



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Συγκριτική αξιολόγηση της αποδοτικότητας διαφόρων δεικτών μέτρησης Ενεργειακής Φτώχειας σε εθνικό επίπεδο

Διπλωματική Εργασία

ΜΑΡΙΝΑ ΚΑΛΟΜΟΙΡΗ

Επιβλέπων : Χάρης Δούκας,

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2021



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Συγκριτική αξιολόγηση της αποδοτικότητας διαφόρων δεικτών μέτρησης Ενεργειακής Φτώχειας σε εθνικό επίπεδο

Διπλωματική Εργασία

ΜΑΡΙΝΑ ΚΑΛΟΜΟΙΡΗ

Επιβλέπων: Χάρης Δούκας,

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18η Μαρτίου 2021.

.....
Χρυσόστομος Δούκας
Αναπ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2021

.....
ΚΑΛΟΜΟΙΡΗ ΜΑΡΙΝΑ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών, Ε.Μ.Π.

Copyright © ΚΑΛΟΜΟΙΡΗ ΜΑΡΙΝΑ, 2021. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, η αποθήκευση και διανομή για κάποιο 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 το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2020-2021 στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης του τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, υπό την επίβλεψη του κ. Χάρη Δούκα, Αναπληρωτή Καθηγητή Ε.Μ.Π, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Αρσενόπουλο Απόστολο Υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π, για την συνεχή υποστήριξη και καθοδήγησή του, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του που συνετέλεσαν καθοριστικά στην επιτυχή διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, ιδιαιτέρως τους γονείς μου Ευάγγελο και Ιακωβίνα, για την αγάπη και την ανιδιοτελή υποστήριξή τους στην πραγματοποίηση όλων μου των στόχων ένας εκ των οποίων είναι οι σπουδές μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, καθώς και τους αγαπημένους μου φίλους που είναι δίπλα μου σε κάθε βήμα της ζωής μου.

Μαρίνα Καλομοίρη

Περίληψη

Η ενεργειακή φτώχεια προσεγγίζεται διεθνώς ως η αδυναμία πρόσβασης σε βασικές ενεργειακές υπηρεσίες, όπως είναι ο ηλεκτρισμός, το φυσικό αέριο, η θέρμανση, η ψύξη κ.ά. Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (International Energy Agency), υπολογίζεται ότι πληθυσμός μεταξύ 1,3 και 2,6 δισ. ανθρώπων στον πλανήτη ζει σε συνθήκες ενεργειακής φτώχειας, με πολλαπλές αρνητικές επιπτώσεις (κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές) σε επίπεδο ατόμου, αλλά και κοινωνίας.

Επί του παρόντος, δεν υπάρχει διεθνώς αποδεκτός ορισμός ενεργειακής ένδειας και οι αντίστοιχοι ορισμοί ποικίλουν σε ολόκληρη την Ευρώπη, ακόμη και στις ανεπτυγμένες οικονομίες. Ένας από τους πιο κοινούς ορισμούς της ενεργειακής ένδειας (Bouzarovski, 2018), προσεγγίζει το πρόβλημα ως «έλλειψη πρόσβασης ενός νοικοκυριού σε ένα ορισμένο επίπεδο και ποιότητα ενεργειακών υπηρεσιών, όσον αφορά την επαρκή ψύξη και θέρμανση ενός χώρου, το μαγείρεμα, τις οικιακές συσκευές κ.λπ.». Η αδυναμία εδραίωσης των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ της ενέργειας και της φτώχειας σε ένα κοινό πλαίσιο, οδήγησε τους επιστήμονες και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να προσεγγίζουν το πρόβλημα βάσει ποσοτικών δεικτών, όπως για παράδειγμα το ποσοστό των δαπανών των νοικοκυριών για ενέργεια σε σχέση με το εισόδημά τους (προσέγγιση 10% - Boardman, 1991).

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η συγκέντρωση και ανάλυση δεικτών μέτρησης ενεργειακής φτώχειας. Οι δείκτες που συγκεντρώθηκαν προέρχονται από i) τους εθνικούς ορισμούς των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ii) το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ενεργειακής Φτώχειας (EPOV) και iii) τα επιστημονικά άρθρα ερευνητών. Την παρουσίαση των δεικτών ακολουθεί η συγκριτική αξιολόγηση τους, προκειμένου να γίνουν σαφή τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του καθενός. Τέλος, οι εν λόγω δείκτες εφαρμόζονται σε μια μελέτη περίπτωσης για την Ελλάδα, από την οποία εξάγονται και παρουσιάζονται κάποια συμπεράσματα ως προς την αποδοτικότητα των δεικτών.

Abstract

Energy poverty is internationally approached as the inability to access basic energy services, such as electricity, gas, heating, cooling, etc. According to the International Energy Agency, it is estimated that between 1.3 and 2.6 billion people on the planet live in energy poverty, with multiple negative effects (social, economic and environmental) on an individual and community level.

Currently there is no internationally accepted definition of energy poverty and the corresponding definitions vary across Europe, even in developed economies. One of the most common definitions of energy poverty (Bouzarovski, 2018), approaches the problem as a household's lack of access to a certain level and quality of energy services, in terms of adequate cooling and heating of a space, cooking, home appliances etc. ». The inability to consolidate the interdependencies between energy and poverty in a common context has led scientists and policymakers to approach the problem on the basis of quantitative indicators, such as the percentage of household expenditure on energy in relation to their income (10% approach - Boardman, 1991).

The research topic of this diploma thesis is to collect and analyze energy poverty measurement indicators. The indicators are collected come from i) the national definitions of the Member States of the European Union, ii) the European Energy Poverty Observatory (EPOV) and iii) scientific articles by researchers. The presentation of the indicators is followed by their benchmarking in order to highlight the advantages and disadvantages of each. Finally, these indicators are applied to a case study for Greece, from which some conclusions are drawn and presented regarding the efficiency of the indicators.

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας Εικόνων	10
Πίνακας Πινάκων.....	11
Συνομογραφίες	12
1.Εισαγωγή.....	13
2.Η Ενεργειακή Φτώχεια στην Ευρώπη.....	17
3.Δείκτες Ενεργειακής Φτώχειας	21
3.1 Δείκτης 10%.....	21
3.2 Δείκτης LIHC (Low Income High Cost)	23
3.3 Δείκτης MIS (Minimum Income Standard)	24
3.4 Δείκτες Ευρωπαϊκού Παρατηρητηρίου Ενεργειακής Φτώχειας (EPOV).....	26
3.4.1. Ληξιπρόθεσμες οφειλές σε λογαριασμούς κοινής ωφέλειας	26
3.4.2 Αδυναμία διατήρησης της θέρμης στο σπίτι.....	27
3.4.3 Δείκτης 2M.....	28
3.4.4 Δείκτης M/2 (Hidden Energy Poverty)	30
3.5 Δείκτης AFPC (After fuel cost poverty)	31
3.6 Δείκτης EEPI (European Energy Poverty Index)	32
3.6.1 Υπό-δείκτης EDEPI	35
3.6.2 Υπό-δείκτης ETEPI.....	37
3.7 Δείκτης CEPI 1 (Compound Energy Poverty Indicator)	38
3.8 Δείκτης CEPI 2 (Compound Energy Poverty Indicator)	40
3.9 Δείκτης MEPI (Multidimensional Energy Poverty Index)	49
3.10 Δείκτης SMEP (Stochastic Model of Energy Poverty)	55
3.11 Δείκτης VI (Vulnerability Index)	64
4.Μελέτη περίπτωσης της Ελλάδας	75
4.1 Δεδομένα εισόδου.....	75
4.2 Αποτελέσματα δεικτών για την Ελλάδα.....	78
5.Συμπεράσματα – Προοπτικές μελλοντικής έρευνας.....	83
Βιβλιογραφία	85

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 Καθυστερήσεις σε λογαριασμούς κοινής ωφέλειας Πληθυσμός (%) 2016 [13].	27
Εικόνα 2 Αδυναμία διατήρησης της θερμής στο σπίτι Πληθυσμός (%) 2016 [13].	28
Εικόνα 3 Υψηλό μερίδιο ενεργειακών δαπανών προς το εισόδημα (2M) Πληθυσμός (%) 2010 [13].	30
Εικόνα 4 Χαμηλό μερίδιο ενεργειακών δαπανών προς το εισόδημα (M/2) Πληθυσμός (%) 2010 [13].	31
Εικόνα 5 Το πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας (EERI).	34
Εικόνα 6 Η πρόοδος των κρατών μελών όσον αφορά την ανακούφιση κάθε κράτους μέλους από την ενεργειακή φτώχεια (οικιακή και μεταφορών) [17].	35
Εικόνα 7 Η πρόοδος των κρατών μελών όσον αφορά την ανακούφιση της ενεργειακής φτώχειας στον οικιακό τομέα [17].	36
Εικόνα 8 Πρόοδος των κρατών μελών όσον αφορά την ανακούφιση της ενεργειακής φτώχειας ως προς τις μεταφορές [17].	37
Εικόνα 9 Τάση του δείκτη CEPI στην Ισπανία και στις Κανάριες Νήσους [16].	40
Εικόνα 10 Εφαρμογή του σύνθετου δείκτη ενεργειακής φτώχειας CEPI στα Ευρωπαϊκά κράτη [18].	42
Εικόνα 11 Γεωγραφική Εκπροσώπηση της Ενεργειακής Φτώχειας στις Φιλιππίνες. (Εκτίμηση 2016 για τα Συνολικά Νοικοκυριά: 23.315.580) [20].	54
Εικόνα 12 Διάγραμμα Πρόβλεψης Του Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας στην Ελλάδα, με βάση το SMEP [1].	63
Εικόνα 13 Διάγραμμα προβλέψεων για την ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα, με βάση το SMEP (περιοχή μετά το 0,10) [1].	63
Εικόνα 14 Γράφημα πρόβλεψης του δείκτη ευπάθειας [4].	72
Εικόνα 15 Περιοχή ευπάθειας των ορεινών περιοχών της Ελλάδας (γαλάζια περιοχή) [4].	73

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1 Συντελεστές βαρύτητας του σύνθετου δείκτη ενεργειακής φτώχειας CEPI [18].	41
Πίνακας 2 Δείκτες και διαστάσεις στέρησης των ενεργειακών ανέσεων των νοικοκυριών[20].	50
Πίνακας 3 Κατανομή των ελληνικών κτηρίων βάσει του έτους κατασκευής τους [19].	57
Πίνακας 4 Υπολογισμένες τιμές του συνολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας [19].	57
Πίνακας 5 Αποτελέσματα δεικτών ενεργειακής φτώχειας για τα ελληνικά νοικοκυριά	78
Πίνακας 6 Υπολογισμός των παραγόντων πίεσης ενεργειακής φτώχειας του δείκτη CEPI 2 για τα νοικοκυριά της Ελλάδας.	81
Πίνακας 7 Αναλογίες εξόδων ενεργειακής κατανάλωσης ορεινών περιοχών της Ελλάδας προς το σύνολο των ελληνικών νοικοκυριών όπως προκύπτουν από το δείκτη VI.	81

Συντομογραφίες

LHC = Low Income High Cost

MIS = Minimum Income Standard

EPOV = Energy Poverty Observatory

HEP = Hidden Energy Poverty

AFCP = After Fuel Cost Poverty

EEPI = European Energy Poverty Index

EDEPI = European Domestic Energy Poverty Index

ETEPI = European Transport Energy Poverty Index

CEPI = Compound Energy Poverty Indicator

MEPI = Multidimensional Energy Poverty Index

HECS = Household Energy Consumption Survey

PSA = Philippine Statistics Authority

SMEP = Stochastic Model of Energy Poverty

TCG = Technical Chamber of Greece

VI = Vulnerability Index

EU-SILC = European Union Statistics on Income and Living Conditions

1.Εισαγωγή

Η ενεργειακή φτώχεια ορίζεται ως η αδυναμία των νοικοκυριών να παρέχουν επαρκή πρόσβαση σε ενεργειακές υπηρεσίες και είναι ένα ζήτημα που μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής, ακόμη και στην κατάσταση της υγείας των ατόμων ή των νοικοκυριών. Μη αποδοτικές θερμικά κατοικίες, χαμηλά εισοδήματα και αυξανόμενες τιμές ενέργειας έχουν αυξήσει τη σοβαρότητα αυτού του προβλήματος στις χώρες υψηλού και μεσαίου εισοδήματος. Εκτεταμένες μελέτες για το θέμα, καθώς και πολιτικές μείωσης, υπάρχουν στο Ηνωμένο Βασίλειο και τη Δημοκρατία της Ιρλανδίας, από τις χώρες από τις οποίες προέρχονται οι βασικοί υποστηρικτές και ερευνητές στον τομέα αυτό. Ωστόσο, υπάρχει περιορισμένη κατανόηση της ενεργειακής φτώχειας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, παρά την αυξανόμενη ευαισθητοποίηση του κοινού και των θεσμών. Η έλλειψη συστηματικής έρευνας και τυποποιημένων ορισμών και μεθοδολογιών έχει καταστήσει δύσκολη την αξιολόγηση της σοβαρότητας του προβλήματος. Χωρίς διαρθρωτική κατανόηση του ζητήματος, των καθοριστικών παραγόντων του και του αντίκτυπου του, οι πολιτικές που αποσκοπούν στην ανακούφιση του είναι πιθανό να έχουν περιορισμένη αποτελεσματικότητα.

Η επιστημονική προσέγγιση της ενεργειακής φτώχειας έχει περάσει από πολλούς διαφορετικούς ορισμούς από ερευνητές και ιδρύματα για περισσότερες από τρεις δεκαετίες. Συνολικά, η ενεργειακή φτώχεια εκφράζει τη δυσκολία ή την αδυναμία ενός νοικοκυριού να καλύψει επαρκώς τις ενεργειακές του ανάγκες. Όπως αναφέρεται και παραπάνω, αναγνωρίζεται ευρέως ότι η ενεργειακή φτώχεια προέρχεται από συνδυασμό τριών κύριων παραγόντων: το χαμηλό εισόδημα των νοικοκυριών, τις υψηλές τιμές ενέργειας και τα μη αποδοτικά κτίρια και εξοπλισμό.

Η ενεργειακή φτώχεια είναι μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του 21ου αιώνα. Παρά την ταχεία επιστημονική και τεχνολογική ανάπτυξη του σύγχρονου κόσμου, η ποιότητα ζωής δεν ακολουθεί τον ίδιο ρυθμό. Όλο και περισσότερα νοικοκυριά δυσκολεύονται να εκπληρώσουν τις ενεργειακές τους ανάγκες, μία κατάσταση η οποία εκφράζεται από την αδυναμία πληρωμής λογαριασμών ενέργειας, από την περιορισμένη πρόσβαση σε ενεργειακές υπηρεσίες και από τις ανεπαρκείς ενεργειακές υπηρεσίες [1].

Η έρευνα για την ενεργειακή φτώχεια και τις σχετικές έννοιες αναπτύχθηκε κυρίως στο Ηνωμένο Βασίλειο και στην Ιρλανδία, καθώς οι Isherwood και Hancock (1979) ήταν από τους πρώτους που υπογράμμισαν αυτό το ζήτημα, ενώ η Boardman (1991) έθεσε το πλαίσιο για τη μέτρησή του [2]. Δώδεκα χρόνια αφού οι Isherwood και Hancock έθεσαν το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας, η Boardman δημοσίευσε στοιχεία ενός πιο επίσημου ορισμού στο βιβλίο της Fuel Poverty: from cold homes to affordable warmth (1991). Αυτή ήταν η πρώτη περίπτωση στην οποία αναφέρεται το όριο 10%. Πιο συγκεκριμένα, η Boardman αναφέρει πως

«τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά δεν είναι σε θέση να αποκτήσουν επαρκές επίπεδο ενεργειακών υπηρεσιών, ιδιαίτερα ζεστασιά, για το 10% του εισοδήματός τους» [3].

«Ένα πρόγραμμα για επαρκή ζεστασιά απαιτείται για να φέρει όλα τα νοικοκυριά (με χαμηλό εισόδημα) σε ένα επίπεδο που τους επιτρέπει να έχουν επαρκείς ενεργειακές υπηρεσίες για το 10% του εισοδήματός του» [3].

Μέχρι στιγμής, η συχνότητα εμφάνισης της ενεργειακής φτώχειας μελετάται σε εθνικό, περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο. Αυτό σημαίνει ότι η έκταση του προβλήματος μετράται συνήθως μέσα σε έναν πληθυσμό μιας χώρας ή σε ένα συγκεκριμένο τμήμα της [4].

Η μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας είναι μία περίπλοκη διαδικασία, καθώς αφορά μια ιδιωτική κατάσταση, που περιορίζεται στο σπίτι και αποτελεί μια πολυδιάστατη έννοια που είναι πολιτισμικά ευαίσθητη. Επιπλέον, η έννοια της ενεργειακής φτώχειας ποικίλλει με την πάροδο του χρόνου και ανά περιοχή, επηρεάζεται επίσης σημαντικά από τα χαρακτηριστικά των σπιτιών (π.χ. επιφάνεια δαπέδου, διεύθυνση, έτος κατασκευής) και τις ιδιαιτερότητες των νοικοκυριών (π.χ. αριθμός και τύπος ενοικιαστών). Άλλοι παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν τα νοικοκυριά σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας είναι: το αυξανόμενο κόστος της ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κ.λπ.), το χαμηλό εισόδημα νοικοκυριού (ανεργία, χαμηλές αποδοχές, υψηλό κόστος ζωής), η ενεργειακή ανεπάρκεια (κτίρια που δεν διαθέτουν κατάλληλη μόνωση, παράθυρα και πόρτες χωρίς στεγανότητα, εξαερισμός, αναποτελεσματικά συστήματα θέρμανσης, κ.λπ.), οι ακραίες καιρικές συνθήκες καθώς και η έλλειψη πρόσβασης στις απαιτούμενες πηγές ενέργειας [5].

Η έλλειψη καθολικού ορισμού θεωρείται συχνά ως εμπόδιο για την κατανόηση και την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχει και καθολικός τρόπος μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας. Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες μαθηματικής προσέγγισης του φαινομένου, καμία όμως μέχρι στιγμής δεν μπορεί να αποτυπώσει ακριβώς και με αντικειμενικά κριτήρια το ποσοστό των νοικοκυριών που υποφέρουν από ενεργειακή φτώχεια [6].

Γενικά, οι βασικές μέθοδοι που εφαρμόζονται για τη μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο ευρείες κατηγορίες:

- Αντικειμενικές μέθοδοι που βασίζονται στο ποσοστό του εισοδήματος των νοικοκυριών που πρέπει να δαπανάται σε καύσιμα για τη διατήρηση της επαρκούς ζεστασιάς ή ψύξης του σπιτιού και
- Υποκειμενικές αξιολογήσεις των νοικοκυριών σχετικά με το επίπεδο των ενεργειακών υπηρεσιών που διατίθενται στο σπίτι [2].

Πρακτικά, η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας είναι αυτή που εισήγαγε το Ηνωμένο Βασίλειο, το οποίο θεωρεί ότι ένα νοικοκυριό είναι

ενεργειακά φτωχό εάν, προκειμένου να επιτευχθεί ένα επαρκές πρότυπο θερμικής άνεσης στο σπίτι, υποχρεούται να δαπανήσει πάνω από το 10% του εισοδήματός του για την ενέργεια [4].

Εκτός όμως από τον δείκτη του 10%, από το 1979 όπου τέθηκε πρώτη φορά σαν ζήτημα η ενεργειακή φτώχεια έως σήμερα έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες προσέγγισης του προβλήματος μέσα από κατάλληλα διαμορφωμένους δείκτες μέτρησης. Μερικοί από τους δείκτες αυτούς παρουσιάζονται στον διαδικτυακό ιστότοπο του Ευρωπαϊκού Παρατηρητηρίου Ενεργειακής Φτώχειας (EPOV). Το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ενεργειακής Φτώχειας είναι μια νέα πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για να βοηθήσει τα κράτη μέλη στις προσπάθειές τους για την καταπολέμηση της ενεργειακής φτώχειας, στοχεύοντας στη βελτίωση της μέτρησης και της παρακολούθησης της ενεργειακής φτώχειας αλλά και στην ανταλλαγή γνώσεων και βέλτιστων πρακτικών για την ανακούφιση των κρατών από το συγκεκριμένο πρόβλημα.

Πέραν όμως των δεικτών που περιγράφονται στο Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ενεργειακής Φτώχειας, υπάρχει μια πληθώρα δεικτών μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί από ερευνητές που ασχολήθηκαν με το ζήτημα.

Στόχος λοιπόν της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η συγκέντρωση και αναλυτική παρουσίαση κοινών δεικτών μέτρησης ενεργειακής φτώχειας, όπως αυτοί αποτυπώνονται στους εθνικούς ορισμούς των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και στο ευρωπαϊκό παρατηρητήριο, αλλά και πιο σύνθετων δεικτών όπως αυτοί αναλύονται σε επιστημονικά άρθρα. Την παρουσίαση των δεικτών ακολουθεί η συγκριτική αξιολόγηση τους, προκειμένου να γίνουν σαφή τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του καθενός. Τέλος, οι δείκτες εφαρμόζονται σε μια μελέτη περίπτωσης για την Ελλάδα προκειμένου να εξαχθούν αποτελέσματα σχετικά με την κατάσταση της Ελλάδας ως προς την ενεργειακή φτώχεια.

Αξίζει να αναφερθεί, ότι η πλειοψηφία των εξεταζόμενων δεικτών έχουν ως στόχο την άμεση μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας, δηλαδή τον αριθμό των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών. Υπάρχουν ωστόσο και δείκτες οι οποίοι προσεγγίζουν το θέμα με έμμεσο τρόπο. Ενδεικτικά αναφέρονται οι δείκτες EEP1 και VI, ο πρώτος εκ των οποίων μετράει τον βαθμό ανακούφισης από την ενεργειακή φτώχεια, ενώ ο δεύτερος υπολογίζει την ευπάθεια ενός πληθυσμού σε σύγκριση με έναν άλλο.

Η υπόλοιπη διπλωματική χωρίζεται σε 4 κεφάλαια όπου:

- Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται αναλυτικά το ευρωπαϊκό και ελληνικό πλαίσιο σε σχέση με την ένταση της ενεργειακής φτώχειας και τους υφιστάμενους δείκτες μέτρησης.
- Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται αναλυτικά όλοι οι υφιστάμενοι δείκτες μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας και πραγματοποιείται συγκριτική ανάλυσή τους.

- Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται μια πρακτική εφαρμογή όλων των εξεταζόμενων δεικτών μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας σε μια μελέτη περίπτωσης για την Ελλάδα και αναλύονται τα αποτελέσματά της.
- Στο Κεφάλαιο 5 παρατίθενται τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής καθώς και οι προοπτικές μελλοντικής έρευνας.

2. Η Ενεργειακή Φτώχεια στην Ευρώπη

Η ενεργειακή φτώχεια έχει αναδειχθεί τα τελευταία χρόνια ως ένα από τα σημαντικότερα κοινωνικά προβλήματα στην Ευρώπη. Η διαβίωση ενός νοικοκυριού σε συνθήκες ενεργειακής φτώχειας συνδέεται άμεσα με δυσμενείς συνέπειες, που κυμαίνονται από τον κοινωνικό αποκλεισμό και τη διατάραξη της κοινωνικής συνοχής έως την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής και τις σοβαρές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία [2].

Υπάρχουν πολλοί ορισμοί της ενεργειακής φτώχειας που αναπτύχθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς και μια ποικιλία δεικτών για την ανάλυσή της ενεργειακής φτώχειας, αν και δεν έχει ακόμη θεσπιστεί επίσημο πρότυπο σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Ως εκ τούτου, δεν έχουν καθοριστεί και μέτρα για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας, οδηγώντας έτσι σε μια ποικιλομορφία πολιτικών σχετικά με το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας για τις ευρωπαϊκές χώρες.

Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί ότι υπάρχει ένας αντιπροσωπευτικός αριθμός χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως η Αυστρία, Κροατία, Τσεχική Δημοκρατία, Δανία, Εσθονία, Φινλανδία, Γερμανία, Ουγγαρία και Ιταλία, που δεν διαθέτουν ένα επίσημο ορισμό της ενεργειακής φτώχειας, αλλά ούτε και μια προσέγγιση για την επίλυση αυτού του ζητήματος. Αντιθέτως, η Γαλλία, η Κύπρος, η Ιρλανδία, η Σκωτία, η Σλοβακία και η Αγγλία έχουν επίσημο ορισμό, ενώ η Βουλγαρία και η Ισπανία έχουν επίσημη προσέγγιση η οποία στηρίχτηκε στον ορισμό του Ηνωμένου Βασιλείου για την ενεργειακή φτώχεια, δηλαδή να δαπανάται για οικιακή ενέργεια πάνω από το 10% του εισοδήματος του νοικοκυριού [7].

Ενδεικτικά αναφέρονται οι ορισμοί από τις χώρες οι οποίες έχουν θεσπίσει επίσημους ορισμούς για το θέμα της ενεργειακής φτώχειας.

Η Γαλλία δημιούργησε το "RAPPEL" (Réseau des Acteurs de la Pau-vrétéet la Précarité Energétique dans le Logement) το 2007. Πρόκειται για μία ομάδα εργασίας για την ενεργειακή φτώχεια, η οποία αποδέχθηκε τον ορισμό του Ηνωμένου Βασιλείου, αν και αυτός παρέμεινε ως ανεπίσημος ορισμός. Έτσι, το 2009 καθιερώθηκε ο επίσημος ορισμός της Γαλλίας σύμφωνα με τον οποίο: ένα άτομο θεωρείται ότι πάσχει από ενεργειακή φτώχεια «εάν αντιμετωπίζει ιδιαίτερες δυσκολίες στη διαμονή του/της όσον αφορά τον ενεργειακό εφοδιασμό που σχετίζεται με την ικανοποίηση των στοιχειωδών αναγκών, αυτό οφείλεται στην ανεπάρκεια των χρηματοοικονομικών πόρων ή των συνθηκών στέγασης».

Η ενεργειακή φτώχεια, οι ευάλωτοι καταναλωτές και τα μέτρα αναγνώρισης και αντιμετώπισης αυτού του ζητήματος καθορίστηκαν στην Κύπρο με υπουργικό διάταγμα, το οποίο εφαρμόζεται από το 2014. Σύμφωνα με τον επίσημο ορισμό, ενεργειακή φτώχεια ορίζεται ως «η κατάσταση των καταναλωτών που ενδέχεται να βρίσκονται σε δύσκολη θέση, λόγω του χαμηλού εισοδήματός τους, όπως αναφέρεται στις φορολογικές καταστάσεις τους σε συνδυασμό με την επαγγελματική τους κατάσταση, την οικογενειακή τους κατάσταση και τις ειδικές συνθήκες υγείας και, ως εκ τούτου, δεν είναι σε θέση να ανταποκριθούν στο κόστος

για τις εύλογες ανάγκες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς αυτά τα κόστη αντιπροσωπεύουν σημαντικό ποσοστό του διαθέσιμου εισοδήματός τους ».

Το Υπουργείο Επικοινωνιών, Ενέργειας και Φυσικών Πόρων της Ιρλανδίας δηλώνει επίσημα το 2016 ότι «ένα νοικοκυριό που ξοδεύει περισσότερο από το 10% του εισοδήματός του στην ενέργεια θεωρείται ότι βρίσκεται σε ενεργειακή φτώχεια».

Σύμφωνα με τον Σλοβακικό νόμο αριθ. 250/2012 δηλώνεται ότι «Η φτώχεια των καυσίμων είναι μια κατάσταση που επιτυγχάνεται όταν οι μέσες μηνιαίες δαπάνες ενός νοικοκυριού για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου, θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό μερίδιο του μέσου μηνιαίου εισοδήματος του νοικοκυριού».

Τον Ιούνιο του 2018, η κυβέρνηση της Σκωτίας πρότεινε έναν νέο ορισμό ενεργειακής φτώχειας. Σύμφωνα με αυτόν τον νέο ορισμό, ένα νοικοκυριό βρίσκεται σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας εάν «το απαιτούμενο κόστος καυσίμων υπερβαίνει το 10% του καθαρού εισοδήματος των νοικοκυριών, μετά την αφαίρεση των εξόδων στέγασης, και το υπόλοιπο καθαρό εισόδημα του νοικοκυριού, μετά την πληρωμή του κόστους καυσίμων και του κόστους φροντίδας παιδιών (εάν υπάρχουν), είναι επίσης ανεπαρκές για τη διατήρηση ενός αποδεκτού βιοτικού επιπέδου για το νοικοκυριό».

Δύο επίσημοι ορισμοί χρησιμοποιούνται στο Ηνωμένο Βασίλειο ανάλογα με την περιοχή: «Ένα νοικοκυριό βρίσκεται σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας εάν χρειάζεται να δαπανήσει περισσότερο από το 10% του εισοδήματός του για καύσιμα προκειμένου να διατηρήσει ένα επαρκές επίπεδο ζεστασιάς» είναι ο επίσημος ορισμός για τη Βόρεια Ιρλανδία, τη Σκωτία και την Ουαλία από το 2010. Ενώ ο επίσημος ορισμός για την Αγγλία από το 2013 είναι: «Ένα νοικοκυριό θεωρείται ενεργειακά φτωχό εάν έχει απαιτήσεις κόστους καυσίμων που είναι πάνω από το μέσο όρο (το εθνικό διάμεσο επίπεδο) και έχει ξοδέψει το ποσό αυτό, ως εκ τούτου θα μείνει με ένα υπόλοιπο εισόδημα κάτω από το επίσημο όριο φτώχειας (60%*διάμεσο εισόδημα)» [7].

Η κατάσταση σχετικά με τα επίπεδα ενεργειακής φτώχειας στην Ευρώπη, βάσει δεδομένων που ανακτήθηκαν από το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ενέργειας Φτώχειας (EPOV) για τους βασικούς δείκτες μέτρησης, συνοψίζεται ως εξής: 44,5 εκατομμύρια άτομα δεν μπόρεσαν να διατηρήσουν το σπίτι τους επαρκώς ζεστό κατά τη διάρκεια του χειμώνα το 2016 και 41,5 εκατομμύρια αντιμετώπισαν καθυστερήσεις στην πληρωμή των λογαριασμών ενέργειας. Το 16,3% των νοικοκυριών αντιμετώπισαν δυσανάλογα υψηλές ενεργειακές δαπάνες το 2010 και το 19,2% των νοικοκυριών ανέφεραν ότι ήταν άβολα από θερμικής άποψης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού το 2012) [5].

Το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την Ελλάδα αφού έγινε αρκετά πιο οξύ μετά την εμφάνιση της οικονομικής κρίσης. Πιο συγκεκριμένα:

- Το μέσο εισόδημα των νοικοκυριών μειώθηκε κατά περισσότερο από 35% κατά την περίοδο 2010-2017 λόγω της οικονομικής κρίσης και των πολιτικών λιτότητας που εφαρμόστηκαν [2].
- Οι τιμές των βασικών ενεργειακών προϊόντων που χρησιμοποιούνται στα νοικοκυριά για θέρμανση χώρου και άλλες ενεργειακές χρήσεις (δηλαδή, πετρέλαιο ντίζελ, φυσικό αέριο και ηλεκτρικό ρεύμα) αυξήθηκαν σημαντικά κατά την ίδια περίοδο κυρίως λόγω της αύξησης των ειδικών φόρων κατανάλωσης. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε αύξηση έως 90,16% για το πετρέλαιο θέρμανσης μεταξύ 2009 και 2014 (Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, 2009, 2014) [8].
- Τέλος, σημαντικός παράγοντας της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα είναι το γεγονός ότι πάνω από το 50% του κτιρίων στον οικιακό τομέα κατασκευάστηκε πριν από το 1980 και δεν έχει μόνωση. Ακόμη και τα κτίρια που κατασκευάστηκαν κατά την περίοδο 1981-2010 θεωρούνται ότι είναι μερικώς μονωμένα σε σχέση με τις προδιαγραφές που ορίζει ο νόμος για την ορθολογική χρήση ενέργειας και εξοικονόμηση ενέργειας που εισήχθη το 2010. Επομένως, για τα περισσότερα κτίρια κατοικιών στην Ελλάδα, οι ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και ψύξη του χώρου είναι ιδιαίτερα υψηλές [2].

Στην πραγματικότητα, η Ελλάδα είναι σήμερα μία από τις χώρες που βιώνει υψηλά επίπεδα ενεργειακής φτώχειας στην Ευρώπη, με μερικές από τις υψηλότερες καταγεγραμμένες τιμές σε υποκειμενικούς δείκτες (αδυναμία να διατηρηθεί το νοικοκυριό επαρκώς ζεστό, καθυστερούμενες οφειλές σε λογαριασμούς ενέργειας και κατοικίες με διαρροή-υγρούς τοίχους). Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στατιστικά στοιχεία, το 25,7% των ελληνικών νοικοκυριών δεν μπόρεσαν να διατηρήσουν το σπίτι τους αρκετά ζεστό κατά τους χειμερινούς μήνες το 2017, το 38,5% είχαν καθυστερήσεις στην πληρωμή των λογαριασμών κοινής ωφελείας (συμπεριλαμβανομένων λογαριασμών ενέργειας καθώς και άλλων οικιακών λογαριασμών) και 13,5% ζούσαν σε κατοικίες με στέγη που είχε διαρροή, υγρούς τοίχους, δάπεδα ή θεμέλια. Δεδομένου επίσης ότι μεγάλο μέρος των ελληνικών κατοικιών είναι θερμικά μη προστατευμένο και ότι το 71% δεν έχει αναλάβει καμία δράση για τη μείωση των θερμικών απωλειών, ο μεγάλος κίνδυνος έκθεσης στην ενεργειακή φτώχεια είναι κάτι παραπάνω από προφανές [8].

3. Δείκτες Ενεργειακής Φτώχειας

Έχοντας πλέον παρουσιάσει το ευρωπαϊκό και το ελληνικό πλαίσιο για την ενεργειακή φτώχεια, στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται εκτενής ανάλυση των δεικτών μέτρησης του φαινομένου. Συνολικά συγκεντρώθηκαν και αναλύθηκαν 4 δείκτες από το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ενεργειακής Φτώχειας και 10 δείκτες από ερευνητές που ασχολήθηκαν με το ζήτημα.

3.1 Δείκτης 10%

Το 1991 η δρ Brenda Boardman έδωσε για πρώτη φορά τον ορισμό της ενεργειακής φτώχειας υποστηρίζοντας ότι ένα νοικοκυριό θεωρείται ενεργειακά φτωχό εάν απαιτείται να δαπανήσει πάνω από το 10% του εισοδήματός του για όλες τις οικιακές ενεργειακές υπηρεσίες (θέρμανση, ζεστό νερό, μαγείρεμα, φωτισμός και ηλεκτρικές συσκευές), προκειμένου να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό επίπεδο ζεστασιάς, το οποίο ορίζεται στους 21 °C στο σαλόνι και στους 18 °C στο υπόλοιπο σπίτι. Βασιζόμενη στον ορισμό αυτό έφτιαξε την πρώτη εξίσωση για τον προσδιορισμό των νοικοκυριών ως ενεργειακά φτωχά ή μη [1].

$$\text{Αναλογία Ενεργειακής Φτώχειας} = \frac{\text{Ετήσιες ενεργειακές δαπάνες}}{\text{Ετήσιο καθαρό εισόδημα}} > 10\% \quad (1)$$

Η δρ Boardman χρησιμοποίησε για το έργο της στοιχεία από το 1988 , και ως εκ τούτου ο δείκτης 10% αντιπροσώπευε τη μέση ενεργειακή δαπάνη 30% φτωχότερων νοικοκυριών και το διπλάσιο του διάμεσου ποσοστού των ενεργειακών δαπανών όλων των νοικοκυριών [9]. Ο ορισμός αυτός έγινε ο επίσημος δείκτης ενεργειακής φτώχειας στο Ηνωμένο Βασίλειο από το 2001 έως το 2013[7].

Ο δείκτης 10% είναι σχετικά απλός και ευέλικτος, εύκολο να υπολογιστεί και να επικοινωνηθεί. Ταυτόχρονα όμως, είναι ένα σχετικά αυθαίρετο όριο αφού δεν λαμβάνει υπόψη τα εισοδηματικά επίπεδα και τις τιμές ενέργειας κάθε περιοχής που μελετάει. Σε χώρες με μέτριο εισοδηματικό επίπεδο μπορεί να αποτυπώνει μια πιο αντιπροσωπευτική εικόνα των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών, αλλά σε μια χώρα με χαμηλό εισοδηματικό επίπεδο πιθανότατα να δίνει λανθασμένη εικόνα των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών. Αντίστοιχα και με τις τιμές ενέργειας, σε χώρες με υψηλές τιμές ενέργειας θα χαρακτηρίσει μεγάλο ποσοστό νοικοκυριών ως ενεργειακά φτωχά, ενώ με χαμηλές τιμές ενέργειας όχι.

Μπορεί στη δεκαετία του 1990 στο Ηνωμένο Βασίλειο να ήταν εύλογο όριο, δεν μπορεί όμως προεκταθεί σε άλλες χωρικές και χρονικές καταστάσεις[9].

Από την εφαρμογή του δείκτη αυτού, αρκετά νοικοκυριά τα τελευταία χρόνια χαρακτηρίστηκαν ως ενεργειακά φτωχά έχοντας υψηλά εισοδήματα αλλά μη αποδοτικές κατοικίες και νοικοκυριά τα οποία έκαναν υπερβολική κατανάλωση ενέργειας.

Ακόμα ένα αδύναμο σημείο του δείκτη είναι ότι δεν συνυπολογίζονται τα χαρακτηριστικά κάθε κατοικίας. Αρκετά νοικοκυριά χρησιμοποιούν ανεπαρκώς ή και λανθασμένα τα οικιακά τους συστήματα (καθώς δεν γνωρίζουν πώς να χρησιμοποιούν σωστά το σύστημα θέρμανσης, την κουζίνα, τα φώτα κ.λπ.), με αποτέλεσμα να αυξάνεται κατά πολύ η κατανάλωση ενέργειάς τους. Αυτό θα μπορούσε να αποτραπεί με την ύπαρξη μέριμνας για την παροχή πληροφοριών χρήσης ή και προσωπικών συμβουλών στα νοικοκυριά αυτά.

Στη συνέχεια, φαίνεται ότι ο δείκτης αυτός δεν λαμβάνει υπόψη του το «φαινόμενο θέρμανσης ή σίτισης». Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό, τα νοικοκυριά που βρίσκονται σε δυσχερέστερη οικονομικά κατάσταση αναγκάζονται να επιλέξουν μεταξύ της επαρκούς θέρμανσης της οικίας και της αγοράς ελάχιστων τροφίμων για την επιβίωση τους. Ως αποτέλεσμα τα νοικοκυριά αυτά ελαχιστοποιούν τις δαπάνες ενεργειακής κατανάλωσης σε ποσοστό μικρότερο του 10% του εισοδήματός τους και ως εκ τούτου δεν προσμετρούνται ως ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά[7].

Ύστερα από προτάσεις συγγραφέων για τη βελτίωση του δείκτη 10% , όσον αφορά τη χρήση του καθαρού εισοδήματος αφού έχουν αφαιρεθεί οι δαπάνες των νοικοκυριών στους υπολογισμούς , προτάθηκαν νέοι ορισμοί της ενεργειακής φτώχειας χρησιμοποιώντας τον δείκτη 10%.

Στο Ηνωμένο Βασίλειο χρησιμοποιήθηκαν 2 διαφορετικοί ορισμοί κατά περιοχές. Από το 2010 ο ορισμός που χρησιμοποιούν η Βόρεια Ιρλανδία, η Σκωτία και η Ουαλία είναι : «ένα νοικοκυριό λέγεται ότι βρίσκεται σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας εάν χρειάζεται να δαπανήσει περισσότερο από το 10% του εισοδήματός του σε καύσιμα για να διατηρήσει ένα επαρκές επίπεδο ζεστασιάς». Το 2013 η Αγγλία έδωσε τον δικό της ορισμό για την ενεργειακή φτώχεια, σύμφωνα με τον οποίο : «Ένα νοικοκυριό θεωρείται ενεργειακά φτωχό εάν i) τα ενεργειακά έξοδα του νοικοκυριού είναι περισσότερα από την αντίστοιχη εθνική διάμεση τιμή και ii) το υπολειπόμενο εισόδημα του ύστερα από την αφαίρεση ενεργειακών εξόδων είναι κάτω από το επίσημο εθνικό όριο της φτώχειας (προσεγγιστικά υπολογίζεται ως 60% του διάμεσου εισοδήματος)». Ο δείκτης αυτός, θεσμοθετήθηκε αργότερα επίσημα, και πλέον συνιστά τον δείκτη Low Income High Cost (LIHC) που περιγράφεται παρακάτω.

Τον Ιούνιο του 2018, η Σκωτία πρότεινε έναν νέο ορισμό ενεργειακής φτώχειας. Σύμφωνα με αυτόν, ένα νοικοκυριό βρίσκεται σε κατάσταση ενεργειακής ένδειας εάν «το απαιτούμενο κόστος καυσίμων είναι πάνω από το 10% του καθαρού εισοδήματος των νοικοκυριών μετά την αφαίρεση του κόστους στέγασης, και το υπόλοιπο καθαρό εισόδημα των νοικοκυριών μετά την πληρωμή του κόστους των καυσίμων και του κόστους παιδικής μέριμνας (εάν υπάρχει) είναι επίσης ανεπαρκές για να διατηρήσει ένα αποδεκτό επίπεδο διαβίωσης για το νοικοκυριό»[7].

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται 2 προσεγγίσεις του δείκτη 10% [2].

- Αν οι ενεργειακές δαπάνες του νοικοκυριού υπερβαίνουν το 10% του διαθέσιμου εισοδήματός τους, τότε το νοικοκυριό ταξινομείται ως ενεργειακά φτωχό. (O1)
- Η πιο πρόσφατη προσέγγιση ορίζει ένα νοικοκυριό ως ενεργειακά φτωχό αν το εκτιμώμενο ενεργειακό κόστος που απαιτείται για την εξασφάλιση ελάχιστων αποδεκτών επιπέδων θερμικής άνεσης υπερβαίνει το 10% του εισοδήματός του. (O2)

Για τον υπολογισμό των απαιτούμενων ενεργειακών δαπανών λαμβάνονται υπόψη:

- Η επιφάνεια του δαπέδου της κατοικίας.
- Το είδος της κατοικίας (μονοκατοικία ή διαμέρισμα).
- Η ηλικία της κατοικίας, η οποία έχει σχέση με την εφαρμογή διαφορετικών κανονισμών θερμομόνωσης.
- Οι ενεργειακές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε κάθε νοικοκυριό.
- Η ετήσια ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας που απαιτείται στα ελληνικά οικιακά κτίρια για την επίτευξη των κατάλληλων συνθηκών θερμικής άνεσης εσωτερικού χώρου ή που καταναλώνεται σε άλλες χρήσεις.
- Οι τιμές της ενέργειας την συγκεκριμένη περίοδο αναφοράς [2].

3.2 Δείκτης LIHC (Low Income High Cost)

Το 2011 το Υπουργείο Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής του Ηνωμένου Βασιλείου επανεξέτασε τον δείκτη 10% προκειμένου να βελτιωθούν τα αδύναμα σημεία του. Στην προσπάθεια αυτή, προτάθηκε ένας νέος δείκτης από τον John Hill και την ερευνητική του ομάδα ο οποίος ονομάζεται «Low Income High Cost» (LIHC) ή αλλιώς «χαμηλού εισοδήματος υψηλού κόστους». Στόχος του δείκτη αυτού είναι να ξεπεράσει τις ελλείψεις του δείκτη 10% και να ενσωματώσει πληροφορίες εισοδηματικής φτώχειας [10].

Πλεονέκτημα του δείκτη αυτού είναι ότι προκύπτει από τον συνδυασμό 2 κατωτάτων ορίων, του ορίου εισοδηματικής φτώχειας και του ορίου ενεργειακής φτώχειας. Τα δύο αυτά όρια καθορίζονται από τις εθνικές διάμεσες τιμές της προς μελέτη περιοχής. Το όριο της ενεργειακής φτώχειας καθορίζεται από τη διάμεση τιμή των ενεργειακών δαπανών όλων των νοικοκυριών, ενώ το όριο της εισοδηματικής φτώχειας προκύπτει από το 60% του διάμεσου εισοδήματος (το όριο του «κινδύνου φτώχειας» όπως χρησιμοποιείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση). Τα νοικοκυριά που βρίσκονται ταυτόχρονα κάτω από αυτά τα 2 όρια χαρακτηρίζονται ενεργειακά φτωχά.

Με βάση τον δείκτη LIHC ενεργειακά φτωχά θεωρούνται τα νοικοκυριά για τα οποία ισχύουν οι 2 παρακάτω σχέσεις:

$$\text{Ετήσιες ενεργειακές δαπάνες} > \text{Διάμεση τιμή των ενεργειακών δαπανών} \quad (2)$$

Ετήσιο Καθαρό Εισόδημα – Ετήσιες ενεργειακές δαπάνες < 60% * Διάμεσο εισόδημα (3)

Ακόμα ένα πλεονέκτημα αυτού του δείκτη είναι ότι μπορεί να προσδιορίσει το βάθος της ενεργειακής φτώχειας. Το κενό μεταξύ του ενεργειακού κόστους ενός νοικοκυριού και του ορίου ενεργειακού κόστους δείχνει κατά πόσο οι εκτιμώμενες ενεργειακές ανάγκες των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών υπερβαίνουν το εύλογο όριο κάθε νοικοκυριού [11].

Παρά τα πλεονεκτήματα του σε σύγκριση με τον δείκτη 10%, ο δείκτης LIHC εξακολουθεί να έχει αδύναμα σημεία. Δεν υπολογίζει την ενεργειακή απόδοση των νοικοκυριών, οπότε καθίσταται δύσκολο να εντοπιστούν νοικοκυριά τα οποία μπορούν να ξεφύγουν της ενεργειακής φτώχειας μειώνοντας τις ενεργειακές τους δαπάνες. Ακόμα, ο δείκτης αυτός εντοπίζει νοικοκυριά με χαμηλό εισόδημα και κατοικία χαμηλής ενεργειακής απόδοσης, οπότε προκειμένου να μειωθεί η ενεργειακή φτώχεια οδηγεί σε παρεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των νοικοκυριών. Ωστόσο, τα νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος θα συνεχίσουν να έχουν πρόβλημα με την αποπληρωμή των λογαριασμών τους αφού η εισοδηματική φτώχεια θα εξακολουθεί να υφίσταται [7].

Υπάρχουν δύο εναλλακτικές εκδοχές του δείκτη LIHC που έχουν ως στόχο να κάνουν το δείκτη πιο αποδοτικό.

Η πρώτη εναλλακτική εκδοχή είναι ο δείκτης LIHCt. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο δείκτης LIHC προκύπτει από τον συνδυασμό 2 κατωτάτων ορίων, του ορίου εισοδηματικής φτώχειας και του ορίου ενεργειακής φτώχειας. Το όριο της ενεργειακής φτώχειας καθορίζεται από τη διάμεση τιμή των ενεργειακών δαπανών όλων των νοικοκυριών. Αυτό που έρχεται να προτείνει ο δείκτης LIHCt είναι το όριο της ενεργειακής φτώχειας να προκύπτει από τον ορισμό ενός ποσοστού του διαθέσιμου εισοδήματος του κάθε νοικοκυριού για τις ενεργειακές δαπάνες.

Η δεύτερη εναλλακτική εκδοχή είναι ο δείκτης LIHCm30. Ο δείκτης αυτός προτείνει να μην χρησιμοποιείται η διάμεση τιμή των ενεργειακών δαπανών όλων των νοικοκυριών, αλλά η διάμεση τιμή των τριών χαμηλότερων εισοδηματικών κατηγοριών. Στοχεύει έτσι να δώσει προτεραιότητα σε πιο ευάλωτες οικονομικά ομάδες. Η λογική της επιλογής αυτής είναι ότι τα νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στις αυξήσεις των τιμών απαραίτητων αγαθών[10].

3.3 Δείκτης MIS (Minimum Income Standard)

Το 2012 στο Ηνωμένο Βασίλειο ο Moore και η ερευνητική του ομάδα προτείνουν ένα νέο δείκτη μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας βασισμένο στο Minimum Income Standard (MIS) (πρότυπο ελάχιστο εισόδημα). Σύμφωνα με τον Moore ο δείκτης αυτός μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερη συνέπεια και ακρίβεια στο προσδιορισμό των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών

ενώ ταυτόχρονα προσαρμόζεται εύκολα στα διαφορετικά πρότυπα διαβίωσης της Ευρώπης. Σε σύγκριση με τους υπόλοιπους δείκτες που βασίζονται στο εισόδημα κάθε νοικοκυριού είναι από τους πιο ισχυρούς. Βασικό του πλεονέκτημα είναι ότι στηρίζεται στο εισόδημα που διατίθεται για τις ενεργειακές ανάγκες αφού έχουν αφαιρεθεί τα έξοδα για την κάλυψη των βασικών αναγκών κάθε νοικοκυριού, ενώ η βασική δυσκολία που παρουσιάζει είναι ο προσδιορισμός του ορίου εισοδήματος με αντικειμενικά κριτήρια [9].

Πιο συγκεκριμένα ένα νοικοκυριό βρίσκεται σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας εάν το εισόδημα του μετά την αφαίρεση των ενεργειακών δαπανών βρίσκεται κάτω από το Minimum Income Standard για τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του. Ως Minimum Income Standard ορίζεται από τον Moore το ελάχιστο εισόδημα που πρέπει να έχει ένα νοικοκυριό προκειμένου να έχει τις απαραίτητες ευκαιρίες και επιλογές για να συμμετέχει στην κοινωνία.

Όπως φαίνεται και από την ονομασία του ο δείκτης αυτός αποτελείται από 2 παράγοντες, το ελάχιστο (minimum) και το πρότυπο εισόδημα (income standard). Το «ελάχιστο» ορίστηκε από τη Σύμβαση Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων των Ηνωμένων Εθνών ως τα αγαθά που είναι απαραίτητα για τη σωματική, πνευματική, ηθική, κοινωνική και πολιτιστική ευημερία των ανθρώπων. Ενώ το «πρότυπο εισοδήματος» ορίστηκε από μια επιτροπή εμπειρογνομόνων στις ΗΠΑ, η οποία ανέλυσε τα εισοδήματα των νοικοκυριών το 1980 και όρισε το ισχύον εισοδηματικό πρότυπο ως το βιοτικό επίπεδο που επιτεύχθηκε από μια τυπική οικογένεια (διάμεση δαπάνη οικογενειών με 2 γονείς και 2 παιδιά).

Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα του δείκτη καθορίστηκαν επιπλέον παράμετροι για τα νοικοκυριά, όπως : το μέγεθος της οικίας, η θέση εργασίας, ενδεχόμενη αναπηρία, η υγεία, η εθνικότητα και η δυνατότητα πρόσβασης στην ενέργεια. Αργότερα καθιερώθηκαν και οι διάφοροι τύποι οικογενειών για τον προσδιορισμό του MIS[7].

Σύμφωνα με τον Moore λοιπόν ένα νοικοκυριό χαρακτηρίζεται ενεργειακά φτωχό από τον δείκτη MIS εάν ισχύει για αυτό η παρακάτω σχέση:

$$\text{Ετήσιες ενεργειακές δαπάνες} > \text{Ετήσιο καθαρό εισόδημα} - \text{Ετήσια έξοδα στέγασης} - \text{MIS} \quad (4)$$

Όπου:

MIS: το ελάχιστο ποσό που απαιτείται για να έχουν τα μέλη του νοικοκυριού τις απαραίτητες ευκαιρίες και επιλογές προκειμένου να συμμετέχουν στην κοινωνία.

Οι ενεργειακές δαπάνες, το καθαρό εισόδημα νοικοκυριού και τα έξοδα στέγασης λήφθηκαν από την Αγγλική Έρευνα Στέγασης (English Housing Survey) ενώ το όριο MIS λήφθηκε από το έργο του Jonathan Bradshaw («A minimum income standard for Britain: what people think»). Στο όριο MIS συμπεριλαμβάνονται όλες οι ανάγκες (τρόφιμα, είδη ένδυσης, πολιτιστική

συμμετοχή), εκτός από τους δημοτικούς φόρους, τις πληρωμές ενοικίων – δανείων και τα καύσιμα, τα οποία συνυπολογίζονται στο εισόδημα του νοικοκυριού σύμφωνα με την Αγγλική Έρευνα Στέγασης [9].

Ενώ ο δείκτης MIS συνδυάζει πολλές πληροφορίες για να εξάγει αποτελέσματα, δεν παύει και αυτός να έχει αδύναμα σημεία. Βασικό μειονέκτημα του δείκτη αυτού είναι ο ορθός προσδιορισμός του ορίου MIS αφού πρόκειται για ένα σύνθετο και ενδεχομένως αυθαίρετο έργο. Πέραν αυτού όμως είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ακριβώς το όριο του MIS αφού δεν μπορούν να υπολογιστούν ακριβώς οι ανάγκες κάθε οικογένειας αφού για παράδειγμα οι ανάγκες των οικογενειών μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την ηλικία των παιδιών (κόστος φροντίδας ή δίδακτρα). Ακόμα, παίζει μεγάλο ρόλο η κατάσταση της υγείας των μελών μιας οικογένειας, αν δηλαδή υπάρχουν ηλικιωμένοι ή άνθρωποι με προβλήματα υγείας στην οικογένεια τα κόστη ιατρικής και υγειονομικής περίθαλψης ενδέχεται να αλλάξουν σε μεγάλο βαθμό. Τέλος, με το δείκτη αυτό δε λαμβάνεται υπόψη η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (διαρροή σε τοίχους, μόνωση, κουφώματα κλπ), γεγονός που δεν αφήνει περιθώριο για βελτίωση της απόδοσης των κτιρίων με στόχο να βγουν από την ενεργειακή φτώχεια [12].

3.4 Δείκτες Ευρωπαϊκού Παρατηρητηρίου Ενεργειακής Φτώχειας (EPOV)

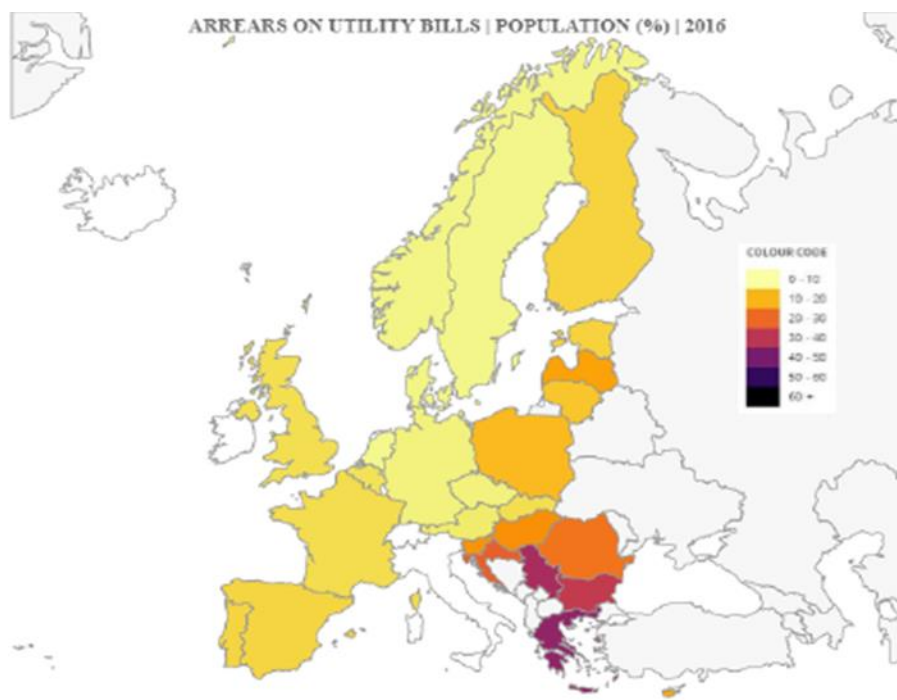
Οι πρωτογενείς δείκτες βασίζονται τόσο σε υποκειμενικά δεδομένα, όπως περιορισμένη πρόσβαση σε ενεργειακές υπηρεσίες, όσο και σε μαθηματικούς υπολογισμούς που βασίζονται σε πληροφορίες για το εισόδημα των νοικοκυριών και σε δεδομένα για τις ενεργειακές δαπάνες. Για παράδειγμα, το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ενεργειακής Φτώχειας παρουσιάζει τέσσερις βασικούς δείκτες για την ενεργειακή φτώχεια, δύο από τους οποίους καθορίζονται από υποκειμενικά δεδομένα (δηλαδή, καθυστερήσεις σε λογαριασμούς κοινής ωφέλειας και αδυναμία διατήρησης της κατοικίας επαρκώς ζεστή), ενώ οι άλλοι δύο προκύπτουν από το εισόδημα ή/και τις ενεργειακές δαπάνες (χαμηλό μερίδιο ενεργειακών δαπανών ($M/2$) και υψηλό μερίδιο της ενεργειακής δαπάνης στο εισόδημα ($2M$)). Από την άλλη, οι δευτερεύοντες δείκτες στερούνται άμεσης μέτρησης, δεδομένου ότι καθορίζονται στο πλαίσιο της ενεργειακής φτώχειας, όπως τα στοιχεία για τις τιμές της ενέργειας. Ωστόσο, οι δείκτες αυτοί φαίνεται να συγκλίνουν στο γεγονός ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση παρουσιάζει μεγάλη πολλαπλότητα στην κατανομή της ενεργειακής φτώχειας, αντανakλώντας εκτεταμένες γεωγραφικές, κλιματικές, κοινωνικοοικονομικές και εισοδηματικές διαφορές [5].

3.4.1. Ληξιπρόθεσμες οφειλές σε λογαριασμούς κοινής ωφέλειας

Ο δείκτης ληξιπρόθεσμων οφειλών σε λογαριασμούς κοινής ωφέλειας ρωτά: «Τους τελευταίους δώδεκα μήνες, το νοικοκυριό ήταν σε θέση να πληρώσει εγκαίρως λόγω οικονομικών δυσκολιών τους λογαριασμούς κοινής ωφέλειας (θέρμανση, ηλεκτρικό ρεύμα, φυσικό αέριο, νερό κ.λπ.) για την κύρια κατοικία;» Ενώ ο δείκτης αυτός περιλαμβάνει ορισμένες δαπάνες κοινής ωφέλειας πέραν της ενέργειας, είναι ωστόσο ένας σημαντικός

δείκτης, καθώς τα νοικοκυριά που δεν είναι σε θέση να πραγματοποιούν τις πληρωμές των ενεργειακών λογαριασμών ενδέχεται να αντιμετωπίσουν αποσύνδεση της παροχής. Μειονέκτημα του δείκτη είναι ότι στηρίζεται καθαρά σε υποκειμενικά κριτήρια, καθώς το αν θα πληρωθούν οι λογαριασμοί έγκαιρα εξαρτάται και από την διαχείριση που κάνει το κάθε νοικοκυριό στο εισόδημα του.

Η χωρική συγκέντρωση του δείκτη αυτού παρέχεται σε μορφή χάρτη, στο παρακάτω σχήμα. Όπως φαίνεται, τα ποσοστά των καθυστερούμενων οφειλών κοινής ωφέλειας είναι ιδιαίτερα υψηλά στην Ανατολική, Κεντρική και Νότια Ευρώπη [13].



Εικόνα 1 Καθυστερήσεις σε λογαριασμούς κοινής ωφέλειας | Πληθυσμός (%) | 2016 [13].

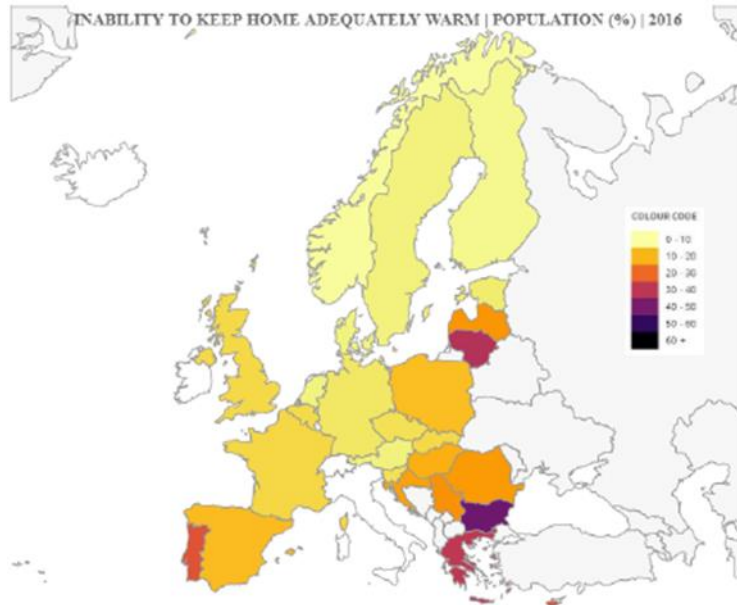
3.4.2 Αδυναμία διατήρησης της θέρμης στο σπίτι

Ο δείκτης αυτός περιλαμβάνει το μερίδιο του πληθυσμού που δεν είναι σε θέση να κρατήσει το σπίτι τους επαρκώς θερμό, βασισμένο στην ερώτηση «μπορεί η οικογένειά σας να αντέξει οικονομικά να κρατήσει το σπίτι της επαρκώς θερμό;» [14].

Ένας από τους επικρατέστερους δείκτες ενεργειακής φτώχειας που χρησιμοποιούνται για να συλλάβουν την αυτό-αναφερθείσα προσιτότητα ρωτά εάν ένα νοικοκυριό μπορεί να αντέξει οικονομικά να κρατήσει το σπίτι τους επαρκώς θερμό. Κατά την EU-SILC, το ερώτημα έχει συχνά την ακόλουθη διατύπωση, αν και η ακριβής διατύπωση ποικίλλει ανάλογα με τα κράτη μέλη: "Μπορεί το νοικοκυριό σας να αντέξει οικονομικά να κρατήσει το σπίτι του επαρκώς

ζεστό;" Ο δείκτης αυτός έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε εθνικές και συγκριτικές αναλύσεις της ενεργειακής φτώχειας σε ολόκληρη την Ευρώπη.

Ο χάρτης που ακολουθεί παρουσιάζει τα συνολικά ποσοστά αδυναμίας διατήρησης της θερμοκρασίας σε ολόκληρη την ΕΕ. Διαπιστώνεται ότι η υψηλότερη δυσχέρεια εμφανίζεται στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη, καθώς και σε τμήματα της Νότιας Ευρώπης.



Εικόνα 2 Αδυναμία διατήρησης της θέρμης στο σπίτι|Πληθυσμός(%)|2016 [13].

3.4.3 Δείκτης 2M

Από το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ενεργειακής Φτώχειας έχει προταθεί ο δείκτης 2M. Σύμφωνα με τον δείκτη αυτό ένα νοικοκυριό χαρακτηρίζεται ενεργειακά φτωχό αν οι ενεργειακές του δαπάνες στο εισόδημα υπερβαίνουν το διπλάσιο της διάμεσης τιμής του εθνικού μεριδίου [8].

Για την ακρίβεια, δεν πρόκειται για έναν αλλά για 4 πολύ παρόμοιους τύπους δεικτών:

- Διπλάσιο της διάμεσης τιμής των δαπανών των νοικοκυριών για την ενέργεια
- Διπλάσιο του μέσου όρου των δαπανών των νοικοκυριών για την ενέργεια
- Διπλάσιο του διάμεσου ποσοστού των δαπανών των νοικοκυριών για την ενέργεια
- Διπλάσιο του μέσου ποσοστού των δαπανών των νοικοκυριών για την ενέργεια

Συνολικά, οι δείκτες αυτοί ορίζουν ότι ένα νοικοκυριό βρίσκεται σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας όταν πρέπει να δαπανήσει περισσότερο από το διπλάσιο του διάμεσου ποσοστού των ενεργειακών δαπανών του προς το εισόδημα του.

Έτσι ένα νοικοκυριό βρίσκεται σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας όταν:

$$\frac{\text{Ετήσιες ενεργειακές δαπάνες}}{\text{Ετήσιο καθαρό εισόδημα}} > 2 * \frac{\text{Διάμεση τιμή των ενεργειακών δαπανών}}{\text{Διάμεσο εισόδημα}} \quad (5)$$

Από στατιστικής άποψης οι μετρήσεις που βασίζονται στη διάμεση τιμή θεωρούνται πιο κατάλληλες ενώ οι μετρήσεις που βασίζονται στη μέση τιμή δεν προτιμώνται επειδή είναι πιο ευαίσθητες στις ευμετάβλητες τιμές (π.χ. ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των νοικοκυριών, τιμές των μονάδων ενέργειας) και στην αλλαγή των συνηθειών. Δηλαδή, στην περίπτωση που τα πλούσια νοικοκυριά αύξαναν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας, η χρήση του μέσου όρου θα άλλαζε σημαντικά το κατώτατο όριο με αποτέλεσμα να μην προσδιοριστούν φτωχά νοικοκυριά με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

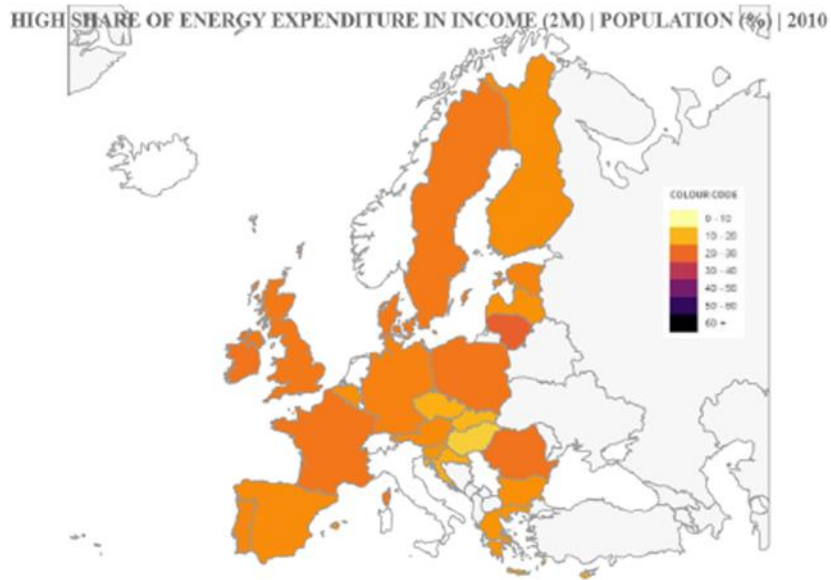
Πλεονέκτημα του δείκτη αυτού είναι ότι το κατώτατο όριο ενεργειακής φτώχειας καθορίζεται από τις τιμές εσόδων και ενεργειακών δαπανών του κάθε νοικοκυριού σε σχέση με τις εθνικές διάμεσες τιμές. Έτσι, ο δείκτης υπολογίζεται με βάση τα χαρακτηριστικά της κάθε χώρας, αποτρέποντας έτσι έναν αυθαίρετο υπολογισμό [7].

Ο μόνος τρόπος για τον υπολογισμό του δείκτη 2M είναι χρησιμοποιώντας στοιχεία από έρευνες για τον προϋπολογισμό των νοικοκυριών. Οι έρευνες αυτές διεξάγονται σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συγκεντρώνουν στοιχεία για τα αγαθά και τις υπηρεσίες που καταναλώνουν τα νοικοκυριά (συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας). Ωστόσο, μέχρι στιγμής υπάρχουν διαφορές μεταξύ των χωρών στις μεθόδους και στη συχνότητα δειγματοληψίας (1 έως 5 έτη) [13].

Από τον ορισμό του δείκτη 2M συμπεραίνεται ότι για να χαρακτηριστεί ένα νοικοκυριό ενεργειακά φτωχό θα πρέπει να ελεγχθεί η σχέση μεταξύ του διαθέσιμου εισοδήματος του και των ενεργειακών δαπανών του, και να συγκριθεί σε μακροοικονομικό επίπεδο. Επομένως είναι πιθανό να εμπεριέχει σφάλματα καθώς νοικοκυριά με χαμηλό εισόδημα και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μην προσμετρηθούν ως ενεργειακά φτωχά. Όπως και νοικοκυριά υψηλού εισοδήματος και υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης είναι πιθανό να χαρακτηριστούν ενεργειακά φτωχά [15].

Γίνεται φανερό ότι ο δείκτης 2M μπορεί να αποτυπώσει καλύτερα το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας σε μία χώρα σε σχέση με τον δείκτη 10% και αυτό συμβαίνει διότι υπολογίζεται μακροοικονομικά και όχι μικροοικονομικά. Αν και πιο αποτελεσματικός, δεν εξαλείφει το ενδεχόμενο να χαρακτηριστεί ένα νοικοκυριό ενεργειακά φτωχό λανθασμένα. Δίνει μια καλύτερη προσέγγιση του προβλήματος χωρίς όμως να εξασφαλίζει την απόλυτα σωστή αποτύπωση του.

Από τον χάρτη του παρακάτω σχήματος, διαπιστώνουμε ότι αυτός ο δείκτης δαπανών έχει μικρότερη χωρική διακύμανση από τους δύο προηγούμενους δείκτες. Γενικά, τα ποσοστά υψηλής ενεργειακής δαπάνης είναι ελαφρώς υψηλότερα σε τμήματα της Ανατολικής, Βόρειας και Δυτικής Ευρώπης [13].



Εικόνα 3 Υψηλό μερίδιο ενεργειακών δαπανών προς το εισόδημα (2M) | Πληθυσμός (%) | 2010 [13].

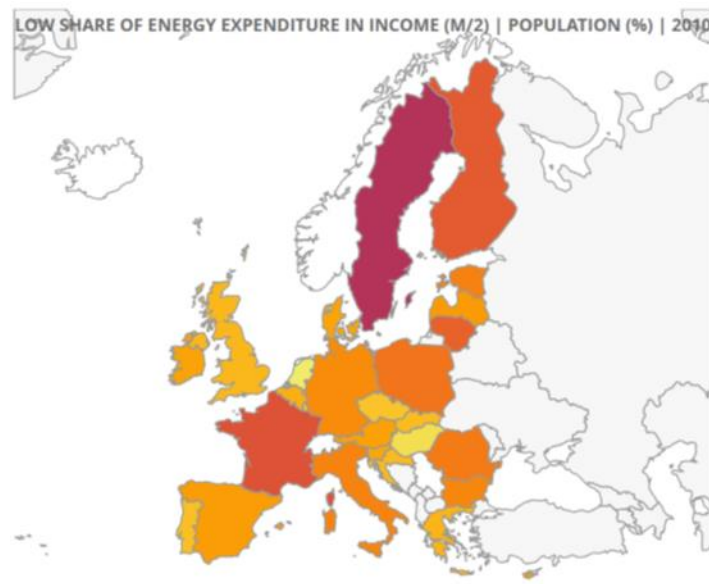
3.4.4 Δείκτης M/2 (Hidden Energy Poverty)

Ο δείκτης M/2 παρουσιάζει το ποσοστό του πληθυσμού του οποίου η απόλυτη ενεργειακή δαπάνη είναι κάτω από το ήμισυ της εθνικής διάμεσης τιμής, με άλλα λόγια ασυνήθιστα χαμηλό. Το M/2 είναι ένας σχετικά νέος δείκτης που χρησιμοποιήθηκε στο Βέλγιο για να συμπληρώσει άλλους δείκτες δαπανών. Στο Βέλγιο ο δείκτης M/2 ονομάζεται κρυφή ενεργειακή φτώχεια (Hidden Energy Poverty HEP) και αναφέρεται στο ποσοστό των νοικοκυριών που έχουν χαμηλή ενεργειακή δαπάνη λόγω του γεγονότος ότι περιορίζουν τις ενεργειακές τους δαπάνες κάτω από το απαραίτητο για την κάλυψη των αναγκών τους [14].

Ένα νοικοκυριο βρίσκεται σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας όταν:

$$\text{Ετήσιες ενεργειακές δαπάνες} < \frac{\text{Διάμεση τιμή ενεργειακών δαπανών}}{2} \quad (6)$$

Στο παρακάτω σχήμα, τα εθνικά στοιχεία για τον δείκτη M/2 εμφανίζονται σε μορφή χάρτη. Ο δείκτης αυτός εμφανίζει μεγαλύτερη χωρική διακύμανση από τον δείκτη 2M, με τις χώρες της Βόρειας και Δυτικής Ευρώπης να εμφανίζουν μερικά από τα υψηλότερα ποσοστά [13].



Εικόνα 4 Χαμηλό μερίδιο ενεργειακών δαπανών προς το εισόδημα(M/2) | Πληθυσμός (%) | 2010[13].

Το ΕΡΟΝ (Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ενεργειακής Φτώχειας) συγκεντρώνει επίσης δεδομένα για ορισμένους δευτερεύοντες δείκτες που σχετίζονται με την ενεργειακή φτώχεια. Οι δείκτες αυτοί περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τις τιμές της ενέργειας και τα στοιχεία που σχετίζονται με τη στέγαση, όπως η τιμή του πετρελαίου, η τιμή του φυσικού αερίου, η κατοχή ή μη κλιματιστικού, η παρουσία διαρροής ή υγρασίας κλπ.

3.5 Δείκτης AFCP (After fuel cost poverty)

Ο δείκτης AFCP, ο οποίος προτάθηκε επίσης από τον Hill και την ερευνητική του ομάδα, ορίζει την ενεργειακή φτώχεια ως την κατάσταση στην οποία το καθαρό εισόδημα του νοικοκυριού (αφού έχουν αφαιρεθεί οι ενεργειακές δαπάνες και οι δαπάνες στέγασης) είναι χαμηλότερο από το 60% του διάμεσου καθαρού εισοδήματος όλων των νοικοκυριών.

$$AFCP = \left[\frac{\text{Ετήσιο καθαρό εισόδημα} - \text{Ετήσιες ενεργειακές δαπάνες} - \text{Ετήσια έξοδα στέγασης}}{\text{Διάμεσο εισόδημα}} \right] < 60\% \quad (7)$$

Ο δείκτης AFCP στηρίχτηκε στον δείκτη LIHC λαμβάνοντας υπόψη μόνο το εισοδηματικό όριο (όχι το ενεργειακό) δηλαδή την εξίσωση (3) με την διαφορά όμως ότι συνυπολογίζει στις μετρήσεις τα έξοδα στέγασης των νοικοκυριών.

Επιπλέον παρατηρείται από την εξίσωση που περιγράφει τον δείκτη AFCP ότι είναι ίδιος με τον δείκτη MIS δηλαδή την εξίσωση (4) με μόνη διαφορά τον ορισμό των ορίων φτώχειας.

Στην περίπτωση του MIS χρησιμοποιείται για όριο MIS το ελάχιστο εισόδημα που πρέπει να έχει ένα νοικοκυριό προκειμένου να εξασφαλίσει τις απαραίτητες ευκαιρίες και επιλογές για να συμμετέχει στην κοινωνία. Στην περίπτωση του AFCP σαν όριο φτώχειας χρησιμοποιείται το 60% του διάμεσου εισοδήματος (το όριο του «κινδύνου φτώχειας» όπως χρησιμοποιείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση).

Το κύριο πλεονέκτημα αυτού του δείκτη είναι ότι αναγνωρίζει το κόστος στέγασης, αλλά έχει το μειονέκτημα να ταξινομεί σχεδόν όλα τα νοικοκυριά με πολύ χαμηλό εισόδημα ως ενεργειακά φτωχά, ανεξάρτητα από τις ενεργειακές τους ανάγκες. Επιπλέον, για τον υπολογισμό του δείκτη αυτού δεν λαμβάνεται υπόψη η ενεργειακή απόδοση των νοικοκυριών, γεγονός που δεν επιτρέπει περιθώρια μείωσης της ενεργειακής φτώχειας της εκάστοτε χώρας/περιοχής.

Από μελέτη που έγινε στην Ισπανία και τα Κανάρια Νησιά, τα Κανάρια Νησιά παρουσίασαν πολύ χαμηλότερα επίπεδα ενεργειακής φτώχειας από την Ισπανία για τους δείκτες 10%, 2M και LIHC, αλλά σημαντικά υψηλότερα στις περιπτώσεις του AFCP και του MIS. Οι δείκτες των Καναρίων Νήσων ήταν πάνω από τον ισπανικό μέσο όρο για τους δείκτες AFCP και MIS με μέση διαφορά 4,2 ποσοστιαίων μονάδων, ενώ ήταν χαμηλότερες για τους δείκτες LIHC, 2M και 10% με μέση διαφορά -7,0 ποσοστιαίες μονάδες. Η διαφορά αυτή θα μπορούσε να οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο στο δείκτη AFCP όσο και στο δείκτη MIS, το καθαρό εισόδημα ανά νοικοκυριό είχε κυρίως βαρύτητα όταν ήρθε η ώρα να καθοριστεί εάν ένα νοικοκυριό είναι φτωχό ενεργειακά [16].

3.6 Δείκτης EEPI (European Energy Poverty Index)

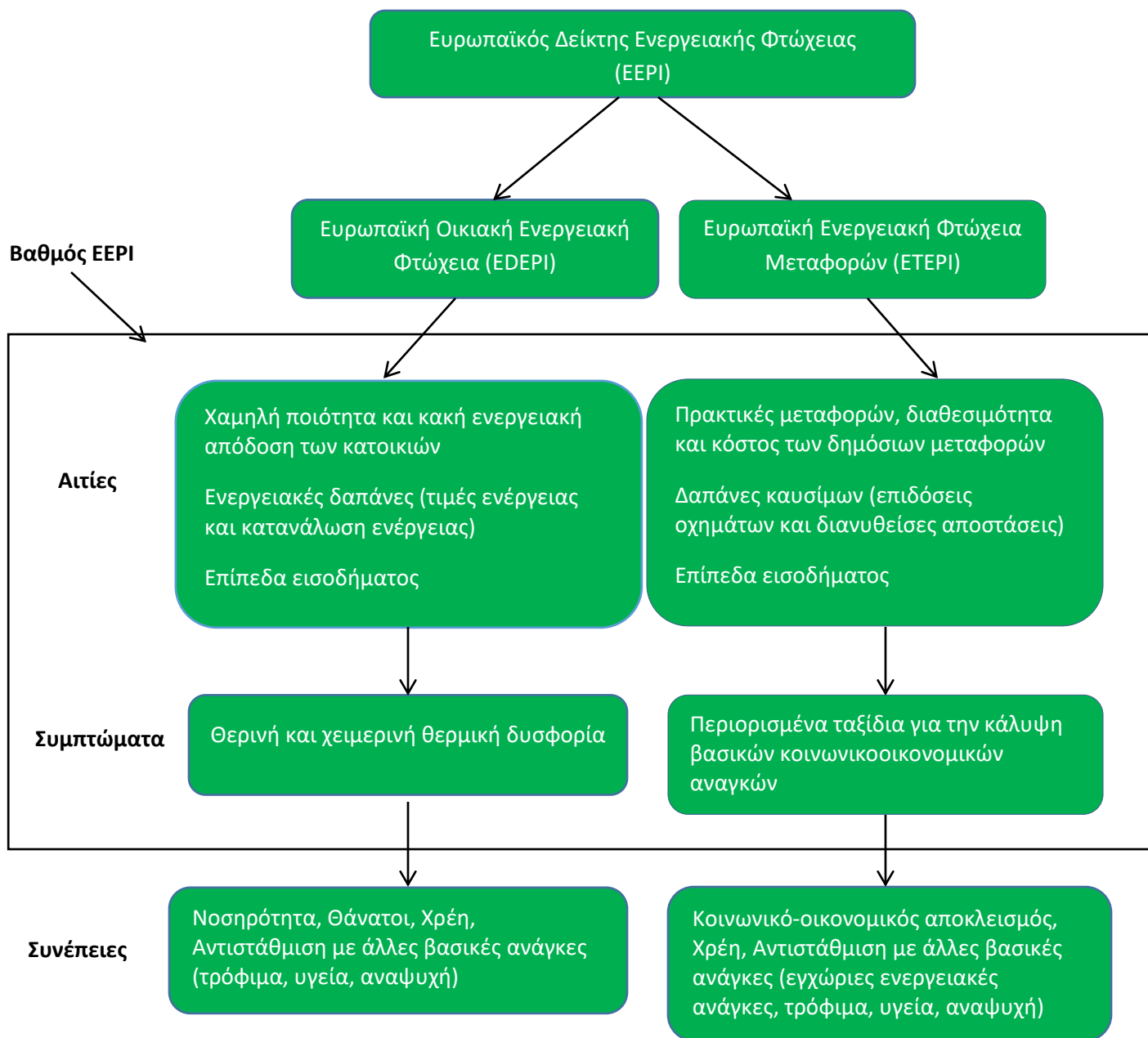
Ο Ευρωπαϊκός Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας (EEPI) είναι ένας σύνθετος δείκτης ο οποίος βαθμολογεί και κατατάσσει την πρόοδο των κρατών μελών όσον αφορά την ανακούφιση τους από την ενεργειακή ένδεια στον οικιακό τομέα και στις μεταφορές, καθώς και τον συνδυασμό τους. Το EEPI απαρτίζεται από δύο υπό-δείκτες, τον υπό-δείκτη Ευρωπαϊκή Οικιακή Ενεργειακή Φτώχεια (EDEPI) και τον υπό-δείκτη Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Φτώχεια Μεταφορών (ETEPI). Η βαθμολογία EEPI υπολογίζεται, για το πρώτο εισοδηματικό πεμπτημόριο (χαμηλότερο επίπεδο εισοδήματος) ως ο γεωμετρικός μέσος των EDEPI και ETEPI. Όσο μεγαλύτερη είναι η βαθμολογία, τόσο καλύτερη είναι η απόδοση της χώρας.

Η ενεργειακή φτώχεια είναι ένα σύνθετο και πολυδιάστατο φαινόμενο στο σταυροδρόμι πολλών επιστημονικών κλάδων και τομέων πολιτικής. Η οικιακή και η ενεργειακή φτώχεια μεταφορών είναι δύο όψεις της. Οι πολίτες με το εισόδημα του πρώτου πεμπτημορίου, ιδίως εκείνοι που ζουν σε περιαστικές και αγροτικές περιοχές, διατρέχουν σημαντικό κίνδυνο να αντιμετωπίσουν τόσο την οικιακή όσο και τη μεταφορική ενεργειακή φτώχεια. Η οικιακή ενεργειακή φτώχεια αυξάνει τον κίνδυνο μακροχρόνιων προβλημάτων υγείας που μπορεί να οδηγήσουν σε πρόωρους θανάτους. Η ενεργειακή φτώχεια στον τομέα των μεταφορών αυξάνει τον κίνδυνο κοινωνικοοικονομικού αποκλεισμού, ιδίως στην περίπτωση ηλικιωμένων ή/και ατόμων με ειδικές ανάγκες που δεν μπορούν να οδηγήσουν, να χρησιμοποιήσουν δημόσια μέσα μεταφοράς, να βαδίσουν για να καλύψουν τις βασικές κοινωνικό - οικονομικές του ανάγκες όπως εργασία, αναψυχή, υγεία και εκπαίδευση.

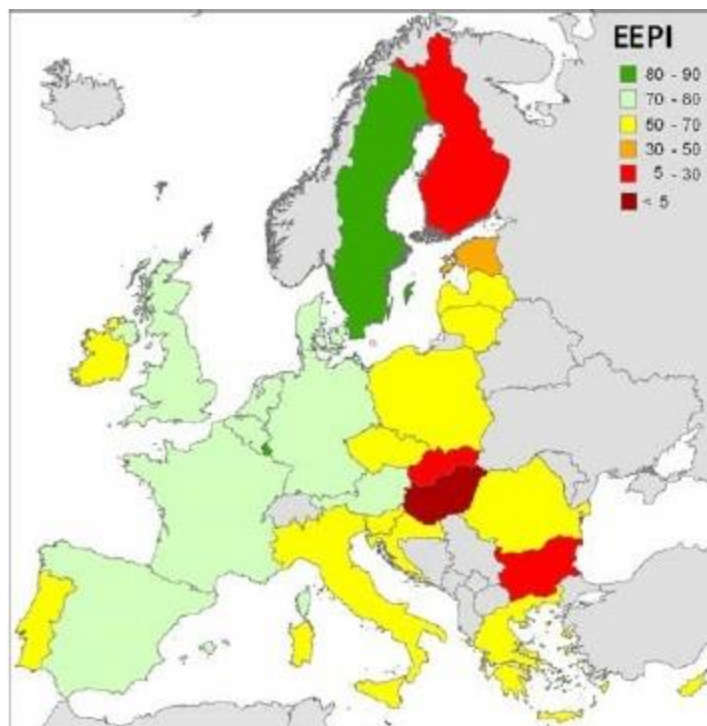
Η μέτρηση της προόδου που έχει σημειωθεί όσον αφορά την άμβλυνση όλων των διαστάσεων της ενεργειακής φτώχειας δεν είναι απλή, ιδίως εάν απαιτούνται αναλύσεις μεταξύ χωρών. Οι κοινές μετρήσεις που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των επιπέδων ενεργειακής φτώχειας αντιμετωπίζουν ξεχωριστά τις διαστάσεις της ενεργειακής φτώχειας. Ενώ αυτοί οι δείκτες είναι χρήσιμοι για να κατανοήσουμε την πρόοδο που έχει σημειωθεί στην ανακούφιση κάθε διάστασης ξεχωριστά, η πολυδιάστατη ενεργειακή φτώχεια δεν αποτυπώνεται από τις υπάρχουσες μετρήσεις. Ως εκ τούτου, απαιτείται ένας σύνθετος δείκτης για την παρακολούθηση και την κατανόηση της προόδου που σημειώνουν τα κράτη μέλη όσον αφορά την ανακούφιση της ενεργειακής φτώχειας, όταν λαμβάνονται υπόψη όλες οι διαστάσεις της. Ο δείκτης ΕΕΠΙ αντιμετωπίζει αυτό το κενό δεδομένων και δημιουργεί ένα περιβάλλον στο οποίο όλες οι διαστάσεις της φτώχειας τόσο στις μεταφορές όσο και στην οικιακή ενεργειακή φτώχεια μπορούν να αξιολογούνται συνεχώς.

Το πλαίσιο του δείκτη ΕΕΠΙ επιτρέπει τον υπολογισμό τριών μετρήσεων:

- του συνολικού δείκτη ΕΕΠΙ
- του ευρωπαϊκού υπό δείκτη της οικιακής ενεργειακής φτώχειας (ΕΔΕΠΙ) και
- του ευρωπαϊκού υπό δείκτη της ενεργειακής φτώχειας στις μεταφορές (ΕΤΕΠΙ).



Εικόνα 5 Το πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας (ΕΕΡΙ).



Εικόνα 6 Η πρόοδος των κρατών μελών όσον αφορά την ανακούφιση κάθε κράτους μέλους από την ενεργειακή φτώχεια (οικιακή και μεταφορών)[17].

3.6.1 Υπό-δείκτης ΕΔΕΠΙ

Η βαθμολογία ΕΔΕΠΙ υπολογίζεται ως γεωμετρικός μέσος των συμπληρωματικών μετρήσεων που αξιολογούν τις αιτίες και τα συμπτώματα της οικιακής ενεργειακής ένδειας, συμπεριλαμβανομένων:

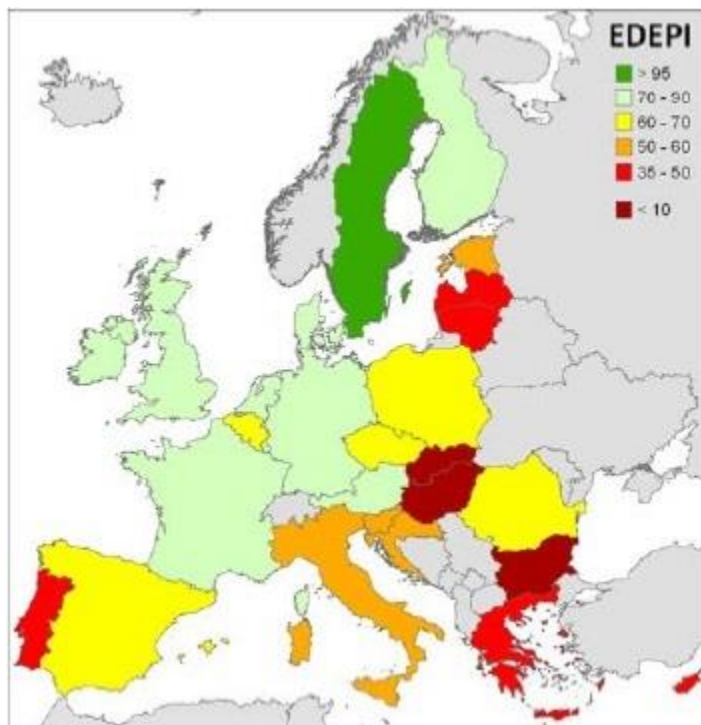
- του μεριδίου των ενεργειακών δαπανών από τις συνολικές δαπάνες,
- του μεριδίου των πολιτών της πρώτης κατηγορίας εισοδήματος που δεν μπορούν να διατηρήσουν τα σπίτια τους ζεστά το χειμώνα,
- του μεριδίου των πολιτών της πρώτης κατηγορίας εισοδήματος που δεν μπορούν να διατηρήσουν τα σπίτια τους δροσερά το καλοκαίρι,
- καθώς και του μεριδίου των πολιτών της πρώτης κατηγορίας εισοδήματος που ζουν σε κατοικίες με στέγες που διαρρέουν, σάπιους τοίχους και χαλασμένα κουφώματα.

Ο βαθμός ΕΔΕΠΙ κατατάσσει τα κράτη μέλη βάσει της προόδου τους όσον αφορά την ανακούφιση από την εγχώρια ενεργειακή φτώχεια. Παρά τις σημερινές ελλείψεις όσον αφορά την αξιολόγηση της ενεργειακής ένδειας κατά το καλοκαίρι (το 2012 είναι το μόνο έτος για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία), η έκδοση ΕΔΕΠΙ του 2018 συνδυάζει κοινά μέτρα που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της προόδου που έχει επιτευχθεί όσον αφορά την ανακούφιση τόσο της θερινής όσο και της χειμερινής εγχώριας ενεργειακής ένδειας. Στόχος

είναι να τονιστεί η σημασία της θερινής εγχώριας ενεργειακής ένδειας, ιδίως με τα αναμενόμενα κύματα καύσιωνα που μπορεί να προκύψουν από την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Οι παράγοντες οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της EDEPI καλύπτουν όλες τις αιτίες της εγχώριας ενεργειακής φτώχειας που εξετάζονται στην αναδιατύπωση της οδηγίας για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τα συμπτώματα της οικιακής ενεργειακής φτώχειας που περιγράφονται στη βιβλιογραφία. "Το χαμηλό εισόδημα, οι υψηλές ενεργειακές δαπάνες και η χαμηλή ενεργειακή απόδοση των κατοικιών" είναι οι τρεις σχετικοί παράγοντες που η αναδιατύπωση της οδηγίας για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας προτείνει στα κράτη μέλη να εξετάσουν κατά τον σχεδιασμό δεικτών για τη μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας.

Αυτοί οι τρεις παράγοντες αντικατοπτρίζονται από το μερίδιο των ενεργειακών δαπανών προς τις συνολικές δαπάνες. Επιπλέον μετρήσεις που λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό του EDEPI περιλαμβάνουν την ποιότητα των κατοικιών, στέγες που διαρρέουν, υγρούς τοίχους και σαπισμένα κουφώματα, καθώς και την αδυναμία να διατηρηθούν τα σπίτια ζεστά το χειμώνα και άνετα δροσερά το καλοκαίρι [17].



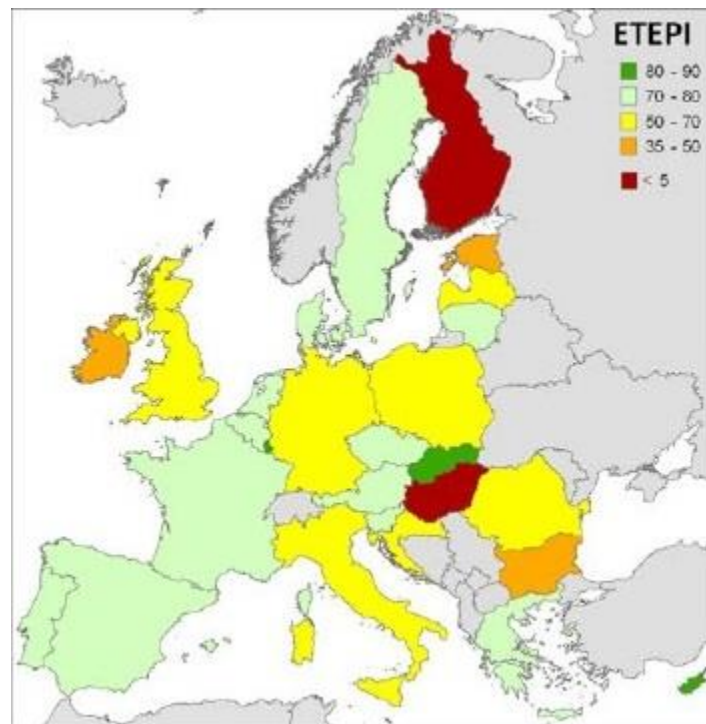
Εικόνα 7 Η πρόοδος των κρατών μελών όσον αφορά την ανακούφιση της ενεργειακής φτώχειας στον οικιακό τομέα [17].

3.6.2 Υπό-δείκτης ΕΤΕΡΠ

Η βαθμολογία του ΕΤΕΡΠ υπολογίζεται ως γεωμετρικός μέσος των συμπληρωματικών μετρήσεων που αξιολογούν κάποιες από τις αιτίες της ενεργειακής ένδειας των μεταφορών, συμπεριλαμβανομένων:

- του μεριδίου των δαπανών για την ενέργεια των μεταφορών για τους πολίτες που κατέχουν αυτοκίνητα,
- του μεριδίου των πολιτών με το πρώτο εισοδηματικό πεμπτημόριο που δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν στις δημόσιες συγκοινωνίες,
- καθώς και του μεριδίου των πολιτών με το πρώτο εισοδηματικό πεμπτημόριο με περιορισμένη πρόσβαση στις δημόσιες συγκοινωνίες.

Λόγω της έλλειψης στοιχείων, ο υπολογισμός του δείκτη ΕΤΕΡΠ στηρίζεται μόνο στα αίτια της ενεργειακής φτώχειας (και όχι στα συμπτώματα, δηλαδή τον περιορισμό των ταξιδιών για την κάλυψη βασικών κοινωνικοοικονομικών αναγκών, όπως δείχνει η εικόνα 5).



Εικόνα 8 Πρόοδος των κρατών μελών όσον αφορά την ανακούφιση της ενεργειακής φτώχειας ως προς τις μεταφορές[17].

Ο δείκτης ΕΤΕΡΠ κατατάσσει τα κράτη μέλη με βάση τις βαθμολογίες που προκύπτουν σε σχέση με την πρόοδο που έχει επιτευχθεί για την άμβλυση της ενεργειακής ένδειας των μεταφορών. Ωστόσο, δεδομένων των τρεχουσών ελλείψεων όσον αφορά την αξιολόγηση όλων των

διαστάσεων της ενεργειακής ένδειας των μεταφορών, η έκδοση του ΕΤΕΡΙ του 2018 καταγράφει μόνο λίγες από τις αιτίες και κανένα από τα συμπτώματα της ενεργειακής ένδειας των μεταφορών που αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Έτσι, η αξιοπιστία της βαθμολογίας και της κατάταξης του ΕΤΕΡΙ είναι χαμηλή σε σύγκριση με τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό του ΕΔΕΡΙ. Η βαθμολογία του ΕΤΕΡΙ περιλαμβάνεται στην παρούσα έκθεση για να αποτελέσει σημείο εκκίνησης και για να αυξηθεί η ευαισθητοποίηση σχετικά με την έλλειψη στοιχείων για την καλύτερη αξιολόγηση της προόδου που έχει επιτευχθεί όσον αφορά την άμβλυση της ενεργειακής ένδειας των μεταφορών [17].

3.7 Δείκτης CEPI 1 (Compound Energy Poverty Indicator)

Βάσει ενός συνδυασμού διαφορετικών δεικτών που βασίζονται στο εισόδημα, ο Μεντόζα και η ερευνητική του ομάδα πρότειναν ένα νέο δείκτη, που ονομάζεται «Σύνθετος δείκτης ενεργειακής φτώχειας» (compound energy poverty indicator CEPI). Ο δείκτης αυτός είναι αποτέλεσμα ενός συνδυασμού τριών δεικτών, του δείκτη 10%, του Low Income High Cost (LIHC) και του After Fuel Cost Poverty (AFCP) [16].

Ο προτεινόμενος «σύνθετος δείκτης ενεργειακής φτώχειας» (CEPI) ορίζεται από δύο εξισώσεις:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Ετήσιο καθαρό εισόδημα} - \\ \text{Ετήσιες ενεργειακές δαπάνες} - \\ \text{Ετήσια έξοδα στέγασης} \end{array} \right] < 60\% * \text{Διάμεσο εισόδημα} \quad (8)$$

Και:

$$\text{Ετήσιες ενεργειακές δαπάνες} \geq \min \left[\begin{array}{l} \text{Διάμεση τιμή των ενεργειακών δαπανών,} \\ 10\% * \text{Ετήσιο καθαρό εισόδημα} \end{array} \right] \quad (9)$$

Η εξίσωση 8 είναι η ίδια που περιγράφει και τον δείκτη AFCP (εξίσωση 7), ενώ η εξίσωση 9 είναι ένας συνδυασμός του ενεργειακού ορίου του δείκτη LIHC (εξίσωση 2) και του δείκτη 10% (εξίσωση 1).

Συνοπτικά, ενεργειακά φτωχά χαρακτηρίζονται τα νοικοκυριά:

- Τα νοικοκυριά των οποίων το καθαρό εισόδημα (αφού έχουν αφαιρεθεί τα έξοδα κατανάλωσης ενέργειας και τα έξοδα στέγασης) είναι κατώτερο του 60% του εθνικού διαμέσου όρου για το σύνολο των νοικοκυριών και
- Τα νοικοκυριά των οποίων η ενεργειακή δαπάνη είναι είτε υψηλότερη από την διάμεση ενεργειακή δαπάνη όλων των νοικοκυριών, είτε όχι χαμηλότερη από το 10% του εισοδήματός τους.

Ενώ δεν χαρακτηρίζονται ως ενεργειακά φτωχά:

- Τα νοικοκυριά που δαπανούν τουλάχιστον το 10% του εισοδήματός τους για την ενέργεια, αλλά δεν είναι εισοδηματικά φτωχά, δεδομένου ότι έχουν ένα μέσο έως υψηλό εισόδημα και
- Τα νοικοκυριά που κινδυνεύουν να είναι ενεργειακά φτωχά: με εισόδημα κάτω του 60% της εθνικής διάμεσης τιμής, αλλά των οποίων η ενεργειακή δαπάνη είναι χαμηλή.

Ο δείκτης CEPI εφαρμόστηκε για την ανάλυση της ενεργειακής φτώχειας στις Κανάριες Νήσους (αυτόνομη κοινότητα της Ισπανίας) και στην Ισπανία κατά τα έτη 2006-2016. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν για το δείκτη CEPI στην Ισπανία και στις Κανάριες Νήσους από το 2006 έως το 2016 παρουσιάζονται στην εικόνα 9. Οι Κανάριες Νήσοι παρουσίασαν τιμές κάτω από τις εθνικές (Ισπανίας) για όλα τα χρόνια. Τα ποσοστά που προέκυψαν για το LIHC ήταν χαμηλότερα από τα ποσοστά CEPI, τόσο για την Ισπανία (8,9% έναντι 10,8%, μέσος όρος ολόκληρης της περιόδου, έτη 2006-2011) όσο και για τις Κανάριες Νήσους (3,09% έναντι 6,4%). Αυτή η σημαντική διαφορά οφείλεται στην προσθήκη των νοικοκυριών που είναι φτωχά ενεργειακά σύμφωνα με το δείκτη AFPC (χαμηλό εισόδημα) και δαπανούν τουλάχιστον το 10% του εισοδήματός τους σε ενέργεια. Σε ορισμένες χρονιές το CEPI ήταν υπερδιπλάσιο του LIHC, ενώ στην Ισπανία η διαφορά δεν ξεπέρασε ποτέ το 30%. Αυτό σημαίνει ότι η μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας με τη χρήση του CEPI περιλαμβάνει μια ομάδα νοικοκυριών που έχει μεγάλο βάρος στις ιδιαίτερες συνθήκες του αρχιπελάγους [16].



Εικόνα 9 Τάση του δείκτη CEPI στην Ισπανία και στις Κανάριες Νήσους [16].

Αυτά τα αποτελέσματα του CEPI που μετρούν την ενεργειακή φτώχεια φάνηκαν να είναι πολύ πιο συνεκτικά από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους δείκτες που εξετάστηκαν μεμονωμένα (γεγονός που έδειξε λιγότερο ισχυρά αποτελέσματα για τους μεμονωμένους δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν). Ο δείκτης CEPI δεν ήταν μόνο μια ακριβέστερη εξίσωση, αλλά ξεπέρασε επίσης μερικά από τα σημαντικότερα προβλήματα που επηρεάζουν τους μεμονωμένους δείκτες: οι Κανάριες Νήσοι ήταν πιο φτωχοί ενεργειακά από την Ισπανία σύμφωνα με το δείκτη AFPC, δεδομένου ότι ο δείκτης αυτός μετρούσε κυρίως την εισοδηματική φτώχεια. Αντίθετα, τα ποσοστά ενεργειακής φτώχειας των Κανάριων νήσων σύμφωνα με το δείκτη LIHC ήταν τα χαμηλότερα από όλους τους δείκτες. Ο δείκτης 10% διατήρησε την ίδια τάση με την Ισπανία, χωρίς να αντιπροσωπεύει τον τρόπο με τον οποίο η κρίση είχε επηρεάσει τις Κανάριες Νήσους [16].

3.8 Δείκτης CEPI 2 (Compound Energy Poverty Indicator)

Σε μια πρόσφατα δημοσιευμένη μελέτη σχετικά με τη μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, προτάθηκε ο δείκτης CEPI. Πρόκειται για ένα βελτιωμένο συγκεντρωτικό δείκτη που αξιολογεί το φαινόμενο μέσω μιας ομοιόμορφης προσέγγισης μεταξύ των μελών της ΕΕ καθώς και ορισμένων γειτονικών κρατών.

Βασίζεται σε παρόμοιες προσπάθειες στο παρελθόν και αποτελεί ένα πρώτο βήμα για το σχεδιασμό ενός εύκολου και ομοιόμορφου μέτρου ενεργειακής φτώχειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διατομεακές αναλύσεις (ανάλογα με τη διαθεσιμότητα δεδομένων) και αποτυπώνεται στην εξίσωση 10.

$$CEPI = (0.3 * \text{Μη θερμό} + 0.2 * \text{Μη δροσερό} + 0.1 * \text{Σκοτεινό} + 0.2 * \text{Καθυστερήσεις} + 0.2 * \text{Διαρροές}) * 100 \quad (10)$$

Όπου:

Μη θερμό: ποσοστό των ανθρώπων που δεν μπορούν να κρατήσουν τα σπίτια τους επαρκώς ζεστά.

Μη δροσερό: μερίδιο του πληθυσμού που ζει σε μια κατοικία που δεν ψύχεται άνετα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Σκοτεινό: ποσοστό του πληθυσμού που θεωρεί την κατοικία τους πολύ σκοτεινή.

Καθυστερήσεις: ποσοστό των ατόμων που έχουν καθυστερούμενες οφειλές σε λογαριασμούς κοινής ωφέλειας.

Διαρροές: ποσοστό των ατόμων που ζουν σε ένα σπίτι με διαρροή στέγης, ή την παρουσία υγρασίας και σήψης (κακής ποιότητας κατοικίες είναι λιγότερο αποδοτικές, απαιτούν περισσότερη ενέργεια, η οποία συμβάλλει στην ενεργειακή φτώχεια).

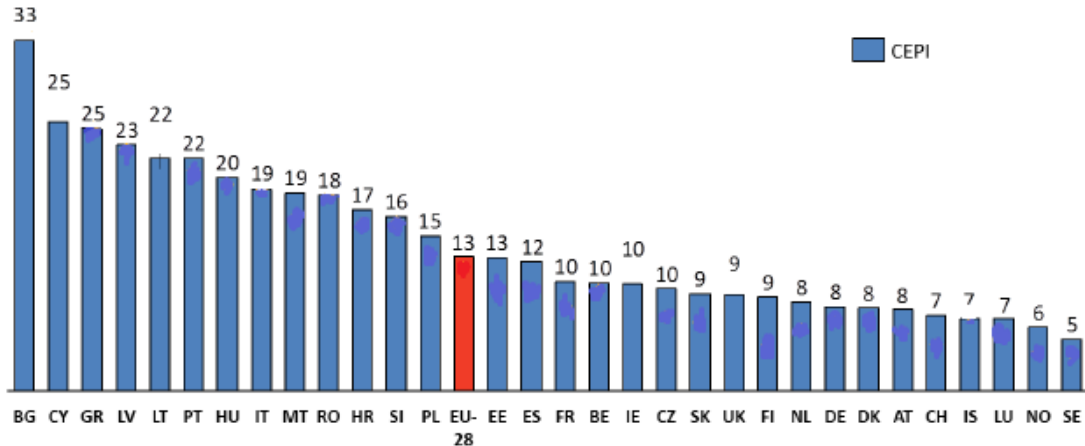
Σε κάθε έναν από τους πέντε δείκτες αποδίδεται ένας συντελεστής βαρύτητας με βάση τον αντίκτυπό του στην ενεργειακή φτώχεια και στην ποιότητα ζωής των νοικοκυριών. Οι συντελεστές βαρύτητας αποδόθηκαν από τους ερευνητές (στηριζόμενοι στη διαίσθησή τους) (Alexandru Maxim, Costica Mihai, Constantin-Marius Apostoiaie, Cristian Popescu, Costel Istrate and Ionel Bostan) [18].

Πίνακας 1 Συντελεστές βαρύτητας του σύνθετου δείκτη ενεργειακής φτώχειας CEPI [18].

Μεταβλητή	Συντελεστής βαρύτητας CEPI
Ανεπαρκείς συνθήκες διαβίωσης	0,6
Μη θερμό	0,3
Μη δροσερό	0,2
Σκοτεινό	0,1
Καθυστερήσεις λογαριασμών	0,2
Διαρροές	0,2

Ύστερα από εφαρμογή του δείκτη CEPI στα Ευρωπαϊκά κράτη προέκυψαν τα αποτελέσματα που φαίνονται στην εικόνα 10. Ο δείκτης CEPI δείχνει ότι η ενεργειακή φτώχεια είναι πιο διαδεδομένη στην Ανατολική και Νότια Ευρώπη, με τη Βουλγαρία να είναι η χώρα που έχει

πληγεί περισσότερο και τη Σουηδία το λιγότερο (εικόνα 10 – τα στοιχεία αναφέρονται στο 2012).



Εικόνα 10 Εφαρμογή του σύνθετου δείκτη ενεργειακής φτώχειας CEPI στα Ευρωπαϊκά κράτη [18].

Τα στοιχεία για τις πέντε συνιστώσες λήφθηκαν από την Eurostat και καλύπτουν και τα 28 κράτη μέλη της ΕΕ, καθώς και την Ελβετία, τη Νορβηγία και την Ισλανδία. Δεδομένου ότι τα στοιχεία για τον παράγοντα «Μη δροσερό» καλύπτουν μόνο το έτος 2012, αυτή είναι η χρονολογία αναφοράς που χρησιμοποιείται και για τους άλλους δείκτες. Μια πιο ενημερωμένη έκδοση του CEPI θα μπορούσε να υπολογιστεί υπό την προϋπόθεση ότι θα είναι διαθέσιμα νέα αξιόπιστα στοιχεία.

Ο δείκτης CEPI επιδιώκει να παράσχει μια τυποποιημένη μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας σε όλη την Ευρώπη. Ωστόσο, πρέπει να ληφθούν υπόψη για τα αποτελέσματα της ανάλυσης, το πλήθος των παραγόντων που καθορίζουν την ενεργειακή φτώχεια και το πλήθος των παραγόντων που την επηρεάζουν.

Αρχικά, η εφαρμογή ενιαίου συντελεστή βαρύτητας για το «Μη δροσερό» και το «Μη θερμό» σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες μπορεί να οδηγήσει σε μια υποτίμηση της ενεργειακής φτώχειας σε μέρη όπου αυτοί οι παράγοντες του δείκτη CEPI έχουν χαμηλότερο αντίκτυπο στα νοικοκυριά. Για παράδειγμα, η διατήρηση ενός σπιτιού άνετα δροσερό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού στην Ιρλανδία και το Ηνωμένο Βασίλειο είναι ένα ζήτημα πολύ λιγότερο ακριβό να αντιμετωπιστεί σε σύγκριση με τα κράτη της Νότιας Ευρώπης. Μια παρόμοια λογική μπορεί να εφαρμοστεί στην περίπτωση του «Μη θερμό» στην τελευταία κατηγορία χωρών. Για να επιτευχθεί αντικειμενική προσαρμογή των βαρών, αυτό θα πρέπει να πραγματοποιείται με βάση τις ιστορικές καταγεγραμμένες θερμοκρασίες (χρησιμοποιώντας συνδυασμό μέσης ετήσιας θερμοκρασίας καθώς και υψηλών/χαμηλών τιμών, όπως καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού/χειμώνα). Μια τέτοια προσέγγιση δεν έχει προσδιοριστεί στην

υπάρχουσα βιβλιογραφία και μπορεί να έχει διαφορετικά αποτελέσματα σε σύγκριση με εκείνα που εμφανίζονται στην εικόνα 10.

Ακόμη, οι συντελεστές βαρύτητας του δείκτη CEPI δεν λαμβάνουν άμεσα υπόψη το κόστος επίλυσης των ζητημάτων φωτισμού, θέρμανσης και ψύξης. Είναι σαφές ότι η εφαρμογή μιας κατάλληλης λύσης θέρμανσης για ένα νοικοκυριό είναι πολύ πιο δαπανηρή σε σύγκριση με την επίλυση του ζητήματος του ακατάλληλου φωτισμού. Αυτό το ζήτημα αντιμετωπίζεται εν μέρει με την κατοχή ενός μεγαλύτερου βάρους για το «Μη θερμό» και το «Μη δροσερό» έναντι του «Σκοτεινό». Ωστόσο, οι τιμές θα μπορούσαν να βελτιωθούν περαιτέρω λαμβάνοντας υπόψη το μέσο κόστος κύκλου ζωής (απόκτηση, εγκατάσταση, συντήρηση, λειτουργία και αποσυναρμολόγηση/αντικατάσταση για μια καθορισμένη χρονική περίοδο, όπως 40 έτη) μιας λύσης θέρμανσης, κλιματισμού και φωτισμού για ένα σπίτι.

Τέλος, όπως συζητήθηκε από τους Brunner, Spitzer και Christanell, η ενεργειακή φτώχεια μπορεί να είναι δύσκολο να προσδιοριστεί σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ., όταν οι άνθρωποι προσπαθούν να αποφύγουν το στίγμα να επισημαίνονται ως φτωχοί, όταν οι άνθρωποι έχουν συνηθίσει να ζουν σε συνθήκες που μπορεί να θεωρηθούν ως ανεπαρκείς από την κοινωνία γενικά, καθώς και άλλες καταστάσεις που εξαρτώνται από κοινωνικούς, πολιτιστικούς και ψυχολογικούς παράγοντες). Οι μακροοικονομικοί δείκτες και τα δεδομένα υψηλού επιπέδου, όπως αυτά που περιλαμβάνονται στο CEPI, δεν μπορούν να εντοπίσουν αυτές τις συγκεκριμένες καταστάσεις. Επομένως, εάν μια χώρα έχει χαμηλό δείκτη CEPI, αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι το επίπεδο της ενεργειακής φτώχειας είναι πολύ χαμηλό ή ασήμαντο.

Όπως προαναφέρθηκε, η εξέταση της βάσης δεδομένων της Eurostat με βάση τις προτάσεις που περιέγραψαν οι Pye, Dobbins, Baffert, Brajković, Grgurev, Miglio και Deane οδήγησε στον προσδιορισμό διαφόρων παραγόντων που μετρούν ορισμένους κινδύνους ή παράγοντες πίεσης που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την εξέλιξη του ζητήματος της ενεργειακής φτώχειας σε μια χώρα. Παρακάτω παρουσιάζεται λεπτομερής περιγραφή αυτών των δεικτών και εξετάζεται η σχέση που υπάρχει μεταξύ αυτών και του δείκτη CEPI.

Μετά από έρευνα της υπάρχουσας βιβλιογραφίας για το θέμα, έξι μεταβλητές επιλέχθηκαν ως παράγοντες πίεσης της ενεργειακής φτώχειας. Τα στοιχεία για ορισμένα από αυτά είναι διαθέσιμα απευθείας από την Eurostat, ενώ άλλα έχουν υπολογιστεί με βάση διάφορους δείκτες ή εναλλακτικές πηγές δεδομένων, καθώς και τη διαίσθηση των ερευνητών. Το τρέχον υπό-τμήμα παρέχει μια σύντομη περιγραφή κάθε δείκτη και παρουσιάζει την προσέγγιση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό ή την αποτίμησή τους [18].

1. Κατάσταση Ιδιοκτησίας (Μισθωτής)

Ο παράγοντας βασίζεται στην "Κατανομή του πληθυσμού κατά καθεστώς μονιμότητας" που παρέχει η Eurostat. Ο συνολικός πληθυσμός χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες που

υποδεικνύουν ποια ποσοστά (% των κατοίκων) είναι ιδιοκτήτες ή ενοικιαστές. Αυτό θεωρείται παράγοντας πίεσης λόγω του γεγονότος ότι οι ενοικιαστές είναι πολύ πιθανό να μην έχουν τα κίνητρα να επενδύσουν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της προσωρινής κατοικίας τους, οδηγώντας σε υψηλότερη από την απαραίτητη κατανάλωση ενέργειας και αυξημένο κίνδυνο της ενεργειακής φτώχειας. Επιπλέον, οι ιδιοκτήτες ενοικιαζόμενων κατοικιών είναι επίσης απίθανο να επενδύσουν σε βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης, εκτός εάν αυτές τους επιτρέψουν να παράγουν περισσότερα έσοδα από τους ενοικιαστές. Λαμβάνοντας υπόψη τα διαφορετικά επίπεδα κινδύνου που καθορίζονται από το καθεστώς μονιμότητας (που αναφέρθηκε παραπάνω), εκχωρούνται οι ακόλουθοι συντελεστές βαρύτητας για κάθε κατηγορία επιβατών:

- Ενοικιαστής με ενοίκιο σε τιμή αγοράς (% του πληθυσμού)-1
- Ενοικιαστής με ενοίκιο σε μειωμένη τιμή ή δωρεάν (% του πληθυσμού)-0,7
- Ιδιοκτήτης με υποθήκη ή δάνειο (% του πληθυσμού)-0,2
- Ιδιοκτήτης με καμία εκκρεμή υποθήκη ή στεγαστικό δάνειο (% του πληθυσμού)-0,1

Έτσι, η αποτίμηση του παράγοντα «Μισθωτής» βασίζεται σε ένα σταθμισμένο μέσο όρο όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$\text{Μισθωτής} = \frac{1 * \text{Ενοικιαστής1}}{2} + \frac{0,7 * \text{Ενοικιαστής2}}{2} + \frac{0,2 * \text{Ιδιοκτήτης1}}{2} + \frac{0,1 * \text{Ιδιοκτήτης2}}{2} \quad (11)$$

Όπου:

Ενοικιαστής1: το ποσοστό των ενοικιαστών με ενοίκιο σε τιμή αγοράς.

Ενοικιαστής2: το ποσοστό των ενοικιαστών με ενοίκιο σε μειωμένη τιμή.

Ιδιοκτήτης1: το ποσοστό των ιδιοκτητών με υποθήκη ή δάνειο.

Ιδιοκτήτης2: το ποσοστό των ιδιοκτητών με καμία εκκρεμή υποθήκη ή στεγαστικό δάνειο.

Δεδομένου ότι το άθροισμα των τεσσάρων μεταβλητών στην εξίσωση είναι 100 (που αντιπροσωπεύουν το 100% του πληθυσμού), πρέπει να γίνει διαίρεση των αποτελεσμάτων στάθμισης με το άθροισμα των βαρών ($\sum w_i = 2$). Αυτό διατηρεί την τιμή δείκτη στην περιοχή 0-100 για λόγους ερμηνείας. Λαμβάνοντας υπόψη την προσέγγιση αποτίμησης που συζητήθηκε παραπάνω, το αναμενόμενο θα ήταν ότι μια υψηλότερη αξία του μισθωτή μπορεί να συσχετιστεί με υψηλότερη αξία του CEPI. Έτσι, η αρχική υπόθεση που θα αντικρουστεί είναι: «δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ μισθωτή και CEPI».

2. Τύπος κατοικίας (Κατοικία)

Ο παράγοντας βασίζεται στην «Κατανομή του πληθυσμού ανά τύπο κατοικίας» που παρέχει η Eurostat. Ο συνολικός πληθυσμός χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες που υποδεικνύουν ποια ποσοστά (% των κατοίκων) κατοικούν σε ένα συγκεκριμένο είδος κατοικίας. Αυτό θεωρείται παράγοντας πίεσης της ενεργειακής φτώχειας λόγω του αναμενόμενου υψηλότερου κόστους θέρμανσης/ψύξης που συνδέεται με τις μονοκατοικίες σε σύγκριση με διάφορους τύπους ομαδοποιημένων κατοικιών λόγω της υψηλότερης έκθεσης στο περιβάλλον (που οδηγεί σε χαμηλότερη θερμική απόδοση). Δεδομένης της αυξημένης ανάγκης για κατανάλωση ενέργειας από μονοκατοικίες ή ημιανεξάρτητες κατοικίες, ο κίνδυνος της ενεργειακής φτώχειας θεωρείται υψηλότερος σε σύγκριση με τα διαμερίσματα ή άλλους τύπους κατοικιών (οι οποίες έχουν υψηλότερη θερμική απόδοση). Έτσι, οι τιμές των δεικτών υπολογίζονται με βάση τα βάρη για τους διάφορους τύπους κατοικιών, μια προσέγγιση παρόμοια με εκείνη που παρουσιάζεται για τον μισθωτή:

- Μονοκατοικία-1
- Ημιανεξάρτητη κατοικία-0,7
- Άλλα (που θεωρούνται περισσότερο παρόμοια με τα διαμερίσματα, αλλά λιγότερο αποδοτικά)-0,2
- Διαμέρισμα-0,1

Έτσι, η αποτίμηση του παράγοντα «Κατοικία» βασίζεται στο σταθμισμένο μέσο όρο όπως παρουσιάζεται παρακάτω:

$$\text{Κατοικία} = \frac{1 * \text{Μονοκατοικία}}{2} + \frac{0,7 * \text{Ημιανεξάρτητη κατοικία}}{2} + \frac{0,2 * \text{Άλλο}}{2} + \frac{0,1 * \text{Διαμέρισμα}}{2} \quad (12)$$

Όπου:

Μονοκατοικία: το ποσοστό των ανθρώπων που μένουν σε μονοκατοικία,

Ημιανεξάρτητη κατοικία: το ποσοστό των ανθρώπων που μένουν σε ημιανεξάρτητη κατοικία,

Άλλο: το ποσοστό των ανθρώπων που μένουν σε άλλα (που θεωρούνται περισσότερο παρόμοια με τα διαμερίσματα, αλλά λιγότερο αποδοτικά)

Διαμέρισμα: το ποσοστό των ανθρώπων που μένουν σε διαμέρισμα

Δεδομένου ότι το άθροισμα των τεσσάρων μεταβλητών στην εξίσωση είναι 100 (που αντιπροσωπεύουν το 100% του πληθυσμού), γίνεται διαίρεση των αποτελεσμάτων στάθμισης με το άθροισμα των βαρών ($\sum w_i = 2$). Αυτό διατηρεί την τιμή δείκτη στην περιοχή 0-100 για λόγους ερμηνείας. Λαμβάνοντας υπόψη την προσέγγιση αποτίμησης που συζητήθηκε

παραπάνω, αναμένεται ότι μια υψηλότερη αξία της κατοικίας μπορεί να συσχετιστεί με μια υψηλότερη αξία του CEPI. Έτσι, η αρχική υπόθεση που θα αντικρουστεί είναι: «δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ κατοικίας και CEPI».

3. Άτομα που διατρέχουν κίνδυνο φτώχειας ή κοινωνικού αποκλεισμού

Ο παράγοντας αυτός βασίζεται στα «άτομα που διατρέχουν κίνδυνο φτώχειας ή κοινωνικού αποκλεισμού» που παρέχει απευθείας η Eurostat. Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ενός από τους πέντε πρωταρχικούς στόχους των βασικών δεικτών «Ευρώπη 2020» (μέρος της στρατηγικής «Ευρώπη 2020») και υπολογίζεται συνδυάζοντας τρεις ειδικές κοινωνικές συνθήκες: ποσοστό του πληθυσμού που κινδυνεύει από τη φτώχεια μετά τις κοινωνικές μεταβιβάσεις (εισοδηματική φτώχεια), ποσοστό πληθυσμού που στερείται σοβαρά και ποσοστό πληθυσμού που ζει σε νοικοκυριά με πολύ χαμηλή ένταση εργασίας. Ο δείκτης αυτός επελέγη ως παράγοντας πίεσης της ενεργειακής φτώχειας, δεδομένης της ήδη καθιερωμένης σχέσης μεταξύ του «κινδύνου φτώχειας» και της ενεργειακής φτώχειας. Επιλέχθηκε ο ευρύτερος δείκτης «Άτομα που διατρέχουν κίνδυνο φτώχειας ή κοινωνικού αποκλεισμού», δεδομένης της υψηλότερης σημασίας του σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Όσον αφορά την ερμηνεία, αναμένεται ότι ένας μεγαλύτερος αριθμός ατόμων που διατρέχουν κίνδυνο φτώχειας συνδέεται με υψηλότερη τιμή του δείκτη CEPI. Όπως συνέβη και με τους προηγούμενους δείκτες, η αρχική υπόθεση που θα αντικρουστεί είναι: «δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ατόμων που διατρέχουν κίνδυνο φτώχειας και CEPI».

4. Απόδοση συστήματος θέρμανσης

Ο παράγοντας αυτός βασίζεται στο «Μερίδιο κατοικιών με συστήματα κεντρικής θέρμανσης (συλλογική και ατομική θέρμανση)» που παρέχει η Enerdata στο πλαίσιο του έργου ENTRANZE (συγχρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Ευφυής Ενέργεια στην Ευρώπη). Ο δείκτης ομαδοποιεί τις κατοικίες σε τέσσερις ομάδες, ανάλογα με τον τύπο του συστήματος θέρμανσης που χρησιμοποιούν: ατομική κεντρική θέρμανση, συλλογική κεντρική θέρμανση (εκτός από την τηλεθέρμανση), τηλεθέρμανση και θέρμανση δωματίου. Η επιλογή του ως συντελεστή πίεσης της ενεργειακής φτώχειας βασίζεται στο γεγονός ότι τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης έχουν καλύτερη ενεργειακή απόδοση σε σύγκριση με τη θέρμανση δωματίων. Δεδομένου ότι δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία για τρία κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι τιμές των δεικτών υπολογίστηκαν ως μέσος όρος για χώρες με παρόμοιο πολιτιστικό ή/και γεωγραφικό πλαίσιο. Συγκεκριμένα, η τιμή για το Βέλγιο υπολογίστηκε ως μέσος όρος χρήσης θέρμανσης δωματίου στις Κάτω Χώρες και το Λουξεμβούργο, για την Εσθονία χρησιμοποιήθηκε η Λετονία και η Λιθουανία και για την Πορτογαλία χρησιμοποιήθηκε η Ισπανία, η Ιταλία και η Ελλάδα. Αναμένεται ότι υπάρχει άμεση

σχέση μεταξύ του παράγοντα «Απόδοση συστήματος θέρμανσης» και του δείκτη CEPI, πράγμα που σημαίνει ότι η αρχική υπόθεση «δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης συστήματος θέρμανσης και του CEPI» θα διαψευστεί.

5. Οικιακή κατανάλωση ενέργειας

Ο παράγοντας αυτός υπολογίζεται ως ο λόγος μεταξύ της ετήσιας οικιακής κατανάλωσης ενέργειας (όλες οι μορφές ενέργειας που μετατρέπονται σε GigaJoules) που αναφέρονται για κάθε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του προβλεπόμενου μεγέθους του πληθυσμού που αναφέρεται επίσης από την Eurostat σε επίπεδο χώρας. Αρχικά, έγινε προσπάθεια να προσαρμοστεί ο συνολικός πληθυσμός ώστε να αντικατοπτρίζει καλύτερα τον οικιστικό πληθυσμό, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της έλλειψης στέγης. Ωστόσο, οι προσαρμογές δεν έγιναν λόγω της έλλειψης αξιόπιστων στοιχείων καθώς και της περιορισμένης σημασίας των στρεβλωτικών παραγόντων (π.χ. η έλλειψη στέγης επηρεάζει περίπου το 0,01%-0,43% του πληθυσμού σύμφωνα με την Eurostat). Όπως συζητήθηκε από τους Pye, Dobbins, Baffert, Brajkonić, Grgurev, Miglio και Deane, ένα υψηλότερο επίπεδο κατανάλωσης ενέργειας αυξάνει την ευπάθεια των νοικοκυριών στις αυξήσεις των τιμών και θα μπορούσε έτσι να συσχετιστεί με υψηλότερο κίνδυνο ενεργειακής φτώχειας. Η αρχική υπόθεση που θα διαψευστεί είναι: «δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της οικιακής κατανάλωσης ενέργειας και του CEPI».

6. Προσιτή ενέργεια

Συμπεριλήφθηκε στην ανάλυση προκειμένου να συγκριθεί ο εθνικός κίνδυνος της ενεργειακής φτώχειας που δημιουργείται από τους κατοίκους που δεν είναι σε θέση να αγοράσουν επαρκή ποσότητα ενέργειας (είτε λόγω χαμηλών εισοδημάτων είτε λόγω υψηλών τιμών ενέργειας). Αυτός ο πρόσφατα προτεινόμενος παράγοντας υπολογίζει πόσες μονάδες ενέργειας (με τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας ή/και φυσικού αερίου, ανάλογα με τη χώρα) μπορούν να αγοραστούν από ένα μέσο ισοδύναμο εισόδημα νοικοκυριού σε κάθε κράτος· υψηλότερες τιμές (μονάδες ενέργειας) αναμένεται να σχετίζονται με χαμηλότερο κίνδυνο ενεργειακής φτώχειας, καθώς η οικονομική αδυναμία αγοράς επαρκούς ενέργειας είναι ο βασικός ορισμός της ενεργειακής φτώχειας. Τα στοιχεία της Eurostat δείχνουν ότι η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο είναι δύο μορφές ενέργειας που απαντώνται συχνότερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση για οικιακή χρήση. Ετήσια και εξαμηνιαία στοιχεία για τις τιμές και την κατανάλωση είναι διαθέσιμα για κάθε κράτος μέλος. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο κόστος ανά μονάδα ενέργειας (kWh) για ένα μέσο νοικοκυριό και περιλαμβάνουν όλους τους φόρους και τις εισφορές, προκειμένου να υπάρχει ακριβέστερη σύγκριση μεταξύ των χωρών από την άποψη του τελικού χρήστη. Όσον αφορά το εισόδημα, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί το μέσο

ισοδύναμο καθαρό εισόδημα ανά νοικοκυριό. Τα ισοδύναμα εισοδήματα (που συζητήθηκαν επίσης στα προηγούμενα τμήματα) χρησιμοποιούνται συχνά στη μελέτη της ενεργειακής φτώχειας και θεωρείται ότι παρέχουν μια ακριβέστερη μέτρηση του εισοδήματος των νοικοκυριών. Τόσο το εισόδημα όσο και οι τιμές της ενέργειας εκφράζονται σε ευρώ. Για τον υπολογισμό της οικονομικής προσιτότητας της ενέργειας, διαιρείται το μέσο ισοδύναμο καθαρό εισόδημα ανά νοικοκυριό με τη μέση τιμή για μία μονάδα (kWh) ενέργειας, όπως φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$\text{Afford} = \frac{I_h}{P_{en}} \quad (13)$$

Όπου:

I_h : Μέσο καθαρό εισόδημα νοικοκυριού (€)

P_{en} : Μέση τιμή μονάδας ενέργειας (€/kWh)

Η μέση τιμή της ενέργειας υπολογίζεται με βάση τις μέσες ετήσιες τιμές για την ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο, λαμβάνοντας υπόψη το μερίδιο κάθε "τύπου καυσίμου" στη συνολική οικιακή κατανάλωση. Σκοπός της προσαρμογής αυτής είναι να αποφευχθεί η υπερεκτίμηση ή η υποτίμηση της σημασίας των τιμών του φυσικού αερίου ή της ηλεκτρικής ενέργειας στην ειδική αγορά κάθε κράτους μέλους.

$$P_{en} = r_{gas} * P_{gas} + r_{el} * P_{el} = \frac{Cons_{gas}}{Cons_{gas} + Cons_{el}} * P_{gas} + \frac{Cons_{el}}{Cons_{gas} + Cons_{el}} * P_{el} \quad (14)$$

Όπου:

$r_{gas/el}$: Ποσοστό κατανάλωσης αερίου και ρεύματος

$Cons_{gas/el}$: Κατανάλωση αερίου, ρεύματος (kWh)

$P_{gas/el}$: Τιμή αερίου, ρεύματος (€/kWh)

Η αξία του παράγοντα «Προσιτή ενέργεια» δείχνει πόσες μονάδες ενέργειας (kWh) συγκεκριμένης χώρας μπορεί να αντέξει οικονομικά να αγοράσει ένα μέσο νοικοκυριό σε κάθε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο συντελεστής πίεσης «Προσιτή ενέργεια» συσχετίζεται αντιστρόφως με το CEPI με την έννοια ότι όσο λιγότερη ενέργεια μπορεί να αποκτήσει το μέσο νοικοκυριό, τόσο υψηλότερος είναι ο κίνδυνος ενεργειακής φτώχειας σε εθνικό επίπεδο.

Δεδομένου ότι αρκετά ευρωπαϊκά κράτη προσπαθούν να αξιολογήσουν τη σοβαρότητα του ζητήματος και να το αντιμετωπίσουν παρέχοντας στήριξη σε όσους επλήγησαν περισσότερο, η αρχική εστίαση δόθηκε στον σχεδιασμό ενός μέσου που μπορεί να βοηθήσει εν προκειμένω. Το αποτέλεσμα ήταν ο σύνθετος δείκτης ενεργειακής φτώχειας CEPI. Ο δείκτης αυτός βασίζεται στην υπάρχουσα έρευνα, αλλά παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη και σύνθετη αξιολόγηση της ενεργειακής φτώχειας σε εθνικό επίπεδο. Όπως προκύπτει από την εικόνα 10, η Ανατολική Ευρώπη, καθώς και ορισμένα νότια, κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης πλήττονται περισσότερο από την ενεργειακή φτώχεια, ενώ χώρες όπως η Σουηδία, το Λουξεμβούργο, η Νορβηγία και η Αυστρία πλήττονται λιγότερο. Παρέχοντας μια τυποποιημένη μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας σε ολόκληρη την Ευρώπη, το CEPI έχει ορισμένους περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως το να μην είναι σε θέση να περιγράψει τις «κρυφές» επιπτώσεις της ενεργειακής φτώχειας και να χρησιμοποιήσει ένα τυποποιημένο βάρος για την έλλειψη επαρκούς ψύξης/θέρμανσης ανεξάρτητα από το συγκεκριμένο εθνικό κλίμα [18].

3.9 Δείκτης MEPI (Multidimensional Energy Poverty Index)

Αναπαράγοντας το έργο του Nussbaumer (2011) στο πλαίσιο των Φιλιππίνων, έγινε υπολογισμός ενός πολυδιάστατου δείκτη ενεργειακής φτώχειας Multidimensional Energy Poverty Index (MEPI) χρησιμοποιώντας επτά υπό-δείκτες ενεργειακής φτώχειας. Οι δείκτες αυτοί περιλαμβάνουν :

- την πρόσβαση στο φως (κύρια ηλεκτρική ενέργεια ή πηγή από το δίκτυο)·
- πρόσβαση σε σύγχρονα καύσιμα μαγειρέματος·
- πρόσβαση σε καθαρό αέρα (σπίτι χωρίς ρύπανση σε εσωτερικούς χώρους)· και
- πρόσβαση σε οικιακές ανέσεις όπως ψύξη, αναψυχή, επικοινωνία και ψύξη χώρου.

Ουσιαστικά, ο δείκτης MEPI περιλαμβάνει το σύνολο των ενεργειακών στερήσεων που μπορεί να επηρεάσουν ένα άτομο ή ένα νοικοκυριό. Αποτελείται από πέντε διαστάσεις (μαγείρεμα, φωτισμός, ψύξη, ψυχαγωγία, επικοινωνία) που αντιπροσωπεύουν βασικές ενεργειακές υπηρεσίες με επτά δείκτες. Ένα άτομο ή νοικοκυριό αναγνωρίζεται ως φτωχό σε ενέργεια εάν ο συνδυασμός των στερήσεων που αντιμετωπίζει υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο όριο : ένα νοικοκυριό πρέπει να στερηθεί τουλάχιστον το 50% των σταθμισμένων επτά δεικτών για να θεωρηθεί πολυδιάστατα φτωχό. Ο δείκτης MEPI είναι το προϊόν μιας αναλογίας προσώπων (ποσοστό ατόμων που χαρακτηρίζονται ως ενεργειακά φτωχά) και της μέσης έντασης στέρησης των ενεργειακά φτωχών.

Οι διάφορες διαστάσεις που περιγράφουν τη στέρηση των ενεργειακών ανέσεων των νοικοκυριών μεταξύ των περιφερειών των Φιλιππίνων εξετάζονται στον παρακάτω πίνακα. Οι διαστάσεις και οι δείκτες αντιπροσωπεύουν τη στέρηση των νοικοκυριών σε ανέσεις που σχετίζονται με την ενέργεια.

Πίνακας 2 Δείκτες και διαστάσεις στέρησης των ενεργειακών ανέσεων των νοικοκυριών [20].

Δείκτες	Συνθήκη	Συντελεστής Βαρύτητας [20]
Μαγείρεμα : Σύγχρονα καύσιμα μαγειρέματος	Οποιαδήποτε χρήση καυσίμων εκτός από την ηλεκτρική ενέργεια, το υγραέριο, την κηροζίνη, το φυσικό αέριο, ή το βιοαέριο	W=0,2
Μαγείρεμα : Εσωτερική ρύπανση	Τρόφιμα μαγειρεμένα σε σόμπα ή τζάκι (χωρίς κουκούλα/καμινάδα) σε εσωτερικούς χώρους με χρήση οποιουδήποτε καυσίμου εκτός από την ηλεκτρική ενέργεια, το υγραέριο, το φυσικό αέριο ή το βιοαέριο	W=0,2
Φωτισμός: Η πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια	Δεν έχει πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια	W=0,2
Ψύξη: Η ιδιοκτησία οικιακών συσκευών	Δεν έχει ψυγείο	W=0,133
Ψυχαγωγία/εκπαίδευση/πληροφόρηση: ιδιοκτησία οικιακών συσκευών	Δεν έχει ραδιόφωνο ή τηλεόραση	W=0,133
Ψύξη χώρου : ιδιοκτησία οικιακών συσκευών	Δεν διαθέτει συσκευή ψύξης χώρου	-
Επικοινωνία : Ιδιοκτησία τηλεφώνου, τηλεπικοινωνιακά μέσα	Δεν έχει σταθερό ή κινητό τηλέφωνο Δεν έχει προσωπικό υπολογιστή (επιτραπέζιο ή φορητό υπολογιστή)	W=0,133
Συνολικό βάρος		1

Τυπικά, αναφορικά με τη μελέτη του Nussbaumer και της ερευνητικής του ομάδας (2011), ο δείκτης ΜΕΡΙ υπολογίζει την ενεργειακή φτώχεια χρησιμοποιώντας 7 μεταβλητές-συνθήκες στέρησης (που φαίνονται στον πίνακα 2) σε έναν πληθυσμό νοικοκυριών n . $Y=Y_{ij}$ αντιπροσωπεύει τον πίνακα $n \times d$ των επιτευγμάτων για τα νοικοκυριά i σε μεταβλητές j . $Y_{ij}>0$ ως εκ τούτου δηλώνει το ατομικό i επίτευγμα στη μεταβλητή j . Έτσι, κάθε σειρά διανύσματος $y_i = (y_{i1}, y_{i2} \dots y_{id})$ αντιπροσωπεύει τα i επιτεύγματα των νοικοκυριών στις διάφορες μεταβλητές, και κάθε στήλη διανύσματος $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{nj})$ δίνει την κατανομή των επιτευγμάτων στη μεταβλητή j σε όλα τα νοικοκυριά. Η μεθοδολογία επιτρέπει την επιβολή συντελεστών βαρύτητας στους δείκτες, εάν είναι επιθυμητό. Ένα διάνυσμα με συντελεστή βαρύτητας w_j

αντιστοιχεί στο βάρος που εφαρμόζεται στη μεταβλητή j . Η άθροιση μιας ατομικής στέρησης ορίζεται από τον Nussbaumer στη μελέτη του με την παρακάτω εξίσωση:

$$\sum_{j=0}^d w_j = 1 \quad (15)$$

Όπου:

d : συνολικός αριθμός στερήσεων σε μεταβλητές j

w : συντελεστής βαρύτητας

j : μεταβλητές στέρησης

Ο Nussbaumer όρισε ως z_j τη διακοπή της στέρησης στη μεταβλητή j , και στη συνέχεια προσδιόρισε όλα τα νοικοκυριά που στερούνται σε οποιοδήποτε μεταβλητές. Έστω $g=[g_{ij}]$ είναι ο πίνακας στέρησης του οποίου το τυπικό στοιχείο g_{ij} ορίζεται ως $g_{ij}=w_j$ όταν $y_{ij} < z_j$ και $g_{ij}=0$ όταν $y_{ij} \geq z_j$.

Στην περίπτωση του δείκτη MEPI, το στοιχείο του πίνακα επιτευγμάτων είναι αυστηρά μη αριθμητικού χαρακτήρα, το όριο ορίζεται ως ένα σύνολο προϋποθέσεων που πρέπει να πληρούνται. Η καταχώρηση i_j του πίνακα είναι ισοδύναμη με τη μεταβλητή βαρύτητας w_j όταν ένα νοικοκυριό i στερείται σε μεταβλητή j , και μηδέν όταν το νοικοκυριό δεν στερείται (όταν το νοικοκυριό στερείται το στοιχείο g_{ij} παίρνει παίρνει την τιμή του συντελεστή βαρύτητας, ενώ αν δεν στερείται παίρνει την τιμή 0). Μετά από αυτό, ο Nussbaumer υπολόγισε μια στήλη διανύσματος c των μετρήσεων στέρησης, όπου η i_{th} καταχώρηση ορίζει:

$$c_1 = \sum_{j=1}^d g_{ij} \quad (16)$$

Όπου:

d : συνολικός αριθμός στερήσεων σε μεταβλητές j

j : μεταβλητές στέρησης

c : σταθμισμένος αριθμός στέρησης

i : νοικοκυριό

Η εξίσωση αυτή αντιπροσωπεύει το άθροισμα των σταθμισμένων στερήσεων που υπέστη το νοικοκυριό i . Κατά τον προσδιορισμό του κατά πόσον το νοικοκυριό είναι πολυδιάστατα φτωχό στην ενέργεια, ορίζεται και εφαρμόζεται ένα όριο k (το οποίο είναι το 50% των σταθμισμένων 7 δεικτών στερησης) και έτσι, ένα νοικοκυριό θεωρείται φτωχό σε ενέργεια εάν ο σταθμισμένος αριθμός στερησης του c_i υπερβαίνει το $k = 0,5$. Ως εκ τούτου, $c_i(k)$ ορίζεται σε μηδέν όταν $c_i \leq k$ και ισούται με c_i όταν $c_i > k$. Έτσι, το $c(k)$ αντιπροσωπεύει το διάλυμα των μετρήσεων στερησης, και είναι διαφορετικό από το c που μετράει μηδενική στερηση για εκείνους που δεν αναγνωρίζονται ως πολυδιάστατα ενεργειακά φτωχοί.

Ο δείκτης ΜΕΡΙ είναι το αποτέλεσμα μιας αναλογίας προσώπων (ποσοστό ατόμων που χαρακτηρίζονται ως ενεργειακά φτωχά) και της μέσης έντασης στερησης των ενεργειακά φτωχών. Για να υπολογίσει την μεταβλητή H που αντιπροσωπεύει τον αριθμό των ανθρώπων που θεωρούνται ενεργειακά φτωχοί, ο Nussbaumer χρησιμοποίησε τον παρακάτω τύπο:

$$H = \frac{q}{n} \quad (17)$$

Όπου:

q : ο αριθμός των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών (όπου $c_i > k$)
 n : ο συνολικός αριθμός των νοικοκυριών που παρατηρήθηκαν

Για τον υπολογισμό της μεταβλητής A που αντιπροσωπεύει την μέση ένταση της πολυδιάστατης ενεργειακής φτώχειας χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των σταθμισμένων μετρήσεων στερησης $c_i(k)$.

$$A = \frac{\sum_{i=0}^n c_i(k)}{q} \quad (18)$$

Όπου:

q : ο αριθμός των ενεργειακά φτωχών ανθρώπων (όπου $c_i > k$)
 n : ο συνολικός αριθμός των νοικοκυριών που παρατηρήθηκαν
 c_i : το άθροισμα της σταθμισμένης στερησης του νοικοκυριού (βαθμολογία ενεργειακής φτώχειας)
 k : όριο - διακοπή στερησης

Τέλος, ο δείκτης ΜΕΡΙ προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του ποσοστού των ενεργειακά φτωχών με την μέση ένταση της ενεργειακής φτώχειας που τους περιγράφει:

$$\text{ΜΕΡΙ} = \text{H} * \text{A} \quad (19)$$

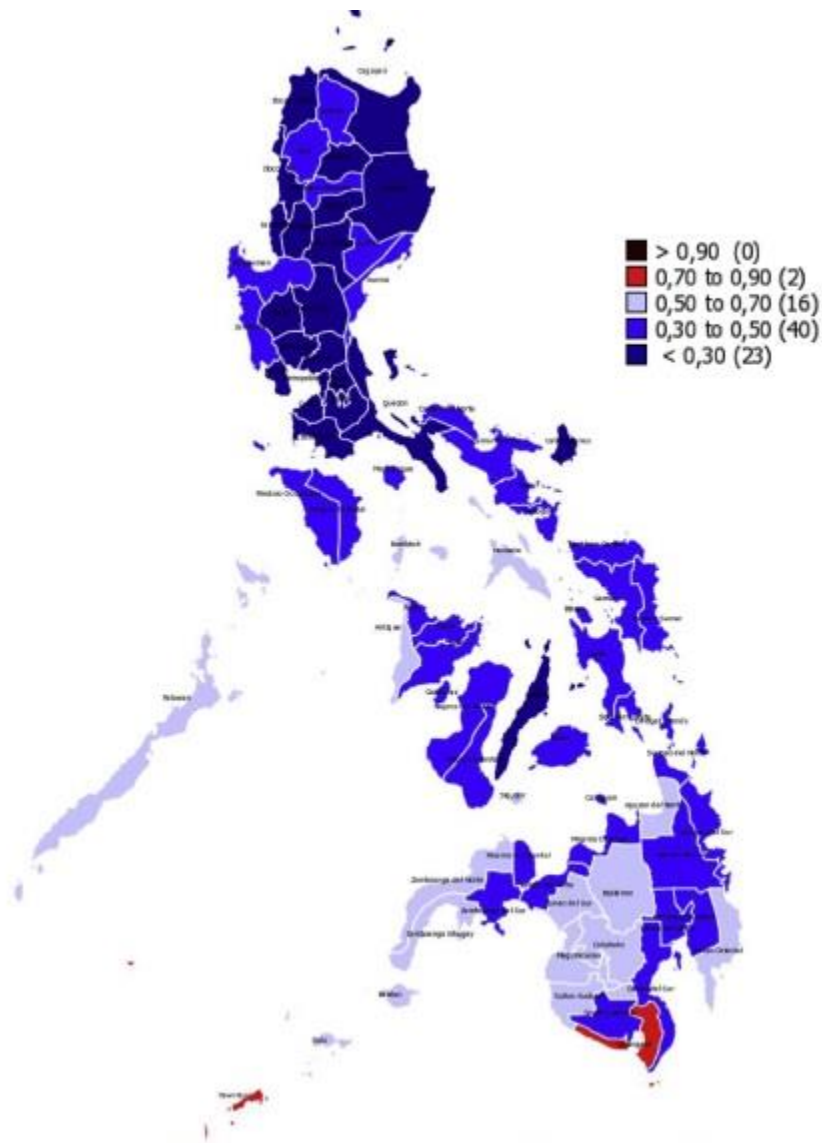
Όπου:

H: ποσοστό νοικοκυριών που είναι φτωχά σε ενέργεια

A: ένταση της πολυδιάστατης ενεργειακής φτώχειας

Σύμφωνα με τον δείκτη ΜΕΡΙ ένα νοικοκυριό υποφέρει από οξεία ενεργειακή φτώχεια αν $\text{ΜΕΡΙ} > 0,7$, ενώ αν $\text{ΜΕΡΙ} < 0,3$ το νοικοκυριό χαρακτηρίζεται από χαμηλό βαθμό ενεργειακής φτώχειας.

Στην εικόνα 11 φαίνονται οι περιφέρειες που μελετήθηκαν χρωματισμένες ανάλογα με τη βαθμολογία του δείκτη ΜΕΡΙ τους.



Εικόνα 11 Γεωγραφική Εκπροσώπηση της Ενεργειακής Φτώχειας στις Φιλιππίνες. (Εκτίμηση 2016 για τα Συνολικά Νοικοκυριά: 23.315.580) [20].

Η πολυδιάστατη ενεργειακή φτώχεια επηρεάζει τη σωματική υγεία, την ευημερία και την ικανότητα βελτίωσης των συνθηκών διαβίωσης. Σχετικά μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού χαμηλού εισοδήματος των Φιλιππίνων δεν έχει πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια, επειδή βρίσκονται μακριά από το εθνικό δίκτυο, όπου είναι μη οικονομικό να επεκταθεί η ηλεκτρική ενέργεια. Η περιοχή Αρμ για παράδειγμα είναι μια αγροτική περιοχή με κύρια οικονομική δραστηριότητα τη γεωργία. Τα περισσότερα αγροτικά νοικοκυριά στην Αρμ βασίζονται σε καύσιμα για να καλύψουν τις βασικές ενεργειακές τους ανάγκες και δεν έχουν πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια. Η Αρμ ως αναπτυσσόμενη περιοχή έχει σχετικά χαμηλά επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας και χαμηλό βιοτικό επίπεδο. Τα χαμηλά επίπεδα κατανάλωσης

ενέργειας στην Αρμ αντικατοπτρίζουν έναν πιο παραδοσιακό τρόπο ζωής που χαρακτηρίζεται από χαμηλό βιοτικό επίπεδο. Οι οικονομικές δραστηριότητες και τα εκπαιδευτικά ιδρύματα βασίζονται στην παραδοσιακή βιομάζα για να ελαχιστοποιήσουν το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κάτοικοι της Αρμ, ως εκ τούτου, βίωσαν ενεργειακή φτώχεια, όπως υποδεικνύεται από τη χαμηλή πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια και την εξάρτηση από τα παραδοσιακά καύσιμα μαγειρέματος. Επιπλέον, είναι προφανές στην Αρμ ότι η ενεργειακή φτώχεια έχει αρνητικό αντίκτυπο στους δείκτες του βιοτικού επιπέδου, της υγείας, του προσδόκιμου ζωής και των επιπέδων αναλφαβητισμού.

Ο δείκτης MEPI υπολογίστηκε για να καθορίσει και να διαφοροποιήσει τις μειονεκτούσες περιοχές από τις πιο προνομιούχες σε ένα πολυδιάστατο πλαίσιο που παρέχεται από τη μεθοδολογία εκτίμησης, καθώς αντικατοπτρίζει τόσο το ποσοστό των ατόμων όσο και το βαθμό στον οποίο στερούνται [20].

3.10 Δείκτης SMEP (Stochastic Model of Energy Poverty)

Σύμφωνα με τον πρώτο επίσημο ορισμό της ενεργειακής φτώχειας, ο δείκτης μέτρησης της έντασης του προβλήματος ορίζεται μαθηματικά από την εξίσωση (1). Με άλλα λόγια, ένα νοικοκυριό θεωρείται ως φτωχό σε ενέργεια εάν απαιτείται να δαπανήσει πάνω από το 10% του εισοδήματός του για όλες τις οικιακές ενεργειακές χρήσεις (θέρμανση, ζεστό νερό οικιακής χρήσης, μαγείρεμα, φωτισμός και ηλεκτρικές συσκευές) προκειμένου να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό επίπεδο ζεστασιάς, το οποίο ορίζεται στους 21 °C στο σαλόνι και στους 18 °C στο υπόλοιπο σπίτι. Γενικά, ο δείκτης 10% χρησιμοποιείται ευρέως και έχει καθιερωθεί ως ο τυπικός δείκτης για τη μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας σε μια χώρα ή μια περιοχή). Ωστόσο, η δυσκολία μοντελοποίησης/υπολογισμού της απαιτούμενης κατανάλωσης ενέργειας, όπως απαιτεί ο επίσημος ορισμός, οδήγησε τη συντριπτική πλειοψηφία της επιστημονικής κοινότητας σε μια ευκολότερη, προφανώς παρόμοια αλλά παραπλανητική λύση: τη χρήση της πραγματικής κατανάλωσης ενέργειας στους υπολογισμούς.

Μέχρι στιγμής, η ανάλυση της ενεργειακής φτώχειας παρουσιάζει δύο σημαντικές αδυναμίες. Πρώτον, η συντριπτική πλειονότητα των δεικτών μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας βασίζονται πρακτικά στην πραγματική κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών και όχι στην αντίστοιχη απαιτούμενη, γεγονός που στρεβλώνει την έννοια της ενεργειακής φτώχειας και οδηγεί σε παραπλανητικά αποτελέσματα, καθώς υποτιμούν τις πραγματικές ενεργειακές τους ανάγκες. Δεύτερον, ενώ οι παράμετροι που επηρεάζουν την ενεργειακή φτώχεια είναι ευρέως γνωστές, ο σχετικός αντίκτυπος της καθεμίας από αυτές στο συνολικό πρόβλημα δεν κατέστη δυνατό να προσδιοριστεί ποσοτικά ακόμη.

Αυτά τα δύο θεμελιώδη προβλήματα αντιμετωπίζονται επαρκώς μέσω της ανάπτυξης ενός νέου μαθηματικού μοντέλου για την ενεργειακή φτώχεια σε επίπεδο χώρας, του «Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας (SMEP)». Τα βασικά στοιχεία του μοντέλου είναι :

- Η μαθηματική εξίσωση που περιλαμβάνει τη μοντελοποίηση της απαιτούμενης κατανάλωσης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων όλων των τελικών χρήσεων της ενέργειας. Ένα κύριο συστατικό της εξίσωσης είναι η μοντελοποίηση της απαιτούμενης κατανάλωσης θέρμανσης και ψύξης με τη μέθοδο των βαθμομερών.
- Η γενίκευση της μαθηματικής εξίσωσης σε επίπεδο χώρας μέσω στοχαστικής ανάλυσης και, πιο συγκεκριμένα, μέσω προσομοίωσης Monte-Carlo, σε συνδυασμό με την ατομική μοντελοποίηση όλων των παραμέτρων (μεταβλητές εισόδου) και τον προσδιορισμό των κατανομών πιθανοτήτων τους. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μοντελοποίηση ορισμένων παραμέτρων όπως h_{tot} , HDD και CDD, είναι μια ιδιαίτερα περίπλοκη διαδικασία που έχει αποθαρρύνει πιθανώς τους επιστήμονες από την ανάπτυξη ενός συνολικού μοντέλου προσαρμοσμένο στο επίπεδο της χώρας, μέχρι στιγμής.
- Η βελτιστοποίηση του μοντέλου μέσω κατάλληλων τεχνικών.
- Η απόδοση της Ανάλυσης Ευαισθησίας, η οποία ποσοτικοποιεί, για πρώτη φορά, τον αντίκτυπο των διαφόρων παραμέτρων στο φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας. Αυτή η επίδραση είναι αποτέλεσμα τόσο του ρόλου κάθε παραμέτρου στη στοχαστική συνάρτηση όσο και των χαρακτηριστικών της κατανομής πιθανοτήτων του καθενός στη χώρα που μελετάται. Ως εκ τούτου, η Ανάλυση Ευαισθησίας μπορεί να συλλάβει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ενεργειακής φτώχειας σε κάθε διαφορετική χώρα.

Για την εκτίμηση της πρότυπης κατανάλωσης ενέργειας που περιλαμβάνεται στην εξίσωση (1), ελήφθησαν υπόψη οι βασικές οικιακές ενεργειακές χρήσεις στην Ελλάδα:

- Θέρμανση χώρου
- Ψύξη χώρου
- Ζεστό νερό οικιακής
- Συσκευές μαγειρέματος, φωτισμού και ηλεκτρικών συσκευών

Πιο συγκεκριμένα, μεταξύ των τεσσάρων κύριων ενεργειακών χρήσεων, η θέρμανση και η ψύξη του χώρου διαμορφώνονται με βάση τις προϋποθέσεις που απαιτούνται για να επιτύχουν τα νοικοκυριά ένα επαρκές επίπεδο θερμικής/ψυκτικής άνεσης στο σπίτι, ενώ οι υπόλοιπες (ζεστό νερό οικιακής χρήσης και μαγείρεμα - φωτισμός - ηλεκτρικές συσκευές) βασίζονται στα τυπικά επίπεδα κατανάλωσης στην Ελλάδα.

Η ετήσια απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη υπολογίζεται με βάση τη μέθοδο των βαθμομερών και δίνεται από τις εξισώσεις (20) και (21), αναλόγως:

$$E_{\text{heat}} = \frac{H_{\text{tot}}}{\eta_h} * HDD * \frac{24}{1000} [\text{kWh}] \quad (20)$$

$$E_{cool} = \frac{H_{tot}}{n_c} * CDD * \frac{24}{1000} \text{ [kWh]} \quad (21)$$

Όπου:

H_{tot} : συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού (W/°C)

HDD : ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης (°C*days)

CDD : ετήσιες βαθμομέρες ψύξης (°C*days)

n_h : συντελεστής απόδοσης του ενεργειακού συστήματος θέρμανσης

n_c : συντελεστής απόδοσης του ενεργειακού συστήματος ψύξης [1].

Ως Συνολικός συντελεστής απόδοσης για το θερμικό ενεργειακό σύστημα (n_c , n_h) χρησιμοποιείται το 0,90 ή 90%.

Όσον αφορά τον συνολικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού (W/°C) H_{tot} , από τις έρευνες των Παπαδά και Καλλιαμπάκου προκύπτουν τα ακόλουθα στοιχεία για τον υπολογισμό του συντελεστή [19].

Πίνακας 3 Κατανομή των ελληνικών κτηρίων βάσει του έτους κατασκευής τους [19].

Χρονολογία	Ποσοστό
<1960	33%
1960-1970	18%
1970-1980	18%
1980-1995	25%
>1995	6%

Πίνακας 4 Υπολογισμένες τιμές του συνολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας [19].

Ηλικιακή κατηγορία	Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (W/C)
< 1960	433,35
1960-1970	443,85
1970-1980	434,19
1980-1995	259,58
> 1995	242,59

Αναλύοντας την κατανάλωση ενέργειας στις ενεργειακές χρήσεις της, μαζί με τη χρήση των εξισώσεων (20) και (21), ο λόγος ενεργειακής φτώχειας σε επίπεδο νοικοκυριού μετασχηματίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned}
 \text{EPR} &= \frac{\text{Modelled fuel costs}}{\text{Income}} \\
 &= \frac{E_{\text{heat}} * \text{price}_{\text{heat}}}{\text{Income}} + \frac{E_{\text{cool}} * \text{price}_{\text{cool}}}{\text{Income}} + \frac{E_{\text{electr}} * \text{price}_{\text{electr}}}{\text{Income}} \\
 &\quad + \frac{E_{\text{dhw}} * \text{price}_{\text{dhw}}}{\text{Income}} \\
 &= \frac{H_{\text{tot}} * \text{HDD} * 24 * \text{price}_{\text{heat}}}{n_h * 1000 * \text{Income}} + \frac{H_{\text{tot}} * \text{CDD} * 24 * \text{price}_{\text{cool}}}{n_c * 1000 * \text{Income}} \\
 &\quad + \frac{E_{\text{electr}} * \text{price}_{\text{electr}}}{\text{Income}} + \frac{E_{\text{dhw}} * \text{price}_{\text{dhw}}}{\text{Income}}
 \end{aligned} \tag{22}$$

Όπου:

H_{tot} : συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού (W/°C)

HDD : ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης (°C*days)

CDD : ετήσιες βαθμομέρες ψύξης (°C*days)

n_h : συντελεστής απόδοσης του ενεργειακού συστήματος θέρμανσης

n_c : συντελεστής απόδοσης του ενεργειακού συστήματος ψύξης

E_{electr} : ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ηλεκτρική ενέργεια (KWh)

E_{dhw} : ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό οικιακής χρήσης (KWh)

$\text{price}_{\text{heat}}$: τιμή μονάδας θέρμανσης (€/KWh)

$\text{price}_{\text{cool}}$: τιμή μονάδας ψύξης (€/KWh)

$\text{price}_{\text{electr}}$: τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας (€/KWh)

$\text{price}_{\text{dhw}}$: τιμή μονάδας ζεστού νερού οικιακής χρήσης (€/KWh)

Income : ετήσιο εισόδημα νοικοκυριού (€)

Η παραπάνω εξίσωση είναι η ευρύτερη έκφραση του δείκτη ενεργειακής φτώχειας, που αποτελείται από 12 παραμέτρους. Σε περίπτωση εφαρμογής του σε άλλη χώρα, μπορεί να προσαρμοστεί στα αντίστοιχα, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, π.χ. αφαίρεση του συντελεστή ψύξης.

Από την παραπάνω εξίσωση λοιπόν προκύπτει ένας νέος δείκτης για την ενεργειακή φτώχεια, ο «Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας με βάση το Απαιτούμενο Κόστος (EPR_{RC})». Έτσι, ένα νοικοκυριό χαρακτηρίζεται ενεργειακά φτωχό σε περίπτωση που η βασική εξίσωση του SMEP υπερβαίνει το 0,10:

$$\begin{aligned}
 EPR_{RC} &= \frac{\text{Modelled fuel costs}}{\text{Income}} \\
 &= \frac{E_{\text{heat}} * \text{price}_{\text{heat}}}{\text{Income}} + \frac{E_{\text{cool}} * \text{price}_{\text{cool}}}{\text{Income}} + \frac{E_{\text{electr}} * \text{price}_{\text{electr}}}{\text{Income}} \\
 &\quad + \frac{E_{\text{dhw}} * \text{price}_{\text{dhw}}}{\text{Income}} \\
 &= \frac{H_{\text{tot}} * HDD * 24 * \text{price}_{\text{heat}}}{n_h * 1000 * \text{Income}} + \frac{H_{\text{tot}} * CDD * 24 * \text{price}_{\text{cool}}}{n_c * 1000 * \text{Income}} \\
 &\quad + \frac{E_{\text{electr}} * \text{price}_{\text{electr}}}{\text{Income}} + \frac{E_{\text{dhw}} * \text{price}_{\text{dhw}}}{\text{Income}} > 10\%
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

Όπου:

H_{tot} : συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού (W/°C)

HDD : ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης (°C*days)

CDD : ετήσιες βαθμομέρες ψύξης (°C*days)

n_h : συντελεστής απόδοσης του ενεργειακού συστήματος θέρμανσης

n_c : συντελεστής απόδοσης του ενεργειακού συστήματος ψύξης

E_{electr} : ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ηλεκτρική ενέργεια (KWh)

E_{dhw} : ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό οικιακής χρήσης (KWh)

$\text{price}_{\text{heat}}$: τιμή μονάδας θέρμανσης (€/KWh)

$\text{price}_{\text{cool}}$: τιμή μονάδας ψύξης (€/KWh)

$\text{price}_{\text{electr}}$: τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας (€/KWh)

$\text{price}_{\text{dhw}}$: τιμή μονάδας ζεστού νερού οικιακής χρήσης (€/KWh)

Income : ετήσιο εισόδημα νοικοκυριού (€)

Για κάθε μία από τις παραμέτρους, καθορίστηκαν οι κατανομές συχνότητας που αντιπροσωπεύουν την τάση τους στην Ελλάδα, με βάση λεπτομερή στατιστικά σύνολα δεδομένων, είτε με τη χρήση επίσημων στατιστικών στοιχείων που καλύπτουν το επίπεδο της

χώρας, είτε με τη χρήση δεδομένων πρωτογενών ερευνών που καλύπτουν αντιπροσωπευτικό δείγμα της χώρας, σε περίπτωση που τα πρώτα δεν ήταν διαθέσιμα. Σε περίπτωση που δεν υπήρχαν καθόλου διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία για κάποια παράμετρο, δημιουργήθηκε μια νέα βάση δεδομένων που καθορίζει την τάση της στην Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα, οι παράμετροι του HDD και του CDD καθορίστηκαν από συγκεκριμένα μοντέλα με βάση το υψόμετρο/γεωγραφικό πλάτος, μαζί με λεπτομερή στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, συμπεριλαμβανομένων των συνολικών Τοπικών/Δημοτικών Κοινοτήτων της Ελλάδας. Ως εκ τούτου, τα επίσημα στοιχεία που ελήφθησαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή, την Eurostat και το Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό της πλειονότητας των παραμέτρων (n_h , n_c , E_{electr} , E_{dhw} , $price_{heat}$, $price_{cool}$, $price_{electr}$ and $price_{dhw}$). Ελλείψει πρόσφατων επίσημων στοιχείων σχετικά με την παράμετρο του εισοδήματος, το εισόδημα προσδιορίστηκε με βάση μια πρωτογενή έρευνα στην Ελλάδα, συμπεριλαμβανομένου του μέσου ετήσιου εισοδήματος ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος ελληνικών νοικοκυριών. Τέλος, η κατανομή του H_{tot} προσεγγίστηκε μέσω της ανάπτυξης ενός νέου μοντέλου, συνδυάζοντας τις πολυάριθμες κατηγορίες κτιρίων στην Ελλάδα με ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα ελληνικών κτιρίων, δεδομένης της έλλειψης των σχετικών επίσημων στοιχείων.

Η μέθοδος του Μόντε Κάρλο ήταν αυτή που επιλέχθηκε για την εκτέλεση στοχαστικής ανάλυσης, ως η πιο κοινή στοχαστική τεχνική ανάλυσης που επιτρέπει την εξέταση πολύπλοκων συστημάτων, η οποία πραγματοποιήθηκε με χρήση του προγράμματος «Oracle – Crystal Ball».

Η προσομοίωση monte-carlo βασίζεται σε επαναλαμβανόμενη τυχαία δειγματοληψία των κατανομών πιθανότητας των μεταβλητών, μέσω των οποίων προσομοιώνεται το σύστημα. Κάθε επανάληψη που εκτελείται δημιουργεί ένα αντίστοιχο σενάριο προσομοίωσης. Με τον τρόπο αυτό, χιλιάδες σενάρια/δοκιμές/επαναλήψεις δημιουργούνται μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, μέχρι να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο κριτήριο ακρίβειας ή ένας ορισμένος αριθμός δοκιμών. Έτσι, επιτυγχάνεται η στατιστική επεξεργασία μεγάλου αριθμού σεναρίων, καλύπτοντας, μέσω μιας καλής στατιστικής αναλογίας, όχι μόνο τυποποιημένες περιπτώσεις αλλά και ακραίες περιπτώσεις ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα.

Όσον αφορά τις βαθμομέρες θέρμανσης HDD, χρησιμοποιήθηκαν τα ευρήματα του Κατσουλάκου και του Καλιαμπάκου (2014), σύμφωνα με τα οποία οι βαθμομέρες θέρμανσης HDD μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας την εξίσωση παρακάτω, με βάση μόνο το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος, με ακρίβεια 92%:

$$HDD = 146,154 * lat + 1,464 * h - 4785,6 \quad (24)$$

Όπου:

h : υψόμετρο (m)

lat : γεωγραφικό πλάτος (ως δεκαδικός αριθμός)

Με τον τρόπο αυτό υπολογίστηκαν οι βαθμομέρες θέρμανσης HDD για όλες τις Τοπικές/Δημοτικές Κοινότητες της Ελλάδας, όπως ορίζονται από το νόμο Καλλικράτη, που ανέρχονται σε 6131 Κοινότητες. Τα λεπτομερή στοιχεία για το τοπικό επίπεδο (σύνολο Τοπικών Κοινοτήτων Ελλάδος) ελήφθησαν μετά από ειδικό αίτημα προς την Ελληνική Στατιστική Αρχή. Με τον τρόπο αυτό και, με βάση μόνο δύο δεδομένα εισόδου (υψόμετρο και γεωγραφικό πλάτος), ο υπολογισμός των βαθμομερών θέρμανσης HDD κάλυπτε γεωγραφικά ολόκληρη τη χώρα. Ένα σημαντικό βήμα αυτού του σταδίου ήταν η προσαρμογή στάθμισης των βαθμομερών θέρμανσης HDD, σε σχέση με τον αντίστοιχο αριθμό νοικοκυριών των Τοπικών/Δημοτικών Κοινοτήτων, δεδομένου ότι η ενεργειακή φτώχεια αναφέρεται στην κλίμακα των νοικοκυριών. Έτσι, τελικά δημιουργήθηκε το ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας για τις βαθμομέρες θέρμανσης HDD στην Ελλάδα.

Όσον αφορά τις βαθμομέρες ψύξης CDD, ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που βρέθηκε από την Παπαδά και τον Καλιαμπάκο (2016β). Στην πραγματικότητα, διαπιστώθηκε ότι η εκθετική κατανομή προσεγγίζει καλύτερα την διακύμανση των βαθμομερών ψύξης CDD έναντι του υψομέτρου, σε σύγκριση με τη γραμμική τάση που εμφανίστηκε από τον Κατσουλάκο και τον Καλιαμπάκο (2014) για την περίπτωση της Ελλάδας. Επομένως, οι βαθμομέρες ψύξης CDD μπορούν να υπολογιστούν με βάση την εξίσωση παρακάτω, με ακρίβεια 86%:

$$CDD = 569,88 * e^{(-0,002*h)} \quad (25)$$

Όπου:

h : υψόμετρο

Όπως και στην περίπτωση των βαθμομερών θέρμανσης HDD, οι βαθμομέρες ψύξης CDD υπολογίστηκαν για το σύνολο των Τοπικών/ Δημοτικών Κοινοτήτων της Ελλάδας (6131 Κοινότητες) με βάση μόνο μία παράμετρο (υψόμετρο) και σταθμίστηκαν σε σχέση με τον αντίστοιχο αριθμό νοικοκυριών. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκε και το ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας για τις βαθμομέρες ψύξης CDD στην Ελλάδα. Κατά συνέπεια, η κατανομή πιθανοτήτων που επιλέχθηκε ήταν η ελάχιστη ακραία κατανομή.

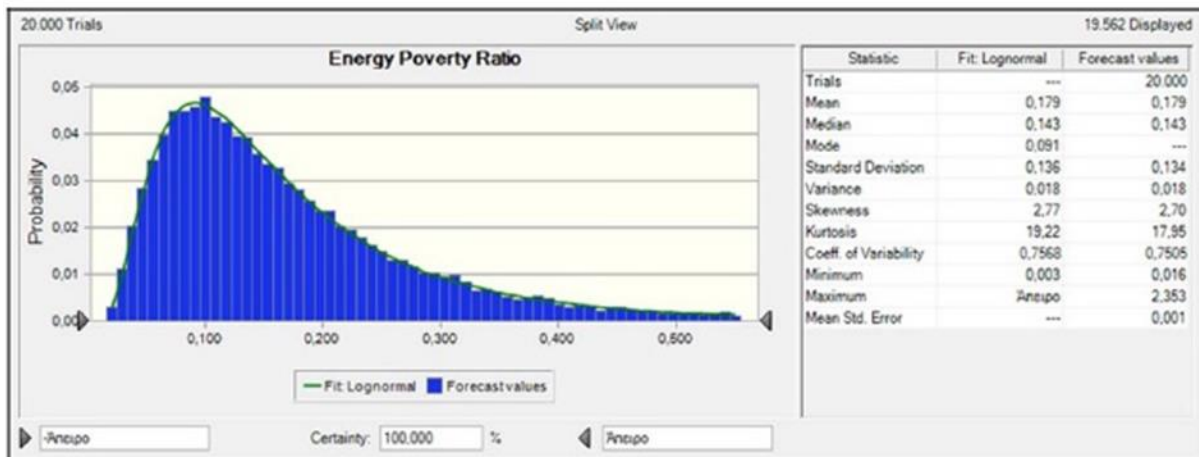
Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού H_{tot} (W/°C) είναι μια ζωτική μεταβλητή του μοντέλου. Ο προσδιορισμός της κατανομής συχνότητας H_{tot} αποτελεί το πιο σύνθετο μέρος της μοντελοποίησης, λόγω της δυσκολίας γενίκευσης του συντελεστή από την κλίμακα δόμησης στο επίπεδο της χώρας, δεδομένων των αμέτρητων

συνδυασμών τυπολογίας δομικών στοιχείων και αντίστοιχα, γεωμετρικών χαρακτηριστικών και συντελεστών θερμικής μετάδοσης που βρέθηκαν στην Ελλάδα. Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η δυσκολία προσδιορισμού της κατανομής συχνότητας H_{tot} οφείλεται στην απουσία οποιασδήποτε σχετικής στατιστικής βάσης δεδομένων με αναλυτικά στοιχεία για τα χαρακτηριστικά του κελύφους κτιρίων στην Ελλάδα. Ως εκ τούτου, προκειμένου να δημιουργηθεί το αντίστοιχο ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας, πραγματοποιήθηκε μια νέα μοντελοποίηση του συντελεστή. Η μοντελοποίηση αυτή περιελάμβανε την τυποποίηση των πολυάριθμων κατηγοριών κτιρίων που υπάρχουν στην Ελλάδα σε ένα τυποποιημένο μοντέλο με τρεις κύριες υποκατηγορίες, έτσι ώστε, εισάγοντας βασικά δεδομένα για ένα κτίριο (περιοχή, τύπος κτιρίου, έτος κατασκευής κατοικιών), να επιτευχθεί μια καλή προσέγγιση του H_{tot} . Για το λόγο αυτό, ελήφθη υπόψη η τεχνική ανάλυση του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, στην οποία περιγράφεται η βασική μεθοδολογία του υπολογισμού H_{tot} , συμπεριλαμβανομένου του υπολογισμού των συντελεστών θερμικής μετάδοσης (τιμές U) αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων λόγω της μεταφοράς θερμότητας, καθώς και του συντελεστή εξαερισμού λόγω διείσδυσης του αέρα από τα πλαίσια παραθύρων.

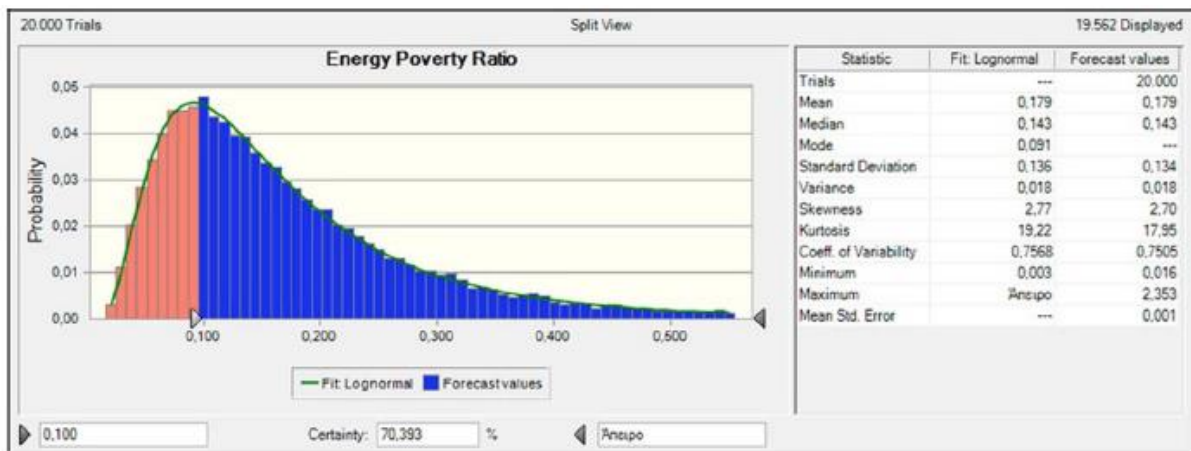
Για τις υπόλοιπες παραμέτρους του αριθμητή (η_h , η_c , E_{electr} , E_{dhw} , $price_{heat}$, $price_{cool}$, $price_{electr}$, $price_{dhw}$), οι κατανομές συχνότητας καθορίστηκαν με βάση τις τυπικές τιμές που καταγράφονται στην Ελλάδα, λαμβάνοντας υπόψη τα χρησιμοποιούμενα συστήματα θέρμανσης/ψύξης, καθώς και τους ρυθμούς χρήσης τους, καθώς και τα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, της Eurostat και του Υπουργείου Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων. Όσον αφορά την κατανομή της συχνότητας του παρονομαστή (Εισοδήματος), δεδομένης της απουσίας πρόσφατων επίσημων στοιχείων εισοδήματος, καθορίστηκε με βάση τα ευρήματα της Παπαδά και του Καλλιαμπάκου (2016α), τα οποία περιλάμβαναν το μέσο ετήσιο εισόδημα των ελληνικών νοικοκυριών, με βάση μια πρωτογενή έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα. Κατά συνέπεια, επελέγησαν κατάλληλες κατανομές πιθανοτήτων για όλες τις μεταβλητές, για την προσομοίωση monte-Carlo.

Έχοντας ορίσει κατανομές πιθανοτήτων για τις 12 μεταβλητές εισόδου του SMEP, μαζί με τις αντίστοιχες συσχετίσεις που έχουν εισαχθεί, η προσομοίωση Monte-Carlo παρήγαγε τελικά το ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της κύριας μεταβλητής εξόδου, του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας (εικόνα 12). Η εικόνα 12 απεικονίζει όλες τις πιθανές τιμές του Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας, καθώς και την πιθανότητα κάθε εμφάνισης. Όπως παρουσιάζεται, η κατανομή του Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας είναι λογαριθμική, με μέσο όρο 18% (Μέσος όρος: 0,18 και τυπική απόκλιση : 0,13). Αυτό σημαίνει ότι τα ελληνικά νοικοκυριά θα πρέπει να δαπανούν, κατά μέσο όρο το 18% του εισοδήματός τους για το ενεργειακό κόστος, προκειμένου να καλύψουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας σύμφωνα με τη συμβατική μέθοδο (πραγματικό ενεργειακό κόστος/εισόδημα), όπως υπολογίστηκε από την Παπαδά και τον Καλλιαμπάκο (2016α) για την Ελλάδα, βρέθηκε να είναι 14%, γεγονός που αποκαλύπτει την απόκλιση που παρατηρήθηκε κατά τη διόρθωση της μεθόδου υπολογισμού. Το μεγαλύτερο ποσοστό που προκύπτει από το

SMEP δείχνει μια πρώτη, καλή προσέγγιση των απαιτούμενων ενεργειακών αναγκών της χώρας. Εκτός από το ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας, το Crystal Ball επιτρέπει τον υπολογισμό του ποσοστού ενεργειακής φτώχειας. Αυτό αναφέρεται στη βεβαιότητα ότι ο δείκτης ενεργειακής φτώχειας υπερβαίνει το 10%. Όπως φαίνεται στην εικόνα 13, η ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα με βάση την απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας φτάνει το υψηλό ποσοστό του 70,4%, ενώ ο αντίστοιχος αριθμός με βάση τη συμβατική μέθοδο διαπιστώθηκε ότι ήταν 58,5%. Ως εκ τούτου, διαπιστώνεται σημαντική αύξηση της έκτασης της ενεργειακής φτώχειας όταν υπολογίζεται με βάση τις απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες, αντί εκείνων που έχουν αναγκαστικά συμπιεστεί, λόγω οικονομικών ή άλλων δυσκολιών.



Εικόνα 12 Διάγραμμα Πρόβλεψης Του Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας στην Ελλάδα, με βάση το SMEP[1].



Εικόνα 13 Διάγραμμα προβλέψεων για την ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα, με βάση το SMEP (περιοχή μετά το 0,10) [1].

Στην πραγματικότητα, η διόρθωση της μεθόδου υπολογισμού με τη χρήση της «απαιτούμενης κατανάλωσης ενέργειας» των νοικοκυριών οδήγησε σε μια πιο ρεαλιστική εκτίμηση της έκτασης της ενεργειακής φτώχειας. Πιο συγκεκριμένα, η ενεργειακή φτώχεια βρέθηκε να απειλεί το 70,4% των ελληνικών νοικοκυριών και την ακραία ενεργειακή φτώχεια το 30,9% αυτών. Τα ευρήματα είναι ανησυχητικά, αποκαλύπτοντας την πραγματική και βαθιά κρίση της ελληνικής κοινωνίας από τη μία πλευρά, και την αδράνεια της κυβέρνησης στη χάραξη πολιτικής, από την άλλη πλευρά.

Επιπλέον, η ανάπτυξη του SMEP δεν είναι απλώς μια άλλη μέθοδος καταγραφής της ενεργειακής φτώχειας, αλλά μια νέα μέθοδος ανάλυσης για την ενεργειακή φτώχεια σε επίπεδο χώρας. Για το λόγο αυτό, μπορεί να χρησιμεύσει αποτελεσματικά ως εργαλείο πολιτικής, παρέχοντας σαφείς κατευθυντήριες γραμμές στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκ των προτέρων αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας διαφόρων μέτρων για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας, την αξιολόγηση των αναλύσεων κόστους-οφέλους των μέτρων μετριασμού, και ούτω καθεξής. Η εκ των προτέρων γνώση του ακριβούς αντίκτυπου κάθε παραμέτρου στο πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας είναι εξαιρετικά σημαντική, καθώς στα περισσότερα συστήματα ενεργειακής πολιτικής, οι κυβερνήσεις συνήθως υιοθετούν ένα μέτρο και, στην καλύτερη περίπτωση, αξιολογούν εκ των υστέρων τον αντίκτυπό του.

Το μοντέλο SMEP είναι επεκτάσιμο και σε άλλες περιοχές/χώρες. Μια έρευνα παρακολούθησης θα πρέπει να περιλαμβάνει τη γενίκευση της χρήσης του μοντέλου, μέσω της εφαρμογής του σε μικρότερες γεωγραφικές μονάδες, όπως νησιά, ορεινές περιοχές κ.λπ., ή σε άλλες χώρες. Η μόνη προϋπόθεση είναι η διαθεσιμότητα αξιόπιστων δεδομένων εισόδου, καθώς καθορίζουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Σε περίπτωση που τα πλούσια στατιστικά δεδομένα είναι προσβάσιμα σε μια χώρα ή μια περιοχή, τότε η εφαρμογή του μοντέλου διευκολύνεται σε μεγάλο βαθμό και, ως εκ τούτου, μπορούν να επιτευχθούν στοχευμένες αποφάσεις πολιτικής για την καταπολέμηση της ενεργειακής φτώχειας [1].

3.11 Δείκτης VI (Vulnerability Index)

Με βάση το μοντέλο που αναπτύχθηκε από την Παπαδά και τον Καλλιαμπάκο, το «Στοχαστικό Μοντέλο ενεργειακής φτώχειας» (SMEP), αναπτύσσεται ένας νέος δείκτης, που ονομάζεται «Δείκτης Ευπάθειας» (Vulnerability Index - VI). Το μοντέλο SMEP, το οποίο αποτελεί τη βάση του νέου Δείκτη Ευπάθειας, οδηγεί σε ακριβέστερη εκτίμηση της ενεργειακής φτώχειας εντός ενός πληθυσμού, όπως η διόρθωση της μεθόδου υπολογισμού με τη χρήση της πρότυπης/απαιτούμενης κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με την αντίστοιχη πραγματική κατανάλωση των νοικοκυριών. Η τελευταία έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό στη συντριπτική πλειοψηφία των σχετικών ερευνών μέχρι στιγμής, λόγω της δυσκολίας της μοντελοποίησης της ενέργειας που απαιτείται σε εθνικό επίπεδο, υποτιμώντας έτσι τις πραγματικές ενεργειακές ανάγκες και οδηγώντας σε παραπλανητικά αποτελέσματα.

Ο Δείκτης Ευπάθειας VI δεν μελετά πλέον την ενεργειακή φτώχεια μέσα σε έναν πληθυσμό, αλλά την τρωτότητα του ενός πληθυσμού σε σχέση με έναν άλλο. Ο πρώτος, ο οποίος είναι ο υπό μελέτη πληθυσμός, μπορεί να αποτελέσει μέρος του δεύτερου, που αντιπροσωπεύει τον πληθυσμό αναφοράς και χρησιμεύει ως βάση της μελέτης. Ο Δείκτης Ευπάθειας εκφράζεται ως ο λόγος των δεικτών ενεργειακής φτώχειας (EPR) των δύο πληθυσμών και απαντά στο ερώτημα "Πόσο πιο ευάλωτος στο ποσοστό του εισοδήματος που δαπανάται για την ενέργεια είναι ο πληθυσμός που μελετάται, σε σχέση με έναν άλλο πληθυσμό". Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να προσδιοριστεί η διαβάθμιση του φαινομένου μεταξύ δύο ομάδων του πληθυσμού. Σε αυτό το έγγραφο, ο ορεινός πληθυσμός της Ελλάδας επιλέγεται ως περιπτώσιολογική μελέτη αφού πρόκειται για πληθυσμιακή ομάδα που είναι σε μεγάλο βαθμό εκτεθειμένη στην ενεργειακή φτώχεια.

Πιο συγκεκριμένα, μελετάται η τρωτότητα των ορεινών περιοχών της Ελλάδας σε σύγκριση με το επίπεδο της χώρας. Στο πλαίσιο αυτό, με τη χρήση της παρακάτω εξίσωσης οι Παπαδά και Καλιαμπάκος, εάν μελετηθεί ο πληθυσμός i σε σύγκριση με τον πληθυσμό j , όρισαν τον δείκτη Ευπάθειας (VI) ως εξής:

$$VI = \frac{EPR_i}{EPR_j} \quad (26)$$

Όπου:

EPR_i : ο βαθμός ενεργειακής φτώχειας της περιοχής i

EPR_j : ο βαθμός ενεργειακής φτώχειας της περιοχής j

Ο βαθμός EPR_i ισούται με:

$$\begin{aligned}
 EPR_i &= \frac{E_{\text{heatML}} * \text{price}_{\text{heatML}}}{\text{Income}_{\text{ML}}} + \frac{E_{\text{coolML}} * \text{price}_{\text{coolML}}}{\text{Income}_{\text{ML}}} + \frac{E_{\text{electrML}} * \text{price}_{\text{electrML}}}{\text{Income}_{\text{ML}}} \\
 &+ \frac{E_{\text{dhwML}} * \text{price}_{\text{dhwML}}}{\text{Income}_{\text{ML}}} \\
 &= \frac{\frac{H_{\text{totML}} * \text{HDD}_{\text{ML}} * 24 * \text{price}_{\text{heatML}}}{n_{\text{hML}} * 1000}}{\text{Income}_{\text{ML}}} \\
 &+ \frac{\frac{H_{\text{totML}} * \text{CDD}_{\text{ML}} * 24 * \text{price}_{\text{coolML}}}{n_{\text{c}} * 1000}}{\text{Income}_{\text{ML}}} + \frac{E_{\text{electrML}} * \text{price}_{\text{electrML}}}{\text{Income}_{\text{ML}}} \\
 &+ \frac{E_{\text{dhwML}} * \text{price}_{\text{dhwML}}}{\text{Income}_{\text{ML}}}
 \end{aligned} \tag{27}$$

Ο βαθμός EPR_j ισούται με:

$$\begin{aligned}
 EPR_j &= \frac{E_{\text{heatCL}} * \text{price}_{\text{heatCL}}}{\text{Income}_{\text{CL}}} + \frac{E_{\text{coolCL}} * \text{price}_{\text{coolCL}}}{\text{Income}_{\text{CL}}} + \frac{E_{\text{electrCL}} * \text{price}_{\text{electrCL}}}{\text{Income}_{\text{CL}}} \\
 &+ \frac{E_{\text{dhwCL}} * \text{price}_{\text{dhwCL}}}{\text{Income}_{\text{CL}}} \\
 &= \frac{\frac{H_{\text{totCL}} * \text{HDD}_{\text{CL}} * 24 * \text{price}_{\text{heatCL}}}{n_{\text{hCL}} * 1000}}{\text{Income}_{\text{CL}}} \\
 &+ \frac{\frac{H_{\text{totCL}} * \text{CDD}_{\text{CL}} * 24 * \text{price}_{\text{coolCL}}}{n_{\text{cCL}} * 1000}}{\text{Income}_{\text{CL}}} + \frac{E_{\text{electrCL}} * \text{price}_{\text{electrCL}}}{\text{Income}_{\text{CL}}} \\
 &+ \frac{E_{\text{dhwCL}} * \text{price}_{\text{dhwCL}}}{\text{Income}_{\text{CL}}}
 \end{aligned} \tag{28}$$

Όπου:

$HDD_{(ML)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα ($^{\circ}\text{C} * \text{ημέρες}$)

$CDD_{(ML)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες ψύξης στην ορεινή Ελλάδα ($^{\circ}\text{C} * \text{ημέρες}$)

$H_{tot(ML)}$: Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού στην ορεινή Ελλάδα ($\text{W} / ^{\circ}\text{C}$)

$n_h (ML)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα

$n_c (ML)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος ψύξης στην ορεινή Ελλάδα

$E_{electr(ML)}$: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριών στην ορεινή Ελλάδα (KWh)

$E_{dhw(ML)}$: Ετήσια οικιακή κατανάλωση ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην ορεινή Ελλάδα (KWh)

$Price_{heat (ML)}$: Τιμή μονάδας θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)

$Price_{cool (ML)}$: Τιμή μονάδας ψύξης στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)

$Price_{electr (ML)}$: Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)

$Price_{dhw (ML)}$: Τιμή μονάδας ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)

$Income_{(ML)}$: Ετήσιο εισόδημα νοικοκυριού στην ορεινή Ελλάδα (€)

$HDD_{(CL)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες θέρμανσης στην Ελλάδα ($^{\circ}\text{C} * \text{ημέρες}$)

$CDD_{(CL)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες ψύξης στην Ελλάδα ($^{\circ}\text{C} * \text{ημέρες}$)

$H_{tot(CL)}$: Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού στην Ελλάδα ($\text{W} / ^{\circ}\text{C}$)

$n_h (CL)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης στην Ελλάδα

$n_c (CL)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος ψύξης στην Ελλάδα

$E_{electr (CL)}$: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριών στην Ελλάδα (KWh)

$E_{dhw (CL)}$: Ετήσια οικιακή κατανάλωση ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην Ελλάδα (KWh)

$Price_{heat (CL)}$: Τιμή μονάδας θέρμανσης στην Ελλάδα (€/KWh)

$Price_{cool (CL)}$: Τιμή μονάδας ψύξης στην Ελλάδα (€/KWh)

$Price_{electr (CL)}$: Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (€/KWh)

$Price_{dhw (CL)}$: Τιμή μονάδας ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην Ελλάδα (€/KWh)

$Income_{(CL)}$: Ετήσιο εισόδημα νοικοκυριού στην Ελλάδα (€)

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το μέσο EPR των νοικοκυριών στην Ελλάδα είναι 18% , ενώ ο αντίστοιχος δείκτης των νοικοκυριών στις ορεινές περιοχές είναι 37% , πράγμα που σημαίνει ότι και οι δύο πληθυσμοί αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα ενεργειακής φτώχειας. Ωστόσο, μια απλή σύγκριση των σχετικών EPR ή των ποσοστών ενεργειακής φτώχειας δεν θα προετοίμαζε το έδαφος για μια βαθύτερη ανάλυση. Αντίθετα, η εισαγωγή του Δείκτη Ευπάθειας αποσκοπεί στη λήψη ευρύτερων χαρακτηριστικών ευπάθειας, κατά την εξέταση παρόμοιων συνθηκών μεταξύ δύο πληθυσμών, μέσω μιας δυναμικής ανάλυσης.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν αυτή που περιγράφεται από την Παπαδά και τον Καλλιαμπάκο, όπου αναλύεται το μοντέλο SMEP. Κατά συνέπεια, η στοχαστική ανάλυση έναντι της ντετερμινιστικής ανάλυσης επιλέχθηκε ως τεχνική ανάλυσης, δεδομένου ότι η χρήση σημειακών εκτιμήσεων εκπροσώπων (μέση, επικρατούσα τιμή κ.λπ.) σε τόσο μεγάλα

συστήματα προσομοίωσης δεν θα κάλυπτε επαρκώς τις αμέτρητες περιπτώσεις και συνδυασμούς μεταβλητών των δύο πληθυσμών, εισάγοντας, κατ' αυτόν τον τρόπο, υψηλό βαθμό αβεβαιότητας.

Εν συντομία, καθορίστηκαν οι κατανομές συχνότητας για τις 24 μεταβλητές εισόδου, χρησιμοποιώντας είτε επίσημα στατιστικά σύνολα δεδομένων, είτε δεδομένα πρωτογενών ερευνών σε περίπτωση που οι πρώτες δεν ήταν διαθέσιμες. Σε περίπτωση που έλειπαν δεδομένα για κάποια παράμετρο, δημιουργήθηκε μια νέα βάση δεδομένων που καθορίζει την τάση της. Ενδεικτικά, οι παράμετροι των βαθμομερών (HDD και CDD) καθορίστηκαν με βάση μοντέλα με βάση το υψόμετρο/γεωγραφικό πλάτος, σε συνδυασμό με λεπτομερή στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, για το σύνολο των Τοπικών / Δημοτικών Κοινοτήτων της Ελλάδας και της ορεινής Ελλάδας. Κατά συνέπεια, οι περισσότερες παράμετροι (n_h , n_{tot} , n_c , $price_{heat}$, $price_{cool}$, $price_{electr}$, E_{dhw}) καθορίστηκαν με βάση τα επίσημα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, της Eurostat και του Παρατηρητηρίου Τιμών Καυσίμων της Ελλάδας. Ελλείψει πρόσφατων επίσημων στοιχείων για την παράμετρο του εισοδήματος, τα εισοδήματα καθορίστηκαν με βάση πρωτογενείς έρευνες για την Ελλάδα και για τις ορεινές περιοχές της Ελλάδας, αντίστοιχα. Τέλος, όσον αφορά την παράμετρο H_{tot} και, δεδομένης της απουσίας των σχετικών επίσημων στοιχείων, πραγματοποιήθηκε νέα μοντελοποίηση της παραμέτρου, κατηγοριοποιώντας τις πολυάριθμες κατηγορίες κτιρίων της χώρας και λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία των πρωτογενών ερευνών.

Στη συνέχεια, επελέγησαν κατάλληλες κατανομές πιθανοτήτων για κάθε μία από τις κατανομές συχνότητας (με διάστημα εμπιστοσύνης 95%), στο «Oracle®Crystal Ball», προκειμένου να πραγματοποιηθεί στοχαστική ανάλυση μέσω προσομοίωσης Monte-Carlo. Με βάση την επαναλαμβανόμενη τυχαία δειγματοληψία των τιμών των κατανομών πιθανοτήτων που επιλέγονται, το Monte Carlo προσομοιώνει το σύστημα δημιουργώντας χιλιάδες διαφορετικά σενάρια. Με τον τρόπο αυτό, καλύπτονται όλες οι πιθανές περιπτώσεις νοικοκυριών των δύο πληθυσμών. Τέλος, δημιουργείται το ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της μεταβλητής εξόδου (Δείκτης ευπάθειας), επιτρέποντας πολλαπλά επίπεδα ανάλυσης:

- Ποσοτικοποίηση της ευπάθειας του υπό μελέτη πληθυσμού
- Ποσοτικοποίηση του σχετικού βάρους των διαφόρων παραμέτρων σχετικά με την παρουσία ευπάθειας, δημιουργία αποτελεσματικού σχεδίου πολιτικής με τα κατάλληλα μέτρα άμβλυσης.

Εκτός από την κύρια μεταβλητή παραγωγής (Δείκτης Ευπάθειας), μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τον παράγοντα του ενεργειακού κόστους μεταξύ των δύο πληθυσμών, αφαιρώντας την επίδραση του εισοδήματος. Πιο συγκεκριμένα, αναζητείται απάντηση στο ερώτημα «πόσα περισσότερα χρήματα πρέπει να δαπανήσουν τα ορεινά νοικοκυριά για την ενέργεια, σε σύγκριση με το αντίστοιχο χρηματικό ποσό σε επίπεδο χώρας». Για το λόγο αυτό, εξετάστηκαν τέσσερις άλλες μεταβλητές, όσον αφορά το απαιτούμενο ενεργειακό κόστος:

- Αναλογία κόστους θέρμανσης (€/ €)

$$\text{Ratio of heating Cost} = \frac{H_{\text{totML}} * HDD_{\text{ML}} * 24 * \text{price}_{\text{heatML}}}{n_{\text{hML}} * 1000} \quad (29)$$

$$\frac{H_{\text{totCL}} * HDD_{\text{CL}} * 24 * \text{price}_{\text{heatCL}}}{n_{\text{hCL}} * 1000}$$

Όπου:

$HDD_{(ML)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα (°C * ημέρες)

$H_{\text{tot}(ML)}$: Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού στην ορεινή Ελλάδα (W / °C)

$n_h (ML)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα

$Price_{\text{heat}} (ML)$: Τιμή μονάδας θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)

$HDD_{(CL)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες θέρμανσης στην Ελλάδα (°C * ημέρες)

$H_{\text{tot}(CL)}$: Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού στην Ελλάδα (W / °C)

$n_h (CL)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης στην Ελλάδα

$Price_{\text{heat}} (CL)$: Τιμή μονάδας θέρμανσης στην Ελλάδα (€/KWh)

- Αναλογία κόστους ψύξης (€/ €)

$$\text{Ratio of cooling Cost} = \frac{H_{\text{totML}} * CDD_{\text{ML}} * 24 * \text{price}_{\text{coolML}}}{n_{\text{cML}} * 1000} \quad (30)$$

$$\frac{H_{\text{totCL}} * CDD_{\text{CL}} * 24 * \text{price}_{\text{coolCL}}}{n_{\text{cCL}} * 1000}$$

Όπου:

$CDD_{(ML)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες ψύξης στην ορεινή Ελλάδα (°C * ημέρες)

$H_{\text{tot}(ML)}$: Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού στην ορεινή Ελλάδα (W / °C)

$n_c (ML)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος ψύξης στην ορεινή Ελλάδα

$Price_{\text{cool}} (ML)$: Τιμή μονάδας ψύξης στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)

$CDD_{(CL)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες ψύξης στην Ελλάδα (°C * ημέρες)

$H_{tot(CL)}$: Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού στην Ελλάδα (W / °C)

$n_c(CL)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος ψύξης στην Ελλάδα

$Price_{cool(CL)}$: Τιμή μονάδας ψύξης στην Ελλάδα (€/KWh)

- Αναλογία άλλων δαπανών (ηλεκτρισμού και ζεστού νερού οικιακής χρήσης) (€/ €)

$$\text{Ratio of Other Costs} = \frac{E_{\text{electrML}} * \text{price}_{\text{electrML}} + E_{\text{dhwML}} * \text{price}_{\text{dhwML}}}{E_{\text{electrCL}} * \text{price}_{\text{electrCL}} + E_{\text{dhwCL}} * \text{price}_{\text{dhwCL}}} \quad (31)$$

Όπου:

$E_{\text{electr}(ML)}$: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριών στην ορεινή Ελλάδα (KWh)

$E_{\text{dhw}(ML)}$: Ετήσια οικιακή κατανάλωση ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην ορεινή Ελλάδα (KWh)

$Price_{\text{electr}(ML)}$: Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)

$Price_{\text{dhw}(ML)}$: Τιμή μονάδας ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)

$E_{\text{electr}(CL)}$: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριών στην Ελλάδα (KWh)

$E_{\text{dhw}(CL)}$: Ετήσια οικιακή κατανάλωση ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην Ελλάδα (KWh)

$Price_{\text{electr}(CL)}$: Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (€/KWh)

$Price_{\text{dhw}(CL)}$: Τιμή μονάδας ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην Ελλάδα (€/KWh)

- Λόγος του συνολικού ενεργειακού κόστους (€/ €)

Ratio of Total Energy Cost

$$= \frac{E_{\text{heatML}} * \text{price}_{\text{heatML}} + E_{\text{coolML}} * \text{price}_{\text{coolML}} + E_{\text{electrML}} * \text{price}_{\text{electrML}} + E_{\text{dhwML}} * \text{price}_{\text{dhwML}}}{E_{\text{heatCL}} * \text{price}_{\text{heatCL}} + E_{\text{coolCL}} * \text{price}_{\text{coolCL}} + E_{\text{electrCL}} * \text{price}_{\text{electrCL}} + E_{\text{dhwCL}} * \text{price}_{\text{dhwCL}}} \quad (32)$$

$$E_{\text{heatML}} = \frac{H_{\text{totML}} * \text{HDD}_{\text{ML}} * 24}{n_{\text{hML}} * 1000} \quad (33)$$

$$E_{\text{coolML}} = \frac{H_{\text{totML}} * \text{CDD}_{\text{ML}} * 24}{n_{\text{hML}} * 1000} \quad (34)$$

$$E_{\text{heatCL}} = \frac{H_{\text{totCL}} * HDD_{\text{CL}} * 24}{n_{\text{hCL}} * 1000} \quad (35)$$

$$E_{\text{coolCL}} = \frac{H_{\text{totCL}} * CDD_{\text{CL}} * 24}{n_{\text{hCL}} * 1000} \quad (36)$$

Όπου:

$HDD_{(ML)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα ($^{\circ}\text{C} * \text{ημέρες}$)

$CDD_{(ML)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες ψύξης στην ορεινή Ελλάδα ($^{\circ}\text{C} * \text{ημέρες}$)

$H_{\text{tot}(ML)}$: Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού στην ορεινή Ελλάδα ($\text{W} / ^{\circ}\text{C}$)

$n_{\text{h}} (ML)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα

$n_{\text{c}} (ML)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος ψύξης στην ορεινή Ελλάδα

$E_{\text{electr}(ML)}$: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριών στην ορεινή Ελλάδα (KWh)

$E_{\text{dhw}(ML)}$: Ετήσια οικιακή κατανάλωση ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην ορεινή Ελλάδα (KWh)

$Price_{\text{heat}} (ML)$: Τιμή μονάδας θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα ($\text{€}/\text{KWh}$)

$Price_{\text{cool}} (ML)$: Τιμή μονάδας ψύξης στην ορεινή Ελλάδα ($\text{€}/\text{KWh}$)

$Price_{\text{electr}} (ML)$: Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας στην ορεινή Ελλάδα ($\text{€}/\text{KWh}$)

$Price_{\text{dhw}} (ML)$: Τιμή μονάδας ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην ορεινή Ελλάδα ($\text{€}/\text{KWh}$)

$HDD_{(CL)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες θέρμανσης στην Ελλάδα ($^{\circ}\text{C} * \text{ημέρες}$)

$CDD_{(CL)}$: Ετήσιες βαθμοημέρες ψύξης στην Ελλάδα ($^{\circ}\text{C} * \text{ημέρες}$)

$H_{\text{tot}(CL)}$: Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού στην Ελλάδα ($\text{W} / ^{\circ}\text{C}$)

$n_{\text{h}} (CL)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης στην Ελλάδα

$n_{\text{c}} (CL)$: Συντελεστής απόδοσης του συστήματος ψύξης στην Ελλάδα

$E_{\text{electr}} (CL)$: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριών στην Ελλάδα (KWh)

$E_{\text{dhw}} (CL)$: Ετήσια οικιακή κατανάλωση ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην Ελλάδα (KWh)

$Price_{\text{heat}} (CL)$: Τιμή μονάδας θέρμανσης στην Ελλάδα ($\text{€}/\text{KWh}$)

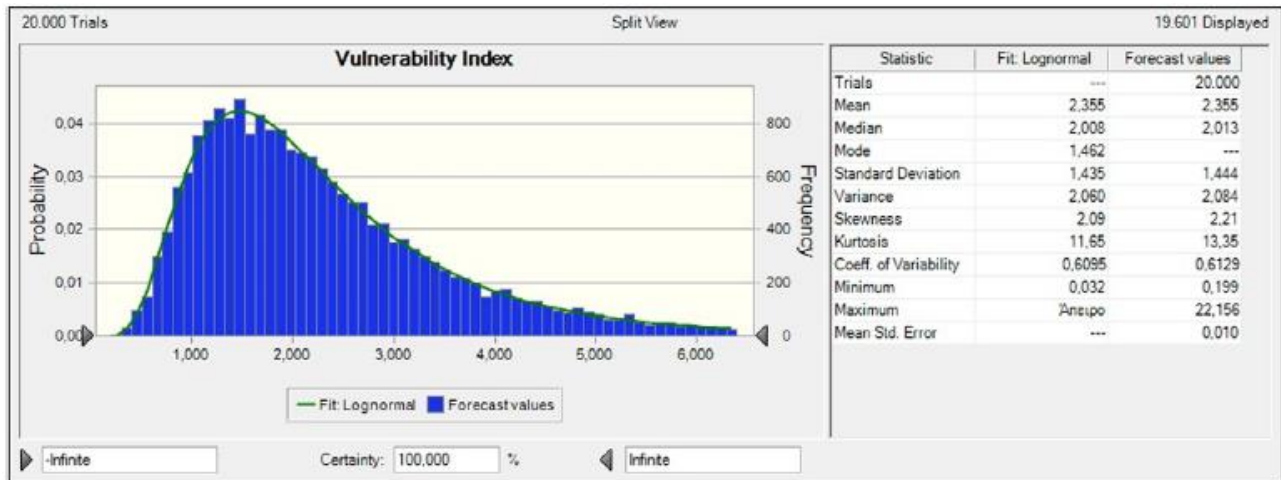
$Price_{\text{cool}} (CL)$: Τιμή μονάδας ψύξης στην Ελλάδα ($\text{€}/\text{KWh}$)

$Price_{\text{electr}} (CL)$: Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ($\text{€}/\text{KWh}$)

$Price_{\text{dhw}} (CL)$: Τιμή μονάδας ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην Ελλάδα ($\text{€}/\text{KWh}$)

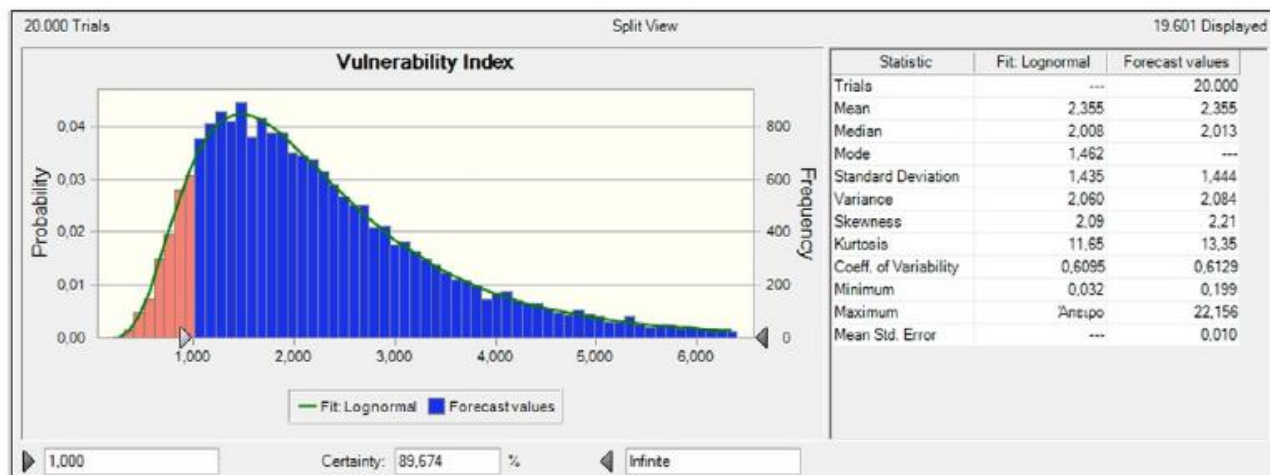
Η προσομοίωση monte-carlo παρήγαγε το ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας του δείκτη ευπάθειας, το οποίο παρουσιάζεται στην εικόνα 14. Όπως φαίνεται, η κατανομή του δείκτη ευπάθειας είναι λογαριθμική με Μέση τιμή = 2,4 και Τυπική απόκλιση = 1,4. Αυτό σημαίνει ότι οι ορεινές κοινωνίες πρέπει να δαπανήσουν κατά μέσο όρο 2,4 φορές περισσότερα χρήματα από το εισόδημά τους για το ενεργειακό κόστος, σε σύγκριση με το επίπεδο της χώρας,

προκειμένου να καλύψουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες. Είναι προφανές ότι οι ορεινές περιοχές της χώρας είναι πιο ευάλωτες σε σύγκριση με τη χώρα συνολικά.



Εικόνα 14 Γράφημα πρόβλεψης του δείκτη ευπάθειας [4].

Για να προσδιοριστεί με ακρίβεια η ευπάθεια, υπολογίστηκε η περιοχή του ιστογράμματος που ο δείκτης ευπάθειας υπερβαίνει το 1,0 και, ως εκ τούτου, ο αριθμητής είναι υψηλότερος από τον παρονομαστή (εικόνα 15). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι ορεινές περιοχές της Ελλάδας είναι πιο ευάλωτες στο ποσοστό του εισοδήματος που δαπανάται για την ενέργεια σε σχέση με το σύνολο της χώρας, σε 89,7%. Με άλλα λόγια, 9 στα 10 ορεινά νοικοκυριά υστερούν σε σχέση με το αντίστοιχο επίπεδο ικανοποίησης της χώρας και, ως εκ τούτου, χαρακτηρίζονται εύλογα ως «πιο ευάλωτα». Γενικά, η σύγκριση με ένα επίπεδο αναφοράς αποτελεί μια χρήσιμη δοκιμή για την επίτευξη κατάλληλων συμπερασμάτων σχετικά με έναν πληθυσμό.



Εικόνα 15 Περιοχή ευπάθειας των ορεινών περιοχών της Ελλάδας (γαλάζια περιοχή) [4].

Όπως είναι γνωστό, διαφορετικοί πληθυσμοί -ακόμη και διαφορετικά τμήματα ενός πληθυσμού- παρουσιάζουν διαφορετικά επίπεδα ενεργειακής φτώχειας λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους. Ωστόσο, η σύγκριση των διαφορετικών επιπέδων ενεργειακής φτώχειας και, ακόμη περισσότερο, η αναλογία των δύο ποσοστών, δεν είναι σε θέση να απαντήσει στο ερώτημα "πόσο πιο ευάλωτο στο ποσοστό του εισοδήματος που δαπανάται για την ενέργεια είναι το ένα μέρος του πληθυσμού έναντι ενός άλλου". Εξετάζεται λοιπόν ο ποσοτικός προσδιορισμός της διαβάθμισης του φαινομένου μεταξύ δύο πληθυσμών (του ίδιου ή ακόμη και διαφορετικών χωρών), ή αλλιώς, ο ποσοτικός προσδιορισμός της ευπάθειας ενός τμήματος του πληθυσμού σε σχέση με έναν πληθυσμό αναφοράς. Πιο συγκεκριμένα, ο ορεινός πληθυσμός της Ελλάδας επιλέγεται ως περιπτώσιολογική μελέτη, σε σύγκριση με τις συνθήκες ολόκληρης της χώρας (πληθυσμός αναφοράς).

Για το λόγο αυτό, θεσπίστηκε ο Δείκτης Ευπάθειας (VI), ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του δείκτη ενεργειακής φτώχειας του ορεινού πληθυσμού προς τον δείκτη ενεργειακής φτώχειας του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Η ανάλυση ευαισθησίας ποσοτικοποίησε, για πρώτη φορά, την ευπάθεια των ορεινών περιοχών της Ελλάδας. Ειδικότερα, διαπιστώθηκε ότι οι ορεινές κοινωνίες είναι πιο ευάλωτες στο ποσοστό του εισοδήματος που δαπανάται για την ενέργεια σε σχέση με το ποσοστό σε επίπεδο χώρας, στο 89,7%, που είναι ένα εξαιρετικά υψηλό ποσοστό. Αυτό μεταφράζεται σε κατά μέσο όρο 2,5 φορές περισσότερα χρήματα που διατίθενται για τα ενεργειακά έξοδα. Με άλλα λόγια, 9 στα 10 ορεινά νοικοκυριά πρέπει να δαπανήσουν περισσότερα χρήματα από το εισόδημά τους προκειμένου να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες σε σύγκριση με τα νοικοκυριά ολόκληρης της χώρας, ενώ 5 στα 10 ορεινά νοικοκυριά πρέπει να δαπανήσουν τουλάχιστον διπλάσια χρήματα από το εισόδημά τους, σε σχέση με το επίπεδο της χώρας.

Ο λόγος του καθαρού ενεργειακού κόστους -με την εξάλειψη της επίδρασης του εισοδήματος- υπογραμμίζει τη σημασία του κόστους θέρμανσης για τις ορεινές κοινωνίες. Εκτιμάται ότι τα

ορεινά νοικοκυριά πρέπει να δαπανήσουν, κατά μέσο όρο, 3,5 φορές περισσότερα χρήματα για θέρμανση και περίπου 2 φορές περισσότερα χρήματα για τις συνολικές ενεργειακές ανάγκες, σε σύγκριση με εκείνα σε επίπεδο χώρας. Ο λόγος του συνολικού ενεργειακού κόστους μετριάζεται από τη -μειωμένη κατά το ήμισυ- επίδραση της ψύξης στις ορεινές περιοχές. Είναι προφανές ότι τα υψηλότερα θερμικά φορτία που απαιτούνται στις ορεινές περιοχές οδηγούν και σε υψηλότερα κόσθη θέρμανσης.

Εκτός από τον ποσοτικό προσδιορισμό της ευπάθειας, ο Δείκτης ευπάθειας μπορεί να χρησιμεύσει αποτελεσματικά ως εργαλείο πολιτικής, παρέχοντας σαφείς κατευθυντήριες γραμμές στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, αξιολογώντας εκ των προτέρων την αποτελεσματικότητα των διαφόρων μέτρων άμβλυσης, αξιολογώντας αναλύσεις κόστους-οφέλους κ.ο.κ. Πιο συγκεκριμένα, η Ανάλυση Ευαισθησίας ποσοτικοποιεί την ιδιαίτερη επίδραση διαφόρων παραμέτρων στην ευπάθεια του ορεινού πληθυσμού και υποδεικνύει ποιες μπορούν να διαδραματίσουν αποφασιστικό ρόλο στη μείωση του χάσματος του δείκτη ενεργειακής φτώχειας μεταξύ αυτών και της χώρας.

Η ανάπτυξη του Δείκτη Ευπάθειας είναι ζωτικής σημασίας, όπως και στην περίπτωση του ορεινού πληθυσμού της Ελλάδας, η ανάλυση της ευπάθειας μπορεί να επεκταθεί και σε άλλες πληθυσμιακές ομάδες (π.χ. νησιά, αγροτικές περιοχές, απομονωμένες περιοχές κ.λπ.), ή ακόμη και σε διαφορετικά τμήματα του πληθυσμού από άποψη χαρακτηριστικών (δημογραφικά στοιχεία, οικοδομικά χαρακτηριστικά κ.λπ.), καθώς και στην ανάλυση μιας χώρας (π.χ. Ελλάδα) σε σχέση με μια μεγαλύτερη πληθυσμιακή ομάδα (π.χ. η Ευρωπαϊκή Ένωση) , στο βαθμό που υπάρχουν αξιόπιστα στατιστικά στοιχεία για τις μεταβλητές εισόδων. Στο πλαίσιο του Δείκτη Ευπάθειας, ενθαρρύνεται μια αποτελεσματική ενεργειακή πολιτική για τη μείωση της ενεργειακής ευπάθειας των "αδύναμων" πληθυσμιακών ομάδων [4].

4. Μελέτη περίπτωσης της Ελλάδας

4.1 Δεδομένα εισόδου

Αφού έγινε μελέτη και ανάλυση των δεικτών ενεργειακής φτώχειας, πραγματοποιήθηκε εφαρμογή τους σε ένα δείγμα ελληνικών νοικοκυριών. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν στοιχεία ελληνικών νοικοκυριών, τα οποία περιλάμβαναν δεδομένα όπως το δήμο στον οποίο ανήκει το νοικοκυριό, την ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh) του νοικοκυριού, το ετήσιο κόστος της κατανάλωσης ενέργειας κάθε νοικοκυριού (€), τις ληξιπρόθεσμες οφειλές τους (€) (αν υπήρχαν) και το έτος κατασκευής κάθε νοικοκυριού, προκειμένου να διαπιστωθεί σε τι κατάσταση βρίσκονται ως προς την ενεργειακή φτώχεια.

Ως ετήσιο καθαρό εισόδημα κάθε νοικοκυριού ορίστηκε το μέσο ετήσιο καθαρό εισόδημα για την Ελλάδα όπως υπολογίζεται από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Organisation for Economic Co-operation and Development OECD) λόγω έλλειψης ατομικών στοιχείων. Έτσι, το ετήσιο καθαρό εισόδημα ενός νοικοκυριού ορίζεται στα 14.500,11€ [21]. Τα έξοδα στέγασης ορίστηκαν ως το 20,5% του ετήσιου καθαρού εισοδήματος του νοικοκυριού σύμφωνα με τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Organisation for Economic Co-operation and Development OECD) [22]. Ως όριο MIS (ελάχιστο ποσό που απαιτείται για να έχουν τα μέλη του νοικοκυριού τις απαραίτητες ευκαιρίες και επιλογές προκειμένου να συμμετέχουν στην κοινωνία) ορίστηκαν τα 10.326€ (δηλαδή το κατώφλι φτώχειας όπως υπολογίζεται από την ΕΛΣΤΑΤ [23]).

Τα δεδομένα που χρησιμοποιηθήκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων των δεικτών είναι τα παρακάτω:

- 10%:
Ετήσιο καθαρό εισόδημα νοικοκυριού: 14.500,11 €
- LHC:
Ετήσιο καθαρό εισόδημα του νοικοκυριού: 14.500,11 €
Διάμεση τιμή των ενεργειακών δαπανών όλων των νοικοκυριών: 460,97 €
- MIS:
Ετήσιο καθαρό εισόδημα νοικοκυριού: 14.500,11 €
Έξοδα στέγασης: 2972,52€
Όριο MIS: 10.326€
- 2M:
Ετήσιο καθαρό εισόδημα νοικοκυριού: 14.500,11 €
Εθνικό μέσο μερίδιο ενεργειακών δαπανών προς το εισόδημα: 3,5%
- M/2:
Διάμεση τιμή των ενεργειακών δαπανών όλων των νοικοκυριών: 460,97 €

- AFCP:
Ετήσιο καθαρό εισόδημα νοικοκυριού: 14.500,11 €
Έξοδα στέγασης: 2972,52€
- ΕΕΠΙ:
Μερίδιο των ενεργειακών δαπανών από τις συνολικές δαπάνες: 4,63% [27].
(Υπολογίστηκαν οι συνολικές δαπάνες ενός νοικοκυριού βάσει του εισοδήματος 14500,11€ και στη συνέχεια το μέσο ποσοστό των ενεργειακών δαπανών από τις συνολικές δαπάνες των δεδομένων των ελληνικών νοικοκυριών).
Μερίδιο των πολιτών της πρώτης κατηγορίας εισοδήματος που δεν μπορούν να διατηρήσουν τα σπίτια τους ζεστά το χειμώνα: 17,90% [25].
Μερίδιο των πολιτών της πρώτης κατηγορίας εισοδήματος που δεν μπορούν να διατηρήσουν τα σπίτια τους δροσερά το καλοκαίρι: 34% [26].
Μερίδιο των πολιτών της πρώτης κατηγορίας εισοδήματος που ζουν σε κατοικίες με στέγες που διαρρέουν, σάπιους τοίχους και χαλασμένα κουφώματα: 12,50% [24].
- CEPI 1:
Ετήσιο καθαρό εισόδημα νοικοκυριού: 14.500,11 €
Έξοδα στέγασης: 2972,52€
Διάμεση τιμή των ενεργειακών δαπανών όλων των νοικοκυριών: 460,97 €
- CEPI 2:
Μερίδιο των πολιτών που δεν μπορούν να κρατήσουν τα σπίτια τους επαρκώς ζεστά 17,90% [25].
Μερίδιο του πληθυσμού που ζει σε μια κατοικία που δεν ψύχεται άνετα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού: 34% [26].
Μερίδιο του πληθυσμού που θεωρεί την κατοικία τους πολύ σκοτεινή: 5,30% [24].
Μερίδιο των πολιτών της πρώτης κατηγορίας εισοδήματος που ζουν σε κατοικίες με στέγες που διαρρέουν, σάπιους τοίχους και χαλασμένα κουφώματα 12,50% [24].
- SMEP:
Ετήσιο καθαρό εισόδημα νοικοκυριού: 14.500,11 €
Τιμή μονάδας θέρμανσης: 0,0856 €/kWh [28]. (Υπολογίστηκε ως μέσος όρος των τιμών των συστημάτων θέρμανσης).
Τιμή μονάδας ψύξης: 0,1411 €/kWh [29]. (Υπολογίστηκε ως μέσος όρος των τιμών των συστημάτων ψύξης).
Τιμή μονάδας ζεστού νερού οικιακής χρήσης: 0,2 €/kWh [30].
Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας: 0,1595 €/kWh [31].

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό οικιακής χρήσης: 797,658 kWh [32].

Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού H_{tot} : ορίστηκε ανάλογα με το έτος κατασκευής του νοικοκυριού [19].

Συντελεστής απόδοσης του ενεργειακού συστήματος θέρμανσης η_h : 0,9 [1].

Συντελεστής απόδοσης του ενεργειακού συστήματος ψύξης η_c : 0,9 [1].

Βαθμομέρες θέρμανσης – ψύξης (HDD – CDD): για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιήθηκαν το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο των νοικοκυριών [34].

- VI:

Ετήσιο καθαρό εισόδημα νοικοκυριού: 14.500,11 €

Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω μεταφοράς και εξαερισμού H_{tot} : ορίστηκε ανάλογα με το έτος κατασκευής του νοικοκυριού [19].

Συντελεστής απόδοσης του ενεργειακού συστήματος θέρμανσης η_h : 0,9 [1].

Συντελεστής απόδοσης του ενεργειακού συστήματος ψύξης η_c : 0,9 [1].

Βαθμομέρες θέρμανσης – ψύξης (HDD – CDD): για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιήθηκαν το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο των νοικοκυριών [34].

Τιμή μονάδας θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα: 0,0856 €/kWh [28]. (Υπολογίστηκε ως μέσος όρος των τιμών των συστημάτων θέρμανσης).

Τιμή μονάδας ψύξης στην ορεινή Ελλάδα: 0,1411 €/kWh [29]. (€/kWh) (Υπολογίστηκε ως μέσος όρος των τιμών των συστημάτων ψύξης).

Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας στην ορεινή Ελλάδα 0,1595 €/kWh [31].

Τιμή μονάδας ζεστού νερού οικιακής χρήσης στην ορεινή Ελλάδα: 0,2 €/kWh [30].

Τιμή μονάδας θέρμανσης: 0,0856 €/kWh [28]. (Υπολογίστηκε ως μέσος όρος των τιμών των συστημάτων θέρμανσης).

Τιμή μονάδας ψύξης: 0,1411 €/kWh [29]. (Υπολογίστηκε ως μέσος όρος των τιμών των συστημάτων ψύξης).

Τιμή μονάδας ζεστού νερού οικιακής χρήσης: 0,2 €/kWh [30].

Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας: 0,1595 €/kWh [31].

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό οικιακής χρήσης: 797,658 kWh [32].

Ως ορεινές περιοχές ορίστηκαν οι περιοχές με υψόμετρο από 1001μ έως 1500μ [33].

4.2 Αποτελέσματα δεικτών για την Ελλάδα

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω τιμές έγινε εφαρμογή των δεικτών ενεργειακής φτώχειας σε δείγμα ελληνικών νοικοκυριών. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των δεικτών παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 5.

Πίνακας 5 Αποτελέσματα δεικτών ενεργειακής φτώχειας για τα ελληνικά νοικοκυριά

Δείκτης	Ποσοστό Ενεργειακής Φτώχειας	Βαθμός	Τιμή	Ενεργειακά Φτωχά νοικοκυριά
LIHC	0,0064%	-	-	31
AFCP	0,18%	-	-	883
CEPI 1	0,18%	-	-	883
10%	2,48%	-	-	11.958
MIS	4,67%	-	-	22.496
2M	8,00%	-	-	38.520
M/2	13,55%	-	-	65.257
EEPI	-	82	-	-
EDEPI	-	82	-	-
ETEPI	-	-	-	-
CEPI 2	22,04%	-	-	106.119
Καθυστερήσεις σε λογαριασμούς κοινής ωφέλειας	34,20%	-	-	164.668
MEPI	-	-	-	-
SMEP	96,42%	-	-	464.248
VI	-	-	100%/96,42%= 1,04	-

Παρατηρείται ότι οι δείκτες LIHC, AFCP και CEPI 1 κατατάσσουν ως ενεργειακά φτωχά εξαιρετικά μικρό ποσοστό των ελληνικών νοικοκυριών του δείγματος (0,0064%, 0,18%, 0,18% αντίστοιχα). Όσον αφορά το δείκτη LIHC, ενώ από το όριο ενεργειακής φτώχειας (εξίσωση 2) χαρακτηρίζονται ενεργειακά φτωχά σχεδόν τα μισά νοικοκυριά του δείγματος, το εισοδηματικό όριο του δείκτη (εξίσωση 3) κατατάσσει ως ενεργειακά φτωχά μόλις 31 νοικοκυριά. Η μία από τις εξισώσεις που περιγράφει το δείκτη CEPI 1 (εξίσωση 8) είναι ίδια με την εξίσωση που περιγράφει το δείκτη AFCP (εξίσωση 7), για αυτό και έχουν ακριβώς ίδιο αποτέλεσμα. Παρατηρείται συνολικά ότι στις εξισώσεις που υπήρξε σύγκριση των δεδομένων του νοικοκυριού με το εισοδηματικό όριο της φτώχειας όπως ορίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (60%*Διάμεσο εισόδημα νοικοκυριών), τα νοικοκυριά που χαρακτηρίστηκαν

ενεργειακά φτωχά ήταν εξαιρετικά λίγα. Αυτό δείχνει ενδεχομένως ότι το όριο που χρησιμοποιείται στους δείκτες αυτούς είναι αρκετά υψηλό με αποτέλεσμα νοικοκυριά τα οποία είναι ενεργειακά φτωχά να μην συμπεριλαμβάνονται στις μετρήσεις.

Επιπλέον φαίνεται ότι οι δείκτες που βασίζονται στο εισόδημα των νοικοκυριών (δηλαδή οι 10%, LIHC, MIS, 2M, AFCP, CEPI 1) χαρακτηρίζουν ως ενεργειακά φτωχά ένα μικρό ποσοστό του δείγματος ελληνικών νοικοκυριών που μελετήθηκε (<8%). Αυτό ενδεχομένως οφείλεται στο γεγονός ότι στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ως εισόδημα για όλα τα νοικοκυριά το μέσο ετήσιο καθαρό εισόδημα όπως ορίζεται από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, λόγω έλλειψης των πραγματικών στοιχείων. Κατά συνέπεια οι οικονομικοί δείκτες δεν μπορούν να υπολογίσουν σωστά τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά αφού οι ενεργειακές δαπάνες των νοικοκυριών συγκρίνονται με το μέσο εισόδημα της χώρας και όχι με τα ατομικά στοιχεία κάθε νοικοκυριού. Μελλοντικά, μια ανάλυση που θα στηρίζεται σε πραγματικά δεδομένα εισοδημάτων θα αποκαλύψει μια πιο σωστή επισκόπηση της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα.

Ο δείκτης M/2 ο οποίος όπως φαίνεται και από την εξίσωση 6 συγκρίνει τις ενεργειακές δαπάνες κάθε νοικοκυριού με τις εθνικές διάμεσες τιμές κατατάσσει ως ενεργειακά φτωχό το 13,55% του ελληνικού πληθυσμού.

Δείκτες οι οποίοι βασίζονται στην κατάσταση την οποία βρίσκεται το νοικοκυριό δηλαδή οι «Καθυστερήσεις σε λογαριασμούς κοινής ωφέλειας» και ο CEPI 2 χαρακτήρισαν ενεργειακά φτωχά μεγαλύτερα ποσοστά των ελληνικών νοικοκυριών, 34,20% και 22,04% αντίστοιχα. Στην περίπτωση του CEPI 2 οι παράγοντες που χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό ενός νοικοκυριού ενεργειακά φτωχό (ή μη) είναι επί το πλείστον υποκειμενικοί, επομένως το ποσοστό των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών πιθανότατα εμπεριέχει σφάλματα. Τέλος, όσον αφορά το δείκτη «Καθυστερήσεις σε λογαριασμούς κοινής ωφέλειας» μπορεί να εντοπίζει νοικοκυριά τα οποία δυσκολεύονται να ανταπεξέλθουν στις ενεργειακές τους ανάγκες, προσθέτει όμως σε αυτά και νοικοκυριά τα οποία κάνουν κακή διαχείριση του εισοδήματός τους.

Ο δείκτης EEPI υπολογίζεται, για το πρώτο εισοδηματικό πεμπτημόριο (χαμηλότερο επίπεδο εισοδήματος) ως ο γεωμετρικός μέσος των βαθμών EDEPI και ETEPI. Στην περίπτωση της Ελλάδας λόγω έλλειψης στοιχείων δεν ήταν δυνατό να υπολογιστεί ο βαθμός ETEPI, οπότε ο βαθμός EEPI συμπίπτει με το βαθμό EDEPI. Η βαθμολογία EEPI για την Ελλάδα είναι 82. Αυτό δείχνει για την Ελλάδα ότι έχει σημειώσει μεγάλη πρόοδο όσον αφορά την ανακούφιση από την εγχώρια ενεργειακή φτώχεια.

Όσον αφορά τον δείκτη ΜΕΡΙ, λόγω των υψηλών απαιτήσεων του σε υποκειμενικά κριτήρια δεν υπήρχε η δυνατότητα να εφαρμοστεί στα δεδομένα των ελληνικών νοικοκυριών. Επομένως δεν παρουσιάζονται σχετικά αποτελέσματα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι δείκτες SMEP και VI.

Ο δείκτης SMEP κατατάσσει ως ενεργειακά φτωχό το 96,42% του δείγματος ελληνικών νοικοκυριών που μελετήθηκε. Πρόκειται για πολύ μεγάλο ποσοστό, το οποίο όμως είναι εύλογο δεδομένου ότι ο δείκτης αυτός στηρίζεται στις θεωρητικά απαιτούμενες καταναλώσεις ενέργειας (για θέρμανση και ψύξη) κάθε νοικοκυριού ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του (γεωγραφικό πλάτος, υψόμετρο, έτος κατασκευής). Το μεγάλο ποσοστό του δείκτη φανερώνει ενδεχομένως ότι πολλά νοικοκυριά καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια από αυτή που απαιτείται θεωρητικά, περιορίζοντας έτσι τις καταναλώσεις τους προκειμένου να επιβιώσουν οικονομικά.

Ο δείκτης VI συγκρίνει πόσο πιο ευάλωτος είναι ένας πληθυσμός ως προς έναν άλλο πληθυσμό όσον αφορά το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας. Στην περίπτωση της Ελλάδας μελετήθηκε πόσο πιο ευάλωτος είναι ο ορεινός πληθυσμός της Ελλάδας ($1001\mu < \text{Υψόμετρο} < 1500\mu$) σε σύγκριση με το γενικό πληθυσμό της Ελλάδας. Αξίζει να σημειωθεί ότι και ο δείκτης VI χρησιμοποιεί τις θεωρητικά απαιτούμενες καταναλώσεις ενέργειας (για θέρμανση και ψύξη) κάθε νοικοκυριού ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του (γεωγραφικό πλάτος, υψόμετρο, έτος κατασκευής). Η τιμή του δείκτη VI: $100\%/96,42\% = 1,04$ (λόγος του ποσοστού των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών των ορεινών περιοχών προς το ποσοστό των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών της Ελλάδας) δηλώνει ότι τα ορεινά νοικοκυριά της Ελλάδας είναι πιο ευάλωτα ως προς την ενεργειακή φτώχεια σε σύγκριση με το γενικό πληθυσμό της Ελλάδας.

Πέραν των δεικτών, υπολογίστηκαν οι παράγοντες πίεσης του δείκτη CEPI 2 καθώς και οι αναλογίες των εξόδων ενεργειακής κατανάλωσης του δείκτη VI (ενεργειακά έξοδα ορεινής Ελλάδας/ενεργειακά έξοδα Ελλάδας), τα αποτελέσματα των οποίων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 6 Υπολογισμός των παραγόντων πίεσης ενεργειακής φτώχειας του δείκτη CEPI 2 για τα νοικοκυριά της Ελλάδας.

Παράγοντες πίεσης CEPI 2	Αποτέλεσμα
1.Κατάσταση Ιδιοκτησίας (Μισθωτής)	48,93%
2.Τύπος κατοικίας (Κατοικία)	21,54%
3.Άτομα που διατρέχουν κίνδυνο φτώχειας ή κοινωνικού αποκλεισμού	30,00%
4.Απόδοση συστήματος θέρμανσης	72,00%
5.Οικιακή κατανάλωση ενέργειας	έλλειψη αξιόπιστων στοιχείων
6.Προσιτή ενέργεια	104.984,89(kWh)

Φαίνεται από τα παραπάνω ότι υπάρχει μεγάλη συσχέτιση των παραγόντων πίεσης και της ενεργειακής φτώχειας, ενώ ο παράγοντας «προσιτή ενέργεια» μας δείχνει πόσες μονάδες ενέργειας μπορούν να αγοραστούν από το μέσο ετήσιο ελληνικό εισόδημα.

Πίνακας 7 Αναλογίες εξόδων ενεργειακής κατανάλωσης ορεινών περιοχών της Ελλάδας προς το σύνολο των ελληνικών νοικοκυριών όπως προκύπτουν από το δείκτη VI.

Αναλογίες εξόδων ενεργειακής κατανάλωσης	Τιμή
1.Αναλογία κόστους θέρμανσης (€/€)	2,17049964
2.Αναλογία κόστους ψύξης (€/€)	0,099266638
3.Αναλογία άλλων κοστών(ηλεκτρισμός και ζεστό νερό οικιακής χρήσης (€/€)	1,144280155
4.Αναλογία συνολικού ενεργειακού κόστους (€/€)	1,199760445

Από τα αποτελέσματα των αναλογιών εξόδων που προκύπτουν από το δείκτη VI φαίνεται ότι τα νοικοκυριά των ορεινών περιοχών της Ελλάδας δαπανούν σχεδόν τα διπλάσια χρήματα για θέρμανση σε σχέση με το σύνολο των ελληνικών νοικοκυριών. Ενώ για ψύξη τα ορεινά νοικοκυριά δαπανούν λιγότερα χρήματα σε σχέση με το σύνολο των ελληνικών νοικοκυριών. Τα αποτελέσματα αυτά είναι λογικά αν αναλογιστεί κανείς τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας.

5. Συμπεράσματα – Προοπτικές μελλοντικής έρευνας

Το φαινόμενο της ενεργειακής ένδειας έχει μελετηθεί μέσω πολλών διαφορετικών δεικτών και μεθόδων μέχρι σήμερα, καθένας από τους οποίους αποτυπώνει διαφορετικές πλευρές του προβλήματος. Παρά τη μακροχρόνια και αμφιλεγόμενη συζήτηση σχετικά με τις καλύτερες μεθόδους μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας, έχουν αναπτυχθεί αρκετοί δείκτες οι οποίοι προσεγγίζουν μεν το φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας, δεν μπορούν ωστόσο να το αποτυπώσουν ακριβώς. Το κύριο μειονέκτημα τους έγκειται στην αδυναμία ενός μόνο δείκτη να εξετάσει όλους τους πιθανούς παράγοντες που επηρεάζουν την καθημερινή δραστηριότητα των νοικοκυριών, όπως η θερμική άνεση, η υγεία και η ευημερία. Οι δείκτες που αναλύθηκαν ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- Δείκτες που βασίζονται στο εισόδημα και τις δαπάνες των νοικοκυριών.
- Δείκτες που βασίζονται στην κατάσταση την οποία βρίσκονται τα νοικοκυριά.
- Δείκτες που βασίζονται στις θεωρητικά απαιτούμενες καταναλώσεις ενέργειας του νοικοκυριού.

Τα αποτελέσματα των δεικτών από την εφαρμογή που έγινε στα δεδομένα των ελληνικών νοικοκυριών παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση. Συγκεκριμένα, χαρακτηρίζονται ως ενεργειακά φτωχά από το 0,18% του δείγματος έως και το 96,42%. Οι δείκτες που βασίζονται στο εισόδημα και στις δαπάνες των νοικοκυριών χαρακτήρισαν ως ενεργειακά φτωχά ένα σχετικά μικρό ποσοστό του ελληνικού πληθυσμού. Οι δείκτες που βασίζονται στην κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα νοικοκυριά εντόπισαν αρκετά μεγαλύτερο αριθμό ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών. Και τέλος, ο δείκτης SMEP που βασίζεται στις θεωρητικά απαιτούμενες καταναλώσεις ενέργειας των νοικοκυριών παρουσιάζει ως ενεργειακά φτωχά σχεδόν ολόκληρο το δείγμα των ελληνικών νοικοκυριών. Για τις μελλοντικές αναλύσεις, θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη η αξιοποίηση πραγματικών δεδομένων (ως προς το εισόδημα των νοικοκυριών) προκειμένου να αποκαλυφθεί μια σωστή επισκόπηση ολόκληρης της κατάστασης της ενεργειακής φτώχειας.

Συνολικά διαπιστώθηκε ότι η συντριπτική πλειονότητα των δεικτών της ενεργειακής φτώχειας βασίζεται πρακτικά στην πραγματική κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών και όχι στην αντίστοιχη απαιτούμενη, γεγονός που στρεβλώνει την έννοια της ενεργειακής φτώχειας και οδηγεί σε παραπλανητικά αποτελέσματα, υποτιμώντας τις πραγματικές ενεργειακές ανάγκες των νοικοκυριών. Η ανάπτυξη των δεικτών που βασίζονται στις θεωρητικά απαιτούμενες καταναλώσεις των νοικοκυριών δεν είναι απλώς μια ακόμη μέθοδος καταγραφής της ενεργειακής φτώχειας, αλλά μια νέα μέθοδος ανάλυσης της σε επίπεδο χώρας η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκ των προτέρων αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας διαφόρων μέτρων για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας. Για τον λόγο αυτό, μπορεί να

χρησιμεύσει αποτελεσματικά ως εργαλείο πολιτικής, παρέχοντας σαφείς κατευθυντήριες γραμμές στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής.

Βιβλιογραφία

- [1] Lefkothea Papada, Dimitris Kaliampakos, A Stochastic Model for energy poverty analysis, 2018
- [2] E. Ntaintasis, S. Mirasgedis, C. Tourkolias, Comparing different methodological approaches for measuring energy poverty: Evidence from a survey in the region of Attika, Greece, 2019
- [3] Christine Liddell, Chris Morris, S.J.P. McKenzie, Gordon Rae, Measuring and monitoring fuel poverty in the UK: National and regional perspectives, 2012
- [4] Lefkothea Papada, Dimitris Kaliampakos, Development of vulnerability index for energy poverty, 2019
- [5] Evangelos Spiliotis, Apostolos Arsenopoulos, Eleni Kanellou, John Psarras, Panagiotis Kontogiorgos, A multi-sourced data based framework for assisting utilities identify energy poor households : a case-study in Greece, 2020
- [6] I. Kyprianou, D.K. Serghides, A. Varo, J.P. Gouveia, D. Kopeva, L. Murauskaite, Energy poverty policies and measures in 5 EU countries: A comparative study, 2019
- [7] Raúl Castaño-Rosa *, Jaime Solís-Guzmán , Carlos Rubio-Bellido , Madelyn Marrero, Towards a multiple-indicator approach to energy poverty in the European Union: A review, 2019
- [8] Lefkothea Papada, Dimitris Kaliampakos, Being forced to skimp on energy needs: A new look at energy poverty in Greece, 2020
- [9] José Carlos Romero*, Pedro Linares, Xiral López, The policy implications of energy poverty indicators, 2018
- [10] Peter Heindl, Rudolf Schuessler, Dynamic properties of energy affordability measures, 2015
- [11] Ines Mayera, Elise Nimala, Patrice Noguea, Marie Seveneta, The two faces of energy poverty: A case study of households' energy burden in the residential and mobility sectors at the city level, 2014
- [12] Peter Heindl, Measuring Fuel Poverty: General Considerations and Application to German Household Data, 2014
- [13] Harriet Thomson, Stefan Bouzarovski, Addressing Energy Poverty in the European Union: State of Play and Action, 2019
- [14] <https://www.energypoverty.eu>
- [15] Florin Vondung, Johannes Thema, Energy poverty in the EU – indicators as a base for policy action,
- [16] Judit Mendoza Aguilar, Francisco J. Ramos-Real, Alfredo J. Ramírez-Díaz, Improving Indicators for Comparing Energy Poverty in the Canary Islands and Spain, 2019

- [17] OpenExp, European Energy Poverty Index, Assessing member states' progress in alleviating the domestic and transport energy poverty nexus, 2019
- [18] Alexandru Maxim, Costica Mihai, Constantin-Marius Apostoae, Cristian Popescu, Costel Istrate, Ionel Bostan, Implications and Measurement of Energy Poverty across the European Union, 2016
- [19] Nikolas M. Katsoulakos, Dimitris C. Kaliampakos, What is the impact of altitude on energy demand? A step towards developing specialized energy policy for mountainous areas, 2014
- [20] Celedonio B. Mendoza Jr, Dwane Darcy D. Cayonte, Michael S. Leabres, Lana Rose A. Manaligod, Understanding multidimensional energy poverty in the Philippines, 2019
- [21] <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=BLI#>
- [22] <https://data.oecd.org/hha/household-spending.htm#indicator-chart>
- [23] ΕΛΣΤΑΤ 2019 Έρευνα Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών: Έτος 2019
- [24] LivingConditionsInGreece_1220 – ΕΛΣΤΑΤ
- [25] Inability to keep home adequately warm - EU-SILC survey
- [26] Share of population living in a dwelling not comfortably cool during summer time by income quintile and degree of urbanisation – Eurostat
- [27] Final consumption expenditure of households by consumption purpose – Eurostat
- [28] [Πόσο κοστίζει η θέρμανση ανά σύστημα και περιοχή; -Τι πρέπει να έχουν υπόψη καταναλωτές | ΣΚΑΪ \(skai.gr\)](#)
- [29] <https://www.dei.gr/el/katanalwsi-oikiakwn-suskeuwn/klimatismos>
- [30] <https://www.ariston.com/el-gr/the-comfort-way/nea/paragogi-zestou-nerou-chrisis-apodoseis-katanaloseis/?fbclid=IwAR2Y1M6zEdme9Xih5n84oGUr6P70jvx2smLUE7XQh3P1ul38xM2bK6zTrL8>
- [31] Statistic_Explained_figures_for_Elec_2020S1_v5 Eurostat
- [32] ΕΛΣΤΑΤ κατανάλωση ενέργειας 2013 ΕΛΣΤΑΤ
- [33] <http://climatlas.hnms.gr/sdi/>
- [34] https://elevation.maplogs.com/poi/athens_greece.38403.html