



**ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Master in Business Administration)
«ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΜΕ 4 ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ»**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Τίτλος: << Πολυκριτηριακή αξιολόγηση δράσεων
εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια. >>**

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΠΑΛΑΣ

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ιωάννης Σαλμόν

Αθανάσιος Σπυριδάκος

Νίκος Τσότσολας

Ακαδημαϊκό Έτος 2017-2018

Πρόλογος

Ευχαριστώ πολύ τους καθηγητές μου Ιωάννη Σαλμόν, Αθανάσιο Σπυριδάκο και Νίκο Τσότσολα για την υποστήριξη, την συμπαράστασή και την υπομονή τους. Ευχαριστώ επίσης την κ. Ζωή Νάση για την υποστήριξη και την συμπαράστασή της.

<<30/06/2018>>

<<Αθανάσιος Πάλας>>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ σελ. 12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ σελ. 14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ σελ. 18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ σελ. 19

4.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ σελ. 20

4.1.1 Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση σελ. 20

4.1.2 Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη σελ. 21

4.1.3 Υπολογισμός εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σελ. 22

4.2 4.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ σελ. 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΡΙΤΙΚΗ σελ. 27

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ σελ. 27

5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ σελ. 27

5.2.1 Εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση σελ. 29

5.2.2 Εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη σελ. 30

5.2.3 Εκτίμηση κατανάλωσης ενέργειας στο κτίριο σελ. 31

5.2.4 Αξιολόγηση δράσεων εξοικονόμησης σελ. 31

5.2.5 Κριτήρια σελ. 33

5.2.6 Εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR σελ. 34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΟΣ σελ. 41

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: *Βαθμοημέρες θέρμανσης DD με θερμοκρασία αναφοράς 18°C* σελ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: *Βαθμώρες ψύξης CDH με θερμοκρασία αναφοράς 26°C*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: *Συντελεστές αναγωγής της κατανάλωσης ενέργειας του κτηρίου σε πρωτογενή ενέργεια.*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ετών 2013-2017

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: Εκτίμηση μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: Κατανάλωση φυσικού αερίου ετών 2013-2017

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: Εκτίμηση μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας από φυσικό αέριο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η: Εκτίμηση μέσης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και συνολική.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ: Προγραμματισμός Ipsolver

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι Πίνακας με στοιχεία υλικών εξοικ. ενέργειας και υπολογισμός δεικτών

Αναφορές

σελ 58

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1. Σύνολο δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας.	σελ 23.
Πίνακας 2. Δεδομένα κατανάλωσης (πηγή Τράπεζα της Ελλάδος 2018)	σελ 31
Πίνακας 3. Δεδομένα και τιμές δεικτών ROI, ROE,ROP	σελ 32
Πίνακας 4. Κριτήρια αξιολόγησης μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.....	σελ 33
Πίνακας 5. Αξιολόγηση και κατάταξη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας αναφοράς από τον αποφασίζοντα	σελ 34
Πίνακας 6. Λύσεις συνάρτησης προσθετικής αξίας από τον αλγόριθμο της μεθόδου UTASTAR	σελ 37

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1. Διαδικασία κατασκευής κριτηρίων στο πρόβλημα αξιολόγησης των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας υφιστάμενων κτιρίωνσελ 25

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1. Κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση, έτος 2012σελ 8 και 14

Σχήμα 2. Θέση της Τράπεζας της Ελλάδος (πηγή Google Maps 2018)σελ 28

Σχήμα 3. Κλιματικές ζώνες της Ελλάδας (Πηγή Τεχνικό σελ 29

Επιμελητήριο Ελλάδος

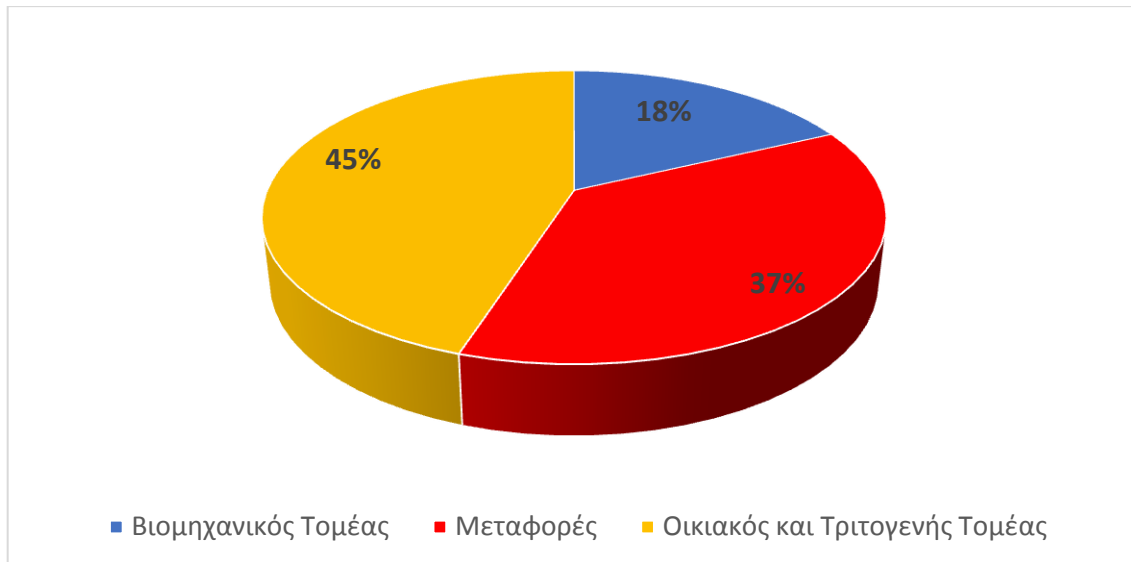
Επιτελική Σύνοψη

Η υπερβολική χρήση ορυκτών καυσίμων θεωρείται υπεύθυνη για το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο και ιδιαίτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση προωθούν δραστηριότητες που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος, την ορθολογική χρήση και τη διαχείριση των φυσικών πόρων και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Δυστυχώς, ακόμη και η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έχει ορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η καθαρότερη μορφή ενέργειας που υπάρχει είναι αυτή που δεν καταναλώνεται και η οποία έχει επίσης εμφανή και άμεσα οικονομικά αποτελέσματα. Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας πρέπει να είναι η πρώτη ενέργεια που πρέπει να κάνουμε για να προστατεύσουμε το περιβάλλον.

Με πρωτοβουλία και χρηματοδότηση της Τραπέζης της Ελλάδος το 2009 συστάθηκε η Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, η οποία συνέταξε την μελέτη «ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ»[1]. Σύμφωνα με την μελέτη αυτή το συνολικό σωρευτικό κόστος για την Ελλάδα από την μη λήψη μέτρων κατά της κλιματικής αλλαγής εκτιμάται στα €701 δισεκατομμύρια μέχρι το 2100.

Ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας είναι ο οικοδομικός τομέας, καταναλώνοντας κατά μέσο όρο στην Ευρώπη το 40% της συνολικής ενέργειας μιας χώρας και είναι υπεύθυνος για το 35% των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Ως εκ τούτου, η ανάγκη για εξοικονόμηση σε αυτόν τον τομέα είναι τεράστια. Το αντίστοιχο ποσοστό στην Ελλάδα όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. αντιστοιχεί στο 45% της κατανάλωσης για το έτος 2012 (ΥΠΕΚΑ, 2014) [2].



Σχήμα 1: Κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση, έτος 2012.

Στην Ελλάδα, περισσότερο από το 90% των κτιρίων δεν έχουν μόνωση εξωτερικού τοίχου, το 70% έχει οροφές με ακατάλληλη θερμική συμπεριφορά και πάνω από το 95% των παραθύρων είναι χωρίς μόνωση, επομένως τα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας είναι μεγάλα. Ο ρυθμός αντικατάστασης παλαιών κτιρίων από νέα είναι πολύ χαμηλός και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας σε νέα κτίρια είναι αμελητέα, λόγω του μικρού αριθμού αυτών. Προκειμένου να έχουμε σημαντικά αποτελέσματα σε ευρύτερη κλίμακα και σε περιορισμένο χρονικό διάστημα, πρέπει να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας στα υφιστάμενα κτίρια.

Προκειμένου να εφαρμοστούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, σε μια επιχείρηση ή σε ένα οργανισμό πρέπει να πεισθούν ότι θα επωφεληθούν οικονομικά με τη βέλτιστη δυνατή επένδυση του κεφαλαίου που θα διατεθεί και σε επίπεδο δημοσίων σχέσεων (εταιρική κοινωνική ευθύνη με την μορφή προστασίας του περιβάλλοντος), συνεπώς θα πρέπει να διεξαχθεί μια αξιολόγηση των προτεινόμενων δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Στη μελέτη αυτή θα καταγραφεί η κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου και του αντίστοιχου ενεργειακού κόστους, από τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. Κατόπιν θα υπολογιστεί η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας και η αντίστοιχη επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τους ρύπους σύμφωνα με τις TOTEE 20701-1/2010 [3]. Μετά θα εκτιμηθεί η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, η μείωση του αντίστοιχου ενεργειακού κόστους και η αντίστοιχη μείωση στην

επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την εφαρμογή κάθε δράσης εξοικονόμησης ενέργειας.

Έχοντας πλέον αυτά τα δεδομένα μπορούμε να θέσουμε σε κάθε δράση εξοικονόμησης ενέργειας ένα καθαρό αριθμό - δείκτη, ο οποίος θα είναι ο λόγος της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας, του ετήσιου κόστους και της ετήσιας παραγωγής ρύπων προς την ετήσια μείωση κατανάλωσης ενέργειας, του ετήσιου κόστους και της ετήσιας παραγωγής ρύπων αντίστοιχα. Έχοντας πλέον αυτούς τους δείκτες, το τελικό στάδιο της διαδικασίας αξιολόγησης θα επιτρέψει την ιεράρχηση των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας σύμφωνα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις αυτών που αποφασίζουν για την επιχείρηση.

Συμπερασματικά ανάγκη εύρεσης μεθόδου λήψης απόφασης που να ικανοποιεί την ανάγκη της εταιρείας για:

- κέρδη μέσω κατάλληλων επενδύσεων που εξασφαλίζουν την επιβίωση της
- προσφορά κοινωνικού έργου μέσω εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης των ρύπων συνολικά στα πλαίσια της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης
- να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις του αποφασίζοντα είτε είναι ο Πρόεδρος της εταιρείας είτε το Διοικητικό Συμβούλιο.

Για να επιτευχθούν αυτά επιλέχθηκε ένα κτίριο όπου εκτιμήθηκαν οι ενεργειακές καταναλώσεις και οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στην θέρμανση και την ψύξη με χρήση διάφορων μονωτικών υλικών. Επιλέχθηκε η πολυκριτηριακή μέθοδος UTASTAR. Μετά εφαρμόστηκε η πολυκριτηριακή μέθοδος UTASTAR για να αξιολογηθούν τα υλικά με μία νέα μέθοδο η οποία έχει ως κριτήρια τις “αποδόσεις” των υλικών ως εξής:

- Τον οικονομικό δηλαδή πόσο γρήγορα θα αποσβεστεί το κεφάλαιο που διατέθηκε από την επιχείρηση για την προμήθεια της κάθε δράσης εξοικονόμησης ενέργειας από το ετήσιο κέρδος που θα έχει από την εξοικονόμηση ενέργειας της δράσης αυτής.
- Τον ενεργειακό δηλαδή πόσο γρήγορα θα αποσβεστεί το “κεφάλαιο”, δηλαδή την ενέργεια, που διατέθηκε από το εργοστάσιο κατασκευής του υλικού της δράσης για την κατασκευή της κάθε δράσης εξοικονόμησης ενέργειας, από το

ετήσιο κέρδος, δηλαδή την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που θα έχει λόγω της δράσης αυτής.

- Τον περιβαλλοντικό δηλαδή πόσο γρήγορα θα αποσβεστεί το “κεφάλαιο”, δηλαδή τους ρύπους, που απελευθερώθηκαν στο περιβάλλον από το εργοστάσιο κατασκευής του υλικού της δράσης για την κατασκευή της κάθε δράσης εξοικονόμησης ενέργειας, από το ετήσιο κέρδος, δηλαδή την ετήσια μείωση παραγωγής ρύπων που θα έχει λόγω της δράσης αυτής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υπερβολική χρήση ορυκτών καυσίμων θεωρείται υπεύθυνη για τα φαινόμενα της αλλαγής του κλίματος και της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο και ιδιαίτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση προωθούν δραστηριότητες που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος, την ορθολογική χρήση και τη διαχείριση των φυσικών πόρων και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας και συνεπακόλουθα ρυπαντές του περιβάλλοντος είναι ο οικοδομικός τομέας, καταναλώνοντας κατά μέσο όρο στην Ευρώπη το 40% της συνολικής ενέργειας μιας χώρας και είναι υπεύθυνος για το 35% των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Ως εκ τούτου, η ανάγκη για εξοικονόμηση σε αυτόν τον τομέα είναι τεράστια

Προκειμένου να εφαρμοστούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, σε μια επιχείρηση ή σε ένα οργανισμό πρέπει να πεισθούν ότι θα επωφεληθούν οικονομικά με τη βέλτιστη δυνατή επένδυση του κεφαλαίου που θα διατεθεί και σε επίπεδο δημοσίων σχέσεων (εταιρική κοινωνική ευθύνη με την μορφή προστασίας του περιβάλλοντος), συνεπώς θα πρέπει να διεξαχθεί μια αξιολόγηση των προτεινόμενων δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Στη μελέτη αυτή θα καταγραφεί η κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου και του αντίστοιχου ενεργειακού κόστους, από τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου.

Κατόπιν θα υπολογιστεί η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας και η αντίστοιχη επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τους ρύπους σύμφωνα με τις TOTEE 20701-1/2010, 20701-2/2010, 20701-3/2010 [3].

Μετά θα εκτιμηθεί η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, η μείωση του αντίστοιχου ενεργειακού κόστους και η αντίστοιχη μείωση στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την εφαρμογή κάθε δράσης εξοικονόμησης ενέργειας.

Στην συνέχεια θα μελετηθούν οι ιδιότητες και οι τιμές κάθε δράσης εξοικονόμησης ενέργειας, όπου για λόγους ευκολίας χρησιμοποιήθηκαν θερμομονωτικά υλικά μόνο.

Έχοντας πλέον τα παραπάνω δεδομένα μπορούμε να αξιολογήσουμε τις δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας με κριτήρια διαφορετικά από αυτά που έχουν

χρησιμοποιηθεί μέχρι τώρα. Αυτά τα κριτήρια θα χρησιμοποιηθούν για πρώτη φορά στην παρούσα μελέτη σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία και τις δημοσιευμένες μελέτες (αναφέρομαι στον συνδυασμό, το οικονομικό κριτήριο μόνο του είναι εφαρμογή της μεθόδου simple payback period).

Για να γίνει η αξιολόγηση θα θέσουμε σε κάθε δράση εξοικονόμησης ενέργειας τρεις καθαρούς αριθμούς – δείκτες οι οποίοι θα είναι:

- ο λόγος της κόστους προμήθειας και εγκατάστασης των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας προς το ετήσιο κόστος από την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Κριτήριο ROI (Return Of Investment),
- ο λόγος της ενέργειας για την παραγωγή του υλικού της δράσης εξοικονόμησης ενέργειας (περιεχομένη ενέργεια υλικού) προς την ετήσια μείωση κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Κριτήριο ROE (Return Of Energy),
- ο λόγος της ποσότητας των παραγόμενων ρύπων από την παραγωγή του υλικού της δράσης εξοικονόμησης ενέργειας προς την ετήσια μείωση παραγωγής ρύπων. Κριτήριο ROP (Return Of Pollution),

Έχοντας πλέον αυτούς τους δείκτες, το τελικό στάδιο της διαδικασίας αξιολόγησης θα επιτρέψει την ιεράρχηση των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας σύμφωνα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις αυτών που αποφασίζουν για την επιχείρηση.

Στόχος της εργασίας είναι ανάγκη εύρεσης μεθόδου λήψης απόφασης που να ικανοποιεί την ανάγκη της εταιρείας για:

- α. κέρδη μέσω κατάλληλων επενδύσεων που εξασφαλίζουν την επιβίωση της
- β. προσφορά κοινωνικού έργου μέσω εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης των ρύπων συνολικά στα πλαίσια της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης
- γ. να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις του αποφασίζοντα είτε είναι ο Πρόεδρος της εταιρείας είτε το Διοικητικό Συμβούλιο.

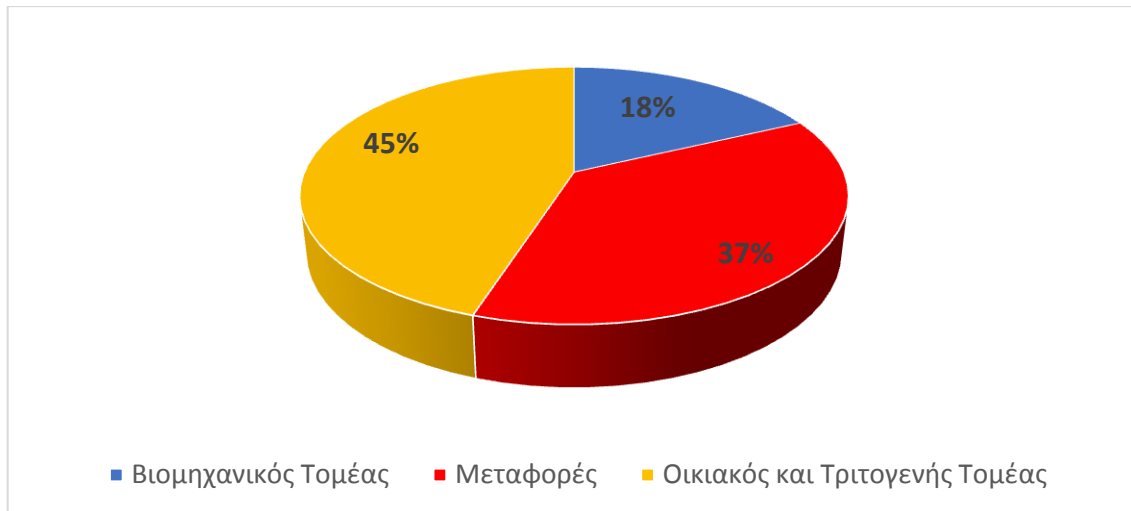
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας αλλά και η βελτίωση του επιπέδου ζωής έχει εκτινάξει την ζήτηση της ενέργειας και η πρόβλεψη είναι ότι αυτή θα αυξηθεί με την άνοδο του βιοτικού επιπέδου των χωρών, όπως η Κίνα και η Ινδία και άλλες που τελούν υπό ανάπτυξη. Για την παραγωγή της ενέργειας χρησιμοποιούνται κυρίως ορυκτά καύσιμα. Η υπερβολική χρήση ορυκτών καυσίμων θεωρείται υπεύθυνη για τα φαινόμενα της αλλαγής του κλίματος και της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο και ιδιαίτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση προωθούν δραστηριότητες που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος, την ορθολογική χρήση και τη διαχείριση των φυσικών πόρων και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Δυστυχώς, ακόμη και η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έχει ορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις κυρίως στην φάση της κατασκευής των μηχανών μετατροπής της ενέργειας που παρέχεται από την φύση (ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά κ.α.). Η καθαρότερη μορφή ενέργειας που υπάρχει είναι αυτή που δεν καταναλώνεται, δηλαδή αυτή που εξοικονομείται ή που δεν σπαταλιέται και η οποία έχει επίσης εμφανή και άμεσα οικονομικά αποτελέσματα. Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας πρέπει να είναι η πρώτη ενέργεια που πρέπει να κάνουμε για να προστατεύσουμε το περιβάλλον.

Με πρωτοβουλία και χρηματοδότηση της Τραπέζης της Ελλάδος το 2009 συστάθηκε η Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, η οποία συνέταξε την μελέτη «ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ»[1]. Σύμφωνα με την μελέτη αυτή το συνολικό σωρευτικό κόστος για την Ελλάδα από την μη λήψη μέτρων κατά της κλιματικής αλλαγής εκτιμάται στα €701 δισεκατομμύρια μέχρι το 2100.

Ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας είναι ο οικοδομικός τομέας, καταναλώνοντας κατά μέσο όρο στην Ευρώπη το 40% της συνολικής ενέργειας μιας χώρας και είναι υπεύθυνος για το 35% των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Ως εκ τούτου, η ανάγκη για εξοικονόμηση σε αυτόν τον τομέα είναι τεράστια. Το αντίστοιχο ποσοστό στην Ελλάδα όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. αντιστοιχεί στο 45% της κατανάλωσης για το έτος 2012 (ΥΠΕΚΑ, 2014).



Σχήμα 1: Κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση, έτος 2012 [2]

Στην Ελλάδα, περισσότερο από το 90% των κτιρίων δεν έχουν μόνωση εξωτερικού τοίχου, το 70% έχει οροφές με ακατάλληλη θερμική συμπεριφορά και πάνω από το 95% των παραθύρων είναι χωρίς μόνωση, επομένως τα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας είναι μεγάλα.

Ο ρυθμός αντικατάστασης παλαιών κτιρίων από νέα είναι πολύ χαμηλός και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας σε νέα κτίρια είναι αμελητέα, λόγω του μικρού αριθμού αυτών. Προκειμένου να έχουμε σημαντικά αποτελέσματα σε ευρύτερη κλίμακα και σε περιορισμένο χρονικό διάστημα, πρέπει να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας στα υφιστάμενα κτίρια.

Άρα η ανακαίνιση του κτιριακού αποθέματος με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και συνεπακόλουθα της μείωσης των παραγόμενων ρύπων αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς τομείς κάθε χώρας γενικότερα και κάθε ιδιοκτήτη κτιρίου ειδικότερα.

Για να επιτύχουμε την μείωση θα πρέπει να μειώσουμε τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου με διάφορους τρόπους. Όπως με χρήση μονωτικών υλικών ή θερμομονωτικών υαλοπινάκων ή με παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά. Όμως για κάθε ένα από τα παραπάνω υλικά καταναλώθηκε ενέργεια προκειμένου να κατασκευασθούν (περιεχομένη ενέργεια υλικού). Πόση είναι αυτή; είναι συγκρίσιμη με την ενέργεια που θα εξοικονομηθεί; Αντίστοιχα πόσοι ρύποι απελευθερώθηκαν, κατά την κατασκευή στο περιβάλλον; Φυσικά το κύριο αλλά όχι απαραίτητα μοναδικό

ενδιαφέρων μιας εταιρείας είναι η απόσβεση του κεφαλαίου της επένδυσης, δηλαδή του κόστους προμήθειας και εγκατάστασης των υλικών.

Προκειμένου να εφαρμοστούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, σε μια επιχείρηση ή σε ένα οργανισμό πρέπει να πεισθούν ότι θα επωφεληθούν οικονομικά με τη βέλτιστη δυνατή επένδυση του κεφαλαίου που θα διατεθεί και σε επίπεδο δημοσίων σχέσεων (εταιρική κοινωνική ευθύνη με την μορφή προστασίας του περιβάλλοντος), συνεπώς θα πρέπει να διεξαχθεί μια αξιολόγηση των προτεινόμενων δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Στη μελέτη αυτή θα καταγραφεί η κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου και του αντίστοιχου ενεργειακού κόστους, από τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου.

Κατόπιν θα υπολογιστεί η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας και η αντίστοιχη επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τους ρύπους σύμφωνα με τις TOTEE 20701-1/2010 [3].

Μετά θα εκτιμηθεί η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, η μείωση του αντίστοιχου ενεργειακού κόστους και η αντίστοιχη μείωση στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την εφαρμογή κάθε δράσης εξοικονόμησης ενέργειας.

Στην συνέχεια θα μελετηθούν οι ιδιότητες και οι τιμές κάθε δράσης εξοικονόμησης ενέργειας (τεχνικά φυλλάδια εταιρειών), και από την βάση δεδομένων ICE (). Για λόγους ευκολίας χρησιμοποιήθηκαν θερμομονωτικά υλικά μόνο, χωρίς αυτό να επηρεάζει την μέθοδο αξιολόγησης καθότι οι αριθμοί - δείκτες που χρησιμοποιούνται είναι καθαροί αριθμοί και άσχετοι με την φύση του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί.

Έχοντας πλέον τα παραπάνω δεδομένα μπορούμε να αξιολογήσουμε τις δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας με κριτήρια διαφορετικά από αυτά που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι τώρα. Αυτά τα κριτήρια θα χρησιμοποιηθούν για πρώτη φορά στην παρούσα μελέτη σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία και τις δημοσιευμένες μελέτες (αναφέρομαι στον συνδυασμό, το οικονομικό κριτήριο μόνο του είναι εφαρμογή της μεθόδου simple payback period).

Για να γίνει η αξιολόγηση θα θέσουμε σε κάθε δράση εξοικονόμησης ενέργειας τρεις καθαρούς αριθμούς – δείκτες οι οποίοι θα είναι:

- ο λόγος της κόστους προμήθειας και εγκατάστασης των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας προς το ετήσιο κόστος από την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Κριτήριο ROI (Return Of Investment),
- ο λόγος της ενέργειας για την παραγωγή του υλικού της δράσης εξοικονόμησης ενέργειας (περιεχομένη ενέργεια υλικού) προς την ετήσια μείωση κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Κριτήριο ROE (Return Of Energy),
- ο λόγος της ποσότητας των παραγόμενων ρύπων από την παραγωγή του υλικού της δράσης εξοικονόμησης ενέργειας προς την ετήσια μείωση παραγωγής ρύπων. Κριτήριο ROP (Return Of Pollution),

Όπως προαναφέρθηκε οι αριθμοί αυτοί είναι καθαροί, οπότε μπορεί να γίνει σύγκριση μεταξύ διαφορετικών υλικών δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας π.χ. πολυουρεθάνη με ορυκτοβάμβακα ή με υαλοπίνακες ή με φωτοβολταϊκά ή με ταρατσόκηπους κλπ.

Έχοντας πλέον αυτούς τους δείκτες, το τελικό στάδιο της διαδικασίας αξιολόγησης θα επιτρέψει την ιεράρχηση των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας σύμφωνα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις αυτών που αποφασίζουν για την επιχείρηση.

Στόχος της εργασίας είναι ανάγκη εύρεσης μεθόδου λήψης απόφασης που να ικανοποιεί την ανάγκη της εταιρείας για:

- α. κέρδη μέσω κατάλληλων επενδύσεων που εξασφαλίζουν την επιβίωση της
- β. προσφορά κοινωνικού έργου μέσω εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης των ρύπων συνολικά στα πλαίσια της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης
- γ. να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις του αποφασίζοντα είτε είναι ο Πρόεδρος της εταιρείας είτε το Διοικητικό Συμβούλιο.

Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η πολυκριτηριακή μέθοδος UTASTAR , έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή συμβατότητα μοντέλου – αποφασίζοντος (Σισκος 2008MONTELA ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

Η απόδοση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας συνήθως αποτιμάται λαμβάνοντας υπόψη το κόστος της δράσης, το κόστος της εξοικονομούμενης ενέργειας και η απόσβεση του κεφαλαίου.

Το 2008 στην δημοσιευμένη μελέτη των Diakaki et al. [3] εφαρμόζεται πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση με κριτήρια την εξοικονομούμενη ενέργεια και το κόστος εγκατάστασης μόνωσης και υαλοπινάκων.

Το 2010 στην μελέτη των Kalaitzakis et al. [4] εφαρμόζεται πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση με κριτήρια την ετήσια πρωτογενή εξοικονομούμενη ενέργεια, την ετήσια μείωση των ρύπων CO₂ και το και το κόστος εγκατάστασης μόνωσης και υαλοπινάκων.

Το 2013 στην μελέτη των Diakaki et al. [5] εφαρμόζεται πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση με κριτήρια την ετήσια πρωτογενή εξοικονομούμενη ενέργεια, την ετήσια μείωση των ρύπων CO₂ και το και το κόστος εγκατάστασης μόνωσης, υαλοπινάκων, θυρών και αντικατάστασης συστημάτων ψύξης – θέρμανσης.

Το 2014 στην μελέτη των Karmellos et al. [6] εφαρμόζεται πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση με κριτήρια την ετήσια πρωτογενή εξοικονομούμενη ενέργεια το και το κόστος εγκατάστασης υαλοπινάκων, θυρών και αντικατάστασης συστημάτων ψύξης – θέρμανσης, φωτισμού και εγκατάστασης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Το 2014 στην μελέτη των Ascione et al. [7] εφαρμόζεται πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση με κριτήρια την πρωτογενή εξοικονομούμενη ενέργεια, το κόστος εγκατάστασης, συντήρησης και λειτουργίας σε όλη την διάρκεια ζωής του κτιρίου, της μόνωσης, των υαλοπινάκων, των θυρών και της αντικατάστασης συστημάτων ψύξης - θέρμανσης -αερισμού -μπόιλερ και της θερμικής άνεσης (μεταβολές στην ρύθμιση του θερμοστάτη).

Το 2014 στην μελέτη των Pena et al. [8] εφαρμόζεται πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση με κριτήρια την απόδοση του κόστους (NPV) στην διάρκεια ζωής του κτιρίου, του κόστους εγκατάστασης της ανακαίνισης, το ετήσια κόστη λειτουργίας θέρμανσης, ψύξης και συντήρησης των κτιρίου, το κόστος αντικατάστασης των διάφορων συστημάτων του κτιρίου και της απομείωσης της αρχικής αξίας του εξοπλισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Στην παρούσα μελέτη θα γίνει μία προσπάθεια αξιολόγησης μέτρων – δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας με ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια με χρήση της μεθόδου UTASTAR η οποία επιλέχθηκε ως η καλύτερη μέθοδος υποβοήθησης απόφασης λόγω της μικρής απαιτούμενης συμμετοχής του αποφασίζοντα και λόγω της καλύτερης προσαρμογής στις επιθυμίες αυτού.

Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο οι προσεγγίσεις που γίνονται ασχολούνται κυρίως με την αποτίμηση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη το κόστος της δράσης, την ποσότητα της εξοικονομούμενης ενέργειας, το κόστος της εξοικονομούμενης ενέργειας και την απόσβεση του κεφαλαίου.

Στην παρούσα μελέτη θα γίνει μία διαφορετική προσέγγιση. Συγκεκριμένα τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας θα αντιμετωπιστούν ως επενδύσεις σε τρεις τομείς:

- Τον οικονομικό δηλαδή πόσο γρήγορα θα αποσβεστεί το κεφάλαιο που διατέθηκε από την επιχείρηση για την προμήθεια της κάθε δράσης εξοικονόμησης ενέργειας από το ετήσιο κέρδος που θα έχει από την εξοικονόμηση ενέργειας της δράσης αυτής.
- Τον ενεργειακό δηλαδή πόσο γρήγορα θα αποσβεστεί το “κεφάλαιο”, δηλαδή την ενέργεια, που διατέθηκε από το εργοστάσιο κατασκευής του υλικού της δράσης για την κατασκευή της κάθε δράσης εξοικονόμησης ενέργειας, από το ετήσιο κέρδος, δηλαδή την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που θα έχει λόγω της δράσης αυτής.
- Τον περιβαλλοντικό δηλαδή πόσο γρήγορα θα αποσβεστεί το “κεφάλαιο”, δηλαδή τους ρύπους, που απελευθερώθηκαν στο περιβάλλον από το εργοστάσιο κατασκευής του υλικού της δράσης για την κατασκευή της κάθε δράσης εξοικονόμησης ενέργειας, από το ετήσιο κέρδος, δηλαδή την ετήσια μείωση παραγωγής ρύπων που θα έχει λόγω της δράσης αυτής.

Για να γίνει αυτό θα επιλεγεί ένα κτίριο και θα εκτιμηθούν τα παρακάτω:

- η μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση της τελευταίας 5ετίας
- η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που θα επιτευχθεί ανά δράση εξοικονόμησης ενέργειας
- η περιεχομένη ενέργεια του υλικού της δράσης

- η μέση ετήσια παραγωγή ρύπων CO₂ της τελευταίας 5ετίας
- η ετήσια μείωση παραγωγή ρύπων CO₂ που θα επιτευχθεί ανά δράση εξοικονόμησης ενέργειας
- η παραγωγή ρύπων κατά την κατασκευή του υλικού της δράσης
- το μέσο ετήσιο κόστος της ενέργειας της τελευταίας 5ετίας
- το ετήσιο κόστος της εξοικονομούμενης ενέργειας
- το κόστος εγκατάστασης του υλικού της δράσης

Μετά την συγκέντρωση των παραπάνω είναι δυνατή δημιουργία καθαρών αριθμών – δεικτών για κάθε ένα κριτήριο για όλες τις δράσεις και μετά θα γίνει ιεράρχηση σύμφωνα με τις απαιτήσεις του αποφασίζοντα με την μέθοδο UTASTAR.

Για λόγους ευκολίας θα ελεγχθούν μόνο διάφορα υλικά μονώσεων τοιχοποιίας και όχι διπλοί ή τριπλοί υαλοπίνακες, ταρατσόκηποι, φωτοβολταικά κ.α..

4.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

4.1.1 Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση

Για τη θέρμανση του κτιρίου χρησιμοποιείται φυσικό αέριο, επομένως η ενέργεια που καταναλώνεται για θέρμανση ανά έτος μπορεί να εκτιμηθεί από τους ετήσιους λογαριασμούς φυσικού αερίου.

$$\text{Θέρμανση} = E_{\text{φα}}$$

Όπου το $E_{\text{φα}}$ είναι ενέργεια από φυσικό αέριο που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια ενός έτους.

Επίσης, οποιαδήποτε εξοικονόμηση ενέργειας στην θέρμανση ΔΕ που προκύπτει από την μεταβολή της θερμικής διαπερατότητας ενός συστατικού του περιβλήματος του κτιρίου μπορεί να υπολογιστεί με τη διαφορά των εξισώσεων που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο των βαθμομερών θέρμανσης για τη θερμική μετάδοση των συστατικών πριν και μετά την προσθήκη μόνωσης:

$$\Delta E_{\theta\epsilon\rho} = 24 * A * (U_{\pi\rho\nu} - U_{\mu\epsilon\tau\alpha}) * HDD / 1000. \eta_{\theta\epsilon\rho}$$

Και μετατροπή σε πρωτογενή ενέργεια (Παράρτημα 3)

$$\Delta E_{\theta\epsilon\rho \text{ πρωτ}} = \Delta E_{\theta\epsilon\rho} * 1,05$$

Όπου :

A: εμβαδό επιφανείας κτιρίου

$U_{\pi\rho\nu}$: θερμική διαπερατότητα του στοιχείου

$U_{\mu\epsilon\tau\alpha}$: θερμική μετάδοση του συστατικού μετά την προσθήκη της μόνωσης

HDD: Βαθμοημέρες θέρμανσης

$\eta_{\theta\epsilon\rho}$: συντελεστής απόδοσης του θερμικού συστήματος

4.1.2 Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη

Για την ψύξη του κτιρίου χρησιμοποιείται μόνο ηλεκτρική ενέργεια και ως εκ τούτου η ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται για ψύξη μπορεί να εκτιμηθεί από τη διαφορά μεταξύ της μέσης μηνιαίας κατανάλωσης που εμφανίζεται στους λογαριασμούς των λογαριασμών ηλεκτρικού ρεύματος για τη χρονική περίοδο Μάιου- Οκτωβρίου από τη μέση μηνιαία κατανάλωση για την περίοδο Νοεμβρίου - Απριλίου, η ψύξη αυτή δεν λειτουργεί.

$$E_{\psi\upsilon\chi\eta\varsigma} = ((E_{\text{Ηλ aver Μαιος-Οκτ}}) - (E_{\text{Ηλ Νοεμ-Απρ}})) * 6$$

Όπου η μέση μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την περίοδο Μαΐου- Σεπτεμβρίου (6 μήνες) και η μέση μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την περίοδο Οκτώβριος - Απρίλιος (6 μήνες).

Επίσης, οποιαδήποτε εξοικονόμηση ενέργειας στην ενέργεια θέρμανσης ΔE που προκύπτει από την μεταβολή της θερμικής διαπερατότητας ενός συστατικού του κελύφους του κτιρίου μπορεί να υπολογιστεί με τη διαφορά των εξισώσεων που

χρησιμοποιούνται στην ώρα των ωρών ψύξης Μέθοδος για τη θερμική μετάδοση των συστατικών πριν και μετά την προσθήκη μόνωσης:

$$\Delta E_{\psi\upsilon\zeta\eta\varsigma} = (A * (U_{\pi\rho\iota\nu} - U_{\mu\epsilon\tau\acute{\alpha}}) * CDH / 1000.COP)$$

Και μετατροπή σε πρωτογενή ενέργεια (Παράρτημα 3)

$$\Delta E_{\psi\upsilon\zeta\eta\varsigma \text{ πρωτ.}} = \Delta E_{\psi\upsilon\zeta\eta\varsigma} * 2,9$$

Όπου :

A: εμβαδό επιφανείας κτιρίου

$U_{\pi\rho\iota\nu}$: θερμική μετάδοση του στοιχείου φακέλου πριν από την τροποποίηση

$U_{\mu\epsilon\tau\acute{\alpha}}$: θερμική μετάδοση του στοιχείου φακέλου μετά την τροποποίηση

CDH: Βαθμοώρες ψύξης

COP: συντελεστής απόδοσης του συστήματος ψύξης

4.1.3 Υπολογισμός εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)

Οι εκπομπές CO₂ ανά έτος (kg / έτος) εξαιτίας της καύσης φυσικού αερίου μπορούν να υπολογιστούν γνωρίζοντας την φυσικού αερίου που καταναλώνεται ετησίως από τους λογαριασμούς φυσικού αερίου και ότι για 1 kWh απελευθερώνονται 0,196 kg CO₂ στην ατμόσφαιρα. Οι εκπομπές CO₂ ανά έτος (kg / έτος) λόγω κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να υπολογιστούν γνωρίζοντας ότι για κάθε kWh που καταναλώνεται αντιστοιχεί σε 0,989 kg CO₂, για το μείγμα καυσίμων του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος.

$$MCO_2 / \text{έτος} = \Delta E_{\theta\epsilon\rho \text{ πρωτ}} * 0.196\text{kg} + \Delta E_{\psi\upsilon\zeta\eta\varsigma \text{ πρωτ}} * 0.989$$

* Στοιχεία υπολογισμού από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010

4.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Το πρόβλημα έγκειται στην ανάγκη να γίνει αξιολόγηση των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα, ώστε μία επιχείρηση να αποφασίσει ποιες δράσεις να

επιλέξει. Η αξιολόγηση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας είναι μία κρίσιμη για την επιχείρηση διαδικασία που αφορά στην εξοικονόμηση πόρων, στη καλύτερη δυνατή επένδυση των χρημάτων που θα διατεθούν αλλά και στην εταιρική κοινωνική ευθύνη με την μορφή της προστασίας του περιβάλλοντος.

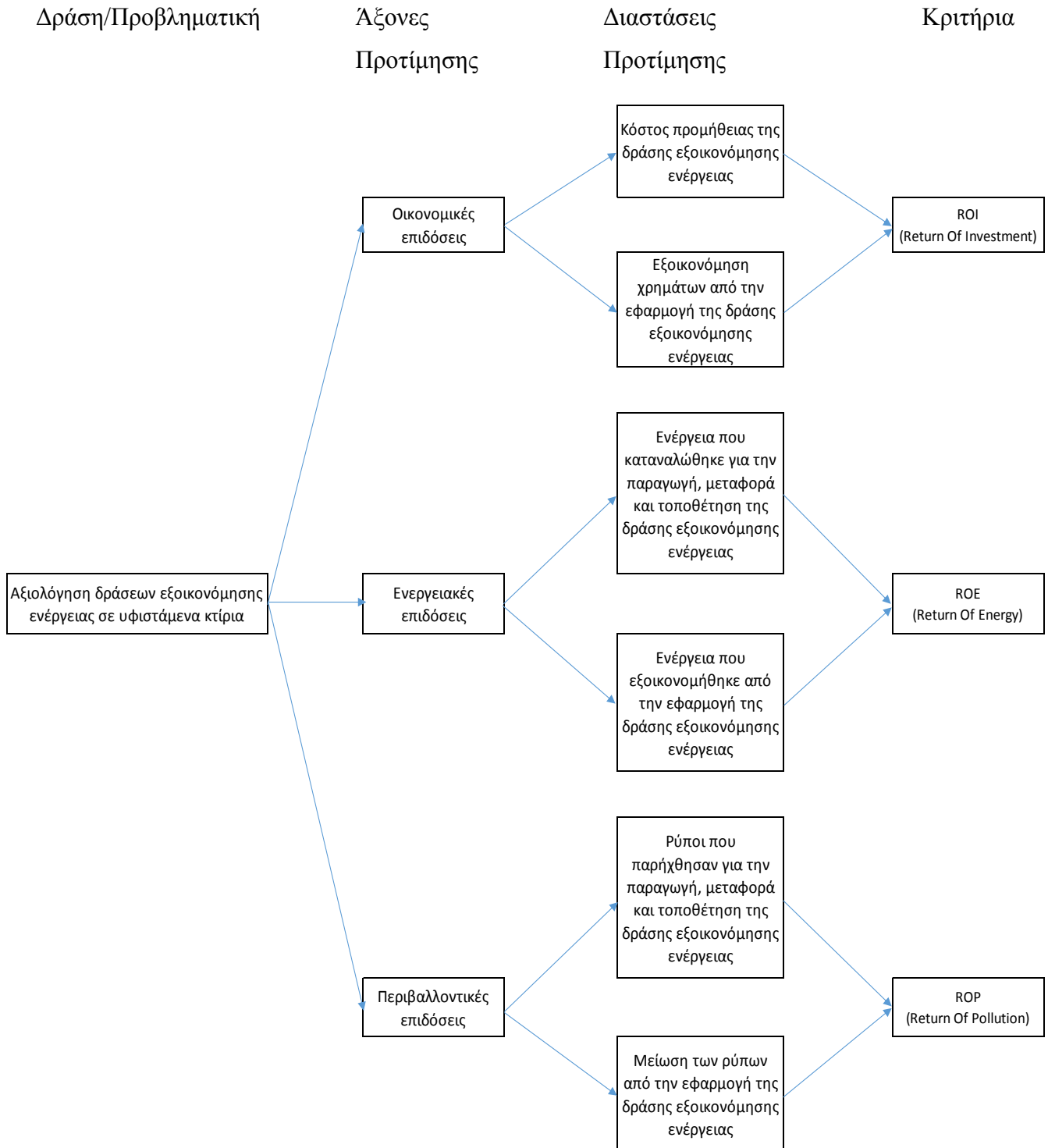
Το σύνολο των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας που πρέπει να αξιολογήσει το διοικητικό συμβούλιο της εταιρείας που κατέχει του κτίριο παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 1:

A/A	Δράση	Είδος μόνωσης	Δείκτης ΠΕ/ΔΕ (ROE)	Δείκτης ΚΕ/ΔΚ (ROI)	Δείκτης ΠΠ/ΔΠ (ROP)
1	xps1	Εξηλασμένη πολυστερίνη	a1	b1	c1
2	xps2	Εξηλασμένη πολυστερίνη	a2	b2	c2
3	xps3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	a3	b3	c3
4	xps4	Εξηλασμένη πολυστερίνη	a4	b4	c4
5	xps5	Εξηλασμένη πολυστερίνη	a5	b5	c5
6	eps1	Διογκωμένη πολυστερίνη	a6	b6	c6
7	eps2	Διογκωμένη πολυστερίνη	a7	b7	c7
8	eps3	Διογκωμένη πολυστερίνη	a8	b8	c8
9	eps4	Διογκωμένη πολυστερίνη	a9	b9	c9
10	eps5	Διογκωμένη πολυστερίνη	a10	b10	c10

11	eps6	Διογκωμένη πολυστερίνη	a11	b11	c11
12	epg1	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	a12	b12	c12
13	epg2	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	a13	b13	c13
14	epg3	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	a14	b14	c14
15	epg4	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	a15	b15	c15
16	epg5	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	a16	b16	c16
17	epg6	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	a17	b17	c17
18	miw1	Ορυκτοβάμβακας	a18	b18	c18
19	miw2	Ορυκτοβάμβακας	a19	b19	c19
20	miw3	Ορυκτοβάμβακας	a20	b20	c20
21	miw4	Ορυκτοβάμβακας	a21	b21	c21
22	miw5	Ορυκτοβάμβακας	a22	b22	c22
23	miw6	Ορυκτοβάμβακας	a23	b23	c23
24	miw7	Ορυκτοβάμβακας	a24	b24	c24
25	row1	Πετροβαμβακας	a25	b25	c25
26	row2	Πετροβαμβακας	a26	b26	c26
27	row3	Πετροβαμβακας	a27	b27	c27
28	row4	Πετροβαμβακας	a28	b28	c28
29	row5	Πετροβαμβακας	a29	b29	c29
30	row6	Πετροβαμβακας	a30	b30	c30

Η επιλογή των κριτηρίων έγινε, κατόπιν συζήτησης με τον αποφασίζοντα και βασίστηκε σε πέντε άξονες προτίμησης οι οποίοι φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα 1:

Διάγραμμα 1. Διαδικασία κατασκευής κριτηρίων στο πρόβλημα αξιολόγησης των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας υφιστάμενων κτιρίων.



Κάθε άξονας προτίμησης οδηγεί στον ορισμό δύο διαστάσεων προτίμησης, οι οποίες ανά δύο συνδυάστηκαν και έδωσαν τα ακόλουθα τρία σύνθετα κριτήρια τα οποία παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΡΙΤΙΚΗ

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό εφαρμόζεται η μεθοδολογία υπολογισμού της καταναλισκόμενης ενέργειας. Επίσης, εφαρμόζεται μια ανάλυση δεδομένων προκειμένου να βρεθεί η τελική χρήση της ενέργειας. Επιπλέον, προτείνονται ορισμένες προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας και εξετάζεται η οικονομική τους βιωσιμότητα. Τέλος εκτιμάται το περιβαλλοντικό όφελος από αυτές τις προτάσεις.

5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Μια σύντομη παρουσίαση του κτιρίου που θα εξεταστεί στην παρούσα έρευνα μπορεί να βρεθεί παρακάτω:

Η Τράπεζα της Ελλάδος ιδρύθηκε το 1928. Μέχρι το 1938, είχε τα γραφεία της στο κτίριο της Εθνικής Στεγαστικής Τράπεζας στην οδό Πανεπιστημίου 28. Το κεντρικό κτίριο της Τράπεζας, που βρίσκεται στην καρδιά της Αθήνας (οδός Πανεπιστημίου 21, Ελ. Βενιζέλου), αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείγμα του ακαδημαϊσμού της δημόσιας αρχιτεκτονικής στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια του μεσοπολέμου.



Έτος κατασκευής: 1938

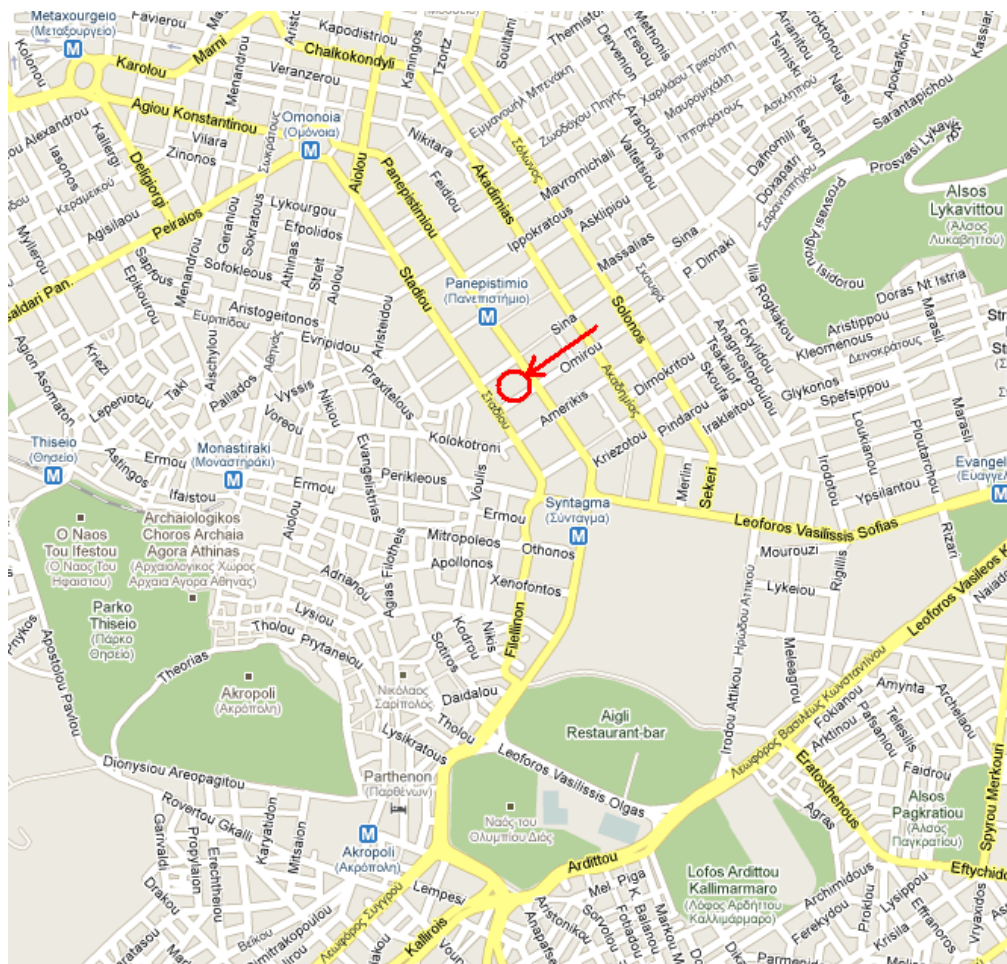
Συνολικό εμβαδό (m²): 45.512,79

Κλιματιζόμενο εμβαδό (m²): 33.318,71

Αριθμός ορόφων: Έξι όροφοι, δύο ημιώροφοι και δύο υπόγεια

Εμβαδό όψεων τοιχοποιίας κτιρίου όπου θα εφαρμοστούν οι δράσεις (m²): 8.420

Το κτίριο βρίσκεται κοντά στους κεντρικούς αρχαιολογικούς χώρους της Αθήνας, οι οποίοι ενώνονται και ενισχύονται από τους πεζόδρομους. Αυτή η τοποθεσία είναι ιδανική για σκοπούς διάδοσης, καθώς ολόκληρη η περιοχή είναι πολύ δημοφιλής και ευρέως διαδεδομένη από πολίτες και επισκέπτες της Αθήνας όλο το χρόνο.



Σχήμα 2: Θέση της Τράπεζας της Ελλάδος (πηγή Google Maps 2018).

Γεωγραφική θέση

Γεωγραφικό πλάτος: 37ο 58 'N

Γεωγραφικό μήκος: 23.43 'E

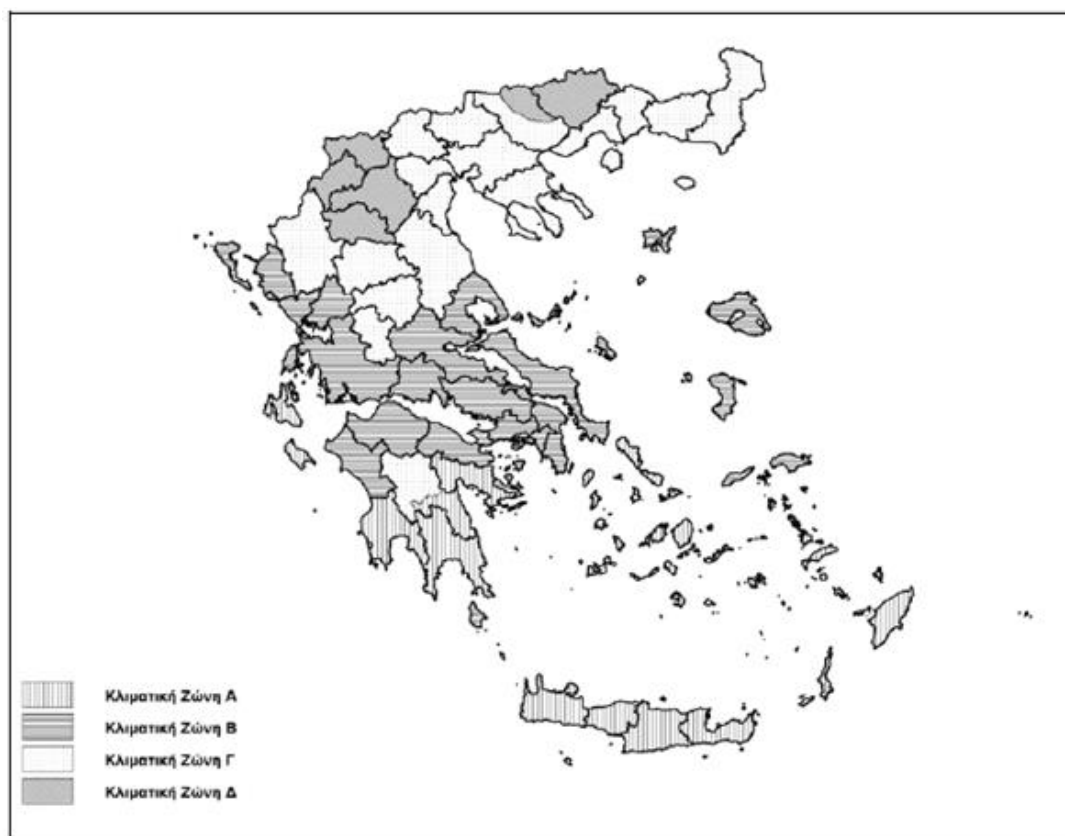
Υψόμετρο: 50 μ.

Κλιματικές συνθήκες

Κλιματική ζώνη Β

Ετήσιες Ημέρες Θέρμανσης (18 °C) 947

Ετήσιες ώρες λειτουργίας ψύξης (26 °C) 5.534



Σχήμα 3: Κλιματικές ζώνες της Ελλάδας (Πηγή Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010).

5.2.1 Εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση

Οι μέσες τιμές ενέργειας που καταναλώνονται για θέρμανση ανά έτος για την περίοδο 2013-2017 προέρχονται από τους ετήσιους λογαριασμούς φυσικού αερίου για τους μήνες όπου λειτουργεί η θέρμανση (Νοέμβριο - Απρίλιο).

$$E_{\theta\epsilon\rho} = E_{\phi\alpha \text{ Νοε-Απρ}} = 2.742.934 \text{ kWh}$$

και η αντίστοιχη πρωτογενής ενέργεια είναι

$$E_{\theta\epsilon\rho \text{ πρωτ}} = 2.880.081 \text{ kWh}$$

Κατά τη διάρκεια του ενεργειακού ελέγχου του συστήματος θέρμανσης διαπιστώθηκε ότι λειτουργεί με απόδοση 95%, και με όλους τους σωλήνες μόνωση έτσι δεν υπάρχει λόγος για περαιτέρω έρευνα.

Η μείωση μπορεί να εκτιμηθεί για την εξωτερική μόνωση:

$$\Delta E_{\text{θερ}} = 24 * A * (U_{\text{πριν}} - U_{\text{μετα}}) * HDD / 1000 * \eta$$

Όπου:

A = εμβαδόν σε m² του στοιχείου στο οποίο έχει αλλάξει η τιμή της θερμικής διαπερατότητας

U_{πριν} = θερμική διαπερατότητα πριν την αλλαγή, η τιμή λαμβάνεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 για κτίρια κατασκευασμένα πριν από το 1979

U_{μετα} = θερμική μετάδοση μετά την αλλαγή

HDD = αριθμός ωρών ψύξης που λαμβάνονται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010

η = συντελεστής απόδοσης είναι η τιμή που λαμβάνεται από τις μετρήσεις που γίνονται κατά την ετήσια συντήρηση.

5.2.2 Εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη (ψύκτες - αντλίες θερμότητας)

Οι μέσες τιμές για την ενέργεια που καταναλώνεται για ψύξη ετησίως για την περίοδο 2013-2017 λαμβάνονται από τους ετήσιους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας και τους ετήσιους λογαριασμούς φυσικού αερίου την περίοδο της ψύξης (Μάιο-Οκτώβριο). Λόγω έλλειψης στοιχείων που δείχνουν την κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη του κτιρίου, η κατανάλωση εκτιμήθηκε από τη διαφορά μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη διάρκεια των μηνών κατά τις οποίες το κτίριο ψύχεται από τους μήνες κατά τους οποίους θερμαίνεται το κτίριο. Επειδή για τη θέρμανση του κτιρίου χρησιμοποιείται αποκλειστικά λάδι και για την ψύξη χρησιμοποιείται αποκλειστικά ηλεκτρική ενέργεια. Συνεπώς, η ετήσια κατανάλωση είναι:

$$E_{\text{cool}} = ((EEl \text{ aver-May-Sept} - EEl \text{ aver-Oct})) * 5 = 815,110 \text{ kWh}$$

Η μείωση μπορεί να εκτιμηθεί για την εξωτερική μόνωση:

$$\Delta E_{ic} = A * (U_{bef} - U_{after}) * CDH / 1000 * COP$$

Όπου:

A = εμβαδόν σε m² του στοιχείου στο οποίο έχει αλλάξει η τιμή της θερμικής διαπερατότητας

U_{bef} = θερμική διαπερατότητα πριν την αλλαγή, η τιμή λαμβάνεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 για κτίρια κατασκευασμένα πριν από το 1980

U_{after} = θερμική μετάδοση μετά την αλλαγή

CDH = αριθμός ωρών ψύξης που λαμβάνονται από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας

COP = συντελεστής απόδοσης είναι η τιμή που λαμβάνεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 για κεντρικές μονάδες ψύξης πριν το 1990

5.2.3 Εκτίμηση κατανάλωσης ενέργειας στο κτίριο

Η μέση ετήσια συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι:

ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 5ΕΤΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ		ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΥΠΩΝ (kgrCO ₂)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 5ΕΤΙΑΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ				ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΥΠΩΝ (kgrCO ₂)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 5ΕΤΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜ. & ΨΥΞΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΥΠΩΝ (kgrCO ₂)
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (kWh)	ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)		ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (kWh)	ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)	ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)	
2.742.934	2.880.081	564.496	3.000.336	8.700.974	956.165	1.003.973	8.802.042	12.585.029	9.366.538

Πίνακας 2. Δεδομένα κατανάλωσης (πηγή Τράπεζα της Ελλάδος 2018).

Η εκτίμηση έχει γίνει με χρήση των ετήσιων λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου.

5.3.1 Αξιολόγηση δράσεων εξοικονόμησης

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και τα δεδομένα των μονώσεων από τεχνικά εγχειρίδια και την βάση δεδομένων ICE [] κατασκευάστηκε ο παρακάτω **Πίνακας 3.** που παρουσιάζει τις τιμές τους και τον υπολογισμό των δεικτών ROI, ROE, ROP.

A/A	Δράση	Είδος μόνωσης	Πάχος μόνωσης	Συντελεστής θερμομ. αγωγιμότητας	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμομαρμ. ότητας	Συντελεστής περιεργασίας	Συντελεστής ρύπων CO ₂ παραγωγής	Κόστος εγκατεστημένης μόνωσης	Υπολογισμός μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση	Υπολογισμός μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας για κλιματισμό & ψύξη	Υπολογισμός μείωσης του ρύπου για θερ. & ψύξη	Υπολογισμός κόστους εγκατάστασης υλικού δράσης	Υπολογισμός κέρδους ενέργειας υλικού δράσης	Υπολογισμός ΠΕ/ΔΕ	Υπολογισμός δέσμη ΚΕ/ΔΚ (ROI)	Υπολογισμός δέσμη ΚΕ/ΔΚ (ROE)	Υπολογισμός ρυθμ. κατασκευής υλικού δράσης	Υπολογισμός δέσμη ΚΕ/ΔΚ (IP/ΔΡ (ROP))		
			d	λ	ρ	U	κ _ε	κ _ρ	κ	Δεθθρ	Δελμξ	ΔΚ	€	ΚΕ	ΠΕ	€	ROI	ΡΟΕ	ΠΡ	Δείκτη	
			m	W/(mK)	kg/m ³	W/m ² K	MJ/kg	kgCO ₂ /kg	€/m ²	kWh	kWh	€/kgCO ₂ /kg	€	€	kWh	€/kgCO ₂ /kg	€	ROI	kgCO ₂ /kg	Δείκτη	
1	κρη1	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0,050	0,035	35,00	0,700	88,60	2,55	39,85	741,706	171,983	913,689	109,431	335,537	4,099,500	37,574	3,07	5,14	3,07	5,14	0,12
2	κρη2	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0,060	0,035	35,00	0,583	88,60	2,55	41,65	772,610	179,149	951,759	113,990	350,693	5,639,400	45,089	3,08	5,93	3,08	5,93	0,14
3	κρη3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0,070	0,035	35,00	0,500	88,60	2,55	43,65	794,685	184,267	978,952	117,247	367,533	6,579,299	52,604	3,13	6,72	3,13	6,72	0,16
4	κρη4	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0,080	0,035	35,00	0,438	88,60	2,55	45,55	811,241	188,106	999,347	119,690	383,531	7,519,199	60,119	3,20	7,52	3,20	7,52	0,17
5	κρη5	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0,100	0,035	35,00	0,350	88,60	2,55	49,75	834,419	193,480	1,027,900	123,109	418,895	9,398,999	75,149	3,40	9,14	3,40	9,14	0,21
6	επs1	Διαγκωμένη πολυστερίνη	0,050	0,036	23,50	0,720	86,40	2,71	34,55	736,408	170,754	907,162	108,649	290,911	3,077,028	26,811	2,68	3,39	2,68	3,39	0,09
7	επs2	Διαγκωμένη πολυστερίνη	0,060	0,036	23,50	0,600	86,40	2,71	35,70	768,195	178,125	946,320	113,339	300,594	3,692,434	32,174	2,65	3,90	2,65	3,90	0,10
8	επs3	Διαγκωμένη πολυστερίνη	0,070	0,036	23,50	0,514	86,40	2,71	36,50	790,901	183,390	974,290	116,689	307,330	4,307,839	37,536	2,63	4,42	2,63	4,42	0,11
9	επs4	Διαγκωμένη πολυστερίνη	0,080	0,036	23,50	0,450	86,40	2,71	37,55	807,930	187,338	995,268	119,201	316,171	4,923,245	42,898	2,65	4,95	2,65	4,95	0,12
10	επs5	Διαγκωμένη πολυστερίνη	0,090	0,036	23,50	0,400	86,40	2,71	38,35	821,174	190,409	1,011,584	121,155	322,907	5,538,651	48,260	2,67	5,48	2,67	5,48	0,14
11	επs6	Διαγκωμένη πολυστερίνη	0,100	0,036	23,50	0,360	86,40	2,71	39,05	831,770	192,866	1,024,636	122,719	328,801	6,154,056	53,623	2,68	6,01	2,68	6,01	0,15
12	επg1	Γραφίτουρα δογκ. πολυστερίνη	0,050	0,031	23,50	0,620	86,40	2,71	35,45	762,898	176,896	939,794	112,557	298,489	3,077,028	26,811	2,65	3,27	2,65	3,27	0,08
13	επg2	Γραφίτουρα δογκ. πολυστερίνη	0,060	0,031	23,50	0,517	86,40	2,71	36,50	790,270	183,243	973,513	116,596	307,330	3,692,434	32,174	2,64	3,79	2,64	3,79	0,10
14	επg3	Γραφίτουρα δογκ. πολυστερίνη	0,070	0,031	23,50	0,443	86,40	2,71	37,60	809,822	187,777	997,599	119,480	316,592	4,307,839	37,536	2,65	4,32	2,65	4,32	0,11
15	επg4	Γραφίτουρα δογκ. πολυστερίνη	0,080	0,031	23,50	0,388	86,40	2,71	38,70	824,486	191,177	1,015,663	121,644	325,854	4,923,245	42,898	2,68	4,85	2,68	4,85	0,12
16	επg5	Γραφίτουρα δογκ. πολυστερίνη	0,090	0,031	23,50	0,344	86,40	2,71	39,80	835,891	193,822	1,029,713	123,326	335,116	5,538,651	48,260	2,72	5,38	2,72	5,38	0,14
17	επg6	Γραφίτουρα δογκ. πολυστερίνη	0,100	0,031	23,50	0,310	86,40	2,71	40,85	845,015	195,937	1,040,952	124,673	343,957	6,154,056	53,623	2,76	5,91	2,76	5,91	0,15
18	πρω1	Ορυκτοβάμβακας	0,050	0,032	75,00	0,640	16,60	1,20	34,98	757,600	175,608	933,268	111,775	294,616	1,886,771	37,890	2,64	2,02	2,64	2,02	0,12
19	πρω2	Ορυκτοβάμβακας	0,060	0,032	75,00	0,533	16,60	1,20	36,03	785,855	182,220	968,075	115,944	303,373	2,264,125	45,468	2,62	2,34	2,62	2,34	0,14
20	πρω3	Ορυκτοβάμβακας	0,085	0,032	75,00	0,376	16,60	1,20	38,25	827,407	191,855	1,019,262	122,075	331,916	3,220,065	3,207,511	2,64	3,15	2,64	3,15	0,18
21	πρω4	Ορυκτοβάμβακας	0,100	0,032	75,00	0,320	16,60	1,20	39,87	842,366	195,323	1,037,689	124,282	335,705	3,773,542	75,780	2,70	3,64	2,70	3,64	0,21
22	πρω5	Ορυκτοβάμβακας	0,120	0,032	75,00	0,267	16,60	1,20	43,32	856,494	198,599	1,055,093	126,366	344,287	4,528,251	90,936	2,89	4,29	2,89	4,29	0,25
23	πρω6	Ορυκτοβάμβακας	0,140	0,032	75,00	0,229	16,60	1,20	44,53	866,585	200,939	1,067,524	127,855	368,759	5,282,959	106,992	2,93	4,95	2,93	4,95	0,29
24	πρω7	Ορυκτοβάμβακας	0,160	0,032	75,00	0,200	16,60	1,20	47,89	874,153	202,694	1,076,847	128,972	403,234	6,037,667	121,248	3,13	5,61	3,13	5,61	0,33
25	ρωw1	Πετροβάμβακας	0,050	0,035	115,00	0,700	16,80	1,05	39,00	741,706	171,983	913,689	109,431	335,537	2,927,905	50,836	3,00	3,20	3,00	3,20	0,16
26	ρωw2	Πετροβάμβακας	0,060	0,035	115,00	0,583	16,80	1,05	40,78	772,610	179,149	951,759	113,990	343,368	3,413,486	61,003	3,01	3,69	3,01	3,69	0,19
27	ρωw3	Πετροβάμβακας	0,070	0,035	115,00	0,500	16,80	1,05	42,56	794,685	184,267	978,952	117,247	337,998	4,099,500	71,700	3,06	4,19	3,06	4,19	0,21
28	ρωw4	Πετροβάμβακας	0,080	0,035	115,00	0,438	16,80	1,05	44,32	811,241	188,106	999,347	119,690	373,174	4,684,648	81,337	3,12	4,69	3,12	4,69	0,24
29	ρωw5	Πετροβάμβακας	0,090	0,035	115,00	0,388	16,80	1,05	46,10	824,118	191,092	1,015,210	121,589	388,162	5,270,229	91,504	3,19	5,19	3,19	5,19	0,26
30	ρωw6	Πετροβάμβακας	0,100	0,035	115,00	0,350	16,80	1,05	47,88	834,419	193,480	1,027,900	123,109	403,150	5,855,810	101,672	3,27	5,70	3,27	5,70	0,29

5.3.2 Κριτήρια

Κριτήριο 1: ROI (Return Of Investment) το οποίο αξιολογεί την εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας από χρηματοοικονομικής απόψεως ως επένδυση. Η κλίμακα που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι από τον πίνακα [ελάχιστη τιμή, (ελάχιστη τιμή + μέγιστη τιμή)/2, μέγιστη τιμή] και οι τιμές

Κριτήριο 2: ROE (Return Of Energy) το οποίο αξιολογεί την εφαρμογή των μέτρων αυτών από ενεργειακής απόψεως δηλαδή σε πόσα χρόνια η ενέργεια που θα εξοικονομηθεί θα είναι ίση με την ενέργεια που καταναλώθηκε για την παραγωγή, μεταφορά και εγκατάσταση των απαιτούμενων υλικών για την εφαρμογή τους.

Κριτήριο 3: ROP (Return Of Pollution) το οποίο αξιολογεί την εφαρμογή των μέτρων αυτών από περιβαλλοντικής απόψεως δηλαδή σε πόσα χρόνια η ποσότητα των ρύπων που θα εξοικονομηθεί θα είναι ίση με την ποσότητα των ρύπων που απαιτήθηκαν για την παραγωγή, μεταφορά και εγκατάσταση των απαιτούμενων υλικών για την εφαρμογή τους.

Πίνακας 4: Κριτήρια αξιολόγησης μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Όνομα	Τύπος κριτηρίου	Κλίμακα αξιολόγησης
g1: ROI	Μέτρου	[2,62 - 3,01 - 3,40]
g2: ROE	Μέτρου	[2,02 - 5,58 - 9,14]
g3: ROP	Μέτρου	[0,08 - 0,205 - 0,33]

Η κλίμακα διάταξης όλων των κριτηρίων μετά από συζήτηση με τον αποφασίζοντα και σύμφωνα με τις προτιμήσεις αυτού και τα έτη απόσβεσης υπολογίζονται ως εξής από 0 έως μέγιστη τιμή με βήμα $(\text{μέγιστη τιμή} - \text{ελάχιστη τιμή})/3$ και απεικονίζεται στον πίνακα 6

Ο αναλυτής προκειμένου να κατασκευάσει μια προσθετική συνάρτηση αξίας, ως το μοντέλο του αποφασίζοντα (διοικητικό συμβούλιο), δημιουργεί τέσσερεις εικονικές δράσεις z1, z2, z3, και z4 (πίνακας 5), τις οποίες δείχνει στον αποφασίζοντα, ώστε ο τελευταίος να τα κατατάξει από το καλύτερο μέχρι το χειρότερο.

Πίνακας 5: Αξιολόγηση και κατάταξη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας αναφοράς από τον αποφασίζοντα.

Δράση εξοικονόμησης ενέργειας	ROI	ROE	ROP	Κατάταξη
z1	2,62	4	0,12	3
z2	2,80	5	0,08	1
z3	2,90	4	0,10	2
z4	3,30	6	0,08	5
z5	3,10	7	0,30	4

Κάνοντας χρήση της γραμμικής παρεμβολής για τα κριτήρια γίνεται εκτίμηση της αξίας της κάθε δράσης ως εξής:

$$u[g(z1)] = u_1(2,62)+u_2(5,58)+ 0,44u_2(2,02)+ u_3(0,205)+0,68u_3(0,08)$$

$$u[g(z2)] = u_1(3,01)+0,54u_1(2,62)+ 0,84u_2(5,58)+ 0,16u_2(2,02)+u_3(0,08)$$

$$u[g(z3)] = u_1(3,01)+0,54u_1(2,62)+ 0,88u_2(5,58)+0,96u_3(0,205)+0,92u_3(0,08)$$

$$u[g(z4)] =0,77 u_1(3,01)+ 0,88u_2(5,58)+u_3(0,08)$$

$$u[g(z5)] =0,04u_2(5,58)+u_3(205)+0,84u_3(0,08)$$

όπου έχουν ληφθεί υπόψη οι ακόλουθες συνθήκες κανονικοποίησης των συναρτήσεων αξίας:

$$u_1(3,40)=u_2(9,14)=u_3(0,33)=0$$

5.2.6 Εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR

Βήμα 1^ο:

Υπολογίζονται οι ακόλουθες εκφράσεις

$$u[g(z1)] = u_1(2,62)+u_2(5,58)+ 0,44u_2(2,02)+ u_3(0,205)+0,68u_3(0,08)=w_{11}+w_{12}+w_{21}+0,44w_{22}+w_{31}+0,68w_{32}$$

$$u[g(z2)] = u_1(3,01)+0,54u_1(2,62)+ u_2(5,58)+ 0,44u_2(2,02)+u_3(0,205)+0,84u_3(0,08)=w_{11}+0,54w_{12}+w_{21}+0,16w_{22}+w_{31}+w_{32}$$

$$u[g(z3)] = u_1(3,01)+0,28u_1(2,62)+ 0,88u_2(5,58)+0,96u_3(0,205)+0,92u_3(0,08)= \\ w_{11}+0,28w_{12}+w_{21}+0,44w_{22}+w_{31}+0,84w_{32}$$

$$u[g(z4)] = 0,26 u_1(3,01)+0,87u_2(5,58)+ u_2(2,02)+u_3(0,205)+0,52u_3(0,08)= \\ 0,26w_{11}+w_{21}+0,87w_{22}+w_{31}+0,52w_{32}$$

$$u[g(z5)] = 0,76u_1(3,01)+0,60u_2(5,58)+0,24u_3(0,205)= \\ 0,76w_{11}+0,60w_{21}+0,24w_{31}$$

Βήμα 2^ο:

Για κάθε ζεύγος των δράσεων αναφοράς υπολογίζουμε τις διαφορές.

$$\Delta(z1-z2) = u[g(z1)] - \sigma^+(z1) + \sigma^-(z1) - u[g(z2)] + \sigma^+(z2) - \sigma^-(z2) = \\ (w_{11}+w_{12}+w_{21}+0,44w_{22}+w_{31}+0,68w_{32}) - \sigma^+(z1) + \sigma^-(z1) - \\ (w_{11}+0,54w_{12}+w_{21}+0,16w_{22}+w_{31}+w_{32}) + \sigma^+(z2) - \sigma^-(z2) = \\ \mathbf{0,46w_{12}+0,28w_{22}+w_{32} - \sigma^+(z1) + \sigma^-(z1) + \sigma^+(z2) - \sigma^-(z2)}$$

$$\Delta(z2-z3) = u[g(z2)] - \sigma^+(z2) + \sigma^-(z2) - u[g(z3)] + \sigma^+(z3) - \sigma^-(z3) = \\ (w_{11}+0,54w_{12}+w_{21}+0,16w_{22}+w_{31}+w_{32}) - \sigma^+(z2) + \sigma^-(z2) - \\ (w_{11}+0,28w_{12}+w_{21}+0,44w_{22}+w_{31}+0,84w_{32}) + \sigma^+(z3) - \sigma^-(z3) = \\ \mathbf{0,26w_{12}-0,28w_{22}+0,16w_{32}- \sigma^+(z2) + \sigma^-(z2) + \sigma^+(z3) - \sigma^-(z3)}$$

$$\Delta(z3-z4) = u[g(z3)] - \sigma^+(z3) + \sigma^-(z3) - u[g(z4)] + \sigma^+(z4) - \sigma^-(z4) = \\ (w_{11}+0,28w_{12}+w_{21}+0,44w_{22}+w_{31}+0,84w_{32}) - \sigma^+(z3) + \sigma^-(z3) - \\ (0,26w_{11}+w_{21}+0,87w_{22}+w_{31}+0,52w_{32})+\sigma^+(z4) - \sigma^-(z4) = \\ \mathbf{0,74w_{11}+0,28w_{12}-0,43w_{22}+0,32w_{32}- \sigma^+(z3) + \sigma^-(z3) + \sigma^+(z4) - \sigma^-(z4)}$$

$$\Delta(z4-z5) = u[g(z4)] - \sigma^+(z4) + \sigma^-(z4) - u[g(z5)] + \sigma^+(z5) - \sigma^-(z5) = \\ (0,26w_{11}+w_{21}+0,87w_{22}+w_{31}+0,52w_{32}) - \sigma^+(z4) + \sigma^-(z4) - \\ (0,76w_{11}+0,60w_{21}+0,24w_{31})+\sigma^+(z5) - \sigma^-(z5) = \\ \mathbf{-0,5w_{11}+0,40w_{21}+0,87w_{22}+0,76w_{31}+0,52w_{32}- \sigma^+(z4) + \sigma^-(z4) + \sigma^+(z5) - \sigma^-(z5)}$$

Βήμα 3^ο:

Λύνω το παρακάτω γραμμικό πρόβλημα, όπου για ευκολία χρησιμοποιώ τον εξής συμβολισμό το $\sigma^+(z1)$ γίνεται $sz1p$ (plus) και το $\sigma^-(z1)$ γίνεται $sz1m$ (minus) και κάνω χρήση “.” αντί για “,” ώστε να παίρνω κατευθείαν τα στοιχεία από το Ipsove :

$$[\min] z : sz1p + sz1m + sz2p + sz2m + sz3p + sz3m + sz4p + sz4m + sz5p + sz5m;$$

Με τους εξής περιορισμούς:

$$0,46w_{12}+0,28w_{22}+w_{32} \quad - sz1p + sz1m + sz2p - sz2m \geq 0.01;$$

$$0,26w_{12}-0,28w_{22}+0,16w_{32} - sz_{2p} + sz_{2m} + sz_{3p} - sz_{3m} \geq 0;$$

$$0,74w_{11}+0,28w_{12}-0,43w_{22}+0,32w_{32} - sz_{3p} + sz_{3m} + sz_{4p} - sz_{4m} \geq 0.01;$$

$$-0,5w_{11}+0,40w_{21}+0,87w_{22}+0,76w_{31}+0,52w_{32} - sz_{4p} + sz_{4m} + sz_{5p} - sz_{5m} \geq 0.01;$$

$$w_{11} + w_{12} + w_{21} + w_{22} + w_{31} + w_{32} = 1;$$

$$w_{11} \geq 0; w_{12} \geq 0; w_{21} \geq 0; w_{22} \geq 0; w_{31} \geq 0; w_{32} \geq 0;$$

$$sz_{1p} \geq 0; sz_{1m} \geq 0; sz_{2p} \geq 0; sz_{2m} \geq 0; sz_{3p} \geq 0; sz_{3m} \geq 0; sz_{4p} \geq 0; sz_{4m}; sz_{5p} \geq 0; sz_{5m} \geq 0;$$

το δ αρχικά λαμβάνεται ίσο με 0,01.

Βήμα 4

Το παραπάνω γραμμικό πρόβλημα έχει μηδενική λύση το οποίο σημαίνει ότι υπάρχει τουλάχιστον μια προσθετική συνάρτηση αξίας, η οποία είναι συμβατή με την κατάταξη του αποφασίζοντα. Η πρώτη λύση της συνάρτησης προσθετικής αξίας από το παραπάνω γραμμικό πρόβλημα, με χρήση του $\delta = 0,01$ εμφανίζεται στην πρώτη γραμμή του πίνακα 8.

Μετά υπολογίζει την ομάδα ακραίων λύσεων με την επαναλαμβανόμενη επίλυση της παρακάτω μορφής γραμμικού συστήματος:

Η αντικειμενική συνάρτηση είναι κάθε φορά μία από την πρώτη στήλη του πίνακα 4, για τις γραμμές 5-22.

$\max \lambda_i$ for $i= 1,2, \dots, 18$ (πίνακας 5, γραμμές 1-18)

$$- w_{13} + w_{22} \geq 0.01;$$

$$- w_{22} + w_{33} = 0;$$

$$+ w_{13} - w_{23} + w_{32} \geq 0.01;$$

$$+ w_{12} + w_{22} + w_{23} + w_{31} \geq 0.01;$$

$$+ w_{11} + w_{21} - w_{31} - w_{32} - w_{33} \geq 0.01;$$

$$w_{11} + w_{12} + w_{13} + w_{21} + w_{22} + w_{23} + w_{31} + w_{32} + w_{33} = 1;$$

$$w_{11} \geq 0; w_{12} \geq 0; w_{13} \geq 0; w_{21} \geq 0; w_{22} \geq 0; w_{23} \geq 0; w_{31} \geq 0; w_{32} \geq 0; w_{33} \geq 0;$$

Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον πίνακα 6. Μετά υπολογίζουμε το βαρύκεντρο των λύσεων και θεωρούμε η λύση αυτή είναι πιο σταθερή. Στο παρακάτω διάγραμμα 2 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις των λύσεων.

Πίνακας 6. Λύσεις συνάρτησης προσθετικής αξίας από τον αλγόριθμο της μεθόδου UTASTAR.

Type of solution	w11	w12	w21	w22	w31	w32
$\delta=0,01$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
max δ είναι οκ						
$\delta=0,01$						
[min] w11	0,000	0,000	0,000	0,364	0,000	0,636
[max] w11	0,594	0,000	0,000	0,005	0,392	0,009
[min] w11+w12	0,000	0,000	0,000	0,364	0,000	0,636
[max] w11+w12	0,445	0,288	0,000	0,267	0,000	0,000
[min] w21	0,000	0,000	0,000	0,364	0,000	0,636
[max] w21	0,013	0,000	0,974	0,005	0,000	0,009
[min] w21+w22	0,594	0,000	0,000	0,005	0,392	0,009
[max] w21+w22	0,013	0,000	0,974	0,005	0,000	0,009
[min] w31	0,000	0,000	0,000	0,364	0,000	0,636
[max] w31	0,013	0,000	0,000	0,005	0,974	0,009
[min] w31+32	0,090	0,472	0,000	0,438	0,000	0,000
[max] w31+32	0,013	0,000	0,000	0,005	0,982	0,009
Βαρύκεντρο ($\Sigma/18$)	0,148	0,063	0,162	0,183	0,228	0,217

Ακολούθως γίνεται έλεγχος ευστάθειας με υπολογισμό του Μέσου Δείκτη Ευστάθειας (ASI):

$$ASI = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n (b_i)^2 - (\sum_{j=1}^n b_i)^2}{n-1}}$$

Ο υπολογισμός θα γίνει για την περίπτωση των μεγιστοποιήσεων του πίνακα 6 όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 9.

Πίνακας 7. Υποσύνολο υπολογισμού βαρών συνάρτησης προσθετικής αξίας από τον Πίνακα 6, που αφορούν μόνο αυτές που μεγιστοποιούνται.

	w11	w12	w21	w22	w31	w32
[max] w11	0,594	0,000	0,000	0,005	0,392	0,009
[max] w11+w12	0,445	0,288	0,000	0,267	0,000	0,000
[max] w21	0,013	0,000	0,974	0,005	0,000	0,009
[max] w21+w22	0,013	0,000	0,974	0,005	0,000	0,009
[max] w31	0,013	0,000	0,000	0,005	0,974	0,009
[max] w31+32	0,013	0,000	0,000	0,005	0,982	0,009

Το αποτέλεσμα του υπολογισμού του Μέσου Δείκτη Ευστάθειας (ASI) στο excel φαίνονται στον πίνακα 8:

Πίνακας 8: Υπολογισμός Μέσου Δείκτη Ευστάθειας

[max] w11	ASI 1 =	0,94
[max] w11+w12	ASI 2 =	0,95
[max] w21	ASI 3 =	0,92
[max] w21+w22	ASI 4 =	0,92
[max] w31	ASI 5 =	0,92
[max] w31+32	ASI 6 =	0,92
	ASI =	0,93

Ο Μέσος Δείκτης Ευστάθειας ASI πρέπει να βρίσκεται στο διάστημα [0,1] και όταν πρόκειται για μεγιστοποίηση όπως τώρα να είναι κοντά στο 1, πράγμα που ισχύει μιας και η τιμή του ASI είναι 0,93.

Αφού ο Μέσος Δείκτης Ευστάθειας μας επιβεβαιώνει ότι είναι ευσταθείς οι τιμές των βαρών των κριτηρίων, δεχόμαστε ως βέλτιστη λύση και πιο αντιπροσωπευτική του συστήματος αξιών του αποφασίζοντα αυτή του βαρύκεντρου και παρουσιάζεται αναλυτικά στον πίνακα 8. Η αναλυτική μορφή της είναι:

$$u(g) = 0,211u_1(g_1) + 0,345u_2(g_2) + 0,445u_3(g_3)$$

Η εφαρμογή της μεθόδου μας δίνει την κατάταξη των εικονικών δράσεων που παρουσιάζεται στον πίνακα 9:

Πίνακας 9: Αποτελέσματα αλγορίθμου στις εικονικές δράσεις.

				Αποτέλεσμα	Κατάταξη
z1	2,62	4,00	0,12	1,987	3
z2	2,80	5,00	0,08	2,352	1
z3	2,90	4,00	0,10	2,037	2
z4	3,30	6,00	0,08	1,496	5
z5	3,10	7,00	0,30	1,661	4

Η εφαρμογή της μεθόδου μας δίνει την κατάταξη των πραγματικών δράσεων η οποία παρουσιάζεται στον πίνακα 10 πριν την εφαρμογή και στον πίνακα 11 μετά:

Πίνακας 10. Αποτελέσματα πριν την εφαρμογή του αλγορίθμου στις πραγματικές δράσεις

A/A	Δράση	Είδος μόνωσης	Υπολογισμός δείκτη ΚΕ/ΔΚ (ROI)	Υπολογισμός δείκτη ΠΕ/ΔΕ (ROE)	Υπολογισμός δείκτη ΠΡ/ΔΡ (ROP)
1	xps1	Εξηλασμένη πολυστερίνη	3,07	5,14	0,12
2	xps2	Εξηλασμένη πολυστερίνη	3,08	5,93	0,14
3	xps3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	3,13	6,72	0,16
4	xps4	Εξηλασμένη πολυστερίνη	3,20	7,52	0,17
5	xps5	Εξηλασμένη πολυστερίνη	3,40	9,14	0,21
6	eps1	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,68	3,39	0,09
7	eps2	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,65	3,90	0,10
8	eps3	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,63	4,42	0,11
9	eps4	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,65	4,95	0,12
10	eps5	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,67	5,48	0,14
11	eps6	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,68	6,01	0,15
12	epg1	Γραφитоύχα διογκ. πολυστερίνη	2,65	3,27	0,08
13	epg2	Γραφитоύχα διογκ. πολυστερίνη	2,64	3,79	0,10
14	epg3	Γραφитоύχα διογκ. πολυστερίνη	2,65	4,32	0,11
15	epg4	Γραφитоύχα διογκ. πολυστερίνη	2,68	4,85	0,12
16	epg5	Γραφитоύχα διογκ. πολυστερίνη	2,72	5,38	0,14
17	epg6	Γραφитоύχα διογκ. πολυστερίνη	2,76	5,91	0,15
18	miw1	Ορυκτοβάμβακας	2,64	2,02	0,12
19	miw2	Ορυκτοβάμβακας	2,62	2,34	0,14
20	miw3	Ορυκτοβάμβακας	2,64	3,15	0,18
21	miw4	Ορυκτοβάμβακας	2,70	3,64	0,21
22	miw5	Ορυκτοβάμβακας	2,89	4,29	0,25
23	miw6	Ορυκτοβάμβακας	2,93	4,95	0,29
24	miw7	Ορυκτοβάμβακας	3,13	5,61	0,33
25	row1	Πετροβαμβακας	3,00	3,20	0,16
26	row2	Πετροβαμβακας	3,01	3,69	0,19
27	row3	Πετροβαμβακας	3,06	4,19	0,21
28	row4	Πετροβαμβακας	3,12	4,69	0,24
29	row5	Πετροβαμβακας	3,19	5,19	0,26
30	row6	Πετροβαμβακας	3,27	5,70	0,29

Πίνακας 11. Αποτελέσματα μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου στις πραγματικές δράσεις .

A/A	Δράση	Είδος μόνωσης	Δείκτης ΚΕ/ΔΚ (ROI)	Δείκτης ΠΕ/ΔΕ (ROE)	Δείκτης ΠΡ/ΔΡ (ROP)	Αξιολόγηση
10	eps5	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,67	5,48	0,14	2,513472702
16	erg5	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	2,72	5,38	0,14	2,490134621
23	miw6	Ορυκτοβάμβακας	2,93	4,95	0,29	2,392465769
29	row5	Πετροβαμβακας	3,19	5,19	0,26	2,322984418
9	eps4	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,65	4,95	0,12	2,322471022
15	erg4	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	2,68	4,85	0,12	2,292650828
1	xps1	Εξηλασμένη πολυστερίνη	3,07	5,14	0,12	2,281287665
22	miw5	Ορυκτοβάμβακας	2,89	4,29	0,25	2,147357448
28	row4	Πετροβαμβακας	3,12	4,69	0,24	2,132448691
8	eps3	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,63	4,42	0,11	2,131459739
14	erg3	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	2,65	4,32	0,11	2,098035181
5	xps5	Εξηλασμένη πολυστερίνη	3,40	9,14	0,21	2,033176622
7	eps2	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,65	3,90	0,10	1,950241735
27	row3	Πετροβαμβακας	3,06	4,19	0,21	1,944941102
13	erg2	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	2,64	3,79	0,10	1,907970111
21	miw4	Ορυκτοβάμβακας	2,70	3,64	0,21	1,873432868
25	row1	Πετροβαμβακας	3,00	3,20	0,16	1,811179003
26	row2	Πετροβαμβακας	3,01	3,69	0,19	1,802015688
6	eps1	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,68	3,39	0,09	1,773936326
4	xps4	Εξηλασμένη πολυστερίνη	3,20	7,52	0,17	1,770690032
12	erg1	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	2,65	3,27	0,08	1,726563892
20	miw3	Ορυκτοβάμβακας	2,64	3,15	0,18	1,724461914
3	xps3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	3,13	6,72	0,16	1,621953859
17	erg6	Γραφιτούχα διογκ. πολυστερίνη	2,76	5,91	0,15	1,606942627
11	eps6	Διογκωμένη πολυστερίνη	2,68	6,01	0,15	1,606441062
2	xps2	Εξηλασμένη πολυστερίνη	3,08	5,93	0,14	1,476273044
30	row6	Πετροβαμβακας	3,27	5,70	0,29	1,47287009
24	miw7	Ορυκτοβάμβακας	3,13	5,61	0,33	1,445381567
19	miw2	Ορυκτοβάμβακας	2,62	2,34	0,14	1,420161441
18	miw1	Ορυκτοβάμβακας	2,64	2,02	0,12	1,306616428

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η χρήση των δεικτών των δράσεων, με την οποία καταδεικνύεται η απόδοση των επενδύσεων σε δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε οικονομικό, ενεργειακό και περιβαλλοντικό μπορεί να διευκολύνει τον αποφασίζοντα να επιλέξει δράσεις σύμφωνα με τις απαιτήσεις του, διότι είναι εύκολα κατανοητές. Αυτό με την σειρά του βοηθά την εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR ώστε ο αποφασίζων εύκολα να κατατάξει τις εικονικές δράσεις που θα του δοθούν.

Η χρήση των δεικτών διευκολύνει τον αποφασίζοντα φιλικότερα στο περιβάλλον υλικά και έτσι προάγει αποφάσεις ενάντια στην κλιματική αλλαγή.

Η χρήση της μεθόδου των δεικτών, επειδή η δείκτες είναι καθαροί αριθμοί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την σύγκριση μεταξύ διάφορων δράσεων πολύ διαφορετικών μεταξύ τους όπως πετροβάμβακας με φωτοβολταϊκά ή υαλοπίνακες με ταρατσόκηπους.

Όμως η χρήση των δεικτών μπορεί να είναι από δύσκολη έως αδύνατη αν δεν υπάρχουν τα στοιχεία των υλικών εξοικονόμησης ενέργειας. Δυστυχώς τα στοιχεία που αφορούν στην περιεχομένη ενέργεια υλικών και στους παραγόμενους ρύπους κατά την κατασκευή των υλικών δεν είναι εύκολο να βρεθούν.

Θα μπορούσε η πολιτεία με κατάλληλη νομοθεσία να επέβαλλε την χρήση ετικέτας πάνω στις συσκευασίες των προϊόντων με πληροφορίες για την περιεχομένη ενέργεια και τους παραγόμενους ρύπους ανά κιλό προϊόντος. Όπως έχει αναγκάσει την χρήση ετικέτας ενεργειακής απόδοσης στις ηλεκτρικές συσκευές.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:

Βαθμομέρες θέρμανσης DD με θερμοκρασία αναφοράς 18°C

Περιοχή/μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αθήνα (Ελληνικό)	239	207	177	60	-	-	-	-	-	-	78	186
Αθήνα (Φιλαδέλφεια)	239	207	177	60	-	-	-	-	-	-	78	186
Αγρίνιο	301	246	202	84	-	-	-	-	-	-	144	260
Αγχίαλος	353	288	248	111	-	-	-	-	-	31	177	307
Αλεξανδρούπολη	403	339	301	144	-	-	-	-	-	71	216	341
Αλιάρτος	338	274	229	84	-	-	-	-	-	34	180	291
Ανδραβίδα	267	227	192	96	-	-	-	-	-	-	117	220
Αραξος	242	210	180	84	-	-	-	-	-	-	99	198
Αργος (Πυργέλα)	307	269	229	99	-	-	-	-	-	6	153	264
Αργοστόλι	205	182	161	81	-	-	-	-	-	-	66	161
Άρτα	310	252	202	102	-	-	-	-	-	6	165	276
Δράμα	412	322	248	99	-	-	-	-	-	50	243	372
Εδέσσα	419	330	260	138	-	-	-	-	-	74	258	378
Ζάκυνθος	233	210	192	96	-	-	-	-	-	-	96	195
Ηράκλειο	183	162	140	45	-	-	-	-	-	-	39	133
Θεσσαλονίκη	394	314	254	111	-	-	-	-	-	53	207	344
Ιεράπετρα	158	143	118	30	-	-	-	-	-	-	15	109
Ιωάννινα	412	336	285	168	16	-	-	-	-	93	249	378
Καλαμάτα	242	207	177	84	-	-	-	-	-	-	96	198
Καρδίτσα	419	311	236	123	-	-	-	-	-	59	237	425
Καρπενήσι	440	417	391	222	102	-	-	-	-	174	336	409
Κάρυστος	236	216	174	69	-	-	-	-	-	-	93	195
Καστοριά	490	409	344	195	50	-	-	-	-	143	324	465
Κέρκυρα	257	216	186	90	-	-	-	-	-	-	111	214
Κοζάνη	487	400	344	192	37	-	-	-	-	140	300	437
Κομοτηνή	409	330	291	147	-	-	-	-	-	87	216	341
Κόνιτσα	397	322	264	174	25	-	-	-	-	81	246	360
Κόρινθος (Βέλο)	285	244	202	78	-	-	-	-	-	-	138	245
Κύθηρα	220	199	189	102	-	-	-	-	-	-	66	164
Κως	217	210	183	78	-	-	-	-	-	-	90	174
Λαμία	338	277	226	90	-	-	-	-	-	31	183	304

Λάρισα	397	314	264	120	-	-	-	-	-	53	213	357
Λευκάδα	242	207	164	84	-	-	-	-	-	-	102	202
Λήμνος	329	286	257	126	-	-	-	-	-	37	171	279
Μεθώνη	208	182	158	78	-	-	-	-	-	-	60	158
Μήλος	226	202	189	90	-	-	-	-	-	-	81	174
Μυτιλήνη	264	227	198	72	-	-	-	-	-	-	111	208
Νάξος	183	162	146	57	-	-	-	-	-	-	51	136
Ξάνθη	384	314	260	111	-	-	-	-	-	47	210	344
Πάρος	211	190	158	54	-	-	-	-	-	-	84	177
Πάτρα	248	207	171	72	-	-	-	-	-	-	105	205
Πολύγυρος	406	372	288	168	53	-	-	-	-	90	219	347
Πύργος	260	221	180	84	-	-	-	-	-	-	117	217
Ρέθυμνο	161	143	118	27	-	-	-	-	-	-	21	109
Ρόδος	186	162	133	42	-	-	-	-	-	-	39	140
Σάμος	236	218	180	57	-	-	-	-	-	-	99	186
Σέρρες	434	328	257	108	-	-	-	-	-	71	258	409
Σητεία	180	160	136	42	-	-	-	-	-	-	36	130
Σκύρος	251	218	202	90	-	-	-	-	-	-	102	198
Σούδα	220	196	167	66	-	-	-	-	-	-	72	167
Σπάρτη	264	221	177	72	-	-	-	-	-	-	120	226
Σύρος	192	174	152	48	-	-	-	-	-	-	63	161
Τανάγρα	326	274	242	105	-	-	-	-	-	25	156	267
Τρίκαλα (Ημαθίας)	412	333	260	108	-	-	-	-	-	68	249	388
Τρίκαλα (Θεσσαλίας)	391	311	229	90	-	-	-	-	-	50	234	360
Τρίπολη	400	342	313	189	31	-	-	-	-	105	237	350
Τυμπάκιο	195	174	143	48	-	-	-	-	-	-	48	149
Φλώρινα	543	428	350	192	37	-	-	-	-	167	330	490
Χαλκίδα	276	249	192	57	-	-	-	-	-	-	123	233
Χανιά	198	174	149	51	-	-	-	-	-	-	57	152
Χίος	260	232	198	87	-	-	-	-	-	-	132	214
Χρυσούπολη (Καβάλα)	388	330	288	129	-	-	-	-	-	74	228	353

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β:

Βαθμώρες ψύξης CDH με θερμοκρασία αναφοράς 26°C

Περιοχή/μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αθήνα (Ελληνικό)	-	-	-	-	-	794	1901	1853	292	-	-	-
Αθήνα (Φιλαδέλφεια)	-	-	-	-	13	1209	2162	1787	363	-	-	-
Αγρίνιο	-	-	-	-	16	909	1535	1488	248	-	-	-
Αγχιάλος	-	-	-	-	-	552	1281	1042	34	-	-	-
Αλεξανδρούπολη	-	-	-	-	-	152	917	808	-	-	-	-
Ανδραβίδα	-	-	-	-	-	324	799	1065	109	-	-	-
Άργος (Πυργέλα)	-	-	-	-	-	945	1813	1572	372	-	-	-
Αργοστόλι	-	-	-	-	-	59	626	873	-	-	-	-
Άρτα	-	-	-	-	-	675	1290	1297	137	-	-	-
Ηράκλειο	-	-	-	-	-	12	694	610	18	-	-	-
Θεσσαλονίκη	-	-	-	-	-	526	1211	1058	-	-	-	-
Ιωάννινα	-	-	-	-	-	219	800	675	-	-	-	-
Καλαμάτα	-	-	-	-	-	461	1146	1130	187	-	-	-
Καστοριά	-	-	-	-	-	55	505	369	-	-	-	-
Κέρκυρα	-	-	-	-	-	391	1122	1236	1	-	-	-
Κόρινθος (Βέλο)	-	-	-	-	-	844	1698	1560	236	-	-	-
Λαμία	-	-	-	-	-	921	1496	1181	181	-	-	-
Λάρισα	-	-	-	-	-	951	1563	1221	121	-	-	-
Νάξος	-	-	-	-	-	-	166	100	-	-	-	-
Πύργος	-	-	-	-	-	486	1246	1440	217	-	-	-
Ρόδος	-	-	-	-	-	158	870	1046	161	-	-	-
Σάμος	-	-	-	-	-	771	1867	1782	212	-	-	-
Σέρρες	-	-	-	-	-	688	1344	1158	59	-	-	-
Σητεία	-	-	-	-	-	-	408	350	-	-	-	-
Σκύρος	-	-	-	-	-	-	363	218	-	-	-	-
Σούδα	-	-	-	-	-	497	1276	1051	157	-	-	-
Τανάγρα	-	-	-	-	-	753	1557	1235	128	-	-	-
Τρίκαλα Ημαθ.	-	-	-	-	-	591	1027	830	9	-	-	-
Τυμπάκι	-	-	-	-	-	376	1476	1512	267	-	-	-
Χρυσούπολη	-	-	-	-	-	49	674	559	-	-	-	-
Λαμία	-	-	-	-	-	794	1901	1853	292	-	-	-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ:

Συντελεστές αναγωγής της κατανάλωσης ενέργειας του κτηρίου σε πρωτογενή ενέργεια.

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ:

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ετών 2013-2017

ΜΗΝΑΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΠΟ ΕΩΣ		ΕΝΕΡΓΕΙΑ kWh	ΙΣΧΥΣ	ΚΟΣΤΟΣ CO2 €	ΑΞΙΑ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΦΠΑ & ΤΕΛΗ €	ΠΟΣΟ ΠΛΗΡΩΜΗΣ ΜΕ ΦΠΑ ΣΕ € ΧΩΡΙΣ ΕΡΤ ΔΗΜΟ ΕΕΤΑ
1	1/1/2013	1/2/2013	408.000	1.274,10		49.894,87	58.929,82
2	1/2/2013	1/3/2013	364.000	1.110,60	1.732,64	45.601,50	56.626,34
3	1/3/2013	1/4/2013	368.000	1.224,50	1.541,92	46.618,22	54.985,82
4	1/4/2013	1/5/2013	392.000	1.368,00	1.458,24	50.461,39	59.483,42
5	1/5/2013	1/6/2013	452.000	1.670,80	1.423,80	58.685,39	69.155,82
6	1/6/2013	1/7/2013	484.000	1.725,00	1.379,40	62.265,41	73.398,20
7	1/7/2013	1/8/2013	568.000	1.785,50	1.953,92	71.967,92	84.882,74
8	1/8/2013	1/9/2013	536.000	1.774,20	1.822,40	68.636,41	80.919,74
9	1/9/2013	1/10/2013	500.000	1.643,00	1.780,00	64.001,46	75.457,20
10	1/10/2013	1/11/2013	440.000	1.613,00	1.848,00	58.304,17	68.652,70
11	1/11/2013	1/12/2013	400.000	1.324,00	1.800,00	51.592,21	52.155,33
12	1/12/2013	1/1/2014	384.000	1.293,70	1.728,00	49.563,33	58.416,14
1	1/1/2014	31/1/2014	387.740	1.210,60	1.744,83	49.150,18	57.968,51
2	1/2/2014	28/2/2014	353658,8	1.076,30	1.591,46	44.633,13	52.650,29
3	1/3/2014	31/3/2014	362.940,40	1.223,40	2.021,58	47.069,50	55.467,51
4	1/4/2014	30/4/2014	360.806,00	1.162,00	2.009,69	47.818,38	56.298,10
5	1/5/2014	31/5/2014	416.273,60	1.415,20	1.831,60	55.568,20	65.405,51
6	1/6/2014	30/6/2014	472.502,80	1.640,80	2.079,01	63.601,35	74.839,10
7	1/7/2014	31/7/2014	591.998,80	1.812,00	2.604,79	76.493,03	89.182,51
8	1/8/2014	31/8/2014	509.612,00	1.955,40	2.150,56	69.269,61	81.480,51
9	1/9/2014	30/9/2014	523.996,00	1.702,80	2.211,26	68.594,23	80.795,10
10	1/10/2014	31/10/2014	440.964,80	1.423,90	1.860,87	57.404,30	67.627,51
11	1/11/2014	30/11/2014	379.698,80	1.159,60	1.602,33	48.584,62	46.431,10
12	1/12/2014	31/12/2014	392.811,60	1.240,80	1.877,64	50.953,80	60.036,51
1	1/1/2015	31/1/2015	388.514,00	1.270,50	1.857,10	50.704,15	59.728,89
2	1/2/2015	28/2/2015	354.488,80	1.158,40	1.694,46	46.163,85	54.385,64
3	1/3/2015	31/3/2015	388.941,20	1.243,70	1.859,14	50.364,89	59.347,89
4	1/4/2015	30/4/2015	371.207,60	1.256,00	1.774,37	48.628,70	57.276,48
5	1/5/2015	31/5/2015	437.603,60	1.590,00	2.091,75	58.738,14	69.122,89
6	1/6/2015	30/6/2015	493.110,40	1.614,00	2.357,07	64.721,18	76.225,48
7	1/7/2015	31/7/2015	586.352,00	1.991,40	2.802,76	77.896,92	91.703,89
8	1/8/2015	31/8/2015	541.384,40	1.969,50	3.221,24	73.641,42	86.619,89
9	1/9/2015	30/9/2015	546.784,00	1.864,80	3.253,36	73.284,13	86.246,48
10	1/10/2015	31/10/2015	455.716,00	1.479,70	2.711,51	58.478,18	58.211,89
11	1/11/2015	30/11/2015	387.268,80	1.244,00	2.304,25	49.526,77	58.385,48
12	1/12/2015	31/12/2015	401.617,20	1.227,10	2.389,62	50.853,12	59.972,00
1	1/1/2016	31/1/2016	378.430,00	1.278,80	2.251,66	47.740,29	56.313,27
2	1/2/2016	29/2/2016	372.920,80	1.156,60	1.715,44	45.774,34	54.051,41

3	1/3/2016	31/3/2016	386.865,20	1.259,40	1.079,35	47.215,33	55.769,27
4	1/4/2016	30/4/2016	387.278,40	1.388,00	1.080,51	48.316,28	57.017,85
5	1/5/2016	31/5/2016	410.404,80	1.615,30	931,62	45.617,08	54.115,27
6	1/6/2016	30/6/2016	539.827,20	1.881,60	1.225,41	63.424,24	75.040,85
7	1/7/2016	31/7/2016	573.970,00	2.011,60	1.302,91	64.262,26	76.200,27
8	1/8/2016	31/8/2016	547.391,20	1.982,30	1.401,32	61.513,91	72.933,27
9	1/9/2016	30/9/2016	515.648,00	1.712,40	1.320,06	56.460,55	67017,85
10	1/10/2016	31/10/2016	423.030,40	1.699,60	1.082,96	47.705,58	56.558,27
11	1/11/2016	30/11/2016	405.092,40	1.273,60	1.037,04	43.615,85	31.640,85
12	1/12/2016	31/12/2016	379.453,20	1.256,10	1.453,31	41.754,37	49.550,27
1	1/1/2017	31/1/2017	390.448,00	1.247,40	1.495,42	42.896,14	50.908,27
2	1/2/2017	28/2/2017	340.702,40	1.097,60	1.304,89	36.843,64	43.758,99
3	1/3/2017	31/3/2017	399.240,40	1.213,50	1.529,09	44.098,07	52.319,27
4	1/4/2017	30/4/2017	344.768,40	1.206,00	1.017,07	37.550,55	44.583,85
5	1/5/2017	31/5/2017	445.210,40	1.519,00	1.313,37	50.696,85	60.068,27
6	1/6/2017	30/6/2017	516.952,40	1.910,80	1.525,01	59.704,93	70.701,85
7	1/7/2017	31/7/2017	558.343,20	1.914,90	1.647,11	62.415,10	74.015,27
8	1/8/2017	31/8/2017	550.008,40	1.921,90	1.622,52	68.463,48	80.801,27
9	1/9/2017	30/9/2017	492.691,60	1.846,00	1.724,42	48.473,37	57.859,85
10	1/10/2017	31/10/2017	431.904,00	1.376,80	1.861,51	46.688,70	41.774,27
11	1/11/2017	30/11/2017	388.917,20	1.216,80	1.676,23	42.182,66	50.092,85
12	1/12/2017	31/12/2017	356.265,20	1.241,20	2.162,53	40.194,93	47.650,27

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε:

Εκτίμηση μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

ΜΗΝΑΣ	ΗΛΕΚΤΡ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΤΟΥΣ 2013 (kWh)	ΗΛΕΚΤΡ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΤΟΥΣ 2014 (kWh)	ΗΛΕΚΤΡ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΤΟΥΣ 2015 (kWh)	ΗΛΕΚΤΡ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΤΟΥΣ 2016 (kWh)	ΗΛΕΚΤΡ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΤΟΥΣ 2017 (kWh)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 5ΕΤΙΑΣ
1	408.000,00	387.740,00	388.514,00	378.430,00	390.448,00	390.626,40
2	364.000,00	353.658,80	354.488,80	372.920,80	340.702,40	357.154,16
3	368.000,00	362.940,40	388.941,20	386.865,20	399.240,40	381.197,44
4	392.000,00	360.806,00	371.207,60	387.278,40	344.768,40	371.212,08
5	452.000,00	416.273,60	437.603,60	410.404,80	445.210,40	432.298,48
6	484.000,00	472.502,80	493.110,40	539.827,20	516.952,40	501.278,56
7	568.000,00	591.998,80	586.352,00	573.970,00	558.343,20	575.732,80
8	536.000,00	509.612,00	541.384,40	547.391,20	550.008,40	536.879,20
9	500.000,00	523.996,00	546.784,00	515.648,00	492.691,60	515.823,92
10	440.000,00	440.964,80	455.716,00	423.030,40	431.904,00	438.323,04
11	400.000,00	379.698,80	387.268,80	405.092,40	388.917,20	392.195,44
12	384.000,00	392.811,60	401.617,20	379.453,20	356.265,20	382.829,44

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ:

Κατανάλωση φυσικού αερίου ετών 2013-2017

ΜΗΝΑΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΠΟ		ΕΩΣ	ΟΓΚΟΣ Φ. ΑΕΡΙΟΥ Nm ³	ΕΝΕΡΓΕΙΑ MWh	ΧΡΕΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ €	ΧΡΕΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ €	ΠΛΗΡΩΤΕΟ ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΟΥΣ €	ΠΛΗΡΩΤΕΟ
1	1/1/2013	31/1/2013		54.924	635,414	40.732,53	1.996,04	42.728,57	52.391,00
2	1/2/2013	28/2/2013		41.711	481,073	29.997,21	1.996,04	31.993,25	39.261,00
3	1/3/2013	31/3/2013		32.455	379,844	23.562,12	1.996,04	25.558,16	31.337,00
4	1/4/2013	30/4/2013		15.754	179,433	11.175,16	1.996,04	13.171,20	16.049,00
5	1/5/2013	31/5/2013		12.164	142,420	8.235,90	1.996,04	10.231,94	12.486,00
6	1/6/2013	30/6/2013		10.164	115,638	6.699,71	1.996,04	8.695,75	10.578,00
7	1/7/2013	31/7/2013		4.462	51,169	2.990,59	1.996,04	4.986,63	5.947,00
8	1/8/2013	31/8/2013		11.294	129,767	7.327,33	1.996,04	9.323,37	11.377,00
9	1/9/2013	30/9/2013		12.964	150,745	8.533,29	1.996,04	10.529,33	12.875,00
10	1/10/2013	31/10/2013		14.387	165,153	9.194,60	1.996,04	11.190,64	13.714,00
11	1/11/2013	30/11/2013		19.751	224,441	12.407,88	1.979,11	14.386,99	17.704,00
12	1/12/2013	31/12/2013		49.039	561,301	30.847,50	1.979,11	32.826,61	40.699,00
1	1/1/2014	31/1/2014		46.276	534,865	30.718,20	1.979,11	32.697,31	40.389,00
2	1/2/2014	28/2/2014		36.530	415,094	24.070,55	1.979,11	26.049,66	32.111,00
3	1/3/2014	31/3/2014		38.097	438,356	25.218,80	1.979,11	27.197,91	33.556,00
4	1/4/2014	30/4/2014		14.697	167,461	9.031,14	1.979,11	11.010,25	13.523,00
5	1/5/2014	31/5/2014		12.233	145,476	7.743,84	1.979,11	9.722,95	11.927,00
6	1/6/2014	30/6/2014		12.180	141,297	7.616,33	1.979,11	9.595,44	11.757,00
7	1/7/2014	31/7/2014		13.397	159,137	8.569,07	1.979,11	10.548,18	12.948,00
8	1/8/2014	31/8/2014		9.697	113,547	6.185,37	1.979,11	8.164,48	9.962,00
9	1/9/2014	30/9/2014		13.466	155,782	8.647,63	1.979,11	10.626,74	13.017,00
10	1/10/2014	31/10/2014		14.598	169,257	9.560,61	1.979,11	11.539,72	14.227,00
11	1/11/2014	30/11/2014		29.492	351,911	19.777,64	1.957,10	21.734,74	27.017,00
12	1/12/2014	31/12/2014		27.616	326,683	18.461,67	1.957,10	20.418,77	25.356,00
1	1/1/2015	31/1/2015		59.448	705,533	37.669,19	1.957,10	39.626,29	49.684,00
2	1/2/2015	28/2/2015		51.873	619,995	31.805,48	1.957,10	33.762,58	42.458,00
3	1/3/2015	31/3/2015		45.715	543,479	28.150,99	1.957,10	30.108,09	37.800,00
4	1/4/2015	30/4/2015		28.404	334,744	18.147,54	1.957,10	20.104,64	25.053,00
5	1/5/2015	31/5/2015		12.039	138,425	6.520,75	1.957,10	8.477,85	10.526,00
6	1/6/2015	30/6/2015		13.626	158,303	7.225,63	1.957,10	9.182,73	11.455,00
7	1/7/2015	31/7/2015		12.808	148,971	6.783,16	1.957,10	8.740,26	10.893,00
8	1/8/2015	31/8/2015		11.564	134,409	6.015,47	1.957,10	7.972,57	9.926,00
9	1/9/2015	30/9/2015		16.669	191,432	8.399,43	1.957,10	10.356,53	13.004,00
10	1/10/2015	31/10/2015		18.591	212,465	9.108,72	1.957,10	11.065,82	13.946,00
11	1/11/2015	30/11/2015		30.662	348,207	14.582,87	1.909,69	16.492,56	20.992,00
12	1/12/2015	31/12/2015		46.234	527,384	22.159,51	1.909,69	24.069,20	30.760,00
1	1/1/2016	31/1/2016		58.988	684,294	29.751	1.909,69	31.660,43	40.400,00
2	1/2/2016	29/2/2016		35.450	421,877	17.601,69	1.909,69	19.511,38	24.899,00

3	1/3/2016	31/3/2016	39.587	464,723	18.884,44	1.909,69	20.794,13	26.634,23
4	1/4/2016	30/4/2016	14.216	164,897	6.781,59	1.909,69	8.691,28	10.941,00
5	1/5/2016	31/5/2016	14.801	171,108	6.215,20	1.909,69	8.124,89	10.287,00
6	1/6/2016	30/6/2016	15.158	176,570	6.589,05	1.909,69	8.498,74	10.745,00
7	1/7/2016	31/7/2016	15.864	188,873	6.917,83	1.909,69	8.827,52	11.195,00
8	1/8/2016	31/8/2016	13.749	159,579	6.088,99	1.909,69	7.998,68	10.072,00
9	1/9/2016	30/9/2016	16.886	197,301	7.230,34	1.909,69	9.140,03	11.603,00
10	1/10/2016	31/10/2016	16.472	188,002	7.101,66	1.909,69	9.011,35	11.398,00
11	1/11/2016	30/11/2016	38.984	451,846	18.374,68	1.901,23	20.275,91	25.826,00
12	1/12/2016	31/12/2016	57.195	676,915	27.715,67	1.844,19	29.559,86	37.765,00
1	1/1/2017	31/1/2017	73.008	863,695	41.751,04	0,00	41.751,04	52.785,00
2	1/2/2017	28/2/2017	47.019	558,544	29.680,84	0,00	29.680,84	37.179,00
3	1/3/2017	31/3/2017	39.823	470,610	29.528,90	0,00	29.528,90	35.366,00
4	1/4/2017	30/4/2017	22.901	266,778	16.819,41	0,00	16.819,41	20.758,00
5	1/5/2017	31/5/2017	16.237	187,212	11.794,82	0,00	11.794,82	14.539,00
6	1/6/2017	30/6/2017	14.455	166,453	10.329,75	0,00	10.329,75	12.748,00
7	1/7/2017	31/7/2017	11.593	133,975	8.739,04	0,00	8.739,04	10.744,00
8	1/8/2017	31/8/2017	15.152	174,630	10.757,46	0,00	10.757,46	13.284,00
9	1/9/2017	30/9/2017	16.369	187,506	10.605,24	0,00	10.605,24	13.191,00
10	1/10/2017	31/10/2017	19.847	226,223	12.470,85	0,00	12.470,85	15.546,00
11	1/11/2017	30/11/2017	36.895	425,478	21.086,08	0,00	21.086,08	26.551,00
12	1/12/2017	31/12/2017	42.036	489,797	23.838,31	0,00	23.838,31	30.070,00

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ:

Εκτίμηση μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας από φυσικό αέριο

ΜΗΝΑΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ Φ. ΑΕΡΙΟ ΕΤΟΥΣ 2013 (MWh)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ Φ. ΑΕΡΙΟ ΕΤΟΥΣ 2014 (MWh)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ Φ. ΑΕΡΙΟ ΕΤΟΥΣ 2015 (MWh)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ Φ. ΑΕΡΙΟ ΕΤΟΥΣ 2016 (MWh)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ Φ. ΑΕΡΙΟ ΕΤΟΥΣ 2017 (MWh)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 5ΕΤΙΑΣ (kWh)
1	635,414	534,865	705,533	684,294	863,695	684.760
2	481,073	415,094	619,995	421,877	558,544	499.317
3	379,844	438,356	543,479	464,723	470,61	459.402
4	179,433	167,461	334,744	164,897	266,778	222.663
5	142,42	145,476	138,425	171,108	187,212	156.928
6	115,638	141,297	158,303	176,57	166,453	151.652
7	51,169	159,137	148,971	188,873	133,975	136.425
8	129,767	113,547	134,409	159,579	174,63	142.386
9	150,745	155,782	191,432	197,301	187,506	176.553
10	165,153	169,257	212,465	188,002	226,223	192.220
11	224,441	351,911	348,207	451,846	425,478	360.377
12	561,301	326,683	527,384	676,915	489,797	516.416

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η:

Εκτίμηση μέσης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και συνολική.

ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 5ΕΤΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ		ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΥΠΩΝ (kgrCO2)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 5ΕΤΙΑΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ		ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΥΠΩΝ (kgrCO2)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 5ΕΤΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜ. & ΨΥΞΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΥΠΩΝ (kgrCO2)
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (kWh)	ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)		ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)	ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)	
2.742.934	2.880.081	564.496	3.000.336	8.700.974	8.605.264	11.581.056	9.169.760

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ:

Προγραμματισμός lpsolver

Lpsolver solutions prog

δ= 0,01

/* Objective function */

min: sz1p + sz1m + sz2p + sz2m + sz3p + sz3m + sz4p + sz4m;

/* Variable bounds */

0.03w11 + w12 - 0.32w32 - sz1p + sz1m + sz2p - sz2m >= 0.01;

0.28w22 + 0.04w31 + w32 - sz2p + sz2m + sz3p - sz3m >= 0;

0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31 - sz3p + sz3m + sz4p - sz4m >= 0.01;

+ w12 + w22 + w23 + w31 - sz4p + sz4m >= 0.01;

w11 + w12 + w13 + w21 + w22 + w23 + w31 + w32 + w33 = 1;

w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;

sz1p >= 0; sz1m >= 0; sz2p >= 0; sz2m >= 0; sz3p >= 0; sz3m >= 0; sz4p >= 0; sz4m >= 0;

max δ

/* Objective function */

max: d;

/* Variable bounds */

0.03w11 + w12 - 0.32w32 - d >= 0;

0.28w22 + 0.04w31 + w32 = 0;

0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31 - d >= 0;

w11 + w12 + w13 + w21 + w22 + w23 + w31 + w32 + w33 = 1;

w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;

δ= 0,6

min w11

/* Objective function */

min: w11;

/* Variable bounds */

d = 0,01

0.03w11 + w12 - 0.32w32 >= d;

0.28w22 + 0.04w31 + w32 = 0;

0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31 >= d;

w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```

```
max w11
```

```
/* Objective function */
```

```
max: w11;
```

```
/* Variable bounds */
```

```
d = 0,01
```

```
0.03w11 + w12 - 0.32w32      >= d;
```

```
0.28w22 + 0.04w31 + w32     = 0;
```

```
0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31  >= d;
```

```
w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;
```

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```

```
/* Objective function */
```

```
min: w11 + w12;
```

```
/* Variable bounds */
```

```
d = 0,01
```

```
0.03w11 + w12 - 0.32w32      >= d;
```

```
0.28w22 + 0.04w31 + w32     = 0;
```

```
0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31  >= d;
```

```
w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;
```

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```

```
/* Objective function */
```

```
max: w11 + w12;
```

```
/* Variable bounds */
```

```
d = 0,01
```

```
0.03w11 + w12 - 0.32w32      >= d;
```

```
0.28w22 + 0.04w31 + w32     = 0;
```

```
0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31  >= d;
```

```
w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;
```

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```

```
/* Objective function */
```

```
min: w21;
```

```
/* Variable bounds */
```

```
d = 0,01
```

```
0.03w11 + w12 - 0.32w32      >= d;
```

```
0.28w22 + 0.04w31 + w32     = 0;
```

```
0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31  >= d;
```

```
w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;
```

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```

```
/* Objective function */
```

```
max: w21;
```

```
/* Variable bounds */
```

```
d = 0,01
```

```
0.03w11 + w12 - 0.32w32      >= d;
```

```
0.28w22 + 0.04w31 + w32     = 0;
```

```
0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31  >= d;
```

```
w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;
```

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```

```
/* Objective function */
```

```
min: w21 +w22;
```

```
/* Variable bounds */
```

```
d = 0,01
```

```
0.03w11 + w12 - 0.32w32      >= d;
```

```
0.28w22 + 0.04w31 + w32     = 0;
```

```
0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31  >= d;
```

```
w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;
```

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```

```
/* Objective function */
```

```
max: w21 +w22;
```

```
/* Variable bounds */
```

```
d = 0,01
```

```
0.03w11 + w12 - 0.32w32      >= d;
```

```
0.28w22 + 0.04w31 + w32     = 0;
```

```
0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31  >= d;
```

```
w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;
```

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```

```
/* Objective function */
```

```
min: w31;
```

```
/* Variable bounds */
```

```
d = 0,01
```

```
0.03w11 + w12 - 0.32w32      >= d;
```

```
0.28w22 + 0.04w31 + w32     = 0;
```

```
0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31  >= d;
```

```
w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;
```

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```

```
/* Objective function */
```

```
max: w31;
```

```
/* Variable bounds */
```

```
d = 0,01
```

```
0.03w11 + w12 - 0.32w32      >= d;
```

```
0.28w22 + 0.04w31 + w32     = 0;
```

```
0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31  >= d;
```

```
w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;
```

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```

```
/* Objective function */
```

```
min: w31 + w32;
```

```
/* Variable bounds */
```

```
d = 0,01
```

```
0.03w11 + w12 - 0.32w32      >= d;
```

```
0.28w22 + 0.04w31 + w32     = 0;
```

```
0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31  >= d;
```

```
w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;
```

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```

```
/* Objective function */
```

```
max: w31 + w32;
```

```
/* Variable bounds */
```

```
d = 0,01
```

```
0.03w11 + w12 - 0.32w32      >= d;
```

```
0.28w22 + 0.04w31 + w32     = 0;
```

```
0.97w11 + 0.54w12 + 0.12w21 + 0.96w31  >= d;
```

```
w11 + w12 + w21 + w22 + w31 + w32 = 1;
```

```
w11 >= 0; w12 >= 0; w21 >= 0; w22 >= 0; w31 >= 0; w32 >= 0;
```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακας με στοιχεία υλικών εξοικ. ενέργειας και υπολογισμός δεικτών

A/A	Είδος μόνωσης	Πάχος μόνωσης	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμοαποστάστασης	Συντελεστής περιεχομένης ενέργειας	Συντελεστής περιεχομένης ρύπων CO ₂ παραγωγής	Κόστος εγκαταστημένης μόνωσης	Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση	Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη	Υπολογισμός μείωσης του κόστους θερ & ψύξης	Συνολική μείωση παραμορφής ρύπων για θερ & ψύξη	Υπολογισμός κέτους εγκατάστασης υλικού δράσης	Υπολογισμός περιεχομένης ενέργειας υλικού δράσης	Υπολογισμός περιεχομένης ενέργειας υλικού δράσης	Υπολογισμός ρυπων κατασκευής υλικού δράσης	Υπολογισμός δείκτη ΠΕ/ΔΕ (ROF)	Υπολογισμός δείκτη ΠΕ/ΔΕ (ROF)	Υπολογισμός δείκτη ΠΕ/ΔΕ (ROF)
		d	λ	ρ	U	S _ρ	S _{co2}	c	Δεθθρ	Δεψυξ	ΔΕ	ΔΡ	ΚΕ	ΠΕ	ΡΠ				
	m	W/m ² K	kg/m ³	kgCO ₂ /kg	€/m ²	kWh	kWh	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²
1	Εφίλαση	0,050	0,035	35,00	0,700	88,60	2,55	39,85	741,706	171,983	913,689	315,465	355,537	4,699,500	37,574	3,07	5,14	0,12	
2	Εφίλαση	0,060	0,035	35,00	0,583	88,60	2,55	41,65	772,610	179,149	951,759	328,610	350,693	5,639,400	46,089	3,08	5,93	0,14	
3	Εφίλαση	0,070	0,035	35,00	0,500	88,60	2,55	43,65	794,685	184,267	978,952	337,998	367,533	6,579,299	52,604	3,13	6,72	0,16	
4	Εφίλαση	0,080	0,035	35,00	0,438	88,60	2,55	45,55	811,241	188,106	999,347	345,040	383,531	7,519,199	60,119	3,20	7,52	0,17	
5	Εφίλαση	0,100	0,035	35,00	0,350	88,60	2,55	49,75	834,419	193,480	1,027,900	354,898	418,895	9,398,999	75,149	3,40	9,14	0,21	
6	Διογκωμένη	0,050	0,036	23,50	0,720	86,40	2,71	34,55	736,408	170,754	907,162	313,212	290,911	3,077,028	26,811	2,68	3,39	0,09	
7	Διογκωμένη	0,060	0,036	23,50	0,600	86,40	2,71	35,70	768,195	178,125	946,320	326,732	300,594	3,692,494	32,174	2,65	3,90	0,10	
8	Διογκωμένη	0,070	0,036	23,50	0,514	86,40	2,71	36,50	790,901	183,390	974,290	336,389	307,330	4,307,839	37,536	2,63	4,42	0,11	
9	Διογκωμένη	0,080	0,036	23,50	0,450	86,40	2,71	37,55	807,930	187,338	995,268	343,632	316,171	4,923,245	42,898	2,65	4,95	0,12	
10	Διογκωμένη	0,090	0,036	23,50	0,400	86,40	2,71	38,35	821,174	190,409	1,011,584	349,265	322,907	5,538,651	48,260	2,67	5,48	0,14	
11	Διογκωμένη	0,100	0,036	23,50	0,360	86,40	2,71	39,05	831,770	192,666	1,024,636	353,772	328,801	6,154,056	53,623	2,68	6,01	0,15	
12	Γραφίτουλα διοκ.	0,050	0,031	23,50	0,620	86,40	2,71	35,45	762,898	176,996	939,794	324,478	298,489	3,077,028	26,811	2,65	3,27	0,08	
13	Γραφίτουλα διοκ.	0,060	0,031	23,50	0,517	86,40	2,71	36,50	790,270	183,243	973,513	336,121	307,330	3,692,494	32,174	2,64	3,79	0,10	
14	Γραφίτουλα διοκ.	0,070	0,031	23,50	0,443	86,40	2,71	37,60	809,822	187,777	997,599	344,436	316,592	4,307,839	37,536	2,65	4,32	0,11	
15	Γραφίτουλα διοκ.	0,080	0,031	23,50	0,388	86,40	2,71	38,70	824,486	191,177	1,015,663	350,673	325,854	4,923,245	42,898	2,68	4,85	0,12	
16	Γραφίτουλα διοκ.	0,090	0,031	23,50	0,344	86,40	2,71	39,80	835,891	193,822	1,029,713	355,524	335,116	5,538,651	48,260	2,72	5,38	0,14	
17	Γραφίτουλα διοκ.	0,100	0,031	23,50	0,310	86,40	2,71	40,85	845,015	195,937	1,040,952	359,405	343,957	6,154,056	53,623	2,76	5,91	0,15	
18	Ορυοβαθβάνας	0,050	0,032	75,00	0,640	16,60	1,20	34,99	757,600	175,668	933,268	322,225	294,616	1,886,771	37,880	2,64	2,02	0,12	
19	Ορυοβαθβάνας	0,060	0,032	75,00	0,533	16,60	1,20	36,03	785,855	182,220	968,075	334,243	303,373	2,264,125	45,468	2,62	2,34	0,14	
20	Ορυοβαθβάνας	0,085	0,032	75,00	0,376	16,60	1,20	38,25	827,407	191,855	1,019,262	351,916	322,065	3,207,511	64,413	2,64	3,15	0,18	
21	Ορυοβαθβάνας	0,100	0,032	75,00	0,320	16,60	1,20	39,87	842,366	195,323	1,037,689	358,282	335,705	3,773,542	75,780	2,70	3,64	0,21	
22	Ορυοβαθβάνας	0,120	0,032	75,00	0,267	16,60	1,20	43,21	856,494	198,599	1,055,093	364,287	364,754	4,528,251	90,936	2,89	4,29	0,25	
23	Ορυοβαθβάνας	0,140	0,032	75,00	0,229	16,60	1,20	44,53	866,935	200,939	1,067,524	368,579	374,943	5,283,959	106,092	2,93	4,95	0,29	
24	Ορυοβαθβάνας	0,160	0,032	75,00	0,200	16,60	1,20	47,89	874,153	202,694	1,076,847	371,798	403,234	6,037,667	121,248	3,13	5,61	0,33	
25	Ορυοβαθβάνας	0,050	0,035	115,00	0,700	16,80	1,05	39,00	741,983	171,983	913,689	317,456	328,380	2,927,905	50,836	3,00	3,20	0,16	
26	Περιοβαθβάνας	0,060	0,035	115,00	0,583	16,80	1,05	40,78	772,610	179,149	951,759	328,610	343,368	3,518,486	61,003	3,01	3,69	0,19	
27	Περιοβαθβάνας	0,070	0,035	115,00	0,500	16,80	1,05	42,56	794,685	184,267	978,952	337,998	358,355	4,099,067	71,170	3,06	4,19	0,21	
28	Περιοβαθβάνας	0,080	0,035	115,00	0,438	16,80	1,05	44,32	811,241	188,106	999,347	345,040	373,174	4,684,648	81,337	3,12	4,69	0,24	
29	Περιοβαθβάνας	0,090	0,035	115,00	0,388	16,80	1,05	46,10	824,118	191,092	1,015,210	350,571	388,162	5,270,229	91,504	3,19	5,19	0,26	
30	Περιοβαθβάνας	0,100	0,035	115,00	0,350	16,80	1,05	47,88	834,419	193,480	1,027,900	354,898	403,150	5,855,810	101,672	3,27	5,70	0,29	

Αναφορές

- [1] Τράπεζα της Ελλάδος (2011). *ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ*. Αθήνα 2011.
- [2] ΥΠΕΚΑ (2014) Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος. Αθήνα 2014.
- [3] Τεχνικό Επιμελητήριο (2010). *Τεχνική οδηγία ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010*. Αθήνα 2010.
- [4] Diakaki et al. (2008). *Towards a multi-objective optimization approach for improving energy efficiency in buildings*. *Energy and Buildings* vol.40, pp 1747–1754
- [5] Kalaitzakis et al. (2010). *A multi-objective model for the improvement of energy efficiency in buildings*. *Energy* vol 35, pp 5483-5496
- [6] Diakaki et al. (2013). *Performance study of a multi-objective mathematical programming modelling approach for energy decision-making in buildings*. *Energy* vol 59, pp 534-542
- [7] Karmellos et al. (2014). *A multi-objective approach for optimal prioritization of energy efficiency measures in buildings: Model, software and case studies*. *Applied Energy* vol. 139, pp 131-150
- [8] Ascione et al. (2014). *A new methodology for cost-optimal analysis by means of the multi-objective optimization of building energy performance*. *Energy and Buildings* vol.88 (2015), pp 78–99
- [9] Pena et al. (2014). *Multi-objectives optimization of Energy Efficiency Measures in existing buildings*. *Energy and Buildings* (2014)