



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

Ανάπτυξη στοχαστικού μοντέλου για την ανάλυση της ενεργειακής
φτώχειας στην Ελλάδα. Η περίπτωση των ορεινών περιοχών.

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Λευκοθέα Κ. Παπαδά

Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.

Επιβλέπων:

Δ. Καλιαμπάκος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

Ανάπτυξη στοχαστικού μοντέλου για την ανάλυση της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα. Η περίπτωση των ορεινών περιοχών.

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Λευκοθέα Κ. Παπαδά

Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

1. Δ. Καλιαμπάκος, Καθ. Ε.Μ.Π. (Επιβλέπων)
2. Δ. Δαμίγος, Αναπ. Καθ. Ε.Μ.Π.
3. Σ. Μοιρασγεντής, Ερευνητής Β', Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. Δ. Καλιαμπάκος, Καθ. Ε.Μ.Π. (Επιβλέπων)
2. Δ. Δαμίγος, Αναπ. Καθ. Ε.Μ.Π.
3. Σ. Μοιρασγεντής, Ερευνητής Β', Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
4. Ε. Ρογδάκης, Καθ. Ε.Μ.Π.
5. Α. Στέγγου - Σαγιά, Καθ. Ε.Μ.Π.
6. Ι. Σαγιάς, Αναπ. Καθ. Ε.Μ.Π.
7. Κ. Μόδης, Αναπ. Καθ. Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2017

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από την Ανώτατη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Πρόλογος

Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα του σύγχρονου κόσμου είναι οι τεράστιες απαιτήσεις ενέργειας. Ενδεικτικά, η καθημερινή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, παγκοσμίως, ανέρχεται στα 256 εκατομμύρια βαρέλια ισοδύναμου πετρελαίου. Η «δίψα» για ενέργεια δε φαίνεται να σταματάει, παρά τις φωνές για ταχύτατη εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων, αλλά και τα περιβαλλοντικά προβλήματα από την αλόγιστη ενεργειακή χρήση. Αντίθετα, η ενεργειακή ζήτηση γίνεται ολοένα και εντονότερη. Μάλιστα, αναμένεται να αυξηθεί κατά περίπου 48% μεταξύ των ετών 2012-2040.

Παρ' όλα αυτά, οι υφιστάμενες ανισότητες στα ενεργειακά μεγέθη είναι τεράστιες. Μεταξύ του αναπτυγμένου κόσμου, που πραγματοποιεί σε μεγάλο βαθμό σπατάλη ενέργειας, και του αναπτυσσόμενου κόσμου, που συχνά δεν έχει καν πρόσβαση σε βασικές υπηρεσίες ενέργειας, υπάρχει ένα γιγαντιαίο χάσμα. Χαρακτηριστικά, το κράτος του Κατάρ εμφανίζει τη μεγαλύτερη κατά κεφαλήν κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στον κόσμο, 3 φορές μεγαλύτερη και από αυτή των Η.Π.Α., 32 φορές μεγαλύτερη από αυτή της Ινδίας και περίπου 1.000 φορές μεγαλύτερη από αυτή του Μπαγκλαντές. Η δεύτερη πολυπληθέστερη χώρα του κόσμου, η Ινδία, έχει ημερήσια κατανάλωση ενέργειας κατ' άτομο χαμηλότερη και από αυτή της μεσαιωνικής εποχής! Η άνιση κατανομή των ενεργειακών πόρων καταδικάζει 1,2 δισεκατομμύρια ανθρώπους, παγκοσμίως, να ζουν χωρίς πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια και πάνω από 2,7 δισεκατομμύρια ανθρώπους να ζουν χωρίς πρόσβαση σε κατάλληλες εγκαταστάσεις μαγειρέματος, με το 95% των πληθυσμών αυτών να βρίσκονται σε περιοχές της υποσαχάριας Αφρικής και των αναπτυσσόμενων περιοχών της Ασίας. Η κατάσταση αυτή είναι η οξύτερη έκφραση του μεγάλου κοινωνικού προβλήματος που έχει ονομαστεί ενεργειακή φτώχεια (energy poverty).

Η έννοια της ενεργειακής φτώχειας διαφοροποιείται αρκετά στις χώρες του αναπτυγμένου κόσμου. Στην περίπτωση αυτή, δε σχετίζεται τόσο με προβλήματα προσβασιμότητας στα ενεργειακά δίκτυα αλλά παίρνει τη διάσταση του υψηλού κόστους των υπηρεσιών αυτών, σε σχέση με το διαθέσιμο εισόδημα των νοικοκυριών. Το πρόβλημα έχει οξυνθεί στην Ευρώπη, τα τελευταία χρόνια, ενώ έπληξε δριμύτατα και την Ελλάδα, υπό το καθεστώς της οικονομικής κρίσης και των πολιτικών λιτότητας. Έτσι, μεγάλα τμήματα του πληθυσμού αδυνατούν να διατηρήσουν ένα επαρκές επίπεδο θέρμανσης στο σπίτι, αδυνατούν ή καθυστερούν να αποπληρώσουν τους λογαριασμούς ενέργειας, αναγκάζονται συχνά να περικόψουν άλλες βασικές τους ανάγκες προκειμένου να θερμανθούν (φαινόμενο που έχει χαρακτηριστικά αποκαλεστεί «heat or eat»), ξοδεύουν ένα δυσανάλογα υψηλό μέρος του εισοδήματός τους σε δαπάνες ενέργειας ή αναγκάζονται να στραφούν σε φθηνότερα και λιγότερο αποδοτικά συστήματα θέρμανσης (πχ. τζάκια, σόμπες καυσόξυλων), τα οποία ευθύνονται -σε μεγάλο βαθμό- για την πρόκληση σοβαρής εξωτερικής αλλά και εσωτερικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Σε κάθε περίπτωση, με όποιον τρόπο και αν εκφράζεται η ενεργειακή φτώχεια ανά τον κόσμο, οι οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες του προβλήματος, καθώς και οι

επιπτώσεις στην υγεία και στην ποιότητα ζωής των ανθρώπων είναι ευρέως, πλέον, αναγνωρισμένες.

Ειδική περίπτωση του προβλήματος αποτελούν οι ορεινές περιοχές. Οι ορεινές περιοχές του κόσμου, αναγνωρισμένες από τα Ηνωμένα Έθνη ως καθοριστικής σημασίας για την ανθρωπότητα, φιλοξενούν το 13% του παγκόσμιου πληθυσμού και προσφέρουν βασικά αγαθά και υπηρεσίες σε περισσότερο από το μισό παγκόσμιο πληθυσμό. Ειδικότερα, η Ελλάδα είναι μία από τις ορεινότερες χώρες της Ευρώπης, με τις ορεινές εκτάσεις να καλύπτουν πάνω από το 70% της συνολικής της έκτασης. Ωστόσο, παρά το πλούσιο ενεργειακό δυναμικό ανανεώσιμης ενέργειας που υπάρχει διαθέσιμο στα βουνά, οι πληθυσμοί των ορεινών περιοχών είναι εξαιρετικά ευάλωτοι στην ενεργειακή φτώχεια, λόγω των ιδιαίτερων και σταθερά δυσμενέστερων χαρακτηριστικών του ορεινού χώρου (κλιματικές συνθήκες, απομόνωση, ασθενής παραγωγική βάση, κ.ά).

Καταλήγοντας, η ενεργειακή φτώχεια αποτελεί ένα από τα πιο σκοτεινά σημεία του σύγχρονου πολιτισμού, καθώς στερεί από τους ανθρώπους ένα στοιχειώδες βιοτικό επίπεδο, που θα έπρεπε να είναι διαθέσιμο σε όλους, ανεξαιρέτως γεωγραφικής περιοχής και εθνικής οικονομικής ανάπτυξης.

Η έντονη, λοιπόν, κοινωνική διάσταση του προβλήματος και ο τρόπος με το οποίο αυτό παίρνει μορφή σε βάρος των ευάλωτων τμημάτων του πληθυσμού αποτέλεσε για μένα την κινητήρια δύναμη, το λόγο που με ενέπνευσε να ασχοληθώ με το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας στην παρούσα διατριβή. Από την ανασκόπηση της μέχρι σήμερα ερευνητικής προσπάθειας, φαίνεται ότι η μεγαλύτερη αδυναμία στο χειρισμό του ζητήματος έγκειται στην εξεύρεση ενός κοινού και αποτελεσματικού τρόπου μέτρησης και ανάλυσης του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας, ως αναγκαία προϋπόθεση για την αντιμετώπισή του. Αυτό θεωρήθηκε ως σημαντική πρόκληση και εκεί στράφηκε το κύριο βάρος της διατριβής.

Η παρούσα διατριβή διαρθρώνεται σε δύο μέρη. Το Α΄ Μέρος αποτελείται από 4 κεφάλαια και έχει εισαγωγικό χαρακτήρα (Κεφάλαιο 1 έως 4). Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται η εισαγωγή στην έννοια της ενεργειακής φτώχειας, με αναλυτική καταγραφή των υφιστάμενων προσεγγίσεων, καθώς και παρουσίαση των υφιστάμενων συνθηκών σε σχέση με το πρόβλημα στην Ευρώπη και στην Ελλάδα. Στο Κεφάλαιο 2 τονίζεται η σημασία του ορεινού χώρου και αναλύεται το μεγάλο ενεργειακό πρόβλημα των ορεινών περιοχών. Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται παρουσίαση των μεθόδων ενεργειακής ανάλυσης κτιρίων, με έμφαση στη μέθοδο των βαθμοημερών, η οποία αποτελεί κύριο μεθοδολογικό εργαλείο της διατριβής. Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η στοχαστική ανάλυση και ειδικότερα η μέθοδος Monte-Carlo, που αποτελεί το βασικό εργαλείο ανάλυσης της διατριβής.

Το Β΄ Μέρος αποτελεί τον κύριο κορμό της εργασίας και αποτελείται από δέκα κεφάλαια (Κεφάλαιο 5 έως 14). Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται το κεντρικό ερώτημα της διατριβής και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επίλυσή του. Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται η μεθοδολογία υπολογισμού των βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης για την Ελλάδα. Τα

ευρήματα επαληθεύτηκαν, πέραν της Ελλάδας, και σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες και περιοχές με παρόμοια με την Ελλάδα γεωγραφικά χαρακτηριστικά. Το Κεφάλαιο 7 περιλαμβάνει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της πρωτογενούς πανελλαδικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, με αντικείμενο την ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα. Το Κεφάλαιο 8, αντίστοιχα, περιλαμβάνει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της δεύτερης πρωτογενούς έρευνας, με πληθυσμό αναφοράς τις ορεινές περιοχές της Ελλάδας. Σκοπός είναι, μέσα από τη συγκριτική ανάλυση με το πανελλαδικό επίπεδο, να αξιολογηθούν, σε ποσοτικό επίπεδο, οι συνθήκες ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας. Στο Κεφάλαιο 9 αναπτύσσεται το βασικό μοντέλο της παρούσας διατριβής, το Στοχαστικό Μοντέλο Ενεργειακής Φτώχειας (SMEP), με το οποίο επιχειρείται μία νέα προσέγγιση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας. Το μοντέλο εφαρμόζεται στην περίπτωση της Ελλάδας και παρουσιάζονται τα αποτελέσματά του. Στο Κεφάλαιο 10 γίνεται εφαρμογή του μοντέλου στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας και παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Στο Κεφάλαιο 11 μελετάται η τρωτότητα στην ενεργειακή φτώχεια ενός πληθυσμού σε σχέση με έναν πληθυσμό αναφοράς, μέσα από ένα νέο δείκτη τρωτότητας. Ειδικότερα, μελετάται η τρωτότητα των ορεινών περιοχών σε σχέση με το επίπεδο της χώρας και παρουσιάζονται τα σχετικά αποτελέσματα. Στο Κεφάλαιο 12 μελετάται μία ελάχιστη μελετημένη αλλά σημαντική διάσταση της ενεργειακής φτώχειας: η συμπίεση των ενεργειακών αναγκών, εξαιτίας της οικονομικής αδυναμίας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης του SMEP και της εισαγωγής ενός νέου δείκτη, του Βαθμού Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών. Γίνεται εφαρμογή τόσο σε επίπεδο χώρας όσο και σε επίπεδο ορεινών περιοχών και παρουσιάζονται τα σχετικά αποτελέσματα. Στο Κεφάλαιο 13 γίνεται μία ποσοτική σύγκριση και αξιολόγηση του συνόλου των δεικτών ενεργειακής φτώχειας που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία. Τα στοιχεία καινοτομίας της διδακτορικής διατριβής, καθώς και οι προτάσεις συνέχισης της έρευνας (follow-up) εμπεριέχονται στο Κεφάλαιο 14. Τέλος, στο Παράρτημα, περιλαμβάνεται το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στις δύο πρωτογενείς έρευνες.

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στους ανθρώπους που συνέβαλαν καθοριστικά στην ολοκλήρωση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Κατ' αρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον επιβλέποντα της διατριβής, κ. Δ. Καλιαμπάκο, Καθηγητή Ε.Μ.Π. Καθ' όλη τη διάρκεια της διατριβής, με βοήθησε να αναπτύξω συνολικά τη σκέψη μου και τις δυνατότητές μου, διδάσκοντάς μου ένα διεισδυτικό τρόπο ανάλυσης και μεταδίδοντάς μου τον ενθουσιασμό του και την αγάπη του για την επιστήμη. Η εμπιστοσύνη του στο πρόσωπό μου υπήρξε αμέριστη και η καθοδήγησή του πάντα καιρία και ουσιαστική. Στις δυσκολίες και τα προσωρινά αδιέξοδα, η ευφυΐα και η διορατικότητά του πάντα εύρισκαν τον κατάλληλο δρόμο ώστε αυτά να μετατραπούν πολύ γρήγορα σε νέα πεδία γνώσης, ολόκληρους νέους κόσμους προς ανακάλυψη. Αυτές ήταν και οι μαγικές στιγμές της δημιουργίας. Για τους παραπάνω λόγους, τον ευχαριστώ εκ βαθέων.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τα άλλα δύο μέλη της επιτροπής παρακολούθησης της διατριβής μου, τον κ. Δ. Δαμίγο, Αναπληρωτή Καθηγητή Ε.Μ.Π. και τον κ. Σ. Μοιρασγεντή, Ερευνητή Β' Εθνικού

Αστεροσκοπείου Αθηνών. Η συμβολή τους στη διαμόρφωση της εργασίας υπήρξε ουσιαστική καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής και οι συμβουλές τους πολύτιμες. Ιδιαίτερα, ευχαριστώ τον κ. Δ. Δαμίγο για το σημαντικό χρόνο που διέθεσε και τις γνώσεις που μου μετέδωσε σε κρίσιμα ζητήματα της εργασίας.

Ευχαριστώ, επίσης, τον κ. Ε. Ρογδάκη, Καθηγητή Ε.Μ.Π., την κ. Α. Στέγγου - Σαγιά, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π., τον κ. Ι. Σαγιά, Αναπληρωτή Καθηγητή Ε.Μ.Π. και τον κ. Κ. Μόδη, Αναπληρωτή Καθηγητή Ε.Μ.Π, για την ευγενική τους προθυμία να συμμετέχουν στην επταμελή επιτροπή κρίσης της παρούσας διατριβής, αλλά και για τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους.

Ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι της ερευνητικής δραστηριότητας για τις ορεινές περιοχές αποτελούν το ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π. και το Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών» και νιώθω ιδιαίτερη τιμή που αποτελώ μέλος του σημαντικού αυτού εγχειρήματος. Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στο συνάδελφο και φίλο μου Δρ. Ν. Κατσουλάκο, για τη σημαντική και γενναιόδωρη συμβολή του στην εκπόνηση της διατριβής, αλλά και για την πολύ καλή μας συνεργασία στη συνολική ερευνητική δραστηριότητα. Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ ανήκει στην Τ. Βραζιτούλη και στον Α. Μπαλάσκα, για την καθοριστική συμβολή τους στη διεξαγωγή των πρωτογενών ερευνών.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που στάθηκε πραγματικά δίπλα μου και με υποστήριξε στις δύσκολες στιγμές αυτών των ετών.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής του Ε.Μ.Π. που, από την πρώτη στιγμή που εντάχθηκα στο ερευνητικό δυναμικό του εργαστηρίου με έκαναν να νιώσω άνετα και, πλέον, μετά από τέσσερα χρόνια, νιώθω πως είναι «δικοί μου άνθρωποι».

Η διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε στη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π, στον Τομέα Μεταλλευτικής και, συγκεκριμένα, στο Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής (Διευθ.: Δ. Καλιαμπάκος, Καθηγητής ΕΜΠ).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Α΄ ΜΕΡΟΣ

Περίληψη	1
Abstract	5
Κεφάλαιο 1. Ενεργειακή φτώχεια	11
1.1 Το ενεργειακό πρόβλημα στο σύγχρονο κόσμο	11
1.2 Επιπτώσεις ενεργειακής φτώχειας	16
1.3 Η εξέλιξη της έρευνας στον ορισμό και τη μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας	20
1.4 Η ενεργειακή φτώχεια στην Ευρωπαϊκή ατζέντα	28
1.5 Η εικόνα της ενεργειακής φτώχειας στην Ευρώπη	30
1.6 Η εικόνα της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα	33
1.7 Υφιστάμενη ενεργειακή πολιτική στην Ελλάδα για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας	38
Βιβλιογραφία	41
Κεφάλαιο 2. Το ζήτημα της ενέργειας στις ορεινές περιοχές	49
2.1 Η σημασία του ορεινού χώρου	49
2.2 Το ενεργειακό πρόβλημα των ορεινών περιοχών	52
2.3 Υφιστάμενη έρευνα για τα ενεργειακά ζητήματα των ορεινών περιοχών	61
2.4 Πλαίσιο ορεινής πολιτικής στην Ευρώπη	64
Βιβλιογραφία	66
Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή ανάλυση κτιρίων με τη μέθοδο των βαθμομερών	70
3.1 Μέθοδοι ενεργειακής ανάλυσης κτιρίων	71
3.2 Η μέθοδος των βαθμομερών	72
3.2.1 Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης	72
3.2.2 Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας	77
3.2.3 Υπολογισμός ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης κτιρίων	80
3.3 Βαθμομέρες και ορεινές περιοχές	81
Βιβλιογραφία	82
Κεφάλαιο 4. Τεχνικές ανάλυσης συστημάτων	84
4.1 Εισαγωγή	84
4.1.1 Στάδια μαθηματικής προσομοίωσης συστημάτων	85
4.2 Είδη μαθηματικών μοντέλων – Στοχαστική ανάλυση	86
4.2.1 Μέθοδος Monte-Carlo	88
Βιβλιογραφία	92

Β' ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 5. Αντικείμενο και μεθοδολογία της έρευνας	95
Κεφάλαιο 6. Υπολογισμός των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης μέσω του υψομέτρου. Ευρήματα από την Ελλάδα και άλλες ορεινές Ευρωπαϊκές περιοχές.....	100
6.1 Περιοχή μελέτης.....	100
6.2 Αποτελέσματα βαθμομερών και ενεργειακής ζήτησης βάσει υψομέτρου	102
6.2.1 Βαθμομέρες θέρμανσης (HDD).....	102
6.2.2 Βαθμομέρες ψύξης (CDD).....	106
6.2.3 Μαθηματικά μοντέλα HDD και CDD συναρτήσει του υψομέτρου.....	109
6.2.4 Μεταβολή ενεργειακών αναγκών βάσει των μαθηματικών μοντέλων HDD και CDD	110
6.2.5 Προσδιορισμός χρονικών περιόδων ενεργειακής ζήτησης κτιρίων βάσει του υψομέτρου.....	113
6.3 Αποτελέσματα βαθμομερών με χρήση της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας (lapse rate)	118
6.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου	121
Βιβλιογραφία	123
Κεφάλαιο 7. Έρευνα ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα	125
7.1 Ταυτότητα έρευνας.....	125
7.2 Αποτελέσματα έρευνας.....	126
7.2.1 Δημογραφικά στοιχεία.....	126
7.2.2 Στοιχεία θέρμανσης και ενεργειακής απόδοσης.....	128
7.2.3 Αντικειμενικός δείκτης ενεργειακής φτώχειας.....	132
7.2.4 Υποκειμενικοί δείκτες ενεργειακής φτώχειας.....	136
7.2.5 Στατιστική σχέση μεταξύ του αντικειμενικού δείκτη ενεργειακής φτώχειας και επιμέρους παραγόντων	141
7.3 Συμπεράσματα Κεφαλαίου	148
Βιβλιογραφία	152
Κεφάλαιο 8. Συγκριτική έρευνα ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας.....	153
8.1 Ταυτότητα έρευνας.....	153
8.2 Προσδιορισμός πληθυσμού και σύνθεση δείγματος.....	154
8.3 Αποτελέσματα έρευνας.....	154
8.3.1 Δημογραφικά στοιχεία.....	154
8.3.2 Στοιχεία θέρμανσης και ενεργειακής απόδοσης.....	156
8.3.3 Αντικειμενικός δείκτης ενεργειακής φτώχειας.....	159
8.3.4 Υποκειμενικοί δείκτες ενεργειακής φτώχειας.....	161

8.3.5 Στατιστική σχέση μεταξύ του αντικειμενικού δείκτη ενεργειακής φτώχειας και επιμέρους παραγόντων	164
8.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου	168
Βιβλιογραφία	172
Κεφάλαιο 9. Στοχαστικό Μοντέλο Ενεργειακής Φτώχειας για την Ελλάδα	173
9.1 Αιτιολόγηση αναγκαιότητας του μαθηματικού μοντέλου ενεργειακής φτώχειας	173
9.2 Κατάστρωση του μαθηματικού μοντέλου ενεργειακής φτώχειας	175
9.3 Ανάλυση μεταβλητών εισόδου	178
9.4 Τεχνικές βελτιστοποίησης	206
9.5 Αποτελέσματα επίλυσης του Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας για την Ελλάδα	212
9.5.1 Αποτελέσματα Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας	212
9.5.2 Άλλα αποτελέσματα απαιτούμενου ενεργειακού κόστους	214
9.5.3 Ανάλυση ευαισθησίας	216
9.5.4 Δοκιμές εφαρμογής του μοντέλου στις συνθήκες οικονομικής κρίσης	221
9.6 Έλεγχος εγκυρότητας του μοντέλου (Validation)	225
9.7 Συμπεράσματα Κεφαλαίου	232
Βιβλιογραφία	235
Κεφάλαιο 10. Μελέτη περίπτωσης: Εφαρμογή του Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας	237
10.1 Ανάλυση μεταβλητών εισόδου	237
10.2 Αποτελέσματα επίλυσης του Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας για την ορεινή Ελλάδα	254
10.2.1 Αποτελέσματα Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας	254
10.2.2 Άλλα αποτελέσματα απαιτούμενου ενεργειακού κόστους	257
10.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας	258
10.3 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του μοντέλου για την ορεινή Ελλάδα	262
10.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου	266
Βιβλιογραφία	270
Κεφάλαιο 11. Δείκτης Τρωτότητας	271
11.1 Ορισμός του Δείκτη Τρωτότητας	271
11.2 Αποτελέσματα στοχαστικής ανάλυσης του Δείκτη Τρωτότητας	274
11.2.1 Αποτελέσματα τρωτότητας των ορεινών περιοχών	274
11.2.2 Αποτελέσματα του λόγου απαιτούμενου ενεργειακού κόστους	276
11.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας	278

11.3 Στατιστικός έλεγχος των αποτελεσμάτων του Δείκτη Τρωτότητας	283
11.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου	285
Βιβλιογραφία	287
Κεφάλαιο 12. Βαθμός Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών	288
12.1 Ορισμός Βαθμού Κάλυψης Ενεργειακών Αναγκών – Αποτελέσματα για την Ελλάδα....	288
12.1.1 Στατιστική συσχέτιση του Βαθμού Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών με επιμέρους παράγοντες	292
12.2 Βαθμός Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών στην ορεινή Ελλάδα	296
12.2.1 Στατιστική συσχέτιση του Βαθμού Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών με επιμέρους παράγοντες	298
12.3 Συμπεράσματα Κεφαλαίου	301
Βιβλιογραφία	304
Κεφάλαιο 13. Συγκριτική ανάλυση δεικτών ενεργειακής φτώχειας	305
13.1 Αξιολόγηση αντικειμενικών και υποκειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας	305
13.2 Στατιστική συσχέτιση μεταξύ αντικειμενικών και υποκειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας	311
13.3 Εφαρμογή των δεικτών ενεργειακής φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα	314
13.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου	316
Κεφάλαιο 14. Η συμβολή της διδακτορικής διατριβής. Στοιχεία καινοτομίας και πρωτοτυπίας.	318
14.1 Προτάσεις για τη συνέχιση της έρευνας (Follow up).....	321
Βιβλιογραφία	322
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	323

Περίληψη

Η ενεργειακή φτώχεια αποτελεί ένα από τα κρίσιμα κοινωνικο-οικονομικά προβλήματα του σύγχρονου κόσμου, επηρεάζοντας ιδιαίτερα τα ευάλωτα τμήματα του πληθυσμού. Εκδηλώνεται είτε με τη μορφή ανεπαρκούς πρόσβασης σε υπηρεσίες ενέργειας για τις αναπτυσσόμενες χώρες είτε με τη μορφή υπερβολικού κόστους ενέργειας σε σχέση με το διαθέσιμο εισόδημα των νοικοκυριών για τις αναπτυγμένες χώρες. Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση της ερευνητικής δραστηριότητας, ως μια βασική αδυναμία στο χειρισμό του ζητήματος αναδείχθηκε η έλλειψη ενός κοινού, αποτελεσματικού τρόπου μέτρησης του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας, ως αποτέλεσμα κυρίως της αδυναμίας μοντελοποίησης των αντικειμενικών οικιακών ενεργειακών αναγκών σε επίπεδο χώρας, πράγμα που οδηγεί σε αδυναμία εφαρμογής του επίσημου ορισμού της ενεργειακής φτώχειας.

Αντικείμενο, λοιπόν, της παρούσας διατριβής αποτελεί η μοντελοποίηση της απαιτούμενης ενεργειακής κατανάλωσης σε επίπεδο χώρας και η ορθή εφαρμογή του ορισμού της ενεργειακής φτώχειας. Ταυτόχρονα, η μοντελοποίηση αυτή οδηγεί στην παραμετροποίηση των παραγόντων που συμβάλλουν στο πρόβλημα και στην αποσαφήνιση του ειδικού βάρους καθενός από αυτούς. Τα παραπάνω επιτυγχάνονται μέσω της ανάπτυξης του Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας (Stochastic Model of Energy Poverty - SMEP). Το μοντέλο αναπτύχθηκε για την Ελλάδα, ως εφαρμογή σε επίπεδο χώρας. Ως ειδική μελέτη περίπτωσης της έρευνας επιλέχθηκαν οι ορεινές περιοχές της Ελλάδας, ως μία πληθυσμιακή ομάδα ιδιαίτερα ευάλωτη στην ενεργειακή φτώχεια, αλλά και εξαιτίας της γενικότερης σημασίας των ορεινών περιοχών του πλανήτη.

Το πρώτο στάδιο της έρευνας περιλαμβάνει την αποτύπωση της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα, μέσω των συμβατικών μεθοδολογικών εργαλείων. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκε πρωτογενής έρευνα με χρήση του Συμβατικού Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας, που κατά κανόνα χρησιμοποιείται σε ευρωπαϊκό επίπεδο, αλλά και υποκειμενικών δεικτών (υφιστάμενων και νεοεισαχθέντων). Τα αποτελέσματα έδειξαν εξαιρετικά υψηλά επίπεδα ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα, με το 58% των νοικοκυριών να πλήττονται από αυτή. Παράλληλα, μέσα από μία συγκριτική πρωτογενή έρευνα στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας, κατέστη δυνατό να προσδιοριστεί το επίπεδο ενεργειακής φτώχειας και στην ορεινή επικράτεια, αποτυπώνοντας μια πολύ δύσκολη πραγματικότητα για αυτήν, λόγω του συνδυασμού υψηλότερου ενεργειακού κόστους και χαμηλότερων εισοδημάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 73,5% των νοικοκυριών της ορεινής Ελλάδας πλήττονται από ενεργειακή φτώχεια.

Το κύριο στάδιο της έρευνας περιλαμβάνει, αρχικά, τη μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης σε επίπεδο νοικοκυριού και, στη συνέχεια, τη μετάβαση από το επίπεδο νοικοκυριού στο επίπεδο της χώρας, μέσω στοχαστικής ανάλυσης και ειδικότερα, της προσομοίωσης Monte-Carlo. Πιο συγκεκριμένα, αφού καθορίστηκε το σύνολο των παραμέτρων που συμβάλλουν στο φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας, προσδιορίστηκαν οι κατανομές συχνότητων για καθεμιά από αυτές, σε επίπεδο χώρας, καθώς και οι κατανομές πιθανότητας

στο περιβάλλον του Crystal Ball (μέθοδος Monte-Carlo). Ειδικότερα, για τον προσδιορισμό της κατανομής των βαθμομερών θέρμανσης (HDD) και ψύξης (CDD) αναπτύχθηκε μεθοδολογία, η οποία βασίζεται σε συναρτήσεις του υψομέτρου και του γεωγραφικού πλάτους. Για την εκτίμηση άλλων σύνθετων μεταβλητών, όπως ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (H_{tot}), αναπτύχθηκαν, επίσης, ειδικές μεθοδολογίες.

Το μοντέλο SMEP εκτιμά ορθότερα τα επίπεδα ενεργειακής φτώχειας σε μια χώρα, αφού στηρίζεται στις αντικειμενικές ενεργειακές ανάγκες και αποφεύγει τη χρήση της καταναλωθείσας ενέργειας, που, ως γνωστόν, υποεκτιμά τις πραγματικές ανάγκες ενός νοικοκυριού. Με βάση τα αποτελέσματα βάσει του SMEP, η ενεργειακή φτώχεια συνολικά στην Ελλάδα αγγίζει το ποσοστό του 70,4% ενώ στην ορεινή Ελλάδα αναδεικνύεται σε σχεδόν καθολικό φαινόμενο, με ποσοστό 92,6%. Επίσης, μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας του SMEP, ποσοτικοποιήθηκε για πρώτη φορά η επίδραση των διαφόρων παραμέτρων στο φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα για την περίπτωση της Ελλάδας, καθοριστική αποδεικνύεται η επίδραση του εισοδήματος, με ποσοστό 63%, ακολουθούμενο από το συντελεστή H_{tot} με ποσοστό 16% και τα χρησιμοποιούμενα συστήματα θέρμανσης με ποσοστό 10%. Τα ευρήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκ των προτέρων εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των διαφόρων μέτρων αντιμετώπισης της ενεργειακής φτώχειας, καθιστώντας το μοντέλο ένα χρήσιμο εργαλείο πολιτικής. Τα αποτελέσματα του μοντέλου ελέγχθηκαν με κατάλληλες μεθόδους και επαληθεύτηκε η αξιοπιστία τους.

Για την περαιτέρω ανάλυση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας, με τη χρήση του SMEP, αναπτύχθηκε ο Δείκτης Τρωτότητας (Vulnerability Index - VI), που εκτιμά κατά πόσο ένας συγκεκριμένος πληθυσμός είναι πιο ευάλωτος στην ενεργειακή φτώχεια σε σχέση με έναν πληθυσμό αναφοράς. Εφαρμόζοντας το συγκεκριμένο δείκτη στην περίπτωση των ορεινών περιοχών της Ελλάδας, με πληθυσμό αναφοράς το σύνολο του πληθυσμού της Ελλάδας, αποδείχθηκε ότι εννέα στα δέκα ορεινά νοικοκυριά χρειάζεται να δίνουν μεγαλύτερο μέρος του εισοδήματός τους για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, έναντι των αντίστοιχων νοικοκυριών σε επίπεδο χώρας, ενώ πέντε στα δέκα ορεινά νοικοκυριά χρειάζεται να διαθέτουν τουλάχιστον διπλάσιο ποσοστό του εισοδήματός τους, σε σχέση με το επίπεδο της χώρας. Εφαρμόζοντας το κριτήριο βελτίωσης κατά Pareto, εντοπίστηκαν τα μέτρα που μπορούν να περιορίσουν τις κοινωνικές ανισότητες στις ορεινές περιοχές όσον αφορά στην ενεργειακή φτώχεια, αναδεικνύοντας τη σημασία της ενίσχυσης των εισοδημάτων στις ορεινές περιοχές (ποσοστό 23,8%), της καλύτερης ενεργειακής θωράκισης των ορεινών σπιτιών (ποσοστό 13,3%) και της μείωσης του κόστους θέρμανσης στις ορεινές περιοχές (ποσοστό 10,7%).

Επιπροσθέτως, μελετήθηκε, σε ποσοτικό επίπεδο, μια υποτιμημένη αλλά ιδιαίτερα σημαντική μορφή έκφρασης της ενεργειακής φτώχειας: η συμπίεση των ενεργειακών αναγκών. Αυτό κατέστη δυνατό μέσω της εισαγωγής ενός νέου δείκτη, του Βαθμού Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών (Degree of Coverage of Energy Needs - DCEN). Με τον ίδιο δείκτη προσεγγίστηκε και το φαινόμενο της ενεργειακής σπατάλης, ενός επίσης σοβαρού κοινωνικού προβλήματος. Αποδείχθηκε ότι τα μισά νοικοκυριά στην Ελλάδα συμπίεζαν τις ενεργειακές τους ανάγκες,

αφού καταβάλλουν για αυτές ποσό μικρότερο του 80% του αντίστοιχου απαιτούμενου, ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό (16%) βρίσκεται σε μια σχετική κατάσταση ισορροπίας, καλύπτοντας γενικά τις ενεργειακές του ανάγκες. Σημαντικό εύρημα αποτελεί το σημαντικό ποσοστό του ελληνικού πληθυσμού (33%) που πραγματοποιεί ενεργειακή σπατάλη. Παρόμοια είναι και τα ευρήματα που αφορούν στην ορεινή Ελλάδα.

Τέλος, μέσα από την ποσοτική σύγκριση και αξιολόγηση των κυριότερων δεικτών ενεργειακής φτώχειας (αντικειμενικών και υποκειμενικών), αποδείχθηκε ότι οι διάφοροι δείκτες φωτίζουν διαφορετικές πτυχές της ενεργειακής φτώχειας, γεγονός που αναδεικνύει την ανάγκη συμπληρωματικότητας στη χρήση τους. Ωστόσο, ο δείκτης που προκύπτει μέσα από τη διατριβή, ο Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Απαιτούμενου Κόστους (Energy Poverty Index based on Required Cost - EPI_{RC}) αποτελεί έναν ολοκληρωμένο, πολυδιάστατο δείκτη, εντοπίζοντας πληρέστερα των υπολοίπων το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας. Τα αποτελέσματα του δείκτη αυτού πρέπει να θεωρούνται τα πλέον ρεαλιστικά στην αποτίμηση της ενεργειακής φτώχειας σε ένα πληθυσμό.

Συνολικά, η διατριβή, με εκκίνηση τις σοβαρές κοινωνικές ανισότητες που επιφέρει το φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας, εισάγει ένα αποτελεσματικό εργαλείο ανάλυσης και πολιτικής. Μέσω της ανάπτυξης του μοντέλου SMEP, επιτυγχάνεται ένας ορθότερος υπολογισμός της ενεργειακής φτώχειας, εντοπίζεται η βαρύτητα των παραμέτρων που επιδρούν στην ενεργειακή φτώχεια σε κάθε χώρα και φωτίζονται υποτιμημένες αλλά σημαντικές πλευρές του προβλήματος, μέσω της εισαγωγής νέων δεικτών.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη διατριβή είναι επεκτάσιμη σε άλλες χώρες ή σε υποομάδες του πληθυσμού άλλων χωρών, δεδομένης της επεκτασιμότητας τόσο της βασικής συνάρτησης, αλλά και των μεθοδολογικών εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν.

Abstract

Energy poverty is one of the crucial socio-economic problems of the modern world, with significant effects on vulnerable groups of the population. It occurs either as inadequate access to energy services for developing countries or as disproportionately high energy costs in relation to the household income for developed countries. After a thorough literature review of relative research, the lack of a common, effective way of measuring energy poverty emerges as a major weakness. This is mainly due to the inability of modeling the objective domestic energy needs of a given country, a fact that makes the application of the official definition of energy poverty impossible.

Thus, the subject of the current thesis is the modeling of the required energy consumption at a country level and the correct application of the definition of energy poverty. At the same time, such a model would lead to the parameterization of the factors contributing to energy poverty, as well as to the determination of their weighting factors. The above goals are achieved through the development of the Stochastic Model of Energy Poverty (SMEP). The model was developed for Greece, as a country-level application. As a case study, the mountainous population of Greece was selected, as a population group particularly vulnerable to energy poverty, but also due to the high importance of mountainous regions of the planet.

The first part of the survey includes the measurement of energy poverty in Greece, using the conventional methodological tools. For this reason, a primary survey was conducted, with the use of the Conventional Energy Poverty Index, which is generally used at European level, but also with the use of subjective indicators (existing and new ones). The results showed extremely high levels of energy poverty in Greece, with 58% of Greek households being affected. At the same time, a comparative primary survey in the mountainous regions of Greece took place, implying a hard reality for them, due to the combination of higher energy costs and lower incomes. The results showed that 73.5% of households in mountainous Greece suffer from energy poverty.

The main part of the research includes, firstly, the modeling of energy consumption at household level and, subsequently, the transition from household level to country level through stochastic analysis and, in particular, through Monte-Carlo simulation. More specifically, after identifying the parameters contributing to energy poverty, frequency distributions at country level were determined for each one of them, along with probability distributions in Crystal Ball interface (Monte-Carlo method). A new methodology, based on altitude and latitude functions, was developed for the determination of the distribution of heating degree days (HDD) and cooling degree days (CDD). For the estimation of other complex variables, such as the heat transfer coefficient (H_{tot}), specific methodologies have been also developed.

The SMEP model results in more accurate estimations of the levels of energy poverty within a country, as it relies on objective energy needs, avoiding the use of actual energy consumed, which, as is well known, underestimates the real needs of a household. Based on SMEP results,

energy poverty in Greece reaches 70.4%. In mountainous Greece, energy poverty emerges as a dominant phenomenon, reaching 92.6%. Furthermore, through the sensitivity analysis of SMEP, the impact of various parameters on energy poverty was quantified for the first time. According to the results for Greece, the decisive role of income is highlighted, presenting a weighting factor of 63%, followed by the H_{tot} coefficient (16%) and the heating systems used (10%). These findings can be used in order to assess in advance the effectiveness of various energy poverty measures, making the model a useful policy tool. The results of the model have been tested by appropriate methods and their reliability was verified.

For a more thorough analysis of the energy poverty problem with the use of SMEP, Vulnerability Index (VI) was developed, estimating whether a particular population is more vulnerable to energy poverty compared to a reference population. Applying the indicator to the case of mountainous Greek population, with the total population of Greece as reference population, it was proved that that nine out of ten mountain households need to spend a higher percentage of their income in order to meet their energy needs than households at country level, while five out of ten mountain households need to spend double or more percentage of their Income, compared to country level. Applying the Pareto efficiency criterion, measures that can reduce social inequalities within mountainous regions in terms of energy poverty have been identified, highlighting the importance of boosting incomes of mountainous population (23,8%), of energy upgrade of mountainous residences (13,3%) and of the reduction of heating costs in mountainous regions (10,7%).

The compression of energy needs, an underestimated but particularly significant aspect of energy poverty, has been quantitatively studied. This was made through the introduction of a new indicator, the Degree of Coverage of Energy Needs (DCEN). The indicator also revealed the extent of energy wastage, which is another serious social phenomenon. It was proved that half of households in Greece compress their energy needs as paying for them less than 80% of the respective cost of their required needs, while only a small percentage (16%) maintains a relative balance situation, generally meeting its energy needs. An important finding is the significant percentage of the Greek population (33%) wasting energy. Similar findings were reached for the case of mountainous Greece.

Finally, through the quantitative comparison of the main indicators of energy poverty (objective and subjective), it was clearly shown that the various indicators reflect different aspects of energy poverty, a fact that reveals the complementary nature in their use. However, the index resulting from the thesis, the Energy Poverty Index based on Required Cost (EPI_{RC}) is an integrated, multidimensional index, identifying more thoroughly the energy poverty problem compared to the others. The results of this index should be considered the most realistic in assessing energy poverty within a population.

Overall, the thesis, starting from the serious social inequalities caused by energy poverty, introduces an effective tool for analysis and policy making. With the use of the model developed

(SMEP), a more accurate estimation of energy poverty is achieved, the weighting factors of the various parameters affecting energy poverty in a given country can be determined and underestimated but important aspects of energy poverty are highlighted, through the introduction of new indicators.

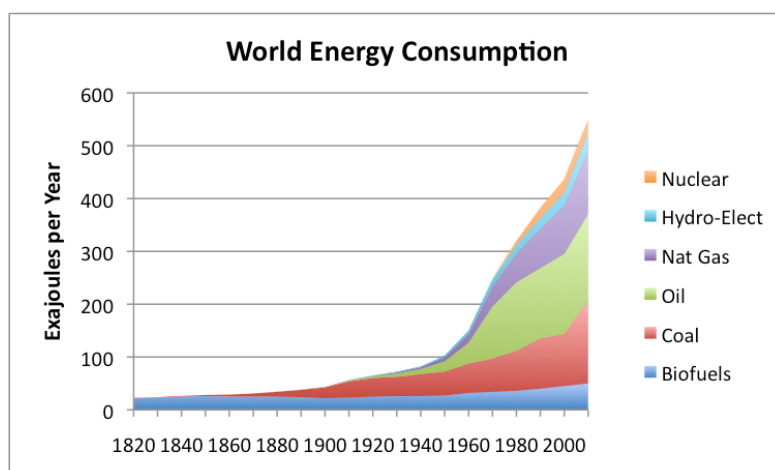
The methodology presented is expandable to other countries or subgroups of the population of other countries, given the expandability of the basic function of SMEP, as well as the methodological tools involved.

A' ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1. Ενεργειακή φτώχεια

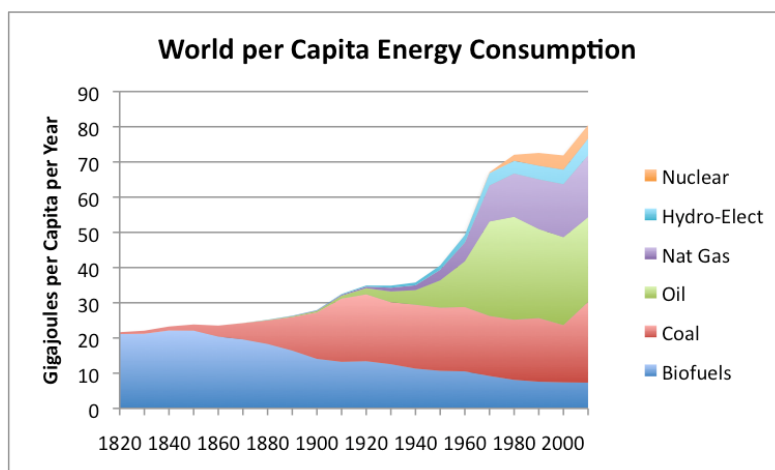
1.1 Το ενεργειακό πρόβλημα στο σύγχρονο κόσμο

Η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση έχει σημειώσει τεράστια αύξηση τα τελευταία περίπου 200 χρόνια, γεγονός που οφείλεται, πέρα από την αύξηση του πληθυσμού, στην εκτεταμένη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1.1, η βιομηχανική επανάσταση έφερε την ανθρωπότητα σε μια νέα εποχή, αλλάζοντας δραστικά τον παγκόσμιο ενεργειακό χάρτη, ο οποίος κατακλύστηκε πλέον από ορυκτά καύσιμα. Αυτό συνέβη σε στάδια, από την εκμετάλλευση κοιτασμάτων άνθρακα μέχρι αυτή των κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επιπλέον, πριν από περίπου μισό αιώνα ξεκίνησε η εκμετάλλευση και χρήση της πυρηνικής ενέργειας. Σύμφωνα με στοιχεία του International Energy Outlook (IEO 2016), η ενεργειακή κατανάλωση αναμένεται να αυξηθεί έτι περαιτέρω, κατά περίπου 48% μεταξύ των ετών 2012-2040.



Διάγραμμα 1.1. Εξέλιξη παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης κατά τη διάρκεια των ετών 1820-2000
(Πηγή: Our Finite World 2017)

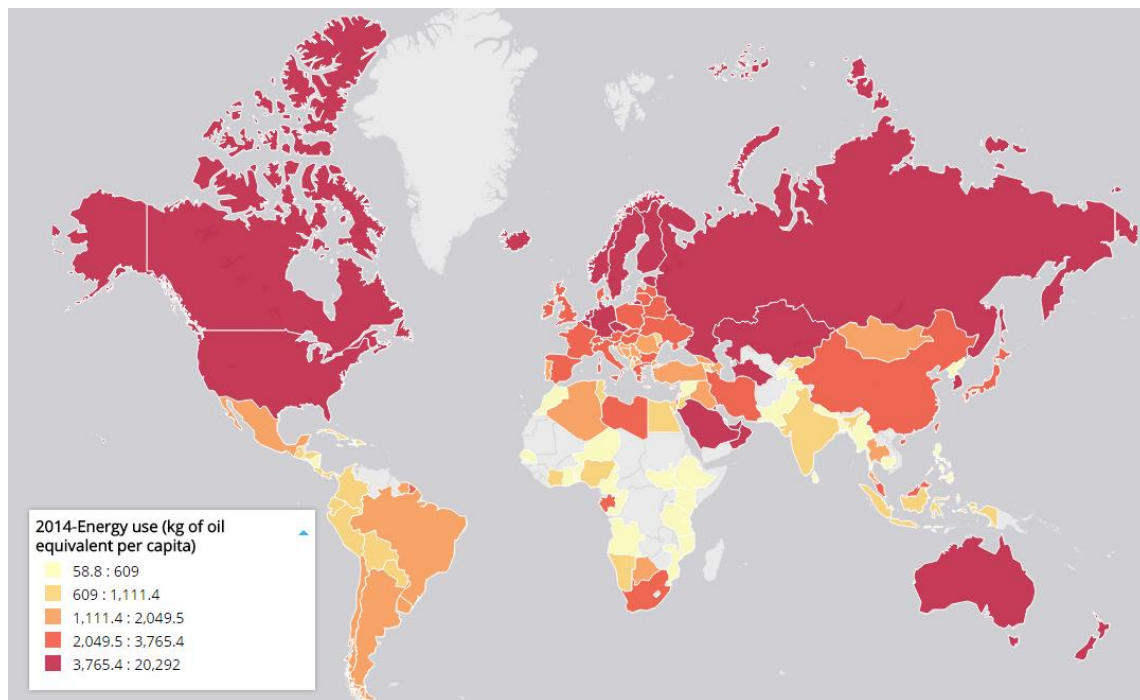
Απαλλαγμένη από την επίδραση του πληθυσμού, στο Διάγραμμα 1.2 παρουσιάζεται η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση κατ' άτομο και κατά τύπο καυσίμου. Πέραν της διαρκούς ανοδικής τάσης της ενεργειακής κατανάλωσης, χαρακτηριστική είναι η έντονη αύξηση που σημειώνεται μεταξύ των ετών 1940-1970, της τάξης του 100%, εξαιτίας της χρήσης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου.



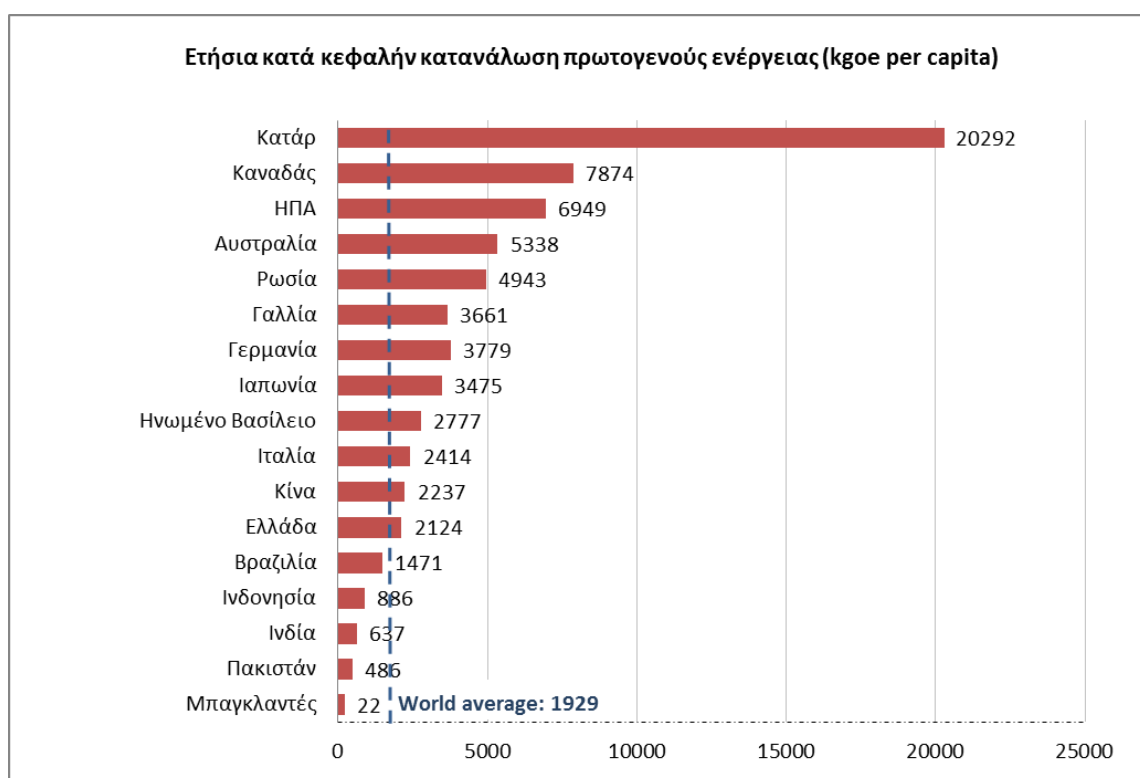
Διάγραμμα 1.2. Εξέλιξη παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης κατ' άτομο κατά τη διάρκεια των ετών 1820-2000 (Πηγή: Our Finite World 2017)

Αναλύοντας περισσότερο την ενεργειακή κατανάλωση στη διάρκεια της ανθρώπινης ιστορίας, αναφέρεται ότι κατά την προϊστορική εποχή, η καθημερινή ενεργειακή κατανάλωση κατ' άτομο κινούνταν μόλις στις 3 KWh και περιελάμβανε κυρίως την τροφή (Energy Fundamentals 2017). Για αρκετές χιλιάδες χρόνια, οι ενεργειακές απαιτήσεις του ανθρώπου καλύπτονταν από τον ήλιο, τη βιομάζα, την ενέργεια του νερού και την αιολική ενέργεια. Κατά το Μεσαίωνα, οι ενεργειακές ανάγκες, που περιελάμβαναν πλέον του φαγητού, κυρίως τη στέγαση, τη γεωργία και το εμπόριο, αύξησαν την ημερήσια κατανάλωση ενέργειας περίπου στις 24 KWh. Ο σύγχρονος άνθρωπος, που έχει επιπρόσθετες ενεργειακές απαιτήσεις λόγω βιομηχανίας και μεταφορών, υπολογίζεται ότι έχει μία μέση -σε παγκόσμιο επίπεδο- ημερήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 57 KWh, σύμφωνα με στοιχεία του 2013 (Energy Fundamentals 2017). Παρ' όλα αυτά, η σημερινή ημερήσια κατανάλωση κατ' άτομο εμφανίζει σημαντικές χωρικές ανισότητες. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι το 2013, η μέση ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση κατ' άτομο στις Η.Π.Α. ήταν 228 KWh, στη Γερμανία 128 KWh, στην Κίνα 67 KWh και στην Ινδία 15 KWh, μικρότερη δηλαδή και από αυτή της μεσαιωνικής εποχής (Energy Fundamentals 2017).

Οι έντονες ανισότητες στα ενεργειακά μεγέθη αντανακλούν τις διαφορετικές διαστάσεις του ενεργειακού προβλήματος μεταξύ διαφορετικών χωρών. Όπως φαίνεται στο Χάρτη 1.1, η συνολική κατά κεφαλήν ενεργειακή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερη στη Βόρεια Αμερική, την Αυστραλία, τη Ρωσία, τις Σκανδιναβικές χώρες και τη Σαουδική Αραβία, σε σχέση με χώρες της Λατινικής Αμερικής, της Αφρικής και της αναπτυσσόμενης Ασίας. Μάλιστα, αν εξεταστούν συγκεκριμένες περιπτώσεις χωρών (Διάγραμμα 1.3), φαίνεται πως οι ανισότητες παίρνουν τεράστιες διαστάσεις, με το κράτος του Κατάρ να εμφανίζει τη μεγαλύτερη κατά κεφαλήν ενεργειακή κατανάλωση στον κόσμο, 3 φορές μεγαλύτερη από αυτή των ΗΠΑ και περίπου 1.000 φορές μεγαλύτερη από αυτή του Μπαγκλαντές. Ακόμα όμως κι αν δε ληφθεί υπ' όψιν η ακραία περίπτωση του Κατάρ, η ενεργειακή κατανάλωση του Καναδά είναι 2 φορές μεγαλύτερη από αυτή της Γερμανίας, 3,5 φορές μεγαλύτερη από αυτή της Κίνας και 12 φορές μεγαλύτερη από αυτή της Ινδίας.



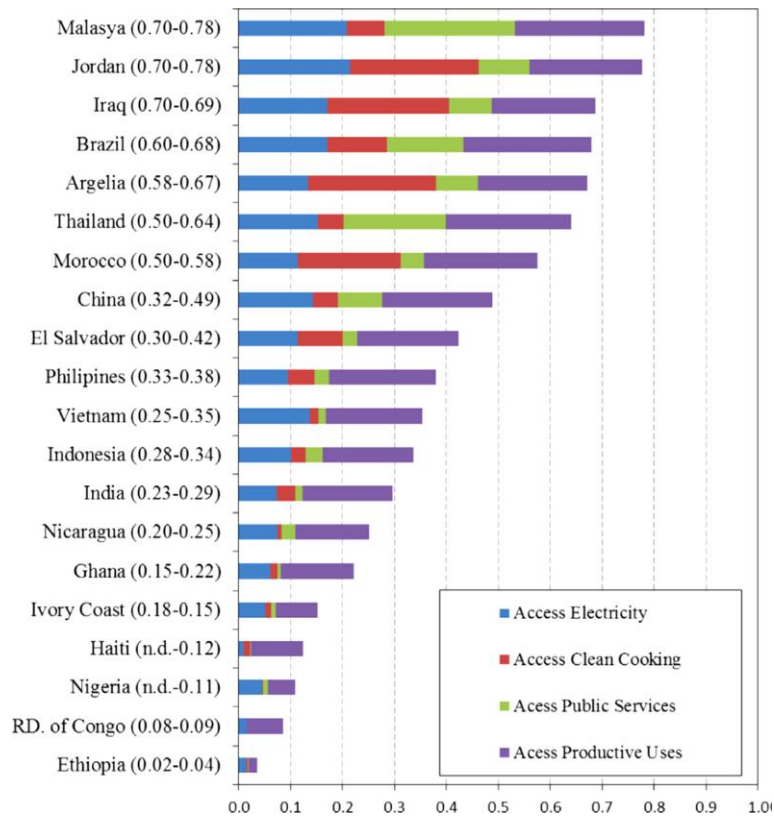
Χάρτης 1.1. Διαβάθμιση κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας στον κόσμο, 2014 (Πηγή: Ίδια Επεξεργασία, βάσει The World Bank 2017)



Διάγραμμα 1.3. Διαβάθμιση κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας σε συγκεκριμένες περιπτώσεις χωρών, 2014 (Πηγή: Ίδια Επεξεργασία, βάσει The World Bank 2017)

Παγκοσμίως, 1,2 δισεκατομμύρια άνθρωποι (το 16% του παγκόσμιου πληθυσμού) ζουν χωρίς πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια και πάνω από 2,7 δισεκατομμύρια άνθρωποι (το 38% του παγκόσμιου πληθυσμού) χωρίς πρόσβαση σε καθαρές εγκαταστάσεις μαγειρέματος, με το 95% των πληθυσμών αυτών να ζουν σε περιοχές της υποσαχάριας Αφρικής και των αναπτυσσόμενων περιοχών της Ασίας - κυρίως σε αγροτικές περιοχές- (WEO 2016). Είναι χαρακτηριστικό ότι μόλις δέκα χώρες, τέσσερις στην Ασία (Ινδία, Μπαγκλαντές, Πακιστάν και Ινδονησία) και έξι στην Αφρική (Νιγηρία, Αιθιοπία, Δημοκρατική Δημοκρατία του Κονγκό, Τανζανία, Κένυα και Ουγκάντα) συγκεντρώνουν το 63% του παγκόσμιου πληθυσμού που ζει χωρίς πρόσβαση σε ηλεκτρισμό, ενώ μόλις τρεις χώρες (Ινδία, Κίνα, Μπαγκλαντές) συγκεντρώνουν το μισό πληθυσμό που ζει χωρίς πρόσβαση σε καθαρές εγκαταστάσεις μαγειρέματος (González-Eguino 2015).

Όπως γίνεται φανερό, το ενεργειακό πρόβλημα στις φτωχές και τις αναπτυσσόμενες χώρες σχετίζεται κατά κύριο λόγο με την προσβασιμότητα στην ενέργεια. Ο González-Eguino (2015), βάσει στοιχείων της ΙΕΑ, απεικονίζει, μέσα από ένα χαρακτηριστικό γράφημα, την κατάσταση ενεργειακής ανάπτυξης ή ενεργειακής φτώχειας 20 φτωχών/αναπτυσσόμενων χωρών (Διάγραμμα 1.4), χρησιμοποιώντας ένα σύνθετο δείκτη, το «δείκτη ενεργειακής ανάπτυξης (energy development indicator)». Ο δείκτης αυτός απαρτίζεται από τέσσερις επιμέρους υπο-δείκτες (πρόσβαση σε ηλεκτρισμό, πρόσβαση σε καθαρές εγκαταστάσεις μαγειρέματος, πρόσβαση σε δημόσιες υπηρεσίες ενέργειας, πρόσβαση σε παραγωγικές χρήσεις), δίνοντας μια συνολική εικόνα της ενεργειακής ανάπτυξης (ή της ενεργειακής υστέρησης) κάθε χώρας. Μέσω του δείκτη αυτού επιβεβαιώνεται ότι η ενεργειακή υστέρηση συγκεντρώνεται στις περιοχές της υποσαχάριας Αφρικής και της Ασίας (χαμηλά ή πολύ χαμηλά επίπεδα του δείκτη), ενώ η ενεργειακή ανάπτυξη (μεσαία έως υψηλά επίπεδα του δείκτη) εντοπίζεται κυρίως στη Λατινική Αμερική και τη Μέση Ανατολή, ειδικά στις χώρες με ενεργειακές πηγές.



Διάγραμμα 1.4. Δείκτης ενεργειακής ανάπτυξης σε 20 αναπτυσσόμενες χώρες, 2010 (Πηγή: González-Eguino 2015, βάσει IEA)

Η έννοια του ενεργειακού προβλήματος διαφοροποιείται σημαντικά στις χώρες του αναπτυσσόμενου κόσμου, στις οποίες πρόβλημα δεν αποτελεί πλέον η πρόσβαση στον ηλεκτρισμό και στις υπηρεσίες ενέργειας αλλά το προσιτό κόστος των υπηρεσιών αυτών. Για το λόγο αυτό, συχνότερα αναφέρεται -και πλέον έχει ευρέως καθιερωθεί- ως «ενεργειακή φτώχεια». Η ενεργειακή φτώχεια στις αναπτυσσόμενες χώρες προκαλείται κυρίως από τρεις παράγοντες (Legendre & Ricci 2015, BPIE 2014, Palmer et al. 2008, IEA 2011):

- Το χαμηλό εισόδημα του νοικοκυριού
- Το υψηλό κόστος ενέργειας
- Τη χαμηλή ενεργειακή απόδοση του σπιτιού

Οι πολιτικές λιτότητας που έχουν επιβληθεί στην Ευρώπη -και ειδικότερα στην Ελλάδα- τα τελευταία χρόνια, ως συνέπεια της ευρύτερης οικονομικής κρίσης, έχουν αναδείξει την ενεργειακή φτώχεια ως ένα από τα πλέον κρίσιμα κοινωνικά-οικονομικά-περιβαλλοντικά προβλήματα της εποχής, με σημαντικές προεκτάσεις σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς. Παρά τις όποιες βραχυπρόθεσμες μειώσεις, οι τιμές των ορυκτών καυσίμων στο μεγαλύτερο μέρος τους παραμένουν υψηλές και αναμένεται να αυξηθούν ακόμα περισσότερο στο μέλλον (IEA 2015). Συνολικά, ο συνδυασμός των χαμηλών εισοδημάτων, των υψηλών τιμών ενέργειας και

των ενεργειακά ανεπαρκών κατοικιών έχει οδηγήσει μεγάλα τμήματα του πληθυσμού σε κατάσταση αδυναμίας, κατά την οποία δυσκολεύονται να καλύψουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες. Από τις υφιστάμενες έρευνες (πχ. ΕΡΕΕ 2009_a, ΒΡΠΕ 2014), εκτιμάται ότι η ενεργειακή φτώχεια πλήττει από 50 έως 125 εκατομμύρια ανθρώπους στην Ευρώπη.

Διεξοδική ανάλυση του ορισμού της ενεργειακής φτώχειας πραγματοποιείται στην Ενότητα 1.3.

1.2 Επιπτώσεις ενεργειακής φτώχειας

Επιπτώσεις στην υγεία

Μία κύρια πτυχή του προβλήματος, πέρα από την κοινωνική και οικονομική του πλευρά, είναι η εξέλιξή του σε ένα σοβαρό πρόβλημα δημόσιας υγείας, το οποίο σχετίζεται κυρίως με την ρύπανση του αέρα των εσωτερικών χώρων ή αλλιώς οικιακή ατμοσφαιρική ρύπανση (indoor air pollution). Η συγκεκριμένη παράμετρος συνδέεται με την αυξημένη θνησιμότητα το χειμώνα, καθώς και τα κυκλοφορικά, αναπνευστικά, ακόμη και ψυχικά νοσήματα (Healy 2004, ΒΡΠΕ 2014, Liddell & Morris 2010).

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO 2016), περίπου 3 δισεκατομμύρια άνθρωποι εξακολουθούν να μαγειρεύουν και να θερμαίνουν τα σπίτια τους με τη χρήση στερεών καυσίμων (πχ. ξύλα, υπολείμματα καλλιεργειών, ξυλάνθρακα, κάρβουνο, κοπριά) σε ανοιχτές εστίες ή σε ελαττωματικές σόμπες. Τέτοιου είδους ανεπαρκή καύσιμα και τεχνολογίες μαγειρέματος προκαλούν υψηλά επίπεδα οικιακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με ένα ευρύ φάσμα επιβλαβών ρύπων για την υγεία, όπως μονοξειδίο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, θειικά οξείδια και πολλές άλλες χημικές ουσίες, συμπεριλαμβανομένων των μικρών σωματιδίων αιθάλης που διεισδύουν βαθιά μέσα στους πνεύμονες (Tennakoon 2008, WHO 2016). Σε ανεπαρκώς αεριζόμενες κατοικίες, ο εσωτερικός καπνός μπορεί να είναι μέχρι και 100 φορές υψηλότερος από τα αποδεκτά επίπεδα για τα μικροσωματίδια (WHO 2016). Η έκθεση είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη, κατά προτεραιότητα, για τα μικρά παιδιά, τις γυναίκες και τους ηλικιωμένους, που περνούν τον περισσότερο από το χρόνο τους κοντά στις εστίες θέρμανσης ή μαγειρέματος (WHO 2016, González-Eguino 2015).

Ειδικότερα, εκτιμάται ότι 4,3 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν πρόωρα κάθε χρόνο εξαιτίας ασθενειών που οφείλονται στην οικιακή ατμοσφαιρική ρύπανση, η οποία προκαλείται από τη χρήση στερεών καυσίμων στο μαγείρεμα, σύμφωνα με στοιχεία του 2012 (WHO 2016). Μεταξύ αυτών των θανάτων, το 12% οφείλεται σε πνευμονικές νόσους, το 34% σε εγκεφαλικά επεισόδια, το 26% σε ισχαιμικές καρδιακές νόσους, το 22% σε χρόνιες αποφρακτικές πνευμονοπάθειες και το 6% σε καρκίνο του πνεύμονα. Πιο αναλυτικά (WHO 2016):

- Πνευμονία

Η έκθεση στην οικιακή ατμοσφαιρική ρύπανση σχεδόν διπλασιάζει τον κίνδυνο παιδικής πνευμονίας. Περισσότερο από το 50% των θανάτων από οξείες λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού μεταξύ των παιδιών κάτω των 5 ετών οφείλεται στην εισπνοή αιωρούμενων σωματιδίων των οικιακών στερεών καυσίμων (WHO 2014).

- Εγκεφαλικό επεισόδιο

Σχεδόν το ένα τέταρτο όλων των πρόωρων θανάτων που οφείλονται σε εγκεφαλικό επεισόδιο (περίπου 1,4 εκατομμύρια θάνατοι, εκ των οποίων οι μισοί αφορούν στο γυναικείο πληθυσμό) μπορεί να αποδοθεί στη χρόνια έκθεση σε οικιακή ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλείται από το μαγείρεμα με στερεά καύσιμα.

- Ισχαιμική καρδιακή νόσος

Περίπου το 15% όλων των θανάτων που οφείλονται σε ισχαιμική καρδιακή νόσο (πάνω από 1 εκατομμύριο πρόωρων θανάτων ετησίως) μπορεί να αποδοθεί στην έκθεση στην οικιακή ατμοσφαιρική ρύπανση.

- Χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια

Πάνω από το 1/3 των πρόωρων θανάτων από χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια των ενηλίκων που διαβιούν σε χώρες χαμηλών ή μεσαίων εισοδημάτων οφείλεται στην έκθεση σε οικιακή ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι γυναίκες που εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα εσωτερικής ρύπανσης έχουν πάνω από δύο φορές περισσότερες πιθανότητες να νοσήσουν από χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια σε σχέση με τις γυναίκες που χρησιμοποιούν καθαρότερα καύσιμα. Μεταξύ των ανδρών (που έχουν ήδη αυξημένο κίνδυνο λόγω του υψηλότερου ποσοστού καπνιστών), η έκθεση στην εσωτερική ρύπανση σχεδόν διπλασιάζει τον κίνδυνο αυτό.

- Καρκίνος του πνεύμονα

Το 17% περίπου των ετήσιων πρόωρων θανάτων από καρκίνο του πνεύμονα των ενηλίκων οφείλεται στην έκθεση σε καρκινογόνους παράγοντες, οι οποίοι εμφανίζονται από το μαγείρεμα με στερεά καύσιμα όπως το ξύλο, το κάρβουνο ή ο άνθρακας. Ο κίνδυνος για τις γυναίκες είναι υψηλότερος λόγω του ρόλου τους μέσα στην οικογένεια σχετικά με την προετοιμασία του φαγητού.

- Άλλες επιπτώσεις και κίνδυνοι για την υγεία

Γενικότερα, μικρά αιωρούμενα σωματίδια και άλλοι ρύποι ερεθίζουν τους αεραγωγούς του ανθρώπινου οργανισμού, εξασθενούν την ανοσολογική του απόκριση και μειώνουν την ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου του αίματος (WHO 2016). Η μελέτη των Kulsum et al. (2005) για τη Γουατεμάλα, όπως και αυτή του Mishra (2003) για τη Ζιμπάμπουε, οι οποίοι εξετάζουν τη σχέση μεταξύ της χρήσης ακατέργαστων/καθαρότερων καυσίμων και των αναπνευστικών

προβλημάτων στα παιδιά, δείχνουν ότι τα προβλήματα αυτά είναι συχνότερα στα νοικοκυριά που χρησιμοποιούν καυσόξυλα, κοπριά, ξυλάνθρακα ή κηροζίνη σε σχέση με αυτά που χρησιμοποιούν υγραέριο ή ηλεκτρισμό. Ο González-Eguino (2015), βάσει στοιχείων του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, χαρακτηριστικά αναφέρει πως οι ημερήσιες συγκεντρώσεις σωματιδίων PM₁₀ στο εσωτερικό των σπιτιών που χρησιμοποιούν ακατέργαστα καύσιμα κυμαίνονται μεταξύ 303 μg/m³ και 3.000 μg/m³ και, κατά περίπτωση, μπορούν να φτάσουν τα 10.000 μg/m³, τη στιγμή που η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ένα μέσο ετήσιο όριο εξωτερικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα 40 μg/m³.

Επίσης, υπάρχουν στοιχεία συσχέτισης της οικιακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης με το χαμηλό βάρος γέννησης των παιδιών, τη φυματίωση, τον καταρράκτη, τον καρκίνο του ρινοφάρυγγα και τον καρκίνο του λάρυγγα (WHO 2016). Όσον αφορά στον ηλεκτρισμό, η έλλειψη πρόσβασης στην ηλεκτρική ενέργεια για τουλάχιστον 1,2 δισεκατομμύρια ανθρώπους, με συνέπεια τη χρήση λαμπτήρων κηροζίνης για φωτισμό από πολλά νοικοκυριά, έχει ως αποτέλεσμα την έκθεσή τους σε πολύ υψηλά επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων, καθώς και σε άλλους κινδύνους, όπως εγκαύματα, τραυματισμούς, δηλητηριάσεις κλπ. (WHO 2016). Επιπροσθέτως, έχει αποδειχτεί πως η εποχική μεταβολή της πίεσης του αίματος συσχετίζεται πολύ ισχυρότερα με την ανεπαρκή εσωτερική θερμοκρασία παρά με την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (Nazroo et al. 2008).

Εκτός των φυσικών ασθενειών, η σχέση μεταξύ των συνθηκών στέγασης και της ψυχικής/πνευματικής υγείας έχει διερευνηθεί από πολλούς ερευνητές (Evans 2003, Wilner 1962). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ενεργειακή φτώχεια μπορεί να επηρεάσει την ψυχική ευεξία. Μάλιστα, αποδείχθηκε ότι οι ενήλικες που μετακομίζουν σε σπίτια καλύτερων τεχνικών χαρακτηριστικών εμφανίζουν και βελτίωση στην ψυχική τους υγεία (BPIE 2014).

Σύμφωνα με τον WHO (2014), η εσωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση (όπως και η εξωτερική) έχει χαρακτηριστεί ως «το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό πρόβλημα υγείας» παγκοσμίως. Κατά συνέπεια, η ανάγκη εξάλειψης το προβλήματος αυτού μέσω της αντιμετώπισης της ενεργειακής φτώχειας αποτελεί, πλέον, ηθική επιταγή.

Επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής

Στις φτωχές και αναπτυσσόμενες χώρες, η συλλογή βιομάζας για θέρμανση και μαγείρεμα πραγματοποιείται κυρίως από τις γυναίκες. Ο χρόνος που απαιτείται για τη δραστηριότητα αυτή εμποδίζει τη συμμετοχή τους σε άλλες βιοποριστικές δραστηριότητες (Tennakoon 2008, WHO 2016). Σε αυτό συμβάλλουν και οι μη αποδοτικές συσκευές μαγειρέματος, οι οποίες καταναλώνουν περισσότερο καύσιμο και, κατ' επέκταση, απαιτούν ακόμα περισσότερο χρόνο για τη συλλογή βιομάζας (Goldemberg et al. 2004). Στις περισσότερες περιπτώσεις, στη συλλογή βιομάζας συμμετέχουν και μικρά παιδιά, γεγονός που τους στερεί τη δυνατότητα συμμετοχής στην εκπαίδευση. Στο πλαίσιο της δραστηριότητας αυτής, περιστατικά όπως τραυματισμοί ή ακόμα και θάνατοι έχουν αναφερθεί σε χωριά κατά τη διάρκεια συλλογής της βιομάζας (Tennakoon 2008).

Στις αναπτυσσόμενες χώρες, τα νοικοκυριά που χρειάζεται να ξοδέψουν ένα μεγάλο μέρος του εισοδήματός τους σε δαπάνες ενέργειας είναι αναγκασμένα να περιορίσουν άλλες βασικές τους ανάγκες. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε φτωχή διατροφή, γνωστό ως πρόβλημα «heat or eat» (Bhattacharya et al. 2003), μειωμένη συμμετοχή σε κοινωνικές δραστηριότητες και δραστηριότητες αναψυχής και, γενικότερα, σε υποβάθμιση της ποιότητας ζωής (Scottish Executive 2002). Όπως επισημαίνεται και στους Anderson et al. (2012), έχει αποδειχθεί ότι η ενεργειακή φτώχεια μπορεί να επηρεάσει την ψυχική ευεξία και την κοινωνική επαφή.

Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι η ενεργειακή φτώχεια μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των παιδιών (Harrington et al. 2005). Οι ανεπαρκείς συνθήκες στέγασης, πέραν της επίδρασης που έχουν στη διατροφή των παιδιών (Ormandy & Ezratty 2012), έμμεσα επηρεάζουν τόσο τη συναισθηματική υγεία όσο και το μορφωτικό/πνευματικό τους επίπεδο. Από την άλλη, η βελτίωση των συνθηκών στέγασης, εκτός των άλλων ωφελειών, βελτιώνει και τις επιδόσεις των παιδιών στο σχολείο (BPIE 2014).

Σύμφωνα με τους O'Sullivan & Barnes (2006), πολλές μελέτες έχουν αναφερθεί στη συσχέτιση μεταξύ της ηλεκτρικής ενέργειας και του χρονικού διαστήματος που οι ενήλικες διαβάζουν και τα παιδιά μελετούν (Barnes 1988, World Bank 2002, World Bank 2004). Ο πιθανότερος λόγος είναι ότι οι λάμπες κηροζίνης και τα κεριά, οι συνήθεις εναλλακτικές λύσεις έναντι του ηλεκτρισμού σε αγροτικά κυρίως νοικοκυριά, παρέχουν ανεπαρκή φωτισμό για διάβασμα (Nieuwenhout et al. 1998). Τα κατά πολύ βελτιωμένα επίπεδα φωτισμού που παρέχουν οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες επιτρέπουν την άνετη ανάγνωση, η οποία μπορεί δυνητικά να βελτιώσει την εκπαίδευση και τη σχολική φοίτηση (Khandker et al. 1994, Khandker 1996, Gordon 1997). Επιπλέον, ο ηλεκτρισμός μπορεί να προσφέρει στα σχολεία νέες μεθόδους εκπαίδευσης, συμπεριλαμβανομένων των υπολογιστών και της χρήσης του διαδικτύου, που μπορούν να οδηγήσουν τα σχολεία στο επόμενο βήμα της τεχνολογίας και της επιστήμης.

Όσον αφορά στα νοικοκυριά, οι υπόλοιπες χρήσεις του ηλεκτρισμού πέραν του φωτισμού, συμπεριλαμβάνουν την τηλεόραση, που αποτελεί μια σημαντική πηγή ψυχαγωγίας και πληροφόρησης, ανεμιστήρες, καθώς και πλήθος άλλων οικιακών συσκευών που βελτιώνουν την ποιότητα ζωής των νοικοκυριών (Jayant & Tyler 1991, World Bank 2002, Saunders et al. 1975).

Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα που εκλύονται από την αναποτελεσματική καύση στερεών καυσίμων σε σόμπες ή ανοιχτές εστίες είναι ρύποι που δρουν ως αέρια του θερμοκηπίου, με ισχυρή επίδραση στην κλιματική αλλαγή (WHO 2016). Επίσης, τα σωματίδια αιθάλης που εκλύονται από την καύση ανεπεξέργαστης βιομάζας αλλά και από τη λειτουργία φανών κηροζίνης από εκατομμύρια ανθρώπους ανά τον κόσμο εκτιμώνται ως σημαντικός παράγοντας επιτάχυνσης της κλιματική αλλαγής. Μάλιστα, αναφέρεται ότι τα σωματίδια αιθάλης τοποθετούνται στη δεύτερη θέση των ανθρωπίνων εκπομπών που προκαλούν την κλιματική αλλαγή, μετά το διοξείδιο του άνθρακα (Bond et al. 2013). Μελέτες αναφέρουν ότι βελτιωμένες πηγές μαγειρέματος (χρήση υγραερίου ή ηλεκτρικής ενέργειας) συμβάλλουν

σημαντικά και στη μείωση των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (Goldemberg et al. 2004).

Επιπροσθέτως, με την αύξηση του πληθυσμού, η ποσότητα καυσόξυλων που απαιτείται για μαγειρική και θέρμανση διαρκώς αυξάνεται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται διαρκώς και η υλοτομία -πολλές φορές παράνομη-. Ως εκ τούτου, η δασική κάλυψη μειώνεται και η αναδάσωση που πραγματοποιείται αδυνατεί να καλύψει το ρυθμό αποψίλωσης (Tennakoon 2008), διαταράσσοντας έτσι την ομαλή λειτουργία των οικοσυστημάτων (González-Eguino 2015).

Επιπτώσεις στην οικονομία

Η εύκολη πρόσβαση στην ενέργεια και το προσιτό κόστος αυτής έχουν σημαντική επίδραση στην οικονομία μιας χώρας. Η πρόσβαση στον ηλεκτρισμό βελτιώνει τις συνθήκες ζωής των νοικοκυριών, γεγονός που επιδρά άμεσα και θετικά στην εθνική οικονομία. Ειδικότερα, έχει αποδειχθεί ότι οι πληθυσμοί με ευκολότερη πρόσβαση στον ηλεκτρισμό και με καλύτερο οδικό φωτισμό έχουν ταυτόχρονα χαμηλότερα ποσοστά αναλφαβητισμού, χαμηλότερα ποσοστά εγκατάλειψης της περιοχής τους και αφιερώνουν περισσότερο χρόνο στο διάβασμα (González-Eguino 2015, Khandker et al. 2014).

Επιπροσθέτως, η πρόσβαση σε πληροφορίες και νέες τεχνολογίες δίνει τη δυνατότητα εξέλιξης της ανθρώπινης γνώσης μέσω της ενημέρωσης και της διαδικτυακής παρακολούθησης μαθημάτων/σεμιναρίων, ενθαρρύνει τη δημιουργία μικρών ή μεγάλων επιχειρήσεων και δημιουργεί νέες ευκαιρίες απασχόλησης. Με τον τρόπο αυτό, προωθείται η ευρύτερη ανάπτυξη της οικονομίας και της κοινωνίας. Όπως επισημαίνεται και στον González-Eguino (2015), είναι δύσκολο να μετρηθεί η επίδραση των ενεργειακών υποδομών στην ανάπτυξη, αλλά αυτό που είναι σίγουρο είναι ότι με την απουσία τους είναι αδύνατο να αξιοποιηθούν οι τεράστιες δυνατότητες που προσφέρουν στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη.

1.3 Η εξέλιξη της έρευνας στον ορισμό και τη μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας

Πριν δοθεί ο ορισμός της ενεργειακής φτώχειας, είναι αναγκαίο να διευκρινιστεί η υφιστάμενη σύγχυση στη σχετική αγγλική ορολογία. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, τόσο σε σχετικές μελέτες όσο και σε επίσημες ανακοινώσεις Ευρωπαϊκών οργανισμών (όπως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή), επικρατεί η χρήση δύο διαφορετικών εννοιών για την περιγραφή του φαινομένου: fuel poverty και energy poverty. Ο όρος fuel poverty εισήχθη από το Ηνωμένο Βασίλειο και αποτελούσε μία «στενότερη έννοια» του φαινομένου, η οποία στόχευε στη διασφάλιση επαρκούς θέρμανσης στο σπίτι, μέσω της επαρκούς χρήσης καυσίμων. Στην πορεία, όμως, ο όρος αμφισβητήθηκε, με την έννοια ότι εστίαζε στη θέρμανση, υποβαθμίζοντας σημαντικά το ρόλο των υπολοίπων οικιακών ενεργειακών χρήσεων, τον οποίο αναδεικνύει καλύτερα ο όρος energy poverty. Η σύγχρονη έννοια της ενεργειακής φτώχειας συμπεριλαμβάνει όλες τις δυνατές ενεργειακές χρήσεις ενός νοικοκυριού. Παρ' όλα αυτά, οι δύο ορολογίες εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε ένα

βαθμό, αναφερόμενες πλέον στο ίδιο, ευρύτερο, περιεχόμενο. Σήμερα, ο όρος energy poverty αποτελεί την προτιμώμενη ορολογία των επιστημονικών αναφορών για την ενεργειακή φτώχεια.

Το σύνολο των αναφορών των ορισμών και τρόπων μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας που έχουν προταθεί από τη «γέννηση» της έννοιας του φαινομένου έως και σήμερα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις αναφορές που ορίζουν θεωρητικά την ενεργειακή φτώχεια ή τον τρόπο μέτρησής της, η δεύτερη τις αναφορές που χρησιμοποιούν ποσοτικούς δείκτες υπολογισμού της ενεργειακής φτώχειας, η τρίτη τις αναφορές που εισάγουν τη χρήση υποκειμενικών δεικτών για την εκτίμηση της ενεργειακής φτώχειας και, τέλος, η τέταρτη περιλαμβάνει τις αναφορές που εξετάζουν την ενεργειακή φτώχεια από μια ευρύτερη σκοπιά τρωτότητας. Προφανώς, οι παραπάνω κατηγορίες δεν είναι πλήρως ανεξάρτητες μεταξύ τους, π.χ. οι ορισμοί οδηγούν σε τρόπους ποσοτικοποίησης του προβλήματος. Η κατηγοριοποίηση, όμως, που πραγματοποιείται βοηθά στην καλύτερη παρακολούθηση της εξέλιξης της έρευνας, η οποία συνέβαλε σημαντικά στη διαμόρφωση της σημερινής γνώσης πάνω στο ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας. Η ανάλυση γίνεται ακολουθώντας, κατά το δυνατόν, τη χρονολογική ακολουθία εξέλιξης της έρευνας.

Αναφορικά με την πρώτη κατηγορία, οι παλαιότερες έρευνες στο ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας εντάσσονται στη δεκαετία του '80. Οι πρώτοι ορισμοί βασίστηκαν στην «επαρκή θέρμανση του σπιτιού» και στην «επαρκή ζέση» (Lewis 1982, Bradshaw & Hutton 1983, Boardman 1986), με ποσοτικοποίηση των νοικοκυριών που δεν επιτυγχάνουν τις ελάχιστες προδιαγραφές θέρμανσης. Μία μεταγενέστερη προσέγγιση που υιοθετήθηκε από την Boardman (1991) βασίστηκε στις δαπάνες ενός νοικοκυριού για θέρμανση, περιλαμβάνοντας έναν απλό ορισμό: τα νοικοκυριά θεωρούνται ενεργειακά φτωχά εάν ξοδεύουν περισσότερο από το 10% του εισοδήματός τους για τη θέρμανση του σπιτιού τους. Το ποσοστό αυτό βασίστηκε στο τι πραγματικά ξόδευε το 30% των φτωχότερων νοικοκυριών, προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης. Ταυτόχρονα, αποτελούσε το διπλάσιο του διάμεσου εθνικού ενεργειακού κόστους των νοικοκυριών, βάσει της Έρευνας Οικογενειακών Δαπανών του Ηνωμένου Βασιλείου το 1988 (Family Expenditure Survey). Έτσι, το ποσοστό 10% θεωρήθηκε το όριο, πάνω από το οποίο το ενεργειακό κόστος ως προς το εισόδημα κρίθηκε δυσανάλογο (Moore 2012).

Το 1991, η Έκθεση της Αγγλικής Έρευνας Συνθηκών Στέγασης (English House Condition Survey-EHCS) υιοθέτησε το όριο του 10% του εισοδήματος ως το κατώφλι του ενεργειακού κόστους (DOE 1996). Ταυτόχρονα, έκανε μια σημαντική διόρθωση. Αντί του πραγματικού ενεργειακού κόστους, εισήγαγε την έννοια της «αναγκαίας δαπάνης» για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Με βάση αυτό, ένα νοικοκυριό δε θεωρούνταν πλέον ενεργειακά φτωχό όταν ξοδεύει πάνω από το 10% του εισοδήματός του για καύσιμα, αλλά όταν χρειάζεται να ξοδέψει πάνω από το 10% του εισοδήματός του προκειμένου να επιτύχει ένα ικανοποιητικό επίπεδο θέρμανσης, για την υγεία και τη θερμική άνεση, συμπεριλαμβάνοντας τις απαιτήσεις κατάλληλου φωτισμού, μαγειρέματος και οικιακών συσκευών (Moore 2012, EPEE 2009b). Το 1996, η αντίστοιχη Έκθεση της Αγγλικής Έρευνας ενίσχυσε έτι περαιτέρω αυτή τη διαφοροποίηση, εισάγοντας την έννοια της «απαιτούμενης ικανοποιητικής θέρμανσης» (DETR 2000). Οι εκτιμήσεις της ενεργειακής

φτώχειας βάσει της σχετικής έρευνας (EHCS) του 1996 αποτέλεσαν τη βάση στην οποία στηρίχθηκε η Στρατηγική για την Ενεργειακή Φτώχεια του Ηνωμένου Βασιλείου το 2001 (UK Fuel Poverty Strategy), με την οποία εισήχθη ουσιαστικά ο πρώτος επίσημος ορισμός για την ενεργειακή φτώχεια. Ο ορισμός αυτός υιοθετήθηκε επίσημα και από τη Σκωτία το 2001, στο πλαίσιο του Νομοσχεδίου Στέγασης (Section 88 of the Housing Scotland Act 2001), συμπεριλαμβάνοντας σε αυτό, πέραν της θέρμανσης, όλες τις ενεργειακές χρήσεις ενός νοικοκυριού (Scottish Executive 2002) και διατυπώθηκε ως εξής:

Ένα νοικοκυριό βρίσκεται σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας εάν, προκειμένου να διατηρήσει ένα ικανοποιητικό επίπεδο θέρμανσης, θα απαιτούνταν να ξοδέψει πάνω από το 10% του εισοδήματός του (συμπεριλαμβανομένου του στεγαστικού επιδόματος ή της ενίσχυσης εισοδήματος για την αποπληρωμή στεγαστικού δανείου) για όλες τις οικιακές χρήσεις καυσίμων/ενέργειας. Όταν για αυτές απαιτείται πάνω από το 20% του εισοδήματος, η κατάσταση αποκαλείται «κατάσταση ακραίας ενεργειακής φτώχειας».

Το «ικανοποιητικό επίπεδο θέρμανσης» ορίζεται ως εξής: Για τα ευάλωτα νοικοκυριά (ηλικιωμένους και ασθενείς) 23°C στο σαλόνι και 18°C στα άλλα δωμάτια. Για τα άλλα νοικοκυριά, 21°C στο σαλόνι και 18°C στα άλλα δωμάτια.

Ο αντικειμενικός αυτός ορισμός της ενεργειακής φτώχειας επισημοποιήθηκε το 1998, όταν η πρόσφατα εκλεγμένη κυβέρνηση όχι μόνο υιοθέτησε τον όρο ενεργειακή φτώχεια (fuel poverty) αλλά επίσης αποδέχτηκε το ποσοστό του 10% ως το όριο των αναγκαίων δαπανών ενέργειας, πάνω από το οποίο ένα νοικοκυριό μπορεί να χαρακτηριστεί ενεργειακά φτωχό και, ως εκ τούτου, καθιέρωσε το δείκτη του 10% σαν έναν επίσημο δείκτη (EPEE 2009b).

Με την πάροδο του χρόνου, και πέραν του επίσημου ορισμού από το Ηνωμένο Βασίλειο, πολλοί νέοι ορισμοί για την ενεργειακή φτώχεια έχουν προταθεί από την επιστημονική κοινότητα, ενισχύοντας ή αναιρώντας υφιστάμενες προσεγγίσεις. Σύμφωνα με τον Healy (2004), η ενεργειακή φτώχεια προκαλείται από μία σύνθετη αλληλεπίδραση μεταξύ χαμηλού εισοδήματος και ενεργειακής ανεπάρκειας του σπιτιού ενώ, παράλληλα, διαφέρει από τη γενικότερη φτώχεια, η οποία μπορεί να αντιμετωπισθεί απλώς, μέσω της ενίσχυσης του εισοδήματος. Μία νέα κοινωνική διάσταση της ενεργειακής φτώχειας εισήχθη από το Buzar (2007), ο οποίος ορίζει την ενεργειακή φτώχεια ως την κατάσταση κατά την οποία ένα νοικοκυριό δεν είναι σε θέση να έχει πρόσβαση σε υπηρεσίες ενέργειας στο σπίτι, σε ένα κοινωνικά και υλικά επαρκές επίπεδο.

Σύμφωνα με τον Tennakoon (2008), ο ορισμός της ενεργειακής φτώχειας συνδέεται στενά με το πώς αυτή υπολογίζεται, καθώς υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι μέτρησης του φαινομένου, όπως για παράδειγμα το ενεργειακό κόστος ενός νοικοκυριού, τα ποσά ενέργειας που καταναλώνει ένα νοικοκυριό, η πρόσβαση σε υπηρεσίες ενέργειας κ.ά. Οι διαφορές αυτές έχουν προκύψει κυρίως λόγω της έλλειψης ενός διεθνώς αποδεκτού μέτρου για το τι ποσό ενέργειας απαιτείται προκειμένου να καλυφθούν οι βασικές ανθρώπινες ανάγκες (Pachauri S. et al. 2004). Ο οργανισμός Practical Action (2009) ορίζει την ενεργειακή φτώχεια ως την έλλειψη επαρκούς σύγχρονης μορφής ενέργειας για τις βασικές ανάγκες του μαγειρέματος, της

θέρμανσης και του φωτισμού, καθώς και την έλλειψη των βασικών υπηρεσιών ενέργειας για τα σχολεία, τα κέντρα υγείας και την παραγωγή εισοδήματος.

Σύμφωνα με ένα νεότερο ορισμό από την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή (ΕΟΚΕ 2013), ως ενεργειακή φτώχεια ορίζεται (γνωμοδότηση TEN/420):

η δυσκολία ή αδυναμία ενός νοικοκυριού να εξασφαλίσει επαρκή θέρμανση στην κατοικία του και να έχει πρόσβαση σε άλλες βασικές υπηρεσίες ενέργειας σε λογική τιμή.

Παράλληλα, επισημαίνει ότι η ενεργειακή φτώχεια πλήττει ιδιαίτερα τα άτομα που βρίσκονται σε κατάσταση γενικής φτώχειας, καθώς οι δυσχέρειες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε ένα φαύλο κύκλο επιδείνωσης.

Οι Day et al. (2016), σε έναν από τους πρόσφατους ορισμούς του φαινομένου, ορίζουν την ενεργειακή φτώχεια ως την «αδυναμία βασικών δυνατοτήτων, ως άμεσο ή έμμεσο αποτέλεσμα ανεπαρκούς πρόσβασης σε οικονομικά προσιτές, αξιόπιστες και ασφαλείς υπηρεσίες ενέργειας και, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα διαθέσιμα εναλλακτικά μέσα που απαιτούνται προκειμένου να αποκτηθούν αυτές οι δυνατότητες».

Όσον αφορά στη δεύτερη κατηγορία, της αντικειμενικής προσέγγισης του προβλήματος, το Ηνωμένο Βασίλειο αποτέλεσε την πρώτη χώρα με επίσημο, αντικειμενικό προσδιορισμό του προβλήματος. Ο αντικειμενικός δείκτης υπολογισμού της ενεργειακής φτώχειας βασίστηκε στον προγενέστερο θεωρητικό ορισμό της Στρατηγικής για την Ενεργειακή Φτώχεια, το 2001, και αποτυπώθηκε μαθηματικά -από το 2009- στο πλαίσιο των ετήσιων εκθέσεων ενεργειακής φτώχειας για το Ηνωμένο Βασίλειο, ως εξής (DECC 2015):

$$\text{Fuel Poverty Ratio} = \frac{\text{Modelled fuel costs (i. e. modelled consumption} \times \text{price)}}{\text{Income}} > 10\% \quad (1.1)$$

Στη μαθηματική έκφραση του δείκτη, το εισόδημα συμπεριλαμβάνει όλες τις πηγές εισοδήματος και επιδομάτων, απαλλαγμένων από φόρους και ασφαλιστικές εισφορές (DECC 2013). Η ενεργειακή κατανάλωση συμπεριλαμβάνει τη θέρμανση, το ζεστό νερό χρήσης, το μαγείρεμα, το φωτισμό και τις ηλεκτρικές συσκευές (DECC 2009). Το «ικανοποιητικό επίπεδο θέρμανσης» που επιζητείται να εξασφαλιστεί ορίζεται στους 21°C στο σαλόνι και στους 18°C στα άλλα δωμάτια (DECC 2015).

Ο Hills (2011) πρότεινε ως ενεργειακά φτωχά τα νοικοκυριά εκείνα των οποίων το ισοδύναμο εισόδημα, αφαιρώντας το κόστος στέγασης και το οικιακό ενεργειακό κόστος, είναι κάτω του 60% του ισοδύναμου εθνικού διάμεσου εισοδήματος (απαλλαγμένου επίσης από το κόστος στέγασης και το οικιακό ενεργειακό κόστος). Η προσέγγιση αυτή ονομάστηκε «προσέγγιση φτώχειας μετά το ενεργειακό κόστος (after fuel cost poverty)», η οποία εκφράζεται ως εξής (Legendre & Ricci 2015):

$$\text{Fuel poverty} = \text{Equivalised (Income} - \text{Housing costs} - \text{Domestic fuel costs)} < 60\% \text{ Equivalised (Median Income} - \text{Housing costs} - \text{Domestic fuel costs)}$$

Όμως, βάσει του δείκτη αυτού σχεδόν όλα τα νοικοκυριά με πολύ χαμηλό εισόδημα κατατάσσονται ως ενεργειακά φτωχά, ανεξάρτητα από τις ενεργειακές τους δαπάνες, προσέγγιση η οποία απέχει από τη φιλοσοφία της ενεργειακής φτώχειας και πλησιάζει περισσότερο τη γενικότερη έννοια της φτώχειας.

Στην Αγγλία, ένας νέος ποσοτικός τρόπος μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας, ονόματι «Low Income/High Costs - LIHC», εισήχθη από τον Hills (2012). Ο δείκτης ορίζει ως ενεργειακά φτωχό ένα νοικοκυριό, αν έχει απαιτούμενα ενεργειακά κόστη πάνω από το εθνικό διάμεσο επίπεδο και, αν, αφού ξοδέψει το ποσό αυτό, απομείνει με ένα εισόδημα κάτω από το όριο της φτώχειας. Έτσι, από το 2013, η κυβέρνηση της Αγγλίας υιοθέτησε τον ορισμό του Hills ως επίσημο δείκτη ενεργειακής φτώχειας, ενώ οι υπόλοιπες περιοχές του Ηνωμένου Βασιλείου (Σκωτία, Ουαλία και Βόρεια Ιρλανδία) εξακολούθησαν -και εξακολουθούν- να χρησιμοποιούν ως επίσημο δείκτη το δείκτη του 10% (Scottish Government 2014, Welsh Assembly Government 2010, DSD 2011), όπως αυτός ορίζεται στη σχέση 1.1 .

Γενικότερα, ο δείκτης του 10% χρησιμοποιείται ευρέως και έχει καθιερωθεί ως γενικός δείκτης υπολογισμού της ενεργειακής φτώχειας σε μια χώρα ή σε μια περιοχή (Atsalis et al. 2016). Όμως, η δυσκολία μοντελοποίησης/υπολογισμού της απαιτούμενης ενεργειακής κατανάλωσης, όπως απαιτεί ο ορισμός, έχει αναγκάσει τη συντριπτική σχεδόν πλειονότητα της επιστημονικής κοινότητας να χρησιμοποιεί στους υπολογισμούς την πραγματοποιηθείσα (actual) κατανάλωση έναντι της απαιτούμενης (required), καθώς η συλλογή στοιχείων για την πρώτη περίπτωση είναι εφικτή μέσω των ετήσιων εθνικών στατιστικών ερευνών ή μέσω πρωτογενούς έρευνας. Χαρακτηριστικά, έχει αναφερθεί ότι η μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης αποτελεί σχεδόν αποκλειστικό προνόμιο του Ηνωμένου Βασιλείου, το οποίο διαθέτει ειδικό πρόγραμμα υπολογισμού της απαιτούμενης κατανάλωσης ανά νοικοκυριό, προσαρμοσμένο στα δεδομένα της συγκεκριμένης χώρας, με αποτέλεσμα καμία άλλη Ευρωπαϊκή χώρα να μην είναι σε θέση να πραγματοποιήσει σε βάθος μοντελοποίηση (Jones et al. 2016). Κατά συνέπεια, ο λόγος ενεργειακής φτώχειας με το όριο του 10% και με χρήση της πραγματοποιηθείσας κατανάλωσης είναι αυτός που, ανεπίσημα, έχει ευρέως καθιερωθεί ως ο συμβατικός, αντικειμενικός δείκτης ενεργειακής φτώχειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο (Roberts et al. 2015, EC 2010).

Συχνά έχει σχολιαστεί ότι ο συμβατικός αυτός δείκτης υποεκτιμά την πραγματική διάσταση του προβλήματος, καθώς αποτυγχάνει να εντοπίσει τα νοικοκυριά εκείνα που, λόγω οικονομικής αδυναμίας, μειώνουν την ενεργειακή κατανάλωση στο σπίτι (Dubois 2012, Fahmy et al 2011, Legendre & Ricci 2015, Thomson 2013) και, ως εκ τούτου, θεωρείται ένας «φτωχός δείκτης» της ενεργειακής φτώχειας (Moore 2012, Liddell et al. 2012) . Επίσης, έχει αναφερθεί ότι, ως δείκτης, είναι πολύ «ευαίσθητος» στη μεταβολή της τιμής των καυσίμων σε σχέση με την επίδραση των άλλων δύο παραγόντων (ενεργειακή κατανάλωση, εισόδημα) (DECC 2013), με αποτέλεσμα οι μεταβολές της τιμής να είναι αυτές που σχεδόν καθοδηγούν το δείκτη. Η πρώτη αδυναμία διορθώνεται με τη χρήση της απαιτούμενης ενεργειακής κατανάλωσης. Όμως, και η χρήση της απαιτούμενης κατανάλωσης έχει δεχτεί κριτική, όπως για παράδειγμα από τους Hills (2011) και Moore (2012), οι οποίοι επισημαίνουν πως με τον τρόπο αυτό, ένας μεγάλος αριθμός

νοικοκυριών υψηλού εισοδήματος καταγράφεται σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας, εφόσον δεν έχει προσδιοριστεί ένα ανώτατο όριο απαιτούμενης κατανάλωσης στις περιπτώσεις που γίνεται μη ορθολογική χρήση της ενέργειας. Ο δείκτης LIHC του Hills (2012) επεδίωξε να διορθώσει την αδυναμία που προκύπτει από τη χρήση της απαιτούμενης κατανάλωσης, συνδυάζοντας τη διάσταση της φτώχειας με το υψηλό ενεργειακό κόστος. Ωστόσο, η εφαρμογή του ορισμού αυτού έχει χαρακτηριστεί πολύπλοκη και, σε μεγάλο βαθμό, μη διαφανής (Moore 2012), όπως επίσης έχει σχολιαστεί και ότι δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή της τιμής των καυσίμων (Moore 2012, Roberts et al. 2015).

Πιο συγκεκριμένα, έχει αναφερθεί ότι ο δείκτης LIHC παρέχει μέτρηση των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών στο χρόνο, σχετικά ανεξάρτητη από το εισόδημα ή την τιμή των καυσίμων σε σχέση με το δείκτη του 10% (DECC 2013) -είτε το συμβατικό, είτε τον επίσημο δείκτη 10%- . Δηλαδή, ενώ μια αύξηση στο εισόδημα ή μια μείωση στην τιμή των καυσίμων είναι πιθανό να μειώσει την έκταση της ενεργειακής φτώχειας σύμφωνα με το δείκτη του 10%, οι ίδιες μεταβολές δε θα έχουν αντίκτυπο στην ενεργειακή φτώχεια σύμφωνα με το δείκτη LIHC, παρά μόνο αν οι μεταβολές στα υπό μελέτη νοικοκυριά είναι μεγαλύτερες από τις μέσες εθνικές μεταβολές.

Όσον αφορά στο όριο του 10%, παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιείται ευρύτατα και για διαφορετικές περιπτώσεις χωρών, πέραν του Ηνωμένου Βασιλείου για το οποίο έχει διαμορφωθεί, η χρήση του έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας. Ενδεικτικά, οι Lawson et al. (2015) εκφράζουν δυσπιστία ως προς το αν είναι εύλογη η χρήση του συγκεκριμένου ορίου, καθώς, όπως υποστηρίζουν, αυτό είναι υποκειμενικό και η χρήση του μπορεί να είναι προβληματική σε περιπτώσεις μεγάλης κλίμακας μελετών. Όπως επισημαίνεται και στην έκθεση της ΕΟΚΕ (2013), το όριο αυτό θα έπρεπε να διαφοροποιείται σε εθνικό επίπεδο, με τις χώρες να θέτουν δικά τους όρια, προσαρμοσμένα στις εκάστοτε εθνικές ενεργειακές ανάγκες.

Διάφοροι άλλοι αντικειμενικοί δείκτες μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας έχουν, επίσης, προταθεί στη βιβλιογραφία μέχρι σήμερα. Ο δείκτης της αυξημένης θνησιμότητας στη διάρκεια του χειμώνα (Excess Winter Deaths Index) ή ο δείκτης εποχικής μεταβλητότητας της θνησιμότητας (Index of Seasonal Mortality Variability), οι οποίοι λαμβάνονται από επίσημα στοιχεία Στατιστικών Αρχών, έχουν χρησιμοποιηθεί σε αρκετές μελέτες (πχ. Healy 2004, BPIE 2014, Πανάς 2012). Ο Fabbri (2015), δίνοντας έμφαση στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, αναπτύσσει τον «Κτιριακό Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας (Building Fuel Poverty Index)» για την περίπτωση της Ιταλίας, ο οποίος δίνει τη δυνατότητα προσδιορισμού του αριθμού των κτιρίων που χρειάζονται άμεση ενεργειακή επέμβαση. Οι Legendre & Ricci (2015) σε μία έρευνα για τη Γαλλία προτείνουν έναν ορισμό ενεργειακής τρωτότητας, ο οποίος αποτελεί μία παραλλαγή του ορισμού του Hills (2011), και εκφράζεται ως εξής: τα νοικοκυριά είναι ενεργειακά ευάλωτα όταν δεν είναι εκ των προτέρων φτωχά (το ισοδύναμο εισόδημα, απαλλαγμένο από το κόστος στέγασης, δεν είναι μικρότερο του 60% του ισοδύναμου εθνικού διάμεσου εισοδήματος απαλλαγμένου από το κόστος στέγασης), αλλά γίνονται φτωχά όταν συμπεριληφθεί στις δαπάνες τους το οικιακό ενεργειακό κόστος. Όταν, δηλαδή, ο παράγοντας του ενεργειακού

κόστους είναι ο κρίσιμος παράγοντας ο οποίος «ρίχνει» τα νοικοκυριά στην κατάσταση φτώχειας.

Πέραν των αντικειμενικών τρόπων μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας, υπάρχει και η υποκειμενική ή έμμεση προσέγγιση του προβλήματος, η οποία βασίζεται στην προσωπική εκτίμηση των νοικοκυριών για τις συνθήκες θερμικής άνεσης ή συνάγεται από έμμεσα δεδομένα (πχ. καθυστερημένοι λογαριασμοί) και αποτελεί **την τρίτη κατηγορία μελέτης**. Ειδικότερα, οι ευρέως χρησιμοποιούμενοι υποκειμενικοί δείκτες σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι τρεις:

- Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό (Inability to keep home adequately warm)
- Καθυστερημένοι πάγιοι λογαριασμοί (Arrears on utility bills)
- Διαρροή στη στέγη, υγρασία σε τοίχους, πατώματα, θεμέλια ή σάπια κουφώματα (Dwelling with a leaking roof, damp walls, floors or foundation, or rot in window frames of floor)

Παρά το γεγονός ότι η υποκειμενική φύση των δεικτών δεν καθιστά σαφή τη σχέση τους με την ενεργειακή φτώχεια, η χρήση τους εντοπίζεται σε πολλές έρευνες (πχ. Healy & Clinch 2002, Thomson & Snell 2013), με βασικό τους πλεονέκτημα ότι εντοπίζουν τα νοικοκυριά που συμπιέζουν τις ενεργειακές τους ανάγκες λόγω οικονομικής αδυναμίας (Dubois 2012), πράγμα που ο συμβατικός αντικειμενικός δείκτης αδυνατεί να κάνει.

Σύμφωνα με τον Fahmy (2011), λόγω της πολυπλοκότητας της επίσημης μεθοδολογίας μέτρησης, είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η επικάλυψη μεταξύ των δύο διαφορετικών μεθόδων (αντικειμενικής-υποκειμενικής μέτρησης). Έχει αναφερθεί ότι η σχέση μεταξύ του αντικειμενικού δείκτη και των υποκειμενικών δεικτών δεν είναι αρκετά ισχυρή (Price et al. 2007, DECC 2009). Εντούτοις, ο Fahmy επισημαίνει πως η συμπληρωματική χρήση υποκειμενικών δεικτών μπορεί να είναι χρήσιμη για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων του αντικειμενικού δείκτη, καθώς και για τη σύγκριση με άλλες πηγές. Επιπλέον, άλλοι (Price et al. 2012, Roberts et al. 2015, Phimister et al. 2015) αναφέρουν ότι οι υποκειμενικοί δείκτες μπορεί να είναι χρήσιμοι για την αποτύπωση πτυχών της ενεργειακής φτώχειας που οι αντικειμενικοί δείκτες δε μπορούν να εντοπίσουν.

Ο Bouzarovski (2011) σε μία έρευνα για τις Ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποιεί ένα σύνθετο δείκτη, ο οποίος ορίζεται ως «Καθυστερημένοι πάγιοι λογαριασμοί/3 + Ανεπαρκώς θερμομονωμένο σπίτι/3 + υποκειμενικά δυσανάλογα υψηλό ενεργειακό κόστος/3 + Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό». Όπως φαίνεται, οι πρώτοι τρεις δείκτες έχουν ένα συντελεστή βαρύτητας ίσο με 1/3, καθώς έχουν συμπληρωματική διάσταση και δε μπορούν από μόνοι τους να αποτυπώσουν επαρκώς την κατάσταση ενεργειακής φτώχειας, κατά τον Bouzarovski. Οι Thomson & Snell (2013), χρησιμοποιώντας τους τρεις υποκειμενικούς δείκτες, δημιουργούν τέσσερις σύνθετους δείκτες υπολογισμού της ενεργειακής φτώχειας για τέσσερα διαφορετικά σενάρια, σε καθένα από τα οποία κάθε υποκειμενικός δείκτης συνοδεύεται από ένα διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας. Οι Lawson et al. (2015) εκτιμούν την ενεργειακή φτώχεια στη Νέα Ζηλανδία συγκρίνοντας τα αποτελέσματα βάσει του συμβατικού δείκτη του 10% και βάσει μιας

υποκειμενικής εκτίμησης της ενεργειακής φτώχειας, εξετάζοντας την περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος στο σπίτι μέσα στον τελευταίο χρόνο, λόγω αδυναμίας αποπληρωμής.

Στην τέταρτη κατηγορία εντάσσονται οι μελέτες των Bouzarovski (2014) και των Middlemiss & Gillard (2015), που υποστηρίζουν ότι η ενεργειακή φτώχεια θα έπρεπε να ενσωματωθεί σε ένα ευρύτερο πλαίσιο μελέτης, εστιάζοντας στην έννοια της «ενεργειακής τρωτότητας (energy vulnerability)», καθώς αυτή επιτυγχάνει μια καλύτερη προσέγγιση των παραγόντων που συνεισφέρουν στο ενεργειακό πρόβλημα των νοικοκυριών. Στο ίδιο πλαίσιο, οι Bouzarovski & Petrova (2015) και, μεταγενέστερα, οι Thomson et al. (2017), προσεγγίζουν την ενεργειακή φτώχεια μέσα από ένα ευρύτερο πλαίσιο τρωτότητας, σε σχέση με τις αποσπασματικές μεθόδους μέτρησης που έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς, αναγνωρίζοντας τη χωρική και χρονική μεταβλητότητα του φαινομένου, αναλόγως των συνθηκών που επικρατούν.

Στη βάση των παραπάνω, η ενεργειακή φτώχεια, ως ένα πολυδιάστατο φαινόμενο, μπορεί να προσεγγιστεί:

- με μια βάσει δαπανών μέθοδο, χρησιμοποιώντας κάποιον αντικειμενικό δείκτη (το συμβατικό δείκτη, τον επίσημο δείκτη βάσει απαιτούμενης κατανάλωσης, το δείκτη Hills κ.ο.κ.) με στοιχεία εθνικών στατιστικών δεδομένων ή πρωτογενών ερευνών
- με τη χρήση υποκειμενικών δεικτών (ενός, δύο, τριών, ή περισσότερων δεικτών, πχ. Bouzarovski 2011), με στοιχεία της έρευνας EU Statistics on Income and Living Conditions (EU-SILC) ή εθνικών στατιστικών δεδομένων ή πρωτογενών ερευνών
- με συνδυασμό αντικειμενικών και υποκειμενικών δεικτών (πχ. Lawson et al. 2015)
- με χρήση διαφορετικών, πιο συνολικών προσεγγίσεων, προσαρμοσμένων στο ευρύτερο πλαίσιο της ενεργειακής τρωτότητας (πχ. Bouzarovski 2014, Thomson et al. 2017)

Αξίζει να σημειωθεί, πάντως, ότι παρόλο που πολλοί ερευνητές εκδηλώνουν διαρκώς νέες προσπάθειες διαμόρφωσης πιο αποτελεσματικών δεικτών για τη μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας, ο συμβατικός αντικειμενικός δείκτης με χρήση του ορίου 10% εξακολουθεί να χρησιμοποιείται στη μεγάλη πλειονότητα των μελετών, έχοντας ευρύτατα, πλέον, καθιερωθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Ακόμη, παρά το γεγονός ότι πολλοί ερευνητές εκφράζουν αμφιβολίες για τη χρήση του συγκεκριμένου δείκτη, εξακολουθούν, τελικά, να καταφεύγουν σε αυτόν για τον υπολογισμό της ενεργειακής φτώχειας. Ο κύριος λόγος «δημοφιλίας» του συγκεκριμένου δείκτη, είναι ότι, υπερπηδώντας το εμπόδιο υπολογισμού/μοντελοποίησης της απαιτούμενης ενεργειακής κατανάλωσης, αποτελεί έναν απλό, συγκεκριμένο και ποσοτικό δείκτη, που διευκολύνει τη συγκριτική ανάλυση μεταξύ διαφορετικών χωρών. Προς το παρόν, λοιπόν, η χρήση του δε φαίνεται να «απειλείται» από κάποιον από τους προτεινόμενους νέους δείκτες.

1.4 Η ενεργειακή φτώχεια στην Ευρωπαϊκή ατζέντα

Η ενεργειακή φτώχεια εισήχθη για πρώτη φορά στο λεξιλόγιο των ευρωπαϊκών θεσμών κατά τη διαδικασία προετοιμασίας του Τρίτου Ενεργειακού Πακέτου, όταν υιοθετήθηκαν οι Οδηγίες 2009/72/EC και 2009/73/EC, που αφορούν σε κοινούς κανόνες της εσωτερικής αγοράς για τον ηλεκτρισμό και το φυσικό αέριο (Bouzarovski et al. 2012). Οι Οδηγίες αυτές αναγνώρισαν την ύπαρξη ενός αυξανόμενου προβλήματος ενεργειακής φτώχειας στην Ευρώπη και παρακίνησαν τα κράτη-μέλη να προβούν σε δράσεις προστασίας των πολιτών που υποφέρουν από αυτό το πρόβλημα, μέσα σε διάστημα 18 μηνών. Ο ορισμός του φαινομένου ανατέθηκε στα κράτη-μέλη, τα οποία έπρεπε να παράξουν εκθέσεις για την ενεργειακή φτώχεια στη χώρα τους μέχρι το 2011, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ιδιαίτερες εθνικές συνθήκες. Ορισμένες μεταγενέστερες Οδηγίες, επίσης, σχετίζονται με το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας και των ευάλωτων καταναλωτών, όπως για παράδειγμα η Οδηγία 2012/27/EU (Άρθρο 7), η οποία δηλώνει την αναγκαιότητα θέσπισης ενός σχεδίου ενεργειακής απόδοσης.

Από τότε, και παρά το δεύτερο επίσημο κάλεσμα εκ μέρους του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου (Ψήφισμα της 11/06/2013) το οποίο παρότρυνε τα κράτη-μέλη «να ορίσουν την ενεργειακή φτώχεια βάσει κοινών παραμέτρων που να προσαρμόζονται, όμως, για έκαστο κράτος μέλος και να λαμβάνεται υπόψη η εθνική κατάσταση εκάστου», κανένας ορισμός ή δείκτης της ενεργειακής φτώχειας δεν έχει επίσημα θεμελιωθεί. Μόνο ο όρος του «ευάλωτου καταναλωτή» έχει οριστεί από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, συμπεριλαμβάνοντας, εκτός από τους καταναλωτές που θεωρούνται ευάλωτοι σε μόνιμη βάση, και «τους καταναλωτές που βρίσκονται σε μια κατάσταση τρωτότητας, διότι τοποθετούνται σε μια κατάσταση προσωρινής αδυναμίας που απορρέει από ένα χάσμα ανάμεσα στη δική τους κατάσταση και στο εξωτερικό περιβάλλον», εφόσον «όλοι οι καταναλωτές κάποια στιγμή στη ζωή τους μπορούν να γίνουν ευάλωτοι λόγω εξωτερικών παραγόντων και αλληλεπιδράσεων με την αγορά και ως εκ τούτου να χρειάζονται ειδική προστασία» (Ψήφισμα της 22/05/2012).

Η Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή στην έκθεσή της (EOKE 2013) δηλώνει την ουσιαστική ανάγκη που υπάρχει να διαμορφωθεί ένας κοινά αποδεκτός ορισμός για την ενεργειακή φτώχεια και να θεσπιστούν κοινός Ευρωπαϊκοί δείκτες οι οποίοι να εμπεριέχουν τη διάσταση της τρωτότητας, ώστε πέρα από την απλή καταγραφή των συμπτωμάτων, να εντοπιστούν τα βαθύτερα αίτια του προβλήματος και να διαμορφωθεί μια κοινή ευρωπαϊκή στρατηγική αντιμετώπισης του προβλήματος.

Γενικά, η ενεργειακή φτώχεια έχει αρχίσει να αναδεικνύεται σε ένα από τα κύρια ζητήματα της Ευρωπαϊκής πολιτικής σκηνής. Ενδεικτικό είναι ότι η έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σχετικά με τη λήψη μέτρων για την ενέργεια (25/02/2015) αναφέρεται στην προστασία των ευάλωτων καταναλωτών, ξεκινώντας με αναφορά στην ενεργειακή φτώχεια. Επιπλέον, υπενθυμίζοντας τις επιπτώσεις της ενεργειακής φτώχειας στην ποιότητα διαβίωσης και στην υγεία, αναφέρεται στα αίτια του προβλήματος, που παρουσιάζονται ως "συνδυασμός χαμηλού εισοδήματος και γενικών συνθηκών φτώχειας, μη ενεργειακά αποδοτικών σπιτιών και ενός συστήματος

κατοίκησης που αποθαρρύνει την ενεργειακή απόδοση». Επίσης, πρόσφατα (12/04/2017), ανακοινώθηκε η λειτουργία του Ευρωπαϊκού Παρατηρητηρίου Ενεργειακής Φτώχειας (European Energy Poverty Observatory project - EPOV), την αναγκαιότητα του οποίου είχε ήδη τονίσει η ΕΟΚΕ από το 2013. Το νέο αυτό πρόγραμμα αντιπροσωπεύει μια σημαντική αλλαγή στην προσέγγιση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την ενεργειακή φτώχεια, με πρωταρχικό στόχο να αυξήσει τη γνώση για την ενεργειακή φτώχεια στην Ευρώπη, επενδύοντας πάνω από 1 εκατομμύριο ευρώ σε δύο νέες μελέτες και στο Παρατηρητήριο (EU Fuel Poverty Network 2017).

Όσον αφορά στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτός του Ηνωμένου Βασιλείου που έχει επίσημη γραμμή μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας, περίπου 10 κράτη-μέλη (όπως πχ. η Γαλλία, η Σλοβακία, η Ιρλανδία) χρησιμοποιούν διάφορες παραλλαγές προσδιορισμού των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών, βασισμένες σε διάφορα κριτήρια, όπως για παράδειγμα το ελάχιστο όριο εισοδήματος (Γαλλία, Μάλτα, Ρουμανία), τις κατηγορίες ευάλωτων καταναλωτών όπως οι συνταξιούχοι, οι ανάπηροι κ.ο.κ. Ειδικότερα, στη Γαλλία, ο νόμος Grenelle II¹ ορίζει την επισφαλή ενεργειακή κατάσταση ως εκείνη κατά την οποία ένα νοικοκυριό αντιμετωπίζει ιδιαίτερες δυσχέρειες προκειμένου να διαθέτει κατοικία με επαρκή παροχή ενέργειας για την ικανοποίηση των στοιχειωδών του αναγκών, λόγω της αναντιστοιχίας των εισοδημάτων του ή των συνθηκών στέγασης (Legendre & Ricci 2015). Στη Σλοβακία, ο αντίστοιχος νόμος² ορίζει την ενεργειακή φτώχεια ως την κατάσταση κατά την οποία οι μέσες μηνιαίες δαπάνες ενός νοικοκυριού για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό μερίδιο του μέσου μηνιαίου εισοδήματος του νοικοκυριού (Strakova 2014), χωρίς, όμως, να ορίζει συγκεκριμένα ποιο είναι αυτό.

Πολλά κράτη-μέλη έχουν εισάγει κοινωνικά τιμολόγια για τους οικονομικά ασθενέστερους χρήστες και έχουν θεσπίσει ειδικές διατάξεις προστασίας. Σύμφωνα με την ΕΟΚΕ (2013), το Βέλγιο έχει εισάγει το καθεστώς του «προστατευόμενου πελάτη», το οποίο εξασφαλίζει κοινωνικά τιμολόγια και δωρεάν μηχανισμούς (μετρητές με σύστημα προπληρωμής, εγγύηση βασικής παροχής) σε όλους τους δικαιούχους κοινωνικών ενισχύσεων. Η Ιταλία και η Ισπανία έχουν εισάγει μηχανισμούς έκπτωσης, το "bonus elettrico" and "bono social" αντίστοιχα. Στη Γερμανία, τα τοπικά κοινωνικά τιμολόγια που έχουν εισαχθεί από τα ομόσπονδα κρατίδια (Lander) επιβαρύνουν τις τοπικές ή περιφερειακές εταιρίες ενέργειας. Στη Σουηδία, το σύστημα καθολικής κοινωνικής προστασίας αναλαμβάνει τους ανεξόφλητους λογαριασμούς. Περισσότερα από τα μισά κράτη-μέλη παρέχουν προστασία έναντι των αποσυνδέσεων παροχής ενέργειας, βάσει νομοθεσίας ή δεοντολογικών κανόνων των παρόχων ενέργειας. Ειδικό τρόπο τιμολόγησης έχουν εισαχθεί στη Νοτιοανατολική Ευρώπη, όπως είναι η Αλβανία, το Κόσοβο, η Κροατία, όπου τα νοικοκυριά χρεώνονται με υψηλότερες τιμές ενέργειας εάν η κατανάλωσή τους υπερβεί ένα ορισμένο όριο, ενώ κοινωνική προστασία επίσης παρέχεται στη Σερβία, το Μαυροβούνιο, τη Βοσνία-Ερζεγοβίνη, την Κροατία, τη Βουλγαρία και τη Ρουμανία (Bouzarovski et al. 2012, Velody et al. 2003).

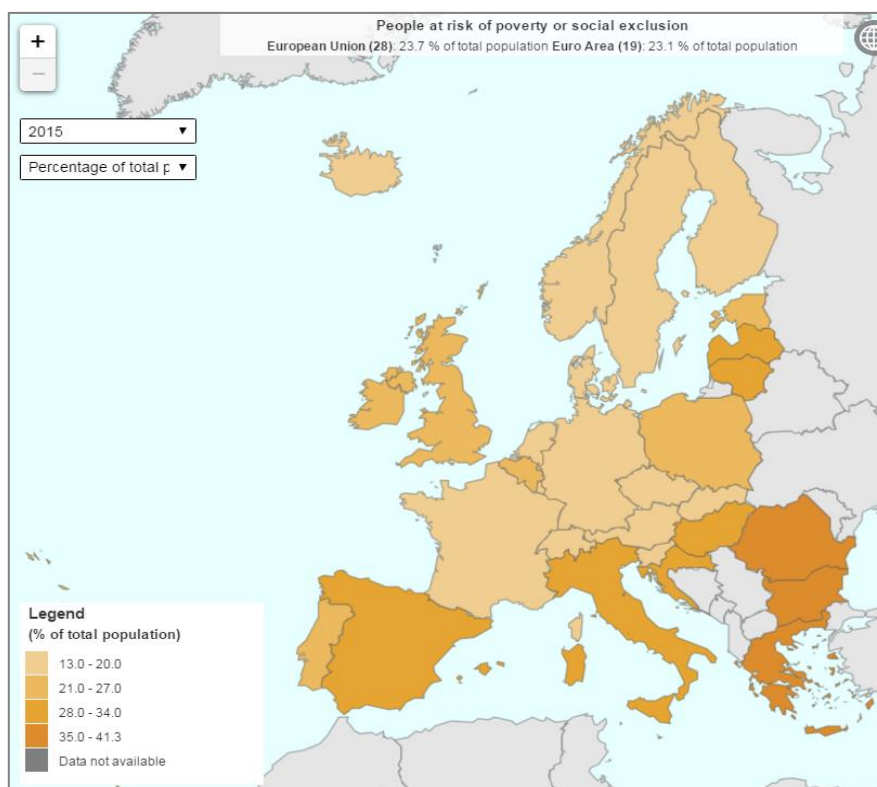
¹ Νόμος 2010-788/12-07-2010 (Άρθρο 11, παρ. 4)

² Νόμος 250/2012

Τέλος, στην Ελλάδα, το Κοινωνικό Οικιακό Τιμολόγιο (Κ.Ο.Τ.) παρέχει έκπτωση στη χρέωση των τιμολογίων της ΔΕΗ σε ευπαθείς ομάδες καταναλωτών, όπως άτομα χαμηλού εισοδήματος, γονείς με τρία προστατευόμενα τέκνα, μακροχρόνια άνεργους και ΑΜΕΑ, εφόσον δεν υπερβαίνουν κάποιο ανώτατο όριο κατανάλωσης.

1.5 Η εικόνα της ενεργειακής φτώχειας στην Ευρώπη

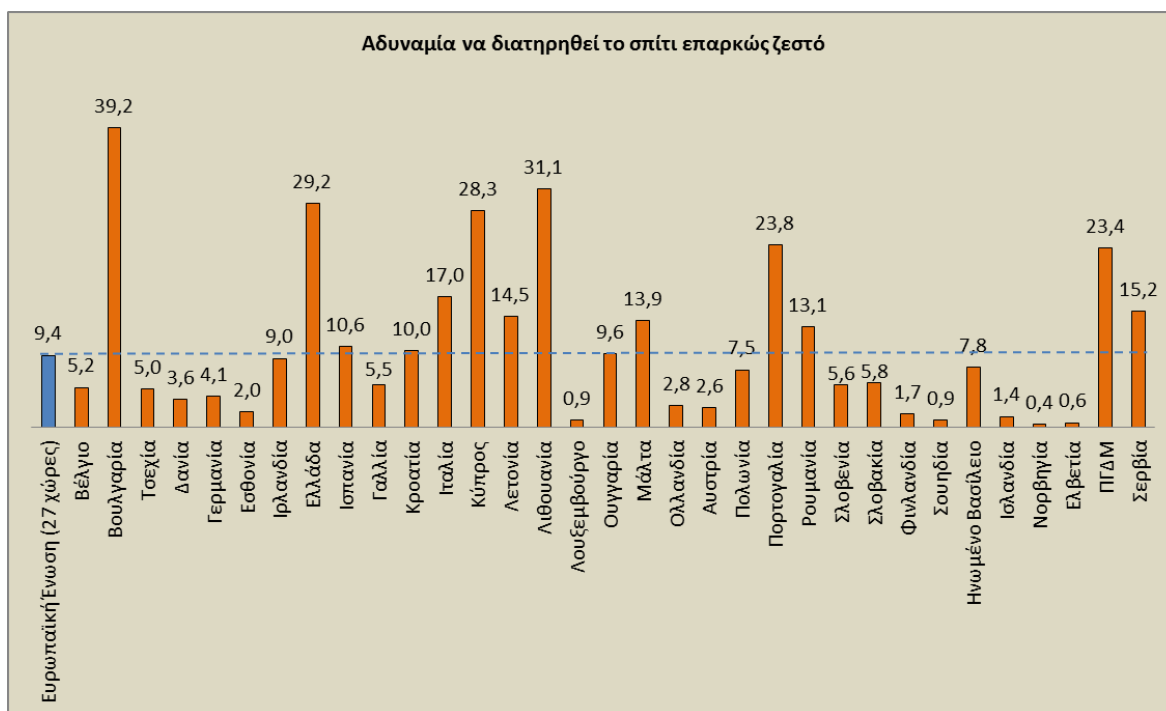
Δεδομένου ότι η ενεργειακή φτώχεια είναι ισχυρά συνδεδεμένη με τη φτώχεια, στο Χάρτη 1.2 παρουσιάζεται η εικόνα της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως προς τον πληθυσμό που βρίσκεται σε κίνδυνο φτώχειας ή κοινωνικό αποκλεισμό. Ο δείκτης αυτός αναφέρεται στο ποσοστό του πληθυσμού με ισοδύναμο διαθέσιμο εισόδημα χαμηλότερο του 60% του εθνικού διάμεσου ισοδύναμου διαθέσιμου εισοδήματος ή με υλικές στερήσεις (δηλαδή πληθυσμός που στερείται τουλάχιστον τέσσερα από έναν κατάλογο εννέα αγαθών και υπηρεσιών) ή με χαμηλή ένταση εργασίας (δηλαδή τα ενήλικα μέλη του νοικοκυριού, ετών 18-59, που εργάστηκαν λιγότερο από το 20% της συνήθους απασχόλησης κατά τη διάρκεια του προηγούμενου έτους). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι τρεις πρώτες χώρες σε κίνδυνο φτώχειας ή κοινωνικό αποκλεισμό, με ποσοστό 41%, είναι η Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας, η Σερβία και η Βουλγαρία - παρ' ότι οι δύο πρώτες δεν απεικονίζονται στο Χάρτη λόγω της μη ένταξής του στην Ευρωπαϊκή Ένωση- ακολουθούμενες από τη Ρουμανία και την Ελλάδα σε ποσοστά 37,4% και 35,7%, αντίστοιχα.



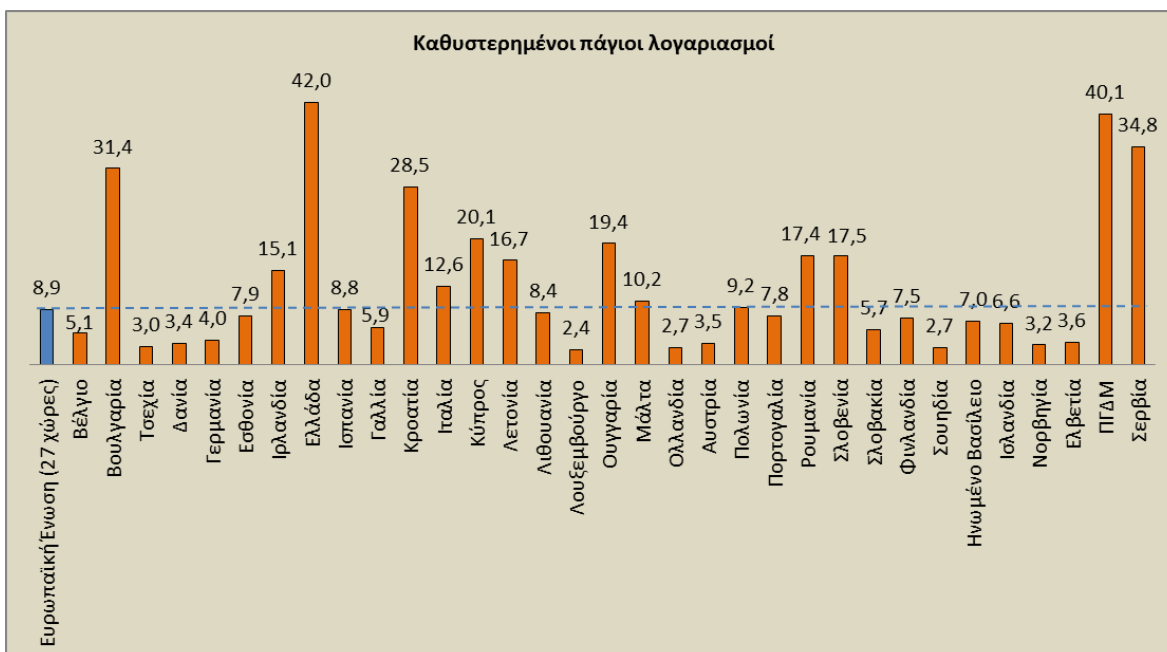
Χάρτης 1.2. Ποσοστό πληθυσμού που βρίσκεται σε κίνδυνο φτώχειας ή κοινωνικού αποκλεισμού στην Ευρωπαϊκή Ένωση, 2015 (Πηγή: Eurostat 2017_a)

Σύμφωνα με την έρευνα BPIE (2014), η οποία εξετάζει το πρόβλημα στο γεωγραφικό πλαίσιο της Ευρώπης, η ενεργειακή φτώχεια εμφανίζεται ως ένα σοβαρό πρόβλημα για τις κεντρικές, ανατολικές και νότιες χώρες και λιγότερο για τις βορειοευρωπαϊκές χώρες. Συγκεκριμένα, εξετάζοντας τους τρεις υποκειμενικούς δείκτες ενεργειακής φτώχειας, φαίνεται ότι η Βουλγαρία, η Κύπρος και η Ελλάδα είναι ανάμεσα στις χώρες με τα σοβαρότερα προβλήματα ενεργειακής φτώχειας, ενώ αντίθετα ψυχρότερες χώρες όπως η Σουηδία, η Ολλανδία, η Δανία και το Λουξεμβούργο είναι αυτές που εμφανίζουν τα λιγότερα προβλήματα. Η εξήγηση βρίσκεται στη σημαντική διαφορά των εισοδημάτων, αλλά και στην καλύτερη ενεργειακή θωράκιση των κατοικιών. Παρακάτω, δίνεται μια πιο αναλυτική εικόνα της κατανομής των τριών δεικτών της ενεργειακής φτώχειας στην Ευρώπη.

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1.5, η Βουλγαρία είναι η χώρα με τα υψηλότερα ποσοστά πληθυσμού που αδυνατούν να διατηρήσουν το σπίτι τους επαρκώς ζεστό. Ακολουθούν η Λιθουανία, η Ελλάδα και η Κύπρος και, εν συνεχεία, η Πορτογαλία και η Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας. Όπως φαίνεται, οι μεσογειακές χώρες, αν και χαρακτηρίζονται από ήπιους χειμώνες, αντιμετωπίζουν σοβαρότερα προβλήματα επαρκούς θέρμανσης σε σχέση με βορειότερες και ψυχρότερες χώρες (Σουηδία, Νορβηγία, Ισλανδία, Φινλανδία, Ολλανδία κ.ο.κ.), οι οποίες εμφανίζουν πολύ χαμηλά ποσοστά στο συγκεκριμένο δείκτη. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 1.6, η Ελλάδα και η Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας εμφανίζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά καθυστερήσεων σε πάγιους λογαριασμούς, ενώ ακολουθούν η Σερβία, η Βουλγαρία και η Κροατία. Στον αντίποδα βρίσκονται το Λουξεμβούργο, η Ολλανδία και η Σουηδία.

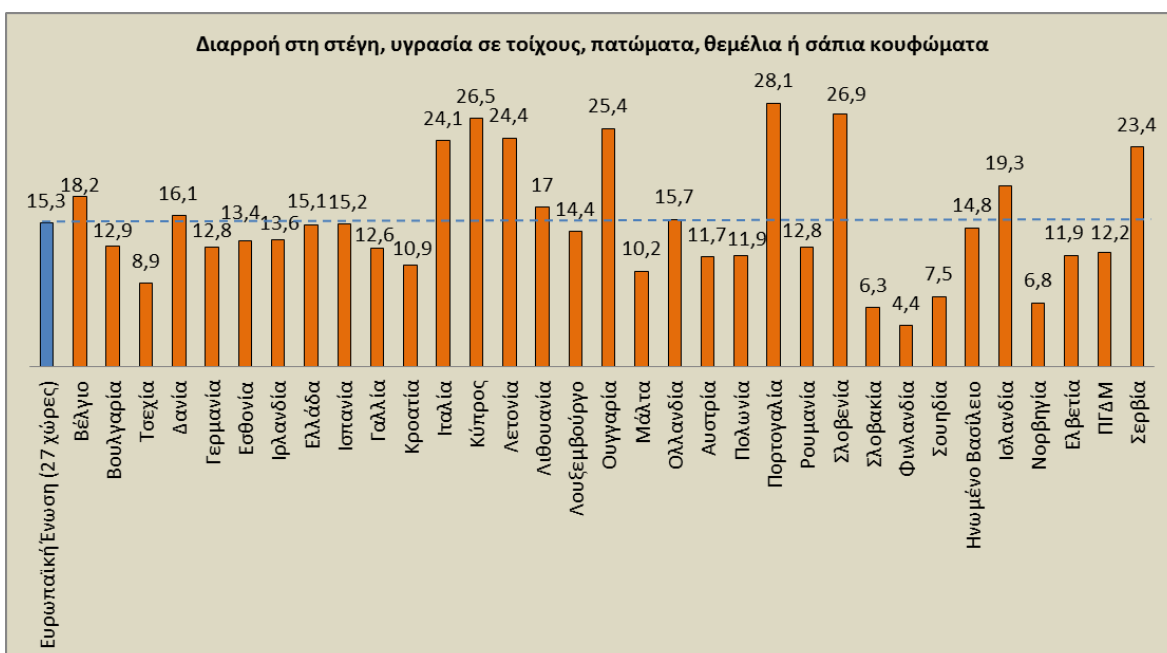


Διάγραμμα 1.5. Ποσοστό πληθυσμού που αδυνατεί να εξασφαλίσει ένα επαρκώς ζεστό σπίτι στις Ευρωπαϊκές χώρες, 2015 (Πηγή: Eurostat 2017b)



Διάγραμμα 1.6. Ποσοστό πληθυσμού με καθυστερημένους πάγιους λογαριασμούς στις Ευρωπαϊκές χώρες, 2015 (Πηγή: Eurostat 2017c)

Όσον αφορά στα προβλήματα υγρασίας και διαρροών, η Πορτογαλία, Σλοβενία, η Κύπρος και, ακολούθως, με σχεδόν ίδια ποσοστά η Ουγγαρία, η Λετονία και η Ιταλία, εμφανίζουν τα υψηλότερα ποσοστά ανεπαρκών κατοικιών (Διάγραμμα 1.7). Τα μικρότερα προβλήματα υγρασίας εμφανίζονται στη Φινλανδία, τη Σλοβακία, τη Νορβηγία και τη Σουηδία, αποδεικνύοντας, για μια ακόμη φορά, ότι το κλίμα είναι ήσσονος σημασίας σε σχέση με την ποιότητα κατασκευής των κατοικιών.



Διάγραμμα 1.7. Ποσοστό πληθυσμού που ζει σε ανεπαρκείς κατοικίες (διαρροή στέγης / υγρασία σε τοίχους, πατώματα, θεμέλια ή σάπια κουφώματα) στις Ευρωπαϊκές χώρες, 2015 (Πηγή: Eurostat 2017d)

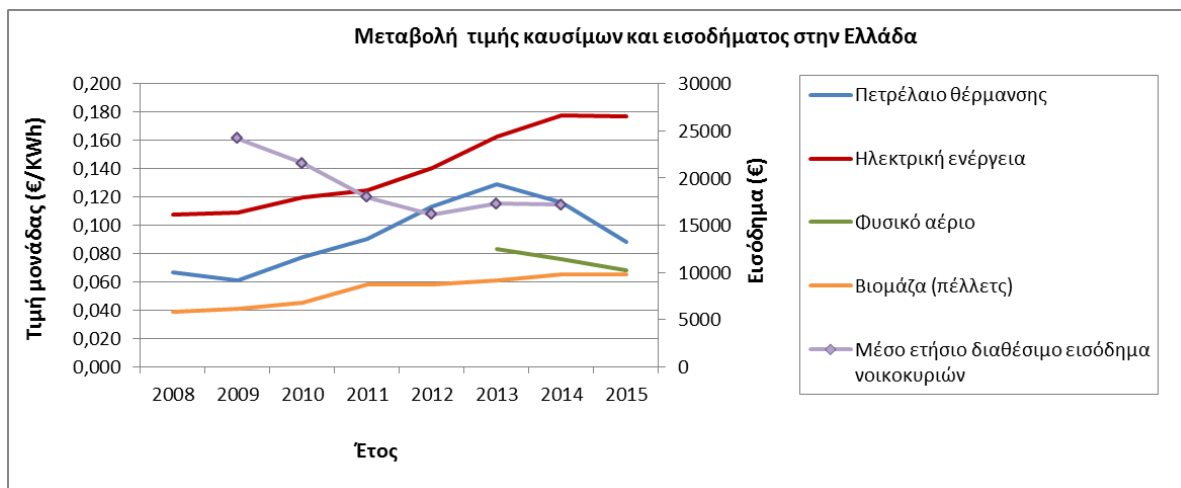
Τα παραπάνω ποσοστά, σε όλες τις εξεταζόμενες χώρες, είναι σημαντικά υψηλότερα για τους ανθρώπους που βρίσκονται κάτω από το όριο της φτώχειας (BPIE 2014).

Οι συγκριτικές έρευνες σε ευρωπαϊκό επίπεδο εμφανίζουν δυσκολίες, με μεγαλύτερη αυτή που αναφέρουν οι Healy & Clinch (2002), ότι δηλαδή οι αντικειμενικές (βάσει δαπανών) μέθοδοι μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας δεν είναι εύκολο να χρησιμοποιηθούν σε συγκριτικές αναλύσεις μεταξύ χωρών, καθώς τα δεδομένα ενεργειακών δαπανών ως ποσοστό του εισοδήματος των νοικοκυριών δεν είναι διαθέσιμα σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες. Επίσης, ακόμα και στις περιπτώσεις που τα αντικειμενικά δεδομένα είναι διαθέσιμα, αυτά δεν έχουν ληφθεί πάντα με τον ίδιο τρόπο, γεγονός που απορρέει από το διαφορετικό καθεστώς στέγασης και ενεργειακής τιμολόγησης μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών, κάνοντας δύσκολη την ποσοτική συγκριτική ανάλυση. Έρευνες (πχ. BPIE 2014, EPEE 2009_a) αναφέρουν πως η ενεργειακή φτώχεια πλήττει από 50 έως 125 εκατομμύρια ανθρώπους στην Ευρώπη, οι οποίοι αδυνατούν να ανταπεξέλθουν οικονομικά στη διατήρηση ενός καλού επιπέδου θέρμανσης στο σπίτι. Ωστόσο, το τεράστιο εύρος της εκτίμησης αυτής φανερώνει το μεγάλο ερευνητικό κενό που υπάρχει από την έλλειψη ενός κοινού μέτρου ποσοτικής εκτίμησης της ενεργειακής φτώχειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο και αναδεικνύει την αναγκαιότητά του.

1.6 Η εικόνα της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μία από τις χώρες με τα σοβαρότερα προβλήματα ενεργειακής φτώχειας. Ευρισκόμενη εν μέσω μιας σοβαρής οικονομικής κρίσης από το 2009, είναι η πέμπτη, κατά σειρά, Ευρωπαϊκή χώρα σε κίνδυνο φτώχειας ή κοινωνικού αποκλεισμού (35,7% του πληθυσμού) και η πρώτη στην αύξηση φτώχειας μεταξύ των ετών 2009-2013 (Eurostat 2015_a). Από το 2009 και μέσα σε διάρκεια έξι ετών εφαρμογής πολιτικών λιτότητας (2009-2015), το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) της χώρας έπεσε κατά 25% (Eurostat 2015_b). Το ίδιο διάστημα, οι τιμές καυσίμων και ενέργειας σημείωσαν κατακόρυφη άνοδο, ενώ, αντίθετα, το διαθέσιμο κατά κεφαλήν εισόδημα εμφάνισε σημαντική πτώση. Αναφορικά με τις τιμές των οικιακών καυσίμων, η τιμή μονάδας του πετρελαίου θέρμανσης έχει υποστεί συνεχείς διακυμάνσεις τα τελευταία χρόνια, με σημαντικές συνέπειες, δεδομένου ότι το πετρέλαιο αντιπροσωπεύει το 44,1% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στα ελληνικά νοικοκυριά (ΕΛΣΤΑΤ 2013_a). Από το 2009, η τιμή του πετρελαίου άρχισε να ακολουθεί συνεχή ανοδική πορεία έως την περίοδο 2013-2014 (αύξηση της τάξης του 110%), λόγω αύξησης του Ειδικού Φόρου Κατανάλωσης, αγγίζοντας μέχρι και την τιμή του 1,4 €/l (ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ 2009, ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ 2013, ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ 2014). Αντίθετα, κατά τη διάρκεια των χειμερινών περιόδων 2014-2015 και 2015-2016 η τιμή έπεσε, ως αποτέλεσμα μιας διεθνούς πτωτικής τάσης των τιμών. Την περίοδο (2016-2017), η τιμή ακολούθησε πάλι ανοδική πορεία, λόγω της αύξησης της φορολογίας αλλά και της ανόδου των τιμών διεθνώς. Από την άλλη, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται συνεχώς από το 2009, σημειώνοντας αύξηση της τάξης του 60% μεταξύ των ετών 2009-2014 (Eurostat 2016_a). Όσον αφορά στο μέσο ετήσιο διαθέσιμο εισόδημα των νοικοκυριών, αυτό συρρικνώθηκε κατά 29% μεταξύ των ετών 2009 και

2014 (ΕΛΣΤΑΤ 2012_α, ΕΛΣΤΑΤ 2016). Στο Διάγραμμα 1.8 απεικονίζεται η εξέλιξη της τιμής των οικιακών καυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, καθώς και η εξέλιξη του μέσου ετήσιου διαθέσιμου εισοδήματος των νοικοκυριών από το 2008 έως και σήμερα.



Διάγραμμα 1.8. Μεταβολή της τιμής των καυσίμων και του εισοδήματος στην Ελλάδα την περίοδο 2008-2015 (Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ³, Eurostat 2016_α⁴, Eurostat 2016_β⁵, ΕΛΣΤΑΤ⁶, Έρευνα αγοράς⁷)

Η δυσκολία για τα ελληνικά νοικοκυριά αντανακλάται και στις ανεξόφλητες οφειλές ρεύματος, οι οποίες σήμερα υπερβαίνουν τα 2,5 δισ. € έναντι των 700 εκ. € στην έναρξη της κρίσης, το 2011, και των 1,7 δισ. € στα τέλη του 2014, ενώ οι διακανονισμοί και οι διακοπές παροχής ρεύματος έχουν πολλαπλασιαστεί σε μεγάλο βαθμό (Taxheaven 2015, Reuters 2017). Επίσης, χαρακτηριστική έκφραση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας ήταν η εμφάνιση της αιθαλομίχλης, κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα της Ελλάδας και, κυρίως, το χειμώνα του 2012-2013. Πιο συγκεκριμένα, το αυξημένο κόστος προμήθειας του πετρελαίου θέρμανσης ανάγκασε πολλά νοικοκυριά να στραφούν στο τζάκι και στη σόμπα, με καύσιμη ύλη βιομάζα, η οποία σε μεγάλο βαθμό αποτελούνταν από φθηνά και ακατάλληλα υλικά, γεγονός με σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι το χειμώνα του 2012-2013 στην Αθήνα, τα επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων αυξήθηκαν κατά 30% και οι συγκεντρώσεις οργανικών ενώσεων υπεύθυνων για την πρόκληση καρκίνου στον ανθρώπινο οργανισμό πενταπλασιάστηκαν, προκαλώντας καρδιακά και αναπνευστικά προβλήματα στους κατοίκους της πόλης (Κοροβέση et al. 2017, Gilbert 2014). Τα επόμενα χρόνια, το σοβαρό πρόβλημα της

³ Για το πετρέλαιο θέρμανσης: ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2008, ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2009, ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2010, ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2011, ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2012, ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2013, ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2014, ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2015

⁴ Για την ηλεκτρική ενέργεια. Λήφθηκε η ενδιάμεση κατηγορία κατανάλωσης: DC 2500-5000 KWh/χρόνο.

⁵ Για το φυσικό αέριο. Λήφθηκε η ενδιάμεση κατηγορία κατανάλωσης: D2 20GJ<Κατανάλωση<200 GJ. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία πριν το 2013.

⁶ Για το εισόδημα: ΕΛΣΤΑΤ 2012_α, ΕΛΣΤΑΤ 2012_β, ΕΛΣΤΑΤ 2013_β, ΕΛΣΤΑΤ 2014, ΕΛΣΤΑΤ 2015, ΕΛΣΤΑΤ 2016

⁷ Για τη βιομάζα (πέλλετες)

αιθαλομίχλης άρχισε σταδιακά να εξασθενεί, μέχρι την τελευταία δύσκολη χειμερινή περίοδο (2016-2017) κατά την οποία έκανε έντονα την επανεμφάνισή του. Ουσιαστικά, η εμφάνιση του φαινομένου της αιθαλομίχλης κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών ακολουθεί σε μεγάλο βαθμό τις εφαρμοζόμενες πολιτικές (αύξηση της φορολογίας στα καύσιμα - παροχή επιδόματος θέρμανσης).

Η ερευνητική δραστηριότητα στο πεδίο της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα ήταν περιορισμένη, μέχρι πρόσφατα. Μία από τις πρώτες έρευνες πραγματοποιήθηκε το 2004, με συλλογή δεδομένων οικονομικών, ενεργειακών και κοινωνικών χαρακτηριστικών για την περιοχή της Αθήνας, σε σύνολο 1.110 νοικοκυριών (Santamouris et. al. 2007). Η έρευνα έδειξε ότι, λαμβάνοντας υπ' όψιν μόνο τη θέρμανση, 1,63% των νοικοκυριών υπέφεραν από ενεργειακή φτώχεια και 0,35% από ακραία ενεργειακή φτώχεια το 2004. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις συνολικές ενεργειακές ανάγκες (θέρμανση και ηλεκτρισμό), το ποσοστό των ενεργειακά φτωχών αυξήθηκε στο 11,3% και των ακραία ενεργειακά φτωχών στο 2%.

Ουσιαστικά, το ζήτημα άρχισε να μελετάται πιο εντατικά κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, καθώς κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης το πρόβλημα επιδεινώθηκε ραγδαία και εξελίχθηκε σε ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της χώρας, με σημαντικές κοινωνικές προεκτάσεις. Έτσι, κατά τη χειμερινή περίοδο 2011-2012, παράλληλα με την αύξηση της τιμής των καυσίμων, μια σημαντική μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση των νοικοκυριών καταγράφηκε σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και, κυρίως, στην περιοχή της Αθήνας, σύμφωνα με τους Santamouris et al. (2013). Ειδικότερα, η έρευνα πραγματοποιήθηκε με συλλογή δεδομένων θερμικής ενεργειακής κατανάλωσης για τις χειμερινές περιόδους 2010-2011 και 2011-2012, σε σύνολο 598 νοικοκυριών, με τη χρήση ερωτηματολογίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το χειμώνα του 2011-2012 παρατηρήθηκε μέση μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση (άρα και μικρότερα επίπεδα εσωτερικής θερμοκρασίας) κατά 15% σε απόλυτες τιμές και κατά 37,4% από αυτή που ανέμεναν οι επιστήμονες βάσει των δυσμενέστερων κλιματικών συνθηκών, σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά. Αναλύοντας τα αποτελέσματα σε επίπεδα εισοδηματικών κατηγοριών, βρέθηκε ότι η μεγαλύτερη μείωση ενεργειακής κατανάλωσης σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά σημειώθηκε στη μεσαία εισοδηματική κατηγορία (30.000€-40.000€) των νοικοκυριών, κατά 20,9% σε απόλυτες τιμές και κατά 72,1% σε σχέση με την αναμενόμενη κατανάλωση.

Συγκεκριμένες μετρήσεις εσωτερικής θερμοκρασίας σε 50 σπίτια φτωχών νοικοκυριών έλαβαν χώρα στην περιοχή της Αθήνας κατά τη χειμερινή περίοδο 2012-2013 (Santamouris et al. 2014). Ειδικότερα, πέραν των μετρήσεων θερμοκρασίας, συλλέχθηκαν δεδομένα ενεργειακής κατανάλωσης, συνθηκών στέγασης, κοινωνικών και οικονομικών χαρακτηριστικών, όπως και στοιχεία για το επίπεδο υγείας των μελών των νοικοκυριών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι καταγεγραμμένες εσωτερικές θερμοκρασίες ήταν πολύ χαμηλότερες από τα αποδεκτά επίπεδα και, σε κάποιες περιπτώσεις, ακραία χαμηλές, θέτοντας σε κίνδυνο την υγεία των ενοίκων. Ταυτόχρονα, τα καταγεγραμμένα επίπεδα θερμικής ενεργειακής κατανάλωσης ήταν πολύ χαμηλά, ενώ ένα μεγάλο μέρος των νοικοκυριών δε χρησιμοποιούσε καν θέρμανση.

Παρόμοια συμπεράσματα εξήχθησαν και από έρευνα σε 814 άτομα στη Βόρεια Ελλάδα (Πανάς 2012). Σύμφωνα με την έρευνα αυτή, το 64% του δείγματος δήλωσε ότι δυσκολεύεται να πληρώσει τους λογαριασμούς για τη θέρμανση του σπιτιού του, το 62% δήλωσε ότι δαπανά πάνω από το 10% του εισοδήματός του για θέρμανση και το 78,6% ότι χρησιμοποιεί λιγότερη θέρμανση από αυτή που χρειάζεται, λόγω οικονομικών δυσχερειών. Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει ότι έξι στα δέκα νοικοκυριά στη βόρεια Ελλάδα έρχονται αντιμέτωπα με το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας. Επισημαίνεται, όμως, ότι οι ερωτηθέντες κλήθηκαν να απαντήσουν στο ερώτημα της ενεργειακής φτώχειας βάσει μιας στιγμιαίας προσωπικής εκτίμησης, γεγονός που αποτελεί ένα αμφιλεγόμενο ζήτημα.

Επίσης, στις προαναφερθείσες έρευνες σημειώνεται η μεγάλη ενεργειακή σπατάλη των ελληνικών κτιρίων, σε σύγκριση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Συγκεκριμένα, κατά το χρόνο διεξαγωγής των ερευνών (2011-2012) αναφέρθηκε ότι τα ελληνικά νοικοκυριά παρουσιάζουν, με κλιματική αναγωγή, τη μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη, περίπου 30% μεγαλύτερη από αυτή της Ισπανίας και περίπου διπλάσια από την κατανάλωση της Πορτογαλίας, ενώ είναι σημαντικά μεγαλύτερη και από χώρες με ψυχρότερο κλίμα όπως το Βέλγιο και οι Σκανδιναβικές χώρες (Πανάς 2012). Κύρια αιτία της σπατάλης αυτής είναι, κατά τους Santamouris et. al. (2013), η χρόνια αδράνεια της ελληνικής πολιτείας να θεσπίσει νόμους για τη θερμική προστασία των κτιρίων. Μόλις το 2010 εισήχθησαν στην ελληνική νομοθεσία οι στοιχειώδεις κανονισμοί (Κ.Εν.Α.Κ.)⁸, προκειμένου τα κτίρια να πλησιάσουν τα ευρωπαϊκά πρότυπα, με αποτέλεσμα η πλειονότητα των Ελλήνων πολιτών να διαβεί σε σπίτια ενεργειακά ανεπαρκή, με σημαντικές θερμικές απώλειες.

Η επίδραση της οικονομικής κρίσης στα εισοδήματα και τις δαπάνες των νοικοκυριών μελετάται πλέον (από το 2012 έως σήμερα) και μέσω ετήσιας κοινωνικής έρευνας της Γενικής Συνομοσπονδίας Επαγγελματιών Βιοτεχνών και Εμπόρων (ΓΣΕΒΕ) σε συνεργασία με την εταιρία MARC ΑΕ, στο πλαίσιο Επιχειρησιακού Προγράμματος (δείγμα περίπου 1.000 αντιπροσωπευτικών νοικοκυριών στο σύνολο της χώρας). Σύμφωνα με τα τελευταία ευρήματα για το 2016 (ΙΜΕ ΓΣΕΒΕ 2017), το 75,3% δήλωσε μείωση του εισοδήματός του σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά, το 65,3% δήλωσε ότι αναγκάζεται να κάνει περικοπές ώστε να εξασφαλίσει τα προς το ζην, το 31,5% ανέφερε καθυστερημένες οφειλές στις στεγαστικές υποχρεώσεις/οφειλές του νοικοκυριού, το 36,1% δήλωσε ότι αναγκάστηκε να περιορίσει τις δαπάνες θέρμανσης του σπιτιού του και το 37,3% ανέφερε αύξηση στους πάγιους λογαριασμούς του σπιτιού σε σχέση με το προηγούμενο έτος.

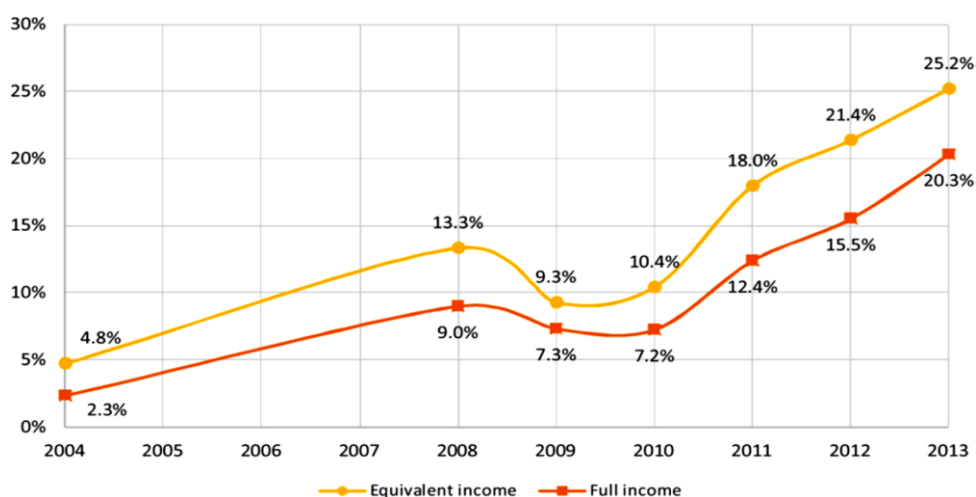
Οι Βαταβάλη & Χατζηκωνσταντίνου (2016) εξετάζουν ευρύτερες χωρικές και κοινωνικές διαστάσεις της ενεργειακής φτώχειας στο Δήμο Αθηναίων, με συλλογή πρωτογενών δεδομένων για τα χαρακτηριστικά των κτιρίων, τα εισοδήματα, την κατανάλωση ενέργειας, καθώς και την

⁸ Με τον Κ.Εν.Α.Κ. (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτιριακό τομέα, με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος (Κ.Εν.Α.Κ. 2017). Ουσιαστικά, αποτελεί την ενσωμάτωση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2002/91 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, στην ελληνική νομοθεσία.

ενδεχόμενη συμμετοχή των νοικοκυριών σε επιδοτούμενα ενεργειακά προγράμματα, χωρίς όμως να ασχοληθούν συγκεκριμένα με τη μέτρηση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας. Αναφορές στη σημαντική διάσταση που παίρνει το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας στη χώρα τα τελευταία χρόνια γίνεται και σε άλλες έρευνες (πχ. Katsoulakos 2011, Katsoulakos & Kaliampakos 2014), χωρίς όμως να εξετάζεται πιο συγκεκριμένα.

Ουσιαστικά, η πρώτη ολοκληρωμένη έρευνα ενεργειακής φτώχειας για το σύνολο της χώρας πραγματοποιήθηκε το 2015, μέσω πρωτογενούς έρευνας, σε δείγμα 400 νοικοκυριών, στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής (Parada & Kaliampakos 2016). Η παρουσίαση της μεθοδολογίας και των αποτελεσμάτων της έρευνας γίνεται στο Κεφάλαιο 7.

Στη συνέχεια, δημοσιεύτηκαν κι άλλες έρευνες που μελετούν σε βάθος το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα. Οι Atsalis et al. (2016) προσέγγισαν συνολικά το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας τόσο από αντικειμενικής πλευράς, με συλλογή επίσημων στοιχείων δαπανών και εισοδήματος από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών) όσο και από υποκειμενικής σκοπιάς, εξετάζοντας τους τρεις τυπικούς υποκειμενικούς δείκτες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι βάσει του συμβατικού αντικειμενικού δείκτη (ενεργειακό κόστος ως ποσοστό του εισοδήματος που υπερβαίνει το 10%) με χρήση δύο περιπτώσεων εισοδημάτων, του συνολικού διαθέσιμου και του ισοδύναμου εισοδήματος, υπολογίστηκε ότι το 20%-25% των ελληνικών νοικοκυριών, αντίστοιχα, βρισκόταν σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας το 2013, σε σύγκριση με τα ποσοστά 9%-13% του 2008 (Διάγραμμα 1.9). Αναλύοντας τα αποτελέσματα σε γεωγραφικό επίπεδο, βρέθηκε ότι η βόρεια Ελλάδα πλήττεται περισσότερο από ενεργειακή φτώχεια σε σχέση με την Κεντρική Ελλάδα και την Αττική, λόγω των αυξημένων θερμικών απαιτήσεων.



Διάγραμμα 1.9. Μεταβολή της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα βάσει του συμβατικού αντικειμενικού δείκτη (Πηγή: Atsalis et al. 2016, βάσει ΕΛΣΤΑΤ)

Παράλληλα, η έρευνα εξέτασε τις επιπτώσεις της ενεργειακής φτώχειας στη δημόσια υγεία, μέσω στατιστικής ανάλυσης. Τα μοντέλα παλινδρόμησης έδειξαν χαρακτηριστικά ότι το 1%-2,7% των ετήσιων καταγεγραμμένων θανάτων στην Ελλάδα, το 2,7%-7,4% των καρδιαγγειακών παθήσεων, καθώς και το 3,1%-8,5% των αναπνευστικών ασθενειών που αντιμετωπίζονται από τα ελληνικά νοσοκομεία αποδίδονται στην ενεργειακή φτώχεια.

Τέλος, μια πρόσφατη έρευνα είναι αυτή που ανέδειξε το μεγάλο πρόβλημα ενεργειακής φτώχειας στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης (ΠΣΘ), σε δείγμα 456 νοικοκυριών (Palms Analysis 2017). Ειδικότερα, μετά από μια δύσκολη χειμερινή περίοδο (2016-2017) με αλληπάλληλα κύματα κακοκαιρίας, βρέθηκε ότι το 62% των νοικοκυριών στο ΠΣΘ βρίσκονται σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας, δηλαδή δαπανούν άνω του 10% του ετήσιου εισοδήματός τους για θέρμανση και ηλεκτροφωτισμό. Επίσης, 44% δήλωσαν ότι αναγκάστηκαν να αλλάξουν σύστημα θέρμανσης (στο μεγαλύτερο μέρος σημειώθηκε αλλαγή από καυστήρα πετρελαίου σε σύστημα φυσικού αερίου), κυρίως λόγω του υψηλού κόστους και 21% δήλωσαν ότι η κατοικία τους δε θερμαίνεται στο σύνολό της, αλλά μόνο κατά ένα μέρος. Χαρακτηριστικό είναι, επίσης, το μεγάλο ποσοστό των νοικοκυριών (65%) που δήλωσε ότι προκειμένου να καλύψει το αυξημένο κόστος θέρμανσης αναγκάστηκε να περικόψει άλλες δαπάνες, το 32% των οποίων αφορά σε τρόφιμα και είδη σούπερ μάρκετ. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι η βασική ερώτηση μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας βασίστηκε, όπως και στην έρευνα του Πανά (2012), σε στιγμιαία εκτίμηση του ποσοτικού προβλήματος από τους ερωτηθέντες.

Με βάση τα παραπάνω, συνάγεται ότι η ερευνητική δραστηριότητα στον τομέα της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα έχει εντατικοποιηθεί από την έναρξη της οικονομικής κρίσης κι έπειτα. Επισημαίνεται ότι, στο σύνολο των καταγεγραμμένων μελετών, ο αντικειμενικός προσδιορισμός του προβλήματος έχει προσεγγιστεί είτε με μια στιγμιαία εκτίμηση του λόγου του ενεργειακού κόστους ως προς το εισόδημα (μια μέθοδος που εγείρει ενστάσεις), είτε με χρήση του συμβατικού δείκτη ενεργειακής φτώχειας, ο οποίος χρησιμοποιεί το καταβληθέν ενεργειακό κόστος των νοικοκυριών έναντι του απαιτούμενου, μια μεθοδολογική αδυναμία που διαστρεβλώνει σε σημαντικό βαθμό τον προσδιορισμό του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας.

1.7 Υφιστάμενη ενεργειακή πολιτική στην Ελλάδα για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας

Οι κύριες εθνικές πολιτικές που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα και σχετίζονται με την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας εμφανίζονται με τη μορφή μείωσης των ειδικών φορολογικών επιβαρύνσεων (με συνέπεια τη μείωση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης), με τη μορφή οικονομικών ενισχύσεων/επιδομάτων, όπως το επίδομα του πετρελαίου θέρμανσης και το κοινωνικό οικιακό τιμολόγιο της ΔΕΗ και, τέλος, με τη μορφή δράσεων ενεργειακής εξοικονόμησης των κτιρίων.

Στο πλαίσιο της διαρκούς αύξησης της τιμής μονάδας του πετρελαίου θέρμανσης από το 2009 έως το 2013 λόγω αύξησης του Ειδικού Φόρου Κατανάλωσης, η κυβέρνηση εφάρμοσε ειδική επιδοματική πολιτική. Ειδικότερα, από τον Οκτώβριο του 2012, χορηγείται επίδομα σε κάποια νοικοκυριά -βάσει εισοδηματικών κριτηρίων και κριτηρίων ακίνητης περιουσίας- για τμήματα της συνολικής ετήσιας ποσότητας πετρελαίου που χρησιμοποιείται από αυτά. Το ποσό επιδόματος έχει καθοριστεί στα 0,25€/l με όρια ανώτατης κατανάλωσης, τα οποία προσδιορίζονται βάσει της Κλιματικής Ζώνης στην οποία εντάσσεται το κάθε νοικοκυριό. Ωστόσο, δεδομένων των σοβαρών οικονομικών δυσχερειών των ελληνικών νοικοκυριών εν μέσω της οικονομικής κρίσης, η αποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης πολιτικής είναι αμφιλεγόμενη. Ενδεικτικά, την τρέχουσα χειμερινή περίοδο (2016-2017), με την τιμή του πετρελαίου θέρμανσης να έχει αυξηθεί, το συνολικό διαθέσιμο ποσό από την κυβέρνηση ήταν το ίδιο με την περσινή περίοδο 2015-2016 (που αποτελεί το μισό της περιόδου 2013-2014). Επίσης, τα επιλεχθέντα όρια κατανάλωσης είναι πολύ χαμηλά και οι ποσότητες που τελικά επιδοτούνται είναι ανεπαρκείς (Katsoulakos & Kaliampakos 2014). Ταυτόχρονα, ο ορισμός των Κλιματικών Ζωνών που καθορίζουν την επιδότηση είναι χονδροειδής, συμπεριλαμβάνοντας στις ίδιες ζώνες περιοχές με αρκετά διαφορετικές κλιματικές συνθήκες (Katsoulakos et al. 2014). Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι τη χειμερινή περίοδο (2016-2017) ενσωματώθηκε για πρώτη φορά ειδική παράγραφος για τις ορεινές περιοχές, σύμφωνα με την οποία οι χαρακτηρισμένοι ορεινοί Δήμοι βάσει του Νόμου Καλλικράτη (Ν. 3852/2010) εντάσσονται στην αμέσως ανώτερη ζώνη από αυτήν στην οποία εντάσσεται ο Νομός στον οποίο ανήκουν. Παρ' όλα αυτά, το συγκεκριμένο μέτρο δεν αποτέλεσε ουσιαστική ενίσχυση για τις ορεινές περιοχές, όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 10 (Ενότητα 10.2.3).

Αντίστοιχη ενίσχυση για τα νοικοκυριά στο ζήτημα της τιμής των καυσίμων αποτελεί το «Κοινωνικό Οικιακό Τιμολόγιο», με το οποίο παρέχεται έκπτωση στο οικιακό τιμολόγιο της ΔΕΗ, σε ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού με βάση συγκεκριμένα όρια κατανάλωσης. Παράλληλα, η ΔΕΗ παίρνει μέτρα για τους απλήρωτους λογαριασμούς που έχουν συσσωρευτεί, μέσω ενός προγράμματος σταδιακής εξόφλησης, στο οποίο, έως και τον Ιανουάριο του 2017 είχαν εγγραφεί συνολικά 625.000 πελάτες, συνολικού ύψους απλήρωτων λογαριασμών 1,3 δισ.€ (Reuters 2017).

Οι παραπάνω πολιτικές στερούνται αξιόλογων προοπτικών και μακροπρόθεσμων αποτελεσμάτων, καθώς δεν αντιμετωπίζουν τις βαθύτερες αιτίες του προβλήματος. Η πιο σημαντική μακροπρόθεσμη πολιτική μέχρι σήμερα είναι το πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών, ονόματι «Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον», από το 2011 έως και σήμερα. Η συγκεκριμένη δράση παρέχει κίνητρα στους πολίτες προκειμένου να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση του σπιτιού τους (πχ. αντικατάσταση κουφωμάτων ή συστημάτων θέρμανσης, τοποθέτηση θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου κλπ.), λαμβάνοντας από 15% έως 70% επιδότηση, στη βάση εισοδηματικών κριτηρίων. Οι χαμηλόμισθοι πολίτες (με ατομικό εισόδημα μικρότερο των 12.000€ ή οικογενειακό εισόδημα μικρότερο των 20.000€) μπορούν να λάβουν 70% επιχορήγηση και 30% άτοκο δάνειο από τον επιλέξιμο προϋπολογισμό (ΥΠΕΝ 2016). Ωστόσο, και η δράση αυτή έχει αποδειχθεί ανεπαρκής, λαμβάνοντας υπ' όψιν την περιορισμένη συμμετοχή των πολιτών, πιθανώς λόγω της γραφειοκρατικής φύσης του προγράμματος, του

περιορισμένου προϋπολογισμού του, αλλά και άλλου είδους προβλημάτων όπως για παράδειγμα το γεγονός της άμεσης εμπλοκής των τραπεζών στη διαδικασία, γεγονός που έχει συχνά ως αποτέλεσμα χαμηλόμισθοι πολίτες να θεωρούνται «αναξιόπιστοι» και να αποκλείονται από το πρόγραμμα. Επίσης, η κρίση συσώρευσε τόσες ελλείψεις σε βασικές ανάγκες τα τελευταία χρόνια στα ελληνικά νοικοκυριά, με αποτέλεσμα σημαντικές δράσεις όπως αυτή της ενεργειακής εξοικονόμησης των κατοικιών να έχουν μπει σε δεύτερη προτεραιότητα.

Συμπερασματικά, κρίνεται απαραίτητο η ελληνική κυβέρνηση να διαμορφώσει άμεσα ένα εθνικό σχέδιο αντιμετώπισης της ενεργειακής φτώχειας, η οποία εξελίσσεται σε μείζον κοινωνικό πρόβλημα, με δράσεις τόσο βραχυπρόθεσμες που θα ανακουφίσουν το πρόβλημα, όσο, και κυρίως, μακροπρόθεσμες, δίνοντας περισσότερο έμφαση στη δράση της ενεργειακής εξοικονόμησης. Οι αποσπασματικές και πλημμελώς μελετημένες πολιτικές επιδοτήσεων προσφέρουν μια πρόσκαιρη ανακούφιση. Το πρόβλημα, όμως, της ενεργειακής φτώχειας πάντα υποβόσκει και επανεμφανίζεται.

Βιβλιογραφία

- Anderson W., White V. & Finney A. (2012). Coping with low incomes and cold homes. *Energy Policy*, 49, pp. 40–52.
- Atsalis A., Mirasgedis S., Tourkolias C. & Diakoulaki D. (2016). Fuel poverty in Greece: Quantitative analysis and implications for policy. *Energy and Buildings*, 131, pp. 87–98.
- Barnes D. (1988). *Electric Power for Rural Growth: How Electricity Affects Rural Life in Developing Countries*. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Βαταβάλη Φ. & Χατζηκωνσταντίνου Ε. (2016). *Χαρτογραφώντας την Ενεργειακή Φτώχεια στην Αθήνα της Κρίσης*. Athens social atlas. Αθήνα.
- Bhattacharya J., DeLeire T., Haider S. & Currie J. (2003). Heat or eat? Cold-weather shocks and nutrition. *American Journal of Public Health*, 93 (7), pp. 1149-1154.
- Boardman B. (1991). *Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth*. London: Belhaven Press.
- Boardman B. (1986). Seasonal mortality and cold homes. *Unhealthy Housing: A Diagnosis conference*. Proceedings of the University of Warwick's, 14-16 December 1986.
- Bond T. C., Doherty S. J., Fahey D. W., Forster P. M., Berntsen T., DeAngelo B. J., Flanner M. G., Ghan S., Kärcher B., Koch D., Kinne S., Kondo Y., Quinn P. K., Sarofim M. C., Schultz M. G., Schulz M., Venkataraman C., Zhang H., Zhang S., Bellouin N., Guttikunda S. K., Hopke P. K., Jacobson M. Z., Kaiser J. W., Klimont Z., Lohmann U., Schwarz J. P., Shindell D., Storelvmo T., Warren S. G. & Zender C. S. (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, 118 (11), pp. 5380–5552.
- Bouzarovski S. & Petrova S. (2015). A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty–fuel poverty binary. *Energy Research & Social Science*, 10, pp. 31–40.
- Bouzarovski S. (2014). Energy poverty in the European Union: landscapes of vulnerability. *WIREs Energy and Environment*, 3 (3), pp. 276-289.
- Bouzarovski S., Petrova S. & Sarlamanov R. (2012). Energy poverty policies in the EU: A critical perspective. *Energy Policy*, 49, pp. 76–82.
- Bouzarovski-Buzar S. (2011). Energy poverty in the EU: a review of the evidence. *DG Regio workshop on Cohesion policy investing in energy efficiency in buildings*. Brussels.
- BPIE (Buildings Performance Institute Europe) (2014). *Alleviating fuel poverty in the EU. Investing in home renovation, a sustainable and inclusive solution*. Brussels: BPIE.
- Bradshaw J. & Hutton S. (1983). Social policy options and fuel poverty. *Journal of Economic Psychology*, 3, pp. 249–266.
- Buzar S. (2007). *Energy Poverty in Eastern Europe: Hidden Geographies of Deprivation*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Day R., Gordon W. & Simcock N. (2016). Conceptualising energy use and energy poverty using a capabilities framework. *Energy Policy*, 93, pp. 255–264.

DECC (Dept for Energy and Climate Change) (2015). *Annual Fuel Poverty Statistics Report 2015*. London: DECC.

DECC (Dept. for Energy and Climate Change) (2013) *Fuel Poverty Report - Updated August 2013*. London: DECC.

DECC (Dept. for Energy and Climate Change) (2009). *Annual Report on Fuel Poverty Statistics 2009*. London: DECC.

DETR (Department of the Environment, Transport and the Regions) (2000). *English House Condition Survey 1996: Energy Report*. pp. 119–144. London: DETR.

DOE (Department of the Environment) (1996). *English House Condition Survey 1991: Energy Report*. pp. 129–137. London: DOE.

DSD (Department for Social Development) (2011). *Warmer Healthier Homes. A New Fuel Poverty Strategy for Northern Ireland*. Fuel Poverty Strategy. Belfast, Northern Ireland: DSD.

Dubois U. (2012). From targeting to implementation: the role of identification of fuel poor households. *Energy Policy*, 49, pp. 107–115.

EC (2010). *An Energy policy for Customers*. Commission Staff Working Paper. European Commission, 11.11.2010. Brussels.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2016). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών 2015 (Περίοδος αναφοράς εισοδήματος 2014). Κίνδυνος Φτώχειας*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2015). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών 2014 (Περίοδος αναφοράς εισοδήματος 2013). Κίνδυνος Φτώχειας*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2014). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών 2013 (Περίοδος αναφοράς εισοδήματος 2012). Κίνδυνος Φτώχειας*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2013_a). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά 2011-2012*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2013_b). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών 2012 (Περίοδος αναφοράς εισοδήματος 2011). Κίνδυνος Φτώχειας*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2012_a). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών 2010. Κίνδυνος Φτώχειας*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2012_b). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών 2011. Κίνδυνος Φτώχειας*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

Energy Fundamentals (2017). <http://www.energy-fundamentals.eu/04.htm>

ΕΟΚΕ (Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή) (Εισηγητές: Coulon & H. Bataller). (2013). *Γνωμοδότηση TEN 516: Για μια συντονισμένη ευρωπαϊκή δράση για την πρόληψη και την καταπολέμηση της ενεργειακής φτώχειας*. Βρυξέλλες.

ΕΡΕΕ (European Fuel Poverty and Energy Efficiency) (2009_a). *Tackling fuel poverty in Europe. Recommendations Guide for Policy Makers*. Boulogne, France: Dixit Productions.

EPEE (European Fuel Poverty and Energy Efficiency) (2009b). *Diagnosis of causes and consequences of fuel poverty in Belgium, France, Italy, Spain and United Kingdom*. WP2-Deliverable 5. Boulogne, France: Dixit Productions.

EU Fuel Poverty Network (2017). <http://fuelpoverty.eu/2017/04/12/announcing-the-new-european-energy-poverty-observatory/>

Eurostat (2017a). *EU statistics on income and living conditions (EU-SILC) methodology. Statistics Illustrated*. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/income-and-living-conditions/statistics-illustrated>

Eurostat (2017b). *EU statistics on income and living conditions (EU-SILC) methodology - Economic strain*. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdes01&lang=en

Eurostat (2017c). *EU statistics on income and living conditions (EU-SILC) methodology - Economic strain*. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdes07&lang=en

Eurostat (2017d). *EU statistics on income and living conditions (EU-SILC) methodology - Housing deprivation*. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdho01&lang=en

Eurostat (2016a). *Electricity prices for domestic consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) (nrg_pc_204)*. http://europeaeu/eurostat/web/products-datasets/-/nrg_pc_204

Eurostat (2016b). *Gas prices for domestic consumers - bi-annual data (from 2007 onwards)(nrg_pc_202)*. http://europeaeu/eurostat/web/products-datasets/-/nrg_pc_202

Eurostat (2015a). *People at risk of poverty or social exclusion*. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/People at risk of poverty or social exclusion#Database](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/People_at_risk_of_poverty_or_social_exclusion#Database)

Eurostat (2015b). *Gross domestic product at market prices*. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/national-accounts/data/main-tables>

Evans G. W. (2003). The built environment and mental health. *Journal of Urban Health*, 80 (4), pp. 536-555.

Fabrizi K. (2015). Building and fuel poverty, an index to measure fuel poverty: An Italian case study. *Energy*, 89, pp. 244-258.

Fahmy E., Gordon D. & Patsios D. (2011). Predicting fuel poverty at a small-area level in England. *Energy Policy*, 39, pp. 4370–4377.

Fahmy E. (2011). *The definition and measurement of fuel poverty*. A Briefing Paper to inform Consumer Focus' submission to the Hills fuel poverty review. University of Bristol, UK.

Gilbert S. (2014). Athens' "Nephos": A Heating Oil Tax Hike, Particulate Matter, and Public Health. *Athens Journal of Health*, pp. 3-6.

Goldemberg J., Johansson T. B., Reddy A. K. N. & Williams R. H. (2004). A Global Clean Cooking Fuel Initiative. *Energy for Sustainable Development*, 8 (3), pp. 5-12.

González-Eguino M. (2015). Energy poverty: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, pp. 377–385.

- Gordon A. (1997). *Facilitating Education in Rural Areas of South Africa: The Role of Electricity and Other Sources of Energy*. University of Cape Town. EDRC Report Series. Cape Town, South Africa: Energy and Development Research Centre.
- Harrington B. E., Heyman B., Merleau-Ponty N., Stockton H., Ritchie N. & Heyman A. (2005). Keeping warm and staying well: Findings from the qualitative arm of the Warm Homes Project. *Health & Social Care in the Community*, 13 (3), pp. 259-67.
- Healy J. D. (2004). *Housing, Fuel Poverty and Health: A Pan-European Analysis*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Healy J. D. & Clinch P. (2002). *Fuel poverty in Europe: A cross-country analysis using a new composite measure*. Environmental Studies Research Series Working Paper. University College Dublin.
- Hills J. (2012). *Getting the Measure of Fuel Poverty. Final Report of the Fuel Poverty Review*. London School of Economics and Political Science. Report 72. London: Centre for Analysis of Social Exclusion.
- Hills J. (2011). *Fuel Poverty: The Problem and Its Measurement, Interim Report of the Fuel Poverty Review*. London School of Economics and Political Science. London: Centre for Analysis of Social Exclusion.
- IEA (International Energy Agency) (2015). *Energy and Climate Change. World Energy Outlook Special Report*. Paris, France: IEA Publications.
- IEA (International Energy Agency) (2011). *Evaluating the co-benefits of low-incomes energy-efficiency programmes*. Results of the Dublin Workshop, 27-28 January 2011. Paris, France: IEA Publications.
- IEO (International Energy Outlook) (2016). <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>
- ΙΜΕ ΓΣΕΒΕ (Ινστιτούτο Μικρών Επιχειρήσεων Γενικής Συνομοσπονδίας Επαγγελματιών Βιοτεχνών και Εμπόρων Ελλάδας) (2017). *Ετήσια Έρευνα «Εισόδημα-Δαπάνες νοικοκυριών, Αθήνα*. http://www.imegsevee.gr/attachments/article/1126/deltio_eisodima2016.pdf
- Jayant S. & Tyler S. (1991). Transition in Household Energy Use in Urban China, India, the Philippines, Thailand, and Hong Kong. *Annual Review of Energy and Environment*, 16, pp. 295–335.
- Jones S., Tod A., Thomson H., De Groote M., Anagnostopoulos F., Bouzarovski S., Tirado Herrero S., Snell C., Dobbins A., Pye S., Lakatos E. & Bajomi A. (2016). *Energy Poverty Handbook*. Brussels: The Greens/EFA group in the European Parliament.
- Katsoulakos N. M. & Kaliampakos D. C. (2014). What is the impact of altitude on energy demand? A step towards developing specialized energy policy for mountainous areas. *Energy Policy*, 71, pp. 130-138.
- Katsoulakos N., Papada L. & Kaliampakos D. (2014). The problem of energy poverty in mountainous areas. *The 5th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, IISA 2014*. IEEE Conference publications, pp. 222 – 226. DOI: 10.1109/IISA.2014.6878794
- Katsoulakos N. (2011). Combating Energy Poverty in Mountainous Areas Through Energy-saving Interventions. *Mountain Research and Development*, 31 (4), pp. 284-292.
- Κ.Εν.Α.Κ. (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) (2017). <http://www.kenak.gr/>
- Khandker R. S., Samad H. A., Ali R. & Barnes D. F. (2014). Who benefits most from rural electrification? Evidence in India. *Energy Journal*, 35 (2), pp. 75-96.

- Khandker S. (1996). *Education Achievements and School Efficiency in Rural Bangladesh*. World Bank Discussion Paper No. 319. Washington, D.C.: The World Bank.
- Khandker S., Victor L. & Deon F. (1994). *Schooling and Cognitive Achievements of Children in Morocco: Can the Government Improve Outcomes?*. World Bank Discussion Paper No. 264. Washington, D.C.: The World Bank.
- Κοροβέση Α., Μεταξά Κ., Τουλουπάκη Ε. & Χρυσόγελος Ν. (2017). *Ενεργειακή Φτώχεια στην Ελλάδα. Προτάσεις κοινωνικής καινοτομίας για την αντιμετώπιση του φαινομένου*. Θεσσαλονίκη: Ίδρυμα Χάινριχ Μπελ.
- Kulsum A., Yewande A., Douglas F. B., Maureen L. C. & Masami K. (2005). *Environmental Health and Traditional Fuel Use in Guatemala*. Directions in Development Series. Washington, D.C.: The World Bank.
- Lawson R., Williams J. & Wooliscroft B. (2015). Contrasting approaches to fuel poverty in New Zealand. *Energy Policy*, 81, pp. 38–42.
- Legendre B. & Ricci O. (2015). Measuring fuel poverty in France: Which households are the most fuel vulnerable?. *Energy Economics*, 49, pp. 620–628.
- Lewis P. (1982). *Fuel poverty can be stopped*. Bradford: National Right to Fuel Campaign.
- Liddell C., Morris C., Mckenzie S. J. P. & Rae G. (2012). Measuring and monitoring fuel poverty in the UK: National and regional perspectives. *Energy Policy*, 49, pp. 27–32.
- Liddell C. & Morris C. (2010). Fuel poverty and human health: a review of recent evidence. *Energy Policy*, 38, pp. 2987–2997.
- Middlemiss L. & Gillard R. (2015). Fuel poverty from the bottom-up: Characterising household energy vulnerability through the lived experience of the fuel poor. *Energy Research & Social Science*, 6, pp. 146–154.
- Mishra V. (2003). Indoor Air Pollution from Biomass Combustion and Acute Respiratory illness in Preschool Age Children in Zimbabwe. *International Journal of Epidemiology*, 32, pp. 847–53.
- Moore R. (2012). Definitions of fuel poverty: implications for policy. *Energy Policy*, 49, pp. 19–26.
- Nazroo J., Zaninotto P. & Gjonça E. (2008). Mortality and healthy life expectancy. In J. Banks, E. Breeze, C. Lessof, & J. Nazroo (Eds), *Living in the 21st Century: Older People in England. The 2006 English Longitudinal Study of Ageing*. London: Institute for Fiscal Studies.
- Nieuwenhout F., Van de Rijt P. J. N. M., Wiggelinkhuizen E. & Van Der Plas R. J. (1998). *Rural lighting services: a comparison of lamps for domestic lighting in developing countries*. Paper prepared for the World Bank. Netherlands Energy Research Foundation. Petten, the Netherlands.
- Ormandy D. & Ezratty V. (2012). Health and thermal comfort: From WHO guidance to housing strategies. *Energy Policy*, 49, pp. 116–121.
- O’Sullivan K. & Barnes D. F. (2006). *Energy policies and multitopic household surveys: guidelines for questionnaire design in living standards measurement studies*. World Bank Working Paper No 90. Washington, D.C.: The World Bank.
- Our Finite World (2017). <https://ourfiniteworld.com/2012/03/12/world-energy-consumption-since-1820-in-charts/>

- Pachauri S., Mueller A., Kemmler A. & Spreng D. (2004). On Measuring Energy Poverty in Indian Households. *World Development*, 32 (12), pp. 2083–2104.
- Palmer G., MacInnes T. & Kenway P. (2008). *Cold and Poor: An Analysis of the Link Between Fuel Poverty and Low Income*. London: New Policy Institute.
- Palmos Analysis (2017). Ενεργειακή Φτώχεια. Συνέδριο: Αντιμετωπίζοντας την ενεργειακή φτώχεια. Καταγραφή και προοπτικές επίλυσης του προβλήματος στη Θεσσαλονίκη. Θεσσαλονίκη, 18/02/2017.
- Πανάς Ε. (2012). Έρευνα για την ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα. Τμήμα Στατιστικής, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Papada L. & Kaliampakos D. (2016). Measuring energy poverty in Greece. *Energy Policy*, 94, pp. 157-165.
- Phimister E., Vera-Toscano E. & Roberts D. (2015). The dynamics of energy poverty: evidence from Spain. *Econ. Energy Environ. Policy*, 4, pp. 153–166.
- Price C. W., Brazier K. & Wang W. (2012). Objective and subjective measures of fuel poverty. *Energy Policy*, 49, pp. 33–39.
- Price C. W., Brazier K., Pham K., Mathieu L. & Wang W. (2007). *Identifying fuel poverty using objective and subjective measures*. Centre for Competition Policy Working Paper 07-11. Norwich, UK: University of East Anglia.
- Practical Action (2009). *Energy poverty: the hidden energy crisis*. Warwickshire, UK.
- Reuters (2017). <http://www.reuters.com/article/us-eurozone-greece-poverty-electricity-idUSKBN1781IQ>
- Roberts D., Vera-Toscano E. & Phimister E. (2015). Fuel poverty in the UK: Is there a difference between rural and urban areas?. *Energy Policy*, 87, pp. 216–223.
- Santamouris M., Alevizos S. M., Aslanoglou L., Mantzios D., Milonas P., Sarelli I., Karatasou S., Cartalis K. & Paravantis J. A. (2014). Freezing the poor-Indoor environmental quality in low and very low income households during the winter period in Athens. *Energy and Buildings*, 70, pp. 61–70.
- Santamouris M., Paravantis J. A., Founda D., Kolokotsa D., Michalakakou P., Papadopoulos A. M., Kontoulis N., Tzavali A., Stigma E. K., Ioannidis Z., Mehilli A., Matthiessen A. & Servou E. (2013). Financial crisis and energy consumption: A household survey in Greece. *Energy and Buildings*, 65, pp. 477–487.
- Santamouris M., Kapsis K., Korres D., Livada I., Pavlou C. & Assimakopoulos M. N. (2007). On the relation between the energy and social characteristics of the residential sector. *Energy and Buildings*, 39, pp. 893-905.
- Saunders J., Davis J. M., Galen C. M. & James E. R. (1975). *Rural Electrification and Development: Social and Economic Impact in Costa Rica and Colombia*. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Scottish Executive (2002). *The Scottish Fuel Poverty Statement*. <http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/46951/0031675.pdf>
- Scottish Government (2014). *Progress Report on the Scottish Fuel Poverty Statement 2002*. <http://www.gov.scot/Resource/0046/00468801.pdf>
- Strakova D. (2014). Energy Poverty in Slovakia. SSRN. Available at <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2546758>
- Taxheaven (2015). <http://www.taxheaven.gr/news/news/view/id/25335>

Tennakoon D. (2008). *Energy poverty: Estimating the level of energy poverty in Sri Lanka*. Report Submitted to Practical Action, South Asia.

The World Bank (2017). <http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.PCAP.KG.OE>

Thomson H., Bouzarovski S. & Snell C. (2017). Rethinking the measurement of energy poverty in Europe: A critical analysis of indicators and data. *Indoor and Built Environment*, 0(0), pp. 1–23.

Thomson H. & Snell C. (2013). Quantifying the prevalence of fuel poverty across the European Union. *Energy Policy*, 52, pp. 563–572.

Thomson H. (2013). *The EU Fuel Poverty Toolkit: an Introductory Guide to Identifying and Measuring Fuel Poverty*. Technical Report. University of York, UK.

Velody M., Cain M. J. G. & Philips M. (2003). *A Regional Review of Social Safety Net Approaches in Support of Energy Sector Reform*. Washington, DC: US Agency for International Development.

Welsh Assembly Government (2010). *Fuel Poverty Strategy 2010*. Welsh Government. <http://gov.wales/docs/desh/publications/100723fuelpovertystrategyen.pdf>

WEO (World Energy Outlook) (2016).

<http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energydevelopment/energyaccessdatabase/>

WHO (World Health Organization) (2016). *Household air pollution and health*. Fact sheet N°292. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/>

WHO (World Health Organization) (2014). *7 million premature deaths annually linked to air pollution*. News release. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>

Wilner D. (1962). *The housing environment and family life: A longitudinal study of the effects of housing on morbidity and mental health*. Baltimore: Johns Hopkins Medical School.

World Bank (2004). *The Impact of Energy on Women's Lives in Rural India*. Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP). Report No. 276/04. Washington, D.C.: The World Bank.

World Bank (2002). *Rural Electrification and Development in the Philippines: Measuring the Social and Economic Benefits*. Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP). Report No. 255/02. Washington, D.C.: The World Bank.

ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2015). *Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων*. <http://www.fuelprices.gr/deltia.view>

ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2014). *Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων*. <http://www.fuelprices.gr/deltia.view>

ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2013). *Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων*. <http://www.fuelprices.gr/deltia.view>

ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2012). *Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων*. <http://www.fuelprices.gr/deltia.view>

ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2011). *Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων*. <http://www.fuelprices.gr/deltia.view>

ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2010). Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων. <http://www.fuelprices.gr/deltia.view>

ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2009). Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων. <http://www.fuelprices.gr/deltia.view>

ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2008). Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων. <http://www.fuelprices.gr/deltia.view>

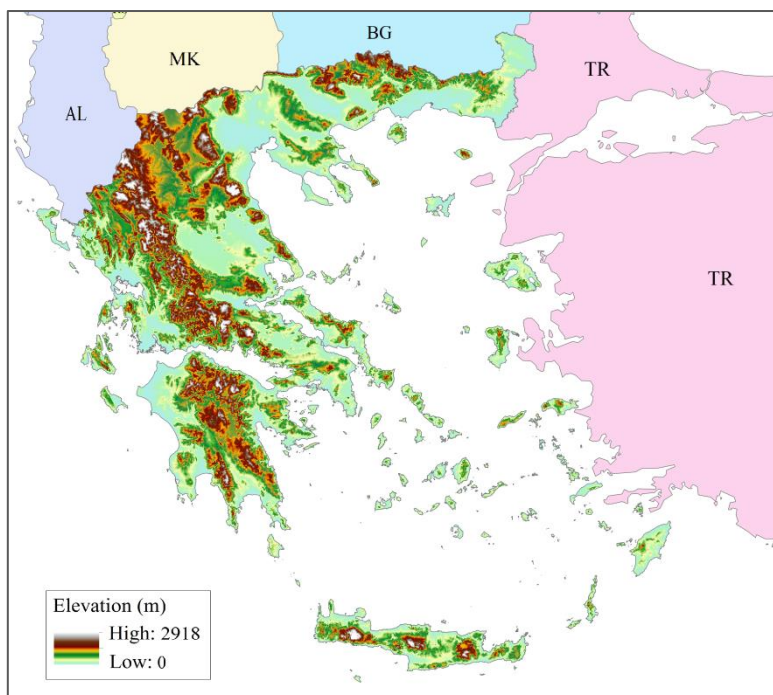
ΥΠΕΝ (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας) (2016). Ανανεωμένο Πρόγραμμα «Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον» με ευνοϊκούς όρους. <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=526&language=el-GR>

Κεφάλαιο 2. Το ζήτημα της ενέργειας στις ορεινές περιοχές

2.1 Η σημασία του ορεινού χώρου

Τα βουνά είναι καθοριστικής σημασίας περιοχές για την ανθρωπότητα. Καλύπτοντας το 22% της επιφάνειας της γης, τα βουνά φιλοξενούν το 13% του παγκόσμιου πληθυσμού (FAO 2015) και προσφέρουν βασικά αγαθά και υπηρεσίες σε περισσότερο από το μισό παγκόσμιο πληθυσμό (United Nations General Assembly 2013). Επίσης, το 60-80% των επιφανειακών υδάτων του πλανήτη προέρχεται από τα βουνά (Denniston 1996, FAO 2015), ενώ περίπου το 1/3 των δασών της γης φύεται στις πλαγιές τους (Κατσουλάκος 2013).

Η Ελλάδα είναι μια κατεχοχήν ορεινή χώρα, με τις ορεινές εκτάσεις να καλύπτουν πάνω από το 70% της συνολικής της έκτασης, σύμφωνα με σχετικές εκτιμήσεις (NORDEGIO 2004, ΕΕΑ 2010). Η «ραχοκοκαλιά» της Ελλάδας είναι η οροσειρά της Πίνδου, η οποία ξεκινά από τα ελληνοαλβανικά σύνορα και διατρέχει όλη την ηπειρωτική χώρα και την Πελοπόννησο, ως το ακρωτήριο Ταίναρο. Ωστόσο, και η υπόλοιπη χώρα, συμπεριλαμβανομένης και της Κρήτης, διατρέχεται από βουνά (Χάρτης 2.1). Σύμφωνα με την απογραφή του 2001, όταν ακόμα υπήρχε η διάκριση ορεινών και ημιορεινών περιοχών, οι οποίες καθορίζονταν επακριβώς (επί ισχύος του προγράμματος «Καποδίστρια»), υπολογίστηκε ότι οι ορεινές και οι ημιορεινές περιοχές αντιπροσωπεύουν, αντίστοιχα, το 42% και το 28,5% της συνολικής έκτασης της χώρας, ενώ φιλοξενούν μικρότερα ποσοστά του ελληνικού πληθυσμού (8,5% και 21%, αντίστοιχα), σύμφωνα με την ΕΣΥΕ (2001).



Χάρτης 2.1. Χάρτης ορεινών περιοχών της Ελλάδας (Πηγή: Ίδια Επεξεργασία)

Η σημασία των βουνών έχει αναγνωριστεί διεθνώς από το 1992, στο πλαίσιο της Διάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη στο Rio de Janeiro. Το Σχέδιο Δράσης (Agenda 21) περιελάμβανε ένα ειδικό Κεφάλαιο (13^ο) με τίτλο «Η διαχείριση των εύθραυστων οικοσυστημάτων: Αειφόρος Ορεινή Ανάπτυξη» (United Nations General Assembly 2013). Ειδικότερα, στο Κεφάλαιο αυτό αναφέρεται ότι τα βουνά είναι μια σημαντική πηγή νερού, ενέργειας και βιολογικής ποικιλομορφίας. Δέκα χρόνια αργότερα, το 2002 ανακηρύχθηκε «η Διεθνής χρονιά των βουνών» από τη Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών.

Οι δράσεις για την αειφόρο ανάπτυξη των ορεινών περιοχών εντατικοποιήθηκαν με την υιοθέτηση του Προγράμματος Εφαρμογής του Γιохάνεσμπουργκ (Johannesburg Plan of Implementation - JPOI) στην «Παγκόσμια Διάσκεψη Κορυφής για την Αειφόρο Ανάπτυξη» (WSSD) το 2002 και, δέκα χρόνια αργότερα, με την εισαγωγή τριών παραγράφων αφιερωμένων στα βουνά (παρ. 210 -212) στο «The Future We Want», στο πλαίσιο της Διάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για την Αειφόρο Ανάπτυξη (Rio+20), το 2012 (United Nations General Assembly 2013). Στη διάσκεψη αυτή έγινε έκκληση για περαιτέρω δράσεις και πολιτικές, με στόχο τη μείωση της φτώχειας στις ορεινές περιοχές, δεδομένου ότι η επισιτιστική ανασφάλεια στις ορεινές περιοχές αυξήθηκε κατά 30% μεταξύ των χρόνων 2000-2012 (FAO 2015). Το γεγονός αυτό αποτέλεσε σταθμό για την Αειφόρο Ορεινή Ανάπτυξη, η οποία έκτοτε θεωρείται ότι κατέχει εξέχουσα θέση στην παγκόσμια ατζέντα. Ωστόσο, «παρά την παγκόσμια εμβέλεια της συνεισφοράς των βουνών, υπάρχει έλλειψη στοιχείων και πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση των βουνών και των ορεινών πληθυσμών», όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO 2015).

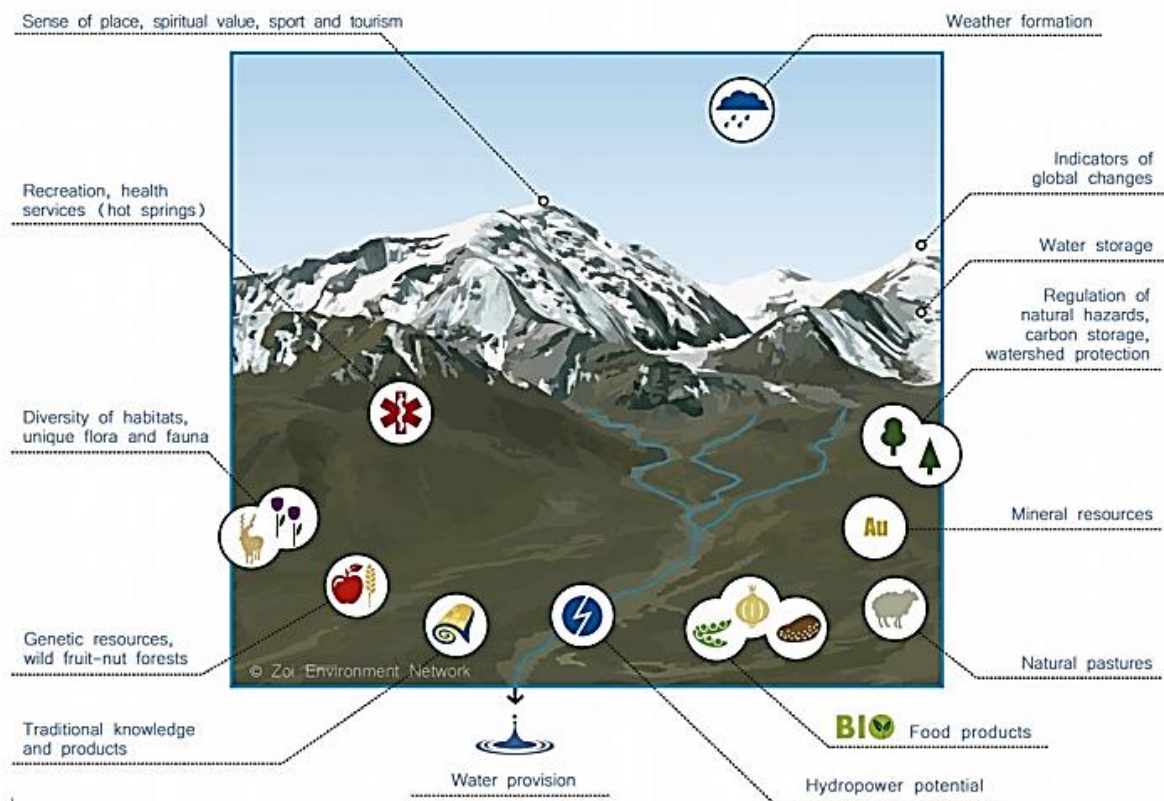
Τα ορεινά οικοσυστήματα συνεισφέρουν σημαντικά στην επιβίωση των ειδών αλλά και στην οικονομική ανάπτυξη. Τρεις κύριοι τύποι υπηρεσιών ορεινών οικοσυστημάτων (mountain ecosystem services) διακρίνονται (Korner et al. 2005, Mensah et al. 2017):

- Υπηρεσίες τροφοδοσίας: πρώτες ύλες, ορυκτοί και ενεργειακοί πόροι, προϊόντα παραγωγής των οικοσυστημάτων (ξυλεία, φρέσκο νερό, μη ξύλινα δασικά προϊόντα, φαρμακευτικά προϊόντα, ιαματικά φυτά, κλπ.)
- Ρυθμιστικές και υποστηρικτικές υπηρεσίες: γονιμότητα του εδάφους, ρύθμιση του κλίματος, βιοποικιλότητα και υποστήριξη ευάλωτων οικοσυστημάτων, έδαφος ως δεξαμενή αποθήκευσης άνθρακα και νερού, ορεινή βλάστηση ως εμπόδιο σε φυσικούς κινδύνους (πχ. χιονοστιβάδες, κατολισθήσεις), κλπ.
- Πολιτιστικές υπηρεσίες: πολιτιστική ποικιλομορφία, αναψυχή και τουρισμός, ιεροί τόποι στην παράδοση και τη θρησκεία των περισσότερων λαών του κόσμου.

Το ορεινό έδαφος, σε συνδυασμό με τις κλιματικές συνθήκες των βουνών, δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για την ύπαρξη ενός πλούσιου ενεργειακού δυναμικού (Funnell & Parish 2001, Price 2002). Ειδικότερα, η ταχύτητα του ανέμου και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία αυξάνονται συναρτήσεως του υψομέτρου και, ως εκ τούτου, οι ορεινές περιοχές είναι συνήθως πλούσιες σε αιολικό και ηλιακό ενεργειακό δυναμικό (Greenland 2004). Οι ορεινές περιοχές είναι πλούσιες και σε υδατικό δυναμικό, λόγω της αυξανόμενης βροχόπτωσης και χιονόπτωσης συναρτήσεως του

υψομέτρου. Επίσης, πολλές οροσειρές καλύπτονται από εκτεταμένα δάση, εμπλουτίζοντας τις με μεγάλες ποσότητες βιομάζας.

Κατά συνέπεια, πολλές δυνατότητες παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές προσφέρονται στα βουνά. Για παράδειγμα, παρά την ευρέως διαδεδομένη αντίληψη των τελευταίων δεκαετιών, ότι η χρήση φωτοβολταϊκών δεν ενδείκνυται σε ορεινές περιοχές, έχει αποδειχθεί ότι η αποτελεσματικότητά τους αυξάνεται με το υψόμετρο, λόγω της υψηλότερης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και των χαμηλότερων θερμοκρασιών (Κατσουλάκος 2013). Οι υδατικοί πόροι, σε συνδυασμό με τις απότομες πλαγιές του ορεινού εδάφους ευνοούν την εγκατάσταση υδροηλεκτρικών σταθμών ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, το υψηλό ύψος πτώσης από τα βουνά είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στην παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, καθώς αυξάνει την αποδοτικότητα της επένδυσης (Παπαντώνης 2008, Τσαλέμης et al. 2012). Επιπλέον, η ορεινή βιομάζα συνιστά μια σημαντική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Συνολικά, φαίνεται ότι μια ορεινή περιοχή είναι πιθανότερο να έχει υψηλότερο ενεργειακό δυναμικό ανανεώσιμης ενέργειας, σε σύγκριση με την κοντινότερη σε αυτήν πεδινή περιοχή (Κατσουλάκος 2013, Parada & Kaliampakos 2015). Συνολικά, τα αγαθά και οι υπηρεσίες των ορεινών οικοσυστημάτων παρουσιάζονται στην Εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1. Αγαθά και υπηρεσίες ορεινών οικοσυστημάτων (Πηγή: Mountain Partnership 2014)

Παρ' όλα αυτά, πολλές φορές, οι ενεργειακές πηγές των βουνών παραμένουν ανεκμετάλλευτες ή δεν αξιοποιούνται στο βαθμό που θα μπορούσαν. Για παράδειγμα, η περιοχή των Ιμαλαΐων θα μπορούσε να παρέχει έως 500.000 MWh από υδροηλεκτρική ενέργεια (ποσό περίπου ισοδύναμο με 500 πυρηνικούς σταθμούς), ενώ, προς το παρόν, μόνο το 9% του δυναμικού της περιοχής αξιοποιείται (Mountain Partnership 2014).

2.2 Το ενεργειακό πρόβλημα των ορεινών περιοχών

Παρά το πλούσιο ενεργειακό δυναμικό που είναι διαθέσιμο στα βουνά, οι ορεινοί πληθυσμοί υποφέρουν από προβλήματα ενεργειακής επάρκειας και ενεργειακής φτώχειας. Στην πραγματικότητα, οι ορεινές περιοχές χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένα δυσμενή χαρακτηριστικά, όπως είναι οι ψυχρότερες κλιματικές συνθήκες, η γεωγραφική απομόνωση, το παλιό κτιριακό δυναμικό και η ασθενής παραγωγική βάση, τα οποία τις καθιστούν σταθερά ευάλωτες στην ενεργειακή φτώχεια (Katsoulakos et al. 2014, Κατσουλάκος 2013). Αντιθέτως, τα αστικά κέντρα συνήθως βιώνουν καταστάσεις «προσωρινής ενεργειακής φτώχειας», αναλόγως τις τρέχουσες οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες (Παπαδά et al. 2016). Παρακάτω αναλύονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά που επιβαρύνουν τις ορεινές κοινωνίες:

- **Υψόμετρο**

Το υψόμετρο αποτελεί το κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα του ορεινού χώρου. Το 48% των παγκόσμιων εδαφών βρίσκεται σε υψόμετρα που υπερβαίνουν τα 500 m, το 11% σε υψόμετρα που υπερβαίνουν τα 2.000 m και το 2% σε υψόμετρα άνω των 4.000 m (Καλιαμπάκος et al. 2009, Κατσουλάκος 2013). Στην Ελλάδα, το 20% των οικισμών βρίσκεται σε υψόμετρα άνω των 600 m, οι οποίοι φιλοξενούν το 6% του πληθυσμού. Γενικώς, οι τραχείες συνθήκες στα μεγάλα υψόμετρα οδηγούν σε εκθετική μείωση του πληθυσμού αυξανόμενου του υψομέτρου (Κατσουλάκος 2013).

Επίσης, το υψόμετρο είναι η δεύτερη σημαντικότερη γεωγραφική παράμετρος -μετά το γεωγραφικό πλάτος- που επιδρά στη διαμόρφωση του κλίματος. Γενικά, το ορεινό κλίμα χαρακτηρίζεται από δριμείς χειμώνες και σύντομα καλοκαίρια. Ειδικότερα, η θερμοκρασία μειώνεται με την αύξηση του υψομέτρου (μία μείωση 2°C ή 3°C κατά μέσο όρο παρατηρείται ανά 300 m ύψος), γεγονός που συμβάλλει με σημαντικό τρόπο στην αύξηση των θερμικών αναγκών των ορεινών περιοχών έναντι των πεδινών. Ενδεικτικά, στην Ελλάδα, η θερμική ενεργειακή ζήτηση στα 1.000 m είναι κατά 170% υψηλότερη σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας (Κατσουλάκος 2013). Η ακριβής επίδραση του υψομέτρου στην ενεργειακή ζήτηση αναλύεται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 6.

- **Απομόνωση**

Η γεωγραφική απομόνωση, η οποία συνδέεται με τη δυσκολία πρόσβασης σε συγκεκριμένες ανάγκες (Spiekermann & Neubauer 2002), είναι ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό των

ορεινών περιοχών, που θέτει σοβαρά προβλήματα στην ενεργειακή τροφοδοσία τους. Μια γεωγραφικά απομονωμένη περιοχή έχει μειωμένη προσβασιμότητα σε υπηρεσίες κοινής ωφέλειας και σε μεγάλες αγορές. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την ενεργειακή κάλυψη ενός νοικοκυριού με δύο τρόπους. Πρώτον, μέσω της έλλειψης πρόσβασης σε ενεργειακές υπηρεσίες (πχ. δίκτυο ηλεκτρισμού) (Rodrigue et al. 2013) και, δεύτερον, μέσω του αυξημένου κόστους ενέργειας λόγω της απόστασης από τις μεγάλες αγορές (Marvin 1994).

Οι ορεινοί οικισμοί συνήθως βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τα αστικά και βιομηχανικά κέντρα, όπου συνήθως είναι εγκατεστημένα τα διυλιστήρια πετρελαίου. Κατά συνέπεια, η μεταφορά καυσίμων επιβαρύνεται με σημαντικά μεγαλύτερο κόστος. Στο στοιχείο αυτό συμβάλλει και η συχνά κακή κατάσταση του οδικού δικτύου. Παράλληλα, η πρόσβαση των ορεινών και απομονωμένων οικισμών στο δίκτυο ηλεκτρισμού είναι ένα άλλο σύνθετο ζήτημα, καθώς η επέκταση του δικτύου ηλεκτροδότησης σε αυτούς συνοδεύεται από ένα επίσης σημαντικό κόστος. Αυτό συμβαίνει γιατί, στις περισσότερες περιπτώσεις, τα κεντρικά δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας τροφοδοτούν τις μεγάλες κεντρικές ενεργειακές μονάδες και εν συνεχεία επεκτείνονται σε οικισμούς που, κατά προτεραιότητα, απαιτούν τα μικρότερα κόστη επένδυσης. Έτσι, οι απομονωμένες και ορεινές περιοχές είναι συνήθως οι τελευταίες που ηλεκτροδοτούνται (UNDP 2000). Χαρακτηριστικά, αναφέρεται πως στην περίπτωση της Ελλάδας, ορεινές περιοχές όπως τα Άγραφα, ηλεκτροδοτήθηκαν μόλις στα μέσα της δεκαετίας του 1980 (Κατσουλάκος 2013). Εκτός, όμως, από το κόστος επέκτασης, η δενδροειδής, συνήθως, ανάπτυξη ενός δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τα μεγάλα κέντρα στις ορεινές περιοχές επιβαρύνεται κι από άλλους παράγοντες, όπως είναι οι υψηλές ενεργειακές απώλειες στα εκτεταμένα δίκτυα μεταφοράς και διανομής, η μη αποδοτική αξιοποίηση της διαθέσιμης ισχύος λόγω χαμηλής ζήτησης και η αιχμιακή μορφή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στους μικρούς οικισμούς (Johansson & Goldemberg 2002). Πράγματι, πολλές φορές τα δίκτυα ηλεκτροδότησης των ορεινών περιοχών είναι παλαιά και ανεπαρκή, με αποτέλεσμα συχνές διακοπές ηλεκτροδότησης και πτώσεις τάσης στις περιόδους συγκέντρωσης μεγάλου τμήματος του πληθυσμού, οι οποίες, συμπεριλαμβανομένης της δύσκολης πρόσβασης, απαιτούν συνήθως περισσότερο χρόνο και αυξημένα κόστη αποκατάστασης (Κατσουλάκος 2013).

Όλα τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα μεγάλες ορεινές περιοχές του πλανήτη να μην έχουν καν πρόσβαση ή να έχουν περιορισμένη και ανεπαρκή πρόσβαση σε ενεργειακές υπηρεσίες. Στην Ελλάδα, δεν παρατηρείται πλέον το πρόβλημα έλλειψης πρόσβασης σε υπηρεσίες ενέργειας, με την εξαίρεση των δικτύων φυσικού αερίου, που είναι εξαιρετικά περιορισμένα στις ορεινές περιοχές. Ωστόσο, η μειωμένη προσβασιμότητα συγκεκριμένων περιοχών, όπως είναι οι ορεινές και οι νησιωτικές περιοχές, δημιουργεί συχνά προβλήματα στην επαρκή ενεργειακή κάλυψη των πληθυσμών και, ιδιαίτερα, στο προσιτό κόστος των καυσίμων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το μοντέλο τροφοδοσίας καυσίμων στην Ελλάδα, η οποία επιδρά καθοριστικά στη διαμόρφωση του κόστους ενέργειας.

Μοντέλο τροφοδοσίας καυσίμων και διαμόρφωσης του κόστους στην Ελλάδα:

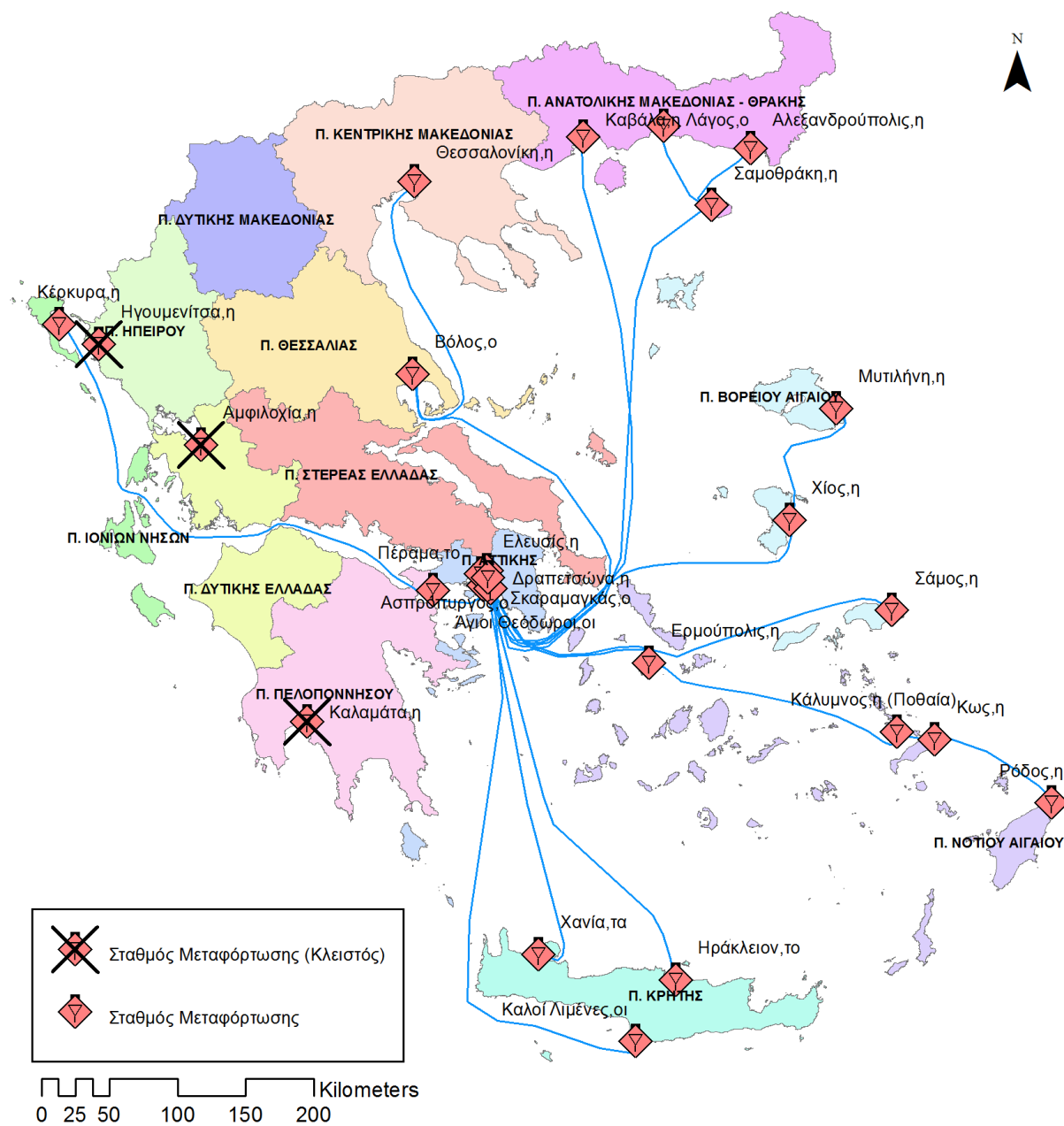
Πριν το 2010 υπήρχαν περίπου 8.000 πρατήρια καυσίμων σε ολόκληρη τη χώρα. Πλέον, ο αριθμός τους έχει μειωθεί στα 6.000, ο οποίος, και πάλι, θεωρείται ένας υψηλός αριθμός, συνυπολογίζοντας ότι ένα πρατήριο καυσίμων αντιστοιχεί σε 1.800 κατοίκους και σε 960 μηχανοκίνητα οχήματα (10.800.000 κάτοικοι και 5.800.000 μηχανοκίνητα οχήματα σε εθνικό επίπεδο το 2011). Η αντίστοιχη αναλογία στη Γερμανία είναι 1 πρατήριο ανά 5.600 κατοίκους και 3.300 μηχανοκίνητα οχήματα (14.300 πρατήρια, 80.000.000 κάτοικοι και 47.000.000 μηχανοκίνητα οχήματα) (The World Bank 2016). Ωστόσο, τα περισσότερα από τα πρατήρια αυτά βρίσκονται εντός των αστικών περιοχών, με αποτέλεσμα αρκετές περιοχές της χώρας να μην έχουν εύκολη πρόσβαση σε καύσιμα με προσιτή τιμή.

Το δίκτυο μεταφοράς και εμπορίας καυσίμων στην Ελλάδα είναι αρκετά εκτεταμένο (Εικόνα 2.2). Συνολικά, στη χώρα, υπάρχουν τέσσερα διυλιστήρια στα οποία γίνεται η παραγωγή πετρελαιοειδών, δύο εκ των οποίων βρίσκονται στη περιοχή της Αττικής, ένα στη Κόρινθο και ένα στη Θεσσαλονίκη. Τα παραγόμενα προϊόντα μεταφέρονται σε σταθμούς μεταφόρτωσης και εμπορίας πετρελαιοειδών. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2, τέσσερις τέτοιοι σταθμοί που υπήρχαν στη Δυτική Ελλάδα (Πάτρα, Ηγουμενίτσα, Αμφιλοχία και Καλαμάτα) έκλεισαν μετά την επέκταση του οδικού δικτύου (Εγνατία, Γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου, Εθνική Τρίπολης Καλαμάτας, Ιόνια οδός) (Ριθβάν 2011). Ωστόσο, υπάρχουν πολλοί άλλοι σταθμοί αποθήκευσης και μεταφόρτωσης πετρελαιοειδών σε ολόκληρη τη χώρα.

Η μεταφορά των καυσίμων από τα διυλιστήρια στους σταθμούς εμπορίας πετρελαιοειδών ονομάζεται «Πρωτεύον Σύστημα Μεταφορών» (Primary Transportation) και πραγματοποιείται με αγωγούς, δεξαμενόπλοια και τρένα. Η μεταφορά με τρένο δεν είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένη στην Ελλάδα και σπάνια χρησιμοποιείται (Ριθβάν 2011). Οι περισσότεροι σταθμοί εμπορίας στην Ελλάδα εξυπηρετούνται από τα διυλιστήρια Αττικής και Κορίνθου. Το διυλιστήριο της Θεσσαλονίκης εξυπηρετεί μόνο τους σταθμούς εμπορίας της Θεσσαλονίκης (μέσω αγωγού) και του Βόλου (μέσω δεξαμενόπλοιου), οι οποίοι εφοδιάζονται επίσης και από τα διυλιστήρια της Αττικής, μέσω δεξαμενόπλοιου. Όλοι οι υπόλοιποι σταθμοί της χώρας εξυπηρετούνται μέσω δεξαμενόπλοιων από τα διυλιστήρια Αττικής και Κορίνθου, με εξαίρεση τους σταθμούς εμπορίας της Αττικής και των Αγ. Θεοδώρων, όπου η μεταφορά πραγματοποιείται με αγωγούς. Το κόστος μεταφοράς με αγωγό είναι περίπου το μισό από αυτό του δεξαμενόπλοιου.

Εν συνεχεία, οι σταθμοί εμπορίας πετρελαιοειδών μεταφέρουν τα καύσιμα στα πρατήρια, σε όλες τις περιοχές της χώρας. Η μεταφορά πραγματοποιείται μέσω βυτιοφόρων οχημάτων στη στεριά και μέσω πλοίων τροφοδοσίας στα νησιά που δε διαθέτουν σταθμούς μεταφόρτωσης. Οι σταθμοί εμπορίας της Θεσσαλονίκης εξυπηρετούν τις Περιφέρειες Κεντρικής Μακεδονίας, Δυτικής Μακεδονίας και Ηπείρου. Η υπόλοιπη Βόρεια Ελλάδα εξυπηρετείται από τους σταθμούς Καβάλας, Πόρτο Λαγός και Αλεξανδρούπολης. Η Θεσσαλία προμηθεύεται από τους σταθμούς του Βόλου και της Θεσσαλονίκης. Η υπόλοιπη ηπειρωτική Ελλάδα (Περιφέρειες Δυτικής Ελλάδας,

Στερεάς Ελλάδας, Πελοποννήσου και Αττικής) εξυπηρετείται από τους σταθμούς Αττικής και Αγ. Θεοδώρων.



Εικόνα 2.2. Σταθμοί εμπορίας και αποθήκευσης καυσίμων στην Ελλάδα (Πηγή: Παπαδά et al. 2016)

Όσον αφορά στο κόστος μεταφοράς των καυσίμων, αυτό συμπεριλαμβάνεται στο μικτό περιθώριο κέρδους των εταιριών εμπορίας και των πρατηριούχων. Συγκεκριμένα το μικτό περιθώριο κέρδους περιλαμβάνει χρηματοοικονομικά έξοδα (κόστος αποθεμάτων, πιστώσεις, επενδύσεις κλπ.), κόστος εκτελωνισμού, αποθήκευσης και διακίνησης, καθώς και το κόστος

μεταφοράς, το οποίο διαμορφώνεται στη βάση ελεύθερης διαπραγμάτευσης με τον κλάδο των μεταφορέων. Η μεταφορά στη στεριά μέσω των βυτιοφόρων οχημάτων έχει ένα κόστος ανάλογο της απόστασης και του φορτίου. Πριν το 2010, τα Υπουργεία Οικονομίας, Ανάπτυξης, Μεταφορών και Επικοινωνιών καθόριζαν κόμιστρα για τη μεταφορά υγρών καυσίμων στα βυτιοφόρα οχήματα σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση Κ/24241/2045/2008 - ΦΕΚ 856/Β'/12.5.2008. Ενδεικτικά, η τιμή για τα υπεραστικά δρομολόγια βενζίνης και πετρελαίου εσωτερικής καύσης (diesel) ήταν 0,071 €/χιλιόλιτρο και χιλιόμετρο έμφορτης διαδρομής. Μετά το 2010, η αγορά μεταφοράς καυσίμων απελευθερώθηκε, με αποτέλεσμα μια μείωση της τάξης του 25-30% στις τιμές μεταφοράς (πλέον κυμαίνεται από 0,05 ως 0,06 €/ χιλιόλιτρο και χιλιόμετρο). Γενικά, το κόστος καυσίμων αυξάνεται με την απόσταση από τους σταθμούς εμπορίας. Επίσης, αρνητικά έχει επιδράσει και η οικονομική ύφεση των τελευταίων χρόνων, η οποία έχει οδηγήσει σε μειωμένες ποσότητες μεταφοράς υγρών καυσίμων εξαιτίας της μειωμένης ζήτησης (πτώση περίπου 50% το 2015 σε σχέση με τους όγκους που διακινούνταν το 2009), γεγονός που αυξάνει επιπλέον το ανά μονάδα κόστος μεταφοράς (Παπαδά et al. 2016). Ωστόσο, το κόστος μεταφοράς δεν είναι ο μόνος λόγος αύξησης των τιμών, καθώς αυτό σπάνια ξεπερνάει το 2,5% της τελικής τιμής, ακόμα και σε απομακρυσμένα νησιά (πχ. Λήμνος).

Η τελική τιμή στον καταναλωτή εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, με κυριότερο από όλους το περιθώριο κέρδους των εταιρειών εμπορίας και των πρατηριούχων. Μάλιστα, δεδομένου ότι η ελεύθερη αγορά είναι αυτή που πλέον διαμορφώνει τα επίπεδα ενεργειακής τιμολόγησης, οι διαφορές στην προσβασιμότητα εντείνουν τις ανισότητες ενεργειακού κόστους μεταξύ των περιοχών. Για παράδειγμα, ο μειωμένος αριθμός πρατηρίων σε πολλές απομονωμένες και ορεινές περιοχές οδηγεί συχνά σε μονοπωλιακή αγορά, αυξάνοντας σημαντικά την τελική τιμή του καυσίμου. Επιπλέον, η μέση ετήσια κατανάλωση των πρατηρίων στις ορεινές περιοχές υπολείπεται των αντίστοιχων στα μεγάλα αστικά κέντρα, με αποτέλεσμα η επένδυση που απαιτεί ένα πρατήριο σε μια ορεινή περιοχή (πάγια, εργασίες, συντήρηση κλπ.) να είναι - ανά λίτρο - πολύ υψηλότερη.

Οι Katsoulakos & Kaliampakos (2014) αναφέρουν πως οι τιμές των καυσίμων στις απομονωμένες, ορεινές περιοχές της Ελλάδας είναι περίπου 5-7% υψηλότερες από τις μέσες τιμές στο επίπεδο της χώρας. Οι Katsoulakos et al. (2014) μελετούν την αύξηση της τιμής των υγρών καυσίμων (αμόλυβδης βενζίνης και πετρελαίου θέρμανσης) σε συγκεκριμένους ορεινούς οικισμούς της Ελλάδας, σε σύγκριση με τα κοντινότερα σε αυτούς αστικά κέντρα, από όπου προκύπτει αύξηση της τιμής της αμόλυβδης βενζίνης στους υπό μελέτη οικισμούς από 3% έως 10% και αντίστοιχη αύξηση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης από 1% έως 5,5% (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1. Ποσοστιαία μεταβολή των τιμών αμόλυβδης βενζίνης και πετρελαίου θέρμανσης σε ορεινούς οικισμούς, σε σύγκριση με τα κοντινότερα αστικά κέντρα (Σύμφωνα με την τιμολόγηση της 08/04/2014)
(Πηγή: Katsoulakos et al. 2014)

	Ορεινοί οικισμοί	Κοντινότερο αστικό κέντρο	Απόσταση (km)	Μεταβολή της τιμής (%)
Υψόμετρο (m)	Αράχωβα	Πάτρα	133	
	1075	13		
Σχετική πυκνότητα (Κάτοικοι/km ²) ¹	27,85	639,03		
Αμόλυβδη βενζίνη 95 (€/lt)	1,717	1,636		+4,95%
Πετρέλαιο θέρμανσης (€/lt)	1,280	1,260		+1,19%
Υψόμετρο (m)	Καρπενήσι	Λαμία	75	
	980	143		
Σχετική πυκνότητα (Κάτοικοι/km ²) ¹	13,82	79,53		
Αμόλυβδη βενζίνη 95 (€/lt)	1,739	1,652		+5,27%
Πετρέλαιο θέρμανσης (€/lt)	1,310	1,270		+3,15%
Υψόμετρο (m)	Δημητσάνα	Κόρινθος	127	
	950	14		
Σχετική πυκνότητα (Κάτοικοι/km ²) ¹	9,62	95,20		
Αμόλυβδη βενζίνη 95 (€/lt)	1,700	1,652		+2,91%
Πετρέλαιο θέρμανσης (€/lt)	1,300	1,260		+3,17%
Υψόμετρο (m)	Καλάβρυτα	Πάτρα		
	750	13		
Σχετική πυκνότητα (Κάτοικοι/km ²) ¹	10,44	639,03		
Αμόλυβδη βενζίνη 95 (€/lt)	1,767	1,636	88	+8,01%
Πετρέλαιο θέρμανσης (€/lt)	1,310	1,260		+3,97%
Υψόμετρο (m)	Μέτσοβο	Ιωάννινα	52	
	1240	483		
Σχετική πυκνότητα (Κάτοικοι/km ²) ¹	17,04	278,90		
Αμόλυβδη βενζίνη 95 (€/lt)	1,839	1,667		+10,32%
Πετρέλαιο θέρμανσης (€/lt)	1,340	1,270		+5,51%

¹ Σε επίπεδο Δήμου

Σε πρόσφατη μελέτη των Παπαδά et al. (2016), υπολογίστηκε πιο αναλυτικά η μεταβολή της τιμής των υγρών καυσίμων (αμόλυβδης βενζίνης και πετρελαίου θέρμανσης) στις ορεινές και απομονωμένες περιοχές της Ελλάδας, σε σχέση με το μέσο επίπεδο της χώρας. Σημειώνεται ότι το πανελλαδικό δείγμα για κάθε κατηγορία καυσίμου λήφθηκε με τυχαία στρωματοποιημένη δειγματοληψία (95% διάστημα εμπιστοσύνης) από το Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων (ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2012) και είναι αντιπροσωπευτικό του αντίστοιχου πληθυσμού των πρατηρίων πανελλαδικά. Η επιλογή του ορεινού δείγματος βασίστηκε στη σχετική τυπολογία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (NORDREGIO 2004), η οποία ορίζει ένα «λόγο ορεινότητας» για κάθε περιοχή, βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων (πχ. υψόμετρο, κλίση κλπ.). Πιο συγκεκριμένα, για να διαμορφωθεί το ορεινό δείγμα,

υπολογίστηκε ο λόγος ορεινότητας για κάθε περιοχή του πανελλαδικού δείγματος και εν συνεχεία αποκλείστηκαν οι περιοχές με λόγο μικρότερο του 90%, καθώς και ακραίες περιπτώσεις νησιωτικών ή αστικών περιοχών που δεν ανήκουν στον ορεινό Ελλαδικό χώρο. Οι γεωγραφικά απομονωμένες περιοχές καθορίστηκαν βάσει ενός μοντέλου απομόνωσης/προσβασιμότητας (Glover & Tennant 2003) και αποτελούν μια ευρύτερη ομάδα περιοχών, που περιλαμβάνει και τις περισσότερες ορεινές περιοχές.

Τα αποτελέσματα, όπως φαίνονται στους Πίνακες 2.2 και 2.3, εμφανίζουν μέση αύξηση της τιμής της αμόλυβδης βενζίνης και του πετρελαίου θέρμανσης κατά 2% και 1,5%, αντίστοιχα, στις ορεινές περιοχές, σε σχέση με τη μέση τιμή στο επίπεδο της χώρας. Όσον αφορά στις κατηγορίες απομονωμένων περιοχών βάσει προσβασιμότητας, παρουσιάζεται μία μέση αύξηση της τάξης του 3,0-3,5% στην τιμή της βενζίνης και του πετρελαίου θέρμανσης για τις «απομονωμένες» περιοχές και σημαντική μέση αύξηση της τάξης του 5,0-6,5% για τα δύο καύσιμα, για τις «πολύ απομονωμένες» περιοχές.

Πίνακας 2.2. Ποσοστιαία μεταβολή της τιμής της αμόλυβδης βενζίνης στις ορεινές και απομονωμένες περιοχές, σε σύγκριση με το επίπεδο της χώρας, 2012 (Πηγή: Παπαδά et al. 2016)

Γεωγραφικό δείγμα	Μέση τιμή αμόλ. βενζίνης 95	Τυπική απόκλιση	Μεταβολή Μέσης τιμής (%)	Αριθμός πρατηρίων
Επίπεδο χώρας	1,78	0,06		3315
Ορεινές περιοχές	1,82	0,06	+2,2%	336
Απομονωμένες περιοχές:				
Πολύ Προσβάσιμη	1,75	0,05	-1,7%	982
Προσβάσιμη	1,78	0,05	±0,0%	1557
Μέτρια Προσβάσιμη	1,82	0,06	+2,2%	552
Απομονωμένη	1,84	0,06	+3,4%	171
Πολύ Απομονωμένη	1,90	0,07	+6,7%	50

Πίνακας 2.3. Ποσοστιαία μεταβολή της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης στις ορεινές και απομονωμένες περιοχές, σε σύγκριση με το επίπεδο της χώρας, 2012 (Πηγή: Παπαδά et al. 2016)

Γεωγραφικό δείγμα	Μέση τιμή Πετρελ. θέρμανσης	Τυπική απόκλιση	Μεταβολή Μέσης τιμής	Αριθμός πρατηρίων
Επίπεδο χώρας	1,36	0,03		926
Ορεινές περιοχές	1,38	0,03	+1,5%	123
Απομονωμένες περιοχές:				
Πολύ Προσβάσιμη	1,35	0,03	-0,7%	278
Προσβάσιμη	1,36	0,02	±0,0%	583
Μέτρια Προσβάσιμη	1,38	0,03	+1,5%	198
Απομονωμένη	1,40	0,04	+2,9%	63
Πολύ Απομονωμένη	1,43	0,03	+5,1%	19

- **Κλίση εδάφους**

Η κλίση του εδάφους είναι τυπικό χαρακτηριστικό των περισσότερων ορεινών περιοχών. Όμως, η κλίση του εδάφους αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην αξιοποίηση του άφθονου ενεργειακού δυναμικού που είναι διαθέσιμο στα βουνά, καθώς μειώνει σημαντικά το διαθέσιμο χώρο προς εγκατάσταση ενεργειακών μονάδων, όπως για παράδειγμα οι φωτοβολταϊκές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής. Εκτός όμως από εκτεταμένες ενεργειακές μονάδες, η έλλειψη διαθέσιμου χώρου, σε συνδυασμό με τα κατολισθητικά φαινόμενα που συνήθως ευνοούνται από τις μεγάλες κλίσεις, δημιουργούν προβλήματα και στη χωροθέτηση μικρότερων ενεργειακών μονάδων, όπως είναι οι εγκαταστάσεις βιομάζας και οι ανεμογεννήτριες (Papada & Kaliampakos 2015, Katsoulakos & Kaliampakos 2016).

- **Ασθενής παραγωγική βάση – φτώχεια**

Τα εισοδήματα των ορεινών πληθυσμών είναι, κατά κανόνα, χαμηλότερα από αυτά των πεδινών και αστικών περιοχών. Οι παραγωγικές δραστηριότητες και, κατ' επέκταση, οι ευκαιρίες απασχόλησης είναι συγκεντρωμένες στις πυκνοκατοικημένες πεδινές περιοχές. Πιο συγκεκριμένα, η γεωργική παραγωγή αποτελεί την κύρια παραγωγική δραστηριότητα στα ορεινά. Ωστόσο, η έλλειψη μεγάλων, καλλιεργήσιμων εκτάσεων, οι ψυχρές κλιματικές συνθήκες και οι συχνές συγκρούσεις χρήσεων γης στις ορεινές περιοχές δρουν κατασταλτικά στην ανάπτυξη της γεωργικής παραγωγής. Παράλληλα, η κτηνοτροφία, άλλοτε ιδιαίτερα αναπτυγμένη, έχει αρχίσει να φθίνει, δεδομένου ότι, πλέον, οι μεγάλες, οργανωμένες κτηνοτροφικές μονάδες έχουν αντικαταστήσει την παραδοσιακή ημι-νομαδική εκτροφή των ζώων. Ο δευτερογενής τομέας, ο οποίος περιλαμβάνει τη λειτουργία μεταποιητικών μονάδων, είναι πολύ περιορισμένος λόγω της απομόνωσης και του μικρού πληθυσμού. Όσον αφορά στον τριτογενή τομέα, οι εμπορικές δραστηριότητες και η παροχή υπηρεσιών είναι ελάχιστα αναπτυγμένες και ο τουρισμός προβάλλει ως η μοναδική σημαντική παραγωγική δραστηριότητα/δυνατότητα, αν και σήμερα το τουριστικό ρεύμα προς τις ορεινές περιοχές είναι ακόμη ασθενικό και συγκεντρωμένο σε λίγες περιπτώσεις.

Με βάση τα παραπάνω, είναι φανερό ότι η παραγωγική βάση στις ορεινές περιοχές είναι ιδιαίτερα αδύναμη και οι δυνατότητες απασχόλησης εξαιρετικά περιορισμένες. Η ανεργία είναι, σε γενικές γραμμές, αυξημένη στις ορεινές περιοχές, λόγω των περιορισμένων οικονομικών δραστηριοτήτων (Κατσουλάκος 2013). Χαρακτηριστικά, αναφέρεται ότι η Περιφέρεια της Ηπείρου, που είναι η πιο ορεινή Περιφέρεια της Ελλάδας, είναι και η φτωχότερη Περιφέρεια της χώρας, με τα χαμηλότερα εμφανιζόμενα ετήσια εισοδήματα (Κατσουλάκος 2013). Στον Πίνακα 2.4 παρουσιάζονται οι διαφορές στα εισοδήματα χαρακτηριστικών περιπτώσεων ορεινών Νομών, σε σύγκριση με το Νομό Αττικής (κατά τον προγενέστερο Νόμο Καποδίστρια), με βάση τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία της Γενικής Γραμματείας Πληροφοριακών Συστημάτων, που αφορούν στο οικονομικό έτος 2011.

Πίνακας 2.4. Ποσοστιαία μεταβολή των εισοδημάτων ορεινών Νομών σε σχέση με την Αθήνα, Οικον. Έτος 2011 (Πηγή: ΓΓΠΣ 2011)

Νομός	Μέσο δηλωθέν οικογενειακό εισόδημα (€)	Σύγκριση σε σχέση με την Αθήνα (%)
Αχαΐας	16.929	-21%
Ιωαννίνων	16.756	-22%
Αρκαδίας	16.502	-23%
Βοιωτίας	15.594	-27%
Ευρυτανίας	13.884	-35%
Γρεβενών	13.639	-36%
Λακωνίας	12.659	-41%
Αθήνα (Νομού Αττικής)	21.447	

- **Παλιό κτιριακό δυναμικό**

Στις δυσμενέστερες συνθήκες για τις ορεινές περιοχές προστίθεται και το συνήθως παλαιότερο κτιριακό δυναμικό, στοιχείο που ισοδυναμεί με χειρότερη ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και μεγαλύτερες θερμικές απώλειες. Οι ορεινές περιοχές εμφανίζουν υψηλότερο ποσοστό κτιρίων χτισμένων πριν το 1980, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.5. Δεδομένου ότι ο πρώτος Κανονισμός για τη θερμομονωτική προστασία των κτιρίων στη χώρα εισήχθη το 1979, όσα κτίρια είναι κατασκευασμένα πριν από την περίοδο αυτή -εκτός των περιπτώσεων που έχουν προβεί σε δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης- δε διαθέτουν θερμομονωτική προστασία.

Πίνακας 2.5. Ποσοστά κτιρίων χτισμένων πριν το 1960 και πριν το 1980 σε κύριους ορεινούς οικισμούς της Ελλάδας, σε σχέση με το σύνολο της χώρας (Πηγή: Katsoulakos et al. 2014, ΕΛΣΤΑΤ 2011)

Ορεινοί οικισμοί (Υψόμετρο)	Ποσοστό κτιρίων χτισμένων:	
	Πριν το 1960	Πριν το 1980
Αράχωβα (1075 m)	18%	41%
Δημητσάνα (950 m)	36%	46%
Καλάβρυτα (750 m)	28%	70%
Καρπενήσι (980 m)	25%	57%
Λιβιάδι Ολύμπου (1180 m)	35%	76%
Μέτσοβο (1240 m)	27%	55%
Σύνολο χώρας ¹	17%	38%

¹ Σύμφωνα με την Απογραφή 2011

Από τα παραπάνω, γίνεται φανερό πως οι ορεινές κοινωνίες είναι πιο ευάλωτες στην ενεργειακή φτώχεια. Ειδικά τα τελευταία χρόνια, στην Ευρώπη, κάτω από την πίεση της διαρκούς ανόδου του κόστους ενέργειας, σημαντικό τμήμα του χαμηλόμισθου πληθυσμού έχει καταφύγει στη μείωση της οικιακής ενεργειακής κατανάλωσης σε επίπεδα κάτω των αποδεκτών προτύπων

διαβίωσης, καθώς επίσης και στη χρήση μη ασφαλών καυσίμων (Γιακουμή & Ιατρίδης 2009). Το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί έντονα και στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια της οικονομικής κρίσης. Το διάστημα 2009-2014, κατά το οποίο οι τιμές των καυσίμων εμφάνισαν δραματική αύξηση, η ζήτηση του πετρελαίου θέρμανσης μειώθηκε σημαντικά και ένα μεγάλο μέρος των καταναλωτών, ειδικά στις ορεινές περιοχές, στράφηκε σε εναλλακτικές πηγές καυσίμων, όπως η βιομάζα (καυσόξυλα, πέλλετς, μπρικότες κλπ.) (Katsoulakos et al. 2015). Παράλληλα, τα περιστατικά παράνομης υλοτομίας πολλαπλασιάστηκαν και η χρήση φθηνής, ανεπεξέργαστης βιομάζας οδήγησε στην εμφάνιση σημαντικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης (αιθαλομίχλης) και προβλημάτων υγείας (Katsoulakos et al. 2015).

Από την άλλη, στις ορεινές περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου, το διακύβευμα δεν είναι το προσιτό κόστος των ενεργειακών υπηρεσιών, όπως στην Ελλάδα και, γενικότερα, στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στην υποσαχάρια Αφρική, σε περιοχές των Ιμαλαΐων (Ινδία, Νεπάλ) και των Άνδεων (Περού, Βολιβία), κύριο πρόβλημα αποτελεί η πρόσβαση σε βασικές υπηρεσίες ενέργειας, η έλλειψη της οποίας δυσχεραίνει σημαντικά την οικονομική τους ανάπτυξη (Johansson & Goldemberg 2002). Ήδη, κατά τη δεκαετία του '80 είχε αναφερθεί ότι μία ελάχιστη ηλεκτρική κατά κεφαλήν ισχύς, της τάξης των 100W σε περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου (το 15% της μέσης κατά κεφαλήν ισχύος του αναπτυσσόμενου κόσμου) μπορεί να οδηγήσει σε ριζική βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των πληθυσμών αυτών (Goldemberg et al. 1985). Παρ' όλα αυτά, 30 χρόνια μετά την παραπάνω εκτίμηση, υπολογίζεται ότι 1,2 δισεκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως δεν έχουν πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια και πάνω από 2,7 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρές εγκαταστάσεις μαγειρέματος, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων ζουν σε αγροτικές και ορεινές περιοχές των παραπάνω περιοχών (WEO 2016).

2.3 Υφιστάμενη έρευνα για τα ενεργειακά ζητήματα των ορεινών περιοχών

Η ερευνητική δραστηριότητα σε ζητήματα ενέργειας των ορεινών περιοχών είναι ιδιαίτερα φτωχή. Όσον αφορά σε επίσημους φορείς, το Mountain Research Initiative (MRI) και το International Center for Integrated Mountain Development (ICIMOD), παρά το γεγονός ότι αποτελούν δύο από τους πλέον σημαντικούς και δραστήριους φορείς στον τομέα της έρευνας και της ανάπτυξης των ορεινών περιοχών, δεν έχουν πραγματοποιήσει αξιολογημένη ερευνητική δραστηριότητα στο συγκεκριμένο τομέα. Χαρακτηριστικά, το ICIMOD αναφέρει ότι οι ορεινές κοινωνίες, παγιδευμένες μεταξύ φτώχειας και περιβαλλοντικής υποβάθμισης, δυσκολεύονται να ανταποκριθούν στις καθημερινές ενεργειακές τους ανάγκες. Ενδεικτικά, πολλές ορεινές περιοχές στον κόσμο στηρίζονται στην παραδοσιακή βιομάζα (ξύλα) για τις ανάγκες θέρμανσης και μαγειρέματος, γεγονός το οποίο έχει ένα βαρύ τίμημα για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, ιδιαίτερα για τις γυναίκες και τα παιδιά που υποχρεώνονται σε καθημερινή συλλογή βιομάζας, ενώ η έλλειψη πρόσβασης σε οικονομικά προσιτή και καθαρή ενέργεια παρεμποδίζει την ανάπτυξη και εδραιώνει τη φτώχεια (ICIMOD 2017). Επίσης, όσον αφορά στον ηλεκτρισμό,

αναφέρεται το παράδειγμα πολυάριθμων φτωχών, ορεινών κοινοτήτων της περιοχής των Ιμαλαΐων, οι οποίες, απομακρυσμένες και διάσπαρτες σε διάφορες πλαγιές, δεν έχουν καταφέρει να διασφαλίσουν την πρόσβαση σε ηλεκτρικό ρεύμα, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού κόστους που απαιτεί ένα τέτοιο έργο ηλεκτροδότησης (ICIMOD 2017). Παρ' όλα αυτά, τόσο το MRI όσο και το ICIMOD, ενώ αναγνωρίζουν ότι η αναπτυξιακή υστέρηση σε πολλές ορεινές περιοχές, παγκοσμίως, συνδέεται με τα ενεργειακά προβλήματα, εστιάζουν κυρίως στα ορεινά οικοσυστήματα και στις συνθήκες ζωής των κατοίκων, ενώ η ενασχόλησή τους με ζητήματα ενέργειας πρακτικά απουσιάζει.

Μέχρι τώρα, η EUROMONTANA, ένας Ευρωπαϊκός φορέας για την ανάπτυξη των ορεινών περιοχών, είναι η μοναδική περίπτωση επίσημου φορέα που έχει δημοσιεύσει συγκεκριμένη στρατηγική πρόταση για την ενέργεια στις ορεινές περιοχές, το 2010 (Κατσουλάκος 2013). Το κείμενο αυτό, με τίτλο «Energy in Mountain Areas. Strategy Proposal», αναφέρεται για πρώτη φορά σε εξειδικευμένους στόχους που χρειάζεται να έχει μια βιώσιμη ενεργειακή πολιτική για τις ορεινές περιοχές, οι οποίοι συνοψίζονται στα παρακάτω (Euromontana 2010):

- Αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας
- Διασφάλιση ενεργειακής τροφοδοσίας μέσω της παραγωγής ενέργειας από τοπικά διαθέσιμες πηγές
- Διαμόρφωση κατάλληλων υποδομών και δικτύων, που θα επιτρέψουν στις ορεινές περιοχές να εξάγουν ενέργεια
- Μεταφορά εμπειρίας μεταξύ ορεινών περιοχών, μέσω έρευνας και πιλοτικών προγραμμάτων

Στο πλαίσιο των παραπάνω προτάσεων, η EUROMONTANA διευκρινίζει ότι οι θέσεις της αποτελούν μονάχα ένα πρώτο βήμα στην κατεύθυνση της διαμόρφωσης εξειδικευμένων ενεργειακών στρατηγικών προτάσεων για τις ορεινές περιοχές της Ευρώπης. Η απουσία συστηματικής γνώσης για τα ενεργειακά ζητήματα των ορεινών περιοχών είναι ένα στοιχείο που επισημαίνεται στη συγκεκριμένη πρόταση, γι' αυτό και τονίζεται σε αυτήν η αναγκαιότητα περαιτέρω έρευνας και αναλυτικότερων προσεγγίσεων των ζητημάτων αυτών.

Εκτός των επίσημων φορέων, η επιστημονική/ερευνητική δραστηριότητα των ζητημάτων ενέργειας σε ορεινές περιοχές είναι σχετικά περιορισμένη και παραμένει, κυρίως, στο επίπεδο ποιοτικών/εμπειρικών διαπιστώσεων για τις χαμηλότερες θερμοκρασίες και τα υψηλότερα θερμικά φορτία στα ορεινά. Ωστόσο, εντοπίζονται και αναφορές με ποσοτικά δεδομένα, οι οποίες βασίζονται κατά κύριο λόγο σε μετρήσεις κατανάλωσης καυσίμων και αναφέρονται περισσότερο σε φτωχές ή αναπτυσσόμενες χώρες. Για παράδειγμα, οι Bhatt & Sachan (2004) μελέτησαν τη διαφοροποίηση της κατανάλωσης καυσόξυλων σε διάφορες υψομετρικές ζώνες σε περιοχές της Ινδίας, στους πρόποδες των Ιμαλαΐων, και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση αυξάνεται συναρτήσει του υψομέτρου, λόγω του ψυχρότερου κλίματος. Οι Cai & Jiang (2008) μελέτησαν τις διαφορές στην ενεργειακή κατανάλωση ανάμεσα σε κάποιες ορεινές και αστικές περιοχές της Κίνας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ορεινές περιοχές χρησιμοποιούν λιγότερο καθαρές και λιγότερο αποδοτικές μορφές ενέργειας, με κυρίαρχες επιλογές τη βιομάζα

και τον άνθρακα, ενώ στις αστικές περιοχές παρατηρήθηκε μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρισμού. Τέλος, υπολογίστηκε ότι η μέση ετήσια συνολική κατανάλωση ενέργειας ήταν μεγαλύτερη στις ορεινές περιοχές. Οι κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεταρρυθμίσεων στα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας του Μαυροβουνίου εξετάστηκαν από τους Silva et al. (2009), τονίζοντας τις μεγαλύτερες δυσκολίες για το ορεινό τμήμα της χώρας, θεωρώντας ότι οι αυξήσεις στα σχετικά τιμολόγια θα οδηγήσουν, πιθανότατα, σε εκτεταμένη αύξηση της χρήσης καυσόξυλων για θέρμανση στις περιοχές αυτές.

Μελετώντας τα χαρακτηριστικά της ενεργειακής κατανάλωσης σε νοικοκυριά ορεινών περιοχών της Κίνας, οι Liang et al. (2012) καταλήγουν ότι, σε αντίθεση με τις αστικές περιοχές όπου χρησιμοποιείται κατά βάση άνθρακας, οι ορεινές περιοχές χρησιμοποιούν καυσόξυλα για θέρμανση και μαγείρεμα. Με βάση αυτό, επισημαίνουν ότι η αύξηση του εισοδήματος στις ορεινές περιοχές θα βοηθούσε στη μείωση της χρήσης καυσόξυλων και στην αύξηση της χρήσης άνθρακα και ηλεκτρικής ενέργειας, κάτι το οποίο, όμως, φαίνεται δύσκολο στις παρούσες συνθήκες. Οι Gurung & Oh (2013) αναφέρουν ότι το 50% του συνολικού πληθυσμού στο Νεπάλ, που αποτελείται κυρίως από ορεινές και αγροτικές περιοχές, δεν έχει πρόσβαση στον ηλεκτρισμό ενώ, ταυτόχρονα, περίπου το 87% της συνολικής ενεργειακής ζήτησης καλύπτεται μέσω παραδοσιακής βιομάζας (καυσόξυλα), που αποτελεί πηγή σημαντικών προβλημάτων υγείας. Για το λόγο αυτό, στην ανάλυσή τους, προτείνουν την αντικατάσταση της παραδοσιακής βιομάζας με αποδοτικότερες τεχνολογίες βιομάζας και βιοαερίου. Ωστόσο, σημειώνουν πως, αν και τέτοιες δράσεις έχουν αρχίσει να προωθούνται από την κυβέρνηση, η εφαρμογή τους σε απομακρυσμένες ορεινές περιοχές παραμένει ακόμα ένα δύσκολο/ανέφικτο έργο.

Μετρώντας την εσωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση σε νοικοκυριά της Ινδονησίας, οι Huboyo et al. (2014) εντόπισαν υψηλότερα επίπεδα CO και PM_{2,5} στις ορεινές περιοχές σε σχέση με τις παράκτιες περιοχές, γι' αυτό και προτείνουν τη χρήση καθαρότερων καυσίμων (πχ. επιδοτούμενο LPG) στις ορεινές περιοχές. Οι Malla et al. (2011) αναφέρονται στο σημαντικό πρόβλημα της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τη χρήση στερεών καυσίμων στο μαγείρεμα στις αναπτυσσόμενες χώρες και μελετούν την επίδραση διαφόρων ενεργειακών επεμβάσεων (πχ. βελτιωμένες σόμπες, καλύμματα καπνού, διακόπτης στο υγραέριο) στο Νεπάλ, την Κένυα και το Σουδάν. Τα αποτελέσματα δείχνουν μεγάλα οφέλη από τέτοιου είδους δράσεις, όπως είναι η εξοικονόμηση χρόνου, η εξοικονόμηση κόστους των καυσίμων και, σε μικρότερο βαθμό, άμεσες βελτιώσεις στην υγεία. Διάφοροι τρόποι μείωσης των συμβατικών καυσίμων εξετάζονται από τον Katsoulakos (2011) σε μία κατεξοχήν ορεινή περιοχή της Ελλάδας, το Μέτσοβο, προτείνοντας την αντικατάστασή τους από κατάλληλα επεξεργασμένη βιομάζα, με στόχο τη μείωση του κινδύνου ενεργειακής φτώχειας στην περιοχή.

Χρειάζεται να σημειωθεί ότι, κάποιες φορές, οι αναφορές στις ορεινές περιοχές «κρύβονται» πίσω από τον όρο «αγροτικές περιοχές», οι οποίες, όμως, διαφέρουν εν γένει από τις ορεινές περιοχές και δε θα πρέπει να συγχέονται με αυτές, καθώς οι ιδιαιτερότητες του ορεινού χώρου, ειδικά στον τομέα της ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης, είναι μεγάλες. Για παράδειγμα, οι Meng et al. (2015), μέσα από μία έρευνα ερωτηματολογίου πάνω στις συνθήκες διαβίωσης και

ενεργειακής κατανάλωσης στις φτωχότερες αγροτικές περιοχές της Κίνας, κατέγραψαν σημαντικά υψηλές θερμικές απώλειες και αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Μάλιστα, σημειώνουν πως αν το εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων διασφάλιζε το ίδιο επίπεδο θερμικής άνεσης με εκείνο των κτιρίων στις αστικές περιοχές, η ενεργειακή κατανάλωση θα αυξανόταν κατά 3 με 5 φορές. Ποσοτικά αποτελέσματα ενεργειακών αναγκών και καταναλώσεων σε αγροτικές περιοχές εντοπίζονται και σε άλλες μελέτες, όπως σε αυτή των Johnson & Bryden (2012), οι οποίοι καταδεικνύουν τις υψηλές ετήσιες ενεργειακές ανάγκες, με ταυτόχρονη χρήση των μη αποδοτικών καυσίμων, σε μία απομονωμένη αγροτική κοινότητα της δυτικής Αφρικής. Ωστόσο, οι σχετικές μελέτες αγροτικών περιοχών -οι οποίες είναι αρκετά περισσότερες σε σύγκριση με αυτές των ορεινών περιοχών- δε μπορούν να ενταχθούν με ασφάλεια στην υφιστάμενη έρευνα για τις ορεινές περιοχές, δεδομένων των διαφορετικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των δύο κατηγοριών.

Συνοψίζοντας, ενώ υπάρχουν σποραδικές αναφορές που μελετούν την ενεργειακή ζήτηση και κατανάλωση σε ορεινές περιοχές, καθώς και αναφορές που μελετούν διάφορες μορφές εκδήλωσης της ενεργειακής φτώχειας σε ορεινές περιοχές, αυτές είναι περιορισμένες και αναφέρονται, κατά συντριπτική πλειονότητα, σε φτωχές ή αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η ενεργειακή φτώχεια εκδηλώνεται με τη μορφή ανεπαρκούς πρόσβασης στις υπηρεσίες ενέργειας. Συνολικά, υπάρχει έλλειψη συστηματικής γνώσης γύρω από τα ενεργειακά ζητήματα των ορεινών περιοχών, σε διεθνές επίπεδο. Σύμφωνα με τους Förster et al. (2011), χρειάζεται να αναβαθμιστεί η θέση της ενέργειας ανάμεσα στις προτεραιότητες που θέτει η επιστημονική κοινότητα για τις ορεινές περιοχές, καθώς τα ενεργειακά προβλήματα έχουν σημαντικές κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

2.4 Πλαίσιο ορεινής πολιτικής στην Ευρώπη

Σύμφωνα με την έκθεση NORDREGIO (2004), η πλειονότητα των ορεινών ή ημιορεινών χωρών έχουν κάποιου τύπου ορεινή πολιτική ή μια πολιτική γραμμή για σχετικά ζητήματα, με σημαντικές, όμως διαφοροποιήσεις από τη μια χώρα στην άλλη. Γενικά, τέσσερις διαφορετικοί τύποι ορεινής πολιτικής εντοπίζονται στις Ευρωπαϊκές χώρες (NORDREGIO 2004):

- Χώρες χωρίς καμία ορεινή πολιτική, συμπεριλαμβάνοντας χώρες χωρίς καθόλου βουνά (π.χ. Δανία, Μάλτα, Εσθονία, Ολλανδία, Λετονία, Λιθουανία), χώρες με πολύ λίγα ή χαμηλά βουνά (π.χ. Λουξεμβούργο, Ιρλανδία, Βέλγιο) και χώρες που είναι κατά κανόνα ορεινές (π.χ. Ελλάδα, Σλοβενία, Νορβηγία).
- Χώρες στις οποίες οι ορεινές πολιτικές/μέτρα αναφέρονται σε ένα συγκεκριμένο τομέα, που είναι συνήθως η γεωργία, ο τουρισμός και το περιβάλλον (π.χ. Πορτογαλία, Ουγγαρία, Σλοβακία).
- Χώρες στις οποίες οι ορεινές πολιτικές/μέτρα αναφέρονται σε ένα ευρύτερο παρά εξειδικευμένο πεδίο ανάπτυξης, συμπεριλαμβάνοντας τη γεωργία, άλλους οικονομικούς τομείς (τουρισμός), το περιβάλλον και τη δημόσια υποδομή (π.χ. Γερμανία, Αυστρία, Ισπανία).

- Χώρες στις οποίες οι ορεινές πολιτικές/μέτρα αναφέρονται σε μια συνολική, ολοκληρωμένη ανάπτυξη. Σε κάποιες χώρες, τέτοια σχήματα εμφανίστηκαν πριν από τη δεκαετία του 1970, όταν συγκεκριμένοι τομείς ανάπτυξης άρχισαν να εγκαθιδρύονται (π.χ. γεωργία) και συγκεκριμένα εργαλεία, όπως οι νόμοι για τις ορεινές περιοχές ή οι επιδοτήσεις για τις ορεινές περιοχές, άρχισαν να εφαρμόζονται. Προς το παρόν, τρεις χώρες έχουν επίσημη ορεινή πολιτική: η Ελβετία, η Γαλλία και η Ιταλία.

Στην πραγματικότητα, υπάρχουν και άλλες χώρες που τείνουν να διαμορφώσουν κάποια γραμμή πολιτικής για τις ορεινές περιοχές, όπως η Ρουμανία και η Βουλγαρία, χωρίς όμως αυτή να έχει πάρει ακόμη ολοκληρωμένα χαρακτηριστικά. Πρόσφατα, και η Ελλάδα άρχισε να δίνει ανάλογα δείγματα γραφής, συμπεριλαμβάνοντας για πρώτη φορά, τη χειμερινή περίοδο 2016-2017, τις ορεινές περιοχές στην επιδοματική πολιτική που ήδη εφαρμόζεται στη χώρα από το 2012, όπως αναφέρεται στο Κεφάλαιο 1 (Ενότητα 1.7).

Όπως αναφέρεται στην έκθεση NORDREGIO (2004), «η μελέτη έχει αποκαλύψει την έλλειψη διαθέσιμων ποσοτικών δεδομένων σε επαρκή χωρική ανάλυση για πολλά σημαντικά ζητήματα, κρίσιμα για τη χάραξη πολιτικής, ιδιαίτερα για εκείνα που σχετίζονται με τις ορεινές οικονομίες. Είναι απαραίτητο να αυξηθεί η γνώση για τις ορεινές περιοχές, μέσω της παροχής στήριξης για έρευνα». Παρά το γεγονός ότι η έκθεση αυτή έχει συνταχθεί αρκετά χρόνια νωρίτερα, δυστυχώς, ελάχιστα βήματα έχουν γίνει προς την κατεύθυνση αυτή μέχρι σήμερα. Ως εκ τούτου, η αναγκαιότητα περαιτέρω έρευνας στις ορεινές περιοχές, υποστηριζόμενες από συγκεκριμένα ποσοτικά στοιχεία, είναι ζωτικής σημασίας.

Βιβλιογραφία

- Bhatt B. P. & Sachan M. S. (2004). Firewood consumption along an altitudinal gradient in mountain villages of India. *Biomass Bioenergy*, 27, pp. 69–75.
- Cai J. & Jiang Z. (2008). Changing of energy consumption patterns from rural households to urban households in China: An example from Shaanxi Province, China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12 (6), pp. 1667-1680.
- ΓΓΠΣ (Γενική Γραμματεία Πληροφοριακών Συστημάτων) (2011). *Στατιστικό Δελτίο Φορολογικών Δεδομένων 2011*. Υπουργείο Οικονομικών.
http://www.gsis.gr/gsis/export/sites/default/gsis_site/PublicIssue/documents_Statistics/statdeltio2011.pdf
- Γιακουμή Α. & Ιατρίδης Μ. (2009). *Παρούσα κατάσταση της αγοράς θέρμανσης και ψύξης στην Ελλάδα*. Παραδοτέο D3 του έργου RES - Η Policy, ΚΑΠΕ - Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- Denniston D. (1996). *People and Mountains: Pinnacles of Diversity*. People and the Planet. Vol. 5, No 1.
- ΕΕΑ (2010). *Europe's ecological backbone: Recognizing the true value of our mountains*. Report No 6. Copenhagen: European Environmental Agency.
- ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2011). *Κανονικές κατοικίες κατά περίοδο κατασκευής και τύπο κτιρίου. Σύνολο Χώρας, Περιφέρειες*. <http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SAM05/2011>
- ΕΣΥΕ (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος) (2001). *Πραγματικός πληθυσμός, επιφάνεια και πυκνότητα του πληθυσμού, με διάκριση σε αστικές και αγροτικές περιοχές καθώς, και σε πεδινές, ημιορεινές και ορεινές περιοχές. Μέσος σταθμικός των υψομέτρων*. Απογραφή πληθυσμού της 18ης Μαρτίου 2001. Πειραιάς: ΕΣΥΕ.
- Euromontana (2010). *Energy in mountain areas*. Strategy Proposal. Position Paper of Euromontana. Brussels: Euromontana.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2015). *Mapping the vulnerability of mountain peoples to food insecurity*. Rome: FAO.
- Förster H., Pachova N. & Renaud F. G. (2011). Energy and land use in the Pamir-Alai mountains. *Mountain Research and Development*, 31, pp. 305-314.
- Funnell D. & Parish R. (2001). *Mountain Environments and Communities*. London: Routledge.
- Glover J. D. & Tennant S. K. (2003). *Remote areas statistical geography in Australia: notes on the Accessibility/Remoteness Index for Australia (ARIA + version)*. Working Paper Series No. 9. Public Health Information Development Unit. South Australia: University of Adelaide.
- Greenland D. (2004). Mountain climates. In J. Oliver, (Ed.), *Encyclopedia of World Climatology*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Goldemberg J., Johansson T., Reddy A. & Williams R. (1985). Basic Needs and Much More with One Kilowatt per Capita. *Ambio*, 14, pp. 190-200.
- Gurung A. & Oh S. (2013). Conversion of traditional biomass into modern bioenergy systems: A review in context to improve the energy situation in Nepal. *Renewable Energy*, 50, pp. 206-213.

Huboyo H. S., Tohno S., Lestari P., Mizohata A. & Okumura M. (2014). Characteristics of indoor air pollution in rural mountainous and rural coastal communities in Indonesia. *Atmospheric Environment* 82, pp. 343-350.

ICIMOD (International Center for Integrated Mountain Development) (2017). Sustainable energy. <http://www.icimod.org/?q=16954>

Johansson T. B. & Goldemberg J. (2002). Overview and a policy agenda. In T. B. Johansson, & J. Goldemberg (Eds.), *Energy for Sustainable Development*. New York: UNDP.

Johnson N. G. & Bryden K. M. (2012). Energy supply and use in a rural West African village. *Energy* 43 (1), pp. 283–292.

Καλιαμπάκος Δ., Γιαννακοπούλου Στ. & Κατσουλάκος Ν. (2009). *Εισαγωγή στο Περιβάλλον και την Κοινωνία των Ορεινών Περιοχών*. Σημειώσεις «Εισαγωγή στο Περιβάλλον και την Κοινωνία των Ορεινών Περιοχών», ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Katsoulakos N. M. & Kaliampakos D. C. (2016). Mountainous areas and decentralized energy planning: Insights from Greece. *Energy Policy*, 91, pp. 174–188.

Katsoulakos N., Papada L. & Kaliampakos D. (2015). Is forest biomass exploitation a panacea to deal with energy poverty in mountainous areas? *International conference: Sustainable mountain regions, make them work*. Conference Proceedings. Borovets, Bulgaria.

Katsoulakos N., Papada L. & Kaliampakos D. (2014). The problem of energy poverty in mountainous areas. *The 5th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, IISA 2014*. IEEE Conference publications, pp. 222 – 226. DOI: 10.1109/IISA.2014.6878794

Katsoulakos N. M. & Kaliampakos D. C. (2014). What is the impact of altitude on energy demand? A step towards developing specialized energy policy for mountainous areas. *Energy Policy*, 71, pp. 130-138.

Κατσουλάκος Ν. (2013). *Βέλτιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ορεινές περιοχές. Η περίπτωση του Μετσόβου*. Διδακτορική Διατριβή. Επιβλέπων: Καθ. Δ. Καλιαμπάκος. Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Katsoulakos N. (2011). Combating Energy Poverty in Mountainous Areas Through Energy-saving Interventions. *Mountain Research and Development* 31 (4), pp. 284-292.

Korner C., Ohsawa M. (coordinating lead authors) et al. (2005). Mountain Systems. Chapter 24. In *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Volume 1. Washington, DC: Island Press.

Liang Y., Fan J., Sun W., Han X., Ma H., Sheng K., Xu Y. & Wang C. (2012). The Influencing Factors of Rural Household Energy Consumption Structure in Mountainous Areas of Southwest China: A Case Study of Zhaotong City of Yunnan Province. *Acta Geographica Sinica*. Available at http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-DLXB201202010.htm

Malla M. B., Bruce N., Bates E. & Rehfuess E. (2011). Applying global cost-benefit analysis methods to indoor air pollution mitigation interventions in Nepal, Kenya and Sudan: Insights and challenges. *Energy Policy*, 39, pp. 7518–7529.

Marvin S. J. (1994). Accessibility to utility networks: Local policy issues. *Local Government Studies*, 20 (3), pp. 437-457.

Meng X., Liang W., Ding P., Wang S., Li Y. & Long E. (2015). Survey Research on Living Environment and Energy Consumption in the West Rural Areas of China. *Procedia Engineering*, 121, pp. 1044-1050.

Mensah S., Veldtman R., Assogbadjo A. E., Ham C., Kakaï R. G. & Seifert T. (2017). Ecosystem service importance and use vary with socio-environmental factors: A study from household-surveys in local communities of South Africa. *Ecosystem Services*, 23, pp. 1–8.

Mountain Partnership (2014). *Why mountains matter for energy: A Call for Action on the Sustainable Development Goals (SDGs)*.

<https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=1918&menu=35>

Μπασιούκα Α. (2011). *Η δημογραφική ταυτότητα των ορεινών περιοχών της Ελλάδας*. Διπλωματική εργασία. Επιβλέπων: Καθ. Δ. Καλιαμπάκος. ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

NORDREGIO (2004). *Mountain Areas in Europe: Analysis of mountain areas in EU member states, acceding and other European countries*. Nordic Center for Spatial Development. European Commission contract No 2002, Final report.

Papada L. & Kaliampakos D. (2016). Developing the energy profile of mountainous areas. *Energy*, 107, pp. 205-214.

Παπαδά Λ., Παναγιωτόπουλος Γ. & Καλιαμπάκος Δ. (2016). Η επίδραση της απομόνωσης στην ενεργειακή φτώχεια: Η περίπτωση της Ελλάδας. *Η Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη των Ορεινών και Γεωγραφικά Απομονωμένων περιοχών*. Πρακτικά συνεδρίου, Εκδόσεις ΕΜΠ.

Papada L. & Kaliampakos D. (2015). Quantifying energy demand in mountainous areas. *Lecture Notes in Artificial Intelligence 9518*, Springer, pp. 31–43. DOI: 10.1007/978-3-319-27430-0_3

Παπαντώνης Δ. (2008). *Μικρά υδροηλεκτρικά έργα*. Αθήνα: Συμείων.

Price M. F. (2002). *Mountain Geology, Natural History and Ecosystems*. Stillwater, USA: Voyageur Press.

Ριδβάν Ρ. (2011). *Μεταφορά, Διανομή και Αποθήκευση Υγρών Καυσίμων*. Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Καβάλας, Καβάλα.

Rodrigue J. P., Comtois C. & Slack B. (2013). *The geography of transport systems*. New York: Routledge.

Silva P., Klytchnikova I. & Radevic D. (2009). Poverty and environmental impacts of electricity price reforms in Montenegro. *Utilities Policy*, 17, pp. 102–113.

Spiekermann K. & Neubauer J. (2002). *European accessibility and peripherality: Concepts, models and indicators*. Stockholm: Nordregio.

The World Bank (2016). *World Bank Data: Motor vehicles (per 1,000 people)*. The World Bank Group. <http://data.worldbank.org/>

Τσαλέμης Δ., Μαυράκη Δ., Δούλος Η., Οικονόμου Α., Περράκης Κ., Τίγκας Κ. & συν. (2012). *Έκθεση για τον τομέα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στο πλαίσιο του σχεδιασμού αναμόρφωσης του μηχανισμού στήριξης*. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ.

UNDP (United Nations Development Programme) (2000). *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. Washington, D.C.: UNDP.

United Nations General Assembly (2013). *Sustainable Mountain Development*. Report of the Secretary-General. Sixty-eighth session, Item 19 (i).

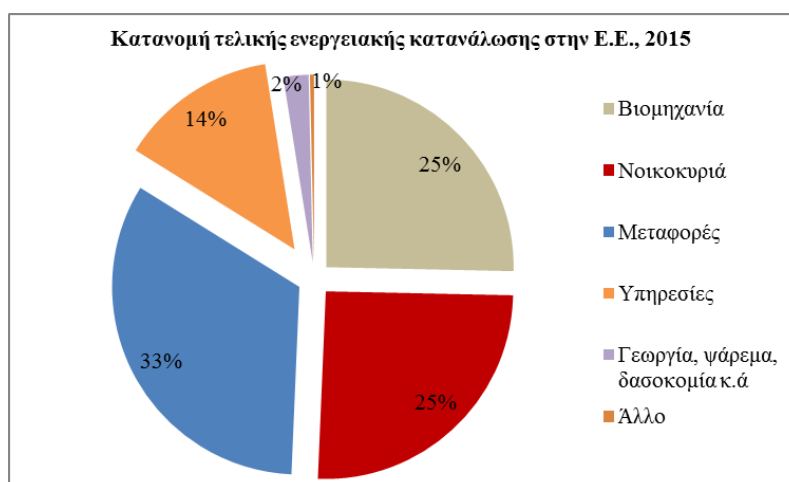
WEO (*World Energy Outlook*) (2016).

<http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energydevelopment/energyaccessdatabase/>

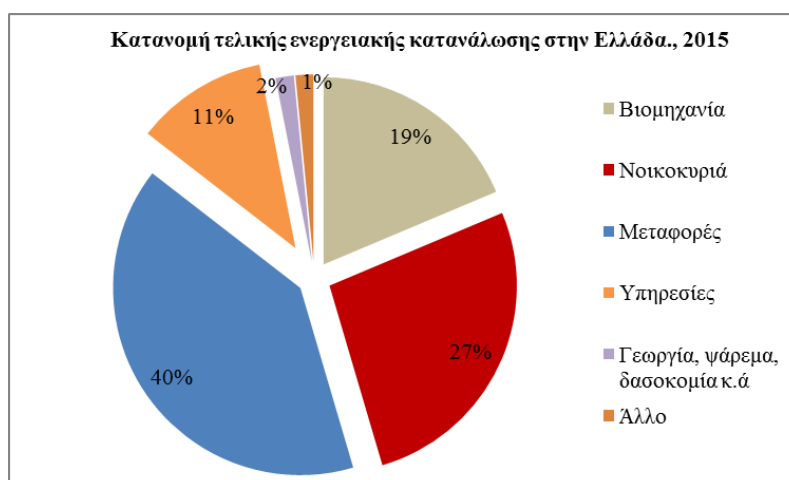
ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης Ανταγωνιστικότητας Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων). (2012). *Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων*. <http://www.fuelprices.gr/>

Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή ανάλυση κτιρίων με τη μέθοδο των βαθμομερών

Η συνολική ενεργειακή κατανάλωση επιμερίζεται σε πέντε διαφορετικούς τομείς χρήσης ενέργειας, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.1. Στον οικιακό και στον τριτογενή τομέα, η ενεργειακή κατανάλωση αφορά κατά βάση στον κτιριακό τομέα, το σύνολο, σχεδόν, της οποίας αναφέρεται στην κατανάλωση για θέρμανση, ψύξη, ηλεκτροφωτισμό και αερισμό των κτιρίων. Ως εκ τούτου, σύμφωνα με το ίδιο Διάγραμμα, το 39% της ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση αποδίδεται στον κτιριακό τομέα. Αναλογικά, στο Διάγραμμα 3.2 παρουσιάζεται η κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα, από όπου προκύπτει ότι ο κτιριακός τομέας αντιπροσωπεύει το 38% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Κατά συνέπεια, η ανάλυση των ενεργειακών φορτίων του κτιριακού τομέα αποτελεί βασικό κομμάτι ενός ενεργειακού σχεδιασμού, δεδομένου ότι είναι υπεύθυνος περίπου για το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, τόσο σε επίπεδο χώρας όσο και σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης.



Διάγραμμα 3.1. Ποσοστιαία κατανομή τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ε.Ε. ανά τομέα χρήσης ενέργειας (Πηγή: Ίδια επεξεργασία, βάσει Eurostat 2017)



Διάγραμμα 3.2. Ποσοστιαία κατανομή τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα ανά τομέα χρήσης ενέργειας (Πηγή: Ίδια επεξεργασία, βάσει Eurostat 2017)

3.1 Μέθοδοι ενεργειακής ανάλυσης κτιρίων

Τα μοντέλα ενεργειακής ανάλυσης των κτιρίων είναι ποικίλα. Μία βασική τους διαφοροποίηση σχετίζεται με το επίπεδο προσομοίωσης των πραγματικών συνθηκών λειτουργίας των κτιρίων. Έτσι, διακρίνονται σε (Ορλάντο 2012):

- μοντέλα δυναμικής κατάστασης (πλήρους προσομοίωσης)
- μοντέλα σταθερής κατάστασης
- μοντέλα ημισταθερής κατάστασης

Η πρώτη κατηγορία, των μοντέλων πλήρους προσομοίωσης είναι και η πλέον περίπλοκη. Τα μοντέλα αυτά υπολογίζουν τα μεταβατικά φαινόμενα που συμβαίνουν κατά την ανταλλαγή θερμικών φορτίων μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος, καθώς και μεταξύ των κτιριακών χώρων (πχ. διακοπτόμενη λειτουργία συστημάτων θέρμανσης, λειτουργία κτιριακού κελύφους ως «αποθήκη» θερμότητας). Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται και τα συστήματα real-time προσομοίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων. Αντίθετα, τα μοντέλα σταθερής κατάστασης δε συνυπολογίζουν τέτοιου είδους φαινόμενα, ενώ τα μοντέλα ημισταθερής κατάστασης τα λαμβάνουν υπ' όψιν εν μέρει, στη βάση απλοποιητικών παραδοχών (Κατσουλάκος 2013).

Μία επιπλέον σημαντική διαφοροποίηση των μοντέλων συνίσταται στον τρόπο προσέγγισης που χρησιμοποιούν για τον υπολογισμό των ενεργειακών φορτίων των κτιρίων. Έτσι, διακρίνονται σε (Ορλάντο 2012):

- μοντέλα εμπρόσθιας προσέγγισης
- μοντέλα ανάστροφης προσέγγισης

Τα μοντέλα εμπρόσθιας προσέγγισης υπολογίζουν τις ενεργειακές ανάγκες και καταναλώσεις των κτιρίων χρησιμοποιώντας κλιματικά δεδομένα, γεωμετρικά και θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους, χαρακτηριστικά των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και άλλες παραμέτρους. Τα ανάστροφα μοντέλα υπολογίζουν τα ενεργειακά φορτία των κτιρίων μέσω εμπειρικών και στατιστικών σχέσεων, χρησιμοποιώντας στοιχεία πραγματικών ενεργειακών καταναλώσεων, κλιματικά δεδομένα και ωράρια χρήσης του κτιρίου. Ο προσδιορισμός των ενεργειακών φορτίων επιτυγχάνεται πιο εύκολα και πιο γρήγορα με τη χρήση των ανάστροφων μοντέλων αλλά, συχνά, με σημαντικές αποκλίσεις. Για το λόγο αυτό, τα μοντέλα εμπρόσθιας προσέγγισης συνήθως προτιμώνται έναντι αυτών της ανάστροφης προσέγγισης. Πολλές φορές, όμως, όπως σε περιπτώσεις εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, κρίνεται χρήσιμη η παράλληλη χρήση και σύγκριση των δύο κατηγοριών προσεγγίσεων.

Οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι ενεργειακής ανάλυσης των κτιρίων, βάσει των παραπάνω κατηγοριών είναι οι ακόλουθες (Κατσουλάκος 2013):

- Μέθοδος βαθμομερών (σταθερής κατάστασης)
- Απλοποιημένη μέθοδος ισορροπίας θερμότητας, μηνιαίου βήματος (ημισταθερής κατάστασης). Ουσιαστικά, πρόκειται για τη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των ενεργειακών φορτίων των κτιρίων στην Ελλάδα, μετά την υιοθέτηση του Κ.Εν.Α.Κ., το 2010.
- Δυναμική μέθοδος εμπρόσθιας προσέγγισης (δυναμικής κατάστασης)

Η καταλληλότερη μέθοδος ενεργειακής ανάλυσης επιλέγεται βάσει του εκάστοτε προβλήματος και των στόχων της εκάστοτε μελέτης. Είναι προφανές ότι οι μέθοδοι δυναμικής κατάστασης δίνουν ακριβέστερα αποτελέσματα, αλλά είναι ιδιαίτερα σύνθετες. Για το λόγο αυτό, σε περιπτώσεις που στοχεύουν στη μελέτη των τάσεων των ενεργειακών φορτίων ή στη σύγκριση ενεργειακών συστημάτων, προτιμώνται οι πιο απλές μέθοδοι, οι οποίες δίνουν αποτελέσματα πιο εύκολα και πιο γρήγορα (Μόσχου 2011).

3.2 Η μέθοδος των βαθμομερών

Η μέθοδος των βαθμομερών είναι μία από τις πλέον αξιόπιστες, επαρκώς τεκμηριωμένες και απλές στη χρήση τους μεθόδους ενεργειακής ανάλυσης των κτιρίων (Büyükalaca et al. 2001, Ματζαράκης & Μπαλαφούτης 2002, ASHRAE 2009). Η χρήση της μεθόδου ενδείκνυται στην περίπτωση που η χρήση του κτιρίου (πχ. κατοικία) είναι σταθερή και η απόδοση του εξοπλισμού θέρμανσης και ψύξης θεωρείται σταθερή (ASHRAE 2009). Ειδικότερα, η μέθοδος των βαθμομερών υπολογίζει με απλό και γρήγορο τρόπο τις μηνιαίες ή ετήσιες ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων σε θέρμανση/ψύξη και εφαρμόζεται κυρίως σε κτίρια κατοικιών με συμβατικά συστήματα θέρμανσης, θεωρώντας συνεχή χρήση των κτιρίων και σταθερό βαθμό απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού. Η εφαρμογή της μεθόδου δεν ενδείκνυται σε κτίρια με παθητικά ηλιακά συστήματα, τα οποία αναπληρώνουν ένα μεγάλο μέρος των θερμικών απωλειών μέσω ηλιακής ακτινοβολίας ούτε σε μεγάλα κτίρια με σημαντικές διακυμάνσεις των εσωτερικών φορτίων και περιοδική λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης (πχ. εμπορικά κτίρια, κτίρια γραφείων, κτίρια υπηρεσιών).

3.2.1 Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης

Οι βαθμομέρες είναι ένα μέτρο διακύμανσης της εξωτερικής θερμοκρασίας μιας περιοχής και ένας δείκτης της δριμύτητας του κλίματος (Matzarakis & Thomsen 2009). Γενικά, ο αριθμός των βαθμομερών εκφράζει την ποσότητα και τη διάρκεια κατά τις οποίες η εξωτερική θερμοκρασία γίνεται μικρότερη ή μεγαλύτερη από ένα καθορισμένο όριο, το οποίο ονομάζεται θερμοκρασία βάσης (Hitchen 1981, Martinaitis 1998, McMaster & Wilhelm 1987).

Η θερμοκρασία βάσης χαρακτηρίζεται ως το «σημείο ισορροπίας», δηλαδή η θερμοκρασία εκείνη του εξωτερικού περιβάλλοντος στην οποία, για δεδομένη εσωτερική θερμοκρασία

του κτιρίου, οι συνολικές θερμικές απώλειες είναι ίσες με τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον ήλιο, τους ανθρώπους και τις συσκευές (ASHRAE 2009). Με άλλα λόγια, πρόκειται για την εξωτερική θερμοκρασία στην οποία το κτίριο δεν απαιτεί ούτε θέρμανση ούτε ψύξη προκειμένου να διατηρήσει συνθήκες άνεσης. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία βάσης, υπάρχει ανάγκη θέρμανσης του κτιρίου και οι βαθμομέρες χαρακτηρίζονται ως βαθμομέρες θέρμανσης (HDD). Αντίθετα, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία βάσης, υπάρχει ανάγκη ψύξης του κτιρίου και οι βαθμομέρες χαρακτηρίζονται ως βαθμομέρες ψύξης (CDD). Η θερμοκρασία βάσης είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στον υπολογισμό των βαθμομερών και έχει αποτελέσει σημαντικό αντικείμενο έρευνας. Δεν ταυτίζεται με την εσωτερική επιθυμητή θερμοκρασία και εξαρτάται, θεωρητικά, από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υπό εξέταση κτιρίου. Στην περίπτωση της θέρμανσης, η θερμοκρασία βάσης εκφράζεται μέσω της ακόλουθης σχέσης (ASHRAE 2009):

$$T_b = T_{in} - \frac{Q_g}{H_{tot}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.1)$$

όπου,

T_{in} : Επιθυμητή θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου ($^{\circ}\text{C}$)

Q_g : Μέσο ενεργειακό κέρδος (W)

H_{tot} : Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου (W/ $^{\circ}\text{C}$)

Ο όρος Q_g (μέσο ενεργειακό κέρδος) αντιπροσωπεύει το ενεργειακό όφελος που έχει ένα κτίριο λόγω ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιακό κέρδος) και λόγω εσωτερικών πηγών θερμότητας (εσωτερικό κέρδος). Το ηλιακό κέρδος εξαρτάται από παράγοντες όπως είναι ο προσανατολισμός του κτιρίου, η γεωγραφική του θέση και η επιφάνεια των ανοιγμάτων. Το εσωτερικό κέρδος εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των ανθρώπων που βρίσκονται στο κτίριο και από τις συσκευές που λειτουργούν. Συνολικά, το ενεργειακό κέρδος αναφέρεται στο μέσο όρο ενεργειακού κέρδους κατά την εξεταζόμενη περίοδο, χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψιν περιόδοι αιχμής (ASHRAE 2009). Στην περίπτωση ψύξης, το πηλίκο Q_g/H_{tot} προστίθεται στον όρο T_{in} , γιατί το ενεργειακό κέρδος δημιουργεί επιπλέον ανάγκες ψύξης στο κτίριο.

Ο όρος H_{tot} (συντελεστής μεταφοράς θερμότητας), ο οποίος αναλύεται στην Ενότητα 3.2.2, εκφράζει την ευκολία με την οποία πραγματοποιούνται συναλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος. Υψηλές τιμές του συντελεστή σημαίνουν κακή θερμομονωτική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους και, ως εκ τούτου, μεγαλύτερες θερμικές απώλειες. Έτσι, ένα κτίριο με χαμηλό συντελεστή H_{tot} (χαμηλή αγωγιμότητα) χαρακτηρίζεται από λιγότερες βαθμομέρες θέρμανσης και περισσότερες βαθμομέρες ψύξης, γεγονός που σημαίνει ότι έχει μικρότερες ανάγκες θέρμανσης και μεγαλύτερες ανάγκες ψύξης.

Δεδομένου ότι η θερμοκρασία βάσης εξαρτάται από τις κατασκευαστικές προδιαγραφές του κτιρίου, η σχέση 3.1 ενδείκνυται στην περίπτωση ενεργειακής ανάλυσης ενός συγκεκριμένου κτιρίου, γεγονός που σημαίνει ότι θα έπρεπε να παίρνει διαφορετικές τιμές για διαφορετικά

κτίρια. Παρ' όλα αυτά, η μέθοδος των βαθμομερών χρησιμοποιεί μία σταθερή θερμοκρασία βάσης -γι' αυτό και χαρακτηρίζεται ως προσέγγιση σταθερής βάσης- καθώς επιδιώκεται ο προσδιορισμός των ενεργειακών αναγκών θέρμανσης και ψύξης σε επίπεδο γεωγραφικής περιοχής, κάτι που θα ήταν αδύνατο με τη χρήση της σχέσης 3.1, η οποία διαφοροποιείται από κτίριο σε κτίριο.

Οι θερμοκρασίες βάσης που χρησιμοποιούνται στις διάφορες μελέτες εμφανίζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις, κατά περίπτωση. Σύμφωνα με τον Κατσουλάκο (2013), η συνηθέστερη θερμοκρασία βάσης για την περίπτωση των βαθμομερών θέρμανσης είναι αυτή των 18°C ενώ για την περίπτωση των βαθμομερών ψύξης αυτή των 22°C. Υπάρχουν, όμως, αναφορές που δηλώνουν ότι οι συγκεκριμένες τιμές πρέπει να χρησιμοποιούνται με επιφύλαξη (Kreider & Rabl 1994). Για το λόγο αυτό, πολλές φορές οι βαθμομέρες υπολογίζονται για διάφορες θερμοκρασίες βάσης, ώστε να είναι δυνατή η προσαρμογή της ενεργειακής ανάλυσης ανάλογα με την περίπτωση (Büyükalaca et al. 2001, Παπακώστας et al. 2005, Κατσουλάκος 2013). Ειδικότερα, οι Matzarakis & Balaoutis (2004), θεωρώντας ότι η κλασική θερμοκρασία βάσης των 18°C θα οδηγούσε σε υπερεκτίμηση των αναγκών θέρμανσης λόγω της υψηλής ηλιοφάνειας της Ελλάδας και του σχετικά αυξανόμενου αριθμού κτιρίων με κάποια -έστω στοιχειώδη- θερμομόνωση μετά το 1980, χρησιμοποίησαν θερμοκρασία βάσης 14°C. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν ερευνητές που θεωρούν τη θερμοκρασία βάσης των 14°C μικρή για τα συνθήκη κτίρια (πχ. Παπακώστας et al. 2005). Κατά συνέπεια, με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία, εκτιμάται ότι η καλύτερη θερμοκρασία βάσης, η οποία προσεγγίζει πιο ρεαλιστικά την πραγματική κατάσταση στην Ελλάδα είναι αυτή των 16°C και, μάλιστα, χωρίς να γίνει διόρθωση βάσει των χρονικών ορίων των περιόδων θέρμανσης και ψύξης (Κατσουλάκος 2013). Εν τέλει, η επιλογή της θερμοκρασίας βάσης εξαρτάται από την εκτίμηση του ερευνητή, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες της υπό μελέτη περιοχής.

Οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης (HDD και CDD) είναι οι ποσοτικοί δείκτες της μεθόδου που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη. Πολλές τεχνικές υπολογισμού των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης έχουν εντοπιστεί στη βιβλιογραφία, μία από τις οποίες είναι αυτή του Gelezenis (2009). Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, οι βαθμομέρες θέρμανσης σε ετήσια βάση δίνονται από την ακόλουθη σχέση:

$$HDD = N_Y \cdot \int_{T_{\min}}^{T_b} (T_b - T) \cdot P(T) \cdot dT \quad [^{\circ}\text{C} \cdot \text{days}] \quad (3.2)$$

όπου,

N_Y : Αριθμός των ημερών του χρόνου (συνήθως λαμβάνεται 365,25)

T_b : Θερμοκρασία βάσης (°C)

T_{\min} : Ελάχιστη παρατηρούμενη θερμοκρασία (°C)

$P(T)$: Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η σχέση 3.2 είναι αρκετά δύσχρηστη, καθώς προϋποθέτει την ύπαρξη αναλυτικών, συνεχών θερμοκρασιακών δεδομένων. Στην πράξη, η ολοκλήρωση αντικαθίσταται από το άθροισμα διακριτών θερμοκρασιακών τιμών. Το χρονικό βήμα επιλέγεται αναλόγως των διαθέσιμων μετεωρολογικών στοιχείων και του επιθυμητού επιπέδου ανάλυσης. Για παράδειγμα, η χρήση των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών δίνει μια καλή εκτίμηση των βαθμοημερών (ASHRAE 2009). Ωστόσο, δεδομένου ότι η πρόσβαση σε αναλυτικά δεδομένα θερμοκρασιών δεν είναι πάντα εφικτή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες, χωρίς να επηρεάζεται η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Έτσι, στην περίπτωση που είναι διαθέσιμες διακριτές τιμές της θερμοκρασίας, οι βαθμοημέρες θέρμανσης υπολογίζονται ως εξής (Gelezenis 2009):

$$HDD = \frac{N_Y}{N} \cdot \sum_{j=1}^N (T_b - T_j)^+ \quad [^{\circ}\text{C} * \text{days}] \quad (3.3)$$

όπου,

N_Y : Αριθμός των ημερών του χρόνου (συνήθως λαμβάνεται 365,25)

N : Διαθέσιμος αριθμός θερμοκρασιακών τιμών (χρειάζεται να έχουν ληφθεί με το ίδιο χρονικό βήμα)

T_b : Θερμοκρασία βάσης ($^{\circ}\text{C}$)

T_j : Παρατηρούμενη θερμοκρασία (ημερήσια ή μηνιαία, αναλόγως το χρονικό βήμα) ($^{\circ}\text{C}$)

Το θετικό πρόσημο στο τέλος της σχέσης 3.3 υποδηλώνει ότι λαμβάνονται υπ' όψιν μόνο οι θετικές τιμές της διαφοράς ($T_b - T_j$).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειονότητα των μετεωρολογικών δεδομένων στις περισσότερες χώρες δίνεται σε μηνιαία βάση. Στην περίπτωση αυτή, οι βαθμοημέρες μπορούν να υπολογιστούν ταχύτερα και, ταυτόχρονα, αξιόπιστα, σε σχέση με τον υπολογισμό σε ημερήσια βάση, μέσω της μεθόδου Erbs et al. (1983). Η μέθοδος Erbs είναι μία ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος, η οποία βασίζεται στην τυπική απόκλιση των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών από τη μέση ετήσια, έτσι ώστε να προκύψει, μέσα από κατάλληλες σχέσεις, η τυπική απόκλιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας του μήνα. Το μέγεθος αυτό χρησιμεύει στον υπολογισμό της μέσης ημερήσιας διακύμανσης του μήνα, βάσει της οποίας υπολογίζεται τελικά ο αριθμός των βαθμοημερών. Ειδικότερα, η τυπική απόκλιση των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών από τη μέση ετήσια (σ_{yr}) προκύπτει από την ακόλουθη σχέση:

$$\sigma_{yr} = \sqrt{\frac{1}{12} \cdot \sum_{n=1}^{12} (T_m - T_{yr})^2}$$

όπου,

T_m : Μέση μηνιαία θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)

T_{yr} : Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)

Η τυπική απόκλιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας του μήνα υπολογίζεται ως εξής:

$$\sigma_m = 1,45 - 0,029 \cdot T_m + 0,0664 \cdot \sigma_{yr}$$

Η μέση ημερήσια διακύμανση του μήνα, στην περίπτωση της θέρμανσης:

$$h = \frac{T_b - T_m}{\sigma_m \cdot \sqrt{N_m}}$$

όπου,

T_b : Θερμοκρασία βάσης (°C)

N_m : Αριθμός των ημερών του μήνα

Η μέση ημερήσια διακύμανση του μήνα, στην περίπτωση της ψύξης:

$$h = \frac{T_m - T_b}{\sigma_m \cdot \sqrt{N_m}}$$

Τελικά, ο μηνιαίος αριθμός βαθμομερών θέρμανσης ή ψύξης (HDD ή CDD) υπολογίζεται ως εξής:

$$DD = \sigma_m \cdot N_m^{1,5} \cdot \left[\frac{h}{2} + \ln \left(\frac{e^{-ah} + e^{ah}}{2 \cdot \alpha} \right) \right] \quad [^\circ\text{C} \cdot \text{days}] \quad (3.4)$$

όπου $\alpha = 1,698$.

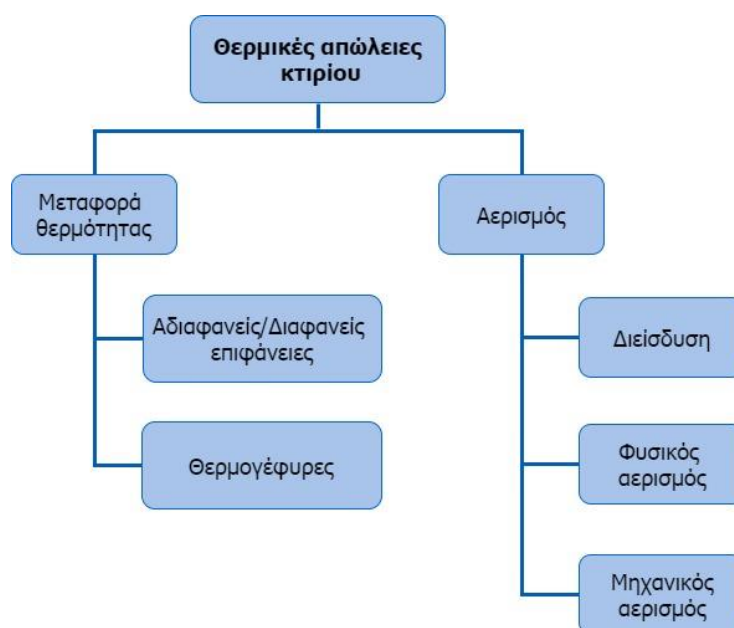
Ο ετήσιος αριθμός βαθμομερών υπολογίζεται από το άθροισμα των μηνιαίων τιμών των βαθμομερών.

Ο προσδιορισμός των συντελεστών της εξίσωσης που δίνει την τυπική απόκλιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας του μήνα πραγματοποιήθηκε μετά από επεξεργασία μακροχρόνιων κλιματικών δεδομένων σε διάφορες περιοχές των ΗΠΑ. Η μεθοδολογία Erbs αποτελεί εξέλιξη της πρόδρομης μεθοδολογίας του Thom, που είχε προταθεί το 1954 και ουσιαστικά αποσκοπεί στη διόρθωση των χαμηλών ή υψηλών τιμών των βαθμομερών, όταν στους υπολογισμούς εισάγονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες. Οι Erbs et al. (1983) απέδειξαν, μετά από δοκιμές, ότι το εμφανιζόμενο σφάλμα στον αριθμό των βαθμομερών μέσω της σχέσης 3.4 είναι λιγότερο από το 5% του συνολικού αριθμού των βαθμομερών, το οποίο θεωρείται αποδεκτό (ASHRAE 2009). Έκτοτε, το μοντέλο έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς ερευνητές παγκοσμίως, δίνοντας αξιόπιστα αποτελέσματα (πχ. Alvarez et al. 2008, Katsoulakos & Kaliampakos 2014, Martinaitis 1998, Παπακώστας et al. 2005).

3.2.2 Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας

Για την ανάλυση των αρχών της θερμοδυναμικής συμπεριφοράς των κτιρίων ακολουθείται η ίδια προσέγγιση με αυτή της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010) και του προτύπου DIN 4701/77.

Γενικά, οι συναλλαγές θερμότητας μεταξύ ενός κτιρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος πραγματοποιούνται λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας (εσωτερικής-εξωτερικής). Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου είναι μεγαλύτερη της εξωτερικής, ποσά θερμικής ενέργειας μεταφέρονται από το κτίριο στο περιβάλλον, τα οποία συνιστούν τις θερμικές απώλειες. Το αντίστροφο συμβαίνει κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη της εξωτερικής, με ποσά θερμότητας να μεταφέρονται από το περιβάλλον στο κτίριο. Οι συναλλαγές θερμότητας που πραγματοποιούνται οφείλονται στη μεταφορά θερμότητας μέσω των δομικών στοιχείων του κτιρίου, αλλά και στις θερμικές απώλειες λόγω αερισμού, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.3.



Διάγραμμα 3.3. Κατηγοριοποίηση θερμικών απωλειών κτιρίου

Οι θερμικές απώλειες λόγω μεταφοράς, που συμπεριλαμβάνουν βασικά τη μετάδοση θερμότητας μέσω των αδιαφανών δομικών στοιχείων (τοιχοί, φέροντα στοιχεία, οροφές, δάπεδα) και των διαφανών δομικών στοιχείων (κουφώματα), αποτελούν το βασικό μηχανισμό συναλλαγής θερμότητας του κτιρίου με το περιβάλλον. Ωστόσο, σημειώνεται ότι ο συνυπολογισμός του αερισμού αποτελεί βασικό κομμάτι της ενεργειακής ανάλυσης, η παράλειψη του οποίου μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική υποεκτίμηση των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου (Κατσουλάκος 2013).

Κατά την απλοποιητική παραδοχή της σχετικής Τεχνικής Οδηγίας του ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010), η ροή θερμότητας μέσω ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατο μέγεθος, με διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια του δομικού στοιχείου. Επίσης, η ροή θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος θεωρείται ανεξάρτητη του χρόνου. Τέλος, τα δομικά υλικά θεωρούνται ομογενή και ισότροπα, με σταθερά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά (ανεξάρτητα της θερμοκρασίας). Αναφορικά με τον υπολογισμό της ροής θερμότητας μέσω των διαφανών δομικών στοιχείων, λαμβάνονται υπ' όψιν οι ιδιότητες και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πλαισίου και του υαλοπίνακα. Με τη σύνθεση του προτύπου EN 13790 και την εισαγωγή του Κ.Εν.Α.Κ. για τα ελληνικά δεδομένα, συνυπολογίζονται πλέον και οι θερμογέφυρες στην ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων, δηλαδή, οι θέσεις στο κτιριακό κέλυφος που εμφανίζουν διαφοροποίηση στη θερμική αντίσταση των δομικών στοιχείων, σε σχέση με τις γειτονικές τους θέσεις, λόγω διαφόρων παραγόντων (πχ. ασυνέχεια στις στρώσεις του μονωτικού υλικού, αλλαγή της γεωμετρίας της διατομής, διαφοροποίηση του υλικού κατά μήκος του δομικού στοιχείου). Ο συνυπολογισμός των θερμογεφυρών προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια στην ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων.

Κατά συνέπεια, ο συνολικός συντελεστής λόγω απωλειών μεταφοράς προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους συντελεστών μεταφοράς θερμότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων, των διαφανών δομικών στοιχείων και των θερμογεφυρών, σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση, βάσει της ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 (Κατσουλάκος 2013):

$$H_{tr} = \sum_i A_i \cdot U_i + \sum_j l_j \cdot \psi_j \quad [W/K] \quad (3.5)$$

όπου,

A_i : Επιφάνεια του αδιαφανούς ή του διαφανούς δομικού στοιχείου (m^2)

U_i : Συντελεστής θερμοπερατότητας του αδιαφανούς ή του διαφανούς δομικού στοιχείου ($W/m^2 \cdot K$)

l_j : Μήκος θερμογέφυρας (m)

ψ_j : Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας ($W/m \cdot K$)

Η δεύτερη αιτία συναλλαγής θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος είναι ο αερισμός. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.3, οι θερμικές απώλειες λόγω αερισμού διακρίνονται σε απώλειες λόγω διείσδυσης αέρα, απώλειες λόγω φυσικού αερισμού και απώλειες λόγω μηχανικού/τεχνητού αερισμού. Οι απώλειες διείσδυσης αέρα οφείλονται στη διείσδυση αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων και, κατά περίπτωση, από καπνοδόχους και θυρίδες αερισμού, και είναι γνωστές ως απώλειες αθέλητου αερισμού. Ο φυσικός και ο μηχανικός αερισμός πραγματοποιούνται με την ανανέωση του εσωτερικού αέρα με νωπό αέρα περιβάλλοντος, για την επίτευξη αποδεκτών συνθηκών υγιεινής και άνεσης (ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010). Πιο συγκεκριμένα, οι απώλειες φυσικού αερισμού σχετίζονται με τη εισροή αέρα από τη χρήση των υφιστάμενων κουφωμάτων, κυρίως στα κτίρια κατοικίας, και οι απώλειες

μηχανικού αερισμού εμφανίζονται στην περίπτωση που υπάρχει κάποιο μηχανικό σύστημα αερισμού (πχ. αξονικός ανεμιστήρας), κυρίως στα κτίρια του τριτογενούς τομέα.

Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω διείσδυσης αέρα είναι (ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010):

$$H_{pen} = \rho_{\alpha} \cdot c_{\alpha} \cdot \sum_k (l \cdot \alpha)_k \cdot R \cdot H \quad [W/K] \quad (3.6)$$

όπου,

ρ_{α} : Πυκνότητα του αέρα (συνήθως λαμβάνεται ίση με 1,23 kg/m³)

c_{α} : Ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα (συνήθως λαμβάνεται ίση με 1008 J/(kg*K))

l : Συνολικό μήκος των χαραμάδων του κουφώματος k (m)

α : Ο συντελεστής διείσδυσης αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων, ο οποίος εξαρτάται από την ποιότητα του κουφώματος (υλικό πλαισίου και μονός/διπλός υαλοπίνακας) (m³/(h·m))

R : Συντελεστής διεισδυτικότητας, ο οποίος εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου

H : Συντελεστής θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωσης, ο οποίος εξαρτάται από το πόσο εκτεθειμένο είναι το κτίριο στον άνεμο

Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω φυσικού και τεχνητού αερισμού είναι (Κατσουλάκος 2013):

$$H_{ven} = \rho_{\alpha} \cdot c_{\alpha} \cdot (V_n' + V_a') \quad [W/K] \quad (3.7)$$

όπου,

V_n' : Παροχή αέρα στο κτίριο λόγω φυσικού αερισμού (m³/sec)

V_a' : Παροχή αέρα στο κτίριο λόγω τεχνητού αερισμού (m³/sec)

Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω αερισμού ($H_{pen}+H_{ven}$) δίνεται από τη σχέση:

$$H_{air} = \rho_{\alpha} \cdot c_{\alpha} \cdot \sum_k (l \cdot \alpha)_k \cdot R \cdot H + \rho_{\alpha} \cdot c_{\alpha} \cdot (V_n' + V_a') \quad [W/K] \quad (3.8)$$

Εν τέλει, ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου προκύπτει από το άθροισμα των συντελεστών λόγω απωλειών μεταφοράς (H_{tr}) και λόγω αερισμού (H_{air}), σύμφωνα με τη σχέση:

$$H_{tot} = \sum_i A_i \cdot U_i + \sum_j I_j \cdot \psi_j + \rho_{\alpha} \cdot c_{\alpha} \cdot \sum_k (l \cdot \alpha)_k \cdot R \cdot H + \rho_{\alpha} \cdot c_{\alpha} \cdot (V_n' + V_a') \quad [W/K] \quad (3.9)$$

Στην πράξη, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων λόγω μεταφοράς θερμότητας (U_i), καθώς και οι τιμές αερισμού λαμβάνουν τυπικές τιμές που καθορίζονται στους Πίνακες της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010. Όπως φαίνεται, ο υπολογισμός του συνολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (H_{tot}) μπορεί να αποτελέσει μια σύνθετη και αρκετά χρονοβόρα διαδικασία, ειδικά σε κτίρια με περίπλοκη γεωμετρία και πολλά ανοίγματα.

3.2.3 Υπολογισμός ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης κτιρίων

Σύμφωνα με τη μέθοδο των βαθμομερών, οι ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου είναι ανάλογες των κλιματικών χαρακτηριστικών (συγκεκριμένα της εξωτερικής θερμοκρασίας) και των χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους. Στους υπολογισμούς, οι κλιματικές συνθήκες εκφράζονται μέσω των βαθμομερών (HDD και CDD) ενώ τα χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους μέσω του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (H_{tot}). Η ετήσια ενεργειακή ζήτηση ενός κτιρίου για θέρμανση δίνεται από τη σχέση 3.10 και η ετήσια ενεργειακή ζήτηση για ψύξη από τη σχέση 3.11:

$$Q_{heat} = H_{tot} \cdot HDD \cdot \frac{24}{1000} \quad [KWh] \quad (3.10)$$

$$Q_{cool} = H_{tot} \cdot CDD \cdot \frac{24}{1000} \quad [KWh] \quad (3.11)$$

Για την κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης χρησιμοποιούνται συστήματα παραγωγής θερμότητας και συστήματα παραγωγής ψύξης. Η απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση για την κάλυψη των ετήσιων αναγκών θέρμανσης και ψύξης δίνονται από τις σχέσεις 3.12 και 3.13, αντίστοιχα (ASHRAE 2009):

$$E_{heat} = \frac{H_{tot}}{n_h} \cdot HDD \cdot \frac{24}{1000} \quad [KWh] \quad (3.12)$$

$$E_{cool} = \frac{H_{tot}}{n_c} \cdot CDD \cdot \frac{24}{1000} \quad [KWh] \quad (3.13)$$

όπου,

n_h : Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής θερμότητας

n_c : Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής ψύξης

Σημειώνεται ότι ο συντελεστής απόδοσης ενός ενεργειακού συστήματος είναι ο λόγος της αποδιδόμενης ωφέλιμης ενέργειας προς την ενέργεια που καταναλώνει το σύστημα για τη λειτουργία του.

3.3 Βαθμομέρες και ορεινές περιοχές

Η μελέτη της διαφοροποίησης των ενεργειακών αναγκών στις ορεινές περιοχές προϋποθέτει τη μελέτη των βαθμομερών στις περιοχές αυτές, όταν η ενεργειακή ανάλυση προσεγγίζεται με τη μέθοδο των βαθμομερών. Λίγες μελέτες έχουν εντοπιστεί σχετικά με το ζήτημα της σύνδεσης των βαθμομερών με το υψόμετρο, και αυτές έχουν παραμείνει, κυρίως, σε ποιοτικές διαπιστώσεις. Οι Büyükalaca et al. (2001) αναφέρουν ότι οι βαθμομέρες θέρμανσης αυξάνονται συναρτήσει του υψομέτρου για την περίπτωση της Τουρκίας, χωρίς όμως περαιτέρω ποσοτικά στοιχεία για τη συγκεκριμένη συσχέτιση, ενώ δεν εντόπισαν κάποια σχέση μεταξύ των βαθμομερών ψύξης και του υψομέτρου. Οι Ματζαράκης & Μπαλαφούτης (2002) και Matzarakis & Balafoutis (2004), υπολογίζοντας τις βαθμομέρες θέρμανσης για την περίπτωση της Ελλάδας, αναφέρουν ότι σε μεγαλύτερα υψόμετρα υπάρχουν μεγαλύτερες θερμικές απαιτήσεις. Οι Borah et al. (2015) υπολόγισαν τις βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης για διαφορετικές κλιματικές ζώνες στη βορειοανατολική Ινδία και απέδειξαν ότι οι θερμότερες ζώνες (σε χαμηλότερα υψόμετρα) έχουν υψηλότερες τιμές βαθμομερών ψύξης, επομένως μεγαλύτερες ανάγκες ψύξης, ενώ οι ψυχρότερες κλιματικές ζώνες (σε μεγαλύτερα υψόμετρα) παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές βαθμομερών θέρμανσης και, επομένως, μεγαλύτερες θερμικές ανάγκες.

Η πρώτη συστηματική προσέγγιση του ζητήματος παρουσιάστηκε από τους Katsoulakos & Kaliamprakos (2014), οι οποίοι ανέδειξαν τον κρίσιμο ρόλο του υψομέτρου στις βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης για την περίπτωση της Ελλάδας, μέσα από συγκεκριμένα ποσοτικά δεδομένα. Ειδικότερα, απέδειξαν ότι οι βαθμομέρες θέρμανσης συνδέονται γραμμικά με το υψόμετρο, με συντελεστή προσδιορισμού (Προσαρμοσμένο R^2) 86%, ενώ η αντίστοιχη συσχέτιση με άλλες παραμέτρους (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος, ηλιακή ακτινοβολία και απόσταση από τη θάλασσα) βρέθηκε σημαντικά μικρότερη. Οι βαθμομέρες ψύξης βρέθηκαν να συσχετίζονται με στατιστικά σημαντικό τρόπο μόνο με το υψόμετρο, με τη γραμμική συσχέτιση να δίνει συντελεστή προσδιορισμού (Προσαρμοσμένο R^2) 78%. Όπως φαίνεται, παρά το γεγονός ότι σποραδικές έρευνες αναφέρονται στη σύνδεση των βαθμομερών με το υψόμετρο, η ποσοτικοποίηση της σχέσης αυτής δεν είχε επιτευχθεί μέχρι πρόσφατα.

Βιβλιογραφία

- Alvarez G., Gijon M. A., Medrano C., Ovidio J., Xaman J., Flores J. J. & Sima E. (2008). Climate Characterization Methodology for Comfort Purposes: A Case in Mexico. In D. Y. Goswami, & Y. Zhao (Eds), *Proceedings of ISES World Congress 2007, Springer, (Vol. I – Vol. V)*, pp 405-409.
- ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering) (2009). *FUNDAMENTALS*. Atlanta, Georgia: Inch-Pound Edition.
- Borah P., Singh M. K. & Mahapatra S. (2015). Estimation of degree-days for different climatic zones of North-East India. *Sustainable Cities and Society*, 14, pp. 70-81.
- Büyükalaca O., Hüsametlin B. & Yilmaz T. (2001). Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey. *Applied Energy*, 69, pp. 269–283.
- Erbs D. G, Klein S. A. & Beckman W. A. (1983). Estimation of degree-days and ambient temperature bin data from monthly-average temperatures. *ASHRAE J.*, 25 (6), pp. 60–65.
- Eurostat (2017). Final energy consumption by sector. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tsdpc320>
- Gelegenis J. J. (2009). A simplified quadratic expression for the approximate estimation of heating degree days to any base temperature. *Applied Energy*, 86, 1986-1994.
- Hitchen E. R. (1981). Degree days in Britain. *Building Services Engineering Research and Technology*, 2, pp. 73-82.
- Katsoulakos N. M. & Kaliampakos D. C. (2014). What is the impact of altitude on energy demand? A step towards developing specialized energy policy for mountainous areas. *Energy Policy*, 71, pp. 130-138.
- Κατσουλάκος Ν. (2013). *Βέλτιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ορεινές περιοχές. Η περίπτωση του Μετσόβου*. Διδακτορική Διατριβή. Επιβλέπων: Καθ. Δ. Καλιαμπάκος. Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κ.Εν.Α.Κ. (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) (2017). <http://www.kenak.gr/>
- Kreider J. & Rabl A. (1994). *Heating and Cooling of Buildings*. New York: Mc Graw Hill.
- Martinaitis V. (1998). Analytic calculation of degree-days for the regulated heating season. *Energy and Buildings*, 28, pp. 185-189.
- Matzarakis A. & Thomsen F. (2009). Heating and cooling degree days as an indicator of climate change in Freiburg. *Proc. 8th AMS Symposium on the Urban Environment*, P2.2, 1-8.
- Matzarakis A. & Balafoutis C. (2004). Heating Degree-days over Greece as an Index of Energy Consumption. *International Journal of Climatology*, 24, pp. 1817–1828.
- Ματζαράκης Α. & Μπαλαφούτης Χ. (2002). Γεωγραφική κατανομή Βαθμομερών Θέρμανσης στον Ελληνικό Χώρο για Ενεργειακή Χρήση. *6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας* (σσ. 156-163). Ιωάννινα.
- McMaster G. S. & Wilhelm W. W. (1987). Growing degree-days. One equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 87, pp. 291-300.

Μόσχου Χ. (2011). *Υπολογισμός ενεργειακών φορτίων για τον ενεργειακό σχεδιασμό κτιρίων με τη χρήση μαθηματικού προγραμματισμού*. Διπλωματική Εργασία. Επιβλέπων: Επ. Καθ. Γ. Μαυρωτάς. Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Ορλάντο Μ. (2012). *Μελέτη ενεργειακής συμπεριφοράς τυπικών πολυκατοικιών με χρήση δυναμικού και στατικού υπολογιστικού μοντέλου*. Διπλωματική Εργασία. Επιβλέπων: Καθ. Α. Παπαδόπουλος. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Παπακώστας Κ., Τσιλιγκιρίδης Γ. & Κυριάκης Ν. (2005). Βαθμομηέρες θέρμανσης 50 ελληνικών πόλεων. *Τεχνικά Χρονικά, IV*, σσ. 51-65.

ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. *Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων*. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ.

ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. *Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας των Κτιρίων*. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ.

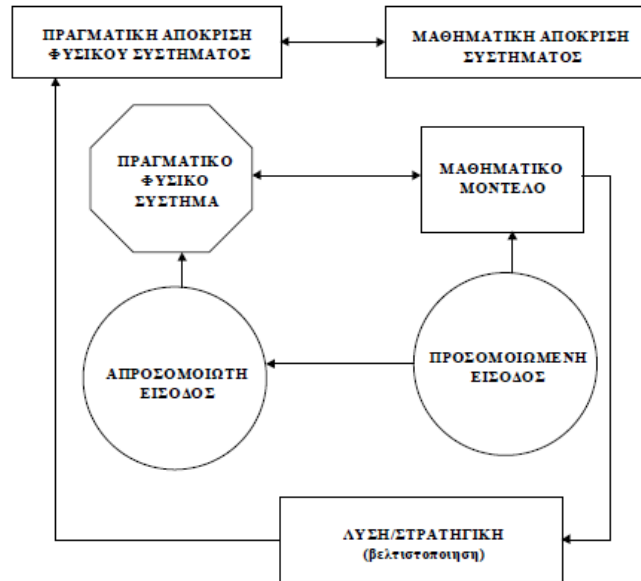
Κεφάλαιο 4. Τεχνικές ανάλυσης συστημάτων

4.1 Εισαγωγή

Ως προσομοίωση μπορεί να οριστεί μια μέθοδος μελέτης ενός συστήματος (ενός αντικειμένου, ενός φαινομένου, μιας δραστηριότητας ή μιας διαδικασίας) με τη βοήθεια ενός άλλου συστήματος, που κατασκευάζεται για να αναπαραστήσει και να επιτρέψει την κατανόηση της λειτουργίας του πρώτου συστήματος. Το σύστημα προσομοίωσης «μιμείται» τη συμπεριφορά αυτού που αναπαριστά, με στόχο την εξοικείωση με τα χαρακτηριστικά του και την κατανόηση των λειτουργιών του. Για τη θεωρητική μελέτη και την προσομοίωση ενός πραγματικού συστήματος, αναζητείται κι επιλέγεται το κατάλληλο μαθηματικό μοντέλο. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται μοντελοποίηση. Σαν μοντέλο συστήματος ορίζεται ένα σετ εξισώσεων που περιγράφει και αναπαριστά το φυσικό σύστημα, προσδιορίζει τις συναρτησιακές σχέσεις ανάμεσα στα στοιχεία (παραμέτρους) του συστήματος και του περιβάλλοντός του και, κατ' αυτόν τον τρόπο, προσφέρει μια ποιοτική και ποσοτική αναπαράσταση του φυσικού συστήματος. Οι εξισώσεις του συστήματος μπορεί να είναι αλγεβρικές, διαφορικές ή άλλες, γεγονός που εξαρτάται από τη φύση του μοντελοποιημένου συστήματος (Μποναζούντας 2001).

Αφού επιτευχθεί η αναπαράσταση του συστήματος με μαθηματικό τρόπο, δηλαδή ο σχηματισμός της κατάλληλης εξίσωσης ή του κατάλληλου συστήματος εξισώσεων, ακολουθεί το στάδιο της επίλυσης του τρέχοντος μαθηματικού μοντέλου. Τελευταίο είναι το στάδιο της εφαρμογής, που εμπεριέχει την ερμηνεία της επίλυσης του μαθηματικού προβλήματος, την ανάλυση κι επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων καθώς και τη διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης του μοντέλου σε άλλες περιπτώσεις.

Στην Εικόνα 4.1 φαίνεται μια διαδικασία μοντελοποίησης και βελτιστοποίησης ενός φυσικού συστήματος. Το πραγματικό σύστημα προσομοιώνεται με ένα μαθηματικό μοντέλο. Η ίδια είσοδος (input) του πραγματικού συστήματος και του μαθηματικού μοντέλου οδηγεί σε δύο διαφορετικές αποκρίσεις (system output, model output). Αν οι δύο αποκρίσεις είναι ταυτόσημες, τότε το μοντέλο που προσομοιώνει το σύστημα είναι αξιόπιστο και μπορεί να θεωρηθεί σχεδόν τέλειο. Συνήθως οι δύο αποκρίσεις δεν είναι ταυτόσημες, και έτσι δημιουργείται ένα σφάλμα. Σκοπός μιας μαθηματικής ανάλυσης είναι η κατάστρωση ενός μοντέλου που ελαχιστοποιεί το σφάλμα αυτό. Η σχέση των δύο αποκρίσεων εκφράζει την καταλληλότητα και την αξιοπιστία (validity) του μοντέλου. Διαδικασία βελτιστοποίησης (optimization procedure) καλείται η επιλογή σετ μεταβλητών απόφασης (decision variables) που μεγιστοποιούν ή ελαχιστοποιούν την αντικειμενική συνάρτηση κάτω από τους περιορισμούς που επιλέγονται (Haimes 1977).



Εικόνα 4.1. Προσομοίωση και βελτιστοποίηση συστήματος (Πηγή: Haimes 1977)

Η μελέτη των συστημάτων βρίσκει εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα εργασιών, όπως αναπτυξιακά προγράμματα, μελέτες σχεδιασμού έργων, προγράμματα διατήρησης ή προστασίας περιβάλλοντος και υδατικών πόρων και προσφέρεται για την ανάλυση πολλαπλών πλευρών ενός προβλήματος.

4.1.1 Στάδια μαθηματικής προσομοίωσης συστημάτων

Τα κύρια στάδια ανάλυσης και μαθηματικής προσομοίωσης ενός συστήματος είναι τα εξής (Μποναζούνας 2001):

- Λεπτομερής ανάλυση των στοιχείων του φυσικού συστήματος και συγκέντρωση δεδομένων
- Κατάστρωση του μαθηματικού μοντέλου
- Ανάλυση των σχέσεων των υποσυστημάτων και σύνδεσή τους με το κύριο σύστημα
- Επιλογή της τεχνικής επίλυσης
- Επίλυση του μοντέλου με τα ακόλουθα βήματα:
 - Κατάστρωση αλγορίθμου για την υπολογιστική επίλυση του προβλήματος
 - Προγραμματισμός της τεχνικής βελτιστοποίησης
- Έλεγχος αξιοπιστίας του μοντέλου και εγκατάσταση σημείου ελέγχου στην επίλυση με τα ακόλουθα βήματα:
 - Παραμετρικός έλεγχος και ανάλυση ευαισθησίας μοντέλου (ευστάθεια λύσης-stability)
 - Ανάλυση σφάλματος (error analysis)
 - Βελτιστοποίηση στοιχείων εισόδου
- Επιβεβαίωση λειτουργικότητας προσομοίωσης (validation)
- Κατάστρωση σεναρίων μελλοντικής συμπεριφοράς των συνιστωσών του φυσικού συστήματος και υποδείξεις για τη βέλτιστη διαχείριση αυτού

4.2 Είδη μαθηματικών μοντέλων – Στοχαστική ανάλυση

Ανάλογα με τη φύση της αντικειμενικής συνάρτησης και των περιορισμών, τα μαθηματικά μοντέλα κατατάσσονται σε (Haimes 1977, Μποναζούντας 2001):

- Γραμμικά ή μη-γραμμικά (linear vs. non-linear)

Ένα γραμμικό μοντέλο αντιπροσωπεύεται μόνο από γραμμικές εξισώσεις, δηλαδή η αντικειμενική συνάρτηση και όλοι οι περιορισμοί είναι γραμμικές συναρτήσεις. Ένα μη-γραμμικό μοντέλο αντιπροσωπεύεται κατά ένα μέρος ή εξολοκλήρου από μη γραμμικές συναρτήσεις.

- Ντετερμινιστικά ή στοχαστικά/πιθανολογικά (deterministic vs. stochastic / probabilistic)

Ντετερμινιστικό μοντέλο ή στοιχείο μοντέλου είναι εκείνο για το οποίο σε κάθε μεταβλητή και παράμετρο μπορεί να εκχωρηθεί ένας συγκεκριμένος αριθμός ή σειρά αριθμών υπό ορισμένες συνθήκες (αίτιο - αποτέλεσμα).

Η σημειακή ή αιτιοκρατική (deterministic) προσέγγιση συνεπάγεται τη μοναδιαία «καλύτερη εκτίμηση» (best guess) της κάθε παραμέτρου που συμμετέχει στο μοντέλο εξέτασης ή στη μαθηματική έκφραση ενός συστήματος. Οι περισσότερες ντετερμινιστικές προσεγγίσεις λαμβάνουν υπ' όψιν τους τη μέση τιμή (mean value) ή την επικρατέστερη τιμή (mode) της μεταβλητής, γεγονός που:

- «Ξεχνά» ή υποεκτιμά τις ακραίες τιμές που μπορεί να λάβει η μεταβλητή
- Δεν υπολογίζει τη συχνότητα εμφάνισης μιας οποιαδήποτε τιμής

Η χρησιμοποίηση σημειακών εκτιμήσεων (point estimates) μπορεί να αποτελεί την «εύκολη λύση» αλλά μπορεί να έχει παραπλανητικά ή εσφαλμένα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, η γνώση ότι το μέσο βάθος ενός ποταμού είναι 1,50 μ. δεν εξασφαλίζει την ασφαλή διάσχιση του από έναν πεζοπόρο.

Στα στοχαστικά/πιθανολογικά μοντέλα εισάγεται η αρχή της αβεβαιότητας. Καμία από τις μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για να περιγραφούν οι σχέσεις εισόδου-εξόδου του συστήματος δεν είναι με ακρίβεια γνωστές. Η πιθανολογική προσέγγιση χρησιμοποιεί μοντέλα πιθανοτήτων για να περιγράψει την πιθανότητα εμφάνισης των διαφόρων τιμών κάθε μεταβλητής ή να χαρακτηρίσει τη βεβαιότητα/αβεβαιότητα στην εκτίμηση του αποτελέσματος, προσδιορίζοντας τελικά τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας των διαφόρων αποτελεσμάτων του μοντέλου. Συνεπώς, δεν αποκαλύπτει μόνο το τι είναι δυνατό να συμβεί, αλλά και το πόσο πιθανό είναι τελικά αυτό να συμβεί. Βασίζεται στο γεγονός ότι:

- Η μελέτη κάποιου φαινομένου περιλαμβάνει μια σειρά σεναρίων (s_i), καθένα από τα οποία έχει μια πιθανότητα υλοποίησης (p_i) και μια αντίστοιχη συνέπεια (x_i).
- Η βεβαιότητα/αβεβαιότητα μπορεί να μετρηθεί και να ποσοτικοποιηθεί μέσα από χρήση πιθανοτικών τεχνικών.

Αν η κλασική επιστήμη δεν προβλέπει με σχετική ακρίβεια τη συμπεριφορά ενός φαινομένου, τότε αυτό μελετάται ως στοχαστικό. Στοχαστικό είναι ένα φαινόμενο (ή πείραμα) το οποίο όσες φορές και αν επαναληφθεί σε ελεγχόμενες συνθήκες, δε δίνει πάντα το ίδιο αποτέλεσμα. Τα

δυνατά αποτελέσματα όμως, μετά από «άπειρες και ομοιότροπες επαναλήψεις του πειράματος» παρουσιάζουν στατιστικές κανονικότητες, δηλαδή μπορούν να μοντελοποιηθούν ως τυχαίες μεταβλητές.

- Στατικά ή δυναμικά (static vs. dynamic)

Στατικά μοντέλα είναι εκείνα στα οποία δε λαμβάνονται σαφώς υπ' όψιν μεταβλητές που έχουν σχέση με το χρόνο. Τα δυναμικά μοντέλα περιλαμβάνουν διαφορίσεις των παραμέτρων εξόδου ως προς το χρόνο. Τα στατικά προβλήματα βελτιστοποίησης είναι γνωστά και σαν προβλήματα μαθηματικού προγραμματισμού (mathematical programming) ενώ τα δυναμικά είναι γνωστά σαν προβλήματα βέλτιστου έλεγχου (optimal control problems).

- Διανεμημένων ή ενιαίων παραμέτρων (distributed vs. lumped parameters)

Ένα μοντέλο διανεμημένων παραμέτρων λαμβάνει υπ' όψιν τις λεπτομερείς μεταβολές του συστήματος από σημείο σε σημείο. Σε ένα μοντέλο ενιαίων παραμέτρων, οι μεταβολές αγνοούνται και οι διάφορες παράμετροι και εξαρτημένες μεταβλητές μπορούν να θεωρηθούν ομογενείς σε ολόκληρο το σύστημα.

Στην πραγματικότητα, οι συνθήκες κάτω από τις οποίες λειτουργούν τα περισσότερα συστήματα, καθώς και αυτές για τις οποίες θα κληθούν να λειτουργήσουν στο μέλλον, δεν είναι ποτέ δυνατόν να προβλεφθούν με ακρίβεια και, κατά συνέπεια, τα κριτήρια σχεδιασμού και λειτουργίας τους υπόκεινται σε κάποιο βαθμό αβεβαιότητας.

Για παράδειγμα, ο σχεδιασμός της προστασίας ενός συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί γνώση του μεγέθους των ενδεχόμενων σφαλμάτων, τα οποία είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως της θέσης τους (ηλεκτρική απόσταση από τις πηγές), του ύψους της παραγωγής τη στιγμή του σφάλματος κλπ., παράγοντες οι οποίοι ακολουθούν τυχαίες κατανομές. Επιπλέον, η επιλογή της μόνωσης εξαρτάται από το ύψος των υπερτάσεων (ατμοσφαιρικών ή χειρισμών) που θα κληθεί να αντιμετωπίσει η μόνωση αλλά και από τη σοβαρότητα της ρύπανσης στο περιβάλλον λειτουργίας, παράγοντες που ακολουθούν επίσης τυχαίες κατανομές. Η παραπάνω περιγραφή αποτελεί μία ενδεικτική περίπτωση συστήματος του οποίου είναι αδύνατο να γνωρίζει κανείς εκ των προτέρων τα ακριβή δεδομένα συνθηκών λειτουργίας. Για την αντιμετώπιση των αβεβαιοτήτων αυτών, τόσο στο στάδιο του σχεδιασμού όσο και στο στάδιο της λειτουργίας, οι μηχανικοί των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας είναι υποχρεωμένοι να απλοποιούν τα μοντέλα τους λαμβάνοντας υπ' όψιν παραδοχές, οι οποίες αντιστοιχούν στο χειρότερο πιθανό ενδεχόμενο (πχ. συντελεστές ασφάλειας της μόνωσης για αντοχή σε υπερτάσεις και ατμοσφαιρική ρύπανση) (Θαλασσινάκης 2008). Όπως είναι φυσικό, η προσέγγιση αυτή της πραγματικότητας με αιτιοκρατικά κριτήρια μπορεί να οδηγήσει είτε σε υποεκτίμηση πιθανών συνθηκών λειτουργίας με αποτέλεσμα την πλημμελή λειτουργία των εγκαταστάσεων και μείωση της αξιοπιστίας στο επίπεδο του τελικού χρήστη είτε σε υπερεκτίμηση με αποτέλεσμα σημαντική επιβάρυνση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας.

Για το λόγο αυτό, η ορθή προσέγγιση σχεδιασμού των περισσότερων συστημάτων μπορεί να γίνει μόνο στα πλαίσια πιθανοτικής θεώρησης με χρήση της θεωρίας των πιθανοτήτων, της στατιστικής ανάλυσης και προηγμένων μαθηματικών μοντέλων (στοχαστικά μοντέλα). Η χρησιμοποίηση πιθανοτικών τεχνικών κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος τα τελευταία χρόνια και ο κλασικός αιτιοκρατικός τρόπος επίλυσης των προβλημάτων παραχωρεί την θέση του στις πιθανοτικές μεθόδους.

Τα βασικά εργαλεία της στοχαστικής ανάλυσης είναι:

- Θεωρία των πιθανοτήτων (πείραμα τύχης, λογισμός πιθανοτήτων, θεώρημα Bayes, τυχαία μεταβλητή, κατανομές, ροπές)
- Μαθηματική στατιστική
- Εφαρμοσμένη στατιστική (πληθυσμός και δείγμα, εκτίμηση, στατιστικοί έλεγχοι, γραμμικά μοντέλα)
- Στοχαστικές ανελίξεις (διαφορικός και ολοκληρωτικός στοχαστικός λογισμός, στασιμότητα, εργοδικότητα)
- Γραμμική και μη-γραμμική (χαστική) ανάλυση χρονοσειρών
- Θεωρία ακραίων τιμών

Ωστόσο, η συμβατική μαθηματική επίλυση των στοχαστικών μοντέλων είναι πολλές φορές εξαιρετικά δύσκολη και χρονοβόρα και, συχνά, είναι ανάγκη να γίνουν σοβαρές απλοποιήσεις που τελικά μειώνουν την ακρίβεια των λύσεων. Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών μια νεότερη μεθοδολογία, η αριθμητική προσομοίωση Monte-Carlo, έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος έναντι των αναλυτικών λύσεων.

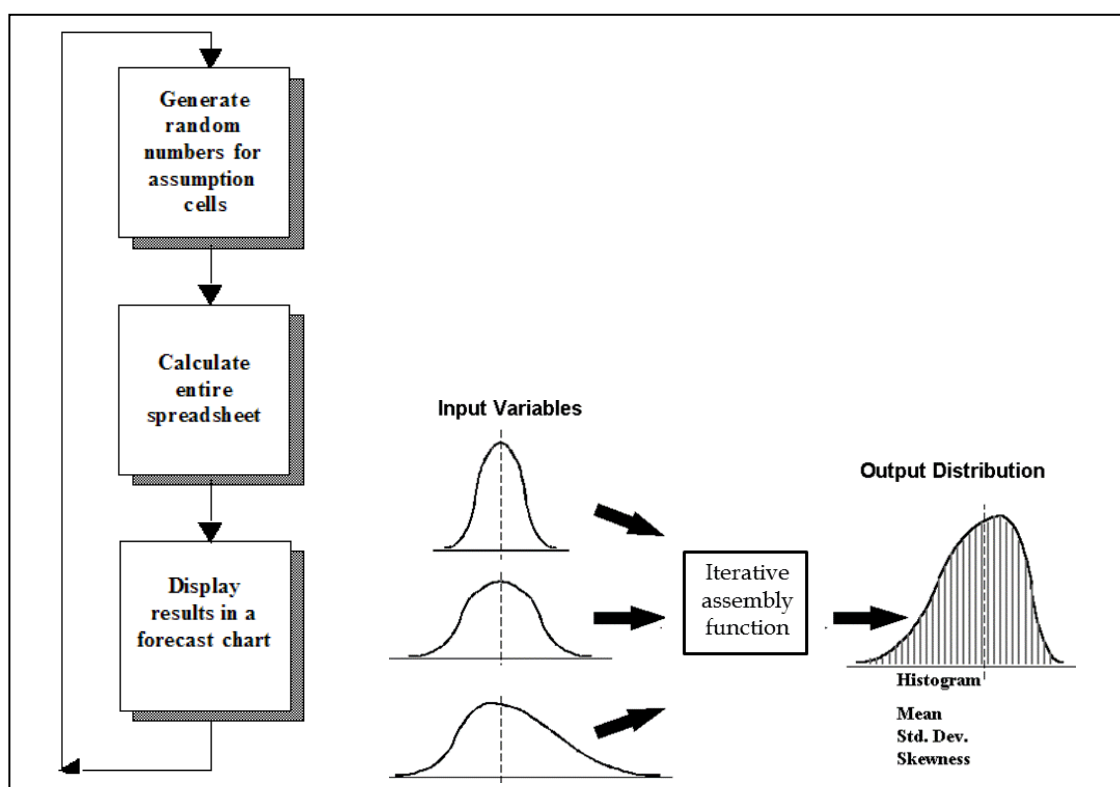
4.2.1 Μέθοδος Monte-Carlo

Η μέθοδος Monte-Carlo είναι η πιο συνηθισμένη τεχνική στοχαστικής ανάλυσης που δίνει τη δυνατότητα εξέτασης πολύπλοκων συστημάτων, δυνατότητα η οποία θα ήταν δύσκολη έως αδύνατη υπό άλλες συνθήκες (Καλαμαράς 2001). Στηρίζεται στην παραγωγή τυχαίων αριθμών, μέσω των οποίων προσομοιώνεται η λειτουργία ενός συστήματος, δημιουργώντας μέγα πλήθος πιθανών καταστάσεων του συστήματος (Θαλασσινάκης 2008). Για το λόγο αυτό, πήρε και το όνομά της από την πόλη του Πριγκιπάτου του Μονακο, που είναι ιδιαίτερα γνωστή για τα καζίνο της, καθώς μια από τις απλούστερες συσκευές παραγωγής τυχαίων αριθμών είναι η ρουλέτα. Η μέθοδος χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στα πολυδιάστατα προβλήματα. Ο βαθμός δυσκολίας της εξαρτάται πολύ λίγο από το μέγεθος του προς επίλυση συστήματος, σε αντίθεση με τις αναλυτικές μεθόδους, όπου ο όγκος των υπολογισμών είναι σε ευθεία αναλογία με το μέγεθος του συστήματος. Για το λόγο αυτό, στις αναλυτικές μεθόδους έχουν αναπτυχθεί τεχνικές μείωσης του αριθμού των καταστάσεων των μεγάλων συστημάτων με εφαρμογή κριτηρίων που οδηγούν σε διαβάθμιση των καταστάσεων, σύμφωνα με την σοβαρότητα τους και σε απαλοιφή εκείνων που έχουν μικρή βαρύτητα. Συνεπώς, η μέθοδος Monte-Carlo είναι «η μόνη βιώσιμη μέθοδος σε ένα ευρύ πεδίο προβλημάτων πολλών διαστάσεων, από τη φυσική ως την

οικονομία» όπου υπάρχει σημαντικός βαθμός αβεβαιότητας, με ταυτόχρονα πολύ απλή δομή του υπολογιστικού αλγορίθμου (Καλαμαράς 2001).

Στην παρούσα εργασία, η προσομοίωση Monte-Carlo πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος «Oracle® Crystal Ball», που δουλεύει ως πρόσθετο εργαλείο του Microsoft Excel®. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος στηρίζεται στην επαναλαμβανόμενη τυχαία δειγματοληψία από τις κατανομές πιθανότητας των μεταβλητών του μοντέλου (Ross 1991), μέσω της οποίας προσομοιώνεται η λειτουργία του υπό μελέτη συστήματος. Κάθε επανάληψη που πραγματοποιείται δημιουργεί ένα αντίστοιχο σενάριο προσομοίωσης. Δημιουργούνται έτσι εκατοντάδες ή χιλιάδες σενάρια/δοκιμές/επαναλήψεις (iterations) μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, έως ότου κάποιο ορισμένο κριτήριο ακρίβειας ή αριθμού δοκιμών/επαναλήψεων επιτευχθεί, διατηρώντας στη «μνήμη» όλους τους τυχαίους συνδυασμούς των μεταβλητών εισόδου που παράγονται.

Το ιστόγραμμα συχνοτήτων της μεταβλητής εξόδου, μετά το πέρας των επαναλήψεων, αποτυπώνει την κατανομή που ακολουθεί η μεταβλητή, το εύρος των δυνατών τιμών εμφάνισης καθώς και την πιθανότητα εμφάνισης καθεμιάς από αυτές, στοιχεία αναγκαία για την περιγραφή και κατανόηση της συμπεριφοράς της μεταβλητής εξόδου (Εικόνα 4.2). Παράλληλα, «κανονικοποιώντας» τις πιθανότητες εμφάνισης των διαφόρων τιμών, υπολογίζεται ένα ακόμα σημαντικό μέγεθος, η «βεβαιότητα» εμφάνισης ενός οποιουδήποτε ζητούμενου αποτελέσματος. Τέλος, η ανάλυση ευαισθησίας ποσοτικοποιεί την επίδραση κάθε μεταβλητής στο μοντέλο, στοιχείο εξαιρετικά σημαντικό ως εργαλείο ανάλυσης και λήψης αποφάσεων.



Εικόνα 4.2. Διαδικασία προσομοίωσης Monte-Carlo

Τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου Monte-Carlo έναντι άλλων στοχαστικών τεχνικών είναι τα εξής (Vose 2008):

- Οι μαθηματικές συναρτήσεις των μεταβλητών του μοντέλου δε χρειάζεται να είναι γνωστές.
- Οι συσχετίσεις και αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των μεταβλητών μπορούν να μοντελοποιηθούν, ακόμα και μεταξύ μεταβλητών με διαφορετικές κατανομές πιθανότητας.
- Σύνθετοι μαθηματικοί υπολογισμοί μπορούν να εισαχθούν στο μοντέλο χωρίς επιπρόσθετη δυσκολία.
- Όλη η δουλειά που απαιτείται για να σχηματιστεί η κατανομή της μεταβλητής εξόδου πραγματοποιείται από τον υπολογιστή.
- Η συμπεριφορά του μοντέλου μπορεί να διερευνηθεί με μεγάλη ευκολία.
- Τυχόν αλλαγές στο μοντέλο (πολλά διαφορετικά σενάρια) μπορούν να εξεταστούν με μεγάλη ευκολία και τα αποτελέσματα να συγκριθούν με προηγούμενες μορφές του μοντέλου.
- Παρέχεται η δυνατότητα ανάλυσης της επίδρασης των επιμέρους μεταβλητών στο μοντέλο.
- Παρέχεται η δυνατότητα εκτίμησης της βεβαιότητας να προκύψουν συγκεκριμένα αποτελέσματα.
- Η γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων καθιστά ευκολότερη την ανάγνωση και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.
- Η προσομοίωση Monte-Carlo είναι ευρέως διαδεδομένη ως μία έγκυρη τεχνική και τα αποτελέσματά της είναι επιστημονικά αποδεκτά.

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί πως, σύμφωνα με τον Vose (2008), η προσομοίωση Monte-Carlo, η οποία παράγει τυχαίους συνδυασμούς τιμών από ορισμένες κατανομές πιθανότητας, παρέχει αποτελέσματα πολύ πιο ρεαλιστικά και από τα απλά «what if» σενάρια, τα οποία πάντα καταλήγουν σε σημειακές εκτιμήσεις (single-point estimates) χωρίς να υποδεικνύουν την πιθανότητα εμφάνισης των αποτελεσμάτων.

Εφαρμόζοντας τη μέθοδο Monte-Carlo στην ανάλυση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας, λαμβάνεται μία τυχαία τιμή από καθεμιά από τις κατανομές πιθανότητας των παραμέτρων του μοντέλου προσομοίωσης της ενεργειακής φτώχειας, δημιουργώντας έτσι τυχαίους συνδυασμούς των εξεταζόμενων παραμέτρων. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται εκατοντάδες ή χιλιάδες φορές. Με τον τρόπο αυτό, προκύπτει η κατανομή του λόγου ενεργειακού κόστους/εισοδήματος, από την οποία μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα καθώς και να υπολογιστεί η πιθανότητα ο λόγος να είναι μεγαλύτερος του 10% (ενεργειακή φτώχεια). Τέλος, η ανάλυση ευαισθησίας αποκαλύπτει ποιές παράμετροι επιδρούν με περισσότερο ή λιγότερο σημαντικό τρόπο στο πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας.

Η ανάλυση της ενεργειακής φτώχειας με πιθανοτικές μεθόδους και, συγκεκριμένα, μέσω της προσομοίωσης Monte-Carlo, δίνει τη δυνατότητα:

- βαθύτερης μελέτης του φαινομένου, μέσα από τη στατιστική επεξεργασία μεγάλου αριθμού σεναρίων που καλύπτουν με ορθή στατιστική αναλογία όχι μόνο τυπικές περιπτώσεις αλλά και τις ακραίες μορφές εμφάνισης της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα.

- προσδιορισμού όχι μόνο της έκτασης του φαινομένου στην Ελλάδα αλλά και των πιθανοτήτων που υπάρχουν να προκύψουν διαφορετικά σενάρια του ίδιου προβλήματος.
- αποσαφήνισης του ειδικού βάρους των διαφορετικών παραμέτρων που επιδρούν στο πρόβλημα, μέσα από την ανάλυση ευαισθησίας.
- παροχής συγκεκριμένων κατευθύνσεων για το ποια μέτρα είναι a priori πιο αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση του προβλήματος.

Βιβλιογραφία

Γκανάτσιου Χ. & Τζώρτζιος Σ. (2005). Επιστημολογική προσέγγιση των στοχαστικών μοντέλων και οι εφαρμογές τους στις βιολογικές επιστήμες. *22ο Συνέδριο Ελληνικής Μαθηματικής Παιδείας*. Λαμία.

Δελλαπόρτας Π. (1994). *Προσομοίωση και Στοχαστικά Μοντέλα*. Σημειώσεις μαθήματος. Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Haimes Y. Y. (1977). *Hierarchical Analysis of Water Resources Systems: Modelling and Optimization of Large-Scale Systems*. New York: Mc Graw Hill.

Θαλασσινάκης Ε.Ι (2008). *Πιθανοτική ανάλυση της αξιοπιστίας και ασφάλειας λειτουργίας των απομονωμένων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας*. Διδακτορική διατριβή. Επιβλέπων: Καθ. Ε. Διαλυνάς. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Καλαμαράς Δ. (2001). *Αριθμητική Ανάλυση*. ΠΜΣ «Εφαρμοσμένη Στατιστική», Αθήνα.

Μποναζούντας Μ. (2001). *Τεχνικές Ανάλυσης Συστημάτων*. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Ross S. M. (1991). *A Course in Simulation*. New York: Macmillan Publishing Company.

Vose D. (2008). *Risk Analysis. A quantitative guide*. West Sussex, England: J. Wiley & Sons, Ltd.

Β' ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 5. Αντικείμενο και μεθοδολογία της έρευνας

Από τη μέχρι τώρα ανάλυση προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Η ενεργειακή φτώχεια αποτελεί μείζον κοινωνικό πρόβλημα. Η μέχρι τώρα έρευνα στο αντικείμενο εστιάζει (και σωστά) στον τρόπο μέτρησης και καταγραφής, έτσι ώστε να αποκαλυφθούν οι διαστάσεις του προβλήματος και να γίνει δυνατή η συστηματική παρακολούθηση και ο έλεγχος των μέτρων αντιμετώπισης.
- Οι δείκτες μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας διακρίνονται σε υποκειμενικούς και αντικειμενικούς. Οι υποκειμενικοί δείκτες είναι χρήσιμοι στην καταγραφή του προβλήματος, αφού εστιάζουν σε διαφορετικές πλευρές του, αλλά δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν παρά με συμπληρωματικό τρόπο σε σχέση με τους αντικειμενικούς δείκτες. Ο κατεχορήν αντικειμενικός δείκτης, ο Συμβατικός Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας, που αποτελεί σήμερα την κοινή βάση καταγραφής και σύγκρισης, είναι ο δείκτης που καταγράφει ως ενεργειακά φτωχό ένα νοικοκυριό όταν καταναλώνει σε ενεργειακές δαπάνες περισσότερο από το 10% του εισοδήματός του. Βασικό μειονέκτημα του δείκτη αυτού είναι ότι χρησιμοποιεί την πραγματοποιηθείσα (actual) ενεργειακή κατανάλωση του νοικοκυριού, σε αντίθεση με τον ορισμό της ενεργειακής φτώχειας ο οποίος σαφώς ορίζει ότι πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση (required/modelled). Το μειονέκτημα αυτό έχει επανειλημμένα διαπιστωθεί σε σχετικές έρευνες. Οδηγεί δε σε υποεκτίμηση του προβλήματος, μιας που αγνοεί τη συμπίεση των αναγκών (ιδιαίτερα σε θέρμανση και ψύξη) στην οποία ωθούνται τα νοικοκυριά που βρίσκονται σε οικονομική αδυναμία.
- Οι παράγοντες που επιδρούν στην ενεργειακή φτώχεια είναι γνωστοί (εισόδημα, κόστος ενέργειας, ενεργειακή απόδοση κτιρίων), οι οποίοι με τη σειρά τους αναλύονται σε πολλές άλλες υποπαραμέτρους. Ένα δεύτερο βασικό πρόβλημα της μέχρι τώρα έρευνας για την ενεργειακή φτώχεια είναι ότι δεν έχει επιτευχθεί ποσοτικοποίηση της σχέσης της με τους παράγοντες αυτούς. Επομένως, δεν είναι δυνατή η εκ των προτέρων εκτίμηση της επίδρασης στην ενεργειακή φτώχεια των μέτρων που στοχεύουν στην αντιμετώπισή της. Πολύ δε περισσότερο δεν είναι δυνατή μια εκ των προτέρων ανάλυση κόστους-οφέλους μεταξύ των διάφορων εναλλακτικών επιλογών.
- Στη Ελλάδα, η έρευνα για την ενεργειακή φτώχεια καθυστερεί σημαντικά, με τις περισσότερες μελέτες να εστιάζουν σε συγκεκριμένες περιοχές ή να αποπειρώνται μια έμμεση εκτίμηση του προβλήματος. Μόνο πολύ πρόσφατα έχουν δημοσιευθεί συνολικές μελέτες που δίνουν τις διαστάσεις του προβλήματος σε επίπεδο χώρας.
- Οι ορεινές περιοχές έχουν αναγνωριστεί ως πολύτιμα οικοσυστήματα σε πλανητικό επίπεδο. Παρά τις συνεχείς διαπιστώσεις ότι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα των ορεινών περιοχών είναι η ενεργειακή φτώχεια, η συστηματική έρευνα πάνω στο πρόβλημα καθυστερεί σημαντικά. Πλήρης απουσία σχετικής έρευνας υπάρχει και στην Ελλάδα, παρά το γεγονός ότι οι ορεινές περιοχές αντιπροσωπεύουν περίπου το 70% της ελληνικής επικράτειας.

Στη βάση των παραπάνω, κεντρικό ερώτημα της διδακτορικής διατριβής είναι:

Μπορεί να υπολογισθεί ένας αντικειμενικός δείκτης ενεργειακής φτώχειας που να απηχεί με ακριβή τρόπο τον ορισμό της, αίροντας τη βασική αδυναμία του μέχρι τώρα υπολογισμού της; Πολύ περισσότερο, μπορεί να μοντελοποιηθεί η ενεργειακή φτώχεια σε επίπεδο χώρας, αποκαλύπτοντας ποσοτικά την επίδραση των διαφόρων παραγόντων σε αυτή?

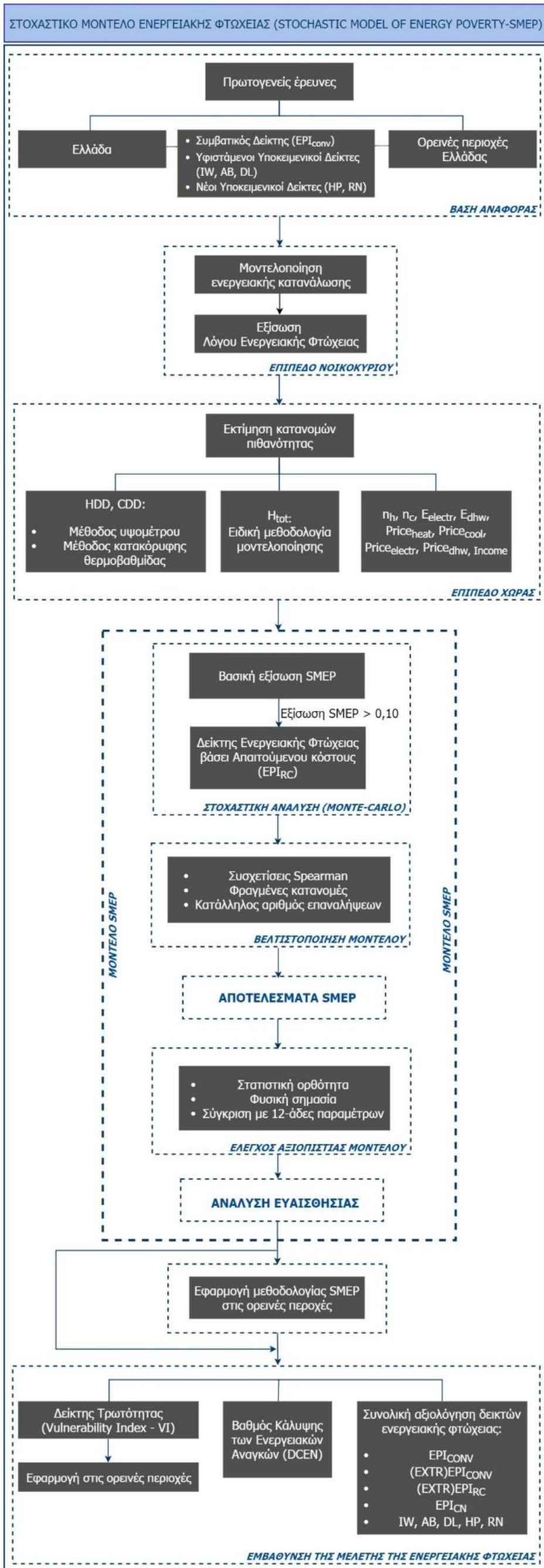
Για την επίλυση του ερωτήματος διαμορφώθηκε κατάλληλη μεθοδολογία, το Στοχαστικό Μοντέλο Ενεργειακής Φτώχειας (Stochastic Model of Energy Poverty - SMEP). Ως πεδίο εφαρμογής επιλέχθηκε η Ελλάδα και, παράλληλα, έμφαση δόθηκε στην ορεινή Ελλάδα. Τα βασικά στοιχεία-βήματα της μεθοδολογίας είναι τα κάτωθι:

- Καταγραφή του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα, μέσω πρωτογενών ερευνών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ο Συμβατικός Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας και πέντε υποκειμενικοί δείκτες, δύο εκ των οποίων εισάγονται για πρώτη φορά. Με τον τρόπο αυτό, διαμορφώνεται η βάση αναφοράς για την εκτίμηση του νέου αντικειμενικού δείκτη.
- Μοντελοποίηση της οικιακής ενεργειακής κατανάλωσης, συνυπολογίζοντας το σύνολο των ενεργειακών αναγκών (θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης, μαγείρεμα, φωτισμός και ηλεκτρικές συσκευές). Ειδικότερα, για τον αντικειμενικό προσδιορισμό των ενεργειακών αναγκών θέρμανσης και ψύξης χρησιμοποιείται η μέθοδος των βαθμομερών. Διαμορφώνεται, έτσι, η αντικειμενική εξίσωση ενεργειακού κόστους ενός νοικοκυριού, με χρήση έντεκα μεταβλητών (HDD, CDD, H_{tot} , n_h , n_c , E_{electr} , E_{dhw} , $Price_{heat}$, $Price_{cool}$, $Price_{electr}$, $Price_{dhw}$). Διαιρώντας την εξίσωση με το εισόδημα (Income), παράγεται η τελική εξίσωση του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας.
- Κεντρική ιδέα της εργασίας είναι η γενίκευση της μαθηματικής εξίσωσης σε επίπεδο χώρας, μέσω της στοχαστικής ανάλυσης και, πιο συγκεκριμένα, μέσω της προσομοίωσης Monte-Carlo, με την εισαγωγή στην εξίσωση του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας κατανομών πιθανότητας για τις δώδεκα μεταβλητές. Για τον προσδιορισμό της κατανομής των βαθμομερών θέρμανσης (HDD) και ψύξης (CDD) χρησιμοποιείται μεθοδολογία που αναπτύχθηκε, η οποία βασίζεται σε συναρτήσεις του υψομέτρου και του γεωγραφικού πλάτους. Η μέθοδος δίνει ιδιαίτερα ικανοποιητικά αποτελέσματα ακόμα και με μονοπαραμετρικές συναρτήσεις του υψομέτρου, σε χώρες/περιοχές μικρής μεταβολής του γεωγραφικού πλάτους και έντονου ανάγλυφου, όπως η Ελλάδα, η Αυστρία, η Ελβετία και η Βόρεια Ιταλία, στις οποίες εφαρμόστηκε. Συμπληρωματικά, ως δεύτερη επιλογή για χώρες/περιοχές με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αναπτύσσεται και η μέθοδος της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας (lapse rate). Για την εκτίμηση της κατανομής των άλλων παραμέτρων χρησιμοποιούνται κατά προτεραιότητα στοιχεία μεγαλύτερης αξιοπιστίας που αφορούν στην ίδια χρονική περίοδο ή στοιχεία των πρωτογενών ερευνών (σε επίπεδο χώρας και σε επίπεδο ορεινής Ελλάδας). Για την εκτίμηση σύνθετων μεταβλητών, όπως ο συντελεστής H_{tot} , αναπτύσσονται ειδικές μεθοδολογίες, οι οποίες αναλύονται διεξοδικά στα αντίστοιχα Κεφάλαια.

- Με την εισαγωγή στην εξίσωση του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας των κατανομών πιθανότητας για όλες τις παραμέτρους παράγεται η βασική εξίσωση του Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας (βασική εξίσωση SMEP). Η μεθοδολογία SMEP, μέσω της προσομοίωσης Monte-Carlo, χρησιμοποιεί την ελεύθερη επιλογή τυχαίων τιμών για τις ανεξάρτητες μεταβλητές, ακολουθώντας τις επιλεχθείσες κατανομές πιθανότητας. Με τη χρήση της εξίσωσης αυτής, προσδιορίζεται ο νέος αντικειμενικός δείκτης, ο «Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Απαιτούμενου Κόστους (Energy Poverty Index based on Required Cost - EPI_{RC})», για τις περιπτώσεις που η τιμή της υπερβαίνει το 10%.
- Το μοντέλο βελτιστοποιείται μέσω της εισαγωγής συσχετίσεων μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών (και ειδικότερα μέσω της εισαγωγής των συσχετίσεων Spearman), της επιλογής φραγμένων κατανομών, όπου αυτό αντιπροσωπεύει καλύτερα την πραγματικότητα, και της επιλογής κατάλληλου αριθμού επαναλήψεων μέχρις ότου σταθεροποιηθούν τα στατιστικά αποτελέσματα και μειωθούν κάτω από τα επιλεχθέντα επίπεδα η τυπική απόκλιση και το μέσο τυπικό σφάλμα.
- Παράγονται τα αποτελέσματα του μοντέλου.
- Τα αποτελέσματα ελέγχονται ως προς την αξιοπιστία τους με κατάλληλες μεθόδους, τόσο ως προς τη στατιστική τους ορθότητα (μέθοδος πολλαπλής προσομοίωσης bootstrap), όσο και ως προς τη φυσική τους σημασία (σύγκριση με διαθέσιμα στοιχεία από την Ελληνική Στατιστική Αρχή κλπ.). Ελέγχεται, επίσης, και αποδεικνύεται ότι στα ίδια αποτελέσματα καταλήγει και η επιλογή συγκεκριμένων ν-άδων των εξεταζόμενων παραμέτρων (12-άδων στη συγκεκριμένη περίπτωση), όπως αυτές εμφανίζονται στα νοικοκυριά που τυχαία επιλέχθηκαν στις πρωτογενείς έρευνες.
- Η μοντελοποίηση που επιτυγχάνεται μέσω της παραμετροποίησης της ενεργειακής φτώχειας σε επίπεδο χώρας οδηγεί στην επιτυχή διερεύνηση του ερωτήματος της σχετικής επίδρασης των διαφόρων παραγόντων στο πρόβλημα. Η σχετική ανάλυση ευαισθησίας δίνει απαντήσεις στο ποιοι παράγοντες είναι κρίσιμοι και σε ποιο βαθμό, σε κάθε υπό εξέταση περίπτωση, όχι μόνο ως αποτέλεσμα της θέσης τους στη βασική εξίσωση SMEP αλλά και ως αποτέλεσμα της κατανομής που ακολουθούν στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης.
- Η μεθοδολογία εφαρμόζεται στις ορεινές περιοχές της χώρας και δίνεται η συγκριτική εικόνα ενεργειακής φτώχειας στις περιοχές αυτές σε σχέση με το σύνολο της χώρας.
- Αναπτύσσεται ο «Δείκτης Τρωτότητας», που εκτιμά κατά πόσο ένας συγκεκριμένος πληθυσμός είναι περισσότερο ευάλωτος στην ενεργειακή φτώχεια σε σχέση με έναν πληθυσμό αναφοράς. Ο Δείκτης Τρωτότητας εφαρμόζεται στην περίπτωση των ορεινών περιοχών της Ελλάδας, με πληθυσμό αναφοράς το σύνολο του πληθυσμού της Ελλάδας. Στη συνέχεια, μέσα από το κριτήριο βελτίωσης κατά Pareto, εντοπίζονται τα μέτρα που μπορούν να αντιμετωπίσουν τις κοινωνικές ανισότητες όσον αφορά στην ενεργειακή φτώχεια.
- Εισάγεται και υπολογίζεται ο Δείκτης «Βαθμός Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών / Degree of Coverage of Energy Needs (DCEN)», ο οποίος μελετά τη συμπίεση των αναγκών και κατηγοριοποιεί τα νοικοκυριά σε τρεις ομάδες (συμπίεση αναγκών - ικανοποίηση αναγκών - σπατάλη), διερευνώντας τις σχετιζόμενες παραμέτρους.

- Τέλος, πραγματοποιείται σύγκριση και αξιολόγηση του συνόλου των δεικτών ενεργειακής φτώχειας (αντικειμενικών και υποκειμενικών) που χρησιμοποιούνται στην παρούσα διατριβή, μέσα από μια ολοκληρωμένη, ποσοτική ανάλυση.

Στο Διάγραμμα 5.1 παρουσιάζεται η συνολική διάρθρωση της μεθοδολογίας της έρευνας.



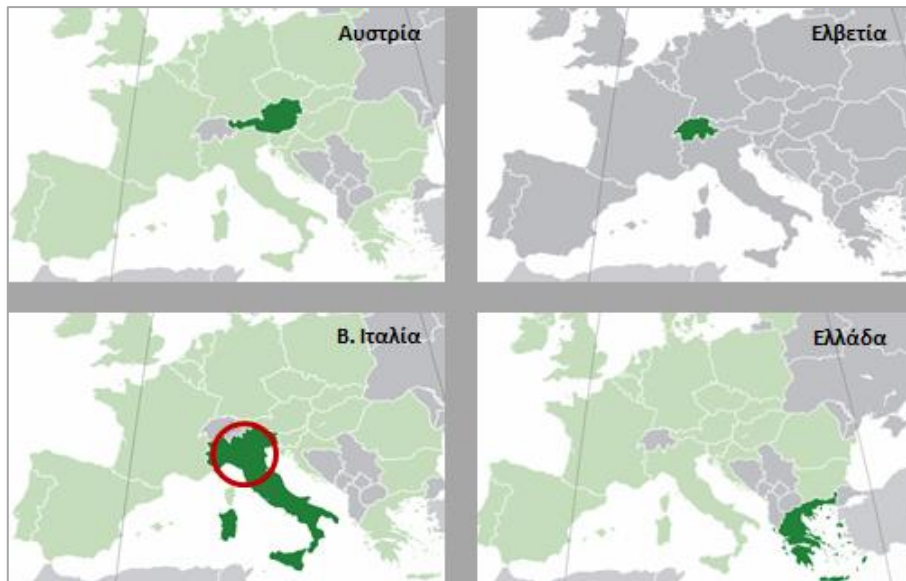
Διάγραμμα 5.1. Μεθοδολογία της έρευνας

Κεφάλαιο 6. Υπολογισμός των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης μέσω του υψομέτρου. Ευρήματα από την Ελλάδα και άλλες ορεινές Ευρωπαϊκές περιοχές.

Βασικό βήμα του SMEP είναι ο αντικειμενικός προσδιορισμός των αναγκών θέρμανσης και ψύξης μέσω της χρήσης των βαθμομερών. Ο προσδιορισμός αυτός απαιτεί αναλυτικά θερμοκρασιακά δεδομένα με επαρκή πυκνότητα σε επίπεδο χώρας, που συχνά δεν υπάρχουν, όπως στην περίπτωση της Ελλάδας. Ειδικά για την περίπτωση των ορεινών περιοχών, ο υπολογισμός της ενεργειακής ζήτησης αποτελεί, συνήθως, μια δύσκολη υπόθεση, λόγω του αραιού δικτύου μετεωρολογικών σταθμών σε περιοχές μεγάλου υψομέτρου. Ως εκ τούτου, η έλλειψη πρόσβασης σε μακροχρόνια μετεωρολογικά δεδομένα (θερμοκρασιακά δεδομένα και δεδομένα βαθμομερών) δημιουργεί ένα σοβαρό εμπόδιο στη μελέτη των ενεργειακών αναγκών στις ορεινές περιοχές. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, αναζητήθηκε μια μέθοδος αντικειμενικού προσδιορισμού των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης μιας συγκεκριμένης τοποθεσίας, με στοιχεία εισόδου μόνο γεωγραφικά δεδομένα (κυρίως το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο). Βάση γι' αυτό απετέλεσε η εργασία των Katsoulakos & Kaliampakos (2014), στην οποία αποδείχτηκε ότι κάτι τέτοιο είναι εφικτό για την περίπτωση της Ελλάδας. Στο παρόν Κεφάλαιο βελτιώνεται η μέθοδος υπολογισμού των βαθμομερών με βάση το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος και γενικεύεται σε άλλες ορεινές ευρωπαϊκές χώρες/περιοχές. Ταυτόχρονα, αποδεικνύεται με ποσοτικό τρόπο ότι οι ορεινές περιοχές μιας χώρας έχουν σημαντικά περισσότερες ενεργειακές ανάγκες σε σύγκριση με τις πεδινές περιοχές της. Μέχρι σήμερα, οι σχετικές αναφορές (πχ. Büyükalaca et al. 2001, Matzarakis & Balafoutis 2004) αναφέρονται στο μεγαλύτερο αριθμό βαθμομερών θέρμανσης -άρα και θερμικών αναγκών- σε μεγαλύτερα υψόμετρα, αλλά δεν προσφέρουν συγκεκριμένα ποσοτικά δεδομένα. Κατά συνέπεια, υπάρχει ένα ερευνητικό κενό όσον αφορά στην επίδραση του υψομέτρου στις ενεργειακές ανάγκες και, κατ' επέκταση, στο πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας των ορεινών περιοχών.

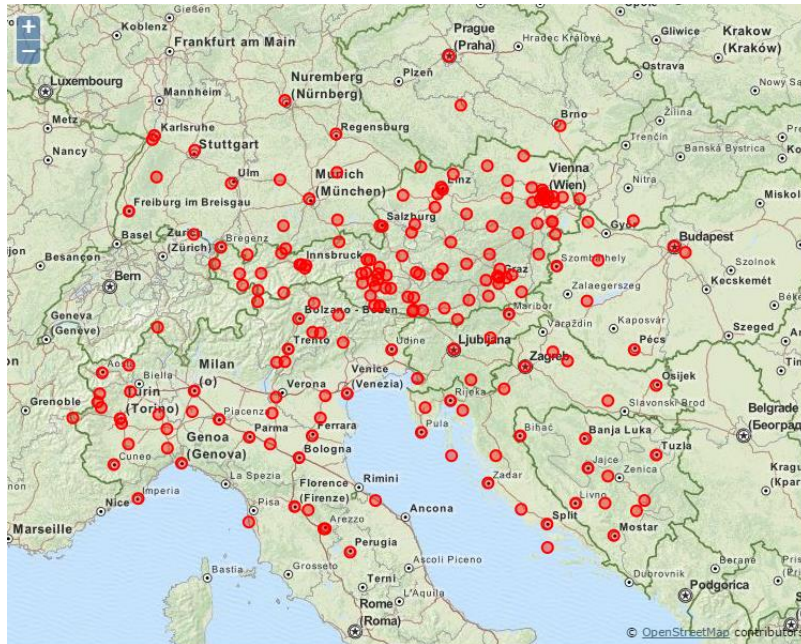
6.1 Περιοχή μελέτης

Τρεις ορεινές χώρες/περιοχές επιλέχθηκαν να εξεταστούν, η Αυστρία, η Ελβετία και η βόρεια Ιταλία, καθώς η έλλειψη σχετικών στοιχείων είναι έντονη και στις αναπτυγμένες χώρες, ενώ, ταυτόχρονα, πραγματοποιήθηκε βελτίωση των αποτελεσμάτων της έρευνας των Katsoulakos & Kaliampakos (2014) για την περίπτωση της Ελλάδας, όπου αυτό απαιτήθηκε. Η περιοχή μελέτης απεικονίζεται στην Εικόνα 6.1.



Εικόνα 6.1. Εύρος περιοχής μελέτης (Αυστρία, Ελβετία, Βόρεια Ιταλία, Ελλάδα)

Προκειμένου να υπολογιστούν οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης σε ένα μεγάλο υψομετρικό εύρος των εξεταζόμενων περιοχών, έγινε συλλογή και επεξεργασία μακροχρόνιων μετεωρολογικών δεδομένων. Ένα πλούσιο αρχείο θερμοκρασιακών δεδομένων διατέθηκε για την παρούσα έρευνα από το «Κεντρικό Ινστιτούτο Μετεωρολογίας» (HILSTAP 2016) με έδρα τη Βιέννη και πεδίο μελέτης την ευρύτερη περιοχή των Άλπεων, ενισχύοντας, έτσι, την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα, η περίπτωση της Ελβετίας περιλαμβάνει 88 μετεωρολογικούς σταθμούς με καταγεγραμμένα μηνιαία θερμοκρασιακά δεδομένα 30 ετών (1980-2010), η περίπτωση της Αυστρίας 63 σταθμούς με θερμοκρασιακά δεδομένα 110 ετών (1900-2013) και της βόρειας Ιταλίας 37 σταθμούς με θερμοκρασιακά δεδομένα 107 ετών (1900-2007) (Χάρτης 6.1). Η περίπτωση της Ελλάδας, σύμφωνα με τη μελέτη των Katsoulakos & Καλιαπρακος (2014) περιλαμβάνει 100 σταθμούς με θερμοκρασιακά δεδομένα τουλάχιστον 10 ετών. Το σύνολο των σταθμών περιλαμβάνει, και στις τέσσερις περιπτώσεις, ένα μεγάλο εύρος υψομέτρων.



Χάρτης 6.1. Χάρτης μετεωρολογικών σταθμών της Αυστρίας, της Ελβετίας και της Βόρειας Ιταλίας (Πηγή: HILSTAP 2016)

Σημειώνεται ότι οι ελλείπουσες τιμές (missing values) ήταν σπάνιες και σποραδικές, επομένως εμπίπτουν στη μαθηματική κατηγορία «missing at random (MAR)». Όμως, σύμφωνα με τον Liu (2016), τα δεδομένα MAR θεωρούνται αμελητέα κατά τη διεξαγωγή μακροχρόνιας ανάλυσης δεδομένων και μπορούν να παραλείπονται, χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Ως εκ τούτου, οι σειρές (χρονιές) που περιελάμβαναν έστω και μία τέτοια τιμή αποκλείστηκαν από τους υπολογισμούς.

6.2 Αποτελέσματα βαθμομερών και ενεργειακής ζήτησης βάσει υψομέτρου

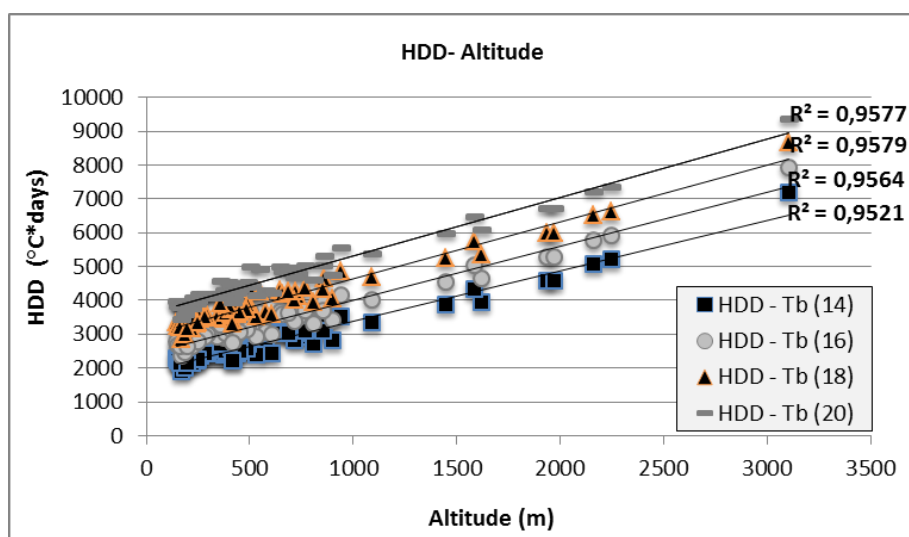
6.2.1 Βαθμομέρες θέρμανσης (HDD)

Έγινε υπολογισμός των ετήσιων βαθμομερών θέρμανσης για όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς των υπό εξέταση περιπτώσεων. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίστηκαν οι ετήσιες HDD για κάθε σταθμό και για διάφορες θερμοκρασίες βάσης (14°C, 16°C, 18°C, 20°C), σύμφωνα με τη μέθοδο Erbs et al. (1983), όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3. Η ανάλυση δείχνει ότι οι HDD μεταβάλλονται σημαντικά από περιοχή σε περιοχή μέσα σε κάθε χώρα. Για τις τέσσερις περιπτώσεις, οι υψηλότερες τιμές HDD καταγράφονται στους σταθμούς των μεγαλύτερων υψομέτρων: Sonnblick για την Αυστρία (7200 °C*days στα 3105 m - Tb:14°C), Jungfraujoch για την Ελβετία (7710 °C*days στα 3580 m - Tb:14°C), Lago Gabiet για τη βόρεια Ιταλία (6096 °C*days στα 2340 m - Tb:16°C) και Χιονοδρομικό Καϊμακτασάλαν για την Ελλάδα (4470 °C*days στα 2080 m - Tb:16°C). Απεναντίας, οι χαμηλότερες τιμές HDD καταγράφονται στους σταθμούς των χαμηλότερων υψομέτρων: Wien-InnereStadt για την Αυστρία (1893 °C*days στα 171 m -

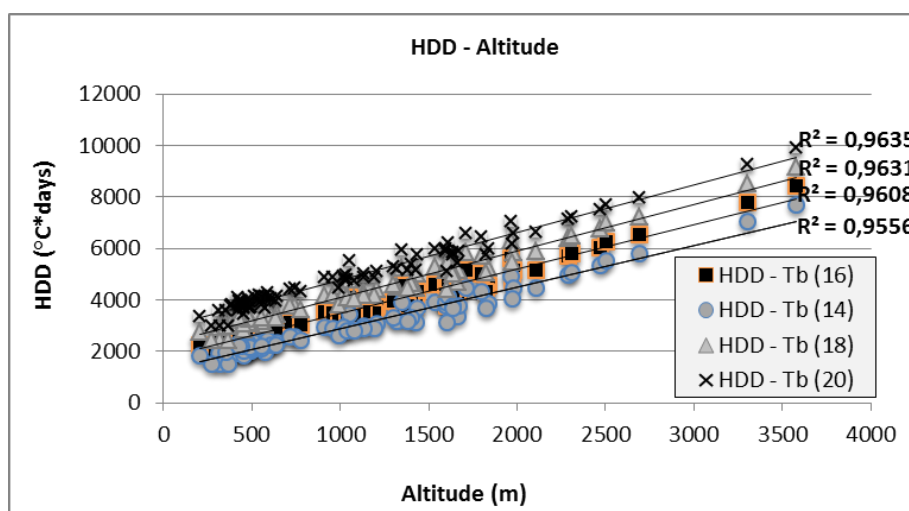
Tb:14°C), Locarno/Monti για την Ελβετία (1500 °C*days στα 366 m - Tb:14°C), Imperia για τη βόρεια Ιταλία (1117 °C*days στα 54 m - Tb:16°C) και Ρόδος για την Ελλάδα (544 °C*days στα 12 m - Tb:16°C).

Συγκρίνοντας τις οριακές τιμές των HDD κάθε χώρας, προκύπτει ότι οι υψηλότερες τιμές είναι περίπου τέσσερις φορές μεγαλύτερες από τις χαμηλότερες τιμές για την Αυστρία, πέντε φορές μεγαλύτερες για την Ελβετία, πεντέμισι φορές μεγαλύτερες για τη βόρεια Ιταλία και οχτώ φορές μεγαλύτερες για την Ελλάδα. Οι διαφορές αυτές δίνουν μια πρώτη εικόνα την έντονης επίδρασης του υψομέτρου στις βαθμοήμερες θέρμανσης.

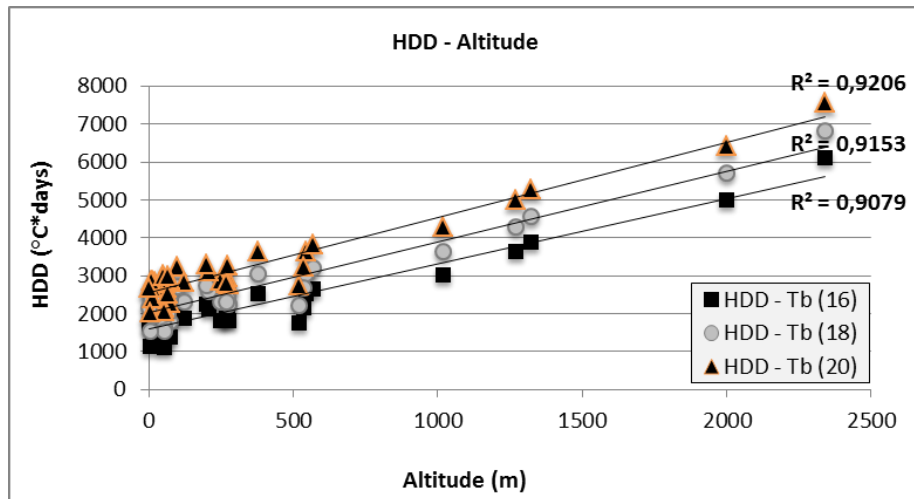
Πιο συγκεκριμένα, τα Διαγράμματα 6.1, 6.2, 6.3 και 6.4 απεικονίζουν τα αποτελέσματα των συσχετίσεων μεταξύ των HDD και του υψομέτρου (Altitude) για την Αυστρία, την Ελβετία, τη βόρεια Ιταλία και την Ελλάδα, αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας διάφορες θερμοκρασίες βάσης: 14°C, 16°C, 18°C, 20°C για την Αυστρία και την Ελβετία και 16°C, 18°C, 20°C για τη βόρεια Ιταλία και την Ελλάδα.



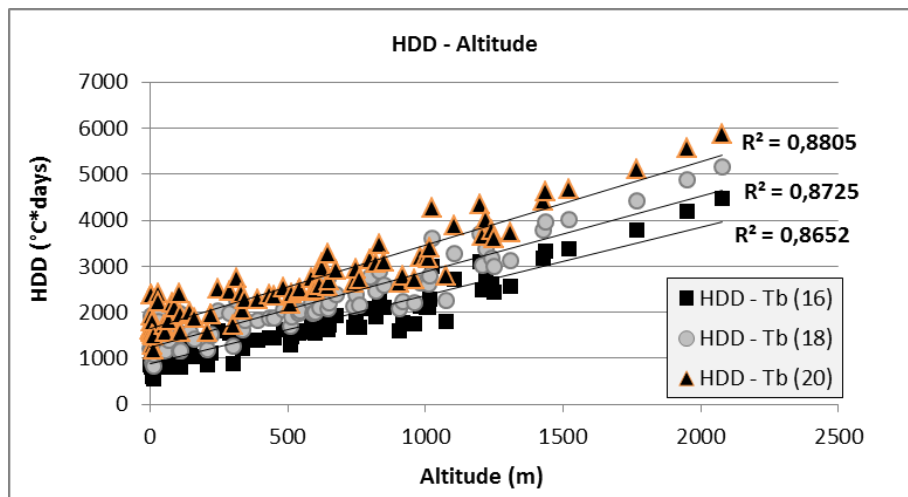
Διάγραμμα 6.1. Γραμμή τάσης και συντελεστής συσχέτισης (R^2) μεταξύ HDD και Altitude για την Αυστρία



Διάγραμμα 6.2. Γραμμή τάσης και συντελεστής συσχέτισης (R^2) μεταξύ HDD και Altitude για την Ελβετία



Διάγραμμα 6.3. Γραμμή τάσης και συντελεστής συσχέτισης (R^2) μεταξύ HDD και Altitude για τη βόρεια Ιταλία



Διάγραμμα 6.4. Γραμμή τάσης και συντελεστής συσχέτισης (R^2) μεταξύ HDD και Altitude για την Ελλάδα (Πηγή: Ίδια επεξεργασία, βάσει θερμοκρασιακών δεδομένων Κατσουλάκος 2013)

Όπως φαίνεται στα παραπάνω Διαγράμματα, οι βαθμομέρες θέρμανσης συνδέονται γραμμικά με το υψόμετρο σε όλες τις περιπτώσεις, με υψηλό συντελεστή συσχέτισης (R^2) για τις διάφορες θερμοκρασίες βάσης, ο οποίος κυμαίνεται από 86,5% έως 96,4%. Για τον υπολογισμό των βαθμομερών, τελικά, επιλέχθηκαν οι χαμηλότερες τιμές θερμοκρασιών βάσης (14°C για την Αυστρία, 14°C για την Ελβετία, 16°C για τη βόρεια Ιταλία και 16°C για την Ελλάδα), καθώς εκτιμήθηκε ότι προσομοιώνουν καλύτερα τις επικρατούσες θερμοκρασιακές συνθήκες κάθε περιοχής και αποτελούν μία συντηρητική προσέγγιση.

Ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού (Προσαρμοσμένο R^2) παίρνει υψηλές τιμές για τις επιλεγμένες θερμοκρασίες βάσης (95,1% για την Αυστρία, 95,5% για την Ελβετία, 90,5% για την Ιταλία και 85,7% για την Ελλάδα), όπως προκύπτει από τα απλά μοντέλα παλινδρόμησης που

συνδέουν τις HDD με το υψόμετρο (Altitude) και το γεωγραφικό πλάτος (Latitude), σύμφωνα με τον Πίνακα 6.1. Πιο συγκεκριμένα, τα απλά μοντέλα παλινδρόμησης (HDD-Altitude, HDD-Latitude), διερευνούν την επιμέρους επίδραση καθενιάς γεωγραφικής παραμέτρου στις βαθμομέρες. Τα διπλά μοντέλα παλινδρόμησης (HDD-Altitude-Latitude) μελετούν τη συνδυασμένη επίδραση των δύο γεωγραφικών παραμέτρων στις HDD και δείχνουν αν η εμφανιζόμενη συσχέτιση ενισχύεται ή ελαττώνεται όταν ο δευτερεύων παράγοντας του γεωγραφικού πλάτους προστίθεται στον κύριο παράγοντα του υψομέτρου.

Πίνακας 6.1. Αποτελέσματα των μοντέλων παλινδρόμησης για τις HDD στην Αυστρία, την Ελβετία, τη Β. Ιταλία και την Ελλάδα

Χώρα	Μοντέλο (Ανεξ. μεταβλητ)	Adjusted R ²	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	Σημαντ. F	t Stat	P-value
Αυστρία (T _b 14°C)	Altitude	0,951	Alt. 1,492 Σταθ. 1893,506	200,37	F<0,001	34,81	P<0,001
	Latitude	0,159	Lat. -635,368 Σταθ. 3111,324	832,61	F<0,001	-3,57	P<0,001
	Altitude, Latitude	0,953	Alt. 1,532 Lat. 83,564 Σταθ. -2110,181	197,06	F<0,001	Alt. 32,08 Lat. 1,75	Alt. P<0,001 Lat. 0,085
Ελβετία (T _b 14°C)	Altitude	0,955	Alt. 1,615 Σταθ. 1282,204	254,65	F<0,001	42,52	P<0,001
	Latitude	0,038	Lat. -594,840 Σταθ. 30848,903	1178,41	0,040	-2,08	0,040
	Altitude, Latitude	0,960	Alt. 1,655 Lat. 214,439 Σταθ. -8791,542	238,84	F<0,001	Alt. 44,29 Lat. 3,53	Alt. P<0,001 Lat. P<0,001
Β. Ιταλία (T _b 16°C)	Altitude	0,905	Alt. 1,719 Σταθ. 1600,959	306,76	F<0,001	18,58	P<0,001
	Latitude	0,294	Lat. 556,636 Σταθ. -22926,278	837,35	F<0,001	4,00	P<0,001
	Altitude, Latitude	0,933	Alt. 1,574 Lat. 187,588 Σταθ. -6819,697	257,21	F<0,001	Alt. 18,36 Lat. 3,97	Alt. P<0,001 Lat. P<0,001
Ελλάδα (T _b 16°C)	Altitude	0,857	Alt. 1,484 Σταθ. 885,010	302,40	0,000	24,34	0,000
	Latitude	0,077	Lat. 174,172 Σταθ. -5099,540	767,17	F<0,001	3,05	0,003
	Altitude, Latitude	0,917	Alt. 1,464 Lat. 146,154 Σταθ. -4785,600	229,70	0,000	Alt. 31,56 Lat. 8,54	Alt. 0,000 Lat. 0,000

Εξετάζοντας τα τέσσερα απλά μοντέλα παλινδρόμησης, προκύπτει ότι οι μεταβλητές του υψομέτρου και του γεωγραφικού πλάτους είναι σταθερά στατιστικά σημαντικές (το υψόμετρο πάντα σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 1%). Όμως, όσον αφορά στο γεωγραφικό πλάτος, ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού (Adjusted R²) αποδεικνύεται σχεδόν ασήμαντος σε όλες τις περιπτώσεις, γεγονός που οφείλεται στο περιορισμένο γεωγραφικό εύρος των περιοχών που εξετάζονται. Όταν εφαρμόζονται τα διπλά μοντέλα παλινδρόμησης, η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού αυξάνεται ελάχιστα, κατά 0,2 ποσοστιαίες μονάδες για την Αυστρία, 0,5 ποσοστιαίες μονάδες για την Ελβετία, 2,8 ποσοστιαίες μονάδες για τη βόρεια Ιταλία και κατά 6 ποσοστιαίες μονάδες για την Ελλάδα, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα απλά μοντέλα του υψομέτρου. Στην πραγματικότητα, εστιάζοντας σε μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, η προσθήκη του γεωγραφικού πλάτους στα μοντέλα παλινδρόμησης βελτιώνει το συντελεστή R² κατά ένα τόσο μικρό ποσοστό -ειδικά για την περίπτωση των τριών πρώτων χωρών- που πρακτικά αυτό μπορεί να αφαιρεθεί από τα μοντέλα, χωρίς σοβαρές επιπτώσεις στην ακρίβειά τους. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται και από την τιμή του t-test που παίρνουν οι δύο μεταβλητές στα διπλά μοντέλα παλινδρόμησης. Η τιμή t-statistics για το υψόμετρο είναι περίπου δεκαοχτώ φορές υψηλότερη από αυτή του γεωγραφικού πλάτους για την Αυστρία, δώδεκα φορές υψηλότερη για την Ελβετία, πέντε φορές υψηλότερη για τη βόρεια Ιταλία και τέσσερις φορές υψηλότερη για την Ελλάδα.

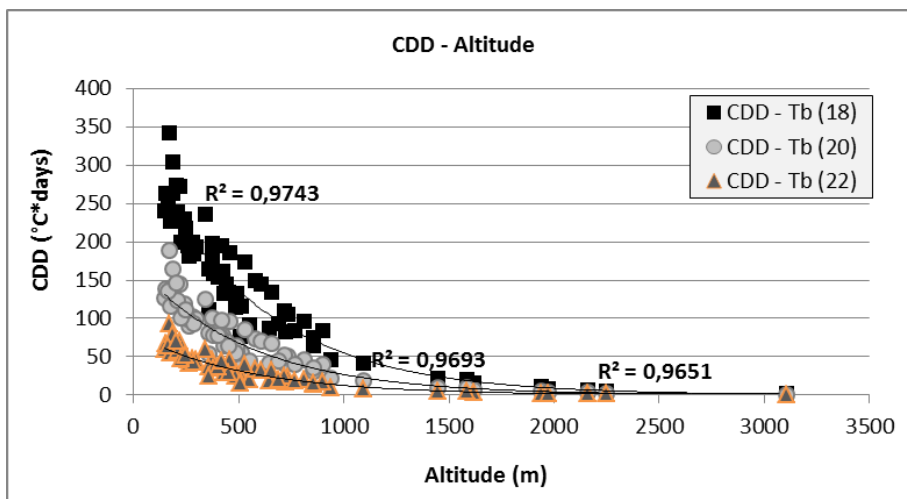
Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι πάνω από το 85% -και ειδικά για τις τρεις από τις τέσσερις περιοχές πάνω από το 90%- της μεταβολής των βαθμομερών θέρμανσης επηρεάζεται από το υψόμετρο (σύμφωνα με τους προσαρμοσμένους συντελεστές προσδιορισμού), αποδεικνύεται ότι το υψόμετρο είναι το καταλληλότερο μέτρο εκτίμησης των βαθμομερών θέρμανσης σε μια ορεινή περιοχή με σχετικά περιορισμένο εύρος γεωγραφικού πλάτους, με την προϋπόθεση ότι έχει γίνει κατάλληλη επεξεργασία μακροχρόνιων θερμοκρασιακών δεδομένων και έχει συναχθεί η σχετική εξίσωση, όπως αναλύεται στην Ενότητα 6.2.3.

6.2.2 Βαθμομέρες ψύξης (CDD)

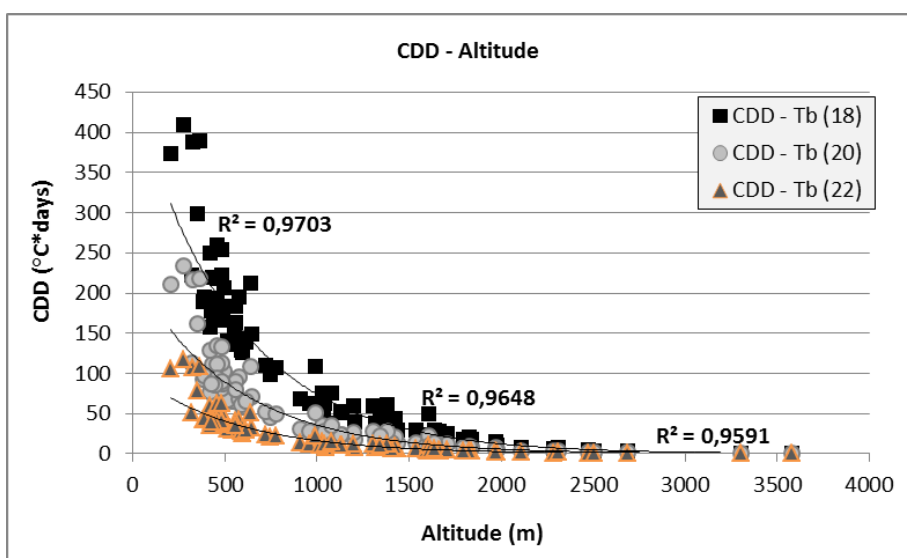
Οι βαθμομέρες ψύξης υπολογίστηκαν, όπως και οι HDD, ετησίως, για όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς των υπό εξέταση περιπτώσεων και για διάφορες θερμοκρασίες βάσης (18°C, 20°C, 22°C), με βάση τη μέθοδο Erbs et al. (1983), όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3. Από την ανάλυση φαίνεται ότι οι CDD παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση από τη μία περιοχή στην άλλη μέσα σε κάθε χώρα, λαμβάνοντας σημαντικά μικρότερες τιμές στην Αυστρία και την Ελβετία, λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών που επικρατούν. Οι μικρότερες τιμές των CDD παρατηρούνται στους σταθμούς των μεγαλύτερων υψομέτρων: Sonnblick για την Αυστρία (1 °C*day στα 3105 m - Tb:18°C), Jungfrauoch για την Ελβετία (1 °C*day στα 3580 m - Tb:18°C), Lago Gabiet για τη βόρεια Ιταλία (3 °C*days στα 2340 m - Tb:20°C) και Χιονοδρομικό Καϊμακτσαλάν για την Ελλάδα (6 °C*days στα 2080 m - Tb:22°C). Από την άλλη, οι υψηλότερες τιμές καταγράφονται στους σταθμούς των χαμηλών υψομέτρων: Wien-InnereStadt για την Αυστρία (342 °C*days στα

171 m - Tb:18°C), Lugano για την Ελβετία (410 °C*days στα 273 m - Tb:18°C), Ferrara για τη βόρεια Ιταλία (589 °C*days στα 15 m - Tb:20°C) και Σπάρτη για την Ελλάδα (628 °C*days στα 209 m - Tb:22°C).

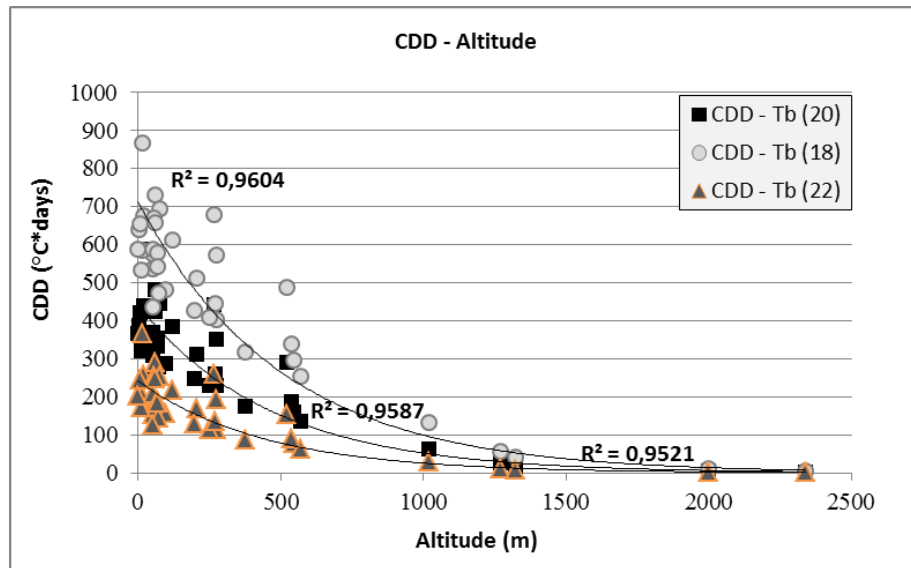
Τα αποτελέσματα των βαθμομερών ψύξης σε σχέση με το υψόμετρο απεικονίζονται στα Διαγράμματα 6.5, 6.6, 6.7 και 6.8, για διάφορες θερμοκρασίες βάσης (18°C, 20°C, 22°C) για την Αυστρία, την Ελβετία, τη βόρεια Ιταλία και την Ελλάδα, αντίστοιχα.



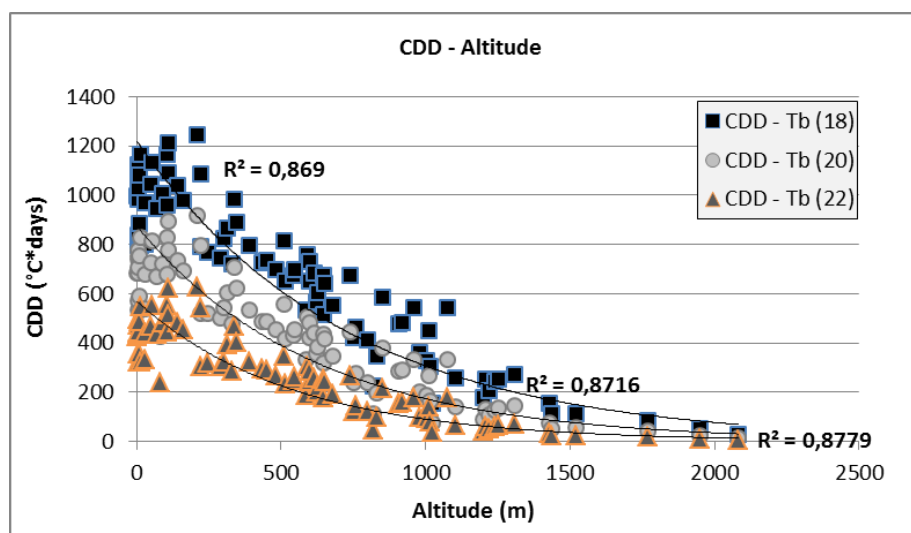
Διάγραμμα 6.5. Γραμμή τάσης και συντελεστής R^2 μεταξύ CDD και Altitude για την Αυστρία



Διάγραμμα 6.6. Γραμμή τάσης και συντελεστής R^2 μεταξύ CDD και Altitude για την Ελβετία



Διάγραμμα 6.7. Γραμμή τάσης και συντελεστής R^2 μεταξύ CDD και Altitude για τη Β. Ιταλία



Διάγραμμα 6.8. Γραμμή τάσης και συντελεστής R^2 μεταξύ CDD και Altitude για την Ελλάδα
(Πηγή: Ίδια επεξεργασία, βάσει θερμοκρασιακών δεδομένων Κατσουλάκος 2013)

Οι CDD εμφανίζουν μια σταθερή συμπεριφορά σε σχέση με το υψόμετρο, και για τις τέσσερις εξεταζόμενες περιοχές. Σε αντίθεση με τη γραμμική συσχέτιση που εμφανίζεται στην περίπτωση των βαθμομερών θέρμανσης, η εκθετική κατανομή προσεγγίζει καλύτερα τη μεταβολή των CDD με το υψόμετρο, σε όλες τις περιπτώσεις. Για την περίπτωση της Ελλάδας, η εκθετική κατανομή εκφράζει καλύτερα τη σχέση των δύο μεταβλητών (R^2 : 86,9-87,8%), σε αντίθεση με τη γραμμική σχέση που προέκυψε στη μελέτη των Katsoulakos & Kaliampakos (2014), η οποία είχε δώσει συντελεστή συσχέτισης (R^2) 78%. Οι τιμές των θερμοκρασιών βάσης που επιλέχθηκαν ως πιο αντιπροσωπευτικές των πραγματικών θερμοκρασιακών συνθηκών σε κάθε χώρα είναι 18°C για την Αυστρία, 18°C για την Ελβετία, 20°C για τη βόρεια Ιταλία και 22°C για την Ελλάδα.

Ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) αγγίζει πολύ υψηλές τιμές για τις επιλεγμένες θερμοκρασίες βάσης, και στις τέσσερις περιπτώσεις: 97,4% για την Αυστρία, 97% για την Ελβετία, 95,9% για τη βόρεια Ιταλία και 87,8% για την Ελλάδα. Ακόμα και αν οι υψηλές τιμές του συντελεστή R^2 των μη γραμμικών μοντέλων θεωρούνται ένα ανεπαρκές μέτρο συσχέτισης από κάποιους ερευνητές (πχ. Spiess & Neumeayer 2010), η ισχυρή επίδραση του υψομέτρου στις βαθμομέρες ψύξης είναι φανερή.

Η εκθετική κατανομή των CDD είναι μια εύλογη κατανομή, μιας που οι βαθμομέρες ψύξης μειώνονται σταδιακά και, σε ένα δεδομένο υψόμετρο, μηδενίζονται. Πρακτικά, φαίνεται ότι περίπου πάνω από τα 1.000 m οι βαθμομέρες ψύξης είναι αμελητέες και για τις τέσσερις περιπτώσεις.

6.2.3 Μαθηματικά μοντέλα HDD και CDD συναρτήσεως του υψομέτρου

Με βάση τον κρίσιμο ρόλο του υψομέτρου στη μεταβολή των βαθμομερών, προτείνεται μια μέθοδος υπολογισμού των HDD και CDD με χρήση απλών συναρτήσεων του υψομέτρου, για ορεινές περιοχές στις οποίες η μεταβολή του γεωγραφικού πλάτους είναι σχετικά μικρή, όπως μικρές ορεινές χώρες ή ορεινά τμήματα χωρών. Η μέθοδος, στο βαθμό που εξασφαλίζει αξιόπιστα αποτελέσματα, μπορεί να προσφέρει μεγάλη απλούστευση στην εκτίμηση των βαθμομερών. Δύο εξισώσεις διαμορφώνονται για κάθε περιοχή, οι οποίες συνδέουν τις HDD και τις CDD με το υψόμετρο, με ακρίβεια, συνολικά, πάνω από 85% για τη θέρμανση (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05) και πάνω από 87% για την ψύξη (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05). Με αυτό τον τρόπο, οι ετήσιες HDD και CDD κάθε περιοχής μέσα στις εξεταζόμενες χώρες μπορούν εύκολα να υπολογιστούν, με μόνη γνωστή μεταβλητή το υψόμετρο.

Οι εξισώσεις για την Αυστρία είναι:

$$\text{HDD} = 1,492 \cdot h + 1893,506 \quad (\text{h: υψόμετρο σε m}) \quad (6.1)$$

$$\text{CDD} = 340,41 \cdot e^{(-0,002h)} \quad (6.2)$$

Οι εξισώσεις για την Ελβετία είναι:

$$\text{HDD} = 1,615 \cdot h + 1282,204 \quad (6.3)$$

$$\text{CDD} = 449,28 \cdot e^{(-0,002h)} \quad (6.4)$$

Οι εξισώσεις για τη βόρεια Ιταλία είναι:

$$\text{HDD} = 1,719 \cdot h + 1600,959 \quad (6.5)$$

$$\text{CDD} = 440,77 \cdot e^{(-0,002h)} \quad (6.6)$$

Οι εξισώσεις για την Ελλάδα είναι:

$$\text{HDD} = 1,484 \cdot h + 885,010 \quad (6.7)$$

$$CDD = 569,88 \cdot e^{(-0,002h)} \quad (6.8)$$

Ποιοτικά, αναφορικά με τη γραμμική σχέση των HDD για την Αυστρία, ο συντελεστής 1,49 δείχνει ότι κάθε πρόσθετο μέτρο υψομέτρου αυξάνει τις HDD κατά 1,49 °C*days, κατά μέσο όρο. Παρομοίως, κάθε πρόσθετο μέτρο υψομέτρου στην Ελβετία αυξάνει τις HDD κατά περίπου 1,62 °C*days. Αυτό σημαίνει ότι με την αύξηση του υψομέτρου, αυξάνονται οι HDD, με διαφορετικό, όμως, ρυθμό, αναλόγως την εξεταζόμενη περιοχή. Τόσο ο ρυθμός αυτός, όσο και ο σταθερός όρος των αντίστοιχων εξισώσεων είναι εύλογο να υποτεθεί ότι εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το μέσο γεωγραφικό πλάτος κάθε περιοχής, αλλά η διαπίστωση αυτή απαιτεί περαιτέρω έρευνα προκειμένου να εξακριβωθεί.

Οι ετήσιες HDD και CDD επαναυπολογίστηκαν για όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς κάθε χώρας/περιοχής, σύμφωνα με τις Εξισώσεις 6.1 ως 6.8, και συγκρίθηκαν με αυτές που προέκυψαν με τη μέθοδο Erbs et al. (1983). Η μέση απόκλιση μεταξύ των δύο μεθόδων για τις HDD βρέθηκε ίση με 5,05% για την Αυστρία, 6,24% για την Ελβετία, 8,89% για τη βόρεια Ιταλία και 12% για την Ελλάδα (με αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις 3,93%, 4,49%, 5,90% και 8,20%), δίνοντας καλές εκτιμήσεις των HDD. Οι αντίστοιχες αποκλίσεις για τις CDD ήταν συγκριτικά υψηλότερες, ήτοι 14,08% για την Αυστρία, 19,64% για την Ελβετία, 17,06% για τη βόρεια Ιταλία και 20,82% για την Ελλάδα (με αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις 9,37%, 10,10%, 10,20% και 11,05%), οι οποίες θεωρούνται μέτριας ακρίβειας εκτιμήσεις. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι CDD λαμβάνουν σημαντικά χαμηλότερες τιμές από τις HDD σε όλες τις εξεταζόμενες περιοχές. Για παράδειγμα, στο σταθμό Cuneo της Ιταλίας, που βρίσκεται σε ένα μέσο υψόμετρο 536 m, μία 10% απόκλιση στις HDD ισοδυναμεί με 216 βαθμοημέρες ενώ μια 10% απόκλιση στις CDD ισοδυναμεί μόνο με 19 βαθμοημέρες. Κατά συνέπεια, αποκλίσεις της τάξης του 15%-20% στην εκτίμηση των CDD, δεν επιφέρουν, πρακτικά, σημαντικές μεταβολές στα αποτελέσματα.

6.2.4 Μεταβολή ενεργειακών αναγκών βάσει των μαθηματικών μοντέλων HDD και CDD

Με βάση τον υπολογισμό των HDD και CDD, είναι δυνατός ο υπολογισμός της μεταβολής των ενεργειακών αναγκών θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου, με τη μέθοδο των βαθμοημερών, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3 (Ενότητα 3.2.3). Βασική μεταβλητή της μεθόδου των βαθμοημερών είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (H_{tot}), ο οποίος βασίζεται στα χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους. Προκειμένου, όμως, να διερευνηθεί ο ρόλος του υψομέτρου στη μεταβολή της ενεργειακής ζήτησης των κτιρίων, λαμβάνεται ένα κτίριο ως κτίριο αναφοράς. Πιο συγκεκριμένα, αναλύεται η ενεργειακή συμπεριφορά ενός συγκεκριμένου κτιρίου (με δεδομένα τεχνικά χαρακτηριστικά) σε διαφορετικά υψόμετρα. Με τον τρόπο αυτό, ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας διατηρείται σταθερός και οι βαθμοημέρες αποτελούν το μόνο παράγοντα που επιδρά στη διαφοροποίηση των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων από τη μία περιοχή στην άλλη.

Διατηρώντας το συντελεστή H_{tot} σταθερό, η μεταβολή των HDD και CDD αντικατοπτρίζει απευθείας τη μεταβολή των θερμικών και ψυκτικών ενεργειακών αναγκών. Πιο συγκεκριμένα, η ποσοστιαία μεταβολή των θερμικών αναγκών ενός κτιρίου που βρίσκεται σε διαφορετικά υψόμετρα (1 και 2) υπολογίζεται ως εξής:

$$\frac{Q_{heat2} - Q_{heat1}}{Q_{heat1}} = \frac{H_{tot} \cdot HDD_2 \cdot \frac{24}{1000} - H_{tot} \cdot HDD_1 \cdot \frac{24}{1000}}{H_{tot} \cdot HDD_1 \cdot \frac{24}{1000}} = \frac{HDD_2 - HDD_1}{HDD_1} \quad [\%] \quad (6.9)$$

Παρομοίως, η ποσοστιαία μεταβολή των ψυκτικών αναγκών είναι:

$$\frac{Q_{cool2} - Q_{cool1}}{Q_{cool1}} = \frac{H_{tot} \cdot CDD_2 \cdot \frac{24}{1000} - H_{tot} \cdot CDD_1 \cdot \frac{24}{1000}}{H_{tot} \cdot CDD_1 \cdot \frac{24}{1000}} = \frac{CDD_2 - CDD_1}{CDD_1} \quad [\%] \quad (6.10)$$

Η ποσοστιαία μεταβολή των συνολικών αναγκών θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου σε διαφορετικά υψόμετρα μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$\frac{Q_{tot2} - Q_{tot1}}{Q_{tot1}} = \frac{(HDD_2 + CDD_2) - (HDD_1 + CDD_1)}{HDD_1 + CDD_1} \quad [\%] \quad (6.11)$$

Επίσης, η αναλογία θερμικών/ψυκτικών αναγκών ισοδυναμεί με την αναλογία HDD/CDD:

$$\frac{Q_{heat}}{Q_{cool}} = \frac{HDD}{CDD} \quad [\%] \quad (6.12)$$

Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της πρακτικής χρήσης των μαθηματικών μοντέλων στην ενεργειακή πολιτική φαίνεται στον Πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2. Μεταβολή της ενεργειακής ζήτησης θέρμανσης και ψύξης κτιρίου συναρτήσει του υψομέτρου στην Αυστρία, την Ελβετία, τη Βόρεια Ιταλία και την Ελλάδα

Χώρα	Υψόμ. (m)	Ετήσιες HDD (°C*days)	Μεταβολή αναγκών θέρμανσης (%)	Ετήσιες CDD (°C*days)	Μεταβολή αναγκών ψύξης (%)	Μεταβολή συνολικών αναγκών ¹ (%)	Αναλογία θερμικών / ψυκτικών αναγκών (%)	
Αυστρία	200	2192		228			90,6	9,4
	500	2640	+20,4	125	-45,1	+14,2	95,5	4,5
	1000	3386	+54,5	46	-79,8	+41,8	98,7	1,3
	2000	4878	+122,5	6	-97,3	+101,8	99,9	0,1
Ελβετία	200	1605		301			84,2	15,8
	500	2090	+30,2	165	-45,1	+18,3	92,7	7,3
	1000	2897	+80,5	61	-79,8	+55,2	97,9	2,1
	2000	4512	+181,1	8	-97,3	+137,1	99,8	0,2
Βόρεια Ιταλία	200	1945		295			86,8	13,2
	500	2460	+26,5	162	-45,1	+17,1	93,8	6,2
	1000	3320	+70,7	60	-79,8	+50,9	98,2	1,8
	2000	5039	+159,1	8	-97,3	+125,3	99,8	0,2
Ελλάδα	200	1182		382			75,57	24,4
	500	1627	+37,7	210	-45,1	+17,45	88,59	11,4
	1000	2369	+100,5	77	-79,8	+56,42	96,85	3,15
	2000	3853	+226,0	10	-97,3	+147,05	99,73	0,27

Σημείωση: Η ποσοστιαία μεταβολή των ενεργειακών αναγκών σε ένα δεδομένο υψόμετρο υπολογίζεται σε σχέση με το αρχικό υψόμετρο των 200 m.

¹ Οι συνολικές ανάγκες αναφέρονται στο σύνολο των αναγκών θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.2, το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών αποτελείται από θερμικά φορτία. Εξετάζοντας μια υψομετρική διαφορά 1.000 m, οι θερμικές ανάγκες ενός κτιρίου στα 1.200 m στην Αυστρία αυξάνονται κατά 68,1% (1,7 φορές υψηλότερες) σε σύγκριση με τις θερμικές ανάγκες των 200 m, ενώ οι αντίστοιχες ανάγκες ψύξης μειώνονται κατά 86,5% (7,4 φορές χαμηλότερες). Στην Ελβετία, η αύξηση της ενεργειακής ζήτησης καθ' ύψος είναι ακόμα πιο έντονη, καθώς οι θερμικές ανάγκες ενός κτιρίου στα 1.200 m αυξάνονται κατά 100,6% (2 φορές υψηλότερες) σε σχέση με το υψόμετρο των 200 m, ενώ οι αντίστοιχες ανάγκες ψύξης μειώνονται κατά 86,5% (7,4 φορές χαμηλότερες). Παρομοίως, για την περίπτωση της Βόρειας Ιταλίας, οι θερμικές ανάγκες στα 1.200 m αυξάνονται κατά 88,4% (1,9 φορές υψηλότερες), ενώ οι αντίστοιχες ανάγκες ψύξης μειώνονται κατά 86,5% (7,4 φορές χαμηλότερες). Ιδιαίτερα έντονη είναι και η διακύμανση της αντίστοιχης ενεργειακής ζήτησης στην Ελλάδα, η οποία μάλιστα είναι η μεγαλύτερη ανάμεσα στις τέσσερις χώρες, λόγω των έντονα διαφορετικών κλιματικών χαρακτηριστικών εντός της χώρας. Ειδικότερα, οι θερμικές ανάγκες στο υψόμετρο των 1.200 m αυξάνονται κατά 125,6% (2,3 φορές υψηλότερες) σε σχέση με αυτό των 200 m, ενώ οι ανάγκες ψύξης μειώνονται κατά 86,5% (7,4 φορές χαμηλότερες). Σε κάθε περίπτωση, παρά τη μείωση των αναγκών ψύξης, το σύνολο των ενεργειακών αναγκών θέρμανσης και ψύξης αυξάνεται πάντα αυξανόμενου του υψομέτρου. Συγκεκριμένα, οι συνολικές θερμικές και ψυκτικές ενεργειακές

ανάγκες του κτιρίου αναφοράς στα 1.200 m είναι 1,5 φορά υψηλότερες στην Αυστρία και 1,7 φορές υψηλότερες στην Ελβετία, τη βόρεια Ιταλία και την Ελλάδα, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες ανάγκες των 200 m.

Η αναλογία θερμικών/ψυκτικών αναγκών κλίνει σταθερά υπέρ των θερμικών αναγκών σε όλες τις περιπτώσεις, ακόμη και στα χαμηλά υψόμετρα, σε ποσοστό που ξεπερνάει το 75%, πόσο μάλλον σε υψόμετρα μεγαλύτερα των 500 m όπου οι θερμικές ανάγκες ξεπερνούν το 88% της συνολικής ζήτησης θέρμανσης και ψύξης.

6.2.5 Προσδιορισμός χρονικών περιόδων ενεργειακής ζήτησης κτιρίων βάσει του υψομέτρου

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι χρονικές περίοδοι ζήτησης θέρμανσης και ψύξης των κτιρίων για κάθε περιοχή, έγινε κατηγοριοποίηση των μετεωρολογικών σταθμών σε υψομετρικές ζώνες. Πιο συγκεκριμένα, καθορίστηκαν πέντε κατηγορίες υψομετρικών ζωνών:

- ≤ 300 m
- 300 – 500 m
- 500 – 800 m
- 800 – 1000 m
- ≥ 1000 m

Τα όρια των υψομετρικών ζωνών καθορίστηκαν μετά από σχολαστική ταξινόμηση των διαθέσιμων θερμοκρασιακών δεδομένων, έτσι ώστε κάθε ζώνη να περιλαμβάνει παρόμοιες θερμοκρασιακές συνθήκες. Για καθεμιά από αυτές, υπολογίστηκαν δώδεκα μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες (T_{mean}). Σημειώνεται ότι τα χρονικά διαστήματα θέρμανσης και ψύξης για την περίπτωση της Ελλάδας δεν έχουν προσδιοριστεί στη σχετική έρευνα των Katsoulakos & Kaliamprakos (2014). Με βάση τις τιμές αυτές, αλλά και τις επιλεγμένες θερμοκρασίες βάσης για θέρμανση και ψύξη ($T_{b,heat}$ και $T_{b,cool}$ αντίστοιχα) κάθε περιοχής, καθορίστηκαν οι απαιτούμενοι μήνες θέρμανσης και ψύξης, χρησιμοποιώντας την απλή λογική των βαθμοημερών: εάν η μέση μηνιαία θερμοκρασία είναι μικρότερη της θερμοκρασίας βάσης για θέρμανση ($T_{mean} < T_{b,heat}$) τότε απαιτείται θέρμανση του κτιρίου, ενώ αν η μέση μηνιαία θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη της θερμοκρασίας βάσης για ψύξη ($T_{mean} > T_{b,cool}$), απαιτείται ψύξη του κτιρίου για το συγκεκριμένο μήνα. Έτσι, η συνολική περίοδος απαιτούμενης θέρμανσης των κτιρίων υπολογίστηκε ως το άθροισμα των αντίστοιχων μηνών θέρμανσης [$\sum months (T_{mean} < T_{b,heat})$] και, παρομοίως, η περίοδος της ψύξης ως το άθροισμα των αντίστοιχων μηνών ψύξης [$\sum months (T_{mean} > T_{b,cool})$]. Σημειώνεται ότι οι χρονικές περίοδοι της απαιτούμενης ενεργειακής ζήτησης υπολογίστηκαν σε μήνες, χωρίς να προσδιορίζεται ο ακριβής αριθμός των ημερών, καθώς τα διαθέσιμα θερμοκρασιακά δεδομένα στην παρούσα έρευνα -όπως και στις περισσότερες περιπτώσεις- είναι μηνιαία (ένας μήνας ισοδυναμεί με τριάντα ή λιγότερες ημέρες ενεργειακής ζήτησης για θέρμανση ή ψύξη).

Η λεπτομερής ανάλυση της απαιτούμενης χρονικής διάρκειας θέρμανσης και ψύξης ανά υψομετρική ζώνη στην Αυστρία, την Ελβετία, τη βόρεια Ιταλία και την Ελλάδα φαίνεται στους Πίνακες 6.3, 6.4, 6.5 και 6.6, αντίστοιχα. Όπως φαίνεται, οι μήνες ζήτησης θέρμανσης αυξάνονται με την αύξηση του υψόμετρου ενώ αυτοί της ζήτησης ψύξης σταδιακά μειώνονται, για τις τέσσερις περιοχές, εμφανίζοντας παρόμοια χαρακτηριστικά μεταξύ τους.

Πίνακας 6.3. Μήκος περιόδου θέρμανσης και ψύξης ανά υψομετρική ζώνη στην Αυστρία

Υψόμετρο (m)	Μέση θερμοκρασία (T_{mean})												Μήνες	
	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Θ	Ψ
<=300	-1,0	0,6	4,7	9,7	14,6	17,8	19,7	19,1	15,0	9,6	4,4	0,5	7	2
300-500	-2,1	-0,4	3,8	8,4	13,3	16,5	18,2	17,4	13,6	8,6	3,2	-0,7	9	1
500-800	-3,4	-1,5	2,7	7,2	12,1	15,3	17,0	16,3	12,7	7,7	2,0	-2,2	9	0
800-1000	-3,8	-2,2	1,7	5,9	10,9	14,0	15,7	15,0	11,6	6,9	1,3	-2,7	10	0
>=1000	-6,3	-6,4	-3,8	-0,5	4,3	7,5	9,6	9,4	6,5	2,7	-2,1	-5,2	12	0

Σημείωση: α. $T_{b,heat}$: 14°C, $T_{b,cool}$: 18°C.

β. Τα «Θ» - «Ψ» στις 2 τελευταίες στήλες αναφέρονται στους μήνες θέρμανσης και ψύξης.

Πίνακας 6.4. Μήκος περιόδου θέρμανσης και ψύξης ανά υψομετρική ζώνη στην Ελβετία

Υψόμετρο (m)	Μέση θερμοκρασία (T_{mean})												Μήνες	
	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Θ	Ψ
<=300	2,1	3,8	8,1	11,5	15,7	19,6	21,9	21,2	17,1	12,3	6,9	3,0	7	3
300-500	0,9	1,9	5,9	9,5	14,0	17,2	19,5	18,8	14,9	10,6	5,0	1,9	8	2
500-800	-0,3	0,8	4,8	8,3	12,8	15,9	18,1	17,5	13,8	9,6	4,0	0,8	9	1
800-1000	-1,8	-1,0	2,6	6,2	10,8	14,0	16,2	15,6	12,1	8,1	2,5	-0,8	10	0
>=1000	-4,3	-4,1	-1,3	1,8	6,5	9,8	12,2	11,9	8,5	5,0	-0,4	-3,4	12	0

Σημείωση: α. $T_{b,heat}$: 14°C, $T_{b,cool}$: 18°C

β. Τα «Θ» και «Ψ» στις 2 τελευταίες στήλες αναφέρονται στους μήνες θέρμανσης και ψύξης.

Πίνακας 6.5. Μήκος περιόδου θέρμανσης και ψύξης ανά υψομετρική ζώνη στη βόρεια Ιταλία

Υψόμετρο (m)	Μέση θερμοκρασία (T_{mean})												Μήνες	
	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Θ	Ψ
<=300	3,2	5,0	8,9	12,6	17,1	20,9	23,4	23,0	19,3	14,1	8,4	4,4	7	3
300-500	-0,7	1,4	5,9	9,8	14,5	18,2	20,7	20,6	17,1	11,7	5,3	0,7	8	2
500-800	1,3	3,2	7,0	10,6	15,0	18,7	21,2	20,6	17,0	11,8	6,2	2,4	8	2
800-1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	0
>=1000	-3,9	-3,1	-0,3	2,9	7,2	10,7	13,1	12,8	9,8	5,5	0,4	-2,6	12	0

Σημείωση: α. $T_{b,heat}$: 16°C, $T_{b,cool}$: 20°C

β. Ελλιπή δεδομένα στην υψομετρική ζώνη 800-1000 m. Ο αριθμός των μηνών σε αυτή την υψομετρική ζώνη υπολογίστηκε σύμφωνα με τη γραμμική τάση ενός διαγράμματος που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ υψομέτρων και μέσων θερμοκρασιών για όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς της βόρειας Ιταλίας.

γ. Τα «Θ» και «Ψ» στις 2 τελευταίες στήλες αναφέρονται στους μήνες θέρμανσης και ψύξης.

Πίνακας 6.6. Μήκος περιόδου θέρμανσης και ψύξης ανά υψομετρική ζώνη στην Ελλάδα

Υψόμετρο (m)	Μέση θερμοκρασία (T _{mean})												Μήνες	
	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Θ	Ψ
<=300	8,3	9,0	11,1	14,9	19,6	24,0	26,4	26,0	22,6	17,7	13,1	9,7	6	4
300-500	5,2	6,3	9,3	13,0	18,0	22,5	25,1	24,2	20,4	15,1	9,9	6,6	7	3
500-800	4,6	5,2	8,2	12,2	17,1	22,2	24,5	24,0	20,4	14,7	9,6	6,1	7	3
800-1000	3,8	3,1	5,4	10,6	14,7	18,9	21,6	20,9	17,6	12,4	6,8	4,8	8	0
>=1000	1,6	2,3	4,9	8,6	13,6	17,7	20,6	19,9	16,4	11,0	6,8	2,9	9	0

Σημείωση: α. T_{b,heat}: 16°C, T_{b,cool}: 22°C

β. Τα «Θ» και «Ψ» στις 2 τελευταίες στήλες αναφέρονται στους μήνες θέρμανσης και ψύξης.

Η μικρότερη περίοδος θέρμανσης και, αντίστοιχα, η μεγαλύτερη περίοδος ψύξης εμφανίζονται στις χαμηλού υψομέτρου περιοχές. Πιο συγκεκριμένα, οι περιοχές κάτω των 300 m παρουσιάζουν θερμικές ανάγκες 6-7 μηνών (6 για την Ελλάδα), ενώ οι αντίστοιχες ανάγκες ψύξης αγγίζουν τη μέγιστη διάρκειά τους, αυτή των 2-4 μηνών (4 για την Ελλάδα). Ανεβαίνοντας υψομετρικά στις δύο επόμενες ζώνες, υπάρχει μια σταδιακή αύξηση των θερμικών αναγκών (επιπλέον 1 ή 2 μήνες) και μία αντίστοιχη σταδιακή μείωση των ψυκτικών αναγκών (περίπου 1 μήνας λιγότερος κατά ζώνη) για τις τέσσερις περιοχές. Οι ορεινές περιοχές των 800-1.000 m παρουσιάζουν στην πλειονότητά τους μια μεγάλη περίοδο θέρμανσης 10 μηνών (8 για την Ελλάδα), ενώ η περίοδος ψύξης εξαφανίζεται. Η μεγαλύτερη περίοδος θέρμανσης -με μηδενική περίοδο ψύξης- εντοπίζεται στην τελευταία υψομετρική ζώνη, άνω των 1.000 m, η οποία αγγίζει τους 9 μήνες για την Ελλάδα και τους 12 μήνες για τις άλλες τρεις περιοχές. Αυτό σημαίνει ότι οι τρεις περιοχές χρειάζονται θέρμανση καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Άλλο ένα σημαντικό στοιχείο, αναφορικά με τη χρησιμότητά του ενεργειακή πολιτική, είναι ο προσδιορισμός της έναρξης και της λήξης των περιόδων θέρμανσης και ψύξης, έτσι ώστε τα σχετικά μέτρα πχ. ενεργειακές επιδοτήσεις, να εφαρμόζονται την κατάλληλη χρονική περίοδο. Τα χρονοδιαγράμματα της έναρξης και της λήξης των περιόδων θέρμανσης και ψύξης για την Αυστρία, την Ελβετία, τη βόρεια Ιταλία και την Ελλάδα απεικονίζονται στα Διαγράμματα 6.9, 6.10, 6.11 και 6.12, αντίστοιχα.

Υψόμετρο (m)	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
<=300												
300-500												
500-800												
800-1000												
>=1000												

Διάγραμμα 6.9. Έναρξη και λήξη περιόδου θέρμανσης (σκούρο κόκκινο) και ψύξης (μπλε) στην Αυστρία

Υψόμετρο (m)	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
<=300												
300-500												
500-800												
800-1000												
>=1000												

Διάγραμμα 6.10. Έναρξη και λήξη περιόδου θέρμανσης (σκούρο κόκκινο) και ψύξης (μπλε) στην Ελβετία

Υψόμετρο (m)	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
<=300												
300-500												
500-800												
800-1000												
>=1000												

Διάγραμμα 6.11. Έναρξη και λήξη περιόδου θέρμανσης (σκούρο κόκκινο) και ψύξης (μπλε) στη Β. Ιταλία

Υψόμετρο (m)	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
<=300												
300-500												
500-800												
800-1000												
>=1000												

Διάγραμμα 6.12. Έναρξη και λήξη περιόδου θέρμανσης (σκούρο κόκκινο) και ψύξης (μπλε) στην Ελλάδα

Εξετάζοντας κάθε περίπτωση ξεχωριστά, φαίνεται ότι στην Αυστρία, η οποία παρουσιάζει τις χαμηλότερες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες μεταξύ των τεσσάρων περιπτώσεων, οι θερμικές απαιτήσεις ξεκινούν τον Οκτώβριο για τις χαμηλού υψομέτρου περιοχές κάτω των 300 m και μετακινούνται στο Σεπτέμβριο για τις υπόλοιπες υψομετρικές ζώνες (300-500 m, 500-800 m, 800-1.000 m και άνω των 1.000 m). Η λήξη της περιόδου θέρμανσης παρατηρείται τον Απρίλιο για τις περιοχές κάτω των 300 m, ενώ μετακινείται στο Μάιο για μεγαλύτερα υψόμετρα (300-500 m και 500-800 m), στον Ιούνιο για τη ζώνη των 800-1.000 m και στον Αύγουστο για τις περιοχές άνω των 1.000 m, όπου πρακτικά η περίοδος θέρμανσης δεν τερματίζεται ποτέ.

Για την Ελβετία, η περίοδος θέρμανσης εμφανίζεται τον Οκτώβριο για τις δύο πρώτες ζώνες (κάτω των 300 m και 300-500 m) και μετακινείται στο Σεπτέμβριο για τις υπόλοιπες ζώνες. Όσον αφορά στη λήξη της περιόδου θέρμανσης, η κατάσταση είναι ίδια με αυτή της Αυστρίας. Στη βόρεια Ιταλία, η έναρξη της θέρμανσης τοποθετείται στον Οκτώβριο για τις χαμηλές και ενδιάμεσες ζώνες (κάτω των 300 m, 300-500 m και 500-800 m) και μετακινείται στο Σεπτέμβριο για τις δύο τελευταίες ζώνες. Ο μήνας που σηματοδοτεί τη λήξη της περιόδου θέρμανσης είναι ο Απρίλιος για τις περιοχές κάτω των 300 m, ο Μάιος για τα ενδιάμεσα και μεγαλύτερα υψόμετρα

(300-500 m και 500-800 m), ενώ ο Αύγουστος είναι το όριο για τις περιοχές άνω των 1.000 m, που σημαίνει ότι απαιτείται θέρμανση καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Λίγο διαφορετική είναι η κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα, λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών που παρατηρούνται γενικότερα στη χώρα. Η περίοδος θέρμανσης ξεκινά το Νοέμβριο για τα χαμηλά υψόμετρα, κάτω των 300 m, τον Οκτώβριο για όλες τις υπόλοιπες ζώνες μέχρι και τα 1.000 m, ενώ μετακινείται στο Σεπτέμβριο για τα υψόμετρα που υπερβαίνουν τα 1.000 m. Η ανάγκη θέρμανσης τερματίζεται τον Απρίλιο για τα χαμηλά και μέσα υψόμετρα έως και τα 800 m και το Μάιο για τα υπόλοιπα υψόμετρα, άνω των 800 m.

Όσον αφορά στην περίοδο ψύξης των τεσσάρων περιπτώσεων, αυτή περιορίζεται στις τρεις πρώτες υψομετρικές ζώνες (κάτω των 300 m, 300-500 m και 500-800 m), εκτός από την Αυστρία, όπου η περίοδος ψύξης περιορίζεται ακόμα περισσότερο, στις δύο πρώτες ζώνες. Η περίοδος ψύξης περιλαμβάνει συνήθως τους τρεις καλοκαιρινούς μήνες, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, με εξαίρεση την Αυστρία που αποκλείει τον Ιούνιο από την ψύξη και την Ελλάδα που συμπεριλαμβάνει και το Σεπτέμβριο στην ψύξη για τις χαμηλού υψομέτρου περιοχές (<300 m). Η μετάβαση από τη μία ζώνη στην άλλη μεταφράζεται ως μείωση της περιόδου ψύξης κατά ένα μήνα, κατά μέσο όρο.

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι περιοχές με υψόμετρα που πλησιάζουν το κατώτερο όριο μιας υψομετρικής ζώνης πιθανώς να ανήκουν στην προηγούμενη ζώνη όσον αφορά στις περιόδους θέρμανσης και ψύξης, ενώ αντίστοιχα περιοχές που πλησιάζουν τα ανώτερα όρια μιας ζώνης πιθανώς να ανήκουν στην επόμενη ζώνη. Αυτή η τάση παρατηρείται σε διάφορους σταθμούς των τεσσάρων περιοχών, ειδικά στις δύο πρώτες υψομετρικές ζώνες (< 300 m και 300-500 m).

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως, για την περίπτωση της Ελλάδας, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας διαφοροποιούνται, σχετικά, από τις χρονικές περιόδους θέρμανσης και ψύξης που ορίζονται στη σχετική Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010), ειδικά για τις περιοχές μεγάλου υψομέτρου (άνω των 800 m). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ για την Ελλάδα, ορίζεται:

- περίοδος θέρμανσης 5,5 μηνών (1 Νοεμβρίου-15 Απριλίου) και περίοδος ψύξης 4 μηνών (15 Μαΐου-15 Σεπτεμβρίου) για τις κλιματικές ζώνες Α και Β.
- περίοδος θέρμανσης 6,5 μηνών (15 Οκτωβρίου- 30 Απριλίου) και περίοδος ψύξης 3 μηνών (1 Ιουνίου-31 Αυγούστου) για τις κλιματικές ζώνες Γ και Δ.

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.12, ο αναλυτικός προσδιορισμός των ενεργειακών απαιτήσεων κατά υψομετρική ζώνη διαφοροποιεί εν μέρει ή προσδιορίζει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα χρονικά διαστήματα σε σχέση με την Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ, ειδικά για τη θέρμανση. Ειδικότερα, προκύπτει ότι η περίοδος θέρμανσης δεν περιορίζεται αυστηρά στους 5,5, ή στους 6,5 μήνες, αλλά, σε μεγάλα υψόμετρα (άνω των 800 m) επεκτείνεται στους 8 ή και στους 9 μήνες. Το αποτέλεσμα αυτό είναι εύλογο αν σκεφτεί κανείς τις μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές που παρατηρούνται σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας κατά τους μήνες Μάιο και

Σεπτέμβριο. Ενδεικτικά, οι ορεινές περιοχές της Ελλάδας (πχ. Μέτσοβο, Πράμαντα) αναγκάζονται, κατά κανόνα, να χρησιμοποιούν θέρμανση κατά τους μήνες αυτούς ή έστω κατά το ήμισυ των μηνών αυτών, τη στιγμή που άλλες αστικές ή παραθαλάσσιες περιοχές (πχ. Αθήνα, Χανιά) πολύ σπάνια εμφανίζουν την ανάγκη θέρμανσης κατά τη διάρκεια των μεταβατικών αυτών μηνών. Όσον αφορά στην περίοδο ψύξης, τα αποτελέσματα της έρευνας δεν παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις από την Τεχνική Οδηγία, εκτός από το γεγονός ότι οι ορεινές περιοχές άνω των 800 m δεν παρουσιάζουν σχεδόν καθόλου ανάγκες ψύξης.

6.3 Αποτελέσματα βαθμομερών με χρήση της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας (lapse rate)

Για να καλυφθεί το κενό της έλλειψης θερμοκρασιακών δεδομένων με επαρκή πυκνότητα στο χώρο, πέραν της μεθόδου υπολογισμού των βαθμομερών βάσει του υψομέτρου, στην παρούσα Ενότητα παρουσιάζεται μια ακόμη μέθοδος υπολογισμού των HDD και CDD, βασισμένη στο μέγεθος της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας (Lapse Rate-LR). Η κατακόρυφη θερμοβαθμίδα αναφέρεται στη μείωση της θερμοκρασίας αέρα συναρτήσει του υψομέτρου. Ειδικότερα, το LR παράγεται από τη σχέση που συνδέει τη θερμοκρασία με το υψόμετρο. Σύμφωνα με τη Διεθνή Πρότυπη Ατμόσφαιρα (International Standard Atmosphere)⁹, η οποία θεωρεί την ατμόσφαιρα της γης σαν ένα ιδανικό αέριο, η θερμοκρασία μειώνεται συναρτήσει του υψομέτρου στο σταθερό ρυθμό του 6,5°C/km. Ως εκ τούτου, μπορεί εύκολα να υπολογιστεί σε ένα δεδομένο υψόμετρο σύμφωνα με την Εξίσωση (ISO 1975, Airbus 2002):

$$T = T_0 - 6.5 \cdot h/1000 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (6.13)$$

όπου,

T_0 : η θερμοκρασία στο επίπεδο της θάλασσας, η οποία ορίζεται στους 15°C

h: το υψόμετρο της υπό μελέτη περιοχής (m)

Με βάση το παραπάνω ατμοσφαιρικό μοντέλο, πολλές μελέτες αναφέρονται στη δυνατότητα υπολογισμού της θερμοκρασίας μιας συγκεκριμένης περιοχής, με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα του κοντινότερου μετεωρολογικού σταθμού. Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας με σχετική Τεχνική Οδηγία (TOTEE 20701-3/2010), βάσει του ASHRAE (2005), αναφέρει

⁹ Τα πρώτα ατμοσφαιρικά μοντέλα αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του 1920 στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Το πρώτο διεθνώς αποδεκτό μοντέλο εισήχθη το 1952 (ICAO Standard Atmosphere), ενώ για τις επόμενες δύο δεκαετίες πολλά νέα μοντέλα έκαναν την εμφάνισή τους. Το 1975 καθιερώθηκε η λεγόμενη «Διεθνής Πρότυπη Ατμόσφαιρα» (International Standard Atmosphere: I.S.A.) – ISO 2533:1975 (ISO 1975) σαν ένα ενιαίο, ιδεατό, διεθνώς αποδεκτό μοντέλο το οποίο καθορίζει την κατανομή των βασικών χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας της γης (πίεση, θερμοκρασία, πυκνότητα και ιξώδες) συναρτήσει του υψομέτρου. Το μοντέλο αυτό αποτελεί μια προσέγγιση της μέσης ετήσιας ατμόσφαιρας όλων των γεωγραφικών πλατών.

πως στην περίπτωση που δεν υπάρχουν μετεωρολογικά δεδομένα για μια περιοχή, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα μετεωρολογικά δεδομένα της πλησιέστερης περιοχής, με την προϋπόθεση ότι οι δύο περιοχές δεν εμφανίζουν υψομετρική διαφορά μεγαλύτερη των 200 m. Στην περίπτωση που η υψομετρική διαφορά τους υπερβαίνει τα 200 m, τότε η Εξίσωση 6.13 μετασχηματίζεται στην ακόλουθη Εξίσωση:

$$T_2 = T_1 - 6,5 \cdot (h_2 - h_1)/1000 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (6.14)$$

όπου,

T_2 : η θερμοκρασία της υπό μελέτη περιοχής ($^{\circ}\text{C}$)

T_1 : η θερμοκρασία της δεδομένης περιοχής αναφοράς ($^{\circ}\text{C}$)

h_2 : το υψόμετρο της υπό μελέτη περιοχής (m)

h_1 : το υψόμετρο της δεδομένης περιοχής αναφοράς (m)

Η τυπική τιμή του LR ($6,5^{\circ}\text{C}/\text{km}$) έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές μελέτες (πχ. Prentice et al. 1992, Hamlet & Lettenmaier 2005). Ωστόσο, έχει αποτελέσει αντικείμενο διαφωνίας μεταξύ των ερευνητών. Αρκετοί υποστηρίζουν ότι η τιμή αυτή μεταβάλλεται σημαντικά από περιοχή σε περιοχή. Ειδικά ερευνητές που εστιάζουν στη μελέτη ορεινών περιοχών μέσω πειραματικών δοκιμών με τη χρήση αισθητήρων θερμοκρασίας, υποστηρίζουν ότι η ευρέως χρησιμοποιούμενη τιμή $6,0-6,5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ δεν είναι αντιπροσωπευτική των πραγματικών συνθηκών στον ορεινό χώρο και ότι μεταβάλλεται σημαντικά από περιοχή σε περιοχή, όπως για παράδειγμα στα Απαλάχια όρη (Bolstad et al. 1998), στις Άλπεις (Rolland 2003) κ.ο.κ. Στις περιπτώσεις αυτές, υποστηρίζεται ότι οι μέσες ετήσιες τιμές LR κινούνται μεταξύ $3,9-5,2^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (Minder et al. 2010). Κατά συνέπεια, ο προσδιορισμός των πραγματικών τιμών LR για κάθε εξεταζόμενη γεωγραφική περιοχή αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για την εκτίμηση των μέσων θερμοκρασιακών συνθηκών.

Με βάση τα παραπάνω και δεδομένων των πλούσιων μετεωρολογικών στοιχείων που είναι διαθέσιμα για τις τρεις αλπικές χώρες/περιοχές (Αυστρία, Ελβετία, βόρεια Ιταλία), οι οποίες περιλαμβάνουν ένα μεγάλο υψομετρικό εύρος σταθμών, αλλά και με τα υφιστάμενα διαθέσιμα μετεωρολογικά στοιχεία για την Ελλάδα, επιχειρείται η εκτίμηση των κατάλληλων τιμών του LR για τις τέσσερις περιοχές.

Τα βασικά βήματα της προτεινόμενης μεθοδολογίας, μετά τον αρχικό υπολογισμό των HDD και CDD όλων των μετεωρολογικών σταθμών των τεσσάρων περιοχών (όπως παρουσιάστηκε στην Ενότητα 6.2.1 και 6.2.2), που θα αποτελέσουν τη βάση αναφοράς και ελέγχου, είναι τα εξής:

- Ποσοτικοποίηση της κατανομής της θερμοκρασίας συναρτήσει του υψομέτρου για τις τέσσερις χώρες και υπολογισμός του αντίστοιχου LR μέσω απλών μοντέλων παλινδρόμησης.

Η ανάλυση έδειξε, όπως αναμενόταν, ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα συνδέεται γραμμικά και αρνητικά με το υψόμετρο, για τις τέσσερις περιπτώσεις. Οι τιμές LR προκύπτουν από τις εξισώσεις των μοντέλων παλινδρόμησης που συνδέουν τις δύο μεταβλητές (θερμοκρασία -

υψόμετρο) για κάθε χώρα και, συγκεκριμένα, από την κλίση της εκάστοτε γραμμής παλινδρόμησης.

Η εξίσωση που συνδέει τη μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα με το υψόμετρο για την Αυστρία είναι:

$$T = -0,0049 \cdot h + 10,453 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (6.15)$$

Η τιμή LR για την Αυστρία είναι 4,9°C/km.

Η αντίστοιχη εξίσωση για την Ελβετία είναι:

$$T = -0,0052 \cdot h + 12,281 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (6.16)$$

Η τιμή LR για την Ελβετία είναι 5,2°C/km.

Η αντίστοιχη εξίσωση για τη βόρεια Ιταλία είναι:

$$T = -0,0060 \cdot h + 13,972 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (6.17)$$

Η τιμή LR για τη βόρεια Ιταλία είναι 6,0°C/km.

Η αντίστοιχη εξίσωση για την Ελλάδα είναι:

$$T = -0,0055 \cdot h + 17,020 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (6.18)$$

Η τιμή LR για την Ελλάδα είναι 5,5°C/km.

Πράγματι, αποδεικνύεται ότι η τιμή του LR μεταβάλλεται σημαντικά όταν μελετάται σε επίπεδο χώρας και, μάλιστα, σε επίπεδο ορεινής χώρας, δεδομένων των μεγαλύτερων θερμοκρασιακών διακυμάνσεων που υπάρχουν. Στις συγκεκριμένες περιπτώσεις, κινείται μεταξύ 4,9°C/km και 6,0°C/km, σε αντίθεση με την τυπική, καθιερωμένη τιμή των 6,5°C/km.

- Υπολογισμός της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κάθε ορεινού μετεωρολογικού σταθμού άνω των 600 m των τεσσάρων περιοχών, με βάση τη θερμοκρασία του πλησιέστερου σταθμού κάτω των 600 m, σύμφωνα με την Εξίσωση 6.14, αντικαθιστώντας την τυπική τιμή του 6,5°C/km με την αντίστοιχη τιμή LR της υπό εξέταση περιοχής. Σημειώνεται ότι κάτω των 600 m θεωρείται πιθανή η ύπαρξη μετεωρολογικών σταθμών σε κάποια περιοχή μελέτης. Γι' αυτό και το υψόμετρο αυτό λαμβάνεται ως βάση αναφοράς. Κατά συνέπεια, η Εξίσωση 6.14 μετατρέπεται στην ακόλουθη:

$$T_2 = T_1 - (LR) \cdot (h_2 - h_1)/1000 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (6.19)$$

- Επανυπολογισμός των μηνιαίων και ετήσιων HDD για τους παραπάνω ορεινούς σταθμούς, με βάση τις μηνιαίες θερμοκρασίες του προηγούμενου βήματος, σύμφωνα με τη μέθοδο Erbs et al. (1983), όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3, και σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις αρχικές/πραγματικές ετήσιες τιμές των HDD, που αποτελούν τη βάση αναφοράς και ελέγχου.

Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι οι Εξισώσεις 6.15-6.18 υπολογίζουν τη μέση ετήσια (και όχι μηνιαία) θερμοκρασία αέρα σε κάθε περιοχή της υπό εξέταση χώρας και, ως εκ τούτου, η θερμοκρασία αυτή δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό των βαθμομερών, ο οποίος

χρησιμοποιεί μηνιαία θερμοκρασιακά δεδομένα. Οι συγκεκριμένες Εξισώσεις παρήχθησαν αποκλειστικά και μόνο για τον υπολογισμό του LR. Εφαρμόζοντας την προτεινόμενη μέθοδο σε όλους τους ορεινούς σταθμούς άνω των 600 m στην Αυστρία, την Ελβετία, τη βόρεια Ιταλία και την Ελλάδα, υπολογίζεται ότι η μέση απόκλιση μεταξύ των νέων υπολογισθέντων ετήσιων HDD και των αρχικών/πραγματικών τιμών HDD είναι 7% και αυτή μεταξύ των αντίστοιχων ετήσιων CDD είναι 15%, γεγονός που σημαίνει ότι η προτεινόμενη μέθοδος δίνει ικανοποιητικές εκτιμήσεις των HDD και CDD, δεδομένων των αρκετά μικρότερων απόλυτων τιμών των CDD έναντι των HDD.

Από την παραπάνω ανάλυση, αποδεικνύεται ότι η προτεινόμενη εναλλακτική μεθοδολογία υπολογισμού των βαθμομερών μέσω της χρήσης της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας μπορεί να δώσει αποτελέσματα ικανοποιητικής ακρίβειας, στις περιπτώσεις χωρών/περιοχών με ελλιπή μετεωρολογικά δεδομένα ορεινών περιοχών.

6.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Ο αντικειμενικός προσδιορισμός των ενεργειακών αναγκών θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου προϋποθέτει την εκτίμηση των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης στη συγκεκριμένη τοποθεσία της υπό μελέτη χώρας. Όμως, οι υφιστάμενοι μετεωρολογικοί σταθμοί μιας χώρας καλύπτουν μέρος των κατοικημένων περιοχών, ειδικά στις περιπτώσεις ορεινών χωρών/περιοχών, με αραιό δίκτυο σταθμών σε μεγάλα υψόμετρα. Κατά συνέπεια, απαιτείται συχνά η επίλυση του προβλήματος της έλλειψης ιστορικών θερμοκρασιακών δεδομένων για ένα μεγάλο, συνήθως, τμήμα της υπό μελέτη χώρας. Ειδικά για την περίπτωση της Ελλάδας, υπάρχει σημαντική έλλειψη μακροχρόνιων θερμοκρασιακών δεδομένων, ιδιαίτερα στις ορεινές περιοχές, οι οποίες καταλαμβάνουν και το μεγαλύτερο μέρος της χώρας.

Οι Katsoulakos & Kaliampakos (2014) έδειξαν ότι οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης μπορούν εκτιμηθούν με ικανοποιητική ακρίβεια ως μονοπαραμετρικές συναρτήσεις του υψομέτρου για την περίπτωση της Ελλάδας. Στην παρούσα εργασία, το συμπέρασμα αυτό γενικεύεται και σε άλλες ορεινές χώρες/περιοχές, την Αυστρία, την Ελβετία και τη βόρεια Ιταλία. Πιο συγκεκριμένα, αποδείχτηκε ότι οι βαθμομέρες θέρμανσης (HDD) μπορούν να εκτιμηθούν με επαρκή ακρίβεια, μέσω κατάλληλης γραμμικής συνάρτησης του υψομέτρου, με υψηλούς προσαρμοσμένους συντελεστές προσδιορισμού (Adjusted R²) μεταξύ HDD και υψομέτρου για τις επιλεγμένες θερμοκρασίες βάσης (95,1% για την Αυστρία, 95,5% για την Ελβετία, 90,5% για την Ιταλία και 85,7% για την Ελλάδα, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05). Το γεωγραφικό πλάτος, ως ο καθοριστικός παράγοντας διαμόρφωσης του κλίματος, επιδρά στις εξισώσεις μέσω των σταθερών όρων τους. Η ανάλυση των διπλών μοντέλων παλινδρόμησης (HDD-Altitude-Latitude) δείχνει ότι η προσθήκη του γεωγραφικού πλάτους μπορεί πρακτικά να αγνοηθεί, αφού εξαιτίας των μικρών μεταβολών του στις συγκεκριμένες περιπτώσεις, η πρόσθεσή του δεν βελτιώνει ουσιαστικά τα αποτελέσματα.

Αντίστοιχα, όσον αφορά στις βαθμομημέρες ψύξης (CDD), η εκθετική κατανομή φαίνεται να προσεγγίζει καλύτερα τη μεταβολή τους συναρτήσει του υψομέτρου, με υψηλές τιμές του συντελεστή συσχέτισης (R^2) για τις επιλεγμένες θερμοκρασίες βάσης (97,4% για την Αυστρία, 97% για την Ελβετία, 95,9% για τη βόρεια Ιταλία και 87,8% για την Ελλάδα, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05). Ειδικά για την περίπτωση της Ελλάδας, διορθώθηκε η γραμμική σχέση μεταξύ CDD και υψομέτρου της μελέτης των Katsoulakos & Kaliampakos (2014), που είχε δώσει συντελεστή συσχέτισης (R^2) 78%.

Οι εξισώσεις που διαμορφώθηκαν αποδεικνύουν την καθοριστική επίδραση του υψομέτρου στις αντικειμενικές ενεργειακές ανάγκες ενός νοικοκυριού. Ειδικότερα, εξετάζοντας μια υψομετρική διαφορά 1.000 m, αποδεικνύεται ότι ένα σπίτι αναφοράς στα 1.200 m έχει 1,7-2,3 φορές υψηλότερες θερμικές ανάγκες σε σχέση με το υψόμετρο των 200 m και 1,5-1,7 φορές υψηλότερες συνολικές ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και ψύξης, ανάλογα με την εξεταζόμενη χώρα. Γενικότερα, παρά τη σημαντική πτώση των αναγκών ψύξης συναρτήσει του υψομέτρου, το σύνολο των ενεργειακών αναγκών παραμένει πάντα υψηλότερο στα μεγαλύτερα υψόμετρα, λόγω των σημαντικά υψηλότερων εμφανιζόμενων θερμικών φορτίων.

Ο προσδιορισμός των χρονικών περιόδων ζήτησης θέρμανσης και ψύξης ανά υψομετρική ζώνη είναι ένα σημαντικό στοιχείο για τη χάραξη ορθής ενεργειακής πολιτικής. Από την ανάλυση αποδεικνύεται ότι η απαιτούμενη περίοδος θέρμανσης αυξάνεται σημαντικά συναρτήσει του υψομέτρου, ενώ η αντίστοιχη απαιτούμενη περίοδος ψύξης μειώνεται. Ενδεικτικά, μια κατοικία αναφοράς στα 1.200 m εμφανίζει ανάγκες θέρμανσης για μια μεγαλύτερη περίοδο 3-5 μηνών και ανάγκες ψύξης για μια μικρότερη χρονική περίοδο (2-4 μηνών), σε σχέση με το υψόμετρο των 200 m. Οι ορεινές περιοχές των 800-1.000 m παρουσιάζουν μια μεγάλη περίοδο θέρμανσης 10 μηνών (8 μήνες για την Ελλάδα) ενώ η περίοδος ψύξης, πρακτικά, εξαφανίζεται. Η ανάλυση έδωσε, επίσης, χρήσιμα στοιχεία για τον προσδιορισμό της έναρξης και της λήξης των περιόδων θέρμανσης και ψύξης, στις αντίστοιχες περιπτώσεις. Σημειώνεται ότι, για την περίπτωση της Ελλάδας, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας διαφοροποιούνται, σχετικά, από τις χρονικές περιόδους θέρμανσης και ψύξης που ορίζονται στη σχετική Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ (ειδικά για τις περιοχές άνω των 800 m).

Τέλος, προτείνεται και μια δεύτερη εναλλακτική μέθοδος υπολογισμού των βαθμομερών, βασισμένη στο μέγεθος της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας (Lapse Rate-LR). Η μέθοδος αυτή μπορεί να δώσει λύση στις περιπτώσεις χωρών/περιοχών με ελλιπή μετεωρολογικά δεδομένα σε ορεινές/απομακρυσμένες περιοχές, υπολογίζοντας τη θερμοκρασία τους βάσει της θερμοκρασίας του πλησιέστερου σταθμού και της τιμής LR της υπό μελέτη περιοχής. Η σύγκριση με τις αρχικές/υφιστάμενες τιμές μέσω Erbs έδωσε μικρές μέσες αποκλίσεις (7% για τις HDD και 15% για τις CDD), γεγονός που σημαίνει ότι η προτεινόμενη μέθοδος δίνει ικανοποιητικές εκτιμήσεις των HDD και CDD, δεδομένων των αρκετά μικρότερων απόλυτων τιμών των CDD έναντι των HDD.

Βιβλιογραφία

Airbus (2002). *Getting to Grips with Aircraft Performance*. Airbus Industrie. Blagnac, France. <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2263.pdf>

ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering) (2005). *Handbook Fundamentals*. Atlanta, Georgia: Inch-Pound Edition.

Bolstad P. V., Swift L., Collins F. & Regniere J. (1998). Measured and predicted air temperatures at basin to regional scales in the southern Appalachian mountains. *Agricultural and Forest Meteorology*, 91 (3–4), pp. 161-176.

Büyükalaca O., Hüsametlin B. & Yilmaz T. (2001). Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey. *Applied Energy*, 69, pp. 269–283.

Erbs D. G., Klein S. A. & Beckman W. A. (1983). Estimation of degree-days and ambient temperature bin data from monthly-average temperatures. *ASHRAE J.*, 25 (6), pp. 60–65.

Hamlet A. F. & Lettenmaier D. P. (2005). Production of temporally consistent gridded precipitation and temperature fields for the continental United States. *Journal of Hydrometeorology*, 6 (3), pp. 330-336.

HILSTAP (Historical Instrumental Climatological Surface Time Series Of The Greater Alpine Region) (2016). <http://www.zamg.ac.at/histalp/index.php>

ISO (International Organization for Standardization) (1975). *Standard Atmosphere*. Switzerland. <https://www.iso.org/standard/7472.html> Accessed on 4/4/2017

Katsoulakos N. M. & Kaliampakos D. C. (2014). What is the impact of altitude on energy demand? A step towards developing specialized energy policy for mountainous areas. *Energy Policy*, 71, pp. 130-138.

Κατσουλάκος Ν. (2013). *Βέλτιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ορεινές περιοχές. Η περίπτωση του Μετσόβου*. Διδακτορική Διατριβή. Επιβλέπων: Καθ. Δ. Καλιαμπάκος. Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Liu X. (2016). Methods for handling missing data. Chapter 14. In *Methods and Applications of Longitudinal Data Analysis*, pp. 441-473, London: Elsevier. DOI:10.1016/B978-0-12-801342-7.00014-9

Matzarakis A. & Balafoutis C. (2004). Heating Degree-days over Greece as an Index of Energy Consumption. *International Journal of Climatology*, 24, pp. 1817–1828.

Minder J. R., Mote P. W. & Lundquist J. D. (2010). Surface temperature lapse rates over complex terrain: Lessons from the Cascade Mountains. *Journal of Geophysical research*, 115 (D14122).

Prentice I. C., Cramer W. S., Harrison P., Leemans R., Monserud R. A. & Solomon A. M. (1992). A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography*, 19 (2), pp. 117-134.

Rolland C. (2003). Spatial and seasonal variations of air temperature lapse rates in Alpine regions. *Journal of Climate*, 16 (7), pp. 1032–1046.

Spieß A-N. & Neumeyer N. (2010). An evaluation of R^2 as an inadequate measure for nonlinear models in pharmacological and biochemical research: a Monte Carlo approach. *BMC Pharmacology*, 10 (6).

ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. *Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων*. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ.

ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. *Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών*. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ.

Κεφάλαιο 7. Έρευνα ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα

Η μελέτη του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα, παρά τις σοβαρές οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις του προβλήματος κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, δεν έχει τύχει της αρμόζουσας προσοχής από την Πολιτεία. Η επίσημη Στατιστική Αρχή της χώρας δεν έχει προχωρήσει μέχρι σήμερα σε κάποιον -έστω κατά προσέγγιση- ποσοτικό προσδιορισμό του προβλήματος με χρήση του συμβατικού δείκτη ενεργειακής φτώχειας (δείκτης 10% βάσει της πραγματοποιηθείσας κατανάλωσης) που κατά κανόνα χρησιμοποιείται. Έχει περιοριστεί στο επίπεδο υπολογισμού των τριών τυπικών υποκειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας, οι οποίοι ενσωματώνονται στην ετήσια έρευνα «Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών» (αντίστοιχη της έρευνας EU-SILC) από το 2003, χωρίς, όμως, να γίνεται ειδική μνεία στο πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας. Αναφορά στις υφιστάμενες σχετικές έρευνες στην Ελλάδα έγινε διεξοδικά στο Κεφάλαιο 1 (Ενότητα 1.6).

Η έρευνα που παρουσιάζεται στο παρόν Κεφάλαιο (Parada & Kaliampakos 2016) αποτελεί την πρώτη πρωτογενή έρευνα για την ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα. Μεθοδολογικά, στηρίζεται στην προσπάθεια αξιόπιστης εκτίμησης των αντικειμενικών ενεργειακών δαπανών των ελληνικών νοικοκυριών, σε συνδυασμό με τη χρήση υφιστάμενων και νέων υποκειμενικών δεικτών.

7.1 Ταυτότητα έρευνας

Η έρευνα διεξήχθη τηλεφωνικά, σε διάρκεια τριών μηνών (Μάρτιος-Μάιος 2015), απευθυνόμενη στον οικιακό τομέα (κλίμακα νοικοκυριού). Το μέγεθος του δείγματος υπολογίστηκε σε 400 νοικοκυριά, με διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν αυτή της τυχαίας δειγματοληψίας, έχοντας ως βάση μια ηλεκτρονική βάση δεδομένων με το σύνολο των τηλεφωνικών αριθμών της χώρας. Η ταυτότητα της έρευνας παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.1.

Πίνακας 7.1. Ταυτότητα πανελλαδικής έρευνας

Τύπος έρευνας	Τηλεφωνική έρευνα με τη χρήση δομημένου ερωτηματολογίου
Περιοχή έρευνας	Ελλάδα
Περίοδος έρευνας	09/03/2015 – 31/05/2015
Μέθοδος δειγματοληψίας	Τυχαία δειγματοληψία
Μέγεθος δείγματος	400 νοικοκυριά
Μέγιστο περιθώριο σφάλματος	4,9% σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%

Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει 23, συνολικά, ερωτήσεις, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα πληροφοριών, όπως οι συνθήκες ζωής, οι υποδομές στέγασης, τα συστήματα θέρμανσης, η

υποκειμενική αντίληψη για την ενεργειακή κάλυψη και την ποιότητα ζωής, ποσοτικά στοιχεία σχετικά με τις δαπάνες ενέργειας και το εισόδημα, καθώς και δημογραφικά στοιχεία.

Για την αντικειμενικότητα του δείγματος, ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στη χωρική κατανομή (δεδομένου ότι οι τοπικές θερμοκρασιακές διαφορές επιδρούν στις ενεργειακές ανάγκες των νοικοκυριών), στο είδος των κατοικιών πχ. μονοκατοικίες, πολυκατοικίες (δεδομένου ότι αυτό το χαρακτηριστικό ενδέχεται να επιδρά στο εγκατεστημένο σύστημα θέρμανσης), στη χρονολογία κατασκευής των κατοικιών (δεδομένου ότι συνδέεται άμεσα με την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων) και στα γενικά δημογραφικά στοιχεία (πχ. φύλο).

7.2 Αποτελέσματα έρευνας

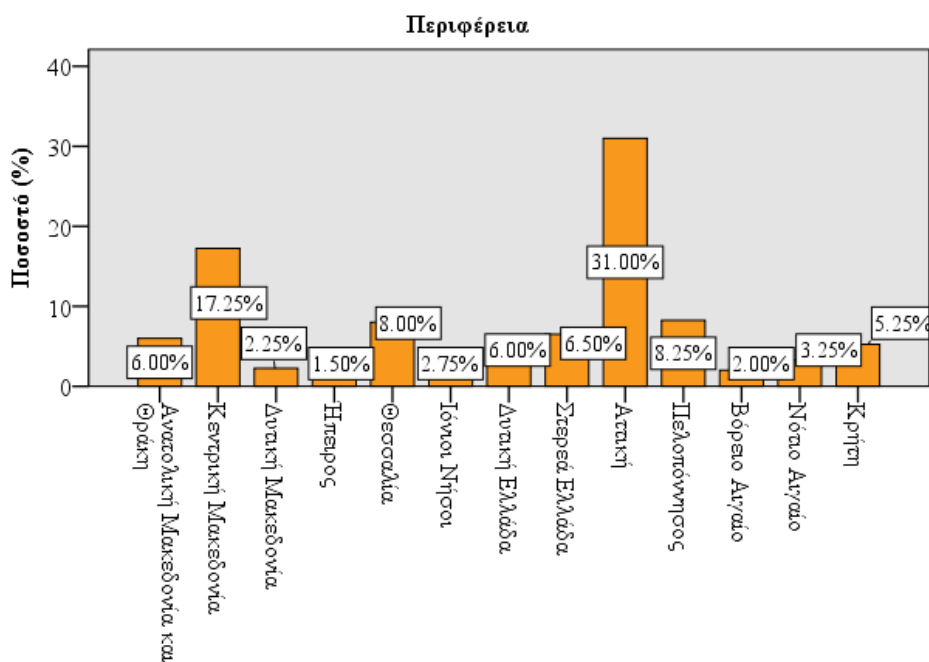
7.2.1 Δημογραφικά στοιχεία

Από την επεξεργασία των δημογραφικών στοιχείων του δείγματος προέκυψαν τα εξής:

Φύλο: Το 52,2% του δείγματος είναι γυναίκες και το 47,8% άνδρες.

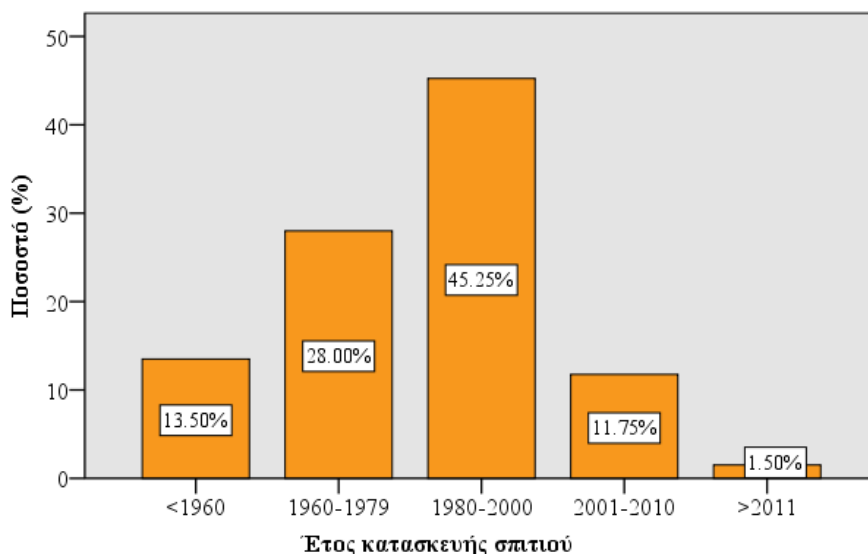
Ηλικιακή ομάδα: Το 25% των ερωτηθέντων ανήκει στην ηλικιακή ομάδα 45-55 ετών, το 25% στην ηλικιακή ομάδα 55-65 ετών και το 28% είναι άνω των 65 ετών. Μικρότερα ποσοστά ανήκουν στις υπόλοιπες ηλικιακές κατηγορίες, με το 13% να είναι μεταξύ 35-45 ετών, το 7% μεταξύ 25-35 ετών και μόλις το 2% να είναι μεταξύ 18-24 ετών.

Περιοχή – Περιφέρεια: Το δείγμα κατανέμεται αναλογικά στις 13 Περιφέρειες της Ελλάδας, με το 31% να ζει στην Περιφέρεια Αττικής, το 17% στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, το 8% στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, το 6% στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης και, αναλογικά, μικρότερα ποσοστά στις υπόλοιπες Περιφέρειες της χώρας (Διάγραμμα 7.1).



Διάγραμμα 7.1. Χωρική κατανομή του δείγματος ανά Περιφέρεια

Έτος κατασκευής σπιτιού: Το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος (73%) κατοικεί σε σπίτια κατασκευασμένα μεταξύ 1960-2000, με το 45% να κατοικεί σε σπίτια κατασκευασμένα την περίοδο 1980-2000. Υπάρχει ένα 13,5% που κατοικεί σε σπίτια παλαιότερα του 1960 καθώς και ένα 13% που κατοικεί σε νεότερα σπίτια, μετά το 2001 (Διάγραμμα 7.2). Επισημαίνεται πως η έρευνα κατέγραψε λιγότερα παλαιά σπίτια σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα (41,5% έναντι 55%, κατασκευασμένα πριν το 1980), σύμφωνα με την τελευταία απογραφή (ΕΛΣΤΑΤ 2014), με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση μιας μάλλον καλύτερης εικόνας για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κατοικιών, που μπορεί να οδηγήσει σε μια σχετική υποεκτίμηση της ενεργειακής φτώχειας.



Διάγραμμα 7.2. Έτος κατασκευής των σπιτιών του δείγματος

Εμβαδόν σπιτιού: Το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος (60,5%) κατοικεί σε σπίτια εμβαδού 50-100 m² ενώ το 27,5% σε σπίτια εμβαδού 100-150 m². Μικρό μέρος του δείγματος κατοικεί σε μικρότερα (κάτω των 50 m²) ή μεγαλύτερα σπίτια (άνω των 150 m²) (6% και 6%, αντίστοιχα).

Είδος κατοικίας: Οι κατοικίες σχεδόν ισομοιράζονται ανάμεσα σε μονοκατοικίες και διαμερίσματα πολυκατοικίας (50% μονοκατοικίες, 44% διαμερίσματα πολυκατοικίας και 6% μεζονέτες).

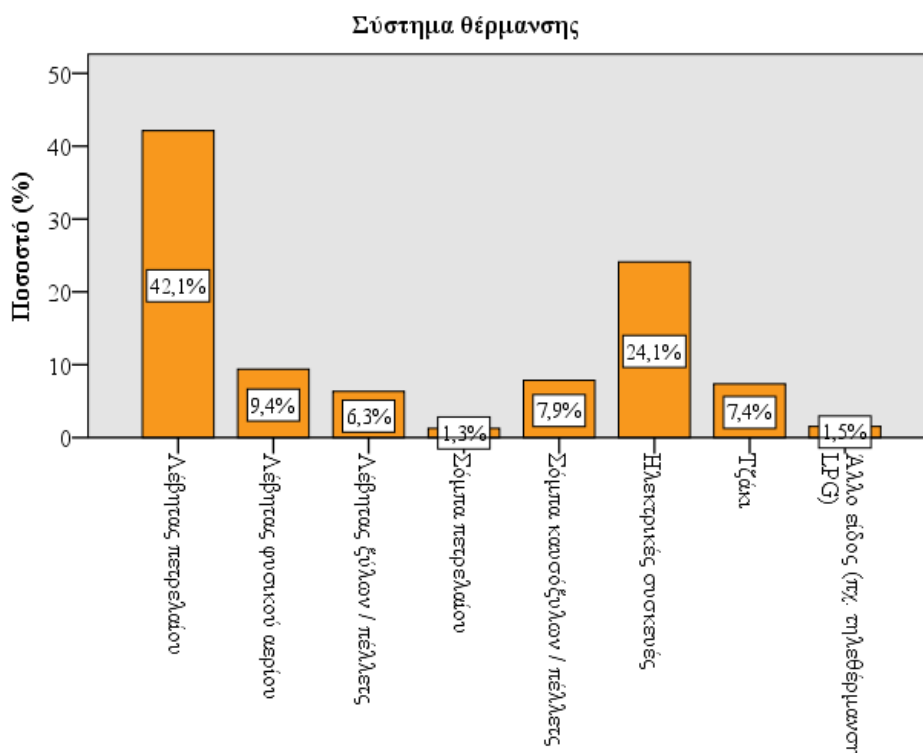
Κατηγορία νοικοκυριού: Το 52% του δείγματος είναι οικογένειες, το 26% συνταξιούχοι και το 16% ενήλικες χωρίς παιδιά. Μικρότερα ποσοστά καλύπτουν οι μονογονεϊκές οικογένειες (4%) και οι άνεργοι (2%). Σημειώνεται ότι στην Κατηγορία «Άνεργοι» συμπεριλαμβάνονται τα μονομελή ή πολυμελή νοικοκυριά που δεν έχουν κανένα εργαζόμενο μέλος στο νοικοκυριό τους.

Με βάση τα γενικά χαρακτηριστικά που προκύπτουν από την επεξεργασία των δημογραφικών στοιχείων, το δείγμα κρίνεται ικανοποιητικό ως προς την αντιπροσωπευτικότητά του, στο σύνολο των νοικοκυριών της Ελλάδας.

7.2.2 Στοιχεία θέρμανσης και ενεργειακής απόδοσης

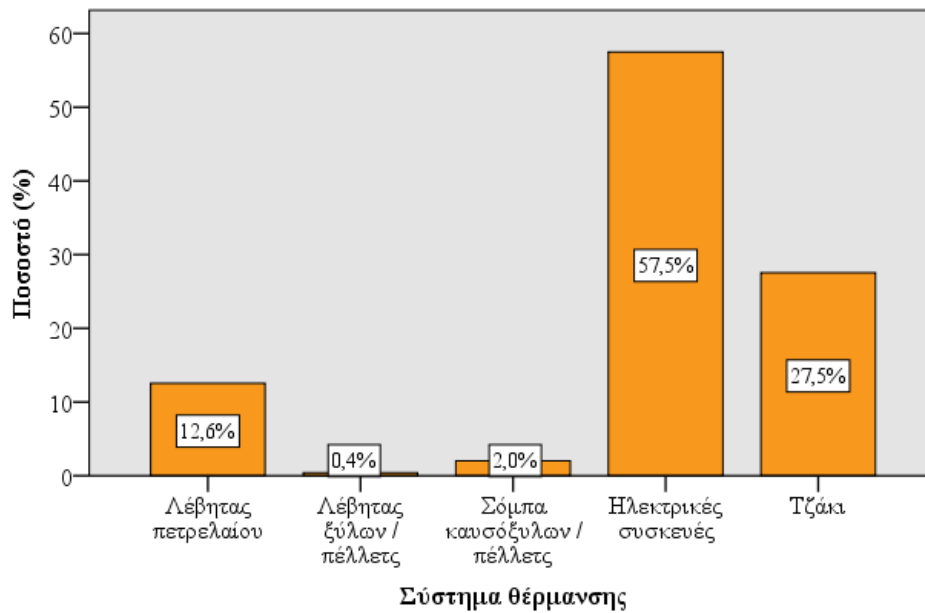
Τύπος συστήματος θέρμανσης

Όσον αφορά στο κύριο χρησιμοποιούμενο σύστημα θέρμανσης, δύο συστήματα θέρμανσης φαίνεται να κυριαρχούν στην Ελλάδα, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7.3: λέβητας πετρελαίου κατά 42% και ηλεκτρικές συσκευές κατά 24%. Τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρότερα ποσοστά, όπως για παράδειγμα ο λέβητας φυσικού αερίου (9%), η σόμπα καυσόξυλων/πέλλετς (8%), το τζάκι (7,5%) και ο λέβητας ξύλων/πέλλετς (6%). Τα ποσοστά αναδεικνύουν τον καθοριστικό ρόλο του πετρελαίου στην ενεργειακή κάλυψη και, κατ'επέκταση, την ισχυρή επίδραση των συνεχών αυξομειώσεων της τιμής του στους καταναλωτές, καθώς επίσης και τη στροφή μεγάλου τμήματος του πληθυσμού στη χρήση του ηλεκτρισμού ως κύριας πηγής θέρμανσης. Επίσης, δε φαίνεται να υπάρχει κάποια εναλλακτική πηγή θερμότητας, πέραν των ηλεκτρικών συσκευών, που να απειλεί άμεσα τη χρήση του πετρελαίου ως κύριας πηγής θέρμανσης. Σημειώνεται, όμως, ότι το άθροισμα των ποσοστών όλων των άλλων συστημάτων θέρμανσης εκτός του πετρελαίου υπερβαίνει εκείνο του πετρελαίου, γεγονός το οποίο συνδέεται με την πρόσφατη οικονομική κρίση. Πράγματι, περίπου οι μισοί από τους ερωτηθέντες (45%) δήλωσαν ότι αναγκάστηκαν να αλλάξουν το σύστημα θέρμανσης που συνήθιζαν να χρησιμοποιούν, λόγω οικονομικών δυσχερειών των τελευταίων ετών.



Διάγραμμα 7.3. Κύριο σύστημα θέρμανσης της κατοικίας

Εκτός του κύριου συστήματος θέρμανσης, υπάρχει ένα ποσοστό 62% που χρησιμοποιεί συμπληρωματική θέρμανση στο σπίτι, καθώς θεωρεί το κύριο σύστημα θέρμανσης ανεπαρκές. Το γεγονός αυτό είναι ενδεικτικό της δυσκολίας που αντιμετωπίζει το μεγαλύτερο μέρος των ελληνικών νοικοκυριών, από την άποψη της θερμικής άνεσης και του προσιτού κόστους της θέρμανσης. Οι ηλεκτρικές συσκευές αποτελούν την κυρίαρχη επιλογή ως συμπληρωματική πηγή θέρμανσης, σε ποσοστό που υπερβαίνει το 57%, γεγονός που δικαιολογείται, ως μια εύκολη και σχετικά οικονομική επιλογή (Διάγραμμα 7.4). Δεύτερη επιλογή, ως συμπληρωματική θέρμανση, αποτελεί το τζάκι, σε ποσοστό που πλησιάζει το 30%, το οποίο επιλέγεται ως μια οικονομική επιλογή θέρμανσης, παρά την κακή ποιότητα θέρμανσης και την περιβαλλοντική ρύπανση που συνεπάγεται. Το ποσοστό αυτό αιτιολογεί τα υψηλά ποσοστά ρύπανσης (αιθαλομίχλη) που παρατηρήθηκαν στις αστικές περιοχές τα τελευταία χρόνια. Επίσης, αντικρούεται η κοινή αίσθηση ότι το τζάκι χρησιμοποιείται μόνο στις αγροτικές περιοχές ή στα χωριά. Απεναντίας, φαίνεται ότι το τζάκι επιστρατεύεται πια ως εναλλακτική λύση στο πρόβλημα ανεπαρκούς θέρμανσης σε όλη τη χώρα. Το πετρέλαιο, από κύρια πηγή θέρμανσης, μετατρέπεται σε συμπληρωματική για το 12% των νοικοκυριών που δε μπορούν να ανταποκριθούν οικονομικά στην καθημερινή χρήση του πετρελαίου ως κύριου καυσίμου.



Διάγραμμα 7.4. Συμπληρωματικό σύστημα θέρμανσης της κατοικίας

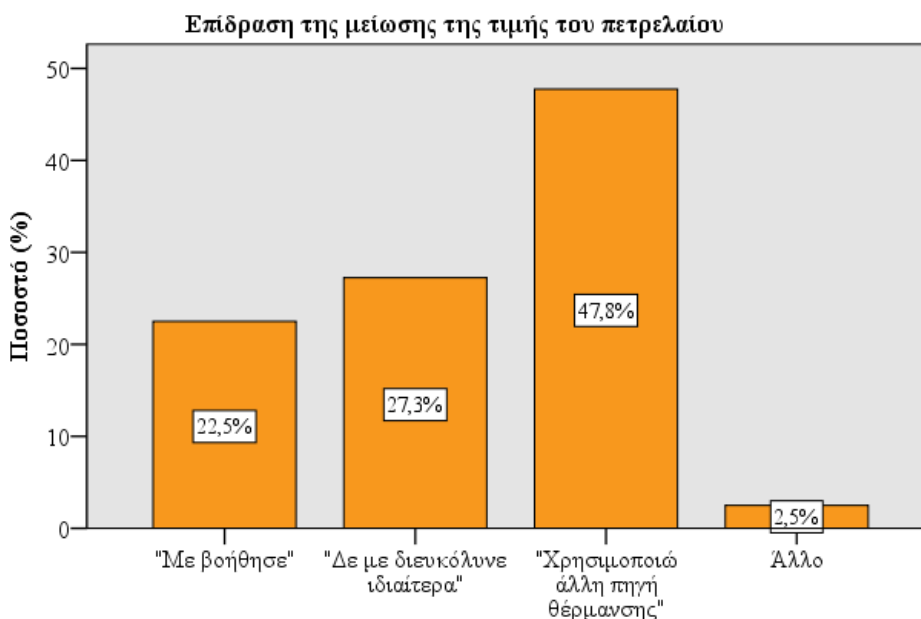
Στην περίπτωση που η κύρια αλλά και η συμπληρωματική πηγή θέρμανσης κρίνονται ανεπαρκείς, χρησιμοποιείται και τρίτο σύστημα θέρμανσης, το οποίο συμβαίνει για το 4,5% του συνόλου των νοικοκυριών, με το τζάκι να αποτελεί την κυρίαρχη επιλογή, στην περίπτωση αυτή.

Επίδραση της μείωσης της τιμής του πετρελαίου στο σύστημα θέρμανσης

Κατά την περίοδο διεξαγωγής της έρευνας και, πιο συγκεκριμένα, κατά τη χειμερινή περίοδο 2014-2015, η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης έπεσε στο 1,00 €/l, κατά μέσο όρο, έναντι του 1,24 €/l, κατά μέσο όρο, της προηγούμενης χρονιάς, ως αποτέλεσμα μιας διεθνούς πτώσης των τιμών. Η πτώση αυτή θεωρήθηκε ιδιαίτερα σημαντική, καθώς η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης σημείωσε ρεκόρ αύξησης (της τάξης του 90%) στην Ελλάδα μεταξύ των ετών 2009-2014 (ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2009, ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2014), λόγω των διαδοχικών αυξήσεων της φορολογίας. Για το λόγο αυτό, διερευνήθηκε κατά πόσο η μείωση της τιμής αυτής επέδρασε στον τρόπο με τον οποίο θερμαίνονται τα ελληνικά νοικοκυριά.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 7.5, η πλειονότητα των νοικοκυριών (78%) δήλωσε πως δεν ωφελήθηκε ουσιαστικά από τη σχετική μείωση της τιμής. Πιο συγκεκριμένα, σχεδόν τα μισά νοικοκυριά (48%) δήλωσαν ότι άλλαξαν σύστημα θέρμανσης -ή χρησιμοποιούν πολύ λιγότερο το παλιό σύστημα θέρμανσης- τα τελευταία χρόνια για λόγους οικονομίας και, ως εκ τούτου, δεν επηρεάστηκαν καθόλου από τη συγκεκριμένη μεταβολή. Ένα 27% δήλωσε ότι είναι τόσο έντονη πια η οικονομική κρίση που η μείωση της τιμής του πετρελαίου δε μπόρεσε να αποβεί κατ' ουσίαν αποτελεσματική. Συνολικά, η επιλογή των νοικοκυριών να μην επιστρέψουν στο πετρέλαιο, παρά τη μείωση της τιμής του, αποδίδεται, αρχικά, στο γεγονός ότι τα περισσότερα

νοικοκυριά επένδυσαν οικονομικό κεφάλαιο σε νέα συστήματα θέρμανσης και, δευτερευόντως, στη γενική αίσθηση ανασφάλειας που έχει δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια στο ζήτημα της τιμής των καυσίμων. Ειδικά στις περιπτώσεις πολυκατοικιών με κεντρική θέρμανση (λέβητα πετρελαίου), βασικό πρόβλημα αποτέλεσε η συσσώρευση οφειλών κοινοχρήστων από ενοίκους, γεγονός που οδήγησε, σε πολλές περιπτώσεις, σε αποφάσεις κατάργησης της λειτουργίας της κεντρικής θέρμανσης.



Διάγραμμα 7.5. Επίδραση της μείωσης της τιμής του πετρελαίου στο σύστημα θέρμανσης

Δράσεις ενεργειακής εξοικονόμησης

Δεδομένου του παλαιού κτιριακού δυναμικού της χώρας, διερευνήθηκε κατά πόσο τα ελληνικά νοικοκυριά έχουν προβεί σε ενέργειες βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης της κατοικίας τους, όπως για παράδειγμα σε ενίσχυση μόνωσης, αλλαγή κουφωμάτων, κ.ο.κ. Πιο συγκεκριμένα, παρά το γεγονός ότι το 41,5% των κατοικιών είναι χτισμένες πριν το 1979 (όταν ο πρώτος Κανονισμός Θερμομόνωσης θεσπίστηκε στην Ελλάδα) και χαρακτηρίζονται από σοβαρές θερμικές απώλειες, τρία στα τέσσερα νοικοκυριά (74%) δήλωσαν πως δεν έχουν προβεί σε καμία δράση ενεργειακής εξοικονόμησης της κατοικίας τους. Τα περισσότερα νοικοκυριά αντιμάχονται την κακή ενεργειακή απόδοση του σπιτιού τους είτε αλλάζοντας σύστημα θέρμανσης είτε, εναλλακτικά, χρησιμοποιώντας κάποιο συμπληρωματικό σύστημα θέρμανσης, μέτρα, όμως, τα οποία δε μπορούν να επιλύσουν το σοβαρό πρόβλημα των θερμικών απωλειών. Στην πραγματικότητα, φαίνεται πως το ζήτημα της επέμβασης στο κτιριακό κέλυφος με σκοπό την ενεργειακή βελτιστοποίηση δεν υπάρχει στην κουλτούρα του Έλληνα και ούτε υπάρχουν τα

κατάλληλα κίνητρα από το κράτος, τουλάχιστον μέχρι σήμερα, για να δημιουργήσουν τις προϋποθέσεις μιας τέτοιας κουλτούρας.

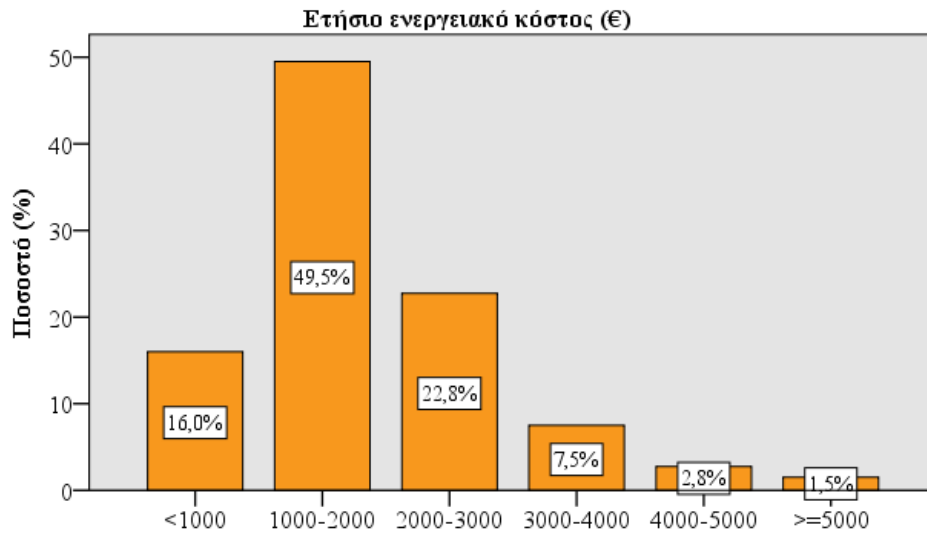
7.2.3 Αντικειμενικός δείκτης ενεργειακής φτώχειας

Ο αντικειμενικός δείκτης ενεργειακής φτώχειας αποτιμά την έκταση του προβλήματος μέσα από αντικειμενικά, ποσοτικά δεδομένα δαπανών. Όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 1 (Ενότητα 1.3), ο δείκτης που κατά κανόνα χρησιμοποιείται και έχει ευρέως καθιερωθεί για τον αντικειμενικό προσδιορισμό του προβλήματος, κυρίως στην Ευρώπη, είναι το ποσοστό του λόγου των πραγματικών ενεργειακών δαπανών προς το ετήσιο εισόδημα του νοικοκυριού που υπερβαίνει το 0,10, ο οποίος στο εξής θα αναφέρεται ως «Συμβατικός Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας - Conventional Energy Poverty Index (EPI_{CONV})». Η μαθηματική του έκφραση είναι η ακόλουθη:

$$EPI_{CONV} = \frac{\text{Καταβληθέν ενεργειακό κόστος}}{\text{Εισόδημα}} > 10\%$$

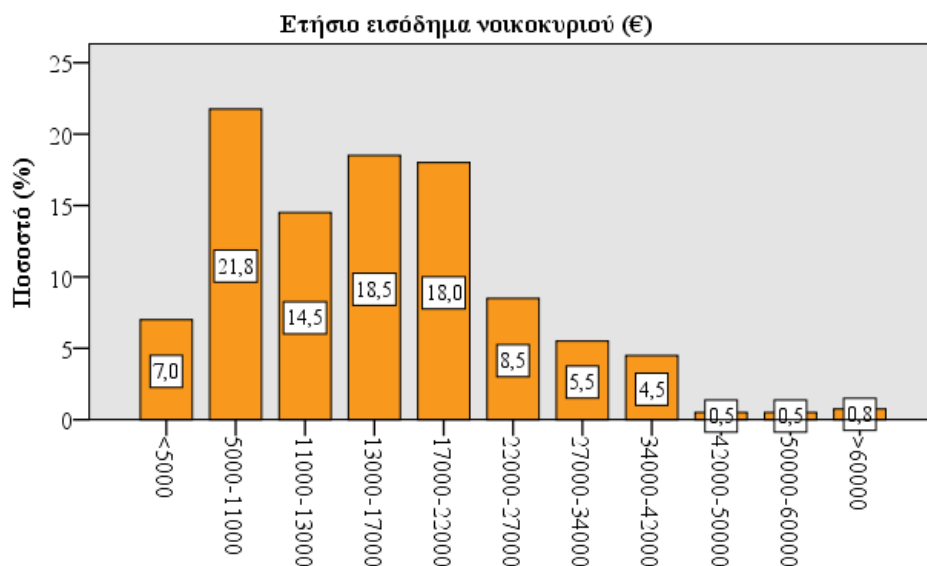
Τα δεδομένα ενεργειακών δαπανών συγκεντρώθηκαν ζητώντας από τα νοικοκυριά τους τυπικούς μηνιαίους -χειμερινούς και καλοκαιρινούς- λογαριασμούς θέρμανσης και ηλεκτρικού ρεύματος. Στην περίπτωση που τα δεδομένα δαπανών θέρμανσης δεν ήταν διαθέσιμα, ζητούνταν οι αντίστοιχες ποσότητες ενεργειακής κατανάλωσης (σε l ή tn), οι οποίες στην πορεία μετατρέπονταν σε κόστος, πολλαπλασιάζοντας τη σχετική κατανάλωση με το αντίστοιχο κόστος μονάδας του καυσίμου. Ο αριθμός των χειμερινών και καλοκαιρινών μηνών ορίστηκε σε συνάρτηση με την Κλιματική Ζώνη του νοικοκυριού, σύμφωνα με τον Κανονισμό του Κ.Εν.Α.Κ. (ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010), ο οποίος ορίζει περίοδο θέρμανσης 5,5 μηνών για τις περιοχές των Κλιματικών Ζωνών Α και Β (θερμότερες ζώνες) και 6,5 μήνες για τις περιοχές των Κλιματικών Ζωνών Γ και Δ (ψυχρότερες ζώνες). Ως εκ τούτου, το γεγονός ότι τα νοικοκυριά που διαβιούν σε ψυχρότερες κλιματικές συνθήκες απαιτούν και μεγαλύτερη περίοδο θέρμανσης λήφθηκε υπ' όψιν στους υπολογισμούς. Εν τέλει, το συνολικό ενεργειακό κόστος ανά νοικοκυριό υπολογίστηκε σε ετήσια βάση.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι ένα στα δύο νοικοκυριά (49,5%) ξοδεύει 1.000-2.000€ ετησίως για θέρμανση και ηλεκτρισμό, περίπου ένα στα τέσσερα νοικοκυριά (23%) ξοδεύει 2.000-3.000€ και ένα στα έξι νοικοκυριά (16%) ξοδεύει κάτω από 1.000€ ετησίως για ενέργεια (Διάγραμμα 7.6).



Διάγραμμα 7.6. Συνολικό ετήσιο ενεργειακό κόστος νοικοκυριών στην Ελλάδα

Αναφορικά με τα δεδομένα εισοδήματος, το 29% των νοικοκυριών εμφανίζει ένα ιδιαίτερα χαμηλό ετήσιο εισόδημα (κάτω των 11.000€), 33% δηλώνουν εισόδημα 11.000-17.000€ και 18% δηλώνουν εισόδημα 17.000-22.000€. Μικρότερα ποσοστά δηλώνουν υψηλότερα εισοδήματα (το 14% ανήκει στην κατηγορία 22.000-34.000€ και μόλις το 6% δηλώνει εισόδημα μεγαλύτερο των 34.000€), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7.7.



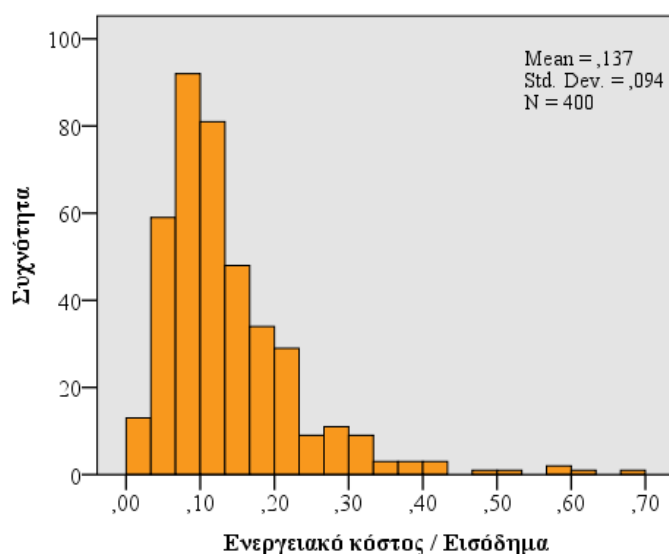
Διάγραμμα 7.7. Ετήσιο εισόδημα νοικοκυριών στην Ελλάδα

Το μέσο ετήσιο διαθέσιμο εισόδημα των νοικοκυριών της Ελλάδας προκύπτει 16.576€. Συγκριτικά, το μέσο ετήσιο διαθέσιμο εισόδημα των νοικοκυριών της χώρας που δημοσιεύτηκε από την Ελληνική Στατιστική Αρχή υπολογίστηκε σε 17.182 ευρώ (ΕΛΣΤΑΤ 2016), γεγονός που

δείχνει ότι η έρευνα έχει επιτύχει μια καλή προσέγγιση του εισοδήματος των νοικοκυριών. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί, σε σχέση με τα δηλωθέντα εισοδήματα, ότι το φαινόμενο της φοροδιαφυγής είναι ιδιαίτερα έντονο στην Ελλάδα. Παρ' όλα αυτά, εκτιμάται ότι αυτό δεν επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τα αποτελέσματα της έρευνας, μιας που η φοροδιαφυγή μάλλον δεν είναι εκτεταμένη στα φτωχότερα τμήματα του πληθυσμού, τα οποία κατά βάση πλήττονται από την ενεργειακή φτώχεια.

Τόσο τα δεδομένα δαπανών όσο και τα δεδομένα εισοδήματος που δηλώθηκαν ελέγχθηκαν για ακραίες τιμές (outliers), αλλά δεν προέκυψε λόγος αποκλεισμού καμίας τιμής από τη βάση δεδομένων.

Το Διάγραμμα 7.8 απεικονίζει το λόγο ενεργειακού κόστους/εισοδήματος στην Ελλάδα. Όπως φαίνεται, τα ελληνικά νοικοκυριά ξοδεύουν, κατά μέσο όρο, το 14% του εισοδήματός τους σε ενεργειακές ανάγκες (Mean=0,137, SD=0,094). Εξετάζοντας το λόγο αυτό στα νοικοκυριά που βρίσκονται κάτω από το όριο της φτώχειας, τα οποία ορίζονται ως τέτοια όταν το εισόδημά τους υπολείπεται των 4.512€ κατ' άτομο και των 9.475€ για νοικοκυριά με δύο ενήλικες και δύο εξαρτώμενα παιδιά ηλικίας κάτω των 14 ετών, σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ (2016), προκύπτει αύξηση του λόγου στο 21%. Δεδομένου ότι το ποσοστό υπερβαίνει το 20%, αποδεικνύεται ότι τα φτωχά νοικοκυριά ζουν σε κατάσταση ακραίας ενεργειακής φτώχειας.

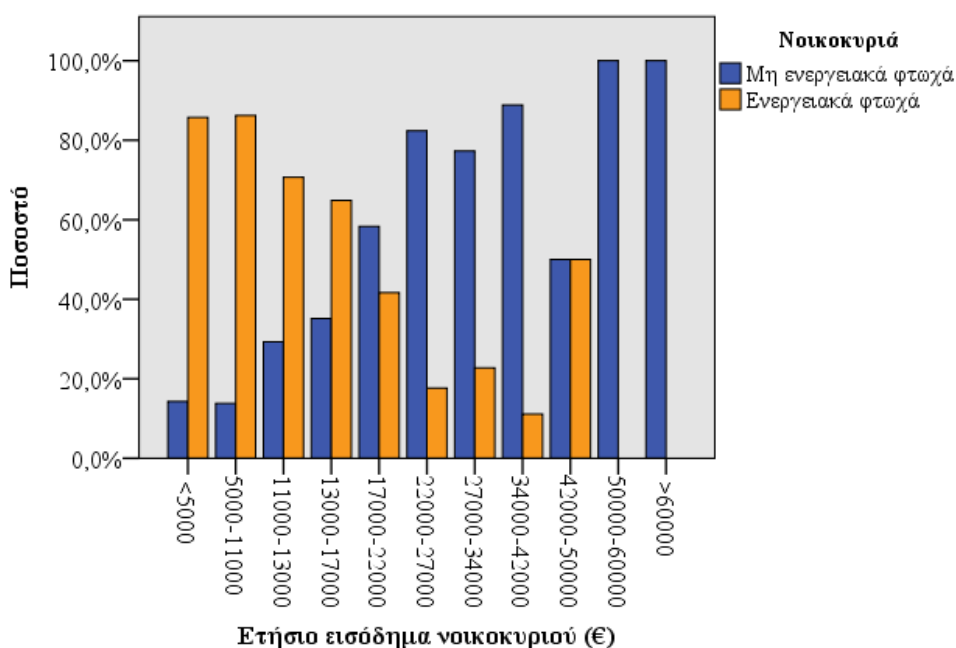


Διάγραμμα 7.8. Λόγος ενεργειακού κόστους / εισοδήματος στην Ελλάδα

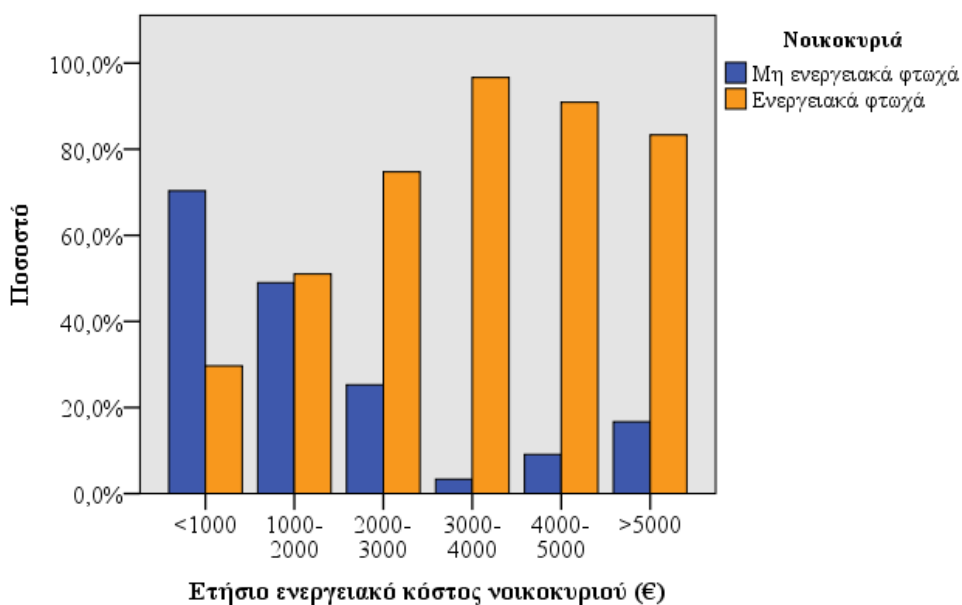
Σύμφωνα με τον ορισμό του EPI_{CONV}, υπολογίζεται ότι το 58,5% των νοικοκυριών στην Ελλάδα είναι ενεργειακά φτωχά. Δηλαδή, περισσότερα από τα μισά νοικοκυριά της χώρας αδυνατούν να ικανοποιήσουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες. Μεταφράζοντας το ποσοστό αυτό σε απόλυτους αριθμούς, προκύπτει ότι από το σύνολο των 4.134.540 νοικοκυριών της χώρας (ΕΛΣΤΑΤ 2014), τα 2.418.706 νοικοκυριά είναι ενεργειακά φτωχά. Κατά συνέπεια, το γεγονός ότι

σχεδόν 2,5 εκατομμύρια νοικοκυριά στην Ελλάδα υποφέρουν από ενεργειακή φτώχεια είναι ένα εξαιρετικά ανησυχητικό εύρημα, που χρήζει άμεσης ανταπόκρισης από την Πολιτεία.

Η ενεργειακή φτώχεια μειώνεται στις υψηλότερες εισοδηματικές κατηγορίες και αυξάνεται στις υψηλότερες κατηγορίες ενεργειακού κόστους, όπως είναι αναμενόμενο. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7.9, σε καθεμιά από τις πρώτες εισοδηματικές κατηγορίες (έως 5.000€ και 5.000-11.000€), η ενεργειακή φτώχεια κινείται στο 86%, ενώ κανένα ενεργειακά φτωχό νοικοκυριό δεν υπάρχει στις δύο υψηλότερες εισοδηματικές κατηγορίες (50.000€-60.000€ και άνω των 60.000€). Αντίθετα, συγκρίνοντας τις κατηγορίες ενεργειακού κόστους, η ενεργειακή φτώχεια κινείται στο 30% για τα νοικοκυριά που ξοδεύουν για ενέργεια λιγότερα από 1.000€ ετησίως, ενώ υπερβαίνει το 80% για εκείνα που ξοδεύουν περισσότερα από 3.000€ ετησίως (Διάγραμμα 7.10).



Διάγραμμα 7.9. Ενεργειακή φτώχεια μεταξύ των εισοδηματικών κατηγοριών



Διάγραμμα 7.10. Ενεργειακή φτώχεια μεταξύ των κατηγοριών ενεργειακού κόστους

7.2.4 Υποκειμενικοί δείκτες ενεργειακής φτώχειας

Στην Ενότητα αυτή εξετάζεται η υποκειμενική διάσταση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας, η οποία σχετίζεται με την αντίληψη των νοικοκυριών για το πρόβλημα ή προκύπτει από έμμεσα δεδομένα (πχ. καθυστερημένοι λογαριασμοί). Εκτός από τους τρεις κοινούς υποκειμενικούς δείκτες που χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιβλιογραφία, ειδικά στις Ευρωπαϊκές χώρες:

- Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό
- Καθυστερημένοι πάγιοι λογαριασμοί
- Διαρροή στη στέγη, υγρασία, σε τοίχους, πατώματα, θεμέλια ή σάπια κουφώματα

δύο νέοι δείκτες εισάγονται στην παρούσα έρευνα:

- Προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης
- Περιορισμός άλλων βασικών αναγκών

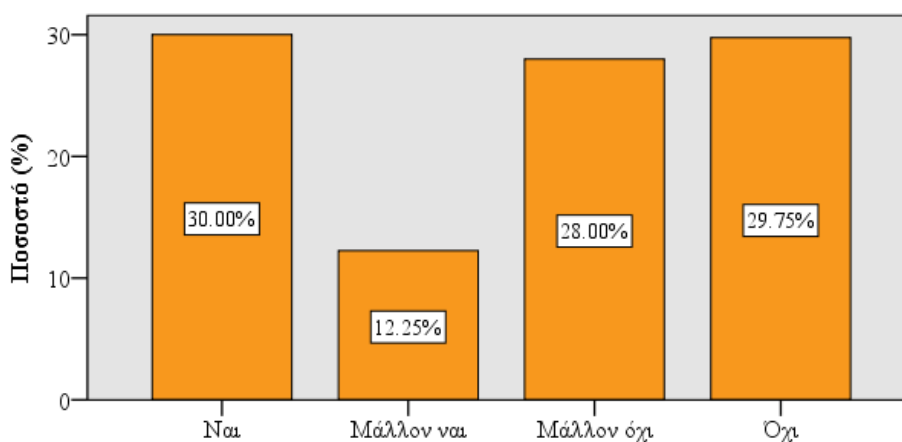
Σημειωτέον, οι δύο από τους τρεις υφιστάμενους δείκτες μεταφράστηκαν στο ερωτηματολόγιο, με κατάλληλη προσαρμογή στην ελληνική πραγματικότητα, ώστε να διερευνούν όσο το δυνατόν πληρέστερα το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας. Έτσι, για παράδειγμα, η καθυστέρηση πληρωμής λογαριασμών στην παρούσα έρευνα αφορά σε αυτή των λογαριασμών της ΔΕΗ και των καυσίμων θέρμανσης και όχι γενικά των πάγιων λογαριασμών ενός σπιτιού. Ομοίως, τα προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών στην παρούσα έρευνα αντανακλούν τα σχετικά προβλήματα που οφείλονται στις κακές συνθήκες θέρμανσης του σπιτιού και όχι αυτά που οφείλονται σε ενδεχόμενη αμέλεια ή εγκατάλειψη του σπιτιού. Κατά συνέπεια, η άμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων των προσαρμοσμένων δεικτών με αυτά των υφιστάμενων δεικτών

δεν έχει νόημα, παρά μόνο ενδεικτικά, δεδομένου ότι οι δείκτες μοιάζουν, αλλά στην ουσία έχουν διαφορετικό περιεχόμενο.

- Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό (Inability to keep home adequately Warm-IW)

Ο δείκτης αυτός απεικονίζει το ποσοστό των νοικοκυριών που δηλώνουν ότι αδυνατούν να διατηρήσουν το σπίτι τους επαρκώς ζεστό. Πρόκειται για τον κύριο υποκειμενικό δείκτη που χρησιμοποιείται ως συγκριτικό εργαλείο μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας στη Ευρώπη (BPIE 2014, Fahmy 2011) και διατηρήθηκε ως έχει στην παρούσα έρευνα. Σύμφωνα με την έρευνα EU Statistics on Income and Living Conditions (EU-SILC) για το 2015 (Eurostat 2017_a), η μέση τιμή του δείκτη IW στην Ευρωπαϊκή Ένωση κινήθηκε στο 9,4%, ενώ η υψηλότερη και χαμηλότερη τιμή του καταγράφηκε στη Βουλγαρία (39,2%) και στη Νορβηγία (0,4%), αντίστοιχα.

Αναφορικά με τα επίπεδα του δείκτη IW στην Ελλάδα, 30% δηλώνουν καθαρή αδυναμία θέρμανσης, ποσοστό το οποίο θεωρείται εξαιρετικά υψηλό (Διάγραμμα 7.11). Το αποτέλεσμα έρχεται σε συμφωνία και με το αποτέλεσμα της έρευνας EU-SILC για την Ελλάδα (29%). Αν συμπεριληφθεί, βέβαια, και το ποσοστό των νοικοκυριών που δηλώνει αδυναμία θέρμανσης με σχετική αμφιβολία (12,25%), φαίνεται ότι το πρόβλημα επαρκούς θέρμανσης στην Ελλάδα παίρνει πολύ μεγάλες διαστάσεις. Χρειάζεται, επίσης, να συνεκτιμηθεί ότι οι απαντήσεις αυτές προέκυψαν παρά το γεγονός ότι το 82,5% των ερωτηθέντων στην πανελλαδική έρευνα κατοικεί σε περιοχές κάτω των 200 m, δηλαδή σε περιοχές πεδινές ή παραθαλάσσιες, που χαρακτηρίζονται από ηπιότερες κλιματικές συνθήκες. Το στοιχείο αυτό αποκαλύπτει τη σοβαρότητα του προβλήματος για τα ελληνικά νοικοκυριά. Ας σημειωθεί, τέλος, ότι όσοι δηλώνουν πλήρη ικανοποίηση με το επίπεδο θέρμανσης στο σπίτι τους είναι περίπου ίσοι με αυτούς που δηλώνουν πλήρη δυσαρέσκεια με αυτό, γεγονός που αποτελεί, επίσης, ανησυχητικό εύρημα.



Διάγραμμα 7.11. Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό (IW)

- Καθυστερημένοι λογαριασμοί ΔΕΗ ή θέρμανσης (Arrears on energy Bills–AB)

Ο δείκτης των καθυστερημένων λογαριασμών ΔΕΗ ή θέρμανσης προέρχεται από τον ευρύτερο Ευρωπαϊκό δείκτη «Arrears on utility bills», ο οποίος αναφέρεται σε καθυστερημένες οφειλές λογαριασμών κοινής ωφέλειας όπως θέρμανση, ηλεκτρισμό, νερό, αποχέτευση κλπ. και ο οποίος αποτελεί το δεύτερο υποκειμενικό δείκτη, ευρέως χρησιμοποιούμενο στην Ευρώπη ως εργαλείο μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας. Ωστόσο, δεδομένου ότι οι λογαριασμοί που αφορούν στην ενεργειακή κατανάλωση (θέρμανση και ηλεκτρισμό) ενός σπιτιού στην Ελλάδα εκδίδονται ξεχωριστά από τους υπόλοιπους λογαριασμούς, ο γενικότερος δείκτης μετασηματίστηκε στο δείκτη καθυστερημένων λογαριασμών ΔΕΗ ή θέρμανσης (AB), ώστε να εστιάζει στη δυσκολία αποπληρωμής των λογαριασμών ενέργειας. Σύμφωνα με την έρευνα EU-SILC για το 2015 (Eurostat 2017b), η μέση τιμή του γενικού δείκτη «Arrears on utility bills» στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν 9,1%, η μέγιστη ήταν 42% (στην Ελλάδα) και η ελάχιστη 2,4 (στο Λουξεμβούργο).

Για τα δεδομένα της Ελλάδας, το 18,8% των νοικοκυριών αναφέρει καθυστερημένους λογαριασμούς ΔΕΗ ή θέρμανσης (Διάγραμμα 7.12). Αν ληφθεί υπ' όψιν ότι ο ηλεκτρισμός είναι είδος πρώτης ανάγκης, καθώς και ότι η εξόφληση των λογαριασμών ΔΕΗ στην Ελλάδα είναι μία διαδικασία ανελαστική που δεν αφήνει μεγάλα περιθώρια αναβολής -απεναντίας, η μη έγκαιρη εξόφλησή τους οδηγεί σε διακοπή ρεύματος στο σπίτι- φαίνεται ότι ένα ποσοστό της τάξης του 20% που διακινδυνεύει τη διακοπή ρεύματος αφήνοντας απλήρωτους λογαριασμούς, θεωρείται εξαιρετικά σημαντικό. Η εκτίμηση αυτή επιβεβαιώνεται όταν το ποσοστό (18,8%) συγκριθεί και με τα Ευρωπαϊκά ποσοστά, καθώς υπερβαίνει κατά πολύ τη μέση τιμή (9,1%) του ευρύτερου δείκτη της έρευνας EU-SILC, ο οποίος συμπεριλαμβάνει και άλλες πάγιες δαπάνες του σπιτιού. Η διαφοροποίηση αυτή στις δαπάνες αιτιολογεί και το εύλογα χαμηλότερο ποσοστό της παρούσας έρευνας έναντι αυτού της έρευνας EU-SILC για την Ελλάδα (42%). Συνολικά, η προσαρμογή του δείκτη AB κρίνεται αποτελεσματική, καθώς επικεντρώνεται συγκεκριμένα στο πρόβλημα ενεργειακής φτώχειας, το οποίο είναι και το ζητούμενο.

- Προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών (dwelling with Damp walls, mold and Leakages-DL)

Ο δείκτης προβλημάτων υγρασίας, μούχλας ή διαρροών (DL) αναφέρεται εν συντομία στο δείκτη που καλείται «Διαρροή στη στέγη, υγρασία, σε τοίχους, πατώματα, θεμέλια ή σάπια κουφώματα (Dwelling with a leaking roof, damp walls, floors or foundation, or rot in window frames of floor)», στην έρευνα EU-SILC, ο οποίος αποτελεί τον τρίτο υποκειμενικό δείκτη που χρησιμοποιείται ευρέως σε Ευρωπαϊκό επίπεδο ως εργαλείο μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας. Ο δείκτης αυτός, όμως, στην παρούσα έρευνα διαφοροποιείται από τον υφιστάμενο, με την έννοια ότι εντοπίζει τα νοικοκυριά εκείνα που δηλώνουν προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών στο σπίτι λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης και όχι εξαιτίας άλλων παραγόντων, όπως για παράδειγμα λόγω ενδεχόμενης παραμέλησης/εγκατάλειψης του σπιτιού, στοιχείο που διαφοροποιεί σημαντικά τους δύο δείκτες. Στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η μέση τιμή του

ευρύτερου δείκτη για το 2015 ήταν 15,2%, η μέγιστη τιμή ήταν 28,1% (στην Πορτογαλία) και η ελάχιστη τιμή 4,4% (στη Φινλανδία), σύμφωνα με την έρευνα EU-SILC (Eurostat 2017c).

Τα προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών φαίνεται να αποτελούν ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα για τα ελληνικά σπίτια, τουλάχιστον κατά την περίοδο των τελευταίων ετών, καθώς ένα 37,5% των νοικοκυριών αναφέρει σχετικά προβλήματα στο σπίτι του λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης, ποσοστό εξαιρετικά υψηλό (Διάγραμμα 7.12). Επιπλέον, το ποσοστό αυτό υπερβαίνει σημαντικά και τα ποσοστά του παρεμφερούς δείκτη σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.

Εξετάζοντας τη σύνδεση μεταξύ των προβλημάτων υγρασίας, μούχλας ή διαρροών με το κλίμα (το ελληνικό κλίμα χαρακτηρίζεται ως τυπικό ήπιο Μεσογειακό, με εποχιακές και τοπικές κλιματικές διακυμάνσεις μεταξύ της ηπειρωτικής χώρας και των παραθαλάσσιων περιοχών), θα περίμενε κανείς περιοχές με χαμηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες (πχ. ορεινές περιοχές) να αντιμετωπίζουν περισσότερα προβλήματα τέτοιου είδους. Ωστόσο, τα προβλήματα αυτά φαίνεται να σχετίζονται με τα μη θερμαινόμενα ή τα κακώς θερμαινόμενα δομικά στοιχεία (πχ. τοίχοι, δοκάρια, κολώνες, οροφές κλπ.) και όχι με τις κλιματικές συνθήκες. Πράγματι, ο έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2 δεν έδειξε συσχέτιση μεταξύ του δείκτη DL και της Κλιματικής Ζώνης (p-value=0,189). Όσον αφορά στη θερμική προστασία των κτιρίων, όπως αναφέρθηκε και στην Ενότητα 7.2.2, 3 στα 4 νοικοκυριά (74%) δεν έχουν λάβει κανένα μέτρο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του σπιτιού τους. Παράλληλα, ο έλεγχος χ^2 έδειξε ισχυρή συσχέτιση των προβλημάτων υγρασίας με το έτος κατασκευής του σπιτιού ($\chi^2=21,920$, $df=4$, p-value=0,000). Κατά συνέπεια, το παλιό και χαμηλής ενεργειακής απόδοσης κτιριακό δυναμικό της χώρας δικαιολογεί και το υψηλό ποσοστό του δείκτη DL.

Επίσης, σημειώνεται ότι ανάμεσα στο 37,5% που δήλωσαν προβλήματα υγρασίας-μούχλας, το 60% δήλωσε αδυναμία να διατηρήσει το σπίτι του επαρκώς ζεστό, όπως αναμενόταν, σύμφωνα με τον έλεγχο χ^2 . Ωστόσο, υπάρχει ένα υπολειπόμενο 40% που αναφέρει επαρκές επίπεδο θέρμανσης στο σπίτι παρά τα δηλωθέντα προβλήματα υγρασίας. Ο παράδοξος αυτός συνδυασμός είναι μια ενδεικτική περίπτωση της πολυπλοκότητας του φαινομένου της ενεργειακής φτώχειας, όταν αυτή εξετάζεται μέσω υποκειμενικών δεικτών.

- Προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης (Health Problems linked with poor heating conditions–HP)

Η αντίληψη της υγείας είναι ένας νέος δείκτης που εισάγεται στην παρούσα έρευνα. Η υποκειμενική μέτρηση της υγείας είναι ένα ιδιαίτερο κομμάτι επιστημονικής έρευνας, το οποίο διαφοροποιείται από τους αντικειμενικούς δείκτες υγείας, όπως για παράδειγμα ο δείκτης της υπερβολικής θνησιμότητας στη διάρκεια του χειμώνα (Excess Winter Deaths Index) ή ο δείκτης εποχικής μεταβλητότητας της θνησιμότητας (Index of Seasonal Mortality Variability), οι οποίοι συμπεριλαμβάνονται σε πολλές μελέτες (πχ. BPIE 2014, Healy 2004, Πανάς 2012) και οι οποίοι λαμβάνονται από επίσημα στοιχεία Στατιστικών Αρχών. Η υποκειμενική εκτίμηση της υγείας έχει

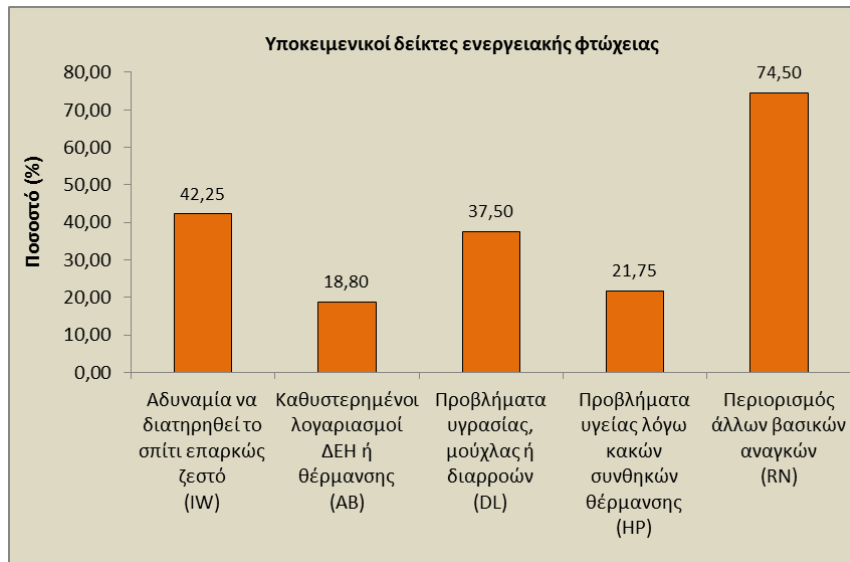
μετρηθεί με διάφορους τρόπους μέχρι σήμερα, μέσω ερωτηματολογίων, «κλιμάκων υγείας» κλπ. (πχ. Ware 1976, Bound 1989, Streiner et al. 2015), αλλά ποτέ σε σχέση με την ενεργειακή φτώχεια, όπως εισάγεται στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Στην παρούσα έρευνα, 22% των νοικοκυριών αναφέρουν προβλήματα υγείας (αρθριτικά, ρευματικά, συχνά κρυολογήματα κλπ.) που, κατά τη γνώμη τους, συνδέονται με την ανεπαρκή θέρμανση στο σπίτι (Διάγραμμα 7.12). Το ποσοστό αυτό είναι ανησυχητικά υψηλό, φωτίζοντας άλλη μία πτυχή της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα. Η υποκειμενική σύνδεση των προβλημάτων υγείας με τις κακές συνθήκες θέρμανσης επικυρώνεται και από τον έλεγχο ανεξαρτησίας χ^2 μεταξύ των δεικτών HP και IW, ο οποίος δείχνει ισχυρή συσχέτιση των δύο δεικτών ($\chi^2=27,166$, $df=1$, $p\text{-value}=0,000$). Ειδικότερα, το μεγαλύτερο μέρος αυτών που δηλώνουν προβλήματα υγείας (67%) δηλώνει και αδυναμία επαρκούς θέρμανσης του σπιτιού. Επίσης, το μεγαλύτερο μέρος αυτών που δηλώνουν προβλήματα υγείας (71%) δηλώνει ταυτόχρονα και προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών στο σπίτι, όπως προκύπτει από τον έλεγχο χ^2 μεταξύ των δεικτών HP και DL ($\chi^2=54,081$, $df=1$, $p\text{-value}=0,000$).

- Περιορισμός άλλων βασικών αναγκών (Restriction of other essential Needs–RN)

Ένα βασικό μειονέκτημα των υφιστάμενων υποκειμενικών δεικτών, όπως οι δείκτες IW και AB, είναι ότι δε συμπεριλαμβάνουν στον τρόπο που προσεγγίζουν το πρόβλημα μια σημαντική πλευρά της ενεργειακής φτώχειας: τις αναγκαστικές, επώδυνες περικοπές άλλων δαπανών εκ μέρους του νοικοκυριού, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαραίτητες ενεργειακές ανάγκες. Στο πλαίσιο αυτό, εισάγεται ένας δεύτερος νέος δείκτης, ο οποίος συμπεριλαμβάνει τον περιορισμό άλλων βασικών αναγκών, όπως φαγητό, είδη σούπερ μάρκετ, ρουχισμό, τηλεπικοινωνίες κλπ., προκειμένου να εξασφαλιστεί ένα ικανοποιητικό επίπεδο θέρμανσης στο σπίτι. Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον. Τρία στα τέσσερα (74,5%) νοικοκυριά δίνουν σαφή θετική απάντηση, δηλαδή δηλώνουν ότι «έχουν αναγκαστεί» να περιορίσουν άλλες βασικές τους ανάγκες έτσι ώστε να καλύψουν τις ανάγκες τους σε ενέργεια και ιδιαίτερα στη θέρμανση (Διάγραμμα 7.12). Το στοιχείο αυτό επικυρώνεται και από τον έλεγχο χ^2 , καθώς ανάμεσα σε αυτούς που δηλώνουν πως έχουν ένα ικανοποιητικά ζεστό σπίτι και σε αυτούς που πληρώνουν τακτικά τους λογαριασμούς ΔΕΗ ή θέρμανσης, το 69% και 73,5%, αντίστοιχα, έχει αναγκαστεί να περιορίσει άλλες βασικές ανάγκες.

Προφανώς, δεν υπάρχουν δεδομένα συγκριτικής ανάλυσης για τους δύο νεοεισαχθέντες δείκτες. Ωστόσο, και οι δύο εντοπίζουν σημαντικές πτυχές του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας, που δεν καλύπτονται από τους υφιστάμενους υποκειμενικούς δείκτες.



Διάγραμμα 7.12. Υποκειμενικοί δείκτες ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα

7.2.5 Στατιστική σχέση μεταξύ του αντικειμενικού δείκτη ενεργειακής φτώχειας και επιμέρους παραγόντων

Στην Ενότητα αυτή διερευνάται το επίπεδο διασύνδεσης μεταξύ του αντικειμενικού δείκτη ενεργειακής φτώχειας και των υποκειμενικών δεικτών, καθώς και άλλων παραγόντων που θεωρούνται σημαντικοί, μέσω του ελέγχου ανεξαρτησίας χ^2 . Βασικός στόχος είναι να εντοπιστούν οι παράγοντες εκείνοι που συμβάλλουν καθοριστικά στην ένταση του προβλήματος. Για το λόγο αυτό, η μηδενική υπόθεση ορίζει ότι ο αντικειμενικός δείκτης EPI_{CONV} και καθένας από τους εξεταζόμενους παράγοντες είναι ανεξάρτητοι. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.2, 7.3 και 7.4.

Πίνακας 7.2. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και υποκειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας

Αντικειμενικός δείκτης (EPI _{CONV})	Υποκειμενικός δείκτης	χ^2	df	p-value
	Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό (IW)		0,040	1
Καθυστερημένοι λογαριασμοί ΔΕΗ ή θέρμανσης (AB)		2,756	1	0,097
Προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών (DL)		4,379	1	0,036
Προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης (HP)		1,243	2	0,265
Περιορισμός άλλων βασικών αναγκών (RN)		10,832	1	0,001

Πίνακας 7.3. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και συνδυασμού υποκειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας

Αντικειμενικός δείκτης (EPI _{CONV})	Υποκειμενικοί δείκτες	χ^2	df	p-value
	IW - AB - DL - HP - RN	3,553	1	0,059
	IW - AB - DL - RN	3,988	1	0,051
	IW - AB - DL	4,409	1	0,036
	IW - AB - RN	2,327	1	0,127
	IW - DL - RN	4,328	1	0,037
	IW - DL - HP	1,909	1	0,167
	IW - AB	2,254	1	0,133
	IW - DL	3,190	1	0,074
	AB - DL	8,462	1	0,004
	IW - RN	2,408	1	0,121

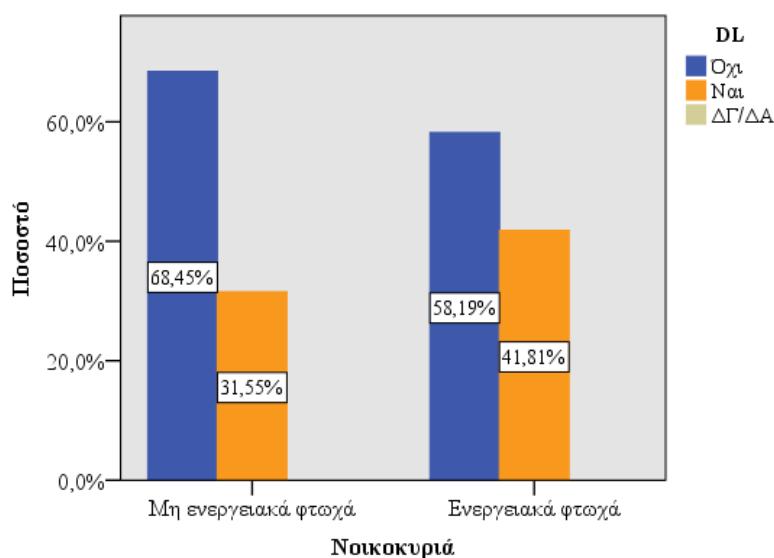
Πίνακας 7.4. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και άλλων παραγόντων

Αντικειμενικός δείκτης (EPI _{CONV})	Παράμετρος	χ^2	df	p-value
	Είδος κατοικίας	47,141	2	0,000
	Έτος κατασκευής σπιτιού	1,637	3	0,651
	Εμβαδόν σπιτιού	2,659	3	0,447
	Κατηγορία νοικοκυριού	2,874	3	0,412
	Αριθμός μελών νοικοκυριού	4,083	4	0,395
	Φτώχεια	74,727	1	0,000
	Κλιματική ζώνη	18,593	3	0,000
	Υψόμετρο	8,709	3	0,033

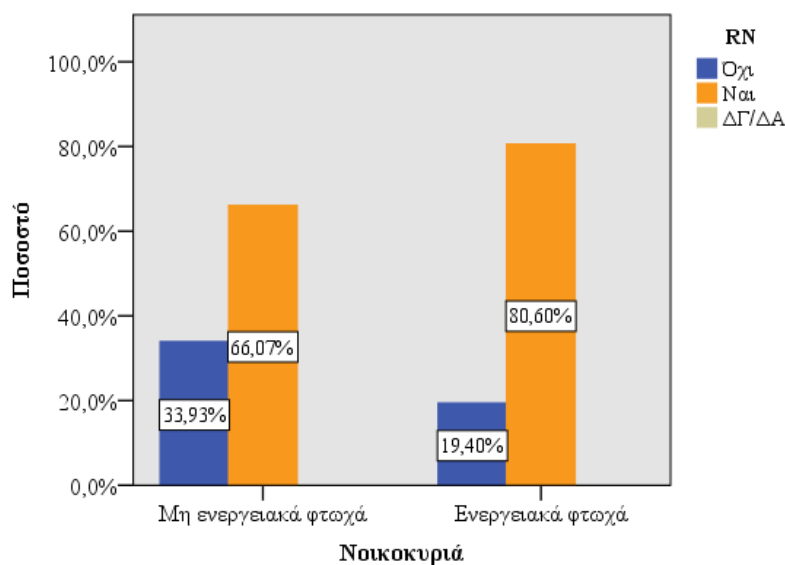
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.2, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται για δύο από τους πέντε υποκειμενικούς δείκτες, τους Δείκτες DL και RN, ενδεικνύοντας την ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα σε καθέναν από αυτούς και στο δείκτη EPI_{CONV}. Δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική σχέση σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% μεταξύ του αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και των υποκειμενικών δεικτών IW, AB και HP, γεγονός που σημαίνει ότι οι διάφοροι δείκτες φωτίζουν διαφορετικές πλευρές του προβλήματος. Η αναντιστοιχία μεταξύ της αντικειμενικής και της υποκειμενικής μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας έχει εντοπιστεί πολλές φορές στη βιβλιογραφία (πχ. Fahmy 2011, DECC 2009).

Πιο συγκεκριμένα, ο αντικειμενικός δείκτης EPI_{CONV} συσχετίζεται με τον υποκειμενικό δείκτη DL, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7.13, τα προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών είναι πιο έντονα ανάμεσα στα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά. Επίσης, ο έλεγχος χ^2 έδειξε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και του υποκειμενικού δείκτη RN, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 7.14, τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά περιορίζουν σε μεγαλύτερο

βαθμό άλλες βασικές τους ανάγκες, προκειμένου να ικανοποιήσουν τις ενεργειακές τους ανάγκες. Χαρακτηριστικό είναι ότι, παρά τη σημαντική σχέση μεταξύ του δείκτη RN και των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών βάσει του δείκτη EPI_{CONV}, δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική σχέση σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% μεταξύ του δείκτη RN και των φτωχών νοικοκυριών ($\chi^2=1,761$, $df=1$, $p\text{-value}=0,184$). Αυτό σημαίνει ότι τα φτωχά νοικοκυριά δεν περιορίζουν βασικές τους ανάγκες, προκειμένου έχουν ένα πιο άνετο σπίτι, από άποψη θέρμανσης. Στην πραγματικότητα, για τα νοικοκυριά με ένα σχετικά μικρό οικογενειακό προϋπολογισμό, η θέρμανση δε θεωρείται προτεραιότητα (προηγούνται οι ανάγκες άμεσης επιβίωσης, όπως π.χ. το φαγητό), ενώ για τα νοικοκυριά με έναν υψηλό λόγο ενεργειακού κόστους/εισοδήματος, η θέρμανση θεωρείται μια βασική ανάγκη.



Διάγραμμα 7.13. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και υποκειμενικού δείκτη DL

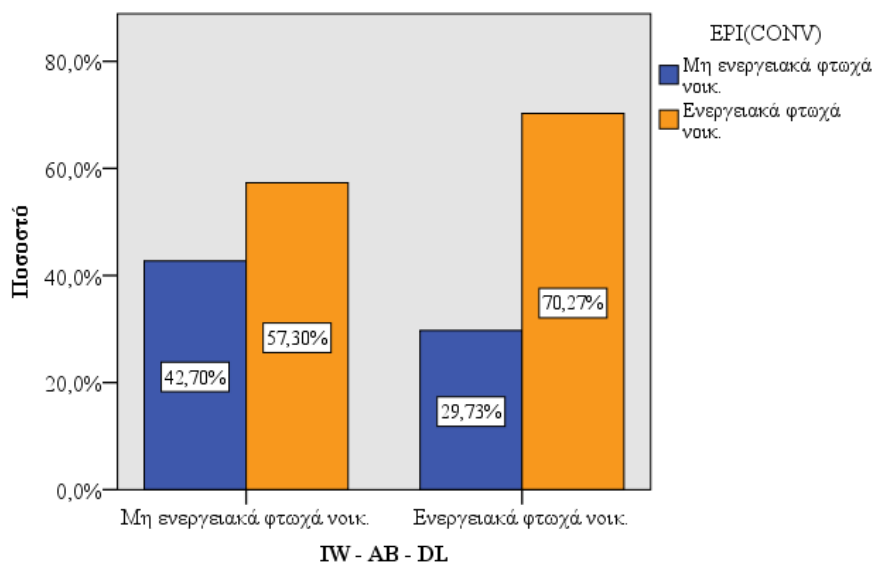


Διάγραμμα 7.14. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και υποκειμενικού δείκτη RN

Πέραν των σχέσεων που αποδεικνύονται μεταξύ του αντικειμενικού δείκτη και καθενός από τους υποκειμενικούς δείκτες, διερευνάται η ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα στον αντικειμενικό δείκτη και σε διάφορους συνδυασμούς των υποκειμενικών δεικτών. Με άλλα λόγια, εξετάζεται αν τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά βάσει των αντικειμενικών μεγεθών σχετίζονται με τα νοικοκυριά εκείνα που εμφανίζουν τα χαρακτηριστικά του συνόλου των υποκειμενικών δεικτών ή τα χαρακτηριστικά τεσσάρων ή τριών ή δύο υποκειμενικών δεικτών, δοκιμάζοντας διάφορους συνδυασμούς αυτών. Από τον Πίνακα 7.3 προκύπτει ότι η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται για τρεις από τις εξεταζόμενες περιπτώσεις, τους παρακάτω συνδυασμούς υποκειμενικών δεικτών:

- IW - AB - DL
- IW - DL - RN
- AB - DL

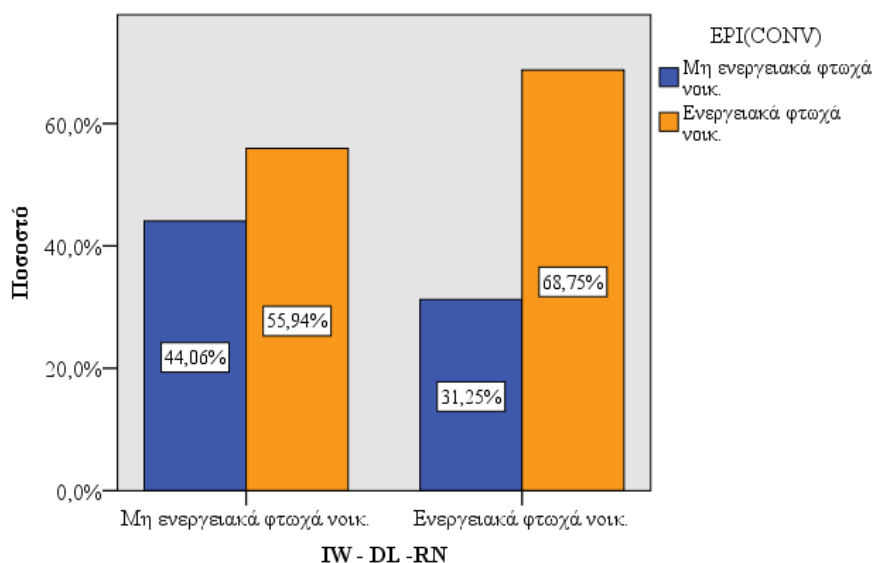
Πιο συγκεκριμένα, ο αντικειμενικός δείκτης EPI_{CONV} συσχετίζεται με το συνδυασμό των τριών τυπικών υποκειμενικών δεικτών (IW-AB-DL), σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05. Τα νοικοκυριά που εμφανίζουν ταυτόχρονα αδυναμία επαρκούς θέρμανσης του σπιτιού, καθυστερημένους λογαριασμούς ενέργειας και προβλήματα υγρασίας στο εσωτερικό του σπιτιού έχουν αυξημένη πιθανότητα να είναι και «αντικειμενικά ενεργειακά φτωχά», βάσει του δείκτη EPI_{CONV}, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7.15.



Διάγραμμα 7.15. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και συνδυασμού υποκειμενικών δεικτών (IW-AB-DL)

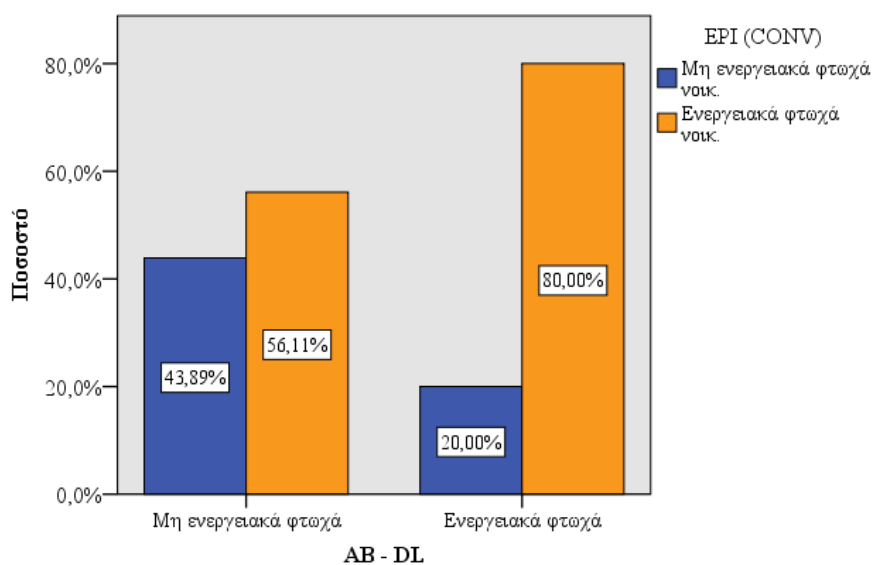
Ίδια συμπεράσματα εξαγονται και για το δεύτερο συνδυασμό υποκειμενικών δεικτών (IW-DL-RN), ο οποίος συσχετίζεται με τον αντικειμενικό δείκτη EPI_{CONV} σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05. Σε αυτή την περίπτωση, τα νοικοκυριά που εμφανίζουν ταυτόχρονα αδυναμία επαρκούς θέρμανσης του σπιτιού, προβλήματα υγρασίας στο σπίτι και κατ' ανάγκη περικοπή άλλων βασικών αναγκών προς ικανοποίηση των ενεργειακών τους αναγκών, είναι

πιθανότερο να είναι και ενεργειακά φτωχά βάσει του αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} (Διάγραμμα 7.16).



Διάγραμμα 7.16. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και συνδυασμού υποκειμενικών δεικτών (IW-DL-RN)

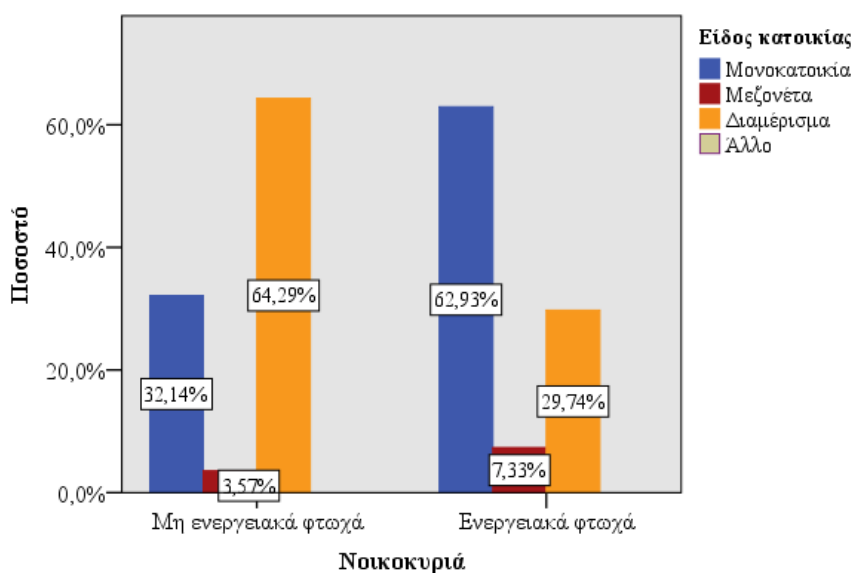
Ο τελευταίος συνδυασμός των υποκειμενικών δεικτών (AB-DL) εμφανίζει συσχέτιση με τον αντικειμενικό δείκτη EPI_{CONV} σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 7.17, το μεγαλύτερο μέρος των νοικοκυριών που εμφανίζουν καθυστερημένους λογαριασμούς και προβλήματα υγρασίας στο σπίτι (80%) προκύπτει ταυτόχρονα και ενεργειακά φτωχό βάσει του δείκτη EPI_{CONV}.



Διάγραμμα 7.17. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και συνδυασμού υποκειμενικών δεικτών (AB-DL)

Γενικότερα, η συνδυαστική εμφάνιση υποκειμενικών δεικτών άλλοτε βρίσκεται σε αναλογία με την αντικειμενική μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας και άλλοτε σε αντίθεση με αυτή, εκφράζοντας διαφορετικές πλευρές του προβλήματος. Αξίζει, πάντως, να σημειωθεί ότι ενώ οι δείκτες IW και AB από μόνοι τους δε σχετίζονται με το δείκτη EPI_{CONV} σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%, ο συνδυασμός τους με το δείκτη DL εμφανίζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με αυτόν, γεγονός που σημαίνει ότι τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά βάσει αντικειμενικών δαπανών εμφανίζουν σε μεγάλο βαθμό και τα χαρακτηριστικά των τριών υποκειμενικών δεικτών, ταυτόχρονα. Ομοίως, ενώ από τους δείκτες AB και DL μόνο ο δεύτερος συσχετίζεται με στατιστικά σημαντικό τρόπο με το δείκτη EPI_{CONV}, ο συνδυασμός τους εμφανίζει ισχυρή συσχέτιση με αυτόν. Φαίνεται πως, ανεξαρτήτως της αντικειμενικής μέτρησης, ο συνδυασμός πολλών και διαφορετικών υποκειμενικών δεικτών από ένα νοικοκυριό αποτελεί έναν ενδιαφέροντα τρόπο ανάλυσης της ενεργειακής φτώχειας, καθώς η διερεύνηση σχέσεων μεταξύ μεμονωμένων δεικτών ενδεχομένως να οδηγεί σε παραπλανητικά συμπεράσματα.

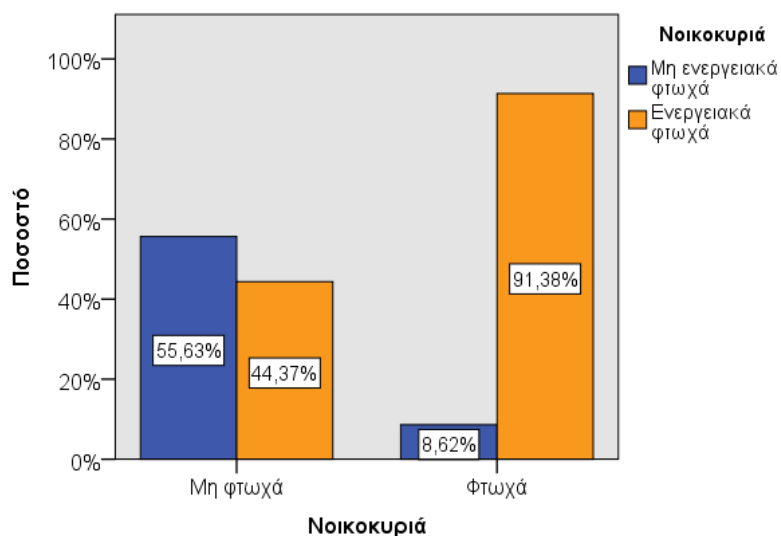
Αναφορικά με την επίδραση άλλων παραγόντων στην ενεργειακή φτώχεια, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται για τέσσερις (είδος κατοικίας, φτώχεια, Κλιματική Ζώνη και υψόμετρο) από τις οχτώ, συνολικά, μεταβλητές που εξετάστηκαν, υποδεικνύοντας την ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα σε καθεμιά από αυτές και στον αντικειμενικό δείκτη EPI_{CONV}, σύμφωνα με τον Πίνακα 7.4. Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης EPI_{CONV} συσχετίζεται με το είδος κατοικίας, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01. Στο Διάγραμμα 7.18 φαίνεται ότι η ενεργειακή φτώχεια επηρεάζει κυρίως τις μονοκατοικίες. Για την ακρίβεια, εντοπίζεται σε διπλάσιο βαθμό στις μονοκατοικίες σε σχέση με τα διαμερίσματα πολυκατοικίας (63% έναντι 30%).



Διάγραμμα 7.18. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και είδους κατοικίας

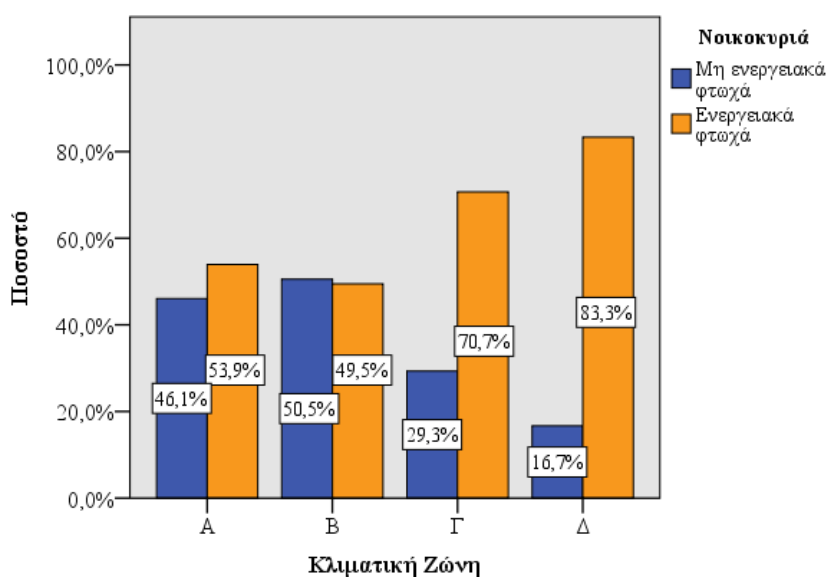
Σημαντική στατιστική συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ του δείκτη EPI_{CONV} και της φτώχειας, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 7.19, τα νοικοκυριά που βρίσκονται κάτω από το όριο της φτώχειας είναι στη συντριπτική τους πλειονότητα και

ενεργειακά φτωχά. Πράγματι, τα 9 στα 10 φτωχά νοικοκυριά είναι και ενεργειακά φτωχά, ενώ η αναλογία αυτή μειώνεται στο μισό ανάμεσα στα μη-φτωχά νοικοκυριά (4 στα 10).



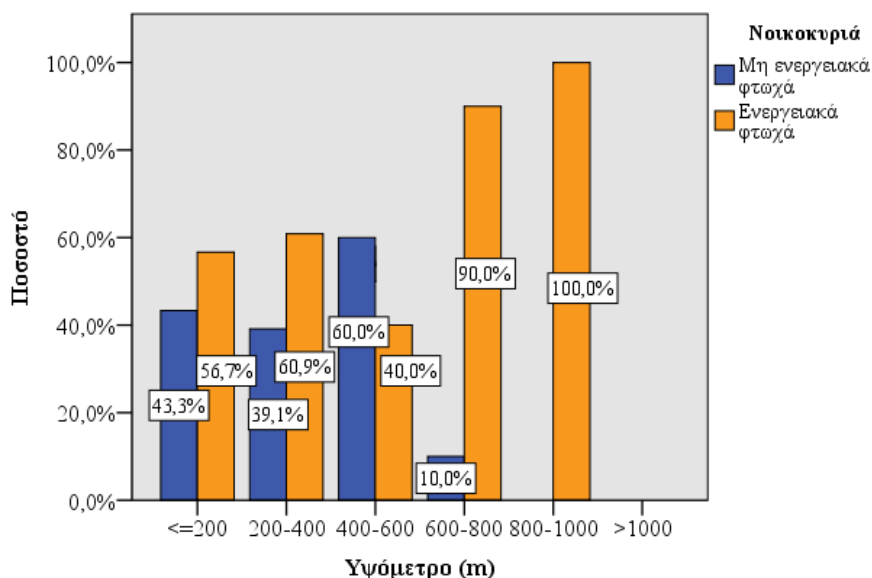
Διάγραμμα 7.19. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPICONV και φτώχειας

Επίσης, ο έλεγχος χ^2 έδειξε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του δείκτη EPICONV και της Κλιματικής Ζώνης, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01. Η μετάβαση από τις θερμότερες Κλιματικές Ζώνες (Α και Β) στις ψυχρότερες (Γ και Δ) αυξάνει την πιθανότητα ενεργειακής φτώχειας (Διάγραμμα 7.20). Πράγματι, οι Κλιματικές Ζώνες Γ και Δ εμφανίζουν σημαντικά υψηλότερα ποσοστά ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών, με την αναλογία ενεργειακά φτωχών-μη ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών να διαμορφώνεται σε 7:3 και 8:2, αντίστοιχα.



Διάγραμμα 7.20. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPICONV και Κλιματικής Ζώνης

Η ενεργειακή φτώχεια βρέθηκε επίσης να συσχετίζεται με το υψόμετρο, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05. Το Διάγραμμα 7.21 δείχνει ότι με την αύξηση του υψομέτρου αυξάνεται και η ενεργειακή φτώχεια. Ειδικά στις ορεινές περιοχές (άνω των 600 m), τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά φαίνεται να υπερισχύουν απόλυτα έναντι των υπολοίπων.



Διάγραμμα 7.21. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPICONV και υψομέτρου

7.3 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Η παρούσα έρευνα αποτελεί την πρώτη πρωτογενή έρευνα ενεργειακής φτώχειας για το σύνολο της χώρας. Στηρίζεται σε ένα συνδυασμό αντικειμενικών και υποκειμενικών δεικτών μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας. Αναφορικά με τον αντικειμενικό δείκτη, πραγματοποιείται αναλυτικός υπολογισμός των ενεργειακών δαπανών, μεθοδολογία που έχει προφανή πλεονεκτήματα έναντι της τυπικής ερώτησης «Δίνετε περισσότερο από το 10% του εισοδήματός σας για θέρμανση;», που χρησιμοποιείται συνήθως σε αντίστοιχες έρευνες. Όσον αφορά στους υποκειμενικούς δείκτες, χρησιμοποιούνται τρεις υφιστάμενοι και ευρέως χρησιμοποιούμενοι δείκτες, μετά από κατάλληλη προσαρμογή στην ελληνική πραγματικότητα και, επίσης, γίνεται εισαγωγή δύο νέων δεικτών.

Στο πρώτο τμήμα της έρευνας προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα, όσον αφορά στη θέρμανση και στην ενεργειακή συμπεριφορά των κατοικιών. Πιο συγκεκριμένα:

Όσον αφορά στο κύριο σύστημα θέρμανσης, δύο συστήματα φαίνεται να κυριαρχούν στην Ελλάδα, ο λέβητας πετρελαίου (42%) και οι ηλεκτρικές συσκευές (24%), γεγονός που αναδεικνύει, αφενός, τον καθοριστικό ρόλο που διαδραματίζει το πετρέλαιο στην ενεργειακή κάλυψη και, αφετέρου, τη στροφή μεγάλου τμήματος του πληθυσμού στη χρήση του ηλεκτρισμού ως κύριας πηγής θέρμανσης. Παράλληλα, ένα 62% των νοικοκυριών χρησιμοποιεί συμπληρωματική θέρμανση στο σπίτι, λόγω ανεπάρκειας του κύριου συστήματος, με κυρίαρχη

επιλογή τις ηλεκτρικές συσκευές (57,5%), ακολουθούμενη από το τζάκι (30%), επιλογές που δικαιολογούνται ως φθηνές πηγές θέρμανσης, παρά τη μέτρια (έως κακή για το τζάκι) ποιότητα θέρμανσης. Το εύρημα της υψηλής χρήσης του τζακιού ως συμπληρωματικής θέρμανσης σε επίπεδο χώρας, αντικρούει την αίσθηση ότι το τζάκι χρησιμοποιείται κυρίως στην επαρχία ή στα χωριά και δικαιολογεί τα υψηλά ποσοστά αιθαλομίχλης που έκαναν την εμφάνισή τους στις αστικές περιοχές τα τελευταία χρόνια. Στο πλαίσιο της οικονομικής κρίσης των τελευταίων ετών, περίπου οι μισοί από τους ερωτηθέντες (45%) δήλωσαν ότι αναγκάστηκαν να αλλάξουν το σύστημα θέρμανσης που συνήθιζαν να χρησιμοποιούν λόγω οικονομικών δυσχερειών.

Ένα ενδιαφέρον εύρημα αφορά στο κατά πόσο η μείωση της τιμής του πετρελαίου κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας (2014-2015) και, έπειτα από μια τετραετία διαδοχικών αυξήσεων, μπόρεσε να ανακουφίσει τα ελληνικά νοικοκυριά. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η πλειονότητα (78%) δεν ωφελήθηκε ουσιαστικά από τη σχετική μείωση, κυρίως λόγω αλλαγής -ή πολύ μικρότερης χρήσης- του συστήματος θέρμανσης (σε ποσοστό 48%). Συνάγεται, επομένως, ότι όταν τα νοικοκυριά διαμορφώνουν νέες συνήθειες στην κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, είναι εξαιρετικά δύσκολο γι' αυτά να επιστρέψουν σύντομα στην πρότερη κατάσταση, ως αποτέλεσμα μιας μείωσης της τιμής, που μπορεί να αποδειχθεί προσωρινή. Επιπλέον, η οικονομική κρίση έχει επιδράσει τόσο έντονα στην καθημερινότητα των νοικοκυριών, που η σχετική μείωση της τιμής απορροφήθηκε από άλλες επείγουσες ανάγκες (σε ποσοστό 27%).

Τέλος, αναδείχθηκε το πολύ μεγάλο κενό που υπάρχει στη μέση συνείδηση αναφορικά με τη σημασία της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων. Παρά το παλιό κτιριακό δυναμικό της χώρας (41,5% των κατοικιών είναι χτισμένες πριν τον Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979) και τις συνεπαγόμενες μεγάλες θερμικές απώλειες, τρία στα τέσσερα νοικοκυριά (74%) δηλώνουν πως δεν έχουν προβεί σε καμία δράση ενεργειακής εξοικονόμησης της κατοικίας τους. Φαίνεται πως τα περισσότερα νοικοκυριά μάχονται για τη στοιχειώδη κάλυψη των αναγκών τους προσφεύγοντας σε φθηνότερα (και χαμηλότερης απόδοσης) ενεργειακά συστήματα, υποτιμώντας σε μεγάλο βαθμό το πρόβλημα των ενεργειακών απωλειών. Η αντίληψη αυτή είναι λανθασμένη και συνδέεται, αναμφίβολα, και με την έλλειψη κατάλληλων κινήτρων από το κράτος.

Στο κύριο τμήμα της έρευνας πραγματοποιείται ο υπολογισμός της ενεργειακής φτώχειας. Βάσει του Συμβατικού Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας (EPI_{CONV}), ο οποίος ορίζεται ως το ποσοστό του λόγου «πραγματικού ενεργειακού κόστους/ετήσιου εισοδήματος νοικοκυριού» που υπερβαίνει το 0,10, υπολογίστηκε ότι το 58,5% των νοικοκυριών της Ελλάδας υποφέρουν από ενεργειακή φτώχεια. Δηλαδή, σχεδόν 6 στα 10 νοικοκυριά της χώρας αδυνατούν να ικανοποιήσουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες. Το ποσοστό αυτό σε απόλυτους αριθμούς μεταφράζεται σε 2.418.706 ελληνικά νοικοκυριά, ένα ιδιαίτερα ανησυχητικό εύρημα, που χρήζει άμεσης φροντίδας από την Πολιτεία.

Η ενεργειακή φτώχεια αυξάνεται όσο μειώνεται η εισοδηματική κατηγορία. Σε επίπεδο μέσων όρων, τα ελληνικά νοικοκυριά ξοδεύουν το 14% του εισοδήματός τους σε ενεργειακές ανάγκες,

ενώ εκείνα που βρίσκονται κάτω από το όριο της φτώχειας ξοδεύουν, αντίστοιχα, το 21%, κατά μέσο όρο, γεγονός που σημαίνει ότι τα φτωχά νοικοκυριά ζουν σε συνθήκες ακραίας ενεργειακής φτώχειας. Γενικότερα, όπως αποδείχθηκε από το στατιστικό έλεγχο ανεξαρτησίας χ^2 , πιο ευάλωτα στην ενεργειακή φτώχεια αποδεικνύονται τα φτωχά νοικοκυριά (9 στα 10 φτωχά νοικοκυριά είναι και ενεργειακά φτωχά), τα νοικοκυριά που ζουν σε μονοκατοικίες (63% η ενεργειακή φτώχεια στις μονοκατοικίες έναντι 30% στα διαμερίσματα πολυκατοικίας), σε ψυχρότερες Κλιματικές Ζώνες (πάνω από 70% η ενεργειακή φτώχεια στις Κλιματικές Ζώνες Γ και Δ), καθώς και σε μεγαλύτερα υψόμετρα.

Όσον αφορά στη μέτρηση της υποκειμενικής διάστασης του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας, εξετάστηκαν πέντε υποκειμενικοί δείκτες. Οι τρεις είναι γνωστοί και ευρέως χρησιμοποιούμενοι στη βιβλιογραφία, με κατάλληλη, όμως, προσαρμογή τους στην ελληνική πραγματικότητα, η οποία κρίθηκε απαραίτητη για την αποφυγή σημαντικών αστοχιών (Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό - IW, Καθυστερημένοι λογαριασμοί ΔΕΗ ή θέρμανσης - AB, Προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών - DL), Συμπληρωματικά, εισήχθησαν δύο νέοι δείκτες, οι οποίοι εντοπίζουν άλλες σημαντικές πλευρές του προβλήματος (Προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης (HP), Περιορισμός άλλων βασικών αναγκών (RN)).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, 42,2% των νοικοκυριών δηλώνουν αδυναμία να διατηρήσουν το σπίτι τους επαρκώς ζεστό (με το 30% να δίνει απάντηση σαφούς αδυναμίας), 18,8% των νοικοκυριών αναφέρουν καθυστερημένους λογαριασμούς ΔΕΗ ή θέρμανσης και 37,5% δηλώνουν προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών στο σπίτι λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης. Τα παραπάνω ποσοστά είναι εξαιρετικά υψηλά, συγκρινόμενα με τους αντίστοιχους, παρεμφερείς δείκτες στην Ευρώπη. Επιπροσθέτως, με τη χρήση των νέων δεικτών, αναδεικνύονται διαφορετικές πτυχές του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας. Πιο συγκεκριμένα, το 22% των νοικοκυριών αναφέρει προβλήματα υγείας (αρθριτικά, ρευματικά, συχνά κρυολογήματα κλπ.), τα οποία θεωρεί ότι συνδέονται με την ανεπαρκή θέρμανση του σπιτιού. Τέλος, τρία στα τέσσερα νοικοκυριά δηλώνουν ότι «έχουν αναγκαστεί» να περιορίσουν άλλες βασικές τους ανάγκες, όπως φαγητό, ρουχισμό κ.ά., προκειμένου να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες. Το στοιχείο αυτό δίνει την ευκαιρία για μια ορθότερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων: ανάμεσα στα νοικοκυριά που πληρώνουν τακτικά τους λογαριασμούς ΔΕΗ ή θέρμανσης και σε αυτά που καταφέρνουν να έχουν ένα ικανοποιητικά ζεστό σπίτι, τα οποία - κατά τους αντίστοιχους δείκτες- δε θεωρούνται ενεργειακά φτωχά, ένα εξαιρετικά σημαντικό ποσοστό τους (73,5% και 69%, αντίστοιχα) έχει αναγκαστεί να περιορίσει άλλες βασικές ανάγκες προκειμένου να επιτύχει αυτές τις συνθήκες.

Εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ του αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και των πέντε υποκειμενικών δεικτών, προκύπτει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τους δείκτες DL και RN. Ειδικότερα, τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά βάσει του δείκτη EPI_{CONV} εμφανίζουν μεγαλύτερα προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών, καθώς, επίσης, περιορίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό άλλες βασικές τους ανάγκες προκειμένου να καλύψουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες. Η χρήση των νέων δεικτών συνέβαλε στον εντοπισμό μιας σημαντικής διαφοροποίησης: ο δείκτης

RN συσχετίζεται με στατιστικά σημαντικό τρόπο -και αρνητικά- με τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά βάσει του αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} , αλλά δε συσχετίζεται με τα φτωχά νοικοκυριά, γεγονός που με την πρώτη ματιά φαίνεται ως μη ερμηνεύσιμο. Ωστόσο, φαίνεται ότι τα φτωχά νοικοκυριά έχουν τόσο έντονες βασικές ελλείψεις που η επαρκής θέρμανση δεν αποτελεί προτεραιότητα για αυτά, σε αντίθεση με τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά που τοποθετούν τη θέρμανση, κατά πάσα πιθανότητα, ψηλά στην ιεραρχία των αναγκών τους. Για το λόγο αυτό, οι νέοι δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με στόχο μια ευρύτερη διερεύνηση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας. Επίσης, ενδιαφέροντα συμπεράσματα εξήχθησαν από τη διερεύνηση της σχέσης του αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} με διάφορους συνδυασμούς των υποκειμενικών δεικτών. Ενώ μεμονωμένοι υποκειμενικοί δείκτες δε συσχετίζονται με το δείκτη EPI_{CONV} , ο συνδυασμός τους μπορεί να εμφανίσει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με αυτόν, όπως συνέβη στην περίπτωση των τριών τυπικών υποκειμενικών δεικτών. Χαρακτηριστικά, ενώ οι δείκτες IW και AB από μόνοι τους δε σχετίζονται με τον αντικειμενικό δείκτη EPI_{CONV} , ο συνδυασμός τους με το δείκτη DL εμφανίζει ισχυρή συσχέτιση με αυτόν. Η συνδυαστική διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ των δεικτών εισάγει ένα διαφορετικό τρόπο στην ανάλυση της ενεργειακής φτώχειας, ο οποίος όμως θα πρέπει να ελεγχθεί και να επιβεβαιωθεί και σε άλλες, διαφορετικές περιπτώσεις.

Προκειμένου να προσεγγιστεί ένα τέτοιο πολυδιάστατο φαινόμενο, όπως είναι η ενεργειακή φτώχεια, κρίνεται αναγκαία η χρήση διαφορετικών δεικτών, οι οποίοι φωτίζουν διαφορετικές πτυχές του προβλήματος, καθώς κανένας δείκτης, ιδιαίτερα κάποιος από τους υφιστάμενους, δε μπορεί να δώσει μια ικανοποιητική εικόνα του προβλήματος, καλύπτοντας επαρκώς τις επιμέρους εκφάνσεις του, όπως αποδεικνύεται και από τις δοκιμές στατιστικής συσχέτισης.

Βιβλιογραφία

- Bound J. (1989). *Self-reported vs. objective measures of health in retirement models*. NBER Working Paper No. 2997, The Population Studies Center, The University of Michigan, U.S.
- BPIE (Buildings Performance Institute Europe) (2014). *Alleviating fuel poverty in the EU. Investing in home renovation, a sustainable and inclusive solution*. Brussels: BPIE.
- DECC (Dept. for Energy and Climate Change) (2009). *Annual Report on Fuel Poverty Statistics 2009*. London: DECC.
- ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2016). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών 2015 (Περίοδος αναφοράς εισοδήματος 2014). Κίνδυνος Φτώχειας*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.
- ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2014). *Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2011*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.
- Eurostat (2017a). *EU statistics on income and living conditions (EU-SILC) methodology - Economic strain*. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdes01&lang=en
- Eurostat (2017b). *EU statistics on income and living conditions (EU-SILC) methodology - Economic strain*. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdes07&lang=en
- Eurostat (2017c). *EU statistics on income and living conditions (EU-SILC) methodology - Housing deprivation*. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdho01&lang=en
- Fahmy E. (2011). *The definition and measurement of fuel poverty*. A Briefing Paper to inform Consumer Focus' submission to the Hills fuel poverty review. University of Bristol, UK.
- Healy J. D. (2004). *Housing, Fuel Poverty and Health: A Pan-European Analysis*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Πανάς Ε. (2012). *Έρευνα για την ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα*. Τμήμα Στατιστικής, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Papada L. & Kaliampakos D. (2016). Measuring energy poverty in Greece. *Energy Policy*, 94, pp. 157-165.
- Streiner D. L., Norman G. R. & Cairney J. (2015). *Health Measurement Scales: A Practical Guide to Their Development and Use*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. *Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων*. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ.
- Ware J. E. (1976). Scales for Measuring General Health Perceptions. *Health Services Research*, 11 (4), pp. 396–415.
- ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2014). *Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων*. <http://www.fuelprices.gr/deltia.view>
- ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2009). *Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων*. <http://www.fuelprices.gr/deltia.view>

Κεφάλαιο 8. Συγκριτική έρευνα ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας

Στο παρόν Κεφάλαιο εξετάζεται το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές κοινωνίες. Με δεδομένη την έλλειψη επαρκών στοιχείων για το φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας σε επίπεδο χώρας, η ανεπάρκεια στοιχείων για τις ορεινές περιοχές είναι ακόμα εντονότερη.

Η απουσία συστηματικής μελέτης της ενεργειακής φτώχειας στον ορεινό χώρο δεν εντοπίζεται μόνο στο επίπεδο της Ελλάδας αλλά, σε μεγάλο βαθμό, και σε διεθνές επίπεδο. Ειδικότερα, ενώ υπάρχουν σποραδικές έρευνες που μελετούν συγκεκριμένες πτυχές των επιπτώσεων της ενεργειακής φτώχειας σε ορεινές περιοχές και, κυρίως σε φτωχές ή αναπτυσσόμενες χώρες, όπως αναλύθηκε διεξοδικά στο Κεφάλαιο 2, μελέτες που να εξετάζουν συνολικά το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας των ορεινών περιοχών μιας χώρας απουσιάζουν.

Η παρούσα έρευνα αποτελεί την πρώτη περίπτωση ολοκληρωμένης μελέτης ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές μιας χώρας (Parada & Kaliamprakos 2017). Η συγκεκριμένη περίπτωση αφορά στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας. Αυτό κατέστη δυνατό μέσα από τη διεξαγωγή δύο παράλληλων πρωτογενών ερευνών (με ίδια μεθοδολογία και κατά την ίδια χρονική περίοδο), οι οποίες έδωσαν τη δυνατότητα σύγκρισης του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές σε σχέση με τις συνθήκες σε επίπεδο χώρας.

8.1 Ταυτότητα έρευνας

Η έρευνα ακολούθησε την ίδια μεθοδολογία με την οποία πραγματοποιήθηκε και η πανελλαδική έρευνα. Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ίδιο με αυτό της πανελλαδικής έρευνας, έτσι ώστε να είναι δυνατές οι κατάλληλες συγκρίσεις. Η ταυτότητα της έρευνας παρουσιάζεται στον Πίνακα 8.1.

Πίνακας 8.1. Ταυτότητα έρευνας των ορεινών περιοχών της Ελλάδας

Τύπος έρευνας	Τηλεφωνική έρευνα με τη χρήση δομημένου ερωτηματολογίου
Περιοχή έρευνας	Ορεινή Ελλάδα
Περίοδος έρευνας	09/03/2015 – 31/05/2015
Μέθοδος δειγματοληψίας	Τυχαία δειγματοληψία
Μέγεθος δείγματος	400 νοικοκυριά
Μέγιστο περιθώριο σφάλματος	4,9% σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%

8.2 Προσδιορισμός πληθυσμού και σύνθεση δείγματος

Η σύνθεση του δείγματος των ορεινών περιοχών της Ελλάδας αποτέλεσε μια ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία, δεδομένου ότι ο ίδιος ο ορεινός πληθυσμός της Ελλάδας είναι μόνο έμμεσα ορισμένος από επίσημους φορείς. Πιο συγκεκριμένα, ο πληθυσμός των ορεινών περιοχών καθορίστηκε ως το σύνολο των κατοίκων των ορεινών περιοχών και, ειδικότερα, των κατοίκων των ορεινών Δήμων, όπως αυτοί προσδιορίζονται από το Πρόγραμμα «Καλλικράτης» με το Νόμο 3852/2010-ΦΕΚ Α' 87 και εν συνεχεία με το Νόμο 4071/2012-ΦΕΚ Α' 85. Ο πρώτος Νόμος άλλαξε ριζικά την ορεινή ταυτότητα της χώρας, περιορίζοντας τους ορεινούς Δήμους στο 9,5% των συνολικών Δήμων της χώρας, τη στιγμή που με τον προγενέστερο Νόμο Καποδίστρια οι ορεινοί και ημιορεινοί Δήμοι αποτελούσαν το 60,2% του συνόλου των Δήμων. Ο δεύτερος Νόμος, αντικαθιστώντας το Άρθρο 209 του πρώτου Νόμου, εισήγαγε μια σημαντική τροποποίηση στον ορισμό των ορεινών Δήμων, αποκαθιστώντας την ορεινή ταυτότητα της χώρας. Σύμφωνα με αυτόν, «όπου αναφέρονται οι ορεινοί - μειονεκτικοί Δήμοι εννοούνται οι Δήμοι στους οποίους περιλαμβάνονται ως Δημοτικές ή Τοπικές Κοινότητες οι Ο.Τ.Α. που αναφέρονται στην Οδηγία 85/148/ΕΟΚ, περί τροποποίησης της Οδηγίας 81/645/ΕΟΚ περί του κοινοτικού καταλόγου των μειονεκτικών γεωργικών περιοχών κατά την έννοια της Οδηγίας 75/268/ΕΟΚ, συμπεριλαμβανομένων και των χαρακτηριζόμενων ως ορεινών Δήμων της παραγράφου 2 του άρθρου 1 του Ν. 3852/2010-ΦΕΚ Α87». Με βάση τα παραπάνω, δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων με το σύνολο των ορεινών Δήμων και των ορεινών Δημοτικών ή Τοπικών Κοινοτήτων της Ελλάδας, όπως ορίζονται σήμερα στους σχετικούς νόμους.

Με τον τρόπο αυτό, προσδιορίστηκε και υπολογίστηκε ο ορεινός πληθυσμός, ο οποίος αποτιμήθηκε στους 1.327.140 κατοίκους. Στη συνέχεια, αποκλείστηκαν Δήμοι οι οποίοι είχαν ποσοστό ορεινού πληθυσμού μικρότερο του 90%, όπως αρκετοί παραθαλάσσιοι Δήμοι (πχ. Δήμος Αντιπάρου, Δήμος Ζακύνθου) και αρκετοί πεδινοί Δήμοι (πχ. Δήμος Αλιάρτου, Δήμος Κομοτηνής, Δήμος Καλαμάτας, Δήμος Σπάρτης), καθώς, παρά το γεγονός ότι είναι χαρακτηρισμένοι ως ορεινοί, δεν εμφανίζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του ορεινού χώρου.

Έτσι, ο ορεινός πληθυσμός της χώρας διαμορφώθηκε στους 881.735 κατοίκους και, κατ' αντιστοιχία, επιλέχθηκε το τελικό δείγμα της έρευνας με τυχαία δειγματοληψία από την ίδια ηλεκτρονική βάση που χρησιμοποιήθηκε και σε επίπεδο χώρας (400 νοικοκυριά, με διάστημα εμπιστοσύνης 95%).

8.3 Αποτελέσματα έρευνας

8.3.1 Δημογραφικά στοιχεία

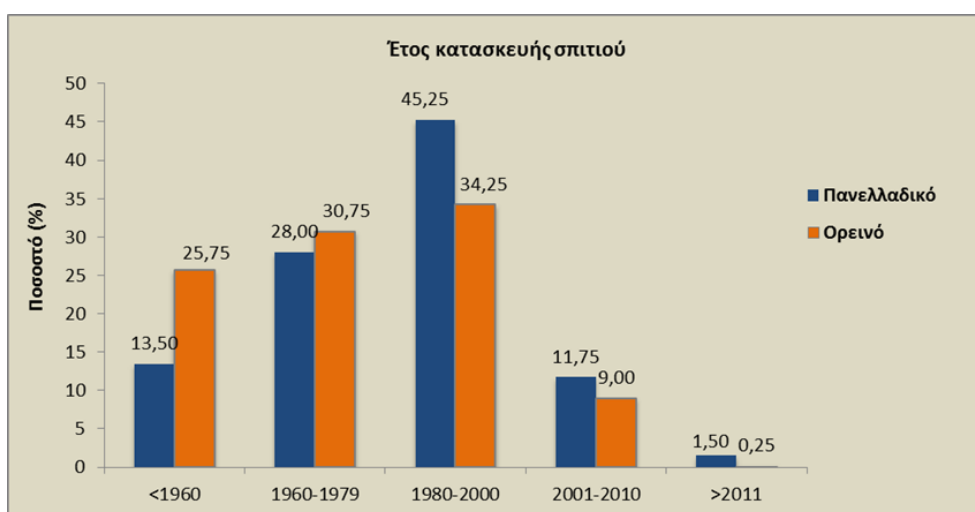
Από την επεξεργασία των δημογραφικών στοιχείων του δείγματος προέκυψαν τα εξής:

Φύλο: Το 52,4% του δείγματος είναι γυναίκες και το 47,6% άνδρες.

Ηλικιακή ομάδα: Το 16,5% ανήκει στην ηλικιακή ομάδα 35-45 ετών, το 20,5% στην ηλικιακή ομάδα 45-55 ετών, το 20% είναι μεταξύ 55 και 65 ετών και το 33% είναι άνω των 65 ετών. Μικρότερα ποσοστά ανήκουν στις άλλες δύο ηλικιακές κατηγορίες, με το 8% να είναι μεταξύ 25-35 ετών και μόλις το 2% να είναι μεταξύ 18-24 ετών.

Περιοχή – Περιφέρεια: Το δείγμα κατανέμεται αναλογικά στις Περιφέρειες με ορεινούς Δήμους ή ορεινές Τοπικές Κοινότητες, με το 19,8% να ζει στην Ήπειρο, το 15,8% στην Κρήτη, το 13,3% στην Πελοπόννησο, το 13% στη Στερεά Ελλάδα και, αναλογικά, μικρότερα ποσοστά στις υπόλοιπες ορεινές περιοχές της χώρας.

Έτος κατασκευής σπιτιού: Το κτιριακό δυναμικό στο μεγαλύτερο μέρος του είναι παλιό και χτισμένο πριν το 1980 (Διάγραμμα 8.1). Συγκεκριμένα, το 26% των σπιτιών είναι χτισμένο πριν το 1960 (διπλάσιο ποσοστό από το επίπεδο της χώρας), το 31% είναι χτισμένο μεταξύ 1960-1980 (σχεδόν ίδιο ποσοστό με το επίπεδο της χώρας) και το 34% μεταξύ 1980-2000 (μικρότερο ποσοστό από το επίπεδο της χώρας). Μόνο το 9% είναι πρόσφατες κατοικίες, χτισμένες μετά το 2001. Συνολικά, υπάρχουν περισσότερα παλαιά σπίτια στις ορεινές περιοχές σε σχέση με το σύνολο της χώρας.

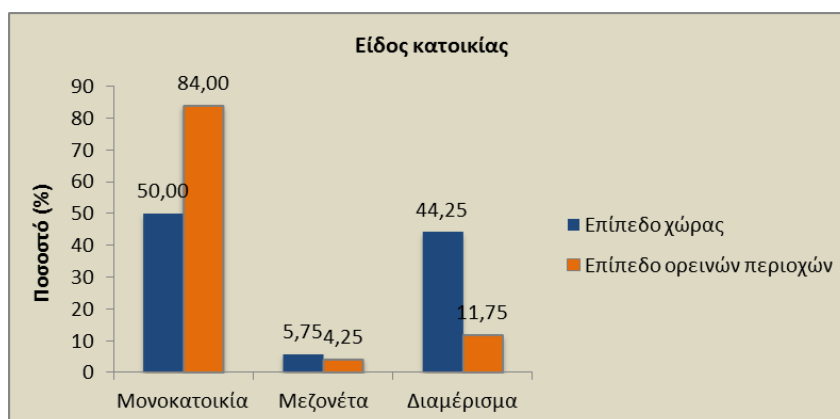


Διάγραμμα 8.1. Σύγκριση έτους κατασκευής σπιτιών στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

Εμβαδόν σπιτιού: Το 69% του δείγματος κατοικεί σε σπίτια εμβαδού 50-100 m² και το 22% σε σπίτια εμβαδού 100-150 m². Μόνο ένα 4% του δείγματος κατοικεί σε μεγαλύτερα σπίτια, που υπερβαίνουν τα 150 m², και ένα 5% σε μικρά σπίτια κάτω των 50 m².

Είδος κατοικίας: Οι μονοκατοικίες αποτελούν το κυρίαρχο οικιστικό μοντέλο, σε αντίθεση με το επίπεδο της χώρας όπου οι μονοκατοικίες είναι σχεδόν όσα και τα διαμερίσματα πολυκατοικίας (Διάγραμμα 8.2). Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στις μικρότερες πυκνότητες κατοίκησης των

ορεινών περιοχών, οι οποίες απέτρεψαν το έντονο φαινόμενο εμπορευματοποίησης της γης που παρατηρήθηκε στις αστικές περιοχές.



Διάγραμμα 8.2. Σύγκριση είδους κατοικίας στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

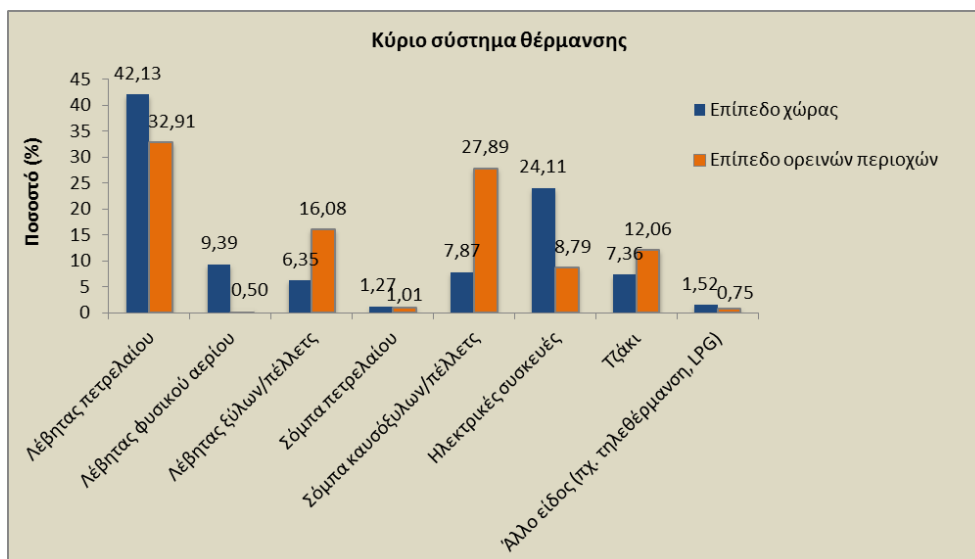
Κατηγορία νοικοκυριού: Το 55,5% του δείγματος είναι οικογένειες, το 30% συνταξιούχοι και το 11% ενήλικες χωρίς παιδιά. Μόλις το 3% του δείγματος είναι μονογονεϊκές οικογένειες.

Με δεδομένη την πλήρη έλλειψη στοιχείων για τα χαρακτηριστικά της ορεινής Ελλάδας, τα παραπάνω στοιχεία δίνουν μια ενδεικτική εικόνα της ταυτότητάς της.

8.3.2 Στοιχεία θέρμανσης και ενεργειακής απόδοσης

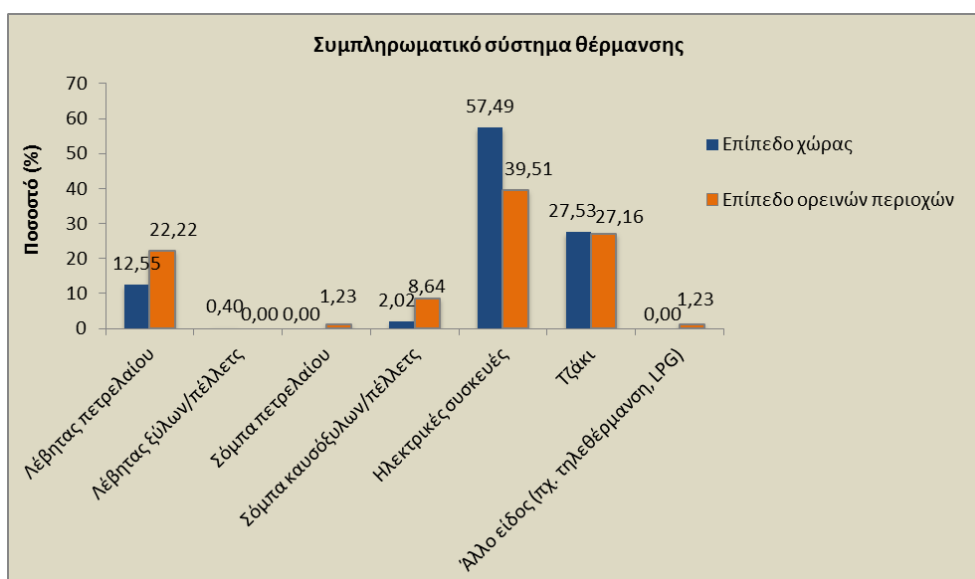
Τύπος συστήματος θέρμανσης

Όσον αφορά στο κύριο χρησιμοποιούμενο σύστημα θέρμανσης, ο λέβητας πετρελαίου παραμένει η πρώτη επιλογή για τις ορεινές περιοχές, αν και σε μικρότερο ποσοστό σε σχέση με το επίπεδο της χώρας (33% έναντι 42%), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8.3. Επόμενη επιλογή, με μικρή διαφορά, αποτελεί η σόμπα καυσόξυλων/πέλλετς (28%), ακολουθούμενη από το λέβητα ξύλων/πέλλετς (16%), το τζάκι (12%) και τις ηλεκτρικές συσκευές (9%). Παρατηρείται μια έντονη στροφή στη σόμπα και στο λέβητα ξύλων/πέλλετς, σε σχέση με το πανελλαδικό δείγμα. Πιο συγκεκριμένα, το άθροισμα των συστημάτων θέρμανσης που χρησιμοποιούν ξυλεία (σόμπα ή λέβητας ξύλων/πέλλετς και τζάκι) αγγίζει το 56%, ποσοστό που υπερβαίνει σημαντικά το ποσοστό του πετρελαίου (33%), γεγονός που σημαίνει ότι η βιομάζα υπερτερεί του πετρελαίου στις επιλογές κύριας θέρμανσης στα ορεινά. Επίσης, οι ηλεκτρικές συσκευές, που αποτελούν τη δεύτερη επιλογή κύριας θέρμανσης σε πανελλαδικό επίπεδο, συνιστούν την τελευταία επιλογή για τον ορεινό πληθυσμό.



Διάγραμμα 8.3. Σύγκριση κύριου συστήματος θέρμανσης της κατοικίας στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

Εκτός από το κύριο σύστημα θέρμανσης, η πλειονότητα των νοικοκυριών (60,5%) χρησιμοποιεί και συμπληρωματικό σύστημα θέρμανσης. Το σύστημα θέρμανσης που επιλέγεται κυρίως, ως συμπληρωματικό, είναι οι ηλεκτρικές συσκευές σε ποσοστό 39,5%, ακολουθούμενο από το τζάκι (27%) και το λέβητα πετρελαίου (22%), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8.4. Φαίνεται ότι οι επιλογές των νοικοκυριών στο συμπληρωματικό σύστημα θέρμανσης είναι παρόμοιες στις δύο έρευνες. Σε κάθε περίπτωση, ο ηλεκτρισμός αναδεικνύεται στην πρώτη επιλογή συμπληρωματικής θέρμανσης, ως μια εύκολη και οικονομικά προσιτή εναλλακτική επιλογή.



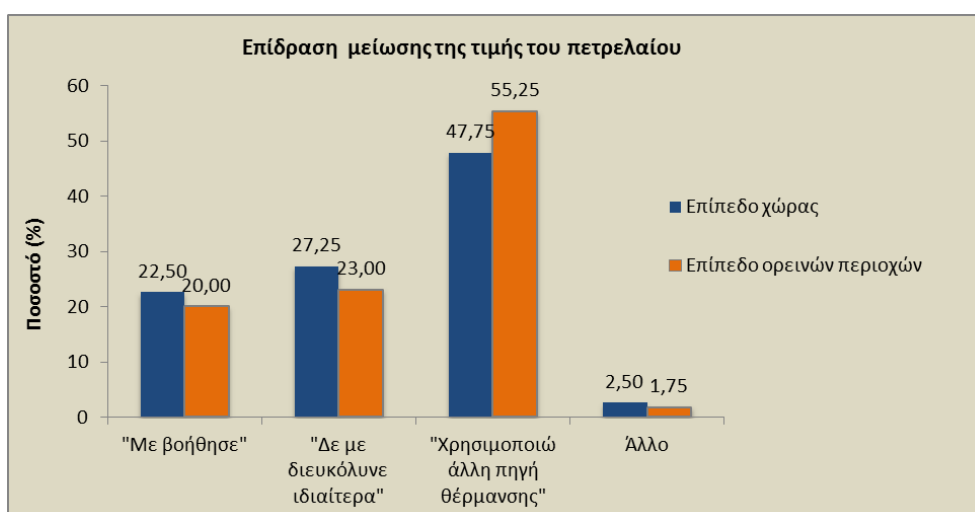
Διάγραμμα 8.4. Σύγκριση συμπληρωματικού συστήματος θέρμανσης της κατοικίας στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

Στην περίπτωση που το κύριο αλλά και το συμπληρωματικό σύστημα θέρμανσης κρίνονται ανεπαρκή, χρησιμοποιείται και τρίτο σύστημα θέρμανσης, το οποίο συμβαίνει μόλις για το 4% των νοικοκυριών. Στις ορεινές περιοχές, οι επιλογές μοιράζονται ανάμεσα στο τζάκι (47%), τις ηλεκτρικές συσκευές (33%) και άλλα συστήματα θέρμανσης (πχ. τηλεθέρμανση, LPG), σε αντίθεση με το πανελλαδικό επίπεδο, όπου κυριαρχεί η χρήση του τζακιού.

Σημειώνεται ότι ένα μεγάλο ποσοστό (40,5%) δήλωσε ότι αναγκάστηκε να αλλάξει τρόπο θέρμανσης τα τελευταία χρόνια εξαιτίας οικονομικών δυσχερειών. Το εύρημα αυτό είναι ενδιαφέρον, με την έννοια ότι τα νοικοκυριά των ορεινών περιοχών ανέκαθεν χρησιμοποιούσαν οικονομικότερα συστήματα θέρμανσης, βασισμένα στην ξυλεία, η οποία αφθονεί στα βουνά. Παρ' όλα αυτά, φαίνεται πως και τα ορεινά νοικοκυριά, στο έδαφος της κρίσης, στράφηκαν σε σημαντικό βαθμό προς οικονομικότερα συστήματα θέρμανσης.

Επίδραση της μείωσης της τιμής του πετρελαίου στο σύστημα θέρμανσης

Όπως και στην πανελλαδική έρευνα, διερευνήθηκε κατά πόσο η μείωση της τιμής του πετρελαίου κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας επηρέασε τον τρόπο θέρμανσης των νοικοκυριών. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8.5, το 80% δεν ωφελήθηκε ουσιαστικά από τη σχετική μείωση της τιμής. Ειδικότερα, σε αντιστοιχία με τις απαντήσεις για το σύστημα θέρμανσης, το 55% δήλωσε πως δε χρησιμοποιεί πετρέλαιο για τη θέρμανσή του ή άλλαξε σύστημα θέρμανσης τα τελευταία χρόνια, με αποτέλεσμα να μην έχει επηρεαστεί καθόλου από αυτή τη μεταβολή, ενώ ένα 23% δήλωσε πως δεν επηρεάστηκε ιδιαίτερα, επικαλούμενο την έντονη οικονομική κρίση, η οποία μειώνει τη σημασία τέτοιων μικρών, θετικών αλλαγών. Σημειώνεται ότι η μείωση της τιμής του πετρελαίου δεν κατάφερε να ωφελήσει το σύνολο του ορεινού πληθυσμού που χρησιμοποιεί πετρέλαιο ως κύρια θέρμανση (33%), αλλά μόνο ένα τμήμα αυτού (20%).



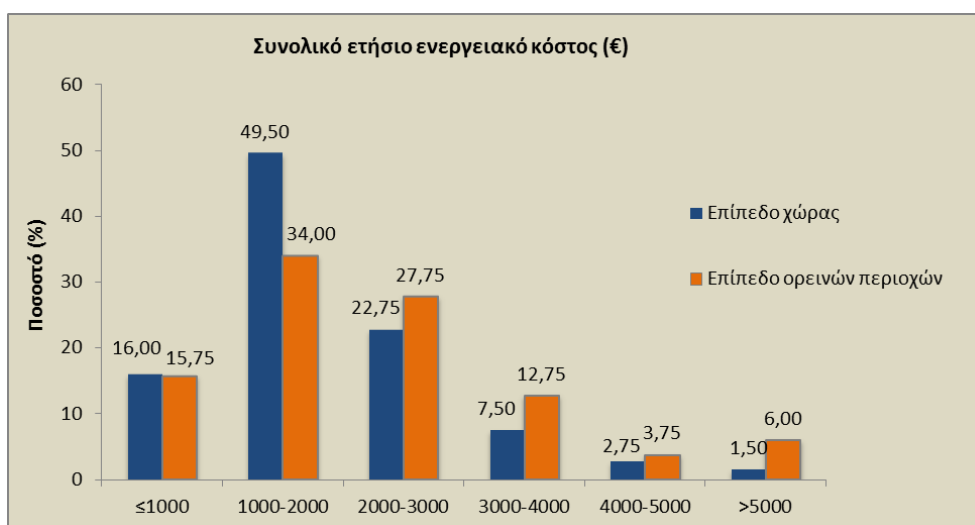
Διάγραμμα 8.5. Σύγκριση επίδρασης της μείωσης της τιμής του πετρελαίου στο σύστημα θέρμανσης στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

Δράσεις ενεργειακής εξοικονόμησης

Όπως συμβαίνει συνολικά στη χώρα έτσι και στις ορεινές περιοχές, το μεγαλύτερο μέρος των νοικοκυριών (70,5%) δεν έχει προβεί σε καμία δράση ενεργειακής εξοικονόμησης της κατοικίας του, παρά το ακόμα παλαιότερο κτιριακό δυναμικό σε σχέση με το σύνολο της χώρας (διπλάσιος αριθμός σπιτιών χτισμένων πριν το 1960), που συνεπάγεται και μεγαλύτερες θερμικές απώλειες. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην έλλειψη κουλτούρας ενεργειακής εξοικονόμησης των Ελλήνων, όπως επισημάνθηκε και στο προηγούμενο Κεφάλαιο. Ειδικότερα η έλλειψη κινήτρων από το κράτος προσανατολισμένων στις ορεινές περιοχές αποτελεί σοβαρό πρόβλημα, δεδομένου ότι η ενεργειακή εξοικονόμηση σε περιοχές με μεγάλες θερμικές απώλειες παρουσιάζει σημαντικότερα οφέλη (Κατσουλάκος 2011) και θα βοηθούσε σημαντικά στην αντιμετώπιση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας.

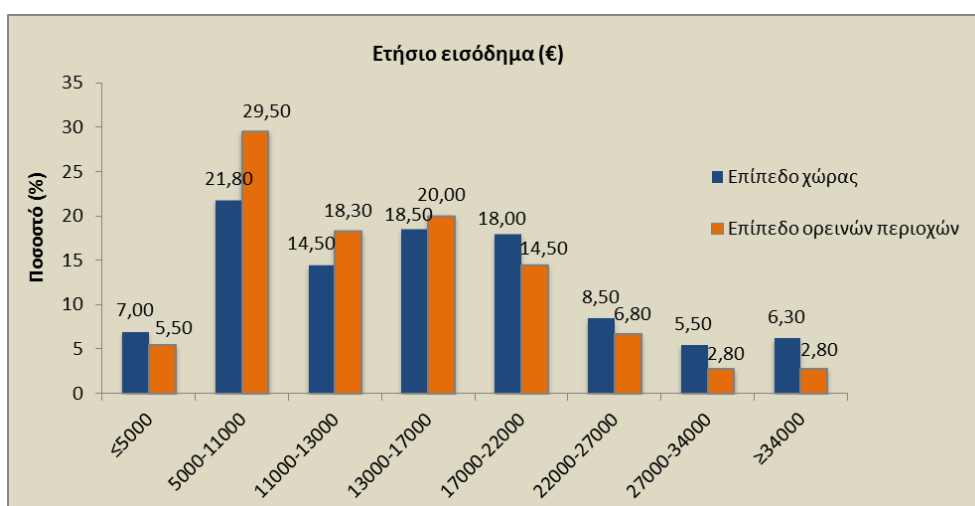
8.3.3 Αντικειμενικός δείκτης ενεργειακής φτώχειας

Όπως και σε επίπεδο χώρας, συγκεντρώθηκαν δεδομένα ενεργειακών δαπανών (λογαριασμών θέρμανσης και ηλεκτρικού ρεύματος) και εισοδημάτων. Αναφορικά με τον παράγοντα του ενεργειακού κόστους, η πλειονότητα των νοικοκυριών (62%) δήλωσε ότι ξοδεύει 1.000-3.000€ ετησίως για θέρμανση και ηλεκτρισμό (Διάγραμμα 8.6). Χαρακτηριστικό είναι ότι, εκτός των δύο χαμηλότερων κατηγοριών κόστους, σε όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες το ποσοστό ενεργειακού κόστους των ορεινών νοικοκυριών υπερβαίνει το αντίστοιχο ποσοστό των νοικοκυριών, πανελλαδικά. Ακόμα και στην υψηλότερη κατηγορία κόστους (>5.000€ ετησίως), όπου το ποσοστό σε επίπεδο χώρας τείνει να εκμηδενιστεί, το αντίστοιχο ποσοστό των ορεινών περιοχών παραμένει σημαντικό. Όπως φαίνεται, τα ορεινά νοικοκυριά επιβαρύνονται με σημαντικά υψηλότερα ενεργειακά κόστη προκειμένου να επιτύχουν ένα επίπεδο θερμικής άνεσης, σε σχέση με τα νοικοκυριά που ζουν σε αστικές, πεδινές ή παραθαλάσσιες περιοχές.



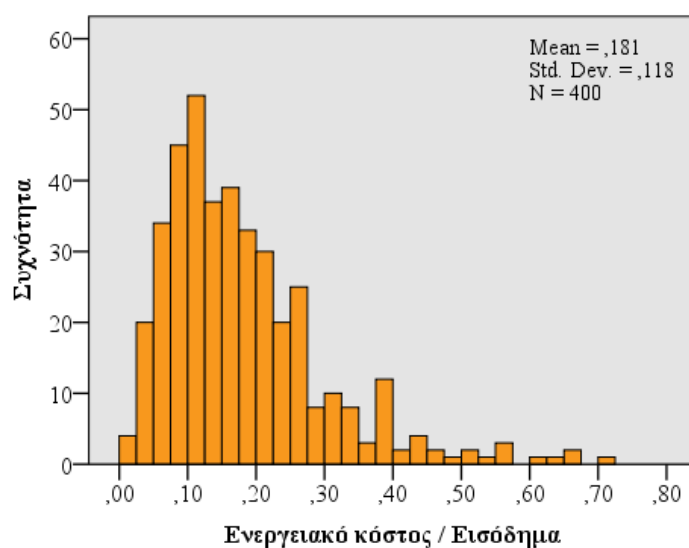
Διάγραμμα 8.6. Σύγκριση συνολικού ετήσιου ενεργειακού κόστους νοικοκυριών στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

Όσον αφορά στον παράγοντα του εισοδήματος, το 35% των ορεινών νοικοκυριών δήλωσε εισόδημα μικρότερο των 11.000€ ετησίως, 38% δήλωσαν εισόδημα 11.000-17.000€, 14,5% δήλωσαν εισόδημα 17.000-22.000€ και μικρότερα ποσοστά δήλωσαν υψηλότερα εισοδήματα. Συνολικά, οι ορεινές περιοχές εμφανίζουν χαμηλότερα ετήσια διαθέσιμα εισοδήματα σε σχέση με το επίπεδο της χώρας (14.407€ έναντι των 16.576€). Στο Διάγραμμα 8.7 απεικονίζεται η κατανομή των εισοδημάτων των ορεινών περιοχών, σε σύγκριση με το επίπεδο της χώρας.



Διάγραμμα 8.7. Σύγκριση ετήσιου εισοδήματος των νοικοκυριών στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

Ο λόγος ενεργειακού κόστους/εισοδήματος απεικονίζεται στο Διάγραμμα 8.8. Τα ορεινά νοικοκυριά ξοδεύουν, κατά μέσο όρο, το 18% του εισοδήματός τους στην ενέργεια (Mean=0,181, SD=0,118). Υπενθυμίζεται ότι το αντίστοιχο ποσοστό σε πανελλαδικό επίπεδο είναι 14%. Το ποσοστό αυξάνεται στο 20% για τα νοικοκυριά των ορεινών περιοχών που βρίσκονται κάτω από το όριο της φτώχειας, γεγονός που συνεπάγεται συνθήκες ακραίας ενεργειακής φτώχειας.



Διάγραμμα 8.8. Λόγος ενεργειακού κόστους / εισοδήματος στην ορεινή Ελλάδα

Η ενεργειακή φτώχεια, βάσει του Συμβατικού Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας (EPI_{CONV}), υπολογίζεται στο 73,5%. Με άλλα λόγια, πάνω από 7 στα 10 νοικοκυριά αδυνατούν να καλύψουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες στις ορεινές περιοχές της χώρας, ένα εύρημα άκρως ανησυχητικό. Το ποσοστό είναι σημαντικά υψηλότερο και από το αποτέλεσμα ενεργειακής φτώχειας πανελλαδικά (73,5% έναντι 58,5%).

Από τα παραπάνω συνάγεται η όξυνση του φαινομένου της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές, εξαιτίας του συνδυασμού υψηλότερου ενεργειακού κόστους και χαμηλότερων εμφανιζόμενων εισοδημάτων.

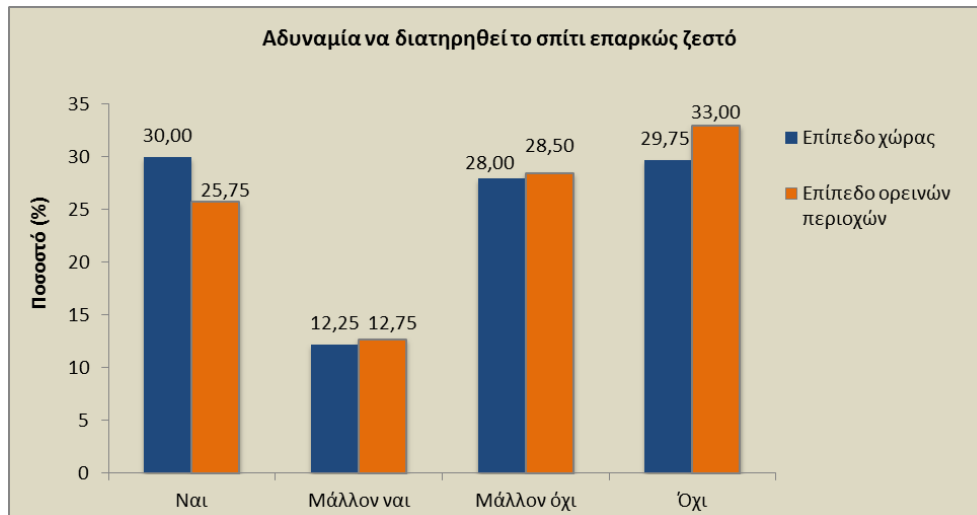
8.3.4 Υποκειμενικοί δείκτες ενεργειακής φτώχειας

Στην Ενότητα αυτή εξετάζονται υφιστάμενοι και νέοι υποκειμενικοί δείκτες ενεργειακής φτώχειας, οι οποίοι αναλύθηκαν διεξοδικά στο Κεφάλαιο 7. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις ορεινές περιοχές, σε σύγκριση με το πανελλαδικό επίπεδο.

- Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό (Inability to keep home adequately Warm-IW)

Ο δείκτης IW εμφανίζει παρόμοια τάση ανάμεσα στις δύο έρευνες (Διάγραμμα 8.9). Το 26% των ορεινών νοικοκυριών δηλώνει σαφή αδυναμία να διατηρήσει το σπίτι του επαρκώς ζεστό (30% σε πανελλαδικό επίπεδο), ενώ ένα 13% δηλώνει επίσης αδυναμία αλλά απαντά με σχετική αμφιβολία (12% σε πανελλαδικό επίπεδο). Συνολικά, ένα ποσοστό της τάξης του 40% αδυνατεί να διατηρήσει ένα ικανοποιητικό επίπεδο θέρμανσης στο σπίτι. Το ποσοστό αυτό θεωρείται ανησυχητικά υψηλό, ειδικά όταν συγκριθεί με τα Ευρωπαϊκά ποσοστά, όπως αυτά παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 7. Ο δείκτης IW για την ορεινή Ελλάδα κινείται στα υψηλότερα καταγεγραμμένα επίπεδα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Eurostat 2017_a).

Δεν εκπλήσσει το γεγονός ότι το ποσοστό σαφούς αδυναμίας θέρμανσης στις ορεινές περιοχές είναι μικρότερο σε σχέση με το επίπεδο της χώρας (26% έναντι 30%), παρά τις μεγαλύτερες θερμικές ανάγκες. Η θέρμανση στις ορεινές περιοχές είναι μια ανάγκη ανελαστική που δεν μπορεί παρά να ικανοποιηθεί με κάθε τρόπο, ακόμη και σε βάρος άλλων αναγκών. Επιπλέον, στην Ενότητα 8.3.2, αποδείχθηκε ότι το επαρκές επίπεδο θέρμανσης στον ορεινό χώρο επιτυγχάνεται μέσα από οικονομικότερα (αν και λιγότερο αποδοτικά) συστήματα θέρμανσης.



Διάγραμμα 8.9. Σύγκριση αδυναμίας να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα (IW)

- Καθυστερημένοι λογαριασμοί ΔΕΗ ή θέρμανσης (Arrears on energy Bills–AB)

Σχετικά με το δείκτη AB, οι απαντήσεις για τις ορεινές περιοχές είναι παρόμοιες με αυτές σε πανελλαδικό επίπεδο, με το 20% των νοικοκυριών να δηλώνει καθυστερημένους λογαριασμούς ΔΕΗ ή θέρμανσης (Διάγραμμα 8.10), ποσοστό το οποίο θεωρείται αρκετά υψηλό αν ληφθεί υπ' όψιν η ανελαστικότητα τόσο της ίδιας της ανάγκης θέρμανσης στις ορεινές περιοχές, όσο και των μέτρων στα οποία προβαίνει η ΔΕΗ στην περίπτωση των καθυστερημένων λογαριασμών. Υπενθυμίζεται ότι, συγκρινόμενο με τα Ευρωπαϊκά ποσοστά, το ποσοστό του 20% είναι διπλάσιο από το μέσο όρο του ευρύτερου δείκτη «Arrears on utility bills» στην Ευρωπαϊκή Ένωση (9,1%), ο οποίος συμπεριλαμβάνει και άλλες πάγιες δαπάνες πέραν των λογαριασμών ενέργειας (Eurostat 2017b).

- Προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης (dwelling with Damp walls, mold and Leakages-DL)

Τα προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών φαίνεται να αποτελούν ένα ιδιαίτερα σοβαρό πρόβλημα για τα ορεινά σπίτια. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8.10, σχεδόν ένα στα δύο ορεινά νοικοκυριά (46%) αναφέρει σχετικά προβλήματα λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης, το οποίο είναι ένα εξαιρετικά υψηλό ποσοστό, αν συγκριθεί με το μέσο όρο του παρόμοιου δείκτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (15,2%) (Eurostat 2017c). Το πρόβλημα στις ορεινές περιοχές είναι πολύ πιο έντονο σε σχέση με το πανελλαδικό επίπεδο (46% έναντι 37,5%). Σε ένα βαθμό, η αύξηση αυτή δικαιολογείται ως ένας συνδυασμός των παλαιότερων σπιτιών και των λιγότερο αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης στις ορεινές περιοχές. Ειδικότερα, ο έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2 έδειξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση των προβλημάτων υγρασίας με το έτος κατασκευής του σπιτιού ($\chi^2=8,094$, $df=3$, $p\text{-value}=0,044$), αλλά και με το κύριο σύστημα θέρμανσης ($\chi^2=18,198$, $df=7$, p -

value=0,011). Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος (70,5%) των νοικοκυριών δεν έχει λάβει κανένα μέτρο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της κατοικίας του, δημιουργούν συνθήκες που ευνοούν τις υψηλές θερμικές απώλειες και την ανάπτυξη υγρασίας-μούχλας στο εσωτερικό των σπιτιών.

Εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ των δεικτών DL και IW, προκύπτει ισχυρή συσχέτιση ($\chi^2=48,451$, $df=1$, $p\text{-value}=0,000$). Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι ανάμεσα στα νοικοκυριά που δηλώνουν προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών στο σπίτι, το 57% δηλώνει ταυτόχρονα και αδυναμία θέρμανσης του σπιτιού.

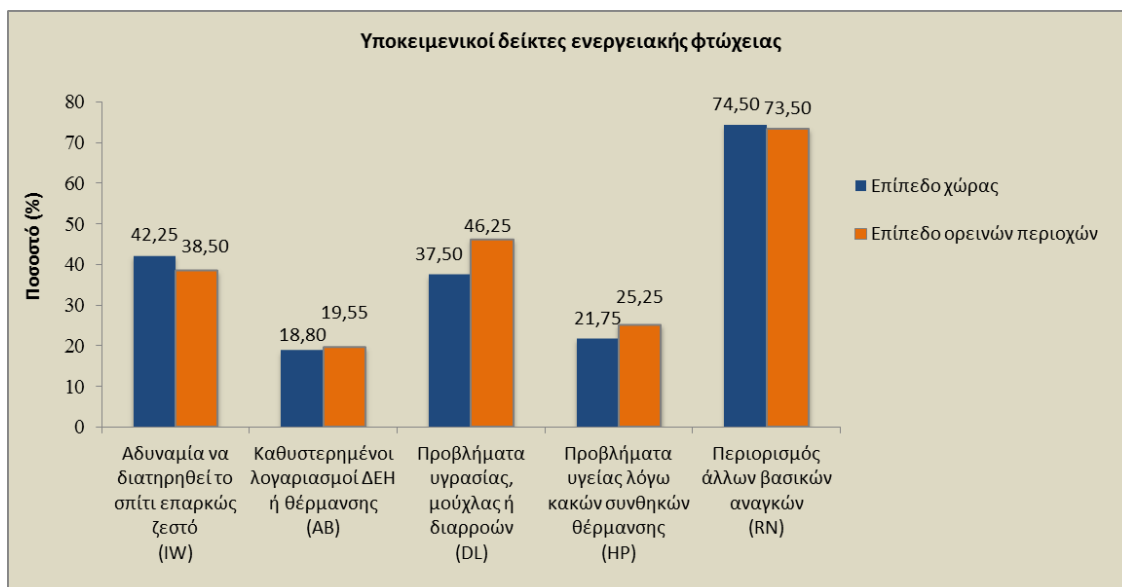
- Προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης (Health Problems linked with poor heating conditions–HP)

Το 25% των ορεινών νοικοκυριών δηλώνει προβλήματα υγείας (αρθριτικά, ρευματικά, συχνά κρυολογήματα κλπ.), που, κατά τη γνώμη του, συνδέονται με τις κακές συνθήκες θέρμανσης του σπιτιού, ποσοστό το οποίο θεωρείται ιδιαίτερα υψηλό (Διάγραμμα 8.10). Το αντίστοιχο ποσοστό σε πανελλαδικό επίπεδο ήταν σχεδόν εξίσου υψηλό (22%).

Εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ των δεικτών HP και DL προκύπτει ισχυρή συσχέτιση ($\chi^2=70,160$, $df=1$, $p\text{-value}=0,000$). Πιο συγκεκριμένα, προκύπτει ότι η μεγάλη πλειονότητα των νοικοκυριών που δηλώνουν προβλήματα υγείας (82%) δηλώνει ταυτόχρονα και προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών στο σπίτι. Επίσης, ισχυρή συσχέτιση προκύπτει μεταξύ των δεικτών HP και IW ($\chi^2=57,696$, $df=1$, $p\text{-value}=0,000$). Ειδικότερα, ένα ποσοστό της τάξης του 70% αυτών που δηλώνουν προβλήματα υγείας δηλώνει και αδυναμία επαρκούς θέρμανσης του σπιτιού. Σε κάθε περίπτωση, το γεγονός ότι ένα στα τέσσερα νοικοκυριά δηλώνει προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης θεωρείται ένα ιδιαίτερα σοβαρό πρόβλημα στην Ελλάδα, τόσο για τις ορεινές περιοχές όσο και για το σύνολο της χώρας.

- Περιορισμός άλλων βασικών αναγκών (Restriction of other essential Needs–RN)

Σχεδόν τρία στα τέσσερα ορεινά νοικοκυριά (73,5%) δηλώνουν ότι «έχουν αναγκαστεί» να περιορίσουν άλλες βασικές τους ανάγκες, όπως φαγητό, είδη σούπερ μάρκετ, ρουχισμό, τηλεπικοινωνίες κ.ά., προκειμένου να καταφέρουν να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες, όπως επίσης συμβαίνει και σε πανελλαδικό επίπεδο (Διάγραμμα 8.10). Σύμφωνα με τον έλεγχο ανεξαρτησίας χ^2 , προκύπτει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των δεικτών RN και IW ($\chi^2=13,550$, $df=1$, $p\text{-value}=0,000$). Πράγματι, ανάμεσα στα νοικοκυριά που δηλώνουν ότι διατηρούν ένα επαρκώς ζεστό σπίτι, η πλειονότητά τους (67%) έχει αναγκαστεί να περικόψει άλλες βασικές ανάγκες. Επίσης, ανάμεσα στα νοικοκυριά που πληρώνουν τακτικά τους λογαριασμούς ΔΕΗ ή ρεύματος του σπιτιού τους, το μεγαλύτερο μέρος τους (70%) έχει επίσης περιορίσει άλλες βασικές ανάγκες (Συσχέτιση μεταξύ των δεικτών RN και AB: $\chi^2=7,720$, $df=1$, $p\text{-value}=0,005$).



Διάγραμμα 8.10. Σύγκριση υποκειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

8.3.5 Στατιστική σχέση μεταξύ του αντικειμενικού δείκτη ενεργειακής φτώχειας και επιμέρους παραγόντων

Η σχέση μεταξύ του αντικειμενικού δείκτη ενεργειακής φτώχειας και των υποκειμενικών δεικτών, καθώς και άλλων κρίσιμων παραγόντων, διερευνήθηκε μέσω του ελέγχου ανεξαρτησίας χ^2 . Η μηδενική υπόθεση ορίζει την ανεξαρτησία των εξεταζόμενων μεταβλητών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 8.2, 8.3 και 8.4.

Πίνακας 8.2. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη και υποκειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα

Αντικειμενικός δείκτης (EPI _{CONV})	Υποκειμενικός δείκτης	χ^2	df	p-value
	Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό (IW)		3,530	1
Καθυστερημένοι λογαριασμοί ΔΕΗ ή θέρμανσης (AB)		1,560	1	0,212
Προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών (DL)		1,321	1	0,250
Προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης (HP)		5,281	1	0,022
Περιορισμός άλλων βασικών αναγκών (RN)		15,102	1	0,000

Πίνακας 8.3. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} και συνδυασμού υποκειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας

Αντικειμενικός δείκτης (EPI _{CONV})	Υποκειμενικοί δείκτες	χ^2	df	p-value
	IW - AB - DL - HP - RN	4,996	1	0,025
	IW - AB - DL - RN	2,592	1	0,107
	IW - AB - DL	0,516	1	0,472
	IW - AB - RN	5,854	1	0,016
	IW - DL - RN	7,142	1	0,008
	IW - DL - HP	7,611	1	0,006
	IW - AB	2,847	1	0,092
	IW - DL	5,164	1	0,023
	AB - DL	0,029	1	0,864
	IW - RN	4,956	1	0,026

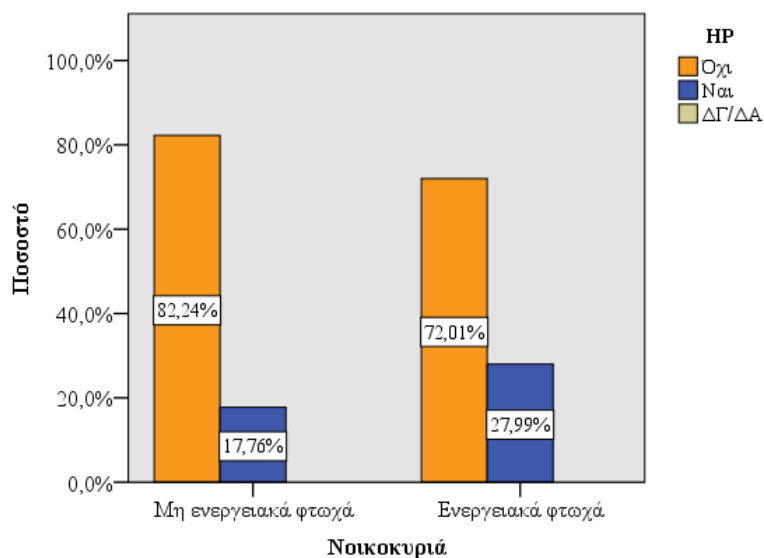
Πίνακας 8.4. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη και επιμέρους παραγόντων στην ορεινή Ελλάδα

Αντικειμενικός δείκτης (EPI _{CONV})	Παράμετρος	χ^2	df	p-value
	Είδος κατοικίας	1,960	2	0,375
	Έτος κατασκευής σπιτιού	4,039	4	0,401
	Εμβαδόν σπιτιού	3,012	5	0,698
	Κατηγορία νοικοκυριού	3,799	4	0,434
	Αριθμός μελών νοικοκυριού	5,035	4	0,284
	Φτώχεια	14,864	1	0,000
	Κλιματική ζώνη	2,337	3	0,505
	Υψόμετρο	6,603	5	0,252

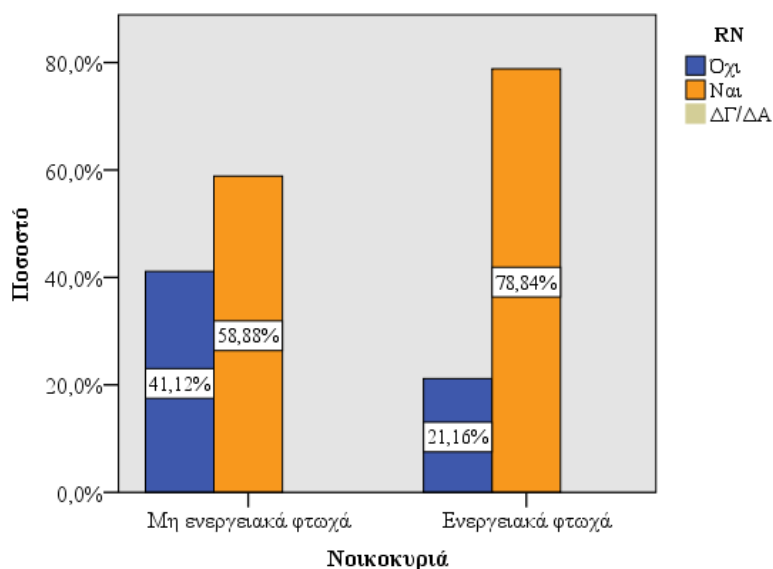
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 8.2, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται για δύο από τους πέντε υποκειμενικούς δείκτες, τους δείκτες HP και RN, υποδηλώνοντας την ύπαρξη στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα σε αυτούς και τον αντικειμενικό δείκτη EPI_{CONV}. Δεν αποδεικνύεται κάποια σχέση μεταξύ του δείκτη EPI_{CONV} και των υπολοίπων υποκειμενικών δεικτών (IW, AB, DL), σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης EPI_{CONV} συσχετίζεται με το δείκτη HP σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8.11, τα προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης είναι συχνότερα ανάμεσα στα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά. Επίσης, αποδείχτηκε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του δείκτη EPI_{CONV} και του δείκτη RN, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 8.12, μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών αναγκάζεται να περιορίσει άλλες βασικές του ανάγκες προκειμένου να καλύψει επαρκώς τις ενεργειακές του ανάγκες. Σημειώνεται πως, όπως και σε πανελλαδικό επίπεδο, ο δείκτης RN συσχετίζεται με τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά αλλά όχι

με τα φτωχά νοικοκυριά (Συσχέτιση μεταξύ RN - φτώχειας: $\chi^2=1,007$, $df=1$, $p\text{-value}=0,316$). Κατά συνέπεια, το σχετικό εύρημα της πανελλαδικής έρευνας, ότι τα φτωχά νοικοκυριά αντιμετωπίζουν τη θέρμανση ως μια δευτερεύουσα ανάγκη, επαληθεύεται στην παρούσα έρευνα.



Διάγραμμα 8.11. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη ενεργειακής φτώχειας και υποκειμενικού δείκτη HP στην ορεινή Ελλάδα



Διάγραμμα 8.12. Σχέση μεταξύ αντικειμενικού δείκτη ενεργειακής φτώχειας και υποκειμενικού δείκτη RN στην ορεινή Ελλάδα

Όπως φαίνεται, ο δείκτης RN συνδέεται σταθερά και ισχυρά με τον αντικειμενικό δείκτη EPI_{CONV} και στους δύο εξεταζόμενους πληθυσμούς (επίπεδο ορεινών περιοχών και πανελλαδικό

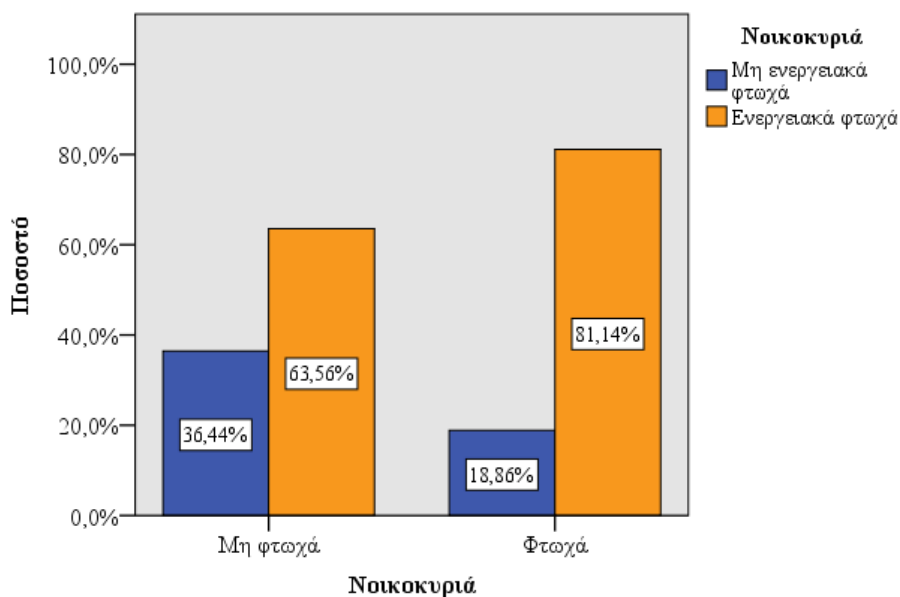
επίπεδο). Επιπροσθέτως, κάποιοι υποκειμενικοί δείκτες συσχετίζονται ισχυρά με το δείκτη EPI_{CONV} μόνο σε κάποιο συγκεκριμένο πληθυσμό (όπως ο δείκτης HP στις ορεινές περιοχές) και κάποιοι (IW και AB) δε συνδέονται με αυτόν σε κανέναν πληθυσμό (σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 95%), καθώς εστιάζουν εξ' ορισμού σε διαφορετικές πτυχές του προβλήματος.

Η διερεύνηση της σχέσης του αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} με διάφορους συνδυασμούς των υποκειμενικών δεικτών ανέδειξε τη συσχέτισή του με τους ακόλουθους συνδυασμούς υποκειμενικών δεικτών, σύμφωνα με τον Πίνακα 8.3:

- IW - AB - DL - HP - RN (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05)
- IW - AB - RN (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05)
- IW - DL - RN (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01)
- IW - DL - HP (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01)
- IW - DL (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05)
- IW - RN (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05)

Οι εμφανιζόμενες συσχετίσεις είναι αρκετές, αν και σε μεγάλο βαθμό διαφορετικές στους δύο εξεταζόμενους πληθυσμούς. Αφενός, μπορεί να συναχθεί ότι δεν υπάρχει σαφής τάση ανάμεσα στον αντικειμενικό δείκτη και στους υποκειμενικούς δείκτες, ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τις μεταξύ τους σχέσεις. Αφετέρου, δεδομένου ότι ο πληθυσμός των ορεινών περιοχών αποτελεί υποσύνολο του γενικού πληθυσμού, είναι ορθότερο τα συμπεράσματα των συσχετίσεων να βασιστούν στο πανελλαδικό επίπεδο. Σε κάθε περίπτωση, επιβεβαιώνεται ότι η χρήση συνδυασμών των υποκειμενικών δεικτών αξίζει να μελετηθεί περαιτέρω και σε διαφορετικές περιπτώσεις.

Όσον αφορά στη διερεύνηση της σχέσης της ενεργειακής φτώχειας με άλλους παράγοντες, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται για έναν από αυτούς, τον παράγοντα της φτώχειας, όπως φαίνεται στον Πίνακα 8.4. Ειδικότερα, προκύπτει ότι ο δείκτης EPI_{CONV} εμφανίζει ισχυρή συσχέτιση με τη φτώχεια, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8.13, τα φτωχά νοικοκυριά είναι πιθανότερο να είναι και ενεργειακά φτωχά (8 στα 10 φτωχά νοικοκυριά είναι ταυτόχρονα και ενεργειακά φτωχά, όπως προέκυψε και σε πανελλαδικό επίπεδο (9 στα 10 φτωχά νοικοκυριά είναι και ενεργειακά φτωχά στο σύνολο της χώρας). Όλοι οι υπόλοιποι εξεταζόμενοι παράγοντες δεν επηρεάζουν την ενεργειακή φτώχεια στις ορεινές περιοχές, με στατιστικά σημαντικό τρόπο.



Διάγραμμα 8.13. Σχέση μεταξύ ενεργειακής φτώχειας και φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα

8.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Οι ορεινές περιοχές έχουν αναγνωριστεί ως περιοχές μεγάλης σημασίας σε πλανητικό επίπεδο. Η χώρα μας συγκαταλέγεται μεταξύ των ορεινότερων χωρών στην Ευρώπη και στον κόσμο. Είναι, επίσης, κοινή διαπίστωση ότι οι ορεινές κοινωνίες πλήττονται έντονα από το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας. Για το λόγο αυτό, είναι συχνές οι συστάσεις από οργανισμούς που ασχολούνται με τις ορεινές περιοχές για μια συστηματική διερεύνηση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας σε αυτές.

Η παρούσα έρευνα αποτελεί την πρώτη ολοκληρωμένη έρευνα του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές μιας χώρας. Αφορά, συγκεκριμένα, στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας. Η ανάλυση βασίστηκε στον αντικειμενικό, Συμβατικό Δείκτη Ενεργειακής φτώχειας (EPICONV), αλλά και σε διάφορους υποκειμενικούς δείκτες (υφιστάμενους και νέους). Αξίζει να σημειωθεί ότι για την περίπτωση της ορεινής Ελλάδας, είναι τέτοια η έλλειψη πρωτογενών δεδομένων που η έρευνα έπρεπε αρχικά να επιλύσει το πρόβλημα προσδιορισμού του ορεινού πληθυσμού.

Τα αποτελέσματα της έρευνας (π.χ. ποσοστό μονοκατοικιών, εισοδήματα) δίνουν κάποια ενδεικτικά στοιχεία των ιδιαιτεροτήτων της. Όσον αφορά στην ενεργειακή ταυτότητα της ορεινής Ελλάδας, τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα είναι τα εξής:

- Στις ορεινές περιοχές οι μονοκατοικίες αποτελούν το κυρίαρχο τύπο κατοικίας, σε ποσοστό 84% (στο σύνολο της χώρας ισομοιράζονται με τα διαμερίσματα πολυκατοικίας).
- Αναφορικά με το κύριο σύστημα θέρμανσης, ο λέβητας πετρελαίου παραμένει η πρώτη επιλογή και για τις ορεινές περιοχές, αν και σε μικρότερο ποσοστό σε σχέση με το επίπεδο της

χώρας (33% έναντι 42%). Σχεδόν όλες οι επόμενες επιλογές κύριας θέρμανσης αφορούν σε συστήματα που χρησιμοποιούν ξυλεία, όπως η σόμπα καυσόξυλων/πέλλετς (28%), ο λέβητας ξύλων/πέλλετς και το τζάκι, γεγονός που φανερώνει την έντονη στροφή του ορεινού πληθυσμού στο ξύλο. Το αθροιστικό ποσοστό αυτών των νοικοκυριών αγγίζει το 56%, γεγονός που σημαίνει ότι η βιομάζα υπερτερεί του πετρελαίου στις επιλογές κύριας θέρμανσης στα ορεινά. Οι ηλεκτρικές συσκευές, που αποτελούν τη δεύτερη επιλογή κύριας θέρμανσης σε πανελλαδικό επίπεδο, μετατρέπονται στην τελευταία επιλογή για τον ορεινό πληθυσμό. Το κύριο σύστημα θέρμανσης δεν επαρκεί για το 60,5% των ορεινών νοικοκυριών, το οποίο καταφεύγει σε συμπληρωματική θέρμανση, με κυρίαρχη επιλογή τις ηλεκτρικές συσκευές (39,5%), ακολουθούμενη από το τζάκι (27%) και το λέβητα πετρελαίου (22%), όπως συμβαίνει και σε πανελλαδικό επίπεδο.

- Η κρίση ώθησε και τα ορεινά νοικοκυριά σε αλλαγή του τρόπου θέρμανσης (σε ποσοστό 40,5%), το οποίο ερμηνεύεται, κατά πάσα πιθανότητα, σε ακόμα μεγαλύτερη στροφή στο ξύλο. Το αντίστοιχο ποσοστό σε πανελλαδικό επίπεδο είναι 45%. Η μόλις 5 μονάδων διαφορά των δύο ποσοστών αποδεικνύει ότι και οι ορεινές περιοχές έχουν πληγεί βαθύτατα από την οικονομική κρίση, αναζητώντας ακόμα φθηνότερους τρόπους θέρμανσης.
- Η μείωση της τιμής του πετρελαίου κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας (χειμερινή περίοδος 2014-2015), η οποία έγινε με στόχο να ανακουφίσει τα πληττόμενα νοικοκυριά, παρουσίασε πολύ χαμηλή αποτελεσματικότητα στις ορεινές περιοχές. Τέσσερα στα πέντε ορεινά νοικοκυριά δηλώνουν ότι δεν επωφελήθηκαν από αυτή. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ενδεικτικό της απόστασης που μπορεί να υπάρχει μεταξύ του επιδιωκόμενου στόχου και του τελικού αποτελέσματος, όσον αφορά στα μέτρα ανακούφισης της ενεργειακής φτώχειας. Το συμπέρασμα αυτό οδηγεί στην ανάγκη ανάπτυξης μεθοδολογικών εργαλείων που θα εκτιμούν a priori την αποτελεσματικότητα των διαφόρων εναλλακτικών μέτρων για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας.
- Παρά το γεγονός ότι το κτιριακό δυναμικό των ορεινών περιοχών είναι παλαιότερο σε σχέση με το σύνολο της χώρας (διπλάσιος αριθμός σπιτιών χτισμένων πριν το 1960), το μεγαλύτερο μέρος των νοικοκυριών (70,5%) δεν έχει προβεί σε καμία δράση ενεργειακής εξοικονόμησης της κατοικίας του. Μεγάλη ευθύνη σε αυτό, πέρα από την έλλειψη της σχετικής κουλτούρας στην Ελλάδα, φέρει και η Πολιτεία, η οποία δεν περιλαμβάνει στη σχετική νομοθεσία «Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον» κανένα ειδικό κίνητρο προσανατολισμένο στις ορεινές περιοχές.
- Η ενεργειακή φτώχεια στην ορεινή Ελλάδα βάσει του δείκτη EPI_{CONV} υπολογίζεται στο ποσοστό του 73,5%. Με άλλα λόγια, πάνω από 7 στα 10 νοικοκυριά των ορεινών περιοχών αδυνατούν να καλύψουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες. Το ποσοστό είναι σημαντικά υψηλότερο από το αντίστοιχο αποτέλεσμα πανελλαδικά (73,5% έναντι 58,5%), γεγονός που οφείλεται στο συνδυασμό υψηλότερου ενεργειακού κόστους και χαμηλότερων εισοδημάτων στις ορεινές περιοχές. Σε επίπεδο μέσων όρων, τα νοικοκυριά των ορεινών περιοχών ξοδεύουν το 18% του εισοδήματός τους σε ενεργειακές ανάγκες (το αντίστοιχο ποσοστό σε

πανελλαδικό επίπεδο κινείται στο 14%). Το ίδιο ποσοστό αυξάνεται στο 20% για τα ορεινά νοικοκυριά που βρίσκονται κάτω από το όριο της φτώχειας. Πιο ευάλωτα αποδεικνύονται τα φτωχά νοικοκυριά, καθώς 8 στα 10 φτωχά νοικοκυριά στις ορεινές περιοχές είναι ταυτόχρονα και ενεργειακά φτωχά.

- Η έκταση της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές επιβεβαιώθηκε και από τους υποκειμενικούς δείκτες. Ειδικότερα, αποδείχθηκε ότι 40% των νοικοκυριών δηλώνουν αδυναμία να διατηρήσουν το σπίτι τους επαρκώς ζεστό -με το 26% να δίνει μια σαφή απάντηση αδυναμίας θέρμανσης- (δείκτης IW), 20% αναφέρουν καθυστερημένους λογαριασμούς ΔΕΗ ή θέρμανσης (δείκτης AB), 25% αναφέρουν προβλήματα υγείας λόγω ανεπαρκούς θέρμανσης του σπιτιού (δείκτης HP) και 73,5% δηλώνουν ότι έχουν αναγκαστεί να περιορίσουν άλλες βασικές τους ανάγκες, όπως φαγητό, ρουχισμό κ.ά., προκειμένου να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες (δείκτης RN). Σχετικά με το δείκτη DL, οι ορεινές περιοχές εμφανίζουν ένα εξαιρετικά υψηλό ποσοστό προβλημάτων υγρασίας, μούχλας ή διαρροών, το οποίο εμφανίζει σημαντική αύξηση σε σχέση με το πανελλαδικό επίπεδο αναφοράς (46% έναντι 37,5%). Η διαφορά αυτή είναι συνάρτηση της μεγαλύτερης ηλικίας των σπιτιών (διπλάσιο ποσοστό κατοικιών πριν το 1960) και των λιγότερο αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης. Τέλος, τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά βάσει του δείκτη EPI_{CONV} εμφανίζουν συχνότερα προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης και περιορίζουν σε μεγαλύτερη συχνότητα άλλες βασικές τους ανάγκες.
- Τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν ότι η ενεργειακή φτώχεια στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας λαμβάνει δραματικές διαστάσεις και χρήζει άμεσης αντιμετώπισης. Θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι ειδικά στις ορεινές περιοχές, η αδυναμία κάλυψης των ενεργειακών αναγκών δεν αποτελεί μόνο πρόβλημα ποιότητας ζωής, οδηγώντας σε περιορισμό βασικών αναγκών (συμμετοχή σε κοινωνικές δραστηριότητες, εκπαίδευση κλπ.), αλλά συνιστά και πρόβλημα επιβίωσης.
- Τέλος, όσον αφορά στη σχέση μεταξύ των δεικτών, ο δείκτης EPI_{CONV} εμφάνισε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με δύο από τους πέντε υποκειμενικούς δείκτες (HP, RN) και ανεξαρτησία από τους υπόλοιπους (IW, AB, DL). Ο δείκτης RN είναι ο υποκειμενικός δείκτης που συνδέεται με στατιστικά σημαντικό τρόπο με το δείκτη EPI_{CONV} και στις δυο ανεξάρτητες έρευνες, ενώ οι δείκτες IW και AB δεν εμφανίζουν κάποια συσχέτιση με αυτόν σε καμία έρευνα. Οι ποικίλες ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ διαφόρων υποκειμενικών δεικτών (πχ. των νοικοκυριών που δηλώνουν προβλήματα υγείας με αυτά που δηλώνουν προβλήματα υγρασίας) φανερώνουν την αλληλεξάρτηση των υποκειμενικών δεικτών αλλά και την πολυπλοκότητα της ερμηνείας τους.

Γενικότερα, η συσχέτιση ή μη των διαφόρων δεικτών, καθώς επίσης και γενικευμένα συμπεράσματα για τη λειτουργικότητα των δεικτών, δε μπορούν να αποδειχθούν από δύο έρευνες, πόσο μάλλον που ο πληθυσμός της μιας αποτελεί υποσύνολο της άλλης, έστω και με σημαντικά διαφορετικά χαρακτηριστικά. Ωστόσο, μπορεί να συναχθεί ότι οι δείκτες που

εμφανίζουν στατιστική συσχέτιση εκφράζουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά του προβλήματος, ενώ εκείνοι που αποδεικνύονται στατιστικά ανεξάρτητοι φωτίζουν διαφορετικές πτυχές του προβλήματος. Η πολυπλοκότητα του φαινομένου αλλά και η συμπληρωματικότητα των δεικτών καθιστά αναγκαία τη χρήση περισσότερων δεικτών, αν όχι όλων, ώστε να μελετηθεί με επάρκεια το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας.

Βιβλιογραφία

- ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2014). *Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2011*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.
- Eurostat (2017_a). *EU statistics on income and living conditions (EU-SILC) methodology - Economic strain*. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdcs01&lang=en
- Eurostat (2017_b). *EU statistics on income and living conditions (EU-SILC) methodology - Economic strain*. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdcs07&lang=en
- Eurostat (2017_c). *EU statistics on income and living conditions (EU-SILC) methodology - Housing deprivation*. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdho01&lang=en
- Katsoulakos N., Papada L. & Kaliampakos D. (2015). Is forest biomass exploitation a panacea to deal with energy poverty in mountainous areas? *International conference: Sustainable mountain regions, make them work*. Conference Proceedings. Borovets, Bulgaria.
- Katsoulakos N., Papada L. & Kaliampakos D. (2014). The problem of energy poverty in mountainous areas. *The 5th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, IISA 2014*. IEEE Conference publications, pp. 222 – 226. DOI: 10.1109/IISA.2014.6878794
- Katsoulakos N. M. & Kaliampakos D. C. (2014). What is the impact of altitude on energy demand? A step towards developing specialized energy policy for mountainous areas. *Energy Policy*, 71, pp. 130-138.
- Katsoulakos N. (2011). Combating Energy Poverty in Mountainous Areas Through Energy-saving Interventions. *Mountain Research and Development* 31 (4), pp. 284-292.
- Κατσουλάκος Ν. (2011). Αναβάθμιση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων στις ορεινές περιοχές: Η περίπτωση του Μ.Ε.Κ.Δ.Ε. Στο *Η συμβολή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη του Δήμου Μετσόβου*. Μετσόβιο Κέντρο Διεπιστημονικής Έρευνας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΠ.
- Papada L. & Kaliampakos D. (2017). Energy poverty in Greek mountainous areas: A comparative study. *Journal of Mountain Science* (Under publication). DOI: 10.1007/s11629-016-4095-z

Κεφάλαιο 9. Στοχαστικό Μοντέλο Ενεργειακής Φτώχειας για την Ελλάδα

9.1 Αιτιολόγηση αναγκαιότητας του μαθηματικού μοντέλου ενεργειακής φτώχειας

Πριν παρουσιαστεί το προτεινόμενο μοντέλο, πραγματοποιείται μία σύντομη αναδρομή στις αδυναμίες εφαρμογής του υφιστάμενου θεωρητικού πλαισίου μελέτης της ενεργειακής φτώχειας, που δημιούργησαν την ανάγκη μιας νέας προσέγγισης του προβλήματος.

Όπως έχει αναλυθεί στο Κεφάλαιο 1, παρά τις διάφορες -παλαιότερες αλλά και νεότερες- απόπειρες διαμόρφωσης νέων δεικτών ενεργειακής φτώχειας, ο δείκτης του 10% αποτελεί, με διαφορά, τον προτιμώμενο δείκτη των επιστημονικών αναφορών για την ενεργειακή φτώχεια. Ο επίσημος δείκτης του 10% υιοθετεί τη «βάσει των αναγκών» προσέγγιση, η οποία περιλαμβάνει την απαιτούμενη (required/modelled) και όχι την πραγματοποιηθείσα (actual) ενεργειακή κατανάλωση των νοικοκυριών, όπως δίνεται στη σχέση 1.1. Ωστόσο, ο υπολογισμός της απαιτούμενης ενεργειακής κατανάλωσης ενός νοικοκυριού αποτελεί μία πολυδιάστατη και σύνθετη διαδικασία, γεγονός που έχει αποθαρρύνει την επιστημονική κοινότητα, στη συντριπτική της πλειονότητα, να χρησιμοποιεί τον αυθεντικό ορισμό, με αποτέλεσμα να καταφεύγει στην εύκολη, φαινομενικά παραπλήσια αλλά παραπλανητική λύση: τη χρησιμοποίηση της πραγματοποιηθείσας ενεργειακής κατανάλωσης του νοικοκυριού.

Στο πλαίσιο της διαδικασίας υπολογισμού της απαιτούμενης ενεργειακής κατανάλωσης συμπεριλαμβάνεται αφενός η επιλογή των επιμέρους τελικών ενεργειακών χρήσεων του νοικοκυριού και αφετέρου η διεξοδική μελέτη και μοντελοποίηση των χρήσεων αυτών. Συνολικά, το ζήτημα αυτό χαρακτηρίζεται από ασάφεια εξαρχής, από τη στιγμή της γέννησης της έννοιας της ενεργειακής φτώχειας, δεδομένου ότι αυτή αρχικά εστίαζε στην ανάγκη θέρμανσης, ενώ στην πορεία διαφοροποιήθηκε έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνει όλες τις τυπικές οικιακές ενεργειακές χρήσεις του νοικοκυριού. Και πάλι, βέβαια, στη σύγχρονη μορφή του δείκτη, το επίπεδο θέρμανσης που ζητείται να επιτευχθεί εξακολουθεί να αποτελεί κύριο συστατικό του δείκτη. Στο πλαίσιο αυτό, έχει αναφερθεί ότι το ζήτημα της επαρκούς αναφοράς και αιτιολόγησης, στο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής, των λοιπών ενεργειακών χρήσεων πέραν της θέρμανσης, παραμένει ένα ανοιχτό ζήτημα εδώ και χρόνια (Simcock & Walker 2015). Συμπληρωματικά, έχει σχολιαστεί ότι οι υπόλοιπες ενεργειακές χρήσεις συγκεντρώνουν πολύ λιγότερο την προσοχή από τη θέρμανση, στον τρόπο που η ενεργειακή φτώχεια αναλύεται και παρουσιάζεται (Simcock & Walker 2015).

Παράλληλα, μέχρι τώρα υπάρχει ελάχιστη ενασχόληση με τη μοντελοποίηση της απαιτούμενης ενεργειακής κατανάλωσης και, κατά συνέπεια, με τη μοντελοποίηση των συμπεριλαμβανομένων ενεργειακών χρήσεων (Demand 2015). Μια αξιόλογη προσπάθεια μοντελοποίησης της ενεργειακής κατανάλωσης για το Ηνωμένο Βασίλειο πραγματοποιήθηκε το 2013, με την έκδοση του εγχειριδίου «BREDEM-2012¹⁰». Το εγχειρίδιο αυτό εισάγει με αναλυτικό τρόπο τη μοντελοποίηση των ενεργειακών χρήσεων (θέρμανση, ζεστό νερό χρήσης, μαγείρεμα, φωτισμό,

¹⁰ Henderson & Hart (2015) Διαθέσιμο: <http://www.brecouk/pagejsp?id=3176>

συσκευές, αντλίες και ανεμιστήρες), χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων, όπως το εμβαδόν του σπιτιού, ο αριθμός των ενοίκων, τα χαρακτηριστικά των συσκευών μαγειρικής κλπ. Αντίστοιχο με το «BREDEM-2012» ελληνικό πρόγραμμα είναι το Πρόγραμμα Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ), που υιοθετήθηκε στην Ελλάδα το 2010 και εισήγαγε τη μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης ενός νοικοκυριού, συνυπολογίζοντας ένα σημαντικό αριθμό παραμέτρων και εξετάζοντας τρεις κύριες χρήσεις ενός νοικοκυριού: θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης.

Ωστόσο, στην περίπτωση που η ενεργειακή κατανάλωση χρειάζεται να μελετηθεί σε επίπεδο χώρας, όπου υπάρχει «απειρία» περιπτώσεων (κτιριακών χαρακτηριστικών, συστημάτων θέρμανσης κλπ.), η χρήση του Κ.Εν.Α.Κ ως βάση μελέτης εμφανίζει μια σειρά εγγενών αδυναμιών:

- Η πολύπλοκη φύση και ο μεγάλος αριθμός υπεισερχομένων μεταβλητών δυσχεραίνει σε μεγάλο βαθμό την προσπάθεια γενίκευσης και στοχαστικής ανάλυσης των παραμέτρων σε επίπεδο χώρας, ενώ αυξάνει και το εισερχόμενο σφάλμα.
- Ενώ είναι αναλυτικός ως προς τα χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους και τα συστήματα θέρμανσης / ψύξης, κάνει σοβαρές και αμφισβητούμενες παραδοχές όσον αφορά στην επίδραση του κλίματος στην ενεργειακή κατανάλωση. Πιο συγκεκριμένα, η επίδραση του κλίματος λαμβάνεται υπ' όψιν μόνο μέσω της επιλογής της Κλιματικής Ζώνης, κάνοντας την παραδοχή ότι αυτή είναι σταθερή εντός της ζώνης, πράγμα που δεν ισχύει. Ενδεικτικά, εφαρμόζοντας τον Κ.Εν.Α.Κ για την περίπτωση που το ίδιο σπίτι βρίσκεται σε δύο διαφορετικές περιοχές της ίδιας Κλιματικής Ζώνης με υψομετρική διαφορά 400 m (Ιωάννινα και Λάρισα), προκύπτει η ίδια σχεδόν ενεργειακή ζήτηση και κατανάλωση στις δύο περιπτώσεις (μόλις 9% απόκλιση), γεγονός που δε συμβαίνει στην πραγματικότητα. Εκ κατασκευής, δηλαδή, ο Κ.Εν.Α.Κ «αμελεί» ή υποτιμά τη σοβαρή επίδραση του κλίματος στη διαμόρφωση της ενεργειακής κατανάλωσης ενός σπιτιού, καθώς κύριος στόχος του είναι η εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, βάσει των «εσωτερικών» τεχνικών χαρακτηριστικών του.

Ουσιαστικά, ενώ έχει επιτευχθεί η μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης στην κλίμακα του νοικοκυριού, δεν έχει αναπτυχθεί μέχρι σήμερα κάποιο υπολογιστικό εργαλείο μοντελοποίησης της ενεργειακής κατανάλωσης σε εθνικό επίπεδο. Η σημαντική αυτή μεθοδολογική αδυναμία είναι ο βασικός λόγος που οδήγησε τη μεγάλη πλειονότητα των ερευνητών στην αντικατάσταση του επίσημου δείκτη του 10% από το «Συμβατικό Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας - Conventional Energy Poverty Index (EPI_{CONV})», με χρήση της πραγματοποιηθείσας κατανάλωσης στο υπό μελέτη γεωγραφικό επίπεδο έναντι της μοντελοποιημένης. Παράλληλα, ενώ είναι γνωστές οι παράμετροι που επηρεάζουν το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας, δεν έχει γίνει δυνατό μέχρι σήμερα να προσδιοριστεί η σχετική επίδραση της καθεμιάς στο συνολικό πρόβλημα.

Στην παρούσα εργασία, έχοντας ως στόχο τη μελέτη της ενεργειακής φτώχειας στο επίπεδο της χώρας, αποπειράται η μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης σε εθνικό επίπεδο. Η μοντελοποίηση αυτή έχει τρία βασικά χαρακτηριστικά:

- Αντικείμενό της είναι, για πρώτη φορά σε επίπεδο χώρας, η απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση και όχι η αντίστοιχη πραγματοποιηθείσα.
- Ως καταλληλότερη μέθοδος μοντελοποίησης επιλέγεται η μέθοδος των βαθμομερών, καθώς εξετάζει επαρκώς και με αντικειμενικό τρόπο όλες τις πιθανές παραμέτρους (κλιματικές συνθήκες, κτιριακό κέλυφος, συστήματα θέρμανσης/ψύξης) που υπεισέρχονται στην απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου.
- Ως τεχνική επίλυσης επιλέγεται η στοχαστική ανάλυση, καθώς οι τιμές των παραμέτρων αλλά και των υποπαραμέτρων από τις οποίες συντίθεται η απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση παρουσιάζουν τόσο μεγάλη διασπορά, που η επιλογή οποιασδήποτε αντιπροσωπευτικής τιμής (μέσος όρος, διάμεσος, επικρατούσα τιμή) θα έδινε φτωχά αποτελέσματα και μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας.

Εν κατακλείδι, η ανάλυση κατ' αυτό τον τρόπο δεν αποτελεί «άλλη μία έρευνα καταγραφής» του προβλήματος, αλλά κατά βάση διαμορφώνει ένα εργαλείο πολιτικής για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας.

9.2 Κατάστρωση του μαθηματικού μοντέλου ενεργειακής φτώχειας

Βάσει του δείκτη της σχέσης 1.1, ο Λόγος Ενεργειακής Φτώχειας (Energy Poverty Ratio - EPR) ορίζεται ως εξής (DECC 2015):

$$EPR = \frac{\text{Modelled fuel costs (i. e. modelled consumption} \times \text{price)}}{\text{Income}} \quad (9.1)$$

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ενεργειακής κατανάλωσης (modelled consumption) χρησιμοποιήθηκαν οι βασικές κύριες χρήσεις ενέργειας ενός νοικοκυριού στην Ελλάδα:

- Θέρμανση χώρων
- Ψύξη χώρων
- Ζεστό νερό χρήσης
- Μαγείρεμα, φωτισμός και ηλεκτρικές συσκευές

Σημειωτέον, το μαγείρεμα στην Ελλάδα θεωρείται ότι καλύπτεται πλήρως μέσω της ηλεκτρικής ενέργειας, επομένως συνυπολογίζεται ως μία ενιαία χρήση ενέργειας μαζί με το φωτισμό και τις ηλεκτρικές συσκευές.

Η επιλογή των ενεργειακών χρήσεων θα πρέπει να προσαρμόζεται στις εκάστοτε συνθήκες και στις συνήθειες οικιακές χρήσεις της υπό μελέτη χώρας. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί ο παράγοντας της ψύξης. Η ενσωμάτωση του παράγοντα της ψύξης είναι κάτι που δε συνηθίζεται και έχει χαρακτηριστικά υποτιμηθεί στον υπολογισμό της ενεργειακής φτώχειας από τους

πρωτοπόρους μελετητές του προβλήματος, του Ηνωμένου Βασιλείου. Αυτό είναι εύλογο, καθώς σε περιοχές με ψυχρό κλίμα, όπου γεννήθηκε η έννοια της ενεργειακής φτώχειας, η ανάγκη ψύξης είναι σχεδόν αμελητέα στο σύνολο των οικιακών χρήσεων και, κατά συνέπεια, η ενεργειακή φτώχεια συνδέεται αντανακλαστικά και σχεδόν αποκλειστικά με την έλλειψη κατάλληλων συνθηκών επαρκούς θέρμανσης. Ωστόσο, σε χώρες με θερμότερα κλίματα, όπως είναι ενδεικτικά η Ιταλία, η Ελλάδα ή η Ισπανία, η ψύξη αποτελεί μία από τις συνήθεις οικιακές χρήσεις. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η μη επαρκής πρόσβαση σε υπηρεσίες ψύξης είναι σημαντική και θεωρείται μέρος της ενεργειακής φτώχειας των χωρών αυτών. Κατά συνέπεια, ο παράγοντας της ψύξης θα πρέπει να συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς μοντελοποίησης της απαιτούμενης ενεργειακής κατανάλωσης για την Ελλάδα.

Στο πλαίσιο αυτό, και προκειμένου ο ορισμός να καλύπτει αποτελεσματικά και χώρες με θερμότερα κλίματα, κρίνεται σκόπιμο η ενεργειακή φτώχεια να μελετάται γενικότερα ως αδυναμία κάλυψης των συνολικών ενεργειακών αναγκών ενός νοικοκυριού και όχι μόνο ως αδυναμία κάλυψης των αναγκών «προκειμένου να εξασφαλιστεί ένα απαιτούμενο επίπεδο θέρμανσης».

Η φιλοσοφία μοντελοποίησης των οικιακών χρήσεων στο παρόν μοντέλο ακολουθεί αυτή του πρωτότυπου, αγγλικού ορισμού. Κατά το εγχειρίδιο «BREDEM-2012», για τη μοντελοποίηση της θέρμανσης ορίζεται μία πρότυπη θερμοκρασία, η οποία βασίζεται στην επιστημονική γνώση ή εκτίμηση του τι θερμοκρασία «χρειάζεται» ή «έχει ανάγκη» ένα νοικοκυριό προκειμένου να διατηρήσει ένα υγιές επίπεδο διαβίωσης -η θερμοκρασία αυτή μπορεί να διαφέρει από αυτή που πράγματι διατηρείται τελικά στο σπίτι-. Για τη μοντελοποίηση όλων των υπολοίπων οικιακών χρήσεων (ζεστό νερό χρήσης, φωτισμό, συσκευές, μαγείρεμα, αντλίες και ανεμιστήρες) λαμβάνεται απευθείας η «πραγματική κατανάλωση», δηλαδή αυτή που συνιστά τυπική ή μέση τιμή κατανάλωσης για κάθε χρήση από τα νοικοκυριά στην Αγγλία, θεωρώντας ότι αυτές αντιπροσωπεύουν τις αντίστοιχες απαιτούμενες καταναλώσεις (Simcock & Walker 2015).

Στο προτεινόμενο μαθηματικό μοντέλο για την Ελλάδα, από τις τέσσερις κύριες χρήσεις ενέργειας που ορίστηκαν, η θέρμανση και η ψύξη ακολουθούν μαθηματική μοντελοποίηση με βάση το τι προϋποθέσεις «χρειάζονται» ή «απαιτούν» τα νοικοκυριά προκειμένου να διατηρήσουν συνθήκες άνεσης ενώ οι υπόλοιπες δύο οικιακές χρήσεις (ζεστό νερό χρήσης και μαγείρεμα-φωτισμός-ηλεκτρικές συσκευές) ακολουθούν τις τυπικές τιμές κατανάλωσης στην Ελλάδα. Εξάλλου, η ζήτηση θέρμανσης και ψύξης εξαρτάται κυρίως από τεχνικούς παράγοντες (κλιματικές συνθήκες, χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους) ενώ η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και ζεστού νερού χρήσης εξαρτάται κυρίως από υποκειμενικές παραμέτρους συμπεριφοράς (βιοτικό επίπεδο, πολιτισμικά πρότυπα κλπ.) (Haas 1997, Xu & Ang 2014), που αντανακλούν το ευρύτερο πολιτιστικό περιβάλλον και, συνήθως, δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε επίπεδο χώρας.

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των βαθμομερών, η απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη υπολογίζεται σύμφωνα με τις Εξισώσεις 3.12 και 3.13, με τη συμβολή των

οποίων ο Λόγος Ενεργειακής Φτώχειας (Εξίσωση 9.1) σε επίπεδο νοικοκυριού διαμορφώνεται ως εξής:

$$EPR = \frac{\text{Modelled fuel costs (i. e. modelled consumption} \times \text{price)}}{\text{Income}}$$

$$EPR = \frac{E_{\text{heat}} \cdot \text{price}_{\text{heat}} + E_{\text{cool}} \cdot \text{price}_{\text{cool}} + E_{\text{electr}} \cdot \text{price}_{\text{electr}} + E_{\text{dhw}} \cdot \text{price}_{\text{dhw}}}{\text{Income}}$$

$$EPR = \frac{\frac{H_{\text{tot}} \cdot \text{HDD} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{heat}}}{n_h \cdot 1000} + \frac{H_{\text{tot}} \cdot \text{CDD} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{cool}}}{n_c \cdot 1000} + E_{\text{electr}} \cdot \text{price}_{\text{electr}} + E_{\text{dhw}} \cdot \text{price}_{\text{dhw}}}{\text{Income}} \quad (9.2)$$

Σημειώνεται ότι η Εξίσωση 9.2 έχει την ευρύτερη δυνατή μορφή. Στην περίπτωση εφαρμογής της συγκεκριμένης περίπτωσης σε άλλη χώρα, είναι δυνατή η προσαρμογή της, αφαιρώντας κάποιον παράγοντα, όπως για παράδειγμα αυτόν της ψύξης.

Συγκεντρικά, οι παράμετροι του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας (EPR) είναι οι εξής:

1. HDD: Ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης (°C*days)
2. CDD: Ετήσιες βαθμομέρες ψύξης (°C*days)
3. H_{tot} : Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου (W/K)
4. n_h : Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής θέρμανσης
5. n_c : Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής ψύξης
6. E_{electr} : Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριού (KWh)
7. E_{dhw} : Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης νοικοκυριού (KWh)
8. $\text{Price}_{\text{heat}}$: Τιμή μονάδας θέρμανσης (€/KWh)
9. $\text{Price}_{\text{cool}}$: Τιμή μονάδας ψύξης (€/KWh)
10. $\text{Price}_{\text{electr}}$: Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας (€/KWh)
11. $\text{Price}_{\text{dhw}}$: Τιμή μονάδας ζεστού νερού χρήσης (€/KWh)
12. Income : Ετήσιο εισόδημα νοικοκυριού (€)

Στην Ενότητα που ακολουθεί, προσδιορίζονται κατανομές συχνοτήτων για καθεμιά από τις παραπάνω παραμέτρους, με τρόπο που να προσομοιάζουν όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά τη συμπεριφορά τους στο σύνολο της χώρας. Με την εισαγωγή κατανομών έναντι μιας μεμονωμένης τιμής για κάθε παράμετρο επιτυγχάνεται η μετάβαση από το επίπεδο νοικοκυριού στο επίπεδο χώρας και ο Λόγος Ενεργειακής Φτώχειας (EPR) μετασχηματίζεται στη βασική εξίσωση του «Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας» (Stochastic Model of Energy Poverty – SMEP). Οι παράμετροι πλέον συνιστούν τις μεταβλητές εισόδου στο μοντέλο SMEP.

Στη βάση αυτή, ορίζεται ο νέος και βασικός δείκτης της παρούσας διατριβής, ο «Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Απαιτούμενου Κόστους – Energy Poverty Index based on Required Cost (EPI_{RC})», για τις περιπτώσεις που η εξίσωση SMEP υπερβαίνει το 0,10:

$$EPI_{RC} = \frac{\frac{H_{tot} \cdot HDD \cdot 24 \cdot price_{heat}}{n_h \cdot 1000} + \frac{H_{tot} \cdot CDD \cdot 24 \cdot price_{cool}}{n_c \cdot 1000} + E_{elect} \cdot price_{elect} + E_{dhw} \cdot price_{dhw}}{Income} > 10\% \quad (9.3)$$

Σημειώνεται πως ο δείκτης αυτός, στη σύλληψή του, δεν είναι νέος. Είναι όμως νέος με την έννοια ότι δίνει τη δυνατότητα μοντελοποίησης/υπολογισμού του αριθμητή του κλάσματος, για πρώτη φορά, σε επίπεδο χώρας. Ως εκ τούτου, δίνει τη δυνατότητα, για πρώτη φορά, ορθού υπολογισμού της ενεργειακής φτώχειας σε επίπεδο χώρας.

9.3 Ανάλυση μεταβλητών εισόδου

Για να είναι δυνατή η επίλυση του μοντέλου πραγματοποιήθηκε διεξοδική μελέτη των μεταβλητών εισόδου. Για καθεμιά από τις δώδεκα παραμέτρους συγκεντρώθηκαν αναλυτικά δεδομένα τιμών και προσδιορίστηκαν οι αντίστοιχες κατανομές συχνοτήτων. Στην περίπτωση που δεν ήταν δυνατή η εύρεση αναλυτικών δεδομένων τιμών για κάποια παράμετρο, δημιουργήθηκε εξ αρχής αναλυτική βάση δεδομένων βάσει όλων των διαθέσιμων στοιχείων. Μετά τον προσδιορισμό της κατανομής συχνοτήτων για κάθε παράμετρο, προσδιορίστηκαν οι αντίστοιχες κατανομές πιθανότητας στο περιβάλλον του Crystal Ball. Γενικά, για την επιλογή κατανομής πιθανότητας λαμβάνονται υπ' όψιν όλα τα διαθέσιμα στατιστικά μεγέθη που είναι γνωστά για την υπό μελέτη μεταβλητή (μέσος όρος, τυπική απόκλιση, ελάχιστο, μέγιστο, μορφή καμπύλης ιστογράμματος κ.ά.) και επιλέγεται η κατανομή που προσομοιάζει όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά την πραγματική κατανομή συχνοτήτων της μεταβλητής.

Παρακάτω παρουσιάζεται για κάθε παράμετρο η μέθοδος συλλογής των δεδομένων, η κατανομή συχνοτήτων και η αντίστοιχη κατανομή πιθανότητας που επιλέχθηκε στο Crystal Ball. Οι κατανομές πιθανότητας όλων των παραμέτρων λήφθηκαν με 95% διάστημα εμπιστοσύνης.

1. HDD: Ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης (°C*days)

Ο υπολογισμός των βαθμομερών θέρμανσης (HDD) βασίστηκε στα ευρήματα του Κεφαλαίου 6. Μάλιστα, ο υπολογισμός των HDD επιλέχθηκε να συμπεριλάβει, εκτός του υψομέτρου, και το γεωγραφικό πλάτος, γεγονός που βελτιώνει την ακρίβεια στο 92% (σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05), όπως προκύπτει από τον Πίνακα 6.1. Η σχέση υπολογισμού των HDD διαμορφώνεται ως εξής:

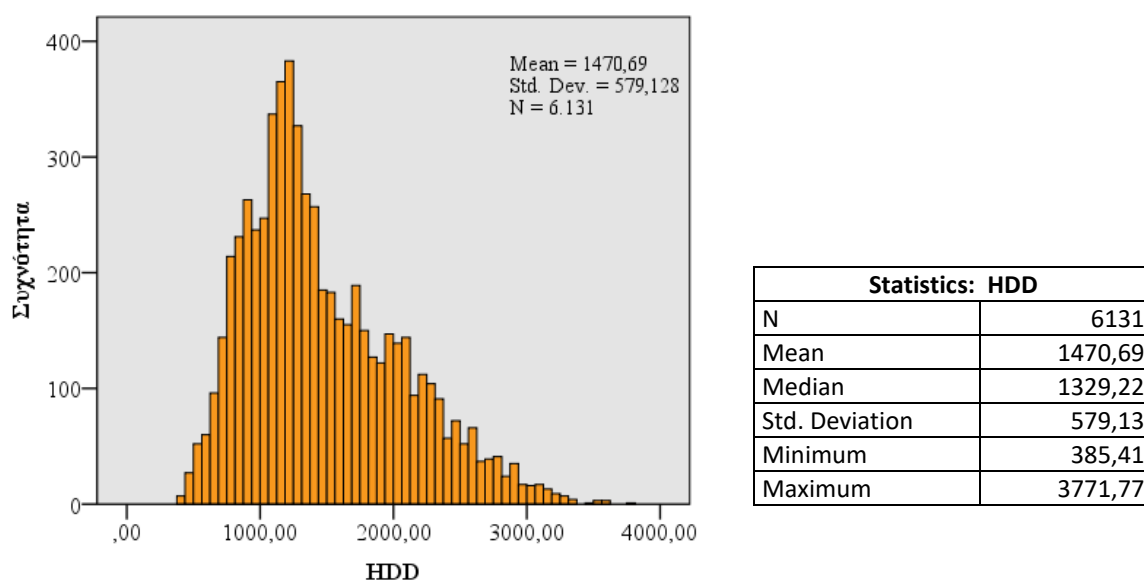
$$HDD = 1,464 \cdot h + 146,154 \cdot lat - 4785,600 \quad (9.4)$$

όπου

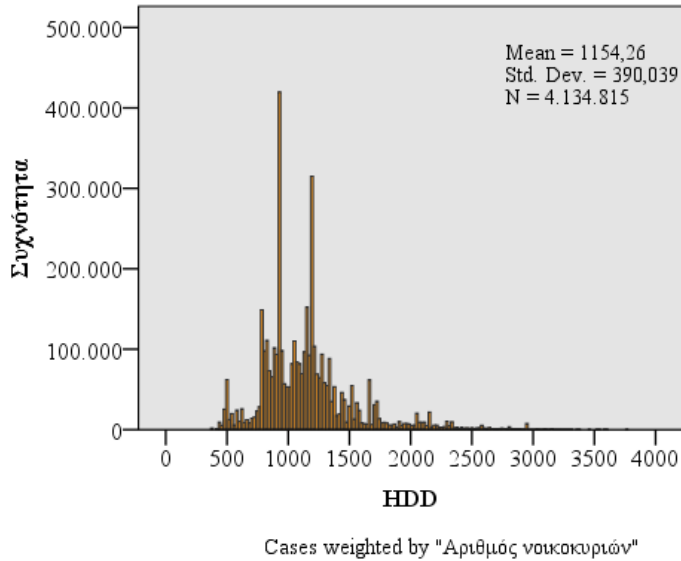
h: υψόμετρο (m)

lat: γεωγραφικό πλάτος (ως δεκαδικός αριθμός)

Οι HDD υπολογίστηκαν για το σύνολο των Τοπικών ή Δημοτικών Κοινοτήτων της Ελλάδας, όπως αυτές ορίζονται με το Νόμο Καλλικράτη, οι οποίες ανέρχονται σε 6.131. Δεδομένου, όμως, ότι η ενεργειακή φτώχεια ανάγεται στην κλίμακα του νοικοκυριού, η συχνότητα εμφάνισης των HDD πρέπει να είναι ανάλογη του αριθμού νοικοκυριών που διαμένουν σε κάθε κατηγορία HDD. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκε στάθμιση των βαθμομερών ως προς τον αντίστοιχο αριθμό νοικοκυριών των Τοπικών/Δημοτικών Κοινοτήτων. Για παράδειγμα, χωρίς τη στάθμιση, οι βαθμομέρες της πόλης της Αθήνας (926) θα λαμβάνονταν με ίση πιθανότητα εμφάνισης με αυτές του Μετσόβου (3144) ενώ ο αριθμός νοικοκυριών των δύο περιοχών είναι δυσανάλογος (296.096 νοικοκυριά στην Αθήνα και 888 στο Μέτσοβο). Κατά συνέπεια, σε μια πανελλαδική έρευνα με αναφορά το νοικοκυριό, η πιθανότητα εμφάνισης της τιμής των βαθμομερών της Αθήνας είναι πολλαπλάσια σε σχέση με αυτή του Μετσόβου. Παρακάτω παρουσιάζονται τα ιστογράμματα κατανομής συχνότητας των HDD, όπως προέκυψαν πριν και μετά τη στάθμιση ως προς τον αντίστοιχο αριθμό νοικοκυριών (Διαγράμματα 9.1 και 9.2)



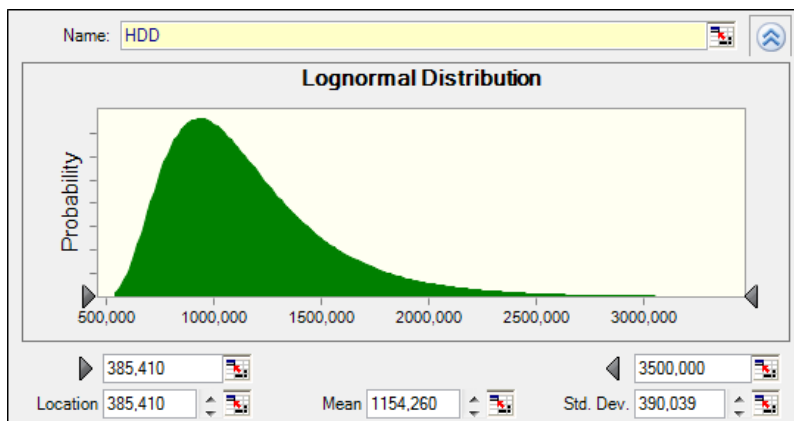
Διάγραμμα 9.1. Ιστόγραμμα συχνότητας HDD στην Ελλάδα χωρίς στάθμιση και στατιστικά μεγέθη



Statistics: HDD	
N	4134815
Mean	1154,26
Median	1113,37
Std. Deviation	390,039
Minimum	385,41
Maximum	3771,77

Διάγραμμα 9.2. Ιστόγραμμα συχνοτήτων HDD στην Ελλάδα μετά τη στάθμιση ως προς τον αριθμό νοικοκυριών και στατιστικά μεγέθη

Όπως φαίνεται, επιτυγχάνεται σημαντική διόρθωση στην κατανομή των HDD μετά τη στάθμισή τους ως προς τον αριθμό νοικοκυριών. Η μέση τιμή (1154) προσεγγίζει εμφανώς περισσότερο τις τιμές HDD που προσδιορίζουν την Αττική, όπου είναι συγκεντρωμένος ο μεγαλύτερος αριθμός νοικοκυριών, εμφανίζοντας ταυτόχρονα και πολύ μικρότερη διασπορά. Με αυτό τον τρόπο, αναγόμενη στην κλίμακα του νοικοκυριού, η κατανομή των HDD γίνεται αντιπροσωπευτική του ελληνικού χώρου. Με βάση την κατανομή αυτή, η κατανομή πιθανότητας που επιλέχθηκε στο Crystal Ball είναι η λογαριθμοκανονική (Lognormal Distribution), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9.3.



Statistics: HDD	
Mean	1152,06
Median	1070,76
Std Deviation	381,97
Minimum	385,41
Maximum	3500,00

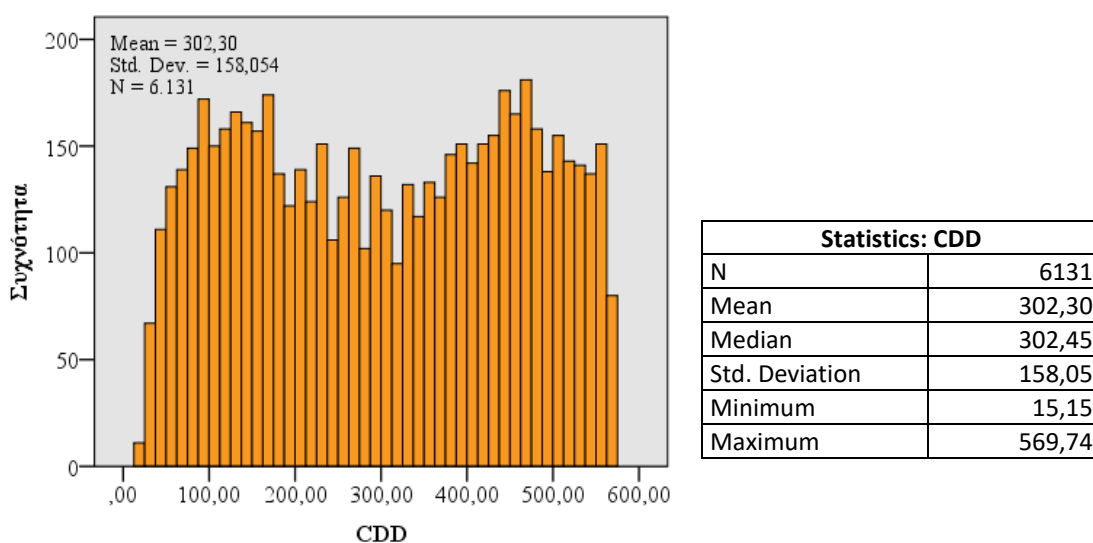
Διάγραμμα 9.3. Διάγραμμα πιθανότητας HDD στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

Στο Διάγραμμα 9.3 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανότητας στα αριστερά και τα αντίστοιχα στατιστικά μεγέθη στα δεξιά. Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται η αναντιστοιχία των αναγραφόμενων στατιστικών (μέσος όρος, τυπική απόκλιση) μεταξύ του διαγράμματος και του

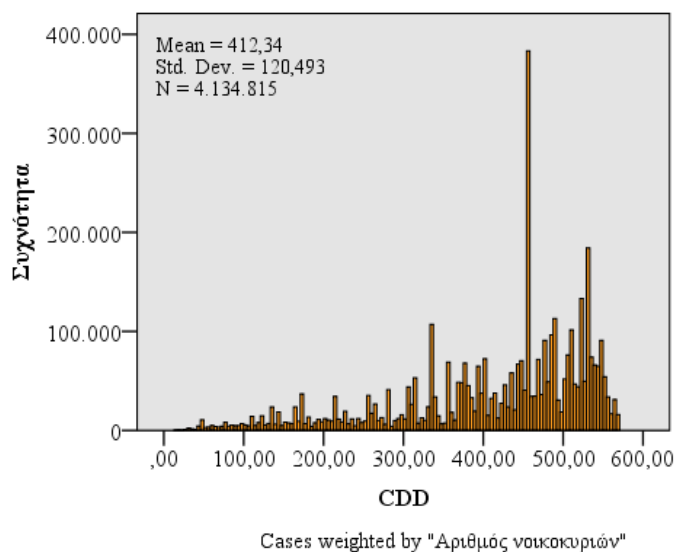
πίνακα, γεγονός που αφορά όχι μόνο στην παρούσα περίπτωση αλλά και σε όλες τις ακόλουθες περιπτώσεις. Η διαφοροποίηση προκαλείται από το γεγονός ότι στο διάγραμμα απεικονίζονται τα στατιστικά μεγέθη ολόκληρης της κατανομής, εάν αυτή δεν είναι φραγμένη (δεξιά κι αριστερά), δηλαδή αν τα όριά της είναι το άπειρο. Κάθε κατανομή, όμως, προσαρμόζεται σε συγκεκριμένα όρια (στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι τα 385,41 και 3500,00), τα οποία αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη και μέγιστη, αντίστοιχα, τιμή εμφάνισης της υπό εξέταση παραμέτρου στη χώρα. Ως εκ τούτου, τα πεδία κάτω από την κατανομή πιθανότητας απεικονίζουν τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση της συνολικής κατανομής (με όρια το άπειρο) ενώ ο πίνακας στα δεξιά τα στατιστικά μεγέθη της φραγμένης κατανομής. Σημειωτέον, η φραγμένη κατανομή είναι σαφώς μια πιο ρεαλιστική κατανομή και τα στατιστικά της μεγέθη προσεγγίζουν καλύτερα την πραγματική κατανομή της μεταβλητής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η μέση τιμή (1152,06) και η τυπική απόκλιση (381,97) της επιλεχθείσας κατανομής πιθανότητας προσεγγίζουν με επιτυχία τις αντίστοιχες τιμές της κατανομής των HDD (1154,26 και 390,04, αντίστοιχα), όπως παρουσιάστηκαν στο Διάγραμμα 9.2.

2. CDD: Ετήσιες βαθμομέρες ψύξης (°C*days)

Οι βαθμομέρες ψύξης (CDD), βάσει των αποτελεσμάτων του Κεφαλαίου 6, υπολογίστηκαν με χρήση μιας μονοπαραμετρικής συνάρτησης του υψομέτρου και, συγκεκριμένα, με τη χρήση της Εξίσωσης 6.8 (ακρίβεια 86%, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05), για το σύνολο των Τοπικών ή Δημοτικών Κοινοτήτων της Ελλάδας (6.131 Κοινότητες). Όπως και στην περίπτωση των HDD, πραγματοποιήθηκε στάθμιση των CDD με βάση τον αριθμό νοικοκυριών των αντίστοιχων Τοπικών/Δημοτικών Κοινοτήτων. Στα Διαγράμματα 9.4 και 9.5 παρουσιάζονται τα ιστογράμματα κατανομής συχνοτήτων των CDD, όπως προέκυψαν πριν και μετά τη στάθμιση ως προς τον αριθμό νοικοκυριών.



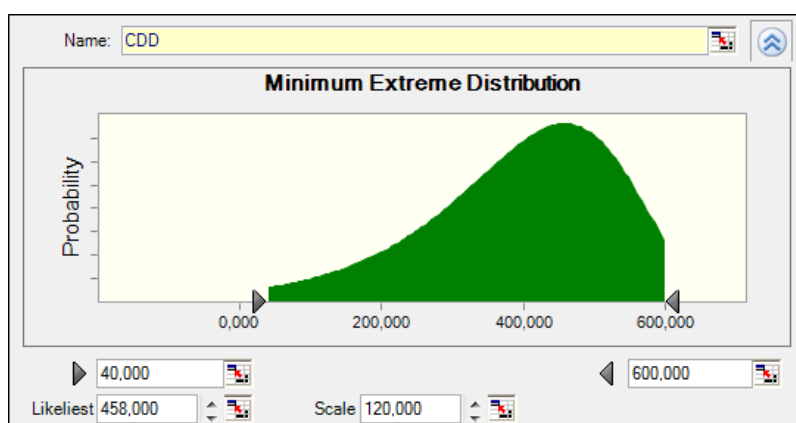
Διάγραμμα 9.4. Ιστογράμματα συχνοτήτων CDD στην Ελλάδα χωρίς στάθμιση και στατιστικά μεγέθη



Statistics: CDD	
N	4134815
Mean	412,34
Median	455,02
Std. Deviation	120,49
Minimum	15,15
Maximum	569,74

Διάγραμμα 9.5. Ιστόγραμμα συχνοτήτων CDD στην Ελλάδα μετά τη στάθμιση ως προς τον αριθμό νοικοκυριών και στατιστικά μεγέθη

Όπως φαίνεται, η στάθμιση ως προς τον αριθμό νοικοκυριών διορθώνει σε μεγάλο βαθμό το σχεδόν ομοιόμορφο (σχεδόν ίσης πιθανότητας παντού) αρχικό ιστόγραμμα. Στο διορθωμένο ιστόγραμμα υπάρχει ξεκάθαρη διαφοροποίηση στις συχνότητες εμφάνισης των CDD ανάλογα με τον αριθμό νοικοκυριών και τις αντίστοιχες ανάγκες τους, κάτι που δεν αποτυπώνεται στο πρώτο ιστόγραμμα, όπου για παράδειγμα η Αθήνα (458 CDD) και τα Σίτσαίνα Μετσόβου (80 CDD) με εντελώς αναντίστοιχους πληθυσμούς, εμφανίζουν σχεδόν ίδιες συχνότητες εμφάνισης CDD. Παράλληλα, με τη στάθμιση μειώνεται σημαντικά ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV) της κατανομής, ο οποίος στην πρώτη περίπτωση κινείται στο 52% ενώ στη δεύτερη περίπτωση φτάνει το 29%. Με βάση την κατανομή του Διαγράμματος 9.5, η κατανομή πιθανότητας που επιλέχθηκε στο Crystal Ball είναι η ελάχιστη ακραία κατανομή (Minimum Extreme Distribution), όπως απεικονίζεται στο Διάγραμμα 9.6.



Statistics: CDD	
Mean	394,12
Median	412,64
Std Deviation	123,98
Minimum	40,00
Maximum	600,00

Διάγραμμα 9.6. Διάγραμμα πιθανότητας CDD στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

Η κατανομή αυτή προσεγγίζει ικανοποιητικά την κατανομή των CDD του Διαγράμματος 9.5. Σημειώνεται ότι ως κάτω όριο λήφθηκε το 40, καθώς μικρότερες τιμές δεν έχουν νόημα στην ερμηνεία των βαθμομερών.

3. H_{tot} : Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου (W/K)

Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, όπως αναλύθηκε στο Κεφ. 3 (Ενότητα 3.2.2), αντιπροσωπεύει τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κελύφους του κτιρίου, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις συνολικές απώλειες του κτιρίου λόγω μεταφοράς θερμότητας και λόγω αερισμού. Ο προσδιορισμός της κατανομής του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (H_{tot}) αποτέλεσε το πιο σύνθετο κομμάτι της συνολικής μοντελοποίησης, γεγονός που οφείλεται στη δυσκολία γενίκευσης του συντελεστή από την κλίμακα του κτιρίου στο επίπεδο της χώρας, δεδομένων των αναρίθμητων συνδυασμών τυπολογίας δομικών στοιχείων και, αντίστοιχα, γεωμετρικών χαρακτηριστικών και συντελεστών θερμοπερατότητας, που συναντώνται στην Ελλάδα.

Στο πρόγραμμα μοντελοποίησης του Κ.Εν.Α.Κ., για τον υπολογισμό του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας ενός κτιρίου χρειάζεται να εισαχθούν στο σύστημα οι επιμέρους επιφάνειες και οι αντίστοιχοι συντελεστές θερμοπερατότητας U-value κάθε μεμονωμένου δομικού στοιχείου (τοιχοί, κατακόρυφα φέροντα στοιχεία, δάπεδα, οροφές, κουφώματα) καθώς και οι τιμές αερισμού. Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας συντίθεται από το άθροισμα των επιμέρους γινομένων, αν και το συγκεκριμένο αποτέλεσμα δεν εξάγεται αυτόματα από το πρόγραμμα του Κ.Εν.Α.Κ. Ωστόσο, για να μπορέσει να προσδιοριστεί με ασφάλεια το εύρος τιμών του συντελεστή H_{tot} στον ελλαδικό χώρο χρησιμοποιώντας ως βάση τα δεδομένα του Κ.Εν.Α.Κ. και αντίστοιχων ενεργειακών λογισμικών, θα χρειαζόταν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα συντελεστών H_{tot} από το σύνολο των συντελεστών των κτιρίων (κατοικιών) στη χώρα. Όμως, από το συνολικό αριθμό κατοικιών της Ελλάδας (4.134.540) μόνο ένα μικρό μέρος είναι καταγεγραμμένο στα αντίστοιχα ενεργειακά λογισμικά. Ενδεικτικά, το 2016 αναφέρθηκε ότι περίπου 650.000 πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης εκδόθηκαν σύμφωνα με τους κανονισμούς του Κ.Εν.Α.Κ. (Balaras et al. 2016) ενώ για τα παλαιότερα κτίρια πριν το 1980, που αποτελούν σχεδόν και το μισό κτιριακό δυναμικό της χώρας, ελάχιστα καταγεγραμμένα στοιχεία για το συντελεστή υπάρχουν. Συνεπώς, δεν υπάρχει δυνατότητα συλλογής αντιπροσωπευτικού δείγματος για το συντελεστή H_{tot} στο επίπεδο της χώρας, καθώς ούτε στατιστικές βάσεις δεδομένων με ανάλυση στοιχείων κτιριακού κελύφους για τη χώρα υπάρχουν, αλλά ούτε και αντιπροσωπευτικές πρωτογενείς έρευνες σε τέτοιο επίπεδο ανάλυσης.

Συνεπώς, για τον προσδιορισμό της κατανομής του συντελεστή σε επίπεδο χώρας πραγματοποιήθηκε εξαρχής μοντελοποίηση του συντελεστή. Για να γίνει αυτό, χρειάστηκε να τυποποιηθούν οι πολυάριθμες κατηγορίες κτιρίων που υπάρχουν στην Ελλάδα σε ένα πρότυπο μοντέλο με βασικές υπο-κατηγορίες, έτσι ώστε, εισάγοντας βασικά στοιχεία για ένα κτίριο (επιφάνεια, τύπος κτιρίου) και εντάσσοντάς το στην αντίστοιχη χρονολογία κατασκευής, να λαμβάνεται μία καλή προσέγγιση του συντελεστή H_{tot} . Με αυτό τον τρόπο, και στο βαθμό που

δεν υπάρχουν στατιστικά δεδομένα για το σύνολο του κτιριακού δυναμικού της χώρας, με την επιλογή ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος κτιρίων στην Ελλάδα καθίσταται πλέον δυνατός ο προσδιορισμός, σε ικανοποιητικό επίπεδο, της κατανομής του συντελεστή σε επίπεδο χώρας, όπως απαιτεί το προτεινόμενο μοντέλο. Η μοντελοποίηση του συντελεστή H_{tot} έχει πραγματοποιηθεί στο Microsoft Excel και βασίζεται στη σχέση 3.9 του Κεφαλαίου 3. Ωστόσο, από την αναλυτική σχέση υπολογισμού του συντελεστή, δε λαμβάνεται υπ' όψιν ο υπολογισμός των θερμογεφυρών, καθώς αυτές δεν είναι δυνατό να προσδιοριστούν και να γενικευθούν σε κλίμακα μεγαλύτερη του σπιτιού και, επιπλέον, η παράλειψη του στοιχείου αυτού δεν επιφέρει ουσιαστική μεταβολή στα αποτελέσματα. Επίσης, δε λαμβάνονται υπ' όψιν οι απώλειες φυσικού αερισμού, καθώς πρόκειται για μια ελάχιστη απαίτηση αερισμού/ανανέωσης νωπού αέρα του κτιρίου (που ούτε το λογισμικό του Κ.Εν.Α.Κ. λαμβάνει υπ' όψιν), αλλά ούτε και απώλειες τεχνητού αερισμού, δεδομένου ότι αυτές συνυπολογίζονται κυρίως στα κτίρια του τριτογενούς τομέα. Έτσι, η σχέση 3.9 διαμορφώνεται ως εξής:

$$H_{tot} = \sum_i A_i \cdot U_i + \rho_\alpha \cdot c_\alpha \cdot \sum_k (l \cdot \alpha)_k \cdot R \cdot H \quad [W/K] \quad (9.5)$$

Στην πράξη, όμως, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων λόγω μεταφοράς θερμότητας (U_i), καθώς και οι τιμές αερισμού λόγω διείσδυσης αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων ($V'_{pen}=l \cdot \alpha \cdot R \cdot H$) βασίζονται στις τιμές των Πινάκων της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010.

Αναλύοντας τον όρο $\sum_i A_i U_i$ και, ειδικότερα, το άθροισμα των αδιαφανών δομικών στοιχείων, αυτό περιλαμβάνει το άθροισμα των κατακόρυφων (U_{ver}) και των οριζόντιων (U_{hor}) αδιαφανών δομικών στοιχείων. Με τη σειρά τους, τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία απαρτίζονται από τα φέροντα στοιχεία (U_{col}) και τις τοιχοποιίες (U_w) ή, εναλλακτικά, από λιθοδομή (U_{st}). Τα οριζόντια δομικά στοιχεία περιλαμβάνουν το δάπεδο (U_{fl}) και την οροφή (U_{ceil}).

Το άθροισμα των διαφανών δομικών στοιχείων (κουφωμάτων) συνίσταται στο άθροισμα των πορτών και παραθύρων του κτιρίου ($U_{d/w}$).

Ο όρος των απωλειών αερισμού λόγω διείσδυσης αέρα ($H_{air}=H_{pen}$) αναλύεται ως εξής:

$$H_{air} = \rho_\alpha \cdot c_\alpha \cdot \sum_k (l \cdot \alpha)_k \cdot R \cdot H = \rho_\alpha \cdot c_\alpha \cdot \sum_k (V'_{pen})_k = \rho_\alpha \cdot c_\alpha \cdot \sum_k (A_{d/w} \cdot V_{pen})_k$$

όπου,

V_{pen} : Τυπική τιμή αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανά μονάδα επιφανείας κουφώματος ($m^3/(sec \cdot m^2)$) (ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010)

Με βάση τα παραπάνω, η Εξίσωση 9.5 μετασχηματίζεται ως εξής:

$$H_{tot} = \sum_i A_i \cdot U_i + \rho_\alpha \cdot c_\alpha \cdot \sum_k (A_{d/w} \cdot V_{pen})_k \quad [W/K] \quad (9.6)$$

Για τη μοντελοποίηση του συντελεστή H_{tot} , η Εξίσωση 9.6 εφαρμόζεται ως εξής:

$$H_{tot} = IF (U_{ver} = U_{st}; A_{st} \cdot U_{st}; (A_w \cdot U_w + A_{col} \cdot U_{col})) + A \cdot U_{ceil} + A \cdot U_{fl} + A_{d/w} \cdot U_{d/w} + \rho_a \cdot c_a \cdot A_{d/w} \cdot V_{pen} \quad [W/K] \quad (9.7)$$

όπου,

A: Εμβαδόν του κτιρίου (m^2)

Τα διάφορα στάδια της μοντελοποίησης παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια:

Αρχικά έγινε διάκριση των κτιρίων σε τέσσερις βασικές κατηγορίες περιόδου κατασκευής:

- Προ του 1960
- Μεταξύ 1960-1979
- Μεταξύ 1980-2010
- Μετά το 2010

Η επιλογή των ορίων βασίστηκε σε καθοριστικές, για τα κτίρια, χρονολογίες. Η χρονιά του 1960 αποτελεί ένα αποδεκτό όριο παλαιότητας των κτιρίων, καθώς το 1959 εισήχθη ο πρώτος Αντισεισμικός Κανονισμός των κτιρίων στην Ελλάδα. Όσον αφορά στα υπόλοιπα επιλεγθέντα όρια, το 1979 έγινε εισαγωγή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (Κ.Θ.Κ.) και το 2010 του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), που χαρακτηρίζει πλέον τις σύγχρονες κατασκευές.

Στη συνέχεια, έγινε διάκριση των κτιρίων σε δύο βασικούς τύπους κτιρίων, έτσι ώστε να λαμβάνονται υπ' όψιν οι διαφορετικές συνθήκες συναλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον:

- Μονοκατοικία
- Διαμέρισμα πολυκατοικίας

Δεδομένων των πρακτικά άπειρων γεωμετρικών χαρακτηριστικών των κτιρίων στην Ελλάδα, χρειάστηκε να γίνει μια σειρά παραδοχών για τη διαμόρφωση του πρότυπου μοντέλου:

- Τα κτίρια θεωρούνται ορθογωνίου σχήματος με τυπικό ύψος ορόφου 3 m.
- Αν L είναι το μήκος του σπιτιού, W το πλάτος και H το ύψος του, η παράπλευρη επιφάνεια υπολογίζεται ως $2 \cdot L \cdot H + 2 \cdot W \cdot H$.
- Η τοιχοποιία και τα φέροντα στοιχεία (ή αλλιώς η λιθοδομή, στην περίπτωση που το κτίριο είναι κατασκευασμένο προ του 1960) καταλαμβάνουν το 85% της παράπλευρης επιφάνειας του κτιρίου.
- Στη συνολική επιφάνεια κατακόρυφων αδιαφανών δομικών στοιχείων (τοιχοποιίας και φερόντων στοιχείων), η τοιχοποιία καταλαμβάνει το 75% και τα φέροντα στοιχεία το 25% της επιφάνειας.
- Τα κουφώματα καταλαμβάνουν το 15% της παράπλευρης επιφάνειας του κτιρίου.

Δεδομένης της «απειρίας» των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων των κτιρίων στην Ελλάδα, καθορίστηκαν συντελεστές θερμοπερατότητας για ομάδες δομικών

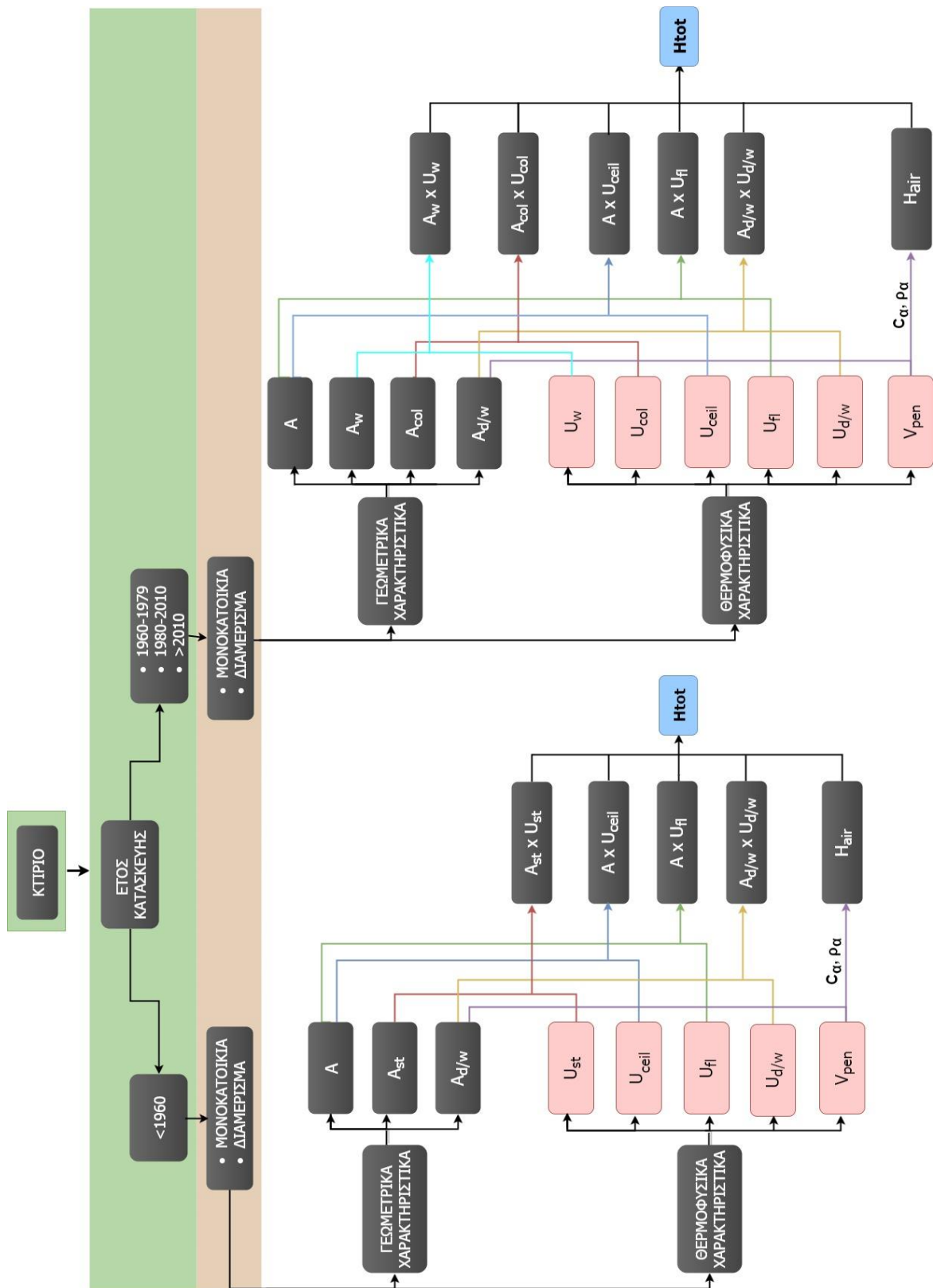
στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό των απωλειών λόγω μεταφοράς θερμότητας καθορίστηκαν συντελεστές U-value για τις εξής ομάδες δομικών στοιχείων:

- Τοιχοποιία
- Φέροντα στοιχεία
- Λιθοδομή (εάν υπάρχει)
- Οροφή
- Δάπεδο
- Κουφώματα

Για τον υπολογισμό των απωλειών λόγω αερισμού, καθορίστηκαν τυπικές τιμές αερισμού λόγω διείσδυσης αέρα από τις χαραμάδες κουφωμάτων.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθε δομικό στοιχείο λήφθηκαν από τους αντίστοιχους πίνακες της Τεχνικής Οδηγίας του ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010), που ορίζουν τυπικές τιμές του συντελεστή για όλους τους δυνατούς τύπους αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων. Για παράδειγμα, η τοιχοποιία ενδέχεται να είναι ανεπίχριστη ή επιχρισμένη και από τις δύο όψεις, σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα ή με κάποιο θερμαινόμενο χώρο. Τα κουφώματα μπορεί να είναι μεταλλικά, ξύλινα ή συνθετικά, με μονό ή διπλό υαλοπίνακα κλπ. Προκειμένου λοιπόν να συμπεριληφθούν στη μοντελοποίηση όλες οι πιθανές περιπτώσεις τυπολογίας των δομικών στοιχείων, δε χρησιμοποιήθηκαν αντιπροσωπευτικές τιμές των επιμέρους τιμών U-values αλλά πραγματοποιήθηκε στοχαστική ανάλυση με προσομοίωση Monte-Carlo για κάθε ομάδα δομικού στοιχείου, όπως και για τον αερισμό. Με τον τρόπο αυτό, είναι δυνατό να ληφθούν υπ' όψιν όλες οι δυνατές τιμές U-values και αερισμού που μπορεί να εμφανιστούν στην Ελλάδα, μαζί με τις αντίστοιχες πιθανότητες εμφάνισής τους. Συνολικά, για την προσομοίωση Monte-Carlo στο Crystal Ball, χρησιμοποιήθηκαν 46 πεδία U-values και αερισμού (ως μεταβλητές εισόδου) πέρα από την εισαγωγή των τυπικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κτιρίου.

Η μοντελοποίηση του συντελεστή H_{tot} αποτυπώνεται γραφικά στο Διάγραμμα 9.7. Τα πεδία των U-values και V_{pen} που αποτυπώνονται με κόκκινο χρώμα συνιστούν μεταβλητές εισόδου (Assumptions) στο περιβάλλον του Crystal Ball ενώ τα πεδία του H_{tot} με μπλε χρώμα συνιστούν μεταβλητές εξόδου (Forecasts). Οι μεταβλητές εισόδου και εξόδου περιγράφονται με κατανομές πιθανότητας ενώ όλα τα υπόλοιπα πεδία με γκρι χρώμα συνιστούν συγκεκριμένες τιμές.



Διάγραμμα 9.7. Μοντελοποίηση συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (H_{tot})

Παρακάτω παρουσιάζεται το εύρος τιμών των U-values και αερισμού που επιλέχθηκαν για κάθε ομάδα δομικού στοιχείου κάθε κατηγορίας, σε μορφή πινάκων (σε παρένθεση δίνεται η επικρατέστερη τιμή στην Ελλάδα) (Πίνακες 9.1, 9.2, 9.3 και 9.4):

Πίνακας 9.1. Εύρος επιλεχθέντων τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας U-value και αερισμού για κτίρια προ του 1960

	Μονοκατοικία	Διαμέρισμα
U_{st} (W/m ² K)	2,85 – 4,25 (4,25)	2,85 – 4,25 (4,25)
U_{ceil} (W/m ² K)	0,95 – 3,05 (3,05)	0,00 – 3,05
U_{fl} (W/m ² K)	0,60 – 0,80 (0,70)	0,00 – 2,75
$U_{d/w}$ (W/m ² K)	3,20 – 5,00 (4,00)	3,20 – 5,00 (4,00)
V_{pen} (m ³ /h/m ²)	9,80 – 15,10 (12,50)	9,80 – 15,10 (12,50)

Πίνακας 9.2. Εύρος επιλεχθέντων τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας U-value και αερισμού για κτίρια μεταξύ 1960-1979

	Μονοκατοικία	Διαμέρισμα
U_w (W/m ² K)	0,80 – 2,30 (2,20)	0,80 – 2,30 (2,20)
U_{col} (W/m ² K)	0,90 – 3,65 (3,40)	0,90 – 3,65 (3,40)
U_{ceil} (W/m ² K)	0,95 – 3,05 (3,05)	0,00 – 3,05
U_{fl} (W/m ² K)	0,60 – 0,80 (0,70)	0,00 – 2,75
$U_{d/w}$ (W/m ² K)	3,60 – 4,10 (4,10)	3,60 – 4,10 (4,10)
V_{pen} (m ³ /h/m ²)	5,50 – 7,50 (6,80)	5,50 – 7,50 (6,80)

Πίνακας 9.3. Εύρος επιλεχθέντων τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας U-value και αερισμού για κτίρια μεταξύ 1980-2010

	Μονοκατοικία	Διαμέρισμα
U_w (W/m ² K)	0,70 – 0,80 (0,70)	0,70 – 0,80 (0,70)
U_{col} (W/m ² K)	0,70 – 0,90 (0,70)	0,70 – 0,90 (0,70)
U_{ceil} (W/m ² K)	0,50 – 0,95 (0,50)	0,00 – 0,95 (0,00)
U_{fl} (W/m ² K)	0,40 – 0,80 (0,60)	0,00 – 0,80
$U_{d/w}$ (W/m ² K)	3,00 – 3,70 (3,70)	3,00 – 3,70 (3,70)
V_{pen} (m ³ /h/m ²)	5,50 – 7,50 (6,80)	5,50 – 7,50 (6,80)

Πίνακας 9.4. Εύρος επιλεχθέντων τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας U-value και αερισμού για κτίρια μετά το 2010

	Μονοκατοικία	Διαμέρισμα
U_w (W/m ² K)	0,40 – 0,60 (0,50)	0,40 – 0,60 (0,50)
U_{col} (W/m ² K)	0,40 – 0,60 (0,50)	0,40 – 0,60 (0,50)
U_{ceil} (W/m ² K)	0,35 – 0,50 (0,45)	0,00 – 0,50
U_{fl} (W/m ² K)	0,30 – 0,50 (0,42)	0,00 – 0,50
$U_{d/w}$ (W/m ² K)	2,60 – 3,20 (3,00)	2,60 – 3,20 (3,00)
V_{pen} (m ³ /h/m ²)	4,80 – 7,00 (6,20)	4,80 – 7,00 (6,20)

Παραδοχές που λήφθηκαν υπ' όψιν κατά την επιλογή των U-values, ώστε να γίνει όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική η προσομοίωση με τις πραγματικές τιμές:

- Τα κτίρια προ του 1960 θεωρείται ότι είναι κατασκευασμένα από λιθοδομή ενώ τα μεταγενέστερα κτίρια από μπετόν και οπτοπλινθοδομή, καθώς ο πρώτος Κανονισμός Σκυροδέματος στη χώρα εισήχθη το 1954.
- Ως προς τη θερμομονωτική τους προστασία, τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία λαμβάνονται ως εξής:
 - Σε κτίρια προ του 1960 η λιθοδομή λαμβάνεται χωρίς θερμομονωτική προστασία.
 - Σε κτίρια μεταξύ 1960-1979 η τοιχοποιία και τα φέροντα στοιχεία λαμβάνονται κυρίως χωρίς θερμομόνωση, συνεκτιμώντας όμως και την πιθανότητα ανεπαρκούς θερμομονωτικής προστασίας κατά τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων 1979 (Κ.Θ.Κ).
 - Σε κτίρια μεταξύ 1980-2010 η τοιχοποιία και τα φέροντα στοιχεία λαμβάνονται κυρίως με θερμομονωτική προστασία κατά τον Κ.Θ.Κ, συνεκτιμώντας όμως και την πιθανότητα ανεπαρκούς θερμομόνωσης κατά τον Κ.Θ.Κ.
 - Σε κτίρια μετά το 2010 η τοιχοποιία και τα φέροντα στοιχεία λαμβάνονται με επαρκή θερμομονωτική προστασία κατά τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων 2010 (Κ.Εν.Α.Κ.).
- Η οροφή κτιρίων προ του 1960 αλλά και αυτών μεταξύ 1960-1979 λαμβάνεται, κυρίως, χωρίς θερμομόνωση, συνεκτιμώντας, όμως, και την πιθανότητα ανεπαρκούς θερμομονωτικής προστασίας κατά τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων 1979 (Κ.Θ.Κ).
- Το διαμέρισμα πολυκατοικίας θεωρείται εξίσου πιθανό να βρίσκεται στον Ά όροφο πάνω από πυλωτή, στον τελευταίο όροφο ή να είναι ενδιάμεσο διαμέρισμα.
- Για τον υπολογισμό του $U_{\delta\alpha\pi}$ στην περίπτωση μονοκατοικίας, υπολογίζεται ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας U' , συναρτήσεως του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U του δαπέδου, του βάθους έδρασης z του δαπέδου και της χαρακτηριστικής διάστασης της πλάκας B' (ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010).
- Το $U_{\delta\alpha\pi}$ και $U_{\text{οροφ}}$ διαμερίσματος πολυκατοικίας λαμβάνεται ίσο με 0,00 όταν η αντίστοιχη επιφάνεια συνορεύει με άλλο διαμέρισμα (ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010).

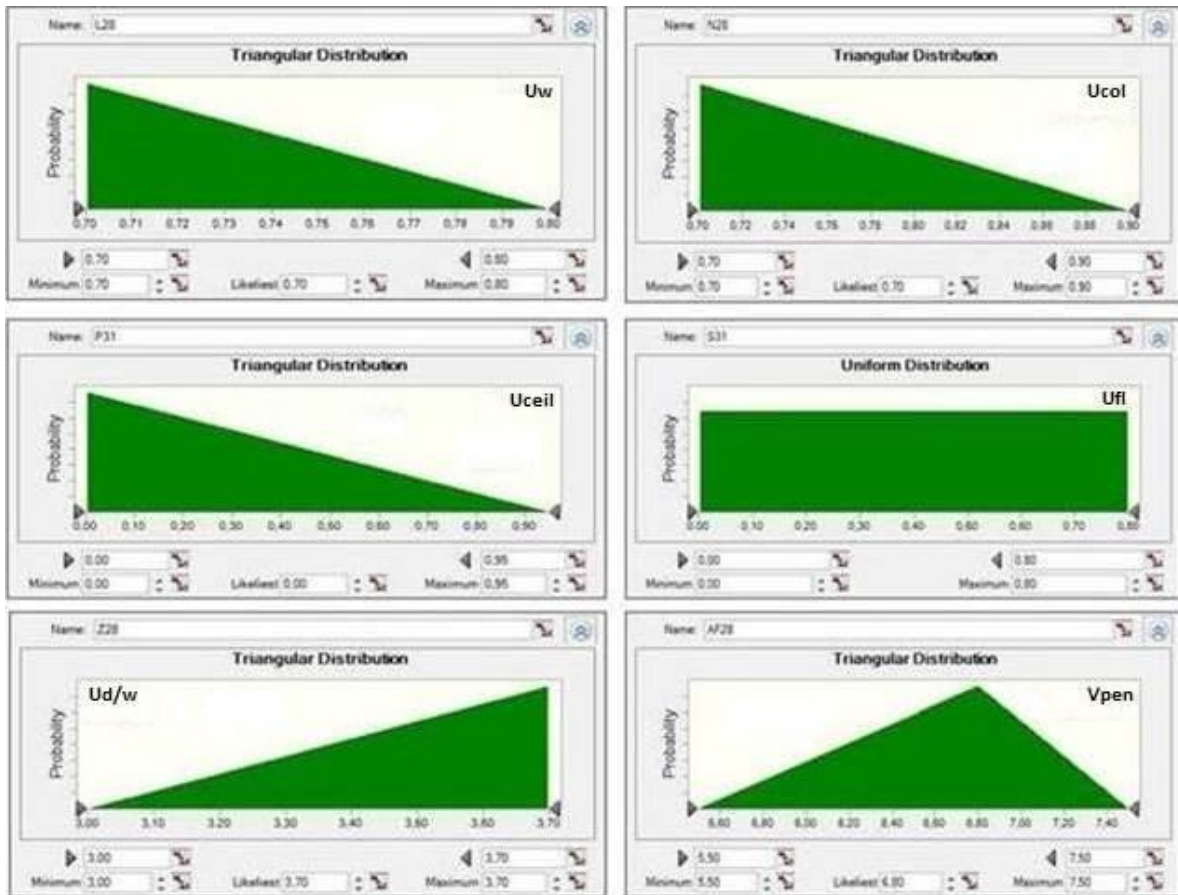
- Τα κουφώματα παλαιών κτιρίων προ του 1960 λαμβάνονται με ξύλινο πλαίσιο ενώ τα κουφώματα μεταγενέστερων κτιρίων με μεταλλικό πλαίσιο.
- Για την τρίτη κατηγορία κτιρίων (1980-2010) λαμβάνονται ως ελάχιστες τιμές U-values των αδιαφανών δομικών στοιχείων αυτές των αντίστοιχων πινάκων σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ. (ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010) και ως μέγιστες οι ελάχιστες της προηγούμενης κατηγορίας (1960-1980), ώστε να συμπεριληφθούν και οι περιπτώσεις με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.

Για καθεμιά από τις 46 μεταβλητές εισόδου U-values και αερισμού, επιλέχθηκε μία κατανομή πιθανότητας μέσα από το πρόγραμμα του Crystal Ball. Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις επιλέχθηκε η τριγωνική κατανομή, με στοιχεία τα στοιχεία των παραπάνω Πινάκων (9.1-9.4). Εξαιρέση αποτελούν τα U_{ceil} και U_{fl} των διαμερισμάτων που δεν αναγράφουν επικρατέστερη τιμή στους Πίνακες. Στις περιπτώσεις αυτές επιλέχθηκε η ομοιόμορφη κατανομή με τα αντίστοιχα στοιχεία των Πινάκων, δεδομένου ότι υπάρχει ίδια πιθανότητα για το διαμέρισμα να είναι στον Α' όροφο, στον τελευταίο, ή σε κάποιον ενδιάμεσο όροφο της πολυκατοικίας.

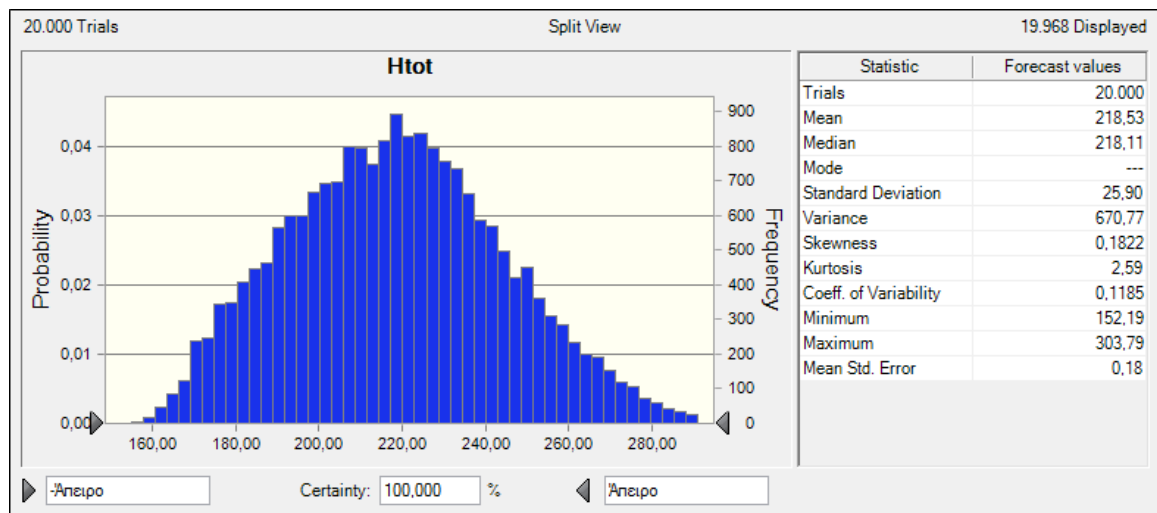
Παρακάτω, παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα εισόδου (γεωμετρικών στοιχείων, κατανομών U-values και αερισμού) και εξόδου (H_{tot}) για μια τυχαία περίπτωση διαμερίσματος 80 m², κατασκευασμένου μεταξύ 1980-2010 (Πίνακας 9.5, Εικόνα 9.1, Διάγραμμα 9.8). Καθώς δε δίνονται άλλες πληροφορίες για το σπίτι (κατάσταση μόνωσης, αριθμός κουφωμάτων κλπ.), η μέθοδος Monte-Carlo υπολογίζει το τελικό αποτέλεσμα λαμβάνοντας μία τυχαία τιμή για καθεμιά από τις μεταβλητές εισόδου U-values, από τις αντίστοιχες κατανομές πιθανότητας της Εικόνας 9.1, μέσα από 20.000 δοκιμές. Με τον τρόπο αυτό, έχοντας ορίσει όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικές κατανομές πιθανότητας στις μεταβλητές εισόδου, σε συνδυασμό με τα δεδομένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, η μέθοδος αποδίδει το δυνατό εύρος κατανομής των τιμών H_{tot} με τις αντίστοιχες πιθανότητες εμφάνισής τους (Διάγραμμα 9.8). Ο μέσος όρος (Mean) της κατανομής αυτής (218,53) προσεγγίζει με αξιοπιστία τον πραγματικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας H_{tot} του εξεταζόμενου κτιρίου. Η αξιοπιστία του μοντέλου επαληθεύτηκε μετά από μεγάλο αριθμό δοκιμών διαφορετικών περιπτώσεων κτιρίων στο πρόγραμμα του Κ.Εν.Α.Κ.

Πίνακας 9.5. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά διαμερίσματος 80 m² χτισμένου μεταξύ 1980-2010

Γεωμετρική μονάδα	Αποτέλεσμα
Εμβαδόν (m ²)	80,00
Μήκος (L) (m)	10,00
Πλάτος (W) (m)	8,00
Ύψος (H) (m)	3,00
Παράπλευρη επιφάνεια (Π.Ε.= 2·L·H+2·W·H) (m ²)	108,00
Επιφάνεια τοιχοποιίας + φερόντων στοιχείων (E'=85% Π.Ε.) (m ²)	91,80
Επιφάνεια τοιχοποιίας (75% E') (m ²)	68,85
Επιφάνεια φερόντων στοιχείων (25% E') (m ²)	22,95
Επιφάνεια κουφωμάτων (15% Π.Ε.) (m ²)	16,20



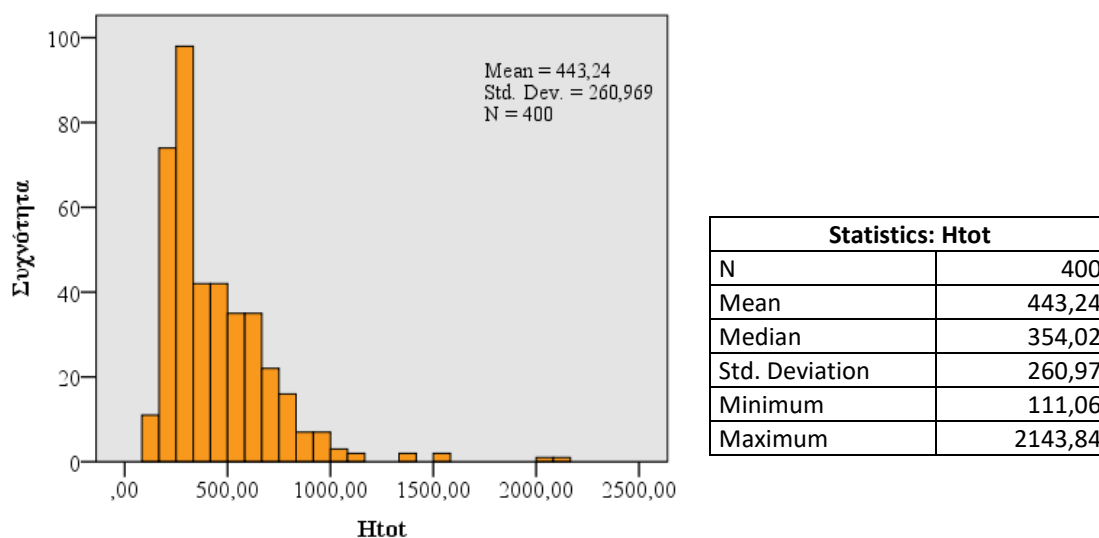
Εικόνα 9.1. Κατανομές U-values και αερισμού διαμερίσματος 80 m² κατασκευασμένου μεταξύ 1980-2010



Διάγραμμα 9.8. Κατανομή H_{tot} διαμερίσματος 80 m² χτισμένου μεταξύ 1980-2010

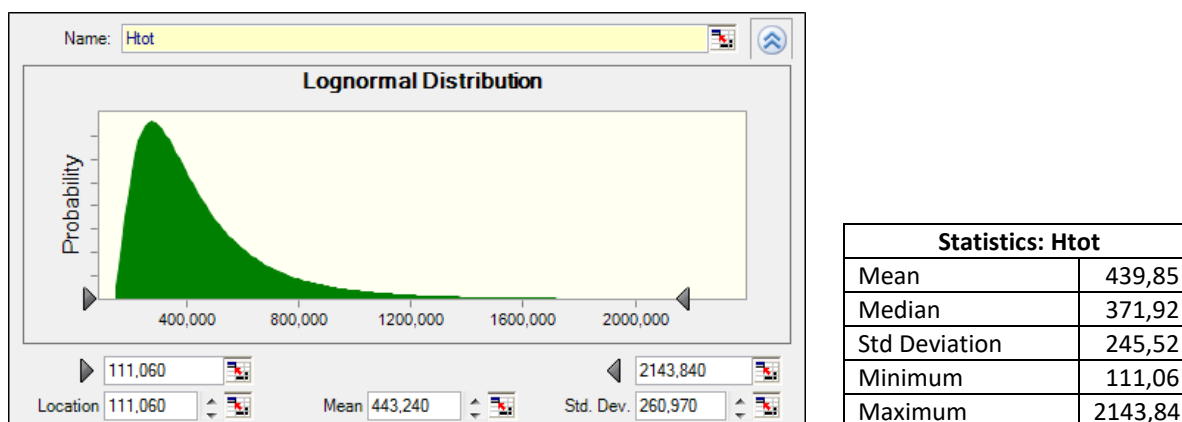
Αφού πραγματοποιήθηκε η μοντελοποίηση του H_{tot} στο επίπεδο του σπιτιού, ακολούθησε ο προσδιορισμός της κατανομής του συντελεστή στο επίπεδο της χώρας. Για να γίνει αυτό, χρησιμοποιήθηκε η πανελλαδική έρευνα ενεργειακής φτώχειας, η οποία παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 7. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας ως βάση τα 400 ερωτηματολόγια, που αποτελούν ένα τυχαίο και αντιπροσωπευτικό δείγμα σπιτιών στη χώρα, έγινε επιλογή τριών

βασικών παραμέτρων από το καθένα (έτος κατασκευής, τύπος κατοικίας, εμβαδόν σπιτιού). Με βάση τις παραμέτρους αυτές και ακολουθώντας τη μοντελοποίηση του Διαγράμματος 9.7, υπολογίστηκε ο συντελεστής H_{tot} για καθεμιά από τις 400 περιπτώσεις. Με τον τρόπο αυτό, έγινε δυνατό να προσδιοριστεί το εύρος τιμών του H_{tot} στην Ελλάδα και να οριστεί το ιστόγραμμα κατανομής του (Διάγραμμα 9.9). Σημειώνεται ότι η πολυπλοκότητα στον προσδιορισμό της συγκεκριμένης κατανομής οφείλεται στην απουσία κάθε είδους στατιστικής βάσης δεδομένων με αναλυτικά στοιχεία κτιριακών κελυφών στην Ελλάδα. Σε οποιαδήποτε άλλη χώρα με κάποια στοιχειώδη οργανωμένη παρόμοια βάση, είναι εξαρχής δυνατός ο προσδιορισμός της κατανομής που ζητείται στο μοντέλο του λόγου ενεργειακής φτώχειας.



Διάγραμμα 9.9. Ιστόγραμμα συχνοτήτων H_{tot} στην Ελλάδα και στατιστικά μεγέθη

Με βάση το ιστόγραμμα συχνοτήτων του H_{tot} , η κατανομή πιθανότητας που επιλέχθηκε στο Crystal Ball είναι η λογαριθμοκανονική κατανομή (Lognormal Distribution), η οποία προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματική κατανομή του H_{tot} (Διάγραμμα 9.10):



Διάγραμμα 9.10. Διάγραμμα πιθανότητας H_{tot} στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

4. η_h : Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής θέρμανσης

Κάθε μονάδα παραγωγής θερμότητας έχει μια ονομαστική θερμική απόδοση σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή. Βέβαια, η πραγματική απόδοση διαφοροποιείται και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η περίοδος θέρμανσης (ανάλογα με την Κλιματική Ζώνη), ο χρόνος λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης, οι εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας των χώρων κλπ. (TOTEE 20701-1/2010). Έτσι, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου προσδιορίζεται ο μέσος βαθμός απόδοσης της μονάδας θέρμανσης που χρησιμοποιείται, ή όπου αυτό είναι δύσκολο, ο ονομαστικός βαθμός απόδοσης της μονάδας, όπως δίνεται από τον κατασκευαστή. Ειδικά για τη μέθοδο των βαθμομερών, ο συντελεστής απόδοσης εκφράζει την απόδοση του συστήματος θέρμανσης σε ετήσια βάση (ASHRAE 2009). Για τον προσδιορισμό της κατανομής του συντελεστή απόδοσης στη χώρα, χρειάστηκε αρχικά να προσδιοριστεί το εύρος τιμών του συντελεστή η_h ή COP για το σύνολο των συστημάτων θέρμανσης που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα, το οποίο απεικονίζεται στον Πίνακα 9.6. Σημειώνεται ότι συστήματα θέρμανσης με άλλους τύπους καυσίμων (πυρήνα, κηροζίνη, τηλεθέρμανση, θερμική ενέργεια από θερμικά ηλιακά συστήματα) δε λήφθηκαν υπ' όψιν καθώς καταλαμβάνουν ποσοστά χρήσης κάτω του 1,50% για κύρια θέρμανση, σύμφωνα με την πανελλαδική έρευνα.

Πίνακας 9.6. Εύρος τιμών συντελεστή απόδοσης (η_h / COP) συστημάτων θέρμανσης στην Ελλάδα

Σύστημα θέρμανσης	Min	Mean	Max
Λέβητας πετρελαίου	0,80	0,93	0,97
Λέβητας φυσικού αερίου	0,90	0,95	1,05
Λέβητας ξύλων	0,75	0,83	0,90
Λέβητας πέλλετς	0,80	0,88	0,95
Ηλεκτρικές συσκευές (Κλιματιστικό, αντλία θερμότητας)	2,80	3,20	4,50
Ηλεκτρικές συσκευές (ηλεκτρ. καλοριφέρ, θερμοσυσσωρευτές, θερμοπομποί κ.ά)	0,98	1,00	1,02
Τζάκι παραδοσιακό	0,20	0,23	0,25
Τζάκι ενεργειακό	0,70	0,75	0,80
Σόμπα ξύλων	0,40	0,50	0,60
Σόμπα πέλλετς	0,75	0,83	0,90
Λέβητας LPG	0,78	0,92	0,96
Σόμπα πετρελαίου	0,60	0,75	0,80

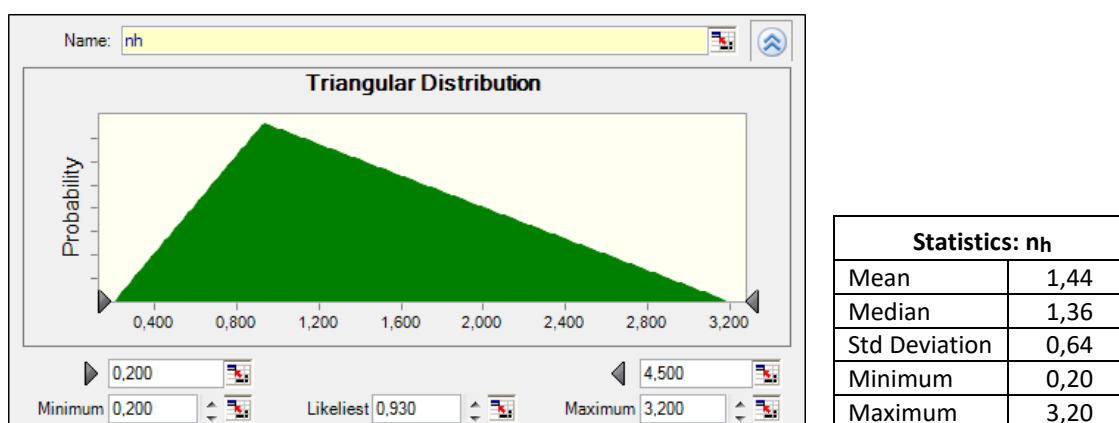
Αφού καθορίστηκαν οι επιμέρους μέγιστες, μέσες κι ελάχιστες τιμές εμφάνισης των συντελεστών η_h -και COP για τις περιπτώσεις αντλιών θερμότητας και κλιματιστικών-, πραγματοποιήθηκε στάθμιση του συντελεστή με βάση τα ποσοστά χρήσης των συστημάτων θέρμανσης στην Ελλάδα, όπως αυτά εμφανίζονται στην πανελλαδική έρευνα (Διάγραμμα 9.11). Πιο συγκεκριμένα, αν P_i είναι το ποσοστό χρήσης κάθε συστήματος θέρμανσης και η_i ο μέσος συντελεστής απόδοσης (Mean) ανά σύστημα θέρμανσης, ο σταθμισμένος μέσος όρος του

συντελεστή απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης n_h (weighted average) στην Ελλάδα υπολογίζεται ως εξής:

$$n_h \text{ (weighthed average)} = \sum_{i=1}^9 P_i \cdot n_i$$

Σημειώνεται πως οι συντελεστές n_h για τα συστήματα θέρμανσης που έχουν ληφθεί συγκεντρωτικά στην πανελλαδική έρευνα (λέβητας ξύλων & πέλλετς, τζάκι παραδοσιακό & ενεργειακό, σόμπα ξύλων & πέλλετς) λήφθηκαν ως οι μέσοι όροι των αντίστοιχων συντελεστών, από τον Πίνακα 9.6.

Στο Crystal Ball επιλέχθηκε η τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution) με πιθανότερη τιμή το συντελεστή n_h του επικρατέστερου συστήματος θέρμανσης (λέβητα πετρελαίου), και, ελάχιστη και μέγιστη τιμή την ελάχιστη και μέγιστη, αντίστοιχα, του Πίνακα 9.6 (Διάγραμμα 9.11).

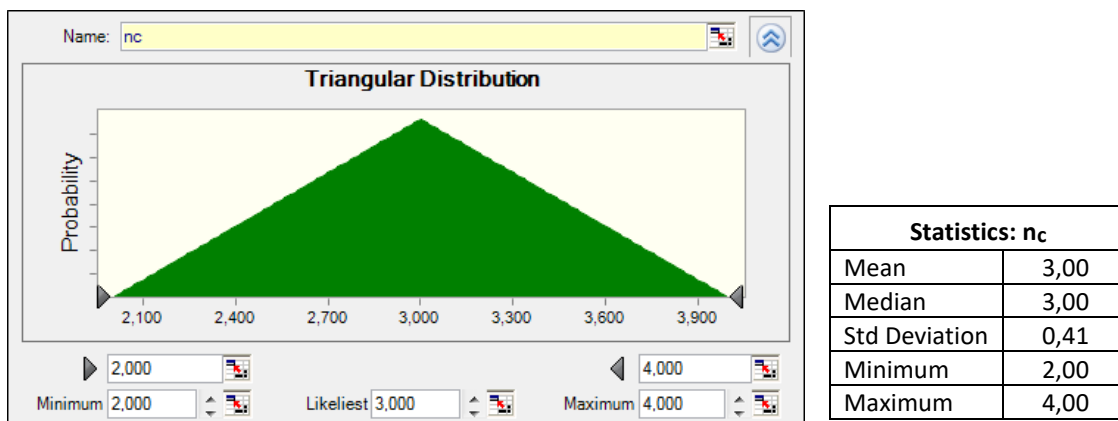


Διάγραμμα 9.11. Διάγραμμα πιθανότητας n_h στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

Η τριγωνική κατανομή στο Crystal Ball λαμβάνεται συνήθως όταν δεν είναι εκ των προτέρων γνωστή η μορφή της κατανομής αλλά είναι γνωστά τα τρία προαπαιτούμενα (ελάχιστη, μέγιστη και πιθανότερη τιμή της εξεταζόμενης παραμέτρου). Σημειώνεται ότι ως πάνω όριο της τριγωνικής κατανομής λήφθηκε το 3,20, ώστε να αποφευχθεί η επιλογή πολλών ακραίων τιμών στις δοκιμές (στην προκειμένη περίπτωση αφορά στην αντλία θερμότητας και στα κλιματιστικά), οι οποίες θα κατέληγαν σε λιγότερο ρεαλιστικά αποτελέσματα.

5. n_c : Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής ψύξης

Για την ψύξη, οι κατοικίες στην Ελλάδα χρησιμοποιούν ανεξάρτητες μονάδες κλιματισμού (split units), με μέσο βαθμό ενεργειακής απόδοσης EER=3,00. Γενικά, η απόδοση καθορίζεται από τον ονομαστικό δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας (EER) στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (για ψύξη), όπως δίνονται στις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή (TOTEE 20701-1/2010). Για την προσομοίωση του συντελεστή ενεργειακής απόδοσης n_c στο Crystal Ball επιλέχθηκε η τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9.12.



Διάγραμμα 9.12. Διάγραμμα πιθανότητας n_c στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

6. E_{electr} : Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριού (KWh)

Η υπ' όψιν παράμετρος αναφέρεται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενός νοικοκυριού για όλες τις χρήσεις εκτός της θέρμανσης, της ψύξης και του ζεστού νερού χρήσης, που υπολογίζονται ξεχωριστά στο μοντέλο. Συμπεριλαμβάνει, συνεπώς, το μαγείρεμα, το φωτισμό και τις ηλεκτρικές συσκευές. Για τον προσδιορισμό της κατανομής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα καταναλώσεων από την Ελληνική Στατιστική Αρχή, σε επίπεδο νομού, για το έτος 2012 (ΕΛΣΤΑΤ 2012_a).

Σημειώνεται ότι υπάρχουν διαφορετικές έρευνες της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής που καλύπτουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, πέρα από την επιλεχθείσα, όπως η Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα νοικοκυριά για το έτος 2012 (ΕΛΣΤΑΤ 2013_a) και η Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών που καλύπτει έως και το έτος 2015 (ΕΛΣΤΑΤ 2013_b, ΕΛΣΤΑΤ 2014, ΕΛΣΤΑΤ 2015, ΕΛΣΤΑΤ 2016_a). Ωστόσο, τα στοιχεία καταναλώσεων (KWh κατανάλωσης) των ερευνών αυτών προέρχονται έμμεσα από συνεντεύξεις νοικοκυριών και περιλαμβάνουν μέσες τιμές κατανάλωσης, χωρίς ανάλυση σε γεωγραφικά επίπεδα. Από την άλλη, η επιλεχθείσα έρευνα (ΕΛΣΤΑΤ 2012_a) περιλαμβάνει ανάλυση των καταναλώσεων σε επίπεδο νομού, δίνοντας μια καλή εικόνα της διαφοροποίησης της κατανάλωσης στη χώρα, ενώ ταυτόχρονα εμπεριέχει απευθείας μετρήσεις κατανάλωσης των σπιτιών, οι οποίες είναι πιο αξιόπιστες. Η σχετική παλαιότητα της έρευνας (δεδομένα 2012) δε δημιουργεί πρόβλημα στο μοντέλο, δεδομένου ότι η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας δε μεταβάλλεται σημαντικά στο χρόνο. Ενδεικτικά, μεταξύ των ετών 2012-2015 εμφανίζεται μια μεταβολή της τάξης του 4%, όπως φαίνεται στον Πίνακα 9.7. Για τη σύγκριση αυτή, χρησιμοποιείται η Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, που γίνεται με τον ίδιο τρόπο σε ετήσια βάση.

Πίνακας 9.7. Μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κατοικία, 2012-2015

(Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2013_β, ΕΛΣΤΑΤ 2014, ΕΛΣΤΑΤ 2015, ΕΛΣΤΑΤ 2016_α)

Έτος	2012	2013	2014	2015
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (KWh)	3841,32	3888,84	3839,64	3996,84

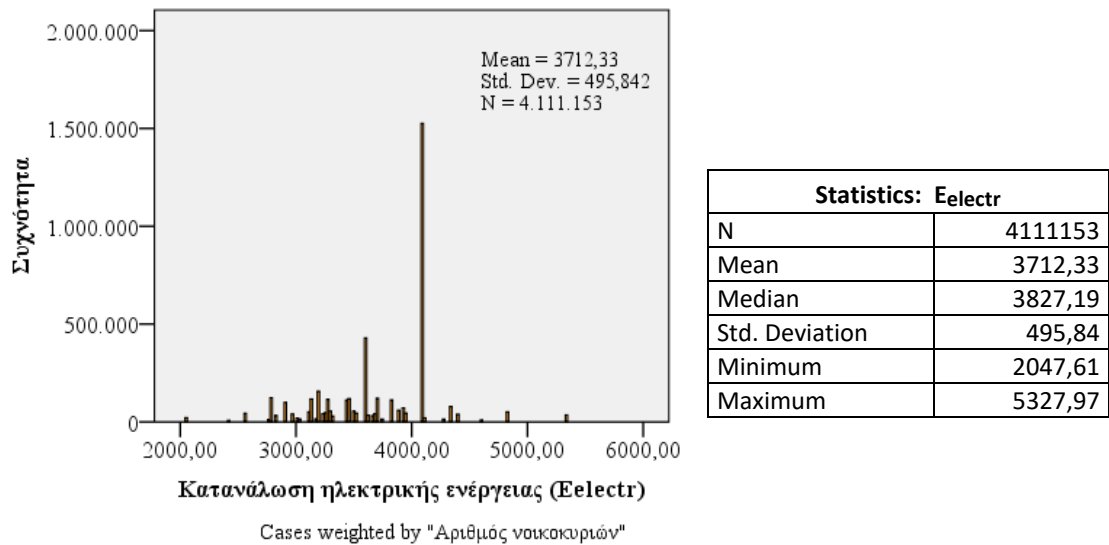
Τα στοιχεία κατανάλωσης της επιλεχθείσας έρευνας αναφέρονται σε συνολική καταγεγραμμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένων όλων των χρήσεων) στον οικιακό τομέα. Αρχικά, λοιπόν, έγινε αναγωγή της συνολικής οικιακής κατανάλωσης στην κλίμακα του νοικοκυριού, διαιρώντας τη συνολική κατανάλωση κάθε νομού με τον αντίστοιχο αριθμό νοικοκυριών. Από την ανάλυση, προκύπτουν διαφοροποιήσεις στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά γεωγραφική περιοχή, αλλά χωρίς έντονες αποκλίσεις από τη μέση κατανάλωση της χώρας. Υπολογίστηκε ότι η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά νοικοκυριό για το 2012 είναι 4488,91 KWh (SD=599,57 KWh). Στη συνέχεια, τα δεδομένα χρειάζεται να προσαρμοστούν ώστε να αντανakλούν μόνο τις χρήσεις που περιλαμβάνει η παράμετρος E_{electr}. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ αποτελούν κατά μέσο όρο το 17,30% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, όπως φαίνεται στον Πίνακα 9.8.

Πίνακας 9.8. Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τελική χρήση, 2012

(Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2013_α)

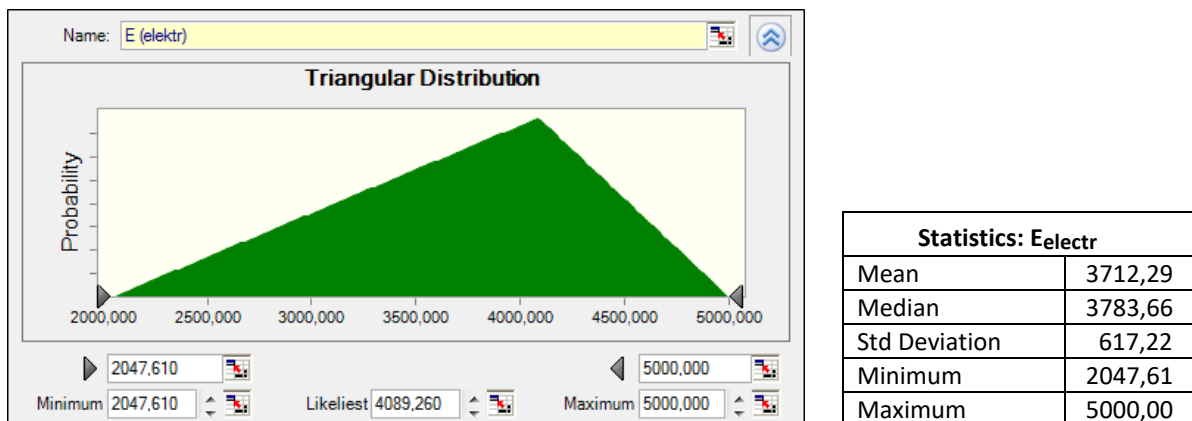
Είδος τελικής χρήσης	Ποσοστό (%)
Θέρμανση	3,00
Ψύξη	4,90
ΖΝΧ	9,40
Σύνολο	17,30

Έτσι, από τα δεδομένα συνολικής κατανάλωσης ανά νοικοκυριό και ανά νομό, αφαιρέθηκε το αντίστοιχο ποσοστό (17,30%) ώστε να προκύψει, αναλογικά, η αντίστοιχη «καθαρή κατανάλωση» ηλεκτρικής ενέργειας για μαγείρεμα, φωτισμό και ηλεκτρικές συσκευές. Η κατανομή που προέκυψε για την Ελλάδα με τα αντίστοιχα στατιστικά της στοιχεία απεικονίζονται στο Διάγραμμα 9.13.



Διάγραμμα 9.13. Ιστογράμμα συχνοτήτων Eelectr στην Ελλάδα μετά τη στάθμιση ως προς τον αριθμό νοικοκυριών και στατιστικά μεγέθη, 2012

Η παραπάνω κατανομή προσομοιάζεται με μία τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution) στο Crystal Ball, με πιθανότερη τιμή την επικρατέστερη τιμή κατανάλωσης του ιστογράμματος, και, ελάχιστη-μέγιστη τις αντίστοιχες τιμές του ιστογράμματος (Διάγραμμα 9.14).



Διάγραμμα 9.14. Διάγραμμα πιθανότητας Eelectr στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

7. Εδhw: Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης νοικοκυριού (KWh)

Όπως η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο μεγαλύτερο μέρος της έτσι και η κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (ZNX) εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τον ανθρώπινο παράγοντα (συνήθειες των χρηστών του νοικοκυριού) και όχι από επιμέρους συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (γεωγραφικά, κλιματικά, κ.ά.). Αυτό σημαίνει ότι τα επίπεδα κατανάλωσης αντανακλούν

γενικότερα πολιτιστικά πρότυπα τα οποία λίγο πολύ είναι ενιαία για μια συγκεκριμένη χώρα, σε ένα δεδομένο χρόνο, και γι αυτό δε διαφοροποιούνται πολύ. Κατά συνέπεια, και δεδομένου ότι δεν υπάρχουν στοιχεία κατανάλωσης ΖΝΧ για τη χώρα σε μεγαλύτερο επίπεδο ανάλυσης, για την εκτίμηση του παράγοντα αυτού καθορίζεται η τυπική ετήσια κατανάλωση ΖΝΧ των νοικοκυριών.

Η ζήτηση ΖΝΧ στα ελληνικά νοικοκυριά καλύπτεται, προσεγγιστικά, κατά 55% από ηλεκτρική ενέργεια και κατά 45% από θερμική ενέργεια, σύμφωνα με τα τελευταία επίσημα στοιχεία (ΕΛΣΤΑΤ 2013_a). Τα ποσοστά δίνονται κατά προσέγγιση, καθώς τα σπίτια που καταναλώνουν θερμική ενέργεια για ΖΝΧ (θερμικά ηλιακά συστήματα και boiler) καταναλώνουν ταυτόχρονα και ηλεκτρική ενέργεια κατά ένα μικρό ποσοστό, όταν αυτό απαιτείται και, ως εκ τούτου, η μεταβαλλόμενη χρήση των συστημάτων δεν επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό των αντίστοιχων ποσοστών χρήσης. Σε μονάδες ενέργειας, η μέση ετήσια κατανάλωση ΖΝΧ φαίνεται στον Πίνακα 9.9.

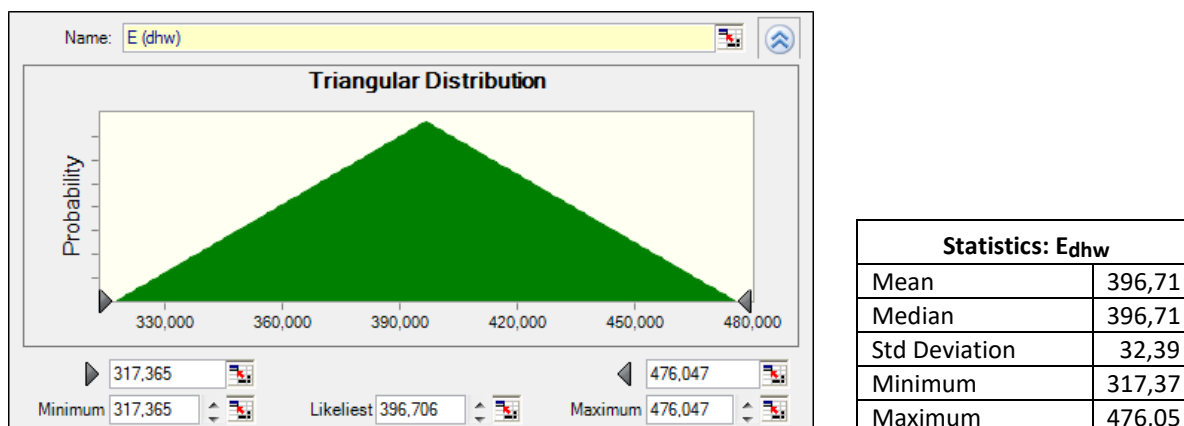
Πίνακας 9.9. Μέση ετήσια κατανάλωση ΖΝΧ ανά νοικοκυριό, 2012 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2013_a)

Τύπος τελικής χρήσης	Μέση ετήσια κατανάλωση ΖΝΧ ανά νοικοκυριό (KWh)
ΖΝΧ από ηλεκτρική ενέργεια	352,50
ΖΝΧ από θερμική ενέργεια	450,74

Κατά συνέπεια, σύμφωνα με τα παραπάνω ποσοστά, ο σταθμισμένος μέσος όρος της ετήσιας κατανάλωσης ΖΝΧ υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Ετήσια κατανάλωση ΖΝΧ}_{(\text{weighted mean})} = 0,55 \times 352,50 + 0,45 \times 450,74 = 396,71 \text{ KWh}$$

Η κατανάλωση ΖΝΧ (E_{dhw}) στο Crystal Ball προσομοιώνεται με μια τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution), με πιθανότερη τιμή τη σταθμισμένη μέση κατανάλωση ΖΝΧ που υπολογίστηκε, καθώς δεν υπάρχει ουσιαστικά επικρατέστερη χρήση για το ζεστό νερό χρήσης. Ως πάνω και κάτω όριο λαμβάνεται μία απόκλιση της πιθανότερης τιμής κατά 20%, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9.15.



Διάγραμμα 9.15. Διάγραμμα πιθανότητας E_{dhw} στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

8. Price_{heat}: Τιμή μονάδας θέρμανσης (€/kWh)

Για τον προσδιορισμό της κατανομής της τιμής μονάδας θέρμανσης στη χώρα, χρειάζεται να καθοριστεί η τιμή μονάδας θέρμανσης ανά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου. Στον Πίνακα 9.10 απεικονίζεται το εύρος του κόστους μονάδας ανά χρησιμοποιούμενο καύσιμο (€/kWh) για το έτος 2014, καθώς κατά την περίοδο διεξαγωγής της έρευνας (2015) δεν υπήρχε ακόμα σαφής εικόνα των τιμών του τρέχοντος έτους. Το πετρέλαιο και το υγραέριο (LPG) λήφθηκαν από μηνιαία δεδομένα τιμών μονάδας (€/lt) του Παρατηρητηρίου Τιμών Υγρών Καυσίμων (ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2014), λαμβάνοντας θερμογόνο δύναμη για το πετρέλαιο 10,06 kWh/lt και για το υγραέριο 6,85 kWh/lt. Οι τιμές μονάδας για το φυσικό αέριο και τον ηλεκτρισμό (€/kWh) λήφθηκαν ως μέσοι όροι διαφόρων κατηγοριών κατανάλωσης (Eurostat 2016_b, Eurostat 2016_a), όπως αναλύονται περαιτέρω στους Πίνακες 9.11 και 9.12. Οι τιμές μονάδας ξυλείας (καυσόξυλα και πέλλετς) προήλθαν από έρευνα αγοράς του έτους 2014 (€/tn), χρησιμοποιώντας θερμογόνο δύναμη για τα καυσόξυλα 4,00 kWh/kg και για τα πέλλετς 4,90 kWh/kg. Σημειώνεται ότι άλλοι τύποι καυσίμων για θέρμανση (πυρήνας, κηροζίνη, τηλεθέρμανση) δε λήφθηκαν υπ' όψιν καθώς καταλαμβάνουν ποσοστά χρήσης κάτω του 1,50% ως κύρια καύσιμα, σύμφωνα με την πανελλαδική έρευνα.

Πίνακας 9.10. Εύρος τιμής μονάδας (€/kWh) ανά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου στην Ελλάδα, 2014
(Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2014, Eurostat 2016_a, Eurostat 2016_b, Έρευνα αγοράς)

Είδος καυσίμου	Min	Mean	Max
Πετρέλαιο	0,088	0,116	0,133
Φυσικό αέριο	0,070	0,082	0,100
Ηλεκτρισμός	0,173	0,191	0,221
Καυσόξυλα	0,026	0,030	0,035
Πέλλετς	0,056	0,065	0,075
Υγραέριο (LPG)	0,102	0,127	0,158

Πίνακας 9.11. Τελική τιμή καταναλωτή φυσικού αερίου (συμπερ. φόρων) ανά κατηγορία κατανάλωσης, 2014 (Πηγή: Eurostat 2016_b)

Κατηγορία κατανάλωσης (Κατανάλωση/έτος)	Τιμή μονάδας φυσικού αερίου (€/kWh)
Κατανάλωση < 20 GJ	0,100
20 GJ < Κατανάλωση < 200 GJ	0,076
Κατανάλωση > 200 GJ	0,070

Πίνακας 9.12. Τελική τιμή καταναλωτή ηλεκτρικής ενέργειας (συμπερ. φόρων) ανά κατηγορία κατανάλωσης, 2014 (Πηγή: Eurostat 2016a)

Κατηγορία κατανάλωσης (Κατανάλωση/έτος)	Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας (€/KWh)
Κατανάλωση < 1000 KWh	0,221
1000 KWh < Κατανάλωση < 2500 KWh	0,173
2500 KWh < Κατανάλωση < 5000 KWh	0,178
5000 KWh < Κατανάλωση < 15000 KWh	0,190
Κατανάλωση > 15000 KWh	0,194

Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν τα ποσοστά χρήσης των διαφόρων καυσίμων στη χώρα με βάση την πανελλαδική έρευνα (Πίνακας 9.13), με τη χρήση των οποίων υπολογίστηκε ο σταθμισμένος μέσος όρος της τιμής μονάδας θέρμανσης $Price_{heat}$ (weighted average) στην Ελλάδα.

Πίνακας 9.13. Ποσοστά χρήσης των κύριων καυσίμων στην Ελλάδα (Πηγή: Πανελλαδική έρευνα 2015)

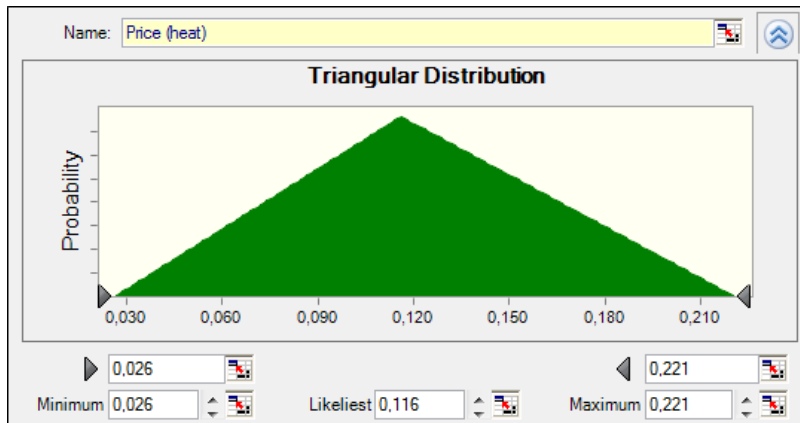
Είδος καυσίμου	Ποσοστό χρήσης κύριου καυσίμου (%)
Πετρέλαιο	43,40
Φυσικό αέριο	9,40
Ηλεκτρισμός	24,10
Καυσόξυλα & πέλλετς	21,60
Άλλο (υγραέριο, τηλεθέρμανση κ.ά)	1,50

Πιο συγκεκριμένα, αν P_i είναι το ποσοστό χρήσης κάθε καυσίμου και Pr_i η μέση τιμή μονάδας (Mean) ανά τύπο καυσίμου, ο σταθμισμένος μέσος όρος της τιμής μονάδας θέρμανσης υπολογίζεται ως εξής:

$$Price_{heat} \text{ (weighted average)} = \sum_{i=1}^5 P_i \cdot Pr_i$$

Σημειώνεται ότι η τιμή για τα καυσόξυλα & πέλλετς, που χρησιμοποιήθηκαν συγκεντρωτικά στην πανελλαδική έρευνα, λήφθηκε ως ο μέσος όρος των δύο, από τον Πίνακα 9.11.

Για την προσομοίωση της κατανομής του $Price_{heat}$ στο Crystal Ball επιλέχθηκε η τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution), με πιθανότερη τιμή αυτή του κυρίαρχου καυσίμου (πετρελαίου), η οποία ταυτίζεται και με το σταθμισμένο μέσο όρο της χώρας, ελάχιστη τιμή την ελάχιστη του Πίνακα 9.11 και μέγιστη την αντίστοιχη μέγιστη. Η κατανομή παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 9.16.

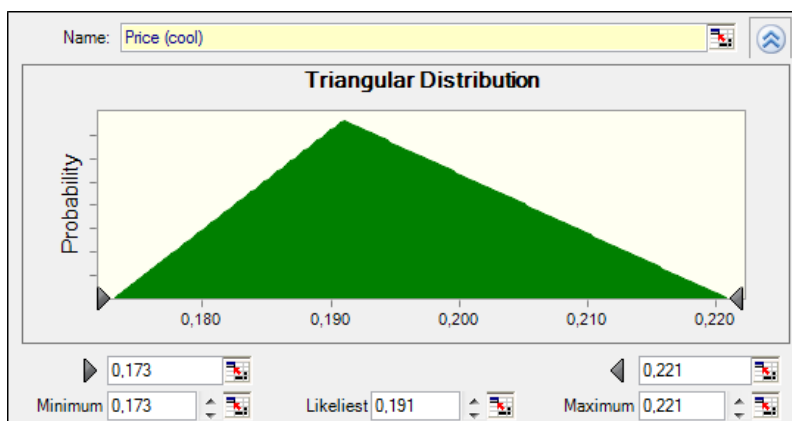


Statistics: Priceheat	
Mean	0,121
Median	0,120
Std Deviation	0,040
Minimum	0,026
Maximum	0,221

Διάγραμμα 9.16. Διάγραμμα πιθανότητας priceheat στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

9. Price_{cool}: Τιμή μονάδας ψύξης (€/KWh)

Δεδομένου ότι στην Ελλάδα η ζήτηση ψύξης καλύπτεται μέσω ανεξάρτητων μονάδων κλιματισμού (split units), η τιμή μονάδας ψύξης (price_{cool}) συνίσταται στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, σε τιμές 2014, όπως παρουσιάστηκε στους Πίνακες 9.11 και 9.13. Η κατανομή που επιλέχθηκε στο Crystal Ball για το price_{cool} είναι η τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9.17.

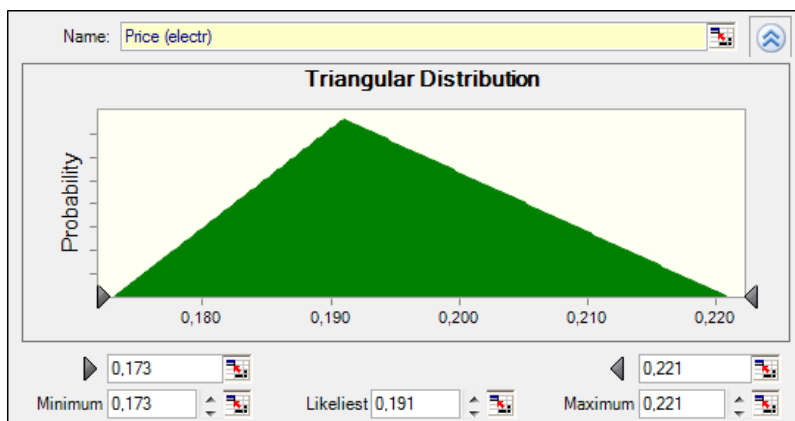


Statistics: Pricecool	
Mean	0,195
Median	0,194
Std Deviation	0,010
Minimum	0,173
Maximum	0,221

Διάγραμμα 9.17. Διάγραμμα πιθανότητας pricecool στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

10. Price_{electr}: Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας (€/KWh)

Ομοίως, η τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας προσομοιάζεται με μία τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9.18.

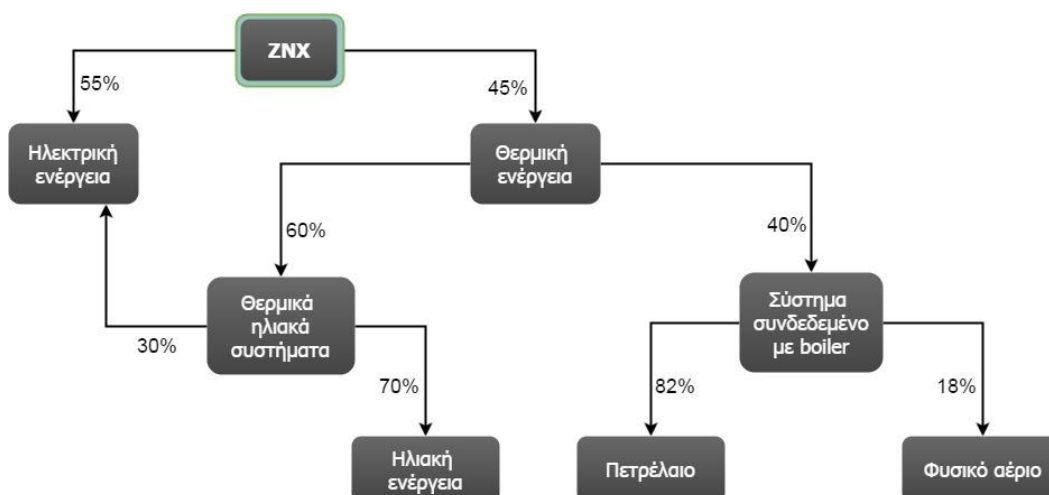


Statistics: Priceelectr	
Mean	0,195
Median	0,194
Std Deviation	0,010
Minimum	0,173
Maximum	0,221

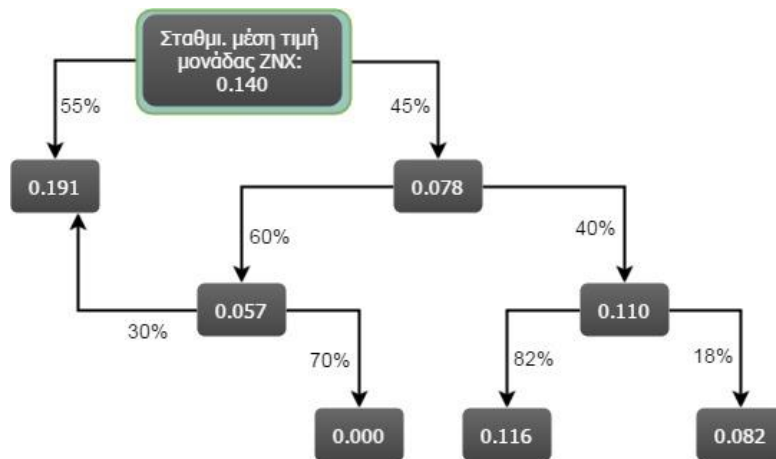
Διάγραμμα 9.18. Διάγραμμα πιθανότητας pricelectr στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

11. Price_{dhw}: Τιμή μονάδας ζεστού νερού χρήσης (€/KWh)

Όπως αναφέρθηκε και στην παράμετρο κατανάλωσης ζεστού νερού χρήσης (E_{dhw}), η ζήτηση σε ΖΝΧ καλύπτεται, προσεγγιστικά, κατά 55% από ηλεκτρική ενέργεια και κατά 45% από θερμική ενέργεια. Αναφορικά με τη θερμική ενέργεια, η παραγωγή ΖΝΧ προέρχεται κατά 60% από θερμικά ηλιακά συστήματα και κατά 40% από συστήματα συνδεδεμένα με την κεντρική θέρμανση – boiler (πετρέλαιο και φυσικό αέριο) (ΕΛΣΤΑΤ 2013_a). Ωστόσο, η μέση τιμή που διαμορφώνεται από την ανάλυση των ποσοστών γίνεται κατά προσέγγιση, δεδομένης της μεταβαλλόμενης, κατά περίπτωση, χρήσης θερμικής ενέργειας (ανάλογα με την ποιότητα του ηλιακού θερμοσίφωνα, την ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας, τη σωστή χρήση από τους ενοίκους κλπ.) και τη συμπληρωματική χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, όταν αυτό απαιτείται. Για τον υπολογισμό, γίνεται η παραδοχή ότι ένα θερμικό ηλιακό σύστημα καλύπτει κατά μέσο όρο το 70% των ετήσιων αναγκών ενός νοικοκυριού σε ζεστό νερό. Η κάλυψη της ζήτησης σε ΖΝΧ αναλύεται στο Διάγραμμα 9.19. Κατ' αναλογία, αναλύεται και η σταθμισμένη μέση τιμή μονάδας ΖΝΧ στα ελληνικά νοικοκυριά (Διάγραμμα 9.20), σε τιμές 2014.

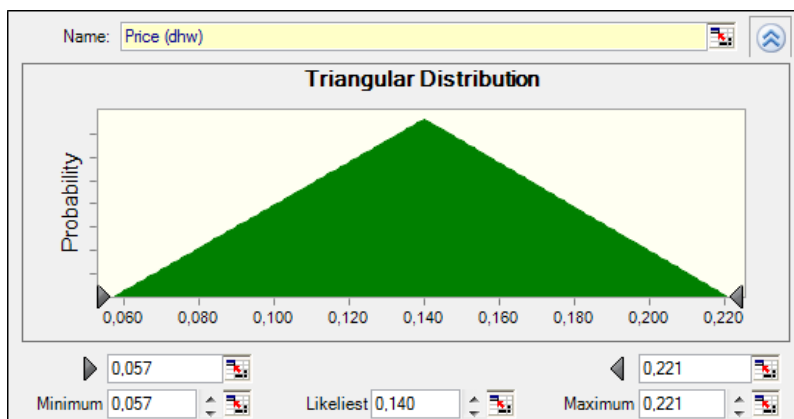


Διάγραμμα 9.19. Κάλυψη της ζήτησης σε ΖΝΧ στην Ελλάδα



Διάγραμμα 9.20. Διαμόρφωση σταθμισμένης μέσης τιμής μονάδας ZNX (€/KWh) στην Ελλάδα κατ' αναλογία με το Διάγραμμα 9.19, 2014

Η τιμή μονάδας ZNX στο Crystal Ball προσομοιώνεται με μια τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution), με πιθανότερη τιμή τη σταθμισμένη μέση τιμή μονάδας ZNX που υπολογίστηκε, καθώς δεν υπάρχει ουσιαστικά επικρατέστερος τύπος ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης στην Ελλάδα. Ως κάτω και άνω όριο λαμβάνεται αντίστοιχα η ελάχιστη και μέγιστη τιμή ZNX που μπορεί να εμφανιστεί σε ένα σπίτι (χρήση θερμικού ηλιακού συστήματος και χρήση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα, αντίστοιχα) (Διάγραμμα 9.21).

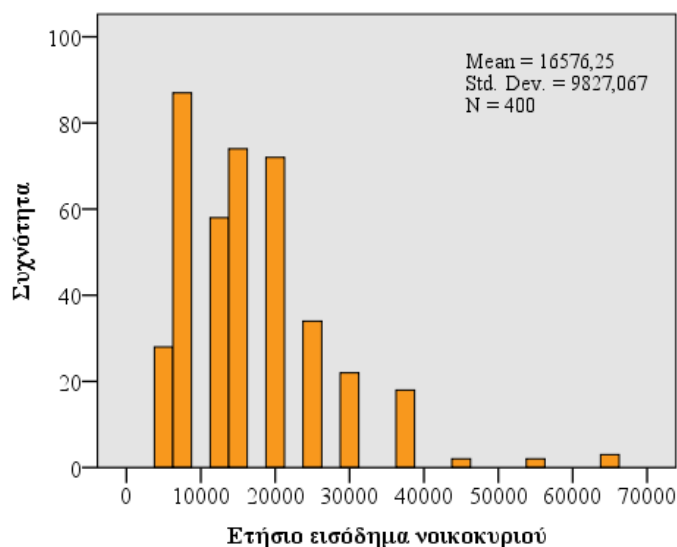


Statistics: Pricedhw	
Mean	0,139
Median	0,139
Std Deviation	0,033
Minimum	0,057
Maximum	0,221

Διάγραμμα 9.21. Διάγραμμα πιθανότητας Pricedhw στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

12. Income: Ετήσιο εισόδημα νοικοκυριού (€)

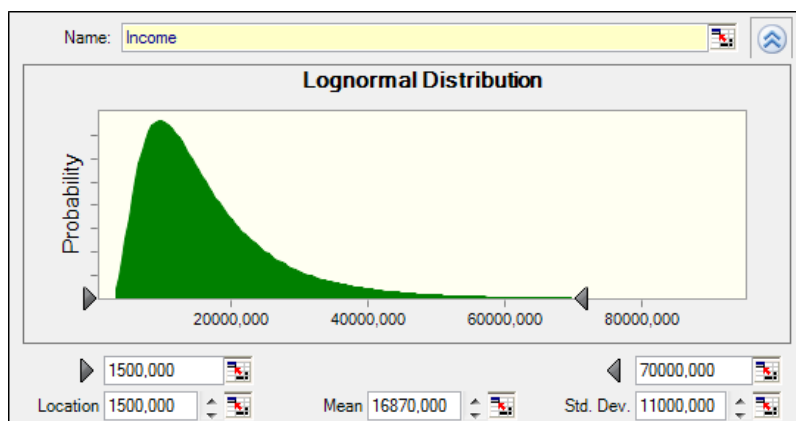
Για τον προσδιορισμό της κατανομής των εισοδημάτων στην Ελλάδα χρησιμοποιήθηκε η πανελλαδική έρευνα, που αφορά στα εισοδήματα 2014, καθώς τα τελευταία επίσημα στατιστικά στοιχεία εισοδημάτων για τη χώρα είναι τα δηλωθέντα εισοδήματα του οικονομικού έτους 2011 (εισοδήματα 2010) (ΓΓΠΣ 2011). Η κατανομή των εισοδημάτων του 2014 στην Ελλάδα παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 9.22.



Statistics: Income	
N	400
Mean	16576,25
Median	15000,00
Std. Deviation	9827,07
Minimum	0,00
Maximum	>60000,00

Διάγραμμα 9.22. Ιστόγραμμα συχνοτήτων εισοδημάτων (Income) στην Ελλάδα και στατιστικά μεγέθη, 2014

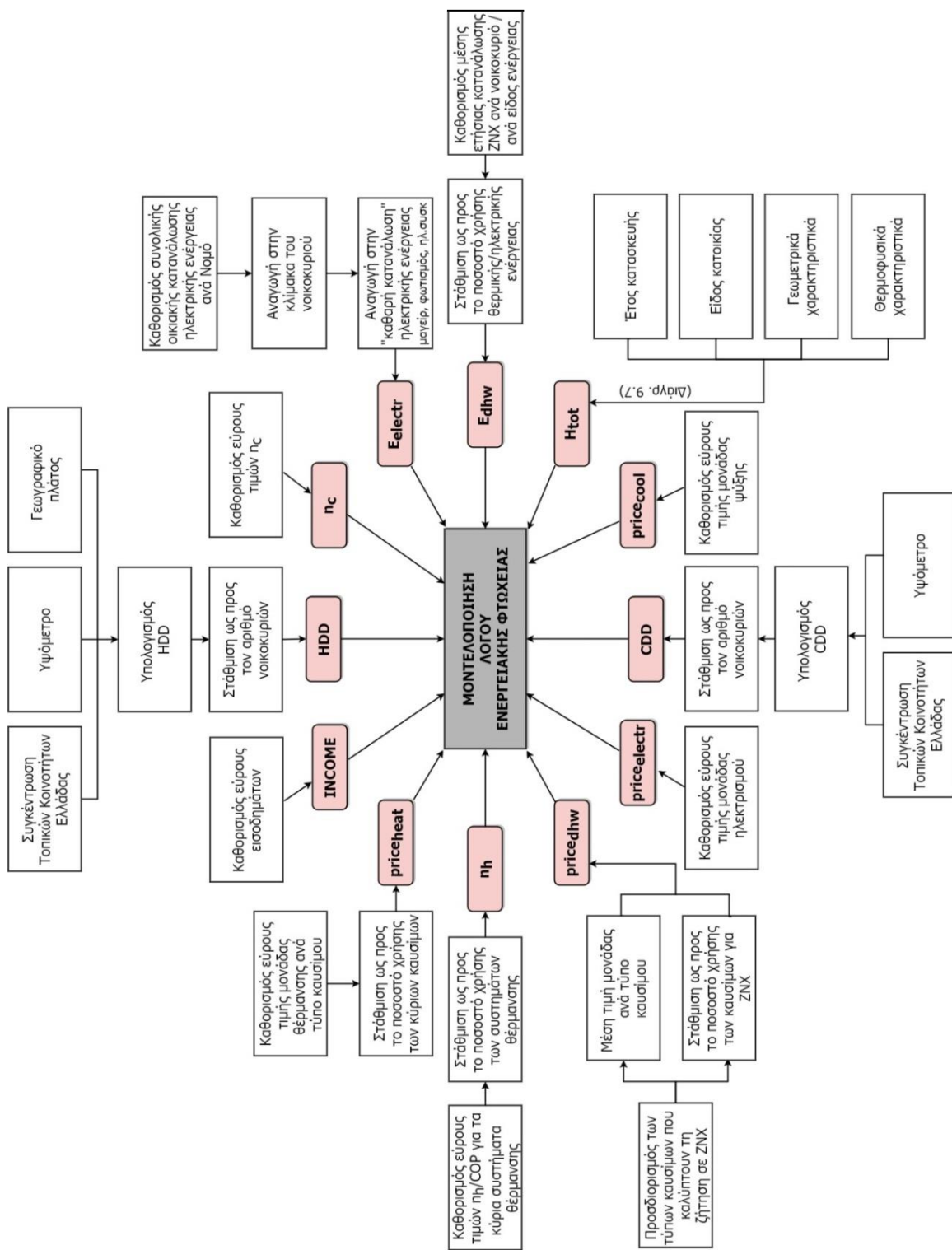
Η κατανομή αυτή προσεγγίζεται ικανοποιητικά στο Crystal Ball μέσω της λογαριθμοκανονικής κατανομής (Lognormal Distribution), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9.23. Σημειώνεται ότι στην πανελλαδική έρευνα το κατώτερο όριο εκφράζεται ως διάστημα 0-5.000€ ενώ το ανώτερο όριο περιλαμβάνει εισοδήματα >60.000€, τα οποία δημιουργούν υπολογιστικές δυσκολίες. Έτσι, ως κατώτερη και ανώτερη τιμή λήφθηκαν προσεγγιστικά τα 1.500€ και 70.000€, αντίστοιχα, δεδομένου αφενός ότι το πρώτο συνιστά ένα ελάχιστο εισόδημα επιβίωσης και αφετέρου ότι, σύμφωνα με τα τελευταία επίσημα στοιχεία (ΓΓΠΣ 2011), μόλις το 1,90% των δηλωθέντων εισοδημάτων ξεπερνούν τα 70.000€. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται μια πιο ρεαλιστική κατανομή του διαγράμματος πιθανότητας των εισοδημάτων, χωρίς ακραίες τιμές που οδηγούν σε εσφαλμένα συμπεράσματα.



Statistics: Income	
Mean	16583,71
Median	13957,80
Std Deviation	9998,16
Minimum	1500,00
Maximum	70000,00

Διάγραμμα 9.23. Διάγραμμα πιθανότητας εισοδημάτων (Income) στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

Παρακάτω, δίνεται μια συνολική εικόνα της μοντελοποίησης των μεταβλητών εισόδου, με συνοπτική περιγραφή των βασικών βημάτων.



Διάγραμμα 9.24. Συνολική εικόνα μοντελοποίησης μεταβλητών εισόδου στο SMEP

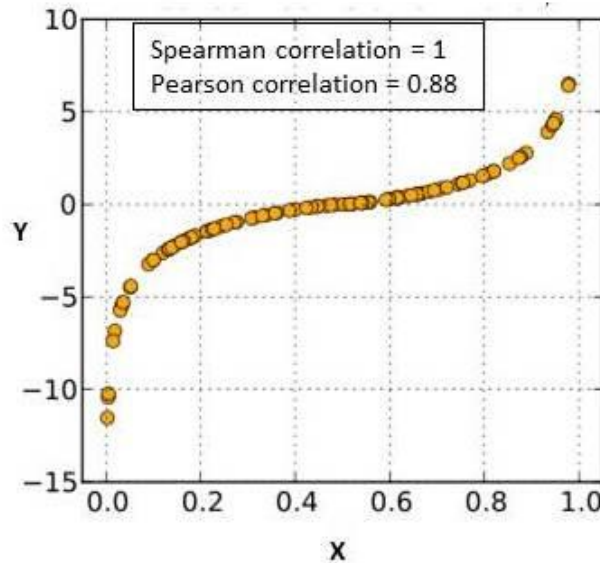
9.4 Τεχνικές βελτιστοποίησης

Για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας στα αποτελέσματα της προσομοίωσης Monte-Carlo, χρησιμοποιούνται κάποιες τεχνικές βελτιστοποίησης:

1. Εισαγωγή συσχετίσεων στις μεταβλητές εισόδου

Στο Crystal Ball, κατά τη διάρκεια των δοκιμών/επαναλήψεων, οι τιμές κάθε μεταβλητής εισόδου επιλέγονται τυχαία κι ανεξάρτητα από τις τιμές των άλλων μεταβλητών. Πολλές φορές, όμως, υπάρχουν συσχετίσεις/αλληλεξαρτήσεις ανάμεσα σε ζεύγη μεταβλητών. Στην περίπτωση αυτή, είναι απαραίτητο η επιλογή των τιμών να μη γίνεται με τυχαίο αλλά με «καθοδηγούμενο τρόπο» με βάση την υπάρχουσα συσχέτιση, έτσι ώστε οι επιλεγθείσες τιμές να απεικονίζουν ρεαλιστικά το υπό εξέταση σύστημα.

Συνήθως, ένας συντελεστής συσχέτισης (correlation coefficient) μετρά τη δύναμη της γραμμικής σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών. Αν όμως δύο μεταβλητές ακολουθούν διαφορετικές κατανομές πιθανότητας, το πιθανότερο είναι να μη συσχετίζονται γραμμικά και έτσι ο συντελεστής συσχέτισης έχει μικρή σημασία. Το Crystal Ball επιτρέπει την εισαγωγή συσχετίσεων ακόμα και όταν οι κατανομές δεν έχουν την ίδια μορφή, ακόμα κι αν δε συσχετίζονται με γραμμικό τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, αν ο συντελεστής υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τιμές σειράς/κατάταξης (rank values) αντί για πραγματικές τιμές (actual values), τότε γίνεται σημαντικός ακόμη και για μεταβλητές με διαφορετικές κατανομές πιθανότητας (Oracle 2009a). Ο συντελεστής που υπολογίζεται με αυτό τον τρόπο και τον οποίο χρησιμοποιεί το Crystal Ball για τον προσδιορισμό της συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών είναι ο συντελεστής συσχέτισης Spearman (Spearman rank correlation). Ο συντελεστής Spearman μετρά τη δύναμη και την κατεύθυνση της σύνδεσης μεταξύ δύο «ταξινομημένων» μεταβλητών, λαμβάνοντας τιμές μεταξύ -1,0 και 1,0. Μία θετική τιμή του συντελεστή Spearman δηλώνει την «ίδια τάση» ανάμεσα σε δύο μεταβλητές. Όταν δηλαδή η μία μεταβλητή παίρνει υψηλές τιμές, παίρνει υψηλές τιμές και η άλλη μεταβλητή. Αντίθετα, μία αρνητική τιμή Spearman φανερώνει την αντίστροφη σχέση, δηλαδή υψηλές τιμές της μιας μεταβλητής συνεπάγονται χαμηλές τιμές για την άλλη μεταβλητή. Μία τέλεια συσχέτιση Spearman (+1,0 ή -1,0) συμβαίνει όταν κάθε μία από τις μεταβλητές είναι μια τέλεια μονότονη συνάρτηση της άλλης, έστω κι αν η σχέση τους δεν είναι γραμμική (Εικόνα 9.2).



Εικόνα.9.2. Συσχέτιση Spearman μεταξύ X και Y

Η μικρή απώλεια των πληροφοριών που προκύπτει από τη χρήση της συσχέτισης κατάταξης Spearman αντισταθμίζεται από δύο ισχυρά πλεονεκτήματα (Oracle 2009_b):

- Η μέθοδος της συσχέτισης κατάταξης στο Crystal Ball είναι ανεξάρτητη των κατανομών πιθανότητας και λειτουργεί ακόμη και όταν μια κατανομή έχει κοπεί στο ένα ή και στα δύο άκρα του εύρους της (truncated distribution).
- Οι τιμές που προκύπτουν για κάθε μεταβλητή δεν αλλάζουν, απλώς αναδιατάσσονται ώστε να παράγουν την επιθυμητή συσχέτιση. Με τον τρόπο αυτό, οι πρωτότυπες κατανομές των μεταβλητών διατηρούνται.

Για την εισαγωγή των συσχετίσεων, χρειάζεται να προσδιοριστεί ο συντελεστής συσχέτισης Spearman μεταξύ όλων των μεταβλητών εισόδου στο μοντέλο. Αν και το μοντέλο συντίθεται από δώδεκα μεταβλητές εισόδου, εξετάζεται η συσχέτιση για εκείνες τις μεταβλητές των οποίων η πραγματική κατανομή είναι γνωστή και έχει προσδιοριστεί αξιόπιστα μέσω του ιστογράμματος συχνότητας (από την πανελλαδική έρευνα) ή έχει προσομοιωθεί με ασφάλεια μέσω του προγράμματος Crystal Ball. Οι μεταβλητές εκείνες για τις οποίες δε μπορεί να προσδιοριστεί η πραγματική κατανομή στο σύνολο της χώρας και λαμβάνονται στο μοντέλο ως τυπικές ή μέσες τιμές εμφάνισης (n_c , $price_{cool}$, E_{electr} , $price_{electr}$, E_{dhw} , $price_{dhw}$) δεν εξετάζονται ως προς τη συσχέτισή τους με άλλες. Στον Πίνακα 9.14 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις Spearman μεταξύ των έξι μεταβλητών, όπως προκύπτουν από το SPSS.

Πίνακας 9.14. Αποτελέσματα συσχετίσεων Spearman μεταξύ μεταβλητών του μοντέλου (Αποτελέσματα SPSS)

Correlations								
			Income	nh	Price (heat)	HDD	CDD	Htot
Spearman's rho	Income	Correl. Coefficient	1,000	,045	,017	,007	-,065	-,041
		Sig. (2-tailed)	.	,365	,730	,886	,192	,410
		N	400	400	400	400	400	400
	nh	Correl. Coefficient	,045	1,000	,818**	-,113*	,053	-,113*
		Sig. (2-tailed)	,365	.	,000	,024	,288	,024
		N	400	400	400	400	400	400
	Price (heat)	Correl. Coefficient	,017	,818**	1,000	-,164**	,061	-,091
		Sig. (2-tailed)	,730	,000	.	,001	,226	,069
		N	400	400	400	400	400	400
	HDD	Correl. Coefficient	,007	-,113*	-,164**	1,000	-,832**	,073
		Sig. (2-tailed)	,886	,024	,001	.	,000	,145
		N	400	400	400	400	400	400
	CDD	Correl. Coefficient	-,065	,053	,061	-,832**	1,000	-,086
		Sig. (2-tailed)	,192	,288	,226	,000	.	,085
		N	400	400	400	400	400	400
	Htot	Correl. Coefficient	-,041	-,113*	-,091	,073	-,086	1,000
		Sig. (2-tailed)	,410	,024	,069	,145	,085	.
		N	400	400	400	400	400	400

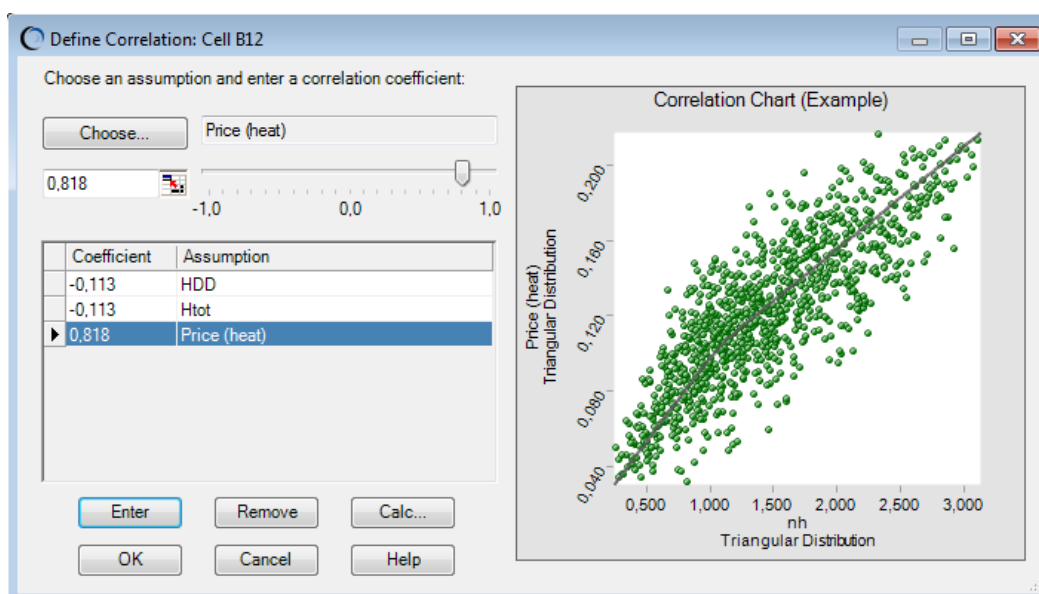
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

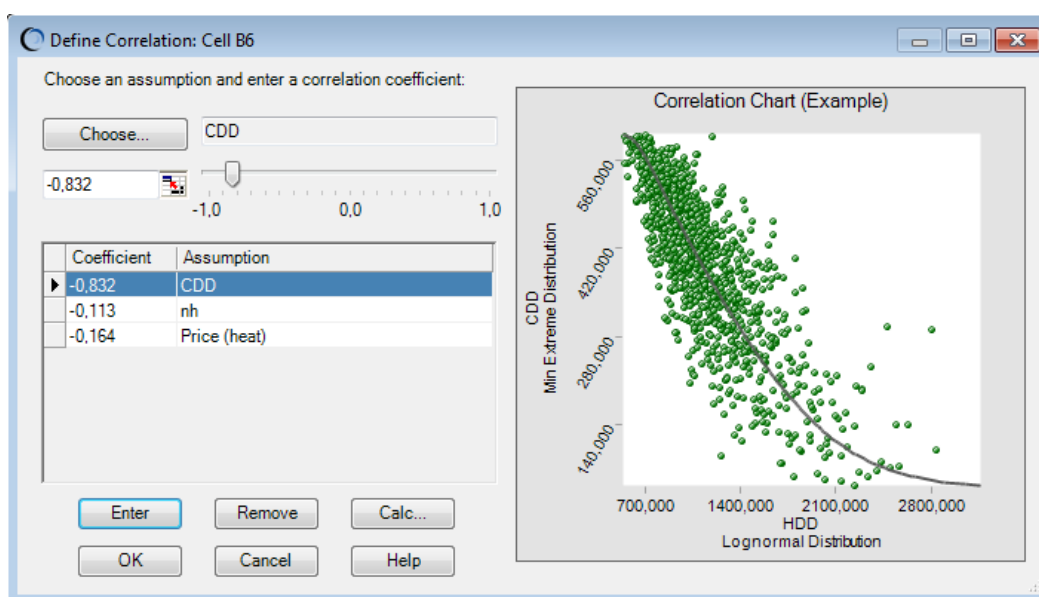
Οι συσχετίσεις Spearman που προκύπτουν από τον παραπάνω πίνακα (όπου p-value<0,05) είναι οι εξής:

- $\rho_{nh - Price_{heat}}$: 0,818
- $\rho_{nh - HDD}$: -0,113
- $\rho_{nh - H_{tot}}$: -0,113
- $\rho_{Price_{heat} - HDD}$: -0,164
- $\rho_{HDD - CDD}$: -0,832

Οι ισχυρότερες συσχετίσεις που προκύπτουν είναι μεταξύ των συστημάτων θέρμανσης και της τιμής θέρμανσης (θετική συσχέτιση) καθώς και μεταξύ των βαθμομερών θέρμανσης και των βαθμομερών ψύξης (αρνητική συσχέτιση). Αυτό σημαίνει ότι, σε μεγάλο ποσοστό, τα αποδοτικότερα συστήματα θέρμανσης έχουν και υψηλότερη τιμή μονάδας θέρμανσης, καθώς επίσης και ότι τα σπίτια που χαρακτηρίζονται από υψηλές ανάγκες θέρμανσης έχουν μικρότερες απαιτήσεις ψύξης. Διευκρινίζεται ότι τα αποδοτικότερα συστήματα έχουν υψηλότερο κόστος ονομαστικής KWh αλλά χαμηλότερο κόστος αποδιδόμενης KWh. Στις Εικόνες 9.3 και 9.4 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις Spearman, όπως αυτές εισάγονται στο Crystal Ball. Στο αριστερό τμήμα κάθε Εικόνας φαίνονται οι εισαγόμενες συσχετίσεις και στο δεξί τμήμα απεικονίζεται η ισχυρότερη συσχέτιση από αυτές.



Εικόνα 9.3. Συσχετίσεις Spearman μεταξύ n_h -HDD, n_h -Htot, n_h -Price_{heat} στο Crystal Ball



Εικόνα 9.4. Συσχετίσεις Spearman μεταξύ HDD-CDD, HDD- n_h , HDD-Price_{heat} στο Crystal Ball

Η εισαγωγή συσχετίσεων βελτίωσε τη συνολική κατανομή, μειώνοντας το μέσο όρο κατά 7%, την τυπική απόκλιση κατά 24% και το συντελεστή μεταβλητότητας κατά 18%, δίνοντας έτσι μια ακριβέστερη εικόνα του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας για την Ελλάδα.

2. Βελτιστοποίηση στοιχείων εισόδου:

Μέχρι να οριστικοποιηθεί η τελική μορφή της κατανομής κάθε παραμέτρου, όπως αυτές παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 9.3, πραγματοποιήθηκαν συνεχείς βελτιώσεις, μέσω:

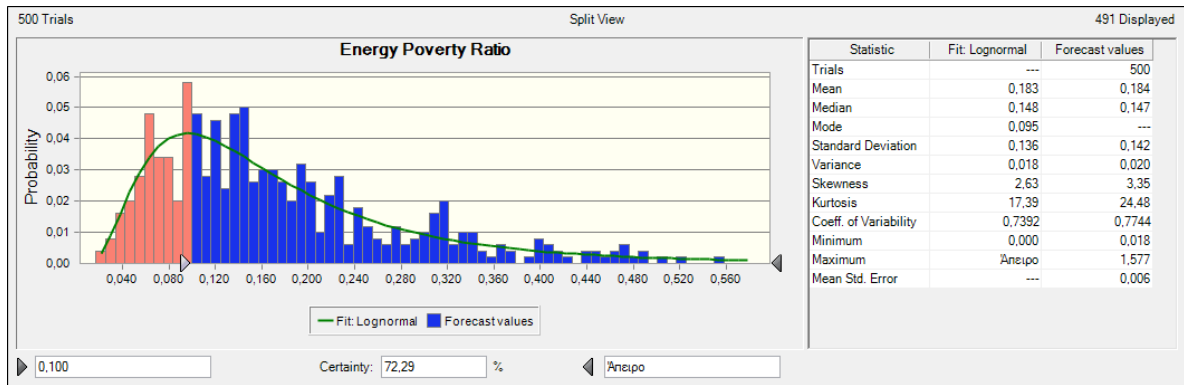
- Της προσαρμογής των άνω και κάτω ορίων των κατανομών, όπου αυτό κρίθηκε απαραίτητο.
- Της βελτιστοποίησης της μορφής των κατανομών, μέσα από πολυάριθμες δοκιμές κατανομών πιθανότητας, ώστε να προσομοιωθεί όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά η πραγματική κατανομή κάθε παραμέτρου.

3. Διαδοχική αύξηση του αριθμού των δοκιμών (trials / iterations)

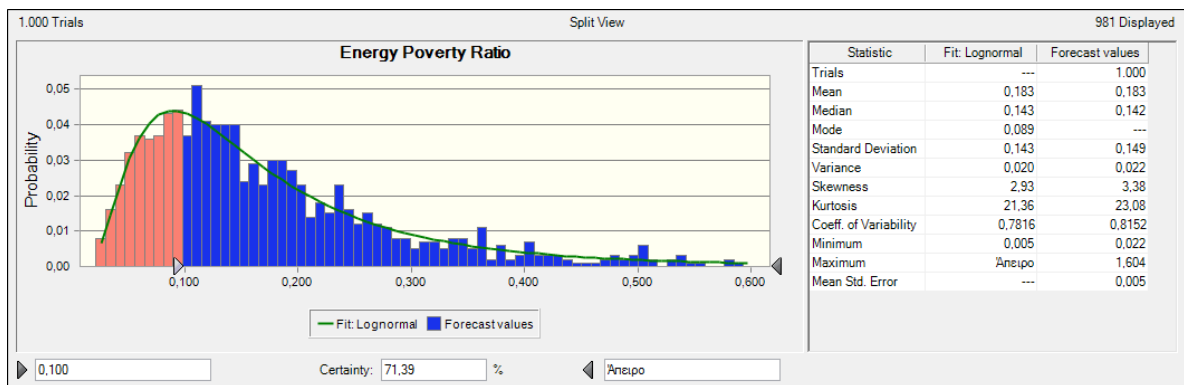
Παρατηρήθηκε ότι η αύξηση του αριθμού των δοκιμών/επαναλήψεων αυξάνει και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της μεταβλητής εξόδου. Εξετάστηκε η μεταβολή στα αποτελέσματα μέσα από τέσσερις περιπτώσεις αριθμού δοκιμών:

- 500 δοκιμές
- 1000 δοκιμές
- 2000 δοκιμές
- 10000 δοκιμές

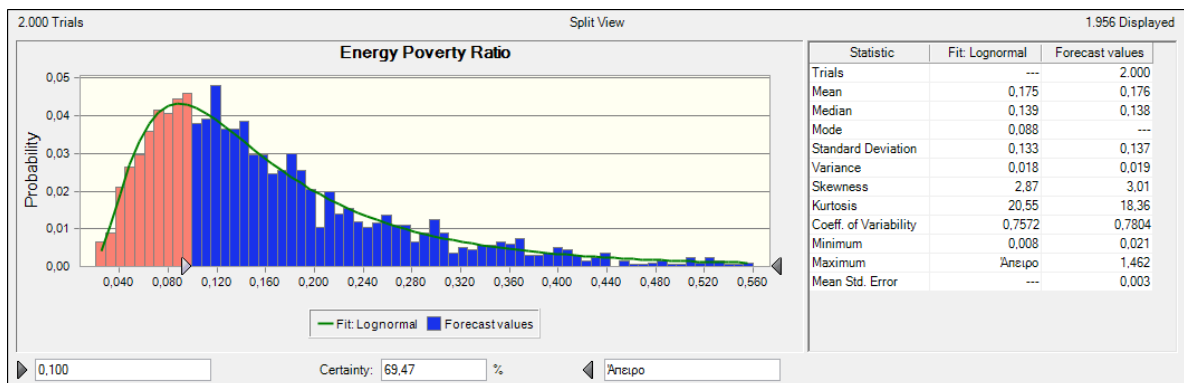
Από τις δοκιμές διαπιστώθηκε ότι, σε μικρό αριθμό δοκιμών, το ιστόγραμμα της μεταβλητής εξόδου παρουσιάζει ανομοιομορφίες, χωρίς να σχηματίζεται με σαφήνεια η κατανομή που ακολουθούν οι τιμές της. Με την αύξηση του αριθμού των δοκιμών, η τυπική απόκλιση και το μέσο τυπικό σφάλμα σταδιακά μειώνονται και η μορφή της κατανομής αρχίζει να σχηματίζεται όλο και πιο καθαρά. Στις 2.000 δοκιμές το ιστόγραμμα αρχίζει να ομαλοποιείται. Στις 10.000 δοκιμές τα αποτελέσματα σταθεροποιούνται, μένοντας σταθερά κάτω από το όριο του στατιστικού σφάλματος και το ιστόγραμμα έχει πλέον διαμορφωθεί. Τα αποτελέσματα της μεταβλητής εξόδου «Λόγος Ενεργειακής Φτώχειας» για διαφορετικό αριθμό δοκιμών παρουσιάζονται στα Διαγράμματα 9.25, 9.26, 9.27 και 9.28. Τελικά, στο μοντέλο επιλέχθηκε ο αριθμός των 20.000 δοκιμών για λόγους ασφάλειας και ακρίβειας, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται αναλυτικά στην Ενότητα 9.5.



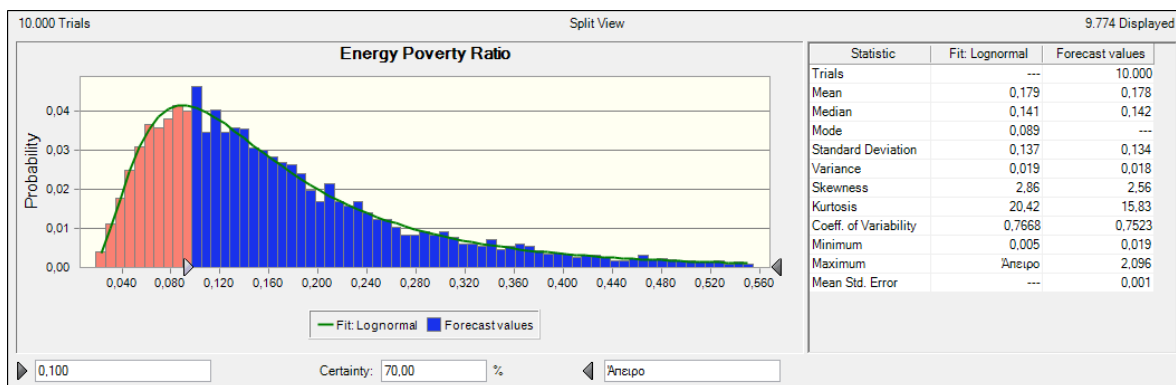
Διάγραμμα 9.25. Ιστογράμμα μεταβλητής εξόδου για 500 δοκιμές



Διάγραμμα 9.26. Ιστογράμμα μεταβλητής εξόδου για 1.000 δοκιμές



Διάγραμμα 9.27. Ιστογράμμα μεταβλητής εξόδου για 2.000 δοκιμές

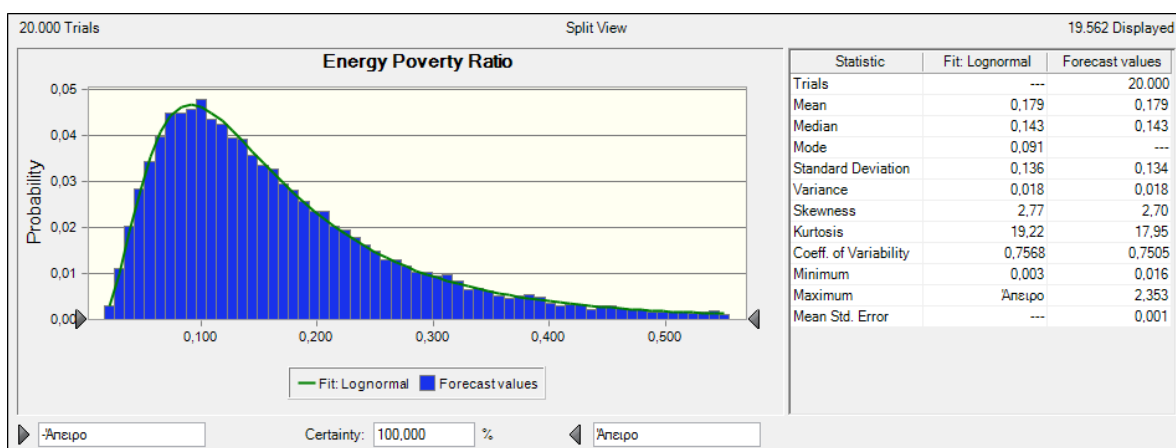


Διάγραμμα 9.28. Ιστόγραμμα μεταβλητής εξόδου για 10.000 δοκιμές

9.5 Αποτελέσματα επίλυσης του Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας για την Ελλάδα

9.5.1 Αποτελέσματα Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας

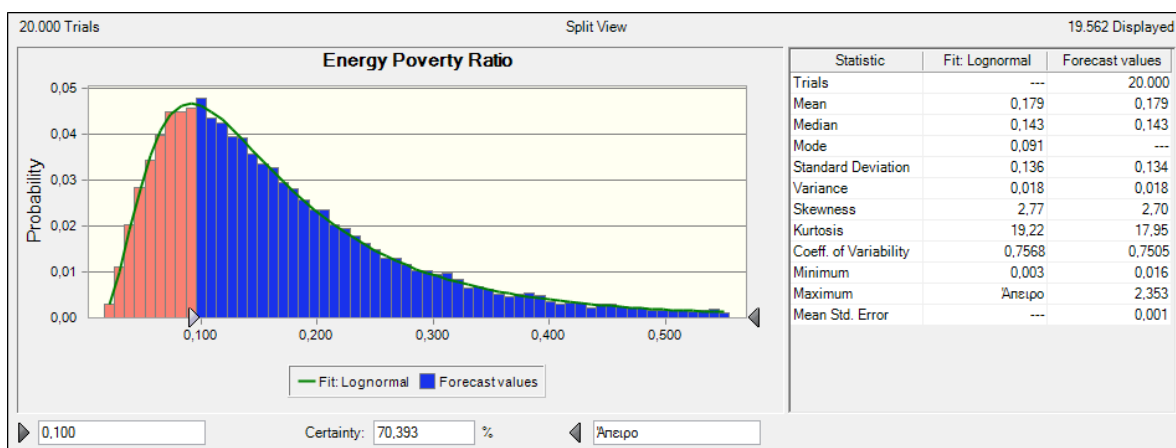
Έχοντας ορίσει κατανομές πιθανότητας για τις δώδεκα μεταβλητές εισόδου του μοντέλου SMEP, πραγματοποιήθηκε προσομοίωση Monte-Carlo μέσα από 20.000 δοκιμές/επαναλήψεις, υπολογίζοντας την κατανομή συχνοτήτων της κύριας μεταβλητής εξόδου: του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας (Energy Poverty Ratio). Πιο συγκεκριμένα, σε καθεμιά από τις 20.000 δοκιμές λαμβάνεται μία τυχαία τιμή από κάθε μεταβλητή εισόδου, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις συσχετίσεις που έχουν εισαχθεί. Το παραγόμενο ιστόγραμμα απεικονίζει όλες τις τιμές του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας που είναι δυνατό να προκύψουν αλλά και την πιθανότητα εμφάνισης της καθεμιάς. Το ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων και τα αντίστοιχα στατιστικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 9.29.



Διάγραμμα 9.29. Ιστόγραμμα Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στην Ελλάδα βάσει του SMEP

Όπως φαίνεται, η κατανομή που ακολουθεί ο Λόγος Ενεργειακής Φτώχειας (Energy Poverty Ratio) είναι η λογαριθμοκανονική κατανομή, με μέση τιμή 18% (Mean=0,18, SD=0,13). Αυτό σημαίνει ότι τα ελληνικά νοικοκυριά θα έπρεπε να ξοδεύουν κατά μέσο όρο το 18% του εισοδήματός τους σε δαπάνες ενέργειας, προκειμένου να ικανοποιήσουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες. Υπενθυμίζεται ότι ο ίδιος λόγος ενεργειακής φτώχειας, υπολογισμένος με βάση το συμβατικό τρόπο (καταβληθέν ενεργειακό κόστος/εισόδημα) στην πανελλαδική έρευνα, προέκυψε 14%, γεγονός που αποκαλύπτει την απόκλιση που εμφανίζεται όταν γίνει διόρθωση στον τρόπο υπολογισμού. Το ποσοστό που απορρέει από το μοντέλο είναι μεγαλύτερο, γεγονός που φανερώνει μια πρώτη, καλή προσέγγιση των απαιτούμενων αναγκών της χώρας.

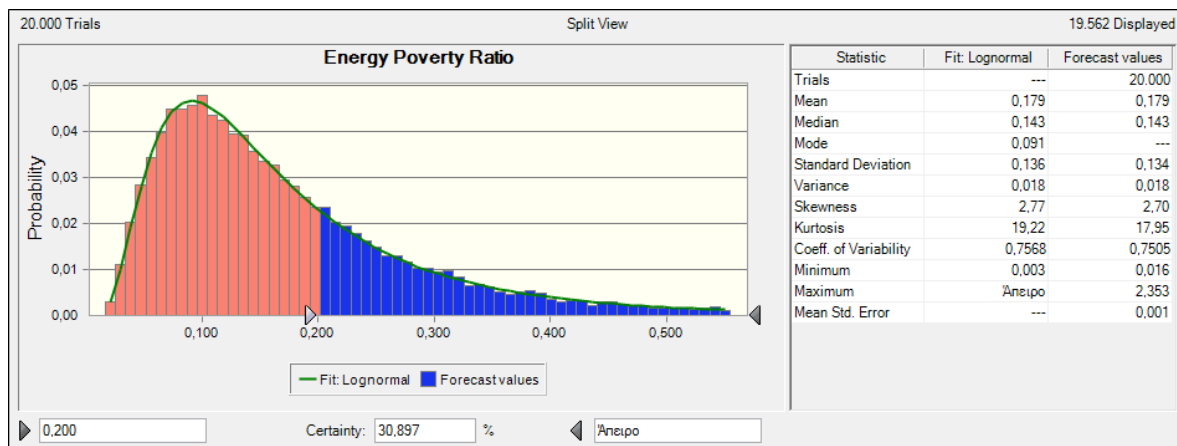
Πέρα όμως από το ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων, το Crystal Ball δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της πιθανότητας, ή αλλιώς της βεβαιότητας με βάση τα συγκεκριμένα στοιχεία εισόδου, ο Λόγος Ενεργειακής Φτώχειας να υπερβαίνει το 10%. Με άλλα λόγια, δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της ενεργειακής φτώχειας. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9.30, η ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα με βάση το απαιτούμενο ενεργειακό κόστος αγγίζει το υψηλό ποσοστό του 70,4% ενώ το αντίστοιχο νούμερο με βάση το συμβατικό τρόπο υπολογισμού στην πανελλαδική έρευνα υπολογίστηκε 58,5%. Κατά συνέπεια, διαπιστώνεται σημαντική αύξηση στο ποσοστό ενεργειακής φτώχειας όταν αυτή υπολογίζεται με βάση τις αντικειμενικές ανάγκες των νοικοκυριών και όχι με βάση αυτές που έχουν αναγκαστικά συμπιεστεί, λόγω οικονομικών ή άλλων δυσχερειών.



Διάγραμμα 9.30. Ιστόγραμμα ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα βάσει του SMEP (η μπλε περιοχή)

Αν ληφθεί ως όριο ακραίας ενεργειακής φτώχειας το καθιερωμένο όριο του 20%, τότε αυτή μετακινείται στο 30,9% (Διάγραμμα 9.31) έναντι του 19,3% που είχε υπολογιστεί στην πανελλαδική έρευνα. Το γεγονός ότι σχεδόν το ένα τρίτο του πληθυσμού στην Ελλάδα υποφέρει από ακραία ενεργειακή φτώχεια κατά το έτος 2015 είναι ένα άκρως ανησυχητικό φαινόμενο, με

ευρύτερες οικονομικές, κοινωνικές και πολιτισμικές προεκτάσεις, που δεν έχουν τύχει αντίστοιχης μέριμνας από την Ελληνική Πολιτεία μέχρι σήμερα.



Διάγραμμα 9.31. Ιστόγραμμα ακραίας ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα βάσει του SMEP (η μπλε περιοχή)

Σημειώνεται ότι ο υπολογισμός της ενεργειακής φτώχειας έγινε με βάση το καθιερωμένο όριο του 10%. Ωστόσο, δίνεται η δυνατότητα προσαρμογής του ορίου σε οποιοδήποτε άλλο όριο, αν αυτό για παράδειγμα καθοριστεί σε εθνικό επίπεδο. Παρά το γεγονός ότι έχει προσδιοριστεί ένα συγκεκριμένο όριο ενεργειακής φτώχειας -στο όριο της φτώχειας- για την περίπτωση της Ελλάδας, 21% σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Κεφαλαίου 7 (Ενότητα 7.2.3), έχει επιλεγεί η ενεργειακή φτώχεια να υπολογίζεται με βάση το καθιερωμένο όριο του 10%, ώστε τα αποτελέσματα να είναι άμεσα συγκρίσιμα με τη μεγάλη πλειονότητα των μελετών ενεργειακής φτώχειας.

9.5.2 Άλλα αποτελέσματα απαιτούμενου ενεργειακού κόστους

Πέρα από την κύρια μεταβλητή του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας, υπολογίζονται οι ακόλουθες μεταβλητές εξόδου, που αφορούν στο απαιτούμενο ενεργειακό κόστος:

- Κόστος θέρμανσης (Heating cost)
- Κόστος ψύξης (Cooling cost)
- Κόστος λοιπών αναγκών (ηλεκτρισμού και ΖΝΧ) (Others' cost)
- Συνολικό ενεργειακό κόστος (Total energy cost)

Οι παραπάνω μεταβλητές υπολογίζονται από τα επιμέρους αθροίσματα του μοντέλου, όπως φαίνονται στις παρακάτω σχέσεις. Τα αποτελέσματα ενεργειακού κόστους απεικονίζονται στο Διάγραμμα 9.32 και στον Πίνακα 9.15.

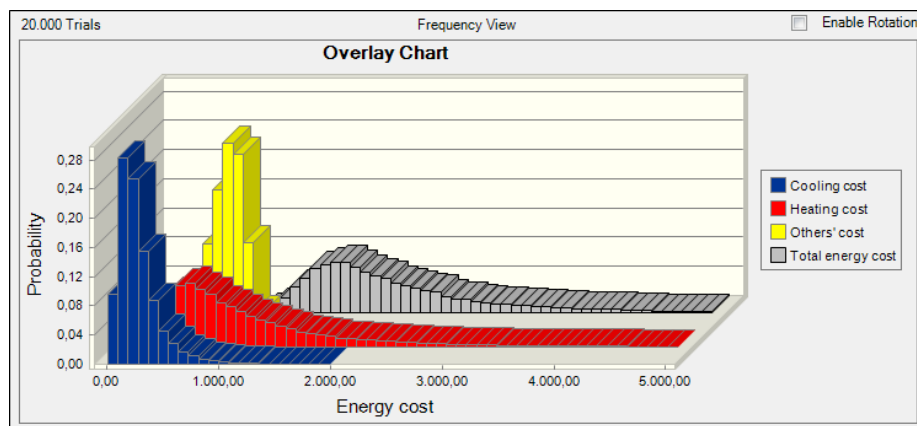
$$\text{Heating cost [€]} = \frac{H_{\text{tot}} \cdot \text{HDD} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{heat}}}{n_h \cdot 1000} \quad (9.8)$$

$$\text{Cooling cost [€]} = \frac{H_{\text{tot}} \cdot \text{CDD} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{cool}}}{n_c \cdot 1000} \quad (9.9)$$

$$\text{Others' cost [€]} = E_{\text{electr}} \cdot \text{price}_{\text{electr}} + E_{\text{dhw}} \cdot \text{price}_{\text{dhw}} \quad (9.10)$$

Total energy cost [€] =

$$\frac{H_{\text{tot}} \cdot \text{HDD} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{heat}}}{n_h \cdot 1000} + \frac{H_{\text{tot}} \cdot \text{CDD} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{cool}}}{n_c \cdot 1000} + E_{\text{electr}} \cdot \text{price}_{\text{electr}} + E_{\text{dhw}} \cdot \text{price}_{\text{dhw}} \quad (9.11)$$



Διάγραμμα 9.32. Κατανομή απαιτούμενου ενεργειακού κόστους στην Ελλάδα βάσει του SMEP (€)

Πίνακας 9.15. Αποτελέσματα απαιτούμενου ενεργειακού κόστους στην Ελλάδα βάσει του SMEP (€)

Statistic	Κόστος θέρμανσης	Κόστος ψύξης	Κόστος λοιπών αναγκών	Συνολικό ενεργειακό κόστος
Trials	20000	20000	20000	20000
Mean	1130,49	276,18	769,66	2176,33
Median	872,20	228,89	778,99	1906,72
Stand. Deviation	913,07	188,90	127,93	1008,17
Variance	833705,27	35684,59	16366,34	1016412,03
Skewness	3,55	2,18	-0,21	3,07
Kurtosis	31,34	11,18	2,50	24,01
Coeff. of Variability	0,81	0,68	0,17	0,46
Minimum	130,50	10,46	409,08	808,05
Maximum	20884,15	2014,65	1130,19	22040,15
Mean Std. Error	6,46	1,34	0,90	7,13

Από τα παραπάνω προκύπτει πως η θέρμανση καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού απαιτούμενου ενεργειακού κόστους ενός νοικοκυριού. Κατά μέσο όρο, το απαιτούμενο κόστος θέρμανσης ισοφαρίζει τα απαιτούμενα κόστη ψύξης και λοιπών αναγκών (ηλεκτρισμού και ΖΝΧ) ενός νοικοκυριού. Πιο συγκεκριμένα, ένα νοικοκυριό θα έπρεπε να

ξοδεύει κατά μέσο όρο 1.130€ ετησίως για θέρμανση και 1.046€ ετησίως για ψύξη και λοιπές ανάγκες. Αντί αυτών, σύμφωνα με την πανελλαδική έρευνα, ένα νοικοκυριό ξοδεύει κατά μέσο όρο 684€ ετησίως για θέρμανση και 1.165€ για ψύξη και λοιπές ανάγκες ετησίως (σύνολο 1.849€). Θα πρέπει εδώ να διευκρινιστεί ότι το κόστος ψύξης και λοιπών αναγκών στην πανελλαδική έρευνα περιλαμβάνει και τυχόν κόστος θέρμανσης που καλύπτεται μέσω ηλεκτρισμού, το οποίο δεν είναι αμελητέο δεδομένης της μεγάλης στροφής του ελληνικού πληθυσμού στον ηλεκτρισμό, ως πηγή θέρμανσης, κατά το έτος διεξαγωγής της έρευνας. Σε κάθε περίπτωση, το συνολικό καταβληθέν κόστος στην Ελλάδα είναι μικρότερο του απαιτούμενου, ειδικά για τη θέρμανση, γεγονός που φανερώνει τη συμπίεση αναγκών που έχουν υποστεί τα ελληνικά νοικοκυριά, ένα ζήτημα το οποίο αναλύεται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 12.

9.5.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Καθοριστικής σημασίας ανάμεσα στα εργαλεία του Crystal Ball είναι η δυνατότητα ανάλυσης ευαισθησίας, η οποία αποκαλύπτει την ιδιαίτερη επίδραση καθεμιάς από τις μεταβλητές εισόδου στη μεταβλητή εξόδου. Οι παράμετροι που επιδρούν στο πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας είναι γνωστές, από τις μέχρι τώρα αναλύσεις, αλλά το μέγεθος της επίδρασης της καθεμιάς στο συνολικό φαινόμενο είναι κάτι που δεν έχει προσδιοριστεί σε καμία σχετική μελέτη. Το διάγραμμα ευαισθησίας (Sensitivity Chart) απαντά σε αυτό ακριβώς το ερώτημα:

«Τί ποσοστό της μεταβολής του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας οφείλεται σε κάθε παράμετρο».

Η ανάλυση ευαισθησίας εξετάζεται ως δυναμικό φαινόμενο. Κατά τη διάρκεια κάθε δοκιμής, υπολογίζονται συντελεστές συσχέτισης (rank correlation coefficients) μεταξύ κάθε παραμέτρου και του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας, δείχνοντας έτσι σε ποιο βαθμό κάθε παράμετρος και η μεταβλητή εξόδου μεταβάλλονται ταυτόχρονα (Oracle 2009_a). Εάν ο συντελεστής συσχέτισης πάρει υψηλή τιμή, αυτό σημαίνει πως η παράμετρος έχει σημαντική επίδραση στη μεταβλητή εξόδου. Θετικοί συντελεστές δείχνουν ότι μία αύξηση στην εκάστοτε παράμετρο συνδέεται με αύξηση στη μεταβλητή εξόδου ενώ αρνητικοί συντελεστές συνεπάγονται την αντίστροφη μεταβολή.

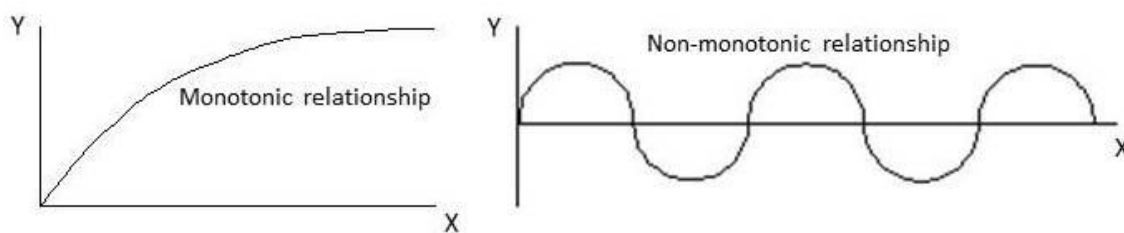
Επισημαίνεται ότι για την παραγωγή του διαγράμματος ευαισθησίας χρειάζεται να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις:

- Απενεργοποίηση των συσχετίσεων στις μεταβλητές εισόδου

Ενώ οι συσχετίσεις βελτιώνουν τα αποτελέσματα της κατανομής συχνοτήτων, μπορεί να δημιουργήσουν ανακρίβειες στην περίπτωση της ανάλυσης ευαισθησίας. Για παράδειγμα, αν μία σημαντική παράμετρος είναι στενά συνδεδεμένη με μία λιγότερο σημαντική, είναι πιθανό η λιγότερο σημαντική παράμετρος να εμφανίσει μια ισχυρότερη σύνδεση με τη μεταβλητή εξόδου, από αυτή που θα είχε φυσιολογικά. Ως εκ τούτου, οι συσχετίσεις απενεργοποιήθηκαν για την επίτευξη ακριβέστερων αποτελεσμάτων.

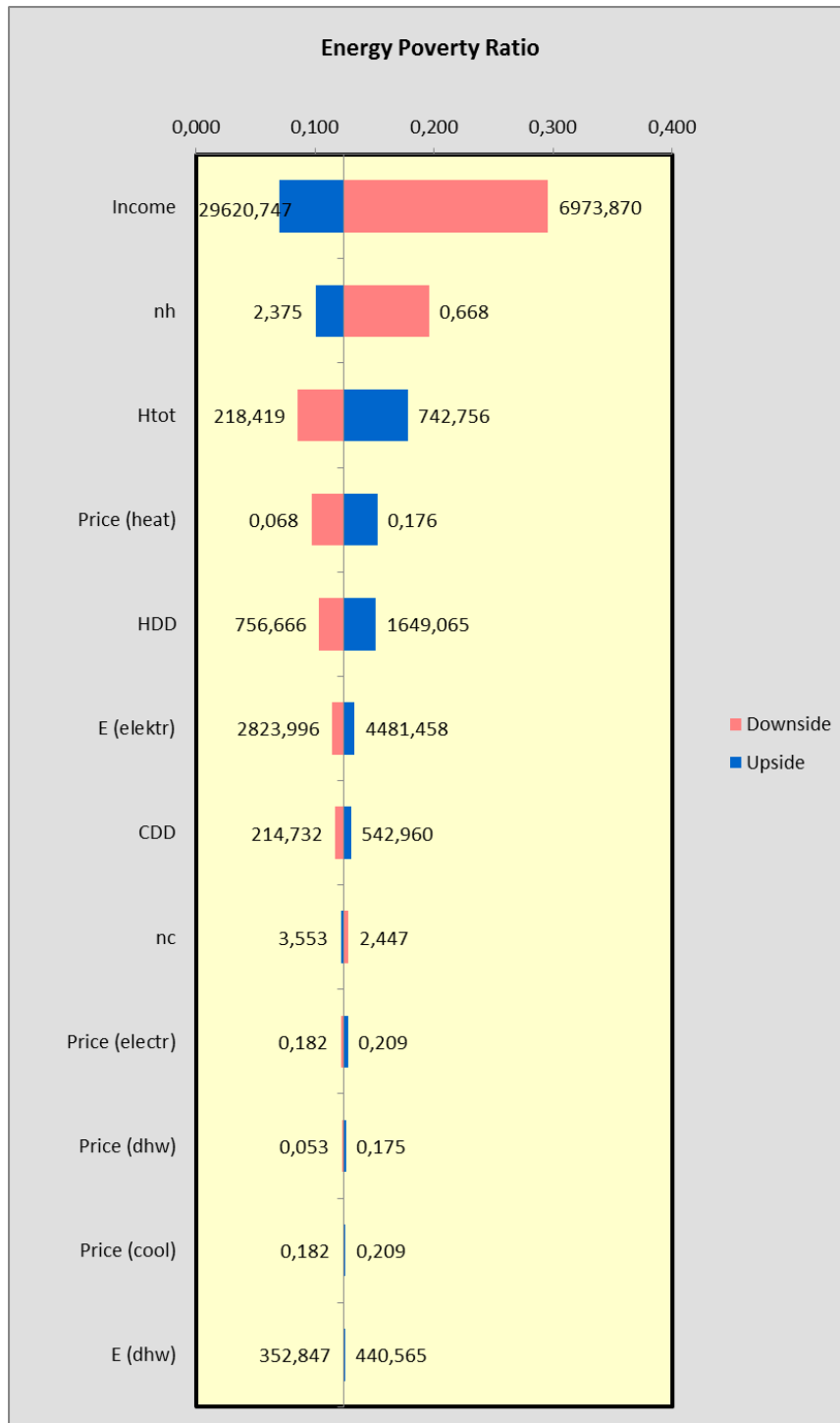
- Διασφάλιση μονοτονικών σχέσεων μεταξύ των παραμέτρων και της μεταβλητής εξόδου

Η ανάλυση ευαισθησίας μπορεί να δώσει ανακριβή στοιχεία στην περίπτωση που η σχέση μεταξύ των παραμέτρων και της μεταβλητής εξόδου δεν είναι μονοτονική. Μία μονοτονική σχέση εκφράζει μία συγκεκριμένη τάση συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών, η οποία δεν αλλάζει. Για παράδειγμα, σε μία μονοτονική σχέση, η αύξηση της μιας παραμέτρου οδηγεί σε μία αυστηρή αύξηση ή η σε μία αυστηρή μείωση της άλλης. Ένα παράδειγμα απεικονίζεται στην Εικόνα 9.5.



Εικόνα 9.5. Παράδειγμα μονοτονικής και μη-μονοτονικής σχέσης

Για να διαπιστωθεί αν οι σχέσεις των παραμέτρων με τη μεταβλητή εξόδου είναι μονοτονικές ή όχι, παράγεται το λεγόμενο Tornado Chart (Διάγραμμα 9.33). Το συγκεκριμένο διάγραμμα, σε αντίθεση με το διάγραμμα ευαισθησίας που είναι μία μέθοδος «δυναμικής» ανάλυσης, μετρά την επίδραση κάθε μεμονωμένης παραμέτρου στη μεταβλητή εξόδου, αφαιρώντας την επίδραση των άλλων παραμέτρων. Εξετάζεται δηλαδή κάθε παράμετρος χωριστά, «παγώνοντας» ταυτόχρονα όλες τις υπόλοιπες. Οι ράβδοι δίπλα σε κάθε παράμετρο απεικονίζουν το εύρος τιμών που λαμβάνει η μεταβλητή εξόδου για καθεμιά: στον άξονα των X απεικονίζονται οι τιμές της μεταβλητής εξόδου και οι τιμές δίπλα στις ράβδους απεικονίζουν την τιμή της παραμέτρου που προκάλεσε τη μέγιστη και την ελάχιστη μεταβολή της μεταβλητής εξόδου. Στην περίπτωση των μονοτονικών σχέσεων, τα μέγιστα κι ελάχιστα της μεταβλητής εξόδου εμφανίζονται στα οριακά σημεία της εκάστοτε παραμέτρου. Ταυτόχρονα, αν οι παράμετροι είναι μονότονες συναρτήσεις, οι αντίστοιχες ράβδοι απεικονίζονται με διαφορετικά χρώματα δεξιά κι αριστερά. Οι προϋποθέσεις αυτές πληρούνται στο μοντέλο, όπως φαίνεται στο σχετικό διάγραμμα, επομένως οι σχέσεις των παραμέτρων με το Λόγο Ενεργειακής Φτώχειας είναι μονοτονικές.

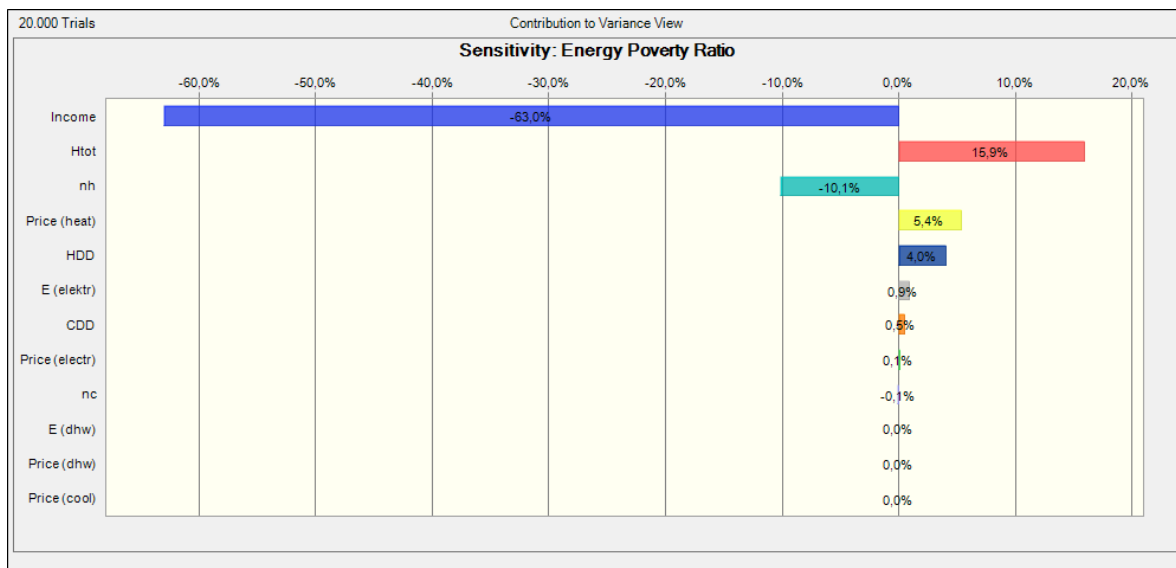


Διάγραμμα 9.33. Tornado chart

- Διασφάλιση υψηλού αριθμού δοκιμών

Προκειμένου να διασφαλιστεί η κατάλληλη ακρίβεια στην ανάλυση ευαισθησίας, ο αριθμός των δοκιμών πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον 10.000 (Oracle 2009_a). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, για λόγους ασφάλειας και ακρίβειας, έχει επιλεγθεί διπλάσιος αριθμός δοκιμών (20.000 δοκιμές).

Το παραγόμενο Διάγραμμα ευαισθησίας (Sensitivity chart) απεικονίζεται στο Διάγραμμα 9.34. Στον Πίνακα 9.16 παρουσιάζονται τα ποσοστά της επίδρασης κάθε παραμέτρου στο Λόγο Ενεργειακής Φτώχειας αλλά και οι επιμέρους συντελεστές συσχέτισης (Rank Correlation Coefficients) που παράγονται.



Διάγραμμα 9.34. Διάγραμμα ευαισθησίας (Sensitivity Chart) του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας

Πίνακας 9.16. Αποτελέσματα Ανάλυσης ευαισθησίας του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας

Assumptions	Ποσοστό επίδρασης κάθε παραμέτρου	Συντελεστής συσχέτισης με το Λόγο Ενεργ. Φτώχειας
Income	-63,00%	-0,77
H _{tot}	15,90%	0,39
n _h	-10,10%	-0,31
Price _{heat}	5,40%	0,22
HDD	4,00%	0,19
E _{elektr}	0,90%	0,09
CDD	0,50%	0,07
Price _{electr}	0,10%	0,03
n _c	-0,10%	-0,03
E _{dhw}	0,00%	0,02
Price _{dhw}	0,00%	0,01
Price _{cool}	0,00%	0,01

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα είναι κατά κύριο λόγο πρόβλημα φτώχειας. Το εισόδημα παίζει κυρίαρχο ρόλο στη διαμόρφωση του προβλήματος, αγγίζοντας το ποσοστό του 63%. Δεύτερη σημαντικότερη παράμετρος αναδεικνύεται η

παράμετρος του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας, σε ποσοστό 16% ενώ ακολουθούν τα συστήματα θέρμανσης σε ποσοστό 10%. Επόμενες δύο παράμετροι που επιδρούν στη μεταβολή του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας είναι η τιμή θέρμανσης και οι βαθμομέρες θέρμανσης, σε μικρότερα όμως ποσοστά (5,5% και 4%, αντίστοιχα). Όλες οι υπόλοιπες παράμετροι που σχετίζονται με την ψύξη, τον ηλεκτρισμό και το ζεστό νερό χρήσης δεν επιδρούν με σημαντικό τρόπο στη μεταβολή του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας (ποσοστά κάτω του 1%).

Η ανάλυση ευαισθησίας δίνει σαφείς κατευθυντήριες γραμμές στον τομέα της ενεργειακής πολιτικής. Ειδικότερα, διαμορφώνει ένα εργαλείο πολιτικής, που φανερώνει ποια μέτρα έχουν αποτέλεσμα στην αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας και ποια όχι, δίνοντας τη δυνατότητα μιας a priori εκτίμησης του αποτελέσματος. Η a priori γνώση της επίδρασης κάθε παραμέτρου στο πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς στις μέχρι τώρα εφαρμογές ενεργειακής πολιτικής, οι κυβερνήσεις συνηθίζουν να εφαρμόζουν κάποιο μέτρο και, στην καλύτερη περίπτωση, εκ των υστέρων να αξιολογούν την επίδρασή του. Η παρούσα ανάλυση, για παράδειγμα, αποκαλύπτει ότι η αύξηση των εισοδημάτων είναι το καθοριστικό μέτρο που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική πτώση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα. Εκτός όμως της επίδρασης του εισοδήματος, επιμέρους μέτρα αποδεικνύονται επίσης σημαντικά. Η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της καλύτερης ενεργειακής θωράκισης των σπιτιών αναδεικνύεται ως το δεύτερο αποτελεσματικότερο μέτρο στην κατεύθυνση μείωσης της ενεργειακής φτώχειας. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης μέσω της αντικατάστασης των παλαιών συστημάτων με νεότερα, καλύτερα και αποδοτικότερα, αποτελεί το επόμενο μέτρο που μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση του προβλήματος. Η μείωση της τιμής θέρμανσης είναι ένα μέτρο που μπορεί εν μέρει να επηρεάσει το φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας, αλλά σε τόσο μικρό ποσοστό, που δεν καταφέρνει να αλλάξει δραστικά το χάρτη ενεργειακής φτώχειας. Παράλληλα, η παράμετρος των βαθμομερών θέρμανσης, που συμβάλλει κατά ένα μικρό ποσοστό στην ενεργειακή φτώχεια, συνιστά κλιματικό χαρακτηριστικό και δε μεταβάλλεται.

Η αύξηση των εισοδημάτων όμως, παρότι συνιστά το αποτελεσματικότερο μέτρο, δεν είναι εύκολο να εφαρμοστεί στην πράξη, γιατί απαιτεί συνολικότερη αναπτυξιακή πορεία της χώρας. Η ενεργειακή θωράκιση των σπιτιών, η οποία αποτελεί και ένα μέτρο μακροπρόθεσμης αντιμετώπισης του προβλήματος, απαιτεί ειδικά προγράμματα επιχορήγησης από το κράτος, όπως είναι η δράση «Εξοικονόμηση κατ' Οίκον», η οποία, όπως φαίνεται, δεν παρέχει επαρκή κίνητρα κινητοποίησης των πολιτών, δεδομένου ότι το 74% του πληθυσμού δεν έχει προβεί σε καμία δράση ενεργειακής αναβάθμισης του σπιτιού, σύμφωνα με την πανελλαδική έρευνα. Μια σχετικά πιο «εύκολη» λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος από την πλευρά του κράτους είναι η μείωση της τιμής των βασικών καυσίμων θέρμανσης (πετρελαίου θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας), μέσω της μείωσης του Ειδικού Φόρου Κατανάλωσης. Ωστόσο, η τακτική μείωσης της τιμής των καυσίμων, εκτός του ότι αποτελεί μια προσωρινή αντιμετώπιση του προβλήματος, δεν προσφέρει ουσιαστική ανακούφιση στο πρόβλημα καθώς κινείται ανάμεσα σε σχετικά μικρές τιμές, την ίδια στιγμή που άλλες παράμετροι (ειδικά το εισόδημα) επιδρούν με πολύ σημαντικότερο τρόπο στο πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας, επισκιάζοντας τα οφέλη

της δεδομένης θετικής επίδρασης. Υπάρχει δε πάντα και ο κίνδυνος του rebound effect, κατά τον οποίο νοικοκυριά που προσωρινά ανακουφίζονται από τις χαμηλότερες τιμές καυσίμων να υποφέρουν ξανά από ενεργειακή φτώχεια μόλις αυτές, αναπόφευκτα κάποια στιγμή, ανέβουν ξανά. Για το λόγο αυτό, μια σταθερότερη λύση για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας αποτελεί η ενεργειακή θωράκιση των κατοικιών σε συνδυασμό με την καλλιέργεια μιας ορθής ενεργειακής συμπεριφοράς. Παρ' όλα αυτά, η μείωση της τιμής των καυσίμων δεν παύει να θεωρείται ένα σημαντικό μέτρο, καθώς μπορεί να ληφθεί άμεσα από το κράτος και να προσφέρει μία άμεση, πρόσκαιρη, έστω και μικρή, ελάφρυνση.

Η ποσοστιαία κατανομή των παραμέτρων στην Ανάλυση Ευαισθησίας απορρέει από τον τρόπο με τον οποίο αυτές κατανομούνται στη συγκεκριμένη χώρα. Αυτό σημαίνει ότι σε κάποια άλλη χώρα ή ακόμα και στην ίδια, αν αλλάξει η κατανομή αλλάζει αντίστοιχα και το τελικό αποτέλεσμα. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι αν στην Ελλάδα τα εισοδήματα ήταν σχετικά υψηλά και κινούνταν μεταξύ 5.000€ - 70.000€, με μέσο εισόδημα 27.000€, τότε η επίδραση του εισοδήματος αυτομάτως θα έπεφτε στο 42%, ακολουθούμενη από το κτιριακό κέλυφος σε ποσοστό όχι υπερβολικά μικρότερο (25%). Κατά συνέπεια, η σημερινή κατανομή των παραμέτρων και η μεγάλη απόκλιση μεταξύ της κρίσιμης παραμέτρου (εισόδημα) και της αμέσως επόμενης (κτιριακό κέλυφος) συνδέεται με τα ιδιαίτερα χαμηλά εισοδήματα που αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος του ελληνικού πληθυσμού. Κατά συνέπεια, στη δεδομένη κατανομή των χαμηλών εισοδημάτων σήμερα, ακόμα και μια μικρή αλλαγή μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι μια αύξηση των εισοδημάτων κατά 10%, αυτομάτως μειώνει την ενεργειακή φτώχεια κατά 6 ποσοστιαίες μονάδες.

9.5.4 Δοκιμές εφαρμογής του μοντέλου στις συνθήκες οικονομικής κρίσης

Για την κατανόηση της συμπεριφοράς του μοντέλου, πραγματοποιήθηκαν δύο δοκιμές εφαρμογής, με σκοπό να εκτιμηθεί πόσο μεταβλήθηκε η ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα λόγω συγκεκριμένων παραμέτρων, κατά τη διάρκεια της οικονομικής κρίσης (2009-2014). Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν αυτές που παρουσίασαν τις πιο έντονες αλλαγές κατά την περίοδο της κρίσης, το εισόδημα και η τιμή θέρμανσης. Πιο συγκεκριμένα, αφού αναζητήθηκαν οι κατανομές του εισοδήματος και της τιμής θέρμανσης κατά το έτος 2009 και, κάνοντας την παραδοχή ότι όλες οι υπόλοιπες παράμετροι δεν άλλαξαν κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής, υπολογίστηκε η ενεργειακή φτώχεια στην έναρξη της κρίσης. Σημειώνεται ότι για να γίνει ακριβής εφαρμογή του μοντέλου κατά το έτος 2009, θα έπρεπε να αναζητηθούν και να προσδιοριστούν επακριβώς όλες οι παράμετροι του μοντέλου κατά το συγκεκριμένο έτος. Σκοπός, όμως, των δοκιμών δεν είναι γενικά να προσδιοριστεί η μεταβολή της ενεργειακής φτώχειας κατά τη διάρκεια της κρίσης αλλά να εκτιμηθεί η «δυναμική» των δύο βασικών παραμέτρων (εισόδημα και τιμή), ώστε, θεωρώντας σταθερές τις λοιπές συνθήκες, να προσδιοριστεί κατά πόσο αυτές, με μια καλή προσέγγιση, μετέβαλλαν την ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα, κατά τη συγκεκριμένη περίοδο.

Έτσι, γνωρίζοντας τα σημερινά ποσοστά ενεργειακής φτώχειας, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί πόσο αυτή μεταβλήθηκε εξαιτίας της ειδικής επίδρασης του εισοδήματος αλλά και της τιμής, κατά τα έτη 2009-2014, ceteris paribus.

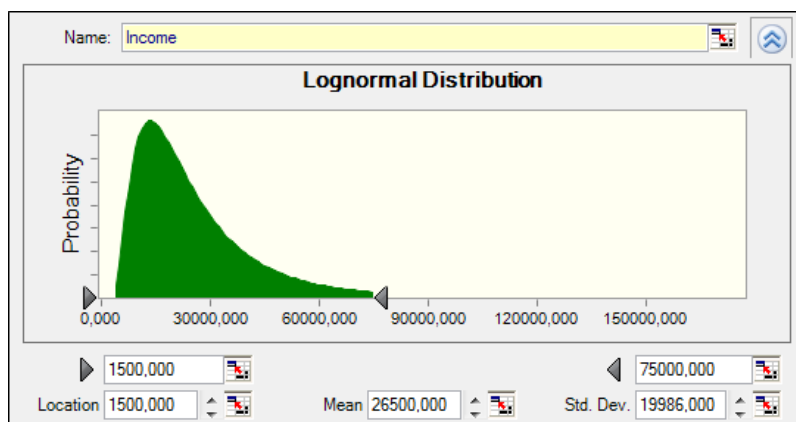
Επίδραση μεταβολής εισοδήματος

Τα εισοδήματα των ελληνικών νοικοκυριών υπέστησαν μια κατακόρυφη πτώση κατά τα έτη 2009-2014, της τάξης του 30%, όπως φαίνεται στον Πίνακα 9.17. Συνεπώς, ο προσδιορισμός της κατανομής των εισοδημάτων του 2009 προσεγγίστηκε σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μείωση, στο Crystal Ball (Διάγραμμα 9.35). Το ιστόγραμμα του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας που προέκυψε απεικονίζεται στο Διάγραμμα 9.36.

Πίνακας 9.17. Μέσο ετήσιο διαθέσιμο εισόδημα νοικοκυριών κατά τα έτη 2009, 2014

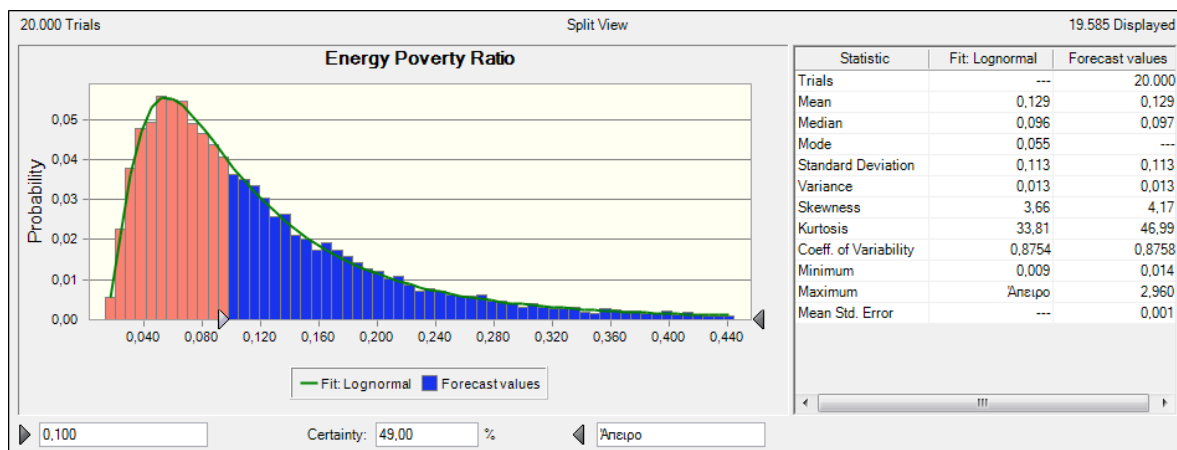
(Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2012_b, ΕΛΣΤΑΤ 2016_c)

Περίοδος αναφοράς	2009	2014	% μεταβολής 2009-2014
Μέσο ετήσιο διαθέσιμο εισόδημα νοικοκυριών (€)	24224,00	17182,00	-29,10%



Statistics: Income	
Mean	24211,98
Std Deviation	14373,60
Minimum	1500,00
Maximum	75000,00

Διάγραμμα 9.35. Διάγραμμα πιθανότητας (Income) στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη, 2009



Διάγραμμα 9.36. Ιστόγραμμα Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στην Ελλάδα με μεταβολή του εισοδήματος, 2009

Υπολογίστηκε λοιπόν, ότι, αν όλες οι υπόλοιπες παράμετροι εκτός του εισοδήματος διατηρηθούν σταθερές, η ενεργειακή φτώχεια κατά το έτος 2009 ήταν, προσεγγιστικά, 49%. Κατά συνέπεια, εξαιτίας και μόνο της επίδρασης του εισοδήματος, η ενεργειακή φτώχεια αυξήθηκε, προσεγγιστικά, κατά 21 ποσοστιαίες μονάδες κατά την περίοδο της κρίσης (2009-2014).

Επίδραση μεταβολής της τιμής θέρμανσης

Όσον αφορά στην τιμή θέρμανσης, αυτή έχει υποστεί διαδοχικές αυξήσεις κατά τα έτη 2009-2014. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις δύο κυριότερες πηγές καυσίμων (πετρέλαιο και ηλεκτρισμό) - καθώς για το φυσικό αέριο δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία πριν το 2013- οι μέσες τιμές μονάδας παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.18. Η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου λήφθηκε 10,06 kWh/lt. Η τιμή μονάδας ηλεκτρισμού λήφθηκε από δεδομένα της Eurostat (2016_a) για διάφορες κατηγορίες κατανάλωσης όπως αναλύεται περαιτέρω στον Πίνακα 9.19.

Πίνακας 9.18. Τιμή μονάδας θέρμανσης κατά τα έτη 2009, 2014
(Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2014, Eurostat 2016_a)

Είδος καυσίμου	2009	2014	% μεταβολής 2009-2014
Πετρέλαιο (€/KWh)	0,061	0,116	+90,16%
Ηλεκτρισμός (€/KWh)	0,119	0,191	+60,50%

Πίνακας 9.19. Τελική τιμή καταναλωτή ηλεκτρικής ενέργειας (συμπερ. φόρων) ανά κατηγορία κατανάλωσης, 2009 (Πηγή: Eurostat 2016a)

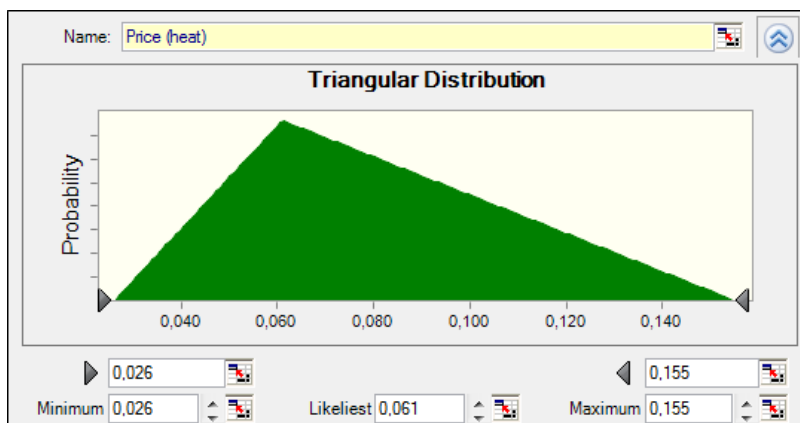
Κατηγορία κατανάλωσης (Κατανάλωση/έτος)	Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας (€/KWh)
Κατανάλωση < 1000 KWh	0,107
1000 KWh < Κατανάλωση < 2500 KWh	0,095
2500 KWh < Κατανάλωση < 5000 KWh	0,109
5000 KWh < Κατανάλωση < 15000 KWh	0,129
Κατανάλωση > 15000 KWh	0,155

Κατόπιν, προσδιορίστηκαν τα ποσοστά χρήσης του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού για το έτος 2009, αναγόμενα στο 100%, όπως φαίνονται στον Πίνακα 9.20, με τη βοήθεια των οποίων υπολογίστηκε ο σταθμισμένος μέσος όρος της τιμής μονάδας θέρμανσης Priceheat (weighted average) για το έτος 2009 (0,070 €/KWh).

Πίνακας 9.20. Ποσοστά χρήσης κύριων καυσίμων στην Ελλάδα, 2009 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2016b)

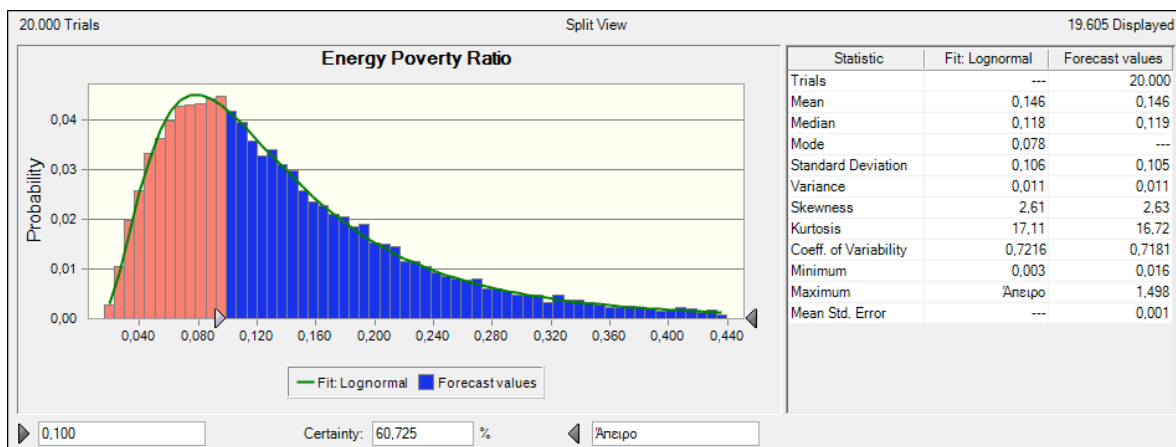
Είδος καυσίμου	Ποσοστό χρήσης κύριου καυσίμου (%)	Αναγωγή στο 100%
Πετρέλαιο	66,90%	85,00%
Ηλεκτρισμός	11,70%	15,00%

Η κατανομή της τιμής μονάδας θέρμανσης για το έτος 2009 στο Crystal Ball φαίνεται στο Διάγραμμα 9.37. Το ιστόγραμμα του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας που προέκυψε απεικονίζεται στο Διάγραμμα 9.38.



Statistics: Priceheat	
Mean	0,080
Std Deviation	0,027
Minimum	0,026
Maximum	0,155

Διάγραμμα 9.37. Διάγραμμα πιθανότητας τιμής μονάδας θέρμανσης (priceheat) στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη, 2009



Διάγραμμα 9.38. Ιστόγραμμα Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στην Ελλάδα με μεταβολή της τιμής, 2009

Από το διάγραμμα προκύπτει ότι αν οι υπόλοιπες παράμετροι εκτός της τιμής θέρμανσης διατηρηθούν σταθερές, η ενεργειακή φτώχεια κατά το έτος 2009 ήταν, προσεγγιστικά, 61%. Κατά συνέπεια, εξαιτίας και μόνο της επίδρασης της τιμής θέρμανσης, η ενεργειακή φτώχεια αυξήθηκε περίπου κατά 9 ποσοστιαίες μονάδες κατά τη διάρκεια της κρίσης (2009-2014).

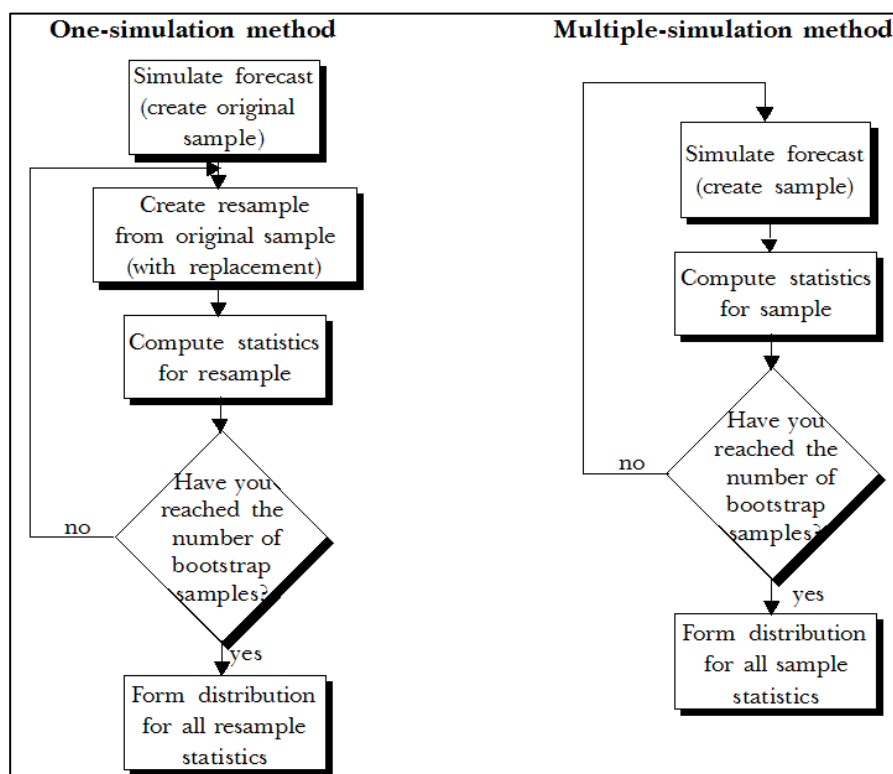
9.6 Έλεγχος εγκυρότητας του μοντέλου (Validation)

Για την επαλήθευση της εγκυρότητας του μοντέλου ελέγχθηκε η στατιστική ορθότητα, η αξιοπιστία της μεθοδολογίας Monte-Carlo αλλά και η φυσική σημασία των αποτελεσμάτων για την Ελλάδα.

Για το στατιστικό έλεγχο του μοντέλου, χρειάζεται να ελεγχθεί η αξιοπιστία και η ακρίβεια των στατιστικών αποτελεσμάτων (μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής μεταβλητότητας κ.ο.κ.) της κύριας μεταβλητής εξόδου, του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας. Επισημαίνεται, πάντως, ότι το πολύ μικρό μέσο τυπικό σφάλμα του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας (0,001) σε μέση τιμή του Λόγου 0,179 είναι μία ισχυρή πρώτη ένδειξη της ακρίβειας της μέσης τιμής (Bradley & Tibshirani 1993). Χρησιμοποιήθηκε, λοιπόν, η τεχνική bootstrap, μία ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική, η οποία πρακτικά στηρίζεται στη δημιουργία ενός μεγάλου αριθμού δειγμάτων, σε καθένα από τα οποία υπολογίζει τα στατιστικά μεγέθη της μεταβλητής. Ειδικότερα, ανάμεσα στις δύο μεθόδους bootstrap που είναι συνήθως διαθέσιμες στα διάφορα υπολογιστικά εργαλεία, επιλέχθηκε η μέθοδος πολλαπλής προσομοίωσης (Multiple-simulation method) ή αλλιώς παραμετρική τεχνική bootstrap, που είναι και η πιο αξιόπιστη. Σε αντίθεση με τη μέθοδο μιας-προσομοίωσης (One-simulation method), η οποία για να προσδιορίσει τις κατανομές των στατιστικών προσομοιώνει μία μόνο φορά το μοντέλο και έπειτα δημιουργεί υποδείγματα από το αρχικό δείγμα, υποθέτοντας ότι αυτό είναι αντιπροσωπευτικό, η μέθοδος πολλαπλής προσομοίωσης προσομοιώνει επανειλημμένα το μοντέλο, παράγοντας τις κατανομές των στατιστικών μεγεθών στο τέλος όλων των προσομοιώσεων (Εικόνα 9.6) Η

ακρίβεια των κατανομών που παράγονται αυξάνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των bootstrap δειγμάτων/προσομοιώσεων. Αν και η μέθοδος πολλαπλής προσομοίωσης χρησιμοποιείται σπανιότερα λόγω του ότι είναι μια αρκετά χρονοβόρα διαδικασία, προτιμήθηκε για το συγκεκριμένο επίπεδο έρευνας, καθώς παρέχει ακριβέστερα αποτελέσματα.

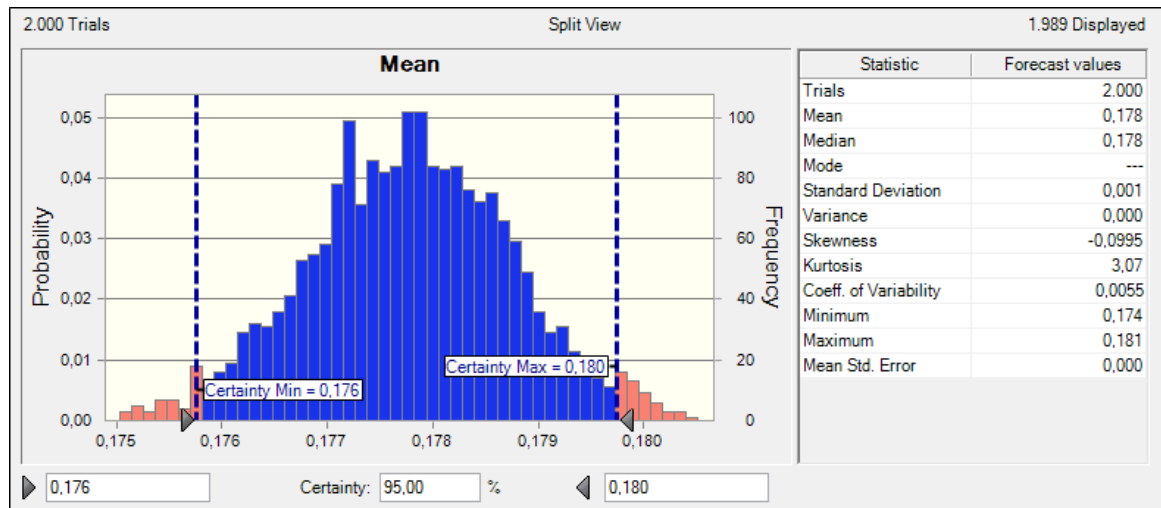
Τελικά, από το σύνολο των δειγμάτων παράγεται ένα διάγραμμα κατανομής (Forecast chart) για κάθε μεμονωμένο στατιστικό μέγεθος, το οποίο αποτελεί μέτρο της ακρίβειας του καθενός. Για παράδειγμα, μια στενή και συμμετρική κατανομή αποδίδει ακριβέστερα αποτελέσματα από μια πλατιά και ασύμμετρη κατανομή. Παράλληλα, αν το μέσο τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής μεταβλητότητας του εκάστοτε στατιστικού μεγέθους, όπως για παράδειγμα του μέσου όρου του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας, είναι σχετικά χαμηλά, αυτό σημαίνει πως ο μέσος όρος του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας είναι μια ακριβής εκτίμηση του πραγματικού μέσου όρου του Λόγου αυτού στην Ελλάδα (Bradley & Tibshirani 1993).



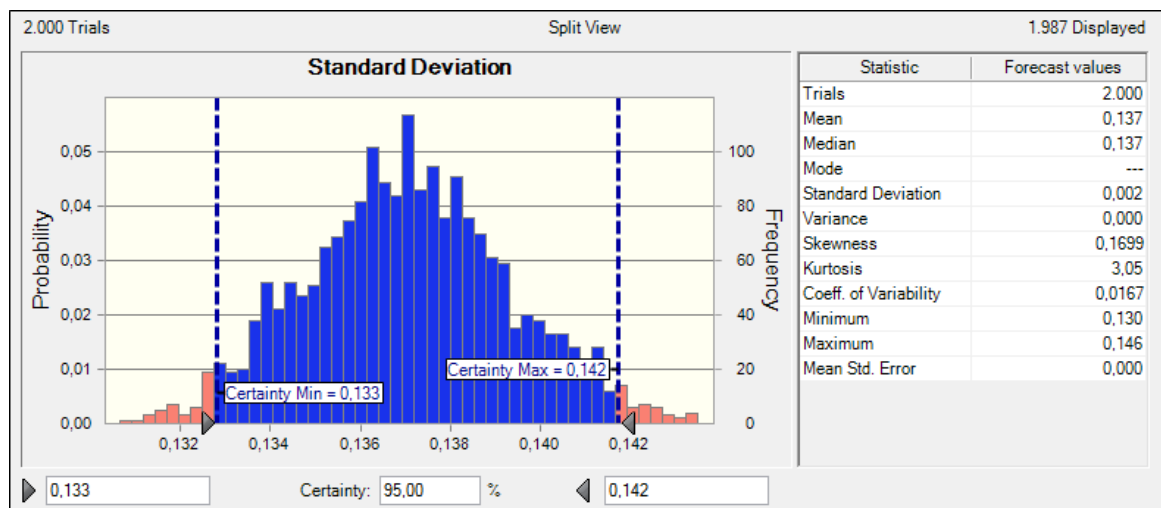
Εικόνα. 9.6. Μέθοδοι στατιστικού ελέγχου bootstrap (Πηγή: Oracle 2009a)

Για τον έλεγχο της ακρίβειας των στατιστικών μεγεθών του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στην Ελλάδα, επιλέχθηκαν 2.000 δείγματα (bootstrap samples) και 20.000 δοκιμές ανά δείγμα. Στα Διαγράμματα 9.39, 9.40 και 9.41 παρουσιάζονται οι κατανομές και τα στατιστικά αποτελέσματα των κυριότερων στατιστικών μεγεθών του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας (μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής μεταβλητότητας). Και στις τρεις περιπτώσεις, το μέσο τυπικό σφάλμα και

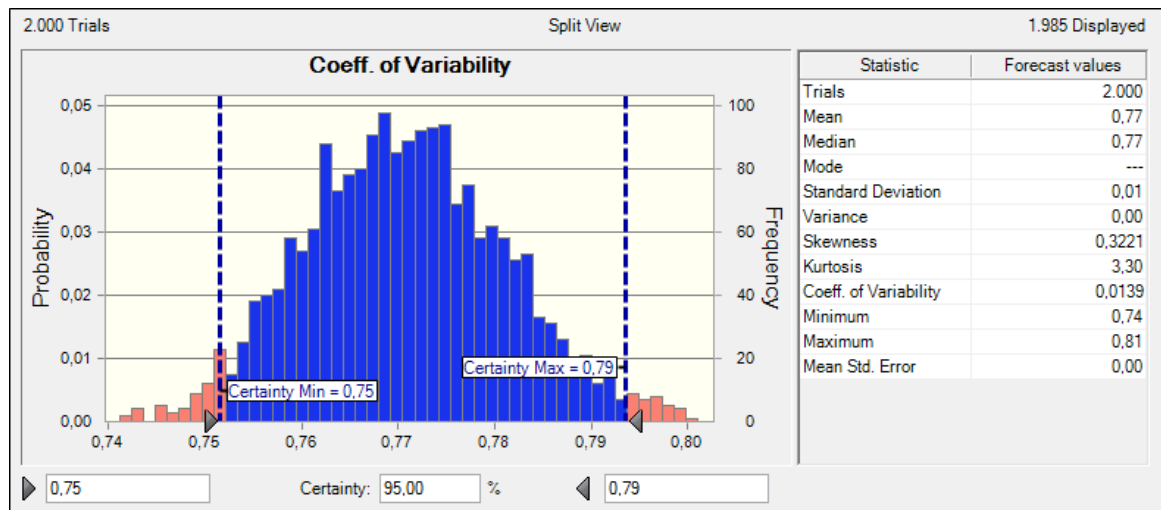
ο συντελεστής μεταβλητότητας είναι ιδιαίτερα χαμηλά (το μέσο τυπικό σφάλμα μάλιστα είναι 0,00), γεγονός που επιβεβαιώνει ότι τα υπ' όψιν στατιστικά αποτελέσματα είναι αξιόπιστα, και συνεπώς, παρέχουν μία ακριβή εκτίμηση των αντίστοιχων πραγματικών στατιστικών του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στην Ελλάδα.



Διάγραμμα 9.39. Bootstrap κατανομή συχνοτήτων για το μέσο όρο (Mean) του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας



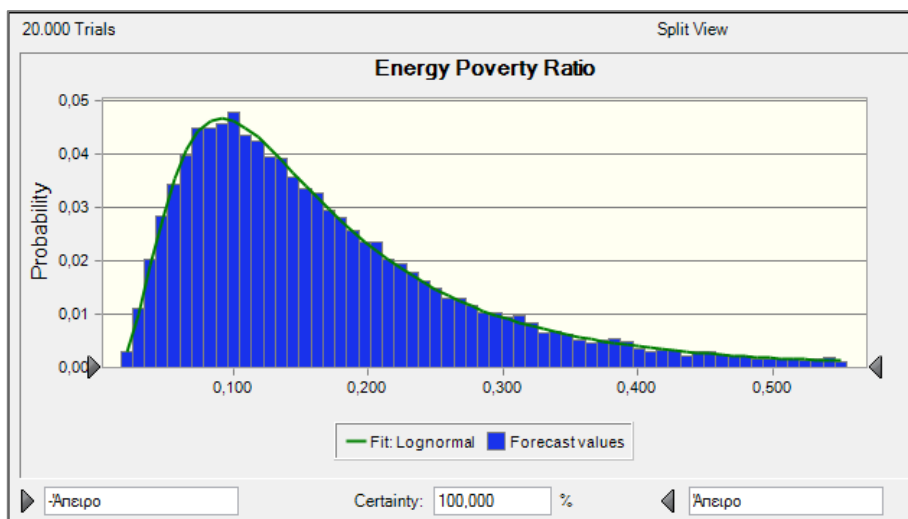
Διάγραμμα 9.40. Bootstrap κατανομή συχνοτήτων για την τυπική απόκλιση (Std. Deviation) του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας



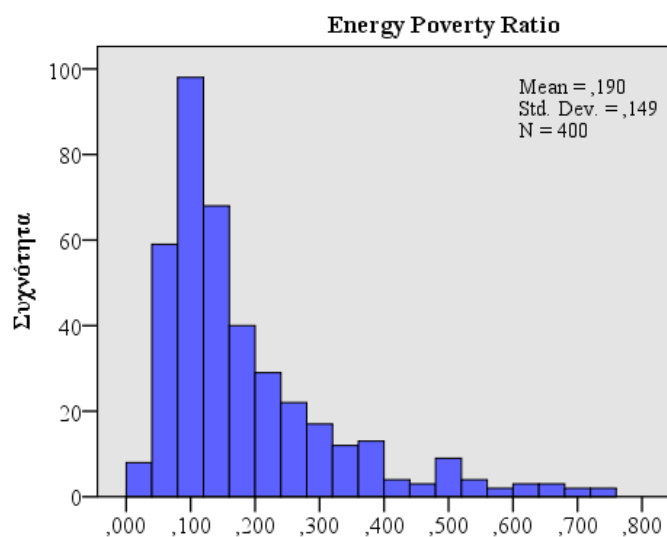
Διάγραμμα 9.41. Bootstrap κατανομή συχνοτήτων για το συντελεστή μεταβλητότητας (Coeff. of Variability) του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας

Πέρα από το στατιστικό έλεγχο των αποτελεσμάτων του μοντέλου, ένα κρίσιμο στοιχείο που πρέπει να ελεγχθεί ως προς την αξιοπιστία του, είναι το στοιχείο του μηχανισμού με τον οποίο η μέθοδος Monte-Carlo επιλέγει τιμές. Πιο συγκεκριμένα, σε καθεμιά από τις χιλιάδες δοκιμές που πραγματοποιούνται, η μέθοδος Monte-Carlo «αφήνει» όλες τις μεταβλητές του μοντέλου να «τρέχουν τυχαία», ακολουθώντας, βέβαια, την κατανομή που επιλέχθηκε. Αυτό σημαίνει ότι, εκτός των μεταβλητών που είναι συνδεδεμένες με κάποια συσχέτιση, για όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές επιλέγονται τυχαίες τιμές από τις αντίστοιχες επιλεχθείσες κατανομές πιθανότητας βάσει κάποιας γεννήτριας τυχαίων τιμών, έτσι ώστε, μέσα από πρακτικά άπειρους τυχαίους συνδυασμούς των πραγματικών κατανομών των μεταβλητών εισόδου, να προκύψει το τελικό ιστόγραμμα συχνοτήτων.

Η αξιοπιστία του τελικού ιστογράμματος μπορεί να ελεγχθεί, εάν αντί των τυχαίων συνδυασμών των παραμέτρων, γίνει εφαρμογή του μοντέλου σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα νοικοκυριών της χώρας, το οποίο θα χαρακτηρίζεται από πραγματικούς συνδυασμούς των εξεταζόμενων παραμέτρων (H_{tot} , η_h , $price_{heat}$, $Income$, κ.ο.κ.). Πράγματι, υπολογίστηκε ο Λόγος Ενεργειακής Φτώχειας του μοντέλου (απαιτούμενο ενεργειακό κόστος/εισόδημα) για τα 400 νοικοκυριά της πανελλαδικής έρευνας, καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο συνδυασμό των δώδεκα μεταβλητών εισόδου (συγκεκριμένες δωδεκάδες τιμών). Τα αποτελέσματα των κατανομών του Λόγου βάσει του μοντέλου και βάσει του αντιπροσωπευτικού δείγματος φαίνονται στα Διαγράμματα 9.42 και 9.43. Τα στατιστικά αποτελέσματα των κατανομών παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.21.



Διάγραμμα 9.42. Κατανομή Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας βάσει του SMEP



Διάγραμμα 9.43. Κατανομή Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας βάσει αντιπροσωπευτικού δείγματος

Πίνακας 9.21. Στατιστικά αποτελέσματα του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας βάσει του SMEP και βάσει αντιπροσωπευτικού δείγματος

Statistics	Μοντέλο (SMEP)	Αντιπροσωπευτικό δείγμα
Mean	0,18	0,19
Median	0,14	0,14
Std. Deviation	0,13	0,15
Ενεργειακή φτώχεια	70,39%	70,43%

Όπως φαίνεται, παρά το γεγονός ότι πρόκειται για δύο περιπτώσεις με διαφορετική μέθοδο επίλυσης (στοχαστική ανάλυση στο μοντέλο και αιτιοκρατική ανάλυση στο δείγμα), η κατανομή που προκύπτει και στις δύο περιπτώσεις είναι η λογαριθμοκανονική, με ελάχιστη απόκλιση στα στατιστικά τους στοιχεία. Μάλιστα, η ενεργειακή φτώχεια προκύπτει ίδια στις δύο περιπτώσεις (70,40%). Αποδεικνύεται λοιπόν, πως, ο τυχαίος τρόπος συνδυασμού των παραμέτρων που πραγματοποιεί το Monte-Carlo δεν επηρεάζει καθόλου την ακρίβεια των αποτελεσμάτων και πως, ύστερα από «άπειρες και ομοιότροπες επαναλήψεις του μοντέλου», τα αποτελέσματα παρουσιάζουν στατιστικές κανονικότητες που αντανακλούν τις πραγματικές συνθήκες. Ως εκ τούτου, το προτεινόμενο μοντέλο με τη χρήση της μεθόδου Monte-Carlo θεωρείται αξιόπιστο και λειτουργεί ικανοποιητικά.

Συμπληρωματικά, ελέγχθηκε η φυσική σημασία των αποτελεσμάτων του μοντέλου. Ελέγχθηκε δηλαδή η σύγκλιση/απόκλιση μεταξύ των αποτελεσμάτων του μοντέλου (απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση) και αντίστοιχων καταγεγραμμένων μεγεθών στην Ελλάδα, από διαθέσιμα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, αν και δεν υπάρχουν πλήρη διαθέσιμα στοιχεία για το έτος 2014-2015, που είναι η περίοδος διεξαγωγής της έρευνας.

Σύμφωνα με την Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα νοικοκυριά για το 2012 (ΕΛΣΤΑΤ 2013_a), η μέση ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά νοικοκυριό ανέρχεται στις 10244 KWh. Έκτοτε όμως, έχει σημειωθεί σημαντική μείωση στην κατανάλωση θερμικής ενέργειας, σύμφωνα με την αναφορά κατανάλωσης πετρελαιοειδών 2010-2015 (ΕΛΣΤΑΤ 2016_d). Παρά το γεγονός ότι η μείωση αυτή δε μπορεί να προσδιοριστεί στον οικιακό τομέα και σε επίπεδο νοικοκυριού, στη σχετική έρευνα αποτυπώνεται μία δραστική μείωση στη συνολική κατανάλωση του πετρελαίου θέρμανσης, του κυρίαρχου καυσίμου θερμικής ενέργειας (Πίνακας 9.22). Το μοντέλο της παρούσας διατριβής υπολογίζει ετήσια απαιτούμενη κατανάλωση θερμικής ενέργειας 11.285 KWh (Πίνακας 9.23). Κατά συνέπεια, ενώ ο υπολογισμός αυτός απορρέει από ένα σύνθετο συνδυασμό παραμέτρων, προσεγγίζει με επιτυχία την υφιστάμενη θερμική ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα. Για την ακρίβεια, η απαιτούμενη κατανάλωση είναι της ίδιας τάξης μεγέθους αλλά μεγαλύτερη από την τελευταία καταγεγραμμένη κατανάλωση, του 2012, και σίγουρα μεγαλύτερη από την πραγματοποιηθείσα κατανάλωση του έτους 2014-2015, συνυπολογίζοντας τη μείωση που αναφέρθηκε. Το γεγονός αυτό ενισχύει την αξιοπιστία του μοντέλου, καθώς οι απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες και καταναλώσεις είναι κατά κανόνα μεγαλύτερες από αυτές που τελικά ικανοποιούνται σε ένα νοικοκυριό.

Πίνακας 9.22. Κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης για τα έτη 2011-2015 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2016_d)

Έτος	2011	2012	2013	2014	2015
Πετρέλαιο θέρμανσης (μετρικοί τόνοι)	2818939	1965436	959233	967746	1388664

Όσον αφορά στην ηλεκτρική ενέργεια, η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη ανά νοικοκυριό ανέρχεται στις 220 KWh και η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για λοιπές χρήσεις (ZNX, μαγείρεμα, φωτισμό και ηλεκτρικές συσκευές) ανέρχεται στις 4.134 KWh, κατά προσέγγιση, για το έτος 2012 (ΕΛΣΤΑΤ 2012_α). Έκτοτε, και μέχρι το 2015, έχει σημειωθεί μικρή αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, της τάξης του 4%, όπως παρουσιάστηκε στον Πίνακα 9.7. Το μοντέλο υπολογίζει ετήσια απαιτούμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη 1.408 KWh και απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας για λοιπές χρήσεις 4.102 KWh (Πίνακας 9.23). Το αποτέλεσμα κρίνεται αρκετά ικανοποιητικό, δεδομένου ότι η ψύξη είναι χρήση που έχει μοντελοποιηθεί στη βάση των αναγκών και αναμένεται να προκύψει υψηλότερη από την πραγματοποιηθείσα ενώ για τις υπόλοιπες χρήσεις ενέργειας, για τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές εμφάνισης στη χώρα, η απαιτούμενη κατανάλωση αναμένεται να προκύψει περίπου ίδια με την πραγματοποιηθείσα.

Κατά συνέπεια, το μοντέλο κρίνεται ικανοποιητικό και ως προς τη φυσική σημασία των αποτελεσμάτων, καθώς προσεγγίζει ρεαλιστικά το υπάρχον ενεργειακό προφίλ στο μέσο επίπεδο της χώρας, χωρίς να κάνει υπερεκτίμηση αναγκών.

Πίνακας 9.23. Αποτελέσματα απαιτούμενης ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα βάσει του SMEP (KWh)

Statistic	Απαιτούμενη κατανάλωση για θέρμανση	Απαιτούμενη κατανάλωση για ψύξη	Απαιτούμενη κατανάλωση για λοιπές χρήσεις	Συνολική απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση
Trials	20000	20000	20000	20000
Mean	11285,22	1407,67	4102,49	16795,38
Median	7511,62	1170,39	4176,88	13028,00
Standard Deviation	12372,93	967,11	621,63	12705,76
Variance	153089512,68	935299,44	386421,43	161436269,72
Skewness	4,69	2,25	-0,34	4,49
Kurtosis	44,67	11,74	2,39	41,50
Coeff of Variability	1,10	0,69	0,15	0,76
Minimum	796,56	59,23	2442,73	4259,83
Maximum	246208,59	11755,12	5440,63	250976,73
Mean Std Error	87,49	6,84	4,40	89,84

Συνολικά, αποδεικνύεται πως το μοντέλο λειτουργεί αποτελεσματικά και προσομοιώνει με αξιοπιστία και επαρκή ακρίβεια την πραγματική εικόνα της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα.

9.7 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Η ανάλυση της ενεργειακής φτώχειας μέχρι στιγμής παρουσιάζει δύο σημαντικές αδυναμίες. Στηρίζεται στην πραγματοποιηθείσα ενεργειακή κατανάλωση και όχι στον υπολογισμό της αντίστοιχης απαιτούμενης κατανάλωσης, προκειμένου ένα νοικοκυριό να καλύψει επαρκώς τις ενεργειακές του ανάγκες, όπως απαιτεί ο ορισμός. Επίσης, ενώ είναι γνωστές οι παράμετροι που επιδρούν στην ενεργειακή φτώχεια, δεν έχει γίνει δυνατό μέχρι σήμερα να ποσοτικοποιηθεί η σχετική επίδραση καθεμιάς στο συνολικό πρόβλημα.

Τα δυο αυτά θεμελιώδη προβλήματα αντιμετωπίζονται ικανοποιητικά με την ανάπτυξη ενός νέου μαθηματικού μοντέλου για την ενεργειακή φτώχεια σε επίπεδο χώρας, το «Στοχαστικό Μοντέλο Ενεργειακής Φτώχειας (SMEP)». Βασικά στοιχεία του μοντέλου είναι:

- Η μαθηματική εξίσωση που περιλαμβάνει τη μοντελοποίηση της απαιτούμενης ενεργειακής κατανάλωσης, στο επίπεδο όλων των τελικών χρήσεων ενέργειας. Κύριο στοιχείο της εξίσωσης είναι η μοντελοποίηση των απαιτούμενων καταναλώσεων για θέρμανση και ψύξη, μέσω της μεθόδου των βαθμομερών, με την οποία αντιμετωπίζεται ικανοποιητικά η πρώτη βασική αδυναμία.
- Η γενίκευση της μαθηματικής εξίσωσης σε επίπεδο χώρας, μέσω της στοχαστικής ανάλυσης και, πιο συγκεκριμένα, μέσω της προσομοίωσης Monte-Carlo, σε συνδυασμό με την επιμέρους μοντελοποίηση όλων των παραμέτρων (μεταβλητών εισόδου) και τον προσδιορισμό της κατανομής συχνοτήτων τους. Σημειωτέον, η μοντελοποίηση κάποιων παραμέτρων σε επίπεδο χώρας (H_{tot} , HDD, CDD), αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία που πιθανώς έχει αποθαρρύνει την επιστημονική κοινότητα, στο μεγαλύτερο μέρος της, να προβεί στην προσπάθεια ανάπτυξης ενός συνολικού μοντέλου σε επίπεδο χώρας. Στη συγκεκριμένη ανάλυση, για τον προσδιορισμό της κατανομής του H_{tot} πραγματοποιήθηκε ειδική μοντελοποίηση του συντελεστή για την Ελλάδα. Παράλληλα, για τη μοντελοποίηση των HDD και CDD, λόγω των ειδικών γεωγραφικών χαρακτηριστικών της Ελλάδας, χρησιμοποιήθηκαν οι σχέσεις που αποδείχτηκαν και συνδέουν τις βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης με το υψόμετρο (και με το γεωγραφικό πλάτος για τη θέρμανση) και οι οποίες έλυσαν το πρόβλημα έλλειψης αξιόπιστων στοιχείων βαθμομερών για το σύνολο της χώρας.
- Η βελτιστοποίηση του μοντέλου μέσω της εισαγωγής των συσχετίσεων (και ειδικότερα μέσω της εισαγωγής των συσχετίσεων Spearman), της επιλογής φραγμένων κατανομών, όπου αυτό αντιπροσωπεύει καλύτερα την πραγματικότητα, και της επιλογής κατάλληλου αριθμού επαναλήψεων μέχρις ότου σταθεροποιηθούν τα στατιστικά αποτελέσματα και μειωθούν κάτω από τα επιλεχθέντα επίπεδα η τυπική απόκλιση και το μέσο τυπικό σφάλμα.
- Η πραγματοποίηση της ανάλυσης ευαισθησίας, αφού πρώτα απενεργοποιηθούν οι συσχετίσεις των μεταβλητών εισόδου και αποδειχθεί η μονοτονική σχέση μεταξύ των μεταβλητών εισόδου και εξόδου.

Το μοντέλο ελέγχθηκε με επιτυχία:

- ως προς την στατιστική του ορθότητα. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος πολλαπλής προσομοίωσης (multiple-simulation method) ή αλλιώς παραμετρική τεχνική bootstrap, η οποία έδωσε μέσο τυπικό σφάλμα και συντελεστή μεταβλητότητας των στατιστικών μεγεθών του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας ιδιαίτερα χαμηλά, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι τα στατιστικά αποτελέσματα είναι αξιόπιστα.
- ως προς τη βασική υπόθεση ότι ανεξάρτητες, τυχαίες τιμές των παραμέτρων (εκτός εκείνων που συσχετίζονται) που ακολουθούν συγκεκριμένες κατανομές, θα καταλήξουν σε αντικειμενική/αντιπροσωπευτική αποτύπωση της πραγματικότητας. Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο κατέληξε σε ίδια αποτελέσματα, με αυτά ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος νοικοκυριών της χώρας, το οποίο χαρακτηρίζεται από πραγματικούς συνδυασμούς n -άδων (στην περίπτωση μας δωδεκάδων) των εξεταζόμενων παραμέτρων (H_{tot} , n_h , $price_{heat}$, $Income$, κ.ο.κ.), έναντι της επιλογής τυχαίων τιμών που πραγματοποιεί το Monte-Carlo.
- ως προς τη φυσική σημασία των αποτελεσμάτων, αφού εκτιμά σε εύλογα επίπεδα την απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με την πραγματοποιηθείσα, για όλες τις ενεργειακές χρήσεις που περιλαμβάνονται στο μοντέλο.

Ως προς τη χρησιμότητα του μοντέλου:

- Εκτιμά ορθότερα τα επίπεδα της ενεργειακής φτώχειας σε μια χώρα, αφού στηρίζεται στην εκτίμηση της απαιτούμενης και όχι της καταναλωθείσας ενέργειας, που ως γνωστόν υποεκτιμά τις πραγματικές ανάγκες. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα καλύτερης εκτίμησης άλλων συναφών παραμέτρων, όπως της ακραίας ενεργειακής φτώχειας ή της εκτίμησης της ενεργειακής φτώχειας υπό άλλο όριο (διαφορετικό του 10%).
- Ποσοτικοποιεί, για πρώτη φορά, την επίδραση των διαφόρων παραμέτρων στο φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας. Σημειωτέον, η επίδραση αυτή είναι αποτέλεσμα τόσο του ειδικού βάρους κάθε παραμέτρου στη στοχαστική συνάρτηση όσο και των χαρακτηριστικών της κατανομής πιθανότητας των τιμών που παίρνει κάθε παράμετρος στις συνθήκες της χώρας. Επομένως, η ανάλυση αυτή μπορεί να αποτυπώσει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ενεργειακής φτώχειας σε κάθε χώρα ξεχωριστά.
- Στην ουσία, δεν πρόκειται για άλλη μια μέθοδο καταγραφής, αλλά για ένα νέο μοντέλο ανάλυσης της ενεργειακής φτώχειας στο επίπεδο μιας χώρας, με τη χρήση συγκεκριμένων παραμέτρων. Για το λόγο αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά ως εργαλείο πολιτικής. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκ των προτέρων εκτίμηση της αποτελεσματικότητας διαφόρων μέτρων αντιμετώπισης της ενεργειακής φτώχειας, σε αναλύσεις κόστους-οφέλους μέτρων αντιμετώπισης, κ.ο.κ.
- Μπορεί να γενικευθεί και σε άλλες χώρες, δεδομένης της γενικής ισχύος της αρχικής συνάρτησης. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων, πάντως, εξαρτάται από την ύπαρξη αξιόπιστων δεδομένων για τις παραμέτρους εισαγωγής. Στην περίπτωση που αυτά (π.χ. στατιστικά δεδομένα HDD, CDD, $Income$, H_{tot} , κλπ.) είναι γνωστά, η εφαρμογή του μοντέλου διευκολύνεται σημαντικά.

Ως προς τα αποτελέσματα του μοντέλου για την Ελλάδα:

- Η ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα είναι ευρύτερη αυτής που καταγράφεται με το συμβατικό (αλλά λανθασμένο) τρόπο υπολογισμού. Ειδικότερα, αγγίζει το ποσοστό του 70,4% βάσει του απαιτούμενου κόστους, τη στιγμή που το αντίστοιχο ποσοστό βάσει του καταβληθέντος κόστους υπολογίστηκε στο 58,5%. Το ίδιο συμβαίνει και με την ακραία ενεργειακή φτώχεια (30,9% έναντι του 19,3%). Τα ποσοστά δείχνουν ότι δύο στα τρία νοικοκυριά της Ελλάδας ζουν σε συνθήκες ενεργειακής φτώχειας ενώ ένα στα τρία νοικοκυριά έρχεται αντιμέτωπο με την ακραία μορφή της. Το γεγονός αυτό είναι ένα άκρως ανησυχητικό φαινόμενο, με ευρύτερες οικονομικές, κοινωνικές και πολιτισμικές προεκτάσεις, που δεν έχουν τύχει αντίστοιχης προσοχής από την Ελληνική Πολιτεία μέχρι σήμερα.
- Αποδείχτηκε η επίδραση της κρίσης στην όξυνση του φαινομένου. Εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια της οικονομικής κρίσης στην Ελλάδα (2009-2014), η μείωση των εισοδημάτων κατά περίπου 30% επέφερε αύξηση της ενεργειακής φτώχειας κατά 21 ποσοστιαίες μονάδες ενώ μια αύξηση της μέσης τιμής θέρμανσης, κατά περίπου 86%, επέφερε μια πρόσθετη αύξηση της ενεργειακής φτώχειας κατά 9%.
- Το κόστος θέρμανσης καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού απαιτούμενου ενεργειακού κόστους ενός νοικοκυριού στην Ελλάδα, ισοφαρίζοντας αθροιστικά τα απαιτούμενα κόστη ψύξης, ηλεκτρισμού και ζεστού νερού χρήσης. Επομένως, μέτρα που στοχεύουν στη μείωσή του έχουν μεγαλύτερη επίδραση, συνολικά, στην προσπάθεια αντιμετώπισης της ενεργειακής φτώχειας.
- Όσον αφορά στην επίδραση των διαφόρων παραμέτρων, αποδείχθηκε ότι η ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα εξαρτάται βασικά από το εισόδημα, μιας που αυτό αναδεικνύεται στην κρίσιμη παράμετρο που συμβάλλει κατά 63% στη διαμόρφωση του προβλήματος. Έτσι, η μαζική εκπτώχωση του πληθυσμού στη διάρκεια της κρίσης είχε ως αποτέλεσμα και τη ραγδαία όξυνση του φαινομένου της ενεργειακής φτώχειας. Αντιστρόφως, μόνο η αύξηση των εισοδημάτων του πληθυσμού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας. Δεύτερη σημαντικότερη παράμετρος αναδεικνύεται ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, συμβάλλοντας κατά 16% στο συνολικό πρόβλημα και τρίτη τα συστήματα θέρμανσης (ποσοστό 10%). Συνεπώς, η ενεργειακή θωράκιση των σπιτιών και η χρήση αποδοτικότερων συστημάτων θέρμανσης είναι τα επόμενα, κατά σειρά, αποτελεσματικότερα μέτρα στην κατεύθυνση μείωσης της ενεργειακής φτώχειας.
- Η μεταβολή των διαφόρων παραμέτρων που επιδρούν στην ενεργειακή φτώχεια είναι διαφορετικού κόστους, αλλά και διαφορετικής ευκολίας. Για παράδειγμα, η μείωση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης μπορεί να επιτευχθεί πιο εύκολα από την αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης ενώ έχει και διαφορετικό κόστος. Με τη χρήση του μοντέλου μπορεί να αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητα ενός μέτρου για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας καθώς επίσης και να συγκριθεί με άλλα παρεμφερή μέτρα.

Βιβλιογραφία

ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering) (2009). *FUNDAMENTALS*. Atlanta, Georgia: Inch-Pound Edition.

Balaras C. A., Dascalaki E. G., Droutsas K. G. & Kontoyiannidis S. (2016). Empirical assessment of calculated and actual heating energy use in Hellenic residential buildings. *Applied Energy*, 164, pp. 115-132.

Bradley E. & Tibshirani R. J. (1993). An Introduction to the Bootstrap. In *Monographs on Statistics and Applied Probability* 57. New York: Chapman and Hall.

ΓΓΠΣ (Γενική Γραμματεία Πληροφοριακών Συστημάτων) (2011). *Στατιστικό Δελτίο Φορολογικών Δεδομένων 2011*. Αθήνα: Υπουργείο Οικονομικών.

DECC (Dept for Energy and Climate Change) (2015). *Annual Fuel Poverty Statistics Report 2015*. London: DECC.

DEMAND (Dynamics of Energy Mobility And Demand). (2015). *Research Insight: What counts as "required energy"? Principles of need in modelling the extent of fuel poverty*. DEMAND research insight #5, UK.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2016a). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών 2015*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2016b). *Συνθήκες Διαβίωσης στην Ελλάδα Living Conditions in Greece 2016*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2016c). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών 2015. Κίνδυνος Φτώχειας*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2016d). *Δελτίο Τύπου: Κατανάλωση πετρελαιοειδών 2010-2015*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2015). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών 2014*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2014). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών 2013*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2013a). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά 2011-2012*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2013b). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών 2012*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2012a). *Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά μεγάλη γεωγραφική περιοχή περιφέρεια νομό και κατά κατηγορία χρήσης, 2012*. <http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SIN03/2012>

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (2012b). *Δελτίο Τύπου: Έρευνα Εισοδήματος και Συνθηκών Διαβίωσης των Νοικοκυριών 2010. Κίνδυνος Φτώχειας*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.

Eurostat (2016a). *Electricity prices for domestic consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) (nrg_pc_204)*. http://europe.eu/eurostat/web/products-datasets/-/nrg_pc_204

Eurostat (2016b). *Gas prices for domestic consumers - bi-annual data (from 2007 onwards)(nrg_pc_202)*. http://europe.eu/eurostat/web/products-datasets/-/nrg_pc_202

Haas R. (1997). Energy efficiency indicators in the residential sector: what do we know and what has to be ensured?. *Energy Policy*, 25, pp. 789–802.

Henderson J. & Hart J. (2015). *BRE Domestic Energy Model - BREDEM 2012. A technical description of the BRE Domestic Energy Model*. Version 1.1. <http://www.brecouk/page.jsp?id=3176>

Oracle (EPM Information Development Team) (2009a). *Oracle Crystal Ball Fusion Edition, Release 11.1.1.3.00. User's Guide*.

Oracle (EPM Information Development Team) (2009b). *Oracle Crystal Ball Statistical Guide. Statistical Definitions. Rank Correlation*.

Simcock N. & Walker G. (2015). *Fuel Poverty Policy and Non-Heating Energy Uses*. Working Paper 16. Lancaster: DEMAND CENTRE.

TOTEE 20701-1/2010. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. *Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων*. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ.

Xu X. Y. & Ang B. W. (2014). Analysing residential energy consumption using index decomposition analysis. *Applied Energy*, 113, 342–351.

ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2014). *Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων*. <http://www.fuelprices.gr/>

Κεφάλαιο 10. Μελέτη περίπτωσης: Εφαρμογή του Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας

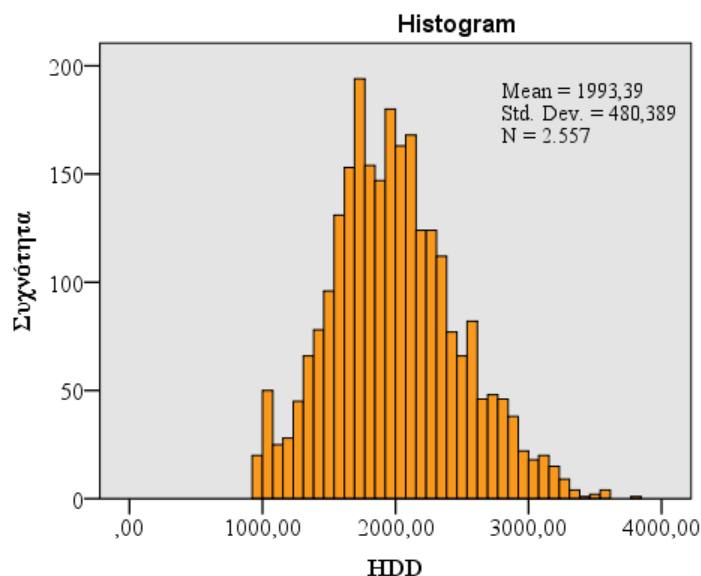
Μετά την επίλυση του Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας (SMEP) στο επίπεδο της χώρας, γίνεται χρήση του μοντέλου σε μια ειδική μελέτη περίπτωσης, τις ορεινές περιοχές της Ελλάδας. Στόχος είναι η σε βάθος ανάλυση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στην ορεινή επικράτεια και ο προσδιορισμός των ιδιαιτεροτήτων των ορεινών περιοχών. Η ανάλυση γίνεται με βάση αναφοράς την επίλυση του μοντέλου σε πανελλαδικό επίπεδο και σε σύγκριση με αυτό. Παρακάτω, παρουσιάζονται τα στάδια επίλυσης του μοντέλου για την παρούσα περίπτωση, διατηρώντας, για λόγους συγκρισιμότητας, την ίδια δομή στην ανάλυση με αυτή που προηγήθηκε για το σύνολο της χώρας.

10.1 Ανάλυση μεταβλητών εισόδου

Για καθεμιά από τις δώδεκα παραμέτρους συγκεντρώθηκαν αναλυτικά δεδομένα τιμών και προσδιορίστηκαν οι αντίστοιχες κατανομές συχνοτήτων. Η ανάλυση της συμπεριφοράς των παραμέτρων για την ορεινή Ελλάδα βασίστηκε στην πανελλαδική ανάλυση, ακολουθώντας τις εκάστοτε μεταβολές που χαρακτηρίζουν την καθεμιά από αυτές στις ορεινές περιοχές. Παρακάτω, παρουσιάζεται για κάθε παράμετρο η μέθοδος συλλογής των δεδομένων, η κατανομή συχνοτήτων στην ορεινή Ελλάδα σε σχέση με την αντίστοιχη κατανομή της στο επίπεδο της χώρας και, τέλος, η κατανομή πιθανότητας που επιλέχθηκε στο Crystal Ball. Οι κατανομές πιθανότητας όλων των παραμέτρων λήφθηκαν με 95% διάστημα εμπιστοσύνης.

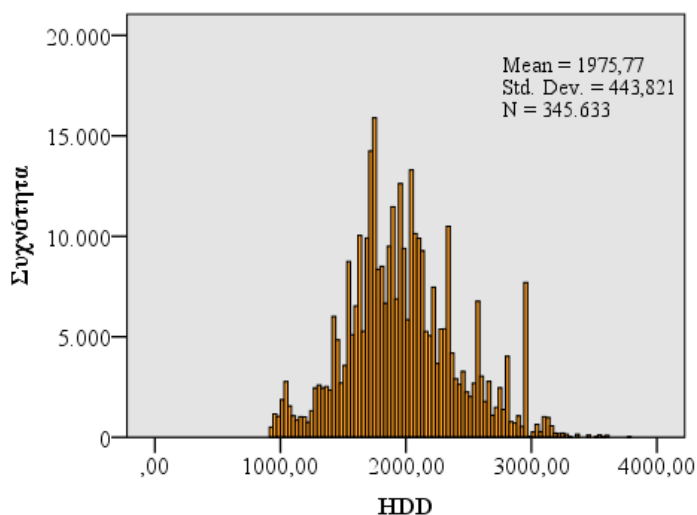
1. HDD: Ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{days}$)

Οι βαθμομέρες θέρμανσης (HDD) υπολογίστηκαν βάσει του υψομέτρου και του γεωγραφικού πλάτους, σύμφωνα με την Εξίσωση 9.4, για το σύνολο των Τοπικών ή Δημοτικών Κοινοτήτων της ορεινής Ελλάδας, οι οποίες υπολογίστηκαν σε 2.557 Κοινότητες. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό του συνόλου των ορεινών Τοπικών ή Δημοτικών Κοινοτήτων ήταν η ίδια με αυτή της πρωτογενούς έρευνας των ορεινών περιοχών της Ελλάδας, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 8 (Ενότητα 8.2), με βάση το νόμο Καλλικράτη (Ν.3852/2010 - ΦΕΚ Α' 87) και την Οδηγία 85/148/ΕΟΚ). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε στάθμιση των βαθμομερών ως προς τον αντίστοιχο αριθμό νοικοκυριών των Τοπικών/Δημοτικών Κοινοτήτων, ώστε οι βαθμομέρες να είναι ανάλογες των νοικοκυριών που διαμένουν σε κάθε κατηγορία HDD. Παρακάτω παρουσιάζονται τα ιστογράμματα κατανομής συχνοτήτων των HDD, όπως προέκυψαν πριν και μετά τη στάθμιση ως προς τον αντίστοιχο αριθμό νοικοκυριών (Διαγράμματα 10.1, 10.2) Όπως φαίνεται, με τη διαδικασία της στάθμισης επιτυγχάνεται διόρθωση στην κατανομή των βαθμομερών, η οποία πλέον αντιπροσωπεύει καλύτερα τις συγκεκριμένες συνθήκες για τα νοικοκυριά του ορεινού χώρου.



Statistics: HDD	
N	2557
Mean	1993,39
Median	1962,06
Std. Deviation	480,39
Minimum	933,18
Maximum	3771,77

Διάγραμμα 10.1. Ιστόγραμμα συχνοτήτων HDD στην ορεινή Ελλάδα χωρίς στάθμιση και στατιστικά μεγέθη

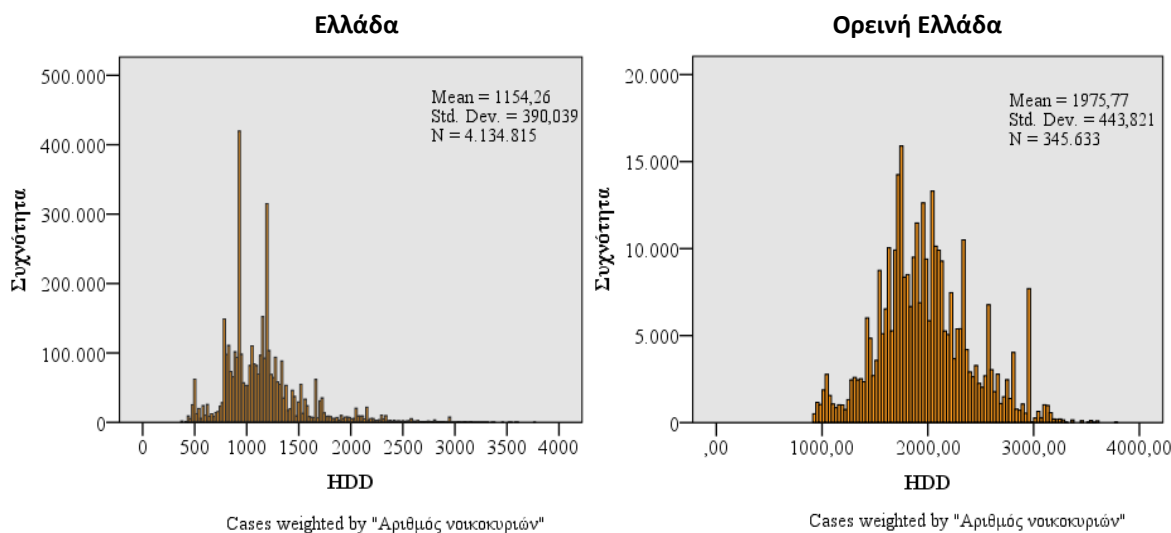


Statistics: HDD	
N	345633
Mean	1975,77
Median	1942,55
Std. Deviation	443,82
Minimum	933,18
Maximum	3771,77

Cases weighted by "Αριθμός νοικοκυριών"

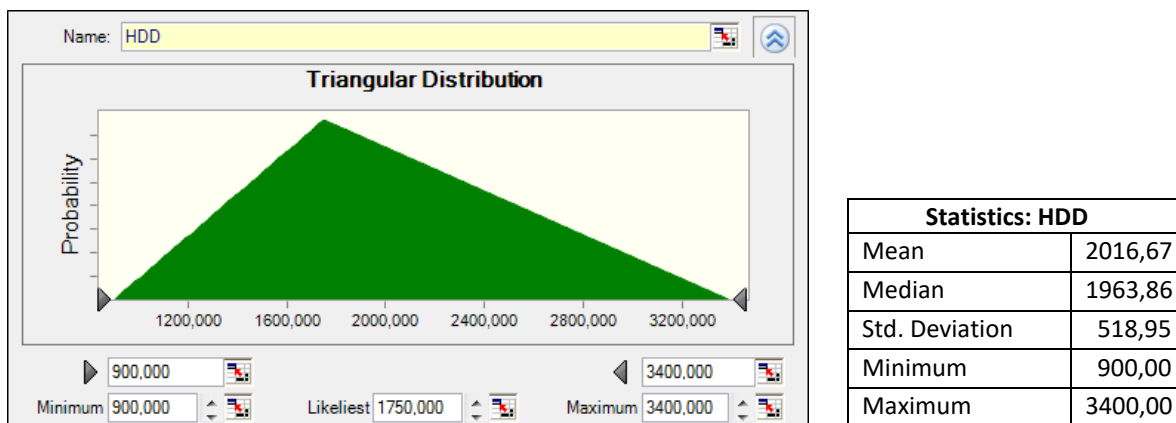
Διάγραμμα 10.2. Ιστόγραμμα συχνοτήτων HDD στην ορεινή Ελλάδα μετά τη στάθμιση ως προς τον αριθμό νοικοκυριών και στατιστικά μεγέθη

Στο πλαίσιο της συγκριτικής ανάλυσης μεταξύ των κατανομών της Ελλάδας και των ορεινών περιοχών της (Εικόνα 10.1), προκύπτει ότι οι βαθμομέρες θέρμανσης των ορεινών περιοχών είναι κατά μέσο όρο 71% υψηλότερες, με μέση τιμή τις 1975 έναντι των 1154 βαθμοημερών στο σύνολο της χώρας και σημείο εκκίνησης τις 933 βαθμομέρες έναντι των 385, γεγονός που δηλώνει σημαντικά υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων για θέρμανση στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας.



Εικόνα 10.1. Σύγκριση ιστογράμματος συχνοτήτων HDD στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

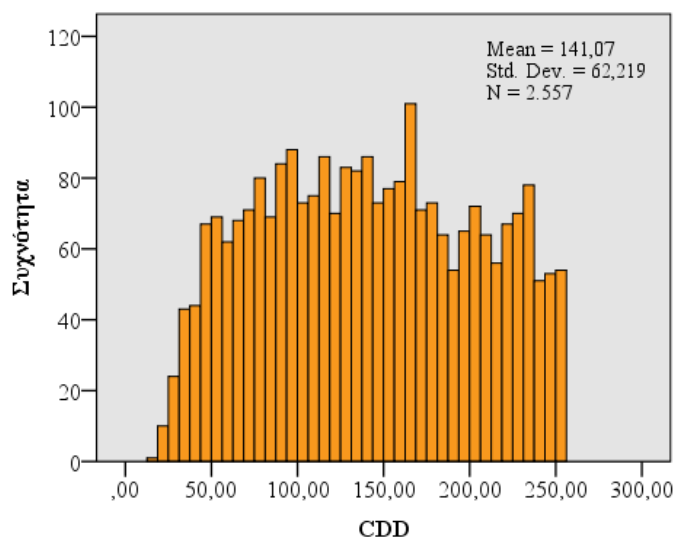
Με βάση την κατανομή συχνοτήτων της ορεινής Ελλάδας, η κατανομή πιθανότητας που επιλέχθηκε στο Crystal Ball είναι η τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 10.3.



Διάγραμμα 10.3. Διάγραμμα πιθανότητας HDD στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

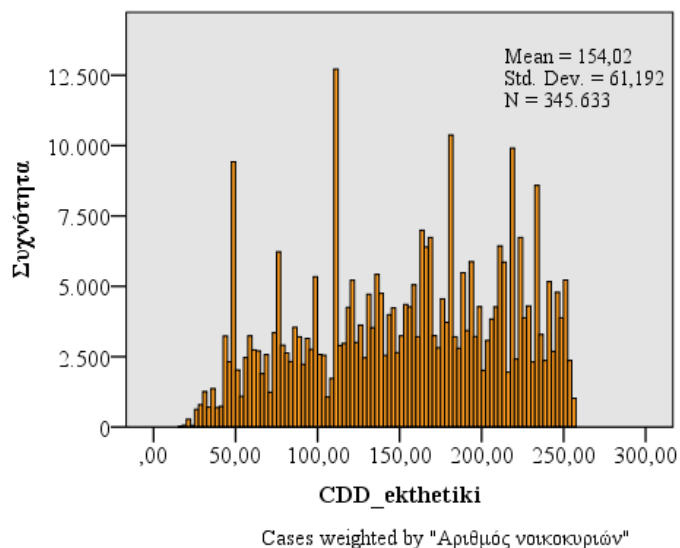
2. CDD: Ετήσιες βαθμομέρες ψύξης (°C*days)

Οι βαθμομέρες ψύξης (CDD) υπολογίστηκαν βάσει του υψομέτρου σύμφωνα με την Εξίσωση 6.8, για το σύνολο των Τοπικών ή Δημοτικών Κοινοτήτων της ορεινής Ελλάδας (2.557 Κοινότητες) και σταθμίστηκαν με βάση τον αριθμό νοικοκυριών των αντίστοιχων Κοινοτήτων. Στα Διαγράμματα 10.4 και 10.5 παρουσιάζονται τα ιστογράμματα κατανομής συχνοτήτων των CDD, όπως προέκυψαν πριν και μετά τη στάθμιση ως προς τον αριθμό νοικοκυριών.



Statistics: CDD	
N	2557
Mean	141,07
Median	139,56
Std. Deviation	62,22
Minimum	15,15
Maximum	256,01

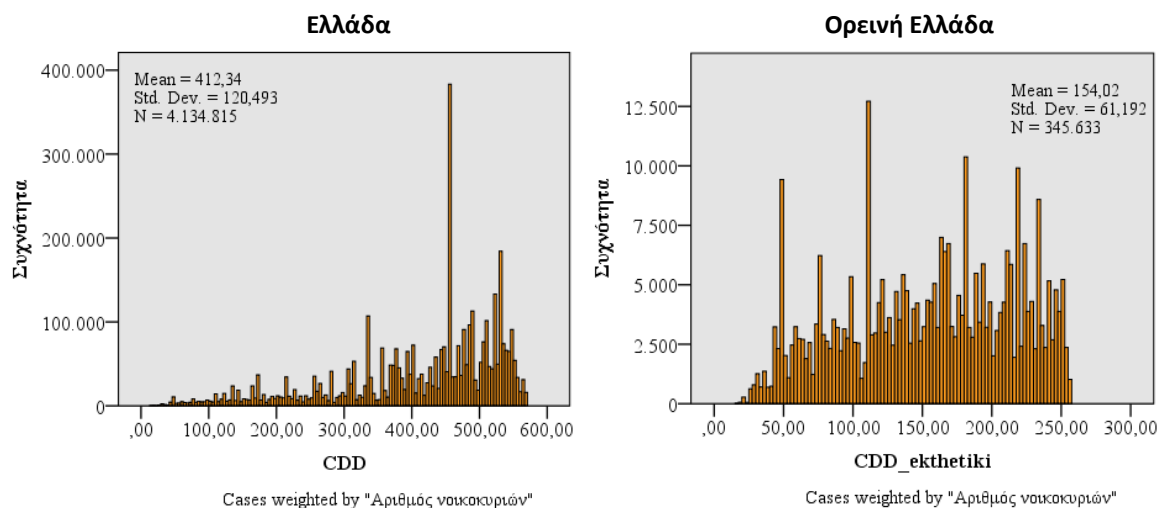
Διάγραμμα 10.4. Ιστόγραμμα συχνοτήτων CDD στην ορεινή Ελλάδα χωρίς στάθμιση και στατιστικά μεγέθη



Statistics: CDD	
N	345633
Mean	154,02
Median	159,90
Std. Deviation	61,19
Minimum	15,15
Maximum	256,01

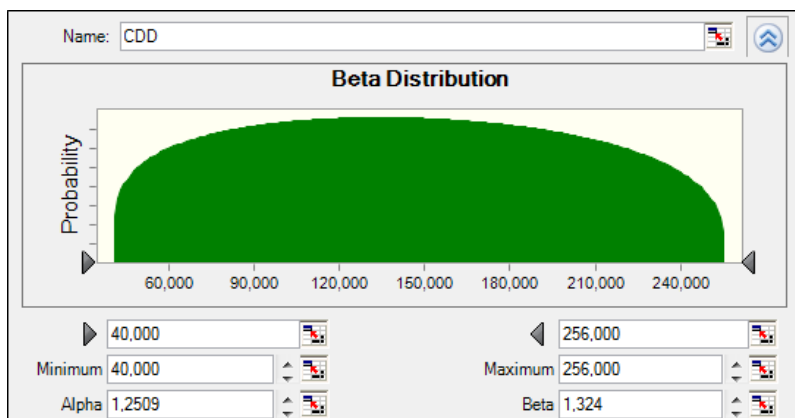
Διάγραμμα 10.5. Ιστόγραμμα συχνοτήτων CDD στην ορεινή Ελλάδα μετά τη στάθμιση ως προς τον αριθμό νοικοκυριών και στατιστικά μεγέθη

Από τη σύγκριση των CDD της ορεινής Ελλάδας με το συνολικό επίπεδο της χώρας, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 10.2, προκύπτει ότι οι βαθμομέρες ψύξης των ορεινών περιοχών είναι κατά μέσο όρο 63% χαμηλότερες, με μέση τιμή τις 154 βαθμομέρες έναντι των 412 στο σύνολο της Ελλάδας και μέγιστη τιμή τις 256 βαθμομέρες έναντι των 570 της Ελλάδας. Επίσης, οι συχνότητες των CDD των ορεινών περιοχών «απλώνονται» καθ' όλο το διάγραμμα, με παρόμοια σχεδόν πιθανότητα χαμηλότερων και υψηλότερων τιμών CDD ενώ αυτές του συνόλου της Ελλάδας συγκεντρώνονται κυρίως στις υψηλότερες τιμές CDD. Τα στοιχεία αυτά φανερώνουν σημαντικά χαμηλότερες απαιτήσεις ψύξης των κτιρίων στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας, οι οποίες δε θα ήταν υπερβολή να χαρακτηριστούν σχεδόν αμελητέες.



Εικόνα 10.2. Σύγκριση ιστογράμματος συχνοτήτων CDD στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

Η κατανομή πιθανότητας που επιλέχθηκε στο Crystal Ball για τις CDD είναι η κατανομή Beta (Beta Distribution), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 10.6. Υπενθυμίζεται ότι ως κάτω όριο λήφθηκε το 40,00, καθώς μικρότερες τιμές δεν έχουν νόημα στην ερμηνεία των βαθμομερών.



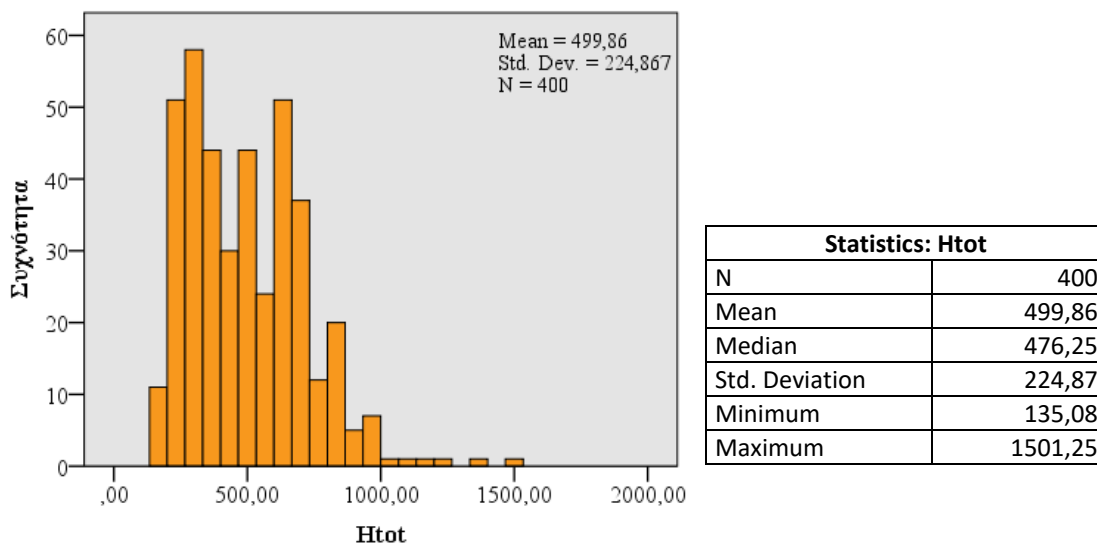
Statistics: CDD	
Mean	144,93
Median	144,04
Std Deviation	57,10
Minimum	40,00
Maximum	256,00

Διάγραμμα 10.6. Διάγραμμα πιθανότητας CDD στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

3. H_{tot} : Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου (W/K)

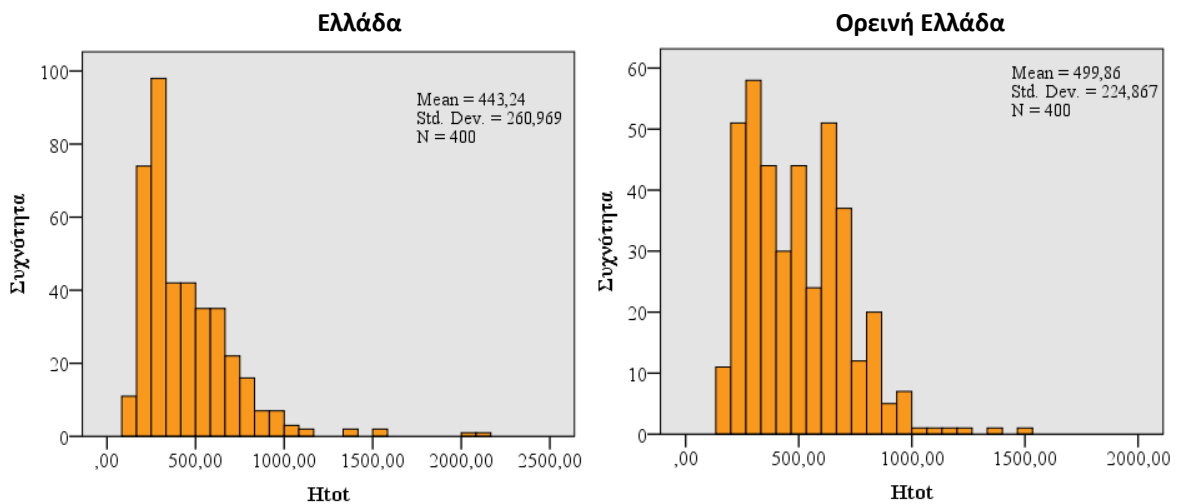
Ο υπολογισμός του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας έγινε σύμφωνα με τη μοντελοποίηση σε επίπεδο της χώρας (Ενότητα 9.3), με τη διαφορά ότι στο επίπεδο των ορεινών περιοχών χρησιμοποιήθηκε ως βάση η πρωτογενής έρευνα ενεργειακής φτώχειας για τις ορεινές περιοχές, όπως περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 8 και η οποία θα καλείται στο εξής «έρευνα των ορεινών περιοχών». Συγκεκριμένα, με βάση την προαναφερθείσα μοντελοποίηση και χρησιμοποιώντας ως βάση τα 400 ερωτηματολόγια των ορεινών περιοχών της Ελλάδας (που αποτελούν αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις ορεινών σπιτιών) και, ειδικότερα, τις τρεις βασικές

παραμέτρους αυτών (έτος κατασκευής, τύπος κατοικίας, εμβαδόν σπιτιού), κατέστη δυνατό να προσδιοριστεί το εύρος τιμών του H_{tot} στην ορεινή Ελλάδα και να οριστεί το ιστόγραμμα κατανομής που ζητείται στο μοντέλο (Διάγραμμα 10.7).



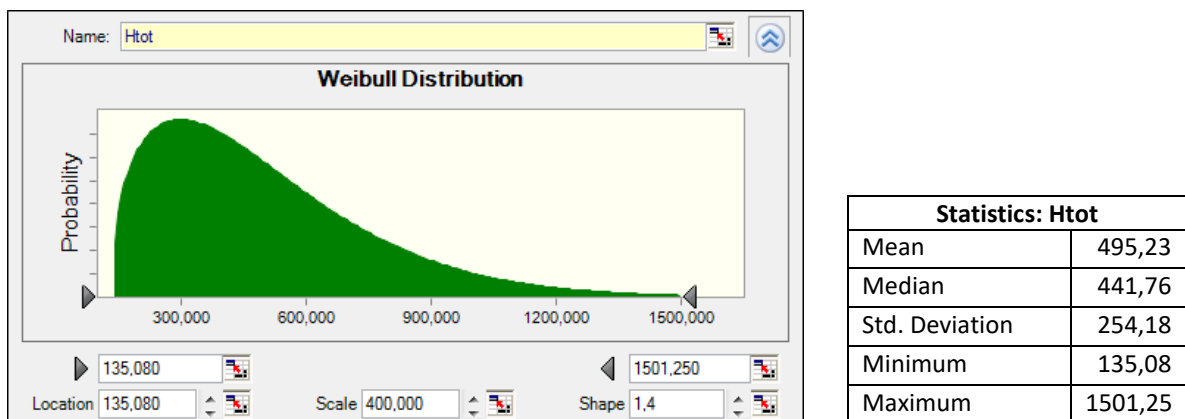
Διάγραμμα 10.7. Ιστόγραμμα συχνοτήτων H_{tot} στην ορεινή Ελλάδα και στατιστικά μεγέθη

Συγκρίνοντας την κατανομή του συντελεστή H_{tot} στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα (Εικόνα 10.3), φαίνεται πως ο συντελεστής παίρνει υψηλότερες τιμές στις ορεινές περιοχές, με μέση τιμή μεγαλύτερη κατά 13% και με μεγαλύτερες συχνότητες εμφάνισης των υψηλότερων τιμών (>400) σε σχέση με το επίπεδο της χώρας. Σημειώνεται ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής H_{tot} τόσο μεγαλύτερη είναι η συναλλαγή θερμότητας μεταξύ κτιρίου-περιβάλλοντος, επομένως, τόσο μεγαλύτερες είναι και οι θερμικές απώλειες. Οι μεγαλύτερες εμφανιζόμενες θερμικές απώλειες των κτιρίων των ορεινών περιοχών είναι αναμενόμενες, δεδομένου ότι στο σύνολο του υφιστάμενου κτιριακού δυναμικού, διπλάσια ορεινά σπίτια είναι χτισμένα πριν το 1960 σε σχέση με τα σπίτια στο σύνολο της χώρας (26% έναντι 13,5%). Πράγματι, είναι αυτά που εμφανίζουν τους μεγαλύτερους συντελεστές H_{tot} και διαφοροποιούν τον ορεινό χώρο. Ωστόσο, πέραν των παλαιών σπιτιών, ο συντελεστής δε φαίνεται να διαφοροποιείται σημαντικά ανάμεσα στους δύο πληθυσμούς. Το γεγονός αυτό αιτιολογείται, καθώς, παρά το παλαιότερο κτιριακό δυναμικό που υπάρχει στις ορεινές περιοχές, τα κτίρια που εξετάζονται ως προς το συντελεστή H_{tot} είναι αυτά των αντίστοιχων ερευνών, δηλαδή σπίτια που κατοικούνται και όχι σπίτια εγκαταλελειμμένα ή κλειστά, που υπάρχουν σε μεγάλο βαθμό στην ορεινή Ελλάδα. Τα κατοικούμενα σπίτια, λοιπόν, στις ορεινές περιοχές φαίνεται ότι είναι σχετικά νεότερα ή με κάποιον τρόπο ανακατασκευασμένα/αναβαθμισμένα, όπως και στο σύνολο της χώρας, με αποτέλεσμα να αντισταθμίζουν τη δυσμενή κατάσταση για το συντελεστή που διαμορφώνεται από το παλαιό κτιριακό δυναμικό.



Εικόνα 10.3. Σύγκριση ιστογράμματος συχνοτήτων H_{tot} στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

Με βάση το ιστόγραμμα συχνοτήτων του H_{tot} , η κατανομή πιθανότητας που επιλέχθηκε στο Crystal Ball είναι η κατανομή Weibull (Weibull Distribution), η οποία προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματική κατανομή του H_{tot} στις ορεινές περιοχές (Διάγραμμα 10.8).

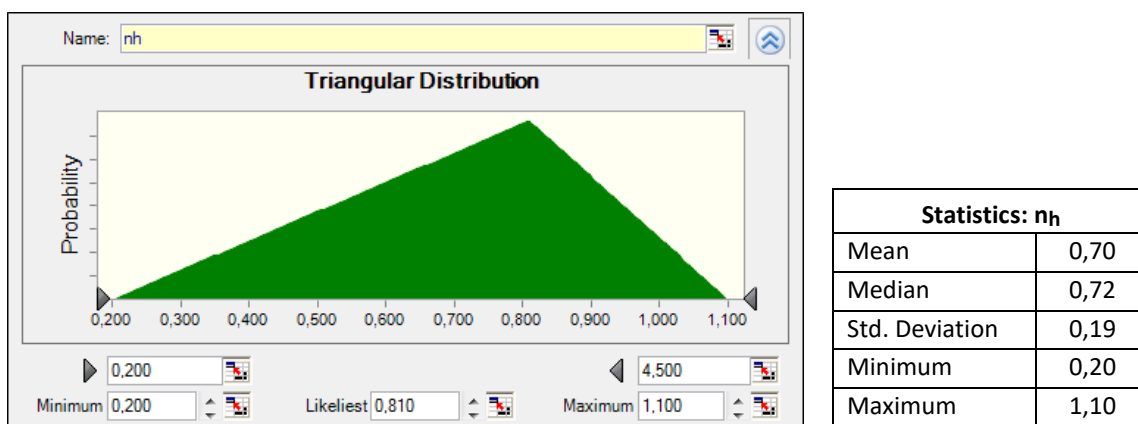


Διάγραμμα 10.8. Διάγραμμα πιθανότητας H_{tot} στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

4. η_1 : Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής θέρμανσης

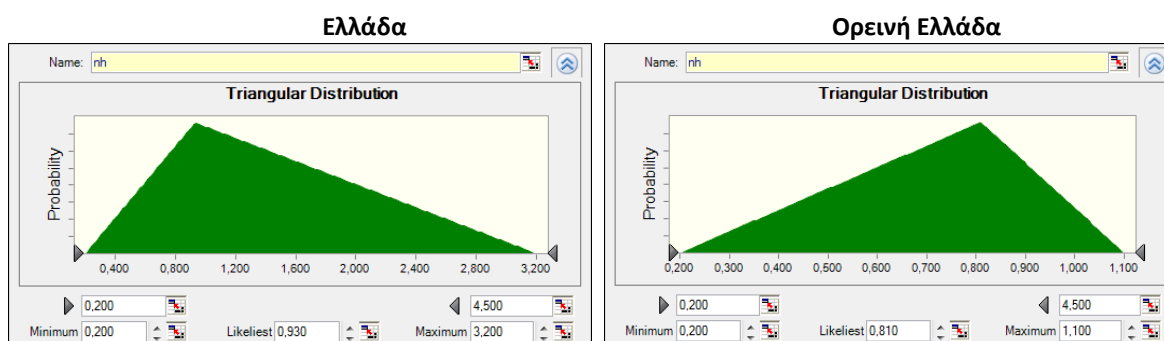
Ο προσδιορισμός της κατανομής του συντελεστή απόδοσης στις ορεινές περιοχές έγινε με τον τρόπο που περιγράφηκε στην Ενότητα 9.3 για την Ελλάδα, με μόνη διαφορά ότι η στάθμιση του συντελεστή έγινε με βάση τα ποσοστά χρήσης των συστημάτων θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα, όπως αυτά δηλώθηκαν στην έρευνα των ορεινών περιοχών (Διάγραμμα 8.3 του Κεφαλαίου 8). Στο Crystal Ball επιλέχθηκε η τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution), με πιθανότερη τιμή του συντελεστή το σταθμισμένο μέσο όρο η_1 (weighted average) για τις ορεινές περιοχές (0,81), δεδομένου ότι δε διακρίνεται ένα επικρατέστερο σύστημα θέρμανσης (Διάγραμμα 10.9).

Σημειώνεται ότι ως άνω όριο της τριγωνικής κατανομής λήφθηκε το 1,10, ώστε να αποφευχθεί η επιλογή πολλών ακραίων τιμών στις δοκιμές (στην προκειμένη οι ακραίες τιμές αφορούν στο κλιματιστικό και στην αντλία θερμότητας), οι οποίες θα κατέληγαν σε λιγότερο ρεαλιστικά αποτελέσματα.



Διάγραμμα 10.9. Διάγραμμα πιθανότητας n_h στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

Συγκρίνοντας την κατανομή του συντελεστή n_h στην ορεινή Ελλάδα με την κατανομή του στο επίπεδο της χώρας (Εικόνα 10.4), φαίνεται ότι αυτή παίρνει χαμηλότερες τιμές στις ορεινές περιοχές, καθώς 6 στα 10 ορεινά νοικοκυριά χρησιμοποιούν συστήματα θέρμανσης με καύσιμο καυσόξυλα ή πέλλετς (λέβητας, τζάκι ή σόμπα), χαμηλής, γενικά, ενεργειακής απόδοσης. Ειδικότερα, λόγω της εκτεταμένης χρήσης ξυλείας, οι ορεινές περιοχές εμφανίζουν σταθμισμένη μέση τιμή του συντελεστή απόδοσης μειωμένη κατά 24% (0,87 έναντι του 1,15 σε πανελλαδικό επίπεδο) σε σχέση με το σύνολο της χώρας. Κατά συνέπεια, αποδεικνύεται ότι η αποδοτικότητα των συστημάτων θέρμανσης και, κατ' επέκταση, η θερμότητα που αποδίδεται στο εσωτερικό των ορεινών σπιτιών είναι περίπου τα $\frac{3}{4}$ της αντίστοιχης αποδιδόμενης στο επίπεδο της χώρας.



Εικόνα 10.4. Σύγκριση τιμών n_h στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

5. η_c : Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής ψύξης

Για τον προσδιορισμό του συντελεστή ενεργειακής απόδοσης η_c στις ορεινές περιοχές επιλέχθηκε η ίδια κατανομή που χρησιμοποιήθηκε και στο επίπεδο της χώρας, η τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution) (Διάγραμμα 9.12).

6. E_{electr} : Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριού (KWh)

Για την παράμετρο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στις ορεινές περιοχές λήφθηκε η ίδια κατανομή που χρησιμοποιήθηκε και στο επίπεδο της χώρας, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν στοιχεία που να ορίζουν διαφοροποιήσεις στην κατανάλωση για τις ορεινές περιοχές. Εξάλλου, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και ζεστού νερού χρήσης βασίζονται σε μεγάλο ποσοστό σε διαμορφωμένες συνήθειες (αυτό που ονομάζουμε ευρύτερα πολιτιστικό περιβάλλον), που συνήθως δε διαφέρουν σημαντικά σε επίπεδο χώρας. Η συγκεκριμένη κατανομή που επιλέχθηκε στο Crystal Ball είναι η τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution) (Διάγραμμα 9.14).

7. E_{dhw} : Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης νοικοκυριού (KWh)

Ομοίως, για την παράμετρο κατανάλωσης ζεστού νερού χρήσης στις ορεινές περιοχές λήφθηκε η ίδια κατανομή που χρησιμοποιήθηκε και στο επίπεδο της χώρας (Διάγραμμα 9.15).

8. $\text{Price}_{\text{heat}}$: Τιμή μονάδας θέρμανσης (€/KWh)

Για τον προσδιορισμό της κατανομής της τιμής μονάδας θέρμανσης στις ορεινές περιοχές λήφθηκαν υπ' όψιν οι σχετικές διαφοροποιήσεις στις τιμές των καυσίμων. Το κόστος του πετρελαίου θέρμανσης στις ορεινές και απομονωμένες περιοχές είναι συνήθως υψηλότερο σε σχέση με το επίπεδο της χώρας, γεγονός που οφείλεται σε πολλούς και σύνθετους παράγοντες, όπως είναι το κόστος μεταφοράς, ο μειωμένος αριθμός πρατηρίων που οδηγεί συχνά σε ολιγοπωλιακή ή ακόμη και μονοπωλιακή αγορά αλλά και τα περιθώρια κέρδους των εταιρειών εμπορίας και των πρατηριούχων (Παπαδά et al. 2016). Κατά το έτος διεξαγωγής της έρευνας (2014), η τιμή μονάδας του πετρελαίου θέρμανσης εμφανίστηκε αυξημένη κατά 1,5%, κατά μέσο όρο, στις ορεινές περιοχές, σε σχέση με το επίπεδο της χώρας (Παπαδά et al. 2016). Σημειώνεται ότι οι -βάσει προσβασιμότητας- απομονωμένες περιοχές εμφάνισαν μέση αύξηση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης έως και 5,1% (Πίνακας 2.3 του Κεφαλαίου 2), όμως επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η υπολογισθείσα αύξηση για τις «καθαρά» ορεινές περιοχές, ως μία πιο συντηρητική προσέγγιση. Παράλληλα, το καύσιμο που εμφάνισε τη μεγαλύτερη αύξηση στις ορεινές περιοχές ήταν η ξυλεία. Η μεγάλη ζήτηση σε καυσόξυλα και πέλλετς στην ορεινή Ελλάδα (ένα στα δύο ορεινά νοικοκυριά χρησιμοποιεί ξυλεία ως κύριο καύσιμο θέρμανσης) οδήγησε το κόστος ξυλείας σε μία αύξηση της τάξης του 20%, κατά μέσο όρο, σε σχέση με το επίπεδο της

χώρας, σύμφωνα με έρευνα αγοράς. Σημειώνεται ότι στις ορεινές περιοχές η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας δε μεταβάλλεται, ενώ ταυτόχρονα δεν υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης σε καύσιμο φυσικού αερίου. Επίσης, η χρήση άλλων τύπων καυσίμων (πυρήνας, κηροζίνη, τηλεθέρμανση) δε λήφθηκαν υπ' όψιν καθώς καταλαμβάνουν ποσοστά χρήσης κάτω του 1,25%, σύμφωνα με την έρευνα των ορεινών περιοχών. Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι τιμές μονάδας των καυσίμων για τις ορεινές περιοχές διαμορφώνονται ως εξής (Πίνακας 10.1):

Πίνακας 10.1. Εύρος τιμής μονάδας (€/kWh) ανά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου στην ορεινή Ελλάδα, 2014 (Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. 2014, Παπαδά et al. 2016, Eurostat 2016, Έρευνα αγοράς)

Είδος καυσίμου	Min	Mean	Max
Πετρέλαιο	0,090	0,118	0,135
Ηλεκτρισμός	0,173	0,191	0,221
Καυσόξυλα	0,031	0,036	0,041
Πέλλετς	0,067	0,078	0,090
Υγραέριο (LPG)	0,104	0,129	0,160

Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν τα ποσοστά χρήσης των διαφόρων καυσίμων στις ορεινές περιοχές με βάση την έρευνα των ορεινών περιοχών (Πίνακας 10.2), με τη βοήθεια των οποίων υπολογίστηκε ο σταθμισμένος μέσος όρος της τιμής μονάδας θέρμανσης $Price_{heat}$ (weighted average) στην ορεινή Ελλάδα.

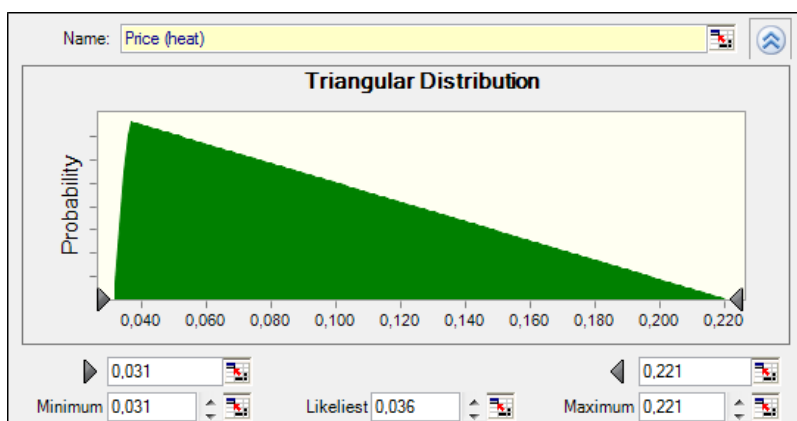
Πίνακας 10.2. Ποσοστά χρήσης κύριων καυσίμων στην ορεινή Ελλάδα (Πηγή: Έρευνα ορεινών περιοχών 2015)

Είδος καυσίμου	Ποσοστό χρήσης κύριου καυσίμου (%)
Πετρέλαιο	33,92
Ηλεκτρισμός	8,80
Καυσόξυλα & πέλλετς	56,03
Άλλο (υγραέριο, τηλεθέρμανση κ.ά)	1,25

Πιο συγκεκριμένα, αν P_i είναι το ποσοστό χρήσης κάθε καυσίμου και Pr_i η μέση τιμή μονάδας (Mean) ανά τύπο καυσίμου, ο σταθμισμένος μέσος όρος της τιμής μονάδας θέρμανσης υπολογίζεται ως εξής:

$$Price_{heat(\text{weighted average})} = \sum_{i=1}^4 P_i \cdot Pr_i$$

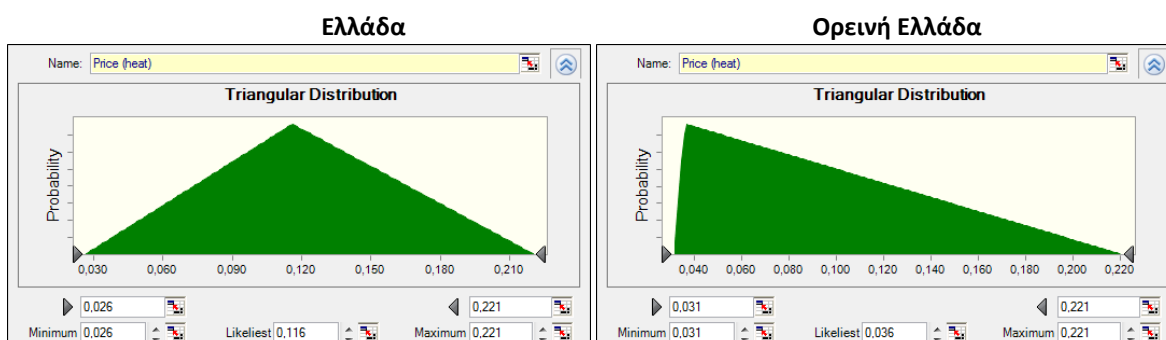
Σημειώνεται ότι για τον υπολογισμό της σταθμισμένης μέσης τιμής, η τιμή μονάδας καυσόξυλων & πέλλετς λήφθηκε ως ο μέσος όρος των δύο, από τον Πίνακα 10.1. Για την προσομοίωση της κατανομής του Price_{heat} στο Crystal Ball επιλέχθηκε η τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution), με πιθανότερη τιμή αυτή του επικρατέστερου καυσίμου, των καυσόξυλων, και, ελάχιστη και μέγιστη τις αντίστοιχες του Πίνακα 10.1. (Διάγραμμα 10.10).



Statistics: Price _{heat}	
Mean	0,096
Median	0,088
Std. Deviation	0,044
Minimum	0,031
Maximum	0,221

Διάγραμμα 10.10. Διάγραμμα πιθανότητας price_{heat} στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη, 2014

Συγκρίνοντας την κατανομή της τιμής μονάδας θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα με την κατανομή της στο επίπεδο της χώρας (Εικόνα 10.5), φαίνεται ότι στο μεγαλύτερο μέρος τους, τα νοικοκυριά των ορεινών περιοχών θερμαίνονται με χαμηλότερο κόστος σε σχέση με το επίπεδο της χώρας. Ειδικότερα, παρά την αυξημένη τιμή μονάδας των καυσίμων (και ειδικότερα του ξύλου) στις ορεινές περιοχές σε σχέση με το επίπεδο της χώρας, το ξύλο δεν παύει να αποτελεί, με διαφορά, το φθηνότερο καύσιμο. Κατά συνέπεια, η χρήση ξυλείας από το 56% του ορεινού πληθυσμού, οδηγεί τελικά σε σταθμισμένη μέση τιμή μονάδας θέρμανσης μειωμένη κατά 22% στις ορεινές περιοχές (0,090 έναντι του 0,116 σε πανελλαδικό επίπεδο), καθώς το επικρατέστερο καύσιμο στο επίπεδο της χώρας (πετρέλαιο) έχει τριπλάσιο κόστος μονάδας από το αντίστοιχο επικρατέστερο των ορεινών περιοχών (καυσόξυλα).



Εικόνα 10.5. Σύγκριση τιμών price_{heat} στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

9. Price_{cool}: Τιμή μονάδας ψύξης (€/KWh)

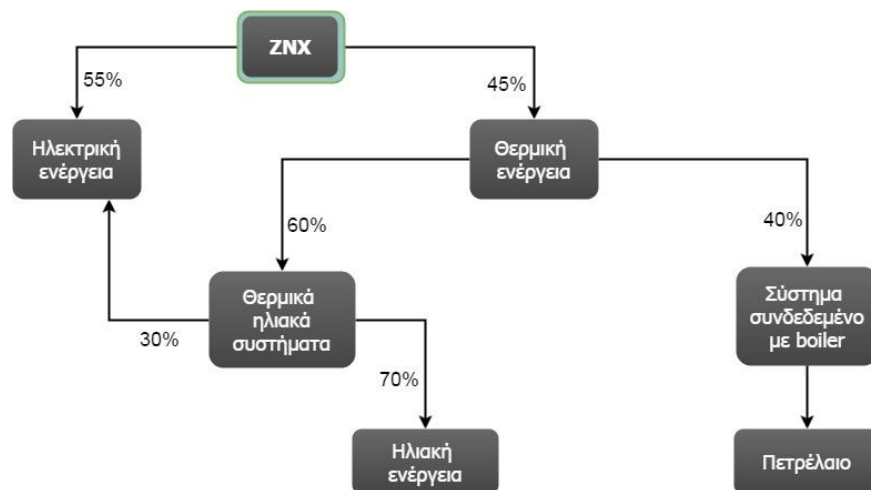
Για τον προσδιορισμό του συντελεστή ενεργειακής απόδοσης η_c στις ορεινές περιοχές επιλέχθηκε η ίδια κατανομή που χρησιμοποιήθηκε και στο επίπεδο της χώρας (Διάγραμμα 9.17).

10. Price_{electr}: Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας (€/KWh)

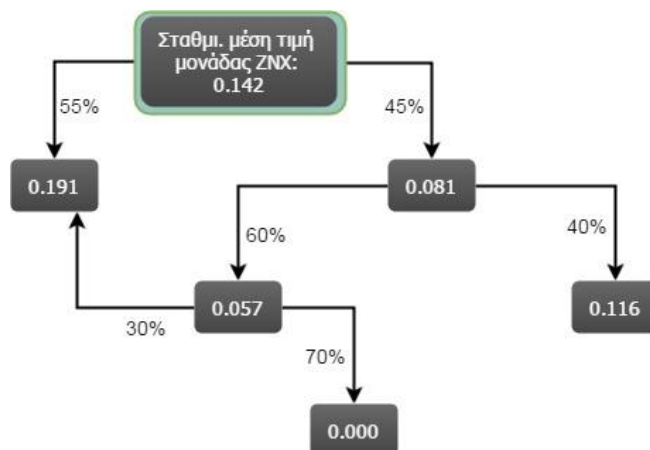
Ομοίως, επιλέχθηκε η ίδια κατανομή για την τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας (Διάγραμμα 9.18).

11. Price_{dhw}: Τιμή μονάδας ζεστού νερού χρήσης (€/KWh)

Για τον προσδιορισμό της τιμής μονάδας ζεστού νερού χρήσης στις ορεινές περιοχές εφαρμόστηκε η ίδια μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τη χώρα, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν στοιχεία που να ορίζουν διαφοροποιήσεις της συγκεκριμένης παραμέτρου για τις ορεινές περιοχές. Η μόνη διαφορά που λήφθηκε υπ' όψιν είναι ότι τα συστήματα που είναι συνδεδεμένα με την κεντρική θέρμανση (boiler) για παραγωγή ZNX χρησιμοποιούν ως καύσιμο το πετρέλαιο - και όχι φυσικό αέριο, το οποίο δε χρησιμοποιείται στις ορεινές περιοχές-. Η κάλυψη της ζήτησης σε ZNX και η σταθμισμένη μέση τιμή μονάδας ZNX για τον ορεινό χώρο αναλύονται στα Διαγράμματα 10.11 και 10.12.



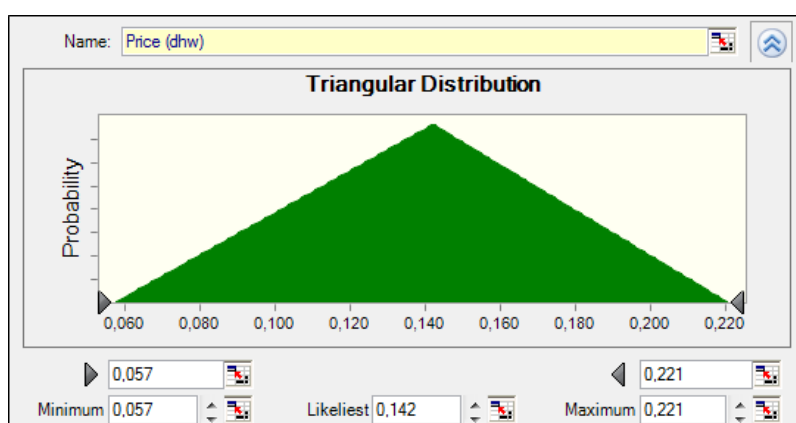
Διάγραμμα 10.11. Κάλυψη της ζήτησης σε ZNX στην ορεινή Ελλάδα



Διάγραμμα 10.12. Διαμόρφωση σταθμισμένης μέσης τιμής μονάδας ΖΝΧ (€/KWh) στην ορεινή Ελλάδα κατ' αναλογία με το Διάγραμμα 10.11, 2014

Όπως φαίνεται, δεν υπάρχει ουσιαστική διαφοροποίηση στην τιμή μονάδας ΖΝΧ για τις ορεινές περιοχές (αύξηση μόλις 0,002€). Μάλιστα, αν ληφθεί υπ' όψιν η κατά προσέγγιση ανάλυση λόγω της μεταβαλλόμενης χρήσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας για ζεστό νερό, η διαφορά αυτή θεωρείται αμελητέα.

Η τιμή μονάδας ΖΝΧ στο Crystal Ball προσομοιώνεται με μια τριγωνική κατανομή (Triangular Distribution), με πιθανότερη τιμή τη σταθμισμένη μέση τιμή μονάδας ΖΝΧ που υπολογίστηκε. Ως ελάχιστη και μέγιστη τιμή λαμβάνονται οι αντίστοιχες περιπτώσεις που μπορεί να εμφανιστούν σε ένα σπίτι (χρήση θερμικού ηλιακού συστήματος και χρήση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα, αντίστοιχα) (Διάγραμμα 10.13).



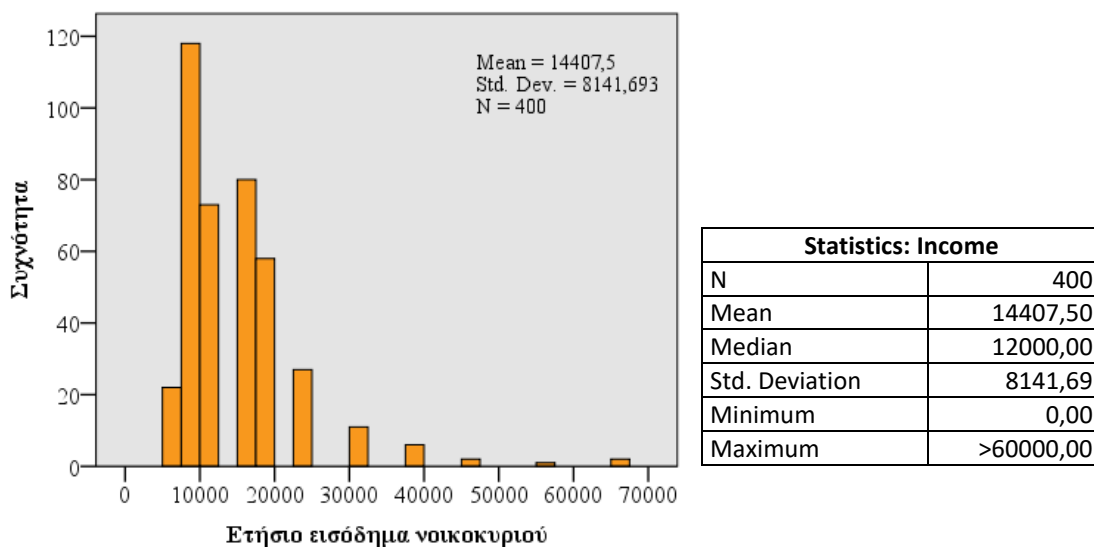
Statistics: Pricedhw	
Mean	0,140
Median	0,140
Std Deviation	0,033
Minimum	0,057
Maximum	0,221

Διάγραμμα 10.13. Διάγραμμα πιθανότητας Pricedhw στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

12. Income: Ετήσιο εισόδημα νοικοκυριού (€)

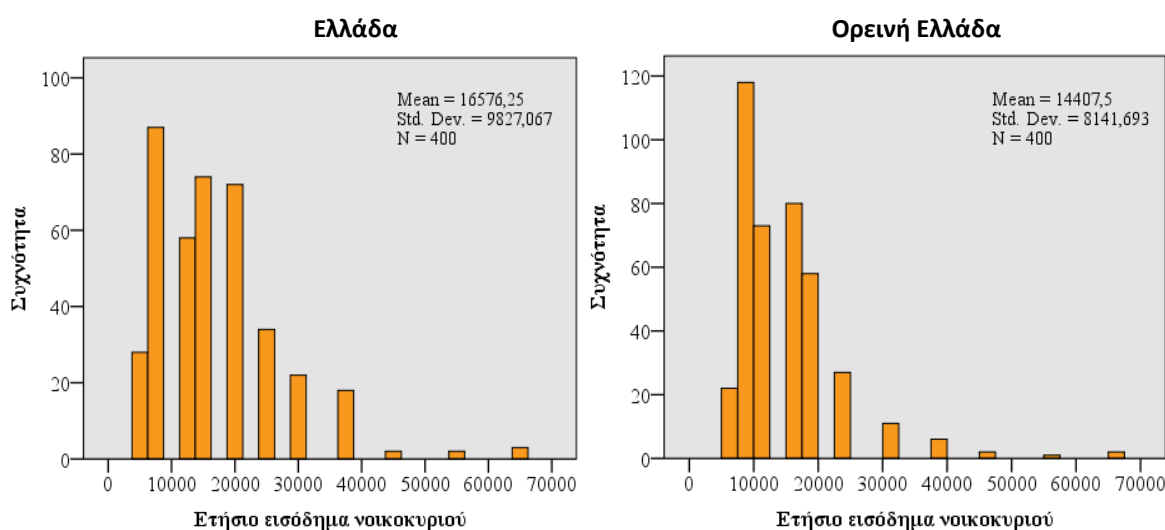
Για τον προσδιορισμό της κατανομής των εισοδημάτων στην ορεινή Ελλάδα χρησιμοποιήθηκε η έρευνα των ορεινών περιοχών, που αφορά στα εισοδήματα 2014, καθώς δεν υπάρχουν επίσημα

στοιχεία εισοδημάτων για τις ορεινές περιοχές. Η κατανομή των εισοδημάτων του 2014 στην ορεινή Ελλάδα, φαίνεται στο Διάγραμμα 10.14.



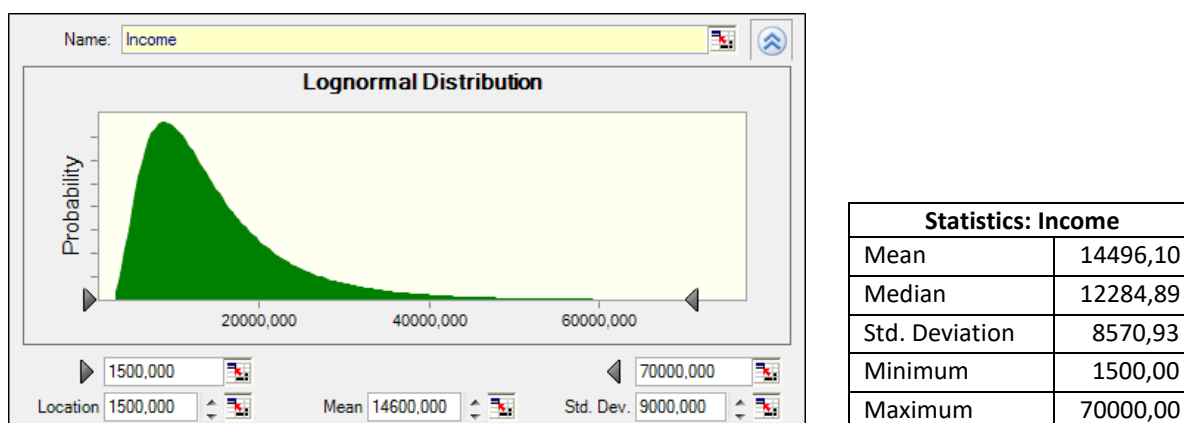
Διάγραμμα 10.14. Ιστογράμμα συχνοτήτων εισοδημάτων (Income) στην ορεινή Ελλάδα και στατιστικά μεγέθη, 2014

Συγκρίνοντας τις κατανομές εισοδημάτων στην ορεινή Ελλάδα σε σχέση με το επίπεδο της χώρας (Εικόνα 10.6), προκύπτει ότι οι ορεινές περιοχές έχουν κατά μέσο όρο 13% χαμηλότερα εισοδήματα (με μέσο εισόδημα τα 14.408€ έναντι των 16.576€ στο σύνολο της χώρας). Βασική διαφορά των κατανομών είναι ο μεγαλύτερος αριθμός χαμηλότερων εισοδημάτων ($\leq 10.000\text{€}$ ετησίως) στις ορεινές περιοχές.



Εικόνα 10.6. Σύγκριση ιστογράμματος συχνοτήτων Income στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

Στο Crystal Ball, η κατανομή εισοδήματος για τις ορεινές περιοχές προσεγγίζεται ικανοποιητικά μέσω της λογαριθμοκανονικής κατανομής (Lognormal Distribution), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 10.15. Σημειώνεται ότι στην έρευνα των ορεινών περιοχών, το κατώτερο όριο εκφράζεται ως διάστημα 0-5.000€ ενώ το ανώτερο όριο περιλαμβάνει εισοδήματα >60.000€. Τα όρια που λαμβάνονται στο Crystal Ball ως κατώτερη και ανώτερη τιμή είναι τα ίδια με της Ελλάδας (1.500€ και 70.000€, αντίστοιχα).



Διάγραμμα 10.15. Διάγραμμα πιθανότητας εισοδημάτων (Income) στο Crystal Ball και στατιστικά μεγέθη

10.1 Τεχνικές βελτιστοποίησης

Για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας στα αποτελέσματα της προσομοίωσης Monte-Carlo, χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες τεχνικές βελτιστοποίησης που εφαρμόστηκαν και στο επίπεδο της χώρας, προσαρμοσμένες όμως στις συνθήκες των ορεινών περιοχών:

4. Εισαγωγή συσχετίσεων στις μεταβλητές εισόδου

Προσδιορίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης Spearman μεταξύ των μεταβλητών εκείνων των οποίων η πραγματική κατανομή είναι γνωστή και έχει προσδιοριστεί αξιόπιστα μέσω του ιστογράμματος συχνότητας (από την έρευνα των ορεινών περιοχών) ή έχει προσομοιωθεί μέσω του προγράμματος Crystal Ball. Οι μεταβλητές εκείνες οι οποίες λαμβάνονται στο μοντέλο ως επικρατέστερες ή μέσες τιμές εμφάνισης (n_c , $price_{cool}$, E_{electr} , $price_{electr}$, E_{dhw} , $price_{dhw}$) δεν εξετάζονται ως προς τη συσχέτισή τους με άλλες. Οι συσχετίσεις Spearman μεταξύ των έξι μεταβλητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.3.

Πίνακας 10.3. Αποτελέσματα συσχετίσεων Spearman μεταξύ μεταβλητών του μοντέλου για την ορεινή Ελλάδα (SPSS)

Correlations								
			Income	nh	Price (heat)	HDD	CDD	Htot
Spearman's rho	Income	Correl. Coefficient	1,000	,198**	,149**	,209**	-,137**	-,126*
		Sig. (2-tailed)	.	,000	,003	,000	,006	,012
		N	400	400	400	400	400	400
	nh	Correl. Coefficient	,198**	1,000	,894**	,001	,028	-,115*
		Sig. (2-tailed)	,000	.	,000	,982	,580	,021
		N	400	400	400	400	400	400
	Price (heat)	Correl. Coefficient	,149**	,894**	1,000	-,077	,068	-,114*
		Sig. (2-tailed)	,003	,000	.	,124	,176	,022
		N	400	400	400	400	400	400
	HDD	Correl. Coefficient	,209**	,001	-,077	1,000	-,871**	-,087
		Sig. (2-tailed)	,000	,982	,124	.	,000	,082
		N	400	400	400	400	400	400
	CDD	Correl. Coefficient	-,137**	,028	,068	-,871**	1,000	,045
		Sig. (2-tailed)	,006	,580	,176	,000	.	,365
		N	400	400	400	400	400	400
	Htot	Correl. Coefficient	-,126*	-,115*	-,114*	-,087	,045	1,000
		Sig. (2-tailed)	,012	,021	,022	,082	,365	.
		N	400	400	400	400	400	400

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

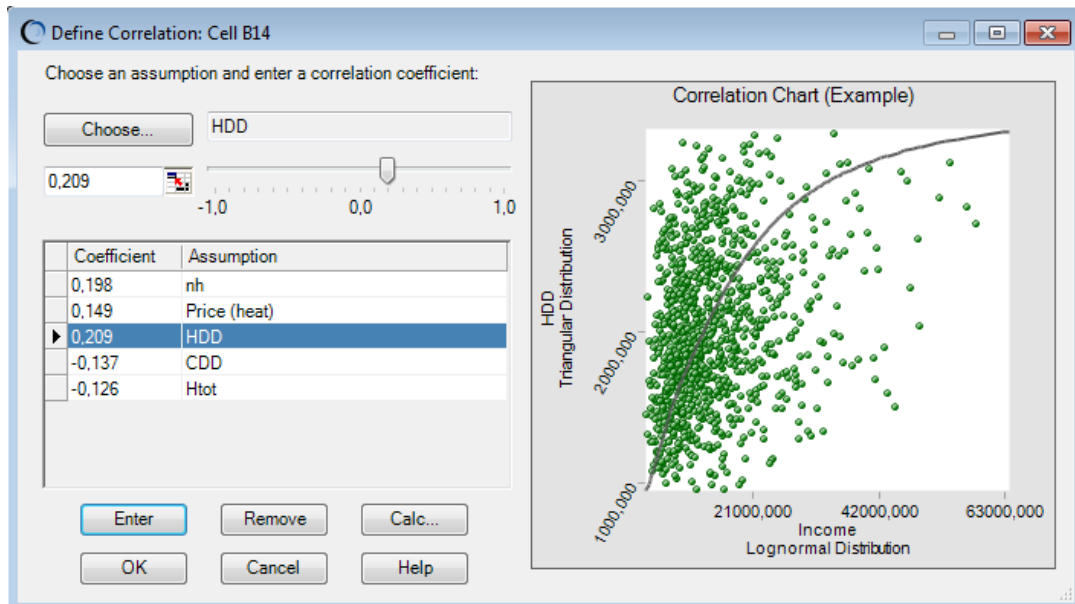
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Οι συσχετίσεις Spearman που προκύπτουν από τον παραπάνω πίνακα (όπου $p\text{-value} < 0,05$) είναι οι εξής:

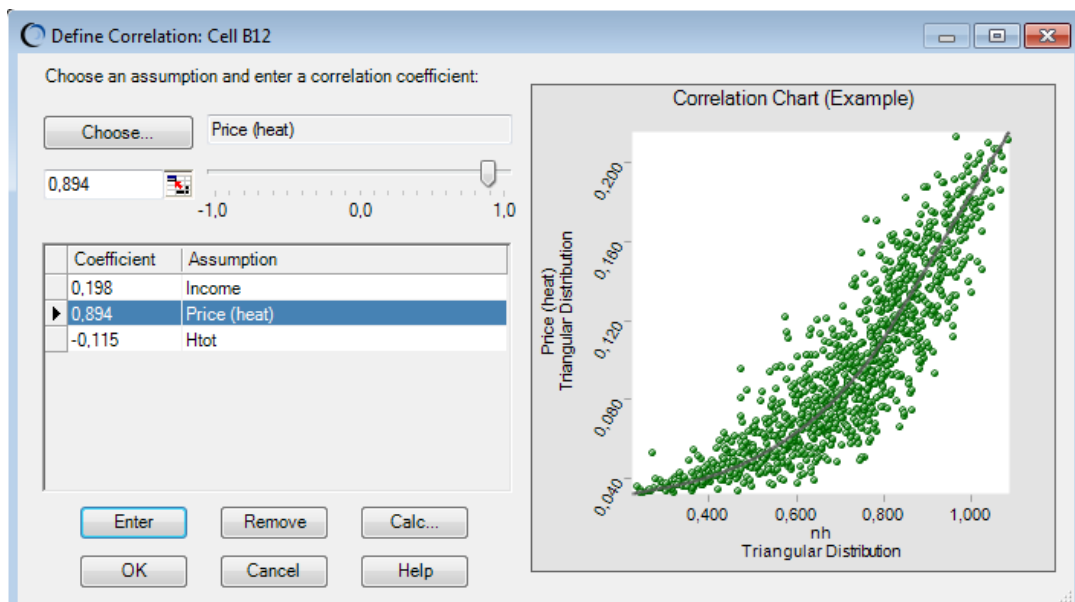
- Income – n_h : 0,198
- Income – Price_{heat}: 0,149
- Income – HDD: 0,209
- Income – CDD: -0,137
- Income – H_{tot}: -0,126
- n_h – Price_{heat}: 0,894
- n_h – H_{tot}: -0,115
- Price_{heat} – H_{tot}: -0,114
- HDD – CDD: -0,871

Φαίνεται ότι υπάρχουν περισσότερες συσχετιζόμενες παράμετροι στην περίπτωση των ορεινών περιοχών, με έμφαση στην παράμετρο του εισοδήματος, η οποία, αν και με μικρό συντελεστή Spearman, συσχετίζεται με όλες σχεδόν τις παραμέτρους σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας

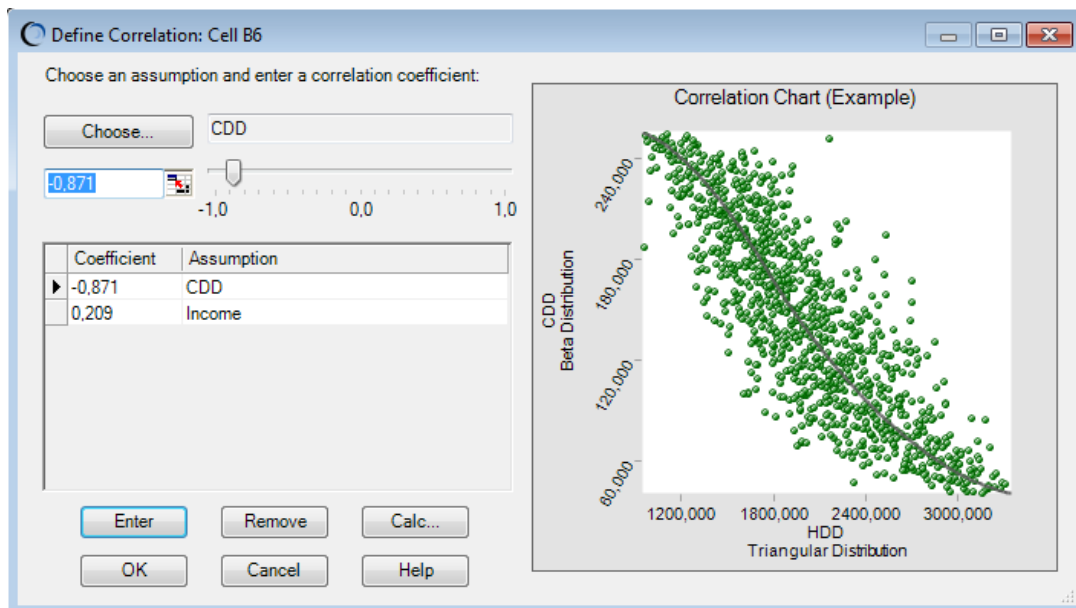
1%. Οι ισχυρότερες συσχετίσεις εμφανίζονται μεταξύ των συστημάτων θέρμανσης και της τιμής θέρμανσης (θετική συσχέτιση) καθώς και μεταξύ των βαθμομερών θέρμανσης και των βαθμομερών ψύξης (αρνητική συσχέτιση), όπως ακριβώς προέκυψε και στο πανελλαδικό μοντέλο. Στις Εικόνες 10.7, 10.8 και 10.9 απεικονίζονται οι συσχετίσεις Spearman, όπως αυτές εισάγονται στο Crystal Ball. Στα αριστερά φαίνονται οι εισαγόμενες συσχετίσεις και στα δεξιά απεικονίζεται η αντίστοιχη ισχυρότερη συσχέτιση.



Εικόνα 10.7. Συσχετίσεις Spearman μεταξύ Income-nh, Income-Price_{heat}, Income-HDD, Income-CDD, Income-H_{tot}, στο Crystal Ball



Εικόνα 10.8. Συσχετίσεις Spearman μεταξύ nh-Income, nh-Price_{heat}, nh-H_{tot} στο Crystal Ball



Εικόνα 10.9. Συσχετίσεις Spearman μεταξύ HDD-CDD, HDD-Income στο Crystal Ball

5. Βελτιστοποίηση στοιχείων εισόδου:

Εφαρμόστηκε η ίδια τεχνική με το επίπεδο της χώρας (προσαρμογή άνω και κάτω ορίων, συνεχής βελτιστοποίηση κατανομών).

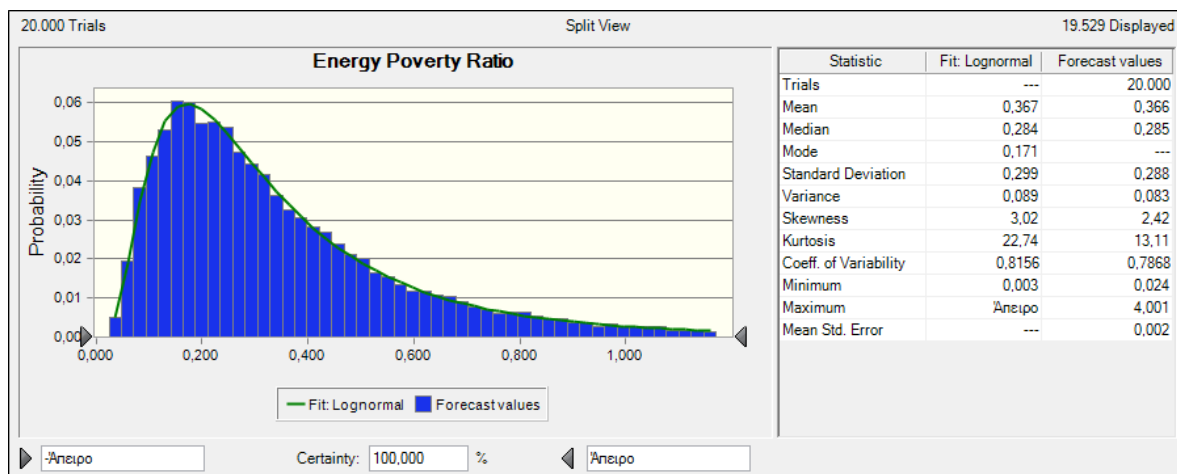
6. Διαδοχική αύξηση του αριθμού των δοκιμών (trials / iterations)

Ομοίως, εφαρμόστηκε η ίδια τεχνική με το επίπεδο της χώρας, αυξάνοντας διαδοχικά τον αριθμό των δοκιμών από τις 500 στις 20.000, όπου τα αποτελέσματα πλέον σταθεροποιούνται με ασφάλεια.

10.2 Αποτελέσματα επίλυσης του Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας για την ορεινή Ελλάδα

10.2.1 Αποτελέσματα Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας

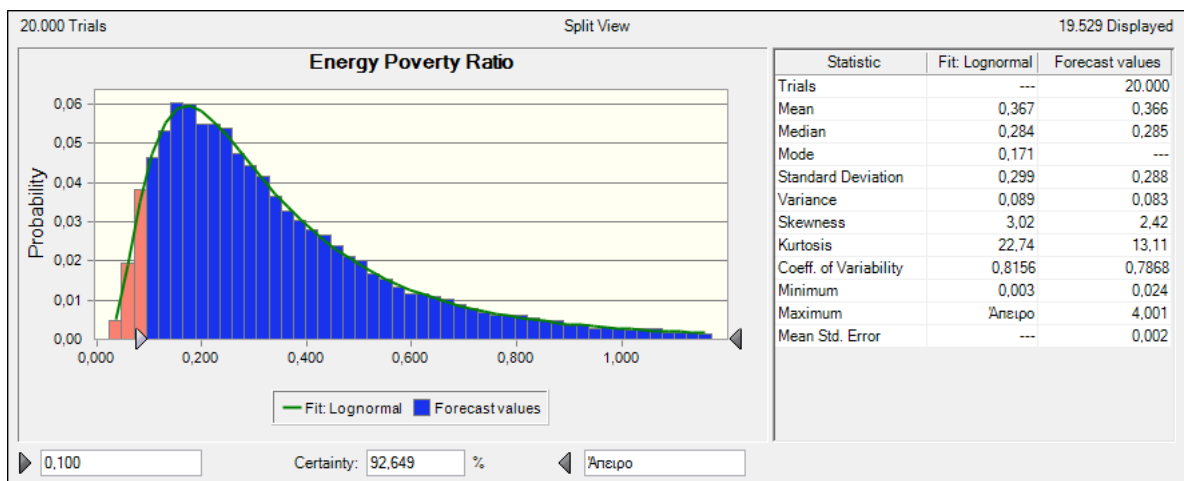
Το ιστόγραμμα του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας και τα αντίστοιχα στατιστικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 10.16.



Διάγραμμα 10.16. Ιστόγραμμα Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα βάσει του SMEP

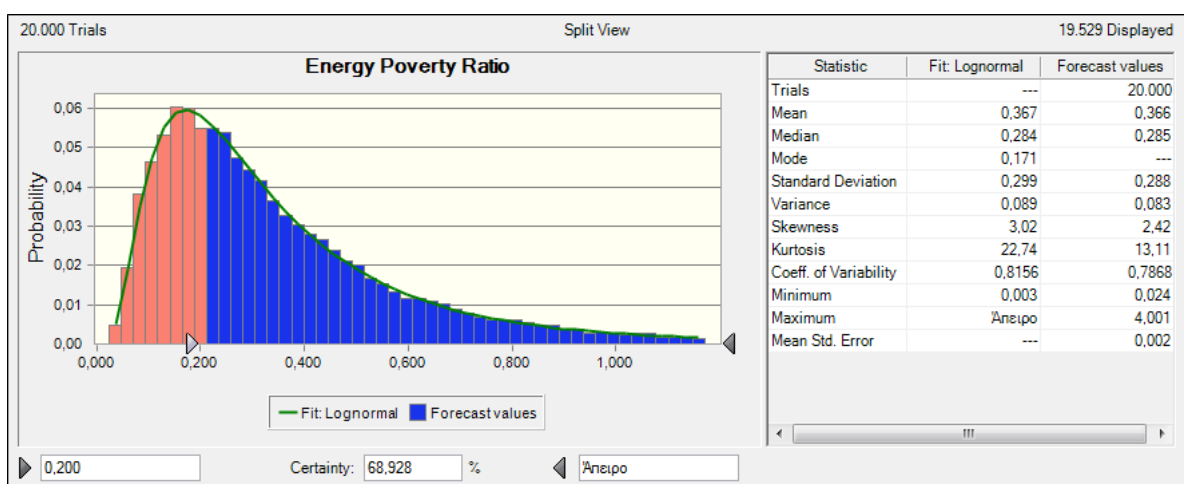
Η κατανομή που ακολουθεί ο Λόγος Ενεργειακής Φτώχειας (Energy Poverty Ratio) στις ορεινές περιοχές είναι η λογαριθμοκανονική (Mean=0,37, SD=0,29). Το πρώτο, λοιπόν, βασικό στοιχείο που εξάγεται από το ιστόγραμμα είναι ότι τα νοικοκυριά των ορεινών περιοχών θα έπρεπε να ξοδεύουν κατά μέσο όρο το 37% του εισοδήματός τους σε δαπάνες ενέργειας, προκειμένου να ικανοποιήσουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες, ποσοστό διπλάσιο από το επίπεδο της χώρας και σχεδόν τετραπλάσιο αυτού που θεωρείται ως όριο για τον υπολογισμό της ενεργειακής φτώχειας.

Κατά συνέπεια, η ενεργειακή φτώχεια στην ορεινή Ελλάδα (Διάγραμμα 10.17) εκτοξεύεται στο ποσοστό του 92,6%. Με άλλα λόγια, 9 στα 10 νοικοκυριά στις ορεινές περιοχές χρειάζεται να δαπανήσουν ένα υψηλό ποσοστό του εισοδήματός τους προκειμένου να ικανοποιήσουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες. Το αντίστοιχο αποτέλεσμα, βάσει του καταβληθέντος κόστους από την έρευνα ορεινών περιοχών, υπολογίστηκε στο 73,5%, που είναι και πάλι ένα εξαιρετικά υψηλό ποσοστό (με μέσο ποσοστό Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας 18%) αλλά χαμηλότερο, γεγονός που συνεπάγεται συμπύεση των ενεργειακών αναγκών που ικανοποιούνται τελικά στην καθημερινότητα. Με όποιον τρόπο κι αν προσεγγιστεί η ενεργειακή φτώχεια, το πρώτο επίπεδο ερμηνείας είναι κοινό: οι ορεινές περιοχές πλήττονται βαθιά από το φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας. Ωστόσο, το αποτέλεσμα βάσει των αντικειμενικών αναγκών αποκαλύπτει ότι η ενεργειακή φτώχεια στις ορεινές κοινωνίες έχει εξελιχθεί σε σχεδόν καθολικό κοινωνικό φαινόμενο, βυθίζοντας το σύνολο σχεδόν της ορεινής επικράτειας σε ενεργειακή αποστέρηση και υποβαθμίζοντας σημαντικά την ποιότητα ζωής των κατοίκων.



Διάγραμμα 10.17. Ιστόγραμμα Ενεργειακής Φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα βάσει του SMEP (η μπλε περιοχή)

Επίσης, η ακραία ενεργειακή φτώχεια, με βάση το όριο του 20%, υπολογίζεται στο ποσοστό του 68,9% (Διάγραμμα 10.18) έναντι του 32,8% που υπολογίστηκε στην έρευνα των ορεινών περιοχών βάσει του συμβατικού τρόπου. Το αποτέλεσμα δείχνει ότι, αν 9 στα 10 νοικοκυριά αδυνατούν να ικανοποιήσουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες και καταβάλλουν ένα δυσανάλογο βαρύ τίμημα, τα 7 από αυτά βιώνουν ακόμη πιο σοβαρή κατάσταση. Ένα ποσοστό της τάξης του 70% ως ακραία ενεργειακή φτώχεια στην ορεινή Ελλάδα είναι ένα άκρως ανησυχητικό εύρημα, το οποίο απορρέει από ένα δυσμενή συνδυασμό κρίσιμων παραγόντων.



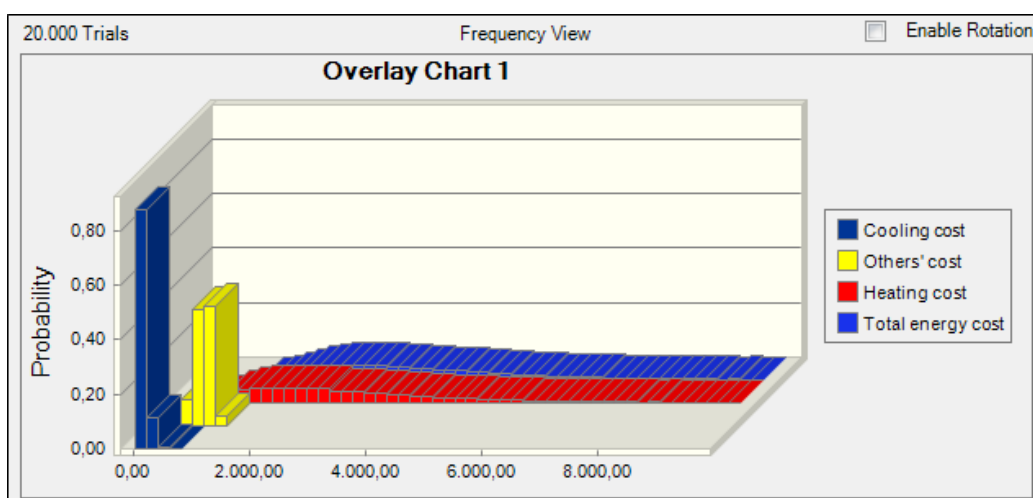
Διάγραμμα 10.18. Ιστόγραμμα Ακραίας Ενεργειακής Φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα βάσει του SMEP (η μπλε περιοχή)

10.2.2 Άλλα αποτελέσματα απαιτούμενου ενεργειακού κόστους

Πέρα από την κύρια μεταβλητή του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας, υπολογίζονται οι ακόλουθες μεταβλητές εξόδου, που αφορούν στο απαιτούμενο ενεργειακό κόστος, σύμφωνα με τις Εξιιώσεις 9.8-9.11:

- Κόστος θέρμανσης (Heating cost)
- Κόστος ψύξης (Cooling cost)
- Κόστος λοιπών αναγκών (ηλεκτρισμού και ZNX) (Others' cost)
- Συνολικό ενεργειακό κόστος (Total energy cost)

Τα αποτελέσματα των μεταβλητών κόστους παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 10.19 και στον Πίνακα 10.4. Όπως φαίνεται, τα θερμικά φορτία είναι αυτά που διαμορφώνουν την τελική εικόνα ενεργειακού κόστους στις ορεινές περιοχές, καθώς το μέσο κόστος θέρμανσης υπερκαλύπτει όλα τα υπόλοιπα ενεργειακά κόστη, σε αναλογία 3,5:1. Υπενθυμίζεται ότι η αντίστοιχη αναλογία σε πανελλαδικό επίπεδο είναι περίπου 1:1. Κατά μέσο όρο, ένα νοικοκυριό στην ορεινή Ελλάδα θα έπρεπε να ξοδεύει 3.116,00€ (Mean=3.116,00, SD=1.986,30) ετησίως για θέρμανση, 115,00€ (Mean=114,55, SD=81,37) για ψύξη και 778,00€ (Mean=777,98, SD=127,23) για ηλεκτρισμό και ζεστό νερό χρήσης. Αντί αυτών, σύμφωνα με την έρευνα των ορεινών περιοχών, ένα νοικοκυριό ξοδεύει κατά μέσο όρο 1.230,00€ ετησίως για θέρμανση και 1.013,00€ για τις υπόλοιπες ανάγκες. Υπενθυμίζεται ότι οι «υπόλοιπες ανάγκες» στην έρευνα των ορεινών περιοχών περιλαμβάνουν και τυχόν κόστος θέρμανσης που καλύπτεται μέσω ηλεκτρισμού. Φαίνεται, λοιπόν, ότι το καταβληθέν ενεργειακό κόστος στην ορεινή Ελλάδα υπολείπεται σημαντικά του αντίστοιχου απαιτούμενου, ειδικά για τη θέρμανση, γεγονός που φανερώνει την πολύ μεγάλη συμπίεση των αναγκών που έχουν υποστεί τα ορεινά νοικοκυριά, σε σχέση με τις πραγματικές τους ανάγκες, στοιχείο το οποίο αναλύεται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 12.



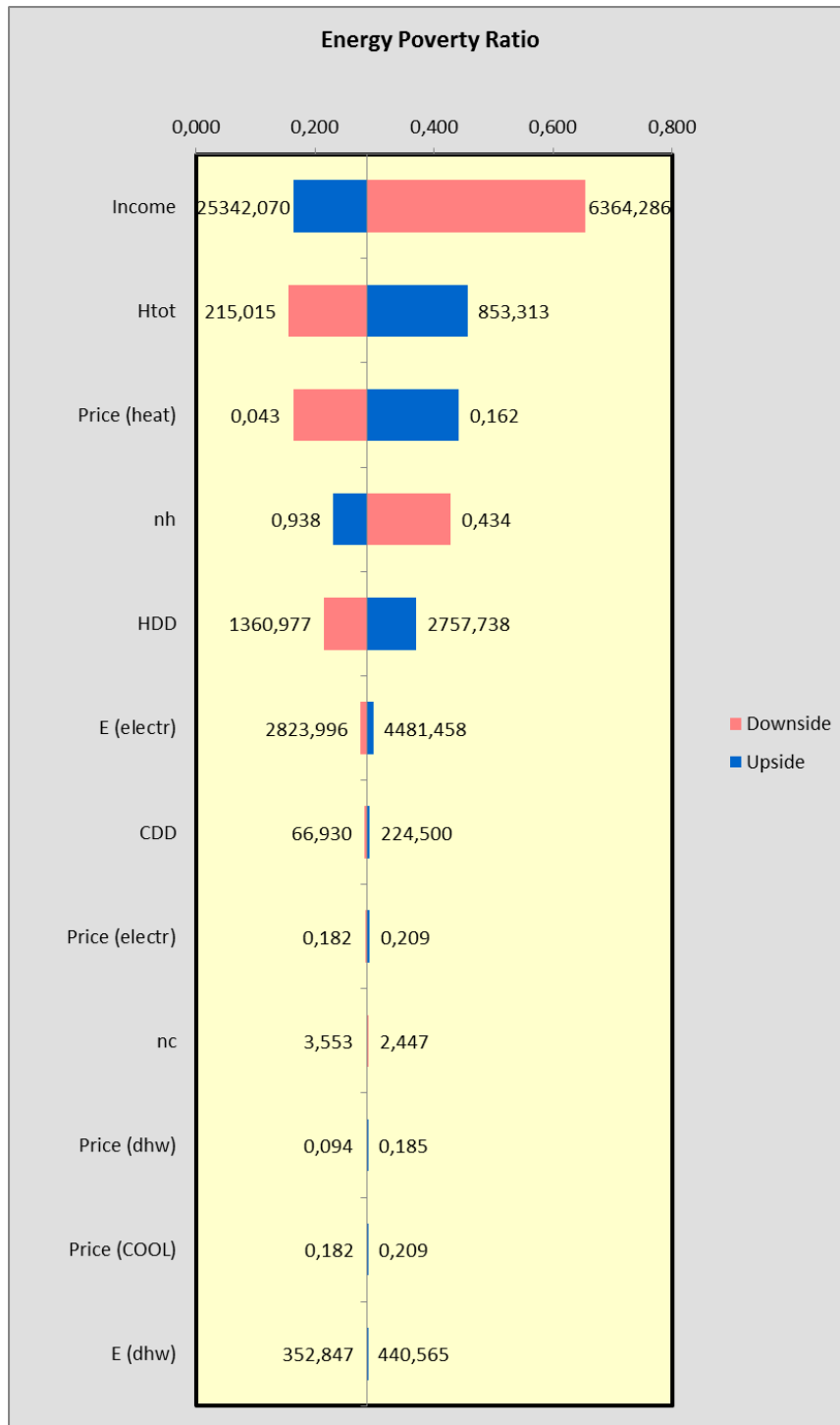
Διάγραμμα 10.19. Κατανομή απαιτούμενου ενεργειακού κόστους στην ορεινή Ελλάδα βάσει του SMEP (€)

Πίνακας 10.4. Αποτελέσματα απαιτούμενου ενεργειακού κόστους στην ορεινή Ελλάδα βάσει του SMEP (€)

Statistic	Κόστος θέρμανσης	Κόστος ψύξης	Κόστος λοιπών αναγκών	Συνολικό ενεργειακό κόστος
Trials	20000	20000	20000	20000
Mean	3116,00	114,55	777,98	4008,52
Median	2616,15	92,52	787,29	3514,82
Stand. Deviation	1986,30	81,37	127,23	2018,12
Variance	3945389,63	6620,80	16186,35	4072789,28
Skewness	1,64	1,62	-0,20	1,60
Kurtosis	7,00	6,51	2,50	6,80
Coeff. of Variability	0,64	0,71	0,16	0,50
Minimum	240,35	7,70	420,97	1015,52
Maximum	18958,62	628,80	1147,01	19863,96
Mean Std. Error	14,05	0,58	0,90	14,27

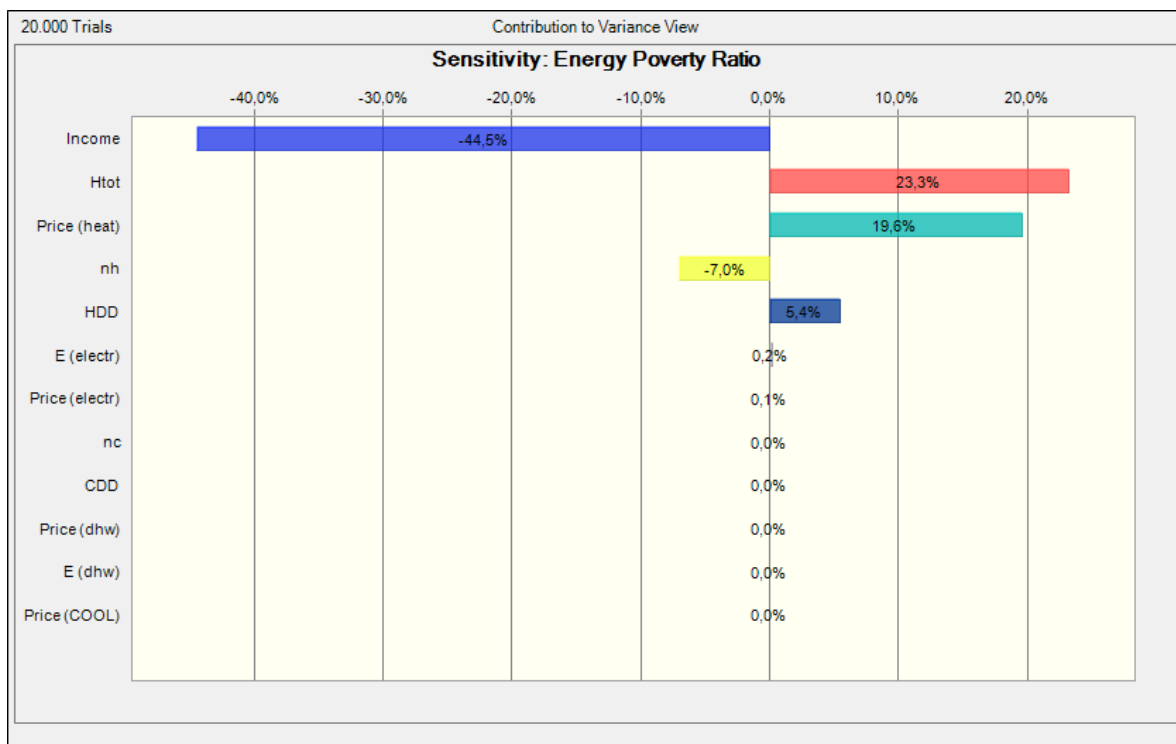
10.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας δίνει τη δυνατότητα προσδιορισμού της επίδρασης κάθε παραμέτρου στο φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας για την υπό μελέτη περίπτωση, τις ορεινές περιοχές της Ελλάδας, με στόχο να διαμορφωθούν οι κατάλληλες κατευθύνσεις πολιτικής για την αντιμετώπιση του προβλήματος, προσαρμοσμένες στις ιδιαίτερες ανάγκες των ορεινών περιοχών. Για την παραγωγή του διαγράμματος ευαισθησίας ελέγχθηκαν οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται, όπως αυτές περιγράφηκαν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 9 (Ενότητα 9.5.3) και αφορούν στην απενεργοποίηση των συσχετίσεων στις μεταβλητές εισόδου, στη διασφάλιση μονοτονικών σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών εισόδου και εξόδου, καθώς και στη διασφάλιση υψηλού αριθμού δοκιμών για την παροχή επαρκούς ακρίβειας. Για τη διασφάλιση μονοτονικής σχέσης μεταξύ των μεταβλητών εισόδου – εξόδου παράχθηκε το Tornado Chart (Διάγραμμα 10.20), από το οποίο προκύπτει ότι οι σχέσεις των παραμέτρων με το Λόγο Ενεργειακής Φτώχειας είναι μονοτονικές. Για λόγους ασφάλειας και ακρίβειας, διατηρήθηκε ο υψηλός αριθμός δοκιμών (20.000 δοκιμές).



Διάγραμμα 10.20. Tornado chart

Το παραγόμενο Διάγραμμα ευαισθησίας (Sensitivity chart) φαίνεται στο Διάγραμμα 10.21. Στον Πίνακα 10.5 παρουσιάζονται τα ποσοστά της επίδρασης κάθε παραμέτρου στο Λόγο Ενεργειακής Φτώχειας αλλά και οι επιμέρους συντελεστές συσχέτισης (Rank Correlation Coefficients) που παράγονται.



Διάγραμμα 10.21. Διάγραμμα ευαισθησίας (Sensitivity Chart) του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα

Πίνακας 10.5. Αποτελέσματα Ανάλυσης ευαισθησίας του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα

Assumptions	Ποσοστό επίδρασης κάθε παραμέτρου (%)	Συντελεστής συσχέτισης με το Λόγο Ενεργ. Φτώχειας
Income	-44,50%	-0,65
Htot	23,30%	0,47
Price _{heat}	19,60%	0,43
n _h	-7,00%	-0,26
HDD	5,40%	0,23
E _{elektr}	0,20%	0,04
Price _{electr}	0,10%	0,02
n _c	0,00%	0,01
CDD	0,00%	0,01
Price _{dhw}	0,00%	0,01
E _{dhw}	0,00%	0,00
Price _{cool}	0,00%	0,00

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι το εισόδημα εξακολουθεί να είναι ο καθοριστικός παράγοντας διαμόρφωσης του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές, αλλά σε μικρότερο βαθμό από ότι στο επίπεδο της χώρας (ποσοστό 44,5% έναντι 63,0%). Σε πρώτο επίπεδο, αυτό σημαίνει ότι και στις ορεινές περιοχές, όπως και στη χώρα συνολικά, η

αύξηση των εισοδημάτων είναι το καθοριστικό μέτρο που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αντιμετώπιση του προβλήματος. Το γεγονός, όμως, ότι η επίδρασή του εισοδήματος μετριάζεται, συνεπάγεται ταυτόχρονα την αύξηση της επίδρασης άλλων παραγόντων, που στο σύνολο της χώρας επισκιάζονται από την καταλυτική επίδραση του εισοδήματος. Πιο συγκεκριμένα, ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας αναδεικνύεται στη δεύτερη σημαντικότερη παράμετρο επίδρασης στην ενεργειακή φτώχεια, σε ποσοστό 23%, με αποτέλεσμα η ενεργειακή θωράκιση των σπιτιών να αποτελεί το δεύτερο αποτελεσματικότερο μέτρο στην κατεύθυνση μείωσης της ενεργειακής φτώχειας, και με αυξημένη βαρύτητα σε σχέση με το πανελλαδικό επίπεδο. Μία ανατροπή για τις ορεινές περιοχές στην επίδραση των παραμέτρων προέρχεται από την παράμετρο της τιμής θέρμανσης, η οποία από το 5,5% της επίδρασης σε πανελλαδικό επίπεδο, ανέρχεται στο 20% για τις ορεινές περιοχές, σχεδόν τετραπλασιαζόμενη. Αυτό σημαίνει ότι μια μείωση στην τιμή θέρμανσης μπορεί να μην έχει ιδιαίτερο αντίκρυσμα στο σύνολο της χώρας αλλά αποτελεί μέτρο άμεσης ανακούφισης της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές. Σημειωτέον, η επίδραση της τιμής θέρμανσης στις ορεινές περιοχές υπερκερνά την επίδραση των συστημάτων θέρμανσης, που στο σύνολο της χώρας διαδραματίζουν έναν πιο σημαντικό ρόλο.

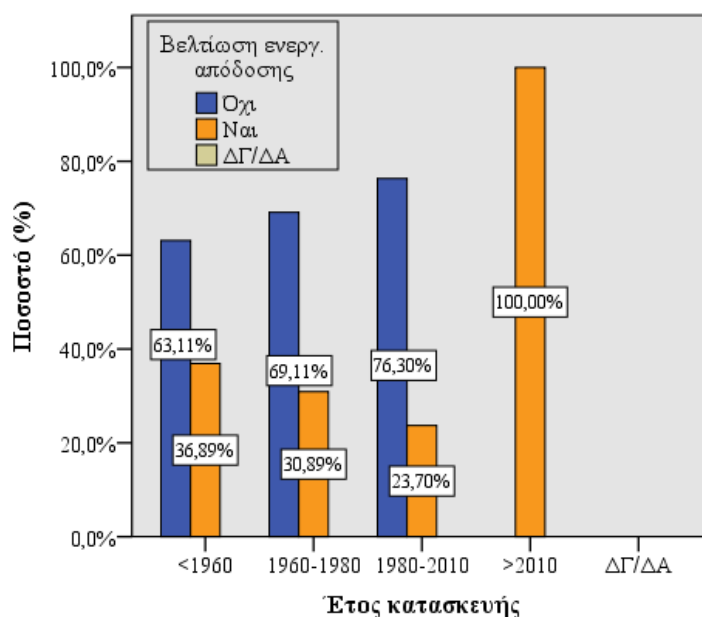
Ειδικότερα, τα συστήματα θέρμανσης και οι βαθμομημέρες θέρμανσης είναι οι δύο τελευταίες και σημαντικές, ως προς το μέγεθος της επίδρασης, παράμετροι, με ποσοστά 7,0% και 5,4%, αντίστοιχα. Όσον αφορά στην πρώτη παράμετρο, η αντικατάσταση των παλαιών συστημάτων θέρμανσης με αποδοτικότερα συστήματα μπορεί, επίσης, να ανακουφίσει το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας, αλλά σε μικρότερο βαθμό, σε σχέση με τα προηγούμενα μέτρα. Η παράμετρος των βαθμομερών θέρμανσης αποτελεί κλιματικό χαρακτηριστικό και δε μεταβάλλεται. Οι υπόλοιπες παράμετροι που σχετίζονται με την ψύξη, τον ηλεκτρισμό και το ζεστό νερό χρήσης δεν επιδρούν με σημαντικό τρόπο στη μεταβολή του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας (ποσοστά κάτω του 0,5%).

Συνεπώς, η ανάλυση ευαισθησίας δίνει σαφείς κατευθύνσεις ενεργειακής πολιτικής για την αντιμετώπιση του φαινομένου στις ορεινές κοινωνίες. Αποκαλύπτει, επίσης, ότι η αποτελεσματικότητα των μέτρων διαφέρει, αναλόγως τον εξεταζόμενο πληθυσμό. Ωστόσο, η υφιστάμενη ενεργειακή πολιτική για τις ορεινές περιοχές είναι πρακτικά ανύπαρκτη. Παρά το έντονο ορεινό ανάγλυφο της Ελλάδας και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ορεινών περιοχών, οι υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις τους δεν έχουν ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν εκ μέρους της Πολιτείας, με αποτέλεσμα να μην παρέχεται κανένα ειδικό κίνητρο, μέχρι σήμερα, από τη δράση «Εξοικονόμηση κατ' Οίκον» προς όφελος των ορεινών κατοικιών αλλά ούτε και ειδικές ελαφρύνσεις στον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης του πετρελαίου θέρμανσης.

Αναφορικά με το πετρέλαιο θέρμανσης και το σχετικό επίδομα που παρέχεται από το 2012 και το οποίο περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 1 (Ενότητα 1.7), αξίζει να σημειωθεί ότι την περίοδο 2016-2017, προβλέφθηκε για πρώτη φορά η χορήγηση υψηλότερου επιδόματος στις ορεινές περιοχές της χώρας, όπως αυτές ορίζονται με το Νόμο Καλλικράτη. Με τον τρόπο αυτό, όμως, μόνο 31 ορεινοί δήμοι εντάσσονται απευθείας στην αμέσως δυσμενέστερη κατηγορία και αποκτούν τη δυνατότητα λήψης του αντίστοιχου, μεγαλύτερου επιδόματος. Η ενίσχυση αυτή δεν αποτελεί

πραγματική βοήθεια για τις ορεινές περιοχές, καθώς ο νόμος Καλλικράτη υποεκτιμά την ορεινότητα της χώρας, χαρακτηρίζοντας ως ορεινή έκταση μόλις το 9,5% της ελληνικής επικράτειας, τη στιγμή που οι πραγματικές ορεινές εκτάσεις καλύπτουν περίπου το 70% της συνολικής έκτασης της χώρας. Κατά συνέπεια, με την παρούσα απόφαση, πάνω από 200, στην πραγματικότητα, ορεινοί δήμοι μένουν εκτός της νεοεισαχθείσας «ενίσχυσης των ορεινών περιοχών». Είναι φανερό, λοιπόν, ότι η πρόβλεψη αυτή αποτελεί ένα πρώτο βήμα προστασίας των ορεινών κοινωνιών αλλά στην πραγματικότητα συνιστά ημίμετρο, χωρίς πραγματικό αντίκρισμα για το σύνολο των ορεινών κοινωνιών.

Όσον αφορά στις δράσεις ενεργειακής εξοικονόμησης, ενώ σχεδόν το 60% των σπιτιών στην ορεινή Ελλάδα είναι χτισμένο πριν τον Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979 και, συνεπώς, ενεργειακά αθωράκιστο, το μεγαλύτερο μέρος τους (66%) δεν έχει προβεί σε καμία δράση ενεργειακής εξοικονόμησης, όπως προέκυψε από το στατιστικό έλεγχο χ^2 της έρευνας των ορεινών περιοχών και παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 10.22, γεγονός που αντανακλά την έλλειψη κατάλληλων κινήτρων για αντίστοιχες δράσεις από το κράτος.

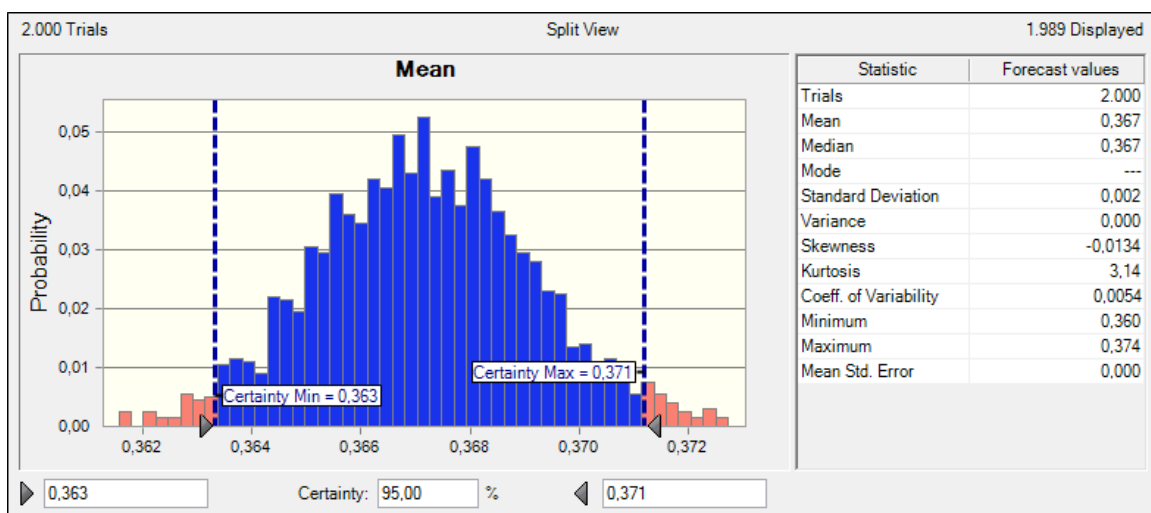


Διάγραμμα 10.22. Συσχέτιση παλαιότητας σπιτιού και δράσεων ενεργειακής εξοικονόμησης στην ορεινή Ελλάδα (Πηγή: Έρευνα ορεινών περιοχών)

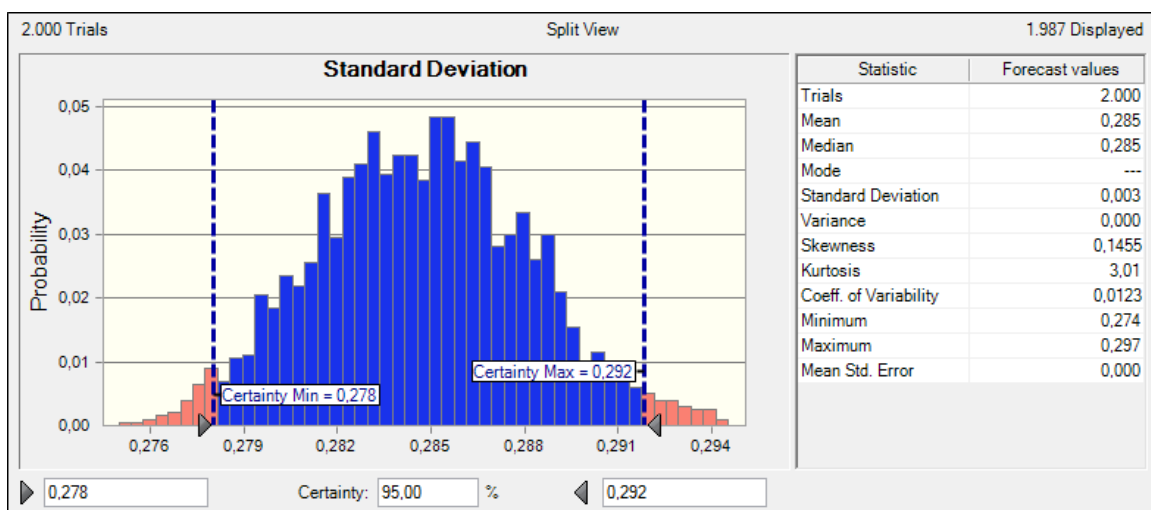
10.3 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του μοντέλου για την ορεινή Ελλάδα

Για το στατιστικό έλεγχο των αποτελεσμάτων του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε η τεχνική bootstrap και, συγκεκριμένα, η μέθοδος πολλαπλής προσομοίωσης (Multiple-simulation method) ή αλλιώς παραμετρική τεχνική bootstrap, όπως και στην περίπτωση της Ελλάδας. Επιλέχθηκαν 2.000 δείγματα (bootstrap samples) και 20.000 δοκιμές ανά δείγμα. Στα

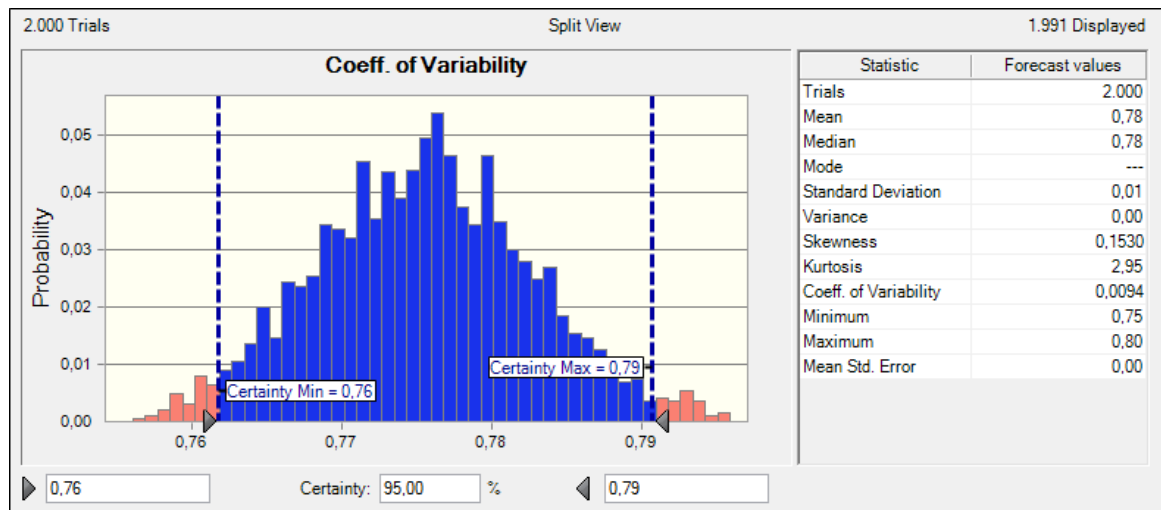
Διαγράμματα 10.23, 10.24 και 10.25 παρουσιάζονται οι κατανομές και τα στατιστικά αποτελέσματα των κυριότερων στατιστικών μεγεθών του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας (μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής μεταβλητότητας). Και στις τρεις περιπτώσεις, το μέσο τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής μεταβλητότητας των κατανομών είναι ιδιαίτερα χαμηλά, με το μέσο τυπικό σφάλμα να μηδενίζεται, γεγονός που επιβεβαιώνει την ακρίβεια των στατιστικών αποτελεσμάτων.



Διάγραμμα 10.23. Bootstrap κατανομή συχνοτήτων για το μέσο όρο (Mean) του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα

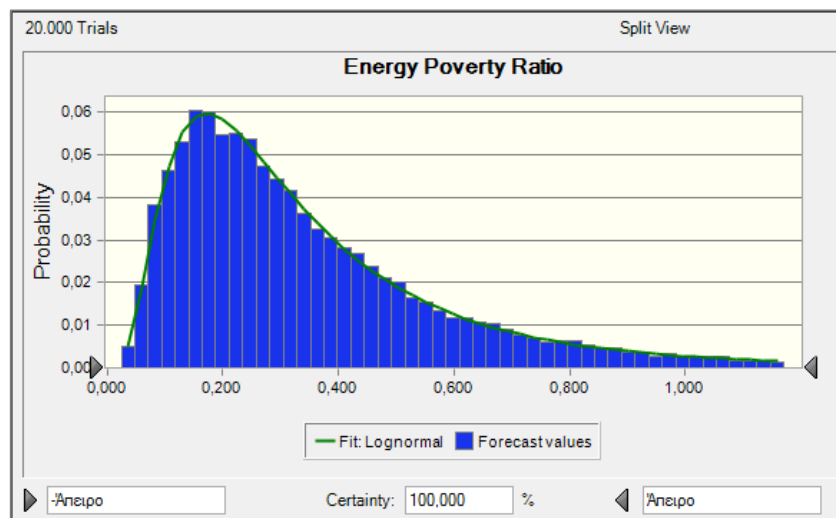


Διάγραμμα 10.24. Bootstrap κατανομή συχνοτήτων για την τυπική απόκλιση (Std. Deviation) του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα

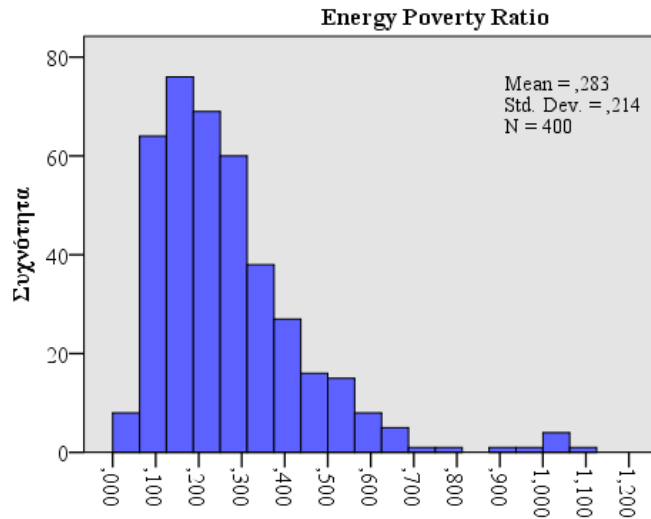


Διάγραμμα 10.25. Bootstrap κατανομή συχνοτήτων για το συντελεστή μεταβλητότητας (Coeff. of Variability) του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα

Για την επαλήθευση της βασικής υπόθεσης του μοντέλου, ότι η επιλογή τυχαίων τιμών από τις κατανομές πιθανότητας μέσω του Monte-Carlo θα οδηγήσει σε μια αντιπροσωπευτική εικόνα της πραγματικότητας, έγινε εφαρμογή του μοντέλου στο αντιπροσωπευτικό δείγμα νοικοκυριών της ορεινής Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ο Λόγος Ενεργειακής Φτώχειας του μοντέλου στα 400 νοικοκυριά της έρευνας των ορεινών περιοχών, καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από ένα συγκεκριμένο συνδυασμό των δώδεκα μεταβλητών εισόδου (H_{tot} , η_h , $price_{heatt}$ Income, κ.ο.κ.). Τα αποτελέσματα της κατανομής του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας βάσει του μοντέλου και βάσει του αντιπροσωπευτικού δείγματος φαίνονται στα Διαγράμματα 10.26 και 10.27. Τα στατιστικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.6.



Διάγραμμα 10.26. Κατανομή Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας για την ορεινή Ελλάδα βάσει του SMEP



Διάγραμμα 10.27. Κατανομή Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας για την ορεινή Ελλάδα βάσει αντιπροσωπευτικού δείγματος

Πίνακας 10.6. Στατιστικά αποτελέσματα του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας για την ορεινή Ελλάδα βάσει του μοντέλου και βάσει αντιπροσωπευτικού δείγματος

Statistics	Μοντέλο (SMEP)	Αντιπροσωπευτικό δείγμα
Mean	0,37	0,28
Median	0,29	0,23
Std. Deviation	0,29	0,21
Ενεργειακή φτώχεια	92,65%	91,00%

Όπως φαίνεται, υπολογίζοντας το Λόγο Ενεργειακής Φτώχειας με δύο διαφορετικές μεθόδους (στοχαστική και αιτιοκρατική ανάλυση), προκύπτει η ίδια κατανομή (λογαριθμοκανονική). Η ενεργειακή φτώχεια υπολογίζεται σχεδόν ίδια στις δύο περιπτώσεις, της τάξης του 90%, με διαφορά μιάμιση ποσοστιαία μονάδα, δηλαδή στα όρια του στατιστικού σφάλματος. Η σύγκριση των δύο μεθόδων, βέβαια, παρουσιάζει μεγαλύτερες αποκλίσεις σε σχέση με το επίπεδο της χώρας, γεγονός που είναι αναμενόμενο λόγω των μεγαλύτερων ανομοιογενειών που παρουσιάζουν οι ορεινές περιοχές, στο σύνολό τους.

10.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Αντικείμενο του Κεφαλαίου είναι η εφαρμογή του Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας (SMEP) σε μια μελέτη περίπτωσης, τις ορεινές περιοχές της Ελλάδας, με στόχο την ανάλυση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στην ορεινή επικράτεια και τον προσδιορισμό των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των ορεινών περιοχών.

Για το λόγο αυτό, η βασική εξίσωση του SMEP προσαρμόστηκε στις ειδικές συνθήκες των ορεινών περιοχών, μέσω του προσδιορισμού των αντίστοιχων κατανομών πιθανότητας για όλες τις μεταβλητές εισόδου, ακολουθώντας τις εκάστοτε μεταβολές της καθεμιάς στον ορεινό χώρο. Η μέθοδος επίλυσης (μέθοδος Monte-Carlo), οι επιμέρους τεχνικές βελτιστοποίησης, οι περιορισμοί, καθώς και η στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ακολουθούν την ίδια μεθοδολογία με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στο επίπεδο της χώρας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει μια δεύτερη επαλήθευση της βασικής μαθηματικής υπόθεσης του μοντέλου, μέσω μια δεύτερης ανεξάρτητης δειγματοληψίας. Πράγματι, η τυχαία παραγωγή τιμών των διαφόρων παραμέτρων που ακολουθούν συγκεκριμένες κατανομές, δίνει σχεδόν ίδιο αποτέλεσμα -δηλαδή εντός των ορίων του στατιστικού σφάλματος- στον υπολογισμό της ενεργειακής φτώχειας (92,7%) με αυτό που προκύπτει από ένα τυχαίο και αντιπροσωπευτικό δείγμα (91%), στο οποίο οι μεταβλητές εμφανίζονται κατά συγκεκριμένες 12-άδες.

Είναι γνωστό, από τη βιβλιογραφία, ότι το ενεργειακό προφίλ των ορεινών περιοχών διαφέρει σημαντικά από εκείνο των πεδινών περιοχών και, κατ' επέκταση, από αυτό της συνολικής επικράτειας, μιας που το συντριπτικά μεγαλύτερο τμήμα του πληθυσμού κατοικεί σε πεδινές περιοχές. Αυτό που δεν είναι γνωστό, είναι μια ποσοτικοποιημένη αποτύπωση αυτών των διαφορών. Με τη χρήση του SMEP, μια τέτοια ποσοτικοποίηση έγινε εφικτή. Πιο συγκεκριμένα, αποδείχτηκε ότι:

- Οι βαθμομέρες θέρμανσης (HDD) των ορεινών περιοχών είναι κατά μέσο όρο 71% υψηλότερες από το επίπεδο της χώρας, με σημείο εκκίνησης τις 933 βαθμομέρες έναντι των 385 σε πανελλαδικό επίπεδο, γεγονός που υποδηλώνει πολύ υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης των κτιρίων στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας.
- Οι βαθμομέρες ψύξης (CDD) των ορεινών περιοχών είναι κατά μέσο όρο 63% χαμηλότερες από το επίπεδο της χώρας, με μέγιστη τιμή τις 256 βαθμομέρες έναντι των 570 σε πανελλαδικό επίπεδο, γεγονός που φανερώνει σημαντικά χαμηλότερες -σχεδόν αμελητέες- απαιτήσεις ψύξης των κτιρίων στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας. Σημειωτέον, το κόστος θέρμανσης, τόσο στις ορεινές περιοχές όσο και σε πανελλαδικό επίπεδο, είναι πολλαπλάσιο αυτού της ψύξης (της τάξης του 4:1 στο σύνολο της Ελλάδας και της τάξης του 20:1 στην ορεινή Ελλάδα). Γίνεται, επομένως, αντιληπτό, ότι η οικονομική επιβάρυνση των ορεινών περιοχών λόγω του μεγαλύτερου αριθμού HDD είναι σημαντικά μεγαλύτερη, σε σχέση με την ελάφρυνση που προκύπτει για αυτές από το μικρότερο αριθμό CDD.

- Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας είναι κατά μέσο όρο 13% μεγαλύτερος στις ορεινές περιοχές έναντι του πανελλαδικού επιπέδου, που σημαίνει μεγαλύτερες ενεργειακές απώλειες για τις κατοικίες των ορεινών περιοχών. Το γεγονός αυτό απορρέει από το παλαιότερο κτιριακό δυναμικό των ορεινών περιοχών και, πιο συγκεκριμένα, από το διπλάσιο ποσοστό κατοικιών προ του 1960 (26% έναντι 13,5% στο σύνολο της χώρας). Για τις κατοικίες αυτές (το ¼ των ορεινών κατοικιών), η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης θα πρόσφερε μια άμεση και αποτελεσματική, με όρους κόστους-οφέλους, αντιμετώπιση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας. Ωστόσο, πέραν των παλαιών σπιτιών, ο συντελεστής δε διαφοροποιείται σε μεγάλο βαθμό ανάμεσα στους δύο πληθυσμούς. Εύλογα μπορεί να υποθεθεί ότι τα κατοικούμενα σπίτια που εξετάζονται είναι νεότερα ή με κάποιο τρόπο ανακατασκευασμένα, ώστε να προσιδιάζουν στα τεχνικά χαρακτηριστικά των κτιρίων στο σύνολο της χώρας. Έτσι εξηγείται η αντιστάθμιση των υψηλών/δυσμενών τιμών του συντελεστή που προκύπτουν από το παλαιό κτιριακό δυναμικό. Κατά συνέπεια, σύμφωνα με την έρευνα, αποδεικνύεται ότι τα κατοικημένα σπίτια των ορεινών περιοχών, έχουν, κατά μέσο όρο, τεχνικά χαρακτηριστικά ελαφρώς χειρότερα των αντίστοιχων σε πανελλαδικό επίπεδο.
- Ο συντελεστής απόδοσης των συστημάτων παραγωγής θέρμανσης στις ορεινές περιοχές είναι κατά μέσο όρο 24% χαμηλότερος σε σχέση με το σύνολο της χώρας, καθώς 6 στα 10 ορεινά νοικοκυριά χρησιμοποιούν συστήματα θέρμανσης με καύσιμο καυσόξυλα ή πέλλετς, χαμηλής, γενικά, ενεργειακής απόδοσης. Κατά συνέπεια, η αποδοτικότητα των συστημάτων θέρμανσης είναι περίπου τα ¾ της αντίστοιχης αποδοτικότητας στο επίπεδο της χώρας. Η έλλειψη κινήτρων για την εγκατάσταση πιο σύγχρονων και αποτελεσματικών συστημάτων θέρμανσης, σε συνδυασμό με την οικονομική αδυναμία των ορεινών νοικοκυριών, οδηγούν τις ορεινές κοινωνίες να «μάχονται» το κύριο πρόβλημά τους με παλαιό και τεχνολογικά ξεπερασμένο εξοπλισμό.
- Το κόστος μονάδας των καυσίμων θέρμανσης στις ορεινές περιοχές είναι, κατά μέσο όρο, 22% χαμηλότερο σε σχέση με το πανελλαδικό επίπεδο, παρά την επιμέρους αύξηση του κόστους μονάδας που παρουσιάζουν τα κυριότερα καύσιμα (πετρέλαιο, ξυλεία) στον ορεινό χώρο. Το γεγονός αυτό απορρέει από τη διαμόρφωση των ποσοστών χρήσης των καυσίμων στην ορεινή Ελλάδα και, πιο συγκεκριμένα, από την εκτεταμένη χρήση ξυλείας από το 56% του ορεινού πληθυσμού, δεδομένου ότι το ξύλο αποτελεί (παρά την αυξημένη τιμή του σε σχέση με το επίπεδο της χώρας) το φθηνότερο καύσιμο. Η (επι)στροφή προς το ξύλο απορρέει από το γεγονός ότι αυτό είναι άφθονο και φθηνότερο έναντι του πετρελαίου (αναλογία 1:2) στις ορεινές περιοχές. Πρέπει, επίσης, να κατανοηθεί και ως στοιχείο μεγαλύτερης ικανότητας προσαρμογής των ορεινών κοινωνιών στις τρέχουσες συνθήκες.
- Οι ορεινές περιοχές εμφανίζουν, κατά μέσο όρο, 13% χαμηλότερα εισοδήματα σε σχέση με το σύνολο της χώρας, με μέσο εισόδημα τα 14.408€ έναντι των 16.576€. Η απόκλιση αυτή είναι σημαντική και προσδιορίζεται για πρώτη φορά. Για την αξιολόγηση του μεγέθους αυτής της διαφοράς, χρειάζεται να επισημανθεί ότι η βαθύτατη κρίση των τελευταίων ετών είχε ως

αποτέλεσμα τη μείωση των εισοδημάτων κατά 29% σε επίπεδο χώρας, γεγονός που υποβάθμισε σημαντικά την ποιότητα ζωής των Ελλήνων, σε πολλά και διαφορετικά επίπεδα. Αρκεί, λοιπόν, για να γίνει αντιληπτή η δυσμενέστερη οικονομική θέση της ορεινής Ελλάδας, να αναλογιστεί κανείς ότι οι ορεινές περιοχές βιώνουν μια συστηματική αναπτυξιακή υστέρηση σε σχέση με το επίπεδο της χώρας, ίση περίπου με το μισό αυτής που προκλήθηκε σε πανελλαδικό επίπεδο από την κρίση. Επίσης, από τα ιστογράμματα συχνότητων του εισοδήματος, είναι φανερό το υψηλότερο ποσοστό των χαμηλών εισοδημάτων (κάτω των 10.000€ ετησίως) στις ορεινές περιοχές. Αποδεικνύεται, επομένως, και ποσοτικά, τόσο η σχετική οικονομική αδυναμία των ορεινών περιοχών (σε σχέση με το σύνολο της χώρας), όσο και η απόλυτη οικονομική αδυναμία τους (συχνότητες πολύ χαμηλών εισοδημάτων).

Συνολικά, από την ανάλυση των παραμέτρων, γίνεται φανερό ότι οι ορεινές κοινωνίες βρίσκονται σε δυσμενέστερη θέση σε σχέση με το επίπεδο της χώρας, όσον αφορά στο φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας. Πιο συγκεκριμένα:

- Ο υπολογισμός της ενεργειακής φτώχειας με βάση το απαιτούμενο ενεργειακό κόστος των νοικοκυριών αποκαλύπτει τη δριμύτητα του φαινομένου στις ορεινές περιοχές, αγγίζοντας το σχεδόν καθολικό ποσοστό του 92,6%. Το αντίστοιχο ποσοστό με βάση το καταβληθέν κόστος υπολογίστηκε στο 73,5%, που, αν και χαμηλότερο, εξακολουθεί να είναι ένα εξαιρετικά υψηλό ποσοστό. Παράλληλα, υπολογίζεται ότι αν 9 στα 10 νοικοκυριά χρειάζεται να καταβάλλουν ένα δυσανάλογα βαρύ τίμημα για την ικανοποίηση των ενεργειακών τους αναγκών, το μεγαλύτερο μέρος τους (7 στα 10 νοικοκυριά) έρχεται αντιμέτωπο με την κατάσταση ακραίας ενεργειακής φτώχειας.
- Τα θερμικά φορτία είναι αυτά που διαμορφώνουν την τελική εικόνα ενεργειακού κόστους στις ορεινές περιοχές, καθώς το κόστος θέρμανσης υπερκαλύπτει όλα τα υπόλοιπα ενεργειακά κόστη (ψύξης, ηλεκτρισμού και ζεστού νερού χρήσης), σε αναλογία 3.5:1, κατά μέσο όρο, όταν η αντίστοιχη αναλογία σε πανελλαδικό επίπεδο είναι περίπου 1:1. Κατά μέσο όρο, ένα νοικοκυριό στην ορεινή Ελλάδα θα έπρεπε να ξοδεύει 3.116€ ετησίως για θέρμανση, 115€ για ψύξη και 778€ για ηλεκτρισμό και ζεστό νερό χρήσης. Αντί αυτών, ένα νοικοκυριό ξοδεύει κατά μέσο όρο 1.230€ ετησίως για θέρμανση και 1013€ για τις υπόλοιπες ανάγκες, σύμφωνα με την έρευνα των ορεινών περιοχών,.
- Το εισόδημα εξακολουθεί να είναι ο καθοριστικός παράγοντας διαμόρφωσης του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές, αν και σε μικρότερο ποσοστό από το σύνολο της χώρας (44,5% έναντι 63,0%). Κατά συνέπεια, η αύξηση των εισοδημάτων αποτελεί τον κύριο μοχλό αντιμετώπισης του προβλήματος, και στις ορεινές περιοχές. Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, αποτελεί τη δεύτερη πιο σημαντική παράμετρο, με αυξημένη, όμως, βαρύτητα σε σχέση με το πανελλαδικό επίπεδο (ποσοστό 23%), με αποτέλεσμα η ενεργειακή θωράκιση των σπιτιών να συνιστά το δεύτερο αποτελεσματικότερο μέτρο στην κατεύθυνση μείωσης της ενεργειακής φτώχειας. Ως τρίτη σημαντικότερη παράμετρος, με μικρή διαφορά από τη δεύτερη, αναδεικνύεται η τιμή θέρμανσης, η οποία

από το 5,5% της επίδρασης στο επίπεδο της χώρας, ανέρχεται στο 20% για τις ορεινές περιοχές, σχεδόν τετραπλασιαζόμενη. Το στοιχείο της έντονης επίδρασης της τιμής θέρμανσης φαίνεται, σε μεγάλο βαθμό, και από τη στάση του ορεινού πληθυσμού, που έχει στραφεί συστηματικά στη χρήση του ξύλου, ως φθηνότερου καυσίμου. Φαίνεται ότι το μέτρο μείωσης της τιμής θέρμανσης (π.χ. μέσω της μείωσης της τιμής του πετρελαίου) μπορεί να μην έχει ιδιαίτερο αντίκρισμα για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας στο σύνολο της χώρας αλλά μπορεί να αποβεί εξαιρετικά χρήσιμο στην ειδική περίπτωση των ορεινών περιοχών. Σημειωτέον, η επίδραση της τιμής θέρμανσης στις ορεινές περιοχές υπερσιχθεί σημαντικά της επίδρασης των συστημάτων θέρμανσης ενώ σε πανελλαδικό επίπεδο συμβαίνει το αντίθετο.

- Παρά το έντονο ορεινό ανάγλυφο της Ελλάδας, η υφιστάμενη ενεργειακή πολιτική για τις ορεινές περιοχές ήταν πρακτικά ανύπαρκτη, μέχρι πρόσφατα. Οι αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις των ορεινών περιοχών δεν έχουν ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν εκ μέρους της Πολιτείας, με αποτέλεσμα να μην παρέχονται ειδικά κίνητρα στους ορεινούς πληθυσμούς για δράσεις ενεργειακής εξοικονόμησης των σπιτιών, τα οποία, σε μεγάλο βαθμό, χρήζουν ενεργειακής αναβάθμισης λόγω παλαιότητας (το 60% των ορεινών σπιτιών είναι χτισμένο πριν τον Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979), αλλά ούτε και ειδικές ελαφρύνσεις στη φορολογία της τιμής των καυσίμων. Θετική εξέλιξη αποτελεί το γεγονός ότι, για πρώτη φορά, την περίοδο (2016-2017), η επιδοματική πολιτική του πετρελαίου θέρμανσης προέβλεψε την ενίσχυση των ορεινών περιοχών, με τρόπο, όμως, που δε φάνηκε να έχει πραγματικό αντίκρισμα στο μεγάλο μέρος των ορεινών κοινωνιών, μιας που αποκλείει το μεγαλύτερο κομμάτι της ορεινής επικράτειας (πάνω από 200 ορεινούς δήμους).

Τέλος, αποδεικνύεται ότι το Στοχαστικό Μοντέλο Ενεργειακής Φτώχειας (SMEP) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρύτερα, για τη μελέτη της ενεργειακής φτώχειας σε υποομάδες του πληθυσμού, όπως για παράδειγμα στα πιο ευάλωτα τμήματα (π.χ. απομακρυσμένες περιοχές, νησιωτικές περιοχές κλπ.), με την προϋπόθεση ότι μπορούν να εξαχθούν οι στατιστικές κατανομές των μεταβλητών εισαγωγής. Αν αυτό είναι εφικτό, τότε μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την ενεργειακή ταυτότητα των περιοχών αυτών, την έκταση και τα χαρακτηριστικά του φαινομένου της ενεργειακής φτώχειας, αλλά και τα ενδεικνυόμενα μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Βιβλιογραφία

Eurostat (2016). *Electricity prices for domestic consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) (nrg_pc_204)*. http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/nrg_pc_204

Παπαδά Λ., Παναγιωτόπουλος Γ. & Καλιαμπάκος Δ. (2016). Η επίδραση της απομόνωσης στην ενεργειακή φτώχεια: Η περίπτωση της Ελλάδας. *Η Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη των Ορεινών και Γεωγραφικά Απομονωμένων περιοχών*. Πρακτικά συνεδρίου, Εκδόσεις ΕΜΠ.

ΥΠ.ΑΝ.ΥΠ. (Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) (2014). *Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων*. <http://www.fuelprices.gr/>

Κεφάλαιο 11. Δείκτης Τρωτότητας

11.1 Ορισμός του Δείκτη Τρωτότητας

Στο παρόν κεφάλαιο διερευνάται ο προσδιορισμός της τρωτότητας που παρουσιάζει ένα τμήμα του πληθυσμού σε σχέση με το σύνολο της χώρας. Είναι γνωστό ότι διάφορα τμήματα του πληθυσμού παρουσιάζουν διαφορετικό επίπεδο ενεργειακής φτώχειας, εξαιτίας των χαρακτηριστικών τους, όπως αποδείχτηκε στο Κεφάλαιο 10. Το ζήτημα που διαπραγματεύεται το παρόν Κεφάλαιο είναι η ποσοτικοποίηση αυτής της διαφοράς. Δηλαδή, η ποσοτικοποίηση της έντασης του φαινομένου της ενεργειακής φτώχειας σε μια υποκατηγορία του πληθυσμού, σε σχέση με το επίπεδο της ενεργειακής φτώχειας στο γενικό πληθυσμό ή, με άλλα λόγια, η διαβάθμιση του φαινομένου μεταξύ δύο πληθυσμών.

Για το λόγο αυτό, με βάση το μοντέλο SMEP, διαμορφώνεται ένας νέος δείκτης, ο «Δείκτης Τρωτότητας (Vulnerability Index - VI)», ο οποίος δε μελετά πλέον την ενεργειακή φτώχεια σε ένα πληθυσμό, αλλά την τρωτότητα ενός τμήματος του πληθυσμού στο φαινόμενο, σε σχέση με το συνολικό πληθυσμό της χώρας, που αποτελεί τον πληθυσμό αναφοράς. Έτσι, ο Δείκτης Τρωτότητας, ο οποίος εκφράζεται ως ο λόγος των Λόγων Ενεργειακής Φτώχειας (EPR) των δύο εξεταζόμενων πληθυσμών, δίνει απάντηση στο ερώτημα «Πόσο πιο ευάλωτο είναι το υπό μελέτη τμήμα του πληθυσμού ως προς το ποσοστό του εισοδήματος που δαπανά για ενέργεια, σε σχέση με το σύνολο της χώρας». Αν μελετάται το τμήμα i του πληθυσμού, ο Δείκτης Τρωτότητας (VI) διαμορφώνεται ως εξής, με παρονομαστή τον πληθυσμό της χώρας (πληθυσμός αναφοράς):

$$VI = \frac{EPR(i)}{EPR}$$
$$= \frac{\frac{H_{tot(i)} \cdot HDD(i) \cdot 24 \cdot price_{heat(i)} + H_{tot(i)} \cdot CDD(i) \cdot 24 \cdot price_{cool(i)} + E_{electr(i)} \cdot price_{electr(i)} + E_{dhw(i)} \cdot price_{dhw(i)}}{n_h(i) \cdot 1000}}{Income_{(i)}}}{\frac{H_{tot} \cdot HDD \cdot 24 \cdot price_{heat} + H_{tot} \cdot 24 \cdot price_{cool} + E_{electr} \cdot price_{electr} + E_{dhw} \cdot price_{dhw}}{n_h \cdot 1000}}{Income}}$$

Στο ίδιο πλαίσιο, Δείκτης Τρωτότητας μπορεί να επεκταθεί και στον προσδιορισμό ενός παρεμφερούς δείκτη, του «Σχετικού Δείκτη Τρωτότητας (Relative Vulnerability Index – RVI)», ο οποίος μελετά τη σχετική τρωτότητα ενός τμήματος του πληθυσμού στην ενεργειακή φτώχεια σε σχέση με ένα άλλο τμήμα του πληθυσμού. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να μελετηθεί η διαβάθμιση του φαινομένου μεταξύ δύο ευάλωτων τμημάτων του πληθυσμού, όπως είναι για παράδειγμα οι ορεινές και οι νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας, ώστε να προσδιοριστεί ποιες χρειάζεται να ενισχυθούν περισσότερο. Με άλλα λόγια, ο Σχετικός Δείκτης Τρωτότητας δίνει απάντηση στο ερώτημα «Πόσο πιο ευάλωτο είναι ένα τμήμα του πληθυσμού ως προς το ποσοστό του εισοδήματος που δαπανά για ενέργεια, σε σχέση με κάποιο άλλο». Έτσι, αν

μελετάται το τμήμα i του πληθυσμού σε σχέση με το τμήμα j του πληθυσμού, ο Σχετικός Δείκτης Τρωτότητας (RVI) διαμορφώνεται ως εξής:

$$RVI = \frac{EPR(i)}{EPR(j)}$$

$$= \frac{\frac{H_{tot(i)} \cdot HDD(i) \cdot 24 \cdot price_{heat(i)} + H_{tot(i)} \cdot CDD(i) \cdot 24 \cdot price_{cool(i)} + E_{electr(i)} \cdot price_{electr(i)} + E_{dhw(i)} \cdot price_{dhw(i)}}{n_h(i) \cdot 1000}}{Income(i)}}{\frac{H_{tot(j)} \cdot HDD(j) \cdot 24 \cdot price_{heat(j)} + H_{tot(j)} \cdot CDD(j) \cdot 24 \cdot price_{cool(j)} + E_{electr(j)} \cdot price_{electr(j)} + E_{dhw(j)} \cdot price_{dhw(j)}}{n_h(j) \cdot 1000}}{Income(j)}}$$

Στην παρούσα διατριβή, ως μελέτη εφαρμογής επιλέγεται η ορεινή Ελλάδα ως προς το σύνολο της χώρας. Πιο συγκεκριμένα, επιχειρείται να προσδιοριστεί η τρωτότητα των ορεινών περιοχών σε σχέση με το επίπεδο της χώρας. Κατά συνέπεια, ο Δείκτης Τρωτότητας (VI) διαμορφώνεται ως εξής:

$$VI = \frac{EPR(\text{επίπεδο ορεινών περιοχών})}{EPR(\text{πανελλαδικό επίπεδο})}$$

$$= \frac{\frac{H_{tot(ορ)} \cdot HDD(ορ) \cdot 24 \cdot price_{heat(ορ)} + H_{tot(ορ)} \cdot CDD(ορ) \cdot 24 \cdot price_{cool(ορ)} + E_{elec(ορ)} \cdot price_{el(ορ)} + E_{dhw(ορ)} \cdot price_{dhw(ορ)}}{n_h(ορ) \cdot 1000}}{Income(ορ)}}{\frac{H_{tot(παν)} \cdot HDD(παν) \cdot 24 \cdot price_{heat(παν)} + H_{tot} \cdot CDD(παν) \cdot 24 \cdot price_{cool(παν)} + E_{el(παν)} \cdot price_{el(παν)} + E_{dhw(παν)} \cdot price_{dhw(παν)}}{n_h(παν) \cdot 1000}}{Income(παν)}}$$

Συγκεντρωτικά, οι μεταβλητές εισόδου στο μοντέλο είναι οι εξής:

1. $HDD(ορ)$: Ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα ($^{\circ}C \cdot days$)
2. $CDD(ορ)$: Ετήσιες βαθμομέρες ψύξης στην ορεινή Ελλάδα ($^{\circ}C \cdot days$)
3. $H_{tot(ορ)}$: Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου στην ορεινή Ελλάδα (W/K)
4. $n_h(ορ)$: Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα
5. $n_c(ορ)$: Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής ψύξης στην ορεινή Ελλάδα
6. $E_{electr(ορ)}$: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριού στην ορεινή Ελλάδα (KWh)
7. $E_{dhw(ορ)}$: Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης νοικοκυριού στην ορεινή Ελλάδα (KWh)
8. $Price_{heat(ορ)}$: Τιμή μονάδας θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)
9. $Price_{cool(ορ)}$: Τιμή μονάδας ψύξης στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)
10. $Price_{electr(ορ)}$: Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)
11. $Price_{dhw(ορ)}$: Τιμή μονάδας ζεστού νερού χρήσης στην ορεινή Ελλάδα (€/KWh)
12. $Income(ορ)$: Ετήσιο εισόδημα νοικοκυριού στην ορεινή Ελλάδα (€)
13. $HDD(παν)$: Ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης στην Ελλάδα ($^{\circ}C \cdot days$)

14. $CDD_{(\piαν)}$: Ετήσιες βαθμοήμερες ψύξης στην Ελλάδα ($^{\circ}C \cdot days$)
15. $H_{tot(\piαν)}$: Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου στην Ελλάδα (W/K)
16. $\eta_h(\piαν)$: Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής θέρμανσης στην Ελλάδα
17. $\eta_c(\piαν)$: Συντελεστής απόδοσης συστήματος παραγωγής ψύξης στην Ελλάδα
18. $E_{electr(\piαν)}$: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριού στην Ελλάδα (KWh)
19. $E_{dhw(\piαν)}$: Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης νοικοκυριού στην Ελλάδα (KWh)
20. $Price_{heat(\piαν)}$: Τιμή μονάδας θέρμανσης στην Ελλάδα (€/KWh)
21. $Price_{cool(\piαν)}$: Τιμή μονάδας ψύξης στην Ελλάδα (€/KWh)
22. $Price_{electr(\piαν)}$: Τιμή μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (€/KWh)
23. $Price_{dhw(\piαν)}$: Τιμή μονάδας ζεστού νερού χρήσης στην Ελλάδα (€/KWh)
24. $Income_{(\piαν)}$: Ετήσιο εισόδημα νοικοκυριού στην Ελλάδα (€)

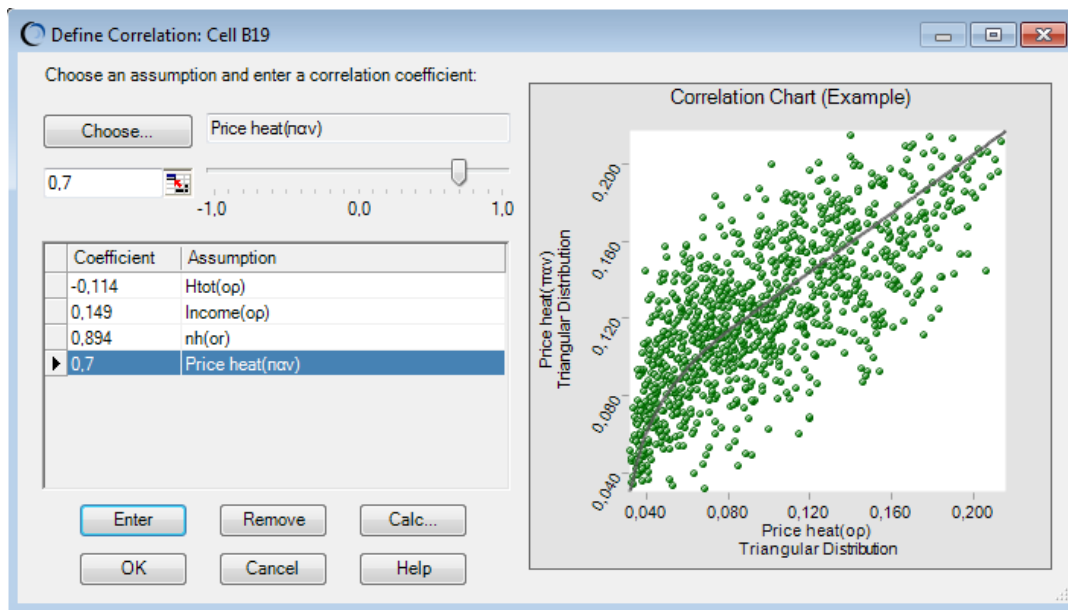
Οι κατανομές πιθανότητας των μεταβλητών εισόδου είναι αυτές που περιγράφηκαν αναλυτικά στα Κεφάλαια 9 και 10. Η επίλυση γίνεται με τη χρήση του μοντέλου SMEP. Για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας στα αποτελέσματα της μεθόδου Monte-Carlo, χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες τεχνικές βελτιστοποίησης που εφαρμόστηκαν στους δύο υπό μελέτη πληθυσμούς. Πέραν της εισαγωγής συσχετίσεων στις μεταβλητές εισόδου της Ελλάδας και της ορεινής Ελλάδας, όπως ορίστηκαν στα αντίστοιχα Κεφάλαια (9 και 10), προστέθηκε η εισαγωγή της συσχέτισης 0,7 μεταξύ των όμοιων μεταβλητών των δύο πληθυσμών, ως εξής:

$$HDD_{(ορ)} - HDD_{(\piαν)}: 0,7$$

$$CDD_{(ορ)} - CDD_{(\piαν)}: 0,7$$

$$\eta_h_{(ορ)} - \eta_h_{(\piαν)}: 0,7 \text{ κ.ο.κ}$$

Στόχος της εισαγωγής της συγκεκριμένης συσχέτισης μεταξύ των αντίστοιχων μεταβλητών αριθμητή και παρονομαστή είναι η αποφυγή σύγκρισης ακραία διαφορετικών περιπτώσεων της ίδιας μεταβλητής ανάμεσα στους δύο πληθυσμούς, καθώς αυτό οδηγεί σε βαθμούς τρωτότητας που αλλοιώνουν τη φυσική σημασία του λόγου. Με τον τρόπο αυτό, εξετάζονται κατά το δυνατόν παρόμοιες περιπτώσεις της ίδιας μεταβλητής στους δύο πληθυσμούς. Για παράδειγμα, η συσχέτιση 0,7 ανάμεσα στις παραμέτρους $Income_{(ορ)} - Income_{(\piαν)}$ καθοδηγεί τις δοκιμές να λαμβάνουν σχετικά χαμηλές τιμές εισοδημάτων του ορεινού και του πανελλαδικού πληθυσμού, ή, αντίστοιχα, σχετικά υψηλές τιμές εισοδημάτων των δύο πληθυσμών αλλά όχι πολύ χαμηλά εισοδήματα των ορεινών περιοχών με πολύ υψηλά εισοδήματα της Ελλάδας, καθώς μια τέτοια σύγκριση δεν έχει νόημα. Σημειώνεται πως επιλέχθηκε η συσχέτιση 0,7 και όχι μεγαλύτερη, για να αποφευχθεί κάποια ισχυρή καθοδήγηση των αποτελεσμάτων. Ένα ενδεικτικό διάγραμμα των εισαγόμενων συσχετίσεων παρουσιάζεται στην Εικόνα 11.1.



Εικόνα 11.1. Συσχετίσεις Spearman μεταξύ $Price_{heat}(op)$ - $H_{tot}(op)$, $Price_{heat}(op)$ - $Income(op)$, $Price_{heat}(op)$ - $nh(or)$, $Price_{heat}(op)$ - $Price_{heat}(nav)$ στο Crystal Ball

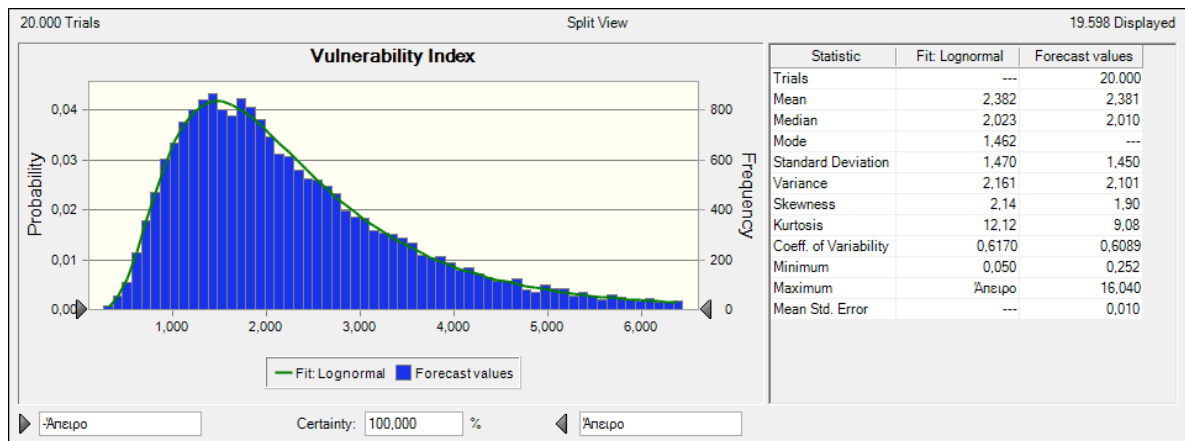
Η εισαγωγή των συσχετίσεων βελτίωσε σημαντικά τη συνολική κατανομή, καθώς η μέση τιμή του δείκτη μειώθηκε κατά 35%, η τυπική απόκλιση μειώθηκε κατά 72% και η μέγιστη εμφανιζόμενη τιμή, μειωμένη κατά 86% κατά μέσο όρο, άγγιξε πιο λογικές τιμές σε σχέση με το πολύ μεγάλο εύρος τιμών προ της εισαγωγής των συσχετίσεων.

Τέλος, μέσα από διαδοχικές επαναλήψεις διαφορετικού αριθμού δοκιμών, διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των 20.000 δοκιμών εξακολουθεί να εξασφαλίζει ένα επαρκές επίπεδο ακρίβειας, ενώ η επιλογή μεγαλύτερου αριθμού δοκιμών δεν προσφέρει καμία περαιτέρω βελτίωση στα αποτελέσματα.

11.2 Αποτελέσματα στοχαστικής ανάλυσης του Δείκτη Τρωτότητας

11.2.1 Αποτελέσματα τρωτότητας των ορεινών περιοχών

Η επίλυση του Δείκτη Τρωτότητας με τη μέθοδο Monte-Carlo παράγει το ιστόγραμμα συχνοτήτων. Το ιστόγραμμα και τα αντίστοιχα στατιστικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 11.1.

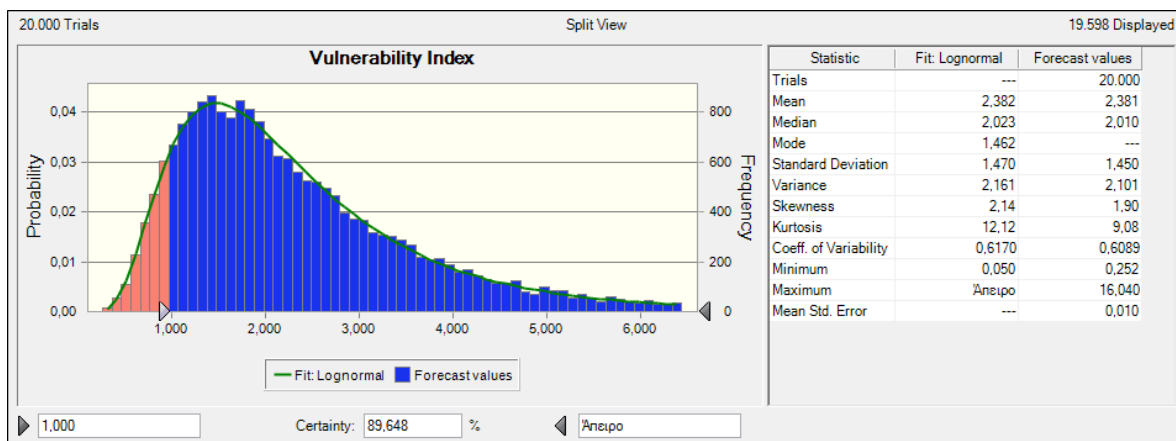


Διάγραμμα 11.1. Ιστογράμμα Δείκτη Τρωτότητας

Όπως φαίνεται, η κατανομή που ακολουθεί ο Δείκτης Τρωτότητας είναι η λογαριθμοκανονική (Mean=2,38, Std.Dev=1,45). Από το εύρος τιμών, φαίνεται ότι ο δείκτης μπορεί να πάρει πολύ χαμηλές τιμές, σχεδόν μηδενικές, έως ακόμα και να ξεπεράσει το 15,0. Όμως, οι τιμές κάτω του 0,5 και άνω του 6,0 έχουν σχεδόν μηδενική πιθανότητα εμφάνισης.

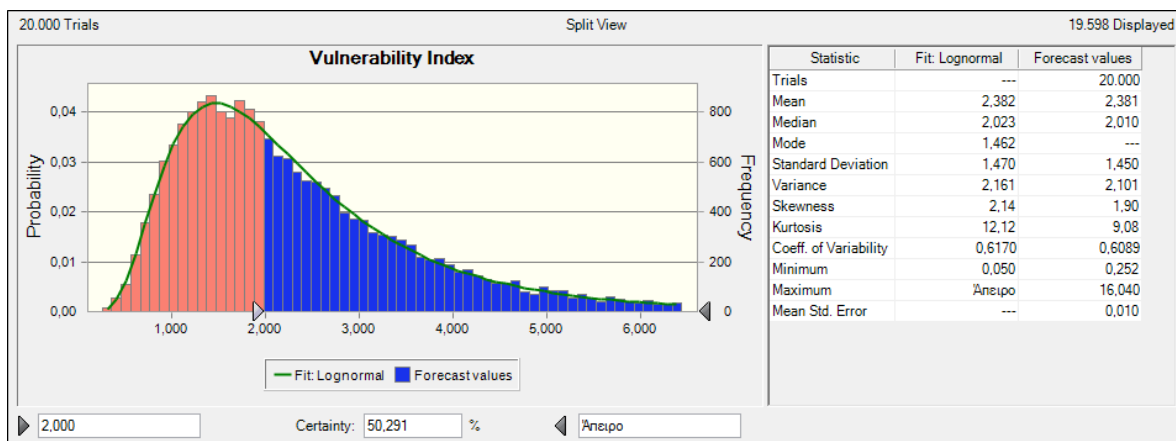
Υπολογίζεται ότι οι ορεινές κοινωνίες θα έπρεπε να ξοδεύουν κατά μέσο όρο 2,4 φορές περισσότερα χρήματα για δαπάνες ενέργειας από το εισόδημά τους, σε σχέση με το επίπεδο της χώρας, προκειμένου να ικανοποιήσουν επαρκώς τις ενεργειακές τους ανάγκες. Το 50% των ορεινών νοικοκυριών χρειάζεται να ξοδέψει τουλάχιστον διπλάσιο ποσοστό του εισοδήματός του για τη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του, έναντι του αντίστοιχου ποσοστού της χώρας (διάμεσος 2), ενώ η συχνότερη τιμή του δείκτη είναι το 1,5. Από την πρώτη εικόνα, είναι προφανές ότι οι ορεινές περιοχές της χώρας είναι σημαντικά πιο ευάλωτες στο πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας σε σχέση με το σύνολο της χώρας.

Η περαιτέρω μελέτη του ιστογράμματος του Δείκτη Τρωτότητας (Διάγραμμα 11.2) δίνει πολύ πιο πλούσια στοιχεία από την παραπάνω γενική διαπίστωση, σε επίπεδο μέσων όρων. Υπολογίζοντας την περιοχή του ιστογράμματος που ο δείκτης υπερβαίνει τη μονάδα και, επομένως, ο αριθμητής είναι μεγαλύτερος του παρονομαστή, προκύπτει ότι οι ορεινές περιοχές είναι περισσότερο ευάλωτες ως προς το ποσοστό του εισοδήματος που δαπανούν για ενέργεια, σε σχέση με το επίπεδο της χώρας, σε ποσοστό 89,65%. Ο Δείκτης Τρωτότητας, πηγαίνοντας ένα βήμα παραπέρα από την ανάλυση του Κεφαλαίου 10, όπου αποδείχτηκε ότι 9 στα 10 νοικοκυριά των ορεινών περιοχών είναι ενεργειακά φτωχά, αποκαλύπτει ότι 9 στα 10 νοικοκυριά δεν αντιμετωπίζουν απλά δυσκολίες κάλυψης των ενεργειακών αναγκών στη δική τους «κλειστή πληθυσμιακή ομάδα» αλλά ότι υστερούν σε σύγκριση με το αντίστοιχο επίπεδο ικανοποίησης των ενεργειακών αναγκών της Ελλάδας και, ως εκ τούτου, χαρακτηρίζονται δικαίως «πιο ευάλωτα». Κατά συνέπεια, η σύγκριση με το γενικό επίπεδο αναφοράς συνιστά ένα χρήσιμο έλεγχο για την εξαγωγή ορθότερων συμπερασμάτων για έναν πληθυσμό.



Διάγραμμα 11.2. Περιοχή τρωτότητας ορεινών περιοχών στο ιστόγραμμα (μπλε περιοχή)

Έτι περαιτέρω, υπολογίζοντας την περιοχή του ιστογράμματος που ο Δείκτης Τρωτότητας υπερβαίνει την τιμή 2,0 (μια τιμή ιδιαίτερα υψηλή), που αντιστοιχεί σε διπλάσιο ποσοστό του εισοδήματος για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών), προκύπτει ένα ποσοστό της τάξης του 50% (Διάγραμμα 11.3). Με άλλα λόγια, ένα στα δύο ορεινά νοικοκυριά χρειάζεται να δώσει τουλάχιστον τα διπλά χρήματα για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών, σε σχέση με ένα παρόμοιο νοικοκυριό στο επίπεδο της χώρας ή αλλιώς, είναι δύο φορές πιο ευάλωτο. Τα αποτελέσματα αυτά δικαιολογούν και τα εξαιρετικά υψηλά ποσοστά ενεργειακής φτώχειας (της τάξης του 90%) που υπολογίστηκαν για την ορεινή Ελλάδα.



Διάγραμμα 11.3. Περιοχή «διπλάσιας τρωτότητας» ορεινών περιοχών στο ιστόγραμμα (μπλε περιοχή)

11.2.2 Αποτελέσματα του λόγου απαιτούμενου ενεργειακού κόστους

Πέρα από την κύρια μεταβλητή του Δείκτη Τρωτότητας, υπολογίζονται οι ακόλουθες μεταβλητές εξόδου, που αφορούν στο απαιτούμενο ενεργειακό κόστος, χωρίς την επίδραση του εισοδήματος:

- Λόγος κόστους θέρμανσης

- Λόγος κόστους ψύξης
- Λόγος κόστους λοιπών χρήσεων (ηλεκτρισμού και ΖΝΧ)
- Λόγος συνολικού ενεργειακού κόστους

Οι παραπάνω μεταβλητές υπολογίζονται βάσει των Εξισώσεων 9.8-9.11 και διαμορφώνονται ως εξής:

$$\text{Λόγος κόστους θέρμανσης (€/€)} = \frac{\frac{H_{\text{tot(ορ)}} \cdot \text{HDD}_{(\text{ορ})} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{heat(ορ)}}}{n_{\text{h(ορ)}} \cdot 1000}}{\frac{H_{\text{tot(παν)}} \cdot \text{HDD}_{(\text{παν})} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{heat(παν)}}}{n_{\text{h(παν)}} \cdot 1000}}$$

$$\text{Λόγος κόστους ψύξης (€/€)} = \frac{\frac{H_{\text{tot(ορ)}} \cdot \text{CDD}_{(\text{ορ})} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{cool(ορ)}}}{n_{\text{c(ορ)}} \cdot 1000}}{\frac{H_{\text{tot(παν)}} \cdot \text{CDD}_{(\text{παν})} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{cool(παν)}}}{n_{\text{c(παν)}} \cdot 1000}}$$

$$\text{Λόγος κόστους λοιπών χρήσεων (€/€)} = \frac{E_{\text{electr(ορ)}} \cdot \text{price}_{\text{electr(ορ)}} + E_{\text{dhw(ορ)}} \cdot \text{price}_{\text{dhw(ορ)}}}{E_{\text{electr(παν)}} \cdot \text{price}_{\text{electr(παν)}} + E_{\text{dhw(παν)}} \cdot \text{price}_{\text{dhw(παν)}}}$$

Λόγος συνολικού ενεργειακού κόστους (€/€) =

$$\frac{\frac{H_{\text{tot(ορ)}} \cdot \text{HDD}_{(\text{ορ})} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{heat(ορ)}}}{n_{\text{h(ορ)}} \cdot 1000} + \frac{H_{\text{tot(ορ)}} \cdot \text{CDD}_{(\text{ορ})} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{cool(ορ)}}}{n_{\text{c(ορ)}} \cdot 1000} + E_{\text{el(ορ)}} \cdot \text{price}_{\text{el(ορ)}} + E_{\text{dhw(ορ)}} \cdot \text{price}_{\text{dhw(ορ)}}}{\frac{H_{\text{tot(παν)}} \cdot \text{HDD}_{(\text{παν})} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{heat(παν)}}}{n_{\text{h(παν)}} \cdot 1000} + \frac{H_{\text{tot(παν)}} \cdot \text{CDD}_{(\text{παν})} \cdot 24 \cdot \text{price}_{\text{cool(παν)}}}{n_{\text{c(παν)}} \cdot 1000} + E_{\text{el(παν)}} \cdot \text{price}_{\text{el(παν)}} + E_{\text{dhw(παν)}} \cdot \text{price}_{\text{dhw(παν)}}}$$

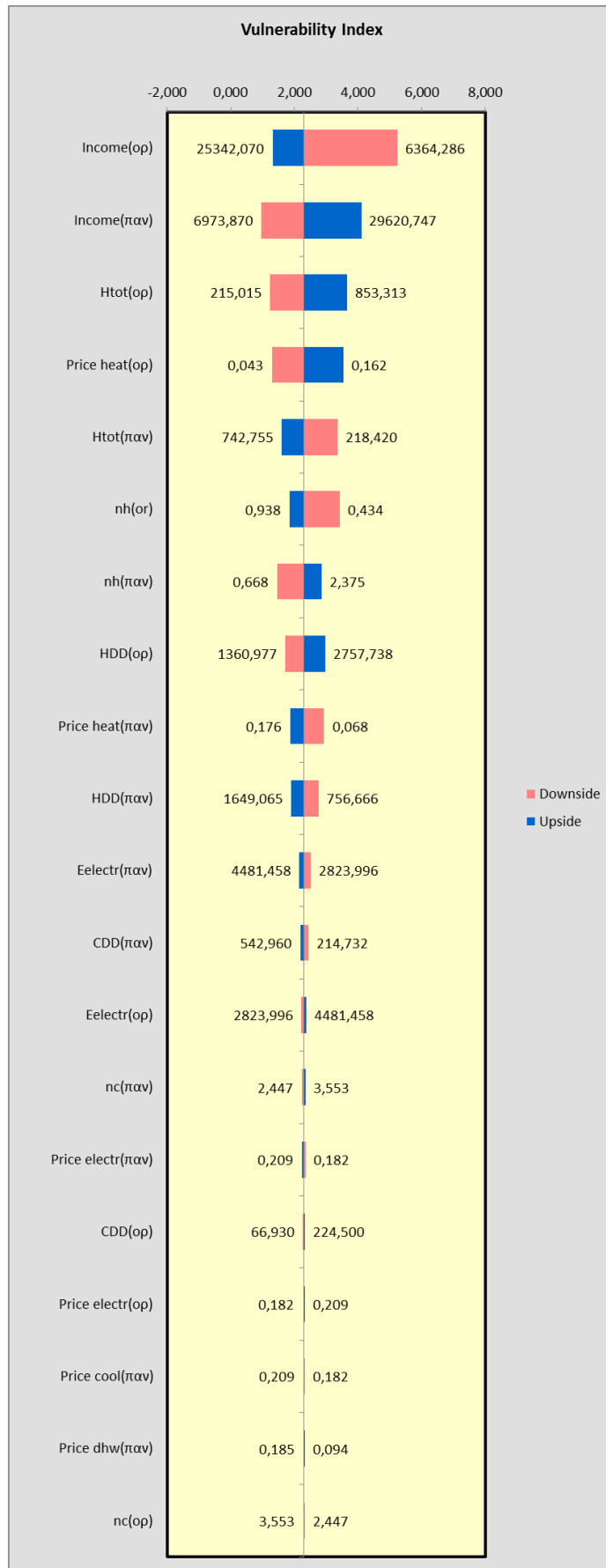
Τα αποτελέσματα ενεργειακού κόστους παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.1. Όπως φαίνεται, οι ορεινές κοινωνίες θα έπρεπε να ξοδεύουν κατά μέσο όρο 3,5 φορές (Mean=3,45, SD=2,17) περισσότερα χρήματα για θέρμανση και περίπου 2 φορές (Mean=1,93, SD=0,82) περισσότερα χρήματα για ενέργεια, συνολικά, σε σχέση με το επίπεδο της χώρας. Ο λόγος συνολικού κόστους μετριάζεται από την επίδραση της ψύξης και των λοιπών αναγκών, καθώς, όπως φαίνεται, τα νοικοκυριά των ορεινών περιοχών χρειάζεται να δίνουν κατά μέσο όρο τα μισά χρήματα για ψύξη σε σχέση με τα νοικοκυριά στο επίπεδο της χώρας ενώ για τον ηλεκτρισμό και το ζεστό νερό χρήσης δεν εμφανίζεται καμία διαφορά, μιας που δε λήφθηκαν υπ' όψιν διαφοροποιήσεις για τις συγκεκριμένες ανάγκες στις ορεινές περιοχές στο μοντέλο SMEP.

Πίνακας 11.1. Αποτελέσματα λόγου απαιτούμενου ενεργειακού κόστους (€/€)

Statistic	Λόγος κόστους θέρμανσης	Λόγος κόστους ψύξης	Λόγος κόστους λοιπών χρήσεων	Λόγος συνολικού ενεργειακού κόστους
Trials	20.000	20.000	20.000	20.000
Mean	3,45	0,47	1,01	1,93
Median	2,91	0,41	1,00	1,76
Stand. Deviation	2,17	0,27	0,13	0,82
Variance	4,70	0,07	0,02	0,67
Skewness	1,80	2,33	0,46	1,44
Kurtosis	8,51	14,63	3,77	6,43
Coeff. of Variability	0,63	0,57	0,13	0,42
Minimum	0,22	0,05	0,59	0,30
Maximum	26,80	3,80	1,72	7,97
Mean Std. Error	0,02	0,00	0,00	0,01

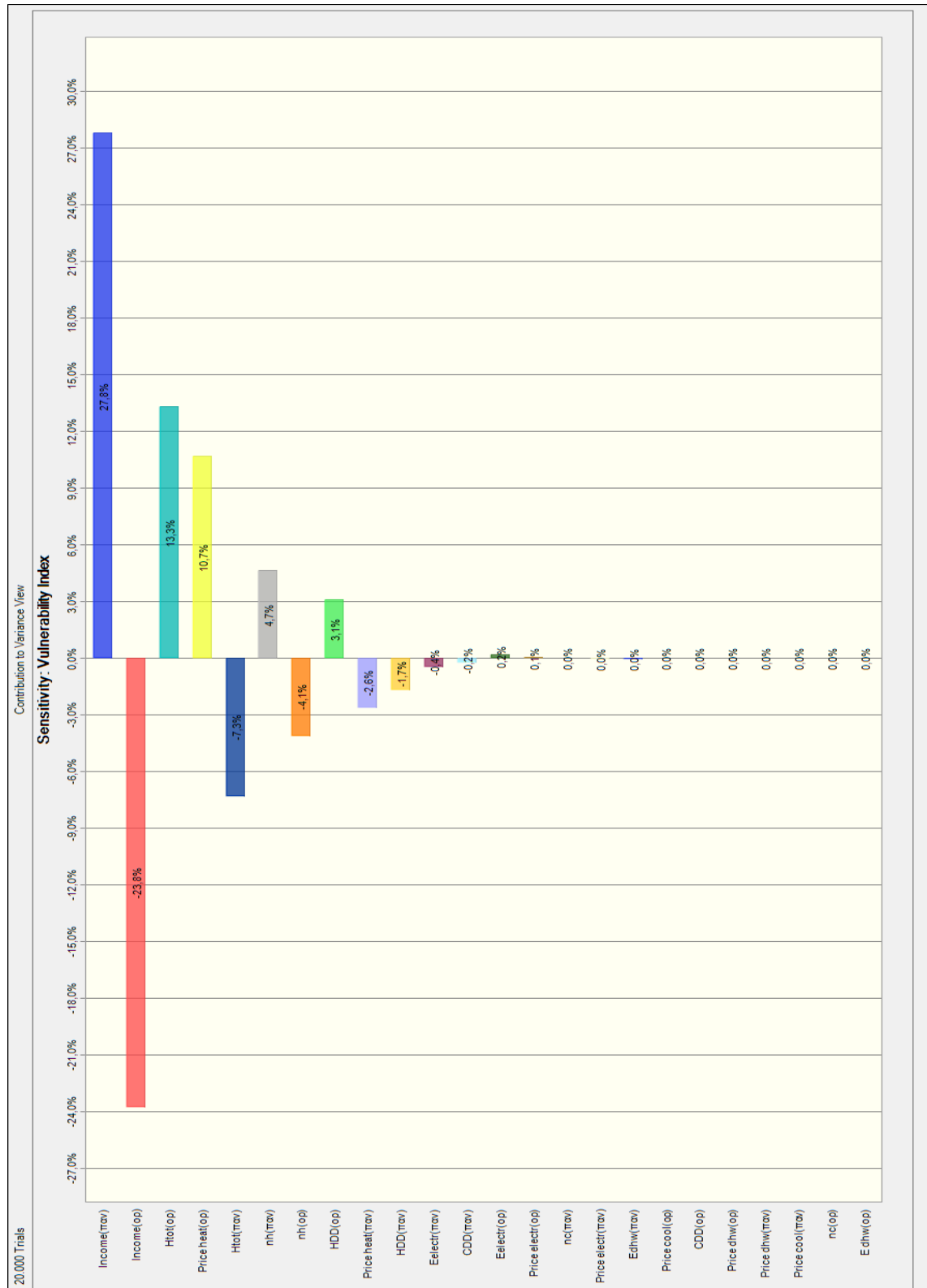
11.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Για την παραγωγή του διαγράμματος ευαισθησίας ελέγχθηκαν οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται, όπως αυτές περιγράφηκαν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 9 και σχετίζονται με την απενεργοποίηση των συσχετίσεων στις μεταβλητές εισόδου, τη διασφάλιση μονοτονικών σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών εισόδου και εξόδου, καθώς και τη διασφάλιση υψηλού αριθμού δοκιμών για την παροχή επαρκούς ακρίβειας. Για τη διασφάλιση μονοτονικής σχέσης μεταξύ των μεταβλητών εισόδου - εξόδου παράχθηκε το «Tornado Chart» (Διάγραμμα 11.4), από το οποίο προκύπτει ότι οι σχέσεις των παραμέτρων με το Δείκτη Τρωτότητας είναι μονοτονικές. Όσον αφορά στον αριθμό δοκιμών, διατηρήθηκε ο υψηλός αριθμός των 20.000 δοκιμών, ο οποίος παρέχει επαρκή ακρίβεια.



Διάγραμμα 11.4. Tornado chart

Το παραγόμενο Διάγραμμα ευαισθησίας (Sensitivity chart) φαίνεται στο Διάγραμμα 11.5. Στον Πίνακα 11.2 παρουσιάζονται τα ποσοστά της επίδρασης κάθε παραμέτρου στο Δείκτη Τρωτότητας αλλά και οι επιμέρους συντελεστές συσχέτισης (Rank Correlation Coefficients) που παράγονται.



Διάγραμμα 11.5. Διάγραμμα ευαισθησίας (Sensitivity Chart) του Δείκτη Τρωτότητας

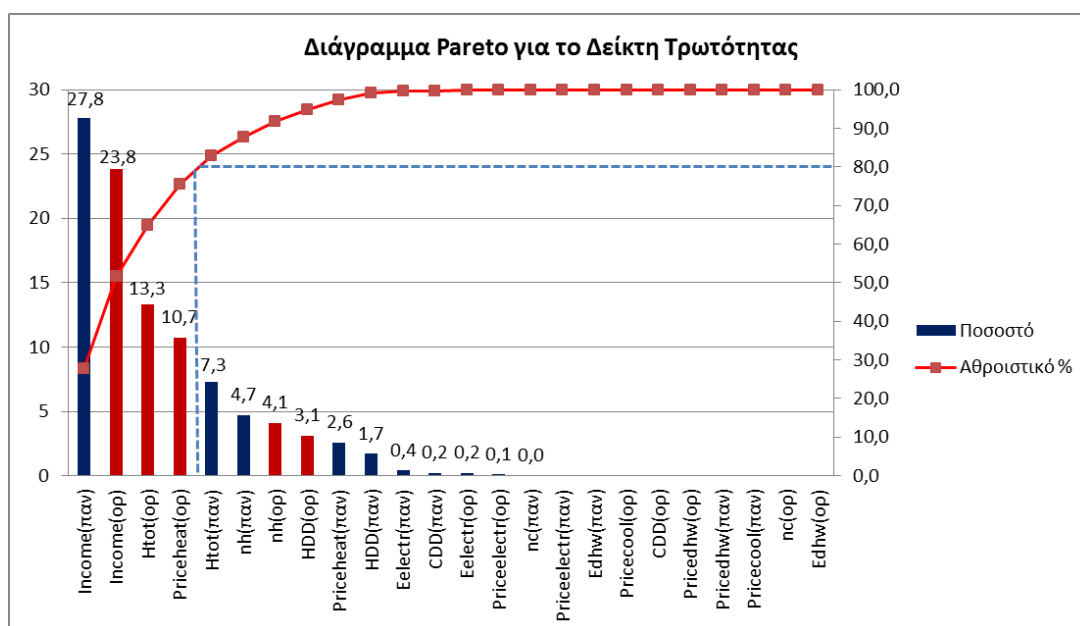
Πίνακας 11.2. Αποτελέσματα Ανάλυσης ευαισθησίας του Δείκτη Τρωτότητας

Assumptions	Ποσοστό επίδρασης κάθε παραμέτρου (%)	Συντελεστής συσχέτισης με το Λόγο Ενεργ. Φτώχειας
Income(παν)	27,82%	0,51
Income(ορ)	-23,76%	-0,47
Htot(ορ)	13,32%	0,35
Priceheat(ορ)	10,68%	0,31
Htot(παν)	-7,28%	-0,26
nh(παν)	4,66%	0,21
nh(ορ)	-4,10%	-0,20
HDD(ορ)	3,10%	0,17
Priceheat(παν)	-2,61%	-0,16
HDD(παν)	-1,69%	-0,13
Eelectr(παν)	-0,43%	-0,06
CDD(παν)	-0,20%	-0,04
Eelectr(ορ)	0,19%	0,04
Priceelectr(ορ)	0,07%	0,03
Priceelectr(παν)	0,03%	0,02
nc(παν)	-0,03%	-0,02
Pricecool(ορ)	-0,02%	-0,01
Edhw(ορ)	0,00%	0,01
CDD(ορ)	0,00%	0,01
Edhw(παν)	0,00%	0,00
Price_dhw(παν)	0,00%	0,00
nc(ορ)	0,00%	0,00
Price_dhw(ορ)	0,00%	0,00
Price_cool(παν)	0,00%	0,00

Στο διάγραμμα ευαισθησίας απεικονίζεται η ποσοτική επίδραση κάθε παραμέτρου στο τελικό αποτέλεσμα τρωτότητας των ορεινών περιοχών. Το διάγραμμα αυτό είναι καθοριστικής σημασίας, καθώς υποδεικνύει ποιές παράμετροι μπορούν να παίξουν αποφασιστικό ρόλο στη «μείωση της ψαλίδας» του λόγου ενεργειακού κόστους/εισοδήματος ανάμεσα στις ορεινές περιοχές και στη χώρα. Είναι φανερό ότι για να γεφυρωθεί, με μαθηματικό τρόπο, η απόσταση αυτή υπάρχουν δύο μέσα. Η βελτίωση των ορεινών περιοχών (μέσω της κατάλληλης επίδρασης στις παραμέτρους) ή η επιδείνωση του συνολικού επιπέδου της χώρας. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων επιλέγεται η αρχή Pareto, γνωστή και ως «κανόνας 80/20», σύμφωνα με την οποία το 80% του αποτελέσματος μιας κατάστασης προέρχεται από το 20% των μέσων ή αιτιών. Για τη διερεύνηση της αρχής Pareto σχεδιάστηκε το αντίστοιχο διάγραμμα (Διάγραμμα 11.6), το οποίο έχει ως σκοπό να διαχωρίσει τις σημαντικές πλευρές ενός προβλήματος από τις λιγότερο σημαντικές (Αντζουλάκος 2009). Επιπλέον, επιλέγονται παράγοντες με βάση το κριτήριο βελτίωσης κατά Pareto, το οποίο ικανοποιείται όταν οι πόροι κατανέμονται με τέτοιο τρόπο,

ώστε η βελτίωση της θέσης ενός ατόμου ή μιας ομάδας να επιτυγχάνεται, χωρίς παράλληλα να χειροτερεύει η θέση κάποιου άλλου (Μέργος 2003). Στη βάση αυτού του κριτηρίου, δίνεται έμφαση στη βελτίωση των συνθηκών των ορεινών περιοχών, χωρίς ταυτόχρονα να γίνονται δυσμενέστερες οι συνθήκες στο επίπεδο της χώρας. Για το λόγο αυτό, οι παράμετροι και, κατ' επέκταση, τα μέτρα που οδηγούν στην επιδείνωση των συνθηκών στο επίπεδο της χώρας, δε λαμβάνονται υπ' όψιν.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο πρώτος κατά σειρά παράγοντας «μείωσης της ψαλίδας» του λόγου ενεργειακού κόστους/εισοδήματος ανάμεσα στις ορεινές περιοχές και στη χώρα αναδεικνύεται το εισόδημα των ορεινών περιοχών σε ποσοστό 23,76%. Ακολουθούν ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας των ορεινών περιοχών σε ποσοστό 13,32% και, με μικρή διαφορά, η τιμή θέρμανσης των ορεινών περιοχών σε ποσοστό 10,68%. Τελευταία, επιδρούν τα συστήματα θέρμανσης των ορεινών περιοχών, σε ποσοστό 4,10%, αν και ήσσονος σημασίας σύμφωνα με την αρχή Pareto. Σημειώνεται πως και οι βαθμομέρες θέρμανσης των ορεινών περιοχών αυξάνουν την τρωτότητα των ορεινών περιοχών σε ένα μικρό ποσοστό (3,10%), αλλά, ως κλιματικό χαρακτηριστικό, δε λαμβάνεται υπ' όψιν. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι παράγοντες που τελικά αξιολογούνται ως σημαντικοί για τη βελτίωση του υπό μελέτη προβλήματος (Διάγραμμα 11.6).



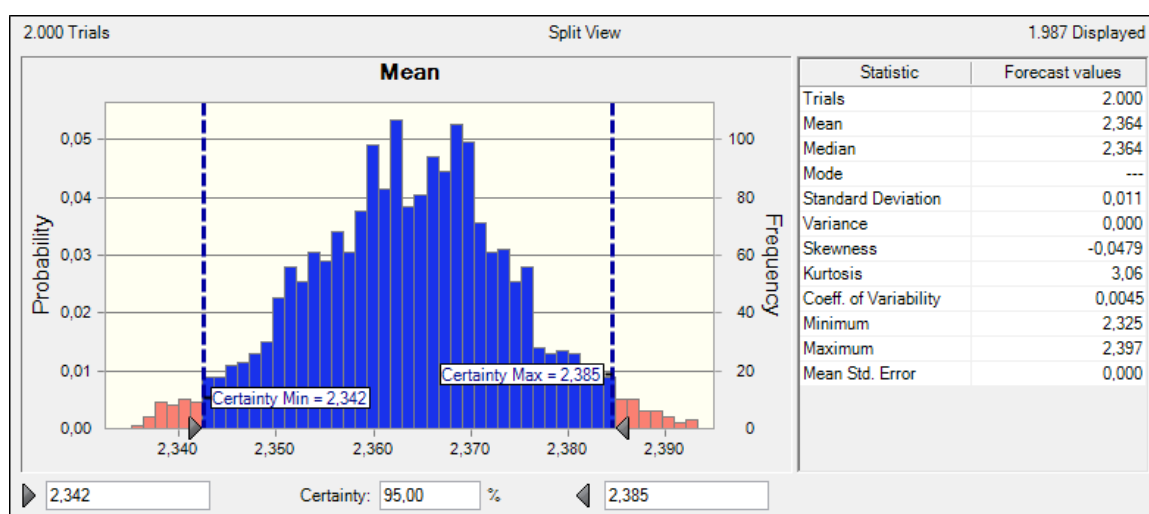
Διάγραμμα 11.6. Διάγραμμα Pareto για το Δείκτη Τρωτότητας

Από την ανάλυση ευαισθησίας προκύπτουν συγκεκριμένες προτάσεις ενεργειακής πολιτικής, οι οποίες δείχνουν ποια μέτρα και σε ποιο βαθμό μπορούν να μειώσουν το βαθμό υστέρησης των ορεινών κοινωνιών, στο ζήτημα της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών. Πιο συγκεκριμένα, αποδεικνύεται ότι γενικότερα μέτρα ανάπτυξης των ορεινών περιοχών που θα έχουν ως

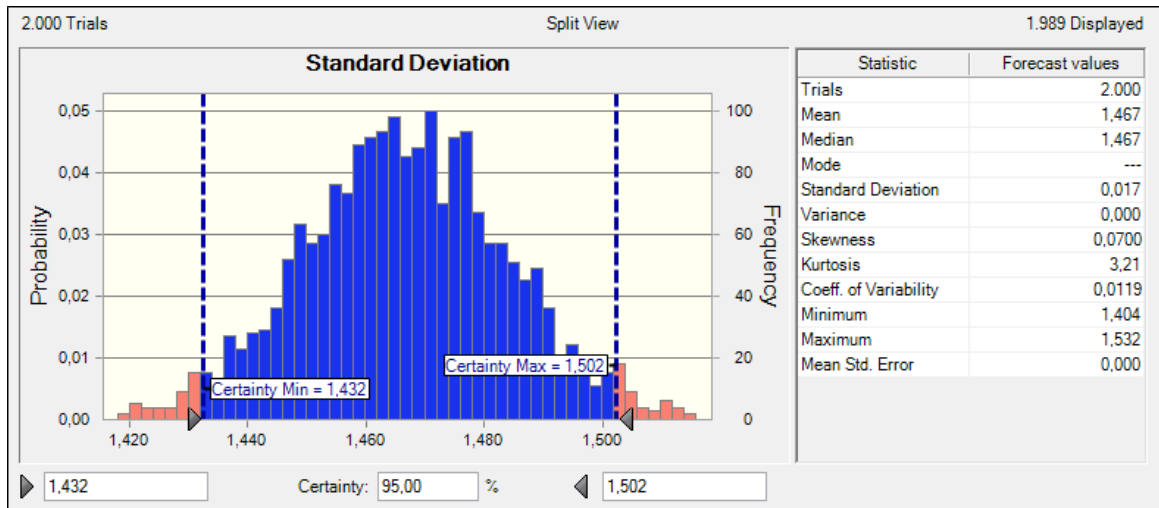
συνέπεια και την αύξηση των εισοδημάτων στις ορεινές περιοχές είναι το πρώτο μέτρο, κατά σειρά σημαντικότητας, που μπορεί να οδηγήσει και στη μείωση της τρωτότητας των ορεινών περιοχών σε σχέση με το σύνολο της χώρας. Άλλα ιδιαίτερα χρήσιμα μέτρα είναι η καλύτερη ενεργειακή θωράκιση των ορεινών σπιτιών μέσω κατάλληλων δράσεων ενεργειακής εξοικονόμησης των σπιτιών και η μείωση της τιμής θέρμανσης στις ορεινές περιοχές είτε μέσω ειδικών ελαφρύνσεων στη φορολογία των καυσίμων είτε μέσω αποτελεσματικότερης επιδοματικής πολιτικής υπέρ των ορεινών περιοχών. Τέλος, η αντικατάσταση των παλαιών συστημάτων θέρμανσης με αποδοτικότερα συστήματα μπορεί εν μέρει να επηρεάσει θετικά την τρωτότητα των ορεινών περιοχών, αλλά σε μικρότερο βαθμό, σε σχέση με τα προηγούμενα μέτρα.

11.3 Στατιστικός έλεγχος των αποτελεσμάτων του Δείκτη Τρωτότητας

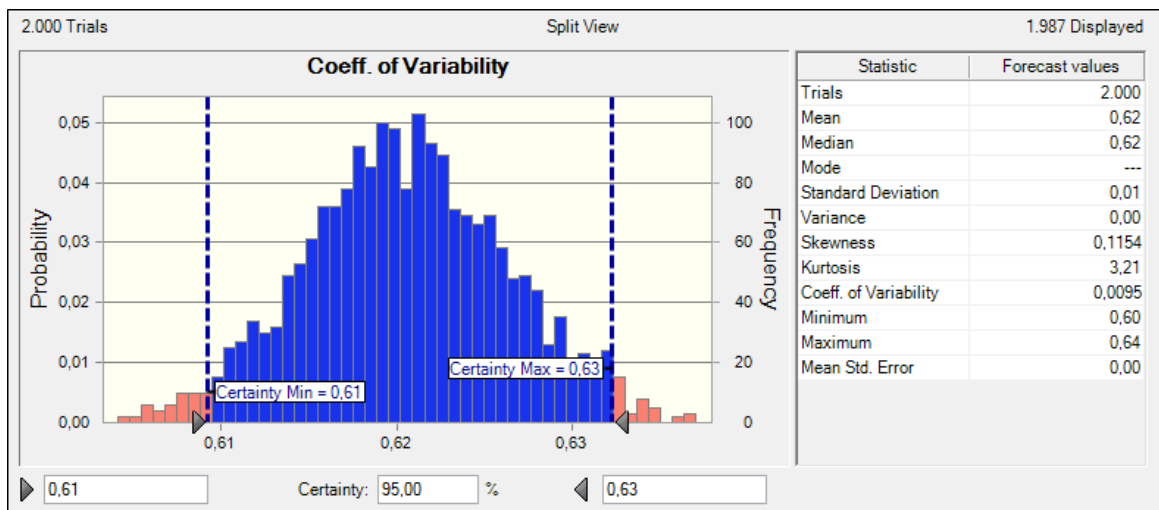
Ο στατιστικός έλεγχος των αποτελεσμάτων του μοντέλου πραγματοποιείται, όπως και στο μοντέλο ενεργειακής φτώχειας, με την τεχνική bootstrap, και συγκεκριμένα, με τη μέθοδο πολλαπλής προσομοίωσης (Multiple-simulation method) ή αλλιώς παραμετρική τεχνική bootstrap. Επιλέχθηκαν 2.000 δείγματα (bootstrap samples) και 20.000 δοκιμές ανά δείγμα. Στα Διαγράμματα 11.7, 11.8 και 11.9 παρουσιάζονται οι κατανομές και τα αντίστοιχα στατιστικά αποτελέσματα των κυριότερων στατιστικών του Δείκτη Τρωτότητας (μέσος όρος, τυπική απόκλιση, συντελεστής μεταβλητότητας), που παράγονται μέσα από τα 2.000 νέα δείγματα. Σε όλες τις περιπτώσεις, το μέσο τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής μεταβλητότητας των κατανομών είναι ιδιαίτερα χαμηλά (το μέσο τυπικό σφάλμα μάλιστα είναι 0,00), γεγονός που επιβεβαιώνει ότι τα στατιστικά αποτελέσματα του δείκτη παρέχουν επαρκή ακρίβεια. Ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα του μοντέλου του Δείκτη Τρωτότητας θεωρούνται αξιόπιστα.



Διάγραμμα 11.7. Bootstrap κατανομή συχνοτήτων για το μέσο όρο (Mean) του Δείκτη Τρωτότητας



Διάγραμμα 11.8. Bootstrap κατανομή συχνοτήτων για την τυπική απόκλιση (Std. Deviation) του Δείκτη Τρωτότητας



Διάγραμμα 11.9. Bootstrap κατανομή συχνοτήτων για το συντελεστή μεταβλητότητας (Coeff. of Variability) του Δείκτη Τρωτότητας

11.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Οι μέχρι τώρα αναλύσεις ενεργειακής φτώχειας περιλαμβάνουν τη μελέτη του φαινομένου της ενεργειακής φτώχειας σε έναν πληθυσμό (πχ. σε μια χώρα), ή σε κάποιο συγκεκριμένο τμήμα του (π.χ. στις αγροτικές περιοχές). Τα υφιστάμενα εργαλεία στην ανάλυση της ενεργειακής φτώχειας, πέραν της σύγκρισης ομοειδών στοιχείων (πχ. συγκριτική ανάλυση δύο διαφορετικών ερευνών), δεν είναι ικανά να απαντήσουν με επάρκεια στο ερώτημα «πόσο πιο ευάλωτος είναι ένας ειδικός πληθυσμός σε σχέση με το σύνολο της χώρας», ώστε να γίνεται άμεσα αντιληπτή η πιθανή υστέρηση του υπό εξέταση πληθυσμού. Για το λόγο αυτό, εισάγεται ο «Δείκτης Τρωτότητας (Vulnerability Index - VI), ο οποίος δίνει μια ορθή και ολοκληρωμένη απάντηση στο παραπάνω ερώτημα.

Πιο συγκεκριμένα, ως Δείκτης Τρωτότητας ενός τμήματος του πληθυσμού ορίζεται ο λόγος του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας του υπό εξέταση πληθυσμού προς το Λόγο Ενεργειακής Φτώχειας του συνόλου της χώρας.

Επιπλέον, για τη σύγκριση μεταξύ δυο ευάλωτων τμημάτων του πληθυσμού, ορίζεται ο «Σχετικός Δείκτης Τρωτότητας (Relative Vulnerability Index - RVI), ο οποίος μελετά τη διαβάθμιση του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας μιας υποκατηγορίας του πληθυσμού σε σχέση με μια άλλη υποκατηγορία του.

Με τη χρήση των δεικτών αυτών, είναι δυνατή η ποσοτικοποίηση της έντασης του φαινομένου σε ένα τμήμα του πληθυσμού, σε σχέση με έναν πληθυσμό αναφοράς. Ως μελέτη εφαρμογής, στην παρούσα διατριβή, επιχειρείται να προσδιοριστεί η τρωτότητα των ορεινών περιοχών της Ελλάδας σε σχέση με το επίπεδο της χώρας.

Γενικά, ως προς τη χρησιμότητά του, ο Δείκτης Τρωτότητας:

- Αποτιμά σε ποσοτικούς όρους την τρωτότητα ενός πληθυσμού στο Λόγο Ενεργειακής Φτώχειας ως προς ένα γενικό επίπεδο αναφοράς (συνηθέστερα το επίπεδο της χώρας).
- Ποσοτικοποιεί την επίδραση των διαφόρων παραμέτρων στην τρωτότητα του υπό εξέταση πληθυσμού και υποδεικνύει ποιές παράμετροι μπορούν να παίξουν αποφασιστικό ρόλο στη «μείωση της ψαλίδας» του λόγου ενεργειακού κόστους/εισοδήματος ανάμεσα στον υπό εξέταση πληθυσμό και στον πληθυσμό του επιπέδου αναφοράς. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιείται το κριτήριο βελτίωσης κατά Pareto, σύμφωνα με το οποίο γίνεται αποδεκτή η βελτίωση των συνθηκών του υπό εξέταση πληθυσμού χωρίς ταυτόχρονα να γίνονται δυσμενέστερες οι συνθήκες στον πληθυσμό του επιπέδου αναφοράς.
- Η ανάλυση, πέραν των ορεινών περιοχών που χρησιμοποιήθηκαν ως μελέτη περίπτωσης στην παρούσα διατριβή, μπορεί να γενικευθεί σε άλλες πληθυσμιακές ομάδες (π.χ. νησιωτικές περιοχές, απομονωμένες περιοχές, κ.ο.κ.), αλλά και στη μελέτη του προβλήματος σε μια χώρα (π.χ. στην Ελλάδα) σε σύγκριση με την Ευρωπαϊκή Ένωση, στο βαθμό που υπάρχουν αξιόπιστα στατιστικά στοιχεία για τις μεταβλητές εισόδου.

Ως προς τα αποτελέσματα του Δείκτη Τρωτότητας των ορεινών περιοχών της Ελλάδας:

- Η σύγκριση του επιπέδου της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές (92,6%) σε σχέση με το αντίστοιχο ποσοστό στο επίπεδο της χώρας (70,4%) και, ιδιαίτερα, ο λόγος των δύο ποσοστών, δεν είναι ικανός να απαντήσει ορθά στο ερώτημα «πόσο πιο ευάλωτες είναι οι ορεινές περιοχές». Αντίθετα, η εισαγωγή του Δείκτη Τρωτότητας έδωσε μια ορθή και ολοκληρωμένη απάντηση στο παραπάνω ερώτημα.
- Οι ορεινές περιοχές της χώρας είναι εξαιρετικά πιο ευάλωτες στην ενεργειακή φτώχεια σε σχέση με το σύνολο της χώρας. Οι ορεινές κοινωνίες χρειάζεται να ξοδεύουν κατά μέσο όρο 2,5 φορές περισσότερα χρήματα από το εισόδημά τους για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, σε σχέση με το σύνολο τη χώρας. Αποδεικνύεται ότι οι ορεινές κοινωνίες είναι περισσότερο ευάλωτες ως προς το ποσοστό του εισοδήματος που δαπανούν για ενέργεια, σε σχέση με το επίπεδο της χώρας, σε ποσοστό 89,65%. Με άλλα λόγια, εννέα στα δέκα ορεινά νοικοκυριά χρειάζεται να δίνουν μεγαλύτερο μέρος του εισοδήματός τους για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, έναντι των αντίστοιχων νοικοκυριών σε επίπεδο χώρας, ενώ 5 στα 10 ορεινά νοικοκυριά χρειάζεται να διαθέτουν τουλάχιστον διπλάσιο ποσοστό του εισοδήματός τους, σε σχέση με το επίπεδο της χώρας.
- Η σύγκριση του λόγου του καθαρού ενεργειακού κόστους (χωρίς την επίδραση του εισοδήματος) αναδεικνύει το ειδικό βάρος του κόστους θέρμανσης για τις ορεινές κοινωνίες, καθώς υπολογίζεται ότι τα νοικοκυριά των ορεινών περιοχών θα έπρεπε να ξοδεύουν κατά μέσο όρο 3,5 φορές περισσότερα χρήματα για θέρμανση και περίπου 2 φορές περισσότερα χρήματα για ενέργεια, συνολικά, σε σχέση με το επίπεδο της χώρας. Ο λόγος συνολικού κόστους μετριάζεται από τη -μειωμένη στο μισό- επίδραση της ψύξης στις ορεινές περιοχές. Γίνεται φανερό ότι τα υψηλότερα θερμικά φορτία των ορεινών περιοχών και, κατ' επέκταση, το αυξημένο απαιτούμενο κόστος θέρμανσης είναι αυτό που διαμορφώνει στο μεγαλύτερο μέρος του το βαθμό τρωτότητας των ορεινών περιοχών έναντι της χώρας.
- Όσον αφορά στην επίδραση των διαφόρων παραμέτρων, αποδείχθηκε ότι η τρωτότητα των ορεινών περιοχών εξαρτάται βασικά από το εισόδημα των ορεινών περιοχών, καθώς αυτό αναδεικνύεται στο σημαντικότερο παράγοντα στην ανάλυση ευαισθησίας, σε ποσοστό 23,76%. Κατά συνέπεια, η αύξηση των εισοδημάτων στις ορεινές περιοχές είναι το πρώτο μέτρο που μπορεί να συμβάλει στη «μείωση της ψαλίδας» του λόγου ενεργειακού κόστους/εισοδήματος ανάμεσα στις ορεινές περιοχές και στη χώρα. Δεύτερος σημαντικότερος παράγοντας αναδεικνύεται ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, σε ποσοστό 13,32% και τρίτος, με μικρή διαφορά, η τιμή θέρμανσης των ορεινών περιοχών, σε ποσοστό 10,68%. Συνεπώς, η καλύτερη ενεργειακή θωράκιση των ορεινών σπιτιών και η μείωση της τιμής θέρμανσης στις ορεινές περιοχές είναι τα επόμενα πιο αποτελεσματικά μέτρα στην κατεύθυνση μείωσης της τρωτότητας των ορεινών περιοχών σε σχέση με το σύνολο της χώρας, όσον αφορά στην ενεργειακή φτώχεια.

Βιβλιογραφία

Αντζουλάκος Δ. (2009). *Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας*. Β΄ Έκδοση. Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς.

Μέργος Γ. (2003). *Κοινωνικο-οικονομική Αξιολόγηση Επενδύσεων & Πολιτικών*. Αθήνα: Εκδόσεις Μπένου.

Κεφάλαιο 12. Βαθμός Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών

12.1 Ορισμός Βαθμού Κάλυψης Ενεργειακών Αναγκών – Αποτελέσματα για την Ελλάδα

Όπως έχει αναλυθεί σε προηγούμενα Κεφάλαια, στην πλειονότητα των μελετών, ο υπολογισμός της ενεργειακής φτώχειας γίνεται με αντικατάσταση του απαιτούμενου ενεργειακού κόστους, στο βασικό ορισμό του 10%, με το καταβληθέν ενεργειακό κόστος. Ένα από τα κύρια προβλήματα μιας τέτοιας προσέγγισης είναι ότι παραβλέπει μια σημαντική πλευρά της ενεργειακής φτώχειας, τη συμπίεση των ενεργειακών αναγκών. Στη βιβλιογραφία έχει αναφερθεί ότι η χρησιμοποίηση του καταβληθέντος κόστους έναντι του αντίστοιχου απαιτούμενου αποτυγχάνει να εντοπίσει τα νοικοκυριά που περιορίζουν, αναγκαστικά, το ενεργειακό τους κόστος (Roberts et al. 2015, Dubois 2012 κλπ.). Ωστόσο, η διαπίστωση αυτή έχει παραμείνει σε ποιοτικό επίπεδο μέχρι σήμερα. Ο ποσοτικός προσδιορισμός της συμπίεσης των ενεργειακών αναγκών προσεγγίζεται για πρώτη φορά στο παρόν Κεφάλαιο. Επιπρόσθετα, προσεγγίζεται το φαινόμενο της ενεργειακής σπατάλης, ενός επίσης σοβαρού κοινωνικού προβλήματος.

Για το σκοπό αυτό εφαρμόστηκε η εξίσωση του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας (Εξίσωση 9.2) σε καθένα από τα 400 ερωτηματολόγια της πανελλαδικής έρευνας, αφού προσδιορίστηκαν επακριβώς οι παράμετροι που υπεισέρχονται στην εξίσωση (HDD , CDD , H_{tot} , n_h , n_c , $price_{heat}$, $price_{cool}$, $price_{electr}$, $price_{dhw}$, E_{electr} , E_{dhw}), για κάθε διαφορετικό νοικοκυριό. Με τον τρόπο αυτό, πραγματοποιήθηκε μια επιτυχής προσέγγιση του απαιτούμενου ενεργειακού κόστους για κάθε νοικοκυριό, προσαρμοσμένη στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της κάθε περίπτωσης (έτος κατασκευής σπιτιού, υψόμετρο, γεωγραφικό πλάτος, σύστημα θέρμανσης κλπ.). Τα αποτελέσματα επέτρεψαν τη σύγκριση μεταξύ καταβληθέντος και απαιτούμενου ενεργειακού κόστους των συγκεκριμένων περιπτώσεων, που συνιστούν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των νοικοκυριών στην Ελλάδα.

Προκειμένου να γίνει δυνατός ο ποσοτικός προσδιορισμός της συμπίεσης των ενεργειακών αναγκών που έχουν υποστεί τα ελληνικά νοικοκυριά, εισήχθη ένας νέος δείκτης, ονόματι «Βαθμός Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών (Degree of Coverage of Energy Needs - DCEN)», ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του καταβληθέντος ενεργειακού κόστους (actual energy expenditure) προς το απαιτούμενο ενεργειακό κόστος (required energy expenditure):

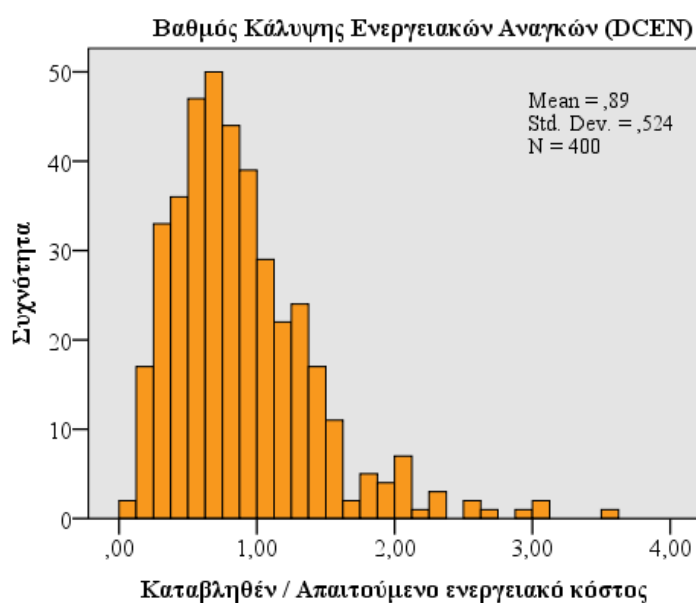
$$DCEN = \frac{\text{Actual energy expenditure}}{\text{Required energy expenditure}}$$

Ανάλογα με την τιμή του δείκτη DCEN, η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών κατηγοριοποιείται βάσει της ακόλουθης διαβάθμισης:

- $DCEN \leq 0,8$: Συμπίεση αναγκών
- $0,8 \leq DCEN \leq 1,0$: Ικανοποίηση αναγκών
- $DCEN \geq 1,0$: Σπατάλη

Το όριο του 80% βασίστηκε στη μελέτη του Τουρκολίας (2016), ο οποίος εισήγαγε ως Δείκτη ενεργειακής φτώχειας το λόγο «Πραγματική / Θεωρητικά απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση <80% (Actual energy consumption/Theoretically required energy consumption<80%)», θεωρώντας ότι κάτω από το όριο αυτό δεν είναι δυνατόν να ικανοποιηθούν επαρκώς οι ενεργειακές ανάγκες. Με στόχο τον εντοπισμό της καθαρής συμπίεσης των αναγκών, «επετράπη» στο δείκτη DCEN να θεωρεί ικανοποίηση των αναγκών μια μείωση του απαιτούμενου κόστους έως 20%.

Το ιστόγραμμα του DCEN για τα νοικοκυριά της Ελλάδας απεικονίζεται στο Διάγραμμα 12.1. Όπως φαίνεται, η κατανομή του DCEN είναι λογαριθμοκανονική, με μέση τιμή 0,89 (Mean=0,89, SD=0,52). Η περαιτέρω ανάλυση καταβληθέντος και απαιτούμενου ενεργειακού κόστους για τα νοικοκυριά της Ελλάδας παρουσιάζεται στον Πίνακα 12.1.



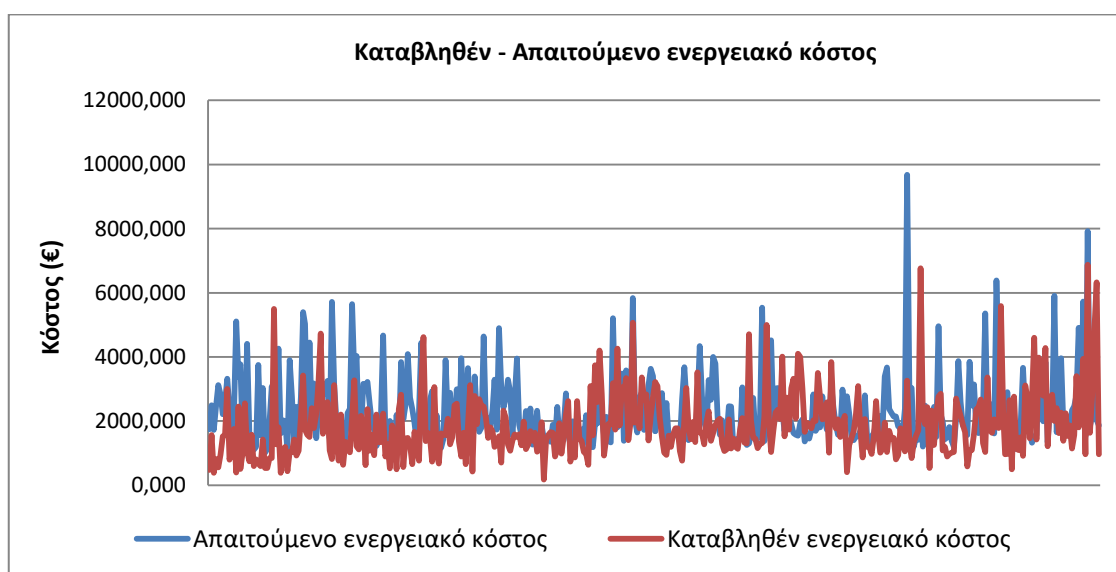
Διάγραμμα 12.1. Ιστόγραμμα δείκτη DCEN στην Ελλάδα

Πίνακας 12.1. Σύγκριση κατανομών καταβληθέντος και απαιτούμενου ενεργειακού κόστους στην Ελλάδα (€)

	Καταβληθέν κόστος θέρμανσης	Απαιτούμενο κόστος θέρμανσης	Καταβληθέν κόστος ηλεκτρισμού	Απαιτούμενο κόστος λοιπών αναγκών	Συνολικό καταβληθέν κόστος	Συνολικό απαιτούμενο κόστος
Mean	684,00	1217,17	1165,07	1102,04	1849,07	2319,22
Median	500,00	951,86	1062,50	1040,32	1627,50	2004,67
Std. Dev.	770,58	973,40	618,07	200,48	1020,54	1094,77
Minimum	0,00	132,85	180,00	829,41	180,00	1013,42
Maximum	5824,00	7889,92	6325,00	2536,42	6872,50	9680,04

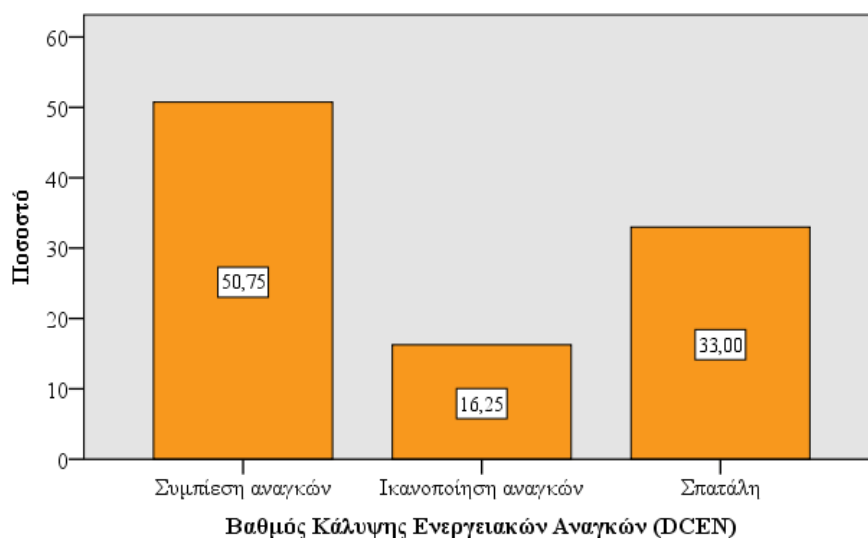
Όπως φαίνεται στον Πίνακα, το μέσο καταβληθέν κόστος θέρμανσης των νοικοκυριών στην Ελλάδα (684€) είναι το μισό του αντίστοιχου απαιτούμενου (1.217€), ενώ το μέσο συνολικό καταβληθέν κόστος (1.849€) υπολείπεται κατά 26% του αντίστοιχου απαιτούμενου συνολικού (2.319€). Όσον αφορά στις υπόλοιπες χρήσεις, πέραν της θέρμανσης, τα επιμέρους, απαιτούμενα κόστη ψύξης, ηλεκτρισμού και ΖΝΧ, τα οποία στο μεγαλύτερο μέρος τους καλύπτονται μέσω ηλεκτρισμού, αθροίζονται στο «απαιτούμενο κόστος λοιπών αναγκών» του Πίνακα και συγκρίνονται με το καταβληθέν κόστος ηλεκτρισμού της πανελλαδικής έρευνας. Η σύγκλιση μεταξύ των δύο συγκεκριμένων τμημάτων κόστους απορρέει από το γεγονός ότι για τον υπολογισμό του απαιτούμενου κόστους, οι καταναλώσεις του ηλεκτρισμού και του ΖΝΧ λήφθηκαν ως μέσες τιμές εμφάνισης στη χώρα, βάσει της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής. Βέβαια, το κόστος ηλεκτρισμού της πανελλαδικής έρευνας περιλαμβάνει και τυχόν κόστος θέρμανσης που καλύπτεται μέσω ηλεκτρισμού, δεδομένης της στροφής των ελληνικών νοικοκυριών στον ηλεκτρισμό για θέρμανση, κατά την περίοδο της κρίσης, στοιχείο το οποίο δεν είναι δυνατό να διακριθεί στο δηλωθέν κόστος ηλεκτρισμού, στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας. Τα αποτελέσματα δίνουν μια πρώτη εικόνα της συμπίεσης των ενεργειακών αναγκών που υφίστανται τα ελληνικά νοικοκυριά, ειδικά όσον αφορά στην κάλυψη των θερμικών αναγκών τους.

Στο Διάγραμμα 12.2 γίνεται άμεση σύγκριση μεταξύ του ετήσιου καταβληθέντος και του απαιτούμενου ενεργειακού κόστους ανά νοικοκυριό. Σε μία σχεδόν φωτογραφική αποτύπωση κόστους (ένα προς ένα) των νοικοκυριών της χώρας, φαίνεται ότι η σχέση μεταξύ των δύο τμημάτων κόστους δεν είναι σταθερή (σε κάποιες περιπτώσεις, μάλιστα, αντιστρέφεται). Είναι, όμως, φανερή η συνολική τάση, δηλαδή το γεγονός ότι στο μεγαλύτερο μέρος, το καταβληθέν κόστος υπολείπεται του αντίστοιχου απαιτούμενου. Με άλλα λόγια, είναι φανερή η συμπίεση των ενεργειακών αναγκών και, κατ' επέκταση, η περικοπή του ενεργειακού κόστους στην οποία οδηγούνται τα νοικοκυριά στην Ελλάδα.



Διάγραμμα.12.2. Άμεση σύγκριση καταβληθέντος και απαιτούμενου ενεργειακού κόστους ανά νοικοκυριό στην Ελλάδα

Η διαβάθμιση, όμως, του δείκτη DCEN, είναι αυτή που αποκαλύπτει την πραγματική εικόνα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών. Τα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης του δείκτη DCEN παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 12.3.



Διάγραμμα 12.3. Διαβάθμιση δείκτη DCEN στην Ελλάδα

Αποδεικνύεται ότι τα μισά νοικοκυριά στην Ελλάδα συμπιέζουν τις ενεργειακές τους ανάγκες, αφού καταβάλλουν για αυτές ποσό μικρότερο του 80% του αντίστοιχου απαιτούμενου, βάσει των αντικειμενικών αναγκών. Την ίδια στιγμή, μικρό ποσοστό των νοικοκυριών (16%) ικανοποιεί τις ενεργειακές του ανάγκες, ξοδεύοντας για αυτές το 80%-100% του ποσού που θα κάλυπτε πλήρως τις ανάγκες του. Σημαντικό εύρημα της έρευνας αποτελεί το γεγονός ότι ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού (33%) πραγματοποιεί ενεργειακή σπατάλη, ξοδεύοντας για ενέργεια παραπάνω χρήματα από αυτά που χρειάζεται, γεγονός που αποτελεί μια «κακή συνήθεια» των ελληνικών νοικοκυριών, παρά τις αντίξοες οικονομικές συνθήκες σε εποχή κρίσης.

Σημειώνεται ότι στο συγκεκριμένο δείκτη, η έννοια της σπατάλης διαφοροποιείται από την έννοια του «σπάταλου ελληνικού κτιρίου», όπως αναφέρεται στον Πανά (2012), σύμφωνα με τον οποίο η μέση ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα είναι υψηλότερη σε σχέση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, με ακόμα πιο αντίξοες κλιματικές συνθήκες, όπως η Δανία, η Ολλανδία κλπ. Στην παρούσα περίπτωση, ο δείκτης DCEN, μέσω του υπολογισμού του απαιτούμενου κόστους, λαμβάνει υπ' όψιν τις υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις των παλαιών κτιρίων, υπολογίζοντας αντίστοιχα υψηλότερους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας H_{tot} . Ως εκ τούτου, η σπατάλη αναφέρεται σε πραγματική ενεργειακή σπατάλη των νοικοκυριών, η οποία με τη σειρά της φανερώνει την έλλειψη κουλτούρας των Ελλήνων στον τομέα της ορθής ενεργειακής συμπεριφοράς.

12.1.1 Στατιστική συσχέτιση του Βαθμού Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών με επιμέρους παράγοντες

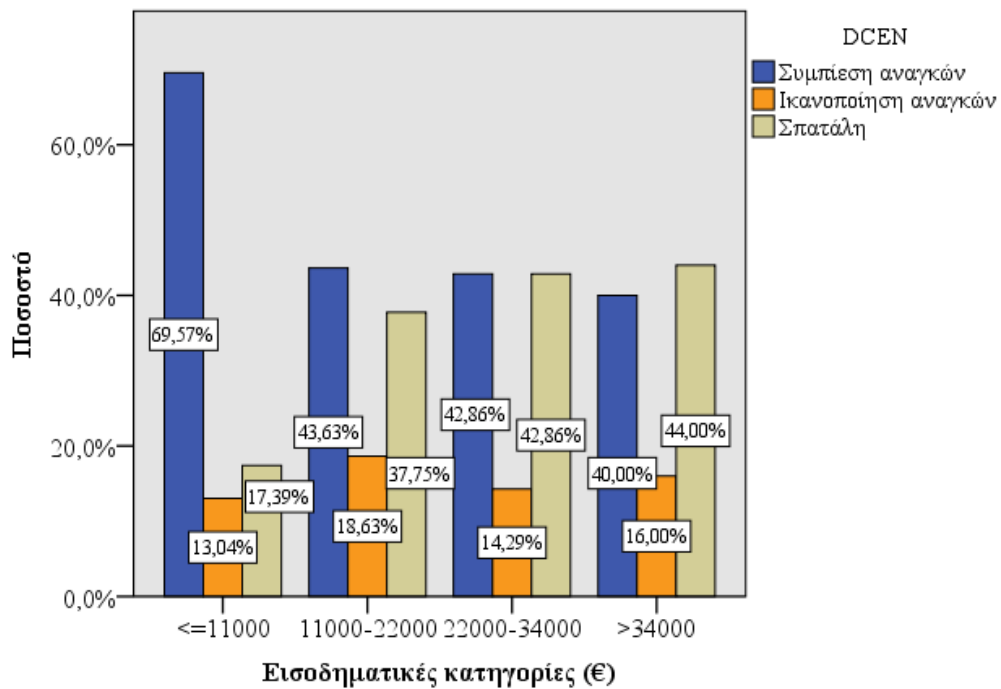
Διερευνήθηκε η στατιστική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη DCEN και επιμέρους παραγόντων (κλιματικών, γεωγραφικών, κοινωνικών-οικονομικών, τεχνικών χαρακτηριστικών κλπ.), μέσω του στατιστικού ελέγχου χ^2 , με στόχο να εντοπιστούν οι παράγοντες εκείνοι που επιδρούν με σημαντικό τρόπο στην ικανότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών. Η μηδενική υπόθεση ορίζει ότι ο δείκτης DCEN και καθένας από τους επιμέρους παράγοντες είναι ανεξάρτητοι. Τα αποτελέσματα για την Ελλάδα παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.2.

Πίνακας 12.2. Στατιστική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη DCEN και επιμέρους παραγόντων στην Ελλάδα

DCEN	χ^2	df	p-value
Εισοδηματικές κατηγορίες	25,337	6	0,000
Κλιματική ζώνη	5,476	6	0,484
Υψόμετρο	8,534	8	0,383
Είδος κύριας θέρμανσης/καυσίμου	27,788	8	0,001
Έτος κατασκευής σπιτιού	134,268	6	0,000
Εμβαδό σπιτιού	12,236	6	0,057
Κατηγορία νοικοκυριού	32,100	6	0,000

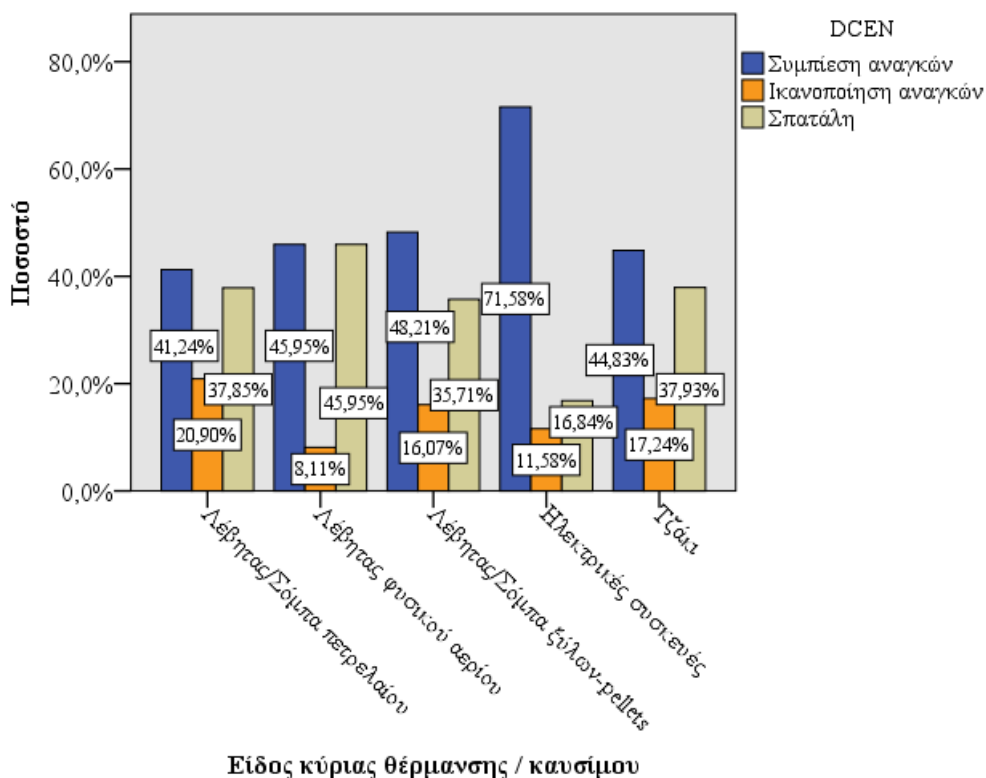
Όπως φαίνεται στον Πίνακα, από τους επτά, συνολικά, παράγοντες που εξετάζονται, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται για τους τέσσερις (εισοδηματικές κατηγορίες, είδος κύριας θέρμανσης/καυσίμου, έτος κατασκευής σπιτιού και κατηγορία νοικοκυριού), υποδηλώνοντας στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη DCEN και των επιμέρους, συγκεκριμένων παραγόντων.

Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης DCEN συσχετίζεται με το εισόδημα, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01 (Διάγραμμα 12.4). Από το Διάγραμμα προκύπτει ότι η συμπίεση αναγκών είναι πολύ πιο έντονη στα χαμηλά εισοδήματα ($\leq 11.000\text{€}$). Όπως φαίνεται, 7 στα 10 χαμηλόμισθα νοικοκυριά συμπιέζουν τις ενεργειακές τους ανάγκες, ενώ μόλις 1 στα 10 ικανοποιεί τις ανάγκες του. Χαρακτηριστικό είναι ότι ακόμη και σ' αυτή την εισοδηματική κατηγορία εμφανίζεται ενεργειακή σπατάλη (περίπου 2 στα 10 νοικοκυριά), η οποία, βέβαια, σταδιακά αυξάνεται αυξανόμενου του εισοδήματος.



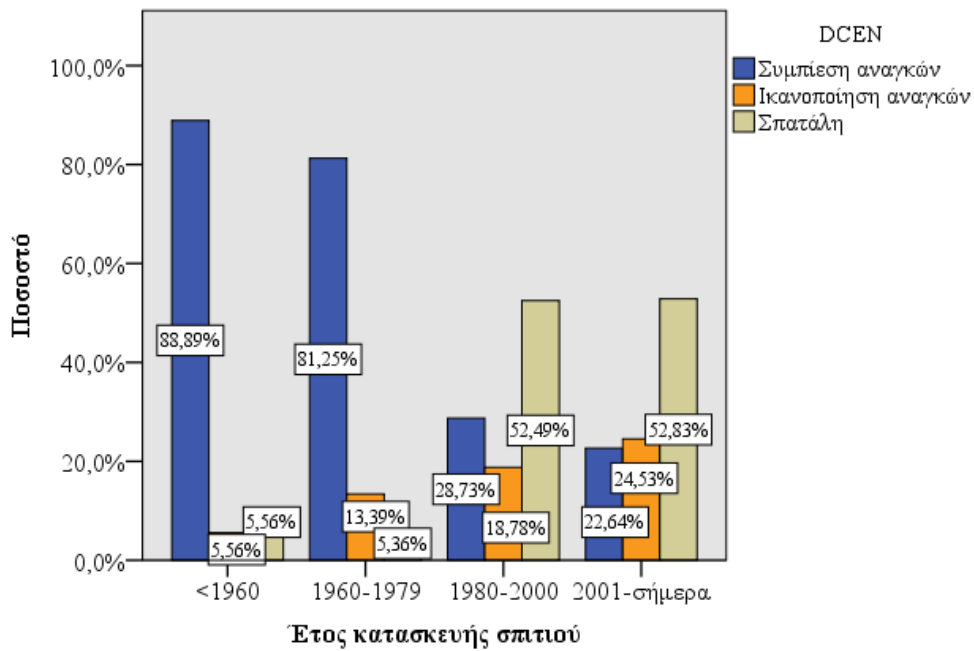
Διάγραμμα 12.4. Σχέση μεταξύ δείκτη DCEN και εισοδήματος στην Ελλάδα

Σημαντική συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ του δείκτη DCEN και του είδους κύριας θέρμανσης/καυσίμου, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01. Από το Διάγραμμα 12.5 προκύπτει ότι τα νοικοκυριά που χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό ως κύρια θέρμανση υφίστανται, με διαφορά, τη μεγαλύτερη συμπίεση αναγκών. Ταυτόχρονα, πραγματοποιούν και τη μικρότερη σπατάλη, σε σχέση με τις άλλους τρόπους θέρμανσης. Φαίνεται ότι ο ηλεκτρισμός αποτελεί λύση ανάγκης ως κύρια πηγή θέρμανσης σε συνθήκες κρίσης, που ωθεί, αναγκαστικά, σε ορθολογικότερη ενεργειακή συμπεριφορά και δεν αφήνει περιθώρια για σπατάλη. Μεγαλύτερη ικανοποίηση αναγκών επιτυγχάνεται στα νοικοκυριά που χρησιμοποιούν πετρέλαιο για θέρμανση, ενώ μεγαλύτερη σπατάλη εντοπίζεται σε αυτά που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο, πιθανώς λόγω της οικονομικότερης τιμής του αερίου.



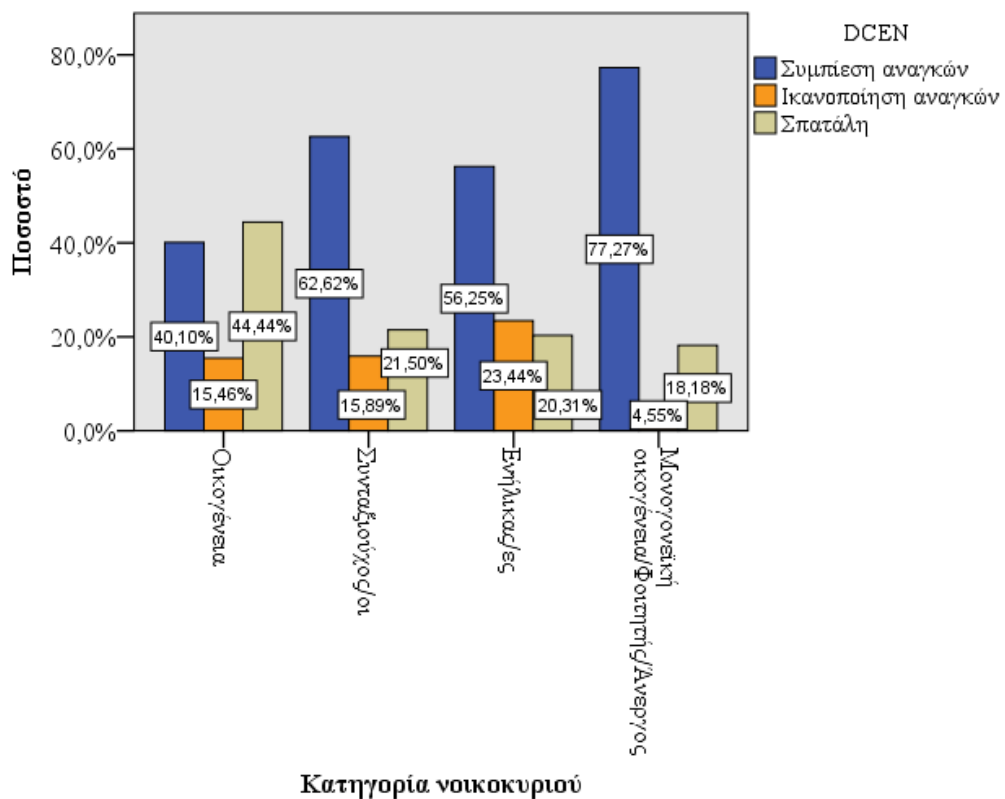
Διάγραμμα 12.5. Σχέση μεταξύ δείκτη DCEN και είδους κύριας θέρμανσης/καυσίμου στην Ελλάδα

Η ισχυρότερη από τις υπό εξέταση συσχετίσεις, αποδείχτηκε αυτή μεταξύ του δείκτη DCEN και του έτους κατασκευής σπιτιού, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 12.6, η παλαιότητα του σπιτιού είναι σε ευθεία αναλογία με τη συμπίεση των αναγκών, ενώ είναι αντιστρόφως ανάλογη με την ικανοποίηση των αναγκών και τη σπατάλη. Με άλλα λόγια, όσο παλαιότερο είναι το σπίτι, τόσο μεγαλύτερη είναι η συμπίεση των αναγκών, ενώ όσο πιο νεόδμητο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανοποίηση των αναγκών (αλλά και σπατάλη). Πιο συγκεκριμένα, αποδεικνύεται ότι 8 με 9 στα 10 παλαιά σπίτια προ του Κανονισμού Θερμομόνωσης (1979) υφίστανται συμπίεση αναγκών, με σχεδόν μηδαμινή σπατάλη, αναλογία η οποία μετριάζεται σημαντικά -σχεδόν αντιστρέφεται- στα νεότερα σπίτια μετά το 1980 (2 με 3 στα 10 νοικοκυριά υφίστανται συμπίεση και 5 στα 10 πραγματοποιούν σπατάλη). Το διάγραμμα αναδεικνύει το σπουδαίο ρόλο της ενεργειακής εξοικονόμησης, καθώς γίνεται σαφές ότι τα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά των νεότερων σπιτιών επιδρούν με πολύ σημαντικό τρόπο στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών, μειώνοντας κατά 65%-75% τη συμπίεση αναγκών. Από την άλλη, γίνεται σαφής η έλλειψη σχετικής παιδείας των Ελλήνων στον τομέα της ορθής ενεργειακής συμπεριφοράς, καθώς η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και η αίσθηση ποιοτικότερης θέρμανσης που εξασφαλίζει, ωθεί τα νοικοκυριά σε σημαντική αύξηση της ενεργειακής σπατάλης.



Διάγραμμα 12.6. Σχέση μεταξύ δείκτη DCEN και έτους κατασκευής σπιτιού στην Ελλάδα

Τέλος, ο έλεγχος χ^2 απέδειξε σημαντική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη DCEN και της κατηγορίας νοικοκυριού, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01 (Διάγραμμα 12.7).



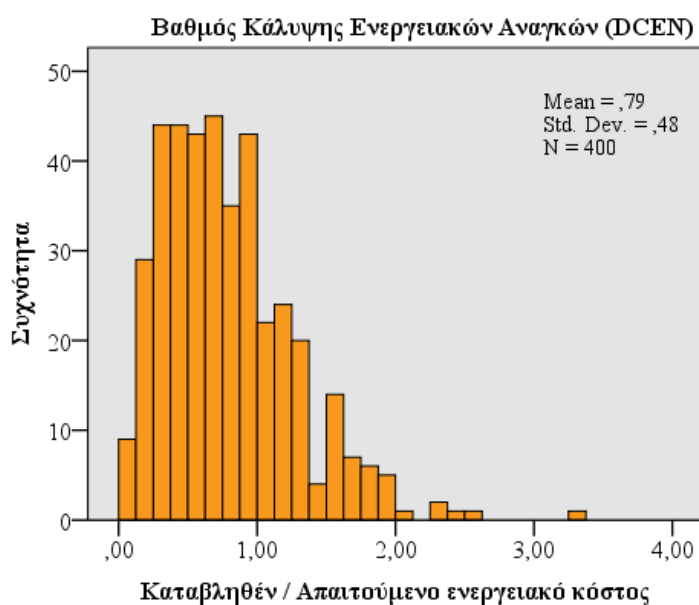
Διάγραμμα 12.7. Σχέση μεταξύ δείκτη DCEN και κατηγορίας νοικοκυριού στην Ελλάδα

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 12.7, τα μονομελή και ευάλωτα νοικοκυριά (φοιτητές, άνεργοι, μονογονεϊκές οικογένειες) είναι αυτά που συμπιέζουν περισσότερο τις ανάγκες τους, πραγματοποιώντας ταυτόχρονα τη μικρότερη σπατάλη. Όσον αφορά στις άλλες κατηγορίες νοικοκυριών, όλες υφίστανται σημαντική συμπίεση αναγκών, με τις οικογένειες, όμως, να πραγματοποιούν τη μεγαλύτερη σχετική σπατάλη, και με τα νοικοκυριά ενηλίκων να επιτυγχάνουν τη μεγαλύτερη ικανοποίηση αναγκών. Όπως ήταν αναμενόμενο, το φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας πλήττει περισσότερο τα ευάλωτα νοικοκυριά, αναγκάζοντάς τα να κάνουν σημαντική περικοπή ενεργειακών δαπανών.

Δεν αποδεικνύεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση του δείκτη DCEN με την Κλιματική Ζώνη, το υψόμετρο και το εμβαδόν του σπιτιού, σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

12.2 Βαθμός Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών στην ορεινή Ελλάδα

Ο υπολογισμός του δείκτη DCEN στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας έγινε με τον ίδιο τρόπο που έγινε και σε πανελλαδικό επίπεδο, χρησιμοποιώντας, όμως, ως βάση την έρευνα των ορεινών περιοχών. Το ιστόγραμμα του δείκτη DCEN για τα νοικοκυριά της ορεινής Ελλάδας απεικονίζεται στο Διάγραμμα 12.8. Όπως φαίνεται, ο δείκτης DCEN παίρνει, συνολικά, χαμηλότερες τιμές στον ορεινό πληθυσμό, με μέση τιμή το 0,79 (Mean=0,79, SD=0,48), σε σχέση με το πανελλαδικό επίπεδο, όπου η μέση τιμή κινείται στο 0,89 (Mean=0,89, SD=0,52), γεγονός που φανερώνει μια πρώτη, δυσμενέστερη εικόνα για τα ορεινά νοικοκυριά, εφόσον καταβάλλουν για ενεργειακές ανάγκες μικρότερο, κατά μέσο όρο, ποσό από αυτό που έχουν θεωρητικά ανάγκη.



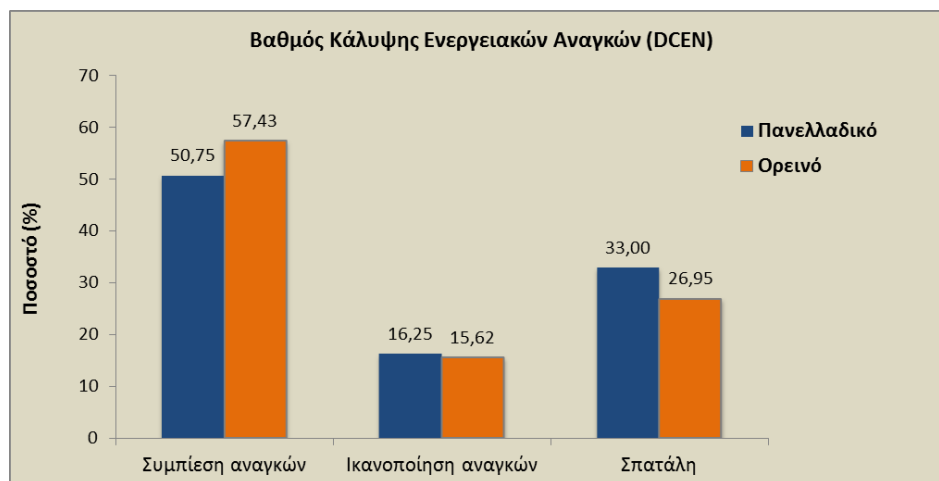
Διάγραμμα 12.8. Ιστόγραμμα δείκτη DCEN στην ορεινή Ελλάδα

Η περαιτέρω ανάλυση καταβληθέντος και απαιτούμενου ενεργειακού κόστους για τα νοικοκυριά της ορεινής Ελλάδας παρουσιάζεται στον Πίνακα 12.3. Όπως φαίνεται, το μέσο καταβληθέν κόστος θέρμανσης των νοικοκυριών στην ορεινή Ελλάδα (1.230€) είναι το μισό του αντίστοιχου απαιτούμενου (2.194€), ενώ το μέσο συνολικό καταβληθέν κόστος (2.243€) υπολείπεται κατά 39% του αντίστοιχου απαιτούμενου (3.121€). Το καταβληθέν κόστος ηλεκτρισμού υπερβαίνει ελάχιστα το αντίστοιχο απαιτούμενο του μοντέλου, γεγονός που οφείλεται στο επιπλέον κόστος θέρμανσης που συμπεριλαμβάνεται στο δηλωθέν κόστος ηλεκτρισμού, στην έρευνα των ορεινών περιοχών. Συνολικά, σε επίπεδο μέσων όρων, είναι φανερό η μεγάλη συμπίεση των πραγματικών αναγκών που έχουν υποστεί τα ορεινά νοικοκυριά, ειδικά στην ανάγκη θέρμανσης, της οποίας το κόστος έχει περικοπεί σημαντικά και τελικά διαμορφώνεται σε μια αναλογία 1:1 με το κόστος των υπολοίπων αναγκών, ενώ η επαρκής κάλυψή της εκτιμάται σε μια αναλογία 2:1, αντίστοιχα. Τέλος, επισημαίνεται ότι τόσο το καταβληθέν όσο και το απαιτούμενο κόστος θέρμανσης στην ορεινή Ελλάδα, κατά μέσο όρο, υπολογίζεται διπλάσιο σε σχέση με το επίπεδο της χώρας, γεγονός που αντανάκλα τις υφιστάμενες υψηλότερες θερμικές ενεργειακές απαιτήσεις του ορεινού χώρου.

Πίνακας 12.3. Σύγκριση κατανομών καταβληθέντος και απαιτούμενου ενεργειακού κόστους στην ορεινή Ελλάδα (€)

	Καταβληθέν κόστος θέρμανσης	Απαιτούμενο κόστος θέρμανσης	Καταβληθέν κόστος ηλεκτρισμού	Απαιτούμενο κόστος λοιπών αναγκών	Συνολικό καταβληθέν κόστος	Συνολικό απαιτούμενο κόστος
Mean	1229,98	2193,98	1012,89	926,64	2242,87	3120,62
Median	961,00	1848,58	900,00	891,15	2002,63	2782,94
Std. Dev.	1185,01	1392,01	511,75	111,73	1335,34	1397,99
Minimum	0,00	271,07	207,50	800,16	207,50	1204,89
Maximum	5700,00	10888,20	3112,50	1416,21	6830,00	11800,61

Τα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης του δείκτη DCEN παρουσιάζονται, συγκριτικά με το πανελλαδικό επίπεδο, στο Διάγραμμα 12.9. Όπως φαίνεται, μεγαλύτερο ποσοστό των νοικοκυριών της ορεινής Ελλάδας συμπίεζε τις ενεργειακές του ανάγκες σε σχέση με το επίπεδο της χώρας (57% έναντι 51%), χωρίς όμως κάποια σημαντική απόκλιση. Μικρό ποσοστό και στους δύο πληθυσμούς, της τάξης του 15% καταφέρνει να ικανοποιήσει τις ενεργειακές του ανάγκες, ενώ το ποσοστό των ορεινών νοικοκυριών που πραγματοποιεί σπατάλη είναι κατά 6 ποσοστιαίες μονάδες μικρότερο του αντίστοιχου της πανελλαδικής έρευνας (27% έναντι 33%). Προφανώς, παρά τη γενικότερη τάση αλόγιστης χρήσης ενέργειας και στους δύο πληθυσμούς όταν το επιτρέπουν οι οικονομικές συνθήκες, οι δυσμενέστερες συνθήκες των ορεινών περιοχών αφήνουν μικρότερα περιθώρια για σπατάλη. Σε γενικές γραμμές, παρά τις μικρές διαφορές στις κατηγορίες της συμπίεσης και της σπατάλης, ο δείκτης DCEN εμφανίζει σχετικά παρόμοια τάση στους δύο εξεταζόμενους πληθυσμούς.



Διάγραμμα 12.9. Σύγκριση διαβάθμισης δείκτη DCEN στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

12.2.1 Στατιστική συσχέτιση του Βαθμού Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών με επιμέρους παράγοντες

Τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου χ^2 για την ορεινή Ελλάδα παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.4.

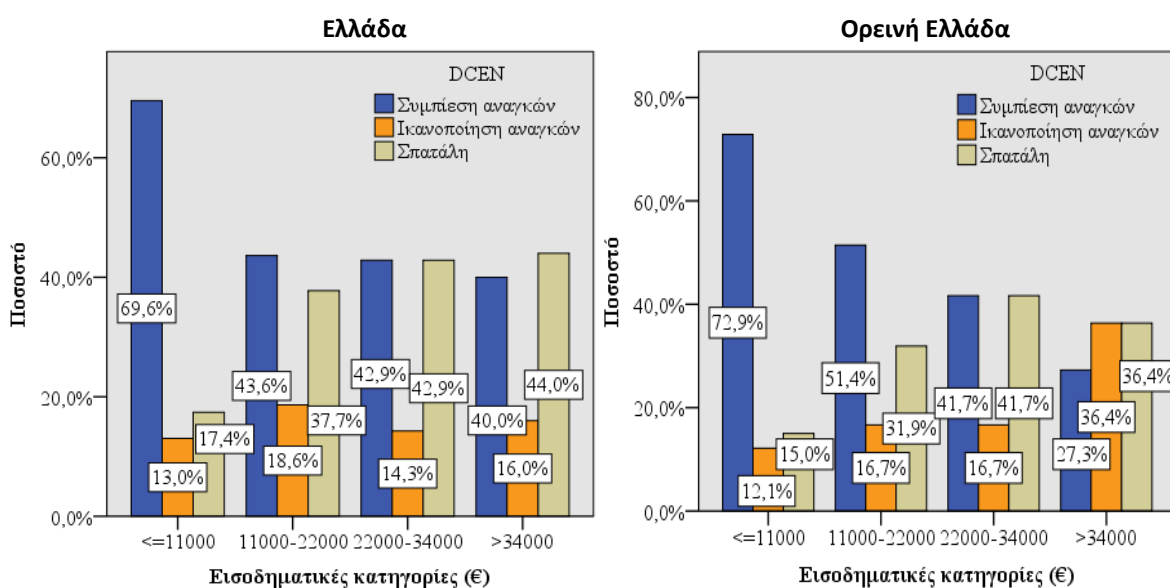
Πίνακας 12.4. Στατιστική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη DCEN και επιμέρους παραγόντων στην ορεινή Ελλάδα

DCEN	χ^2	df	p-value
Εισοδηματικές κατηγορίες	27,291	6	0,000
Κλιματική ζώνη	6,613	6	0,358
Υψόμετρο	16,755	10	0,080
Είδος κύριας θέρμανσης / καυσίμου	22,412	6	0,001
Έτος κατασκευής σπιτιού	113,557	6	0,000
Εμβαδό σπιτιού	17,012	6	0,009
Κατηγορία νοικοκυριού	28,338	6	0,000

Σύμφωνα με τον Πίνακα 12.4 για την ορεινή Ελλάδα, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται για πέντε από τους επτά παράγοντες, αποκαλύπτοντας στατιστική συσχέτιση με αυτούς (εισοδηματικές κατηγορίες, είδος κύριας θέρμανσης/καυσίμου, έτος κατασκευής σπιτιού, εμβαδό σπιτιού, κατηγορία νοικοκυριού), σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01. Η διαφορά, σε σχέση με το πανελλαδικό επίπεδο είναι η εμφάνιση του παράγοντα του εμβαδού του σπιτιού. Παρακάτω, αναλύονται τα στοιχεία εκείνα των παραγόντων που διαφοροποιούνται στις ορεινές περιοχές, σε σχέση με το πανελλαδικό επίπεδο.

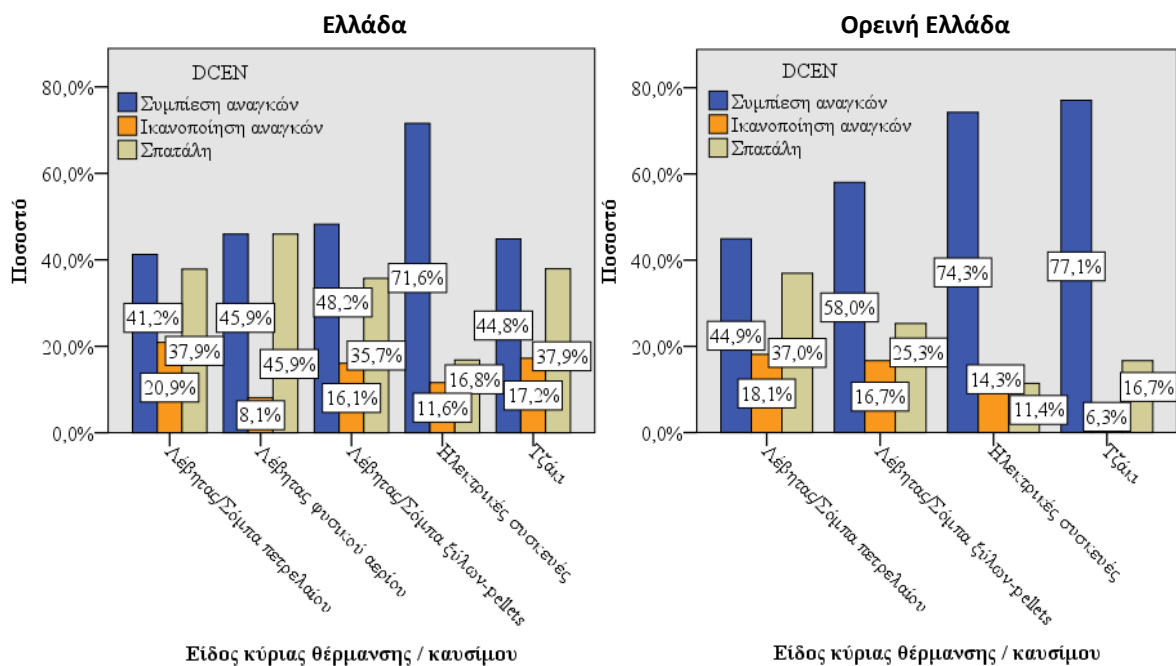
Η συσχέτιση του δείκτη DCEN με το εισόδημα έχει σχεδόν ίδια χαρακτηριστικά στους δύο εξεταζόμενους πληθυσμούς (Εικόνα 12.1). Αυτό που διαφοροποιείται στις ορεινές περιοχές είναι ότι μια σημαντική αύξηση του εισοδήματος επιδρά ευεργετικά στην ικανοποίηση των αναγκών

αλλά και στη σπατάλη, καθώς η υψηλότερη κατηγορία εισοδήματος (>34.000€) εμφανίζει διπλάσια ικανοποίηση αναγκών σε σχέση με την προηγούμενη κατηγορία, καθώς και μικρότερη σπατάλη, κάτι που δε συμβαίνει σε πανελλαδικό επίπεδο. Επίσης, αξίζει να τονιστεί ότι στην ίδια, υψηλή εισοδηματική κατηγορία (>34.000€), τα ορεινά νοικοκυριά απολαμβάνουν διπλάσια ικανοποίηση αναγκών σε σχέση με την αντίστοιχη κατηγορία, πανελλαδικά. Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι η αύξηση του εισοδήματος στις ορεινές περιοχές διοχετεύεται πιο άμεσα στην κάλυψη των θερμικών αναγκών, μιας που αυτή αποτελεί περισσότερο ανελαστική δαπάνη στον ορεινό χώρο.



Εικόνα 12.1. Σύγκριση σχέσης δείκτη DCEN και εισοδήματος στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

Όσον αφορά στη συσχέτιση του δείκτη DCEN με το είδος κύριας θέρμανσης/καυσίμου, η διαφοροποίηση για τις ορεινές περιοχές προέρχεται από τη σχεδόν διπλάσια συμπύεση αναγκών που προκαλείται από τη χρήση τζακιού, σε σχέση με το πανελλαδικό επίπεδο (Εικόνα 12.2). Πιο συγκεκριμένα, η χρήση τζακιού και, αμέσως μετά, ηλεκτρικών συσκευών για θέρμανση, εμφανίζουν συμπύεση αναγκών μεγαλύτερη του 70%, με ελάχιστη αντίστοιχη ικανοποίηση αλλά και σπατάλη, της τάξης του 10-15%. Προφανώς, οι δύο συγκεκριμένες πηγές θέρμανσης αποτελούν λύση ανάγκης σε δυσμενείς κλιματικές συνθήκες, όπως αυτές των ορεινών περιοχών, που επιλέγονται για λόγους οικονομίας, αλλά οι οποίες αποτυγχάνουν να καλύψουν τις πραγματικές ενεργειακές ανάγκες και δεν αφήνουν περιθώρια για σπατάλη. Γενικά, η σπατάλη στη χρήση των διαφόρων συστημάτων θέρμανσης κινείται σε χαμηλότερα επίπεδα στις ορεινές περιοχές, σε σχέση με το σύνολο της χώρας, με τη χρήση του πετρελαίου να εμφανίζεται σαν μια «χλιδή» για αυτές, εμφανίζοντας τη μεγαλύτερη, σχετική σπατάλη. Σε κάθε περίπτωση, η χρήση ηλεκτρισμού ως κύριας πηγής θέρμανσης αναδεικνύεται ως κύριος παράγοντας συμπύεσης αναγκών και στους δύο υπό εξέταση πληθυσμούς.



Εικόνα 12.2. Σύγκριση σχέσης δείκτη DCEN και είδους κύριας θέρμανσης/καυσίμου στην Ελλάδα και στην ορεινή Ελλάδα

Η συσχέτιση του δείκτη DCEN με το έτος κατασκευής έχει σχεδόν ίδια χαρακτηριστικά στους δύο πληθυσμούς (Εικόνα 12.3). Αυτό που διαφοροποιείται στις ορεινές περιοχές είναι η μικρότερη σπατάλη (κατά 26%) στα νεότερα σπίτια μετά το 2001, σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη κατηγορία αλλά και σε σχέση με την αντίστοιχη κατηγορία, πανελλαδικά. Φαίνεται πως τα ορεινά νοικοκυριά, στο πλαίσιο της μεγαλύτερης ικανότητας προσαρμογής που έχουν στις εκάστοτε συνθήκες και, παρά τη γενικότερη τάση ενεργειακής σπατάλης στην Ελλάδα, αξιοποιούν με ορθότερο τρόπο τις δυνατότητες που προσφέρουν τα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά των νεότερων σπιτιών, κάνοντας σχετικά ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας.

Αναφορικά με τη συσχέτιση του δείκτη DCEN με το εμβαδόν του σπιτιού στην ορεινή Ελλάδα, φαίνεται ότι όσο μικρότερο είναι το σπίτι, τόσο μεγαλύτερη είναι και η συμπίεση των αναγκών ενώ, αντίθετα, η αύξηση του εμβαδού αυξάνει την ικανοποίηση των αναγκών αλλά και τη σπατάλη. Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στην ισχυρή συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ του εμβαδού και του εισοδήματος των νοικοκυριών ($\chi^2=83,703$, $df=9$, $p\text{-value}=0,000$) και, πιο συγκεκριμένα, μεταξύ του μικρού εμβαδού και του αδύναμου εισοδήματος, καθώς τα χαμηλόμισθα νοικοκυριά συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό μικρών σπιτιών.

Η συσχέτιση με την κατηγορία νοικοκυριού στις ορεινές περιοχές εμφανίζει μεγάλη συμπίεση αναγκών σε όλες τις κατηγορίες νοικοκυριού, με τη μεγαλύτερη, όμως, στους συνταξιούχους και τους ενήλικες (χωρίς οικογένεια), της τάξης του 70%. Η οικογένεια φαίνεται να είναι η πιο ευνοϊκή κατηγορία νοικοκυριού, καθώς εμφανίζει τη μικρότερη συμπίεση αναγκών αλλά και τη μεγαλύτερη, αντίστοιχα, ικανοποίηση και σπατάλη.

Δεν εμφανίζεται συσχέτιση με την Κλιματική Ζώνη και το υψόμετρο στις ορεινές περιοχές, σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Φαίνεται ότι η μετάβαση σε μεγαλύτερα υψόμετρα καθώς και σε ψυχρότερες κλιματικές συνθήκες, παρά τις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες, δεν είναι δυνατόν να οδηγήσει σε περαιτέρω συμπίεση των αναγκών, ώστε να εμφανίσει στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις, καθώς σε δυσμενείς συνθήκες η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών αποτελεί, σε ένα βαθμό, όρο επιβίωσης.

12.3 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Στον παρόν Κεφάλαιο προσεγγίζεται μια υποτιμημένη αλλά ιδιαίτερα σημαντική επίπτωση της ενεργειακής φτώχειας: η συμπίεση των ενεργειακών αναγκών. Η συμπίεση των αναγκών, αθέατη στον κλασικό δείκτη του 10%, όταν αυτός στηρίζεται στο καταβληθέν ενεργειακό κόστος, αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές εκφράσεις της αδυναμίας κάλυψης των ενεργειακών αναγκών ενός νοικοκυριού και, κατ' επέκταση, μια τυπική έκφραση ενεργειακής φτώχειας. Η ποσοτική ανάλυση της συμπίεσης των ενεργειακών αναγκών είναι κάτι που επιχειρείται για πρώτη φορά.

Για τη μελέτη της συμπίεσης των αναγκών εφαρμόστηκε η εξίσωση του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας στις πρωτογενείς έρευνες (πανελλαδική έρευνα και έρευνα των ορεινών περιοχών - επίπεδο νοικοκυριού), μέσω της οποίας πραγματοποιήθηκε μια επιτυχής προσέγγιση του απαιτούμενου ενεργειακού κόστους για κάθε νοικοκυριό. Για την ποσοτικοποίηση της συμπίεσης, διαμορφώθηκε ένας νέος δείκτης, ο «Βαθμός Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών (Degree of Coverage of Energy Needs - DCEN)», ο οποίος υπολογίζεται ως ο λόγος «Καταβληθέν/Απαιτούμενο ενεργειακό κόστος» για κάθε νοικοκυριό και, ο οποίος, ανάλογα με την τιμή του λόγου, κατηγοριοποιεί τα νοικοκυριά σε τρεις ομάδες (συμπίεση αναγκών - ικανοποίηση αναγκών - σπατάλη).

Αποδείχτηκε ότι το μέσο καταβληθέν κόστος θέρμανσης των νοικοκυριών, τόσο στην Ελλάδα (684€) όσο και στην ορεινή Ελλάδα (1.230€), είναι το μισό του αντίστοιχου απαιτούμενου (1.217€ και 2.194€, αντίστοιχα), ενώ το μέσο συνολικό καταβληθέν κόστος υπολείπεται του αντίστοιχου απαιτούμενου κατά 26% και κατά 39%, αντίστοιχα, στοιχεία που δίνουν μια πρώτη εικόνα της συμπίεσης των πραγματικών αναγκών που υφίστανται τα νοικοκυριά. Η μέση τιμή του δείκτη DCEN υπολογίζεται μεγαλύτερη σε πανελλαδικό επίπεδο, σε σχέση με το επίπεδο των ορεινών περιοχών (0,89 έναντι 0,79), γεγονός που φανερώνει τη δυσμενέστερη θέση των ορεινών νοικοκυριών, εφόσον καταβάλλουν για ενεργειακές δαπάνες μικρότερο ποσό, κατά μέσο όρο, από αυτό που έχουν θεωρητικά ανάγκη.

Η διαβάθμιση του δείκτη DCEN, όμως, είναι αυτή που έδωσε τη δυνατότητα ακριβούς προσδιορισμού της συμπίεσης των ενεργειακών αναγκών. Ειδικότερα, αποδείχθηκε ότι τα μισά νοικοκυριά στην Ελλάδα συμπιέζουν τις ενεργειακές τους ανάγκες, αφού καταβάλλουν για αυτές ποσό μικρότερο του 80% του αντίστοιχου απαιτούμενου, ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό (16%)

βρίσκεται σε μια σχετική κατάσταση ισορροπίας, καλύπτοντας γενικά τις ενεργειακές του ανάγκες. Σημαντικό εύρημα αποτελεί το σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού (33%) που πραγματοποιεί ενεργειακή σπατάλη, μία «κακή συνήθεια» των ελληνικών νοικοκυριών. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός πως το 41,5% των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών βάσει του αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV} πραγματοποιεί σπατάλη ενέργειας, δηλαδή περίπου ίδιο ποσοστό με το τμήμα των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών που συμπίεζει τις ανάγκες του (43%). Ο δείκτης DCEN παίρνει, συνολικά, χαμηλότερες τιμές στον ορεινό πληθυσμό, με τα νοικοκυριά να υφίστανται μεγαλύτερη συμπίεση αναγκών και με μια ταυτόχρονη ισόποση μείωση της ενεργειακής σπατάλης (κατά 6 ποσοστιαίες μονάδες), γεγονός που αποδεικνύει τη σχετικά δυσμενέστερη θέση των ορεινών νοικοκυριών ως προς την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, αν και όχι με σημαντικές αποκλίσεις.

Ο δείκτης DCEN στην Ελλάδα συνδέεται, με στατιστικά σημαντικό τρόπο, με διάφορους παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα, αποδεικνύεται ότι τα νοικοκυριά που διαβιούν σε παλαιότερα σπίτια (προ του 1979) υφίστανται τη μεγαλύτερη συμπίεση αναγκών και παρουσιάζουν, με διαφορά, τη μικρότερη σπατάλη. Επίσης, μεγάλη συμπίεση αναγκών υφίστανται τα χαμηλόμισθα νοικοκυριά (εισοδήματα $\leq 11.000\text{€}$ ετησίως), τα νοικοκυριά που χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό ως κύρια θέρμανση, καθώς και τα μονομελή και ευάλωτα νοικοκυριά (φοιτητές, άνεργοι, μονογονεϊκές οικογένειες). Η αναλογία των ποσοστών συμπίεσης-ικανοποίησης-σπατάλης για όλες τις παραπάνω περιπτώσεις διαμορφώνεται σε 70-10-20, εκτός της περίπτωσης νοικοκυριών που κατοικούν σε παλαιά σπίτια, τα οποία βρίσκονται σε ακόμα δυσμενέστερη θέση (80-10-10). Ειδικά για την περίπτωση των παλαιών σπιτιών, η σύγκριση του δείκτη DCEN με το έτος κατασκευής σπιτιού αναδεικνύει το σπουδαίο ρόλο της ενεργειακής εξοικονόμησης, καθώς αποδεικνύεται ότι τα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά των νεότερων σπιτιών οδηγούν σε σημαντική μείωση της συμπίεσης των αναγκών (έως και 75%). Την ίδια στιγμή, όμως, αποκαλύπτεται και η έλλειψη κουλτούρας των Ελλήνων στον τομέα της ορθής ενεργειακής συμπεριφοράς, καθώς η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και, κατ' επέκταση, του βιοτικού επιπέδου που εξασφαλίζουν τα νεότερα σπίτια, οδηγεί σε σημαντική αύξηση της ενεργειακής σπατάλης (έως και 10 φορές).

Σε γενικές γραμμές, παρόμοια συμπεράσματα εξάγονται και για τις ορεινές περιοχές της Ελλάδας. Αυτό σημαίνει ότι στα μεγαλύτερα υψόμετρα, τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερες θερμικές ενεργειακές ανάγκες, η δυνατότητα συμπίεσης των αναγκών παραμένει γενικά στα ίδια επίπεδα, μιας που στις περιοχές αυτές η σχετικά επαρκής θέρμανση αποτελεί όρο επιβίωσης, και όχι απλά, στοιχείο βελτίωσης της ποιότητας ζωής. Εντύπωση, επίσης, προκαλεί το γεγονός ότι παρά τις δύσκολες συνθήκες των ορεινών περιοχών, ανάμεσα στα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά (βάσει του αντικειμενικού δείκτη EPI_{CONV}) υπάρχει ένα 35% που πραγματοποιεί ενεργειακή σπατάλη. Κάποιες διαφοροποιήσεις, ωστόσο, με το πανελλαδικό επίπεδο αξίζει να επισημανθούν. Φαίνεται ότι μια σημαντική αύξηση του εισοδήματος στις ορεινές περιοχές επιδρά πιο ευεργετικά στην ικανοποίηση των αναγκών (αλλά και στη σπατάλη), με την υψηλή κατηγορία εισοδήματος ($>34.000\text{€}$ ετησίως) να απολαμβάνει διπλάσια ικανοποίηση αναγκών σε σχέση με την προηγούμενη κατηγορία, αλλά και σε σχέση με την αντίστοιχη κατηγορία,

πανελλαδικά. Εν συνεχεία, η χρήση τζακιού και αμέσως μετά ηλεκτρικών συσκευών για θέρμανση, εμφανίζουν συμπίεση αναγκών μεγαλύτερη του 70%. Αποδεικνύεται, επομένως, ότι η κλασική λύση ανάγκης για τη θέρμανση (ηλεκτρισμός πανελλαδικά, τζάκι + ηλεκτρισμός στις ορεινές περιοχές) αποτυγχάνει να αντιμετωπίσει επαρκώς το πρόβλημα, αφού συνοδεύεται από εξαιρετικά υψηλή συμπίεση των αναγκών. Άλλο ένα στοιχείο που διαφοροποιεί τις ορεινές περιοχές είναι η σχετικά μικρότερη σπατάλη στα νεότερα σπίτια, σε σχέση με τα παλαιότερα αλλά και σε σχέση με τα αντίστοιχα σπίτια, πανελλαδικά. Ακόμη, μεγαλύτερη συμπίεση αναγκών παρουσιάζουν τα νοικοκυριά που κατοικούν σε μικρότερα σπίτια και, ως προς την κατηγορία νοικοκυριού, οι συνταξιούχοι και οι ενήλικες (χωρίς οικογένεια), σε αντίθεση με τα ευάλωτα μονομελή νοικοκυριά σε επίπεδο χώρας.

Βιβλιογραφία

Dubois U. (2012). From targeting to implementation: the role of identification of fuel poor households. *Energy Policy*, 49, pp. 107–115.

Πανάς Ε. (2012). *Έρευνα για την ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα*. Τμήμα Στατιστικής, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Roberts D., Vera-Toscano E. & Phimister E. (2015). Fuel poverty in the UK: Is there a difference between rural and urban areas?. *Energy Policy*, 87, pp. 216–223.

Tourkolias C. (2016). Observatory of energy poverty in Greece. *6th CA EED plenary meeting*. Center for Renewable Sources and Savings (CRES). Hague.

Κεφάλαιο 13. Συγκριτική ανάλυση δεικτών ενεργειακής φτώχειας

13.1 Αξιολόγηση αντικειμενικών και υποκειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας

Το παρόν Κεφάλαιο διερευνά σημαντικά ερωτήματα σχετικά με τη χρήση, τη λειτουργία και το πεδίο εφαρμογής των διαφόρων δεικτών ενεργειακής φτώχειας. Μέχρι σήμερα, η κριτική στους σχετικούς δείκτες γίνεται σε ποιοτικό επίπεδο. Στην παρούσα διατριβή επιχειρείται η αξιολόγηση των δεικτών μέσα από μια ολοκληρωμένη, ποσοτική ανάλυση. Κεντρικό ερώτημα είναι το ποιος είναι ο πιο αποτελεσματικός δείκτης για τη μέτρηση της ενεργειακής φτώχειας. Διερευνάται αν το ερώτημα αυτό έχει μονοσήμαντη απάντηση ή μπορεί να απαντηθεί καλύτερα μέσα από περισσότερους δείκτες. Εν συνεχεία, εξετάζεται ποια είναι η σχέση μεταξύ των υφιστάμενων και των νέων, προτεινόμενων δεικτών και τι μετράει καθένας από αυτούς.

Όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 1 και εφαρμόστηκε στα Κεφάλαια 7 και 8, οι δείκτες μέτρησης της ενεργειακής φτώχειας διακρίνονται, βασικά, σε αντικειμενικούς και υποκειμενικούς. Αρχικά, παρουσιάζονται και αναλύονται οι διάφοροι αντικειμενικοί δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή.

- Ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος δείκτης, μεταξύ όλων, είναι ο κλασικός δείκτης του 10% με βάση το καταβληθέν ενεργειακό κόστος, ο οποίος καλείται «Συμβατικός Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας (Conventional Energy Poverty Index - EPI_{CONV})»:

$$EPI_{CONV} = \frac{\text{Καταβληθέν ενεργειακό κόστος}}{\text{Εισόδημα}} > 10\%$$

- Με τη διαμόρφωση της εξίσωσης του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας (EPR), στο πλαίσιο της ανάπτυξης του Στοχαστικού Μοντέλου Ενεργειακής Φτώχειας (Stochastic Model of Energy Poverty - SMEP), έγινε δυνατό να προσδιοριστεί, με καλή προσέγγιση, το απαιτούμενο ενεργειακό κόστος τόσο σε επίπεδο νοικοκυριού, όσο και σε επίπεδο χώρας. Επομένως, δόθηκε η δυνατότητα ορθότερου υπολογισμού της ενεργειακής φτώχειας, όπως προβλέπει και ο βασικός ορισμός. Ο δείκτης που προκύπτει βάσει αυτής της προσέγγισης καλείται «Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Απαιτούμενου Κόστους (Energy Poverty Index based on Required Cost - EPI_{RC})»:

$$EPI_{RC} = \frac{\text{Απαιτούμενο ενεργειακό κόστος}}{\text{Εισόδημα}} > 10\%$$

- Στη βιβλιογραφία αναφέρεται και ο όρος της ακραίας ενεργειακής φτώχειας, η οποία υπολογίζεται με βάση το όριο του 20%. Ο σχετικός δείκτης στο παρόν Κεφάλαιο καλείται «Συμβατικός Δείκτης Ακραίας Ενεργειακής Φτώχειας (Conventional Extreme Energy Poverty Index - (EXTR)EPI_{CONV})»:

$$(EXTR)EPI_{CONV} = \frac{\text{Καταβληθέν ενεργειακό κόστος}}{\text{Εισόδημα}} > 20\%$$

- Κατ' αναλογία, μέσω της χρήσης της εξίσωσης του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας, έγινε εισαγωγή του «Δείκτη Ακραίας Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Απαιτούμενου Κόστους (Extreme Energy Poverty Index based on Required Cost - (EXTR)EPI_{RC})»:

$$(EXTR)EPI_{RC} = \frac{\text{Απαιτούμενο ενεργειακό κόστος}}{\text{Εισόδημα}} > 20\%$$

- Τέλος, έγινε εισαγωγή ενός διαφορετικού αντικειμενικού δείκτη, βασισμένου στο δείκτη που εισήγαγε ο Τουρκολίας (2016). Ο δείκτης αυτός αποτελεί τμήμα του «Βαθμού Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών (DCEN)» που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 12 και μετρά τη συμπίεση των αναγκών εξαιτίας της αδυναμίας κάλυψης των αντίστοιχων, πραγματικών αναγκών, γι' αυτό και ονομάζεται «Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Συμπίεσης Αναγκών (Energy Poverty Index based on Compression of Needs - EPI_{CN})»:

$$EPI_{CN} = \frac{\text{Καταβληθέν ενεργειακό κόστος}}{\text{Απαιτούμενο ενεργειακό κόστος}} < 80\%$$

Οι παραπάνω δείκτες υπολογίζουν την ενεργειακή φτώχεια βασισμένοι, ο καθένας, σε διαφορετικές παραμέτρους, αναδεικνύοντας, έτσι, διαφορετικές πλευρές του προβλήματος. Τα αποτελέσματα ενεργειακής φτώχειας για την Ελλάδα, για καθέναν από τους δείκτες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.1.

Πίνακας 13.1. Αποτελέσματα ενεργειακής φτώχειας για διάφορους δείκτες στην Ελλάδα

Δείκτης	Ενεργειακή φτώχεια (%)
Συμβατικός Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας: EPI _{conv}	58,50
Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Απαιτούμενου Κόστους: EPI _{RC}	70,40
Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Συμπίεσης Αναγκών: EPI _{CN}	50,80
Συμβατικός Δείκτης Ακραίας Ενεργειακής Φτώχειας: (EXTR)EPI _{conv}	19,30
Δείκτης Ακραίας Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Απαιτούμενου Κόστους: (EXTR)EPI _{RC}	31,80

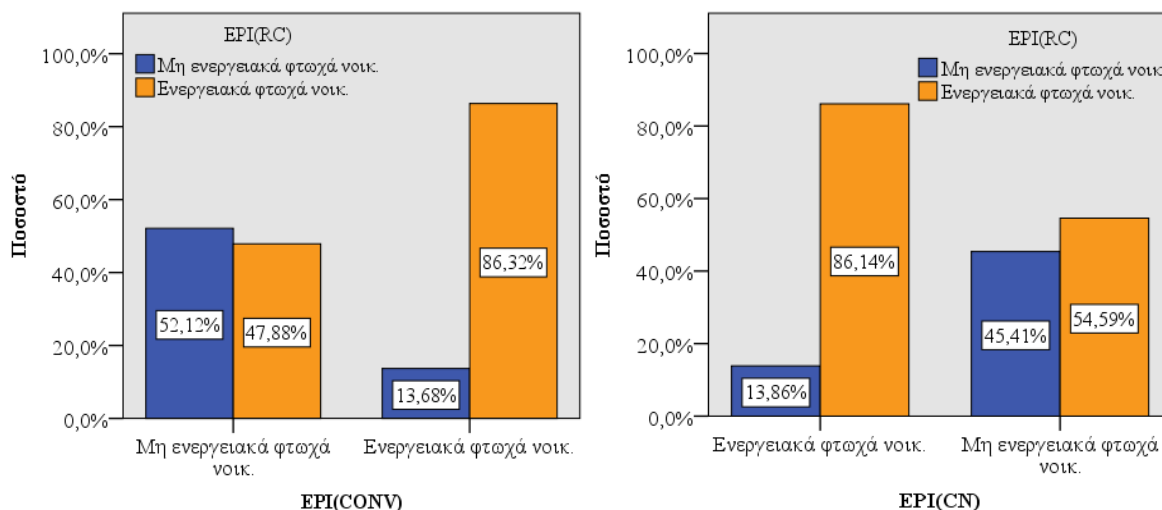
Όπως φαίνεται στον Πίνακα, υπάρχει απόκλιση στα ποσοστά ενεργειακής φτώχειας, αναλόγως το δείκτη που χρησιμοποιείται. Το γενικό επίπεδο ενεργειακής φτώχειας, που αποτυπώνεται μέσω των δεικτών EPI_{conv}, EPI_{RC} και EPI_{CN}, κυμαίνεται μεταξύ 50,8%-70,4%, ενώ το ποσοστό ακραίας ενεργειακής φτώχειας έχει μία απόκλιση της τάξης του 10% μεταξύ των δύο δεικτών. Στη συνέχεια διερευνάται τι, ακριβώς, εκφράζει καθένας από του δείκτες και πώς συσχετίζονται.

Για την απάντηση του ερωτήματος, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των τριών βασικών δεικτών που αναφέρονται στο γενικό επίπεδο ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα, μέσω του στατιστικού ελέγχου χ^2 (Πίνακας 13.2).

Πίνακας 13.2. Στατιστική συσχέτιση μεταξύ των δεικτών ενεργειακής φτώχειας για την Ελλάδα

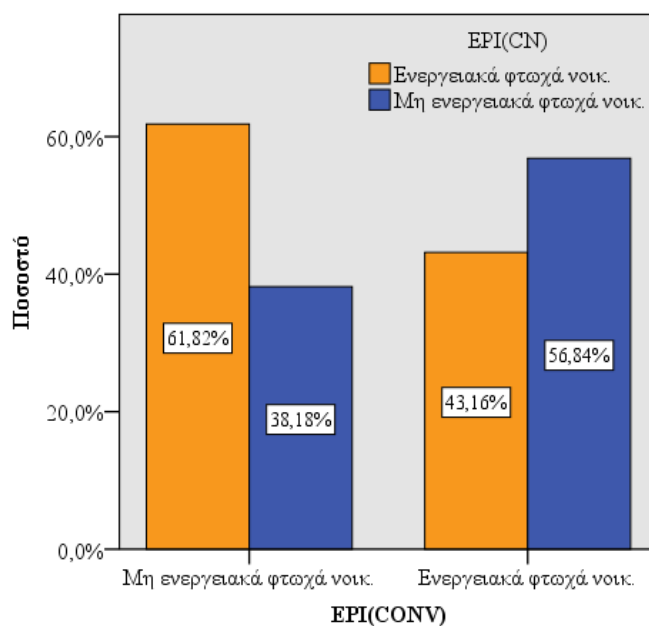
Δείκτες	χ^2	df	p-value
EPI _{CONV} - EPI _{RC}	68,673	1	0,000
EPI _{CONV} - EPI _{CN}	13,476	1	0,000
EPI _{CN} - EPI _{RC}	47,699	1	0,000

Από τον Πίνακα προκύπτει ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στα τρία ζεύγη δεικτών ενεργειακής φτώχειας, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01, με ισχυρότερες αυτές που απεικονίζονται στην Εικόνα 13.1. Όπως φαίνεται, από τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά με βάση το δείκτη EPI_{CONV}, τα 9 στα 10 είναι ενεργειακά φτωχά και με το δείκτη EPI_{RC}. Ίδια τάση συσχέτισης εμφανίζεται μεταξύ των δεικτών EPI_{CN} και EPI_{RC}, κατά την οποία, από τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά βάσει του πρώτου δείκτη, τα 9 στα 10 είναι ενεργειακά φτωχά και βάσει του δεύτερου.



Εικόνα 13.1. Σχέση μεταξύ δεικτών ενεργειακής φτώχειας: EPI_{CONV} - EPI_{RC} και EPI_{CN} - EPI_{RC}

Σε αντίθεση με τα δύο προηγούμενα ζεύγη δεικτών, αντιστρόφως ανάλογη αποδεικνύεται η σχέση μεταξύ των δεικτών EPI_{CONV} και EPI_{CN}. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 13.1, από τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά βάσει του δείκτη EPI_{CONV}, μόνο 4 στα 10 είναι ενεργειακά φτωχά βάσει του δείκτη EPI_{CN}. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο δείκτες εντοπίζουν, σε μεγάλο βαθμό, διαφορετικά νοικοκυριά σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας.



Διάγραμμα 13.1. Σχέση μεταξύ των δεικτών EPI_{CONV} και EPI_{CN}

Για να γίνουν κατανοητά τα παραπάνω αποτελέσματα, γίνεται ανάλυση των στατιστικών στοιχείων των παραμέτρων (εισόδημα, καταβληθέν ενεργειακό κόστος, απαιτούμενο ενεργειακό κόστος) που υπεισέρχονται στους τρεις βασικούς δείκτες, ώστε να προσδιοριστούν και να αξιολογηθούν τα χαρακτηριστικά των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών που εντοπίζει ο κάθε δείκτης (Πίνακες 13.3, 13.4 και 13.5).

Πίνακας 13.3. Στατιστικά στοιχεία εισοδήματος, καταβληθέντος κι απαιτούμενου ενεργειακού κόστους των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών βάσει του δείκτη EPI_{CONV}

	Εισόδημα	Καταβληθέν ενεργειακό κόστος	Απαιτούμενο ενεργειακό κόστος
Mean	12600,43	2148,06	2441,50
Median	12000,00	1959,50	2091,47
Std. Deviation	6440,85	1075,94	1178,80
Minimum	5000	473,50	1013,42
Maximum	46000	6872,50	9680,04

Πίνακας 13.4. Στατιστικά στοιχεία εισοδήματος, καταβληθέντος κι απαιτούμενου ενεργειακού κόστους των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών βάσει του δείκτη EPI_{RC}

	Εισόδημα	Καταβληθέν ενεργειακό κόστος	Απαιτούμενο ενεργειακό κόστος
Mean	12832,74	1787,40	2569,94
Median	12000,00	1580,00	2315,49
Std. Deviation	6603,743	1002,66	1195,15
Minimum	5000	180,00	1013,42
Maximum	46000	6872,50	9680,04

Πίνακας 13.5. Στατιστικά στοιχεία εισοδήματος, καταβληθέντος κι απαιτούμενου ενεργειακού κόστους των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών βάσει του δείκτη EPI_{CN}

	Εισόδημα	Καταβληθέν ενεργειακό κόστος	Απαιτούμενο ενεργειακό κόστος
Mean	14630,54	1327,91	2731,31
Median	12000,00	1200,00	2463,17
Std. Deviation	9145,629	619,30	1219,26
Minimum	5000	180,00	1013,42
Maximum	65000	3937,50	9680,04

Από τους Πίνακες, φαίνεται ότι ο δείκτης EPI_{CONV} και ο δείκτης EPI_{RC} εντοπίζουν την ενεργειακή φτώχεια σε νοικοκυριά με χαμηλά εισοδήματα (με μέσο ετήσιο εισόδημα τα 12.600-12.800€), χωρίς, ταυτόχρονα, σημαντικές αποκλίσεις και από τα εισοδήματα που εντοπίζει ο δείκτης EPI_{CN}, ο οποίος συμπεριλαμβάνει και περιπτώσεις σχετικά υψηλότερων εισοδημάτων. Συνολικά, αποδεικνύεται ότι και οι τρεις δείκτες εντοπίζουν την ενεργειακή φτώχεια σε νοικοκυριά σχετικά χαμηλού ετήσιου εισοδήματος. Όσον αφορά στο απαιτούμενο κόστος των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών, δεν εμφανίζονται αξιόλογες αποκλίσεις μεταξύ των τριών δεικτών, με τη μέση τιμή του κόστους να κινείται μεταξύ 2.442-2.731€. Φαίνεται ότι οι τρεις δείκτες εντοπίζουν την ενεργειακή φτώχεια σε νοικοκυριά με παρόμοιο απαιτούμενο ενεργειακό κόστος. Δεν είναι, δηλαδή, ούτε το εισόδημα ούτε το απαιτούμενο ενεργειακό κόστος χαρακτηριστικά των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών που διαφοροποιούνται σημαντικά, βάσει των τριών δεικτών.

Αντίθετα, όσον αφορά στο καταβληθέν κόστος, οι τρεις δείκτες παρουσιάζουν αποκλίσεις στις περιπτώσεις ενεργειακής φτώχειας που εντοπίζουν. Ιδιαίτερα, η έντονη απόκλιση κόστους μεταξύ των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών βάσει του δείκτη EPI_{CONV} και των ενεργειακά φτωχών βάσει του δείκτη EPI_{CN} εξηγεί και την αναντιστοιχία που εμφανίστηκε στο Διάγραμμα 13.1. Πιο συγκεκριμένα, ο πρώτος δείκτης εντοπίζει την ενεργειακή φτώχεια στις περιπτώσεις όπου το καταβληθέν κόστος είναι μεγάλο, συγκριτικά με το εισόδημα (>10% του εισοδήματος), με μέσο κόστος τα 2.148€ και, ελάχιστο και μέγιστο κόστος 473€ και 6.873€, αντίστοιχα.

Αντίθετα, ο δεύτερος δείκτης εντοπίζει την ενεργειακή φτώχεια στις περιπτώσεις όπου το καταβληθέν κόστος είναι μικρό, συγκριτικά με το απαιτούμενο κόστος (<80% του απαιτούμενου κόστους), με μέσο κόστος τα 1.327€ και πολύ χαμηλότερες τιμές ελάχιστου και μέγιστου κόστους (180€ και 3.938€, αντίστοιχα). Μπορεί η βάση αναφοράς να είναι διαφορετική για τους δύο δείκτες (εισόδημα - απαιτούμενο κόστος), σε κάθε περίπτωση, όμως, αυτοί αντιπροσωπεύουν αντίθετες περιπτώσεις καταβληθέντος κόστους, καθώς ο δείκτης EPI_{CONV} αγνοεί ότι υπάρχουν νοικοκυριά που συμπιέζουν τις ανάγκες τους λόγω αδυναμίας και, ως εκ τούτου, πληρώνουν λιγότερα χρήματα από όσα χρειάζονται για την κάλυψη των αναγκών τους, στοιχείο ακριβώς που ανιχνεύει ο δείκτης EPI_{CN} (όπως αναλύθηκε και στο Κεφάλαιο 12). Πρακτικά, οι περιπτώσεις που εμφανίζουν αναντιστοιχία στους δύο δείκτες είναι οι εξής:

- Φτωχά νοικοκυριά που δεν ξοδεύουν πολλά χρήματα για ενέργεια (χαμηλό καταβληθέν κόστος) δεν προσδιορίζονται ως ενεργειακά φτωχά με το δείκτη EPI_{CONV}, αλλά συμπιέζουν πολύ τις ανάγκες τους και πληρώνουν λιγότερα χρήματα από αυτά που χρειάζονται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους (χαμηλός λόγος καταβληθέντος κόστους/απαιτούμενου κόστους), επομένως προσδιορίζονται ως ενεργειακά φτωχά με το Δείκτη EPI_{CN}.
- Νοικοκυριά υψηλότερου εισοδήματος που δεν ξοδεύουν πολλά χρήματα για ενέργεια σε σχέση με το εισόδημά τους (χαμηλό καταβληθέν κόστος) δεν προσδιορίζονται ως ενεργειακά φτωχά με το δείκτη EPI_{CONV}, αλλά, για διάφορους λόγους, συμπιέζουν τις ανάγκες τους (χαμηλός λόγος καταβληθέντος κόστους/απαιτούμενου κόστους), επομένως προσδιορίζονται ως ενεργειακά φτωχά με το Δείκτη EPI_{CN}.
- Νοικοκυριά υψηλότερου εισοδήματος που ξοδεύουν πολλά χρήματα για ενέργεια σε σχέση με το εισόδημά τους προσδιορίζονται ως ενεργειακά φτωχά με το δείκτη EPI_{CONV}, αλλά δεν προσδιορίζονται ως ενεργειακά φτωχά με το δείκτη EPI_{CN} γιατί τα χρήματα που ξοδεύουν υπερβαίνουν κατά πολύ και το προβλεπόμενο απαιτούμενο κόστος (σπατάλη, σύμφωνα με το Βαθμό Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών - DCEN, του Κεφαλαίου 12).
- Νοικοκυριά που ξοδεύουν πολλά χρήματα για ενέργεια σε σχέση με το εισόδημά τους προσδιορίζονται ως ενεργειακά φτωχά με το δείκτη EPI_{CONV}, αλλά δεν προσδιορίζονται ως ενεργειακά φτωχά με το δείκτη EPI_{CN} γιατί δε συμπιέζουν τις ανάγκες τους. Αντίθετα, τα χρήματα που ξοδεύουν σχεδόν αγγίζουν το προβλεπόμενο απαιτούμενο κόστος ή υπολείπονται ελάχιστα αυτού (ικανοποίηση αναγκών, σύμφωνα με Βαθμό Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών - DCEN, του Κεφαλαίου 12).

Συμπερασματικά, παρά το γεγονός ότι οι δύο δείκτες (EPI_{CONV} και EPI_{CN}) εμφανίζουν παρόμοια ποσοστά ενεργειακής φτώχειας (58,5% και 50,8%, αντίστοιχα), αναφέρονται σε διαφορετικές περιπτώσεις ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών, λόγω της διαφορετικής δομής τους, επομένως εντοπίζουν και διαφορετικές πτυχές του προβλήματος. Το γεγονός, όμως, ότι εντοπίζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά -μεμονωμένες πλευρές της ενεργειακής φτώχειας- και όχι τη συνολική εικόνα της, αναδεικνύει τη συμπληρωματικότητα στη χρήση τους, παρά την πιθανότητα ανάδειξης κάποιου από τους δύο ως αποτελεσματικότερου, καθώς ο ένας συμπληρώνει τα χαρακτηριστικά που λείπουν από τον άλλον. Αντίθετα, ο δείκτης EPI_{RC} που

προέκυψε στο πλαίσιο της ανάπτυξης του μοντέλου SMEP και, που βασίζεται στο απαιτούμενο - και όχι στο καταβληθέν- ενεργειακό κόστος, είναι πιο αποτελεσματικός, προσδιορίζοντας την ενεργειακή φτώχεια στις περισσότερες πτυχές της. Με άλλα λόγια, πρόκειται για έναν πολυδιάστατο δείκτη, ο οποίος βελτιώνει σημαντικά τη φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων ενεργειακής φτώχειας και, του οποίου τα αποτελέσματα πρέπει να θεωρούνται τα πιο ρεαλιστικά στην αποτίμηση της ενεργειακής φτώχειας σε ένα πληθυσμό.

Συμπερασματικά, όσον αφορά στους αντικειμενικούς δείκτες ενεργειακής φτώχειας, η χρήση μόνο ενός από τους δύο δείκτες που βασίζονται είτε στο μεγάλο καταβληθέν ενεργειακό κόστος είτε στη μεγάλη συμπίεση αναγκών (EPI_{CONV} και EPI_{CN}), μπορεί να οδηγήσει σε ελλιπή εικόνα της ενεργειακής φτώχειας σε έναν πληθυσμό. Αντίθετα, η συνδυασμένη χρήση τους ή, εναλλακτικά, ή χρήση μόνο του δείκτη EPI_{RC}, που εκφράζει επιτυχώς τις διαφορετικές πλευρές του προβλήματος, μπορεί να αποτελέσει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση της ενεργειακής φτώχειας στον υπό μελέτη πληθυσμό.

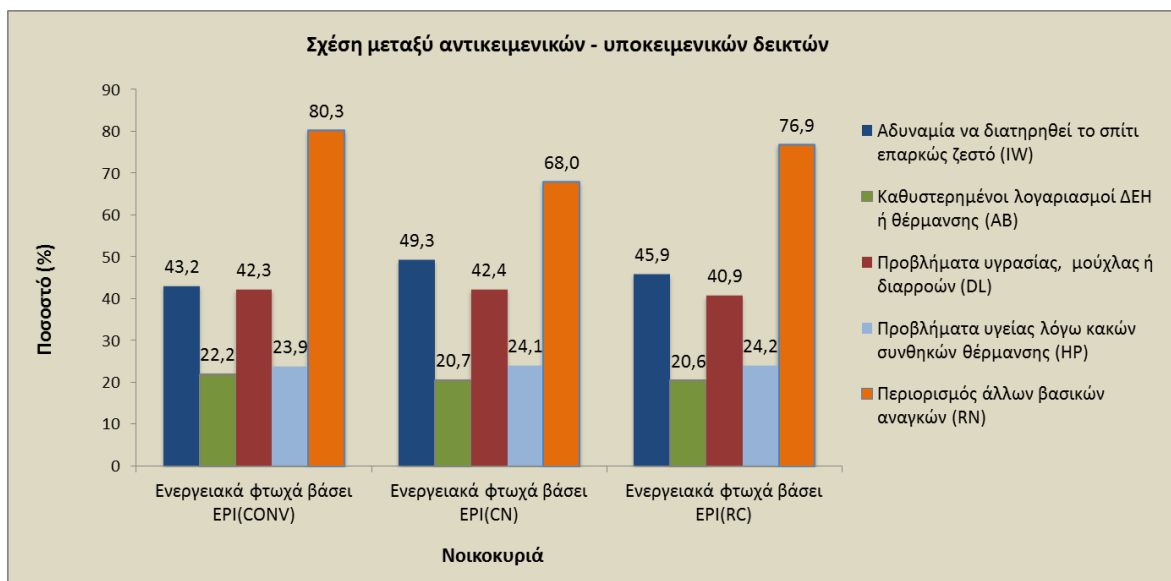
Παρακάτω, παρουσιάζεται το σύνολο των υποκειμενικών δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή, οι τρεις πρώτοι ευρέως χρησιμοποιούμενοι σε ευρωπαϊκό επίπεδο, αλλά προσαρμοσμένοι καλύτερα στο πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας και στα ελληνικά δεδομένα, και οι δύο τελευταίοι εισαχθέντες στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας:

- Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό (IW)
- Καθυστερημένοι λογαριασμοί ΔΕΗ ή θέρμανσης (AB)
- Προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών (DL)
- Προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης (HP)
- Περιορισμός άλλων βασικών αναγκών (RN)

Ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται, αλληλεπιδρούν ή αλληλοσυμπληρώνονται οι υποκειμενικοί δείκτες με τους αντικειμενικούς δείκτες που αναλύθηκαν παραπάνω διερευνάται στην επόμενη Ενότητα.

13.2 Στατιστική συσχέτιση μεταξύ αντικειμενικών και υποκειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας

Παρακάτω, απεικονίζεται συγκεντρωτικά η σχέση μεταξύ των αντικειμενικών και των υποκειμενικών δεικτών (Διάγραμμα 13.2). Ειδικότερα, παρουσιάζονται τα ποσοστά των υποκειμενικών δεικτών ανάμεσα στα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά, όπως αυτά προκύπτουν βάσει του κάθε διαφορετικού αντικειμενικού δείκτη. Όπως φαίνεται, τα ποσοστά των υποκειμενικών δεικτών, εκτός του υποκειμενικού δείκτη RN, δεν εμφανίζουν σημαντικές αποκλίσεις για καθένα διαφορετικό αντικειμενικό δείκτη. Για την ακρίβεια, οι εμφανιζόμενες αποκλίσεις κινούνται μέσα στα όρια του στατιστικού σφάλματος.



Διάγραμμα 13.2. Σχέση μεταξύ αντικειμενικών και υποκειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας

Στη συνέχεια, διερευνάται η ύπαρξη στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στους διάφορους δείκτες. Η στατιστική συσχέτιση του Συμβατικού Δείκτη Ενεργειακής Φτώχειας (EPI_{CONV}) με τους υποκειμενικούς δείκτες αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 7, όπου αποδείχθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση του αντικειμενικού δείκτη με δύο από τους πέντε υποκειμενικούς δείκτες (DL, RN). Στο παρόν Κεφάλαιο, διερευνάται κυρίως η συσχέτιση των υποκειμενικών δεικτών με τους δύο νέους αντικειμενικούς δείκτες που έχουν εισαχθεί (EPI_{RC} και EPI_{CN}). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 13.6 και 13.7.

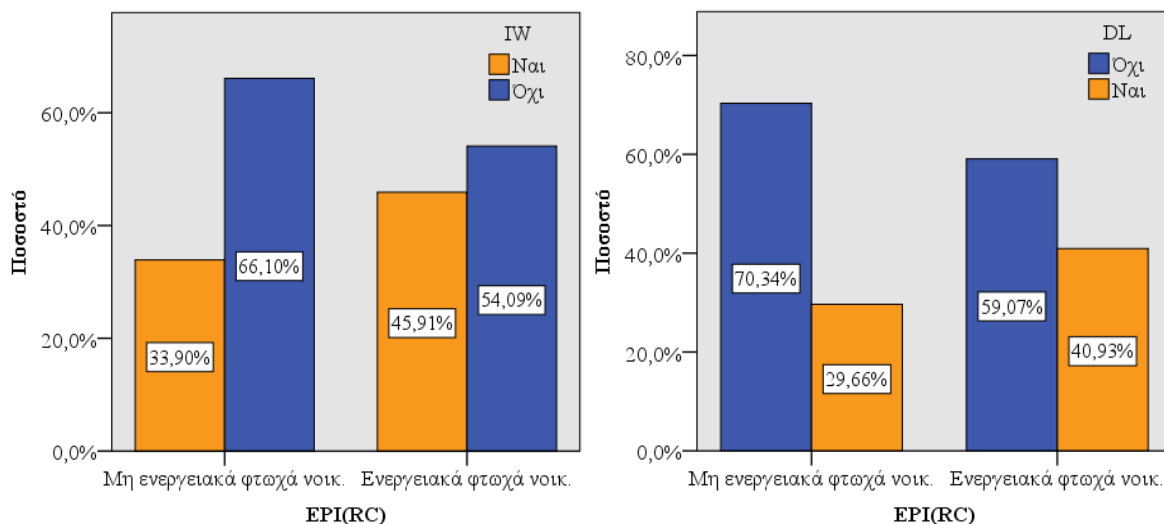
Πίνακας 13.6. Στατιστική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη EPI_{RC} και υποκειμενικών δεικτών στην Ελλάδα

Υποκειμενικός δείκτης	χ^2	df	p-value
Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό (IW)	4,909	1	0,027
Καθυστερημένοι λογαριασμοί ΔΕΗ ή θέρμανσης (AB)	2,116	1	0,146
Προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών (DL)	4,494	1	0,034
Προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης (HP)	3,196	1	0,074
Περιορισμός άλλων βασικών αναγκών (RN)	2,392	1	0,122

Πίνακας 13.7. Στατιστική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη EPI_{CN} και υποκειμενικών δεικτών στην Ελλάδα

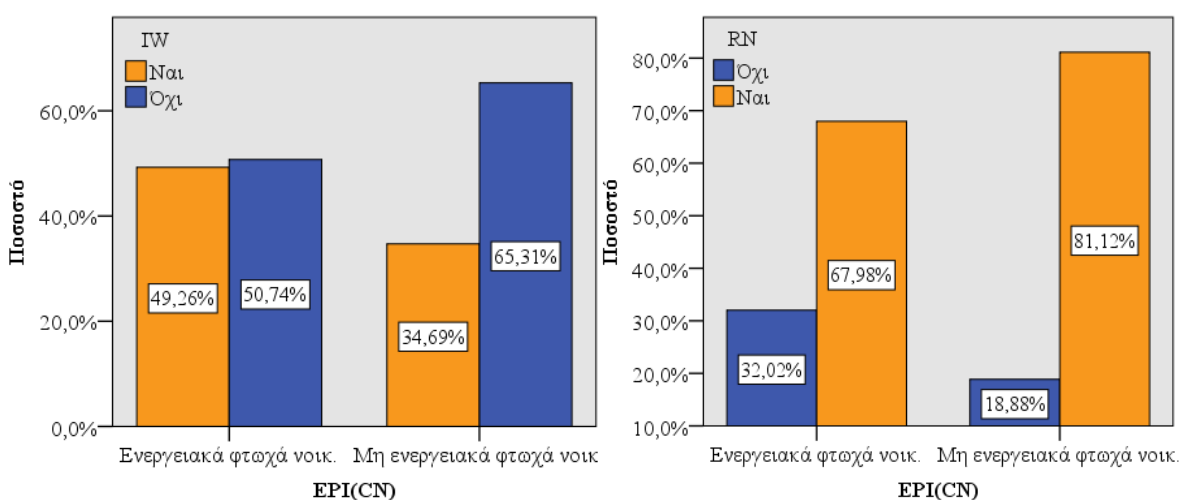
Υποκειμενικός δείκτης	χ^2	df	p-value
Αδυναμία να διατηρηθεί το σπίτι επαρκώς ζεστό (IW)	8,681	1	0,003
Καθυστερημένοι λογαριασμοί ΔΕΗ ή θέρμανσης (AB)	0,970	1	0,325
Προβλήματα υγρασίας, μούχλας ή διαρροών (DL)	4,009	1	0,045
Προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης (HP)	1,320	1	0,251
Περιορισμός άλλων βασικών αναγκών (RN)	9,051	1	0,003

Αναφορικά με το δείκτη EPI_{RC} , αποδεικνύεται στατιστικά σημαντική συσχέτισή του με δύο από τους πέντε υποκειμενικούς δείκτες (IW και DL), σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05. Σύμφωνα με την Εικόνα 13.2, το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών βάσει του συγκεκριμένου δείκτη δηλώνει ότι αδυνατεί να διατηρήσει το σπίτι του επαρκώς ζεστό και, ταυτόχρονα, δηλώνει ότι εμφανίζει προβλήματα υγρασίας-μούχλας στο σπίτι του.



Εικόνα 13.2. Σχέση μεταξύ δείκτη EPI_{RC} με υποκειμενικούς δείκτες

Όσον αφορά στο δείκτη EPI_{CN} , αποδεικνύεται στατιστικά σημαντική συσχέτισή του με δύο από τους πέντε δείκτες (IW και RN), σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01 (Εικόνα 13.3). Σημειώνεται ότι προκύπτει οριακή συσχέτιση και με το δείκτη υγρασίας-μούχλας σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05, αλλά δεν αναλύεται περαιτέρω λόγω του οριακού αποτελέσματος.



Εικόνα 13.3. Σχέση μεταξύ δείκτη EPI_{CN} με υποκειμενικούς δείκτες

Σύμφωνα με την Εικόνα 13.3, σημαντικά μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών βάσει του δείκτη EPI_{CN} (49%) δηλώνουν ότι αδυνατούν να διατηρήσουν το σπίτι τους επαρκώς ζεστό, σε σχέση με τα νοικοκυριά που δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα ενεργειακής φτώχειας (35%). Ένα παράδοξο, με την πρώτη ματιά, αποτέλεσμα, φαίνεται στο δεύτερο διάγραμμα της Εικόνας. Σύμφωνα με αυτό, τα μη ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά είναι αυτά που, σε μεγάλο ποσοστό (81%), περιορίζουν άλλες βασικές τους ανάγκες προκειμένου να ικανοποιήσουν την ανάγκη τους για θέρμανση. Το αποτέλεσμα αυτό απορρέει από το γεγονός ότι, όπως αναλύθηκε στην Ενότητα 13.1, ο συγκεκριμένος αντικειμενικός δείκτης εντοπίζει την ενεργειακή φτώχεια σε νοικοκυριά σχετικά μικρού καταβληθέντος κόστους, ενώ αγνοεί τις περιπτώσεις νοικοκυριών που, για διάφορους λόγους (π.χ. ιδιαίτερα ψυχρές κλιματικές συνθήκες) θεωρούν τη θέρμανση ανελαστική δαπάνη και, κατ' επέκταση, ξοδεύουν πολλά χρήματα για την ικανοποίησή της, παραμερίζοντας άλλες βασικές ανάγκες, στοιχείο το οποίο εντοπίζει ο σχετικός υποκειμενικός δείκτης (RN).

Από τις παραπάνω συσχετίσεις μεταξύ της αντικειμενικής και της υποκειμενικής διάστασης του προβλήματος, προκύπτει ότι οι διάφοροι δείκτες συνδέονται σε ένα βαθμό, διατηρούν, όμως, και σημαντικούς βαθμούς ανεξαρτησίας, καθώς μελετούν διαφορετικές πλευρές του προβλήματος. Ως εκ τούτου, δε μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι κάποιος υποκειμενικός δείκτης είναι καλύτερος ή χειρότερος ή ότι κάποιος αντικειμενικός δείκτης υπερτερεί έναντι των άλλων στη σύνδεσή του με την υποκειμενική διάσταση, διότι κάθε δείκτης φωτίζει διαφορετικές πλευρές του προβλήματος, αναλαμβάνοντας ένα μικρότερο ή μεγαλύτερο συμπληρωματικό ρόλο σε σχέση με τους υπολοίπους.

Ωστόσο, διαπιστώνεται ότι ο αντικειμενικός δείκτης EPI_{RC}, ως ο δείκτης που εκφράζει το βασικό ορισμό ενεργειακής φτώχειας, εκτός των πλεονεκτημάτων που εμφανίζει ως προς τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά της ενεργειακής φτώχειας που εντοπίζει, παρουσιάζει μεγαλύτερη συμβατότητα και με τους υποκειμενικούς δείκτες ενεργειακής φτώχειας.

13.3 Εφαρμογή των δεικτών ενεργειακής φτώχειας στην ορεινή Ελλάδα

Οι αντικειμενικοί δείκτες που ορίστηκαν παραπάνω υπολογίστηκαν για την περίπτωση των ορεινών περιοχών της Ελλάδας, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που υπολογίστηκαν και σε πανελλαδικό επίπεδο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.8. Όπως είναι αναμενόμενο, αντίστοιχες αποκλίσεις στα αποτελέσματα ενεργειακής φτώχειας εμφανίζονται και στην περίπτωση των ορεινών περιοχών, αναλόγως του δείκτη που χρησιμοποιείται.

Πίνακας 13.8. Αποτελέσματα ενεργειακής φτώχειας για διάφορους δείκτες στην ορεινή Ελλάδα

Δείκτης	Ενεργειακή φτώχεια (%)
Συμβατικός Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας: EPI _{CONV}	73,50
Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Απαιτούμενου Κόστους: EPI _{RC}	91,00
Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Συμπίεσης Αναγκών: EPI _{CN}	57,40
Συμβατικός Δείκτης Ακραίας Ενεργειακής Φτώχειας: (EXTR)EPI _{CONV}	32,80
Δείκτης Ακραίας Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Απαιτούμενου Κόστους: (EXTR)EPI _{RC}	58,40

Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η μεθοδολογία σύγκρισης των δεικτών, όπως αυτή αναλύθηκε στην προηγούμενη Ενότητα. Τα αποτελέσματα ήταν ανάλογα με αυτά της εφαρμογής στο επίπεδο της χώρας. Πιο συγκεκριμένα, τα τρία ζεύγη δεικτών ενεργειακής φτώχειας -που εξετάστηκαν και σε πανελλαδικό επίπεδο- εμφανίζουν ισχυρή στατιστική συσχέτιση μεταξύ τους, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01. Ο Δείκτης EPI_{CONV} και ο Δείκτης EPI_{CN} εξακολουθούν να εντοπίζουν διαφορετικές περιπτώσεις ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών, βάσει του καταβληθέντος κόστους, με μια αναλογία του μέσου κόστους των νοικοκυριών περίπου 2:1 (2.614€ προς 1.579€), όπως και σε πανελλαδικό επίπεδο.

Όσον αφορά στη στατιστική συσχέτιση με τους υποκειμενικούς δείκτες, η συσχέτιση του δείκτη EPI_{CONV} με τους αντίστοιχους υποκειμενικούς (Κεφάλαιο 8), απέδειξε ισχυρή συσχέτιση με τους δείκτες HP και RN. Για το δείκτη EPI_{CN}, ο έλεγχος χ^2 έδειξε ισχυρή συσχέτιση με το δείκτη RN σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,01 ($\chi^2=7,920$, $df=1$, $p\text{-value}=0,005$), κατά την οποία, εμφανίζεται πάλι το παράδοξο φαινόμενο ο περιορισμός των άλλων βασικών αναγκών να είναι εντονότερος στα μη ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά (81%). Ομοίως, σχετικά με το δείκτη EPI_{RC}, αποδείχθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τρεις δείκτες, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0,05: IW ($\chi^2=4,427$, $df=1$, $p\text{-value}=0,035$), DL ($\chi^2=5,430$, $df=1$, $p\text{-value}=0,020$) και HP ($\chi^2=4,190$, $df=1$, $p\text{-value}=0,041$).

Συμπερασματικά, αποδεικνύεται ότι οι δείκτες συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο, σε γενικές γραμμές, όταν εφαρμόζονται σε μια δεύτερη ανεξάρτητη έρευνα. Το εύρημα αυτό ενισχύει την υπόθεση ότι τα συμπεράσματα, όσον αφορά στη λειτουργία και τη σχέση μεταξύ των δεικτών, έχουν ευρύτερη εφαρμογή, πέραν του υπό εξέταση πληθυσμού. Παρ' όλα αυτά, και παρά τις σημαντικές διαφοροποιήσεις που εμφανίζει γενικά ο ορεινός χώρος ως προς τα χαρακτηριστικά του, μια δοκιμή σε ένα τελείως διαφορετικό πληθυσμό (π.χ. μιας άλλης χώρας), θα έδινε περισσότερο ασφαλή απάντηση στο ερώτημα της γενίκευσης των συμπερασμάτων.

13.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Μέχρι σήμερα, η κριτική στους διάφορους δείκτες ενεργειακής φτώχειας παραμένει σε ποιοτικό επίπεδο. Αντικείμενο του Κεφαλαίου αποτελεί η σύγκριση και συνολική αξιολόγηση των δεικτών ενεργειακής φτώχειας (αντικειμενικών και υποκειμενικών) που χρησιμοποιούνται στην παρούσα διατριβή, μέσα από μια ολοκληρωμένη, ποσοτική ανάλυση. Ειδικότερα, πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των νέων, προτεινόμενων δεικτών ενεργειακής φτώχειας με τους υφιστάμενους δείκτες, ο εντοπισμός τυχόν συσχετίσεων, καθώς επίσης και η εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά στο πεδίο εφαρμογής του κάθε δείκτη.

Η σύγκριση των δεικτών ανέδειξε τα κάτωθι βασικά συμπεράσματα:

- Ισχυρή στατιστική συσχέτιση βρέθηκε ανάμεσα στα τρία ζεύγη αντικειμενικών δεικτών ($EPI_{CONV} - EPI_{RC}$, $EPI_{CN} - EPI_{RC}$, $EPI_{CONV} - EPI_{CN}$), γεγονός που σημαίνει ότι, σε γενικές γραμμές, τα ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά και συμπιέζουν τις ανάγκες τους και πληρώνουν περισσότερα χρήματα αναλογικά με το εισόδημά τους, χωρίς, βέβαια, οι τρεις πληθυσμοί να ταυτίζονται. Εξετάζοντας τις παραμέτρους (εισόδημα, καταβληθέν ενεργειακό κόστος, απαιτούμενο ενεργειακό κόστος) που υπεισέρχονται στον ορισμό των τριών βασικών δεικτών, αποδεικνύεται ότι και οι τρεις δείκτες εντοπίζουν την ενεργειακή φτώχεια σε νοικοκυριά σχετικά χαμηλού ετήσιου εισοδήματος και σχετικά υψηλού απαιτούμενου κόστους, ενώ εμφανίζουν σημαντικές αποκλίσεις όσον αφορά στο καταβληθέν ενεργειακό κόστος των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών που εντοπίζουν, με ιδιαίτερα έντονη απόκλιση ανάμεσα στους δείκτες EPI_{CONV} και EPI_{CN} . Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης EPI_{CONV} εντοπίζει την ενεργειακή φτώχεια σε νοικοκυριά με μεγάλο καταβληθέν ενεργειακό κόστος (μέσο κόστος 2.148€), ενώ ο δείκτης EPI_{CN} σε νοικοκυριά με μικρό, σχετικά, καταβληθέν κόστος (μέσο κόστος 1.327€). Κύρια διαφορά τους είναι ότι ο πρώτος δείκτης αγνοεί την ύπαρξη νοικοκυριών που συμπιέζουν τις ανάγκες τους λόγω αδυναμίας, με αποτέλεσμα να πληρώνουν λιγότερα χρήματα από όσα χρειάζονται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, στοιχείο που ανιχνεύει κατά κύριο λόγο ο δεύτερος δείκτης. Κατά συνέπεια, αντιπροσωπεύοντας αντίθετες περιπτώσεις καταβληθέντος κόστους λόγω της διαφορετικής δομής τους, οι δείκτες EPI_{CONV} και EPI_{CN} αναφέρονται σε διαφορετικές περιπτώσεις ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών.
- Οι δύο δείκτες (EPI_{CONV} και EPI_{CN}) φωτίζουν διαφορετικές πτυχές της ενεργειακής φτώχειας. Το γεγονός όμως ότι εντοπίζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά - μεμονωμένες πλευρές της ενεργειακής φτώχειας- και όχι τη συνολική εικόνα της, αναδεικνύει περισσότερο την ανάγκη συμπληρωματικότητας στη χρήση τους, καθώς η χρήση μόνο ενός από τους δύο μπορεί να οδηγήσει σε ελλιπή εικόνα της ενεργειακής φτώχειας σε έναν πληθυσμό. Αντίθετα, ο δείκτης EPI_{RC} , εντοπίζοντας πληρέστερα όλων των υπολοίπων το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας (χαμηλό εισόδημα, υψηλό ενεργειακό κόστος, συμπίεση αναγκών), αποτελεί έναν ολοκληρωμένο, πολυδιάστατο δείκτη, ο οποίος βελτιώνει σημαντικά τη φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων ενεργειακής φτώχειας. Τα αποτελέσματα του δείκτη αυτού πρέπει να θεωρούνται τα πιο ρεαλιστικά στην αποτίμηση της ενεργειακής φτώχειας σε ένα πληθυσμό.

- Δεν πρέπει να υποτιμηθεί η εφαρμογή των δύο δεικτών στην περίπτωση της ακραίας ενεργειακής φτώχειας (υφιστάμενου και νέου), ακριβώς γιατί παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματά τους. Τα νοικοκυριά που βρίσκονται στη δεινή θέση να χρειάζονται πάνω από το 20% του εισοδήματός τους για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών με βάση το δείκτη (EXTR)EPI_{RC} είναι πολύ περισσότερα από αυτά που εκτιμά ο Συμβατικός Δείκτης (EXTR)EPI_{CONV} (31,8% έναντι 19,3% σε πανελλαδικό επίπεδο, 58,4% έναντι 32,8% σε επίπεδο ορεινών περιοχών).
- Από τη στατιστική συσχέτιση των τριών αντικειμενικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας με τους υποκειμενικούς δείκτες ενεργειακής φτώχειας, προκύπτουν σημαντικές συσχετίσεις αλλά και σχετική ανεξαρτησία. Ο δείκτης IW συσχετίζεται, με στατιστικά σημαντικό τρόπο, με το δείκτη EPI_{RC} και με το Δείκτη EPI_{CN} ενώ δε συσχετίζεται με το Συμβατικό Δείκτη EPI_{CONV}. Αντίθετα, ο δείκτης RN συσχετίζεται με δύο διαφορετικούς δείκτες (EPI_{CONV} και EPI_{CN}), ενώ ο δείκτης DL εμφανίζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση -έστω οριακή- και με τους τρεις δείκτες. Σημειώνεται ότι στην εμφανιζόμενη συσχέτιση μεταξύ του δείκτη EPI_{CN} και του δείκτη RN, προκύπτει το παράδοξο φαινόμενο ο περιορισμός άλλων αναγκών να είναι εντονότερος στα μη ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά. Αυτό εξηγείται με βάση το γεγονός ότι ο συγκεκριμένος αντικειμενικός δείκτης αγνοεί τις περιπτώσεις νοικοκυριών που, για διάφορους λόγους (π.χ. ιδιαίτερα ψυχρές κλιματικές συνθήκες) ξοδεύουν πολλά χρήματα για την ικανοποίησή της θέρμανσης, παραμερίζοντας έτσι άλλες βασικές ανάγκες, στοιχείο το οποίο εντοπίζει ο σχετικός υποκειμενικός Δείκτης (RN). Εν τέλει, αποδεικνύεται ότι ο δείκτης EPI_{RC} επιτυγχάνει μια καλή συμβατότητα και με τους υποκειμενικούς δείκτες, πράγμα που ενισχύει την γενική χρήση του.
- Τα παραπάνω αποτελέσματα, όσον αφορά στη σύγκριση μεταξύ των δεικτών, επιβεβαιώθηκαν στη γενική τους κατεύθυνση με τη δεύτερη ανεξάρτητη έρευνα, αυτή των ορεινών περιοχών. Το εύρημα αυτό, ενδεικνύει δυνατότητες γενίκευσης των αποτελεσμάτων, αν και ασφαλέστερη εικόνα θα αποκτηθεί μέσω της εφαρμογής της μεθοδολογίας σε ένα πλήρως διαφορετικό πληθυσμό.

Κεφάλαιο 14. Η συμβολή της διδακτορικής διατριβής. Στοιχεία καινοτομίας και πρωτοτυπίας.

Τα πρωτότυπα και καινοτομικά στοιχεία που συνιστούν τη συμβολή της διδακτορικής διατριβής στην ανάπτυξη της επιστήμης είναι τα ακόλουθα:

- Καταγράφηκε για πρώτη φορά το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα, μέσω πρωτογενούς έρευνας και κατάλληλης μεθοδολογίας. Η μεθοδολογία στηρίχτηκε σε ένα συνδυασμό αντικειμενικών και υποκειμενικών δεικτών, υφιστάμενων και νέων. Αναφορικά με τους υφιστάμενους δείκτες, ο «Συμβατικός Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας (EPICONV)» υπολογίστηκε μέσω αντικειμενικών δεδομένων ενεργειακών δαπανών των νοικοκυριών και όχι βάσει μιας στιγμιαίας υποκειμενικής εκτίμησης, όπως έχει προσεγγιστεί σε σχετικές, αντίστοιχες έρευνες στην Ελλάδα. Παράλληλα, οι υφιστάμενοι υποκειμενικοί δείκτες προσαρμόστηκαν στα δεδομένα της ελληνικής πραγματικότητας. Αναφορικά με τους νέους δείκτες, πρόκειται για δύο υποκειμενικούς δείκτες: «Προβλήματα υγείας λόγω κακών συνθηκών θέρμανσης (Health Problems linked with poor heating conditions - HP)» και «Περιορισμός άλλων βασικών αναγκών (Restriction of other essential Needs - RN)». Οι δύο νέοι δείκτες έδωσαν τη δυνατότητα να μελετηθούν λανθάνουσες πλευρές της ενεργειακής φτώχειας, που είτε δεν καλύπτονται είτε καλύπτονται ατελώς από τους υφιστάμενους δείκτες. Η έρευνα έδωσε, επίσης, ισχυρές ενδείξεις για τις παραμέτρους οι οποίες επιδρούν στο πρόβλημα, καθώς και για τη μεταξύ τους σχέση.
- Πραγματοποιήθηκε η πρώτη, διεθνώς, πρωτογενής έρευνα για το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές μιας χώρας. Η έρευνα, ακολούθησε την ίδια μεθοδολογία και, επομένως, έδωσε τη δυνατότητα συγκριτικών αποτελεσμάτων με βάση αναφοράς το γενικό πληθυσμό. Για τις ανάγκες της έρευνας διαμορφώθηκε πρωτόκολλο έρευνας για της ορεινές περιοχές της Ελλάδας, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί γενικότερα. Τα αποτελέσματα τεκμηρίωσαν τη δυσμενέστερη θέση στην οποία βρίσκονται οι ορεινές περιοχές, παρά το γεγονός ότι η ενεργειακή φτώχεια κινείται σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα στο σύνολο της χώρας.
- Αναπτύχθηκε μια νέα μεθοδολογία, το «Στοχαστικό Μοντέλο Ενεργειακής Φτώχειας (Stochastic Model of Energy Poverty - SMEP)», για την ακριβέστερη καταγραφή της ενεργειακής φτώχειας. Η νέα μεθοδολογία επιλύει αποτελεσματικά την «αχίλλειο πτέρνα» της μέχρι τώρα έρευνας για την ενεργειακή φτώχεια, δηλαδή τη χρήση του «καταβληθέντος» ενεργειακού κόστους έναντι του «απαιτούμενου» ενεργειακού κόστους, όπως ο ορισμός σαφώς απαιτεί και σχεδόν καθολικά επισημαίνεται. Ειδικότερα, μέσω της στοχαστικής ανάλυσης (προσομοίωση Monte-Carlo) και της εισαγωγής στη βασική συνάρτηση κατανομών πιθανότητας για όλες τις παραμέτρους, επιτυγχάνεται η μετάβαση υπολογισμού του Λόγου Ενεργειακής Φτώχειας από το επίπεδο του νοικοκυριού στο επίπεδο της χώρας. Η μεθοδολογία καταλήγει στον προσδιορισμό του νέου αντικειμενικού δείκτη ενεργειακής φτώχειας «Δείκτης Ενεργειακής Φτώχειας βάσει Απαιτούμενου Κόστους (Energy Poverty

Index based on Required Cost - EPI_{RC})», για τις περιπτώσεις που η τιμή της βασικής εξίσωσης SMEP υπερβαίνει το 10%. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της ενεργειακής φτώχειας με προσαρμογή του ορίου του 10% σε οποιοδήποτε άλλο όριο.

- Το SMEP επιτρέπει για πρώτη φορά την επίλυση και του δεύτερου βασικού προβλήματος της έρευνας για την ενεργειακή φτώχεια. Η ανάλυση ευαισθησίας του μοντέλου SMEP δίνει απαντήσεις στο ερώτημα «ποια είναι η ποσοτική επίδραση κάθε παράγοντα στην ενεργειακή φτώχεια», σε κάθε υπό εξέταση περίπτωση. Αποδείχθηκε ότι η επίδραση αυτή είναι αποτέλεσμα όχι μόνο της θέσης των εξεταζόμενων παραγόντων στη βασική εξίσωση SMEP (η οποία είναι κοινή για όλες τις περιπτώσεις) αλλά και της κατανομής που αυτοί ακολουθούν στην εκάστοτε μελέτη περίπτωση. Επομένως, το μοντέλο επιλύει για πρώτη φορά το πρόβλημα «ποια είναι η δομή του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας σε κάθε χώρα ξεχωριστά», αφού η ενεργειακή φτώχεια παραμετροποιείται μέσω της στοχαστικής συνάρτησης και οι συντελεστές βαρύτητας κάθε παράγοντα μπορούν να εκτιμηθούν ασφαλώς μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας. Με τον τρόπο αυτό, δίνεται η δυνατότητα της a priori αξιόπιστης εκτίμησης/αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των διαφόρων μέτρων αντιμετώπισης του προβλήματος, καθώς και αναλύσεων κόστους-οφέλους των μέτρων αντιμετώπισης της ενεργειακής φτώχειας. Ουσιαστικά, η μεθοδολογία SMEP είναι, ταυτόχρονα, ένα νέο εργαλείο πολιτικής για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας. Στη διαπίστωση αυτή θα πρέπει να προστεθεί η παρατήρηση ότι η μεθοδολογία μπορεί να γενικευθεί και σε άλλες χώρες, δεδομένης της γενικής ισχύος της βασικής συνάρτησης. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων εξαρτάται, ουσιαστικά, από την ύπαρξη αξιόπιστων στατιστικών δεδομένων για τις παραμέτρους εισαγωγής.
- Το SMEP μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρύτερα, για τη μελέτη της ενεργειακής φτώχειας σε υποομάδες του πληθυσμού, όπως για παράδειγμα στα πιο ευάλωτα τμήματα (π.χ. απομακρυσμένες περιοχές, νησιωτικές περιοχές), με την προϋπόθεση ότι μπορούν να εξαχθούν οι στατιστικές κατανομές των μεταβλητών εισαγωγής. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας SMEP στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας κατέληξε στο γεγονός η ενεργειακή φτώχεια στις περιοχές αυτές είναι σχεδόν καθολικό φαινόμενο, ένα εύρημα ιδιαίτερα ανησυχητικό.

Ο νέος τρόπος καταγραφής και ανάλυσης της ενεργειακής φτώχειας έδωσε τη δυνατότητα εμβάθυνσης σε «αχαρτογράφητες» πλευρές της. Πιο συγκεκριμένα:

- Διαμορφώθηκε ένας νέος δείκτης, ο «Δείκτης Τρωτότητας (Vulnerability Index -VI)», ο οποίος μελετά την τρωτότητα κάποιου συγκεκριμένου πληθυσμού στην ενεργειακή φτώχεια, σε σχέση με έναν πληθυσμό αναφοράς. Συμπληρωματικά, εισήχθη και ο «Σχετικός Δείκτης Τρωτότητας (Relative Vulnerability Index - RVI)», ο οποίος μελετά την τρωτότητα ενός υποσύνολου του πληθυσμού, σε σχέση με κάποιο άλλο υποσύνολό του. Από την ανάλυση ευαισθησίας του δείκτη και το κριτήριο βελτίωσης κατά Pareto, προκύπτει ποιες παράμετροι μπορούν να αντιμετωπίσουν τις κοινωνικές ανισότητες όσον αφορά στην ενεργειακή φτώχεια

και να «μειώσουν την ψαλίδα» ανάμεσα στους δύο πληθυσμούς. Η μεθοδολογία είναι επεκτάσιμη και σε οποιαδήποτε άλλη κατηγορία πληθυσμού (π.χ. νησιωτικές περιοχές, απομονωμένες περιοχές), αλλά και στη μελέτη του προβλήματος σε μια χώρα (π.χ. στην Ελλάδα) σε σύγκριση με ένα ευρύτερο σύνολο (π.χ. την Ευρωπαϊκή Ένωση), στο βαθμό που υπάρχουν αξιόπιστα στατιστικά στοιχεία για τις μεταβλητές εισόδου.

- Διαμορφώθηκε, επίσης, ο «Βαθμός Κάλυψης των Ενεργειακών Αναγκών (Degree of Coverage of Energy Needs - DCEN)», ο οποίος δίνει τη δυνατότητα, για πρώτη φορά, να εκτιμηθεί το πρόβλημα της συμπίεσης των ενεργειακών αναγκών. Η αγνόηση της διάστασης αυτής του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας αποτελεί τη βασική αιτία υποεκτίμησής της. Η περαιτέρω ανάλυση αποκάλυψε σημαντικά ευρήματα για τα τμήματα του πληθυσμού που ωθούνται στη συμπίεση των ενεργειακών αναγκών τους, εξαιτίας της οικονομικής αδυναμίας. Ταυτόχρονα, και για πρώτη φορά, εντοπίζονται τα τμήματα του πληθυσμού που χαρακτηρίζονται από ενεργειακή σπατάλη, ένα φαινόμενο υπαρκτό ακόμη και στις συνθήκες της βαθιάς κρίσης στην οποία βρίσκεται η ελληνική κοινωνία.
- Η νέα προσέγγιση έδωσε τη δυνατότητα ποσοτικής σύγκρισης και αξιολόγησης του συνόλου των βασικών δεικτών ενεργειακής φτώχειας (αντικειμενικών και υποκειμενικών, υφιστάμενων και νέων). Το πεδίο της σύγκρισης των δεικτών παρουσιάζει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον. Η παρούσα προσπάθεια είναι, ίσως, η ευρύτερη που έχει πραγματοποιηθεί. Εντοπίζονται συσχετίσεις και εξάγονται συμπεράσματα, όσον αφορά στο πεδίο εφαρμογής του κάθε δείκτη. Αποδεικνύεται πως ο νέος δείκτης της παρούσας διατριβής, ο δείκτης EPI_{RC}, καλύπτει πολλές διαφορετικές εκφάνσεις του προβλήματος και βελτιώνει σημαντικά τη φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα του δείκτη αυτού πρέπει να θεωρούνται τα πιο ρεαλιστικά στην αποτίμηση της ενεργειακής φτώχειας σε ένα πληθυσμό.

Τέλος, για την ανάπτυξη του Στοχαστικού Μοντέλου SMEP έπρεπε να επιλυθούν μια σειρά προβλημάτων που οδήγησαν σε καινοτομικά στοιχεία, όπως:

- Για τον προσδιορισμό των βαθμομερών θέρμανσης (HDD) και ψύξης (CDD), λόγω έλλειψης σχετικών δεδομένων σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα κατοικημένων περιοχών της Ελλάδας και ιδιαίτερα των ορεινών περιοχών της, αναπτύχθηκε νέα μεθοδολογία, η οποία βασίζεται σε συναρτήσεις του υψομέτρου και του γεωγραφικού πλάτους ή σε μονοπαραμετρικές συναρτήσεις του υψομέτρου. Με τον τρόπο αυτό, έγινε δυνατό να υπολογιστούν οι HDD και CDD σε όλους τους οικισμούς (Τοπικές Κοινότητες) της Ελλάδας και των ορεινών περιοχών της, με αντίστοιχη στάθμιση των τιμών τους ως προς τον αριθμό νοικοκυριών που διαβιώνει σε κάθε οικισμό. Για την περίπτωση της Ελλάδας, διορθώθηκε το υφιστάμενο μοντέλο προσδιορισμού των βαθμομερών ψύξης που προτάθηκε από τους Katsoulakos & Kaliamprakos (2014) από γραμμικό σε εκθετικό, καθώς αυτό προσομοιώνει καλύτερα τη σχέση CDD-υψομέτρου. Η μέθοδος επαληθεύτηκε σε άλλες τρεις χώρες/περιοχές με παρόμοια γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, την Αυστρία, την Ελβετία και τη Βόρεια Ιταλία.

- Ως δεύτερη επιλογή για τον προσδιορισμό της κατανομής των βαθμομερών θέρμανσης (HDD) και ψύξης (CDD) σε χώρες/περιοχές με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αναπτύχθηκε και η μέθοδος της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας (lapse rate), η οποία επιτρέπει τον υπολογισμό της θερμοκρασίας οποιασδήποτε δύσβατης/απομακρυσμένης περιοχής, με βάση την κατακόρυφη θερμοβαθμίδα της χώρας και τη θερμοκρασία του κοντινότερου γνωστού μετεωρολογικού σταθμού.
- Για τον προσδιορισμό της κατανομής του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (H_{tot}), που αποτελεί ένα από τα πλέον σύνθετα προβλήματα καθώς απαιτεί πολύπλοκους υπολογισμούς (και αντίστοιχη απαίτηση σε εξαντλητικά στοιχεία), αναπτύχθηκε ειδικό μοντέλο στοχαστικής ανάλυσης βασισμένο σε κτιριακά μοντέλα, με βάση τη χρονολογία κατασκευής, το είδος και το εμβαδό της κατοικίας, καθώς και τους διάφορους συντελεστές θερμοπερατότητας για όλες τις πιθανές περιπτώσεις δομικών στοιχείων στην Ελλάδα και την ορεινή Ελλάδα.
- Τέλος, η αναγκαιότητα μοντελοποίησης των υπόλοιπων δέκα παραμέτρων απαίτησε την ανάπτυξη καινοτομικών μεθοδολογιών στις περιπτώσεις που τα υφιστάμενα δεδομένα δεν επαρκούσαν για την εύρεση της στατιστικής κατανομής τους (π.χ. E_{electr} , $Price_{heat}$, $Price_{dhw}$).

14.1 Προτάσεις για τη συνέχιση της έρευνας (Follow up)

Βασικές κατευθύνσεις που συνιστούν τα επόμενα βήματα της έρευνας που παρουσιάζεται στην παρούσα διδακτορική διατριβή είναι:

- Η γενίκευση της χρήσης του μοντέλου. Πιο συγκεκριμένα, αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί σε δυο βήματα:
 - Ανάπτυξη του SMEP σε άλλες περιοχές που παρουσιάζουν παρεμφερή γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά με την Ελλάδα (π.χ. Ελβετία, Αυστρία, Βόρεια Ιταλία κλπ.), για τις οποίες έχει ήδη πραγματοποιηθεί η ανάλυση των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης.
 - Επέκταση της χρήσης του SMEP σε άλλες γεωγραφικές ενότητες (χώρες/περιοχές) για τις οποίες οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης μπορούν να εξαχθούν απευθείας από υφιστάμενα ιστορικά θερμοκρασιακά δεδομένα.

Γενικότερα, ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή του SMEP σε χώρες με πλούσια και αξιόπιστα στατιστικά στοιχεία (πράγμα που συμβαίνει σε αναπτυγμένες χώρες), αφού η ύπαρξή τους αναμένεται να βελτιώσει έτι περαιτέρω την ακρίβεια και την αξιοπιστία της μεθόδου.

- Η μοντελοποίηση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα νοικοκυριό και η εισαγωγή της στη βασική εξίσωση SMEP. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, αυτή συμπίπτει πολύ λιγότερο από τη θέρμανση-ψύξη (και κυρίως από τη θέρμανση, αφού η ψύξη πολλές φορές είναι τμήμα της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας). Αλλά αυτή είναι μια υπόθεση η οποία πρέπει να ελεγχθεί. Σε κάθε περίπτωση, η ανάπτυξη αξιόπιστων μεθοδολογιών που να

εκτιμούν την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια σε ένα νοικοκυριό θα βελτιώσει την αποτελεσματικότητα του μοντέλου.

- Γενικότερα, κάθε προσπάθεια βελτιστοποίησης των στατιστικών κατανομών των υπεισερχομένων παραμέτρων αυξάνει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου, ιδιαίτερα όταν αυτή αφορά στις παραμέτρους που αναδεικνύονται ως κρίσιμες στην ανάλυση ευαισθησίας. Αυτό μπορεί να γίνει με κατάλληλες ad hoc πρωτογενείς έρευνες ή με την ενσωμάτωση των ζητούμενων στοιχείων στις περιοδικές έρευνες της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής.
- Αξιολόγηση και σύγκριση του συνόλου των δεικτών ενεργειακής φτώχειας που χρησιμοποιούνται στην παρούσα διατριβή σε ένα τελείως διαφορετικό πληθυσμό, πχ. άλλης χώρας, για την ασφαλή γενίκευση των αποτελεσμάτων των συσχετίσεων που προέκυψαν από την παρούσα ανάλυση.
- Η ανάλυση της συσχέτισης των δεικτών με μεθόδους πέραν των συμβατικών (έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2 , συσχετίσεις Spearman, κλπ.), όπως η χρήση νευρωνικών δικτύων, μπορεί να προσφέρει νέα γνώση στο πεδίο κάλυψης του κάθε δείκτη ενεργειακής φτώχειας, όπως η διερεύνηση πολύπλοκων συσχετίσεων, η πιθανή συμπληρωματικότητα με άλλους δείκτες κλπ.

Βιβλιογραφία

Katsoulakos N. M. & Kaliampakos D. C. (2014). What is the impact of altitude on energy demand? A step towards developing specialized energy policy for mountainous areas. *Energy Policy*, 71, pp. 130-138.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ερωτηματολόγιο έρευνας για το φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας, με πληθυσμό:

- Τα νοικοκυριά της Ελλάδας
- Τα νοικοκυριά των ορεινών περιοχών της Ελλάδας



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ- ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΦΤΩΧΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Κωδικός ερωτηματολογίου

--	--	--

Αγαπητέ Κύριε/Κυρία,

Τηλεφωνώ από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Κάνουμε μία έρευνα σχετικά με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν τα ελληνικά νοικοκυριά για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ηλεκτρισμού των σπιτιών τους.

Η επιλογή σας έγινε τυχαία και τα στοιχεία που θα συλλεχθούν θα χρησιμοποιηθούν μόνο για στατιστικούς λόγους. Ελπίζω ότι θα αφιερώσετε λίγο από το χρόνο σας για να απαντήσετε σε ορισμένες ερωτήσεις, γιατί η επιτυχία και η ακρίβεια της έρευνάς μας πάνω σε ένα σοβαρό κοινωνικό πρόβλημα εξαρτώνται από εσάς.

Σας ευχαριστώ εκ των προτέρων για τη συνεργασία σας.

1. Το είδος της κατοικίας σας είναι:

<input type="checkbox"/>	Μονοκατοικία
<input type="checkbox"/>	Μεζονέτα
<input type="checkbox"/>	Διαμέρισμα
<input type="checkbox"/>	Άλλο

2. Με τι θερμαίνεται, κυρίως, η κατοικία σας; (Δεκτή μόνο μία απάντηση)

<input type="checkbox"/>	Με καλοριφέρ - λέβητα πετρελαίου
<input type="checkbox"/>	Με καλοριφέρ -λέβητα φυσικού αερίου
<input type="checkbox"/>	Με καλοριφέρ - λέβητα ξύλων ή pellets
<input type="checkbox"/>	Με σόμπα πετρελαίου
<input type="checkbox"/>	Με σόμπα καυσόξυλων ή pellets
<input type="checkbox"/>	Με ηλεκτρικές συσκευές - θερμοσυσσωρευτές / θερμοπομποί
<input type="checkbox"/>	Με ηλεκτρικές συσκευές - air condition / αντλία θερμότητας
<input type="checkbox"/>	Με τζάκι (παραδοσιακό ή ενεργειακό)
<input type="checkbox"/>	Με άλλο είδος (πχ. τηλεθέρμανση, λέβητα LPG)
<input type="checkbox"/>	Δε θερμαίνεται

3. Πέραν του κύριου συστήματος θέρμανσης, χρησιμοποιείτε και κάποιο άλλο συμπληρωματικό μέσο για τη θέρμανση του σπιτιού σας; (Δεκτές περισσότερες από μία απαντήσεις)

<input type="checkbox"/>	Καλοριφέρ - λέβητα πετρελαίου
<input type="checkbox"/>	Καλοριφέρ - λέβητα φυσικού αερίου
<input type="checkbox"/>	Καλοριφέρ - λέβητα ξύλων ή pellets
<input type="checkbox"/>	Σόμπα πετρελαίου
<input type="checkbox"/>	Σόμπα καυσόξυλων ή pellets
<input type="checkbox"/>	Ηλεκτρικές συσκευές - θερμοσυσσωρευτές / θερμοπομποί
<input type="checkbox"/>	Ηλεκτρικές συσκευές - air condition / αντλία θερμότητας
<input type="checkbox"/>	Τζάκι (παραδοσιακό ή ενεργειακό)
<input type="checkbox"/>	Άλλο είδος (πχ. τηλεθέρμανση, λέβητα LPG)
<input type="checkbox"/>	Δε χρησιμοποιώ άλλο είδος

4. Αισθάνεστε πως το σπίτι σας είναι άνετο, από άποψη θέρμανσης, το χειμώνα?

<input type="checkbox"/>	Ναι
<input type="checkbox"/>	Μάλλον ναι
<input type="checkbox"/>	Μάλλον όχι
<input type="checkbox"/>	Όχι
<input type="checkbox"/>	Δε γνωρίζω/Δεν απαντώ

5. Έχετε καθυστερημένους λογαριασμούς ΔΕΗ ή θέρμανσης του σπιτιού σας;

<input type="checkbox"/>	Ναι
<input type="checkbox"/>	Όχι
<input type="checkbox"/>	Άλλο (Προσδιορίστε).....

6. Το σπίτι σας παρουσιάζει κάποιο πρόβλημα το χειμώνα που μπορεί να οφείλεται σε ελλιπή θέρμανση, όπως για παράδειγμα υγρασία, μούχλα, σταγόνες νερού στα τζάμια ή τους τοίχους κλπ.;

<input type="checkbox"/>	Ναι
<input type="checkbox"/>	Όχι
<input type="checkbox"/>	Δε γνωρίζω/Δεν απαντώ

7. Έχετε διαπιστώσει τυχόν προβλήματα υγείας σε εσάς ή τα υπόλοιπα μέλη του σπιτιού λόγω κακής θέρμανσης ή υγρασίας, όπως για παράδειγμα αρθριτικά-ρευματικά, συχνά κρυολογήματα κλπ.;

<input type="checkbox"/>	Ναι
<input type="checkbox"/>	Όχι
<input type="checkbox"/>	Δε γνωρίζω/Δεν απαντώ

8. Προκειμένου να καλύψετε τις ανάγκες θέρμανσης του σπιτιού σας, έχετε αναγκαστεί να περιορίσετε άλλες βασικές σας ανάγκες, όπως φαγητό, ρουχισμό, τηλέφωνα, μετακινήσεις κλπ.?

<input type="checkbox"/>	Ναι
<input type="checkbox"/>	Όχι
<input type="checkbox"/>	Δε γνωρίζω/Δεν απαντώ

9. Έχετε αλλάξει τρόπο θέρμανσης για λόγους οικονομίας τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της κρίσης;

<input type="checkbox"/>	Ναι
<input type="checkbox"/>	Όχι
<input type="checkbox"/>	Δε γνωρίζω/Δεν απαντώ

10. Την τελευταία χρονιά μειώθηκε η τιμή του πετρελαίου στην αγορά. Με ποιο τρόπο σας έχει επηρεάσει αυτή η αλλαγή;

<input type="checkbox"/>	Μου έδωσε τη δυνατότητα να θερμάνω καλύτερα το σπίτι μου
<input type="checkbox"/>	Είναι τόσο έντονη η οικονομική κρίση που δε με διευκόλυνε ιδιαίτερα
<input type="checkbox"/>	Δε με έχει επηρεάσει γιατί χρησιμοποιώ άλλη πηγή θέρμανσης
<input type="checkbox"/>	Άλλο (Προσδιορίστε).....

11. Έχετε κάνει κάποια επέμβαση στο σπίτι σας προκειμένου να βελτιώσετε την ενεργειακή του απόδοση, όπως για παράδειγμα ενίσχυση μόνωσης, αλλαγή κουφωμάτων κλπ.;

<input type="checkbox"/>	Ναι
<input type="checkbox"/>	Όχι
<input type="checkbox"/>	Δε γνωρίζω/Δεν απαντώ

Στις παρακάτω ερωτήσεις θα προσπαθήσουμε να υπολογίσουμε πόσα χρήματα ξοδεύετε περίπου για τις ανάγκες θέρμανσης και ηλεκτρισμού στο νοικοκυριό σας.

Λογαριασμός ηλεκτρικού ρεύματος

12. Ο λογαριασμός που πληρώνετε μηνιαίως για ηλεκτρικό ρεύμα στο σπίτι σας το χειμώνα είναι:

Λιγότερο από €10	<input type="checkbox"/>	€60-80	<input type="checkbox"/>
€10-20	<input type="checkbox"/>	€80-100	<input type="checkbox"/>
€20-30	<input type="checkbox"/>	€100-150	<input type="checkbox"/>
€30-40	<input type="checkbox"/>	€150-200	<input type="checkbox"/>
€40-50	<input type="checkbox"/>	€200-300	<input type="checkbox"/>
€50-60	<input type="checkbox"/>	>€300	<input type="checkbox"/>

13. Ο λογαριασμός που πληρώνετε μηνιαίως για ηλεκτρικό ρεύμα στο σπίτι σας τους καλοκαιρινούς μήνες είναι:

Λιγότερο από €10	<input type="checkbox"/>	€60-80	<input type="checkbox"/>
€10-20	<input type="checkbox"/>	€80-100	<input type="checkbox"/>
€20-30	<input type="checkbox"/>	€100-150	<input type="checkbox"/>
€30-40	<input type="checkbox"/>	€150-200	<input type="checkbox"/>
€40-50	<input type="checkbox"/>	€200-300	<input type="checkbox"/>
€50-60	<input type="checkbox"/>	>€300	<input type="checkbox"/>

Λογαριασμός θέρμανσης

14. Πέραν του ηλεκτρικού ρεύματος, πόσα περίπου ξοδεύετε για θέρμανση στο σπίτι σας το χειμώνα;

€..... το μήνα ή €..... ετησίως

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΩΤΩΜΕΝΟΥ:

1. Φύλο:

<input type="checkbox"/>	Άνδρας
<input type="checkbox"/>	Γυναίκα

2. Ηλικία:

18-24 ετών

55-64 ετών

25-34 ετών

65-74 ετών

35-44 ετών

75 ετών και άνω

3. Σε ποια περιοχή μένετε;

4. Πότε κατασκευάστηκε το σπίτι που μένετε;

	Προ του 1960
	1960 – 1979
	1980 – 2000
	2001 - 2010
	2011 έως σήμερα
	Δε γνωρίζω/Δεν απαντώ

5. Ποιο είναι το εμβαδόν του σπιτιού σας; M²

6. Η κατοικία σας είναι:

	Ιδιόκτητη
	Ενοικιασμένη
	Άλλο (Προσδιορίστε).....

7. Από πόσα μέλη (μαζί με σας) αποτελείται το νοικοκυριό σας; (συμπληρώνεται ο αριθμός στις αντίστοιχες επιλογές)

	Κάτω των 18 ετών
	18 – 60 ετών
	Άνω των 60 ετών

8. Σε ποια από τις παρακάτω κατηγορίες ανήκει το νοικοκυριό σας;

	Οικογένεια
	Μονογονεϊκή οικογένεια
	Συνταξιούχος/οι
	Ενήλικας/ες
	Φοιτητής/ές
	Άνεργος/οι

9. Πόσο είναι το συνολικό εισόδημα (συμπεριλαμβανομένων κοινωνικών επιδομάτων) που έλαβε το νοικοκυριό σας από όλα τα εργαζόμενα μέλη το περασμένο έτος;

<input type="checkbox"/>	Έως €5000
<input type="checkbox"/>	€5000 - 11.000
<input type="checkbox"/>	€11.000 - 13.000
<input type="checkbox"/>	€13.000 - 17.000
<input type="checkbox"/>	€17.000 - 22.000
<input type="checkbox"/>	€22.000 - 27.000
<input type="checkbox"/>	€27.000 - 34.000
<input type="checkbox"/>	€34.000 - 42.000
<input type="checkbox"/>	€42.000 - 50.000
<input type="checkbox"/>	€50.000 - 60.000
<input type="checkbox"/>	Άνω των €60.000 (προσδιορίστε)