ποιότητας ισχύος για τα κτίρια, 3) Παροχή ισχύος στο κτίριο όταν η ισχύς του δικτύου είναι δαπανηρή.

Όχημα-προς-Δίκτυο (V2G): Στο τελικό στάδιο, το V2G επιτρέπει στο όχημα να έχει αμφίδρομη σχέση τροφοδοσίας με το δίκτυο. Ένα τέτοιο σύστημα θα απαιτούσε συνεχή αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του φορτιστή και του δικτύου. Όπως έχει προαναφερθεί, το V2G προσφέρει: 1) Επικουρικές υπηρεσίες σταθεροποίησης του δικτύου (έλεγχος άεργου ισχύος και τάσης, αντιστάθμιση απωλειών, ενεργειακή ανισορροπία), 2) Ευκολότερη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, εξασφαλίζοντας υψηλή ποιότητα ισχύος από τις πηγές, 3) Παροχή ισχύος στο δίκτυο, όταν αυτό είναι οικονομικά βιώσιμο.

3.5 Απαιτήσεις Επικοινωνίας

Η υποδομή της επικοινωνίας του «έξυπνου» δικτύου έχει διερευνηθεί πρόσφατα σε μεγάλο βαθμό [107], [108], [109], [110], [111]. Σε γενικές γραμμές, το δίκτυο επικοινωνιών μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως: Δίκτυο Ευρείας Περιοχής (Wide Area Network-WAN), Δίκτυο Περιοχής Πεδίου (Field Area Network-FAN), Δίκτυο Περιοχής Κατοικίας (Home Area Network-HAN). Ανάλογα με τις θέσεις των εγκαταστάσεων φόρτισης (π.χ. κατοικία, δημόσιος χώρος στάθμευσης), η απαιτούμενη αρχιτεκτονική του δικτύου σχετίζεται με τα FAN και HAN. Το FAN διαμορφώνει την εγκατάσταση των επικοινωνιών για το σύστημα διανομής. Οι ηλεκτρικοί αισθητήρες και οι «έξυπνοι» μετρητές στους σταθμούς φόρτισης PHEV / PEV μπορούν να παρακολουθούν και να ανταλλάσσουν πληροφορίες με το κέντρο ελέγχου μέσω του FAN. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με το κριτήριο αν βασίζονται στο πεδίο ή στον πελάτη με διαφορετικές κρίσιμες απαιτήσεις [112]. Το HAN ουσιαστικά εφαρμόζεται στην κυριότητα του πελάτη για να καθιστά ικανές κάποιες λειτουργίες «Έξυπνου» Δικτύου, όπως είναι η Διαχείριση της Ζήτησης και η Υποδομή Προηγμένης Μέτρησης (Advanced Metering Infrastructure-AMI). Η AMI είναι σε θέση να παρακολουθεί την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο και να ελέγχει μια ποικιλία μηχανημάτων και συσκευών μέσα στις εγκαταστάσεις του πελάτη μέσω αμφίδρομης επικοινωνίας. Όσον αφορά τους πελάτες, το AMI τους επιτρέπει να έχουν πρόσβαση στη δική τους κατανάλωση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Από την πλευρά των υπηρεσιών κοινής ωφελείας, το AMI συλλέγει τη χρήση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο και τις πληροφορίες για τις τιμές για να υλοποιηθούν οι εφαρμογές «Έξυπνου» Δικτύου.

3.5.1 Ανάγκες της Επικοινωνίας

Έχει δημοσιοποιηθεί αναφορά από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ η οποία δίνει μια εκτενή επισκόπηση των οφελών του «Έξυπνου» Δικτύου και των αναγκών της επικοινωνίας [57]. Έχουν παρουσιαστεί σε προηγούμενο υποκεφάλαιο οι συγκεκριμένες προκλήσεις και ευκαιρίες που παρουσιάζονται από τα Ηλεκτρικά Οχήματα. Η επαναφόρτιση των μπαταριών των PHEV / PEV αποτελεί μια πρόσθετη μεγάλη ζήτηση φορτίου στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά αυτό μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να μειωθεί το κόστος φόρτισης και η ζήτηση αιχμής [80]. Ένα αξιόπιστο δίκτυο επικοινωνίας είναι απαραίτητο για να καταστεί δυνατή η επιτυχής ένταξη ενός μεγάλου αριθμού των PHEVs / PEVs. Για να είναι διαθέσιμες οι τιμές για τους πελάτες των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας ή τα προγράμματα ειδικά για τους πελάτες με PHEVs / PEVs, οι επιχειρήσεις αυτές θα πρέπει να προσφέρουν ειδικές υπηρεσίες για αυτούς τους πελάτες. Οι υπηρεσίες αυτές περιλαμβάνουν τη δυνατότητα να εγγράφουν, να καταγράφουν και να στήνουν εξ αρχής τις επικοινωνίες μεταξύ του οχήματος και της επιχείρησης κοινής ωφέλειας ή ενός Προμηθευτή Εναλλακτικής Ενέργειας (AES) (στήνονται μια φορά), να αποκαθιστούν επανειλημμένως τις επικοινωνίες για κάθε συνεδρία φόρτισης PHEV/PEV (επανάληψη των επικοινωνιών και εκ νέου επανασύνδεση), να παρέχουν πληροφορίες για την κατάσταση φόρτισης του PHEV/PEV (καθώς και για άλλες καταστάσεις) στα κανάλια πληροφόρησης των πελατών (π.χ. διαδίκτυο, συσκευές απεικόνισης), και να στέλνουν σωστά το λογαριασμό στους πελάτες με PEV σύμφωνα με τις επιλεγμένες χρεώσεις ή τα προγράμματά τους [113]. Όπως και με την κατ' οίκον φόρτιση, η δημόσια φόρτιση θα πρέπει να ταιριάζει με την προσφορά και τη ζήτηση, ενδεχομένως με υψηλή ταχύτητα και ακρίβεια, σε αντίθεση με την κατ' οίκον φόρτιση, καθώς οι ιδιοκτήτες των οχημάτων κατά πάσα πιθανότητα θα θέλουν να αποφύγουν μεγάλη καθυστέρηση από τη στιγμή που το όχημα συνδέεται στην τροφοδοσία [57]. Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται κυρίως οι απαιτήσεις επικοινωνίας για δημόσιες εγκαταστάσεις φόρτισης. Εκτιμάται ότι το εύρος ζώνης τόσο για σκοπούς εξισορρόπησης φορτίου όσο και για σκοπούς χρέωσης θα είναι μεταξύ 9.6 kilobits ανά δευτερόλεπτο (kbps) και 56 kbps [57].

3.5.2 Πιθανά Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

Σε συνέδριο που διεξήχθη το 2009, συγκρίθηκαν εν συντομία τρεις ασύρματες τεχνολογίες, καθώς και η μέθοδος ευρυζωνικής επικοινωνίας μέσω γραμμής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (BPL) και η σύγκριση αυτή έγινε με βάση τα θέματα παρεμβολών, κατανάλωσης ισχύος και τα ζητήματα ασφαλείας [91]. Μια ποικιλία από πρωτόκολλα επικοινωνίας μπορούν να επιτύχουν αξιόπιστα, αμφίδρομα δίκτυα επικοινωνίας. Δεδομένου ότι τα PHEVs / PEVs μπορούν να επαναφορτιστούν σε διάφορες τοποθεσίες (π.χ. σπίτι, χώρος στάθμευσης εργασίας), είναι πολύ σημαντικό να διατηρηθεί η συμβατότητα των τεχνολογιών επικοινωνίας [57]. Δυστυχώς, οι επιλογές τεχνολογίας επικοινωνιών είναι αναπόδεικτες ακόμη για εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία. Δεν υπάρχει ούτε ένας καλά καθορισμένος κώδικας σε ολόκληρη τη βιομηχανία, ούτε ένα πρότυπο για την επικοινωνία μεταξύ των EVs και του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτό το στάδιο. Με βάση τις συγκεκριμένες ανάγκες επικοινωνίας των EVs, ακολουθούν τρεις πιθανές λύσεις:

1. *HomePlug*: Αυτή η λύση επιτρέπει τις ευρυζωνικές επικοινωνίες υψηλής ταχύτητας μέσω γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλής τάσης [114]. Το δίκτυο HomePlug έχει επιτύχει το μέγιστο θεωρητικό ρυθμό δεδομένων των 14 megabits ανά δευτερόλεπτο (Mbps), που είναι πολύ πιο γρήγορο από το ZigBee ή από το Cellular network [113]. Επιπλέον, δεδομένου ότι το ηλεκτρικό ρεύμα στις συσκευές HomePlug παρέχεται απλά μέσω της πρίζας, τα προϊόντα HomePlug δεν απαιτούν πρόσθετες μπαταρίες. Επίσης, το HomePlug δεν υπόκειται σε άλλη ασύρματη συναλλαγή. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι σημαντικό όταν χιλιάδες οχήματα είναι συνδεδεμένα στην πρίζα ταυτόχρονα.
2. *Zigbee*: Αυτή η λύση είναι ένα εξειδικευμένο πρωτόκολλο για τις μικρές, αυτο-προγραμματιζόμενες συσκευές δικτύου πλέγματος με βάση το πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας IEEE 802.15.4. Οι συσκευές ZigBee είναι σχεδιασμένες για χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και είναι εύκολο να λειτουργήσουν. Το χαμηλό κόστος (π.χ. το κόστος της συσκευής, το κόστος της εγκατάστασης) μπορεί να διευκολύνει την εμπορική ανάπτυξη των επιθυμητών δικτύων επικοινωνίας σε μια μεγάλης κλίμακας εγκατάσταση φόρτισης. Η απλότητα του ZigBee επιτρέπει επίσης την εγγενή διαμόρφωση.

Ο πλεονασμός των συσκευών δικτύου συνεπάγεται χαμηλή συντήρηση [115]. Επιπλέον, το ZigBee μπορεί να λειτουργήσει στα 2,4 gigahertz (GHz), 915 megahertz (MHz), και 868 MHz στις ραδιοσυχνότητες, διατηρώντας μια σχετικά υψηλότερη συμβατότητα επικοινωνίας [116]. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός κόμβων επικοινωνίας ανά δίκτυο σε έναν χώρο στάθμευσης μεγάλης κλίμακας. Η χρήση του φυσικού στρώματος IEEE 802.15.4 (PHY) του μοντέλου Διασύνδεσης Ανοιχτών Συστημάτων (OSI) και της συσκευής στρώματος ζεύξης (MAC) από το ZigBee επιτρέπει στο δίκτυο να χειριστεί οποιοδήποτε αριθμό συσκευών [115]. Επιπλέον, ο ρυθμός δεδομένων του ZigBee στα 2,4 GHz μπορεί να φτάσει περίπου τα 250 kbps, το οποίο πληροί τις εκτιμώμενες απαιτήσεις εύρους ζώνης για εφαρμογές EV. Σε γενικές γραμμές, οι ιδιοκτήτες οχημάτων θα ήθελαν να αποφύγουν μεγάλες καθυστερήσεις από τη στιγμή που τα οχήματα συνδεθούν στην τροφοδοσία. Οι συσκευές ZigBee μπορούν γρήγορα να συνδεθούν, να ανταλλάξουν πληροφορίες, να αποσυνδεθούν και στη συνέχεια να πάνε για «βαθύ ύπνο» [117]. Η τυπική απόσταση μεταξύ του οχήματος και του σταθμού φόρτισης είναι μικρότερη από την εμβέλεια του ZigBee (δηλαδή από 10 έως 100 μέτρα). Έχει προταθεί μία αρχιτεκτονική επικοινωνίας με ZigBee σε ένα δημοτικό χώρο στάθμευσης μεγάλης κλίμακας, καθώς και μια πειραματική πλατφόρμα δοκιμών που επιδεικνύει την επικοινωνία μεταξύ του κεντρικού ελεγκτή, των φορτιστών PHEV / PEV και των οχημάτων [118]. Πέραν τούτου, έχει αναπτυχθεί περαιτέρω μια ψηφιακή πλατφόρμα δοκιμών που επιτρέπει την επίδειξη των δυνατοτήτων επικοινωνιών για μια ενεργοποιημένη εγκατάσταση φόρτισης PHEV / PEV [119]. Η μελλοντική εργασία είναι να διερευνηθεί μια σειρά από πιθανά πρωτόκολλα επικοινωνίας (π.χ. ZigBee, Bluetooth, HomePlug, Z-Wave, Cellular Network) και να αναλυθεί περαιτέρω και να αξιολογηθεί η καθυστέρηση των πακέτων, το ποσοστό επιτυχούς παράδοσης μηνυμάτων στο κανάλι επικοινωνίας και η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος.

3. *Cellular Network*: Αυτό είναι ένα ευρέως διαθέσιμο ασύρματο δίκτυο δεδομένων μεγάλης εμβέλειας, καθιστώντας το μια καλή επιλογή για εξαιρετικά φορητές συσκευές, όπως τα PHEVs / PEVs [91]. Ένα κυψελοειδές δίκτυο απαιτεί περισσότερη κατανάλωση ενέργειας για να καταστήσει εφικτή τη μετάδοση και λήψη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ραδιοσυχνοτήτων

μεγάλης εμβέλειας. Ωστόσο, δεδομένου ότι οι συσκευές δικτύωσης μπορούν να τροφοδοτούνται από μια μπαταρία οχήματος που βρίσκεται πάνω σε αυτό, μία τέτοια κατανάλωση ενέργειας είναι αρκούτως αποδεκτή. Τόσο το Παγκόσμιο Σύστημα για Κινητές Επικοινωνίες (GSM) όσο και το δίκτυο Πολλαπλής Πρόσβασης με Διαίρεση Κώδικα (CDMA) χειρίζονται ρυθμούς ατομικών δεδομένων χρηστών άνω των 100 kbps, το οποίο επίσης πληροί τις εκτιμώμενες απαιτήσεις εύρους ζώνης για την εφαρμογή EV [120]. Η τεχνολογία της επικοινωνίας θα είναι επίσης χρήσιμη για σκοπούς χρέωσης σε δημόσιους χώρους στάθμευσης. Ως επί το πλείστον, οι πάροχοι ασύρματης επικοινωνίας έχουν καλή διείσδυση στα κανάλια επικοινωνίας και προσφέρουν κάτι παραπάνω από επαρκείς δυνατότητες για να ανταλλάσσουν τις πληροφορίες χρέωσης [57]. Οι εμπορικές υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας μπορούν να είναι μια χρηστική επιλογή για σκοπούς χρέωσης σε δημόσιες εγκαταστάσεις φόρτισης.

3.5.3 Θέματα Ασφαλείας

Εκτός από ορισμένο εύρος ζώνης, την αξιοπιστία και τις απαιτήσεις κατανάλωσης ενέργειας, τα ζητήματα ασφαλείας πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη όταν εφαρμόζονται διαφορετικές τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας [121]. Για παράδειγμα, η ασφάλεια ασύρματης χρέωσης θεωρείται ως μια σημαντική ανησυχία για τους χρήστες. Επιπλέον, η πραγματική θέση του οχήματος πρέπει να παραμείνει εμπιστευτική για την ιδιωτική ζωή των χρηστών. Ένα άλλο θέμα της ασφαλείας είναι η μη εγκεκριμένη συναλλαγή με ένα τρίτο πρόσωπο ή έναν hacker. Έτσι, η ασφάλεια του δικτύου είναι κρίσιμης σημασίας για ένα δίκτυο επικοινωνίας στις δημόσιες εγκαταστάσεις φόρτισης για PHEVs [122]. Έχει γίνει μια γενική προσέγγιση δικτύου για να καθοριστεί μια υποδομή για την απόκτηση δεδομένων στο ηλεκτρικό δίκτυο [123]. Πρόσφατα, αρκετές δημοσιεύσεις έχουν διερευνήσει το πρόβλημα των θεμάτων ασφαλείας στα δίκτυα επικοινωνιών όσον αφορά την υποδομή φόρτισης από διαφορετικές οπτικές γωνίες.

3.5.3.1 Ανάλυση ευαισθησιών

Οι πατροπαράδοτες επικοινωνίες του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας έχουν στηριχθεί κυρίως σε ενσύρματη επικοινωνία για την παροχή αξιόπιστης και προβλέψιμης παρακολούθησης και ελέγχου. Ωστόσο, η μετάδοση δεδομένων στα ασύρματα δίκτυα είναι εγγενώς δημόσια, γεγονός το οποίο παρουσιάζει απειλή για την ασφάλεια στο στρώμα PHY [91]. Έχουν καταβληθεί μεγάλες προσπάθειες πρόσφατα για τον εντοπισμό των απειλών και των ευαισθησιών των ασύρματων τεχνολογιών καθώς και για τη σύνοψη της επίδοσής τους σε θέματα ασφαλείας [124]. Έχουν αξιολογηθεί διάφορα πρότυπα ασύρματης επικοινωνίας και έχει αναλυθεί η ασφάλειά τους [125]. Έτσι, εντοπίστηκε μια σειρά από απειλές και πιθανές επιθέσεις στα πρωτόκολλα δρομολόγησης και διατυπώθηκαν συστάσεις και αντίμετρα για να μπορέσει η βιομηχανία να προστατέψει την υποδομή της. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες στόχων των πιθανών επιθέσεων εναντίον των «ευφών» δικτύων επικοινωνιών: η διαθεσιμότητα του δικτύου, η ακεραιότητα των δεδομένων και το απόρρητο των πληροφοριών [126]. Στη συνέχεια, αναλύονται ποιοτικά οι επιπτώσεις και η σκοπιμότητα των τριών τύπων επιθέσεων.

Πρόληψη

Η κρυπτογράφηση είναι το κύριο σχέδιο για την πρόληψη κακόβουλων επιθέσεων στο δίκτυο επικοινωνίας. Το HomePlug και το Zigbee χρησιμοποιούν 128-bit κρυπτογράφηση με Προηγμένο Πρότυπο Κρυπτογράφησης (AES) για την προστασία των δεδομένων που διαβιβάζονται μέσω του φυσικού δικτύου. Η κρυπτογράφηση AES είναι ένα 128-bit μπλοκ κρυπτογράφησης σταθερού μήκους, που τυποποιήθηκε το 2002 από το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST) [127]. Έχει προταθεί σε μελέτη βελτίωση της ασφάλειας του HomePlug [128]. Το κυψελοειδές δίκτυο είναι πιο πιθανό να βρίσκεται σε ιδιαίτερο κίνδυνο. Το ισχύον πρωτόκολλο ασφαλείας που χρησιμοποιείται σε δίκτυα 3G είναι το KASUMI, το οποίο είναι ένα A5 / 3 μπλοκ κρυπτογράφησης. Τέλος, έχουν προταθεί εναλλακτικές προτάσεις για πιο ασφαλή σχέδια κυψελοειδούς κωδικοποίησης δεδομένων για το δίκτυο GSM, όπως είναι ο αλγόριθμος Rijndael, ο οποίος είναι παρόμοιος με το AES [129].

Ανίχνευση

Οι εγκαταστάσεις φόρτισης πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να ανιχνεύουν την απόπειρα ενός εισβολέα να αποκτήσει μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στο δίκτυο επικοινωνιών, προκειμένου να αποφεύγονται τέτοιες μη εξουσιοδοτημένες συναλλαγές. Σε γενικές γραμμές, η ανίχνευση εισβολών για τις επικοινωνίες «έξυπνου» δικτύου εμπίπτει κυρίως στον τομέα της ασφάλειας SCADA στον κυβερνοχώρο και των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και έχει μελετηθεί καλά στη βιβλιογραφία [130], [131].

Προστασία της ιδιωτικής ζωής των πελατών

Στα σενάρια φόρτισης PHEV, τα οχήματα συνήθως συνεισφέρουν δεδομένα, όπως η τοποθεσία, η ταυτότητα, τα πρότυπα χρήσης καθώς και τα στοιχεία πληρωμής και ο σταθμός φόρτισης επεξεργάζεται αυτά τα δεδομένα. Ως εκ τούτου, το κύριο μέλημα της προστασίας της ιδιωτικής ζωής είναι ο χειρισμός των προσωπικών πληροφοριών των πελατών [132]. Για παράδειγμα, η φόρτιση EV αποκαλύπτει την τοποθεσία του PHEV και την απόσταση που διανύθηκε.

3.6 Συμπεράσματα

Τα PHEVs / PEVs είναι μια πολλά υποσχόμενη ιδέα όσον αφορά την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, την ενεργειακή ανεξαρτησία και την περιβαλλοντική ευθύνη. Ο εξηλεκτρισμός των μεταφορών αναδιαμορφώνει την πατροπαράδοτη άποψη των βιομηχανικών συστημάτων. Ως εκ τούτου, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων αυτής της τεχνολογίας στο βιομηχανικό περιβάλλον. Η τρέχουσα κατάσταση σχετικά με την έκτακτη ανάγκη των PHEVs / PEVs έχει διερευνηθεί σε αυτή την έρευνα της βιβλιογραφίας. Κατ' αρχάς, παρουσιάστηκε μια περιεκτική επισκόπηση των απαιτήσεων υποδομής φόρτισης των PHEV / PEV καθώς και η τελευταία «λέξη» των τεχνολογιών μπαταρίας στο βιομηχανικό περιβάλλον. Η αποθήκευση της ενέργειας (δηλαδή η μπαταρία των PHEV / PEV) είναι η βασική τεχνολογία που επιτρέπει τον εξηλεκτρισμό των μεταφορών. Περαιτέρω, διερευνήθηκε μια ποικιλία συστημάτων διαχείρισης ενέργειας. Χωρίς ένα εξελιγμένο

σύστημα διαχείρισης της ενέργειας στην υποδομή φόρτισης, ένας μεγάλος αριθμός PHEVs / PEVs έχει τη δυνατότητα να απειλήσει τη σταθερότητα του υπάρχοντος βιομηχανικού συστήματος. Επιπλέον, συζητήθηκε η εννοιολογική και πρακτική γνώση της V2G, η οποία επιτρέπει στα ηλεκτρικά οχήματα να έχουν αμφίδρομη σχέση τροφοδοσίας με το δίκτυο. Επιπλέον, η V2G μπορεί να επιτρέψει την ευκολότερη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη στήριξη της σταθερότητας του δικτύου με την παροχή βοηθητικών υπηρεσιών. Η επίτευξη των EVs βασίζεται επίσης σε προηγμένες τεχνολογίες επικοινωνιών και σε συστήματα βιομηχανικής πληροφορικής. Σε αυτήν την εργασία παρουσιάστηκε μια επισκόπηση των κατάλληλων αρχιτεκτονικών ανταλλαγής πληροφοριών και το πλαίσιο για τη διευκόλυνση της αποτελεσματικής ενσωμάτωσης των PHEVs / PEVs.

4 Αναφορές

- [1] United Nations. “United Nations- Habitat”, <http://unhabitat.org/>. [Online]. Available: <http://unhabitat.org/> [Accessed: 12 May 2014].
- [2] IBM. “What is a Smarter City?”, http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smarter_cities/overview/. [Online]. Available: http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smarter_cities/overview/. [Accessed: 12 May 2014].
- [3] Gordon Falconer and Shane Mitchell, “Smart City Framework: A Systematic Process for Enabling Smart+Connected Communities”, IBSG Cisco Internet Business Solutions Group, San Jose, CA, 2012.
- [4] Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E. (2007). SmartCities: Ranking of European Medium-Sized Cities. Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology. Available from http://www.smartcities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf.
- [5] Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., & Williams, P. (2010). Foundations for Smarter Cities. *IBM Journal of Research and Development*, 54(4).
- [6] Natural Resources Defense Council. What are smarter cities?, Available from <http://smartercities.nrdc.org/about>.
- [7] Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R. A., Hayes, N. M., & Nelson, L. E. (2010). *Helping CIOs Understand "Smart City" Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO*. Cambridge, MA: Forrester Research, Inc. Available from http://public.dhe.ibm.com/partnerworld/pub/smb/smarterplanet/-forr_help_cios_und_smart_city_initiatives.pdf.
- [8] Dirks, S., & Keeling, M. (2009). *A Vision of Smarter Cities: How Cities Can Lead the Way into a Prosperous and Sustainable Future*. Somers, NY: IBM Global Business Services. Available from <ftp://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en/gbe03227usen/GBE03227USEN.PDF>.
- [9] Kanter, R. M., & Litow, S. S. (2009). Informed and interconnected: A manifesto for smarter cities. Harvard Business School General Management Unit Working Paper, 09-141. Available from http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1420236.

- [10] Mitchell, W. J. (2006). Smart City 2020, *Metropolis*. March 20, Available from <http://www.metropolismag.com/story/20060320/smartcity-2020>.
- [11] SETIS. “European Initiative on Smart Cities”, <http://setis.ec.europa.eu/set-plan-implementation/technology-roadmaps/european-initiative-smart-cities>. [Online]. Available: <http://setis.ec.europa.eu/> [Accessed: 12 May 2014].
- [12] Chin, H. C., Debnath, A. K., & Yuen, B. (2010). The concept of smart cities. In: 1st International conference on sustainable urbanization: ICSU 2010 (pp. 1410–1416). Hong Kong.
- [13] Giffinger, R., Haindlmaier, G., & Kramar, H. (2010). The role of rankings in growing city competition. *Urban Research & Practice*, 3(3), 299–312.
- [14] Castillo, H., & Pitfield, D. E. (2010). ELASTIC – A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators. *Transportation Research Part D*, 15, 179–188.
- [15] Lazaroiu, G. C., & Roscia, M. (2012). Definition methodology for the smart cities model. *Energy*, 47, 326–332.
- [16] Lee, J. H., Phaal, R., & Lee, S.-H. (2013). An integrated service–device technology roadmap for smart city development. *Technological Forecasting and Social Change*, 80, 286–306.
- [17] Goldman, T., & Gorham, R. (2006). Sustainable urban transport: Four innovative directions. *Technology in Society*, 28, 261–273.
- [18] Santos, G., Behrendt, H., & Teytelboym, A. (2010). Part II: Policy instruments for sustainable road transport. *Research in Transportation Economics*, 28, 46–91.
- [19] Debnath, A. K., Haque, M. M., Chin, H. C., & Yuen, B. (2011). Sustainable urban transport: Smart technology initiatives in Singapore. *Transportation Research Record*, 2243, 38–45.
- [20] Haque, M. M., Chin, H. C., & Debnath, A. K. (2013). Sustainable, safe, smart—Three key elements of Singapore’s evolving transport policies. *Transport Policy*, 27, 20–31.
- [21] Akhras, G. (2000). Smart materials and smart systems for the future. *Canadian Military Journal*, Autumn, 2000, 25–32.
- [22] Rudolf Giffinger, Christian Fertner, Hans Kramar, Robert Kalasek, Nataša Pichler-Milanović, Evert Meijers. “Smart cities: Ranking of European medium-sized cities”, Centre of Regional Science, Vienna UT, October 2007

- [23] K. Crane, A. Goldthau, M. Toman, T. Light, S. Johnson, A. Nader, A. Rabasa, and H. Dogo, —Imported Oil and U.S. National Security, Infrastructure, Safety, and Environment and National Security Research Division, Washington D.C., 2009.
- [24] K. Parks, P. Denholm, and T. Markel, "Cost and Emissions Associated with Plug-in Hybrid Vehicle Charging in the Xcel Energy Colorado Service Territory," National Renewable Energy Laboratory (NREL), May 2007.
- [25] W. Kempton and J. Tomic, "Vehicle-to-Grid Power Implementation: From Stabilizing the Grid to Supporting Large-scale Renewable Energy," *Journal of Power Sources*, vol. 144, pp. 280-294, 2005.
- [26] EU (2001). Minutes of the 2340th meeting of the Council of Ministers, Luxembourg, April 4- 5, 2001. <http://corporate.skynet.be/sustainablefreight/transcounci-conclusion-05-04-01.htm>
- [27] World business council for sustainable development Mobility 2030: meeting the challenges to sustainability The Council, Geneva (2004)
- [28] Shaheen, S. A., & Finson, R. (2004). Intelligent transportation systems. *Encyclopedia of Energy*, 3, 487–496.
- [29] Goodwin, P. (2004). The economic costs of road traffic congestion. Rail Freight Group, ESRC Transport Studies Unit, University College London.
- [30] Garcia-Ortiz, A., Amin, S. M., & Wootton, J. R. (1995). Intelligent transportation systems – Enabling technologies. *Mathematical Computing Modelling*, 22, 11–81.
- [31] RITA (2007). National ITS architecture – Theory of operations. Washington, DC: Research and Innovation Technology Administration, US Department of Transportation.
- [32] NJDOT (2008). Smart transportation guidebook. New Jersey Department of Transportation and Pennsylvania Department of Transportation.
- [33] IBM (2009). Intelligent transport: How cities can improve mobility. IBM Global Services.
- [34] RITA (2010). 2010 Deployment tracking survey results. Research and Innovative Technology Administration, US Department of Transportation.
- [35] Chin, H. C., Debnath, A. K., Yuen, B., & Haque, M. M. (2011). Benchmarking smart and safe cities. Grant No. R-264-000-251-112. Singapore: National University of Singapore.
- [36] MERCER (2009). Mercer’s quality-of-living reports. MERCER.

- [37] Transport-for-London (2011). What do I need to know about the central London Congestion charge camera system? <<http://www.tfl.gov.uk/-assets/downloads/CC-Cameras.pdf>> 14.01.11.
- [38] PRNewswire (2010). Motorola to supply intelligent command and control mobilizing system to London Fire Authority. <<http://www.prnewswire.co.uk/-cgi/news/release?id=76262>> 12.12.10.
- [39] WSDOT (2010). Good to Go – Washington State Department of Transportation. <<http://www.wsdot.wa.gov/GoodToGo/>> 24.12.10.
- [40] TransportNSW (2010). Bus priority on strategic bus corridors. <<http://www.transport.nsw.gov.au/busreform/corridors.html>> 17.12.10.
- [41] DFT (2011). <<http://www.dft.gov.uk/adobepdf/165240/244921/244924-/TAL6-01.pdf>> 22.01.11.
- [42] ULTRA (2011). ULTra at London Heathrow Airport. <<http://www.ultraprt.com/heathrow/>> 02.02.11.
- [43] Bodhani, A. (2012). Smart special – Smart transport. In E&T engineering and technology magazine (Vol. 7 (6)).
- [44] Handwerk, Brian. “Half of Humanity Will Live in Cities by Year’s End.” *National Geographic News*. March 13, 2008. <http://news.nationalgeographic.com/-news/2008/03/080313-cities.html>
- [45] The Blueprint for the transition to the clean sustainable energy age, 2000, Gustav R. Grob ISBN 3-909087-08-6
- [46] ISO 13602-1 International Standard: Energy systems analyses, 1999/2008
- [47] ISEO, International Sustainable Energy Organization, Geneva www.uniseo.org
- [48] ISEO Newsletters www.uniseo.org Winter issue 2007/2008
- [49] AMERIGON www.amerigon.com
- [50] ICEC www.icec.ch
- [51] K. Sikes, T. Gross, Z. Lin, J. Sullivan, T. Cleary, and J. Ward, "Plug-in Hybrid Electric Vehicle Market Introduction Study: Final Report," U.S. Department of Energy (DOE), 2010.
- [52] M. Duvall and E. Knipping, "Environmental Assessment of Plug-In Hybrid Electric Vehicles," EPRI, July 2007.

- [53] S. M. Lukic, C. Jian, R. C. Bansal, F. Rodriguez, and A. Emadi, "Energy Storage Systems for Automotive Applications," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 55, pp. 2258-2267, 2008.
- [54] S. M. Lukic, "Charging ahead," *Industrial Electronics Magazine, IEEE*, vol. 2, pp. 22-31, 2008.
- [55] W. Su and M.-Y. Chow, "Performance Evaluation of An EDA-based Large-scale Plug-in Hybrid Electric Vehicle Charging Algorithm," Special Issues on Transportation Electrification and Vehicle-to-Grid Applications, *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2011.
- [56] N. DeForest, J. Funk, A. Lorimer, B. Ur, I. Sidhu, P. Kaminsky, and B. Tenderich, "Impact of Widespread Electric Vehicle Adoption on the Electrical Utility Business-Threats and Opportunities," Center for Entrepreneurship & Technology (CET), 2009.
- [57] "Communication Requirements for Smart Grid Technologies," U.S. Department of Energy (DOE), 2010.
- [58] P. Behr, "M.I.T. Panel Says a Charging Infrastructure May Be a Bigger Roadblock for Electric Vehicles Than Technology," in *Scientific American*, ed, 2011.
[Online] <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=mit-panel-electric-vehicles>
- [59] "SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Coupler (SAE J1772)," Society of Automotive Engineers, 2010.
- [60] "Report of the Connector and Connecting Station Committee - Electric Vehicle Charging Systems: Volume 2," EPRI, 1994.
- [61] "Electric Vehicle Charging Infrastructure Deployment Guidelines for the Oregon I-5 Metro Areas of Portland, Salem, Corvallis and Eugene," Electric Transportation Engineering Corporation, 2010. [Online]<http://www.oregon.gov/ODOT/HWY/OIPP/docs/EVDeployGuidelines3-1.pdf>
- [62] S. Vazquez, S. M. Lukic, E. Galvan, L. G. Franquelo, and J. M. Carrasco, —Energy Storage Systems for Transport and Grid Applications, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 57, pp. 3881-3895, Dec. 2010.
- [63] J. Axsen, A. Burke, and K. Kurani, "Batteries for Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs): Goals and the State of Technology circa 2008," *Institute of Transportation Studies*, University of California, Davis, Davis, CA2008.

- [64] A. Pesaran, T. Market, H. Tataria, and D. Howell, "Battery Requirements for Plug-In Hybrid Electric Vehicles: Analysis and Rationale," *presented at the 23rd International Electric Vehicle Symposium and Exposition (EVS-23)*, Anaheim, California, 2007.
- [65] K. M. and J. Heywood, "Electric Powertrains: Opportunities and Challenges in the U.S. Light-Duty Vehicle Fleet, LFEE 2007-03 RP," *Sloan Automotive Laboratory*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 2007.
- [66] M. Duvall "Comparing the Benefits and Impacts of Hybrid Electric Vehicle Options for Compact Sedan and Sport Utility Vehicles," *EPRI*, Palo Alto, CA, 2002.
- [67] J. Cao and A. Emadi, "Batteries Need Electronics," *IEEE Industrial Electronics Magazine*, Vol. 5, 2011, pp. 27-35.
- [68] L. P. Fern nde ; T. Rom n, R. Cossent, C. M. Domingo, and P. Fr as, "Assessment of the Impact of Plug-in Electric Vehicles on Distribution Networks," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 26, pp. 206-213, 2011.
- [69] J. A. P. Lopes, F. J. Soares, and P. M. R. Almeida, "Integration of Electric Vehicles in the Electric Power System," *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, pp. 168-183, 2011.
- [70] S. Shao, T. Zhang, M. Pipattanasomporn, and R. Saifur, "Impact of TOU Rates on Distribution Load Shapes in a Smart Grid with PHEV Penetration," in *Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2010 IEEE PES*, 2010, pp. 1-6.
- [71] K. Qian, C. Zhou, M. Allan, and Y. Yuan, "Modeling of Load Demand Due to EV Battery Charging in Distribution Systems," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. PP, pp. 1-1, 2010.
- [72] P. Mitra and G. K. Venayagamoorthy, "Wide Area Control for Improving Stability of a Power System With Plug-in Electric Vehicles," *Generation, Transmission & Distribution, IET*, vol. 4, pp. 1151-1163, 2010.
- [73] K. Clement-Nyns, E. Haesen, J. Driesen, "The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 25, pp. 371-380, 2010.
- [74] W. Su and M.-Y. Chow, "Investigating a Large-scale PHEV/PEV Parking Deck in a Smart Grid Environment," in *43rd North American Power Symposium*, Boston, MA, 2011.

- [75] C. Roe, J. Meisel, A. P. Meliopoulos, F. Evangelos, and T. Overbye, "Power System Level Impacts of PHEVs," in *42nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 2009, pp. 1-10.
- [76] K. J. Dyke, N. Schofield, and M. Barnes, "The Impact of Transport Electrification on Electrical Networks," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 57, pp. 3917-3926, 2010.
- [77] W. Su and M.-Y. Chow, "An Intelligent Energy Management System for PHEVs Considering Demand Response," in *2010 FREEDM Annual Conference*, Tallahassee, FL, 2010.
- [78] P. Palensky, and D. Dietrich, —Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads,|| *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 7, pp. 1551-3203, Aug. 2011.
- [79] W. Su and M.-Y. Chow, "Performance Evaluation of A PHEV Parking Station Using Particle Swarm Optimization," in *Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE*, 2011.
- [80] M. D. Galus and G. Andersson, "Demand Management of Grid Connected Plug-In Hybrid Electric Vehicles (PHEV)," in *Energy 2030 Conference, IEEE*, 2008, pp. 1-8.
- [81] E. Sortomme, M. M. Hindi, S. D. J. MacPherson, and S. S. Venkata, "Coordinated Charging of Plug-In Hybrid Electric Vehicles to Minimize Distribution System Losses," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 2, pp. 198-205, 2011.
- [82] A. Y. Saber and G. K. Venayagamoorthy, —Plug-in Vehicles and Renewable Energy Sources for Cost and Emission Reductions," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 58, No. 4, Apr. 2011, pp. 1229-1238.
- [83] C. Hutson, G. K. Venayagamoorthy, and K. A. Corzine, "Intelligent Scheduling of Hybrid and Electric Vehicle Storage Capacity in a Parking Lot for Profit Maximization in Grid Power Transactions," in *IEEE Energy 2030 Conference*, 2008, pp. 1-8.
- [84] W. Su, and M.-Y. Chow, "Intelligent Energy Scheduling at A Municipal PHEV/PEV Parking Deck via Multi-objective Optimization," *IEEE Tranaction on Smart Grid*, Special Issue on *Computational Intelligence Applications in Smart Grids*, 2011. (Under Review)

- [85] R. J. Bessa and M. A. Matos, "Economic and Technical Management of an Aggregation Agent for Electric Vehicles: A Literature Survey," *European Transactions on Electrical Power*, 2011.
- [86] H. Sekyung, H. Soohee, and K. Sezaki, "Development of an Optimal Vehicle-to-Grid Aggregator for Frequency Regulation," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 1, pp. 65-72, 2010.
- [87] E. Sortomme and M. A. El-Sharkawi, "Optimal Charging Strategies for Unidirectional Vehicle-to-Grid," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 2, pp. 131-138, 2011.
- [88] A. H. Hajimiragha, C. A. Canizares, M. W. Fowler, and A. Elkamel, "Optimal Transition to Plug-In Hybrid Electric Vehicles in Ontario, Canada, Considering the Electricity-Grid Limitations," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 57, pp. 690-701, Feb. 2010.
- [89] C. Guille and G. Gross, "The Integration of PHEV Aggregations into a Power System with Wind Resources," in *2010 Bulk Power System Dynamics and Control (iREP) Symposium*, pp. 1-9, 2010.
- [90] W. Kempton and A. Dhanju, *Electric Vehicles with V2G: Storage for Large-scale Wind Power*, Windtech International, 2006.
- [91] T. Markel, M. Kuss, and P. Denholm, "Communication and Control of Electric Drive Vehicles Supporting Renewables," in *2009 Vehicle Power and Propulsion Conference*, pp. 27-34, 2009
- [92] W. Kempton and J. Tomic, "Vehicle-to-Grid Power Fundamentals: Calculating Capacity and Net Revenue, " *Journal of Power Sources*, Vol. 144, Jun. 2005, pp. 268–279.
- [93] W. Kempton, J. Tomic, S. Letendre, A. Brooks, and T. Lipmanet, "Vehicle-to-Grid Power: Battery, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles as Resources for Distributed Electric Power in California CARB, " *CEPA*, LA, 2001.
- [94] W. Kempton, and S. E. Letendre, "Electric Vehicles as a New Power Source for Electric Utilities, " *Transportation Research part D*, Vol. 2, 1997, pp. 157-175.
- [95] T. Moura, and F. Moura, "Vehicle-to-Grid Systems for Sustainable Development: An Integrated Energy Analysis" *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 75, 2008, pp. 1091–1108.

- [96] S. B. K Hirsh, and R. F. Hirsh, "Beyond Batteries: An Examination of the Benefits and Barriers to Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs) and a Vehicle-to-Grid (V2G) Transition," *Energy Policy*, Vol. 37, 2009, pp. 1095–1103.
- [97] S.-L. Andersson, A.K. Elofsson, M.D. Galus, "Plug-in Hybrid Electric Vehicles as Regulating Power Providers: Case Studies of Sweden and Germany, " *Energy Policy*, Vol. 38, 2010, pp. 2751–2762.
- [98] K. J. Dyke, N. Schofield and M. Barnes, "The Impact of Transport Electrification on Electrical Networks," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 57, No. 12, Dec. 2010, pp. 3917 – 3926.
- [99] A. N. Brooks, "Vehicle-to-Grid Demonstration Project: Grid Regulation Ancillary Service with a Battery Electric Vehicle," *AC Propulsion, Inc.*, 2002.
- [100] K. M. Zhang, and C. D. White, "Using Vehicle-to-Grid Technology for Frequency Regulation and Peak-load Reduction," *Journal of Power Sources*, Vol. 196, 2011, pp. 3972–3980.
- [101] L. H. Kempton, and W. Kempton, "Integration of Renewable Energy into the Transport and Electricity Sectors through V2G," *Energy Policy*, Vol. 36, Sep. 2008, pp. 3578–3587.
- [102] W. Su, and M.-Y. Chow, —Optimal Energy Management for a Plug-in Electric Vehicle Enabled Charging Infrastructure with Vehicle-to-Grid Capability, *IEEE Transaction on Smart Grid*, Special Issue on *Computational Intelligence Applications in Smart Grids*, 2011. (Under Review)
- [103] M. D. Galus, S. Koch, G. Andersson, —Provision of Load Frequency Control by PHEVs, Controllable Loads, and a Cogeneration Unit, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 58, No. 10, Oct. 2011, pp. 4568 – 4582.
- [104] J. R. Pillai, and B. Bak-Jensen, "Integration of Vehicle-to-Grid in the Western Danish Power System," *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, Vol. 2, January 2011.
- [105] U. K. Madawala and D. J. Thrimawithana, "A Bidirectional Inductive Power Interface for Electric Vehicles in V2G Systems," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 58, No. 10, Oct. 2011, pp. 4789 – 4896.
- [106] C. Quinn, D. Zimmerle, and T. H. Bradley, "The Effect of Communication Architecture on the Availability, Reliability, and Economics of Plug-in Hybrid Electric Vehicle-to-Grid Ancillary Services, " *Journal of Power Sources*, Vol. 195, 2010, pp. 1500–1509.

- [107] T. Sauter and M. Lobashov, "End-to-End Communication Architecture for Smart Grids," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 58, pp. 1218-1228, 2011.
- [108] Y. Qiang, J. A. Barria and T. C. Green, "Communication Infrastructures for Distributed Control of Power Distribution Networks," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 7, pp. 316-327, 2011.
- [109] V. C. Gungor, B. Lu, and G. P. Hancke, "Opportunities and Challenges of Wireless Sensor Networks in Smart Grid," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 57, pp. 3557-3564, Oct. 2010.
- [110] F. Ben i, N. Anglani, E. Bassi, and L. Frosini, "Electricity Smart Meters Interfacing the Households," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 58, pp. 4487-4494, Oct. 2011.
- [111] V. Gungor, D. Sahin, T. Kocak, S. Ergut, C. Buccella, C. Cecati, and G. Hancke, "Smart Grid Technologies: Communications Technologies and Standards," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Sept. 2011.
- [112] W. Wang, Y. Xu, and M. Khanna, "A Survey on the Communication Architectures in Smart Grid," *Computer Networks*, July 2011.
- [113] "Smart Energy Profile - Marketing Requirements Document," ZigBee+HomePlug Joint Working Group, [Online] Available: http://www.homeplug.org/tech/ZBHP_SE_MRD_090624.pdf
- [114] M. K. Lee, R. E. Newman, H. A. Latchman, S. Katar, and L. Yonge, "HomePlug 1.0 Powerline Communication LANs—Protocol Description and Performance Results," *International Journal of Communication Systems*, vol. 16, pp. 447-473, 2003.
- [115] P. Kinney, "ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works," ZigBee Alliance, 2003.
- [116] D. Gislason, *ZIGBEE WIRELESS NETWORKING*, Elsevier, 2008.
- [117] N. Baker, "ZigBee and Bluetooth Strengths and Weaknesses for Industrial Applications," *Computing & Control Engineering Journal*, vol. 16, pp. 20-25, 2005.
- [118] P. Kulshrestha, K. Swaminathan, M.-Y. Chow, and S. M. Lukic, "Evaluation of ZigBee Communication Platform for Controlling the Charging of PHEVs at a Municipal Parking Deck," in *2009 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, 2009, pp. 1211-1214.

- [119] W. Su, W. Zeng, and M.-Y. Chow, "A Digital Testbed for a PHEV_PEV Enabled Parking Lot in a Smart Grid Environment", in *Proceedings of Innovative Smart Grid Technologies (ISGT 2012)*, Washington D.C., Jan 17-19, 2012.
- [120] S. Shrestha. (2006). *GSM vs CDMA*. [Online] Available: <http://www.sciencera.com/Technology/Information/Cellular-Technologies.114821>.
- [121] H. Farhangi, "The Path of the Smart Grid," *IEEE Power and Energy Magazine*, Vol. 8, 2010, pp. 18-28.
- [122] H. Khurana, M. Hadley, L. Ning, and D.A. Frincke, "Smart-Grid Security Issues," *IEEE Security & Privacy Magazine*, Vol. 8, 2010, pp. 81-85.
- [123] Q. Morante, N. Ranaldo, A. Vaccaro, and E. Zimeo, "Pervasive Grid for Large-scale Power Systems Contingency Analysis," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 2, 2006, pp. 165-175.
- [124] G. N. Ericsson, "Cyber Security and Power System Communication: Essential Parts of a Smart Grid Infrastructure," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 25, 2010, pp. 1501-1507.
- [125] C. Alcaraz and J. Lopez, "A Security Analysis for Wireless Sensor Mesh Networks in Highly Critical Systems," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, Vol. 40, 2010, pp. 419-428.
- [126] Z. Lu, X. Lu, W. Wang, and C. Wang, "Review and Evaluation of Security Threats on the Communication Networks in the Smart Grid," *2010 Military Communications Conference*, 2010, pp. 1830-1835.
- [127] *Advanced Encryption Standard (AES)*, National Institute for Standards and Technology, 2001.
- [128] R. Newman, L. Yonge, S. Gavette, and R. Anderson, "HomePlug AV Security Mechanisms," *IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications*, 2007, pp. 366-371.
- [129] K. M. S. Soyjaudah, M.A. Hosany, and A. Jamalodeen, "Design and Implementation of Rijndael Algorithm for GSM Encryption," *Symposium on Trends in Communications Joint IST Workshop on Mobile Future*, 2004, pp. 106-109.
- [130] A. Carcano, A. Coletta, M. Guglielmi, M. Masera, I.N. Fovino, and A. Trombetta, "A Multidimensional Critical State Analysis for Detecting Intrusions in SCADA Systems," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol.7, No.2, May 2011, pp.179-186.

[131] F. Maciá-Pérez, F.J. Mora-Gimeno, D. Marcos-Jorquera, J.A. Gil- Martínez-Abarca, H. Ramos-Morillo, I. Lorenzo-Fonseca, "Network Intrusion Detection System Embedded on a Smart Sensor," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 58, pp. 722-732, 2011.

[132] P. McDaniel and S. McLaughlin, "Security and Privacy Challenges in the Smart Grid," *IEEE Security & Privacy Magazine*, Vol. 7, 2009, pp. 75-77.