ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Διπλωματική Εργασία

«Η Σχέση των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών και του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος στην Ευρωπαϊκή Ένωση: Εμπειρική Οικονομετρική Ανάλυση για την Περίοδο 1990–2023»

Γιαννόπουλος Βασίλειος

(Αριθμός Μητρώου: ΔΕΒ2401)

Πειραιάς, 2026

Αφιερώνεται

Στην οικογένειά μου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Διπλωματική Εργασία

«Η Σχέση των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών και του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος στην Ευρωπαϊκή Ένωση: Εμπειρική Οικονομετρική Ανάλυση για την Περίοδο 1990–2023»

Γιαννόπουλος Βασίλειος

(Αριθμός Μητρώου: ΔΕΒ2401)

Επιτροπή:

Ανδρέας Ε. Φουστέρης (Επιβλέπων καθηγητής)

Αλεξάνδρα Αλεξανδροπούλου

Ελένη Α. Διδασκάλου

Πειραιάς, 2026

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στη Διοίκηση Επιχειρήσεων : MBA» με τίτλο **«Η Σχέση των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών και του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος στην Ευρωπαϊκή Ένωση: Εμπειρική Οικονομετρική Ανάλυση για την Περίοδο 1990 - 2023»** έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή :

Ονοματεπώνυμο : Βασίλειος Γιαννόπουλος

Ημερομηνία : 28/05/2026

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά εμπειρικά τη μακροοικονομική αλληλεπίδραση μεταξύ των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών και του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) στην ΕΕ-27 κατά την περίοδο 1990-2023. Με δεδομένη τη διαφορετική τάξη ολοκλήρωσης των εξεταζόμενων μεταβλητών, η ανάλυση βασίζεται μεθοδολογικά στο Αυτοπαλίνδρομο Υπόδειγμα Κατανεμημένων Υστερήσεων (ARDL) και στο Υπόδειγμα Διόρθωσης Σφαλμάτων (ECM). Τα οικονομετρικά αποτελέσματα καταδεικνύουν την ύπαρξη μακροχρόνιας σχέσης ισορροπίας (συνολοκλήρωσης) μεταξύ των δύο μεγεθών. Βραχυχρόνια, διαπιστώνεται ότι για κάθε 1% αύξησης των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών το συνολικό ΑΕΠ των χωρών της ΕΕ-27 αυξάνεται οριακά κατά 0.011%, κάτι το οποίο ερμηνεύεται από την παροδική τόνωση της ζήτησης εξαιτίας των αναγκαίων κρατικών δαπανών ανασυγκρότησης. Στον αντίποδα, η μακροχρόνια προσαρμογή αναδεικνύει το υψηλό κόστος που απορρέει από τα ακραία κλιματικά φαινόμενα, μιας και το σύστημα συγκλίνει με έναν ετήσιο ρυθμό της τάξης του 5.65%, απαιτώντας κατά προσέγγιση 17.7 έτη για την απορρόφηση των επιπτώσεων και την πλήρη επαναφορά του.

Καταληκτικά, η παρούσα διπλωματική εργασία υπογραμμίζει την αναγκαιότητα μετάβασης σε πρότυπα εξελικτικής και μετασχηματιστικής Περιφερειακής Οικονομικής Ανθεκτικότητας, προκρίνοντας την άμεση χρηματοδότηση έργων προσαρμογής για τη θωράκιση της ευρωπαϊκής οικονομίας.

Λέξεις κλειδιά: Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες, Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ), Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ-27), Περιφερειακή Οικονομική Ανθεκτικότητα.

ABSTRACT

This thesis empirically examines the macroeconomic interaction between Climate-Related Economic Losses and Gross Domestic Product (GDP) within the EU-27 for the period 1990-2023. Given the differing orders of integration among the variables under study, the methodological framework is based on the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model and the Error Correction Model (ECM). The econometric findings establish the existence of a long-term equilibrium relationship (cointegration) between the two aggregates. In the short term, the results indicate that a 1% increase in Climate-Related Economic Losses leads to a marginal increase in total EU-27 GDP by 0.011%. This is attributed to the transient stimulus of aggregate demand generated by necessary public reconstruction expenditures. Conversely, the long-term adjustment underscores the substantial economic burden imposed by extreme weather events, as the system converges at an annual rate of 5.65%, requiring approximately 17.7 years for the full absorption of impacts and total recovery.

In conclusion, this research highlights the imperative for a transition toward evolutionary and transformative Regional Economic Resilience models, advocating for the immediate funding of adaptation projects to fortify the European economy against climate risks.

Keywords: Climate-Related Economic Losses, Gross Domestic Product (GDP), European Union (EU-27), Regional Economic Resilience.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί το επιστέγασμα μίας εντατικής ερευνητικής προσπάθειας και ενός γόνιμου ακαδημαϊκού κύκλου. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδρομής, η αρωγή και η υποστήριξη ορισμένων ανθρώπων και φορέων υπήρξαν καθοριστικής σημασίας.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες και ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Ανδρέα Ε. Φουστέρη, Επίκουρο Καθηγητή στο Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Η εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου και οι εύστοχες μεθοδολογικές του παρεμβάσεις υπήρξαν για εμένα πηγή έμπνευσης και ακαδημαϊκής εξέλιξης.

Επιπλέον, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω την Τράπεζα Πειραιώς για την εξαιρετικά σημαντική πρωτοβουλία να στηρίξει ως χορηγός το μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών «MBA in Sustainability». Η έμπρακτη αυτή υποστήριξη προς την ακαδημαϊκή κοινότητα, ανέδειξε την προσήλωση της στη βιωσιμότητα και στην έμπρακτη στήριξη της νέας γενιάς επιστημόνων.

Καταληκτικά, θα ήθελα να εκφράσω την βαθύτατη ευγνωμοσύνη μου προς την οικογένειά μου και ιδιαίτερα προς τους γονείς μου. Η αμέριστη συμπαράστασή τους και η έμπρακτη στήριξή τους σε κάθε στάδιο των σπουδών μου, αποτέλεσαν το θεμέλιο πάνω στο οποίο οικοδομήθηκε αυτή η προσπάθεια. Χάρη στη διαχρονική τους παρουσία, η διαδρομή αυτή ολοκληρώθηκε, αποτελώντας όχι μόνο προσωπικό επίτευγμα, αλλά και καρπό της δικής τους υπομονής και πίστης σε εμένα.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ

	Σελίδα
Πίνακας 2.1: Σύνοψη βασικών εμπειρικών μελετών για τη σχέση των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών με το ΑΕΠ και την οικονομική μεγέθυνση.	**18**
Πίνακας 3.1: Εξέλιξη του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος και των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών στην ΕΕ-27 (1990-2023).	**27**
Πίνακας 3.2 : Λογαριθμικός Μετασχηματισμός των Μεταβλητών ΑΕΠ (LGDP) και Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών (LLOSS), 1990-2023.	**28**
Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή LGDP (με σταθερά και γραμμική τάση).	**33**
Πίνακας 3.4: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή LGDP (με σταθερά).	**34**
Πίνακας 3.5: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή ΔLGDP (με σταθερά και γραμμική τάση).	**36**
Πίνακας 3.6: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή ΔLGDP (με σταθερά).	**37**
Πίνακας 3.7: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή ΔLLOSS (με σταθερό όρο και γραμμική χρονική τάση).	**38**
Πίνακας 3.8: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή LLOSS (με σταθερό όρο).	**39**
Πίνακας 3.9: Αποτελέσματα Εκτίμησης Υποδείγματος ARDL(1,1).	**42**
Πίνακας 3.10: Αποτελέσματα Ελέγχου Ορίων (ARDL Bounds Test).	**43**
Πίνακας 3.11: Αποτελέσματα Υποδείγματος Διόρθωσης Σφαλμάτων (ARDL Error Correction Regression).	**46**
Πίνακας 3.12: Αποτελέσματα διαγνωστικού ελέγχου ετεροσκεδαστικότητας Breusch-Pagan-Godfrey.	**49**
Πίνακας 3.13: Αποτελέσματα Ελέγχου Αυτοσυσχέτισης Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test.	**51**

Πίνακας 3.14: Αποτελέσματα Διαγνωστικού Ελέγχου Κανονικότητας των Καταλοίπων (Jarque-Bera Test).	**54**
Πίνακας 3.15: Αποτελέσματα Ελέγχου Ορθής Εξειδίκευσης (Ramsey RESET Test).	**56**

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

	Σελίδα
Διάγραμμα 2.1: Διαχρονική εξέλιξη του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ-27), 1990-2023.	**8**
Διάγραμμα 2.2: Ετήσια ποσοστιαία μεταβολή του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ-27) - Από τη μέγιστη αύξηση στη μέγιστη μείωση, 1990-2023.	**10**
Διάγραμμα 2.3: “Four common transmission channels for impacts from physical (red), transition (blue) and liability (yellow) risks. Channels, which can transmit positive as well as negative changes, are marked (+/−)”	**12**
Διάγραμμα 2.4: «Landscape of Climate Finance in 2019/2020»	**21**
Διάγραμμα 3.1: Αναπτυξιακή Τροχιά του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) της ΕΕ-27, 1990-2023.	**29**
Διάγραμμα 3.2: Διαγραμματική Απεικόνιση των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών για την ΕΕ-27, 1990-2023.	**30**
Διάγραμμα 3.3: Γράφημα Ελέγχου CUSUM για την ευστάθεια του υποδείγματος.	**52**
Διάγραμμα 3.4: Γράφημα Ελέγχου CUSUMQ για την ευστάθεια του υποδείγματος.	**53**

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

EEA = European Environment Agency
EE-27 **=** Ευρωπαϊκή Ένωση των 27
ΑΕΠ = Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
UNISDR = United Nations International Strategy for Disaster Reduction
IRDR = Integrated Research on Disaster Risk
SNA = System of National Accounts
ESA = European System of Accounts
CMEPSP = Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress
ΟΟΣΑ = Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
GDP = Gross Domestic Product
GVA = Gross Value Added
IC = Intermediate Consumption
COE = Compensation of Employees
GOS = Gross Operating Surplus
CapEx = Capital Expenditures
CGE = Computable General Equilibrium
IAM = Integrated Assessment Models
Climate VaR = Climate Value at Risk
SSPs = Shared Socioeconomic Pathways
PEA = Probabilistic Event Attribution
CRI = Climate Risk Index
BMA = Bayesian Model Averaging
RER = Regional Economic Resilience
CPI = Climate Policy Initiative
IMF = International Monetary Fund
PPP = Purchasing Power Parity
ADF = Augmented Dickey-Fuller
ARDL = Autoregressive Distributed Lag
UECM = Unrestricted Error Correction Model
ECM = Error Correction Model
BLUE = Best Linear Unbiased Estimators

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	**5**
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	**7**
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ	**8**
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	**9**
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ	**10**
Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	**1**
Κεφάλαιο 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	**3**
2.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο	**3**
2.1.1 Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ)	**3**
2.1.1.1 Εννοιολογικό Πλαίσιο και Θεωρητικός Προσδιορισμός του ΑΕΠ	**3**
2.1.1.2 Σύνθεση και Δομικές Διαστάσεις του ΑΕΠ	**5**
2.1.1.3 Διαχρονική Εξέλιξη του ΑΕΠ στην Ευρωπαϊκή Ένωση (1990–2023): Τάσεις και Μεταβολές	**7**
2.1.1.4 Καθοριστικοί Οικονομικοί, Θεσμικοί και Πολιτικοί Παράγοντες Διαμόρφωσης του ΑΕΠ στην ΕΕ	**10**
2.1.2. Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες	**11**
2.1.2.1 Θεωρητικές Προσεγγίσεις και Ταξινόμηση των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών	**11**
2.1.2.2 Μεθοδολογικά Πλαίσια Ποσοτικοποίησης και Δείκτες Αποτίμησης των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών	**13**
2.1.3 Η σχέση ανάμεσα στο ΑΕΠ και τις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές ζημιές	**15**
2.1.3.1 Θεωρητικά Υποδείγματα Συσχέτισης του ΑΕΠ και των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών	**15**

2.1.3.2 Εμπειρική Ανασκόπηση της Διεθνούς Βιβλιογραφίας	**16**
2.1.4 Οικονομική Ανθεκτικότητα και Πολιτικές Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή.	**19**
2.1.5 Συμπερασματική Σύνθεση Θεωρητικής Ανάλυσης	**22**
2.2 Ερευνητικό Κενό και Εξειδίκευση του Υποδείγματος	**24**
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	**25**
3.1 Δεδομένα	**25**
3.2 Γραφική Απεικόνιση και Ανάλυση των Μεταβλητών	**28**
3.3 Διερεύνηση της Τάξης Ολοκλήρωσης των Μεταβλητών	**30**
3.3.1 Έλεγχος στασιμότητας για τη μεταβλητή LGDP	**32**
3.3.2 Έλεγχος στασιμότητας για τη μεταβλητή LLOSS	**37**
3.4 Διερεύνηση Συνολοκλήρωσης μεταξύ των Μεταβλητών	**39**
3.5 Έλεγχος Αιτιότητας κατά Granger	**44**
3.6 Διερεύνηση Ετεροσκεδαστικότητας στα Κατάλοιπα του Υποδείγματος	**47**
3.7 Διερεύνηση Αυτοσυσχέτισης στα Κατάλοιπα του Υποδείγματος	**49**
3.8 Προχωρημένοι Διαγνωστικοί Έλεγχοι του Υποδείγματος	**51**
3.8.1 Έλεγχος Ευστάθειας των Εκτιμηθέντων Συντελεστών (CUSUM & CUSUMSQ Tests)	**51**
3.8.2 Έλεγχος Κανονικότητας της Κατανομής των Καταλοίπων (Jarque–Bera Test)	**54**
3.8.3 Έλεγχος Σωστής Εξειδίκευσης του Υποδείγματος (Ramsey RESET Test)	**55**
Κεφάλαιο 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	**56**
4.1 Παρουσίαση κυρίων συμπερασμάτων	**56**
4.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	**59**
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	**62**
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	**67**

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, ο πλανήτης έχει έρθει αντιμέτωπος με μια διαρκή μεταβολή του κλίματος η οποία έχει τόσο άμεσο όσο και έμμεσο αντίκτυπο στη βιωσιμότητά του. Τόσο η σφοδρότητα όσο και η συχνότητα εμφάνισης ακραίων κλιματικών φαινομένων φαίνεται πως αποτελούν έναν συστημικό κίνδυνο, με τις επιπτώσεις αυτών να διαφαίνονται και σε μακροοικονομικό επίπεδο. Πέρα από άμεσες υλικές ζημιές, οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες έχουν επίδραση στη μακροοικονομική δραστηριότητα μέσω πολλαπλών διαύλων, όπως η διατάραξη των εφοδιαστικών αλυσίδων καθώς και η αύξηση των δημοσίων δαπανών για την αποκατάσταση των καταστροφών.

Σύμφωνα με την αναλυτική έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (European Environment Agency - EEA), ο τριακονταετής κινούμενος μέσος όρος των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 (ΕΕ-27) παρουσιάζει ανοδική τάση κινούμενος από 13 δισεκατομμύρια ευρώ το έτος 2009 σε 20 δισεκατομμύρια ευρώ το έτος 2023 (European Environment Agency, 2025). Η διεθνής βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες έχουν διαφορετικό αντίκτυπο σε κάθε χώρα. Σε έρευνα των Mendelsohn, Dinar & Williams (2006) επισημαίνεται ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής διαφέρουν ανάμεσα σε φτωχότερες και πλουσιότερες χώρες. Ως εκ τούτου, η διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες και στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) κρίνεται αναγκαία να διεξαχθεί σε ένα θεσμικά ενοποιημένο και οικονομικά διασυνδεδεμένο σύνολο, όπως η ΕΕ-27. Αυτό, μάλιστα, επιβεβαιώνεται και από τη Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή, όπου αναφέρεται ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν διασυνοριακή διάσταση, μιας και ακραία κλιματικά φαινόμενα που μπορεί να υπάρξουν σε ένα κράτος-μέλος, ενδέχεται μέσω διασυνδεδεμένων αλυσίδων αξίας να επηρεάσουν το συνολικό ΑΕΠ της Ευρωπαϊκής Ένωσης (European Commission, 2021). Στο πλαίσιο της ανάλυσης των οικονομικών επιπτώσεων που απορρέουν από την κλιματική αλλαγή, το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν χρησιμοποιείται εκτενώς ως βασικός δείκτης αποτύπωσης της συνολικής οικονομικής δραστηριότητας. Παρά το γεγονός ότι το ΑΕΠ δεν αποτυπώνει άμεσα την περιβαλλοντική υποβάθμιση ή τις μεταβολές στη συνολική κοινωνική ευημερία, εξακολουθεί να αποτελεί το κυρίαρχο μέγεθος αναφοράς στη διαδικασία

χάραξης οικονομικής πολιτικής, στη μακροοικονομική ανάλυση καθώς και στη συγκριτική αξιολόγηση οικονομιών σε διεθνές επίπεδο.

Υπό το πρίσμα των ανωτέρω, στο πλαίσιο Σεντάι για τη Μείωση του Κινδύνου Καταστροφών (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction) 2015 - 2030, τονίζεται ο στόχος «Reduce direct disaster economic loss in relation to global gross domestic product (GDP) by 2030», καθιστώντας το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν σημείο αναφοράς στην αξιολόγηση των οικονομικών απωλειών που προκύπτουν από καταστροφές (United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), 2015, p. 12). Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα διπλωματική εργασία υιοθετεί αυτή τη λογική συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ οικονομικών απωλειών από καταστροφές και ΑΕΠ και την προσαρμόζει στο ειδικότερο αντικείμενο της διερεύνησης της σχέσης ανάμεσα στις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες και στο ΑΕΠ για τις χώρες που ανήκουν στην ΕΕ-27. Ο ισχυρισμός ότι οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες συνιστούν υποσύνολο των απωλειών από φυσικές καταστροφές επαληθεύεται και από το σύστημα ταξινόμησης της βάσης EM-DAT (EM-DAT, 2023), όπου βάσει του Γλωσσαρίου Ταξινόμησης Κινδύνων (Peril Classification and Hazard Glossary) του IRDR (Integrated Research on Disaster Risk) οι κλιματικοί κίνδυνοι εντάσσονται ως υποσύνολο των φυσικών κινδύνων (Integrated Research on Disaster Risk (IRDR),2014).

Περαιτέρω, οι Kahn et al. (2021), αξιοποιώντας δεδομένα από 174 χώρες για την περίοδο 1960-2014, οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι οι αποκλίσεις της θερμοκρασίας, βασικής έκφανσης της κλιματικής αλλαγής, από τον ιστορικό τους μέσο οδηγούν σε μείωση του ρυθμού μεγέθυνσης του πραγματικού ΑΕΠ ανά κάτοικο (GDP per capita).

Στη βάση της ανωτέρω θεωρητικής και θεσμικής αφετηρίας, η μελέτη αυτή διερευνά τη σχέση ανάμεσα στις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες και στο ΑΕΠ των κρατών-μελών της ΕΕ-27, αξιοποιώντας διεθνώς συγκρίσιμα μακροοικονομικά δεδομένα και εφαρμόζοντας κατάλληλες οικονομετρικές μεθόδους χρονοσειρών με στόχο την αποτύπωση τόσο της βραχυχρόνιας όσο και της μακροχρόνιας δυναμικής της παραπάνω σχέσης, καθώς και τη διερεύνηση πιθανών μηχανισμών αιτιώδους συνάφειας. Η παρούσα διπλωματική εργασία δομείται ως ακολούθως: Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο και καθορίζεται το πλαίσιο εξειδίκευσης του οικονομετρικού υποδείγματος, ενώ στο κεφάλαιο 3 εμπεριέχεται η παρουσίαση των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν και παρατίθενται τα αποτελέσματα των οικονομετρικών ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν. Τέλος, στο κεφάλαιο 4 συντίθενται τα ευρήματα, εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα και προτείνονται κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.

Κεφάλαιο 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

2.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1.1 Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ)

2.1.1.1 Εννοιολογικό Πλαίσιο και Θεωρητικός Προσδιορισμός του ΑΕΠ

Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ), συνιστά τον πιο διαδεδομένο δείκτη για την αποτίμηση της κατάστασης μιας εθνικής οικονομίας. Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι έχει καταστεί ως σημείο αναφοράς της «υγείας» τόσο εθνικών όσο και παγκόσμιων οικονομιών (Callen, 2008). Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν μετρά τη συνολική αγοραία αξία όλων των τελικών αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται εντός των συνόρων μιας οικονομίας σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, συνήθως σε ετήσια ή τριμηνιαία βάση (Callen, χ.ε.). Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι στον υπολογισμό του περιλαμβάνονται και κάποιες υπηρεσίες που παρέχονται από τον δημόσιο τομέα όπως η άμυνα και η εκπαίδευση, ενώ δεν συμπεριλαμβάνεται η παραοικονομία και η μη αμειβόμενη εργασία, λόγω μεθοδολογικών δυσκολιών στη μέτρηση και την αξιόπιστη αποτίμησή τους (Callen, χ.ε.).

Παρά το γεγονός ότι το ΑΕΠ συνιστά τον κυρίαρχο δείκτη οικονομικής δραστηριότητας, προσφέροντας συγκρισιμότητα στην αξιολόγηση των οικονομιών διαφορετικών χωρών, εντούτοις παρουσιάζει κάποιους εγγενείς περιορισμούς ως προς την αποτίμηση της γενικότερης οικονομικής κατάστασης και ευημερίας. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη Fraumeni (2022), το ΑΕΠ ως δείκτης δεν πληροφορεί για τη βιωσιμότητα της ανάπτυξης που υπάρχει, δεν αποτυπώνει την ευημερία των πολιτών και δεν συμπεριλαμβάνει περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η μη ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη δεικτών όπως το «Green Gross Domestic Product (GDP)», το οποίο υπολογίζεται αφαιρώντας από το ΑΕΠ το κόστος της περιβαλλοντικής υποβάθμισης καθώς και το κόστος εξάντλησης φυσικών πόρων (Stjepanović, Tomić & Škare, 2019). Περαιτέρω, επισημαίνεται ότι το ΑΕΠ ενδέχεται να παρουσιάζει αυξημένη τιμή σε περιόδους στρατιωτικών συγκρούσεων καθώς και μετά από φυσικές καταστροφές ή τρομοκρατικές ενέργειες, γεγονός που καταδεικνύει πως απαιτείται η ερμηνεία επιπλέον δεικτών ούτως ώστε να διαμορφωθεί

μια πιο ολιστική εικόνα της ανάπτυξης της οικονομίας (Fraumeni, 2022).Οι παραπάνω αδυναμίες έχουν αποτελέσει το εφαλτήριο για εκτεταμένες θεωρητικές συζητήσεις. Ενδεικτικά, το 2008 δημιουργήθηκε η επιτροπή Stiglitz-Sen-Fitoussi, ή αλλιώς επιτροπή για τη μέτρηση της οικονομικής επίδοσης και κοινωνικής προόδου, «The Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress (CMEPSP)» με απώτερο σκοπό τον εντοπισμό των ορίων του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος, ως δείκτη οικονομικής επίδοσης και κοινωνικής προόδου, και τη μετάβαση προς ένα ευρύτερο πίνακα από δείκτες («dashboard of indicators») (Stiglitz, Sen & Fitoussi, 2009). Το ζήτημα της επάρκειας του ΑΕΠ ως μοναδικού δείκτη αξιολόγησης της οικονομικής προόδου συνέχισε να υφίσταται και τα επόμενα χρόνια. Αναλυτικότερα, στην έκθεση του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) το 2018, προτάθηκε η βελτίωση των συστημάτων μέτρησης μέσα από την ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης και της βιωσιμότητας καθώς και μέσα από την αποτύπωση των ανισοτήτων, της οικονομικής ανασφάλειας και της κοινωνικής εμπιστοσύνης (Stiglitz, Fitoussi & Durand, 2018, σελ. 324).

Σύμφωνα με το System of National Accounts (SNA) 2008, το ΑΕΠ μπορεί να εκφραστεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους. Πιο συγκεκριμένα, στην παράγραφο 2.138 του SNA 2008 τονίζεται ότι το ΑΕΠ προκύπτει σε γενικές γραμμές από την έννοια της προστιθέμενης αξίας. Η ακαθάριστη προστιθέμενη αξία ισούται με τη διαφορά ανάμεσα στην παραγωγή και στην ενδιάμεση κατανάλωση. Ως εκ τούτου, το ΑΕΠ είναι «το άθροισμα της ακαθάριστης προστιθέμενης αξίας όλων των εγχώριων παραγωγικών μονάδων, συν εκείνο το μέρος (ενδεχομένως και το σύνολο) των φόρων επί των προϊόντων, μείον τις επιδοτήσεις επί των προϊόντων, που δεν περιλαμβάνεται στην αποτίμηση της παραγωγής»(European Commission et al., 2009, σελ. 34).

Επιπλέον, σύμφωνα με την παράγραφο 2.139 του SNA 2008, το ΑΕΠ ισούται επίσης με «το άθροισμα των τελικών χρήσεων αγαθών και υπηρεσιών (όλων των χρήσεων εκτός από την ενδιάμεση κατανάλωση), αποτιμημένων σε τιμές αγοραστή, μείον την αξία των εισαγωγών αγαθών και υπηρεσιών» (European Commission et al., 2009, σελ. 34).

Τέλος, σύμφωνα με την παράγραφο 2.140 του System of National Accounts (SNA) 2008, το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν ισούται με το άθροισμα των πρωτογενών εισοδημάτων που διανέμονται από τις εγχώριες παραγωγικές μονάδες (European Commission et al., 2009, σελ. 34).

Ο τρόπος με τον οποίο ορίζεται το ΑΕΠ από το SNA, ακολουθείται και από την Eurostat. Ειδικότερα, αναφέρεται ότι το ΑΕΠ αποτελεί ένα βασικό μέτρο του συνολικού μεγέθους μιας εγχώριας οικονομίας, συνιστά έναν από τους κυριότερους δείκτες του European

System of Accounts (ESA) 2010 και μπορεί να υπολογιστεί με τρεις ισοδύναμους τρόπους: προσέγγιση παραγωγής (production approach), προσέγγιση δαπανών (expenditure approach) και προσέγγιση εισοδήματος (income approach) (Eurostat, χ.ε.).

2.1.1.2 Σύνθεση και Δομικές Διαστάσεις του ΑΕΠ

Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, όπως ορίζεται στο πλαίσιο του System of National Accounts (SNA) και υιοθετείται από το European System of Accounts (ESA), αποτελεί έναν δείκτη ο οποίος δύναται να υπολογιστεί μέσω τριών ισοδύναμων προσεγγίσεων: Προσέγγιση της Παραγωγής, Προσέγγιση των Δαπανών, Προσέγγιση του Εισοδήματος. Υπό το πρίσμα αυτό, για την ορθή ανάλυση του είναι αναγκαίο να διερευνηθεί η σύνθεση και η δομική του διάρθρωση. Η σημασία της δομής του ΑΕΠ μπορεί να επιβεβαιωθεί μέσα από συγκριτικές μελέτες ανεπτυγμένων οικονομιών. Ειδικότερα, η οικονομική επιτυχία της Ομάδας των Επτά (G7) συνδέεται με την αποδοτική διάρθρωση του ΑΕΠ τους («the key to the success of these economies is that the structures of their GDP are efficient») (Ziyad, 2020, σελ. 147). Η συγκριτική ανάλυση των χωρών αυτών κατέδειξε, επιπλέον, ότι παρά τις διαφορές που εντοπίζονται σε φυσικούς πόρους, γεωγραφικές συνθήκες και θεσμικά χαρακτηριστικά, οι δομές του ΑΕΠ τους έχουν αυξημένο βαθμό ομοιομορφίας (Ziyad, 2020). Περαιτέρω, η σύνθεση του ΑΕΠ συνδέεται άμεσα με την οικονομική ανθεκτικότητα απέναντι σε εξωγενείς διαταραχές. Ειδικότερα, οικονομίες με ισορροπημένη τομεακή διάρθρωση τείνουν να είναι περισσότερο ανθεκτικές σε αναταράξεις που ενδέχεται να υπάρξουν καθώς και σε διακυμάνσεις των διεθνών τιμών και της εξωτερικής ζήτησης (Graham & Till, 2025).

Στη διεθνή βιβλιογραφία επισημαίνεται ότι το ΑΕΠ αποτελεί μακροοικονομικό άθροισμα επιμέρους οικονομικών μεγεθών και όχι ένα ομοιογενές σύνολο, καθώς «GDP is ranked among macroaggregates. Thus, as every aggregate, also GDP includes a number of other partial components (economic quantities)» (Palát & Kunc, 2011, σελ. 213). Σύμφωνα με την **προσέγγιση δαπανών**, η σύνθεση του ΑΕΠ αποτυπώνεται μέσω της ταυτότητας:

$$\mathbf{GDP = C + Ibr + G + Nx}$$

όπου:

- C = Δαπάνη Προσωπικής Κατανάλωσης

- Ibr = Ακαθάριστες Επενδύσεις (Ακαθάριστος Σχηματισμός Κεφαλαίου)
- G = Τελική Δημόσια Κατανάλωση
- Nx = Καθαρές Εξαγωγές

Η προσέγγιση δαπανών καθιστά εφικτή την αποσύνθεση του ΑΕΠ στις βασικές του συνιστώσες και τη μελέτη της μεταξύ τους κατανομής, όπως αναδεικνύεται στη συγκριτική ανάλυση της δομής του ΑΕΠ των χωρών της G7 (Antoci, 2024). Η αποσύνθεση αυτή επιτρέπει τη διερεύνηση της σχετικής συμμετοχής των επιμέρους συνιστωσών και των μεταξύ τους σχέσεων, μιας και τα μεγέθη αυτά αποτελούν «parts of one whole» και οι μεταβολές σε μία συνιστώσα οδηγούν σε προσαρμογές στις υπόλοιπες (Zadoia, Mahdich & Zadoia, 2023). Ιδιαίτερη έμφαση αποδίδεται στη συνιστώσα των Ακαθάριστων Επενδύσεων, υπό την έννοια ότι εντοπίζεται πως παρουσιάζουν έντονη προκυκλική συμπεριφορά και μεγαλύτερη μεταβλητότητα συγκριτικά με το συνολικό ΑΕΠ. Συγχρόνως, χώρες οι οποίες κατέγραψαν υψηλούς ρυθμούς οικονομικής μεγέθυνσης φαίνεται πως παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένο ποσοστό επενδύσεων στο ΑΕΠ (κατά προσέγγιση 30%), κάτι το οποίο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τη μακροχρόνια αναπτυξιακή τους δυναμική (Palát & Kunc, 2011).

Πέραν, ωστόσο, της προσέγγισης των δαπανών υπάρχει και η **προσέγγιση της παραγωγής**, στην οποία το ΑΕΠ, σύμφωνα με τα μεθοδολογικά πρότυπα της Eurostat, αποτυπώνεται με τον ακόλουθο τρόπο :

$$\textbf{GDP} = \sum \mathbf{GVA} + (\mathbf{Taxes\ on\ Products} - \mathbf{Subsidies\ on\ Products})$$

όπου:

- GVA (Gross Value Added) = Output - Intermediate Consumption (IC)

Αναλυτικότερα, σύμφωνα με την προσέγγιση παραγωγής, το ΑΕΠ ισούται με το άθροισμα της Ακαθάριστης Προστιθέμενης Αξίας (Gross Value Added) όλων των κλάδων παραγωγής, συν τους φόρους επί των προϊόντων (Taxes on Products) μείον τις επιδοτήσεις επί των προϊόντων (Subsidies on Products) (Eurostat, χ.ε.). Στο πλαίσιο ανάλυσης των προσεγγίσεων υπολογισμού του ΑΕΠ, εκτός από την προσέγγιση της παραγωγής και την προσέγγιση των δαπανών, είναι αναγκαίο να γίνει αναφορά και στην **προσέγγιση του εισοδήματος**. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, το ΑΕΠ ισούται με το άθροισμα όλων των εισοδημάτων που αποκτώνται εντός της χώρας (Eurostat, χ.ε.) :

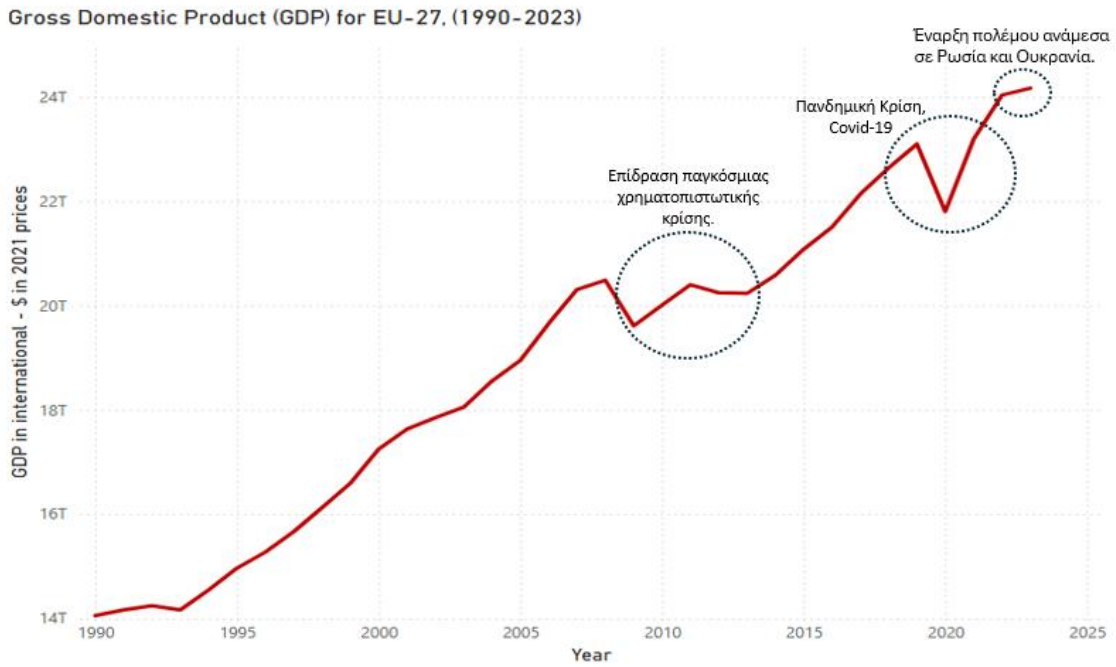
GDP = COE + GOS + (Taxes - Subsidies)

όπου:

- **COE = Compensation of Employees** (Μισθοί και ημερομίσθια, αμοιβές εξαρτημένης εργασίας)
- **GOS = Gross Operating Surplus** (Ακαθάριστο Λειτουργικό Πλεόνασμα)
- **Taxes =** Φόροι
- **Subsidies =** Επιδοτήσεις

Η προσέγγιση του εισοδήματος δεν περιορίζεται μόνο στην αποτύπωση του συνολικού μεγέθους του ΑΕΠ, αλλά επικεντρώνεται στη διάρθρωση των εισοδημάτων που προκύπτουν από την οικονομική δραστηριότητα. Ως εκ τούτου, η εισοδηματική διάρθρωση του ΑΕΠ είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, παρέχοντας τη δυνατότητα εξέτασης ποιοτικών χαρακτηριστικών της οικονομικής ανάπτυξης. Όπως τονίζεται στη διεθνή βιβλιογραφία, «the income approach of GDP serves as a vital instrument for assessing the qualitative aspects of economic development, especially in a context where macroeconomic stability coexists with rising social and geopolitical challenges» (Bertsatos & Chrysanthakopoulos, 2025, p. 82). Υπό αυτό το πρίσμα, μέσα από τη διερεύνηση της εισοδηματικής σύνθεσης του ΑΕΠ καθίσταται εφικτή η διερεύνηση κρίσιμων παραμέτρων όπως η κοινωνική συνοχή, οι οικονομικές ανισότητες και η βιωσιμότητα της ανάπτυξης.

2.1.1.3 Διαχρονική Εξέλιξη του ΑΕΠ στην Ευρωπαϊκή Ένωση (1990-2023): Τάσεις και Μεταβολές



Διάγραμμα 2.1: Διαχρονική εξέλιξη του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ-27), 1990-2023.

Πηγή: Δεδομένα World Bank (2024), μέσω *Our World in Data*, (επεξεργασία συγγραφέα)

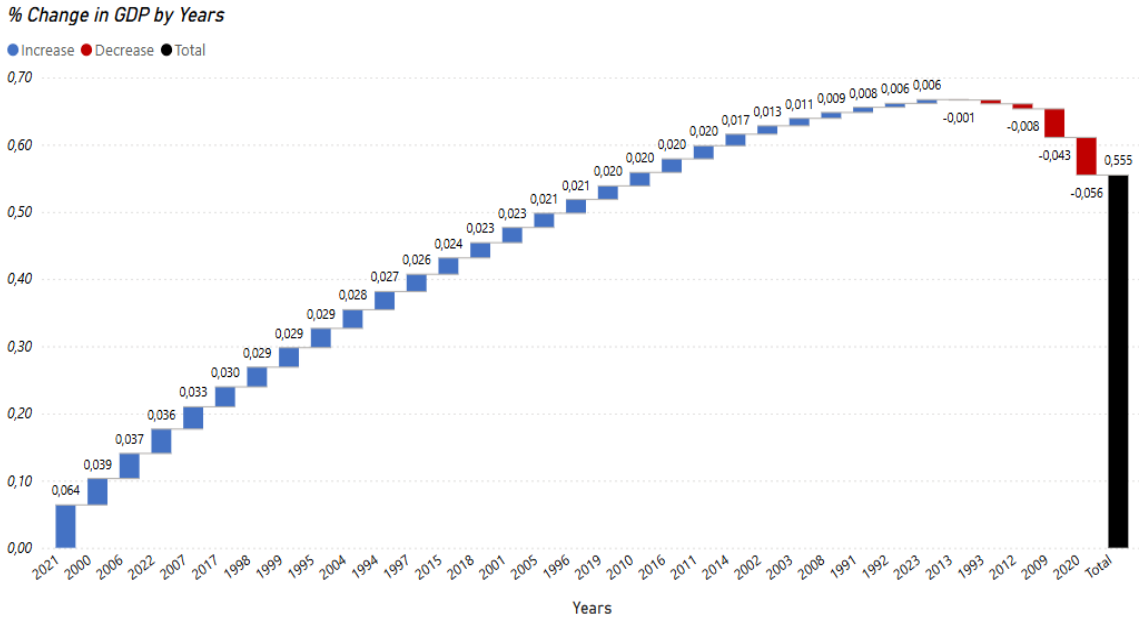
Η διαχρονική εξέλιξη του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) της ΕΕ-27 καταδεικνύει μια μακροχρόνια ανοδική πορεία και μια σταθερή αναπτυξιακή δυναμική σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Η πορεία αυτή αναχαιτίστηκε, ωστόσο, κατά τα έτη 2009, 2012-2013 και 2020 όπου η μείωση της τιμής του δείκτη αντανακλά τις επιπτώσεις συστημικών κρίσεων. Η ανάλυση των αναπτυξιακών τροχιών των κρατών-μελών αναδεικνύει την ύπαρξη μιας σταθερής ετερογένειας στις δυναμικές μεγέθυνσης ανά υποπεριόδους. Οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται υπερβαίνουν τα όρια των τυπικών επιχειρηματικών κύκλων, υποδηλώνοντας την επίδραση έκτακτων διαρθρωτικών παραγόντων. Στο πλαίσιο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι δεν καταγράφεται σταθερή υπεροχή ή συστηματική υστέρηση συγκεκριμένων οικονομιών, κάτι το οποίο φανερώνει μια δυναμική εναλλαγή στους ρυθμούς σύγκλισης και απόκλισης εντός της Ένωσης (Balcerowicz et al. 2013).

Κατά τη διάρκεια της πρώτης δεκαετίας της υπό εξέταση περιόδου, η οικονομική μεγέθυνση στην Ευρώπη επηρεάστηκε από τη διαδικασία ολοκλήρωσης και την απελευθέρωση του εμπορίου. Η εμπειρική ανάλυση της σχέσης του εξωτερικού τομέα και του ΑΕΠ σε έξι χώρες της ΕΕ (Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ιταλία, Ολλανδία) επιβεβαιώνει ότι τόσο οι εισαγωγές όσο και οι εξαγωγές λειτούργησαν ως κινητήριοι μοχλοί της ανάπτυξης. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι «there exists strong evidence of Granger Causality from the foreign sector to GDP for all the countries in our sample» (Michelis & Zestos, 2004, σελ. 71).

Η παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση που ξεκίνησε το 2007-2008 αποτέλεσε σημείο καμπής και οδήγησε σε βαθιά ύφεση, τη μεγαλύτερη μετά από εκείνη του 1929. Πρόκειται για μια χρηματοπιστωτική και τραπεζική κρίση, η οποία προέκυψε από την υπερβολική έκθεση σε δανειακή μόχλευση των τραπεζικών ιδρυμάτων των Ηνωμένων Πολιτειών και οδήγησε σε μια εκτεταμένη συρρίκνωση της οικονομικής ανάπτυξης, πλήττοντας μεγάλο μέρος και των ευρωπαϊκών χωρών (Cuadrado-Roura, Martin & Rodriguez-Pose, 2016). Η ανάκαμψη στην Ευρωπαϊκή Ένωση φάνηκε, ωστόσο, ότι υπήρξε ιδιαίτερα αργή συγκριτικά με άλλες ανεπτυγμένες οικονομίες. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Balcerowicz et al., «EU economic growth since the 2008 global financial crisis has been not only worse than in the US, but also than in Japan during the four initial years of its “lost” period» (Balcerowicz et al. 2013, σελ. 6).

Η απότομη συρρίκνωση του ΑΕΠ των χωρών της ΕΕ-27 κατά το έτος 2020 οφείλεται στην παγκόσμια υγειονομική κρίση Covid-19, που αποτέλεσε ένα ισχυρό εξωγενή κλυδωνισμό όχι μόνο της ευρωπαϊκής, αλλά και της παγκόσμιας οικονομίας. Σύμφωνα με τους Maital και Barzani (2020), η κρίση αυτή είχε αρνητικό αντίκτυπο στο ΑΕΠ επηρεάζοντας δύο κύριες συνιστώσες του. Από την πλευρά της προσφοράς, η αναστολή λειτουργίας των επιχειρήσεων οδήγησε σε μείωση των διαθέσιμων αγαθών και υπηρεσιών, οδηγώντας σε χαμηλότερη παραγωγή (Maital & Barzani, 2020, σελ. 5). Συγχρόνως, από την πλευρά της ζήτησης, η δραστική μείωση των καταναλωτικών δαπανών μετατόπισε την καμπύλη προς τα μέσα, κάτι το οποίο οδήγησε στην άμεση πτώση του συνολικού ΑΕΠ (Maital & Barzani, 2020, σελ. 5).

Κατά την περίοδο ανάκαμψης που υπήρξε μετέπειτα, η ανοδική πορεία του συνολικού ΑΕΠ των χωρών της ΕΕ-27, επηρεάστηκε εκ νέου το έτος 2022 εξαιτίας της έναρξης του πολέμου μεταξύ Ρωσίας και Ουκρανίας, ο οποίος οδήγησε σε αύξηση του ΑΕΠ αλλά με σημαντικά μειούμενο ρυθμό συγκριτικά με τα προηγούμενα έτη. Πιο συγκεκριμένα, η ποσοστιαία αύξηση του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος των χωρών της ΕΕ-27 από το έτος 2022 στο έτος 2023 ανήλθε μόλις σε 0.56%. Η επιρροή που θα υπήρχε στο ΑΕΠ έγινε αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την μακροοικονομική μελέτη των Khudaykulova, Yuanqiong και Khudaykulov (2022), οι ευρωπαϊκές οικονομίες υπήρξαν οι πλέον ευάλωτες στη συγκεκριμένη σύρραξη. Οι επιπτώσεις αυτές εκτιμήθηκε ότι θα έπληταν σημαντικά το παραγόμενο προϊόν, με την αύξηση του ΑΕΠ να προβλέπεται ότι θα μειωθεί κατά 1% (Khudaykulova, Yuanqiong & Khudaykulov, 2022, σελ. 48).



Διάγραμμα 2.2: Ετήσια ποσοστιαία μεταβολή του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ-27) - Από τη μέγιστη αύξηση στη μέγιστη μείωση, 1990-2023.

Πηγή: Δεδομένα World Bank (2024), μέσω *Our World in Data*, (επεξεργασία συγγραφέα)

2.1.1.4 Καθοριστικοί Οικονομικοί, Θεσμικοί και Πολιτικοί Παράγοντες Διαμόρφωσης του ΑΕΠ στην ΕΕ

Η διαμόρφωση του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (με τα δομικά συμπεράσματα να αφορούν και τη σημερινή διάρθρωση της ΕΕ-27) μπορεί να προσδιοριστεί μέσα από συγκεκριμένους μακροοικονομικούς και θεσμικούς δείκτες. Πιο συγκεκριμένα, η εμπειρική μελέτη των Ferreira και Dionísio (2016) ανέδειξε τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τον όγκο και διαμορφώνουν το παραγόμενο προϊόν των ευρωπαϊκών οικονομιών. Αρχικά, η κρατική κατανάλωση και η δημοσιονομική πειθαρχία διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο, καθώς τα κράτη τα οποία κατάφεραν να αυξήσουν το παραγόμενο προϊόν τους επιβεβαίωσαν τον ισχυρισμό των συγγραφέων: ότι οι χώρες είναι σημαντικό να επιδεικνύουν μεγαλύτερη συντηρητικότητα στη διαχείριση των δημοσιονομικών τους λογαριασμών (Ferreira & Dionísio, 2016, σελ. 293). Αντίθετα, οι εκτεταμένες δημόσιες δαπάνες και ο υψηλός πληθωρισμός έδρασαν περιοριστικά στην αύξηση του ΑΕΠ. Επιπλέον, η διαρκής επένδυση στο ανθρώπινο κεφάλαιο αποτέλεσε έναν παράγοντα ο οποίος επηρέασε θετικά την παραγωγική ικανότητα των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, επιβεβαιώνοντας τον ισχυρισμό ότι η επένδυση στην εκπαίδευση είναι αναγκαία για την ύπαρξη ανάπτυξης (Ferreira & Dionísio, 2016, σελ. 293). Συμπληρωματικά με τα παραπάνω, είναι σημαντικό να προστεθεί ότι τα κράτη με χαμηλότερα επίπεδα Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος παρουσίασαν μεγαλύτερη ευχέρεια οικονομικής μεγέθυνσης, με τους Ferreira και Dionísio (2016) να τονίζουν ότι «it is easier for countries with lower levels of GDP to grow» (Ferreira & Dionísio, 2016, σελ. 292).

Στο πλαίσιο της ανάλυσης των παραγόντων που συντελούν στη διαμόρφωση του συνολικού ΑΕΠ των χωρών της ΕΕ, οι Crespo Cuaresma, Doppelhofer και Feldkircher (2014) αναδεικνύουν ορισμένους κύριους μοχλούς επιρροής της ανάπτυξης των ευρωπαϊκών χωρών. Αναλυτικότερα, επισημάνθηκε ότι η τριτοβάθμια εκπαίδευση παρουσιάζει σταθερά θετική συσχέτιση με την αύξηση του παραγόμενου προϊόντος

(Crespo Cuaresma, Doppelhofer & Feldkircher, 2014, σελ. 45), ενώ τονίστηκε ακόμη ότι η συγκέντρωση της οικονομικής δραστηριότητας στις πρωτεύουσες των χωρών λειτούργησε ως ισχυρός επιταχυντής (Crespo Cuaresma, Doppelhofer & Feldkircher, 2014, σελ. 45).

Πρόσφατες εμπειρικές μελέτες, όπως αυτή της Vintilă (2024), ανέδειξαν τη βαρύτητα πρόσθετων μεταβλητών στη διαμόρφωση του ΑΕΠ. Πιο συγκεκριμένα, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον θεσμικό παράγοντα της οικονομικής ελευθερίας, η θετική επίδραση του οποίου καθίσταται ιδιαίτερα ισχυρή. Σύμφωνα με την Vintilă (2024), για κάθε αύξηση κατά μία ποσοστιαία μονάδα του δείκτη οικονομικής ελευθερίας, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ θα αυξηθεί κατά 0,034%. Από την άλλη πλευρά, η ανεργία διαπιστώθηκε ότι συνιστά έναν ανασταλτικό μακροοικονομικό δείκτη, υπό την έννοια ότι η αύξηση της ανεργίας κατά μία ποσοστιαία μονάδα, επιφέρει μείωση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ κατά 0,008% (Vintilă, 2024, σελ. 8).

2.1.2 Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες

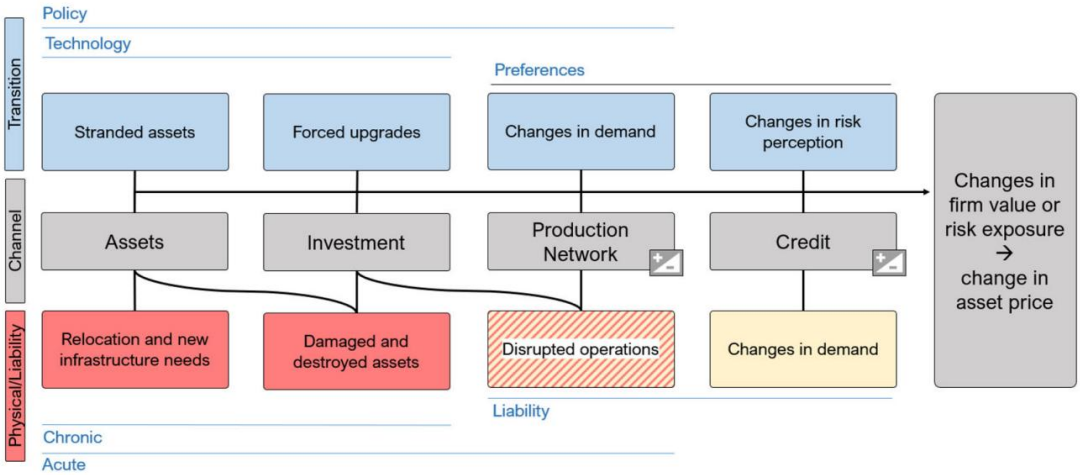
2.1.2.1 Θεωρητικές Προσεγγίσεις και Ταξινόμηση των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών

Η θεωρητική ταξινόμηση των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών δίνει ιδιαίτερη έμφαση στους διαύλους μέσω των οποίων μπορεί να προκληθεί κάποιο πλήγμα στην οικονομική δραστηριότητα. Σύμφωνα με την μελέτη που πραγματοποίησαν οι Campiglio et al. (2023), είτε πρόκειται για οικονομικές απώλειες από φυσικούς κινδύνους, είτε πρόκειται για κόστη μετάβασης σε μια οικονομία χαμηλών ρύπων, είτε για νομικές κυρώσεις που ενδέχεται να προκύψουν, οι οικονομικές επιπτώσεις στις εκτεθειμένες οντότητες συγκλίνουν μέσω τεσσάρων θεμελιωδών διαύλων μετάδοσης:

- **Απαξίωση και Καταστροφή Περιουσιακών Στοιχείων:** Περιλαμβάνει τόσο την άμεση απώλεια κεφαλαιουχικού εξοπλισμού λόγω φυσικών καταστροφών, όσο και την πρόωρη οικονομική απαξίωση των παγίων (Campiglio et al., 2023, σελ. 954).
- **Επιβάρυνση Επενδυτικών Δαπανών:** Πρόκειται για την ανάγκη που υπάρχει για πρόσθετες κεφαλαιουχικές δαπάνες (CapEx = Capital Expenditures) με

σκοπό τη θωράκιση των υποδομών και τη συμμόρφωση με νέα περιβαλλοντικά πρότυπα (Campiglio et al., 2023, σελ. 954).

- **Διαταραχές στο Δίκτυο Παραγωγής και στην Εφοδιαστική Αλυσίδα:** Οι κλιματικές μεταβολές μπορούν να οδηγήσουν σε οικονομικές επιβαρύνσεις μέσω της αναδιάρθρωσης των προτύπων ζήτησης και της απορρύθμισης των εφοδιαστικών αλυσίδων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν γεγονότα όπως η ύπαρξη ακραίων καιρικών φαινομένων (φυσικός κίνδυνος) καθώς και η εφαρμογή μηχανισμών συνοριακής προσαρμογής άνθρακα (κίνδυνος μετάβασης) (Campiglio et al., 2023, σελ. 954).
- **Χρηματοοικονομική επιβάρυνση και Πιστωτικός Κίνδυνος:** Ο κλιματικός κίνδυνος λαμβάνεται υπόψη από τις κεφαλαιαγορές, αυξάνοντας το κόστος δανεισμού και τα ασφάλιστρα. Συγχρόνως, η απομείωση της εταιρικής αξίας οδηγεί σε συρρίκνωση της δανειοληπτικής ικανότητας και των περιθωρίων μόχλευσης (Campiglio et al., 2023, σελ. 955).



Διάγραμμα 2.3: « Four common transmission channels for impacts from physical (red), transition (blue) and liability (yellow) risks. Channels, which can transmit positive as well as negative changes, are marked (+/−)»

Πηγή: Campiglio et al., 2023, σελ. 955

Προκειμένου οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες να μπορέσουν να αποτυπωθούν σε μακροοικονομικό επίπεδο, η θεωρητική προσέγγιση καθιστά αναγκαία την κατανόηση του μηχανισμού μετουσίωσης αυτών σε μετρήσιμο πλήγμα μιας κρατικής οικονομίας. Σύμφωνα με τους Formetta και Feyen (2019), η κρίσιμη συνιστώσα η οποία

καθορίζει το μέγεθος των οικονομικών απωλειών και μεταστοιχειώνει έναν φυσικό κίνδυνο σε καταστροφή είναι η ευπάθεια (vulnerability). Στο πλαίσιο αυτό, η δομική τρωτότητα μιας οικονομίας μπορεί να μεταφραστεί σε πραγματικό κόστος μέσω των δεικτών απώλειας (loss rates), οι οποίοι εκφράζουν τις αναφερόμενες οικονομικές απώλειες ως ποσοστό του ΑΕΠ (Formetta & Feyen, 2019, σελ. 3).

Στο πλαίσιο της ταξινόμησης των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών, είναι σημαντικό να γίνει αναφορά σε έναν επιπλέον διαχωρισμό τους. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Dellink, Lanzi και Chateau (2019) οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες μπορούν να ταξινομηθούν σε Απώλειες στην Πλευρά της Προσφοράς (Supply-side Impacts) και σε Απώλειες στην Πλευρά της Ζήτησης (Demand-side Impacts). Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει απώλειες που οδηγούν σε μείωση της ποσότητας ή της παραγωγικότητας των πρωτογενών συντελεστών παραγωγής, όπως η καταστροφή γης και παγίου κεφαλαίου λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και οι απώλειες στην παραγωγικότητα των γεωργικών καλλιεργειών (Dellink, Lanzi & Chateau, 2019, σελ. 313). Η δεύτερη κατηγορία αφορά τις κλιματικές απώλειες στην πλευρά της ζήτησης. Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση των δαπανών για την υγεία καθώς και η ανάγκη για επιπλέον κατανάλωση ενέργειας αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αντίστοιχων απωλειών (Dellink, Lanzi & Chateau, 2019, σελ. 313).

Συμπληρωματικά με τα παραπάνω, είναι σημαντικό να γίνει αναφορά σε μια προσέγγιση ταξινόμησης η οποία βασίζεται στη χρονική στιγμή και στη φύση της καταστροφής. Σύμφωνα με τους Frame et al. (2020), οι οικονομικές απώλειες μπορούν να διαχωριστούν τόσο σε άμεσες όσο και σε έμμεσες. Η άμεση οικονομική απώλεια ορίζεται ως η νομισματική αξία της καταστροφής των φυσικών περιουσιακών στοιχείων που υπάρχουν στην πληγείσα περιοχή (Frame et al., 2020, σελ. 783). Από την άλλη πλευρά, η έμμεση οικονομική απώλεια ορίζεται ως η επακόλουθη μείωση της οικονομικής προστιθέμενης αξίας, η οποία εκδηλώνεται μέσω διαταραχών στις εφοδιαστικές αλυσίδες και μακροοικονομικών κλυδωνισμών στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Frame et al., 2020, σελ. 784).

2.1.2.2 Μεθοδολογικά Πλαίσια Ποσοτικοποίησης και Δείκτες Αποτίμησης των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών

Η ακριβής ποσοτικοποίηση των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών καθώς και η αποτίμηση των επιπτώσεων τους στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν καθιστά

αναγκαία τη χρήση εξειδικευμένων μεθοδολογικών εργαλείων. Σε μακροοικονομικό επίπεδο, η προσέγγιση που ακολουθείται σε αρκετές περιπτώσεις είναι «από την κορυφή προς τη βάση» (top-down approach). Σύμφωνα με τους Dellink, Lanzi και Chateau (2019), τα δύο κύρια υποδείγματα που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι τα Υποδείγματα Υπολογίσιμης Γενικής Ισορροπίας (CGE) και τα Υποδείγματα Ενσωματωμένης Αξιολόγησης (IAM) (Dellink, Lanzi & Chateau, 2019, σελ. 311). Ο κεντρικός στόχος αμφοτέρων των προσεγγίσεων είναι ο προσδιορισμός ενός αναθεωρημένου επιπέδου του περιφερειακού και παγκόσμιου ΑΕΠ, το οποίο ενσωματώνει το κόστος της κλιματικής αλλαγής (Dellink, Lanzi & Chateau, 2019, σελ. 312).

Στη διεθνή βιβλιογραφία επισημαίνεται, επιπλέον, ότι προκειμένου να υπολογιστούν οι μελλοντικές οικονομικές απώλειες, αξιοποιούνται μεθοδολογίες μελλοντικής προοπτικής (forward-looking methodologies), οι οποίες αποσκοπούν στην ενσωμάτωση των κλιματικά σχετιζόμενων γεγονότων στις μελλοντικές προβλέψεις (Campiglio et al., 2023, σελ. 963). Για την ακριβή ερμηνεία των αποτελεσμάτων που απορρέουν από αυτές τις μεθοδολογίες έχει γίνει μια προσαρμογή τυπικών δεικτών χρηματοοικονομικού κινδύνου στα δεδομένα της κλιματικής αλλαγής. Ως εκ τούτου, η Κλιματική Αξία σε Κίνδυνο (Climate VaR = Climate Value at Risk) συνιστά έναν βασικό δείκτη ποσοτικοποίησης (Campiglio et al., 2023, σελ. 963).

Στο πλαίσιο της ποσοτικοποίησης των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών, οι σύγχρονες μεθοδολογίες μελλοντικής προοπτικής (forward-looking methodologies) είναι σημαντικό να συνδυάζουν Σενάρια Κοινών Κοινωνικοοικονομικών Διαδρομών (Shared Socioeconomic Pathways -SSPs) με εξειδικευμένα τομεακά μοντέλα προσομοίωσης (sectoral simulation models) (Kourtis et al., 2025).

Σε αντίθεση με ορισμένες μακροοικονομικές προσεγγίσεις, όταν απώτερος σκοπός είναι η αποτίμηση των οικονομικών απωλειών από ένα μεμονωμένο κλιματικό γεγονός, είναι σημαντική η διεξαγωγή της ανάλυσης «από τη βάση προς την κορυφή» (bottom-up approach) (Frame et al., 2020, σελ. 782). Για τον σκοπό αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία μέθοδος γνωστή ως Πιθανολογική Απόδοση Γεγονότων (PEA = Probabilistic Event Attribution), η οποία συνδέει την αποδοτέα μεταβολή στην πιθανότητα ή την ένταση ενός ακραίου φαινομένου με τα πραγματικά του κόστη, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο μια κατά προσέγγιση εκτίμηση της αποδοτέας ζημιάς (Frame et al., 2020, σελ. 782).

Προκειμένου, ωστόσο, οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες να μπορέσουν να αποκτήσουν μια συγκρίσιμη διάσταση σε διεθνές επίπεδο, η σύγχρονη μεθοδολογία αναφέρεται στην έννοια της ευπάθειας (vulnerability). Σύμφωνα με τους Formetta και

Feyen (2019), η ευπάθεια συνιστά την προδιάθεση για την πρόκληση απωλειών και αποτελεί έναν παράγοντα που μπορεί να μετατρέψει έναν φυσικό κίνδυνο σε καταστροφή (Formetta & Feyen, 2019, σελ. 2). Στο πλαίσιο αυτό, οι Formetta και Feyen (2019) αναφέρονται στον δείκτη των ποσοστών απωλειών (loss rates), μέσω του οποίου οι αναφερόμενες οικονομικές ζημιές εκφράζονται ως ποσοστό του εκτεθειμένου ΑΕΠ. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τη μεθοδολογία αυτή το ποσοστό των απωλειών ορίζεται ως ο λόγος ανάμεσα στην οικονομική απώλεια που προκλήθηκε από την κλιματική καταστροφή και του ΑΕΠ που ήταν εκτεθειμένο στον κίνδυνο. Επιπλέον, είναι σημαντικό να προστεθεί ότι αμφότερα τα μεγέθη μετατρέπονται και υπολογίζονται σε ισοτιμία αγοραστικής δύναμης κατά τη χρονική στιγμή του γεγονότος (Formetta & Feyen, 2019, σελ. 3). Ως εκ τούτου, καθίσταται φανερό ότι μέσα από την μετατροπή των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών επιπτώσεων ως ποσοστό του εκτεθειμένου ΑΕΠ, επιτυγχάνεται μια καλύτερη κατανόηση της πραγματικής επιβάρυνσης που υφίσταται το εκάστοτε κράτος καθώς και ότι οι επιπτώσεις των φυσικών κινδύνων επιβαρύνουν περισσότερο τα φτωχότερα κράτη («helps in understanding the greater burden for poorer countries») (Formetta & Feyen, 2019, σελ. 7).

2.1.3 Η σχέση ανάμεσα στο ΑΕΠ και τις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές ζημιές.

2.1.3.1 Θεωρητικά Υποδείγματα Συσχέτισης του ΑΕΠ και των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών

Η θεωρητική σχέση ανάμεσα στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν και τις Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες διαμορφώνει έναν πολύπλοκο βρόχο ανατροφοδότησης. Αρχικά, σύμφωνα με τους Dellink, Lanzi & Chateau (2019) η αύξηση του ΑΕΠ συνεπάγεται εκπομπές ρύπων, οι οποίες επιταχύνουν την κλιματική αλλαγή και κατ΄επέκταση τις οικονομικές απώλειες που προκαλούνται από αυτή. Προκειμένου να μπορέσει να αποτυπωθεί αυτή η επιβάρυνση, οι Horobchenko και Voronenko (2018) προτείνουν ένα θεωρητικό μοντέλο, στο οποίο από το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν έχουν αφαιρεθεί οι καταστροφές από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα («GDP adjusted by damages from CO_2 emissions») (Horobchenko & Voronenko, 2018). Στον αντίποδα, επικρατεί ο ισχυρισμός ότι η αύξηση του ΑΕΠ μπορεί να λειτουργήσει προστατευτικά, ελαττώνοντας τις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες που θα μπορούσαν να

προκύψουν. Πιο συγκεκριμένα, οι Halkos και Zisiadou (2023) αναφέρουν ότι η αύξηση του ρυθμού μεγέθυνσης του ΑΕΠ οδηγεί σε αυξημένη τιμή του Δείκτη Κλιματικού Κινδύνου (CRI) και κατ' επέκταση σε χαμηλότερο κλιματικό κίνδυνο (Halkos & Zisiadou, 2023, σελ. 10), μιας και τα κράτη αυτά διαθέτουν περισσότερους πόρους για θωράκιση απέναντι σε τέτοιους κινδύνους. Επαληθεύοντας αυτή τη διαπίστωση, οι Formetta και Feyen (2019) επισημαίνουν ότι τα κράτη με υψηλότερο κατά κεφαλήν ΑΕΠ μπορούν να πραγματοποιήσουν αυξημένες επενδύσεις σε μέτρα προστασίας και στρατηγικές διαχείρισης κινδύνων, μειώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τη συνολική ευπάθεια (vulnerability) απέναντι στους κλιματικούς κινδύνους.

Προκειμένου να απομονωθεί ο πραγματικός αντίκτυπος που έχουν αυτές οι απώλειες στο ΑΕΠ, δεν γίνεται εστίαση σε στατικές διαστρωματικές αναλύσεις αλλά δίνεται έμφαση στην υιοθέτηση αυστηρότερων διαχρονικών μελετών (Carleton & Hsiang, 2016).Μέσα από τη χρήση δυναμικών συναρτήσεων «ώθησης-απόκρισης», τα σύγχρονα υποδείγματα μπορούν να διερευνούν με ακρίβεια τον τρόπο με τον οποίο ένα μεμονωμένο κλιματικό γεγονός προκαλεί μια μετρήσιμη μεταβολή στο ΑΕΠ της εκάστοτε οικονομίας (Carleton & Hsiang, 2016).

Περαιτέρω, στη σύγχρονη βιβλιογραφία υποστηρίζεται ότι οι κλιματικές καταστροφές προκαλούν άμεσες ζημιές στο κεφάλαιο μιας οικονομίας. Σύμφωνα με τους Dellink, Lanzi και Chateau (2019), η εξέλιξη αυτή επηρεάζει όχι μόνο το επίπεδο του ΑΕΠ αλλά και την αποταμίευση και κατ' επέκταση και τη μελλοντική συσσώρευση κεφαλαίου. Ως εκ τούτου, οι κλιματικές καταστροφές οδηγούν σε σταδιακή συρρίκνωση της μακροχρόνιας αναπτυξιακής δυναμικής ενός κράτους. Πέραν, ωστόσο, από τον αντίκτυπο σε κάθε κράτος ξεχωριστά, οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες, όπως επισημαίνουν οι Carter et al. (2021), μπορούν να δημιουργήσουν «αλυσιδωτές επιπτώσεις» («cascading impacts»), οι οποίες μέσω των διαύλων του διεθνούς εμπορίου μπορούν να πλήξουν το ΑΕΠ και άλλων κρατών. Η θεωρητική αυτή συσχέτιση ολοκληρώνεται με την μακροοικονομική μετάδοση αυτών των απωλειών στο χρηματοπιστωτικό σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Campiglio et al. (2023), η απότομη αναπροσαρμογή των προσδοκιών αναφορικά με τις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες ενδέχεται να οδηγήσει σε μαζικές πωλήσεις («fire-sales») και κατ' επέκταση σε μία «Κλιματική Στιγμή Minsky», η οποία συνιστά απειλή για τη σταθερότητα του συνολικού ΑΕΠ.

2.1.3.2 Εμπειρική Ανασκόπηση της Διεθνούς Βιβλιογραφίας

Η εμπειρική οικονομετρική προσέγγιση της σχέσης ανάμεσα στις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες και στο ΑΕΠ συνιστά ένα αναπτυσσόμενο πεδίο της σύγχρονης μακροοικονομικής ανάλυσης. Όπως, άλλωστε, επισημαίνουν οι Carleton και Hsiang (2016), οι κλιματικές μεταβλητές επηρεάζουν σε ένα ευρύτερο πλαίσιο τόσο την κοινωνική όσο και την οικονομική πραγματικότητα. Στο πλαίσιο της ανάλυσης τους οι συγγραφείς αναφέρουν, επίσης, ότι ακραία κλιματικά φαινόμενα επιφέρουν για αρκετά χρόνια σημαντικές μειώσεις στον ρυθμό μεγέθυνσης του ΑΕΠ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εκδήλωση τροπικών κυκλώνων, η οποία οδηγεί σε μείωση της ανάπτυξης του ΑΕΠ για περίπου 15 χρόνια και κλιμακώνεται ανάλογα με τη σφοδρότητα του φαινομένου (Carleton & Hsiang, 2016).

Σε επίπεδο μακροχρόνιων προβολών, οι Dellink, Lanzi και Chateau (2019) χρησιμοποίησαν υποδείγματα Υπολογίσιμης Γενικής Ισορροπίας (CGE), ούτως ώστε να συνδέσουν τις βιοφυσικές κλιματικές επιπτώσεις με τους συντελεστές παραγωγής. Η ανάλυσή τους οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι κλιματικές ζημιές πρόκειται να λειτουργήσουν ως ανασταλτικός παράγοντας στην παγκόσμια οικονομία, με εκτιμήσεις ότι οι ετήσιες απώλειες του παγκοσμίου ΑΕΠ θα ανέλθουν από 1% έως 3,3% μέχρι το 2060.

Εστιάζοντας στον ευρωπαϊκό χώρο, η πολυπλοκότητα των μακροοικονομικών επιδράσεων κρίνει ιδιαίτερα σημαντική τη χρήση χωρικών οικονομετρικών προσεγγίσεων. Οι Crespo Cuaresma, Doppelhofer και Feldkircher (2014) προκειμένου να εξετάσουν τους καθοριστικούς παράγοντες της οικονομικής μεγέθυνσης σε ευρωπαϊκό επίπεδο εφάρμοσαν τη μέθοδο του μέσου όρου κατά Bayes (BMA). Ως εκ τούτου, μέσα από την ενσωμάτωση στο υπόδειγμα τους περιβαλλοντικών και κλιματικών δεικτών, επιβεβαιώθηκε εμπειρικά ότι οι τοπικές κλιματικές διαταραχές αλληλεπιδρούν με το ΑΕΠ και οι επιπτώσεις αυτών επεκτείνονται και σε γειτονικές ευρωπαϊκές οικονομίες.

Λαμβάνοντας, ωστόσο, υπόψη αυτή τη σύνθετη και διασυνοριακή διάσταση, η σύγχρονη βιβλιογραφία υπογραμμίζει την αναγκαιότητα διερεύνησης της αμφίδρομης δυναμικής μεταξύ της εξέλιξης του ΑΕΠ και του κλιματικού κινδύνου. Προς αυτή την κατεύθυνση, οι Halkos και Zisiadou (2023), μέσω διαστρωματικής ανάλυσης του Δείκτη Κλιματικού Κινδύνου (CRI) υποστήριξαν ότι η οικονομική μεγέθυνση μπορεί να λειτουργήσει ως μηχανισμός προστασίας έναντι της κλιματικής τρωτότητας και κατ΄επέκταση να οδηγήσει σε υψηλότερη βαθμολογία του Δείκτη Κλιματικού Κινδύνου για το εκάστοτε κράτος.

Συγγραφείς (Έτος)	Δείγμα / Χώρα / Περίοδος	Μέθοδος	Ευρήματα
Kahn et al. (2021)	174 χώρες, περίοδος 1960-2014	Μακροοικονομική ανάλυση ιστορικών δεδομένων	Οι αποκλίσεις της θερμοκρασίας από τον ιστορικό τους μέσο οδηγούν σε μείωση του ρυθμού μεγέθυνσης του πραγματικού ΑΕΠ ανά κάτοικο.
Dellink, Lanzi & Chateau (2019)	Παγκόσμιο επίπεδο, Προβολές έως το 2060	Πολυπεριφερειακό Δυναμικό Υπόδειγμα Υπολογίσιμης Γενικής Ισορροπίας (Dynamic CGE model - ENV-Linkages)	Οι παγκόσμιες ετήσιες απώλειες του ΑΕΠ λόγω κλιματικών επιπτώσεων προβάλλεται ότι θα κυμανθούν από 1,0% έως 3,3% μέχρι το 2060.
Carleton & Hsiang (2016)	Παγκόσμιο επίπεδο, διαχρονικές μελέτες	Διαχρονικές αναλύσεις και συναρτήσεις ώθησης-απόκρισης (impulse-response functions)	Οι τροπικοί κυκλώνες επιβραδύνουν την ανάπτυξη του ΑΕΠ για περίπου 15 χρόνια. Η μελλοντική υπερθέρμανση μπορεί να επιβραδύνει τον ρυθμό παγκόσμιας οικονομικής ανάπτυξης κατά 0,28 ποσοστιαίες μονάδες το χρόνο.
Formetta & Feyen (2019)	Παγκόσμιο επίπεδο, περίοδος 1980-2016	Χωρική ανάλυση (population & GDP dynamics) και χρήση βάσης δεδομένων απωλειών (NatCatSERVICE)	Υπάρχει σαφής αρνητική σχέση μεταξύ οικονομικής ευπάθειας (ποσοστά απωλειών) και πλούτου (κατά κεφαλήν ΑΕΠ), η οποία είναι ισχυρότερη στα χαμηλότερα επίπεδα εισοδήματος.
Halkos & Zisiadou (2023)	59 χώρες και η ΕΕ, έτος 2019	Διαστρωματική οικονομετρική ανάλυση (OLS) και Έλεγχος Αιτιότητας Granger	Υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική σχέση μεταξύ οικονομικής μεγέθυνσης και Δείκτη Κλιματικού Κινδύνου (CRI). Η αύξηση της μεγέθυνσης βελτιώνει το CRI, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους από ακραία καιρικά φαινόμενα.

Πίνακας 2.1: Σύνοψη βασικών εμπειρικών μελετών για τη σχέση των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών με το ΑΕΠ και την οικονομική μεγέθυνση.

Πηγή: Ιδία επεξεργασία βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας

Συνοψίζοντας, μέσα από την ανάλυση της εμπειρικής βιβλιογραφίας καθίσταται φανερό ότι οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες ασκούν περιοριστική επίδραση στο

ΑΕΠ. Παραταύτα, ο μακροοικονομικός αντίκτυπος δεν είναι ομοιόμορφος για όλα τα κράτη και η έκταση της ζημιάς εξαρτάται τόσο από το επίπεδο έκθεσης κάθε χώρας όσο και από την ικανότητά της να θωρακίζεται εγκαίρως. Στη βάση αυτής της διαπίστωσης, αναδεικνύεται η κομβική σημασία της οικονομικής ανθεκτικότητας και ο ρόλος των πολιτικών προσαρμογής, ζητήματα τα οποία αναλύονται εκτενώς στην αμέσως επόμενη ενότητα.

2.1.4 Οικονομική Ανθεκτικότητα και Πολιτικές Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπου εξετάζεται η σχέση ανάμεσα στις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες και στο ΑΕΠ, η έννοια της οικονομικής ανθεκτικότητας συνιστά ένα κεντρικό θεωρητικό εργαλείο. Ως Περιφερειακή Οικονομική Ανθεκτικότητα (Regional Economic Resilience - RER) ορίζεται η «ικανότητα των περιφερειακών οικονομιών να ανθίστανται και να προσαρμόζονται ή να μετασχηματίζονται απέναντι σε κλυδωνισμούς και στη συνέχεια να ανακάμπτουν, ώστε να διατηρούν ή να βελτιώνουν την οικονομική τους επίδοση σε σύγκριση με τα προ του κλυδωνισμού επίπεδα» (Sutton, Arcidiacono & Arku, 2023, p.505). Η οικονομική ανθεκτικότητα δεν αποτελεί μια στατική κατάσταση. Απεναντίας, συνιστά μία πολυδιάστατη και δυναμική διαδικασία. Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι υπάρχουν τέσσερις κύριοι τύποι Περιφερειακής Οικονομικής Ανθεκτικότητας (Sutton, Arcidiacono & Arku, 2023):

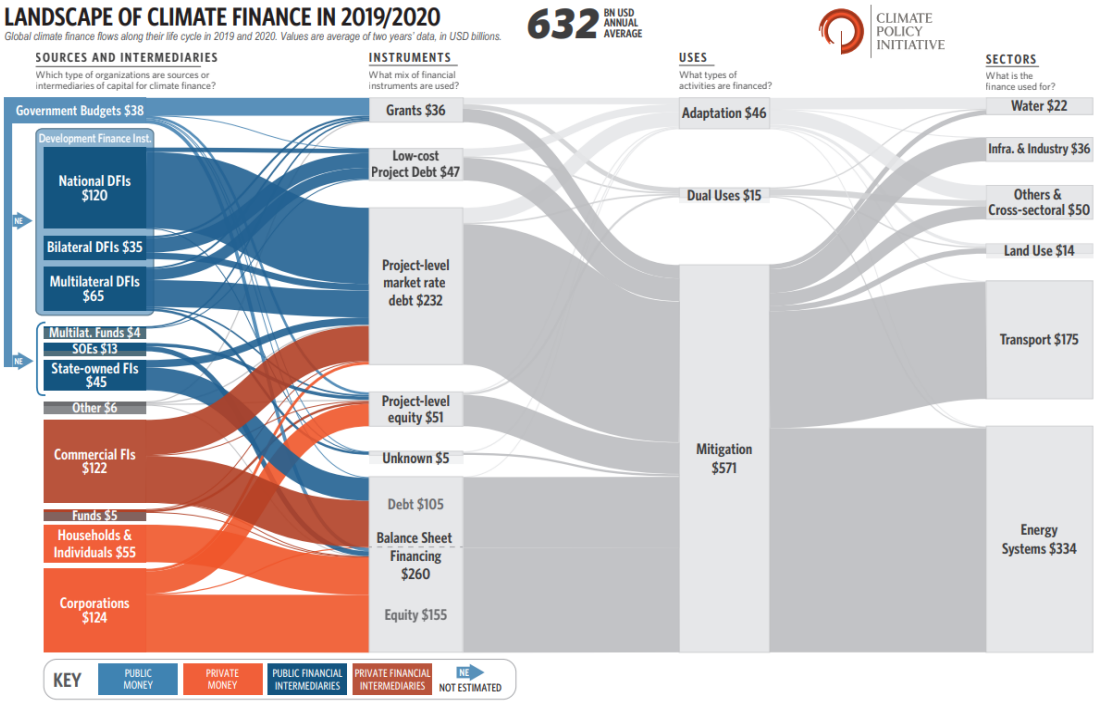
- **Ανθεκτικότητα Μηχανικής** (Engineering Resilience): Η ικανότητα επιστροφής των περιφερειακών οικονομιών στην πρότερη κατάσταση ισορροπίας.
- **Οικολογική Ανθεκτικότητα** (Ecological Resilience): Η ικανότητα των περιφερειακών οικονομιών να απορροφούν τους κλυδωνισμούς με ελάχιστες λειτουργικές και δομικές αλλαγές.
- **Εξελικτική Ανθεκτικότητα** (Evolutionary Resilience): Η ικανότητα των περιφερειακών οικονομιών να αναπτύσσονται προσαρμόζοντας τη δομή τους.
- **Μετασχηματιστική Ανθεκτικότητα** (Transformative Resilience): Η ικανότητα των περιφερειακών οικονομιών να αξιοποιούν τους εξωγενείς κλυδωνισμούς για τη δομική αναδιοργάνωση του οικονομικού μοντέλου.

Με βάση τα παραπάνω, και δεδομένου ότι το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν προκύπτει από τη δυναμική αλληλεπίδραση των επιμέρους παραγωγικών κλάδων, διαφαίνεται ότι

η εξελικτική και η μετασχηματιστική ανθεκτικότητα συνιστούν τις καταλληλότερες προσεγγίσεις για την παρούσα ανάλυση. Οι προσεγγίσεις αυτές επιτρέπουν την αρτιότερη ερμηνεία των επιπτώσεων που έχουν οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η εξελικτική ανθεκτικότητα και να καταστεί εφικτός ο μετριασμός των επιπτώσεων των κλιματικών γεγονότων, κρίνεται αναγκαία η μετάβαση από τον θεωρητικό σχεδιασμό στην υλοποίηση ισχυρών πολιτικών προσαρμογής. Σύμφωνα με την Παγκόσμια Επιτροπή για την Προσαρμογή (Global Commission on Adaptation (GCA), 2019), η επένδυση 1,8 τρισεκατομμυρίων δολαρίων παγκοσμίως σε πέντε τομείς (Ενδυνάμωση των Συστημάτων Έγκαιρης Προειδοποίησης, Ενίσχυση της Ανθεκτικότητας των Νέων Υποδομών, Βελτίωση της Καλλιεργητικής Παραγωγής σε Ξηρές Περιοχές, Προστασία των Μαγγρόβιων Οικοσυστημάτων, Ενίσχυση της Ανθεκτικότητας στη Διαχείριση των Υδάτινων Πόρων) από το έτος 2020 έως το έτος 2030, θα μπορούσε να οδηγήσει σε συνολικά καθαρά οφέλη τα οποία ανέρχονται σε 7,1 τρισεκατομμύρια δολάρια. Μάλιστα, με βάση ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε ότι τα καθαρά οφέλη μπορούν να κυμανθούν κατά προσέγγιση από 5 έως 10 τρισεκατομμύρια δολάρια, με την αναλογία του δείκτη κόστους-οφέλους να κυμαίνεται από 2,5 έως 5,5.

Σύμφωνα με το Climate Policy Initiative (CPI) (2021), παρά τα αδιαμφισβήτητα οικονομικά οφέλη που απορρέουν από τις πολιτικές προσαρμογής (adaptation) απέναντι στην κλιματική αλλαγή, εντούτοις η χρηματοδότηση αυτών παραμένει σε χαμηλότερα επίπεδα συγκριτικά με τη χρηματοδότηση για πολιτικές μετριασμού (mitigation). Πιο συγκεκριμένα, για την περίοδο 2019-2020, από το συνολικό ποσό των 632 δισεκατομμυρίων δολαρίων τα οποία διοχετεύθηκαν παγκοσμίως, μόλις τα 46 δισεκατομμύρια δολάρια κατευθύνθηκαν σε δράσεις προσαρμογής. Επιπλέον, παρατηρείται ότι ο μετριασμός προσελκύει σημαντικά κεφάλαια από τον ιδιωτικό τομέα, ενώ η προσαρμογή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε δημόσιους πόρους και επιχορηγήσεις.



Διάγραμμα 2.4: «Landscape of Climate Finance in 2019/2020»

Πηγή: Climate Policy Initiative (CPI), 2021, σελ. 4

Η εξεύρεση, όμως, των χρηματοδοτικών πόρων συνιστά το πρώτο βήμα. Προκειμένου αυτές οι κεφαλαιακές επενδύσεις να αποδώσουν τα μέγιστα και να αποφευχθεί η αναποτελεσματική αξιοποίηση των πεπερασμένων πόρων, είναι αναγκαίο στον σχεδιασμό των έργων προσαρμογής να ενσωματωθεί ενεργά ο κοινωνικός παράγοντας. Στο πλαίσιο αυτό, οι Shaikh Khatibi et al. (2021) υπογραμμίζουν την ύπαρξη μιας εξαιρετικά ισχυρής συσχέτισης ανάμεσα στην επίγνωση (awareness) των πολιτών για τους κλιματικούς κινδύνους και την ενεργό εμπλοκή τους στην ανάληψη δράσης και στη χάραξη πολιτικής. Στην προσπάθεια επίτευξης αυτού του στόχου, η διεθνής βιβλιογραφία προκρίνει τον συνδυασμό συμμετοχικών προσεγγίσεων «από τη βάση προς την κορυφή» (bottom -up) και κεντρικά σχεδιασμένων πολιτικών (top-down) (Shaikh Khatibi et al., 2021).

Ένα από τα πλέον καθοριστικά πεδία στα οποία η κλιματική αλλαγή δοκιμάζει τη μακροοικονομική σταθερότητα αφορά τη χρηματοδότηση των έργων ανθεκτικότητας. Πιο συγκεκριμένα, αρκετές αναπτυσσόμενες οικονομίες αντιμετωπίζουν έλλειψη επαρκών ιδίων κεφαλαίων για την κατασκευή τέτοιων υποδομών. Έτσι, όταν οι χώρες αυτές προσπαθούν είτε να αποκαταστήσουν τις ζημιές είτε να χρηματοδοτήσουν την προσαρμογή τους μέσα από δανεισμό, σε αρκετές περιπτώσεις εγκλωβίζονται σε

βραχυπρόθεσμες, μεσοπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες «παγίδες χρέους» (debt traps) (Allam, Jones & Thondoo, 2020, σελ. 87). Προκειμένου να αποφευχθεί ένας δημοσιονομικός εκτροχιασμός, προτείνεται η παροχή δημοσιονομικών κινήτρων όπως η ύπαρξη φοροαπαλλαγών ή Ειδικών Οικονομικών Ζωνών με απώτερο σκοπό την προσέλκυση ιδιωτικών κεφαλαίων και τον περιορισμό του δημόσιου δανεισμού (Allam, Jones & Thondoo, 2020). Στην προσπάθεια μείωσης του επενδυτικού ρίσκου κρίνεται, επίσης, σημαντική η αξιοποίηση Συμπράξεων Δημοσίου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) καθώς και καινοτόμων εργαλείων όπως τα «Ομόλογα Κλιματικής Ανθεκτικότητας».

Συμπερασματικά, ο περιορισμός της επίδρασης των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών στο ΑΕΠ καθώς και η μετάβαση σε συνθήκες εξελικτικής ανθεκτικότητας καθιστούν αναγκαία την άμεση υλοποίηση έργων προσαρμογής. Προκειμένου, ωστόσο, να αποφευχθεί η «παγίδα χρέους», είναι σημαντική η προσέλκυση ιδιωτικών πόρων τόσο μέσα από δημοσιονομικά κίνητρα όσο και μέσα από καινοτόμα χρηματοδοτικά εργαλεία. Συγχρόνως, η οικονομική βιωσιμότητα και η επιτυχία των επενδύσεων αυτών μπορούν να μεγιστοποιηθούν μέσα από την οργανική σύζευξη του κεντρικού στρατηγικού σχεδιασμού με την ενεργή τοπική συμμετοχή (bottom-up). Ως εκ τούτου, αυτό το ολιστικό πλαίσιο συνιστά μία ρεαλιστική και αποτελεσματική απάντηση απέναντι στο συστημικό μακροοικονομικό κόστος της κλιματικής αλλαγής.

2.1.5 Συμπερασματική Σύνθεση Θεωρητικής Ανάλυσης

Η κριτική ανασκόπηση της υφιστάμενης βιβλιογραφίας καθιστά φανερό ότι το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν αποτελεί έναν κυρίαρχο δείκτη για την αποτίμηση της μακροοικονομικής επίδοσης. Η διαχρονική εξέλιξη του ΑΕΠ στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ-27) χαρακτηρίζεται από μια σταθερή αναπτυξιακή δυναμική, η οποία, ωστόσο, διακόπηκε σε ορισμένες περιπτώσεις από συστημικούς κλυδωνισμούς όπως η παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση του 2008, η παγκόσμια υγειονομική κρίση εξαιτίας του Covid-19 καθώς και η ύπαρξη των πρόσφατων γεωπολιτικών συγκρούσεων.

Στο πλαίσιο της ανάλυσης του μακροοικονομικού περιβάλλοντος, η κλιματική αλλαγή και κατ' επέκταση οι φυσικές καταστροφές που απορρέουν από αυτή, αναδεικνύονται σε έναν κλιμακούμενο συστημικό κίνδυνο. Όπως αναλύθηκε, οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες μπορούν να μεταδοθούν στην οικονομία μέσω τεσσάρων θεμελιωδών διαύλων: την καταστροφή και απαξίωση περιουσιακών στοιχείων, την επιβάρυνση μέσω επιπρόσθετων κεφαλαιουχικών δαπανών, τις διαταραχές τόσο στο

δίκτυο παραγωγής όσο και στην εφοδιαστική αλυσίδα και τέλος μέσα από την χρηματοοικονομική επιβάρυνση και την αύξηση του πιστωτικού κινδύνου. Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντικό να προστεθεί ότι οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες εμπεριέχουν τόσο απώλειες από την πλευρά της προσφοράς, μέσα από την συρρίκνωση της παραγωγικότητας των πρωτογενών συντελεστών παραγωγής, όσο και απώλειες από την πλευρά της ζήτησης, ως απόρροια της αύξησης των δαπανών που απαιτούνται για την προσαρμογή απέναντι στην κλιματική αλλαγή.

Κεντρικό εύρημα της θεωρητικής διερεύνησης που προηγήθηκε αποτελεί η ύπαρξη ενός αμφίδρομου βρόχου ανατροφοδότησης (feedback loop) ανάμεσα στη μακροοικονομική μεγέθυνση και στις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες. Πιο συγκεκριμένα, η ραγδαία αύξηση του ΑΕΠ συνεπάγεται υψηλότερες εκπομπές ρύπων, γεγονός το οποίο επιταχύνει την κλιματική μεταβολή. Ως επακόλουθο, τα ακραία κλιματικά φαινόμενα έχουν αρνητική επίδραση στο παραγωγικό κεφάλαιο, συμπιέζουν τη δυνατότητα μελλοντικής συσσώρευσης κεφαλαίου και υπονομεύουν τη μακροχρόνια αναπτυξιακή δυναμική ενός κράτους. Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει, ακόμη, να γίνει και στις «αλυσιδωτές επιπτώσεις» (cascading impacts) που προκαλούνται λόγω των διασυνδεδεμένων αλυσίδων αξίας και οι οποίες μέσω των διαύλων του διεθνούς εμπορίου επηρεάζουν το ΑΕΠ και άλλων κρατών. Από την άλλη πλευρά, ωστόσο, παρατηρείται ότι κράτη με υψηλότερο ΑΕΠ διαθέτουν τη δημοσιονομική ικανότητα να χρηματοδοτούν στρατηγικές διαχείρισης κινδύνων, μειώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τη συνολική ευπάθεια (vulnerability) απέναντι στους κλιματικούς κινδύνους.

Λαμβάνοντας υπόψη το μακροοικονομικό κόστος που απορρέει από αυτές τις επιδράσεις, κρίνεται αναγκαία η μετάβαση σε συνθήκες «εξελικτικής» (evolutionary) και «μετασχηματιστικής» (transformative) Περιφερειακής Οικονομικής Ανθεκτικότητας (RER), κατά τις οποίες πραγματοποιείται μια αναδιάρθρωση του οικονομικού μοντέλου με σκοπό την απορρόφηση των εξωγενών κλυδωνισμών. Η επίτευξη αυτού του στόχου συνδέεται, όμως, και με την υλοποίηση ισχυρών πολιτικών προσαρμογής οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλή τιμή του δείκτη κόστους-οφέλους. Προς αυτή την κατεύθυνση, για την υλοποίηση αποδοτικών πολιτικών προσαρμογής, είναι σημαντική η μόχλευση ιδιωτικών κεφαλαίων μέσω ΣΔΙΤ και καινοτόμων εργαλείων όπως τα Ομόλογα Κλιματικής Ανθεκτικότητας. Συμπληρωματικά με τα παραπάνω, αξίζει να προστεθεί ότι η αποδοτικότητα αυτών των πολιτικών μπορεί να μεγιστοποιηθεί μέσα από την οργανική σύζευξη του κεντρικού στρατηγικού σχεδιασμού (top-down) με την ενεργό συμμετοχή των πολιτών (bottom-up).

Συνοψίζοντας, τόσο η μη γραμμική όσο και η διασυνοριακή φύση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής καθιστά αναγκαία τη μετάβαση από τη θεωρητική προσέγγιση στην ποσοτική διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών και του ΑΕΠ. Υπό το πρίσμα αυτό, η εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση που παρατέθηκε εδραιώνει το κατάλληλο εννοιολογικό υπόβαθρο, πάνω στο οποίο θα βασιστεί η διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στις Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες και στο ΑΕΠ των χωρών της ΕΕ-27.

2.2 Ερευνητικό Κενό και Εξειδίκευση του Υποδείγματος

Στην παρούσα ενότητα εξειδικεύεται το οικονομετρικό υπόδειγμα, το οποίο συνιστά το βασικό εργαλείο για την εμπειρική διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στις Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες και στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν. Όπως αναδείχθηκε μέσα από τη θεωρητική ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, για τον προσδιορισμό του πραγματικού αντικτύπου των κλιματικών καταστροφών στην οικονομική δραστηριότητα είναι αναγκαία η υιοθέτηση διαχρονικών μελετών και όχι στατικών διαστρωματικών αναλύσεων (Carleton & Hsiang, 2016). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει και τα όρια των στατικών προσεγγίσεων, καθιστώντας καταλληλότερη την επιλογή ενός «συμπαγούς» υποδείγματος χρονοσειρών. Το υπόδειγμα αυτό έχει άμεση σύνδεση με τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας μελέτης, μιας και επιτρέπει την αξιοποίηση παρατηρηθέντων δεδομένων με στόχο όχι μόνο την αποτύπωση της βραχυχρόνιας και μακροχρόνιας δυναμικής της υπό εξέταση σχέσης, αλλά και τη διερεύνηση πιθανών μηχανισμών αιτιώδους συνάφειας.

Στη βάση αυτή, για την πραγματοποίηση της εμπειρικής ανάλυσης χρησιμοποιούνται δεδομένα χρονοσειρών για τα κράτη-μέλη της ΕΕ-27, καλύπτοντας τη χρονική περίοδο 1990-2023. Προκειμένου να καταστεί εφικτή η ποσοτική αποτύπωση των υπό εξέταση μεγεθών, το υπόδειγμα ενσωματώνει δύο βασικές μεταβλητές. Η πρώτη μεταβλητή, η οποία συμβολίζεται ως $\mathbf{LGDP_t}$ υποδηλώνει τον φυσικό λογάριθμο του πραγματικού Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (εκφρασμένο σε εκατομμύρια διεθνή δολάρια, σε σταθερές τιμές 2021) για τη χρονική περίοδο t. Η δεύτερη μεταβλητή, η οποία συμβολίζεται ως $\mathbf{LLOSS_t}$, αναφέρεται στον φυσικό λογάριθμο του συνόλου της νομισματικής αξίας των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών (εκφρασμένη σε εκατομμύρια ευρώ, σε σταθερές τιμές) των χωρών της ΕΕ-27 για την χρονική περίοδο t.

Η εμπειρική ανάλυση βασίζεται σε λογαριθμική μορφή (log-log specification), η οποία χρησιμοποιείται εκτενώς στη μακροοικονομική βιβλιογραφία, μιας και επιτρέπει την άμεση εκτίμηση ελαστικοτήτων και δύναται να συμβάλει στον μετριασμό πιθανών φαινομένων ετεροσκεδαστικότητας.

Το βασικό οικονομετρικό υπόδειγμα διαμορφώνεται ως εξής:

$$\mathbf{LGDP_t = \beta_0 + \beta_1 LLOSS_t + \varepsilon_t}$$

Όπου:

- **$LGDP_t$** : Αντιπροσωπεύει τον φυσικό λογάριθμο του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος της ΕΕ-27 (σε εκατομμύρια διεθνή δολάρια, σταθερές τιμές 2021) για το έτος t.
- **$LLOSS_t$** : Αντιπροσωπεύει τον φυσικό λογάριθμο της συνολικής νομισματικής αξίας των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών για τις χώρες της ΕΕ-27 (σε εκατομμύρια ευρώ, σταθερές τιμές) για το έτος t.
- **β_0** : Ο σταθερός όρος (intercept) του υποδείγματος.
- **β_1** : Ο συντελεστής ελαστικότητας του ΑΕΠ ως προς τις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες.
- **ε_t** : Ο στοχαστικός όρος σφάλματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1 Δεδομένα

Για τις ανάγκες της παρούσας οικονομετρικής μελέτης συλλέχθηκε ένα σύνολο δεδομένων ετήσιων παρατηρήσεων, το οποίο καλύπτει τη χρονική περίοδο 1990-2023 για τις χώρες της ΕΕ-27. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα που αφορούν τις Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (European Environment Agency - EEA) και εκφράζονται σε εκατομμύρια ευρώ σε σταθερές τιμές. Από την άλλη πλευρά, τα δεδομένα που αφορούν το συνολικό Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν των χωρών της ΕΕ-27 αντλήθηκαν από τον οργανισμό “Our World in Data (OWID)”, ο οποίος επεξεργάζεται και τυποποιεί τα πρωτογενή στοιχεία της Παγκόσμιας Τράπεζας (World Bank) και του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου (International Monetary Fund -IMF). Η μεταβλητή

εκφράζεται σε διεθνή δολάρια σε σταθερές τιμές 2021, διορθωμένα με βάση την Ισοτιμία Αγοραστικής Δύναμης (Purchasing Power Parity – PPP). Το υπό εξέταση δείγμα αποτελείται από 34 ετήσιες παρατηρήσεις (N=34), καλύπτοντας κατ' αυτόν τον τρόπο ένα εύρος τριών και πλέον δεκαετιών. Πρόκειται για ένα μέγεθος το οποίο κρίνεται στατιστικά επαρκές προκειμένου να εφαρμοστούν οι μεθοδολογίες ανάλυσης χρονοσειρών και να εξασφαλιστούν οι απαραίτητοι βαθμοί ελευθερίας (degrees of freedom) για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Έτος	**Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες στην ΕΕ-27 (εκατ. ευρώ, σταθερές τιμές)**	**Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) (εκατ. διεθνή δολάρια 2021, σταθερές τιμές)**
1990	34,619	14,057,047
1991	3,584	14,165,767
1992	8,535	14,248,859
1993	6,864	14,167,222
1994	21,676	14,550,394
1995	8,546	14,968,063
1996	4,065	15,274,332
1997	18,023	15,666,758
1998	4,892	16,126,016
1999	38,274	16,592,931
2000	24,449	17,245,457
2001	6,278	17,633,241
2002	38,021	17,853,461
2003	30,517	18,051,725
2004	5,718	18,554,621
2005	23,260	18,949,952
2006	7,353	19,656,527
2007	12,471	20,308,264
2008	6,455	20,485,898
2009	10,837	19,614,791
2010	28,930	20,009,304
2011	7,827	20,400,656
2012	5,543	20,247,072
2013	24,591	20,234,546
2014	15,433	20,580,377
2015	14,993	21,080,263
2016	12,058	21,503,098
2017	33,576	22,138,994
2018	26,685	22,640,817
2019	27,587	23,097,880
2020	16,262	21,803,780
2021	65,235	23,194,228

2022	57,713	24,035,659
2023	45,140	24,169,895

Πίνακας 3.1 : Εξέλιξη του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος και των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών στην ΕΕ-27 (1990-2023).

Πηγή : Ιδία επεξεργασία βάσει δεδομένων “Eurostat” και “Our World in Data”

Σε συνέχεια της συλλογής των πρωτογενών δεδομένων από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (European Environment Agency) και τον διεθνή ερευνητικό οργανισμό “Our World in Data (OWID)”, πραγματοποιήθηκε ο μετασχηματισμός των μεταβλητών στις αντίστοιχες φυσικές λογαριθμικές τους μορφές (LGDP και LLOSS). Η επιλογή αυτή εδραιώνεται σε θεμελιώδεις μεθοδολογικές παραδοχές, μιας και η υιοθέτηση μίας προδιαγραφής διπλού λογαρίθμου (double-log specification) καθιστά εφικτή την ερμηνεία των εκτιμηθέντων συντελεστών ως ελαστικότητες. Επιπλέον, δεδομένου ότι το ΑΕΠ και οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες έχουν μεγάλες διαφορές σε απόλυτα μεγέθη, η υιοθέτηση της λογαριθμικής κλίμακας εξυπηρετεί την αναγκαία κανονικοποίηση της κλίμακας των δεδομένων (scale normalization). Ως εκ τούτου, ενισχύεται η υπολογιστική ευστάθεια του υποδείγματος και διασφαλίζεται ότι η στατιστική συσχέτιση αποτυπώνεται ανεξάρτητα από τη μονάδα μέτρησης.

Έτος	**LGDP**	**LLOSS**
1990	16.45863	10.45216
1991	16.46634	8.184235
1992	16.47219	9.051931
1993	16.46644	8.834046
1994	16.49313	9.983961
1995	16.52143	9.053219
1996	16.54168	8.310169
1997	16.56705	9.799404
1998	16.59594	8.495356
1999	16.62449	10.55253
2000	16.66306	10.10434
2001	16.6853	8.744807
2002	16.69771	10.54589
2003	16.70875	10.32604
2004	16.73623	8.651374
2005	16.75731	10.05449
2006	16.79392	8.902864
2007	16.82654	9.431161
2008	16.83525	8.77261

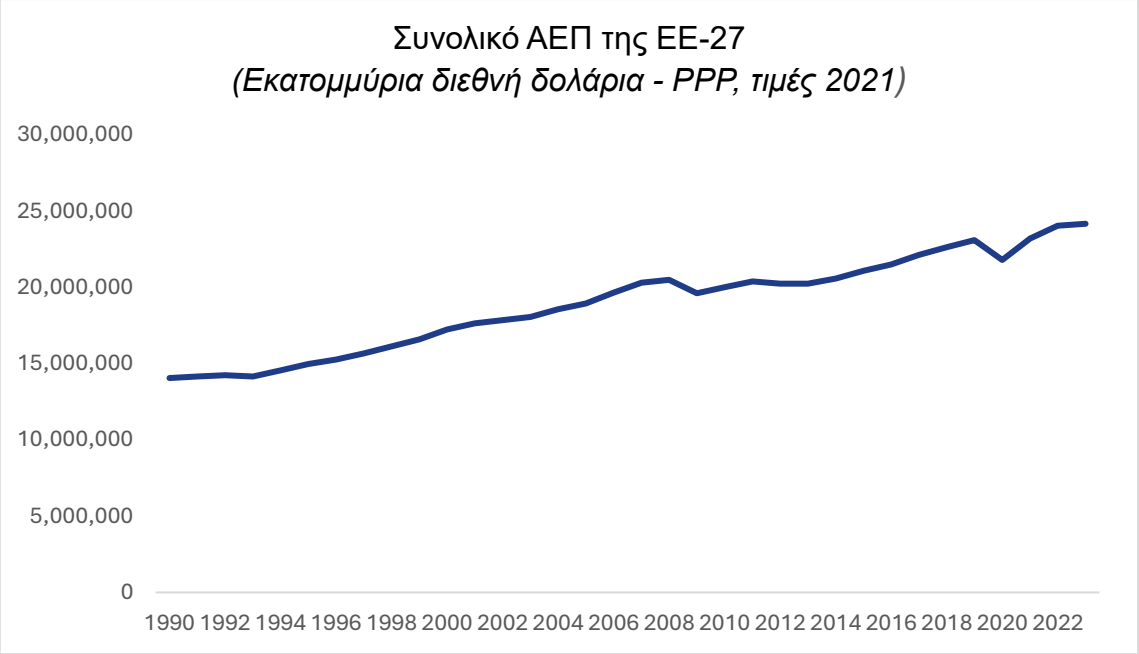
2009	16.79179	9.290721
2010	16.81171	10.27263
2011	16.83108	8.965335
2012	16.82352	8.620291
2013	16.8229	10.11014
2014	16.83985	9.644263
2015	16.86385	9.615339
2016	16.88371	9.397484
2017	16.91285	10.42157
2018	16.93526	10.19186
2019	16.95525	10.2251
2020	16.89759	9.696586
2021	16.95941	11.08575
2022	16.99505	10.96324
2023	17.00062	10.71752

Πίνακας 3.2 : Λογαριθμικός Μετασχηματισμός των Μεταβλητών ΑΕΠ (LGDP) και Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών (LLOSS), 1990-2023.

Πηγή : Ιδία επεξεργασία βάσει δεδομένων “Eurostat” και “Our World in Data”

3.2 Γραφική Απεικόνιση και Ανάλυση των Μεταβλητών

Η χρονοσειρά του LGDP καταδεικνύει τη μακροχρόνια αναπτυξιακή τροχιά που παρουσιάζουν οι χώρες της ΕΕ-27. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται μία ήπια αλλά σταθερή θετική τάση (moderate trend persistence), η οποία υποδηλώνει ότι η ευρωπαϊκή οικονομία χαρακτηρίζεται συνολικά από ισχυρούς μηχανισμούς συσσώρευσης κεφαλαίου και ενίσχυσης της παραγωγικότητας. Ωστόσο, η ανοδική αυτή πορεία δεν υπήρξε γραμμική καθώς αναχαιτίστηκε από ορισμένους συστημικούς κλυδωνισμούς. Η παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 καθώς και η επακόλουθη κρίση χρέους (2012-2013) αποτέλεσαν κρίσιμα σημεία καμπής, ενώ η πανδημία του Covid-19 λειτούργησε ως παράγοντας συρρίκνωσης του συνολικού ΑΕΠ των χωρών της ΕΕ-27. Τέλος, η γεωπολιτική αστάθεια που προκλήθηκε το έτος 2022 εξαιτίας της Ρώσο-ουκρανικής σύρραξης περιόρισε δραστικά τον ρυθμό μεγέθυνσης του ΑΕΠ, επιβεβαιώνοντας την υψηλή ευαλωτότητα των ευρωπαϊκών οικονομιών σε εξωγενείς γεωπολιτικές διαταραχές (Khudaykulova et al., 2022).



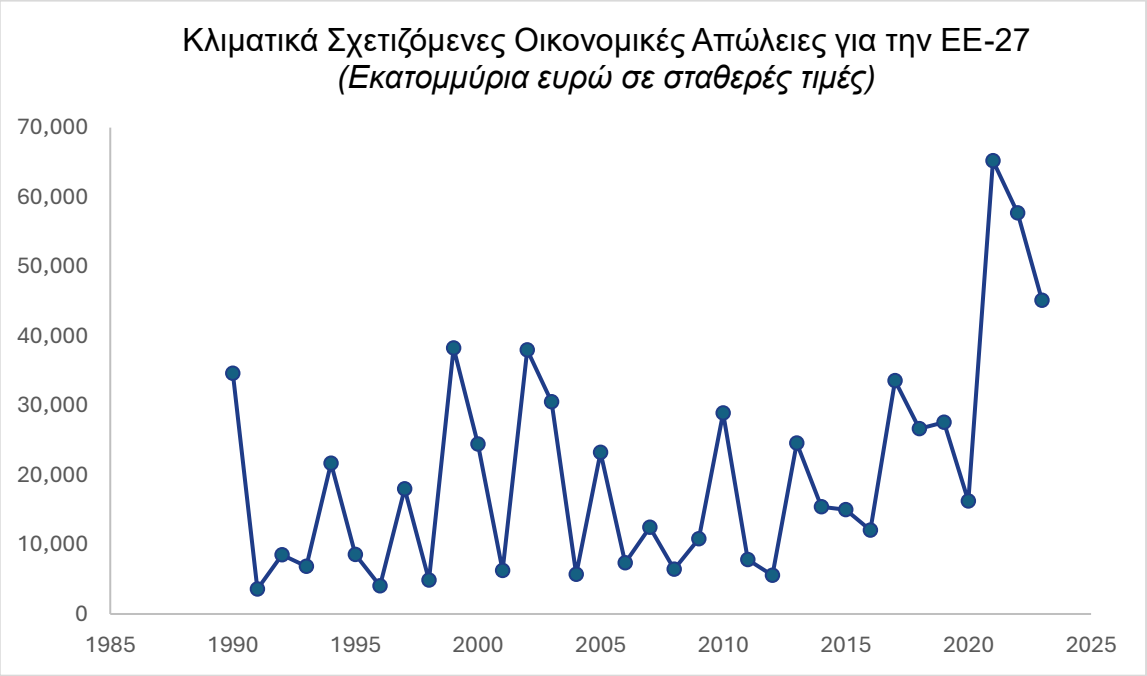
Διάγραμμα 3.1: Αναπτυξιακή Τροχιά του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) της ΕΕ-27, 1990-2023.

Πηγή: Our World in Data (2026), βασισμένο σε δεδομένα των Eurostat, OECD, IMF και World Bank.

Σε αντίθεση με την αναπτυξιακή τροχιά που χαρακτηρίζει το ΑΕΠ, η διαχρονική εξέλιξη των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών στην ΕΕ-27 (Διάγραμμα 3.2) παρουσιάζει έντονη στοχαστική μεταβλητότητα καθώς και έλλειψη γραμμικής τάσης. Η μορφή της συγκεκριμένης χρονοσειράς υποδηλώνει την ασυμμετρία που χαρακτηρίζει τις κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες. Επιπλέον, η παρουσία ακραίων τιμών (outliers), με αποκορύφωμα το ιστορικό υψηλό του έτους 2021, καθιστά φανερό ότι οι κλιματικές απώλειες συνιστούν παράγοντα αποσταθεροποίησης, λειτουργώντας ανασταλτικά τόσο στον δημοσιονομικό προγραμματισμό όσο και στη μακροπρόθεσμη διαχείριση των κινδύνων.

Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντικό να γίνει αναφορά στην τεράστια απόκλιση που παρατηρείται μεταξύ της ελάχιστης τιμής (3.5 δισεκατομμύρια ευρώ το έτος 1991) και της μέγιστης τιμής (65.2 δισεκατομμύρια ευρώ το έτος 2021), η οποία υποδηλώνει τη σκοπιμότητα χρήσης λογαριθμικών μετασχηματισμών. Η διαδικασία αυτή είναι θεμελιώδης για τη σταθεροποίηση της διασποράς των δεδομένων και τον περιορισμό φαινομένων ετεροσκεδαστικότητας. Ως εκ τούτου, διασφαλίζεται ότι η εκτιμώμενη σχέση

μεταξύ κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών και ΑΕΠ δεν αλλοιώνεται από μεμονωμένες περιόδους που χαρακτηρίζονται από ακραία μεταβλητότητα.



Διάγραμμα 3.2: Διαγραμματική Απεικόνιση των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών για την ΕΕ-27, 1990-2023.

Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (European Environment Agency - EEA) μέσω της Eurostat (Online Data Code: sdg_13_40)

3.3 Διερεύνηση της Τάξης Ολοκλήρωσης των Μεταβλητών

Στο πλαίσιο της οικονομετρικής ανάλυσης, ως χρονολογική σειρά (συνήθως συμβολιζόμενη με X_t), ορίζεται η ακολουθία παρατηρήσεων που προκύπτει όταν, σε κάθε διαδοχική χρονική περίοδο, εξάγεται ένα μοναδιαίο δείγμα για κάθε τυχαία μεταβλητή στο πλαίσιο μίας στοχαστικής διαδικασίας (Κάτος, 2004). Αφορά, δηλαδή, μια ακολουθία δεδομένων διακριτού χρόνου, η οποία περιγράφει το σύνολο των τιμών που λαμβάνει μια μεταβλητή σε διαδοχικά ισαπέχουσες χρονικές στιγμές.

Προκειμένου, ωστόσο, να είναι εφικτή η περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων αυτών και η εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων, κρίνεται αναγκαία η διεξαγωγή ελέγχου στασιμότητας. Μια χρονολογική σειρά χαρακτηρίζεται ως «ασθενώς στάσιμη» όταν πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις :

- $\mathbf{E(X_t) = \mu}$ (Ο μέσος είναι σταθερός για όλα τα t)
- $\mathbf{Var(X_t) = E(X_t - \mu)^2 = \sigma^2}$ (Η διακύμανση είναι σταθερή για όλα τα t)
- $\mathbf{Cov(X_t, X_{t+k}) = E[(X_t-\mu)(X_{t+k} - \mu)] = \gamma_k}$ (Η συνδιακύμανση είναι σταθερή για όλα τα t και $k \neq 0$)

Σε περίπτωση που μία ή περισσότερες από τις παραπάνω συνθήκες δεν εκπληρώνεται, τότε η χρονολογική σειρά χαρακτηρίζεται ως «μη στάσιμη». Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η εμπειρική έρευνα έχει αποδείξει πως οι περισσότερες χρονοσειρές είναι «μη στάσιμες» (Κάτος, 2004). Για την αρχική αναγνώριση της μη στασιμότητας, στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι μπορεί να διαπιστωθεί οπτικά από την απουσία διακύμανσης γύρω από έναν σταθερό μέσο (Dickey, χ.ε.). Επειδή, ωστόσο, η οπτική απεικόνιση δεν επαρκεί για την αυστηρή εξαγωγή συμπερασμάτων, κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή τυπικών στατιστικών ελέγχων (Unit Root Tests).

Πάνω σε αυτή τη βάση στηρίζονται οι έλεγχοι Dickey-Fuller (DF) και Augmented Dickey-Fuller (ADF). Για τη διενέργεια αυτών των ελέγχων η μεθοδολογία απαιτεί την εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων στην εξίσωση παλινδρόμησης (Κάτος, 2004). Οι τρείς μορφές που μπορεί να λάβει η εξίσωση παλινδρόμησης είναι οι ακόλουθες:

- $\mathbf{\Delta X_t = \delta X_{t-1} + \varepsilon_t}$ (Εξίσωση χωρίς σταθερό όρο και χωρίς τάση)
- $\mathbf{\Delta X_t = \alpha + \delta X_{t-1} + \varepsilon_t}$ (Εξίσωση με σταθερό όρο)
- $\mathbf{\Delta X_t = \alpha + \beta_t + \delta X_{t-1} + \varepsilon_t}$ (Εξίσωση με σταθερό όρο και τάση)

Ανεξάρτητα από το ποια μορφή υποδείγματος θα επιλεγεί, η μεθοδολογία αξιολόγησης της στασιμότητας εστιάζει στον έλεγχο των ακόλουθων υποθέσεων ως προς τον συντελεστή δ:

- $\mathbf{H_0 : \delta = 0}$ (η χρονοσειρά είναι μη στάσιμη)
- $\mathbf{H_1 : \delta < 0}$ (η χρονοσειρά είναι στάσιμη)

Ωστόσο, ο απλός έλεγχος Dickey-Fuller (DF) στηρίζεται στην παραδοχή ότι τα σφάλματα της εξίσωσης παλινδρόμησης (ε_t) αποτελούν «λευκό θόρυβο», ενώ στην εμπειρική ανάλυση μακροοικονομικών δεδομένων διαπιστώνεται ότι οι χρονοσειρές ενσωματώνουν πιο σύνθετες δυναμικές. Ως εκ τούτου, τα κατάλοιπα της απλής παλινδρόμησης είναι «σειριακά» συσχετιζόμενα και ο έλεγχος DF καθίσταται ανεπαρκής. Προκειμένου να υπάρξει άρση αυτού του περιορισμού, στη διεθνή βιβλιογραφία προτείνεται η χρήση του Επαυξημένου Ελέγχου Dickey-Fuller (Augmented Dickey-Fuller). Η βασική διαφοροποίηση έγκειται στην επέκταση των αρχικών εξισώσεων παλινδρόμησης μέσα από την προσθήκη καθυστερημένων διαφορών (lagged

differences) της εξαρτημένης μεταβλητής στο δεξί μέλος αυτών. Κατ' επέκταση, οι μορφές που μπορούν να λάβουν οι εξισώσεις είναι οι ακόλουθες:

- $\Delta X_t = \delta X_{t-1} + \sum_{j=1}^{p} \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t$ (Εξίσωση χωρίς σταθερό όρο και χωρίς τάση)
- $\Delta X_t = \alpha + \delta X_{t-1} + \sum_{j=1}^{p} \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t$ (Εξίσωση με σταθερό όρο)
- $\Delta X_t = \alpha + \beta_t + \delta X_{t-1} + \sum_{j=1}^{p} \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t$ (Εξίσωση με σταθερό όρο και τάση)

Προκειμένου να προσδιοριστεί η τάξη ολοκλήρωσης των μεταβλητών θα πρέπει να πραγματοποιηθεί έλεγχος στασιμότητας για τις μεταβλητές LGDP και LLOSS του εξειδικευμένου υποδείγματος. Η διερεύνηση της στασιμότητας των χρονοσειρών βασίζεται στον έλεγχο ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας, η οποία καθορίζει εάν μία μεταβλητή είναι στάσιμη ή όχι. Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, η διερεύνηση της στατιστικής φύσης των μεταβλητών LGDP και LLOSS πραγματοποιείται μέσω του Επαυξημένου Ελέγχου Dickey-Fuller (Augmented Dickey-Fuller). Η ανάλυση πραγματοποιείται με τη χρήση του οικονομετρικού πακέτου EViews 14, επιτρέποντας τον προσδιορισμό της τάξης ολοκλήρωσης των δεδομένων καθώς και τη διασφάλιση της εγκυρότητας των τελικών εκτιμήσεων.

3.3.1 Έλεγχος στασιμότητας για τη μεταβλητή LGDP

<u>Έλεγχος Μοναδιαίας Ρίζας για τη μεταβλητή LGDP</u> :

Προκειμένου να διεξαχθεί ο Επαυξημένος Έλεγχος Dickey-Fuller (ADF) για τη διερεύνηση της στασιμότητας στη μεταβλητή LGDP, η οικονομετρική εκτίμηση βασίζεται στις ακόλουθες μορφές υποδειγμάτων:

- Υπόδειγμα με σταθερά και χρονική τάση :
  $\Delta LGDP_t = \alpha + \gamma t + \beta LGDP_{t-1} + \sum_{j=1}^{p} \delta_j \Delta LGDP_{t-j} + u_t$
- Υπόδειγμα με σταθερά :
  $\Delta LGDP_t = \alpha + \beta LGDP_{t-1} + \sum_{j=1}^{p} \delta_j \Delta LGDP_{t-j} + u_t$

Οι υποθέσεις που ελέγχονται είναι οι ακόλουθες :

- $H_0 : \beta=0$ (Η χρονοσειρά είναι μη στάσιμη)
- $H_1 : \beta<0$ (Η χρονοσειρά είναι στάσιμη)

Τα αποτελέσματα της στατιστικής συνάρτησης ελέγχου (t-statistic) καθώς και οι αντίστοιχες κρίσιμες τιμές (MacKinnon critical values) του επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller για το υπόδειγμα με σταθερά και χρονική τάση συνοψίζονται ως εξής:

Null Hypothesis: LGDP has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.877408	0.6434
Test critical values:	1% level	-4.262735	
	5% level	-3.552973	
	10% level	-3.209642	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(LGDP)
Method: Least Squares
Date: 04/19/26 Time: 16:59
Sample (adjusted): 1991 2023
Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGDP(-1)	-0.212798	0.113347	-1.877408	0.0702
C	3.519452	1.864605	1.887506	0.0688
@TREND("1990")	0.003413	0.001934	1.764209	0.0879

R-squared	0.108668	Mean dependent var	0.016424
Adjusted R-squared	0.049246	S.D. dependent var	0.022046
S.E. of regression	0.021496	Akaike info criterion	-4.755391
Sum squared resid	0.013862	Schwarz criterion	-4.619345
Log likelihood	81.46396	Hannan-Quinn criter.	-4.709616
F-statistic	1.828747	Durbin-Watson stat	1.914641
Prob(F-statistic)	0.178071		

Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή LGDP (με σταθερά και γραμμική τάση).

Η στασιμότητα της μεταβλητής LGDP εξετάστηκε μέσω του ελέγχου Augmented Dickey-Fuller, ενσωματώνοντας στο υπόδειγμα σταθερά καθώς και χρονική τάση. Τα αποτελέσματα του ελέγχου σε επίπεδα (levels) καταδεικνύουν την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας, μιας και η τιμή του t-statistic (-1.877) είναι μεγαλύτερη από τις κρίσιμες τιμές του MacKinnon σε όλα τα συμβατικά επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας (1%,5%,10%). Συγχρόνως, η τιμή p-value (0.6434) είναι μεγαλύτερη από 0.05, κάτι το οποίο οδηγεί σε μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης. Ως εκ τούτου, η χρονοσειρά LGDP κρίνεται ως μη στάσιμη σε επίπεδα.

Ακολούθως, με γνώμονα τη μεθοδολογική συνέπεια, διενεργείται εκτίμηση του υποδείγματος ADF συμπεριλαμβάνοντας αποκλειστικά τον σταθερό όρο. Οι υπολογισθείσες τιμές της στατιστικής κριτηρίου καθώς και οι αντίστοιχες τιμές MacKinnon, παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα:

Null Hypothesis: LGDP has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-0.714344	0.8294
Test critical values:	1% level	-3.646342	
	5% level	-2.954021	
	10% level	-2.615817	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(LGDP)
Method: Least Squares
Date: 04/19/26 Time: 23:01
Sample (adjusted): 1991 2023
Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGDP(-1)	-0.017001	0.023799	-0.714344	0.4804
C	0.300925	0.398288	0.755547	0.4556

R-squared	0.016194	Mean dependent var	0.016424
Adjusted R-squared	-0.015541	S.D. dependent var	0.022046
S.E. of regression	0.022216	Akaike info criterion	-4.717286
Sum squared resid	0.015301	Schwarz criterion	-4.626589
Log likelihood	79.83522	Hannan-Quinn criter.	-4.686769
F-statistic	0.510288	Durbin-Watson stat	2.108771
Prob(F-statistic)	0.480359		

Πίνακας 3.4: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή LGDP (με σταθερά).

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα, για τη μεταβλητή LGDP σε επίπεδα (levels), με την ενσωμάτωση σταθερού όρου στο υπόδειγμα και σε όλα τα συμβατικά επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας (1%,5%,10%), η υπολογισθείσα τιμή του στατιστικού ελέγχου t_{ADF} = -0.7143 είναι μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες κρίσιμες τιμές. Επιπλέον, p-value = 0.8294, τιμή η οποία είναι μεγαλύτερη από 0.05. Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση γίνεται δεκτή και η μεταβλητή είναι μη στάσιμη στα επίπεδα της, κάτι το οποίο καθιστά αναγκαίο τον μετασχηματισμό της σε πρώτες διαφορές προκειμένου να διασφαλιστεί η αξιοπιστία της περαιτέρω οικονομετρικής ανάλυσης.

<u>Έλεγχος Μοναδιαίας Ρίζας για τη μεταβλητή ΔLGDP</u> :

Εφόσον η χρονοσειρά του λογαρίθμου του ΑΕΠ ($LGDP_t$) αποδείχθηκε πως είναι μη στάσιμη στα επίπεδα, η διερεύνηση της τάξης ολοκλήρωσης θα συνεχιστεί ελέγχοντας τη στασιμότητα των πρώτων διαφορών της ($\Delta LGDP_t$). Προκειμένου να διερευνηθεί η ύπαρξη δεύτερης μοναδιαίας ρίζας εφαρμόζεται ο Επαυξημένος Έλεγχος Dickey-Fuller

(ADF). Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η εξαρτημένη μεταβλητή εκφράζεται σε όρους δεύτερων διαφορών ($\Delta^2 LGDP_t$), ενώ η υπό έλεγχο υστερημένη μεταβλητή λαμβάνει τη μορφή της πρώτης διαφοράς ($\Delta LGDP_{t-1}$). Ως εκ τούτου, οι εκτιμώμενες μορφές των υποδειγμάτων διαμορφώνονται ως εξής:

- Υπόδειγμα με σταθερά και γραμμική χρονική τάση :

  $$\Delta^2 LGDP_t = \alpha + \gamma t + \beta \Delta LGDP_{t-1} + \sum_{j=1}^{p} \delta_j \Delta^2 LGDP_{t-j} + u_t$$

- Υπόδειγμα με σταθερά :

  $$\Delta^2 LGDP_t = \alpha + \beta \Delta LGDP_{t-1} + \sum_{j=1}^{p} \delta_j \Delta^2 LGDP_{t-j} + u_t$$

Οι υποθέσεις που ελέγχονται είναι οι ακόλουθες :

- **H_0 : $\beta=0$** : Η χρονοσειρά παρουσιάζει μοναδιαία ρίζα (είναι μη στάσιμη).
- **H_1 : $\beta<0$** : Η χρονοσειρά δεν παρουσιάζει μοναδιαία ρίζα (είναι στάσιμη).

Τα αποτελέσματα της t-στατιστικής (t-statistic) καθώς και οι αντίστοιχες κρίσιμες τιμές (MacKinnon critical values), όπως προέκυψαν από την εφαρμογή του επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller (ADF) για την εξειδίκευση που ενσωματώνει σταθερό όρο και γραμμική τάση παρατίθενται ακολούθως:

Null Hypothesis: D(LGDP) has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-5.760023	0.0002
Test critical values:	1% level	-4.273277	
	5% level	-3.557759	
	10% level	-3.212361	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(LGDP,2)
Method: Least Squares
Date: 04/19/26 Time: 23:27
Sample (adjusted): 1992 2023
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LGDP(-1))	-1.065430	0.184970	-5.760023	0.0000
C	0.021570	0.009338	2.309969	0.0282
@TREND("1990")	-0.000216	0.000440	-0.490568	0.6274

R-squared	0.534140	Mean dependent var	-6.67E-05
Adjusted R-squared	0.502011	S.D. dependent var	0.032536
S.E. of regression	0.022960	Akaike info criterion	-4.621051
Sum squared resid	0.015288	Schwarz criterion	-4.483638
Log likelihood	76.93682	Hannan-Quinn criter.	-4.575503
F-statistic	16.62520	Durbin-Watson stat	2.034829
Prob(F-statistic)	0.000015		

Πίνακας 3.5: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή ΔLGDP (με σταθερά και γραμμική τάση).

Τα αποτελέσματα του ελέγχου ADF στην πρώτη διαφορά της μεταβλητής, $\Delta LGDP_t$, οδηγούν σε απόρριψη της ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας, καθώς η τιμή που λαμβάνει το t-statistic (-5.76) είναι μικρότερη από τις κρίσιμες τιμές του MacKinnon σε όλα τα συμβατικά επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας (1%, 5%, 10%). Συγχρόνως, η τιμή του p-value (0.0002) είναι αρκετά μικρότερη από το 0.05, κάτι το οποίο οδηγεί και αυτό σε απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης. Συνεπώς, η χρονοσειρά $\Delta LGDP_t$ κρίνεται ως στάσιμη, ενώ η μεταβλητή $LGDP_t$ είναι ολοκληρωμένη τάξης 1, δηλαδή I(1).

Στο πλαίσιο αυτό, για λόγους πληρότητας, εξετάζεται και το υπόδειγμα του επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller (ADF) με τη συμπερίληψη μόνο του σταθερού όρου. Οι αντίστοιχες τιμές τόσο της στατιστικής ελέγχου όσο και των κρίσιμων τιμών, όπως προκύπτουν μέσα από το EViews 14, παρουσιάζονται ακολούθως :

Null Hypothesis: D(LGDP) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-5.819533	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.653730	
	5% level	-2.957110	
	10% level	-2.617434	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(LGDP,2)
Method: Least Squares
Date: 04/23/26 Time: 21:44
Sample (adjusted): 1992 2023
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LGDP(-1))	-1.061942	0.182479	-5.819533	0.0000
C	0.017735	0.005041	3.517914	0.0014

R-squared	0.530274	Mean dependent var	-6.67E-05
Adjusted R-squared	0.514616	S.D. dependent var	0.032536
S.E. of regression	0.022668	Akaike info criterion	-4.675287
Sum squared resid	0.015415	Schwarz criterion	-4.583678
Log likelihood	76.80459	Hannan-Quinn criter.	-4.644921
F-statistic	33.86696	Durbin-Watson stat	2.023402
Prob(F-statistic)	0.000002		

Πίνακας 3.6: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή ΔLGDP (με σταθερά).

Με βάση τα αποτελέσματα του ελέγχου Augmented Dickey-Fuller για τη μεταβλητή $\Delta LGDP_t$, ενσωματώνοντας τον σταθερό όρο και προσδιορίζοντας τις υστερήσεις βάσει του κριτηρίου Schwartz (SIC), προέκυψε ότι t_{ADF} = -5.8195. Η τιμή αυτή είναι σημαντικά μικρότερη από τις αντίστοιχες κρίσιμες τιμές του ελέγχου σε όλα τα συμβατικά επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας (1%, 5% και 10%), οι οποίες ανέρχονται σε -3.6537, -2.9571 και -2.6174 αντίστοιχα. Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται και κατ' επέκταση η χρονοσειρά $\Delta LGDP_t$ είναι στάσιμη και η μεταβλητή $LGDP_t$ είναι ολοκληρωμένη τάξης ένα, δηλαδή LGDP ~ I(1).

3.3.2 Έλεγχος στασιμότητας για τη μεταβλητή LLOSS

Το πρώτο βήμα της μεθοδολογικής διαδικασίας αφορά τη διερεύνηση της στασιμότητας της μεταβλητής LLOSS στα επίπεδα (levels). Προκειμένου να διεξαχθεί ο επαυξημένος έλεγχος Dickey-Fuller (ADF) για τη διερεύνηση της στασιμότητας, η οικονομετρική εκτίμηση βασίζεται στις ακόλουθες μορφές υποδειγμάτων :

- Υπόδειγμα με σταθερό όρο και γραμμική χρονική τάση :
  $$\Delta LLOSS_t = \alpha + \gamma t + \beta LLOSS_{t-1} + \sum_{j=1}^{p} \delta_j \Delta LLOSS_{t-j} + u_t$$
- Υπόδειγμα με σταθερό όρο :
  $$\Delta LLOSS_t = \alpha + \beta LLOSS_{t-1} + \sum_{j=1}^{p} \delta_j \Delta LLOSS_{t-j} + u_t$$

Στα παραπάνω υποδείγματα, ο τελεστής Δ υποδηλώνει τη λήψη των πρώτων διαφορών της μεταβλητής, η παράμετρος t αντιπροσωπεύει τη γραμμική χρονική τάση, ενώ ο όρος u_t αποτελεί τον διαταρακτικό όρο. Το πλαίσιο των ελεγχόμενων υποθέσεων ορίζεται ως ακολούθως :

- **H_0 : β=0** : Η χρονοσειρά παρουσιάζει μοναδιαία ρίζα (συνεπώς είναι μη στάσιμη).
- **H_1 : β<0** : Η χρονοσειρά δεν παρουσιάζει μοναδιαία ρίζα (συνεπώς είναι στάσιμη).

Τα ευρήματα του επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller (ADF) για το υπόδειγμα με σταθερό όρο και γραμμική χρονική τάση παρατίθενται συγκεντρωτικά ακολούθως :

Null Hypothesis: LLOSS has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-6.873177	0.0000
Test critical values:	1% level	-4.262735	
	5% level	-3.552973	
	10% level	-3.209642	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(LLOSS)
Method: Least Squares
Date: 04/23/26 Time: 23:03
Sample (adjusted): 1991 2023
Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LLOSS(-1)	-1.161929	0.169053	-6.873177	0.0000
C	10.32118	1.547362	6.670181	0.0000
@TREND("1990")	0.049391	0.013929	3.545819	0.0013

R-squared	0.615200	Mean dependent var	0.008041
Adjusted R-squared	0.589547	S.D. dependent var	1.088566
S.E. of regression	0.697407	Akaike info criterion	2.203613
Sum squared resid	14.59130	Schwarz criterion	2.339659
Log likelihood	-33.35962	Hannan-Quinn criter.	2.249389
F-statistic	23.98133	Durbin-Watson stat	1.870605
Prob(F-statistic)	0.000001		

Πίνακας 3.7: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή LLOSS (με σταθερό όρο και γραμμική χρονική τάση).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ελέγχου ADF για τη μεταβλητή $LLOSS_t$, ενσωματώνοντας τόσο τον σταθερό όρο όσο και την γραμμική τάση στο υπόδειγμα, η υπολογισθείσα τιμή του στατιστικού ελέγχου είναι t_{ADF} = -6.8731. Πρόκειται για μια τιμή η οποία είναι μικρότερη από τις αντίστοιχες κρίσιμες τιμές του ελέγχου σε επίπεδα σημαντικότητας 1% (-4.2627), 5% (-3.5529) και 10% (-3.2096). Υπό το πρίσμα των ανωτέρω, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται, γεγονός που συνεπάγεται ότι η εξεταζόμενη χρονοσειρά είναι στάσιμη και μπορεί να συμβολιστεί με τον ακόλουθο τρόπο: $LLOSS_t \sim I(0)$.

Στο πλαίσιο της ορθής προδιαγραφής του ελέγχου μοναδιαίας ρίζας, εκτιμάται εναλλακτικά και το υπόδειγμα του επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller (ADF) με τη συμπερίληψη μόνο του σταθερού όρου. Οι αντίστοιχες τιμές της στατιστικής ελέγχου καθώς και οι κρίσιμες τιμές, όπως προκύπτουν μέσα από το λογισμικό EViews 14, παρατίθενται παρακάτω :

Null Hypothesis: LLOSS has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-5.076376	0.0002
Test critical values:	1% level	-3.646342	
	5% level	-2.954021	
	10% level	-2.615817	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(LLOSS)
Method: Least Squares
Date: 04/23/26 Time: 23:53
Sample (adjusted): 1991 2023
Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LLOSS(-1)	-0.920522	0.181334	-5.076376	0.0000
C	8.843683	1.746346	5.064106	0.0000

R-squared	0.453933	Mean dependent var	0.008041
Adjusted R-squared	0.436318	S.D. dependent var	1.088566
S.E. of regression	0.817282	Akaike info criterion	2.493026
Sum squared resid	20.70643	Schwarz criterion	2.583724
Log likelihood	-39.13493	Hannan-Quinn criter.	2.523543
F-statistic	25.76959	Durbin-Watson stat	1.743762
Prob(F-statistic)	0.000017		

Πίνακας 3.8: Αποτελέσματα ελέγχου στασιμότητας Augmented Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή LLOSS (με σταθερό όρο).

Με βάση τα αποτελέσματα του επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller (ADF) για τη μεταβλητή $LLOSS_t$, ενσωματώνοντας μόνο τον σταθερό όρο στο υπόδειγμα, η υπολογισθείσα τιμή του στατιστικού ελέγχου είναι t_{ADF} = -5.0763. Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από τις αντίστοιχες κρίσιμες τιμές του ελέγχου σε επίπεδα σημαντικότητας 1%, 5% και 10%. Ως εκ τούτου, και σε αυτή την περίπτωση η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται και η εξεταζόμενη χρονοσειρά ($LLOSS_t$) είναι στάσιμη στα επίπεδα ($LLOSS_t$~ I(0)).

3.4 Διερεύνηση Συνολοκλήρωσης μεταξύ των Μεταβλητών

«Δύο χρονολογικές σειρές Y_t και X_t λέμε ότι είναι συνολοκληρωμένες τάξεως (d,b), όπου $0 \leq b \leq d$, εάν και οι δύο χρονολογικές σειρές είναι ολοκληρωμένες τάξεως d, και υπάρχει ένας γραμμικός συνδυασμός από τις δύο αυτές χρονολογικές σειρές, έστω $a_1Y_t + a_2X_t$,

που είναι ολοκληρωμένη τάξεως (d-b). Σε μαθηματικούς όρους, ο ορισμός αυτός γράφεται ως :

Εάν Y_t~I(d) και X_t~I(d), τότε Y_t, X_t ~ CI(d,b) εάν $a_1Y_t + a_2X_t$ ~ I(d-b)» (Κάτος, 2004, σελ. 1004).

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, η παραδοσιακή μεθοδολογία της συνολοκλήρωσης προϋποθέτει ότι οι υπό εξέταση μεταβλητές είναι αναγκαίο να παρουσιάζουν την ίδια ακριβώς τάξη ολοκλήρωσης. Ωστόσο, στην παρούσα ανάλυση βάσει των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τους ελέγχους Augmented Dickey-Fuller (ADF), οι υπό εξέταση χρονοσειρές έχουν διαφορετική τάξη ολοκλήρωσης. Πιο συγκεκριμένα, η χρονοσειρά του λογαρίθμου του ΑΕΠ ($LGDP_t$) αποδείχθηκε ότι είναι μη στάσιμη στα επίπεδά της και στάσιμη στις πρώτες διαφορές της, ενώ η χρονοσειρά του λογαρίθμου των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών ($LLOSS_t$) αποδείχθηκε ότι είναι στάσιμη στα επίπεδά της.

Προκειμένου να καταστεί εφικτή η αποτελεσματική υπέρβαση αυτού του θεωρητικού περιορισμού, στην παρούσα ανάλυση υιοθετείται η προσέγγιση του Αυτοπαλίνδρομου Υποδείγματος Κατανεμημένων Υστερήσεων (Autoregressive Distributed Lag - ARDL) και του Ελέγχου Ορίων (Bounds Test). Σύμφωνα με τους Nkoro και Uko (2016), η συγκεκριμένη μεθοδολογία πλεονεκτεί έναντι τεχνικών όπως της μεθοδολογίας Johansen και Juselius, μιας και μπορεί να εφαρμοστεί αξιόπιστα και ανεξάρτητα από το εάν οι μεταβλητές είναι αποκλειστικά I(0), αποκλειστικά I(1) ή παρουσιάζουν μεικτή τάξη ολοκλήρωσης. Επιπλέον, ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα της εν λόγω προσέγγισης είναι ότι το υπόδειγμα ARDL θεωρείται ιδιαίτερα ισχυρό στην περίπτωση που υπάρχει μια μοναδική μακροχρόνια σχέση και το μέγεθος του δείγματος είναι μικρό. Ως εκ τούτου, το χαρακτηριστικό αυτό καθιστά τη μέθοδο κατάλληλη για την παρούσα ανάλυση, μιας και το διαθέσιμο δείγμα αποτελείται από 34 ετήσιες παρατηρήσεις (N=34).

Η γενική μορφή του υποδείγματος ARDL(p,q), στο οποίο η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η $LGDP_t$ και η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι η $LLOSS_t$, είναι η ακόλουθη:

$$\mathbf{LGDP_t = c + \sum_{i=1}^{p} \varphi_i LGDP_{t-i} + \sum_{j=0}^{q} \beta_j LLOSS_{t-j} + \varepsilon_t}$$

Προκειμένου να εφαρμοστεί ο έλεγχος συνολοκλήρωσης μέσω της προσέγγισης ARDL, το υπόδειγμα μετασχηματίζεται στη μορφή του υποδείγματος διόρθωσης σφάλματος (Unrestricted Error Correction Model – UECM):

$$\mathbf{\Delta LGDP_t = c + \sum_{i=1}^{p-1} \alpha_i \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{j=0}^{q-1} \gamma_j \Delta LLOSS_{t-j} + \lambda_1 LGDP_{t-1} + \lambda_2 LLOSS_{t-1} + u_t}$$

Η ύπαρξη συνολοκλήρωσης εξετάζεται μέσω του ελέγχου ορίων (Bounds Test), ο οποίος βασίζεται στον έλεγχο των παρακάτω υποθέσεων :

H_0 : $\lambda_1=\lambda_2=0$ (Δεν υπάρχει μακροχρόνια σχέση συνολοκλήρωσης)

H_1 : $\lambda_1\neq0$ ή $\lambda_2\neq0$ (Υπάρχει μακροχρόνια σχέση συνολοκλήρωσης)

Η μηδενική υπόθεση αξιολογείται μέσω της στατιστικής F (Wald Test). Ωστόσο, όπως αναφέρουν οι Nkoro & Uko (2016), η κατανομή της συγκεκριμένης στατιστικής στο υπόδειγμα ARDL είναι μη τυπική (non-standard), ανεξάρτητα από το εάν οι συμμετέχουσες μεταβλητές είναι I(0) ή I(1). Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση της στηρίζεται σε δύο ομάδες ειδικών κρίσιμων τιμών (critical value bounds). Η πρώτη ομάδα, η οποία ορίζεται ως το κάτω κρίσιμο όριο (lower critical bound), υπολογίζεται σύμφωνα με τη θεωρητική παραδοχή ότι όλες οι εξεταζόμενες μεταβλητές του υποδείγματος είναι ολοκληρωμένες τάξης μηδέν, δηλαδή I(0) (Nkoro & Uko, 2016, σελ. 81). Από την άλλη πλευρά, η δεύτερη ομάδα, η οποία ορίζεται ως το άνω κρίσιμο όριο (upper critical bound), κατασκευάζεται θεωρώντας ότι όλες οι μεταβλητές είναι ολοκληρωμένες τάξης ένα, δηλαδή I(1) (Nkoro & Uko, 2016, σελ. 81).

Ο κανόνας λήψης απόφασης για τον Έλεγχο Ορίων καθορίζεται με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

- Εάν η υπολογιζόμενη τιμή της στατιστικής F είναι μεγαλύτερη από το άνω κρίσιμο όριο, τότε η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται οριστικά, καταδεικνύοντας την ύπαρξη μακροχρόνιας σχέσης συνολοκλήρωσης.
- Εάν η τιμή της στατιστικής F είναι μικρότερη από το κάτω κρίσιμο όριο, τότε η μηδενική υπόθεση γίνεται δεκτή, καταδεικνύοντας την απουσία συνολοκλήρωσης.
- Σε περίπτωση που η υπολογιζόμενη τιμή βρίσκεται μεταξύ του κατώτερου και του ανώτερου κρίσιμου ορίου, το αποτέλεσμα του ελέγχου θεωρείται ασαφές (inconclusive).

Dependent Variable: LGDP
Method: ARDL
Date: 04/24/26 Time: 22:28
Sample: 1991 2023
Included observations: 33
Lag selection: Automatic (deplags=2, reglags=2)
Selected model: ARDL(1,1) using AIC (6 models evaluated)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Distributed-lag Regressors				
Dependent				
LGDP(-1)	0.943469	0.027697	34.06406	0.0000
Independent				
LLOSS	0.011172	0.005245	2.130007	0.0418
LLOSS(-1)	0.007371	0.005069	1.453975	0.1567
Deterministic Regressors				
C	0.784357	0.424318	1.848510	0.0747

R-squared	0.985195	Mean dependent var	16.75082
Adjusted R-squared	0.983664	S.D. dependent var	0.163680
S.E. of regression	0.020920	Akaike info criterion	-4.782970
Sum squared resid	0.012692	Schwarz criterion	-4.601575
Log likelihood	82.91901	Hannan-Quinn criter.	-4.721936
F-statistic	643.2798	Durbin-Watson stat	2.113395
Prob(F-statistic)	0.000000		

*Note: p-values and any subsequent test results do not account for model selection.

Πίνακας 3.9: Αποτελέσματα Εκτίμησης Υποδείγματος ARDL(1,1).

Όπως παρουσιάζεται στον παραπάνω πίνακα, για τον προσδιορισμό της δομής του υποδείγματος ARDL(p,q) επιλέχθηκε προκαθορισμένο μήκος υστέρησης το οποίο ισούται με 1 (p=1,q=1). Η συγκεκριμένη εξειδίκευση του υποδείγματος κρίθηκε ως η πλέον ενδεδειγμένη εξαιτίας του περιορισμένου αριθμού των διαθέσιμων ετήσιων παρατηρήσεων (N=33, μετά τις υστερήσεις). Ειδικότερα, όπως υπογραμμίζεται στη σύγχρονη βιβλιογραφία, η εύρεση του κατάλληλου μήκους υστέρησης για κάθε μία από τις μεταβλητές του υποδείγματος ARDL, είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αξιοπιστία των σφαλμάτων (Nkoro & Uko, 2016). Ως εκ τούτου, η επιλογή μίας (1) υστέρησης τόσο για την εξαρτημένη μεταβλητή (LGDP) όσο και για την ανεξάρτητη μεταβλητή (LLOSS) εξασφαλίζει την αρχή της φειδούς (principle of parsimony) και τη διατήρηση των αναγκαίων βαθμών ελευθερίας στο οικονομετρικό υπόδειγμα.

Παρά τον σκόπιμο περιορισμό του αριθμού των υστερήσεων, η προσαρμογή του εκτιμώμενου υποδείγματος κρίνεται ικανοποιητική, μιας και ο συντελεστής

προσδιορισμού (R-squared) ανέρχεται σε 0.9851. Αυτό, υποδεικνύει ότι το 98.51% της μεταβλητότητας του λογαρίθμου του ΑΕΠ ερμηνεύεται από το εν λόγω υπόδειγμα.

Προκειμένου να ελεγχθεί η υπόθεση της ύπαρξης μακροχρόνιας σχέσης ισορροπίας (συνολοκλήρωσης) μεταξύ του ΑΕΠ και των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών, πραγματοποιήθηκε ο Έλεγχος Ορίων (Bounds Test). Τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν παρατίθενται στον πίνακα 3.10.

Bounds Tests

Null hypothesis: No levels relationship
Number of dynamic cointegrating variables: 1
Deterministics: Rest. constant (Case 2)
Sample size: 33

Test Statistic	Value
F-statistic	8.888527

Bounds Critical Values

	Sample Size	10%	5%	1%
I(0)	30	3.303	4.090	6.027
I(1)	30	3.797	4.663	6.760
I(0)	35	3.223	3.957	5.763
I(1)	35	3.757	4.530	6.480
I(0)	Asymptotic	3.020	3.620	4.940
I(1)	Asymptotic	3.510	4.160	5.580

* I(0) and I(1) are respectively the stationary and non-stationary bounds.

Πίνακας 3.10: Αποτελέσματα Ελέγχου Ορίων (ARDL Bounds Test).

Συνεχίζοντας με την εμπειρική εφαρμογή των θεωρητικών κανόνων του Ελέγχου Ορίων (Bounds Test) για το υπό εξέταση δείγμα, όπως αποτυπώνεται αναλυτικά στον πίνακα 3.10, διαπιστώνεται ότι η τιμή της στατιστικής F διαμορφώθηκε σε 8.8885. Όπως προκύπτει, η στατιστική F (8.8885) υπερβαίνει το άνω κρίσιμο όριο (το οποίο κατασκευάζεται υποθέτοντας ότι οι μεταβλητές είναι ολοκληρωμένες τάξης ένα) σε όλα τα συμβατικά επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας. Πιο συγκεκριμένα, σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, το άνω κρίσιμο όριο διαμορφώνεται σε 4.663 για δείγμα με N=30 και σε 4.530 για δείγμα με N = 35. Στο πλαίσιο αυτό, αξίζει να αναφερθεί ότι η υπολογισθείσα τιμή (8.8885) υπερβαίνει σημαντικά ακόμη και την τιμή 6.760, η οποία διαμορφώνεται σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, η μηδενική υπόθεση (H_0) περί απουσίας μακροχρόνιας σχέσης απορρίπτεται. Η συγκεκριμένη οικονομετρική συμπεριφορά πιστοποιεί με τον πλέον αξιόπιστο στατιστικά τρόπο ότι το συνολικό ΑΕΠ των χωρών της ΕΕ-27 και οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες δεν κινούνται διαχρονικά σε ανεξάρτητες πορείες. Αντιθέτως, διέπονται από μία μακροχρόνια σχέση ισορροπίας (συνολοκλήρωση).

3.5 Έλεγχος Αιτιότητας κατά Granger

Η έννοια της Αιτιότητας κατά Granger (Granger Causality) αναφέρεται σε μία περιορισμένης μορφής αιτιότητα, στην οποία οι υστερημένες τιμές μιας χρονολογικής σειράς είναι στατιστικά χρήσιμες για την πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών μίας άλλης, έχοντας πρώτα συμπεριληφθεί στο υπόδειγμα οι παρελθούσες τιμές της ίδιας της εξαρτημένης μεταβλητής (Wooldridge, 2013, σελ.658).

Σύμφωνα με την οικονομετρική θεωρία, εάν δύο μεταβλητές είναι ολοκληρωμένες της ίδιας τάξης και έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη μακροχρόνιας ισορροπίας (συνολοκλήρωσης) μεταξύ τους, προκειμένου να εξεταστεί η δυναμική τους σχέση απαιτείται η χρήση ενός Υποδείγματος Διόρθωσης Σφαλμάτων (Error Correction Model - ECM). Ωστόσο, η κλασική αυτή προσέγγιση δεν είναι άμεσα εφαρμόσιμη στην παρούσα μελέτη μιας και οι εξεταζόμενες μεταβλητές παρουσιάζουν διαφορετική τάξη ολοκλήρωσης. Έχοντας επιβεβαιώσει στην Ενότητα 3.4 την ύπαρξη σταθερής μακροχρόνιας σχέσης μεταξύ των μεταβλητών, το πλαίσιο του ARDL παρακάμπτει αυτόν τον περιορισμό και επιτρέπει τον τον ανασχηματισμό του υποδείγματος ARDL σε ένα Υπόδειγμα Διόρθωσης Σφάλματος (ECM).

Η γενική μαθηματική μορφή της εξίσωσης του Υποδείγματος Διόρθωσης Σφαλμάτων, προσαρμοσμένη στις μεταβλητές της παρούσας έρευνας, διατυπώνεται ως εξής :

$$\Delta LGDP_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p} a_i \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \gamma_j \Delta LLOSS_{t-j} + \delta EC_{t-1} + u_t$$

όπου:

Δ : ο τελεστής της πρώτης διαφοράς

β_0 : ο σταθερός όρος (intercept) της εξίσωσης

α_i , γ_j : είναι οι εκτιμώμενες παράμετροι οι οποίες αποτυπώνουν τη βραχυχρόνια δυναμική σύγκλισης

EC_{t-1} : είναι ο υστερημένος όρος διόρθωσης σφάλματος μίας περιόδου

δ : είναι ο συντελεστής της ταχύτητας προσαρμογής προς τη μακροχρόνια ισορροπία

u_t : ο διαταρακτικός όρος

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, οι δύο διακριτοί έλεγχοι μπορούν να αποτυπωθούν μέσω των ακόλουθων στατιστικών υποθέσεων :

Έλεγχος Βραχυχρόνιας Δυναμικής (Short Run Dynamics / Causality) :

Η βραχυχρόνια δυναμική σύγκλισης του μοντέλου προς την ισορροπία αποτυπώνεται μέσα από τους συντελεστές των πρώτων διαφορών (Nkoro & Uko, 2016). Ο έλεγχος της βραχυχρόνιας επίδρασης (Granger Causality) διενεργείται μέσα από την εξέταση της στατιστικής σημαντικότητας των υστερήσεων της ανεξάρτητης μεταβλητής :

- $H_0 : \gamma_j = 0$ (Δεν υφίσταται βραχυχρόνια αιτιώδης επίδραση)
- $H_1 : \gamma_j \neq 0$ (Υφίσταται βραχυχρόνια αιτιώδης επίδραση)

⊟ Error Correction

Dependent Variable: LGDP
Method: ARDL
Date: 04/26/26 Time: 17:22
Sample: 1991 2023
Included observations: 33
Lag selection: Automatic (deplags=1, reglags=1)
Selected model: ARDL(1,1) using AIC (2 models evaluated)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Cointegrating Equation				
COINTEQ	-0.056531	0.010588	-5.338969	0.0000
Short-run Regressors: Linear (Independent)				
D(LLOSS)	0.011172	0.003748	2.980994	0.0055

R-squared	0.183904	Mean dependent var	0.016424
Adjusted R-squared	0.157578	S.D. dependent var	0.022046
S.E. of regression	0.020234	Akaike info criterion	-4.904182
Sum squared resid	0.012692	Schwarz criterion	-4.813485
Log likelihood	82.91901	Hannan-Quinn criter.	-4.873665
F-statistic	6.985720	Durbin-Watson stat	2.113395
Prob(F-statistic)	0.012769		

Πίνακας 3.11: Αποτελέσματα Υποδείγματος Διόρθωσης Σφαλμάτων (ARDL Error Correction Regression).

Βάσει των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.11, ο συντελεστής της μεταβλητής D(LLOSS) ανέρχεται σε 0.011172, παρουσιάζοντας t-στατιστική τιμή ίση με 2.980994. Η τιμή του p-value ανέρχεται σε 0.0055, κάτι το οποίο καθιστά τον συντελεστή στατιστικά σημαντικό, όχι μόνο στο συμβατικό επίπεδο του 5%, αλλά και σε αυτό του 1%. Ως εκ τούτου, η μηδενική υπόθεση $H_0 : \gamma_j = 0$ απορρίπτεται και συνεπώς η μεταβλητή D(LLOSS) έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή της LGDP στη βραχυχρόνια περίοδο.

Η στατιστική αυτή τεκμηρίωση επιβεβαιώνει ότι οι κλιματικά σχετιζόμενες οικονομικές απώλειες ασκούν μια άμεση και σημαντική βραχυχρόνια αιτιώδη επίδραση στη διαμόρφωση του συνολικού Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος των χωρών της ΕΕ-27. Εξαιτίας της λογαριθμικής φύσης του υποδείγματος, ο συντελεστής ερμηνεύεται ως ελαστικότητα, κάτι το οποίο καθιστά φανερό ότι μία αύξηση των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών κατά 1% θα οδηγήσει σε μία οριακά βραχυχρόνια αύξηση του συνολικού ΑΕΠ των χωρών της ΕΕ-27 κατά 0.011%. Το θετικό αυτό πρόσημο της επίδρασης, παρά το γεγονός ότι έρχεται σε αντιδιαστολή με την έννοια της οικονομικής καταστροφής, ερμηνεύεται από την παραδοχή ότι οι επενδύσεις ανασυγκρότησης που ακολουθούν ένα ακραίο κλιματικό φαινόμενο προσμετρώνται θετικά στο συνολικό ΑΕΠ, παρά την υποκείμενη απώλεια κεφαλαίου.

Μετά την εξέταση της βραχυχρόνιας δυναμικής, η ανάλυση επικεντρώνεται στον προσδιορισμό της Μακροχρόνιας Προσαρμογής (Long-run Adjustment).

Μακροχρόνια Προσαρμογή (Long-run Adjustment) :

Η μακροχρόνια διάσταση της σχέσης και η επαναφορά στην ισορροπία εκφράζονται μέσω του Όρου Διόρθωσης Σφάλματος (**EC_{t-1}**). Σύμφωνα με τους Nkoro και Uko (2016), ο συγκεκριμένος όρος λειτουργεί ως παράμετρος ταχύτητας προσαρμογής (speed of adjustment parameter). Πιο συγκεκριμένα, μετρά το ποσοστό της ανισορροπίας ή απόκλισης της προηγούμενης περιόδου το οποίο διορθώνεται και προσαρμόζεται κατά την τρέχουσα περίοδο.

Η αξιολόγηση της μακροχρόνιας προσαρμογής πραγματοποιείται μέσα από τον έλεγχο των ακόλουθων στατιστικών υποθέσεων για τον συντελεστή δ του όρου **EC_{t-1}** :

- $H_0 : \delta = 0$ (Απουσία μακροχρόνιας προσαρμογής)

- $H_1 : \delta < 0$ (Ύπαρξη μακροχρόνιας προσαρμογής)

Βάσει των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.11, ο συντελεστής του όρου COINTEQ εκτιμάται σε -0.056531, ενώ το p-value ισούται με 0.0000, γεγονός που οδηγεί σε απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης. Το αρνητικό και στατιστικά σημαντικό πρόσημο του συντελεστή (-0.0565), υποδηλώνει την ύπαρξη μηχανισμού μακροχρόνιας προσαρμογής. Ειδικότερα, το 5.65% της συνολικής απόκλισης από τη μακροχρόνια ισορροπία διορθώνεται ετησίως, κάτι το οποίο φανερώνει τη σταδιακή σύγκλιση του συστήματος προς την ισορροπία. Επιπλέον, μέσα από τον υπολογισμό του αντίστροφου της ταχύτητας προσαρμογής (1/0.056531), προκύπτει ότι η ευρωπαϊκή οικονομία χρειάζεται κατά προσέγγιση 17,7 έτη προκειμένου να απορροφήσει τις επιδράσεις των κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών στο ΑΕΠ και να συγκλίνει εκ νέου προς τη μακροχρόνια ισορροπία. Μέσα από το εύρημα αυτό ανακύπτει ο σχετικά βραδύς ρυθμός προσαρμογής, γεγονός που αντανακλά τη διαχρονική επίδραση των κλιματικών διαταραχών στη μακροοικονομική δραστηριότητα.

3.6 Διερεύνηση Ετεροσκεδαστικότητας στα Κατάλοιπα του Υποδείγματος

Μία από τις θεμελιώδεις υποθέσεις στο κλασικό γραμμικό υπόδειγμα είναι η υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας (homoskedasticity). Σύμφωνα με τον Wooldridge (2013), η ομοσκεδαστικότητα ορίζεται ως η ιδιότητα όπου τα σφάλματα ενός υποδείγματος παλινδρόμησης παρουσιάζουν σταθερή διακύμανση δεδομένων των ερμηνευτικών μεταβλητών, δηλαδή «The errors in a regression model have constant variance conditional on the explanatory variables» (Wooldridge, 2013, σελ. 850). Ειδικότερα, όσον αφορά δεδομένα χρονολογικών σειρών, η υπόθεση αυτή ορίζει ότι το σφάλμα u_t έχει την ίδια διακύμανση ανεξαρτήτως των τιμών των ερμηνευτικών μεταβλητών $[Var(u_t|X) = \sigma^2]$ (Wooldridge, 2013, σελ. 352).

Σε περίπτωση που η συγκεκριμένη υπόθεση παραβιαστεί, τότε τα σφάλματα του υποδείγματος χαρακτηρίζονται από ετεροσκεδαστικότητα (heteroskedasticity). Σύμφωνα με την οικονομετρική θεωρία, η ετεροσκεδαστικότητα υπάρχει όταν η διακύμανση του διαταρακτικού όρου, δεδομένων των ερμηνευτικών μεταβλητών, δεν είναι σταθερή (Wooldridge, 2013, σελ. 849). Η παρουσία ετεροσκεδαστικότητας, παρά το γεγονός ότι δεν προκαλεί μεροληψία στους εκτιμητές, ακυρώνει τόσο την εγκυρότητα των συνήθων τυπικών στατιστικών σφαλμάτων όσο και των στατιστικών ελέγχων t και F, καθιστώντας τη στατιστική συμπερασματολογία αναξιόπιστη, με εξαίρεση τις περιπτώσεις που

χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα ανθεκτικά τυπικά σφάλματα, γνωστά ως «Heteroskedasticity-Robust Standard Error».

Έχοντας ως απώτερο σκοπό τη διασφάλιση της στατιστικής επάρκειας και την αξιοπιστία των εκτιμήσεων του υποδείγματος ARDL-ECM που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες ενότητες, κρίνεται σημαντική η διενέργεια διαγνωστικού ελέγχου στα εκτιμώμενα κατάλοιπα. Στη σύγχρονη εμπειρική ανάλυση, ένας από τους πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους ελέγχους για τη διάγνωση της ετεροσκεδαστικότητας είναι ο έλεγχος Breusch-Pagan. Η λογική του συγκεκριμένου ελέγχου στηρίζεται στην εκτίμηση μίας βοηθητικής παλινδρόμησης, κατά την οποία τα τετράγωνα των καταλοίπων που προκύπτουν από τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (OLS) παλινδρομούνται ως προς τις ερμηνευτικές μεταβλητές του αρχικού υποδείγματος.

Οι στατιστικές υποθέσεις του ελέγχου διαμορφώνονται ως ακολούθως :

- H_0 : Τα κατάλοιπα του υποδείγματος είναι ομοσκεδαστικά.
- H_1 : Τα κατάλοιπα του υποδείγματος είναι ετεροσκεδαστικά.

Τα αποτελέσματα του διαγνωστικού ελέγχου ετεροσκεδαστικότητας Breusch-Pagan-Godfrey για το εκτιμηθέν υπόδειγμα παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα :

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	1.121926	Prob. F(3,29)	0.3564
Obs*R-squared	3.431731	Prob. Chi-Square(3)	0.3297
Scaled explained SS	6.353311	Prob. Chi-Square(3)	0.0956

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 04/27/26 Time: 21:51
Sample (adjusted): 1991 2023
Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.030880	0.017248	-1.790396	0.0838
LGDP(-1)	0.001986	0.001126	1.764210	0.0882
LLOSS	-0.000148	0.000213	-0.693522	0.4935
LLOSS(-1)	-5.76E-05	0.000206	-0.279341	0.7820

R-squared	0.103992	Mean dependent var	0.000385
Adjusted R-squared	0.011301	S.D. dependent var	0.000855
S.E. of regression	0.000850	Akaike info criterion	-11.18857
Sum squared resid	2.10E-05	Schwarz criterion	-11.00717
Log likelihood	188.6113	Hannan-Quinn criter.	-11.12753
F-statistic	1.121926	Durbin-Watson stat	1.827193
Prob(F-statistic)	0.356367		

Πίνακας 3.12: Αποτελέσματα διαγνωστικού ελέγχου ετεροσκεδαστικότητας Breusch-Pagan-Godfrey.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ελέγχου ετεροσκεδαστικότητας για το εκτιμηθέν υπόδειγμα ARDL(1,1), η στατιστική τιμή Obs*R-squared ανέρχεται σε 3.431731, με την αντίστοιχη πιθανότητα Prob. Chi-Square (3) να διαμορφώνεται σε 0.3297. Καθώς η τιμή της πιθανότητας (p-value) υπερβαίνει το κρίσιμο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (0.05), η μηδενική υπόθεση περί ομοσκεδαστικότητας των καταλοίπων δεν απορρίπτεται. Ως εκ τούτου, οι εκτιμητές του OLS του ARDL-ECM παραμένουν BLUE (Best Linear Unbiased Estimators), τα εκτιμώμενα τυπικά σφάλματα είναι αξιόπιστα και οι στατιστικοί έλεγχοι (t και F) μπορούν να ερμηνευθούν με ασφάλεια.

3.7 Διερεύνηση Αυτοσυσχέτισης στα Κατάλοιπα του Υποδείγματος

Μία ακόμη θεμελιώδης υπόθεση του κλασικού γραμμικού υποδείγματος για την ανάλυση χρονολογικών σειρών είναι η απουσία σειριακής συσχέτισης μεταξύ των διαταρακτικών όρων. Η συγκεκριμένη υπόθεση υπαγορεύει ότι, δεδομένων των ερμηνευτικών μεταβλητών, τα σφάλματα σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους είναι ασυσχέτιστα («Conditional on X, the errors in two different time periods are uncorrelated») (Wooldridge, 2013, σελ. 353).

Σε περίπτωση παραβίασης της υπόθεσης αυτής, τα σφάλματα χαρακτηρίζονται από αυτοσυσχέτιση. Σύμφωνα με την οικονομετρική θεωρία, εάν οι ερμηνευτικές μεταβλητές είναι αυστηρά εξωγενείς, η παρουσία αυτοσυσχέτισης δεν προκαλεί μεροληψία (bias) ή ασυνέπεια (inconsistency) στους εκτιμητές της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων (OLS) (Wooldridge, 2013, σελ. 413). Παραταύτα, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της ετεροσκεδαστικότητας, η ύπαρξη αυτοσυσχέτισης ακυρώνει την εγκυρότητα των συνήθων τυπικών σφαλμάτων καθώς και των στατιστικών ελέγχων t και F, καθιστώντας τη στατιστική συμπερασματολογία αναξιόπιστη (Wooldridge, 2013, σελ. 435).

Η ενσωμάτωση υστερημένων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής στο υπόδειγμα ECM οδηγεί σε έναν σημαντικό μεθοδολογικό περιορισμό. Πιο συγκεκριμένα, λόγω της δυναμικής φύσης του εκτιμηθέντος υποδείγματος, η χρήση του ελέγχου Durbin-Watson για τον έλεγχο της αυτοσυσχέτισης καθίσταται ακατάλληλη. Προκειμένου να ξεπεραστεί ο περιορισμός αυτός και τα αποτελέσματα να είναι αξιόπιστα, η σύγχρονη βιβλιογραφία προτείνει τη χρήση του ελέγχου του πολλαπλασιαστή Lagrange (LM), ο οποίος είναι

ευρύτερα γνωστός ως έλεγχος Breusch-Godfrey. Η στατιστική LM του ελέγχου υπολογίζεται με βάση τον ακόλουθο τύπο :

$$\mathbf{LM = (n - q)R^2_{\hat{u}}}$$

όπου :

$\mathbf{R^2_{\hat{u}}}$: Είναι ο συντελεστής προσδιορισμού που προκύπτει από τη βοηθητική παλινδρόμηση των καταλοίπων

Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι υπό τη μηδενική υπόθεση ακολουθεί την κατανομή χ-τετράγωνο με q βαθμούς ελευθερίας.

Οι στατιστικές υποθέσεις του ελέγχου Breusch-Godfrey διατυπώνονται ως εξής :

- H_0 : Δεν υφίσταται αυτοσυσχέτιση (τα κατάλοιπα δεν είναι σειριακά συσχετισμένα)
- H_1 : Υφίσταται αυτοσυσχέτιση τάξης q

Τα αποτελέσματα του διαγνωστικού ελέγχου αυτοσυσχέτισης Breusch-Godfrey LM Test για το εκτιμηθέν υπόδειγμα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.13.

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:
Null hypothesis: No serial correlation at up to 1 lag

F-statistic	0.196483	Prob. F(1,28)	0.6610
Obs*R-squared	0.229955	Prob. Chi-Square(1)	0.6316

Test Equation:
Dependent Variable: RESID
Method: ARDL
Date: 04/29/26 Time: 19:03
Sample (adjusted): 1991 2023
Included observations: 33 after adjustments
Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGDP(-1)	0.003339	0.029081	0.114806	0.9094
LLOSS	-0.000565	0.005470	-0.103291	0.9185
LLOSS(-1)	-0.000130	0.005150	-0.025334	0.9800
C	-0.049142	0.444373	-0.110586	0.9127
RESID(-1)	-0.088389	0.199404	-0.443264	0.6610

R-squared	0.006968	Mean dependent var	7.14E-16
Adjusted R-squared	-0.134893	S.D. dependent var	0.019916
S.E. of regression	0.021216	Akaike info criterion	-4.729357
Sum squared resid	0.012604	Schwarz criterion	-4.502613
Log likelihood	83.03439	Hannan-Quinn criter.	-4.653065
F-statistic	0.049121	Durbin-Watson stat	1.982608
Prob(F-statistic)	0.995200		

Πίνακας 3.13: Αποτελέσματα Ελέγχου Αυτοσυσχέτισης Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.13, η υπολογισθείσα τιμή της στατιστικής F ανέρχεται σε 0.1964 με αντίστοιχη πιθανότητα (p-value) ίση με 0.6610, ενώ η στατιστική ελέγχου Obs*R-squared διαμορφώνεται σε 0.2299 με αντίστοιχη πιθανότητα 0.6316. Λαμβάνοντας υπόψιν το γεγονός ότι αμφότερες οι πιθανότητες υπερβαίνουν κατά πολύ το συμβατικό επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας του 5%, η μηδενική υπόθεση περί απουσίας αυτοσυσχέτισης γίνεται δεκτή. Ως εκ τούτου, το αποτέλεσμα αυτό καταδεικνύει ότι τα κατάλοιπα του υποδείγματος δεν παρουσιάζουν σειριακή συσχέτιση, επιβεβαιώνοντας απόλυτα την ορθή δυναμική εξειδίκευση του υποδείγματος ARDL-ECM, καθώς και τη στατιστική εγκυρότητα των εξαγόμενων αποτελεσμάτων.

3.8 Προχωρημένοι Διαγνωστικοί Έλεγχοι του Υποδείγματος

3.8.1 Έλεγχος Ευστάθειας των Εκτιμηθέντων Συντελεστών (CUSUM & CUSUMSQ Tests)

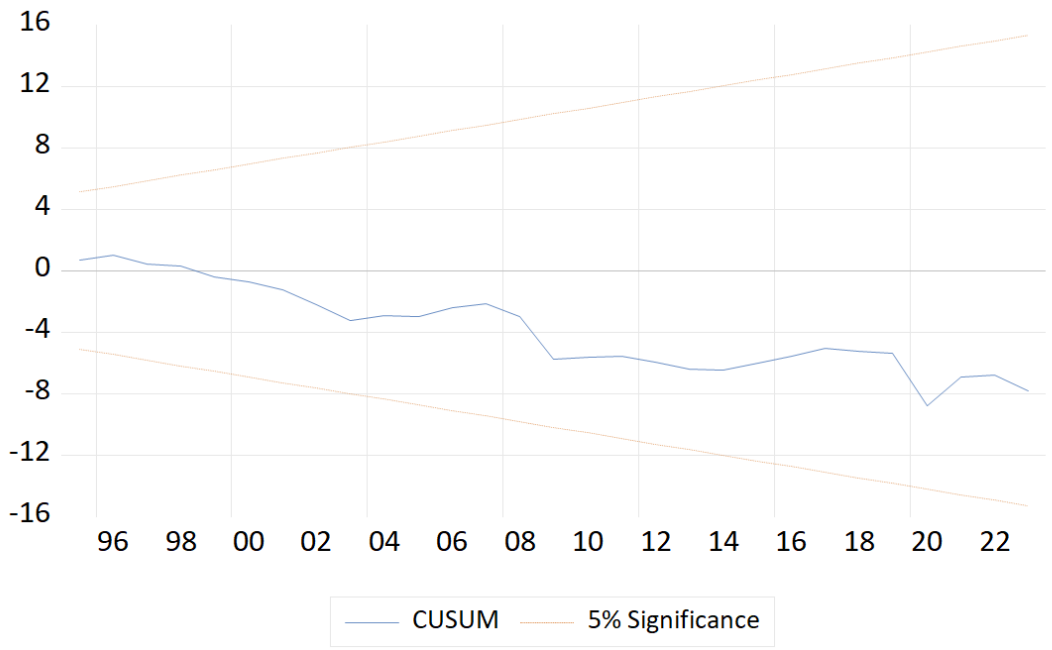
Η διασφαλίση της σταθερότητας των εκτιμηθέντων συντελεστών είναι αναγκαία προκειμένου να διαπιστωθεί εάν οι μακροχρόνιες και βραχυχρόνιες παράμετροι του υποδείγματος ARDL-ECM παραμένουν αμετάβλητες κατά την περίοδο 1990-2023. Η ανάγκη αυτή πηγάζει από το γεγονός ότι η ευρωπαϊκή οικονομία υπέστη σημαντικούς κλυδωνισμούς κατά τη διάρκεια της υπό εξέταση περιόδου (χρηματοπιστωτική κρίση 2008, πανδημία Covid-19 κλπ.), οι οποίοι ενδέχεται να έχουν προκαλέσει διαρθρωτικές αλλαγές στη σχέση μεταξύ ΑΕΠ και κλιματικά σχετιζόμενων οικονομικών απωλειών.

Προκειμένου να αξιολογηθεί αυτή ακριβώς η σταθερότητα των παραμέτρων (parameter stability) έναντι των παραπάνω κλυδωνισμών, εφαρμόζονται οι έλεγχοι του αθροιστικού σφάλματος των αναδρομικών καταλοίπων (Cumulative Sum of Recursive Residuals – CUSUM) και του αθροιστικού τετραγωνικού σφάλματος των αναδρομικών καταλοίπων (Cumulative Sum of Squares of Recursive Residuals - CUSUMQ).

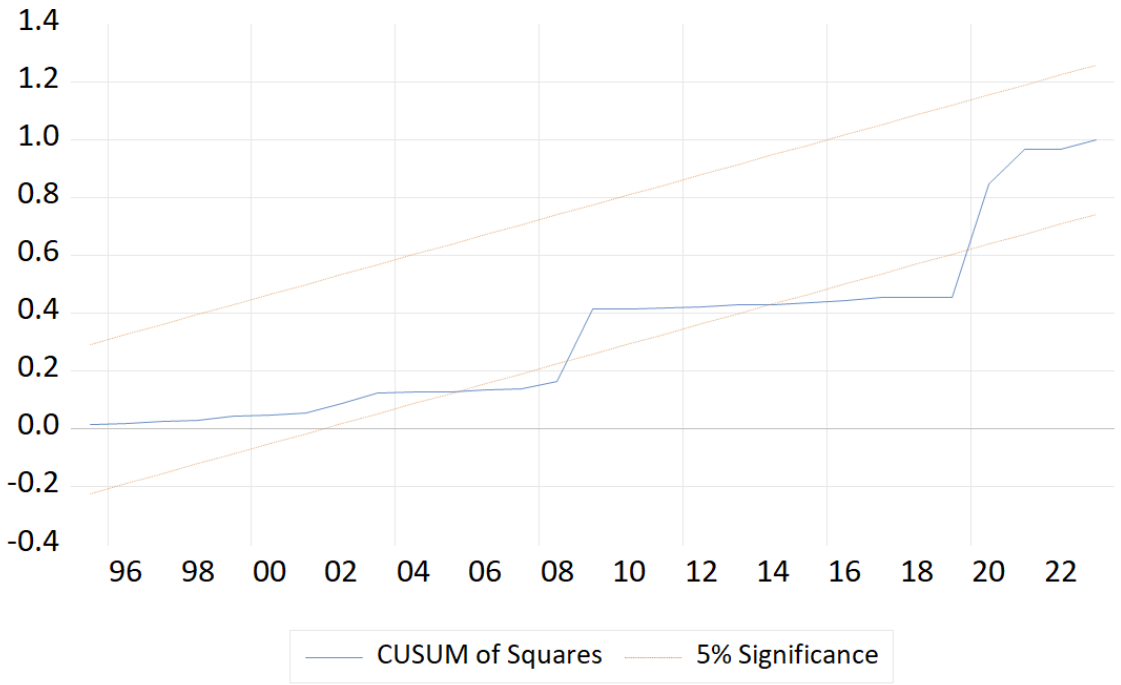
Σύμφωνα με τη σχετική οικονομετρική μεθοδολογία (Pesaran & Pesaran, 1977), ο έλεγχος CUSUM εφαρμόζεται προκειμένου να εντοπίσει συστηματικές μεταβολές

(systemic changes) στους συντελεστές παλινδρόμησης. Από την άλλη πλευρά, ο έλεγχος CUSUMQ ανιχνεύει τις ξαφνικές μεταβολές και τις αποκλίσεις από τη σταθερότητα των εκτιμώμενων συντελεστών. Η αξιολόγηση των ελέγχων αυτών γίνεται μέσω γραφικής απεικόνισης. Πιο συγκεκριμένα, εάν οι καμπύλες των στατιστικών CUSUM και CUSUMQ εμπίπτουν και παραμένουν εντός των κρίσιμων ορίων του διαστήματος εμπιστοσύνης 5%, τότε υποδεικνύεται η απουσία οποιασδήποτε αστάθειας στους συντελεστές.

Τα αποτελέσματα των ελέγχων CUSUM και CUSUMQ για το εκτιμηθέν υπόδειγμα παρουσιάζονται στα ακόλουθα διαγράμματα :



Διάγραμμα 3.3: Γράφημα Ελέγχου CUSUM για την ευστάθεια του υποδείγματος.



Διάγραμμα 3.4: Γράφημα Ελέγχου CUSUMQ για την ευστάθεια του υποδείγματος.

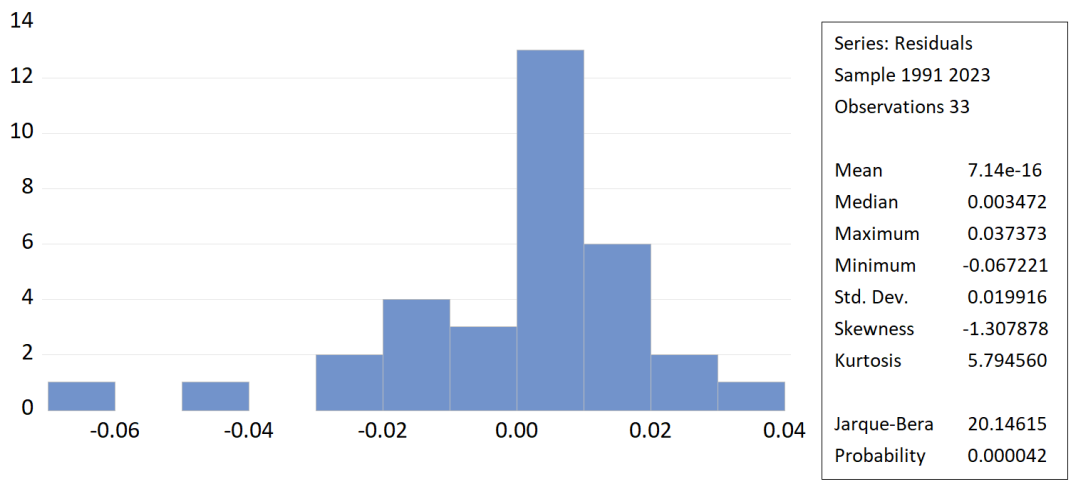
Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων αναδεικνύει μία διττή στατιστική συμπεριφορά, η οποία συνάδει με το ρευστό μακροοικονομικό περιβάλλον της υπό εξέταση περιόδου. Πιο συγκεκριμένα, η καμπύλη της στατιστικής CUSUM, όπως αποτυπώνεται και στο διάγραμμα 3.3, παραμένει σταθερά εντός των κρίσιμων ορίων του διαστήματος εμπιστοσύνης 5%, κάτι το οποίο καταδεικνύει την απουσία συστηματικών μεταβολών στους συντελεστές παλινδρόμησης και επιβεβαιώνει τη μακροχρόνια ευστάθεια της υπό ανάλυσης σχέσης. Αντίθετα, στο διάγραμμα 3.4 η στατιστική CUSUMQ υπερβαίνει τα αντίστοιχα όρια, ανιχνεύοντας την ύπαρξη απότομων αποκλίσεων. Σύμφωνα με τον Turner (2010), η ύπαρξη αντιφατικών ευρημάτων μεταξύ των δύο ελέγχων είναι αναμενόμενη, μιας και η στατιστική τους ισχύ εξαρτάται από τη φύση της διαρθρωτικής αλλαγής. Παρά το γεγονός ότι ο έλεγχος CUSUM υπερτερεί στον εντοπισμό μεταβολών στον σταθερό όρο, ο έλεγχος CUSUMQ διαθέτει μεγαλύτερη στατιστική ισχύ στην ανίχνευση διαρθρωτικών αλλαγών οι οποίες αφορούν τους συντελεστές κλίσης ή τη διακύμανση του όρου σφάλματος. Ως εκ τούτου, η διαρθρωτική αστάθεια η οποία αποτυπώνεται μόνο στο CUSUMQ δεν αποτελεί αδυναμία του υποδείγματος. Απεναντίας, συνιστά μια φυσιολογική αντανάκλαση των εξωγενών κλυδωνισμών που επηρέασαν το ΑΕΠ κατά τη διάρκεια της υπό εξέταση περιόδου.

3.8.2 Έλεγχος Κανονικότητας της Κατανομής των Καταλοίπων (Jarque–Bera Test)

Στο πλαίσιο της αξιολόγησης του εκτιμηθέντος υποδείγματος ARDL-ECM , ο έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής των καταλοίπων καθίσταται ιδιαίτερα σημαντικός. Ειδικότερα, η ικανοποίηση της υπόθεσης της κανονικότητας διασφαλίζει ότι οι στατιστικοί έλεγχοι t και F ακολουθούν τις ακριβείς τους κατανομές, επιτρέποντας τη διεξαγωγή ακριβούς στατιστικής συμπερασματολογίας (Wooldridge, 2013). Προκειμένου να διερευνηθεί η συγκεκριμένη υπόθεση, εφαρμόζεται ο στατιστικός έλεγχος Jarque-Bera (JB), ο οποίος αξιολογεί το κατά πόσο η κατανομή των καταλοίπων αποκλίνει από την κανονική, εξετάζοντας παράλληλα τους συντελεστές ασυμμετρίας (skewness) και κύρτωσης (kurtosis). Όπως αναφέρουν οι Thadewald και Büning (2007), υπό την προϋπόθεση της κανονικότητας , οι θεωρητικές τιμές της ασυμμετρίας και κύρτωσης ισούνται με 0 και 3, αντίστοιχα, ενώ η στατιστική του ελέγχου ακολουθεί ασυμπτωτικά την κατανομή χ^2 με δύο βαθμούς ελευθερίας.

Οι στατιστικές υποθέσεις του ελέγχου διατυπώνονται ως ακολούθως :

- H_0 : Τα κατάλοιπα του υποδείγματος ακολουθούν την κανονική κατανομή.
- H_1 : Τα κατάλοιπα του υποδείγματος δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή.



Πίνακας 3.14: Αποτελέσματα Διαγνωστικού Ελέγχου Κανονικότητας των Καταλοίπων (Jarque-Bera Test).

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του ελέγχου που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.14, η υπολογισθείσα τιμή της στατιστικής Jarque-Bera ανέρχεται σε 20.14615 και η αντίστοιχη πιθανότητα διαμορφώνεται σε 0.000042. Επειδή η τιμή της πιθανότητας είναι σημαντικά μικρότερη από το κρίσιμο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (α=0.05), η μηδενική υπόθεση (H_0) απορρίπτεται. Ως εκ τούτου, τα κατάλοιπα του υποδείγματος παρουσιάζουν απόκλιση από την κανονική κατανομή. Παρά το γεγονός αυτό, η αξιοπιστία της εμπειρικής ανάλυσης δεν αναιρείται. Όπως άλλωστε επισημαίνεται στη βιβλιογραφία, η στατιστική δομή του εν λόγω ελέγχου, (καθώς βασίζεται αποκλειστικά στη μέτρηση της ασυμμετρίας και της κύρτωσης), τον καθιστά εξαιρετικά ευάλωτο σε μεμονωμένες παρατηρήσεις, κάτι το οποίο οδηγεί συχνά σε απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης (Brys, Hubert & Struyf, 2004). Λαμβάνοντας υπόψιν το γεγονός ότι στο υπό εξέταση δείγμα περιλαμβάνονται περίοδοι έντονων μακροοικονομικών και κλιματικών διαταραχών, η εμφάνιση τέτοιων ακραίων τιμών στα κατάλοιπα του υποδείγματος θεωρείται φυσιολογική. Επιπρόσθετα, σε δείγματα επαρκούς μεγέθους, η μη ικανοποίηση της κανονικότητας υπερκεράζεται χάρη στο Κεντρικό Οριακό Θεώρημα. Αυτό συμβαίνει διότι οι εκτιμητές του υποδείγματος χαρακτηρίζονται από ασυμπτωτική κανονικότητα, προσεγγίζοντας την κανονική κατανομή ανεξάρτητα από την πραγματική μορφή που ακολουθεί ο όρος σφάλματος στον πληθυσμό (Wooldridge, 2013).

3.8.3 Έλεγχος Σωστής Εξειδίκευσης του Υποδείγματος (Ramsey RESET Test)

Η διαγνωστική διαδικασία για το υπόδειγμα ARDL-ECM ολοκληρώνεται εξετάζοντας την ορθότητα της συναρτησιακής του εξειδίκευσης. Σύμφωνα με την οικονομετρική θεωρία, ένα υπόδειγμα πάσχει από σφάλμα εξειδίκευσης όταν παραλείπεται μία μεταβλητή η οποία αποτελεί συνάρτηση μιας ήδη υπάρχουσας ερμηνευτικής μεταβλητής του μοντέλου (Wooldridge, 2013). Η παραβίαση της σωστής συναρτησιακής σχέσης μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών είναι ιδιαίτερα κρίσιμη, μιας και θα μπορούσε να οδηγήσει σε παραγωγή μεροληπτικών εκτιμητών. Προκειμένου να καταστεί εφικτή η ανίχνευση τέτοιου είδους σφαλμάτων, εφαρμόζεται ο Έλεγχος Σφάλματος Εξειδίκευσης Παλινδρόμησης, ο οποίος είναι γνωστός ως RESET (Regression Specification Error Test). Πρόκειται για έναν έλεγχο που αξιολογεί τη δομή του υποδείγματος ούτως ώστε να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν ενδείξεις λανθασμένης συναρτησιακής μορφής στα δεδομένα (Wooldridge, 2013).

Οι στατιστικές υποθέσεις του ελέγχου Ramsey RESET διατυπώνονται ως ακολούθως :

- H_0 : Το υπόδειγμα είναι ορθά εξειδικευμένο.
- H_1 : Το υπόδειγμα δεν είναι ορθά εξειδικευμένο.

Ramsey RESET Test
Equation: UNTITLED
Omitted Variables: Squares of fitted values
Specification: LGDP LGDP(-1) LLOSS LLOSS(-1) C

	Value	df	Probability
t-statistic	1.812000	28	0.0807
F-statistic	3.283345	(1, 28)	0.0807
Likelihood ratio	3.659084	1	0.0558

F-test summary:

	Sum of Sq.	df	Mean Squares
Test SSR	0.001332	1	0.001332
Restricted SSR	0.012692	29	0.000438
Unrestricted SSR	0.011360	28	0.000406

LR test summary:

	Value
Restricted LogL	82.91901
Unrestricted LogL	84.74855

Πίνακας 3.15: Αποτελέσματα Ελέγχου Ορθής Εξειδίκευσης (Ramsey RESET Test).

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του ελέγχου που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.15, η υπολογισθείσα τιμή της στατιστικής F ισούται με 3.283345, με την αντίστοιχη πιθανότητα (p-value) να διαμορφώνεται σε 0.0807. Επειδή η τιμή της πιθανότητας είναι μεγαλύτερη από το κρίσιμο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (α=0.05), η μηδενική υπόθεση (H_0) γίνεται δεκτή. Ως εκ τούτου, η συναρτησιακή μορφή του εκτιμηθέντος δυναμικού υποδείγματος ARDL-ECM είναι ορθά εξειδικευμένη, γεγονός το οποίο ενισχύει περαιτέρω την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των εμπειρικών ευρημάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

4.1 Παρουσίαση κυρίων συμπερασμάτων

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως κεντρικό ερευνητικό σκοπό την εμπειρική διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών και του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος στα κράτη μέλη της ΕΕ-27. Καλύπτοντας μια εκτενή χρονική περίοδο από το 1990 έως το 2023, η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην ποσοτική αποτύπωση των μακροοικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, αξιοποιώντας οικονομετρικές μεθόδους ανάλυσης χρονοσειρών, και ειδικότερα το Αυτοπαλίνδρομο Υπόδειγμα Κατανεμημένων Υστερήσεων (ARDL) και το Υπόδειγμα Διόρθωσης Σφαλμάτων (ECM). Συγχρόνως, μέσα από τη συνδυαστική αξιολόγηση του θεωρητικού υποβάθρου και των εμπειρικών ευρημάτων, προκύπτουν θεμελιώδη συμπεράσματα για τη βραχυχρόνια και μακροχρόνια δυναμική της εξεταζόμενης μακροοικονομικής σχέσης.

Το πρώτο θεμελιώδες και ουσιαστικό εύρημα της ανάλυσης προκύπτει μέσα από τη διερεύνηση της τάξης ολοκλήρωσης των υπό εξέταση μεταβλητών. Ειδικότερα, μέσω της εφαρμογής του Επαυξημένου Ελέγχου Dickey-Fuller (ADF) διαπιστώνεται ότι οι μεταβλητές LLOSS και LGDP παρουσιάζουν ανομοιογένεια ως προς τις ιδιότητες στασιμότητάς τους, καθώς δεν εμφανίζουν την ίδια τάξη ολοκλήρωσης. Από τη μία πλευρά, η λογαριθμική αποτύπωση του ΑΕΠ (LGDP) αποδεικνύεται μη στάσιμη στα επίπεδα της και στάσιμη στις πρώτες διαφορές της, αποτελώντας μεταβλητή ολοκληρωμένη τάξης ένα, δηλαδή I(1). Από την άλλη πλευρά, οι Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες (LLOSS) αποδεικνύονται στάσιμες ήδη από τα επίπεδά τους, αποτελώντας κατ' αυτόν τον τρόπο μεταβλητή ολοκληρωμένη τάξης μηδέν, δηλαδή I(0). Η παρουσία μεταβλητών με διαφορετική τάξη ολοκλήρωσης αποκλείει τη χρήση των κλασικών μεθόδων συνολοκλήρωσης. Ως εκ τούτου, υιοθετείται η προσέγγιση ARDL, η οποία υπερέχει λόγω της ευελιξίας της να αποδίδει έγκυρα τα αποτελέσματα ανεξάρτητα από το εάν οι μεταβλητές είναι αποκλειστικά I(0) ή I(1) (Nkoro & Uko, 2016).

Μέσα από την εφαρμογή του Ελέγχου Ορίων (Bounds Test) στο εξειδικευμένο υπόδειγμα ARDL(1,1), επιβεβαιώνεται η ύπαρξη μίας σταθερής μακροχρόνιας σχέσης ισορροπίας (συνολοκλήρωσης). Πιο συγκεκριμένα, η υπολογισθείσα στατιστική F ανέρχεται σε 8.8885, τιμή η οποία υπερβαίνει το άνω κρίσιμο όριο ακόμη και στο επίπεδο σημαντικότητας του 1%. Πρόκειται για ένα εύρημα υψίστης σημασίας, το οποίο πιστοποιεί ότι το συνολικό ΑΕΠ των χωρών της ΕΕ-27 και οι Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες δεν αποτελούν μεγέθη ανεξάρτητα διαχρονικά. Απεναντίας, βρίσκονται σε μία ισχυρή μακροχρόνια αλληλεξάρτηση, επιβεβαιώνοντας την παραδοχή

πως οι επιπτώσεις των κλιματικών κινδύνων έχουν καταστεί δομικό στοιχείο του μακροοικονομικού περιβάλλοντος.

Συνεχίζοντας με την εξέταση της βραχυχρόνιας δυναμικής μέσω του Υποδείγματος Διόρθωσης Σφαλμάτων (ECM) και του Ελέγχου Αιτιότητας κατά Granger, αναδεικνύεται μία φαινομενικά παράδοξη αλλά συνάμα πλήρως τεκμηριωμένη συμπεριφορά. Ειδικότερα, διαπιστώνεται ότι οι Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες ασκούν άμεση, στατιστικά σημαντική, βραχυχρόνια επίδραση στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν. Ο συντελεστής ελαστικότητας δείχνει ότι μία αύξηση των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών κατά 1% θα προκαλούσε μια οριακή βραχυχρόνια αύξηση του συνολικού ΑΕΠ των χωρών της ΕΕ-27 κατά 0.011%. Αν και το θετικό αυτό πρόσημο εναντιώνεται εκ πρώτης όψεως με τη φύση μίας καταστροφής, ερμηνεύεται πλήρως από τους μεθοδολογικούς περιορισμούς του ΑΕΠ. Όπως άλλωστε επισημαίνει η Fraumeni (2022), ο συγκεκριμένος δείκτης ενδέχεται να παρουσιάζει αυξημένη τιμή μετά από φυσικές καταστροφές καθώς και σε περιόδους στρατιωτικών συγκρούσεων. Αυτό συμβαίνει διότι προσμετρώνται θετικά οι επενδύσεις ανασυγκρότησης που αναγκαστικά ακολουθούν ένα ακραίο φαινόμενο, παρά την υποκείμενη απώλεια κεφαλαίου.

Ωστόσο, αυτή η παροδική και βραχυχρόνια αύξηση που παρουσιάζει το συνολικό ΑΕΠ αντισταθμίζεται δραματικά στον μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Ο μηχανισμός μακροχρόνιας προσαρμογής (Long-run adjustment) αναδεικνύει το πραγματικό δομικό κόστος των κλιματικών φαινομένων για τις χώρες της ΕΕ-27. Σύμφωνα με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, προκύπτει ότι μόλις το 5.65% της συνολικής απόκλισης από τη μακροχρόνια ισορροπία διορθώνεται ετησίως. Κατά συνέπεια, υπολογίζεται ότι η ευρωπαϊκή οικονομία χρειάζεται κατά προσέγγιση 17.7 έτη προκειμένου να απορροφήσει πλήρως τις μακροοικονομικές επιδράσεις των κλιματικών απωλειών και να συγκλίνει εκ νέου στη μακροχρόνια αναπτυξιακή της ισορροπία. Ο χαμηλός αυτός ρυθμός προσαρμογής συνιστά ένα κρίσιμο συμπέρασμα της έρευνας, καθώς συνδέεται άμεσα με τη διαπίστωση της διεθνούς βιβλιογραφίας ότι οι κλιματικές καταστροφές προκαλούν μακροχρόνιες μειώσεις στον ρυθμό μεγέθυνσης του ΑΕΠ (Carleton & Hsiang, 2016) και υπονομεύουν τη μελλοντική ικανότητα συσσώρευσης κεφαλαίου.

Προς τη διασφάλιση της εγκυρότητας και της στιβαρότητας (robustness) των ανωτέρω εκτιμήσεων, το οικονομετρικό υπόδειγμα υποβλήθηκε σε μία εκτενή σειρά διαγνωστικών ελέγχων, τα αποτελέσματα των οποίων επιβεβαιώνουν τη στατιστική του επάρκεια. Μέσω του ελέγχου Breusch-Pagan-Godfrey επιβεβαιώνεται η ύπαρξη ομοσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα (p-value=0.3297), γεγονός που διασφαλίζει ότι οι εκτιμητές του υποδείγματος παραμένουν άριστοι, γραμμικοί και αμερόληπτοι (BLUE).

Επιπλέον, ο έλεγχος Breusch-Godfrey LM αποκλείει το ενδεχόμενο αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων (p-value = 0.6610), επιβεβαιώνοντας την ορθή δυναμική εξειδίκευση του υποδείγματος. Παράλληλα, μέσα από τον έλεγχο Ramsey RESET (p-value = 0.0807) επιβεβαιώνεται ότι το υπόδειγμα δεν πάσχει από σφάλμα συναρτησιακής εξειδίκευσης.

Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντικό να γίνει αναφορά στα αποτελέσματα των ελέγχων δοκιμής ευστάθειας CUSUM και CUSUMQ, οι οποίοι αναδεικνύουν μία διττή συμπεριφορά : ο CUSUM πιστοποιεί τη μακροχρόνια σταθερότητα των συντελεστών, ενώ ο CUSUMQ αποτυπώνει απότομες διαρθρωτικές αποκλίσεις. Σύμφωνα με τον Turner (2010), αυτό δεν συνιστά αδυναμία, αλλά αντικατοπτρίζει πιστά τις επιπτώσεις εξωγενών κλυδωνισμών στο ευρωπαϊκό ΑΕΠ , όπως η κρίση του 2008, η πανδημία του Covid-19 και η γεωπολιτική κρίση του 2022. Οι ίδιοι ισχυροί κλυδωνισμοί δικαιολογούν και την απόκλιση των κατάλοιπων από την κανονικότητα (έλεγχος Jarque-Bera), με την ασυμπτωτική εγκυρότητα της ανάλυσης να διασφαλίζεται χάρη στο Κεντρικό Οριακό Θεώρημα.

Συνοψίζοντας, το σύνολο των εμπειρικών ευρημάτων καταδεικνύει ότι οι Κλιματικά Σχετιζόμενες Οικονομικές Απώλειες δρουν ως ένας χρόνιος και ανασταλτικός παράγοντας για την οικονομία των χωρών της ΕΕ-27. Η διαπίστωση ότι η ευρωπαϊκή οικονομία χρειάζεται κατά προσέγγιση 17.7 έτη προκειμένου να απορροφήσει τις επιδράσεις των Κλιματικά Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών στο ΑΕΠ και να συγκλίνει εκ νέου προς τη μακροχρόνια ισορροπία, προβάλλει ως αναγκαιότητα τη μετάβαση σε πρότυπα «Εξελικτικής» (Evolutionary) και «Μετασχηματιστικής» (Transformative) Περιφερειακής Οικονομικής Ανθεκτικότητας. Αυτό σημαίνει ότι ο στρατηγικός σχεδιασμός οφείλει να συζευχθεί οργανικά με μαζικές κεφαλαιακές επενδύσεις προσαρμογής, των οποίων η χρηματοδότηση στη σημερινή εποχή υπολείπεται. Προκειμένου να αποφευχθεί, όμως, ο εγκλωβισμός των κρατών-μελών σε δημοσιονομικές «παγίδες χρέους» λόγω της προσπάθειας ανασυγκρότησης, επιβάλλεται η ενεργοποίηση καινοτόμων χρηματοδοτικών εργαλείων καθώς και η σύναψη Στρατηγικών Συμπράξεων Δημόσιου – Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ).

4.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα διπλωματική εργασία, μέσω της εφαρμογής του υποδείγματος ARDL-ECM, διαμορφώνει ένα πλαίσιο για την καλύτερη κατανόηση της σχέσης μεταξύ Κλιματικά

Σχετιζόμενων Οικονομικών Απωλειών και Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος για το σύνολο των χωρών της ΕΕ-27. Εντούτοις, η πολυπαραγοντική φύση της κλιματικής αλλαγής δημιουργεί γόνιμο έδαφος για την περαιτέρω εμβάθυνση της επιστημονικής έρευνας, αναδεικνύοντας συγκεκριμένες μεθοδολογικές και θεωρητικές κατευθύνσεις.

Πρωτίστως, μία θεμελιώδης προέκταση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αφορά τη μετάβαση από την ανάλυση ιστορικών δεδομένων στην εκτίμηση μελλοντικών μακροοικονομικών προβολών. Παρά το γεγονός ότι η τρέχουσα εμπειρική διερεύνηση επικεντρώνεται στην περίοδο 1990-2023, η μελλοντική έρευνα προτείνεται να αξιοποιήσει Υποδείγματα Ενσωματωμένης Αξιολόγησης (IAM) ή Υποδείγματα Υπολογίσιμης Γενικής Ισορροπίας (CGE). Η μεθοδολογική αυτή προσέγγιση καθιστά εφικτό τον προσδιορισμό ενός αναθεωρημένου επιπέδου του ευρωπαϊκού ΑΕΠ, το οποίο ενσωματώνει το κόστος της κλιματικής αλλαγής (Dellink, Lanzi & Chateau, 2019). Επιπλέον, η έρευνα δύναται να εστιάσει στους επιμέρους διαύλους μετάδοσης των επιπτώσεων, διερευνώντας το πως οι κλιματικές απώλειες μεταδίδονται στο χρηματοπιστωτικό σύστημα. Η ποσοτικοποίηση του κινδύνου μαζικών πωλήσεων περιουσιακών στοιχείων (fire-sales) καθώς και η πιθανότητα εκδήλωσης μίας «Κλιματικής Στιγμής Minsky» αναδεικνύονται ως κρίσιμα πεδία για τη σταθερότητα του συνολικού ΑΕΠ (Campiglio et al., 2023).

Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι καθώς η τρέχουσα εμπειρική ανάλυση επικεντρώνεται στο συγκεντρωτικό επίπεδο της ΕΕ-27, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί δόκιμη η μελλοντική ενσωμάτωση τεχνικών χωρικής οικονομετρίας καθώς και η ανάλυση σε επίπεδο μεμονωμένων κρατών-μελών. Η εισαγωγή της χωρικής διάστασης αναδεικνύει την ετερογένεια της οικονομικής ευπάθειας, εξετάζοντας τον ισχυρισμό ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής διαφέρουν σημαντικά ανάμεσα σε πλουσιότερα και φτωχότερα κράτη (Mendelsohn, Dinar & Williams, 2006). Μια τέτοια ανάλυση αξιολογεί εκτενέστερα εάν τα κράτη με χαμηλότερο κατά κεφαλήν εισόδημα επωμίζονται δυσανάλογα υψηλότερο κλιματικό κόστος (Formetta & Feyen, 2019), ενώ συγχρόνως διερευνά τις «αλυσιδωτές επιπτώσεις» (cascading impacts), οι οποίες μέσω των διαύλων του διεθνούς εμπορίου μπορούν να πλήξουν το ΑΕΠ και άλλων κρατών (Carter et al., 2021).

Επιπρόσθετα, οι εγγενείς μεθοδολογικοί περιορισμοί του δείκτη ΑΕΠ, ο οποίος καταγράφει ως θετική μακροοικονομική συμβολή τις δαπάνες ανασυγκρότησης, αγνοώντας την περιβαλλοντική υποβάθμιση και την απαξίωση του συσσωρευμένου κεφαλαίου (Fraumeni, 2022), καθιστούν αναγκαία την αναπροσαρμογή του πλαισίου μέτρησης. Για τον λόγο αυτό, προτείνεται μελλοντικά η εκτίμηση αντίστοιχων

οικονομετρικών υποδειγμάτων με τη χρήση εναλλακτικών δεικτών, όπως το Πράσινο ΑΕΠ (Green GDP), το οποίο υπολογίζεται αφαιρώντας από το ΑΕΠ το κόστος της περιβαλλοντικής υποβάθμισης καθώς και το κόστος εξάντλησης φυσικών πόρων (Stjepanović, Tomić & Škare, 2019).

Συμπληρωματικά με τα παραπάνω, η ερμηνευτική ικανότητα του οικονομετρικού υποδείγματος μπορεί να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο μέσω της ενσωμάτωσης πρόσθετων μεταβλητών ελέγχου. Η διερεύνηση της επίδρασης δεικτών όπως η οικονομική ελευθερία και η ανεργία (Vintilă, 2024) ή η συμπερίληψη μεταβλητών που αφορούν τον όγκο της διοχετευόμενης χρηματοδότησης για έργα προσαρμογής αναμένεται να προσφέρει κρίσιμα ευρήματα. Συμπερασματικά, η μελλοντική έρευνα καλείται να ποσοτικοποιήσει το κρισιμότερο ίσως ερώτημα : εάν η ενεργός κοινωνική επίγνωση μπορεί πράγματι να αποτελέσει την πλέον αποτελεσματική θωράκιση του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος απέναντι στις μελλοντικές κλιματικές απειλές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Κάτος, Α 2004, Οικονομετρία Θεωρία και Εφαρμογές, Θεσσαλονίκη: Ζυγός.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Allam, Z, Jones, D & Thondoo, M 2020, Cities and Climate Change: Climate Policy, Economic Resilience and Urban Sustainability, Cham: Palgrave Macmillan.
- Antoci, N. 2024, "Comparative analysis of the GDP structure of the G7 countries: Economic developments and trends", *Three Seas Economic Journal*, Vol. 5, no. 3, pp. 9-13.
- Balcerowicz, L., Rzonca, A., Kalina, L. & Laszek, A. 2013, *Economic Growth in the European Union, Brussels*: The Lisbon Council.
- Bertsatos, G. & Chrysanthakopoulos, C. 2025, “GDP income approach: The case of Greece”, *Greek Economic Outlook*, no. 57, pp. 82-91.
- Brys, G, Hubert, M & Struyf, A 2004, ‘A robustification of the Jarque-Bera test of normality’, Proceedings of COMPSTAT'2004 Symposium, Physica-Verlag/Springer.
- Callen, T. 2008, ‘What is gross domestic product?’, Finance & Development, vol. 45, no. 4, pp. 48–49, https://purochioe.rrojasdatabank.info/imfongdp.pdf
- Callen, T. χ.ε., ‘Gross domestic product: an economy’s all’, *Finance & Development*, International Monetary Fund, pp. 14–15, https://www.imf.org/-/media/files/publications/fandd/back-to-basics/callen-gdp.pdf
- Campiglio, E., Daumas, L., Monnin, P. & von Jagow, A. 2023, "Climate-related risks in financial assets", *Journal of Economic Surveys*, Vol. 37, pp. 950-992.
- Carleton, T.A. & Hsiang, S.M. 2016, "Social and economic impacts of climate", *Science*, Vol. 353, no. 6304, Article aad9837.
- Carter, T.R., Benzie, M., Campiglio, E., Carlsen, H., Fronzek, S., Hildén, M., Reyer, C.P.O. & West, C. 2021, “A conceptual framework for cross-border impacts of climate change”, *Global Environmental Change*, Vol. 69, Article 102307.

- Climate Policy Initiative (CPI) 2021, Global Landscape of Climate Finance 2021, https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2021/10/Full-report-Global-Landscape-of-Climate-Finance-2021.pdf
- Crespo Cuaresma, J., Doppelhofer, G. & Feldkircher, M. 2014, 'The Determinants of Economic Growth in European Regions', *Regional Studies*, vol. 48, no. 1, pp. 44-67.
- Cuadrado-Roura, J., Martin, R. & Rodriguez-Pose, A. 2016, “The economic crisis in Europe: Urban and regional consequences”, *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society,* vol. 9, pp.3-11,doi: 10.1093/cjres/rsv036
- Dellink, R., Lanzi, E. & Chateau, J. 2019, "The Sectoral and Regional Economic Consequences of Climate Change to 2060", *Environmental and Resource Economics*, Vol. 72, pp. 309-363.
- Dickey, D χ.ε., Stationarity Issues in Time Series Models, Paper 192-30, Raleigh: North Carolina State University.
- EM-DAT 2023, Disaster Classification System, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, https://doc.emdat.be/docs/data-structure-and-content/disaster-classification-system/
- European Commission 2021, *Forging a climate-resilient Europe: the new EU strategy on adaptation to climate change*, European Commission, Brussels, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0082
- European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, United Nations & World Bank 2009, *System of national accounts 2008*, United Nations, New York, https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/SNA2008.pdf
- European Environment Agency χ.ε., *Economic losses and fatalities from weather- and climate-related extremes*, European Environment Agency, https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/economic-losses-from-climate-extremes
- Eurostat χ.ε., *Beginners: GDP - What is gross domestic product (GDP) ?,* viewed 26 January 2026, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Beginners:GDP_-What_is_gross_domestic_product_(GDP)?#How_is_GDP_calculated.3F
- Eurostat χ.ε., *Glossary: Gross domestic product (GDP)*, Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Gross_domestic_product_(GDP)

- Ferreira, P. & Dionísio, A. 2016, "GDP growth and convergence determinants in the European Union: a crisp-set analysis", *Review of Economic Perspectives*, Vol. 16, no. 4, pp. 279-296.
- Formetta, G. & Feyen, L. 2019, "Empirical evidence of declining global vulnerability to climate-related hazards", *Global Environmental Change*, Vol. 57, Article 101920.
- Frame, D.J., Rosier, S.M., Noy, I., Harrington, L.J., Carey-Smith, T., Sparrow, S.N., Stone, D.A. & Dean, S.M. 2020, "Climate change attribution and the economic costs of extreme weather events: a study on damages from extreme rainfall and drought", *Climatic Change*, Vol. 162, pp. 781-797.
- Fraumeni, B.M. 2022, 'Gross domestic product: Are other measures needed?', *IZA World of Labor*, 368, https://doi.org/10.15185/izawol.368.v2
- Global Commission on Adaptation (GCA) 2019, Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience, Rotterdam.
- Graham, O. & Till, M. 2025, “GDP composition as an indicator of economic structure in African economies: patterns, determinants, and development implications”,SSRN Working Paper, viewed 27 January 2026, https://ssrn.com/abstract=5605511
- Halkos, G. & Zisiadou, A. 2023, "The Effects of Climate Change to Weather-Related Environmental Hazards: Interlinkages of Economic Factors and Climate Risk", *Journal of Risk and Financial Management*, Vol. 16, Article 264.
- Horobchenko, D. & Voronenko, V. 2018, "Approaches to the Formation of a Theoretical Model for the Analysis of Environmental and Economic Development", *Journal of Environmental Management and Tourism*, Vol. 9, no. 5(29), pp. 1108-1119.
- Integrated Research on Disaster Risk (IRDR) 2014, *Peril classification and hazard glossary*, IRDR DATA Publication No. 1, Integrated Research on Disaster Risk, Beijing.
- Kahn, M.E., Mohaddes, K., Ng, R.N.C., Pesaran, M.H., Raissi, M. & Yang, J.-C. 2021, ‘Long-term macroeconomic effects of climate change’, *Energy Economics*, vol. 104, Article 105624.
- Khudaykulova, M., Yuanqiong, H. & Khudaykulov, A. 2022, 'Economic Consequences and Implications of the Ukraine-Russia War', *International Journal of Management Science and Business Administration*, vol. 8, no. 4, pp. 44-52.

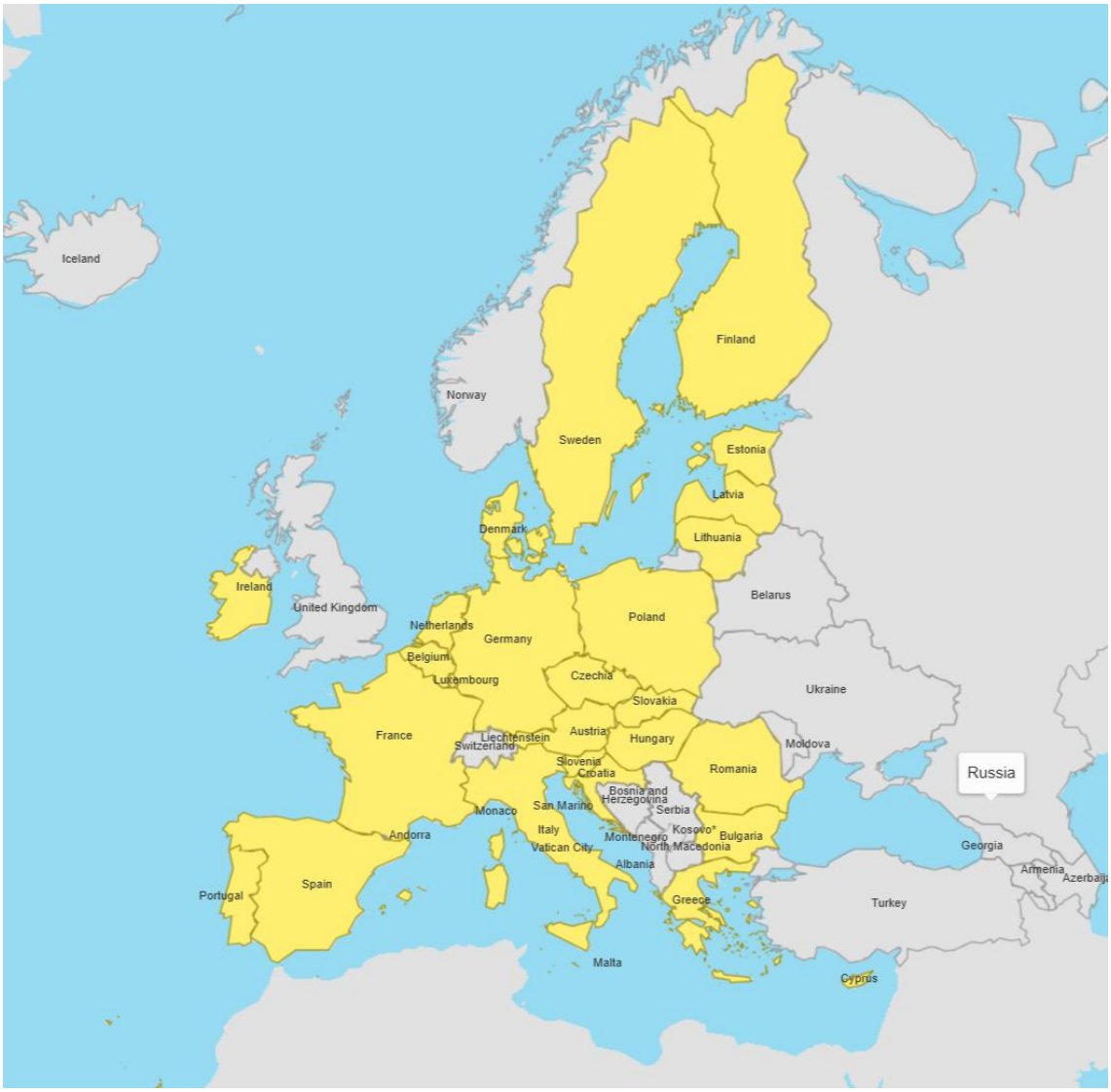
- Kourtis, I.M., Papadopoulou, C.A., Trabucco, A., Peano, D., Sangelantoni, L., Mellios, N., Laspidou, C., Papadopoulou, M.P. & Tsihrintzis, V.A. 2025, "Methodological Framework for the Evaluation of Climate Change Impacts on Rural Basins Using the GR2M Model", *Environmental Processes*, Vol. 12, Article 13.
- Maital, S. & Barzani, E 2020, The global economic impact of COVID-19: A summary of research, Haifa: Samuel Neaman Institute for National Policy Research.
- Mendelsohn, R., Dinar, A. & Williams, L. 2006, 'The distributional impact of climate change on rich and poor countries', *Environment and Development Economics*, vol. 11, pp. 159–178.
- Michelis, L. & Zestos, G.K. 2004, "Exports, Imports and GDP Growth: Casual Relations in Six European Union Countries", *The Journal of Economic Asymmetries*, vol. 1, no. 2, pp. 71-85. https://www.researchgate.net/publication/279428569_Exports_Imports_and_GDP_Growth_Causal_Relations_in_Six_European_Union_Countries
- Nkoro, E. & Uko, A.K 2016, 'Autoregressive Distributed Lag (ARDL) cointegration technique: application and interpretation', *Journal of Statistical and Econometric Methods*, vol. 5, no. 4, pp. 63-91.
- Our World in Data χ.ε., *GDP-European Union (27), viewed 3 February 2026, https://ourworldindata.org/grapher/gdp-worldbank?tab=line&time=earliest..2024&country=~OWID_EU27&mapSelect=~OWID_EU27*
- Palát, M. & Kunc, A 2011, "Assessing the GDP structure in global comparison", *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Vol. LIX, no. 2, pp. 213-220.
- Pesaran, M. & Pesaran, B. 1997, *Microfit 4.0*, Oxford: Oxford University Press.
- Shaikh Khatibi, F, Dedekorkut-Howes, A, Howes, M. & Torabi, E 2021, "Can public awareness, knowledge and engagement improve climate change adaptation policies ? ", *Discover Sustainability*, vol. 2, no. 18.
- Stiglitz, J., Fitoussi, J. & Durand, M. eds. 2018, *For Good Measure: Advancing Research on Well-being Metrics Beyond GDP*, Paris: OECD Publishing, https://doi.org/10.1787/9789264307278-en.
- Stiglitz, J., Sen, A. & Fitoussi, J. 2009, *The Measurement of Economic Performance and Social Progress Revisited*, Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress, Paris.

https://ec.europa.eu/eurostat/documents/8131721/8131772/Stiglitz-Sen-Fitoussi-Commission-report.pdf

- Stjepanović, S., Tomić, D. & Škare, M. 2019, 'Green GDP: An analyses for developing and developed countries', *E&M Ekonomie a Management*, vol. 22, no. 4, pp. 4-17, https://www.researchgate.net/publication/337669166_Green_GDP_an_analysis_for_developing_and_developed_countries
- Sutton, J, Arcidiacono, A. & Arku, R.N 2023, "Regional economic resilience: A scoping review", *Progress in Human Geography*, vol. 47, no. 4, pp. 500-532.
- Thadewald, T. & Büning, H 2007, 'Jarque–Bera Test and its Competitors for Testing Normality – A Power Comparison', *Journal of Applied Statistics*, vol. 34, no. 1, pp. 87-105.
- Turner, P 2010, 'Power properties of the CUSUM and CUSUMSQ tests for parameter instability', *Applied Economics Letters*, vol. 17, no. 11, pp. 1049-1053.
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) 2015, *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030*, United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva.
- Vintilă, A.-I. 2024, 'Analysis of the Determinants of Economic Growth: An Empirical Study on the EU-28 Countries', *Journal of Eastern Europe Research in Business and Economics*, vol. 2024.
- Wooldridge, J. M. 2013, *Introductory Econometrics: A Modern Approach*, 5th edition, Mason, OH: South-Western Cengage Learning.
- Zadoia A., Mahdich A. & Zadoia O. 2023, "Structure of GDP use in EU countries: relationship of indicators", *Věda a perspektivy*, no. 3(22), pp. 35 - 44.
- Ziyad, E.S 2020, "The efficient structure of GDP is the factor of sustainable development", in the *50th International Scientific Conference on Economic and Social Development - Chelyabinsk*, 13-14 February, pp. 147 – 155.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1



Παράρτημα 1: «Τα κράτη μέλη της ΕΕ-27 που περιλαμβάνονται στο δείγμα της εμπειρικής ανάλυσης».

Πηγή: https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/eu-countries_en