



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

**Καταγραφή, ανάλυση και βέλτιστος καθορισμός
στρατηγικών κλιματικής πολιτικής, με εφαρμογή των
τεχνικών της ανάλυσης χαρτοφυλακίου και των ασαφών
γνωστικών χαρτών**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΙΟΣ Ι. ΜΑΘΙΟΥΔΑΚΗΣ

Επιβλέπων : Χ. Δούκας
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2017



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

**Καταγραφή, ανάλυση και βέλτιστος καθορισμός
στρατηγικών κλιματικής πολιτικής, με εφαρμογή των
τεχνικών της ανάλυσης χαρτοφυλακίου και των ασαφών
γνωστικών χαρτών**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΙΟΣ Ι. ΜΑΘΙΟΥΔΑΚΗΣ

Επιβλέπων : Χ. Δούκας
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 3^η Οκτωβρίου 2017.

.....
Χ. Δούκας
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Δ. Ασκούνης
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Ι. Ψαρράς
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2017

.....
ΜΑΡΙΟΣ Ι. ΜΑΘΙΟΥΔΑΚΗΣ

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

Copyright © Μάριος Ι.Μαθιουδάκης, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

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

Περίληψη

Στην εποχή μας, οι κλιματικές πολιτικές βρίσκονται στο προσκήνιο της πολιτικής ζωής αλλά είναι και συνυφασμένες με όλες τις διαστάσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας, καθώς όλο και περισσότερα κράτη συμφωνούν σε μέτρα τα οποία πρέπει να εφαρμοστούν για την προστασία του περιβάλλοντος και τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας εμπεριέχονται τα στάδια της καταγραφής, της ανάλυσης και του βέλτιστου καθορισμού των στρατηγικών της κλιματικής πολιτικής που σκοπό έχουν τη σταδιακή μετάβαση της Ελλάδας σε μία οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Αρχικά, πραγματοποιείται η επιλογή των μέτρων που επιθυμούμε να συμπεριλάβουμε στην κλιματική πολιτική της χώρας. Εν συνεχεία, υλοποιείται μία ανάλυση χαρτοφυλακίου, βασισμένη στις τεχνικές AUGMECON-2 και ΙΤΑ, με στόχο την μεγιστοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας παράλληλα με την μεγιστοποίηση των θέσεων εργασίας των μέτρων που επιλέχθηκαν. Ακολουθεί μία δεύτερη ανάλυση χαρτοφυλακίου, με χρήση του ίδιου μεθοδολογικού πλαισίου, αλλά με στόχο την μεγιστοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας παράλληλα με την ελαχιστοποίηση του κινδύνου των μέτρων που επιλέχθηκαν. Στο τελευταίο στάδιο της ανάλυσης, πραγματοποιείται περαιτέρω ανάλυση των χαρτοφυλακίων που προέκυψαν, υπό το πρίσμα των εμπειρογνομώνων με την τεχνική των ασαφών γνωστικών χαρτών, προκειμένου να καταλήξουμε στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων με προεκτάσεις για τον σχεδιασμό της κλιματικής πολιτικής.

Λέξεις Κλειδιά: Θεωρία Χαρτοφυλακίου, Markowitz, Κλιματική Πολιτική, Ανάλυση Αβεβαιότητας, Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες

Abstract

At present, climate policies are at the forefront of political life but are also intertwined with all aspects of human activity as more and more countries and/or communities agree on measures that need to be implemented in order to protect the environment and mitigate climate change. This thesis aims to record, analyse and eventually define an optimal mix of climate policy instruments, aiming at the gradual transition of Greece into a low-carbon economy. Initially, the measures that we want to include in the country's climate policy strategy are selected and presented in detail. Then, a portfolio analysis, based on the AUGMECON-2 and ITA methods, is conducted in the aim of maximising the energy savings while also maximising the number of jobs associated with the selected measures. A similar run of this portfolio analysis methodological framework aims to maximise energy savings while at the same time minimising the risk associated with the measures under examination. At the final section of the study, further analysis of the deriving portfolios is carried out, by taking into consideration the tacit knowledge and expertise embedded in stakeholders, and by means of the fuzzy cognitive mapping approach.

Keywords: Portfolio Theory, Markowitz, Climate Policy, Uncertainty Analysis, Fuzzy Cognitive Maps

Πρόλογος

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2016-2017 στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης.

Υπεύθυνος για τη διπλωματική εργασία ήταν ο Επίκουρος Καθηγητής κ. Χάρης Δούκας, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω για την ανάθεση της, καθώς και για την ευκαιρία που μου δόθηκε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω εκ βαθέων τους αξιότιμους καθηγητές Δ. Ασκούνη και Ι. Ψαρρά, καθώς θεωρώ ιδιαίτερη τιμή μου τη συμμετοχή τους στην επιτροπή εξέτασης της διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Αλέξανδρο Νίκα, υποψήφιο διδάκτορα του εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων, για την άψογη συνεργασία που είχαμε και τη συνεχή του καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω και στην Κατερίνα Φορούλη, για την πολύτιμη βοήθειά της σε αρκετά στάδια της διπλωματικής.

Αθήνα, Οκτώβριος 2017, Μάριος Ι. Μαθιουδάκης

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Κλιματική Αλλαγή και Κλιματική Πολιτική	1
1.2	Αντικείμενο Διπλωματικής.....	3
1.3	Δομή της Εργασίας	4
2	Ανάλυση Χαρτοφυλακίου	5
2.1	Markowitz Portfolio Theory	6
2.1.1	Εισαγωγή.....	6
2.1.2	Μαθηματική θεμελίωση.....	6
2.2	Θεωρία Χαρτοφυλακίου και Κλιματική Πολιτική	9
2.3	Ανάλυση Αβεβαιότητας - Monte Carlo	12
2.4	AUGMECON-2	13
2.5	Iterative Trichotomic Approach.....	15
3	Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες.....	19
3.1	Θεωρητικό υπόβαθρο	19
3.1.1	Ορισμός ασαφών γνωστικών χαρτών και εννοιών.....	19
3.1.2	Συναρτήσεις ενεργοποίησης.....	21
3.1.3	Συναρτήσεις κατοφλίου.....	23
3.2	FCM και κλιματική πολιτική	25
4	Μελέτη Περίπτωσης	31
4.1	Περιγραφή προβλήματος	31
4.2	Μέτρα πολιτικών	32
4.3	Ανάλυση Χαρτοφυλακίου.....	73
4.3.1	Μεγιστοποίηση θέσεων εργασίας.....	79
4.3.2	Ελαχιστοποίηση κινδύνου	80
4.3.3	Αποτελέσματα ανάλυσης χαρτοφυλακίου.....	81

4.4	Αξιολόγηση χαρτοφυλακίων με Ασαφείς Γνωστικούς Χάρτες.....	93
5	Συμπεράσματα & Προοπτικές.....	99
6	Βιβλιογραφία	101

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Απεικόνιση των ερευνών σχετικά με την κλιματική πολιτική στην βιβλιογραφία ανάλυσης χαρτοφυλακίου	11
Πίνακας 2: Παράδειγμα πίνακα συγγένειας γνωστικού χάρτη.....	20
Πίνακας 3: Επισκόπηση των μελετών σχετικά με την κλιματική πολιτική στη βιβλιογραφία της FCM, όσον αφορά την περιοχή εφαρμογής τους, την προσέγγισή τους (I = Interviews, S = Survey, W = Workshop, O = Other).....	26
Πίνακας 4: Εφαρμογές ασαφών γνωστικών χαρτών σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές	28
Πίνακας 5: Κατανομή υδροδυναμικού ανά υδατικό διαμέρισμα	38
Πίνακας 6: Θετικές επιδράσεις και αρνητικές επιπτώσεις υδροηλεκτρικών έργων.....	41
Πίνακας 7: Τιμολόγηση παραγωγής ενέργειας σε διασυνδεδεμένο και μη τμήμα.	54
Πίνακας 8: Επιλεγμένες πολιτικές για ανάλυση.....	74
Πίνακας 9: Ποσά επενδύσεων σε κάθε πολιτική.....	78
Πίνακας 10: Εξοικονόμηση ενέργειας των πολιτικών στα διαφορετικά επίπεδα επένδυσης...78	
Πίνακας 11: Πλήθος θέσεων εργασίας των πολιτικών στα διαφορετικά επίπεδα επένδυσης...79	
Πίνακας 12: Ρίσκο των πολιτικών στα διαφορετικά επίπεδα επένδυσης.....	81
Πίνακας 13: Pareto Front εξοικονόμησης-θέσεων εργασίας.....	82
Πίνακας 14: Αριθμός φορών εμφάνισης των πολιτικών του Pareto Front για τις διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης για την ανάλυση εξοικονόμησης - θέσεων εργασίας.....	84
Πίνακας 15: Πράσινα χαρτοφυλάκια ανά επανάληψη (εξοικονόμησης - θέσεων εργασίας)...86	
Πίνακας 16: Pareto Front εξοικονόμησης - ρίσκου.....	87
Πίνακας 17: Αριθμός φορών εμφάνισης των πολιτικών του Pareto Front για τις διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης για την ανάλυση εξοικονόμησης ρίσκου	89
Πίνακας 18: Πράσινα χαρτοφυλάκια ανά επανάληψη (εξοικονόμησης-ρίσκου).....	91
Πίνακας 19: Βάρη μεταξύ των εννοιών του Fuzzy Cognitive Map του προβλήματός μας	94
Πίνακας 20: Αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας από ανάλυση ασαφών γνωστικών χαρτών	95
Πίνακας 21: Ταξινομημένα χαρτοφυλάκια για κάθε σενάριο FCM.....	97

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Διάγραμμα δυνατών και αποδοτικών λύσεων (μ , σ^2).....	8
Εικόνα 2: Γράφημα επαναληπτικού αλγορίθμου τριχοτομικής μεθόδου	16
Εικόνα 3: Παράδειγμα γνωστικού χάρτη	19
Εικόνα 4: Παράδειγμα Ασαφή γνωστικού χάρτη.....	20
Εικόνα 5: Τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδος	38
Εικόνα 6: Pareto Front εξοικονόμησης - θέσεων εργασίας.....	83
Εικόνα 7: Συχνότητα εμφάνισης πολιτικών στο Pareto Front εξοικονόμησης ενέργειας-θέσεων εργασίας.....	83
Εικόνα 8: Διαχωρισμός μέσω της ΙΤΑ των χαρτοφυλακίων στην ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας - θέσεων εργασίας	85
Εικόνα 9: Διάγραμμα ευρωστίας για την ανάλυση εξοικονόμησης - θέσεων εργασίας	86
Εικόνα 10: Pareto Front εξοικονόμησης-ρίσκου.....	88
Εικόνα 11: Συχνότητα εμφάνισης πολιτικών στο Pareto Front εξοικονόμησης ενέργειας-ρίσκου.....	88
Εικόνα 12: Διαχωρισμός μέσω της ΙΤΑ των χαρτοφυλακίων στην ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας - ρίσκου	91
Εικόνα 13: Διάγραμμα ευρωστίας για την ανάλυση εξοικονόμησης - ρίσκου	91
Εικόνα 14: Ασαφής γνωστικός χάρτης των πολιτικών που συμμετέχουν στα Pareto Front	93

1 *Εισαγωγή*

1.1 Κλιματική Αλλαγή και Κλιματική Πολιτική

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί πιθανότατα μία υπερβολικά δύσκολα αναστρέψιμη βλαπτική μεταβολή των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στον πλανήτη Γη με καταστροφικές συνέπειες για τη ζωή όλων των ειδών. Η επιβεβαίωσή της έρχεται καθημερινά, μέσα από την άνοδο της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και των θαλασσών, την επιδείνωση του φαινομένου της ερημοποίησης περιοχών, την αύξηση της συχνότητας των ακραίων καιρικών φαινομένων και τη διαρκώς μεγαλύτερη συγκέντρωση αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα, που κάθε τόσο ξεπερνούν τα προηγούμενα όρια. Ολοένα γίνονται πιο επίκαιρες οι φωνές για την αναγκαιότητα να ενταθούν οι προσπάθειες για την αντιμετώπιση του φαινομένου. Χαρακτηριστικά, κάθε μια από τις τρεις τελευταίες δεκαετίες έχει καταγραφεί σαν θερμότερη από όλες τις προηγούμενες δεκαετίες, από το 1850 που υπάρχουν αξιόπιστες ενόργανες καταγραφές της θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης.

Το μέλλον προδιαγράφεται ιδιαίτερα ανησυχητικό. Η συνέχιση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θα προξενήσει επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας της γης, ενώ θα σημειωθεί αύξηση της σφοδρότητας και της συχνότητας πολλών ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως καύσωνες, ξηρασία ή πλημμύρες, κυκλώνες και δασικές πυρκαγιές. Στους ωκεανούς θα παρατηρηθεί αύξηση της θερμοκρασίας, αύξηση του pH και αύξηση του μέσου επιπέδου της επιφάνειας της θάλασσας. Η κλιματική αλλαγή θα ενισχύσει τους υπάρχοντες κινδύνους και θα δημιουργήσει νέους που θα επηρεάσουν τα φυσικά και τα ανθρώπινα οικοσυστήματα.

Η κλιματική αλλαγή θα επιφέρει κινδύνους σε όλους τους παραγωγικούς τομείς. Οι επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα και τη θαλάσσια βιοποικιλότητα θα θέσουν σε δοκιμασία τη βιωσιμότητα των ιχθυοποθεμάτων και την παραγωγικότητά τους. Η αγροτική παραγωγή, ιδιαίτερα των κύριων διατροφικών ειδών, σιτάρι, αραβόσιτος και ρύζι, θα γνωρίσει μειωμένες

αποδόσεις, που σε συνδυασμό με την αύξηση των διατροφικών αναγκών θα υπονομεύσουν και θα βάλουν σε κίνδυνο τη διατροφική ασφάλεια σε παγκόσμιο επίπεδο. Επίσης, αναμένεται να μειωθεί η ανακύκλωση του ανανεώσιμου νερού, ιδιαίτερα στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές, και η μείωση των υπόγειων υδατικών αποθεμάτων. Θα έχουμε ακόμα μείωση της φυτικής παραγωγής, αυξημένους κινδύνους από πλημμύρες σε παράκτιες και παραποτάμιες περιοχές, μεγάλη διάβρωση των παράκτιων περιοχών και άνοδος της στάθμης της θάλασσας, μείωση των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων, αύξηση κινδύνων από καύσωνες και πυρκαγιές.

Για την αντιμετώπιση των κινδύνων από την κλιματική αλλαγή χρειάζεται μια στρατηγική μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, παράλληλα με στρατηγικές προσαρμογής και μείωσης των επιπτώσεων που προκαλούνται από αυτές. Η στρατηγική αυτή έχει τον χαρακτήρα συλλογικής δράσης σε παγκόσμιο επίπεδο, τόσο γιατί οι συγκεντρωμένες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα επιδρούν σε παγκόσμια κλίμακα όσο και γιατί κάθε νέα εκπομπή, απ' όπου και αν προέρχεται, επηρεάζει εξίσου όλους τους παράγοντες. Η προσαρμογή στις κλιματικές αλλαγές και ο μετριασμός των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής απαιτούν συμπληρωματικές στρατηγικές. Σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να μειώσουν τους κινδύνους από τις κλιματικές μεταβολές, αυξάνοντας τις πιθανότητες για επιτυχείς προσαρμογές, να μειώσουν το κόστος και τις προκλήσεις του επιτυχούς μετριασμού των επιπτώσεων και συνεισφέρουν σε ατραπούς βιώσιμης ανάπτυξης.

Οι στρατηγικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και μείωσης των επιπτώσεων απ' αυτήν σε μεγάλο βαθμό εξαρτώνται από τις πολιτικές και τα μέτρα που θα εφαρμοστούν. Η εφαρμογή τους πρέπει να είναι σε όλα τα επίπεδα, δηλαδή πρέπει να εφαρμοστούν σε διεθνές, εθνικό και τοπικό επίπεδο. Διάφορες πρωτοβουλίες της Ε.Ε. στοχεύουν στον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αφότου πέτυχε τους στόχους της στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο για την περίοδο 2008-2012, η Ε.Ε. υιοθέτησε τον στόχο να μειώσει μέχρι το 2020 τις εκπομπές της όσον αφορά τα αέρια του θερμοκηπίου κατά 20 % σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Για να επιτευχθεί αυτό, ένας από τους κύριους στόχους της στρατηγικής Ευρώπη 2020, έχει θεσπιστεί ένα ανώτατο όριο για το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ΣΕΔΕ) της Ε.Ε. σε επίπεδο Ένωσης, ενώ επιμέρους εθνικοί στόχοι για τις εκπομπές σε τομείς που δεν καλύπτονται από το ΣΕΔΕ θεσπίστηκαν στο πλαίσιο της απόφασης για τον επιμερισμό των προσπαθειών. Την ίδια στιγμή, η Ε.Ε. έχει εκδώσει νομοθεσία για την ενίσχυση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, όπως η αιολική, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική και η ενέργεια από βιομάζα, καθώς και για τη βελτίωση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας μιας σειράς εξοπλισμών και οικιακών συσκευών. Η Ε.Ε. στοχεύει επίσης στη στήριξη της ανάπτυξης των τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα για την παγίδευση και την αποθήκευση του CO₂ που εκπέμπεται από σταθμούς παραγωγής και άλλες μεγάλες εγκαταστάσεις.

Στο πλαίσιο των πολιτικών για το κλίμα και την ενέργεια, η Ε.Ε. έχει δεσμευτεί να μειώσει μέχρι το 2030 τις εκπομπές στην επικράτειά της κατά τουλάχιστον 40% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Αυτός είναι ένας δεσμευτικός στόχος. Η Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Ένωση, σκοπός της οποίας είναι να διασφαλίσει ότι η Ευρώπη διαθέτει ασφαλή, οικονομικά προσιτή και φιλική προς το περιβάλλον ενέργεια, έχει τον ίδιο στόχο.

1.2 Αντικείμενο Διπλωματικής

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι η καταγραφή, ανάλυση και ο βέλτιστος καθορισμός στρατηγικών κλιματικής πολιτικής με εφαρμογή των τεχνικών της Ανάλυσης Χαρτοφυλακίου και των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών στα πλαίσια της μετάβασης της Ελλάδας σε μία πιο ενεργειακά αναβαθμισμένη χώρα.

Η επιλογή των κλιματικών πολιτικών γίνεται μέσα από ένα εύρος πολιτικών που είναι εφικτό να εφαρμοστούν και αφορούν διάφορους τομείς. Εν συνεχεία αφού έχουμε το πλήθος των επιλογών μας προχωράμε αρχικά σε μία ανάλυση χαρτοφυλακίου, δηλαδή του καθορισμού ενός βέλτιστου συνόλου επιλογών που αποδίδει καλύτερα από άλλα, σε ένα εύρος πιθανών συνδυασμών. Οι συγκεκριμένες πολιτικές που έχουμε στη διάθεσή μας να επιλέξουμε και στη συνέχεια να εφαρμόσουμε, έχουν συγκεκριμένο αντίκτυπο στην εξοικονόμηση ή παραγωγή ενέργειας (απόδοση) καθώς και ένα παράγοντα αβεβαιότητας σχετικά με την επιτυχία εφαρμογής τους (κίνδυνος - ρίσκο και δημιουργία θέσεων εργασίας). Η παρούσα εργασία, μελετά την περίπτωση χρησιμοποίησης της ανάλυσης χαρτοφυλακίου, με περιουσιακά στοιχεία τις κλιματικές πολιτικές και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην αντιμετώπιση της αβεβαιότητας ξεχωριστά στο θέμα της δημιουργίας θέσεων εργασίας και του ρίσκου.

Εν συνεχεία, αφού εφαρμόσουμε την τεχνική ανάλυσης χαρτοφυλακίου, για την περαιτέρω αξιολόγηση των χαρτοφυλακίων θα εφαρμοστεί η τεχνική των ασαφών γνωστικών χαρτών. Έχοντας λοιπόν αποκλείσει κάποιες από τις πολιτικές μας, συνεχίζουμε ην ανάλυση μας με μία ανάλυση που επικεντρώνεται σε σχέσεις αίτιου - αποτελέσματος μεταξύ των πολιτικών μας.

Έχοντας εφαρμόσει στην ουσία δύο ειδών τεχνικές ανάλυσης στο πρόβλημά μας, η εργασία αυτή θα καταλήξει σε ρεαλιστικά αποτελέσματα για την κοινωνία μας, καθώς θα έχει προσεγγιστεί το πρόβλημα πιο σφαιρικά και συνολικά από δύο διαφορετικού είδους αναλύσεις.

1.3 Δομή της Εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από 5 κεφάλαια ακολουθόμενα από την βιβλιογραφία. Το παρών κεφάλαιο είναι εισαγωγικό και περιλαμβάνει γενικά για την κλιματική αλλαγή, το αντικείμενο της εργασίας και την παρουσίαση της υπόλοιπης δομής.

Στο Κεφάλαιο 2, παρουσιάζεται η θεωρία της ανάλυσης χαρτοφυλακίου (Portfolio Analysis) αναλυτικά. Επίσης γίνεται αναφορά στη μέθοδο Markowitz, την μέθοδο augmecon 2, την μέθοδο Iterative Trichotomic Approach και την μέθοδο Monte Carlo, ολοκληρώνοντας έτσι την ανάλυση χαρτοφυλακίου θεωρητικά.

Στο Κεφάλαιο 3, παρουσιάζεται η θεωρία Ασαφών Γναστικών Χαρτών (Fuzzy Cognitive Maps, FCM). Αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρό τους και η σύνδεση της λογικής τους με την κλιματική πολιτική.

Αφού λοιπόν έχουμε αναλύσει θεωρητικά και την ανάλυση χαρτοφυλακίου και τους ασαφείς γνωστικούς χάρτες μπορούμε να συνεχίσουμε στην μελέτη του προβλήματός μας στο Κεφάλαιο 4. Αρχικά, παρουσιάζουμε όλες τις πιθανές πολιτικές που βρήκαμε, επιλέγουμε και αναλύουμε διεξοδικά τις πολιτικές εξοικονόμησης που καταλήξαμε για την χώρα μας. Εν συνεχεία μοντελοποιούμε τις δύο αναλύσεις χαρτοφυλακίου του προβλήματός μας (μία για τις θέσεις εργασίας και μία για το ρίσκο) και παρουσιάζουμε τα αποτελέσματά τους. Επιπλέον κάνουμε αντίστοιχα το ίδιο για του ασαφείς γνωστικούς χάρτες, παρουσιάζουμε δηλαδή την μοντελοποίηση τους και τα αποτελέσματά της. Έχοντας λοιπόν τα αποτελέσματα και από τις δύο αναλύσεις μπορούμε πλέον να αξιολογήσουμε τα χαρτοφυλάκια μας με τους ασαφείς γνωστικούς χάρτες.

Τέλος στο Κεφάλαιο 5 έχοντας όλα τα αποτελέσματα από την προηγούμενη ενότητα, μπορούμε να εξάγουμε τα αποτελέσματά μας.

2 *Ανάλυση Χαρτοφυλακίου*

Ένα από τα κυριότερα προβλήματα της χρηματοοικονομικής είναι η αξιολόγηση αποφάσεων επενδύσεων σε συνθήκες κινδύνου και αβεβαιότητας. Η επένδυση μπορεί να οριστεί ως μια δέσμευση κεφαλαίων για ένα χρονικό διάστημα, η οποία αναμένεται να αποφέρει πρόσθετα κεφάλαια στον επενδύτη. Κάθε επένδυση απαιτεί να αποφύγει ο επενδυτής να καταναλώσει κεφάλαια του, προκειμένου να επιδιώξει μια αβέβαιη μελλοντική ωφέλεια. Άρα κάθε επένδυση σε κάποιο βαθμό ενέχει κίνδυνο. Η διαδικασία της επένδυσης σε χρεόγραφα μπορεί να διαιρεθεί σε δυο μέρη: στην ανάλυση χρεογράφων και στη διαχείριση χαρτοφυλακίου.

Το σύνολο των περιουσιακών στοιχείων ή των χρεογράφων που έχουμε στην κατοχή μας, λέγεται χαρτοφυλάκιο. Η Θεωρία Χαρτοφυλακίου εξετάζει τις ιδιότητες των διαφόρων περιουσιακών στοιχείων, ή επενδυτικών επιλογών, που μπορεί να έχει στη διάθεσή του ένας επενδυτής κι επιδιώκει την σύνθεση αρίστων χαρτοφυλακίων, που να μεγιστοποιούν την απόδοσή τους και να ελαχιστοποιούν τον κίνδυνό τους, ικανοποιώντας τον σκοπό κάθε ορθολογικού επενδυτή.

Εάν όλες οι συνθήκες της αγοράς ήταν τέλειες, δηλαδή να υπήρχε πλήρης βεβαιότητα, οπότε το επιτόκιο χορηγήσεων και καταθέσεων να ήταν το ίδιο, να μην υπήρχαν φόροι, το κόστος πληροφόρησης να ήταν μηδενικό, και οι πληροφορίες να ήταν διαθέσιμες σε όλους, τότε θα μιλούσαμε για Τέλεια Αγορά (Perfect Market). Το γεγονός όμως ότι η αγορά δεν είναι τόσο τέλεια, αποτελεί έναν λόγο για τον οποίο είναι απαραίτητη η μελέτη της Θεωρίας Χαρτοφυλακίου.

Για την επίτευξη του στόχου ενός ορθολογικού επενδυτή θα πρέπει να μειωθεί ο κίνδυνος του χαρτοφυλακίου χωρίς να μειωθεί η απόδοση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την διαφοροποίηση χαρτοφυλακίου, δηλαδή την επενδυτική στρατηγική κατά την οποία συγκεντρώνουμε μια ποικιλία χρεογράφων (ή περιουσιακών στοιχείων) στο χαρτοφυλάκιο, με διαφορετικές αποδόσεις, διαφορετικές συσχετίσεις μεταξύ των αποδόσεων τους και διαφορετικά επίπεδα κινδύνου, με αντικειμενικό στόχο να μειωθεί ο συνολικός κίνδυνος του χαρτοφυλακίου χωρίς να μειωθεί η απόδοση.

Συγκεκριμένα, στο πλαίσιο της θεωρίας επενδύσεων χαρτοφυλακίου οι επενδυτές τοποθετούν τον πλούτο τους σε πολλά διαφορετικά περιουσιακά στοιχεία με σκοπό τη μεγιστοποίηση της

απόδοσης και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου, ή την επίτευξη ενός συνδυασμού απόδοσης - κινδύνου κατάλληλου για της ανάγκες κάθε συγκεκριμένου επενδυτή.

2. 1 Markowitz Portfolio Theory

2. 1. 1 Εισαγωγή

Η θεωρία χαρτοφυλακίου βασίζεται στην εργασία του Harry Markowitz που αφορούσε στον καθορισμό του άριστου χαρτοφυλακίου. Με τον όρο διαχείριση χαρτοφυλακίου εννοούμε τις απαραίτητες ενέργειες που ο κάθε επενδυτής πρέπει να πραγματοποιήσει, για κάθε χαρτοφυλάκιο που δημιουργεί, έτσι ώστε να διασφαλιστεί το κεφάλαιο το οποίο έχει επενδυθεί. Ορίζεται ως η διαδικασία συνδυασμού διαφόρων χρεογράφων σε ένα χαρτοφυλάκιο, το οποίο δημιουργείται ανάλογα από τις ανάγκες του κάθε επενδυτή, η παρακολούθηση του χαρτοφυλακίου αυτού και η αποτίμηση της απόδοσης του.

Το μοντέλο Markowitz, παρά τις όποιες αδυναμίες του, αποτέλεσε τη βάση για τη λεγόμενη "Σύγχρονη Θεωρία Χαρτοφυλακίου". Μια δημοσίευση στην εφημερίδα " Journal of Finance" το 1952 τάραξε τα νερά στο χώρο της διαχείρισης χαρτοφυλακίου και δημιούργησε μια νέα εποχή και ένα νέο τρόπο σκέψης στην χρηματιστηριακή πρακτική. Ο H. Markowitz κατέληξε σε κάποια συμπεράσματα τα οποία αποτέλεσαν την ύλη του βιβλίου του που εκδόθηκε το 1959 και είχε τίτλο "Portfolio Selection".

Ο H. Markowitz παρουσίασε ένα υπόδειγμα (μοντέλο) κατασκευής αποτελεσματικών χαρτοφυλακίων. Βασική ιδέα του μοντέλου είναι η επιλογή ενός «άριστου» χαρτοφυλακίου που αποτελείται από μετοχές ή από άλλες επενδύσεις που εμπεριέχουν κίνδυνο, το οποίο προσφέρει στον επενδυτή την καλύτερη δυνατή σχέση κινδύνου – απόδοσης. Σύμφωνα με το Markowitz ο μέσος επενδυτής, προσπαθεί και να μεγιστοποιήσει την αναμενόμενη απόδοση και να ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο.

2. 1. 2 Μαθηματική θεμελίωση

Η προσδοκώμενη απόδοση ενός χαρτοφυλακίου (ή μιας επένδυσης γενικότερα) είναι η ποσοστιαία αύξηση της τιμής του στο χρόνο.

$$R_t = \frac{T_t}{T_{t-1}} - 1$$

Επομένως, ας θεωρήσουμε ένα χαρτοφυλάκιο με n στοιχεία κάθε ένα από τα οποία έχει μία απόδοση (επιστροφή) R_i . Επίσης κάθε στοιχείο έχει μία διακύμανση και μία μέση τιμή σ_i^2 και μ_i αντίστοιχα. Τέλος έστω x_i η σχετική ποσότητα (βάρος) της επένδυσης i στο χαρτοφυλάκιο, δηλαδή το ποσοστό του χαρτοφυλακίου που είναι επενδυμένο στο στοιχείο i .

Έχουμε λοιπόν τις εξής εξισώσεις:

Την συνολική διακύμανση του χαρτοφυλακίου:

$$\sigma^2 = \text{Var}[R] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{i,j} x_i x_j$$

Την συνολική μέση τιμή του χαρτοφυλακίου:

$$\mu = E[R] = \sum_{i=1}^n \mu_i x_i$$

Δύο εξισώσεις που δείχνουν ότι το άθροισμα των βαρών πρέπει να είναι 100% και ότι τα βάρη των επενδύσεων είναι θετικά:

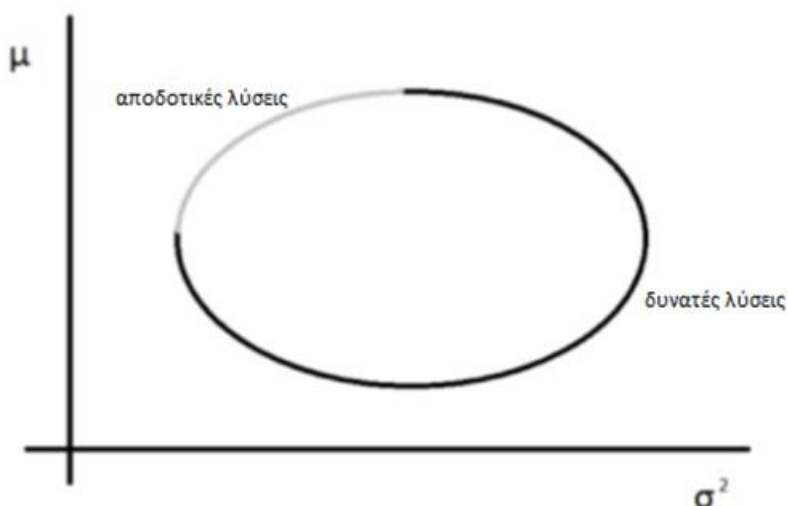
$$\sum_{i=1}^n x_i = 1$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Παρατηρούμε ότι τα βάρη των επενδύσεων του χαρτοφυλακίου του Markowitz πρέπει να είναι θετικά. Αυτό σημαίνει ότι δεν επιτρέπει να ποντάρεις ότι η αξία μιας μετοχής θα πέσει. Δεν επιτρέπει δηλαδή το short selling των μετοχών το οποίο αντιστοιχεί σε αρνητικό βάρος του στοιχείου του χαρτοφυλακίου. Συγκεκριμένα, αν ένας επενδυτής θεωρεί ότι η αξία μιας μετοχής μιας εταιρίας θα πέσει στο μέλλον, κάνει ένα συμβόλαιο με τον χρηματιστή του που έχει μετοχές στην εταιρία στο οποίο: ο χρηματιστής πουλάει την χρονική στιγμή έναρξης του συμβολαίου τις μετοχές αυτές και καταθέτει το ποσό στον επενδυτή. Από την άλλη μεριά ο επενδυτής δεσμεύεται ότι θα αγοράσει τις μετοχές μετά από κάποιο χρονικό διάστημα και θα τις επιστρέψει στον χρηματιστή. Έτσι αν η τιμή της μετοχής πέσει, όπως προέβλεψε, θα τις αγοράσει σε μικρότερη τιμή και θα έχει σαν κέρδος την διαφορά του αρχικού ποσού με την τελική τιμή αγοράς. Επειδή όλο αυτό το διάστημα ο επενδυτής έχει ουσιαστικά δανειστεί την μετοχή αυτό αντικατοπτρίζεται σαν αρνητικό βάρος στο χαρτοφυλάκιο.

Όσον αφορά τώρα το πρόβλημα του χαρτοφυλακίου μας, κατανοούμε ότι ανάλογα με το πως θα κατανήσουμε τα βάρη μας στα στοιχεία $1, 2, \dots, n$ θα λάβουμε διάφορους συνδυασμούς (σ^2, μ) . Ορίζουμε λοιπόν ένα σύνολο δυνατών λύσεων (attainable set) και ένα σύνολο αποδοτικών λύσεων (efficient set) για τα οποία το σ^2 (διακύμανση - ρίσκο) είναι ελάχιστο για δεδομένο μ (επιστροφή) και το μ είναι μέγιστο για δεδομένο παράγοντα ρίσκου σ^2 . Εφόσον

ένας επενδυτής θέλει μεγάλο κέρδος σε συνδυασμό με μικρό ρίσκο θα πρέπει να επιλέξει ένα συνδυασμό ο οποίος βρίσκεται στο αποδοτικό σύνολο. Μπορούμε να κατανοήσουμε στο επόμενο σχήμα καλύτερα ότι το σύνολο των λύσεων που προτιμά ένας επενδυτής είναι το πάνω αριστερά καθώς εκεί μεγιστοποιείται η επιστροφή και ελαχιστοποιείται το ρίσκο. Πέρα από αυτό το αποδοτικό σύνολο, πάνω δεξιά μεγιστοποιείται μεν η επιστροφή αλλά μεγιστοποιείται και το ρίσκο, κάτω δεξιά μεγιστοποιείται το ρίσκο και ελαχιστοποιείται η επιστροφή, ενώ κάτω αριστερά ελαχιστοποιούνται και τα δύο.



Εικόνα 1: Διάγραμμα δυνατών και αποδοτικών λύσεων (μ , σ^2)

Επομένως η επιλογή τώρα του επενδυτή μέσα από το αποδοτικό σύνολο εξαρτάται από το πόσο θέλει να αποφύγει το ρίσκο. Έχουμε λοιπόν το εξής πρόβλημα βελτιστοποίησης πλέον:

$$\begin{aligned} & \min(\sigma^2 - A\mu) \\ & \text{subject to: } \sum_{i=1}^n x_i = 1 \\ & x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

Στις παραπάνω εξισώσεις το A εκφράζει το κατά πόσο ο διαχειριστής του χαρτοφυλακίου θέλει να αποφύγει τον κίνδυνο. Συγκεκριμένα για $A=0$, έχουμε ένα πρόβλημα ελαχιστοποίησης στο οποίο η μόνη μας μεταβλητή είναι το ρίσκο. Άρα ο επενδυτής ενδιαφέρεται μόνο για την ελαχιστοποίηση του ρίσκου της επένδυσής του, δηλαδή ο μόνος του σκοπός είναι να αποφύγει τον κίνδυνο (risk averse). Ένας άλλος επενδυτής ο οποίος θα δεχόταν ρίσκο με σκοπό να αυξήσει τα κέρδη του από το χαρτοφυλάκιο θα είχε ένα μεγαλύτερο A . Υπογραμμίζουμε εδώ ότι πάνω στο αποδοτικό σύνολο (efficient frontier) δεν υπάρχουν σωστές και λάθος επιλογές, απλώς εκεί υπεισέρχεται η βούληση του επενδυτή για το κατά πόσο θα θέλει να αποφύγει τον κίνδυνο

Η μέθοδος του Markowitz παρότι θεμελιώθηκε το 1952, είναι πολύ σημαντική για την διαχείριση χαρτοφυλακίου και μάλιστα υπάρχουν εφαρμογές της που χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα.

2. 2 Θεωρία Χαρτοφυλακίου και Κλιματική Πολιτική

Η διαμόρφωση ενός προβλήματος δημιουργίας πολιτικής για το κλίμα συνήθως περιλαμβάνει τρία στάδια, σύμφωνα με τον Markowitz (1952). Την επιλογή του βέλτιστου χαρτοφυλακίου προϋποθέτει την πραγματοποίηση πιθανοτικών εκτιμήσεων για τη μελλοντική απόδοση των διαθέσιμων επιλογών, τον προσδιορισμό ενός αποτελεσματικού συνόλου χαρτοφυλακίων μέσω της ανάλυσης αυτών των εκτιμήσεων και τέλος την επιλογή ενός ενιαίου χαρτοφυλακίου που ταιριάζει καλύτερα στις προτιμήσεις του επενδυτή. Αν και η ανάλυση χαρτοφυλακίου αντιστοιχεί στη δεύτερη φάση αυτής της διαδικασίας, η διαμόρφωση ενός προβλήματος πολιτικής για το κλίμα στο εν λόγω πλαίσιο συνήθως συνεπάγεται πρόσθετες προσπάθειες και στα τρία στάδια που αναφέρθηκαν. Αυτός είναι πιθανότατα ένας από τους κύριους λόγους για τους οποίους, παρά το γεγονός ότι είναι εδώ και καιρό, η ανάλυση χαρτοφυλακίων εξακολουθεί να είναι, σε σχετικά μεγάλο βαθμό ανεπαρκώς αξιοποιημένη ως εργαλείο στήριξης της πολιτικής για το κλίμα. Παρ'όλα αυτά, βρέθηκαν 47 τεύχη βιβλιογραφίας για την αντιμετώπιση προβλημάτων του πεδίου της κλιματικής πολιτικής ή θέματα που συνδέονται στενά με την πολιτική μετριασμού του κλίματος ή την προσαρμογή.

Μπορεί οι επενδύσεις στον τομέα της ενέργειας να έχουν αποτελέσει αντικείμενο έρευνας πολύ πριν την κλιματική πολιτική, όμως παρουσιάζεται στη βιβλιογραφία επενδυτικά χαρτοφυλάκια για τη βελτιστοποίηση του συνδυασμού παραγωγής ενέργειας (π. χ. Bar-Lev και Kratz, 1976 ή Zhu and Fan, 2010) ή συνδυασμού ενέργειας (π. χ. Pugh et al., 2011) μιας χώρας ή μιας περιφέρειας. Μεταξύ αυτών των μελετών, πολλοί άλλοι επικεντρώθηκαν στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας (π. χ., Zon and Fuss, 2006, Siddiqui κ. ά., 2016 ή Cucchiella κ. ά., 2017) ενώ άλλοι αποσκοπούσαν στην προώθηση και περαιτέρω διάδοση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, (Albrecht, 2007 και Awerbuch, 2000), καθώς και αιολική ενέργεια (Adabi et al., 2016, Santos-Alamillos et al., 2017) και βιομάζα (Lintunen και Uusivuori, 2016). Επιπλέον, η εστίαση ορισμένων από αυτές τις μελέτες ανάλυσης χαρτοφυλακίων δεν περιοριζόταν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά συμπεριέλαβε την αξιολόγηση των επενδύσεων έρευνας και ανάπτυξης σε ενεργειακές τεχνολογίες (π. χ. Baker and Solak, 2011 and Lemoine et al., 2012) μέτρα σχετικά με τις εκπομπές (Aresano et al., 2012 and Flues et al., 2014), ή μέτρα και τεχνολογίες σε τομείς έντονα συνδεδεμένους με τον τομέα της ενέργειας, όπως η ενεργειακή απόδοση στα κτίρια (Westner and Madlener, 2010

και Shakouri et al. 2015) ή τα καύσιμα μεταφοράς (Marrero et al., 2015) και τις αντίστοιχες τεχνολογίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν δύο κύριες προσεγγίσεις για την ανάπτυξη χαρτοφυλακίων στις αναλύσεις που αφορούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας: χαρτοφυλάκια με βάση την χωρητικότητα και χαρτοφυλάκια με βάση την ενέργεια. Όπως παρατήρησε ο Jansen et al. (2008), ενώ το πρώτο μπορεί να φαίνεται πιο κοντά στην έννοια των περιουσιακών στοιχείων του χαρτοφυλακίου και συνεπώς διαισθητικά ελκυστικό, τα τελευταία είναι πιο ρεαλιστικά, δεδομένου ότι η εγκατεστημένη ισχύς τείνει να ποικίλλει μεταξύ των χαρτοφυλακίων που πρέπει να ικανοποιούν μια συγκεκριμένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Εκτός από τους Lemoine et al. (2016), οι οποίοι εξετάζουν διαφορετικές επιλογές έρευνας και ανάπτυξης και αντίστοιχα μέσα πολιτικής για ένα δυναμικό χαρτοφυλάκιο μείωσης, ο Luo και ο Wu (2016), οι οποίοι εξετάζουν την παγκόσμια αγορά εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και οι Romejko & Nakano (2017), οι οποίοι επικεντρώνονται στα εναλλακτικά καύσιμα τα μοναδικά πεδία εφαρμογής που έχουν μελετηθεί χωρίς να εξεταστεί ο τομέας της ενέργειας είναι η περιβαλλοντική διαχείριση και ο τομέας της γεωργίας και της δασοκομίας σε διάφορες εφαρμογές. Συγκεκριμένα, οι Crowe και Parker (2008) χρησιμοποιούν ανάλυση χαρτοφυλακίων για να επιλέξουν ένα βέλτιστο σύνολο πηγών σπόρων προς αναγέννηση των δασών λευκής ερυθρελάτης με τρόπο ανθεκτικό στο κλίμα. Οι Mitter et al. (2015) προσπαθούν να ποσοτικοποιήσουν τις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στην ευάλωτη γεωργική κατάσταση και να αναπτύξουν αξιόπιστα χαρτοφυλάκια φυτικής παραγωγής αναλύοντας την επίδραση των πολιτικών προσαρμογής στη γεωργία. Οι Seo και Mendelsohn (2007) εξετάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι αγρότες επιλέγουν το ζωικό τους κεφάλαιο βάσει διαφορετικών τοποθεσιών στην Αφρική. Ενώ οι Lintunen και Uusivuori (2016) αναζητούν το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο μέτρων μετριασμού που ρυθμίζει τις ροές άνθρακα των δασών, εξετάζοντας ταυτόχρονα την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι όλες οι εφαρμογές ανάλυσης χαρτοφυλακίων περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος επικεντρώθηκαν στο νερό (Marinon et al., 2011, και Buurman & Babovic, 2016) και στους υπόγειους υδάτινους πόρους (Hua et al., 2015)

Ανεξάρτητα από τον τομέα εφαρμογής τους, οι μελέτες αναφέρονται ρητά στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής ή στην προσαρμογή σε αυτή ως μέρος του πεδίου μελέτης, χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση χρησιμότητας που σχετίζεται με τις εκπομπές ή αξιολογώντας τα μέσα, τα μέτρα ή τις επενδύσεις στην πολιτική για το κλίμα. Ενώ οι υπόλοιποι εμπλέκονται εμμέσως με την πολιτική για το κλίμα, μέσω περιορισμών που σχετίζονται με το περιβάλλον και το κλίμα, μόνο οι Pugh et al. (2011) υιοθέτησε μια διατομεακή προσέγγιση αναζητώντας ένα βέλτιστο χαρτοφυλάκιο επενδύσεων στους τομείς των μεταφορών, των

κτιρίων, της βιομηχανίας και της ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της πυρηνικής ενέργειας και της δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα.

Παρουσιάζεται παρακάτω μία επισκόπηση των μελετών σχετικά με την κλιματική πολιτική στη βιβλιογραφία ανάλυσης χαρτοφυλακίων, μαζί με τον τομέα εφαρμογής τους και μια ένδειξη ρητής αναφοράς είτε μείωσης είτε προσαρμογής.

Πίνακας 1: Απεικόνιση των ερευνών σχετικά με την κλιματική πολιτική στην βιβλιογραφία ανάλυσης χαρτοφυλακίου

Συνεισφέροντες	Τομέας								Ένδειξη Κλιματικής Πολιτικής
	Αναβάθμιση Κτιρίων	Ηλεκτρική Ενέργεια Σχεδιασμός	Εκπομπές	Ενέργεια R&D	Καθαρή Βιομηχανία	Γεωργία & Δασοκομεία	Πράσινη Μεταφορά	Σχεδιασμός Νερού	
(Adabi et al., 2016)		✓							
(Albrecht, 2007)		✓							
(Allan et al., 2011)		✓							
(Arnesano et al., 2012)		✓	✓						
(Awerbuch & Berger, 2003)		✓							
(Awerbuch et al., 2006)		✓							
(Awerbuch, 2000)		✓							
(Awerbuch, 2006)		✓							
(Baker & Solak, 2011)		✓		✓					Μείωση
(Bar-Lev & Kratz, 1976)		✓							
(Barron et al., 2014)		✓		✓					Μείωση
(Bhattacharya & Kojima, 2012)		✓							
(Buurman & Babovic, 2016)								✓	Υιοθέτηση
(Chalvatzis & Rubel, 2015)		✓							
(Crowe & Parker, 2008)							✓		Υιοθέτηση
(Cucchiella et al., 2017)		✓							
(Delarue et al., 2011)		✓							
(Flues et al., 2014)		✓	✓						Μείωση
(Fuss et al., 2012)		✓							Μείωση
(Hua et al., 2015)								✓	Υιοθέτηση
(Jansen et al., 2008)		✓							
(Laurikka & Springer, 2003)	✓	✓	✓	✓					Μείωση
(Lemoine et al., 2012)				✓					Μείωση
(Lintunen & Uusivuori, 2016)		✓					✓		Μείωση
(Liu & Wu, 2007)		✓							
(Luo & Wu, 2016)			✓						Μείωση

(Marinon et al., 2011)						✓	Υιοθέτηση
(Marrero et al., 2015)		✓				✓	
(McLohglin & Bazilian, 2006)		✓					
(Mitter et al., 2015)					✓		Υιοθέτηση
(Nazari et al., 2015)		✓					Υιοθέτηση
(Pugh et al., 2011)	✓	✓		✓	✓	✓	Μείωση
(Romejko & Nakano, 2017)						✓	Μείωση
(Roques et al., 2008)		✓					
(Santos-Alamillos et al., 2017)		✓					
(Seo & Mendelsohn, 2007)						✓	Υιοθέτηση
(Shakouri et al., 2015)	✓	✓					
(Siddiqui et al., 2016)		✓					
(Springer, 2003)		✓					
(van Asseldonk & Langeveld, 2007)						✓	Μείωση Υιοθέτηση
(Westner & Madlener, 2010)	✓	✓					
(White, 2007)		✓					
(Zhu & Fan, 2010)		✓					
(Ziegler et al., 2012)		✓					
(Zon & Fuss, 2006)		✓					Μείωση
Huang & Wu, 2008)		✓					
Muñoz et al., 2009)		✓					

2. 3 Ανάλυση Αβεβαιότητας - Monte Carlo

Μέθοδοι Monte Carlo εφαρμόζονται σε πολλούς επιστημονικούς φορείς. Από την οικονομία έως την πυρηνική φυσική, την χημεία ακόμα και την ρύθμιση της κυκλοφορίας.

Η Monte Carlo προσομοίωση είναι μια ευέλικτη μέθοδος για την ανάλυση της συμπεριφοράς ορισμένων δραστηριοτήτων, προγραμμάτων ή διαδικασιών που αφορούν την αβεβαιότητα. Η μέθοδος αυτή εφευρέθηκε από επιστήμονες το 1944 περίπου, και ονομάστηκε έτσι από την πόλη του Μονακό, εξαιτίας μιας ρουλέτας, μια απλής γεννήτριας τυχαίων αριθμών. Η μέθοδος Monte Carlo είναι μια κατηγορία υπολογιστικών αλγορίθμων που στηρίζονται σε επαναλαμβανόμενες τυχαίες δειγματοληψίες για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων τους. Monte Carlo μέθοδοι χρησιμοποιούνται συχνά κατά την προσομοίωση φυσικής και μαθηματικών συστημάτων. Λόγω της εξάρτησης από τον επαναλαμβανόμενο υπολογισμό

τυχαίων αριθμών, οι Monte Carlo μέθοδοι είναι οι πλέον κατάλληλες για τον υπολογισμό από ένα υπολογιστή. Οι Monte Carlo μέθοδοι τείνουν να χρησιμοποιούνται όταν είναι εφικτό ή αδύνατο να υπολογιστεί το ακριβές αποτέλεσμα με ντετερμινιστικό αλγόριθμο.

Στην ουσία με την χρήση στοχαστικών αλγορίθμων θέλουμε να αναπαραστήσουμε ένα στοχαστικό φαινόμενο στον υπολογιστή όσο πολύπλοκο και αν είναι κάνοντας τον μικρότερο δυνατό αριθμό απλουστεύσεων, δημιουργώντας έτσι ρεαλιστικά μοντέλα. Εάν καταφέρουμε να δημιουργήσουμε ένα υπολογιστικό μοντέλο που είναι πολύ κοντά στο αντίστοιχο φυσικό σύστημα, δεν χρειάζεται να περιμένουμε το φαινόμενο να πραγματοποιηθεί με φυσικό τρόπο είτε γιατί χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα για την επανάληψη του, είτε λόγω κόστους δεν μπορούμε να έχουμε μεγάλο αριθμό από πραγματικές εργαστηριακές πραγματοποιήσεις. Για παράδειγμα έστω ότι σε κάθε ανεξάρτητη πραγματοποίηση X_j , $j=1, 2, \dots, n$ του υπολογιστικού μοντέλου ενδιαφερόμαστε για την πραγματοποίηση ενδεχομένου A . Τότε ο νόμος των μεγάλων αριθμών μας εξασφαλίζει ότι

$$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 1(X_j \in A) \rightarrow \mathbb{E}[1(X \in A)] = P\{X \in A\}, \quad n \rightarrow \infty$$

Παρατηρώντας λοιπόν χιλιάδες είτε ακόμα και εκατομμύρια πραγματοποιήσεις της στοχαστικής προσομοίωσης μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για το πραγματικό σύστημα. Στο πρόβλημά μας η αβεβαιότητα στις παραμέτρους είναι στοχαστικής φύσεως δηλαδή ποσοτικοποιείται με την μορφή κατανομών πιθανότητας. Χρησιμοποιείται συνδυασμός Πολυκριτηριακής Βελτιστοποίησης και Monte Carlo simulation. Η διαδικασία είναι η εξής: Αρχικά, ορίζεται ο τύπος και οι παράμετροι των συναρτήσεων κατανομής πιθανότητας που εκφράζουν τις αβέβαιες παραμέτρους, όπου εδώ είναι οι συντελεστές των αντικειμενικών συναρτήσεων. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας την τεχνική Monte Carlo, γίνεται δειγματοληψία για τους συντελεστές των αντικειμενικών συναρτήσεων και παράγεται το Pareto front με την μέθοδο Augmecon 2 (περιγράφεται παρακάτω).

2. 4 AUGMECON-2

Η μέθοδος AUGMECON2 είναι μια βελτιωμένη έκδοση της augmented ϵ -constraint (AUGMECON) η οποία είναι μία τεχνική πολυκριτήριας βελτιστοποίησης και εφαρμόζεται κυρίως σε προβλήματα με μεικτές - ακέραιες μεταβλητές. Παρέχει τη δυνατότητα αναλυτικής αντιμετώπισης προβλημάτων πολλαπλών αντικειμενικών συναρτήσεων, ενώ ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται οδηγεί σε γρήγορο εντοπισμό της βέλτιστης λύσης.

Στη γενική περίπτωση όπου έχουμε n στον αριθμό αντικειμενικές συναρτήσεις, βελτιστοποιείται μία από αυτές και οι υπόλοιπες μετατρέπονται σε περιορισμούς. Η διεύθυνση των ανισοτικών περιορισμών εξαρτάται από το αν η αντίστοιχη αντικειμενική συνάρτηση είχε ως στόχο τη μεγιστοποίηση ή την ελαχιστοποίηση. Πιο συγκεκριμένα, για να μπορέσει να εφαρμοσθεί η μέθοδος των περιορισμών θα πρέπει να γνωρίζουμε το εύρος της κάθε αντικειμενικής συνάρτησης, τουλάχιστον για τις $p-1$ αντικειμενικές συναρτήσεις οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν ως περιορισμοί. Ο υπολογισμός του εύρους των αντικειμενικών συναρτήσεων στο σύνολο του εφικτού πεδίου τιμών δεν είναι κάτι τετριμμένο. Ενώ η καλύτερη τιμή είναι εύκολο να βρεθεί μέσα από ατομική βελτιστοποίηση η χειρότερη τιμή δεν είναι. Η πιο κοινή προσέγγιση είναι να υπολογισθούν τα εύρη από τον πίνακα πληρωμών (ο πίνακας με τα αποτελέσματα από την ανεξάρτητη βελτιστοποίηση των p αντικειμενικών συναρτήσεων). Η χειρότερη τιμή συνήθως προσεγγίζεται από το ελάχιστο της αντίστοιχης στήλης. Παρόλα αυτά, ακόμα και σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να ήμαστε σίγουροι ότι οι λύσεις της ανεξάρτητης βελτιστοποίησης είναι όντως κατά Pareto βέλτιστες (ή ικανές) λύσεις. Παρουσία εναλλακτικών βέλτιστων η λύση που παράγεται από ένα εμπορικό λογισμικό δεν είναι εγγυημένα μια κατά Pareto βέλτιστη λύση. Για να ξεπεράσουμε αυτή την ασάφεια, προτείνεται η λεξικογραφική βελτιστοποίηση για κάθε αντικειμενική συνάρτηση έτσι ώστε να κατασκευαστεί ο πίνακας πληρωμών με μόνο κατά Pareto βέλτιστες λύσεις. Μια εναλλακτική απλή διαδικασία για να ξεπεραστεί η δυσκολία υπολογισμού των χειρίστων λύσεων των αντικειμενικών συναρτήσεων είναι να καθοριστούν κατώτατα όρια για τις αντικειμενικές συναρτήσεις (κατώτατα σε προβλήματα μεγιστοποίησης και ανώτατα σε επίπεδα ελαχιστοποίησης). Τα κατώτατα όρια παίζουν το ρόλο φραγμών στη βελτιστοποίηση. Λύσεις χειρότερες των ακραίων δεν είναι επιτρεπόμενες.

Αφού λοιπόν έχουν οριστεί τα όρια των συναρτήσεων, που έχουν μπει ως περιορισμοί πλέον στο πρόβλημά μας, ξεκινάμε να παίρνουμε σημεία. Η λύση του προβλήματος θα είναι κατά Pareto βέλτιστη μόνο όταν οι $p-1$ αντικειμενικές συναρτήσεις που είναι περιορισμοί ικανοποιούνται ως ισότητες. Διαφορετικά, εάν υπάρχουν εναλλακτικά βέλτιστα η αποκτηθείσα λύση για το πρόβλημα δεν είναι Pareto βέλτιστη αλλά μια ασθενώς Pareto βέλτιστη λύση (weakly efficient solution). Με σκοπό να ξεπεραστεί αυτή η ασάφεια προτείνεται η μετατροπή των περιοριστικών αντικειμενικών συναρτήσεων σε ισότητες ενσωματώνοντας την κατάλληλη μεταβλητή απόκλισης. Ταυτόχρονα, αυτές οι μεταβλητές χρησιμοποιούνται σαν δεύτερος όρος (με χαμηλότερη προτεραιότητα) στην αντικειμενική συνάρτηση, αναγκάζοντας το πρόγραμμα να παράγει μόνο ικανές λύσεις. Το νέο πρόβλημα γίνεται:

$$\max ((x) + \text{eps} (s_2/r_2 + 0.1 s_3/r_3 + 0.01 s_4/r_4 \dots + 10^{-(p-2)} s_p))$$

$$f_2(x) - s_2 = e_2$$

$$f_3(x) - s_3 = e_3$$

...

$$f_p(x) - s_p = e_p$$

$$x \in S \text{ και } s_i \in R^+$$

Όπου f οι αντικειμενικές μας συναρτήσεις, e τα κάτω όρια τους, s η τιμή που προστίθεται κάθε φορά και p ο αριθμός των αντικειμενικών συναρτήσεων. Αυτά που έχουν προστεθεί στην μεγιστοποίηση της συναρτησής μας είναι ένα είδους λεξικογραφικής μεθόδου. Χάρης αυτής ο λύτης δίνει μια σειρά προτεραιότητας (εξού και τα βάρη σε κάθε όρο) από την 1 στην p συνάρτηση.

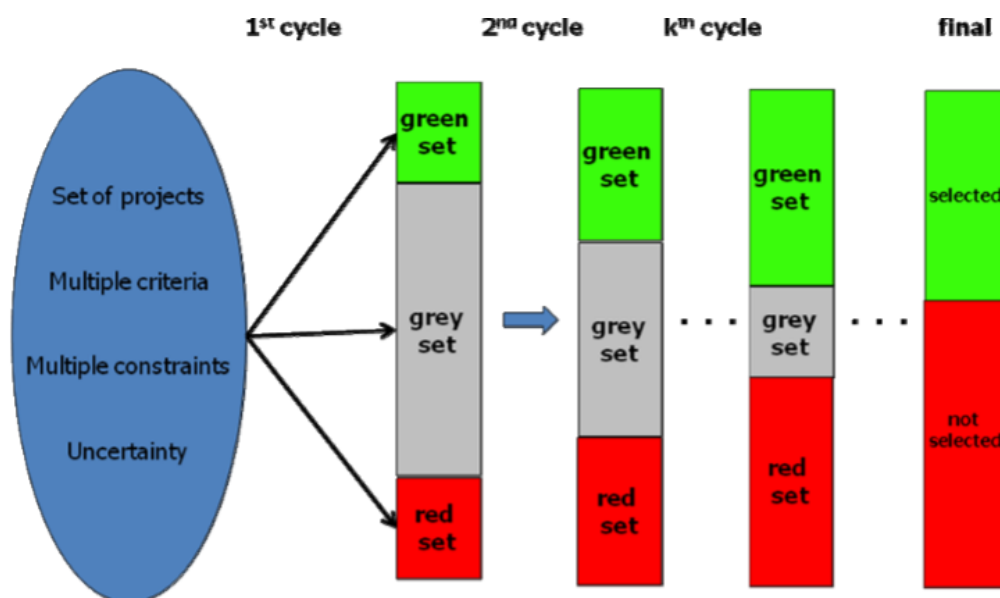
Στο συγκεκριμένο πρόβλημα βελτιστοποιείται μία από τις δύο αντικειμενικές συναρτήσεις, ενώ η άλλη μετατρέπεται σε περιορισμό. Πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι οποιαδήποτε από τις δύο αντικειμενικές συναρτήσεις και αν επιλεγεί για να μετατραπεί σε περιορισμό, η βέλτιστη λύση που θα προκύψει είναι η ίδια.

2.5 Iterative Trichotomic Approach

Για το πρόβλημα της επιλογής χαρτοφυλακίου έργων (project portfolio selection), στο οποίο επικεντρώνεται η παρούσα εργασία, μπορούμε να ορίσουμε την ευστάθεια με τον εξής τρόπο. Να εκτιμήσουμε όχι μόνο την ευστάθεια του τελικού χαρτοφυλακίου αλλά και τον βαθμό εμπιστοσύνης της συμμετοχής κάθε έργου σε αυτό. Η διαδικασία ονομάζεται Iterative Trichotomic Approach (Mavrotas & Pechak, 2013) και ουσιαστικά χωρίζει τα έργα σε “Green”, “Red”, “Grey”. Τα green projects είναι αυτά που σίγουρα συμμετέχουν στο τελικό portfolio, τα red projects αυτά που σίγουρα δεν συμμετέχουν και τα grey projects αυτά που χρειάζονται περαιτέρω εξέταση. Βασικός σκοπός της μεθόδου ΙΤΑ είναι, ακολουθώντας μια επαναληπτική διαδικασία, να καταταχτούν όλα τα έργα ως “Green” ή “Red”.

Η μεθοδολογία ΙΤΑ (Iterative Trichotomic Approach) χρησιμοποιείται στον τομέα της βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίων με δυαδικές μεταβλητές, όπου η αβεβαιότητα αντιμετωπίζεται με προσομοιώσεις Monte Carlo. Έχει εφαρμοστεί σε μονοκριτηριακά προβλήματα, όπου η κάθε επανάληψη Monte Carlo παράγει ένα διαφορετικό βέλτιστο χαρτοφυλάκιο. Παρατηρώντας το σύνολο των παραγόμενων χαρτοφυλακίων, σημειώνουμε τα projects που εμφανίζονται σε όλες τις επαναλήψεις στο βέλτιστο χαρτοφυλάκιο και τα projects που δεν εμφανίζονται ποτέ. Τα πρώτα τα ονομάζονται «πράσινα» (green) και τα δεύτερα «κόκκινα» (red). Αντίθετα, τα projects που εμφανίζονται σε ένα αριθμό επαναλήψεων, αλλά όχι σε όλες, ονομάζονται «γκρι» (grey).

Στη συνέχεια, προσαρμόζεται η παραπάνω μεθοδολογία στο συγκεκριμένο πρόβλημα, λαμβάνοντας υπόψη ότι πλέον έχουμε δύο αντικειμενικές συναρτήσεις, και άρα ένα σύνολο βέλτιστων χαρτοφυλακίων που αναπαρίσταται με το Pareto front. Συνεπώς, όσον αφορά τη μέθοδο ITA, τη θέση των projects λαμβάνουν τα χαρτοφυλάκια και τη θέση των χαρτοφυλακίων τα Pareto fronts. Ύστερα, τα χαρτοφυλάκια χωρίζονται σε «πράσινα», «κόκκινα» και «γκρι», ανάλογα με τη συχνότητα εμφάνισής τους στα παραγόμενα Pareto fronts. Αυτά είναι 100 στον αριθμό, εφόσον αποφασίσαμε να διεξάγουμε 100 επαναλήψεις Monte Carlo. Μπορεί επίσης να τεθεί ένα κατώφλι, σύμφωνα με το οποίο ένα χαρτοφυλάκιο θα θεωρείται «πράσινο» και «κόκκινο» αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατόν να θεωρηθεί ένα χαρτοφυλάκιο «πράσινο», εάν αυτό εμφανίζεται σε πάνω από ένα ποσοστό των Pareto fronts, πχ 97%, ενώ αντίστοιχα «κόκκινο» εάν εμφανίζεται σε κάτω από το $100 - 97 = 3$ %. Λόγω του ενδιαφέροντος που παρουσιάζει η διαχείριση των «γκρι» χαρτοφυλακίων, υλοποιείται η εξής τεχνική: Το πρόβλημα βελτιστοποίησης λύνεται 6 φορές, μεταβάλλοντας κάθε φορά τη διακύμανση των μεταβλητών εισόδου κατά 1%, ξεκινώντας από $\sigma=5\%$ της μέσης τιμής και καταλήγοντας σε $\sigma=0\%$. Η περίπτωση $\sigma=0\%$ αναπαριστά φυσικά την περίπτωση απουσίας αβεβαιότητας, όπου τα χαρτοφυλάκια κατηγοριοποιούνται αναγκαστικά είτε ως «πράσινα» είτε ως «κόκκινα». Με την παραπάνω τεχνική, το σύνολο των «γκρι» χαρτοφυλακίων εξαλείφεται σταδιακά, έχοντας παράλληλα πληροφόρηση σχετικά με το βήμα στο οποίο ένα χαρτοφυλάκιο από «γκρι» γίνεται «πράσινο» ή «κόκκινο» αντίστοιχα.



Εικόνα 2: Γράφημα επαναληπτικού αλγορίθμου τριχοτομικής μεθόδου

Επομένως, η μέθοδος ITA αποτελεί μία αποτελεσματική μεθοδολογία ανάλυσης ευαισθησίας του Pareto front και συνεπώς υποστήριξης αποφάσεων επιλογής χαρτοφυλακίων υπό συνθήκες αβεβαιότητας. Εφόσον σχεδιαστεί η γραφική παράσταση που απεικονίζει το ποσοστό των

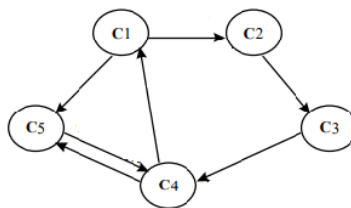
«πράσινων» χαρτοφυλακίων σε συνάρτηση με το εκάστοτε βήμα μεταβολής της τυπικής απόκλισης και μέσω του υπολογισμού του εμβαδού της γραφικής παράστασης, θα προκύψει ένα μέτρο της ευστάθειας του Pareto front.

3 Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες

3.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

3.1.1 Ορισμός ασαφών γνωστικών χαρτών και εννοιών

Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες (fuzzy cognitive maps - FCM) είναι μια μοντελοποίηση που έχει τις ρίζες της στη γνωστική χαρτογράφηση, μια καθαρά ποιοτική τεχνική μοντελοποίησης που στοχεύει να συλλάβει τις αξίες, τις πεποιθήσεις και τις υποθέσεις των ανθρώπων σε σχέση με ένα συγκεκριμένο θέμα, πρόβλημα ή τομέα σε διαγραμματική μορφή (Eden & Ackermann, 1998). Ένας γνωστικός χάρτης μπορεί να οριστεί ως η γραφική αναπαράσταση ενός συστήματος, όπου κάθε κόμβος αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη ιδέα μέσα στο σύστημα και κάθε τόξο αντιπροσωπεύει τις αντιληπτές διασυνδέσεις μεταξύ αυτών των εννοιών (Nikas & Doukas, 2016). Οι γνωστικοί χάρτες λειτουργούν ως μεταβατικό αντικείμενο που εφαρμόζεται από εμπειρογνώμονες για να εκφράσουν και να κατανοήσουν τις γνώσεις τους σε σχέση με τη δομή ενός συγκεκριμένου τομέα προβλημάτων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν, μεταξύ άλλων, για να διερευνήσουν και να αξιολογήσουν την επιρροή, την αιτιότητα και τη δυναμική του συστήματος (Huff, 1990). Η έννοια της ασάφειας στους γνωστικούς χάρτες παρουσιάστηκε από τον Kosko (1984) ο οποίος πρότεινε τους ασαφείς γνωστικούς χάρτες σε τομείς γνώσεων που εμπεριέχουν μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας. Κάθε γνωστικός χάρτης παρουσιάζει ένα μοναδικό πίνακα συγγένειας $A = [a_{ij}]$ που παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη δομή του, δηλαδή πώς οι έννοιες συνδέονται μεταξύ τους. Η μήτρα συγγένειας είναι μια τετραγωνική μήτρα που περιλαμβάνει όλες τις έννοιες που παραθέτονται στην οριζόντια και στην κάθετη διάσταση, όταν υπάρχει σύνδεση μεταξύ δύο εννοιών τότε $a_{ij} = 1$, αλλιώς $a_{ij} = 0$. Όταν λοιπόν $a_{ij} = 1$ τότε η έννοια (concept) c_i θεωρείται αιτία της έννοιας c_j και η έννοια c_j θεωρείται αποτέλεσμα της έννοιας c_i .

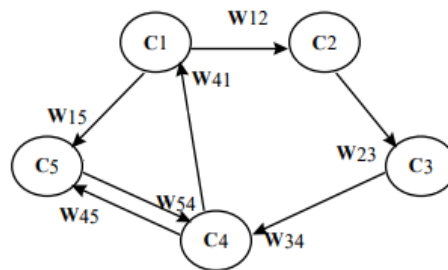


Εικόνα 3: Παράδειγμα γνωστικού χάρτη

Πίνακας 2: Παράδειγμα πίνακα συγγένειας γνωστικού χάρτη

	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁
C ₁	0	1	0	0	1
C ₂	0	0	1	0	0
C ₃	0	0	0	1	0
C ₄	1	0	0	0	1
C ₅	0	0	0	1	0

Η κύρια διαφορά μεταξύ των FCM και των γνωστικών χαρτών έγκειται στο γεγονός ότι οι συσχετίσεις όχι μόνο καθορίζονται αλλά ποσοτικοποιούνται κιόλας. Ως αποτέλεσμα, ένας ασαφής γνωστικός χάρτης δεν έχει μόνο μια μοναδική μήτρα συγγένειας, αλλά μια μήτρα βάρους $W = [w_{ij}]$ επίσης. Οι καταχωρήσεις σε μια μήτρα βάρους FCM δεν είναι δυαδικής μορφής (είτε 0 ή 1), αλλά μπορεί να έχουν οποιαδήποτε αριθμητική τιμή εντός του διαστήματος $[-1,1]$. Εάν υπάρχει σχέση από την έννοια c_i προς την έννοια c_j , τότε $w_{ij} \in (0,1)$ εάν μια θετική αλλαγή στην αρχή c_i οδηγεί σε αύξηση της έννοιας c_j , ή $w_{ij} \in [-1,0]$ εάν η θετική αλλαγή στην έννοια c_i οδηγεί σε μείωση της έννοιας c_j . Διαφορετικά, εάν δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ των δύο εννοιών τότε $w_{ij} = 0$.



Εικόνα 4: Παράδειγμα Ασαφή γνωστικού χάρτη

Ένας ασαφής γνωστικός χάρτης, περιλαμβάνει έννοιες που μπορεί να είναι τριών τύπων: πομποί, δέκτες και συνήθεις έννοιες. Ένας πομπός είναι μια έννοια που μπορεί να γίνει αντιληπτή μόνο ως αιτία σε άλλα στοιχεία του εξεταζόμενου συστήματος. Ένας δέκτης είναι μια έννοια που μπορεί να αντιληφθεί μόνο ως αποτέλεσμα άλλων στοιχείων. Οι συνηθισμένες έννοιες είναι εκείνα τα στοιχεία που έχουν και μια τουλάχιστον αιτία και τουλάχιστον μία σχέση επίδρασης. Αυτοί οι τρεις τύποι μπορούν επίσης να προσδιοριστούν από τον αριθμό των μονοπατιών που οδηγούν σε αυτόν τον συγκεκριμένο κόμβο και από τον αριθμό των μονοπατιών που ξεκινούν από αυτόν τον κόμβο και καταλήγουν σε άλλους ή αλλιώς βαθμός εισόδου (indegree) και βαθμός εξόδου (outdegree) αντίστοιχα. Ως αποτέλεσμα, όταν ο βαθμός

εξόδου είναι θετικός και ο βαθμός εισόδου είναι μηδενικός, τότε η μεταβλητή είναι πομπός. Όταν ο βαθμός εξόδου είναι μηδενικός και ο βαθμός εισόδου είναι θετικός, τότε η μεταβλητή είναι δέκτης. Αν και οι δύο βαθμοί είναι θετικοί, τότε η μεταβλητή είναι συνήθης. Ένας μεγάλος αριθμός δεκτών δείχνει τα αποτελέσματα και τις επιπτώσεις των γνωστικών χαρτών. Ενώ, ένας μεγάλος αριθμός πομπών δείχνει ένα τυπικό - ιεραρχικό σύστημα. Σημαντική είναι και η έννοια της πολυπλοκότητας (complexity) ενός γνωστικού χάρτη που ορίζεται ως η αναλογία του αριθμού των δεκτών προς τον αριθμό των πομπών. Μεγαλύτερες αναλογίες υποδεικνύουν πιο περίπλοκους χάρτες.

Σε έναν ασαφή γνωστικό χάρτη παρουσιάζονται έννοιες και απόψεις που αντιπροσωπεύουν παράγοντες, γεγονότα, στόχους, καταστάσεις, μεταβλητές και συμπληρώνουν ένα σύστημα. Μετά από ένα ασαφές γνωστικό χάρτη, με τη χρήση τεχνικών από νευρικά δίκτυα, η αιτιώδης σύνδεση των εννοιών του χάρτη μπορεί να ανιχνευθεί αναλυτικά μέσω μιας διαδικασίας προσομοίωσης. Χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση οδηγού προσομοίωσης, η αξία μιας έννοιας κατά τη διάρκεια κάθε επανάληψης εξαρτάται από την εκτίμηση της αρχικής της τιμής καθώς και των τιμών των εννοιών που αποτελούν αιτία της, υπολογισμένα με τα βάρη της κάθε σύνδεσης (συναρτήσεις ενεργοποίησης). Στο τέλος κάθε επανάληψης, οι νέες τιμές κανονικοποιούνται εντός ενός διαστήματος (συνήθως $[0,1]$ ή $[-1,1]$) χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση κατωφλίου ή συνάρτηση μεταφοράς. Οι προσομοιώσεις μπορεί να συγκλίνουν σε ένα σταθερό σημείο, έναν οριακό κύκλο όπου οι τιμές των ιδεών εμπίπτουν σε ένα βρόχο αριθμητικών τιμών, ή στον ασαφή κύβο, όπου οι τιμές της έννοιας φτάνουν τυχαία σε διαφορετικές τιμές. Το αποτέλεσμα στο οποίο θα συγκλίνει το προσομοιωμένο σύστημα εξαρτάται από το αρχικό διάνυσμα κατάστασης, δεδομένης μιας σταθερής δομής μοντέλου. Αυτή η ανάλυση επιτρέπει στο μοντέλο να διερευνήσει σενάρια εάν πραγματοποιηθεί προσομοιώσεις του FCM για διάφορους αρχικούς φορείς κατάστασης, δηλαδή για διαφορετικά σύνολα ενεργοποιημένων πολιτικών ή διαφορετικά επίπεδα ενεργοποίησης συγκεκριμένων πολιτικών. Οι συγκρίσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη στήριξη της λήψης αποφάσεων ή τη δημιουργία σεναρίων.

3. 1. 2 Συναρτήσεις ενεργοποίησης

Με την συνάρτηση ενεργοποίησης όπως προαναφέρθηκε, υπολογίζεται σε κάθε επανάληψη, η αξία κάθε έννοιας η οποία εξαρτάται από την εκτίμηση της αρχικής της τιμής καθώς και των τιμών των εννοιών που αποτελούν αιτία της, υπολογισμένα με τα βάρη της κάθε σύνδεσης. Μια συνάρτηση ενεργοποίησης προσομοίωσης που είχε προταθεί από τον Kosko (1996) είναι η εξής:

$$A_j^{(t)} = f\left(\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n A_i^{(t-1)} w_{ij} + A_j^{(t-1)}\right)$$

όπου $A_j(t)$ είναι η τιμή της έννοιας C_j στο τέλος της επανάληψης, $A_j(t-1)$ είναι η τιμή της έννοιας C_j στην αρχή της επανάληψης, w_{ij} είναι το βάρος της σχέσης μεταξύ των C_i και C_j και f είναι μία συνάρτηση κατωφλίου, η οποία χρησιμοποιείται, όπως αναφέραμε, για να κανονικοποιήσει τις τιμές σε κάθε βήμα. Η συνάρτηση του Kosko υποθέτει ότι ο πίνακας βάρους περιλαμβάνει αυτοσυσχέτιση θέτοντας τιμή μονάδα στην κύρια διαγώνιο του πίνακα. Η νέα τιμή της έννοιας ισούται απαραίτητα με την προηγούμενη τιμή συν (ή πλην) τη συνεισφορά των άλλων εννοιών που συνδέονται με αυτή.

Μπορούμε να πάρουμε μια άλλη μορφή της προηγούμενης συνάρτησης στην οποία η αυτοσυσχέτιση εννοείται μέσα στον πρώτο όρο καθώς αν $i=j$ τότε το βάρος είναι μηδέν και η τιμή εξαρτάται μόνο από τη συνεισφορά των άλλων εννοιών και όχι από την τιμή που είχε πριν από τη συγκεκριμένη επανάληψη:

$$A_j^{(t)} = f\left(\sum_{i=1}^n A_i^{(t-1)} w_{ij}\right)$$

Συναρτήσεις αυτής της μορφής που υποθέτουν μηδενική αυτοσυσχέτιση έχουν χρησιμοποιηθεί στη βιβλιογραφία (π. χ. Mourhir et al., 2016). Αν το βάρος είναι μονάδα, τότε έχουμε ξανά την πρώτη συνάρτηση. Τέλος, αν το βάρος είναι ένας αριθμός μεταξύ 0 και 1, τότε έχουμε σχετική αυτοσυσχέτιση επειδή η συνεισφορά της τιμής πριν την επανάληψη είναι μικρότερη της μονάδας (π. χ. Hobbs et al., 2002; Sacchelli, 2014; Zhao et al., 2014).

Για τις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει καμία πληροφορία σχετικά με ορισμένες έννοιες - καταστάσεις ή οι εμπειρογνώμονες/ενδιαφερόμενοι δεν μπορούν να περιγράψουν επαρκώς την αρχική κατάσταση μιας μεταβλητής έχει χρησιμοποιηθεί μια άλλη συνάρτηση η οποία έχει την μορφή:

$$A_j^{(t)} = f\left(\sum_{i=1}^n (2A_i^{(t-1)} - 1)w_{ij} + 2A_j^{(t-1)} - 1\right)$$

Ένας τροποποιημένος αλγόριθμος εφαρμόζεται ώστε ξεπεραστούν οι περιορισμοί που παρουσιάζει η σιγμοειδής συνάρτηση κατωφλίου, η οποία θα αναλυθεί παρακάτω, όταν οι αρχικές αξίες είναι 0 ή 0.5 ή η αρχική κατάσταση δεν μπορεί να περιγραφεί επαρκώς.

Για την μοντελοποίηση πολιτικών δράσεων για το κλίμα των Nikas και Doukas (2016) πρότεινε μια διαφορετική συνάρτηση ενεργοποίησης προσομοίωσης. Εδώ ενσωματώνεται η έννοια της χρονοκαθυστερήσης. Αυτό επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας το βάρος μιας σχέσης μεταξύ

του αιτιολογικού κόμβου i και του κόμβου επίδρασης j με την τιμή της έννοιας i τη χρονική στιγμή t μείον τη χρονοκαθυστέρηση lag_{ij} της αντίστοιχης επίπτωσης:

$$A_j^{(t)} = f\left(\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n A_i^{(t-lag_{ij})} w_{ij} + A_j^{(t-1)}\right)$$

Οι Biloslavo και Dolinšek (2010) πρότειναν μία μέθοδο που είναι διαφορετική από άλλες προσεγγίσεις για τους ασαφείς γνωστικούς χάρτες επειδή μπορεί να θεωρήσει τη χρονοκαθυστέρηση μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος σαν συνάρτηση χρόνου. Η τιμή του κόμβου j τη χρονική στιγμή t υπολογίζεται ως εξής:

$$A_j(t_{n+1}) = f\left(\sum_{i=1}^N \mu_{ij}(t_n) \cdot A_i(t_n)\right)$$

Η συνάρτηση μ συσχετίζει το αποτέλεσμα με την χρονική στιγμή. Οι πιο χρησιμοποιούμενοι τύποι συνάρτησης είναι: βηματική, γραμμική, σιγμοειδής, κοίλη και κυρτή.

Τέλος μια μέθοδος η οποία διαφέρει με τις προηγούμενες διότι δεν χρησιμοποιείται συνάρτηση κατωφλίου είναι αυτή των οι Mourhir et al. (2016), σε μια εφαρμογή για την μόλυνση του αέρα στο Μαρόκο, οι οποίοι χρησιμοποίησαν έναν Dynamic Rule-Based Fuzzy Cognitive Map (DRBFCM). Εδώ τα βάρη προσαρμόζονται δυναμικά κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Έτσι, ένας αλγόριθμος για DRBFCMs εφαρμόζεται, στον οποίο η συνάρτηση ενεργοποίησης για τον υπολογισμό της τιμής μιας έννοιας έχει την εξής μορφή:

$$A_j^{(t+1)} = A_j^{(t)} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n A_{i,scaled}^{(t)} w_{ij}$$

Αυτό που κλιμακώνει τις τιμές εδώ και αντικαθιστά στην ουσία την συνάρτηση κατωφλίου είναι το *Ascaled* το οποίο παρουσιάζεται αναλυτικά στην δημοσίευσή τους.

3. 1. 3 Συναρτήσεις κατωφλίου

Όπως αναφέρθηκε η συνάρτηση κατωφλίου κανονικοποιεί τις νέες τιμές των εννοιών εντός ενός διαστήματος (συνήθως $[0,1]$ ή $[-1,1]$) στο τέλος κάθε επανάληψης. Υπάρχουν τέσσερις συναρτήσεις κατωφλίου: (α) η σιγμοειδής (sigmoid) συνάρτηση, (β) η συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης (hyperbolic tangent), (γ) η βηματική (step) συνάρτηση και (δ) η γραμμική (linear) συνάρτηση. Ωστόσο, οι περισσότερες χρησιμοποιούμενες στη βιβλιογραφία είναι η σιγμοειδής συνάρτηση και η συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης.

Η μονοπολική σιγμοειδής συνάρτηση εφαρμόζεται συνήθως σαν συνάρτηση κατωφλίου όταν οι τιμές των εννοιών μπορούν να είναι μόνο θετικές, δηλαδή να ανήκουν στο διάστημα $[0, 1]$, και έχει την μορφή:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}}$$

Το $\lambda > 0$ καθορίζεται από τον σχεδιαστή και επηρεάζει το βηματισμό της συνάρτησης, δηλαδή το πόσο εκτενή ή όχι θα είναι τα αποτελέσματά της.

Η συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης εφαρμόζεται συνήθως αν οι τιμές των εννοιών μπορούν να είναι και αρνητικές, εννοώντας ότι μπορούν να πάρουν τιμές εντός του διαστήματος $[-1, 1]$ και έχει την μορφή:

$$f(x) = \tanh(x)$$

Οι βηματικές συναρτήσεις χρησιμοποιούνται άμα θέλουμε να απλουστεύσουμε την εξομάλυνση. Η δισθενής βηματική συνάρτηση κατωφλίου εκπροσωπεί την αύξηση μιας έννοιας έχει την ακόλουθη μορφή:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & , \text{αν } x \leq T \\ 1 & , \text{αν } x > T \end{cases}$$

Ενώ η τρισθενής βηματική συνάρτηση μπορεί να εκπροσωπήσει μια αύξηση ή και μια μείωση μιας έννοιας και έχει την μορφή:

$$f(x) = \begin{cases} 1 & , \text{αν } x \geq T \\ 0 & , \text{αν } -T < x < T \\ -1 & , \text{αν } x \leq -T \end{cases}$$

Το T είναι ένας αριθμός μέσα στο διάστημα $[0, 1]$ και καθορίζεται από τον σχεδιαστή ανάλογα με την κάθε εφαρμογή που έχει να αντιμετωπίσει.

Όσον αφορά την γραμμική συνάρτηση κατωφλίου είναι μία συνάσταση η οποία αντιστοιχεί απλά ανάλογα με το ποια γραμμική συνάρτηση θα επιλέξει ο σχεδιαστής τις τιμές της έννοιας στο διάστημα $[-1, 1]$ στο τέλος κάθε επανάληψης.

Τέλος σχολιάζοντας τα είδη συναρτήσεων κατωφλίου είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι η σιγμοειδής συνάρτηση μπορεί να θεωρηθεί ένα εξαιρετικό εργαλείο για την υποστήριξη αποφάσεων σε οποιοδήποτε πεδίο. Ο μη-αρνητικός μετασχηματισμός της σιγμοειδούς συνάρτησης επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση των επιπέδων ενεργοποίησης μιας έννοιας. Επίσης, εξαιτίας του γεγονότος ότι κανονικοποιεί τις τιμές σε ένα «αυστηρότερο» διάστημα,

συνήθως συγκλίνει πιο γρήγορα από τη συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης. Όμως, η συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης βοηθά για μια πιο ρεαλιστική εκπροσώπηση των αιτιολογικών εξόδων. Αυτό συμβαίνει η σιγμοειδής συνάρτηση θα εξακολουθήσει να παράγει θετικό αποτέλεσμα ακόμα και αν η τιμή κάποιας έννοιας μειώνεται και θα πρέπει να συγκριθεί εν τέλη με το αδρανές μοντέλο ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για ένα σενάριο. Βέβαια, οι συγκρίσεις μεταξύ των εναλλακτικών μπορούν ακόμη να σχεδιαστούν χωρίς να γίνει σύγκριση με το αδρανές σενάριο, χρησιμοποιώντας την σιγμοειδή συνάρτηση.

3. 2 FCM και κλιματική πολιτική

Όσον αφορά τη χάραξη FCM για το κλίμα, φαίνεται ότι υπάρχει μόνο ένας μικρός αριθμός εφαρμογών ασαφούς γνωστικής χαρτογράφησης. Σε μια ευρύτερη προοπτική, ωστόσο, υπάρχουν πολλές μελέτες που περιστρέφονται γύρω από το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και έχουν σημαντικές άμεσες ή έμμεσες συνέπειες στη χάραξη κλιματικής πολιτικής. Αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε επτά μεγάλες κατηγορίες: πολιτική προσαρμογής, γεωργία, σχεδιασμός ηλεκτρικής ενέργειας, περιβαλλοντική πολιτική, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ανάλυση σεναρίων και μεταφορές. Η πολιτική προσαρμογής περιλαμβάνει εφαρμογές FCM που μελετούν ρητά την ανθεκτικότητα του συστήματος και αξιολογούν δράσεις με στόχο την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (Reckien, 2014, Gray et al., 2014). Η περιβαλλοντική πολιτική καλύπτει τη διατήρηση των οικοσυστημάτων και τη λήψη περιβαλλοντικών αποφάσεων (π. χ. Özesmi & Özesmi, 2003, Vassilides & Jensen, 2016). Οι εφαρμογές ανάλυσης σεναρίων κυρίως μελετούν εναλλακτικά σενάρια κλιματικής αλλαγής ή εναλλακτικές μελλοντικές εξελίξεις του συστήματος σε σχέση με αυτά τα σενάρια (π. χ. Anezakis et al., 2016) χωρίς να στοχεύουν συγκεκριμένες πολιτικές. Τέλος οι υπόλοιπες κατηγορίες αναφέρονται στις επιλογές πολιτικών για την κλιματική βελτίωση μέσω της γεωργίας και δασοκομείας (Nair & Singh, 2012), των ανανεώσιμων πηγών (π. χ. Hsueh, 2015) του σχεδιασμού της ηλεκτρικής ενέργειας (π. χ. ο Karavas et al., 2015) και του τομέα των μεταφορών (Shiaua & Liu, 2013 · Kontogianni et al., 2013).

Πίνακας 3: Επισκόπηση των μελετών σχετικά με την κλιματική πολιτική στη βιβλιογραφία της FCM, όσον αφορά την περιοχή εφαρμογής τους, την προσέγγισή τους (I = Interviews, S = Survey, W = Workshop, O = Other).

Συνεισφέροντες	Τομέας							Προσέγγιση	Defuzzification
	Πολιτική Υιοθέτησης	Γεωργία	Ηλ. Ενέργεια Σχεδιασμός	Περιβαλλοντικός Στόχος	A. Π. E	Ανάλυση Σεναρίου	Μεταφορές		
(Amer et al., 2011)					✓	✓		I, S	
(Amer et al., 2016)					✓	✓		W	
(Anezakis et al., 2016)						✓		O	
(Biloslavo & Dolinšek, 2010)						✓		S, O	
(Biloslavo & Grebenc, 2012)						✓		S, I	
(Ceccato, 2012)				✓				I, S, W	
(Celik et al., 2005)				✓				I	
(Christen et al., 2015)		✓						I, W	
(Ghaderi et al., 2012)			✓					S	
(Giordano et al., 2010)				✓				I	
(Gray et al., 2013)				✓				I, W	
(Gray et al., 2014)	✓			✓		✓		I, S, O	
(Gray et al., 2015)				✓				W	
(Hobbs et al., 2002)				✓				I	
(Hsueh, 2015)				✓	✓			I, O	Yes; undefined
(Huang et al., 2013)					✓			O	
(Jetter & Schweinfart, 2011)					✓			I	
(Kafetzis et al., 2010)				✓				I	
(Karavas et al., 2015)			✓					O	
(Kayikci & Stix, 2014)							✓	S	Center of Gravity
(Kontogianni et al., 2012)				✓				I	
(Kontogianni et al., 2013)							✓	I	
(Kottas et al., 2006)					✓			O	Center of Gravity; Max Criterion Method
(Kyriakarakos et al., 2012)			✓					O	
(Kyriakarakos et al., 2014)					✓	✓		I	Center of Gravity
(Lopolito et al., 2011)		✓			✓			I	
(Mallampalli et al., 2016)				✓		✓		S	
(Meliadou et al., 2012)				✓				I	
(Mourhir et al., 2016)				✓				W, S	Center of Gravity
(Nair & Singh, 2012)		✓						I	
(Natarajan et al., 2016)		✓						S, O	Center of Gravity
(Nikas & Doukas, 2016)								I	

Συνεισφέροντες	Τομέας							Προσέγγιση	Defuzzification
	Πολιτική Υιοθέτησης	Γεωργία	Ηλ. Ενέργεια Σχεδιασμός	Περιβαλλοντικός Στόχος	Α. Π. Ε	Ανάλυση Σεναρίου	Μεταφορές		
(Olazabal & Pascual, 2016)			✓					I, S, O	
(Ortolani et al., 2010)		✓		✓				S, I	
(Özesmi & Özesmi, 2003)				✓				I	
(Özesmi, 2006)				✓				I	
(Özesmi, 2006b)				✓				S, I	
(Papageorgiou & Kontogianni, 2012)				✓				I	Center of Gravity
(Papageorgiou et al., 2011)		✓						O	Center of Gravity
(Peng et al., 2016)				✓				O	
(Rajaram & Das, 2010)		✓		✓				S	Weighted Area
(Reckien, 2014)	✓						✓	I	
(Sacchelli, 2014)		✓				✓		I, S	
(Samarasinghe & Strickert, 2013)				✓				I	
(Shiaua & Liu, 2013)								W	
(Singh & Nair, 2014)							✓	I	
(Solera et al., 2010)		✓					✓	I, O	
(van Vliet et al., 2010)				✓			✓	W	
(Vanwindekens et al., 2013)		✓		✓				I, S	
(Vassilides & Jensen, 2016)				✓				I	
(Wildenberg et al., 2010)				✓			✓	I, W	
(Zhang et al., 2013)				✓				I, S, O	
(Zhao et al., 2014)						✓		S, I	

Εξετάζοντας τη γεωγραφική κατανομή των διαφόρων εφαρμογών στον παρακάτω πίνακα διαπιστώνουμε ότι οι περισσότερες περιπτωσιολογικές μελέτες λαμβάνουν χώρα στις ευρωπαϊκές και ασιατικές περιοχές. Πέραν της ανάλυσης σεναρίου κάλυψης της γης στο Αμαζόνιο της Βραζιλίας (Solera et al., 2010), μόνο εφαρμογές περιβαλλοντικής πολιτικής έχουν μελετηθεί εκτός Ευρώπης και Ασίας. Είναι ενδιαφέρον ότι αυτός ο συγκεκριμένος τομέας φαίνεται να απολαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο των μελετών FCM. Αυτό είναι ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα, καθώς η περιβαλλοντική πολιτική περιλαμβάνει μια ποικιλία θεμάτων και υποτομέων, όπως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (π. χ. Gray et al., 2014), τη χρήση γης (π. χ., Wildenberg et al., 2010, Mallampalli et al. (2010), Ceccato, 2012), ανάπτυξη της βιομηχανίας (π. χ. Lopolito et al., 2011, Zhang et al., 2013), φυσικά φαινόμενα (π. χ., Giordano et al., 2010 · Samarasinghe & Strickert, 2013) και διαχείριση οικοσυστημάτων (π. χ. Özesmi & Özesmi, 2003 · Vassilides & Jensen, 2016 · Peng et al., 2016).

Πίνακας 4: Εφαρμογές ασαφών γνωστικών χαρτών σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές

Τομέας Εφαρμογής	Περιοχή κάθε μελέτης					
	Αφρική	Β. Αμερική	Ν. Αμερική	Ασία	Ευρώπη	Ωκεανία
Υιοθέτηση Πολιτικής				(Reckien, 2014)	(Gray <i>et al.</i> , 2014)	
Γεωργία			(Solera <i>et al.</i> , 2010)	(Rajaram & Das, 2010) (Nair & Singh, 2012)	(Ortolani <i>et al.</i> , 2010) (Lopolito <i>et al.</i> , 2011) (Papageorgiou <i>et al.</i> , 2011) (Vanwindekens <i>et al.</i> , 2013) (Sacchelli, 2014) (Christen <i>et al.</i> , 2015)	
Σχεδιασμός Ηλεκτρικής Ενέργειας				(Ghaderi <i>et al.</i> , 2012)	(Olazabal & Pascual, 2016) (Karavas <i>et al.</i> , 2015)	
Περιβαλλοντική Πολιτική	(Gray <i>et al.</i> , 2015) (Mourhir <i>et al.</i> , 2016)	(Hobbs <i>et al.</i> , 2002) (Vassilides & Jensen, 2016) (Samarasinghe & Strickert, 2013)	(Ceccato, 2012)	(Özesmi & Özesmi, 2003) (Celik <i>et al.</i> , 2005) (Özesmi, 2006a) (Özesmi, 2006b) (Rajaram & Das, 2010) (Kontogianni <i>et al.</i> , 2012) (Meliadou <i>et al.</i> , 2012) (Papageorgiou & Kontogianni, 2012) (Zhang <i>et al.</i> , 2013) (Hsueh, 2015) (Peng <i>et al.</i> , 2016)	(Giordano <i>et al.</i> , 2010) (Kafetzis <i>et al.</i> , 2010) (Ortolani <i>et al.</i> , 2010) (van Vliet <i>et al.</i> , 2010) (Wildenberg <i>et al.</i> , 2010) (Papageorgiou & Kontogianni, 2012) (Gray <i>et al.</i> , 2013) (Vanwindekens <i>et al.</i> , 2013) (Gray <i>et al.</i> , 2014) (Kontogianni <i>et al.</i> , 2012)	(Samarasinghe & Strickert, 2013)
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας				(Amer <i>et al.</i> , 2011) (Zhao <i>et al.</i> , 2014) (Hsueh, 2015) (Amer <i>et al.</i> , 2016)	(Lopolito <i>et al.</i> , 2011) (Kyriakarakos <i>et al.</i> , 2014) (Sacchelli, 2014)	

Τομέας Εφαρμογής	Περιοχή κάθε μελέτης					
	Αφρική	Β. Αμερική	Ν. Αμερική	Ασία	Ευρώπη	Ωκεανία
Ανάλυση Σεναρίου			(Solera <i>et al.</i> , 2010)	(Amer <i>et al.</i> , 2011) (Reckien, 2014) (Singh & Nair, 2014) (Amer <i>et al.</i> , 2016)	(van Vliet <i>et al.</i> , 2010) (Wildenberg <i>et al.</i> , 2010) (Kyriakarakos <i>et al.</i> , 2014) (Gray <i>et al.</i> , 2014) (Anezakis <i>et al.</i> , 2016)	
Μεταφορές				(Shiaua & Liu, 2013)	(Kontogianni <i>et al.</i> , 2013)	

Από τους δύο αυτούς πίνακες μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι ο περιορισμένος αριθμός εφαρμογών FCM στην πολιτική για το κλίμα αποδίδεται στο γεωγραφικό επίπεδο και στην εμβέλεια της χάραξης πολιτικής για το κλίμα, η οποία αντιμετωπίζεται κυρίως σε περιφερειακό ή σε παγκόσμιο επίπεδο, σε αντίθεση με την περιβαλλοντική μοντελοποίηση και την ανάλυση σεναρίων, τα οποία συνήθως μελετώνται τοπικά.

4 *Μελέτη Περίπτωσης*

4.1 Περιγραφή προβλήματος

Το πρόβλημά μας περιλαμβάνει την καταγραφή στρατηγικών κλιματικής πολιτικής, την επιλογή ενός πλήθους αυτών και εν συνεχεία την ανάλυση τους αρχικά με την ανάλυση Χαρτοφυλακίου και έπειτα με τους Ασαφής γνωστικούς χάρτες. Με αυτόν τον τρόπο θα καταλήξουμε στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η επιλογή των κλιματικών πολιτικών γίνεται μέσα από ένα εύρος πολιτικών που είναι εφικτό να εφαρμοστούν και αφορούν διάφορους τομείς. Σαν βασικό γνώμονα, πέρα από το πλήθος των διαθέσιμων πληροφοριών κάθε πολιτικής, επιλέξαμε την ποικιλία. Έτσι περιλήφθηκαν εν τέλη πολιτικές από τον κτιριακό τομέα, τις ανανεώσιμες πηγές, τις μεταφορές καθώς για παράδειγμα και πολιτική που εφαρμόζεται και σε άλλες χώρες. Εν συνεχεία είμαστε έτοιμοι να μοντελοποιήσουμε την ανάλυση χαρτοφυλακίου, δηλαδή του καθορισμού ενός βέλτιστου συνόλου επιλογών που αποδίδει καλύτερα από άλλα, σε ένα εύρος πιθανών συνδυασμών. Η ανάλυση χαρτοφυλακίου μας περιλαμβάνει δύο μοντελοποιήσεις, μία που αποσκοπεί στην εξοικονόμηση ενέργειας παράλληλα με την δημιουργία θέσεων εργασίας και μία που έχει ως στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας παράλληλα με την ελαχιστοποίηση του ρίσκου - κινδύνου.

Αφού λοιπόν εξάγουμε τα αποτελέσματά μας από την ανάλυση χαρτοφυλακίου θα έχουμε καταλήξει σε ένα μικρότερο πλήθος πολιτικών αποκλείοντας αυτές που έμειναν εκτός του βέλτιστου χαρτοφυλακίου. Προχωράμε λοιπόν την ανάλυση μας με την βοήθεια των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών. Επικεντρωνόμαστε έτσι σε σχέσεις αιτίου - αποτελέσματος μεταξύ των πολιτικών μας.

Εν κατακλείδι, με την εφαρμογή των δύο αυτών ειδών ανάλυσης στο πρόβλημά μας, τα αποτελέσματά μας θα είναι πιο ρεαλιστικά και θα μπορέσουμε να εξάγουμε πιο σφαιρικά και ολοκληρωμένα συμπεράσματα για τον τελικό συνδυασμό των πολιτικών.

4.2 Μέτρα πολιτικών

Μια χώρα μπορεί να εφαρμόσει πολλές πολιτικές που ποικίλουν ανά κατηγορία, κόστη, εξοικονόμηση, διάρκεια υλοποίησης, διάρκεια πολιτικής και άλλα πολλά.

Εν συνεχεία, παρουσιάζονται ανά κατηγορία διάφορες πολιτικές και μέτρα που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας στην χώρα μας αλλά περιλαμβάνουν και πολιτικές και μέτρα που αφορούν και άλλες χώρες και θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και στην δική μας.

Στον τομέα των κτιρίων

- Ενεργειακή αναβάθμιση δημοσίων κτιρίων
- Υποστήριξη και παρακολούθηση της εφαρμογής έργων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης σε δημόσια κτίρια από Επιχειρήσεις Ενεργειακών Υπηρεσιών (ΕΕΥ)
- Ενεργειακή αναβάθμιση εμπορικών κτιρίων
- «Εξοικονόμηση κατ'οίκων» πρόγραμμα
- Ενεργειακή αναβάθμιση κατοικιών
- Εφαρμογή συστήματος διαχείρισης της ενέργειας σε δημόσιους και γενικούς οργανισμούς σύμφωνα με το πρότυπο ISO 50001
- Ενεργειακή αναβάθμιση εμπορικών κτιρίων μέσω εταιρειών ενεργειακών υπηρεσιών
- Διαχειριστές ενέργειας σε κτίρια του δημόσιου τομέα και της γενικής κυβέρνησης
- Υποστήριξη και παρακολούθηση πιλοτικών έργων για τη βελτίωση των ενεργειακών επιδόσεων στα δημόσια κτίρια
- Ολοκληρωμένος ενεργειακός προγραμματισμός από τις τοπικές αρχές και το Σύμφωνο των Δημάρχων
- Παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στα σχολικά κτίρια
- Πράσινα δωμάτια σε δημόσια κτίρια
- Έξυπνα σχεδόν μηδενικά θέματα με θέμα την ενέργεια
- Υποχρεωτική εγκατάσταση ηλιακών θερμικών συστημάτων σε νέα κτίρια κατοικιών
- Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων
- Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων κοινωνικής στέγασης - Πρόγραμμα «Πράσινη αστική γειτονιά»
- Υποχρεωτική εγκατάσταση ηλιακών θερμικών συστημάτων σε κτίρια του τριτογενούς τομέα
- Υποχρεωτική εγκατάσταση κεντρικών ηλιακών θερμικών συστημάτων για απαιτήσεις ζεστού νερού σε δημόσια κτίρια

- Υποχρεωτική αντικατάσταση όλων των εξαρτημάτων φωτισμού χαμηλής ενεργειακής απόδοσης στον δημόσιο τομέα και στον ευρύτερο δημόσιο τομέα
- Ειδικό πρόγραμμα φωτοβολταϊκών συστημάτων σε οικιακές στέγες ή στέγες μικρών επιχειρήσεων

Στον τομέα των βιομηχανιών

- Μετεγκατάσταση επιχειρήσεων στο ΒΕΠΕ και σε επιχειρηματικά πάρκα
- Καινοτόμα επιχειρηματικότητα, αλυσίδα εφοδιασμού, τρόφιμα, ποτά
- Πράσινη επιχείρηση
- Υποστήριξη για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στις μεταποιητικές επιχειρήσεις

Στον τομέα των μεταφορών

- Αναμόρφωση του συστήματος δημόσιων συγκοινωνιών
- Έργα υποδομής στον τομέα των μεταφορών
- Σχέδια αστικής κινητικότητας
- Προώθηση οικονομικής, ασφαλούς και οικολογικής οδήγησης
- Κίνητρα για την αντικατάσταση ιδιωτικών οχημάτων και προώθηση της χρήσης των ενεργειακά αποδοτικών οχημάτων (οχήματα με φυσικό αέριο και βιοκαύσιμα και υβριδικά οχήματα)
- Eco-label - Ενεργειακή ετικέτα για αυτοκίνητα
- Αντικατάσταση παλαιών δημόσιων και ιδιωτικών ελαφρών φορτηγών
- Αντικατάσταση παλαιών ιδιωτικών επιβατικών οχημάτων
- Προώθηση επιβατικών οχημάτων με αέριο και LPG (υγραέριο)
- Ηλεκτρικά οχήματα και σημεία επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων
- Συμβουλευτική και διαχείριση στο θέμα των μετακινήσεων καθώς και προγράμματα χρηματοδότησης
- Ανάπτυξη Μετρό Θεσσαλονίκης
- Επέκταση του μετρό της Αθήνας
- Υποχρεωτικές ποσοτώσεις οχημάτων με μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση σε δημόσιες υπηρεσίες και φορείς

Στον τομέα της θέρμανσης - ψύξης

- Εγκατάσταση συστημάτων συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP- combined heat and power) υψηλής απόδοσης με φυσικό αέριο στα νοσοκομεία
- Εγκατάσταση συστημάτων CHP

Στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

- Οι νέες εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής άντλησης που θα λειτουργούν
- Ορισμένες πρόσθετες μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου και, σε μικρότερο βαθμό, φυσικό αερίου στροβίλων
- Εγκαταστάσεις ΑΠΕ μεγάλης κλίμακας, κυρίως αιολικά πάρκα και μεγάλα υδροηλεκτρικά εργοστάσια, μαζί με μονάδες ΑΠΕ μεσαίας / μικρής κλίμακας (φωτοβολταϊκά, υδροηλεκτρική ενέργεια, βιοαέριο, γεωθερμικά εργοστάσια, συμπαραγωγή βιομάζας και εφαρμογές ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια του οικιστικού και του τριτογενούς τομέα).
- Ανάπτυξη τοπικών υβριδικών μονάδων ΑΠΕ, όπου ενδείκνυται ενόψει των τοπικών πόρων και αναγκών
- Ανάπτυξη και εκμετάλλευση αιολικών πάρκων στα νησιά
- Σχεδιασμός των αυτόνομων συστημάτων ΑΠΕ και πιλοτική εφαρμογή σε μικρά νησιά, των οποίων η σύνδεση μπορεί να είναι δύσκολη ή μη αποδοτική.
- Ανάπτυξη εγκαταστάσεων αποθήκευσης με την εκμετάλλευση του υδροηλεκτρικού συστήματος σε υφιστάμενες μεγάλες μονάδες υδροδότησης και νέες εγκαταστάσεις

Στον τομέα της υποστήριξης και τεχνογνωσίας

- Σύστημα πληροφοριών για την παρακολούθηση της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας
- Προγράμματα για την παροχή οικονομικής στήριξης για επενδύσεις σε τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας και έρευνα
- Εγκατάσταση συστήματος τηλεμετρίας για μεγάλους πελάτες
- Πιλοτική τηλεμετρία και σύστημα διαχείρισης για τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από οικιακούς και μικρούς εμπορικούς καταναλωτές και την εφαρμογή έξυπνων δικτύων
- Αντικατάσταση τουλάχιστον 80% μετρητών με έξυπνα δίκτυα
- Υπηρεσία τηλεμετρίας κατανάλωσης αερίου - Smartecometer GAS

- Έξυπνοι μετρητές για δυναμική τιμολόγηση.

Στον τομέα της φορολογίας και των προστίμων

- Πρόστιμο ψευδών δηλώσεων υποβολής στοιχείων και πληροφοριών σχετικά με τη λειτουργία των μονάδων από εκείνους που βρίσκονται στις εκμεταλλεύσεις τους
- Προ φόρων τιμή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη διαχείριση του δικτύου, που καταβάλλεται από τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας της ΑΠΕ
- Έσοδα από δημοπρασίες εκπομπών αερίων θερμοκηπίου
- Τέλη εγγραφής στα Γραφεία Ενεργειακής Απόδοσης και τη διοίκησή τους
- Έσοδα από τη χρηματοδοτική συνεισφορά της Εταιρείας διανομής, διαχειριστές δικτύων διανομής και εταιρείες λιανικής πώλησης ενέργειας
- Η αντιστάθμιση των προστίμων σε παράνομα κτίρια με αναβαθμίσεις ενέργειας
- Φορολογικές απαλλαγές των παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας
- Συνδέστε τους φόρους των οχημάτων με την ενεργειακή απόδοση και τις εκπομπές CO₂

Στον τομέα της νομοθεσίας

- Ενεργειακή επισήμανση των συσκευών και ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης
- «Τιμολόγιο νύχτας» για τη διαχείριση της αιχμής της ζήτησης
- L3851/2010 σχετικά με την "Επιτάχυνση της Ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος και άλλες Κανονισμούς σε θέματα υπό την αιγίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Περιβάλλοντος Κλιματικής αλλαγής"
- Εφαρμογή του Ν. 2773 / 99 "Ελευθέρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και άλλες διατάξεις", L. 2244 / 94 "Ρύθμιση θεμάτων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις" και L. 3468 / 06 "Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμπαραγωγή υψηλής απόδοσης ηλεκτρισμού και θερμότητας και διάφορες διατάξεις"
- Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού για την ανάπτυξη των ΑΠΕ και της διαχείρισης της γης
- Η κάλυψη του 60% της ζήτησης ζεστού νερού σε νέα κτίρια μέσω ηλιακών θερμικών συστημάτων

- L. 3661 / 2008 «Μέτρα για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από κτίρια»
- Απαλλαγή από τον φόρο κατανάλωσης καυσίμων, πρόσθετο ειδικό φόρο, φόρο κυκλοφορίας ή / και φόρο ταξινόμησης (Νόμοι 2052/1992, 3831/2010 και 2960/2001) για ηλεκτρικά ή / και υβριδικά οχήματα
- Κατευθυντήριες γραμμές για την αδειοδότηση και ανάπτυξη συμβατικών Παραγωγών Ηλεκτρικής Ενέργειας ώστε να είναι ευέλικτες και να υποστηρίζουν τη διεύθυνση της μεγάλης κλίμακας αιολικής ενέργειας

Σε άλλους τομείς καθώς και μέτρα προερχόμενα από άλλες χώρες

- Βιοκλιματικές αναβαθμίσεις των δημόσιων ανοιχτών χώρων
- Εφαρμογή και ενίσχυση του Εθνικού Σχεδίου Ανάπτυξης Μεταφοράς για την αναβάθμιση των διασυνδέσεων δικτύου στην ηπειρωτική χώρα και την διασύνδεση των μη διασυνδεδεμένων νησιών.
- Πράσινες αγροτικές και νησιωτικές κοινότητες - Νέο μοντέλο ανάπτυξης
- Χρηματοδότηση παρεμβάσεων από το Πράσινο Ταμείο
- Μια σύμπραξη δημόσιου - ιδιωτικού τομέα που αναφέρεται στο πρόγραμμα μεταξύ της Τράπεζας Πειραιώς και του MEECC-MECS για την "οικολογική" ανάπτυξη των υφιστάμενων βιομηχανικών ζωνών και την ανάπτυξη νέων πράσινων πάρκων επιχειρηματικότητας.
- Εφαρμογή βιοκαυσίμων. Φόρος πετρελαίου (Αυστρία)
- Άμεση επιδότηση ηλεκτρικής κατανάλωσης στο νοικοκυριό (Χιλή)
- Επενδύσεις φωτοβολταϊκών στη θάλασσα (Κίνα)
- Πρότυπα EPC (Ανανεώσιμη ενέργεια στην τυποποίηση ενεργειακών επιδόσεων) (Ολλανδία)
- Εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης με βάση το πρότυπο ISO 50001 σε φορείς του Δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα.
- Δράσεις εκπαίδευσης και κατάρτισης στον τριτογενή τομέα
- Κίνητρα για ηλεκτρικά οχήματα. (Ισπανία)

Από όλα τα προηγούμενα μέτρα - πολιτικές προτιμήθηκαν τα παρακάτω 16. Αυτά επιλέχθηκαν με κύριο γνώμονα να έχουμε σίγουρα δεδομένα την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και το κόστος. Επίσης προτιμήθηκε να έχουμε ένα μεγάλο εύρος επιλογών παρά όλα τα μέτρα να είναι γύρω από κοινές κατηγορίες. Συμπεριλαμβάνονται λοιπόν μέτρα από τον τομέα των κτιρίων,

τις μεταφορές, συμφωνίες με επιχειρήσεις, ανανεώσιμες πηγές καθώς και πολιτική που εφαρμόζεται ήδη και σε άλλες χώρες.

1) Ανάπτυξη εγκαταστάσεων αποθήκευσης με την εκμετάλλευση του υδροηλεκτρικού συστήματος σε υφιστάμενες μεγάλες μονάδες υδροδότησης και νέες εγκαταστάσεις

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Ανάπτυξη εγκαταστάσεων αποθήκευσης με την εκμετάλλευση του υδροηλεκτρικού συστήματος σε υφιστάμενες μεγάλες μονάδες υδροδότησης και νέες εγκαταστάσεις	10 χρόνια	390 ktoe	28 εκατομ.

Η Ελλάδα διαθέτει ένα από τα πλέον έντονα ορεινά τοπογραφικά του Ευρωπαϊκού χώρου, τα οποία εφόσον αξιοποιηθούν μπορούν να δώσουν άριστα αποτελέσματα, όσον αφορά τη χρήση των επιφανειακών υδάτων. Πιο συγκεκριμένα, η μορφολογία του εδάφους στη χώρα μας είναι αρκετά ευνοϊκή για τη δημιουργία αξιόλογου υδροδυναμικού. Τα ορεινά και ανώμαλα εδάφη σχηματίζουν έντονες κλίσεις και κοιλάδες, οι οποίες διευκολύνουν τη δημιουργία ποταμών και τη συγκράτηση των υδάτων.

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με έναν ικανοποιητικό αριθμό ποταμών, οι οποίοι μπορούν να αξιοποιηθούν κατάλληλα ανά περίπτωση. Στους κυριότερους ποταμούς της χώρας περιλαμβάνονται οι: Έβρος, Νέστος, Στρυμόνας, Αξιός, Αλιάκμονας, Πηνειός, Άραχθος, Αχελώος, Σπερχειός και ο Αλφειός. Ιδιαίτερη βέβαια σημασία έχει το ποσοστό της παροχής του κάθε ποταμού που είναι διαθέσιμο τελικά, δεδομένου των πολλαπλών χρήσεων των υδατικών πόρων. Για την καλύτερη διαχείριση των υδατικών πόρων, αλλά και για οργανωτικούς και διοικητικούς λόγους, η χώρα μας έχει χωριστεί σε δεκατέσσερα υδατικά διαμερίσματα, τα οποία φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 5: Τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδος

Πηγή: ΥΠΕΚΑ, Ειδική Γραμματεία Υδάτων

Το εκτιμώμενο υδροδυναμικό των εν λόγω διαμερισμάτων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα σε αντιπαραβολή με την έκταση των περιοχών αυτών. Από τα στοιχεία του πίνακα αυτού είναι φανερή η ανισοκατανομή του υδροδυναμικού μεταξύ των υδατικών διαμερισμάτων της χώρας μας. Τα περισσότερο "προικισμένα" διαμερίσματα βρίσκονται στο δυτικό τμήμα της χώρας (Δ. Πελοπόννησος, Δ. Στερεά, Δ. Μακεδονία και Ήπειρος) καθώς διαθέτουν περισσότερες βροχοπτώσεις και έντονο τοπογραφικό ανάγλυφο.

Πίνακας 5: Κατανομή υδροδυναμικού ανά υδατικό διαμέρισμα

a/a	Υδατικό Διαμέρισμα	Επιφάνεια (km ²)	Θεωρητικό Υδροδυναμικό (GWh/y)	Αναγν. Υδροδυναμικό (GWh/y)	Τεχνικά Αξιοποιήσιμο Υδροδυναμικό (GWh/y)	Οικονομικά αξιοποιήσιμο Υδροδυναμικό (GWh/y)
1	Δ.Πελοπόννησος	7771	7210	460	1670	1260
2	Β.Πελοπόννησος	6596	4290	325.7	755	557
3	Αν.Πελοπόννησος	8702	4300	32.2	570	417
4	Δυτική Στερεά Ελλάδα	10420	14880	3860.5	5500	4200
5	Ήπειρος	10275	15642	2432	6250	4830
6	Αττική	3326	282	20.8	9	5

7	Αν.Στερεά Ελλάδα	11923	5090	128	551	390
8	Θεσσαλία	13148	6010	567	665	468
9	Δ. Μακεδονία	13404	10444	1967.1	2240	1670
10	Κ. Μακεδονία	10388	2800	208.5	185	123
11	Αν. Μακεδονία	7342	2270	102.5	175	118
12	Θράκη	10894	6783	694.6	1489	1110
13	Κρήτη	8330	4600	81.6	610	446
14	Νήσοι Αιγαίου	9060	400	2	11	6
	ΣΥΝΟΛΟ	131579	85001	10774	20680	15600

Εύκολα κατανοούμε λοιπόν ότι η χώρα μας αξίζει να επενδύσει σε υδροηλεκτρικά έργα καθώς και να εκμεταλλευτεί μέσω της δημιουργίας εγκαταστάσεων αποθήκευσης του υδροηλεκτρικού της συστήματος.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της επένδυσης σε υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις και στην αποθήκευσή τους.

Τα υδροηλεκτρικά έργα (Υ.Ε.) παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα όπως οι μηδενικές εκπομπές ρύπων και οι περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης-απόζευξης στο δίκτυο, η ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης, το χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας, η αξιοπιστία, η αυτόνομη λειτουργία και η παραγωγή ενέργειας άριστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις. Όλα τα παραπάνω καθιστούν τα Υ.Ε. ιδιαίτερα ελκυστική μορφή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Όμως έχουμε και επιπτώσεις τις οποίες πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας στην υλοποίηση του μέτρου αυτού. Οι κύριες περιβαλλοντικές παράμετροι που συνδέονται με τη λειτουργία των Μ.Υ.Η.Ε. είναι οι ακόλουθες:

- Οπτική όχληση και αισθητική ένταξη.
- Φυσικό περιβάλλον, δηλαδή χλωρίδα και πανίδα.
- Έδαφος (επιφανειακά και υπόγεια νερά).

Οπτική όχληση – αισθητική ένταξη Η οπτική όχληση προκαλείται κυρίως από τα έργα τα οποία, εάν δεν σχεδιαστούν και εκτελεστούν προσεκτικά, μπορεί να δημιουργήσουν μεγάλα πρηνή, τα οποία έχουν μια έντονη επίπτωση στην αισθητική του τοπίου. Επίσης, μπορεί να επιφέρουν κατολισθήσεις σε ασταθή εδάφη. Μια έμμεση αλλά σοβαρή επίπτωση είναι η αλόγιστη διάθεση των μπαζών σε κοντινά ρέματα ή χαράδρες. Οι οπτικές επιπτώσεις από το

φράγμα και το έργο υδροληψίας, τον αγωγό προσαγωγής, το κτίριο του σταθμού παραγωγής, το οποίο είναι σχετικά μικρό (περίπου 100 m²) και μπορεί να έχει τοπικό/παραδοσιακό χαρακτήρα (π.χ. πέτρα), και από τις γραμμές μεταφοράς μπορεί να είναι ελάχιστες, έως και μηδενικές, εάν το έργο σχεδιαστεί με κάποια βασική περιβαλλοντική ευαισθησία.

Φυσικό περιβάλλον, γλωρίδα - πανίδα (κυρίως ιχθυοπανίδα) Οι περιοχές αξιοποίησης υδάτινου δυναμικού εντοπίζονται κυρίως σε ημιορεινές-ορεινές περιοχές (δασικές ή χέρσες εκτάσεις), όπου η ύπαρξη του φυσικού πόρου (νερό) σε συνδυασμό με την υψομετρική διαφορά που επιτυγχάνεται από το σημείο υδροληψίας μέχρι τον σταθμό παραγωγής ενέργειας, εξασφαλίζουν τη σκοπιμότητα και βιωσιμότητα του έργου. Κατηφορικά της ορεινής υδροληψίας ή του φράγματος, η παροχή στη φυσική κοίτη του ποταμού μπορεί να μηδενιστεί, για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Το γεγονός αυτό μπορεί να επιφέρει μη αντιστρέψιμες συνέπειες στη γλωρίδα και την πανίδα, που συναντάται στην περιοχή μεταξύ της υδροληψίας και του σταθμού παραγωγής ενέργειας. Για τον λόγο αυτόν θα πρέπει να εξασφαλίζεται η κατάλληλη ποσότητα νερού κατηφορικά της υδροληψίας (οικολογική παροχή), για τη διατήρηση της ισορροπίας της γλωρίδας και πανίδας. Επίσης, κατά τη φάση των κατασκευών, η απονίλωση της βλάστησης θα πρέπει να περιορίζεται στην απολύτως αναγκαία έκταση για τη δημιουργία των έργων. Σε περιπτώσεις δημιουργίας ταμιευτήρα, μεταβάλλεται μόνιμα η γλωρίδα στη λεκάνη κατάκλισης, καθώς απαιτείται η εκχέρσωση της βλάστησης που βρίσκεται στη λεκάνη κατάληψης του δημιουργούμενου ταμιευτήρα. Τέλος, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην πανίδα που ζει ή χρησιμοποιεί την περιοχή και να εξασφαλίζεται η ελεύθερη κίνηση της ιχθυοπανίδας (εφόσον υπάρχει), έτσι ώστε να μη δημιουργούνται εμπόδια στα είδη ψαριών που διακινούνται κατά μήκος του ποταμού. Για τον λόγο αυτόν, θα πρέπει να προβλέπεται ειδική τεχνική κατασκευή (ιχθυόδρομος).

Έδαφος, επιφανειακά και υπόγεια νερά Η υδροληψία/φράγμα διακόπτει τη συνεχή παροχή των φερτών υλικών κατά μήκος του ποταμού, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται με την πάροδο του χρόνου στην υδροληψία ή στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Οι φερτές ύλες αποτελούν πρόβλημα, που απαιτεί συνεχή αντιμετώπιση για τη σωστή λειτουργία του έργου. Η διακοπή της ροής των φερτών δημιουργεί μακροπρόθεσμα μεταβολή στην κοίτη και την εκβολή του ποταμού, ενώ αύξηση της διάβρωσης μπορεί να επέλθει και κατηφορικά του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα. Η λειτουργία των Μ. Υ. Η. Ε. επηρεάζει σημαντικά τα επιφανειακά ύδατα της περιοχής και συγκεκριμένα, από το σημείο του φράγματος/υδροληψίας μέχρι την έξοδο των υδάτων στην κοίτη του ποταμού, στο ύψος του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στο τμήμα αυτό, αν και θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα ελάχιστης παροχής για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας (οικολογική παροχή),⁹ θα μειωθεί δραστικά η υδατική διαίτα του ποταμού, με την αξιοποίηση του υδάτινου δυναμικού.

Πίνακας 6: Θετικές επιδράσεις και αρνητικές επιπτώσεις υδροηλεκτρικών έργων

Θετικές επιδράσεις	Επιπτώσεις	Προτάσεις
Απουσία εκπομπών(CO ₂ ,NO _x ,SO ₂)	Οπτική όχληση/τοπίο	Χρήση υλικών και πρακτικών της περιοχής για κατασκευές. Κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση των στοιχείων του Μ.Υ.Η.Ε. Εγκιβωτισμός αγωγών, κατάλληλη χάραξη οδικού δικτύου, χρήση υφιστάμενων δρόμων.
Συμβολή στην αύξηση οξυγόνωσης των υδατορευμάτων	Θνησιμότητα ιχθυοπανίδας	Κατάλληλος σχεδιασμός (π.χ. χρήση παγίδων ιχθυοπανίδας στην υδροληψία, χρήση ιχθυοδρόμων όπου απαιτείται).
Ο ταμιευτήρας (όταν χρησιμοποιείται) δημιουργεί νέους βιότοπους	Σύνδεση με το δίκτυο	Περιορισμός επιπτώσεων (π.χ. αποκατάσταση περιοχής, επιλογή υπόγειων εργασιών)
	Χλωρίδα και υδατικοί Πόροι	Μείωση της επέμβασης σε οικοσυστήματα και εκχέρωση βλάστησης. Εξασφάλιση οικολογικής παροχής και χρήσεων νερού κατάντη.
	Οδικό δίκτυο	Περιορισμός επιπτώσεων (π.χ. χρήση του υφιστάμενου δικτύου όπου είναι εφικτό, κατάλληλη διάνοιξη δρόμων, αποκατάσταση πρανών και φυσικής βλάστησης, συντήρηση του οδικού δικτύου).

Στην πολιτική που αναφέρεται στην χώρα μας συγκεκριμένα σε βάθος δέκα χρόνων αναμένεται 1580MW εξοικονόμηση ενώ το κόστος θα είναι 18 εκατομμύρια αρχικά για την εγκατάσταση και 1 εκατομμύριο κάθε χρόνο για την συντήρηση των εγκαταστάσεων αυτών.

2) Ενεργειακή αναβάθμιση δημόσιων κτιρίων

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Ενεργειακή αναβάθμιση δημόσιων κτιρίων	10 χρόνια	12.8 ktoe	40 εκατομ.

Το μέτρο αυτό συγκαταλέγεται στην κατηγορία των κτιρίων και μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε αρκετά μικρότερα μέτρα.

A) Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός Οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης και Σύμφωνο των Δημάρχων

Στο πλαίσιο του προγράμματος «Πρότυπα επιδεικτικά έργα αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε νέα, υπό ανέργεση ή υφιστάμενα κτίρια, γυμναστήρια και κολυμβητήρια, των ΟΤΑ και των δημοτικών Επιχειρήσεων των ΟΤΑ» χρηματοδοτούνται πρότυπα επιδεικτικά έργα αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε νέα υπό ανέργεση ή υφιστάμενα κτίρια, γυμναστήρια και κολυμβητήρια, των ΟΤΑ και των Δημοτικών Επιχειρήσεων των ΟΤΑ. Παράλληλα, υποστηρίζεται και προωθείται τόσο σε κεντρικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο η συμμετοχή ελληνικών δήμων στην ευρωπαϊκή πρωτοβουλία «Σύμφωνο των Δημάρχων» που έχει ως στόχο τον ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό σε τοπικό επίπεδο και την επίτευξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών στόχων.

B) Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσια κτίρια

Μέσω του προγράμματος «Πρότυπα Επιδεικτικά έργα αξιοποίησης Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕ) σε δημόσια κτίρια» θα επιδοτηθούν έργα παραγωγής θερμικής ή/και ψυκτικής ενέργειας από ΑΠΕ και έργα ΕΞΕ προκειμένου να περιοριστούν οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης. Οι στόχοι του προγράμματος περιλαμβάνουν την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας στον δημόσιο τομέα, την ενθάρρυνση και διάδοση της χρήσης ΑΠΕ μέσα από πρότυπα επιδεικτικά έργα, τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς και τη μείωση των αερίων που προκαλούν την κλιματική αλλαγή. Οι δράσεις που θα χρηματοδοτηθούν περιλαμβάνουν:

- προσθήκη θερμομόνωσης
- αντικατάσταση κουφωμάτων και υαλοπινάκων
- παθητικά ηλιακά συστήματα
- συστήματα φυσικού φωτισμού και αερισμού, εξωτερικά συστήματα ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων του κτιρίου
- συστήματα μηχανικού δροσισμού - αερισμού
- φύτευση δώματος εκτατικού τύπου
- αντικατάσταση συστήματος καυστήρα / λέβητα με σύστημα που κάνει χρήση ΑΠΕ, ή φυσικού αερίου, ή υγραερίου
- αντικατάσταση παλαιού συστήματος κλιματισμού με νέα κεντρικό σύστημα υψηλής απόδοσης

- παρεμβάσεις που αφορούν σε σύστημα αντιστάθμισης στον καυστήρα / λέβητα σε συνδυασμό με μόνωση σωληνώσεων
- εγκατάσταση συστημάτων μέτρησης, καταγραφής και παρακολούθησης δεδομένων των ενεργειακών συστημάτων των κτιρίων

Γ) Επεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης σε σχολικά κτίρια

Μέσω του προγράμματος «Επιδεικτικά Βιοκλιματικά Σχολεία» προωθούνται επεμβάσεις βιοκλιματικού σχεδιασμού σε νέα ή υπό ανέργεση σχολεία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Οι δράσεις που χρηματοδοτούνται περιλαμβάνουν:

- την κατασκευή σχολικών κτιρίων έχοντας ενσωματώσει πλήρως τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού
- την προμήθεια και την εγκατάσταση παθητικών και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, υβριδικών συστημάτων ΑΠΕ συμπεριλαμβανομένου συστημάτων φυσικού φωτισμού και αερισμού, ηλιακών καμινάδων, συστημάτων ηλιοπροστασίας και σκίασης και φυτεμένων δωμαίων
- διάφορα υποστηρικτικά συστήματα και συνδέσεις δικτύου συμπεριλαμβανομένου συστημάτων μέτρησης, καταγραφής και παρακολούθησης δεδομένων των ενεργειακών συστημάτων των κτιρίων και συστημάτων ελέγχου και διαχείρισης λειτουργίας των Η/Μ εγκαταστάσεων.

Δ) Λοιπές δράσεις για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την ορθολογική διαχείριση της ενέργειας που χρηματοδοτούνται

- προσθήκη θερμομόνωσης κελύφους, σκιάστρων, συστημάτων ηλιοπροστασίας και άλλων στοιχείων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού κελύφους
- χρήση ειδικών επιχρισμάτων - ψυχρών υλικών σε δώματα
- αντικατάσταση κουφωμάτων και υαλοπινάκων με νέα πιστοποιημένα, υψηλής ενεργειακής απόδοσης
- παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης
- συστήματα φυσικού και τεχνητού φωτισμού
- συστήματα και τεχνικές φυσικού ή/και υβριδικού αερισμού και δροσισμού
- φυτεύσεις δωμαίων
- βιοκλιματικές παρεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο
- αναβάθμιση και τροποποίηση υφισταμένων εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης ή/κι κλιματισμού, χώρων και εγκαταστάσεων Ζεστό Νερό Χρήσης ΖΝΧ

- συνδέσεις με το δίκτυο διανομής φυσικού αερίου

E) Πράσινα δωμάτια σε δημόσια κτίρια

Το πρόγραμμα «Πράσινα δωμάτια σε δημόσια κτίρια» στοχεύει στη βελτίωση των θερμικών, οπτικών και περιβαλλοντικών συνθηκών των χρηστών των δημόσιων κτιρίων, τη γνωριμία των πολιτών με τις τεχνικές, τα προγράμματα και τα χαρακτηριστικά των πρασίνων δωμάτων, τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας και της έκλυσης των αερίων του θερμοκηπίου και, ως εκ τούτου, τη συμβολή στην επιβράδυνση και στην αναστροφή της κλιματικής μεταβολής.

ΣΤ) Ενεργειακοί υπεύθυνοι σε κτίρια του δημοσίου και ευρύτερου δημοσίου τομέα

Ο θεσμός του ενεργειακού υπεύθυνου στο δημόσιο και ευρύτερο τομέα εισήχθη με την ΚΥΑ Δ6/Β/14826 «Μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα» όπου περιγράφηκαν οι αρμοδιότητες των ενεργειακών υπευθύνων και καθορίστηκε η ευθύνη εφαρμογής του συγκεκριμένου μέτρου σε συγκεκριμένους αρμόδιους δημόσιους φορείς. Ο ενεργειακός υπεύθυνος μπορεί να είναι αρμόδιος για ένα ή περισσότερα του ενός κτίρια κάθε φορά, ανάλογα με τις λειτουργικές ανάγκες, το συνολικό υπαλληλικό δυναμικό, την ωφέλιμη επιφάνεια και όγκο των κτιρίων του φορέα. Ο ενεργειακός υπεύθυνος δύναται να είναι μηχανικός κατηγορίας πανεπιστημιακής εκπαίδευσης, σχετικής με το αντικείμενο της ειδικότητας, ή κατηγορίας τεχνολογικής εκπαίδευσης εφόσον δεν υπάρχει αντίστοιχος της κατηγορίας πανεπιστημιακής εκπαίδευσης και ορίζεται από το Γενικό Γραμματέα του Υπουργείου ή Περιφέρειας ή το όργανο διοίκησης του οικείου φορέα. Οι αρμοδιότητες του ενεργειακού υπευθύνου περιλαμβάνουν:

3) Ενεργειακή αναβάθμιση εμπορικών κτιρίων

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Ενεργειακή αναβάθμιση εμπορικών κτιρίων	10 χρόνια	33.9 ktoe	110 εκατομ.

Το μέτρο παρέχει κίνητρα με την επιχορήγηση πράξεων και καλών πρακτικών για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε υφιστάμενα κτίρια επαγγελματικής χρήσης, με την υλοποίηση των πιο σημαντικών παρεμβάσεων που βελτιώνουν την ενεργειακή τους απόδοση.

Οι επιλέξιμες κατηγορίες παρεμβάσεων θα περιλαμβάνουν :

- Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους
- Ενεργειακή αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων
- Αναβάθμιση του συστήματος φυσικού/τεχνητού φωτισμού

- Εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης
- Εγκατάσταση συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας
- Εγκατάσταση συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η μεθοδολογία υπολογισμού του στόχου βασίζεται στην ανάλυση και αποτίμηση των στοιχείων από τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) που έχουν εκδοθεί για κτίρια γραφείων του τριτογενούς τομέα. Συγκεκριμένα από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της έκδοσης ΠΕΑ για κτίρια του τριτογενή τομέα, υπολογίστηκε, λαμβάνοντας υπόψη την κλιματική ζώνη των 15 εξεταζόμενων κτιρίων, ότι η σταθμισμένη ειδική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στις συγκεκριμένες κατηγορίες κτιρίων, ισούται με 550 kWh/m².

Πιο συγκεκριμένα, η ειδική κατανάλωση τελικής ενέργειας σε κτίρια του τριτογενή τομέα ανέρχεται σε:

$$550 \text{ kWh/m}^2 * (0,8/1,1 + 0,2/2,9) = 437,8 \text{ kWh/m}^2$$

Εκτιμάται ότι θα ενταχθούν στο πρόγραμμα 4.000 κτίρια με μέσο εμβαδόν κτιρίου ίσο με 500 m² και θα υλοποιηθούν μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, τα οποία δύνανται να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 45%, οπότε προκύπτει ότι η ετησική εξοικονόμηση ενέργειας ισούται με:

$$437,8 \text{ kWh/m}^2 * 500 \text{ m}^2 / \text{κτίριο} * 4.000 \text{ κτίρια} * 45\% = 394 \text{ GWh ή } 33,9 \text{ ktoe}$$

Τα συμμετέχοντα μέρη που εμπλέκονται στο συγκεκριμένο μέτρο θα είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, το Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας, Ταμείο ειδικού σκοπού, οι προμηθευτές, οι εγκαταστάτες και οι ιδιοκτήτες κτιρίων επαγγελματικής χρήσης. Ο στοχευόμενος τομέας θα είναι ο τριτογενής τομέας και ειδικότερα γραφεία και καταστήματα και η διάρκεια ζωής του μέτρου εκτείνεται πέραν της δεκαετίας. Η μεθοδολογία υπολογισμού που θα χρησιμοποιηθεί είναι κλιμακωτή εξοικονόμηση και συνίσταται στην εκτίμηση από τεχνική υπηρεσία ή τεχνικό σύμβουλο του φορέα της επιτυγχάνομενης εξοικονόμησης τελικής κατανάλωσης ενέργειας βάσει της εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας που θα υπολογιστεί κατά την προετοιμασία των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) των κτιρίων που θα διενεργηθούν οι παρεμβάσεις. Η παρακολούθηση και επαλήθευση του ενεργειακού στόχου επιτυγχάνεται μέσω των μελετών που κατατίθενται στο πλαίσιο του Προγράμματος, αλλά και με δειγματοληπτικούς ελέγχους που θα πραγματοποιεί η Ειδική Υπηρεσία του Προγράμματος για την πιστοποίηση της ορθής εκτέλεσης των παρεμβάσεων.

4) Ανάπτυξη συστημάτων έξυπνης μέτρησης

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Ανάπτυξη συστημάτων έξυπνης μέτρησης	10 χρόνια	96.8 ktoe	28 εκατομ.

Έξυπνα δίκτυα είναι ηλεκτρικά δίκτυα που ενσωματώνουν «έξυπνα» την συμπεριφορά και τις δράσεις όλων των χρηστών (καταναλωτών ή/και παραγωγών Η/Ε από Διεσπαρμένη Ανανεώσιμη Παραγωγή), με σκοπό να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια με υψηλή απόδοση, ασφάλεια και οικονομία. Παρέχουν δυνατότητες για τηλεμέτρηση, χειρισμούς, διαχείριση φορτίου και διεσπαρμένη παραγωγή.

Ένα σημαντικό σημείο παρέμβασης στα δίκτυα διανομής είναι η αυτοματοποίηση της διαχείρισης των δικτύων και των μετρήσεων.

Αυτό προϋποθέτει:

- Εγκατάσταση τηλεχειριζόμενων διακοπών δικτύου.
- Ένταξη όλων των υποσταθμών ΥΤ/ΜΤ στο Σύστημα Διαχείρισης Διανομής (DMS).
- Παρακολούθηση ποιότητας ενέργειας.
- Εισαγωγή Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών.
- Έξυπνα Συστήματα Μέτρησης σε όλη την επικράτεια.

Όλα τα παραπάνω θα οδηγήσουν στην εξέλιξη των δικτύων και σε μια νέα γενιά και θα οδηγηθούμε από δίκτυα διανομής σε συστήματα διανομής, από σύνδεση διεσπαρμένων πηγών σε ενσωμάτωση διεσπαρμένων πηγών, από παθητικά δίκτυα διανομής σε ενεργητικά δίκτυα διανομής, από προσαρμογή παραγωγής και λειτουργίας δικτύου στην κατανάλωση σε συντονισμό μεταξύ χρηστών δικτύου και διαχειριστών δικτύου.

Δεν νοούνται βέβαια έξυπνα δίκτυα χωρίς έξυπνους μετρητές. Έξυπνος μετρητής είναι μια ηλεκτρονική συσκευή μέτρησης με δυνατότητα επικοινωνίας με άλλες συσκευές. Η συσκευή μετράει την ενέργεια που χρησιμοποιείται και στέλνει τις πληροφορίες στο σύστημα και από εκεί καταλήγουν στον πελάτη/παραγωγό, ενημερώνοντας τον για την εκάστοτε κατανάλωση/παραγωγή και το αντίστοιχο κόστος αυτής.

Όσον αφορά το μέτρο, αυτό αναφέρεται σε αντικατάσταση του 80% των υφιστάμενων συμβατικών μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας ($7.200.000 * 80\% = 5.760.000$ μετρητές) της τελικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο Ελληνικό Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ) με αντίστοιχα ευφυή συστήματα μέτρησης, τα οποία διαθέτουν περισσότερες πληροφορίες από τους συμβατικούς μετρητές και έχουν τη δυνατότητα

τηλεμέτρησης της κατανάλωσης, τηλεχειρισμού, αμφίδρομης επικοινωνίας με τον καταναλωτή και εφαρμογής πολυζωνικών τιμολογίων στη διάρκεια του 24ώρου. Η ανάπτυξη ευφύων συστημάτων για τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να συμβάλει σημαντικά στον προγραμματισμό και το συντονισμό για την εξισορρόπηση της ζήτησης με την παραγωγή ενέργειας, καθώς θα δώσει τη δυνατότητα ανάπτυξης νέων μηχανισμών αγοράς (π. χ. ευέλικτα ενεργειακά τιμολόγια, προγράμματα διαχείρισης φορτίου), συνεισφέροντας περαιτέρω στην επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας. Η εγκατάσταση των ευφύων συστημάτων μέτρησης της τελικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πραγματοποιηθεί τόσο στον οικιακό όσο και στον τριτογενή τομέα. Η διάρκεια υλοποίησης του μέτρου θα είναι 2014-2020 και το σύνολο των νέων εξοικονομήσεων ενέργειας κατά την περίοδο 2014-2020 εκτιμάται σε 96, 8 ktoe. Η μεθοδολογία υπολογισμού του στόχου βασίζεται σε μελέτη της ολλανδικής εταιρείας συμβούλων ενεργειακού τομέα DNV KEMA (Smart metering in Greece: Roadmap and cost benefit analysis, August 2012). Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και υποθέτοντας ότι το 95% των μετρητών θα εγκατασταθεί στον οικιακό τομέα, ο οποίος το 2011 κατανάλωσε 1.516 ktoe ηλεκτρικής ενέργειας και το υπόλοιπο 5% στον τριτογενή τομέα, ο οποίος το 2011 κατανάλωσε 1. 446 ktoe, προσδιορίζεται η εξοικονόμηση τελικής ενέργειας, η οποία ισούται με:

$$80\% * (95\% * 1. 516 \text{ ktoe} + 5\% * 1. 446 \text{ ktoe}) * 8\% = 96,8 \text{ ktoe}$$

Τα συμμετέχοντα μέρη για το συγκεκριμένο μέτρο θα είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, η εταιρεία Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας Α. Ε. και οι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο στοχευόμενος τομέας θα είναι ο οικιακός και ο τριτογενής τομέας και η διάρκεια ζωής του μέτρου εκτείνεται πέραν της δεκαετίας. Η μεθοδολογία υπολογισμού είναι η μέθοδος προβλεπόμενης εξοικονόμησης εφαρμόζοντας πρότυπο συντελεστή εξοικονόμησης 8% επί της τελικής κατανάλωσης του οικιακού και τριτογενούς τομέα.

5) Υποστήριξη και παρακολούθηση εφαρμογής έργων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης σε δημόσια κτίρια από Επιχειρήσεις Ενεργειακών Υπηρεσιών (ΕΕΥ)

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Υποστήριξη και παρακολούθηση εφαρμογής έργων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης σε δημόσια κτίρια (ΕΕΥ)	10 χρόνια	50. 8 ktoe	3.3 εκατομ.

Το έργο αποσκοπεί στην τυποποίηση των διαδικασιών και στην άρση ρυθμιστικών εμποδίων για την υλοποίηση των μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας σε κτίρια του δημόσιου τομέα από ΕΕΥ μέσω Συμβάσεων Ενεργειακής Απόδοσης (ΣΕΑ). Ειδικότερα το συγκεκριμένο έργο στοχεύει:

- στην υποστήριξη του ΥΠΕΚΑ για την ανάπτυξη της αγοράς των ΕΕΥ και, μέσω επιλεγμένων πιλοτικών εφαρμογών, στον εντοπισμό των τεχνικών, διαδικαστικών και ρυθμιστικών παραμέτρων και προϋποθέσεων για την υλοποίηση αυτού του είδους των συμβάσεων και έργων.
- στην πρόσβαση των ΕΕΥ σε δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων του δημοσίου τομέα και του μηχανισμού χρηματοδότησης από τρίτους ώστε να επιτευχθούν οι ενεργειακοί εθνικοί στόχοι στα κτίρια του Δημοσίου Τομέα, μέσω της τεχνογνωσίας και των κεφαλαίων του ιδιωτικού τομέα.
- στη διάδοση των αποτελεσμάτων του έργου ώστε να αποτελέσουν τον οδηγό και να προδιαγράψουν το πλαίσιο εφαρμογής της υπό την ανάπτυξη αγοράς ΕΕΥ και την υλοποίηση ενεργειακών έργων στα υπόλοιπα κτίρια του δημοσίου και ευρύτερου δημοσίου τομέα.

Το μέτρο παρέχει κίνητρα με ενίσχυση της επιχειρηματικής δραστηριότητας των Επιχειρήσεων Ενεργειακών Υπηρεσιών (ΕΕΥ) μέσω της δημιουργίας ειδικών χρηματοδοτικών μέσων (Ταμείο ειδικού σκοπού εγγυήσεων ή δανειοδοτήσεων), τα οποία βελτιώνουν την οικονομική δραστηριότητα ή/και ρευστότητα των εν λόγω επιχειρήσεων προκειμένου να υλοποιούν έργα που αναλαμβάνουν μέσω συμβάσεων ενεργειακής απόδοσης. Με την αξιοποίηση των ΕΕΥ επιτυγχάνεται:

- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενεργοβόρων εγκαταστάσεων και υποδομών (π.χ. βιομηχανικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία, μεγάλα κτίρια γραφείων, κολυμβητήρια, αποθήκες), αλλά και ολόκληρων υποβαθμισμένων περιοχών
- Κατασκευή ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων
- Ενεργειακός σχεδιασμός υπαίθριων χώρων
- Ενσωμάτωση των βέλτιστων, κατά περίπτωση, τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας (ΣΗΘΥΑ και ΑΠΕ), καλύπτοντας τις μελλοντικές απαιτήσεις για κτίρια χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και χαμηλών εκπομπών.

Η διάρκεια υλοποίησης του μέτρου θα είναι 2014-2020 και το σύνολο των νέων εξοικονομήσεων ενέργειας κατά την περίοδο 2014-2020 εκτιμάται σε 50,8 ktoe από τα οποία στη δημόσια δαπάνη αντιστοιχεί το 3,4 ktoe. Η μεθοδολογία υπολογισμού του στόχου βασίζεται στην ανάλυση και αποτίμηση των στοιχείων από τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) που έχουν εκδοθεί για κτίρια του τριτογενούς τομέα.

Συγκεκριμένα η σταθμισμένη ειδική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, όπως προκύπτει σε συνδυασμό από τα εκδοθέντα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης για κατηγορίες κτιρίων του τριτογενή τομέα και εκτιμήσεις από μελέτες περιπτώσεων, ανέρχεται σε 550 kWh/m². Για την εκτίμηση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας λαμβάνονται υπόψη οι συντελεστές μετατροπής της τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε πρωτογενή ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα, προκύπτει ότι η ειδική κατανάλωση τελικής ενέργειας στα συγκεκριμένα κτίρια ισούται με:

$$550 \text{ kWh/m}^2 * (0,8/1,1 + 0,2/2,9) = 437,8 \text{ kWh/m}^2$$

Εκτιμάται ότι με το μέτρο θα υλοποιηθούν επεμβάσεις σε 1.500 κτίρια με μέσο εμβαδόν κτιρίου ίσο με 1.000 m² και θα υλοποιηθούν μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, τα οποία δύνανται να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 45%, οπότε προκύπτει ότι η εξοικονομούμενη τελική ενέργεια ισούται με:

$$437,8 \text{ kWh/m}^2 * 1.000 \text{ m}^2 / \text{κτίριο} * 3.000 \text{ κτίρια} * 45\% \text{ εξοικονόμηση} = 591 \text{ GWh} \text{ ή } 50,8 \text{ ktoe}$$

Τα συμμετέχοντα μέρη που εμπλέκονται στο συγκεκριμένο μέτρο θα είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, το Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας, Ταμείο ειδικού σκοπού, οι Επιχειρήσεις Ενεργειακών Υπηρεσιών, οι προμηθευτές, οι εγκαταστάτες και οι ιδιοκτήτες κτιρίων επαγγελματικής χρήσης. Ο στοχευόμενος τομέας θα είναι ο τριτογενής τομέας και ειδικότερα γραφεία και καταστήματα και η διάρκεια ζωής του μέτρου εκτείνεται πέραν της δεκαετίας. Η μεθοδολογία υπολογισμού που θα χρησιμοποιηθεί είναι κλιμακωτή εξοικονόμηση και θα συνίσταται στην εκτίμηση από τεχνική υπηρεσία ή τεχνικό σύμβουλο του φορέα της επιτυγχανόμενης εξοικονόμησης τελικής κατανάλωσης ενέργειας βάσει της εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας που θα υπολογιστεί κατά την προετοιμασία των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) στα κτίρια επαγγελματικής χρήσης στα οποία θα διενεργηθούν οι παρεμβάσεις. Η παρακολούθηση και επαλήθευση του ενεργειακού στόχου επιτυγχάνεται μέσω των μελετών που κατατίθενται στο πλαίσιο του Προγράμματος, αλλά και με δειγματοληπτικούς ελέγχους που θα πραγματοποιεί η Ειδική Υπηρεσία του Προγράμματος για την πιστοποίηση της ορθής εκτέλεσης των παρεμβάσεων.

6) Εφαρμογή και ενίσχυση του Εθνικού Σχεδίου Ανάπτυξης Μεταφοράς για την αναβάθμιση των διασυνδέσεων δικτύου στην ηπειρωτική χώρα και την διασύνδεση των μη διασυνδεδεμένων νησιών.

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Εφαρμογή και ενίσχυση του Εθνικού Σχεδίου Ανάπτυξης Μεταφοράς για την αναβάθμιση των διασυνδέσεων δικτύου στην ηπειρωτική χώρα και την διασύνδεση των μη διασυνδεδεμένων νησιών	10 χρόνια	3390 ktoe	6000 εκατομ.

Η υφιστάμενη κατάσταση όσον αφορά τις διαδικασίες έγκρισης υποδομής δικτύου καθώς και οι συμφορήσεις που έχουν παρατηρηθεί αναλύονται παρακάτω. Οι αιτήσεις για έγκριση και οι διαδικασίες για ανάπτυξη της υποδομής δικτύου είναι περίπλοκες και χρονοβόρες καθότι περιλαμβάνουν την εμπλοκή διάφορων φορέων (π.χ. Τμήμα Πολεοδομίας και Οικίσεως, Περιβαλλοντικούς Φορείς και άλλα κυβερνητικά Τμήματα). Το χρονικό πλαίσιο και η διαδικασία για απόκτηση εγκρίσεων για τα νέα έργα δικτύου που απαιτούνται για τη σύνδεση παραγωγών από ΑΠΕ (και γενικότερα οποιονδήποτε νέο παραγωγό) παρακολουθείται στενά ξεχωριστά για κάθε αίτηση. Το μέσο χρονικό διάστημα για χορήγηση των αδειών/εγκρίσεων για τα νέα έργα υποδομής δικτύου (υποσταθμός και γραμμή) καθορίζεται από το Τμήμα Πολεοδομίας – ο χρόνος αυτός κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 1 και 4 χρόνων, ανάλογα με τον τύπο, την τοποθεσία και/ή την πορεία των έργων σύνδεσης. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες ο χρόνος αυτός μπορεί να πάρει και 10 χρόνια. Σε πολλές περιπτώσεις οι καθυστερήσεις οφείλονται στην απόκτηση της πολεοδομικής άδειας και Αδειών Διέλευσης για τη γραμμή σύνδεσης και ενίοτε λόγω αντιδράσεων από τις τοπικές κοινότητες.

Η έγκριση για την υποδομή δικτύου βασίζεται στο Δεκαετές Πρόγραμμα Ανάπτυξης Συστήματος Μεταφοράς, το οποίο λαμβάνει υπόψη διάφορους παράγοντες όπως κέντρα φορτίου, πολεοδομικές ζώνες, επίδραση στο περιβάλλον, ασφάλεια στην τροφοδότηση κ. ά. Η ισχύουσα νομοθεσία διέπει την ανάπτυξη του δικτύου καθώς και τη συνεργασία μεταξύ ΔΣΜ και Ιδιοκτήτη Συστήματος Μεταφοράς (ΙΣΜ). Όλες οι νέες εγκαταστάσεις ΑΠΕ έχουν προτεραιότητα στη σύνδεση στο δίκτυο. Οι σχετικές διαδικασίες σύνδεσης διαχειρίζονται με τη μέγιστη δυνατή προτεραιότητα.

Όσον αφορά το κόστος, οι μοναδιαίες τιμές εξοπλισμού που απαιτείται για τη σύνδεση παραγωγών στο δίκτυο είναι δημοσιευμένες στην ιστοσελίδα του ΔΣΜ. Ανάλυση δαπάνης: Η μέθοδος κοστολόγησης βασίζεται κατά κύριο λόγο στη μέθοδο της ρηχής σύνδεσης. Εξαιρέσεις υπάρχουν σε περιπτώσεις που η διασύνδεση λαμβάνει χώρα σε ηλεκτρολογικά απομονωμένες περιοχές. Το κόστος της σύνδεσης υπολογίζεται στη βάση της τεχνικά αποδεκτής λύσης με το ελάχιστο κόστος. Για την περαιτέρω προώθηση των επενδύσεων σε ΑΠΕ, έχουν δοθεί οικονομικά κίνητρα από το ΔΣΜ σε συνεννόηση με τη ΡΑΕΚ. Ως εκ τούτου, το κόστος σύνδεσης επιμερίζεται κατά 50%-50% μεταξύ του ΙΣΜ και του Παραγωγού. Ο ΙΣΜ καλύπτει αυτό το κόστος μέσω των Χρεώσεων Χρήσης Δικτύου. Οι Χρεώσεις Χρήσης Δικτύου

αναλαμβάνονται από όλους τους προμηθευτές (εκτός από αυτούς που αφορούν ΑΠΕ) και μετακυλίνονται στους πελάτες τους, σύμφωνα με το Άρθρο Τ16. 7. 2 των ΚΜΔ. Η ανάληψη της δαπάνης και τα οικονομικά κίνητρα περιλαμβάνουν όλα τα άμεσα και έμμεσα έξοδα (π. χ. το κόστος του υποσταθμού και της γραμμής σύνδεσης, το κόστος των σχετικών μελετών/ σχεδίων, το κόστος των αδειών και εγκρίσεων). Επιμερισμός δαπάνης: ο ΔΣΜ ενθαρρύνει υφιστάμενους αιτητές αιολικών πάρκων οι οποίοι επιθυμούν σύνδεση στην ίδια περιοχή να αιτηθούν ταυτόχρονα για σύνδεση τους στο δίκτυο, έτσι ώστε να κατανεμηθεί δικαιότερα μεταξύ τους το κόστος σύνδεσης τους στο δίκτυο. Το κόστος επιμερίζεται στη βάση της επιστρεπτέας δαπάνης, δηλαδή ο πρώτος αιτητής αναλαμβάνει το κόστος της σύνδεσης και αν σε κατοπινό στάδιο οποιοσδήποτε άλλος αιτητής (ΑΠΕ ή όχι) αιτηθεί σύνδεση εντός 5 ΕΛ 48 χρόνων από την πρώτη σύνδεση, τότε ο πρώτος αιτητής δικαιούται επιστροφή μέρους της δαπάνης του, που καταβάλλεται από τους κατοπινούς αιτητές.

Όσον αφορά τα χρονοδιαγράμματα :

Χρονοδιάγραμμα για τη διεκπεραίωση των αιτήσεων και πληροφορίες σχετικά με τις δαπάνες: για επίσπευση των διαδικασιών και πληροφόρηση των αιτητών (νέων παραγωγών) για το κόστος σύνδεσης, η διαδικασία υποβολής και χειρισμού της αίτησης ετοιμάστηκε από το ΔΣΜ. Η διαδικασία επιτρέπει στο ΔΣΜ να εκδώσει προκαταρκτικούς όρους σύνδεσης και να ενημερώσει κάθε αιτητή για το κατά προσέγγιση κόστος της σύνδεσης, εντός ορισμένων ημερών από την υποβολή της αίτησης. Επιπρόσθετα, η διαδικασία επιτρέπει στον παραγωγό να προωθήσει τις διαδικασίες έγκρισης και /ή ανάγκες χρηματοδότησης ταυτόχρονα με την έκδοση όρων από το ΔΣΜ.

Ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα για σύνδεση στο δίκτυο: ο ΔΣΜ βεβαιώνει τους παραγωγούς ότι ο νέος υποσταθμός δικτύου (αναγκαίος για να συνδέσει τον παραγωγό στο υφιστάμενο δίκτυο) μπορεί να κατασκευαστεί εντός 18 μηνών από την ημέρα που θα χορηγηθούν όλες οι απαραίτητες κυβερνητικές άδειες καθώς και άλλες εγκρίσεις/ άδειες. Επιπλέον, ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να προχωρήσει ο ίδιος σε προκήρυξη διαγωνισμού/ προσφορών και άλλων διαδικασιών για την κατασκευή του νέου υποσταθμού δικτύου (το άρθρο 16 (5) της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ είναι σχετικό). Έτσι ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να ελέγξει καλύτερα το χρονοδιάγραμμα και το πρόγραμμα κατασκευής. Η γραμμή σύνδεσης κατασκευάζεται από την ΑΗΚ (ΙΣΜ) υπό την παρακολούθηση του ΔΣΜ. Η διαδικασία αδειοδότησης είναι πιο χρονοβόρα από την περίοδο κατασκευής.

7) Πρόγραμμα «Εξοικονόμηση κατ'οίκον»

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Πρόγραμμα «Εξοικονόμηση κατ'οίκον»	10 χρόνια	313 ktoe	548.3 εκατομ.

Το μέτρο αφορά την παροχή οικονομικών κινήτρων για παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στον οικιακό κτιριακό τομέα, με στόχο τη μείωση των ενεργειακών αναγκών. Τα είδη των κατοικιών που μπορούν να επιδοτηθούν από το πρόγραμμα είναι :

- Μονοκατοικία
- Πολυκατοικία για το τμήμα της που αφορά στο σύνολο των διαμερισμάτων του κτιρίου
- Μεμονωμένο διαμέρισμα αφορά την παροχή οικονομικών κινήτρων για παρεμβάσεις

Τα είδη των κατοικιών πρέπει να πληρούν τα ακόλουθα κριτήρια :

- Βρίσκεται σε περιοχές με τιμή ζώνης χαμηλότερη ή ίση των 2.100ευρώ/τ. μ., όπως αυτή είχε διαμορφωθεί μέχρι της 31.12.2009.
- Διαθέτει οικοδομική άδεια
- Έχει καταταχθεί βάσει του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) σε κατηγορία χαμηλότερη ή ίσης της Δ
- Δεν έχει κριθεί κατεδαφιστέα

Η πρόταση (συνδυασμός παρεμβάσεων) για ενεργειακή αναβάθμιση, που υποβάλλεται με την αίτηση, θα πρέπει να καλύπτει την ακόλουθη απαίτηση που αποτελεί τον ελάχιστο ενεργειακό στόχο του Προγράμματος : αναβάθμιση κατά μία τουλάχιστον ενεργειακή κατηγορία ή εναλλακτικά η ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας να είναι μεγαλύτερη από το 30% της κατανάλωσης του κτιρίου αναφοράς (kWh/τ. μ.)

Για τον έλεγχο της ικανοποίησης της ανωτέρω απαίτησης θα πρέπει τα υλικά και τα συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν για τις παρεμβάσεις να φέρουν ενεργειακή πιστοποίηση. Επιπλέον τα δομικά υλικά και τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα για τα οποία υφίσταται σχετική υποχρέωση από την κείμενη νομοθεσία, θα πρέπει να φέρουν σήμανση CE.

Οι επιλέξιμες κατηγορίες παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης είναι :

- Αντικατάσταση κουφωμάτων (πλαίσια/υαλοπίνακες) και τοποθέτηση συστημάτων σκίασης
- Τοποθέτηση θερμομόνωσης στο κτιριακό κέλυφος συμπεριλαμβανομένου του δώματος/στέγης και της πιλοτής

- Αναβάθμιση συστήματος θερμομόνωσης και συστήματος παροχής ζεστού νερού χρήσης

Οι εισοδηματικές κατηγορίες των ωφελουμένων έχουν ως εξής :

Κατηγορία Α1: Οι ωφελούμενοι των οποίων το ατομικό δηλωθέν εισόδημα δεν ξεπερνά τις 12. 000 ευρώ ή το οικογενειακό δηλωθέν εισόδημα δεν ξεπερνά τις 20. 000 ευρώ. Για την κατηγορία αυτή, τα κίνητρα περιλαμβάνουν δάνειο ύψους 30% με επιδότηση επιτοκίου 100% και επιχορήγηση ύψους 70%, επί του τελικού επιλέξιμου προϋπολογισμού όπως αυτός θα προκύψει μετά τη διενέργεια της δεύτερης ενεργειακής επιθεώρησης.

Κατηγορία Α2: Οι ωφελούμενοι των οποίων το ατομικό δηλωθέν εισόδημα είναι μεγαλύτερο των 12. 000 ευρώ και δεν ξεπερνά τις 40. 000 ευρώ ή το οικογενειακό δηλωθέν εισόδημα είναι μεγαλύτερο των 20. 000 ευρώ και δεν ξεπερνά τις 60. 000 ευρώ. Για την κατηγορία αυτή, τα κίνητρα περιλαμβάνουν δάνειο ύψους 65% με επιδότηση επιτοκίου 100% και επιχορήγηση ύψους 35%, επί του τελικού επιλέξιμου προϋπολογισμού όπως αυτός θα προκύψει μετά τη διενέργεια της δεύτερης ενεργειακής επιθεώρησης.

Κατηγορία Β: : Οι ωφελούμενοι των οποίων το ατομικό δηλωθέν εισόδημα είναι μεγαλύτερο των 40. 000 ευρώ και δεν ξεπερνά τις 60. 000 ευρώ ή το οικογενειακό δηλωθέν εισόδημα είναι μεγαλύτερο των 60. 000 ευρώ και δεν ξεπερνά τις 80. 000 ευρώ. Για την κατηγορία αυτή, τα κίνητρα περιλαμβάνουν δάνειο ύψους 85% με επιδότηση επιτοκίου 100% και επιχορήγηση ύψους 15%, επί του τελικού επιλέξιμου προϋπολογισμού όπως αυτός θα προκύψει μετά τη διενέργεια της δεύτερης ενεργειακής επιθεώρησης.

8) Νόμος 3851/2010 για πληρωμή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και επιτάχυνση της αδειοδότησης σε επιχειρήσεις ή νοικοκυριά που παράγουν την δική τους ενέργεια χωρίς να εξαντλούν φυσικούς πόρους

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Νόμος 3851/2010	10 χρόνια	8600 ktoe	16400 εκατομ.

Αρχικά, οι εθνικοί στόχοι για τις Α. Π. Ε., με βάση την Οδηγία 2009/28/ΕΚ (EEL, 140/2009), καθορίζονται μέχρι το έτος 2020 ως εξής:

- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α. Π. Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.
- Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α. Π. Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%. Με απόφαση του Υπουργού

Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής που εκδίδεται μέσα σε τρεις (3) μήνες από τη δημοσίευση του παρόντος, καθορίζεται η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και η κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α. Π. Ε. . Η απόφαση αυτή αναθεωρείται ανά διετία ή και νωρίτερα, εάν συντρέχουν σημαντικοί λόγοι που σχετίζονται με την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ.

- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α. Π. Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α. Π. Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

Η άδεια εγκατάστασης χορηγείται μέσα σε προθεσμία δεκαπέντε εργάσιμων ημερών από την ολοκλήρωση της διαδικασίας ελέγχου των δικαιολογητικών. Ο έλεγχος αυτός πρέπει σε κάθε περίπτωση να έχει ολοκληρωθεί μέσα σε τριάντα εργάσιμες ημέρες από την κατάθεση της σχετικής αίτησης. Αν η άδεια δεν εκδοθεί μέσα στο ανωτέρω χρονικό διάστημα, ο αρμόδιος Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας υποχρεούται να εκδώσει διαπιστωτική πράξη με ειδική αιτιολογία για την αδυναμία έκδοσής της. Η πράξη αυτή με ολόκληρο τον σχετικό φάκελο διαβιβάζεται στον Υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, ο οποίος αποφασίζει για την έκδοση ή μη της άδειας εγκατάστασης μέσα σε τριάντα ημέρες από την παραλαβή των ανωτέρω εγγράφων. Για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης μπορεί να παρέχεται από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ. Α. Π. Ε.) στον Υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής γραμματειακή, τεχνική, επιστημονική υποστήριξη αντί αμοιβής, η οποία καθορίζεται με απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Πίνακας 7: Τιμολόγηση παραγωγής ενέργειας σε διασυνδεδεμένο και μη τμήμα.

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από:	Τιμή ενέργειας (ευρώ/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο	Σύστημα/ Μη διασυνδεδεμένο
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος μεγαλύτερης των 50kW	87,85	99,45
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος μικρότερης ή ίσης των 50kW	250	
Φωτοβολταϊκά έως 10kWpeak στον οικιακό τομέα και σε μικρές επιχειρήσεις (σύμφωνα με το ειδικό πρόγραμμα σε κτιριακές εγκαταστάσεις-ΚΥΑ 12323/ΓΓ 175/4. 6. 2009, Β' 1079)	550	

Υδραυλική ενέργεια που χρησιμοποιείται με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς εγκατεστημένης ισχύος έως 15 MW	87,85
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής	264,85
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με σύστημα αποθήκευσης το οποίο εξασφαλίζει τουλάχιστον 2 ώρες λειτουργίας στο ονομαστικό φορτίο	284,85
Γεωθερμική ενέργεια χαμηλής θερμοκρασίας κατά την παρ. 1στ του άρθρου 2 του νόμου 3175/2003 (Α' 207)	150
Γεωθερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας κατά την παρ. 1στ του άρθρου 2 του νόμου 3175/2003 (Α' 207)	99,45
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ \leq 1MW (εξαιρούμενου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	200
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $>$ 1MW και \leq 5MW (εξαιρούμενου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	175
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $>$ 5MW (εξαιρούμενου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	150
Αέρια εκλυόμενα από χώρους αγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια από βιομάζα με εγκατεστημένη ισχύ \leq 2MW	120
Αέρια εκλυόμενα από χώρους αγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια από βιομάζα με εγκατεστημένη ισχύ $>$ 2MW	99,45
Βιοαέριο που προέρχεται από βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ \leq 3 MW	220
Βιοαέριο που προέρχεται από βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ $>$ 3 MW	200

Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού Ενέργειας και Υψηλής Απόδοσης	87,85χΣΡ	99,45χΣΡ
---	----------	----------

Λοιπές Α. Π. Ε. (συμπεριλαμβανομένων και των σταθμών ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαποδημίσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων που πληρούν τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας όπως εκάστοτε αυτές ισχύουν)	87,85	99,45
--	-------	-------

9) Μια σύμπραξη δημόσιου - ιδιωτικού τομέα που αναφέρεται στο πρόγραμμα μεταξύ της Τράπεζας Πειραιώς και του MEECC-MECS για την "οικολογική" ανάπτυξη των υφιστάμενων βιομηχανικών ζωνών και την ανάπτυξη νέων πράσινων πάρκων επιχειρηματικότητας

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Πρόγραμμα μεταξύ Πειραιώς και του MEECC-MECS	4 χρόνια	25.6 ktoe	1500 εκατομ.

Το μέτρο αφορά τις βιομηχανίες και ασχολείται με αυτό που καλείται πράσινη επιχειρηματικότητα. Πράσινη επιχειρηματικότητα είναι εκείνη η μορφή οικονομικής δραστηριότητας η οποία θέτει την προστασία του περιβάλλοντος και της φύσης γενικότερα στο επίκεντρο της στρατηγικής της. Η πράσινη επιχειρηματικότητα συνίσταται στη θετική στάση της επιχείρησης απέναντι στην περιβαλλοντική προστασία τόσο με τα προϊόντα ή υπηρεσίες που παράγει, όσο και με τις διαδικασίες παραγωγής. Η πράσινη επιχείρηση κρατάει θετική στάση απέναντι στην προστασία του περιβάλλοντος στο σύνολο των δραστηριοτήτων της.

Σύμφωνα με την πράσινη επιχειρηματικότητα υιοθετούνται οι εξής αντιλήψεις :

- Το επιχειρηματικό περιβάλλον αποτελεί μέρος του φυσικού περιβάλλοντος και όλοι οι πόροι που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών προέρχονται από τη φύση με αποτέλεσμα τη μείωση τους, η οποία αποτελεί την περαιτέρω ανάπτυξη των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων.
- Ορισμένες παλαιότερες παραγωγικές διαδικασίες σπαταλούν μη ανανεώσιμους φυσικούς πόρους, αλλά οι νέες διαδικασίες εξοικονομούν πόρους.
- Η πράσινη επιχειρηματικότητα προσφέρει στον άνθρωπο καλύτερες ποιοτικά υπηρεσίες και προϊόντα που βελτιώνουν την καθημερινή του ζωή.

Οι δραστηριότητες της πράσινης επιχειρηματικότητας αποσκοπούν στη :

- Βελτιστοποίηση της χρήσης των φυσικών πόρων (νερό, ενέργεια, πρώτες ύλες)

- Εξάλειψη της φύρας (δηλαδή του προϊόντος που δεν έχει αξία), η οποία είναι σπατάλη χρημάτων και φυσικών πόρων
- Αποδοτικότερη κάλυψη των αναγκών του καταναλωτή
- Υλοποίηση επενδύσεων με κύριο στόχο την προστασία ή και την αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος

Η πράσινη επιχειρηματικότητα είναι σήμερα απαραίτητη γιατί αποτελεί πηγή εξοικονόμησης κόστους, ανάπτυξης και καινοτομίας. Οι πράσινες δράσεις ανάπτυξης και καινοτομίας αφορούν:

- Τη μείωση του όγκου των αποβλήτων και ανακύκλωσής τους, η οποία ανάλογα με το είδος των αποβλήτων δύναται να επιφέρει επιπρόσθετα έσοδα
- Τον επανασχεδιασμό των προϊόντων και των τρόπων παραγωγής τους με σκοπό τη χαμηλή επιβάρυνση του περιβάλλοντος
- Τη δημιουργία νέων υπηρεσιών – αλλαγή αντικειμένου δραστηριότητας.

Η πράσινη επιχειρηματικότητα συμβάλλει στην ανάπτυξη ως εξής :

- Αναδεικνύει την αναγκαιότητα αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, και τη μετάβαση από τις κλασικές στις πιο ήπιες μορφές ενέργειας
- Αυξάνει τη ζήτηση για πράσινα προϊόντα και υπηρεσίες
- Εφαρμόζει νέες πράσινες τεχνολογίες που προσφέρουν πλεονεκτήματα στους επενδυτές της
- Δίνει διέξοδο από το περιβαλλοντικό αδιέξοδο των σύγχρονων πόλεων με τη δημιουργία νέων, πιο πράσινων πόλεων
- Δίνει αδιέξοδο από την υπερκατανάλωση χημικών φαρμάκων και φυτοφαρμάκων, και στρέφεται σε πιο φιλικά προς το περιβάλλον σκευάσματα
- Οδηγεί στην αύξηση της κοινωνικής συνείδησης απέναντι στους λιγοστούς φυσικούς πόρους

Η οικονομική βιωσιμότητά της πράσινης επιχειρηματικότητας, όπως και κάθε επιχειρηματικής δραστηριότητας αποτελεί το ζητούμενο για κάθε επενδυτή. Η οικονομική της βιωσιμότητα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι συμβάλλουν με τον δικό τους τρόπο ο καθένας.

Οι παράγοντες αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

- Διαθέσιμων φυσικών πόρων
- Η νοοτροπία του επενδυτή και του κοινωνικού περιβάλλοντος που πραγματοποιείται η επένδυση
- Η αξιοποίηση των πόρων

- Το επιχειρηματικό και επιχειρησιακό σχέδιο
- Οι επενδύσεις
- Η χωροταξία της επένδυσης

Η οικονομική βιωσιμότητα της πράσινης επιχειρηματικότητας και της πολιτικής, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιείται. Όταν λέμε περιβάλλον εννοούμε τις διάφορες επενδύσεις που έχουν ήδη δημιουργηθεί στην περιοχή και χαρακτηρίζουν την δυναμική της. Στο περιβάλλον υπάγεται και η νοοτροπία του κοινωνικού συνόλου που ζει στην περιοχή, και που ενδεχομένως αποτελεί και εν δυνάμει εργατικό δυναμικό.

10) Διαδικασία κατασκευής και παρατήρησης αιολικών πάρκων

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Διαδικασία κατασκευής και παρατήρησης αιολικών πάρκων	10 χρόνια	140 ktoe	48.5 εκατομ.

Η αιολική ενέργεια, που το όνομά της το έχει πάρει από τον Αίολο ο οποίος ήταν θεός του ανέμου στην ελληνική μυθολογία, δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Περίπου 1-2% της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης μετατρέπεται σε άνεμο καθώς η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από μια περιοχή σε μια άλλη. Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Μπορεί να μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας με χρήση μιας μηχανής που ονομάζεται ανεμογεννήτρια στην οποία ο άνεμος περιστρέφει ειδικά πτερύγια και παράγει μηχανικό έργο (ανεμόμυλοι) ή ηλεκτρικό έργο (ηλεκτρογεννήτρια). Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται ως «ήπια μορφή ενέργειας» και περιλαμβάνεται στις «καθαρές» πηγές όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και πολύ αργότερα οι ανεμόμυλοι στην ξηρά.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής καθώς παρουσιάζει μια πλειάδα πλεονεκτημάτων:

- Το «καύσιμο» (ο άνεμος) είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν.
- Δεν εκλύονται στην ατμόσφαιρα αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και έτσι οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Χαρακτηριστικά η χρήση μιας ανεμογεννήτριας 600KW, σε

κανονικές συνθήκες αποτρέπει την ελευθέρωση 1200 τόνων CO₂ ετησίως που θα αποβάλλονταν στο περιβάλλον αν χρησιμοποιείτο άλλη πηγή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως π. χ. άνθρακας.

Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιολογήσιμα.

- Η αιολική ενέργεια είναι σήμερα η φθηνότερη μορφή ενέργειας αφού κοστίζει ανάμεσα σε 4 και 6 cents ανά κιλοβατώρα (Η τιμή εξαρτάται από την ύπαρξη/παροχή ανέμου και από τη χρηματοδότηση ή μη του εκάστοτε προγράμματος παραγωγής αιολικής ενέργειας).
- Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να στηθούν σε αγροκτήματα ή ράντσα, ωφελώντας έτσι την οικονομία των αγροτικών περιοχών, όπου βρίσκονται οι περισσότερες από τις καλύτερες τοποθεσίες από την άποψη του ανέμου. Οι αγρότες μπορούν να συνεχίσουν να εργάζονται στη γη, καθώς οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν μόνον ένα μικρό μέρος της γης. Οι ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων για την παραγωγή αιολικής ενέργειας πληρώνουν ενοίκιο στους αγρότες για τη χρήση της γης.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χώρων, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και την συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Η αιολική ενέργεια ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια.
- Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι αθόρυβες. Το επίπεδο της έντασης του ήχου σε απόσταση 40 μέτρων από μια ανεμογεννήτρια είναι 50 - 60 db (A), που είναι αντίστοιχο με την ένταση μιας συζήτησης. Δεδομένης δε της απαιτούμενης ελάχιστης απόστασης των ανεμογεννητριών από γειτονικούς οικισμούς το επίπεδο αυτό είναι ακόμη χαμηλότερο, της τάξης των 30 db (A) περίπου, που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου ενός ήσυχου καθιστικού.
- Η αιολική ενέργεια πάνω από όλα έχει φέρει έναν άνεμο αλλαγής στα ενεργειακά και περιβαλλοντικά δεδομένα, ενώ δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την οικονομική ανάπτυξη περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό και τη διασφάλιση ενός βιώσιμου μέλλοντος για εμάς και τα παιδιά μας.

Παρόλα τα πολλά προαναφερθέντα πλεονεκτήματα, η αιολική ενέργεια έχει και κάποια σημαντικά μειονεκτήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη μας για το όσο το δυνατό την αποτελεσματικότερη αποφυγή τους :

- Οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανατώσεις πουλιών, κυρίως αποδημητικών γιατί τα ενδημικά «συνηθίζουν» την παρουσία των μηχανών και τις

αποφεύγουν. Γι' αυτό καλύτερα να μην κατασκευάζονται αιολικά πάρκα σε δρόμους μετανάστευσης πουλιών. Σε κάθε περίπτωση, πριν τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου ή και οποιασδήποτε εγκατάστασης ΑΠΕ θα πρέπει να έχει προηγηθεί Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ. Π. Ε.).

- **Οπτικοαισθητική επίδραση:** Η εγκατάσταση μιας τεράστιας ανεμογεννήτριας σε μια όχι και τόσο ανοιχτή περιοχή δημιουργεί άσχημη οπτική εντύπωση. Αντίθετα η εγκατάσταση της ίδιας ανεμογεννήτριας σε μια αχανή έκταση περνά σχεδόν απαρατήρητη.
- **Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση:** Το πρόβλημα της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης δημιουργείται από την ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια της πτερωτής.
- Τα αιολικά συστήματα έχουν υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης.
- Απαιτούν πολύ χρόνο για την έρευνα και τη χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού των μεγάλων περιοχών, ώστε να εντοπιστούν τα ευνοϊκά σημεία.
- Παρουσιάζουν διακυμάνσεις ως προς την απόδοση ισχύος, διακύμανση που οφείλεται στη μεταβαλλόμενη - κατά τη διάρκεια της ημέρας, του μήνα και του έτους- ένταση του ανέμου. Η αιολική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί (εκτός αν χρησιμοποιηθούν μπαταρίες που όμως αυξάνουν κατά πολύ το κόστος). Επιπλέον δεν μπορούν όλοι οι άνεμοι να τιθασευτούν ώστε να καλυφτούν, τη στιγμή που προκύπτουν, οι ανάγκες του ηλεκτρισμού.
- Ως μορφή ενέργειας παρουσιάζει χαμηλή πυκνότητα και έχει αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτούνται πολλές ανεμογεννήτριες για την παραγωγή αξιόλογης ισχύος και αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιείται σαν συμπληρωματική πηγή ενέργειας.

Σύμφωνα με εμπειρογνώμονες, τα αιολικά πάρκα μπορούν να καλύψουν την ενεργειακή ανάγκη του πλανήτη. Σε μια μελέτη που έγινε τελευταία οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι πρέπει να κατασκευαστεί ένα παγκόσμιο δίκτυο χερσαίων ανεμογεννητριών 2, 5MW που να λειτουργούν ελάχιστα, περίπου στο 20%, και να μην βρίσκονται σε δασικές εκτάσεις ή σε παγωμένες περιοχές. Με αυτόν τον τρόπο οι ανεμογεννήτριες θα μπορούσαν να καλύψουν την τωρινή αλλά και τη μελλοντική ενεργειακή ζήτηση παγκοσμίως. Η αιολική ενέργεια έχει τεράστια δύναμη και μπορεί να συμβάλει θετικά στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Αυτό που απομένει τώρα είναι να βρεθούν τρόποι να ξεπεραστούν τα αρνητικά της αιολικής ενέργειας έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά καθώς η χώρα μας έχει τεράστιες δυνατότητες σε αυτή τη μορφή ενέργειας. Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ακτογραμμή και τεράστιο πλήθος νησιών. Ως εκ τούτου, οι ισχυροί άνεμοι

που πνέουν κυρίως στις νησιωτικές και παράλιες περιοχές προσδίδουν ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα. Το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 13, 6% του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας.

11) Ενεργειακή αναβάθμιση σε κατοικίες.

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Ενεργειακή αναβάθμιση σε κατοικίες	10 χρόνια	239.5 ktoe	400 εκατομ.

Στην Ελλάδα όπως και στις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες καταναλίσκεται σήμερα στο τομέα των κατοικιών περίπου το 40 % της συνολικά δαπανώμενης ενέργειας. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που χρησιμοποιείται στις κατοικίες σχετίζεται με τη θέρμανση τους. Συνεπώς η σωστή μόνωση των κατοικιών συμβάλλει αποφασιστικά στη μείωση της ενεργειακής τους κατανάλωσης.

Στη χώρα μας λόγω του ήπιου κλίματος (αλλά και για λόγους μείωσης του κόστους κατασκευής) μέχρι πρόσφατα δεν δινόταν η δέουσα προσοχή στη σωστή θερμομόνωση των κατοικιών. Εξ άλλου πριν το 1980 ο ισχύων οικοδομικός κανονισμός δεν απαιτούσε τη θερμική μόνωση των κατοικιών με αποτέλεσμα το παλιό κτιριακό απόθεμα της χώρας να μην διαθέτει θερμική μόνωση και να είναι ενεργειακά σπάταλο. Όμως τα προβλήματα και οι προτεραιότητες έχουν αλλάξει σήμερα και η αναγκαιότητα αφενός της προώθησης της αειφορίας και αφετέρου της αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών επιβάλλουν τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε όλους τους τομείς συμπεριλαμβανομένων και των κτιρίων. Έτσι τα νέα κτίρια που θα κατασκευάζονται μετά το 2020 στη χώρα μας και στην Ε. Ε. θα πρέπει να έχουν σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση. Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε ένα τομέα, δηλαδή η επίτευξη του ίδιου αποτελέσματος με μικρότερη χρήση φυσικών πόρων, συμβάλλει στη προώθηση της αειφορίας καθώς συμβάλλει στη μικρότερη κατανάλωση ενεργειακών πόρων. Παράλληλα συμβάλλει στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής καθώς αποφεύγεται η χρήση ορυκτών καυσίμων τα οποία εκλύουν με τη καύση τους θερμοκηπιακά αέρια στην ατμόσφαιρα. Γι αυτό η εξοικονόμηση ενέργειας ισοδυναμεί με τη χρήση μιας νέας ενεργειακής πηγής η οποία μάλιστα δεν ρυπαίνει. Ο στόχος της Ε. Ε. για τη προώθηση των κτιρίων με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση συνάδει με τη στήριξη της κυκλικής οικονομίας που αποτελεί ένα από τους πυλώνες της νέας πολιτικής της Ε. Ε. Σε αντιδιαστολή με τη γραμμική οικονομία η οποία περιλαμβάνει τη χρήση φυσικών πόρων και τη παραγωγή προϊόντων και αποβλήτων, η κυκλική οικονομία είναι συνυφασμένη με τη μικρότερη χρήση

φυσικών πόρων (και ενέργειας) και τη μειωμένη παραγωγή αποβλήτων τα οποία κατά το δυνατόν θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται και να ανακυκλώνονται.

Η υλοποίηση του προγράμματος «Εξοικονομώ» στα πλαίσια του ΕΣΠΑ της προηγούμενης προγραμματικής περιόδου θεωρείται ιδιαίτερα επιτυχής και γι αυτό προεξοφλείται ότι και η συνέχεια του με το «Εξοικονομώ II» θα είναι εξ ίσου επιτυχής.

Οι ενεργειακές επεμβάσεις σε κατοικίες που θα είναι επιλέξιμες περιλαμβάνουν

- Την αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα τα οποία θα έχουν διπλούς υαλοπίνακες και μειωμένες θερμικές απώλειες. Όπως είναι γνωστό οι θερμικές απώλειες από τα παλαιού τύπου κουφώματα με μονούς υαλοπίνακες είναι πολύ μεγάλες.
- Τη θερμομόνωση των τοίχων η/και της οροφής της κατοικίας όπου οι θερμικές απώλειες είναι επίσης πολύ μεγάλες.
- Τέλος την αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης η/και τη χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα για παραγωγή ζεστού νερού. Το νέο σύστημα θέρμανσης της κατοικίας θα μπορεί να χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα και να είναι υψηλής απόδοσης ή να περιλαμβάνει αντλίες θερμότητας υψηλής απόδοσης (π. χ. COP μεγαλύτερο του 2. 5). Θα μπορεί επίσης να χρησιμοποιεί διάφορα είδη στερεάς βιομάζας όπως ξύλο, ελαιοπυρηνόξυλο ή πέλετς. Τα συστήματα καύσης της στερεάς βιομάζας όπως σόμπα, τζάκι ή σύστημα κεντρικής θέρμανσης θα πρέπει να είναι υψηλής απόδοσης. Ο ηλιακός θερμοσίφοντας θα μπορεί να παρέχει ζεστό νερό χρήσης στη κατοικία τις περισσότερες ημέρες του έτους. Συνεπώς δίδεται η δυνατότητα μέσω του προγράμματος αυτού να υποκατασταθούν τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στη παραγωγή θερμότητας στις κατοικίες με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επομένως μειώνονται στη περίπτωση αυτή σημαντικά και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από αυτές. Οι ενεργειακές επεμβάσεις στις κατοικίες θα πρέπει να τις αναβαθμίζουν ενεργειακά και να κατατάσσονται μετά τις επεμβάσεις σε υψηλότερες κατηγορίες. Έτσι εάν αρχικά η κατοικία κατατασσόταν στη κατηγορία Η, μετά τις επεμβάσεις να αναβαθμιστεί στη κατηγορία Ε, κτλ.

Η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κατοικιών της χώρας θα έχει πολλά οφέλη όπως

- Θα μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά καθώς και οι αντίστοιχες δαπάνες τους. Έτσι είναι πιθανόν να βελτιωθεί η κατάσταση εκείνων που ζουν σε συνθήκες ενεργειακής φτώχειας.
- Θα τονωθούν οι επενδύσεις στο κατασκευαστικό κλάδο ο οποίος βρίσκεται σήμερα σε κατάσταση χειμερίας νάρκης. Είναι γνωστό ότι λόγω της οικονομικής κρίσης σήμερα η κατασκευαστική βιομηχανία της χώρας στην οποία εμπλέκονται πάνω από 100 επαγγέλματα διέρχεται μεγάλη ύφεση. Συνεπώς θα τονωθεί η απασχόληση στους τομείς αυτούς.

- Θα μειωθούν οι δαπάνες της πολιτείας για εισαγόμενα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή ενέργειας όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.
- Θα μειωθεί η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας και θα αυξηθεί η ενεργειακή της επάρκεια καθώς θα χρειάζονται λιγότερα εισαγόμενα καύσιμα.
- Θα μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα της χώρας οι οποίες οφείλονται στη καύση ορυκτών καυσίμων, λιγνίτη, πετρελαίου και φυσικού αερίου.
- Θα αυξηθεί η χρήση εγχώριων ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων όπως ηλιακής ενέργειας, στερεάς βιομάζας και αβαθούς γεωθερμίας οι οποίοι θα υποκαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε κατοικίες σήμερα.
- Θα βελτιωθεί η ενεργειακή κατηγοριοποίηση των παλαιών κτιρίων τα οποία είχαν κατασκευασθεί με άλλες προδιαγραφές σε άλλες εποχές. Συνεπώς θα αυξηθεί και η αξία τους.

12) Εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης με βάση το πρότυπο ISO 50001 σε φορείς του Δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα.

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
ISO 50001 σε φορείς του Δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα	10 χρόνια	25. 2 ktoe	2.78 εκατομ.

Το μέτρο αφορά στην εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης με βάση το πρότυπο ISO 50001 σε φορείς του Δημόσιου και του ευρύτερου δημόσιου τομέα, με στόχο τη διαχείριση, μέτρηση και συνεχή βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια και τις εγκαταστάσεις τους.

Το ISO 50001 είναι το πρώτο παγκόσμιο πρότυπο διαχείρισης ενέργειας και είναι αποτέλεσμα πληθώρας εθνικών και τοπικών προτύπων. Απαιτεί την ανάπτυξη και εφαρμογή μιας ενεργειακής πολιτικής και τη καθιέρωση σκοπών, στόχων και πλάνου ενεργειών. Σκοπός είναι η βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης (improvement of energy performance), λαμβάνοντας υπόψη την ενεργειακή χρήση (use), κατανάλωση (consumption) και αποδοτικότητα (efficiency). Το ISO 50001 απευθύνεται σε όλες τις επιχειρήσεις, ανεξαρτήτως μεγέθους και κλάδου, και αφορά σε δραστηριότητες που ελέγχονται άμεσα από την επιχείρηση.

Οφέλη εφαρμογής & πιστοποίησης:

- μείωση του κόστους της ενέργειας (π. χ. προώθηση μεθόδων καλύτερης χρήσης του εξοπλισμού που καταναλώνει ενέργεια)

- περιορισμός κινδύνων που σχετίζονται με την ενεργειακή ασφάλεια (energy security), μέσω βελτίωσης της ενεργειακής επίδοσης
- παροχή πλαισίου για τη θέσπιση προδιαγραφών ενεργειακής αποδοτικότητας σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα (π. χ. προμηθευτές)
- καθιέρωση ορθών πρακτικών διαχείρισης της ενέργειας
- μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Η υλοποίηση του έργου θα μπορέσει να γίνει μέχρι το 2020 και το σύνολο των νέων εξοικονομήσεων ενέργειας μέχρι το 2020 εκτιμάται σε 25. 2 ktoe. Η μεθοδολογία υπολογισμού του στόχου βασίζεται στην ανάλυση και αποτίμηση των στοιχείων από τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) που έχουν εκδοθεί για κτίρια γραφείων του τριτογενούς τομέα.

Η εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης προβλέπεται να υλοποιηθεί σε 3. 600 κτίρια του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα. Συνεπώς, χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία για τις ειδικές καταναλώσεις (ειδική κατανάλωση τελικής ενέργειας 326 kWh/m² και μέσο εκτιμώμενο εμβαδόν κτιρίου 2. 500 m²) και υποθέτοντας 10% μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, όπως τεκμηριώνεται από σχετικές βιβλιογραφικές αναφορές για την τεκμηρίωση του 10% στα μέτρα συμπεριφοράς. (Guidance note on Directive 2012/27/EU, Article 5: Exemplary role of public bodies' buildings, Commission Staff Working Document και Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take?, EEA) προκύπτει ότι η συνολική εξοικονόμηση τελικής ενέργειας ισούται με:

$$3. 600 \text{ κτίρια} * 326 \text{ KWh/m}^2 * 2. 500 \text{ m}^2 / \text{κτίριο} * 10\% = 293, 4 \text{ GWh} \text{ ή } 25, 2 \text{ ktoe}$$

Τα συμμετέχοντα μέρη που εμπλέκονται στο συγκεκριμένο μέτρο θα είναι το σύνολο του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, οι ενεργειακοί υπεύθυνοι των κτιρίων και οι φορείς πιστοποίησης του προτύπου. Ο στοχευόμενος τομέας θα είναι ο δημόσιος τομέας και ευρύτερος δημόσιος τομέας και η διάρκεια ζωής του μέτρου εκτείνεται πέραν της δεκαετίας. Η μεθοδολογία υπολογισμού που θα χρησιμοποιηθεί είναι η μέθοδος προβλεπόμενης εξοικονόμησης εφαρμόζοντας πρότυπο συντελεστή εξοικονόμησης 10% επί της τελικής κατανάλωσης κάθε κτιρίου και θα επαληθεύεται κατά τη διαδικασία διατήρησης του προτύπου.

13) Δράσεις εκπαίδευσης και κατάρτισης για το προσωπικό του τριτογενούς τομέα

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Δράσεις εκπαίδευσης και κατάρτισης για το προσωπικό του τριτογενούς τομέα	10 χρόνια	64 ktoe	8.9 εκατομ.

Η εκπαίδευση και η κατάρτιση μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην καλλιέργεια μιας κουλτούρας ενεργειακής αποδοτικότητας. Τα Ευρωπαϊκά προγράμματα στο πεδίο της εκπαίδευσης και κατάρτισης μπορούν να συνεισφέρουν στη διάδοση των καλών πρακτικών μεταξύ των Χωρών - Μελών της Ε. Ε., καθώς επίσης να ενθαρρύνουν τη διεξαγωγή συνεργατικών έργων στα πεδία αυτά σε όλο το φάσμα της δια βίου μάθησης.

Υποστήριξη της εθνικής πολιτικής στους τομείς της Ενέργειας (ενδιαφέροντος ΚΑΠΕ) και του Περιβάλλοντος μέσω:

- Επιμόρφωσης, κατάρτισης ή/και εξειδίκευσης συγκεκριμένων ομάδων επαγγελματιών που εμπλέκονται σε δραστηριότητες ή απασχολούνται ήδη σε τομείς όπου μπορούν να αναπτυχθούν εφαρμογές των ΑΠΕ, της ΣΗΘ, των ΟΧΕ/ΕΞΕ, ώστε αυτοί να μπορέσουν να ανταποκριθούν στις ανάγκες: της έρευνας, της παραγωγής, και της αγοράς, γενικότερα.
- Ενημέρωσης - πληροφόρησης των εν δυνάμει χρηστών των τεχνολογιών και των επενδυτών σε έργα ΑΠΕ, ΣΗΘ και ΟΧΕ/ΕΞΕ γύρω από τις σχετικές τεχνολογίες, τα τεχνικοοικονομικά χαρακτηριστικά τους, κλπ.

Το Τμήμα Εκπαίδευσης του ΚΑΠΕ σχεδιάζει προγράμματα κατάρτισης και λειτουργεί ως τεχνικός σύμβουλος στην οργάνωση τέτοιων προγραμμάτων.

- Ευαισθητοποίηση των μαθητών της Α'-βάθμιας και Β'-βάθμιας εκπαίδευσης και των δασκάλων / καθηγητών τους μέσω της εκπαίδευσης ή/και ενημέρωσής τους γύρω από τις ΑΠΕ και την Ενεργειακή Αποδοτικότητα.

Όσον αφορά τις δραστηριότητες και το τεχνικό αντικείμενο:

- Σχεδιασμός, υλοποίηση και αξιολόγηση εξειδικευμένων τεχνικών σεμιναρίων - προγραμμάτων κατάρτισης.
- Εκπόνηση μελετών για τις εκπαιδευτικές ανάγκες και τις δυνατότητες απασχόλησης διάφορων ομάδων - στόχων.
- Σχεδιασμός και παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού και υλικού κατάρτισης: Έντυπου: βιβλία, εγχειρίδια, οδηγοί, φυλλάδια, ή/και Ηλεκτρονικού: πλατφόρμες τηλεεκπαίδευσης, multimedia εφαρμογές (CD-Rom), βιντεοταινίες.

- Υποστήριξη άλλων ιδρυμάτων, φορέων, εταιριών κλπ. (“τρίτων”) με μελέτες, εκπαιδευτικό υλικό, συμβουλές και άλλες υπηρεσίες.
- Διοργάνωση workshops, συναντήσεων εργασίας ή άλλου τύπου εκδηλώσεων, στα πλαίσια των δράσεων των έργων του Τμήματος.

Όσον αφορά τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών προγραμμάτων:

- Ακολουθείται μία bottom-up προσέγγιση, η οποία περιλαμβάνει τα εξής στάδια: εκπόνηση προμελέτης ή/και μελέτης για τις εκπαιδευτικές ανάγκες και τις δυνατότητες απασχόλησης της ομάδας στόχου, σχεδιασμός του προγράμματος, υποστήριξη στην υλοποίησή του (με εισηγήσεις / παρουσιάσεις), αξιολόγηση της ομάδας στόχου.
- Παράλληλα υπάρχει πάντα η δυνατότητα υποστήριξης του εκάστοτε εκπαιδευτικού προγράμματος μέσω του σχεδιασμού και της παραγωγής του κατάλληλου κάθε φορά εκπαιδευτικού υλικού ή/και υλικού κατάρτισης (εγχειρίδια, οδηγοί, βιβλία, ενημερωτικά φυλλάδια, multimedia εφαρμογές, κλπ.).

Όσον αφορά το οικονομικό κομμάτι της πολιτικής:

Η μεθοδολογία υπολογισμού του στόχου βασίζεται στην εκτίμηση ότι θα εκπαιδευθούν συνολικά 40. 000 τεχνικά στελέχη του τριτογενούς τομέα που θα εργάζονται σε διαφορετικά κτίρια, γίνονται δε οι παραδοχές ότι τελικά θα επηρεαστεί το 85% των εκπαιδευομένων και ότι η επίδραση αυτή θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας κατά 10%, όπως τεκμηριώνεται από σχετικές βιβλιογραφικές αναφορές για την τεκμηρίωση των μέτρων συμπεριφοράς (Guidance note on Directive 2012/27/EU, Article 5: Exemplary role of public bodies' buildings, Commission Staff Working Document και Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take?, EEA). Συνεπώς, χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία και τις ειδικές καταναλώσεις (ειδική κατανάλωση τελικής ενέργειας 437,8 kWh/m² και εκτιμώμενο μέσο εμβαδόν κτιρίου 500 m²), υπολογίζεται η συνολική εξοικονόμηση τελικής ενέργειας, η οποία ισούται με:

$$40.000 \text{ κτίρια} * 85\% * 437,8 \text{ kWh/m}^2 * 500 \text{ m}^2 / \text{κτίριο} * 10\% = 744,26 \text{ GWh} \text{ ή } 64,0 \text{ ktoe}$$

Τα συμμετέχοντα μέρη που εμπλέκονται στο συγκεκριμένο μέτρο θα είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, το Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας, Ταμείο ειδικού σκοπού, και τεχνικά στελέχη κτιρίων επαγγελματικής χρήσης. Ο στοχευόμενος τομέας θα είναι ο τριτογενής τομέας και ειδικότερα γραφεία και καταστήματα και η διάρκεια ζωής του μέτρου εκτείνεται πέραν της δεκαετίας.

Η μεθοδολογία υπολογισμού είναι η μέθοδος προβλεπόμενης εξοικονόμησης εφαρμόζοντας πρότυπο συντελεστή εξοικονόμησης 10% επί της τελικής κατανάλωσης κάθε κτιρίου. Η παρακολούθηση και επαλήθευση του ενεργειακού στόχου επιτυγχάνεται με ετήσια ενημέρωση

των στελεχών της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων προς τη Ειδική Υπηρεσία του Προγράμματος.

14) Ανάπτυξη μετρό Θεσσαλονίκης

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Ανάπτυξη μετρό Θεσσαλονίκης	10 χρόνια	21.4 ktoe	600 εκατομ.

Πολλά έχουν γραφεί όλα αυτά τα 10 χρόνια κατασκευής της βασικής γραμμής του Μετρό Θεσσαλονίκης αλλά και της επέκτασης προς Καλαμαριά, αλλά είναι σχετικά άγνωστο πως θα κυκλοφορεί το μέσο που καλείται να σώσει τη Θεσσαλονίκη από το βαρύ κυκλοφοριακό που την ταλαιπωρεί.

Το Μετρό στην πόλη θα αναλάβει την ραχοκοκαλιά των μεταφορών και μαζί με τα λεωφορεία θα καλεστούν να αναβαθμίσουν τις υπηρεσίες μαζικής μετακίνησης μέσα στη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της χώρας.

Το Μετρό αυτή την εποχή όπως πολλοί μπορεί να γνωρίζετε μας απασχολεί για την κατασκευή της βασικής γραμμής από το Νέο Σιδηροδρομικό Σταθμό μέχρι την Νέα Ελβετία, με 13 σταθμούς. Επίσης σε κατασκευή είναι η γραμμή Πατρίκιος-Μίκρα με 5 σταθμούς. Όλοι οι σταθμοί είναι υπόγειοι. Το 2020 αναμένεται η βασική γραμμή να τεθεί σε λειτουργία και μαζί οι 12 από τους 13 σταθμούς. Ο 13ος σταθμός BENIZEΛΟΣ, αναμένεται να λειτουργήσει το 2021 και μαζί ο κλάδος της Καλαμαριάς.

Συνολικά το 2021 18 σταθμοί θα λειτουργήσουν και το κοινό τους χαρακτηριστικό είναι πως θα διαθέτουν κεντρική πλατφόρμα (αντί για πλάγιες όπως είναι οι περισσότεροι σταθμοί στην Αθήνα) και θύρες ασφαλείας. Οι θύρες θα ανοίγουν μόνο όταν ο συρμός θα έχει σταματήσει στην αποβάθρα, αποτρέποντας ατυχήματα και δυστυχήματα που συχνά βλέπουμε να συμβαίνουν στο Μετρό της Αθήνας αλλά και σε άλλα δίκτυα Μετρό ανά τον κόσμο.

Το μήκος των σταθμών θα είναι περίπου 60 μέτρα και ανάλογο θα είναι και το μήκος των συρμών. Αναλογικά θα έχουν περίπου το μισό μήκος από εκείνο των σταθμών και των συρμών της Αθήνας. Στις ώρες αιχμής θα κινούνται συρμοί ανά 3 λεπτά που θα εξυπηρετούν τους κοινούς σταθμούς.

Οι συρμοί του Μετρό Θεσσαλονίκης θα είναι υπεραυτόματοι, θα κατασκευαστούν στην Ιταλία με τεχνολογία HITACHI. Δεν θα έχουν οδηγό καθώς θα λειτουργούν αυτόματα αλλά συνοδό για την ασφάλεια του συρμού και των επιβατών. Ο σχεδιασμός για το Μετρό Θεσσαλονίκης, εφόσον βρεθεί χρηματοδότηση περιλαμβάνει την κατασκευή 3 μεγάλων έργων. Το πρώτο έργο

αφορά ακόμα ένα νέο κλάδο που θα ξεκινά από το σταθμό ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ και θα καταλήγει στο σταθμό ΕΥΚΑΡΠΙΑ και θα διαθέτει 5 σταθμούς. Το δεύτερο έργο θα αφορά την δυτική επέκταση της βασικής γραμμής από το Νέο Σιδηροδρομικό Σταθμό μέχρι το Κορδελιό και θα έχει 4 σταθμούς. Το τρίτο έργο θα αφορά την επέκταση της γραμμής 2 (Καλαμαριάς) από το σταθμό ΜΙΚΡΑ μέχρι το ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ με επίσης 4 σταθμούς.

Μέχρι το 2030 η Θεσσαλονίκη θα έχει πλήρες δίκτυο Μετρό που συνολικά θα περιλαμβάνει τη λειτουργία 3 γραμμών με 31 σταθμούς.

Το μετρό είναι συνυφασμένο με την ανάπτυξη καθώς βασική προϋπόθεση για να τεθεί μια πόλη, όπως η Θεσσαλονίκη, σε τροχιά οικονομικής ανάπτυξης είναι η δημιουργία υποδομών για τις αστικές συγκοινωνίες, τις μεταφορές και τη βιώσιμη κινητικότητα. Σε αυτό το πνεύμα, η Αττικό Μετρό ΑΕ υλοποιεί το έργο του Μητροπολιτικού Σιδηροδρόμου στη Θεσσαλονίκη, ένα μεγάλο κοινωνικό έργο που θα αλλάξει τη ζωή της πόλης και θα θέσει σε νέες βάσεις την οικονομία της.

Όσον αφορά την οικονομία:

Το παράδειγμα της τεράστιας αλλαγής της Αθήνας, με το ένα εκατομμύριο περίπου των επιβατών να κινούνται καθημερινά με το μετρό, με τις αγορές στην περιοχή των σταθμών να αποκτούν σημαντικά ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα, την τόνωση της τουριστικής κίνησης και με τους σχεδόν 1.000 τόνους λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα να εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα καθημερινά, είναι εύγλωττο, αν και όχι το μοναδικό διεθνώς.

Το μετρό θα συμβάλει στην οικονομική ανάπτυξη της Θεσσαλονίκης κατ' αρχήν κατά τη διάρκεια κατασκευής του, με τα εκατοντάδες εκατομμύρια ευρώ που, μέσω των έργων, θα διοχετευθούν στην αγορά, καθώς και με τις χιλιάδες νέες θέσεις εργασίας που θα προσφέρει στον κατασκευαστικό τομέα. Κυρίως όμως, το μετρό θα συμβάλει στην οικονομία της Θεσσαλονίκης μετά την ολοκλήρωσή του, καθώς θα αποτελέσει κίνητρο για την τόνωση της επιχειρηματικότητας, του εμπορίου και του τουρισμού. Η ολοκλήρωσή του θα δώσει αναπτυξιακή πνοή στη πόλη και ανάσα ελπίδας στους κατοίκους της, καθώς θα συμβάλει καθοριστικά στην αντιμετώπιση της ύφεσης και την καταπολέμηση της ανεργίας που μαστίζουν τη Θεσσαλονίκη.

Όσον αφορά πολιτιστικό ρόλο:

Εκτός όμως από τον κατεξοχήν αναπτυξιακό του ρόλο, το μετρό έχει κι έναν ουσιαστικό πολιτιστικό ρόλο, ο οποίος δεν είναι καθόλου πάντως άσχετος με την οικονομική ανάπτυξη της Θεσσαλονίκης. Τα έργα του μετρό, μέσω των εκτεταμένων αρχαιολογικών εργασιών που εκτελέστηκαν και συνεχίζουν να εκτελούνται, συμβάλλουν στην αποκάλυψη της ιστορίας και την ανάδειξη της πολιτιστικής ταυτότητας της Θεσσαλονίκης. Ο σταθμός «Βενιζέλου» με το τεχνητό δίλημμα «ή αρχαία ή μετρό» υπήρξε κατεξοχήν πεδίο άσκησης διχαστικής πολιτικής,

που τελικά υπονόμευσε ένα μεγάλο έργο. Η λύση που δόθηκε από τη νέα διοίκηση της Αττικό Μετρό ΑΕ, αποδεικνύει ότι όταν υπάρχει διάθεση συνεργασίας με τους υπόλοιπους φορείς και πρυτανεύει η εξυπηρέτηση του δημόσιου συμφέροντος, δεν υπάρχουν ούτε διλήμματα, ούτε εμπόδια, ούτε αδιέξοδα.

Η υπογραφή συμφώνου συνεργασίας ανάμεσα στην Αττικό Μετρό ΑΕ, το υπουργείο Πολιτισμού και τον δήμο Θεσσαλονίκης, σύμφωνα με το οποίο τα αρχαιολογικά ευρήματα θα αποκατασταθούν και θα αναδειχθούν συγχρόνως με την κατασκευή του σταθμού σε μεγαλύτερο βάθος, αποδεικνύει ότι ένα σύγχρονο τεχνικό έργο μπορεί να συνυπάρχει αρμονικά με ένα σπουδαίο αρχαιολογικό εύρημα και να αναδεικνύει την ιστορία της πόλης.

Όσον αφορά άλλα οφέλη – Ζωντανό μουσείο

Ο σταθμός θα αποτελέσει ένα σημαντικό τοπόσημο για τη Θεσσαλονίκη, το οποίο θα λειτουργήσει ως πόλος έλξης για τον τουρισμό, το εμπόριο και την επιχειρηματικότητα. Το γεγονός ότι οι επιβάτες του μετρό, αλλά και οι επισκέπτες της πόλης, θα έχουν τη δυνατότητα να απολαμβάνουν μέσα στον σταθμό ένα ζωντανό μουσείο, θα δώσει προστιθέμενη αξία στην πόλη και θα δώσει νέα ώθηση και νέες ευκαιρίες στην ανάπτυξη. Στη πραγματικότητα, η πόλη θα αποκτήσει ένα ζωντανό μουσείο μέσα σε ένα σύγχρονο τεχνικό έργο.

Το μετρό είναι ένα έργο που θα ικανοποιήσει τόσο την ανάπτυξη, όσο και την κοινωνική ευημερία. Βρισκόμαστε σε μια δύσκολη οικονομική συγκυρία, έχουμε όμως αναπτυξιακές δυνατότητες που μπορούν να μας βγάλουν από τα σημερινά αδιέξοδα. Το μετρό μπορεί να είναι ένας τέτοιος αναπτυξιακός πυλώνας. Πέραν των συγκοινωνιακών, οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έχει το Μετρό, η ελληνική εμπειρία αποδεικνύει ότι το έργο συμβάλλει και στην ανάδειξη της ιστορίας και του πολιτισμού των πόλεων, όπου τα έργα μετρό κατασκευάζονται και λειτουργούν. Αυτό, λοιπόν, που δεν προκύπτει εκ πρώτης όψεως, αλλά είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον στην περίπτωση των έργων Μετρό, είναι η αρμονική συνύπαρξη ενός μεγάλου τεχνικού έργου υποδομής με το παρελθόν, την ιστορία και τον εθνικό μας πολιτιστικό πλούτο. Η σφραγίδα των έργων Μετρό στο σύγχρονο πολιτισμό περνά μέσα από την ανάδειξη της ιστορίας και της πολιτιστικής ταυτότητας των πόλεων, όπου τα έργα Μετρό εκτελούνται. Το παράδειγμα της Αθήνας, με την αποκάλυψη «της πόλης κάτω από την πόλη» και την έκθεση των ευρημάτων στους σταθμούς του Μετρό, η ανάδειξη των ευρημάτων από την κατασκευή της επέκτασης στον Πειραιά κατά τη προηγούμενη χρονιά με την έκθεση «Στην Επιφάνεια», καθώς και οι αρχαιολογικές εργασίες που συνεχίζονται στη Θεσσαλονίκη πιστοποιούν τον πολιτιστικό ρόλο που μπορεί να διαδραματίσουν τα έργα του Μετρό. Για τις ανάγκες κατασκευής του Μετρό Θεσσαλονίκης πραγματοποιείται η μεγαλύτερη αρχαιολογική ανασκαφή που έχει γίνει ποτέ στη πόλη, συνολικής έκτασης 20.000 τ. μ. Η αποκάλυψη αρχαιολογικών ευρημάτων ήταν συνεχής, με μεγαλύτερη πυκνότητα ευρημάτων στο εντός των τειχών τμήμα της Θεσσαλονίκης, από την πλατεία Δημοκρατίας έως το Συντριβάνι. Οι

αρχαιολογικές εργασίες, συνολικού προϋπολογισμού 120 -πλέον- εκατομμυρίων ευρώ, έχουν φέρει στο φως περί τα 130.000 αρχαιολογικά ευρήματα. Μέρος αυτών θα αναδειχθεί, όπως έγινε και στην Αθήνα, σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους μέσα σε σταθμούς που θα λειτουργούν ως σημεία αναφοράς για τη Θεσσαλονίκη. Αξίζει εδώ να σταθούμε σε δυο χαρακτηριστικές περιπτώσεις, που έχουν απασχολήσει αρκετές φορές και την επικαιρότητα, τους σταθμούς «Βενιζέλου» και «Αγία Σοφία». Εκεί λαμβάνει χώρα αυτό που ονομάζουμε «το πείραμα της Θεσσαλονίκης». Σε αυτούς τους δυο υπό κατασκευή σταθμούς εφαρμόζεται μια καινοτόμος προσέγγιση, αυτή της συνάντησης της Τεχνολογίας αφενός με τον Πολιτισμό αφετέρου. Η συνάντηση αυτή προσελκύει ήδη το ενδιαφέρον της διεθνούς κοινότητας και αναμένεται να εξελιχθεί σε ισχυρό τοπόσημο της πόλης και γι αυτό και σε πηγή οικονομικής ανάπτυξης, μια και θα τονώσει την επιχειρηματικότητα, το εμπόριο και τον τουρισμό στη Θεσσαλονίκη. Αυτό είναι ένα κορυφαίο παράδειγμα του πως ο Πολιτισμός μπορεί να φέρει οικονομική ανάπτυξη μέσω της τεχνολογίας.

Το μετρό είναι η καλύτερη ίσως ευκαιρία που έχει η πόλη για να ενώσει τις δυνάμεις της και να αποδείξει ότι μπορεί να σχεδιάζει και να υλοποιεί μεγάλα έργα που θα την οδηγήσουν σε τροχιά ανάπτυξης και ευημερίας.

15) Επέκταση μετρό Αθήνας

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Επέκταση μετρό Αθηνάς	10 χρόνια	29.3 ktoe	1200 εκατομ.

Η Γραμμή 4 του μετρό της Αθήνας είναι μία δημοπρατημένη και μελλοντική γραμμή μετρό με 30 συνολικά σταθμούς και μήκος 30 χιλιομέτρων, που σχεδιάζεται από την Αττικό Μετρό. Προβλέπεται να είναι η πρώτη γραμμή μετρό στην Αθήνα με αυτόματους συρμούς και θύρες στις αποβάθρες. Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα δημοπράτησης του τμήματος της γραμμής (Άλσος Βεΐκου - Γουδή), η επιλογή του αναδόχου για την κατασκευή του έργου αναμένεται να γίνει τον Ιούνιο του 2018, η έναρξη των έργων το 2019 και η ολοκλήρωση στα τέλη του 2026. Για την ταχύτερη ολοκλήρωση της γραμμής θα χρησιμοποιηθούν δύο μετροπόντικες και ενδέχεται η γραμμή να λειτουργήσει τμηματικά και κάποιοι σταθμοί λειτουργήσουν νωρίτερα. Η νέα γραμμή 4 του Μετρό, αλλά και οι επεκτάσεις στις υφιστάμενες γραμμές είναι υποδομές χρήσιμες για όλους τους πολίτες. Υποδομές που εξυπηρετούν τον κόσμο, τον Αθηναίο, την Αθηναία, τη νεολαία, τους φοιτητές, τον εργαζόμενο και τον συνταξιούχο που κινούνται μες την πόλη, για να πάνε στα Δικαστήρια, στο Πανεπιστήμιο, στο Πολυτεχνείο, στα νοσοκομεία αλλά και στα μαγαζιά για ψώνια. Υποδομές που γίνονται με οικονομία, τεχνικά άρτιες, με ποιότητα και φαντασία. Με το έργο αυτό δίνουμε ανάσα στην καθημερινότητα, πνοή στην ζωή

της πόλης, αλλά και οξυγόνο κυριολεκτικά στην ατμόσφαιρα, αφαιρώντας από τον αέρα που αναπνέουμε πάνω από 100 τόνους διοξειδίου του άνθρακα.

Τα χαρακτηριστικά της νέας γραμμή 4 του Μετρό

- Νέα αυτόματη Γραμμή χωρίς οδηγούς στους συρμούς
- Έχει μήκος 33 χλμ. και 30 νέους σταθμούς
- 5 σταθμούς μετεπιβίβασης προς τις Γραμμές 1, 2 και 3
- 530. 000 επιπλέον επιβάτες / ημέρα
- 91. 000 λιγότερες μετακινήσεις με ΙΧ ημερησίως
- Μείωση κατά 480 τόνους ημερησίως του CO₂
- Συνολικός Προϋπολογισμός Έργου : 3. 3 δισ. € υλοποιούμενο σε 5 φάσεις (5 τμήματα)
- Το Τμήμα "Α" – «Άλσος Βεΐκου – Γουδή» θα υλοποιηθεί πρώτο με άμεση προτεραιότητα

Τα χαρακτηριστικά του τμήματος «Άλσος Βεΐκου – Γουδή» της γραμμής 4

- 11,9 χλμ. μήκος, συν 800 μ. συνδετήριας σήραγγας με τις γραμμές 2 & 3
- 14 νέοι σταθμοί μήκους 110 μ. με πλευρικές αποβάθρες και Θύρες επί των αποβάθρων.
- 2 σταθμοί μετεπιβίβασης προς Γραμμή 2 (Πανεπιστήμιο) & Γραμμή 3 (Ευαγγελισμός)
- 17 νέοι συρμοί χωρίς οδηγούς (GOA4)
- Σε όλες τις μελέτες συστημάτων εφαρμόζονται αρχές Εξοικονόμησης Ενέργειας
- Επέκταση του Συνεργείου Επισκευών στο υφιστάμενο αμαξοστάσιο Σεπολίων ώστε να εξυπηρετεί τους συρμούς της γραμμής 4
- Νέο Κέντρο Ελέγχου Λειτουργίας (ΚΕΛ) στο Αμαξοστάσιο Σεπολίων για όλες τις γραμμές του Μετρό
- Υπόγειες εγκαταστάσεις Εναπόθεσης, Καθαρισμού και Ελαφριάς Συντήρησης Συρμών στον επίσταθο της Γραμμής

16) Συμβουλευτική και διαχείριση στο θέμα των μετακινήσεων καθώς και προγράμματα χρηματοδότησης (klimaaktiv mobil)

Πολιτική-Μέτρο	Χρονική διάρκεια	Εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
Συμβουλευτική και διαχείριση στο θέμα των μετακινήσεων καθώς και προγράμματα χρηματοδότησης	10 χρόνια	40 ktoe	74.8 εκατομ.

Το μέτρο αυτό προέρχεται από το μέτρο "Klimaaktiv mobil" που εφαρμόζεται στην Αυστρία και σε διάφορες μορφές του και σε άλλες χώρες όπως την Γαλλία.

Το αυστριακό πρόγραμμα "Klimaaktiv mobil" είναι μία ολοκληρωμένη στρατηγική πλαισίου για τη μείωση Εκπομπών άνθρακα και την τόνωση της ενεργειακής απόδοσης σε μεταφορά.

Το klimaaktiv mobil αποτελείται από:

- Παροχή συμβουλευτικών προγραμμάτων δωρεάν για συγκεκριμένες ομάδες - στόχους (εταιρείες, Δήμοι, κατασκευαστές ακινήτων, σχολεία & νεολαία, τουρισμός)
- Ένα πρόγραμμα οικονομικής στήριξης με συνολικό ποσό 74,8 εκατομμυρίων € για τη διαχείριση της κινητικότητας
- Μέτρα μετατροπής του οδηγικού στόλου σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, σχέδια για ταξίδια εργασίας κλπ.
- Ένα πρόγραμμα κατάρτισης για την εκπαίδευση με 20.000 εκπαιδευόμενους μέχρι σήμερα και εκπαίδευση όλων των οδηγών αρχάριων
- Μια ευρεία εκστρατεία ευαισθητοποίησης

Εφαρμογή βιώσιμων μέτρων στον τομέα των μεταφορών. Το Klimaaktiv mobil στοχεύει στην πράξη στην υποστήριξη ενεργειών που διεξάγονται από ειδικές ομάδες-στόχους, όπου κάθε ομάδα αφορά ένα ειδικό πρόγραμμα για την κινητικότητα

Στην πράξη, το klimaaktiv mobil χωρίζεται σε πέντε στοιχεία. Το πρώτο στοιχείο αφορά την κινητικότητα Συμβουλευτικών προγραμμάτων διαχείρισης για συγκεκριμένες ομάδες στόχους. Οι διαχειριστές προγραμμάτων συμβουλεύονται Εταιρείες, δήμους, σχολεία κλπ. Έχει ως στόχο να συμφωνήσουν σε μια συγκεκριμένη δέσμη μείωσης των εκπομπών CO₂. Εμπεριέχει μέτρα στον τομέα των μεταφορών. Τα μέτρα αυτά συμφωνήθηκαν σε δεσμευτική "συμφωνία - στόχο", η οποία υπεγράφη από τους αντίστοιχους ενδιαφερόμενους και το επίπεδο στρατηγικού ελέγχου του κλιμακτικού κινητού στο υπουργείο Περιβαλλοντικών υποθέσεων. Η σύμβαση περιέχει ορισμένους στόχους που πρέπει να επιτευχθούν, μεταξύ των οποίων είναι και οι τόνοι CO₂ πρέπει να μειωθούν μετά από ορισμένη περίοδο. Εάν ένας εκτελεστής του έργου δεν έχει επιτύχει τους στόχους μετά το Διάρκεια της σύμβασης, πρέπει να καταβληθούν συμβατικές κυρώσεις. Ένα άλλο στοιχείο συνίσταται σε ένα πρόγραμμα οικονομικής στήριξης, στο οποίο μπορούν να εφαρμοστούν οι φορείς υλοποίησης έργων για επιδοτήσεις κατά την εφαρμογή των μέτρων. Το πρόγραμμα εισήχθη το 2007 και έκτοτε έφερε μια πραγματική ώθηση και ως εκ τούτου είναι η βασική ραχοκοκαλιά του συνόλου πρόγραμμα. Το επόμενο στοιχείο είναι μια ευρεία ενημερωτική και ενημερωτική εκστρατεία που στοχεύει το ευρύτερο κοινό μέσω των μέσων μαζικής μεταφοράς.

Το τέταρτο στοιχείο είναι τα βραβεία εταιρικής σχέσης. Οι εκτελεστές γίνονται συνεργάτες και παίρνουν βραβεία για τα μέτρα που εφάρμοσαν και πιστοποιητικά για ολοκληρωμένες εκπαιδεύσεις (σύμπραξη & βραβεία). Τέλος, οι δραστηριότητες εκπαίδευσης και πιστοποίησης (πέμπτο στοιχείο) συμβάλλουν στη διασφάλιση ενός βιώσιμου αντίκτυπου του klimaaktiv ακόμα και πέρα από το προγραμματισμένο τέλος του.

Το πρόγραμμα klimaaktiv mobil πέτυχε εντυπωσιακά αποτελέσματα σε άλλες χώρες οπότε και στην Ελλάδα θα μπορέσει να βοηθήσει σε πολλούς τομείς.

- Πολλά προγράμματα φιλικά προς το κλίμα κινητικότητας και υλοποιήθηκαν από εταιρείες, δήμοι και περιφέρειες, τουριστικές επιχειρήσεις και σχολεία.
- Τα έργα αυτά επιτυγχάνουν ετήσια μείωση εκπομπών 590.000 τόνων CO₂.
- Ασφαλίστηκαν ή δημιουργήθηκαν 5.800 λεγόμενες πράσινες εργασίες.
- 13. 800 εναλλακτικά οχήματα για στόλους εταιρειών και δήμους χρηματοδοτήθηκαν οικονομικά, Συμπεριλαμβανομένων 11.000 ηλεκτρονικών οχημάτων και 1.700 σταθμών φόρτισης
- Χρηματοδοτήθηκαν 150 έργα ποδηλάτων, συμπεριλαμβανομένης της υποδομής ποδηλάτων, της εφοδιαστικής και της ευαισθητοποίησης,
- 1200 εκπαιδευτές οδήγησης αναβαθμίστηκαν σε πιστοποιημένους εκπαιδευτές οικολογικής οδήγησης.

4.3 Ανάλυση Χαρτοφυλακίου

Στην εργασία μας, τα βέλτιστα χαρτοφυλάκια των πολιτικών είναι στην πραγματικότητα οι βέλτιστες λύσεις Pareto ενός προβλήματος μαθηματικού προγραμματισμού δύο διαστάσεων με δυαδικές μεταβλητές. Στην παρούσα εφαρμογή εξετάζεται το πρόβλημα επιλογής χαρτοφυλακίου των πολιτικών λαμβάνοντας υπόψη δύο βασικά κριτήρια: τη μεγιστοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας παράλληλα με την μεγιστοποίηση των νέων θέσεων εργασίας κάθε πολιτικής. Επίσης, εξετάζεται και το πρόβλημα επιλογής χαρτοφυλακίου των πολιτικών λαμβάνοντας υπόψη δύο βασικά κριτήρια: τη μεγιστοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας παράλληλα με την ελαχιστοποίηση του ρίσκου. Δεδομένης της αβεβαιότητας όσον αφορά την ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των πολιτικών, η μέθοδος πολλαπλών στόχων ΙΤΑ αποτελεί την κατάλληλη επιλογή για την εξαγωγή αποτελεσμάτων σχετικά με την αξιοπιστία των ληφθέντων χαρτοφυλακίων πολιτικής. Ένα πρώτο βήμα περιλαμβάνει τον προσδιορισμό του μοντέλου αξιολόγησης για την Ανάλυση Χαρτοφυλακίου. Παρακάτω

παρουσιάζονται λοιπόν οι αντικειμενικές συναρτήσεις, οι μεταβλητές απόφασης, οι περιορισμοί και περαιτέρω στοιχεία της ανάλυσης.

Στις δύο αυτές διαφορετικές εφαρμογές έχουν επιλεγεί οι εξής 16 πολιτικές

Πίνακας 8: Επιλεγμένες πολιτικές για ανάλυση

Νο	Πολιτικές που επιλέχθηκαν
1	Ανάπτυξη εγκαταστάσεων αποθήκευσης με την εκμετάλλευση του υδροηλεκτρικού συστήματος σε υφιστάμενες μεγάλες μονάδες υδροδότησης και νέες εγκαταστάσεις
2	Ενεργειακή αναβάθμιση δημόσιων κτιρίων
3	Ενεργειακή αναβάθμιση εμπορικών κτιρίων
4	Ανάπτυξη συστημάτων έξυπνης μέτρησης
5	Υποστήριξη και παρακολούθηση της εφαρμογής έργων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης σε δημόσια κτίρια
6	Εφαρμογή και ενίσχυση του Εθνικού Σχεδίου Ανάπτυξης Μεταφοράς για την αναβάθμιση των διασυνδέσεων δικτύου στην ηπειρωτική χώρα και την διασύνδεση των μη διασυνδεδεμένων νησιών
7	Πρόγραμμα ‘Εξοικονόμηση κατ’οίκον’
8	Νόμος 3851/2010 για πληρωμή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και επιτάχυνση της αδειοδότησης σε επιχειρήσεις ή νοικοκυριά που παράγουν την δική τους ενέργεια χωρίς να εξαντλούν φυσικούς πόρους.
9	Πρόγραμμα μεταξύ Πειραιώς και του MEECC-MECS
10	Διαδικασία κατασκευής και παρατήρησης αιολικών πάρκων
11	Ενεργειακή αναβάθμιση σε κατοικίες
12	ISO 50001 σε φορείς του Δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα
13	Δράσεις εκπαίδευσης και κατάρτισης για το προσωπικό του τριτογενούς τομέα
14	Ανάπτυξη μετρό Θεσσαλονίκης
15	Επέκταση μετρό Αθήνας
16	Συμβουλευτική και διαχείριση στο θέμα των μετακινήσεων καθώς και προγράμματα χρηματοδότησης (klimaaktiv mobil)

Ας περιγράψουμε λοιπόν αρχικά τα κοινά στοιχεία μοντελοποίησης των δύο αναλύσεων χαρτοφυλακίου (θέσεων εργασίας και ρίσκου).

Μεταβλητές Απόφασης

Η επιλογή των πολιτικών εκφράζεται με δυαδικές (0-1) μεταβλητές απόφασης, $b(M, EpBt)$, που υποδηλώνουν την εφαρμογή της πολιτικής (μέτρο) M και την επιλογή του προϋπολογισμού $EpBt$ που θα διατεθεί στο εφαρμοζόμενο μέτρο M (Έχουμε χωρίσει το budget κάθε μέτρου σε 10 πιθανές επιλογής).

Πιο συγκεκριμένα:

- Εάν $b(M, EpBt) = 1$, τότε το αντίστοιχο μέτρο εγκρίνεται και επιλέγεται ο αντίστοιχος προϋπολογισμός.
- Διαφορετικά, εάν $b(M, EpBt) = 0$, το αντίστοιχο μέτρο απορρίπτεται και δεν είναι χρήσιμο να εξεταστεί ο βέλτιστος προϋπολογισμός που θα διατεθεί σε αυτό.

Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ένας πίνακας γεμάτος με 1 για μια επιλογή προϋπολογισμού (στήλη) η οποία προσφέρει τη βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας και την μεγιστοποίηση των θέσεων εργασίας ή την ελαχιστοποίηση του ρίσκου σε κάθε επιλεγμένο μέτρο πολιτικής M (σειρά).

Αντικειμενικές συναρτήσεις

Σε κάθε ένα από τα δύο μοντέλα έχουμε δύο αντικειμενικές συναρτήσεις, την εξοικονόμηση ενέργειας ανά εκχωρημένο προϋπολογισμό ενός χαρτοφυλακίου και τη δημιουργία θέσεων εργασίας ή το ρίσκο ανά διαθέσιμο προϋπολογισμό ενός χαρτοφυλακίου που θα περιγραφούν στα επόμενα κεφάλαια.

Εξοικονόμηση ενέργειας ανά διαθέσιμο προϋπολογισμό

Εξοικονόμηση ενέργειας: Αυτή η αντικειμενική συνάρτηση μετρά την εξοικονόμηση ενέργειας από κάθε χαρτοφυλάκιο.

$$\max Z_1 = \sum_{EpBt=1}^k \sum_{M=1}^n b(M, EpBt) * EperB(M, EpBt)$$

Όπου n είναι ο συνολικός αριθμός των πολιτικών και k ο συνολικός αριθμός του budget των πολιτικών.

Περιορισμοί

Οι περιορισμοί του μοντέλου αξιολόγησης μπορούν να αφορούν γεωγραφικούς περιορισμούς, περιορισμούς του προϋπολογισμού, περιορισμούς σκοπιμότητας, λογικούς περιορισμούς κλπ.

Περιορισμοί προϋπολογισμού

Πρώτον, χρησιμοποιείται ένας περιορισμός προκειμένου να διασφαλιστεί ότι το συνολικό κόστος των εγκεκριμένων πολιτικών δεν υπερβαίνει τον συνολικό προϋπολογισμό. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, ο συνολικός προϋπολογισμός που απαιτείται για την εφαρμογή των επιλεγμένων πολιτικών πρέπει να είναι μικρότερος από 1500 εκατομμύρια (Available Budget=1500 millions):

$$\sum_{EpBt=1}^{10} \sum_{M=1}^{16} b(M, EpBt) * Budget(M, EpBt) \leq AVB$$

Περιορισμοί μοντελοποίησης

Μόνο ένα budget μπορεί να επιλεγθεί από κάθε πολιτική:

$$\sum_{EpBt=1}^{10} \{EpBt, b(M, EpBt)\} \leq 1, \forall M$$

Περιορισμοί στις κατηγορίες

Εξαρτήσεις πολιτικών. Πρέπει να επιλεγεί μόνο ένα μέτρο από μια κατηγορία μέτρων (μεταξύ των μέτρων 2, 12, 13):

$$\sum_{EpBt=1}^{10} \sum_{M=2,12,13} b(M, EpBt) = 1$$

Αυτό συμβαίνει διότι το κάθε μέτρο από αυτά επηρεάζει την εξοικονόμηση του άλλου (είναι μέρος της) οπότε ένα από τα 3 θα επιλεγθεί για να έχουμε πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα.

Τουλάχιστον μία πολιτική πρέπει να προσανατολίζεται στον τομέα των κατασκευών:

$$\sum_{EpBt=1}^{10} \sum_{(M \in Bl)} b(M, EpBt) \geq 1, Bl = \{M \in (1..16) | M \in (2, 3, 5, 7, 11)\}$$

Τουλάχιστον μία πολιτική πρέπει να προσανατολίζεται στον τομέα των μεταφορών:

$$\sum_{EpBt=1}^{10} \sum_{(M \in Bl)} b(M, EpBt) \geq 1, Tr = \{M \in (1, \dots, 16) \mid M \in (14, 15, 16)\}$$

Ο αριθμός των πολιτικών που στοχεύουν στον οικοδομικό τομέα πρέπει να είναι σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερος ή ίσος από τον αριθμό των πολιτικών που στοχεύουν στον τομέα των μεταφορών:

$$\sum_{EpBt=1}^{10} \sum_{(M \in Tr)} b(M, EpBt) \leq \sum_{EpBt=1}^{10} \sum_{(M \in Bl)} b(M, EpBt)$$

Για να βελτιστοποιήσουμε ταυτόχρονα τις δύο διαφορετικές αντικειμενικές λειτουργίες και να δημιουργήσουμε το ακριβές σύνολο Pareto, σύνολο αποτελεσματικών λύσεων, για την εξέταση πολλαπλών στόχων συνδυαστικής βελτιστοποίησης, χρησιμοποιείται η μέθοδος AUGMECON2, η οποία αποτελεί επέκταση της μεθόδου ϵ -constraint. Αυτό γίνεται με έναν αλγόριθμο στην πλατφόρμα GAMS για να εκτελέσει τη μοντελοποίηση και τη λύση της μεθόδου AUGMECON2 και να επιτύχει την ταυτόχρονη βελτιστοποίηση των δύο διαφορετικών αντικειμενικών λειτουργιών (κριτηρίων).

Για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας των συντελεστών των αντικειμενικών λειτουργιών χρησιμοποιείται η προσομοίωση Monte Carlo. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε από το NTUA ένας αλγόριθμος προσομοίωσης Monte Carlo σε γλώσσα GAMS για τη στήριξη (i) της μέτρησης, (ii) της ανάλυσης και (iii) του ελέγχου της ευρωστίας των μοντέλων επιλογής χαρτοφυλακίου, που προκύπτουν από την αβεβαιότητα των δεδομένων, την ανακρίβεια και την αστάθεια. Η αβεβαιότητα που συνδέεται με αντικειμενικούς συντελεστές λειτουργίας θεωρείται ότι έχει στοχαστικό χαρακτήρα. Στην περίπτωση αυτή η αβεβαιότητα ενσωματώνεται στο μοντέλο χρησιμοποιώντας κανονικές κατανομές πιθανοτήτων για τους συντελεστές της αντικειμενικής συνάρτησης. Η προσομοίωση Monte Carlo εκτελείται χρησιμοποιώντας δειγματοληψία από αυτές τις κατανομές.

Δεδομένης της αβεβαιότητας όσον αφορά την ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των πολιτικών, η πολυεστιακή επαναληπτική τριχοτομική προσέγγιση (ITA) προσδιορίστηκε ως η κατάλληλη επιλογή για την εξαγωγή αποτελεσμάτων σχετικά με την αξιοπιστία των ληφθέντων χαρτοφυλακίων πολιτικής. Για την εξυπηρέτηση των στόχων της εφαρμογής, αναπτύχθηκε από το NTUA ένας αλγόριθμος για τη μέθοδο ITA, προκειμένου να μετρηθεί η ευρωστία κάθε πολιτικής επιλογής τόσο για τις βέλτιστες λύσεις ξεχωριστά, όσο και για το σύνολο του Pareto front (όλες οι βέλτιστες λύσεις μαζί).

Για τις δύο αναλύσεις έχουμε λοιπόν τους παρακάτω πίνακα με τα budget (επενδύσεις) για το κάθε μέτρο και την εξοικονόμηση ενέργειας στο κάθε ένα budget.

Πίνακας 9: Ποσά επενδύσεων σε κάθε πολιτική

	EpBt1	EpBt2	EpBt3	EpBt4	EpBt5	EpBt6	EpBt7	EpBt8	EpBt9	EpBt10
M1	-	13	-	-	23	-	-	-	-	28
M2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
M3	6	12	20	40	55	68	80	94	100	110
M4	3	6	8	11	14	16	19	22	25	28
M5	-	-	1	-	-	-	2	-	-	3
M6	-	-	-	-	300	-	-	-	-	600
M7	25	125	200	290	350	420	490	530	539	548
M8	50	100	300	450	560	650	750	775	800	820
M9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	750
M10	14	18	20	23	27	30	35	39	43	48
M11	40	120	200	280	320	360	380	390	398	400
M12	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3
M13	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M14	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M15	1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M16	7	19	40	58	64	69	71	72	73	74

Σε κάποια μέτρα επιλέξαμε να έχουμε συγκεκριμένο αριθμό επενδύσεων και όχι δέκα στο σύνολο διότι υποθέσαμε ότι τα συγκεκριμένα μέτρα μπορούν υλοποιηθούν είτε ολόκληρα, είτε καθόλου, είτε σε κάποιο ποσοστό και όχι υποχρεωτικά σε δέκα μικρότερα . Επομένως αντίστοιχα επηρεάζεται η εξοικονόμηση ενέργειας και αργότερα οι πίνακες του ρίσκου και των θέσεων εργασίας

Πίνακας 10: Εξοικονόμηση ενέργειας των πολιτικών στα διαφορετικά επίπεδα επένδυσης

	EpBt1	EpBt2	EpBt3	EpBt4	EpBt5	EpBt6	EpBt7	EpBt8	EpBt9	EpBt10
M1	-	90	-	-	190	-	-	-	-	390
M2	1	3	6	8	9	10	11	12	13	14

M3	12	13	18	21	23	27	30	31	33	34
M4	5	9	18	30	49	64	76	85	91	96
M5	-	-	1	-	-	-	2	-	-	3
M6	-	-	-	-	168	-	-	-	-	336
M7	15	70	150	220	270	290	300	305	310	313
M8	10	70	150	225	260	300	360	395	410	430
M9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
M10	70	77	82	88	96	104	112	124	132	140
M11	25	100	150	169	180	200	213	220	231	239
M12	-	-	-	-	-	-	-	7	14	28
M13	-	38	39	42	48	51	57	61	69	76
M14	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M15	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M16	4	11	14	21	29	32	37	38	39	40

4. 3. 1 Μεγιστοποίηση θέσεων εργασίας

Για την μεγιστοποίηση των θέσεων εργασίας στη μοντελοποίηση μένει να παρουσιάσουμε την δεύτερη αντικειμενική συνάρτηση και τον πίνακα με τις θέσεις εργασίας για κάθε πολιτική με το αντίστοιχο budget που επενδύεται σε αυτή.

Δημιουργία θέσεων ανά διαθέσιμο προϋπολογισμό

Δημιουργία θέσεων: Αυτή η αντικειμενική συνάρτηση μετρά το πλήθος των θέσεων που δημιουργούνται από κάθε συνδυασμό πολιτικής και του budget της:

$$\max Z_2 = \sum_{EpBt=1}^k \sum_{M=1}^n b(M, EpBt) * Jb(M, EpBt)$$

Όπου n είναι ο συνολικός αριθμός των πολιτικών και k ο συνολικός αριθμός του budget των πολιτικών.

Πίνακας 11: Πλήθος θέσεων εργασίας των πολιτικών στα διαφορετικά επίπεδα επένδυσης

	EpBt1	EpBt2	EpBt3	EpBt4	EpBt5	EpBt6	EpBt7	EpBt8	EpBt9	EpBt10
M1	-	337	-	-	842	-	-	-	-	1900
M2	101	165	179	211	243	257	299	335	395	460
M3	85	231	346	462	577	693	808	924	1040	1155
M4	43	86	129	173	216	259	303	346	389	432
M5	-	-	118	-	-	-	312	-	-	423
M6	-	-	-	-	498	-	-	-	-	940
M7	80	160	241	321	402	482	563	643	724	804
M8	29	59	88	97	111	133	155	177	225	300
M9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
M10	46	57	69	80	92	103	115	126	138	150
M11	10	15	20	25	30	40	54	69	90	105
M12	-	-	-	-	-	-	-	30	60	90
M13	-	19	27	32	39	50	63	72	100	113
M14	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M15	260	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M16	43	86	129	173	216	259	303	346	389	432

4.3.2 Ελαχιστοποίηση κινδύνου

Για την ελαχιστοποίηση του ρίσκου στη μοντελοποίηση μένει να παρουσιάσουμε την δεύτερη αντικειμενική συνάρτηση και τον πίνακα με το ρίσκο κάθε πολιτικής ανάλογα με το αντίστοιχο budget που επενδύεται σε αυτή.

Ρίσκο ανά διαθέσιμο προϋπολογισμό

Ρίσκο: Αυτή η αντικειμενική συνάρτηση μετρά το ρίσκο που δημιουργούνται από κάθε συνδυασμό πολιτικής και του budget της:

$$\min Z_2 = \sum_{EpBt=1}^k \sum_{M=1}^n b(M, EpBt) * R(M, EpBt)$$

Όπου n είναι ο συνολικός αριθμός των πολιτικών και k ο συνολικός αριθμός του budget των πολιτικών.

Πίνακας 12: Ρίσκο των πολιτικών στα διαφορετικά επίπεδα επένδυσης

	EpBt1	EpBt2	EpBt3	EpBt4	EpBt5	EpBt6	EpBt7	EpBt8	EpBt9	EpBt10
M1	-	32143	-	-	32143	-	-	-	-	32143
M2	33482	33482	33482	33482	33482	33482	33482	33482	33482	33482
M3	41518	41518	41518	41518	41518	41518	41518	41518	41518	41518
M4	34375	34375	34375	34375	34375	34375	34375	34375	34375	34375
M5	-	-	39286	-	-	-	39286	-	-	39286
M6	-	-	-	-	29018	-	-	-	-	29018
M7	37054	37054	37054	37054	37054	37054	37054	37054	37054	37054
M8	21875	21875	21875	21875	21875	21875	21875	21875	21875	21875
M9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20089
M10	28571	28571	28571	28571	28571	28571	28571	28571	28571	28571
M11	20982	20982	20982	20982	20982	20982	20982	20982	20982	20982
M12	-	-	-	-	-	-	-	23661	23661	23661
M13	-	40625	40625	40625	40625	40625	40625	40625	40625	40625
M14	45089	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M15	47768	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M16	33929	33929	33929	33929	33929	33929	33929	33929	33929	33929

Σημειώνεται ότι κάθε τιμή του ρίσκου είναι πολλαπλασιασμένη με 100.000 διότι θέλαμε μεγάλη ακρίβεια ενώ παράλληλα έπρεπε ο αριθμός να είναι ακέραιος επειδή θα είναι συντελεστής στην augmecon-2 η οποία θέλει ακέραιους συντελεστές.

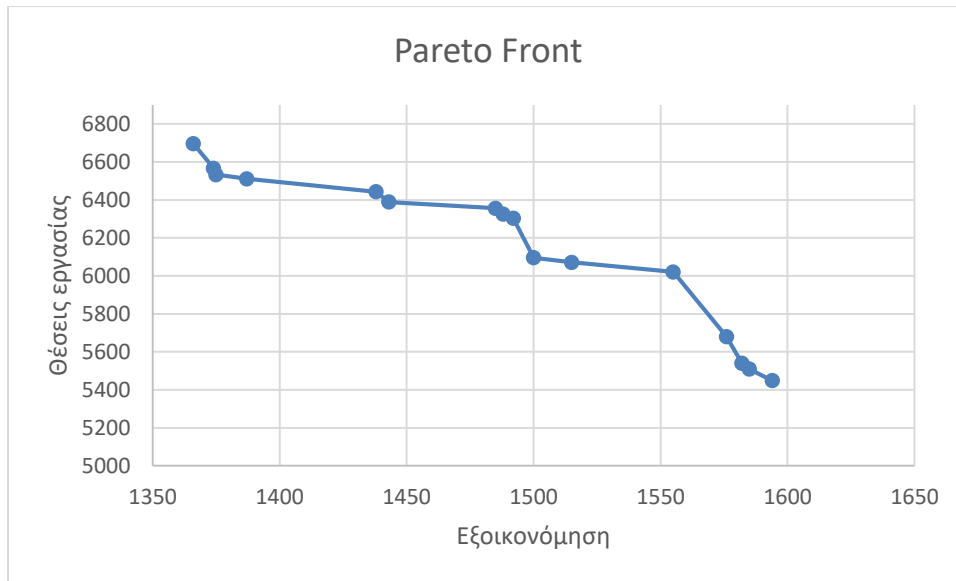
4.3.3. Αποτελέσματα ανάλυσης χαρτοφυλακίου

Όσον αφορά τα αποτελέσματα για την δημιουργία θέσεων εργασίας έχουμε, από την επίλυση του μοντέλου για τυπική απόκλιση 0% της μέσης τιμής των παραμέτρων, τις λύσεις του Pareto Front το οποίο θα αποτελέσει και το σύνολο των λύσεων από το οποίο θα κληθεί να επιλέξει ο αποφασίζων. Οι λύσεις του pareto front μαζί με τις τιμές των αντικειμενικών συναρτήσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Οι λύσεις στον παρακάτω πίνακα αναπαρίστανται ως $m_x b_y$, όπου το x αντιστοιχεί στον αύξοντα αριθμό του μέτρου όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω και το y αντικατοπτρίζει το επίπεδο χρηματοδότησης που επιλέγεται.

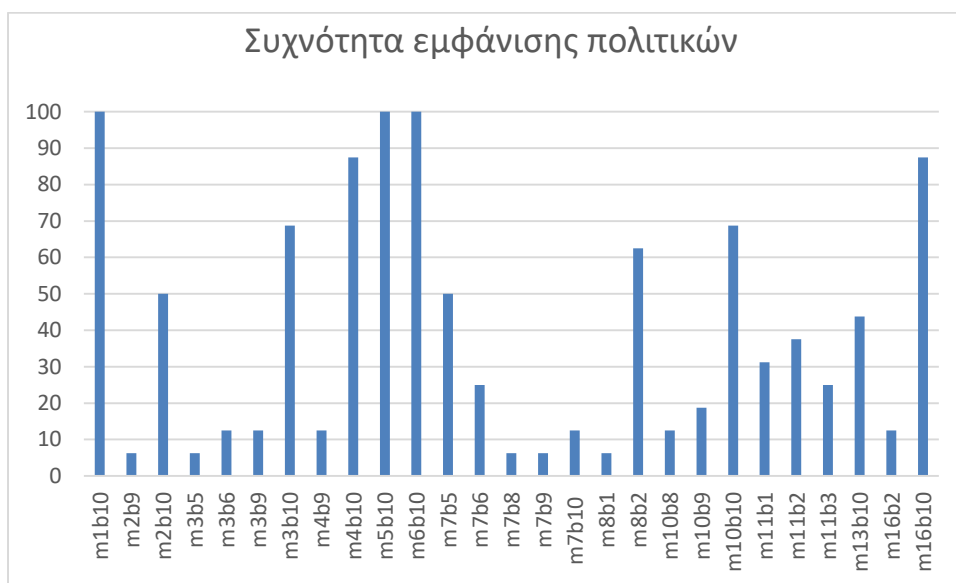
Πίνακας 13: Pareto Front εξοικονόμησης-θέσεων εργασίας

α/α	Συνδυασμοί	Εξοικονόμηση	Θέσεις εργασίας
1	m1b10, m3b5, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b3, m13b10, m16b10	1594	5448
2	m1b10, m3b6, m4b9, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b9, m11b3, m13b10, m16b10	1585	5509
3	m1b10, m3b6, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b8, m11b3, m13b10, m16b10	1582	5540
4	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b3, m13b10, m16b2	1576	5680
5	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b2, m13b10, m16b10	1555	6021
6	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m8b1, m10b10, m11b2, m13b10, m16b10	1515	6071
7	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m8b2, m10b10, m11b1, m13b10, m16b10	1500	6096
8	m1b10, m2b9, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b2, m16b10	1492	6303
9	m1b10, m2b10, m3b10, m4b9, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b2, m16b10	1488	6325
10	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b9, m11b2, m16b10	1485	6356
11	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m10b10, m11b2, m16b10	1443	6389
12	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m8b2, m10b10, m11b1, m16b10	1438	6443
13	m1b10, m2b10, m3b9, m4b10, m5b10, m6b10, m7b9, m10b10, m11b1, m16b10	1387	6511
14	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b8, m10b9, m11b1, m16b10	1375	6533
15	m1b10, m2b10, m3b9, m4b10, m5b10, m6b10, m7b10, m10b8, m11b1, m16b10	1374	6567
16	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b10, m10b10, m16b10	1366	6696

Στα επόμενα δύο γραφήματα παρουσιάζουμε το Pareto Front και τη συχνότητα εμφάνισης κάθε πολιτικής με την επένδυση της σε αυτό.



Εικόνα 6: Pareto Front εξοικονόμησης - θέσεων εργασίας



Εικόνα 7: Συχνότητα εμφάνισης πολιτικών στο Pareto Front εξοικονόμησης ενέργειας-θέσεων εργασίας

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για τα αποτελέσματα για τα 5 βήματα της ΙΤΑ, εκτός από την περίπτωση όπου $\sigma=0\%$, για την οποία τα αποτελέσματα είναι αυτά που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

Για τυπική απόκλιση 0.05 είχαμε 2.736 από τις οποίες οι 706 ήταν διαφορετικές.

Για τυπική απόκλιση 0.04 είχαμε 2.554 από τις οποίες οι 490 ήταν διαφορετικές.

Για τυπική απόκλιση 0.03 είχαμε 2.396 από τις οποίες οι 291 ήταν διαφορετικές.

Για τυπική απόκλιση 0.02 είχαμε 2.223 από τις οποίες οι 153 ήταν διαφορετικές.

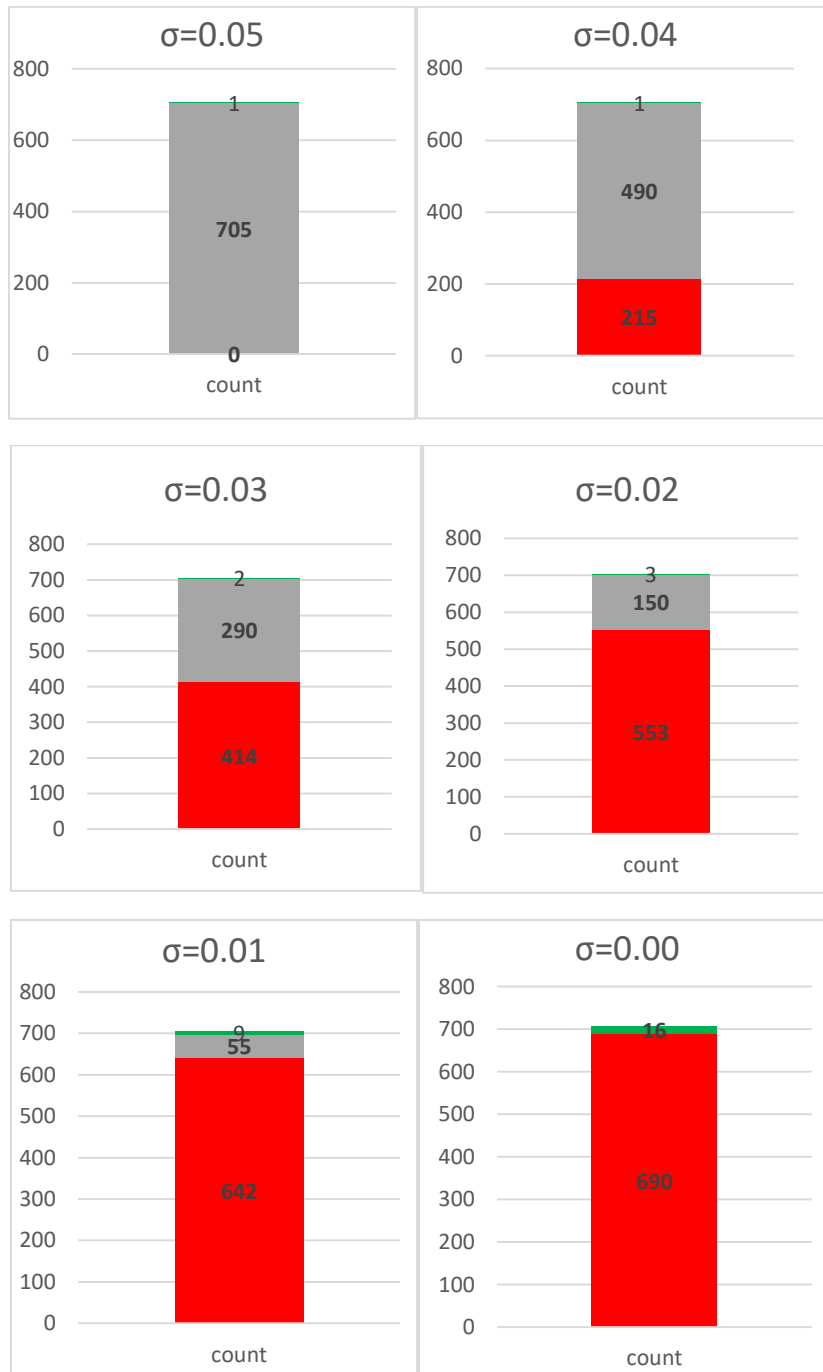
Για τυπική απόκλιση 0.01 είχαμε 2.018 από τις οποίες οι 64 ήταν διαφορετικές.

Ας δούμε πόσες φορές εμφανίστηκαν οι τελικοί συνδυασμοί μας σε κάθε βήμα.

Πίνακας 14: Αριθμός φορών εμφάνισης των πολιτικών του Pareto Front για τις διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης για την ανάλυση εξοικονόμησης - θέσεων εργασίας

a/a	Συνδυασμοί	$\sigma=0.05\%$	$\sigma=0.04\%$	$\sigma=0.03\%$	$\sigma=0.02\%$	$\sigma=0.01\%$
1	m1b10, m3b5, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b3, m13b10, m16b10	50	69	82	96	100
2	m1b10, m3b6, m4b9, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b9, m11b3, m13b10, m16b10	37	45	48	74	92
3	m1b10, m3b6, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b8, m11b3, m13b10, m16b10	30	45	72	87	100
4	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b3, m13b10, m16b2	47	73	88	95	100
5	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b2, m13b10, m16b10	74	86	98	99	100
6	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m8b1, m10b10, m11b2, m13b10, m16b10	48	61	76	90	100
7	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m8b2, m10b10, m11b1, m13b10, m16b10	34	39	51	66	95
8	m1b10, m2b9, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b2, m16b10	38	44	61	80	100
9	m1b10, m2b10, m3b10, m4b9, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b2, m16b10	40	50	46	45	90
10	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b9, m11b2, m16b10	59	66	85	97	100
11	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m10b10, m11b2, m16b10	26	43	61	67	88
12	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m8b2, m10b10, m11b1, m16b10	70	80	96	100	100
13	m1b10, m2b10, m3b9, m4b10, m5b10, m6b10, m7b9, m10b10, m11b1, m16b10	27	30	47	57	79
14	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b8, m10b9, m11b1, m16b10	17	22	27	23	43
15	m1b10, m2b10, m3b9, m4b10, m5b10, m6b10, m7b10, m10b8, m11b1, m16b10	27	33	43	69	88
16	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b10, m10b10, m16b10	100	100	100	100	100

Επίσης μπορούμε να παρατηρήσουμε την πορεία των συνολικών συνδυασμών και τον σταδιακό διαχωρισμό τους από grey σε green και red μέσω της μεθόδου ΙΤΑ.

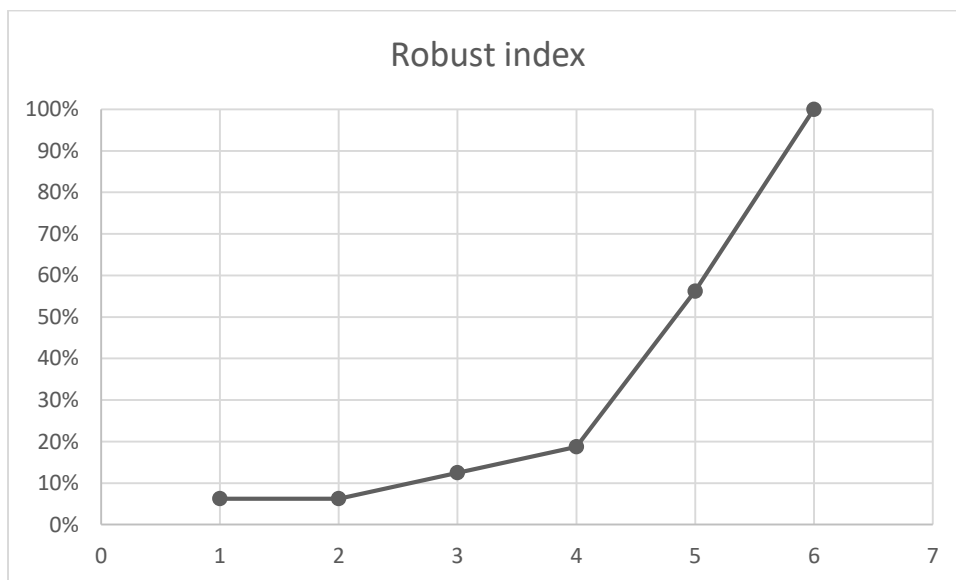


Εικόνα 8: Διαχωρισμός μέσω της ΙΤΑ των χαρτοφυλακίων στην ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας - θέσεων εργασίας

Το τελευταίο διάγραμμα για αυτήν την ανάλυση αναφέρεται στο robustness index και δείχνει πόσο ισχυρά ή όχι είναι τα αποτελέσματά μας. Παρουσιάζει επί τις εκατό πόσα πράσινα έχουμε σε κάθε επανάληψη σε σχέση με τα τελικά που προκύπτουν χωρίς αβεβαιότητα.

Πίνακας 15: Πράσινα χαρτοφυλάκια ανά επανάληψη (εξοικονόμησης - θέσεων εργασίας)

round	green
1	1
2	1
3	2
4	3
5	9
6	16



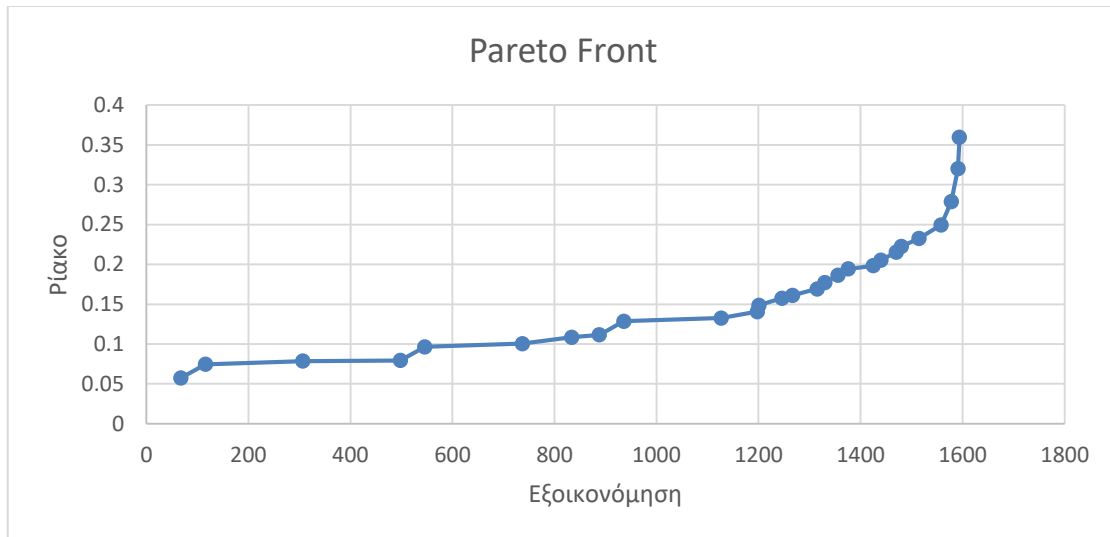
Εικόνα 9: Διάγραμμα ευρωστίας για την ανάλυση εξοικονόμησης - θέσεων εργασίας

Άμα υπολογίσουμε το εμβαδόν που περικλύεται από την γραμή του Robust Index τότε προκύπτει ο δείκτης ευρωστίας $RI=0.294$.

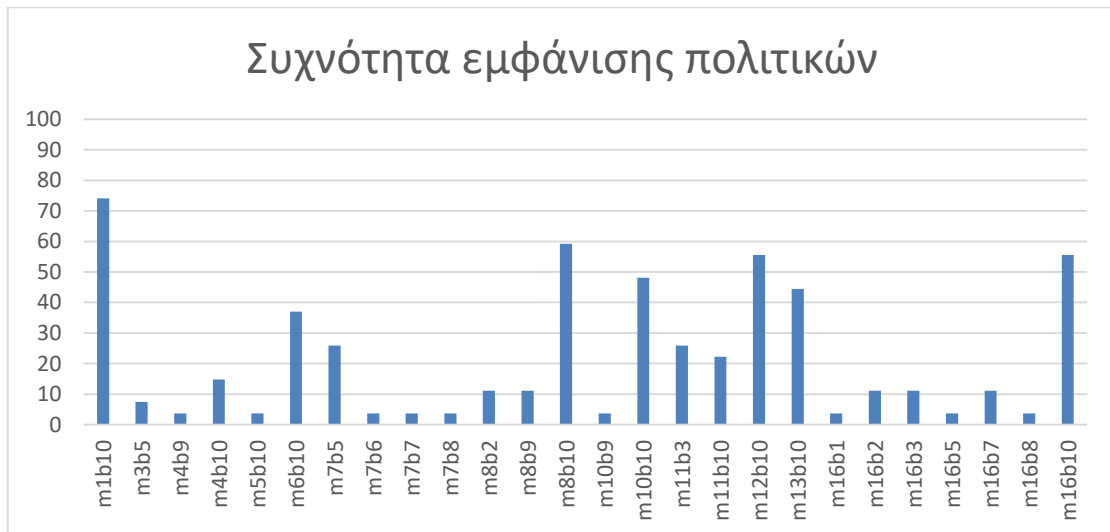
Όσον αφορά τα αποτελέσματα για την ελαχιστοποίηση του ρίσκου έχουμε, από την επίλυση του μοντέλου για τυπική απόκλιση 0% της μέσης τιμής των παραμέτρων, τις λύσεις του Pareto Front το οποίο θα αποτελέσει και το σύνολο των λύσεων από το οποίο θα κληθεί να επιλέξει ο αποφασίζων.

Πίνακας 16: Pareto Front εξουκονόμησης - ρίσκου

α/α	Συνδυασμοί	Εξουκονόμηση	Ρίσκο
1	m1b10, m3b5, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b3, m13b10, m16b10	1594	359376
2	m1b10, m3b5, m4b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b3, m13b10, m16b10	1591	320090
3	m1b10, m4b10, m6b10, m7b6, m8b2, m10b9, m11b3, m13b10, m16b8	1578	278572
4	m1b10, m4b9, m7b5, m8b10, m10b10, m11b3, m13b10, m16b2	1558	249554
5	m1b10, m4b10, m7b5, m8b10, m10b10, m11b3, m12b10, m16b2	1515	232590
6	m1b10, m6b10, m7b5, m10b10, m11b10, m13b10, m16b5	1480	222322
7	m1b10, m7b5, m8b10, m10b10, m11b3, m13b10, m16b3	1470	215179
8	m1b10, m6b10, m7b5, m10b10, m11b10, m12b10, m16b7	1440	205358
9	m1b10, m7b5, m8b9, m10b10, m11b3, m12b10, m16b7	1425	198215
10	m1b10, m7b7, m8b10, m10b10, m13b10, m16b10	1376	194197
11	m1b10, m6b10, m8b9, m10b10, m13b10, m16b1	1356	186161
12	m1b10, m7b8, m8b10, m10b10, m12b10, m16b7	1330	177233
13	m1b10, m6b10, m8b9, m10b10, m12b10, m16b2	1315	169197
14	m1b10, m8b10, m10b10, m11b10, m12b10, m16b10	1267	161161
15	m1b10, m6b10, m8b10, m13b10, m16b3	1246	157590
16	m1b10, m7b10, m8b10, m12b10, m16b10	1201	148662
17	m1b10, m6b10, m8b10, m12b10, m16b3	1198	140626
18	m1b10, m8b10, m11b10, m12b10, m16b10	1127	132590
19	m1b10, m8b10, m13b10, m16b10	936	128572
20	m1b10, m8b10, m12b10, m16b10	888	111608
21	m6b10, m8b10, m12b10, m16b10	834	108483
22	m8b10, m11b10, m12b10, m16b10	737	100447
23	m8b10, m13b10, m16b10	546	96429
24	m8b10, m12b10, m16b10	498	79465
25	m11b10, m12b10, m16b10	307	78572
26	m13b10, m16b10	116	74554
27	m12b10, m16b10	68	57590



Εικόνα 10: Pareto Front εξοικονόμησης-ρίσκου



Εικόνα 11: Συχνότητα εμφάνισης πολιτικών στο Pareto Front εξοικονόμησης ενέργειας-ρίσκου

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για τα αποτελέσματα για τα 5 βήματα της ΙΤΑ, εκτός από την περίπτωση όπου $\sigma=0\%$, για την οποία τα αποτελέσματα είναι αυτά που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

Για τυπική απόκλιση 0.05 είχαμε 5.495 από τις οποίες οι 2.630 ήταν διαφορετικές.

Για τυπική απόκλιση 0.04 είχαμε 5.144 από τις οποίες οι 1.955 ήταν διαφορετικές.

Για τυπική απόκλιση 0.03 είχαμε 4.836 από τις οποίες οι 1.622 ήταν διαφορετικές.

Για τυπική απόκλιση 0.02 είχαμε 4.249 από τις οποίες οι 1.052 ήταν διαφορετικές.

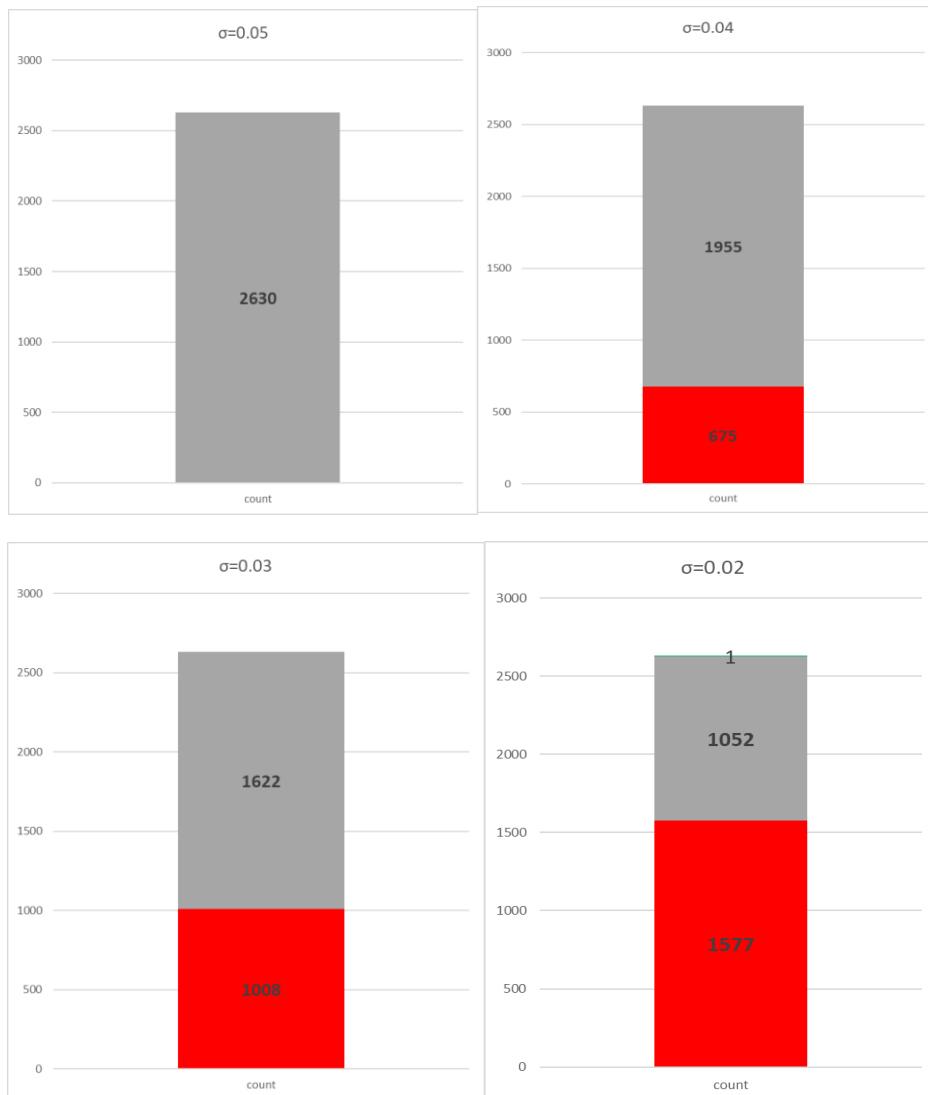
Για τυπική απόκλιση 0.01 είχαμε 3.714 από τις οποίες οι 575 ήταν διαφορετικές.

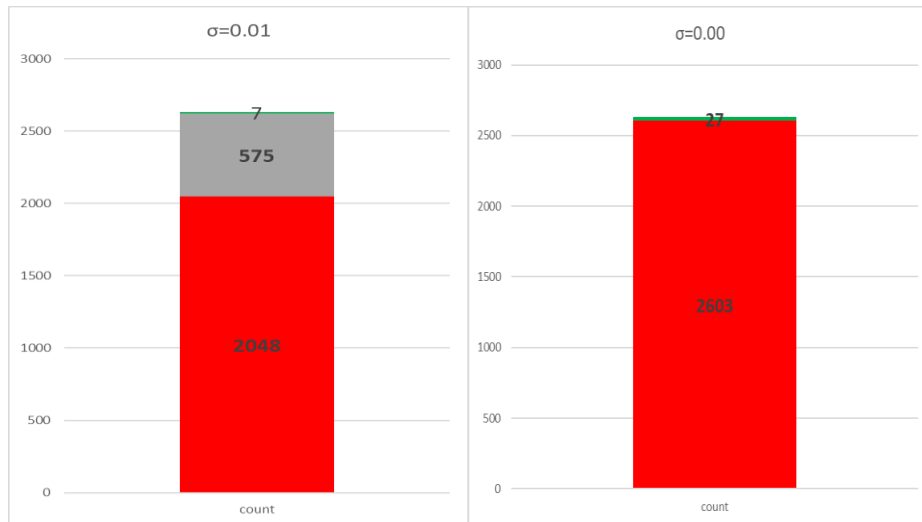
Ας δούμε πόσες φορές εμφανίστηκαν οι τελικοί συνδυασμοί μας σε κάθε βήμα.

Πίνακας 17: Αριθμός φορών εμφάνισης των πολιτικών του Pareto Front για τις διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης για την ανάλυση εξοικονόμησης ρίσκου

a/a	Συνδυασμοί	$\sigma=0.05\%$	$\sigma=0.04\%$	$\sigma=0.03\%$	$\sigma=0.02\%$	$\sigma=0.01\%$
1	m1b10, m3b5, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b3, m13b10, m16b10	5	19	33	56	99
2	m1b10, m3b5, m4b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b3, m13b10, m16b10	5	19	26	44	91
3	m1b10, m4b10, m6b10, m7b6, m8b2, m10b9, m11b3, m13b10, m16b8	13	16	30	48	62
4	m1b10, m4b9, m7b5, m8b10, m10b10, m11b3, m13b10, m16b2	14	29	32	60	87
5	m1b10, m4b10, m7b5, m8b10, m10b10, m11b3, m12b10, m16b2	20	39	53	81	98
6	m1b10, m6b10, m7b5, m10b10, m11b10, m13b10, m16b5	7	19	26	48	86
7	m1b10, m7b5, m8b10, m10b10, m11b3, m13b10, m16b3	18	34	39	54	83
8	m1b10, m6b10, m7b5, m10b10, m11b10, m12b10, m16b7	14	32	48	63	98
9	m1b10, m7b5, m8b9, m10b10, m11b3, m12b10, m16b7	22	31	39	57	66
10	m1b10, m7b7, m8b10, m10b10, m13b10, m16b10	3	8	9	12	75
11	m1b10, m6b10, m8b9, m10b10, m13b10, m16b1	12	19	25	31	38
12	m1b10, m7b8, m8b10, m10b10, m12b10, m16b7	8	15	21	37	65
13	m1b10, m6b10, m8b9, m10b10, m12b10, m16b2	24	30	43	55	66
14	m1b10, m8b10, m10b10, m11b10, m12b10, m16b10	9	24	37	57	94
15	m1b10, m6b10, m8b10, m13b10, m16b3	10	25	25	38	82
16	m1b10, m7b10, m8b10, m12b10, m16b10	12	11	21	22	52
17	m1b10, m6b10, m8b10, m12b10, m16b3	34	50	52	53	73
18	m1b10, m8b10, m11b10, m12b10, m16b10	23	36	45	60	98
19	m1b10, m8b10, m13b10, m16b10	7	14	17	38	90
20	m1b10, m8b10, m12b10, m16b10	37	56	58	70	99

21	m6b10, m8b10, m12b10, m16b10	8	19	20	30	39
22	m8b10, m11b10, m12b10, m16b10	21	38	48	65	93
23	m8b10, m13b10, m16b10	4	15	18	22	53
24	m8b10, m12b10, m16b10	38	58	59	72	98
25	m11b10, m12b10, m16b10	1	1	1	4	11
26	m13b10, m16b10	14	20	21	33	78
27	m12b10, m16b10	65	76	81	98	100



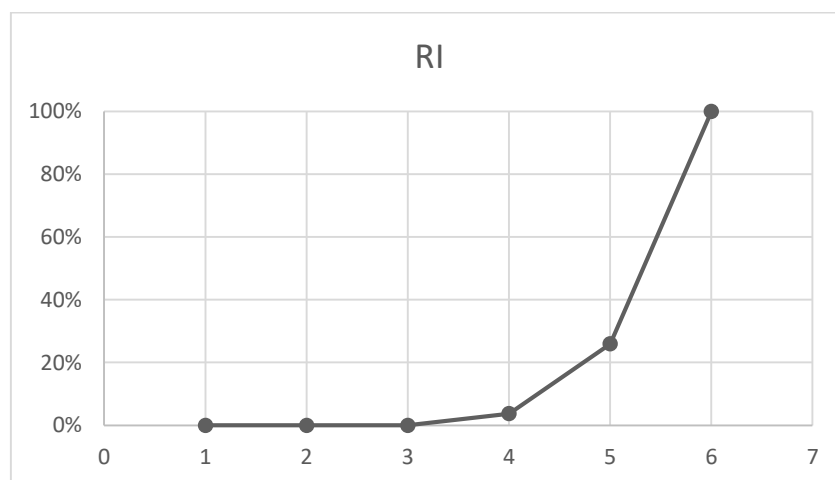


Εικόνα 12: Διαχωρισμός μέσω της ΙΤΑ των χαρτοφυλακίων στην ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας - ρίσκου

Το τελευταίο διάγραμμα γι'αυτήν την ανάλυση αναφέρεται στο robustness index και δείχνει πόσο ισχυρά ή όχι είναι τα αποτελέσματά μας. Παρουσιάζει επί τις εκατό πόσα πράσινα έχουμε σε κάθε επανάληψη σε σχέση με τα τελικά που προκύπτουν χωρίς αβεβαιότητα.

Πίνακας 18: Πράσινα χαρτοφυλάκια ανά επανάληψη (εξοικονόμησης-ρίσκου)

Round	green
1	0
2	0
3	0
4	1
5	7
6	27



Εικόνα 13: Διάγραμμα ευρωστίας για την ανάλυση εξοικονόμησης - ρίσκου

Αμα υπολογίσουμε το εμβαδόν που περικλύεται από την γραμμή του Robust Index τότε προκύπτει ο δείκτης $RI=0.159$.

Αφού λοιπόν παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα και για τις δύο αναλύσεις χαρτοφυλακίου μπορούμε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα στην παρούσα κατάσταση. Παρατηρούμε ότι και στις δύο αναλύσεις καταλήγουμε μέσω της ΙΤΑ στο διαχωρισμό των συνδυασμό μας σε κόκκινα και πράσινα μέτρα στα οποία, όπως είναι αναμενόμενο, όσο μειώνεται η τυπική απόκλιση, άρα και η αβεβαιότητα, τόσο αυξάνεται το πλήθος των εμφανίσεων των τελικών χαρτοφυλακίων του Pareto Front. Διαπιστώνουμε ότι και στις δύο αναλύσεις οι πολιτικές 9 , 14 , 15 δεν συμμετέχουν καθόλου στους συνδυασμούς των αποτελεσμάτων γεγονός που τις αποκλείει από τις επόμενες επιλογές που θα κάνουμε σαν αποφασίζων, επομένως και από την επόμενη ανάλυση που θα πραγματοποιήσουμε.

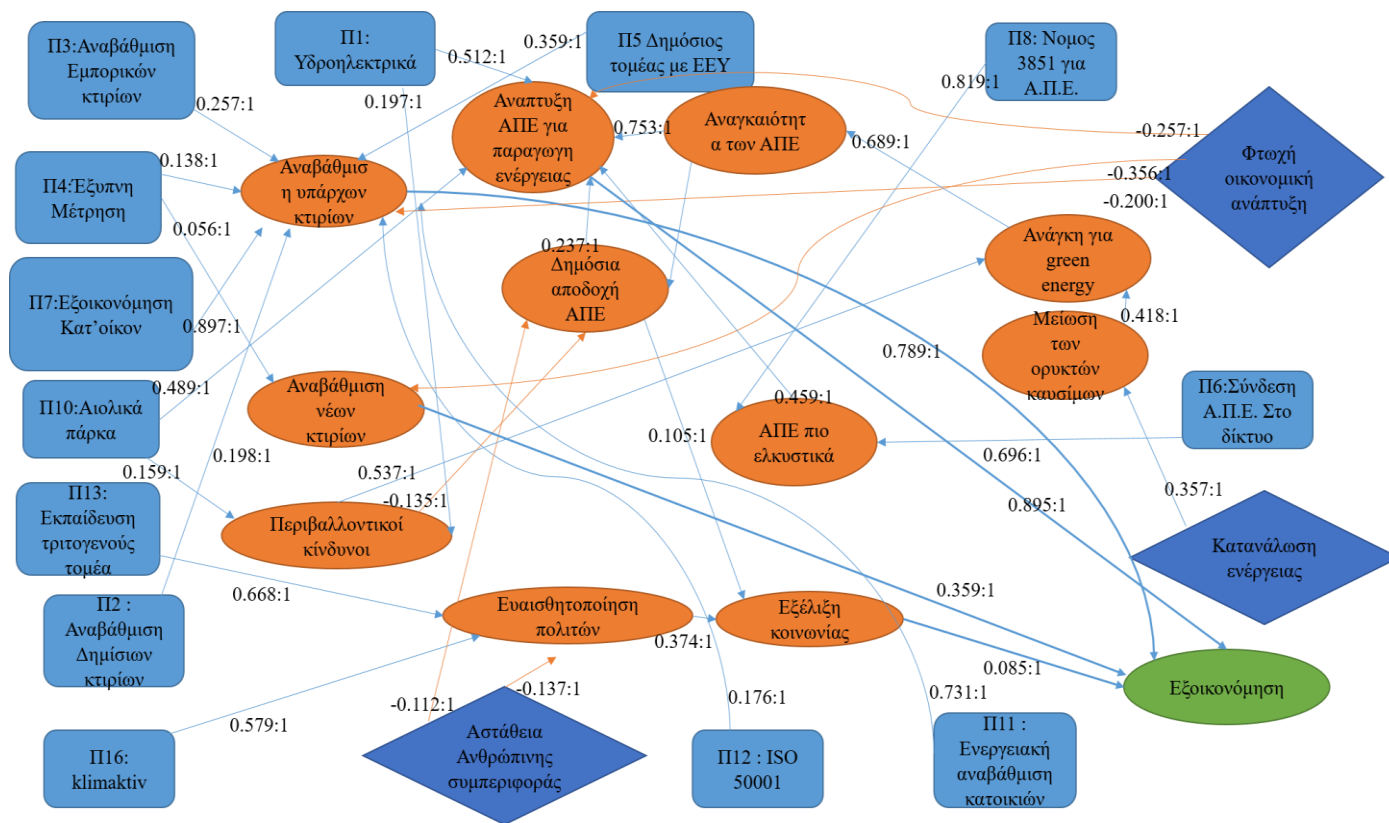
Συγκριτικά τώρα, η ανάλυση των θέσεων εργασίας σε σύγκριση με αυτή του ρίσκου δίνει πιο λίγα και πιο ισχυρά αποτελέσματα. Αυτό το συμπέρασμα εξάγεται διότι και ο αριθμός του Pareto είναι μικρότερος αλλά και ο δείκτης robust (δείκτης ευρωστίας) είναι μεγαλύτερος γεγονός που αποδεικνύει ότι το Pareto που ήταν απόρροια από την ανάλυση χαρτοφυλακίου των θέσεων εργασίας είναι ισχυρότερο από τα αποτελέσματα της ανάλυσης του ρίσκου. Βέβαια οι δύο αναλύσεις είναι ανεξάρτητες αλλά είναι ενδιαφέρον να καταλάβουμε το γιατί. Στο πρόβλημα των θέσεων εργασίας καθώς αλλάζει η τιμή του budget, αλλάζει και η τιμή των θέσεων εργασίας. Απεναντίας στο ρίσκο καθώς αλλάζει το budget δεν αλλάζει το ρίσκο που έχει ήδη η κάθε πολιτική διότι το ρίσκο σε μας στο συγκεκριμένο επίπεδο ανάλυσης αναφέρεται στην ίδια τη φύση της πολιτικής και όχι της επένδυσης σε αυτή. Επομένως, έχουμε μεταβαλλόμενα τις θέσεις εργασίας και την εξοικονόμηση σε σχέση με το budget στην μία ανάλυση, ενώ μεταβαλλόμενα μόνο την εξοικονόμηση και όχι το ρίσκο κάθε πολιτικής σε σχέση με το budget στην άλλη. Καταλήγοντας λοιπόν, αφού έχουμε ποικιλία πέρα από την εξοικονόμηση και στις θέσεις εργασίας λογικό είναι να παραχθούν πιο συγκεκριμένα και ισχυρά αποτελέσματα καθώς εισάγεται μια σύγκριση παραπάνω και γίνεται πιο εύκολη η κατηγοριοποίηση σε σχέση με την ανάλυση του ρίσκου.

Άλλη μια αξιοσημείωτη παρατήρηση είναι το γεγονός ότι στα Pareto μας , οι πολιτικές που έχουν να κάνουν με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προσθέτουν την μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας ενώ οι υπόλοιπες απλά συμπληρώνουν το budget και την εξοικονόμηση. Επομένως, η τιμή της εξοικονόμησης λαμβάνει μεγάλες τιμές λόγω των μετρών που έχουν να κάνουν με Α.Π.Ε. και απλά συμπληρώνει την τελική τιμή της με τις υπόλοιπες. Αυτή η παρατήρηση σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα επιμέρους budget που έχουμε λάβει υπόψιν μας είναι διακριτές τιμές και όχι μια συνεχής συνάρτηση μας δίνουν σαν αποτέλεσμα μία καμπύλη Pareto που έχει διακριτά σημεία και δεν είναι τόσο ομαλή όσο θα ήταν μια ιδανική, συνεχής καμπύλη Pareto.

4.4 Αξιολόγηση χαρτοφυλακίων με Ασαφείς Γνωστικούς Χάρτες

Αφού λοιπόν ολοκληρώθηκε η ανάλυση χαρτοφυλακίου και έχουμε τους συνδυασμούς πολιτικών στα 2 Pareto μας μπορούμε να συνεχίσουμε στην ανάλυση των ασαφών γνωστικών χαρτών.

Έχοντας συλλέξει πληροφορίες από διάφορους εμπειρογνώμονες, σχεδιάζουμε το χάρτη ο οποίος συνδέει τις πολιτικές μας μέσω σχέσεων αιτίου - αποτελέσματος μέχρι τον στόχο μας, ο οποίος δεν είναι άλλος από την εξοικονόμηση ενέργειας. Ο χάρτης επίσης περιλαμβάνει τρεις κινδύνους - αβεβαιότητες, την αστάθεια της ανθρώπινης συμπεριφοράς, την κατανάλωση ενέργειας και την φτώχη οικονομική ανάπτυξη. Οι αβεβαιότητες αυτές λαμβάνοντας κάθε φορά άλλη τιμή είναι ικανές να δημιουργήσουν διαφορετικά σενάρια στο πρόβλημά μας.



Εικόνα 14: Ασαφής γνωστικός χάρτης των πολιτικών που συμμετέχουν στα Pareto Front

Στον πίνακα παρακάτω παρουσιάζονται τα βάρη που φαίνονται στο FCM μας πιο καθαρά, τα οποία έχουν προκύψει από τους εμπειρογνώμονες. Στις γραμμές έχουμε τις πολιτικές (Π), τις καταστάσεις (Κ) και τις αβεβαιότητες (Α), ενώ στις στήλες δεν συμπεριλαμβάνονται οι

πολιτικές και οι αβεβαιότητες καθώς δεν επηρεάζονται από κάτι και οι τιμές τους παραμένουν σταθερές και ίσες με τις αρχικές που θα έχουν.

Πίνακας 19: Βάρη μεταξύ των εννοιών του Fuzzy Cognitive Map του προβλήματός μας

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Π3	0.257											
Π4	0.138	0.056										
Π7	0.897											
Π10			0.159	0.489								
Π13						0.668						
Π2	0.198											
Π16						0.573						
Π12	0.176											
Π11	0.731											
Π6								0.696				
Π8								0.819				
Π5	0.359											
Π1			0.197	0.512								
Αναβάθμιση παλιών (K1)												0.789
Αναβάθμιση νέων (K2)												0.359
Περιβ. Κίνδυνοι (K3)					-0.135					0.537		
ΑΠΕ για παραγωγή (K4)												0.895
Αποδοχή ΑΠΕ (K5)				0.237					0.105			
Ευαισθητοποίηση (K6)									0.374			
Αναγκαιότητα ΑΠΕ (K7)				0.753	0.4							
ΑΠΕ πιο ελκυστικά (K8)				0.459								
Εξέλιξη κοινωνίας (K9)												0.085
Ανάγκη για green energy (K10)							0.689					
Μείωση ορυκτών καυσίμων (K11)										0.418		
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ (K12)												
Αστάθεια συμπεριφοράς (A1)					-0.112	-0.137						
Κατανάλωση ενέργειας (A2)												0.357
Φτώχη οικονομική ανάπτυξη (A3)	-0.2	-0.299		-0.325								

Έχοντας λοιπόν τις συνδέσεις μας ανάμεσα σε πολιτικές - καταστάσεις - αβεβαιότητες θα προχωρήσουμε στην ανάλυση των συνδυασμών που προέκυψαν από τα 2 Pareto μας. Από τις θέσεις εργασίας είχαν προκύψει 16 συνδυασμοί και από το ρίσκο 27 συνδυασμοί, από τους οποίους ο ένας ήταν κοινός. Οπότε έχουμε $16+27-1=42$ συνδυασμούς πολιτικών. Κάθε συνδυασμός θα εισάγεται σαν αρχικές τιμές στις πολιτικές του χάρτη μας ανάλογα με το ποσοστό που έχει το budget της κάθε πολιτικής ως προς το μέγιστο budget της πολιτικής αυτής. Για παράδειγμα έστω ο συνδυασμός $m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b9, m11b2, m16b10$. Επομένως θα έχουμε αρχικές τιμές $\Pi1 = b10 / b10 = 1$ ομοίως και $\Pi2 = \Pi3 = \Pi4 = \Pi5 = \Pi6 = \Pi16 = 1$ και $\Pi7 = b5 / b10$ (του μέτρου 7) = 0.639, $\Pi8 = b2 / b10$ (του μέτρου 8) = 0.122, $\Pi10 = b9 / b10$ (του μέτρου 10) = 0.896, $\Pi11 = b2 / b10$ (του μέτρου 11) = 0.3.

Τέλος για τις αρχικές τιμές των αβεβαιοτήτων επιλέγουμε να δημιουργήσουμε τρία σενάρια.

A) Σενάριο 1: Σενάριο μηδενικής αβεβαιότητας ($A1 = 0, A2 = 0, A3 = 0$).

B) Σενάριο 2: Σενάριο κακής οικονομίας, όπου λόγω της φτώχης οικονομικής ανάπτυξης η αστάθεια της ανθρώπινης συμπεριφοράς είναι μεγάλη, ενώ η κατανάλωση ενέργειας όχι τόσο ($A1 = 0.731, A2 = 0.125, A3 = 0.8$).

Γ) Σενάριο 3: Σενάριο καλής οικονομίας, όπου λόγω της καλής οικονομικής ανάπτυξης η αστάθεια της ανθρώπινης συμπεριφοράς είναι πιο μικρή από πριν, ενώ η κατανάλωση ενέργειας μεγαλύτερη ($A1 = 0.1, A2 = 0.75, A3 = -0.78$, βάζουμε “-” έτσι ώστε να έχουμε αρνητική φτώχη οικονομική ανάπτυξη, άρα θετική)

Έχοντας λοιπόν τις 42 αρχικές τιμές των πολιτικών μας, καθώς και τις 3 διαφορετικές τιμές κάθε φορά των αβεβαιοτήτων, παίρνουμε τα $42*3 = 126$ αποτελέσματά μας από το πρόγραμμα Matlab, χρησιμοποιώντας ως συνάρτηση ενεργοποίησης την συνάρτηση του Kosko και σαν συνάρτηση κατωφλίου την εφαπτομένη (περιγράφηκαν στην θεωρία) καθώς έχουμε και αρνητικές τιμές. Παρουσιάζονται λοιπόν όλα τα αποτελέσματά μας.

Πίνακας 20: Αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας από ανάλυση ασαφών γνωστικών χαρτών

a/a	Συνδυασμοί πολιτικών από Pareto	Εξοικονόμηση		
		Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
P1	m1b10, m3b5, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b3, m13b10, m16b10	0.99426942	0.98575713	0.99533912
P2	m1b10, m3b5, m4b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b3, m13b10, m16b10	0.99414803	0.985324733	0.995268288

P3	m1b10, m4b10, m6b10, m7b6, m8b2, m10b9, m11b3, m13b10, m16b8	0.99413758	0.985284621	0.995262546
P4	m1b10, m4b9, m7b5, m8b10, m10b10, m11b3, m13b10, m16b2	0.99398731	0.984947099	0.995204731
P5	m1b10, m4b10, m7b5, m8b10, m10b10, m11b3, m12b10, m16b2	0.9940707	0.985045174	0.995222627
P6	m1b10, m6b10, m7b5, m10b10, m11b10, m13b10, m16b5	0.99153304	0.984974566	0.995165825
P7	m1b10, m7b5, m8b10, m10b10, m11b3, m13b10, m16b3	0.99120453	0.984123843	0.995033231
P8	m1b10, m6b10, m7b5, m10b10, m11b10, m12b10, m16b7	0.99154581	0.985009266	0.995168331
P9	m1b10, m7b5, m8b9, m10b10, m11b3, m12b10, m16b7	0.99125561	0.984261953	0.995051066
P10	m1b10, m7b7, m8b10, m10b10, m13b10, m16b10	0.99099077	0.983543963	0.99327787
P11	m1b10, m6b10, m8b9, m10b10, m13b10, m16b1	0.95823087	0.673820178	0.992232202
P12	m1b10, m7b8, m8b10, m10b10, m12b10, m16b7	0.99131481	0.984417201	0.995074699
P13	m1b10, m6b10, m8b9, m10b10, m12b10, m16b2	0.98683427	0.957987524	0.993638664
P14	m1b10, m8b10, m10b10, m11b10, m12b10, m16b10	0.99114858	0.98397753	0.9950089
P15	m1b10, m6b10, m8b10, m13b10, m16b3	0.95790937	0.66600902	0.992201483
P16	m1b10, m7b10, m8b10, m12b10, m16b10	0.99127352	0.984270833	0.995063532
P17	m1b10, m6b10, m8b10, m12b10, m16b3	0.98677823	0.957757212	0.993635009
P18	m1b10, m8b10, m11b10, m12b10, m16b10	0.99107476	0.983743109	0.994984749
P19	m1b10, m8b10, m13b10, m16b10	0.95790252	0.665732022	0.992202086
P20	m1b10, m8b10, m12b10, m16b10	0.98680261	0.957874945	0.993648798
P21	m6b10, m8b10, m12b10, m16b10	0.98327869	0.955949199	0.993565069
P22	m8b10, m11b10, m12b10, m16b10	0.98856842	0.982981196	0.994914241
P23	m8b10, m13b10, m16b10	0.9452953	0.635306813	0.992091762
P24	m8b10, m12b10, m16b10	0.98306548	0.955815622	0.993559326
P25	m11b10, m12b10, m16b10	0.94298294	0.980980817	0.994749772
P26	m13b10, m16b10	0.55554056	0.531894697	0.991834887
P27	m12b10, m16b10	0.91233865	0.950369112	0.9933506
P28	m1b10, m3b6, m4b9, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b9, m11b3, m13b10, m16b10	0.99419888	0.985697245	0.995327749
P29	m1b10, m3b6, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b8, m11b3, m13b10, m16b10	0.99427031	0.985755532	0.995340283
P30	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b3, m13b10, m16b2	0.99429033	0.98583083	0.995350363
P31	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b2, m13b10, m16b10	0.99426538	0.985742906	0.995336743
P32	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m8b1, m10b10, m11b2, m13b10, m16b10	0.99428876	0.985824863	0.995350542
P33	m1b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m8b2, m10b10, m11b1, m13b10, m16b10	0.9942576	0.985715512	0.995332171
P34	m1b10, m2b9, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b2, m16b10	0.99429007	0.985831633	0.995348805
P35	m1b10, m2b10, m3b10, m4b9, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b10, m11b2, m16b10	0.99422021	0.985776019	0.995337361
P36	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b5, m8b2, m10b9, m11b2, m16b10	0.99429016	0.985829389	0.9953492
P37	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m10b10, m11b2, m16b10	0.99430841	0.985895306	0.995359703
P38	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m8b2, m10b10, m11b1, m16b10	0.99428804	0.985824539	0.995347606
P39	m1b10, m2b10, m3b9, m4b10, m5b10, m6b10, m7b9, m10b10, m11b1, m16b10	0.99431152	0.985906114	0.995361543
P40	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b8, m10b9, m11b1, m16b10	0.99430936	0.985896007	0.995360616

P41	m1b10, m2b10, m3b9, m4b10, m5b10, m6b10, m7b10, m10b8, m11b1, m16b10	0.99430712	0.985885935	0.995359598
P42	m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b10, m10b10, m16b10	0.99430726	0.985891284	0.995359019

Έχοντας λοιπόν τα αποτελέσματά μας για όλα τα 42 χαρτοφυλάκια και για τα 3 σενάρια τα ταξινομούμε από το καλύτερο στο χειρότερο, σε κάθε σενάριο, έτσι ώστε να είμαστε σε θέση να εξάγουμε συμπεράσματα για την ευρωστία κάθε χαρτοφυλακίου.

Πίνακας 21: Ταξινομημένα χαρτοφυλάκια για κάθε σενάριο FCM

Σενάριο	Σενάριο	Σενάριο
1	2	3
P39	P39	P39
P40	P40	P40
P37	P37	P37
P42	P42	P41
P41	P41	P42
P30	P34	P32
P36	P30	P30
P34	P36	P36
P32	P32	P34
P38	P38	P38
P29	P35	P29
P1	P1	P1
P31	P29	P35
P33	P31	P31
P35	P33	P33
P28	P28	P28
P2	P2	P2
P3	P3	P3
P5	P5	P5
P4	P8	P4
P8	P6	P8
P6	P4	P6
P12	P12	P12
P16	P16	P16
P9	P9	P9
P7	P7	P7

P14	P14	P14
P18	P18	P18
P10	P10	P22
P22	P22	P25
P13	P25	P20
P20	P13	P13
P17	P20	P17
P21	P17	P21
P24	P21	P24
P11	P24	P27
P15	P27	P10
P19	P11	P11
P23	P15	P19
P25	P19	P15
P27	P23	P23
P26	P26	P26

Παρατηρώντας λοιπόν τα αποτελέσματά μας ταξινομημένα διακρίνουμε μεγάλη ομοιομορφία. Όλα τα χαρτοφυλάκια εμφανίζονται όμοια ταξινομημένα και στα τρία σενάρια με μικρές διαφορές ενώ μάλιστα τα καλύτερα τρία τα οποία ακολουθούν την ίδια ακριβώς κατάταξη είναι τα εξής χαρτοφυλάκια:

P39 m1b10, m2b10, m3b9, m4b10, m5b10, m6b10, m7b9, m10b10, m11b1, m16b10

P40 m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b8, m10b9, m11b1, m16b10

P37 m1b10, m2b10, m3b10, m4b10, m5b10, m6b10, m7b6, m10b10, m11b2, m16b10

Αυτό συμβαίνει διότι οι αρχικές τιμές των χαρτοφυλακίων μας, σε συνδυασμό με τα βάρη που είχαν οι συνδέσεις των καταστάσεων στον χάρτη μας, είχαν ως απόρροια τον όμοιο διαχωρισμό των χαρτοφυλακίων μας. Η ύπαρξη τριών διαφορετικών σεναρίων δεν επηρέασε σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματά μας όσον αφορά την κατάταξη μεταξύ τους, γεγονός που καθιστά την ταξινόμηση αυτή των χαρτοφυλακίων μας πολύ ισχυρή και ικανή να εξάγει τελικά συμπεράσματα. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι τα αποτελέσματά της ανάλυσης των ασαφών γνωστικών χαρτών μας χαρακτηρίζονται από μεγάλη ευρωστία. Ο διαχωρισμός των καλύτερων χαρτοφυλακίων μέσω των ασαφών γνωστικών χαρτών είναι προφανής λοιπόν και ο αποφασίζων είναι πλέον σε θέση να λάβει την τελική του απόφαση, έχοντας υπόψιν του πλέον ποια χαρτοφυλάκια από τα Pareto Front, που είχαν προκύψει από την προηγούμενη ανάλυση, οδηγούν σε καλύτερη εξοικονόμηση με βάση τους εμπειρογνώμονες.

5 Συμπεράσματα & Προοπτικές

Ανακεφαλαιώνοντας, η παρούσα εργασία ασχολήθηκε με την καταγραφή, την ανάλυση και τον βέλτιστο καθορισμό στρατηγικών κλιματικής πολιτικής με εφαρμογή των τεχνικών της Ανάλυσης Χαρτοφυλακίου και των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών στα πλαίσια της μετάβασης της Ελλάδας σε μία πιο ενεργειακά αναβαθμισμένη χώρα.

Η ανάλυση χαρτοφυλακίου εξετάζει τις ιδιότητες των διαφόρων περιουσιακών στοιχείων, ή επενδυτικών επιλογών, που μπορεί να έχει στη διάθεσή του ένας επενδυτής κι επιδιώκει την σύνθεση αρίστων χαρτοφυλακίων, που να μεγιστοποιούν την απόδοσή τους και να ελαχιστοποιούν τον κίνδυνό τους, ικανοποιώντας τον σκοπό κάθε ορθολογικού επενδυτή. Ένα από τα κυριότερα προβλήματα της χρηματοοικονομικής είναι η αξιολόγηση αποφάσεων επενδύσεων σε συνθήκες κινδύνου και αβεβαιότητας. Στο πρόβλημά μας η αβεβαιότητα στις παραμέτρους είναι στοχαστικής φύσεως δηλαδή ποσοτικοποιείται με την μορφή κατανομών πιθανότητας. Χρησιμοποιώντας την τεχνική Monte Carlo, γίνεται δειγματοληψία για τους συντελεστές των αντικειμενικών συναρτήσεων και παράγεται το Pareto front με την μέθοδο Augmecon 2. Εμείς αρχικά μεγιστοποιήσαμε την εξοικονόμηση της ενέργειας παράλληλα με την μεγιστοποίηση των θέσεων εργασίας των πολιτικών που είχαμε επιλέξει και καταλήξαμε σε κάποια βέλτιστα χαρτοφυλάκια. Εν συνεχεία, μεγιστοποιήσαμε την εξοικονόμηση της ενέργειας αυτή τη φορά ελαχιστοποιώντας παράλληλα το ρίσκο των πολιτικών. Καταλήξαμε έτσι στα τελικά Pareto Front. Σε αυτό το σημείο μπορούμε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα από τις δύο αναλύσεις χαρτοφυλακίου μας. Η Monte Carlo είναι μία μέθοδος η οποία συντελεί σημαντικά στην αντιμετώπιση της αβεβαιότητας. Αυτό συμβαίνει διότι η αντιστοίχιση των συντελεστών των αντικειμενικών συναρτήσεών μας, σε κατανομές πιθανότητας βοηθούν πολύ τον αποφασίζων να παρατηρήσει ποια χαρτοφυλάκια, άμα υπάρχουν, εμφανίζονται σαν βέλτιστα από τα πρώτα κιόλας στάδια της ανάλυσης στα οποία υπάρχει μεγαλύτερη αβεβαιότητα (τυπική απόκλιση μεγάλη). Έτσι η Monte Carlo σε συνδυασμό με την Augmecon2 παρέχουν στον αποφασίζων πληροφορία για τα βέλτιστα σενάρια σε διάφορες συνθήκες αβεβαιότητας. Χρησιμοποιώντας λοιπόν τα αποτελέσματά μας στις διάφορες αβεβαιότητες σε συνδυασμό με την μέθοδο ΙΤΑ έχουμε μία αποτελεσματική μεθοδολογία ανάλυσης ευαισθησίας του Pareto front μας.

Αφού λοιπόν έχουμε ολοκληρώσει τις δύο αναλύσεις χαρτοφυλακίου έχουμε λάβει 42 διαφορετικούς συνδυασμούς από το πρόβλημα μεγιστοποίησης εξοικονόμησης ενέργειας - μεγιστοποίηση θέσεων εργασίας και από το πρόβλημα μεγιστοποίησης εξοικονόμησης ενέργειας - ελαχιστοποίηση ρίσκου. Συμπεραίνουμε ότι κυριότερο ρόλο στην εξοικονόμηση έχουν οι πολιτικές που αφορούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τα υπόλοιπα μέτρα κυρίως συμπληρώνουν τα αποτελέσματά μας. Ο αποφασίζων λοιπόν θα μπορούσε σε αυτό το σημείο να διαλέξει κάποιο συνδυασμό από τα Pareto Front, όμως συνεχίζουμε με μία περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων με την βοήθεια των ασαφών γνωστικών χαρτών.

Συγκεντρώνοντας λοιπόν πληροφορία από διάφορους εμπειρογνώμονες είμαστε σε θέση να σχεδιάσουμε τον χάρτη που συνδέει τις πολιτικές που έχουν προκύψει από την ανάλυση χαρτοφυλακίου, με τις ενδιάμεσες καταστάσεις και τον στόχο μας ο οποίος δεν είναι άλλος από την εξοικονόμηση ενέργειας. Εισάγοντας στο πρόβλημά μας αβεβαιότητες όπως η ανθρώπινη συμπεριφορά, η κατανάλωση ενέργειας και η οικονομική κατάσταση, λαμβάνουμε αποτελέσματα κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Το γεγονός ότι τα χαρτοφυλάκια μας ακολουθούν όμοια κατανομή στα τρία διαφορετικά σενάρια μας, καθιστά τα αποτελέσματά αρκετά εύρωστα. Έχουμε συμπεράνει λοιπόν ποια χαρτοφυλάκια οδηγούν σε καλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας μέσα από μια ανάλυση που βασίζεται σε σχέσεις αιτίου - αποτελέσματος.

Συμπερασματικά λοιπόν, ο αποφασίζων έχοντας στα χέρια του αποτελέσματα από δύο διαφορετικού είδους αναλύσεις είναι σε θέση να λάβει μία πιο σφαιρική και συνολική απόφαση η οποία θα βασίζεται όχι μόνο σε αποτελέσματα μεγιστοποιήσεων - ελαχιστοποιήσεων αντικειμενικών συναρτήσεων αλλά και σε απόψεις εμπειρογνομένων πάνω στο πρόβλημα.

Η παρούσα μελέτη δημιουργεί προοπτικές και ενδεχομένως, αρκετά περιθώρια περαιτέρω έρευνας. Όσον αφορά την ανάλυση χαρτοφυλακίου, ο αριθμός των επαναλήψεων Monte Carlo θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερος οδηγώντας πιθανώς σε διαφορετικά συμπεράσματα για την αβεβαιότητα των πολιτικών που επιλέχθηκαν. Επίσης το όριο ανοχής για την ΙΤΑ άμα αυξανόταν θα οδηγούσε σε μεγαλύτερο αριθμό χαρτοφυλακίων στο Pareto Front, τα οποία θα συνέχιζαν για την ανάλυση των ασαφών γνωστικών χαρτών. Έτσι, θα είχαμε περισσότερους συνδυασμούς πολιτικών οι οποίοι σε συνδυασμό με ένα μεγαλύτερο πλήθος σεναρίων ως προς τις αβεβαιότητες του μοντέλου θα οδηγούσαν σε περισσότερα αποτελέσματα. Θα μπορούσαμε λοιπόν εν τέλη, με ένα νέο πρόγραμμα που θα ανεχόταν περισσότερα αρχικά δεδομένα, να κάνουμε μελλοντικά μια εκτενέστερη ανάλυση του προβλήματος προσθέτοντας επιπλέον αβεβαιότητες τόσο ως προς την ανάλυση χαρτοφυλακίου όσο και την ανάλυση των ασαφών γνωστικών χαρτών.

6 *Βιβλιογραφία*

- Adabi, F., Mozafari, B., Ranjbar, A. M., & Soleymani, S. (2016). Applying portfolio theory-based modified ABC to electricity generation mix. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 80, 356-362.
- Albrecht, J. (2007). The future role of photovoltaics: A learning curve versus portfolio perspective. *Energy Policy*, 35(4), 2296-2304.
- Allan, G., Eromenko, I., McGregor, P., & Swales, K. (2011). The regional electricity generation mix in Scotland: A portfolio selection approach incorporating marine technologies. *Energy Policy*, 39(1), 6-22.
- Amer, M., Daim, T. U., & Jetter, A. (2016). Technology roadmap through fuzzy cognitive map-based scenarios: the case of wind energy sector of a developing country. *Technology Analysis & Strategic Management*, 28(2), 131-155.
- Amer, M., Jetter, A., & Daim, T. (2011). Development of fuzzy cognitive map (FCM)-based scenarios for wind energy. *International Journal of Energy Sector Management*, 5(4), 564-584.
- Anezakis, V. D., Dermetzis, K., Iliadis, L., & Spartalis, S. (2016, September). Fuzzy Cognitive Maps for Long-Term Prognosis of the Evolution of Atmospheric Pollution, Based on Climate Change Scenarios: The Case of Athens. In *International Conference on Computational Collective Intelligence* (pp. 175-186). Springer International Publishing.
- Arnesano, M., Carlucci, A. P., & Laforgia, D. (2012). Extension of portfolio theory application to energy planning problem—The Italian case. *Energy*, 39(1), 112-124.
- Awerbuch, S. (2000). Investing in photovoltaics: risk, accounting and the value of new technology. *Energy Policy*, 28(14), 1023-1035.
- Awerbuch, S. (2006). Portfolio-based electricity generation planning: policy implications for renewables and energy security. *Mitigation and adaptation strategies for Global Change*, 11(3), 693-710.
- Awerbuch, S., & Berger, M. (2003). Applying portfolio theory to EU electricity planning and policy making. In *IAEA/EET Working Paper No. 03, EET*.

- Awerbuch, S., Stirling, A., Jansen, J. C., Beurskens, L. W., Karyl, B. L., & David, L. B. (2006). Full-spectrum portfolio and diversity analysis of energy technologies. *Managing Enterprise Risk*, 202-222.
- Baker, E., & Solak, S. (2011). Climate change and optimal energy technology R&D policy. *European Journal of Operational Research*, 213(2), 442-454.
- Bar-Lev, D., & Katz, S. (1976). A portfolio approach to fossil fuel procurement in the electric utility industry. *The Journal of Finance*, 31(3), 933-947.
- Barron, R., Djimadoumbaye, N., & Baker, E. (2014). How grid integration costs impact the optimal R&D portfolio into electricity supply technologies in the face of climate change. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7, 22-29.
- Bhattacharya, A., & Kojima, S. (2012). Power sector investment risk and renewable energy: A Japanese case study using portfolio risk optimization method. *Energy Policy*, 40, 69-80.
- Biloslavo, R., & Dolinšek, S. (2010). Scenario planning for climate strategies development by integrating group Delphi, AHP and dynamic fuzzy cognitive maps. *Foresight*, 12(2), 38-48.
- Biloslavo, R., & Grebenc, A. (2012). Integrating group Delphi, analytic hierarchy process and dynamic fuzzy cognitive maps for a climate warning scenario. *Kybernetes*, 41(3/4), 414-428.
- Black, F., & Litterman, R. (1992). Global portfolio optimization. *Financial analysts journal*, 48(5), 28-43.
- Brown, S. M. (1992). Cognitive mapping and repertory grids for qualitative survey research: some comparative observations. *Journal of Management Studies*, 29(3), 287-307.
- Buurman, J., & Babovic, V. (2016). Adaptation Pathways and Real Options Analysis: An approach to deep uncertainty in climate change adaptation policies. *Policy and Society*, 35(2), 137-150.
- Ceccato, L. (2012). Three Essays on participatory processes and Integrated Water Resource Management in developing countries.
- Chalvatzis, K. J., & Rubel, K. (2015). Electricity portfolio innovation for energy security: The case of carbon constrained China. *Technological Forecasting and Social Change*, 100, 267-276.
- Christen, B., Kjeldsen, C., Dalgaard, T., & Martin-Ortega, J. (2015). Can fuzzy cognitive mapping help in agricultural policy design and communication?. *Land Use Policy*, 45, 64-75.

- Cootner, P. H. (1964). The random character of stock market prices.
- Crowe, K. A., & Parker, W. H. (2008). Using portfolio theory to guide reforestation and restoration under climate change scenarios. *Climatic Change*, 89(3), 355-370.
- Cucchiella, F., Gastaldi, M., & Trosini, M. (2017). Investments and cleaner energy production: A portfolio analysis in the Italian electricity market. *Journal of Cleaner Production*, 142, 121-132.
- Dadaser Celik, F., Ozesmi, U., & Akdogan, A. (2005). Participatory Ecosystem Management Planning at Tuzla Lake (Turkey) Using Fuzzy Cognitive Mapping. arXiv preprint q-bio/0510015.
- Delarue, E., De Jonghe, C., Belmans, R., & D'haeseleer, W. (2011). Applying portfolio theory to the electricity sector: Energy versus power. *Energy Economics*, 33(1), 12-23.
- Den Hartog, H., & Tjan, H. S. (1980). A clay-clay vintage model approach for sectors of industry in Netherlands. *De Economist*, 128(2), 129-188.
- Dickerson, J. A., & Kosko, B. (1994). Virtual worlds as fuzzy cognitive maps. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 3(2), 173-189.
- Eden, C., & Ackermann, F. (1998). *Strategy making: The journey of strategic management*. Sage, London
- Eden C, Ackermann F (2006) Where next for problem structuring methods. *J Oper Res Soc*, 57, 766768.
- Flues, F., Löschel, A., Lutz, B. J., & Schenker, O. (2014). Designing an EU energy and climate policy portfolio for 2030: Implications of overlapping regulation under different levels of electricity demand. *Energy Policy*, 75, 91-99.
- Fuss, S., Szolgayová, J., Khabarov, N., & Obersteiner, M. (2012). Renewables and climate change mitigation: Irreversible energy investment under uncertainty and portfolio effects. *Energy Policy*, 40, 59-68.
- Ghaderi, S. F., Azadeh, A., Nokhandan, B. P., & Fathi, E. (2012). Behavioral simulation and optimization of generation companies in electricity markets by fuzzy cognitive map. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 4635-4646.
- Giordano, R., Passarella, G., & Vurro, M. (2010). Fuzzy cognitive maps for conflict analysis and dissolution in drought risk management. In *Plurimondi. An International Forum for Research and Debate on Human Settlements* (Vol. 4, No. 7).
- Gray, S. A., Gray, S., Cox, L. J., & Henly-Shepard, S. (2013). Mental modeler: a fuzzy-logic cognitive mapping modeling tool for adaptive environmental management. In *System Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference on* (pp. 965-973). IEEE.

- Gray, S. A., S. Gray, J. L. De Kok, A. E. R. Helfgott, B. O'Dwyer, R. Jordan, and A. Nyaki. (2015). Using fuzzy cognitive mapping as a participatory approach to analyze change, preferred states, and perceived resilience of social-ecological systems. *Ecology and Society* 20(2).
- Gray, S. R. J., Gagnon, A. S., Gray, S. A., O'Dwyer, B., O'Mahony, C., Muir, D., Devoy, R.J.N., Falaleeva, M. and Gault, J. (2014). Are coastal managers detecting the problem? Assessing stakeholder perception of climate vulnerability using Fuzzy Cognitive Mapping. *Ocean & Coastal Management*, 94, 74-89.
- Hobbs, B. F., Ludsin, S. A., Knight, R. L., Ryan, P. A., Biberhofer, J., & Ciborowski, J. J. (2002). Fuzzy cognitive mapping as a tool to define management objectives for complex ecosystems. *Ecological Applications*, 12(5), 1548-1565.
- Hsueh, S. L. (2015). Assessing the effectiveness of community-promoted environmental protection policy by using a Delphi-fuzzy method: A case study on solar power and plain afforestation in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 1286-1295.
- Hua, S., Liang, J., Zeng, G., Xu, M., Zhang, C., Yuan, Y., Li, X., Li, P., Liu, J., & Huang, L. (2015). How to manage future groundwater resource of China under climate change and urbanization: An optimal stage investment design from modern portfolio theory. *Water research*, 85, 31-37.
- Huang, S. C., Lo, S. L., & Lin, Y. C. (2013). Application of a fuzzy cognitive map based on a structural equation model for the identification of limitations to the development of wind power. *Energy policy*, 63, 851-861.
- Huang, Y. H., & Wu, J. H. (2008). A portfolio risk analysis on electricity supply planning. *Energy policy*, 36(2), 627-641.
- Huff, A. S. (1990). *Mapping strategic thought*. John Wiley & Sons.
- Jansen, J. C., Beurskens, L. W. M., & Tilburg, X. (2008). Application of portfolio analysis to the Dutch generating mix. Reference case and two renewables cases. *Analytic Methods for Energy Diversity and Security*. Elsevier.
- Jetter, A., & Schweinfort, W. (2011). Building scenarios with Fuzzy Cognitive Maps: An exploratory study of solar energy. *Futures*, 43(1), 52-66.
- Kafetzis, A., McRoberts, N., & Mouratiadou, I. (2010). Using fuzzy cognitive maps to support the analysis of stakeholders' views of water resource use and water quality policy. In *Fuzzy Cognitive Maps* (pp. 383-402). Springer Berlin Heidelberg.

- Karavas, C. S., Kyriakarakos, G., Arvanitis, K. G., & Papadakis, G. (2015). A multi-agent decentralized energy management system based on distributed intelligence for the design and control of autonomous polygeneration microgrids. *Energy Conversion and Management*, 103, 166-179.
- Kayikci, Y., & Stix, V. (2014). Causal mechanism in transport collaboration. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 1561-1575.
- Kontogianni, A., Papageorgiou, E., Salomatina, L., Skourtos, M., & Zanou, B. (2012). Risks for the Black Sea marine environment as perceived by Ukrainian stakeholders: A fuzzy cognitive mapping application. *Ocean & coastal management*, 62, 34-42.
- Kontogianni, A., Tourkolias, C., & Papageorgiou, E. I. (2013). Revealing market adaptation to a low carbon transport economy: tales of hydrogen futures as perceived by fuzzy cognitive mapping. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(2), 709-722.
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of man-machine studies*, 24(1), 65-75.
- Kottas, T. L., Boutalis, Y. S., & Karlis, A. D. (2006). New maximum power point tracker for PV arrays using fuzzy controller in close cooperation with fuzzy cognitive networks. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 21(3), 793-803.
- Kyriakarakos, G., Dounis, A. I., Arvanitis, K. G., & Papadakis, G. (2012). A fuzzy cognitive maps–petri nets energy management system for autonomous polygeneration microgrids. *Applied Soft Computing*, 12(12), 3785-3797.
- Kyriakarakos, G., Patlitzianas, K., Damasiotis, M., & Papastefanakis, D. (2014). A fuzzy cognitive maps decision support system for renewables local planning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 209-222.
- Laurikka, H., & Springer, U. (2003). Risk and return of project-based climate change mitigation: a portfolio approach. *Global Environmental Change*, 13(3), 207-217.
- Lemoine, D. M., Fuss, S., Szolgayova, J., Obersteiner, M., & Kammen, D. M. (2012). The influence of negative emission technologies and technology policies on the optimal climate mitigation portfolio. *Climatic change*, 113(2), 141-162.
- Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *The review of economics and statistics*, 13-37.
- Lintunen, J., & Uusivuori, J. (2016). On the economics of forests and climate change: Deriving optimal policies. *Journal of Forest Economics*, 24, 130-156.
- Liu, L. (1999). Approximate portfolio analysis. *European Journal of Operational Research*, 119(1), 35-49.

- Liu, M., & Wu, F. F. (2007). Portfolio optimization in electricity markets. *Electric Power systems research*, 77(8), 1000-1009.
- Lopolito, A., Nardone, G., Prospero, M., Sisto, R., & Stasi, A. (2011). Modeling the bio-refinery industry in rural areas: A participatory approach for policy options comparison. *Ecological Economics*, 72, 18-27.
- Luo, C., & Wu, D. (2016). Environment and economic risk: An analysis of carbon emission market and portfolio management. *Environmental research*, 149, 297-301.
- Mallampalli, V. R., Mavrommati, G., Thompson, J., Duveneck, M., Meyer, S., Ligmann-Zielinska, A., Druschke, C. G., Hychka, K., Kenney, M. A., Kok, K. and Borsuk, M. E. (2016). Methods for translating narrative scenarios into quantitative assessments of land use change. *Environmental Modelling & Software*, 82, 7-20.
- Marinoni, O., Adkins, P., & Hajkowicz, S. (2011). Water planning in a changing climate: Joint application of cost utility analysis and modern portfolio theory. *Environmental Modelling & Software*, 26(1), 18-29.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The journal of finance*, 7(1), 77-91.
- Marrero, G. A., Puch, L. A., & Ramos-Real, F. J. (2015). Mean-variance portfolio methods for energy policy risk management. *International Review of Economics & Finance*, 40, 246-264.
- McLoughlin, E., & Bazilian, M. (2006). Application of Portfolio Analysis to the Irish Generating Mix in 2020.
- Meliadou, A., Santoro, F., Nader, M. R., Dagher, M. A., Al Indary, S., & Salloum, B. A. (2012). Prioritising coastal zone management issues through fuzzy cognitive mapping approach. *Journal of environmental management*, 97, 56-68.
- Mitter, H., Heumesser, C., & Schmid, E. (2015). Spatial modeling of robust crop production portfolios to assess agricultural vulnerability and adaptation to climate change. *Land Use Policy*, 46, 75-90.
- Mourhir, A., Rachidi, T., Papageorgiou, E. I., Karim, M., & Alaoui, F. S. (2016). A cognitive map framework to support integrated environmental assessment. *Environmental Modelling & Software*, 77, 81-94.
- Mun, J. (2002). *Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions* (Vol. 137). John Wiley & Sons.
- Muñoz, J. I., de la Nieta, A. A. S., Contreras, J., & Bernal-Agustín, J. L. (2009). Optimal investment portfolio in renewable energy: The Spanish case. *Energy Policy*, 37(12), 5273-5284.

- Nair, A. & K. Singh, P. (2014). Perception Analysis of Climate Related Impacts Faced by Agricultural Communities Using Fuzzy Cognitive Mapping Approach. Indian Climate Research Network.
- Natarajan, R., Subramanian, J., & Papageorgiou, E. I. (2016). Hybrid learning of fuzzy cognitive maps for sugarcane yield classification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 147-157.
- Nazari, M. S., Maybee, B., Whale, J., & McHugh, A. (2015). Climate policy uncertainty and power generation investments: A real options-CVaR portfolio optimization approach. *Energy Procedia*, 75, 2649-2657.
- Nikas, A., & Doukas, H. (2016). Developing Robust Climate Policies: A Fuzzy Cognitive Map Approach. In *Robustness Analysis in Decision Aiding, Optimization, and Analytics* (pp. 239-263). Springer International Publishing.
- Olazabal, M., & Pascual, U. (2016). Use of fuzzy cognitive maps to study urban resilience and transformation. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 18, 18-40.
- Ortolani, L., McRoberts, N., Dendoncker, N., & Rounsevell, M. (2010). Analysis of farmers' concepts of environmental management measures: an application of cognitive maps and cluster analysis in pursuit of modelling agents' behaviour. In *Fuzzy Cognitive Maps* (pp. 363-381). Springer Berlin Heidelberg.
- Ozesmi, U. (2006). Ecosystems in the mind: Fuzzy cognitive maps of the Kizilirmak Delta Wetlands in Turkey. arXiv preprint q-bio/0603022.
- Ozesmi, U. (2006). Fuzzy cognitive maps of local people impacted by dam construction: Their demands regarding resettlement. arXiv preprint q-bio/0601032.
- Ozesmi, U., and Ozesmi, S. (2003), "A Participatory Approach to Ecosystem Conservation: Fuzzy Cognitive Maps and Stakeholder Group Analysis in Uluabat Lake, Turkey," *Environmental Management*, 31(4), 518-531
- Papageorgiou, E. I., Markinos, A. T., & Gemtos, T. A. (2011). Fuzzy cognitive map based approach for predicting yield in cotton crop production as a basis for decision support system in precision agriculture application. *Applied Soft Computing*, 11(4), 3643-3657.
- Papageorgiou, E., & Kontogianni, A. (2012). Using fuzzy cognitive mapping in environmental decision making and management: a methodological primer and an application. INTECH Open Access Publisher.
- Peng, Z., Wu, L., & Chen, Z. (2016). Research on Steady States of Fuzzy Cognitive Map and its Application in Three-Rivers Ecosystem. *Sustainability*, 8(1), 40.

- Pugh, G., Clarke, L., Marlay, R., Kyle, P., Wise, M., McJeon, H., & Chan, G. (2011). Energy R&D portfolio analysis based on climate change mitigation. *Energy Economics*, 33(4), 634-643.
- Rajaram, T., & Das, A. (2010). Modeling of interactions among sustainability components of an agro-ecosystem using local knowledge through cognitive mapping and fuzzy inference system. *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1734-1744.
- Reckien, D. (2014). Weather extremes and street life in India—Implications of Fuzzy Cognitive Mapping as a new tool for semi-quantitative impact assessment and ranking of adaptation measures. *Global Environmental Change*, 26, 1-13.
- Romejko, K., & Nakano, M. (2017). Portfolio analysis of alternative fuel vehicles considering technological advancement, energy security and policy. *Journal of Cleaner Production*, 142, 39-49.
- Roques, F. A., Newbery, D. M., & Nuttall, W. J. (2008). Fuel mix diversification incentives in liberalized electricity markets: A Mean–Variance Portfolio theory approach. *Energy Economics*, 30(4), 1831-1849.
- Sacchelli, S. (2014). Social Acceptance Optimization of Biomass Plants: A Fuzzy Cognitive Map and Evolutionary Algorithm Application. *CHEMICAL ENGINEERING*, 37.
- Samarasinghe, S., & Strickert, G. (2013). Mixed-method integration and advances in fuzzy cognitive maps for computational policy simulations for natural hazard mitigation. *Environmental modelling & software*, 39, 188-200.
- Santos-Alamillos, F. J., Thomaidis, N. S., Usaola-García, J., Ruiz-Arias, J. A., & Pozo-Vázquez, D. (2017). Exploring the mean-variance portfolio optimization approach for planning wind repowering actions in Spain. *Renewable Energy*, 106, 335-342.
- Seo, S. N., & Mendelsohn, R. O. (2007). Climate change adaptation in Africa: a microeconomic analysis of livestock choice.
- Shakouri, M., Lee, H. W., & Choi, K. (2015). PACPIM: new decision-support model of optimized portfolio analysis for community-based photovoltaic investment. *Applied Energy*, 156, 607-617.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The journal of finance*, 19(3), 425-442.
- Shiau, T. A., & Liu, J. S. (2013). Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies. *Ecological indicators*, 34, 361-371.

- Siddiqui, A. S., Tanaka, M., & Chen, Y. (2016). Are targets for renewable portfolio standards too low? The impact of market structure on energy policy. *European Journal of Operational Research*, 250(1), 328-341.
- Singh, P. K., & Nair, A. (2014). Livelihood vulnerability assessment to climate variability and change using fuzzy cognitive mapping approach. *Climatic Change*, 127(3-4), 475-491.
- Soler, L. S., Kok, K., Camara, G., & Veldkamp, A. (2012). Using fuzzy cognitive maps to describe current system dynamics and develop land cover scenarios: a case study in the Brazilian Amazon. *Journal of Land Use Science*, 7(2), 149-175.
- Springer, U. (2003). Can the risks of the Kyoto mechanisms be reduced through Portfolio diversification? Evidence from the Swedish AIJ Program. *Environmental and Resource Economics*, 25(4), 501-513.
- Stach, W., Kurgan, L., & Pedrycz, W. (2010). Expert-based and computational methods for developing fuzzy cognitive maps. In *Fuzzy Cognitive Maps* (pp. 23-41). Springer Berlin Heidelberg.
- Van Asseldonk, M. A., & Langeveld, J. W. A. (2007). Coping with climate change in agriculture: A portfolio analysis. Seminar Paper.
- van Vliet, M., Kok, K., & Veldkamp, T. (2010). Linking stakeholders and modellers in scenario studies: The use of Fuzzy Cognitive Maps as a communication and learning tool. *Futures*, 42(1), 1-14.
- Vanwindekens, F. M., Stilmant, D., & Baret, P. V. (2013). Development of a broadened cognitive mapping approach for analysing systems of practices in social–ecological systems. *Ecological modelling*, 250, 352-362.
- Vassilides, J. M., & Jensen, O. P. (2016). Fuzzy cognitive mapping in support of integrated ecosystem assessments: Developing a shared conceptual model among stakeholders. *Journal of environmental management*, 166, 348-356.
- Vörös, J. (1986). Portfolio analysis—an analytic derivation of the efficient portfolio frontier. *European journal of operational research*, 23(3), 294-300.
- Westner, G., & Madlener, R. (2010). The benefit of regional diversification of cogeneration investments in Europe: A mean-variance portfolio analysis. *Energy Policy*, 38(12), 7911-7920.
- White, B. (2007). A mean-variance portfolio optimization of California's generation mix to 2020: Achieving California's 33 percent renewable portfolio standard goal. Draft Consultant Report.

- Wildenberg, M., Bachhofer, M., Adamescu, M., De Blust, G., Diaz-Delgadod, R., Isak, K., Skov, F., & Varjopuro, R. (2010). Linking thoughts to flows-Fuzzy cognitive mapping as tool for integrated landscape modelling. In Proceedings of the 2010 International Conference on integrative landscape modeling: linking environmental, social and computer science (Vol. 3, p. 5).
- Zhang, H., Song, J., Su, C., & He, M. (2013). Human attitudes in environmental management: Fuzzy Cognitive Maps and policy option simulations analysis for a coal-mine ecosystem in China. *Journal of environmental management*, 115, 227-234.
- Zhao, Z. Y., Zhu, J., & Zuo, J. (2014). Sustainable development of the wind power industry in a complex environment: a flexibility study. *Energy Policy*, 75, 392-397.
- Zhu, L., & Fan, Y. (2010). Optimization of China's generating portfolio and policy implications based on portfolio theory. *Energy*, 35(3), 1391-1402.
- Ziegler, D., Schmitz, K., & Weber, C. (2012). Optimal electricity generation portfolios. *Computational Management Science*, 9(3), 381-399.
- Zon, A. V., & Fuss, S. (2006). Irreversible investment under uncertainty in electricity generation: A clay-clay-vintage portfolio approach with an application to climate change policy in the UK (No. 035). United Nations University-Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (MERIT).