

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ
& ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**«Μελέτη αστικής εξάπλωσης στις Ευρωπαϊκές περιφέρειες
βάσει νυχτερινών δορυφορικών εικόνων»**

Εκπονητής: Τσιάκος Χρυσοβαλάντης - Αντώνιος

Επιβλέπων καθηγητής: Σταθάκης Δημήτρης

Βόλος, 2015

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

Σταθάκης Δημήτριος - Επίκουρος Καθηγητής στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Περάκης Κωνσταντίνος - Καθηγητής στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης

Τσέλιος Βασίλης - Επίκουρος Καθηγητής στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Αρχικά, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη διαρκή τους υποστήριξη και τη βοήθεια που μου παρείχαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Ακόμα, ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δημήτρη Σταθάκη, ο οποίος με τη συνεχή καθοδήγηση, στήριξη και βοήθειά του συνέβαλε στην επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Περίληψη

Η έντονη και αυξανόμενη αστικοποίηση, η επέκταση των αστικών δραστηριοτήτων στην αγροτική ενδοχώρα και η μεταβολή του αγροτικού τοπίου, συνιστούν ένα φαινόμενο το οποίο έχει επιφέρει χωρικές, κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως «αστική διάχυση» (urban sprawl). Οι αρνητικές επιπτώσεις της αστικής διάχυσης οδήγησαν στο χαρακτηρισμό της από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως μία μη επιθυμητή μορφή χωρικής ανάπτυξης και καταστάθηκε αναγκαία η μελέτη αυτής, προκειμένου να χαραχθούν κατάλληλες πολιτικές για την αντιμετώπιση και τον περιορισμό του φαινομένου. Στη παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται μελέτη του φαινομένου για τις Ευρωπαϊκές περιφέρειες, για την περίοδο 1992-2012, με χρήση νυχτερινών εικόνων των δορυφόρων DMSP/OLS. Τα νυχτερινά φώτα δύναται να αποτελέσουν έναν αποτελεσματικό δείκτη της ανθρώπινης δραστηριότητας και έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς για την παρακολούθηση των δυναμικών αστικοποίησης. Έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων της εξεταζόμενης περιόδου δημιουργείται ο δείκτης αστικοποίησης SOL (sum of lights) και εξάγονται συμπεράσματα για την πορεία του φαινομένου στην ευρωπαϊκή ήπειρο.

Λέξεις κλειδιά: αστική διάχυση, νυχτερινά φώτα, OLS, αστικοποίηση.

Abstract

The strong and growing urbanization, the expansion of urban activities in the rural inland and the change of rural landscape, are a phenomenon that has caused spatial, social, economic and environmental impacts. This phenomenon is known as "urban sprawl». The negative effects of urban sprawl have led to its characterization from the European Union as an undesirable form of spatial development and rendered necessary to study this in order to develop appropriate policies to address and reduce the phenomenon. In this thesis, is conducted the study of the phenomenon for the European regions, for the period 1992-2012, using nighttime images from satellite sensors DMSP/OLS. Nighttime lights can be an effective indicator of human activity and have been used extensively for monitoring urbanization dynamics. After proper processing of the satellite images of the examined period, it was created the urbanization index SOL (sum of lights) and performed conclusions on the state of the phenomenon on the European continent.

Key words: urban sprawl, nighttime lights, OLS, urbanization

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2. ΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΥΣΗ	13
2.1 ΈΝΝΟΙΑ	13
2.2 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ	16
2.3 ΤΑ ΑΙΤΙΑ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΥΣΗΣ.....	17
2.3.1 ΜΑΚΡΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	18
2.3.2 ΜΙΚΡΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	18
2.3.3 ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΙΣ ΣΤΕΓΑΣΗΣ ...	19
2.3.4 ΕΝΔΟΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	20
2.3.5 ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	20
2.3.6 ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ	20
2.4 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΥΣΗΣ	21
2.4.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	22
2.4.2 ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	25
2.6 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΥΣΗ	27
3.ΔΕΔΟΜΕΝΑ	29
3.1 ΤΟ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ DMSP/OLS	29
3.2 ΣΤΑΘΕΡΑ ΦΩΤΑ (STABLE LIGHTS)	31
3.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ OLS	34
3.4 ΔΙΑΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ (INTERCALIBRATION)	37
3.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΝΥΧΤΕΡΙΝΩΝ ΦΩΤΩΝ	40
3.5.1 Δυναμικές αστικοποίησης και επιπτώσεις στο περιβάλλον	40
3.5.2 Κοινωνικοοικονομικοί παράμετροι.....	42
3.5.3 Ενέργεια.....	45
3.5.4 Άλλες εφαρμογές.....	45
4. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	47
5. ΜΕΘΟΔΟΣ	52
5.1 Δείκτες Αστικοποίησης.....	57
6.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	58
6.1 Αστική διάχυση στον ελληνικό χώρο	58
6.1.1 Αστική εξάπλωση την Αττική	61
6.1.2 Η περίπτωση της Κ. Μακεδονίας	65
6.2 Αστική διάχυση στον ευρωπαϊκό χώρο	68

6.3 Τάσεις στον Ευρωπαϊκό χώρο	70
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Οι 4 κύριες μορφές αστικής διάχυσης	14
Πίνακας 2: Ελάχιστο και ανώτατο όριο πληθυσμού για διαφορετικά επίπεδα μονάδων	47
Πίνακας 3: Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL στις ελληνικές περιφέρειες ανά δεκαετία	61
Πίνακας 4: Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ανά δεκαετία	69

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Χιουμοριστικά σκίτσα που αποτυπώνουν τα χαρακτηριστικά και τις συνέπειες της αστικής διάχυσης	12
Εικόνα 2: Κατανομή των πυκνοτήτων ως προς την απόσταση από το κέντρο στην περίπτωση της αστικής εξάπλωσης (αριστερά) και συμπαγούς δομής (δεξιά)	26
Εικόνα 3: Φασματική ευαισθησία των δεδομένων PMT στο δορυφόρο DMSP/F12	30
Εικόνα 4: Περιοχή μελέτης κατά περιφέρειες NUTS 2.....	48
Εικόνα 5: Κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε ΜΑΔ, κατά περιφέρειες NUTS 2, ως ποσοστό του μέσου όρου της ΕΕ-28, για το έτος 2011.....	50
Εικόνα 6: Χρονοσειρά ετήσιων δορυφορικών εικόνων σταθερού νυχτερινού φωτισμού για την περίοδο 1992-2012	52
Εικόνα 7: Συντελεστές διαβαθμονόμησης κάθε ετήσιας εικόνας	54
Εικόνα 8: Αθροιστικές τιμές φωτεινότητας (SOL) των ετήσιων πρωτογενών δορυφορικών εικόνων για την περιφέρεια Αττικής.....	56
Εικόνα 9: Αθροιστικές τιμές φωτεινότητας (SOL) των ετήσιων διαβαθμονομημένων δορυφορικών εικόνων για την περιφέρεια Αττικής.....	56
Εικόνα 10: Διαχρονική μεταβολή του δείκτη SOL στις ελληνικές περιφέρειες την περίοδο 1992-2012	59
Εικόνα 11: Διαχρονική μεταβολή του δείκτη AOL στις ελληνικές περιφέρειες την περίοδο 1992-2012	60
Εικόνα 12: Περιφέρεια Αττικής.....	61
Εικόνα 13: Μέσος όρος νυχτερινών φώτων στην Περιφέρεια Αττικής ανά 5ετία.....	63
Εικόνα 14: Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Αττικής την περίοδο 1992-2002	64
Εικόνα 15: Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Αττικής την περίοδο 2002-2012	64

Εικόνα 16:Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Αττικής την περίοδο 1992-2012	64
Εικόνα 17: Περιφέρεια Κ. Μακεδονίας.....	65
Εικόνα 18: Μέσος όρος νυχτερινών φώτων στην Περιφέρεια Κ. Μακεδονίας ανά 5ετία	67
Εικόνα 19:Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Κ. Μακεδονίας την περίοδο 1992-2002	67
Εικόνα 20:Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Κ. Μακεδονίας την περίοδο 2002-2012	68
Εικόνα 21:Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Κ. Μακεδονίας την περίοδο1992-2012	68
Εικόνα 22: Διαχρονική μεταβολή του δείκτη SOL στις ευρωπαϊκές περιφέρειες την περίοδο 1992-2012	69
Εικόνα 23: Διαχρονική μεταβολή του μέσου όρου του δείκτη SOL των περιφερειών της Ε.Ε. των 28 και 15 την περίοδο 1992-2012.....	70
Εικόνα 24:Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Ευρώπης την περίοδο 2002-2012	72

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα παλαιότερα χρόνια υπήρξε μία σαφής διάκριση ανάμεσα στον αγροτικό και τον αστικό τρόπο ζωής, με τις πόλεις να διακρίνονται από υψηλές οικιστικές πυκνότητες, έντονες μάζες κτιρίων και συμφόρηση στους δρόμους ενώ εκτός των ορίων τους να υπάρχουν καλλιεργήσιμες εκτάσεις και χωριά της υπαίθρου. Ωστόσο, υπήρχε μία μεταβατική ζώνη εκτός των ορίων της πόλης στην οποία αναπτύσσονταν δραστηριότητες οι οποίες δεν μπορούσαν να φιλοξενηθούν στην πόλη είτε επειδή είχαν μεγάλες απαιτήσεις σε γη είτε επειδή ήταν επιβλαβής και δεν ήταν επιτρεπτή η χωροθέτηση τους εντός της πόλης (βιομηχανίες, νεκροταφεία κλπ.). Επιπλέον, στη ζώνη αυτή κατοικούσαν περιθωριοποιημένες κοινωνικές ομάδες οι οποίες δεν μπορούσαν να αντέξουν οικονομικά τις κατοικίες εντός της πόλης ενώ σε άλλες περιπτώσεις αποτέλεσε τόπο κατοικίας (μόνιμης ή εποχιακής) εύπορων και ισχυρών οικογενειών οι οποίοι επιθυμούσαν να ξεφύγουν από το θόρυβο, τη συμφόρηση και τη κοινωνική αναταραχή που χαρακτήριζε το κέντρο των μεγάλων πόλεων. Επίσης, οι υψηλές πυκνότητες προέκυψαν από το γεγονός ότι οι περισσότερες πόλεις αναπτύχθηκαν κοντά σε στρατηγικά σημεία (όπως είναι ένα ασφαλές λιμάνι, εδάφη που μπορούσαν να αμυνθούν εύκολα κλπ) και δεν μπορούσαν να εξαπλωθούν μακριά προκειμένου να είναι εφικτή η πρόσβαση σε αυτά. Έτσι μέχρι τα τέλη του 19^{ου} αιώνα όπου οι δημόσιες μεταφορές έγιναν ευρέως διαθέσιμες, οι περισσότερες αστικές λειτουργίες βρίσκονταν σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Ακόμη, οι περισσότερες πόλεις ήταν περιτοιχισμένες για λόγους ασφαλείας γεγονός που συνέβαλε στο να παραμείνουν όσο το δυνατό πιο συμπαγής (Buegmann, 2005).

Γενικά, παρατηρείται στη διάρκεια της ιστορίας ότι οι κύκλοι της οικονομίας επηρέασαν τη μετακίνηση από και προς το κέντρο των πόλεων. Όταν οι πόλεις έφταναν σε έντονο σημείο οικονομικής ανάπτυξης επικρατούσε η τάση συγκέντρωσης του πληθυσμού στα αστικά κέντρα, ενώ καθώς η οικονομία έφτανε σε ένα πιο ώριμο στάδιο αυξάνονταν οι μετακινήσεις των κατοίκων προς τον προαστιακό και εξωαστικό χώρο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτών των διαδικασιών αποτελεί το Λονδίνο όπου κατά το 17^ο και 18^ο αιώνα, πραγματοποιήθηκε μια μεγάλη εισροή νέων κατοίκων εξαιτίας των αλλαγών στον αγροτικό τομέα αλλά και των νέων θέσεων εργασίας που δημιουργήθηκαν από τους νέους τρόπους βιομηχανικής παραγωγής. Κατά τη διάρκεια αυτής περιόδου, όπου χαρακτηρίστηκε από οικονομική άνθηση, αναδύθηκε μια νέα κοινωνική τάξη η οποία είχε την οικονομική δυνατότητα να δημιουργήσει κατοικίες και

να εγκατασταθεί πέρα από τα τείχη της πόλης του Λονδίνου. Παράλληλα, στον προαστιακό χώρο εγκαταστάθηκαν αποθήκες μεγάλης κλίμακας και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Αυτές οι βιομηχανικές δραστηριότητες προσέλκυσαν την εργατική τάξη, με αποτέλεσμα να αυξηθούν οι πυκνότητες σε επίπεδα όμοια με εκείνα εντός της πόλης. Η μετακίνηση πληθυσμού από τις κεντρικές περιοχές του Λονδίνου προς τον προαστιακό και εξωαστικό χώρο αντισταθμίστηκε από την άφιξη φτωχών κοινωνικών ομάδων από την ύπαιθρο. Ωστόσο οι διαδικασίες της αποκέντρωσης ήταν πιο ισχυρές με αποτέλεσμα να μειώνεται ο πληθυσμός στο κέντρο και να αυξάνεται στην περιφέρεια. Το παράδειγμα του Λονδίνου ακολουθήθηκε και από άλλες πόλεις με την μετακίνηση των δραστηριοτήτων και του πληθυσμού μακριά από το κέντρο (Couch et al, 2007).

Κατά το 19^ο αιώνα, τόσο στις Αμερικανικές όσο και στις Ευρωπαϊκές πόλεις υπήρξαν 2 είδη προαστιακής ανάπτυξης. Από τη μία πλευρά υπήρξε μία επέκταση προς τα έξω, σε όλο το μήκος της αστικής περιφέρειας η οποία μεγάλωνε σταδιακά όπως οι δακτύλιοι των δένδρων. Σε αυτή την περίπτωση μεγάλο μέρος του προαστιακού χώρου καταλήφθηκε από πολυτελή κτίσματα για τους εύπορους κατοίκους (παρά το μικρό αριθμό τους) ενώ στην άλλη πλευρά της πόλης υπήρχαν εργοστάσια και πολυκατοικίες όπου στεγαζόταν η εργατική τάξη, καταλαμβάνοντας πολύ λιγότερο κατά κεφαλή χώρο. Το άλλο είδος προαστιακής ανάπτυξης ήταν γραμμικό και εμφανίστηκε κυρίως κατά μήκος σιδηροδρομικών γραμμών με τη δημιουργία μικρών οικισμών. Κάποιοι θεωρούν ότι η διαδικασία της αποκέντρωσης στις Αμερικανικές πόλεις χαρακτηρίστηκε από ένα διαφορετικό κοινωνικό μοτίβο, με τους πλούσιους να μετακινούνται στην περιφέρεια και τους φτωχούς στο κέντρο της πόλης, σε αντίθεση με τις Ευρωπαϊκές πόλεις όπου συνέβη το αντίθετο. Ωστόσο, η αντίληψη αυτή είναι παραπλανητική αφού και στις 2 περιπτώσεις πραγματοποιήθηκαν μετακινήσεις όλων των κοινωνικών στρωμάτων από το κέντρο αλλά με διαφορετικό τρόπο. Ουσιαστικά η διαφορά έγκειται στο πόσο γρήγορα εγκατέλειψαν το κέντρο και πόσο μακριά πήγαν. Έτσι λοιπόν, στις Αμερικανικές πόλεις οι πλούσιες οικογένειες κινήθηκαν γρήγορα από το πυκνοκατοικημένο κέντρο προς περιοχές της περιφέρειας με λιγότερο συμφόρηση, ενώ στις Ευρωπαϊκές πόλεις οι μετακινήσεις συχνά γίνονταν πέρα από τα υφιστάμενα τείχη. Οι φτωχοί και οι μετανάστες, οι οποίοι ζούσαν συνήθως κοντά στο κέντρο, παρέμειναν περισσότερο επειδή είχαν λιγότερες επιλογές, αλλά στο τέλος μετακινήθηκαν προς τα έξω, είτε επειδή απέκτησαν την οικονομική δυνατότητα για να το πράξουν, είτε επειδή οι περιοχές στις οποίες διένειμαν έγιναν επιθυμητές από περισσότερο εύπορες

οικογένειες και η αύξηση του κόστους στέγασης τους ανάγκασε να φύγουν (Bruegmann, 2005).

Πέρα από τα προάστια τα οποία χαρακτηρίζονταν από ισχυρή σύνδεση με το κέντρο, υπήρχε μία πιο «χαλαρή» εξωαστική ζώνη στην οποία βρίσκονταν μεγάλες «βίλες» όπου κατοικούσαν οι πλουσιότεροι κάτοικοι των πόλεων αλλά και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Συνήθως, υπήρχε ένα μεγάλο κτήμα και γύρω από αυτό μικρότερα, διαμορφώνοντας ένα αριστοκρατικό τοπίο το οποίο όμως διατηρούσε τον αγροτικό του χαρακτήρα. Από το 1830 και μέχρι τα μέσα του 19^{ου} αιώνα, οι κάτοικοι της μεσαίας τάξης ήταν όλο και περισσότερο σε θέση να ακολουθήσουν την πορεία των πλουσιότερων με αποτέλεσμα οι περιοχές αυτές να μετατραπούν σταδιακά σε προάστια της μεσαίας αστικής τάξης. Επιπλέον, η έλευση του σιδηρόδρομου και του ιδιωτικού αυτοκινήτου συνέβαλε στο να μπορέσει μια μεγάλη ομάδα πολιτών να μιμηθεί τους πλούσιους και να χτίσει και να διατηρήσει «σπίτια για το Σαββατοκύριακο» (Bruegmann, 2005). Η βελτίωση των μεταφορικών συνδέσεων έδωσε τη δυνατότητα στους ανθρώπους να ζουν μακριά από το κέντρο των πόλεων αλλά παράλληλα να μπορούν να εργάζονται σε αυτό (EEA, 2006).

Σήμερα, η Ευρώπη αποτελεί μία από τις πιο αστικοποιημένες ηπείρους της γης, με το 75% του πληθυσμού να κατοικεί σε αστικές περιοχές. Το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια και έτσι οι ποικίλες απαιτήσεις για γη τόσο στο εσωτερικό όσο και στα περίξ των πόλεων αυξάνονται ολοένα και περισσότερο. Σήμερα, είναι ορατές οι ταχύτατες και συγκρουόμενες αλλαγές στις χρήσεις γης που εκτυλίσσονται στις Ευρωπαϊκές πόλεις και στις περιαστικές ζώνες αυτών. Επιπλέον, παρουσιάζεται μία αλλαγή στα ευρωπαϊκά καταναλωτικά πρότυπα, με την ανάδυση των μεταφορών, νέων τύπων κατοικιών, της επικοινωνίας, του τουρισμού και της αναψυχής ως βασικών στοιχείων της κατανάλωσης των νοικοκυριών. Σε αυτό το πλαίσιο οι πόλεις εξαπλώνονται με ένα διασκορπισμένο τρόπο στην Ευρωπαϊκή ύπαιθρο, φαινόμενο το οποίο είναι γνωστό ως «αστική διάχυση» (urban sprawl) (EEA, 2006).

Τα όρια των πόλεων είναι πλέον δυσδιάκριτα λόγω της συνεχούς επέκτασης των αστικών δραστηριοτήτων στην περιαστική τους ζώνη. Οι περιαστικές ζώνες χαρακτηρίζονται από τη χωροθέτηση ποικίλων αστικών χρήσεων όπως είναι οικιστικές περιοχές με διάσπαρτη και ασυνεχή ανάπτυξη και εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις σε εγγύτητα με οδικούς άξονες. Έτσι έχουμε την εμφάνιση νέων υβριδικών τοπίων, τα οποία είναι διασκορπισμένα, ασύνδετα και χωρίς δομή στον

περιαστικό χώρο (Γοσποδίνη & Μπεριάτος, 2006). Οι κύριοι παράγοντες που τροφοδοτούν τις τάσεις περιαστικής ανάπτυξης είναι η επέκταση των δικτύων μεταφοράς, η αύξηση της προσβασιμότητας, η έλλειψη ελεύθερων χώρων στις πόλεις και η ανακατανομή των χρήσεων γης. Τα μέσα του 20^{ου} αιώνα η μείωση των χρονοαποστάσεων και η αύξηση κατοχής ιδιωτικών οχημάτων ενίσχυσαν σε μεγάλο βαθμό την εκτεταμένη ανάπτυξη του περιαστικού χώρου (Λαγαριάς, 2013).

Οι πόλεις με τα προάστια τους δημιουργούν μητροπολιτικές περιοχές οι οποίες αποτελούν βασικές οικονομικές μονάδες της κοινωνίας. Σε αυτές τις μητροπολιτικές περιοχές τα προάστια είναι μεγαλύτερα σε όρους γεωγραφίας, πληθυσμού και απασχόλησης από τις πόλεις. Κυρίαρχο χαρακτηριστικό των μητροπολιτικών περιοχών είναι η αστική εξάπλωση η οποία αποτελεί μία ανάπτυξη διεσπαρμένη, ασυνεχή, με χαμηλές πληθυσμιακές πυκνότητες, με διαχωρισμό των χρήσεων γης, κυριαρχία του αυτοκινήτου και έλλειψη δημόσιου ελεύθερου χρόνου. Η αστική εξάπλωση έχει ουσιαστικά οδηγήσει σε μία «πόλη χωρίς όρια» (Gillham, 2002).



Εικόνα 1: Χιουμοριστικά σκίτσα που αποτυπώνουν τα χαρακτηριστικά και τις συνέπειες της αστικής διάχυσης (Πηγή: Παλόγου, 2009)

2. ΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΥΣΗ

2.1 ΈΝΝΟΙΑ

Ο όρος «διάχυση» (sprawl) επινοήθηκε το 1937 από τον Earle Draper ένα από τους πρώτους πολεοδόμους στις Ηνωμένες Πολιτείες. Μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο η αστική διάχυση και οι σχέσεις της με τις μεταφορές και την οικονομία αποτέλεσε αντικείμενο συζητήσεων. Χαρακτηρίστηκε ως μία «σπάταλη», από οικονομικής πλευράς, μορφή αστικής ανάπτυξης, με αρνητικό κοινωνικό αντίκτυπο και ενισχυόταν από τους νέους τύπους μεταφοράς (Nechyba & Walsh, 2004).

Η έννοια της αστικής διάχυσης έχει προσδιοριστεί κατά καιρούς από διάφορους ερευνητές. Κατά συνέπεια υπάρχουν ορισμοί του φαινομένου οι οποίοι διαφοροποιούνται με βάση την οπτική γωνία του κάθε ερευνητή, εξετάζοντας είτε τα χαρακτηριστικά της είτε τις επιπτώσεις της (Σταμέλλου, 2014). Γενικά σημειώνεται ότι οι ορισμοί που έχουν δοθεί για την αστική εξάπλωση, την προσεγγίζουν κυρίως ως ένα τύπο αστικής ανάπτυξης παρά ως μία διαδικασία χωρικών μετασχηματισμών. Ωστόσο οι αρνητικές επιπτώσεις προκύπτουν από την καθεαυτό διαδικασία της εξάπλωσης και οι πολιτικές πρέπει να εστιάζουν στην αποτροπή αυτής (Couch et al, 2007).

Γενικά, η αστική διάχυση δύναται να οριστεί ως ένα είδος μη σχεδιασμένης και ανεξέλεγκτης αστικής ανάπτυξης που πραγματοποιείται κατά τρόπο ασυνεχή, διάσπαρτο και με χαμηλές πυκνότητες. Ο όρος χρησιμοποιείται επίσης για να περιγράψει την επεκτατική, γρήγορη και μερικές φορές απερισκεπτη ανάπτυξη μίας μητρόπολης σε μια μεγάλη περιοχή (CEMAT, 2006).

Σύμφωνα με τον Chin (2002) υπάρχουν 4 ειδών ορισμοί για την αστική διάχυση οι οποίοι βασίζονται στην αστική μορφή, στη χρήση γης, στις επιπτώσεις και στην πυκνότητα. Σε ότι αφορά την αστική μορφή, η αστική διάχυση προσδιορίζεται ως οποιαδήποτε απόκλιση από το μοντέλο της «συμπαγούς» πόλης με τη μορφή προαστιακής, γραμμικής, αποσπασματικής (leapfrogging) και διάσπαρτης ανάπτυξης (Πίνακας 1). Οι ορισμοί που σχετίζονται με τις χρήσεις γης, τείνουν να συσχετίζουν τη διάχυση με τον χωρικό διαχωρισμό των χρήσεων γης και με την εκτεταμένη μονο-λειτουργική χρήση της είτε για μονοπυρηνική οικιστική ανάπτυξη είτε για τη χωροθέτηση εμπορικών και βιομηχανικών πάρκων. Ο Ewing (1997) αναφέρει ότι οι τύποι ανάπτυξης που χαρακτηρίζουν την διάχυση είναι η αποσπασματική, η διάσπαρτη, η γραμμική και η χαμηλής πυκνότητας ανάπτυξη. Ακόμη, εξετάζοντας το φαινόμενο ως προς τις επιπτώσεις του, αναφέρει ότι ο χαμηλός βαθμός προσβασιμότητας μεταξύ

συμπληρωματικών χρήσεων και η έλλειψη κοινόχρηστων χώρων αποτελούν χαρακτηριστικά τα οποία προσδιορίζουν την αστική διάχυση (Ewing, 1994).

Διάσπαρτη (scattered)	Εμφανίζεται χωρίς συγκεκριμένη μορφή, υπερβαίνει τα αστικά όρια και δημιουργεί οικισμούς ή συστάδες κτιρίων που απομονώνονται από την πόλη. Χαρακτηρίζεται ως η περισσότερο επιβλαβής μορφή αστικής διάχυσης, αφού δημιουργεί ανάγκη για υποδομές σε απομακρυσμένες περιοχές και ένα σύνολο άλλων περιβαλλοντικών προβλημάτων.
Αποσπασματική (leapfrog)	Χαρακτηρίζεται από μικρές κυρίως περιοχές δόμησης (θύλακες) εντός του αγροτικού και φυσικού χώρου. Μπορεί να διακριθεί από τις δορυφορικές πόλεις και τους οικισμούς, από τη χαμηλότερη πυκνότητα των πρώτων και από την σχεδόν αποκλειστική εξάρτηση από το αυτοκίνητο ως μέθοδο μεταφοράς.
Γραμμική (strip)	Εμφανίζεται κατά μήκος του βασικού οδικού δικτύου και χαρακτηρίζεται επίσης από πολύ χαμηλή πυκνότητα και πλήρη εξάρτηση από το αυτοκίνητο.
Προαστιακή (suburban)	Αφορά την οργανωμένη οικιστική ανάπτυξη περιοχών εκτός των ορίων των πόλεων, με χαμηλές πυκνότητες δόμησης και υποστηρίζονται από αποσπασματικές επεκτάσεις των υποδομών της πόλης.

Πίνακας 1: Οι 4 κύριες μορφές αστικής διάχυσης (Πηγή: Chin 2002, Ίδια επεξεργασία)

Η κακή προσβασιμότητα αποτελεί μία κοινή συνιστώσα των παραπάνω μορφών και θεωρείται αποτέλεσμα της αποτυχίας εφαρμογής συγκεντρωμένης ανάπτυξης ή μίξης των χρήσεων γης. Παράλληλα, λαμβάνοντας υπόψη και ότι κάθε μορφή ανάπτυξης ενδέχεται να μην ταυτίζεται απόλυτα με τα 4 βασικά πρότυπα (προαστιακή, γραμμική, αποσπασματική και διάσπαρτη ανάπτυξη), ο προσδιορισμός της διάχυσης με βάση την προσβασιμότητα είναι πιο εύκολος, ενώ ήδη υπάρχουν πολλοί τρόποι για την μέτρησή της. Άλλο κοινό στοιχείο των μορφών εξάπλωσης είναι η έλλειψη λειτουργικού ελεύθερου χώρου. Τα διάφορα πρότυπα αστικής εξάπλωσης χαρακτηρίζονται είτε από παντελή έλλειψη ελεύθερου χώρου (γραμμική ανάπτυξη), η οποία σε κάποιες περιπτώσεις είναι αποτέλεσμα της ιδιωτικοποίησης της γης και υψηλού κόστους διατήρησης των χώρων αυτών (χαμηλής πυκνότητας ανάπτυξη), είτε από αφθονία ελεύθερων χώρων οι οποίοι όμως δεν είναι λειτουργικοί (leapfrog ανάπτυξη). Ανάλογα με την προσβασιμότητα, οι λειτουργικοί ελεύθεροι χώροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον ορισμό της διάχυσης (Ewing, 1994).

Ο Peiser (2001) αναφέρει ότι η έννοια χρησιμοποιείται για να περιγράψει την αναποτελεσματική και εκτεταμένη χρήση της γης και την ασυνεχή και διασκορπισμένη ανάπτυξη. Στην ίδια κατεύθυνση ο Squires (2002) ορίζει την αστική διάχυση «ως ένα πρότυπο αστικής και μητροπολιτικής μεγέθυνσης το οποίο αντανακλά χαμηλή πυκνότητα, εξάρτηση από το αυτοκίνητο και νέα ανάπτυξη στις παρυφές κατοικημένων περιοχών που συχνά περιβάλλει μια παρακμάζουσα πόλη» (Squires από Couch et al, 2007). Ωστόσο, ορισμένοι ερευνητές (Galster et al, 2001) θεωρούν ότι ο όρος έχει χρησιμοποιηθεί πολλές φορές για να αναφερθεί σε μορφές οικιστικής ανάπτυξης, διαδικασίες επέκτασης πέρα των ορίων της πόλης, αιτίες συγκεκριμένων πολιτικών χρήσεων γης και στις συνέπειες αυτών των πολιτικών. Επομένως, ορίζουν το εξεταζόμενο φαινόμενο ως ένα μοτίβο χρήσης γης σε μία αστικοποιημένη περιοχή, η οποία διακρίνεται από χαμηλά επίπεδα συνδυασμού των εξής κριτηρίων : πυκνότητα, συνέχεια, συγκέντρωση, κεντρικότητα, πυρηνικότητα, ομαδοποίηση (clustering), εγγύτητα και ανάμιξη χρήσεων γης (Galster et al, 2001). Θετικό στοιχείο του παραπάνω ορισμού είναι ότι επιτρέπει να θεωρηθεί η διάχυση ως μία διαδικασία και όχι απλώς μια μορφή αστικοποίησης. Παρά το γεγονός όμως ότι αποτελεί μία ενδιαφέρουσα προσέγγιση του φαινομένου, έχει υψηλές απαιτήσεις σε δεδομένα και καθίσταται δύσκολη η ευρεία εφαρμογή του (Couch et al, 2007).

Τέλος, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος περιγράφει την αστική διάχυση ως το φυσικό μοτίβο μιας χαμηλής πυκνότητας επέκτασης των πόλεων κυρίως στις περιβάλλουσες γεωργικές περιοχές και συνεπάγεται ελάχιστο έλεγχο σχεδιασμού της γης. Είναι μία μορφή αστικής ανάπτυξης η οποία χαρακτηρίζεται ως αποσπασματική, διάσπαρτη και ασυνεχής (EEA, 2006).

Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο περιαστικός χώρος δεν αναπτύσσεται πάντα με τη μορφή αστικής διάχυσης, αλλά η τελευταία αποτελεί μία από τις πολλές εκφάνσεις του (Ewing, 1997). Η προαστιοποίηση διαφέρει από την αστική διάχυση ως προς το ότι οι πληθυσμιακές μεταβολές και πύκνωση πραγματοποιούνται σε ήδη αστικοποιημένες περιοχές και κατά συνέπεια οι έννοιες δεν πρέπει να συγχέονται (Couch et al., 2007).

Η μελέτη της αστικής εξάπλωσης δεν προϋποθέτει μόνο τον προσδιορισμό δεικτών σε απόλυτες τιμές αλλά και την μεταβολή αυτών στο χρόνο. Μια κατανομή πληθυσμιακών πυκνοτήτων σε απόλυτες τιμές μπορεί να αξιολογηθεί διαφορετικά από χώρα σε χώρα.

Έτσι λοιπόν, οι τάσεις των χωρικών μετασχηματισμών αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για τον προσδιορισμό του φαινομένου (Λαγαριάς, 2013).

Γενικά, υπάρχει ένας προβληματισμός σε ότι αφορά τον προσδιορισμό της διάχυσης. Το φαινόμενο είναι άμεσα ορατό στους ειδικούς αλλά δεν είναι αρκετό για τη δημιουργία κανόνων για την αντιμετώπιση του. Ο βαθμός στον οποίο η εξάπλωση πραγματοποιείται είναι καθοριστικός παράγοντας για τον προσδιορισμό της. Οι διαφορές ανάμεσα σε διασκορπισμένη και πολυκεντρική ανάπτυξη, σε αποσπασματική (leapfrog) και ασυνεχή ανάπτυξη ή σε γραμμική και σε άλλα γραμμικά μοτίβα ανάπτυξης δεν είναι πάντοτε σαφείς και είναι θέμα βαθμού. Ένα άλλο ζήτημα που αφορά τον προσδιορισμό της εξάπλωσης είναι η πυκνότητα, η χρήση γης και ο χρόνος στον οποίο αυτή εκτελείται. Οι διαστάσεις αυτές καθορίζουν το κατά πόσο μια μορφή ανάπτυξης είναι προβληματική ή όχι. Για παράδειγμα το προβληματικό στοιχείο στη χαμηλής πυκνότητας, γραμμική και αποσπασματική (leapfrog) ανάπτυξη είναι η πυκνότητα, η χρήσεις γης και ο χρόνος αντίστοιχα. Έτσι λοιπόν, οι παραπάνω μορφές ανάπτυξης δύναται να είναι σχετικά αποτελεσματικές εφόσον η ανάπτυξη είναι πιο συγκεντρωμένη ή επιτευχθεί ανάμιξη των χρήσεων γης ή πραγματοποιηθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα αντίστοιχα. Επομένως, φαίνεται ότι είναι οι επιπτώσεις της κάθε ανάπτυξης που τη καθιστούν ανεπιθύμητη και όχι η ίδια η μορφή της (Ewing, 1994).

2.2 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Η έντονη και αυξανόμενη αστικοποίηση, η επέκταση των αστικών δραστηριοτήτων στην αγροτική ενδοχώρα και η μεταβολή του αγροτικού τοπίου, συνιστούν ένα φαινόμενο το οποίο έχει επιφέρει χωρικές, κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Σήμερα οι περιαστικές περιοχές χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα σε ότι αφορά την κατανομή των χρήσεων γης και του πληθυσμού. Οι υφιστάμενες αστικές δομές μεταβάλλονται τόσο σε επίπεδο κατανομής πληθυσμού, όσο και στις κατανομές των χρήσεων γης, των αξιών γης και γενικά των χαρακτηριστικών διάρθρωσης του χώρου. Έτσι λοιπόν, ο δυναμικός χαρακτήρας των μεταβολών που διέπουν τις περιοχές αυτές θέτει την ανάγκη για ανάλυση και ερμηνεία του φαινομένου αυτού, δεδομένου μάλιστα ότι επηρεάζει αρνητικά την εφαρμογή πολιτικών σχεδιασμού του χώρου και βιώσιμης διαχείρισης περιβαλλοντικών, οικονομικών και αναπτυξιακών θεμάτων (Λαγαριάς, 2013).

Η αστική διάχυση ως φαινόμενο ξεκίνησε στις Ηνωμένες Πολιτείες στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και σχετιζόταν με τη ραγδαία, χαμηλής πυκνότητας εκτατική επέκταση των

αμερικανικών πόλεων. Τροφοδοτήθηκε από την αύξηση των ιδιωτικών αυτοκινήτων καθώς και τη προτίμηση για κατοικίες με κήπους, απομακρυσμένες από το κέντρο της πόλης. Την ίδια περίοδο οι ευρωπαϊκές πόλεις υπήρξαν περισσότερο «συμπαγείς», σε αντίθεση με την σημερινή εποχή όπου η αστική διάχυση αποτελεί πλέον ένα σύνηθες φαινόμενο στην Ευρωπαϊκή ήπειρο και τις αστικές περιοχές σε μεγαλύτερο κίνδυνο να εντοπίζονται στα ανατολικά, δυτικά και κεντρικά τμήματα της (EEA, 2006).

Επιπλέον, η αστική διάχυση δημιουργεί αρκετές αρνητικές επιπτώσεις που έχουν άμεσες επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής των ανθρώπων που ζουν στις πόλεις. Τέτοιες επιπτώσεις είναι η αύξηση των εκπομπών αερίων υπεύθυνων για το φαινόμενο του θερμοκηπίου που προκαλούν την κλιματική αλλαγή, η αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση και τα υψηλά επίπεδα θορύβου (EEA, 2006). Θα μπορούσαμε επομένως να πούμε ότι οι σημαντικές επιπτώσεις του φαινομένου καθιστούν αναγκαία την μελέτη του, προκειμένου να χαραχθούν κατάλληλες πολιτικές για την αντιμετώπιση και τον περιορισμό του.

2.3 ΤΑ ΑΙΤΙΑ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

Ιστορικά, η αύξηση του αστικού πληθυσμού αποτέλεσε ένα κύριο, αλλά όχι μοναδικό, παράγοντα που οδήγησε στην ανάπτυξη των πόλεων. Ωστόσο, η αστική διάχυση ως πιο πρόσφατο φαινόμενο δεν συνδέεται με την πληθυσμιακή αύξηση. Η αλληλεπίδραση κοινωνικοοικονομικών παραγόντων όπως η τιμή της γης, οι δημογραφικές τάσεις, οι πολιτιστικές παραδόσεις, οι ατομικές προτιμήσεις στέγασης και η ελκυστικότητα των υφιστάμενων αστικών περιοχών, με τις εκάστοτε περιβαλλοντικές και χωρικές πολιτικές, διαμόρφωσαν τα χαρακτηριστικά της αστικής διάχυσης που διακρίνουν σήμερα τον Ευρωπαϊκό χώρο. Συνολικά, παρατηρείται ότι η έλλειψη προγραμματισμού και μιας ουσιαστικής αστικής πολιτικής ενθαρρύνει σε μεγάλο βαθμό το φαινόμενο της αστικής εξάπλωσης (EEA, 2006).

Η οικιστική εξάπλωση και η ανάπτυξη των οικονομικών δραστηριοτήτων συνδέονται με την ανάπτυξη των δικτύων μεταφορών και αποτελούν σημαντικές αιτίες εξάπλωσης των πόλεων. Οι υψηλές τιμές της ήδη αστικοποιημένης γης και το χαμηλό κόστος απόκτησης γεωργικής γης, η μείωση ελκυστικότητας του κέντρου των πόλεων και η καλύτερη ποιότητα ζωής που παρέχει η ύπαιθρος και ο προαστιακός χώρος αποτελούν παράγοντες που ενίσχυσαν το φαινόμενο της αστικής διάχυσης. Συνολικά, οι παράγοντες που έχουν προκαλέσει το φαινόμενο της αστικής διάχυσης διακρίνονται ως εξής: σε μακρο-οικονομικούς, μικρο-οικονομικούς, δημογραφικούς παράγοντες, στις

προτιμήσεις για στέγαση, στα έντονα ενδοαστικά προβλήματα, καθώς και στις μεταφορές και στα κανονιστικά πλαίσια (EEA, 2006).

2.3.1 ΜΑΚΡΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Η οικονομική μεγέθυνση, η παγκοσμιοποίηση και η Ευρωπαϊκή ολοκλήρωση αποτελούν από τους πιο βασικούς υποκινητές της αστικής διάχυσης. Οι επιπτώσεις της παγκοσμιοποίησης της οικονομίας στη χωρική κατανομή του πληθυσμού και των δραστηριοτήτων, διαμόρφωσε ένα περιβάλλον ευνοϊκό για την ανάπτυξη του φαινομένου (EEA, 2006). Η παγκοσμιοποίηση έχει οδηγήσει σε υψηλή συγκέντρωση πληθυσμού αλλά και οικονομικών δραστηριοτήτων στις πόλεις. Κατά συνέπεια, οι πόλεις στην αναζήτηση νέων περιοχών για την ανάπτυξη των δραστηριοτήτων αυτών τις χωροθετούν συνήθως στον προαστιακό χώρο (Γιαννακού, 2009). Έτσι, έχουμε τη δημιουργία βιομηχανικών και εμπορικών πάρκων τα οποία χαρακτηρίζονταν από μεγάλη έκταση, χαμηλές πυκνότητες και διέθεταν βασικές αστικές υποδομές. Αυτό σε συνδυασμό με την έλλειψη προγραμματισμού και την μη αξιοποίηση υφιστάμενων χώρων προκάλεσε μία μορφή ασυνεχούς και μη ορθολογικής αστικής ανάπτυξης (Λάμπρου & Κανδής, 2012).

Επιπλέον, με την Ευρωπαϊκή ολοκλήρωση και τη δυνατότητα ελεύθερης διακίνησης προϊόντων και κεφαλαίου αναδύονται οργανικές περιοχές στον Ευρωπαϊκό χώρο οι οποίες ξεπερνούν τα εθνικά όρια. Επιπρόσθετα, η κατασκευή διευρωπαϊκών δικτύων μεταφοράς (TEN) αποσκοπεί στη βελτίωση της προσβασιμότητας και της κινητικότητας αλλά επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη μελλοντική χωρική ανάπτυξη των ευρωπαϊκών αστικών περιοχών. Η δημιουργία νέων δικτύων μεταφοράς και η βελτίωση των υφιστάμενων προσελκύει οικονομικές δραστηριότητες (γραμμική ανάπτυξη) γεγονός το οποίο ενδέχεται να επιδεινώσει την αστική διάχυση. Ωστόσο, τα Διαρθρωτικά Ταμεία και το Ταμείο Συνοχής της Ε.Ε. μπορούν να αποτρέψουν το φαινόμενο αυτό, μέσα από την αναδιαμόρφωση των κέντρων των πόλεων προκειμένου να καταστούν ελκυστικά για τη στέγαση και την υποδοχή ιδιωτικών και δημόσιων επενδύσεων (EEA, 2006).

2.3.2 ΜΙΚΡΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Οι υψηλές αξίες γης που παρατηρούνται διαχρονικά στο κέντρο των πόλεων οδηγούν τόσο τους επιχειρηματίες όσο και τους κατοίκους στην αναζήτηση γεωργικής γης, το κόστος απόκτησης της οποίας είναι αρκετά χαμηλότερο σε σύγκριση με τις αστικές

ζώνες κατοικίας και ανάπτυξης εμπορικών λειτουργιών (EEA, 2006). Επιπλέον, οι κάτοικοι του προαστιακού και εξωαστικού χώρου διατηρούν τις ιδιοκτησίες τους προσδοκώντας μελλοντική αύξηση της αξίας τους. Γενικά, όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός αστικής μεγέθυνσης μιας πόλης τόσο αναμένεται να αυξηθούν οι αξίες γης του προαστιακού χώρου. Επομένως, η διατήρηση και η δυσκολία απόκτησης των απαιτούμενων αγροτικών εκτάσεων είναι γεγονός που οδηγεί αναμφίβολα σε καθεστώτα διάσπαρτης αστικής επέκτασης (Bhatta, 2010).

Σύμφωνα με το Gillham (2002) το υψηλό ποσοστό ιδιωτικής γης και η ρευστότητα της αγοράς αυτής επιτρέπουν την εμφάνιση της διάχυσης. Η ζήτηση της αγοράς είναι εκείνη που καθορίζει το τι, που και σε ποια ποσότητα θα κατασκευαστεί. Επιπλέον, το χαμηλό κόστος της γης είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την διάσπαρτη και χαμηλής πυκνότητας ανάπτυξη. Το υψηλότερο κόστος της γης στο κέντρο της πόλης σε σχέση με τα προάστια δύναται να οφείλεται στην ομαδοποίηση (clustering) και στην προσβασιμότητα. Οι επιχειρήσεις επωφελούνται οικονομικά (οικονομίες συγκέντρωσης) από την εγγύτητα τους με άλλες και επιθυμούν να εγκαθίστανται σε κεντρικές περιοχές όπου έχουν περισσότερη προσβασιμότητα. Ωστόσο, η εισαγωγή των αυτοκινήτων και οι επενδύσεις στα συστήματα μεταφορών διευκολύνουν την προσβασιμότητα και σε συνδυασμό με την φτηνή γη καθιστούν τον περιαστικό χώρο ελκυστικό για επιχειρήσεις και κατοικίες (Gillham, 2002).

Ακόμη, ο ανταγωνισμός ανάμεσα στους δήμους για προσέλκυση επενδύσεων και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας έχει οδηγήσει στη χαλάρωση κάθε μορφής ελέγχου στην ανάπτυξη της αγροτικής γης και στην παροχή κινήτρων (όπως φόρο-ελαφρύνσεις) για την εγκατάσταση εμπορικών και βιομηχανικών επιχειρήσεων (EEA, 2006).

2.3.3 ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΙΣ ΣΤΕΓΑΣΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε η πληθυσμιακή αύξηση δεν αποτελεί πλέον παράγοντα που επηρεάζει την επέκταση των αστικών περιοχών (EEA, 2006). Η ανάγκη των νοικοκυριών για περισσότερο χώρο και κυρίως εκείνων με πολλά μέλη, τους ώθησε να μετακινηθούν σε προαστιακές και αγροτικές περιοχές. Όμως λαμβάνοντας υπόψη την αυξανόμενη γήρανση του πληθυσμού και την υπογεννητικότητα, θεωρείται ότι μετακινήσεις αυτές θα μειωθούν και έτσι αναμένεται να περιοριστεί το φαινόμενο της αστικής διάχυσης (Couch et al, 2007).

Πολλοί ήταν εκείνοι που προτιμούσαν να κατοικούν σε μεζονέτα ή μονοκατοικία, κάτι το οποίο σπάνια ήταν εφικτό στο κέντρο των πόλεων ή απαιτούσε μεγάλο κόστος.

Επιπλέον, η τάση μετακίνησης πέραν του αστικού χώρου ενισχύθηκε και από τις χαμηλές αξίες γης και τις θετικές επενδυτικές προοπτικές που παρουσιάζονταν στις προαστιακές σε σχέση με τις αστικές περιοχές.

2.3.4 ΕΝΔΟΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Τα ενδοαστικά προβλήματα αναφέρονται στα κοινωνικοοικονομικά και περιβαλλοντικά προβλήματα στο εσωτερικό των πόλεων όπως είναι ανεργία, η φτώχεια, η κοινωνική εξαθλίωση, η ατμοσφαιρική ρύπανση και ο θόρυβος, τα οποία κατέστησαν τις περιοχές αυτές μη ελκυστικές. Σε αυτό συνέβαλε και η έλλειψη ελεύθερων χώρων, χώρων πρασίνου και αθλητικών εγκαταστάσεων, γεγονός που αποτελεί απόρροια ανεπαρκούς πολεοδομικού σχεδιασμού (ΕΕΑ, 2006). Οι παραπάνω συνθήκες οδηγούν πολλές οικογένειες (κυρίως τις εύπορες) εκτός των αστικών ορίων, κάτι το οποίο όμως εντείνει τον κοινωνικό διαχωρισμό των κατοίκων ανάλογα με το εισόδημα και τον τρόπο ζωής. Ακόμη, αυτή η μετακίνηση δημιουργεί προβλήματα και στους δήμους αφού μειώνονται τα φορολογικά τους έσοδα και γίνεται δύσκολη η διατήρηση βασικών υποδομών όπως είναι τα σχολεία και τα νοσοκομεία (Καρούλα, 2013).

2.3.5 ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Οι επενδύσεις στους μεταφορικούς άξονες οδήγησαν σταδιακά στην εμφάνιση του φαινομένου της αστικής διάχυσης. Η ύπαρξη ταχύτερων και εύκολων μετακινήσεων χαμηλού κόστους, κατέστησαν εφικτή σε μεγάλο βαθμό τη μετατόπιση του πληθυσμού στα προάστια. Παράλληλα, η αύξηση της κατοχής ιδιωτικών αυτοκινήτων επέτρεψε το διαχωρισμό του τόπου κατοικίας από τον τόπο εργασίας (Bruegmann, 2005). Έτσι, τα όρια του αστικού ιστού μεταβάλλονταν συνεχώς και η μετατόπιση προς τον εξωαστικό χώρο πραγματοποιήθηκε με ταχείς ρυθμούς, αυθαίρετα και με διάχυτη μορφή (Ewing, 1994). Επίσης, σημαντική θεωρείται η εμφάνιση της «προαστιοποίησης της εργασίας», η οποία βασίστηκε στο μικρό κόστος μεταφοράς και στην εύκολη προσβασιμότητα όλων των περιοχών (Λάμπρου & Κανδής, 2012).

Η ισχυρή επίδραση των ευρωπαϊκών μεταφορικών συνδέσεων στη δημιουργία ανάπτυξης καθιστά αναγκαία την εκτίμηση των επιπτώσεων αυτών των υποδομών στο εξεταζόμενο φαινόμενο αλλά στο φυσικό περιβάλλον.

2.3.6 ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΑ ΠΑΙΣΙΑ

Ο ελλιπής σχεδιασμός των χρήσεων γης, η ανεπαρκής εφαρμογή των υφιστάμενων σχεδίων και η έλλειψη συνεργασίας και συντονισμού τόσο στο οριζόντιο όσο και στο

κάθετο επίπεδο, δύναται να συνεισφέρουν στην εμφάνιση του φαινομένου της αστικής διάχυσης. Η αδυναμία της διοίκησης ως προς την εφαρμογή των πολεοδομικών σχεδίων, διατηρεί τις τάσεις εξάπλωσης και επιτρέπει την αλόγιστη εκμετάλλευση της γεωργικής γης (Καρούλα, 2013). Η σχέση μεταξύ περιοχών κατοικίας, βιομηχανίας, εμπορίου και μεταφορών έχει σημαντικό ρόλο στην προώθηση της αστικής διάχυσης (ΕΕΑ, 2006). Η πρόκληση ωστόσο του φαινομένου οφείλεται κατά κύριο λόγο στις προβλέψεις και τις κατευθύνσεις των πλαισίων αστικού σχεδιασμού, με την υιοθέτηση μικτών σχημάτων χρήσεων γης να καθίσταται σύγχρονη πρακτική (Bhatta, 2010).

Γενικά, η διαχείριση και ο έλεγχος της ανάπτυξης της γης ποικίλει μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών. Ανάλογα με το διοικητικό σύστημα και τις πολιτικές χωρικού σχεδιασμού κάθε χώρας, ο δημόσιος τομέας ενδέχεται να μειώσει την αστική εξάπλωση. Συγκεκριμένα στην έκθεση PLURER αναφέρεται ότι όσο πιο διασκορπισμένο και κατακερματισμένο είναι το σύστημα διαχείρισης τόσο πιο ακατάλληλη κρίνεται η πολιτική χρήσης γης. Επιπλέον, τονίζεται ότι αυστηρότερος έλεγχος των πολιτικών χρήσης γης ενδέχεται αποτρέψει την αστική διάχυση (Institute of Transport Economics, 2011)

2.4 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

Το φαινόμενο της αστικής διάχυσης δύναται να επιφέρει αρνητικές αλλά και θετικές επιπτώσεις. Στα θετικά αποτελέσματα συγκαταλέγονται η υψηλή οικονομική-παραγωγική βάση, οι προοπτικές απασχόλησης, καθώς και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου. Ωστόσο, το αρνητικό αντίκτυπο της αστικής διάχυσης υπερκαλύπτει κατά κύριο λόγο τα θετικά στοιχεία που αυτή συνεπάγεται (Bhatta, 2010).

Η αστική ανάπτυξη δημιουργεί την ανάγκη για νέες μεταφορικές υποδομές προκειμένου να συνδεθούν οι αστικές περιοχές μεταξύ τους, το οποίο όμως συνεπάγεται τη δημιουργία περισσότερης συμφόρησης και επιπρόσθετου κόστους για τη κοινωνία. Επιπλέον, οι επιπτώσεις της αστικής διάχυσης είναι εμφανείς σε χώρες ή περιοχές με ταχεία οικονομική ανάπτυξη (Ιρλανδία, Πορτογαλία, στην Ανατολική Γερμανία, η περιφέρεια της Μαδρίτης), καθώς και σε περιοχές οι οποίες επωφελήθηκαν περισσότερο από τις περιφερειακές πολιτικές της Ε.Ε. Τα νέα κράτη μέλη στα οποία το φαινόμενο δεν έχει ακόμη, αλλά αναμένεται να αναπτυχθεί, πρόκειται να υποστούν μεταξύ άλλων σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις της αστικής διάχυσης συνδέονται στενά με την έννοια και της αρχής της βιώσιμης ανάπτυξης σχετικά τη λειτουργία του αστικού περιβάλλοντος και των οικείων

οικοσυστημάτων (ΕΕΑ, 2006). Στη συνέχεια κατηγοριοποιούνται οι επιπτώσεις του εξεταζόμενου φαινομένου με βάση τον περιβαλλοντικό, κοινωνικοοικονομικό και αναπτυξιακό τους χαρακτήρα.

2.4.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Οι κυριότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του φαινομένου αφορούν την αλόγιστη κατανάλωση γεωργικής γης, τη μείωση των φυσικών πόρων, την αλλοίωση του τοπίου, την απειλή των προστατευόμενων περιοχών και τη διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας. Παράλληλα σημαντικές είναι και οι συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία και την ποιότητα ζωής (Καρούλα, 2013).

2.4.1.1 ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η διαδικασία της αστικής ανάπτυξης ακολουθείται από κατανάλωση πολλών φυσικών πόρων. Το έδαφος αποτελεί έναν μη ανανεώσιμο πόρο και αλλαγές στις χρήσεις γης (π.χ. μετατροπή των αγροτικών χρήσεων γης σε κατοικήσιμες εκτάσεις ή τεχνικές υποδομές) είναι δύσκολα αναστρέψιμες και απαιτούν μεγάλο κόστος. Επιπλέον, η εξάπλωση των πόλεων έχει δημιουργήσει την ανάγκη για περισσότερες πρώτες ύλες η παραγωγή των οποίων απειλεί το περιβάλλον. Η επέκταση και εντατικοποίηση των δραστηριοτήτων παραγωγής οικοδομικών υλικών έρχεται σε σύγκρουση με το καθεστώς προστασίας των φυσικών περιοχών και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Παράλληλα, οι αλλαγές στον τρόπο ζωής, με την ύπαρξη πολλών και μικρών νοικοκυριών αυξάνουν την κατανάλωση φυσικών πόρων γεγονός το οποίο έχει σημαντικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Γενικά αποδεικνύεται ότι τα πολυμελή νοικοκυριά είναι πιο οικονομικά από άποψη κατανάλωσης πόρων (ΕΕΑ, 2006).

Μία άλλη σημαντική επίπτωση στο πλαίσιο της αστικής διάχυσης είναι η κάλυψη του εδάφους από στεγανά υλικά, όπως η άσφαλτος ή το σκυρόδεμα. Η σφράγιση του εδάφους (soil sealing) προσδιορίστηκε ως μία από τις βασικές διεργασίες υποβάθμισης του εδάφους στο πλαίσιο της θεματικής στρατηγικής για το έδαφος Από το 1990 έως το 2000, η ΕΕ έχανε καθημερινά τουλάχιστον 275 εκτάρια εδάφους, τα οποία αντιστοιχούσαν σε 1.000 km² ετησίως. Το ήμισυ της έκτασης αυτής έχει στεγανοποιηθεί οριστικά με κτίρια, δρόμους και χώρους στάθμευσης (European Commission, 2006). Η σφράγιση, έχει σοβαρές επιπτώσεις για το έδαφος καθώς περιορίζει πολλές από τις υπηρεσίες που αυτό προσφέρει. Κάποιες από τις σημαντικότερες επιπτώσεις της είναι η μείωση του ποσοστού απορρόφησης του νερού

και της εξατμισοδιαπνοής, η οποία σε συνδυασμό με την αυξημένη απορρόφηση ενέργειας από τον ήλιο και την παραγόμενη θερμότητα από τον κλιματισμό και την οδική κυκλοφορία έχει κλιματιστικές επιπτώσεις σε δομημένες περιοχές (ενίσχυση του φαινομένου της «αστικής θερμικής νησίδας»), η μεταβολή της περιβαλλοντικής κατάστασης των λεκανών απορροής και η αύξηση του κινδύνου πλημμύρας αφού επηρεάζεται ο βαθμός διήθησης και η ικανότητα του εδάφους να συγκρατεί το νερό, η αποκοπή του εδάφους από τον κύκλο του άνθρακα (μείωση της δέσμευσης CO₂) και η μείωση της βιοποικιλότητας με άμεσες συνέπειες για την πανίδα και τη χλωρίδα (European Commission, 2012).

Η αστική διάχυση συνοδεύεται από μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Γενικά φαίνεται ότι η κατανάλωση ενέργειας συνδέεται με την πληθυσμιακή πυκνότητα. Οι προαστιακές περιοχές με χαμηλές πυκνότητες έχουν την τάση να καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια από τις περιοχές με υψηλή πυκνότητα, δηλαδή τα κέντρα των πόλεων. Ακόμη, η ενέργεια που καταναλώνεται κατά τις μετακινήσεις αυξάνεται στις πόλεις όπου υπάρχει αστική εξάπλωση. Αυτό οφείλεται στον μεγάλο αριθμό καθημερινών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται από τα προάστια προς τις κεντρικές περιοχές και αντίστροφα. Ουσιαστικά, η επεκτεινόμενη πόλη χαρακτηρίζεται από αναποτελεσματική και αναγκαία χρήση ιδιωτικών οχημάτων, η οποία όμως θεωρείται ανεπαρκής συγκριτικά με τα δημόσια μέσα μεταφορών (EEA, 2006).

Η αστική διάχυση αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, λόγω της υποστήριξης των ιδιωτικών μεταφορών σε συνδυασμό με τη συνεχή εκπομπή επικίνδυνων αέριων ρυπαντών (Λάμπρου & Κανδής, 2012). Τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι μεγαλύτερα στις πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές σε σχέση με τα προάστια λόγω της μεγαλύτερης συγκέντρωσης και της πιο αργής κίνησης της κυκλοφορίας. Επομένως, παρεμποδίζεται η επίτευξη των στόχων του Πρωτοκόλλου του Κιότο για τη μείωση των εκπομπών αερίων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου μέχρι το 2020 (EEA, 2006).

2.4.1.2 ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Σημαντικές θεωρούνται και οι επιπτώσεις της αστικής διάχυσης στις φυσικές και προστατευόμενες περιοχές. Η άναρχη εξάπλωση των αστικών δραστηριοτήτων προς τον εξωαστικό χώρο και η εύκολη προσβασιμότητα σε αυτές επιδρούν καταλυτικά στη βιωσιμότητα αρκετών οικοσυστημάτων και προστατευόμενων περιοχών (Καρούλα, 2013). Παρόλα αυτά, ακόμα και στις περιπτώσεις όπου η επέκταση της αστικής γης

στις φυσικές και προστατευόμενες περιοχές ελαχιστοποιείται, υπάρχουν έμμεσες επιπτώσεις που υποβαθμίζουν την οικολογική λειτουργία των φυσικών οικοτόπων. Σε αυτό το πλαίσιο αναφέρεται ότι οι οδικοί άξονες και οι συναφείς αναπτυξιακές υποδομές (δίκτυα αποχέτευσης, ύδρευσης, ηλεκτρισμού κ.λ.π.) διακόπτουν τη συνέχεια των φυσικών περιοχών, προσδίδοντας σημαντικές διαστάσεις στο ζήτημα της οικολογικής αστάθειας. Η διακοπή των μεταναστευτικών διαδρόμων απομονώνει είδη της άγριας ζωής και περιορίζει την έκταση των φυσικών οικοτόπων που είναι αναγκαίοι για τη βιωσιμότητά τους. Αυτή η διαταραχή της βιοποικιλότητας, συντελεί στην καταστροφή πολύτιμων βιότοπων για πολλά ζώα (EEA, 2006).

2.4.1.3 ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΓΗ

Η αστική διάχυση αποτελεί παράγοντα μείωσης της γεωργικής γης και των ελεύθερων χώρων. Ειδικά οι γεωργικές εκτάσεις εκείνες που συνορεύουν με τα αστικά κέντρα είναι ιδανικοί προορισμοί για αστικές επεκτάσεις. Ωστόσο τα εδάφη αποτελούν μη ανανεώσιμους πόρους και η διατήρησή τους είναι απαραίτητη. Η αλόγιστη εκμετάλλευση της γεωργικής γης έχει αντίκτυπο τόσο στο περιβάλλον όσο και την οικονομία. Ακόμη, η γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας καταναλώνεται από αστικές χρήσεις και οι γεωργικές δραστηριότητες διεξάγονται σε λιγότερο παραγωγικές εκτάσεις με αποτέλεσμα να υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις σε νερό και λιπάσματα (EEA, 2006). Αξίζει να σημειωθεί ότι η φορολογία και γενικά οι οικονομικές πιέσεις που δέχονται οι αγρότες, τους ωθούν στην πώληση των ιδιοκτησιών τους στο πλαίσιο της αστικής επέκτασης (Bhatta, 2010)..

2.4.1.4 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις έχουν αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής και στην υγεία των ανθρώπων στις πόλεις, όπως η χαμηλή ποιότητα ζωής και τα υψηλά επίπεδα θορύβου. Εκτιμάται ότι περίπου 20 εκατομμύρια Ευρωπαίοι υποφέρουν από αναπνευστικά προβλήματα που συνδέονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Επιπλέον, περισσότεροι από 120 εκατομμύρια άνθρωποι στην Ευρώπη εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα θορύβου, που προκαλείται κυρίως από την ταχεία ανάπτυξη των οδικών και εναέριων μεταφορών. Εκτός των παραπάνω όμως, οι σχετιζόμενες με την αστική διάχυση ανάπτυξη των αστικών μεταφορών και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αποτελούν κύριους συντελεστές της κλιματικής αλλαγής και της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Ανησυχία επικρατεί για την αύξηση των πλημμυρών στις παραθαλάσσιες περιοχές της Ευρώπης εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, δεδομένου

μάλιστα ότι μεγάλο μέρος του πληθυσμού είναι συγκεντρωμένο στις περιοχές αυτές (ΕΕΑ, 2006).

Επιπλέον, η αστική διάχυση δύναται να οδηγήσει στην αύξηση της παχυσαρκίας. Οι Burgoine et al. (2011) αναφέρουν ότι η χαμηλή πληθυσμιακή πυκνότητα, ο χωρικός διαχωρισμός των χρήσεων γης και η μονο-λειτουργική χρήση αυτής, αποτελούν παράγοντες που συντελούν στην αύξηση της παχυσαρκίας. Αυτό συμβαίνει καθώς τέτοιες μορφές ανάπτυξης δεν παρέχουν ένα μεγάλο εύρος επιλογών για δραστηριότητες άθλησης και αναψυχής. Ακόμη, τα άτομα αποθαρρύνονται από τις μεγάλες αποστάσεις και προτιμούν να μένουν στο σπίτι ή να χρησιμοποιούν για κάθε μετακίνησή τους το αυτοκίνητο (Burgoine et al., 2011).

2.4.2 ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Γενικά τα περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται από την επέκταση των πόλεων τείνουν να δημιουργούν και κοινωνικοοικονομικά ζητήματα. Η αστική διάχυση ενισχύει τις κοινωνικές και οικονομικές διαφοροποιήσεις. Οι περιβαλλοντικά υποβαθμισμένες περιοχές δεν αποτελούν ελκυστικό τόπο χωροθέτησης νέων επιχειρήσεων, συμβάλλοντας έτσι αρνητικά στην τοπική ανάπτυξη. Ακόμη, η υποβάθμιση του περιβάλλοντος συντελεί στην πτώση της αξίας των ακινήτων στις κεντρικές περιοχές, οδηγώντας στη συγκέντρωση φτωχών κοινωνικών ομάδων (άνεργοι, ανύπαντροι νέοι και ομάδες μεταναστών). Αντίθετα, στις περιαστικές περιοχές συγκεντρώνονται πολυμελείς οικογένειες μεσαίου και υψηλού εισοδήματος προκειμένου να απολαμβάνουν ένα διαφορετικό τρόπο ζωής από εκείνον του κέντρου της πόλης. Ωστόσο αυτό δεν συμβαίνει πάντα. Σε άλλες πόλεις η κατάσταση είναι αντίστροφη με τις περιαστικές περιοχές να κατοικούνται από ομάδες κατώτερης κοινωνικής τάξης και να διαθέτουν χαμηλότερης ποιότητας περιβάλλον (ΕΕΑ, 2006).

Άλλες σημαντικές επιπτώσεις του φαινομένου θεωρούνται ο περιορισμός στην πρόσβαση και στο περιβάλλον. Στις εξαπλωμένες περιοχές τα άτομα τα οποία δεν διαθέτουν αυτοκίνητο έχουν περιορισμένη πρόσβαση σε υποδομές και υπηρεσίες. Αυτό συμβάλλει στην αύξηση της κοινωνικής απομόνωσης. Στον περιορισμό στο περιβάλλον συνεισφέρουν η ομοιομορφία του χώρου καθώς και οι αντιαισθητικές ιδιότητες της διάχυσης. Μελέτες έχουν δείξει ότι στις συμπαγείς μορφές ανάπτυξης το αίσθημα της κοινότητας είναι πιο έντονο (Popenoe από Ewing, 1997).

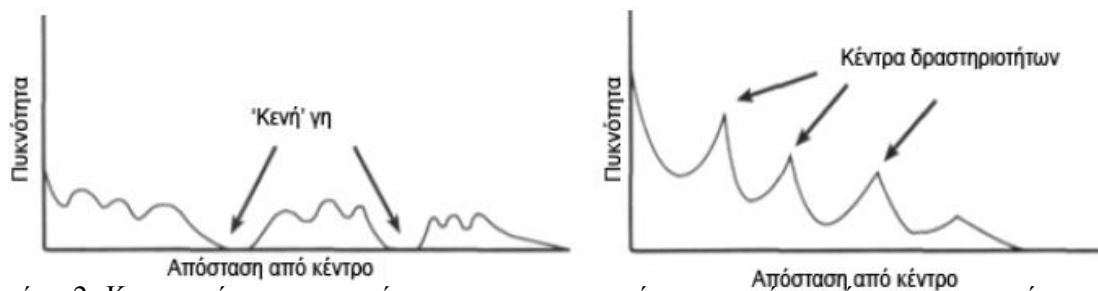
Η αστική διάχυση είναι μία δαπανηρή μορφή αστικής ανάπτυξης. Η διαφορά του τόπου κατοικίας από το τόπο εργασίας αναγκάζει τα άτομα να δαπανούν αρκετό χρόνο και

χρήμα στις μετακινήσεις τους. Σε αυτό συμβάλλει και η έλλειψη ενός επαρκούς συστήματος δημοσίων μεταφορών. Το κόστος επέκτασης των αστικών υποδομών στις περιαστικές και εξωαστικές περιοχές είναι υψηλό, με αποτέλεσμα κάποιες περιοχές να υπολείπονται βασικών υπηρεσιών (ΕΕΑ, 2006).

2.5 ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

Η διάκριση της αστικής διάχυσης από τις άλλες μορφές ανάπτυξης, καθιστά αναγκαία την ποσοτικοποίηση της. Οι μέθοδοι μέτρησης μπορούν να διακριθούν σε 5 κύριες κατηγορίες: ρυθμοί ανάπτυξης, πυκνότητα, χωρική γεωμετρία, προσβασιμότητα και αισθητικές μετρήσεις (Frenkel & Ashkenazi, 2008).

Μία χαρακτηριστική και διαδεδομένη μέθοδος ποσοτικοποίησης του φαινομένου είναι μέσω της εξέτασης της πληθυσμιακής πυκνότητας και της καμπύλης κατανομής πυκνότητας. Η κατανομή πυκνοτήτων ως προς την απόσταση εκφράζει τη σχέση πληθυσμού μεταξύ κέντρου και περιφέρειας. Όσο αυξάνεται η απόσταση από το κέντρο, η πυκνότητα μειώνεται. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η διαφορά ανάμεσα σε μία μορφή εξάπλωσης και μία συμπαγής ανάπτυξη. Η συμπαγής μορφή χαρακτηρίζεται από πολυκεντρικότητα, σχετικά υψηλές πυκνότητες και συνέχεια με εξαίρεση κάποια μόνιμα τμήματα κενής γης (Ewing, 1997).



Εικόνα 2: Κατανομή των πυκνοτήτων ως προς την απόσταση από το κέντρο στην περίπτωση της αστικής εξάπλωσης (αριστερά) και συμπαγούς δομής (δεξιά) (Πηγή: Ewing, 1997).

Οι Schneider & Woodcock (2008) εξετάζουν το φαινόμενο μέσα από την κατανομή των χρήσεων γης και τη μεταβολή τους στο χρόνο. Οι Hardy (2000) και Weitz (2000) χρησιμοποιούν ένα δείκτη (Sprawl Index) ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο του ρυθμού αύξησης της δομημένης επιφάνειας προς τον ρυθμό αύξησης του πληθυσμού. Τιμή μεγαλύτερη του 1 φανερώνει την ύπαρξη αστικής εξάπλωσης (Hardy, Weitz από Frenkel & Ashkenazi, 2008).

Οι γεωμετρικές μετρήσεις ποσοτικοποιούν τη γεωμετρία του δομημένου χώρου και την κατανομή και διαφοροποίηση των χρήσεων γης τα οποία αποτελούν βασικά στοιχεία

του αστικού περιβάλλοντος. Μία μορφή αστικής διάχυσης θα χαρακτηρίζεται από ακανόνιστη και διάσπαρτη γεωμετρία του δομημένου και από ομοιογένεια και διαχωρισμό στις χρήσεις γης (Frenkel & Ashkenazi, 2008).

Επιπλέον, ένας άλλος τρόπος μέτρησης της αστικής διάχυσης είναι μέσω της χρήσης δεικτών προσβασιμότητας. Κοινό χαρακτηριστικό των μορφών αστικής εξάπλωσης είναι κακή προσβασιμότητα. Έτσι λοιπόν, με τη χρήση του χρόνου μετακίνησης, του κόστους ή της απόστασης ως μέτρο προσβασιμότητας δύναται να χαρακτηριστεί μία μορφή ανάπτυξης ως συμπαγής ή όχι (Ewing, 1994,1997). Άλλοι τρόποι μέτρησης της προσβασιμότητας είναι μέσα από τον υπολογισμό των γεωμετρικών διαστάσεων του οδικού δικτύου ή τη χρήση μεταφορικών μοντέλων (Frenkel & Ashkenazi, 2008).

2.6 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΥΣΗ

Στην Ε.Ε. η αστική διάχυση αποτέλεσε αντικείμενο πολιτικής και σχεδιασμού από τότε που αναγνωρίστηκε ως μία μη επιθυμητή μορφή χωρικής ανάπτυξης. Ο περιορισμός του φαινομένου είναι απαραίτητος προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι επιπτώσεις του δεν θα υπονομεύσουν τους περιβαλλοντικούς στόχους(Πρωτόκολλο του Κιότο) που έχει θέσει η Ε.Ε. (EEA, 2006).

Για τον καλύτερο έλεγχο της περαιτέρω εξάπλωσης των πόλεων και για την αντιμετώπιση των επιπτώσεών της, η Ε.Ε. έθεσε ως στόχο την υιοθέτηση της ιδέας της συμπαγούς πόλης (ESDP, 1999). Τα χαρακτηριστικά της συμπαγούς πόλης είναι η ελάχιστη δυνατή κατανάλωση γης, οι μικρές αποστάσεις, η υψηλή πυκνότητα και η μίξη χρήσεων γης. Ένα σημαντικό επιχείρημα υπέρ της συμπαγούς πόλης και κατά συνέπεια κατά της εξάπλωμένης είναι ότι η δεν υπάρχει σημαντική πληθυσμιακή αύξηση που να δικαιολογεί την επέκταση των πόλεων. Άλλωστε, όπως προαναφέρθηκε οι μεταβολές του πληθυσμού δεν αποτελούν πλέον κινητήρια δύναμη του φαινομένου στην Ευρωπαϊκή Ήπειρο. Επιπλέον, η εξάπλωση των πόλεων δεν είναι απαραίτητη από τη στιγμή που υπάρχει διαθέσιμος χώρος μέσα στις πόλεις (π.χ. brownfields) ο οποίος είναι αναξιοποίητος και δύναται να επαναχρησιμοποιηθεί (Stathakis & Tsilimigkas, 2014).

Οι πολιτικές για τον έλεγχο του φαινομένου πρέπει να χαρακτηρίζονται από αποθάρρυνση της διάχυσης και ενθάρρυνση της αστικής αναγέννησης. Η αποθάρρυνση της διάχυσης στηρίζεται κυρίως στο χωροταξικό σχεδιασμό μέσα από την ζωνοποίηση των χρήσεων γης ή την εφαρμογή άλλων μηχανισμών προστασίας του εξωαστικού χώρου. Για την ενθάρρυνση της αστικής αναγέννησης έχουν αναδυθεί διάφοροι

μηχανισμοί (βελτίωση της ελκυστικότητας των κεντρικών αστικών περιοχών ειδικές επιδοτήσεις, φοροαπαλλαγές κ.λ.π.) οι οποίοι μπορούν να συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων της (Couch et al, 2007).

Παράλληλα, τα θέματα της προστασίας της κενής γης και της επαναχρησιμοποίησης των εσωτερικών αστικών περιοχών που σχετίζονται άμεσα με την αστική διάχυση, είναι ανάμεσα στις κύριες στρατηγικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων. Στο πλαίσιο αυτό, το πρόγραμμα USEAct (Urban Sustainable Environmental Actions) στοχεύει στην επίτευξη αστικής ανάπτυξης και νέων ευκαιριών εγκατάστασης διαφόρων χρήσεων, χωρίς όμως να υφίσταται περεταίρω κατανάλωση γης. Ταυτόχρονα επιδιώκεται η ανάπτυξη της οικονομίας των ακινήτων και των κατασκευών, η βέλτιστη χρήση των κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και ο περιορισμός των πρόσθετων δαπανών για τη διαχείριση και κατασκευή υποδομών. Η επίτευξη των στόχων αυτών γίνεται μέσω της δημιουργίας ενός θεματικού δικτύου για την ανταλλαγή εμπειριών και γνώσης. Στο δίκτυο αυτό εμπλέκονται διάφορες Ευρωπαϊκές πόλεις όπως η Νάπολη, το Δουβλίνο, η Ρίγα και άλλες. Κάθε πόλη – εταίρος δεσμεύεται να αναπτύξει ολοκληρωμένα σχέδια δράσης επικεντρωμένα στη μείωση της κατανάλωσης γης και την καλύτερη δυνατή επαναχρησιμοποίησης των κεντρικών αστικών περιοχών (<http://urbact.eu/>)

3.ΔΕΛΟΜΕΝΑ

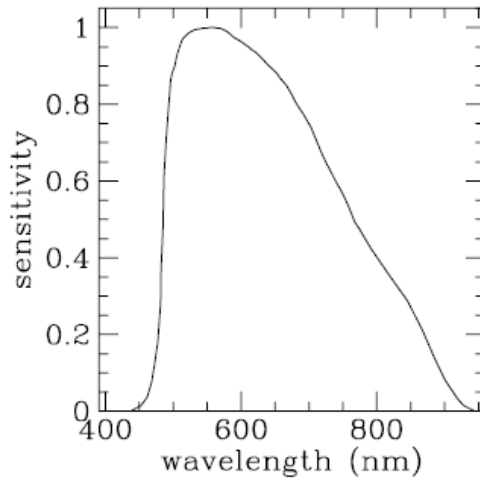
3.1 ΤΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ DMSP/OLS

Το Πρόγραμμα Αμυντικών Μετεωρολογικών Δορυφόρων (Defense Meteorological Satellite Program - DMSP) τέθηκε σε εφαρμογή τη δεκαετία του 1960 με ευθύνη της Αμερικανικής Πολεμικής Αεροπορίας. Το DMSP ασχολείται με το σχεδιασμό, την κατασκευή, την εκτόξευση και τη διατήρηση δορυφόρων για την παρακολούθηση του μετεωρολογικού, ωκεανογραφικού και φυσικού περιβάλλοντος. Οι δορυφόροι DMSP εκτελούν μία ηλιοσύγχρονη, σχεδόν πολική τροχιά, σε υψόμετρο 830 km από την επιφάνεια της γης και περιόδου 101 λεπτών (δηλαδή εκτελούν 14 περιστροφές την ημέρα πραγματοποιώντας σχεδόν καθολική κάλυψη της γης) (<http://ngdc.noaa.gov>).

Ο OLS (Operational Linescan System) είναι ένα ραδιόμετρο περιοδικής σάρωσης με την ικανότητα απεικόνισης ασθενών πηγών εκπομπής φωτός στο ορατό και στο θερμικό υπέρυθρο φάσμα. Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της κατανομής των νεφών καθώς και των θερμοκρασιών αυτών δύο φορές κάθε μέρα. Το εύρος σάρωσης του είναι 3000km και παρέχει πλήρη παγκόσμια ημερήσια και νυχτερινή κάλυψη σε περίοδο 24 ωρών. Ο OLS διαθέτει δύο ευρεία φασματικά κανάλια. Το πρώτο φασματικό κανάλι (VNIR) είναι ευαίσθητο σε μήκη κύματος 0.4 - 1.1μm της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Καλύπτει δηλαδή τμήμα του ορατού και εγγύς υπέρυθρου φάσματος. Η ραδιομετρική ικανότητα του είναι 6-bit με τις τιμές των pixel να κυμαίνονται από 0 έως 63. Το δεύτερο φασματικό κανάλι καταγράφει ακτινοβολία στη φασματική περιοχή του θερμικού υπέρυθρου, σε μήκη κύματος 10.0 – 13.4μm. Η ραδιομετρική ικανότητα του είναι 8-bit, δηλαδή κάθε pixel μπορεί να λάβει 256 διαφορετικές τιμές (από 0 έως 255). Οι τιμές των pixel στο υπέρυθρο αντιστοιχούν σε θερμοκρασίες με εύρος από 190 έως 310 Kelvin (<http://ngdc.noaa.gov>).

Ο OLS χρησιμοποιεί και ένα φωτοπολλαπλασιαστή (photo multiplier tube -PMT), ο οποίος ενισχύει το σήμα του VNIR καναλιού επιτρέποντας έτσι την παρατήρηση νεφών, φωτισμένων από το φως του φεγγαριού. Τα δεδομένα PMT έχουν μια ευρεία φασματική απόκριση 0,44 – 0,94μm και καλύπτουν το εύρος των εκπομπών από τους πιο ευρέως χρησιμοποιημένους λαμπτήρες για το φωτισμό εξωτερικών χώρων. Ακόμη η εξάλειψη του ηλιακού φωτός επιτρέπει την ανίχνευση των φώτων της πόλης, καύσεων φυσικού αερίου αλλά και εφήμερων πηγών όπως πυρκαγιές (Cinzano et al., 2000). Από το 1970 το DMSP έχει θέσει σε λειτουργία δορυφόρους πολικής τροχιάς με

την ικανότητα απεικόνισης ασθενών πηγών εκπομπής φωτός της γήινης επιφάνειας. Ο αισθητήρας OLS πέταξε για πρώτη φορά σε δορυφόρους DMSP το 1976 (Elvidge et al., 1999).



Εικόνα 3: Φασματική ευαισθησία των δεδομένων PMT στο δορυφόρο DMSP/F12 (Πηγή: Cinzano et al., 2000)

Όπως όλοι οι cross-track αισθητήρες σάρωσης έτσι και ο OLS χρησιμοποιεί ένα μεγάλο εύρος γωνιών σάρωσης για την απόκτηση εικόνων και έτσι υπόκειται σε δύο γεωμετρικά προβλήματα. Το ένα έχει να κάνει με την ποικιλία στην αντανάκλαση μίας επιφάνειας για μία δεδομένη γωνία θέασης και γωνία φωτισμού και είναι γνωστό ως BRDF (bi-directional reflectance distribution function). Ουσιαστικά το BRDF χρησιμοποιείται για να περιγράψει ότι τα αντικείμενα φαίνονται διαφορετικά όταν παρατηρούνται από διαφορετικές οπτικές γωνίες και όταν φωτίζονται από διαφορετικές κατευθύνσεις. Το δεύτερο πρόβλημα σχετίζεται με μία γεωμετρική διαταραχή στο μέγεθος των εικονοστοιχείων όσο η σάρωση απομακρύνεται από το ναδίρ (Doll, 2008). Ο OLS βαθμονομείται πριν από την εκτόξευση, κάτω από συνθήκες οι οποίες προσομοιάζουν το περιβάλλον του διαστήματος. Τα δεδομένα βαθμονόμησης μετατρέπουν την εισερχόμενη ακτινοβολία σε ψηφιακές τιμές (DNs) σε συγκεκριμένες ρυθμίσεις gain. Με βάση τα δεδομένα βαθμονόμησης είναι δυνατή η συσχέτιση πίσω στο εργαστήριο, των ψηφιακών τιμών με τις παρατηρούμενες ακτινοβολίες. Οι τιμές του gain τροποποιούνται για την ανίχνευση του προβλεπόμενου φωτισμού με βάση τη σεληνιακή φάση και ανύψωση. Επιπλέον, ένας αλγόριθμος BRDF τροποποιεί το gain στο τμήμα της σάρωσης όπου η γωνία φωτισμού ισούται με τη γωνία παρατήρησης. Γενικά, οι ρυθμίσεις του gain αυξάνονται σταδιακά όσο μειώνεται ο σεληνιακός φωτισμός (Elvidge et al., 1999).

Το 1992 το NGDC (National Geophysical Data Center) δημιούργησε ένα ψηφιακό αρχείο με δεδομένα του OLS και από το 1994 παράγει παγκόσμια προϊόντα νυχτερινών φώτων χωρίς σύννεφα με βάση τα δεδομένα αυτά. Υπάρχουν δύο τρόποι χωρικής ανάλυσης με βάση τους οποίους μπορούν να καταγραφούν τα δεδομένα από τον OLS. Από τη μία πλευρά έχουμε δεδομένα πλήρους ανάλυσης (fine data) με χωρική ανάλυση 0,56km και από την άλλη πλευρά έχουμε «ομαλοποιημένα» δεδομένα (smoothed data) με χωρική ανάλυση 2,7km, τα οποία προκύπτουν από την βαθμονόμηση επί του σκάφους (on board) των δεδομένων πλήρους ανάλυσης και την εφαρμογή ενός φίλτρου μέσης τιμής σε κάθε γειτονιά 5 x 5 κελιών (Elvidge et al., 2001; Doll, 2008). Αυτή η διαδικασία γίνεται για να μειωθεί η ποσότητα της μνήμης που απαιτείται πάνω στο δορυφόρο (Doll, 2008). Τα δεδομένα πλήρους ανάλυσης παρέχουν περισσότερη χωρική πληροφορία και περιλαμβάνουν την ανίχνευση μικρών φώτων τα οποία μπορεί να συγχέονταν με θόρυβο στα ομαλοποιημένα δεδομένα (Elvidge et al., 2001). Σήμερα, παρέχονται τέσσερις διαφορετικοί τύποι ψηφιακών δορυφορικών εικόνων από τα δεδομένα του DMSP-OLS:

- Σταθερά φώτα (Stable lights)
- Ραδιομετρικά βαθμονομημένα φώτα (Radiance Calibrated Lights)
- Μέσης ψηφιακής τιμής (Average Lights).
- Μέσης ψηφιακής τιμής X Percentage (Average Lights X Pct)

3.2 ΣΤΑΘΕΡΑ ΦΩΤΑ (STABLE LIGHTS)

Τα σταθερά φώτα αποτελούν σύνθετες εικόνες των μέσων τιμών φωτεινότητας των επίγειων εκπομπών φωτισμού, με απουσία νεφών, οι οποίες παράγονται σε ετήσια βάση και φιλτράρονται για την αφαίρεση θορύβου ή άλλων εφήμερων πηγών (Elvidge et al., 2001). Δείχνουν την ποσοστιαία συχνότητα με βάση την οποία τα φώτα ανιχνεύονται μέσα σε ένα σύνολο παρατηρήσεων χωρίς νεφοκάλυψη αλλά δεν αποτελούν πραγματική ένδειξη της λαμπρότητας αυτών. Αυτό οφείλεται στο ότι οι υψηλές τιμές του συντελεστή ενίσχυσης (gain) οδηγούν σε κορεσμό στα φώτα των πόλεων και κατά συνέπεια σε αδυναμία εξαγωγής ακτινοβολίας από τα δεδομένα αυτά (Elvidge et al., 1999,2001). Τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση των εικόνων αυτών πρέπει να είναι από το κέντρο της λωρίδας σάρωσης του OLS, να μην έχουν ηλιακό φως, σεληνόφως, ή λάμπες, να είναι χωρίς νέφη, να μην έχουν επηρεαστεί από

τις εκπομπές του σέλαος, ο συντελεστής ενίσχυσης (gain) να είναι σε κανονικά επίπεδα και να καλύπτεται ο φωτισμός στις περιοχές καύσης αερίου (Elvidge et al., 2014).

Σε ότι αφορά τη διαδικασία σύνθεσης των εικόνων αυτών, αρχικά τα εικονοστοιχεία του OLS ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες: DAYTIME, NIGHTTIME MARGINAL, ZERO LUNAR ILLUMINANCE, CLOUDS PRESENT, και NO DATA. Στη συνέχεια επιλέγονται τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται κατά τη διάρκεια των σκοτεινών μισών των σεληνιακών κύκλων, με ελάχιστο ή χωρίς σεληνιακό φωτισμό¹(δηλαδή τα δεδομένα της κατηγορίας ZERO LUNAR ILLUMINANCE). Αυτό συμβαίνει καθώς εκείνες τις νύχτες, ο συντελεστής ενίσχυσης (gain) του NVIR καναλιού καταγραφής παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή του, επιτρέποντας την ανίχνευση μικρών πηγών εκπομπής φωτισμού στη γη, ενώ παράλληλα αποφεύγεται η ανίχνευση νεφών φωτισμένων από το φως της σελήνης, τα οποία μπορεί να συγχέονταν με επίγειες πηγές εκπομπής στο ορατό και εγγύς υπέρυθρο φάσμα. Έπειτα τα δεδομένα επαναπροβάλλονται σε χωρική ανάλυση 30 arc second, που αντιστοιχεί περίπου σε 1 km στον ισημερινό. Τα δεδομένα που βρίσκονται στα άκρα του πλάτους σάρωσης του OLS χαρακτηρίζονται από χαμηλότερη ακρίβεια γεωεντοπισμού και υψηλές τιμές θορύβου στο ορατό κανάλι καταγραφής και έτσι απομακρύνονται. Οι παρατηρήσεις με παρουσία νεφών απομακρύνονται ύστερα από σύγκριση των δεδομένων στο θερμικό κανάλι καταγραφής του OLS με τη θερμοκρασία της επιφάνειας της γης. Δεδομένα με περιοχές με θερμοκρασία χαμηλότερη από την επιφάνεια της γης αντιπροσωπεύουν νέφη και αφαιρούνται καθώς η παρουσία νεφών επηρεάζει την ένταση και την τοποθεσία των φώτων στο ορατό κανάλι καταγραφής (Baugh et al., 2010). Σε μία τυπική ετήσια σύνθετη εικόνα χωρίς νεφοκάλυψη, οι περισσότερες περιοχές διαθέτουν 20-100 παρατηρήσεις με απουσία νεφών, παρέχοντας έτσι ένα προσωρινό δείγμα των θέσεων και των τιμών λαμπρότητας των φώτων που υπάρχουν σε αυτές (Elvidge et al, 2014). Επιπλέον, τα δεδομένα τα οποία έχουν επηρεαστεί από εκπομπές του σέλαος, ηλιακό φως ή λάμπες έχουν εντοπιστεί από το αρχικό στάδιο και παραλείπονται (Baugh et al, 2010).

Στο σημείο αυτό έχει δημιουργηθεί μία σύνθετη εικόνα (average visible band composite product) με το μέσο όρο των τιμών DN's του ορατού καναλιού του OLS, στην οποία όμως δεν διακρίνονται διαφορετικές πηγές εκπομπής φωτός. Για παράδειγμα, διάφορα είδη φωτισμού όπως οι πυρκαγιές και οι μικρές πόλεις, εμφανίζουν ίδιες φασματικές

¹ Οι Elvidge et al (2001) χρησιμοποιούν δεδομένα με σεληνιακό φωτισμό που να μην ξεπερνάει το 50%.

υπογραφές στα παραγόμενα προϊόντα. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού αναπτύχθηκε ένας αλγόριθμος ανίχνευσης με βάση τον οποίο η τιμή που παίρνει κάθε εικονοστοιχείο αποτελεί το ποσοστό των φορών που ανιχνεύονται τα φώτα κατά τη διάρκεια λήψεων με απουσία νεφών. Η εκάστοτε πηγή εκπομπής αναγνωρίζεται με βάση τη χρονική συχνότητα και σταθερότητα των φώτων. Επομένως, εφήμερες πηγές όπως οι πυρκαγιές αναγνωρίζονται με βάση τις υψηλές ψηφιακές τιμές τους και την παροδικότητά τους και αφαιρούνται. Ο θόρυβος στο υπόβαθρο αφαιρείται θέτοντας κατώτερα όρια (thresholds) με βάση τις τιμές του NVIR καναλιού στις περιοχές στις οποίες δεν ανιχνεύεται φωτισμός (Baugh et al., 2010).

Η υψηλή συσχέτιση μεταξύ του προϊόντος *stable lights* και της έκτασης των αστικών περιοχών έχει οδηγήσει στην ευρεία χρήση του για την εκτίμηση της χωρικής κατανομής της ανθρώπινης δραστηριότητας σε παγκόσμια και τοπική κλίμακα. Παρόλα αυτά η έλλειψη της έντασης του φωτισμού εμπόδισε τη διερεύνηση της έντασης της ανθρώπινης δραστηριότητας, όπως η πληθυσμιακή πυκνότητα (Huang et al., 2014).

Το NGDC από τον Ιανουάριο του 2010 διέθεσε ελεύθερα χρονοσειρά νυχτερινών φώτων (Nighttime Lights Time Series) από το 1992-2013. Πρόκειται για 33 ετήσιες, σύνθετες εικόνες χωρίς νεφοκάλυψη με χωρική ανάλυση 1 km οι οποίες αποτελούνται από 3 είδη δεδομένων:

- Cloud-free coverage: Οι εικόνες αυτές περιλαμβάνουν καλύψεις με απουσία νεφών και χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση περιοχών με χαμηλό αριθμό παρατηρήσεων όπου η ποιότητα μειώνεται.
- Average visible data: Πρόκειται για εικόνες που περιέχουν το μέσο όρο των τιμών των DNs του ορατού καναλιού του OLS και δεν έχουν υποστεί περαιτέρω φιλτράρισμα. Οι τιμές των δεδομένων έχουν εύρος από 0 έως 63.
- Σταθερά φώτα (stable lights): Όπως έχει προαναφερθεί, περιλαμβάνει τα φώτα που εκπέμπονται από ανθρώπινους οικισμούς και άλλα σημεία με μόνιμο φωτισμό(συμπεριλαμβάνονται και οι καύσεις φυσικού αερίου). Εφήμερες πηγές όπως πυρκαγιές έχουν αφαιρεθεί ενώ ο θόρυβος στο υπόβαθρο ανιχνεύεται και αντικαθίσταται με τιμή 0. Οι τιμές των δεδομένων έχουν εύρος από 1 έως 63. Τέλος σε περιοχές με μηδενικές παρατηρήσεις χωρίς νέφη ορίζεται τιμή 255.

Η χρονοσειρά των νυχτερινών φώτων χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δυναμικών των κοινωνικοοικονομικών και δημογραφικών αλλαγών. Ωστόσο, το κύριο ζήτημα που επηρεάζει τη χρήση των εικόνων αυτών σε μακροχρόνιες αναλύσεις είναι η ανάγκη βαθμονόμησης των δεδομένων (Huang et al., 2014).

3.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ OLS

Τα νυχτερινά φώτα δύναται να αποτελέσουν έναν αποτελεσματικό δείκτη της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η απεικόνιση των ανθρώπινων οικισμών και δραστηριοτήτων σε παγκόσμια κλίμακα και σε τακτά χρονικά διαστήματα, είναι μία δύσκολη διαδικασία αν χρησιμοποιεί κανείς παραδοσιακές πηγές. Τα χαρακτηριστικά των αστικών περιοχών μπορούν να εξαχθούν από δορυφορικές εικόνες υψηλής χωρικής ανάλυσης αλλά η δημιουργία παγκόσμιων χαρτών σε ετήσια βάση δεν είναι εφικτή τόσο από πλευρά συλλογής των δεδομένων όσο και από πλευρά ανάλυσης αυτών. Συστήματα καταγραφής μέτριας χωρικής ανάλυσης όπως είναι ο Landsat έχουν χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την απεικόνιση αστικών περιοχών. Ωστόσο, κατά την επεξεργασία των δεδομένων αυτών μοναδικά φασματικά χαρακτηριστικά που μπορεί να διακρίνουν μία αστική περιοχή, εντάσσονται σε μία ενιαία θεματική τάξη (Elvidge et al., 2007). Παράλληλα, η τμηματοποίηση των αστικών περιοχών μέσω ταξινόμησης χαρακτηρίζεται από αναποτελεσματικότητα στο διαχωρισμό της αστικής από την άγονη γη, κάτι το οποίο είναι σημαντικό για την παρακολούθηση της αστικής εξάπλωσης (Stathakis et al., 2012). Επιπλέον, τα δορυφορικά συστήματα τύπου Landsat δεν θεωρούνται κατάλληλα για την ανίχνευση της διάσπαρτης δόμησης. Τέλος, η δημιουργία χαρτών των οικισμών σε περιφερειακή και παγκόσμια κλίμακα απαιτεί πολύ χρόνο (λόγω της φασματικής πολυπλοκότητας των δεδομένων) ενώ και οι παραγόμενες εικόνες είναι μικρότερες σε σχέση με εκείνες του OLS (Elvidge et al., 2007).

Η τηλεπισκόπηση βραδινών φώτων παρέχει έναν ακριβή, οικονομικό και άμεσο τρόπο για τον εντοπισμό των οικισμών ή ανθρώπινων δραστηριοτήτων και την απεικόνιση της κατανομής και της πυκνότητας αυτών στο χώρο. Τα νυχτερινά φώτα του DMSP παρέχουν τη μεγαλύτερη συνεχή χρονοσειρά παγκόσμιων αστικών προϊόντων τηλεπισκόπησης. Τα προϊόντα είναι διαθέσιμα από το 1992 μέχρι το 2013 (Elvidge et al., 2014). Ωστόσο, η χαμηλή χωρική ανάλυση² σε συνδυασμό με τη μεγάλη επικάλυψη μεταξύ των pixel κατά τη διαδικασία απόκτησης των δεδομένων³ και με την

² Ο OLS έχει χωρική ανάλυση 2,7km και στη συνέχεια πραγματοποιείται επανασύσταση (resampling), δηλαδή εκ νέου προσδιορισμός των τιμών των pixel σε 1km.

³ Αυτό σημαίνει ότι το φως σε μία τοποθεσία δύναται να καταγράφεται σε περισσότερα από ένα pixel.

συσσώρευση γεωμετρικών σφαλμάτων κατά τη διαδικασία σύνθεσης των εικόνων⁴, οδηγεί στο να καταλαμβάνουν τα εξαγόμενα νυχτερινά φώτα μεγαλύτερη έκταση σε σχέση με τις πραγματικές διαστάσεις των επίγειων φωτεινών πηγών. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό στη βιβλιογραφία ως ‘glowing’ ή ‘blooming’ και εμφανίζεται σε περιοχές εκπομπής φωτισμού υψηλής λαμπρότητας όπως είναι εγκαταστάσεις ανάφλεξης φυσικού αερίου ή μεγάλα αστικά και βιομηχανικά κέντρα. Επιπλέον, ενισχύεται από την διασκόρπιση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (σκέδαση) στην ατμόσφαιρα από αιωρούμενα σωματίδια ή από μεγάλα μόρια ατμοσφαιρικών αερίων (Elvidge et al., 2007; Small et al., 2005). Τέλος, τα φώτα του DMSP δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διάκριση των διαφόρων τύπων φωτισμού εντός ενός αστικού περιβάλλοντος ή μεταξύ διαφορετικών, λόγω της χαμηλής ραδιομετρικής διακριτικής ικανότητάς τους (Elvidge et al., 2007). Το πρόβλημα του κορεσμού το οποίο εμφανίζεται κυρίως στους αστικούς πυρήνες, αποτελεί σημαντική πρόκληση στη χρήση των νυχτερινών φώτων για τον εντοπισμό διαφορών μεταξύ αστικών περιοχών. Η διόρθωση ή μείωση του κορεσμού των τιμών των νυχτερινών φώτων θα βελτιώνει τη χρησιμότητα αυτών σε ενδο-αστικές και δια-αστικές εφαρμογές (Zhang et al., 2014). Οι Elvidge et al. (2007) εντοπίζουν 11 σημαντικές ελλείψεις που παρουσιάζουν τα δεδομένα του αισθητήρα OLS:

- Χαμηλή χωρική διακριτική ικανότητα
- Έλλειψη βαθμονόμησης επί του σκάφους (on-board)
- Έλλειψη συστηματικής καταγραφής των αλλαγών στις επίπεδα του συντελεστή ενίσχυσης
- Περιορισμένο δυναμικό εύρος
- Περιορισμένη ραδιομετρική ικανότητα (6-bit)
- Η λειτουργία σε υψηλά gains συμβάλλει στον κορεσμό (saturation) του σήματος σε περιοχές έντονης λαμπρότητας όπως είναι τα αστικά κέντρα
- Έλλειψη ιδανικού καναλιού καταγραφής στο θερμικό υπέρυθρο για την ανίχνευση περιστατικών πυρκαγιών
- Περιορισμένη καταγραφή και αποθήκευση δεδομένων
- Υπερεκτίμηση των φωτισμένων περιοχών (φαινόμενο «blooming») λόγω της χωρικής ανάλυσης των δεδομένων και της αντανάκλασης του φωτός από τις

⁴Τα δεδομένα καταγράφονται από τον αισθητήρα σε σειρές και προσδιορίζονται χωρικά με βάση τα δεδομένα πλοήγησης. Οι τιμές των καταγραφόμενων δεδομένων προβάλλονται σε ένα πλέγμα ανάλυσης 1km, το οποίο αποτελεί ουσιαστικά μία προσέγγιση της γήινης επιφάνειας. Σε κάθε διαδικασία μετασχηματισμού υπεισέρχονται σφάλματα.

παρακείμενες περιοχές. Υπάρχει έλλειψη μίας καλά ορισμένης συνάρτησης διασποράς της ακτινοβολίας (Point Spread Function, SPF)

- Έλλειψη ενός καλά ορισμένου στιγμιαίου οπτικού πεδίου (IFOV)
- Έλλειψη πολλών και στενών ζωνών καταγραφής για την ανίχνευση φώτων (μικρή φασματική διαχωριστική ικανότητα)

Ωστόσο στη βιβλιογραφία εμφανίζονται διάφορες μέθοδοι για την αντιμετώπιση κάποιων από τις παραπάνω αδυναμίες. Οι Elvidge et al. (1999) δημιούργησαν μία ραδιομετρικά βαθμονομημένη εικόνα (radiance calibrated image) για να αντιμετωπίσουν την έλλειψη βαθμονόμησης επί του σκάφους (on-board). Γενικά, η κατάλληλη τιμή του gain που χρειαζόταν για να αποφευχθεί ο κορεσμός στα αστικά κέντρα δεν ήταν γνωστή καθώς ο OLS δεν λειτουργούσε με σκοπό την παρατήρηση των επίγειων πηγών εκπομπής φωτός. Έτσι λοιπόν συλλέχθηκαν δεδομένα OLS με διαφορετικά επίπεδα gain. Η ραδιομετρικά βαθμονομημένη εικόνα προέκυψε από το συνδυασμό δύο εικόνων του OLS με χαμηλά και υψηλά επίπεδα gain αντίστοιχα. Ο ραδιομετρικά βαθμονομημένος μέσος όρος των DN κάθε εικόνας σταθμίστηκε από το συνολικό αριθμό των ανιχνεύσεων. Το τελικό προϊόν περιείχε ραδιομετρικές ακτινοβολίες με εύρος μεταξύ 1.54×10^{-9} και 3.17×10^{-7} Watts/cm²/sr. Συγκρίνοντας το παραπάνω προϊόν με τα σταθερά φώτα της ίδιας περιόδου, προέκυψε ότι πρώτο επέτρεψε την παρατήρηση διακυμάνσεων της φωτεινότητας εντός των αστικών κέντρων⁵ και παρείχε μία λεπτομερή χωρική κατανομή της έντασης των νυχτερινών φώτων⁶. Επιπλέον, τα ραδιομετρικά βαθμονομημένα φώτα δείχνουν χαμηλά επίπεδα διάχυτου φωτισμού στις πυκνοκατοικημένες αγροτικές περιοχές, συμβάλλοντας έτσι στον περιορισμό του φαινομένου ‘blooming’ (Elvidge et al., 1999). Ωστόσο σημειώνεται ότι η διαδικασία βαθμονόμησης είναι περίπλοκη και για αυτό το λόγο λίγες τέτοιες εικόνες δημιουργήθηκαν σε περιφερειακή κλίμακα τα τελευταία χρόνια (Huang et al., 2014).

Επιπλέον, αναπτύχθηκαν διάφοροι μέθοδοι για την αντιμετώπιση του κορεσμού που εμφανίζεται στα κέντρα των πόλεων, οι οποίες δύναται να διακριθούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις μεθόδους εκείνες που χρησιμοποιούν μόνο δεδομένα νυχτερινού φωτισμού και η δεύτερη εκείνες που χρησιμοποιούν άλλα δορυφορικά δεδομένα για να διορθώσουν τα νυχτερινά φώτα. Όσο αφορά στις

⁵ Όπως έχει προαναφερθεί τα σταθερά φώτα (stable lights) δίνουν πληροφορία σχετικά με τη τοποθεσία των μόνιμων πηγών εκπομπής φωτός και όχι σχετικά τη λαμπρότητα αυτών

⁶ Η πρόσθετη χωρική πληροφορία της έντασης του φωτός βοηθάει στην αύξηση της ακρίβειας των εκτιμήσεων της ανθρώπινης δραστηριότητας (Huang et al., 2014).

μεθόδους της πρώτης κατηγορίας, οι Letu et al. (2010) χρησιμοποίησαν κυβικά μοντέλα παλινδρόμησης για να διορθώσουν τον κορεσμό σε επίπεδο διοικητικής ενότητας. Οι Ziskin et al. (2010) δημιούργησαν δεδομένα νυχτερινού φωτισμού χωρίς κορεσμό προσθέτοντας δεδομένα που συλλέχθηκαν σε χαμηλά επίπεδα gain και αφορούσαν αστικά κέντρα σε δεδομένα που συλλέχθηκαν σε υψηλά επίπεδα gain. Γενικά ο OLS λειτουργεί σε υψηλές τιμές gain καθιστώντας δυνατή την ανίχνευση ασθενών πηγών εκπομπής στο ορατό και εγγύς υπέρυθρο φάσμα. Ωστόσο, οι υψηλές τιμές gain οδηγούν στην εμφάνιση κορεσμού στα φώτα των πόλεων και στην αδυναμία εξαγωγής ακτινοβολίας από τα δεδομένα αυτά. Αντίθετα, χαμηλά επίπεδα του gain επιτρέπουν την απεικόνιση των φωτεινών αστικών κέντρων με περισσότερες πληροφορίες (Elvidge et al., 1999; Cinzano et al., 2000; Zhang et al., 2013).

Οι μέθοδοι διόρθωσης που ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία, βασίζονται στη λογική ότι η σχέση των αστικών χαρακτηριστικών με τη βλάστηση είναι αντιστρόφως ανάλογη. Οι Zhang et al. (2013) πρότειναν ένα χωρικό δείκτη (Vegetation Adjusted NTL Urban Index) ο οποίος προκύπτει από το συνδυασμό των νυχτερινών δεδομένων με το δείκτη MODIS NDVI προκειμένου να μειωθούν οι επιδράσεις του κορεσμού στα αστικά κέντρα και να ενισχυθεί η διακύμανση των τιμών των δεδομένων σε αυτές τις περιοχές.

3.4 ΔΙΑΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ (INTERCALIBRATION)

Γενικά τίθεται το ζήτημα σχετικά με το κατά πόσο είναι δυνατό να αναλυθούν αξιόπιστα οι αλλαγές στο φωτισμό σε μία χρονοσειρά σταθερών φώτων (stable lights) του OLS. Αυτό δεν μπορεί να διασφαλιστεί από τη στιγμή που το VNIR κανάλι δεν επιδέχεται βαθμονόμησης κατά την πτήση (on board) αλλά και καθώς οι 6 αισθητήρες οι οποίοι έχουν χρησιμοποιηθεί από το 1992 μέχρι σήμερα, διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη ραδιομετρική τους απόδοση ενώ μικρές διαφορές εντοπίζονται και στο εύρος των φασματικών τους ζωνών (bandpasses). Ακόμη, ο κάθε αισθητήρας έχει διαφορετικό όριο ανίχνευσης και ακτινοβολία κορεσμού. Τέλος, σημειώνεται ότι η οπτική τους απόδοση υποβαθμίζεται με τη πάροδο του χρόνου (Elvidge et al., 2014).

Οι Liu et al. (2012) αναφέρουν ότι η έλλειψη συνέχειας και συγκρισιμότητας που χαρακτηρίζει τα σταθερά φώτα (stable lights) δεν επιτρέπει τη χρήση τους για την άμεση εξαγωγή των δυναμικών αστικής εξάπλωσης. Συγκεκριμένα τα κύρια προβλήματα που εντόπισαν είναι:

- Διαφορές στις τιμές DN που προέρχονται από διαφορετικούς δορυφόρους για την ίδια χρονιά.
- Αφύσικες διακυμάνσεις των τιμών DN για διαφορετικές χρονιές, που προέρχονται όμως από τον ίδιο δορυφόρο.
- Διαφορές στον αριθμό των φωτεινών εικονοστοιχείων ανάμεσα σε 2 δορυφόρους για την ίδια χρονιά.
- Αφύσικη μείωση του αριθμού των φωτεινών εικονοστοιχείων ανάμεσα σε εικόνες διαφορετικών χρονιών αλλά προερχόμενες από τον ίδιο δορυφόρο.

Εκτός των παραπάνω, οι Wu et al. (2013) αναφέρουν ότι η ύπαρξη του φαινομένου του κορεσμού στα φωτεινά εικονοστοιχεία αποτελεί επίσης παράγοντα που περιορίζει την αποτελεσματική σύγκριση διαχρονικών δεδομένων του OLS.

Στη βιβλιογραφία έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι για αντιμετώπισης των ραδιομετρικών σφαλμάτων των δεδομένων του DMSP, οι οποίες κατά κύριο λόγο στηρίζονται στην ανάλυση παλινδρόνησης μεταξύ των ψηφιακών τιμών μίας εικόνας αναφοράς (reference image) με τις ψηφιακές τιμές των άλλων εικόνων. Έτσι οι ψηφιακές τιμές κάθε εικόνας προσαρμόζονται στο εύρος των τιμών της εικόνας αναφοράς (Liu et al., 2012; Wu et al., 2013; Elvidge et al., 2014).

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω θεμάτων, οι Elvidge et al. (2014) ανέπτυξαν μια διαδικασία διαβαθμονόμησης προκειμένου να μετατραπούν οι τιμές των δεδομένων κάθε προϊόντος σε ένα κοινό εύρος το οποίο ορίζεται από το έτος αναφοράς. Η διαδικασία αυτή στηρίζεται στην υπόθεση ότι η λαμπρότητα των φώτων σε μία περιοχή αναφοράς έχει μεταβληθεί ελάχιστα με τη πάροδο του χρόνου. Στο πλαίσιο αυτό, ύστερα από την εξέταση διαφόρων δειγμάτων φώτων από οικισμούς προέκυψε ότι η εικόνα F121999 είχε τις υψηλότερες ψηφιακές τιμές, λόγω του κορεσμού στους φωτεινούς αστικούς πυρήνες και στις μεγάλες αναφλέξεις αερίου. Έτσι λοιπόν, χρησιμοποιήθηκε ως εικόνα αναφοράς και τα δεδομένα από άλλες χρονιές προσαρμόστηκαν προκειμένου να ταιριάζουν με το δικό της εύρος δεδομένων. Στη συνέχεια εξετάζοντας τις υποψήφιες περιοχές διαβαθμονόμησης παρατηρήθηκε ότι πολλές είχαν μία συγκέντρωση από πολύ υψηλές τιμές και μία συγκέντρωση από πολύ χαμηλές τιμές. Στόχος ήταν η επιλογή μιας περιοχής με μία μεγάλη εξάπλωση των DNs και με πολύ μικρή μεταβολή του φωτισμού στη πάροδο του χρόνου. Κατά την εξέταση των διαγραμμάτων διασποράς των ψηφιακών τιμών για κάθε χρονιά με την εικόνα αναφοράς εντοπίστηκε η περιοχή (Σικελία) με τα παραπάνω επιθυμητά

χαρακτηριστικά. Κάθε ακραία τιμή από τη διαγωνίου δείχνει αλλαγή στο φωτισμό. Έτσι ο στόχος ήταν η εύρεση μίας περιοχής με μία συγκέντρωση σημείων ομαλά κατανεμημένων κατά μήκος της διαγωνίου και με όσο το δυνατό λιγότερες ακραίες τιμές. Για κάθε χρονιά αναπτύχθηκε ένα μοντέλο παλινδρόμησης δευτέρου βαθμού, οι συντελεστές των οποίων προήλθαν από τη σύγκριση της Σικελίας με την εικόνα αναφοράς. Σε επόμενο στάδιο διεξάγεται μία εξαγωγή, η οποία αθροίζει τις τιμές DN για το φωτισμό κάθε χώρας σε κάθε χρονιά. Ο φωτισμός από τις αναφλέξεις αερίου αφαιρείται. Κατά τη διαδικασία αυτή εφαρμόζεται η διαβαθμονόμηση με βάση τους συντελεστές κάθε μοντέλου. Επιπλέον, τιμές οι οποίες είναι μεγαλύτερες από 63 μετατρέπονται σε 63⁷. Έπειτα, οι ψηφιακές τιμές συνδέονται και εξάγεται ο δείκτης «sum of lights» (SOL) από κάθε χρονιά για κάθε χώρα. Για την ανίχνευση του διάχυτου φωτισμού που εντοπίζεται στις αγροτικές περιοχές και για την αντιμετώπιση της διαφοράς στα όρια ανίχνευσης σε κάθε εικόνα, μόνο DNs μεγαλύτερα ή ίσα του 6 προστίθενται στο SOL (Elvidge et al., 2014).

Στόχος της διαβαθμονόμησης είναι η δυνατότητα ανίχνευσης αλλαγών στη λαμπρότητα των φώτων σε μία χρονοσειρά. Η διαδικασία θεωρείται επιτυχημένη εάν υπάρξει σύγκλιση των τιμών του δείκτη SOL σε χρονιές όπου είναι διαθέσιμες 2 δορυφορικές εικόνες. Η έλλειψη πλήρους σύγκλισης ενδέχεται να οφείλεται στο ότι οι χρονικές στιγμές που περνούν οι δορυφόροι μπορεί να διαφέρουν μέχρι 2 ώρες και επομένως να έχουν επέλθει αλλαγές στις ανθρώπινες δραστηριότητες και στον φωτισμό. Άλλος δείκτης επιτυχημένης διαβαθμονόμησης είναι η εμφάνιση σταθερών τάσεων όπως η συνεχόμενη αύξηση του φωτισμού μιας χώρας από χρονιά σε χρονιά (Elvidge et al., 2014).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η πληθυσμιακή και οικονομική ανάπτυξη είναι οι κύριες παράμετροι που συνεισφέρουν στην επέκταση του νυχτερινού φωτισμού, πραγματοποιήθηκαν παλινδρομήσεις μεταξύ του δείκτη SOL και του πληθυσμού και ΑΕΠ για κάθε έτος. Εξετάζοντας τους συντελεστές συσχέτισης του SOL με τον πληθυσμό και του SOL με το ΑΕΠ, φαίνεται ότι σχεδόν ταυτίζονται ενώ εντοπίζονται και κάποιες χώρες όπου οι συντελεστές συσχέτισης δεν ταιριάζουν (ακραίες τιμές). Στη συνέχεια οι χώρες χωρίστηκαν σε 7 κατηγορίες με βάση τη συμπεριφορά του φωτισμού τους που σχετίζεται με τον πληθυσμό και το ΑΕΠ (Elvidge et al., 2014).

⁷ Επομένως, βλέπουμε ότι η διαδικασία της διαβαθμονόμησης αυξάνει τον αριθμό των κορεσμένων εικονοστοιχείων (DN=63).

Οι Wu et al (2013) χρησιμοποίησαν ως εικόνα αναφοράς μία ραδιομετρικά βαθμονομημένη εικόνα του έτους 2006⁸. Στη συνέχεια, για την εύρεση της περιοχής αναφοράς δημιούργησαν μια σύνθετη ψευδόχρωμη εικόνα σε συνδυασμό RGB χρησιμοποιώντας 3 ετήσιες εικόνες με τη μεγαλύτερη χρονική διαφορά μεταξύ τους. Επιθυμητές ήταν οι περιοχές οι οποίες παρέμεναν σχεδόν αμετάβλητες και στις 3 χρονιές, αποδίδοντας έτσι λευκή απόχρωση. Από τις υποψήφιες περιοχές, επιλέχθηκαν ο Μαυρίκιος, το Πουέρτο Ρίκο και η Okinawa, καθώς βρίσκονται σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, εμφάνιζαν μεγάλη εξάπλωση στις ψηφιακές τους τιμές⁹ και όντας σε μεγάλη απόσταση από την ηπειρωτική χώρα δεν επηρεάζονταν από νυχτερινές πηγές φωτισμού γειτονικών περιοχών. Έπειτα εξάχθηκαν οι ραδιομετρικές τιμές της εικόνας αναφοράς και των υπόλοιπων δορυφορικών εικόνων στις επιλεγμένες περιοχές και πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης μεταξύ αυτών. Η αξιολόγηση της διαδικασίας διαβαθμονόμησης γίνεται με τη δημιουργία του δείκτη TLI (total light index), ο οποίος αντιπροσωπεύει το σύνολο των ψηφιακών τιμών σε μία περιοχή (Wu et al., 2013).

3.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΝΥΧΤΕΡΙΝΩΝ ΦΩΤΩΝ

3.5.1 Δυναμικές αστικοποίησης και επιπτώσεις στο περιβάλλον

Τα νυχτερινά φώτα του DMSP/OLS έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση των δυναμικών των ανθρώπινων οικισμών και τη μέτρηση των επιπτώσεων της αστικής ανάπτυξης στο φυσικό περιβάλλον. Τη δεκαετία του '70 επισημάνθηκε για πρώτη φορά η δυνατότητα χρήσης των νυχτερινών εικόνων του OLS για την παρακολούθηση των φώτων της πόλης και άλλων πηγών εκπομπής στο ορατό και στο εγγύς υπέρυθρο φάσμα. Η υψηλή αντίθεση που χαρακτηρίζει τις εικόνες του OLS, ανάμεσα στις φωτισμένες και μη περιοχές επέτρεψε τη χρήση τους για την αναγνώριση περιοχών όπου διεξαγόταν σημαντική ανθρωπογενής δραστηριότητα (Croft, 1979).

Η κύρια πρόκληση σε αυτές τις εφαρμογές είναι η διάκριση του μόνιμου φωτισμού των οικισμών από το παροδικό φωτισμό και η μείωση του φαινομένου 'blooming' στα όρια των πόλεων, το οποίο δύναται να αυξήσει την έκταση αυτών (Huang et al., 2014). Οι Imhoff et al. (1997) προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις επιδράσεις του 'blooming' και να παράγουν έναν πιο ακριβή χάρτη των αστικών περιοχών χρησιμοποιούν έναν

⁸ Εφόσον η εικόνα αναφοράς ήταν ήδη ραδιομετρικά βαθμονομημένη, δεν υπάρχει φαινόμενο κορεσμού.

⁹ Γεγονός που συμβάλλει στη βελτίωση της ακρίβειας της ταξινόμησης

αλγόριθμο κατώτερου ορίου (thresholding algorithm). Για το διαχωρισμό των pixel που αντιπροσωπεύουν αστικές και μη χρήσεις γης, το κατώτερο όριο αυξανόταν σταδιακά προκειμένου να βρεθεί η κατάλληλη τιμή του. Ωστόσο αυτό είχε σαν αποτέλεσμα μετά από ένα σημείο και μετά, να εμφανίζονται μη αστικές περιοχές στο εσωτερικό των προηγούμενων ομοιόμορφων αστικών πυρήνων. Γενικά παρατηρήθηκε ότι το σημείο κατά το οποίο ξεκινούσε αυτός ο εσωτερικός κατακερματισμός ήταν ορατός από μία ξαφνική αύξηση της περιμέτρου των υπό μελέτη περιοχών. Έτσι λοιπόν αυτό το φαινόμενο χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης για τον υπολογισμό του ιδανικού επιπέδου της κατώτερης τιμής για τον διαχωρισμό των αστικών από τα μη αστικά pixels. Για 3 διαφορετικές μητροπολιτικές περιοχές, υπολογίστηκαν τα επίπεδα των κατώτερων τιμών για τα οποία ξεκινούσε ο εσωτερικός κατακερματισμός και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή αυτών. Η μέση τιμή ήταν 89%¹⁰ που σημαίνει ότι όλα τα pixels με τιμές ≥ 89 ταξινομήθηκαν ως αστικά και όλα τα υπόλοιπα ως μη αστικά (Imhoff et al., 1997).

Οι εκτιμήσεις των εκτάσεων των αστικών περιοχών ταυτίζονταν σε μεγάλο βαθμό με τα δεδομένα αναφοράς. Όμως το αρνητικό στοιχείο είναι ότι κατά τη διαδικασία αυτή εξαλείφθηκαν πολλές φωτεινές συγκεντρώσεις οι οποίες αντιπροσώπευαν μικρές πόλεις και χαμηλής πυκνότητας περιαστικές περιοχές. Αυτό συμβαίνει καθώς οι περιοχές αυτές έχουν συχνά χαμηλό ποσοστό φωτεινών τιμών, που οφείλεται συνήθως σε σφάλματα καταγραφής. Ένα φωτεινό pixel το οποίο αντιπροσωπεύει μία αστική περιοχή μετατοπίζεται ελαφρώς από τη τοποθεσία του καθώς καταγράφεται από τροχιά σε τροχιά, μειώνοντας έτσι τον αριθμό των φορών που αντιστοιχίζεται ως φωτεινό (random walk). Επιπλέον, η κατώτερη τιμή που προέκυψε, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλες τις πόλεις του κόσμου και ειδικότερα στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου η μέση ένταση του φωτός είναι μικρότερη σε σχέση με τις αναπτυγμένες (Imhoff et al., 1997). Τέλος, σε χώρες με ετερογένεια στο εσωτερικό τους σε ότι αφορά το επίπεδο ανάπτυξης, απαιτείται διαφορετική κατώτερη τιμή για κάθε περιφέρεια, προκειμένου να αυξηθεί η ακρίβεια χαρτογράφησης (Huang et al., 2014). Γενικά, οι διαφορές στη διαθεσιμότητα και στην κατανάλωση ενέργειας, στα επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης και στην πυκνότητα των οικισμών σε περιφερειακή ή παγκόσμια κλίμακα

¹⁰ Σημειώνεται ότι κάθε εικονοστοιχείο σε αυτή τη σύνθετη εικόνα έχει ένα ψηφιακό αριθμό με εύρος από 0 έως 100, ο οποίος αντιστοιχεί στο λόγο των φωτισμένων παρατηρήσεων προς το λόγο συνολικών παρατηρήσεων χωρίς νέφη επί 100. Για παράδειγμα, εάν ένα εικονοστοιχείο έχει τιμή 50, σημαίνει ότι ήταν φωτισμένο το 50% των φορών που παρατηρήθηκε με απουσία νεφών (Imhoff et al., 1997).

οδηγούν σε σημαντικές διαφοροποιήσεις στις τιμές των pixel στις εικόνες DMSP/OLS (Small et al., 2005).

Σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν άλλα δεδομένα τηλεπισκόπησης για την αύξηση της ακρίβειας χαρτογράφησης αστικών περιοχών. Οι Lu et al. (2008) επιχείρησαν μία ολοκληρωμένη προσέγγιση βασισμένη στη συνδυασμένη χρήση διάφορων δεδομένων τηλεπισκόπησης, για τη χαρτογράφηση οικισμών στη νοτιοανατολική Κίνα. Οι οικισμοί αποτυπώθηκαν από εικόνες του Landsat ETM+ μέσω της εφαρμογής μίας υβριδικής μεθόδου και αποτέλεσαν τα δεδομένα αναφοράς. Τα δεδομένα από τους DMSP-OLS και MODIS NDVI συνδυάστηκαν και δημιουργήθηκε ένας δείκτης (Human settlement Index) για τον εντοπισμό και την εξαγωγή μη αστικών καλύψεων γης όπως δάση, γεωργικές εκτάσεις και υδάτινα σώματα. Τα δύο σύνολα δεδομένων παρουσιάζουν διαφορές ως προς τα χαρακτηριστικά τους. Η χαμηλή ραδιομετρική διακριτική ικανότητα του OLS συχνά οδηγεί σε κορεσμό των δεδομένων στα αστικά κέντρα και δυσκολία στο διαχωρισμό διαφορετικών καλύψεων γης (Elvidge et al., 2007). Ο MODIS έχει υψηλότερη ραδιομετρική ικανότητα (16-bit) και παρέχει πιο λεπτομερή πληροφορία για το διαχωρισμό των καλύψεων γης αλλά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για την απεικόνιση οικισμών λόγω της πολυπλοκότητας των αστικών περιοχών και της ανάμειξης των φασματικών υπογραφών των τελευταίων με εκείνες των υδάτινων σωμάτων και της άγονης γης (καλύψεις με απουσία βλάστησης). Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ένα μοντέλο παλινδρόμησης για την εκτίμηση οικισμών σε περιφερειακή κλίμακα, στο οποίο τα δεδομένα των DMSP-OLS και MODIS NDVI χρησιμοποιήθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές και οι οικισμοί όπως ορίστηκαν από τις εικόνες Landsat ETM+ ως εξαρτημένη μεταβλητή. Το αποτέλεσμα ήταν ότι ο συνδυασμός των δεδομένων του OLS και NDVI παρείχε μία πιο ακριβή εκτίμηση και χωρική κατανομή των αστικών οικισμών από ότι θα έδινε κάθε δεδομένο ξεχωριστά (Lu et al., 2008).

3.5.2 Κοινωνικοοικονομικοί παράμετροι

Επιπλέον, ισχυρή είναι η συσχέτιση των δεδομένων νυχτερινού φωτισμού με κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους όπως είναι ο πληθυσμός, η πληθυσμιακή πυκνότητα, το ΑΕΠ και η κατανάλωση ενέργειας και ηλεκτρικού ρεύματος (Elvidge et al., 2014). Σύμφωνα με τους Huang et al. (2014) οι μελέτες που αφορούν την εξαγωγή κοινωνικοοικονομικής πληροφορίας από τα νυχτερινά δεδομένα διακρίνονται σε 2 τύπους. Ο πρώτος αφορά τη δημιουργία μίας στατιστικής σχέσης ανάμεσα στα

νυχτερινά φώτα και την εξεταζόμενη παράμετρο σε μία γεωγραφική περιοχή, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η κατανομή της στο χώρο. Ο δεύτερος τύπος μελετών αφορά την κατανομή των παραμέτρων στο χώρο (Huang et al., 2014).

Οι Sutton et al. (2001) επιχείρησαν μία εκτίμηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Η εκτίμηση του πληθυσμού πραγματοποιήθηκε με βάση την ισχυρή γραμμική συσχέτιση της επιφάνειας μίας πόλης και του πληθυσμού της, χρησιμοποιώντας ως δεδομένα αστικές συγκεντρώσεις όπως αναγνωρίζονται από τις εικόνες του OLS με γνωστό πληθυσμό. Το άθροισμα των εκτιμώμενων πληθυσμών αυτών των αστικών συγκεντρώσεων είναι η εκτίμηση του αστικού του πληθυσμού της κάθε χώρας. Ο συνολικός πληθυσμός κάθε χώρας υπολογίζεται χρησιμοποιώντας δημοσιευμένες τιμές για το ποσοστό του πληθυσμού της χώρας που ζει σε χωριά και πόλεις της πάνω από 2000 άτομα (Sutton et al., 2001).

Οι Elvidge et al. (1997) περιέγραψαν για πρώτη φορά τη σχέση του νυχτερινού φωτισμού με την οικονομική δραστηριότητα σε επίπεδο χώρας. Χρησιμοποιώντας ένα γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης όρισαν τη σχέση του εκτιμώμενου ΑΕΠ (GDP) με την επιφάνεια των φωτισμένων περιοχών, σε διάφορες χώρες, στα σταθερά φώτα του OLS (Elvidge et al., 1997c). Οι Doll et al. (2000) δημιούργησαν μία παγκόσμια σχέση των φωτισμένων περιοχών με το ΑΕΠ και δημιούργησαν τον πρώτο χάρτη ΑΕΠ βασισμένο σε δορυφορικά δεδομένα (Doll et al. από Doll, 2008).

Η κατανόηση της κατανομής του πλούτου και της οικονομικής ευημερίας του πληθυσμού έχει μεγάλη σημασία για την εφαρμογή πολιτικών τόσο σε Ευρωπαϊκό και όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Η εκτίμηση της οικονομικής δραστηριότητας από τα νυχτερινά φώτα βοηθά να ξεπεραστούν διάφορα προβλήματα που σχετίζονται με τη συλλογή δεδομένων από έρευνες, αφού είναι άμεσα διαθέσιμα και ενημερώνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Επιπρόσθετα, η παραοικονομία αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό της οικονομικής δραστηριότητας το οποίο παραλείπεται από τα επίσημα στατιστικά στοιχεία. Στο πλαίσιο αυτό οι Ghosh et al. (2010) δημιούργησαν ένα μοντέλο για την εκτίμηση της συνολικής (συμπεριλαμβανομένης και της άτυπης οικονομίας) οικονομικής δραστηριότητας με παγκόσμια εφαρμογή, με βάση τα νυχτερινά φώτα του OLS. Αρχικά, τα νυχτερινά φώτα χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του αθροίσματος των τιμών έντασης του φωτός για κάθε διοικητική μονάδα και τη κατανομή του ποσοστού της συνολικής οικονομικής δραστηριότητας που δεν αποδίδεται στη γεωργία για κάθε διοικητική μονάδα. Συγκεκριμένα, η χρησιμοποιούμενη εικόνα προέκυψε από μια συγχώνευση stable lights και radiance-

calibrated προϊόντων, η οποία δείχνει τις φωτεινές διακυμάνσεις μέσα στα αστικά κέντρα και βοηθάει να ξεπεραστεί το πρόβλημα του κορεσμού που εντοπίζεται στα σταθερά φώτα. Ακόμη, η χρήση ραδιομετρικά βαθμονομημένων εικόνων συμβάλλει στην ανίχνευση θαμπών φωτεινών περιοχών και επομένως εντοπίζεται περισσότερη οικονομική δραστηριότητα. Το ποσοστό της συνολικής εκτιμωμένης οικονομικής δραστηριότητας που αποδίδεται στη γεωργία για κάθε διοικητική ενότητα κατανεμήθηκε χωρικά με βάση το πληθυσμιακό πλέγμα Landsat. Στη συνέχεια αναπτύχθηκε μοντέλο παλινδρόμησης για τη βαθμονόμηση του άθροισματος των φώτων για την πρόβλεψη της οικονομικής δραστηριότητας και εξάχθηκαν μοναδικοί συντελεστές για κάθε διοικητική ενότητα¹¹. Αυτοί οι μοναδικοί συντελεστές πολλαπλασιάστηκαν με το άθροισμα των φώτων κάθε διοικητικής μονάδας παρέχοντας έτσι εκτιμήσεις της συνολικής οικονομικής δραστηριότητας (Ghosh et al., 2010).

Ο Sutton (1997) εξετάζει τη χρησιμότητα των νυχτερινών εικόνων του OLS στη χωρική κατανομή του πληθυσμού. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι κορεσμένες περιοχές των εικόνων του OLS δείχνουν ισχυρή συσχέτιση με τον συνολικό πληθυσμό που ζει στις περιοχές αυτές, επιχειρεί την μοντελοποίηση της πληθυσμιακής πυκνότητας εντός των αστικών περιοχών. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα σταθερά φώτα του OLS όπου εμφανιζόταν το μέγεθος και η μορφή των αστικών συγκεντρώσεων και ένα πλέγμα ανάλυσης 1km με τη πληθυσμιακή πυκνότητα των εξεταζόμενων περιοχών. Το τελευταίο χρησιμοποιήθηκε ως εικόνα αναφοράς για τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν από τα δεδομένα του OLS. Η σχέση μεταξύ του μεγέθους των αστικών συγκεντρώσεων και του αστικού πληθυσμού τους θεωρήθηκε λογαριθμική. Τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν περιγράφουν την πληθυσμιακή πυκνότητα ως συνάρτηση της απόστασης από το κέντρο της πόλης. Στο κέντρο της πόλης η πυκνότητα παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή της. Ωστόσο παρατηρήθηκε απόκλιση στα χρησιμοποιούμενα μοντέλα σε σχέση με τη πραγματική πληθυσμιακή πυκνότητα της εικόνας αναφοράς. Σύμφωνα με τον Sutton (1997) για μία πιο ακριβή μέθοδο μοντελοποίησης της πληθυσμιακής πυκνότητας είναι απαραίτητη η χρήση πρόσθετων δεδομένων (π.χ. ψηφιακό μοντέλο εδάφους, δείκτης NDVI κ.α.) και χαμηλότερα επίπεδα gain για την αποφυγή του κορεσμού και την εμφάνιση μεγαλύτερης διακύμανσης εντός των αστικών συγκεντρώσεων (Sutton, 1997).

¹¹ Το μοντέλο βασίστηκε στη σχέση της έντασης του φωτός με το ΑΕΠ.

3.5.3 Ενέργεια

Η εκτίμηση και η παρακολούθηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί αποτελεσματικά με τη χρήση νυχτερινών εικόνων. Ακόμη, η έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένας δείκτης φτώχειας και σχετίζεται με συνθήκες επιζήμιες για την υγεία και την ευημερία των ανθρώπων. Επομένως, η γνώση σχετικά με τη κατανομή και τη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντική για τη χάραξη κοινωνικών πολιτικών. Οι Elvidge et al. (2010) ανέπτυξαν μία τεχνική για την εκτίμηση του πληθυσμού που έχει πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια με βάση την παρουσία νυχτερινών φώτων. Η εκτίμηση των ποσοστών ηλεκτροδότησης έγινε με το συνδυασμό της χωρικής έκτασης του νυχτερινού φωτισμού και του πληθυσμού. Στη συνέχεια τα εκτιμώμενα ποσοστά ηλεκτροδότησης συγκρίθηκαν με τα δημοσιευμένα ποσοστά του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (Elvidge et al., 2010). Οι Letu et al. (2010) αναφέρουν ότι αν οι περιοχές μόνιμου φωτισμού μπορούν να εξαχθούν με ακρίβεια από τα δεδομένα του OLS είναι δυνατό να βελτιωθεί η ακρίβεια των παραμέτρων για την εκτίμηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι λοιπόν, εφαρμόζεται μία μέθοδος διόρθωσης, χρησιμοποιώντας ένα κυβικό μοντέλο παλινδρόμησης προκειμένου να εκτιμηθούν οι ψηφιακές τιμές του φωτός κορεσμού στην περιοχή μελέτης (Letu et al., 2010).

3.5.4 Άλλες εφαρμογές

Ένα πεδίο πολιτικής στο οποίο τα νυχτερινά φώτα μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά είναι η χαρτογράφηση και παρακολούθηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Κάποιες μελέτες βασίστηκαν μόνο στη σχέση μεταξύ του πληθυσμού και των εκπομπών CO² για την απεικόνιση της χωρικής κατανομής των τελευταίων. Ωστόσο πιο πρόσφατες μελέτες προχώρησαν στο συνδυασμό του πληθυσμού με τα νυχτερινά φώτα (Rayner et al., 2010) ενώ σε άλλες περιπτώσεις οι εκπομπές CO² από σημειακές πηγές (π.χ. εργοστάσια) συνδυάστηκαν με τις νυχτερινές εικόνες του OLS (Huang et al., 2014).

Τα νυχτερινά φώτα έχουν χρησιμοποιηθεί για τη χαρτογράφηση και την ποσοτικοποίηση της φωτορρύπανσης. Η φωτορρύπανση ορίζεται ως η αλλαγή του φυσικού φωτισμού τη νύχτα και δημιουργείται από τη σκέδαση του τεχνητού φωτός στα αέρια και στα μικρά σωματίδια της ατμόσφαιρας, με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία των ζώντων οργανισμών. Επομένως, η μοντελοποίηση της κατανομής της φωτεινότητας του νυχτερινού ουρανού είναι σημαντική για την

αξιολόγηση της ικανότητας του για αστρονομικές παρατηρήσεις, την ποσοτικοποίηση της ουράνιας λάμψης (sky glow)¹² και τον εντοπισμό τμημάτων της ατμόσφαιρας που βρίσκονται σε κίνδυνο. Οι Cinzano et al. (2001) με τη χρήση ραδιομετρικά βαθμονομημένων νυχτερινών εικόνων και τη μοντελοποίηση της διάδοσης του φωτός στην ατμόσφαιρα μέσω των διαφόρων ειδών σκέδασης δημιούργησαν το πρώτο παγκόσμιο Άτλαντα με τη λαμπρότητα του νυχτερινού ουρανού που οφείλεται στο τεχνητό φως. Ως εκ τούτου, παρατηρήθηκε ότι πολλές περιοχές οι οποίες θα έπρεπε να εμφανίζονται σκοτεινές λόγω της απουσίας επίγειων πηγών εκπομπής φωτός, είχαν στην πραγματικότητα προσβληθεί από φωτορρύπανση από γειτονικές φωτεινές περιοχές. Ακόμη, συγκρίνοντας τον παραπάνω Άτλαντα με δεδομένα πληθυσμιακής πυκνότητας πραγματοποιήθηκε μία εκτίμηση του αριθμού των ανθρώπων που επηρεάζονται Διαπιστώθηκε ότι περίπου το 99% του πληθυσμού της Ε.Ε. και των ΗΠΑ ΚΑΙ το 66% του παγκόσμιου πληθυσμού, υποφέρουν από κάποιο βαθμό φωτορρύπανσης (Cinzano et al., 2001).

Τέλος, άλλες εφαρμογές των νυχτερινών φώτων σχετίζονται με την ανίχνευση νυχτερινών αλιευτικών σκαφών και πυρκαγιών, την αξιολόγηση των επιπτώσεων των αέριων εκπομπών στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, την αξιολόγηση επιπτώσεων από φυσικές καταστροφές και στρατιωτικές δράσεις (Huang et al., 2014).

¹² Ο όρος αναφέρεται στο σύνθετο φωτισμό που προέρχεται από τις αστικές περιοχές

4. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης στην οποία θα εξετασθεί η αστική εξάπλωση είναι η Ευρώπη και συγκεκριμένα οι περιφέρειές της (NUTS 2). Πιο αναλυτικά η περιοχή μελέτη απαρτίζεται από τις περιφέρειες των κρατών μελών της Ε.Ε.¹³, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων της Νορβηγίας, της Ισλανδίας και της Ελβετίας (Εικόνα 5).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση χρησιμοποιεί μία κοινή στατιστική ονοματολογία των χωρικών μονάδων που αποκαλείται «NUTS», με σκοπό να διευκολύνει τη συλλογή, την ανάπτυξη και τη δημοσίευση εναρμονισμένων περιφερειακών στατιστικών στην ΕΕ καθώς και τον καθορισμό των παρεμβάσεων στο πλαίσιο της πολιτικής συνοχής. Υπάρχουν τρία επίπεδα NUTS: NUTS 1, NUTS 2 και NUTS 3. Το δεύτερο και τρίτο επίπεδο αποτελούν αντίστοιχα υποδιαιρέσεις του πρώτου και του δεύτερου επιπέδου. Περισσότερα επίπεδα μπορεί να προστεθούν από ένα κράτος μέλος υποδιαιρώντας το επίπεδο NUTS 3. Η ονοματολογία NUTS υποδιαιρεί την οικονομική επικράτεια των κρατών μελών. Ωστόσο, προκειμένου οι περιφερειακές στατιστικές να είναι συγκρίσιμες, θα πρέπει και οι γεωγραφικές ζώνες να είναι συγκρίσιμου μεγέθους από απόψεως πληθυσμού. Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) παρουσιάζονται τα κατώτερα και ανώτερα όρια πληθυσμού για διαφορετικά επίπεδα μονάδων (<http://ec.europa.eu>).

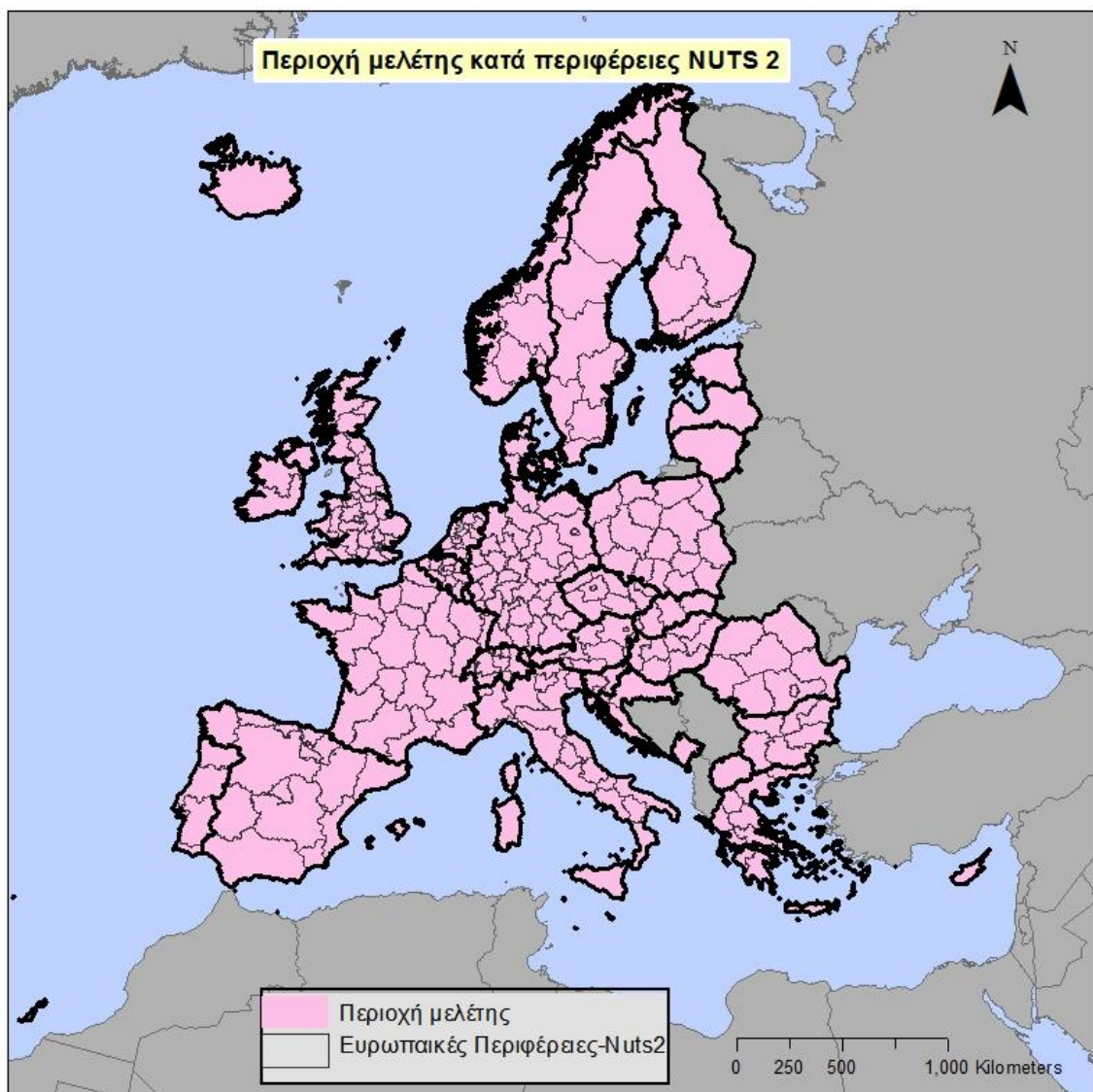
Επίπεδο	Ελάχιστο όριο	Ανώτατο όριο
NUTS 1	3 εκατομμύρια	7 εκατομμύρια
NUTS 2	800 000	3 εκατομμύρια
NUTS 3	150 000	800 000

Πίνακας 2: Ελάχιστο και ανώτατο όριο πληθυσμού για διαφορετικά επίπεδα μονάδων (Πηγή: Eurostat, Ίδια επεξεργασία)

Τα τελευταία 50 χρόνια ο πληθυσμός της ΕΕ-28 αυξήθηκε περίπου κατά 100 εκατομμύρια, με το 2013 να ζουν στα κράτη μέλη 505,7 εκατομμύρια άτομα. Η μεταβολή του συνολικού πληθυσμού προκύπτει από τη συνδρομή της φυσικής μεταβολής του πληθυσμού και της καθαρής μετανάστευσης. Από το 1992 και μετά, η συνεισφορά της μετανάστευσης στη μεταβολή του συνολικού πληθυσμού ήταν συνεχώς μεγαλύτερη από εκείνη της φυσικής μεταβολής (διαφορά ανάμεσα σε γεννήσεις και

¹³ Η Ε.Ε. των 28 αποτελείται από τα εξής κράτη: Βέλγιο, Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Δανία, Ιρλανδία, Η. Βασιλείο, Ελλάδα, Ισπανία, Πορτογαλία, Αυστρία, Φιλανδία, Σουηδία, Τσεχία, Ουγγαρία, Εσθονία, Λετονία, Κύπρος, Λιθουανία, Μάλτα, Πολωνία, Σλοβενία, Σλοβακία, Βουλγαρία, Ρουμανία και Κροατία.

θανάτους). Η σχετικά χαμηλή συνεισφορά της φυσικής μεταβολής στο συνολικό πληθυσμό, θεωρείται ως αποτέλεσμα της αύξησης της καθαρής μετανάστευσης (ο αριθμός των εισερχόμενων μεταναστών ήταν υψηλότερος από τον αριθμό των εξερχόμενων) αλλά και της αύξησης των θανάτων με παράλληλη μείωση των γεννήσεων. Επιπλέον, σημειώνεται ότι οι πληθυσμιακές μεταβολές διαφοροποιούνται μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ. Χώρες όπως το Λουξεμβούργο, η Μάλτα και η Σουηδία εμφάνισαν το 2012 υψηλά ποσοστά πληθυσμιακής αύξησης το 2012 ενώ σε άλλες χώρες όπως η Λιθουανία και η Λετονία παρατηρήθηκε σχετικά μεγάλη πληθυσμιακή μείωση (<http://ec.europa.eu>).

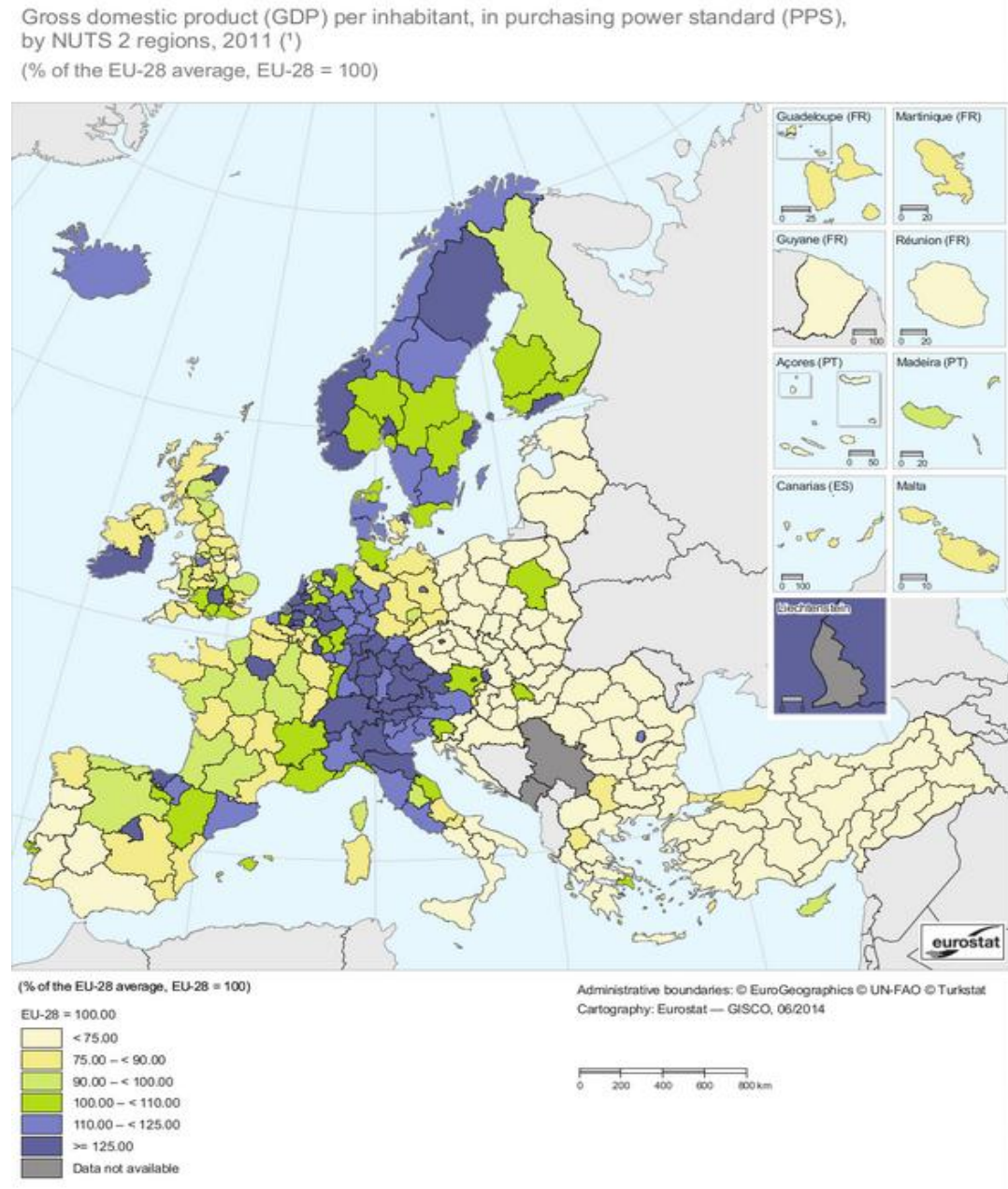


Εικόνα 4: Περιοχή μελέτης κατά περιφέρειες NUTS 2 (Πηγή: Eurostat, Ιδία επεξεργασία)

Σύμφωνα με εκτιμήσεις η πληθυσμιακή πυκνότητα των κρατών μελών το 2012 ανερχόταν σε 116,3 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (km²). Γενικά παρατηρείται

ποικιλομορφία στις πληθυσμιακές πυκνότητες στην ΕΕ, με τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές να εντοπίζονται στη κεντρική Ευρώπη και τις πιο αραιοκατοικημένες στη περιφέρεια (π.χ. Φιλανδία). Αναφέρεται ότι 10 περιφέρειες (NUTS 3) είχαν πληθυσμιακή πυκνότητα πάνω από 5000 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Με βάση τα στοιχεία του 2012, στο Παρίσι διαβιούσαν 11000 φορές περισσότερα άτομα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο από ότι στη Lappi που βρίσκεται στο βορρά της Φιλανδίας. Κατά κανόνα, σε κάθε κράτος μέλος, η μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα παρατηρείται στην πρωτεύουσα (<http://ec.europa.eu>).

Το ΑΕΠ της ΕΕ-28 αποτιμήθηκε σε 12,712 δισεκατ. ευρώ το 2011, ποσό που αντιστοιχεί κατά μέσον όρο σε ένα μέσο επίπεδο 25 100 κατά κεφαλή ΜΑΔ. Το ΑΕΠ είναι το πιο συχνά χρησιμοποιημένο μέτρο για το συνολικό μέγεθος μίας οικονομίας. Δείκτες που προέρχονται από το ΑΕΠ χρησιμοποιούνται ευρέως και για τη σύγκριση των επιπέδων διαβίωσης και την παρακολούθηση των περιφερειακών ανισοτήτων στην ΕΕ. Για την αξιολόγηση των επιπέδων διαβίωσης, είναι πιο κατάλληλη η χρήση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε μονάδες αγοραστικής δύναμης. Με τον τρόπο αυτό ουσιαστικά γίνεται μία προσαρμογή στο μέγεθος της εκάστοτε οικονομίας και στις διαφορές στα επίπεδα τιμών μεταξύ των χωρών. Μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ, η αύξηση του ΑΕΠ παρουσίασε σημαντικές αποκλίσεις, τόσο διαχρονικά όσο και μεταξύ των χωρών. Το 2009 το κατά κεφαλήν ΑΕΠ στην ΕΕ μειώθηκε λόγω της χρηματοπιστωτικής και οικονομικής κρίσης ενώ από το 2010 και μετά παρουσιάζει σταδιακή μικρή αύξηση. Στην εικόνα 6 παρατηρούμε τη κατανομή του κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε κάθε περιφέρεια NUTS 2 ως ποσοστό του μέσου όρου της ΕΕ-28. Όπως φαίνεται οι «πλούσιες» περιφέρειες (δηλαδή οι περιφέρειες με κατά κεφαλήν ΑΕΠ κάτω από το μέσο όρο της ΕΕ-28) συγκεντρώνονται στο κέντρο και στα βόρεια των Σκανδιναβικών χωρών ενώ οι «φτωχές» περιφέρειες εντοπίζονται κυρίως στην Ανατολική και Δυτική Ευρώπη. Επιπλέον, πολλές από τις περιφέρειες με σχετικά υψηλό μέσο όρο κατά κεφαλήν ΑΕΠ, είναι περιφέρειες ευρωπαϊκών πρωτευουσών (<http://ec.europa.eu>).



Εικόνα 5: Κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε ΜΑΔ, κατά περιφέρειες NUTS 2, ως ποσοστό του μέσου όρου της ΕΕ-28, για το έτος 2011 (Πηγή: Eurostat)

Ένα κύριο χαρακτηριστικό του Ευρωπαϊκού τοπίου είναι η ποικιλομορφία του. Η Ευρώπη διαθέτει ένα μεγάλο εύρος οικοσυστημάτων, πανίδας και χλωρίδας. Η βαθμιαία όμως εξάπλωση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων έχει επιφέρει αλλαγές στο Ευρωπαϊκό τοπίο. Η αστικοποίηση, οι αλλαγές στις γεωργικές πρακτικές και η ανάπτυξη δικτύων μεταφοράς επηρεάζουν το φυσικό περιβάλλον και διαταράζουν τη βιοποικιλότητα. Η Eurostat παράγει μία σειρά από δείκτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των σχέσεων ανάμεσα στα μοτίβα του τοπίου και τη βιοποικιλότητα. Ο δείκτης SEI (Shannon evenness index) έχει χρησιμοποιηθεί για

την αξιολόγηση της ποικιλομορφίας του τοπίου λαμβάνοντας υπόψη τόσο το τον αριθμό των διαφορετικών ειδών καλύψεων γης όσο και τη σχετική τους αφθονία. Ο δείκτης παίρνει τιμές από 0 έως 1, με τη τιμή 0 να αντιπροσωπεύει ένα τοπίο με μία μόνο κάλυψη γης και τη τιμή 1 να υποδηλώνει την παρουσία όλων των ειδών καλύψεων γης σε ίσες ποσότητες. Το 2012, για την πλειονότητα των κρατών μελών ο δείκτης κυμαίνεται περίπου στο μέσο όρο της ΕΕ, που είναι 0.7. Υπολογίζοντας το δείκτη SEI σε επίπεδο NUTS 2, αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρείται έλλειψη ποικιλίας τοπίων στις περιφέρειες μεγάλων αστικών κέντρων αλλά και στις πυκνοκατοικημένες περιοχές (<http://ec.europa.eu>).

5. ΜΕΘΟΔΟΣ

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν νυχτερινές δορυφορικές εικόνες σταθερού φωτισμού (stable lights) του αισθητήρα DMSP/OLS για τα έτη 1992-2012. Συνολικά αντλήθηκαν 33 δορυφορικές εικόνες οι οποίες προέρχονται από 6 διαφορετικούς δορυφόρους (F10, F12, F14, F15, F16, F18). Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6, σε κάποια έτη υπάρχουν 2 εγγραφές οι οποίες προέρχονται από διαφορετικούς δορυφόρους. Για την οργάνωση, διαχείριση και επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων δημιουργήθηκε μία Ψηφιακή Χωρική Βάση Δεδομένων σε περιβάλλον GIS.

Year	F-10	F-12	F-14	F-15	F-16	F-18
1992	F101992					
1993	F101993					
1994	F101994	F121994				
1995		F121995				
1996		F121996				
1997		F121997	F141997			
1998		F121998	F141998			
1999		F121999	F141999			
2000			F142000	F152000		
2001			F142001	F152001		
2002			F142002	F152002		
2003			F142003	F152003		
2004				F152004	F162004	
2005				F152005	F162005	
2006				F152006	F162006	
2007				F152007	F162007	
2008					F162008	
2009					F162009	
2010						F182010
2011						F182011
2012						F182012

Εικόνα 6: Χρονοσειρά ετήσιων δορυφορικών εικόνων σταθερού νυχτερινού φωτισμού για την περίοδο 1992-2012 (Πηγή: <http://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp.html>)

Τα δεδομένα σταθερού φωτισμού επιλέχθηκαν για αυτή την εργασία καθώς περιλαμβάνουν τα φώτα που εκπέμπονται από ανθρώπινους οικισμούς και άλλες μόνιμες πηγές εκπομπής ενώ ο θόρυβος στο υπόβαθρο και λοιπές εφήμερες πηγές όπως οι πυρκαγιές έχουν αφαιρεθεί. Οι τιμές των δεδομένων έχουν εύρος από 0 έως 63, που σημαίνει ότι η μικρότερη τιμή (DN=0) αντιπροσωπεύει τις μη φωτισμένες περιοχές, ενώ η μεγαλύτερη τιμή αναφέρεται σε περιοχές όπου έχουν το υψηλότερο επίπεδο φωτός.

Αρχικά, οι εικόνες αποκόπηκαν στα όρια της περιοχής μελέτης (Ευρωπαϊκός χώρος) και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μετασχηματισμός του γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς στο σύστημα ETRS'89-LAEA. Το Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς ETRS'89 αποτελεί μία προσαρμογή του παγκόσμιου συστήματος αναφοράς ITRS (International Terrestrial Reference System) στον Ευρωπαϊκό χώρο. Το ελλειψοειδές που χρησιμοποιεί το ETRS'89 είναι το GRS'80 ενώ η χαρτογραφική προβολή είναι η χαρτογραφική προβολή που χρησιμοποιείται είναι η αζιμουθιακή ισαπέχουσα προβολή του Lambert (Lambert azimuthal equal-area).

Όπως έχει προαναφερθεί, μεταξύ των μειονεκτημάτων των σταθερών φώτων υφίστανται η υπερεκτίμηση των φωτεινών περιοχών (blooming) και ο κορεσμός (saturation) του σήματος σε περιοχές έντονης λαμπρότητας. Στη βιβλιογραφία έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι για την αντιμετώπιση των ζητημάτων αυτών, ωστόσο στο πλαίσιο της εργασίας αυτής δεν εφαρμόζονται.

Για τη χρήση των εικόνων νυχτερινού σταθερού φωτισμού του OLS σε μακροχρόνια ανάλυση εφαρμόζεται η διαδικασία διαβαθμονόμησης που προτείνεται από τους Elvidge et al (2014), έτσι ώστε τα δεδομένα να είναι συγκρίσιμα. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι παράμετροι βαθμονόμησης C_0 , C_1 , C_2 κάθε ετήσιας εικόνας, όπως προέκυψαν από τη σύγκριση εικόνων της Σικελίας με την εικόνα αναφοράς (F121999).

Satellite	Year	C ₀	C ₁	C ₂	R ²	Number
F10	1992	-2.0570	1.5903	-0.0090	0.9075	35,720
F10	1993	-1.0582	1.5983	-0.0093	0.9360	38,893
F10	1994	-0.3458	1.4864	-0.0079	0.9243	36,494
F12	1994	-0.6890	1.1770	-0.0025	0.9071	34,485
F12	1995	-0.0515	1.2293	-0.0038	0.9178	37,571
F12	1996	-0.0959	1.2727	-0.0040	0.9319	35,762
F12	1997	-0.3321	1.1782	-0.0026	0.9245	37,413
F12	1998	-0.0608	1.0648	-0.0013	0.9536	37,791
F12	1999	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	39,157
F14	1997	-1.1323	1.7696	-0.0122	0.9101	36,811
F14	1998	-0.1917	1.6321	-0.0101	0.9723	36,701
F14	1999	-0.1557	1.5055	-0.0078	0.9717	38,894
F14	2000	1.0988	1.3155	-0.0053	0.9278	37,888
F14	2001	0.1943	1.3219	-0.0051	0.9448	38,558
F14	2002	1.0517	1.1905	-0.0036	0.9203	36,964
F14	2003	0.7390	1.2416	-0.0040	0.9432	38,701
F15	2000	0.1254	1.0452	-0.0010	0.9320	38,831
F15	2001	-0.7024	1.1081	-0.0012	0.9593	38,632
F15	2002	0.0491	0.9568	0.0010	0.9658	38,035
F15	2003	0.2217	1.5122	-0.0080	0.9314	38,788
F15	2004	0.5751	1.3335	-0.0051	0.9479	36,998
F15	2005	0.6367	1.2838	-0.0041	0.9335	38,903
F15	2006	0.8261	1.2790	-0.0041	0.9387	38,684
F15	2007	1.3606	1.2974	-0.0045	0.9013	37,036
F16	2004	0.2853	1.1955	-0.0034	0.9039	36,856
F16	2005	-0.0001	1.4159	-0.0063	0.9390	38,984
F16	2006	0.1065	1.1371	-0.0016	0.9199	37,204
F16	2007	0.6394	0.9114	0.0014	0.9511	37,759
F16	2008	0.5564	0.9931	0.0000	0.9450	37,469
F16	2009	0.9492	1.0683	-0.0016	0.8918	33,895
F18	2010	2.3430	0.5102	0.0065	0.8462	36,445
F18	2011	1.8956	0.7345	0.0030	0.9095	36,432
F18	2012	1.8750	0.6203	0.0052	0.9392	37,576

Εικόνα 7: Συντελεστές διαβαθμονόμησης κάθε ετήσιας εικόνας (Πηγή: Elvidge et al., 2014)

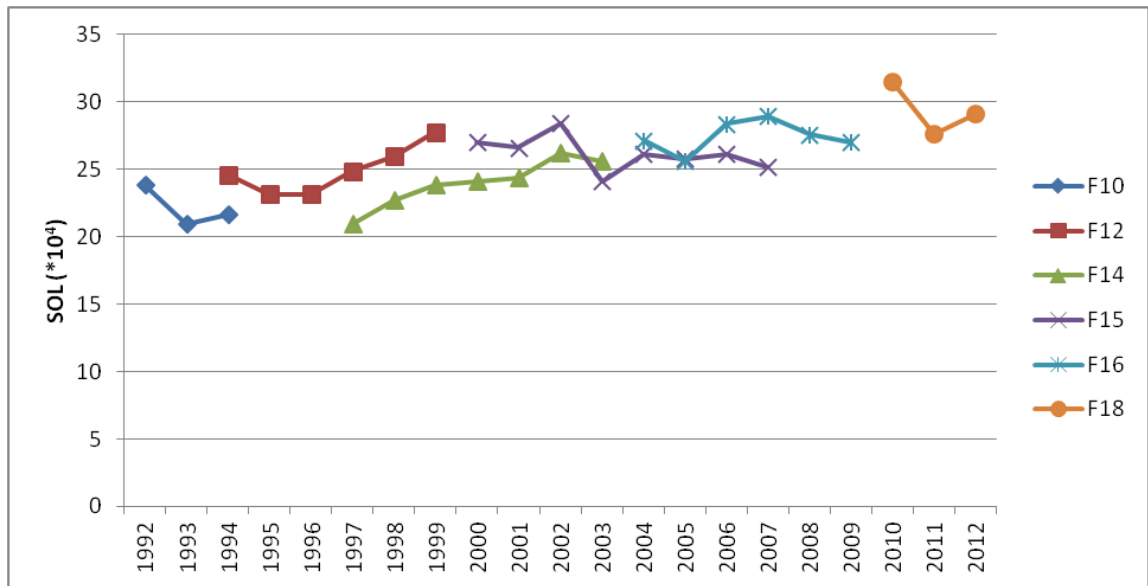
Μετά τη διαβαθμονόμηση, παρατηρείται ότι εικονοστοιχεία τα οποία είχαν ψηφιακές τιμές 0 στις αρχικές εικόνες αποκτούν τιμές διαφορετικές από 0 λόγω του σταθερού όρου C₀, ενώ μεταβάλλεται και το μέγιστο εύρος (63) των τιμών κάθε εικόνας.

Σε επόμενο στάδιο εξάγεται ο δείκτης SOL (sum of lights), ο οποίος αποτελεί το άθροισμα των τιμών φωτεινότητας σε επίπεδο περιφερειών (NUTS 2) για όλη τη χρονοσειρά δεδομένων. Στη βιβλιογραφία ο δείκτης αυτός έχει χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της διαδικασίας διαβαθμονόμησης, η επιτυχία της οποίας έγκειται τόσο στην ύπαρξη μίας σαφούς τάσης μεταξύ των τιμών στο σύνολο της χρονοσειράς, όσο και στη σύγκλιση των τιμών στις περιπτώσεις ετήσιων δεδομένων που προέρχονται από

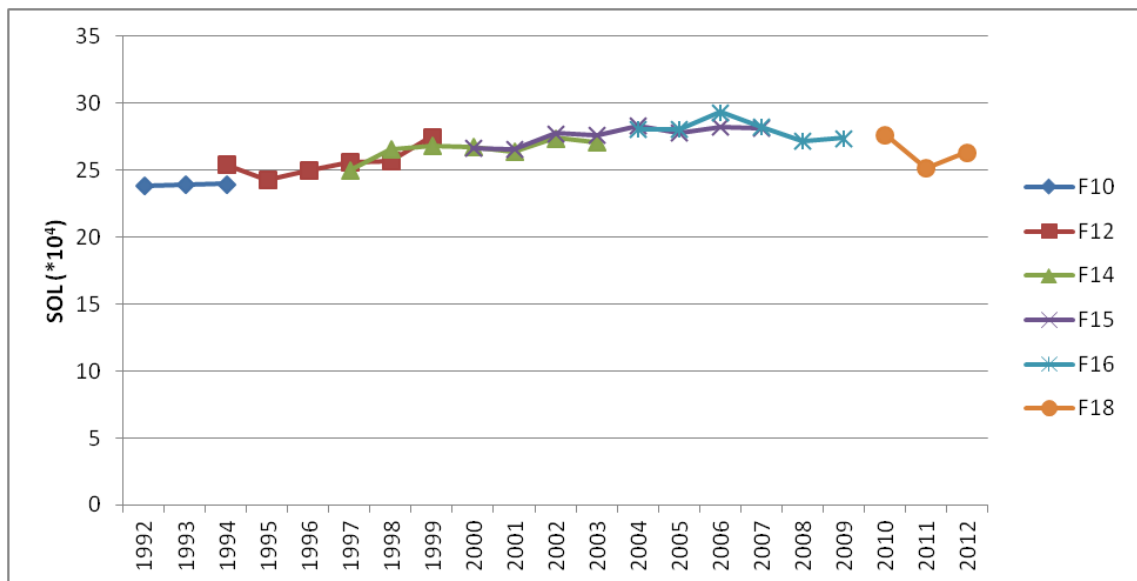
δύο δορυφόρους. (Wu et al. 2013; Elvidge et al. 2014). Πριν την εξαγωγή του δείκτη SOL οι ψηφιακές τιμές κάθε εικόνας που είναι μικρότερες από 6 μετατρέπονται σε 0, προκειμένου να επιτευχθεί η ανίχνευση του διάχυτου φωτισμού στις αγροτικές περιοχές και να αντιμετωπιστούν οι διαφορές στα όρια ανίχνευσης σε κάθε εικόνα. Επιπλέον, οι ψηφιακές τιμές που είναι μεγαλύτερες από 63 μετατρέπονται σε 63.

Ένα άλλο ζήτημα το οποίο πρέπει να εξεταστεί είναι το γεγονός ότι σε πολλές χρονιές είναι διαθέσιμες δύο εικόνες και επομένως είναι αναγκαία η επιλογή μίας από αυτές. Οι Liu et al (2012) χρησιμοποίησαν την πληροφορία που προερχόταν από εικόνες του ίδιου έτους αλλά από διαφορετικούς δορυφόρους για την αφαίρεση των μη σταθερών φωτεινών εικονοστοιχείων. Ένα φωτεινό εικονοστοιχείο χαρακτηρίζεται ως μη σταθερό όταν ανιχνεύεται μόνο από τον ένα δορυφόρο. Έτσι δημιουργήθηκε μία σύνθετη εικόνα όπου οι ψηφιακές τιμές των παραπάνω εικονοστοιχείων αντικαθίστανται με 0 και υπόλοιπες ψηφιακές τιμές προέκυψαν από το μέσο όρο των DN των σταθερών φωτεινών εικονοστοιχείων από τις δύο εικόνες του ίδιου έτους (Liu et al, 2012). Οι Bennie et al. (2015) στις περιπτώσεις όπου για ένα έτος είναι διαθέσιμες δύο εικόνες, επιλέγουν εκείνη που προέρχεται από τον πιο πρόσφατα εκτοξευμένο δορυφόρο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπολογίζεται ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 κάθε εικόνας με την εικόνα αναφοράς (F121999). Έτσι λοιπόν επιλέγεται η εικόνα που έχει τη καλύτερη συσχέτιση με την εικόνα αναφοράς δηλαδή εκείνη η οποία έχει μεγαλύτερο R^2 .

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι αθροιστικές τιμές φωτεινότητας (SOL) των ετήσιων πρωτογενών (Εικόνα 8) και βαθμονομημένων (Εικόνα 9) δορυφορικών προϊόντων για την περιφέρεια Αττικής. Τα πρωτογενή δεδομένα δεν εμφανίζουν μια σαφή τάση και σύγκλιση μεταξύ των τιμών στις περιπτώσεις συλλογής ετήσιων δεδομένων από δύο δορυφόρους. Παράλληλα, εντοπίζονται αφύσικες διακυμάνσεις στα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από ένα δορυφόρο.



Εικόνα 8: Αθροιστικές τιμές φωτεινότητας (SOL) των ετήσιων πρωτογενών δορυφορικών εικόνων για την περιφέρεια Αττικής



Εικόνα 9: Αθροιστικές τιμές φωτεινότητας (SOL) των ετήσιων διαβαθμονομημένων δορυφορικών εικόνων για την περιφέρεια Αττικής

Για παράδειγμα το έτος 2002 το άθροισμα των τιμών φωτεινότητας όπως αυτές καταγράφηκαν από το δορυφόρο F15 είναι της τάξης των $28,43 \times 10^4$ ενώ το αμέσως επόμενο έτος σημειώθηκε μείωση κατά 15%, με τον δείκτη SOL να ανέρχεται σε $24,09 \times 10^4$. Μετά την διαδικασία της διαβαθμονόμησης, οι διακυμάνσεις των τιμών μεταξύ δύο διαφορετικών δορυφόρων έχουν εξαλειφθεί σημαντικά και εντοπίζεται μια ικανοποιητική σύγκλιση. Για τη περιφέρεια Αττικής φαίνεται ότι οι τιμές του δείκτη SOL παρουσιάζουν μία σταθερή ανοδική τάση μέχρι το 2006 και στη συνέχεια

διαγράφουν φθίνουσα πορεία. Τέλος, οι αφύσικες διακυμάνσεις που είχαν παρατηρηθεί στα πρωτογενή δεδομένα περιορίστηκαν σημαντικά. Έτσι λοιπόν, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να πούμε ότι η διαδικασία της διαβαθμονόμησης ήταν επιτυχής.

5.1 Δείκτες Αστικοποίησης

Οι Zhuo et al. (2003) πρότειναν τον δείκτη CNLI (Compounded Night Light Index) προκειμένου να εκτιμηθεί το επίπεδο αστικοποίησης των περιφερειών της Κίνας. Ο δείκτης CNLI λαμβάνει υπόψη ταυτόχρονα τόσο τη λαμπρότητα των νυχτερινών φώτων όσο και τη χωρική κατανομή των φωτεινών αστικών περιοχών. Εξαιτίας της υψηλής συσχέτισης κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων όπως είναι ο πληθυσμός και το ΑΕΠ, με τις αστικές φωτεινές περιοχές, οι αλλαγές του δείκτη CNLI δύναται να αντανακλούν τις δυναμικές του μεγέθους του αστικού πληθυσμού, της οικονομίας και της αστικής εξάπλωσης (Zhuo et al., 2003).

Οι Yi et al. (2014) χρησιμοποιούν το δείκτη ULI (Urban Light Index) προκειμένου να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα σύγκρισης του επιπέδου αστικοποίησης μεταξύ πόλεων με σημαντικές διαφορές είτε ως προς την έκταση είτε ως προς τον πληθυσμό.

Στη συγκεκριμένη εργασία για τη μελέτη των δυναμικών αστικοποίησης σε περιφερειακή κλίμακα χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης SOL λόγω της ευκολίας στον υπολογισμό αυτού και των θετικών αποτελεσμάτων που παρουσιάζει με βάση τη βιβλιογραφία.

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Αστική διάχυση στον ελληνικό χώρο

Γενικά η διάρθρωση των ελληνικών πόλεων χαρακτηρίζεται από μονοκεντρική δομή, υψηλές πυκνότητες, ακανόνιστη και συχνά μη σχεδιασμένη διαδικασία επεκτάσεων, έλλειψη κεντρικού σχεδιασμού και έντονη ανάμειξη χρήσεων γης. Οι ελληνικές πόλεις συγκαταλέγονται στις πιο συμπαγείς ως προς τη χωρική δομή και τις πληθυσμιακές πυκνότητες, περιοχές της Ευρώπης. Με βάση τα δεδομένα που δίνει η Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσα από την υπηρεσία Urban Audit¹⁴ οι πληθυσμιακές πυκνότητες των κεντρικών Δήμων της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης παίρνουν τις υψηλότερες τιμές στον Ευρωπαϊκό χώρο. Ωστόσο, φαινόμενα όπως η εκτός σχεδίου και η αυθαίρετη δόμηση και η λειτουργία των μηχανισμών αγοράς γης και κατοικίας, αποτέλεσαν βασικούς παράγοντες που τροφοδότησαν την αστική διάχυση (Λαγαριάς, 2013).

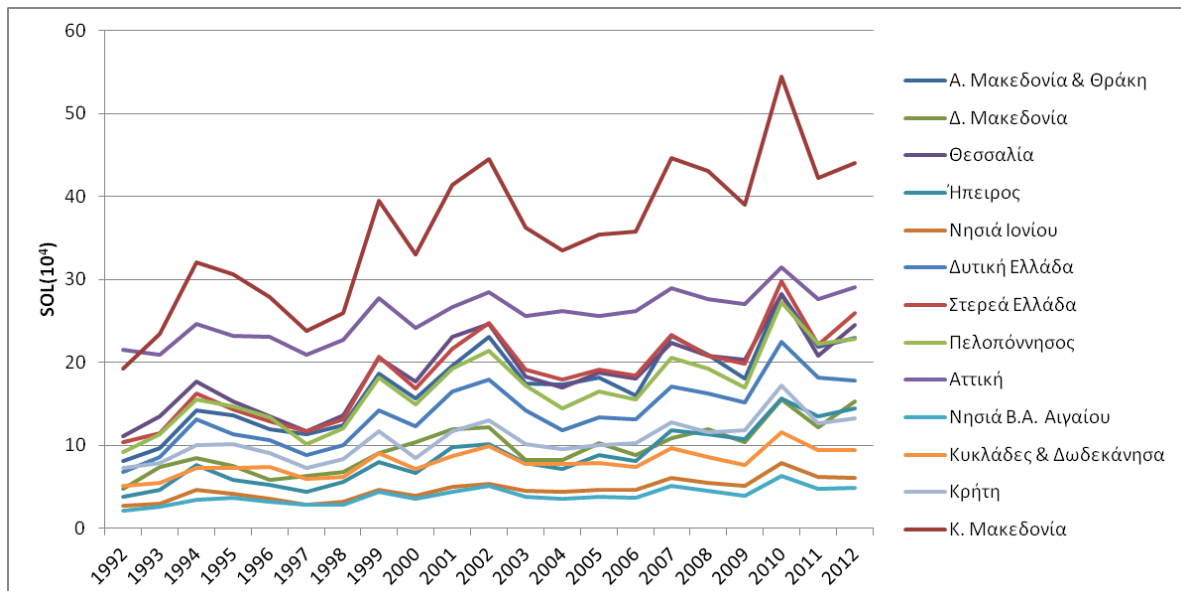
Ο κύριος παραδοσιακός άξονας ανάπτυξης της χώρας είναι ο άξονας S που στο μεγαλύτερο μέρος του συμπίπτει με τον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ αλλά και μια σειρά άλλες υποδομές. Κατά μήκος του άξονα αυτού που ξεκινά σήμερα από την Πάτρα και μέσω Αθήνας και Θεσσαλονίκης καταλήγει στην Καβάλα, βρίσκονται μερικές από τις σημαντικότερες πόλεις της χώρας που συγκεντρώνουν τη μεγαλύτερη ανάπτυξη και επιδεικνύουν τους υψηλότερους σχετικούς δείκτες. Στον ελλαδικό χώρο δεσπόζουν οι μητροπολιτικές περιοχές της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης. Οι μητροπόλεις αυτές διαφέρουν σημαντικά ως προς το πληθυσμιακό μέγεθος από τις υπόλοιπες ελληνικές πόλεις. Επιπλέον, σημειώνεται ότι απουσιάζουν οι ενδιάμεσες βαθμίδες της ιεραρχίας πόλεων, καθώς μετά τα μητροπολιτικά κέντρα Αθήνας και Θεσσαλονίκης των 4 και 1 εκατ. κατοίκων αντίστοιχα, ακολουθεί η Πάτρα με πληθυσμό πολύ κάτω από 0,5 εκ. κατοίκους (Σκάγιαννης, 2010).

Η περίοδος μαζικής συγκέντρωσης πληθυσμού στα αστικά κέντρα συσχετίστηκε με τη συνεχιζόμενη αγροτική έξοδο και διήρκησε μέχρι περίπου το τέλος της δεκαετίας του '70. Οι ιδιαίτερες ιστορικές και πολιτικές συνθήκες της μεταπολεμικής περιόδου οδήγησαν σε εσωτερική μετανάστευση και σε συγκέντρωση του πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια, που η πληθυσμιακή αύξηση είναι μικρή, μια σειρά από παράγοντες οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς

¹⁴ Η υπηρεσία Urban Audit δημιουργήθηκε με στόχο τη συγκριτική εξέταση των Ευρωπαϊκών πόλεων μέσα από δείκτες και μετρήσεις που βασίζονται σε μία κοινή μεθοδολογία.

εντείνουν το φαινόμενο της αστικής διάχυσης (Πορτοκαλίδης & Ζυγούρη, 2011). Ανάμεσα σε αυτούς τους είναι η αύξηση της προσβασιμότητας με τη χρήση των ΙΧ οχημάτων και τα έργα κυκλοφοριακών υποδομών, η αναζήτηση προαστιακής κατοικίας από σημαντικό μέρος του πληθυσμού, η χωροθέτηση του τριτογενούς κυρίως τομέα με τη δημιουργία περιαστικών ζωνών μεγάλης κλίμακας, η λειτουργία της αγοράς γης και ακινήτων και η πολιτική των επεκτάσεων σχεδίου και του μη περιορισμού της εκτός σχεδίου δόμησης (Λαγαριάς, 2013).

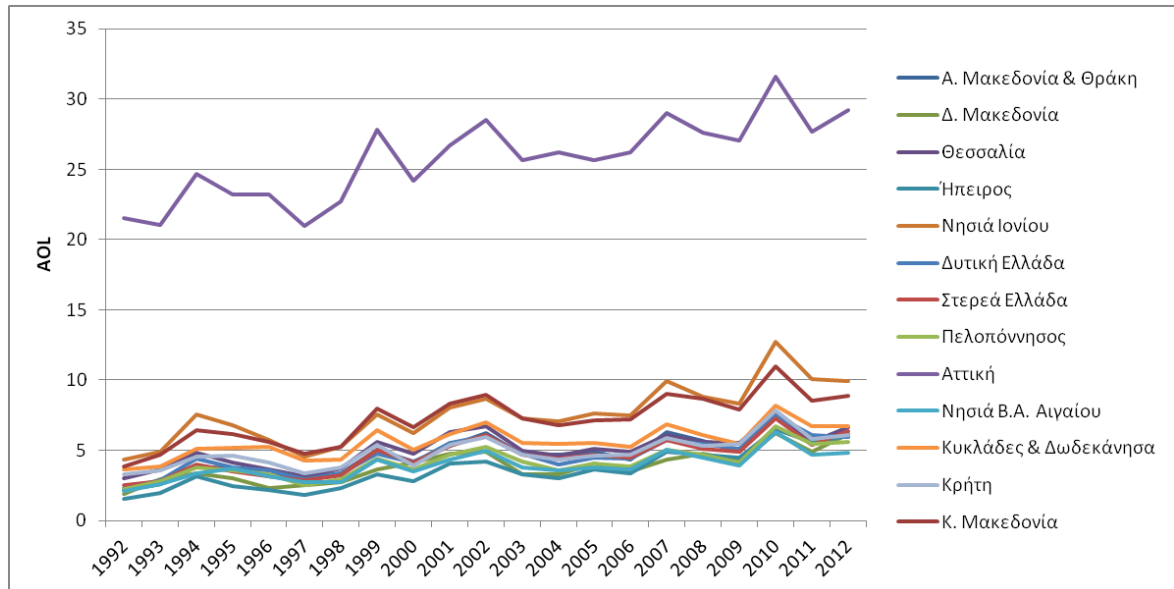
Στην Εικόνα 10 παρουσιάζονται οι ετήσιες αθροιστικές τιμές φωτεινότητας (SOL) για τις ελληνικές περιφέρειες για την περίοδο 1992-2012. Γενικά σε κάθε περιφέρεια παρατηρείται ανάλογη πορεία του δείκτη SOL αλλά με διαφορετική ένταση. Για παράδειγμα η αύξηση του δείκτη που σημειώθηκε την περίοδο 1997-1999 στην Κ. Μακεδονία είναι μεγαλύτερη από εκείνη που πραγματοποιήθηκε σε κάθε άλλη περιφέρεια την ίδια περίοδο. Οι αθροιστικές τιμές φωτεινότητας κάθε περιφέρειας αυξάνονται στο τέλος της εξεταζόμενης περιόδου, ακολουθώντας στην πορεία ποικίλες διακυμάνσεις. Υψηλότερες τιμές του δείκτη SOL και συνεπώς μεγαλύτερα επίπεδα αστικοποίησης διαχρονικά, εντοπίζονται στις περιφέρειες Κ. Μακεδονίας και Αττικής, γεγονός αναμενόμενο αφού εκεί βρίσκονται τα δύο μεγαλύτερα αστικά κέντρα της χώρας. Αυτό που προκαλεί εντύπωση είναι το γεγονός ότι η περιφέρεια Κ. Μακεδονίας παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές του δείκτη από την περιφέρεια Αττικής.



Εικόνα 10: Διαχρονική μεταβολή του δείκτη SOL στις ελληνικές περιφέρειες την περίοδο 1992-2012 (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Στο πλαίσιο αυτό, προκειμένου να εξεταστεί καλύτερα η ένταση των δυναμικών αστικοποίησης στο χώρο, χρησιμοποιούνται οι μέσες τιμές φωτεινότητας (AOL) των

βαθμονομημένων δορυφορικών προϊόντων για την περίοδο 1992-2012. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 11 τα επίπεδα αστικοποίησης της Αττικής είναι διαχρονικά κατά πολύ μεγαλύτερα από κάθε άλλη περιφέρεια. Στις υπόλοιπες περιφέρειες η ένταση του φαινομένου είναι πιο μικρή και ο δείκτης AOL κυμαίνεται σε παραπλήσια επίπεδα.



Εικόνα 11: Διαχρονική μεταβολή του δείκτη AOL στις ελληνικές περιφέρειες την περίοδο 1992-2012 (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

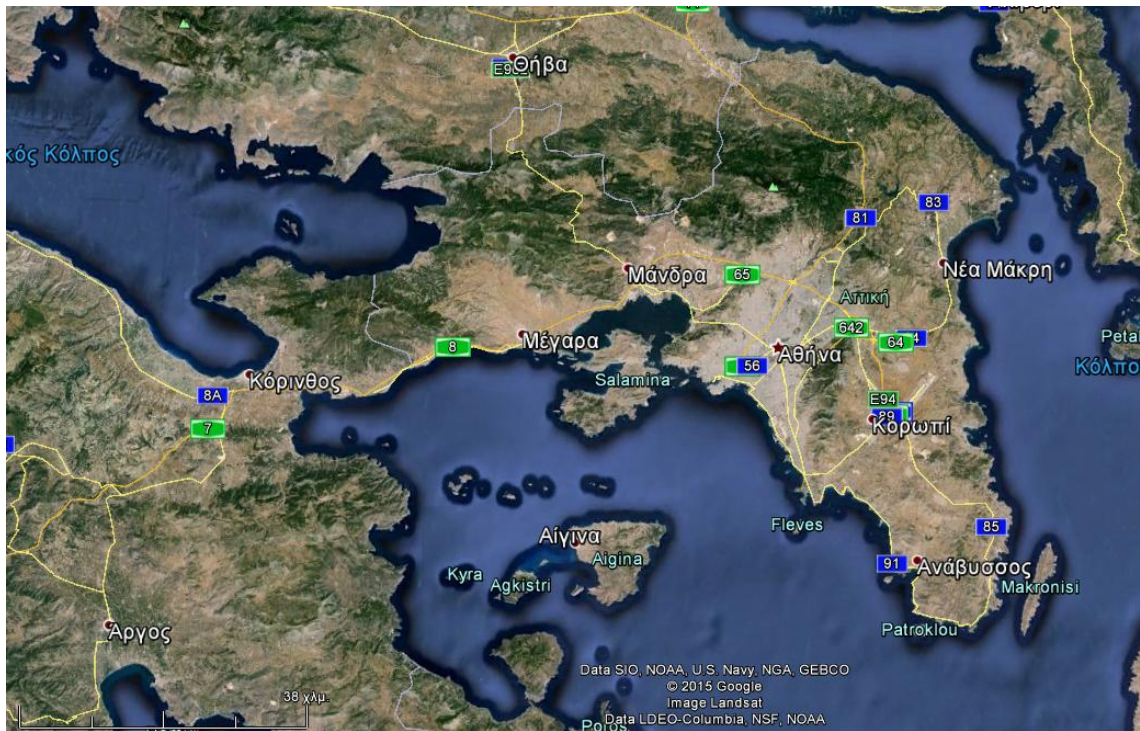
Επιπλέον, οι περιφέρειες όπου εμφανίστηκε μεγαλύτερη αύξηση των επιπέδων αστικοποίησης είναι η Ήπειρος και η Δ. Μακεδονία (Εικόνα 12). Μάλιστα στην περιφέρεια της Ηπείρου ο δείκτης SOL σχεδόν τετραπλασιάστηκε, ενώ στην Αττική υπήρξε η μικρότερη μεταβολή με μόλις 32%. Η μικρή μεταβολή στην περιφέρεια Αττικής ενδέχεται να οφείλεται στον υψηλό κορεσμό της Αθήνας. Γενικά, σημειώνεται ότι δεν είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με τις δυναμικές αστικοποίησης στα μεγάλα αστικά κέντρα (περιοχές έντονης λαμπρότητας) λόγω των υψηλών επιπέδων κορεσμού των αισθητήρων DMSP/OLS.

Στη συνέχεια εξετάζοντας τη μεταβολή του δείκτη ανά δεκαετία παρατηρείται μεγάλη αύξηση στα επίπεδα αστικοποίησης σχεδόν σε όλες τις περιφέρειες (με εξαίρεση την Αττική) την περίοδο 1992-2002. Την επόμενη δεκαετία (1992-2012) η εικόνα είναι εντελώς διαφορετική, καταγράφοντας πολύ μικρή θετική ή και αρνητική μεταβολή στην ένταση του φαινομένου στις περισσότερες περιφέρειες. Στην Ήπειρο και στη Δ. Μακεδονία η αύξηση συνεχίζεται αλλά σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο.

Περιφέρειες	Ποσοστιαία μεταβολή SOL (%)		
	1992-2002	2002-2012	1992-2012
Α. Μακεδονία & Θράκη	186.28%	-0.53%	184.75%
Κ. Μακεδονία	132.35%	-1.16%	129.66%
Δ. Μακεδονία	156.51%	25.99%	223.18%
Θεσσαλία	122.97%	-0.72%	121.37%
Ήπειρος	172.04%	42.96%	288.92%
Νησιά Ιονίου	100.96%	14.88%	130.87%
Δυτική Ελλάδα	163.07%	-0.66%	161.32%
Στερεά Ελλάδα	137.96%	4.93%	149.69%
Πελοπόννησος	132.09%	6.50%	147.17%
Αττική	32.16%	2.43%	35.37%
Νησιά Β.Α. Αιγαίου	140.39%	-3.12%	132.89%
Κυκλάδες & Δωδεκάνησα	92.72%	-4.17%	84.68%
Κρήτη	79.00%	2.01%	82.60%

Πίνακας 3: Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL στις ελληνικές περιφέρειες ανά δεκαετία (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

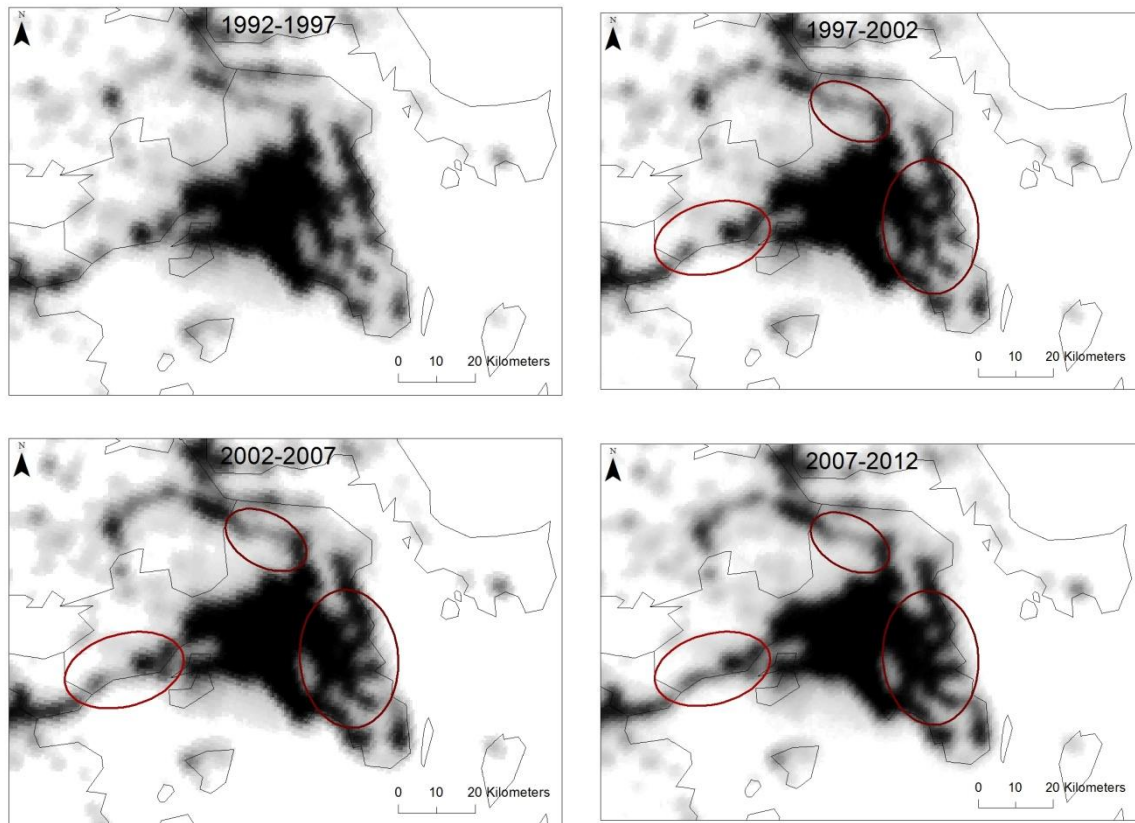
6.1.1 Αστική εξάπλωση την Αττική



Εικόνα 12: Περιφέρεια Αττικής (Πηγή: Google earth)

Σε ότι αφορά την αστική εξάπλωση στην Αθήνα μπορούμε να πούμε ότι χαρακτηρίστηκε από μία σειρά κυμάτων ανάπτυξης. Το πρώτο κύμα ξεκίνησε στις αρχές του 1920 όταν χιλιάδες πρόσφυγες από τη Μικρά Ασία εγκαταστάθηκαν έξω από τον υφιστάμενο αστικό ιστό της πόλης σε πρόχειρους συνοικισμούς οι οποίοι σταδιακά μετατράπηκαν σε προάστια της εργατικής τάξης. Τη περίοδο 1950-1970

πραγματοποιήθηκε μαζική αγροτική έξοδος προς την πρωτεύουσα, με τον πληθυσμό και σε αυτή την περίπτωση να εγκαθίστανται σε φθηνή περιαστική γη στα όρια της πόλης (Couch et al., 2007). Την περίοδο αυτή υπήρξε μεγιστοποίηση του φαινομένου της αυθαίρετης δόμησης και έναρξη μίας διαδικασίας αυθόρμητης εκτός σχεδίου επέκτασης και εκ των υστέρων ένταξης στο σχέδιο των περιοχών (Λαγαριάς, 2013). Από τις αρχές της δεκαετίας του '80 και μέχρι το 1990, η αστική διάχυση τροφοδοτήθηκε από την υποβάθμιση του δομημένου περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής στις κεντρικές περιοχές. Η μεσαία τάξη αναζητώντας ανακούφιση από τα προβλήματα ρύπανσης της Αθήνας μετακινήθηκε στις περιαστικές ζώνες, μετατρέποντας συχνά τη δεύτερη και παραθεριστική κατοικία σε μόνιμη (Couch et al., 2007). Την εξεταζόμενη περίοδο το επίπεδο αστικοποίησης στην περιφέρεια Αττικής έχει αυξηθεί αλλά σε μικρό βαθμό σε σύγκριση με τις υπόλοιπες περιφέρειες. Από τη δεκαετία του '90 μέχρι σήμερα η εμφάνιση του φαινομένου της αστικής διάχυσης παρατηρείται κυρίως στην Ανατολική Αττική και συγκεκριμένα στην πεδιάδα των Μεσογείων. Η δημιουργία νέων υποδομών όπως το νέο αεροδρόμιο, ο αυτοκινητόδρομος και ο προαστιακός σιδηρόδρομος επέτρεψαν την αστικοποίηση της περιοχής. Σημειώνεται ότι μέχρι το 1980, τα Μεσόγεια αποτελούσαν μία σχετικά γεωργική περιοχή. Ωστόσο, πραγματοποιήθηκε μία μορφή διεσπαρμένης και ασυνεχούς αστικής ανάπτυξης, η οποία συνδέθηκε άμεσα με τα κυκλοφοριακά δίκτυα και συνοδεύτηκε από παράλληλη ανάπτυξη εμπορικών χρήσεων και εγκαταστάσεων του δευτερογενούς τομέα. Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται ο μέσος όρος του νυχτερινού φωτισμού στην Περιφέρεια Αττικής ανά πενταετία. Εκτός από την Ανατολική Αττική, μορφές γραμμικής ανάπτυξης εντοπίζονται στα παράλια της Δυτικής Αττικής και βόρεια κατά μήκος του ΠΑΘΕ. Στις εικόνες 14 και 15 όπου παρουσιάζεται η ποσοστιαία μεταβολή των νυχτερινών φώτων ανά δεκαετία, η κατάσταση είναι πιο ξεκάθαρη.

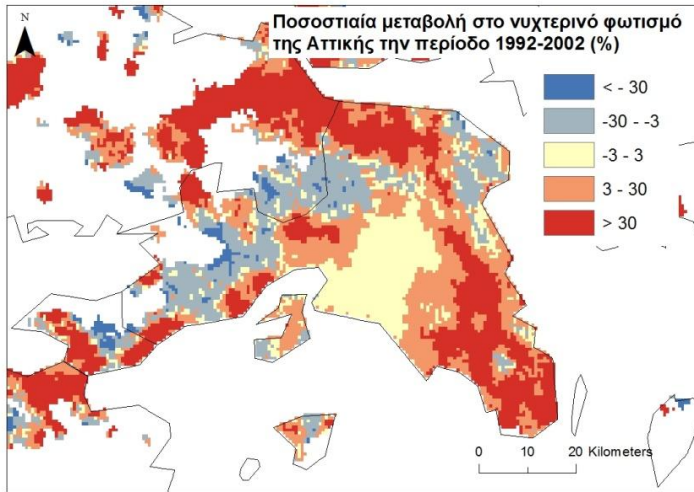


Εικόνα 13: Μέσος όρος νυκτερινών φώτων στην Περιφέρεια Αττικής ανά 5ετία (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

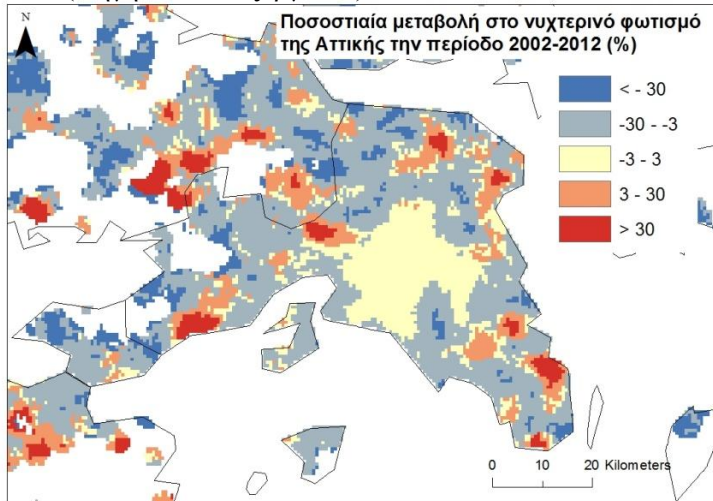
Την περίοδο 1992-2002 υπάρχει σημαντική αύξηση της φωτεινότητας όπως προαναφέρθηκε στην περιοχή των Μεσογείων, στις παραθαλάσσιες περιοχές της νοτιοανατολικής Αττικής (Λαύριο, Σούνιο, Ανάβυσσος κ.λ.π.), κατά μήκος του ΠΑΘΕ και δυτικά στο Θριάσιο Πεδίο. Μικρή αύξηση στο νυκτερινό φωτισμό εντοπίζεται και στην Αθήνα. Την περίοδο 2002-2012 αύξηση της λαμπρότητας των φώτων παρατηρείται αποσπασματικά, σε συγκεκριμένες και κατά κύριο λόγο παραθαλάσσιες περιοχές όπως είναι η Κινέττα, ο Μαραθώνας, το Λαύριο κ.α. Η Αθήνα παρουσιάζει σταθερή πορεία στην ένταση των φώτων, ενώ στη βόρεια και ανατολική περιφερειακή ζώνη της παρατηρείται μείωση σε αντίθεση με την προηγούμενη δεκαετία.

Αξιολογώντας συνολικά τις τάσεις αστικοποίησης στην Αττική θα μπορούσαμε να πούμε έχουν προκύψει δύο ευρύτερες ζώνες περιφερειακής ανάπτυξης. Από τη μία είναι η ανατολική ζώνη με επίκεντρο το βόρειο-βορειοανατολικό Λεκανοπέδιο και τα Μεσόγεια και η δυτική ζώνη με επίκεντρο το Θριάσιο Πεδίο. Η διάκριση αυτή βασίζεται στις παραγωγικές δραστηριότητες, με χωροθέτηση των κλάδων του τριτογενούς τομέα και των υπηρεσιών ανατολικά και την χωροθέτηση του

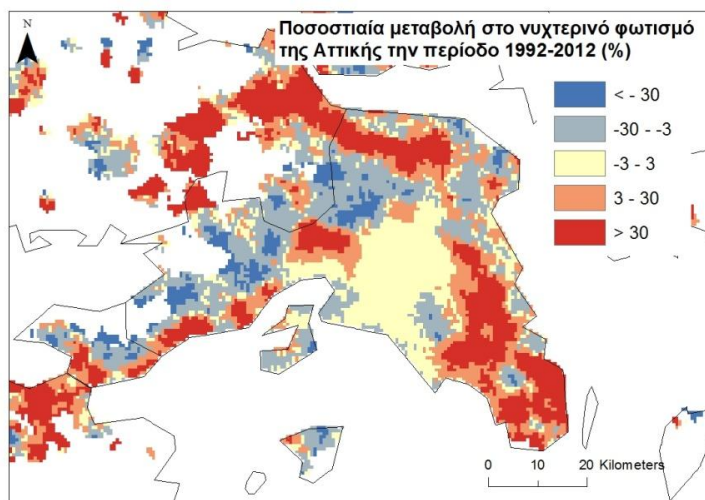
δευτερογενούς τομέα και υποβοηθητικών χρήσεων του τριτογενούς (χονδρεμπόριο, αποθήκες, logistics) δυτικά (Λαγαριάς, 2013).



Εικόνα 14: Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Αττικής την περίοδο 1992-2002 (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



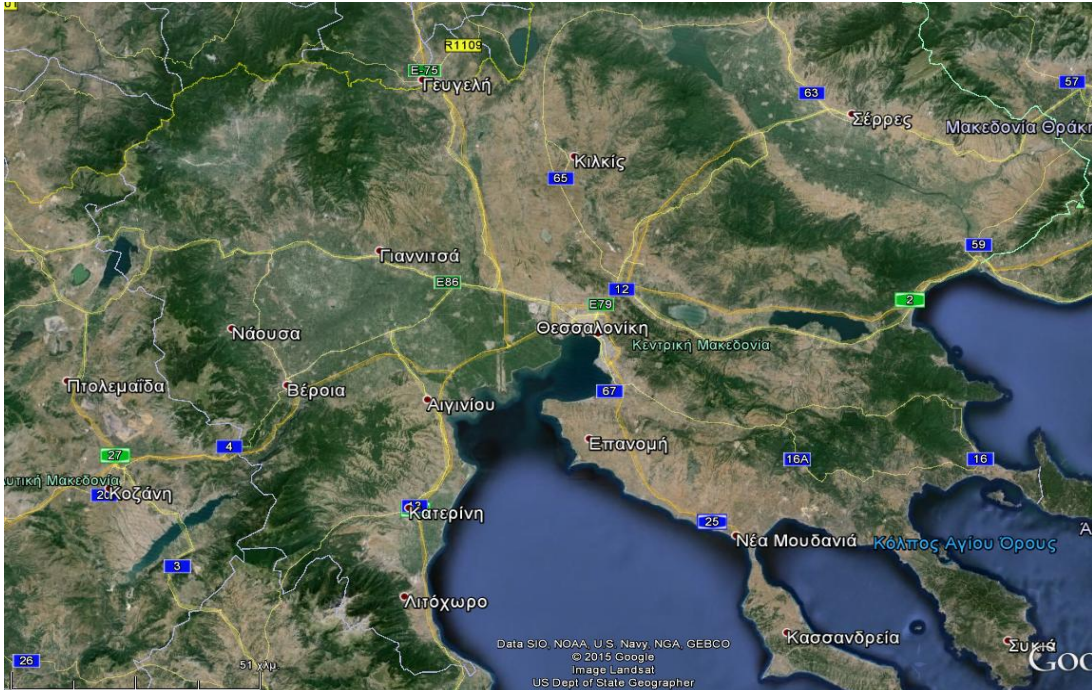
Εικόνα 15: Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Αττικής την περίοδο 2002-2012 (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Εικόνα 16: Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Αττικής την περίοδο 1992-2012 (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

6.1.2 Η περίπτωση της Κ. Μακεδονίας

Η περιφέρεια Κ. Μακεδονίας βρίσκεται στο κέντρο περίπου των βόρειων περιφερειών της Ελλάδας. Στην περιφέρεια βρίσκεται το μητροπολιτικό κέντρο της Θεσσαλονίκης, ενώ από αυτή διέρχονται και συναντώνται ο παραδοσιακός αναπτυξιακός άξονας της χώρας (ΠΑΘΕ) αλλά και ο αναδυόμενος άξονας ανάπτυξης κατά μήκος της Εγνατίας (ΠΠΧΣΑΑ Κ. Μακεδονίας).

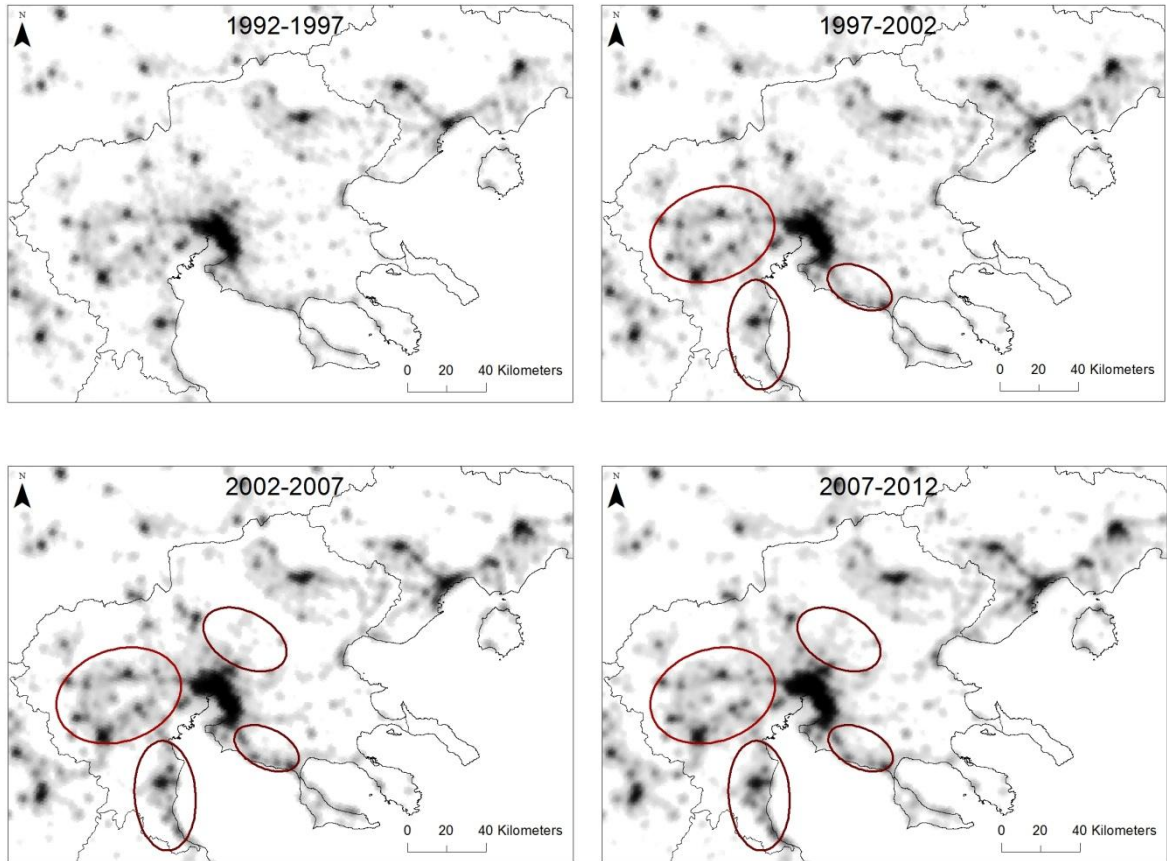


Εικόνα 17: Περιφέρεια Κ. Μακεδονίας (Πηγή: Google earth)

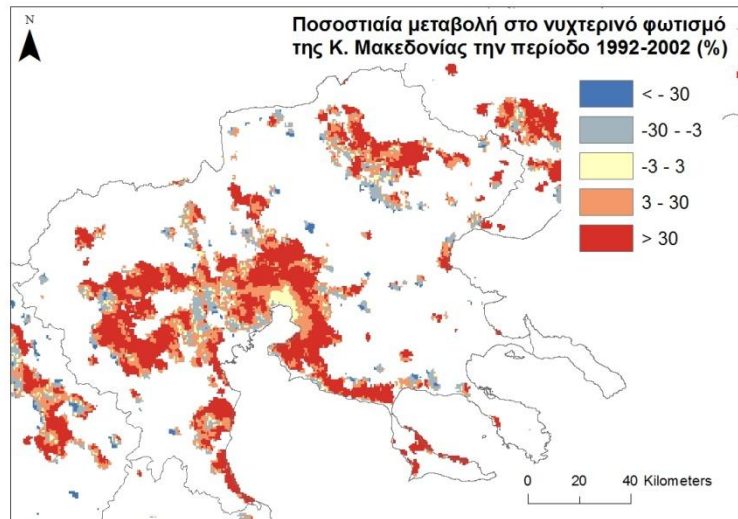
Από το 1993 και μετά η περιφέρεια Κ. Μακεδονίας παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές του δείκτη SOL σε σχέση με τις υπόλοιπες ελληνικές περιφέρειες (Εικόνα 10). Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη μητροπολιτική περιοχή της Θεσσαλονίκης, στους αναπτυξιακούς άξονες που τη διατρέχουν αλλά και στην ύπαρξη διάφορων πόλων εθνικής και περιφερειακής εμβέλειας όπως είναι οι Σέρρες, η Κατερίνη, η Βέροια, η Νάουσα, η Έδεσσα και άλλοι. Ωστόσο διαχρονικά εμφανίζονται μεγάλες διακυμάνσεις. Στην Εικόνα 18 παρατηρούμε ότι η διάχυση των αστικών δραστηριοτήτων την περίοδο 1992-2012, πραγματοποιήθηκε κυρίως κατά μήκος του εθνικού οδικού δικτύου, μεταξύ σημαντικών αστικών κέντρων της περιφέρειας και στα παράλια του Θερμαϊκού. Συγκεκριμένα οι τάσεις αστικοποίησης είναι έντονες κατά μήκος του οδικού δικτύου που συνδέει τις πόλεις Βέροια, Έδεσσα, Νάουσα, Αλεξάνδρεια, Γιαννιτσά και Θεσσαλονίκη. Στο «τρίγωνο» αυτό, ο μέσος όρος ανά πενταετία του νυχτερινού φωτισμού αυξάνεται συνεχώς, ενώ σταδιακά πραγματοποιείται και διάχυση αστικών λειτουργιών στο εσωτερικό του τριγώνου αυτού. Επιπλέον, οι αστικές δραστηριότητες

δεν διαχέονται ομοιόμορφα στο χώρο διαγράφοντας πιο έντονη παρουσία στα δυτικά και κεντρικά της περιφέρειας. Η εικόνα του αναπτυξιακού «κενού» στην αρχή της εξεταζόμενης περιόδου μεταξύ Θεσσαλονίκης και Σερρών αλλάζει μετά από το 2002, με την εμφάνιση διάσπαρτων και γραμμικών αστικών συγκεντρώσεων.

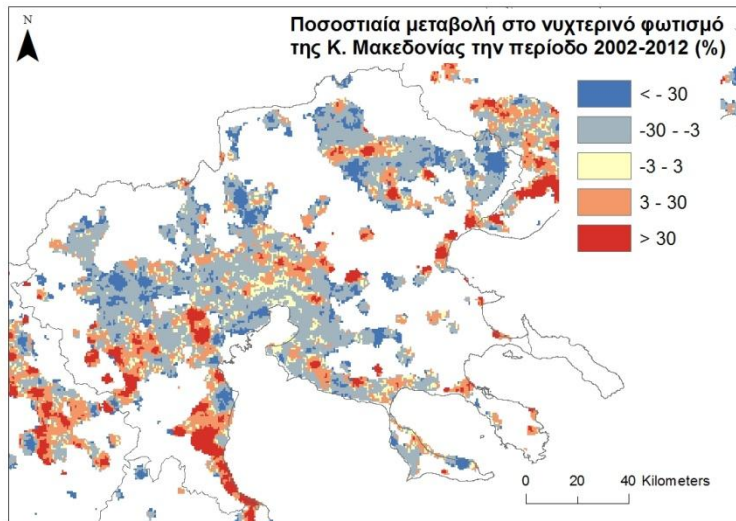
Την περίοδο 1992-2002 υψηλές θετικές μεταβολές του δείκτη SOL εντοπίζονται μεταξύ αστικών κέντρων στα δυτικά της περιφέρειας (Βέροια, Έδεσσα, Νάουσα, Αλεξάνδρεια, Γιαννιτσά), στον περιαστικό χώρο της Θεσσαλονίκης και στα ανατολικά παράλια του Θερμαϊκού Κόλπου (Εικόνα 19). Την περίοδο 2002-2012 βλέπουμε ότι συνεχίζονται ως ένα βαθμό οι τάσεις προαστικοποίησης στη Θεσσαλονίκη (κυρίως βόρεια και νοτιοανατολικά) με ταυτόχρονη όμως μικρή μείωση του επιπέδου αστικοποίησης στο κέντρο της πόλης. Την δεκαετία αυτή πραγματοποιήθηκε έντονη μείωση του πληθυσμού στους κεντρικούς Δήμους της πόλης και απορρόφηση του κυρίως από τους Δήμους του ανατολικού Πολεοδομικού Συγκροτήματος και της νοτιοανατολικής περιαστικής ζώνης. Παράλληλα, το φαινόμενο της αστικής διάχυσης εντείνεται κυρίως στα δυτικά της περιφέρειας, κατά μήκος της Εγνατίας και του ΠΑΘΕ και στον περιαστικό χώρο της Κατερίνης (Εικόνα 20). Στην Εικόνα 21 παρουσιάζεται η μεταβολή του νυχτερινού φωτισμού συνολικά στην εξεταζόμενη περίοδο. Σύμφωνα με τον Λαγαριά (2013), η οικιστική επέκταση και ανάπτυξη των τελευταίων δύο δεκαετιών είχε ως αποτέλεσμα τη σταδιακή ανάπτυξη κεντρικών λειτουργιών και σε άλλες περιοχές εκτός του ενιαίου μητροπολιτικού κέντρου και κατά μήκος των βασικών οδικών αξόνων. Επίσης, το φαινόμενο της αστικής διάχυσης εντάθηκε από την η χωροθέτηση δραστηριοτήτων εμπορίου, ψυχαγωγίας και υπηρεσιών στον περιαστικό χώρο και σε άμεση εγγύτητα με δίκτυα μεταφοράς.



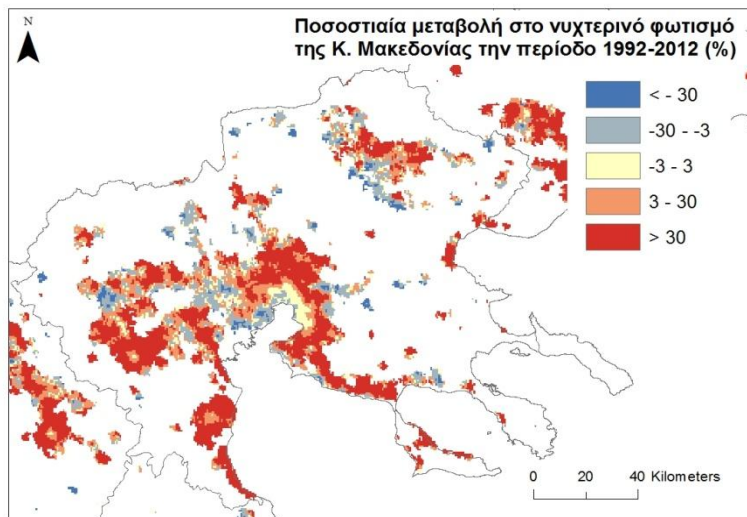
Εικόνα 18: Μέσος όρος νυχτερινών φωτών στην Περιφέρεια Κ. Μακεδονίας ανά 5ετία (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Εικόνα 19: Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Κ. Μακεδονίας την περίοδο 1992-2002(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Εικόνα 20: Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Κ. Μακεδονίας την περίοδο 2002-2012 (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

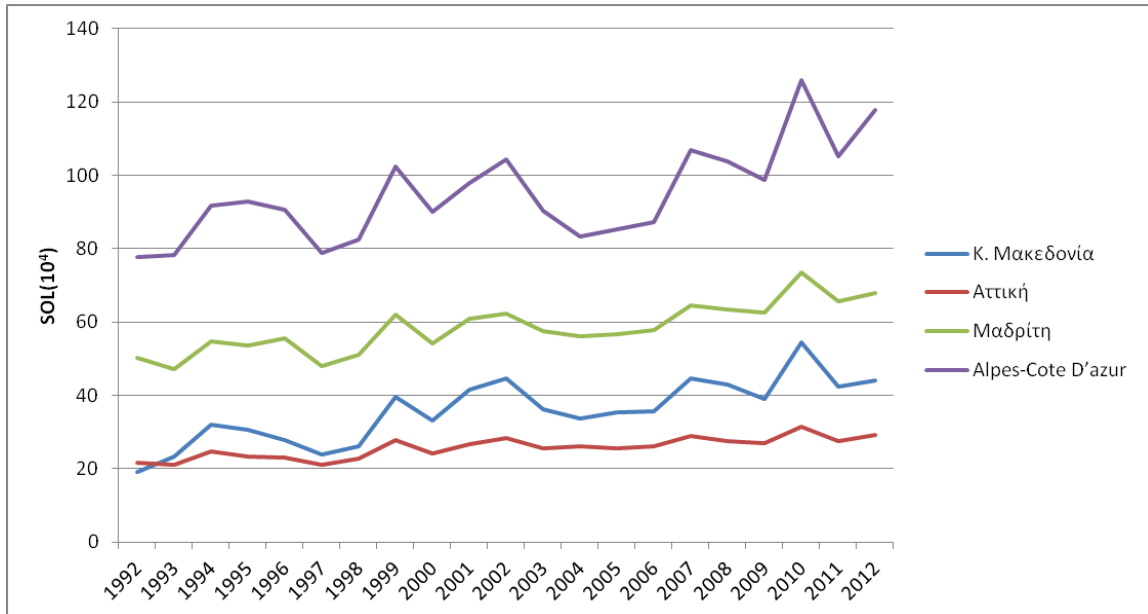


Εικόνα 21: Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Π. Κ. Μακεδονίας την περίοδο 1992-2012 (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

6.2 Αστική διάχυση στον ευρωπαϊκό χώρο

Σε επόμενο στάδιο γίνεται σύγκριση με άλλες ευρωπαϊκές περιφέρειες στις οποίες βρίσκονται επίσης μητροπολιτικές περιοχές. Επιλέχθηκαν οι περιφέρειες της Μαδρίτης και της Alpes-Cote D'azur όπου περιλαμβάνουν τη Μαδρίτη και τη Μασσαλία αντίστοιχα. Οι περιφέρειες αυτές επιλέχθηκαν καθώς είναι μεσογειακές και παρουσιάζουν παραπλήσια χαρακτηριστικά ως προς τον πληθυσμό και την έκτασή τους με τις προαναφερόμενες ελληνικές περιφέρειες. Στην Εικόνα 22 βλέπουμε ότι όλες οι περιφέρειες χαρακτηρίζονται από παρόμοιες δυναμικές αστικοποίησης αλλά διαφοροποιούνται ως προς την ένταση και τα επίπεδα αυτών. Αυτό είναι αναμενόμενο αν αναλογιστεί κανείς τη ποικιλία των παραγόντων που συντελούν στο φαινόμενο αυτό και το γεγονός ότι διαφοροποιούνται από χώρα σε χώρα. Εξετάζοντας τη μεταβολή του

δείκτη SOL ανά δεκαετία βλέπουμε ότι η περιφέρεια της Μαδρίτης και της Alpes-Cote D'azur πλησιάζουν περισσότερο την πορεία της περιφέρειας Αττικής, χωρίς να εμφανίζουν πολύ μεγάλη μεταβολή κατά την εξεταζόμενη περίοδο (Εικόνα 22).



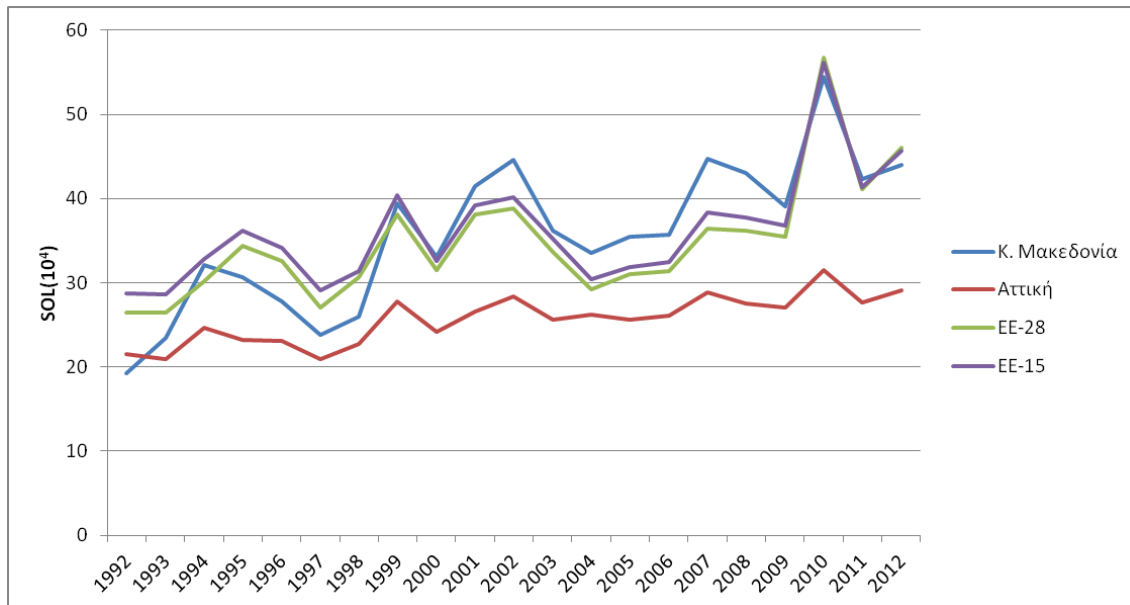
Εικόνα 22: Διαχρονική μεταβολή του δείκτη SOL στις ευρωπαϊκές περιφέρειες την περίοδο 1992-2012 (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Περιφέρειες	Ποσοστιαία μεταβολή SOL (%)		
	1992-2002	2002-2012	1992-2012
Κ. Μακεδονία	132.35%	-1.16%	129.66%
Αττική	32.16%	2.43%	35.37%
Μαδρίτη	24.57%	8.59%	35.27%
Alpes-Cote D'azur	34.25%	12.84%	51.48%

Πίνακας 4: Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ανά δεκαετία (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Τέλος, πραγματοποιείται σύγκριση των περιφερειών Κ. Μακεδονίας και Αττικής με τις περιφέρειες που απαρτίζουν την Ε.Ε. των 28 και των 15. Στην Εικόνα 23 βλέπουμε ότι διαγράφεται ανάλογη πορεία μεταξύ του μέσου όρου των αθροιστικών τιμών φωτεινότητας των περιφερειών της Ε.Ε. των 28 και των 15 με τις ελληνικές περιφέρειες. Η περιφέρεια της Αττικής έχει σημειώσει μικρότερη μεταβολή σε σχέση με τους μέσους όρους της Ε.Ε. Ωστόσο, όπως έχει προαναφερθεί τα αποτελέσματα ενδέχεται να επηρεάζονται από τα υψηλά επίπεδα κορεσμού. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι ο μέσος όρος του δείκτη SOL των περιφερειών των παλαιών κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι διαχρονικά μεγαλύτερος σε σχέση με εκείνον που αντιστοιχεί στο σημερινό της μέγεθος (Ε.Ε. των 28). Οι χώρες της ανατολικής Ευρώπης που προσχώρησαν αργότερα (από το 2004 μέχρι σήμερα) στην Ευρωπαϊκή Ένωση

χαρακτηρίζονταν από χαμηλά επίπεδα ανάπτυξης και έτσι οδήγησαν στη μείωση του μέσου όρου. Γενικά, οι περιφερειακές ανισότητες ανάμεσα στο κέντρο και την περιφέρεια, διακρίνουν την ευρωπαϊκή ένωση από την αρχή της ίδρυσής της.



Εικόνα 23: Διαχρονική μεταβολή του μέσου όρου του δείκτη SOL των περιφερειών της Ε.Ε. των 28 και 15 την περίοδο 1992-2012 (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

6.3 Τάσεις στον Ευρωπαϊκό χώρο

Στο πλαίσιο της μελέτης παρατηρείται ότι ενώ η φωτεινότητα των νυχτερινών φώτων κατά μήκος της Ευρώπης αυξάνεται συνολικά, υπάρχουν διαφοροποιήσεις σε περιφερειακή κλίμακα με κάποιες περιοχές να παρουσιάζουν σημαντικές μειώσεις του δείκτη SOL (Εικόνα 24).

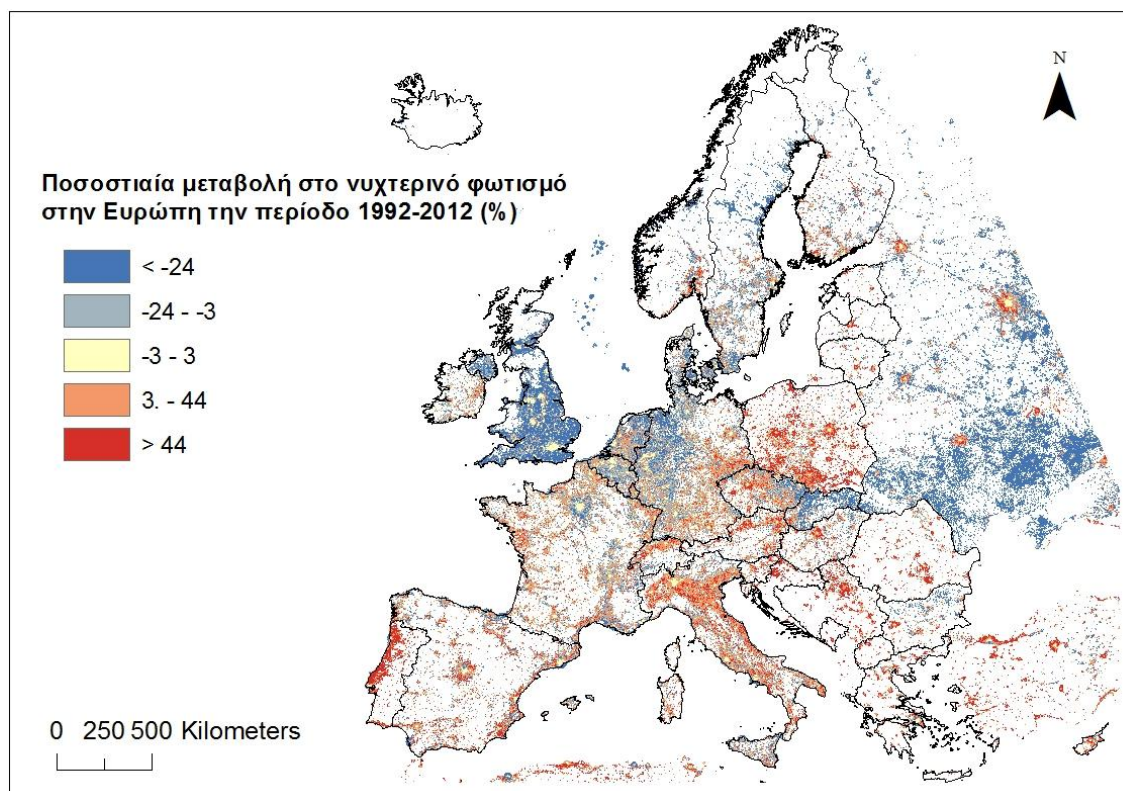
Σημαντική αύξηση της αστικοποίησης και της αστικής διάχυσης εντοπίζεται στα παράλια της Μεσογείου, στις παραθαλάσσιες περιοχές της Πορτογαλίας, στη βόρεια και ανατολική Ιταλία, την Πολωνία και την ανατολική Γερμανία. Σε χώρες της ανατολικής και νότιας Ευρώπης όπως είναι η Ουγγαρία, η Ρουμανία, η Σλοβενία και η Κροατία σημειώνονται αστικές αναπτύξεις στην περιαστική ζώνη των μεγάλων αστικών κέντρων ενώ τα επίπεδα αστικοποίησης του κέντρου αυτών, παραμένουν σταθερά. Επιπλέον, δεν πραγματοποιήθηκε αστική διάχυση στον εξωαστικό χώρο παρά μόνο κατά μήκος μεγάλων οδικών αξόνων.

Σε ότι αφορά τις μειώσεις στο νυχτερινό φωτισμό εν μέρει μπορούμε να πούμε ότι αποδίδονται στην πτώση της οικονομίας και της βιομηχανίας, όπως έχει σημειωθεί σε κάποιες χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης και της Ανατολικής Ευρώπης. Παρόλα αυτά αξιοσημείωτες μειώσεις του νυχτερινού φωτισμού εντοπίζονται σε αρκετές περιφέρειες του Ηνωμένου Βασιλείου, της Βόρειας Ευρώπης και των Σκανδιναβικών

χωρών. Χαρακτηριστικά το Ην. Βασίλειο, με εξαίρεση τα μεγάλα αστικά κέντρα παρουσιάζει μείωση στο νυχτερινό φωτισμό μεγαλύτερη από 24%. Στις παραπάνω περιφέρειες δεν πραγματοποιήθηκε οικονομική ύφεση κατά την εξεταζόμενη περίοδο και συνεπώς οι αρνητικές μεταβολές του δείκτη SOL δεν σημαίνουν μείωση των επιπέδων αστικοποίησης.

Γενικά, τα μοτίβα της αλλαγής στο νυχτερινό φωτισμό γίνονται ολοένα και πιο περίπλοκα ειδικότερα στις βιομηχανικά αναπτυγμένες περιφέρειες. Παρά το γεγονός ότι η πληθυσμιακή αύξηση, η οικονομική ανάπτυξη και η αστική εξάπλωση οδηγούν σε αύξηση του τεχνητού φωτισμού, η παγκόσμια οικονομική κρίση του 2007-2008 και οι ανησυχίες για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και την επάρκεια της ενέργειας, παρέχουν ισχυρά κίνητρα για τη μείωση της έντασης και της διάρκειας αυτού. Επιπλέον, η τεχνολογική πρόοδος επιτρέπει το σχεδιασμό συστημάτων τα οποία ελαχιστοποιούν την άσκοπη διάχυση του φωτός στο περιβάλλον. Παράλληλα, σε πολλές αναπτυγμένες χώρες μειώνεται η ανάγκη για τεχνητό φωτισμό που συνδέεται με βιομηχανικές δραστηριότητες λόγω της τριτογενεοποίησης της οικονομίας τους (δηλαδή μείωση του δευτερογενή τομέα και αύξηση του τριτογενή) (Bennie et al., 2014).

Στο Βέλγιο οι μειώσεις στο φωτισμό σχετίζονται κατά κύριο λόγο με το οδικό δίκτυο, ενώ στις πόλεις υπάρχει αύξηση στο φωτισμό. Το Βέλγιο έχει φωτεινούς σηματοδότες σχεδόν σε όλο το δίκτυο αυτοκινητόδρομων. Ωστόσο στην εξεταζόμενη περίοδο τα φώτα σε αρκετούς αυτοκινητόδρομους έσβησαν για οικονομικούς και περιβαλλοντικούς λόγους. Στη Σλοβακία παρατηρείται μείωση της φωτεινότητας στις μικρές πόλεις, καθώς πολλοί δήμοι αποφάσισαν να κλείνουν δημόσιο φωτισμό κατά τη διάρκεια της νύχτας για οικονομικούς λόγους. Εξαίρεση αποτελεί η Μπρατισλάβα και άλλες μεγάλες πόλεις όπου υπήρξε θετική μεταβολή στα νυχτερινά φώτα.



Εικόνα 24: Ποσοστιαία μεταβολή στο νυχτερινό φωτισμό της Ευρώπης την περίοδο 2002-2012 (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**Ελληνική**

Γιαννακού, Α. (2009) «Κεντρικά ζητήματα του πολεοδομικού σχεδιασμού στο σύγχρονο πλαίσιο». Διάλεξη σεμιναρίου ΤΕΕ/ΤΚΜ *Πολεοδομικές εφαρμογές στην Ελλάδα: Από τη σύγχρονη θεωρία στην ελληνική πρακτική*. Θεσσαλονίκη, 15-19 Ιουνίου.

Γεμενετζή, Γ. (2011) *Αστική διάχυση και οικιστικό δίκτυο: Έννοιες και εργαλεία ανάλυσης με εφαρμογή στην περιοχή επιρροής της Θεσσαλονίκης*. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, ΑΠΘ.

Γοσποδίνη, Α. και Μπεριάτος, Η. (2006) «Μετασχηματισμοί των αστικών τοπίων στις συνθήκες της παγκοσμιοποίησης, του ανταγωνισμού των πόλεων και των μεταμοντέρνων κοινωνιών». Στο Γοσποδίνη, Α. και Μπεριάτος Η. (επιμ.) *Τα νέα αστικά τοπία και η ελληνική πόλη*. Αθήνα: Κριτική, σελ. 15-23.

Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (2006) *Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Συμβούλιο, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών: Θεματική στρατηγική για την προστασία του εδάφους*. Διαθέσιμο στο <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52006DC0231&from=EL> [Τελευταία πρόσβαση 20/06/2015].

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2012) *Κατευθυντήριες γραμμές για τις βέλτιστες πρακτικές περιορισμού, μετριασμού ή αντιστάθμισης της σφράγισης του εδάφους*. Λουξεμβούργο: Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Καρούλα Χ. (2013) *Αστική διάχυση και σύγχρονες πόλεις: Η περίπτωση της εξάπλωσης του αστικού ιστού του Βόλου*. Μεταπτυχιακή διατριβή. ΤΜΧΠΠΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Λαγαριάς, Α. (2013) *Αστική εξάπλωση: Οι διαδικασίες αστικού μετασχηματισμού μέσα από τη μορφοκλασματική (fractal) γεωμετρία και τα μοντέλα προσομοίωσης*. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, ΑΠΘ.

Λάμπρου, Α. και Κανδής, Ν. (2012) *Η βιώσιμη προαστιακή ανάπτυξη ως απάντηση στην αστική διάχυση: Η περίπτωση της κοιλάδας του Ανθεμόντα*. Διπλωματική εργασία. Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Παλόγου, Σ. (2009) *Προσεγγίσεις του φαινομένου της αστικής διάχυσης: ΗΠΑ-Ευρώπη-Ελλάδα*. Εργασία μαθήματος ΠΜΣ. Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, ΕΜΠ.

Σκαγιάννης, Π. (2010) «Από το S στο σίγμα: Προς μία νέα ανάπτυξη του ελληνικού χώρου». Στο ΤΜΧΠΠΑ (επιμ.) 25 κείμενα για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του χώρου: Συλλογικός τόμος για τα 20 χρόνια λειτουργίας του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης. Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, σελ. 69-118.

Σταμέλλου, Ε. (2014) Σενάρια αστικής εξάπλωσης της Αθήνας. Διπλωματική εργασία. ΤΜΧΠΠΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Ξενόγλωσση

Baugh, K., Elvidge, C.D., Ghosh, T. and Ziskin, D. (2010) “Development of a 2009 stable lights product using DMSPOLS data”. *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 30, pp. 114-130.

Bennie, J., Davies, T.W., Duffy, J.P., Inger, R. and Gaston, K.J. (2014) “Contrasting trends in light pollution across Europe based on satellite observed night time lights”. *Scientific Reports*, 4, 3789.

Bennie, J., Duffy, J.P., Davies, T.W., Correa-Cano, M.E. and Gaston, K.J. (2015) “Global trends in exposure to light pollution in natural terrestrial ecosystems”. *Remote Sensing*, 7 (3), pp. 2715-2730.

Bhatta, B. (2010) *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data*. Berlin: Springer.

Bruegmann, R. (2005) *Sprawl: A compact history*. Chicago: University of Chicago Press.

Burgoine, T., Alvanides, S. and Lake, A. (2011) “Assessing the obesogenic environment of North East England”. *Health and Place*, 17 (3), pp. 738-747.

CEMAT (2006) *Spatial development glossary*. Strasbourg: Council of Europe Publishing.

Chin, N. (2002) “Unearthing the roots of urban sprawl: A critical analysis of form, function and methodology”. *CASA Working Papers*, 47.

Cinzano, P., Falchi, F., Elvidge, C.D. and Baugh, K.E. (2000) “The artificial night sky brightness mapped from DMSP satellite operational linescan system measurements”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 318 (3), pp. 641-657.

Cinzano, P., Falchi, F. and Elvidge, C.D. (2001) “The first world atlas of the artificial night sky brightness”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328 (3), pp. 689-707.

Couch, C., Leontidou, L. and Petschel-Held, G., eds. (2007) *Urban sprawl in Europe: Landscapes, land-use change & policy*. Oxford: Blackwell.

Croft, T.A. and Colvocoresses, A.P. (1979) *The brightness of lights of earth at night, digitally recorded by DMSP satellite*. Reston, USA: US Geological Survey.

Doll, C.N.H. (2008) *CIESIN thematic guide to night-time light remote sensing and its applications*. Palisades, NY: CIESIN.

Elvidge, C.D., Baugh, K.E., Kihn, E.A., Kroehl, H.W., Davis, E.R. and Davis, C.W. (1997) "Relation between satellite observed visible-near infrared emissions, population, economic activity and electric power consumption". *International Journal of Remote Sensing*, 18 (6), pp. 1373-1379.

Elvidge, C.D., Baugh, K.E., Dietz, J.B., Bland, T., Sutton, P.C. and Kroehl, H.W. (1999) "Radiance calibration of DMSP-OLS low-light imaging data of human settlements". *Remote Sensing of Environment*, 68 (1), pp. 77-88.

Elvidge, C.D., Imhoff, M.L., Baugh, K.E., Hobson, V.R., Nelson, I., Safran, J., Dietz, J.B. and Tuttle, B.T. (2001) "Night-time lights of the world: 1994-1995". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 56 (2), pp. 81-99.

Elvidge C.D., Cinzano, P., Pettit, D.R., Arvesen, J., Sutton, P., Small, C., Nemani, R., Longcore, T., Rich, C., Safran, J., Weeks, J. and Ebener, S. (2007) "The Nightsat mission concept". *International Journal of Remote Sensing*, 28 (12), pp. 2645-2670.

Elvidge, C.D., Baugh, K.E., Sutton, P.C., Bhaduri, B., Tuttle, B.T., Ghosh, T., Ziskin, D. and Erwin, E.H. (2011) "Who's in the dark: Satellite based estimates of electrification rates". In Yang, X. (ed.) *Urban remote sensing: Monitoring, synthesis and modeling in the urban environment*. Chichester: John Wiley & Sons, pp. 211-224.

Elvidge, C.D., Hsu, F.-C., Baugh, K.E. and Ghosh, T. (2014) "National trends in satellite-observed lighting 1992-2012". In Weng, Q. (ed.) *Global urban monitoring and assessment through earth observation*. Boca Raton: CRC Press, pp.96-120.

Environmental European Agency (2006) *Urban sprawl in Europe: The ignored challenge*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

European Spatial Development Perspective (1999) *Towards balanced and sustainable development of the territory of the European Union*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Ewing, R.H. (1994) "Characteristics, causes, and effects of sprawl: A literature review". *Urban Ecology*, 21 (2), pp. 519-535.

Ewing, R. (1997) "Is Los Angeles-style sprawl desirable?" *Journal of American Planning Association*, 63 (1), pp. 107-126.

- Frenkel, A. and Ashkenazi, M. (2008) “Measuring urban sprawl: How can we deal with it?” *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35 (1), pp. 56-79.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M., Wolman, H., Coleman, S. and Freihage, J. (2001) “Wrestling sprawl to the ground: Defining and measuring an elusive concept, housing policy debate”. 2 (4), pp. 681-717.
- Ghosh, T., Powell, R.L., Elvidge, C.D., Baugh, K.E., Sutton, P.C. and Anderson, S. (2010) “Shedding light on the global distribution of economic activity”. *The Open Geography Journal*, 3, pp. 148-161.
- Gillham, O. (2002) *The limitless city: A primer on the urban sprawl debate*. Washington, DC: Island Press.
- Huang, Q., Yang, X., Gao, B., Yang, Y. and Zhao, Y. (2014) “Application of DMSP/OLS nighttime light images: A meta-analysis and a systematic literature review”. *Remote Sensing*, 6 (8), pp. 6844-6866.
- Imhoff, M.L., Lawrence, W.T., Stutzer, D.C. and Elvidge, C.D. (1997) “A technique for using composite DMSP-OLS "City Lights" satellite data to map urban area”. *Remote Sensing of Environment*, 61 (3), pp. 361-370.
- Christiansen, P. and Loftsgarden, T. (2011) *Drivers behind urban sprawl in Europe*. Oslo: TØI.
- Letu, H., Hara, M., Tana, G. and Nihio, F. (2010) “A saturated light correction method for DMSP/OLS nighttime satellite imagery”. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 50 (2), pp. 389-396.
- Liu, Z., He, C., Zhang, Q., Huang, Q. and Yang, Y. (2012) “Extracting the dynamics of urban expansion in China using DMSP-OLS nighttime light data from 1992 to 2008”. *Landscape and Urban Planning*, 106 (1), 62-72.
- Lu, D., Tian, H., Zhou, G. and Ge, H. (2008) “Regional mapping of human settlements in southeastern China with multisensor remotely sensed data”. *Remote Sensing of Environment*, 112 (9), pp. 3668–3679.
- Peiser, R. (2001) “Decomposing urban sprawl”. *Town Planning Review*, 72 (3), pp. 275-298.
- Schneider, A. and Woodcock, C. (2008) “Compact, dispersed, fragmented, extensive?: A comparison of urban growth in twenty-five global cities using remotely sensed data, pattern metrics and census information”. *Urban Studies*, 45 (3), pp. 659-692.
- Small, C., Pozzi, F. and Elvidge, C.D. (2005) “Spatial analysis of global urban extent from DMSP-OLS night lights”. *Remote Sensing of Environment*, 96 (3-4), pp. 277-291.
- Stathakis, D., Perakis, K. and Savin, I. (2012) “Efficient segmentation of urban areas by the VIBI”. *International Journal of Remote Sensing*, 33 (20), pp. 6361-6377.

- Stathakis, D. and Tsilimigkas, G. (2014) “Measuring the compactness of European medium-sized cities by spatial metrics based on fused data sets”. *International Journal of Image and Data Fusion*, 6 (1), pp. 42-64.
- Sutton, P.C. (1997) “Modeling population density with night-time satellite imagery and GIS”. *Environment and Urban Systems*, 21 (3-4), pp. 227-244.
- Sutton, P.C., Roberts, D. and Elvidge, C.D. (2001) “Census from heaven: An estimate of the global human population using night-time satellite imagery”. *International Journal of Remote Sensing*, 22 (16), pp. 3061-3076.
- Nechyba, T.J. and Walsh, R.P. (2004) “Urban sprawl”. *The Journal of Economic Perspectives*, 18 (4), pp. 177-200.
- Wu, J., He, S., Pe, J. and Li, W. (2013) “Intercalibration of DMSP-OLS nighttime light data by the invariant region method”. *International Journal of Remote Sensing*, 34 (20), pp. 7356-7368.
- Yi, K., Tani, H., Li, Q., Zhang, J., Guo, M., Bao, Y., Wang, X. and Li, J. (2014) “Mapping and evaluating the urbanization process in Northeast China using DMSP/OLS nighttime light data”. *Sensors*, 14 (2), pp. 3207-3226.
- Zhang, Q., Schaaf, C. and Seto, K.C. (2013) “The vegetation adjusted NTL urban index: A new approach to reduce saturation and increase variation in nighttime luminosity”. *Remote Sensing of Environment*, 129, pp. 32-41.
- Zhuo, L., Shi, P.J., Chen, J. and Ichinose, T. (2003) “Application of compound night light index derived from DMSP/OLS data to urbanization analysis in China in the 1990s”. *Acta Geografica Sinica*, (6), pp. 893-902.
- Ziskin, D., Baugh, K., Hsu, F.-C. and Elvidge, C.D. (2010) “Methods used for the 2006 radiance lights”. *Proceedings of the Asia Pacific Advanced Network*, (30), pp. 131-142.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Eurostat (2015) Available at: <http://ec.europa.eu> [Last access 15/06/2015].

National Centers of Environmental Information (2015) *Defense Meteorological Satellite Program (DMSP)*. Available at: <http://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp.html> [Last access 12/06/2015].

URBACT (2015) Available at: <http://urbact.eu> [Last access 16/06/2015].