

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ»
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ

Θέμα : «Περιβαλλοντική καμπύλη Kuznets και η χρήση εναλλακτικών μέτρων
ενημερίας»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΣΙΤΣΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Αθήνα, 2023

Τριμελής Επιτροπή

Γεώργιος Μπαμπίνας, Επίκουρος Καθηγητής Παντείου Πανεπιστημίου (Επιβλέπων)

Γρηγόριος Σιουρούνης, Επίκουρος Καθηγητής Παντείου Πανεπιστημίου

Σταύρος Ντεγιαννάκης, Καθηγητής Παντείου Πανεπιστημίου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
1 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Εισαγωγή.....	5
1.1 Περιγραφή Θέματος της Εργασίας	5
1.2 Σκοπός και Στόχοι της Εργασίας	7
1.3 Δομή των Κεφαλαίων της Εργασίας.....	8
2 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Θεωρητικό Πλαίσιο	8
2.1 Περιβαλλοντική καμπύλη Kuznets - Θεωρία.....	9
2.2 Περιβαλλοντική καμπύλη Kuznets - Εμπειρική Διερεύνηση	12
3 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Μεθοδολογία Έρευνας.....	17
3.1 Διατύπωση Ερευνητικών Υποθέσεων.....	17
3.2 Διατύπωση Οικονομετρικού Μοντέλου και Μέτρηση Μεταβλητών	20
3.3 Οικονομετρική Μεθοδολογία Εκτίμησης	24
3.4 Δείγμα Εμπειρικής Έρευνας.....	26
4 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Αποτελέσματα Εμπειρικής Έρευνας	28
4.1 Περιγραφικά Στατιστικά Δείγματος	28
4.2 Εκτίμηση Οικονομετρικών Εξισώσεων	31
4.2.1 Εκτίμηση Επίδρασης Κατά Κεφαλή ΑΕΠ στο Περιβάλλον	31
4.2.2 Εκτίμηση Επίδρασης Δείκτη Ανθρώπινης ανάπτυξης (Human Development Index – HDI) στο Περιβάλλον.....	38
4.2.3 Εκτίμηση Επίδρασης Προσαρμοσμένου για Πλανητικές Πιέσεις Δείκτη Ανθρώπινης ανάπτυξης (Planetary Pressure Adjusted HDI – PHDI) στο Περιβάλλον	45
4.2.4 Εκτίμηση Επίδρασης Δείκτη Ικανοποίησης από τη Ζωή (Life Satisfaction Index) στο Περιβάλλον	53
5 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Τελικά Συμπεράσματα	61
5.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων Εμπειρικής Έρευνας	61
5.2 Συζήτηση Αποτελεσμάτων Εμπειρικής Έρευνας	64
5.3 Προτάσεις Προς Ενδιαφερόμενους.....	67
5.4 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα.....	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Έλεγχοι Στασιμότητας των εμπλεκόμενων στις οικονομετρικές εξισώσεις μεταβλητές	71

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα της παρούσας εργασίας αφορά τη διερεύνηση του φαινομένου της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets (Environmental Kuznets Curve – EKC), το οποίο αφορά μια θεωρία, σύμφωνα με τον Stern (2004), για τη σχέση ανάμεσα στο περιβάλλον και στην οικονομία και πιο συγκεκριμένα ανάμεσα σε δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης και σε οικονομικούς δείκτες. Η μελέτη της σχέσης αυτής επεκτείνεται, μάλιστα, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, και στη σχέση ανάμεσα στο περιβάλλον, την κοινωνική ανάπτυξη και την ευρύτερη ευημερία.

Χρησιμοποιώντας δεδομένα από ένα μεγάλο δείγμα χωρών παγκοσμίως, 182 χώρες, για την περίοδο 2000-2021, διερευνάται η επίδραση του κατά κεφαλή ΑΕΠ, ως μέτρο οικονομικής ανάπτυξης, αλλά και διαφόρων δεικτών ευρύτερης κοινωνικής, ανθρωπιστικής ανάπτυξης και ευημερίας, πάνω στο περιβάλλον, μέσα από διάφορους δείκτες υποβάθμισης που αφορούν εκπομπές αερίων και συγκεντρώσεις σωματιδίων.

Για τις περισσότερες περιπτώσεις επιβεβαιώθηκε η θεωρία της EKC. Συγκεκριμένα, φαίνεται πως τόσο η οικονομική ανάπτυξη όσο και η κοινωνική ανάπτυξη και η γενικότερη ευημερία έχουν αρχικά μια αρνητική επίπτωση στο περιβάλλον, αλλά από ένα σημείο και έπειτα, η οικονομική πιο αργά (σε υψηλό σχετικά επίπεδο εισοδήματος), η κοινωνική και ανθρωπιστική πιο νωρίς (σε μεσαίο σχετικά επίπεδο ανθρώπινης ανάπτυξης και ικανοποίησης από τη ζωή), έχουν ευεργετική σχετική επίδραση. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν τελικά πως σε χώρες με χαμηλό επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης και ευρύτερης ευημερίας, χρειάζονται αρκετές προσπάθειες για να αναπτυχθούν οικονομικά και κοινωνικά, όπου συνδυάζονται με μια περιβαλλοντική υποβάθμιση, δηλαδή απαιτείται, κατά κάποιο τρόπο μια θυσία του περιβάλλοντος. Εντούτοις, όταν επέρχεται ένα υψηλό επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης ή ένα μεσαίο επίπεδο ευρύτερης κοινωνικής ευημερίας, τότε η θυσία του περιβάλλοντος πιάνει τόπο, κατά κάποιο τρόπο, καθώς προκαλούνται οι σχετικές θετικές επιπτώσεις.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Εισαγωγή

1.1 Περιγραφή Θέματος της Εργασίας

Το θέμα της παρούσας εργασίας αφορά τη διερεύνηση του φαινομένου της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets (Environmental Kuznets Curve – EKC). Η θεωρία της καμπύλης Kuznets σύμφωνα με τον Stern (2004), ερμηνεύει τη σχέση ανάμεσα στο περιβάλλον και στην οικονομία και συγκεκριμένα ανάμεσα σε δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης και σε οικονομικούς δείκτες. Η μελέτη της σχέσης αυτής επεκτείνεται μάλιστα, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, και στη σχέση ανάμεσα στο περιβάλλον και την κοινωνική ανάπτυξη καθώς και την ευρύτερη ευημερία.

Σύμφωνα λοιπόν με την υπόθεση της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets, σε χώρες που βρίσκονται σε αρχικά στάδια οικονομικής ανάπτυξης, δηλαδή σε χαμηλά και μεσαία εισοδήματα, χαρακτηριζόμενες ως αναπτυσσόμενες, η αύξηση της οικονομικής ανάπτυξης τείνει να συνδυάζεται με μια περιβαλλοντική υποβάθμιση, δηλαδή με μια αύξηση σε διάφορους περιβαλλοντικούς δείκτες υποβάθμισης, όπως πχ σε εκπομπές (emissions) διαφόρων αερίων. Από την άλλη μεριά, σε χώρες που βρίσκονται σε προηγμένα στάδια οικονομικής ανάπτυξης, δηλαδή σε υψηλότερα εισοδήματα, χαρακτηριζόμενες ως αναπτυγμένες, η αύξηση της οικονομικής ανάπτυξης τείνει να συνδυάζεται με μια περιβαλλοντική αναβάθμιση, δηλαδή σε μια μείωση στους σχετικούς περιβαλλοντικούς δείκτες υποβάθμισης. Όλα τα παραπάνω υπονοούν, εμμέσως πλην σαφώς, ότι οι διάφοροι περιβαλλοντικοί δείκτες υποβάθμισης είναι μια μη γραμμική συνάρτηση σχήματος αντίστροφου U ως προς αντίστοιχους δείκτες οικονομικής ανάπτυξης, όπου θα υπάρχει ένα χείριστο επίπεδο ανάπτυξης το οποίο μεγιστοποιεί τις βλαπτικές συνέπειες της στο περιβάλλον, όπου από αυτό το επίπεδο και πέρα οι συνέπειες της περαιτέρω οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον θα έχουν θετικό αντίκτυπο, μειώνοντας τους σχετικούς δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

Το ενδιαφέρον όσον αφορά τη σχέση μεταξύ περιβάλλοντος και οικονομικής ανάπτυξης είναι ότι έχουν αναπτυχθεί και αντικρουόμενες θεωρίες με ιδιαίτερα ισχυρή βάση. Συγκεκριμένα, όπως αναφέρει ο Stern (2004), η θεωρία της EKC ίσως να μην

αποτελεί μια ρεαλιστική οπτική της επίδρασης της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον. Για την ακρίβεια, η επίδραση αυτή θεωρείται ότι μπορεί να είναι μονότονα θετική, κάτι που σημαίνει ότι η περιβαλλοντική υποβάθμιση τείνει να αυξάνει όσο αυξάνει το επίπεδο του εισοδήματος. Εντούτοις, αυτό συμβαίνει με ελαστικότητα μικρότερη της μονάδας, υπονοώντας ότι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος αυξάνεται με μειωμένο ρυθμό, όσο αυξάνεται η οικονομική ανάπτυξη. Η λογική για την παραπάνω θεωρία, σύμφωνα με τον Stern (2004), έχει να κάνει ότι με την πάροδο του χρόνου και την τεχνολογική ανάπτυξη που συντελείται, είναι λογικό να εφευρίσκονται τρόποι οικονομικής δραστηριότητας πιο φιλικόι στο περιβάλλον κι επομένως να μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις παγκοσμίως. Σε χώρες με χαμηλά και μεσαία εισοδήματα, δηλαδή σε αναπτυσσόμενες οικονομίες, η τεχνολογική ανάπτυξη δεν είναι σε θέση να αξιοποιηθεί ανάλογα και να υπερκεράσει την αρνητική επίπτωση της ταχείας οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον. Το ότι αυτό δε συμβαίνει στις χώρες με υψηλότερα εισοδήματα, δηλαδή σε αναπτυγμένες χώρες, όπου η τεχνολογική ανάπτυξη θα είναι σε θέση να υπερκεράσει την αρνητική επίδραση της ταχείας οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον, δε σημαίνει ότι τελικά η επίδραση της ανάπτυξης στο περιβάλλον παύει να είναι αρνητική. Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι οι περιβαλλοντικοί δείκτες υποβάθμισης είναι μια μονότονη θετική συνάρτηση της οικονομικής ανάπτυξης, δηλαδή του επιπέδου εισοδήματος.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας κρίνεται επίσης σκόπιμο και ιδιαίτερα ενδιαφέρον να διερευνηθεί η υπόθεση της EKC και υπό το πρίσμα της σχέσης περιβάλλοντος και ευρύτερης κοινωνικής ανάπτυξης και ευημερίας. Η λογική είναι ότι η οικονομική ανάπτυξη δεν είναι μεν απαραίτητο να συνδυάζεται τόσο στενά και με μια ευρύτερη ευημερία σε όρους κοινωνικούς, ανθρωπιστικούς, περιβαλλοντικούς. Καθώς όμως, το ζητούμενο σε κάθε χώρα δεν (θα πρέπει) να είναι η οικονομική ανάπτυξη, αλλά η ευρύτερη κοινωνική ευημερία των ατόμων, δημιουργείται ένα ισχυρό κίνητρο να διερευνηθεί κατά πόσο ισχύει η θεωρία της EKC ή μια μονότονη σχέση και για την επίδραση της ευρύτερης κοινωνικής ανάπτυξης και ευημερίας στο περιβάλλον.

Πιο συγκεκριμένα, στο πλαίσιο της θεωρίας της υπόθεσης της EKC θα διερευνηθεί εάν οι περιβαλλοντικοί δείκτες είναι μια μη γραμμική συνάρτηση σχήματος αντίστροφου U ως προς τη ευρύτερη ευημερία όπου θα υπάρχει, πιθανόν, ένα βέλτιστο επίπεδο ευημερίας το οποίο ελαχιστοποιεί τις βλαπτικές συνέπειες της

στο περιβάλλον, όπου από αυτό το επίπεδο ευημερίας και πέρα οι περαιτέρω αύξηση της θα έχει αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον, αυξάνοντας τους διαφόρους δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

Στο πλαίσιο της εναλλακτικής θεωρίας, περί μονότονης σχέσης, η επίδραση της ευρύτερης κοινωνικής ευημερίας στην περιβαλλοντική υποβάθμιση αναμένεται να είναι μονότονα αρνητική, δηλαδή ότι οι δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης τείνουν να αυξάνουν όσο μειώνεται το επίπεδο της ευρύτερης κοινωνικής ευημερίας και ανάπτυξης. Εντούτοις, αυτό αναμένεται να συμβαίνει, όπως και στην περίπτωση της επίδρασης της οικονομικής ανάπτυξης, με ελαστικότητα μικρότερη της μονάδας, υπονοώντας ότι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος αυξάνεται με μειωμένο ρυθμό, όσο μειώνεται η ευρύτερη ευημερία. Πιο συγκεκριμένα, ανεξάρτητα από το επίπεδο ευημερίας σε κάθε χώρα, η όποια τεχνολογική πρόοδος υπάρχει δεν είναι δυνατό να αλλάξει η σχέση μεταξύ ευρύτερης ευημερίας και επιπτώσεων στο περιβάλλον. Συνεπώς, υπό το πρίσμα αυτής της θεωρίας, υπονοείται πως οι περιβαλλοντικοί δείκτες υποβάθμισης είναι μια μονότονη αρνητική συνάρτηση της ευρύτερης ευημερίας.

Χρησιμοποιώντας δεδομένα από ένα μεγάλο δείγμα χωρών παγκοσμίως, 182 χώρες, για την περίοδο 2000-2021, διερευνάται η επίδραση του κατά κεφαλή ΑΕΠ, ως μέτρο οικονομικής ανάπτυξης, αλλά και διαφόρων δεικτών ευρύτερης κοινωνικής, ανθρωπιστικής ανάπτυξης και ευημερίας, πάνω στο περιβάλλον, μέσα από διάφορους δείκτες υποβάθμισης που αφορούν εκπομπές αερίων και συγκεντρώσεις σωματιδίων.

1.2 Σκοπός και Στόχοι της Εργασίας

Ο βασικός σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να γίνει κατανοητή η σχέση ανάμεσα σε περιβάλλον και ανάπτυξη, είτε οικονομική, είτε κοινωνική και σε θεωρητικό επίπεδο, αναπτύσσοντας τις διάφορες θεωρίες, αλλά κυρίως σε εμπειρικό επίπεδο μέσα από κατάλληλη ποσοτική ανάλυση πάνω σε πραγματικά δεδομένα.

Οι στόχοι της παρούσας εργασίας περιλαμβάνουν τη διατύπωση της σημασίας που έχει η ευρύτερη κοινωνική ανάπτυξη έναντι της οικονομικής η οποία έχει μια πιο στενή έννοια, καθώς και τη διατύπωση διαφόρων προτάσεων προς ενδιαφερόμενους που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος, μέσα από μια βιώσιμη οικονομική

ανάπτυξη και μια πιο συνετή πορεία προς την κοινωνική ευημερία καθώς και τη διατύπωση προτάσεων για μελλοντική έρευνα πάνω στο σχετικό πεδίο.

1.3 Δομή των Κεφαλαίων της Εργασίας

Το υπόλοιπο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας δομείται σε τέσσερα (4) ακόμα κεφάλαια. Το 2^ο κεφάλαιο αποτελεί το θεωρητικό πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας στο οποίο αναπτύσσονται οι έννοιες των οικονομικών του περιβάλλοντος και κυρίως η θεωρία της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets. Το 3^ο κεφάλαιο αποτελεί την περιγραφή της μεθοδολογίας της εμπειρικής έρευνας στο οποίο αρχικά αναπτύσσονται οι ερευνητικές υποθέσεις, έπειτα διατυπώνονται οι οικονομετρικές εξισώσεις μέσα από τις οποίες θα διερευνηθούν οι σχετικές υποθέσεις όπου περιγράφονται με λεπτομέρειες οι εμπλεκόμενες μεταβλητές, κατόπιν περιγράφεται η οικονομετρική μεθοδολογία εκτίμησης των οικονομετρικών εξισώσεων και τέλος, παρουσιάζεται μια σύντομη περιγραφή του δείγματος. Το 4^ο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας, στο οποίο πρώτα παρουσιάζονται κάποια βασικά περιγραφικά στατιστικά των εμπλεκόμενων μεταβλητών, έπειτα τα αποτελέσματα των οικονομετρικών εκτιμήσεων που αφορούν την επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης και ακολούθως της ευρύτερης κοινωνικής ανάπτυξης και ευημερίας στο περιβάλλον. Τέλος, το 5^ο κεφάλαιο αφορά στα τελικά συμπεράσματα της εμπειρικής έρευνας, στο οποίο αρχικά παρουσιάζεται μια σύνοψη των αποτελεσμάτων, έπειτα μια σχετική συζήτηση και σχολιασμός αυτών και τέλος, παρουσιάζονται ορισμένες προτάσεις προς ενδιαφερόμενους και κάποιες προτάσεις για μελλοντική έρευνα πάνω στο πεδίο της σχέσης περιβάλλοντος και οικονομικής και ευρύτερης κοινωνικής ανάπτυξης.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Θεωρητικό Πλαίσιο

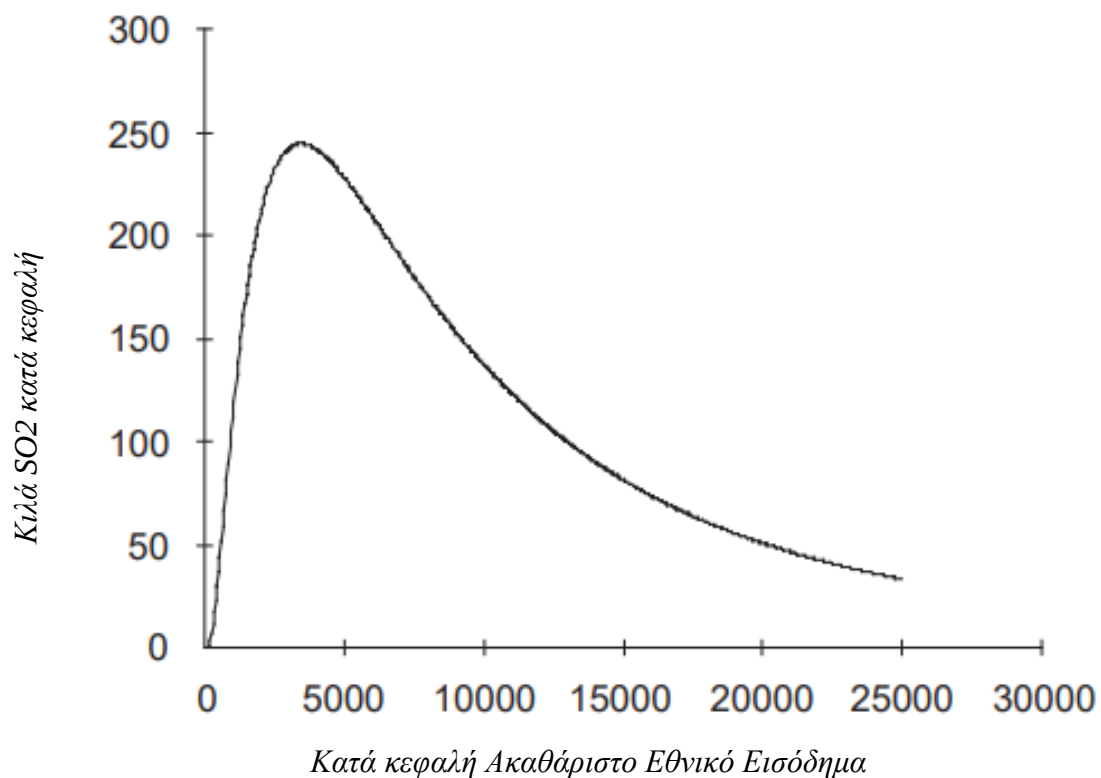
2.1 Περιβαλλοντική καμπύλη Kuznets - Θεωρία

Σύμφωνα με τον Stern (2004), η περιβαλλοντική καμπύλη Kuznets (Environmental Kuznets Curve – EKC) πήρε το όνομα της από τον Simon Kuznets ο οποίος είχε υποθέσει ότι η ανισότητα εισοδήματος αρχικά αυξάνεται και έπειτα μειώνεται όσο αυξάνεται η οικονομική ανάπτυξη (Kuznets, 1965, Kuznets, 1966). Στο πλαίσιο αυτό λοιπόν, καθώς οι εκπομπές διαφόρων αερίων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου και διάφορα οξείδια του αζώτου συνδέονται άμεσα με τη χρήση ενέργειας, η EKC αποτελεί ένα μοντέλο που περιγράφει τη σχέση ανάμεσα σε χρήση ενέργειας, οικονομικής ανάπτυξης και στο περιβάλλον.

Η λογική της EKC είχε ξεκινήσει να αναπτύσσεται στις αρχές της δεκαετίας του 90, στο πλαίσιο μελετών των Grossman & Krueger (1994) και Shafik & Bandyopadhyay (1992). Όπως αναφέρει και ο Stern (2004) η άποψη ότι η οικονομική ανάπτυξη, δηλαδή η αυξανόμενη οικονομική δραστηριότητα, βλάπτει το περιβάλλον βασίζεται σε στατικές υποθέσεις όσον αφορά την τεχνολογία και τις επενδύσεις για το περιβάλλον. Στην πράξη, όσο το εισόδημα αυξάνεται σε μια οικονομία, αυξάνεται επίσης και η ζήτηση για βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς υπάρχουν διαθέσιμοι και οι απαραίτητοι πόροι για σχετικές επενδύσεις. Στο πλαίσιο αυτό, ο Beckerman (1992) είχε υποστηρίξει πως πράγματι υπάρχουν ενδείξεις πως η οικονομική ανάπτυξη προκαλεί περιβαλλοντική υποβάθμιση σε πρώιμα στάδια ανάπτυξης, αλλά, όμως, για να αναβαθμιστεί το περιβάλλον είναι αναγκαίος ο πλούτος.

Ο Stern (2004) τονίζει τη σημασία της τεχνολογίας στη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Σύμφωνα με τη λογική του, όταν η οικονομική ανάπτυξη πραγματοποιείται χωρίς να συνοδεύεται από βελτίωση της τεχνολογίας και απλώς μια οικονομία μεγαλώνει, τότε αυτό θα έχει βλαπτική επίπτωση στο περιβάλλον, κάτι που ονομάζεται αποτέλεσμα μεγέθους (scale effect), και αποτελεί την παραδοσιακή άποψη για την αρνητική σχέση μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και

Σχήμα 2.1, Γραφική απεικόνιση της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets



Πηγή: Panayotou (1993) και Stern et al. (1996)

περιβάλλοντος. Στο πλαίσιο αυτό λοιπόν, ο Panayotou (1993 και 2000) είχε υποστηρίξει ότι σε υψηλά επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης, δομικές μεταβολές των κλάδων που εξαρτώνται πολύ από την πληροφορία και τη γνώση, αλλά και των κλάδων των υπηρεσιών, συνδυαζόμενες με υψηλότερο επίπεδο περιβαλλοντικής συνείδησης, με επιβολή περιβαλλοντικών ρυθμίσεων και ανάλογα κανονιστικών πλαισίων, με καλύτερη τεχνολογία και με υψηλότερο επίπεδο περιβαλλοντικών επενδύσεων οδηγούν σε σταδιακή πτώση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης ή αλλιώς σε αναβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Από το παραπάνω θεωρητικό πλαίσιο, εύλογα προκύπτει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U της οικονομικής ανάπτυξης πάνω στην περιβαλλοντική υποβάθμιση, όπως απεικονίζεται και στο σχήμα 2.1 (Panayotou, 1993, Stern et al., 1996). Η λογική είναι πως σε πρώιμα στάδια ανάπτυξης, η αυξημένη οικονομική δραστηριότητα βλάπτει το περιβάλλον, άρα αυξάνει τους διάφορους δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης, εξαιτίας του αποτελέσματος μεγέθους,

θεωρώντας σταθερή τεχνολογία, ενώ σε περαιτέρω στάδια ανάπτυξης, η συνεχιζόμενη οικονομική δραστηριότητα δεν λειτουργεί τόσο βλαπτικά διότι εξαιτίας της καλύτερης τεχνολογίας, η ανάπτυξη πραγματοποιείται με πιο φιλικούς για το περιβάλλον τρόπους, ενώ η αυξανόμενη περιβαλλοντική συνείδηση που συνήθως κυριαρχεί σε πιο αναπτυγμένες χώρες, τα ρυθμιστικά πλαίσια που υπάρχουν και οι διαθέσιμοι πόροι για περιβαλλοντικές επενδύσεις φτάνουν να λειτουργούν ακόμα και ευεργετικά για το περιβάλλον, μειώνοντας από ένα σημείο και έπειτα το επίπεδο των διαφόρων δεικτών υποβάθμισης.

Πάντως, ο Stern (2004) θεωρεί πως η μη γραμμική αυτή σχέση στηρίζεται σε αρκετές απλοποιήσεις, όσον αφορά τις οικονομίες που εξετάζονται κάθε φορά και ότι δεν υπάρχει απόλυτη βεβαιότητα για το ποια είναι στην πραγματικότητα αυτή η σχέση. Τονίζει μάλιστα, πως η κακή χρήση των δεδομένων και των οικονομετρικών τεχνικών μπορεί να οδηγήσει, εντέλει, σε λανθασμένα εμπειρικά συμπεράσματα. Στην πραγματικότητα, όταν ληφθούν υπόψη διάφορες απαιτούμενες προηγμένες οικονομετρικές τεχνικές, προκύπτουν ενδείξεις ότι η EKC δεν υπάρχει στην πραγματικότητα. Αντί για αυτήν, προκύπτουν πιο ρεαλιστικές ενδείξεις της επίδρασης της οικονομικής ανάπτυξης και των τεχνολογικών αλλαγών πάνω στο περιβάλλον όταν λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες.

Συνοψίζοντας λοιπόν, τη θεωρητική βάση της EKC, ο Stern (2004) αναφέρει πως οι περισσότεροι δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης αυξάνονται μονότονα με βάση το εισόδημα, ως δείκτη οικονομικής ανάπτυξης, αν και η ελαστικότητα του εισοδήματος είναι μικρότερης της μονάδας και δεν είναι καν μια απλή συνάρτηση του εισοδήματος. Χρονικές επιδράσεις, οι οποίες τυπικά μοντελοποιούν την όποια κοινή τεχνολογική μεταβολή σε όλες τις χώρες, τείνουν να μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις για κάθε επίπεδο εισοδήματος, δηλαδή οικονομικής ανάπτυξης. Εντούτοις, όπως τονίζει ο Stern (2004), σε υψηλά αναπτυσσόμενες μεσαίου εισοδήματος χώρες το αποτέλεσμα του μεγέθους, το οποίο αυξάνει την περιβαλλοντική υποβάθμιση, κυριαρχεί των χρονικών επιδράσεων. Σε πλουσιότερες χώρες, με πιο βραδείς ρυθμούς ανάπτυξης, οι συντονισμένες και πιο οργανωμένες προσπάθειες από όλους (κράτος, επιχειρήσεις, απλό κόσμο) για προστασία του περιβάλλοντος μπορούν να κυριαρχήσουν έναντι του αποτελέσματος μεγέθους. Όλα τα παραπάνω δένουν αρμονικά το θεωρητικό υπόβαθρο της EKC το οποίο οδηγεί σε μια μη γραμμική

σχήματος αντίστροφου U επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης πάνω σε δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

Φαίνεται επομένως, πως όσο η τεχνολογία επιδράει πιο έντονα και σε χώρες με χαμηλότερο επίπεδο εισοδήματος και όσο περιβαλλοντικά ρυθμιστικά πλαίσια γίνονται πιο αυστηρά και ισχύουν σε ολόένα και περισσότερες χώρες, αλλά και όσο αυξάνει η περιβαλλοντική συνείδηση σε όλο και περισσότερες χώρες, τόσο θα τείνει να βρίσκεται το ανώτερο σημείο της ΕΚC σε ολόένα και μικρότερο επίπεδο εισοδήματος, έτσι ώστε να τείνει, ίσως, κάποια στιγμή να επικρατήσει μόνο το πτωτικό σημείο της καμπύλης και να μετατραπεί κάποια στιγμή η σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος σε μια μονότονη αρνητικής κλίσεως καμπύλη, όπου η οικονομική ανάπτυξη να έχει και από τα πρώιμα στάδια της, αρνητική επίδραση στους δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης και συνεπώς ευεργετική επίδραση στο περιβάλλον.

2.2 Περιβαλλοντική καμπύλη Kuznets - Εμπειρική Διερεύνηση

Σύμφωνα με τον Stern (2004), στο πλαίσιο της εμπειρικής διερεύνησης της ΕΚC, τα τότε εμπειρικά αποτελέσματα παρείχαν ενδείξεις πως τα προβλήματα μόλυνσης του περιβάλλοντος είχαν ξεκινήσει να αντιμετωπίζονται και από χώρες αναπτυσσόμενες, δηλαδή με χαμηλό ή μεσαίο επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης.

Ένα κοινό χαρακτηριστικό των διαφόρων εμπειρικών μελετών είναι ότι χρησιμοποιούσαν ως μέτρο περιβαλλοντικής ρύπανσης τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, αλλά και άλλων αερίων όπως θείο, άζωτο, όπως και αιωρούμενων σωματιδίων. Σχεδόν σε όλες τις έρευνες, πάντως, χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλά μέτρα περιβαλλοντικής ρύπανσης.

Σε πολλές εμπειρικές έρευνες που διερεύνησαν εμπειρικά το φαινόμενο της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets, χρησιμοποιήθηκε ένα δείγμα από πολλές χώρες διαφόρων ταχυτήτων ανάπτυξης, δηλαδή και αναπτυσσόμενες και αναπτυγμένες. Τα σχετικά αποτελέσματα μερικών εξ αυτών των ερευνών είχαν ως εξής.

Οι Shafik & Bandyopadhyay (1992) σε δείγμα από 41 πόλεις σε 31 χώρες την περίοδο 1972-1988 χρησιμοποίησαν 10 διαφορετικούς δείκτες περιβαλλοντικής

υποβάθμισης. Σε κάποιους δείκτες (πχ έλλειψη καθαρού νερού) βρέθηκε αρνητική επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης, σε άλλους δείκτες (πχ αποψίλωση δασών) δεν βρέθηκε καμία επίδραση, σε άλλους δείκτες (πχ ποιότητα νερού ποταμιών, εκπομπές σε άνθρακα) βρέθηκε θετική επίδραση, ενώ σε άλλους δείκτες (πχ συγκεντρώσεις αερίων) επιβεβαίωσαν τη θεωρία της EKC με μέγιστο επίπεδο για εισόδημα ανάμεσα σε 3,000-4,000 δολάρια (σταθερές τιμές 1990).

Ο Panayotou (1993) σε δείγμα 55 αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών την περίοδο 1987-1988 διαπίστωσε εμπειρικά την EKC, όπου οι εκπομπές αερίων μεγιστοποιούνται για εισόδημα 3,137 δολάρια (σταθερές τιμές 1990).

Στη μελέτη τους οι Grossman & Krueger (1994) με δείγμα από 52 πόλεις σε 32 χώρες τις περιόδους 1977, 1982, 1988, διαπίστωσαν την επίδραση σχήματος αντίστροφου U του κατά κεφαλή ΑΕΠ, προσαρμοσμένου για την PPP, στις εκπομπές διοξειδίου του θείου και στη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων, όπου για οι μεν εκπομπές μεγιστοποιούνταν για ένα εισόδημα ανάμεσα σε 4,000-5,000 δολάρια (σταθερές τιμές 1990), ενώ το αντίστοιχο επίπεδο εισοδήματος που μεγιστοποιούσε τις συγκεντρώσεις ήταν ακόμα πιο χαμηλό.

Σε νεότερη του έρευνα ο Panayotou (1997) σε δείγμα από 30 πόλεις σε αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες την περίοδο 1982-1984 διαπίστωσε για μια ακόμα φορά τη θεωρία της EKC όπου οι συγκεντρώσεις διαφόρων αερίων μεγιστοποιούνται για εισόδημα 5,965 δολάρια (σε σταθερές τιμές 1990).

Οι Kaufmann et al (1997) σε δείγμα 13 αναπτυγμένων και 10 αναπτυσσόμενων χωρών την περίοδο 1974-1989 βρήκαν και αυτοί εμπειρικές ενδείξεις για την στήριξη της θεωρίας της EKC, όπου το μέγιστο σημείο των συγκεντρώσεων αερίων βρέθηκε για εισόδημα 14,730 δολάρια (σε σταθερές τιμές 1990).

Οι Torras & Boyce (1998) σε δείγμα από 41 χώρες την περίοδο 1977-1991 βρήκαν και αυτοί ενδείξεις για την θεωρία της EKC, όπου οι συγκεντρώσεις αερίων μεγιστοποιούνται για εισόδημα 4,641 δολάρια (σε σταθερές τιμές 1990).

Οι Stern & Common (2001) σε έρευνα με δείγμα από 73 αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες για την περίοδο 1960-1990 διαπίστωσαν και αυτοί εμπειρικά ότι ισχύει η θεωρία της EKC, με ένα πολύ υψηλό εισόδημα στα 101,166 δολάρια στο οποίο μεγιστοποιούνται οι εκπομπές αερίων.

Παρόμοια αποτελέσματα που επιβεβαιώνουν την θεωρία της ΕΚC προέκυψαν και σε διάφορες νεότερες μελέτες. Για παράδειγμα, στη μελέτη τους οι Lee et al (2010) με δείγμα 97 χωρών την περίοδο 1980-2001 διαπίστωσαν ότι ισχύει εμπειρικά η θεωρία ΕΚC ως προς την μόλυνση του νερού. Όταν, όμως, η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε ανά γεωγραφική περιοχή, διαπιστώθηκε ότι η θεωρία αυτή ισχύει σε Ευρώπη και Αμερική, όπου η μόλυνση μεγιστοποιείται σε εισόδημα 38,221 δολάρια και 13,956 δολάρια, αντίστοιχα, αλλά δεν ισχύει σε Αφρική, Ασία και Ωκεανία.

Σε μελέτη του σε ένα δείγμα αρκτικών χωρών την περίοδο 1960-2010, ο Baek (2015) διαπίστωσε πως η θεωρία της ΕΚC έχει μικρή ισχύ σχετικά, όπου η οικονομική ανάπτυξη είχε ευεργετική επίπτωση στο περιβάλλον σε κάποιες από τις χώρες του δείγματος, ενώ η κατανάλωση ενέργειας είχε μια βλαπτική επίδραση.

Από όλες, λοιπόν, τις παραπάνω μελέτες, όπως έχει ήδη σημειώσει και ο Stern (2004), φαίνεται πως οι μεν συγκεντρώσεις αερίων τείνουν να μειώνονται για χώρες με μεσαίο και άνω εισόδημα, ενώ οι εκπομπές αερίων τείνουν να μειώνονται από πολύ χαμηλότερα εισοδήματα, υπονοώντας, ίσως, και κυριαρχία μιας μονότονα αρνητικής επίδρασης. Μάλιστα, οι εκπομπές αερίων τείνουν να μειώνονται σχεδόν σε όλες τις χώρες με το πέρασμα του χρόνου, ανεξάρτητα από το επίπεδο ανάπτυξης τους, δείχνοντας τη σημαντική επίδραση που έχει η τεχνολογία.

Αρκετές εμπειρικές μελέτες πάνω στην εμπειρική διερεύνηση του φαινομένου της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets πραγματοποιήθηκαν με δείγμα χώρες του ΟΟΣΑ, δηλαδή σε χώρες περισσότερο αναπτυγμένες κατά κύριο λόγο. Τα σχετικά αποτελέσματα μερικών εξ αυτών των ερευνών είχαν ως εξής.

Οι Selden & Song (1994) σε δείγμα από 22 αναπτυγμένες χώρες του ΟΟΣΑ και 8 αναπτυσσόμενες χώρες την περίοδο 1979-1987, διαπίστωσαν εμπειρικά και αυτοί τη θεωρία της ΕΚC, αλλά για υψηλότερα επίπεδα εισοδήματος να αντιστοιχεί το μέγιστο σημείο περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Συγκεκριμένα, βρήκαν για εκπομπές διοξειδίου του θείου εισόδημα 10,391 δολάρια, για εκπομπές οξειδίων του αζώτου 13,383, δολάρια, για συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων 12,275 δολάρια και για εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα 7,114 δολάρια (όλα σε σταθερές τιμές 1990).

Σε έρευνα όπου λήφθηκε υπόψη και το επίπεδο τεχνολογίας, οι Cole et al (1997) χρησιμοποίησαν δείγμα 11 χωρών του ΟΟΣΑ την περίοδο 1970-1992 και διαπίστωσαν

και αυτοί ότι ισχύει εμπειρικά η θεωρία της EKC, όπου οι εκπομπές αερίων μεγιστοποιούνται για εισόδημα 8,232 δολάρια (σε σταθερές τιμές 1990).

Σε μια άλλη μεγάλη μελέτη με δείγμα 20 χωρών του ΟΟΣΑ για μια πολύ μακρά περίοδο 1870-2014, καλύπτοντας διάστημα πάνω από 1 αιώνα, οι Churchill et al (2018) διαπίστωσαν εμπειρική ισχύ της θεωρίας της EKC, όπου οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μεγιστοποιούνται για επίπεδο εισοδήματος 18,955 έως 89,540 δολάρια (σε σταθερές τιμές 1990) για 9 από τις 20 χώρες του δείγματος.

Κάποιες σχετικές εμπειρικές έρευνες για τη διερεύνηση του φαινομένου της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets έχουν πραγματοποιηθεί σε αμιγώς αναπτυγμένες οικονομίες. Για παράδειγμα, σε μια μεγάλη μελέτη με δείγμα των χωρών G7 για μια πολύ μακρά περίοδο 1820-2015 η οποία καλύπτει σχεδόν 2 αιώνες, οι Shahbaz et al (2017) διαπίστωσαν την ισχύ της θεωρίας της EKC σε όλες τις παραπάνω χώρες, με εξαίρεση την Ιαπωνία, όσον αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και της οικονομικής ανάπτυξης.

Επίσης, έχουν υπάρξει και εμπειρικές μελέτες πάνω στο φαινόμενο της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets οι οποίες έχουν διεξαχθεί σε πιο τοπικό – εθνικό επίπεδο, ειδικά για συγκεκριμένες χώρες και οικονομίες σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές. Τα αποτελέσματα μερικών εξ αυτών των ερευνών είχαν ως εξής.

Στην έρευνα τους οι List & Gallet (1999) σε δείγμα από τις ΗΠΑ από μια πολύ μακρά περίοδο 1929-1994, διαπίστωσαν και αυτή εμπειρική ισχύς της θεωρίας της EKC, όπου οι εκπομπές αερίων μεγιστοποιούνται για επίπεδο εισοδήματος 22,675 δολάρια (σε σταθερές τιμές 1990).

Σε έρευνα τους οι Apergis & Ozturk (2015) σε δείγμα 14 ασιατικών χωρών την περίοδο 1990-2011, χρησιμοποιώντας εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, επιβεβαίωσαν σε όλες η θεωρία της EKC. Σε ανάλογη μελέτη του ο ίδιος ο Apergis (2016) σε δείγμα 15 χωρών την περίοδο 1960-2013 χρησιμοποιώντας και πάλι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, βρήκε ότι η θεωρία της EKC επιβεβαιώνεται σε 12 από αυτές, αλλά και σε ένα βαθμό και στις άλλες 3.

Τέλος, σε μια ακόμα νεότερη μελέτη, οι Churchill et al (2020) σε δείγμα από πολιτείες της Αυστραλίας την περίοδο 1990-2017 διαπίστωσαν και αυτοί εμπειρικά τη

θεωρία της ΕΚC. Το ενδιαφέρον εύρημα τους ήταν ότι η μεγιστοποίηση των εκπομπών σε διοξείδιο του άνθρακα προέκυψε το 2010, έτος από το οποίο ξεκίνησε να ισχύει σχετικό νομοθετικό πλαίσιο για μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που αναδεικνύει τη σημασία των ρυθμιστικών και κανονιστικών πλαισίων για το περιβάλλον.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Μεθοδολογία Έρευνας

3.1 Διατύπωση Ερευνητικών Υποθέσεων

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, πρόκειται να διερευνηθεί το φαινόμενο της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets (Environmental Kuznets Curve – EKC), όπου σύμφωνα με αυτό, γίνεται μια υπόθεση που αφορά τη σχέση ανάμεσα σε δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης και οικονομικούς δείκτες, όπως έχει αναφέρει ο Stern (2004). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την υπόθεση της EKC, σε αρχικά στάδια οικονομικής ανάπτυξης, δηλαδή σε χαμηλά και μεσαία εισοδήματα, η αυξημένη οικονομική ανάπτυξη συνδυάζεται με περιβαλλοντική υποβάθμιση, αυξάνοντας τους σχετικούς περιβαλλοντικούς δείκτες. Εντούτοις, σε προηγμένα στάδια οικονομικής ανάπτυξης, δηλαδή σε υψηλότερα εισοδήματα, η αυξημένη οικονομική ανάπτυξη αρχίζει και προκαλεί περιβαλλοντική βελτίωση, άρα σε μείωση στους σχετικούς περιβαλλοντικούς δείκτες υποβάθμισης. Όλα τα παραπάνω υπονοούν ότι με βάση την υπόθεση EKC, υπονοεί ότι οι περιβαλλοντικοί δείκτες είναι μια μη γραμμική συνάρτηση σχήματος αντίστροφου U ως προς την οικονομική ανάπτυξη όπου θα υπάρχει ένα επίπεδο εισοδήματος το οποίο μεγιστοποιεί τις βλαπτικές συνέπειες στο περιβάλλον όπου από αυτό το επίπεδο εισοδήματος και πέρα οι συνέπειες της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον έχουν θετικό αντίκτυπο, μειώνοντας τους διαφόρους δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Συνεπώς, με βάση την θεωρία της EKC, διατυπώνεται η παρακάτω ερευνητική υπόθεση:

Η1α: Η επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον, μέσα από περιβαλλοντικούς δείκτες υποβάθμισης του, είναι μη γραμμική σχήματος αντίστροφου U.

Όπως αναφέρει ο Stern (2004), η θεωρία της EKC, η οποία και παράγει τη σχετική ερευνητική υπόθεση, ίσως να μην δίνει μια ρεαλιστική οπτική της επίδρασης της οικονομικής ανάπτυξης στην περιβαλλοντική υποβάθμιση. Πιο συγκεκριμένα, η σχέση αυτή αναμένεται να είναι μονότονα θετική, δηλαδή ότι η περιβαλλοντική

υποβάθμιση τείνει να αυξάνει όσο αυξάνει το εισόδημα, αλλά με ελαστικότητα μικρότερη της μονάδας, υπονοώντας ότι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος δεν αυξάνεται τόσο έντονα, όσο αυξάνεται η οικονομική ανάπτυξη. Πιο συγκεκριμένα, όπως αναφέρει ο Stern (2004), είναι λογικό ότι με την πάροδο του χρόνου και την τεχνολογική ανάπτυξη είναι λογικό να εφευρίσκονται τρόποι οικονομικής δραστηριότητας πιο φιλικόι στο περιβάλλον και άρα να μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις παγκοσμίως. Εντούτοις, σε χώρες με χαμηλά και μεσαία εισοδήματα η τεχνολογική ανάπτυξη δεν είναι σε θέση να αξιοποιηθεί ανάλογα και υπερκεράσει την επίδραση της ταχείας οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον. Το ότι αυτό δε συμβαίνει στις χώρες με υψηλότερα εισοδήματα, όπου σε αυτές οι τεχνολογική ανάπτυξη είναι σε θέση να υπερκεράσει την επίδραση της ταχείας οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον, δε σημαίνει ότι η επίδραση της ανάπτυξης στο περιβάλλον παύει να είναι αρνητική. Όλα τα παραπάνω υπονοούν ότι οι περιβαλλοντικοί δείκτες είναι μια μονότονη θετική συνάρτηση της οικονομικής ανάπτυξης, δηλαδή του επιπέδου εισοδήματος. Συνεπώς, με βάση τη θεωρία αυτή, διατυπώνεται η παρακάτω ερευνητική υπόθεση:

H1β: Η επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον, μέσα από περιβαλλοντικούς δείκτες υποβάθμισης του, είναι μονότονη θετική.

Ουσιαστικά, οι δύο ερευνητικές υποθέσεις αποτελούν αντικρουόμενες θεωρίες οι οποίες διερευνούν την σχέση ανάμεσα σε περιβάλλον και οικονομική ανάπτυξη. Στο πλαίσιο, όμως, της παρούσας εμπειρικής έρευνας κρίνεται σκόπιμο και ενδιαφέρον να διερευνηθεί η υπόθεση της ΕΚC όχι μόνο υπό το πρίσμα της σχέσης μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος, αλλά και υπό το πρίσμα της σχέσης ευρύτερης ανάπτυξης και ευημερίας και περιβάλλοντος. Η λογική είναι ότι η οικονομική ανάπτυξη δεν είναι μεν απαραίτητο να φέρνει και ευρύτερη ευημερία σε όρους κοινωνικούς, περιβαλλοντικούς, κτλ, αλλά θα έχει, βέβαια, κάποια σχέση με αυτή. Καθώς, όμως, το ζητούμενο δεν (θα πρέπει) να είναι η οικονομική ανάπτυξη, αλλά η ευρύτερη ευημερία των ατόμων, κρίνεται σκόπιμο να διερευνηθεί κατά πόσο ισχύει η λογική της θεωρίας του ΕΚC ή η μονότονη σχέση και για την επίδραση της ευρύτερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Πιο συγκεκριμένα, στο πλαίσιο της θεωρίας της υπόθεσης της ΕΚC θα διερευνηθεί εάν οι περιβαλλοντικοί δείκτες είναι μια μη γραμμική συνάρτηση σχήματος U ως προς τη ευρύτερη ευημερία, όπως και ως προς την οικονομική ευημερία, όπου θα υπάρχει ένα επίπεδο ευρύτερης ευημερίας το οποίο μεγιστοποιεί τις βλαπτικές συνέπειες στο περιβάλλον όπου από αυτό το επίπεδο ευημερίας και πέρα οι συνέπειες της στο περιβάλλον έχουν θετικό αντίκτυπο, μειώνοντας τους διαφόρους δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Συνεπώς, με βάση την θεωρία της ΕΚC, διατυπώνεται η παρακάτω ερευνητική υπόθεση:

H2α: Η επίδραση της ευρύτερης ευημερίας στο περιβάλλον, μέσα από περιβαλλοντικούς δείκτες υποβάθμισης του, είναι μη γραμμική σχήματος αντίστροφου U.

Στο πλαίσιο της εναλλακτικής θεωρίας περί μονότονης σχέσης, η σχέση αυτή αναμένεται να είναι μονότονα θετική, δηλαδή ότι η περιβαλλοντική υποβάθμιση τείνει να αυξάνει όσο αυξάνει η ευρύτερη ευημερία, έστω με ελαστικότητα μικρότερη της μονάδας, υπονοώντας ότι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος δεν μειώνεται τόσο έντονα, όσο μειώνεται η ευρύτερη ευημερία. Πιο συγκεκριμένα, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, με μια παρόμοια λογική, ανεξάρτητα από το επίπεδο ευημερίας, η όποια τεχνολογική πρόοδος δεν είναι δυνατό να αλλάξει η σχέση μεταξύ ευρύτερης ευημερίας και επιπτώσεων στο περιβάλλον. Συνεπώς, κάτω από αυτή τη θεωρία υπονοείται πως οι περιβαλλοντικοί δείκτες υποβάθμισης είναι μια μονότονη θετική συνάρτηση της ευρύτερης ευημερίας. Συνεπώς, με βάση τη θεωρία αυτή, διατυπώνεται η παρακάτω ερευνητική υπόθεση:

H2β: Η επίδραση της ευρύτερης ευημερίας στο περιβάλλον, μέσα από περιβαλλοντικούς δείκτες υποβάθμισης του, είναι μονότονη θετική.

3.2 Διατύπωση Οικονομετρικού Μοντέλου και Μέτρηση Μεταβλητών

Για να διερευνηθούν η επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον και η επίδραση της ευρύτερης ευημερίας στο περιβάλλον θα πρέπει να διατυπωθούν κατάλληλα οικονομετρικά μοντέλα τα οποία να περιλαμβάνουν ως εξαρτημένη μεταβλητή έναν κατάλληλο δείκτη περιβαλλοντικής υποβάθμισης και μια βασική ερμηνευτική μεταβλητή που μετράει το επίπεδο της οικονομικής ανάπτυξης ή το επίπεδο ευρύτερης ευημερίας. Ακολουθώντας τις αναφορές των Stern (2004) και Churchill et al (2020), οι βασικές οικονομετρικές εξισώσεις διατυπώνονται ως εξής:

$$\ln(ENV_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1 ECON_{it} + \alpha_2 ECON_{it}^2 + u_{it} \quad (3.1)$$

$$\ln(ENV_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1 WELF_{it} + \alpha_2 WELF_{it}^2 + u_{it} \quad (3.2)$$

Όπου, ENV_{it} = δείκτης περιβαλλοντικής υποβάθμισης για την i-χώρα (περιοχή) για το t-έτος

$ECON_{it}$ = δείκτης οικονομικής ανάπτυξης για την i-χώρα (περιοχή) για το t-έτος

$WELF_{it}$ = δείκτης ευρύτερης ευημερίας για την i-χώρα (περιοχή) για το t-έτος

Η βασική ερμηνευτική μεταβλητή σε κάθε οικονομετρική εξίσωση έχει συμπεριληφθεί ως πρωτοβάθμιος και ως δευτεροβάθμιος όρος, ώστε να επιτρέπεται και η διερεύνηση της τυχόν μη γραμμικής επίδρασης της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον. Επιπλέον, η εξαρτημένη έχει συμπεριληφθεί με λογάριθμο, έτσι ώστε να εκτιμηθεί η επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης και ευημερίας στο περιβάλλον ως ποσοστιαία μεταβολή.

Ως προς την εξαρτημένη μεταβλητή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Σύμφωνα με τον Stern (2004) οι δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης μπορεί να περιλαμβάνουν είτε εκπομπές (emissions) είτε συγκεντρώσεις (concentrations) διαφόρων αερίων. Πιο συγκεκριμένα, σε έρευνα τους οι Selden & Song (1994) είχαν χρησιμοποιήσει εκπομπές αερίων όπως διοξείδιο του θείου (SO₂), διοξείδιο του αζώτου (NO₂), αιωρούμενων σωματιδίων (SPM) και, όπως και οι Churchill et al (2020), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Στο πλαίσιο της παρούσας εμπειρικής έρευνας θα χρησιμοποιηθούν όλοι αυτοί οι δείκτες ως εξαρτημένη μεταβλητή. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για να ληφθεί υπόψη ο πληθυσμός της κάθε χώρας (περιοχής), σύμφωνα και με τους Stern (2004) και Selden & Song (1994), η εξαρτημένη μεταβλητή θα είναι οι συνολικές εκπομπές ή συγκεντρώσεις αερίων στην χώρα (περιοχή) διά τον πληθυσμό της.

Ως προς την βασική ερμηνευτική μεταβλητή της οικονομετρικής εξίσωσης (3.1), δηλαδή τον δείκτη οικονομικής ανάπτυξης (ECON), θα χρησιμοποιηθεί και σε αυτή την παρούσα εμπειρική έρευνα ο πλέον βασικός τέτοιος δείκτης που είναι το κατά κεφαλή ΑΕΠ, δηλαδή το συνολικό ΑΕΠ της κάθε χώρας (περιοχής) δια τον πληθυσμό της, όπως αναφέρουν οι Stern (2004) και Selden & Song (1994).

Ως προς την βασική ερμηνευτική μεταβλητή της οικονομετρικής εξίσωσης (3.2), δηλαδή τον δείκτη ευρύτερης ευημερίας (WELF), θα χρησιμοποιηθούν σε αυτή την παρούσα εμπειρική έρευνα δείκτες οι οποίοι επαυξάνουν το παραδοσιακό ΑΕΠ και δείκτες που συνθέτουν και άλλες πτυχές της ζωής πλην της οικονομικής.

Στο πλαίσιο δεικτών οι οποίοι επαυξάνουν το παραδοσιακό ΑΕΠ μέσα από κατάλληλες προσαρμογές (enlarged GDP) μπορεί να χρησιμοποιηθούν ο *Δείκτης Πραγματικής Προόδου* (Genuine Progress Indicator – GPI) και ο *Εθνικός Δείκτης Ευημερίας* (National Welfare Index – NWI). Σύμφωνα με τους Kubiszewski et al (2013), ο δείκτης GPI πρόκειται για ένα δείκτη που λαμβάνει υπόψη του την οικονομική ευημερία που παράγεται από την οικονομική δραστηριότητα όταν έχει ληφθεί η κατανάλωση του κοινωνικού κεφαλαίου ως ένα οικονομικό κόστος. Ο υπολογισμός του δείκτη αυτού ξεκινάει λαμβάνοντας υπόψη τις προσωπικές καταναλωτικές δαπάνες, μια σημαντική συνιστώσα του ΑΕΠ, τις οποίες τις προσαρμόζει μέσα από διάφορους άξονες όπως, μεταξύ άλλων, κατανομή εισοδήματος, περιβαλλοντικά κόστη, εγκληματικότητα και μόρφωση κτλ, αλλά και

διάφορες ωφέλειες όπως ο εθελοντισμός και οικοκυρική εργασία. Ο δείκτης αυτός θεωρείται ότι προσεγγίζει καλύτερα τη βιώσιμη οικονομική ευημερία σε σύγκριση με το παραδοσιακό κατά κεφαλή ΑΕΠ. Σύμφωνα με τους Held et al (2018), ο δείκτης NWI αποτελεί ένα δείκτη που λαμβάνει και αυτός υπόψη του τα κοινωνικά και περιβαλλοντικά κόστη και έχει κατασκευαστεί με μια παρόμοια μεθοδολογία με τον δείκτη GPI.

Στο πλαίσιο δεικτών που συνθέτουν και άλλες πτυχές της ζωής, πλην της οικονομικής, θα χρησιμοποιηθούν ο *Δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (Human Development Index – HDI)* και ο *Δείκτης Ικανοποίησης από τη Ζωή (Life Satisfaction – LS)*. Σύμφωνα με τους Kubiszewski et al (2013), ο δείκτης HDI πρόκειται για ένα δείκτη που συνθέτει το προσδόκιμο ζωής, το επίπεδο εκπαίδευσης και το κατά κεφαλή ΑΕΠ στο πλαίσιο ενός συνθετικού μέτρου οικονομικής και οικονομικής ανάπτυξης και λαμβάνει τιμές σε ένα εύρος 0-1 όπως τιμές κοντά το 0 σημαίνουν πολύ χαμηλό επίπεδο ανάπτυξης και τιμές κοντά στο 1 σημαίνουν το υψηλότερο δυνατό επίπεδο ανάπτυξης. Ο δείκτης LS πρόκειται για ένα δείκτη που αποτυπώνει το πόσο ικανοποιημένοι είναι από τη ζωή τους οι κάτοικοι μιας χώρας μέσα από απαντήσεις σε συγκριμένες ερωτήσεις ενός καλά σταθμισμένου ερωτηματολογίου. Λαμβάνει τιμές σε ένα εύρος 0-10 όπως τιμές κοντά το 0 σημαίνουν πολύ χαμηλό επίπεδο ικανοποίησης από τη ζωή και τιμές κοντά στο 10 σημαίνουν το υψηλότερο δυνατό επίπεδο ικανοποίησης.

Οι οικονομετρικές εξισώσεις (3.1), (3.2) έχουν ένα σημαντικό μειονέκτημα. Μην περιλαμβάνοντας άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές είναι δυνατό να έχουν μεροληψία στις εκτιμήσεις των συντελεστών λόγω παράλειψης σημαντικών ερμηνευτικών μεταβλητών. Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα μεροληψίας, θα πρέπει να προστεθούν και άλλες μεταβλητές ως μεταβλητές ελέγχου. Με βάση την αναφορά του Stern (2004) και πιο συγκεκριμένα παλαιών εμπειρικών ερευνών πάνω στο θέμα (Torras & Boyce, 1998, Grossman & Krueger, 1994, Selden & Song, 1994, Panayotou, 1997), αλλά και την πιο πρόσφατη έρευνα των Churchill et al (2020), οι οικονομετρικές εξισώσεις (3.1), (3.2) πρέπει να συμπεριλαμβάνουν μια σειρά μεταβλητών ελέγχων. Οι σχετικές οικονομετρικές εξισώσεις διατυπώνονται ως εξής:

$$\ln(\text{ENV}_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1 \text{ECON}_{it} + \alpha_2 \text{ECON}_{it}^2 + \alpha_3 \text{URBAN}_{it} + \alpha_4 \text{DENS}_{it} + \alpha_5 \text{GINI}_{it} + \alpha_6 \text{OPENNESS}_{it} + u_{it} \quad (3.3)$$

$$\ln(\text{ENV}_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1 \text{WELF}_{it} + \alpha_2 \text{WELF}_{it}^2 + \alpha_3 \text{URBAN}_{it} + \alpha_4 \text{DENS}_{it} + \alpha_5 \text{GINI}_{it} + \alpha_6 \text{OPENNESS}_{it} + u_{it} \quad (3.4)$$

Όπου, URBAN_{it} = ποσοστό πληθυσμού που ζει σε αστικά κέντρα για την i -χώρα (περιοχή) για το t -έτος

DENS_{it} = πυκνότητα πληθυσμού (πληθυσμός / έκταση) για την i -χώρα (περιοχή) για το t -έτος

GINI_{it} = συντελεστής GINI για την i -χώρα (περιοχή) για το t -έτος

OPENNESS_{it} = επίπεδο ανοίγματος της οικονομίας για την i -χώρα (περιοχή) για το t -έτος

u_{it} = τυχαίο σφάλμα των οικονομετρικών εξισώσεων

Η μεταβλητή URBAN υπολογίζεται ως τον πληθυσμό που ζει σε αστικά κέντρα δια τον συνολικό πληθυσμό μιας χώρας. Η μεταβλητή DENS υπολογίζεται ως τον συνολικό πληθυσμό της χώρας δια την έκταση της. Ο συντελεστής GINI είναι ένα στατιστικό μέτρο που λαμβάνει τιμές στο διάστημα $[0, 1]$, όπου τιμές κοντά στο '0' υπονοούν χαμηλή ανισότητα στην κατανομή του εισοδήματος, ενώ τιμές κοντά στο '1' υπονοούν υψηλή ανισότητα. Η μεταβλητή OPEN είναι το άθροισμα αξίας εισαγωγών και εξαγωγών δια το ΑΕΠ. Όλες οι μεταβλητές, εκτός από το GINI συμπεριλαμβάνονται με λογαρίθμους, ώστε οι συντελεστές τους να έχουν ερμηνεία ελαστικότητας. Επειδή η μεταβλητή GINI μπορεί να λάβει και την τιμή '0' κρίθηκε σκόπιμο να μη λογαριθμιστεί.

Αξίζει να τονιστεί πως κάποιοι συγγραφείς χρησιμοποίησαν και όρο τάσης ως επιπλέον ανεξάρτητες μεταβλητές ελέγχου για να λάβουν υπόψη τους τις τεχνολογικές εξελίξεις (Grossman & Krueger, 1994), ενώ άλλοι χρησιμοποίησαν μεταβλητές που μετράνε πολιτικές αντιμετώπισης περιβαλλοντικών θεμάτων (Panayotou, 1997). Εντούτοις, στο πλαίσιο της παρούσας εμπειρικής έρευνας, θα χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό σταθερές επιδράσεις χρόνου και στρώματος (time series & cross-sectional fixed effects), όπως έκαναν άλλοι συγγραφείς (Stern & Common, 2001). Με

αυτές τις επιδράσεις επιτρέπεται να ληφθεί υπόψη και μια μη γραμμική τάση, αλλά και οι διαφορετικές πολιτικές κάποιων χωρών.

3.3 Οικονομετρική Μεθοδολογία Εκτίμησης

Καθώς οι παρατηρήσεις στις οικονομετρικές εξισώσεις (3.3), (3.4) έχουν διάσταση και διαστρωματική (χώρες) και διαχρονική (έτη), τότε πρόκειται για δεδομένα πάνελ (panel data). Συνεπώς, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ανάλογες μέθοδοι εκτίμησης.

Συγκεκριμένα, θα συμπεριληφθούν στις οικονομετρικές εξισώσεις (3.3), (3.4) σταθερές επιδράσεις και διαστρωματικές (cross-sectional fixed effects) και χρόνου (time series fixed effects). Συμπεριλαμβάνοντας τις σταθερές επιδράσεις, θα ληφθούν υπόψη παράγοντες που μεταβάλλονται μόνο ανά χώρα (πχ μεταβλητές πολιτικής) ή μόνο ανά έτος (πχ τεχνολογική εξέλιξη) οι οποίοι δεν έχουν ληφθεί υπόψη στο μοντέλο ως επιπλέον μεταβλητές ελέγχου και έτσι θα μειωθεί όποιο πρόβλημα μεροληψίας της εκτίμησης των συντελεστών από παράλειψη σημαντικών μεταβλητών.

Η μέθοδος αυτή εκτίμησης αντιμετωπίζει και πρόβλημα μεροληψίας λόγω πολύ πιθανής ενδογένειας (endogeneity) που μπορεί να προκύψει για τις βασικές ερμηνευτικές μεταβλητές. Η λογική είναι ότι όπως η οικονομική ανάπτυξη (ευρύτερη ευημερία) επηρεάζει το περιβάλλον, έτσι και το περιβάλλον μπορεί να επηρεάζει την οικονομική ανάπτυξη μέσα από έλλειψη πόρων, κακού κλίματος κτλ και, ειδικότερα την ευρύτερη ευημερία των κατοίκων μιας χώρας. Αυτή η πολύ πιθανή αμφίδρομη σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και τη βασική ερμηνευτική μεταβλητή θα προκαλέσει εμφάνιση ενδογένειας και άρα μεροληπτικές εκτιμήσεις και αναξιόπιστους ελέγχους σημαντικότητας των συντελεστών από τους οποίους θα προκύψουν μη έγκυρα συμπεράσματα για τις ερευνητικές υποθέσεις.

Ένα ακόμα σημαντικό ζήτημα στις οικονομετρικές εξισώσεις (3.3), (3.4) είναι η παραβίαση των βασικών οικονομετρικών υποθέσεων του τυχαίου σφάλματος, δηλαδή της ομοσκεδαστικότητας και της ανεξαρτησίας των σφαλμάτων. Συγκεκριμένα, λόγω της διαστρωματικής διάστασης και κυρίως λόγω του διαφορετικού μεγέθους και ανάπτυξης των χωρών του δείγματος είναι πιθανό να υπάρχουν διαφορές στα επίπεδα

μέτρησης της εξαρτημένης μεταβλητής και, άρα, και της διακύμανσης της. Δηλαδή είναι πιθανή η ύπαρξη της ετεροσκεδαστικότητας (heteroskedasticity). Η τυχόν ύπαρξη της θα εξεταστεί με τον έλεγχο White, έναν πολύ δημοφιλή έλεγχο ύπαρξης ετεροσκεδαστικότητας. Εάν προκύψουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας, αυτή θα αντιμετωπιστεί με τη χρήση των κατά White εύρωστων για την ετεροσκεδαστικότητα τυπικών σφαλμάτων (White heteroskedasticity robust standard errors) τα οποία είναι τα ορθά τυπικά σφάλματα των εκτιμήσεων των συντελεστών όταν υπάρχει αυτή η παραβίαση. Επιπλέον, λόγω της χρονικής διάστασης των δεδομένων μπορεί να υπάρχει η παραβίαση της αυτοσυσχέτισης (autocorrelation). Η τυχόν ύπαρξη της θα εξεταστεί με τον έλεγχο Wooldridge ο οποίος είναι ο πλέον κατάλληλος για δεδομένα πάνελ. Εάν προκύψουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης, αυτή θα αντιμετωπιστεί με προσθήκη μιας χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης μεταβλητής ως επιπλέον ερμηνευτική μεταβλητή.

Συνεπώς, έχοντας αντιμετωπίσει τα τυχόν προβλήματα των οικονομετρικών παραβιάσεων, θα μπορούν να διεξαχθούν αξιόπιστοι στατιστικοί έλεγχοι για τους συντελεστές των οικονομετρικών εξισώσεων (3.3), (3.4) με το κλασικό κριτήριο t-statistic, και έτσι να διερευνηθούν οι σχετικές ερευνητικές υποθέσεις.

Συγκεκριμένα, εάν στο υπόδειγμα (3.3) βρεθεί $\alpha_1 > 0$ και $\alpha_2 < 0$ τότε επιβεβαιώνεται η ερευνητική υπόθεση H1α για μη γραμμική επίδραση αντίστροφου U, κάτι που επιβεβαιώνει τη θεωρία της EKC για τη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Εάν, όμως, βρεθεί $\alpha_1 > 0$ και $\alpha_2 = 0$, σημαίνει ότι όσο αυξάνει το κατά κεφαλή ΑΕΠ, τόσο αυξάνουν οι εκπομπές και συγκεντρώσεις αερίων, κάτι που επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H1β η οποία αναφέρεται στη θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον.

Ομοίως, εάν στο υπόδειγμα (3.4) βρεθεί $\alpha_1 < 0$ και $\alpha_2 > 0$ τότε επιβεβαιώνεται η ερευνητική υπόθεση H2α η οποία αναφέρεται στη θεωρία της EKC, αλλά μέσω της επίδρασης της ευρύτερης ευημερίας. Εάν, όμως, βρεθεί $\alpha_1 < 0$ και $\alpha_2 = 0$, σημαίνει ότι όσο αυξάνει το επίπεδο γενικότερης ευημερίας, τόσο μειώνονται οι εκπομπές και συγκεντρώσεις αερίων, επιβεβαιώνεται η ερευνητική υπόθεση H2β η οποία αναφέρεται στη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν θα αποθηκευτούν και θα γίνει μια αρχική επεξεργασία στο γνωστό πρόγραμμα φύλων εργασίας Excel. Έπειτα θα μεταφερθούν στο γνωστό πρόγραμμα στατιστικής και οικονομετρικής ανάλυσης STATA στο οποίο θα πραγματοποιηθούν οι εκτιμήσεις και όλοι οι οικονομετρικοί και στατιστικοί έλεγχοι.

3.4 Δείγμα Εμπειρικής Έρευνας

Το δείγμα της εμπειρικής έρευνας αποτελείται από 182 χώρες για την περίοδο 2000-2021, κάτι που δημιουργεί ένα σύνολο 4,004 παρατηρήσεων χωρών-ετών (country-year observations). Εντούτοις, λόγω ύπαρξης αρκετών χαμένων παρατηρήσεων (missing values) οι εκτιμήσεις θα πραγματοποιηθούν με αρκετά μικρότερο δείγμα χωρών και παρατηρήσεων ειδικότερα.

Στο πλαίσιο της εξαρτημένης μεταβλητής η διαθεσιμότητα δεδομένων αφορά μετρήσεις εκπομπών (emissions) διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και μονοξειδίου του αζώτου (N₂O) και συγκεντρώσεων (concentrations) αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matter - PM) μήκους έως 2.5 μικρομέτρων (microns). Εντοπίστηκαν δεδομένα και για μετρήσεις εκπομπών αερίων όπως μονοξειδίου του άνθρακα (CO), διοξειδίου του θείου (SO₂), αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse gas – GHG) και πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile organic compounds – VOC). Εντούτοις, το μέγεθος του δείγματος κρίθηκε ιδιαίτερα περιορισμένο (περίπου 800-900 παρατηρήσεις) και από σημαντικά λιγότερες χώρες.

Στο πλαίσιο της βασικής ερμηνευτικής μεταβλητής, αντλήθηκαν δεδομένα για το κατά κεφαλή ΑΕΠ, για το δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης HDI, για τον προσαρμοσμένο δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης PHDI και για το δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή. Δεδομένα για το δείκτη πραγματικής προόδου (Genuine Progress Indicator – GPI) και το δείκτη ευημερίας (National Welfare Index – NWI) δεν ήταν δυνατό να αντληθούν.

Λεπτομέρειες για τη μέτρηση και την πηγή προέλευσης των δεδομένων παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 3.1, Μέτρηση μεταβλητών και πηγές άντλησης των δεδομένων

Μεταβλητή	Μέτρηση	Πηγή προέλευσης
Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂)	Τόνοι κατά κεφαλή (per capita tones)	World bank
Εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου (N ₂ O)	Τόνοι κατά κεφαλή (per capital tones)	World bank
Συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων έως 2.5 μικρομέτρων (PM _{2.5})	Μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο (μ/μ ³)	OECD data bank
Κατά κεφαλή ΑΕΠ (per capital GDP)	Δολάρια σε σταθερές τιμές 2017 προσαρμοσμένο για την PPP	World bank
Δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (Human Development Index – HDI)	Μονάδες στο εύρος 0-1	Human Development Reports ¹ Our world in data ²
Προσαρμοσμένος για πλανητικές πιέσεις δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (Planetary Adjusted HDI – PHDI)	Μονάδες στο εύρος 0-1	Human Development Reports ³
Δείκτης ικανοποίησης από τη ζωή (life satisfaction index)	Μονάδες στο εύρος 0-10	Our world in data ⁴
Ποσοστό αστικοποίησης (URBAN)	Ποσοστό % κατοίκων που ζούνε σε αστικές περιοχές	World bank
Πυκνότητα κατοίκων (DENSITY)	Πλήθος κατοίκων που ζούνε ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο	World bank
Συντελεστής GINI (GINI)	Μονάδες στο εύρος 0-100% ως ποσοστό τέλει ανισοκατανομής εισοδήματος	World bank
Άνοιγμα της οικονομίας (OPENNESS)	Άθροισμα εισαγωγών και εξαγωγών ως % του ΑΕΠ	World bank

¹ <https://hdr.undp.org/data-center/documentation-and-downloads>

² <https://ourworldindata.org/human-development-index>

³ <https://hdr.undp.org/data-center/documentation-and-downloads>

⁴ <https://ourworldindata.org/happiness-and-life-satisfaction>

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Αποτελέσματα Εμπειρικής Έρευνας

4.1 Περιγραφικά Στατιστικά Δείγματος

Στον πίνακα 4.1 αμέσως παρακάτω παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά του δείγματος, όσον αφορά τις εμπλεκόμενες μεταβλητές. Αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μεταβλητές που αφορούν τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Οι εκπομπές σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) ανέρχονται στους 4.43 τόνους ανά κάτοικο, κατά μέσο όρο, όπου η υψηλή τυπική απόκλιση και το αντίστοιχο εύρος υπονοούν μια υψηλή μεταβλητότητα. Χαρακτηρίζονται, επίσης, από μια υψηλή θετική ασυμμετρία και πολύ υψηλή κύρτωση. Οι εκπομπές σε μονοξείδιο του αζώτου (N₂O) ανέρχονται στους 0.0005 τόνους (ή 0.5 κιλά) ανά κάτοικο, κατά μέσο όρο, όπου η υψηλή τυπική απόκλιση και το αντίστοιχο εύρος υπονοούν μια υψηλή μεταβλητότητα. Χαρακτηρίζονται, επίσης, από μια υψηλή θετική ασυμμετρία και πολύ υψηλή κύρτωση. Τα αιωρούμενα σωματίδια μήκους έως 2.5 μικρομέτρων (microns PM_{2.5}) ανέρχονται σε 30.06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, όπου η μέτρια έως υψηλή τυπική απόκλιση και το αντίστοιχο εύρος υπονοούν μια μέτρια προς υψηλή μεταβλητότητα. Χαρακτηρίζονται, επίσης, από μια υψηλή θετική ασυμμετρία και μέτρια κύρτωση.

Το κατά κεφαλή ΑΕΠ σε σταθερές τιμές έτους 2017, προσαρμοσμένο για την PPP (GDP), ανέρχεται στα 18.396 δολάρια, κατά μέσο όρο, όπου η υψηλή τυπική απόκλιση και το αντίστοιχο εύρος υπονοούν μια υψηλή μεταβλητότητα. Χαρακτηρίζεται, επίσης, από μια υψηλή θετική ασυμμετρία και πολύ υψηλή κύρτωση. Ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI) ανέρχεται στις 0.69 μονάδες (με εύρος τιμών 0-1), κατά μέσο όρο, όπου η χαμηλή τυπική απόκλιση και το σχετικά μέτριο προς υψηλό εύρος υπονοούν μια μάλλον μέτρια μεταβλητότητα. Χαρακτηρίζεται, επίσης, από μια υψηλή αρνητική ασυμμετρία και χαμηλή κύρτωση. Ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης προσαρμοσμένος για τις πλανητικές πιέσεις (PHDI) ανέρχεται στις 0.61 μονάδες (με εύρος τιμών 0-1), κατά μέσο όρο, όπου η χαμηλή τυπική απόκλιση και το σχετικά μέτριο προς υψηλό εύρος υπονοούν μια μάλλον μέτρια μεταβλητότητα. Χαρακτηρίζεται, επίσης, από μια υψηλή αρνητική

Πίνακας 4.1, Περιγραφικά στατιστικά δείγματος

	<i>Μέσος όρος</i>	<i>Τυπική απόκλιση</i>	<i>Ελάχιστο</i>	<i>Διάμεσος</i>	<i>Μέγιστο</i>	<i>Ασυμμετρία</i>	<i>Κύρτωση</i>	<i>N</i>
CO2	4.4341	5.5034	0.0203	2.5500	47.6513	2.64	10.59	3819
N2O	0.0005	0.0006	0.0000	0.0004	0.0056	3.68	16.67	3620
PM2.5	30.063	18.158	5.334	25.168	95.837	1.02	0.48	1908
GDP	18,396	19,977	629	11,,078	120,648	1.84	3.96	3792
HDI	0.69	0.16	0.26	0.71	0.96	-0.35	-0.84	3883
PHDI	0.61	0.12	0.21	0.63	0.82	-0.60	-0.42	3308
L_SAT	5.46	1.14	1.86	5.39	8.02	0.02	-0.65	2549
URBAN	56.94	22.81	8.25	57.45	100.00	-0.11	-0.97	4004
DENSITY	180.86	562.86	1.58	76.33	7965.88	10.82	132.38	4004
GINI	37.24	8.35	23.20	35.50	64.80	0.71	-0.15	1490
OPENNESS	86.02	49.93	0.76	76.58	437.33	2.45	9.81	3567

Σημειώσεις

CO2: εκπομπές (emissions) διοξειδίου του άνθρακα (κατά κεφαλή τόνοι)

N2O: εκπομπές (emissions) οξειδίου του αζώτου (κατά κεφαλή τόνοι)

PM2.5: αιωρούμενα σωματίδια (μm^3)

GDP: κατά κεφαλή ΑΕΠ προσαρμοσμένο σε PPP μετρημένο σε σταθερές τιμές 2017 (δολάρια)

HDI: δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (human development index 0-1)

PHDI: δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης προσαρμοσμένος για πλανητικές πιέσεις (planetary-pressure HDI 0-1)

L_SAT: δείκτης ικανοποίησης από τη ζωή (life satisfaction 0-10)

URBAN: ποσοστό κατοίκων της χώρας που ζουν σε αστικές περιοχές (%)

DENSITY: κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο

GINI: συντελεστής ανισοκατανομής εισοδήματος GINI (0-100%)

OPENNESS: άθροισμα εισαγωγών και εξαγωγών (% του ΑΕΠ)

ασυμμετρία και χαμηλή κύρτωση. Ο δείκτης ικανοποίησης από τη ζωή (L_SAT) ανέρχεται στις 5.46 μονάδες (με εύρος τιμών 0-10), κατά μέσο όρο, όπου η χαμηλή τυπική απόκλιση και το σχετικά μέτριο προς υψηλό εύρος υπονοούν μια μάλλον μέτρια μεταβλητότητα. Χαρακτηρίζεται, επίσης, από μια πολύ χαμηλή θετική ασυμμετρία, σχεδόν συμμετρία, και χαμηλή κύρτωση.

Το ποσοστό κατοίκων που ζούνε σε αστικές περιοχές (URBAN) ανέρχεται στο 56.94%, κατά μέσο όρο, όπου η χαμηλή τυπική απόκλιση και το σχετικά υψηλό εύρος υπονοούν μια μάλλον μέτρια μεταβλητότητα. Χαρακτηρίζεται, επίσης, από μια πολύ χαμηλή αρνητική ασυμμετρία, σχεδόν συμμετρία, και χαμηλή κύρτωση. Η πυκνότητα των κατοίκων (DENSITY) ανέρχεται 180.86 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, κατά μέσο όρο, όπου η υψηλή τυπική απόκλιση και το αντίστοιχο εύρος υπονοούν μια υψηλή μεταβλητότητα. Χαρακτηρίζεται, επίσης, από μια πολύ υψηλή θετική ασυμμετρία και υψηλή κύρτωση. Ο συντελεστής GINI ανέρχεται στο 37.24% επί της

τέλειας ανισοκατανομής εισοδήματος, κατά μέσο όρο, όπου η χαμηλή τυπική απόκλιση και το σχετικά μέτριο προς υψηλό εύρος υπονοούν μια μάλλον μέτρια μεταβλητότητα. Χαρακτηρίζονται, επίσης, από μια υψηλή θετική ασυμμετρία και μέτρια προς χαμηλή κύρτωση. Το άνοιγμα της οικονομίας (OPENNESS), ως άθροισμα εισαγωγών και εξαγωγών, ανέρχεται στο 86.02% του ΑΕΠ, κατά μέσο όρο, όπου η μέτρια τυπική απόκλιση και το σχετικά υψηλό εύρος υπονοούν μια μάλλον υψηλή μεταβλητότητα. Χαρακτηρίζονται, επίσης, από μια υψηλή θετική ασυμμετρία και υψηλή κύρτωση.

Σε σχετικό πίνακα στο παράρτημα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ελέγχων στασιμότητας, όσον αφορά τις εμπλεκόμενες μεταβλητές. Θα πρέπει να σημειωθεί πως οι σχετικοί έλεγχοι των Levin et al και Hadri μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε πάνελ δεδομένα στα οποία δεν υπάρχει καμία χαμένη τιμή. Καθώς, στο σχετικό σύνολο δεδομένων πάνελ υπάρχουν χαμένες τιμές, τότε αυτοί οι έλεγχοι δεν μπορούσαν να εφαρμοστούν. Επιπλέον, για κάποιες μεταβλητές δεν μπορούσε να εφαρμοστεί ούτε ο έλεγχος των Im et al, διότι δεν επαρκούσε ο διαθέσιμος αριθμός των παρατηρήσεων.

Η μεταβλητή LCO2 δεν είναι στάσιμη στο επίπεδο της ακόμα και σε επίπεδο 10% ($p > 0.10$), αλλά είναι στάσιμη στις πρώτες διαφορές σε επίπεδο 1% ($p < 0.001$). Η μεταβλητή LN2O είναι στάσιμη στο επίπεδο της σε επίπεδο 1% ($p < 0.001$). Η μεταβλητή LPM25 είναι στάσιμη στο επίπεδο της σε επίπεδο 1% ($p < 0.001$). Η μεταβλητή GDP δεν είναι στάσιμη στο επίπεδο της ακόμα και σε επίπεδο 10% ($p > 0.10$), αλλά είναι στάσιμη στις πρώτες διαφορές σε επίπεδο 1% ($p < 0.001$). Η μεταβλητή HDI είναι στάσιμη στο επίπεδο της σε επίπεδο 1% ($p < 0.001$). Η μεταβλητή PHDI είναι στάσιμη στο επίπεδο της σε επίπεδο 1% ($p < 0.001$). Η μεταβλητή L_STAT είναι στάσιμη στο επίπεδο της σε επίπεδο 1% ($p < 0.001$). Η μεταβλητή URBAN είναι στάσιμη στο επίπεδο της σε επίπεδο 1% ($p < 0.001$). Η μεταβλητή DENSITY είναι στάσιμη στο επίπεδο της σε επίπεδο 1% ($p < 0.001$). Η μεταβλητή GINI είναι στάσιμη στο επίπεδο της σε επίπεδο 1% ($p < 0.001$). Η μεταβλητή OPENNESS είναι στάσιμη στο επίπεδο της σε επίπεδο 1% ($p < 0.001$).

Παρατηρείται, λοιπόν, πως σχεδόν όλες οι μεταβλητές είναι στάσιμες στο επίπεδο τους, δηλαδή χαρακτηρίζονται ως $I(0)$ και μόνο οι μεταβλητές LCO2 και GDP είναι στάσιμες στις πρώτες διαφορές τους και χαρακτηρίζονται ως $I(1)$.

4.2 Εκτίμηση Οικονομετρικών Εξισώσεων

Η κάθε μια οικονομετρική εξίσωση εκτιμήθηκε με τη μέθοδο των σταθερών επιδράσεων χρόνου και χωρών (time-series & countries fixed effects), όπου η μέθοδος αυτή εξασφαλίζει σε μεγάλο βαθμό μια εκτίμηση απαλλαγμένη από μεροληψίες λόγω παράλειψης σημαντικών ερμηνευτικών μεταβλητών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι καθώς η μεταβλητή ελέγχου GINI είχε πάρα πολλές χαμένες παρατηρήσεις (missing values), η προσθήκη της σε κάθε οικονομετρική εξίσωση προκαλούσε ιδιαίτερα σημαντική μείωση του αρχικού δείγματος. Για το λόγο αυτό εκτιμήθηκαν και οικονομετρικές εξισώσεις χωρίς αυτή τη μεταβλητή, έτσι ώστε να εξεταστεί εάν τα αποτελέσματα είναι σταθερά και με χρήση ενός μεγαλύτερου μεγέθους δείγματος.

4.2.1 Εκτίμηση Επίδρασης Κατά Κεφαλή ΑΕΠ στο Περιβάλλον

Στον πίνακα 4.2 αμέσως παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των οικονομετρικών εξισώσεων που αφορούν την επίδραση του κατά κεφαλή ΑΕΠ στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (1), ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=67.39$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=150.10$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=214.04$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Πίνακας 4.2, Εκτίμηση Επίδρασης Κατά Κεφαλή ΑΕΠ στο Περιβάλλον

Μεταβλητές	(1) LCO2	(2) LCO2	(3) LN2O	(4) LN2O	(5) LPM25	(6) LPM25
GDP	3.83e-06** (2.23e-06)	2.76e-06* (1.70e-06)	4.39e-06*** (1.49e-06)	1.44e-06 (1.66e-06)	-8.26e-06*** (3.49e-06)	-1.23e-05*** (2.74e-06)
GDP_SQ	-5.96e-11*** (2.21e-11)	-2.61e-11** (1.45e-11)	-5.04e-11*** (1.58e-11)	-8.58e-12 (1.33e-11)	4.54e-11** (2.67e-11)	7.27e-11*** (1.75e-11)
URBAN	-0.00320*** (0.00110)	-0.00157 (0.00104)	-0.00249** (0.000984)	-0.00424*** (0.00130)	-0.0112*** (0.00306)	-0.00777*** (0.00182)
DENSITY	-0.000294** (0.000142)	2.30e-05 (3.13e-05)	-0.000561*** (0.000144)	-2.01e-05 (1.91e-05)	0.000158 (0.000103)	-5.36e-05 (5.88e-05)
GINI	-0.000322 (0.000823)		0.000494 (0.000880)		0.00177 (0.00203)	
OPENNESS	0.000663** (0.000258)	0.000391** (0.000181)	0.000184 (0.000156)	-0.000155 (0.000131)	3.72e-05 (0.000283)	-0.000107 (0.000204)
LAG	0.925*** (0.0170)	0.886*** (0.0264)	0.761*** (0.0166)	0.720*** (0.0408)	0.545*** (0.0377)	0.444*** (0.0309)
<u>Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας</u>						
X ² (1)	150.10***	175.08***	0.01	15.04***	21.24***	144.25***
P	[0.000]	[0.000]	[0.931]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
<u>Έλεγχος αυτοσυσχέτισης</u>						
F	214.04***	32.98***	25.18***	35.04***	59.08***	153.62***
P	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
<u>Έλεγχος σταθερών ή τυχαίων επιδράσεων Hausman</u>						
X ² (6)	67.39***	161.26***	181.68***	471.42***	218.33***	562.55***
P	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
<u>Έλεγχος συνολικής σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης</u>						
F	119.65***	105.08***	355.28***	40.17***	28.51***	19.14***
P	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
N	1,402	3,192	1,344	2,965	687	1,311
R-squared	0.831	0.761	0.676	0.552	0.572	0.396
Πλήθος χωρών	147	166	144	164	129	147

Στις παρενθέσεις βρίσκονται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (Robust standard errors) εκτός από την εξίσωση (3) όπου χρησιμοποιήθηκαν τα απλά τυπικά σφάλματα. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Breusch-Pagan. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Wooldridge. Στις αγκύλες βρίσκονται οι τιμές p. Η εκτίμηση των οικονομετρικών εξισώσεων πραγματοποιήθηκε με σταθερές επιδράσεις χρόνου και χωρών (time-series & countries fixed effects) έπειτα και από το αποτέλεσμα του ελέγχου Hausman. Οι έλεγχοι σημαντικότητας για τους συντελεστές των βασικών ερμηνευτικών μεταβλητών GDP, GDP_SQ πραγματοποιήθηκαν με τρόπο μονόπλευρο (one-tail significant test).

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=119.65$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ερμηνεύεται κατά 83.1% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ σε επίπεδο 5% ($\alpha_1=3.83e-06$, $t=1.72$, $p=0.044$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_2=-5.96e-11$, $t=-2.69$, $p=0.004$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του κατά κεφαλή ΑΕΠ στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H1α, δηλαδή τη θεωρία της ΕΚC για τη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μεγιστοποιούνται για κατά κεφαλή ΑΕΠ ίσο με 32,131 δολάρια⁵.

Στην οικονομετρική εξίσωση (2), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=161.26$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=175.08$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=32.98$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

⁵ Το επίπεδο του κατά κεφαλή ΑΕΠ που μεγιστοποιεί τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα εκτιμάται με βάση τον τύπο $GDP^* = -\alpha_1/2\alpha_2$

Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $GDP^*=-3.83e-06/2\times(-5.95e-11) = 32,131$

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=105.08$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ερμηνεύεται κατά 76.1% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ σε επίπεδο 10% ($\alpha_1=2.76e-06$, $t=1.63$, $p=0.053$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ σε επίπεδο 5% ($\alpha_2=-2.61e-11$, $t=-1.80$, $p=0.037$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του κατά κεφαλή ΑΕΠ στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H1α, δηλαδή τη θεωρία της ΕΚC για τη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μεγιστοποιούνται για κατά κεφαλή ΑΕΠ ίσο με 52,874 δολάρια⁶.

Στην οικονομετρική εξίσωση (3), ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=181.68$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα μη απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας ακόμα και σε επίπεδο 10% ($X^2(1)=0.01$, $p=0.931$), κάτι που σημαίνει ότι δεν υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=25.18$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=355.28$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών μονοξειδίου του αζώτου ερμηνεύεται κατά 67.6% από

⁶ Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $GDP^*=-2.76e-06/2 \times (-2.61e-11) = 52,874$

την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1 > 0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_1 = 4.39e-06$, $t = 2.94$, $p = 0.002$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2 < 0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_2 = -5.04e-11$, $t = -3.19$, $p < 0.001$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του κατά κεφαλή ΑΕΠ στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H1α, δηλαδή τη θεωρία της ΕΚC για τη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι οι εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου μεγιστοποιούνται για κατά κεφαλή ΑΕΠ ίσο με 43,552 δολάρια⁷.

Στην οικονομετρική εξίσωση (4), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m) = 471.42$, $p < 0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1) = 15.04$, $p < 0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F = 35.04$, $p < 0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F = 40.17$, $p < 0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών μονοξειδίου του αζώτου ερμηνεύεται κατά 55.2% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1 > 0$ ακόμα και σε

⁷ Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $GDP^* = -4.39e-06/2 \times (-5.04e-11) = 43,552$

επίπεδο 10% ($a_1=1.44e-06$, $t=0.86$, $p=0.194$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή a_2 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $a_2 < 0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($a_2=-8.58e-12$, $t=-0.65$, $p=0.260$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση του κατά κεφαλή ΑΕΠ στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που δεν επιβεβαιώνει ούτε την ερευνητική υπόθεση H1α, δηλαδή τη θεωρία της ΕΚC για τη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος, ούτε την ερευνητική υπόθεση H1β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (5), ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=218.33$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=21.24$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=59.08$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=28.51$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα των αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ερμηνεύεται κατά 57.2% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή a_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $a_1 < 0$ σε επίπεδο 1% ($a_1=-8.26e-06$, $t=-2.37$, $p=0.009$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή a_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $a_2 > 0$ σε επίπεδο 5% ($a_2=4.54e-11$, $t=1.70$, $p=0.046$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος U

του κατά κεφαλή ΑΕΠ στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m^3 , κάτι που, όμως, δεν επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H1α, δηλαδή τη θεωρία της ΕΚC για τη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος, αλλά ούτε και την ερευνητική υπόθεση H1β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι η πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ελαχιστοποιείται για κατά κεφαλή ΑΕΠ ίσο με 90,969 δολάρια⁸.

Στην οικονομετρική εξίσωση (6), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=562.55$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=144.25$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=153.62$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=19.14$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα της πυκνότητας των αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ερμηνεύεται κατά 39.6% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1<0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_1=-1.23\text{e-}05$, $t=-4.48$, $p<0.001$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2>0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_2=7.27\text{e-}12$,

⁸ Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $\text{GDP}^*=(-8.26\text{e-}06)/2 \times 4.54\text{e-}11 = 90,969$

$t=4.15$, $p<0.001$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος U του κατά κεφαλή ΑΕΠ στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m^3 , κάτι που, όμως, δεν επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H1α, δηλαδή τη θεωρία της ΕΚC για τη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι η πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ελαχιστοποιείται για κατά κεφαλή ΑΕΠ ίσο με 84,594 δολάρια⁹.

4.2.2 Εκτίμηση Επίδρασης Δείκτη Ανθρώπινης ανάπτυξης (Human Development Index – HDI) στο Περιβάλλον

Στον πίνακα 4.3 αμέσως παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των οικονομετρικών εξισώσεων που αφορούν την επίδραση του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (Human Development Index – HDI) στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (1), ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=79.66$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=48.27$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors)

⁹ Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $GDP^*=(-1.23e-05)/2 \times 7.27e-11 = 84,594$

Πίνακας 4.3, Εκτίμηση Επίδρασης Δείκτη Ανθρώπινης ανάπτυξης (Human Development Index – HDI) στο Περιβάλλον

Μεταβλητές	(1) LCO2	(2) LCO2	(3) LN2O	(4) LN2O	(5) LPM25	(6) LPM25
HDI	2.430*** (0.509)	3.044*** (0.522)	-0.0139 (0.402)	0.165 (0.304)	2.014* (1.395)	3.226*** (0.739)
HDI_SQ	-1.713*** (0.345)	-2.043*** (0.338)	0.0532 (0.266)	-0.120 (0.224)	-2.455*** (0.961)	-3.104*** (0.599)
URBAN	-0.00268** (0.00129)	-0.00381*** (0.00125)	-0.00199 (0.00125)	-0.00393** (0.00160)	-0.00495 (0.00417)	-0.00559** (0.00252)
DENSITY	-0.000358** (0.000180)	1.73e-05 (2.92e-05)	-0.000570*** (0.000148)	-1.42e-05 (1.50e-05)	0.000357*** (0.000122)	0.000124** (5.71e-05)
GINI	-0.00128 (0.000923)		8.31e-05 (0.000892)		0.000494 (0.00230)	
OPENNESS	0.000582** (0.000260)	0.000506*** (0.000190)	6.11e-05 (0.000153)	-8.23e-05 (0.000131)	-7.56e-06 (0.000268)	-0.000118 (0.000203)
LAG	0.901*** (0.0201)	0.838*** (0.0296)	0.768*** (0.0170)	0.721*** (0.0421)	0.478*** (0.0462)	0.398*** (0.0335)
<u>Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας</u>						
X ² (1)	48.27***	9.18***	1.69	3.51*	17.06***	8.30***
P	[0.000]	[0.002]	[0.193]	[0.061]	[0.000]	[0.004]
<u>Έλεγχος αυτοσυσχέτισης</u>						
F	187.69***	33.13***	24.41***	33.75***	44.00***	146.20***
P	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
<u>Έλεγχος σταθερών ή τυχαίων επιδράσεων Hausman</u>						
X ² (m)	79.66***	256.12***	166.08***	472.11***	264.22***	638.16***
P	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
<u>Έλεγχος συνολικής σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης</u>						
F	694.84***	317.25***	337.46***	137.72***	135.35***	94.67***
P	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
N	1,394	3,186	1,337	2,981	685	1,326
R-squared	0.829	0.767	0.666	0.550	0.595	0.417
Πλήθος χωρών	147	168	145	167	129	150

Στις παρενθέσεις βρίσκονται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (Robust standard errors) εκτός από την εξίσωση (3) όπου χρησιμοποιήθηκαν τα απλά τυπικά σφάλματα. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Breusch-Pagan. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Wooldridge. Στις αγκύλες βρίσκονται οι τιμές p. Η εκτίμηση των οικονομετρικών εξισώσεων πραγματοποιήθηκε με σταθερές επιδράσεις χρόνου και χωρών (time-series & countries fixed effects) έπειτα και από το αποτέλεσμα του ελέγχου Hausman. Οι έλεγχοι σημαντικότητας για τους συντελεστές των βασικών ερμηνευτικών μεταβλητών HDI, HDI_SQ πραγματοποιήθηκαν με τρόπο μονόπλευρο (one-tail significant test).

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=187.69$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=694.84$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ερμηνεύεται κατά 82.9% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_1=2.43$, $t=4.77$, $p<0.001$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_2=-1.71$, $t=-4.96$, $p<0.001$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που δεν επιβεβαιώνει, όμως, την ερευνητική υπόθεση $H2\alpha$, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά ούτε και την ερευνητική υπόθεση $H2\beta$, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μεγιστοποιούνται για επίπεδο δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης ίσο με 0.709 μονάδες¹⁰.

Στην οικονομετρική εξίσωση (2), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=256.12$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=9.18$, $p=0.002$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις

¹⁰ Το επίπεδο του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης που μεγιστοποιεί τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα εκτιμάται με βάση τον τύπο $HDI^* = -\alpha_1/2\alpha_2$

Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $HDI^* = -2.43/2 \times (-1.713) = 0.709$

ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=33.13$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=317.25$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ερμηνεύεται κατά 76.7% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_1=3.04$, $t=5.83$, $p<0.001$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_2=-2.04$, $t=-6.04$, $p<0.001$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που δεν επιβεβαιώνει, όμως, την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μεγιστοποιούνται για επίπεδο δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης ίσο με 0.745 μονάδες¹¹.

Στην οικονομετρική εξίσωση (3), ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=166.08$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα μη απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας ακόμα και σε επίπεδο 10% ($X^2(1)=1.69$, $p=0.193$), κάτι που σημαίνει ότι δεν υπάρχουν ενδείξεις

¹¹ Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $HDI^*=-3.04/2 \times (-2.04) = 0.745$

ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=24.41$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=337.46$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών μονοξειδίου του αζώτου ερμηνεύεται κατά 66.6% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1<0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_1=-0.014$, $t=-0.03$, $p=0.487$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2>0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_2=0.053$, $t=0.20$, $p=0.421$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που δεν επιβεβαιώνει ούτε την ερευνητική υπόθεση $H2\alpha$, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, ούτε και την ερευνητική υπόθεση $H2\beta$, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (4), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=472.11$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 10% ($X^2(1)=3.51$, $p=0.061$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=33.75$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης

αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=137.72$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών μονοξειδίου του αζώτου ερμηνεύεται κατά 55.0% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_1=0.16$, $t=0.54$, $p=0.290$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_2=-0.12$, $t=-0.54$, $p=0.291$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που δεν επιβεβαιώνει ούτε την ερευνητική υπόθεση $H2\alpha$, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, ούτε και την ερευνητική υπόθεση $H2\beta$, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της ευρύτερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (5) ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=264.22$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=17.06$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=44.00$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=135.35$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα των αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ερμηνεύεται κατά 59.5% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ σε επίπεδο 10% ($\alpha_1=2.01$, $t=1.44$, $p=0.076$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_2=-2.46$, $t=-2.56$, $p=0.006$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m^3 , κάτι που δεν επιβεβαιώνει, όμως, την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι η πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων μεγιστοποιείται για επίπεδο δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης ίσο με 0.410 μονάδες¹².

Στην οικονομετρική εξίσωση (6), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=638.16$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=8.30$, $p=0.004$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=146.20$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης

¹² Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $HDI^*=-2.01/2 \times (-2.46) = 0.410$

για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=94.67$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα της πυκνότητας των αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ερμηνεύεται κατά 41.7% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_1=3.23$, $t=4.36$, $p<0.001$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_2=-3.10$, $t=-5.18$, $p<0.001$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m^3 , κάτι που δεν επιβεβαιώνει, όμως, την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι η πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων μεγιστοποιείται για επίπεδο δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης ίσο με 0.520 μονάδες¹³.

4.2.3 Εκτίμηση Επίδρασης Προσαρμοσμένου για Πλανητικές Πιέσεις Δείκτη Ανθρώπινης ανάπτυξης (Planetary Pressure Adjusted HDI – PHDI) στο Περιβάλλον

Στον πίνακα 4.4 αμέσως παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των οικονομετρικών εξισώσεων που αφορούν την επίδραση του προσαρμοσμένου για

¹³ Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $HDI^*=-3.23/2 \times (-3.10) = 0.520$

Πίνακας 4.4, Εκτίμηση Επίδρασης Προσαρμοσμένου για Πλανητικές Πιέσεις Δείκτη Ανθρώπινης ανάπτυξης (Planetary Pressure Adjusted HDI – PHDI) στο Περιβάλλον

Μεταβλητές	(1) LCO2	(2) LCO2	(3) LN2O	(4) LN2O	(5) LPM25	(6) LPM25
PHDI	1.031** (0.592)	1.693*** (0.490)	-0.700* (0.490)	0.0202 (0.280)	2.870** (1.338)	3.400*** (0.732)
PHDI_SQ	-1.137*** (0.459)	-1.572*** (0.394)	0.468 (0.381)	-0.133 (0.255)	-2.780*** (1.001)	-3.277*** (0.632)
URBAN	6.28e-06 (0.00122)	-0.000346 (0.00107)	-0.000752 (0.00140)	-0.00221* (0.00126)	-0.00945** (0.00374)	-0.00715*** (0.00228)
DENSITY	-0.000119 (0.000106)	1.30e-05 (2.21e-05)	-0.000505*** (0.000105)	-6.93e-06 (1.24e-05)	0.000208 (0.000137)	-1.04e-05 (6.35e-05)
GINI	-0.00145 (0.000970)		-0.000139 (0.000904)		0.00249 (0.00206)	
OPENNESS	0.000669** (0.000285)	0.000546*** (0.000197)	0.000125 (0.000179)	-0.000106 (0.000144)	-4.18e-05 (0.000329)	-0.000168 (0.000223)
LAG	0.917*** (0.0186)	0.896*** (0.0249)	0.771*** (0.0303)	0.724*** (0.0446)	0.517*** (0.0426)	0.428*** (0.0328)
<u>Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας</u>						
X ² (1)	32.50***	7.95***	39.79***	59.63***	6.22**	5.83**
p	[0.000]	[0.005]	[0.000]	[0.000]	[0.013]	[0.016]
<u>Έλεγχος αυτοσυσχέτισης</u>						
F	289.16***	35.95***	26.70***	27.78***	48.63***	153.36***
p	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
<u>Έλεγχος σταθερών ή τυχαίων επιδράσεων Hausman</u>						
X ² (m)	70.36***	153.59***	151.56***	412.26***	250.86***	596.80***
p	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
<u>Έλεγχος συνολικής σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης</u>						
F	1214.56***	451.63***	173.03***	143.43***	147.09***	100.08***
P	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
N	1,359	2,889	1,306	2,721	674	1,281
R-squared	0.832	0.797	0.668	0.554	0.584	0.406
Πλήθος χωρών	132	149	132	149	124	145

Στις παρενθέσεις βρίσκονται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (Robust standard errors). Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Breusch-Pagan. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Wooldridge. Στις αγκύλες βρίσκονται οι τιμές p. Η εκτίμηση των οικονομετρικών εξισώσεων πραγματοποιήθηκε με σταθερές επιδράσεις χρόνου και χωρών (time-series & countries fixed effects) έπειτα και από το αποτέλεσμα του ελέγχου Hausman. Οι έλεγχοι σημαντικότητας για τους συντελεστές των βασικών ερμηνευτικών μεταβλητών PHDI, PHDI_SQ πραγματοποιήθηκαν με τρόπο μονόπλευρο (one-tail significant test).

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

πλανητικές πιέσεις δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (Planetary pressure adjusted HDI – PHDI) στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (1), ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=70.36$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=32.50$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=289.16$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=1214.56$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ερμηνεύεται κατά 83.2% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ σε επίπεδο 5% ($\alpha_1=1.03$, $t=1.74$, $p=0.042$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_2=-1.14$, $t=-2.48$, $p=0.008$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που δεν επιβεβαιώνει, όμως, την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

μεγιστοποιούνται για επίπεδο προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης ίσο με 0.453 μονάδες¹⁴.

Στην οικονομετρική εξίσωση (2), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=153.59$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=7.95$, $p=0.005$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=35.95$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=451.63$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ερμηνεύεται κατά 79.7% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_1=1.69$, $t=3.45$, $p=0.001$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_2=-1.57$, $t=-3.99$, $p<0.001$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που δεν επιβεβαιώνει, όμως, την ερευνητική υπόθεση H2a, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη

¹⁴ Το επίπεδο του προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης που μεγιστοποιεί τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα εκτιμάται με βάση τον τύπο $PHDI^* = -\alpha_1/2\alpha_2$
Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $PHDI^* = -1.03/2 \times (-1.14) = 0.453$

σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μεγιστοποιούνται για επίπεδο προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης ίσο με 0.538 μονάδες¹⁵.

Στην οικονομετρική εξίσωση (3), ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=151.56$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=39.79$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=26.70$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=173.03$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών μονοξειδίου του αζώτου ερμηνεύεται κατά 66.8% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1<0$ σε επίπεδο 10% ($\alpha_1=-0.70$, $t=-1.43$, $p=0.078$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2>0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_2=0.47$, $t=1.23$, $p=0.111$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει αρνητική επίδραση του προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που δεν επιβεβαιώνει την ερευνητική

¹⁵ Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $PHDI^*=-1.69/2 \times (-1.57) = 0.538$

υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (4), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=412.26$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=59.63$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=27.78$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=143.43$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών μονοξειδίου του αζώτου ερμηνεύεται κατά 55.4% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_1=0.02$, $t=0.07$, $p=0.472$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_2=-0.13$, $t=-0.52$, $p=0.301$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση του προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που δεν επιβεβαιώνει ούτε την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της ευρύτερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (5), ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=250.86$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 5% ($X^2(1)=6.22$, $p=0.013$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=48.63$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=147.09$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα των αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ερμηνεύεται κατά 58.4% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ σε επίπεδο 5% ($\alpha_1=2.87$, $t=2.14$, $p=0.017$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_2=-2.78$, $t=-2.78$, $p=0.003$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m^3 , κάτι που δεν επιβεβαιώνει, όμως, την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι η πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων

μήκους έως 2.5 μικρομέτρων μεγιστοποιείται για επίπεδο προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης ίσο με 0.516 μονάδες¹⁶.

Στην οικονομετρική εξίσωση (6), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=596.80$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 5% ($X^2(1)=5.83$, $p=0.016$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=153.36$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=100.08$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R -squared), η μεταβλητότητα της πυκνότητας των αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ερμηνεύεται κατά 40.6% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_1=3.40$, $t=4.64$, $p<0.001$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2>0$ σε επίπεδο 1% ($\alpha_2=-3.28$, $t=-5.18$, $p<0.001$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m^3 , κάτι που δεν επιβεβαιώνει, όμως, την ερευνητική υπόθεση $H2a$, δηλαδή τη θεωρία της ΕΚC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά ούτε και την ερευνητική

¹⁶ Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $HDI^*=-2.87/2 \times (-2.78) = 0.516$

υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι η πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων μεγιστοποιείται για επίπεδο προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης ίσο με 0.519 μονάδες¹⁷.

4.2.4 Εκτίμηση Επίδρασης Δείκτη Ικανοποίησης από τη Ζωή (Life Satisfaction Index) στο Περιβάλλον

Στον πίνακα 4.5 αμέσως παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των οικονομετρικών εξισώσεων που αφορούν την επίδραση του δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή (Life Satisfaction) στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (1), ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=59.92$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=187.66$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=261.49$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

¹⁷ Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $HDI^* = -3.40/2 \times (-3.28) = 0.519$

Πίνακας 4.5, Εκτίμηση Επίδρασης Δείκτη Ικανοποίησης από τη Ζωή (Life Satisfaction Index) στο Περιβάλλον

Μεταβλητές	(1) LCO2	(2) LCO2	(3) LN2O	(4) LN2O	(5) LPM25	(6) LPM25
L_SAT	0.0589 (0.0577)	0.0340 (0.0340)	0.0443 (0.0366)	0.0511** (0.0252)	0.0502 (0.0713)	0.0685** (0.0336)
L_SAT_SQ	-0.00446 (0.00514)	-0.00247 (0.00310)	-0.00273 (0.00323)	-0.00289 (0.00247)	-0.00485 (0.00629)	-0.00651** (0.00336)
URBAN	-0.00441*** (0.00128)	-0.00359*** (0.000921)	-0.00190 (0.00136)	-0.00517*** (0.000857)	-0.0135*** (0.00278)	-0.0123*** (0.00197)
DENSITY	-0.000200 (0.000124)	5.02e-05*** (1.55e-05)	-0.000566*** (0.000115)	3.55e-06 (3.03e-05)	8.04e-07 (8.29e-05)	-7.82e-05 (5.38e-05)
GINI	0.000511 (0.00119)		-0.000671 (0.00124)		0.00331 (0.00207)	
OPENNESS	0.000484* (0.000258)	0.000886*** (0.000196)	-6.14e-05 (0.000172)	-0.000128 (0.000143)	8.79e-05 (0.000288)	-0.000121 (0.000226)
LAG	0.922*** (0.0193)	0.917*** (0.0176)	0.725*** (0.0409)	0.684*** (0.0157)	0.587*** (0.0352)	0.499*** (0.0302)
<u>Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας</u>						
X ² (1)	187.66***	44.04***	3.56*	1.58	34.22***	10.61***
P	[0.000]	[0.000]	[0.059]	[0.209]	[0.000]	[0.001]
<u>Έλεγχος αυτοσυσχέτισης</u>						
F	261.49***	196.91***	61.68***	10.13***	62.22***	154.81***
P	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.002]	[0.000]	[0.000]
<u>Έλεγχος σταθερών ή τυχαίων επιδράσεων Hausman</u>						
X ² (m)	59.92***	123.65***	180.98***	336.07***	215.97***	495.34***
P	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
<u>Έλεγχος συνολικής σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης</u>						
F	555.94***	497.35***	98.05***	364.37***	157.96***	87.77***
P	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
N	1,221	2,328	1,168	2,168	679	1,245
R-squared	0.790	0.794	0.661	0.521	0.567	0.393
Πλήθος χωρών	133	151	133	151	125	145

Στις παρενθέσεις βρίσκονται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (Robust standard errors) εκτός από την εξίσωση (4) όπου χρησιμοποιήθηκαν τα απλά τυπικά σφάλματα. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Breusch-Pagan. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Wooldridge. Στις αγκύλες βρίσκονται οι τιμές p. Η εκτίμηση των οικονομετρικών εξισώσεων πραγματοποιήθηκε με σταθερές επιδράσεις χρόνου και χωρών (time-series & countries fixed effects) έπειτα και από το αποτέλεσμα του ελέγχου Hausman. Οι έλεγχοι σημαντικότητας για τους συντελεστές των βασικών ερμηνευτικών μεταβλητών L_SAT, L_SAT_SQ πραγματοποιήθηκαν με τρόπο μονόπλευρο (one-tail significant test).

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=555.94$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ερμηνεύεται κατά 79.0% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_1=0.06$, $t=1.02$, $p=0.155$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_2=-0.004$, $t=-0.87$, $p=0.194$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση του δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που δεν επιβεβαιώνει ούτε την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (2), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=123.65$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=44.04$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=196.91$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=497.35$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ερμηνεύεται κατά 79.4% από

την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1 > 0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_1 = 0.03$, $t = 1.00$, $p = 0.160$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2 < 0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_2 = -0.002$, $t = -0.79$, $p = 0.214$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση του δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που δεν επιβεβαιώνει ούτε την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (3), ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m) = 180.98$, $p < 0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 10% ($X^2(1) = 3.56$, $p = 0.059$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F = 61.68$, $p < 0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F = 98.05$, $p < 0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών μονοξειδίου του αζώτου ερμηνεύεται κατά 66.1% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1 > 0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_1 = 0.04$, $t = 1.21$, $p = 0.114$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής

$\alpha_2 < 0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_2 = -0.002$, $t = -0.84$, $p = 0.200$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση του δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που δεν επιβεβαιώνει ούτε την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (4), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m) = 336.07$, $p < 0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα μη απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε ακόμα και επίπεδο 10% ($X^2(1) = 1.58$, $p = 0.209$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F = 10.13$, $p = 0.002$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F = 364.37$, $p < 0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα των εκπομπών μονοξειδίου του αζώτου ερμηνεύεται κατά 52.1% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1 > 0$ σε επίπεδο 5% ($\alpha_1 = 0.05$, $t = 2.03$, $p = 0.022$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2 < 0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_2 = -0.003$, $t = -1.17$, $p = 0.121$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει θετική επίδραση του δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που δεν επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και

περιβάλλοντος, αλλά ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της ευρύτερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (5), ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=215.97$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=34.22$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=62.22$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=157.96$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα των αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ερμηνεύεται κατά 56.7% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_1=0.05$, $t=0.70$, $p=0.242$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ ακόμα και σε επίπεδο 10% ($\alpha_2=-0.005$, $t=-0.77$, $p=0.221$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση του δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m^3 , κάτι που δεν επιβεβαιώνει ούτε την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, ούτε και την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Στην οικονομετρική εξίσωση (6), όπου έχει παραληφθεί η μεταβλητή ελέγχου GINI, ο έλεγχος Hausman έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση για τυχαίες επιδράσεις απορρίπτεται σε επίπεδο 1% ($X^2(m)=495.34$, $p<0.001$) και άρα οι σταθερές επιδράσεις είναι οι πλέον κατάλληλες. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας με το κριτήριο Breusch-Pagan είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο 1% ($X^2(1)=10.61$, $p=0.001$), κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν ενδείξεις ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιούνται τα εύρωστα για ετεροσκεδαστικότητα τυπικά σφάλματα (heteroskedasticity robust standard errors) για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης με το κριτήριο Wooldridge είχε αποτέλεσμα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης της μη-αυτοσυσχέτισης σε επίπεδο 1% ($F=154.81$, $p<0.001$), κάτι που σημαίνει πως υπάρχουν ενδείξεις αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της εξίσωσης αυτής και για αυτό χρησιμοποιείται η προσθήκη χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραβίαση. Μετά την αντιμετώπιση των παραβιάσεων και τη σχετική εκτίμηση της εξίσωσης προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο έλεγχος σημαντικότητας της οικονομετρικής εξίσωσης είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για στατιστικά ασήμαντη εξίσωση σε επίπεδο 1% ($F=87.77$, $p<0.001$). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού (R-squared), η μεταβλητότητα της πυκνότητας των αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ερμηνεύεται κατά 39.3% από την εξίσωση αυτή. Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_1 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_1>0$ σε επίπεδο 5% ($\alpha_1=0.07$, $t=2.04$, $p=0.022$). Ο έλεγχος σημαντικότητας του συντελεστή α_2 είχε ως αποτέλεσμα απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης έναντι της εναλλακτικής $\alpha_2<0$ σε επίπεδο 5% ($\alpha_2=-0.007$, $t=-1.94$, $p=0.027$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U του δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m^3 , κάτι που δεν επιβεβαιώνει, όμως, την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά ούτε την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι η πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων

μήκους έως 2.5 μικρομέτρων μεγιστοποιείται για επίπεδο δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή ίσο με 5.26 μονάδες¹⁸.

¹⁸ Το επίπεδο του δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή που μεγιστοποιεί τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα εκτιμάται με βάση τον τύπο $L_SAT^* = -a_1/2a_2$. Από τις σχετικές εκτιμήσεις προκύπτει $L_SAT^* = -0.07/2 \times (-0.007) = 5.26$

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Τελικά Συμπεράσματα

5.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων Εμπειρικής Έρευνας

Σε δείγμα από 182 χώρες για την περίοδο 2000-2021 εξετάστηκε, στο πλαίσιο της εμπειρικής έρευνας της παρούσας διπλωματικής εργασίας, το φαινόμενο της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets (Environmental Kuznets Curve – EKC), όπου αφορά μια υπόθεση για τη σχέση ανάμεσα σε δείκτες περιβαλλοντικής υποβάθμισης και οικονομικούς δείκτες, σύμφωνα με τον Stern (2004). Μάλιστα, εκτός από τη διερεύνηση της σχέσης περιβάλλοντος και οικονομικής ανάπτυξης, η έρευνα επεκτάθηκε και στην ανάλογη διερεύνηση της σχέσης περιβάλλοντος και ευρύτερης ευημερίας και κοινωνικής ανάπτυξης. Αφού συγκεντρώθηκαν δεδομένα από διάφορους περιβαλλοντικούς δείκτες εκπομπών αερίων και συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων, από διάφορους δείκτες οικονομικής και γενικότερης ευημερίας, αλλά και από μια σειρά κατάλληλων μεταβλητών ελέγχου, διατυπώθηκαν κατάλληλες οικονομετρικές εξισώσεις οι οποίες εκτιμήθηκαν με σταθερές επιδράσεις χρόνου και χωρών (time-series & country fixed effects). Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν κάποιες ερευνητικές υποθέσεις και κάποιες όχι και είχαν ως εξής.

Σχετικά με την επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης, όπως αυτή μετρήθηκε από το επίπεδο του κατά κεφαλή ΑΕΠ σε σταθερές τιμές 2017, βρέθηκε μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H1α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μεγιστοποιούνται για ένα κατά κεφαλή ΑΕΠ ίσο με 32,131 έως 52,874 δολάρια, ανάλογα με το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε.

Βρέθηκε, επίσης, μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U και στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που και αυτό επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H1α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε ότι οι εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου μεγιστοποιούνται για κατά κεφαλή ΑΕΠ ίσο με 43,552 δολάρια.

Βρέθηκε, τέλος, μια μη γραμμική επίδραση σχήματος U του κατά κεφαλή ΑΕΠ στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m^3 , κάτι

που, όμως, δεν επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H1α, δηλαδή τη θεωρία της ΕΚC για τη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε ότι η πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ελαχιστοποιείται για κατά κεφαλή ΑΕΠ ίσο με 84,594 έως 90,969 δολάρια, ανάλογα με το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε. Πάντως, αν αναλογιστεί κάποιος πως πολύ λίγες χώρες, μόλις πέντε (5) τον αριθμό, και από αυτές μόνο για δύο (2) όλη την περίοδο του δείγματος είχαν υψηλότερο κατά κεφαλή ΑΕΠ από αυτό το όριο, θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί πως η επίδραση του κατά κεφαλή ΑΕΠ στην πυκνότητα των αιρούμενων σωματιδίων είναι αρνητική, κάτι που, όμως, δεν επιβεβαιώνει ούτε την ερευνητική υπόθεση H1β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον.

Σχετικά με την επίδραση της γενικότερης ευημερίας, όπως αυτή μετρήθηκε με το δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (HDI), βρέθηκε μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που, όμως, επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της ΕΚC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μεγιστοποιούνται για επίπεδο δείκτη ατομικής ανάπτυξης ίσο με 0.709 έως 0.745 μονάδες ανάλογα με το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε. Καθώς από αυτό το επίπεδο και πάνω αντιστοιχεί περίπου στο 50% του δείγματος, τότε εύλογα προκύπτει πως δεν επιβεβαιώνεται η ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή η θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Βρέθηκε, επίσης, ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που δεν επιβεβαιώνει ούτε την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της ΕΚC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, ούτε την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης θετικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Βρέθηκε, τέλος, μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U και στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m^3 , κάτι που επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της ΕΚC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε ότι η πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων μεγιστοποιείται για επίπεδο δείκτη ατομικής ανάπτυξης ίσο με 0.410 μονάδες 0.520 μονάδες ανάλογα με το δείγμα

που χρησιμοποιήθηκε. Καθώς από αυτό το επίπεδο και πάνω αντιστοιχεί σε σημαντικό ποσοστό του δείγματος, τότε εύλογα προκύπτει πως δεν επιβεβαιώνεται η ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή η θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Σχετικά με την επίδραση της γενικότερης ευημερίας, όπως αυτή μετρήθηκε με τον προσαρμοσμένο για πλανητικές πιέσεις δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (PHDI), βρέθηκε μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μεγιστοποιούνται για επίπεδο προσαρμοσμένου δείκτη ατομικής ανάπτυξης ίσο με 0.453 μονάδες 0.538 μονάδες ανάλογα με το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε. Καθώς από αυτό το επίπεδο και πάνω αντιστοιχεί σε σημαντικό ποσοστό του δείγματος, τότε εύλογα προκύπτει πως δεν επιβεβαιώνεται η ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή η θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Βρέθηκε, επίσης, μια αρνητική επίδραση στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που δεν επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά δεν επιβεβαιώνει, όμως, την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Βρέθηκε, τέλος, μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m^3 , κάτι που επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι η πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων μεγιστοποιείται για επίπεδο προσαρμοσμένου δείκτη ατομικής ανάπτυξης ίσο με 0.516 μονάδες 0.519 μονάδες ανάλογα με το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε. Καθώς από αυτό το επίπεδο και πάνω αντιστοιχεί σε σημαντικό ποσοστό του δείγματος, τότε εύλογα προκύπτει πως δεν επιβεβαιώνεται η ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή η θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Τέλος, σχετικά με την επίδραση της γενικότερης ευημερίας, όπως αυτή μετρήθηκε με τον δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή (life satisfaction index), βρέθηκε

ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που δεν επιβεβαιώνει ούτε την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, ούτε την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Βρέθηκε, επίσης, μια θετική επίδραση του δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή στις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου, κάτι που δεν επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος, αλλά επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή τη θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της ευρύτερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Βρέθηκε, τέλος, μια μη γραμμική επίδραση σχήματος αντίστροφου U στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων ανά m³, κάτι που επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση H2α, δηλαδή τη θεωρία της EKC για τη σχέση ευρύτερης ευημερίας και περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε ότι η πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων μήκους έως 2.5 μικρομέτρων μεγιστοποιείται για επίπεδο δείκτη ικανοποίησης από τη ζωή ίσο με 5.26 μονάδες. Καθώς από αυτό το επίπεδο και πάνω αντιστοιχεί περίπου στο 50% του δείγματος, τότε εύλογα προκύπτει πως δεν επιβεβαιώνεται η ερευνητική υπόθεση H2β, δηλαδή η θεωρία περί μονότονης αρνητικής επίπτωσης της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

5.2 Συζήτηση Αποτελεσμάτων Εμπειρικής Έρευνας

Τα αποτελέσματα της παρούσας εμπειρικής έρευνας επιβεβαίωσαν τη θεωρία της EKC για τη σχέση οικονομικής ανάπτυξης και περιβάλλοντος, σύμφωνα με τον Stern (2004), όταν χρησιμοποιήθηκαν ως δείκτες υποβάθμισης οι εκπομπές αερίων, εδώ διοξειδίου του άνθρακα και μονοξειδίου του αζώτου, όπως είχε διαπιστωθεί σε αρκετές ανάλογες έρευνες στο παρελθόν (Torras & Boyce, 1998, Grossman & Krueger, 1994, Selden & Song, 1994, Panayotou, 1997, Churchill et al, 2020). Συγκεκριμένα, επιβεβαιώθηκε και εμπειρικά πως σε αρχικά επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης (χώρες με χαμηλά και μεσαία εισοδήματα) η αυξημένη οικονομική ανάπτυξη συνδυάζεται με περιβαλλοντική υποβάθμιση (άρα αύξηση σε σχετικούς περιβαλλοντικούς δείκτες, όπως εκπομπές αερίων), ενώ σε προηγμένα στάδια οικονομικής ανάπτυξης (χώρες με

υψηλότερα εισοδήματα) η αυξημένη οικονομική ανάπτυξη αρχίζει και προκαλεί περιβαλλοντική βελτίωση (άρα μείωση στους σχετικούς περιβαλλοντικούς δείκτες υποβάθμισης). Θα πρέπει να σημειωθεί πως καθώς η ευεργετική επίδραση του κατά κεφαλή ΑΕΠ ξεκινάει από ένα επίπεδο 32 έως 52 χιλιάδων δολαρίων, το οποίο αντιστοιχεί σε ποσοστό περίπου 10%-25% των υψηλότερων εισοδημάτων, σημαίνει πως μόνο για χώρες με πολύ υψηλά εισοδήματα, αρκετά υψηλότερα από ένα μεσαίο επίπεδο, όπως αυτό απεικονίζεται από το μέσο και διάμεσο επίπεδο κατά κεφαλή ΑΕΠ (βλέπε πίνακα 4.1), ξεκινάει η ευεργετική επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον.

Όταν, όμως, χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης υποβάθμισης η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} στον αέρα, τότε δεν επιβεβαιώθηκε καμία ερευνητική υπόθεση, ούτε η θεωρία της ΕΚC, αλλά ούτε και η εναλλακτική θεωρία της αρνητικής επίπτωσης της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον. Παρόλο που προέκυψε μια μη γραμμική επίδραση σχήματος U, το ελάχιστο σημείο αντιστοιχεί σε ένα τόσο πολύ υψηλό επίπεδο κατά κεφαλή ΑΕΠ το οποίο αναλογεί σε πολύ λίγες χώρες και στις πιο πολλές από αυτές ούτε καν όλη την εξεταζόμενη περίοδο που τελικά μάλλον αρνητική επίδραση υπάρχει στον περιβαλλοντικό αυτό δείκτη υποβάθμισης που σημαίνει πως όσο αυξάνεται το επίπεδο του ΑΕΠ τόσο προκαλεί ευεργετική επίδραση στο περιβάλλον μειώνοντας τη συγκέντρωση σωματιδίων στον αέρα. Φαίνεται, λοιπόν, πως οι τρόποι οικονομικής ανάπτυξης, ενώ σε αρχικά στάδια ανάπτυξης προκαλούν αύξηση σε εκπομπές διαφόρων αερίων, όπως διοξείδιο του άνθρακα και μονοξείδιου του αζώτου, εντούτοις προκαλούν μειώσεις στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων αυξάνοντας την ποιότητα του αέρα που αναπνέουμε.

Τα αποτελέσματα, λοιπόν, ως προς την επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης στο περιβάλλον ήταν τα αναμενόμενα, βάσει της σχετικής θεωρίας. Το ίδιο προέκυψε και για την επίδραση της ευρύτερης ευημερίας. Η επίδραση των δεικτών ανθρώπινης ανάπτυξης, ειδικά (απλού και προσαρμοσμένου) στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και στην πυκνότητα αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} ήταν ακριβώς η ίδια όπως και της οικονομικής ανάπτυξης στις εκπομπές αερίων. Βρέθηκε, δηλαδή, πως σε χαμηλά επίπεδα ανθρώπινης ανάπτυξης οι προσπάθειες για υψηλότερη γενική ευημερία συνδυάζεται με περιβαλλοντική υποβάθμιση ως προς τους δύο παραπάνω δείκτες, ενώ σε υψηλότερα στάδια ανθρώπινης ανάπτυξης οι προσπάθειες για περαιτέρω ευημερία αρχίζει και προκαλεί περιβαλλοντική βελτίωση. Θα πρέπει να σημειωθεί, μάλιστα, πως

καθώς η ευεργετική επίδραση της γενικότερης ευημερίας ξεκινάει από επίπεδα που βρίσκονται κοντά στο διάμεσο επίπεδο (βλέπε πίνακα 4.1), σημαίνει, πράγματι πως από ένα μεσαίο επίπεδο γενικότερης ευημερίας και έπειτα ξεκινάει η ευεργετική επίδραση της γενικότερης ευημερίας στο περιβάλλον.

Συνεπώς, η γενικότερη ευημερίας ξεκινάει σε πιο χαμηλά επίπεδα να έχει ευεργετική επίδραση στο περιβάλλον, σε σύγκριση με την οικονομική ευημερία, ενώ έχει ευεργετική επίδραση από ένα σημείο και μετά όχι μόνο στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, όπως η οικονομική, αλλά και στην πυκνότητα των αιωρούμενων σωματιδίων τη στιγμή που η οικονομική ανάπτυξη έχει μονίμως ευεργετική επίδραση. Φαίνεται, λοιπόν, πως σε γενικές γραμμές η επίδραση της ευρύτερης ευημερίας έχει, εντέλει, παρόμοιες συνέπειες στο περιβάλλον με αυτές της οικονομικής ευημερίας, δείχνοντας πως η θεωρία της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets ισχύει όχι μόνο για την οικονομική, αλλά για την ευρύτερη ευημερία. Αυτό είναι πιθανό να συμβαίνει διότι τα τελευταία χρόνια η γενικότερη ευημερία των ατόμων συνδυάζεται αρκετά στενά με την περιβαλλοντική ευημερία. Με άλλα λόγια, φαίνεται πως η ανθρώπινη ανάπτυξη συνδέεται, μάλλον, αρκετά στενά με τη βελτίωση των συνθηκών του φυσικού περιβάλλοντος. Μάλιστα, αυτό το επιβεβαιώνει και η θετική επίπτωση του προσαρμοσμένου δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης στη μείωση των εκπομπών σε μονοξείδιο του αζώτου, όπου ήταν και η μόνη ερευνητική υπόθεση που επιβεβαιώθηκε για την επίδραση που αφορά τους δείκτες ανθρώπινης ανάπτυξης.

Το αποτέλεσμα πως η ικανοποίηση από τη ζωή δεν επηρεάζει τις εκπομπές αερίων (το εύρημα για θετική επίδραση στην εκπομπή μονοξειδίου του αζώτου σε ένα από τα δύο δείγματα μάλλον συμπτωματικό μπορεί να θεωρηθεί, καθώς δεν μπορεί εύκολα να εξηγηθεί), ίσως να έχει να κάνει με το ότι σε χώρες με υψηλή ή μη ικανοποίηση οι εκπομπές αερίων έχουν πιο μακροχρόνια αποτελέσματα που θα επηρεάσουν αργότερα το επίπεδο της ικανοποίησης. Αντίθετα, η επίδραση της ικανοποίησης από τη ζωή στη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων βρέθηκε όπως αυτή της οικονομικής και ανθρώπινης ανάπτυξης. Θα πρέπει να σημειωθεί, μάλιστα, πως καθώς η ευεργετική επίδραση της ικανοποίησης από τη ζωή ξεκινάει από επίπεδα που βρίσκονται κοντά στο διάμεσο επίπεδο (βλέπε πίνακα 4.1), σημαίνει, πράγματι πως από ένα μεσαίο επίπεδο ικανοποίησης και έπειτα ξεκινάει η ευεργετική επίδραση της ικανοποίησης από τη ζωή στο περιβάλλον, όπως βρέθηκε και για την γενικότερη ευημερία.

Σε γενικές γραμμές, λοιπόν, φαίνεται πως τόσο η οικονομική ανάπτυξη όσο και η κοινωνική ανάπτυξη και γενικότερη ευημερία έχουν αρχικά μια αρνητική επίπτωση στο περιβάλλον, αλλά από ένα σημείο και έπειτα, η οικονομική πιο αργά, η κοινωνική και ανθρωπιστική πιο νωρίς, έχουν ευεργετική σχετική επίδραση. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν τελικά πως σε χώρες με χαμηλό επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης και ευρύτερης ευημερίας, χρειάζονται αρκετές προσπάθειες για να αναπτυχθούν οικονομικά και κοινωνικά, όπου συνδυάζονται με μια περιβαλλοντική υποβάθμιση, δηλαδή απαιτείται, κατά κάποιο τρόπο μια θυσία του περιβάλλοντος. Εντούτοις, όταν επέρχεται ένα υψηλό επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης ή ένα μεσαίο επίπεδο ευρύτερης κοινωνικής ευημερίας, τότε η θυσία του περιβάλλοντος πιάνει τόπο, κατά κάποιο τρόπο, καθώς προκαλούνται οι σχετικές θετικές επιπτώσεις.

5.3 Προτάσεις Προς Ενδιαφερόμενους

Μια προφανής πρόταση είναι ότι πρέπει η επίδραση της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης στο περιβάλλον πρέπει να γίνει από μη γραμμική σχήματος αντίστροφου U (για τους περιβαλλοντικούς δείκτες υποβάθμισης), μονότονη αρνητική, έτσι ώστε η ευεργετική επίπτωση της ανάπτυξης να συνδέεται με περιβαλλοντική βελτίωση από τα πρώιμα στάδια της ανάπτυξης.

Για να γίνει αυτό θα πρέπει να εφαρμοστούν νέοι περιβαλλοντικά βιώσιμοι τρόποι οικονομικής ανάπτυξης, ειδικά στις χώρες με χαμηλά ακόμα και μεσαία εισοδήματα. Αυτό συμπεριλαμβάνει νέους τρόπους παραγωγής, φιλικούς προς το περιβάλλον, πιο συνετή χρήση πρώτων υλών και ενέργειας, αλλά και ένα αυστηρότερο νομικό πλαίσιο από τη μεριά των αρχών.

Επίσης, θα πρέπει να γίνεται σε όλον τον κόσμο κατανοητό πως η κοινωνική και προσωπική του ευημερία συνδέεται στενά και άμεσα με την περιβαλλοντική ευημερία. Με αυτόν τον τρόπο και με μια τέτοια συνείδηση, ο κόσμος θα συμπεριφέρεται στην καθημερινότητα του πιο φιλικά στο περιβάλλον, αλλά θα απαιτεί το ίδιο και από κυβερνήσεις και επιχειρήσεις.

5.4 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Μια πρόταση για μελλοντική έρευνα είναι να εξεταστεί η επίδραση της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης και ευρύτερης ευημερίας στο περιβάλλον ξεχωριστά για ομάδες χωρών με κοινό επίπεδο οικονομικής ή / και κοινωνικής ανάπτυξης (πχ ξεχωριστά για χώρες με υψηλά εισοδήματα, για χώρες με χαμηλά ή μεσαία εισοδήματα κτλ) ή με κοινή γεωγραφική προέλευση (πχ ξεχωριστά για χώρες Ευρώπης, Ασίας-Ωκεανίας, Αφρικής, Αμερικής κτλ).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Apergis, N. (2016) Environmental Kuznets curves: new evidence on both panel and country-level CO₂ emissions, *Energy Economics*, 54, 263–271.
- Apergis, N., Ozturk, I. (2015). Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries, *Ecological Indicators*, 52, 16–22
- Baek, J. (2015). Environmental Kuznets curve for CO₂ emissions: the case of Arctic countries, *Energy Economics*, 50, 13–17.
- Beckerman, W. (1992). Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment? *World Development*, 20, 481–496.
- Churchill, S., Inekwe, J., Ivanovski, K. and Smyth, R. (2018). The environmental Kuznets curve in the OECD: 1870–2014, *Energy Economics*, 75, 389–399.
- Churchill, S.A., Inekwe, J., Ivanovski, K. and Smyth, R. (2020). The Environmental Kuznets Curve across Australian states and territories, *Energy Economics*, 90 (2020) 104869
- Cole, M.A., Rayner, A.J., and Bates, J. M. (1997). The environmental kuznets curve: An empirical analysis, *Environmental Development Economics*, 2, 401–416.
- Grossman, G.M., and Krueger, A.B. (1994). Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement, In ‘*The U.S.–Mexico Free Trade Agreement*’ (P. Garber, Ed.), MIT Press, Cambridge, MA.
- Held, B., Rodenhäuser, D., Diefenbacher, H. and Zieschank, R. (2018). The National and Regional Welfare Index (NWI/RWI): Redefining Progress in Germany, *Ecological Economics*, 145 (March 2018), 391–400
- Kaufmann, R.K., Davidsdottir, B., Garnham, S., and Pauly, P. (1997). The determinants of atmospheric SO₂ concentrations: Reconsidering the environmental Kuznets curve, *Ecology Economics*, 25, 209–220
- Kubiszewski, I., Costanza, R., Franco, C., Lawn, P., Talberth, J., Jackson, T. and Aylmer, C. (2013). Beyond GDP: Measuring and achieving global genuine progress, *Ecological Economics*, 93 (2013), 57–68
- Kuznets, S. (1965). *Economic Growth and Structural Change*, New York, Norton
- Kuznets, S. (1966) *Modern Economic Growth*, New Haven, Yale University Press
- Lee, C.-C., Chiu, Y.-B. and Sun, C.-H. (2010). The environmental Kuznets curve hypothesis for water pollution: do regions matter? *Energy Policy*, 38(1), 12–23.

- List, J.A., and Gallet, C. A. (1999). The environmental Kuznets curve: Does one size fit all? *Ecology Economics*, 31, 409–424.
- Panayotou, T. (1993). Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development, *working paper WP238*, International Labor Office, Geneva, Switzerland.
- Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: Turning a black box into a policy tool, *Environmental and Development Economics*, 2, 465–484
- Panayotou, T. (2000). Economic Growth and the Environment, *CID Working Paper No. 56 July 2000 Environment and Development Paper No. 4*, Center for International Development at Harvard University
- Selden, T. M., and Song, D. (1994). Environmental quality and development: Is there a Kuznets curve for air pollution? *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 27, 147–162.
- Shafik, N., and Bandyopadhyay, S. (1992). Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence, background paper for World Development Report 1992, *The World Bank*, Washington, DC
- Shahbaz, M., Shafiullah, M., Papavassiliou, V.G. and Hammoudeh, S. (2017). The CO₂–growth nexus revisited: a nonparametric analysis for the G7 economies over nearly two centuries, *Energy Economics*, 65, 183–193.
- Stern, D. I., and Common, M. S. (2001). Is there an environmental Kuznets curve for sulfur?, *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 41, 162–178.
- Stern, D.I., Common, M.S., and Barbier, E.B. (1996). Economic growth and environmental degradation: The environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development*, 24, 1151–1160.
- Stern, D.L. (2004). Environmental Kuznets Curve, *Encyclopedia of Energy*, Volume 2, 517-525
- Torras, M., and Boyce, J. K. (1998). Income, inequality, and pollution: A reassessment of the environmental Kuznets curve, *Ecological Economics*, 25, 147–160.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Έλεγχοι Στασιμότητας των εμπλεκόμενων στις οικονομετρικές εξισώσεις μεταβλητές

Panel A: Επίπεδο (Levels)					Panel B: Πρώτες διαφορές (First differences)				
	Im et al	ADF-Fisher	PP-Fisher				Im et al	ADF-Fisher	PP-Fisher
LCO2	4.41 [1.000]	380.88 [0.261]	380.88 [0.261]		LCO2	-24.31 *** [0.000]	2895.78 *** [0.000]	2895.78 *** [0.000]	
LN2O		629.89 *** [0.000]	629.89 *** [0.000]		LN2O		4061.58 *** [0.000]	4061.58 *** [0.000]	
LPM25	-3.53 *** [0.000]	652.79 *** [0.000]	652.79 *** [0.000]		LPM25	-16.73 *** [0.000]	2670.16 *** [0.000]	2670.16 *** [0.000]	
GDP	10.10 [1.000]	241.30 [1.000]	241.30 [1.000]		GDP	-24.88 *** [0.000]	2515.50 *** [0.000]	2515.50 *** [0.000]	
HDI	-8.49 *** [0.000]	1051.65 *** [0.000]	1051.65 *** [0.000]		HDI	-17.66 *** [0.000]	1978.52 *** [0.000]	1978.52 *** [0.000]	
PHDI	-0.85 [0.197]	508.85 *** [0.000]	508.85 *** [0.000]		PHDI	-20.65 *** [0.000]	1962.02 *** [0.000]	1962.02 *** [0.000]	
L_SAT		828.83 *** [0.000]	828.83 *** [0.000]		L_SAT		3427.81 *** [0.000]	3427.81 *** [0.000]	
URBAN		2831.07 *** [0.000]	2831.07 *** [0.000]		URBAN		1697.89 *** [0.000]	1697.89 *** [0.000]	
DENSITY	14.54 [1.000]	949.01 *** [0.000]	949.01 *** [0.000]		DENSITY	4.62 [1.000]	589.74 *** [0.000]	589.74 *** [0.000]	
GINI		246.67 *** [0.000]	246.67 *** [0.000]		GINI		1359.79 *** [0.000]	1359.79 *** [0.000]	
OPENNESS	-2.61 *** [0.005]	426.71 *** [0.000]	426.71 *** [0.000]		OPENNESS	-27.29 *** [0.000]	2954.30 *** [0.000]	2954.30 *** [0.000]	

Σημειώσεις:

Η αρχική υπόθεση H0 αναφέρεται στη μη-στασιμότητα σε όλα τα πάνελ, ενώ η εναλλακτική υπόθεση αναφέρεται στη στασιμότητα σε έστω και σε ένα πάνελ. Δηλαδή απόρριψη της H0 σημαίνει ότι η μεταβλητή χαρακτηρίζεται από στασιμότητα σε έστω και σε ένα πάνελ.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1