



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΜΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ
ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗ



Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την
Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Κωνσταντίνος Χρυσικόπουλος

321/2015223

Επιβλέπων: Καθηγητής, Ιωάννης Χαραλαμπίδης

Απρίλιος 2022

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων
Έξυπνης Πόλης

Η Διπλωματική Εργασία παρουσιάστηκε ενώπιον
του Διδακτικού Προσωπικού του Πανεπιστημίου Αιγαίου

Σε Μερική Εκπλήρωση των απαιτήσεων για την απόκτηση του διπλώματος του
Μηχανικού Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Η ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΩΝ
ΕΠΙΚΥΡΩΝΕΙ ΤΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΧΡΥΣΙΚΟΠΟΥΛΟΥ

Ιωάννης Χαραλαμπίδης, Επιβλέπων
Καθηγητής
Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών
και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Ευριπίδης Λουκής, Μέλος
Καθηγητής
Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών
και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Μαρία Καρύδα, Μέλος
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών
και Επικοινωνιακών Συστημάτων

© 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
Κωνσταντίνος Χρυσικόπουλος
Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός μοντέλου υπολογισμού των ωφελειών των δήμων από την υλοποίηση παρεμβάσεων μίας έξυπνης πόλης. Κατόπιν αναλυτικής μελέτης και ανάλυσης της έξυπνης πόλης και των λύσεων της για παρεμβάσεις, που θα προσφέρουν οφέλη σε μία πόλη, δήμο και ούτω καθεξής, προέκυψε μία κατηγοριοποίηση των λύσεων σε μετρήσιμες και μη μετρήσιμες λύσεις. Για τις μη μετρήσιμες λύσεις και ειδικότερα για δεκαέξι μη μετρήσιμες λύσεις της έξυπνης πόλης αναπτύχθηκαν διαφορετικοί δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών τους. Παρότι μάλιστα οι δείκτες αυτοί δεν μπορούν να οδηγήσουν σε άμεσα ή εύκολα μετρήσιμα αποτελέσματα, για την ποσοτικοποίησή τους προτείνεται είτε η διεξαγωγή ερευνών ερωτηματολογίου είτε η διεξαγωγή μετρήσεών τους πριν και μετά την προτεινόμενη λύση. Ταυτόχρονα για τις μετρήσιμες λύσεις, αναπτύχθηκαν ποσοτικές μέθοδοι αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών τους. Ειδικότερα οι μέθοδοι αυτοί αναφέρονται σε μετρήσιμα οφέλη από λύσεις που αναφέρονται κυρίως στη βελτίωση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής επίδοσης ενός δήμου, πόλης και ούτω καθεξής. Για την καλύτερη δυνατή ανάπτυξη των παραπάνω μεθόδων, θεωρήθηκε σκόπιμο να αναπτυχθεί ένα εργαλείο μέσω του στατιστικού εργαλείου Microsoft Excel, με το οποίο θα υπολογίζονται τα οφέλη από την εφαρμογή των μετρήσιμων λύσεων έξυπνων πόλεων. Για τον έλεγχο και την παρουσίαση της λειτουργίας του παραπάνω εργαλείου, το εργαλείο εφαρμόστηκε για μία συγκεκριμένη περίπτωση, το δήμο Δράμας.

Λέξεις - κλειδιά: έξυπνη πόλη, παρεμβάσεις έξυπνης πόλης, ενεργειακά και οικονομικά οφέλη, δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων, ποσοτική αξιολόγηση επιπτώσεων

Abstract

The purpose of this research was to develop a model for calculating the benefits for municipalities from the implementation of smart city interventions. After a detailed study and analysis of the smart city and its solutions for interventions, which will offer benefits to a city, municipality and so on, a categorization of solutions into measurable and non-measurable solutions emerged. For non-measurable solutions and in particular for 16 non-measurable solutions of the smart city, different impact assessment indicators have been developed. In fact, although these indicators cannot lead to immediate or easily measurable results, for their quantification it is proposed either to conduct questionnaire surveys or to conduct measurements before and after the proposed solution. At the same time, for measurable solutions, quantitative methods of impact assessment of their benefits have been developed. In particular, these methods refer to measurable benefits from solutions that mainly refer to the improvement of the energy and environmental performance of a municipality, city and so on. For the best possible development of the above methods, it was considered appropriate to develop a tool through the Microsoft Excel statistical tool, which will be able to calculate the benefits of implementing measurable smart city solutions. For the control and presentation of the operation of the above tool, the tool was applied for a specific case, the municipality of Drama, Greece.

Keywords: smart city, smart city interventions, energy and economic benefits, impact assessment indicators, quantitative impact assessment

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	1
Abstract.....	2
Πίνακας Περιεχομένων	3
Κατάλογος Εικόνων και Σχημάτων	5
Κατάλογος Πινάκων.....	6
1. Εισαγωγή.....	8
2.1 Εισαγωγή στο ερευνητικό αντικείμενο	8
2.2 Σκοπός και επιμέρους στόχοι της έρευνας	15
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	17
2.1 Εισαγωγή - οι πόλεις στην ιστορία και στο σήμερα.....	17
2.1.1 Εξέλιξη των πόλεων και του περιβαλλοντικού πλαισίου τους....	19
2.1.2 Νέες τάσεις στην αστικοποίηση.....	29
2.2 Η έξυπνη πόλη	31
2.2.1 Συστατικά και χαρακτηριστικά της έξυπνης πόλης	36
2.2.2 Λύσεις εφαρμογής των έξυπνων πόλεων.....	40
2.2.3 Από τη θεωρία στην πράξη - παραδείγματα έξυπνων πόλεων ..	50
2.2.4 Περιβαλλοντικές παρεμβάσεις στις έξυπνες πόλεις - δείκτες επίδοσης.....	56
3. Μεθοδολογία	59
4. Ανάπτυξη δεικτών και ποσοτικών μεθόδων αξιολόγησης επιπτώσεων- ωφελειών από την υλοποίηση παρεμβάσεων έξυπνης πόλης	60
4.1 Ανάπτυξη δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων	60
4.1.1 Δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων - ωφελειών των μη μετρήσιμων λύσεων της έξυπνης πόλης	71
4.2 Ανάπτυξη ποσοτικών μεθόδων αξιολόγησης επιπτώσεων	75

5. Εργαλείο υπολογισμού των ωφελειών από την εφαρμογή των μετρήσιμων λύσεων έξυπνων πόλεων σε δήμους	82
5.1 Παρουσίαση του εργαλείου.....	82
5.1.1 Φύλλο «Εισαγωγή».....	82
5.1.2 Φύλλο «Κτιριακό απόθεμα»	85
5.1.3 Φύλλο «Μεταφορές»	91
5.1.4 Φύλλο «Φωτισμός - Ενέργεια»	93
5.1.5 Φύλλο «Απόβλητα».....	97
5.1.6 Φύλλο «Συνολικό όφελος»	99
5.1.7 Περιορισμοί στην ανάπτυξη του εργαλείου.....	99
5.2 Εφαρμογή του εργαλείου για το δήμο Δράμας.....	100
6. Συμπεράσματα	106
5.1 Συμπεράσματα	106
5.2 Προτάσεις μελλοντικής έρευνας	108
Βιβλιογραφία	109

Κατάλογος Εικόνων και Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Εξέλιξη του πληθυσμού στις αστικές (κόκκινη γραμμή) και αγροτικές περιοχές (μπλε γραμμή) ως ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού την περίοδο 1960-2020 (World Bank, 2021 γ)).....	9
Σχήμα 1.2: Εξέλιξη της παγκόσμιας κατά κεφαλήν χρήσης ενέργειας (κιλά ισοδύναμου πετρελαίου) την περίοδο 1960-2015 (World Bank, 2021 β)).....	11
Σχήμα 1.3: Εξέλιξη των παγκόσμιων εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων (kt ισοδυνάμου CO ₂) την περίοδο 1960-2020 (World Bank, 2021 α)).....	11
Σχήμα 1.4: Παγκόσμιες εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων ανά οικονομικό τομέα (IPCC, 2014).....	12
Σχήμα 2.1: Χαρακτηριστικά και παράμετροι της έξυπνης πόλης (Giffinger et al., 2007).....	37
Σχήμα 2.2: Τροχός της έξυπνης πόλης με τους κύριους δείκτες της (Cohen, 2012, όπ. αναφ. στους Peek και Troxler, 2014, σελ.6).....	38
Σχήμα 4.1: Τροποποιημένος τροχός της έξυπνης πόλης με τους κύριους δείκτες της (Sharif, 2019).....	61
Σχήμα 5.1: Γενική επισκόπηση του φύλλου της Εισαγωγής του εργαλείου	84
Σχήμα 5.2: Πίνακας εισαγωγής γενικών πληροφοριών της υπό μελέτης περιοχής του φύλλου της Εισαγωγής του εργαλείου με ορατή την επιλογή του τύπου της περιοχής	85
Σχήμα 5.3: Σκοπός και οδηγίες για τη χρήση του εργαλείου	85
Σχήμα 5.4 Αθροιστικό όφελος από την εφαρμογή του συνόλου των παρεμβάσεων για το δήμο Δράμας	105

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1	Λύσεις εφαρμογής έξυπνων πόλεων (Χαραλαμπίδης et al., 2021) ...	41
Πίνακας 2.2	Κατηγοριοποίηση λύσεων εφαρμογής έξυπνων πόλεων σε μετρήσιμες και μη μετρήσιμες	46
Πίνακας 4.1	Λίστα κύριων και υποστηρικτών δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών λύσεων έξυπνων πόλεων (ISO 37120, 2014)	63
Πίνακας 4.2	Λίστα δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών λύσεων έξυπνων πόλεων βασισμένη στους τροχούς της έξυπνης πόλης των Peek και Troxler και Sharif (Peek και Troxler, 2014; Sharif, 2019)	68
Πίνακας 4.3	Παραδείγματα ανάπτυξης δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών λύσεων έξυπνων πόλεων (Hemment et al., 2016).....	69
Πίνακας 4.4	Δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών των μετρήσιμων λύσεων έξυπνων πόλεων	72
Πίνακας 5.1:	Εισαγωγή πληροφοριών κτιριακού αποθέματος των δημόσιων κτιρίων και κατανάλωσης θερμικής, ηλεκτρικής ενέργειας και νερού	88
Πίνακας 5.2:	Υπολογισμός των ωφελειών στην κατανάλωση ενέργειας στα δημόσια κτίρια	90
Πίνακας 5.3:	Υπολογισμός των ωφελειών στην κατανάλωση νερού στα δημόσια κτίρια.....	90
Πίνακας 5.4:	Υπολογισμός των ωφελειών από την αντικατάσταση των συμβατικών λεωφορείων	92
Πίνακας 5.5:	Εισαγωγή πληροφοριών του οδικού φωτισμού και των φωτεινών σηματοδοτών.....	94
Πίνακας 5.6:	Εισαγωγή πληροφοριών της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας	94
Πίνακας 5.7:	Υπολογισμός των ωφελειών από την εφαρμογή παρεμβάσεων στον οδικό φωτισμό.....	95
Πίνακας 5.8:	Υπολογισμός των ωφελειών από την εφαρμογή παρεμβάσεων στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.....	96

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Πίνακας 5.9: Εισαγωγή πληροφοριών των αποβλήτων στο εργαλείο	97
Πίνακας 5.10: Υπολογισμός των ωφελειών από την εφαρμογή της παρέμβασης στα απορρίμματα.....	98
Πίνακας 5.11: Αθροιστικό όφελος από την εφαρμογή του συνόλου των παρεμβάσεων.....	99
Πίνακας 5.12 Δεδομένα εισαγωγής στο εργαλείο για το δήμο Δράμας (Σύμφωνα των Δημάρχων, 2013, 2016; Δήμος Δράμας, 2015)	100
Πίνακας 5.13 Δεδομένα εισαγωγής στο εργαλείο για τον υπολογισμό κατανάλωσης ενέργειας και τον υπολογισμό του κόστους μετακίνησης των λεωφορείων στο δήμο Δράμας (ΕΑΑΔΗΣΥ, 2019; ΔΕΗ, 2022).....	101
Πίνακας 5.14 Επιλεγείσες παρεμβάσεις για το δήμο Δράμας και κεφαλαιακό κόστος αυτών (CCP, 2022; Ergo-tel, 2022; Helio Systems, 2022; MACC, 2022; Terra, 2022).....	101
Πίνακας 5.15 Αποτελέσματα εργαλείου	103
Πίνακας 5.16: Αθροιστικό όφελος από την εφαρμογή του συνόλου των παρεμβάσεων για το δήμο Δράμας.....	104

1. Εισαγωγή

2.1 Εισαγωγή στο ερευνητικό αντικείμενο

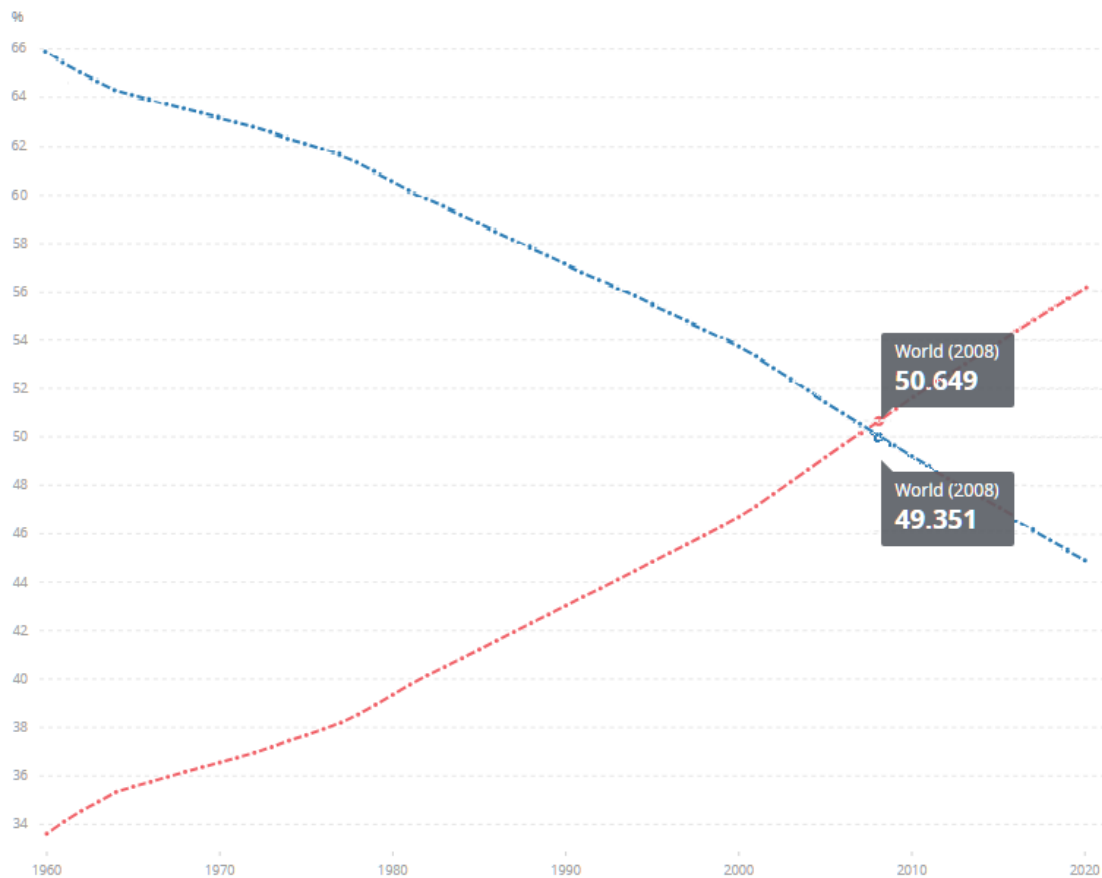
Η ιδέα της έξυπνης πόλης βρίσκεται στην ατζέντα της ακαδημαϊκής βιβλιογραφίας και των εθνικών και διεθνών πολιτικών για δύο δεκαετίες. Έχει τις ρίζες της σε διάφορες προσεγγίσεις, όπως είναι για παράδειγμα η βιωσιμότητα (sustainability), η δικτυακή κοινωνία (network society) και η δημιουργική τάξη (creative class), που όλες έχουν ως στόχο να εξηγήσουν και να δημιουργήσουν αποτελεσματικές λύσεις για τα προβλήματα και τις απειλές που αντιμετωπίζουν οι σημερινές πόλεις. Αυτές οι προσεγγίσεις προτείνουν έναν νέο τρόπο ανάπτυξης για το μέλλον σύμφωνα με τα οράματά τους. Η κύρια εστίαση όλων αυτών των προσεγγίσεων έγκειται στην κάλυψη των αναδυόμενων αναγκών της πόλης. Από αυτή την άποψη, το τεχνολογικό άλμα που συμβαίνει στον σύγχρονο κόσμο, έχει θεωρηθεί ως ένας στρατηγικός οδικός χάρτης για την αποτελεσματική διαχείριση των πόλεων προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι μίας βιώσιμης ευημερίας.

Οι πόλεις αποτελούν τον πυρήνα τόσο των προβλημάτων που αντιμετωπίζει ο σύγχρονος κόσμος όσο και των λύσεων για τα προβλήματα αυτά. Τα εκτεταμένα συστήματα που διαθέτουν οι πόλεις, τις αναπτύσσουν ως δυναμικούς, ζωντανούς οργανισμούς, στους οποίους παράγονται κυρίως κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές αξίες. Αυτό σημαίνει ότι κάθε πρόβλημα που προκαλείται από τις πόλεις θα μπορούσε να λυθεί στις πόλεις. Όπως ένας ζωντανός οργανισμός, η δυναμική δομή των πόλεων βρίσκεται σε συνεχή αλλαγή και αυτό οδηγεί σε νέα προβλήματα, ευκαιρίες και ανάγκες (Albino et al., 2015).

Στο δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, με την εκβιομηχάνιση, άρχισε να πραγματοποιείται μία μεταναστευτική μετακίνηση από τις αγροτικές στις αστικές περιοχές, που προκάλεσε την αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας στις πόλεις. Έτσι από το 2008 και μετά, περισσότερο από το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε πόλεις και συμμετέχει στη δημιουργία αυτού του κοινωνικοοικονομικού οικοσυστήματος. Με άλλα λόγια, το έτος 2008 αποτέλεσε ένα σημείο ορόσημο για τις πόλεις, καθώς για πρώτη φορά και λόγω της ταχείας αστικοποίησης ο πληθυσμός τους ξεπέρασε αυτόν των αγροτικών περιοχών (Σχήμα 1.1, που απεικονίζει την αύξηση και μείωση του

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

πληθυσμού στις αστικές και αγροτικές περιοχές αντίστοιχα μεταξύ 1960 και 2020)
(World Bank, 2021 γ)).



Σχήμα 1.1: Εξέλιξη του πληθυσμού στις αστικές (κόκκινη γραμμή) και αγροτικές περιοχές (μπλε γραμμή) ως ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού την περίοδο 1960-2020 (World Bank, 2021 γ))

Οι πόλεις συνέχισαν να αυξάνονται μέρα με τη μέρα από τότε (Σχήμα 1.1). Έτσι το 2020, πλέον στις αστικές περιοχές ζουν 4.352 εκατομμύρια άνθρωποι ή το 56,15% του παγκόσμιου συνολικού πληθυσμού και αυτό το ποσοστό αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται (World Bank, 2021 γ)) με τον αστικό πληθυσμό να προβλέπεται ότι θα αποτελέσει το 68% του συνολικού παγκόσμιου πληθυσμού έως το 2050 (UN, 2018).

Με περισσότερο από τον μισό πληθυσμό σε αυτές, οι πόλεις έχουν σημαντική επιρροή στην οικονομία, όπου καταναλώνονται οι περισσότεροι από τους πόρους. Οι Albino et al. (2015) χαρακτηρίζουν τις πόλεις ως μεταβολισμό που αποτελείται από την εισαγωγή αγαθών και την παραγωγή απορριμμάτων. Οι πόλεις χρησιμοποιούν το

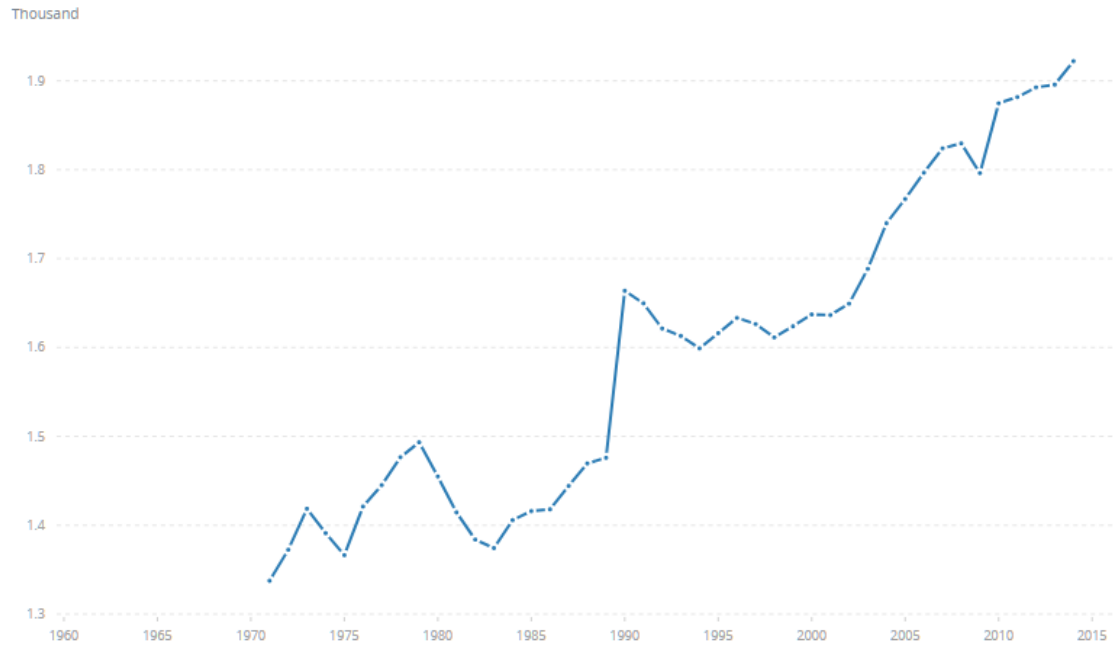
60-80% της ενέργειας παγκοσμίως και ευθύνονται για σημαντικό μέρος των συνολικών εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων. Όλα αυτά έχουν αντίκτυπο στο κοινωνικό περιβάλλον των αστικών περιοχών, όπου η πρόσβαση σε πόρους, οι ανθυγιεινοί οικισμοί και οι φυσικοί κίνδυνοι γίνονται καθημερινά προβλήματα (World Bank, 2021 β)).

Η αύξηση του πληθυσμού στις πόλεις και οι ραγδαίες αστικοποιήσεις έχουν οδηγήσει τόσο την κατανάλωση πόρων όσο και την παραγωγή απορριμμάτων σε μία κρίσιμου σημείου αύξηση. Οι ανθρωποκεντρικές δραστηριότητες προκαλούν μία μη αναστρέψιμη περιβαλλοντική υποβάθμιση, μία άνιση κοινωνική δομή, καθώς και σχετικά προβλήματα διαχείρισης και υποδομών. Ο αντίκτυπος της αστικοποίησης μαζί με την εκβιομηχάνιση έχει οδηγήσει σε μία μεγάλη οικολογική κρίση παγκοσμίως. Ο πληθυσμός, η υπερβολική κατανάλωση και η χρήση ενέργειας έχουν γίνει τα πιο πιεστικά ζητήματα στους πόρους του πλανήτη (Εικόνα 1.2) (World Bank, 2021 β); γ)). Η κατανάλωση περιορισμένων πόρων και η παραγωγή αποβλήτων και οι εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων αυξάνονται χρόνο με το χρόνο, οδηγώντας την κατάσταση του πλανήτη σε επικίνδυνο σημείο (Εικόνα 1.3) (World Bank, 2021 α)).

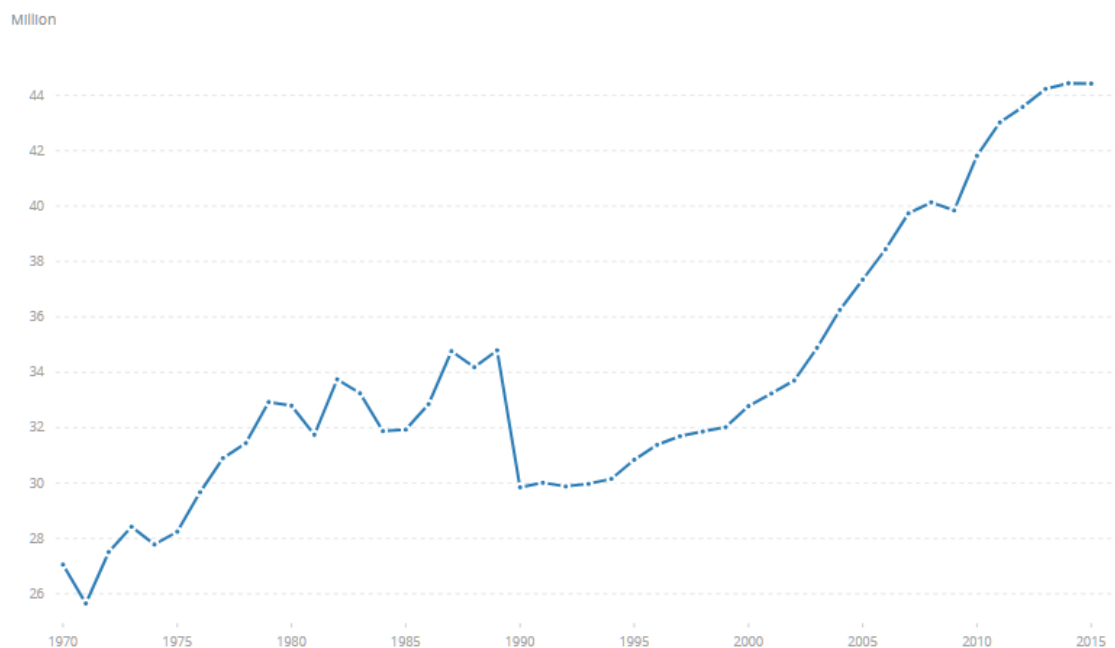
Ο ανεξάρτητος οργανισμός, Global Footprint Network, σημείωσε ότι η 29^η Ιουλίου 2019 αποτελεί την πρώτη Ημέρα Υπερακοντισμού της Γης¹. Αυτό σημαίνει ότι η παγκόσμια βιοδυναμική για το έτος 2019 εξαντλείται στις 29 Ιουλίου και μετά από αυτή την ημερομηνία κάθε κατανάλωση γίνεται με δανεισμό από τη βιοδυναμική των επόμενων ετών. Με άλλα λόγια, ο άνθρωπος δανείζεται από το μέλλον, εξαντλώντας όλους τους περιορισμένους πόρους που παράγει σήμερα ο πλανήτης (Global Footprint Network, 2019).

¹Η Ημέρα Υπερακοντισμού της Γης (Earth Overshoot Day) υποδεικνύει την ημέρα κατά την οποία η κατανάλωση των πόρων υπερβαίνει τους πόρους που παράγονται εκείνο το έτος από τη γη. Υπολογίζεται με τη διαίρεση της ετήσιας παγκόσμιας δυναμικότητας με το οικολογικό ανθρωπογενές (ανθρωποκεντρικό) αποτύπωμα και αυτός ο αριθμός πολλαπλασιάζεται επί 365 (συνολικές ημερολογιακές ημέρες) προκειμένου να βρεθεί η ακριβής ημερομηνία. Η ετήσια παγκόσμια δυναμικότητα δείχνει την ποσότητα των πόρων που παράγονται από τη γη εκείνο το έτος και σημαίνει επίσης την ετήσια ικανότητα απορρόφησης απορριμμάτων. Υπό αυτή την έννοια, το οικολογικό αποτύπωμα αναφέρεται στην κατανάλωση πόρων και στην απορρόφηση των απορριμμάτων που παράγονται (Global Footprint Network 2019).

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης



Σχήμα 1.2: Εξέλιξη της παγκόσμιας κατά κεφαλήν χρήσης ενέργειας (κιλά ισοδύναμου πετρελαίου) την περίοδο 1960-2015 (World Bank, 2021 β))

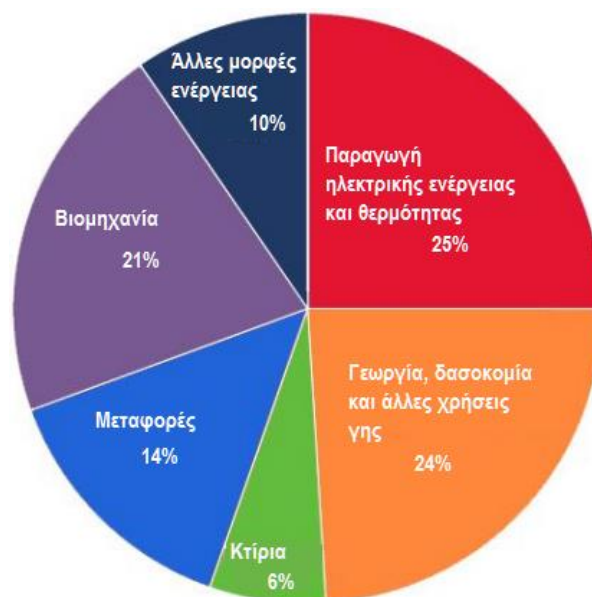


Σχήμα 1.3: Εξέλιξη των παγκόσμιων εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων (kt ισοδυναμίου CO₂) την περίοδο 1960-2020 (World Bank, 2021 α))

Προκειμένου να συνειδητοποιηθούν οι ανάγκες της καθημερινής ζωής, τονίζεται ότι ο σύγχρονος άνθρωπος χρησιμοποιεί 1,5 φορές τους πόρους που παράγει η γη ετησίως και ο αριθμός αυτός αναμένεται να διπλασιαστεί μέχρι το 2030 και να

αυξηθεί εκθετικά εάν δεν υπήρχαν μέτρα (Kudelas et al., 2018; Acar και Yeldan, 2019; Kobayashi, 2019).

Το αυξημένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα προκαλεί απώλεια οικοσυστήματος, υπερθέρμανση του πλανήτη και κλιματική αλλαγή. Αυτά τα ζητήματα γίνονται όλο και πιο έντονα καθημερινά με την αυξανόμενη ανάγκη σε αστικές υποδομές, τις υψηλές απαιτήσεις σε ενέργεια και πόρους και τις δαπάνες κοινωνικών υπηρεσιών. Πιστεύεται ότι οι ανθρωποκεντρικές δραστηριότητες είναι η κύρια αιτία της παγκόσμιας υπερθέρμανσης του πλανήτη από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα και μετά και η υψηλή κατανάλωση πόρων και η υψηλή παραγωγή αποβλήτων και μαζί με τη χρήση ορυκτών καυσίμων είναι οι κύριες κινητήριες δυνάμεις, που ενισχύουν αυτή τη διαδικασία. Κύριος παράγοντας αυτής της παγκόσμιας υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι η αυξημένη ποσότητα εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων, που όπως φαίνεται από το Σχήμα 1.3, έχει παρουσιάσει σημαντικούς και συνεχείς ρυθμούς αύξησης από το 2000 και μετά, με τους τομείς της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας να αποτελούν το κυρίαρχο τομέα παραγωγής εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων (Σχήμα 1.4). Η πρόληψη αυτής της παγκόσμιας υπερθέρμανσης του πλανήτη έγκειται στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την ενεργειακή απόδοση, τις βιώσιμες υποδομές και τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων και της κατανάλωσης (IPCC, 2014).



Σχήμα 1.4: Παγκόσμιες εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων ανά οικονομικό τομέα (IPCC, 2014)

Προκειμένου να αποφευχθεί η οικολογική επιδείνωση και να περιοριστεί η υπερθέρμανση του πλανήτη, η Συμφωνία του Παρισιού εγκρίθηκε στο πλαίσιο της Σύμβασης - Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)) το 2015 και υπογράφηκε το 2016. Η συμφωνία του Παρισιού στοχεύει στη συγκράτηση της παγκόσμιας μέσης αύξησης της θερμοκρασίας κατά 1,5 °C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα, μειώνοντας τις εκπομπές των θερμοκηπιακών αερίων (UNFCCC, 2015). Το 2017 η ανθρωπογενής υπερθέρμανση του πλανήτη είχε ήδη αυξηθεί κατά 1 °C και θεωρείται ότι θα αυξάνεται κατά 0,2°C ανά δεκαετία, εάν η παρούσα κατάσταση δεν τεθεί υπό έλεγχο. Με τη Συμφωνία του Παρισιού, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος να μην ξεπεραστεί η άνοδος της θερμοκρασίας κατά 1,5 °C, κάθε χώρα που συμμετείχε είχε υποβάλει μία εθνικά καθορισμένη πρόθεση συνεισφοράς (Intended Nationally Determined Contribution (INDC)) στην UNFCCC, που αντιπροσωπεύει τον στόχο και τη συμβολή κάθε χώρας στη μείωση των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων (IPCC, 2018).

Για να μπορέσουν να επιτύχουν αυτούς τους στόχους οι πόλεις, οι εισροές και οι εκροές τους παίζουν σημαντικό ρόλο μαζί με τις ευκαιρίες, που προσφέρουν η τεχνολογική πρόοδος και η καινοτομία. Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (International Energy Agency (IEA)) σημειώνει ότι η χρήση και η ζήτηση για ενέργεια είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για τις εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων και κατ' επέκταση για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Ο IEA δηλώνει ότι το 50% των εκπομπών CO₂ μπορεί να εξαιρεθεί με τα σωστά μέτρα για την ενεργειακή απόδοση (IEA, 2018).

Αυτό υποστηρίζεται επίσης από την έκθεση της Ericsson (2019), Ericsson Mobility Report,, η οποία αναφέρει ότι ελέγχοντας μόνο τα ενεργειακά απόβλητα που προκύπτουν ακόμα και στον τόπο κατανάλωσης, οι έξυπνες τεχνολογίες και οι Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίας (αισθητήρες, μετρητές και ούτω καθεξής) έχουν τη δυνατότητα να εξαλείψουν το 15% των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων, που σχετίζονται με την ενέργεια. Η δυναμική τεχνολογική πρόοδος και ο αντίκτυπός της στις πόλεις αναμένεται να διαδραματίσουν κεντρικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία. Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της εθνικά καθορισμένης

πρόθεσης συνεισφοράς της εκάστοτε χώρας, μία πορεία χαμηλών εκπομπών άνθρακα, δράσεις για το κλίμα και στόχοι βιωσιμότητας, η έννοια της έξυπνης πόλης αναδεικνύεται ως ένας σημαντικός παράγοντας με την αποτελεσματική και αποδοτική λειτουργία της. Η έξυπνη χρήση δεδομένων που συλλέγονται από αισθητήρες θα πρότεινε τη δυνατότητα αποτελεσματικής και ταυτόχρονα ουσιαστικής διαχείρισης αστικών περιουσιακών στοιχείων και πόρων, ενώ με τις πληροφορίες που συγκεντρώνονται, θα μπορούσε να αποτελέσει βάση για έξυπνη λήψη αποφάσεων για το μέλλον (Ericsson, 2019).

Για να μπορέσει να δημιουργηθεί ένα βιώσιμο μέλλον για τις πόλεις, φαίνεται ότι οι παραδοσιακές προσεγγίσεις σχεδιασμού δεν είναι αρκετές. Η εμφάνιση της έννοιας της έξυπνης πόλης εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1990 για να προσφέρει μία νέα προσέγγιση σχεδιασμού μέσω της χρήσης προηγμένων τεχνολογικών λύσεων για την αντιμετώπιση προβλημάτων που προκύπτουν από την ταχεία αστικοποίηση. Ο στόχος της προσέγγισης της έξυπνης πόλης είναι να λειτουργήσει ως καταλύτης για την ενίσχυση των λύσεων για αστικά προβλήματα, τη δημιουργία μίας συνδεδεμένης πόλης και την εισαγωγή πλατφορμών, όπου η συμμετοχή των πολιτών θα διατηρηθεί. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία (ευρυζωνικές συνδέσεις, πανταχού παρόντες αισθητήρες/ οθόνες, μεγάλα δεδομένα και άλλα δίκτυα που βασίζονται στις Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) και στο Ίντερνετ των Πραγμάτων (IoT)) θεωρούνται ως ευκαιρία βελτίωσης τόσο του περιβάλλοντος όσο και των αστικών υπηρεσιών, χρησιμοποιώντας τις ΤΠΕ προς αυτή την κατεύθυνση (Bibri, 2018).

Υπάρχουν τρεις παράγοντες που έχουν οδηγήσει στην εμφάνιση των έξυπνων πόλεων στο σύγχρονο πρότυπο σχεδιασμού. Το πρώτο είναι ο αστικός πληθυσμός, ο οποίος έχει φτάσει σε ένα μέγεθος σε παγκόσμιο επίπεδο που καθιστά τα αστικά προβλήματα πιο περίπλοκα. Το δεύτερο είναι τα περιβαλλοντικά προβλήματα με τις σοβαρές συνέπειές τους, που απαιτούν κρίσιμα και άμεσα μέτρα. Το τελευταίο είναι η ευκαιρία που παρέχουν οι νέες τεχνολογίες για τη λήψη ορθολογικών αποφάσεων, συλλέγοντας δεδομένα για αστικά προβλήματα και παράγοντας λύσεις με βάση τα δεδομένα αυτά (Hollands, 2014).

2.2 Σκοπός και επιμέρους στόχοι της έρευνας

Σήμερα οι έξυπνες πόλεις παρέχουν λύσεις για μία ευρεία γκάμα ζητημάτων που απασχολούν τις σύγχρονες πόλεις. Πώς όμως αποτυπώνονται αυτές οι λύσεις; Ποιοι δείκτες μπορούν να αποτελέσουν μέσο ανάδειξης των ωφελειών τους; Πώς μετράται η αποτελεσματικότητά τους;

Τις ερωτήσεις αυτές στοχεύει να απαντήσει η παρούσα εργασία, της οποίας ο σκοπός είναι η ανάπτυξη ενός μοντέλου υπολογισμού των ωφελειών των δήμων από την υλοποίηση παρεμβάσεων μίας έξυπνης πόλης.

Ειδικότερα, στόχος είναι α) να αναπτυχθούν δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να αποδώσουν τα οφέλη λύσεων της έξυπνης πόλης, τα οποία δεν είναι άμεσα μετρήσιμα, όπως είναι για παράδειγμα τα οφέλη που θα μπορούσαν να προκύψουν από τη λύση «εφαρμογή ηλεκτρονικής ψηφοφορίας για δημοτικά θέματα» και β) να αναπτυχθούν ποσοτικοί μέθοδοι αξιολόγησης επιπτώσεων, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να αποδώσουν τα οφέλη λύσεων της έξυπνης πόλης, τα οποία είναι εν δυνάμει μετρήσιμα, όπως είναι για παράδειγμα τα οφέλη που θα μπορούσαν να προκύψουν από τη λύση «παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά ή ανεμογεννήτριες σε δημοτικά κτίρια, σχολεία ή οικόπεδα».

Μάλιστα, για την καλύτερη απόδοση των ποσοτικών/ μετρήσιμων αξιολογήσεων επιπτώσεων, αναπτύσσεται ένα μοντέλο/ εργαλείο, μέσω του στατιστικού εργαλείου Microsoft Excel, με το οποίο θα υπολογίζονται τα οφέλη από την εφαρμογή των εν δυνάμει μετρήσιμων λύσεων των έξυπνων πόλεων σε δήμους.

Για το σκοπό αυτό, οι επιμέρους στόχοι αναπτύσσονται ως εξής:

1. Αποσαφήνιση της έννοιας των έξυπνων πόλεων, των χαρακτηριστικών και των συστατικών τους
2. Παρουσίαση των λύσεων της έξυπνης πόλης για μία ηλεκτρονική διακυβέρνηση των πόλεων και διάκρισή τους σε μετρήσιμες και μη μετρήσιμες λύσεις ως προς τα οφέλη τους
3. Ανάπτυξη δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να αποδώσουν τα οφέλη λύσεων της έξυπνης πόλης, τα οποία δεν είναι άμεσα μετρήσιμα

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

4. Ανάπτυξη ποσοτικών μεθόδων αξιολόγησης επιπτώσεων, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να αποδώσουν τα οφέλη λύσεων της έξυπνης πόλης, τα οποία είναι εν δυνάμει μετρήσιμα
5. Ανάπτυξη ενός εργαλείου μέσω του στατιστικού εργαλείου Microsoft Excel, με το οποίο θα υπολογίζονται τα οφέλη από την εφαρμογή των μετρήσιμων λύσεων έξυπνων πόλεων σε δήμους
6. Έλεγχος και παρουσίαση της λειτουργίας του παραπάνω εργαλείου μέσα από την εφαρμογή μίας συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή - οι πόλεις στην ιστορία και στο σήμερα

Σημάδια ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον μπορούν να εντοπιστούν για μεγάλο χρονικό διάστημα στην ιστορία. Είναι γνωστό πλέον ότι ήδη οι κυνηγοί-τροφοσυλλέκτες τροποποίησαν το περιβάλλον διαβίωσής τους μέσω μίας μεγάλης κλίμακας σκόπιμης χρήσης της φωτιάς. Με την εμφάνιση των γεωργικών συστημάτων γύρω στα 10.000 π.Χ., η μετάβαση από τον νομαδικό τρόπο ζωής στην οικιστική ζωή απαιτούσε ριζικές αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο οι αρχαίοι άνθρωποι έβλεπαν και χρησιμοποιούσαν τον περίγυρό τους. Η εμφάνιση οικισμών και η απαραίτητη αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αποκτούσαν την τροφή τους και νέοι καινοτόμοι τρόποι παραγωγής τροφίμων έφεραν δραματικές αλλαγές στη σχέση μεταξύ ανθρώπου και περιβάλλοντος. Η ανάγκη να διατηρηθεί η γη παραγωγική ώστε να μπορεί να τροφοδοτεί τον συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό των χωρικών έφερε νέες προκλήσεις, όπως η ικανότητα διατήρησης της γης παραγωγική σε συνεχή βάση, η ενίσχυση της γονιμότητας του εδάφους ή/ και η ικανότητα προστασίας των καλλιεργειών, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Αυτές οι προκλήσεις ανάγκασαν τους ανθρώπους να προσαρμόσουν το περιβάλλον τους, το οποίο συχνά προκαλούσε υποβάθμιση και εξάντληση των πόρων (Girardet, 2008).

Με την εμφάνιση των πρώτων πόλεων γύρω στα 7.000 π.Χ. ξεκίνησε μία νέα εποχή στον τρόπο ζωής των ανθρώπων. Ο συνεχώς αυξανόμενος πληθυσμός έπρεπε να αναζητήσει νέους τρόπους για να ικανοποιηθεί σε ότι αφορά τη διαβίωσή του. Ο ρόλος του εμπορίου μεγάλωσε και οι άνθρωποι δεν εξαρτιόνταν πλέον μόνο από τη γειτονική γη. Η εφεύρεση της άρδευσης που παρατηρήθηκε περίπου στα 6.000 π.Χ. ήταν ένα ακόμη βήμα προς την ευκαιρία να βελτιώσει ο άνθρωπος τη ζωή του. Οι αυξανόμενες απαιτήσεις για τις συνθήκες διαβίωσης είχαν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η ανάγκη για ξυλεία οδήγησε σε εκτεταμένη αποψίλωση των δασών. Η εντατική άρδευση οδήγησε σε υφαλμύρωση της γεωργικής γης. Η ποσότητα των παραγόμενων για τις διαφορετικές ανθρώπινες δραστηριότητες

αποβλήτων έγινε μείζον πρόβλημα, που συνδέθηκε με κινδύνους ασθενειών (Girardet, 2008).

Η άνοδος του ελληνικού πολιτισμού έφερε νέες προκλήσεις στη βιωσιμότητα. Η επιτυχία του ελληνικού πολιτισμού επιτεύχθηκε με σημαντικό περιβαλλοντικό κόστος. Η εκτεταμένη αποψίλωση των δασών, η διάβρωση του εδάφους ως αποτέλεσμα της αποψίλωσης ή η υφαλμύρωση ως αποτέλεσμα της ανάγκης άρδευσης ήταν τα θεμέλια για την υποβάθμιση του περιβάλλοντος που συνέβαλαν στην πτώση της ελληνικής αυτοκρατορίας, καθώς και στην πτώση της Ρώμης. Ο Μεσαίωνας και οι πόλεις του ήταν πιο βιώσιμοι από την αρχαία Ρώμη με την αυτάρκεια και την τοπική τους οικονομία (Girardet, 2008).

Η βιομηχανική επανάσταση ξεκίνησε στη Μεγάλη Βρετανία τον 18^ο αιώνα. Έφερε νέες τεχνολογίες που άλλαξαν τον τρόπο που οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν το περιβάλλον και την αστική ζωή τους. Οι νέες τεχνολογίες ενέργειας επέτρεψαν την μεγιστοποίηση της παραγωγής και την άνευ προηγουμένου αύξηση της ταχύτητας της παραγωγής. Τα μεγάλα εργοστάσια βρίσκονταν συνήθως στις πόλεις και οι άνθρωποι τα ακολουθούσαν με την ψευδαίσθηση της καλύτερης ζωής. Οι ατμομηχανές έγιναν απαραίτητες για την άντληση νερού στις πόλεις, καθώς το νερό χρειαζόταν για τη βιομηχανία και για την απομάκρυνση των λυμάτων από αυτές. Οι ατμομηχανές κινούσαν τις γεννήτριες για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με αποτέλεσμα για πρώτη φορά στην ιστορία οι άνθρωποι να έχουν φως και οι πόλεις να φωτιστούν. Ο πληθυσμός στις πόλεις αυξήθηκε, όπως και τα απόβλητα από την υφαντουργία και τους ίδιους τους κατοίκους. Οι συνθήκες διαβίωσης ήταν φρικτές, καθώς η ρύπανση του νερού και του εδάφους, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η αιθαλομίχλη ήταν τόσο εκτεταμένες που το προσδόκιμο ζωής ήταν εξαιρετικά χαμηλό (Girardet 2008).

Η πόλη, όπως είναι γνωστή σήμερα, είναι προϊόν συναρπαστικών καινοτομιών που προέκυψαν από τη βιομηχανική επανάσταση. Αλλά αυτές οι απίστευτες καινοτομίες και αλλαγές έφεραν προβλήματα, όπως ο υπερπληθυσμός, η ρύπανση, το κυκλοφοριακό πρόβλημα και η αναποτελεσματική κατανάλωση ενέργειας, που έγιναν πανταχού παρούσα σε όλες τις πόλεις σε παγκόσμιο επίπεδο. Ειδικά οι πόλεις που έγιναν η κινητήρια δύναμη της νέας βιομηχανικής πραγματικότητας έπρεπε να

αντιμετωπίσουν την ακραία περιβαλλοντική υποβάθμιση και άλλα προβλήματα που συνδέονται με την ταχεία και εκτεταμένη ανάπτυξη (Girardet 2008).

Ορισμένοι άνθρωποι και κοινότητες σε αυτές τις πόλεις θεώρησαν ότι η κατάσταση δεν είναι βιώσιμη και ότι τα προβλήματα πρέπει να αντιμετωπιστούν και να επιλυθούν. Άρχισαν να αναζητούν εναλλακτικές λύσεις που θα βελτίωναν τις συνθήκες διαβίωσης στις πόλεις τους. Υπάρχει ευρύ φάσμα λύσεων για αυτά τα περιβαλλοντικά προβλήματα. Μερικές από τις πόλεις επικεντρώθηκαν στην πιο αποδοτική κατανάλωση ενέργειας με στόχο να αποτελέσουν ενεργειακά αυτόνομες πόλεις. Άλλες επικεντρώθηκαν στην έννοια της βιωσιμότητας και έγιναν γνωστές ως βιώσιμες πόλεις. Πολλές πόλεις προσπάθησαν να μετατραπούν σε οικολογικά αποδοτικές ή έξυπνες πόλεις (Girardet 2008).

Στις έξυπνες πόλεις είναι που εστιάζει και η παρούσα έρευνα και είναι αυτές για τις οποίες θα δοθούν λεπτομέρειες στην συνέχεια.

2.1.1 Εξέλιξη των πόλεων και του περιβαλλοντικού πλαισίου τους

Η ιστορία των ανθρώπινων οικισμών είναι μακρά και ποικίλη. Στην αρχή οι άνθρωποι περιπλανιόνταν σε όλη τη χώρα, μάζευαν φρούτα, μούρα και ρίζες και μερικές φορές κυνηγούσαν ζώα. Οι κυνηγοί και οι τροφосуλλέκτες ζούσαν σε αρμονία με το περιβάλλον τους. Αυτή η αρμονία και ισορροπία ήταν δυνατή επειδή οι προϊστορικοί άνθρωποι ζούσαν σε μικρές ομάδες και περιπλανιόνταν σε όλη τη χώρα, ακολουθώντας τις πηγές του βιοπορισμού τους. Παρά τη χαμηλή επίδρασή τους στο περιβάλλον, άφησαν ίχνη με τη μορφή κοιτασμάτων κάρβουνου ως αποτέλεσμα της σκόπιμης χρήσης της φωτιάς. Όμως αυτά τα ίχνη δεν ήταν ουσιαστικά και αφού χρησιμοποιήθηκαν μόνο φυσικοί πόροι, το περιβάλλον μπόρεσε να αντιμετωπίσει τις ανθρώπινες παρεμβολές και ανανεώθηκε (Girardet, 2008).

Ουσιαστική αλλαγή προέκυψε με την ανάπτυξη της γεωργίας και κατά συνέπεια τη μετάβαση από τον τρόπο ζωής των κυνηγών-τροφосуλλεκτών στη γεωργία. Ο νέος τρόπος καλλιέργειας του εδάφους επέτρεψε στους ανθρώπους να μείνουν σε μία περιοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η γνώση του τρόπου απόκτησης υψηλότερων αποδόσεων ανά μονάδα επιφάνειας ήταν ζωτικής σημασίας. Αυτή η ικανότητα επέτρεψε σε περισσότερα άτομα να εγκατασταθούν σε έναν κοινόχρηστο χώρο.

Καθώς όσο περισσότεροι άνθρωποι χρειάζονταν περισσότερο φαγητό, ο νέος τρόπος ζωής, τους ώθησε σε νέους τρόπους να κυριαρχήσουν στη φύση. Έπρεπε, όπως προειπώθηκε, να εξασφαλίσουν συνεχή παραγωγή σε ένα μέρος, ενισχυμένη γονιμότητα του εδάφους, να διατηρήσουν την απαραίτητη υγρασία ή να προστατεύσουν τις καλλιέργειες για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο (Girardet, 2008). Ο νέος τρόπος ζωής ήταν πολύ απαιτητικός, καθώς η γεωργία περιλάμβανε μεγάλη αναστάτωση των φυσικών οικοσυστημάτων. Δεν ήταν μόνο δραστηριότητες που συνδέονται άμεσα με τη γεωργία, αλλά και αποψίλωση των δασών για οικοδομικά υλικά ή καυσόξυλα (Ponting, 1990).

Μπορεί να υποστηριχτεί ότι οι παραπάνω ημιμόνιμοι οικισμοί ήταν η αιτία της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Ωστόσο, μπορεί να υποστηριχτεί και το αντίθετο. Υπάρχουν κτηνοτροφικοί πολιτισμοί που εξακολουθούν να ζουν σε καλά σχεδιασμένους ημιμόνιμους οικισμούς. Αυτοί οι πολιτισμοί ποιμαίνουν τα κοπάδια τους και κινούνται σύμφωνα με τα καλά σχεδιασμένα ετήσια πρότυπα μετανάστευσης, αναζητώντας βοσκή και νερό. Καθώς δεν μένουν συνεχώς σε μία περιοχή, το περιβάλλον έχει χρόνο να ανακάμψει (Girardet, 2008).

Με τους μικρούς οικισμούς και τα χωριά να μεγαλώνουν, μπορεί να γίνει αναφορά για τις πρώτες πόλεις. Η γεωργία δεν ήταν σε θέση να εξασφαλίσει τα προς το ζην για μεγάλο αριθμό ανθρώπων και το εμπόριο έγινε μέρος της καθημερινής ζωής. Μπορεί να βρεθούν υπολείμματα των πρώτων πόλεων στις άλλοτε εύφορες γεωργικές περιοχές, ιδιαίτερα στις εύφορες κοιλάδες ποταμών, όπως ο Νείλος, ο Ευφράτης και ο Τίγρης (Ponting, 1990).

Η Μεσοποταμία με τις πόλεις της Ουρ και Ουρούκ είναι ένα από τα παραδείγματα. Η γεωργία ήταν πολύ δύσκολη εκεί, καθώς οι τακτικές πλημμύρες έφερναν λάσπες από το ποτάμι και οι θερμοκρασίες του καλοκαιριού ανέβαιναν έως και 40 °C. Οι υψηλές θερμοκρασίες αύξησαν την εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους, γεγονός που οδήγησε στην υψηλότερη υφαλμύρωσή του. Άλλα προβλήματα προκλήθηκαν από την πολύ επίπεδη γη, την κατακράτηση νερού στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους και την αυξημένη πιθανότητα υδατοκορεσμού (Ponting, 1990). Όλες αυτές οι συνθήκες και η συνεχής εντατικοποίηση της γεωργίας, ως αποτέλεσμα του αυξανόμενου πληθυσμού, προκάλεσαν την εκτεταμένη υφαλμύρωση των γεωργικών

εκτάσεων. Αλλά η γεωργία δεν ήταν το μόνο πρόβλημα. Οι πρώτες πόλεις δεν εξαρτιόνταν μόνο από την αστική γεωργία, όπως αναφέρθηκε ήδη παραπάνω. Εμπορεύονταν και άλλα εμπορεύματα, κυρίως δασικά προϊόντα. Η αποψίλωση των δασών συνέβη σε μαζική κλίμακα γύρω από την πόλη και επίσης σε απομακρυσμένες περιοχές (Girardet, 2001). Αυτές οι ουσιαστικές αλλαγές οδήγησαν σε πτώση των υπαρχόντων καλλιεργειών και κατά συνέπεια στην ανάγκη αντικατάστασης με καλλιέργειες πιο ανθεκτικές στο αλάτι. Μέχρι που τα μόνα φυτά τροφής που μπόρεσαν να αναπτυχθούν εκεί ήταν οι χουρμαδιές.

Το τέλος του μεγάλου πολιτισμού στη Μεσοποταμία μπορεί να ολοκληρωθεί με τα λόγια των Weizsacker et al. (1997): ο πολιτισμός της Μεσοποταμίας ήταν ένας αξιοσημείωτος πολιτισμός, αλλά δεν κράτησε γιατί είχε ένα βασικό ελάττωμα στον σχεδιασμό του αρδευτικού του συστήματος, που τελικά οδήγησε στην άνοδο των επιπέδων νερού, τον υδατοκορεσμό, την υφαλμύρωση, τη μείωση της παραγωγής τροφίμων και την κατάρρευση. Σήμερα τα απομεινάρια των καναλιών είναι ακόμη ορατά, όχι όμως και οι πόλεις ή οι άνθρωποι ή η σχεδόν καθόλου υπάρχουσα πλέον βλάστηση. Η Μεσοποταμία είναι πλέον μία έρημη γη.

Η περιοχή της Μεσογείου μπορεί να είναι ένα άλλο παράδειγμα. Μπορεί να αναφερθεί ότι αυτή η περιοχή έχει γοητεία με τις ελιές, τα αμπέλια, τους χαμηλούς θάμνους ή τα έντονα αρωματικά βότανα, αλλά αυτή η χλωρίδα είναι αποτέλεσμα τεράστιας περιβαλλοντικής υποβάθμισης μετά από αδυσώπητη πίεση της μακροχρόνιας ανθρώπινης εγκατάστασης και του αυξανόμενου πληθυσμού. Η φυσική βλάστηση αυτής της περιοχής ήταν ένα μεικτό αειθαλές και φυλλοβόλο δάσος βελανιδιάς, οξιάς, πεύκου και κέδρου. Η εκτεταμένη και ταχεία αποψίλωση των δασών, που ολοκληρώθηκε με τους βοσκότοπους, προκάλεσε εκτεταμένη διάβρωση του εδάφους και υποβάθμιση ολόκληρου του οικοσυστήματος (Ponting, 1990).

Αυτές οι αλλαγές φαίνονται πιο έντονα στον Λίβανο. Ο Λίβανος ήταν κάποτε διάσημος λόγω των ψηλών και ευθύγραμμων κέδρων του, αλλά το εμπόριο σε κέδρους μείωσε δραστικά τον αριθμό τους. Τα υπολείμματα υπερεκμετάλλευσης των κέδρων είναι ορατά ακόμη και σήμερα, παρά το γεγονός ότι ο Λίβανος έχει ως

κρατικό σύμβολο τον κέδρο, καθώς λίγα μόνο μικρά άλση έχουν απομείνει στη χώρα (Ponting, 1990).

Παρόμοια κατάσταση παρατηρείται και στην Ελλάδα, όπου τα πρώτα ίχνη περιβαλλοντικής υποβάθμισης είναι ορατά μόλις γύρω στο 650 π.Χ. (Ponting, 1990). Η αστικοποίηση στην Ελλάδα ήταν δυνατή χάρη στην παραγωγικότητα των δασών και των καλλιεργειών, που περιβάλλουν τις πόλεις. Όμως η λοφώδης γη δεν ήταν ιδιαίτερα παραγωγική και η αποψίλωση των δασών μαζί με την υπερβόσκηση προκάλεσε εξάντληση του εδάφους και κατά συνέπεια διάβρωση. Η Ελλάδα έπρεπε να διαφοροποιήσει την οικονομία της, ώστε να μπορεί να εισάγει σιτηρά (Girardet, 2008).

Η πόλη της Ρώμης με όλη της τη δόξα και τη φήμη της είναι ίσως το πιο κατάλληλο παράδειγμα εκμετάλλευσης των πόρων. Η Ρώμη ήταν η μεγαλύτερη πόλη στην εποχή της και το πρωτότυπο της σύγχρονης πόλης, χωρίς απλά τα ορυκτά καύσιμα. Έως και 1,2 εκατομμύρια άνθρωποι ζούσαν εκεί και η Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία εκτεινόταν σε ολόκληρο τον γνωστό κόσμο εκείνη την εποχή. Η Ρώμη τροφοδοτήθηκε από την γύρω ενδοχώρα, αλλά καθώς ο πληθυσμός μεγάλωνε έπρεπε να βρεθούν νέοι πόροι. Το κύριο πρόβλημα ήταν η ξυλεία. Το ξύλο ήταν το μόνο υλικό που χρησιμοποιήθηκε σχεδόν για τα πάντα, για τα κτίρια, τα πλοία, τη θέρμανση, το μαγείρεμα και την τήξη ή κατασκευή τούβλων (Girardet, 2001).

Αυτή η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για ξυλεία και σιτηρά οδήγησε τον Καίσαρα στην απόφαση να εισάγει προμήθειες από τις αποικίες της Ρώμης, κυρίως από τη Βόρεια Αφρική και κατά συνέπεια από άλλα μέρη της Αυτοκρατορίας. Η Βόρεια Αφρική ήταν κάποτε πλούσια σε πόρους, με τεράστια δάση, άφθονα φρούτα στις πλαγιές της οροσειράς του Άτλαντα και με μία μεγάλη ποικιλία ζώων. Για περίπου 200 χρόνια η Βόρεια Αφρική διέθετε όχι μόνο περισσότερες από 500 ρωμαϊκές πόλεις, που χτίστηκαν στην επικράτειά της, αλλά επίσης προμήθευε περίπου 500.000 τόνους σιτηρών καθώς και σταφύλια, ελιές, χουρμάδες, μαλλί και δερμάτινα είδη κάθε χρόνο στη Ρώμη. Αυτό οδήγησε σε υπερεκμετάλλευση των τοπικών πόρων και στην συνακόλουθη υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Η μόνιμη κλιματική αλλαγή ως αποτέλεσμα της αποψίλωσης των δασών, της υφαλμύρωσης και της συνεχιζόμενης

εξαγωγής της γονιμότητας του εδάφους μέσω των καλλιεργειών που αποστέλλονταν στην ιταλική χερσόνησο είχαν αρνητικό αντίκτυπο (Girardet, 2001).

Η κάποτε πλούσια αυτή περιοχή παρήκμασε και επηρεάζεται από τη ρωμαϊκή πολιτική μέχρι σήμερα. Αλλά η ρύπανση και η υποβάθμιση δεν ήταν πρόβλημα μόνο στις αποικίες, η ίδια η Ρώμη είχε μεγάλα προβλήματα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση από την τεράστια ποσότητα καύσης άνθρακα, τη βρωμιά και τα απορρίμματα, τα πτώματα και περιττώματα ζώων στους δρόμους ήταν αναπόσπαστο μέρος των δρόμων της Ρώμης. Ο ποταμός Τίβερης μολύνθηκε επίσης σοβαρά, καθώς το μεγαλύτερο μέρος των λυμάτων διοχετεύθηκε σε αυτόν. Η κατάσταση χειροτέρεψε όταν εισήχθη το σύστημα αποχέτευσης, Cloaca Maxima, που έστελνε όλα τα λύματα στον Τίβερη. Η πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας ήταν συνδυασμός πολλών αιτιών, αλλά η περιβαλλοντική διάσταση ήταν μία από τις πιο κρίσιμες (Girardet, 2008).

Οι μεσαιωνικές πόλεις και οι εν μέρει αναγεννησιακές πόλεις ήταν πόλεις περπατήματος, που μπορούσαν να διανυθούν με το περπάτημα, λόγω της πραγματικότητας της περιόδου, όπου οι πόλεις έπρεπε να είναι σε θέση να αμυνθούν από τους εισβολείς. Αυτές οι μικρές αποστάσεις υποστήριξαν την κοινωνική αλληλεπίδραση και τον εξαιρετικά ανεπτυγμένο καταμερισμό εργασίας. Αυτές οι πόλεις ήταν πρωτίστως αυτάρκεις τοπικές οικονομίες και το εμπόριο ήταν απλώς ένα μικρό πρόσθετο όφελος. Οι πόλεις προμηθεύονταν ως επί το πλείστον από τους τοπικούς πόρους τους και στη συνέχεια επέστρεφαν τα οργανικά απόβλητα πίσω στο έδαφος για λίπανση. Οι πόλεις είχαν επίσης δάση για προμήθεια ξυλείας, καυσόξυλα και κάρβουνο. Η πιο βιώσιμη ζωή υποστηρίχθηκε από δύο καινοτομίες: τους νερόμυλους και τους ανεμόμυλους. Ωστόσο και παρά αυτές τις καινοτομίες, οι πόλεις του Μεσαίωνα και της Αναγέννησης είχαν επίσης προβλήματα με τα απόβλητα και τα λύματα και την αργή αλλά συνεχή υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Girardet, 2008).

Κατά τη διάρκεια της ιστορίας οι πόλεις εξαρτήθηκαν σημαντικά από το τοπικό τους περιβάλλον. Αυτός ο τοπικισμός και η αργή πρόοδος καθορίστηκαν από την έλλειψη ανάπτυξης στις τεχνολογίες και τη βιομηχανία. Αυτό άλλαξε τον 18^ο αιώνα με τις πρώτες καινοτομίες στις ενεργειακές τεχνολογίες. Η ταχεία ανάπτυξη προς τις νέες

τεχνολογίες και η εκβιομηχάνιση άλλαξαν την προηγούμενη παγκόσμια τάξη πραγμάτων. Η πιο σημαντική καινοτομία στην αρχή της βιομηχανικής εποχής ήταν στην ενεργειακή τεχνολογία. Η εισαγωγή του άνθρακα οπτανθρακοποίησης και λίγο αργότερα οι ατμομηχανές και πιο συγκεκριμένα οι ατμομηχανές περιστροφικής κίνησης του James Watt άλλαξαν για πάντα την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική πραγματικότητα. Οι αλλαγές στην τεχνολογία άλλαξαν την καθημερινή ζωή, οι εταιρείες πέρασαν από τις βιομηχανίες σε βιομηχανικά εργοστάσια. Το μεγάλο κόστος επένδυσης σε ατμομηχανές προκάλεσε συγκέντρωση στην ιδιοκτησία των μέσων παραγωγής και στην οργάνωση της εργασίας. Τα μεγάλα κόστη κατέστησαν επίσης ζωτικής σημασίας για τη συνεχή λειτουργία των εργοστασίων με μία αυστηρή τάξη λειτουργίας (Girardet, 2008).

Οι νέες ευκαιρίες προσέλκυσαν πολλούς ανθρώπους να μετακομίσουν στις πόλεις για δουλειά και για μία καλύτερη ζωή. Αυτό το όνειρο για καλύτερη ζωή οδήγησε ατελείωτα πλήθη ανθρώπων στις πόλεις και κατά συνέπεια δημιούργησε μία νέα αστική - βιομηχανική εργατική τάξη. Όμως, παρά το γεγονός ότι η εκβιομηχάνιση και η πρόοδος έπρεπε να οδηγήσουν σε μία πλουσιότερη κοινωνία, η κατάσταση κυρίως στις βιομηχανικές πόλεις δεν βελτιωνόταν. Ο υπερπληθυσμός και οι συνθήκες διαβίωσης ήταν φρικτές. Οι κατοικίες κατέλαβαν τα λίγα κομμάτια γης, που απέμεναν στις πόλεις, η δόμηση ήταν άναρχη, τα λύματα βρίσκονταν κυριολεκτικά έξω από τις πόρτες των κτιρίων, τα ποτάμια μολύνθηκαν από τις δραστηριότητες κυρίως των βιομηχανιών υφαντουργίας και από τα αστικά λύματα και απόβλητα και η ποιότητα της ατμόσφαιρας υποβαθμίστηκε από τη λειτουργία των εργοστασίων (Girardet, 2008).

Από τα παραπάνω διαπιστώνονται εύκολα οι απαράδεκτες συνθήκες διαβίωσης στις πόλεις τον 18^ο και τον 19^ο αιώνα. Οι πόλεις έπρεπε να αντιμετωπίσουν μία εξαιρετικά γρήγορη αύξηση του πληθυσμού. Για παράδειγμα στο Λονδίνο το 1800 ζούσαν περίπου ένα εκατομμύριο άνθρωποι, μέχρι το 1850 τέσσερα εκατομμύρια και μέχρι το 1939 ο πληθυσμός της πόλης είχε αυξηθεί σε 8,6 εκατομμύρια. Με σχεδόν απύουσες δημοτικές υπηρεσίες, οι συνθήκες διαβίωσης στις πόλεις ήταν κάτι παραπάνω από επιβλαβείς για τους ανθρώπους, αλλά και για το περιβάλλον. Σε πολλά μέρη της Μεγάλης Βρετανίας, για παράδειγμα, το νέφος από τον ατελείωτο

αριθμό καύσης άνθρακα σε όλη τη χώρα και τις εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ή χημικών ουσιών από τα εργοστάσια στο έδαφος ήταν μέρος της ζωής (Girardet 2008).

Συγκεντρωτικά η ιστορία των αρχαίων και μεσαιωνικών πόλεων μπορεί να προκαλεί το θαυμασμό, αλλά δεν μπορούμε να αγνοήσουμε ότι κάποιες από αυτές παρά την εντυπωσιακή ιστορία τους δεν κατάφεραν να συνυπάρξουν βιώσιμα με το περιβάλλον τους και κατά συνέπεια κατέστρεψαν τόσο τις ίδιες όσο και το περιβάλλον. Η δραματική αλλαγή των πόλεων που ήρθε με τη βιομηχανική επανάσταση έφερε άνευ προηγουμένου περιβαλλοντικές αλλαγές και προβλήματα που έπρεπε να αντιμετωπίσουν οι άνθρωποι. Η ακραία περιβαλλοντική εξάντληση και η ρύπανση έφεραν νέες προκλήσεις για τους πολεοδόμους (Agudelo-Vera et al., 2011).

Όπως διαπιστώθηκε από τα παραπάνω με τη χρήση των ορυκτών καυσίμων και τις σχετικές τεχνολογίες τους, η ενέργεια έγινε ένας άφθονος πόρος που οδήγησε σε αύξηση της παραγωγικότητας και περισσότερες ευκαιρίες απασχόλησης. Αυτή η νέα και για πολλούς πολύ θετική κατάσταση οδήγησε σε μία ταχεία αύξηση του πληθυσμού στις πόλεις. Ο άνευ προηγουμένου υπερπληθυσμός των τοποθεσιών των πόλεων προκάλεσε τα συνήθη προβλήματα της πόλης να αυξηθούν σε τεράστιες διαστάσεις. Έτσι για παράδειγμα, στις πόλεις τα ανθρώπινα περιττώματα συγκεντρώνονταν παραδοσιακά στους βόθρους και περιοδικά άδειαζαν και επαναχρησιμοποιούνταν σε γεωργικά χωράφια. Όμως κατά τον 19^ο αιώνα η αύξηση του πληθυσμού ήταν τόσο γρήγορη που το πρόβλημα των ανθρώπινων περιττωμάτων κατέκλυσε τις πόλεις (Agudelo-Vera et al., 2011).

Παρόμοιο πρόβλημα έθεταν χιλιάδες και χιλιάδες άλογα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για μεταφορές πριν από την κυκλοφορία των αυτοκινήτων και άλλων μηχανοκίνητων οχημάτων. Η κοπριά και τα ούρα των αλόγων αποτελούσαν αναπόσπαστο μέρος της ζωής της πόλης και τα πτώματα αλόγων συνήθως αφήνονταν στους δρόμους ακριβώς στο σημείο, όπου πέθαιναν. Αυτή η ρύπανση ήταν συχνά αιτία επιδημιών μολυσματικών ασθενειών και ήταν πηγή μόλυνσης του νερού και του εδάφους (Tarr, 1971).

Η ραγδαία ανάπτυξη των πόλεων και ο υπερπληθυσμός τους απείλησε την περιορισμένη παροχή νερού λόγω των λυμάτων και των αποβλήτων από την παραγωγή και τη διαβίωση. Οι αρχές του 19^{ου} αιώνα σημαδεύτηκαν από τη μαζική χρήση άνθρακα, ο οποίος κατέστησε διαθέσιμες μεγάλες ποσότητες βιομηχανοποιημένου χάλυβα, ο οποίος με τη σειρά του ενθάρρυνε την εξόρυξη, τη βιομηχανική παραγωγή, την κατασκευή κτιρίων, τις μεταφορές και τον πόλεμο (Agudelo-Vera et al., 2011).

Στην τότε περίοδο, ο χωροταξικός σχεδιασμός και ο πολεοδομικός σχεδιασμός δεν κάλυπταν ούτε καν εν μέρει τις ανάγκες για έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, για τα προβλήματα ρύπανσης των υδάτων ή τα επικίνδυνα απόβλητα. Σε αυτήν την περίοδο η οικονομική ανάπτυξη και η βιομηχανική πρόοδος ήταν στο επίκεντρο πάνω από όλα τα άλλα ζητήματα, συμπεριλαμβανομένης της ποιότητας του αστικού περιβάλλοντος. Παρά τα εκτεταμένα οικονομικά κίνητρα, υπήρχαν πόλεις όπως η Νέα Υόρκη ή το Λος Άντζελες, που άρχισαν να υιοθετούν ζώνες για να διαχωρίζουν αντικρουόμενες χρήσεις γης για την καλύτερη προστασία της δημόσιας υγείας, ασφάλειας και ευημερίας (Daniels, 2009). Επιπλέον, περιστατικά όπως επιδημίες χολέρας ή άλλες επικίνδυνες συνθήκες οδήγησαν σε καθιερωμένες απαιτήσεις για την κατασκευή νέων κατοικιών από τη δεκαετία του 1870 στη Βρετανία και μετά (Agudelo-Vera et al., 2011).

Για τις πόλεις της Δυτικής Ευρώπης και των ΗΠΑ, οι αστικές συνθήκες βελτιώνονταν συνεχώς. Παραδόξως η βιομηχανική ανάπτυξη έφερε νέες εφευρέσεις που βοήθησαν στις συνθήκες διαβίωσης στις πόλεις, καθώς εισήχθησαν συστήματα αποχέτευσης πόλεων και η διαχείριση των απορριμμάτων πέρασε από ουσιαστικές αλλαγές (Girardet, 2008). Παρά αυτές τις βελτιώσεις, οι επιχειρήσεις συνέχισαν να αγνοούν το περιβάλλον. Σε ορισμένα μέρη η κατάσταση επιδεινώθηκε ακόμη και όταν η βιομηχανική επανάσταση προεκτάθηκε στη χημική βιομηχανία. Η επιδείνωση της ποιότητας του νερού και του αέρα, η μόλυνση του περιβάλλοντος από βιομηχανικά χρησιμοποιούμενες χημικές ουσίες, η απώλεια ενδιαιτημάτων της άγριας ζωής υποδηλώνουν ότι τα περιβαλλοντικά ζητήματα παρέμεναν (Daniels, 2009).

Η εφεύρεση των χημικών λιπασμάτων ήταν μια σημαντική αλλαγή που ήρθε με τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Επέτρεψε τεράστιες αυξήσεις στη γεωργική παραγωγή. Αυτά τα χημικά λιπάσματα συχνά βλάπτουν σοβαρά το περιβάλλον παρά το γεγονός ότι συνέβαλαν προσωρινά στις υψηλότερες καλλιέργειες. Μετά τον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο η κατανάλωση αυξήθηκε και κάθε αύξηση της κατανάλωσης οδήγησε σε αντίστοιχη αύξηση της απέκκρισης εντροπικών αποβλήτων, οικολογική υποβάθμιση και εκτεταμένη ρύπανση (Agudelo-Vera et al., 2011).

Κατά τον 20^ο αιώνα, ο ανθρώπινος πληθυσμός τετραπλασιάστηκε σε σχεδόν έξι δισεκατομμύρια. Ο παράγοντας αυτός πολλαπλασίασε επίσης τις αρνητικές επιπτώσεις των βιομηχανικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, κυρίως στις πόλεις όπου αυξανόταν ραγδαία ο αστικός πληθυσμός. Η προνομιακή θέση των επιχειρήσεων σε βάρος του περιβάλλοντος αυξήθηκε, ειδικά μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, καθώς η αστική εξάπλωση εξαπλώθηκε σε υπερπληθυσμένες πόλεις, η ανανέωση της κατεστραμμένης πολεμικής γης και της κοινωνίας έγινε προτεραιότητα και η χημική βιομηχανία επεκτάθηκε γρήγορα (Daniels, 2009). Η ρύπανση στις πόλεις εξακολουθούσε να αυξάνεται χάρη στη γενική απουσία περιβαλλοντικών ποιοτικών ελέγχων. Για παράδειγμα, η απεικόνιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα μέσα του 20^{ου} αιώνα μπορεί να επιβεβαιωθεί μέσω της μεγάλης αιθαλομίχλης του Λονδίνου κατά τη διάρκεια του χειμώνα του 1952 (McMichael, 2000).

Κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, η περιβαλλοντική έκθεση σε μόλυβδο ήταν εκτεταμένο πρόβλημα ακόμη και στις ανεπτυγμένες χώρες. Ο μόλυβδος ήταν και εξακολουθεί να είναι μέρος των βιομηχανικών εκπομπών, των οικιακών χρωμάτων ή των καυσίμων κινητήρων με μόλυβδο. Τα υψηλά επίπεδα μολύβδου στο περιβάλλον είναι επικίνδυνα κυρίως για τα παιδιά και τη νευρολογική τους ανάπτυξη. Παρά το γεγονός ότι τα υψηλά επίπεδα μολύβδου αποτελούν ιστορία για τις περισσότερες από τις ανεπτυγμένες χώρες, αυτό το πρόβλημα εξακολουθεί να είναι διαδεδομένο στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η παρουσία μολύβδου στα καύσιμα κινητήρων επιλύθηκε με την αλλαγή των πρόσθετων στα καύσιμα, αλλά αυτή η αλλαγή δεν έλυσε το πρόβλημα. Με την ταχεία ανάπτυξη των αυτοκινήτων κυρίως στις πόλεις το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν εξαφανίστηκε, αλλά σε ορισμένα σημεία ακόμη και αυξήθηκε (McMichael, 2000).

Υπάρχουν πολλές πτυχές που οδήγησαν σε εκτεταμένη χρήση αυτοκινήτων, όπως η επιθυμία για κοινωνική θέση, η άνεση και η κινητικότητα, ο κατακερματισμός των γειτονιών και η αστική εξάπλωση, που είναι μόνο μερικές από αυτές. Αυτή η εκτεταμένη χρήση των αυτοκινήτων οδηγεί σε τοπική ατμοσφαιρική ρύπανση, προκαλώντας κυρίως φωτοχημική αιθαλομίχλη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η οποία μπορεί να είναι πολύ επικίνδυνη για άτομα με αναπνευστικά προβλήματα. Ένα άλλο πρόβλημα που σχετίζεται με τα αυτοκίνητα είναι η πιθανότητα όξινης βροχής, που προκαλείται από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Η όξινη βροχή υποβαθμίζει το αστικό περιβάλλον και την ενδοχώρα και μπορεί να προκαλέσει μόνιμη υποβάθμιση του ζωτικού χώρου (McMichael, 2000).

Τα αστικά προβλήματα δεν περιορίζονται μόνο στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στα προβλήματα που σχετίζονται με τις μεταφορές. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα στις πόλεις μπορεί να συνδέονται με άλλες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα το κλίμα. Λόγω της εκτεταμένης χρήσης σκυροδέματος, ασφάλτου και άλλων υλικών που συσσωρεύουν θερμότητα, υπάρχουν προβλήματα με τους καύσωνες, που μπορεί να προκαλέσουν μεγάλους κινδύνους για την υγεία και το περιβάλλον. Για παράδειγμα το 1995 στην ευρύτερη περιοχή του Λονδίνου, όταν οι θερμοκρασίες ήταν υψηλότερες από τις συνηθισμένες, η θνησιμότητα των πολιτών αυξήθηκε κατά περίπου 15% (McMichael, 2000).

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα στις πόλεις μπορεί να είναι επίσης έμμεσα. Ένα από τα παραδείγματα είναι η γεωργία στις αστικές περιοχές. Με την υψηλή ατμοσφαιρική ρύπανση και τα υψηλότερα επίπεδα χημικών στις πόλεις, τα γεωργικά προϊόντα που καλλιεργούνται σε αστικές περιοχές ενδέχεται να περιέχουν υψηλότερα επίπεδα δυνητικά επικίνδυνων ουσιών που μπορεί να οδηγήσουν σε προβλήματα υγείας των πολιτών. Οι ακραίες ποσότητες απορριμμάτων που παράγονται στις σημερινές πόλεις αποτελούν επίσης μεγάλη απειλή για τις προμήθειες υπόγειων υδάτων και του γειτονικού περιβάλλοντος, όπου καλλιεργούνται και ποιμενικά προϊόντα διατροφής για την τροφοδοσία της πόλης. Η απαρίθμηση των αστικών περιβαλλοντικών προβλημάτων θα μπορούσε να συνεχιστεί (McMichael, 2000).

Ωστόσο δεν είναι αυτός ο στόχος αυτής της εργασίας και η ανάδειξη των προαναφερθέντων προβλημάτων είναι απλώς μία προσπάθεια σκιαγράφησης της

κατάστασης. Η τρέχουσα αστική μη βιωσιμότητα έχει τις ρίζες της στη μαζική κατανάλωση πόρων και στην παραγωγή απορριμμάτων, που συσσωρεύτηκε μέσα από δεκαετίες ταχείας αστικής οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης. Οι τρέχουσες αστικές τάσεις δεν είναι βιώσιμες για μεγάλες χρονικές περιόδους και νέες εναλλακτικές πρέπει να αλλάξουν τις σημερινές αστικές τάσεις.

2.1.2 Νέες τάσεις στην αστικοποίηση

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι κοινό χαρακτηριστικό των πόλεων, όπως διαπιστώθηκε και παραπάνω, σε όλη την ιστορία τους. Ωστόσο, οι άνθρωποι εξακολουθούν να ανταποκρίνονται σε διάφορα προβλήματα και εξακολουθούν να προσπαθούν να βελτιώσουν τις συνθήκες διαβίωσης στις πόλεις (Agudelo-Vera et al., 2011).

Οι μη ικανοποιητικές συνθήκες διαβίωσης στις πόλεις οδήγησαν ορισμένους στοχαστές και πολεοδόμους να σχεδιάσουν την «ιδανική πόλη». Ένας από τους στοχαστές με τη μεγαλύτερη επιρροή από αυτή την άποψη ήταν ο Ebenezer Howard με την ιδέα της πόλης κήπου (Garden city). Η ιδέα της πόλης κήπου είχε μία πολυκεντρική άποψη και περιλάμβανε αυτόνομες, αυτάρκειες κοινότητες που περιβάλλονταν από πράσινες ζώνες (Agudelo-Vera et al., 2011).

Το βιβλίο «Cities in evolution» του Patrick Geddes εμφανίστηκε το 1915 και η κύρια συμβολή του ήταν να συμπεριλάβει την ανθρωπογεωγραφία ως βάση σχεδιασμού και να δώσει στον σχεδιασμό μία λογική δομή. Μία άλλη εναλλακτική εμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1930 μέσω της «Radiant city» του Le Corbusier, όπου κεντρικό ρόλο έπαιζαν οι υψηλές τοπικές συγκεντρώσεις ανθρώπων σε ψηλά κτίρια, που θα διατηρούσαν τον χώρο του εδάφους. ή «Broad acre city» του Frank Lloyd Wright με την ιδέα της αποκέντρωσης στα προάστια (Agudelo-Vera et al., 2011).

Παρά το γεγονός ότι οι συνθήκες διαβίωσης εξακολουθούσαν να βελτιώνονται μεταξύ της δεκαετίας του 1960 και του 1970, οι πόλεις στη Δυτική Ευρώπη και τις ΗΠΑ αντιμετώπιζαν υψηλά επίπεδα ρύπανσης, φτώχειας και ρατσισμού. Την περίοδο αυτή τα περιβαλλοντικά προβλήματα στις πόλεις ήρθαν στο επίκεντρο της δημόσιας ατζέντας ως συνέπεια των προβλημάτων περιβαλλοντικής υποβάθμισης και της σπανιότητας πόρων. Ο δημόσιος διάλογος σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες

όστις πόλεις οδήγησε, για παράδειγμα στις ΗΠΑ, στην εφαρμογή ομοσπονδιακών νόμων για τον έλεγχο των μέτρων της ρύπανσης. Οι κακές συνθήκες των φυσικών πόρων, όπως για παράδειγμα η ακαταλληλότητα σε ποσοστό 60% των υδάτινων ταμιευτήρων της Αμερικής για κολύμπι ή ύδρευση, καθώς επίσης και η πυκνή αιθαλομίχλη στα αστικά οδήγησαν σε νομοθετικές παρεμβάσεις όπως : α) στον νόμο για τον καθαρό αέρα από το 1970, β) το νόμο για τον έλεγχο της ρύπανσης των υδάτων του 1972 και γ) το νόμο ασφαλούς πόσιμου νερού του 1974 (Daniels, 2009). Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 έως τη δεκαετία του 1990 μπορούν να παρατηρηθούν πολλές νέες τεχνολογίες που επικεντρώνονται στη μείωση της ρύπανσης και καινοτομίες στις τεχνολογίες, έτσι ώστε η όλη διαδικασία παραγωγής και η ζωή στις πόλεις να είναι λιγότερο απαιτητικές και επιβλαβείς για το περιβάλλον. Μπορούν να αναφερθούν το μοντέλο ανώτατου ορίου και εμπορίας, η χρήση των τεχνολογιών της πληροφορίας ή οι φιλικές προς το περιβάλλον διαδικασίες παραγωγής και η βιωσιμότητα ως έννοιες για τον πολεοδομικό σχεδιασμό. Οι έννοιες αυτές ακολουθήθηκαν κατά κάποιον τρόπο από τον ανεπτυγμένο δυτικό κόσμο (Daniels, 2009).

Σήμερα η ανθρωπότητα είναι αντιμέτωπη με το τεράστιο οικολογικό αποτύπωμα που δημιουργούν οι πόλεις χάρη στην εκτεταμένη κατανάλωση, την ανεύθυνη διαχείριση των πόρων και τις παγκόσμιες συνδέσεις με τους πόρους και την παραγωγή. Σημαντικό στοιχείο είναι επίσης ότι οι πόλεις με τον υπερπληθυσμό τους εξαρτώνται από μεγάλες περιοχές, οι οποίες παράγουν εξωτερικούς παράγοντες που συμβάλλουν σε προβλήματα με τη συσσώρευση θερμοκηπιακών αερίων, την καταστροφή του στρώματος του όζοντος και την υποβάθμιση της γης. Ωστόσο, αυτό το μοτίβο φαίνεται να αλλάζει.

Από τη μία πλευρά παρατηρείται ο υπερπληθυσμός και το οικολογικό αποτύπωμα των αποβλήτων και από την άλλη υπάρχουν πολλές πρωτοβουλίες και αλλαγές σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο που δείχνουν την κατεύθυνση προς ένα πιο βιώσιμο αστικό μέλλον. Οι αστικές περιοχές αναμένεται να αυξηθούν σε μέγεθος και πληθυσμό, επομένως θα πρέπει να γίνει στροφή προς ένα ασφαλές, υγιές, αποτελεσματικό και ελκυστικό μέρος για να ζουν οι άνθρωποι. Η καρδιά του αστικού περιβαλλοντικού σχεδιασμού πρέπει να είναι η ποιότητα του αέρα και του νερού, η

εξοικονόμηση ενέργειας, η περπατίσιμη γειτονιά, η μεταφορά μέσω πολλών και διαφορετικών μέσων μεταφοράς, οι χώροι πρασίνου, η κοινωνική ένταξη, η οικονομική επιτυχία και τελικά η βιωσιμότητα (Daniels, 2009).

Αυτό το νέο είδος αστικοποίησης, η λεγόμενη πράσινη αστικοποίηση, τονίζει τον σημαντικό ρόλο των πόλεων και τη θετική αστικοποίηση στη διαμόρφωση πιο βιώσιμων τόπων, κοινοτήτων και τρόπων ζωής. Αυτή η νέα προσέγγιση καλύπτει πιο οικολογικά υπεύθυνες μορφές διαβίωσης και κατοίκησης (Beatley, 2000).

Οι σύγχρονες πόλεις είναι προϊόντα εκπληκτικών καινοτομιών που ήταν δυνατές χάρη στη βιομηχανική επανάσταση. Τα προβλήματα της ρύπανσης, της κυκλοφοριακής συμφόρησης και του συνωστισμού έγιναν απρόθυμα μέρος της κατά τα άλλα τεράστιας επιτυχίας και ανάπτυξης της ανθρωπότητας. Πρέπει να υπάρξει μία αντίδραση στις αυξανόμενες δυσκολίες, που προκύπτουν από την καθημερινή αστική ζωή. Ένα ευχάριστο αστικό περιβάλλον με δημόσιους χώρους, πάρκα, καθαρά και μη επιβλαβή περιβάλλοντα θεωρείται πλέον ζωτικής σημασίας για τη βιώσιμη και θετική ζωή στις πόλεις. Για να επιτευχθεί ένα βιώσιμο μέλλον στις πόλεις πρέπει να αλλάξουν τα υπάρχοντα πρότυπα αστικής ζωής προς εναλλακτικά πρότυπα, που είναι πιο ευνοϊκά για το περιβάλλον (Beatley, 2000).

Με στόχο αυτή την αλλαγή, έχουν αναπτυχθεί πολλές εναλλακτικές ιδέες πόλεων, όπως η βιώσιμη πόλη, η πράσινη πόλη, η αυτάρκης πόλη και η έξυπνη πόλη, που αποτελεί το επίκεντρο της παρούσας έρευνας και που παρουσιάζεται στη συνέχεια.

2.2 Η έξυπνη πόλη

Είναι πολύ δύσκολο να γενικευθούν τα προβλήματα στις πόλεις. Κάθε πόλη είναι μοναδική και ως τέτοια έχει να αντιμετωπίσει μοναδικά προβλήματα. Ωστόσο, όπως διαπιστώθηκε παραπάνω, υπάρχουν ορισμένα προβλήματα που είναι πιο κοινά από άλλα. Οι πόλεις προσπαθούν να αντιδράσουν και να λύσουν αυτά τα προβλήματα για πολύ καιρό και δημιούργησαν αρκετές πολύ ενδιαφέρουσες εναλλακτικές λύσεις και προσεγγίσεις σε αυτά τα ζητήματα (Caragliu et al., 2011).

Από αυτή την άποψη, μπορεί να ειπωθεί ότι ένα μεγάλο βήμα προόδου έγινε με τη μετάβαση από μία βιομηχανική σε μία κοινωνία της πληροφορίας. Οι νέες ευκαιρίες που προσφέρουν οι τεχνολογίες της πληροφορίας στη σημερινή κοινωνία είναι

τεράστιες. Ο όγκος των πληροφοριών στις οποίες έχουν πρόσβαση, είναι ατελείωτος, όπως ατελείωτες είναι και οι δυνατότητες χρήσης αυτών των πληροφοριών και τεχνολογιών προς όφελος των ανθρώπων και κατ' επέκταση των ίδιων των πόλεων. Νέες τεχνολογίες εξακολουθούν να εμφανίζονται, ώστε να μπορεί η ζωή στις πόλεις, και όχι μόνο, να καταστεί όσο το δυνατόν πιο άνετη (Caragliu et al., 2011).

Ωστόσο, ο συνεχώς αυξανόμενος αστικός πληθυσμός, η πίεση στις αστικές περιοχές με τη μορφή συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων για πόρους, διαχείριση απορριμμάτων, επιθυμία για καλύτερη ζωή, καθώς και πιεστικά ζητήματα όπως ο εφοδιασμός τροφίμων, η ρύπανση ή η αναδυόμενη κρίση καυσίμων οδήγησαν σε επιτακτική ανάγκη για εναλλακτικές λύσεις, για μετασχηματισμό της τρέχουσας κατάστασης σε κάτι πιο ικανοποιητικό και πιο βιώσιμο, σε κάτι πιο «έξυπνο» (Caragliu et al., 2011).

Τα προβλήματα που συνδέονται με το αστικό περιβάλλον επιλύονταν συχνά μέσω της δημιουργικότητας, του ανθρώπινου δυναμικού και του κεφαλαίου, της συνεργασίας και της συμφωνίας μεταξύ των ενδιαφερομένων και των λαμπρών επιστημονικών ιδεών, καθώς επίσης και μέσω των λεγόμενων «έξυπνων» λύσεων. Αυτή η ετικέτα θα πρέπει, επομένως, να υποδεικνύει έξυπνες λύσεις που επιτρέπουν στις σύγχρονες πόλεις να ευημερούν, μέσω ποσοτικών και ποιοτικών βελτιώσεων στην παραγωγικότητα. Η ετικέτα «έξυπνη πόλη» μπορεί να εντοπιστεί στις αρχές της δεκαετίας του 1990 και αυτή τη στιγμή είναι στενά συνδεδεμένη με την έννοια των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) (Caragliu et al., 2011).

Τι είναι όμως αυτή η «έξυπνη πόλη»; Υπάρχει μεγάλη σύγχυση σχετικά με το τι περιλαμβάνει αυτή η έννοια, επειδή σχεδόν κάθε πόλη χρησιμοποιεί τις ΤΠΕ με κάποιο τρόπο σήμερα. Επομένως η έξυπνη πόλη μπορεί τελικά ή όχι να οριστεί μόνο στη βάση των ΤΠΕ;

Ο Richard Holland (2008) υποστηρίζει ότι οι πόλεις πολύ συχνά δηλώνουν ότι είναι «έξυπνες». Ωστόσο αποτυγχάνουν να ορίσουν τι σημαίνει ή να προσφέρουν οποιαδήποτε στοιχεία για να υποστηρίξουν αυτές τις διακηρύξεις. Υπάρχουν πολλές εικόνες της ψηφιακής πόλης, της έξυπνης πόλης, των περιοχών υψηλής τεχνολογίας και των γειτονιών έξυπνων κοινοτήτων (Allwinkle και Cruickshank, 2011). Υπάρχουν πόλεις γνώσης, που επικεντρώνονται στην εκπαίδευση, ψηφιακές ή πόλεις του

κυβερνοχώρου, που οδηγούνται κυρίως από επενδύσεις σε ΤΠΕ ή/ και οικολογικές πόλεις που ειδικεύονται στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα (Murray et al., 2011).

Όλες αυτές οι πόλεις αποτυγχάνουν να διατυπώσουν τι σημαίνει ή τι εννοούν δηλώνοντας ότι είναι «έξυπνες» και δεν μπορούν να θεωρηθούν ως μία «έξυπνη πόλη» με μερικές μόνο καινοτομίες ή αλλαγές. Η εγκυρότητα του ισχυρισμού οποιασδήποτε πόλης ότι είναι έξυπνη πρέπει να βασίζεται σε ένα πιο διαφοροποιημένο πλαίσιο από την απλή χρήση ΤΠΕ (Allwinkle και Cruickshank, 2011).

Επομένως πώς μπορεί να οριστεί η «έξυπνη πόλη»; Οι συζητήσεις στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία είναι λίγες και φαίνεται ότι οι ακαδημαϊκοί υστερούν στην πρακτική για το πώς διαφορετικές πόλεις κινούνται προς μία νέα έννοια ή πώς και γιατί ορισμένες από αυτές αυτοπροσδιορίζονται ως «έξυπνες». Μπορεί να παρατηρηθεί ότι η πρακτική, εκτός από το ότι συχνά παραμένει κατακερματισμένη, ωστόσο γενικά ξεπερνά κάθε συζήτηση στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία που μπορεί να γενικευτεί (Lee et al., 2014).

Σαν σημείο έναρξης για τον ορισμό της έξυπνης πόλης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο ορισμός των Giffinger et al. (2007), που χρησιμοποιείται ευρέως σε όλη τη βιβλιογραφία που ασχολείται με την έννοια της «έξυπνης πόλης». Αυτός ο ορισμός βασίζεται σε ένα ευρύ φάσμα χαρακτηριστικών και η προσέγγιση αυτών των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών είναι η αξιολόγησή τους σχετικά με μία μακροπρόθεσμη ανάπτυξη με βάση έναν συνδυασμό τοπικών συνθηκών και δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται από την πολιτική, τις επιχειρήσεις μέχρι και τους κατοίκους. Ο όρος έξυπνη πόλη νοείται ως μία συγκεκριμένη ικανότητα της πόλης και δεν εστιάζει σε συγκεκριμένες πτυχές. Ωστόσο, ο καθορισμός ορισμένων χαρακτηριστικών είναι κρίσιμος.

Οι Giffinger et al. (2007) προσδιορίζουν διάφορους τομείς δραστηριότητας, που σχετίζονται με την έννοια της «έξυπνης πόλης»: βιομηχανία, εκπαίδευση, συμμετοχή, τεχνική υποδομή, διάφοροι ήπιοι παράγοντες. Κατά συνέπεια η «έξυπνη πόλη» είναι μία πόλη που έχει καλές επιδόσεις με μακροπρόθεσμο προσανατολισμό σε ότι αφορά συγκεκριμένα έξι χαρακτηριστικά και βασίζεται στον «έξυπνο» συνδυασμό ταλέντων και δραστηριοτήτων αυτοαποφασιστικών, ανεξάρτητων και

συνειδητοποιημένων πολιτών. Ειδικά χαρακτηριστικά που ορίζουν την «έξυπνη πόλη» είναι η οικονομία, οι άνθρωποι, η διακυβέρνηση, η κινητικότητα, το περιβάλλον και η έξυπνη διαβίωση.

Ο Moe Thuzar (2011) βασίζει τον ορισμό του για την «έξυπνη πόλη» στο έργο των Giffinger et al. (2007). Ορίζει την «έξυπνη πόλη» ως την πόλη που έχει υψηλή ποιότητα ζωής, στην οποία επιδιώκεται η βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη μέσω επενδύσεων σε ανθρώπινο και κοινωνικό κεφάλαιο και παραδοσιακές και σύγχρονες υποδομές επικοινωνιών (μεταφορές και τεχνολογία επικοινωνιών πληροφοριών) και στην οποία η διαχείριση φυσικών πόρων λαμβάνει χώρα μέσω συμμετοχικών πολιτικών. Οι «έξυπνες πόλεις» θα πρέπει επίσης να είναι βιώσιμες και να χαρακτηρίζονται από συγκλίνοντες οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς στόχους».

Άλλοι μελετητές ορίζουν ότι η πόλη είναι έξυπνη, όταν οι επενδύσεις σε ανθρώπινο και κοινωνικό κεφάλαιο και παραδοσιακές μεταφορές και σύγχρονες τεχνολογίες (ΤΠΕ) και τις υποδομές τους, τροφοδοτούν τη βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη και την υψηλή ποιότητα ζωής με μία αυτοκυρίαρχη διαχείριση των φυσικών πόρων μέσω της συμμετοχικής διακυβέρνησης (Caragliu et al., 2009).

Μερικοί συγγραφείς, όπως ο Agbali et al. (2018) στρέφουν το ενδιαφέρον τους στην έξυπνη ανταλλαγή πληροφοριών που ρέουν μεταξύ πολλών διαφορετικών υποσυστημάτων. Αυτές οι πληροφορίες αναλύονται και μεταφράζονται σε υπηρεσίες πολιτών και εμπορικών υπηρεσιών. Η πόλη θα αντιδράσει στη ροή πληροφοριών για να καταστήσει αυτό το ευρύτερο οικοσύστημα πιο αποδοτικό από πλευράς πόρων και πιο βιώσιμο. Αυτή η ανταλλαγή πληροφοριών βασίζεται στο λειτουργικό δίκτυο έξυπνης διακυβέρνησης που έχει σχεδιαστεί για βιώσιμες πόλεις (Lee et al., 2014).

Οι Lee et al. (2014) συνοψίζουν τον ορισμό τους για την «έξυπνη πόλη» ως εξής: οι έξυπνες πόλεις οραματίζονται τη δημιουργία μίας καλύτερης, πιο βιώσιμης πόλης, στην οποία η ποιότητα ζωής των ανθρώπων είναι υψηλότερη, το περιβάλλον τους πιο βιώσιμο και οι οικονομικές τους προοπτικές μεγαλύτερες.

Ο Holland (2008) όρισε από την άλλη τις «έξυπνες πόλεις» ως περιοχές με υψηλή ικανότητα μάθησης και καινοτομίας, η οποία είναι ενσωματωμένη στη δημιουργικότητα του πληθυσμού τους, στους θεσμούς δημιουργίας γνώσης και στην

ψηφιακή τους υποδομή επικοινωνίας. Στην «έξυπνη» συλλογιστική πρέπει να προστεθεί και η καθοριστική συμβολή του ανθρώπινου κεφαλαίου, αντί να πιστεύουν τυφλά ότι οι ΤΠΕ μπορούν αυτόματα και είναι ικανές και μπορούν αποκλειστικά να μεταμορφώσουν και να βελτιώσουν τις πόλεις.

Η «έξυπνη πόλη» «δημιουργεί μία πραγματική αλλαγή στην ισορροπία δυνάμεων μεταξύ της χρήσης των ΤΠΕ από τις επιχειρήσεις, την κυβέρνηση, τις κοινότητες και τους απλούς ανθρώπους που ζουν στις πόλεις. Επομένως, δεν είναι μόνο οι τεχνολογίες, οι έξυπνες επιχειρήσεις ή η έξυπνη εκπαίδευση που δημιουργούν και διακρίνουν την «έξυπνη πόλη» από άλλες πόλεις, αλλά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τα κομμάτια του συνόλου είναι αυτά που είναι σημαντικά (Holland, 2008).

Προχωρώντας στην αναζήτηση των χαρακτηριστικών αυτών, ήδη υπήρξαν κάποια στοιχεία, όταν συζητήθηκε ο ορισμός των έξυπνων πόλεων από τους Giffinger et al. (2007). Οι περισσότεροι μάλιστα από τους συγγραφείς χρησιμοποιούν αυτά τα χαρακτηριστικά. Οι Barrionuevo et al. (2012) χρησιμοποιούν την έννοια πέντε τύπων κεφαλαίου: α) οικονομικό (ΑΕΠ, ισχύς κλάδου, διεθνείς συναλλαγές, ξένες επενδύσεις), β) ανθρώπινο (ταλέντο, καινοτομία, δημιουργικότητα, εκπαίδευση), γ) κοινωνικό (παραδόσεις, συνήθειες, θρησκείες, οικογένειες) δ) περιβαλλοντικό (ενεργειακές πολιτικές, διαχείριση αποβλήτων και υδάτων, τοπίο) και ε) θεσμικό (δέσμευση των πολιτών, διοικητική αρχή, εκλογές) κεφάλαιο. Στο άρθρο τους ορίζουν αυτούς τους τύπους κεφαλαίων ως την ψυχή του σύγχρονου αστικού συστήματος, που καλλιεργείται μέσω στρατηγικών που στοχεύουν στην καινοτομία, την κοινωνική συνοχή, τη βιωσιμότητα και τη συνδεσιμότητα.

Μπορεί να διαπιστωθεί ότι ορισμένα από τα χαρακτηριστικά και τα είδη του κεφαλαίου είναι αλληλένδετα (οικονομία, διακυβέρνηση, άνθρωποι και περιβάλλον). Ωστόσο η ιδέα των Barrionuevo et al. (2012) είναι περισσότερο προσανατολισμένη στον ανθρώπινο παράγοντα, ο οποίος παραμένει κρίσιμος για την αστική ανάπτυξη. Οι Barrionuevo et al. (2012) τελειώνουν το άρθρο τους με τη δήλωση ότι χωρίς μία συμμετοχική, ευφυή και προκλητική κοινωνία, οποιαδήποτε στρατηγική είναι καταδικασμένη σε αποτυχία, ανεξάρτητα από το πόσο καλοπροαίρετη μπορεί να είναι.

Οι Caragliu et al. (2011) επανεξετάζουν τη βιβλιογραφία σχετικά με τις «έξυπνες πόλεις» και προσφέρουν έξι χαρακτηριστικά που φαίνεται να είναι αρκετά κοινά για αυτήν την έννοια: α) χρήση δικτυωμένης υποδομής για τη βελτίωση της οικονομικής και πολιτικής αποτελεσματικότητας και την παροχή κοινωνικής, πολιτιστικής και αστικής ανάπτυξης, β) κύρια έμφαση στην αστική ανάπτυξη που καθοδηγείται από τις επιχειρήσεις, γ) επίτευξη κοινωνικής ένταξης διαφόρων κατοίκων των πόλεων στις δημόσιες υπηρεσίες, δ) εστίαση στον κύριο ρόλο των βιομηχανιών υψηλής τεχνολογίας και της δημιουργικότητας στη μακροπρόθεσμη αστική ανάπτυξη, ε) εντατική και συνεχής προσοχή στο ρόλο του κοινωνικού και σχεσιακού κεφαλαίου στην αστική ανάπτυξη και στ) κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα ως κύρια στρατηγική συνιστώσα των έξυπνων πόλεων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, στην οποία εντάσσεται και η Ελλάδα, έθεσε έναν στόχο με τη μορφή ενεργειακών και κλιματικών στόχων σε τοπικό επίπεδο. Αυτή η πρωτοβουλία θα υποστηρίξει πόλεις και περιφέρειες προς τη μείωση των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων μέσω της βιώσιμης χρήσης και παραγωγής ενέργειας. 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 ενεργειακά δίκτυα και τις μεταφορές είναι τα κύρια στοιχεία της πρωτοβουλίας (European Commission, 2013). Αυτή η πρωτοβουλία συνδέεται στενά με άλλες πρωτοβουλίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως την πρωτοβουλία για Ευρωπαϊκές Έξυπνες Πόλεις, οι οποίες βασίζονται θεωρητικά στη μεθοδολογία των Giffinger et al. (2007) και η πρωτοβουλία Έξυπνες πόλεις και Κοινότητες, που φέρνει κοντά πόλεις, βιομηχανία και πολίτες με στόχο τη βελτίωση της αστικής ζωής μέσω πιο βιώσιμων ολοκληρωμένων λύσεων. Τέτοιες πρωτοβουλίες βασίζονται στις νέες τεχνολογίες (European Commission, 2013), έχοντας έτσι οδηγήσει σε παραδείγματα έξυπνων πόλεων, που παρατίθενται στη συνέχεια.

2.2.1 Συστατικά και χαρακτηριστικά της έξυπνης πόλης

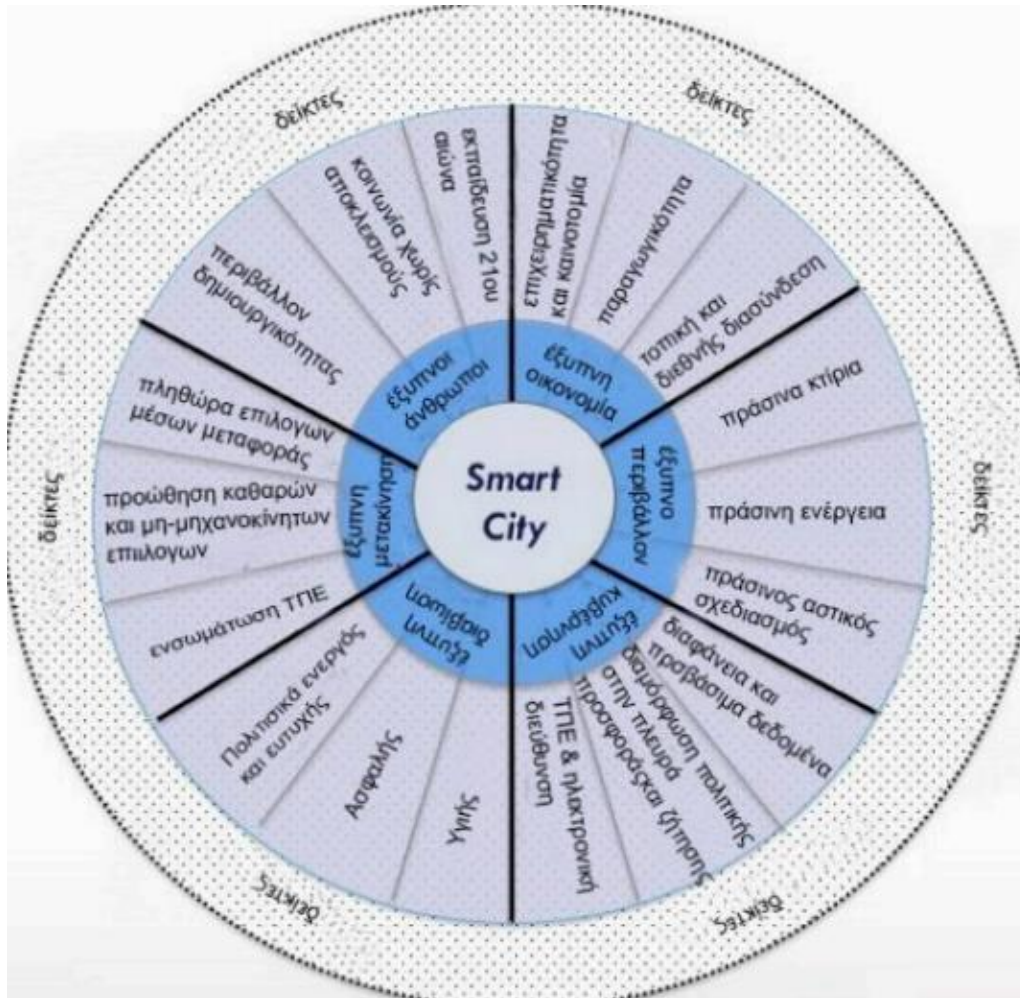
Για να διευκρινιστεί η έννοια των έξυπνων πόλεων, εξηγείται από τα διάφορα στοιχεία και τα χαρακτηριστικά τους. Παρακάτω αναλύονται τα έξι κυρίως αποδεκτά

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

στοιχεία έξυπνων πόλεων με αναφορά στο μοντέλο συστατικών και δεικτών έξυπνης πόλης (Smart City Components and Indicators) του Giffinger (Giffinger et al., 2007), που παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.1 και στον τροχό της έξυπνης πόλης (Smart City Wheel) του Cohen (2012, όπ. αναφ. στους Peek και Troxler, 2014, σελ.6), που παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.2:



Σχήμα 2.1: Χαρακτηριστικά και παράμετροι της έξυπνης πόλης (Giffinger et al., 2007)



Σχήμα 2.2: Τροχός της έξυπνης πόλης με τους κύριους δείκτες της (Cohen, 2012, όπ. αναφ. στους Peek και Troxler, 2014, σελ.6)

Ειδικότερα, τα συστατικά της έξυπνης πόλης έχουν ως εξής (Cohen, 2012, όπ. αναφ. στους Peek και Troxler, 2014; Giffinger, 2012):

1. Έξυπνη οικονομία: η παραγωγή και η εξυπηρέτηση που βασίζονται στις ΤΠΕ αποκαλύπτουν νέους τύπους επιχειρηματικών μοντέλων. Το επιχειρηματικό μοντέλο συνοδεύεται από ευφυΐα και συνδέεται με το καινοτόμο πνεύμα, την επιχειρηματικότητα, την ευελιξία της αγοράς εργασίας, την ικανότητα μετασχηματισμού και ενσωμάτωσης της διεθνούς αγοράς μαζί με την ανταγωνιστική υποδομή.
2. Έξυπνη κινητικότητα: η έξυπνη κινητικότητα εξηγεί την υποστήριξη των ΤΠΕ για έξυπνα συστήματα μεταφορών και εφοδιαστικής αλυσίδας και της εφοδιαστικής (logistics). Η χρήση φιλικών προς το περιβάλλον, βιώσιμων, ασφαλών και ολοκληρωμένων συστημάτων μεταφορών που χρησιμοποιεί

δεδομένα σε πραγματικό χρόνο αυξάνει την ποιότητα των υπηρεσιών, μειώνει το κόστος και δημιουργεί βιώσιμες λύσεις.

3. Έξυπνη διακυβέρνηση: η έξυπνη διακυβέρνηση αναφέρεται στην ενσωμάτωση δημοσίων, ιδιωτικών και αστικών φορέων με σκοπό την εκτέλεση αποτελεσματικών, αποδοτικών και παραγωγικών εργασιών στις αστικές υπηρεσίες και τη διαχείριση των πόλεων. Η επικοινωνία και η συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων στα στάδια λήψης αποφάσεων και σχεδιασμού με τη χρήση των ΤΠΕ καθιστά τη διακυβέρνηση έξυπνη. Η έξυπνη διακυβέρνηση δίνει έμφαση στη συμμετοχή των πολιτών και άλλων ενδιαφερομένων. Ο διευκολυντικός ρόλος των ΤΠΕ στη συλλογή και ανάλυση δεδομένων ενισχύεται από τη διαφάνεια και τη λογοδοσία.
4. Έξυπνο περιβάλλον: το έξυπνο περιβάλλον γίνεται κατανοητό ως προς την ελκυστικότητα των φυσικών συνθηκών, την έλλειψη ρύπανσης και τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων. Αυτός είναι ο πιο επαναλαμβανόμενος στόχος και συνδέεται αυστηρά τόσο με τα πιο κρίσιμα αστικά προβλήματα (κυκλοφορία, ρύπανση, απόβλητα) όσο και με τις πιο σημαντικές προηγμένες τεχνολογίες που εμπλέκονται στην εφαρμογή της έξυπνης πόλης, όπως η παραγωγή ενέργειας, η κινητικότητα και η εφοδιαστική αλυσίδα. Για τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος, πραγματοποιούνται δραστηριότητες μέτρησης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με τη βοήθεια των ΤΠΕ. Αυτός ο στόχος είναι ευκολότερος να μετρηθεί επειδή συνδέεται με ποσοτικοποιημένα αποτελέσματα.
5. Έξυπνη διαβίωση: η έξυπνη διαβίωση σημαίνει την καλύτερη ποιότητα ζωής, δίνοντας έμφαση στις διαστάσεις του πολιτισμού, της υγείας, της στέγασης, της κοινωνικής ζωής και ασφάλειας. Βασίζεται στις δραστηριότητες και τις πρωτοβουλίες που πραγματοποιούνται για τη διασφάλιση και τη διατήρηση της έξυπνης διαβίωσης μέσω των ΤΠΕ. Τα έξυπνα συστήματα και η καινοτόμος τεχνολογία θα μπορούσαν να κάνουν την καθημερινή ζωή των πολιτών ευκολότερη, δίνοντας σημασία στις προσεγγίσεις που βασίζονται στους χρήστες, δηλαδή τους ανθρώπους.

6. Έξυπνοι άνθρωποι: το συστατικό «έξυπνοι άνθρωποι» συνδέεται με το επίπεδο προσόντων του ανθρώπινου και κοινωνικού κεφαλαίου, την ευελιξία, τη δημιουργικότητα, την ανεκτικότητα, τον κοσμοπολιτισμό και τη συμμετοχή στη δημόσια ζωή.

Σημειώνεται ότι οι δείκτες του του τροχού της έξυπνης πόλης, θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια ως ένας από τους οδηγούς για την ανάπτυξη των δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων των λύσεων της έξυπνης πόλης, των οποίων τα οφέλη δεν είναι μετρήσιμα (λεπτομέρειες στο Κεφάλαιο της Μεθοδολογίας).

2.2.2 Λύσεις εφαρμογής των έξυπνων πόλεων

Οι λύσεις εφαρμογής των έξυπνων πόλεων στη ψηφιακή διακυβέρνηση² των πόλεων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στους εξής 10 τομείς, από τους οποίους προκύπτουν μία σειρά από διαφορετικές επιμέρους λύσεις, που παρουσιάζονται στη συνέχεια στον Πίνακα 2.1 (Χαραλαμπίδης et al., 2021):

1. Υποδομές ΤΠΕ
2. Περιβάλλον
3. Μεταφορές - μετακινήσεις
4. Υγεία
5. Διαχείριση αποβλήτων και υδάτινων πόρων
6. Ενέργεια - αειφόρος ανάπτυξη
7. Τουρισμός – Πολιτισμός - Εκπαίδευση
8. Οικονομία - ανάπτυξη
9. Ασφάλεια - πολιτική προστασία
10. Ψηφιακή διακυβέρνηση

² Η ψηφιακή διακυβέρνηση αναφέρεται στη χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας στις κυβερνητικές πρακτικές. Η ψηφιακή διακυβέρνηση περιλαμβάνει τη χρήση των ΤΠΕ για τη δημιουργία μιας προοδευτικής και αποτελεσματικής κυβερνητικής και δημόσιας εταιρικής σχέσης, έτσι ώστε όλοι οι τομείς μιας έξυπνης πόλης να ενισχυθούν και να ενοποιηθούν. Η ψηφιακή διακυβέρνηση των έξυπνων πόλεων στοχεύει να καταστήσει το σύστημα αυτών των τομέων διαφανές, έτσι ώστε ένας απλός πολίτης να είναι καλά ενημερωμένος για όλες τις κυβερνητικές πληροφορίες. Στην ψηφιακή διακυβέρνηση, οι κυβερνητικές πληροφορίες δεν περιορίζονται σε μια συγκεκριμένη κοινότητα, αλλά είναι προσβάσιμες από όλα τα τμήματα της κοινωνίας (Ponnusamy et al., 2020).

Πίνακας 2.1 Λύσεις εφαρμογής έξυπνων πόλεων (Χαραλαμπίδης et al., 2021)

Τομέας	Λύση/ σύστημα/ εφαρμογή
Υποδομές ΤΠΕ	Ασύρματο δίκτυο ελεύθερης ευρυζωνικής πρόσβασης στο διαδίκτυο σε κοινόχρηστους χώρους και δημοτικά κτίρια (Wi-Fi)
	Υλοποίηση και χρήση δικτύου οπτικών ινών
	Πλατφόρμα διαχείρισης αισθητήρων και συσκευών διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things (IoT))
	Υποδομές αποθήκευσης, υπολογισμού και διαχείρισης δεδομένων (ιδιόκτητα data center ή ενοικιαζόμενες υποδομές cloud ή δημόσιες υποδομές G-cloud)
Περιβάλλον	Εγκατάσταση αισθητήρων μέτρησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας
	Εγκατάσταση αισθητήρων μέτρησης θορύβου
	Εγκατάσταση αισθητήρων μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μικροσωματιδίων
	Εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών
Μεταφορές - μετακινήσεις	Ηλεκτρονικό εισιτήριο ή εφαρμογές ενημέρωσης επιβατών σε κινητά
	Σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης δημοτικών πάρκινγκ αυτοκινήτων με αισθητήρες για θέσεις πάρκινγκ και καθοδήγηση οδηγών σε ελεύθερες θέσεις
	Χρήση ευφυών συστημάτων σε διαβάσεις πεζών για ασφαλή μετακίνησή τους
	Έξυπνες στάσεις λεωφορείων ή άλλων μέσων μαζικής μεταφοράς
	Δίκτυο αισθητήρων (GPS) για διαχείριση στόλου οχημάτων, λεωφορείων ή άλλων δημοτικών μέσων
	Αισθητήρες σε δρόμους για παρακολούθηση κυκλοφοριακού φόρτου
	Εφαρμογές/ δράσεις για τη βελτίωση της προσβασιμότητας - μετακίνησης των ΑΜΕΑ
	Εφαρμογές/ δράσεις «διαμοιραζόμενης» κινητικότητας (sharing mobility), smart mobility

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Υγεία	Υλοποίηση συστήματος τηλεπρόνοιας/ τηλεπαρακολούθησης για υποστήριξη ευπαθών ομάδων πολιτών (με κινητικά προβλήματα, νόσο Αλτσχάιμερ και ούτω καθεξής)
	Υλοποίηση συστήματος τηλεϊατρικής για μετρήσεις κάποιων βασικών δεικτών (πίεση, σάκχαρο και ούτω καθεξής) δημοτών και τήρηση ιατρικού φακέλου με συμβουλές από ιατρούς του νοσοκομείου/ κέντρου υγείας
	Υλοποίηση εφαρμογών/ δράσεων για παρακολούθηση πορείας ασθενών σε απομακρυσμένες περιοχές
	Εφαρμογές για κλείσιμο ραντεβού σε δημοτικά ιατρεία
Διαχείριση αποβλήτων και υδάτινων πόρων	Δίκτυο αισθητήρων μέτρησης της ποιότητας του πόσιμου νερού
	Δίκτυο αισθητήρων παρακολούθησης πιθανών διαρροών νερού στο δίκτυο ύδρευσης ή άρδευσης
	Online παρακολούθηση και χειρισμός αντλιοστασίων, πομονών
	Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης άρδευσης με έλεγχο λειτουργίας φραγμάτων, αντλιοστασίων, ροής νερού σε κλειστά κανάλια
	Σύστημα ευφυούς δρομολόγησης και παρακολούθησης στόλου απορριμματοφόρων
	Σύστημα διαχείρισης έξυπνων κάδων απορριμμάτων (με αισθητήρες πληρότητας ή μέτρηση βάρους και ούτω καθεξής)
Ενέργεια - αειφόρος ανάπτυξη	Παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά ή ανεμογεννήτριες σε δημοτικά κτίρια, σχολεία ή οικόπεδα
	Εξοικονόμηση ενέργειας σε δημοτικά κτίρια με τεχνολογίες έξυπνων κτιρίων ή συστήματα BIM (Building Information Management)
	Εξοικονόμηση ενέργειας από το δημοτικό φωτισμό οδών και κοινόχρηστων χώρων (για παράδειγμα, με αλλαγή λαμπτήρων με τύπου LED, τηλεδιαχείριση και ούτω καθεξής)
	Σημεία φόρτισης ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων
	Σύστημα μέτρησης της κατανάλωσης καυσίμων από μετακινήσεις δημοτικών οχημάτων

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Τουρισμός – πολιτισμός - εκπαίδευση	Ανάπτυξη ψηφιακού τοπικού τουριστικού οδηγού/ εφαρμογής για κινητές συσκευές
	Ηλεκτρονικοί πίνακες ενημέρωσης σε πραγματικό χρόνο (για παράδειγμα για τον καιρό, τοπικές ειδήσεις, εφημερεύοντα φαρμακεία και ούτω καθεξής)
	Εικονικές περιηγήσεις μουσείων, πινακοθηκών, μνημείων, σπηλαίων, αρχαιολογικών και ιστορικών χώρων και ούτω καθεξής
	Σύστημα παροχή εξ αποστάσεως εκπαίδευσης για πολίτες ή επιχειρήσεις
	Σύστημα προβολής μουσείων, , πινακοθηκών, μνημείων, σπηλαίων, αρχαιολογικών και ιστορικών χώρων μέσω ιστοτόπων ή κινητών εφαρμογών
	Τουριστικός οδηγός και ξενάγηση σε τουριστικά αξιοθέατα πλήρως φιλικά σε ΑΜΕΑ
Οικονομία - ανάπτυξη	Διαδικτυακός τόπος για την προβολή τοπικών προϊόντων ή υπηρεσιών
	Σύστημα εύρεσης εργασίας σε τοπικές επιχειρήσεις μέσω διαδικτύου
	Σύστημα στήριξης της καινοτόμου επιχειρηματικότητας μέσω διαδικτύου (διαγωνισμοί, mentoring και ούτω καθεξής)
	Σύστημα παροχής ανοικτών δεδομένων σε επιχειρήσεις και επενδυτές
Ασφάλεια - πολιτική προστασία	Σύστημα online παρακολούθησης περιοχών ενδιαφέροντος με drone (αλσύλλων, δασών και ούτω καθεξής)
	Συστήματα αναφοράς έκτακτων περιστατικών ή παραβάσεων από πολίτες
	Έλεγχος, παρακολούθηση και διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού, υλικού και στόλου μηχανημάτων πολιτικής προστασίας
	Σύστημα έγκαιρης πρόβλεψης, προειδοποίησης και αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών (ξηρασία, βροχοπτώσεις, πλημμύρες, σεισμοί, πυρκαγιές και ούτω καθεξής)
	Συστήματα για τη φύλαξη δημόσιων κτιρίων και εγκαταστάσεων με κλειστά κυκλώματα παρακολούθησης (CCTV)

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Ψηφιακή διακυβέρνηση	Εφαρμογή ηλεκτρονικής ψηφοφορίας (e-voting) για δημοτικά θέματα
	Εφαρμογή ηλεκτρονικής διαβούλευσης για σημαντικές αποφάσεις, σχέδια (επιχειρησιακά σχέδια, τεχνικό πρόγραμμα και ούτω καθεξής) και έργα
	Συλλογή ηλεκτρονικών υπηρεσιών για σημαντικά θέματα που αφορούν τους δημότες
	Συστήματα παροχής ψηφιακών υπηρεσιών του δήμου προς πολίτες και επιχειρήσεις
	Ιστοσελίδα του δήμου φιλική για ΑΜΕ σύμφωνα με το πρότυπο WCAG 2.0
	Εφαρμογές για αναφορά προβλημάτων και καταχώρηση αιτημάτων ή παραπόνων πολιτών μέσω φορητών συσκευών
	Συστήματα online παρακολούθησης συνεδριάσεων συλλογικών οργάνων του δήμου (για παράδειγμα του δημοτικού συμβουλίου)
	GIS για πολεοδομικές εφαρμογές (σημεία ενδιαφέροντος, χρήσεις γης, αντικειμενικές αξίες ακινήτων και ούτω καθεξής)
	Συστήματα ηλεκτρονικών πληρωμών από πολίτες ή επιχειρήσεις
	Διαλογικά συστήματα παροχής βοήθειας σε πολίτες ή επιχειρήσεις (chatbots)

Οι παραπάνω λύσεις θα αποτελέσουν και τις κατευθυντήριες γραμμές για τις παρεμβάσεις, των οποίων το όφελος θα μελετά το μοντέλο που αναπτύσσεται στην παρούσα έρευνα. Σημειώνεται ότι θα συνδυαστούν με τις περιβαλλοντικές παρεμβάσεις, που παρουσιάζονται στην Υποενότητα 2.2.4, οι οποίες είναι αυτές που θεωρείται ότι σε συνδυασμό με τις λύσεις που εδώ αναφέρονται κυρίως στη α) διαχείριση αποβλήτων και υδάτινων πόρων και β) την ενέργεια - αειφόρος ανάπτυξη, μπορούν να αποτελέσουν λύσεις των οποίων τα οφέλη είναι εν δυνάμει μετρήσιμα. Έτσι με άλλα λόγια, οι λύσεις που προτείνονται στον παραπάνω Πίνακα και για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας διακρίνονται ως μετρήσιμες και μη μετρήσιμες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.2:

Πίνακας 2.2 Κατηγοριοποίηση λύσεων εφαρμογής έξυπνων πόλεων σε μετρήσιμες και μη μετρήσιμες

Τομέας	Λύση/ σύστημα/ εφαρμογή	Μετρήσιμη λύση
Υποδομές ΤΠΕ	Ασύρματο δίκτυο ελεύθερης ευρυζωνικής πρόσβασης στο διαδίκτυο σε κοινόχρηστους χώρους και δημοτικά κτίρια (Wi-Fi)	Όχι
	Υλοποίηση και χρήση δικτύου οπτικών ινών	Όχι
	Πλατφόρμα διαχείρισης αισθητήρων και συσκευών διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things (IoT))	Όχι
	Υποδομές αποθήκευσης, υπολογισμού και διαχείρισης δεδομένων (ιδιόκτητα data center ή ενοικιαζόμενες υποδομές cloud ή δημόσιες υποδομές G-cloud)	Όχι
Περιβάλλον	Εγκατάσταση αισθητήρων μέτρησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	Όχι
	Εγκατάσταση αισθητήρων μέτρησης θορύβου	Όχι
	Εγκατάσταση αισθητήρων μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μικροσωματιδίων	Όχι
	Εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών	Όχι
Μεταφορές - μετακινήσεις	Ηλεκτρονικό εισιτήριο ή εφαρμογές ενημέρωσης επιβατών σε κινητά	Όχι
	Σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης δημοτικών πάρκινγκ αυτοκινήτων με αισθητήρες για θέσεις πάρκινγκ και καθοδήγηση οδηγών σε ελεύθερες θέσεις	Όχι
	Χρήση ευφυών συστημάτων σε διαβάσεις πεζών για ασφαλή μετακίνησή τους	Όχι
	Έξυπνες στάσεις λεωφορείων ή άλλων μέσων μαζικής μεταφοράς	Όχι
	Δίκτυο αισθητήρων (GPS) για διαχείριση στόλου οχημάτων, λεωφορείων ή άλλων δημοτικών μέσων	Όχι
	Αισθητήρες σε δρόμους για παρακολούθηση κυκλοφοριακού φόρτου	Όχι
	Εφαρμογές/ δράσεις για τη βελτίωση της προσβασιμότητας - μετακίνησης των ΑΜΕΑ	Όχι
	Εφαρμογές/ δράσεις «διαμοιραζόμενης» κινητικότητας (sharing mobility), smart mobility	Όχι

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Υγεία	Υλοποίηση συστήματος τηλεπρόνοιας/ τηλεπαρακολούθησης για υποστήριξη ευπαθών ομάδων πολιτών (με κινητικά προβλήματα, νόσο Αλτσχάιμερ και ούτω καθεξής)	Όχι
	Υλοποίηση συστήματος τηλεϊατρικής για μετρήσεις κάποιων βασικών δεικτών (πίεση, σάκχαρο και ούτω καθεξής) δημοτών και τήρηση ιατρικού φακέλου με συμβουλές από ιατρούς του νοσοκομείου/ κέντρου υγείας	Όχι
	Υλοποίηση εφαρμογών/ δράσεων για παρακολούθηση πορείας ασθενών σε απομακρυσμένες περιοχές	Όχι
	Εφαρμογές για κλείσιμο ραντεβού σε δημοτικά ιατρεία	Όχι
Διαχείριση αποβλήτων και υδάτινων πόρων	Δίκτυο αισθητήρων μέτρησης της ποιότητας του πόσιμου νερού	Όχι
	Δίκτυο αισθητήρων παρακολούθησης πιθανών διαρροών νερού στο δίκτυο ύδρευσης ή άρδευσης	Όχι
	Online παρακολούθηση και χειρισμός αντλιοστασίων, πομονών	Όχι
	Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης άρδευσης με έλεγχο λειτουργίας φραγμάτων, αντλιοστασίων, ροής νερού σε κλειστά κανάλια	Όχι
	Σύστημα ευφυούς δρομολόγησης και παρακολούθησης στόλου απορριμματοφόρων	Όχι
	Σύστημα διαχείρισης έξυπνων κάδων απορριμμάτων (με αισθητήρες πληρότητας ή μέτρηση βάρους και ούτω καθεξής)	Όχι
Ενέργεια - αειφόρος ανάπτυξη	Παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά ή ανεμογεννήτριες σε δημοτικά κτίρια, σχολεία ή οικόπεδα	Ναι
	Εξοικονόμηση ενέργειας σε δημοτικά κτίρια με τεχνολογίες έξυπνων κτιρίων ή συστήματα BIM (Building Information Management)	Ναι
	Εξοικονόμηση ενέργειας από το δημοτικό φωτισμό οδών και κοινόχρηστων χώρων (για παράδειγμα, με αλλαγή λαμπτήρων με τύπου LED, τηλεδιαχείριση και ούτω καθεξής)	Ναι
	Σημεία φόρτισης ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων	Όχι
	Σύστημα μέτρησης της κατανάλωσης καυσίμων από μετακινήσεις δημοτικών οχημάτων	Ναι

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Τουρισμός – πολιτισμός - εκπαίδευση	Ανάπτυξη ψηφιακού τοπικού τουριστικού οδηγού/ εφαρμογής για κινητές συσκευές	Όχι
	Ηλεκτρονικοί πίνακες ενημέρωσης σε πραγματικό χρόνο (για παράδειγμα για τον καιρό, τοπικές ειδήσεις, εφημερεύοντα φαρμακεία και ούτω καθεξής)	Όχι
	Εικονικές περιηγήσεις μουσείων, πινακοθηκών, μνημείων, σπηλαίων, αρχαιολογικών και ιστορικών χώρων και ούτω καθεξής	Όχι
	Σύστημα παροχή εξ αποστάσεως εκπαίδευσης για πολίτες ή επιχειρήσεις	Όχι
	Σύστημα προβολής μουσείων, , πινακοθηκών, μνημείων, σπηλαίων, αρχαιολογικών και ιστορικών χώρων μέσω ιστοτόπων ή κινητών εφαρμογών	Όχι
	Τουριστικός οδηγός και ξενάγηση σε τουριστικά αξιοθέατα πλήρως φιλικά σε ΑΜΕΑ	Όχι
Οικονομία - ανάπτυξη	Διαδικτυακός τόπος για την προβολή τοπικών προϊόντων ή υπηρεσιών	Όχι
	Σύστημα εύρεσης εργασίας σε τοπικές επιχειρήσεις μέσω διαδικτύου	Όχι
	Σύστημα στήριξης της καινοτόμου επιχειρηματικότητας μέσω διαδικτύου (διαγωνισμοί, mentoring και ούτω καθεξής)	Όχι
	Σύστημα παροχής ανοικτών δεδομένων σε επιχειρήσεις και επενδυτές	Όχι
Ασφάλεια - πολιτική προστασία	Σύστημα online παρακολούθησης περιοχών ενδιαφέροντος με drone (αλσύλλιων, δασών και ούτω καθεξής)	Όχι
	Συστήματα αναφοράς έκτακτων περιστατικών ή παραβάσεων από πολίτες	Όχι
	Έλεγχος, παρακολούθηση και διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού, υλικού και στόλου μηχανημάτων πολιτικής προστασίας	Όχι
	Σύστημα έγκαιρης πρόβλεψης, προειδοποίησης και αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών (ξηρασία, βροχοπτώσεις, πλημμύρες, σεισμοί, πυρκαγιές και ούτω καθεξής)	Όχι

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

	Συστήματα για τη φύλαξη δημόσιων κτιρίων και εγκαταστάσεων με κλειστά κυκλώματα παρακολούθησης (CCTV)	Όχι
Ψηφιακή διακυβέρνηση	Εφαρμογή ηλεκτρονικής ψηφοφορίας (e-voting) για δημοτικά θέματα	Όχι
	Εφαρμογή ηλεκτρονικής διαβούλευσης για σημαντικές αποφάσεις, σχέδια (επιχειρησιακά σχέδια, τεχνικό πρόγραμμα και ούτω καθεξής) και έργα	Όχι
	Συλλογή ηλεκτρονικών υπηρεσιών για σημαντικά θέματα που αφορούν τους δημότες	Όχι
	Συστήματα παροχής ψηφιακών υπηρεσιών του δήμου προς πολίτες και επιχειρήσεις	Όχι
	Ιστοσελίδα του δήμου φιλική για ΑΜΕ σύμφωνα με το πρότυπο WCAG 2.0	Όχι
	Εφαρμογές για αναφορά προβλημάτων και καταχώρηση αιτημάτων ή παραπόνων πολιτών μέσω φορητών συσκευών	Όχι
	Συστήματα online παρακολούθησης συνεδριάσεων συλλογικών οργάνων του δήμου (για παράδειγμα του δημοτικού συμβουλίου)	Όχι
	GIS για πολεοδομικές εφαρμογές (σημεία ενδιαφέροντος, χρήσεις γης, αντικειμενικές αξίες ακινήτων και ούτω καθεξής)	Όχι
	Συστήματα ηλεκτρονικών πληρωμών από πολίτες ή επιχειρήσεις	Όχι
	Διαλογικά συστήματα παροχής βοήθειας σε πολίτες ή επιχειρήσεις (chatbots)	Όχι

2.2.3 Από τη θεωρία στην πράξη - παραδείγματα έξυπνων πόλεων

Από την παραπάνω θεωρία και τους παραπάνω ορισμούς δεν αποσαφηνίστηκε στην πραγματικότητα το τι είναι η έξυπνη πόλη, πώς πρέπει να μοιάζει ή τι πρέπει να διαθέτει, ώστε να χαρακτηριστεί ως έξυπνη. Με την εκτίμηση ότι περισσότεροι από έξι δισεκατομμύρια άνθρωποι θα ζουν σε αστικές περιοχές έως το 2050 (Girardet, 2008) φαίνεται ότι δεν υπάρχει άλλη επιλογή παρά η εστίαση σε «έξυπνες» αστικές λύσεις, για να διασφαλιστεί ότι οι άνθρωποι σε αυτές τις πόλεις θα έχουν «καλή ζωή» μέσω της βελτιστοποιημένης κατανάλωσης ενέργειας και του βιώσιμου και ευχάριστου περιβάλλοντος. Έτσι η ανάγκη για έξυπνες αστικές λύσεις μοιάζει πιο επιτακτική από ποτέ.

Ενδεικτικά παραδείγματα έξυπνων πόλεων, που εστίασαν, στόχευσαν ή/ και εφάρμοσαν περιβαλλοντικές πρακτικές, παρατίθενται στη συνέχεια, προσφέροντας μία πρώτη εικόνα για περιβαλλοντικές πρακτικές, που μπορούν να εφαρμοστούν σε με στόχο να βελτιώσουν την ενεργειακή επίδοση και τα την ποιότητα του περιβάλλοντος στις σύγχρονες πόλεις. Οι πρακτικές αυτές μπορούν να αποτελέσουν και μέρος των εφαρμογών, των οποίων το όφελος θα εκτιμάται μέσω του προγράμματος, που θα αναπτυχθεί στα πλαίσια της παρούσας έρευνας.

Ένα πρώτο παράδειγμα αποτελεί η έξυπνη πόλη της Κοπεγχάγης, στην οποία έχουν εφαρμοστεί μία σειρά από περιβαλλοντικές παρεμβάσεις με στόχο τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης και την ανάπτυξη πιο βιώσιμων μέσων μεταφοράς μεταξύ άλλων. Σημειώνεται ότι η Κοπεγχάγη θεωρείται ως η πιο βιώσιμη έξυπνη πόλη στον κόσμο. Κάποιες από τις παρεμβάσεις αυτές έχουν ως εξής (Herrmann et al., 2021; State of Green, 2022):

1. Μέσα μεταφοράς: εστίαση στη χρήση του ποδηλάτου και των δημόσιων μέσων μεταφοράς μέσα από τα εξής μέτρα:
 - Τα ποδήλατα ενσωματώνονται στο ευρύτερο δίκτυο μεταφορών. Οι επιβάτες μπορούν εύκολα να μετακινηθούν στην πόλη εναλλάσσοντας το ποδήλατο με τα μέσα δημόσιας συγκοινωνίας. Τα βαγόνια στα τρένα αναβαθμίζονται για να χωρούν ποδήλατα, επιτρέποντας την εναλλαγή αυτή.

- Αυτοκινητόδρομοι, στους οποίους δίνεται προτεραιότητα στα ποδήλατα, που προσφέρουν έναν ασφαλέστερο, ταχύτερο, άμεσο, συνεχή και άνετο τρόπο μετακίνησης στην εργασία ή την εκπαίδευση με ποδήλατο.
- Οι ποδηλατόδρομοι κατά μήκος των δρόμων περιλαμβάνουν ένα κράσπεδο για το διαχωρισμό των ποδηλατών από τα αυτοκίνητα και τους πεζούς, γεγονός που μεγιστοποιεί την ασφάλεια και την αίσθηση ασφάλειας για τους ποδηλάτες.
- Έχουν κατασκευαστεί 2 ποδηλατικές γέφυρες, γεγονός που εξασφαλίζει μία πόλη που συνδέεται με ποδηλατικές διαδρομές, που γίνονται πιο άμεσες σε βασικούς προορισμούς.
- Καλές εγκαταστάσεις στάθμευσης για ποδήλατα.
- Υπάρχουν πράσινες ποδηλατικές διαδρομές, για να παρέχουν διαδρομές μακριά από κεντρικούς δρόμους και μέσα από πάρκα και χώρους αναψυχής.
- Σχεδιασμός ποδηλάτων μεταφοράς φορτίου, που αποτελούν μία έξυπνη εναλλακτική στα αυτοκίνητα.
- Ανάπτυξη φυσικής και διαδικτυακής ολοκλήρωσης μεταξύ των υπηρεσιών λεωφορείων, τρένων και μετρό, ώστε οι επιβάτες να μπορούν να μετακινούνται απρόσκοπτα μεταξύ διαφορετικών τρόπων μεταφοράς.
- Ελεγκτές κυκλοφορίας διατηρούν τα φανάρια πράσινα αν πλησιάζουν λεωφορεία. Αυτό έχει οδηγήσει τα λεωφορεία σε μία βελτιωμένη προσβασιμότητα και ταχύτητα.

Σαν αποτέλεσμα, στην πόλη έχει μειωθεί σημαντικά η χρήση των αυτοκινήτων με αποτέλεσμα να μειωθούν τα επίπεδα θορύβου και οι εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων και να βελτιωθεί η ποιότητα της ατμόσφαιρας.

2. Διαχείριση υδάτων: για την καλύτερη διαχείριση του νερού, το λιμάνι έχει καθαριστεί μέσα από μία επεξεργασία των λυμάτων, που αφαιρεί θρεπτικά συστατικά, άλατα και ελαχιστοποιεί την απόρριψη βαρέων μετάλλων, το αποχετευτικό σύστημα έχει εκσυγχρονιστεί, χρησιμοποιώντας ταμειυτήρες

με συνδεδετικούς αγωγούς, που αποθηκεύουν τα λύματα μέχρι να υπάρξει χωρητικότητα στο αποχετευτικό σύστημα και εκτρέποντας τα τοπικά όμβρια ύδατα, ώστε να διασφαλιστεί η εύρυθμη και βιώσιμη λειτουργία του αποχετευτικού συστήματος.

Σαν αποτέλεσμα, στην πόλη υπάρχει μειωμένος κίνδυνος αστικής πλημμύρας που ρυπαίνει το λιμάνι, μία ολοένα και αυξανόμενη και ποικίλη χλωρίδα και πανίδα επιστρέφει στην περιοχή, ενώ οι κάτοικοι, που συνήθιζαν να οδηγούν 10 km για να πάνε σε μία παραλία, μπορούν πλέον να περπατήσουν ή να κάνουν ποδήλατο προς στα λουτρά του λιμανιού, μειώνοντας έτσι και πάλι τις εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων και το θόρυβο από τα αυτοκίνητα.

3. Πόσιμο νερό: εξασφάλιση υψηλής ποιότητας πόσιμου νερού για τους κατοίκους με την εφαρμογή των εξής μέτρων:

- Διαχείριση των υδατικών πόρων με τη χρήση νέων τεχνολογιών για την παρακολούθηση και την πρόληψη διαρροών.
- Καθαρισμός, μοντελοποίηση και προστασία των υπόγειων υδάτων.
- Αλλαγές συμπεριφοράς που μετρώνται από μετρητές νερού και μηχανισμούς τιμολόγησης για τη μείωση της σπατάλης κατανάλωσης.
- Τεχνικές λύσεις για τη μείωση της συνολικής ζήτησης νερού σε διαχειρίσιμα επίπεδα.

Σαν αποτέλεσμα οι κάτοικοι της πόλης μπορούν να πίνουν νερό υψηλής ποιότητας απευθείας από τη βρύση, η κατανάλωση νερού έχει μειωθεί κατά 26% και οι απώλειες νερού έχουν μειωθεί στο 7%.

4. Διαχείριση ενέργειας: για την βιώσιμη διαχείριση της ενέργειας έχουν εφαρμοστεί τα παρακάτω μέτρα:

- Εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας με στόχο την αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, που σαν αποτέλεσμα έχει και πάλι τη μείωση εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων.

- Εφαρμογή συστήματος τηλεθέρμανσης, που χρησιμοποιείται από το 98% των κατοίκων και αποτελεί ένα σύστημα συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού με χρήση κυρίως της βιομάζας, που σαν αποτέλεσμα έχει και πάλι τη μείωση εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων.
- Εφαρμογή συστήματος τηλεψύξης, το οποίο λειτουργεί με μία κεντρική παραγωγή και διανομή κρύου νερού, που ψύχεται εν μέρει με κρύο θαλασσινό νερό, που σαν αποτέλεσμα έχει τη μείωση χρήσης των κλιματιστικών και έτσι και τη μείωση κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία τους.
- Ανακαίνιση υπαρχόντων κτιρίων και κατασκευής βιώσιμων ενεργειακά με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από το κτιριακό απόθεμα της πόλης και έτσι και τη μείωση των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων.

5. Διαχείριση αστικών αποβλήτων μέσω ενός εκτεταμένου προγράμματος ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης, μείωσης της παραγωγής αποβλήτων και της αποτέφρωσης, που σαν αποτέλεσμα έχει μειωμένες πιέσεις σε πεπερασμένους πόρους, μειωμένες εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων από την αποτέφρωση, μειωμένη κατανάλωση ενέργειας από τη διαδικασία παραγωγής και μειωμένες εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων και ρύπανση από την εξόρυξη παρθένων πρώτων υλών.

Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί η έξυπνη πόλη του Όσλο, στην οποία έχουν επίσης εφαρμοστεί μία σειρά από περιβαλλοντικές παρεμβάσεις με στόχο τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης και την ανάπτυξη πιο βιώσιμων μέσων μεταφοράς. Σημειώνεται ότι το 2019, η συγκεκριμένη πόλη βραβεύτηκε με τον τίτλο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Πρωτεύουσας από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (The Agility Effect, 2019).

Ειδικότερα η νορβηγική πρωτεύουσα είναι ο παγκόσμιος ηγέτης στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και μάλιστα σχεδιάζει να απαγορεύσει την πώληση αυτοκινήτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης από το 2025, προκειμένου να επιτύχει τους φιλόδοξους περιβαλλοντικούς στόχους της, που περιλαμβάνουν την ουδετερότητα

άνθρακα έως το 2050. Καθώς οι μεταφορές αποτελούν βασικό μέλημα για μία πόλη στην οποία η κυκλοφορία αυτοκινήτων αντιπροσωπεύει το 60 % των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων, το Όσλο έχει εφαρμόσει κίνητρα για την προώθηση αυτοκινήτων μηδενικών εκπομπών, αφαιρώντας τους περισσότερους φόρους, προσφέροντας δωρεάν στάθμευση και πρόσβαση σε σημεία φόρτισης και εξουσιοδοτώντας τη χρήση λωρίδων λεωφορείων – η συμφόρηση στα αυτοκίνητα αυτά τη χρήση των λωρίδων των λεωφορείων, δηλαδή των λωρίδων ελεύθερης ροής (The Agility Effect, 2019).

Στο ίδιο πλαίσιο και ήδη από τη δεκαετία του 1990, η πόλη εισήγαγε το δακτύλιο διοδίων του Όσλο. Αυτό το αυτοματοποιημένο σύστημα διοδίων, που αναπτύσσεται στις διαδρομές πρόσβασης της πόλης, προσφέρει κίνητρα για οχήματα μηδενικών εκπομπών και παράγει έσοδα που συγχρηματοδοτούν τα προγράμματα μεταφορών της έξυπνης πόλης: δημόσια μέσα μεταφοράς, ποδηλασία και υποδομές πεζών (The Agility Effect, 2019).

Παράλληλα η πόλη του Όσλο έχει αναπτύξει το 10ετές πρόγραμμα FutureBuilt, που περιλαμβάνει τη δημιουργία 50 έργων ανάπτυξης κτιρίων και γειτονιών, τα οποία και πρέπει για να εγκριθούν να μειώσουν το αποτύπωμα άνθρακα κατά 50% σε σύγκριση με τα τρέχοντα πρότυπα, να προσφέρουν μία πραγματική αστική και αρχιτεκτονική ποιότητα και να βρίσκονται κοντά σε κάποιο κόμβο δημόσιας συγκοινωνίας. Μεταξύ αυτών των έργων είναι το σχολείο Bjørnsletta με 800 μαθητές, ένα μοντέλο σχεδιασμού παθητικής ενέργειας. Το εσωτερικό κλίμα και η χρήση ενέργειας είναι πλήρως αυτοματοποιημένα, ενώ ο αριθμός των θέσεων στάθμευσης αυτοκινήτων έχει περιοριστεί σκόπιμα στο ελάχιστο, με προτεραιότητα τη στάθμευση ποδηλάτων (The Agility Effect, 2019).

Ένα άλλο κτίριο όμοιας προσέγγισης αποτελεί, ο 16όροφος πύργος γραφείων και διαμερισμάτων, Gullhaug Torg, που δεν προσφέρει χώρο στάθμευσης για αυτοκίνητα. Ο συγκεκριμένος πύργος βρίσκεται κοντά σε συγκοινωνιακό κόμβο και η κατανάλωση ενέργειας, που αντισταθμίζεται από την ποσότητα της παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας, είναι πρακτικά μηδενική, αποδεικνύοντας ότι τα κτίρια μπορούν να θερμαίνονται και να ψύχονται χωρίς τη χρήση του ηλεκτρικού δικτύου.

Επιπλέον, έχει ληφθεί μέριμνα για την επιλογή ανακυκλώσιμων υλικών στην κατασκευή του πύργου (The Agility Effect, 2019).

Ένα τρίτο εμβληματικό έργο του παραπάνω προγράμματος, είναι το μουσείο, New Munch Museum, που αποτελεί ένα 12όροφο κτίριο, που φαίνεται να αψηφά τους νόμους της φυσικής, που προστατεύεται από ένα αεριζόμενο κέλυφος από κυματοειδές, διάτρητα φύλλα αλουμινίου (The Agility Effect, 2019).

Το πεδίο εφαρμογής του προγράμματος FutureBuilt καλύπτει επίσης τις μεταφορές. Έτσι, για παράδειγμα, ένας διαγωνισμός που ξεκίνησε ως μέρος του προγράμματος, Oslo Bysykkel, κοινής χρήσης ποδηλάτων, οδήγησε στη δημιουργία περισσότερων από 130 κόμβων ενοικίασης ποδηλάτων στην πόλη (The Agility Effect, 2019).

Ένα τρίτο παράδειγμα αποτελεί η πόλη του Βανκούβερ, που έχει τις χαμηλότερες κατά κεφαλήν εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων από οποιαδήποτε άλλη μεγάλη πόλη στη Βόρεια Αμερική. Το Βανκούβερ έχει δεσμευτεί για μία 100% χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έναν άμεσα εφικτό στόχο, χάρη στη μεγάλη παροχή υδροηλεκτρικής ενέργειας της πόλης. Επιπλέον, η πόλη έχει στόχο να ανακαινίσει τα κτίρια σε όλη την πόλη, για να αυξήσει την ενεργειακή τους απόδοση. Το Βανκούβερ έχει επίσης επενδύσει πολλά χρήματα και χρόνο για να επεκτείνει το βιώσιμο δίκτυο μαζικών μεταφορών του. Το Βανκούβερ σήμερα διαθέτει ένα τεράστιο δίκτυο λεωφορείων, τραμ, σιδηροδρομικών γραμμών, προαστιακών λεωφορείων για ακόμη και δρομολόγια με θαλάσσιο λεωφορείο (Green City Times, 2022).

Ειδικότερα το 2011 η Ομάδα Δράσης για το Κλίμα του Βανκούβερ δημιούργησε το Σχέδιο Δράσης, που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων: α) συστάσεις για την τιμολόγηση του άνθρακα, β) υποχρεώσεις για πράσινα κτίρια, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενεργειακή απόδοση και τη βιώσιμη μαζική μεταφορά και γ) λοιπούς υποχρεωτικούς στόχους για την πλήρη μετάβαση του Βανκούβερ σε μία πλήρως πράσινη, έξυπνη πόλη, όπως είναι για παράδειγμα ο στόχος μηδενικών αποβλήτων.

Σαν αποτέλεσμα του παραπάνω σχεδίου, σήμερα περίπου το 95% της ηλεκτρικής ενέργειας του Βανκούβερ παρέχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (πάνω από 90% υδροηλεκτρική ενέργεια και μία μικρή ποσότητα άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας) (Green City Times, 2022).

Επιπλέον, ο πολεοδομικός σχεδιασμός έχει βασιστεί στο στόχο να διατηρηθεί ο σχεδιασμός της πόλης του Βανκούβερ όσο το δυνατόν πιο «καθαρός» και αποτελεσματικός, εφαρμόζοντας μία έννοια, που ονομάζεται οικολογική πυκνότητα και που αναφέρεται στην κατακόρυφη δόμηση (όπως στους ουρανοξύστες), σε αντίθεση με την αστική εξάπλωση (Green City Times, 2022).

Ταυτόχρονα, η πόλη του Βανκούβερ έχει στόχο να χτίσει μόνο ενεργειακά αποδοτικά κτίρια για νέα κτίρια στην πόλη, έτσι ώστε, μαζί με τις ανακαινίσεις, όλα τα κτίρια της πόλης να παρουσιάζουν ουδετερότητα άνθρακα ως το 2030 (Green City Times, 2022).

Επιπλέον με στόχο τη μείωση των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων, η πόλη ενθαρρύνει τη χρήση ποδηλάτων και ηλεκτρικών αυτοκινήτων, παράλληλα με τη χρήση των πολλαπλών εναλλακτικών δημόσιων μέσων μεταφοράς. Τα δημόσια μέσα μεταφοράς έχουν υιοθετήσει τεχνολογίες χαμηλής εκπομπής θερμοκηπιακών αερίων. Έτσι για παράδειγμα, η πόλη ήδη διαθέτει ηλεκτρικά και υβριδικά λεωφορεία στον στόλο λεωφορείων της, ενώ σκοπεύει να χρησιμοποιήσει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και για τη λειτουργία κάποιων από τα δημόσια μέσα μεταφοράς, όπως για παράδειγμα των τραμ. Τέλος, ένα άλλο βήμα προς τον εκσυγχρονισμό, την ηλεκτροδότηση και την απαλλαγή από τις εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων από τις μεταφορές, το Βανκούβερ απαιτεί όλα τα νέα διαμερίσματα στην πόλη να διαθέτουν σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Η υποδομή φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στοχεύεται να επεκταθεί σε μεγάλο βαθμό προκειμένου το Βανκούβερ να επιτύχει τους στόχους του για απαλλαγή από τις εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων στον τομέα των μεταφορών (Green City Times, 2022).

2.2.4 Περιβαλλοντικές παρεμβάσεις στις έξυπνες πόλεις - δείκτες επίδοσης

Για να καταστεί δυνατός ο προσδιορισμός των περιβαλλοντικών παρεμβάσεων, που θα ενταχθούν στο πρόγραμμα της παρούσας έρευνας προς διερεύνηση των ωφελειών τους, κρίνεται σκόπιμο να διαπιστωθεί πρώτα ο τρόπος με τον οποίο βαθμολογείται η περιβαλλοντική επίδοση των έξυπνων πόλεων. Οι δείκτες αυτοί θα αποτελέσουν και τις κατευθυντήριες γραμμές για την επιλογή των περιβαλλοντικών παρεμβάσεων του μοντέλου.

Για το σκοπό υιοθετείται ο Ευρωπαϊκός «Δείκτης Πράσινης Πόλης», που αξιολογεί και μετρά τις περιβαλλοντικές επιδόσεις των κύριων ευρωπαϊκών πόλεων, καθώς και τη δέσμευσή τους να μειώσουν τις μελλοντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους μέσω συνεχών πρωτοβουλιών και στόχων, λαμβάνοντας υπόψη ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών διαστάσεων, από την περιβαλλοντική διακυβέρνηση ως την κατανάλωση των υδάτων, τη διαχείριση αποβλήτων και τις εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων (Ripoll et al., 2019).

Ο συγκεκριμένος δείκτης αξιολογεί τις ευρωπαϊκές πόλεις διαιρώντας τα περιβαλλοντικά θέματα σε οκτώ κατηγορίες: διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ενέργεια, κτίρια, μεταφορές, νερό, απόβλητα και χρήση γης, ποιότητα αέρα και περιβαλλοντική διακυβέρνηση (τα αποτελέσματα των οποίων αριθμούνται από το 0 έως το 10).

Ειδικότερα οι κατηγορίες αυτές έχουν ως εξής (Ripoll et al., 2019):

1. Διοξείδιο του άνθρακα:

- Ένταση CO₂
- Εκπομπές CO₂
- Στρατηγικές μείωσης CO₂

2. Ενέργεια:

- Ενεργειακή κατανάλωση
- Ένταση ενέργειας
- Κατανάλωση ανανεώσιμης ενέργειας
- Πολιτικές καθαρής και αποδοτικής ενέργειας

3. Κτίρια:

- Ενεργειακή κατανάλωση οικιστικών κτιρίων
- Πρότυπα ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων
- Πολιτικές ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων

4. Μεταφορές:

- Χρησιμοποίηση μέσων μεταφοράς εκτός του αυτοκινήτου
- Μέγεθος δικτύου δημόσιων μέσων μεταφοράς

- Προώθηση πράσινης μεταφοράς
- Πολιτικές μετριασμού κυκλοφοριακής συμφόρησης

5. Απόβλητα και χρήση γης:

- Παραγωγή αστικών αποβλήτων
- Ανακύκλωση
- Πολιτικές μετριασμού παραγωγής αποβλήτων
- Πολιτικές ανάπτυξης πράσινης γης (πάρκα και ούτω καθεξής)

6. Νερό:

- Κατανάλωση νερού
- Σύστημα διαχείρισης υγρών αποβλήτων
- Πολιτικές αποδοτικής κατανάλωσης νερού

7. Ποιότητα της ατμόσφαιρας:

- Διοξείδιο του αζώτου
- Διοξείδιο του θείου
- Άζωτο
- Αιωρούμενα σωματίδια
- Πολιτικές βελτίωσης της ποιότητας της ατμόσφαιρας

8. Περιβαλλοντική διακυβέρνηση:

- Σχέδιο πράσινης δράσης
- Πράσινη διαχείριση
- Συμμετοχή του κοινού στην πράσινη διαχείριση.

Τα παραπάνω, θα αποτελέσουν και τις κατευθυντήριες γραμμές για την επιλογή παρεμβάσεων, των οποίων το όφελος είναι εν δυνάμει μετρήσιμο. Σημειώνεται ότι θα ληφθούν υπόψη και οι παρεμβάσεις, που έχουν ήδη εφαρμόσει οι έξυπνες πόλεις, που παρουσιάστηκαν προηγουμένως (λεπτομέρειες στο Κεφάλαιο της Μεθοδολογίας).

3. Μεθοδολογία

Για την κάλυψη του σκοπού και των επιμέρους στόχων της παρούσας εργασίας, υιοθετήθηκε αρχικά μία διεξοδική βιβλιογραφική ανασκόπηση δευτερογενών πηγών με στόχο α) την κατανόηση των έξυπνων πόλεων και των λύσεων που προτείνουν, β) των δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων που μπορούν να περιγράψουν τα οφέλη από τις μη μετρήσιμες λύσεις και γ) των δεδομένων που απαιτούνται για να αναπτυχθούν μέθοδοι αξιολόγησης επιπτώσεων που μπορούν να περιγράψουν τα οφέλη από τις μετρήσιμες λύσεις.

Οι πηγές αυτές αποτέλεσαν τη βάση για την ανάπτυξη στη συνέχεια τόσο των δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων όσο και των μεθόδων αξιολόγησης επιπτώσεων, που μπορούν να περιγράψουν τα οφέλη από τις μη μετρήσιμες και τις μετρήσιμες λύσεις αντίστοιχα. Αναλυτικότερες πληροφορίες για τα βήματα που ακολουθούνται για την ανάπτυξή τους παρατίθενται στο Κεφάλαιο που ακολουθεί.

Παράλληλα και με στόχο να μπορούν να προκύψουν ποσοτικά αποτελέσματα για τις μετρήσιμες λύσεις, αναπτύχθηκε ένα εργαλείο μέσω του στατιστικού εργαλείου Microsoft Excel, με το οποίο μπορούν να υπολογίζονται τα οφέλη από την εφαρμογή των μετρήσιμων λύσεων έξυπνων πόλεων σε δήμους. Λεπτομέρειες για το περιεχόμενο του εργαλείου παρέχονται στο 5^ο Κεφάλαιο.

Μάλιστα, για τον έλεγχο και την παρουσίαση της λειτουργίας του παραπάνω εργαλείου χρησιμοποιήθηκε μία συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης και συγκεκριμένα ο δήμος της Δράμας. Τα αποτελέσματα που έδωσε το εργαλείο παρέχονται στο 5^ο Κεφάλαιο.

Σημειώνεται ότι για τη μελέτη περίπτωσης εφαρμόστηκε μία λύση για καθεμία από τις τέσσερις μεγάλες ομάδες: Κτιριακό απόθεμα, Μεταφορές, Φωτισμός – Ενέργεια και Απόβλητα. Ωστόσο, οι παρεμβάσεις επιλέχτηκαν βάσει των διαθέσιμων δεδομένων του δήμου και των διαθέσιμων πληροφοριών για το κεφαλαιακό κόστος των διαφορετικών παρεμβάσεων.

4. Ανάπτυξη δεικτών και ποσοτικών μεθόδων αξιολόγησης επιπτώσεων-ωφελειών από την υλοποίηση παρεμβάσεων έξυπνης πόλης

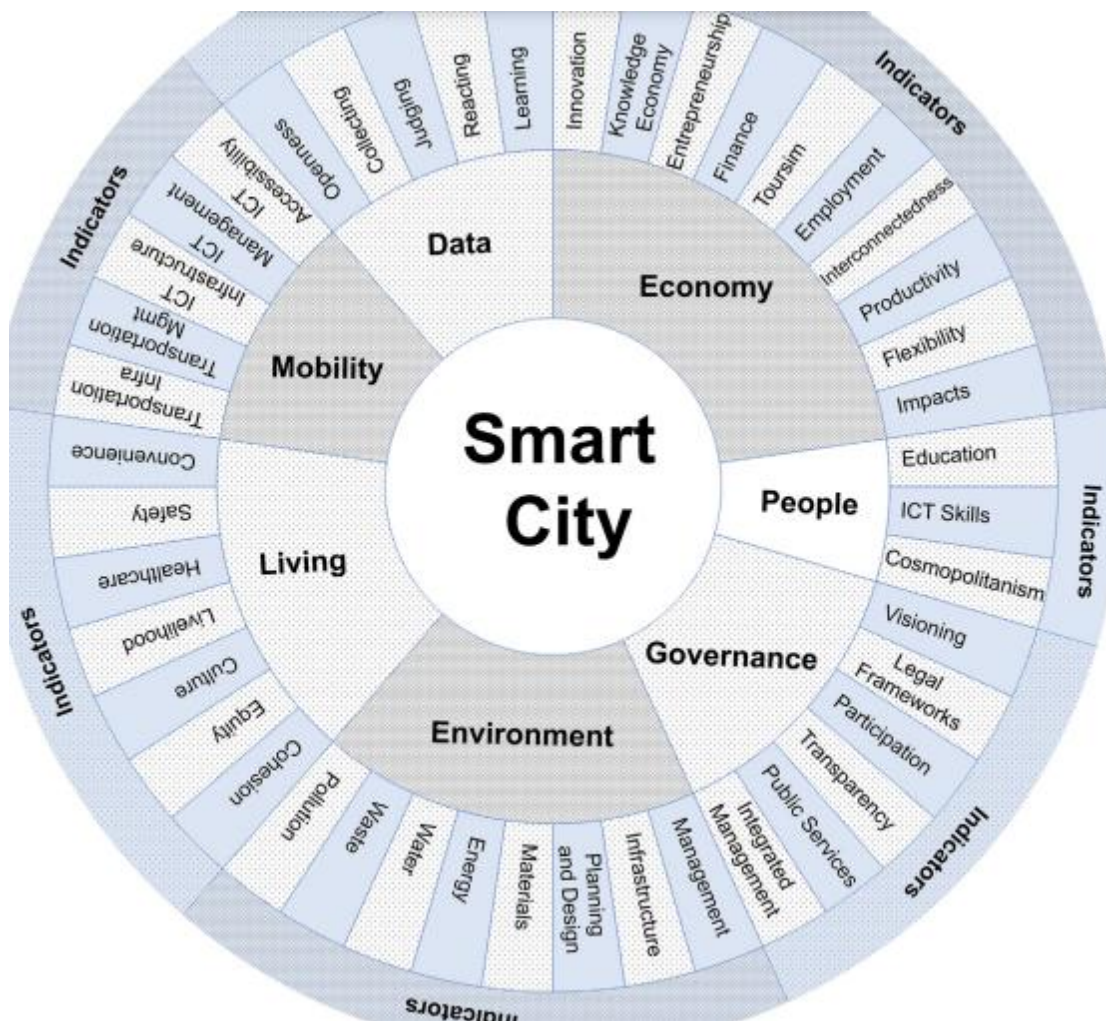
4.1 Ανάπτυξη δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων

Για την ανάπτυξη των δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων των λύσεων των έξυπνων πόλεων, αρχικά πραγματοποιήθηκε μία αναζήτηση επιστημονικών άρθρων και συναφών πηγών, που πραγματεύονται το ίδιο ζήτημα. Από την έρευνα αυτή, προέκυψαν οι παρακάτω πηγές άντλησης γνώσης, στις οποίες προστέθηκε για το σκοπό της παρούσας έρευνας και το άρθρο των Peek και Troxler (2014), που περιλαμβάνει τον τροχό της έξυπνης πόλης με τους κύριους δείκτες της, που παρουσιάστηκε στην Υποενότητα 2.2.1:

- ISO 37120. (2014). *Sustainable development of communities — Indicators for city services and quality of life. iTeh STANDARD PREVIEW (standards.itih.ai)*. ISO 37120. Η συγκεκριμένη έκθεση περιλαμβάνει μία αναλυτική λίστα κύριων και υποστηρικτικών δεικτών για τον υπολογισμό των ωφελειών, που προκύπτουν από την εφαρμογή λύσεων στα έξι διαφορετικά συστατικά της έξυπνης πόλης. Η λίστα αυτή παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1.
- Sharif, A. (2019). A critical review of selected smart city assessment tools and indicator sets. *Journal of Cleaner Production*, 233, 1269-1283. Στο συγκεκριμένο άρθρο πραγματοποιείται μία κριτική ανασκόπηση επιλεγμένων εργαλείων αξιολόγησης έξυπνων πόλεων και συνόλων δεικτών, όπου στα πλαίσια αυτής παρουσιάζεται ένας τροποποιημένος τροχός της έξυπνης πόλης με τους κύριους δείκτες της (που χρησιμοποιούνται ως το μέτρο για τη σύγκριση των εργαλείων αξιολόγησης έξυπνων πόλεων), όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1. Οι δείκτες, που παρουσιάζονται στον συγκεκριμένο τροχό, συνδυάστηκαν με τους δείκτες του τροχού των Peek και Troxler (2014) και παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

- Patrão, C., Moura P., και de Almeida, A. (2020). Review of Smart City Assessment Tools. *Smart Cities*, 3(4), 1117-1132. Το άρθρο έχει το ίδιο ερευνητικό αντικείμενο με αυτό του Sharif (2019). Ωστόσο, δεν χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα, καθώς δεν αναφέρεται διεξοδικά στους δείκτες, που χρησιμοποιούνται για τη σύγκριση των εργαλείων αξιολόγησης έξυπνων πόλεων.



Σχήμα 4.1: Τροποποιημένος τροχός της έξυπνης πόλης με τους κύριους δείκτες της (Sharif, 2019)

- Hemment, D., Woods, M., Appadoo, V., και Bui, L. (2016). *Community Key Performance Indicators (Community KPIs) for the IoT and Smart Cities. A Collaborative Framework for Project Assessment*. FutureEverything. Η συγκεκριμένη έκθεση παρέχει παραδείγματα για την ανάπτυξη κοινωνικών

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων, των ωφελειών, που θα μπορούσαν να προκύψουν από διαφορετικές λύσεις/ παρεμβάσεις των έξυπνων πόλεων. Τα παραδείγματα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.1 Λίστα κύριων και υποστηρικτικών δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών λύσεων έξυπνων πόλεων (ISO 37120, 2014)

Στοιχείο έξυπνης πόλης	Υποστοιχείο	Δείκτες	
		Κύριοι δείκτες	Υποστηρικτικοί δείκτες
Έξυπνη οικονομία	Οικονομία	Ποσοστό ανεργίας της πόλης	Ποσοστό ατόμων με πλήρη απασχόληση
		Εκτιμώμενη αξία εμπορικών και βιομηχανικών ακινήτων ως ποσοστό της συνολικής εκτιμώμενης αξίας όλων των ακινήτων	Ποσοστό ανεργίας των νέων
		Ποσοστό του πληθυσμού της πόλης που ζει σε συνθήκες φτώχειας	Αριθμός επιχειρήσεων ανά 100.000 πληθυσμού
	Χρηματοδότηση	Αναλογία εξυπηρέτησης χρέους (δαπάνη εξυπηρέτησης χρέους ως ποσοστό των εσόδων ιδίων πόρων ενός δήμου)	Αριθμός νέων διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας ανά 100 000 πληθυσμού ανά έτος
		Κεφαλαιουχικές δαπάνες ως ποσοστό των συνολικών δαπανών	Έσοδα ιδίων πόρων ως ποσοστό των συνολικών εσόδων
			Φόρος που εισπράττεται ως ποσοστό του φόρου που τιμολογείται
Έξυπνο περιβάλλον	Περιβάλλον	Συγκέντρωση λεπτών σωματιδίων (PM _{2,5})	Συγκέντρωση NO ₂ (διοξείδιο του αζώτου)
		Συγκέντρωση σωματιδίων (PM ₁₀)	Συγκέντρωση SO ₂ (διοξείδιο του θείου)
		Εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων μετρημένες σε τόνους κατά κεφαλήν	Συγκέντρωση O ₃ (όζοντος)
			Ηχορύπανση
	Ενέργεια		Ποσοστιαία μεταβολή στον αριθμό των ιθαγενών ειδών
		Συνολική κατά κεφαλήν χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για οικίες (kWh/έτος)	Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά κεφαλήν (kWh/έτος)
		Ποσοστό πληθυσμού της πόλης με εξουσιοδοτημένο ηλεκτρικό σέρβις	Μέσος αριθμός ηλεκτρικών διακοπών ανά πελάτη ανά έτος
		Κατανάλωση ενέργειας δημόσιων κτιρίων ανά έτος (kWh/m ²)	Μέση διάρκεια ηλεκτρικών διακοπών (ώρες)

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

		Το ποσοστό της συνολικής ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ως μερίδιο της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της πόλης	
	Στερεά απόβλητα	Ποσοστό του πληθυσμού της πόλης με τακτική συλλογή στερεών απορριμμάτων (οικιστική)	Ποσοστό των στερεών απορριμμάτων της πόλης που απορρίπτονται σε χώρο υγειονομικής ταφής
		Συνολικά κατά κεφαλήν συλλεγόμενα αστικά στερεά απόβλητα	Ποσοστό των στερεών απορριμμάτων της πόλης που απορρίπτονται σε αποτεφρωτήρα
		Ποσοστό των στερεών απορριμμάτων της πόλης που ανακυκλώνονται	Ποσοστό των στερεών αποβλήτων της πόλης που καίγονται ανοιχτά
			Ποσοστό των στερεών απορριμμάτων της πόλης που απορρίπτονται σε ανοιχτό χώρο χωματελής
			Ποσοστό των στερεών απορριμμάτων της πόλης που απορρίπτονται με άλλα μέσα
			Παραγωγή επικίνδυνων αποβλήτων κατά κεφαλήν (τόνοι)
			Ποσοστό των επικίνδυνων απορριμμάτων της πόλης που ανακυκλώνονται
	Νερό και αποχέτευση	Ποσοστό πληθυσμού της πόλης με υπηρεσία παροχής πόσιμου νερού	Συνολική κατανάλωση νερού κατά κεφαλήν (lt/ημέρα)
		Ποσοστό πληθυσμού της πόλης με βιώσιμη πρόσβαση σε βελτιωμένη πηγή νερού	Μέσες ετήσιες ώρες διακοπής της παροχής νερού ανά νοικοκυριό
		Ποσοστό πληθυσμού με πρόσβαση σε βελτιωμένη υγιεινή	Ποσοστό απώλειας νερού
		Συνολική κατανάλωση νερού οικιακής χρήσης κατά κεφαλήν (lt/ημέρα)	
	Λύματα	Ποσοστό του πληθυσμού της πόλης που εξυπηρετείται από τη συλλογή λυμάτων	
		Ποσοστό των λυμάτων της πόλης που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία	
		Ποσοστό των λυμάτων της πόλης που λαμβάνουν πρωτογενή επεξεργασία	

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

		Ποσοστό των λυμάτων της πόλης που υποβάλλονται σε δευτεροβάθμια επεξεργασία	
		Ποσοστό των λυμάτων της πόλης που υφίστανται τριτοβάθμια επεξεργασία	
Έξυπνη διακυβέρνηση	Διακυβέρνηση	Συμμετοχή ψηφοφόρων στις τελευταίες δημοτικές εκλογές (ως ποσοστό των ψηφοφόρων)	Ποσοστό γυναικών που απασχολούνται στο εργατικό δυναμικό της πόλης
		Οι γυναίκες ως ποσοστό του συνόλου των εκλεγμένων σε αξιώματα σε επίπεδο πόλης	Αριθμός καταδίκων για διαφθορά και/ή δωροδοκία από αξιωματούχους της πόλης ανά 100.000 πληθυσμού
			Εκπροσώπηση πολιτών: αριθμός τοπικών αξιωματούχων που εκλέγονται σε αξιώματα ανά 100.000 πληθυσμού
			Αριθμός εγγεγραμμένων ψηφοφόρων ως ποσοστό του πληθυσμού σε ηλικία ψήφου
	Τηλεπικοινωνίες και καινοτομία	Αριθμός συνδέσεων Διαδικτύου ανά 100.000 πληθυσμού	Αριθμός συνδέσεων σταθερής τηλεφωνίας ανά 100.000 πληθυσμού
		Αριθμός συνδέσεων κινητής τηλεφωνίας ανά 100.000 πληθυσμού	
Έξυπνοι άνθρωποι	Εκπαίδευση	Ποσοστό γυναικείου πληθυσμού σχολικής ηλικίας που είναι εγγεγραμμένοι στα σχολεία	Ποσοστό ανδρικού πληθυσμού σχολικής ηλικίας που είναι εγγεγραμμένοι στα σχολεία
		Ποσοστό μαθητών που ολοκληρώνουν την πρωτοβάθμια εκπαίδευση: ποσοστό επιβίωσης	Ποσοστό του πληθυσμού σχολικής ηλικίας που είναι εγγεγραμμένος στα σχολεία
		Ποσοστό μαθητών που ολοκληρώνουν τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση: ποσοστό επιβίωσης	Αριθμός πτυχίων τριτοβάθμιας εκπαίδευσης ανά 100.000 πληθυσμού
		Αναλογία μαθητών/δασκάλων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης	
Έξυπνη διαβίωση	Αντιμετώπιση πυρκαγιάς και έκτακτης ανάγκης	Αριθμός πυροσβεστών ανά 100.000 πληθυσμού	Αριθμός εθελοντών και πυροσβεστών μερικής απασχόλησης ανά 100.000 πληθυσμού
		Αριθμός θανάτων από φυσικές καταστροφές ανά 100.000 πληθυσμού	Χρόνος απόκρισης για υπηρεσίες απόκρισης έκτακτης ανάγκης από την αρχική κλήση

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

			Χρόνος απόκρισης της πυροσβεστικής από την αρχική κλήση
	Υγεία	Αριθμός νοσοκομειακών κλινών εσωτερικών ασθενών ανά 100.000 πληθυσμού	Αριθμός νοσηλευτικού και μαιευτικού προσωπικού ανά 100.000 πληθυσμού
		Αριθμός γιατρών ανά 100.000 πληθυσμού	Αριθμός επαγγελματιών ψυχικής υγείας ανά 100.000 πληθυσμού
		Θνησιμότητα κάτω των πέντε ετών ανά 1000 γεννήσεις	Ποσοστό αυτοκτονιών ανά 100.000 πληθυσμού
	Αναψυχή		Τετραγωνικά μέτρα δημόσιου εσωτερικού χώρου αναψυχής κατά κεφαλήν
			Τετραγωνικά μέτρα δημόσιου υπαίθριου χώρου αναψυχής κατά κεφαλήν
	Ασφάλεια	Αριθμός αστυνομικών ανά 100.000 πληθυσμού	Εγκλήματα κατά της ιδιοκτησίας ανά 100.000 πληθυσμού
		Αριθμός ανθρωποκτονιών ανά 100.000 πληθυσμού	Χρόνος απόκρισης για το αστυνομικό τμήμα από την αρχική κλήση
			Ποσοστό βίαιης εγκληματικότητας ανά 100.000 πληθυσμού
	Στέγαση	Ποσοστό του πληθυσμού της πόλης που ζει σε παραγκουπόλεις	Αριθμός αστέγων ανά 100.000 πληθυσμού
			Ποσοστό νοικοκυριών που υπάρχουν χωρίς εγγεγραμμένους νόμιμους τίτλους
	Πολεοδομικός σχεδιασμός	Έκταση πρασίνου (εκτάρια) ανά 100 000 πληθυσμού	Ετήσιος αριθμός φυτεμένων δέντρων ανά 100.000 πληθυσμού
			Το μέγεθος των άτυπων οικισμών ως ποσοστό της έκτασης της πόλης
			Αναλογία θέσεων εργασίας/κατοικίας
	Μετακίνηση	Χιλιόμετρα συστήματος δημόσιων μεταφορών υψηλής χωρητικότητας ανά 100.000 πληθυσμού	Ποσοστό επιβατών που χρησιμοποιούν τρόπο ταξιδιού για εργασία εκτός από προσωπικό όχημα

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Έξυπνη μετακίνηση		Χιλιόμετρα συστήματος δημόσιων μεταφορών ελαφρών επιβατών ανά 100.000 πληθυσμού	Αριθμός δίτροχων μηχανοκίνητων οχημάτων κατά κεφαλήν
		Ετήσιος αριθμός ταξιδιών με μέσα μαζικής μεταφοράς κατά κεφαλήν	Χιλιόμετρα ποδηλατοδρόμων και λωρίδων ανά 100.000 πληθυσμού
		Αριθμός προσωπικών αυτοκινήτων κατά κεφαλήν	Θάνατοι από μεταφορές ανά 100.000 πληθυσμού
			Εμπορική αεροπορική συνδεσιμότητα (αριθμός εμπορικών αεροπορικών προορισμών χωρίς στάση)

Πίνακας 4.2 Λίστα δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών λύσεων έξυπνων πόλεων βασισμένη στους τροχούς της έξυπνης πόλης των Peek και Troxler και Sharif (Peek και Troxler, 2014; Sharif, 2019)

Συστατικό έξυπνης πόλης	Δείκτες
Έξυπνη οικονομία	Επιχειρηματικότητα και καινοτομία
	Παραγωγικότητα
	Τοπική και διεθνής διασύνδεση
	Οικονομία της γνώσης
	Χρηματοδότηση
	Τουρισμός
	Απασχόληση/ εργασία
	Διασυνδεσιμότητα
	Ευελιξία
	Επιπτώσεις
Έξυπνο περιβάλλον	Πράσινα κτίρια
	Πράσινη ενέργεια
	Πράσινος αστικός σχεδιασμός
	Διαχείριση
	Υποδομές
	Προγραμματισμός και σχεδιασμός
	Υλικά
	Ενέργεια
	Νερό
	Απόβλητα
	Ρύπανση
Έξυπνη διακυβέρνηση	Διαφάνεια και προσβάσιμα δεδομένα
	Διαμόρφωση πολιτικής στην πλευρά προσφοράς και ζήτησης
	ΤΠΕ και ηλεκτρονική διεύθυνση
	Όραμα
	Νομικό πλαίσιο
	Συμμετοχή
	Δημόσιες υπηρεσίες
	Ολοκληρωμένη διαχείριση
Έξυπνη διαβίωση	Υγείας
	Ασφαλής
	Πολιτικά ενεργός και ευτυχής
	Συνοχή
	Ισότητα
	Πολιτισμός

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

	Βιοπορισμός
	Υγειονομική περίθαλψη
	Ευκολία/ εξυπηρέτηση
Έξυπνη μετακίνηση	Ενσωμάτωση/ διαχείριση/ προσβασιμότητα ΤΠΕ
	Πρώθηση καθαρών και μη-μηχανοκίνητων επιλογών
	Πληθώρα επιλογών μέσω μεταφοράς
	Υποδομές μέσω μεταφοράς
	Διαχείριση μεταφορών
Έξυπνοι άνθρωποι	Περιβάλλον δημιουργικότητας
	Κοινωνία χωρίς αποκλεισμούς/ κοσμοπολιτισμός
	Εκπαίδευση 21 ^{ου} αιώνα/ δεξιότητες ΤΠΕ

Πίνακας 4.3 Παραδείγματα ανάπτυξης δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών λύσεων έξυπνων πόλεων (Hemment et al., 2016)

Παραδείγματα ανάπτυξης δεικτών
1^ο παράδειγμα: Εγκατάσταση αισθητήρων σε εξωτερικό εξοπλισμό αστικών κέντρων (π.χ. λαμπτήρες, ντουλάπια δρόμου) στους δρόμους του Μάντσεστερ για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα σε διαφορετικά ύψη και τοποθεσίες. Οι αναγνώσεις από τους αισθητήρες θα κοινοποιούνται σε άτομα με προβλήματα υγείας που σχετίζονται με την κακή ποιότητα του αέρα, καθώς και θα διατίθενται γενικά στο κοινό για την υποστήριξη των επιλογών διαδρομής με τα πόδια. Πιθανοί δείκτες Αριθμός πολιτών που επηρεάζονται από αναπνευστικές ασθένειες Αριθμός ατόμων που αναφέρουν ότι περπατούν προς στην εργασία, στο σχολείο κ.λπ. σε καθημερινή βάση πριν και μετά την παρέμβαση Περιβαλλοντικοί παράγοντες που εξετάζουν οι πολίτες πριν κάνουν μια βόλτα έξω Αριθμός ατόμων που γνωρίζουν πληροφορίες για την ποιότητα του αέρα που είναι προσβάσιμες στο κοινό πριν και μετά την παρέμβαση
2^ο παράδειγμα: Βελτίωση σωματικής ευεξίας των κατοίκων της περιοχής Πιθανός δείκτης Αριθμός των ανθρώπων που κάνουν τζόκινγκ στο πάρκο
3^ο παράδειγμα: Αύξηση χρήσης των δημόσιων μέσων μεταφοράς Πιθανός δείκτης Αριθμός των ταξιδιών των επιβατών σε μία δεδομένη διαδρομή πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την παρέμβαση

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

4^ο παράδειγμα:

Άτομα που έχουν τον έλεγχο των δικών τους δεδομένων

Πιθανός δείκτης

Πρόσβαση και χρήση εργαλείων για τον ορισμό αδειών

5^ο παράδειγμα:

Λιγότεροι άνθρωποι που εκτίθενται στην ατμοσφαιρική ρύπανση στη γειτονιά

Πιθανός δείκτης

Άτομα που χρησιμοποιούν μία εφαρμογή καθαρής διαδρομής σε καθημερινή βάση

Οι παραπάνω τρεις Πίνακες αποτελούν την «έμπνευση» για την ανάπτυξη των δεικτών αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών των μη μετρήσιμων λύσεων των έξυπνων πόλεων, που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 2.2.

Σημειώνεται ότι σε κάποιες περιπτώσεις οι αναπτυσσόμενοι δείκτες είναι οι ίδιοι με αυτούς που έχουν παρουσιαστεί στους Πίνακες 3.1 και 3.2. Αυτό λαμβάνει χώρα στην περίπτωση που οι παρουσιαζόμενοι αυτοί δείκτες μπορούν να εφαρμοστούν για τις μη μετρήσιμες λύσεις του Πίνακα 2.2. Στην αντίθετη περίπτωση, αναπτύσσονται καινούργιοι δείκτες, που θεωρείται ότι μπορούν να εφαρμοστούν κατ' αντιστοιχία στις λύσεις αυτές.

Σημειώνεται ακόμη ότι οι δείκτες που αναπτύσσονται και που παρουσιάζονται στην επόμενη Υποενότητα δεν είναι εξαντλητικοί (μπορούν να αναπτυχθούν δηλαδή και άλλοι δείκτες ανάλογα με την κρίση του εκάστοτε μελετητή) και επιπλέον δεν αναφέρονται στο σύνολο των λύσεων. Ειδικότερα, δείκτες αναπτύσσονται για 16 από τις μη μετρήσιμες λύσεις του Πίνακα 2.2.

Τέλος, σημειώνεται ότι για τις μη μετρήσιμες λύσεις, που σχετίζονται με τη διαχείριση αποβλήτων και υδάτινων πόρων και την ενέργεια - αειφόρο ανάπτυξη, δεν αναπτύσσονται δείκτες, καθώς αναπτύσσονται μέθοδοι αξιολόγησης επιπτώσεων για λύσεις έξυπνων πόλεων, που έχουν αντληθεί από τα στοιχεία που αναφέρθηκαν στις Υποενότητες 2.2.3 και 2.2.4 και οι οποίες είναι μετρήσιμες. Με άλλα λόγια, για λύσεις που εστιάζουν στα άμεσα περιβαλλοντικά οφέλη λύσεων των έξυπνων πόλεων αναπτύσσονται αποκλειστικά μετρήσιμα οφέλη μέσω της ανάπτυξης μεθόδων αξιολόγησης επιπτώσεων.

4.1.1 Δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων - ωφελειών των μη μετρήσιμων λύσεων της έξυπνης πόλης

Οι δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων – ωφελειών για τις δεκαέξι (16) μη μετρήσιμες λύσεις του Πίνακα 2.2, παρουσιάζονται στον Πίνακα που ακολουθεί:

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Πίνακας 4.4 Δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών των μετρήσιμων λύσεων έξυπνων πόλεων

Τομέας	Λύση/ σύστημα/ εφαρμογή	Δείκτης/ δείκτες
Υποδομές ΤΠΕ	Ασύρματο δίκτυο ελεύθερης ευρυζωνικής πρόσβασης στο διαδίκτυο σε κοινόχρηστους χώρους και δημοτικά κτίρια (Wi-Fi)	Αριθμός ατόμων με πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο ελεύθερης ευρυζωνικής πρόσβασης στο διαδίκτυο πριν και μετά τη λύση
	Υλοποίηση και χρήση δικτύου οπτικών ινών	Αριθμός ατόμων που χρησιμοποιούν τις οπτικές ίνες μετά τη λύση
Περιβάλλον	Εγκατάσταση αισθητήρων μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μικροσωματιδίων	Συγκέντρωση λεπτών σωματιδίων (PM _{2,5})
		Συγκέντρωση σωματιδίων (PM ₁₀)
		Συγκέντρωση NO ₂ (διοξείδιο του αζώτου)
		Συγκέντρωση SO ₂ (διοξείδιο του θείου)
		Συγκέντρωση O ₃ (όζοντος)
Μεταφορές - μετακινήσεις	Ηλεκτρονικό εισιτήριο ή εφαρμογές ενημέρωσης επιβατών σε κινητά	Αύξηση χρήσης δημόσιων μέσων μεταφοράς για την εξυπηρέτηση καθημερινών δραστηριοτήτων
		Μείωση του χρόνου αναμονής για μετακίνηση στους διαφορετικούς προορισμούς σε καθημερινή βάση
	Αισθητήρες σε δρόμους για παρακολούθηση κυκλοφοριακού φόρτου	Μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου σε ώρες αιχμής
	Εφαρμογές/ δράσεις «διαμοιραζόμενης» κινητικότητας (sharing mobility), smart mobility	Μείωση κόστους μετακίνησης των χρηστών «διαμοιραζόμενης» κινητικότητας
		Μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου σε ώρες αιχμής
Υγεία	Υλοποίηση συστήματος τηλεϊατρικής για μετρήσεις κάποιων βασικών δεικτών (πίεση, σάκχαρο και ούτω καθεξής) δημοτών και τήρηση ιατρικού φακέλου με συμβουλές από ιατρούς του νοσοκομείου/ κέντρου υγείας	Αριθμός νοσοκομειακών κλινών εσωτερικών ασθενών ανά 10.000 πληθυσμού μετά τη λύση
		Αριθμός εξυπηρετούμενων από το σύστημα τηλεπρόνοιας/ τηλεπαρακολούθησης ασθενών ανά 100.000 πληθυσμού μετά τη λύση
	Υλοποίηση εφαρμογών/ δράσεων για παρακολούθηση πορείας ασθενών σε απομακρυσμένες περιοχές	Αριθμός γιατρών ανά 10.000 πληθυσμού μετά τη λύση
		Αριθμός νοσηλευτικού και μαιευτικού προσωπικού ανά 10.000 πληθυσμού μετά τη λύση
		Αριθμός εξυπηρετούμενων ασθενών ανά 10.000 πληθυσμού μετά τη λύση
Οικονομία - ανάπτυξη	Διαδικτυακός τόπος για την προβολή τοπικών προϊόντων ή υπηρεσιών	Τοπική και διεθνής διασύνδεση μετά τη λύση
		Επιχειρηματικότητα μετά τη λύση
Ασφάλεια - πολιτική προστασία	Σύστημα εύρεσης εργασίας σε τοπικές επιχειρήσεις μέσω διαδικτύου	Ποσοστό ανεργίας της πόλης μετά τη λύση
		Ποσοστό παραβάσεων ανά 10.000 πληθυσμού μετά τη λύση
		Ποσοστό εγκληματικότητας ανά 10.000 πληθυσμού μετά τη λύση
		Ποσοστό βίαιης εγκληματικότητας ανά 10.000 πληθυσμού μετά τη λύση
		Εγκλήματα κατά της ιδιοκτησίας ανά 10.000 πληθυσμού

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Ψηφιακή διακυβέρνηση	Έλεγχος, παρακολούθηση και διαχείριση ανθρωπίνου δυναμικού, υλικού και στόλου μηχανημάτων πολιτικής προστασίας	Αριθμός αστυνομικών ανά 10.000 πληθυσμού
		Αριθμός πυροσβεστών ανά 10.000 πληθυσμού
		Χρόνος απόκρισης για το αστυνομικό τμήμα από την αρχική κλήση
		Χρόνος απόκρισης για τον πυροσβεστικό σταθμό από την αρχική κλήση
	Εφαρμογή ηλεκτρονικής ψηφοφορίας (e-voting) για δημοτικά θέματα	Αύξηση διαφάνειας μετά τη λύση
		Αύξηση συμμετοχής μετά τη λύση
		Συμμετοχή πολιτών στις ψηφοφορίες (ως ποσοστό του συνολικού πληθυσμού)
	Εφαρμογή ηλεκτρονικής διαβούλευσης για σημαντικές αποφάσεις, σχέδια (επιχειρησιακά σχέδια, τεχνικό πρόγραμμα και ούτω καθεξής) και έργα	Αύξηση διαφάνειας μετά τη λύση
		Αύξηση συμμετοχής μετά τη λύση
	Συστήματα παροχής ψηφιακών υπηρεσιών του δήμου προς πολίτες και επιχειρήσεις	Αύξηση επιχειρηματικότητας μετά τη λύση
		Αύξηση καινοτόμων προτάσεων μετά τη λύση
	Συστήματα online παρακολούθησης συνεδριάσεων συλλογικών οργάνων του δήμου (για παράδειγμα του δημοτικού συμβουλίου)	Αύξηση διαφάνειας μετά τη λύση
	Συστήματα ηλεκτρονικών πληρωμών από πολίτες ή επιχειρήσεις	Μείωση κόστους χαρτιού μετά τη λύση
		Μείωση κόστους μετακίνησης πολιτών για εξόφληση στο χώρο της εκάστοτε υπηρεσίας μετά τη λύση

Σημειώνεται ότι κάποιοι από τους παραπάνω δείκτες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μετρήσιμα αποτελέσματα μέσω της διεξαγωγής συναφών (και απλών) ερευνών ερωτηματολογίου. Για να γίνει αυτό καλύτερα κατανοητό, παρατίθεται το εξής παράδειγμα: έστω ότι επιζητείται να ποσοτικοποιηθούν οι δύο δείκτες «Αύξηση χρήσης δημόσιων μέσων μεταφοράς για την εξυπηρέτηση καθημερινών δραστηριοτήτων» και «Μείωση του χρόνου αναμονής για μετακίνηση στους διαφορετικούς προορισμούς σε καθημερινή βάση», που αναφέρονται στη λύση «Ηλεκτρονικό εισιτήριο ή εφαρμογές ενημέρωσης επιβατών σε κινητά».

Θα μπορούσε στην περίπτωση αυτή να διεξαχθεί είτε μία απλή τηλεφωνική έρευνα ή μία επιτόπια σε στάσεις λεωφορείων έρευνα, που θα ρωτούσε τους πολίτες να απαντήσουν στις εξής ερωτήσεις:

(Χρησιμοποιείτε τα λεωφορεία του δήμου (στην περίπτωση της τηλεφωνικής έρευνας);)

Χρησιμοποιείτε το ηλεκτρονικό εισιτήριο;

Αν ναι, έχετε ως αποτέλεσμα αυξήσει τη χρήση δημόσιων μέσων μεταφοράς για την εξυπηρέτηση καθημερινών σας δραστηριοτήτων;

Αν ναι, έχει μειωθεί ο χρόνος αναμονής σας για μετακίνηση στους διαφορετικούς προορισμούς σε καθημερινή βάση;

Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των απαντήσεων στις παραπάνω ερωτήσεις θα μπορούσαν να προκύψουν μετρήσιμα αποτελέσματα για τη συγκεκριμένη λύση στις μεταφορές.

Από την άλλη, κάποιοι από τους παραπάνω δείκτες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μετρήσιμα αποτελέσματα μέσω μετρήσεων πριν και μετά την εφαρμογή μίας λύσης. Για παράδειγμα, για τους τρεις δείκτες «Αριθμός γιατρών ανά 10.000 πληθυσμού μετά τη λύση», «Αριθμός νοσηλευτικού και μαιευτικού προσωπικού ανά 10.000 πληθυσμού μετά τη λύση» και «Αριθμός εξυπηρετούμενων ασθενών ανά 10.000 πληθυσμού μετά τη λύση», που αναφέρονται στη λύση «Υλοποίηση εφαρμογών/ δράσεων για παρακολούθηση πορείας ασθενών σε απομακρυσμένες περιοχές», θα μπορούσαν να μετρηθούν οι δείκτες και πριν την συγκεκριμένη λύση, ώστε να μπορέσει να απεικονιστεί το συνολικό όφελος με αριθμούς.

4.2 Ανάπτυξη ποσοτικών μεθόδων αξιολόγησης επιπτώσεων

Αφού λήφθηκαν υπόψη οι μετρήσιμες λύσεις του Πίνακα 2.2, καθώς και οι κυρίως βελτιωμένης ενεργειακής και περιβαλλοντικής επίδοσης και παράλληλα μετρήσιμες λύσεις, που παρουσιάστηκαν στις Υποενότητες 2.2.3 και 2.2.4, επιλέχτηκε να αναπτυχθούν ποσοτικές μέθοδοι αξιολόγησης των επιπτώσεων των μετρήσιμων λύσεων των έξυπνων πόλεων (σημειώνεται ότι οι λύσεις ταξινομήθηκαν σε τέσσερεις μεγάλες ομάδες ανάλογα με έναν γενικότερο τύπο παρέμβασης των έξυπνων πόλεων):

1. Κτιριακό απόθεμα:

1.1 Οφέλη στην εξοικονόμηση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας για κλιματισμό) των δημοτικών κτιρίων: βασίζεται/ εμπνέεται έμμεσα από την επιμέρους λύση της έξυπνης πόλης «Εξοικονόμηση ενέργειας σε δημοτικά κτίρια με τεχνολογίες έξυπνων κτιρίων ή συστήματα BIM (Building Information Management)», που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 2.1.

Για την εξοικονόμηση ενέργειας στα δημοτικά κτίρια, λήφθηκαν υπόψη οι παρακάτω πιθανές παρεμβάσεις. Για να υπολογιστεί το ενδεχόμενο όφελος από την εφαρμογή των συγκεκριμένων παρεμβάσεων χρησιμοποιήθηκε η έκθεση του ΥΠΕΚΑ (2014), που ανέφερε ποσοστά μείωσης στην κατανάλωση της θερμικής, της ηλεκτρικής ή/ και της θερμικής και ηλεκτρικής ταυτόχρονα ενέργειας για το σύνολο των παρεμβάσεων, που έχουν ως εξής:

- Οφέλη στην κατανάλωση θερμικής ενέργειας από παρεμβάσεις στο κτιριακό απόθεμα:
 - ✓ Εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης φυσικού αερίου (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας ίσο με 21%)
 - ✓ Χρήση γεωθερμικών αντλιών (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας ίσο με 21%)
- Οφέλη στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από παρεμβάσεις στο κτιριακό απόθεμα:

- ✓ Αντικατάσταση κλιματιστικών με υψηλής απόδοσης – αντλίες θερμότητας (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας ίσο με 70%)
- ✓ Τοποθέτηση φωτιστικών συστημάτων υψηλής απόδοσης (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας ίσο με 60%)
- Οφέλη στην κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από παρεμβάσεις στο κτιριακό απόθεμα:
 - ✓ Τοποθέτηση αυτοματισμών – Building Management System (BMS) (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας ίσο με 20% και ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας ίσο με 30%)

1.2 Εξοικονόμηση στην κατανάλωση νερού από τα δημοτικά κτίρια: βασίζεται/ εμπνέεται από α) τη διαχείριση των υδάτινων πόρων με τη χρήση νέων τεχνολογιών για την παρακολούθηση και την πρόληψη διαρροών, β) τις αλλαγές συμπεριφοράς που μετρώνται από μετρητές νερού και μηχανισμούς τιμολόγησης για τη μείωση της σπατάλης κατανάλωσης και γ) τις τεχνικές λύσεις για τη μείωση της συνολικής ζήτησης νερού σε διαχειρίσιμα επίπεδα, που εφαρμόζονται σε ότι αφορά το πόσιμο νερό από την πόλη της Κοπεγχάγης.

Η παρέμβαση έχει ειδικότερα ως εξής:

- Μείωση της διαρροής σε δίκτυα ύδρευσης, χρήση συσκευών εξοικονόμησης νερού και πιο αποδοτικών συσκευών.

Για να υπολογιστεί το ενδεχόμενο όφελος από την συγκεκριμένη εφαρμογή και ελλείψει κάποιας ελληνικής πηγής, χρησιμοποιήθηκε η έκθεση του Οικολογικού Ινστιτούτου Διεθνούς και Ευρωπαϊκής Περιβαλλοντικής Πολιτικής (Ecologic, Institute for International and European Environmental Policy) και ήταν η μόνη πηγή (κατέστη δυνατό να βρεθεί στα πλαίσια της παρούσας εργασίας) που ανέφερε ποσοστά μείωσης του κόστους λόγω

μείωσης της διαρροής σε δίκτυα ύδρευσης, χρήση συσκευών εξοικονόμησης νερού και πιο αποδοτικών συσκευών (Ecologic, Institute for International and European Environmental Policy, 2007).

Βάσει της συγκεκριμένης πηγής προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης κατανάλωσης νερού ίσο με 50%.

2. Μεταφορές: αντικατάσταση συμβατικών λεωφορείων με ηλεκτρικά ή υβριδικά λεωφορεία: βασίζεται/ εμπνέεται από την εισαγωγή ηλεκτρικών και υβριδικών λεωφορείων στον στόλο λεωφορείων του παραδείγματος της πόλης του Βανκούβερ.

Για να υπολογιστεί το ενδεχόμενο όφελος από την εφαρμογή των ηλεκτρικών ή υβριδικών λεωφορείων και ελλείψει κάποιας ελληνικής πηγής, χρησιμοποιήθηκε το άρθρο των Quarles et al. (2020) και ήταν η μόνη πηγή (κατέστη δυνατό να βρεθεί στα πλαίσια της παρούσας εργασίας) που ανέφερε ποσοστά μείωσης του κόστους μετακίνησης από την αντικατάσταση των συμβατικών λεωφορείων με ηλεκτρικά ή υβριδικά λεωφορεία.

Βάσει της συγκεκριμένης πηγής προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης κόστους ίσο με 57%.

3. Φωτισμός - Ενέργεια: επιλέχθηκε να εξεταστούν ο οδικός φωτισμός και οι φωτεινοί σηματοδότες, καθώς και η εξοικονόμηση ενέργειας συνολικά της υπό μελέτη περιοχής μέσα από την εφαρμογή συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ειδικότερα να εφαρμοστούν οι εξής παρεμβάσεις:

3.1 Φωτισμός:

- Εξοικονόμηση ενέργειας για τη λειτουργία και συντήρηση του οδικού φωτισμού και των φωτεινών σηματοδοτών:
 - ✓ Αντικατάσταση λαμπτήρων οδικού φωτισμού με λαμπτήρες LED, καθώς και αντικατάσταση λαμπτήρων φωτεινών σηματοδοτών με λαμπτήρες LED: βασίζονται/ εμπνέονται από την επιμέρους λύση της έξυπνης πόλης «Εξοικονόμηση ενέργειας από το δημοτικό φωτισμό οδών και κοινόχρηστων χώρων (για παράδειγμα, με αλλαγή

λαμπτήρων με τύπου LED, τηλεδιαχείριση και ούτω καθεξής)», που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 2.1.

- Εξοικονόμηση ενέργειας για τη λειτουργία και συντήρηση του οδικού φωτισμού και των φωτεινών σηματοδοτών:
 - ✓ Έξυπνα συστήματα ελέγχου (προσαρμοστικό σύστημα ελέγχου) του οδικού φωτισμού και των φωτεινών σηματοδοτών και σύστημα τηλεδιαχείρισης του οδικού φωτισμού και των φωτεινών σηματοδοτών: βασίζονται/ εμπνέονται και πάλι από την επιμέρους λύση της έξυπνης πόλης «Εξοικονόμηση ενέργειας από το δημοτικό φωτισμό οδών και κοινόχρηστων χώρων (για παράδειγμα, με αλλαγή λαμπτήρων με τύπου LED, τηλεδιαχείριση και ούτω καθεξής)», που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 2.1.
 - ✓ Σύστημα τηλεδιαχείρισης του οδικού φωτισμού και των φωτεινών σηματοδοτών: βασίζεται/ εμπνέεται και πάλι από την επιμέρους λύση της έξυπνης πόλης «Εξοικονόμηση ενέργειας από το δημοτικό φωτισμό οδών και κοινόχρηστων χώρων (για παράδειγμα, με αλλαγή λαμπτήρων με τύπου LED, τηλεδιαχείριση και ούτω καθεξής)», που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 2.1.

Για να υπολογιστεί το ενδεχόμενο όφελος από τις παραπάνω παρεμβάσεις και ελλείψει κάποιας ελληνικής πηγής, χρησιμοποιήθηκαν οι εξής πηγές: οι ιστοσελίδες Energy Cities (2019) και Coolfire (2022), το άρθρο Li και Makumbe (2017) στην ιστοσελίδα του World Bank Blogs, το επιστημονικό άρθρο των Escolar et al. (2014) και η έκθεση της Περιφερειακής Επιτροπής Σχεδιασμού της Κοιλάδας του Ντέλαγουερ, ΗΠΑ (Delaware Valley Regional Planning Commission) (DVRPC, 2020).

Βάσει των συγκεκριμένων πηγών προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης κόστους ίσο με:

- 50% για την αντικατάσταση λαμπτήρων οδικού φωτισμού με λαμπτήρες LED

- 85% για την αντικατάσταση λαμπτήρων φωτεινών σηματοδοτών με λαμπτήρες LED
- 35% για την εγκατάσταση έξυπνων συστημάτων ελέγχου (προσαρμοστικό σύστημα ελέγχου) του οδικού φωτισμού και των φωτεινών σηματοδοτών
- 40% για την εγκατάσταση συστήματος τηλεδιαχείρισης του οδικού φωτισμού και των φωτεινών σηματοδοτών.

3.2 Ενέργεια: από την άλλη σε ότι αφορά την εξοικονόμηση της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από την εκάστοτε υπό μελέτη περιοχή, εφαρμόστηκαν οι εξής παρεμβάσεις:

- Εφαρμογή φωτοβολταϊκού συστήματος σε οικόπεδο
- Εφαρμογή αιολικού πάρκου
- Εφαρμογή εγκατάστασης εκμετάλλευσης βιομάζας

Οι παραπάνω τρεις παρεμβάσεις βασίζονται/ εμπνέονται από την επιμέρους λύση της έξυπνης πόλης «Παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά ή ανεμογεννήτριες σε δημοτικά κτίρια, σχολεία ή οικόπεδα», που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 2.1.

Το όφελος εδώ από τη μείωση της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να παρέχεται από τον ίδιο τον εφαρμογέα της παρέμβασης, καθώς δε μπορεί να προσδιοριστεί κατά μέσο όρο, αφού επηρεάζεται από το κλίμα και την περιοχή που θα γίνει η εφαρμογή της εκάστοτε εγκατάστασης.

4. Απόβλητα: αποφασίστηκε να γίνουν παρεμβάσεις για τη μείωση του κόστους της συλλογής των απορριμμάτων στην περίπτωση που τα απορρίμματα πρώτα ανακυκλώνονται, επαναχρησιμοποιούνται ή/ και κομποστοποιούνται και μετά συλλέγονται:

- Ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση ή/ και κομποστοποίηση απορριμμάτων και έξυπνη συλλογή απορριμμάτων χρησιμοποιώντας τεχνολογίες, όπως αισθητήρες IoT, cloud βασισμένες εφαρμογές,

εφαρμογές αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (RFID) καθώς και παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS) και λογισμικά βελτιστοποίησης διαδρομής και στόλου.

Οι παραπάνω δύο παρεμβάσεις βασίζονται/ εμπνέονται από την επιμέρους λύση της έξυπνης πόλης «Σύστημα ευφυούς δρομολόγησης και παρακολούθησης στόλου απορριμματοφόρων», που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 2.1.

Για να υπολογιστεί το ενδεχόμενο όφελος από τα παραπάνω και ελλείψει κάποιας ελληνικής πηγής, χρησιμοποιήθηκε το άρθρο των Pardini et al. (2020), που ανέφερε ποσοστά μείωσης του κόστους από την έξυπνη συλλογή απορριμμάτων της τάξης του 30%.

Σημειώνεται ότι για καθεμία από τις παραπάνω παρεμβάσεις και για την ανάπτυξη της αντίστοιχης ποσοτικής μεθόδου αξιολόγησης των επιπτώσεων-ωφελειών, πρέπει να λάβουν χώρα τα εξής βήματα:

1. Πρέπει να δοθούν αρχικά κάποιες βασικές πληροφορίες από τον εφαρμογέα της εκάστοτε παρέμβασης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των μεταφορών θα πρέπει να παρέχει πληροφορίες για τον αριθμό των συμβατικών λεωφορείων, που υπάρχουν στο δήμο του, το ετήσιο κόστος για την μετακίνησή τους και το αριθμό των συμβατικών λεωφορείων, που στοχεύει να αντικαταστήσει με ηλεκτρικά ή υβριδικά λεωφορεία.
2. Από τις πληροφορίες αυτές μπορεί να υπολογιστεί η εξοικονόμηση του κόστους από την παρέμβαση.
3. Παρέχοντας επίσης ο εφαρμογέας της παρέμβασης πληροφορίες για το κεφαλαιακό κόστος της παρέμβασης, μπορεί να υπολογιστεί η απλή απόσβεση της παρέμβασης, καθώς και ένα όφελος από της παρέμβασης για μία διάρκεια 10 ετών.

Για να γίνουν καλύτερα κατανοητά τα παραπάνω και για να διευκολυνθεί η απεικόνιση της ποσοτικής μεθόδου που αναπτύχθηκε για καθεμία από τις παραπάνω

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

παρεμβάσεις, αναπτύχθηκε ένα εργαλείο μέσω του στατιστικού εργαλείου Microsoft Excel, με το οποίο θα υπολογίζονται τα οφέλη από την εφαρμογή των μετρήσιμων λύσεων έξυπνων πόλεων σε δήμους. Το εργαλείο αυτό παρουσιάζεται στο επόμενο Κεφάλαιο.

5. Εργαλείο υπολογισμού των ωφελειών από την εφαρμογή των μετρήσιμων λύσεων έξυπνων πόλεων σε δήμους

Στο παρόν Κεφάλαιο παρουσιάζεται το εργαλείο υπολογισμού των ωφελειών από την εφαρμογή των μετρήσιμων λύσεων έξυπνων πόλεων σε δήμους, που αναπτύχθηκε. Κάθε φύλλο του εργαλείου παρουσιάζεται σε μία ξεχωριστή υποενότητα, ώστε να είναι πιο εύκολος και κατανοητός ο τρόπος ανάπτυξης και χρήσης του. Στη συνέχεια παρουσιάζεται μία συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης (δήμος Δράμας), για τον έλεγχο και την παρουσίαση της λειτουργίας του συγκεκριμένου εργαλείου.

5.1 Παρουσίαση του εργαλείου

5.1.1 Φύλλο «Εισαγωγή»

Στο πρώτο φύλλο του εργαλείου, που αποτελεί την εισαγωγή στο σύστημα, ο χρήστης καλείται να εισάγει τρεις βασικές πληροφορίες:

1. Τύπος περιοχής, όπου έχει την δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ των πόλη, δήμος, δημοτική ενότητα, δημοτική κοινότητα και τοπική κοινότητα.
2. Ονομασία, όπου ο χρήστης εισάγει το όνομα της προς μελέτη πόλης, δήμου, δημοτικής ενότητας, δημοτικής κοινότητας ή τοπικής ενότητας αντίστοιχα.
3. Πληθυσμός κατοίκων, όπου ο χρήστης εισάγει τον πληθυσμό της προς μελέτη πόλης, δήμου, δημοτικής ενότητας, δημοτικής κοινότητας ή τοπικής ενότητας αντίστοιχα.

Τα τρία αυτά στοιχεία δε χρησιμοποιούνται για κάποιον άλλο λόγο, πέραν από την γνωστοποίηση του μεγέθους της περιοχής στην οποία θα λάβουν οι παρεμβάσεις της έξυπνης πόλης και του πληθυσμού των κατοίκων, που αναμένεται να ωφεληθούν από τις παρεμβάσεις αυτές.

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Στο ίδιο αυτό φύλλο, παρέχονται πληροφορίες για το σκοπό του εργαλείου και κάποιες πρώτες οδηγίες για την συμπλήρωση του φύλλου της Εισαγωγής, καθώς και των φύλλων, που ακολουθούν.

Το περιεχόμενο του πρώτου φύλλου του εργαλείου παρουσιάζονται στα παρακάτω Σχήματα:

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Smart City Simulator [Κατάσταση λειτουργίας συμβατότητας] - Excel

Είσοδος

Αρχείο Κεντρική Εισαγωγή Σχέδιο Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα Αναθεώρηση Προβολή Προγραμματιστής Βοήθεια Πείτε μου τι θέλετε να κάνετε Κοινή χρήση

Επικόλληση Πρόχειρο Γραμματοσειρά Στοιχισή Αριθμός Μορφοποίηση υπό όρους Μορφοποίηση ως πίνακα Στυλ Κελιά Εισαγωγή Διαγραφή Μορφοποίηση Ταξινόμηση και Εύρεση & φιλτράρισμα Επεξεργασία

J40

Α B C D E F G H I J K L M N O P Q R S

1 **Εισαγωγικά στοιχεία / δεδομένα περιοχής εφαρμογής των παρεμβάσεων**

2 *Συμπληρώστε όλα τα στοιχεία στα κελιά που μαρκάρονται με κίτρινο χρώμα*

3

4

5 1. Γενικές πληροφορίες περιοχής

6 Τύπος Περιοχής (πόλη, δήμος κ.λπ.): Δήμος

7 Ονομασία: Δράμα

8 Πληθυσμός κατοίκων: 59.944 κάτοικοι

9

10 Το παρόν εργαλείο αφορά τον υπολογισμό και κατ' επέκταση την ανάδειξη των ωφελειών των δήμων από την υλοποίηση παρεμβάσεων μίας έξυπνης πόλης σε ότι αφορά κυρίως την περιβαλλοντική διάσταση των παρεμβάσεων αυτών.

11

12

13

14

15 Στο πρώτο αυτό φύλλο συμπληρώνονται κάποια εισαγωγικά στοιχεία/ δεδομένα της εκάστοτε περιοχής, στην οποία πρόκειται να γίνουν αντίστοιχες παρεμβάσεις.

16

17

18 Στα επόμενα φύλλα εισάγονται κάποια δεδομένα της περιοχής για βασικούς τομείς, όπως το κτιριακό απόθεμα, οι μεταφορές, ο φωτισμός και τα απόβλητα, πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων. Στη συνέχεια, υπολογίζονται τα αυτόματα τα οφέλη κατόπιν υλοποίησης μίας σειράς από διαφορετικές και συνήθεις παρεμβάσεις μίας έξυπνης πόλης σε ότι αφορά την περιβαλλοντική διάσταση.

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

Εισαγωγή Κτιριακό απόθεμα Μεταφορές Φωτισμός - Ενέργεια Απόβλητα Συνολικό όφελ ...

Ετοιμο Προσαρμοστικότητα: Μη διαθέσιμη

80%

Σχήμα 5.1: Γενική επισκόπηση του φύλλου της Εισαγωγής του εργαλείου

Συμπληρώστε όλα τα στοιχεία στα κελιά που μαρκάρονται με κίτρινο χρώμα

1. Γενικές πληροφορίες περιοχής	
Τύπος Περιοχής (πόλη, δήμος κ.λπ.):	Δήμος
Ονομασία:	Πόλη
Πληθυσμός κατοίκων:	Δήμος
	Δημοτική Ενότητα
	Δημοτική Κοινότητα
	Τοπική Κοινότητα

Σχήμα 5.2: Πίνακας εισαγωγής γενικών πληροφοριών της υπό μελέτης περιοχής του φύλλου της Εισαγωγής του εργαλείου με ορατή την επιλογή του τύπου της περιοχής

Το παρόν εργαλείο αφορά τον υπολογισμό και κατ' επέκταση την ανάδειξη των ωφελειών των δήμων από την υλοποίηση παρεμβάσεων μίας έξυπνης πόλης σε ότι αφορά κυρίως την περιβαλλοντική διάσταση των παρεμβάσεων αυτών.

Στο πρώτο αυτό φύλλο συμπληρώνονται κάποια εισαγωγικά στοιχεία/ δεδομένα της εκάστοτε περιοχής, στην οποία πρόκειται να γίνουν αντίστοιχες παρεμβάσεις.

Στα επόμενα φύλλα εισάγονται κάποια δεδομένα της περιοχής για βασικούς τομείς, όπως το κτιριακό απόθεμα, οι μεταφορές, ο φωτισμός και τα απόβλητα, πριν την εφαρμογή των παρεμβάσεων. Στη συνέχεια, υπολογίζονται τα αυτόματα τα οφέλη κατόπιν υλοποίησης μίας σειράς από διαφορετικές και συνήθεις παρεμβάσεις μίας έξυπνης πόλης σε ότι αφορά την περιβαλλοντική διάσταση.

Σχήμα 5.3: Σκοπός και οδηγίες για τη χρήση του εργαλείου

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.2, πάνω από τον Πίνακα των γενικών πληροφοριών της υπό μελέτη περιοχής, υπάρχει η βασική οδηγία συμπλήρωσης των στοιχείων («Συμπληρώστε όλα τα στοιχεία στα κελιά που μαρκάρονται με κίτρινο χρώμα») τόσο του φύλλου της «Εισαγωγής» όσο και των υπόλοιπων φύλλων, που ακολουθούν.

5.1.2 Φύλλο «Κτιριακό απόθεμα»

Το δεύτερο αυτό φύλλο αναφέρεται στις παρεμβάσεις της έξυπνης πόλης, που αφορούν το κτιριακό απόθεμα της υπό μελέτη περιοχής. Όπως προηγουμένως, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει μία σειρά από στοιχεία, που αναφέρονται εδώ στο κτιριακό απόθεμα πριν τις παρεμβάσεις. Ειδικότερα τα στοιχεία αυτά αφορούν:

1. Αριθμός δημόσιων κτιρίων και εμβαδόν επιφάνειας δημόσιων κτιρίων σε m^2
2. Στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας και νερού από τα κτίρια αυτά:
 - Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας για κλιματισμό) σε kWh και μέσο κόστος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας σε €/ kWh (από τον πάροχο), από

τα οποία και προκύπτει το συνολικό ετήσιο κόστος κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των δημόσιων κτιρίων

- Συνολική ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας σε kWh και μέσο κόστος παροχής θερμικής ενέργειας σε €/ kWh (από τον πάροχο), από τα οποία και προκύπτει το συνολικό ετήσιο κόστος κατανάλωσης θερμικής ενέργειας των δημόσιων κτιρίων
- Συνολική ετήσια κατανάλωση για την κάλυψη των αναγκών των δημόσιων κτιρίων σε νερό σε m³ (από τον πάροχο) και κόστος παροχής ύδρευσης σε €/ m³, από τα οποία και προκύπτει το συνολικό ετήσιο κόστος κατανάλωσης νερού των δημόσιων κτιρίων.

Στη συνέχεια και για κάθε παρέμβαση, που θα οδηγήσει σε οφέλη σε ότι αφορά την κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από τα δημόσια κτίρια, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τον αριθμό των δημόσιων κτιρίων, για τα οποία πρόκειται να λάβει χώρα η εκάστοτε παρέμβαση ή παρεμβάσεις (στην περίπτωση που υπάρχει ήδη κάποιο πρόγραμμα μίας ή περισσότερες από τις παρεμβάσεις, που παρουσιάζονται) ή έναν ενδεικτικό αριθμό δημόσιων κτιρίων, ώστε να διαπιστώσει πιθανά οφέλη και να συγκρίνει μεταξύ μελλοντικών πιθανών παρεμβάσεων.

Από την εισαγωγή του αριθμού των δημόσιων κτιρίων, προκύπτει α) η μείωση κατανάλωσης της θερμικής ή της ηλεκτρικής ή/ και θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας ταυτόχρονα σε kWh και β) η εξοικονόμηση κόστους θερμικής ενέργειας ή της ηλεκτρικής ή/ και θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας ταυτόχρονα σε €.

Επιπλέον ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει το κόστος της παρέμβασης (που προκύπτει κατόπιν κάποιας προσφοράς από κάποια δεδομένη εταιρεία). Από το κόστος αυτό και θεωρώντας ότι η εξοικονόμηση κόστους θερμικής ενέργειας ή της ηλεκτρικής ή/ και θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας θα χρησιμοποιηθεί για την απλή απόσβεση του κόστους αυτού, προκύπτει η απόσβεση του κόστους παρέμβασης σε έτη. Παράλληλα προκύπτει το σύνολο όφελους της κάθε παρέμβασης σε 10 έτη λειτουργίας σε €.

Όμοια για την παρέμβαση, που θα οδηγήσει σε οφέλη σε ότι αφορά την κατανάλωση νερού από τα δημόσια κτίρια, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τον αριθμό των δημόσιων κτιρίων.

Από την εισαγωγή του αριθμού των δημόσιων κτιρίων, προκύπτει α) η μείωση κατανάλωσης νερού σε m^3 και β) η εξοικονόμηση κόστους νερού σε €.

Επιπλέον ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει το κόστος της παρέμβασης (που προκύπτει κατόπιν κάποιας προσφοράς από κάποια δεδομένη εταιρεία). Από το κόστος αυτό και θεωρώντας ότι η εξοικονόμηση κόστους νερού θα χρησιμοποιηθεί για την απόσβεση του κόστους αυτού, προκύπτει η απόσβεση του κόστους παρέμβασης σε έτη. Παράλληλα προκύπτει το σύνολο όφελους της παρέμβασης σε 10 έτη λειτουργίας σε €.

Σημειώνεται ότι στο συγκεκριμένο φύλλο υπολογίζεται και το συνολικό όφελος από την εφαρμογή παρέμβασης/ παρεμβάσεων στο κτιριακό όφελος (€), το οποίο και είναι αθροιστικό (λαμβάνοντας υπόψη και το κεφαλαιακό κόστος) με χρονικό ορίζοντα τα 10 έτη. Το όφελος αυτό παρουσιάζεται και σε αντίστοιχο διάγραμμα.

Στους παρακάτω Πίνακες παρουσιάζονται λεπτομέρειες του συγκεκριμένου φύλλου:

Κτιριακό απόθεμα πριν τις παρεμβάσεις	
1. Πληροφορίες κτιριακού αποθέματος	
Κτιριακό απόθεμα δημόσιων κτιρίων:	
Αριθμός δημόσιων κτιρίων:	Εμβαδόν επιφάνειας δημόσιων κτιρίων:
δημόσια κτίρια	m ²

Κατανάλωση ενέργειας και νερού πριν τις παρεμβάσεις		
1. Κατανάλωση ενέργειας		
1.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας		
Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας για κλιματισμό): kWh	Μέσο κόστος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας: €/ kWh	Ετήσιο κόστος κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας: €
1.2 Κατανάλωση θερμικής ενέργειας		
Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη θερμικών αναγκών: kWh	Μέσο κόστος παροχής θερμικής ενέργειας: €/ kWh	Ετήσιο κόστος κατανάλωσης θερμικής ενέργειας: €
2. Κατανάλωση νερού		
Συνολική ετήσια κατανάλωση για την κάλυψη των αναγκών των δημόσιων κτιρίων σε νερό: m ³	Κόστος παροχής ύδρευσης: €/ m ³	Ετήσιο κόστος κατανάλωσης νερού: €

Πίνακας 5.1: Εισαγωγή πληροφοριών κτιριακού αποθέματος των δημόσιων κτιρίων και κατανάλωσης θερμικής, ηλεκτρικής ενέργειας και νερού

Οφέλη στην κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από παρεμβάσεις στο κτιριακό απόθεμα							
Μείωση κατανάλωσης θερμικής ενέργειας							
1. Αναβάθμιση - αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης							
2.1 Εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης φυσικού αερίου (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας ίσο με 21%)							
Αριθμός δημοσίων κτιρίων που εφαρμόζεται: δημόσια κτίρια	Ποσοστό επί του συνολικού αριθμού δημοσίων κτιρίων που εφαρμόζεται: %	Μείωση κατανάλωσης θερμικής ενέργειας: kWh	Εξοικονόμηση κόστους θερμικής ενέργειας: €	Κόστος παρέμβασης: €	Συνολικό κόστος παρέμβασης €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €
2.2 Χρήση γεωθερμικών αντλιών (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας ίσο με 21%)							
Αριθμός δημοσίων κτιρίων που εφαρμόζεται: δημόσια κτίρια	Ποσοστό επί του συνολικού αριθμού δημοσίων κτιρίων που εφαρμόζεται: %	Μείωση κατανάλωσης θερμικής ενέργειας: kWh	Εξοικονόμηση κόστους θερμικής ενέργειας: €	Κόστος παρέμβασης: €	Συνολικό κόστος παρέμβασης €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €
Μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας							
1. Αντίμετρα κλιματισμού							
1.1 Αντικατάσταση κλιματιστικών με υψηλής απόδοσης – αντλίες θερμότητας (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας ίσο με 70%)							
Αριθμός δημοσίων κτιρίων που εφαρμόζεται: δημόσια κτίρια	Ποσοστό επί του συνολικού αριθμού δημοσίων κτιρίων που εφαρμόζεται: %	Μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας: kWh	Εξοικονόμηση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας: €	Κόστος παρέμβασης: €	Συνολικό κόστος παρέμβασης €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €
2. Λοιπές παρεμβάσεις							
2.1 Τοποθέτηση φωτιστικών συστημάτων υψηλής απόδοσης (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας ίσο με 60%)							
Αριθμός δημοσίων κτιρίων που εφαρμόζεται: δημόσια κτίρια	Ποσοστό επί του συνολικού αριθμού δημοσίων κτιρίων που εφαρμόζεται: %	Μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας: kWh	Εξοικονόμηση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας: €	Κόστος παρέμβασης: €	Συνολικό κόστος παρέμβασης €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €

Μείωση κατανάλωσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας							
Τοποθέτηση αυτοματισμών – Building Management System (BMS) (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας ίσο με 20% και ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας ίσο με 30%)							
Αριθμός δημόσιων κτιρίων που εφαρμόζεται: δημόσια κτίρια	Ποσοστό επί του συνολικού αριθμού δημόσιων κτιρίων που εφαρμόζεται: %	Μείωση κατανάλωσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας: kWh	Εξοικονόμηση κόστους θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας: €	Κόστος παρέμβασης: €	Συνολικό κόστος παρέμβασης €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €

Πίνακας 5.2: Υπολογισμός των ωφελειών στην κατανάλωση ενέργειας στα δημόσια κτίρια

Οφέλη στην κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από παρεμβάσεις στο κτιριακό απόθεμα							
Μείωση της διαρροής σε δίκτυα ύδρευσης, χρήση συσκευών εξοικονόμησης νερού και πιο αποδοτικών συσκευών (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας ίσο με 50%)							
Αριθμός δημόσιων κτιρίων που εφαρμόζεται: δημόσια κτίρια	Ποσοστό επί του συνολικού αριθμού δημόσιων κτιρίων που εφαρμόζεται: %	Μείωση κατανάλωσης νερού: m ³	Εξοικονόμηση κόστους νερού: €	Κόστος παρέμβασης: €	Συνολικό κόστος παρέμβασης €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €

Πίνακας 5.3: Υπολογισμός των ωφελειών στην κατανάλωση νερού στα δημόσια κτίρια

5.1.3 Φύλλο «Μεταφορές»

Το τρίτο αυτό φύλλο αναφέρεται στις παρεμβάσεις της έξυπνης πόλης, που αφορούν τις μεταφορές της υπό μελέτη περιοχής. Όπως προηγουμένως, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει μία σειρά από στοιχεία, που αναφέρονται εδώ στις μεταφορές πριν τις παρεμβάσεις. Ειδικότερα καλείται να συμπληρώσει τον αριθμό συμβατικών λεωφορείων και ετήσιο κόστος μετακίνησής τους. Σημειώνεται ότι το σύνολο των συμβατικών λεωφορείων θεωρείται ότι κινείται με συμβατικά καύσιμα (ντίζελ, πετρέλαιο).

Στη συνέχεια ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τον αριθμό των συμβατικών λεωφορείων, για τα οποία πρόκειται να λάβει χώρα η παρέμβασή ή έναν ενδεικτικό αριθμό συμβατικών λεωφορείων, ώστε να διαπιστώσει πιθανά οφέλη και να συγκρίνει μεταξύ μελλοντικών πιθανών παρεμβάσεων.

Από την εισαγωγή του αριθμού των συμβατικών λεωφορείων, προκύπτει η μείωση του κόστους μετακίνησης σε €.

Επιπλέον ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει το κόστος της παρέμβασης (που προκύπτει κατόπιν κάποιας προσφοράς από κάποια δεδομένη εταιρεία). Από το κόστος αυτό και θεωρώντας ότι η εξοικονόμηση κόστους θα χρησιμοποιηθεί για την απόσβεση του κόστους αυτού, προκύπτει η απόσβεση του κόστους παρέμβασης σε έτη. Παράλληλα προκύπτει το σύνολο όφελους της κάθε παρέμβασης σε 10 έτη λειτουργίας σε €.

Σημειώνεται ότι στο συγκεκριμένο φύλλο υπολογίζεται και το αθροιστικό όφελος της παρέμβασης (λαμβάνοντας υπόψη και το κεφαλαιακό κόστος) με χρονικό ορίζοντα τα 10 έτη. Το όφελος αυτό παρουσιάζεται και σε αντίστοιχο διάγραμμα.

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται λεπτομέρειες του συγκεκριμένου φύλλου:

<u>Μεταφορές πριν τις παρεμβάσεις</u>		
Δημόσιες μεταφορές:		
	Nai/ Όχι	
Αστικά λεωφορεία:	Nai	
	Nai	
	Αριθμός συμβατικών λεωφορείων*: λεωφορεία	Ετήσιο κόστος μετακίνησης λεωφορείων: €
	* Λεωφορεία που κινούνται με συμβατικά καύσιμα (ντίζελ, πετρέλαιο)	

<u>Οφέλη μετά τις παρεμβάσεις</u>						
Αντικατάσταση συμβατικών λεωφορείων με ηλεκτρικά ή υβριδικά λεωφορεία (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης ίσο με 57%)						
Αριθμός λεωφορείων που θα αντικατασταθούν: λεωφορεία	Ποσοστό επί του συνολικού αριθμού συμβατικών λεωφορείων: %	Εξοικονόμηση κόστους: €	Κόστος παρέμβασης ενός λεωφορείου: €	Συνολικό κόστος λεωφορείων που θα αντικατασταθούν: €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €

Πίνακας 5.4: Υπολογισμός των ωφελειών από την αντικατάσταση των συμβατικών λεωφορείων

5.1.4 Φύλλο «Φωτισμός - Ενέργεια»

Το τέταρτο αυτό φύλλο αναφέρεται στις παρεμβάσεις της έξυπνης πόλης, που αφορούν το φωτισμό και τη συνολική κατανάλωση ενέργειας της υπό μελέτη περιοχής. Όπως προηγουμένως, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει μία σειρά από στοιχεία πριν τις παρεμβάσεις. Ειδικότερα τα στοιχεία αυτά αφορούν:

1. Αριθμός λαμπτήρων οδικού φωτισμού και ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης αυτών
2. Αριθμός φωτεινών σηματοδοτών και ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης αυτών
3. Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής σε kWh, μέσο κόστος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (από τον πάροχο) σε €/ kWh και το συνολικό κόστος για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής.

Στη συνέχεια και για κάθε παρέμβαση, που θα οδηγήσει σε οφέλη σε ότι αφορά το φωτισμό, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τον αριθμό των λαμπτήρων του οδικού φωτισμού ή/ και τον αριθμό των φωτεινών σηματοδοτών, για τα οποία πρόκειται να λάβει χώρα η εκάστοτε παρέμβαση ή παρεμβάσεις (στην περίπτωση που υπάρχει ήδη κάποιο πρόγραμμα μίας ή περισσότερες από τις παρεμβάσεις, που παρουσιάζονται) ή έναν ενδεικτικό αριθμό των λαμπτήρων του οδικού φωτισμού ή/ και των φωτεινών σηματοδοτών, ώστε να διαπιστώσει πιθανά οφέλη και να συγκρίνει μεταξύ μελλοντικών πιθανών παρεμβάσεων.

Από την εισαγωγή του αριθμού των λαμπτήρων του οδικού φωτισμού ή/ και των φωτεινών σηματοδοτών, προκύπτει η μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησής τους σε €.

Επιπλέον ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει το κόστος της παρέμβασης (που προκύπτει κατόπιν κάποιας προσφοράς από κάποια δεδομένη εταιρεία). Από το κόστος αυτό και θεωρώντας ότι η εξοικονόμηση κόστους θα χρησιμοποιηθεί για την απόσβεση του κόστους αυτού, προκύπτει η απόσβεση του κόστους παρέμβασης σε έτη. Παράλληλα προκύπτει το σύνολο όφελους της κάθε παρέμβασης σε 10 έτη λειτουργίας σε €.

Από την άλλη, για κάθε παρέμβαση, που θα οδηγήσει σε οφέλη σε ότι αφορά την συνολική κατανάλωση ενέργειας της υπό μελέτη περιοχής, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει την ισχύ του εκάστοτε συστήματος ανανεώσιμης πηγής, την εκτιμώμενη μείωση στην συνολική κατανάλωση ενέργειας της υπό μελέτη περιοχής, καθώς και το κόστος της παρέμβασης.

Έτσι προκύπτει και η εξοικονόμηση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας σε €, η απόσβεση του κόστους αυτού, και το σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας σε €.

Σημειώνεται ότι στο συγκεκριμένο φύλλο υπολογίζεται και το συνολικό όφελος από α) την εφαρμογή παρέμβασης/ παρεμβάσεων στον οδικό φωτισμό (€) και β) την εφαρμογή παρέμβασης/ παρεμβάσεων στην ενέργεια (€), το οποίο και είναι αθροιστικό (λαμβάνοντας υπόψη και το κεφαλαιακό κόστος) με χρονικό ορίζοντα τα 10 έτη. Τα δύο οφέλη παρουσιάζονται και σε αντίστοιχο διάγραμμα.

Στους παρακάτω Πίνακες παρουσιάζονται λεπτομέρειες του συγκεκριμένου φύλλου:

Οδικός φωτισμός & φωτεινοί σηματοδότες πριν τις παρεμβάσεις	
1.1 Οδικός φωτισμός:	
Αριθμός λαμπτήρων: λαμπτήρες	Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης: €
1.2 Φωτεινοί σηματοδότες:	
Αριθμός φωτεινών σηματοδοτών: φωτεινοί σηματοδότες	Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης: €

Πίνακας 5.5: Εισαγωγή πληροφοριών του οδικού φωτισμού και των φωτεινών σηματοδοτών

Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας πριν τις παρεμβάσεις		
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας:		
Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής: kWh	Μέσο κόστος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας: €/ kWh	Συνολική κόστος για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής: €

Πίνακας 5.6: Εισαγωγή πληροφοριών της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Οφέλη μετά τις παρεμβάσεις						
1. Αντικατάσταση λαμπτήρων με λαμπτήρες LED						
1.1 Αντικατάσταση λαμπτήρων οδικού φωτισμού με λαμπτήρες LED (προκύπτει ένα ποσοστό εξοικονόμησης ίσο με 50%)						
Αριθμός λαμπτήρων που θα αντικατασταθούν: λαμπτήρες	Ποσοστό επί του συνολικού αριθμού λαμπτήρων: %	Εξοικόνο- μηση κόστους: €	Κόστος ενός λαμπτήρα: €	Συνολικό κόστος λαμπτήρων που θα αντικατασταθούν: €	Απλή από- σβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €
1.2 Αντικατάσταση λαμπτήρων φωτεινών σηματοδοτών με λαμπτήρες LED (προκύπτει ένα μέσο ποσοστό εξοικονόμησης ίσο με 85%)						
Αριθμός φωτεινών σηματοδοτών που θα αντικατασταθούν: λαμπτήρες	Ποσοστό επί του συνολικού αριθμού φωτεινών σηματοδοτών: %	Εξοικόνο- μηση κόστους: €	Κόστος ενός λαμπτήρα: €	Συνολικό κόστος λαμπτήρων που θα αντικατασταθούν: €	Απλή από- σβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €
2. Λοιπά μέτρα						
2.1 Έξυπνα συστήματα ελέγχου (προσαρμοστικό σύστημα ελέγχου) του οδικού φωτισμού και των φωτεινών σηματοδοτών (προκύπτει ένα ποσοστό εξοικονόμησης ίσο με 35%)						
Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης οδικού φωτισμού: €	Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης φωτεινών σηματοδοτών: €	Εξοικονόμηση κόστους: €	Κόστος παρέμβασης: €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €	
2.2 Σύστημα τηλεδιαχείρισης του οδικού φωτισμού και των φωτεινών σηματοδοτών (προκύπτει ένα ποσοστό εξοικονόμησης ίσο με 40%)						
Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης οδικού φωτισμού: €	Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης φωτεινών σηματοδοτών: €	Εξοικονόμηση κόστους: €	Κόστος παρέμβασης: €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €	

Πίνακας 5.7: Υπολογισμός των ωφελειών από την εφαρμογή παρεμβάσεων στον οδικό φωτισμό

Οφέλη μετά τις παρεμβάσεις						
1. Εφαρμογή φωτοβολταϊκού συστήματος σε οικόπεδο						
Εγκαταστη- μένα ισχύς:	Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής:	Εκτιμώμενη μείωση ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας:	Εξοικονόμηση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας:	Κόστος παρέμβασης:	Απλή απόσβεση :	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας:
kW	kWh	kWh	€	€	έτη	€
2. Εφαρμογή αιολικού πάρκου						
Εγκαταστη- μένα ισχύς:	Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής:	Εκτιμώμενη μείωση ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας:	Εξοικονόμηση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας:	Κόστος παρέμβασης:	Απλή απόσβεση :	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας:
kW	kWh	kWh	€	€	έτη	€
3. Εφαρμογή εγκατάστασης εκμετάλλευσης βιομάζας						
Εγκαταστη- μένα ισχύς:	Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής:	Εκτιμώμενη μείωση ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας:	Εξοικονόμηση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας:	Κόστος παρέμβασης:	Απλή απόσβεση :	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας:
kW	kWh	kWh	€	€	έτη	€

Πίνακας 5.8: Υπολογισμός των ωφελειών από την εφαρμογή παρεμβάσεων στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

5.1.5 Φύλλο «Απόβλητα»

Το πέμπτο αυτό φύλλο αναφέρεται στις παρεμβάσεις της έξυπνης πόλης, που αφορούν τα απόβλητα της υπό μελέτη περιοχής. Όπως προηγουμένως, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει μία σειρά από στοιχεία, που αναφέρονται εδώ στα απόβλητα πριν τις παρεμβάσεις. Ειδικότερα τα στοιχεία αυτά αφορούν:

1. Ετήσια παραγωγή αστικών αποβλήτων
2. Κόστος συλλογής αστικών αποβλήτων

Στη συνέχεια και για την περίπτωση μετά την παρέμβαση, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει την ποσότητα απορριμμάτων που θα ανακυκλώνεται, επαναχρησιμοποιείται και κομποστοποιείται από την παραπάνω ετήσια παραγωγή αστικών αποβλήτων, ώστε να διαπιστώσει πιθανά οφέλη και να συγκρίνει μεταξύ της μελλοντικής πιθανής παρέμβασης.

Από την εισαγωγή αυτή, προκύπτει τελικά η μείωση του κόστους συλλογής απορριμμάτων σε €.

Επιπλέον ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει το κόστος της παρέμβασης (που προκύπτει κατόπιν κάποιας προσφοράς από κάποια δεδομένη εταιρεία). Από το κόστος αυτό και θεωρώντας ότι η εξοικονόμηση κόστους θα χρησιμοποιηθεί για την απόσβεση του κόστους αυτού, προκύπτει η απόσβεση του κόστους παρέμβασης σε έτη. Παράλληλα προκύπτει το σύνολο όφελους της κάθε παρέμβασης σε 10 έτη λειτουργίας σε €.

Σημειώνεται ότι στο συγκεκριμένο φύλλο υπολογίζεται και το αθροιστικό όφελος της παρέμβασης (λαμβάνοντας υπόψη και το κεφαλαιακό κόστος) με χρονικό ορίζοντα τα 10 έτη. Το όφελος αυτό παρουσιάζεται και σε αντίστοιχο διάγραμμα.

Στους παρακάτω Πίνακες παρουσιάζονται λεπτομέρειες του συγκεκριμένου φύλλου:

<u>Παραγωγή αποβλήτων πριν τις παρεμβάσεις</u>	
Παραγωγή αποβλήτων	
Ετήσια παραγωγή αστικών αποβλήτων: m ³	Κόστος συλλογής αστικών αποβλήτων: €

Πίνακας 5.9: Εισαγωγή πληροφοριών των αποβλήτων στο εργαλείο

Οφέλη μετά τις παρεμβάσεις							
1. Ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση και κομποστοποίηση απορριμμάτων και έξυπνη συλλογή απορριμμάτων χρησιμοποιώντας τεχνολογίες, όπως αισθητήρες IoT, cloud βασισμένες εφαρμογές, εφαρμογές αναγνώρισης ραδιοσυχνότητων (RFID) καθώς και παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS) και λογισμικά βελτιστοποίησης διαδρομής και στόλου (προκύπτει ένα ποσοστό εξοικονόμησης ίσο με 30%)							
Ετήσια παραγωγή αστικών αποβλήτων: m ³	Ποσότητα απορριμμάτων που ανακυκλώνεται: m ³	Ποσοστό επί της συνολικής παραγωγής απορριμμάτων: %	Νέα ποσότητα απορριμμάτων: m ³	Εξοικονόμηση κόστους: €	Κόστος παρέμβασης: €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €
Ετήσια παραγωγή αστικών αποβλήτων: m ³	Ποσότητα απορριμμάτων που επαναχρησιμοποιείται: m ³	Ποσοστό επί της συνολικής παραγωγής απορριμμάτων: %	Νέα ποσότητα απορριμμάτων: m ³	Εξοικονόμηση κόστους: €	Κόστος παρέμβασης: €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €
Ετήσια παραγωγή αστικών αποβλήτων: m ³	Ποσότητα απορριμμάτων που κομποστοποιείται: m ³	Ποσοστό επί της συνολικής παραγωγής απορριμμάτων: %	Νέα ποσότητα απορριμμάτων: m ³	Εξοικονόμηση κόστους: €	Κόστος παρέμβασης: €	Απλή απόσβεση: έτη	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας: €

Πίνακας 5.10: Υπολογισμός των ωφελειών από την εφαρμογή της παρέμβασης στα απορρίμματα

5.1.6 Φύλλο «Συνολικό όφελος»

Στο τελευταίο αυτό, γίνεται ο υπολογισμός του συνολικού όφελους από το σύνολο των πιθανών παρεμβάσεων, που έχουν σκοπό να πραγματοποιηθούν για μία περιοχή. Το όφελος αυτό αναφέρεται στα 10 έτη εφαρμογής και είναι αθροιστικό (και λαμβάνει υπόψη το κεφαλαιακό κόστος), όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 5.11: Αθροιστικό όφελος από την εφαρμογή του συνόλου των παρεμβάσεων

Έτος	Συνολικό όφελος από την εφαρμογή παρεμβάσεων στο κτιριακό όφελος (€)	Όφελος αντικατάστασης συμβατικών λεωφορείων με ηλεκτρικά ή υβριδικά λεωφορεία (€)	Συνολικό όφελος από την εφαρμογή παρεμβάσεων στο φωτισμό (€)	Συνολικό όφελος από την εφαρμογή παρεμβάσεων στην ενέργεια (€)	Συνολικό όφελος από την εφαρμογή παρεμβάσεων στα απορρίμματα (€)	Συνολικό όφελος παρεμβάσεων (€)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Σημειώνεται ότι στο παρόν φύλλο, όπως και σε όλα τα προηγούμενα φύλλα, παρουσιάζεται αντίστοιχο διάγραμμα.

5.1.7 Περιορισμοί στην ανάπτυξη του εργαλείου

Ο μόνος περιορισμός στην ανάπτυξη του εργαλείου αναφέρεται στην έλλειψη ύπαρξης ελληνικών πηγών, που να περιλαμβάνουν τη μείωση κόστους ή τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας για κάποιες από τις παρεμβάσεις, γεγονός που αποτρέπει μία πιο ρεαλιστική εκτίμηση των ωφελειών από τις παρεμβάσεις αυτές.

5.2 Εφαρμογή του εργαλείου για το δήμο Δράμας

Ο δήμος της Δράμας επιλέχτηκε ως μελέτη περίπτωσης, καθώς ήταν αυτός που κατόπιν διεξοδικής έρευνας στο διαδίκτυο παρέχει τις πιο ολοκληρωμένες πληροφορίες για την εφαρμογή του εργαλείου. Ειδικότερα, μέσα από τις τρεις εκθέσεις του δήμου, «Σχέδιο Δράσης Αειφορικής Ενέργειας Δήμου Δράμας» του 2013, «Ανάπτυξη αναφορών υλοποίησης του Σχεδίου Δράσης Αειφόρου Ενέργειας του Δήμου Δράμας» του 2016 και «ΤΟΠΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΔΗΜΟΥ Δράμας» του 2015, προέκυψαν τα εξής δεδομένα εισαγωγής για το εργαλείο:

Πίνακας 5.12 Δεδομένα εισαγωγής στο εργαλείο για το δήμο Δράμας (Σύμφωνα των Δημάρχων, 2013, 2016; Δήμος Δράμας, 2015)

Δεδομένο	Τιμή
Πληθυσμός κατοίκων	59.994 κάτοικοι
Αριθμός δημόσιων κτιρίων	145 κτίρια
Εμβαδόν επιφάνειας δημόσιων κτιρίων	128.131,29 m ²
Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας για κλιματισμό)	1.948.000 kWh
Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη θερμικών αναγκών	657.200 kWh
Συνολική ετήσια κατανάλωση για την κάλυψη των αναγκών των δημόσιων κτιρίων σε νερό	-
Αριθμός συμβατικών λεωφορείων	16 λεωφορεία
Ποσότητα πετρελαίου που καταναλώνεται για την μετακίνηση των λεωφορείων	87.079 lt
Αριθμός λαμπτήρων οδικού φωτισμού	3.360 λαμπτήρες
Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης λαμπτήρων	836.970 €
Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του δήμου	1.088.850 €
Ετήσια παραγωγή αστικών αποβλήτων	60.088,35 m ³
Κόστος συλλογής αστικών αποβλήτων	100.140,85 €

Πέραν των παραπάνω δεδομένων, για τους υπολογισμούς του εργαλείου απαιτούνται και τα εξής δεδομένα:

Πίνακας 5.13 Δεδομένα εισαγωγής στο εργαλείο για τον υπολογισμό κατανάλωσης ενέργειας και τον υπολογισμό του κόστους μετακίνησης των λεωφορείων στο δήμο Δράμας (ΕΑΑΔΗΣΥ, 2019; ΔΕΗ, 2022)

Δεδομένο	Τιμή
Μέσο κόστος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας	0,112122 €/ kWh
Μέσο κόστος παροχής θερμικής ενέργειας	0,085 €/ kWh
Κόστος πετρελαίου για την μετακίνηση των λεωφορείων	1,15 €/ lt

Κατόπιν εισαγωγής των παραπάνω δεδομένων, επιλέχτηκε να εφαρμοστούν οι παρακάτω παρεμβάσεις με δεδομένο ότι για αυτές κατέστη δυνατόν να βρεθούν στοιχεία για το κεφαλαιακό τους κόστος. Στον παρακάτω Πίνακα, παρουσιάζονται οι συγκεκριμένες παρεμβάσεις, ο βαθμός εφαρμογής τους και το κεφαλαιακό τους κόστος:

Πίνακας 5.14 Επιλεγείσες παρεμβάσεις για το δήμο Δράμας και κεφαλαιακό κόστος αυτών (CCP, 2022; Ergo-tel, 2022; Helio Systems, 2022; MACC, 2022; Terra, 2022)

Παρέμβαση	Εφαρμογή παρέμβασης	Κεφαλαιακό κόστος
Κτιριακό απόθεμα Τοποθέτηση αυτοματισμών – Building Management System (BMS)	Σε 36 από τα 145 δημοτικά κτίρια	2,28 €/ m ² *(36/145)* 128.131,29 m ² = 276.179,34 €
Μεταφορές Αντικατάσταση συμβατικών λεωφορείων με ηλεκτρικά ή υβριδικά λεωφορεία	Σε 16 από τα 16 λεωφορεία	16*153.857€/ λεωφορείο = 2.461.712 €
Οδικός φωτισμός Αντικατάσταση λαμπτήρων οδικού φωτισμού με λαμπτήρες LED	Σε 3.360 από τους 3.360 λαμπτήρες	26,87 €/ λαμπτήρα *.3360 λαμπτήρες = 90.283,20 €
Ενέργεια Εφαρμογή φωτοβολταϊκού συστήματος σε οικόπεδο	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου 500 kW που παρέχει μία εκτιμώμενη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 513.851 kWh (για μία παραγωγή 1.150kWh/ kW για το δήμο Δράμας)	450.000 €

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Απόβλητα Ανακύκλωση και έξυπνη συλλογή απορριμμάτων χρησιμοποιώντας τεχνολογίες, όπως αισθητήρες IoT, cloud βασισμένες εφαρμογές, εφαρμογές αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (RFID) καθώς και παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS) και λογισμικά βελτιστοποίησης διαδρομής και στόλου	Για 60.088,35 m ³ από τα 60.088,35 m ³ απορριμμάτων	200.000 €
--	---	-----------

Κατόπιν εισαγωγής των παραπάνω, το εργαλείο υπολογίζει τα εξής:

Πίνακας 5.15 Αποτελέσματα εργαλείου

Παρέμβαση	Όφελος παρέμβασης	Απλή απόσβεση	Σύνολο όφελους σε 10 έτη λειτουργίας
Κτιριακό απόθεμα Τοποθέτηση αυτοματισμών – Building Management System (BMS)	Μείωση κατανάλωσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας: 177.725,79 kWh Εξοικονόμηση κόστους θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας: 19.041,89 €	14,5 έτη	-85.760,45 €
Μεταφορές Αντικατάσταση συμβατικών λεωφορείων με ηλεκτρικά ή υβριδικά λεωφορεία	Εξοικονόμηση κόστους: 148.808,33 €	16,54 έτη	-973.628,68 €
Οδικός φωτισμός Αντικατάσταση λαμπτήρων οδικού φωτισμού με λαμπτήρες LED	Εξοικονόμηση κόστους: 418.485,00 €	0,22 έτη	4.184.823,13 €
Ενέργεια Εφαρμογή φωτοβολταϊκού συστήματος σε οικόπεδο	Εξοικονόμηση κόστους: 1.031.236,00 €	0,44 έτη	9.862.359,98 €
Απόβλητα Ανακύκλωση και έξυπνη συλλογή απορριμμάτων χρησιμοποιώντας τεχνολογίες, όπως αισθητήρες IoT, cloud βασισμένες εφαρμογές, εφαρμογές αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (RFID) καθώς και παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS) και λογισμικά βελτιστοποίησης διαδρομής και στόλου	Εξοικονόμηση κόστους: 22.531,69 €	8,8 έτη	25.316,91 €

Πίνακας 5.16: Αθροιστικό όφελος από την εφαρμογή του συνόλου των παρεμβάσεων για το δήμο Δράμας

Έτος	Συνολικό όφελος από την εφαρμογή παρεμβάσεων/ παρεμβάσεων στο κτιριακό όφελος (€)	Όφελος αντικατάστασης συμβατικών λεωφορείων με ηλεκτρικά ή υβριδικά λεωφορεία (€)	Συνολικό όφελος από την εφαρμογή παρεμβάσεων/ παρεμβάσεων στο φωτισμό (€)	Συνολικό όφελος από την εφαρμογή παρεμβάσεων/ παρεμβάσεων στην ενέργεια (€)	Συνολικό όφελος από την εφαρμογή παρεμβάσεων/ παρεμβάσεων στα απορρίμματα (€)	Συνολικό όφελος παρεμβάσεων (€)
1	-257.137	-2.312.904	328.202	581.236	-177.468	-1.838.072
2	-238.096	-2.164.095	746.687	1.612.472	-154.937	-197.969
3	-219.054	-2.015.287	1.165.172	2.643.708	-132.405	1.442.134
4	-200.012	-1.866.479	1.583.657	3.674.944	-109.873	3.082.237
5	-180.970	-1.717.670	2.002.142	4.706.180	-87.342	4.722.340
6	-161.928	-1.568.862	2.420.627	5.737.416	-64.810	6.362.443
7	-142.886	-1.420.054	2.839.112	6.768.652	-42.278	8.002.546
8	-123.844	-1.271.245	3.257.597	7.799.888	-19.746	9.642.649
9	-104.802	-1.122.437	3.676.082	8.831.124	2.785	11.282.752
10	-85.760	-973.629	4.094.567	9.862.360	25.317	12.922.855

Ανάπτυξη Μοντέλου Υπολογισμού Ωφελειών από την Υλοποίηση Παρεμβάσεων Έξυπνης Πόλης

Επιπλέον και από τον Πίνακα 5.16 και την τελευταία στήλη του προκύπτει το εξής διάγραμμα:



Σχήμα 5.4 Αθροιστικό όφελος από την εφαρμογή του συνόλου των παρεμβάσεων για το δήμο Δράμας

6. Συμπεράσματα

5.1 Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός μοντέλου υπολογισμού των ωφελειών των δήμων από την υλοποίηση παρεμβάσεων μίας έξυπνης πόλης.

Κατόπιν αναλυτικής μελέτης και ανάλυσης της έξυπνης πόλης και των λύσεων της για παρεμβάσεις, που θα προσφέρουν οφέλη σε μία πόλη, δήμο και ούτω καθεξής, προέκυψε μία κατηγοριοποίηση των λύσεων σε μετρήσιμες και μη μετρήσιμες λύσεις.

Για τις μη μετρήσιμες λύσεις και ειδικότερα για δεκαέξι (16) μη μετρήσιμες λύσεις της έξυπνης πόλης αναπτύχθηκαν διαφορετικοί δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών τους. Παρότι μάλιστα οι δείκτες αυτοί δεν μπορούν να οδηγήσουν σε άμεσα ή εύκολα μετρήσιμα αποτελέσματα, για την ποσοτικοποίησή τους προτείνεται είτε η διεξαγωγή ερευνών ερωτηματολογίου είτε η διεξαγωγή μετρήσεών τους πριν και μετά την προτεινόμενη λύση.

Ταυτόχρονα για τις μετρήσιμες λύσεις, αναπτύχθηκαν ποσοτικές μέθοδοι αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών τους. Ειδικότερα οι μέθοδοι αυτοί αναφέρονται σε μετρήσιμα οφέλη από λύσεις που αναφέρονται κυρίως στη βελτίωση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής επίδοσης ενός δήμου, πόλης και ούτω καθεξής (κτιριακό απόθεμα, μεταφορές, φωτισμός και ενέργεια και απόβλητα).

Για την καλύτερη δυνατή ανάπτυξη των παραπάνω μεθόδων, θεωρήθηκε σκόπιμο να αναπτυχθεί ένα εργαλείο μέσω του στατιστικού εργαλείου Microsoft Excel, με το οποίο θα υπολογίζονται τα οφέλη από την εφαρμογή των μετρήσιμων λύσεων έξυπνων πόλεων.

Το συγκεκριμένο εργαλείο παρέχει την ευκαιρία σε οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο να διαπιστώσει άμεσα και με εύκολο τρόπο τα οφέλη στην πόλη του ή στο δήμο του ή ακόμη και στο χωριό, που κατοικεί, μετρήσιμα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη σε ότι αφορά τους εξής σημαντικούς τομείς: α) εξοικονόμηση ενέργειας και νερού από τα δημοτικά κτίρια, β) εξοικονόμηση κόστους για τη λειτουργία και συντήρηση των δημόσιων μέσων μεταφοράς, γ) εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους για τον οδικό

φωτισμό, τους φωτεινούς σηματοδότες, δ) εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και κόστους από την συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της υπό μελέτη περιοχής, ε) εξοικονόμηση κόστους συλλογής απορριμμάτων και μείωση του όγκου αυτών μέσα από την ανακύκλωση, την επαναχρησιμοποίηση και την κομποστοποίηση και τέλος στ) μείωση του κόστους της τοπικής διακυβέρνησης με την εφαρμογής ψηφιακής διακυβέρνησης.

Για τον έλεγχο και την παρουσίαση της λειτουργίας του παραπάνω εργαλείου, το εργαλείο εφαρμόστηκε για μία συγκεκριμένη περίπτωση, το δήμο Δράμας. Μετά από την επιλογή μιας λύσης για καθεμία από τις τέσσερις μεγάλες ομάδες του εργαλείου, Κτιριακό απόθεμα, Μεταφορές, Φωτισμός – Ενέργεια και Απόβλητα, διαπιστώθηκε πως δεν μπορούν όλες από μόνες τους οι λύσεις να αποφέρουν οικονομικά οφέλη κατά την μεμονωμένη εφαρμογή τους σε ένα χρονικό ορίζοντα δεκαετίας, καθώς το κεφαλαιακό τους κόστος, τουλάχιστον επί τους παρόντος είναι απαγορευτικό συγκριτικά με το όφελος που αποδίδουν.

Ειδικότερα, η μεμονωμένη τοποθέτηση αυτοματισμών – Building Management System (BMS) έχει για το δήμο Δράμας μια απλή απόσβεση 14,5 έτη με αποτέλεσμα στα 10 έτη να οδηγεί το δήμο σε μια οικονομική ζημία της τάξης των 85.760,45 €. Όμοια για την μεμονωμένη αντικατάσταση των συμβατικών λεωφορείων του δήμου Δράμας με υβριδικά ή ηλεκτρικά λεωφορεία, προκύπτει μια απλή απόσβεση 16,54 έτη με αποτέλεσμα στα 10 έτη ο δήμος να οδηγείται σε μια οικονομική ζημία της τάξης των 973.628,68 €.

Ωστόσο, αν οι παραπάνω οικονομικά ασύμφωρες λύσεις συνδυαστούν με άλλες λύσεις, όπως η αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων του οδικού φωτισμού με λαμπτήρες LED (δήμος Δράμας: απλή απόσβεση: 0,22 έτη, οικονομικό όφελος σε 10 έτη: 4.184.823,13 €), η εφαρμογή φωτοβολταϊκού πάρκου (δήμος Δράμας: απλή απόσβεση: 0,44 έτη, οικονομικό όφελος σε 10 έτη: 9.862.359,98 €) ή η ανακύκλωση και έξυπνη συλλογή απορριμμάτων (δήμος Δράμας: απλή απόσβεση: 8,88 έτη, οικονομικό όφελος σε 10 έτη: 25.316,91 €), τότε ο δήμος έχει τη δυνατότητα να έχει συνολικά οικονομικά οφέλη, ενώ παράλληλα προχωρά σε σημαντικές λύσεις για το περιβάλλον και την ενεργειακή επίδοση των κτιρίων ενός δήμου, πόλης και ούτω καθεξής. Με άλλα λόγια, ο συνδυασμός των παραπάνω λύσεων για το δήμο Δράμας

έχει τη δυνατότητα να παρέχει τελικά σημαντικά οικονομικά οφέλη (της τάξης των 12.922.855 €).

Κατά συνέπεια το εργαλείο απέδειξε ότι μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο τόσο για τους απλούς πολίτες όσο και για τους τοπικούς αρμόδιους φορείς χάραξης περιβαλλοντικών πολιτικών και πολιτικών μετάβασης προς τη μετατροπή μεταξύ άλλων των πόλεων και των δήμων σε έξυπνες πόλεις και δήμους, καθώς προσφέρει ήδη από το στάδιο του σχεδιασμού μία πρώτη και γρήγορη εκτίμηση των ωφελειών που μπορούν να έχουν οι διάφορες μετρήσιμες λύσεις της έξυπνης πόλης.

Το εργαλείο σε συνδυασμό με τους δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων των ωφελειών των μη μετρήσιμων λύσεων της έξυπνης πόλης, ειδικά στην περίπτωση που και αυτοί ποσοτικοποιηθούν, μπορούν να αποτελέσουν μια χρήσιμη πηγή για όποιον ενδιαφέρεται να καταδείξει τα οφέλη που μπορούν να προκύψουν από την εφαρμογή πολλαπλών λύσεων έξυπνων πόλεων.

5.2 Προτάσεις μελλοντικής έρευνας

Σαν προτάσεις για μελλοντική έρευνα, προτείνονται τα εξής:

1. Διενέργεια μίας έρευνας ερωτηματολογίου με στόχο να καταστεί δυνατή η ποσοτικοποίηση ενός ή περισσότερων από τους αναπτυσσόμενους δείκτες σε μία πόλη, δήμος και ούτω καθεξής, που μια από τις μη μετρήσιμες λύσεις της έξυπνης πόλης έχει ήδη εφαρμοστεί.
2. Επέκταση των δεικτών που αναπτύχθηκαν εδώ, ώστε να συμπεριληφθούν όλες οι μη μετρήσιμες λύσεις της έξυπνης πόλης.
3. Χρησιμοποίηση κάποιας κατάλληλης γλώσσας προγραμματισμού για την ανάπτυξη ενός εργαλείου των μετρήσιμων λύσεων σε μία πιο αυτοματοποιημένη μορφή, όπως ένα λογισμικό.

Βιβλιογραφία

- Acar, S., και Yeldan, E. (2019). *Handbook of Green Economics*. Elsevier.
- Agbali, M., Trillo, C., Fernando, T., Ibrahim, I., και Arayici, Y. (2018). Conceptual smart city KPI model: A System Dynamics Modelling Approach. *2018 Second World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability (WorldS4)*.
- Agudelo-Vera, C., Mels, A., Keesman, K., και Rijnaarts, H. (2011). Resource Management as a key factor for Sustainable Urban Planning. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2295-2303.
- Albino, V., Berardi, U., και Dangelico, R. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3-21.
- Allwinkle, S., και Cruickshank, P. (2011). Creating smart-er cities: An overview. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 1-16.
- Barrionuevo, J., Berrone, P., και Ricart, J. (2012). Smart Cities, Sustainable Progress. *Expert Insight, Third Quarter* (14), 50-57.
- Beatley, T. (2000). *Green Urbanism Learning from European cities*. Island Press.
- Bibri, S. (2018). *Smart Sustainable Cities of the future: The untapped potential of Big Data Analytics and context-aware computing for advancing sustainability*. Springer International Publishing.
- Caragliu, A., Del Bo, C., και Nijkamp, P. (2011). *Smart Cities in Europe. 3rd Central European Conference in Regional Science* (1-7).
- CCP (2022). *Ankai 12m Electric City Bus*. Ανάκτηση στις 1 Απριλίου 2022, από <https://www.ccarprice.com/gr/ankai-12m-electric-city-bus-price-in-greece-10936>
- Coolfire. (2022). *The Street Light of The Future Will Be Connected*. Ανάκτηση στις 15 Ιανουαρίου 2022, από <https://www.coolfiresolutions.com/blog/smart-street-lights/#:~:text=Harnessing%20the%20Power%20of%20Smart%20Street%20Lights&text=These%20smart%20lights%20will%20help, costs%20via%20smart%20street%20lighting>

Daniels, T. (2009). A Trail Across Time. *Journal of the American Planning Association*, 75(2), 178-192.

DVRPC. (2020). *Energy efficient traffic signals & streetlights*. DVRPC.

Ecologic Institute for International and European Environmental Policy. (2007). *EU Water saving potential (Part 1 –Report) ENV.D.2/ETU/2007/0001r*. Ecologic Institute for International and European Environmental Policy.

Energy Cities. (2019). *100% led traffic lights and intelligent public lighting system*.
Ανάκτηση στις 15 Ιανουαρίου 2022, από <https://energy-cities.eu/best-practice/100-led-traffic-lights-and-intelligent-public-lighting-system/>

Ergo-tel. (2022). *Φωτιστικά LED δρόμων, πεζόδρομων, parking, εργοστασίων κλπ*.
Ανάκτηση στις 1 Απριλίου 2022, από https://www.ergo-tel.gr/index.php?cPath=1048_910&1=5

Ericsson. (2019). *Ericsson Mobility. Report June 2019*. Ericsson.

Escolar, S., Carretero, J., Marinescu, M., και Chessa, S. (2014). Estimating energy savings in smart street lighting by using an Adaptive Control System. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 10(5), 971587.

European Commission. (2013). *Smart Cities and Communities: Support for a Better Future*. European Commission.

European Commission. (2014). *Study on eGovernment and the Reduction of Administrative Burden*. European Commission.

Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., και Meijers, E. (2007). *Smart Cities Ranking of European medium-sized cities*. Centre of Regional Science.

Girardet, H. (2008). *Cities people planet: Urban development and climate change*. John Wiley & Sons.

Global Footprint Network. (2019). *Earth Overshoot Day 2019 is July 29th, the earliest ever*. Ανάκτηση στις 10 Ιανουαρίου 2022, από <https://www.footprintnetwork.org/2019/06/26/press-release-june-2019-earth-overshoot-day/>

- Green City Times. (2022). *Green City: Vancouver, Canada*. Ανάκτηση στις 10 Ιανουαρίου 2022, από <https://www.greencitytimes.com/vancouver/>
- Helio Systems. (2022). *Φωτοβολταϊκά τιμές επένδυσης 2020*. Ανάκτηση στις 1 Απριλίου 2022, από <https://selasenergy.gr/kostos-texnika-fotovoltaika-steges.php>
- Hemment, D., Woods, M., Appadoo, V., και Bui, L. (2016). *Community Key Performance Indicators (Community KPIs) for the IoT and Smart Cities. A Collaborative Framework for Project Assessment*. FutureEverything.
- Herrmann, E., Hofmeister, S., και Schoof, J. (2021). *København - urban architecture and Public Spaces*. DETAIL.
- Hollands, R. (2014). Critical interventions into the corporate smart city. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 61-77.
- Hollands, R. G. (2008). Will the real Smart City Please Stand up? *City*, 12(3), 303-320.
- IEA. (2018). *G20: Energy End-Use Data and Energy Efficiency Metrics Initiative*. IEA.
- IPCC. (2014). *Climate change 2014: Mitigation of climate change: IPCC Working Group III contribution to AR5*. IPCC Working Group III.
- IPCC. (2018). *Global warming of 1.5°C*. IPCC.
- ISO 37120. (2014). *Sustainable development of communities — Indicators for city services and quality of life. iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)*. ISO 37120.
- Kobayashi, A. (2019). *International Encyclopedia of Human Geography*. Elsevier.
- Kudelas, D., Domru, E., Stoianov, A., και Peters, D. (2018). International experience, principles and conditions for the transition to a “Green economy”. *E3S Web of Conferences (IIRd International Innovative Mining Symposium)*, 41, 1-6.
- Lee, J., Hancock, M. G., και Hu, M. (2014). Towards an effective framework for building Smart Cities: Lessons from Seoul and San Francisco. *Technological Forecasting and Social Change*, 89, 80-99.

Li, J., και Makumbe, P. (2017). *Led street lighting: Unburdening our cities*. Ανάκτηση στις 15 Ιανουαρίου 2022, από <https://blogs.worldbank.org/energy/led-street-lighting-unburdening-our-cities>

MACC. (2022). *How Much Does a Building Automation System Cost?* Ανάκτηση στις 1 Απριλίου 2022, από <https://info.midatlanticcontrols.com/blog/how-much-does-a-building-automation-system-cost>

McMichael, A. (2000). The urban environment and health in a world of increasing globalization: Issues for developing countries. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1117-1126.

Murray, A., Minevich, M., και Abdoullaev, A. (2011). *The future of the future: Being smart about smart cities*. Ανάκτηση στις 10 Ιανουαρίου 2022, από <https://www.kmworld.com/Articles/Column/The-Future-of-the-Future/The-Future-of-the-Future-Being-smart-about-smart-cities-77848.aspx>

Peek, G., και Troxler, P. (2014). *City in Transition: Urban Open Innovation Environments as a Radical Innovation*. REAL CORP 2014 (1-10).

Moon-Miklaucic, C., Maassen, A., Li, X., και Castellanos, S. (2019). *FINANCING ELECTRIC AND HYBRID-ELECTRIC BUSES: 10 QUESTIONS CITY DECISION-MAKERS SHOULD ASK*. World Resources Institute.

Pardini, K., Rodrigues, J., Diallo, O., Das, A., De Albuquerque, V., και Kozlov, S. (2020). A smart waste management solution geared towards citizens. *Sensors*, 20(8), 2380.

Patrão, C., Moura P., και de Almeida, A. (2020). Review of Smart City Assessment Tools. *Smart Cities*, 3(4), 1117-1132.

Peek, G., και Troxler, P. (2014). *City in Transition: Urban Open Innovation Environments as a Radical Innovation*. REAL CORP 2014 (σελ. 1-10).

Ponnusamy, V., Rafique, K., και Zaman, N. (2020). *Employing recent technologies for improved digital governance*. Information Science Reference.

Ponting, C. (1990). Historical Perspective on sustainable development. *Environment*, 32(9), 4-33.

- Quarles, N., Kockelman, K. M., και Mohamed, M. (2020). Costs and benefits of electrifying and automating bus transit fleets. *Sustainability*, 12(10), 3977.
- Ripoll, R. R., Barriopedro, E. N., και Pesantez, L. B. (2019). *Happiness Management and creativity in the XXI century: Intangible Capitals as a source of innovation, Competitiveness and Sustainable Development*. Comares.
- Sharif, A. (2019). A critical review of selected smart city assessment tools and indicator sets. *Journal of Cleaner Production*, 233, 1269-1283.
- State of Green. (2022). 'Connecting Copenhagen' is the world's Best Smart City Project. Ανάκτηση στις 10 Ιανουαρίου 2022, από <https://stateofgreen.com/en/partners/city-of-copenhagen/news/connecting-copenhagen-is-the-worlds-best-smart-city-project/>
- Song, C., Guan, W., και Ma, J. (2018). Potential travel cost saving in urban public-transport networks using smartphone guidance. *PLOS ONE*, 13(5), E0197181.
- Tarr, J. (1971). *Urban Pollution – Many Long Years ago*. Ανάκτηση στις 10 Ιανουαρίου 2022, από <https://www.banhdc.org/archives/ch-hist-19711000-02.html>
- Terra. (2022). Φωτοβολταϊκά. Ανάκτηση στις 1 Απριλίου 2022, από <https://www.terraproperty.gr/fotovoltaika/>
- The Agility Effect. (2019). *Oslo leads the way in green and inclusive smart cities*. Ανάκτηση στις 10 Ιανουαρίου 2022, από <https://www.theagilityeffect.com/en/case/oslo-leads-the-way-in-green-and-inclusive-smart-cities/>
- Thuzar, M. (2011). Urbanization in Southeast Asia: Developing Smart Cities for The Future? *Regional Outlook: Southeast Asia 2011-2012*. ISEAS Publishing.
- UN. (2018). *68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN*. Ανάκτηση στις 10 Ιανουαρίου 2022, από <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- UNFCCC. (2015). *Paris Agreement*. UNFCCC.

Weizsacker, E., Lovins, A., και Lovins, L. (1997). *Factor Four: Doubling wealth, halving resource use*. Earthscan.

World Bank. (2021 α)). *CO2 emissions (KT)*. Ανάκτηση στις 10 Ιανουαρίου 2022, από <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.PCAP.KG.OE>

World Bank. (2021 β)). *Energy use (kg of oil equivalent per capita)*. Ανάκτηση στις 10 Ιανουαρίου 2022, από <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT>

World Bank. (2021 γ)). *Urban population growth (annual %)*. Ανάκτηση στις 10 Ιανουαρίου 2022, από <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.GROW?end=2020&start=1960&view=chart>

ΔΕΗ. (2022). *Τιμολόγια της ΔΕΗ*. Ανάκτηση στις 1 Απριλίου 2022, από <https://www.dei.gr/el/>

Δήμος Δράμας. (2015). *ΤΟΠΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΔΗΜΟΥ Δράμας*. Δήμος Δράμας.

ΕΑΑΔΗΣΥ. (2019). *Αποφάσεις*. Ανάκτηση στις 1 Απριλίου 2022, από https://www.eaadhsy.gr/images/apofaseis/2019_%CE%9481.pdf

Σύμφωνο των Δημάρχων. (2013). *Σχέδιο Δράσης Αειφορικής Ενέργειας Δήμου Δράμας*. Δήμος Δράμας.

Σύμφωνο των Δημάρχων. (2016). *Ανάπτυξη αναφορών υλοποίησης του Σχεδίου Δράσης Αειφόρου Ενέργειας του Δήμου Δράμας*. Δήμος Δράμας.

Χαραλαμπίδης, Ι, Λαχανά, Ζ, Θεοχαροπούλου, Χ, και Θεοχαροπούλου, Ν. (2021). *ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗ ΣΤΗΝ ΤΟΠΙΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ. Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης ΚΕΔΕ - Πανεπιστήμιο Αιγαίου*.

ΥΠΕΚΑ. (2014). *Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος*. ΥΠΕΚΑ.