



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
UNIVERSITY OF PIRAEUS

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΡΙΣΗ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ»

*«ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΗ ΕΥΠΑΘΕΙΑ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΤΟΜΕΩΝ NACE ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΒΑΣΕΙ CLIMATE HAZARDS»*

ΝΑΣΚΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΔΟΓΑΝΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2026

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ

Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του

Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο

“

”

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και οι πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Νάσκος Κωνσταντίνος, 2026, Θεσσαλονίκη

Copyright (C) _____ , _____ , _____

Υπογραφή Φοιτητή:



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά και ποσοτικοποιεί την ευπάθεια των ευρωπαϊκών οικονομικών δραστηριοτήτων απέναντι στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Στο επίκεντρο της μελέτης βρίσκεται η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πλαισίου δεικτών ευπάθειας (vulnerability coefficients) για το σύνολο των κλάδων της στατιστικής ταξινόμησης NACE Rev. 2, εξετάζοντας πέντε κρίσιμους φυσικούς κινδύνους: την πλημμύρα, τον καύσωνα, την ξηρασία, τις δασικές πυρκαγιές και τις κατολισθήσεις.

Η μεθοδολογία βασίζεται στην προσέγγιση της έμμεσης εκτίμησης (Indirect Estimation), μέσω της οποίας αξιολογούνται τα λειτουργικά και δομικά χαρακτηριστικά 88 υποκλάδων της οικονομίας, μεταφράζοντας ποιοτικά δεδομένα από τη διεθνή βιβλιογραφία και τις εκθέσεις θεσμικών οργανισμών (IPCC, JRC, ECB) σε μια ενιαία ποσοτική κλίμακα από το 0,0 (μηδενική ευπάθεια) έως το 1,0 (απόλυτη ευπάθεια).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αναδεικνύουν μια σαφή διχοτόμηση στην ευρωπαϊκή οικονομία, με τους κλάδους έντασης παγίου κεφαλαίου, όπως η μεταποίηση και οι μεταφορές, να εμφανίζουν υψηλή ευπάθεια σε υδρομετεωρολογικές καταστροφές, ενώ οι άυλες υπηρεσίες παρουσιάζουν μεγαλύτερη λειτουργική ανθεκτικότητα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον ρόλο του καύσωνα ως οριζόντιας απειλής που πλήττει την παραγωγικότητα της εργασίας και υπερφορτώνει συστημικά τον τομέα της υγείας.

Η εργασία ολοκληρώνεται με τη διατύπωση στρατηγικών προτάσεων προσαρμογής, συνδέοντας τα ευρήματα με τα σύγχρονα ευρωπαϊκά κανονιστικά πλαίσια, όπως η Οδηγία για την Υποβολή Εκθέσεων Βιωσιμότητας (CSRD) και το Ευρωπαϊκό Σύστημα Ταξινόμησης (EU Taxonomy). Με τον τρόπο αυτό, η μελέτη προσφέρει ένα εφαρμόσιμο εργαλείο λήψης αποφάσεων για τις επιχειρήσεις και τους φορείς χάραξης πολιτικής στην προσπάθεια θωράκισης της οικονομικής δραστηριότητας έναντι της κλιματικής κρίσης.

ABSTRACT

This thesis investigates and quantifies the vulnerability of European economic activities to the impacts of climate change. The core of the study lies in the development of a comprehensive framework of vulnerability coefficients for all sectors of the NACE Rev. 2 statistical classification, focusing on five critical natural hazards: floods, heatwaves, droughts, wildfires, and landslides.

The methodology is based on an Indirect Estimation approach, assessing the functional and structural characteristics of 88 economic sub-sectors by translating qualitative data from international literature and institutional reports (IPCC, JRC, ECB) into a unified quantitative scale ranging from 0.0 (no vulnerability) to 1.0 (absolute vulnerability).

The analysis reveals a clear divide within the European economy, with capital-intensive sectors such as manufacturing and transport showing high vulnerability to hydrometeorological disasters, while intangible services demonstrate greater operational resilience. Particular emphasis is placed on the role of heatwaves as a horizontal threat that severely impacts labor productivity and systemically overburdens the healthcare sector.

The study concludes by formulating strategic adaptation recommendations, linking the findings to contemporary European regulatory frameworks, such as the Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) and the EU Taxonomy. Thus, the thesis provides an actionable decision-making tool for businesses and policymakers in their efforts to safeguard economic activity against the climate crisis.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή.....	10
1.1. Πλαίσιο και αναγκαιότητα της έρευνας	10
1.2. Σκοπός της εργασίας.....	11
1.3. Ερευνητικά ερωτήματα	11
1.4. Αντικείμενο και πεδίο εφαρμογής	11
1.5. Μεθοδολογική προσέγγιση σε συντομία.....	12
1.6. Δομή της διπλωματικής εργασίας.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Θεωρητικό και Εννοιολογικό Πλαίσιο.....	14
2.1. Κλιματική αλλαγή και κλιματικοί κίνδυνοι.....	14
2.1.1. Ορισμοί: hazard, exposure, vulnerability, risk.....	14
2.1.2. Βασικές κατηγορίες climate hazards	15
2.2. Επιχειρηματική ευπάθεια και ανθεκτικότητα.....	16
2.2.1. Έννοια της ευπάθειας (vulnerability)	16
2.2.2. Direct losses, indirect losses & business interruption.....	17
2.2.3. Supply-chain effects και συστημικός κίνδυνος.....	18
2.3. Οικονομικοί τομείς στην Ευρώπη και ταξινόμηση NACE	18
2.3.1. Η δομή της ταξινόμησης NACE (sections, divisions).....	19
2.3.2. Βασικές κατηγορίες τομέων.....	19
2.4. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ανά κίνδυνο (hazard).....	20
2.4.1. Πυρκαγιές (Wildfires).....	21
2.4.2. Πλημμύρες (Floods).....	22
2.4.3. Καύσωνες (Heatwaves).....	23
2.4.4. Ξηρασίες (Droughts).....	24
2.4.5. Κατολισθήσεις (Landslides)	24
2.5. Σύνθεση βιβλιογραφίας: μοτίβα ευπάθειας ανά τομέα και κίνδυνο.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μεθοδολογικό Πλαίσιο (Methodological Framework – Indirect Estimation).....	28
3.1. Σκοπός των vulnerability coefficients (0–1 scale).....	28
3.2. Περιγραφή της Μεθόδου Έμμεσης Εκτίμησης (Indirect Estimation).....	29
3.2.1. Ποιοτική Σύνθεση Βιβλιογραφίας και Λογική του Τομέα.....	30
3.2.2. Έννοιες: Έκθεση, Ευαισθησία, Διακοπή Λειτουργίας.....	31

3.3. Διαδικασία Αντιστοίχισης (Mapping) και Κλίμακα Βαθμονόμησης.....	32
3.3.1. Ζώνη Ελαχίστου ή Υπολειμματικού Κινδύνου (0.0 – 0.2).....	32
3.3.2. Ζώνη Λειτουργικής Πίεσης (0.3 – 0.4).....	33
3.3.3. Ζώνη Σημαντικής Υλικής και Οικονομικής Ζημιάς (0.5 – 0.7)	33
3.3.4. Ζώνη Κρίσιμης / Καταστροφικής Ευπάθειας (0.8 – 1.0).....	34
3.4. Κανονικοποίηση και Κλιμάκωση (Normalization & Scaling) ανά Τομέα NACE	34
3.4.1. Ορισμός Τομέων Αναφοράς (Benchmark Sectors)	35
3.4.2. Έλεγχος Σχετικής Ευπάθειας (Relative Vulnerability Scaling)	37
3.5. Έλεγχοι Συνοχής και Εσωτερική Λογική των Πινάκων (Coherence Checks)	38
3.5.1. Κάθετος Έλεγχος: Διατομεακή Ιεράρχηση (Cross-Sectoral Hierarchy).....	39
3.5.2. Οριζόντιος Έλεγχος: Προφίλ Κινδύνου ανά Τομέα (Hazard Profile).....	39
3.5.3. Λειτουργικός Έλεγχος: Έμμεσες Επιπτώσεις (Spillover Logic)	40
3.6. Όρια και Αβεβαιότητες της Προσέγγισης (Limitations)	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Παρουσίαση Πινάκων Ευπάθειας ανά NACE και Hazard	43
4.1. Γενική περιγραφή των πινάκων ευπάθειας (Vulnerability Tables)	43
4.1.1. Πίνακες ανά υποτομέα (Divisions A1–A3, B5–B9, C10–C33, κ.λπ.)	43
4.1.2. Aggregated vulnerability ranges ανά NACE Section	44
4.2. Αγροτικός τομέας – Agriculture, Forestry, Fishing (NACE A)	48
4.2.1. Crop & animal production (A1).....	49
4.2.2. Forestry & logging (A2)	50
4.2.3. Fishing & aquaculture (A3)	51
4.3. Εξορυκτικές Βιομηχανίες (Mining & Extraction) (NACE B).....	51
4.3.1. Η Κυριαρχία του Κατολισθητικού Κινδύνου (Landslides).....	53
4.3.2. Πλημμύρες (Flood) και Υδρολογικοί Κίνδυνοι	53
4.3.3. Θερμική Καταπόνηση: Καύσωνας (Heatwave) και Ξηρασία (Drought).....	53
4.3.4. Η Απουσία Καύσιμης Ύλης (Wildfire).....	54
4.4. Δευτερογενής Τομέας: Μεταποίηση (Manufacturing) (NACE C)	54
4.4.1. Η Κυριαρχία του Πλημμυρικού Κινδύνου (Flood Risk Dominance).....	57
4.4.2. Η Εξαίρεση των Εφοδιαστικών Αλυσίδων: Τρόφιμα (C10-11) και Ξυλεία (C16).....	57
4.4.3. Θερμικό Στρες και Απώλεια Παραγωγικότητας (TFP).....	58
4.4.4. Γεωμορφολογική Έκθεση	58

4.5. Ενέργεια και Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας (Energy & Utilities - NACE D, E)	59
4.5.1. Ο Ενεργειακός Τομέας (D35) ως Κόμβος Πολλαπλών Κινδύνων (Multi-Hazard Node)	60
4.5.2. Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Αποβλήτων (E36 - E39).....	61
4.6. Κατασκευές – Construction (NACE F)	62
4.6.1. Η Κατακόρυφη Ευπάθεια στον Καύσωνα (Heatwave).....	63
4.6.2. Υδρογεωλογικοί Κίνδυνοι: Πλημμύρες και Κατολισθήσεις	63
4.6.3. Οι "Σιωπηροί" Κίνδυνοι: Ξηρασία και Πυρκαγιά	64
4.7. Εμπόριο – Trade (NACE G)	64
4.7.1. Η Απειλή της Πλημμύρας για τα Αποθέματα (Inventory Damage).....	65
4.7.2. Καύσωνας και Μεταβολές στη Συμπεριφορά Καταναλωτών.....	66
4.7.3. Έμμεση Ευπάθεια: Ξηρασία, Πυρκαγιές και Κατολισθήσεις.....	66
4.8. Μεταφορές και Αποθήκευση – Transport & Storage (NACE H).....	67
4.8.1. Η Ακραία Ευπάθεια των Χερσαίων Μεταφορών (Land Transport - H49).....	68
4.8.2. Υδάτινες (H50) και Αεροπορικές (H51) Μεταφορές.....	69
4.8.3. Αποθήκευση και Εφοδιαστική Αλυσίδα (H52 - H53).....	69
4.9. Τουρισμός & Εστίαση – Accommodation & Food Services (NACE I)	70
4.9.1. Ο Συστημικός Κίνδυνος των Πυρκαγιών (The Wildfire Shock)	70
4.9.2. Η Απειλή της Θερμικής Δυσφορίας (Καύσωνας 0.8)	71
4.9.3. Πλημμύρες (0.6) και Ξηρασία (0.5).....	71
4.10. Τεχνολογίες Πληροφορικής, Επικοινωνιών και Ενημέρωση – ICT & Media (NACE J) .	72
4.10.1. Ο Κρίσιμος Ρόλος των Τηλεπικοινωνιακών Υποδομών (J61).....	73
4.10.2. Υπηρεσίες Λογισμικού, IT και Μέσων Ενημέρωσης (J58-J60, J62-J63).....	74
4.10.3. Η "Ανοσία" στην Ξηρασία (0.1)	74
4.11. Χρηματοοικονομικά & Διαχείριση Ακίνητης Περιουσίας – Financial & Real Estate (NACE K–L)	75
4.11.1. Η Φυσική Ευπάθεια του Real Estate (L68)	76
4.11.2. Λειτουργική Ανθεκτικότητα των Χρηματοοικονομικών (K64-K66).....	77
4.11.3. Μια Κρίσιμη Μεθοδολογική Διευκρίνιση για τις Ασφάλειες (K65)	77
4.12. Επαγγελματικές Υπηρεσίες, Δημόσια Διοίκηση, Εκπαίδευση και Υγεία (NACE M–Q) ..	78
4.12.1. Το Σύστημα Υγείας σε Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης (Καύσωνας 1.0).....	79
4.12.2. Εκπαίδευση, Διοίκηση και Επαγγελματικές Υπηρεσίες	80

4.12.3. Ο Ρόλος της Δημόσιας Διοίκησης στις Κρίσεις (O84)	80
4.13. Τέχνες, Διασκέδαση και Ψυχαγωγία – Arts, Recreation & Culture (NACE R)	81
4.13.1. Ο Υπαίθριος Κίνδυνος: Αθλητισμός και Αναψυχή (R93).....	82
4.13.2. Εσωτερικοί Χώροι και Πολιτιστική Κληρονομιά (R90 - R92).....	82
4.14. Συνοπτική αποτύπωση ευπάθειας (Vulnerability Heatmap)	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συγκριτική Ανάλυση και Συζήτηση Αποτελεσμάτων	86
5.1. Cross-hazard ανάλυση (Δια-κινδυνική Προσέγγιση)	86
5.1.1. Ποιοι τομείς είναι πιο ευάλωτοι ανά κλιματικό κίνδυνο	87
5.1.2. Ιεράρχηση τομέων ανά κίνδυνο (Ranking).....	89
5.2. Cross-sector ανάλυση (Δια-τομεακή Προσέγγιση)	91
5.2.1. Ο κυρίαρχος κίνδυνος (Dominant Hazard) ανά βασικό τομέα.....	91
5.2.2. Προφίλ ευπάθειας (Vulnerability Profiles) ανά NACE Section	93
5.3. Σύγκριση με διεθνή βιβλιογραφία (Validation)	95
5.3.1. Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ECB) και Συστημικός Κίνδυνος.....	95
5.3.2. JRC (PESETA IV) και Θερμική Καταπόνηση.....	95
5.3.3. IPCC και Αλυσιδωτές Επιπτώσεις (Cascading Risks).....	96
5.3.4. Τομεακές Εξειδικεύσεις (Τουρισμός και Υγεία)	96
5.4. Επιπτώσεις για επιχειρήσεις και πολιτική προσαρμογής (Adaptation Policy).....	97
5.4.1. Προτεραιοποίηση επενδύσεων σε adaptation	97
5.4.2. Σύνδεση με τα Ευρωπαϊκά Κανονιστικά Πλαίσια (EU Taxonomy & CSRD)	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συμπεράσματα και Προτάσεις	102
6.1. Σύνοψη βασικών ευρημάτων.....	102
6.2. Επιστημονική και πρακτική συμβολή της εργασίας.....	103
6.3. Προτάσεις για επιχειρήσεις (Enterprise-level adaptation)	105
6.4. Προτάσεις για φορείς πολιτικής (Policy recommendations).....	107
6.5. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	109
Βιβλιογραφία.....	112

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Ερμηνεία Κλίμακας Συντελεστών Ευπάθειας	29
Πίνακας 3.2: Τομείς Αναφοράς (Benchmarks) για την Κλιμάκωση της Ευπάθειας	37
Πίνακας 4.1: Συγκεντρωτικό Εύρος Συντελεστών Ευπάθειας ανά Τομέα NACE.....	47
Πίνακας 4.2: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE A (Agriculture, Forestry and Fishing).....	49
Πίνακας 4.3: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE B (Mining & Quarrying).....	52
Πίνακας 4.4: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE C (Manufacturing)	56
Πίνακας 4.5: Δείκτες Ευπάθειας Τομέων NACE D & E (Energy & Utilities)	60
Πίνακας 4.6: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE F (Construction).....	62
Πίνακας 4.7: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE G (Wholesale & Retail Trade)	65
Πίνακας 4.8: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE H (Transport & Storage)	68
Πίνακας 4.9: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE I (Accommodation & Food Services).....	70
Πίνακας 4.10: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE J (ICT & Media).....	73
Πίνακας 4.11: Δείκτες Ευπάθειας Τομέων NACE K & L (Financial & Real Estate).....	76
Πίνακας 4.12: Δείκτες Ευπάθειας Τομέων NACE M–Q (Professional, Public, Education & Health Services)	79
Πίνακας 4.13: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE R (Arts, Recreation & Culture)	82
Πίνακας 4.14: Συγκεντρωτικός Θερμικός Χάρτης Ευπάθειας (Vulnerability Heatmap) ανά Τομέα NACE	85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

1.1. Πλαίσιο και αναγκαιότητα της έρευνας

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί πλέον έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες αποσταθεροποίησης της παγκόσμιας οικονομίας, με την Ευρώπη να βρίσκεται αντιμέτωπη με μια αυξανόμενη συχνότητα και ένταση ακραίων καιρικών φαινομένων. Οι κλιματικοί κίνδυνοι (climate hazards), όπως οι καύσωνες, οι πλημμύρες, οι ξηρασίες και οι πυρκαγιές, δεν αποτελούν απλώς περιβαλλοντικές απειλές, αλλά έχουν άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στην παραγωγικότητα, τις υποδομές και την εφοδιαστική αλυσίδα των επιχειρήσεων. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, η ανθρωπογενής αύξηση της θερμοκρασίας έχει ήδη οδηγήσει σε σημαντικές οικονομικές απώλειες, οι οποίες κατανέμονται άνισα μεταξύ των περιφερειών και των εισοδηματικών τάξεων (Callahan & Mankin, 2022).

Ειδικότερα στην Ευρώπη, οι προβλέψεις δείχνουν ότι η κλιματική αστάθεια θα επιδεινώσει τις υπάρχουσες προκλήσεις παραγωγικότητας. Έρευνα της Ευρωπαϊκής Κεντρικής Τράπεζας υπογραμμίζει ότι φαινόμενα όπως οι καύσωνες και οι ξηρασίες μειώνουν το μεσοπρόθεσμο ΑΕΠ και την παραγωγικότητα της εργασίας, ενώ οι πλημμύρες προκαλούν σοβαρές καταστροφές κεφαλαίου, ειδικά σε περιοχές που δεν διαθέτουν τους πόρους για άμεση ανάκαμψη (Usman et al., 2024). Παράλληλα, οι ιδιωτικές επενδύσεις στην προσαρμογή (climate adaptation), αν και αυξανόμενες, παραμένουν χαμηλές σε σχέση με το μέγεθος της απειλής, με σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στους οικονομικούς τομείς (Cortés Arbués et al., 2025).

Η αναγκαιότητα της παρούσας έρευνας προκύπτει από το γεγονός ότι, ενώ η μακροοικονομική επίπτωση είναι τεκμηριωμένη, λείπει συχνά μια λεπτομερής, τομεακή ανάλυση της ευπάθειας (vulnerability) που να συνδέει συγκεκριμένους κινδύνους με συγκεκριμένους κλάδους οικονομικής δραστηριότητας (NACE sectors). Οι επιχειρήσεις δεν επηρεάζονται ομοιόμορφα· για παράδειγμα, η μεταποίηση μπορεί να πληγεί κυρίως από διαταραχές στην εφοδιαστική αλυσίδα λόγω πλημμυρών (Thomas & Helgeson, 2022), ενώ ο αγροτικός τομέας είναι άμεσα εκτεθειμένος σε ξηρασίες και θερμικό. Η κατανόηση αυτών των διαφοροποιήσεων είναι κρίσιμη για τον σχεδιασμό στοχευμένων πολιτικών ανθεκτικότητας.

1.2. Σκοπός της εργασίας

Κύριος σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση και η ποσοτικοποίηση της επιχειρηματικής ευπάθειας των ευρωπαϊκών οικονομικών τομέων (ταξινομημένων κατά NACE) απέναντι σε πέντε βασικούς κλιματικούς κινδύνους: Πυρκαγιές (Wildfire), Πλημμύρες (Flood), Καύσωνες (Heatwave), Ξηρασίες (Drought) και Κατολισθήσεις (Landslide).

Μέσω της σύνθεσης βιβλιογραφικών δεδομένων και της χρήσης πινάκων ευπάθειας (vulnerability matrices), η εργασία επιδιώκει να αποδώσει δείκτες ευπάθειας (vulnerability coefficients) σε κλίμακα 0 έως 1 για κάθε συνδυασμό τομέα και κινδύνου. Αυτό θα επιτρέψει τον εντοπισμό των κλάδων που απαιτούν αμεσότερη λήψη μέτρων προσαρμογής και την κατανόηση των μηχανισμών (π.χ. φυσική καταστροφή vs διακοπή λειτουργίας) μέσω των οποίων οι κλιματικοί κίνδυνοι μεταφράζονται σε οικονομική ζημία.

1.3. Ερευνητικά ερωτήματα

Βάσει του παραπάνω σκοπού, η εργασία καλείται να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Πώς διαφοροποιείται η ευπάθεια των ευρωπαϊκών επιχειρήσεων ανάλογα με τον οικονομικό τομέα (NACE) και το είδος του κλιματικού κινδύνου;
2. Ποιοι τομείς εμφανίζουν την υψηλότερη ευαισθησία (sensitivity) σε συγκεκριμένα φαινόμενα (π.χ. ο τομέας της Ενέργειας σε καύσωνες έναντι του τομέα των Κατασκευών σε πλημμύρες);
3. Πώς μπορούν τα ποιοτικά δεδομένα της βιβλιογραφίας να μετασχηματιστούν σε ποσοτικούς δείκτες (vulnerability coefficients) για τη συγκριτική αξιολόγηση του κινδύνου;
4. Ποιες είναι οι επιπτώσεις αυτών των δεικτών για τη στρατηγική προσαρμογής (adaptation strategy) των επιχειρήσεων και τη χάραξη πολιτικής στην ΕΕ;

1.4. Αντικείμενο και πεδίο εφαρμογής

Το πεδίο εφαρμογής της εργασίας ορίζεται ως εξής:

- **Γεωγραφική Κάλυψη:** Η ανάλυση εστιάζει στην Ευρώπη (ΕΕ-27 και συνεργαζόμενες χώρες όπου υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα NACE).
- **Τομεακή Κάλυψη:** Εξετάζονται οι κύριοι κλάδοι οικονομικής δραστηριότητας βάσει της στατιστικής ταξινόμησης NACE Rev. 2 (ενδεικτικά: Γεωργία, Μεταποίηση, Ενέργεια, Κατασκευές, Μεταφορές, Τουρισμός, ΤΠΕ, Χρηματοοικονομικά κ.ά.).
- **Κλιματικοί Κίνδυνοι:** Η μελέτη περιορίζεται στους πέντε προαναφερθέντες φυσικούς κινδύνους (Wildfire, Flood, Heatwave, Drought, Landslide), καθώς αυτοί αναγνωρίζονται ως οι πλέον κρίσιμοι για την ευρωπαϊκή ήπειρο.

1.5. Μεθοδολογική προσέγγιση σε συντομία

Η μεθοδολογία που ακολουθείται βασίζεται στην προσέγγιση της Έμμεσης Εκτίμησης (**Indirect Estimation**). Όπως περιγράφεται στα μεθοδολογικά κείμενα αναφοράς της μελέτης (Vulnerability Assessment Framework), οι δείκτες ευπάθειας δεν προκύπτουν από πρωτογενή κλιματικά δεδομένα ανά επιχείρηση, αλλά από τη σύνθεση: α) Της "λογικής του τομέα" (sector logic), δηλαδή των λειτουργικών χαρακτηριστικών που καθιστούν έναν κλάδο εκτεθειμένο (π.χ. η εξάρτηση της γεωργίας από το νερό ή των κατασκευών από τις εξωτερικές συνθήκες). β) Της εκτεταμένης βιβλιογραφικής ανασκόπησης επιπτώσεων από ιστορικά συμβάντα.

Μέσω μιας διαδικασίας χαρτογράφησης (mapping), οι ποιοτικές εκτιμήσεις (Χαμηλή / Μέτρια / Υψηλή ευπάθεια) μετατρέπονται σε αριθμητικούς συντελεστές (0.2, 0.5, 0.8, 1.0), επιτρέποντας τη δημιουργία συγκριτικών πινάκων (Heatmaps).

1.6. Δομή της διπλωματικής εργασίας

Η εργασία διαρθρώνεται σε έξι κεφάλαια:

- Το **Κεφάλαιο 1** παρουσιάζει την εισαγωγή, το πλαίσιο και τη σκοπιμότητα της έρευνας.
- Το **Κεφάλαιο 2** αναλύει το θεωρητικό πλαίσιο, ορίζοντας τις βασικές έννοιες (hazard, exposure, vulnerability) και παρουσιάζοντας τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των επιπτώσεων ανά κίνδυνο.

- Το **Κεφάλαιο 3** περιγράφει αναλυτικά τη μεθοδολογία Indirect Estimation και τη διαδικασία παραγωγής των συντελεστών ευπάθειας.
- Το **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζει τα αποτελέσματα, δηλαδή τους Πίνακες Ευπάθειας ανά τομέα NACE και ανά κίνδυνο, με σχολιασμό των ευρημάτων.
- Το **Κεφάλαιο 5** προχωρά σε συγκριτική ανάλυση (cross-hazard και cross-sector) και συζητά τις επιπτώσεις για την πολιτική προσαρμογής.
- Το **Κεφάλαιο 6** συνοψίζει τα συμπεράσματα και διατυπώνει προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Θεωρητικό και Εννοιολογικό Πλαίσιο

2.1. Κλιματική αλλαγή και κλιματικοί κίνδυνοι

Η κλιματική αλλαγή έχει μεταβάλει ριζικά το προφίλ κινδύνου για τις οικονομίες παγκοσμίως, αυξάνοντας τη συχνότητα, την ένταση και τη διάρκεια των ακραίων καιρικών φαινομένων. Για την ορθή ανάλυση των επιπτώσεων στις επιχειρήσεις, είναι απαραίτητος ο σαφής διαχωρισμός των εννοιών που συνθέτουν τον κλιματικό κίνδυνο, καθώς και η κατανόηση των φυσικών χαρακτηριστικών των επιμέρους φαινομένων (hazards).

2.1.1. Ορισμοί: hazard, exposure, vulnerability, risk

Στη βιβλιογραφία της διαχείρισης καταστροφών και της κλιματικής προσαρμογής, ο κίνδυνος (risk) αντιμετωπίζεται ως συνάρτηση τριών βασικών παραμέτρων. Σύμφωνα με το πλαίσιο που υιοθετείται σε πολλές μελέτες επιπτώσεων (Motta et al., 2020· Lesk et al., 2016), οι ορισμοί διαμορφώνονται ως εξής:

- **Hazard (Κλιματικός Κίνδυνος/Απειλή):** Αναφέρεται στο ίδιο το φυσικό γεγονός ή την τάση (π.χ. ξηρασία, πλημμύρα, καύσωνας) που έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει απώλεια ζωής, τραυματισμό, ζημιές σε περιουσιακά στοιχεία, κοινωνική και οικονομική αναστάτωση ή περιβαλλοντική υποβάθμιση.
- **Exposure (Εκθεση):** Περιγράφει την παρουσία ανθρώπων, πόρων, υποδομών, κατοικιών, παραγωγικών ικανοτήτων ή άλλων περιουσιακών στοιχείων σε τοποθεσίες που θα μπορούσαν να επηρεαστούν αρνητικά (Motta et al., 2020). Για παράδειγμα, μια βιομηχανία είναι "εκτεθειμένη" σε πλημμύρα αν βρίσκεται εντός ζώνης πλημμυρικού κινδύνου.
- **Vulnerability (Ευπάθεια):** Ορίζεται ως η προδιάθεση ή η τάση ενός στοιχείου να επηρεαστεί αρνητικά. Η ευπάθεια περιλαμβάνει έννοιες όπως η ευαισθησία (sensitivity) του συστήματος στο να υποστεί βλάβη και η έλλειψη ικανότητας αντιμετώπισης και προσαρμογής (adaptive capacity) (Chen et al., 2020). Στο πλαίσιο των επιχειρήσεων, η ευπάθεια καθορίζει το πόσο θα ζημιωθεί μια επιχείρηση δεδομένης της έκθεσής της σε έναν κίνδυνο.

- **Risk (Διακινδύνευση):** Είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ του Hazard, του Exposure και του Vulnerability. Ο οικονομικός κίνδυνος, ειδικότερα, μεταφράζεται στην πιθανότητα οικονομικών απωλειών (άμεσων ή έμμεσων) λόγω κλιματικών συμβάντων (Cortés Arbués et al., 2025).

2.1.2. Βασικές κατηγορίες climate hazards

Η παρούσα εργασία εστιάζει σε πέντε κύριες κατηγορίες κινδύνων που επηρεάζουν την Ευρώπη, οι οποίες διαφέρουν ως προς τη φύση, τη χρονική κλίμακα και τον τρόπο πρόκλησης ζημιών.

- **Wildfire (Πυρκαγιά):** Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν έναν αυξανόμενο κίνδυνο, ιδιαίτερα στη Νότια Ευρώπη. Πέρα από την άμεση καταστροφή φυσικού κεφαλαίου και υποδομών, οι πυρκαγιές προκαλούν έμμεσες οικονομικές απώλειες μέσω της διακοπής της επιχειρηματικής δραστηριότητας, της μείωσης του τουρισμού και των επιπτώσεων στην υγεία λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Meier et al., 2023). Το κόστος τους συχνά υποεκτιμάται αν δεν ληφθούν υπόψη οι μακροχρόνιες επιπτώσεις στις τοπικές οικονομίες (Thomas et al., 2017).
- **Flood (Πλημμύρα):** Οι πλημμύρες (ποτάμιες, παράκτιες ή ξαφνικές/flash floods) προκαλούν τις μεγαλύτερες άμεσες ζημιές σε πάγια περιουσιακά στοιχεία (κτίρια, μηχανήματα). Ωστόσο, σημαντικό μέρος του οικονομικού κόστους προέρχεται από τη διακοπή της επιχειρηματικής λειτουργίας (Business Interruption) και τη διαταραχή των εφοδιαστικών αλυσίδων, καθώς οι επιχειρήσεις αδυνατούν να λειτουργήσουν ακόμη και αν οι ίδιες δεν έχουν υποστεί φυσική καταστροφή (Taguchi et al., 2022· Zhang et al., 2021).
- **Heatwave (Καύσωνας):** Οι καύσωνες διαφέρουν από τους άλλους κινδύνους καθώς σπανίως προκαλούν φυσικές καταστροφές σε υποδομές (με εξαίρεση ίσως τα δίκτυα ενέργειας ή μεταφορών). Η κύρια οικονομική τους επίπτωση εντοπίζεται στη μείωση της παραγωγικότητας της εργασίας και της Συνολικής Παραγωγικότητας των Συντελεστών (Total Factor Productivity - TFP), ιδιαίτερα σε κλάδους έντασης εργασίας και εξωτερικού χώρου, όπως η γεωργία και οι κατασκευές (Nota et al., 2024· Callahan & Mankin, 2022).

- **Drought (Ξηρασία):** Η ξηρασία είναι ένα "έρπον" φαινόμενο (creeping phenomenon) που αναπτύσσεται αργά αλλά έχει εκτεταμένες επιπτώσεις. Επηρεάζει πρωτογενώς τη γεωργία μέσω της μείωσης των αποδόσεων, αλλά επεκτείνεται και στον ενεργειακό τομέα (μείωση υδροηλεκτρικής παραγωγής, προβλήματα ψύξης σταθμών παραγωγής) και τη ναυσιπλοΐα (Motta et al., 2020· Byers et al., 2020). Οι μακροοικονομικές της επιπτώσεις μπορούν να μεταδοθούν μέσω του διεθνούς εμπορίου (Ortuzar et al., 2023).
- **Landslide (Κατολίσθηση):** Οι κατολισθήσεις συνδέονται συχνά με έντονες βροχοπτώσεις (hydrometeorological events) και επηρεάζουν τη φυσική ακεραιότητα κτιρίων και υποδομών. Αν και συχνά έχουν τοπικό χαρακτήρα, μπορούν να οδηγήσουν σε μόνιμη διακοπή λειτουργίας επιχειρήσεων και έχουν υψηλά ποσοστά θνησιμότητας επιχειρήσεων (firm exit probability) στις πληγείσες περιοχές (Clò et al., 2024· Chen et al., 2020).

2.2. Επιχειρηματική ευπάθεια και ανθεκτικότητα

Η μετάφραση των φυσικών κλιματικών φαινομένων σε οικονομικά μεγέθη απαιτεί την κατανόηση της επιχειρηματικής ευπάθειας. Σε αντίθεση με τη φυσική ευπάθεια, η οποία εστιάζει στην ακεραιότητα των υλικών (π.χ. κτιρίων), η επιχειρηματική ευπάθεια είναι πολυδιάστατη και αφορά την ικανότητα ενός οικονομικού οργανισμού να συνεχίσει να λειτουργεί και να παράγει αξία υπό καθεστώς πίεσης.

2.2.1. Έννοια της ευπάθειας (vulnerability)

Στο επιχειρηματικό πλαίσιο, η ευπάθεια δεν είναι μια στατική ιδιότητα, αλλά μια δυναμική κατάσταση που προκύπτει από την αλληλεπίδραση της φυσικής έκθεσης και των λειτουργικών χαρακτηριστικών της επιχείρησης. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η ευπάθεια μπορεί να διακριθεί σε φυσική και οικονομική:

- **Φυσική Ευπάθεια (Physical Vulnerability):** Αφορά τον βαθμό στον οποίο οι κτιριακές εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός είναι επιρρεπείς σε καταστροφή. Για παράδειγμα, μελέτες σε κατολισθήσεις δείχνουν ότι η ευπάθεια των κτιρίων εξαρτάται από τον τύπο της κατασκευής και την ένταση του φαινομένου, οδηγώντας συχνά σε μόνιμη απώλεια παγίων στοιχείων (Chen et al., 2020).

- **Λειτουργική/Οικονομική Ευπάθεια:** Αφορά την ευαισθησία των διαδικασιών παραγωγής. Ένας τομέας μπορεί να έχει χαμηλή φυσική ευπάθεια (π.χ. υπηρεσίες πληροφορικής σε έναν καύσωνα) αλλά υψηλή λειτουργική ευπάθεια λόγω μείωσης της παραγωγικότητας των εργαζομένων ή διακοπής κρίσιμων δικτύων (Nota et al., 2024).

Η ανθεκτικότητα (resilience), ως αντίστροφη έννοια, ορίζεται ως η ικανότητα της επιχείρησης να απορροφήσει το σοκ, να ανακάμψει και να προσαρμοστεί (Taguchi et al., 2022).

2.2.2. Direct losses, indirect losses & business interruption

Η αξιολόγηση των επιπτώσεων απαιτεί τον σαφή διαχωρισμό μεταξύ άμεσων και έμμεσων απωλειών, καθώς οι μηχανισμοί πρόκλησης ζημιάς διαφέρουν σημαντικά.

- **Άμεσες Απώλειες (Direct Losses):** Αναφέρονται στη φυσική καταστροφή περιουσιακών στοιχείων (stock damages). Περιλαμβάνουν ζημιές σε κτίρια, μηχανήματα, αποθέματα (inventory) και υποδομές. Η εκτίμησή τους γίνεται συνήθως μέσω συναρτήσεων ζημίας-βάθους (depth-damage curves) στην περίπτωση πλημμυρών ή μέσω της καμένης έκτασης στις πυρκαγιές (Zhang et al., 2021 · Thomas et al., 2017).
- **Διακοπή Επιχειρηματικής Δραστηριότητας (Business Interruption - BI):** Συχνά, το κόστος από τη διακοπή λειτουργίας υπερβαίνει το κόστος της φυσικής ζημιάς. Η διακοπή μπορεί να οφείλεται σε απώλεια πρόσβασης στις εγκαταστάσεις, διακοπή ρεύματος/νερού ή απουσία εργαζομένων. Έρευνες δείχνουν ότι σε πλημμυρικά φαινόμενα, οι απώλειες προστιθέμενης αξίας λόγω BI είναι κρίσιμες για τη μακροχρόνια βιωσιμότητα των επιχειρήσεων, ιδιαίτερα στη μεταποίηση (Thomas & Helgeson, 2022). Σε παγκόσμια κλίμακα, οι απώλειες λόγω διακοπής λειτουργίας από πλημμύρες αναγνωρίζονται πλέον ως βασικός παράγοντας οικονομικής ύφεσης (Taguchi et al., 2022).
- **Έμμεσες Απώλειες (Indirect Losses):** Αυτές αφορούν τις μακροοικονομικές επιπτώσεις που διάχρονται στην οικονομία μετά το συμβάν, όπως η μείωση της κατανάλωσης, η αύξηση της ανεργίας στις πληγείσες περιοχές και η μείωση των φορολογικών εσόδων (Usman et al., 2024).

2.2.3. Supply-chain effects και συστημικός κίνδυνος

Στη σύγχρονη παγκοσμιοποιημένη οικονομία, η ευπάθεια μιας επιχείρησης εξαρτάται άμεσα από την ευπάθεια του δικτύου συνεργατών της.

- **Επιπτώσεις στην Εφοδιαστική Αλυσίδα (Supply-chain effects):** Κλιματικά σοκ σε μια περιοχή μπορούν να διαταράξουν την παραγωγή σε εντελώς διαφορετικές γεωγραφικές ζώνες. Για παράδειγμα, μια ξηρασία που επηρεάζει τη γεωργική παραγωγή ή τη διαθεσιμότητα νερού για βιομηχανική χρήση σε μία χώρα, μεταδίδεται μέσω των δικτύων εμπορίου, προκαλώντας ελλείψεις εισροών και αύξηση τιμών διεθνώς (Ortuzar et al., 2023). Η βιβλιογραφία υπογραμμίζει ότι οι έμμεσες και παρεπόμενες δαπάνες στην εφοδιαστική αλυσίδα συχνά αγνοούνται στις εκτιμήσεις ζημιών, οδηγώντας σε υποεκτίμηση του πραγματικού κινδύνου (Thomas & Helgeson, 2022).
- **Συστημικός Κίνδυνος (Systemic Risk):** Προκύπτει όταν η αστοχία ενός κρίσιμου τομέα προκαλεί αλυσιδωτές αντιδράσεις (cascading effects). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο τομέας της Ενέργειας (NACE D) και των Τηλεπικοινωνιών (NACE J). Η ξηρασία και οι καύσωνες μπορούν να μειώσουν τη διαθεσιμότητα νερού ψύξης για θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, οδηγώντας σε αύξηση των τιμών ηλεκτρισμού ή και σε διακοπές ρεύματος (rolling blackouts), επηρεάζοντας οριζόντια όλους τους άλλους κλάδους (Byers et al., 2020). Αντίστοιχα, η ευπάθεια των δικτύων κινητής τηλεφωνίας και δεδομένων σε πλημμύρες και κυκλώνες δημιουργεί κινδύνους για την ψηφιακή οικονομία και τη διαχείριση κρίσεων (Oughton et al., 2023).

2.3. Οικονομικοί τομείς στην Ευρώπη και ταξινόμηση NACE

Η συστηματική ανάλυση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην οικονομία προϋποθέτει ένα κοινό πλαίσιο αναφοράς για την κατηγοριοποίηση των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το πλαίσιο αυτό ορίζεται από τη Στατιστική Ταξινόμηση των Οικονομικών Δραστηριοτήτων (NACE - Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne). Η χρήση του συστήματος NACE στην παρούσα εργασία δεν είναι τυπική, αλλά ουσιαστική, καθώς επιτρέπει τη συγκρισιμότητα των δεικτών ευπάθειας μεταξύ

διαφορετικών κλάδων και τη σύνδεση των φυσικών κινδύνων με συγκεκριμένες παραγωγικές διαδικασίες.

2.3.1. Η δομή της ταξινόμησης NACE (sections, divisions)

Το σύστημα NACE Rev. 2 ακολουθεί μια ιεραρχική δομή που ξεκινά από ευρείες κατηγορίες και καταλήγει σε εξειδικευμένες δραστηριότητες. Στο υψηλότερο επίπεδο της ιεραρχίας βρίσκονται οι **Τομείς (Sections)**, οι οποίοι συμβολίζονται με αλφαβητικούς κωδικούς (π.χ. A, B, C) και ομαδοποιούν δραστηριότητες με κοινά χαρακτηριστικά. Κάθε Τομέας υποδιαιρείται σε **Κλάδους (Divisions)**, οι οποίοι περιγράφονται με διψήφιους αριθμητικούς κωδικούς (π.χ. 01, 10, 35) και παρέχουν μεγαλύτερη λεπτομέρεια σχετικά με τη φύση της παραγωγής ή της υπηρεσίας.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, η ανάλυση κινείται και στα δύο αυτά επίπεδα. Αρχικά, εξετάζονται οι γενικοί Τομείς για την εξαγωγή μακροοικονομικών συμπερασμάτων, ενώ στη συνέχεια γίνεται εμβάθυνση σε συγκεκριμένους Κλάδους που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της έκθεσής τους σε κλιματικούς κινδύνους. Η μεθοδολογική αυτή επιλογή είναι κρίσιμη, καθώς η ευπάθεια μπορεί να διαφέρει σημαντικά εντός του ίδιου Τομέα· για παράδειγμα, εντός της Μεταποίησης (Τομέας C), η βιομηχανία τροφίμων (C10) αντιμετωπίζει διαφορετικές προκλήσεις σε σχέση με τη μεταλλουργία (C24) απέναντι σε έναν καύσινα ή μια ξηρασία.

2.3.2. Βασικές κατηγορίες τομέων

Η οικονομική δομή της Ευρώπης, όπως αποτυπώνεται στο NACE, περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων, οι οποίες στην εργασία αυτή ομαδοποιούνται βάσει της λειτουργικής τους ευαισθησίας στο κλίμα.

Πρωταρχικό ρόλο στην ανάλυση διαδραματίζει ο **Αγροτικός Τομέας (NACE Section A)**, ο οποίος περιλαμβάνει τη Γεωργία, τη Δασοκομία και την Αλιεία. Πρόκειται για τον κλάδο με την αμεσότερη εξάρτηση από τις καιρικές συνθήκες, καθώς η παραγωγική διαδικασία εκτίθεται πλήρως στο φυσικό περιβάλλον. Οι υποκατηγορίες της φυτικής και ζωικής παραγωγής (A1), της δασοκομίας (A2) και της αλιείας (A3) εξετάζονται ξεχωριστά, διότι η απόκρισή τους σε φαινόμενα όπως η ξηρασία και οι πυρκαγιές παρουσιάζει θεμελιώδεις διαφορές (Motta et al., 2020).

Ο δευτερογενής τομέας εκπροσωπείται κυρίως από τη **Μεταποίηση (NACE Section C)** και τις **Κατασκευές (NACE Section F)**. Η Μεταποίηση αποτελεί τη ραχοκοκαλιά της βιομηχανικής παραγωγής και χαρακτηρίζεται από υψηλής αξίας πάγια περιουσιακά στοιχεία και πολύπλοκες εφοδιαστικές αλυσίδες. Εδώ, η έρευνα εστιάζει σε ένα ευρύ φάσμα υποκλάδων, από τα τρόφιμα και την κλωστοϋφαντουργία μέχρι τα χημικά και τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Αντίστοιχα, ο τομέας της **Ενέργειας και Ύδρευσης (NACE Sections D & E)** αναγνωρίζεται ως κρίσιμη υποδομή, με συστημική σημασία για το σύνολο της οικονομίας, καθώς διαταραχές σε αυτούς τους κλάδους μεταδίδονται άμεσα σε όλους τους άλλους τομείς (Byers et al., 2020).

Στον τριτογενή τομέα, ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στις υπηρεσίες που επηρεάζονται από τη φυσική κινητικότητα και την ανθρώπινη φυσιολογία. Ο τομέας των **Μεταφορών και Αποθήκευσης (NACE Section H)** είναι νευραλγικός για τη διακίνηση αγαθών και προσώπων, ενώ ο κλάδος του **Τουρισμού και Εστίασης (NACE Section I)** παρουσιάζει έντονη εποχικότητα και εξάρτηση από τις κλιματικές συνθήκες των προορισμών. Τέλος, σύγχρονοι κλάδοι υπηρεσιών, όπως η **Πληροφορική και Επικοινωνία (NACE Section J)** και οι **Χρηματοοικονομικές Δραστηριότητες (NACE Section K)**, συμπεριλαμβάνονται στην ανάλυση όχι λόγω φυσικής έκθεσης, αλλά λόγω της εξάρτησής τους από ενεργειακά και τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, καθώς και του ρόλου τους στη διαχείριση του κινδύνου μέσω της ασφάλισης (Cortés Arbués et al., 2025).

2.4. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ανά κίνδυνο (hazard)

Η εμπειρική διερεύνηση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής έχει διαφοροποιηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, μετατοπίζοντας το ενδιαφέρον από τις γενικές εκτιμήσεις κόστους σε πιο εξειδικευμένες αναλύσεις ανά είδος κινδύνου (hazard-specific analysis). Κάθε κλιματικός κίνδυνος παρουσιάζει μοναδικά χαρακτηριστικά ως προς τη χρονική διάρκεια, τη γεωγραφική έκταση και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει το φυσικό και ανθρώπινο κεφάλαιο. Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζεται μια εκτενής ανασκόπηση της σύγχρονης βιβλιογραφίας για τους πέντε εξεταζόμενους κινδύνους, εστιάζοντας στις μακροοικονομικές και μικροοικονομικές επιπτώσεις που έχουν καταγραφεί στον ευρωπαϊκό και διεθνή χώρο.

2.4.1. Πυρκαγιές (Wildfires)

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν έναν από τους πιο καταστροφικούς φυσικούς κινδύνους, ιδιαίτερα για τις χώρες της Νότιας Ευρώπης, όπου η κλιματική αλλαγή δημιουργεί συνθήκες αυξημένης ευφλεκτότητας. Η βιβλιογραφία διακρίνει το κόστος των πυρκαγιών σε τρεις βασικές συνιστώσες: το κόστος καταστολής και πρόληψης, τις άμεσες ζημιές σε περιουσιακά στοιχεία και τις ευρύτερες οικονομικές απώλειες.

Σύμφωνα με την εκτενή ανασκόπηση των Thomas et al. (2017), η οικονομική επιβάρυνση των πυρκαγιών είναι συχνά υποεκτιμημένη διότι οι περισσότερες μελέτες εστιάζουν στο άμεσο δημοσιονομικό κόστος της πυρόσβεσης και στις αποζημιώσεις για καμένες εκτάσεις. Ωστόσο, η πραγματική "οικονομική επιβάρυνση" (economic burden) περιλαμβάνει μακροχρόνιες επιπτώσεις που δεν είναι άμεσα ορατές, όπως η υποβάθμιση της αξίας των ακινήτων σε περιοχές υψηλού κινδύνου, η απώλεια εσόδων από τον τουρισμό και οι επιπτώσεις στη δημόσια υγεία από τα αιωρούμενα σωματίδια. Η διάκριση μεταξύ "κόστους" (δαπάνες για την αντιμετώπιση) και "καθαρής μεταβολής αξίας" (net value change - NVC) είναι κρίσιμη για την ορθή αποτίμηση του φαινομένου.

Σε μακροοικονομικό επίπεδο, η μελέτη των Meier et al. (2023) παρέχει σημαντικά εμπειρικά δεδομένα για τον Νότο της Ευρώπης (Πορτογαλία, Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα, Γαλλία). Χρησιμοποιώντας δεδομένα σε επίπεδο περιφέρειας (NUTS3) για την περίοδο 2000-2016, οι ερευνητές κατέδειξαν ότι οι πυρκαγιές έχουν αρνητική επίπτωση στην αύξηση του ΑΕΠ, η οποία όμως εμφανίζεται με χρονική υστέρηση. Συγκεκριμένα, ενώ κατά το έτος της καταστροφής μπορεί να παρατηρηθεί μια προσωρινή αύξηση της δραστηριότητας λόγω των δαπανών έκτακτης ανάγκης, τα επόμενα δύο έτη χαρακτηρίζονται από σημαντική μείωση του ρυθμού ανάπτυξης, η οποία κυμαίνεται από 0.11% έως 0.23% για κάθε αύξηση της καμένης έκτασης. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι η καταστροφή του παραγωγικού κεφαλαίου (φυσικού και τεχνητού) και η διαταραχή των τοπικών αγορών εργασίας έχουν διάρκεια που υπερβαίνει τον άμεσο χρονικό ορίζοντα του συμβάντος.

Επιπλέον, οι περιφερειακές επιπτώσεις είναι ιδιαίτερα έντονες σε αγροτικές περιοχές που εξαρτώνται από το φυσικό περιβάλλον για τον τουρισμό και τη γεωργία. Η απώλεια δασικού

πλούτου μειώνει την ελκυστικότητα των προορισμών, οδηγώντας σε μείωση των διανυκτερεύσεων και των εσόδων στον τομέα της φιλοξενίας (NACE I), ενώ παράλληλα διαταράσσει τις αγροτικές εκμεταλλεύσεις (NACE A), προκαλώντας απώλειες εισοδήματος που είναι δύσκολο να αναπληρωθούν βραχυπρόθεσμα.

2.4.2. Πλημμύρες (Floods)

Σε αντίθεση με τις πυρκαγιές, οι πλημμύρες χαρακτηρίζονται από την ικανότητά τους να προκαλούν τεράστιες ζημιές σε κεφαλαιουχικό εξοπλισμό και υποδομές εντός ελάχιστου χρόνου. Η βιβλιογραφία για τις πλημμύρες εστιάζει παραδοσιακά στις άμεσες ζημιές (direct damages), οι οποίες υπολογίζονται μέσω συναρτήσεων βάθους-ζημίας (depth-damage curves). Όπως αναφέρουν οι Zhang et al. (2021) στη μελέτη περίπτωσης για την πόλη Lishui, η ακρίβεια αυτών των εκτιμήσεων εξαρτάται από τη λεπτομερή χαρτογράφηση της χρήσης γης και την αξία των παγίων στοιχείων ανά τετραγωνικό μέτρο. Οι καμπύλες ευπάθειας διαφέρουν σημαντικά ανάμεσα σε βιομηχανικές, εμπορικές και οικιστικές ζώνες, με τον βιομηχανικό εξοπλισμό να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στη διάβρωση και τη ρύπανση από τα φερτά υλικά.

Ωστόσο, η σύγχρονη έρευνα αναδεικνύει τη Διακοπή Επιχειρηματικής Δραστηριότητας (Business Interruption - BI) ως τον κυρίαρχο μηχανισμό οικονομικής ζημίας. Οι Taguchi et al. (2022), σε μια παγκόσμιας κλίμακας ανάλυση, υπολόγισαν ότι οι απώλειες προστιθέμενης αξίας λόγω διακοπής λειτουργίας μπορούν να ξεπεράσουν το κόστος των φυσικών ζημιών, ιδιαίτερα σε πλημμύρες μεγάλης διάρκειας. Η διακοπή αυτή δεν αφορά μόνο τις πληγείσες επιχειρήσεις αλλά διαχέεται μέσω των εφοδιαστικών αλυσίδων. Μια πλημμύρα που αδρανοποιεί ένα εργοστάσιο παραγωγής εξαρτημάτων μπορεί να προκαλέσει διακοπή παραγωγής σε συναρμολογητές που βρίσκονται σε ασφαλείς περιοχές, πολλαπλασιάζοντας το τελικό οικονομικό κόστος.

Επιπλέον, οι Thomas και Helgeson (2022) υπογραμμίζουν τη σημασία των χωροχρονικών δεδομένων για την εκτίμηση των επιπτώσεων στη μεταποίηση. Η ανάλυσή τους δείχνει ότι η άμεση καταστροφή παγίων οδηγεί σε μακροχρόνια μείωση της Προστιθέμενης Αξίας της Μεταποίησης (MVA), καθώς η αντικατάσταση εξειδικευμένου μηχανολογικού εξοπλισμού απαιτεί χρόνο και κεφάλαια. Ταυτόχρονα, παρατηρείται το φαινόμενο της "δημιουργικής καταστροφής" ή της "πλάνης της σπασμένης τζαμαρίας" (broken window fallacy) που περιγράφουν οι Usman et al.

(2024). Στις πλουσιότερες περιφέρειες της Ευρώπης, οι πλημμύρες ακολουθούνται συχνά από μια περίοδο έντονης κατασκευαστικής δραστηριότητας για την αποκατάσταση των ζημιών, η οποία τονώνει προσωρινά το ΑΕΠ. Αντίθετα, στις φτωχότερες περιφέρειες που στερούνται ασφαλιστικής κάλυψης και κρατικής αρωγής, η ανάκαμψη είναι αργή και η απώλεια παραγωγικού δυναμικού μόνιμη, διευρύνοντας τις περιφερειακές ανισότητες.

2.4.3. Καύσωνες (Heatwaves)

Οι καύσωνες αποτελούν έναν "αόρατο" κίνδυνο για τις επιχειρηματικές υποδομές, καθώς σπανίως προκαλούν φυσικές καταστροφές, αλλά έχουν δραματικές επιπτώσεις στην παραγωγική διαδικασία. Η κυρίαρχη επίπτωση των υψηλών θερμοκρασιών είναι η μείωση της παραγωγικότητας της εργασίας και, κατ' επέκταση, της Συνολικής Παραγωγικότητας των Συντελεστών (Total Factor Productivity - TFP).

Η πρωτοποριακή μελέτη των Nota et al. (2024) για την ιταλική βιομηχανία τροφίμων παρέχει ισχυρά εμπειρικά τεκμήρια. Χρησιμοποιώντας δεδομένα σε επίπεδο επιχείρησης, οι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι ένα κύμα καύσωνα οδηγεί σε μέση μείωση της TFP κατά 3.2%. Η μείωση αυτή είναι αποτέλεσμα της φυσιολογικής καταπόνησης των εργαζομένων, η οποία οδηγεί σε λάθη, αργότερους ρυθμούς εργασίας και αυξημένες ανάγκες για διαλείμματα. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι μικρότερες επιχειρήσεις πλήττονται δυσανάλογα, με τη μείωση της παραγωγικότητας να φτάνει το 7%, πιθανώς λόγω της έλλειψης κλιματιζόμενων εγκαταστάσεων και αυτοματοποιημένων διαδικασιών.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι Callahan και Mankin (2022) συνδέουν την ακραία ζέστη με τη σώρευση οικονομικών απωλειών, υποστηρίζοντας ότι οι καύσωνες έχουν ήδη μειώσει το παγκόσμιο ΑΕΠ τρισεκατομμύρια δολάρια από τη δεκαετία του 1990. Ο μηχανισμός μετάδοσης δεν περιορίζεται μόνο στην άμεση εργασία αλλά επεκτείνεται και στην απόδοση του κεφαλαίου, καθώς οι μηχανές υπερθερμαίνονται και τα συστήματα ψύξης λειτουργούν στα όρια τους, αυξάνοντας το ενεργειακό κόστος. Οι Usman et al. (2024) επιβεβαιώνουν ότι στην Ευρώπη οι καύσωνες έχουν αρνητική επίδραση στο δυνητικό προϊόν (potential output) μεσοπρόθεσμα, καθώς η συχνή εμφάνισή τους αποθαρρύνει τις επενδύσεις και μειώνει την ελκυστικότητα ορισμένων περιοχών για επιχειρηματική δραστηριότητα.

2.4.4. Ξηρασίες (Droughts)

Η ξηρασία διαφοροποιείται από τους άλλους κινδύνους λόγω της αργής εξέλιξής της (creeping phenomenon) και της χωρικής της έκτασης. Οι επιπτώσεις της είναι συστημικές και επηρεάζουν ταυτόχρονα πολλούς τομείς της οικονομίας μέσω του ανταγωνισμού για τους υδάτινους πόρους.

Οι Motta et al. (2020) αναλύουν τον πολυτομεακό αντίκτυπο της ξηρασίας στην Ευρώπη, αναδεικνύοντας τρεις κύριους πυλώνες ευπάθειας: α) Τη Γεωργία, όπου η έλλειψη εδαφικής υγρασίας μειώνει άμεσα τις αποδόσεις των καλλιεργειών. β) Την Ενέργεια, όπου η μειωμένη ροή των ποταμών επηρεάζει την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και τη δυνατότητα ψύξης των θερμοηλεκτρικών και πυρηνικών σταθμών. γ) Τις Μεταφορές, ειδικά την εσωτερική ναυσιπλοΐα στους μεγάλους ευρωπαϊκούς ποταμούς (π.χ. Ρήνος, Δούναβης), όπου η χαμηλή στάθμη των υδάτων περιορίζει τη μεταφορική ικανότητα των πλοίων.

Η ενεργειακή διάσταση αναλύεται διεξοδικά από τους Byers et al. (2020), οι οποίοι αποδεικνύουν ότι η ξηρασία οδηγεί σε σημαντική αύξηση των τιμών χονδρικής ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν η διαθεσιμότητα νερού ψύξης μειώνεται, οι φθηνές μονάδες παραγωγής τίθενται εκτός λειτουργίας και αντικαθίστανται από ακριβότερες μονάδες, μετακυλώντας το κόστος στη βιομηχανία και τους καταναλωτές.

Επιπρόσθετα, οι Ortuzar et al. (2023) εισάγουν τη διάσταση των παγκόσμιων εφοδιαστικών αλυσίδων. Μέσω ενός μοντέλου εισροών-εκροών (Multi-Regional Input-Output), δείχνουν ότι οι οικονομικές απώλειες από μια τοπική ξηρασία δεν περιορίζονται στην πληγείσα περιοχή. Λόγω της διασύνδεσης του εμπορίου, η μείωση της παραγωγής σε μια περιοχή (π.χ. έλλειψη αγροτικών προϊόντων ή ημιαγωγών λόγω έλλειψης νερού σε βιομηχανίες) προκαλεί φαινόμενα σπανιότητας και αυξήσεις τιμών παγκοσμίως, καθιστώντας την ξηρασία έναν κίνδυνο με έντονα χαρακτηριστικά διάχυσης (spillover effects).

2.4.5. Κατολισθήσεις (Landslides)

Οι κατολισθήσεις, αν και συχνά τοπικού χαρακτήρα, έχουν καταστροφικές συνέπειες για τις επιχειρήσεις που βρίσκονται στην πορεία τους. Η βιβλιογραφία εστιάζει κυρίως στη φυσική ευπάθεια των κατασκευών. Οι Chen et al. (2020) αναλύουν πώς τα χαρακτηριστικά των κτιρίων

(υλικά κατασκευής, θεμελίωση, ύψος) καθορίζουν τον βαθμό ζημίας από κατολισθήσεις αργής κίνησης. Σε αντίθεση με τις πλημμύρες, όπου η αποκατάσταση είναι συχνά εφικτή, οι κατολισθήσεις προκαλούν συχνά δομικές βλάβες που καθιστούν τα κτίρια ακατάλληλα για χρήση, οδηγώντας σε ολική απώλεια περιουσιακών στοιχείων.

Σε επιχειρηματικό επίπεδο, οι Clò et al. (2024), εξετάζοντας υδρογεωλογικά συμβάντα στην Ιταλία, ανακάλυψαν μια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ κατολισθήσεων και θνησιμότητας επιχειρήσεων. Οι επιχειρήσεις που πλήττονται έχουν 7.3% μεγαλύτερη πιθανότητα να εξέλθουν από την αγορά (market exit) σε σχέση με τις μη πληγείσες. Το ενδιαφέρον εύρημα της μελέτης είναι ότι ακόμη και επιχειρήσεις που επιβιώνουν αντιμετωπίζουν μακροχρόνια προβλήματα ρευστότητας και μειωμένα έσοδα, καθώς η καταστροφή των τοπικών υποδομών (δρόμοι, γέφυρες) αποκόπτει την πρόσβαση σε πελάτες και προμηθευτές. Αυτό καταδεικνύει ότι η ευπάθεια στις κατολισθήσεις δεν είναι μόνο ζήτημα στατικής επάρκειας των κτιρίων, αλλά και ανθεκτικότητας του δικτύου υποδομών που υποστηρίζει την οικονομική δραστηριότητα.

2.5. Σύνθεση βιβλιογραφίας: μοτίβα ευπάθειας ανά τομέα και κίνδυνο

Η συστηματική επισκόπηση της βιβλιογραφίας αναδεικνύει ότι η επιχειρηματική ευπάθεια δεν κατανέμεται τυχαία, αλλά ακολουθεί συγκεκριμένα, αναγνωρίσιμα μοτίβα που καθορίζονται από τη φύση της παραγωγικής διαδικασίας και την εξάρτηση κάθε κλάδου από το φυσικό κεφάλαιο και τις υποδομές. Συνθέτοντας τα εμπειρικά δεδομένα των προηγούμενων ενοτήτων, μπορούμε να ομαδοποιήσουμε τους οικονομικούς τομείς σε διακριτές κατηγορίες βάσει του προφίλ κινδύνου που αντιμετωπίζουν, δημιουργώντας έτσι τη βάση για την ποσοτική αποτίμηση που θα ακολουθήσει.

Το πρώτο και πλέον διακριτό μοτίβο αφορά τους **"Βιολογικά Εξαρτούμενους Τομείς"**, με κυρίαρχο τον Αγροτικό τομέα (NACE A). Εδώ, η ευπάθεια είναι εγγενής και άμεση, καθώς η παραγωγή εξαρτάται από φυσιολογικές διεργασίες που διαταράσσονται από ακραίες συνθήκες. Η βιβλιογραφία (Lesk et al., 2016; Motta et al., 2020) συγκλίνει στο συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός Ξηρασίας και Καύσωνα ("compound events") αποτελεί τη μεγαλύτερη απειλή, οδηγώντας σε ταυτόχρονη μείωση της ποσότητας και της ποιότητας των προϊόντων. Αντίθετα, οι Πλημμύρες, αν και καταστροφικές, τείνουν να έχουν πιο εντοπισμένο γεωγραφικά χαρακτήρα,

επηρεάζοντας συγκεκριμένες καλλιέργειες ή δασικές εκτάσεις, χωρίς απαραίτητα να προκαλούν την οριζόντια κατάρρευση που επιφέρει μια παρατεταμένη ξηρασία.

Το δεύτερο μοτίβο εντοπίζεται στους **"Τομείς Έντασης Παγίου Κεφαλαίου"**, όπως η Μεταποίηση (NACE C) και το Real Estate (NACE L). Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο κυρίαρχος μηχανισμός ζημίας είναι η φυσική καταστροφή από Πλημμύρες. Οι έρευνες των Taguchi et al. (2022) και Zhang et al. (2021) επιβεβαιώνουν ότι η συσσώρευση ακριβού μηχανολογικού εξοπλισμού και κτιριακών εγκαταστάσεων καθιστά αυτούς τους τομείς εξαιρετικά ευάλωτους σε υδρολογικά φαινόμενα. Ωστόσο, αναδύεται και μια δευτερογενής ευπάθεια στους Καύσωνες, η οποία δεν σχετίζεται με ζημιές στα κτίρια, αλλά με την πτώση της παραγωγικότητας των εργαζομένων και τις δυσλειτουργίες στα συστήματα ψύξης των βιομηχανικών μονάδων (Nota et al., 2024). Αυτό το εύρημα είναι κρίσιμο, διότι μετατοπίζει την αντίληψη του κινδύνου για τη βιομηχανία από το αμιγώς "καταστροφικό" στο "λειτουργικό".

Ένα τρίτο, εξαιρετικά σημαντικό μοτίβο αφορά τους **"Τομείς Δικτύων και Υποδομών"**, που περιλαμβάνουν την Ενέργεια (NACE D), τις Μεταφορές (NACE H) και τις Τηλεπικοινωνίες (NACE J). Η βιβλιογραφία αναδεικνύει τον "συστημικό" χαρακτήρα της ευπάθειάς τους. Για παράδειγμα, ο τομέας της Ενέργειας εμφανίζει ένα σύνθετο προφίλ ευπάθειας: είναι ευαίσθητος στην Ξηρασία λόγω της ανάγκης για νερό ψύξης και υδροηλεκτρική παραγωγή (Byers et al., 2020), αλλά και στους Καύσωνες που μειώνουν την απόδοση των δικτύων μεταφοράς και αυξάνουν τη ζήτηση. Η ιδιαιτερότητα εδώ έγκειται στο γεγονός ότι η αστοχία αυτών των τομέων λειτουργεί ως πολλαπλασιαστής κινδύνου για την υπόλοιπη οικονομία, προκαλώντας έμμεσες απώλειες (Business Interruption) σε κλάδους που φαινομενικά δεν έχουν πληγεί από το φυσικό φαινόμενο.

Τέλος, διακρίνεται το μοτίβο των **"Τομέων Έντασης Εργασίας και Κινητικότητας"**, όπως οι Κατασκευές (NACE F) και ο Τουρισμός (NACE I). Εδώ, ο ανθρώπινος παράγοντας είναι ο αδύναμος κρίκος. Οι Callahan και Mankin (2022) υπογραμμίζουν ότι οι Καύσωνες αποτελούν τον μεγαλύτερο κίνδυνο για την οικονομική απόδοση αυτών των κλάδων, καθώς οι εργασίες εκτελούνται συχνά σε εξωτερικούς χώρους. Στον Τουρισμό, προστίθεται η παράμετρος της "ελκυστικότητας προορισμού", όπου οι Πυρκαγιές και οι Καύσωνες μπορούν να οδηγήσουν σε ακυρώσεις και μακροχρόνια υποβάθμιση του τουριστικού προϊόντος, ακόμη και αν οι ξενοδοχειακές υποδομές παραμένουν ανέπαφες (Meier et al., 2023).

Συνοψίζοντας, η βιβλιογραφική σύνθεση μας οδηγεί στη διαμόρφωση ενός **Πίνακα Λογικής Ευπάθειας (Vulnerability Logic Matrix)**. Η ευπάθεια δεν είναι μονοδιάστατη· για κάθε ζεύγος Τομέα-Κινδύνου αντιστοιχεί ένας κυρίαρχος μηχανισμός επίπτωσης:

- **Asset Damage Driven:** Μεταποίηση, Ακίνητα (κυρίως από Πλημμύρες/Πυρκαγιές).
- **Supply/Input Driven:** Γεωργία, Ενέργεια (κυρίως από Ξηρασία/Καύσωνα).
- **Productivity/Demand Driven:** Υπηρεσίες, Τουρισμός, Κατασκευές (κυρίως από Καύσωνα).

Αυτή η κατηγοριοποίηση αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας "Indirect Estimation" στο επόμενο κεφάλαιο, όπου τα ποιοτικά αυτά συμπεράσματα θα μετατραπούν σε ποσοτικούς δείκτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μεθοδολογικό Πλαίσιο (Methodological Framework – Indirect Estimation)

Η παρούσα μελέτη υιοθετεί την προσέγγιση της **Έμμεσης Εκτίμησης (Indirect Estimation)** για την αξιολόγηση της επιχειρηματικής ευπάθειας. Δεδομένης της έλλειψης λεπτομερών, πρωτογενών δεδομένων ζημιών για κάθε επιχείρηση στην Ευρώπη, η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη σύνθεση της υφιστάμενης επιστημονικής γνώσης και τη μετατροπή των ποιοτικών χαρακτηριστικών κάθε κλάδου σε ποσοτικούς δείκτες. Το κεφάλαιο αυτό περιγράφει τα βήματα αυτής της διαδικασίας, από τον εννοιολογικό ορισμό έως την τελική βαθμονόμηση των πινάκων ευπάθειας.

3.1. Σκοπός των vulnerability coefficients (0–1 scale)

Κεντρικό εργαλείο της μεθοδολογίας είναι ο **Συντελεστής Ευπάθειας (Vulnerability Coefficient)**, μια αδιάστατη αριθμητική τιμή που κυμαίνεται στην κλίμακα από 0 έως 1. Ο σκοπός αυτού του συντελεστή είναι διττός:

Πρώτον, επιδιώκει την **ποσοτικοποίηση της ποιοτικής πληροφορίας**. Η βιβλιογραφία παρέχει πλήθος περιγραφικών στοιχείων (π.χ., «ο αγροτικός τομέας είναι εξαιρετικά ευάλωτος στην ξηρασία», «οι κατασκευές έχουν μέτρια ευπάθεια σε καύσωνες»). Ωστόσο, αυτές οι περιγραφές δεν επιτρέπουν την άμεση μαθηματική σύγκριση. Ο συντελεστής ευπάθειας λειτουργεί ως ένας "μεταφραστής", αντιστοιχίζοντας λεκτικούς χαρακτηρισμούς κινδύνου σε συγκεκριμένες αριθμητικές τιμές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υπολογιστικά μοντέλα και συγκριτικές αναλύσεις (heatmaps).

Δεύτερον, επιτρέπει τη **συγκρισιμότητα μεταξύ διαφορετικών κινδύνων (cross-hazard comparison)**. Είναι μεθοδολογικά δύσκολο να συγκριθεί η ζημιά από μια πλημμύρα (που μετριέται συχνά ως ποσοστό καταστροφής παγίων) με τη ζημιά από έναν καύσωνα (που μετριέται ως απώλεια παραγωγικότητας). Η κλίμακα 0–1 κανονικοποιεί αυτές τις επιπτώσεις κάτω από την κοινή ομπρέλα της "δυννητικής απώλειας αξίας" ή της "λειτουργικής υποβάθμισης".

Συγκεκριμένα, η κλίμακα ερμηνεύεται ως εξής:

- **Τιμή 0 (Zero Vulnerability):** Υποδηλώνει θεωρητική ανοσία του τομέα στον συγκεκριμένο κίνδυνο.
- **Τιμή 1 (Maximum Vulnerability):** Υποδηλώνει καταστροφική ευπάθεια, όπου η εκδήλωση του κινδύνου οδηγεί σε ολική απώλεια περιουσιακών στοιχείων ή πλήρη παύση λειτουργίας (total business interruption).

Οι ενδιάμεσες τιμές (0.2, 0.4, 0.5 κ.λπ.) εκφράζουν διαβαθμισμένα επίπεδα σοβαρότητας, τα οποία προκύπτουν από τη σύνθεση τριών παραγόντων: της φυσικής έκθεσης, της ευαισθησίας των διαδικασιών παραγωγής και της δυνατότητας ανάκαμψης.

Συντελεστής (Score)	Επίπεδο Ευπάθειας (Level)	Περιγραφή Επιπτώσεων (Impact Description)
0.0 - 0.2	Χαμηλή (Low)	Μικρές λειτουργικές ενοχλήσεις, αμελητέα οικονομική ζημία.
0.3 - 0.5	Μέτρια (Medium)	Μερική διακοπή λειτουργίας, επισκευάσιμες ζημιές, μείωση παραγωγικότητας.
0.6 - 0.8	Υψηλή (High)	Σημαντική καταστροφή παγίων, παρατεταμένη διακοπή, σοβαρές οικονομικές απώλειες.
0.9 - 1.0	Κρίσιμη (Critical)	Ολική καταστροφή, πιθανή μόνιμη έξοδος από την αγορά, συστημική αστοχία.

Πίνακας 3.1: Ερμηνεία Κλίμακας Συντελεστών Ευπάθειας

3.2. Περιγραφή της Μεθόδου Έμμεσης Εκτίμησης (Indirect Estimation)

Η μεθοδολογία της Έμμεσης Εκτίμησης (Indirect Estimation) επιλέχθηκε ως η βέλτιστη προσέγγιση για την υπέρβαση των περιορισμών που θέτει η έλλειψη ομοιογενών ιστορικών

δεδομένων ζημιών σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Σε αντίθεση με τις άμεσες στατιστικές μεθόδους, οι οποίες βασίζονται σε χρονοσειρές αποζημιώσεων ασφαλιστικών εταιρειών ή κρατικών αρωγών, δεδομένα που σπανίως είναι διαθέσιμα με λεπτομερή κωδικοποίηση NACE, η έμμεση μέθοδος ακολουθεί μια απαγωγική πορεία. Βασίζεται στην παραδοχή ότι η ευπάθεια είναι εγγενές χαρακτηριστικό της λειτουργικής δομής ενός κλάδου και, συνεπώς, μπορεί να συναχθεί (inferred) εάν αναλυθούν τα συστατικά στοιχεία της παραγωγικής του διαδικασίας υπό το πρίσμα της κλιματικής θεωρίας.

3.2.1. Ποιοτική Σύνθεση Βιβλιογραφίας και Λογική του Τομέα

Η διαδικασία τροφοδοτείται από δύο κύριες ροές πληροφορίας (inputs), η συνδυαστική ανάλυση των οποίων επιτρέπει τον καθορισμό του βαθμού ευπάθειας.

Η πρώτη ροή αφορά τη **Σύνθεση της Ποιοτικής Βιβλιογραφίας (Qualitative Literature Synthesis)**. Όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2, η ακαδημαϊκή έρευνα παρέχει πλούσια περιγραφικά στοιχεία για τους μηχανισμούς επιπτώσεων. Για παράδειγμα, μελέτες όπως των Nota et al. (2024) δεν μας δίνουν απλώς ένα ποσοστό μείωσης της παραγωγικότητας, αλλά εξηγούν το *γιατί*: η θερμική καταπόνηση επηρεάζει κυρίως κλάδους έντασης εργασίας χωρίς κλιματισμό. Αυτή η ποιοτική πληροφορία κωδικοποιείται ως "κανόνας ευπάθειας". Η μέθοδος της έμμεσης εκτίμησης συλλέγει τέτοια ευρήματα από ένα ευρύ φάσμα ερευνών (case studies, οικονομετρικές αναλύσεις, εκθέσεις φορέων) και τα συνθέτει για να δημιουργήσει το "προφίλ κινδύνου" κάθε τομέα.

Η δεύτερη και κρισιμότερη ροή είναι η **Τομεακή Λογική (Sector Logic)**. Πρόκειται για την ανάλυση της "λειτουργικής φυσιογνωμίας" του κάθε κλάδου NACE. Η ανάλυση αυτή θέτει θεμελιώδη ερωτήματα σχετικά με την παραγωγική διαδικασία:

- *Εξάρτηση από το φυσικό περιβάλλον*: Λειτουργεί η επιχείρηση σε εξωτερικό χώρο (π.χ. Κατασκευές) ή σε ελεγχόμενο περιβάλλον (π.χ. Χρηματοοικονομικά);
- *Ένταση Κεφαλαίου*: Βασίζεται η παραγωγή σε ευαίσθητο μηχανολογικό εξοπλισμό που βρίσκεται στο ισόγειο (π.χ. Μεταποίηση) ή σε άυλα περιουσιακά στοιχεία (π.χ. Λογισμικό);

- *Απαιτήσεις Εισροών:* Απαιτεί η διαδικασία μεγάλες ποσότητες νερού (π.χ. Ενέργεια, Γεωργία) ή ενέργειας;

Μέσω της "Τομεακής Λογικής", εντοπίζουμε τα αδύναμα σημεία της αλυσίδας αξίας του κλάδου. Όταν η βιβλιογραφική σύνθεση επιβεβαιώνει ότι αυτά τα αδύναμα σημεία έχουν ιστορικά οδηγήσει σε ζημιές, τότε ο κλάδος χαρακτηρίζεται ως υψηλής ευπάθειας.

3.2.2. Έννοιες: Έκθεση, Ευαισθησία, Διακοπή Λειτουργίας

Για την ορθή βαθμονόμηση των συντελεστών, η μέθοδος Indirect Estimation διακρίνει και σταθμίζει τρεις διαστάσεις του κινδύνου, οι οποίες λειτουργούν ως φίλτρα αξιολόγησης.

Έκθεση (Exposure): Στο πλαίσιο της παρούσας μεθοδολογίας, η έκθεση δεν αντιμετωπίζεται μόνο ως γεωγραφική παράμετρος (δηλαδή, αν η επιχείρηση βρίσκεται σε ζώνη πλημμύρας), αλλά και ως "λειτουργική έκθεση". Αφορά το κατά πόσον τα περιουσιακά στοιχεία του κλάδου είναι, από τη φύση τους, εκτεθειμένα στους κλιματικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, ο τομέας της Γεωργίας (NACE A) έχει εξ ορισμού 100% λειτουργική έκθεση σε φαινόμενα όπως η ξηρασία και οι καύσωνες. Αντίθετα, ο τομέας της Πληροφορικής (NACE J) μπορεί να έχει γεωγραφική έκθεση (τα γραφεία να βρίσκονται σε ζώνη κινδύνου), αλλά η λειτουργική του έκθεση είναι χαμηλότερη, καθώς η εργασία μπορεί να μεταφερθεί (teleworking).

Ευαισθησία (Sensitivity): Η έννοια της ευαισθησίας περιγράφει τον βαθμό στον οποίο η έκθεση μετατρέπεται σε ζημιά. Είναι το μέτρο της "εύθραυστης φύσης" του τομέα. Ένα εργοστάσιο χημικών και μια αποθήκη ξυλείας μπορεί να έχουν την ίδια έκθεση σε πυρκαγιά, αλλά η ευαισθησία του χημικού εργοστασίου είναι εκθετικά μεγαλύτερη λόγω του κινδύνου δευτερογενών εκρήξεων και περιβαλλοντικής ρύπανσης. Η μεθοδολογία μας αξιολογεί την ευαισθησία εξετάζοντας την ελαστικότητα της παραγωγής στις καιρικές μεταβολές. Κλάδοι με υψηλή ανελαστικότητα και εξειδικευμένο εξοπλισμό (όπως η βαριά βιομηχανία) λαμβάνουν υψηλότερη βαθμολογία ευαισθησίας.

Διακοπή Επιχειρηματικής Δραστηριότητας (Business Interruption - BI): Αυτή είναι η πιο κρίσιμη παράμετρος για την έμμεση εκτίμηση και συχνά υποτιμάται στις φυσικές προσεγγίσεις. Η μεθοδολογία μας ενσωματώνει ρητά το BI ως παράγοντα ευπάθειας. Ακόμη και αν η φυσική ζημιά

(asset damage) είναι μικρή, η ευπάθεια μπορεί να είναι μέγιστη εάν ο κίνδυνος προκαλεί παύση λειτουργίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο Τουρισμός (NACE I) σε συνθήκες καύσωνα: τα ξενοδοχεία δεν υφίστανται φυσική καταστροφή, αλλά η "λειτουργική ευπάθεια" είναι υψηλή λόγω ακυρώσεων και απώλειας εσόδων. Αντίστοιχα, όπως επισημαίνουν οι Taguchi et al. (2022), στις πλημμύρες το κόστος διακοπής λειτουργίας λόγω απώλειας πρόσβασης ή διακοπής ρεύματος συχνά υπερβαίνει το κόστος αντικατάστασης του εξοπλισμού. Συνεπώς, η μέθοδός μας αποδίδει υψηλούς συντελεστές ευπάθειας σε κλάδους όπου η παραγωγή δεν μπορεί να αποθηκευτεί (non-storable services) ή να ετεροχρονιστεί.

3.3. Διαδικασία Αντιστοίχισης (Mapping) και Κλίμακα Βαθμονόμησης

Η διαδικασία της αντιστοίχισης (mapping process) αποτελεί το κρισιμότερο στάδιο της μεθοδολογίας Indirect Estimation, καθώς γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ της περιγραφικής πληροφορίας και της ποσοτικής ανάλυσης. Στην παρούσα εργασία, η αντιστοίχιση δεν αντιμετωπίζεται ως μια απλή κατηγοριοποίηση σε "κουτιά" (Low/Medium/High), αλλά ως μια δυναμική διαδικασία **βαθμονόμησης (calibration)** πάνω σε μια συνεχή κλίμακα από το 0.0 έως το 1.0, με βήμα 0.1.

Η επιλογή αυτής της λεπτομερούς κλίμακας (granular scale) κρίθηκε απαραίτητη για να αποτυπωθεί η ετερογένεια (heterogeneity) των επιπτώσεων μεταξύ των οικονομικών κλάδων. Συχνά, δύο τομείς μπορεί να χαρακτηρίζονται αμφότεροι ως "υψηλής ευπάθειας" στη βιβλιογραφία, αλλά οι μηχανισμοί ανάκαμψής τους να διαφέρουν ριζικά, δικαιολογώντας διαφορετικό συντελεστή (π.χ. 0.7 έναντι 0.8).

Η λογική της αντιστοίχισης βασίζεται σε τέσσερις διακριτές ζώνες επιπτώσεων, οι οποίες αναλύονται παρακάτω:

3.3.1. Ζώνη Ελαχίστου ή Υπολειμματικού Κινδύνου (0.0 – 0.2)

Στη ζώνη αυτή κατατάσσονται ζεύγη Τομέα-Κινδύνου όπου η άμεση φυσική καταστροφή είναι πρακτικά αδύνατη, και οι επιπτώσεις περιορίζονται σε έμμεσες λειτουργικές ενοχλήσεις.

- **Τιμή 0.1:** Αντιπροσωπεύει τον "συστημικό θόρυβο" ή τον ελάχιστο υπολειμματικό κίνδυνο. Κανένας τομέας δεν λαμβάνει τιμή 0.0, καθώς όλοι εξαρτώνται από κοινές

υποδομές (ενέργεια, νερό, διαδίκτυο). Για παράδειγμα, ο τομέας *Πληροφορικής (J62)* σε περίπτωση *Ξηρασίας* λαμβάνει 0.1, αναγνωρίζοντας απλώς την πιθανή ελάχιστη αύξηση στο κόστος ενέργειας ή νερού για τα data centers, χωρίς όμως να απειλείται η παραγωγική του ικανότητα.

- **Τιμή 0.2:** Υποδηλώνει μετρήσιμη μεν, αλλά διαχειρίσιμη ενόχληση. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται μικρές προσαρμογές στη λειτουργία (π.χ. τηλεργασία λόγω καύσωνα για διοικητικές υπηρεσίες), χωρίς όμως να χάνεται προστιθέμενη αξία.

3.3.2. Ζώνη Λειτουργικής Πίεσης (0.3 – 0.4)

Εδώ εντοπίζονται οι κλάδοι που υφίστανται πίεση στα περιθώρια κέρδους τους λόγω του κλιματικού φαινομένου, αλλά διατηρούν την επιχειρησιακή τους συνέχεια.

- **Τιμή 0.3:** Χρησιμοποιείται συχνά ως δείκτης για τον τομέα *Διαχείρισης Ακινήτων (L68)* σε κινδύνους όπως οι *Κατολισθήσεις* ή οι *Πυρκαγιές* σε αστικές περιοχές. Δηλώνει ότι, αν και η πιθανότητα ολικής καταστροφής είναι μικρή για το σύνολο του κτιριακού αποθέματος, η απειλή είναι υπαρκτή και επηρεάζει τις αξίες των ακινήτων και τα ασφάλιστρα.
- **Τιμή 0.4:** Αποτελεί το "κατώφλι" της σημαντικής οικονομικής επίπτωσης. Συνήθως αποδίδεται σε τομείς υπηρεσιών (π.χ. *Εμπόριο - G*) κατά τη διάρκεια *Καύσωνα*, όπου η μείωση της επισκεψιμότητας και η αύξηση του κόστους κλιματισμού αρχίζουν να διαβρώνουν σημαντικά τα έσοδα, χωρίς όμως να επιβάλλουν κλείσιμο της επιχείρησης.

3.3.3. Ζώνη Σημαντικής Υλικής και Οικονομικής Ζημιάς (0.5 – 0.7)

Αυτή είναι η κρισιμότερη ζώνη για την ανάλυση, καθώς περιλαμβάνει την πλειονότητα των παραγωγικών κλάδων που επηρεάζονται σοβαρά.

- **Τιμή 0.5:** Ορίζεται ως το σημείο καμπής (tipping point) όπου η διακοπή λειτουργίας γίνεται αναπόφευκτη. Είναι η τυπική τιμή για τη *Μεταποίηση (C)* σε περιπτώσεις έντονων *Πλημμυρών* μικρής διάρκειας, όπου απαιτείται καθαρισμός και έλεγχος εξοπλισμού πριν την επανεκκίνηση.

- **Τιμή 0.6 – 0.7:** Εδώ οι ζημιές αποκτούν δομικό χαρακτήρα. Η τιμή 0.6 αποδίδεται συχνά στις *Τηλεπικοινωνίες (J61)* σε *Πλημμύρες*, λόγω της ευαισθησίας των υπόγειων καλωδιώσεων και των σταθμών βάσης. Η τιμή 0.7 χαρακτηρίζει τον τομέα *Real Estate (L68)* σε *Πλημμύρες*, καθώς η αποκατάσταση κτιρίων μετά από εισροή υδάτων είναι χρονοβόρα και δαπανηρή, επηρεάζοντας τα έσοδα από ενοίκια για μεγάλο διάστημα.

3.3.4. Ζώνη Κρίσιμης / Καταστροφικής Ευπάθειας (0.8 – 1.0)

Αφορά σενάρια όπου η βιωσιμότητα του κλάδου τίθεται εν αμφιβόλω σε τοπικό επίπεδο.

- **Τιμή 0.8:** Υποδηλώνει εκτεταμένη καταστροφή παγίων και μακροχρόνια διακοπή (άνω του μηνός). Είναι χαρακτηριστική για τη *Βιομηχανία (C)* σε μεγάλες *Πλημμύρες*, όπου μηχανήματα ακριβείας καταστρέφονται ολοσχερώς.
- **Τιμή 0.9 – 1.0:** Η απόλυτη ευπάθεια. Αποδίδεται σχεδόν αποκλειστικά στον *Πρωτογενή Τομέα (A)* για φαινόμενα όπως η *Ξηρασία* και οι *Πυρκαγιές*. Το 1.0 σημαίνει ότι η παραγωγή μιας ολόκληρης περιόδου χάνεται (π.χ. καμένη σοδειά), και η ζημιά δεν είναι απλώς μια παύση λειτουργίας, αλλά μια απώλεια βιολογικού κεφαλαίου που απαιτεί χρόνια για να αναπληρωθεί.

Μέσω αυτής της κλιμάκωσης, επιτυγχάνεται μια ρεαλιστική απεικόνιση του κινδύνου, όπου η διαφορά, για παράδειγμα, μεταξύ του 0.5 (προσωρινή διακοπή) και του 0.8 (καταστροφή εξοπλισμού) έχει τεράστια οικονομική σημασία για τη στρατηγική προσαρμογής της κάθε επιχείρησης.

3.4. Κανονικοποίηση και Κλιμάκωση (Normalization & Scaling) ανά Τομέα NACE

Μετά την αρχική διαδικασία αντιστοίχισης (mapping), το επόμενο κρίσιμο στάδιο της μεθοδολογίας είναι η **Κανονικοποίηση (Normalization)** και η **Κλιμάκωση (Scaling)** των δεικτών. Δεδομένου ότι η αρχική εκτίμηση βασίζεται σε ετερογενείς πηγές βιβλιογραφίας, κάποιες μελέτες εστιάζουν αποκλειστικά στη βιομηχανία ενώ άλλες στη γεωργία, υπάρχει ο κίνδυνος ασυνέπειας (inconsistency) κατά τη σύγκριση των τομέων. Η διαδικασία αυτή εξασφαλίζει ότι οι

δείκτες είναι συγκρίσιμοι οριζόντια (cross-sectoral comparison) και ότι η κλίμακα 0.0–1.0 χρησιμοποιείται με τρόπο που αντανακλά τη σχετική βαρύτητα των επιπτώσεων.

3.4.1. Ορισμός Τομέων Αναφοράς (Benchmark Sectors)

Η κανονικοποίηση επιτυγχάνεται μέσω του ορισμού "Τομέων Αναφοράς" (Benchmarks) για κάθε κλιματικό κίνδυνο. Οι τομείς αυτοί λειτουργούν ως "άγκυρες" (anchors) στις δύο άκρες της κλίμακας, καθορίζοντας το μέγιστο και το ελάχιστο όριο ευπάθειας. Βάσει αυτών, οι υπόλοιποι κλάδοι βαθμονομούνται αναλογικά.

Για την παρούσα μελέτη, ως Τομείς Αναφοράς ορίστηκαν οι εξής:

Για την Ξηρασία (Drought):

- *Benchmark 1.0 (Μέγιστο): Γεωργία (NACE A).* Η εξάρτηση είναι βιολογική και απόλυτη. Δεν υπάρχει υποκατάστατο για το νερό στην καλλιέργεια.
- *Benchmark 0.1 (Ελάχιστο): Επαγγελματικές Υπηρεσίες (NACE M).* Η κατανάλωση νερού περιορίζεται σε χρήσεις υγιεινής και καθαριότητας γραφείων.
- *Λογική Κλιμάκωσης:* Οποιοσδήποτε άλλος τομέας χρησιμοποιεί νερό ως ψυκτικό μέσο τοποθετείται σε υψηλότερες βαθμίδες ανάλογα με την κρισιμότητά του. Για παράδειγμα, η βιομηχανία μπορεί να κυμαίνεται στο 0.3 - 0.7, ενώ ο κρίσιμος τομέας της Ενέργειας φτάνει έως το 0.8 λόγω της απόλυτης εξάρτησης της υδροηλεκτρικής και θερμοηλεκτρικής παραγωγής από τη ροή των υδάτων.

Για την Πλημμύρα (Flood):

- *Benchmark 0.8-1.0 (Μέγιστο): Μεταποίηση (NACE C) & Real Estate (NACE L).* Λόγω της υψηλής συγκέντρωσης παγίου κεφαλαίου (μηχανήματα, κτίρια) σε ισόγεια επίπεδα και της αδυναμίας μετακίνησης.
- *Benchmark 0.5 (Ελάχιστο): ΤΠΕ (NACE J).* Αν και οι servers είναι ευάλωτοι, η δυνατότητα cloud backup και τηλεργασίας μειώνει δραστικά τη λειτουργική ευπάθεια.

Για τον Καύσωνα (Heatwave):

- *Benchmark 1.0 (Μέγιστο): Κατασκευές (NACE F) & Γεωργία (NACE A).* Λόγω της εξωτερικής φύσης της εργασίας που οδηγεί σε άμεση παύση δραστηριότητας για λόγους ασφαλείας.
- *Benchmark 0.2 (Ελάχιστο): Χρηματοοικονομικά (NACE K).* Κλιματιζόμενοι χώροι εργασίας και χαμηλή σωματική καταπόνηση.

Κίνδυνος (Hazard)	Τομέας Μέγιστης Ευπάθειας (Anchor High ~1.0)	Αιτιολόγηση (Rationale High)	Τομέας Ελάχιστης Ευπάθειας (Anchor Low ~0.1-0.2)	Αιτιολόγηση (Rationale Low)
Heatwave	NACE A (Agriculture), F (Construction)	Εργασία σε εξωτερικό χώρο, θερμικό στρες βιολογικού κεφαλαίου.	NACE K (Financial), J (ICT)	Ελεγχόμενο περιβάλλον γραφείων, κλιματισμός.
Flood	NACE C (Manufacturing), L (Real Estate)	Ζημιές σε πάγια, αποθέματα και κτίρια. Δύσκολη μετεγκατάσταση.	NACE M (Professional Services)	Δυνατότητα τηλεργασίας, χαμηλή εξάρτηση από φυσικό εξοπλισμό.
Drought	NACE A (Agriculture)	Άμεση απώλεια παραγωγής λόγω λειψυδρίας.	NACE J (ICT), K (Financial)	Μηδενική χρήση νερού στην παραγωγική διαδικασία.

Wildfire	NACE A02 (Forestry)	Καύση της πρώτης ύλης (δάσος). Ολική καταστροφή.	NACE C (Manufacturing)	Συνήθως βρίσκεται σε βιομηχανικές ζώνες μακριά από δάση (χαμηλή έκθεση).
Landslide	NACE H (Transport)	Καταστροφή γραμμικών υποδομών (δρόμοι, ράγες).	NACE J (ICT)	Η ψηφιακή υποδομή σπάνια επηρεάζεται από τοπικές κατολισθήσεις.

Πίνακας 3.2: Τομείς Αναφοράς (Benchmarks) για την Κλιμάκωση της Ευπάθειας

3.4.2. Έλεγχος Σχετικής Ευπάθειας (Relative Vulnerability Scaling)

Μετά τον ορισμό των άκρων, η διαδικασία κλιμάκωσης ελέγχει τις σχετικές αποστάσεις μεταξύ των τομέων. Η βασική αρχή που εφαρμόζεται είναι η "**Αρχή της Λειτουργικής Υποκατάστασης**".

Για παράδειγμα, στον κίνδυνο της **Πλημμύρας**, παρατηρούμε στο μοντέλο μας τις εξής τιμές:

- *NACE C (Manufacturing)*: **0.5 - 0.8** (ανάλογα τον υποκλάδο).
- *NACE G (Trade/Retail)*: **0.4 - 0.6**.

Η λογική της κλιμάκωσης εδώ υπαγορεύει ότι η Μεταποίηση πρέπει να έχει συστηματικά ίσο ή υψηλότερο δείκτη από το Εμπόριο. Γιατί; Διότι στο Εμπόριο, τα εμπορεύματα συχνά μπορούν να μετακινηθούν (stock relocation) ή να πωληθούν από άλλο κατάστημα. Στη Μεταποίηση, όμως, ο βαρύς εξοπλισμός (γραμμές παραγωγής) είναι βιδωμένος στο δάπεδο και η ευαισθησία στο νερό και τη λάσπη είναι μεγαλύτερη (Taguchi et al., 2022). Εάν κατά την αρχική βιβλιογραφική

επισκόπηση προέκυπτε χαμηλότερη τιμή για τη βιομηχανία, η διαδικασία Scaling τη διορθώνει προς τα πάνω για να διατηρηθεί η ιεραρχική λογική.

Αντίστοιχα, στον **Καύσωνα**:

- *NACE I (Tourism)*: **0.6**.
- *NACE R (Arts/Recreation)*: **0.5**.

Η ελαφρώς υψηλότερη τιμή στον Τουρισμό δικαιολογείται από το γεγονός ότι ο τουρισμός είναι "εμπειρία 24 ωρών" και εξαρτάται από την άνεση του πελάτη, ενώ πολλές δραστηριότητες αναψυχής (π.χ. μουσεία, θέατρα) μπορούν να λειτουργήσουν σε εσωτερικούς χώρους.

Τέλος, η κλιμάκωση λαμβάνει υπόψη την "**αλυσίδα αξίας**". Στον τομέα της Ενέργειας (NACE D), η παραγωγή (Generation) λαμβάνει υψηλότερο σκορ σε ξηρασία από τη Διανομή (Distribution), καθώς η πρώτη απαιτεί νερό, ενώ η δεύτερη επηρεάζεται κυρίως από ακραίους ανέμους ή παγετό (που δεν εξετάζονται εδώ) και λιγότερο από την έλλειψη νερού.

Μέσω αυτής της μεθοδολογικής προσέγγισης, οι πίνακες ευπάθειας που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4 δεν αποτελούν απλή παράθεση βιβλιογραφικών δεδομένων, αλλά ένα συνεκτικό, ιεραρχημένο σύστημα αξιολόγησης κινδύνου.

3.5. Έλεγχοι Συνοχής και Εσωτερική Λογική των Πινάκων (Coherence Checks)

Η εγκυρότητα της μεθόδου Indirect Estimation δεν βασίζεται μόνο στην ακρίβεια των μεμονωμένων συντελεστών, αλλά κυρίως στη δομική συνοχή (structural coherence) του συνόλου των πινάκων. Πριν την οριστικοποίηση των αποτελεσμάτων, εφαρμόστηκε μια αυστηρή διαδικασία ελέγχων λογικής για να διασφαλιστεί ότι οι σχετικές τιμές μεταξύ τομέων και κινδύνων υπακούουν σε οικονομικούς και φυσικούς κανόνες. Οι έλεγχοι αυτοί διακρίνονται σε τρία επίπεδα: Κάθετο (Vertical), Οριζόντιο (Horizontal) και Λειτουργικό (Functional).

3.5.1. Κάθετος Έλεγχος: Διατομεακή Ιεράρχηση (Cross-Sectoral Hierarchy)

Ο κάθετος έλεγχος εξετάζει τη σχετική κατάταξη διαφορετικών τομέων απέναντι στον ίδιο κίνδυνο. Η βασική απαίτηση εδώ είναι η τήρηση της "φυσικής ιεραρχίας". Για παράδειγμα, στον κίνδυνο του **Καύσωνα (Heatwave)**, η λογική του πίνακα επιβάλλει την εξής κλιμάκωση:

- *Εξωτερική Εργασία (Highest Tier)*: Οι τομείς **A (Γεωργία)** και **F (Κατασκευές)** πρέπει να έχουν τις υψηλότερες τιμές (>0.8), καθώς η έκθεση είναι άμεση και σωματική.
- *Βιομηχανική Εργασία (Middle Tier)*: Η **Μεταποίηση (C)** ακολουθεί με μεσαίες τιμές ($0.5-0.6$), καθώς η θερμότητα επηρεάζει τα μηχανήματα και την αποδοτικότητα, αλλά συχνά υπάρχουν συστήματα εξαερισμού.
- *Εργασία Γραφείου (Lowest Tier)*: Οι υπηρεσίες **K (Χρηματοοικονομικά)** και **J (Πληροφορική)** πρέπει να έχουν τις χαμηλότερες τιμές ($0.2-0.3$), καθώς προστατεύονται από κλιματιζόμενα κελύφη.

Οποιαδήποτε απόκλιση από αυτή την ιεραρχία (π.χ. αν τα Χρηματοοικονομικά είχαν υψηλότερο σκορ από τις Κατασκευές) θα υποδήλωνε σφάλμα στη μεθοδολογία, το οποίο διορθώθηκε κατά τη φάση του ελέγχου.

3.5.2. Οριζόντιος Έλεγχος: Προφίλ Κινδύνου ανά Τομέα (Hazard Profile)

Ο οριζόντιος έλεγχος εξετάζει αν το "μείγμα κινδύνων" για έναν συγκεκριμένο τομέα είναι ρεαλιστικό. Κάθε κλάδος NACE έχει ένα μοναδικό "δακτυλικό αποτύπωμα" ευπάθειας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο τομέας της **Ενέργειας (NACE D)**. Ο έλεγχος συνοχής επιβεβαιώνει ότι:

- Η ευπάθεια στην **Ξηρασία** είναι υψηλή (λόγω ανάγκης νερού ψύξης και υδροηλεκτρικών), όπως τεκμηριώνουν οι Byers et al. (2020).
- Η ευπάθεια στην **Πλημμύρα** είναι επίσης σημαντική (λόγω φυσικής ζημιάς σε υποσταθμούς).
- Αντίθετα, η ευπάθεια σε **Δασικές Πυρκαγιές** (για την παραγωγή, όχι τη μεταφορά) είναι χαμηλότερη, καθώς οι μονάδες παραγωγής βρίσκονται συνήθως σε καθαρισμένες ζώνες.

Αυτή η διαφοροποίηση (Variance check) είναι κρίσιμη για να αποφευχθεί το φαινόμενο της "ισοπέδωσης" (flatlining), όπου ένας ευάλωτος τομέας εμφανίζεται λανθασμένα με υψηλά σκορ σε *όλους* τους κινδύνους.

3.5.3. Λειτουργικός Έλεγχος: Έμμεσες Επιπτώσεις (Spillover Logic)

Ο πιο σύνθετος έλεγχος αφορά την ενσωμάτωση των έμμεσων επιπτώσεων. Εδώ ελέγχεται αν οι συντελεστές αντικατοπτρίζουν την εξάρτηση από την εφοδιαστική αλυσίδα. Στον κλάδο του **Εμπορίου Τροφίμων (G46)**, η ευπάθεια στην Ξηρασία δεν προκύπτει από το γεγονός ότι το σούπερ μάρκετ χρειάζεται νερό, αλλά από το ότι η Ξηρασία μειώνει τη διαθεσιμότητα των προϊόντων που πουλάει (εισροές από τον τομέα Α). Επομένως, ο πίνακας πρέπει να δείχνει μια συσχέτιση (correlation) μεταξύ του δείκτη ξηρασίας του τομέα Α και του τομέα G. Στους πίνακές μας, αυτό αποτυπώνεται με μια τιμή 0.4–0.5 στο Εμπόριο Τροφίμων, η οποία είναι χαμηλότερη από του Αγροτικού (1.0) αλλά σαφώς υψηλότερη από του Εμπορίου Ηλεκτρονικών.

Τέλος, διενεργήθηκαν "**Έλεγχοι Ακραίων Τιμών**" (Sanity Checks). Τιμές 0.0 (απόλυτη ανοσία) και 1.0 (απόλυτη καταστροφή) επανεξετάστηκαν. Η τιμή 1.0 διατηρήθηκε μόνο σε περιπτώσεις μη-αναστρέψιμης βιολογικής καταστροφής (Agri-Drought), ενώ η τιμή 0.0 αντικαταστάθηκε παντού από το 0.1 (ελάχιστος συστημικός κίνδυνος), αναγνωρίζοντας ότι σε μια διασυνδεδεμένη οικονομία κανείς δεν είναι πλήρως απομονωμένος από τις κλιματικές επιπτώσεις.

3.6. Όρια και Αβεβαιότητες της Προσέγγισης (Limitations)

Η υιοθέτηση της μεθόδου Indirect Estimation για την ποσοτικοποίηση της επιχειρηματικής ευπάθειας αποτελεί μια αναγκαία μεθοδολογική επιλογή προκειμένου να υπερκεραστεί η έλλειψη λεπτομερών δεδομένων ζημιών σε επίπεδο επιχείρησης. Ωστόσο, όπως κάθε μοντέλο προσομοίωσης, η προσέγγιση αυτή συνοδεύεται από εγγενείς περιορισμούς και αβεβαιότητες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Ο πρώτος και σημαντικότερος περιορισμός αφορά τη "**Μεροληψία της Συνάθροισης**" (Aggregation Bias) που προκύπτει από τη χρήση των κωδικών NACE. Η απόδοση ενός ενιαίου συντελεστή ευπάθειας σε ολόκληρο τον κλάδο (π.χ. C10 - Βιομηχανία Τροφίμων) υποθέτει μια ομοιογένεια που σπανίως απαντάται στην πραγματικότητα. Εντός του ίδιου κωδικού NACE

συνυπάρχουν πολυεθνικές εταιρείες με υψηλή προσαρμοστική ικανότητα και μικρομεσαίες επιχειρήσεις με περιορισμένους πόρους. Ο συντελεστής ευπάθειας, επομένως, αντιπροσωπεύει τον "μέσο όρο" ή την "τυπική συμπεριφορά" του κλάδου και ενδέχεται να υποεκτιμά ή να υπερεκτιμά τον κίνδυνο για συγκεκριμένες επιχειρηματικές μονάδες.

Ένας δεύτερος περιορισμός σχετίζεται με την **Έλλειψη Δεδομένων Προσαρμογής (Adaptation Deficit)**. Οι συντελεστές που αναπτύχθηκαν στην παρούσα μελέτη αποτυπώνουν τη "δυναμική ευπάθεια" (potential vulnerability) βάσει των λειτουργικών χαρακτηριστικών του κλάδου, χωρίς να ενσωματώνουν πλήρως τα μέτρα προσαρμογής που έχουν ήδη ληφθεί. Για παράδειγμα, ένα ξενοδοχείο (NACE I) σε πλημμυρική ζώνη βαθμολογείται με υψηλό δείκτη, ακόμη και αν έχει κατασκευάσει αντιπλημμυρικά τοιχία. Η αδυναμία του μοντέλου να διακρίνει τις προσαρμοσμένες από τις μη προσαρμοσμένες επιχειρήσεις αποτελεί μια πηγή αβεβαιότητας, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση των αναμενόμενων ζημιών σε περιοχές με ανεπτυγμένες υποδομές προστασίας (Cortés Arbués et al., 2025).

Επιπρόσθετα, η μεθοδολογία ενέχει **Επιστημική Αβεβαιότητα (Epistemic Uncertainty)** κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης. Παρά τη χρήση αυστηρών πρωτοκόλλων ελέγχου (coherence checks), η μετάφραση ποιοτικών δεδομένων σε ποσοτικούς δείκτες (π.χ. η επιλογή του 0.6 έναντι του 0.5) περιέχει αναπόφευκτα στοιχεία υποκειμενικής κρίσης (expert judgment). Η βιβλιογραφία από την οποία αντλούνται τα δεδομένα είναι συχνά κατακερματισμένη και προέρχεται από διαφορετικά γεωγραφικά πλαίσια, γεγονός που δυσκολεύει τη γενίκευση των συμπερασμάτων σε πανευρωπαϊκό επίπεδο χωρίς απώλεια ακρίβειας.

Τέλος, η παρούσα προσέγγιση εξετάζει τους κινδύνους μεμονωμένα, παραβλέποντας σε μεγάλο βαθμό τις **Συνθετες και Διαδοχικές Επιδράσεις (Compound and Cascading Effects)**. Στην πραγματικότητα, οι κλιματικοί κίνδυνοι εμφανίζονται συχνά ταυτόχρονα (π.χ. Καύσωνας και Ξηρασία) ή διαδοχικά (π.χ. Πυρκαγιά που ακολουθείται από Πλημμύρα). Η γραμμική λογική των πινάκων ευπάθειας δυσκολεύεται να αποτυπώσει τις μη γραμμικές επιπτώσεις τέτοιων φαινομένων, όπου η συνολική ζημιά μπορεί να είναι πολλαπλάσια του αθροίσματος των μερών (Thomas & Helgeson, 2022). Παρά τους περιορισμούς αυτούς, η μέθοδος Indirect Estimation παραμένει το πλέον αξιόπιστο εργαλείο για τη χαρτογράφηση τάσεων και την ιεράρχηση προτεραιοτήτων πολιτικής σε μακροοικονομική κλίμακα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Παρουσίαση Πινάκων Ευπάθειας ανά NACE και Hazard

4.1. Γενική περιγραφή των πινάκων ευπάθειας (Vulnerability Tables)

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί το επιστέγασμα της μεθοδολογικής προσέγγισης που αναλύθηκε προηγουμένως, παρουσιάζοντας τα ποσοτικά αποτελέσματα της Έμμεσης Εκτίμησης (Indirect Estimation) για την ευρωπαϊκή οικονομία. Μέσω της σύνθεσης βιβλιογραφικών δεδομένων, ιστορικών καταγραφών και της λειτουργικής ανάλυσης των επιχειρηματικών κλάδων, δημιουργήθηκε μια σειρά από Μήτρες Ευπάθειας (Vulnerability Matrices). Οι μήτρες αυτές αποτυπώνουν, με τη μορφή συντελεστών στην κλίμακα 0.0 έως 1.0, τον βαθμό ευαισθησίας και έκθεσης κάθε οικονομικής δραστηριότητας απέναντι σε πέντε κρίσιμους κλιματικούς κινδύνους: Πυρκαγιά (Wildfire), Πλημμύρα (Flood), Καύσιμα (Heatwave), Ξηρασία (Drought) και Κατολισθήσεις (Landslide).

Η παρουσίαση των δεδομένων ακολουθεί μια δομημένη αρχιτεκτονική, η οποία κινείται από το ειδικό στο γενικό, επιτρέποντας στον αναγνώστη να αντιληφθεί τόσο τις λεπτομερείς διαφοροποιήσεις σε επίπεδο υποκλάδων όσο και τις ευρύτερες τάσεις σε επίπεδο τομέων.

4.1.1. Πίνακες ανά υποτομέα (Divisions A1–A3, B5–B9, C10–C33, κ.λπ.)

Το βασικό επίπεδο ανάλυσης της παρούσας μελέτης εστιάζει στους διψήφιους κωδικούς της ονοματολογίας NACE Rev. 2 (Divisions). Η επιλογή αυτού του επιπέδου ανάλυσης (granular level) κρίνεται αναγκαία, διότι η ευπάθεια δεν είναι ομοιογενής εντός των ευρύτερων τομέων. Οι αναλυτικοί πίνακες που θα παρουσιαστούν στις επόμενες ενότητες (4.2 – 4.12) παρέχουν μια "ακτινογραφία" του κινδύνου, αποκαλύπτοντας σημαντικές εσωτερικές διακυμάνσεις.

Για παράδειγμα, εντός του Αγροτικού Τομέα (Section A), ο υποτομέας της *Δασοκομίας (A02)* εμφανίζει απόλυτη ευπάθεια (1.0) στις πυρκαγιές λόγω της καύσης του φυσικού κεφαλαίου, ενώ ο υποτομέας της *Αλιείας (A03)* παραμένει σχεδόν ανεπηρέαστος (0.1) από τον ίδιο κίνδυνο. Αντίστοιχα, στον τομέα της Μεταποίησης (Section C), η *Βιομηχανία Τροφίμων (C10)* εμφανίζει εξάρτηση από την ξηρασία (0.7) λόγω της σύνδεσης με την αγροτική παραγωγή, στοιχείο που απουσιάζει από τη *Βιομηχανία Μεταλλικών Προϊόντων (C25)*.

Κάθε πίνακας υποτομέα περιλαμβάνει:

- Τον κωδικό και την περιγραφή της δραστηριότητας.
- Τους πέντε συντελεστές ευπάθειας (έναν για κάθε κίνδυνο).
- Τις βιβλιογραφικές πηγές που τεκμηριώνουν τον καθορισμό της συγκεκριμένης τιμής.

Η δομή αυτή διασφαλίζει τη διαφάνεια της μεθόδου, επιτρέποντας την ιχνηλασιμότητα (traceability) κάθε δείκτη πίσω στην επιστημονική τεκμηρίωση που τον υποστηρίζει.

4.1.2. Aggregated vulnerability ranges ανά NACE Section

Προκειμένου να εξαχθούν μακροοικονομικά συμπεράσματα και να εντοπιστούν οι τομείς προτεραιότητας για τη χάραξη πολιτικής, οι δείκτες των υποτομέων έχουν ομαδοποιηθεί (aggregated) στο επίπεδο των γενικών Τομέων NACE (Sections A έως R). Ο παρακάτω συγκεντρωτικός πίνακας παρουσιάζει το εύρος τιμών (min-max range) για κάθε τομέα, αναδεικνύοντας τα "προφίλ κινδύνου" της ευρωπαϊκής οικονομίας.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
A	Agriculture, Forestry & Fishing (Γεωργία, Λασοκομία & Αλιεία)	0.1 – 1.0	0.5 – 0.9	0.4 – 0.9	0.3 – 1.0	0.1 – 0.5
B	Mining & Quarrying	0.2	0.5 – 0.6	0.5	0.3 – 0.4	0.3 – 0.9

	(Ορυχεία & Λατομεία)					
C	Manufacturing (Μεταποίηση)	0.2 – 0.6	0.5 – 0.8	0.5 – 0.6	0.2 – 0.7	0.2 – 0.6
D	Electricity, Gas, Steam (Παροχή Ηλεκτρικού Ρεύματος, Φυσικού Αερίου & Ατμού)	0.6	0.8	0.7	0.8	0.3
E	Water Supply & Waste (Παροχή Νερού, Επεξεργασία Λυμάτων & Διαχείριση Αποβλήτων)	0.2	0.6 – 0.8	0.5 – 0.6	0.5 – 1.0	0.3 – 0.7
F	Construction (Κατασκευές)	0.2	0.6 – 0.7	0.7	0.2	0.5 – 0.7
G	Wholesale & Retail Trade (Χονδρικό & Λιανικό Εμπόριο, Επισκευή	0.2 – 0.3	0.7 – 0.8	0.5 – 0.6	0.2	0.2 – 0.3

	Μηχανοκίνητων Οχημάτων)					
H	Transport & Storage (Μεταφορά & Αποθήκευση)	0.2 – 0.4	0.6 – 0.9	0.5 – 0.8	0.2	0.2 – 0.7
I	Accommodation & Food (Δραστηριότητες Υπηρεσιών Παροχής Καταλύματος & Εστίασης)	0.5 – 0.7	0.5 – 0.6	0.7 – 0.8	0.3 – 0.5	0.2
J	Information & Communication (Ενημέρωση & Επικοινωνία)	0.2	0.5 – 0.6	0.4 – 0.5	0.1	0.2
K	Financial & Insurance (Χρηματοπιστωτικές & Ασφαλιστικές Δραστηριότητες)	0.2 – 0.3	0.5 – 0.7	0.4 – 0.5	0.1 – 0.2	0.2 – 0.3

Q	Human Health & Social Work (Δραστηριότητες Σχετικές με την Ανθρώπινη Υγεία & την Κοινωνική Μέριμνα)	0.5	0.6	1.0	0.3	0.2
---	--	-----	-----	-----	-----	-----

Πίνακας 4.1: Συγκεντρωτικό Εύρος Συντελεστών Ευπάθειας ανά Τομέα NACE

Από την επισκόπηση του Πίνακα 4.1, προκύπτουν τρία βασικά μοτίβα ευπάθειας που διατρέχουν την ευρωπαϊκή οικονομία:

1. **Η Πόλωση της Φυσικής Καταστροφής (Physical Damage Polarization):** Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με άμεσες φυσικές ζημιές, κυρίως η **Πλημμύρα (Flood)** και η **Κατολίσθηση (Landslide)**, απειλούν δυσανάλογα τους τομείς εντάσεως παγίου κεφαλαίου. Οι τομείς της Μεταποίησης (C), της Ενέργειας (D) και των Μεταφορών (H) εμφανίζουν σταθερά υψηλές τιμές (άνω του 0.7). Αυτό υποδηλώνει ότι η ευρωπαϊκή βιομηχανική και μεταφορική υποδομή είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένη σε υδρομετεωρολογικά φαινόμενα.
2. **Η Κυριαρχία της Θερμικής Καταπόνησης (Heat Stress Dominance):** Οι κίνδυνοι του **Καύσωνα (Heatwave)** και της **Ξηρασίας (Drought)** δεν ακολουθούν γεωγραφικά ή κτιριακά κριτήρια, αλλά λειτουργικά. Πλήττουν πρωτίστως τους τομείς που εξαρτώνται από βιολογικούς πόρους (Αγροτικός Τομέας A, Ύδρευση E) και εξωτερική εργασία (Κατασκευές F). Αξιοσημείωτο είναι το εύρος του τομέα Υγείας (Q), όπου ο δείκτης φτάνει το 1.0 στον καύσωνα, αντανakλώντας την πίεση στα συστήματα υγείας λόγω της αύξησης των εισαγωγών ασθενών.
3. **Ο Ρόλος των Δικτύων (Network Vulnerability):** Τομείς όπως η Ενέργεια (D) και οι Τηλεπικοινωνίες (J) εμφανίζουν διαφορετικά προφίλ. Η Ενέργεια είναι ένας τομέας "Πολλαπλού Κινδύνου" (Multi-hazard sector) με υψηλούς δείκτες σχεδόν παντού (0.6-0.8),

ενώ οι Τηλεπικοινωνίες εμφανίζουν χαμηλότερη άμεση ευπάθεια (0.1-0.6), γεγονός που οφείλεται στην ψηφιοποίηση και την αποκέντρωση των λειτουργιών τους.

Η ανάλυση αυτών των συγκεντρωτικών τιμών θέτει το πλαίσιο για την εις βάθος διερεύνηση που ακολουθεί, όπου θα εξειδικευτούν οι μηχανισμοί ευπάθειας για κάθε υποκλάδο ξεχωριστά.

4.2. Αγροτικός τομέας – Agriculture, Forestry, Fishing (NACE A)

Ο Πρωτογενής Τομέας (NACE Section A) αποτελεί τον πλέον εκτεθειμένο κλάδο της ευρωπαϊκής οικονομίας απέναντι στην κλιματική κρίση. Η εγγενής λειτουργική του φύση, η οποία βασίζεται εξ ολοκλήρου στις βιολογικές διεργασίες και την άμεση αλληλεπίδραση με το φυσικό περιβάλλον, καθιστά την παραγωγή εξαιρετικά ευάλωτη στις μετεωρολογικές διακυμάνσεις. Σε αντίθεση με τη βιομηχανία ή τις υπηρεσίες, όπου η παραγωγική διαδικασία μπορεί να απομονωθεί σε ελεγχόμενα, κλιματιζόμενα κελύφη, η γεωργία, η δασοκομία και η αλιεία είναι χωρικά και λειτουργικά "ανοιχτά συστήματα".

Αυτό το χαρακτηριστικό αποτυπώνεται με απόλυτη σαφήνεια στις μήτρες ευπάθειας, όπου ο Τομέας Α συγκεντρώνει συστηματικά τις υψηλότερες τιμές της κλίμακας, αγγίζοντας το απόλυτο 1.0 σε συγκεκριμένους κινδύνους. Στον Πίνακα 4.2 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι εξειδικευμένοι δείκτες για τους τρεις βασικούς υποτομείς.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
A01	Crop & animal production (Φυτική & Ζωική Παραγωγή)	0.7	0.9	0.9	1.0	0.3
A02	Forestry & logging (Δασοκομία & Υλοτομία)	1.0	0.5	0.7	0.8	0.5
A03	Fishing & aquaculture (Αλιεία & Υδατοκαλλιέργεια)	0.1	0.6	0.4	0.3	0.1

Πίνακας 4.2: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE A (Agriculture, Forestry and Fishing)

Η ανάλυση των παραπάνω δεικτών αναδεικνύει σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τον τρόπο με τον οποίο κάθε υποτομέας μεταφράζει τον φυσικό κίνδυνο σε οικονομική ζημία.

4.2.1. Crop & animal production (A1)

Ο υποτομέας της Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής (A01) αποτελεί τον πυρήνα της επισιτιστικής ασφάλειας και, ταυτόχρονα, τον κλάδο με την υψηλότερη συστημική ευπάθεια στους κινδύνους "θερμικής και υδατικής καταπόνησης".

Η απόλυτη ευπάθεια στην Ξηρασία (Δείκτης 1.0): Ο δείκτης ευπάθειας για την ξηρασία (Drought) έχει οριστεί στη μέγιστη δυνατή τιμή (1.0). Η επιλογή αυτή δεν είναι τυχαία, αλλά τεκμηριώνεται από εκτεταμένα εμπειρικά δεδομένα που καταδεικνύουν ιστορικά φαινόμενα συστημικής αστοχίας (systemic failure) κατά τη διάρκεια περιόδων παρατεταμένης λειψυδρίας. Σύμφωνα με τη σύνθεση των δεδομένων (βλ. Lesk et al., 2016; Motta et al., 2020), η ξηρασία επιφέρει μια μέση μείωση της τάξης του 10.1% στην εθνική παραγωγή δημητριακών.

Οικονομικά, μια τέτοια πτώση είναι συντριπτική. Η απώλεια παραγωγής αυτού του μεγέθους ισοδυναμεί με την απώλεια περίπου έξι ετών σωρευμένης γεωργικής ανάπτυξης. Μια ζημιά που εκμηδενίζει έξι χρόνια παραγωγικής προόδου συνιστά μια καταστροφική επιχειρηματική διακοπή, δικαιολογώντας πλήρως τον συντελεστή 1.0. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτό το έλλειμμα παραγωγής προέρχεται από μια διπλή πίεση: αφενός από τη μείωση των στρεμματικών αποδόσεων (yields) κατά 5.1%, και αφετέρου από τη μείωση της συνολικής συγκομιζόμενης έκτασης (harvested area) κατά 4.1%, καθώς τεράστιες εκτάσεις εγκαταλείπονται ως μη βιώσιμες (Lesk et al., 2016). Επιπρόσθετα, η τάση αυτή εμφανίζει γεωγραφική εντατικοποίηση, με τις απώλειες στην Ευρώπη να κλιμακώνονται από 6.7% (περίοδος 1964-1984) στο 13.7% σε πιο πρόσφατες περιόδους, καταδεικνύοντας ότι η ικανότητα προσαρμογής του τομέα δεν επαρκεί για να αντισταθμίσει την ένταση του κλίματος.

Καύσωνας και Πλημμύρα (Δείκτες 0.9): Παρόμοια επίπεδα κρίσιμης ευπάθειας (0.9) καταγράφονται τόσο στον Καύσωνα όσο και στις Πλημμύρες. Ο καύσωνας (Heatwave) συνδέεται στενά με την ξηρασία, προκαλώντας θερμικό σοκ (thermal stress) στα φυτά, το οποίο διακόπτει τη φωτοσύνθεση, και Θ_{LW} καταπόνηση στο ζωικό κεφάλαιο, μειώνοντας δραματικά την παραγωγή

γάλακτος και κρέατος. Η μακροοικονομική επιβεβαίωση αυτής της συσχέτισης προκύπτει από μελέτες σε επίπεδο περιφερειών (NUTS 3), οι οποίες επιβεβαιώνουν μη γραμμικές, επίμονες πτώσεις της προστιθέμενης αξίας της γεωργίας μετά από κύματα καύσωνα (Usman et al., 2024). Η πλημμύρα (0.9), από την άλλη πλευρά, δρα μέσω της άμεσης μηχανικής καταστροφής (σάπισμα ριζικού συστήματος, διάβρωση γόνιμου εδάφους) και της καταστροφής αποθηκευμένων ζωοτροφών και μηχανολογικού εξοπλισμού, οδηγώντας σε άμεσες απώλειες κεφαλαίου.

Πυρκαγιές και Κατολισθήσεις: Η ευπάθεια στις πυρκαγιές (0.7) είναι επίσης υψηλή, με τον κίνδυνο να αφορά κυρίως την αποτέφρωση καλλιεργειών, υποδομών (θερμοκήπια, αποθήκες) και την απώλεια ζωικού κεφαλαίου. Οι κατολισθήσεις (0.3), αν και τοπικού χαρακτήρα, μπορούν να καταστρέψουν οριστικά την τοπογραφία των αγροτεμαχίων, καθιστώντας τα ακατάλληλα για μελλοντική χρήση (Chen et al., 2020).

4.2.2. Forestry & logging (A2)

Η Δασοκομία και Υλοτομία (A02) παρουσιάζει ένα εξίσου ακραίο, αλλά διαφορετικά εστιασμένο προφίλ ευπάθειας, με τον κίνδυνο της φυσικής αποτέφρωσης να κυριαρχεί.

Η καταστροφή από τις Πυρκαγιές (Δείκτης 1.0): Ο υποτομέας A02 είναι ο μοναδικός σε ολόκληρη την ταξινόμηση NACE που λαμβάνει τον απόλυτο δείκτη 1.0 στον κίνδυνο της **Πυρκαγιάς (Wildfire)**. Αυτό υπαγορεύεται από την ίδια τη φύση του αντικειμένου του: η πρώτη ύλη, το πάγιο κεφάλαιο και το προϊόν ταυτίζονται με τη δασική βιομάζα, η οποία είναι άκρως εύφλεκτη. Όταν μια δασική πυρκαγιά πλήττει μια περιοχή υλοτομίας, η καταστροφή είναι ολοσχερής. Σε αντίθεση με τον τουρισμό ή το εμπόριο που μπορεί να ανακάμψει την επόμενη σεζόν (Meier et al., 2023), η δασοκομία αντιμετωπίζει μια μη αναστρέψιμη βλάβη βραχυμεσοπρόθεσμα, καθώς ο κύκλος αναγέννησης των δέντρων απαιτεί δεκαετίες. Παράλληλα, όπως επισημαίνουν οι Cortés Arbués et al. (2025), οι ιδιωτικές επενδύσεις προσαρμογής παραμένουν κρίσιμες για τη μετριασμό αυτού του κινδύνου.

Ξηρασία και Καύσωνας (Δείκτες 0.8 και 0.7): Η ευπάθεια στην Ξηρασία (0.8) και τον Καύσωνα (0.7) λειτουργεί σε διττό επίπεδο. Πρωτίστως, αυτά τα φαινόμενα δρουν ως "πολλαπλασιαστές κινδύνου" (threat multipliers), δημιουργώντας την απαραίτητη ξηρή καύσιμη ύλη που ευνοεί τις mega-πυρκαγιές (mega-fires). Δευτερευόντως, η παρατεταμένη ξηρασία οδηγεί σε εξασθένιση των

δέντρων, καθιστώντας τα ευάλωτα σε ασθένειες (όπως τα έντομα φλοιοφάγα - bark beetles), γεγονός που υποβαθμίζει την ποιότητα και την εμπορική αξία της ξυλείας.

Πλημμύρες και Κατολισθήσεις (Δείκτες 0.5): Η μέτρια ευπάθεια (0.5) στους υδρογεωλογικούς κινδύνους σχετίζεται κυρίως με τις δυσκολίες πρόσβασης. Οι κατολισθήσεις και οι έντονες βροχοπτώσεις καταστρέφουν τους δασικούς δρόμους, καθιστώντας αδύνατη την προσέγγιση των μηχανημάτων υλοτομίας και την απομάκρυνση της παραγόμενης ξυλείας, προκαλώντας έτσι σοβαρή διακοπή της εφοδιαστικής αλυσίδας (business interruption).

4.2.3. Fishing & aquaculture (A3)

Ο υποτομέας της Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειας (A03) εμφανίζει το πιο ήπιο προφίλ ευπάθειας εντός του πρωτογενούς τομέα, καθώς το υδάτινο περιβάλλον λειτουργεί ως φυσικό ρυθμιστικό ανάχωμα (buffer) απέναντι σε πολλούς κλιματικούς κινδύνους ξηράς.

Πλημμύρες (Δείκτης 0.6) και Θερμικοί Κίνδυνοι: Η υψηλότερη τιμή για τον κλάδο καταγράφεται στις **Πλημμύρες (0.6)**. Αυτό αφορά κυρίως την υδατοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων και τις παράκτιες υποδομές, όπου η ορμητική εισροή γλυκού νερού, λάσπης και φερτών υλικών (debris) μπορεί να καταστρέψει τις δεξαμενές εκτροφής και να αλλοιώσει δραματικά την αλατότητα (salinity) του νερού, οδηγώντας σε μαζική θνησιμότητα του ιχθυοπληθυσμού (Taguchi et al., 2022).

Ο **Καύσωνας (0.4)** συνιστά μια αυξανόμενη απειλή υπό τη μορφή των "θαλάσσιων καυσώνων" (marine heatwaves), οι οποίοι ευθύνονται για φαινόμενα ανοξίας στα ιχθυοτροφεία και τη μείωση της παραγωγικότητας των αλιευμάτων. Η **Ξηρασία (0.3)** έχει έμμεση επίπτωση, επηρεάζοντας κυρίως τη ροή των ποταμών και την ποιότητα του νερού στις υδατοκαλλιέργειες γλυκού νερού.

Τέλος, όπως είναι φυσικό, η ευπάθεια σε **Πυρκαγιές (0.1)** και **Κατολισθήσεις (0.1)** θεωρείται πρακτικά αμελητέα (ο δείκτης 0.1 αναγνωρίζει μόνο τον θεωρητικό κίνδυνο καταστροφής των χερσαίων διοικητικών εγκαταστάσεων των επιχειρήσεων).

4.3. Εξορυκτικές Βιομηχανίες (Mining & Extraction) (NACE B)

Ο τομέας των Εξορυκτικών Βιομηχανιών (NACE Section B) παρουσιάζει ένα εξαιρετικά ιδιότυπο και στοχευμένο προφίλ κινδύνου. Σε αντίθεση με άλλους βιομηχανικούς κλάδους που μπορούν να

επιλέξουν τη χωροθέτησή τους, οι εξορυκτικές δραστηριότητες είναι αυστηρά δεσμευμένες από τη γεωγραφική θέση των κοιτασμάτων, γεγονός που τις τοποθετεί συχνά σε απομακρυσμένες, ορεινές ή γεωμορφολογικά ασταθείς περιοχές. Παράλληλα, η ίδια η φύση της δραστηριότητας (εκσκαφές, αλλαγή κλίσεων εδάφους) παρεμβαίνει στο φυσικό τοπίο, δημιουργώντας συχνά έναν "αυτοτροφοδοτούμενο" βρόχο ευπάθειας.

Στον Πίνακα 4.3 αποτυπώνονται οι δείκτες ευπάθειας για τους υποτομές της εξόρυξης.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
B05	Mining coal & lignite (Εξόρυξη Άνθρακα & Λιγνίτη)	0.2	0.6	0.5	0.4	0.8
B06	Oil & gas (Αντληση Πετρελαίου & Φυσικού Αερίου)	0.2	0.6	0.5	0.3	0.3
B07	Metal ores (Εξόρυξη Μεταλλευμάτων)	0.2	0.5	0.5	0.3	0.9
B08	Other mining (Λοιπά Ορυχεία & Λατομεία)	0.2	0.6	0.5	0.3	0.8
B09	Mining support (Υποστηρικτικές Δραστηριότητες Εξόρυξης)	0.2	0.6	0.5	0.3	0.7

Πίνακας 4.3: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE B (Mining & Quarrying)

4.3.1. Η Κυριαρχία του Κατολισθητικού Κινδύνου (Landslides)

Το πλέον εντυπωσιακό εύρημα στον τομέα Β είναι η ακραία ευπάθεια στις **Κατολισθήσεις (Landslides)**. Ειδικότερα, η Εξόρυξη Μεταλλευμάτων (B07) λαμβάνει τον κρίσιμο δείκτη **0.9**, ενώ η Εξόρυξη Άνθρακα (B05) και τα Λοιπά Λατομεία (B08) ακολουθούν στενά με **0.8**.

Η βαθμονόμηση αυτή δικαιολογείται απόλυτα από την τομεακή λογική και τη βιβλιογραφία των φυσικών καταστροφών (βλ. USGS reports για τις κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις των κατολισθήσεων). Στα υπαίθρια ορυχεία (open-pit mines) και τα λατομεία, η ευστάθεια των πρανών είναι μια διαρκής πρόκληση. Τα ακραία υδρομετεωρολογικά φαινόμενα (έντονες βροχοπτώσεις) μπορούν να προκαλέσουν μεγάλης κλίμακας αστοχίες στα πρανή, με αποτέλεσμα μαζικές κατολισθήσεις. Μια τέτοια εξέλιξη δεν προκαλεί απλώς προσωρινή διακοπή, αλλά καταπλακώνει βαρύ και εξαιρετικά δαπανηρό μηχανολογικό εξοπλισμό, καταστρέφει τις οδούς προσπέλασης και, σε ακραίες περιπτώσεις, μπορεί να οδηγήσει σε οριστικό κλείσιμο της εξορυκτικής εγκατάστασης λόγω του τεράστιου κόστους αποκατάστασης.

Εξαίρεση σε αυτό το μοτίβο αποτελεί η **Άντληση Πετρελαίου και Αερίου (B06)**, η οποία λαμβάνει χαμηλό δείκτη (**0.3**). Αυτό εξηγείται από τη μέθοδο παραγωγής, η οποία βασίζεται σε γεωτρήσεις (drilling) παρά σε μαζική απομάκρυνση εδαφών, μειώνοντας δραστικά την έκθεση σε επιφανειακές μετατοπίσεις γαιών.

4.3.2. Πλημμύρες (Flood) και Υδρολογικοί Κίνδυνοι

Η ευπάθεια στις **Πλημμύρες** κυμαίνεται σε μέτρια προς υψηλά επίπεδα (**0.5 - 0.6**) για όλους τους υποκλάδους. Τα υπαίθρια ορυχεία λειτουργούν συχνά ως τεράστιες λεκάνες απορροής. Μια ξαφνική πλημμύρα (flash flood) μπορεί να γεμίσει το ορυχείο με νερό και λάσπη, απαιτώντας εκτεταμένες, χρονοβόρες και ενεργοβόρες επιχειρήσεις απάντλησης πριν να μπορέσει να επαναληφθεί η παραγωγή (Business Interruption). Παράλληλα, οι ζημιές στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό εξόρυξης δικαιολογούν τη διατήρηση του δείκτη πάνω από το όριο του 0.5.

4.3.3. Θερμική Καταπόνηση: Καύσωνας (Heatwave) και Ξηρασία (Drought)

Ο **Καύσωνας** αποτιμάται ομοιόμορφα στο **0.5** σε όλο τον τομέα. Η τιμή αυτή εκφράζει μια σημαντική λειτουργική ευπάθεια, η οποία οφείλεται σε δύο κύριους παράγοντες:

1. **Θερμική καταπόνηση εργαζομένων:** Μεγάλο τμήμα της εξορυκτικής δραστηριότητας εκτελείται σε εξωτερικούς χώρους, καθιστώντας αναγκαία τη μείωση του ρυθμού εργασίας ή τη διακοπή βαρειών χειρωνακτικών εργασιών κατά τις ώρες αιχμής, επιφέροντας πλήγμα στην παραγωγικότητα (TFP).
2. **Υπερθέρμανση εξοπλισμού:** Τα βαρέα οχήματα και τα μηχανήματα εξόρυξης υπόκεινται σε αυξημένες φθορές και απαιτούν συχνότερες στάσεις για ψύξη σε συνθήκες ακραίας ζέστης.

Η **Ξηρασία** διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα (**0.3 - 0.4**). Αν και το νερό είναι απαραίτητο σε πολλά ορυχεία για την καταστολή της σκόνης (dust suppression) και την επεξεργασία του μεταλλεύματος, τα ορυχεία συχνά διαθέτουν δικά τους συστήματα ανακύκλωσης υδάτων, μειώνοντας την άμεση εξάρτηση από τα επιφανειακά υδατικά συστήματα συγκριτικά με τη γεωργία. Ο λιγνίτης (B05) λαμβάνει ελαφρώς υψηλότερη τιμή (0.4) λόγω της συχνής γειννίας και ολοκλήρωσής του με θερμοηλεκτρικούς σταθμούς που απαιτούν μεγάλες ποσότητες ύδατος για ψύξη.

4.3.4. Η Απουσία Καύσιμης Ύλης (Wildfire)

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η καθολικά ελάχιστη τιμή (**0.2**) στον κίνδυνο των **Πυρκαγιών**. Η λογική της βαθμονόμησης είναι ξεκάθαρη: οι ζώνες εξόρυξης αποτελούνται ως επί το πλείστον από γυμνό έδαφος, πετρώματα και αδρανή υλικά. Απουσιάζει παντελώς η καύσιμη ύλη (βλάστηση) εντός του πυρήνα παραγωγής. Ο δείκτης 0.2 αποδίδεται αποκλειστικά για να καλύψει έμμεσους κινδύνους, όπως την πιθανή καταστροφή βοηθητικών κτιριακών εγκαταστάσεων στις παρυφές του ορυχείου ή τη διακοπή πρόσβασης εξαιτίας πυρκαγιών στο οδικό δίκτυο που εξυπηρετεί την εγκατάσταση.

4.4. Δευτερογενής Τομέας: Μεταποίηση (Manufacturing) (NACE C)

Ο τομέας της Μεταποίησης (NACE Section C) συνιστά τον κορμό της ευρωπαϊκής βιομηχανικής παραγωγής. Από την επεξεργασία τροφίμων και την κλωστοϋφαντουργία έως τη βαριά βιομηχανία μετάλλων και την παραγωγή ηλεκτρονικών, η μεταποίηση χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά υψηλή ένταση παγίου κεφαλαίου (μηχανολογικός εξοπλισμός, κτιριακές εγκαταστάσεις, ρομποτικά συστήματα) και από τη διατήρηση σημαντικών αποθεμάτων (inventory) πρώτων υλών και έτοιμων προϊόντων.

Η λειτουργική αυτή δομή καθιστά τον τομέα ιδιαίτερα ευάλωτο σε κινδύνους που προκαλούν άμεσες υλικές ζημιές, καθώς και σε φαινόμενα που διαταράσσουν την απρόσκοπτη ροή της εφοδιαστικής αλυσίδας (Thomas & Helgeson, 2022). Στον Πίνακα 4.4 παρουσιάζονται οι δείκτες ευπάθειας για το σύνολο των μεταποιητικών υποκλάδων.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
C10–C11	Food & beverages (Τρόφιμα & Ποτά)	0.3	0.8	0.6	0.7	0.2
C12	Tobacco (Προϊόντα Καπνού)	0.2	0.8	0.5	0.3	0.2
C13–C15	Textiles, apparel, leather (Κλωστοϋφαντουργία, Είδη Ένδυσης & Δερμάτινα Είδη)	0.2	0.7	0.5	0.3	0.2
C16	Wood products (Προϊόντα Ξύλου & Φελλού)	0.6	0.5	0.6	0.5	0.3
C17–C18	Paper, printing (Χαρτοποιία & Εκτυπώσεις)	0.3	0.7	0.5	0.3	0.2
C19	Coke & refined petroleum (Παραγωγή Οπτάνθρακα & Προϊόντων Δύλωσης Πετρελαίου)	0.2	0.8	0.5	0.3	0.3
C20–C22	Chemicals, pharma, rubber	0.2	0.8	0.6	0.3	0.2

	(Χημικά, Φάρμακα & Προϊόντα Καουτσούκ)					
C23	Non-metallic minerals (Μη Μεταλλικά Ορυκτά)	0.2	0.8	0.5	0.3	0.6
C24– C25	Metals & fabricated metal (Βασικά Μέταλλα & Μεταλλικά Προϊόντα)	0.2	0.8	0.5	0.3	0.6
C26– C28	Electronics, electrical, machinery (Ηλεκτρονικά, Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός & Μηχανήματα)	0.2	0.7	0.5	0.2	0.3
C29– C30	Motor & transport equipment (Οχήματα & Εξοπλισμός Μεταφορών)	0.2	0.8	0.5	0.2	0.3
C31– C33	Furniture, other, repair (Επιπλα, Λοιπές Μεταποιητικές Δραστηριότητες & Επισκευή)	0.3	0.7	0.5	0.3	0.3

Πίνακας 4.4: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE C (Manufacturing)

Από την ανάλυση των παραπάνω δεικτών, αναδεικνύονται τέσσερα βασικά μοτίβα ευπάθειας που διατρέχουν τη βιομηχανική παραγωγή:

4.4.1. Η Κυριαρχία του Πλημμυρικού Κινδύνου (Flood Risk Dominance)

Χωρίς αμφιβολία, η **Πλημμύρα** αποτελεί τον πιο καταστροφικό φυσικό κίνδυνο για το σύνολο της μεταποίησης, με τους δείκτες να κυμαίνονται σταθερά σε κρίσιμα επίπεδα μεταξύ **0.7 και 0.8**. Κλάδοι όπως η διύλιση πετρελαίου (C19), τα χημικά και φαρμακευτικά (C20-22), η παραγωγή μετάλλων (C24-25) και η αυτοκινητοβιομηχανία (C29-30) λαμβάνουν τον εξαιρετικά υψηλό δείκτη 0.8.

Η αποτίμηση αυτή εδράζεται σε τρεις άξονες:

1. **Φυσική Τρωτότητα Παγίων:** Τα βιομηχανικά μηχανήματα, η ρομποτική και τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου βρίσκονται κατά κανόνα στο επίπεδο του εδάφους. Η εισροή υδάτων προκαλεί άμεση, συχνά μη επισκευάσιμη, οξείδωση και βραχυκυκλώματα, απαιτώντας πλήρη αντικατάσταση του εξοπλισμού.
2. **Καταστροφή Αποθεμάτων:** Σε αντίθεση με τις υπηρεσίες, η μεταποίηση βασίζεται σε φυσικά υλικά. Η επαφή με το νερό καταστρέφει άμεσα τις πρώτες ύλες, ιδιαίτερα σε κλάδους όπως τα τρόφιμα (C10-11) και ο καπνός (C12).
3. **NaTech Κίνδυνοι:** Στις χημικές βιομηχανίες και τα διυλιστήρια, μια πλημμύρα μπορεί να προκαλέσει δευτερογενή τεχνολογικά ατυχήματα (Natural Hazard Triggering Technological Disasters - NaTech), όπως διαρροή τοξικών ουσιών, εκτοξεύοντας το κόστος αποκατάστασης και την περιβαλλοντική ευθύνη (liability).

4.4.2. Η Εξαίρεση των Εφοδιαστικών Αλυσίδων: Τρόφιμα (C10-11) και Ξυλεία (C16)

Ενώ για την πλειονότητα της βιομηχανίας η **Ξηρασία** αποτελεί δευτερεύοντα κίνδυνο (με δείκτες 0.2 - 0.3, που υποδηλώνουν ελάχιστες άμεσες επιπτώσεις), η **Βιομηχανία Τροφίμων & Ποτών (C10-11)** και η **Βιομηχανία Προϊόντων Ξύλου (C16)** καταγράφουν εντυπωσιακές αποκλίσεις, με δείκτες **0.7 και 0.5** αντίστοιχα.

Αυτή η σημαντική διαφοροποίηση αποτελεί την επιτομή της *έμμεσης ευπάθειας (indirect vulnerability)*. Όπως τεκμηριώνουν οι Ortuzar et al. (2023), η βιομηχανία τροφίμων λειτουργεί σε απόλυτη εξάρτηση από την αγροτική παραγωγή (NACE A). Μια εκτεταμένη ξηρασία μειώνει

κατακόρυφα τη διαθεσιμότητα των γεωργικών πρώτων υλών, προκαλώντας αδράνεια στις γραμμές παραγωγής των εργοστασίων τροφίμων, έλλειψη εφοδιασμού (supply shock) και εκτίναξη του κόστους εισροών.

Αντίστοιχα, τα **Προϊόντα Ξύλου (C16)** είναι ο μόνος μεταποιητικός κλάδος με υψηλό δείκτη στις **Πυρκαγιές (0.6)**. Αυτό συμβαίνει διότι η καταστροφή των δασών (C16) διακόπτει άμεσα την πρώτη ύλη για τα πριστήρια, ενώ συχνά οι βιομηχανικές αυτές μονάδες χωροθετούνται εντός ή στις παρυφές δασικών εκτάσεων, αυξάνοντας την άμεση φυσική τους έκθεση στις φλόγες.

4.4.3. Θερμικό Στρες και Απώλεια Παραγωγικότητας (TFP)

Ο **Καύσωνας** αποτιμάται ομοιόμορφα σε ένα μέσο επίπεδο ευπάθειας (**0.5**) για το σύνολο του τομέα, το οποίο όμως αυξάνεται στο **0.6** για τα Τρόφιμα & Ποτά (C10-11), το Ξύλο (C16) και τα Χημικά/Φαρμακευτικά (C20-22).

Η επίδραση του καύσωνα στη βιομηχανία δεν είναι, ως επί το πλείστον, καταστροφική για τα κτίρια, αλλά βαθιά διαβρωτική για την οικονομική αποδοτικότητα. Σύμφωνα με την κρίσιμη μελέτη των Nota et al. (2024), η οποία εξέτασε επιχειρήσεις στην Ιταλία, η ακραία ζέστη προκαλεί στατιστικά σημαντική πτώση της Συνολικής Παραγωγικότητας των Συντελεστών (TFP) κατά μέσο όρο 3.2%, με τις μικρότερες επιχειρήσεις να αγγίζουν απώλειες της τάξης του 7%. Στους υποκλάδους C10-11 και C20-22, η θερμότητα αυξάνει δραματικά το λειτουργικό κόστος λόγω της απολύτως αναγκαίας βιομηχανικής ψύξης (industrial refrigeration) για τη διατήρηση των ευπαθών προϊόντων, δικαιολογώντας τον αυξημένο δείκτη 0.6.

4.4.4. Γεωμορφολογική Έκθεση

Τέλος, η ευπάθεια στις **Κατολισθήσεις (Landslides)** εμφανίζεται ελεγχόμενη (0.2-0.3) για τη συντριπτική πλειονότητα της βιομηχανίας, με δύο αξιοσημείωτες εξαιρέσεις: τα **Μη-μεταλλικά Ορυκτά (C23)** (π.χ. τσιμεντοβιομηχανίες, κεραμικά) και τα **Βασικά Μέταλλα (C24-25)**, τα οποία λαμβάνουν σημαντικό δείκτη **0.6**. Η εξήγηση εντοπίζεται στη γεωγραφία αυτών των μονάδων. Οι τσιμεντοβιομηχανίες και τα χυτήρια μετάλλων χωροθετούνται ιστορικά κοντά στις πηγές πρώτων υλών (λατομεία και ορυχεία - Τομέας Β), οι οποίες, όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα, βρίσκονται σε ζώνες με υψηλό κατολισθητικό κίνδυνο. Μια κατολίσθηση μπορεί να πλήξει άμεσα

τον βαρύ εξοπλισμό αυτών των μονάδων ή, συνηθέστερα, να αποκόψει τις χερσαίες οδούς που απαιτούνται για τη μεταφορά τεράστιων όγκων υλικού.

4.5. Ενέργεια και Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας (Energy & Utilities - NACE D, E)

Οι τομείς της Παροχής Ηλεκτρικού Ρεύματος, Φυσικού Αερίου (NACE D) και Παροχής Νερού, Αποχέτευσης και Διαχείρισης Αποβλήτων (NACE E) συνιστούν τις "ζωτικές αρτηρίες" (lifelines) της σύγχρονης οικονομίας. Η ιδιαιτερότητα αυτών των κλάδων έγκειται στο γεγονός ότι σπανίως λειτουργούν ως τελικοί καταναλωτές· αντίθετα, παρέχουν τις απολύτως αναγκαίες εισροές για τη λειτουργία όλων των υπολοίπων τομέων NACE (από τη γεωργία και τη μεταποίηση έως τις υπηρεσίες υγείας).

Επομένως, οι δείκτες ευπάθειας που καταγράφονται εδώ δεν αντικατοπτρίζουν απλώς την πιθανότητα διακοπής λειτουργίας μιας μεμονωμένης επιχείρησης, αλλά τον κίνδυνο μιας αλυσιδωτής, συστημικής αστοχίας (cascading failure). Ο Πίνακας 4.5 αποτυπώνει το πολυδιάστατο προφίλ κινδύνου των δικτύων κοινής ωφέλειας.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνα (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
D35	Electricity, gas, steam (Ηλεκτρισμός, αέριο, ατμός)	0.6	0.8	0.7	0.8	0.3
E36	Water supply (Συλλογή και παροχή νερού)	0.2	0.8	0.6	1.0	0.3
E37	Sewerage (Επεξεργασία λυμάτων)	0.2	0.7	0.5	0.8	0.3
E38	Waste collection	0.2	0.6	0.5	0.5	0.3

	(Συλλογή απορριμμάτων)					
E39	Remediation & waste mgmt (Εξυγίανση & διαχείριση)	0.2	0.6	0.5	0.5	0.3

Πίνακας 4.5: Δείκτες Ευπάθειας Τομέων NACE D & E (Energy & Utilities)

4.5.1. Ο Ενεργειακός Τομέας (D35) ως Κόμβος Πολλαπλών Κινδύνων (Multi-Hazard Node)

Η παραγωγή και διανομή ενέργειας (D35) καταγράφει σταθερά υψηλούς δείκτες σε τέσσερις από τους πέντε εξεταζόμενους κινδύνους, αναδεικνύοντας τη δομική ευαισθησία των σύγχρονων ηλεκτρικών δικτύων.

Υδατική και Θερμική Εξάρτηση (Ξηρασία 0.8, Καύσωνας 0.7): Η Ξηρασία (0.8) αποτελεί μια από τις κρισιμότερες απειλές για την ηλεκτροπαραγωγή. Όπως αναλύουν διεξοδικά οι Byers et al. (2020), η έλλειψη νερού μειώνει άμεσα την ικανότητα λειτουργίας των υδροηλεκτρικών σταθμών (λόγω χαμηλής στάθμης ταμιευτήρων). Ταυτόχρονα, πλήττει καίρια τους θερμοηλεκτρικούς και πυρηνικούς σταθμούς, οι οποίοι απαιτούν τεράστιους όγκους ύδατος για τα συστήματα ψύξης (cooling water). Όταν η παροχή των ποταμών μειώνεται και η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται, αυτοί οι σταθμοί αναγκάζονται να μειώσουν την παραγωγή τους (derating) ή να τεθούν εκτός λειτουργίας για λόγους περιβαλλοντικής ασφάλειας. Το φαινόμενο αυτό επιδεινώνεται ραγδαία κατά τη διάρκεια **Καύσωνα (0.7)**, όταν η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια (λόγω κλιματισμού) κορυφώνεται, ενώ παράλληλα η θερμική καταπόνηση των εναέριων γραμμών μεταφοράς μειώνει τη μεταφορική τους ικανότητα (sagging power lines) και την απόδοση των μετασχηματιστών.

Κίνδυνοι Υποδομών (Πλημμύρα 0.8, Πυρκαγιά 0.6): Η Πλημμύρα (0.8) συνιστά τον κυριότερο κίνδυνο καταστροφής παγίων. Οι υποσταθμοί υψηλής τάσης και τα κέντρα διανομής, που συχνά βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο, είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στην εισροή υδάτων, η οποία προκαλεί βραχυκυκλώματα και εκτεταμένες βλάβες. Αντίστοιχα, η Πυρκαγιά (0.6) απειλεί ευθέως τα εναέρια δίκτυα μεταφοράς και διανομής που διασχίζουν δασικές εκτάσεις, προκαλώντας

διακοπές ρεύματος (blackouts) σε ευρείες γεωγραφικές περιοχές, όπως έχει αποδειχθεί σε επανειλημμένα συμβάντα στη Νότια Ευρώπη.

4.5.2. Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Αποβλήτων (E36 - E39)

Οι δραστηριότητες παροχής νερού και διαχείρισης λυμάτων εμφανίζουν ένα προφίλ κινδύνου στενά συνυφασμένο με τον υδρολογικό κύκλο, γεγονός που αποτυπώνεται στις ακραίες τιμές της ξηρασίας και της πλημμύρας.

Η Απόλυτη Απειλή της Ξηρασίας (Δείκτης 1.0 στην Ύδρευση): Ο κλάδος της **Παροχής Νερού (E36)** λαμβάνει την ανώτατη τιμή ευπάθειας (**1.0**) στον κίνδυνο της **Ξηρασίας**. Η αιτιολόγηση είναι παρόμοια με αυτήν της Γεωργίας: η ξηρασία εξαλείφει την ίδια την πρώτη ύλη του κλάδου. Η εξάντληση των επιφανειακών ταμιευτήρων και η πτώση του υδροφόρου ορίζοντα καθιστούν αδύνατη την παροχή της υπηρεσίας. Παράλληλα, η ξηρασία δημιουργεί σοβαρά προβλήματα και στην **Επεξεργασία Λυμάτων (E37 - Δείκτης 0.8)**. Η μείωση της ροής του νερού στα αποχετευτικά δίκτυα δυσχεραίνει τη φυσική μεταφορά των στερεών αποβλήτων (blockages) και αυξάνει τη συγκέντρωση των ρύπων, προκαλώντας δυσλειτουργίες στις βιολογικές εγκαταστάσεις καθαρισμού.

Η Διάσταση της Πλημμύρας (0.7 - 0.8): Στον αντίποδα, η περίσσεια νερού κατά τη διάρκεια **Πλημμύρας** αποτελεί εξίσου σοβαρό κίνδυνο. Η Ύδρευση (E36) λαμβάνει **0.8** καθώς τα πλημμυρικά ύδατα συχνά επιμολύνουν τις πηγές άντλησης πόσιμου νερού με φερτά υλικά και χημικά (water contamination), απαιτώντας άμεση διακοπή της υδροδότησης για την προστασία της δημόσιας υγείας. Στην Αποχέτευση (E37 - **0.7**), η εισροή ομβρίων υδάτων υπερφορτώνει τα παντοροϊκά δίκτυα, οδηγώντας σε ανεξέλεγκτες υπερχειλίσσεις λυμάτων (Combined Sewer Overflows - CSOs) στο περιβάλλον, καταστρέφοντας παράλληλα τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα των αντλιοστασίων.

Διαχείριση Απορριμμάτων (E38 - E39): Οι υποκλάδοι της Συλλογής και Διαχείρισης Αποβλήτων (E38, E39) εμφανίζουν πιο ήπιο αλλά σταθερό προφίλ ευπάθειας. Ο κίνδυνος της **Πλημμύρας (0.6)** σχετίζεται κυρίως με την αποκοπή της πρόσβασης στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής (XYTA) και τον κίνδυνο διαρροής τοξικών στραγγισμάτων (leachates) στον υδροφόρο ορίζοντα. Ο **Καύσωνας (0.5)** και η **Ξηρασία (0.5)** ενέχουν υγειονομικούς κινδύνους για τους εργαζομένους

στην αποκομιδή, ενώ αυξάνουν δραματικά τον κίνδυνο αυτανάφλεξης (spontaneous combustion) στις εγκαταστάσεις εναπόθεσης απορριμμάτων και ανακύκλωσης.

4.6. Κατασκευές – Construction (NACE F)

Ο τομέας των Κατασκευών (NACE Section F) συνιστά έναν από τους σημαντικότερους πυλώνες ανάπτυξης και απασχόλησης της ευρωπαϊκής οικονομίας. Η ιδιαιτερότητά του, σε σύγκριση με τη μεταποίηση ή τις υπηρεσίες, έγκειται στο γεγονός ότι το σύνολο σχεδόν της παραγωγικής του διαδικασίας συντελείται σε **ανοιχτό, μη ελεγχόμενο περιβάλλον** (open-air operations). Τα εργοτάξια, είτε αφορούν την ανέγερση κτιρίων είτε μεγάλα έργα υποδομής, είναι άμεσα εκτεθειμένα στα καιρικά φαινόμενα, καθιστώντας τον κλάδο ιδιαίτερα ευαίσθητο στην κλιματική μεταβλητότητα.

Στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζονται οι δείκτες ευπάθειας για τους τρεις βασικούς υποτομείς των κατασκευών.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνα (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
F41	Buildings (Κατασκευή κτιρίων)	0.2	0.6	0.7	0.2	0.5
F42	Civil engineering (Έργα πολιτικού μηχανικού)	0.2	0.7	0.7	0.2	0.7
F43	Specialized construction (Εξειδικευμένες δραστηριότητες)	0.2	0.6	0.7	0.2	0.6

Πίνακας 4.6: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE F (Construction)

Η ανάλυση των δεικτών αποκαλύπτει δύο κύριους άξονες ευπάθειας: τον κίνδυνο της θερμικής καταπόνησης του εργατικού δυναμικού και τον κίνδυνο των υδρογεωλογικών καταστροφών (hydrogeological hazards).

4.6.1. Η Κατακόρυφη Ευπάθεια στον Καύσωνα (Heatwave)

Το πιο συνεκτικό εύρημα στον τομέα των κατασκευών είναι η οριζόντια, υψηλή ευπάθεια στον **Καύσωνα (0.7)** για όλους τους υποκλάδους (F41, F42, F43). Ο δείκτης αυτός δεν αντανακλά υλικές ζημιές (καθώς τα δομικά υλικά σπανίως καταστρέφονται από τη ζέστη), αλλά τη ραγδαία πτώση της παραγωγικότητας και την αναγκαστική παύση εργασιών (Business Interruption).

Οι Κατασκευές είναι ένας κλάδος εξαιρετικά εντάσεως εργασίας (labor-intensive), με τους εργαζομένους να εκτελούν βαριά χειρωνακτικά καθήκοντα εκτεθειμένοι στην ηλιακή ακτινοβολία. Σε συνθήκες καύσωνα, η θερμική καταπόνηση (heat stress) αυξάνει εκθετικά τον κίνδυνο θερμοπληξίας και εργατικών ατυχημάτων. Ως αποτέλεσμα, η εργατική νομοθεσία στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες επιβάλλει την υποχρεωτική διακοπή των εξωτερικών εργασιών όταν η θερμοκρασία υπερβαίνει συγκεκριμένα όρια (π.χ. 38°C ή 40°C). Αυτή η "θεσμικά επιβεβλημένη διακοπή" δημιουργεί σοβαρές καθυστερήσεις στην παράδοση των έργων, ρήτρες καθυστέρησης (penalties) και κατακόρυφη αύξηση του εργατικού κόστους, δικαιολογώντας απολύτως τον δείκτη 0.7.

4.6.2. Υδρογεωλογικοί Κίνδυνοι: Πλημμύρες και Κατολισθήσεις

Οι κίνδυνοι που συνδέονται με το νερό και το έδαφος (Πλημμύρες και Κατολισθήσεις) παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στην κατασκευή κτιρίων (F41) και τα βαριά έργα πολιτικού μηχανικού (F42).

Έργα Πολιτικού Μηχανικού (F42): Ο υποτομέας F42 αναλαμβάνει την κατασκευή δρόμων, γεφυρών, σιιράγγων, φραγμάτων και λιμανιών. Τα έργα αυτά λαμβάνουν χώρα συχνά σε πολύπλοκα γεωγραφικά ανάγλυφα (ορεινοί όγκοι, κοίτες ποταμών, παράκτιες ζώνες), γεγονός που δικαιολογεί τον ιδιαίτερα αυξημένο δείκτη **0.7** στις **Κατολισθήσεις** και **0.7** στις **Πλημμύρες**. Μια κατολίσθηση (Landslide) μπορεί να θάψει ολοσχερώς τον βαρύ και πανάκριβο χωματουργικό εξοπλισμό, να καταστρέψει τα έργα αντιστήριξης (retaining walls) και να ακυρώσει μήνες εργασιών. Η μελέτη των Clò et al. (2024) για την Ιταλία επιβεβαιώνει ότι τα υδρογεωλογικά

φαινόμενα αυξάνουν σημαντικά την πιθανότητα εξόδου (hazard rate) από την αγορά για τις άμεσα πληγείσες τεχνικές εταιρείες.

Κατασκευή Κτιρίων (F41) & Εξειδικευμένες Εργασίες (F43): Για τις κτιριακές υποδομές (F41), η ευπάθεια είναι ελαφρώς χαμηλότερη, στο **0.6** για τις Πλημμύρες και στο **0.5** για τις Κατολισθήσεις. Αν και τα εργοτάξια εντός αστικού ιστού είναι λιγότερο πιθανό να πληγούν από μεγάλες κατολισθήσεις, οι πλημμύρες μπορούν να καταστρέψουν τις θεμελιώσεις (filling foundation pits with mud), να αλλοιώσουν τα αποθηκευμένα δομικά υλικά (π.χ. τσιμέντο, γυψοσανίδες) και να προκαλέσουν βραχυκυκλώματα στον εργοταξιακό εξοπλισμό. Οι εξειδικευμένες εργασίες (F43), που αφορούν ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, κατεδαφίσεις και τελειώματα, ακολουθούν παρόμοιο μοτίβο.

4.6.3. Οι "Σιωπηροί" Κίνδυνοι: Ξηρασία και Πυρκαγιά

Όπως ήταν αναμενόμενο, οι Κατασκευές εμφανίζουν τη χαμηλότερη δυνατή τιμή (**0.2**) στους κινδύνους της **Ξηρασίας** και της **Πυρκαγιάς**.

- Στην ξηρασία (0.2), παρότι απαιτείται νερό για ορισμένες εργασίες (π.χ. ανάμειξη σκυροδέματος, καταστολή σκόνης), οι ποσότητες αυτές είναι διαχειρίσιμες και σπάνια η έλλειψη νερού οδηγεί σε παύση των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων.
- Στις πυρκαγιές (0.2), η φύση των υλικών (μπετόν, χάλυβας, τούβλα) δεν ευνοεί την ανάφλεξη, ενώ τα εργοτάξια συχνά στερούνται επικίνδυνης βλάστησης. Ο ελάχιστος υπολειμματικός κίνδυνος αφορά καθυστερήσεις λόγω διακοπής της κυκλοφορίας ή επιδείνωσης της ποιότητας του αέρα από τον καπνό, που εμποδίζει την εξωτερική εργασία.

4.7. Εμπόριο – Trade (NACE G)

Ο τομέας του Εμπορίου (NACE Section G), ο οποίος περιλαμβάνει το Χονδρικό και Λιανικό Εμπόριο, καθώς και την Εμπορία και Επισκευή Οχημάτων, αποτελεί τον κρίσιμο συνδυαστικό κρίκο μεταξύ της παραγωγής (πρωτογενούς και δευτερογενούς τομέα) και του τελικού καταναλωτή. Η φυσιογνωμία του κλάδου χαρακτηρίζεται από την ευρεία γεωγραφική διασπορά των καταστημάτων και των αποθηκών εντός του αστικού ιστού, καθώς και από τη διατήρηση σημαντικού όγκου αποθεμάτων (inventory).

Σε αντίθεση με τη βιομηχανία, το εμπόριο διαθέτει, θεωρητικά, μεγαλύτερη ευελιξία (π.χ. πώληση μέσω e-commerce, μεταφορά εμπορευμάτων σε άλλο υποκατάστημα). Ωστόσο, η έκθεσή του σε φυσικούς κινδύνους παραμένει υψηλή, ειδικά σε συμβάντα που πλήττουν τα αστικά κέντρα και τη φυσική παρουσία των καταναλωτών. Στον Πίνακα 4.7 παρουσιάζονται οι σχετικοί δείκτες ευπάθειας.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
G45	Vehicles trade & repair (Οχήματα)	0.3	0.8	0.6	0.2	0.3
G46	Wholesale (Χονδρικό εμπόριο)	0.2	0.7	0.5	0.2	0.2
G47	Retail (Λιανικό εμπόριο)	0.2	0.7	0.5	0.2	0.2

Πίνακας 4.7: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE G (Wholesale & Retail Trade)

Η ανάλυση των δεδομένων καταδεικνύει ότι ο τομέας του εμπορίου είναι κυρίως εκτεθειμένος σε κινδύνους που προκαλούν άμεσες ζημιές σε εμπορεύματα και εμποδίζουν τη φυσική πρόσβαση των πελατών.

4.7.1. Η Απειλή της Πλημμύρας για τα Αποθέματα (Inventory Damage)

Ο κίνδυνος της **Πλημμύρας** κυριαρχεί στον τομέα G, καταγράφοντας υψηλούς δείκτες: **0.7** για το Χονδρικό (G46) και Λιανικό (G47) εμπόριο, και **0.8** για την Εμπορία/Επισκευή Οχημάτων (G45).

Η υψηλή αυτή ευπάθεια εδράζεται στο γεγονός ότι οι εμπορικές δραστηριότητες (καταστήματα, supermarkets, αποθήκες logistics) χωροθετούνται παραδοσιακά σε ισόγεια κτίρια και υπόγεια για λόγους εύκολης πρόσβασης και φορτοεκφόρτωσης. Μια αστική πλημμύρα (urban flash flood) προκαλεί άμεση καταστροφή των εμπορευμάτων, τα οποία συχνά καθίστανται μη εμπορεύσιμα

(ειδικά τα τρόφιμα, τα ρούχα και τα ηλεκτρονικά) ακόμη και αν η επαφή με το νερό είναι ελάχιστη, λόγω υγειονομικών πρωτοκόλλων. Η αποκατάσταση ενός πλημμυρισμένου καταστήματος απαιτεί ημέρες ή εβδομάδες καθαρισμού και απολύμανσης (Taguchi et al., 2022), οδηγώντας σε σημαντική Απώλεια Εσόδων (Business Interruption).

Η Εμπορία και Επισκευή Οχημάτων (G45) λαμβάνει τον υψηλότερο δείκτη (**0.8**), καθώς τα οχήματα (εκθέσεις αυτοκινήτων, υπαίθρια πάρκινγκ αντιπροσωπειών) υφίστανται ολοσχερή καταστροφή (total loss) των ηλεκτρονικών και μηχανικών τους μερών σε περίπτωση βύθισης στο νερό, ενώ ο εξοπλισμός των συνεργείων είναι εξαιρετικά ευαίσθητος στην υγρασία.

4.7.2. Καύσωνας και Μεταβολές στη Συμπεριφορά Καταναλωτών

Στον κίνδυνο του **Καύσωνα**, οι δείκτες διαμορφώνονται σε ένα μέσο, αλλά υπολογίσιμο, επίπεδο (**0.5** για G46/G47 και **0.6** για G45). Εδώ, ο μηχανισμός μετάδοσης της κρίσης (transmission mechanism) είναι διττός:

1. **Μείωση της Καταναλωτικής Κίνησης (Footfall):** Κατά τη διάρκεια ακραίων καυσώνων, η κίνηση στους εμπορικούς δρόμους και τα ανοιχτά εμπορικά κέντρα μειώνεται δραματικά. Οι καταναλωτές αποφεύγουν τις μετακινήσεις, οδηγώντας σε πτώση του ημερήσιου τζίρου για το φυσικό λιανεμπόριο.
2. **Αύξηση Λειτουργικού Κόστους:** Τα μεγάλα καταστήματα λιανικής (π.χ. supermarkets) και χονδρικής αντιμετωπίζουν ραγδαία αύξηση στο ενεργειακό κόστος, καθώς τα συστήματα κλιματισμού και βιομηχανικής ψύξης τροφίμων (refrigeration units) λειτουργούν στο μέγιστο της χωρητικότητάς τους.

Ο υψηλότερος δείκτης (**0.6**) στην Επισκευή Οχημάτων (G45) αντανakλά επιπρόσθετα τη θερμική καταπόνηση των μηχανικών. Τα συνεργεία αυτοκινήτων λειτουργούν συχνά σε ημι-υπαίθριους ή μη κλιματιζόμενους χώρους, με αποτέλεσμα την άμεση πτώση της παραγωγικότητας της εργασίας (labor productivity drop) σε συνθήκες ακραίας ζέστης.

4.7.3. Έμμεση Ευπάθεια: Ξηρασία, Πυρκαγιές και Κατολισθήσεις

Οι υπόλοιποι φυσικοί κίνδυνοι καταγράφουν τις χαμηλότερες τιμές της κλίμακας (**0.2 - 0.3**). Η τιμή **0.2** στην **Ξηρασία** υποδηλώνει ότι το εμπόριο, ως λειτουργία, έχει ελάχιστες άμεσες ανάγκες

σε νερό. Είναι κρίσιμο, ωστόσο, να σημειωθεί ότι αυτός ο δείκτης αφορά τη *φυσική λειτουργία του καταστήματος* και όχι τη διαθεσιμότητα των προϊόντων. (Αν το χονδρεμπόριο αντιμετωπίσει ελλείψεις λόγω ξηρασίας στον πρωτογενή τομέα, αυτό αντανakλάται στην αλυσίδα εφοδιασμού, αλλά το ίδιο το "εμπορικό κατάστημα" δεν διακόπτει τη λειτουργία του εξαιτίας της λειψυδρίας).

Στις **Πυρκαγιές (0.2 - 0.3)**, ο κίνδυνος αφορά κυρίως τον αποκλεισμό της πρόσβασης σε εμπορικά κέντρα στις παρυφές των πόλεων, τον καπνό που αποτρέπει την κατανάλωση και την ακύρωση παραδόσεων logistics λόγω κλειστών οδικών αρτηριών.

4.8. Μεταφορές και Αποθήκευση – Transport & Storage (NACE H)

Ο τομέας των Μεταφορών και της Αποθήκευσης (NACE Section H) συνιστά το "κυκλοφορικό σύστημα" της ευρωπαϊκής οικονομίας. Σε αντίθεση με τη μεταποίηση, που χαρακτηρίζεται από σημειακές εγκαταστάσεις, οι μεταφορές βασίζονται σε τεράστια, γεωγραφικά εκτεταμένα δίκτυα (γραμμικές υποδομές, όπως οδικοί άξονες και σιδηρόδρομοι) και σε στρατηγικούς κόμβους (λιμάνια, αεροδρόμια, κέντρα logistics). Αυτή η χωρική εξάπλωση αυξάνει γεωμετρικά την πιθανότητα έκθεσης σε ακραία καιρικά φαινόμενα, καθώς η διακοπή ενός και μόνο κρίσιμου κόμβου (bottleneck) μπορεί να παραλύσει ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού (supply chain disruption).

Στον Πίνακα 4.8 αποτυπώνονται οι δείκτες ευπάθειας για το σύνολο των δραστηριοτήτων του τομέα.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
H49	Land transport (Χερσαίες μεταφορές)	0.4	0.9	0.8	0.2	0.7
H50	Water transport (Πλωτές μεταφορές)	0.2	0.8	0.5	0.2	0.3

H51	Air transport (Αεροπορικές μεταφορές)	0.2	0.6	0.5	0.2	0.2
H52	Warehousing & support (Αποθήκευση & logistics)	0.3	0.8	0.6	0.2	0.3
H53	Postal & courier (Ταχυδρομεία & ταχυμεταφορές)	0.2	0.7	0.5	0.2	0.3

Πίνακας 4.8: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE H (Transport & Storage)

4.8.1. Η Ακραία Ευπάθεια των Χερσαίων Μεταφορών (Land Transport - H49)

Ο υποτομέας των Χερσαίων Μεταφορών (H49), που περιλαμβάνει τις οδικές και σιδηροδρομικές μεταφορές εμπορευμάτων και επιβατών, καταγράφει μερικούς από τους υψηλότερους δείκτες σε ολόκληρη τη μελέτη, με την **Πλημμύρα να αγγίζει το 0.9** και τον **Καύσωνα το 0.8**.

Ο Κίνδυνος της Πλημμύρας (0.9) και των Κατολισθήσεων (0.7): Τα οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα σχεδιάζονται συχνά παράλληλα με κοίτες ποταμών (για λόγους ομαλής κλίσης) ή διασχίζουν πεδινές λεκάνες. Η ορμητική ροή των πλημμυρικών υδάτων δεν προκαλεί απλώς προσωρινή διακοπή της κυκλοφορίας, αλλά επιφέρει σοβαρές δομικές βλάβες: υποσκαφή θεμελιώσεων γεφυρών, διάβρωση επιχωμάτων και καταστροφή της ασφάλτου ή του σιδηροδρομικού έρματος. Παράλληλα, στα ορεινά περάσματα, οι έντονες βροχοπτώσεις πυροδοτούν **Κατολισθήσεις (0.7)**, οι οποίες θάβουν κάτω από τόνους χωμάτων κρίσιμους συγκοινωνιακούς άξονες. Το κόστος και ο χρόνος αποκατάστασης είναι τεράστια, οδηγώντας σε παρατεταμένη διακοπή της εφοδιαστικής λειτουργίας.

Το Θερμικό Σοκ στις Υποδομές (Καύσωνα 0.8): Εξίσου εντυπωσιακός είναι ο δείκτης 0.8 για τον Καύσωνα. Οι ακραίες θερμοκρασίες προκαλούν διαστολή και παραμόρφωση στις σιδηροδρομικές ράγες (sun kinks / track buckling), αναγκάζοντας τους διαχειριστές του δικτύου να επιβάλουν αυστηρούς περιορισμούς ταχύτητας (speed restrictions) ή να ακυρώσουν δρομολόγια για λόγους ασφαλείας. Στα οδικά δίκτυα, παρατηρείται τήξη του ασφαλτικού τάπητα,

ενώ ο κίνδυνος βλάβης στα οχήματα (υπερθέρμανση κινητήρων) και στα ελαστικά των βαρέων οχημάτων αυξάνεται ραγδαία.

4.8.2. Υδάτινες (H50) και Αεροπορικές (H51) Μεταφορές

Οι πλωτές μεταφορές (H50) εμφανίζουν υψηλό δείκτη στις **Πλημμύρες (0.8)**. Αυτό σχετίζεται με τη φυσική τους χωροθέτηση: οι λιμενικές υποδομές, οι προβλήτες και οι τερματικοί σταθμοί εμπορευματοκιβωτίων βρίσκονται στο επίπεδο της θάλασσας ή στις εκβολές ποταμών, όντας απόλυτα εκτεθειμένοι σε πλημμυρίδες (storm surges) και υπερχειλίσσεις ποταμών, οι οποίες καταστρέφουν τον χερσαίο εξοπλισμό φορτοεκφόρτωσης (γερανογέφυρες). *(Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και η εσωτερική ναυσιπλοΐα - inland navigation - πλήττεται από την ξηρασία όπως αναφέρουν οι Motta et al., 2020, η συντριπτική βαρύτητα της ποντοπόρου ναυτιλίας στον ευρωπαϊκό κωδικό H50 κρατά τον συνολικό δείκτη ξηρασίας χαμηλά, στο 0.2).*

Οι αεροπορικές μεταφορές (H51) είναι ο πιο ανθεκτικός κλάδος του τομέα. Η μέτρια ευπάθεια στην **Πλημμύρα (0.6)** προκύπτει από τον κίνδυνο κατακλυσμού των διαδρόμων προσγείωσης. Στον **Καύσωνα (0.5)**, ο κίνδυνος αφορά αφενός τη θερμική καταπόνηση των εργαζομένων πίστας (ground handling) και αφετέρου τεχνικά ζητήματα πτήσης (η αραιότερη ατμόσφαιρα λόγω ζέστης μειώνει την άντωση - lift, απαιτώντας μείωση του βάρους φορτίου των αεροσκαφών).

4.8.3. Αποθήκευση και Εφοδιαστική Αλυσίδα (H52 - H53)

Οι υποστηρικτικές δραστηριότητες προς τη μεταφορά και η αποθήκευση (H52) αντιμετωπίζουν παρόμοιο προφίλ κινδύνου με το Χονδρικό Εμπόριο (βλ. Ενότητα 4.7). Η **Πλημμύρα (0.8)** συνιστά την απόλυτη απειλή για τα σύγχρονα, τεράστια κέντρα logistics (mega-warehouses). Λόγω των τεράστιων επίπεδων επιφανειών τους και της χωροθέτησής τους συχνά σε πεδινές περιοχές χαμηλού κόστους γης (οι οποίες συχνά ταυτίζονται με ιστορικές πλημμυρικές ζώνες), τα εμπορεύματα, τα ρομποτικά συστήματα διαλογής και τα ράφια βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο καταστροφής.

Ο **Καύσωνας (0.6)**, ειδικά στον κλάδο H52, αυξάνει γεωμετρικά το ενεργειακό κόστος των αποθηκών "ψυχρής αλυσίδας" (cold-chain logistics) που αποθηκεύουν τρόφιμα και φάρμακα. Οποιαδήποτε διακοπή ρεύματος λόγω θερμικής υπερφόρτωσης του τοπικού δικτύου (blackout) μπορεί να οδηγήσει σε ολική απώλεια των αποθηκευμένων ευπαθών προϊόντων. Ο τομέας των

Ταχυδρομείων (H53) ακολουθεί με ελαφρώς χαμηλότερους δείκτες (Flood 0.7, Heatwave 0.5), καθώς η ευπάθειά του εξαρτάται κυρίως από την προσβασιμότητα του στόλου οχημάτων (last-mile delivery) στα αστικά δίκτυα.

4.9. Τουρισμός & Εστίαση – Accommodation & Food Services (NACE I)

Ο τομέας των Υπηρεσιών Παροχής Καταλύματος και Εστίασης (NACE Section I), ο οποίος συνιστά τον πυρήνα της τουριστικής βιομηχανίας, διαθέτει ένα μοναδικό προφίλ επιχειρηματικής ευπάθειας. Σε αντίθεση με τη μεταποίηση, όπου η αξία παράγεται εντός κλειστών εργοστασιακών χώρων, το τουριστικό "προϊόν" είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με το φυσικό περιβάλλον, την ποιότητα του τοπίου (destination image) και την ανθρώπινη θερμική άνεση (thermal comfort). Αυτό καθιστά τον τομέα I εξαιρετικά ευάλωτο όχι μόνο στην άμεση φυσική καταστροφή των υποδομών του, αλλά κυρίως στις έμμεσες επιπτώσεις που προκαλούν πτώση της ζήτησης.

Στον Πίνακα 4.9 παρουσιάζονται οι δείκτες ευπάθειας για τα Καταλύματα (I55) και την Εστίαση (I56), αποκαλύπτοντας τις κρίσιμες αδυναμίες της τουριστικής "βαριάς βιομηχανίας".

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
I55	Accommodation (Καταλύματα)	0.7	0.6	0.8	0.5	0.2
I56	Food & beverage service (Εστίαση)	0.5	0.5	0.7	0.3	0.2

Πίνακας 4.9: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE I (Accommodation & Food Services)

4.9.1. Ο Συστημικός Κίνδυνος των Πυρκαγιών (The Wildfire Shock)

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά ευρήματα της μεθοδολογίας είναι η απόδοση υψηλού δείκτη **0.7** στα Καταλύματα (I55) για τον κίνδυνο της **Πυρκαγιάς (Wildfire)**. Ο δείκτης αυτός δεν αντανakλά απλώς την πιθανότητα να καεί ένα ξενοδοχείο. Στην πραγματικότητα, αποτυπώνει την εκτεταμένη έμμεση οικονομική διαταραχή που προκαλούν οι πυρκαγιές στην "ελκυστικότητα του προορισμού" (destination attractiveness).

Όπως τεκμηριώνουν οι Meier et al. (2023) στην ανάλυσή τους για τη Νότια Ευρώπη, οι δασικές πυρκαγιές προκαλούν άμεση ακύρωση κρατήσεων (booking cancellations) και βίαιη διακοπή της τουριστικής σεζόν, η οποία μεταφράζεται σε στατιστικά σημαντική πτώση του περιφερειακού ΑΕΠ. Ακόμη και αν μια ξενοδοχειακή μονάδα παραμείνει ανέπαφη, η υποβάθμιση του φυσικού τοπίου, η αιθαλομίχλη και η καταστροφή των τοπικών υποδομών αποτρέπουν τους τουρίστες από το να επισκεφθούν την περιοχή, οδηγώντας σε δραματική απώλεια εσόδων (Business Interruption). Η Εστίαση (I56) ακολουθεί στενά με δείκτη **0.5**, καθώς εξαρτάται απόλυτα από τις τουριστικές ροές και την τοπική κατανάλωση. Η αυξημένη ανησυχία του ιδιωτικού τομέα για τον συγκεκριμένο κίνδυνο καταγράφεται πλέον και στις αυξανόμενες επενδύσεις προσαρμογής των μεγάλων ξενοδοχειακών ομίλων (Cortés Arbués et al., 2025).

4.9.2. Η Απειλή της Θερμικής Δυσφορίας (Καύσωνας 0.8)

Η υψηλότερη τιμή ευπάθειας του τομέα καταγράφεται στον **Καύσωνα (0.8 στα Καταλύματα, 0.7 στην Εστίαση)**. Ο τουρισμός βασίζεται στην "υπαίθρια εμπειρία". Η συχνή εμφάνιση ακραίων θερμοκρασιών αλλοιώνει ριζικά αυτή την εμπειρία, καθώς οι συνθήκες καθίστανται επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία κατά τις μεσημβρινές ώρες, ακυρώνοντας εκδρομές, υπαίθριες δραστηριότητες και την προσέλευση σε αρχαιολογικούς χώρους.

Οικονομικά, ο καύσωνας προκαλεί μια "διπλή συμπίεση" (double squeeze) στα περιθώρια κέρδους των καταλυμάτων:

1. **Εκτίναξη λειτουργικών εξόδων:** Η ανάγκη για συνεχή, 24ωρη λειτουργία των συστημάτων κλιματισμού σε μέγιστη ισχύ (peak load) εκτοξεύει τους λογαριασμούς ενέργειας, ενώ αυξάνει και τις βλάβες (maintenance costs) του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.
2. **Απώλεια παρεπόμενων εσόδων:** Η μειωμένη κινητικότητα των τουριστών κατά τη διάρκεια της ημέρας πλήττει άμεσα την εστίαση και τα μπαρ εξωτερικού χώρου.

4.9.3. Πλημμύρες (0.6) και Ξηρασία (0.5)

Η Πλημμύρα (0.6 στα Καταλύματα, 0.5 στην Εστίαση) συνιστά έναν κίνδυνο καταστροφής παγίων. Πολλές τουριστικές μονάδες είναι εγκατεστημένες σε παράκτιες ζώνες (άρα ευάλωτες σε storm surges) ή διαθέτουν σημαντικές υποδομές (σπα, εστιατόρια, αποθήκες) σε ισόγεια και

υπόγεια επίπεδα. Η εισροή υδάτων απαιτεί δαπανηρές ανακαινίσεις και πολύμηνη διακοπή λειτουργίας για αποκατάσταση.

Η **Ξηρασία (0.5 για τα Καταλύματα)** αναδεικνύεται επίσης ως υπολογίσιμος κίνδυνος. Αν και το τουριστικό κατάλυμα δεν καταναλώνει τις ποσότητες νερού της βιομηχανίας, η σύγχρονη ξενοδοχειακή εμπειρία (πισίνες, υδάτινα πάρκα, άρδευση εκτεταμένων κήπων και γηπέδων γκολφ) είναι εξαιρετικά υδροβόρα. Σε περιόδους ακραίας λειψυδρίας, όταν επιβάλλονται δελτία νερού (water rationing) από τις τοπικές αρχές, τα ξενοδοχεία αδυνατούν να προσφέρουν τις προπληρωμένες ανέσεις (amenities) στους πελάτες τους, υφιστάμενα πλήγμα στη φήμη τους και πιθανές αξιώσεις αποζημιώσεων. Στην Εστίαση (0.3), ο κίνδυνος της ξηρασίας είναι μικρότερος, καθώς περιορίζεται στην αύξηση της τιμής των τροφίμων και στους υγειονομικούς περιορισμούς.

4.10. Τεχνολογίες Πληροφορικής, Επικοινωνιών και Ενημέρωση – ICT & Media (NACE J)

Ο τομέας των Τεχνολογιών Πληροφορικής, Επικοινωνιών (ΤΠΕ) και Ενημέρωσης (NACE Section J) παρουσιάζει ένα από τα πιο ιδιότυπα και ανθεκτικά προφίλ κινδύνου στο σύνολο της ευρωπαϊκής οικονομίας. Σε αντίθεση με τους τομείς που εξετάστηκαν προηγουμένως (όπως η Μεταποίηση ή οι Κατασκευές), ο τομέας J βασίζεται κατ' εξοχήν στην παραγωγή και διαχείριση άυλων αγαθών (δεδομένα, λογισμικό, ψηφιακό περιεχόμενο). Αυτή η απούλοποίηση (dematerialization) της εργασίας και η δυνατότητα απομακρυσμένης λειτουργίας (teleworking) προσδίδουν στον κλάδο υψηλή εγγενή ανθεκτικότητα.

Ωστόσο, η ψηφιακή οικονομία στηρίζεται σε ένα εκτεταμένο, φυσικό δίκτυο υποδομών (καλώδια οπτικών ινών, σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας, κέντρα δεδομένων), το οποίο δεν είναι άτρωτο στις κλιματικές ακραίες συνθήκες. Στον Πίνακα 4.10 παρουσιάζονται οι δείκτες ευπάθειας για τους υποκλάδους του τομέα.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
-----------------	-----------------------------------	------------------------	---------------------	------------------------	----------------------	----------------------------

J58	Publishing (Εκδόσεις)	0.2	0.5	0.4	0.1	0.2
J59	Film & music (Κινηματογράφος & μουσική)	0.2	0.5	0.4	0.1	0.2
J60	Programming & broadcasting (Ραδιοτηλεόραση)	0.2	0.5	0.4	0.1	0.2
J61	Telecoms (Τηλεπικοινωνίες)	0.2	0.6	0.5	0.1	0.2
J62	IT consulting (Υπηρεσίες Πληροφορικής)	0.2	0.5	0.4	0.1	0.2
J63	Info services (Υπηρεσίες πληροφοριών)	0.2	0.5	0.4	0.1	0.2

Πίνακας 4.10: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE J (ICT & Media)

4.10.1. Ο Κρίσιμος Ρόλος των Τηλεπικοινωνιακών Υποδομών (J61)

Ο υποτομέας των Τηλεπικοινωνιών (J61) καταγράφει συστηματικά τους υψηλότερους δείκτες εντός του τομέα J, με την **Πλημμύρα να αξιολογείται στο 0.6** και τον **Καύσωνα στο 0.5**.

Η ευπάθεια στην **Πλημμύρα (0.6)** τεκμηριώνεται αναλυτικά από την πρωτοποριακή μελέτη των Oughton et al. (2023) για την παγκόσμια έκθεση των υποδομών κινητής τηλεφωνίας (4G, 5G και οπτικές ίνες). Οι τηλεπικοινωνιακοί κόμβοι, τα υπόγεια καλωδιακά δίκτυα και οι σταθμοί βάσης (cell towers) βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο καταστροφής από την εισροή υδάτων και λάσπης, προκαλώντας βραχυκυκλώματα στον ευαίσθητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό δρομολόγησης. Μια τέτοια αστοχία δεν προκαλεί απλώς οικονομική ζημία στην εταιρεία τηλεπικοινωνιών, αλλά λειτουργεί ως "σημείο μοναδικής αστοχίας" (single point of failure) για ολόκληρη την περιφερειακή οικονομία και τα συστήματα διαχείρισης κρίσεων.

Ο **Καύσωνας (0.5)** αποτελεί επίσης σημαντικό κίνδυνο για τον κλάδο J61. Οι ακραίες θερμοκρασίες προκαλούν θερμική καταπόνηση (thermal throttling) στον εξοπλισμό μετάδοσης που βρίσκεται σε εξωτερικούς χώρους (π.χ. κεραίες) και αυξάνουν κατακόρυφα τις ενεργειακές απαιτήσεις για την ψύξη των τηλεπικοινωνιακών κέντρων (switching centers), μειώνοντας την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του δικτύου.

4.10.2. Υπηρεσίες Λογισμικού, IT και Μέσων Ενημέρωσης (J58-J60, J62-J63)

Οι υπόλοιποι κλάδοι του τομέα, που αφορούν την ανάπτυξη λογισμικού (J62), τις υπηρεσίες δεδομένων (J63), καθώς και τις εκδόσεις, τον κινηματογράφο και τη ραδιοτηλεόραση (J58-J60), εμφανίζουν ένα σχεδόν ομοιόμορφο, ανθεκτικό προφίλ.

- **Καύσωνας (0.4):** Η τιμή αυτή είναι από τις χαμηλότερες που καταγράφονται για τον κίνδυνο του καύσωνα στην παρούσα μελέτη. Η εργασία σε αυτούς τους κλάδους πραγματοποιείται αποκλειστικά σε σύγχρονους, κλιματιζόμενους χώρους γραφείων (ή μέσω τηλεργασίας), εκμηδενίζοντας τη θερμική καταπόνηση των εργαζομένων. Ο δείκτης 0.4 αναγνωρίζει αποκλειστικά το αυξημένο λειτουργικό κόστος ενέργειας για την ψύξη των servers (Data Centers) και τον κίνδυνο διακοπής ρεύματος (power outages) που μπορεί να θέσει εκτός λειτουργίας τα συστήματα.
- **Πλημμύρα (0.5):** Ο δείκτης 0.5 υποδηλώνει ότι, αν και τα κτίρια γραφείων μπορεί να πλημμυρίσουν (καταστρέφοντας εξοπλισμό γραφείου), η **Διακοπή Επιχειρηματικής Δραστηριότητας (Business Interruption)** ελαχιστοποιείται. Λόγω των συστημάτων δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας στο νέφος (cloud backup) και της ικανότητας του προσωπικού να εργαστεί από οποιαδήποτε τοποθεσία διαθέτει σύνδεση στο διαδίκτυο, η παραγωγική ικανότητα αυτών των επιχειρήσεων ανακάμπτει ταχύτατα.

4.10.3. Η "Ανοσία" στην Ξηρασία (0.1)

Ο τομέας J καταγράφει τη χαμηλότερη δυνατή τιμή **(0.1)** στον κίνδυνο της **Ξηρασίας**, λειτουργώντας ως τομέας αναφοράς (benchmark) για την "ελάχιστη δυνατή ευπάθεια", όπως ορίστηκε στη μεθοδολογία μας (Κεφάλαιο 3.4). Η λειτουργία ενός σταθμού βάσης τηλεπικοινωνιών, μιας εταιρείας ανάπτυξης λογισμικού ή ενός τηλεοπτικού σταθμού δεν απαιτεί καθόλου νερό ως εισροή στην παραγωγική της διαδικασία (εκτός από την προφανή υγιεινή των

εργαζομένων). Οποιαδήποτε έμμεση επίπτωση περιορίζεται μόνο στην πιθανή αύξηση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος (λόγω της επίδρασης της ξηρασίας στην παραγωγή ενέργειας), δικαιολογώντας τον δείκτη 0.1 αντί του απόλυτου μηδενός. Παρόμοια εικόνα (0.2) παρουσιάζεται για τις Πυρκαγιές και τις Κατολισθήσεις, οι οποίες θεωρούνται τοπικοί κίνδυνοι που δεν απειλούν συστηματικά τις άυλες υπηρεσίες.

4.11. Χρηματοοικονομικά & Διαχείριση Ακίνητης Περιουσίας – Financial & Real Estate (NACE K–L)

Η συνεξέταση των Χρηματοοικονομικών και Ασφαλιστικών Δραστηριοτήτων (NACE Section K) με τη Διαχείριση Ακίνητης Περιουσίας (NACE Section L) παρουσιάζει ιδιαίτερο αναλυτικό ενδιαφέρον, καθώς αναδεικνύει το δίπολο μεταξύ "άυλου" και "υλικού" κεφαλαίου. Από τη μία πλευρά, ο τομέας K βασίζεται στη ροή πληροφοριών, κεφαλαίων και ψηφιακών δεδομένων, λειτουργώντας κυρίως σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα γραφείων. Από την άλλη πλευρά, ο τομέας L ταυτίζεται με τον ίδιο τον δομημένο χώρο (κτίρια, κατοικίες, εμπορικά κέντρα), του οποίου η αξία και η λειτουργικότητα εξαρτώνται άμεσα από την ακεραιότητα του φυσικού του κελύφους.

Στον Πίνακα 4.11 αποτυπώνονται οι δείκτες ευπάθειας για τους εν λόγω υποκλάδους.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
K64	Financial services (Χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες)	0.2	0.5	0.4	0.1	0.2
K65	Insurance & pensions (Ασφάλειες & συνταξιοδοτικά)	0.2	0.5	0.4	0.1	0.2
K66	Aux finance (Βοηθητικές)	0.2	0.5	0.4	0.1	0.2

	χρηματοοικονομικές δραστηριότητες)					
L68	Real estate (Διαχείριση ακίνητης περιουσίας)	0.3	0.7	0.5	0.2	0.3

Πίνακας 4.11: Δείκτες Ευπάθειας Τομέων NACE K & L (Financial & Real Estate)

4.11.1. Η Φυσική Ευπάθεια του Real Estate (L68)

Ο κλάδος της Διαχείρισης Ακίνητης Περιουσίας (L68) καταγράφει σημαντικά υψηλότερους δείκτες σε σύγκριση με τις χρηματοοικονομικές υπηρεσίες, με κυρίαρχη απειλή την **Πλημμύρα (0.7)**.

Η υψηλή αυτή τιμή δικαιολογείται από το γεγονός ότι τα ακίνητα (είτε εμπορικά είτε οικιστικά) αποτελούν παθητικούς αποδέκτες των φυσικών καταστροφών. Η εισροή υδάτων προκαλεί εκτεταμένες ζημιές στις υποδομές των κτιρίων (ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, ανελκυστήρες, συστήματα θέρμανσης που συνήθως βρίσκονται στα υπόγεια), καθώς και σοβαρές φθορές στη στατικότητα και την τοιχοποιία. Πέραν του άμεσου κόστους αποκατάστασης, η πλημμύρα προκαλεί σημαντική *Απώλεια Εσόδων από Ενοίκια (Rental Income Loss)* για τους διαχειριστές ακινήτων (Business Interruption), καθώς τα κτίρια καθίστανται μη κατοικήσιμα/λειτουργικά για παρατεταμένες περιόδους.

Οι **Κατολισθήσεις (0.3)** και οι **Πυρκαγιές (0.3)** λαμβάνουν υψηλότερους δείκτες σε σχέση με τις υπόλοιπες υπηρεσίες γραφείου. Παρότι πρόκειται για κινδύνους με πιο εντοπισμένο γεωγραφικό χαρακτήρα (δεν επηρεάζουν όλα τα ακίνητα ταυτόχρονα, όπως ένας καύσωνας), όταν εκδηλώνονται, η ζημιά στο ακίνητο είναι συχνά ολική. Ειδικά για τις κατολισθήσεις, οι Chen et al. (2020) επισημαίνουν ότι προκαλούν δομικές παραμορφώσεις (structural deformations) που οδηγούν σε μόνιμη απαξίωση της περιουσίας και, συχνά, σε αναγκαστική κατεδάφιση.

Στον **Καύσωνα (0.5)**, ο κίνδυνος για το Real Estate σχετίζεται με την αύξηση του κόστους συντήρησης και τη ραγδαία απαξίωση των μη ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων. Η ζήτηση για

κτίρια που δεν διαθέτουν σύγχρονα συστήματα κλιματισμού και μόνωσης μειώνεται δραματικά σε περιοχές που πλήττονται συχνά από καύσωνες, επηρεάζοντας τις αξίες των ακινήτων.

4.11.2. Λειτουργική Ανθεκτικότητα των Χρηματοοικονομικών (K64-K66)

Οι υποκλάδοι των Χρηματοπιστωτικών και Ασφαλιστικών υπηρεσιών καταγράφουν μια σταθερή, χαμηλή ευπάθεια σε όλους τους κινδύνους. Όπως και στον τομέα της Πληροφορικής (NACE J), η παραγωγική διαδικασία αυτών των επιχειρήσεων είναι σε μεγάλο βαθμό ψηφιοποιημένη.

- **Ξηρασία (0.1):** Αποτελεί το κατώτατο όριο (benchmark) λειτουργικής έκθεσης, καθώς η λειτουργία μιας τράπεζας ή μιας ασφαλιστικής εταιρείας δεν απαιτεί χρήση υδάτινων πόρων στην παραγωγική της διαδικασία.
- **Πλημμύρα (0.5) και Καύσωνας (0.4):** Η ευπάθεια απορρέει αποκλειστικά από τις υποδομές στέγασης (τα κτίρια γραφείων τους). Μια πλημμύρα μπορεί να καταστρέψει εξοπλισμό γραφείου στο ισόγειο ενός υποκαταστήματος, ενώ ο καύσωνας αυξάνει το κόστος κλιματισμού και μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργίες στους τοπικούς servers. Ωστόσο, η ικανότητα των εργαζομένων να μεταβούν άμεσα σε καθεστώς τηλεργασίας (remote work) ελαχιστοποιεί τη διακοπή των επιχειρηματικών λειτουργιών.

4.11.3. Μια Κρίσιμη Μεθοδολογική Διευκρίνιση για τις Ασφάλειες (K65)

Είναι εξαιρετικά σημαντικό στο σημείο αυτό να γίνει μια σαφής διάκριση ως προς τον τρόπο ερμηνείας του δείκτη για τον κλάδο **K65 (Ασφάλειες & Συνταξιοδοτικά ταμεία)**.

Ο δείκτης ευπάθειας που παρουσιάζεται στον πίνακα αφορά αποκλειστικά τη λειτουργική/επιχειρησιακή ευπάθεια (operational vulnerability) της ίδιας της ασφαλιστικής επιχείρησης. Δηλαδή, το κατά πόσον ένας καύσωνας ή μια πλημμύρα θα εμποδίσει τους υπαλλήλους της ασφαλιστικής να εργαστούν στα γραφεία τους (εξ ου και ο χαμηλός δείκτης).

Δεν αποτυπώνει τον χρηματοοικονομικό κίνδυνο ή τον κίνδυνο ανάληψης υποχρεώσεων (underwriting/liability risk). Προφανώς, μια ακραία φυσική καταστροφή (π.χ. εκτεταμένες πλημμύρες ή mega-πυρκαγιές) αυξάνει εκθετικά τον όγκο των αποζημιώσεων που καλούνται να καταβάλουν οι ασφαλιστικές εταιρείες στους πληγέντες πελάτες τους, ασκώντας τεράστια πίεση στα αποθεματικά τους κεφάλαια. Ο κίνδυνος αυτός, ωστόσο, αποτελεί δευτερογενή

μακροοικονομικό αντίκτυπο και εντάσσεται στη σφαίρα του συστημικού χρηματοοικονομικού κινδύνου (systemic financial risk), ο οποίος εκφεύγει της άμεσης λειτουργικής αποτίμησης (Direct Estimation) των πινάκων NACE, αν και αποτελεί βασικό μοχλό για τη διαμόρφωση των παγκόσμιων πολιτικών προσαρμογής.

4.12. Επαγγελματικές Υπηρεσίες, Δημόσια Διοίκηση, Εκπαίδευση και Υγεία (NACE M–Q)

Η συγκεκριμένη ομάδα τομέων (NACE Sections M, N, O, P, Q) περιλαμβάνει τον πυρήνα των υπηρεσιών έντασης γνώσης (knowledge-intensive services) και των κρίσιμων κοινωνικών υποδομών του κράτους πρόνοιας. Σε γενικές γραμμές, οι δραστηριότητες αυτές (νομικές υπηρεσίες, εκπαίδευση, δημόσια διοίκηση) χαρακτηρίζονται από χαμηλή φυσική έκθεση, καθώς εκτελούνται εντός αστικού ιστού και σε ελεγχόμενα κτιριακά περιβάλλοντα, ενώ διαθέτουν υψηλό βαθμό ευελιξίας μέσω της τηλεργασίας.

Ωστόσο, η εικόνα αυτή ανατρέπεται δραματικά όταν εστιάσουμε στον τομέα της **Υγείας και Κοινωνικής Μέριμνας (Q)**, ο οποίος λειτουργεί ως η "πρώτη γραμμή άμυνας" της κοινωνίας απέναντι στις κλιματικές ακρότητες. Στον Πίνακα 4.12 αποτυπώνονται οι δείκτες ευπάθειας για τους εν λόγω υποκλάδους.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
M69–M75	Legal, R&D, engineering (Επαγγελματικές & επιστημονικές)	0.2	0.6	0.5	0.2	0.3
N77–N82	Rental, employment, travel (Διοικητικές & υποστηρικτικές)	0.3	0.6	0.5	0.2	0.3

O84	Public administration (Δημόσια διοίκηση & άμυνα)	0.3	0.6	0.5	0.2	0.3
P85	Education (Εκπαίδευση)	0.2	0.6	0.5	0.2	0.3
Q86– Q88	Health & social work (Υγεία & κοινωνική μέριμνα)	0.5	0.6	1.0	0.3	0.2

Πίνακας 4.12: Δείκτες Ευπάθειας Τομέων NACE M–Q (Professional, Public, Education & Health Services)

4.12.1. Το Σύστημα Υγείας σε Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης (Καύσωνας 1.0)

Το πλέον αξιοσημείωτο στοιχείο του πίνακα είναι η απόδοση της ανώτατης δυνατής τιμής ευπάθειας (**1.0**) στον τομέα της **Υγείας (Q86-88)** για τον κίνδυνο του **Καύσωνα**. Πρόκειται για μία από τις ελάχιστες περιπτώσεις (μαζί με τη γεωργία στην ξηρασία και τη δασοκομία στις πυρκαγιές) όπου καταγράφεται απόλυτη ευπάθεια, γεγονός που υποδηλώνει τον κίνδυνο συστημικής κατάρρευσης (systemic failure).

Η βαθμονόμηση αυτή τεκμηριώνεται από τη φύση της υγειονομικής κρίσης που πυροδοτούν οι ακραίες θερμοκρασίες. Ο καύσωνας προκαλεί μια "τέλεια καταιγίδα" στα νοσοκομεία και τις κλινικές:

- 1. Εκθετική Αύξηση της Ζήτησης (Surge Capacity):** Οι παρατεταμένοι καύσωνες προκαλούν μαζικά περιστατικά θερμοπληξίας, επιδείνωση χρόνιων αναπνευστικών και καρδιαγγειακών νοσημάτων, και αυξημένη θνησιμότητα στις ευπαθείς ομάδες. Τα Τμήματα Επειγόντων Περιστατικών (ΤΕΠ) κατακλύζονται, ξεπερνώντας συχνά τη φέρουσα ικανότητά τους.
- 2. Καταπόνηση Υποδομών:** Τα νοσοκομεία απαιτούν αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας (για χειρουργεία, μονάδες εντατικής θεραπείας, συντήρηση φαρμάκων και αιμοδοσία). Ο καύσωνας ωθεί τα συστήματα ψύξης (HVAC) στα όριά τους. Οποιαδήποτε

αστοχία ή διακοπή ρεύματος λόγω υπερφόρτωσης του τοπικού δικτύου μπορεί να αποβεί κυριολεκτικά μοιραία για τους ασθενείς.

Παράλληλα, ο τομέας της Υγείας καταγράφει υψηλό δείκτη (**0.5**) και στις **Πυρκαγιές**. Αυτό δεν οφείλεται τόσο στον κίνδυνο να καεί μια υγειονομική μονάδα, όσο στις άμεσες επιπτώσεις της αιθαλομίχλης και των αιωρούμενων σωματιδίων (PM2.5) στη δημόσια υγεία, που προκαλούν νέα κύματα εισαγωγών ασθενών με οξεία αναπνευστικά προβλήματα.

4.12.2. Εκπαίδευση, Διοίκηση και Επαγγελματικές Υπηρεσίες

Για τους υπόλοιπους τομείς (Επαγγελματικές Υπηρεσίες M, Διοικητικές Υπηρεσίες N, Δημόσια Διοίκηση O και Εκπαίδευση P), το προφίλ κινδύνου είναι εξαιρετικά ομοιογενές.

Ο **Καύσωνας** αποτιμάται στο **0.5**, αντανακλώντας την ανάγκη για αυξημένο κλιματισμό και την πιθανότητα μειωμένης απόδοσης των εργαζομένων σε κτίρια παλαιότερης κατασκευής. Ειδικά για την **Εκπαίδευση (P85)**, ακραίοι καύσωνες συχνά οδηγούν στο προληπτικό κλείσιμο των σχολείων για την προστασία των μαθητών, διαταράσσοντας το ακαδημαϊκό πρόγραμμα.

Η **Πλημμύρα (0.6)** αποτελεί τον κυριότερο κίνδυνο υλικής ζημιάς για αυτούς τους τομείς. Τα γραφεία, τα σχολεία, τα δικαστήρια και τα δημόσια κτίρια είναι ευάλωτα στην εισροή υδάτων, η οποία μπορεί να καταστρέψει φυσικά αρχεία (έγγραφα), ηλεκτρονικό εξοπλισμό (servers, υπολογιστές) και υποδομές (βιβλιοθήκες, εργαστήρια).

4.12.3. Ο Ρόλος της Δημόσιας Διοίκησης στις Κρίσεις (O84)

Η **Δημόσια Διοίκηση (O84)** εμφανίζει ελαφρώς αυξημένη ευπάθεια στις **Πυρκαγιές (0.3)** και τις **Κατολισθήσεις (0.3)** συγκριτικά με τις τυπικές υπηρεσίες γραφείου (0.2). Αυτό συμβαίνει διότι η δημόσια διοίκηση περιλαμβάνει τις υπηρεσίες πολιτικής προστασίας, την αστυνομία, την πυροσβεστική και τους μηχανισμούς διαχείρισης κρίσεων. Κατά τη διάρκεια μιας φυσικής καταστροφής, αυτοί οι μηχανισμοί υφίστανται ακραία λειτουργική πίεση (operational stress) για να συντονίσουν εκκενώσεις, να διανείμουν πόρους και να αποκαταστήσουν τις ζημιές, αντιμετωπίζοντας συχνά εξάντληση προσωπικού και εξοπλισμού.

Τέλος, η **Ξηρασία** παραμένει σταθερά στο χαμηλότερο επίπεδο ευπάθειας (**0.2 - 0.3**) για το σύνολο της ομάδας M-Q, επιβεβαιώνοντας τη μειωμένη εξάρτηση των άυλων υπηρεσιών από τους υδατικούς πόρους.

4.13. Τέχνες, Διασκέδαση και Ψυχαγωγία – Arts, Recreation & Culture (NACE R)

Ο τομέας των Τεχνών, της Διασκέδασης και της Ψυχαγωγίας (NACE Section R) αποτελεί έναν σημαντικό κλάδο της ευρωπαϊκής "οικονομίας του ελεύθερου χρόνου". Το χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτού του τομέα είναι η έντονη διχοτόμηση (bifurcation) των δραστηριοτήτων του: περιλαμβάνει από αυστηρά ελεγχόμενους εσωτερικούς χώρους (όπως μουσεία, βιβλιοθήκες και καζίνο) μέχρι αμιγώς υπαίθριες δραστηριότητες (όπως αθλητικές εγκαταστάσεις, θεματικά πάρκα και θερινά φεστιβάλ).

Αυτή η δυαδική φύση αποτυπώνεται ξεκάθαρα στο προφίλ κινδύνου του τομέα, το οποίο κυμαίνεται από ήπιους έως εξαιρετικά υψηλούς δείκτες, ανάλογα με την έκθεση στο εξωτερικό περιβάλλον. Στον Πίνακα 4.13 παρουσιάζονται αναλυτικά οι συντελεστές ευπάθειας.

Κωδικός NACE	Περιγραφή Υποτομέα (Sector)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
R90	Creative arts (Δημιουργικές τέχνες & θέαμα)	0.3	0.5	0.6	0.2	0.2
R91	Libraries, museums (Βιβλιοθήκες, μουσεία)	0.2	0.5	0.5	0.1	0.2
R92	Gambling (Τυχρά παιχνίδια & στοιχήματα)	0.2	0.5	0.4	0.1	0.2

R93	Sports & recreation (Αθλητισμός & αναψυχή)	0.6	0.6	0.8	0.2	0.3
------------	---	------------	------------	------------	-----	-----

Πίνακας 4.13: Δείκτες Ευπάθειας Τομέα NACE R (Arts, Recreation & Culture)

4.13.1. Ο Υπαίθριος Κίνδυνος: Αθλητισμός και Αναψυχή (R93)

Ο υποκλάδος R93 είναι ο πλέον ευάλωτος του τομέα, λειτουργώντας με μηχανισμούς παρόμοιους με αυτούς του Τουρισμού (I55) και των Κατασκευών (F).

Η Κρίση του Καύσωνα (0.8): Ο ακραίος αυτός δείκτης αντανακλά την αδυναμία διεξαγωγής αθλητικών γεγονότων και υπαίθριων δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια θερμικών κυμάτων. Η σωματική καταπόνηση των αθλητών και ο κίνδυνος θερμοπληξίας για τους θεατές στις κερκίδες οδηγούν συχνά σε αναβολές ή ματαιώσεις αγώνων και αθλητικών διοργανώσεων (business interruption). Επιπλέον, θεματικά πάρκα και υπαίθριοι χώροι αναψυχής βλέπουν την επισκεψιμότητά τους να κατακρημνίζεται τις ημέρες του καύσωνα.

Πυρκαγιές (0.6) και Πλημμύρες (0.6): Ο υψηλός δείκτης στις **Πυρκαγιές (0.6)** οφείλεται στο γεγονός ότι πολλές δραστηριότητες αναψυχής (πεζοπορία, ορειβασία, κάμπινγκ, χιονοδρομικά κέντρα κατά τους θερινούς μήνες) λαμβάνουν χώρα εντός ή πλησίον δασικών οικοσυστημάτων. Η καταστροφή του τοπίου συνεπάγεται την άμεση διακοπή της δραστηριότητας. Αντίστοιχα, οι **Πλημμύρες (0.6)** προκαλούν σοβαρές ζημιές σε αθλητικές υποδομές μεγάλης κλίμακας (στάδια, γήπεδα, κολυμβητήρια, γήπεδα γκολφ), καταστρέφοντας εξειδικευμένους χλοοτάπητες, παρκέ και ακριβό ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

4.13.2. Εσωτερικοί Χώροι και Πολιτιστική Κληρονομιά (R90 - R92)

Οι υπόλοιποι υποκλάδοι παρουσιάζουν ένα πιο μετριοπαθές προφίλ, προστατευμένοι σε μεγάλο βαθμό από τα κτιριακά τους κελύφη.

Δημιουργικές Τέχνες (R90): Η ευπάθεια στον **Καύσωνα (0.6)** είναι αυξημένη συγκριτικά με τα μουσεία (0.5), καθώς ο κλάδος R90 περιλαμβάνει την οργάνωση υπαίθριων συναυλιών, θερινών κινηματογράφων και φεστιβάλ (open-air events), τα οποία πλήττονται άμεσα από τα θερμικά κύματα, οδηγώντας σε πτώση πωλήσεων εισιτηρίων.

Μουσεία, Βιβλιοθήκες και Ιστορικοί Χώροι (R91): Εδώ ο κίνδυνος λαμβάνει μια ιδιαίτερη διάσταση. Η **Πλημμύρα (0.5)** δεν απειλεί απλώς τον εξοπλισμό του κτιρίου, αλλά την ίδια την *πολιτιστική κληρονομιά* (cultural heritage). Αρχεία, σπάνια βιβλία και εκθέματα που συχνά φυλάσσονται σε υπόγεια είναι εξαιρετικά ευάλωτα στην εισροή υδάτων. Παράλληλα, ο **Καύσωνας (0.5)** εκτοξεύει το λειτουργικό κόστος, καθώς τα μουσεία και τα αρχεία απαιτούν αυστηρά σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας όλο το 24ωρο για τη συντήρηση των έργων τέχνης, πιέζοντας τα ενεργειακά τους συστήματα (HVAC) στα όριά τους.

Τυχρά Παιχνίδια (R92): Είναι ο λιγότερο ευάλωτος υποκλάδος (Καύσωνας 0.4, Πλημμύρα 0.5), καθώς η δραστηριότητα των καζίνο και των πρακτορείων διεξάγεται αποκλειστικά σε αυστηρά ελεγχόμενους, πλήρως κλιματιζόμενους εσωτερικούς χώρους, προσφέροντας συχνά "καταφύγιο" (cooling center effect) κατά τη διάρκεια των καυσώνων, ελαχιστοποιώντας έτσι τις οικονομικές απώλειες.

Όπως και στις περισσότερες υπηρεσίες, η **Ξηρασία (0.1 - 0.2)** έχει οριακή έως ανύπαρκτη άμεση επίδραση στη λειτουργία του τομέα R.

4.14. Συνοπτική αποτύπωση ευπάθειας (Vulnerability Heatmap)

Μετά την αναλυτική παρουσίαση των επιμέρους υποκλάδων της οικονομίας στα προηγούμενα υποκεφάλαια, κρίνεται σκόπιμη η συνοπτική αποτύπωση των αποτελεσμάτων, προκειμένου να αποδοθεί η "μεγάλη εικόνα" (big picture) της έκθεσης της ευρωπαϊκής οικονομίας απέναντι στους φυσικούς κινδύνους.

Η παρακάτω μήτρα λειτουργεί ως ένας εννοιολογικός θερμικός χάρτης (heatmap), συμπυκνώνοντας τις μέγιστες τιμές ευπάθειας (worst-case vulnerability coefficients) για κάθε ευρύτερο Τομέα NACE. Ο Πίνακας 4.14 (αποτυπώνονται οι μέγιστες τιμές των υποκλάδων του εκάστοτε τομέα, προκειμένου να αναδειχθεί η μέγιστη δυνητική έκθεση) αποτελεί το τελικό ποσοτικό παραδοτέο του παρόντος κεφαλαίου, θέτοντας την εμπειρική βάση πάνω στην οποία θα οικοδομηθεί η συγκριτική ανάλυση και η εξαγωγή των στρατηγικών συμπερασμάτων που ακολουθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Τομέας NACE (Section)	Πυρκαγιά (Wildfire)	Πλημμύρα (Flood)	Καύσωνας (Heatwave)	Ξηρασία (Drought)	Κατολίσθηση (Landslide)
A. Γεωργία, Δασοκομία & Αλιεία	1.0	0.9	0.9	1.0	0.5
B. Εξόρυξη	0.2	0.6	0.5	0.4	0.9
C. Μεταποίηση	0.6	0.8	0.6	0.7	0.6
D. Παροχή Ηλεκτρικού Ρεύματος & Αερίου	0.6	0.8	0.7	0.8	0.3
E. Παροχή Νερού & Διαχείριση Αποβλήτων	0.2	0.8	0.6	1.0	0.3
F. Κατασκευές	0.2	0.7	0.7	0.2	0.7
G. Χονδρικό & Λιανικό Εμπόριο	0.3	0.8	0.6	0.2	0.3
H. Μεταφορές & Αποθήκευση	0.4	0.9	0.8	0.2	0.7
I. Υπηρεσίες Παροχής Καταλύματος & Εστίασης	0.7	0.6	0.8	0.5	0.2
J. Ενημέρωση & Επικοινωνία (ΤΠΕ)	0.2	0.6	0.5	0.1	0.2
K-L. Χρηματοοικονομικά & Ακίνητη Περιουσία	0.3	0.7	0.5	0.2	0.3

Μ-Q. Επαγγελματικές Υπηρεσίες, Δημόσια Διοίκηση & Υγεία	0.5	0.6	1.0	0.3	0.3
R. Τέχνες, Διασκέδαση & Ψυχαγωγία	0.6	0.6	0.8	0.2	0.3

Πίνακας 4.14: Συγκεντρωτικός Θερμικός Χάρτης Ευπάθειας (Vulnerability Heatmap) ανά Τομέα NACE

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συγκριτική Ανάλυση και Συζήτηση Αποτελεσμάτων

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν αναλυτικά οι συντελεστές ευπάθειας (vulnerability coefficients) για το σύνολο των οικονομικών δραστηριοτήτων (NACE Rev. 2) απέναντι σε πέντε κρίσιμους κλιματικούς κινδύνους. Το παρόν κεφάλαιο προχωρά πέρα από τη στατική αποτύπωση των δεδομένων, επιδιώκοντας τη συνθετική τους ανάλυση και την εξαγωγή μακροοικονομικών και στρατηγικών συμπερασμάτων για την ευρωπαϊκή οικονομία.

Στόχος αυτής της συζήτησης είναι να απαντηθούν τα κεντρικά ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης μέσω μιας διττής προσέγγισης: αφενός εξετάζοντας πώς συμπεριφέρεται το σύνολο της οικονομίας απέναντι σε κάθε κίνδυνο ξεχωριστά (cross-hazard ανάλυση), και αφετέρου αναλύοντας το συνολικό "κλιματικό προφίλ" των νευραλγικών τομέων (cross-sector ανάλυση).

Η δομή του κεφαλαίου αναπτύσσεται ως εξής:

Αρχικά, στην Ενότητα 5.1, πραγματοποιείται η δια-κινδυνική ιεράρχηση (ranking), εντοπίζοντας τους τομείς που λειτουργούν ως "πρωταθλητές ευπάθειας" (hotspots) για κάθε φυσικό φαινόμενο.

Στη συνέχεια, στην Ενότητα 5.2, η οπτική γωνία αντιστρέφεται και αναλύονται τα προφίλ πολλαπλού κινδύνου (multi-hazard profiles) στρατηγικών τομέων όπως η Γεωργία, η Ενέργεια, οι Μεταφορές και ο Τουρισμός.

Ακολούθως, στην Ενότητα 5.3, τα ευρήματα της μελέτης αντιπαραβάλλονται και επικυρώνονται (validation) μέσω της σύγχρονης διεθνούς βιβλιογραφίας.

Τέλος, στην Ενότητα 5.4, αναλύονται οι πρακτικές προεκτάσεις αυτών των ευρημάτων για τον επιχειρηματικό σχεδιασμό, την κατεύθυνση των ιδιωτικών επενδύσεων προσαρμογής (adaptation finance), καθώς και τη σύνδεσή τους με τα νέα αυστηρά ευρωπαϊκά κανονιστικά πλαίσια, όπως η Οδηγία για την Υποβολή Εκθέσεων Βιωσιμότητας (CSRD) και το Ευρωπαϊκό Σύστημα Ταξινόμησης (EU Taxonomy).

5.1. Cross-hazard ανάλυση (Δια-κινδυνική Προσέγγιση)

Η δια-κινδυνική (cross-hazard) ανάλυση επιτρέπει την οριζόντια σάρωση του συνόλου της ευρωπαϊκής οικονομίας με άξονα τον εκάστοτε φυσικό κίνδυνο. Αντί να εξετάζουμε έναν τομέα

μεμονωμένα, η προσέγγιση αυτή αποκαλύπτει τα δομικά χαρακτηριστικά που καθιστούν διαφορετικούς κλάδους ευάλωτους στο ίδιο φαινόμενο. Μέσω αυτής της μεθοδολογίας, καθίσταται δυνατός ο εντοπισμός των κρίσιμων "σημείων ευπάθειας" (hotspots) για την Ξηρασία, την Πλημμύρα, τον Καύσωνα, τις Πυρκαγιές και τις Κατολισθήσεις.

5.1.1. Ποιοι τομείς είναι πιο ευάλωτοι ανά κλιματικό κίνδυνο

Από τη συγκριτική μελέτη των πινάκων ευπάθειας (NACE Sections A–R) αναδεικνύονται σαφή μοτίβα συγκέντρωσης του κινδύνου. Κάθε κλιματικό φαινόμενο πλήττει την οικονομία μέσω διαφορετικών διαύλων μετάδοσης (transmission channels), επιλέγοντας τους τομείς που παρουσιάζουν αντίστοιχες λειτουργικές αδυναμίες.

Ξηρασία (Drought): Ο Κίνδυνος της Απόλυτης Πόλωσης Η ξηρασία αποτελεί το φαινόμενο με την πιο ασύμμετρη κατανομή ευπάθειας στο σύνολο της οικονομίας. Για τη συντριπτική πλειονότητα των υπηρεσιών και του εμπορίου (π.χ. ΤΠΕ, Χρηματοοικονομικά, Λιανεμπόριο), η ξηρασία περνά σχεδόν "απαρατήρητη", καταγράφοντας τους χαμηλότερους δείκτες της μελέτης (0.1 - 0.2). Ωστόσο, στους τομείς που εξαρτώνται από τους υδατικούς πόρους, η ευπάθεια εκτοξεύεται στην κορυφή της κλίμακας, απειλώντας με **συστημική κατάρρευση (systemic failure)**. Οι πιο ευάλωτοι τομείς είναι η **Γεωργία (A01)** και η **Ύδρευση (E36)**, που αμφότεροι καταγράφουν τον απόλυτο δείκτη **1.0**, καθώς η πρώτη ύλη τους ταυτίζεται βιολογικά και λειτουργικά με το νερό. Ακολουθεί στενά ο τομέας της **Ενέργειας (D35)** με δείκτη **0.8**, λόγω της απόλυτης εξάρτησης των υδροηλεκτρικών σταθμών και των συστημάτων ψύξης των θερμοηλεκτρικών εργοστασίων από τη σταθερή ροή των υδάτων. Η **Μεταποίηση Τροφίμων (C10-11)** εμφανίζει επίσης υψηλή ευπάθεια (0.7), υποδηλώνοντας την έντονη έμμεση εξάρτησή της (supply chain dependency) από τις αγροτικές εισροές.

Πλημμύρα (Flood): Η Οριζόντια Απειλή του Υλικού Κεφαλαίου Σε αντίθεση με την ξηρασία, η πλημμύρα λειτουργεί ως "οριζόντιος ισοπεδωτής" (horizontal threat) για το σύνολο του φυσικού και δομημένου κεφαλαίου. Οι τομείς που καταγράφουν τη μέγιστη ευπάθεια είναι αυτοί που διαθέτουν μεγάλη ένταση παγίου κεφαλαίου (capital-intensive) ή εκτεταμένες χωρικές υποδομές. Τη σκυτάλη της ευπάθειας παίρνουν οι **Χερσαίες Μεταφορές (H49)** με δείκτη **0.9**, καθώς οι γραμμικές υποδομές (σιδηρόδρομοι, αυτοκινητόδρομοι) υφίστανται βαριές δομικές βλάβες. Στη δεύτερη βαθμίδα (δείκτες **0.8**) συνωστίζονται η **Μεταποίηση (C)**, η **Ενέργεια (D35)**, το **Εμπόριο**

και η Επισκευή Οχημάτων (G45), καθώς και τα Logistics (H52). Κοινός παρονομαστής όλων αυτών των τομέων είναι η αδυναμία μετεγκατάστασης του βαρειού εξοπλισμού τους και η αποθήκευση ευπαθών εμπορευμάτων σε ισόγειους ή υπόγειους χώρους.

Καύσωνας (Heatwave): Ο Σιωπηλός Εξολοθρευτής της Παραγωγικότητας Ο καύσωνας αναδεικνύεται ως η πιο ύπουλη και πολυδιάστατη απειλή. Η ευπάθεια εδώ δεν προέρχεται (κατά κύριο λόγο) από την καταστροφή υποδομών, αλλά από τη ραγδαία πτώση της αποδοτικότητας – τόσο της ανθρώπινης εργασίας όσο και των μηχανών. Το απόλυτο σημείο ευπάθειας εντοπίζεται στον τομέα της **Υγείας (Q86-88)** με δείκτη **1.0**, λόγω της εκθετικής αύξησης των εισαγωγών στα νοσοκομεία. Ακολουθεί η **Γεωργία (A01)** με **0.9** λόγω του θερμικού σοκ στις καλλιέργειες. Εξίσου κρίσιμη (δείκτης **0.8**) είναι η επίπτωση στους τομείς της "υπαίθριας οικονομίας" και των δικτύων: τα **Καταλύματα/Τουρισμός (I55)** υφίστανται καθίζηση ζήτησης, ο **Αθλητισμός (R93)** αναστέλλει τις δραστηριότητές του, και οι **Μεταφορές (H49)** αντιμετωπίζουν παραμορφώσεις στις υποδομές τους. Τέλος, οι **Κατασκευές (F)** και η **Μεταποίηση (C)** καταγράφουν σημαντικούς δείκτες (0.6 - 0.7) που μεταφράζονται σε κατακόρυφη πτώση της Συνολικής Παραγωγικότητας Συντελεστών (TFP) λόγω θερμικής καταπόνησης της εργασίας (heat stress).

Πυρκαγιά (Wildfire): Τοπική Καταστροφή, Περιφερειακός Αντίκτυπος Ο κίνδυνος της πυρκαγιάς παρουσιάζει ισχυρή γεωγραφική εστίαση (κυρίως στη Νότια Ευρώπη) και πλήττει άμεσα όσους κλάδους αναπτύσσονται εντός ή πλησίον δασικών οικοσυστημάτων. Ο απόλυτα εκτεθειμένος τομέας είναι η **Δασοκομία (A02)** με δείκτη **1.0**, καθώς το φαινόμενο καταστρέφει ολοσχερώς το ίδιο το παραγωγικό αντικείμενο. Το δεύτερο, ωστόσο, μεγαλύτερο θύμα των πυρκαγιών δεν προέρχεται από τον πρωτογενή τομέα, αλλά από τις υπηρεσίες: πρόκειται για τον **Τουρισμό (I55)** με δείκτη **0.7**. Η υψηλή αυτή τιμή αποτυπώνει την "καταστροφή της εικόνας του προορισμού" (destination image degradation), η οποία οδηγεί σε μαζικές ακυρώσεις και απώλεια περιφερειακού ΑΕΠ, ακόμη και αν οι ίδιες οι ξενοδοχειακές μονάδες δεν υποστούν άμεσες υλικές ζημιές.

Κατολισθήσεις (Landslide): Η Γεωμορφολογική Παγίδα Οι κατολισθήσεις αποτελούν τον κατεξοχήν γεωμορφολογικό κίνδυνο. Είναι χωρικά περιορισμένες, αλλά όταν εκδηλώνονται, η ζημιά είναι συνήθως ολοκληρωτική (total loss). Ο τομέας που ηγείται της ευπάθειας είναι η **Εξόρυξη Μεταλλευμάτων (B07)** με τον εντυπωσιακό δείκτη **0.9**, ακολουθούμενη από τον

άνθρακα (B05) με **0.8**. Αυτό εξηγείται από τη διπλή έκθεση του κλάδου: τα ορυχεία όχι μόνο βρίσκονται σε επικίνδυνες γεωγραφικές ζώνες, αλλά η ίδια η δραστηριότητά τους αποσταθεροποιεί τα πρανή, αυξάνοντας την πιθανότητα αστοχίας. Έντονη ευπάθεια (**0.7**) εμφανίζουν επίσης τα Έργα Πολιτικού Μηχανικού (F42) και οι Χερσαίες Μεταφορές (H49), καθώς η καταστροφή μιας σήραγγας ή μιας ορεινής γέφυρας προκαλεί πολύμηνη διακοπή λειτουργίας και απαιτεί υπέρογκα κόστη ανακατασκευής.

5.1.2. Ιεράρχηση τομέων ανά κίνδυνο (Ranking)

Η παραγωγή μιας αυστηρής ιεράρχησης (ranking) των πλέον ευάλωτων τομέων ανά κλιματικό κίνδυνο δεν αποτελεί απλώς μια στατιστική άσκηση, αλλά ένα θεμελιώδες εργαλείο για την **προτεραιοποίηση των επενδύσεων προσαρμογής (adaptation prioritization)**. Επιτρέπει στους φορείς χάραξης πολιτικής (policymakers) και στους διαχειριστές κινδύνου να κατευθύνουν τους περιορισμένους οικονομικούς πόρους εκεί όπου ο συστημικός κίνδυνος είναι υψηλότερος.

Με βάση τους συντελεστές ευπάθειας που εξήχθησαν στο Κεφάλαιο 4, ακολουθεί η ταξινόμηση της "Κορυφαίας Βαθμίδας" (Top Tier) ανά φυσικό κίνδυνο:

Ιεράρχηση Ευπάθειας στην Ξηρασία (Drought) Η ξηρασία πλήττει με απόλυτη σφοδρότητα τις δραστηριότητες που ενσωματώνουν τον υδατικό πόρο στον πυρήνα της λειτουργίας τους.

1. **(Δείκτης 1.0):** Φυτική & Ζωική Παραγωγική (A01) | Παροχή Νερού / Ύδρευση (E36)
2. **(Δείκτης 0.8):** Δασοκομία (A02) | Παραγωγή Ηλεκτρικού Ρεύματος (D35) | Διαχείριση Λυμάτων (E37)
3. **(Δείκτης 0.7):** Βιομηχανία Τροφίμων & Ποτών (C10-11)

Ιεράρχηση Ευπάθειας στην Πλημμύρα (Flood) Η πλημμύρα λειτουργεί ως ο πλέον καταστροφικός κίνδυνος για το πάγιο κεφάλαιο, τα δίκτυα και τα αποθέματα.

1. **(Δείκτης 0.9):** Χερσαίες Μεταφορές & Σιδηρόδρομοι (H49)
2. **(Δείκτης 0.8):** Βαριά Μεταποίηση (Χημικά C20-22, Μέταλλα C24-25, Τρόφιμα C10-11) | Ενέργεια (D35) | Ύδρευση (E36) | Εμπορία Οχημάτων (G45) | Αποθήκευση/Logistics (H52) | Πλωτές Μεταφορές (H50)

3. **(Δείκτης 0.7):** Λιανικό & Χονδρικό Εμπόριο (G46, G47) | Real Estate (L68) | Έργα Πολιτικού Μηχανικού (F42)

Ιεράρχηση Ευπάθειας στον Καύσωνα (Heatwave) Ο καύσωνας αναδεικνύεται στον πιο κρίσιμο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, τη βιολογική παραγωγή και την "υπαίθρια" οικονομία.

1. **(Δείκτης 1.0):** Υπηρεσίες Υγείας (Q86-88)
2. **(Δείκτης 0.9):** Φυτική & Ζωική Παραγωγή (A01)
3. **(Δείκτης 0.8):** Χερσαίες Μεταφορές (H49) | Τουριστικά Καταλύματα (I55) | Αθλητισμός & Υπαίθρια Αναψυχή (R93)
4. **(Δείκτης 0.7):** Κατασκευές (F41-43) | Ενέργεια (D35) | Εστίαση (I56)

Ιεράρχηση Ευπάθειας σε Λασικές Πυρκαγιές (Wildfire) Ο κίνδυνος συγκεντρώνεται σε τομείς που αναπτύσσονται στο φυσικό τοπίο και εξαρτώνται από την ακεραιότητά του.

1. **(Δείκτης 1.0):** Δασοκομία & Υλοτομία (A02)
2. **(Δείκτης 0.7):** Φυτική & Ζωική Παραγωγή (A01) | Τουριστικά Καταλύματα (I55)
3. **(Δείκτης 0.6):** Παραγωγή Προϊόντων Ξύλου (C16) | Παραγωγή & Δίκτυα Ενέργειας (D35) | Αθλητισμός & Αναψυχή (R93)

Ιεράρχηση Ευπάθειας σε Κατολισθήσεις (Landslide) Οι γεωμορφολογικές μετατοπίσεις πλήττουν καίρια τις βαριές βιομηχανίες εδάφους και τα έργα υποδομής σε ορεινές ζώνες.

1. **(Δείκτης 0.9):** Εξόρυξη Μεταλλευμάτων (B07)
2. **(Δείκτης 0.8):** Εξόρυξη Άνθρακα (B05) | Λοιπά Ορυχεία (B08)
3. **(Δείκτης 0.7):** Χερσαίες Μεταφορές (H49) | Έργα Πολιτικού Μηχανικού (F42) | Υποστηρικτικές Δραστηριότητες Εξόρυξης (B09)
4. **(Δείκτης 0.6):** Βιομηχανία Μη Μεταλλικών Ορυκτών/Τσιμέντου (C23) | Βασικά Μέταλλα (C24-25)

Η παραπάνω ιεράρχηση καθιστά σαφές ότι η ευπάθεια δεν κατανέμεται τυχαία. Αντίθετα, "τιμωρεί" συστηματικά τομείς με συγκεκριμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά: υπαίθρια εργασία, εξάρτηση από εκτεταμένα γεωγραφικά δίκτυα, ακαμψία μετεγκατάστασης (immobility) και άμεση εξάρτηση από το φυσικό κεφάλαιο.

5.2. Cross-sector ανάλυση (Δια-τομεακή Προσέγγιση)

Ενώ η δια-κινδυνική ανάλυση (5.1) ανέδειξε την οριζόντια συμπεριφορά των κλιματικών φαινομένων, η δια-τομεακή (cross-sector) ανάλυση εστιάζει στη σύνθεση του συνολικού "κλιματικού προφίλ" (climate risk profile) συγκεκριμένων στρατηγικών κλάδων. Η προσέγγιση αυτή είναι κρίσιμη για την κατανόηση των πολλαπλών και συχνά αλληλεπικαλυπτόμενων πιέσεων που υφίσταται ένας τομέας, προσφέροντας τη βάση για στοχευμένες τομεακές πολιτικές προσαρμογής (sector-specific adaptation policies).

Για τους σκοπούς της παρούσας ανάλυσης, απομονώνονται τέσσερις βασικοί πυλώνες της ευρωπαϊκής οικονομίας: η Γεωργία, η Ενέργεια, οι Μεταφορές και ο Τουρισμός.

5.2.1. Ο κυρίαρχος κίνδυνος (Dominant Hazard) ανά βασικό τομέα

Για κάθε έναν από τους προαναφερθέντες στρατηγικούς τομείς, η ανάλυση των μητρώων ευπάθειας αναδεικνύει έναν (ή ένα ζεύγος) κυρίαρχο φυσικό κίνδυνο, ο οποίος υπαγορεύει τη συνολική στρατηγική επιβίωσης του κλάδου.

Γεωργία & Πρωτογενής Τομέας (Agriculture - NACE A): Η κυριαρχία της Ξηρασίας (Drought) Στον πρωτογενή τομέα, το υδατικό έλλειμμα δεν αποτελεί απλώς μια λειτουργική δυσχέρεια, αλλά μια υπαρξιακή απειλή. Ο κυρίαρχος κίνδυνος είναι αδιαμφισβήτητα η **Ξηρασία (Δείκτης 1.0)**, στενά ακολουθούμενη από τον **Καύσωνα (0.9)**. Η κυριαρχία αυτού του ζεύγους (θερμική-υδατική καταπόνηση) εξηγείται από τη βιολογική φύση της παραγωγής. Σε αντίθεση με ένα εργοστάσιο που μπορεί να διακόψει προσωρινά τη λειτουργία του και να την επαναλάβει αργότερα (business interruption), οι βιολογικές διεργασίες των φυτών και των ζώων είναι μη αναστρέψιμες: αν το κατώφλι αντοχής (tipping point) στο θερμικό σοκ ή τη λειψυδρία ξεπεραστεί, η παραγωγή ολόκληρης της σεζόν χάνεται οριστικά (crop failure). *(Αξίζει να σημειωθεί η εξαίρεση της Δασοκομίας, όπου ο κυρίαρχος κίνδυνος μετατοπίζεται καθολικά στην Πυρκαγιά με δείκτη 1.0).*

Ενέργεια & Υποδομές (Energy - NACE D): Η "Τανάλια" Πλημμύρας και Ξηρασίας (Flood & Drought) Ο ενεργειακός τομέας (D35) παρουσιάζει το πιο σύνθετο προφίλ, καθώς δεν έχει έναν, αλλά δύο ισοδύναμους κυρίαρχους κινδύνους (**Δείκτης 0.8** σε Πλημμύρα και Ξηρασία). Αυτή η "τανάλια" (pincer effect) κινδύνων αντανακλά τη διττή φύση των υποδομών του:

- Από τη μία πλευρά, η παραγωγή εξαρτάται από τον υδατικό πόρο (υδροηλεκτρικά, νερό ψύξης θερμοηλεκτρικών/πυρηνικών σταθμών), καθιστώντας την **Ξηρασία** άμεση απειλή για την ικανότητα παραγωγής (generation capacity).
- Από την άλλη πλευρά, η μεταφορά και διανομή ρεύματος βασίζεται σε τεράστιες, σταθερές υλικές υποδομές (υποσταθμοί, δίκτυα) που συχνά βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους, καθιστώντας την **Πλημμύρα** τον κύριο κίνδυνο καταστροφής του παγίου κεφαλαίου.

Μεταφορές (Transport - NACE H): Η αποσάθρωση των δικτύων από την Πλημμύρα (Flood)

Για το νευραλγικό δίκτυο των χερσαίων μεταφορών και logistics, η **Πλημμύρα (Δείκτης 0.9)** αποτελεί τον αδιαμφισβήτητο κυρίαρχο κίνδυνο. Η εξήγηση βρίσκεται στη γεωμετρία του τομέα: οι μεταφορές είναι γραμμικά δίκτυα (linear networks) που εκτείνονται σε χιλιάδες χιλιόμετρα. Όπως αποδεικνύουν τα στοιχεία (Taguchi et al., 2022), μια πλημμύρα μπορεί να καταστρέψει έστω και ένα μικρό, αλλά στρατηγικό, τμήμα αυτού του δικτύου (π.χ. μια γέφυρα, μια σήραγγα ή έναν κόμβο logistics), προκαλώντας τον άμεσο αποκλεισμό ολόκληρων εφοδιαστικών αλυσίδων. Ο **Καύσωνας (0.8)** λειτουργεί ως δευτερεύων κυρίαρχος κίνδυνος, δρώντας μηχανικά (παραμόρφωση ραγών, τήξη ασφάλτου) και μειώνοντας τη χωρητικότητα και ταχύτητα των δικτύων.

Τουρισμός & Καταλύματα (Tourism - NACE I): Η κατάρρευση της "Θερμικής Άνεσης" (Heatwave)

Στον τομέα του τουρισμού, το παραγόμενο προϊόν είναι η "εμπειρία" και η αναψυχή. Ως εκ τούτου, ο κυρίαρχος κίνδυνος δεν είναι αυτός που καταστρέφει τα κτίρια, αλλά αυτός που αποτρέπει την ανθρώπινη παρουσία: ο **Καύσωνας (Δείκτης 0.8)**. Όταν τα θερμικά κύματα υπερβαίνουν τα όρια της ανθρώπινης βιολογικής ανοχής, η ζήτηση για εξωτερικές δραστηριότητες (αξιοθέατα, παραλίες) κατακρημνίζεται, ενώ το κόστος ψύξης των ξενοδοχείων εκτοξεύεται. Ο κίνδυνος αυτός συμπληρώνεται λειτουργικά από την **Πυρκαγιά (0.7)**, η οποία πλήττει την

αισθητική και την ασφάλεια του προορισμού (destination branding), δημιουργώντας σοκ ζήτησης (demand shock) πριν καν η φωτιά απειλήσει τις κτιριακές υποδομές (Meier et al., 2023).

5.2.2. Προφίλ ευπάθειας (Vulnerability Profiles) ανά NACE Section

Η σύνθεση των επιμέρους δεικτών κινδύνου επιτρέπει την ομαδοποίηση των οικονομικών τομέων (NACE Sections) σε τέσσερα βασικά "αρχέτυπα ευπάθειας" (vulnerability profiles). Κάθε προφίλ αντανακλά τον μοναδικό τρόπο με τον οποίο η δομή του κεφαλαίου (υλικό vs. άυλο), η φύση της εργασίας (εσωτερική vs. υπαίθρια) και η εξάρτηση από φυσικούς πόρους αλληλεπιδρούν με την κλιματική κρίση.

1. Το Προφίλ Συστημικής & Πόρο-εξαρτώμενης Ευπάθειας (Systemic & Resource-Dependent Profile)

- **Τομείς (NACE):** Γεωργία/Δασοκομία (A), Ενέργεια (D), Ύδρευση/Απόβλητα (E).
- **Χαρακτηριστικά:** Πρόκειται για το πλέον επιβαρυνμένο προφίλ (Multi-hazard vulnerability). Οι τομείς αυτοί παρουσιάζουν ακραία ευαισθησία (δείκτες 0.8 - 1.0) σε κινδύνους που αλλοιώνουν την ίδια τη βάση των φυσικών πόρων που εκμεταλλεύονται, όπως η Ξηρασία και ο Καύσωνας (για τη γεωργία και την ύδρευση) ή η Πυρκαγιά (για τη δασοκομία).
- **Μηχανισμός Κρίσης:** Μια φυσική καταστροφή σε αυτούς τους τομείς δεν προκαλεί απλώς τοπική επιχειρηματική διακοπή, αλλά *συστημικό σοκ* (systemic shock) σε ολόκληρη την οικονομία, καθώς διακόπτει την παροχή βασικών αγαθών επιβίωσης (τρόφιμα, νερό, ρεύμα).

2. Το Προφίλ Υλικής/Υποδομικής Ευπάθειας (Asset-Heavy & Infrastructure Profile)

- **Τομείς (NACE):** Μεταποίηση (C), Μεταφορές & Logistics (H), Εξόρυξη (B).
- **Χαρακτηριστικά:** Το προφίλ αυτό χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά υψηλή ένταση παγίου κεφαλαίου (capital-intensive). Η κύρια απειλή προέρχεται από υδρομετεωρολογικούς και γεωμορφολογικούς κινδύνους (Πλημμύρα 0.8-0.9, Κατολισθήσεις 0.6-0.9), οι οποίοι ασκούν τεράστιες μηχανικές πιέσεις.
- **Μηχανισμός Κρίσης:** Η ευπάθειά τους έγκειται στην "ακαμψία" (immobility) των υποδομών τους. Τα εργοστάσια, οι σιδηρόδρομοι και τα ορυχεία δεν μπορούν να μεταγκατασταθούν βραχυπρόθεσμα. Οι καταστροφές προκαλούν τεράστια κόστη

αποκατάστασης παγίων και μακροχρόνια διακοπή εφοδιαστικών αλυσίδων (supply chain bottlenecks).

3. Το Προφίλ Ανθρωποκεντρικής Ευπάθειας & Ζήτησης (Human-Centric & Demand-Driven Profile)

- **Τομείς (NACE):** Τουρισμός/Εστίαση (I), Κατασκευές (F), Υγεία (Q), Αθλητισμός/Αναψυχή (R93).
- **Χαρακτηριστικά:** Εδώ το επίκεντρο της παραγωγικής διαδικασίας είναι ο ίδιος ο άνθρωπος—είτε ως εργαζόμενος (Κατασκευές) είτε ως καταναλωτής/ασθενής (Τουρισμός, Υγεία). Ο απόλυτος κυρίαρχος κίνδυνος είναι ο Καύσωνας (0.7 - 1.0) και δευτερευόντως οι Πυρκαγιές (0.7 στον Τουρισμό).
- **Μηχανισμός Κρίσης:** Το προφίλ αυτό δεν υποφέρει απαραίτητα από την καταστροφή κτιρίων, αλλά από τη *θερμική καταπόνηση* (heat stress) που εκμηδενίζει την παραγωγικότητα της εξωτερικής εργασίας, υπερφορτώνει τα συστήματα δημόσιας υγείας και ακυρώνει την καταναλωτική ζήτηση (demand shocks) λόγω υποβάθμισης της ποιότητας του φυσικού περιβάλλοντος.

4. Το Προφίλ Άυλης Ανθεκτικότητας (Intangible & Resilient Profile)

- **Τομείς (NACE):** Τηλεπικοινωνίες & IT (J), Χρηματοοικονομικά & Ασφάλειες (K), Επαγγελματικές Υπηρεσίες (M-N).
- **Χαρακτηριστικά:** Είναι το προφίλ με την υψηλότερη φυσική ανθεκτικότητα. Οι άμεσοι δείκτες ευπάθειας διατηρούνται συστηματικά χαμηλά (0.1 - 0.5) σε σχεδόν όλους τους κινδύνους (εξαιρουμένων των φυσικών δικτύων τηλεπικοινωνιών στον υποκλάδο J61).
- **Μηχανισμός Κρίσης:** Η αποϋλοποίηση των υπηρεσιών (digitalization), η αποθήκευση στο νέφος (cloud computing) και η δυνατότητα τηλεργασίας προσδίδουν τεράστια ευελιξία. Η όποια ευπάθειά τους είναι πρωτίστως *έμμεση* (indirect vulnerability) και εξαρτάται από την ακεραιότητα του Προφίλ 1 (αν διακοπεί το ρεύμα, διακόπτεται και η ψηφιακή υπηρεσία).

5.3. Σύγκριση με διεθνή βιβλιογραφία (Validation)

Η ανάπτυξη των συντελεστών ευπάθειας (vulnerability coefficients) στο Κεφάλαιο 4 βασίστηκε σε μια μεθοδολογική προσέγγιση "από κάτω προς τα πάνω" (bottom-up), αξιολογώντας τα λειτουργικά χαρακτηριστικά κάθε κλάδου NACE. Προκειμένου να διασφαλιστεί η αξιοπιστία και η ακαδημαϊκή αρτιότητα (robustness) αυτών των αποτελεσμάτων, κρίνεται επιβεβλημένη η αντιπαραβολή τους με τη σύγχρονη μακροοικονομική και κλιματική βιβλιογραφία, καθώς και με τις εκθέσεις κορυφαίων θεσμικών οργάνων.

Η συγκριτική αυτή ανάλυση επιβεβαιώνει ότι τα βασικά μοτίβα που εντοπίστηκαν στην παρούσα μελέτη ταυτίζονται απόλυτα με τις κυρίαρχες διεθνείς εκτιμήσεις.

5.3.1. Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ECB) και Συστημικός Κίνδυνος

Τα ευρήματά μας σχετικά με τη διχοτόμηση "φυσικού έναντι άυλου κεφαλαίου" (βλ. Ενότητα 5.2.2) ευθυγραμμίζονται πλήρως με τα αποτελέσματα των πανευρωπαϊκών κλιματικών stress tests της Ευρωπαϊκής Κεντρικής Τράπεζας (ECB). Όπως επισημαίνουν οι Alogoskoufis et al. (2021) στην έκθεση της ECB, ο φυσικός κίνδυνος (physical risk) στην ευρωπαϊκή οικονομία είναι εξαιρετικά συγκεντρωμένος (highly concentrated). Η ECB κατατάσσει τη Γεωργία, την Εξόρυξη, τη Μεταποίηση και την Ενέργεια ως τους τομείς με τη μεγαλύτερη έκθεση σε φυσικές ζημιές. Η δική μας ιεράρχηση, η οποία αποδίδει δείκτες **0.8 - 1.0** σε αυτούς ακριβώς τους τομείς για κινδύνους όπως η Πλημμύρα και η Ξηρασία, επικυρώνει ποσοτικά αυτή τη θεσμική διαπίστωση. Επιπλέον, η ECB τονίζει ότι οι υπηρεσίες (ΤΠΕ, Χρηματοοικονομικά) εμφανίζουν μικρή άμεση έκθεση, στοιχείο που καθρεφτίζεται στους δικούς μας δείκτες (0.1 - 0.5) για τους τομείς J και K.

5.3.2. JRC (PESETA IV) και Θερμική Καταπόνηση

Η ακραία ευπάθεια που καταγράψαμε στον κίνδυνο του Καύσωνα, ειδικά για τους τομείς έντασης εξωτερικής εργασίας (Γεωργία, Κατασκευές, Μεταφορές), επικυρώνεται από το ερευνητικό κέντρο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (JRC) και το πρόγραμμα PESETA IV. Οι μελέτες του JRC καταδεικνύουν ότι, σε σενάρια υψηλής υπερθέρμανσης, η μείωση της παραγωγικότητας της εργασίας (labor productivity loss) λόγω θερμικού στρες θα αποτελέσει μία από τις σημαντικότερες πηγές οικονομικής ζημίας στην Ευρώπη (έως και 50% της συνολικής ζημίας σε ορισμένες νότιες περιφέρειες). Ο δικός μας δείκτης **0.7** στις Κατασκευές (F) και **0.9** στη Γεωργία (A) στον Καύσωνα

αντανακλά ακριβώς αυτή τη μηχανική μεταφοράς (transmission mechanism) του κινδύνου από το περιβάλλον στην οικονομική αποδοτικότητα.

5.3.3. IPCC και Αλυσιδωτές Επιπτώσεις (Cascading Risks)

Στην 6η Έκθεση Αξιολόγησης (AR6) της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), δίνεται τεράστια έμφαση στους "αλυσιδωτούς και σύνθετους κινδύνους" (cascading and compound risks). Η IPCC προειδοποιεί ότι η αστοχία στρατηγικών υποδομών μπορεί να παραλύσει ολόκληρες αλυσίδες εφοδιασμού. Η προσέγγισή μας ενσωμάτωσε αυτή τη λογική αποδίδοντας "συστημικά" προφίλ ευπάθειας. Για παράδειγμα, η απόδοση δείκτη **0.9 στις Μεταφορές (H49)** για την Πλημύρα συνδέεται άμεσα με τη βιβλιογραφία για τα σημεία συμφόρησης (bottlenecks). Όπως τεκμηριώνουν οι Taguchi et al. (2022), η άμεση ζημιά σε ένα οδικό δίκτυο προκαλεί πολλαπλάσια έμμεση ζημιά (business interruption) στη Μεταποίηση (C) και το Εμπόριο (G), επικυρώνοντας την επιλογή μας να διατηρήσουμε υψηλούς δείκτες σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας.

5.3.4. Τομεακές Εξειδικεύσεις (Τουρισμός και Υγεία)

Τέλος, δύο από τα πιο χαρακτηριστικά ευρήματα των μητρώων μας επιβεβαιώνονται από εξειδικευμένες ακαδημαϊκές έρευνες:

1. **Ο Τουρισμός (I) και οι Πυρκαγιές:** Η απόδοση δείκτη **0.7** στα καταλύματα για τις πυρκαγιές στηρίχθηκε στην παραδοχή της "απώλειας ελκυστικότητας". Οι Meier et al. (2023) επικυρώνουν εμπειρικά αυτή την παραδοχή, αποδεικνύοντας ότι οι δασικές πυρκαγιές στη Νότια Ευρώπη προκαλούν παρατεταμένη πτώση του περιφερειακού τουριστικού ΑΕΠ λόγω μετατόπισης της ζήτησης.
2. **Η Υγεία (Q) και ο Καύσωνας:** Ο απόλυτος δείκτης **1.0** στις υπηρεσίες υγείας ευθυγραμμίζεται με την επιδημιολογική βιβλιογραφία που καταγράφει εκθετική αύξηση της θνησιμότητας και κατάρρευση της φέρουσας ικανότητας (surge capacity) των νοσοκομείων κατά τη διάρκεια παρατεταμένων καυσώνων.

Συμπερασματικά, η αρχιτεκτονική των δεικτών NACE της παρούσας διπλωματικής όχι μόνο ανθίσταται στον ακαδημαϊκό έλεγχο, αλλά προσφέρει μια εφαρμοσμένη, πρακτική μετάφραση των πολύπλοκων μακροοικονομικών μοντέλων της διεθνούς βιβλιογραφίας σε επιχειρησιακό επίπεδο.

5.4. Επιπτώσεις για επιχειρήσεις και πολιτική προσαρμογής (Adaptation Policy)

Η ποσοτικοποίηση της κλιματικής ευπάθειας, όπως αποτυπώθηκε στους δείκτες NACE των προηγούμενων κεφαλαίων, δεν αποτελεί απλώς μια ακαδημαϊκή άσκηση αποτίμησης κινδύνου. Αποτελεί, πρωτίστως, ένα κρίσιμο εργαλείο λήψης αποφάσεων (decision-making tool) για τον μετριασμό των μελλοντικών ζημιών. Καθώς η συχνότητα και η ένταση των ακραίων φαινομένων αυξάνονται, η παθητική αποδοχή του κινδύνου ή η αποκλειστική εξάρτηση από την εκ των υστέρων ασφαλιστική αποζημίωση δεν συνιστούν πλέον βιώσιμες στρατηγικές. Η έμφαση μετατοπίζεται πλέον στρατηγικά από την "αντίδραση" (reaction) στην "**προσαρμογή**" (adaptation).

Οι επιπτώσεις των ευρημάτων μας διακλαδώνονται σε δύο αλληλένδετα επίπεδα: στο μικροοικονομικό επίπεδο (επιχειρηματική στρατηγική) και στο μακροοικονομικό επίπεδο (δημόσια πολιτική προσαρμογής).

5.4.1. Προτεραιοποίηση επενδύσεων σε adaptation

Το βασικότερο πρόβλημα στη χάραξη στρατηγικών προσαρμογής είναι η στενότητα των διαθέσιμων οικονομικών πόρων (adaptation finance gap). Ούτε τα κράτη ούτε οι επιχειρήσεις διαθέτουν απεριόριστα κεφάλαια για να θωρακίσουν το σύνολο των υποδομών τους έναντι όλων των πιθανών κινδύνων. Επομένως, η αυστηρή **προτεραιοποίηση (prioritization)** καθίσταται μονόδρομος.

Οι μήτρες ευπάθειας και η ιεράρχηση (ranking) που αναλύθηκαν στις Ενότητες 5.1 και 5.2 παρέχουν τον ακριβή "οδικό χάρτη" για αυτήν την κατεύθυνση των επενδύσεων, υποδεικνύοντας πού αποδίδει η κάθε επένδυση προσαρμογής τη μέγιστη αξία (highest ROI in risk reduction).

Επιχειρηματικό Επίπεδο (Micro-level Adaptation): Για τον ιδιωτικό τομέα, η προτεραιοποίηση επενδύσεων καθορίζεται από το "κλιματικό προφίλ" του εκάστοτε NACE κώδικα:

- **Υλική Θωράκιση (Hard Adaptation):** Βιομηχανίες με υψηλό πάγιο κεφάλαιο και αποθέματα (π.χ. Μεταποίηση C, Logistics H52) που καταγράφουν δείκτες 0.8-0.9 στην Πλημμύρα, οφείλουν να κατευθύνουν κεφάλαια στην κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων

(flood barriers), στην ανύψωση κρίσιμου μηχανολογικού εξοπλισμού (elevation of critical assets) και στη στεγανοποίηση των εγκαταστάσεων τους.

- **Ενεργειακή & Θερμική Αναβάθμιση:** Κλάδοι ευάλωτοι στον Καύσωνα, όπως ο Τουρισμός (I) και το Real Estate (L), οφείλουν να δώσουν προτεραιότητα στον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων τους (παθητική ψύξη, μόνωση) και στην αναβάθμιση των συστημάτων HVAC, ώστε να αποτρέψουν το διπλό πλήγμα της απώλειας πελατών και της εκτίναξης του ενεργειακού κόστους.
- **Ευελιξία Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Soft Adaptation):** Για τομείς με υψηλή έμμεση ευπάθεια (π.χ. Βιομηχανία Τροφίμων C10-11 που πλήττεται από την Ξηρασία), η βέλτιστη επένδυση δεν αφορά στα κτίρια, αλλά στη διαφοροποίηση των προμηθευτών (supplier diversification) και τη γεωγραφική διασπορά της εφοδιαστικής τους αλυσίδας.

Επίπεδο Δημόσιας Πολιτικής και Συστημικών Υποδομών (Macro-level Adaptation): Για τους φορείς χάραξης πολιτικής, η ανάλυση ανέδειξε ότι η αστοχία συγκεκριμένων κλάδων πυροδοτεί αλυσιδωτές καταρρεύσεις (cascading failures). Συνεπώς, τα δημόσια κεφάλαια προσαρμογής πρέπει να εστιαστούν κατά προτεραιότητα στα "**δίκτυα ζωτικής σημασίας**" (lifelines):

1. **Θωράκιση Δικτύων Μεταφορών (H49):** Με τον δείκτη της πλημμύρας στο 0.9, οι δημόσιες επενδύσεις πρέπει να εστιάσουν στην ανακατασκευή γεφυρών με αυστηρότερες προδιαγραφές υδραυλικής παροχευτικότητας και στη σταθεροποίηση ορεινών πρανών (landslide mitigation) για την προστασία του σιδηροδρομικού δικτύου.
2. **Ανθεκτικότητα Ενεργειακού Δικτύου (D35):** Η διπλή πίεση που υφίσταται ο ενεργειακός τομέας επιβάλλει επενδύσεις στην υπογειοποίηση ευπαθών καλωδίων (έναντι πυρκαγιών και ανεμοθυελλών), στην κατασκευή ανθεκτικότερων υποσταθμών έναντι πλημμυρών και στην απεξάρτηση των συστημάτων ψύξης από τα ποτάμια ύδατα (ξηρασία).
3. **Υδατική Ασφάλεια (A01, E36):** Οι απόλυτοι δείκτες (1.0) στην ξηρασία για τη Γεωργία και την Ύδρευση υπαγορεύουν την άμεση χρηματοδότηση έργων αφαλάτωσης, εγκαταστάσεων ανακύκλωσης υδάτων (water reuse) και έξυπνων συστημάτων άρδευσης (precision agriculture).

4. **Υγειονομική Ανθεκτικότητα (Q):** Το "σοκ" του 1.0 στον κίνδυνο του καύσωνα για το σύστημα Υγείας απαιτεί άμεσα κονδύλια για τη δημιουργία ψυχόμενων υποδομών (cooling centers) εντός του αστικού ιστού, την αυτόνομη ενεργειακή τροφοδοσία των νοσοκομείων και την ενίσχυση του προσωπικού κατά τους θερινούς μήνες.

Εν κατακλείδι, η κατανομή των πόρων δεν μπορεί να γίνεται πλέον ομοιόμορφα (across the board). Οι συντελεστές NACE προσφέρουν τον "αλγόριθμο" ώστε η χρηματοδότηση να κατευθύνεται χειρουργικά στους τομείς όπου η κλιματική τρωτότητα αποτελεί άμεση απειλή για τη μακροοικονομική σταθερότητα.

5.4.2. Σύνδεση με τα Ευρωπαϊκά Κανονιστικά Πλαίσια (EU Taxonomy & CSRD)

Η μετάβαση της ευρωπαϊκής οικονομίας προς την κλιματική ουδετερότητα και ανθεκτικότητα δεν επαφίεται πλέον στην εθελοντική πρωτοβουλία των επιχειρήσεων (το γνωστό voluntary ESG reporting). Αντιθέτως, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ένα αυστηρό, νομικά δεσμευτικό οικοσύστημα κανονισμών, το οποίο απαιτεί από τις επιχειρήσεις (και τους χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς που τις δανειοδοτούν) να μετρούν, να δημοσιοποιούν και να διαχειρίζονται τους φυσικούς κλιματικούς κινδύνους (physical climate risks) με την ίδια αυστηρότητα που διαχειρίζονται τους χρηματοοικονομικούς τους δείκτες.

Σε αυτό ακριβώς το τοπίο, οι συντελεστές ευπάθειας ανά κωδικό NACE που αναπτύχθηκαν στην παρούσα μελέτη (Κεφάλαιο 4) αποκτούν τεράστια επιχειρησιακή αξία, καθώς λειτουργούν ως άμεσο εργαλείο συμμόρφωσης (compliance tool) για τα δύο κορυφαία ευρωπαϊκά πλαίσια: την Οδηγία CSRD και το EU Taxonomy.

Οδηγία για την Υποβολή Εκθέσεων Βιωσιμότητας (CSRD) και Πρότυπα ESRS Η νέα Οδηγία CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) υποχρεώνει σταδιακά πάνω από 50.000 ευρωπαϊκές επιχειρήσεις να δημοσιοποιούν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο επιχειρηματικό τους μοντέλο. Ειδικότερα, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο **ESRS E1 (Climate Change)**, οι εταιρείες οφείλουν να διενεργούν αξιολόγηση μέσω της αρχής της "Διπλής Ουσιαστικότητας" (Double Materiality). Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ποσοτικοποιούν το πώς οι

φυσικοί κίνδυνοι (π.χ. πλημμύρες, καύσωνες) απειλούν τα μελλοντικά τους έσοδα (financial materiality).

- **Η συμβολή της παρούσας μελέτης:** Μια επιχείρηση μπορεί να χρησιμοποιήσει τους δείκτες ευπάθειας του Κεφαλαίου 4 ως το αρχικό της "benchmark" (σημείο αναφοράς). Για παράδειγμα, μια αλυσίδα logistics (H52) που βλέπει ότι ο τομέας της έχει δομική ευπάθεια **0.8** στην Πλημμύρα, οφείλει νομικά να αναγνωρίσει αυτόν τον κίνδυνο ως "ουσιώδη" (material) στην έκθεση CSRD της, να υπολογίσει το δυνητικό Value-at-Risk των αποθηκών της και να δημοσιοποιήσει τα μέτρα μετριασμού που λαμβάνει.

Ευρωπαϊκό Σύστημα Ταξινόμησης (EU Taxonomy) Το EU Taxonomy αποτελεί το "λεξικό" της Ε.Ε. για το ποιες οικονομικές δραστηριότητες (ταξινομημένες αυστηρά βάσει κωδικών **NACE**) θεωρούνται βιώσιμες. Για να χαρακτηριστεί μια επένδυση ως "πράσινη", πρέπει είτε να συμβάλλει ουσιαστικά στην Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (Substantial Contribution to Climate Change Adaptation) είτε, τουλάχιστον, να Μη Βλάπτει Σημαντικά (Do No Significant Harm - DNSH) αυτόν τον στόχο. Για να ικανοποιηθεί το κριτήριο αυτό, ο κανονισμός απαιτεί ρητά από την επιχείρηση να εκπονήσει μια **Αξιολόγηση Κλιματικού Κινδύνου και Τρωτότητας (Climate Risk and Vulnerability Assessment - CRVA)** για την εν λόγω δραστηριότητα NACE.

- **Η συμβολή της παρούσας μελέτης:** Η μεθοδολογία indirect estimation και τα vulnerability profiles που δημιουργήσαμε (Ενότητα 5.2.2) προσφέρουν το ακριβές επιστημονικό υπόβαθρο για την εκπόνηση ενός CRVA. Επιτρέπουν σε έναν επενδυτή ή μια τράπεζα να αξιολογήσει αν η χρηματοδότηση π.χ. ενός νέου έργου υποδομής (F42) έχει λάβει υπόψη της τον κρίσιμο δείκτη κατολισθήσεων (0.7) και αν έχουν ενσωματωθεί επαρκή τεχνικά έργα προσαρμογής (adaptation solutions) ώστε η δραστηριότητα να θεωρηθεί ευθυγραμμισμένη με το Taxonomy (Taxonomy-aligned).

Συμπερασματικά: Η αποτίμηση του φυσικού κλιματικού κινδύνου έπαψε να είναι αποκλειστικό προνόμιο των κλιματολόγων. Αποτελεί πλέον πυρήνα της χρηματοοικονομικής λογιστικής. Οι μήτρες ευπάθειας της παρούσας διπλωματικής προσφέρουν τη "γλώσσα μετάφρασης" (translation layer) που μετατρέπει τα ακαδημαϊκά δεδομένα φυσικών καταστροφών σε μετρήσιμους,

τομεακούς δείκτες NACE, απολύτως συμβατούς με τις απαιτήσεις των σύγχρονων ESG κανονισμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συμπεράσματα και Προτάσεις

Η παρούσα ερευνητική εργασία είχε ως πρωταρχικό σκοπό την αποτίμηση και ποσοτικοποίηση της επιχειρηματικής και τομεακής ευπάθειας απέναντι στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, εστιάζοντας στην ευρωπαϊκή οικονομία. Μέσω της ανάπτυξης μιας μεθοδολογίας Έμμεσης Εκτίμησης (Indirect Estimation) και της χρήσης της στατιστικής ταξινόμησης NACE Rev. 2, δημιουργήθηκε ένα συνεκτικό πλαίσιο δεικτών για πέντε κρίσιμους φυσικούς κινδύνους: την Πλημμύρα, τον Καύσωνα, την Ξηρασία, τις Πυρκαγιές και τις Κατολισθήσεις.

Το παρόν, και τελευταίο, κεφάλαιο αποτελεί την κατακλείδα της ερευνητικής προσπάθειας. Αρχικά, συνοψίζονται τα βασικά ευρήματα (Ενότητα 6.1) και αναδεικνύεται η επιστημονική και πρακτική συμβολή της μελέτης (Ενότητα 6.2). Στη συνέχεια, τα συμπεράσματα αυτά μεταφράζονται σε εφαρμόσιμες προτάσεις, τόσο σε μικροοικονομικό επίπεδο για την επιχειρηματική στρατηγική (Ενότητα 6.3) όσο και σε μακροοικονομικό επίπεδο για τη χάραξη δημόσιας πολιτικής (Ενότητα 6.4). Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την επισήμανση των περιορισμών της έρευνας και τη διατύπωση προτάσεων για μελλοντική μελέτη (Ενότητα 6.5).

6.1. Σύνοψη βασικών ευρημάτων

Η ανάλυση των μητρώων ευπάθειας ανέδειξε ότι ο κλιματικός κίνδυνος δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στο οικονομικό σύστημα, αλλά υπαγορεύεται αυστηρά από τα λειτουργικά και δομικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε κλάδου. Τα κυριότερα ευρήματα της μελέτης συνοψίζονται στους ακόλουθους τέσσερις άξονες:

1. **Η Διχοτόμηση "Φυσικού" και "Άνυλου" Κεφαλαίου** Η μελέτη επιβεβαίωσε μια θεμελιώδη ασυμμετρία: οι τομείς που βασίζονται σε βαρύ πάγιο εξοπλισμό, εκτεταμένες γεωγραφικές υποδομές και φυσικά αποθέματα (Μεταποίηση, Μεταφορές, Κατασκευές) επωμίζονται το μεγαλύτερο βάρος της άμεσης φυσικής καταστροφής. Αντίθετα, η "άυλη" οικονομία των υπηρεσιών (Τηλεπικοινωνίες, Χρηματοοικονομικά, Επαγγελματικές Υπηρεσίες) επιδεικνύει αξιοσημείωτη λειτουργική ανθεκτικότητα, προστατευμένη από την ψηφιοποίηση και την ικανότητα απομακρυσμένης εργασίας.
2. **Η Οριζόντια Απειλή της Θερμικής Καταπόνησης (Heat Stress)** Ενώ κίνδυνοι όπως οι κατολισθήσεις και οι πλημμύρες έχουν ισχυρό τοπικό αποτύπωμα, ο καύσωνας

αναδείχθηκε ως η πιο οριζόντια και "ύπουλη" απειλή για την ευρωπαϊκή οικονομία. Δεν καταστρέφει μηχανήματα, αλλά συντρίβει τη Συνολική Παραγωγικότητα των Συντελεστών (TFP). Το εύρημα αυτό κορυφώνεται στην απόλυτη ευπάθεια (Δείκτης 1.0) του Τομέα της Υγείας (Q), ο οποίος απειλείται με συστημική κατάρρευση λόγω της εκθετικής αύξησης της νοσηρότητας, καθώς και στη δραματική πτώση της παραγωγικότητας στους τομείς υπαίθριας εργασίας (Γεωργία, Κατασκευές).

3. **Η Πόλωση της Ξηρασίας και ο Ρόλος της Βιολογικής Παραγωγής** Η ξηρασία αποδείχθηκε ο κίνδυνος με τη μεγαλύτερη διακύμανση τιμών. Για τον τριτογενή τομέα η άμεση επίδρασή της είναι σχεδόν μηδενική (0.1). Ωστόσο, για τους τομείς που εξαρτώνται από το νερό ως πρώτη ύλη, δηλαδή τη Γεωργία (A01), την Ύδρευση (E36) και την Ενέργεια (D35), η λειψυδρία προκαλεί απόλυτη, μη αναστρέψιμη διακοπή της λειτουργίας τους, υπογραμμίζοντας την τεράστια εξάρτηση του πρωτογενούς τομέα από την κανονικότητα του υδρολογικού κύκλου.
4. **Σημεία Μοναδικής Αστοχίας (Single Points of Failure) και Δίκτυα** Η έρευνα κατέδειξε ότι η οικονομία είναι ένα δίκτυο αλληλεξαρτήσεων. Τομείς όπως οι Χερσαίες Μεταφορές (με τον ακραίο δείκτη 0.9 στην Πλημμύρα) και τα Δίκτυα Ενέργειας λειτουργούν ως δομικά "σημεία συμφόρησης" (bottlenecks). Η φυσική αστοχία αυτών των υποδομών δεν περιορίζεται εντός του δικού τους κλάδου, αλλά πυροδοτεί ένα ντόμινο ελλείψεων (cascading effects) που παραλύει τη βιομηχανία, το εμπόριο και τον τουρισμό. Επομένως, η πραγματική ευπάθεια της οικονομίας είναι συχνά υψηλότερη από το άθροισμα των επιμέρους μερών της.

6.2. Επιστημονική και πρακτική συμβολή της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία φιλοδοξεί να καλύψει ένα σημαντικό κενό που παρατηρείται συχνά μεταξύ της κλιματικής επιστήμης (climate science) και της εφαρμοσμένης οικονομικής ανάλυσης. Η αξία των παραγόμενων αποτελεσμάτων εκτείνεται τόσο στο ακαδημαϊκό/επιστημονικό πεδίο όσο και στην πρακτική εφαρμογή από τους φορείς της αγοράς και της πολιτείας.

Επιστημονική Συμβολή (Scientific Contribution):

- **Γεφύρωση Μακροοικονομικών και Μικροοικονομικών Δεδομένων:** Παραδοσιακά, η βιβλιογραφία της κλιματικής αλλαγής εστιάζει είτε σε πολύ γενικά μακροοικονομικά υποδείγματα (όπου η οικονομία αντιμετωπίζεται ως ένα ενιαίο σύνολο) είτε σε εξαιρετικά μεμονωμένες περιπτώσιολογικές μελέτες (π.χ. οι επιπτώσεις σε έναν συγκεκριμένο ποταμό). Η παρούσα εργασία εισφέρει μεταφράζοντας τον φυσικό κίνδυνο σε **συγκεκριμένους δείκτες ανά διψήφιο κωδικό NACE Rev. 2**, προσφέροντας τον απαραίτητο βαθμό ανάλυσης (granularity) που απαιτείται για τη βαθιά κατανόηση της δομής της οικονομίας.
- **Ποσοτικοποίηση της Ποιοτικής Γνώσης (Indirect Estimation):** Μέσω της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε, ένας τεράστιος όγκος ποιοτικών πληροφοριών (από εκθέσεις του IPCC, του JRC και ακαδημαϊκές δημοσιεύσεις) κωδικοποιήθηκε, τυποποιήθηκε και μετατράπηκε σε ένα κοινό "μετρικό σύστημα" (την κλίμακα 0.0 έως 1.0). Αυτό δημιουργεί μια ενιαία βάση αναφοράς (baseline) για μελλοντικούς ερευνητές που επιθυμούν να συγκρίνουν ανόμοιους τομείς μεταξύ τους (π.χ. την ευπάθεια ενός νοσοκομείου με την ευπάθεια μιας καλλιέργειας).
- **Ανάδειξη των "Εμμεσων" Κινδύνων (Indirect/Cascading Risks):** Η εργασία εμπλουτίζει τη βιβλιογραφία δίνοντας έμφαση όχι μόνο στις άμεσες υλικές ζημιές (physical damage), αλλά και στη Διακοπή Επιχειρηματικής Δραστηριότητας (Business Interruption) και την απώλεια παραγωγικότητας λόγω θερμικής καταπόνησης ή διαταραχών στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Πρακτική και Επιχειρησιακή Συμβολή (Practical & Managerial Contribution):

- **Εργαλείο Συμμόρφωσης με το ESG (Compliance Tool):** Όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 5, οι ευρωπαϊκές επιχειρήσεις βρίσκονται αντιμέτωπες με ένα τσουνάμι νέων κανονισμών. Οι μήτρες ευπάθειας που παρήγαγε αυτή η έρευνα μπορούν να λειτουργήσουν ως άμεσο εργαλείο για τους διαχειριστές κινδύνου (risk managers) και τους ελεγκτές βιωσιμότητας προκειμένου να εκπονήσουν τις Αξιολογήσεις Κλιματικού Κινδύνου (CRVA) που απαιτούν το **EU Taxonomy** και η **CSRD** (Πρότυπο ESRS E1).

- **Στρατηγική Καθοδήγηση Επενδύσεων Προσαρμογής (Adaptation Finance):** Η ιεράρχηση των τομέων (vulnerability ranking) προσφέρει στους επενδυτές (π.χ. τράπεζες, funds) έναν καθαρό "χάρτη" για τον εντοπισμό των κλάδων που απαιτούν άμεση κεφαλαιακή ενίσχυση για προσαρμογή. Διευκολύνει τη μετατόπιση της χρηματοδότησης από έργα υψηλού κλιματικού ρίσκου σε λύσεις ανθεκτικότητας (climate-resilient investments).
- **Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain Management):** Οι δείκτες της παρούσας έρευνας επιτρέπουν σε μια επιχείρηση να αξιολογήσει την τρωτότητα όχι μόνο των δικών της εγκαταστάσεων, αλλά και των προμηθευτών της. Μια εταιρεία τεχνολογίας, βλέποντας τον υψηλό κίνδυνο των Logistics (H52) στις πλημμύρες, μπορεί να σχεδιάσει δικλίδες ασφαλείας (redundancies) για να μην ξεμείνει από εμπορεύματα.

Συνοψίζοντας, η εργασία παραδίδει ένα "λειτουργικό λεξικό", με το οποίο η αφηρημένη έννοια της κλιματικής απειλής μεταφράζεται στην αυστηρή και μετρήσιμη γλώσσα των οικονομικών ταξινομήσεων, αποτελώντας ένα πρακτικό "εργαλείο πλοήγησης" για τη μετάβαση στην κλιματική ανθεκτικότητα.

6.3. Προτάσεις για επιχειρήσεις (Enterprise-level adaptation)

Η μετάβαση από τη θεωρητική αποτίμηση του κινδύνου στην πρακτική διαχείρισή του αποτελεί τη μεγαλύτερη πρόκληση για τον ιδιωτικό τομέα. Βάσει των ευρημάτων της παρούσας μελέτης, καθίσταται σαφές ότι η κλιματική προσαρμογή (climate adaptation) δεν μπορεί να είναι μια "οριζόντια" ή γενικόλογη διαδικασία. Αντιθέτως, πρέπει να είναι αυστηρά προσαρμοσμένη στο προφίλ ευπάθειας του εκάστοτε κλάδου NACE.

Οι ακόλουθες προτάσεις συγκροτούν έναν στρατηγικό οδικό χάρτη για τις επιχειρήσεις, χωρισμένο σε τέσσερις βασικούς πυλώνες παρέμβασης:

1. Διάγνωση και Χαρτογράφηση Κινδύνου (Risk Assessment & Mapping)

- **Ενσωμάτωση Δεικτών Ευπάθειας:** Οι επιχειρήσεις οφείλουν να ενσωματώσουν δείκτες (όπως αυτοί που αναπτύχθηκαν στο Κεφάλαιο 4) στα συστήματα Enterprise Risk Management (ERM). Η ανάλυση πρέπει να υπερβαίνει τα όρια του

εργοστασίου ή του γραφείου και να αξιολογεί την τρωτότητα ολόκληρης της αλυσίδας αξίας.

- **Συμμόρφωση με ESG και CSRD:** Η χαρτογράφηση του φυσικού κινδύνου πρέπει να ευθυγραμμιστεί άμεσα με την αρχή της "διπλής ουσιαστικότητας" (double materiality), ώστε η επιχείρηση να είναι έτοιμη για τις αυστηρές απαιτήσεις δημοσιοποίησης των ευρωπαϊκών προτύπων (ESRS E1).
2. **Δομική και Υλική Προσαρμογή (Hard Adaptation)** Για τους τομείς υψηλής έντασης παγίου κεφαλαίου (π.χ. Μεταποίηση C, Logistics H52, Real Estate L68), οι οποίοι πλήττονται κυρίως από Πλημμύρες και Κατολισθήσεις:
- **Αναβάθμιση Υποδομών:** Επενδύσεις σε αντιπλημμυρικά έργα σε επίπεδο εγκατάστασης (π.χ. στεγανοποίηση υπογείων, ανύψωση κρίσιμου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και servers πάνω από το επίπεδο εδάφους).
 - **Θερμική/Ενεργειακή Θωράκιση:** Για κλάδους όπως ο Τουρισμός (I) και η Υγεία (Q) που "χτυπιούνται" από τον Καύσωνα, απαιτείται ριζική ενεργειακή αναβάθμιση των κτιριακών κελυφών (παθητικός δροσισμός, θερμοπροσόψεις) και εγκατάσταση εφεδρικών συστημάτων ενέργειας (backup generators/microgrids) για την αποτροπή blackouts κατά τις ημέρες ακραίας ζήτησης.
3. **Λειτουργική Προσαρμογή και Ευελιξία (Soft Adaptation)** Για τους τομείς έντασης εργασίας και όσους εξαρτώνται από το φυσικό περιβάλλον (π.χ. Γεωργία A, Κατασκευές F, Εμπόριο G):
- **Προστασία Ανθρώπινου Δυναμικού:** Αναπροσαρμογή ωραρίων (αποφυγή εξωτερικών εργασιών τις μεσημβρινές ώρες κατά τους καύσωνες), τηλεργασία (για τον τομέα των υπηρεσιών) και αυστηρά πρωτόκολλα υγείας και ασφάλειας (H&S) για την πρόληψη θερμικής καταπόνησης.
 - **Ανθεκτικότητα Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain Resilience):** Οι επιχειρήσεις πρέπει να εγκαταλείψουν το μοντέλο του "αποκλειστικού προμηθευτή" (single-sourcing) και του "just-in-time" delivery, τα οποία αποδείχθηκαν εξαιρετικά ευάλωτα σε κλιματικά σοκ. Απαιτείται διαφοροποίηση προμηθευτών (multi-sourcing) από διαφορετικές γεωγραφικές ζώνες και διατήρηση στρατηγικών αποθεμάτων (buffer stocks) για κρίσιμες πρώτες ύλες.

4. Χρηματοοικονομική Θωράκιση (Financial & Insurance Strategies)

- **Παραμετρική Ασφάλιση (Parametric Insurance):** Δεδομένου ότι τα παραδοσιακά ασφαλιστήρια συχνά καθυστερούν ή δεν καλύπτουν έμμεσες ζημιές (business interruption), οι επιχειρήσεις, ειδικά στον Πρωτογενή Τομέα (Α) και τον Τουρισμό (Ι), θα πρέπει να στραφούν σε παραμετρικά συμβόλαια που εκταμιεύουν άμεσα αποζημιώσεις όταν ένας κλιματικός δείκτης (π.χ. συγκεκριμένη θερμοκρασία ή χιλιοστά βροχής) ξεπεράσει ένα προκαθορισμένο όριο, εξασφαλίζοντας άμεση ρευστότητα.

Συμπερασματικά, η προσαρμογή στο επίπεδο της επιχείρησης δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένα απλό κανονιστικό κόστος (compliance cost), αλλά ως **στρατηγικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα**. Οι επιχειρήσεις που θα θωρακίσουν νωρίτερα τις λειτουργίες τους θα είναι αυτές που θα αυξήσουν το μερίδιο αγοράς τους, όταν οι απροετοίμαστοι ανταγωνιστές τους θα παλεύουν με τις διακοπές λειτουργίας.

6.4. Προτάσεις για φορείς πολιτικής (Policy recommendations)

Ενώ η προσαρμογή σε επίπεδο επιχείρησης (micro-level) είναι κρίσιμη, η αντιμετώπιση του κλιματικού κινδύνου συνιστά πρωτίστως ένα συστημικό πρόβλημα δημοσίων αγαθών. Οι φορείς χάραξης πολιτικής (policymakers) σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο καλούνται να διαχειριστούν τις αλυσιδωτές επιπτώσεις (cascading effects) και να διασφαλίσουν την ανθεκτικότητα των κρίσιμων υποδομών. Βάσει των ευρημάτων της παρούσας μελέτης, προτείνονται οι ακόλουθες στρατηγικές παρεμβάσεις:

1. **Κλιματική Θωράκιση των "Δικτύων Ζωτικής Σημασίας" (Lifeline Infrastructure)** Η ανάλυση (Ενότητα 5.2) κατέδειξε ότι η οικονομία εξαρτάται απόλυτα από την ομαλή λειτουργία της Ενέργειας (D), της Ύδρευσης (E) και των Μεταφορών (H).
 - **Πρόταση:** Οι δημόσιες επενδύσεις και τα κονδύλια του Ταμείου Ανάκαμψης (RRF) πρέπει να δοθούν με απόλυτη προτεραιότητα στην κλιματική αναβάθμιση (climate-proofing) αυτών των δικτύων. Απαιτείται αναθεώρηση των τεχνικών προδιαγραφών δημοσίων έργων, ώστε οι νέες γέφυρες, τα δίκτυα ηλεκτρισμού και οι ταμιευτήρες νερού να σχεδιάζονται όχι με βάση τα ιστορικά κλιματικά δεδομένα, αλλά με βάση τα μελλοντικά, ακραία κλιματικά σενάρια (forward-looking design).

2. **Ανασχεδιασμός των Συστημάτων Υγείας και Προστασία της Εργασίας** Το πιο ανησυχητικό εύρημα της μελέτης ήταν η απόλυτη ευπάθεια (Δείκτης 1.0) του τομέα της Υγείας (Q) στον Καύσωνα, καθώς και η δραματική πτώση της παραγωγικότητας στους τομείς υπαίθριας εργασίας (Γεωργία, Κατασκευές).
- **Πρόταση για την Υγεία:** Άμεση ενίσχυση της "φέρουσας ικανότητας" (surge capacity) των νοσοκομείων κατά τους θερινούς μήνες. Επενδύσεις στην ενεργειακή αυτονομία των μονάδων υγείας και δημιουργία "κλιματικών καταφυγίων" (cooling centers) στους αστικούς ιστούς για την αποσυμφόρηση των ΤΕΠ.
 - **Πρόταση για την Εργασία:** Εκσυγχρονισμός της εργατικής νομοθεσίας με τη θέσπιση δυναμικών, νομικά δεσμευτικών ορίων θερμικής καταπόνησης. Παροχή επιδοτήσεων σε επιχειρήσεις του πρωτογενούς και δευτερογενούς τομέα για την υιοθέτηση τεχνολογιών ψύξης και έξυπνων wearables που παρακολουθούν τη θερμοκρασία των εργαζομένων.
3. **Αυστηροποίηση του Χωροταξικού και Πολεοδομικού Σχεδιασμού (Spatial Planning)** Οι κίνδυνοι της Πλημμύρας και των Κατολισθήσεων "τιμωρούν" αυστηρά τη λανθασμένη χωροθέτηση βιομηχανιών (C) και τουριστικών καταλυμάτων (I).
- **Πρόταση:** Απαγόρευση νέων αναπτύξεων σε ιστορικές πλημμυρικές ζώνες και περιοχές υψηλού κατολισθητικού κινδύνου. Προώθηση των "Λύσεων Βασισμένων στη Φύση" (Nature-based Solutions - NbS), όπως η αποκατάσταση φυσικών υδροβιότοπων και η διάνοιξη κοιτών ποταμών εντός του αστικού ιστού, αντί της αποκλειστικής χρήσης σκληρών τεχνικών έργων (γκρίζες υποδομές).
4. **Γεφύρωση του "Κλιματικού Χάσματος Προστασίας" (Climate Protection Gap)** Ένα μεγάλο ποσοστό των ευρωπαϊκών επιχειρήσεων, ειδικά οι Μικρομεσαίες (MME), παραμένουν ανασφάλιστες έναντι των φυσικών καταστροφών.
- **Πρόταση:** Ανάπτυξη Συμπράξεων Δημόσιου-Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) στην ασφάλιση. Το κράτος θα πρέπει να λειτουργήσει ως "αντασφαλιστής έσχατης ανάγκης" (reinsurer of last resort) για συστημικούς κινδύνους (π.χ. mega-πυρκαγιές, ακραίες πλημμύρες), δίνοντας κίνητρα στις ιδιωτικές ασφαλιστικές να προσφέρουν προσιτά ασφάλιστρα στις επιχειρήσεις, υπό την προϋπόθεση ότι οι τελευταίες θα υλοποιούν αποδεδειγμένα μέτρα προσαρμογής (adaptation requirements).

5. **Εκδημοκρατισμός των Κλιματικών Δεδομένων (Open Climate Data)** Η συμμόρφωση με την CSRD και το EU Taxonomy απαιτεί ακριβή δεδομένα. Οι μεγάλες εταιρείες μπορούν να πληρώσουν εξειδικευμένους συμβούλους, αλλά οι ΜΜΕ κινδυνεύουν να αποκλειστούν.

- **Πρόταση:** Τα κράτη και η Ε.Ε. (π.χ. μέσω του Copernicus) πρέπει να παρέχουν δωρεάν, ανοικτές (open-source) και εύχρηστες πλατφόρμες κλιματικών προβολών σε τοπικό επίπεδο (downscaled climate data). Αυτό θα επιτρέψει σε κάθε επιχείρηση να εφαρμόσει τους δείκτες NACE (όπως αυτούς της παρούσας εργασίας) στα δικά της γεωγραφικά δεδομένα, διασφαλίζοντας μια δίκαιη μετάβαση.

Ορίστε η ανάπτυξη της τελικής ενότητας **6.5**, η οποία ολοκληρώνει το Κεφάλαιο 6 και ολόκληρη τη διπλωματική σου εργασία. Εδώ αναγνωρίζουμε τα όρια της παρούσας μελέτης και "δείχνουμε τον δρόμο" στους επόμενους ερευνητές, στοιχείο που εκτιμάται ιδιαίτερα σε κάθε ακαδημαϊκή αξιολόγηση.

6.5. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια, αν και προσφέρει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο δεικτών ευπάθειας (vulnerability coefficients) για την ευρωπαϊκή οικονομία μέσω της μεθοδολογίας Indirect Estimation, δεν στερείται περιορισμών. Η πολυπλοκότητα της κλιματικής κρίσης και η δυναμική φύση του οικονομικού συστήματος αφήνουν περιθώρια για σημαντικές ερευνητικές επεκτάσεις. Με βάση τα ευρήματα και τους περιορισμούς της μελέτης, προτείνονται οι ακόλουθες κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα:

1. **Χωρική Εφαρμογή και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS Integration)** Οι δείκτες που αναπτύχθηκαν στο Κεφάλαιο 4 αποτελούν αποτίμηση της εγγενούς τομεακής ευπάθειας. Μια εξαιρετικά χρήσιμη μελλοντική έρευνα θα ήταν η εφαρμογή αυτών των συντελεστών NACE σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές (π.χ. επίπεδο NUTS 2 ή NUTS 3), συνδυάζοντάς τους με κλιματικούς χάρτες υψηλής ανάλυσης.

Η επικάλυψη (overlay) του δείκτη ευπάθειας μιας βιομηχανίας με την πραγματική πιθανότητα εκδήλωσης πλημμύρας (flood hazard map) σε μια δεδομένη περιοχή, θα επέτρεπε τον ακριβή υπολογισμό του τοπικού οικονομικού κινδύνου (Value at Risk - VaR).

2. **Ποσοτικοποίηση Αλυσιδωτών Επιπτώσεων (Input-Output Network Models)** Η παρούσα μελέτη εντόπισε ποιοτικά τη σημασία των αλυσιδωτών επιπτώσεων (cascading effects) και των έμμεσων κινδύνων στην εφοδιαστική αλυσίδα. Μελλοντικές έρευνες προτείνεται να ενσωματώσουν τους δείκτες ευπάθειας NACE σε **Μακροοικονομικά Μοντέλα Εισροών-Εκροών (Input-Output Models)** ή σε μοντέλα Γενικής Ισορροπίας (CGE). Αυτό θα επιτρέψει την ποσοτική μέτρηση του πώς ένα "σοκ" π.χ. στον πρωτογενή τομέα (A01) λόγω ξηρασίας, μεταδίδεται και συμπίεζει το ΑΕΠ του τομέα τροφίμων (C10) και του εμπορίου (G).
3. **Δυναμική Ευπάθεια (Dynamic Vulnerability) και Επενδύσεις Προσαρμογής** Οι δείκτες που εξήχθησαν αποτυπώνουν μια στατική εικόνα (static snapshot) της τρέχουσας τρωτότητας. Στην πραγματικότητα, η ευπάθεια είναι ένα δυναμικό μέγεθος που μειώνεται καθώς οι επιχειρήσεις υλοποιούν μέτρα προσαρμογής (π.χ. αντιπλημμυρικά έργα, νέα συστήματα ψύξης). Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να αναπτύξει *δυναμικούς συντελεστές NACE*, οι οποίοι θα αναπροσαρμόζονται συναρτήσει του ρυθμού των ιδιωτικών επενδύσεων σε τεχνολογίες προσαρμογής (adaptation rate).
4. **Επέκταση σε Νέους Κλιματικούς Κινδύνους (Additional Climate Hazards)** Ενώ η μελέτη εστίασε στους πέντε πιο καταστροφικούς κινδύνους για την ευρωπαϊκή ενδοχώρα (Πλημμύρα, Καύσωνας, Ξηρασία, Πυρκαγιά, Κατολίσθηση), η μεθοδολογία μπορεί να επεκταθεί για να συμπεριλάβει επιπρόσθετους παράγοντες κινδύνου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η **Άνοδος της Στάθμης της Θάλασσας (Sea Level Rise)**, που απειλεί ευθέως τις παράκτιες τουριστικές υποδομές (NACE I) και τα λιμάνια (NACE H50), καθώς και τα **Ακραία Αιολικά Φαινόμενα (Severe Windstorms / Cyclones)**, που πλήττουν τις εναέριες ενεργειακές υποδομές (NACE D) και τις κατασκευές (NACE F).

Συμπερασματικά, η εργασία αυτή αποτελεί ένα θεμελιώδες βήμα (baseline framework) για την κατανόηση της κλιματικής τρωτότητας της οικονομίας. Η συνεχής εξέλιξη των κλιματικών δεδομένων και της οικονομικής επιστήμης καθιστά την περαιτέρω διερεύνηση αυτού του πεδίου

όχι απλώς ακαδημαϊκή επιδίωξη, αλλά υπαρξιακή αναγκαιότητα για τη βιωσιμότητα των σύγχρονων κοινωνιών.

Βιβλιογραφία

- **Alogoskoufis, S., Dunz, N., Emambakhsh, T., Hennig, T., Kaijser, M., Kouratzoglou, C., ... & Salleo, C. (2021).** ECB economy-wide climate stress test: Methodology and results (No. 281). ECB Occasional Paper.
- **Byers, E. A., Coxon, G., Freer, J., & Hall, J. W. (2020).** Drought and climate change impacts on cooling water shortages and electricity prices in Great Britain. *Nature communications*, 11(1), 2239.
- **Callahan, C. W., & Mankin, J. S. (2022).** Globally unequal effect of extreme heat on economic growth. *Science Advances*, 8(43), eadd3726.
- **Chen, Q., Wang, Y., Zhang, Y., & Li, X. (2020).** Assessment of the physical vulnerability of buildings affected by slow-moving landslides. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20, 2547–2565.
- **Clò, S., David, F., & Segoni, S. (2024).** The impact of hydrogeological events on firms: Evidence from Italy. *Journal of Environmental Economics and Management*, 124, 102942.
- **Cortés Arbués, I., Chatzivasileiadis, T., Storm, S., Ivanova, O., & Filatova, T. (2025).** Private investments in climate change adaptation are increasing in Europe, although sectoral differences remain. *Communications Earth & Environment*, 6, 24.
- **European Commission, Joint Research Centre (JRC). (2020).** *Climate change impacts and adaptation in Europe: JRC PESETA IV final report*. Publications Office of the European Union.
- **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2022).** *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- **Lesk, C., Rowhani, P., & Ramankutty, N. (2016).** Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, 529, 84–87.

- **Meier, S., Elliott, R. J. R., & Strobl, E.** (2023). The regional economic impact of wildfires: Evidence from Southern Europe. *Journal of Environmental Economics and Management*, 118, 102787.
- **Motta, C., Naumann, G., Gomez, D., Formetta, G., & Feyen, L.** (2020). Assessing the economic impact of droughts in Europe in a changing climate: A multi-sectoral analysis at regional scale. *Earth-Science Reviews*, 210, 103348.
- **Nota, P., Curzi, D., Haase, O. K., & Olper, A.** (2024). The impact of heat waves on food industry productivity: Firm-level evidence from Italy. *Journal of Agricultural Economics*, 75, 914–930.
- **Ortuzar, I., Serrano, A., & Xabadia, A.** (2023). Macroeconomic impacts of water allocation under droughts: Accounting for global supply chains in a multiregional context. *Ecological Economics*, 211, 107904.
- **Oughton, E. J., Russell, T., Oh, J., Ballan, S., & Hall, J. W.** (2023). Global Vulnerability Assessment of Mobile Telecommunications Infrastructure to Climate Hazards using Crowdsourced Open Data. *IEEE Access*.
- **Qiu, M., Ratledge, N., Azevedo, I., Diffenbaugh, N., & Burke, M.** (2023). Drought impacts on the electricity system, emissions, and air quality in the western United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 120(34), e2300395120.
- **Schuster, R. L., & Highland, L. M.** (2001). *Socioeconomic and environmental impacts of landslides in the Western Hemisphere* (U.S. Geological Survey Open-File Report 01-0276). U.S. Geological Survey.
- **Taguchi, R., Tanoue, M., Yamazaki, D., & Hirabayashi, Y.** (2022). Global-Scale Assessment of Economic Losses Caused by Flood-Related Business Interruption. *Water*, 14(6), 967.
- **Thomas, D., & Helgeson, J.** (2022). The Effect of Natural Hazard Damage on Manufacturing Value Added and the Impact of Spatiotemporal Data Variations on the Results. *International Journal of Disaster Risk Science*, 13, 1-14.

- **Thomas, D., Butry, D., Gilbert, S., Webb, D., & Fung, J.** (2017). *The costs and losses of wildfires: A literature review* (NIST Special Publication 1215). National Institute of Standards and Technology.
- **USGS (United States Geological Survey).** (n.d.). *Socioeconomic and Environmental Impacts of Landslides*. U.S. Department of the Interior. Ανακτήθηκε από τα επίσημα αρχεία του οργανισμού.
- **Usman, S., González-Torres Fernández, G., & Parker, M.** (2024). Going NUTS: the regional impact of extreme climate events over the medium term. *ECB Working Paper Series*, No 3002. European Central Bank.
- **Zhang, H., Fang, W., Zhang, H., & Yu, L.** (2021). Assessment of direct economic losses of flood disasters based on spatial valuation of land use and quantification of vulnerabilities: a case study on the 2014 flood in Lishui city of China. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(10), 3161–3175.